



GEOLOGI FOR SAMFUNNET

SIDEN 1858



**NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE**
· NGU ·



NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -

NGU rapport 2019.017

Odda sentrum

Kartlegging og overvåking av typelokaliteter for
grunnvann med antropogen belastning





RAPPORT

Rapport nr.: 2019.017	ISSN: 0800-3416 (trykt) ISSN: 2387-3515 (online)	Gradering: Åpen	
Tittel: Odda - Kartlegging og overvåking av typelokaliteter for grunnvann med antropogen belastning			
Forfatter: Dagestad, A., Seither, A., Jæger, Ø., Minde Å., Gundersen P.		Oppdragsgiver: Miljødirektoratet	
Fylke: Vestland		Kommune: Odda	
Kartblad (M=1:250.000) Odda		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1315 II	
Forekomstens navn og koordinater: Vannforekomst 048-1026-G, Odda		Sidetall: 50 Pris: 200,- Kartbilag:	
Feltarbeid utført: Juni 2017 – okt. 2018	Rapportdato: 21.01.2020	Prosjektnr.: 366500	Ansvarlig:
Sammendrag: I perioden juni 2017 – oktober 2018 ble det gjennomført hydrogeologiske undersøkelser og kartlegging av grunnvannets kjemiske tilstand i grunnvannsforekomsten under Odda sentrum. Løsmassene i dette området domineres av elveavsetninger av sand og grus med stedvis betydelig mektighet. Grunnvannsforekomsten tilføres vann fra et stort nedbørsfelt i omliggende fjellområder samt fra elva Opo i flomperioder. Aktiviteter tilknyttet tidligere smelteverksindustri på forekomsten samt generell urbanisering utgjør den største potensielle belastningen på grunnvannsforekomstens kjemiske tilstand. Tidligere undersøkelser av jord i Odda har påvist stedvis betydelig grunnforurensning, spesielt på smelteverkstomten. Det har i forbindelse med dette prosjektet blitt etablert 5 overvåkingsbrønner for kartlegging av løsmassenes oppbyggingen, grunnvannivå, grunnvannstrøm samt for uttak av grunnvannsprøver til kjemisk analyse. Det er installert digitale loggere i samtlige brønner for automatisk registrering av grunnvannsnivå, grunnvannstemperatur og elektrisk ledningsevne hver time. Det har blitt tatt ut grunnvannsprøver fra alle brønnene i oktober 2017 og i juni og oktober 2018 for standard fysikalske og kjemiske laboratorieanalyser samt for analyser av et utvalg av organiske miljøgifter (THC, BTEX, PCB, PAH, VOC). Analyseresultatene viser at grunnvannsforekomsten i Odda sentrum er relativt lite påvirket av urbane aktiviteter og av de omfattende utslippene av forurensninger til jord, luft og vann fra tidligere smelteverksindustri. Det registreres dog noe forhøyde verdier av nitrat og klorid i noen av brønnene, samt at det er gjort funn av små mengder organiske miljøgifter i alle brønner. Grunnvannsforekomsten ansees likevel å ha god kjemisk tilstand i henhold til kjemiske terskelverdier gitt i vannforskriften.			
Emneord:	Grunnvann		
Grunnboring	Grunnvannskvalitet		

Abstract:

Hydrogeological investigation has been carried out in Odda town center to investigate and monitor the chemical status in the underlying groundwater body. The geology in the town center consists of mainly sandy and gravely alluvial deposits with great depth. The groundwater body is fed, in addition to direct precipitation infiltration, by the large catchment area in the surrounding valley sides and riverbank infiltration from the river Opo during flood episodes. Potential risks to the chemical status is industrial activities connected to the former smelter situated in the town center and general urban activities. Earlier environmental investigations in Odda have discovered severe soil contamination, especially in the smelter area.

5 monitoring wells have been drilled for geological investigation and groundwater sampling. Digital loggers have been installed in all the monitoring wells for hourly logging of groundwater temperature, electric conductivity and hydraulic pressure. Groundwater samples have been taken in October 2017 and June and October 2018 from all the wells for standard physical and chemical analysis in addition to a selection of organic contaminants ((THC, BTEX, PCB, PAH, VOC).

The chemical analysis show that the water chemistry in the groundwater body is in the range of natural background values for most of the elements and chemical compounds. However, elevated concentrations of nitrate and chloride were found in some of the wells, in addition to traces of organic contaminants, showing that the groundwater body is influenced by industrial and urban activity. Nevertheless, the chemical concentrations found in the water samples are all under the threshold values for environmental priority substances given in the Norwegian Water Management Regulation. Based on these results the Odda groundwater body is characterized with good chemical status.

INNHALDSFORTEGNELSE:

1.	Innledning.....	6
2.	Grunnvannsförekomst Odda sentrum.....	7
2.1	Beliggenhet.....	7
2.2	Begrunnelse for utvalget.....	8
2.3	Historikk Oddaområdet	10
2.4	Odda smelteverk	10
2.5	Miljøutfordringer i Oddaområdet	11
2.6	Tidligere grunnundersøkelser	11
3.	Regionale geologiske forhold.....	13
4.	Typelokalitet Odda.....	15
4.1	Kartlegging av geologiske og hydrogeologiske forhold.....	15
4.1.1	Tidligere undersøkelser	15
4.1.2	Grunnundersøkelser utført i dette prosjektet.....	16
4.1.3	Beskrivelse av brønnlokalteter, løsmassesammensetning og brønnutforming .	17
4.1.4	Geologiske og hydrogeologiske forhold	20
4.2	Resultater fra automatisk logging og manuelle målinger av observasjonsbrønnene.	23
4.2.1	Overvåkingsbrønn 1 Smelta	23
4.2.2	Overvåkingsbrønn 2 Steinparken	24
4.2.3	Overvåkingsbrønn 3 Dagsenteret	27
4.2.4	Overvåkingsbrønn 4 Tanken	27
4.2.5	Overvåkingsbrønn 5 Kommunehuset.....	30
4.2.6	Sammenstilling av nivåmålinger	30
4.3	Vannprøvetaking og analyseresultater 2017-2018	33
4.3.1	Resultater standard fysikalske og kjemiske laboratorieanalyser.....	34
4.3.2	Organiske miljøgifter	35
4.4	Representativitet av kjemisk kartlegging av grunnvannsförekomsten	35
5.	Konklusjon og forslag til videre undersøkelser.....	36
6.	Referanser.....	39

VEDLEGG

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

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 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 behov for å øke kunnskapen om grunnvann både nasjonalt, regionalt og lokalt.

Som et ledd i arbeidet med vannforskriften er det inngått et samarbeid mellom Miljødirektoratet, Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Norges geologiske undersøkelse (NGU) og Landbruksdirektoratet ved NIBIO. Formålet er å bidra til økt kunnskap om grunnvannsforekomster i Norge og med spesielt fokus på forekomster med forurensningsbelastning fra urbanisering, industri og 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 grunnvannslokaliteter som skal representere typiske geologiske, klimatiske og belastningsmessige forhold i Norge, og dermed kan defineres som regionale eller nasjonale typelokaliteter. Dersom tilstanden i disse er dokumentert god, vil vi kunne anta at det samme gjelder for sammenlignbare grunnvannslokaliteter 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.

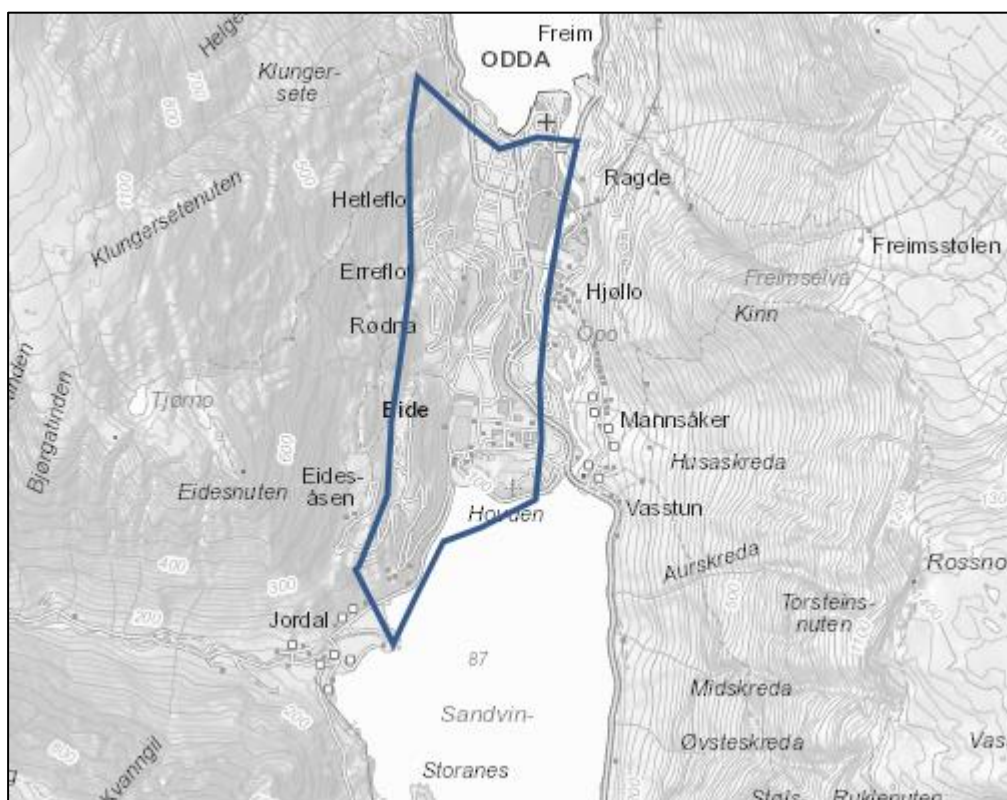
2. Grunnvannsforekomst Odda sentrum

2.1 Beliggenhet

Den utvalgte grunnvannsforekomsten er lokalisert til tettstedet Odda i Odda kommune i Hordaland. Grunnvannsforekomsten strekker seg fra utløpet av Jordalen i Sandvinvatnet i sør til utløpet av elven Opo i Sørfjorden i nord. Administrativ informasjon for grunnvannsforekomst Odda sentrum er gitt i Tabell 1 mens utstrekningen vises på kart i Figur 1. Grunnvannsforekomsten er definert av utstrekning og mektighet på de sandige/grusige løsmassene i dalgangen fra Sandvinvatnet ned til Sørfjorden. Nedbørsfeltet til grunnvannsforekomsten inkluderer også de bratte fjellsidene på øst og vestsiden av dalgangen fra Sandvinvatnet og ned til Sørfjorden, da det forventes at størstedelen av nedbøren i dette området vil infiltrere løsmassene før utløp til Opo eller Sørfjorden.

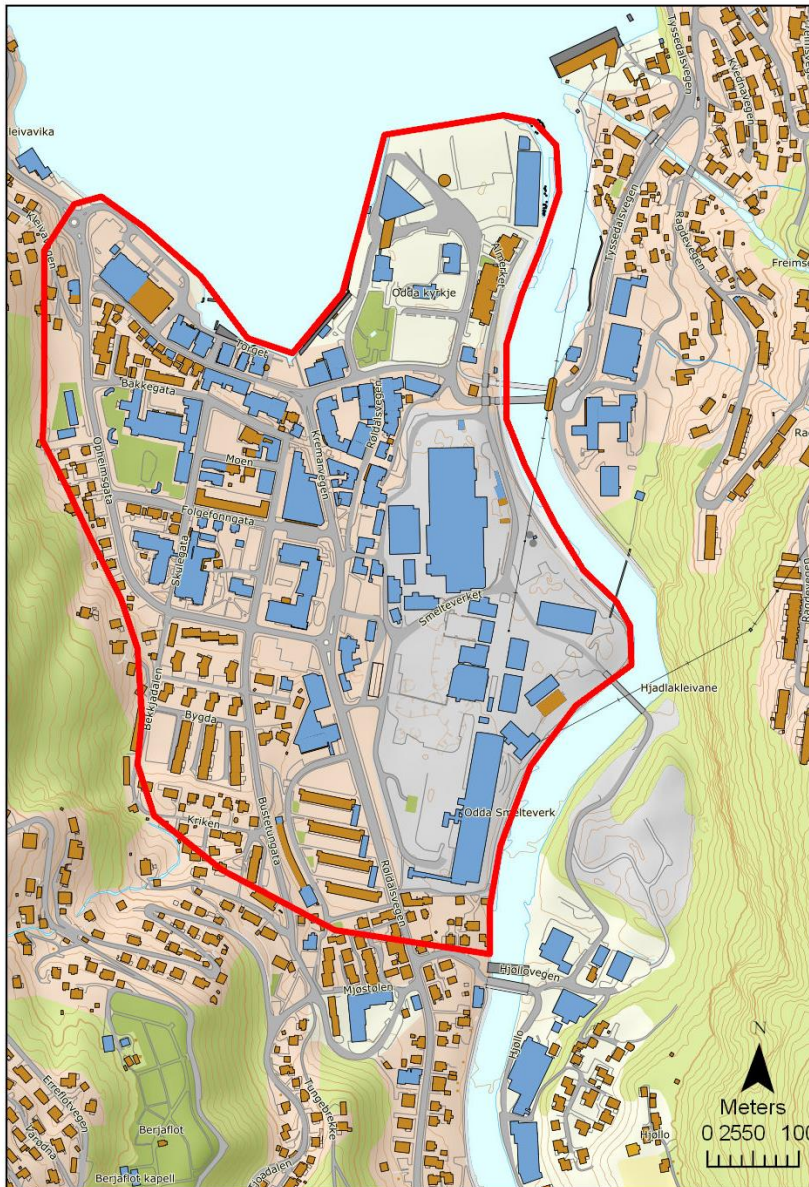
Tabell 1: Administrativ informasjon grunnvannsforekomst Odda sentrum (www.vann-nett.no)

Vannforekomst	Odda sentrum
VannforekomstID	048-1026-G
Vannkategori	Grunnvann
Vannregionmyndighet	Hordaland
Vannregion	Hordaland
Fylker	Hordaland
Kommuner	Odda
Vassdragsområde	048
Kvantitativ tilstand	Ukjent
Kjemisk tilstand	Ukjent



Figur 1: Grunnvannsforekomst 048-1026-G Odda sentrum (Hentet fra www.vann-nett.no, 17.01.2019).

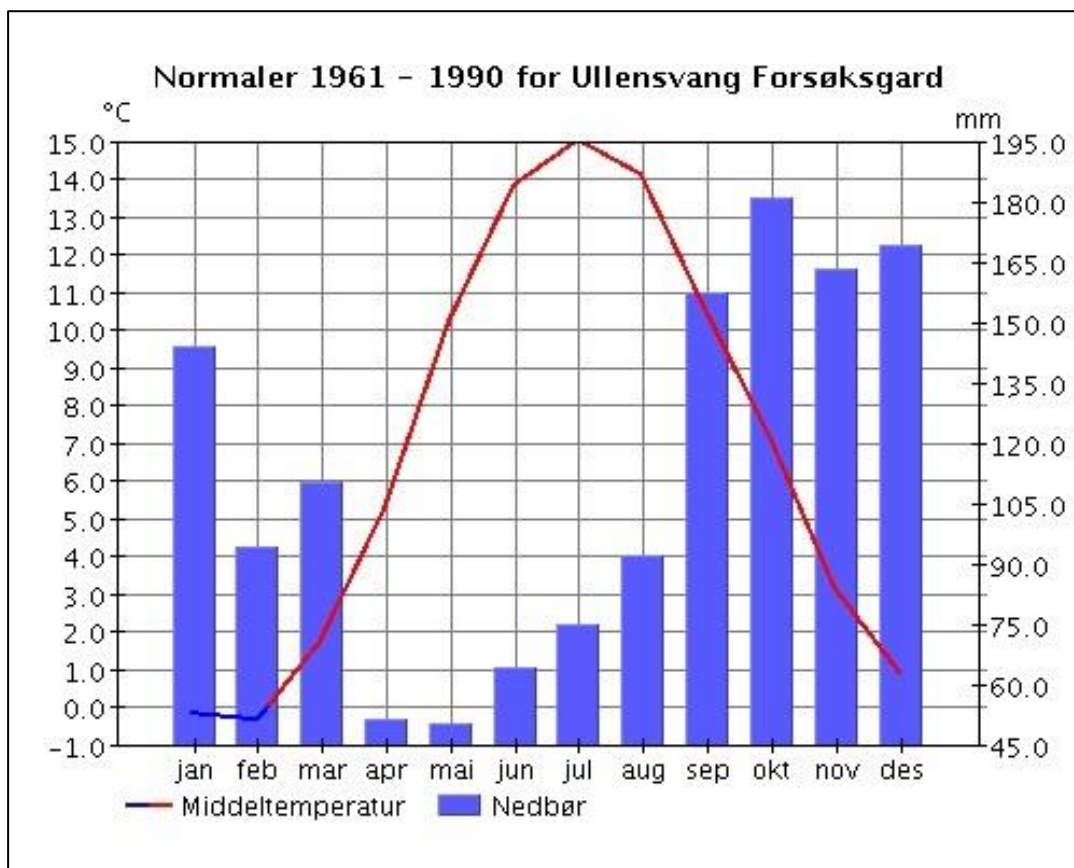
Den utvalgte typelokalitet Odda som er kartlagt i dette prosjektet, utgjør bare den nordligste delen av grunnvannsforekomst Odda sentrum (Figur 2).



Figur 2: Geografisk avgrensning av typelokalitet Odda

2.2 Begrunnelse for utvalget

Grunnvannsforekomsten under Odda sentrum er valgt ut for å representere en typisk grunnvannsforekomst i et sandig/grusig fjorddelta med varierende mektighet på umettet sone, med et stort nedbørsfelt i tilliggende dalsider og betydelig overvannsinfiltrasjon. Disse forholdene er forventet å gi rask utskifting av grunnvann i forekomsten. Klimatisk representerer Oddaområdet et kystklima med forholdsvis mye nedbør, milde vintre og tempererte somre. I Figur 3 er månedsmiddel for nedbør og lufttemperatur vist for den meteorologiske målestasjonen Ullensvang forsøksgard.



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

De største lokale kildene til potensiell belastning på grunnvannets kjemiske tilstand er utslipp av forurensninger til jord, luft og vann fra tidligere Odda smelteverk samt generell urbanisering, der smelteverksaktiviteten ansees å være av størst betydning.

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

2.3 Historikk Oddaområdet

Odda var allerede fra 1850 et populært turistmål med sin fantastiske fjord- og fjellnatur. De imponerende Tyssefaldene gjorde Odda internasjonalt kjent og la grunnlaget for en blomstrende turistvirksomhet fram til forrige århundreskifte. Rundt 1900 kom representanter fra utenlandsk industri til Odda pga. de høye fossefallene med stor vannføring og betydelig potensial for vannkraft. Gode havneforhold gjorde også at Odda raskt ble etablert som et industrisentrum. Fra begynnelsen av 1900-tallet startet tre ulike smelteverksforetak opp i Odda-området: Odda smelteverk i Odda sentrum, DNN-aluminium, senere Tinfos Titan & Iron (nå TiZir Titanium & Iron AS) i Tyssedal samt Norzink AS (Boliden Odda) på Eitrheimsneset.



Figur 4: Odda sentrum 1896 sett fra sjøsiden med det storslagne hotell Hardanger sentralt i bilde. Foto: Knut Knudsen, Universitetsbiblioteket i Bergen.

2.4 Odda smelteverk

I 1908 etablerte Alby United Carbide Factories Ltd. seg i Odda og startet produksjon av kalsiumkarbid. Senere startet et annet selskap produksjon av kalsiumcyanamid på samme område. I 1921, i nedgangstider og depresjon, ble de to fabrikkene lagt ned, men i 1924 ble Odda Smelteverk grunnlagt. I 1951 startet produksjonen av dicyandiamid (cyanoguanin), og det ble benyttet egenprodusert cyanamid og CO₂ i denne prosessen. Produksjonen av kalsiumkarbid og dicyandiamid fortsatte helt til fabrikken ble stoppet i 2002. Kalsiumkarbid benyttes i produksjonen av acetylen, som brukes til bl.a. sveising, lodding og i visse kjemiske analyseinstrumenter.

