

GRUNNVANNSUNDERSØKELSE 2020 -2023

Peter Egges Plass og Rådhusallmenningen, Trondheim, Trøndelag, TA
2015/27, TA 2017/04

Petersén, Anna, NIKU, Sylvi Gaut, Sweco





Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU)

Storgata 2, Postboks 736 Sentrum, 0105 Oslo

Telefon: 23 35 50 00

www.niku.no

<http://www.niku.no/>

Tittel Grunnvannsundersøkelse 2020 -2023 Peter Egges Plass og Rådhusallmenningen, Trondheim, Trøndelag, TA 2015/27, TA 2017/04	Rapporttype/nummer NIKU Rapport 335	Publiseringsdato 12.02.2024
	Prosjektnummer 1021985	Sider 23
	Avdeling Arkeologi	Tilgjengelighet Åpen
Forfatter(e) Petersén, Anna, NIKU, Sylvi Gaut, Sweco	ISSN 2703-7797 ISBN 978-82-8101-483-1	Oppdragstidspunkt / periode utført 2020- 2023
	Forsidebilde Sylvi Gaut, Sweco	

Prosjektleder Anna Petersén
Prosjektmedarbeider(e) Skriv her
Kvalitetssikrer Birgitte Skei van der Harst, Sweco, Vibeke Vandrup Martens, NIKU

Oppdragsgiver / finansiert av Riksantikvaren

<p>Sammendrag</p> <p>Det er etablert tre overvåkingsbrønner ved Peter Egges plass og én overvåkingsbrønn ved Rådhusallmenningen i Trondheim. Denne rapporten gjør rede for resultater fra overvåking av grunnvann og hydrokjemiske analyser fra brønnene. Det er samlet inn vannprøver i perioden 2015-2023, med størst frekvens i perioden 2020-2023. Samtidig er vannstanden i brønnene målt.</p> <p>Resultatene viser at grunnvannstanden i Trondheim ligger dypt og gjerne lavere enn kulturlagene. Grunnvannstanden står høyere i løsmassene nær Nidelva. Her påvirkes grunnvannet av tidevannet, og kulturlagene påvirkes mer. Vannprøvene viser at grunnvannskjemien endres i løpet av perioden, og etablering av nye bygg ser ut til å påvirke forholdene i bakken.</p> <p>Sweco anbefaler at man beholder brønnene for videre undersøkelser. Disse undersøkelsene bør inkludere måling av oksygeninnhold og redokspotensiale, samt logging av grunnvannstanden over et helt år.</p> <p>Abstract</p> <p>Three monitoring wells have been established at Peter Egges plass and one at Rådhusallmenningen in Trondheim. This report gives the results of environmental groundwater monitoring and hydrochemical analyses from the dipwells. Water samples have been collected in the period 2015-2023, with highest frequency in the years 2020-2023. Ground water levels in the dipwells have been measured every time water samples were collected. The results show that groundwater levels in Trondheim are low, often lower than the archaeological deposits. Groundwater levels are higher in the loose soils near the river Nidelva. There, the groundwater is affected by tides, and the archaeological deposits are more directly influenced by the changes in groundwater levels. Water samples demonstrate that hydrochemistry changes over the monitored period, and new buildings in the area impact the underground environmental conditions. Sweco recommends that the dipwells are kept for further investigations and preferably continuous automated logging that also includes oxygen content and redox potential (multiprobe logging).</p>
--

Emneord Middelalderbyen Trondheim, Miljøovervåking, grunnvann, miljøbrønner
Keywords Enter here.

Avdelingsleder
 Lise Marie By Johansen

Forord

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	9
1.1	Administrative opplysninger	9
1.2	Bakgrunn	9
2	Overvåking av grunnvann	10
2.1	Metode	10
2.1.1	Etablering av brønner	10
2.1.2	Prøvetaking av grunnvann	11
2.2	Resultater	12
2.2.1	Vannstand	12
2.2.2	Grunnvannstemperatur	14
2.2.3	Vannmengde og utseende	16
2.2.4	Grunnvannskjemi	17
3	Vurderinger	18
3.1	Grunnvannsstand	18
3.2	Grunnvannstemperatur	19
3.3	Grunnvannskjemi	19
3.3.1	Vanntype	20
3.3.2	Redokspotensiale	21
4	Avvik	21
5	Formidling av prosjektet	21
6	Anbefalinger for videre arbeid	22
6.1.1	Behov for supplerende brønner	22
7	Referanser	22
8	Vedlegg	23

1 Innledning

Rapporten gjør rede for resultater fra overvåking av grunnvann og hydrokjemiske analyser fra fire miljøbrønner i Trondheim sentrum fordelt mellom to lokaliteter, Peter Egges Plass og Rådhusallmenningen. For arkeologiske opplysninger fra installering av miljøbrønnene vises det til NIKUs rapporter NIKU Oppdragsrapport 161(in prep) og NIKU Rapport 153.

1.1 Administrative opplysninger

I området Peter Egges Plass i Trondheim ble det i 2015 etablert tre miljøbrønner. Prosjektet var finansiert av Riksantikvaren – Kjøp av tjenester, med midler øremerket Miljøovervåking, MOV. Måling av grunnvann og vannanalyser ble gjort under første måleår (Sweco 2017). I 2017 ble det etablert en miljøbrønn på Rådhusallmenningen. Her ble det også målt grunnvann og gjort vannanalyser. Resultatene er redegjort for i installasjonsrapporten (Petersén og Halvorsen 2020). NIKU har fra 2015 til 2023 benyttet seg av hydrokjemisk kompetanse fra Sweco avd. Trondheim for installering av miljøbrønner, måling og analyser.

I anmodning fra Riksantikvaren i brev datert 29.06.2020 (ref. 20/03617-4) ble NIKU bedt om tilrådning for hvorvidt måling og analyser av grunnvann skulle videreføres. NIKU innhentet faglig råd fra Sweco, som var omforent i sin vurdering av at behov for overvåking av grunnvannsstand og hydrokjemiske forhold fra de fire etablerte brønner var å anbefale. Prosjektplan og kostnadsforslag for tre års overvåking av grunnvannsstand med vannanalyser ble levert 27.10.2020 (ref. 223/20 554.31 AHP). Vurderingen er også forenelig med anbefalinger gitt i *Plan for Miljøovervåking i Trondheim 2013 – 2013* (NIKU Oppdragsrapport 03/53) om å sikre så lange måleperioder som mulig ved MOV tiltak.

I muntlig dialog etter mottatt kostnadsforslag ba Riksantikvaren NIKU om at kostnader for 2020 ble skilt ut fra det opprinnelige budsjett. NIKU leverte et revidert kostnadsforslag 02.11.2020 for overvåking 2021-2023 (ref. 396/20 554.31 AHP).

I 2021 gjorde NIKU en administrativ endring, og opprettet et nytt prosjekt for overvåking 2021-2023 for de fire miljøbrønnene, som tidligere tilhørte to forskjellige prosjekter. Det nye prosjektnummer er 1021985, mens tidligere TA-nummer for lokalitetene er blitt beholdt (TA 2017/4 og TA 2015/ 27).

1.2 Bakgrunn

Innen det automatisk fredete kulturminnet "Middelalderbyen Trondheim" id 90288, ligger grunnvannsnivået generelt lavere enn de bevarte kulturlagene. I Norsk Standard 9451:2009 skiller man mellom kulturlagenes plassering i forhold til grunnvannsnivået. Mettet sone (A) omfatter grunnvannssonen, fluktuerende sone (B) omfatter kulturlag som er påvirket av variasjoner i grunnvannsspeilet, og umettet sone (C) omfatter grunnvannsspeilet og opp til bakkens overflate. I alle NIKUs miljøovervåkingsundersøkelser dokumenteres kulturlagenes relasjon til grunnvannsspeilet med forbokstavene A-C i tillegg til bevaringsgrad i skala 0-5 der 1 er elendig og 5 er utmerket.

Noen deler av Middelalderbyen Trondheim har vist områder med mer fuktige og våte kulturlag enn det som ellers er å forvente, men ettersom opplysninger om nivået til grunnvannsspeilet er vanskelig å finne for antikvarisk myndighet og NIKU, har det ikke vært mulig å avgjøre om meget fuktige og våte forhold skyldes at kulturlagene ligger i mettet eller fluktuerende sone, eller om det finnes andre grunner til uventet høy fuktighet. Plan for miljøovervåking av kulturlag i Trondheim 2013 – 2023 (Petersén 2013) hadde foreslått forskjellige lokaliteter innenfor Middelalderbyen Trondheim prioritert i rekkefølge for grunnvannsundersøkelser. Et av disse områder var Peter Egges Plass, og i Søndre gate 7-11. Der man tidligere hadde observert våte kulturlag i forbindelse med arkeologiske feltarbeid.

