



GEOLOGI FOR SAMFUNNET

SIDEN 1858



**NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE**
· NGU ·

NGU RAPPORT 2020.034

Orkanger -Kartlegging og overvåking av
grunnvannsforekomster med antropogen belastning

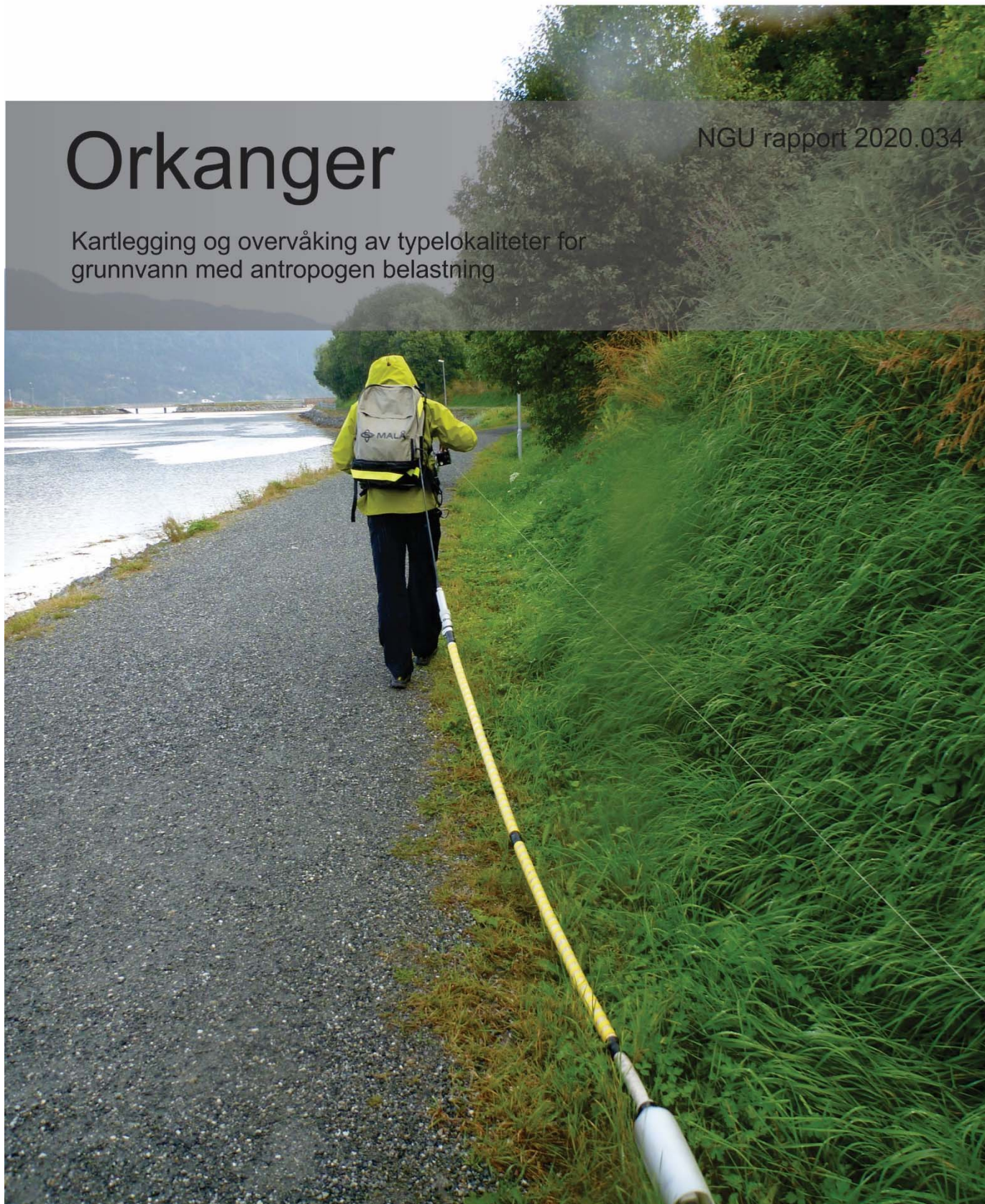


NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -

Orkanger

NGU rapport 2020.034

Kartlegging og overvåking av typelokaliteter for grunnvann med antropogen belastning





RAPPORT

Rapport nr.: 2020.034	ISSN: 0800-3416 (trykt) ISSN: 2387-3515 (online)	Gradering: Åpen	
Tittel: Orkanger - Kartlegging og overvåking av grunnvannsforekomster med antropogen belastning			
Forfatter: Dagestad, A., Seither, A., Jæger, Ø., Minde Å., Gundersen P., Sunde, P.	Oppdragsgiver: Miljødirektoratet		
Fylke: Trøndelag	Kommune: Orkanger		
Kartblad (M=1:250.000)	Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater: Orkanger	Sidetall: 23 Kartbilag:	Pris: F€€	
Feltarbeid utført: Juli 2015 – juni 2020	Rapportdato: 16.06.2021	Prosjektnr.: 366502	Ansvarlig: <i>Hal Selås</i>
Sammendrag: <p>Grunnvannsforekomst Orkanger ligger i løsmasser ved munningen av elva Orkla nord-øst for Orkanger sentrum. Løsmasseavsetningen er en elveterrasse med et topplag av permeabel sand og grus over finkornige marine sedimenter. Avsetningen er rester av et større elvedelta hvor store deler er erodert bort av elva Orkla som følge av landheving. Selve grunnvannsforekomsten utgjøres av et tynt topplag av sand og grus, og forekomsten står ikke i hydraulisk kontakt med Orkla eller Orkdalsfjorden. Grunnvannsforekomsten har et stort nedbørsfelt, men omfattende drenering og bortledning av overflatevann og nedbør har ført til betydelige reduksjon i nydanningen av grunnvann, grunnvannstrømmen og utskifting av vann i forekomsten. Potensiell belastning på grunnvannsforekomsten er generell urbanisering med bebyggelse og veier samt tidligere industriutslipp fra nærliggende smelteverksindustri. To grunnvannskilder i skråningen på østsiden av Gammelosen har blitt overvåket og det har blitt tatt ut vannprøver både vår og høst i perioden 2015 – 2020 til kjemiske analyser. Samtidig har grunnvannets temperatur og elektriske ledningsevne i en av kildene blitt automatisk logget. Overvåkingen viser at grunnvannet har god kjemisk tilstand selv om det registreres forhøyet innhold av nitrat i vannet fra en av kildene som indikerer urban påvirkning på grunnvannet i tilstrømningsområdet. Det er målt høye konsentrasjoner av kobber og sink i grunnvannet, men på grunn av liten grunnvannstilførsel til nærliggende overflatevann er det ikke forventet at dette vil gi belastning på det akvatiske miljø.</p>			
Emneord:	Grunnvann	Vannanalyser	
Grunnvannskilde	Grunnvannsforekomst		

INNHold

1. Innledning.....	5
2. Grunnvannsførekømt Orkanger	6
2.1 Beliggenhet.....	6
2.2 Begrunnelse for utvalget av lokalitet.....	7
2.3 Meteorologi	7
2.4 Historikk Orkanger og belastningsforhold	9
3. Regionale geologiske forhold.....	11
4. Kartlegging av geologiske og hydrogeologiske forhold	12
4.1 Grunnboringer og georadarundersøkelser	12
4.2 Hydrogeologi.....	15
4.2.1 Regionale hydrogeologiske forhold	15
4.2.2 Lokale hydrogeologiske forhold	16
5. Kartlegging av grunnvannets kjemiske tilstand	16
5.1 Analyseprogram.....	17
5.2 Analyseresultater	17
5.3 Vurdering av vannprøvenes representativitet	21
6. Konklusjon og anbefalinger	23
7. Referanser.....	23

VEDLEGG

- 1) Analyseresultater av grunnvannsprøver fra målestasjoner i Orkanger
- 2) Georadarundersøkelser - metodebeskrivelse
- 3) Georadaropptak fra grunnvannsførekømt Orkanger

1. Innledning

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

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

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

På bakgrunn av mangel på kunnskap om belastede grunnvannsforekomster er det igangsatt et overvåkningsprosjekt for å karakterisere, overvåke og klassifisere 14 utvalgte grunnvannslokaliteter som skal representere typiske belastningssituasjoner og geologiske og klimatiske forhold i Norge, og som kan defineres som regionale eller nasjonale typelokaliteter. Dersom tilstanden i disse er dokumentert god, vil vi kunne anta at det samme gjelder for sammenlignbare 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.

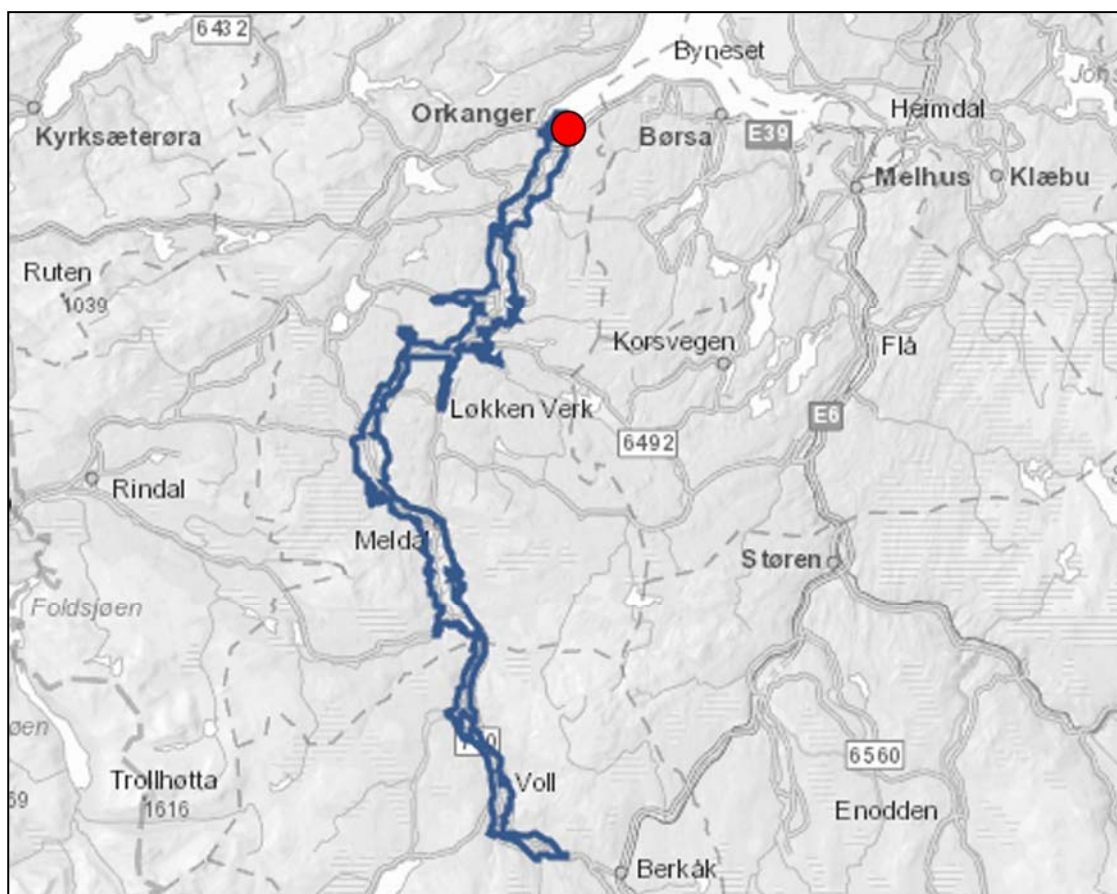
2. Grunnvannsføremst Orkanger

2.1 Beliggenhet

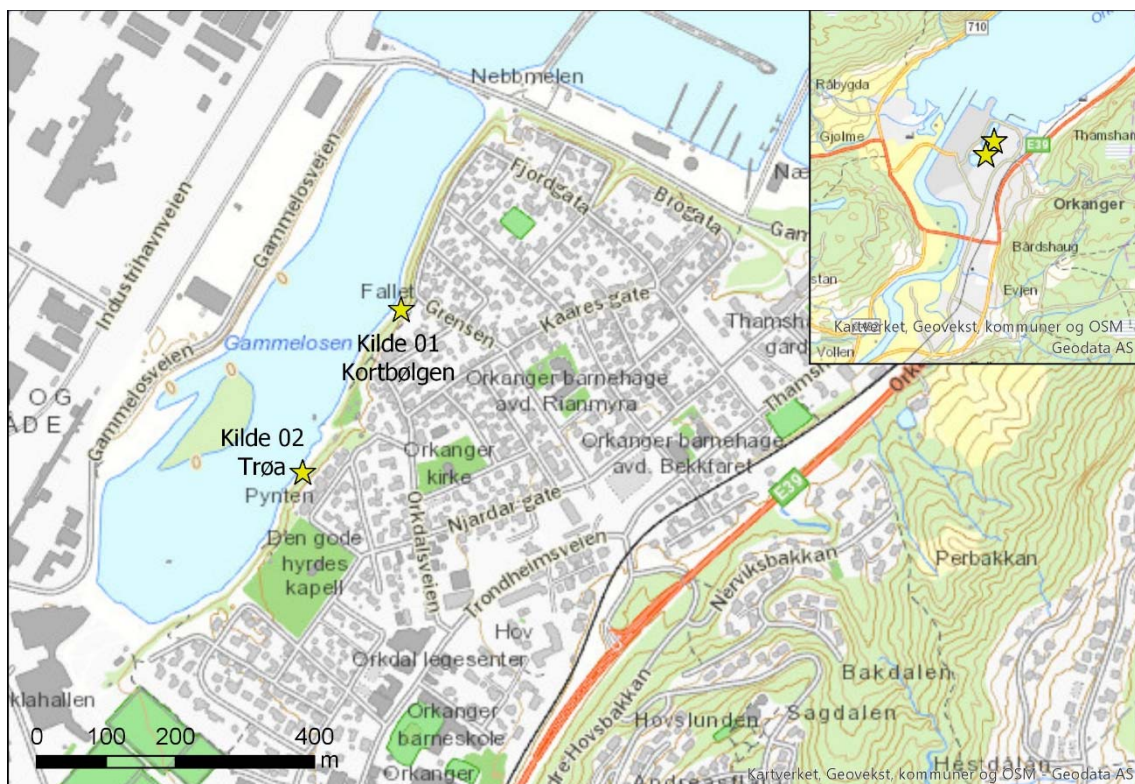
Denne typelokaliteten er en del av den administrative enheten grunnvannsføremst GV-Orkla_Nord (121-797-G) som strekker seg fra munningen av elva Orkla i nord og nesten til Berkåk i sør. Administrativ informasjon og beliggenhet er gitt i Tabell 1 og Figur 1.