Produksjonen av dicyandiamid ga en spesiell kalk (Odda-kalk) som biprodukt, som ble benyttet som gjødsel. Oddakalken reduserer også omdannelsen av ammonium til nitrat, og hindrer dermed risikoen for nitratutvasking.

Odda smelteverk ligger i Miljødirektoratets database for forurenset grunn, men det er lite data som er tilgjengelig fra denne tomte. Det antydes at det kan være problemer med metallforbindelser og alifatiske hydrokarboner, men at det ikke er noen kjent konflikt med dagens arealbruk.



Figur 5: Gammelt postkort fra Odda. Røyken fra Odda Smelteverk vises tydelig. Foto: Norsk Vasskraft og Industrimuseum

2.5 Miljøutfordringer i Oddaområdet

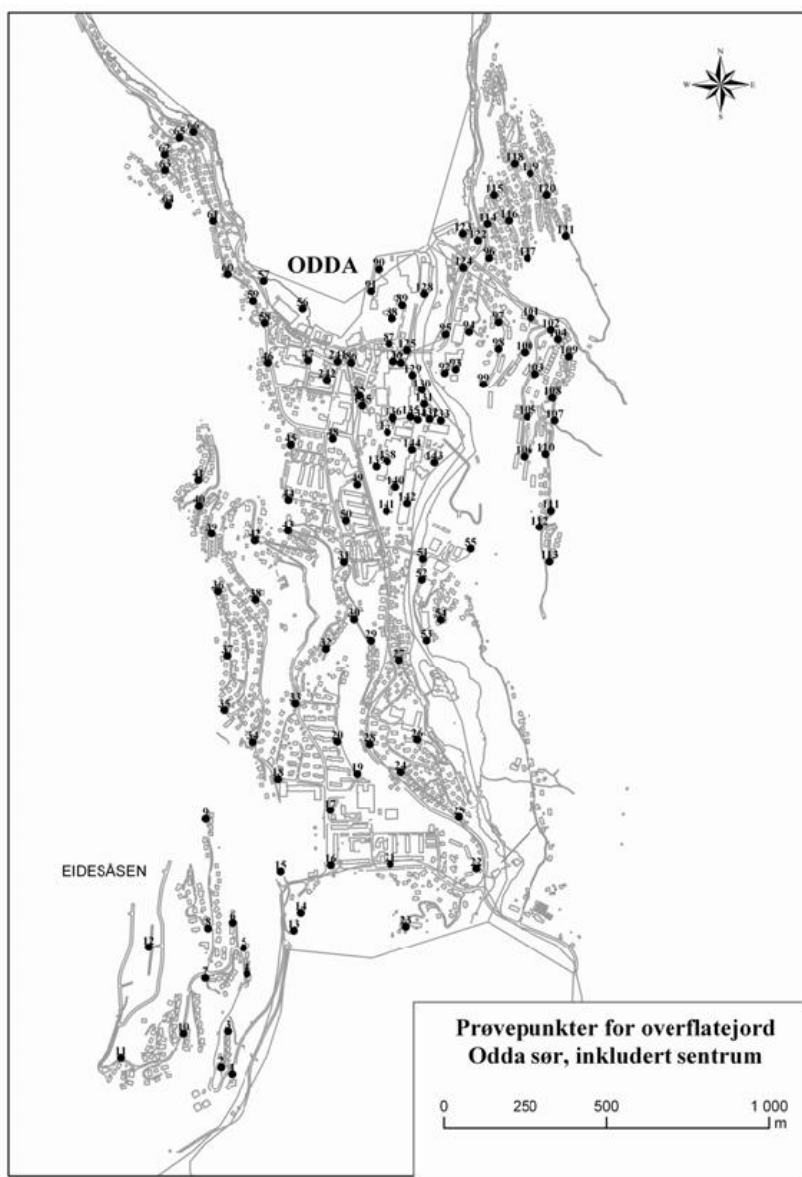
Odda har hatt smelteverksindustri i nesten 100 år, og det har forekommet store utslipp av støv, tungmetaller og organiske miljøgifter til både luft, vann og jord. Fram til ca. 1960 hadde Odda smelteverk åpne ovner, så støvmengdene som ble slynget ut til nærområdet var enorme. Storaas og Skei (1996) gir i utgivelsen "Ei miljøhistorie frå Sørfjorden" en oversikt over den omfattende industrihistoria og miljøutfordringene i Oddaområdet rundt smelteverkene i Odda sentrum, på Eitrheimsneset og i Tyssedal. Det vises til denne utgivelsen samt informasjon fra de tre smelteverkene for en mer detaljert beskrivelse av både produksjon og miljøutfordringer. I 1970 ble det satt ned en miljøvernkomité i Odda, som skulle se på utfordringene som industribedriftene påførte miljøet. På den tiden var allerede Sørfjorden beryktet for å være en av de mest forurensete fjordene i hele verden, og daværende Helserådet frarådet folk å spise fisk og skalldyr som var fanget i fjorden.

Den direkte tilførselen av miljøgifter fra smelteverkene har, som følge av strenge rensekraav og tryggere deponering og kontroll på utslippene, avtatt betydelig siden 1970-tallet. I dag, i år 2019, er livet i fjorden på veg tilbake, men det eksisterer fortsatt kostholdsråd i indre del av Sørfjorden basert på innhold av kadmium (Cd), bly (Pb), kvikksølv (Hg) og organiske miljøgifter i sjømat (ref. Matportalen.no).

2.6 Tidligere grunnundersøkelser

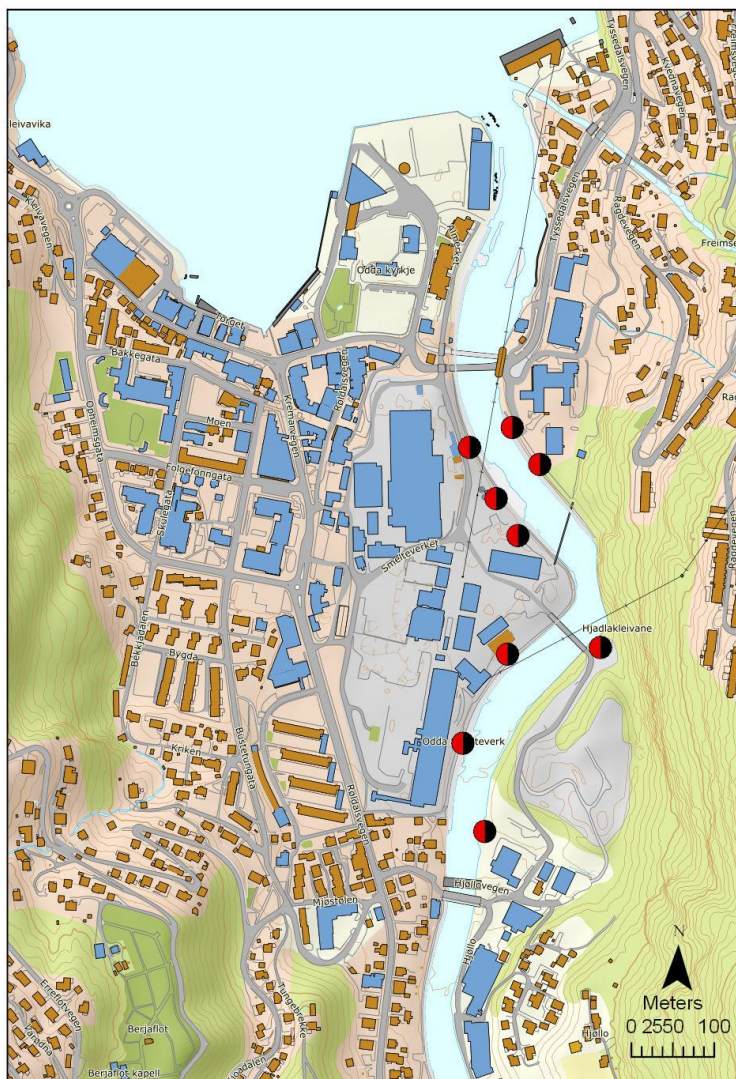
De første jordundersøkelsene i området ble foretatt allerede tidlig på 1970-tallet (Låg, 1974 og 1975). Disse undersøkelsene ble videreført av NGU i 2004 i en omfattende kartlegging av tungmetallforurensning i overflatejord i de tre industriområdene samt tiliggende boligområder (Jartun m.fl. 2006). Prøvelokaliteter i Odda sentrum med omliggende områder er vist i Figur 6. Det ble ikke overraskende registrert til dels meget sterkt forurenset jord i alle

industriområdene, men også i flere av de undersøkte boligområdene. Oppkonsentreringen av sink (Zn) var spesielt fremtredende, men det ble også funnet betydelig forhøyde verdier av arsen (As), kadmium (Cd), bly (Pb) og kvikksølv (Hg). Spesielt jordprøver fra industriområdet til Odda smelteverk viste høye tungmetallkonsentrasjoner.



Figur 6: Kart over prøvepunkter for jordprøver i Odda sentrum i miljøundersøkelser i 2004 (Jartun 2006)

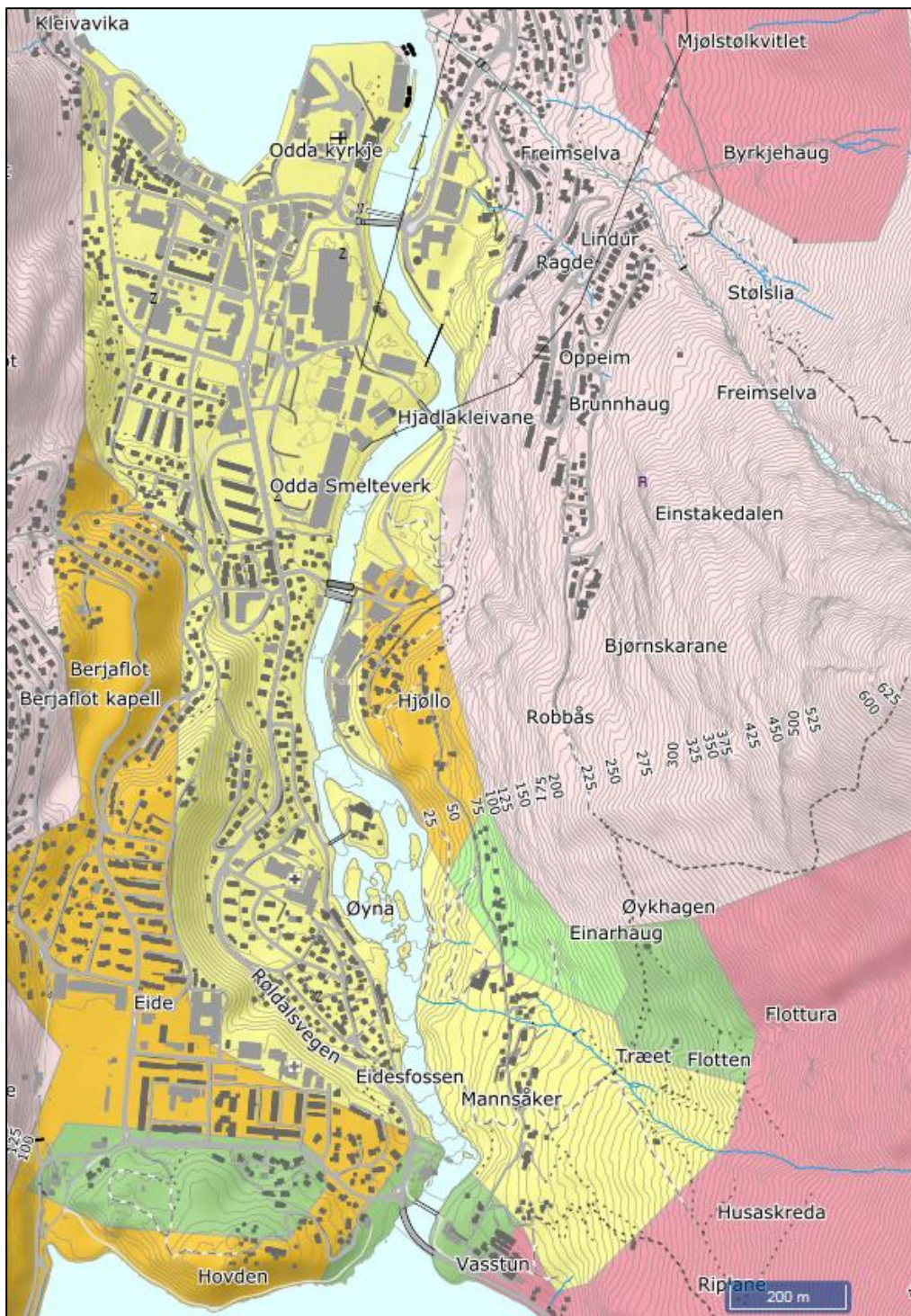
Etter konkursen og nedstengingen og av Odda Smelteverk i mars 2003 fikk Odda kommune, som grunnlag til reguleringsplan for etterbruk, utført miljøundersøkelser av industritomta. Undersøkelsene besto av uttak av jordprøver fra ulike dyp på flere lokaliteter, samt grunnvannprøver fra 9 undersøkelsesbrønner etablert i forbindelse med prosjektet (Jaggi 2005). Plassering av undersøkelsesbrønnene er vist i Figur 7 og viser at det i tillegg til undersøkelsesbrønnene inne på selve industriområdet også ble etablert brønner i eldre industrideponiområder på østsiden av elva Opo. Både jord- og grunnvannsprøver ble analysert for innhold av et utvalg uorganiske og noen organiske miljøgifter (PAH, PCB og hydrokarboner). Det ble i likhet med NGUs undersøkelser funnet høye verdier av metaller og tungmetaller i jordprøvene, men det ble ikke funnet høye konsentrasjoner av organiske miljøgifter. Analyser av grunnvannsprøver viste forhøyde verdier av totalnitrogen og nikkel i enkelte brønner men det ble ikke registrert organiske miljøgifter i grunnvannet.



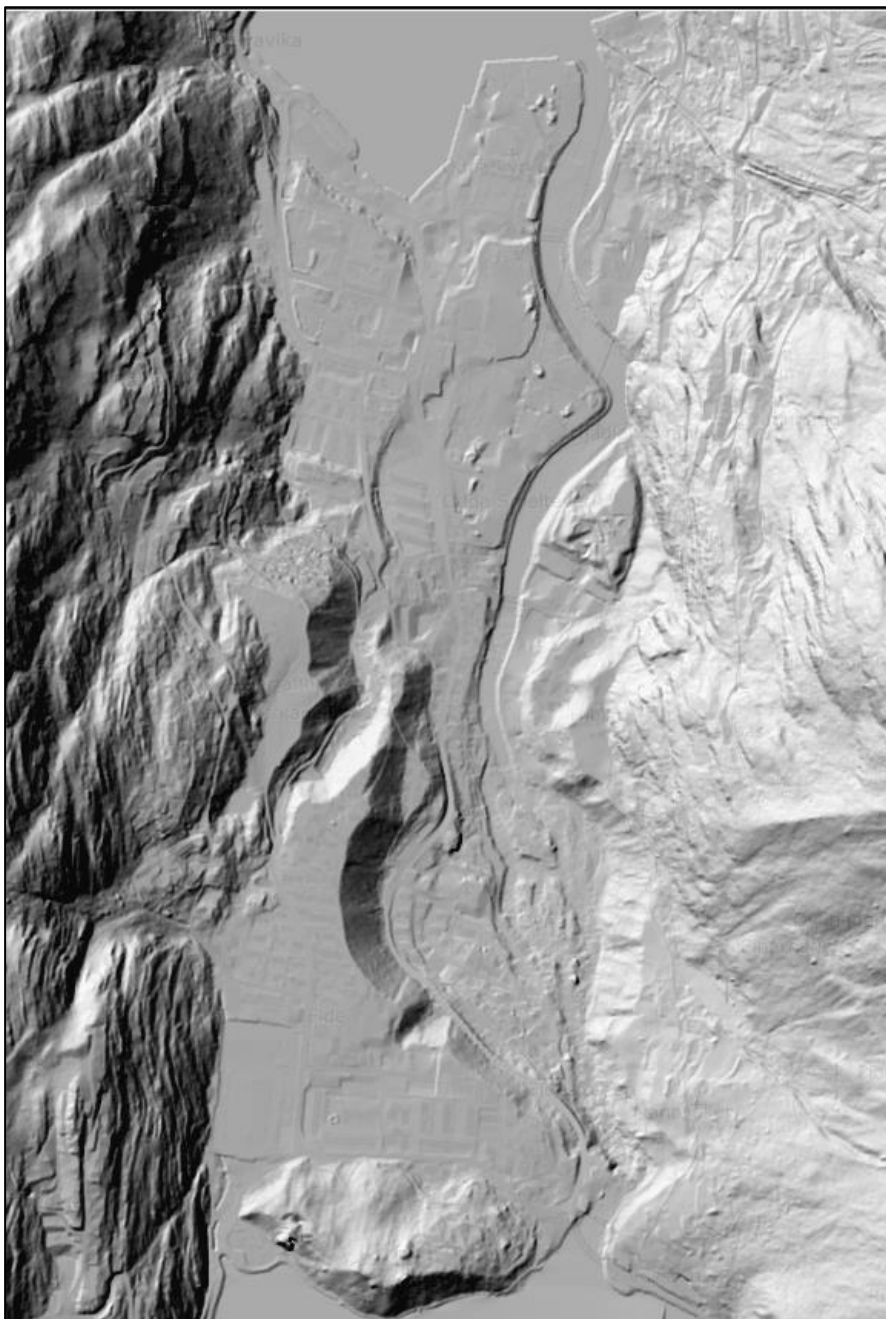
Figur 7: Lokalisering av grunnvannsbrønner fra miljøkartlegging ved Odda smelteverk i 2005 (modifisert etter Jaggi 2005)

3. Regionale geologiske forhold

Løsmassene i dalgangen mellom Sandvinvatnet og Sørfjorden domineres av til dels grovkornet breelv- og elveavsetninger (figur 8). Det høyereliggende flate området ved Eide vest for elva Opo opp mot Sandvinvatnet er rester av et tidligere breelvdelta som trolig fylte hele dalgangen. Løsmassene ble avsatt ut i Sørfjorden fra en bretunge fra den store innlandsisen i sørøst som stoppet opp ved fjellterskelen ved Vastun-Hovden i utløpet av Sandvinvatnet. Løsmassene som ble transportert med breelvene over og under isen ble avsatt i fjorden og bygde seg over tid opp til den tids havnivå, og som korresponderte med det flate området ved Eide (figur 8 og 9). Nedsmelting av innlandsisen med påfølgende landheving har ført til betydelig elveerosjon av dette breelvdeltaet og suksessiv utbygging og erosjon av stadig nye lavereliggende fjordelta. Etter en stor flom i 2014 er det laget nye forbygninger langs Opos løp.