Et annet prioritert område var nedre Kjøpmannsgata og Rådhusallmenningen. I brev datert 11/5 2015 ba Riksantikvaren NIKU om å prioritere etablering av en miljøbrønn i Rådhusallmenningen. Oppdraget var finansiert av Riksantikvarens egne midler og en miljøbrønn ble etablert i mars 2017 (Petersén og Halvorsen 2017). Sweco rapporterte resultater fra denne miljøbrønnen sammen med data fra de

tidligere etablerte miljøbrønnene (Sweco 2019), og det var med denne rapporten at grunnvannsspeil og vannets kjemiske innhold første gang ble kartlagt som del av de arkeologiske oppdragene innenfor Middelalderbyen Trondheim. De to lokalitetene er senere slått sammen til et prosjekt etter Riksantikvarens aksept av videreføring av grunnvannsmåling og vannanalyser i perioden 2020-2023.

Gjennom prosjektperioden har Sweco samlet inn vannprøver fra brønnene OB1-OB3 én gang i 2015, og i OB1-OB4 én gang i 2018. Deretter er det utført prøvetaking av grunnvann seks ganger i perioden høsten 2020 til og med våren 2023. I tillegg er det målt grunnvannstand i brønnene i 2015 (OB1-OB3), og i 2017, 2018 og 2020-2023 (OB1-OB4). I 2021 ble grunnvannsbrønnene benyttet som grunnlag for en hovedfagsoppgave i hydrogeologi ved NTNU (Birgitte 2022). Vannstanden ble da i tillegg logget i brønnene hver time.

Data frem til og med høsten 2022 er rapportert i egne rapporter og notater (Sweco 2017, 2019, 2021a, 2021b og 2022). En oppsummering av resultatene for hele perioden, inkludert 2023 er gitt i denne rapporten.

2 Overvåking av grunnvann

2.1 Metode

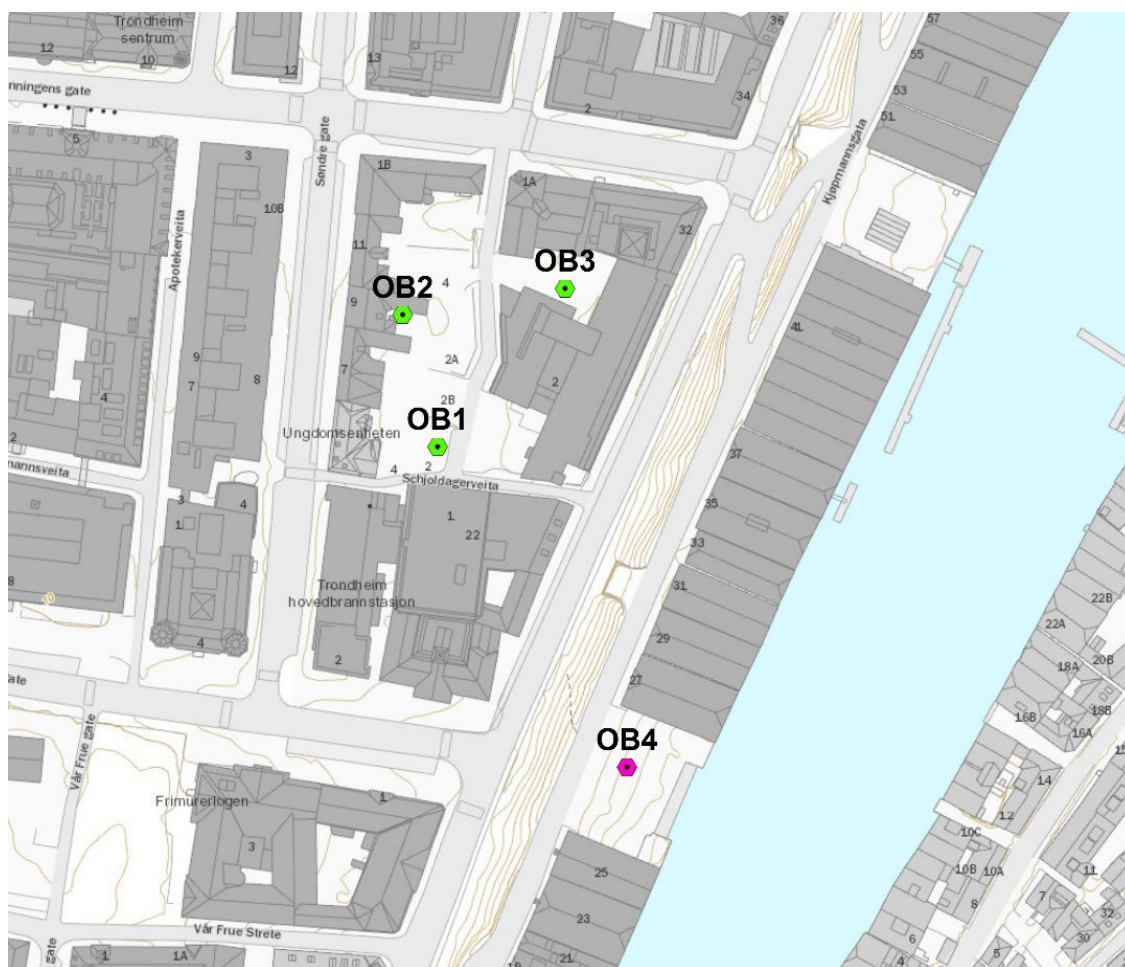
2.1.1 Etablering av brønner

Det er etablert tre overvåkingsbrønner (OB1-OB3) ved Peter Egges plass i 2015 (Sweco 2017), og én overvåkingsbrønn (OB4) ved Rådhusallmenningen i 2017 (Sweco 2019). Brønnene er 63 mm PEH-rør (miljøbrønner), med innvendig diameter 50,8 mm.

Brønnene er registrert i den nasjonale brønnedatabasen (GRANADA). BrønnID er angitt i tabell 2.1. Plasseringen en brønnene er gitt i figur 2.1, mens informasjon om koordinater, filterplassering og innmålte høyder er gitt i tabell 2.1.

Tabell 2.1 Plassering, innmålt høyde og filterplassering for observasjonsbrønnene OB1-OB4. BrønnID = ID-nummer i den nasjonale brønnedatabasen (GRANADA). Brønnlengde OB1 og OB2 = 9 m, OB3 = 9,3 m og OB4 = 5 m.

Brønn nr.	BrønnID	Boredato	Koordinater UTM 32		Kote topp brønn (m)	Filterdyp under terreng (m)
			Øst	Nord		
OB1	149351	29.05.2015	569908,81	7034384,45	8,6348	5,0-8,0
OB2	149352	29.05.2015	569896,07	7034420,59	8,6450	5,0-8,0
OB3	149354	01.06.2015	569943,07	7034432,60	8,7265	5,3-8,3
OB4	149355	13.03.2017	569972,80	7034295,50	3,4000	2,0-4,0



Figur 2.1 Plassering av overvåkingsbrønnene ved Peter Egges plass (OB1-OB3) og Rådhusallmenningen (OB4) i Trondheim.

2.1.2 Prøvetaking av grunnvann

Gjennom prosjektperioden har Sweco samlet inn vannprøver fra brønnene OB1-OB3 én gang i 2015 og i OB1-OB4 én gang i 2018. Deretter er det utført prøvetaking av grunnvann seks ganger i perioden høsten 2020 til og med våren 2023. I perioden 2020 til 2023 er prøvetaking utført ved lavvann. Dette er spesielt viktig for OB4, som påvirkes av vannstanden i Nidelva.

Vannprøver er tatt med en miljøpumpe som senkes ned i brønnene. Det benyttes et bilbatteri som strømkilde. Kapasiteten til brønnene OB2 og OB4 er liten, slik at brønnene må tømmes ca. én (1) uke i forkant av prøvetakingen, for å sikre at vannet som pumpes på prøveflaskene representerer grunnvann i området.

Norsk Standard 9451:2009 (Kulturminner – Krav til miljøovervåking og undersøkelser av kulturlag) er fulgt i forbindelse med undersøkelsene.

Vannprøvene ble sendt til Eurofins Environment Testing Norway AS for analyse.

Ved tømming av brønnene og under prøvetakingen ble det registrert grunnvannstand, farge på vannet og vannmengde.



Figur 2.2 Tømming av brønn OB1 høsten 2022.

2.2 Resultater

2.2.1 Vannstand

Vannstand er målt flere ganger i løpet av perioden 2015-2023. En sammenstilling av data er vist i tabell 2.2. Grunnvannstanden er vist som kotehøyde i moh. Grunnvannet ligger generelt dypt under terrenget for brønnene ved Peter Egges plass, mens brønnen ved Rådhusallmenningen ligger lavere i terrenget, og har dermed kortere avstand mellom terrenget og grunnvannstand. Dyp til grunnvannstand under bakkenivå er gitt som maksimum- og minimumsverdier i tabell 2.3.