Tabell 1: Administrativ informasjon grunnvannsføremst GV-Orkla_Nord

Vannføremst	Orkla_Nord
Vannføremst ID	121-797-G
Vannkategori	Grunnvann
Vannregionmyndighet	Trøndelag
Vannregion	Trøndelag
Fylker	Trøndelag
Kommuner	Orkland og Rennebu
Vassdragsområde	121
Breddegrad	62,98
Lengdegrad	9,72



Figur 1: Grunnvannsføremst Orkla_Nord med lokalisering av grunnvannsføremst Orkanger (kilde: <https://www.vann-nett.no/portal/#/waterbody/121-797-G>)



Figur 2: Lokalisering av grunnvannsforekomst Orkanger. De to kildeframspringene som er registrert i den nasjonale grunnvannsdaten Granada (kilde: https://geo.ngu.no/kart/granada_mobil/) er anvist på kartet.

Grunnvannsforekomst Orkanger ligger nær fjorden på østsiden av Gammelosen nordøst for Orkanger sentrum (Figur 2). Som det framkommer av stedsnavnet lå dette området tidligere ved elvemunningen av elva Orkla, men en omfattende nedbygging av elveøra som følge av industrialisering og urbanisering i nyere tid har ført til en omlegging av elvemunningens løp. Gammelosen framstår i dag som en tidevannspåvirket brakkvannspoll uten hydraulisk kontakt med elva Orkla.

2.2 Begrunnelse for utvalget av lokalitet

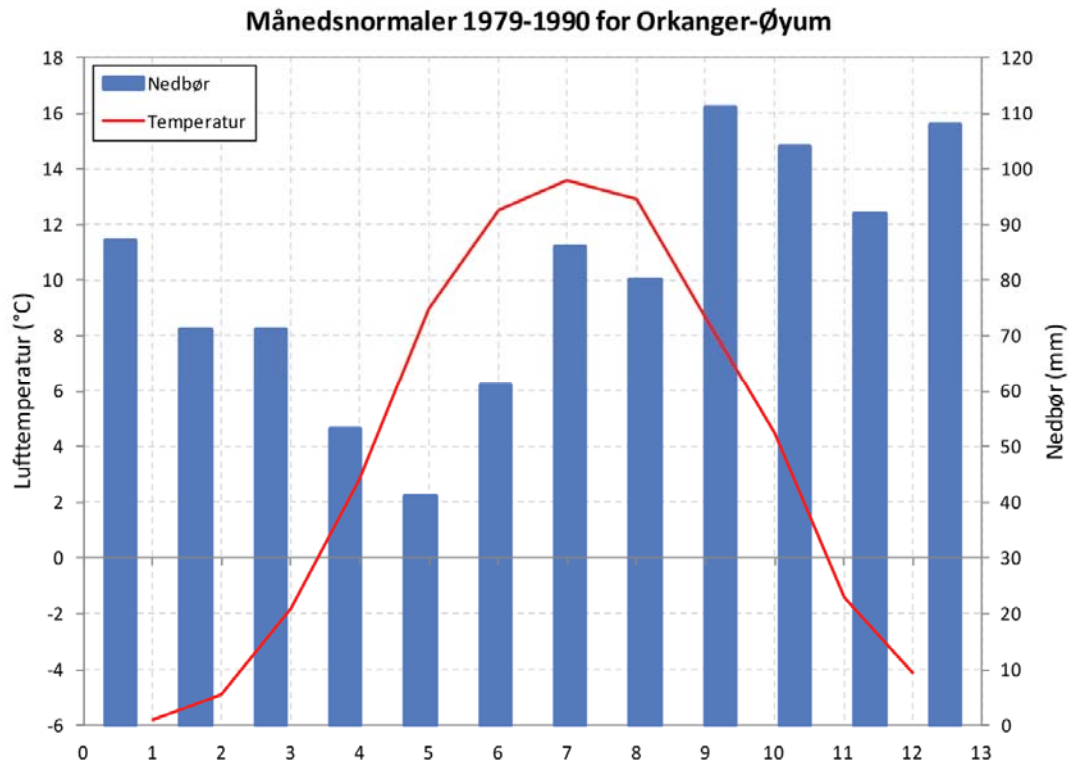
Lokaliteten er valgt ut for å representere en typisk kystnær grunnvannsforekomst i sandig grusig elveterrasse med liten umettet og mettet sone og et stort oppstrøms nedbørsfelt. Potensiell belastning på grunnvannets kjemiske tilstand er generell urbanisering og nærliggende metallurgisk industri.

Det må fremheves at grunnvannsforekomst Orkanger ikke er representativ for hele grunnvannsforekomsten Orkla_Nord som den er administrativ knyttet til, da det innen denne store forekomsten er flere ulike belastninger (bl.a. jordbruk og avrenning fra gruveponier). Det er forventet at kartlegging og karakterisering av noen flere lokaliteter lik grunnvannsforekomst Orkanger vil danne et kunnskapsgrunnlag for andre lokaliteter i Norge med liknende urban belastning og hydrogeologiske forhold.

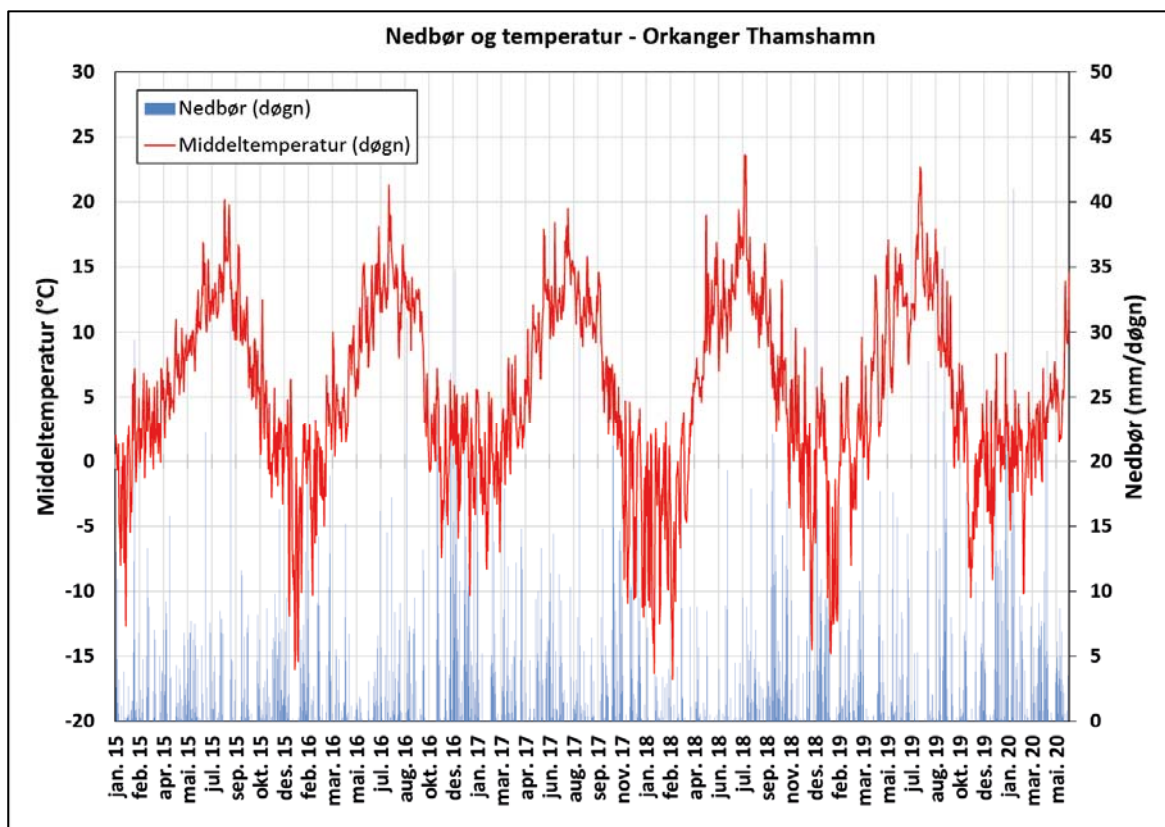
2.3 Meteorologi

Grunnvannsforekomst Orkanger ligger i en overgangssone mellom kyst- og innlandsklima med forholdsvis milde vintre og tempererte somre (Figur 3). Mesteparten av nedbøren kommer i vintermånedene og da delvis som snø. Basert på registreringer fra meteorologiske målestasjon Thamshavn fra januar 2011 – desember 2019 er gjennomsnittlig

årsmiddeltemperatur 5,4 °C. Årsmiddelnedbør er 768 mm basert på nedbørsmålinger fra samme målestasjon og periode



Figur 3: Månedsnormaler for målestasjon Orkanger-Øyum, cirka 11 km sør fra Orkanger sentrum (måldata fra Meteorologisk institutt: <https://seklima.met.no/observations/>).



Figur 4: Meteorologiske data fra målestasjon Thamshavn for perioden januar 2015 til mai 2020 (måldata fra Meteorologisk institutt: <https://seklima.met.no/observations/>).

2.4 Historikk Orkanger og belastningsforhold

Orkanger fikk bystatus først 1. juli 2014, men elveavsetningen ved grunnvannsføremkomsten har trolig vært bebygd og/eller påvirket av menneskelig aktivitet helt siden eldre jernalder ca. 500 år f.Kr. (Fretheim 2010). Det er likevel aktiviteter de siste femti til hundre årene som kan ha hatt størst betydning for grunnvannskvaliteten. Som en følge av økende industrialisering i Orkanger utover 1900-tallet ble etter hvert hele elveavsetningen bebygd med småhus, boliger, kirke med gravplass, butikker og håndverksbedrifter av ulike slag.

I perioden 1867 - 1914 var det store sagbruket og trelasthandelen Strandheim Brug i drift. Bruket var lokalisert ut mot fjorden, nord på området. I perioden 1917 til 1936 var en hermetikk- og sildoljefabrikk i drift lokalisert i "Grøften", midt mellom de to grunnvannskildene hvor grunnvannskvaliteten nå blir overvåket (Pedersen 2012).

Svovelkis fra Løkken gruver ble fraktet med jernbane til Thamshavn for utskipping og seinere for produksjon av svovel ved Thamshavn smelteverk. Denne transporten av kis berørte ikke dette området direkte, men avgassene fra smelteverket bidro til lokal luftforurensing og nedfall av ulike forurensninger i nedre deler av Orkdalen. Fra 1964 ble driften lagt om til produksjon av ferrosilisium. Fra 1984 kom renseanlegget ved smelteverket i drift.

I 1964 kom et nytt smelteverk, Orkla Exolon (i dag Washington Mills), i drift på Gjølme i avstand ca. 1,5 km vest for grunnvannsføremkomsten. Her blir det produsert silisiumkarbid. Et nytt industriområde ble etablert på Grønøra i 1973-74, omlag 500 m vest for grunnvannsføremkomsten, samtidig som elva Orkla ble lagt om slik at utløpet ble flyttet fra det som nå heter Gammelosen til nytt utløp vest for Grønøra (Wale 2013).

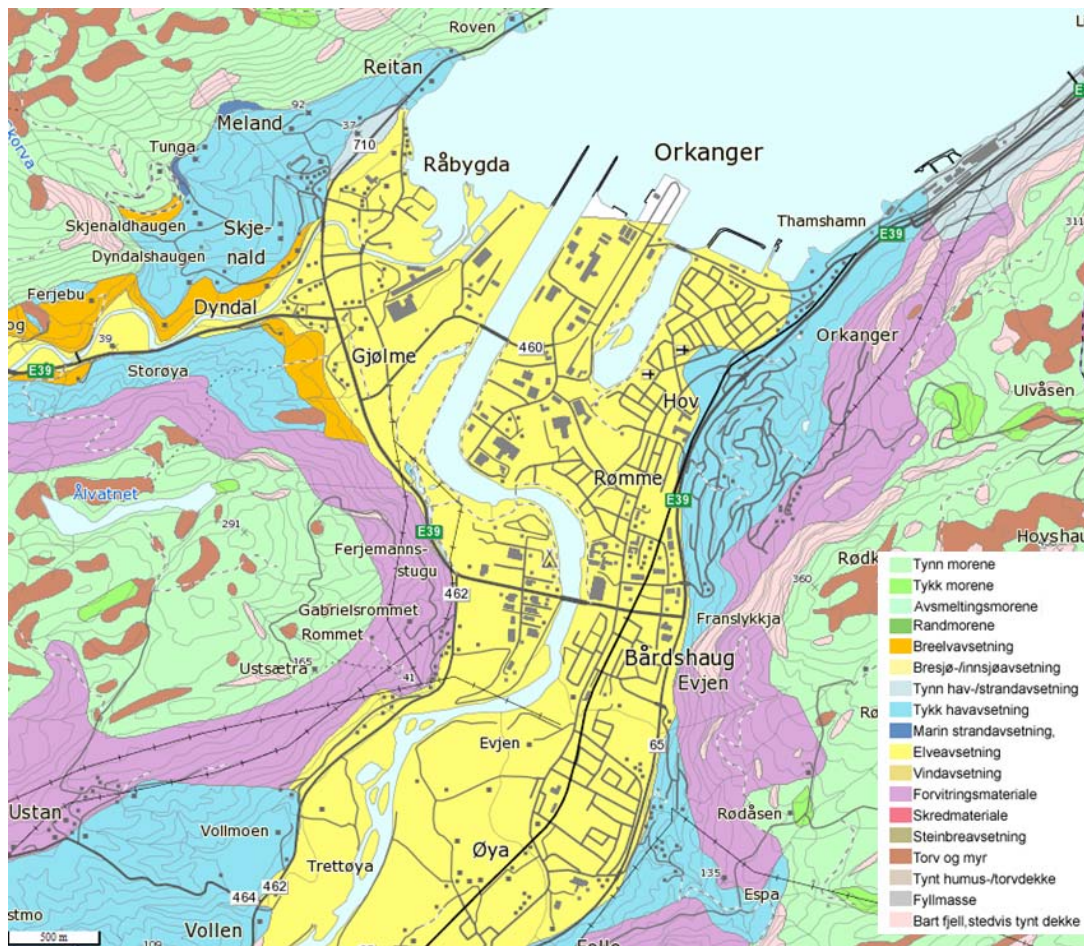
I år 2005 ble ny europaveg, E-39, åpnet og krysser nedbørsfeltet til grunnvannsføremkomsten i øst. Det er i Figur 5 vist utviklingen av elveøra i Orkanger fra 1964 til 2002, hvor omlegging av elveløpet er det mest fremtredende. Området ved grunnvannsføremkomsten har ikke gjennomgått store synlige fysiske endringer i denne perioden og har heller ikke gjennomgått store endringer fra 2002 til 2016 (Figur 5).



Figur 5: Flybilder av elveøra i Orkanger. Øverste flybilde er fra 1964 og det under fra 2002 med omlegging av elveløpet (kilde: historiske kart Finn.no).

3. Regionale geologiske forhold

Løsmassene i nedre del av Orkdalen ligger under marin grense og domineres av et overflatedekke av elveavsetninger bestående av sand og grus (Figur 6). Området som utgjør grunnvannsføremst Orkanger defineres geologisk som en elveterrasse, og er rester av en tidligere deltautbygging avsatt ved et høyere havnivå. Deltaet dekket trolig hele dalbunnen i munningsområdet til Orkla, men senere landheving med påfølgende elveerosjon har fjernet størstedelen av elvedeltaet. Ved grunnvannsføremst Orkanger har elven skåret seg gjennom topplaget av sand og grus og ned i de underliggende finkornige fjordavsetningene. Elveerosjonen og den lagdelte geologiske oppbygningen har gitt opphav til flere kilder i elveskråningen ned mot Gammelosen. Kildene tilføres grunnvann ved at nedbør og overflateavrenning fra nedbørsfeltet mot øst infiltrerer det permeable sand- og gruslaget oppe på elveterrassen. Grunnvannet strømmer tilnærmet horisontalt ut mot elveskråningen i overgangen mellom de grove elveavsetningene og de underliggende finkornige lavpermeable fjordavsetningene.