Figur 8: Kwartærgeologisk kart over området mellom Odda sentrum og Sandvinvatnet (<http://geo.ngu.no/kart/losmasse>)



Figur 9: Høyoppløselig terrengmodell (lidardata) over området mellom Odda sentrum og Sandvinvatnet. Tidligere elveløp med erosjonskanter framkommer tydelig i dalgangen langs elva Opos løp (Statens kartverk: Hoydedata.no)

4. Typelokalitet Odda

4.1 Kartlegging av geologiske og hydrogeologiske forhold

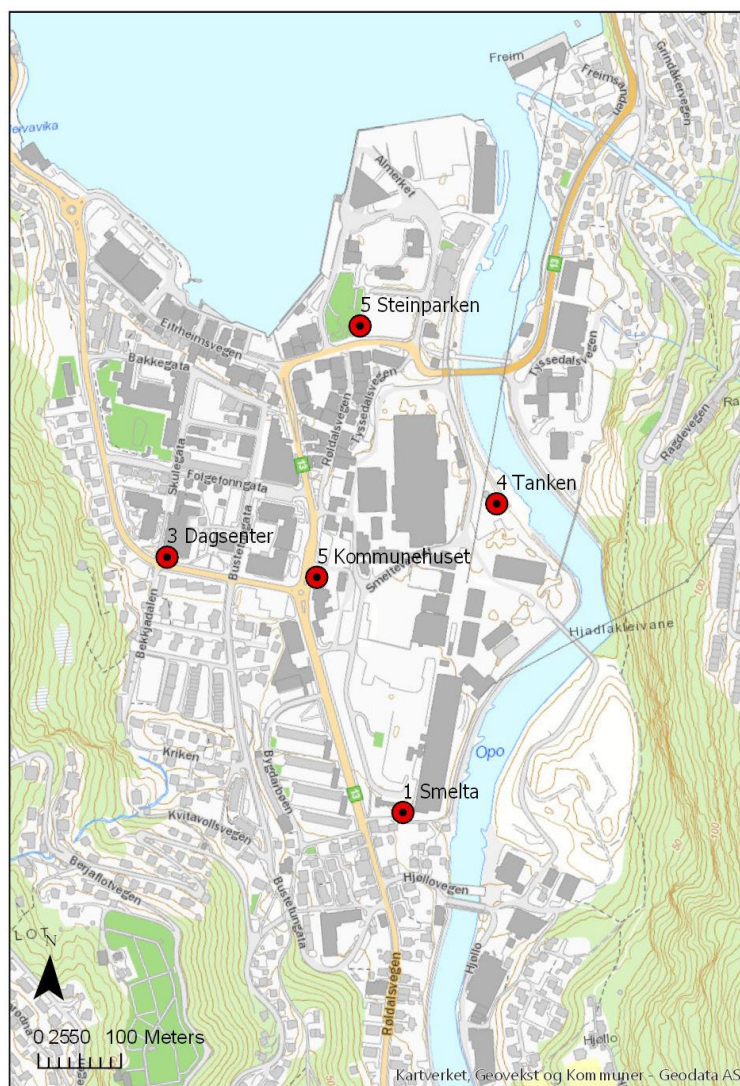
4.1.1 Tidligere undersøkelser

Det har tidligere vært utført detaljerte hydrogeologiske undersøkelser i Odda sentrum (Jaggi 2005) men disse gir lite eller ingen informasjon om løsmasseoppbyggingen i området. Det ble heller ikke utført logging av elv- eller grunnvannsnivå for å studere strømningsforhold i grunnvannsforekomsten under ulike nedbørsepisoder og ulik vannføring i Opo.

4.1.2 Grunnundersøkelser utført i dette prosjektet

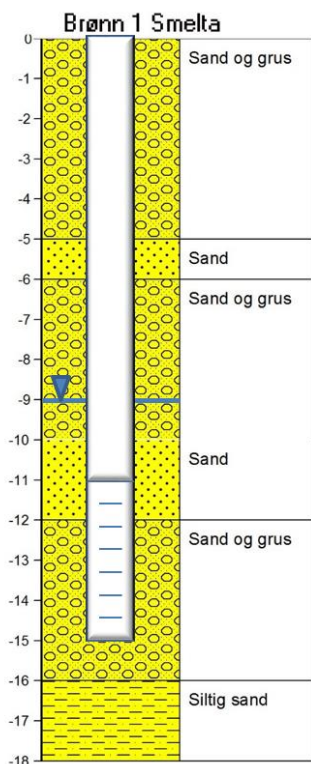
Høsten 2017 utførte Hallingdal Brønn og Graveservice AS 5 grunnboringer i Odda sentrum under anvisning og oppfølging av NGU (Figur 10). Det ble under boringen registret løsmassesammensetning, grunnvannnivå og tatt ut sedimentprøver til kornfordelingsanalyser (vedlegg 4). Det ble i samtlige 5 borepunkt 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 11** til **Figur 15**.

Plassering av borelokalitetene og brønnene ble av praktiske årsaker begrenset til kommunal eiendom, og borepunkter ble valgt ut i samråd med kommunalteknisk etat i Odda kommune. Vann- og avløpsledninger og ulike typer kabler ga også noen begrensninger på valg av borelokaliteter. Gitt disse begrensningene ble grunnboringene forsøkt plassert slikt at de gir relevant informasjon om sammensetningen av løsmassene i Odda 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.



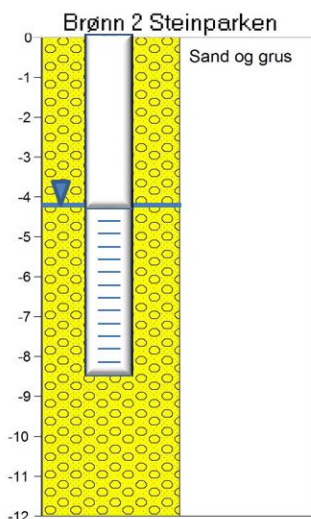
Figur 10: Lokalisering av etablerte overvåkingsbrønner i Odda sentrum

4.1.3 Beskrivelse av brønnlokaliteter, løsmassesammensetning og brønntutforming



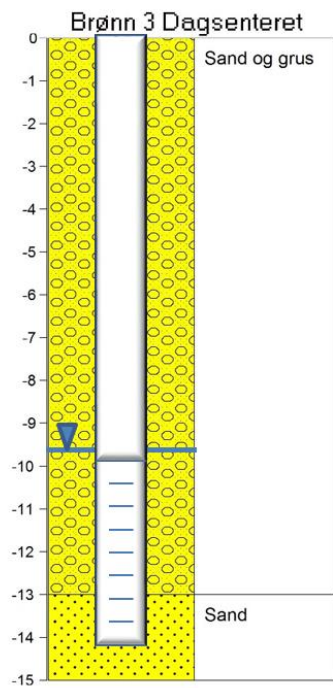
Figur 11: Borelogg fra grunnboringen og utforming av overvåkingsbrønn 1 "Smelta".

Overvåkingsbrønn 1 «Smelta» er plassert inn på industriarealet til Odda smelteverk rett oppstrøms tidligere smelteverkhaller. Boreloggen viser at løsmassene gjennomgående består av sand og grus med gode vannføringsegenskaper ned til 16 meters dyp der løsmassene går over til tilnærmet tett siltig sand ned til 18 meters dyp ved avsluttet boring. I borepunktet ble det etablert en overvåkingsbrønn (Brønn 1 "Smelta") med filterplassering mellom 11 – 15 m under terrengnivå. Grunnvannsnivået ble målt rett etter brønnetableringen til ca. 9 m under terreng. Løsmassesammensetningen i dette borepunktet og nærhet til elva Opo indikerer at det er god hydraulisk kontakt mellom elva og grunnvannsmagasinet i dette området.



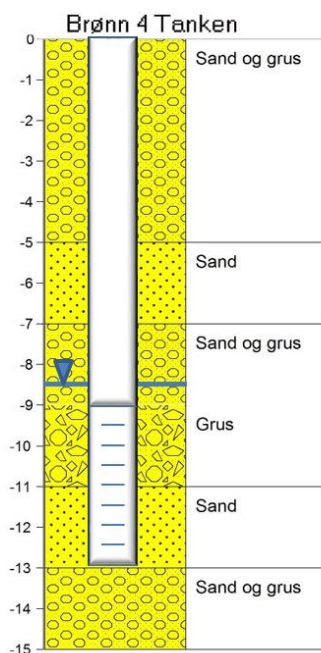
Figur 12: Borelogg fra grunnboring og utforming av overvåkingsbrønn 2 "Steinparken".

Overvåkingsbrønn 2 «Steinparken» er plassert ved siden av en parkeringsplass ned mot elvemunningen og Sørfjorden. Som det fremgår av boreloggen består løsmassene av sand og grus i hele boreprofilets lengde. Løsmassene har meget god vanngiverevne, noe som indikerer at grunnvannsmagasinet i dette området har god hydraulisk kontakt både med fjorden og elva Opo. Overvåkingsbrønnen har filter mellom 4,5 - 8,5 meters dyp og grunnvannsnivået ble målt til 4,2 meters dyp rett etter brønnetableringen.



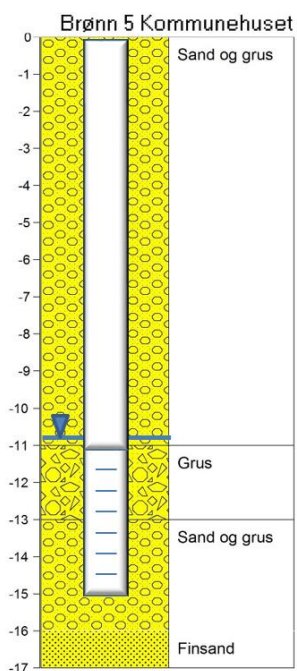
Figur 13: Borelogg fra grunnboring og utforming av overvåkingsbrønn 3 "Dagsenteret"

Overvåkingsbrønn 3 «Dagsenteret» er plassert i ytterkant av Odda sentrum på en eldre deltaterrasse. Løsmassene domineres av sand og grus ned til 13 meters dyp hvor det påtreffes sandige masser med noe organisk materiale. Boringen ble avsluttet på 15 meters dyp. Overvåkingsbrønnen har filter mellom 10 - 14 meters dyp og grunnvannsnivået ble målt til 9,5 meters dyp rett etter brønnetableringen. Det forventes at grunnvannsmagasinet i dette området tilføres mye overflateavrenning fra nedbørsfeltet i dalsiden mot sørvest.



Figur 14: Borelogg fra grunnboring og utforming av overvåkingsbrønn 4 "Tanken"

Overvåkingsbrønn 4 «Tanken» er plassert inne på industriområdet til Odda smelteverk nær en tidligere kjemikalielagertank og elva Opo. Det er uvisst hva som er blitt lagret i tanken. Løsmassene i dette området er noe mer lagdelt enn de andre boreområder og varierer mellom sand og grus. Løsmassene har god til meget god vanngiverevne. Boringen ble avsluttet på 15 meters dyp i grusige løsmasser. Overvåkingsbrønnen har filter mellom 9 -13 meters dyp og grunnvannsnivået ble målt til 8,5 meters dyp rett etter brønnetableringen. Det forventes at grunnvannsmagasinet i dette området i betydelig grad påvirkes av vannføringen i nærliggende Opo.



Figur 15: Borelogg fra grunnboring og utforming av overvåkingsbrønn 5 "Kommunehuset"

Overvåkingsbrønn 5 «Kommunehuset» er plassert sentralt i Odda sentrum ved kontorbygget til teknisk etat i kommunen. Løsmassene i dette området domineres av sand og grus ned til 16 meters dyp der det påtreffes finsand. Brønnen ligger på samme deltaflate og høyde som overvåkingsbrønn 3 og løsmassene har trolig samme avsetningshistorikk. Overvåkingsbrønnen har filter mellom 11-13 meters dyp og grunnvannsnivået ble målt til 10,8 meters dyp rett etter brønnetableringen. Det forventes at grunnvannsmagasinet i dette området påvirkes noe av vannføringen i elva Opo men også av nedbørsinfiltrasjon fra det store nedbørsfeltet mot sørvest.

4.1.4 Geologiske og hydrogeologiske forhold

Sammenstilles den geologiske informasjonen fra grunnboringene gir dette en god oversikt over de geologiske forholdene i Odda sentrum. I alle borepunktene er det løsmasser av grov sand og grus med gode infiltrasjonsegenskaper i den umettede sonen over grunnvannsspeilet. Det ble i samtlige boringer funnet likende grove løsmasseavsetninger med gode vannføringsegenskaper i øvre del av den mettede grunnvannssonen. Selv om det ble påtruffet lavpermeabel finsand mot dypet ved flere av boringene, forventes det at grunnvannsføremst Odda har gode hydrauliske egenskaper for infiltrasjon av overflatevann og hurtig gjennomstrømming og utskifting av grunnvann.

Det forventes imidlertid at kun en begrenset del av nedbøren som faller på selve avsetning vil infiltrere grunnen, da mye av nedbøren vil falle på tak og tette flater og bli drenert ut av området gjennom overvanns- og avløpssystemet. Akviferen under Odda sentrum har imidlertid et stort nedbørsfelt i dalsiden mot sørvest og mye av nedbøren i dette området vil infiltrerer grunnen i overgangen mellom dalsiden og grunnvannsføremsten. Dette medfører at gjennomstrømmingen i akviferen er stor og at vannet i grunnvannsføremsten skiftes ut hyppig og eventuelle forurensinger som tilføres grunnvannet raskt vil bli fortynnet og ført med grunnvannstrømmen ut i Opo eller Sørfjorden.

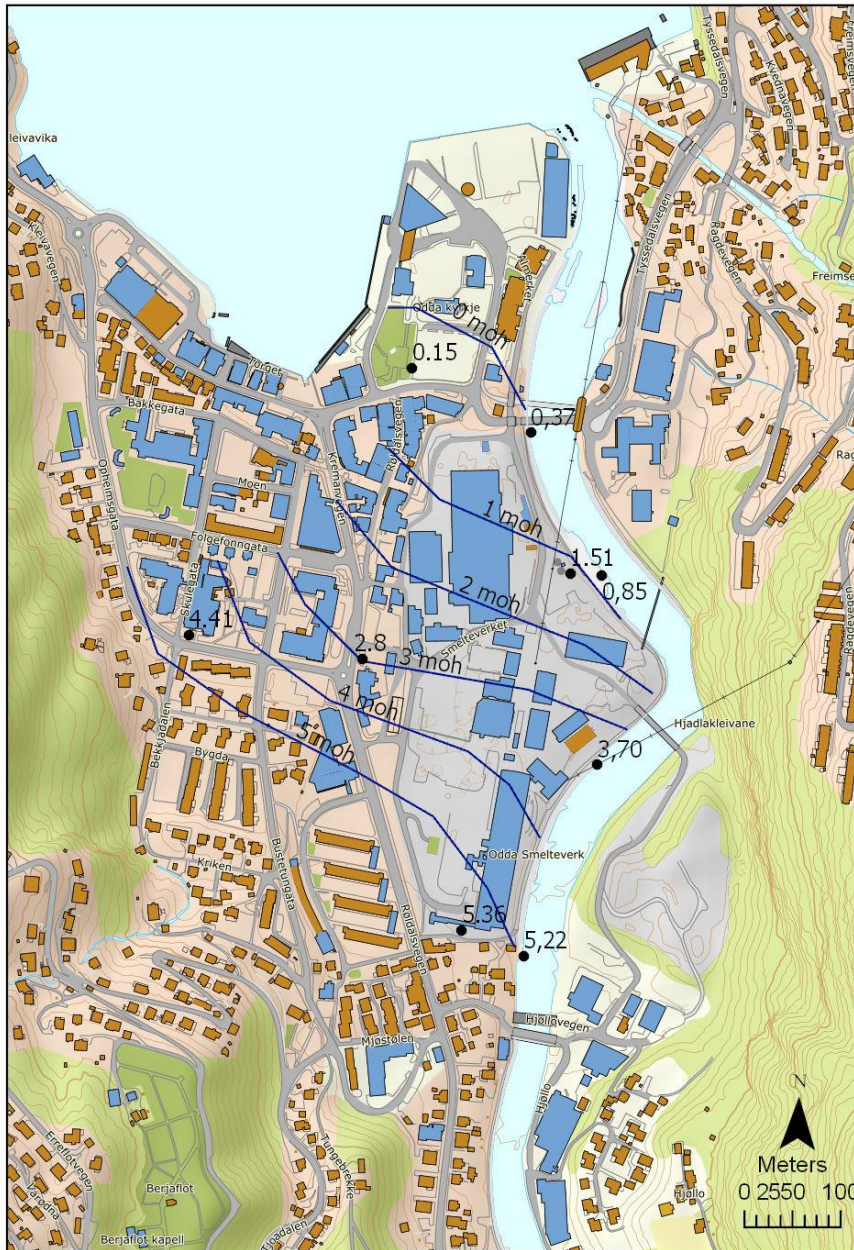
For å kartlegge strømningsforholdene i grunnvannsmagasinet ble brønnene målt inn med differensiell GPS for nøyaktig høydeangivelse av grunnvannsnivå. I tillegg til manuelle vannstandsmålinger, ble det installert automatiske loggere i alle fem brønner for å registrere endringer i vanntrykk, grunnvannstemperatur og grunnvannets elektriske ledningsevne over tid. Den rapporterte måleperioden er på cirka ett år (oktober 2017 – oktober 2018) 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 1 (Smelta).

I forbindelse med innmåling og peiling av grunnvannsnivå i brønnene 19. oktober 2017 ble det også vannivå i elva Opo målt inn ved flere punkter langs elveløpet. På grunnlag av disse målingene er det fremstilt et grunnvannskotekart for denne dagen som viser at grunnvannet i den sentrale delen av grunnvannsføremsten strømmer ut mot elva og mater denne med grunnvann (Figur 16).

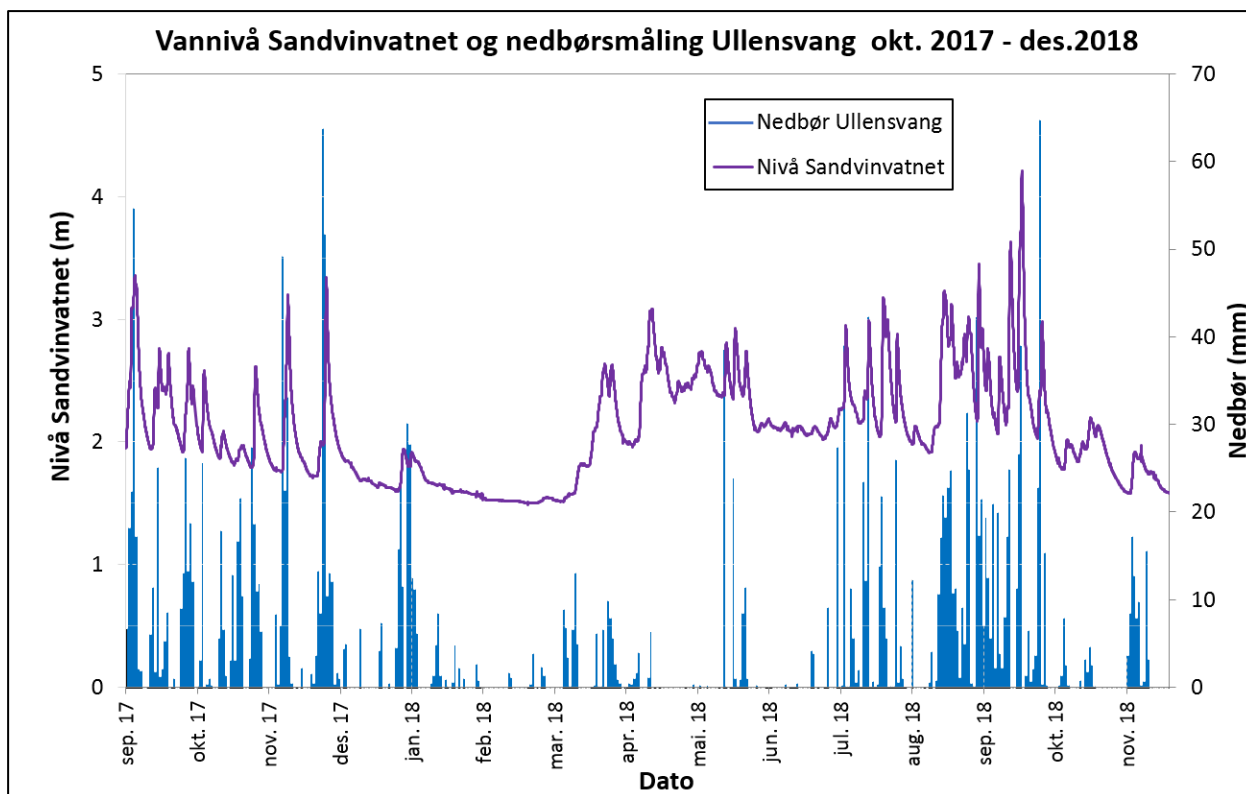
Det er ikke utført nivåmålinger i elva i ettertid. For kunne å studere samvariasjonen og betydningen av vannivå i elva Opo på grunnvannsnivået i akviferen, er det innhentet tidsserier av nivåmålinger fra NVE sin målestasjon i Sandvinvatnet. Det er på grunn av den korte lengden på Opo fra utløpet av Sandvinvatnet til Odda sentrum, forventet en klar samvariasjon mellom nivåendringer i vatnet og elva, noe som gjør det mulig å benytte disse nivåmålinger som erstatning for manglende nivåmålinger i elva.