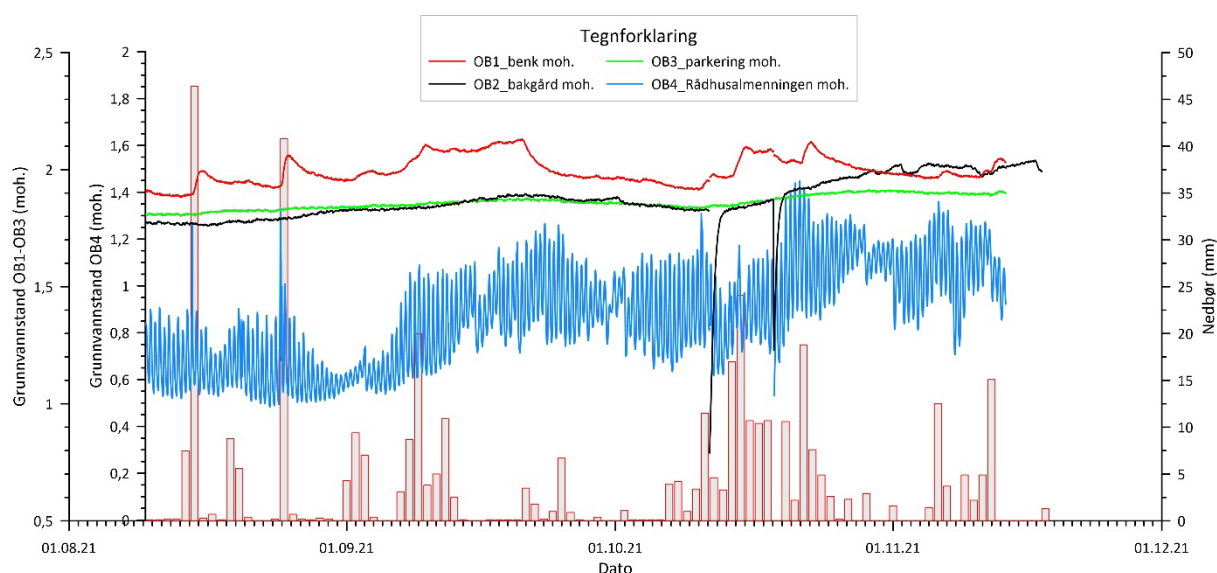
Tabell 2.2 Vannstand målt manuelt i observasjonsbrønnene i perioden juni 2015 til april 2023. Vannstand er gitt som kotehøyde i moh. OB4 ble først installert i 2017.

Dato	Observasjonsbrønn			
	OB1	OB2	OB3	OB4
01.06.2015		2,02	1,88	
13.06.2015	2,09	2,65	1,91	
01.07.2015	2,06	2,22	1,91	
16.09.2015	2,02	2,07	1,88	
30.09.2015		2,04		
13.10.2015	2,03	2,18	1,89	
16.03.2017	2,40	2,44	2,54	0,48
15.06.2018	1,95	1,88	1,90	0,59
27.06.2018	1,95	1,87	1,88	0,68
16.11.2020	1,93	1,90	1,88	0,97
23.11.2020	2,11	1,89	1,91	0,90
16.04.2021	1,93	1,85	1,83	0,90
22.04.2021	2,03	1,90	1,88	0,80
11.10.2021	1,98	1,82	1,84	0,71
18.10.2021	2,02	1,87	1,87	0,71
26.04.2022	2,14	2,15	1,98	1,00
03.05.2022	2,16	2,15	1,99	0,51
10.10.2022	2,07	1,96	1,88	0,80
17.10.2022	2,04	1,94	1,88	0,87
24.04.2023	2,01	1,95	1,87	0,78
28.04.2023	2,09	1,96	1,90	0,60

Tabell 2.3 Vannstand angitt som dyp under bakkenivå i meter. Kun variasjonene i maksimum- og minimumsverdiene er angitt. Data basert på de manuelle målingene gitt som moh. i tabell 2.2.

	Observasjonsbrønn			
	OB1	OB2	OB3	OB4
Maksimum	6,70	6,83	6,90	2,92
Minimum	6,23	6,00	6,19	2,40

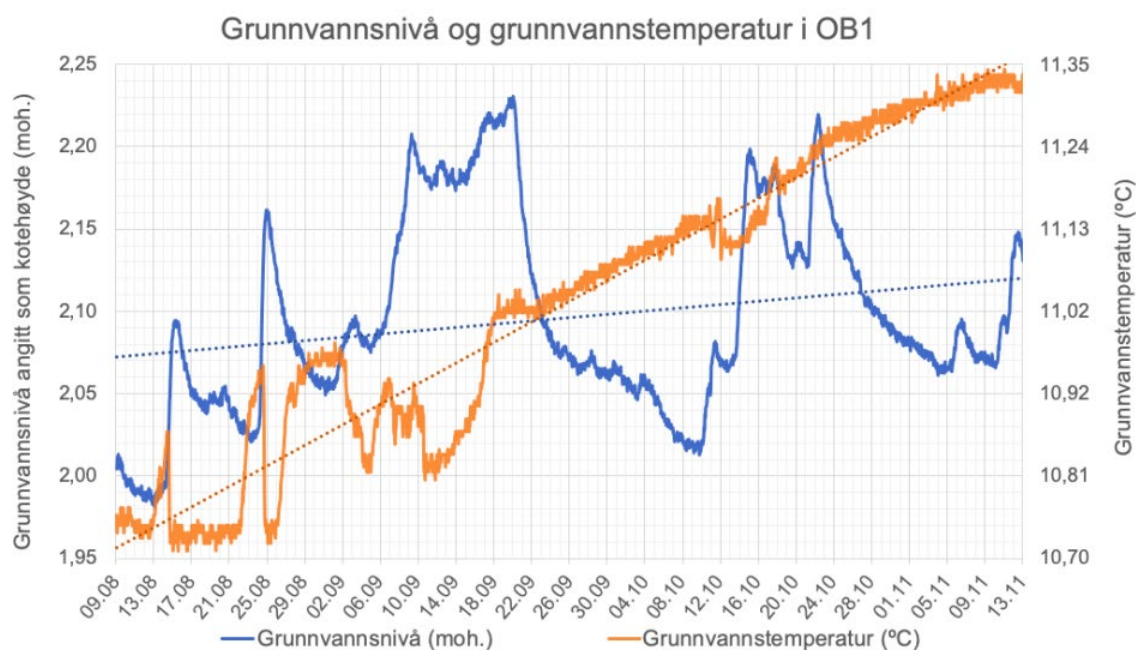
I 2021 ble overvåkingsbrønnene med tillatelse fra Riksantikvaren og NIKU benyttet som grunnlag for en masteroppgave i hydrogeologi ved NTNU (van der Harst 2022). I forbindelse med oppgaven ble grunnvannstanden logget i alle de fire brønnene i en periode fra 9. august til 13. november. Vannstandsmålingene er vist sammen med nedbør i figur 2.3. Stor versjon er vist i vedlegg 1.



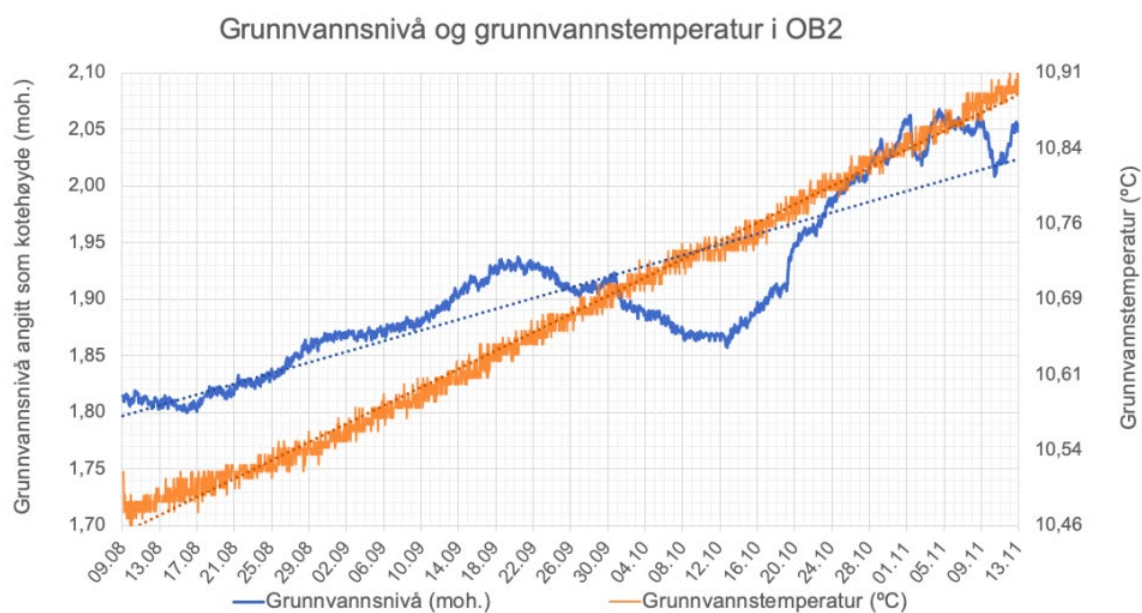
Figur 2.3 Grunnvannsstand logget i brønnene OB1-OB4 i perioden 9. august til 13. november 2021. Nedbør fra målestasjonen Voll i Trondheim er vist sammen med grunnvannsdataene. Stor versjon av figuren er vist i vedlegg 1.