Figur 6: Løsmassekart over Orkanger basert på Reite 1977 (http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/).

Grunnvannsføremst Orkanger avgrenses av Gammelosen og elvededskjæringen i vest, og mot øst tynner det grove topplaget ut mot overgangen til de lavpermeable fjordsedimentene (Figur 6). Mot nord avgrenses lokaliteten av deltafrontens avslutning mens føremsten ikke har noen klar geologisk avgrensning mot syd.

4. Kartlegging av geologiske og hydrogeologiske forhold

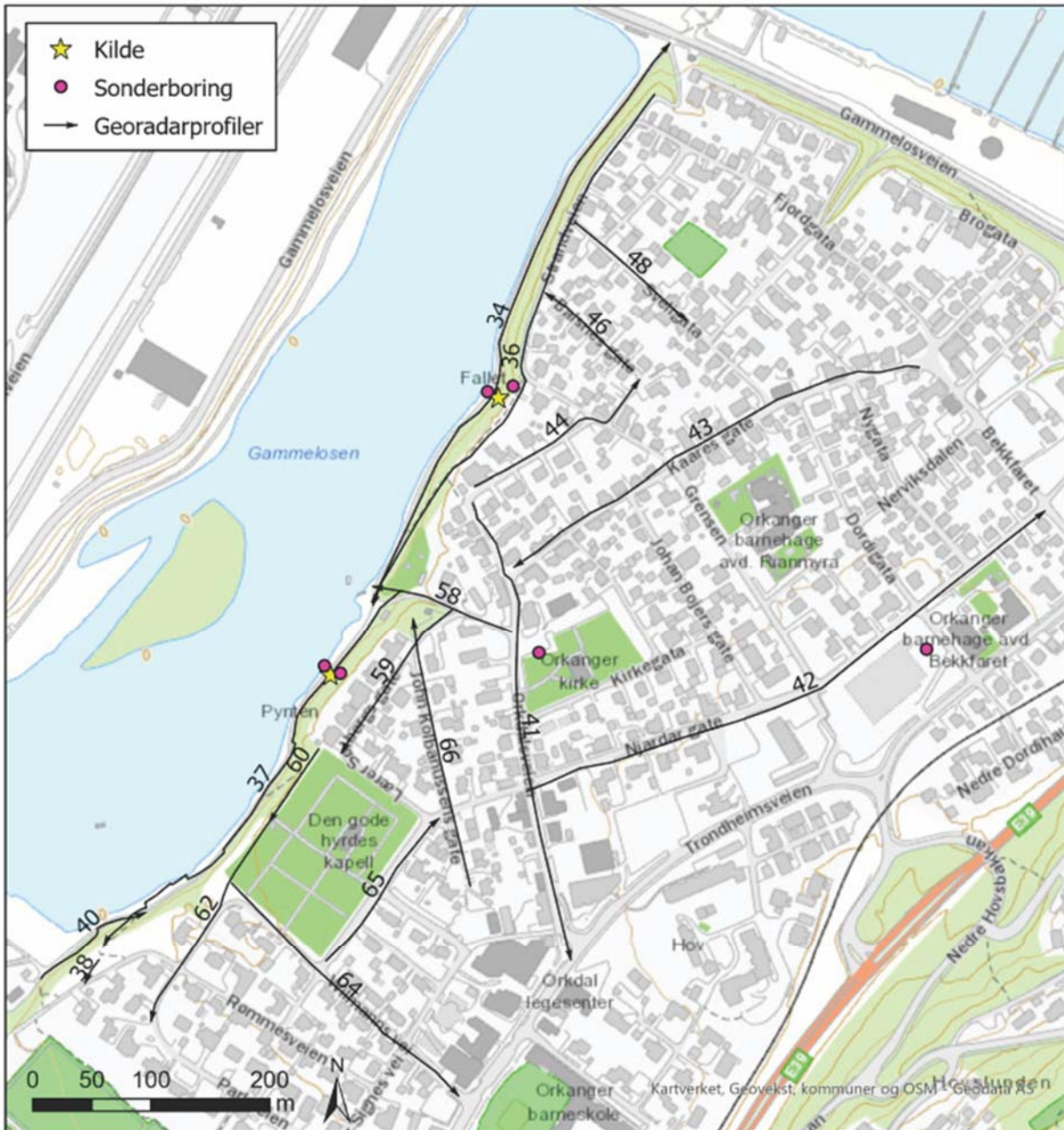
4.1 Grunnboringer og georadarundersøkelser

Det har ikke tidligere vært utført stedsspesifikke geologiske undersøkelser i dette området. Av relevans for denne kartleggingen er generell kvartærgeologisk kartlegging i Orkdalsdalføret (Reite 1977).

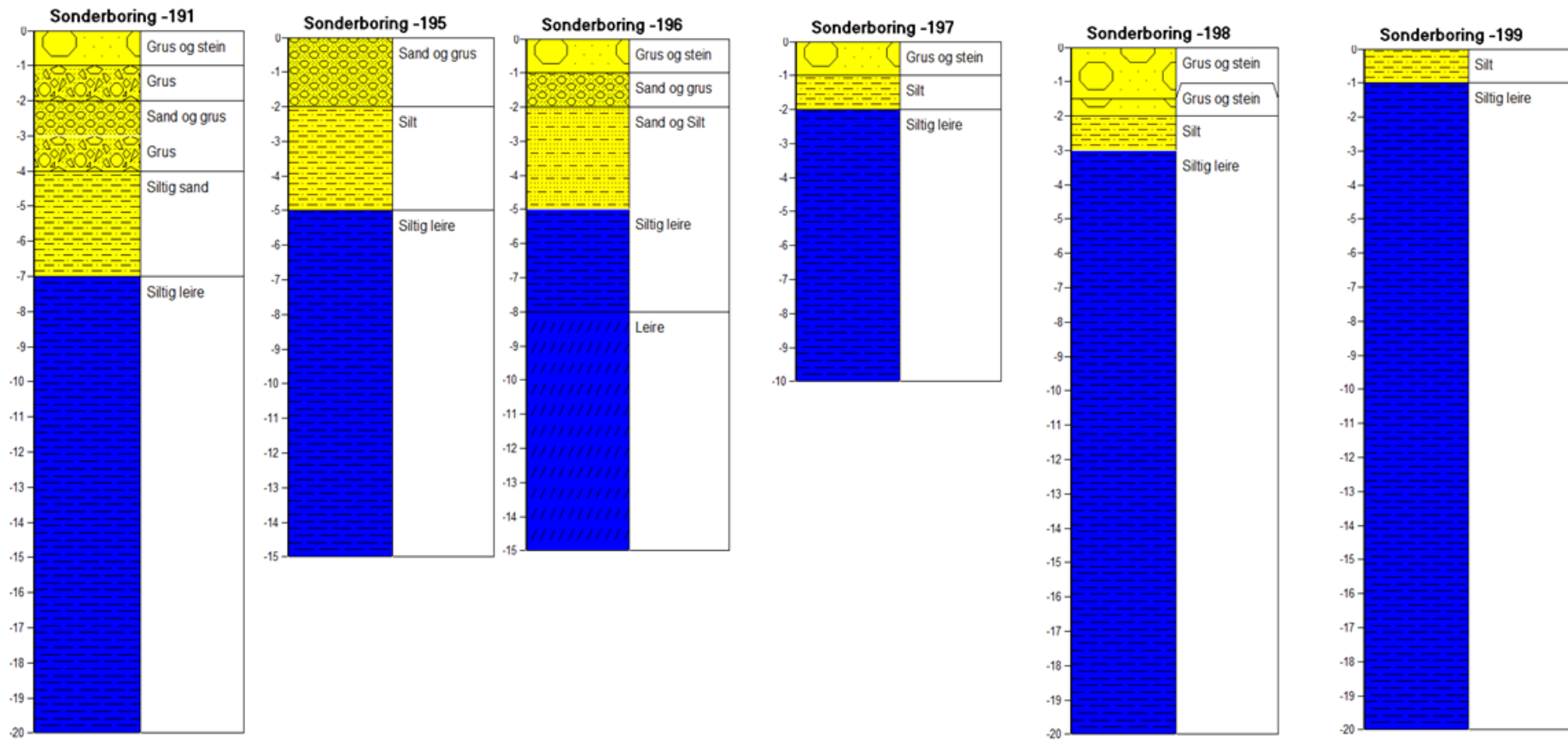
For å få en bedre forståelse av løsmassegeologien i området ble det sommeren 2015 gjennomført feltbefaring med observasjoner i skjæringer og utgravinger. Dette ble fulgt opp med georadarundersøkelser langs flere profiler samt sonderboring med håndholdt boreutrustning ved utvalgte lokaliteter.

Figur 7 viser lokalisering av sonderboringene og boreloggene er vist i Figur 8. De utførte grunnboringene gir god geologisk informasjon i borepunktene, og viser gjennomgående liten mektighet på det permeable topplaget av sand og grus (maks. 2 – 3 m) og med en tydelig overgang til underliggende finkornige lavpermeable fjordavsetninger. Sonderboringene viser at det grove topplaget tynner ut mot øst hvor avsetningene domineres av finkornige fjordsedimenter. På grunn av liten mektighet på de grovkornete sedimentene ble det ikke etablert observasjonsbrønner i dette området.

Figur 7 viser lokaliseringen av georadarprofilene som ble gjennomført i forbindelse med kartleggingen. En nærmere beskrivelse av metoden samt detaljer for undersøkelsene i Orkanger er gitt i vedlegg 2. Utskrift av georadaropptakene er presentert i vedlegg 3. Georadaropptakene viser gjennomgående liten dybderekkevidde på opptakene og mye støy fra infrastruktur og bygningsmasse. Det er derfor begrenset med geologisk informasjon å få ut av disse undersøkelsene.



Figur 7: Lokalisering av kilder, sonderboringer og georadarprofiler på grunnvannsforekomst Orkanger. Nummerering av boringene er gitt ut fra de tre siste siffer i boringenes registreringsnumre i den nasjonale brønn databasen GRANADA.



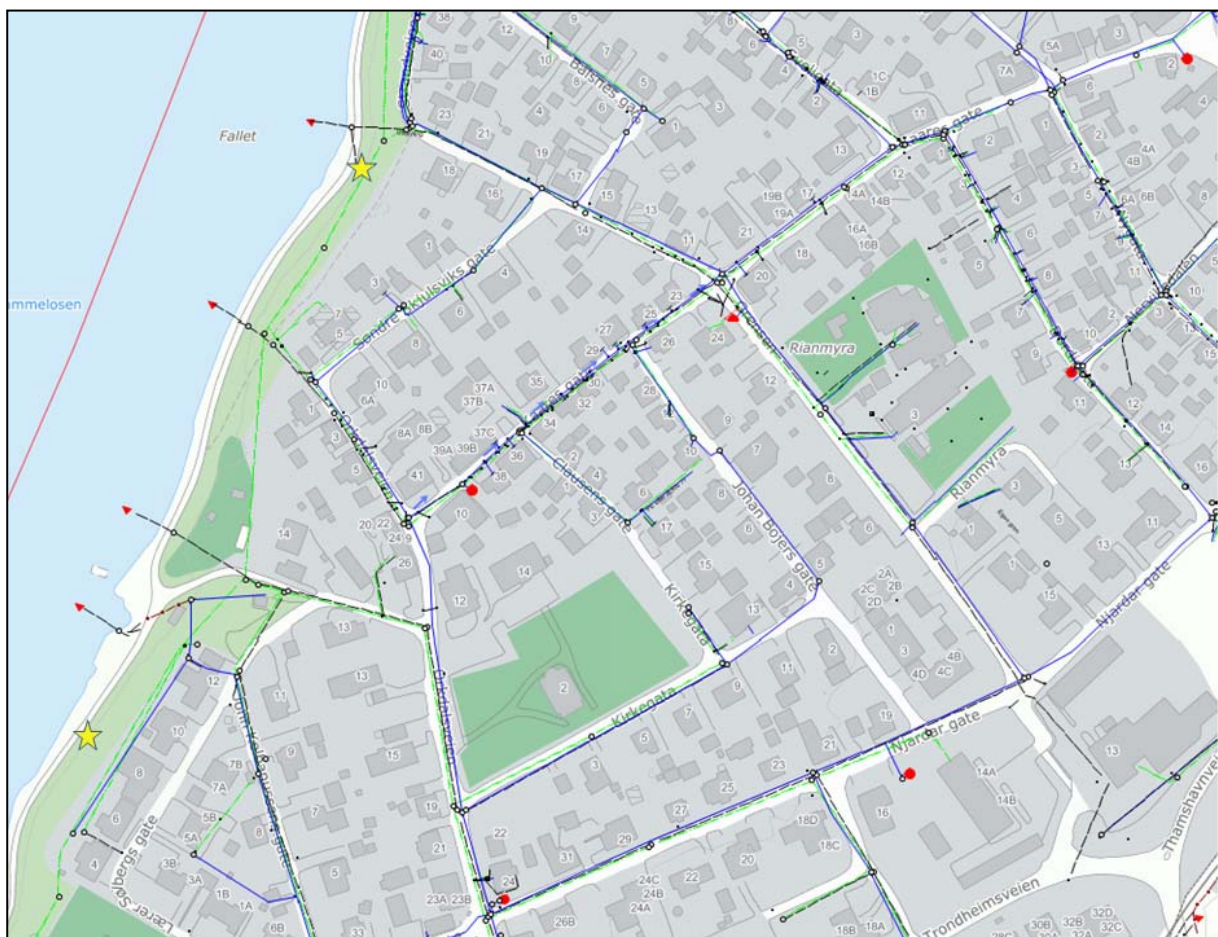
Figur 8: Boreloger til sonderboringer utført på grunnvannsførekøst Orkanger.

4.2 Hydrogeologi

4.2.1 Regionale hydrogeologiske forhold

Som følge av elveerosjon og nedskjæringer gjennom det permeable grovkornete topplaget står typelokalitet Orkanger ikke i hydraulisk kontakt med verken elva Orkla eller brakkvannspollen Gammelosen. Det naturlige nedbørfeltet er stort og strekker seg fra elvenedskjæringen i vest til vannskille øverst i dalsiden i øst. Grunnvannsføremkomsten har derfor potensial til å få tilført betydelige mengder overflatevann fra områder som ligger utenfor selve lokalitetens geologiske avgrensning, og som gjennom overvannsinfiltrasjon til løsmassene kan gi et betydelig bidrag til nydanning av grunnvann. Denne infiltrasjonen vil også bidra til økt gjennomstrømming og utskifting av grunnvann i forekomsten.

