

OPPSTARTSRAPPORT MABYMOV MILJØPROFIL B2 OG MILJØBRØNN B3

Kong Oscars Gate og Nedre Hamburgersmauet, Vågsbunnen, Bergen

Vibeke Vandrup Martens (NIKU) A. Rory Dunlop (NIKU) Anthony Joseph Dinning (COWI AS) Mike Voellmecke (Cautus Geo AS)





Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU)
 Storgata 2, Postboks 736 Sentrum, 0105 Oslo
 Telefon: 23 35 50 00
www.niku.no

Tittel Oppstartsrapport MABYMOV miljøprofil B2 og miljøbrønn B3 Kong Oscars Gate og Nedre Hamburgersmauet, Vågsbunnen, Bergen	Rapporttype/nummer NIKU Rapport 96	Publiseringsdato 29.03.2019
	Prosjektnummer 1021141	Sider 52
	Avdeling Arkeologi	Tilgjengelighet Åpen
Forfatter(e) Vibeke Vandrup Martens (NIKU) A. Rory Dunlop (NIKU) Anthony Joseph Dinning (COWI AS) Mike Voellmecke (Cautus Geo AS)	ISSN 1503-4895 ISBN 978-82-8101-240-0	Periode gjennomført 2018
	Forsidebilde Feltarbeid på B2, Kong Oscars Gate, Bergen, 5. juli 2018. Lars Krangnes, Cautus Geo AS.	

Prosjektleder Vibeke Vandrup Martens
Prosjektmedarbeider(e) Vibeke Vandrup Martens, Alexander Rory Dunlop, Per Christian Underhaug (NIKU); Anthony Joseph Dinning (COWI AS); Lars Krangnes, Mike Voellmecke (Cautus Geo AS)
Kvalitetssikrer Elise Naumann (NIKU); Stein Broch Olsen (COWI AS)

Finansiert av KLD via Riksantikvaren
--

Sammendrag
 Det er i forbindelse med et langsiktig overvåkingsprosjekt gjennomført undersøkelser og installert miljøovervåkingsutstyr to steder i Vågsbunnen i Bergen. I profil i Kong Oscars gate/Øvre Korskirkeallmenningen ble bevaringstilstand vurdert som variabel, men langtidsmålingene viser at forholdene er relativt stabile. I miljøbrønnen i Nedre Hamburgersmauet var det også variabel tilstand men svært stabile forhold for videre in situ bevaring.

Abstract
 As a part of a long term urban environmental monitoring project, archaeological investigations were carried out at two sites in Vågsbunnen in Bergen, and monitoring equipment was installed. In the section at Kong Oscars Gate/ Øvre Korskirkeallmenningen the state of preservation was variable, but long-term measurements indicate relatively stable preservation conditions. At the dipwell site in Nedre Hamburgersmauet, the state of preservation was similarly variable, but the conditions for continued preservation in situ were very good.

Emneord Miljøovervåking; miljøbrønn; profil; kulturlag; geokjemi; mikrobiologi, arkeologi, Bergen
Keywords Environmental monitoring; dipwell; section; archaeological deposits; geochemistry; microbiology; archaeology; Bergen

Avdelingsleder
 Lise Marie Bye Johansen, NIKU. Stein Broch Olsen, COWI AS

Definisjoner

I rapporten blir det brukt uttrykk som behøver en forklaring fordi de brukes forskjellig i ulike fagområder eller er lite kjent.

Redoksreaksjoner: Redoksreaksjoner består av to delreaksjoner, oksidasjon og reduksjon. Disse reaksjoner foregår vanligvis relativt langsomt, men i naturlige systemer fungerer mikroorganismer som katalysatorer slik at reaksjonene foregår mye raskere.

Aerobe forhold: Forhold der luft (oksygen) er til stede. Ved aerobe forhold blir organisk materiale og reduserte uorganiske forbindelser oksidert av mikroorganismer som omsetter oksygen (sammenlignbar med menneskelig respirasjon). Ved aerobe forhold kan man forvente en høyere mikrobiell aktivitet enn ved anaerobe forhold.