Nedbør vil være en styrende parameter både for endringer i vannivået i grunnvannsføremsten og Sandvinvatnet. Sammenstilling av nivåmålinger i Sandvinvatnet og døgnnedbørsmålinger registrert ved Ullensvang metrologisk stasjon fra perioden oktober 2017 til desember 2018 viser meget god samvariasjon for størstedelen av måleperioden (Figur 17). Det registreres et avvik fra dette mønstret i perioden april - mai 2018 da snøsmelting i nedbørsfeltet til Sandvinvatnet gir betydelig nivåheving uten større registrerte nedbørsmengder lokalt.

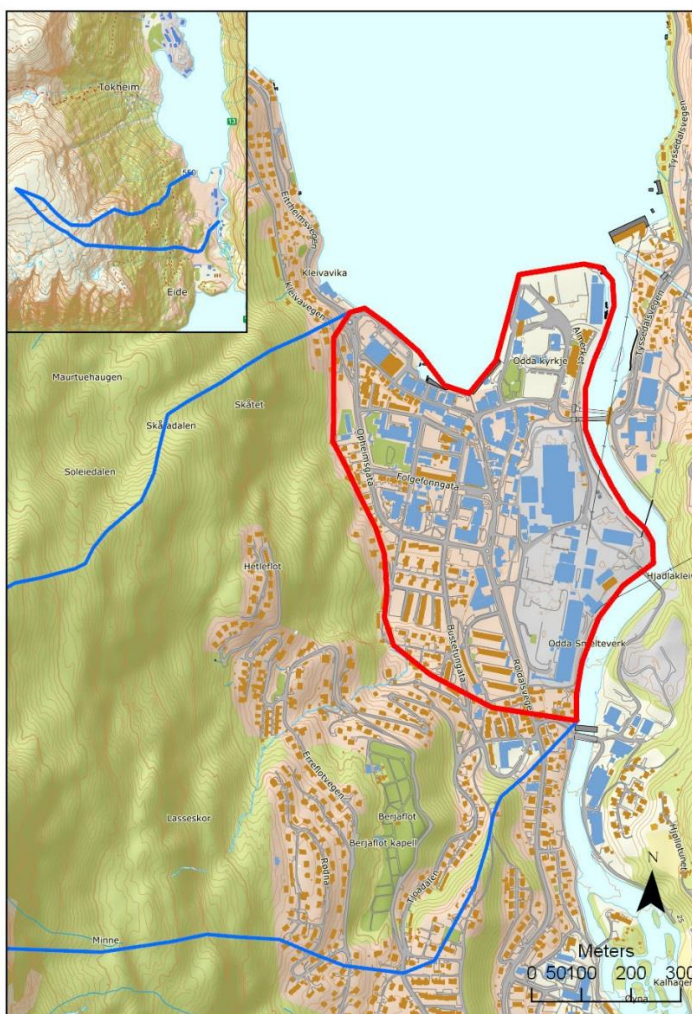
Det forventes at nedbøren får spesielt stor betydning på vannivå og strømning i grunnvannsforekomsten i Odda da denne har et stort nedbørsfelt i dalsiden mot vest (Figur 18: Nedbørsfeltet (avgrenset med blå farge) til grunnvannsforekomst Odda (Figur 18)).



Figur 16: Grunnvannskotekart for Odda sentrum basert på grunnvannstandsmålinger og elvenivåmålinger utført 19.10.2017. Nivåmålinger på angitt punkter angis som meter over havet.



Figur 17: Nivåmålinger i Sandvinvatnet og døgnetnedbør målt ved målestasjon Ullensvang (måledata fra NVE og klima)



Figur 18: Nedbørsfeltet (avgrenset med blå farge) til grunnvannsforekomst Odda (avgrenset med rød farge)

4.2 Resultater fra automatisk logging og manuelle målinger av observasjonsbrønnene

Det er i de påfølgende kapitler gitt en oversikt over resultater fra den automatiske loggingen av grunnvannsnivå, temperatur og elektrisk ledningsevne i observasjonsbrønnene for perioden oktober 2017 til oktober 2018, samt manuelle målinger av de samme parametere fra feltkampanjer i oktober 2017, juni 2018 og oktober 2018.

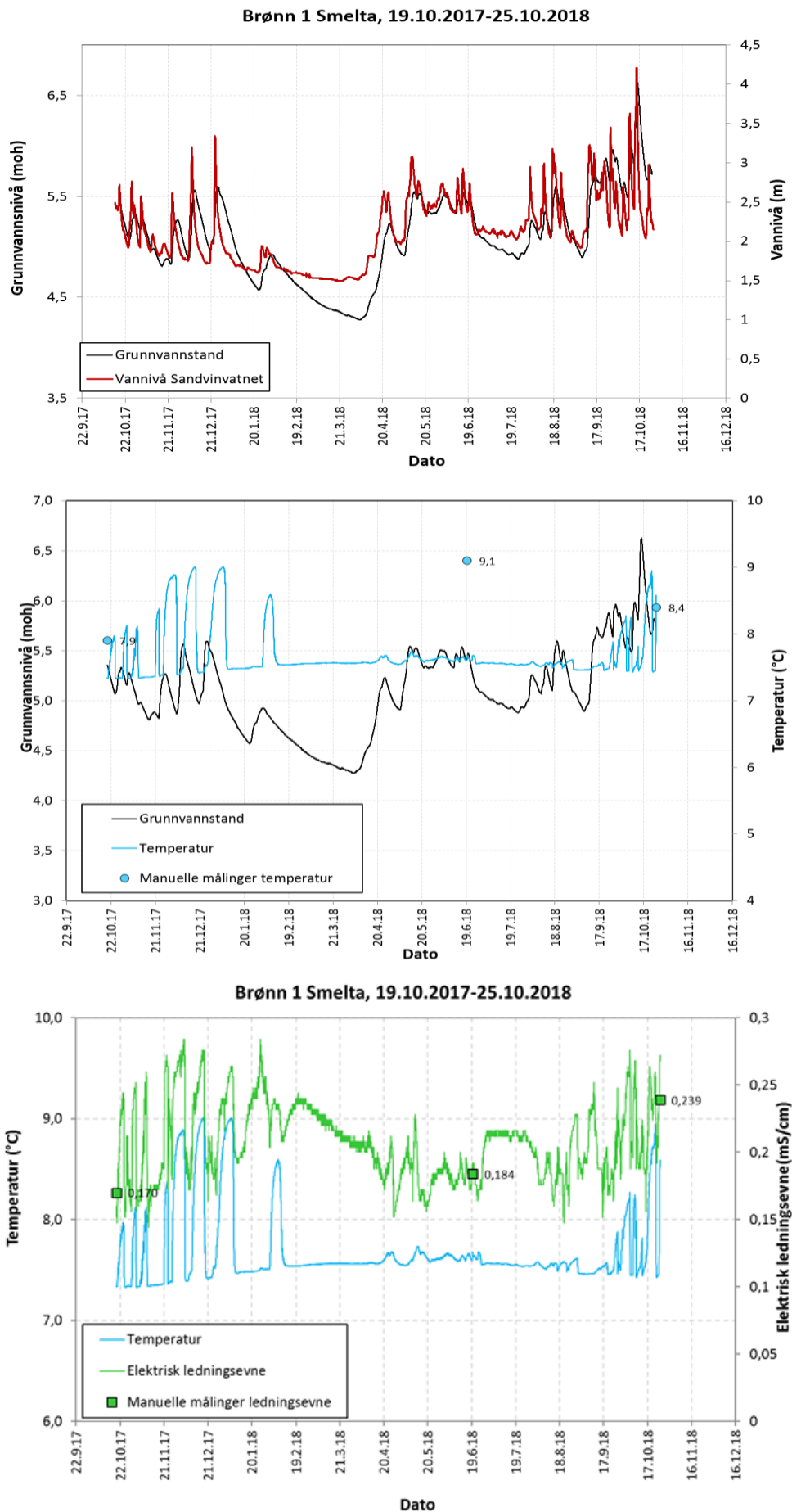
4.2.1 Overvåkingsbrønn 1 Smelta

Resultatene fra loggingen i observasjonsbrønnen viser at både grunnvannsnivå, grunnvannstemperatur og grunnvannets elektriske ledningsevne varierer betydelig i måleperioden (Figur 19). Grunnvannsnivået i dette området påvirkes i betydelig grad av vannivået i Opo (nivå Sandvinvatnet) gjennom hele måleperioden, og raske stigninger i elvenivået gir hurtig stigning i grunnvannsnivået i brønnen. Etterfølgende senkningen i grunnvannsnivået ligger imidlertid noe etter senkningen i elvenivået, og viser at det infiltreres mer vann i akviferen enn det som kommer fra elveinfiltrasjonen i perioder med hurtig nivåstigning i elva. Målinger av temperatur og elektrisk ledningsevne i grunnvannet viser også betydelige økning i disse måleparameterne ved økning i elvenivået, og som viser at økt

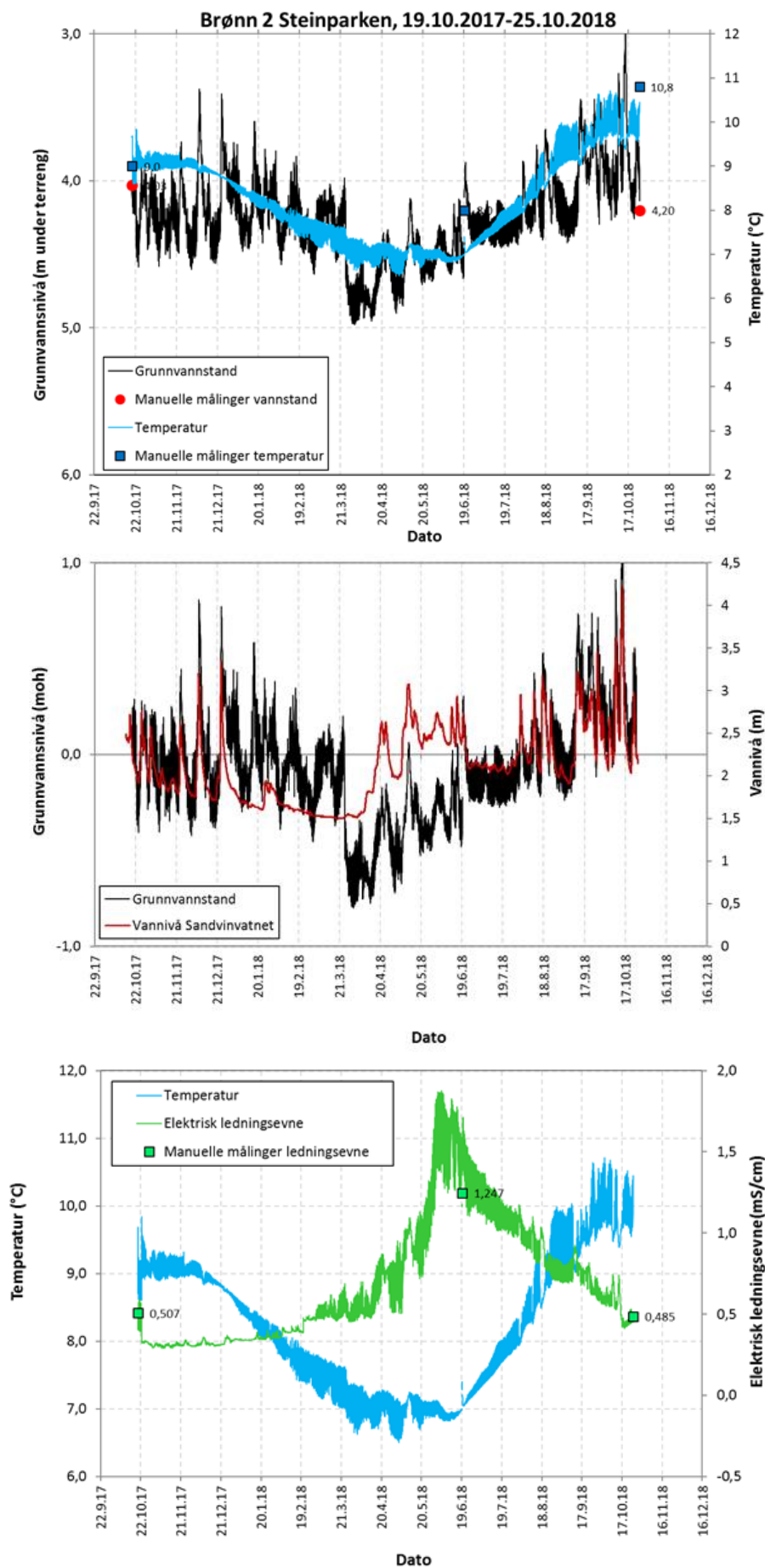
elvevannsinfiltrasjon medfører en endring i grunnvannskjemien i brønnområdet. Det registreres imidlertid en tidsforsinkelse i endringene i temperatur- og ledningsevne i forhold til nivåendringer i elva og akviferen som indikerer at økt vannnivå i elva mobiliserer grunnvann med en annen kjemisk sammensetning i tilstrømningsområdet til brønnen. Endringer i grunnvannskjemien kan være gitt av selve heving av grunnvannsspeilet og medfølgende utvasking av forurensede sedimenter i kombinasjon med økt grunnvannsutskiftning i elvenære områder.

4.2.2 Overvåkingsbrønn 2 Steinparken

Resultatene fra loggingen i observasjonsbrønnen viser at både grunnvannsnivå, grunnvannstemperatur og grunnvannets elektriske ledningsevne varierer betydelig i måleperioden (Figur 20). Grunnvannsnivået i dette området påvirkes i betydelig grad av tidevannet, men det registreres også heving i grunnvannsnivået ved økning i vannføring i Opo. I perioder med liten vannføring i Opo vinterstid er grunnvannsnivået styrt av tidevannsendringene. Grunnvannets elektriske ledningsevne viser en økning gjennom vår og forsommeren og når en topp rundt midtsommer for så å synke mot høsten. Grunnvannstemperaturen er i tilnærmet motfase med den elektriske ledningsevnen i måleperioden og er lavest på vår og forsommeren. De observerte endringene indikerer at området på vår og forsommeren får økt tilførsel av grunnvann fra de urbane områdene oppstrøm brønnområdet.



Figur 19: Resultater fra manuelle målinger og automatisk logging i brønn 1 Smelta



Figur 20: Resultater fra manuelle målinger og automatisk logging i brønn 2 Steinparken

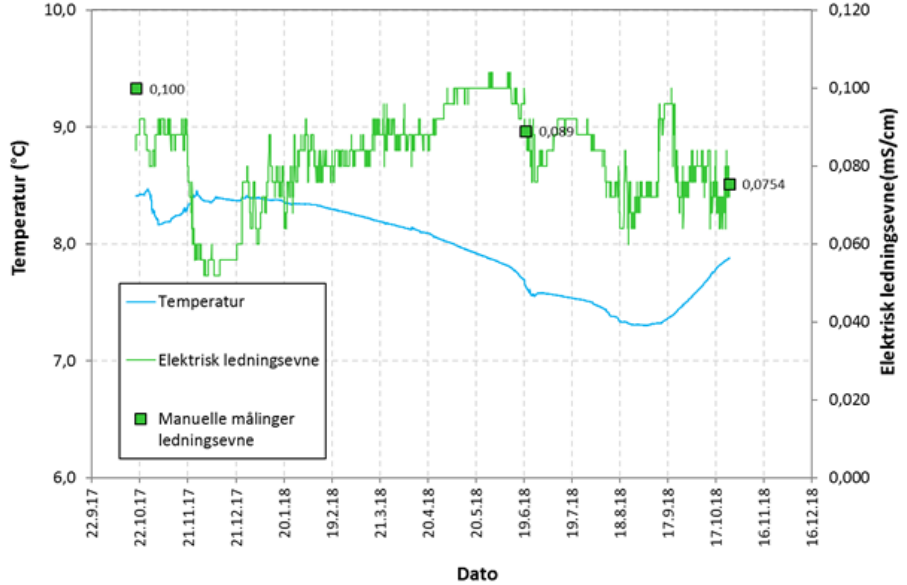
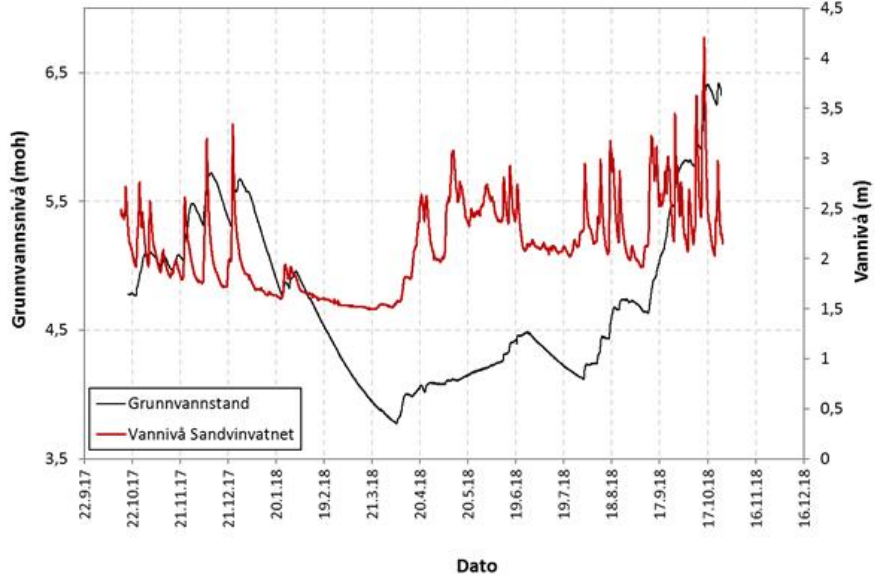
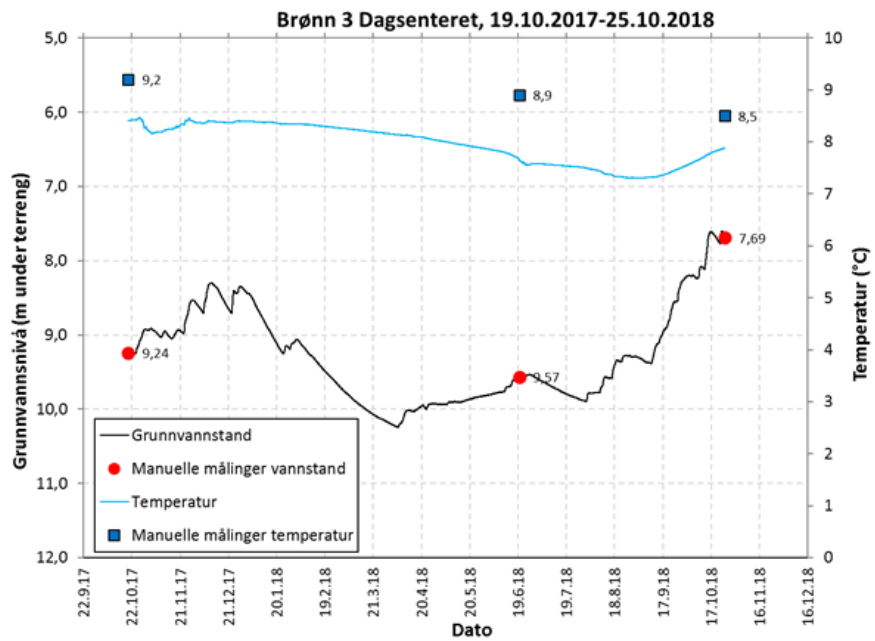
4.2.3 Overvåkingsbrønn 3 Dagsenteret

Resultatene fra loggingen i observasjonsbrønnen viser at grunnvannsnivå varierer betydelig i måleperioden mens grunnvannstemperatur og grunnvannets elektriske ledningsevne viser mindre variasjon (Figur 21). Registreringene av grunnvannsnivået indikerer at området også påvirkes av vannivået i Opo (nivå Sandvinvatnet) men økningen i grunnvannsnivået kan også til dels være gitt av infiltrasjon av betydelige nedbørsmengder fra det store nedbørsfeltet til akviferen. Grunnvannets elektriske ledningsevne viser en senkning i perioder med mye nedbør, noe som indikerer infiltrasjon av nedbør og stor tilstrømming av grunnvann med lite oppholdstid i grunnen.