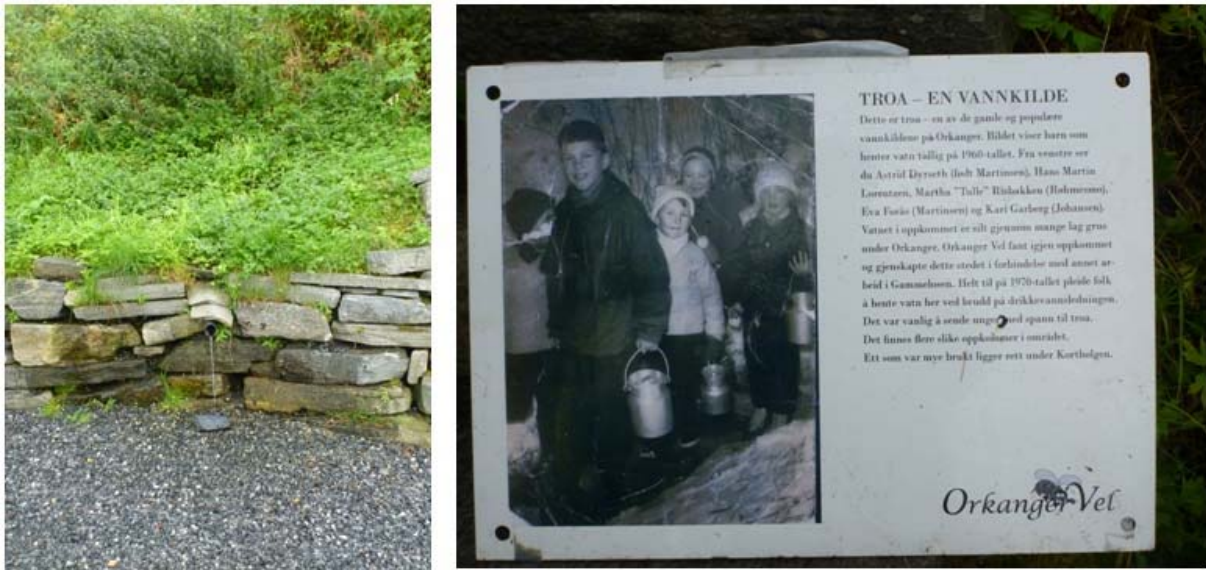
De hydrologiske forholdene i nedslagsfeltet er imidlertid sterkt modifisert gjennom aktiv overflatevannshåndtering med avskjærende grøfter langs veier og bortledning av dreneringsvann som reduserer den naturlige nydannelsen av grunnvann. I Figur 9 er overvannsledninger og vann- og avløpsledninger i deler av typelokalitet Orkanger vist, og som godt illustrerer hvor modifisert den naturlige infiltrasjonen er gjennom bortledning av nedbør som faller på elveterrassen. Erfaringstall fra sammenliknbare urbaniserte områder viser at så lite som 10 - 20 % av nedbøren bidrar til nydanning av grunnvann.



Figur 9: Overvannsledninger (sort stiplet linje) og vann- og avløpsledninger (blå og grønn linje) i sentrale områder av typelokalitet Orkanger (<https://kommunekart.com/>). Kildene er vist med gule stjerner.

4.2.2 Lokale hydrogeologiske forhold

Det er ikke tilstrekkelig med hydrogeologisk informasjon til å få en detaljert oversikt over grunnvannsstrømmen i det undersøkte området. Ut fra sonderboringene registreres det en økende mektighet av det permeable topplaget av sand- og grusmasser ut mot elvenedskjæringen, og en svak helling mot vest på overgangssonen til de finkornige fjordsedimentene. Gitt denne geologiske oppbyggingen av løsmassene indikerer dette en hovedretning på grunnvannsstrømmen fra øst mot vest. En slik antakelse underbygges også av de registrerte kildeframspringene i elvenedskjæringen ned mot Gammelosen. Disse kildene ble tidligere benyttet som nødvannforsyning til lokalbefolkningen når den kommunale vannforsyningen sviktet (Figur 10). I dag har Orkanger Vel utbedret denne sørligste kilden (kilde 02) til en vannpost lik tidligere tiders utforming.



Figur 10: Tappepunkt ved kilde 02 samt skilt ved kilden som beskriver kildens betydning som nødvannforsyning i tidligere tider (bilder A. Dagestad). Vannføringen i kilden var trolig betydelig større i tidligere tider enn dagens vannføring.

5. Kartlegging av grunnvannets kjemiske tilstand

Da det ikke finnes tidligere undersøkelser av grunnvannskvalitet i dette området, er det ikke mulig å få oversikt over eventuelle endringer i grunnvannets kjemiske sammensetning over tid. For å kartlegge dagens grunnvannskjemi er det valgt å benytte de to registrerte kildene i området for uttak av vannprøver (se kart i Figur 7). I juli 2015 ble det tatt vannprøver fra den nordligste kilden (kilde 01, Kortbølgen) i utløpet fra en samleikum som fanger opp avrenning fra kildeutspringet. I slutten av august samme år ble det igjen tatt vannprøve fra denne kilden samt vannprøve fra den sørlige kilden (kilde 02, Trøa). Begge disse kildene er prøvetatt vår og høst fram til juni 2020.

Det er ikke utført noen systematiske vannføringsmålinger i kildene, og det er også usikkert hvor stor del av den totale utstrømningen fra kildene som blir fanget opp av de etablerte dreussystemene rundt kildeframspringene. Under befaringer og vannprøvetakingen har vannføringen i begge uttakspunktene vist seg å være forholdsvis stabil, og ligger basert på manuelle målinger mellom 10 - 20 L/min.

Fremgangsmåten ved prøvetaking og feltmålinger er beskrevet i egen protokoll (Gundersen et al. 2019).

5.1 Analyseprogram

Det er i perioden 2015 til 2020 tatt ut grunnvannsprøver fra kildene til fysikalske analyser, samt kjemiske analyser for en rekke uorganiske elementer og forbindelser. Fra høsten 2016 ble det også tatt ut grunnvannsprøver for analyse av et utvalg organiske stoffer, som hydrokarboner (THC), PAH og BTEX. I 2015 til 2017 ble vannprøvene analysert dels ved NGUs laboratorium, Analysesenteret og Eurofins, mens alle vannprøver fra 2018 er analysert ved laboratoriet ALS.

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

Det er forventet at dette analyseprogrammet vil kunne avdekke eventuell påvirkning på grunnvannets kjemiske sammensetning fra nåværende og tidligere forurensende aktivitet i tilstrømningsområdet til grunnvannskildene.

I kommende avsnitt presenteres en vurdering av resultatene i henhold til den nasjonale listen over prioriterte stoffer (se Tabell 2). I vannforskriften er det fastsatt terskelverdier for prioriterte stoffer som definerer grensen mellom god og dårlig kjemisk tilstand i grunnvannsforkomsten. Terskelverdiene for prioriterte stoffer har tatt utgangspunkt i drikkevannsforskriftens grenseverdier. Vendepunktverdien er en noe lavere fastsatt verdi for konsentrasjon av stoffer i grunnvannet, etablert for tidlig å kunne synliggjøre eventuell negativ utvikling i kjemisk tilstand i grunnvannsforkomster.

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

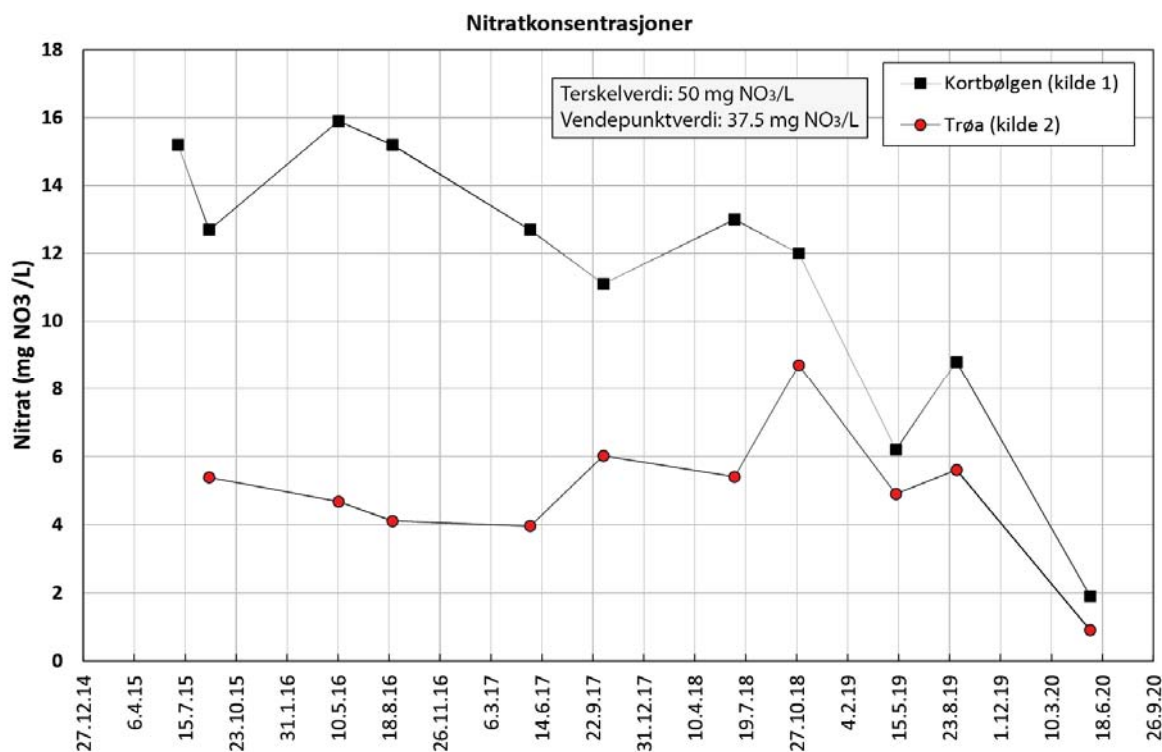
Substans	Enhet	Terskelverdi	Vendepunktverdi
Ammonium	µg/l	500	400
Arsen	µg/l	10	7.5
Bly	µg/l	10	7.5
Kadmium	µg/l	5	3.75
Klorid	mg/l	200	150
Kvikksølv	µg/l	0.5	0.4
Nitrat	mg NO ₃ /l	50	37.5
Sulfat	mg/l	100	75
Bekjempningsmidler enkelt substans	µg/l	0.1	0.075
Bekjempningsmidler, sum	µg/l	0.5	0.4
Sum av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

5.2 Analyseresultater

Det er i Tabell 3 og Tabell 4 vist et utvalg av analyseresultatene. I vedlegg 1 vises samtlige resultater fra de utførte vannanalyser frem til sommer 2020. Et stort utvalg av analyseresultater er også registrert i vannmiljødatabasen (<https://vanmiljo.miljodirektoratet.no/>).

Sett under ett viser de utførte analysene at grunnvannet i kildene har god kjemisk tilstand. Det måles meget lave konsentrasjoner av samtlige tungmetaller og de fleste andre miljøbelastende elementer og forbindelser.

Det måles noe forhøyde nitratverdier i kilde Kortbølgen (Figur 11), som viser at grunnvannskjemien trolig er påvirket av urban aktivitet. Nitratinnholdet i grunnvannet ligger likevel godt innenfor grenseverdien for god kjemisk tilstand og konsentrasjonen i grunnvannet har også hatt en nedadgående trend de siste årene.



Figur 11: Nitratkonsentrasjon i grunnvannsprøvene fra kildene 01 ”Kortbølgen” og 02 ”Trøa”.

Også klorid- og sulfatkonsentrasjonene er noe forhøyet, noe som kan ha flere årsaker. Klorid kan tyde på forurensning fra veisaltning, men de høye sulfatkonsentrasjonene tyder mer på at grunnvannet blir påvirket av sjøvann. Grunnvannet står ikke i hydraulisk kontakt med Brakkvannspollen, men grunnvannsforkomsten ligger nær fjorden og vil motta havsalter i form av aerosoler.

Det registreres tidvis noen organiske forurensninger (PAH og BTEX) i grunnvannet i begge kilder, men konsentrasjonen av disse organiske forbindelsene er alle meget lave. Hverken totale hydrokarboner (THC), polyklorinerte bifenyler (PCB), eller flyktige organiske løsemidler ble påvist i grunnvannsprøvene. Trikloretten og tetrakloretten, som per i dag er de eneste organiske miljøgiftene som inngår i listen over prioriterte stoffer i henhold til vedlegg IX i vannforskriften, ble heller ikke påvist i noen av prøvene.

Kobber og sink inngår ikke i listen over prioriterte stoffer og inngår dermed ikke i vurderingsgrunnlaget for å karakterisere kjemisk tilstand til grunnvannsforkomsten. Funn av høye konsentrasjoner av disse to elementer i grunnvannsprøvene gjør det likevel relevant å presentere og diskutere disse funnene. Vurderes analyseresultatene opp mot grenseverdier for klassifisering av overflatevann (Veileder M-608, Miljødirektoratet 2016), har samtlige vannprøvene fra begge kildene kobber og sink-konsentrasjoner over verdien som ved langtidseksponering gir kroniske effekter i det akvatiske miljøet. Veiledende grenseverdier for kroniske effekter er 7.8 µg Cu/L og 11 µg Zn/L (Veileder M-608, Miljødirektoratet 2016). På grunn av fortykning i brakkvannspollen Gammelosen er det forventet at kobber- og sink-konsentrasjonene ikke vil påvirke det akvatiske miljøet.

Tabell 3: Analyseresultater av grunnvannsprøver fra kilder i Orkanger i henhold til stoffer/parametere med terskelverdi i vannforskriften.