2.2.2 Grunnvannstemperatur

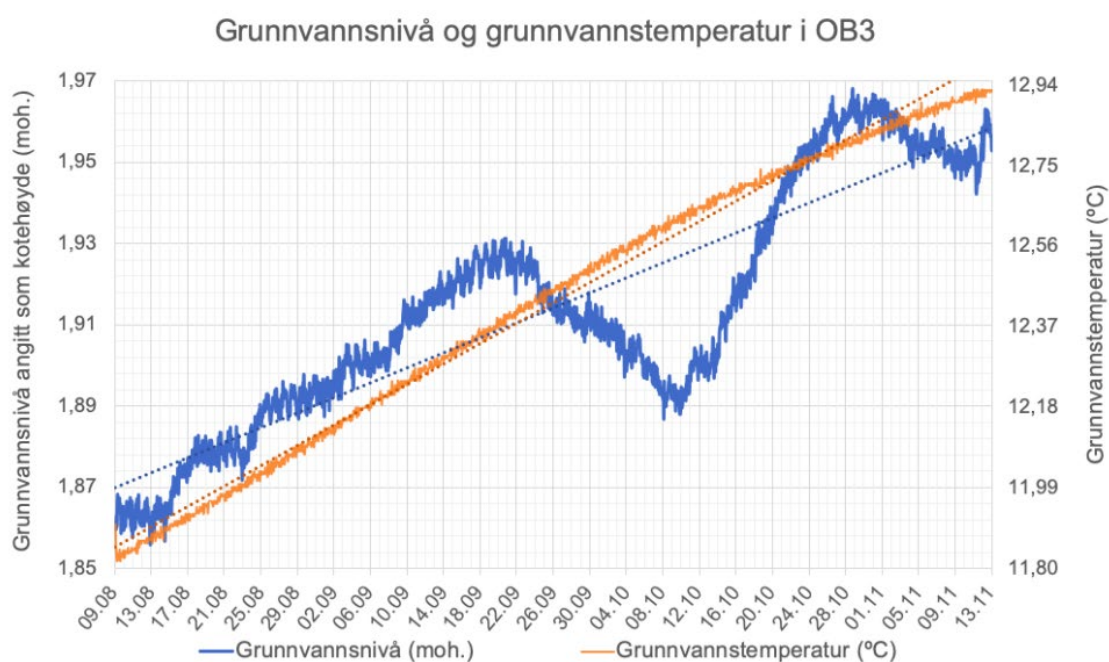
Grunnvannstemperaturen ble målt samtidig med grunnvannsstanden. Loggede verdier i perioden 09. august til 13. november 2021 er vist i figur 2.5 (OB1), figur 2.5 (OB2), figur 2.6 (OB3) og figur 2.7 (OB4).



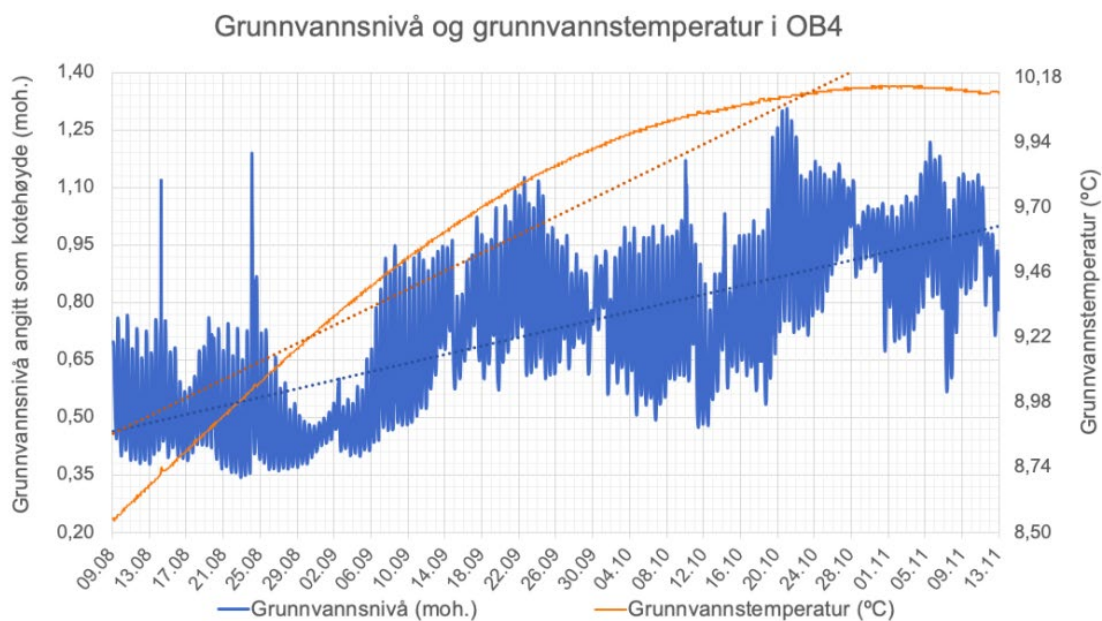
Figur 2.4 Grunnvannstemperatur og grunnvannstand i brønnene OB1 i perioden 9. august til 13. november 2021. Kilde: van der Harst 2022



Figur 2.5 Grunnvannstemperatur og grunnvannstand i brønnene OB2 i perioden 9. august til 13. november 2021. Kilde: van der Harst 2022.



Figur 2.6 Grunnvannstemperatur og grunnvannstand i brønnene OB3 i perioden 9. august til 13. november 2021. Kilde: van der Harst 2022.



Figur 2.7 Grunnvannstemperatur og grunnvannstand i brønnene OB4 i perioden 9. august til 13. november 2021. Kilde: van der Harst 2022.

2.2.3 Vannmengde og utseende

Ved hver tømning av brønnene og prøvetaking av vann ble det notert farge på vannet, mengde utpumpet vann og eventuell lukt. Dette er oppsummert i tabell 2.4. Vannet i OB1 er generelt lyst grått i starten og blir sjelden klart. Brønnen har varierende kapasitet, og det er pumpet fra 2-17 liter. Brønn OB2 har brunt til brungrått vann, tidvis med partikler. Tilsiget er lite og brønnen gir fra 1,5-4 liter vann. OB3 har blakket, lysegrått vann som normalt blir klart ved pumping. Brønnen gir minst 35 liter vann, og har ikke blitt pumpet tom. Vannet i OB4 er svart til gråsvart, ofte med mye svarte partikler. Som regel lukter vannet av H₂S. Brønnen gir fra 3-4 liter vann.

Tabell 2.4 Oppsummert beskrivelse av vannmengde og utseende. Ingen merkbar forskjell på vår og høst.

BrønnID	OB1	OB2	OB3	OB4
Plassering	Under benk foran biblioteket	Bakgård Krambugata 2	Parkeringsplass	Rådhusallmenningen
Beskrivelse	Lyst grått til brunt. Gjerne litt blakket og sjelden klart. Blir mer leirholdig om pumpa kommer ned i bunnen av brønnen.	Brunt til gråbrunt vann. Av og til partikler	Blakket, lysegrått vann med tydelig spor av leirminerale. Etter hvert klart vann.	Svart til gråsvart vann, ofte med mye svarte partikler.
Volum vann	Variierende kapasitet. 2-17 liter	Lite vann. 1,5-4 liter	Gir mye vann. Pumpes ikke tom. >35 liter	Relativt lite vann. 3-4 liter
Lukt	Ingen	Ingen	Ingen	Lukt av H ₂ S/svovel.

2.2.4 Grunnvannskjemi

Vannprøvene er analysert for klorid (Cl), sulfat (SO₄), sulfid, kalium (K), magnesium (Mg), natrium (Na), kalsium, (Ca), jern (Fe), mangan (Mn), fosfat (PO₄³⁻), nitrat (NO₃⁻), ammonium (NH₄⁺), totalt organisk karbon (TOC), alkalitet og syrenøytraliserende kapasitet. I tillegg er temperatur, ledningsevne og pH målt i felt. I 2015 ble også oksygenmetningen målt. Resultatene er vist i vedlegg 2.

van der Harst (2022) målte i sin masteroppgave også redokspotensial og oksygenkonsentrasjon som vist i tabell 2.5.

Tabell 2.5 Feltnmålinger av kjemiske parametere i OB1-OB4 gjennomført høsten/vinteren 2021. Målingene utført i oktober er gjort i bøtte, mens målingene utført i november og desember er utført i selve brønnen. Kilde: van der Harst, B.S (2022)

Brønn	Dato	pH	El.ledningsevne SPC (µS/cm)	Redokspotensial U _H (mV)	Redokspotensial U (mV)	Oksygenkonsentrasjon (mg/l)
OB1	18.10	6,7	545	–	–	–
	17.11	6,7	–	415	198	–
	16.12	6,7	679	347	130	0,12
	Gj.snitt	6,7	612	381	164	0,12
OB2	18.10	6,5	–	–	–	–
	17.11	6,4	–	186	-31	–
	16.12	6,5	511	268	55	0,19
	Gj.snitt	6,5	511	227	12	0,19
OB3	18.10	7,0	380	–	–	–
	17.11	7,0	–	448	232	–
	16.12	7,1	728	423	207	0,23
	Gj.snitt	7,0	554	436	220	0,23
OB4	18.10.21	6,6	717	–	–	–
	17.11	6,4	–	239	20	–
	16.12	6,6	1039	-33	-252	0,24
	Gj.snitt	6,5	872	103	-116	0,24

3 Vurderinger

3.1 Grunnvannsstand

Brønn OB1, som ligger plassert på Peter Egges plass ser ut til å være påvirket av nedbøren (Figur 2.3). Grunnvannstanden øker tydelig i takt med de to store nedbørshendelsene i august, og sammenhengende nedbør både i september og oktober. Vannstanden varierer fra ca. 1,75 til 2,4 moh.