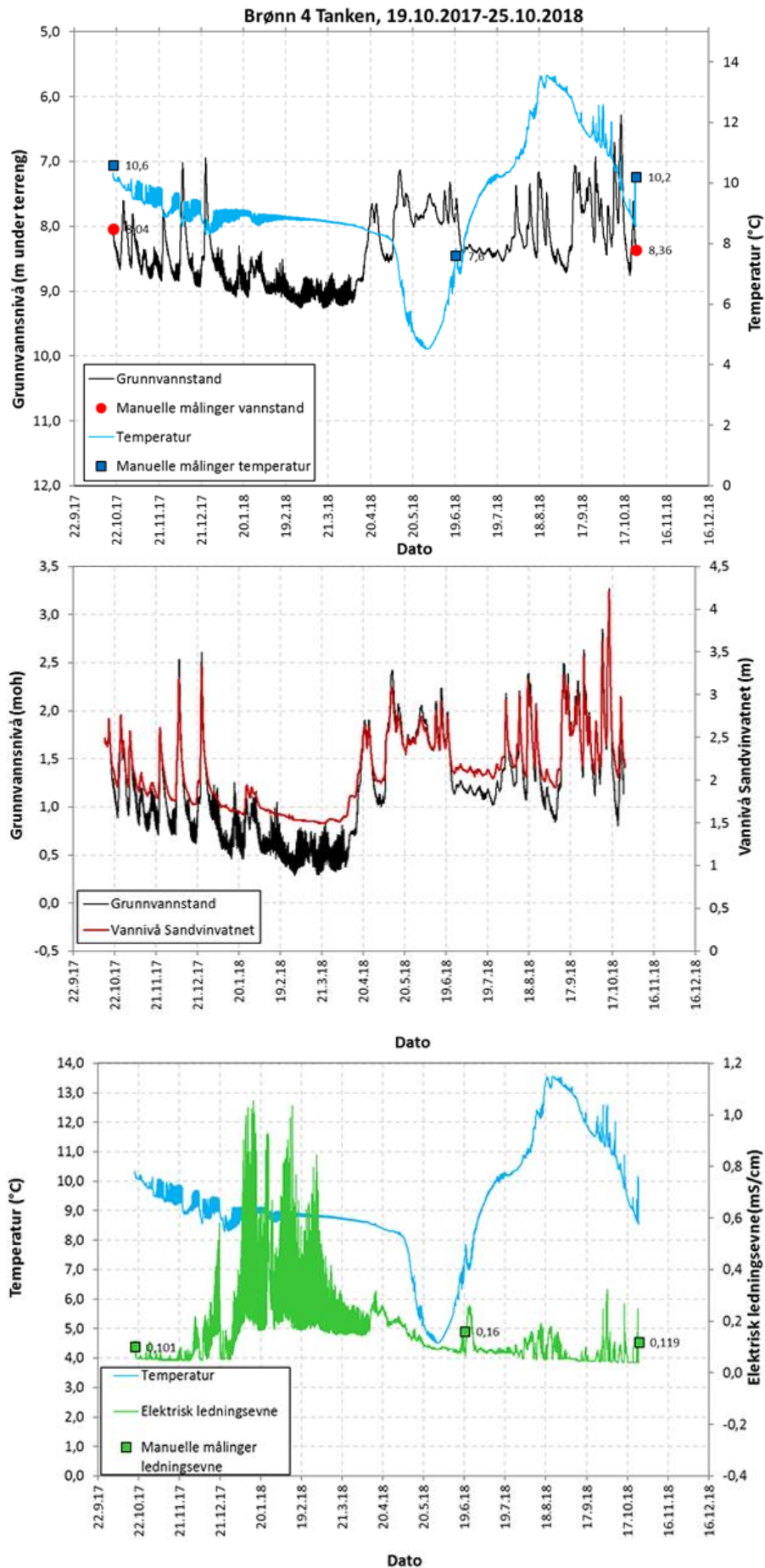
4.2.4 Overvåkingsbrønn 4 Tanken

Resultatene fra loggingen i observasjonsbrønnen viser at både grunnvannsnivå, grunnvannstemperatur og grunnvannets elektriske ledningsevne varierer betydelig i måleperioden (Figur 22). Ut fra disse registreringene ser det ut til at grunnvannsnivået i dette området påvirkes av vannivået i Opo (nivå Sandvinvatnet), men økningen i grunnvannsnivået kan også tidvis være gitt av infiltrasjon av store nedbørsmengder og snøsmelting i det store nedbørsfeltet til akviferen. Påvirkningen fra Opo vises tydeligst i snøsmelteperioden fra april til juni hvor det også registreres en betydelig grunnvannsheving og temperatursenkning som følge av infiltrasjonen av ellevann til akviferen. I perioden med lav grunnvannstand registreres det døgnvariasjoner i målingene som viser at tidevannet påvirker grunnvannsstanden i dette området.

Variasjonen i grunnvannets elektriske ledningsevne er spesielt fremtredende i vintermånedene hvor det registreres store døgnvariasjoner. Dette sammenfaller i tid med lavt grunnvannsnivå og påvirkning fra tidevannsfluktuationene. Det er lite sannsynlig at grunnvannet her er direkte påvirket av sjøvannsinntrenging med at trykkbølgen fra tidevannspulsen gir lokale endringer i grunnstrømmen og tilførsel av grunnvann med endret vannkjemi. Det har ikke lyktes å ta ut grunnvannsprøver som sammenfaller i tid med høy ledningsevne i grunnvannet og det har derfor ikke vært mulig å avdekke årsakene til disse endringene i grunnvannets kjemiske sammensetning.



Figur 21: Resultater fra manuelle målinger og automatisk logging i brønn 3 Dagsenteret



Figur 22: Resultater fra manuelle målinger og automatisk logging i brønn 4 Tanken

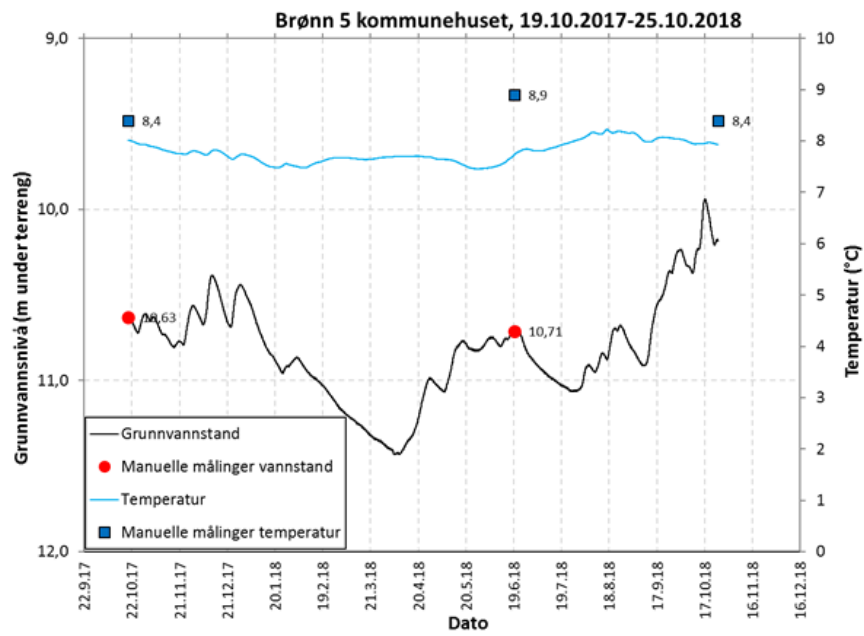
4.2.5 Overvåkingsbrønn 5 Kommunehuset

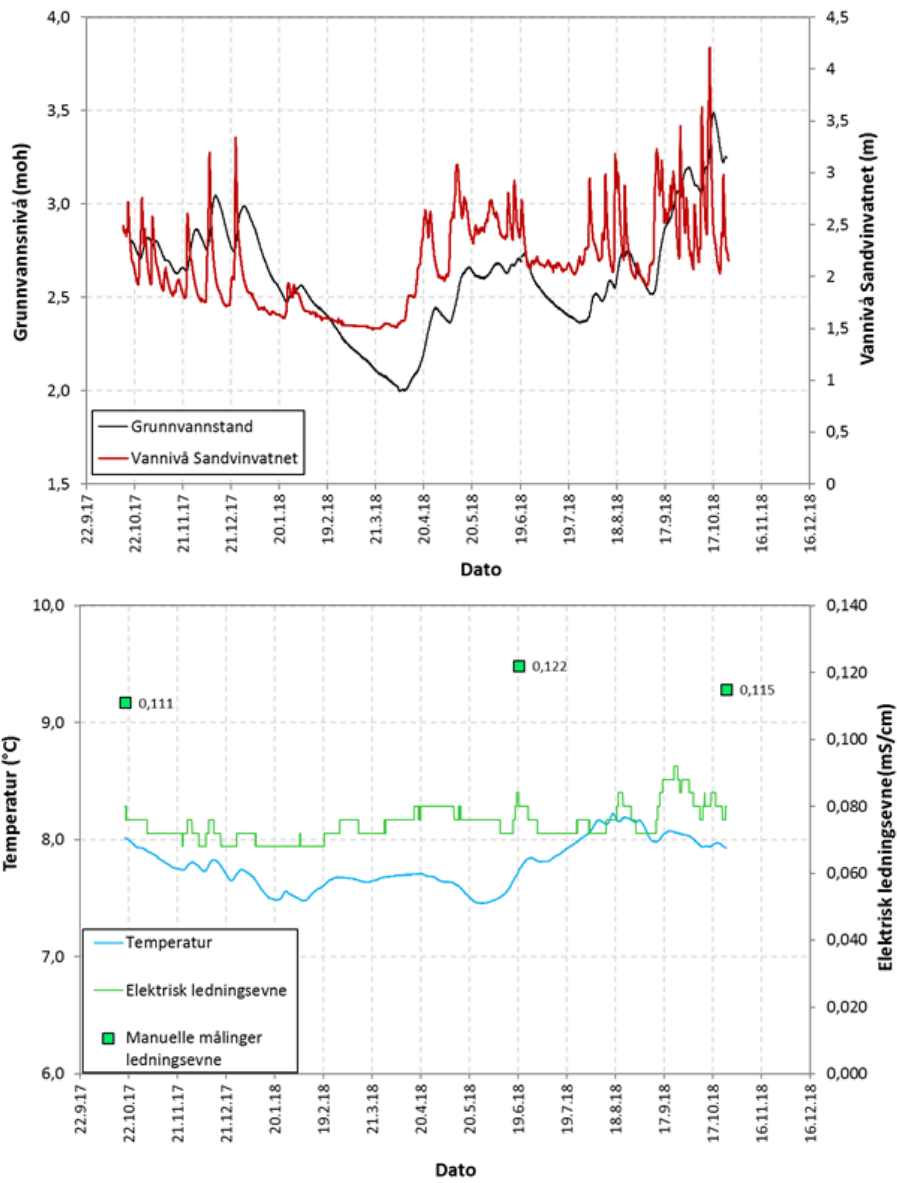
Resultatene fra loggingen i observasjonsbrønnen viser at grunnvannsnivået varierer betydelig i måleperioden mens grunnvannstemperatur og grunnvannets elektriske ledningsevne viser mindre variasjon (Figur 23). Endringer i grunnvannsnivået i dette området er omtrent synkron med endringer i området ved omsorgsboligen men med mer dempede fluktuasjoner. Området påvirkes følgelig både av vannivået i Opo og av nedbørsinfiltrasjon fra nedbørsfeltet i fjellområdet mot vest. Det er verdt å merke seg at de manuelle målinger av ledningsevnen avviker betydelig fra de automatiske målingene, noe som indikerer at ledningsevnesensoren på loggeren ikke er riktig kalibrert hos produsent og derfor må byttes ut.

4.2.6 Sammenstilling av nivåmålinger

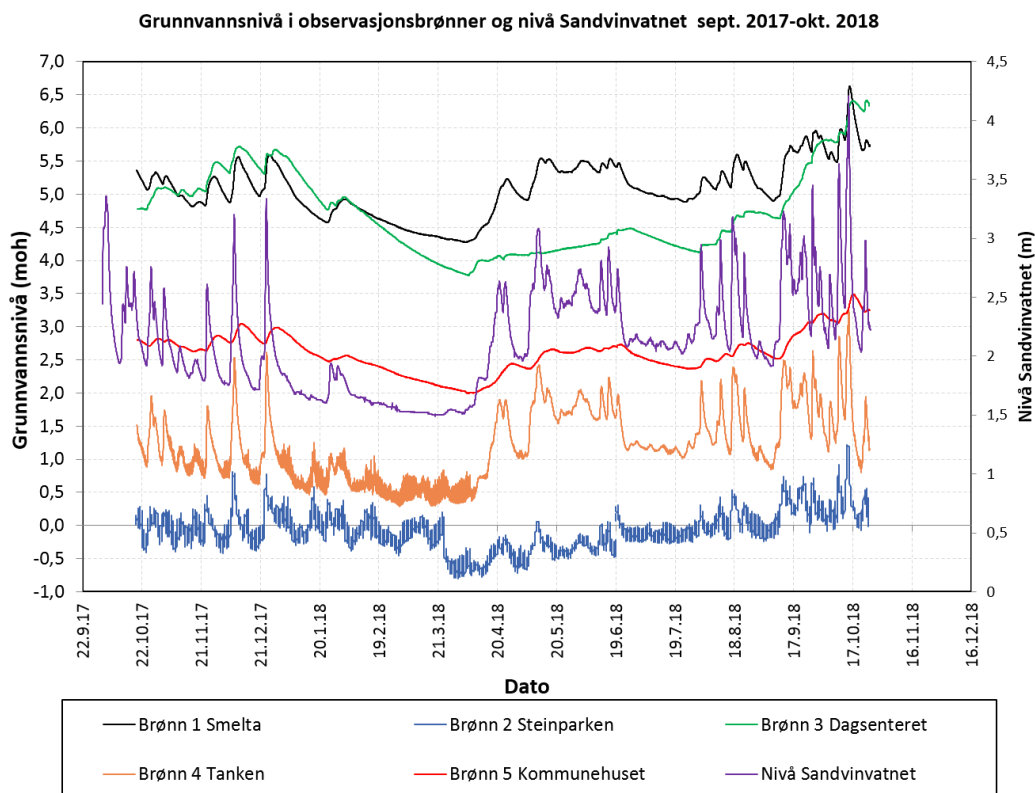
Figur 24 viser en samlet fremstilling av automatiske vannstandsmålinger i alle overvåkingsbrønner i Odda sentrum samt NVEs nivåmålinger i Sandvinvatnet. Målingene viser god samvariasjon målepunktene imellom og viser at både vannstand i elva Opo og nedbør har betydning på grunnvannsnivået i akviferen. Samvariasjonen viser også at strømningsbildet gitt i Figur 16 er gyldig for måleperioden med unntak av korte episoder med hurtig vannstandsøkning i Opo og påfølgende elvevannsinfiltrasjon til akviferen nærmest elva.

Feil! Fant ikke referansekilden.





Figur 23: Resultater fra manuelle målinger og automatisk logging i brønn 5 Kommunehuset



Figur 24: Sammenstilling av automatiske grunnvannsnivåmålinger i samtlige overvåkingsbrønner og vannivå i Sandvinvatnet for samme måleperiode. Alle nivåmålinger i grunnvannet er referert til meter over havet mens nivå i Sandvinvatnet viser relative endringer ut fra et gitt fastpunkt.

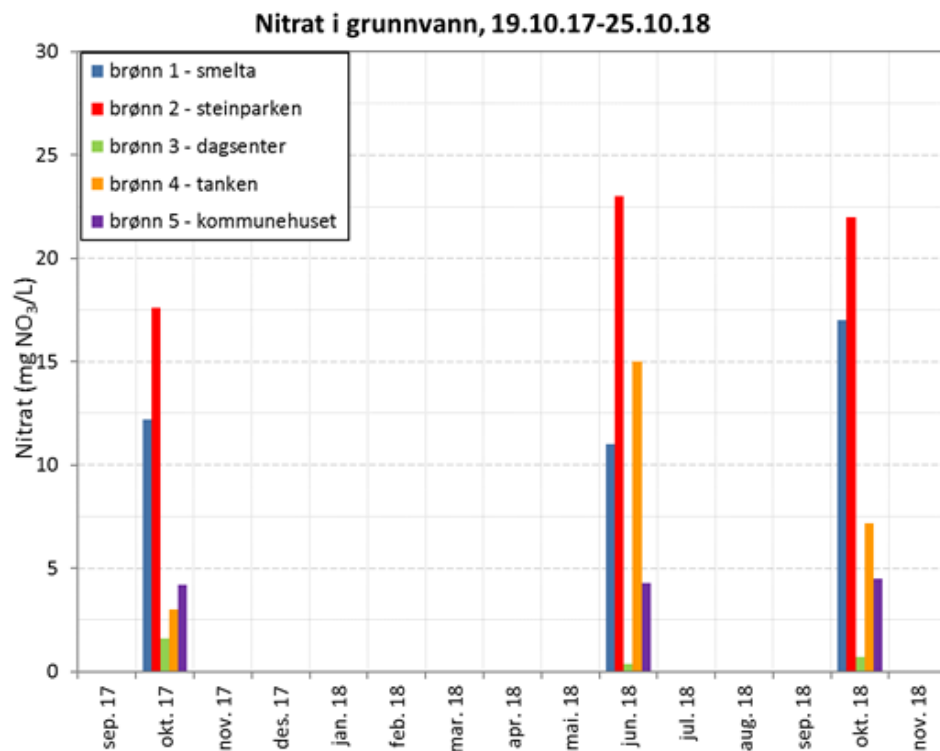
4.3 Vannprøvetaking og analyseresultater 2017-2018

Det er tatt ut grunnvannsprøver for fysikalske og kjemiske laboratorieanalyser fra alle 5 overvåkingsbrønnene i oktober 2017, juni 2018 og oktober 2018. Senkepumpe og dels sugepumpe ble benyttet for uttak av grunnvannsprøver. I forbindelse med uttak av vannprøver er det også utført feltmålinger av pH, elektrisk ledningsevne, temperatur og alkalitet. Manuelle målinger av grunnvannsnivå og avlesning av de digitale loggerne er utført. Vannprøvene ble sendt så hurtig som mulig etter uttak 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 på grunnvannets kjemiske sammensetning fra nåværende og tidligere industri og urban aktivitet i tilstrømningsområdet til overvåkingsbrønnene. I 2017 ble vannprøvene analysert ved Eurofins mens vannprøvene fra 2018 ble analysert ved ALS. Begge laboratorier er akkreditert for de utført vannanalyser. Samtlige feltmålinger og analyseresultater er vist i vedlegg 3.