		A – prioriterte stoffer; vurdert i henhold til terskel- og vendepunktverdi fastsatt i Vedlegg IX i Vannforskriften								B – Ytterlige stoffer					
	Dato	Ammonium-N µg/l	Klorid mg/l	Nitrat mg NO3/l	Sulfat mg/l	Arsen µg/l	Bly µg/l	Kadmium µg/l	Kvikksølv µg/l	Fluorid mg/l	Nitritt mg/l	Bromid mg/l	Fosfat mg PO4/l	Kobber µg/l	Sink µg/l
Terskelverdi		500	200	50	100	10	10	5	0.5						
Vendep.verdi		400	150	37.5	75	7.5	7.5	3.75	0.4						
Kortbølgen (kilde 1)	1.7.15	<10	39.9	15.2	46.0	0.46	<0.05	0.093	-	0.05	<0.1	0.11	<0.4	12.8	32.5
	31.8.15	10	48.9	12.7	47.8	<10	<5	<0.5	-	0.06	<0.1	0.12	<0.4	12.5	36.9
	11.5.16	10	32.8	15.9	45.2	<10	<5	<0.5	-	<0.05	<0.1	<0.1	<0.4	12.3	32.9
	25.8.16	<10	59.2	15.2	19.2	0.52	-	0.12	0.008	<0.025	-	-	0.31	16	37
	22.5.17	20	33.2	12.7	48.2	0.39	0.06	0.106	0.007	<0.05	<0.1	<0.1	<0.4	14	34.4
	13.10.17	<11	47	11.1	43.8	0.51	<0.05	0.128	-	<0.025	-	-	0.34	13.7	34.1
	27.6.18	<3	89.5	13	50	0.42	0.03	0.119	<0.002	<0.20	0.002	<0.50	0.25	13.7	31.1
	31.10.18	16	24	12	39	0.34	0.03	0.058	<0.002	0.07	0.003	<0.50	0.20	10.1	31.7
	10.5.19	<3	26	6.2	32	0.26	0.02	0.036	<0.002	0.04	<0.001	<0.50	0.04	10.6	23
	6.9.19	<3	46	8.8	38.8	0.50	0.04	0.094	<0.002	0.06	<0.001	<0.50	0.23	13	27.7
25.5.20	10	32	1.9	30.8	0.40	0.06	0.07	<0.002	0.05	0.00	<0.50	0.23	11.9	22.7	
Trøa (kilde 2)	31.8.15	<10	50.1	5.4	20.7	<10	<5	<0.5	-	0.0580	<0.1	0.17	<0.4	11.2	18.3
	11.5.16	<10	49.1	4.7	18.7	<10	<5	<0.5	-	0.0565	<0.1	0.12	<0.4	12	18.4
	25.8.16	<10	66.8	4.1	55.4	0.38	-	0.042	<0.005	<0.025	-	-	0.20	14	13
	22.5.17	<10	41.5	4.0	18.9	0.38	<0.05	0.034	< 0.005	<0.05	<0.1	0.13	<0.4	10.8	17.5
	13.10.17	<11	44.8	6.0	16.1	0.46	0.05	0.054	< 0.005	<0.025	-	-	0.29	12.4	23.3
	27.6.18	<3	62.8	5.4	17	0.34	<0.01	0.047	<0.002	<0.20	<0.001	<0.50	0.28	12.8	16.7
	31.10.18	15	69	8.7	24	0.48	<0.01	0.055	<0.002	0.06	0.003	<0.50	0.29	11.6	24.9
	10.5.19	<3	40	4.9	18	0.40	<0.01	0.027	<0.002	0.05	<0.001	<0.50	0.09	14.3	15.4
	6.9.19	<3	49	5.6	16.4	0.46	<0.01	0.040	<0.002	0.06	<0.001	<0.50	0.23	12.7	17.7
	25.5.20	9	39	0.9	13.0	0.49	0.03	0.03	<0.002	0.05	<0.0005	<0.50	0.25	10.00	17.3

"-" = ikke analysert

Tabell 4: Analyseresultater for organiske forbindelser. Kun påviste stoffer er oppført.

		PAH (Polysykliske aromatiske hydrogenerkarboner)												BTEX
Sted	Dato	Naftalen µg/l	Fluoranten µg/l	Pyren µg/l	Benzo(a) antracen µg/l	Krysen/ Trifenylen µg/l	Benzo(b) fluoranten µg/l	Benzo(k) fluoranten µg/l	Benzo(a) pyren µg/l	Indeno(1,2,3-cd) pyren µg/l	Dibenzo(a,h) antracen µg/l	Benzo(ghi) perylene µg/l	Sum PAH(16)EPA µg/l	Toluen µg/l
Kort- bølgen (kilde 1)	1.7.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	31.8.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11.5.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	25.8.16	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.002	<0.01	<0.002	ikke påvist	<0.10
	22.5.17	<0.01	0.03	0.024	0.011	0.012	0.014	<0.01	0.012	0.0039	<0.01	0.0062	0.11	<0.10
	13.10.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	27.6.18	<0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	ikke påvist	<1.00
	31.10.18	<0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	ikke påvist	<0.02
	10.5.19	<0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	ikke påvist	0.99
	6.9.19	<0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.095	<0.02
25.5.20	<0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.095	0.80	
Trøa (kilde 2)	31.8.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11.5.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	25.8.16	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.002	<0.01	<0.002	ikke påvist	<0.10
	22.5.17	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.002	<0.01	<0.002	ikke påvist	<0.10
	13.10.17	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.002	<0.01	<0.002	ikke påvist	<0.10
	27.6.18	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	<1.00
	31.10.18	<0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	ikke påvist	0.022
	10.5.19	<0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	ikke påvist	1.2
	6.9.19	<0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.095	<0.02
25.5.20	<0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.095	0.05	

"-" = ikke analysert

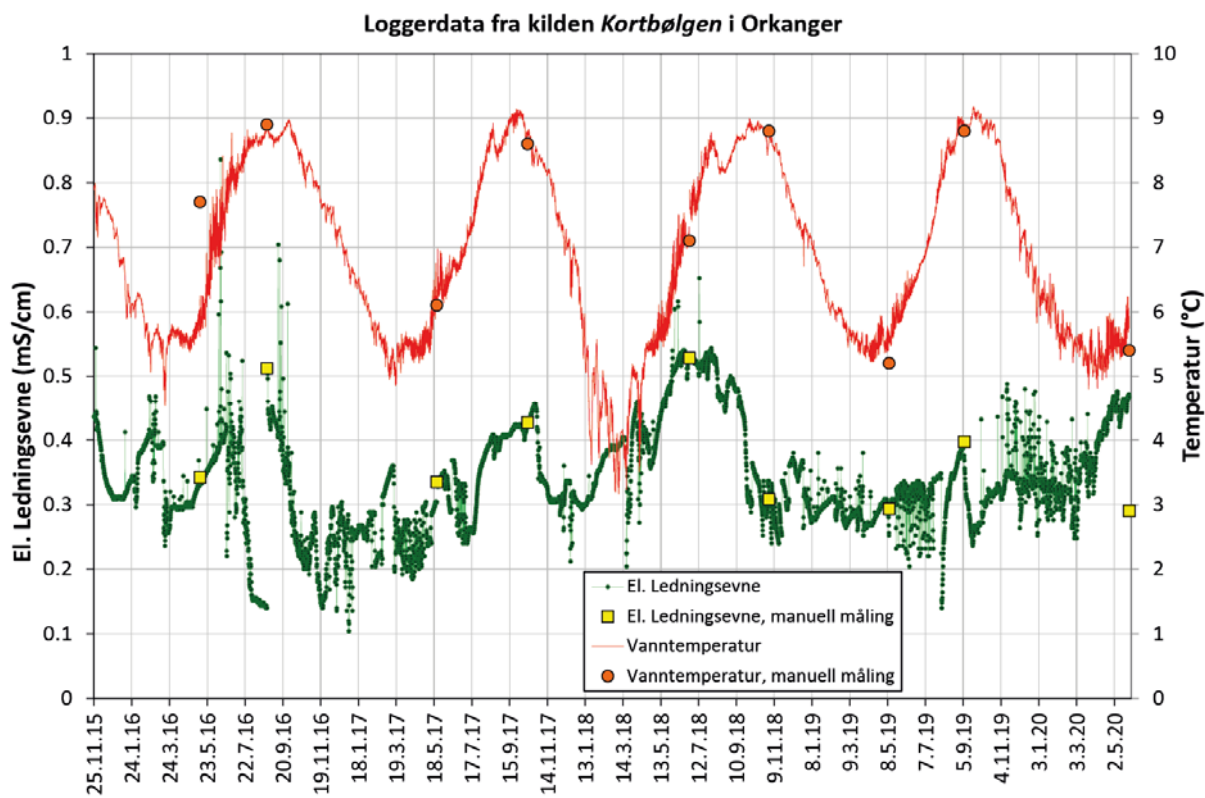
5.3 Vurdering av vannprøvenes representativitet

I tillegg til vannprøvetaking av kildene ble det høsten 2015 installert en logger i samlekummen ved kilde 01-Kortbølgen for automatisk registrering av grunnvannets elektriske ledningsevne. Slike høyfrekvente målinger gir mulighet til å registrere endringer i konsentrasjonen av løste ioner i grunnvannet uten vannprøvetaking, og er dermed en kostnadseffektiv metode for å få innsikt i eventuelle endringer i grunnvannets kjemiske sammensetning over tid. Slike høyfrekvente ledningsevne målinger vil også kunne si noe om hvor representative analysene av uttatte vannprøve er for grunnvannets kjemiske sammensetning i hele måleperioden.

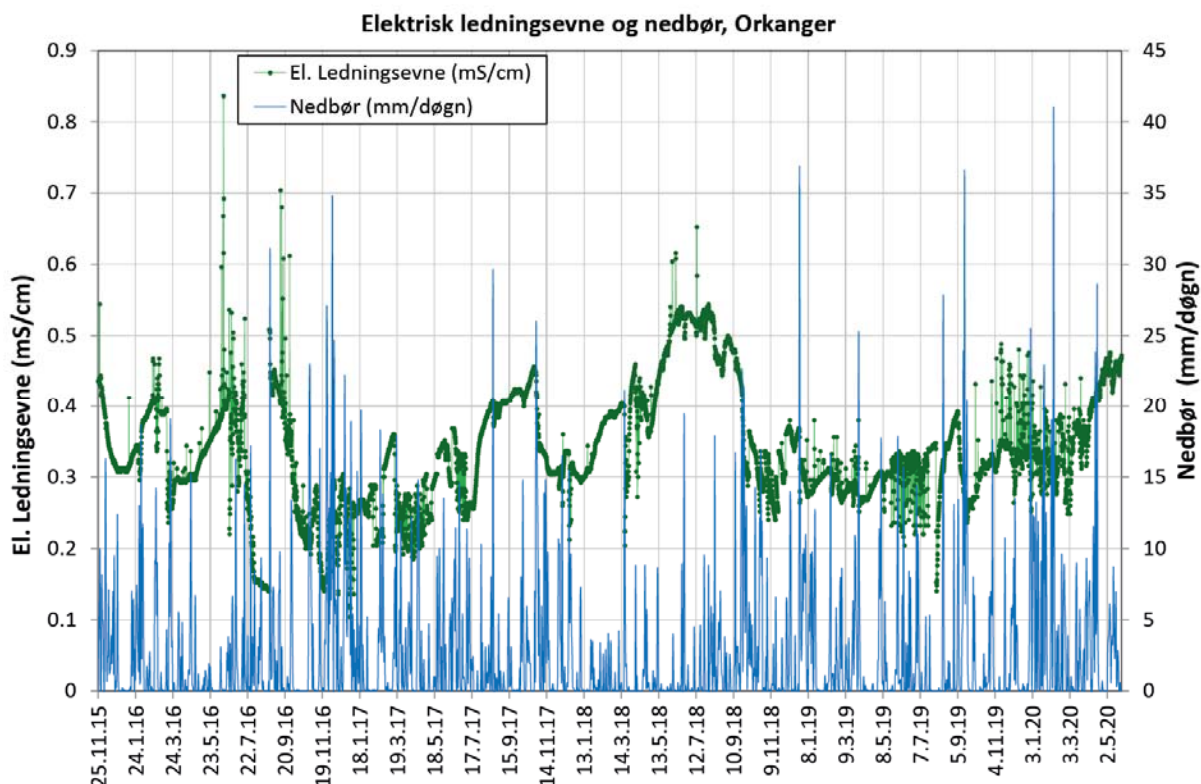
Det er i Figur 12 og Figur 13 vist resultater fra logging av grunnvannets ledningsevne i samlekummen for kilde 01 og som viser at denne varierer betydelig og hurtig over måleperioden. Enkelte sprang i ledningsevne sammenfaller i tid med tidspunktet for uttak av grunnvannsprøver og avlesning av ledningsevneloggeren. Dette kan være forårsaket av at plasseringen av loggeren i samlekummen ble endret i forbindelse med avlesningen, og som også kan ha endret loggerens plassering i forhold til vannstrømmen i kummen. Dette indikerer at vannets kjemiske sammensetning i samlekummen kan, i tillegg til variasjoner over tid, ha romlige variasjoner innad i kummen.

Ut fra de kjemiske analysene kan det se ut til at medvirkende årsak til varierende ledningsevne er høye klorid (Cl^-) og sulfat (SO_4^{2-}) konsentrasjoner, og som indikerer tidvis sjøvannspåvirkning av grunnvannet. Ut fra målingene er det ingen tydelig samvariasjon mellom nedbørsepisoder og elektrisk ledningsevne i kildevannet (Figur 13).

Til tross for den registrerte variasjonen i ledningsevnen antas det likevel at analyseresultatene er representative for grunnvannets kjemiske sammensetning kilden da vannprøvene er blandevannsprøver tatt i overløpet ut av samlekummen. I tillegg er vannprøvene tatt ut i perioder med relativt høy elektrisk ledningsevne på vannet og antatt størst påvirkning fra urban aktivitet.



Figur 12: Elektrisk ledningsevne og vanntemperatur målt i kile 01 (Kortbølgen) november 2015 til mai 2020.



Figur 13: Elektrisk ledningsevne målt i kilde 01 -'Kortbølgen' november 2015 til mai 2020. Det er også lagt inn registrert nedbør i den samme perioden (måledata fra Meteorologisk institutt: <https://seklima.met.no/observations/>)

6. Konklusjon og anbefalinger

Basert på den utførte kartleggingen og karakteriseringen kan grunnvannsføremst Orkanger klassifiseres som moderat til lite påvirket av den urbane aktiviteten i tilstrømningsområdet til prøvetakingskildene. Tilstrømningsområdet til kildene er noe uavklart da vannføring i kildene er relativt liten samtidig som området oppstrøms kildene er sterkt påvirket av overvannsdrenering slik at mye nedbør og overvann føres i avløp ut av området. Det antas likevel at resultatene fra de utførte vannanalysene er tilstrekkelig representative til å konkludere med at grunnvannsføremst Orkanger har god kjemisk tilstand

7. Referanser

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

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

Gundersen, P., Jæger, Ø., Seither, A., Dagestad, A. (2019). Protokoll for prøvetaking og feltmålinger for overvåking av grunnvannskjemi ved NGU. Versjon 1.6 (12.04.2019), 14 s.