Brønn OB3 ligger helt åpent, men på en asfaltert parkeringsplass. Dette gjør at innvirkning fra nedbør ikke slår ut som markerte topper. I stedet får man en litt forsinket, langsom økning i grunnvannstanden etter regn, og en tilsvarende senkning etter en tørrværsperiode. Vanntilførselen til brønnen er så stor at man ikke ser endringer i grunnvannstanden under prøvetakingen utført i oktober.

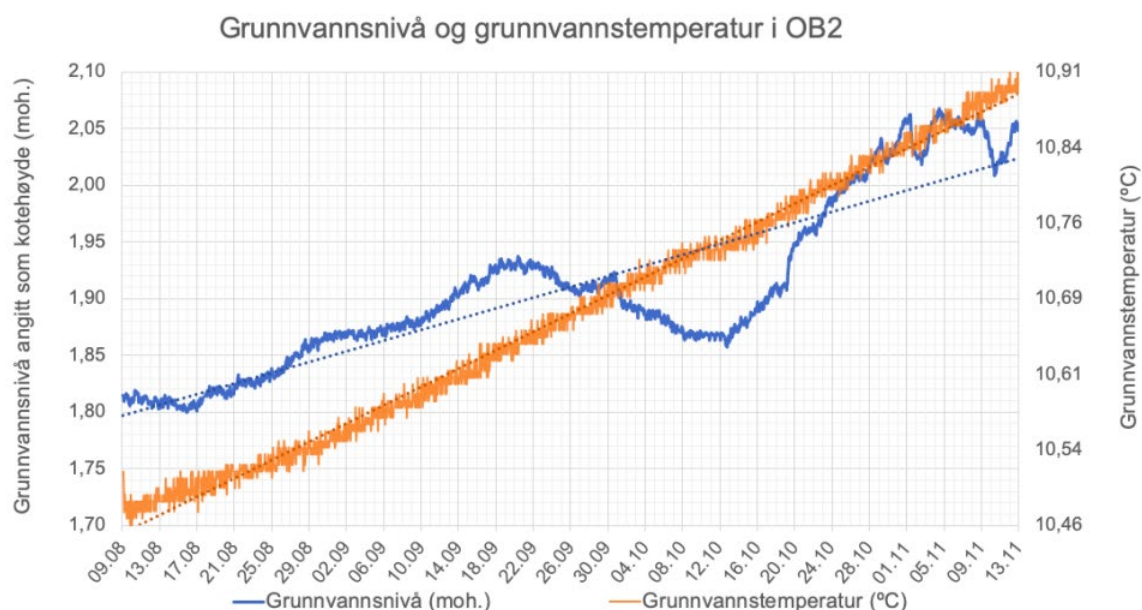
Brønn OB2 ligger også åpen for nedbør, men siden den ligger i en liten bakgård avskjermert av Søndregate 9 og Krabugata 4 er tilgangen på nedbør mindre enn for brønnen som ligger på Peter Egges plass. Resultatet er en jevnere endring i grunnvannstanden, som likner mer på endringene man ser i OB3. Vanntilførselen til brønnen er liten. Dette gjør at man tydelig ser utpumpingen av vann utført 10. og 18. oktober 2021. Kurven viser at det tar en stund før grunnvannstanden i brønnen er tilbake på samme nivå som før vannuttaket.

Resultatene viser at brønnen ved Rådhusallmenningen (OB4) er sterkt påvirket av tidevannet, og at grunnvannstanden fluktuerer i takt med dette. Endringene i tidevann, overskygger også påvirkningen fra nedbør i stor grad, men man kan se de to hendelsene med intens nedbør i august. Ingen av de andre brønnene er tidevannspåvirket, hvilket er naturlig da de ligger lengre unna Nidelva.

Grunnvannstanden i brønnene har variert som følger fra 2015 til 2023:

- OB1 fra ca. 1,9-2,4 moh.
- OB2 fra ca. 1,75-2,65 moh.
- OB3 fra ca. 1,8-2,54 moh.
- OB4 fra ca. 0,5-1,4 moh.

Grunnvannstanden i OB4 har hele tiden ligget lavere enn i de andre brønnene. Dette er naturlig da brønnen ligger mye lavere i terrenget, og helt ned mot Nidelva. For OB1-OB3 har det variert hvilke av brønnene som har hatt høyest grunnvannstand fra målingene startet i 2015 frem til våren 2023. De manuelle målingene viser at i april og oktober har grunnvannstanden generelt vært høyest i OB1 og lavest i OB3, men det har vært noen variasjoner. Grafen i

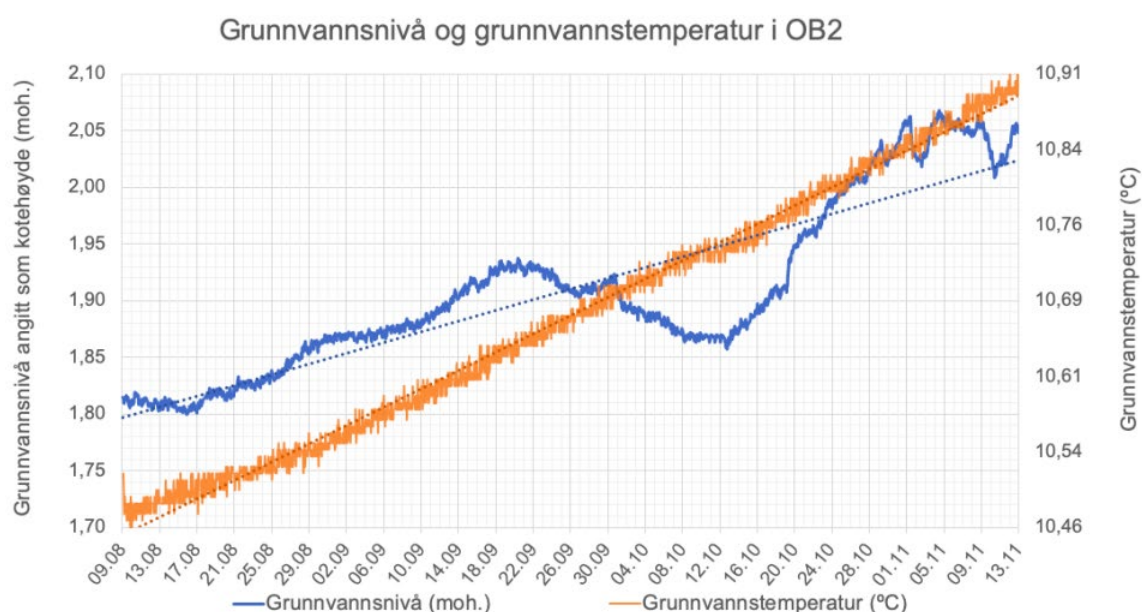


figur 2.5 viser at grunnvannstanden i brønnene OB2 og OB3 er relativt like, og brønnene bytter på å ha høyest vannstand. Grunnvannstanden i OB1 var i måleperioden generelt høyere enn for de to andre brønnene fra august til november. Deretter var høyeste grunnvannstand vekselvis i OB1 og OB2.

Målingene viser at grunnvannet i Trondheim ligger dypt, og at tette flater som asfalt og bebyggelse jevner ut påvirkningen fra nedbør og smeltevann. Undersøkelsene viser at grunnvannstanden forholdsmessig står høyere i løsmassene nær Nidelva. Her er grunnvannstanden påvirket av tidevannet og endringene i grunnvannstanden er raske, selv om gjennomsnittlig årsvariasjon ligger på samme nivå (ca. 1 m) som for brønnene lengre vekk fra elva. Tilsvarende påvirkning av tidevannet forventes også langs fjorden. Dersom tidevannspåvirkningen fører til økt oksygentilførsel vil dette kunne påvirke nedbrytningen av kulturlagene.

3.2 Grunnvannstemperatur

Grunnvannstemperaturen stiger generelt fra august til november (



Figur 2.5 og Figur 2.7). Dette er naturlig da bakken er varmet opp gjennom sommeren, og vann som infiltrerer i bakken er oppvarmet. Temperaturen i OB4 er noe lavere enn for de andre brønnene, da OB4 er påvirket av vann fra Nidelva.

Grunnvannstemperaturen i OB1-OB3 er høyere enn forventet, da den normalt tilsvarer gjennomsnittlig årlig lufttemperatur, hvilket for Voll målestasjon i Trondheim har ligget på ca. 5-7 °C siden 1997 (www.seKlima.no). Dette ble diskutert av van der Harst (2022), som trakk frem at en sannsynlig årsak til økt temperatur er brønnenes beliggenhet i et urbant område. Her vil overskuddsvarme fra blant annet kjellere og elektriske installasjoner sive ned i grunnen og varmer opp bakken (Liebel et al. 2011). Dette støttes av overvåkingen utført av NIBIO ved Søndre gate 7-11 i perioden 2015-2020 (NIBIO 2021). Overvåkingen viser at temperaturen i jordprofilen har steget etter at nytt bygg i Krabugata ble oppført. Gjennomsnittstemperaturen for 2020 lå generelt på mellom 10 °C og 11 °C for de ulike sensorene, mens den i 2017-2018 var mellom 6 °C og 7 °C.