4.3.1 Resultater standard fysikalske og kjemiske laboratorieanalyser

I **Tabell 2** vises en sammenstilling av et representativt utvalg av analyseresultater fra de utførte undersøkelsene. Sett under ett viser vannanalysene at grunnvannet i det undersøkte området har generelt god kjemisk tilstand da det måles meget lave konsentrasjoner av samtlige tungmetaller og fluor. Det registreres imidlertid noe forhøyde verdier av nitrat (NO_3^-) i noen av brønnene, noe som viser at grunnvannet likevel er påvirket av urban aktivitet (Figur 25). Det er spesielt overvåkingsbrønn Steinparken som skiller seg ut med gjennomgående høye nitratverdier i alle uttatte vannprøver, noe som trolig har sammenheng med at brønnen ligger rett nedstrøms Odda sentrum. Alle analysene viser imidlertid at nitratkonsentrasjonen ligger lavere enn angitte vendepunktverdi for god kjemisk tilstand i grunnvann. Det er verdt å merke seg at nitratinnholdet i vannprøver fra observasjonsbrønn Dagsenter har nitratverdier tilnærmet naturlige bakgrunnsverdi men gjennomgående har de høyeste registrerte ammoniumsverdiene. Dette er trolig forårsaket av denitrifisering av nitrat til ammonium og N_2 -gass som følge av delvis anoksiske forhold med lavt oksygeninnhold i grunnvannet (se feltmålinger i vedlegg 3). Slike kjemiske forhold kan være forårsaket av tilførsel av organiske forurensninger til grunnvannet, men er her skyldes denitrifiseringen mest sannsynlig naturlig høyt innhold av organisk materiale i løsmassene (Figur 13).

I overvåkingsbrønn Steinparken registreres høye kloridkonsentrasjoner i alle prøveuttak og konsentrasjonen ligger også over angitt terskelverdi for elementet i en av prøvene. De høye klorid-konsentrasjonene følges av relativt høye natriumverdier i grunnvannet og viser NaCl-salt er kilden til forhøyet saltinnhold i vannet. Dette kan i et bymiljø være forårsaket av salting av vei og parkeringsplasser vinterstid, men kan i dette tilfelle også være gitt av at brønnen ligger sjønært i et område utsatt for sjøvannspåvirkning ved kraftig vind og bølgeaktivitet. En annen påvirkningsfaktor kan være sjøvannsinntrengning i akviferen i tørre perioder med liten nydanning av grunnvann. Dette årsaksforholdet underbygges også av den automatiske loggingen av elektrisk ledningsevne over året (Figur 20), samt at grunnvannets kjemiske sammensetning indikerer sjøvannspåvirkning. Det er også verdt å merke seg at konsentrasjonene av sink, fluorid og nikkell er meget lave i alle de analyserte vannprøvene.



Figur 25: Nitrat i grunnvannsprøver fra overvåkingsbrønner i Odda sentrum fra tre prøveuttak i perioden oktober 2017 - oktober 2018

4.3.2 Organiske miljøgifter

I alle overvåkingsbrønnene er det gjort enkelte funn av organiske miljøgifter (Tabell 3), men samtlige funn viser meget lave konsentrasjoner. Ut fra det begrensede antall analyser og gjennomgående lave konsentrasjonene er det vanskelig å definere entydige kilder til de ulike organiske forurensingene. Funnene må imidlertid sees i sammenheng med at overvåkingsbrønnene ligger i et urbant miljø med mange potensielle lokale forurensningskilder, samtidig som tidligere utslipp fra smelteverksindustrien og deponering i nedbørsfeltet til grunnvannsforkomsten fortsatt kan gi tilførsel av organiske miljøgifter til grunnvannet.

4.4 Representativitet av kjemisk kartlegging av grunnvannsforkomsten

De etablerte overvåkingsbrønnene i Odda 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, unntatt for overvåkingsbrønn Tanken, å ta ut grunnvannsprøver i perioder med både lav og høy elektrisk ledningsevne. Det forventes derfor at analyseresultatene er representative for grunnvannets kjemiske sammensetning i disse 4 brønnene i måleperioden 2017-2018. I overvåkingsbrønn Tanken registreres de høyeste ledningsevneverdiene i vintermånedene i en periode der det ikke foreligger analyseresultater av grunnvannet. Ledningsevne målingene i denne perioden er betydelig høyere i forhold til ledningsevne målingene i perioder der det foreligger kjemiske analyser av grunnvannet. Det er derfor ikke mulig å avdekke de bakenforliggende årsakene til den betydelige endringer grunnvannets kjemiske sammensetning vinterstid, noe som medfører at analyseresultatene fra

overvåkingsbrønn Tanken samlet sett ikke er representative for hele måleperioden 2017-2018. Måleresultatene fra denne overvåkingsbrønnen må imidlertid sees i sammenheng med at den ligger inne på selve industriområdet til Odda Smelteverk med mange mulige forurensningskilder.

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

5. Konklusjon og forslag til videre undersøkelser

Basert på resultatene fra kartlegging og overvåking av grunnvannskjemi i 5 overvåkingsbrønner i perioden juni 2017 – oktober 2018, er grunnvannsforekomsten i Odda sentrum relativt lite påvirket av tidligere smelteverksindustri og andre potensielt forurensende aktiviteter urbane aktiviteter. Med forbehold om usikkerhet tilknyttet representativitet til analyseresultater fra overvåkingsbrønn Tanken, ansees grunnvannsforekomsten å ha god kjemisk tilstand i måleperioden i henhold til angitte terskelverdier i vannforskriften. Resultatene fra de kjemiske analysene av grunnvannsprøver fra de tre prøveuttakene viser noen forhøyde verdier av nitrat, men samtlige prøver ligger under vendepunktverdien for nitrat. Det er også gjort funn av ulike organiske miljøgifter i alle overvåkingsbrønner i enkelte prøver, men i meget lave konsentrasjoner.

De positive resultatene fra kartleggingen av grunnvannsforekomsten forventes å ha sammenheng med grunnvannets naturlige beskyttelse mot mange typer overflateforurensinger gjennom nedbrytning, filtrering og kjemisk binding i løsmassene. Vestlandsklima med mye nedbør, i kombinasjon med et stort nedbørsfelt, ansees også å være gunstig for grunnvannsforekomstens kjemiske tilstand gjennom rask grunnvannsutskifting, fortykning og utvasking av eventuelle forurensinger som tilføres akviferen.

Kartleggingen av grunnvannets kjemiske sammensetning i akviferen i Odda sentrum er imidlertid basert på et fåtall vannprøver tatt ut over en kort tidsperiode. Det anbefales derfor at overvåkingen av grunnvannsforekomsten bør fortsette for å gi et bedre statistisk grunnlag til å angi 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 de fleste kjente miljøbelastninger fra urbane aktiviteter.

Tabell 2: Resultater for utvalgte kjemiske laboratorieanalyser av grunnvannsprøver fra overvåkningsbrønnene ved smelta, steinparken, dagsenter, tanken og kommunehuset i Odda sentrum. Uthevet skrift angir konsentrasjoner ut over naturlige bakgrunnsverdier.

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

Tabell 3: Analyseresultater for utvalgte organiske forbindelser. Det ble påvist totale hydrokarboner (THC) i tre vannprøver. Av PAH-forbindelsene ble det kun påvist naftalen. Alle BTEX forbindelsene, samt tre andre flyktige organiske komponenter, ble påvist i enkelte vannprøver. PCB ble ikke påvist i prøvene (kun analysert i 2017).

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

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

6. Referanser

Brønndatabasen Granada: http://geo.ngu.no/kart/granada_mobil/

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

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

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

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

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

Løsmassekart: http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/

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

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

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

Vann-Nett portal: <https://vann-nett.no/portal/>

VEDLEGG

- 1) Protokoll for prøvetaking og feltmålinger
- 2) Analysemetoder og deteksjonsgrenser
- 3) Analyseresultater av grunnvannsprøver fra
- 4) Kornfordeling boringer
- 5) Siktekurver



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	Feltmålinger	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:

- ikke trekke inn sediment eller vegetasjon i prøven
- prøveta fortrinnsvis hurtigstrømmende vann
- 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 Feltnmålinger

Det stilles samme krav til feltnmålinger 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 pumpe-slengen 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 fortynnet syreløsning. Syren, som leveres av Aquamerck, har en styrke på 0,1 ekv/l (100 mekv/l) = 0,1 N. Laboratoriet kan forberede en løsning 0,02 eq/l (20 meq/l = 20 N) saltsyre (HCl). Om man bruker fortynnet 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 O₂-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 NO ₂ ⁻							
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	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		
Høyeste målegrense	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		
	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	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Høyeste målegrense	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
	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.																		
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 tynnes 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)

ANALYSE USIKKERHET : 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 kontroll diagram (X-d iagram). Disse kan forevises om ønskelig.

		Terskelverdi	Vendepunktverdi	Brønn 1 - smelta			Brønn 2 - Steinparken		
ØV	32V			363554.60			363502.94		
NS	32V			6661108.89			6661694.25		
Prøvetakingsdato				19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018	19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018
Fysikalske parameter målt i felt									
Elektrisk ledningsevne	µS/cm			169,6	184	239	507	4600	485
pH	pH			6,44	6,43	6,40	6	5,96	6,29
Total Alkalinitet	mmol/l			0,6			0,3		
Løst oksygen (DO)	mg/l			7,08	7,64	6,98	9,51	4,12	5,26
Fysikalske parameter målt hos Eurofins eller hos ALS									
pH				6,5	6,5	6,6	6,2	6,1	6,6
total Alkalitet	mmol/l			0,81	0,88	0,85	0,32	0,4	0,34
Elektrisk ledningsevne	mS/m			15,9	19,6	26,6	49,3	128	50,8
Farge				<1	<2	<2	2	<2	2
Turbiditet	FNU			0,38	0,3	0,15	0,14	0,13	<0.05
Total organisk karbon	mg C/L								
Ammonium, målt hos Eurofins hos ALS									
NH4-N	µg/l	500	400	<10	7	<0.003	25	8	<0.003
Anioner, målt med ionekromatograf hos Eurofins eller hos ALS									
Fluorid_F	mg/l			0,1	0,096	<0.200	0,048	0,056	<0.200
Klorid_Cl	mg/l	200	150	12,9	17	22,9	107	320	95
Nitritt_NO2	mg/l				0,002	0,002		0,003	0,003
Bromid_Br	mg/l				<0.50	<0.50		0,73	<0.50
Nitrat_NO3	mg NO3/l	50	37,5	12,2	11,0	17,0	17,6	23,0	22,0
Fosfat_PO4	mg PO4/l			0,006	0,086	0,012	0,019	0,159	0,034
Sulfat_SO4	mg/l	100	75	8,55	7	7	28,4	55	33

Vedlegg 3, side 2 av 18
 Analyseresultater av grunnvannsprøver fra overvåkingsbrønner i Odda sentrum

		Terskelverdi	Vendepunktverdi	Brønn 1 - smelta			Brønn 2 - Steinparken		
Prøvetakingsdato				19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018	19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018
Metaller, målt hos Eurofins eller ALS									
Ag_Sølv	mg/l			<0.005			<0.005		
Al_Aluminium	µg/l			7	9,8	6,86	8,2	21	6,18
As_Arsen	µg/l	10	7,5	0,102	0,063	0,0579	0,152	0,131	0,195
B_Bor	µg/l			11,6	12	12,1	60,7	57,2	34,9
Ba_Barium	µg/l			0,0148	18,6	20,4	0,002	12,6	2,84
Be_Beryllium	µg/l			<0.01			<0.01		
Bi_Vismut	µg/l				<0.005	<0.005		<0.005	<0.005
Ca_Kalsium	mg/l			18,2	22,3	30,7	4,15	37,5	11,8
Cd_Kadmium	µg/l	5	3,75	<0.0005	0,0111	0,00631	<0.0005	0,0147	<0.002
Ce_Cerium	µg/l			0,206			0,44		
Co_Kobolt	µg/l			0,097	0,0815	0,0684	0,076	0,148	0,138
Cr_Krom	mg/l			<0.002			<0.002		
Cr_Krom	µg/l			< 0.50			< 0.50		
Cr_Krom	µg/l			0,16	0,259	0,259	<0.1	0,0585	0,163
Cs_Cesium	µg/l			0,0199	<0.03	<0.03		<0.03	<0.03
Cu_Kobber	µg/l			0,31	0,269	0,457	0,41	0,594	0,574
Fe_Jern	mg/l			0,0024	0,00364	0,00362	0,0031	0,00406	0,00605
Hg_Kvikksølv	µg/l	0,5	0,4	< 0.005	<0.002	<0.002	< 0.005	<0.002	<0.002
K_Kalium	mg/L			2,57	2,96	3,62	3,44	7,43	3,47
La_Lantan	µg/l			0,435			0,389		
Li_Litium	µg/l			<0.005	0,287	0,144	<0.005	2,27	0,698
Mg_Magnesium	mg/l			1,35	1,35	1,45	3,39	19,3	4,33
Mn_Mangan	µg/l			0,0242	10,3	4,01	0,0175	9,93	1,95
Mo_Molybden	µg/l			2,64	3,11	3,46	0,55	0,657	2,43
Na_Natrium	mg/l			9,78	10,3	11,7	79,8	179	73,7

Vedlegg 3, side 3 av 18
 Analyseresultater av grunnvannsprøver fra overvåkingsbrønner i Odda sentrum

		Terskelverdi	Vendepunktverdi	Brønn 1 - smelta			Brønn 2 - Steinparken		
Prøvetakingsdato				19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018	19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018
Metaller, målt hos Eurofins eller ALS									
Ni_Nikkel	µg/l			< 0.50	0,385	0,375	1,01	0,308	0,474
P-Fosfor	µg/l			<50	<1	1,5	<50	4,06	5,27
Pb_Bly	µg/l	10	7,5	<0.50	<0.01	0,0109	<0.50	0,0234	0,0583
Rb_Rubidium	µg/l			6,44			6,7		
Sb_Antimon	µg/l			0,08	0,113	0,22	0,078	0,106	0,187
Sc_Scaikke påvistium	mg/l			<0.001			<0.001		
Se_Selen	µg/l			<1	<0.5	<0.5	<1	<0.5	<0.5
Si_Silisium	mg/L			2,18	2,01	1,71	0,99	1,27	1,25
Sr_Strontium	µg/l			27,5	33,2	42	24	162	38,5
Th_Thorium	µg/l			<0.02			<0.02		
Ti_Titan	µg/l			<1	0,0134	0,033	<1	0,0105	0,0203
U_Uran	µg/l			0,245	0,32	0,689	0,0346	0,0656	0,0547
V_Vanadium	µg/l			0,064	0,109	0,0957	0,047	0,0685	0,101
Y_Yttrium	mg/l			<0.001			<0.001		
Zn_Sink	µg/l			<1	1,09	2,11	5,4	1,89	1,05
Zr_Zirkonium	mg/l			<0.002			<0.002		

Vedlegg 3, side 4 av 18
 Analyseresultater av grunnvannsprøver fra overvåkingsbrønner i Odda sentrum

		Terskelverdi	Vendepunktverdi	Brønn 1 - smelta			Brønn 2 - Steinparken		
				19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018	19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018
Prøvetakingsdato									
Totale hydrokarboner, målt hos Eurofins eller ALS									
THC >C5-C8	µg/l		<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
THC >C6-C8	µg/l			<5.0	6,3		<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
THC >C10-C12	µg/l		<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
THC >C16-35	µg/l		<20	<30.0	<30.0	23	<30.0	<30.0	<30.0
THC >C35-40	µg/l			<10.0	<10.0		<10.0	<10.0	<10.0
SUM THC	(>C5-C40)		n.d	ikke påvist	6,3	23	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist
PCB, målt hos Eurofins eller ALS									
			19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018	19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018	
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		ikke påvist			ikke påvist			
BTEX, målt hos Eurofins eller ALS									
Benzen	µg/l		<0.10	<0.20	0,051	<0.10	<0.20	0,071	
Toulen	µg/l		<0.10	<1.00	0,8	<0.10	<1.00	0,92	
Etylbenzen	µg/l		<0.10	<0.10	0,023	<0.10	<0.10	0,039	
m,p-Xylen	µg/l		<0.20	<0.20		<0.20	<0.20		
o-Xylen	µg/l		<0.10	<0.10	0,067	<0.10	<0.10	0,1	
Xylener (sum)	µg/l		ikke påvist	ikke påvist	0,94	ikke påvist	ikke påvist	1,13	

Vedlegg 3, side 5 av 18
 Analyseresultater av grunnvannsprøver fra overvåkingsbrønner i Odda sentrum

Prøvetakingsdato	Terskelverdi	Vendepunktverdi	Brønn 1 - smelta			Brønn 2 - Steinparken		
			19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018	19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018
Flyktige organiske komponenter (VOC 9), målt hos Eurofins eller ALS								
Diklormetan	µg/l	< 0.10	<2.0	<2.0	< 0.10	<2.0	<2.0	
Triklormetan (kloroform)	µg/l	< 0.10	<0.30	<0.30	< 0.10	<0.30	<0.30	
1,1,1-Trikloretan	µg/l	< 0.10	<0.10	0,15	< 0.10	<0.10	0,12	
Tetrakloretan	µg/l	< 0.10			< 0.10			
1,2-Dikloretan	µg/l	< 0.10	<0.50	<0.50	< 0.10	<0.50	<0.50	
Trikloreten	µg/l	< 0.10	<0.10	1,49	< 0.10	<0.10	1,22	
1,1,2-Trikloretan	µg/l	< 0.10	<0.20	<0.20	< 0.10	<0.20	<0.20	
Tetrakloretan (PER)	µg/l	< 0.10	<0.20	<0.20	< 0.10	<0.20	<0.20	
1,2-Dibrometan	µg/l	< 0.10			< 0.10			
Tetraklormetan	µg/l		<0.10	<0.10		<0.10	<0.10	
1,1-Dikloretan	µg/l		<0.10	<0.10		<0.10	<0.10	
cis-1,2-Dikloretan	µg/l		<0.10	0,11		<0.10	<0.10	
trans-1,2-Dikloretan	µg/l		<0.10	<0.10		<0.10	<0.10	
1,2-Diklorpropan	µg/l		<1.0	<1.0		<1.0	<1.0	
Vinylklorid	µg/l		<1.0	<1.0		<1.0	<1.0	
Sum VOC 9	µg/l		ikke påvist	1,75		ikke påvist	1,34	

		Terskelverdi	Vendepunktverdi	Brønn 3 - Dagsenter			Brønn 4 - Tanken		
ØV	32V			363270.64			363667.55		
NS	32V			6661416.06			6661480.25		
Prøvetakingsdato				19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018	19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018
Fysikalske parameter målt i felt									
Elektrisk ledningsevne	µS/cm			99,9	89,2	75,4	100,9	160	118,9
pH	pH			5,6	5,52	5,54	9,1	9,49	8,88
Total Alkalinitet	mmol/l			< 0.1			1,1		
Løst oksygen (DO)	mg/l			3,70	1,03	1,56	7,50	11,32	10,32
Fysikalske parameter målt hos Eurofins eller hos ALS									
pH				5,6	5,6	5,9	8,8	9,1	8,3
total Alkalitet	mmol/l			0,12	0,076	<0.30	0,81	0,85	0,61
Elektrisk ledningsevne	mS/m			9,3	8,85	7,6	10,1	14,7	11,6
Farge				8	2	3	4	3	3
Turbiditet	FNU			0,57	0,42	0,45	0,9	0,59	0,15
Total organisk karbon	mg C/L								
Ammonium, målt hos Eurofins hos ALS									
NH4-N	µg/l	500	400	69	89	0,076	<10	7	<0.003
Anioner, målt med ionekromatograf hos Eurofins eller hos ALS									
Fluorid_F	mg/l			<0.025	0,039	<0.200	0,044	0,063	<0.200
Klorid_Cl	mg/l	200	150	14,4	13	9,51	2,13	5	2,26
Nitritt_NO2	mg/l				0,003	0,005		0,003	<0.001
Bromid_Br	mg/l				<0.50	<0.50		<0.50	<0.50
Nitrat_NO3	mg NO3/l	50	37,5	1,6	0,4	0,7	3,0	15,0	7,2
Fosfat_PO4	mg PO4/l			0,006	0,009	0,009	0,060	0,058	0,055
Sulfat_SO4	mg/l	100	75	9,41	12	9	4,62	9	6