Kartverket: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>

Kommunekart: <https://kommunekart.com/>

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

Meteorologisk institutt: <https://seklima.met.no/observations/>

Miljødirektoratets veileder M-608. 2016, Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota

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

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

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

Vann-Nett: <https://www.vann-nett.no/portal/#/waterbody/121-797-G>

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

NGU Rapport 2020.034, vedlegg 1, side 1 av 10
 Analyseresultater av grunnvannsprøver fra målestasjoner i Orkanger

Sted	ØV/NS (UTM32)	Dato	Kjemisk-fysikalske parametere målt i felt					Kjemisk-fysikalske parametere målt på laboratorium				
			Vann- temperatur	Elektrisk ledningsevne	pH	Total Alkalinitet	Løst oksygen (DO)	pH	total Alkalitet	Elektrisk ledningsevne	Fargetall	Turbiditet
			°C	µS/cm		mmol/l	mg/l		mmol/l	mS/m	mg Pt/l	FNU
Kortbølgen (kilde 1)	542464/ 7020391	1.7.15	6.7	285	-	-	-	-	-	-	-	-
		31.8.15	8.5	434	6.3	1.2	-	6.8	1.3	42.6	9	1.8
		11.5.16	7.7	342	6.6	1.0	10.6	7.0	0.78	33.3	7	0.34
		25.8.16	8.9	512	6.3	1.35	-	6.8	1.4	50.2	7	0.43
		22.5.17	6.1	335	6.4	1.1	12.2	6.7	0.76	32.2	8	3.3
		13.10.17	8.6	427	6.48	1.2	10.89	6.8	1.3	42	8	1.2
		27.6.18	7.1	528	6.1	-	11.87	6.8	1.1	53.8	5	0.09
		31.10.18	8.8	308	6.9	0.75	10.41	6.8	0.78	32.2	10	0.1
		10.5.19	5.2	293	6.78	0.6	11.92	7.2	0.98	27.8	10	0.08
		6.9.19	8.8	397	6.66	0.93	10.9	6.9	1.3	40.1	10	0.03
25.5.20	5.4	290	6.54	0.66	11.74	7.10	0.87	31.4	9	<0.02		
Trøa (kilde 2)	542464/ 7020391	31.8.15	8.9	308	6.2	0.8	-	6.8	0.84	31.9	6	0.16
		11.5.16	5.8	308	6.5	1.1	-	6.8	0.74	30.3	5	0.23
		25.8.16	9.7	341	6.2	1.0	-	6.8	0.82	33.5	5	0.21
		22.5.17	6.3	265	6.3	0.7	-	6.5	0.62	25.6	5	0.11
		13.10.17	7.6	370	6.48	0.7	-	6.7	0.78	29.7	5	0.17
		27.6.18	8	339	6.6	-	-	6.7	0.86	6.73	4	0.18
		31.10.18	7.7	424	7.74	0.68	10.49	6.5	0.65	43.1	7	<0.05
		10.5.19	5.6	248	6.52	0.56	-	6.9	0.7	27.4	8	<0.05
		6.9.19	9.7	292	6.48	0.55	-	6.8	0.76	32.2	8	0.06
		25.5.20	6.2	239	6.61	0.51	11.14	7.00	0.69	25.7	7	<0.02

"-" = ikke analysert

Sted	Dato	Anioner & ammonium							
		Ammonium-N	Fluorid	Klorid	Nitritt	Bromid	Nitrat	Fosfat	Sulfat
		µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg NO3/l	mg PO4/l	mg/l
Kortbølgen (kilde 1)	1.7.15	<10	0.054	39.9	<0.1	0.11	15.2	<0.4	46.0
	31.8.15	10	0.059	48.9	<0.1	0.12	12.7	<0.4	47.8
	11.5.16	10	<0.05	32.8	<0.1	<0.1	15.9	<0.4	45.2
	25.8.16	<10	<0.025	59.2	-	-	15.2	0.31	19.2
	22.5.17	20	<0.05	33.2	<0.1	<0.1	12.7	<0.4	48.2
	13.10.17	<11	<0.025	47	-	-	11.1	0.34	43.8
	27.6.18	<3	<0.2	89.5	0.002	<0.5	13	0.25	50
	31.10.18	16	0.065	24	0.003	<0.5	12	0.20	39
	10.5.19	<3	0.044	26	<0.001	<0.5	6.2	0.04	32
	6.9.19	<3	0.06	46	<0.001	<0.5	8.8	0.23	38.8
25.5.20	10	0.05	32.0	0.001	<0.5	1.9	0.23	30.8	
Trøa (kilde 2)	31.8.15	<10	0.058	50.1	<0.1	0.17	5.4	<0.4	20.7
	11.5.16	<10	0.057	49.1	<0.1	0.12	4.7	<0.4	18.7
	25.8.16	<10	<0.025	66.8	-	-	4.1	0.20	55.4
	22.5.17	<10	<0.05	41.5	<0.1	0.13	4.0	<0.4	18.9
	13.10.17	<11	<0.025	44.8	-	-	6.0	0.29	16.1
	27.6.18	<3	<0.2	62.8	<0.001	<0.5	5.4	0.28	17
	31.10.18	15	0.061	69	0.003	<0.5	8.7	0.29	24
	10.5.19	<3	0.045	40	<0.001	<0.5	4.9	0.09	18
	6.9.19	<3	0.056	49	<0.001	<0.5	5.6	0.23	16.4
	25.5.20	9	0.05	39.0	<0.0005	<0.5	0.9	0.25	13.0

"-" = ikke analysert

		Kationer, del 1												
Sted	Dato	Aluminium	Antimon	Arsen	Barium	Beryllium	Bly	Bor	Cerium	Cesium	Fosfor	Jern	Kadmium	Kalium
		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	mg/l
Kort- bølgen (kilde 1)	1.7.15	8.9	0.27	0.46	11.8	<0.01	<0.05	52.6	0.07	0.024	102	0.005	0.09	5.1
	31.8.15	<20	<5	<10	14.5	<1	<5	64	<20	-	55	0.005	<0.5	5.7
	11.5.16	<20	<5	<10	11.1	<1	<5	40	<20	-	<50	0.002	<0.5	5.4
	25.8.16	<20	<5	0.52	16.2	<1	-	83	<20	-	111	0.004	0.12	6.7
	22.5.17	11.3	0.26	0.39	6.3	<0.01	0.06	38.9	0.1	0.020	53	0.010	0.11	5.1
	13.10.17	9.7	0.28	0.51	13.6	<0.01	<0.05	67.6	0.13	0.028	112	0.004	0.13	6.1
	27.6.18	8.6	0.29	0.42	17.1	-	0.03	56.6	-	<0.03	91.8	0.003	0.12	6.4
	31.10.18	10.4	0.37	0.34	13.8	-	0.03	27.1	-	<0.03	83.4	0.004	0.06	4.4
	10.5.19	9.24	0.33	0.26	10.7	-	0.02	22.2	-	<0.03	46.7	0.003	0.04	3.3
	6.9.19	12.4	0.34	0.50	15.8	-	0.04	50.5	-	<0.03	106	0.005	0.09	5.6
25.5.20	11.0	0.31	0.40	11.5	-	0.06	27.9	-	<0.03	95	0.003	0.07	4.1	
Trøa (kilde 2)	31.8.15	<20	<5	<10	6.4	<1	<5	28	<20	-	<50	0.003	<0.5	3.2
	11.5.16	<20	<5	<10	5.2	<1	<5	26	<20	-	84	<0.002	<0.5	3.5
	25.8.16	<20	<5	0.38	6.7	<1	-	25	<20	-	81	0.004	0.04	3.1
	22.5.17	9.7	0.09	0.38	5.3	<0.01	<0.05	23.7	0.16	0.011	94	0.003	0.03	2.7
	13.10.17	10	0.09	0.46	6.5	<0.01	0.05	28.8	0.17	0.017	94	0.004	0.05	3.6
	27.6.18	8.1	0.10	0.34	6.3	-	<0.01	29.8	-	<0.03	100	0.003	0.05	3.2
	31.10.18	12	0.1	0.48	8.7	-	<0.01	36.1	-	<0.03	118	0.004	0.06	4.3
	10.5.19	11.7	0.09	0.40	4.7	-	<0.01	24.2	-	<0.03	97.5	0.003	0.03	2.6
	6.9.19	10.6	0.11	0.46	6.4	-	<0.01	27.1	-	<0.03	100	0.003	0.04	3.2
	25.5.20	10.5	0.10	0.49	5.4	-	0.03	19.8	-	<0.03	102	0.002	0.03	2.2

"-" = ikke analysert

		Kationer, del 2											
Sted	Dato	Kalsium	Kobber	Kobolt	Krom	Kvikksølv	Lantan	Litium	Magnesium	Mangan	Molybden	Natrium	Nikkel
		mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l
Kortbølgen (kilde 1)	1.7.15	34.5	12.8	0.23	0.24	-	1.8	0.93	4.7	<1	1.73	25.3	3.5
	31.8.15	36.4	12.5	<1	<2	-	<5	<5	5.1	1.2	<5	30.6	<5
	11.5.16	32.4	12.3	<1	2	-	<5	<5	4.1	1	<5	20.3	<5
	25.8.16	37.4	16	<1	<0.50	0.008	<5	<5	5.2	<1	<5	44.4	4.5
	22.5.17	19.4	14	0.35	0.29	0.007	1.8	1.03	2.3	1	1.99	10.2	4.2
	13.10.17	39.7	13.7	0.27	0.25	-	2.0	1.13	5.1	<1	2.01	27.5	4.0
	27.6.18	44.5	13.7	0.26	0.11	<0.002	-	<4	5.6	0.37	1.73	44.5	4.5
	31.10.18	32	10.1	0.17	0.33	<0.002	-	0.70	3.8	0.49	2.4	15	3.0
	10.5.19	26.7	10.6	0.13	0.31	<0.002	-	0.49	3.4	0.16	1.97	15.1	2.4
	6.9.19	36.3	13.0	0.22	0.28	<0.002	-	1.03	4.8	0.88	1.73	27.5	3.6
25.5.20	29.9	11.9	0.19	0.71	<0.002	-	0.75	3.3	0.36	1.68	15.4	3.3	
Trøa (kilde 2)	31.8.15	19.1	11.2	<1	<2	-	<5	<5	4.8	<1	<5	28.4	<5
	11.5.16	18.4	12	<1	<2	-	<5	<5	4.5	<1	<5	30	<5
	25.8.16	19.4	14	<1	<0.50	<0.005	<5	<5	4.8	<1	<5	34.1	2.4
	22.5.17	17.5	10.8	0.15	0.18	<0.005	1.2	0.57	4.5	<1	0.96	22.5	2.1
	13.10.17	20.1	12.4	0.21	0.14	<0.005	1.2	0.75	5.0	<1	0.92	24.3	2.6
	27.6.18	21.2	12.8	0.16	0.14	<0.002	-	<4	5.1	0.32	0.96	33.8	2.4
	31.10.18	26	11.6	0.15	0.18	<0.002	-	0.84	6.0	0.67	1.01	43.5	2.9
	10.5.19	16.3	14.3	0.15	0.19	<0.002	-	0.57	3.9	0.31	1.01	26.4	2.1
	6.9.19	18.6	12.7	0.20	0.16	<0.002	-	0.76	4.4	0.37	1.05	28.8	2.5
	25.5.20	15.5	10.0	0.08	0.50	<0.002	-	0.72	3.3	0.35	0.95	21.1	2.4

"-" = ikke analysert

Sted	Dato	Kationer, del 3												
		Nikkel	Selen	Silisium	Sink	Strontium	Sølv	Thorium	Titan	Uran	Vanadium	Vismut	Yttrium	Zirkonium
		mg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kortbølgen (kilde 1)	1.7.15	<0.001	<1	4.5	32.5	110	<5	<0.02	<1	0.10	0.21	-	<0.001	<2
	31.8.15	<0.001	-	4.5	36.9	117	<5	-	<1	-	<5	-	<0.001	<2
	11.5.16	<0.001	-	3.8	32.9	102	<5	-	<1	-	<5	-	<0.001	<2
	25.8.16	<0.001	-	3.8	37.0	125	<5	-	<1	-	<5	-	<0.001	<2
	22.5.17	<0.001	<1	2.3	34.4	58.7	<5	<0.02	<1	0.09	0.21	-	<0.001	<2
	13.10.17	<0.001	<1	4.8	34.1	123	<5	<0.02	<1	0.15	0.21	-	<0.001	<2
	27.6.18	-	<0.5	4.3	31.1	150	-	-	0.08	0.11	0.18	<0.005	-	-
	31.10.18	-	<0.5	4.2	31.7	116	-	-	0.10	0.08	0.18	<0.005	-	-
	10.5.19	-	<0.5	3.5	23.0	98.9	-	-	0.09	0.08	0.13	<0.005	-	-
	6.9.19	-	0.519	4.5	27.7	135	-	-	0.04	0.13	0.22	<0.005	-	-
25.5.20	-	<0.5	3.8	22.7	102	-	-	0.11	0.08	0.19	<0.005	-	-	
Trøa (kilde 2)	31.8.15	<0.001	-	4.0	18.3	72.8	<5	-	<1	-	<5	-	<0.001	<2
	11.5.16	<0.001	-	4.0	18.4	68.4	<5	-	<1	-	<5	-	<0.001	<2
	25.8.16	<0.001	-	3.8	13.0	73.8	<5	-	<1	-	<5	-	<0.001	<2
	22.5.17	<0.001	<1	4.2	17.5	65.9	<5	<0.02	<1	0.02	0.13	-	<0.001	<2
	13.10.17	<0.001	<1	4.4	23.3	74.9	<5	<0.02	<1	0.02	0.13	-	<0.001	<2
	27.6.18	-	<0.5	4.4	16.7	86	-	-	<0.001	0.03	0.13	<0.005	-	-
	31.10.18	-	<0.5	5.0	24.9	112	-	-	0.06	0.03	0.14	<0.005	-	-
	10.5.19	-	<0.5	4.5	15.4	68.4	-	-	0.04	0.02	0.13	<0.005	-	-
	6.9.19	-	<0.5	4.6	17.7	78.6	-	-	0.02	0.03	0.15	<0.005	-	-
	25.5.20	-	0.54	4.1	17.3	63.3	-	-	0.14	0.02	0.14	<0.005	-	-

"-" = ikke analysert

		Totale hydrokarboner (THC)											
Sted	Dato	Fraksjon >C5-C6	Fraksjon >C5-C8	Fraksjon >C6-C8	Fraksjon >C8-C10	Fraksjon >C10-C12	Fraksjon >C12-C16	Fraksjon >C16-C35	Fraksjon >C35-C40	SUM THC (>C5-C35)	SUM THC (>C5-C40)	SUM THC (>C12-C35)	SUM THC (>C10-C40)
		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kortbølgen (kilde 1)	1.7.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	31.8.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11.5.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	25.8.16	-	<5	-	<5	<5	<5	< 20	-	ikke påvist	-	-	-
	22.5.17	-	<5	-	<5	<5	<5	<20	-	ikke påvist	-	-	-
	13.10.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	27.6.18	<5	-	<5	<5	<5	<5	<30	<10	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist
	31.10.18	<5	-	<5	<5	<5	<5	<30	<10	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist
	10.5.19	<5	-	<5	<5	<5	<5	<30	<10	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist
	6.9.19	<5	-	<5	<5	<5	<5	<30	<10	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	<50
25.5.20	<5	-	<5	<5	<5	<5	<30	<10	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	<50	
Trøa (kilde 2)	31.8.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11.5.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	25.8.16	-	<5	-	<5	<5	<5	< 20	-	ikke påvist	-	-	-
	22.5.17	-	<5	-	<5	<5	<5	<20	-	ikke påvist	-	-	-
	13.10.17	-	<5	-	<5	<5	<5	<20	-	ikke påvist	-	-	-
	27.6.18	<5	-	<5	<5	<5	<5	<30	<10	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist
	31.10.18	<5	-	<5	<5	<5	<5	<30	<10	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist
	10.5.19	<5	-	<5	<5	<5	<5	<30	<10	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist
	6.9.19	<5	-	<5	<5	<5	<5	<30	<10	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	<50
	25.5.20	<5	-	<5	<5	<5	<5	<30	<10	ikke påvist	ikke påvist	ikke påvist	<50