3.3 Grunnvannskjemi

Vannprøvene viser at grunnvannskjemien varierer i den enkelte brønn og mellom brønnene (se Tabell 2.5. Ledningsevnen varierer mye i alle brønnene, men er generelt lavest i OB2. pH varierer mellom 6,3 og 7,9, med unntak for siste måling i OB4, der pH ble målt til 5,4. Generelt er pH lavest i OB4 og høyest i OB3. Lav pH i OB4 kan skyldes stadig tilførsel av mer oksygenrikt vann som følge av

tidevannspåvirkningen. OB4 har også høyest oksygeninnhold av brønnene, selv om målte verdier på 0,12-0,24 mg/l i desember 2021 er lave (van der Harst 2022).

OB3 på parkeringsplassen kan være påvirket av salting, da klorid-verdiene varierer mye (9,1-200 mg/l), og er generelt høyere enn for de andre brønnene. Brønnen har også et høyt innhold av natrium, hvilket er forventet å henge sammen med klorid-innholdet. Det påvises ingen årsvariasjon i kloridinnholdet, men dette kan ha sammenheng med at brønnen heller ikke har årsvariasjoner med tanke på grunnvannstand. OB4 inneholder relativt lite salt til å være påvirket av vannstanden i Nidelva. Dette kan skyldes at prøvene er tatt på lavvann i perioden 2020-23. Dette var ikke tilfellet for prøven tatt i 2018, og som også har et høyere saltinnhold (130 mg/l) enn de resterende prøvene (13-43 mg/l). Innholdet av natrium i OB4 er derimot høyt, men har tydelig avtatt siden prøvetakingen startet. Innholdet av både klorid og natrium er relativt stabilt i brønnen OB1 og OB2.

Innholdet av nitrat varierer mye i OB3 og OB1, mens det er mer stabilt i OB2 og OB4. Innholdet er høyest i OB3 og nest høyest i OB1. Ammonium-innholdet i grunnvannet er med unntak for én prøve, høyest i OB4, og her varierer innholdet fra ca. 2400 µg/l til < 600 µg/l i vannprøven tatt i 2023. Innholdet av ammonium i de tre andre brønnene er mer likt hverandre og er stort sett < 100 µg/l.

Innholdet av fosfat varierer mye i brønnene OB1, OB2 og OB4, mens det er lavere og mer stabilt i OB3.

Innholdet av jern er relativt likt i alle brønnene og varierer generelt lite. Det observeres en økning i innholdet, med en form for topp høsten 2021, da innholdet igjen avtar. Det påvises jevnt over lavest verdi i OB3 og høyest i OB4. Innholdet av mangan er relativt stabilt i OB3, men varierer mye i de andre brønnene. Innholdet ser ut til å ha avtatt noe i brønnene OB2 og OB4.

Innholdet av kalium og magnesium er ganske likt i brønnene OB2-OB4 (henholdsvis 10-16 mg/l og 5-10 mg/l) i perioden 2020-23, men er noe høyere og varierer mer i OB1 i samme tidsrom (henholdsvis 21-32 mg/l og 14-24 mg/l). Prøvene tatt i 2015 og 2018 viser derimot større sprik i kalium- og magnesiuminnholdet.

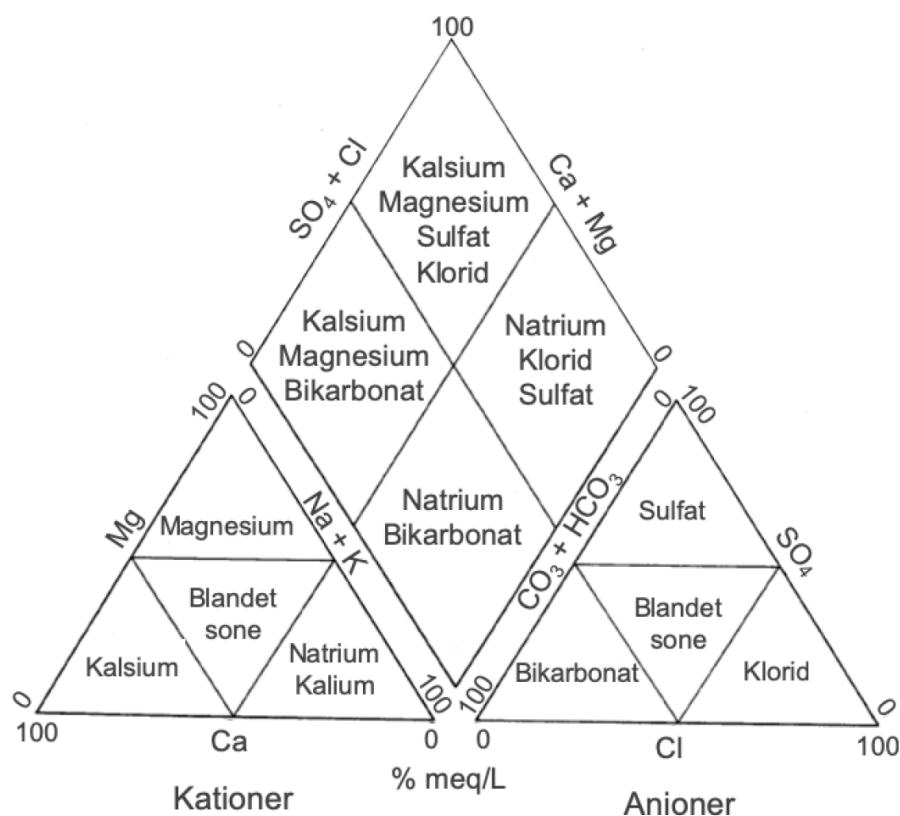
Innholdet av kalsium varierer mye fra brønn til brønn. Innholdet er generelt lavest i OB2 og høyest i OB4, men dette er ikke gjennomgående i måleperioden.

Innholdet av sulfat varierer noe fra brønn til brønn og vannprøve til vannprøve, men tolkes til å være relativt likt for brønnene OB3 og OB4 i prøvene tatt i perioden 2020-23 (40-80 mg/l). Innholdet er generelt noe lavere i OB1 med unntak for prøven tatt våren 2022. Innholdet av sulfat ser ut til å ha avtatt i OB2 fra høyeste måling høsten 2020 (138 mg/l) til laveste våren 2023 (46,8 mg/l). Innholdet av sulfid er stort sett < 0,04 mg/l i alle vannprøvene.

Høyest alkalitet og syrenøytraliserende kapasitet observeres i brønnene OB4 og OB1, mens OB3 har lavest alkalitet, og lavest til nest lavest syrenøytraliserende kapasitet. OB3 har også lavest innhold av total organisk karbon (TOC). Lavest innhold av TOC er naturlig, da lokaliteten ikke har kulturlag, kun fyllmasser av nyere alder.

3.3.1 Vanntype

van der Harst (2022) vurderte grunnvannskjemien i forhold til kjemisk vanntype i form av et piper-diagram som vist i figur 3.1. Hun konkluderte med at for perioden 2015-2020, samt høsten 2021 hadde grunnvannet i OB1 og OB2 høyt innhold av bikarbonat, mens innholdet i OB3 og OB4 varierer mellom å være bikarbonatholdig og mer dominert av sulfat og klorid. Generelt er det anioninnholdet i OB3 og OB4 som varierer. Resterende vannprøver er ikke vurdert tilsvarende i denne rapporten.



Figur 3.1 Figuren viser oppbygningen av et Piper-diagram, uten plotting av spesifikke vannprøver. De ulike grunnstoffene er gitt i prosentandel milliekvivalenter per liter. Klide: van der Harst (2022), redigert og oversatt fra Inayathulla & Paul, 2013.

3.3.2 Redokspotensiale

Redokspotensialet ble målt i 2021 og diskutert i masteroppgaven til van der Harst (2022). Oppgaven diskuterte redoks-sensitive parametere. Grunnvannet fra OB2 ble tolket til å ha manganreduserende forhold, basert på en tydelig reduksjon i nitrat og høyt innhold av toverdige mangan. Brønnen har også et relativt lavt redokspotensial. OB3 er tolket til å ha nitrat- til jernreduserende forhold. OB1 og OB4 har høye ammoniumkonsentrasjoner, og brønnene er tolket å ha sulfatreduserende forhold. Det måles likevel lave sulfidkonsentrasjoner, hvilket er tolket til å skyldes oksidering av sulfid til sulfat som følge av oksygentilførsel under vannprøvetakingen. Oppgaven konkluderer med at redoksforholdene i grunnen trolig har variert basert på påvist vannkjemi fra 2015-2021.

4 Avvik

Det er ikke påvist avvik i perioden.