Vedlegg 3, side 8 av 18
Analyseresultater av grunnvannsprøver fra overvåkingsbrønner i Odda sentrum

		Terskelverdi	Vendepunktverdi	Brønn 3 - Dagsenter			Brønn 4 - Tanken		
Prøvetakingsdato				19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018	19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018
Metaller, målt hos Eurofins eller ALS									
Ag_Sølv	mg/l		<0.005			<0.005			
Al_Aluminium	µg/l		68,9	95,6	54,6	110	95,8	87,9	
As_Arsen	µg/l	10	0,315	0,403	0,308	0,541	0,714	0,395	87,9
B_Bor	µg/l		<5	<10	<10	<5	<10	<10	0,395
Ba_Barium	µg/l		0,0075	9,82	6,45	0,008	16	10,5	<10
Be_Beryllium	µg/l		0,073			<0.01			10,5
Bi_Vismut	µg/l			<0.005	<0.005		<0.005	<0.005	
Ca_Kalsium	mg/l		6,15	6,52	4,8	14,5	19,5	18,2	<0.005
Cd_Kadmium	µg/l	5	<0.0005	0,00582	0,0038	<0.0005	<0.002	<0.002	18,2
Ce_Cerium	µg/l		7,69			0,212			<0.002
Co_Kobolt	µg/l		0,884	0,53	0,313	0,073	0,106	0,056	
Cr_Krom	mg/l		<0.002			<0.002			0,056
Cr_Krom	µg/l		< 0.50			< 0.50			
Cr_Krom	µg/l		0,12	0,187	0,214	0,24	0,55	0,237	
Cs_Cesium	µg/l			<0.03	<0.03		<0.03	<0.03	0,237
Cu_Kobber	µg/l		0,6	0,13	0,333	0,49	0,76	0,513	<0.03
Fe_Jern	mg/l		0,454	0,923	0,572	0,0054	0,00651	0,00294	0,513
Hg_Kvikksølv	µg/l	0,5	< 0.005	<0.002	<0.002	< 0.005	<0.002	<0.002	0,00294
K_Kalium	mg/L		1,35	1,36	1,22	2,32	2,15	1,7	<0.002
La_Lantan	µg/l		4,13			0,119			1,7
Li_Litium	µg/l		<0.005	1,75	1,1	<0.005	2,34	1,37	
Mg_Magnesium	mg/l		0,943	0,965	0,782	0,453	1,05	0,722	1,37
Mn_Mangan	µg/l		0,0232	27,4	23	0,0024	0,495	0,223	0,722
Mo_Molybden	µg/l		0,66	0,348	0,49	1,04	1,49	0,769	0,223
Na_Natrium	mg/l		7,41	6,27	5,97	3,69	5,66	2,88	0,769

Vedlegg 3, side 9 av 18
 Analyseresultater av grunnvannsprøver fra overvåkingsbrønner i Odda sentrum

		Terskelverdi	Vendepunktverdi	Brønn 3 - Dagsenter			Brønn 4 - Tanken		
Prøvetakingsdato				19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018	19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018
Metaller, målt hos Eurofins eller ALS									
Ni_Nikkel	µg/l			1,36	1,22	0,809	<0.2	0,389	0,249
P-Fosfor	µg/l			<50	<1	1,1	<50	31,7	20,8
Pb_Bly	µg/l	10	7,5	0,088	0,0601	0,0669	<0.50	0,0132	0,0151
Rb_Rubidium	µg/l			4,42			8,19		
Sb_Antimon	µg/l			0,053	0,0202	0,0312	0,126	0,188	0,152
Sc_Scaikke påvistium	mg/l			<0.001			<0.001		
Se_Selen	µg/l			<1	<0.5	<0.5	<1	<0.5	<0.5
Si_Silisium	mg/L			1,87	2,02	1,86	1,06	1,18	1,35
Sr_Strontium	µg/l			24,6	27,2	22,5	41,6	55,2	38,1
Th_Thorium	µg/l			0,039			<0.02		
Ti_Titan	µg/l			<1	0,144	0,12	<1	0,205	0,0771
U_Uran	µg/l			0,238	0,19	0,139	7,62	5,52	8,84
V_Vanadium	µg/l			0,132	0,187	0,138	0,416	0,572	0,378
Y_Yttrium	mg/l			0,0015			<0.001		
Zn_Sink	µg/l			5,4	3,62	2,56	<1	<0.2	0,884
Zr_Zirkonium	mg/l			<0.002			<0.002		

Prøvetakingsdato	Terskelverdi	Vendepunktverdi	Brønn 3 - Dagsenter			Brønn 4 - Tanken		
			19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018	19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018
Totale hydrokarboner, målt hos Eurofins eller ALS								
THC >C5-C8	µg/l	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
THC >C6-C8	µg/l		<5.0	<5.0		<5.0	<5.0	
THC >C8-C10	µg/l	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
THC >C10-C12	µg/l	<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
THC >C16-35	µg/l	<20	<30.0	<30.0	<20	<30.0	<30.0	<30.0
THC >C35-40	µg/l		<10.0	<10.0		<10.0	<10.0	
SUM THC (>C5-C40)		ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist
PCB, målt hos Eurofins eller ALS								
		19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018	19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018	
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	ikke påvist			ikke påvist			
BTEX, målt hos Eurofins eller ALS								
Benzen	µg/l	<0.10	<0.20	0,044	<0.10	<0.20	0,052	
Toulen	µg/l	<0.10	<1.00	0,67	0,12	<1.00	0,93	
Etylbenzen	µg/l	<0.10	<0.10	0,027	<0.10	<0.10	0,029	
m,p-Xylen	µg/l	<0.20	<0.20		<0.20	<0.20		
o-Xylen	µg/l	<0.10	<0.10	0,075	<0.10	<0.10	0,078	
Xylener (sum)	µg/l	ikke påvist	ikke påvist	0,816	ikke påvist	ikke påvist	1,089	

		Terskelverdi	Vendepunktverdi	Brønn 3 - Dagsenter			Brønn 4 - Tanken		
Prøvetakingsdato				19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018	19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018
Flyktige organiske komponenter (VOC 9), målt hos Eurofins eller ALS									
Diklormetan	µg/l	< 0.10	< 0.10	<2.0	<2.0	< 0.10	< 0.10	<2.0	<2.0
Triklormetan (kloroform)	µg/l	< 0.10	< 0.10	<0.30	<0.30	< 0.10	< 0.10	<0.30	<0.30
1,1,1-Trikloretan	µg/l	< 0.10	< 0.10	<0.10	<0.10	0,12	< 0.10	<0.10	<0.10
Tetrakloretan	µg/l	< 0.10	< 0.10			< 0.10	< 0.10		
1,2-Dikloretan	µg/l	< 0.10	< 0.10	<0.50	<0.50	< 0.10	< 0.10	<0.50	<0.50
Trikloreten	µg/l	< 0.10	< 0.10	<0.10	<0.10	1,23	< 0.10	<0.10	1,01
1,1,2-Trikloretan	µg/l	< 0.10	< 0.10	<0.20	<0.20	< 0.10	< 0.10	<0.20	<0.20
Tetrakloreten (PER)	µg/l	< 0.10	< 0.10	<0.20	<0.20	< 0.10	< 0.10	<0.20	<0.20
1,2-Dibrometan	µg/l	< 0.10	< 0.10			< 0.10	< 0.10		
Tetraklormetan	µg/l			<0.10	<0.10			<0.10	<0.10
1,1-Dikloretan	µg/l			<0.10	<0.10			<0.10	<0.10
cis-1,2-Dikloreten	µg/l			<0.10	<0.10			<0.10	<0.10
trans-1,2-Dikloreten	µg/l			<0.10	<0.10			<0.10	<0.10
1,2-Diklorpropan	µg/l			<1.0	<1.0			<1.0	<1.0
Vinylklorid	µg/l			<1.0	<1.0			<1.0	<1.0
Sum VOC 9	µg/l			ikke påvist	1,35			ikke påvist	1,01

Prøvetakingsdato	Terskelverdi	Vendepunktverdi	Brønn 3 - Dagsenter			Brønn 4 - Tanken		
			19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018	19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018
PAH 16 EPA, målt hos Eurofins eller ALS								
Naftalen	µg/l	0,02	<0.030	<0.030	<0.010	<0.030	<0.030	
Acenaftalen	µg/l	<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	
Fluoren	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	
Fenantren	µg/l	<0.010	<0.020	<0.020	<0.010	<0.020	<0.020	
Antracen	µg/l	<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	
Pyren	µg/l	<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	
Krysen/Trifenylene	µg/l	<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	
Benzo(k)fluoranten	µg/l	<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	
likke påvisteno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	<0.0020	<0.010	<0.010	<0.0020	<0.010	<0.010	
Dibenzo(a,h)antracen	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	
Benzo(ghi)perylene	µg/l	<0.0020	<0.010	<0.010	<0.0020	<0.010	<0.010	
Sum PAH(16)	µg/l	0,02	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	

		Terskelverdi	Vendepunktverdi	brønn 5 - kommunehuset		
ØV	32V			363502.94		
NS	32V			6661694.25		
Prøvetakingsdato				19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018
Fysikalske parameter målt i felt						
Elektrisk ledningsevne	µS/cm			111,4	122,2	115,5
pH	pH			6,5	6,81	6,66
Total Alkalinitet	mmol/l			0,5		
Løst oksygen (DO)	mg/l			9,02	8,99	8,33
Fysikalske parameter målt hos Eurofins eller hos ALS						
pH				6,7	6,9	6,8
total Alkalitet	mmol/l			0,68	0,64	0,47
Elektrisk ledningsevne	mS/m			10,8	11,9	11,4
Farge				<1	<2	<2
Turbiditet	FNU			2,1	1,08	1,3
Total organisk karbon	mg C/L					
Ammonium, målt hos Eurofins hos ALS						
NH4-N	µg/l	500	400	<10	52	<0.003
Anioner, målt med ionekromatograf hos Eurofins eller hos ALS						
Fluorid_F	mg/l			0,29	0,34	0,277
Klorid_Cl	mg/l	200	150	6	9	8,52
Nitritt_NO2	mg/l				0,001	0,001
Bromid_Br	mg/l				<0.50	<0.50
Nitrat_NO3	mg NO3/l	50	37,5	4,2	4,3	4,5
Fosfat_PO4	mg PO4/l			0,023	0,110	0,015
Sulfat_SO4	mg/l	100	75	4,97	4	6

		Terskelverdi	Vendepunktverdi	brønn 5 - kommunehuset		
Prøvetakingsdato				19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018
Metaller, målt hos Eurofins eller ALS						
Ag_Sølv	mg/l			<0.005		<0.005
Al_Aluminium	µg/l			3,6	4,31	3,69
As_Arsen	µg/l	10	7,5	<0.05	<0.05	<0.05
B_Bor	µg/l			<5	<10	<10
Ba_Barium	µg/l			0,011	14,7	12,5
Be_Beryllium	µg/l			<0.01		<0.01
Bi_Vismut	µg/l				<0.005	<0.005
Ca_Kalsium	mg/l			13,6	15	13,3
Cd_Kadmium	µg/l	5	3,75	<0.0005	0,0104	0,00373
Ce_Cerium	µg/l			0,132		0,132
Co_Kobolt	µg/l			0,049	0,0463	0,0302
Cr_Krom	mg/l			<0.002		<0.002
Cr_Krom	µg/l			< 0.50		< 0.50
Cr_Krom	µg/l			0,12	0,345	0,298
Cs_Cesium	µg/l				<0.03	<0.03
Cu_Kobber	µg/l			<0.1	0,141	0,121
Fe_Jern	mg/l			0,003	0,00382	0,00399
Hg_Kvikksølv	µg/l	0,5	0,4	< 0.005	<0.002	<0.002
K_Kalium	mg/L			2	2,04	2,33
La_Lantan	µg/l			0,31		0,31
Li_Litium	µg/l			<0.005	0,27	0,0815
Mg_Magnesium	mg/l			1,24	1,35	1,24
Mn_Mangan	µg/l			0,0015	0,512	0,224
Mo_Molybden	µg/l			1,92	2,14	1,46
Na_Natrium	mg/l			3,79	4,49	5,74

		Terskelverdi	Vendepunktverdi	brønn 5 - kommunehuset		
Prøvetakingsdato				19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018
Metaller, målt hos Eurofins eller ALS						
Ni_Nikkel	µg/l			0,31	0,603	0,442
P-Fosfor	µg/l			<50	2,17	3,19
Pb_Bly	µg/l	10	7,5	<0.50	<0.01	0,0191
Rb_Rubidium	µg/l			4,06		
Sb_Antimon	µg/l			0,026	0,0357	0,0506
Sc_Scaikke påvistium	mg/l			<0.001		
Se_Selen	µg/l			<1	<0.5	<0.5
Sj_Silisium	mg/L			2,7	2,77	3,01
Sr_Strontium	µg/l			29,9	37,3	33,1
Th_Thorium	µg/l			<0.02		
Ti_Titan	µg/l			<1	0,0117	0,0257
U_Uran	µg/l			0,187	0,188	0,165
V_Vanadium	µg/l			0,036	0,0515	0,0437
Y_Yttrium	mg/l			<0.001		
Zn_Sink	µg/l			1,1	0,835	4,55
Zr_Zirkonium	mg/l			<0.002		

		Terskelverdi	Vendepunktverdi	brønn 5 - kommunehuset		
Prøvetakingsdato				19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018
Totale hydrokarboner, målt hos Eurofins eller ALS						
THC >C5-C8	µg/l		<5.0	<5.0	<5.0	
THC >C6-C8	µg/l			<5.0	7,3	
THC >C8-C10	µg/l		<5.0	<5.0	<5.0	
THC >C10-C12	µg/l		<5.0	<5.0	<5.0	
THC >C12-16	µg/l		<5.0	<5.0	<5.0	
THC >C16-35	µg/l		<20	<30.0	<30.0	
THC >C35-40	µg/l			<10.0	<10.0	
SUM THC	(>C5-C40)		ikke påvist	ikke påvist	7,3	
PCB, målt hos Eurofins eller ALS						
				19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018
PCB 28	µg/l		<0.010			
PCB 52	µg/l		<0.010			
PCB 101	µg/l		<0.010			
PCB 118	µg/l		<0.010			
PCB 138	µg/l		<0.010			
PCB 153	µg/l		<0.010			
PCB 180	µg/l		<0.010			
Sum 7 PCB	µg/l		ikke påvist			
BTEX, målt hos Eurofins eller ALS						
Benzen	µg/l		<0.10	<0.20	0,075	
Toulen	µg/l		<0.10	<1.00	0,88	
Etylbenzen	µg/l		<0.10	<0.10	0,038	
m,p-Xylen	µg/l		<0.20	<0.20	-	
o-Xylen	µg/l		<0.10	<0.10	0,095	
Xylener (sum)	µg/l		ikke påvist	ikke påvist	1,088	

		Terskelverdi	Vendepunktverdi	brønn 5 - kommunehuset		
Prøvetakingsdato				19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018
Flyktige organiske komponenter (VOC 9), målt hos Eurofins eller ALS						
Diklormetan	µg/l	< 0.10		<2.0		<2.0
Triklormetan (kloroform)	µg/l	< 0.10		<0.30		<0.30
1,1,1-Trikloretan	µg/l	< 0.10		<0.10		0,22
Tetrakloretan	µg/l	< 0.10				
1,2-Dikloretan	µg/l	< 0.10		<0.50		<0.50
Trikloreten	µg/l	< 0.10		<0.10		1,86
1,1,2-Trikloretan	µg/l	< 0.10		<0.20		<0.20
Tetrakloreten (PER)	µg/l	< 0.10		<0.20		<0.20
1,2-Dibrometan	µg/l	< 0.10				
Tetraklormetan	µg/l			<0.10		<0.10
1,1-Dikloretan	µg/l			<0.10		<0.10
cis-1,2-Dikloreten	µg/l			<0.10		0,15
trans-1,2-Dikloreten	µg/l			<0.10		<0.10
1,2-Diklorpropan	µg/l			<1.0		<1.0
Vinylklorid	µg/l			<1.0		<1.0
Sum VOC 9	µg/l			ikke påvist		2,23

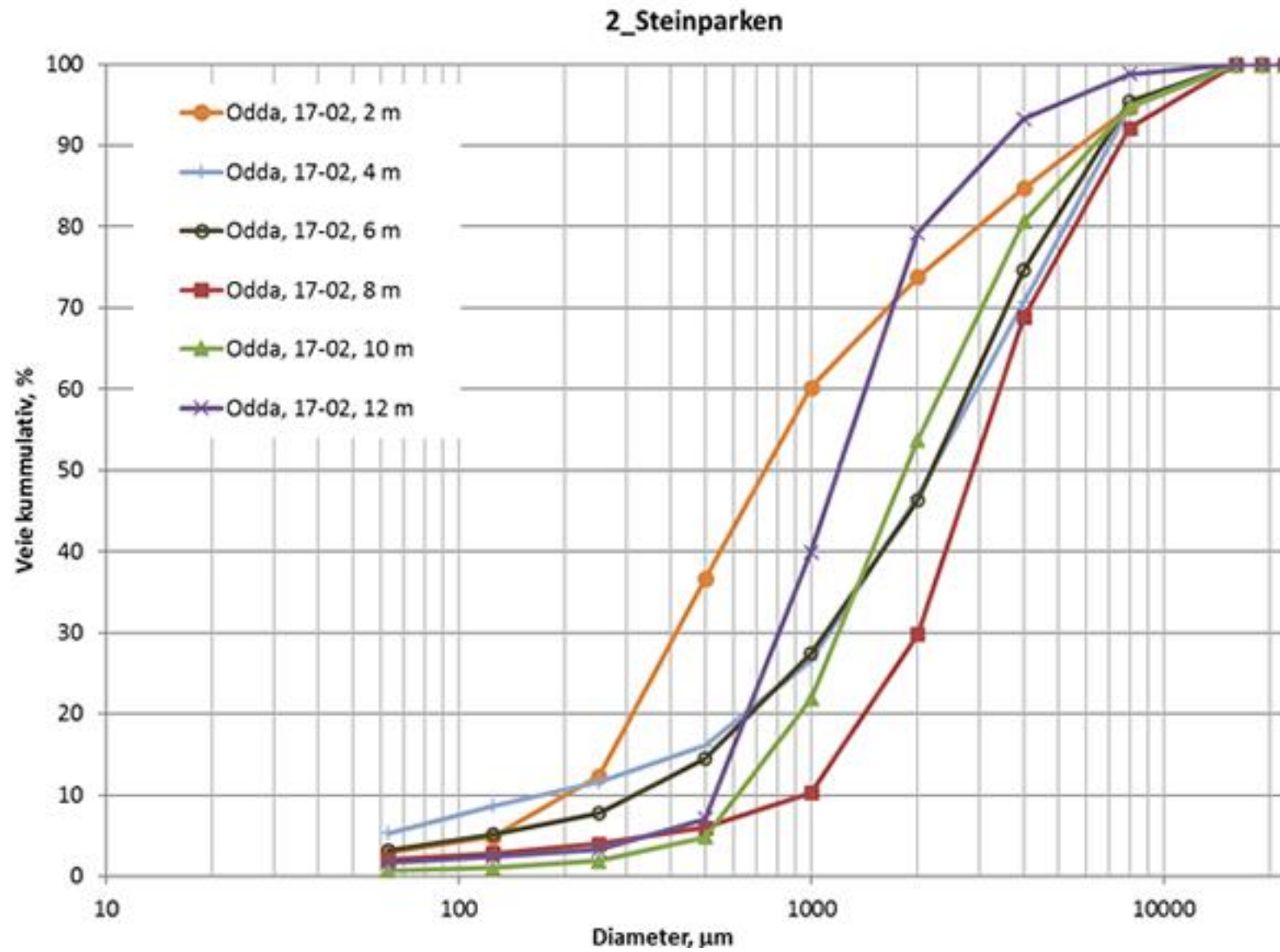
		Terskelverdi	Vendepunktverdi	brønn 5 - kommunehuset		
Prøvetakingsdato				19.10.2017	19.06.2018	25.10.2018
PAH 16 EPA, målt hos Eurofins eller ALS						
Naftalen	µg/l		<0.030	<0.030	<0.010	
Acenaftylen	µg/l		<0.010	<0.010	<0.010	
Acenaften	µg/l		<0.010	<0.010	<0.010	
Fluoren	µg/l		<0.010	<0.010	<0.010	
Fenantren	µg/l		<0.020	<0.020	<0.010	
Antracen	µg/l		<0.010	<0.010	<0.010	
Fluoranten	µg/l		<0.010	<0.010	<0.010	
Pyren	µg/l		<0.010	<0.010	<0.010	
Benzo(a)antracen	µg/l		<0.010	<0.010	<0.010	
Krysen/Trifenylen	µg/l		<0.010	<0.010	<0.010	
Benzo(b)fluoranten	µg/l		<0.010	<0.010	<0.010	
Benzo(k)fluoranten	µg/l		<0.010	<0.010	<0.010	
Benzo(a)pyren	µg/l		<0.010	<0.010	<0.010	
ikke påvisteno(1,2,3-cd)pyren	µg/l		<0.010	<0.010	<0.0020	
Dibenzo(a,h)antracen	µg/l		<0.010	<0.010	<0.010	
Benzo(ghi)perylene	µg/l		<0.010	<0.010	<0.0020	
Sum PAH(16)	µg/l		ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	