"-" = ikke analysert

Sted	Dato	Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), del 1								
		Naftalen	Acenaftylene	Acenaften	Fluoren	Fenantren	Antracen	Fluoranten	Pyren	Benzo(a)antracen
		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kortbølgen (kilde 1)	1.7.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	31.8.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11.5.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	25.8.16	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	22.5.17	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	0.024	0.011
	13.10.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	27.6.18	<0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.020	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	31.10.18	<0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.020	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	10.5.19	<0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.020	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	6.9.19	<0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.020	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	25.5.20	<0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.020	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Trøa (kilde 2)	31.8.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11.5.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	25.8.16	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	22.5.17	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	13.10.17	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	27.6.18	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.020	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	31.10.18	<0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.020	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	10.5.19	<0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.020	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	6.9.19	<0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.020	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	25.5.20	<0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.020	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

"-" = ikke analysert

Sted	Dato	Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), del 2							
		Krysen/ Trifenylen	Benzo(b) fluoranten	Benzo(k) fluoranten	Benzo(a) pyren	Indeno(1,2,3-cd) pyren	Dibenzo(a,h) antracen	Benzo(ghi) perylen	Sum PAH(16)EPA
		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kortbølgen (kilde 1)	1.7.15	-	-	-	-	-	-	-	-
	31.8.15	-	-	-	-	-	-	-	-
	11.5.16	-	-	-	-	-	-	-	-
	25.8.16	<0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.002	< 0.01	< 0.002	ikke påvist
	22.5.17	0.012	0.014	< 0.01	0.012	0.0039	< 0.01	0.0062	0.11
	13.10.17	-	-	-	-	-	-	-	-
	27.6.18	<0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	ikke påvist
	31.10.18	<0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	ikke påvist
	10.5.19	<0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	ikke påvist
	6.9.19	<0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	<0.095
25.5.20	<0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	<0.095	
Trøa (kilde 2)	31.8.15	-	-	-	-	-	-	-	-
	11.5.16	-	-	-	-	-	-	-	-
	25.8.16	<0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.002	< 0.01	< 0.002	ikke påvist
	22.5.17	<0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.002	< 0.01	< 0.002	ikke påvist
	13.10.17	<0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.002	< 0.01	< 0.002	ikke påvist
	27.6.18	<0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.03
	31.10.18	<0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	ikke påvist
	10.5.19	<0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	ikke påvist
	6.9.19	<0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	<0.095
25.5.20	<0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	<0.095	

"-" = ikke analysert

Sted	Dato	BTEX forbindelser						
		Benzen	Toulen	Etylbenzen	m,p-Xylen	o-Xylen	Xylener (sum)	BTEX (sum)
		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kortbølgen (kilde 1)	1.7.15	-	-	-	-	-	-	-
	31.8.15	-	-	-	-	-	-	-
	11.5.16	-	-	-	-	-	-	-
	25.8.16	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.1	ikke påvist	ikke påvist
	22.5.17	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.1	ikke påvist	ikke påvist
	13.10.17	-	-	-	-	-	-	-
	27.6.18	<0.2	<1	<0.1	<0.2	<0.1	ikke påvist	ikke påvist
	31.10.18	<0.02	<0.02	<0.02	-	<0.02	ikke påvist	ikke påvist
	10.5.19	<0.02	0.99	<0.02	-	-	<0.02	0.99
	6.9.19	<0.02	<0.02	<0.02	-	-	<0.02	ikke påvist
25.5.20	<0.02	0.8	<0.02	-	-	<0.04	0.8	
Trøa (kilde 2)	31.8.15	-	-	-	-	-	-	-
	11.5.16	-	-	-	-	-	-	-
	25.8.16	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.1	ikke påvist	ikke påvist
	22.5.17	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.1	ikke påvist	ikke påvist
	13.10.17	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.1	ikke påvist	ikke påvist
	27.6.18	<0.2	<1	<0.1	<0.2	<0.1	ikke påvist	ikke påvist
	31.10.18	<0.02	0.022	<0.02	-	<0.02	ikke påvist	0.022
	10.5.19	<0.02	1.2	<0.02	-	-	<0.02	1.2
	6.9.19	<0.02	<0.02	<0.02	-	-	<0.02	ikke påvist
25.5.20	<0.02	0.05	<0.02	-	-	<0.04	0.05	

"-" = ikke analysert

		Flyktige organiske løsemidler, VOC (klorert/bromert)												
Sted	Dato	Diklor- metan	Triklormetan (kloroform)	1,1,1- Trikloretan	1,2- Dikloretan	Trikloretan	1,1,2- Trikloretan	Tetraklor- eten (PER)	Tetraklorm- etan	1,1- Dikloretan	cis-1,2- Dikloretan	trans-1,2- Dikloretan	1,2-Diklor- propan	Vinyl- klorid
		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
Kort- bølgen (kilde 1)	1.7.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	31.8.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11.5.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	25.8.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	22.5.17	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	-	-	-	-	-
	13.10.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	27.6.18	<2.0	<0.3	<0.1	<0.5	<0.1	<0.2	<0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1.0	<1.0
	31.10.18	<2.0	<0.3	<0.1	<0.5	<0.1	<0.2	<0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1.0	<1.0
	10.5.19	<2.0	<0.3	<0.1	<0.5	<0.1	<0.2	<0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1.0	<1.0
	6.9.19	<2.0	<0.3	<0.1	<0.5	<0.1	<0.2	<0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1.0	<1.0
25.5.20	<2.0	<0.3	<0.1	<0.5	<0.1	<0.2	<0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1.0	<1.0	
Trøa (kilde 2)	31.8.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11.5.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	25.8.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	22.5.17	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	-	-	-	-	-
	13.10.17	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	-	-	-	-	-
	27.6.18	<2.0	<0.3	<0.1	<0.5	<0.1	<0.2	<0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1.0	<1.0
	31.10.18	<2.0	<0.3	<0.1	<0.5	<0.1	<0.2	<0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1.0	<1.0
	10.5.19	<2.0	<0.3	<0.1	<0.5	<0.1	<0.2	<0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1.0	<1.0
	6.9.19	<2.0	<0.3	<0.1	<0.5	<0.1	<0.2	<0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1.0	<1.0
	25.5.20	<2.0	<0.3	<0.1	<0.5	<0.1	<0.2	<0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1.0	<1.0

"-" = ikke analysert

Georadar undersøkelser

Metode

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

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

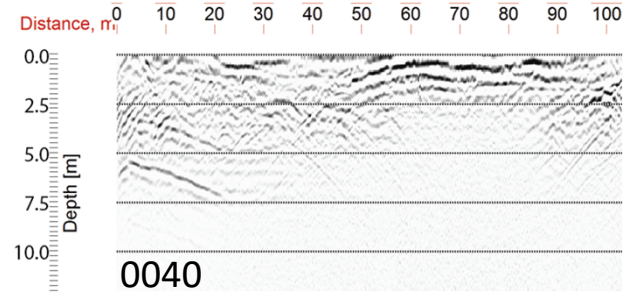
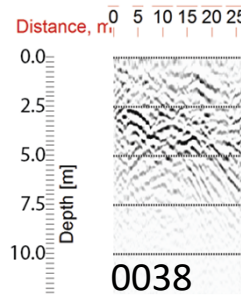
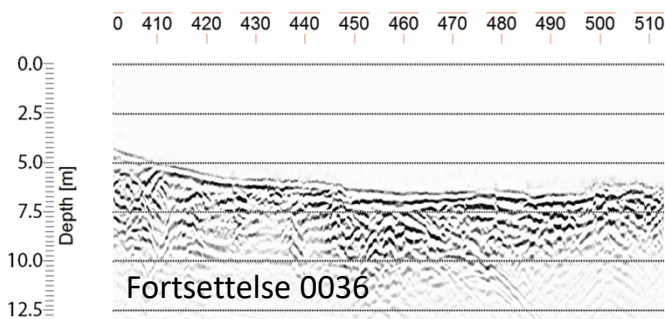
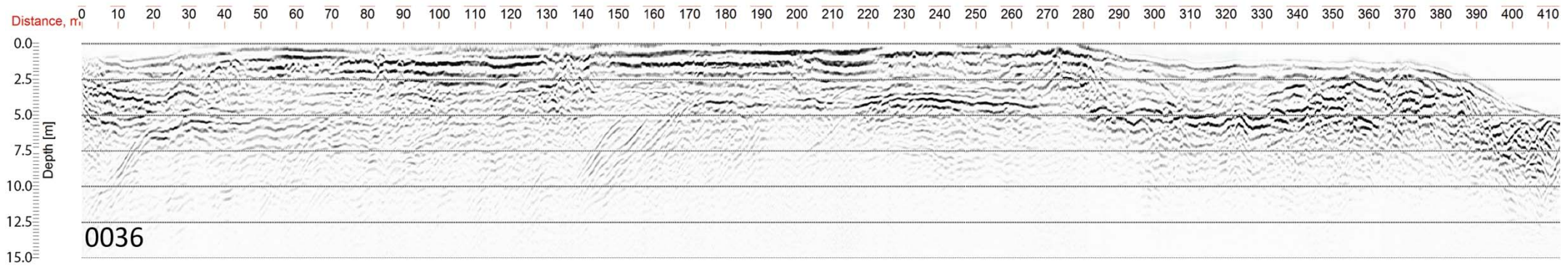
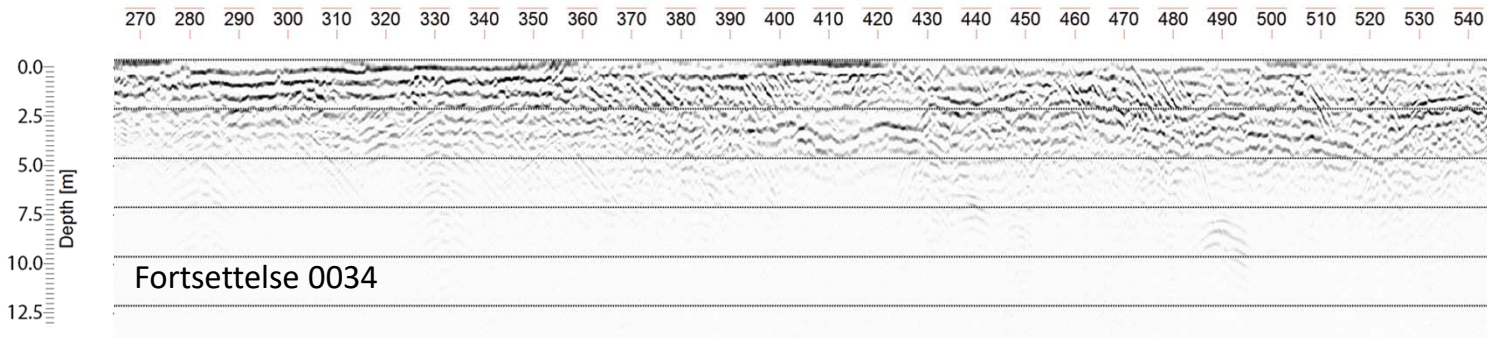
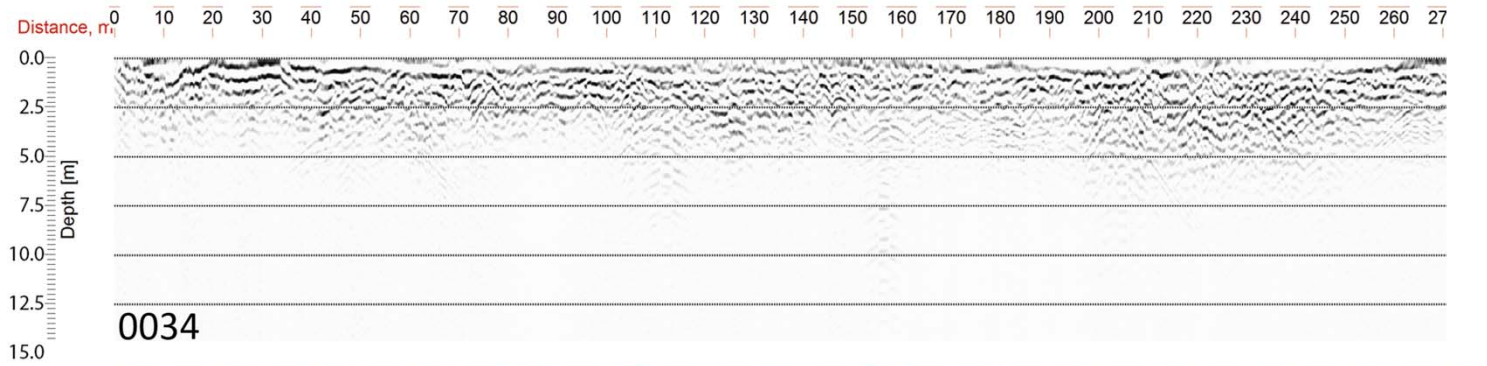
Georadaropptak (radargram) viser i første omgang ikke virkelig dyp til en reflektor, men ”toveis gangtid”. For å konvertere toveis gangtid til dybdeinformasjon må bølgehastigheten i overliggende medium være kjent. Noen spesifikke refleksjoner som vises på radargram (tydelig hyperbel-form som oppstår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

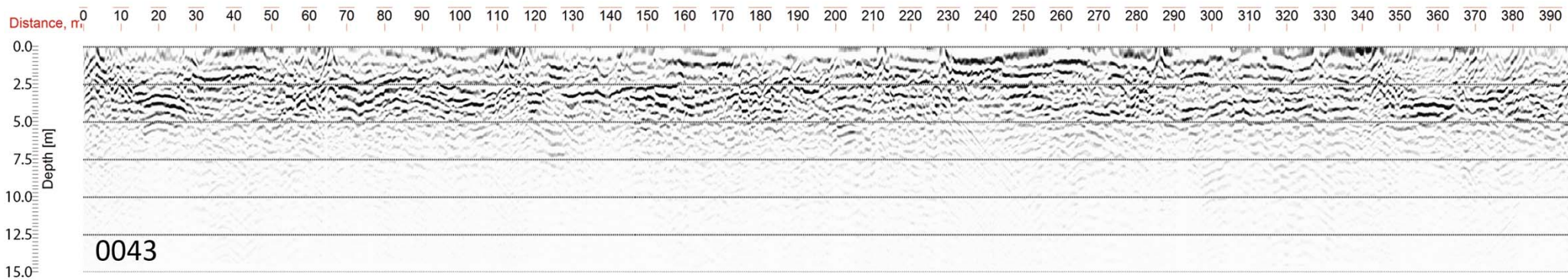
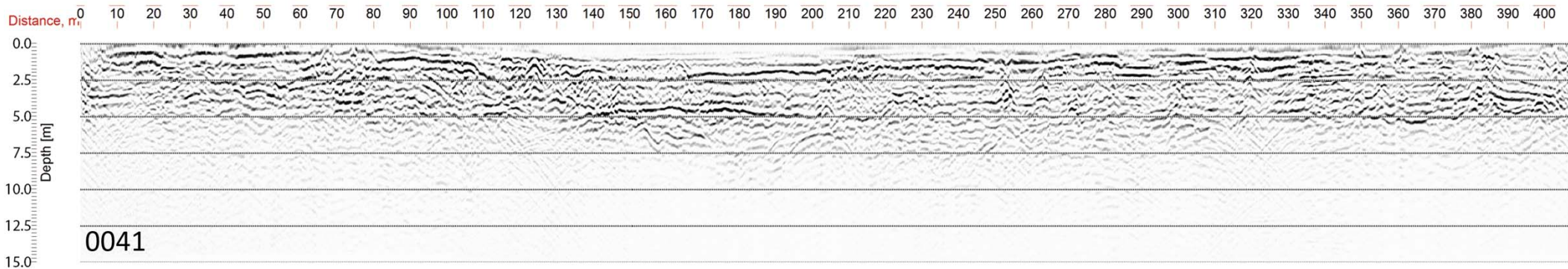
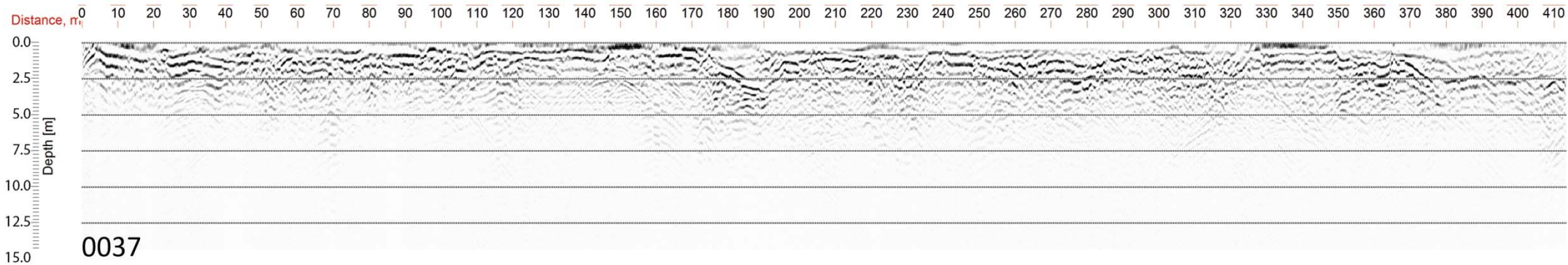
Undersøkelser i Orkanger