5 Formidling av prosjektet

I 2021 ble grunnvannsbrønnene benyttet som grunnlag for en hovedfagsoppgave i hydrogeologi ved NTNU (van der Harst 2022). Dette har gitt nyttig informasjon om hvordan brønnene påvirkes av tidevann og nedbør. Variasjoner i grunnvannskjemi ble også vurdert i forhold til kjemisk vanntype og redoksforhold basert på målt redokspotensiale og innhold av oksygen.

Prosjektet ble presentert på et seminar ved NGU i 2016. Her ble etablering av brønnene OB1-OB3 og de første resultatene av grunnvannskjemi og grunnvannstand presentert.

6 Anbefalinger for videre arbeid

Målingene viser at grunnvannet i Trondheim ligger dypt, og at tette flater som asfalt og bebyggelse jevner ut påvirkningen fra nedbør og smeltevann. Grunnvannstanden står naturlig høyere i løsmassene nær Nidelva. Her er grunnvannstanden påvirket av tidevannet, og kulturlagene vil være mer påvirket av endringene i grunnvannstand enn lengre vekk fra Nidelva. Tilsvarende påvirkning av tidevannet forventes også langs fjorden.

Vannprøvene viser at grunnvannskjemien endres i løpet av perioden. Spesielt ble det påvist endringer fra 2015 til 2020. Få målinger gjør at det er vanskelig å tolke årsaken til endringene. Dette viser viktigheten av å ha en mer tett måleserie, slik man har fått gjennom prosjektet i 2020-23.

Basert på målt redokspotensiale i grunnvannet og tilhørende vurderinger utført i 2021, er det sannsynlig at redoksforholdene i grunnen varierer. Målt temperatur og redokspotensiale i løsmassene (NIBIO 2021) viser at forholdene i grunnen ble endret etter oppføring av bygg i Krabugata.

Basert på påviste endringer i jordprofilen og grunnvannskjemien, anbefaler Sweco at man beholder grunnvannsbrønnene for videre undersøkelser. Sweco er heller ikke kjent med at tilsvarende brønner er etablert andre steder i byen. De utgjør derfor en viktig kilde til informasjon både med tanke på vannkemi og grunnvannstand.

Sweco anbefaler at man ved videre undersøkelser også måler oksygeninnhold og redokspotensial i grunnvannet. Målingene bør utføres med multisensorer som måler automatisk og løpende i selve brønnen. Ved prøvetaking er det nødvendig å tømme brønnene for vann ca. én uke i forkant. Det anbefales å måle oksygeninnhold og redokspotensial både før tømming av brønnene og før man tar vannprøver for å se på eventuelle forskjeller i målingene. Eksisterende og nye data bør også plottes i et piper-diagram for bedre å vurdere endringer i vannkemi eller vanntype.

Logging av grunnvannsstand i brønnene har tilført viktig kunnskap om grunnvannstanden. Det anbefales at man vurderer å logge grunnvannstanden i brønnene automatisk over minimum et helt år for å kunne vurdere påvirkning av årsvariasjoner.

6.1.1 Behov for supplerende brønner

Sweco anbefaler at man vurderer behovet for å supplere brønnene ved Peter Egges plass med tilsvarende brønner ett eller to andre steder i byen. Momenter som bør vurderes ved valg av plassering er:

- Nærhet til sjø – tidevannsfluktuasjoner og grunnvannstand
- Tilstedeværelsen av kulturlag med organisk innhold
- Pågående overvåking av jordfuktighet og redokspotensial
- Område der det på sikt planlegges utgraving og/eller skal etableres nye bygg

Et egnet sted for ny miljøbrønn er øvre del av Kjøpmannsgata i strekningen mellom nr. 12 -18, alternativt nedre del av Vår Frue Strete. I 2023 ble det etablert overvåking i kulturlagsprofil i bakgården til Kjøpmannsgata 16. Data fra denne vil sammen med en mulig ny miljøbrønn supplere informasjon om bevaringsforhold og grunnvann i området.

7 Referanser

Bergersen, O.2021. Miljøovervåking av arkeologiske kulturminner fra Søndre gate 7-11 i middelalderbyen Trondheim. Sluttrapport 2015 til 2020. *NIBIO Rapport Vol. 7(19)*.

van der Harst, Birgitte Skei 2022: Bevaring av kulturminner i grunnen. En evaluering av grunnvannsforholdene i Midtbyen, Trondheim. Masteroppgave i Tekniske geofag. Norges

teknisk-naturvitenskapelige universitet. Fakultet for ingeniørvitenskap. Institutt for geovitenskap og petroleum.

Liebel, Heiko T. et al. 2011: Temperature footprint of thermal response test can help to reveal thermogeological information.

https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Bulletin/Bulletin451_20-31.pdf

Petersén, Anna. 2013. Plan for miljøovervåking av kulturlag i Trondheim for perioden 2013-2023. Middelalderbyen Trondheim (ID 90288) *NIKU Oppdragsrapport 53/2013*.

Petersén, Anna (in prep). Arkeologisk overvåking i forbindelse med installasjon av miljøbrønner for måling av grunnvann, TA 2015/27. Peter Egges Plass, Søndre gate 9 og Krambugata 2, Trondheim, Sør-Trøndelag. *NIKU Oppdragsrapport 161/2015*.

Petersén, Anna og Halvorsen, Ingrid. 2020. TA 2017/03, Rådhusallmenningen/Nedre Kjøpmannsgata – MOV, Nedsetting av miljøbrønn med kartlegging av kulturlagstilstand og vannforhold. *NIKU Oppdragsrapport 38/2017*.

Sweco 2017: Etablering av overvåkingsbrønner ved Peter Egges plass i Trondheim. Dokument nr. 5858-R01-A02, datert 09.05.2017.

Sweco 2019: Etablering av overvåkingsbrønn på Rådhusallmenningen i Trondheim. Dokument nr. 585811-R02-A00 datert 14.06.2019.

Sweco 2021a: Miljøovervåking høsten 2020. Dokument nr. 10204847-N02-A00 datert 15.01.2021.

Sweco 2021b: Miljøovervåking 2021. Dokument nr. 10204847-N03-A00 datert 08.12.2021.

Sweco 2022: Miljøovervåking 2022. Dokument nr. 10204847-N04-A00 datert 11.11.2022.

8 Vedlegg

Vedlegg 1 Logging av vannstand i brønnene i perioden august til oktober 2021.

Vedlegg 2 Sammenstilling av de kjemiske analysene utført i perioden 2020-23.

Norsk institutt for kulturminneforskning er et uavhengig forsknings- og kompetansemiljø med kunnskap om norske og internasjonale kulturminner.

Instituttet driver forskning og oppdragsvirksomhet for offentlig forvaltning og private aktører på felter som by- og landskapsplanlegging, arkeologi, konservering og bygningsvern.

Våre ansatte er konservatorer, arkeologer, arkitekter, ingeniører, geografer, etnologer, samfunnsvitere, kunsthistorikere, forskere og rådgivere med spesiell kompetanse på kulturarv og kulturminner.

www.niku.no

NIKU Rapport 335

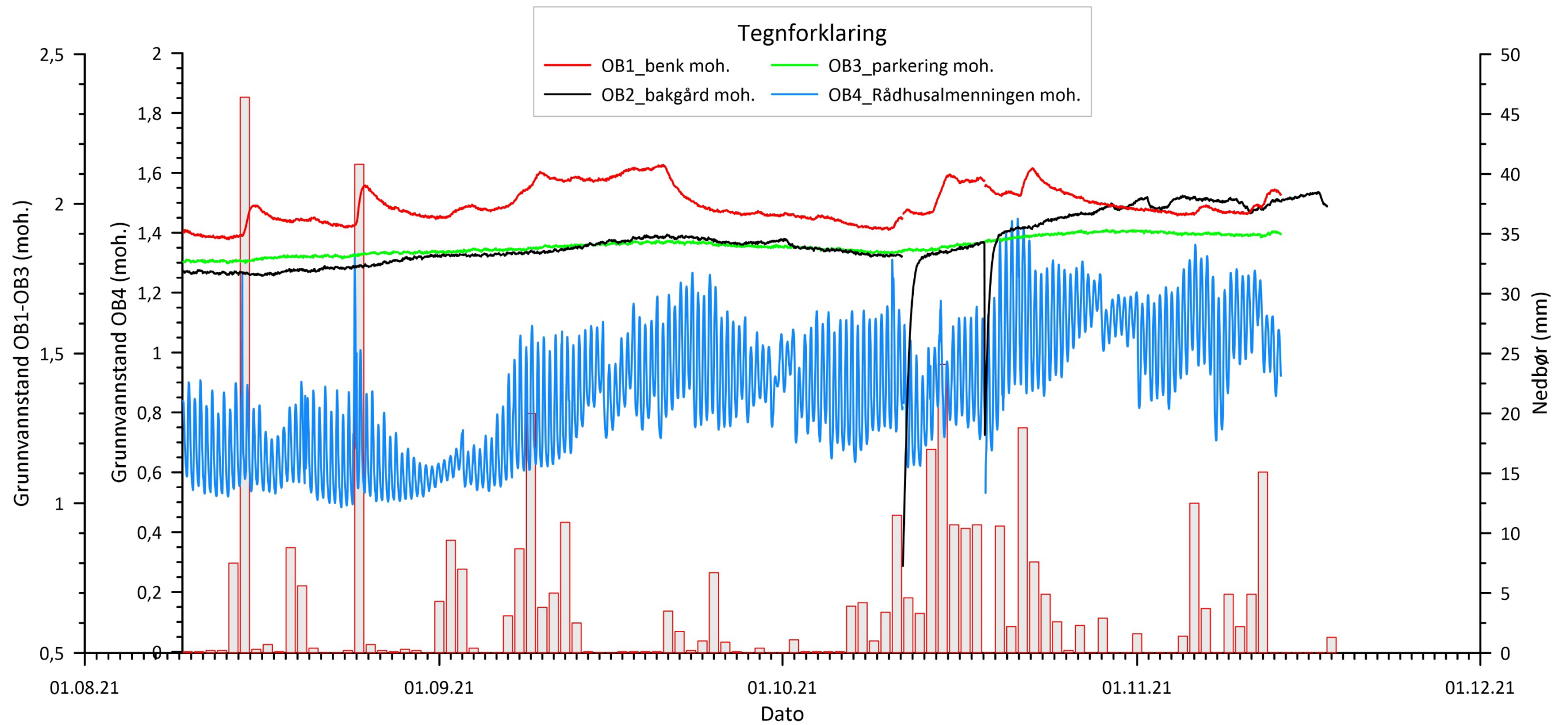
NIKU hovedkontor
Storgata 2
Postboks 736, Sentrum
0105 OSLO
Telefon: 23 35 50 00