Anaerobe forhold: forhold der luft (oksygen) er fraværende. Ved anaerobe forhold blir organisk materiale oksidert av mikroorganismer som omsetter nitrat, oksidert jern og mangan, sulfat eller oksidert organisk materiale i stedet for oksygen. I naturlige miljøer er anaerobe forhold ensbetydende med reduserende (reduktive) forhold, men i hvilken grad forholdene er reduserende, varierer.

Reduserende (reduktive) forhold: Avhengig av forbindelsen som blir redusert, snakker man om nitratreduserende, jern- og manganreduserende, sulfatreduserende og metanogene forhold. Jo mer redusert redoksforholdene er, jo lavere er den mikrobielle aktiviteten.

Forord

NIKU – Norsk institutt for kulturminneforskning – er et tverrvitenskapelig forskningsinstitutt med faglig ansvar for arkeologisk undersøkelse og miljøovervåking av Norges middelalderbyer, kirker, klostre og borganlegg. NIKU arbeider langsiktig innenfor feltet miljøovervåking og fungerer som en av kulturminneforvaltningens faglige rådgivere for bevaring av kulturlag i umettet og mettet sone. Målet med miljøovervåking (MOV) av kulturminner er å skaffe et godt kunnskapsgrunnlag for tiltak og politiske beslutninger, og å sikre befolkningen rett til informasjon om kulturminnenes tilstand i tråd med nasjonale mål. Miljøovervåking skal også gi myndighetene kompetanse til å sette i gang tiltak for å vedlikeholde eller forebygge forringelse av viktig kulturminneverdier og evaluere virkningen av slike tiltak.

Miljøovervåking:

- gir kunnskap og oversikt over miljøtilstanden
- skaffer faktagrunnlag for bærekraftig politikkutforming, forvaltning og næringsutvikling, og bidrar til bevissthet om miljøet
- gir datagrunnlag for miljøforskning og mulighet for å oppdage og forebygge miljøproblemer
- er nødvendig for å kunne utvikle, evaluere og følge opp mål, tiltak og virkemidler i miljøvernpolitikken

Miljøovervåking av middelalderske kulturlag i Norge har i all hovedsak vært gjennomført som en del av vilkårene knyttet til vedtak i forvaltningssaker. De har dermed hatt som mål å påvise eventuelle endringer i bevaringstilstand og -forhold som en følge av konkrete tiltak og måling har vært gjort innenfor relativt korte tidsspenn, som regel i fra ett til fem år. Forvaltningens behov for oversikt over – og kontroll med – kulturlagenes tilstand strekker seg utover det.

Forsvarlig forvaltning av automatisk fredete kulturlag i våre 8 middelalderbyer (Bergen, Hamar, Oslo, Sarpsborg, Skien, Stavanger, Trondheim og Tønsberg) krever inngående kunnskap om kulturlagenes bevaringsforhold og bevaringstilstand. Slik kunnskap kan innhentes gjennom et langvarig miljøovervåkingsprogram. Lange tidsserier med målinger og en jevn tilførsel av opplysninger, vil sikre forvaltningen oppdatert og tilfredsstillende kunnskap om bevaringsforhold og bevaringstilstand for de middelalderske kulturlagene i våre byer og dermed gi oss de beste forutsetninger for å drive en kunnskapsbasert forvaltning.

Målet for en kunnskapsbasert forvaltning av kulturlagene i middelalderbyene er å legge til rette for livskraftige bysentra, samtidig som ikke-fornybare kulturminneverdier kan tas vare på i et langtidsperspektiv.

Klimaet vårt er i endring. De økte nedbørsmengdene, eller endrede nedbørsmønstre, gir utfordringer for overvannshåndtering, særlig i tettbygde strøk og byer. Tilførsel av vann til kulturlagene vil i mange tilfeller i utgangspunktet være positivt, men økte nedbørsmengder kan også være en trussel mot kulturlagene dersom infiltreringsanlegg for håndteringen av overvannet ikke fungerer eller om for eksempel overflateforurensning fører til uønskede kjemiske endringer i kulturlagene.