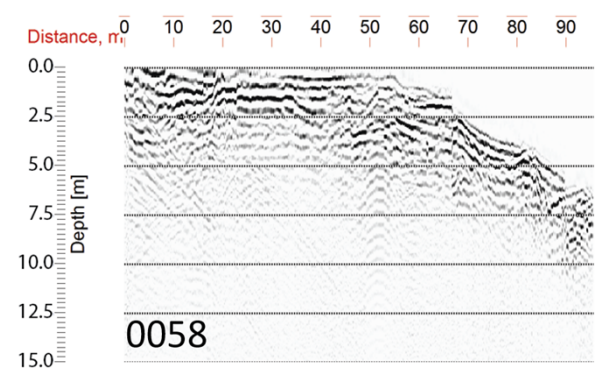
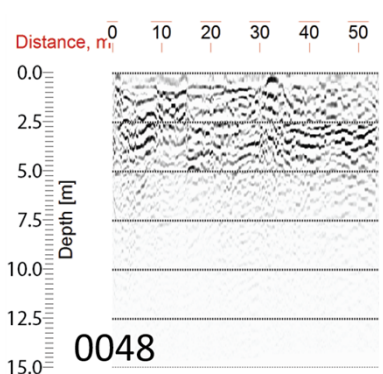
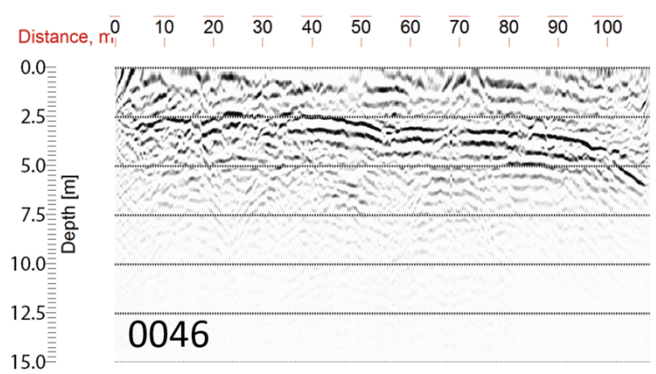
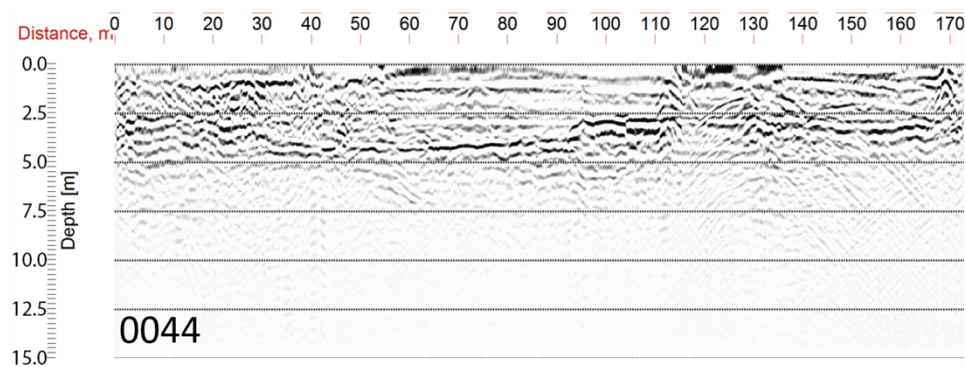
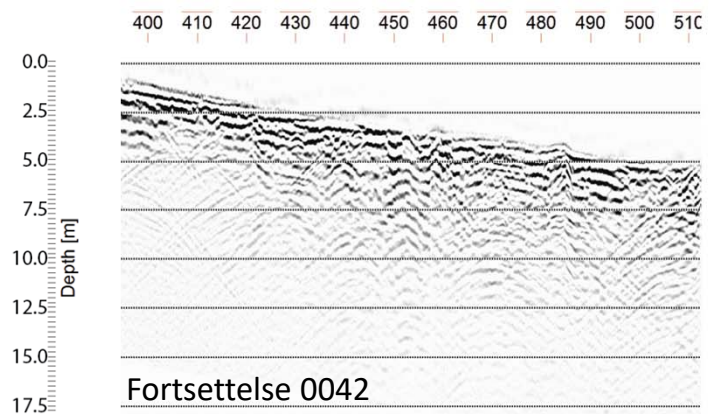
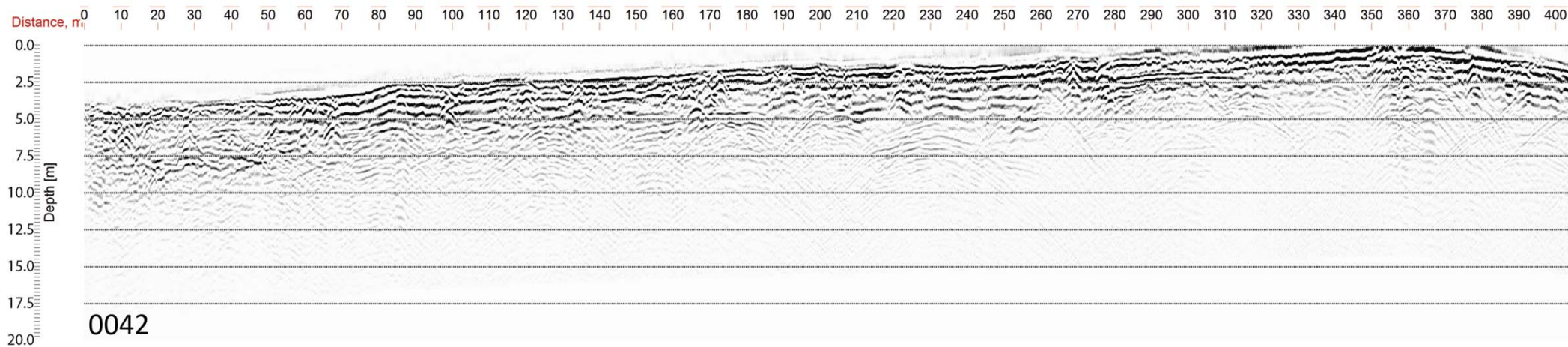
I august og september 2015 ble det målt 18 profillinjer med Malå sitt Rough Terrain Antennae (RTA) system (”Snake”) i forbindelse med kartlegging av typeforekomst Orkanger. Det ble benyttet 100 MHz antenner. Som grunnlag for konvertering av toveis gangtid til dybde ble det benyttet erfaringstall for tørr sand.

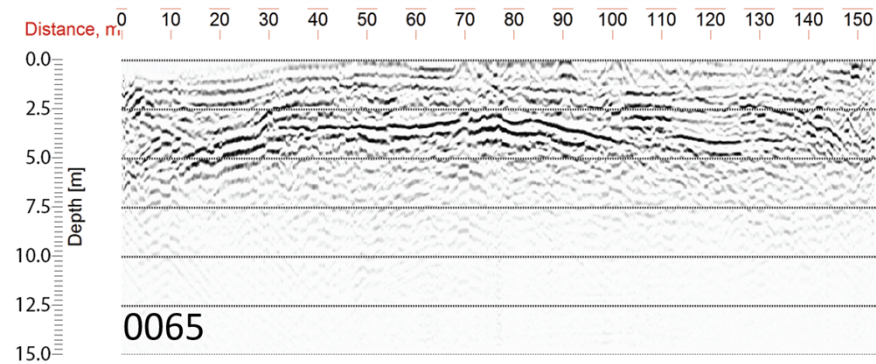
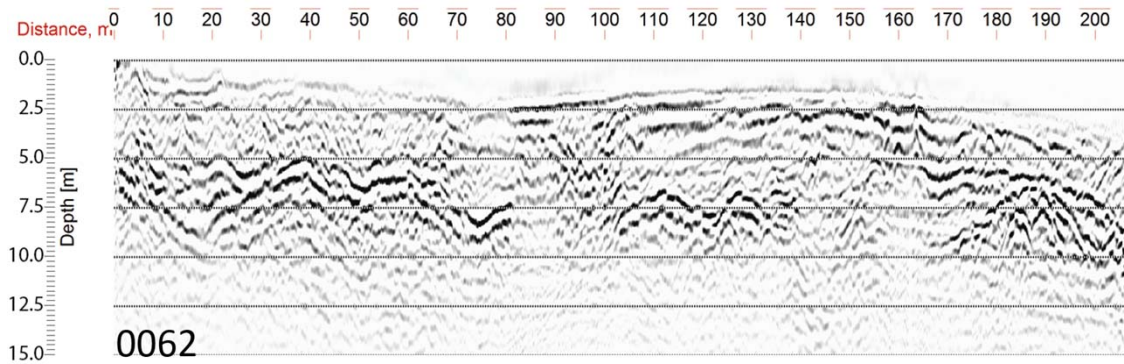
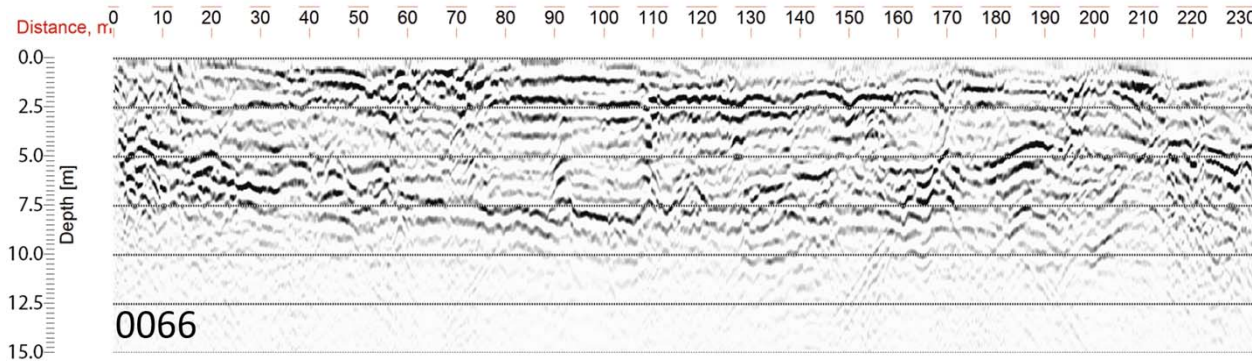
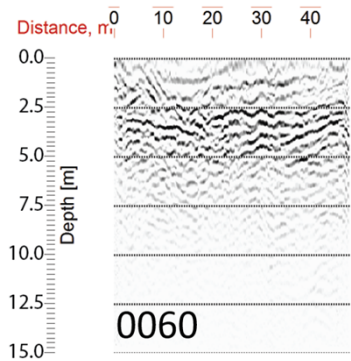
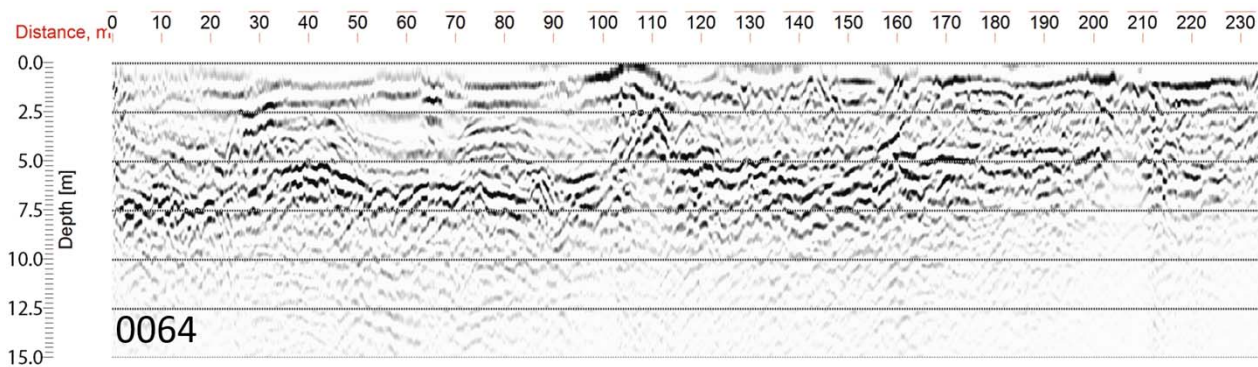
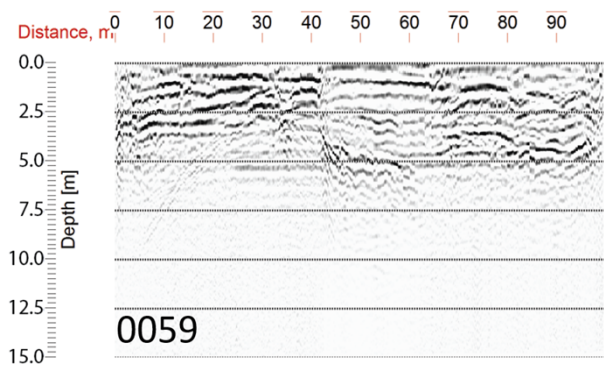
Profilene ble lagt langs veier og sykkelstier der framkommeligheten var best, og hvor en i størst mulig grad reduserte konflikten med tekniske anlegg. Mange profiler måtte likevel legges i tett bebygde gater hvor en fikk en del sidereflekser fra grunnmurer, kabelgrøfter osv. Det er derfor begrenset med geologisk informasjon å få ut av disse undersøkelsene.

Vedlegg 3 viser radargrammene av opptakene.











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