NIKU Tønsberg
Farmannsveien 30
3111 TØNSBERG
Telefon: 23 35 50 00

NIKU Bergen
Dreggsallmenningen 3
Postboks 4112, Sandviken
5835 BERGEN
Telefon: 23 35 50 00

NIKU Trondheim
Kjøpmannsgata 1b
7013 TRONDHEIM
Telefon: 23 35 50 00

NIKU Tromsø
Framsenteret
Hjalmar Johansens gt. 14
9296 TROMSØ
Telefon: 77 75 04 00



Tabell 1 Analyseresultater for OB1 fra 2015 til 2023

	Dato	13.10.2015	27.06.2018	23.11.2020	23.04.2021	18.10.2021	03.05.2022	17.10.2022	28.04.2023
Parameter	Enhet	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst	Vår
Temperatur	°C	11,5	11,3	10,0	-	10,5	10,8	10,2	9,8
Oksygenmetning	DO %	8	-	-	-	-	-	-	-
Ledningsevne	µS/cm	996	554	638	734	545	720	664	617
pH	--	-	6,9	6,8	6,9	6,7	7,1	6,7	6,8
Klorid	mg/l	19	16	22	19	17	18	14	9,9
Sulfat	mg/l	69,5	100	25	32,3	26	209	21,4	21,5
Nitrat	µg/l	7400	1500	2 700	6000	1 200	2300	5200	2500
Syrenøytraliserende kapasitet	µekv/l	7700	3500	7 900	-	-	6800	8000	6100
Kalium	mg/l	48	14	23	27	23	32	23	21
Magnesium	mg/l	19	7,6	18	15	19	24	18	14
Natrium	mg/l	32	15	16	20	15	35	15	16
Kalsium	mg/l	120	90	130	120	120	150	130	93
Alkalitet til pH 4,5	mmol/l	8,7	5,5	7	6,5	7	4,5	7,8	5,7
Fosfat	µg/l	710	710	4 000	7200	14 000	6400	10000	8100
Ammonium	µg/l	1400	9,6	120	23	6 100	13	8,9	7,2
Total organisk karbon (TOC)	mg/l	37	3,9	16	12	14	16	11	15
Jern	µg/l	7,8	1,7	3	2,3	25	8,2	3	1,3
Mangan	µg/l	450	6,8	21	30	800	17	4,4	3,1
Sulfid	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04

Tabell 2 Analyseresultater for OB2 fra 2015 til 2023

	Dato	13.10.2015	27.06.2018	23.11.2020	23.04.2021	18.10.2021	03.05.2022	17.10.22	28.04.2023
Parameter	Enhet	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst	Vår
Temperatur	°C	10,6	-	10,1	-	-	9,6	10,2	8,8
Oksygenmetning	DO %	6,5	-	-	-	-	-	-	-
Ledningsevne	µS/cm	800	493	217,5	616	-	438	492,6	404,5
pH	--	6,9	6,5	7	6,7	6,4	7,5	7,1	6,7
Klorid	mg/l	31	20	18	19	18	14	18	14
Sulfat	mg/l	24,5	76,9	138	130	73	79,7	66,4	46,8
Nitrat	µg/l	2100	920	220	300	45	400	180	230
Syrenøytraliserende kapasitet	µekv/l	3500	2900	2400	-	-	3600	3900	3300
Kalium	mg/l	11	10	12	11	11	12	12	10
Magnesium	mg/l	7,6	7,7	9,4	9	9	10	9,2	6,8
Natrium	mg/l	19	20	19	18	18	18	17	14
Kalsium	mg/l	67	68	77	97	85	75	80	65
Alkalitet til pH 4,5	mmol/l	4	3,5	3,9	3,7	4	3,2	4	3,1
Fosfat	µg/l	1600	1700	1800	14000	3 000	6000	7100	3200
Ammonium	µg/l	440	27	21	85	56	7,7	<5,0	12
Total organisk karbon (TOC)	mg/l	55	140	110	54	8	21	7,2	8,1
Jern	µg/l	22	10	4,3	5,3	7	16	11	2,6
Mangan	µg/l	990	2900	1500	5500	1 600	380	260	72
Sulfid	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04

Tabell 3 Analyseresultater for OB3 fra 2015 til 2023

	Dato	13.10.2015	27.06.2018	23.11.2020	23.04.2021	18.10.2021	03.05.2022	17.10.2022	28.04.2023
Parameter	Enhet	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst	Vår
Temperatur	°C	13,9	8,5	11,6	-	12,5	11,8	12,1	11,0
Oksygenmetning	DO %	6,2	-	-	-	-	-	-	-
Ledningsevne	µS/cm	604	184	1150	970	380	599	1020	793
pH	--	7,9	6,8	7,2	7	7	7,5	6,9	6,8
Klorid	mg/l	84	9,1	200	170	86	69	170	98
Sulfat	mg/l	91,6	14	55	57,4	49	65,3	66,9	52,5
Nitrat	µg/l	17000	670	8 900	11000	6 100	4400	8100	2200
Syrenøytraliserende kapasitet	µekv/l	1800	1200	4 600	-	-	5200	3200	4000
Kalium	mg/l	19	3,2	14	12	11	15	16	15
Magnesium	mg/l	8,9	1,5	9	6,4	6	7,2	9,6	7,4
Natrium	mg/l	58	6,3	79	69	59	77	63	67
Kalsium	mg/l	67	27	150	95	71	91	120	82
Alkalitet til pH 4,5	mmol/l	2,4	1,4	2	2	3	2,9	3,1	2,7
Fosfat	µg/l	930	500	270	880	960	1300	930	840
Ammonium	µg/l	21	<5,0	12	13	<5,0	5	6,2	5
Total organisk karbon (TOC)	mg/l	9,2	2,3	4	5,5	3	3,4	3,4	6
Jern	µg/l	2,3	4,2	1	1	1 800	4,3	1,2	0,81
Mangan	µg/l	95	0,44	45	20	51	17	16	34
Sulfid	mg/l	0,05	< 0,04	0,06	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04

Tabell 3 Analyseresultater for OB4 fra 2018 til 2023

	Dato	27.06.2018	23.11.2020	23.04.2021	18.10.2021	03.05.2022	17.10.2022	28.04.2023
Parameter	Enhet	Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst	Vår
Temperatur	°C	11,4	9,6	-	8,9	7,3	10	7
Ledningsevne	µS/cm	1484	1331	997	717	1113	1028	1122
pH	--	6,5	6,5	6,5	6,4	6,9	6,6	5,4
Klorid	mg/l	130	28	13	30	41	18	43
Sulfat	mg/l	374	62	45,2	51	67,9	66,4	80,3
Nitrat	µg/l	<5	<5	860	540	660	180	380
Syrenøytraliserende kapasitet	µekv/l	4400	11 000	-	-	10000	3900	6900
Kalium	mg/l	14	14	11	14	13	12	12
Magnesium	mg/l	17	6	5	7	8,5	9,2	8
Natrium	mg/l	72	89	73	71	59	17	43
Kalsium	mg/l	220	170	150	180	190	80	140
Alkalitet til pH 4,5	mmol/l	5,6	10	11	10	9,6	4	7
Fosfat	µg/l	1600	1 500	2200	10 000	4500	7100	2100
Ammonium	µg/l	2100	2 000	1900	2 400	1500	<5,0	680
Total organisk karbon (TOC)	mg/l	6,9	23	14	17	11	7,2	16
Jern	µg/l	7,5	11	13	18	17	11	8,3
Mangan	µg/l	890	340	460	370	420	260	310
Sulfid	mg/l	<0,04	<0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04