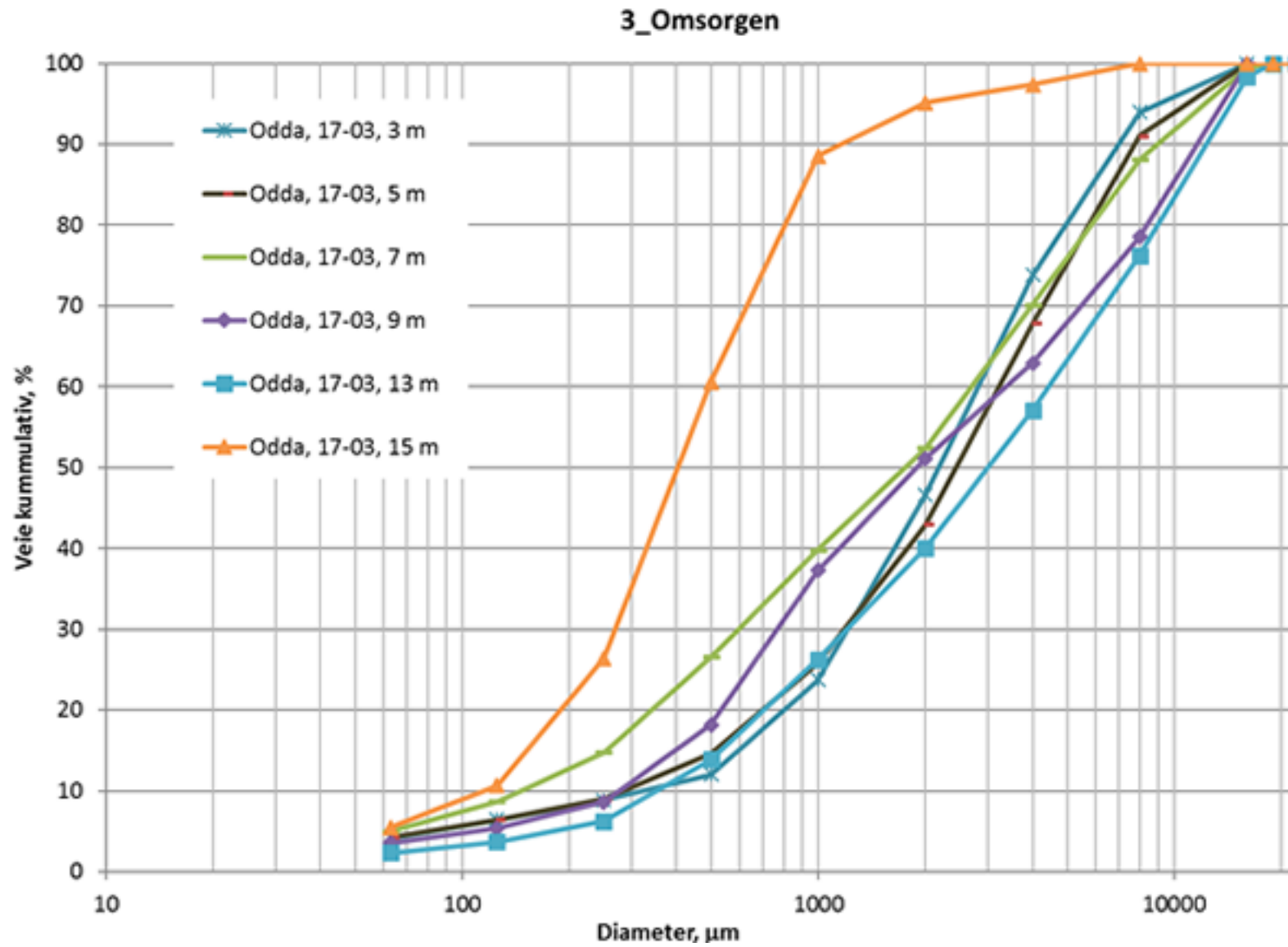
VEIE KUMMULATIV (%)

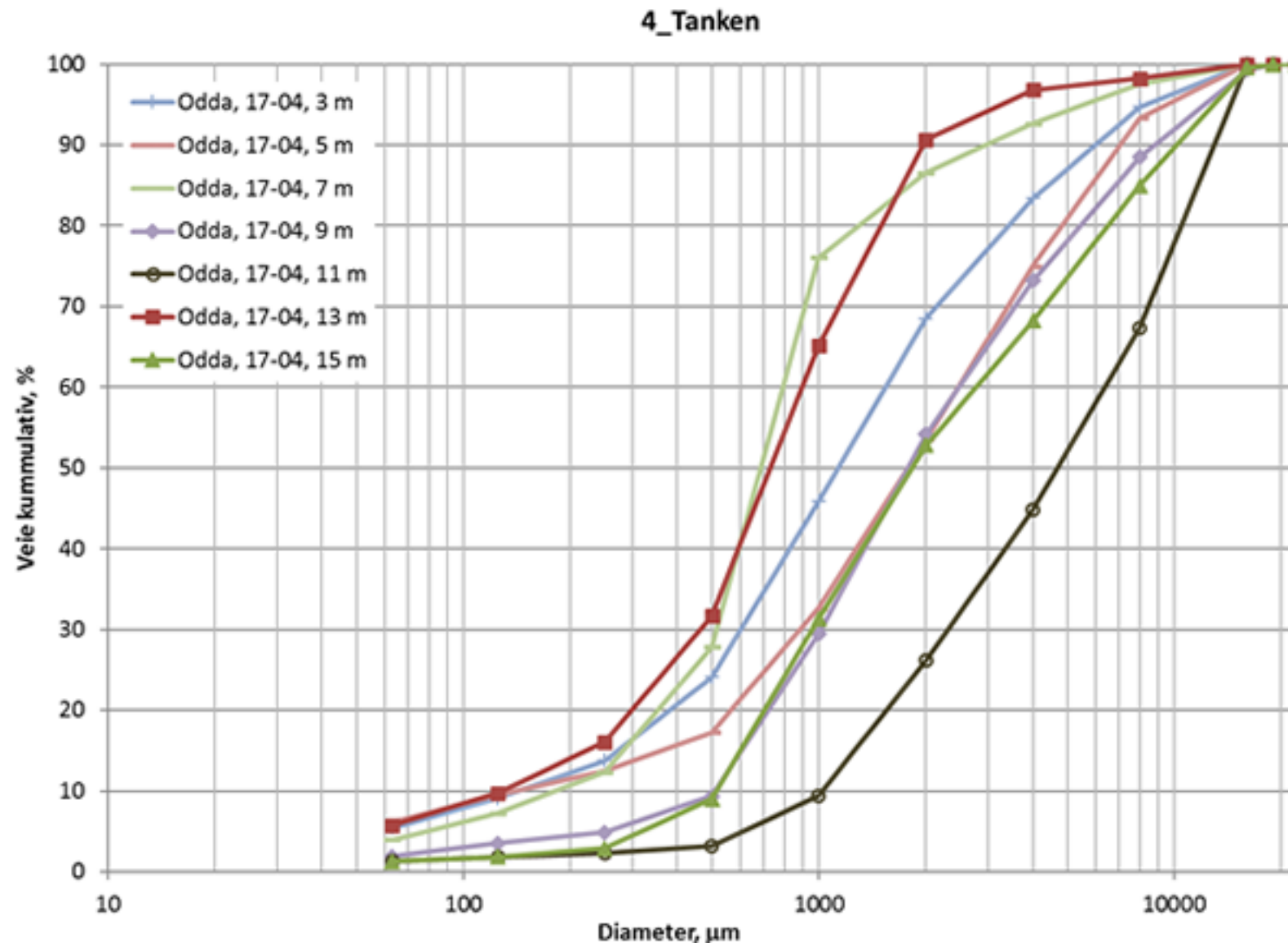
* Uten fraksjon over 22 mm

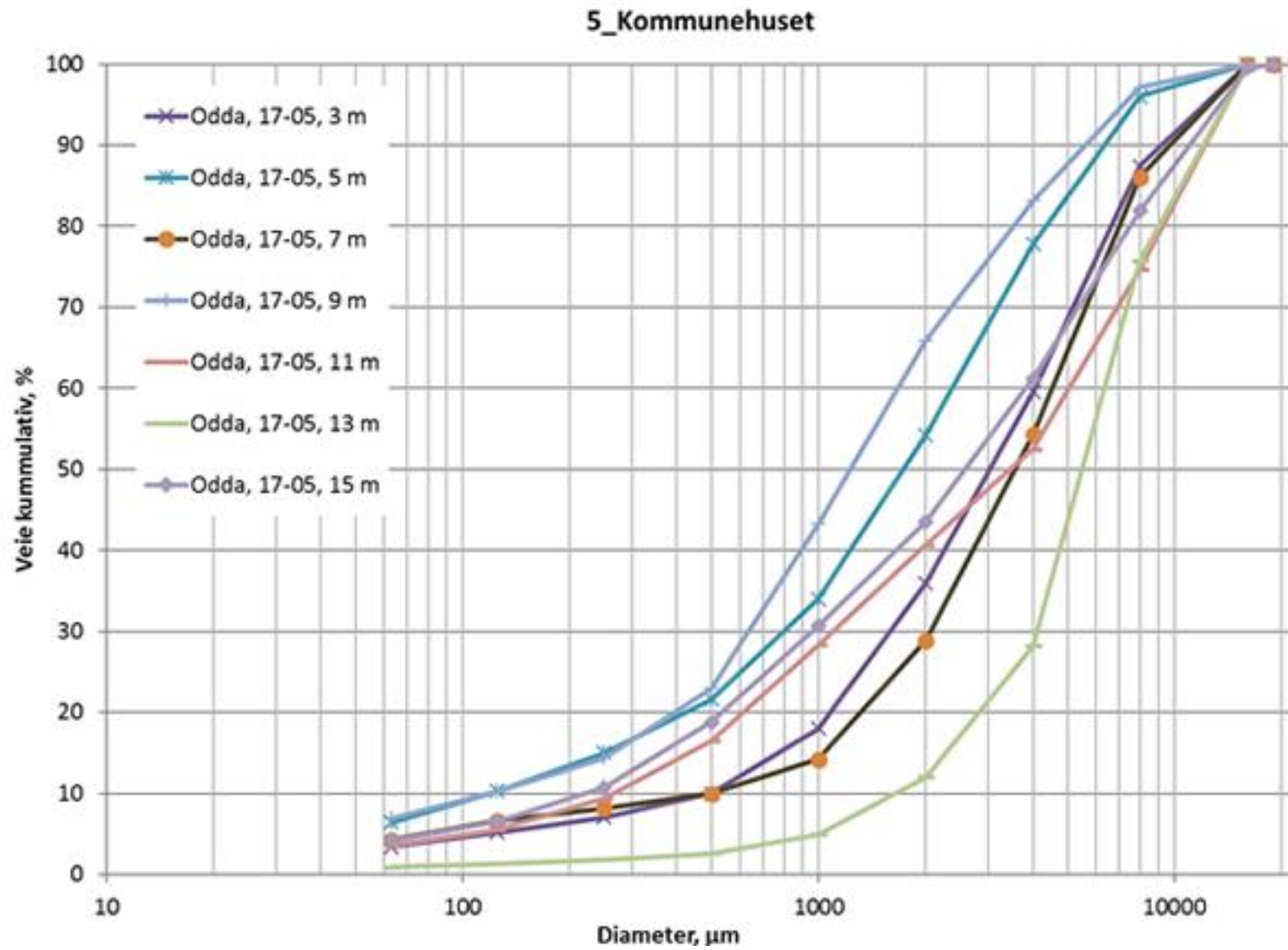
KORNSTØRRELSE (mm)

Lpnr.	NGU-nr.	Prøve id :	Total vekt* (g)	KORNSTØRRELSE (mm)										
				22000	19000	16000	8000	4000	2000	1000	500	250	125	63
1	134651	Odda, 17-01, 2 m	1466,5	100,0	100,0	100,0	89,2	59,2	36,6	19,6	10,9	7,3	5,5	3,6
2	134652	Odda, 17-01, 4 m	884,1	100,0	99,1	99,1	76,6	45,9	29,1	20,2	14,7	10,6	6,6	3,9
3	134653	Odda, 17-01, 6 m	688,3	100,0	100,0	100,0	95,4	93,8	87,4	64,6	27,1	9,0	3,9	2,1
4	134654	Odda, 17-01, 8 m	1279,7	100,0	100,0	100,0	93,0	81,6	71,0	56,7	33,0	13,3	6,4	3,6
5	134655	Odda, 17-01, 10 m	1485,0	100,0	100,0	99,3	91,2	80,4	67,9	55,1	37,2	16,7	6,0	3,0
6	134656	Odda, 17-01, 12 m	986,9	100,0	100,0	100,0	98,0	95,5	90,9	79,5	49,9	21,1	7,8	4,2
7	134657	Odda, 17-01, 14 m	1387,9	100,0	100,0	100,0	96,1	89,5	80,4	64,3	36,1	10,6	4,1	1,7
8	134658	Odda, 17-01, 16 m	730,6	100,0	100,0	100,0	99,5	99,3	99,1	98,1	86,4	39,2	14,2	5,6
9	134659	Odda, 17-02, 2 m	855,4	100,0	100,0	100,0	94,7	84,7	73,8	60,2	36,6	12,4	4,9	3,0
10	134660	Odda, 17-02, 4 m	1369,4	100,0	100,0	100,0	94,7	70,7	46,7	26,6	16,1	11,6	8,7	5,3
11	134661	Odda, 17-02, 6 m	1466,5	100,0	100,0	100,0	95,5	74,6	46,3	27,4	14,4	7,7	5,1	3,2
12	134662	Odda, 17-02, 8 m	1435,8	100,0	100,0	100,0	92,1	68,8	29,8	10,3	6,0	4,0	2,8	2,0
13	134663	Odda, 17-02, 10 m	1759,6	100,0	100,0	100,0	94,8	80,7	53,8	21,8	4,8	1,9	1,0	0,7
14	134664	Odda, 17-02, 12 m	1207,3	100,0	100,0	100,0	98,8	93,3	79,2	39,9	7,0	3,2	2,4	1,7
15	134665	Odda, 17-03, 3 m	988,0	100,0	100,0	100,0	93,9	73,8	46,6	23,7	12,0	8,8	6,4	4,2
16	134666	Odda, 17-03, 5 m	1213,0	100,0	100,0	100,0	91,0	67,9	43,0	25,8	14,6	9,0	6,4	4,2
17	134667	Odda, 17-03, 7 m	1341,2	100,0	100,0	99,5	88,1	70,2	52,4	39,8	26,6	14,7	8,7	5,0
18	134668	Odda, 17-03, 9 m	1060,4	100,0	100,0	100,0	78,5	62,9	51,1	37,3	18,2	8,6	5,3	3,5
19	134669	Odda, 17-03, 11 m	1370,4	100,0	100,0	98,4	76,3	57,1	40,1	26,3	13,9	6,2	3,7	2,3
20	134670	Odda, 17-03, 13 m	503,4	100,0	100,0	100,0	100,0	97,4	95,1	88,5	60,6	26,4	10,7	5,5
21	134671	Odda, 17-03, 15 m	450,7	100,0	100,0	98,4	97,0	96,0	94,9	90,8	60,6	25,0	10,6	5,8
22	134672	Odda, 17-04, 3 m	818,1	100,0	100,0	100,0	94,7	83,4	68,5	45,8	24,1	13,8	9,1	5,4
23	134673	Odda, 17-04, 5 m	1423,9	100,0	100,0	100,0	93,3	75,0	53,6	32,6	17,3	12,5	9,5	6,1
24	134674	Odda, 17-04, 7 m	854,2	100,0	100,0	100,0	97,6	92,6	86,6	76,1	27,8	12,3	7,3	3,9
25	134675	Odda, 17-04, 9 m	1236,1	100,0	100,0	99,3	88,5	73,2	54,2	29,4	9,3	4,9	3,5	1,9
26	134676	Odda, 17-04, 11 m	1363,6	100,0	100,0	100,0	67,3	44,8	26,2	9,4	3,1	2,2	1,8	1,3
27	134677	Odda, 17-04, 13 m	633,2	100,0	100,0	100,0	98,2	96,8	90,7	65,1	31,7	16,0	9,7	5,8
28	134678	Odda, 17-04, 15 m	1278,4	100,0	100,0	99,6	84,9	68,2	52,8	31,3	9,0	2,9	1,8	1,2
29	134679	Odda, 17-05, 3 m	1441,7	100,0	100,0	100,0	87,4	59,5	36,0	18,0	10,0	7,0	5,2	3,4
30	134680	Odda, 17-05, 5 m	1150,8	100,0	100,0	100,0	96,0	77,8	54,2	33,9	21,6	15,0	10,3	6,5
31	134681	Odda, 17-05, 7 m	1172,6	100,0	100,0	100,0	86,0	54,3	28,9	14,2	10,0	8,2	6,6	4,3
32	134682	Odda, 17-05, 9 m	1003,2	100,0	100,0	100,0	97,1	83,2	65,9	43,2	23,0	14,4	10,2	6,9
33	134683	Odda, 17-05, 11 m	1589,1	100,0	100,0	100,0	74,7	52,5	40,7	28,3	16,5	9,4	5,6	3,6
34	134684	Odda, 17-05, 13 m	1403,2	100,0	100,0	100,0	75,7	28,2	12,0	5,0	2,6	1,8	1,3	0,9
35	134685	Odda, 17-05, 15 m	1798,0	100,0	100,0	99,5	81,9	61,2	43,5	30,7	18,8	10,7	6,6	4,2











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