Miljøovervåking er også på dette feltet et viktig tiltak, slik at vi ved varsling om endrede forhold som følge av nedbør /økte vannmengder, som vurderes som negative for kulturlagene, kan iverksette nødvendige avbøtende tiltak.

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn	9
1.1	Analyseparametere kulturlag	10
1.2	Beskrivelse bevaringsforhold	10
2	Beskrivelse B2 og B3.....	13
2.1	Miljøprofil B2.....	13
2.2	Installasjon B2	14
2.3	Miljøbrønn B3.....	18
3	Arkeologiske, historiske og topografiske opplysninger.....	20
4	Metoder.....	21
5	Resultater fra det arkeologiske feltarbeidet	22
5.1	Generelle forklaringer	22
5.2	Kong Oscars gate: observasjoner	22
5.2.1	Miljøprofil B2 (NIKU betegnelse 1021141 B-2)	22
5.3	Naverboringen: observasjoner.....	24
5.3.1	Borepunkt B-3 (NIKU betegnelse 1021141 B-3).....	24
6	Datering & funn.....	27
6.1	Karbondateringer	27
6.1.1	Borepunkt 1021423-1 (B3)	27
6.2	Datering og konklusjoner	27
6.3	Funn.....	27
7	Bevaringstilstand	28
8	Installasjon av utstyr	29
9	Analyseresultater jordprøver	29
9.1	Resultater fra B2.....	29
9.2	Resultater fra B3.....	31
10	Sensordata i oppstartsperioden	32
10.1	Værdata	32
10.2	Sensordata B2.....	33
10.2.1	B2 2298 (4,10 moh)	33
10.2.2	B2 2717 (3,44 moh)	34
10.2.3	B2 3384 (3,10 moh)	36
10.2.4	B2 4098 (2,73 moh)	37
10.2.5	B2 4299 (2,42 moh)	38
10.2.6	B2 4399 (2,22 moh)	39
10.3	Sensordata B3.....	40
10.3.1	40
11	Konklusjoner.....	42
12	Referanser	42
13	Dokumentasjon (NIKU).....	42
14	Vedlegg.....	47
14.1	NIKU faktaark kulturlagssikring	48
14.2	Figur 4 stort format. Profil i Kong Oscars gate, Bergen.....	50

1 Bakgrunn

NIKU ønsker å sette i gang et langvarig prosjekt for miljøovervåking av hvilke parameter som påvirker fortsatt bevaring av våre kulturlag, og hvilke konsekvenser dette har i et kort- og langtidsperspektiv. Målet for en kunnskapsbasert forvaltning av kulturlagene i middelalderby er å legge til rette for livskraftige bysentra, samtidig som ikke-fornybare kulturminneverdier kan tas vare på i et langtidsperspektiv. Prosjektene avgrenses av grensen for de automatisk fredete områdene i middelalderbyen. Målet er at prosjektet minimum skal gå over fem år, men det er et uttalt ønske i forvaltningen å oppnå lengre tidsserier, med forbehold om bevilgninger. Her ønskes en gjennomgang av bevaringstilstanden til og bevaringsforholdene for kulturlag i tre av de større middelalderbyer: Bergen (Vågsbunnen-bydelen), Trondheim og Tønsberg. Det gjelder både en aktuell tilstand og utviklingen av bevaringsforhold over tid, i mettet og umettet sone. Formålet vil være å øke datagrunnlaget for vurdering av framtidige tiltak i de utvalgte middelalderbyene. Oppdraget er å overvåke bevaringsforholdene for kulturlag fra middelalder gjennom fortløpende logging av utvalgte parametere. Bevaringstilstanden for kulturlag skal dokumenteres av arkeolog samtidig som utstyr monteres, og det skal tas ut prøver til jordkjemisk og/eller vannkjemisk analyse. Det skal installeres miljøovervåkingsutstyr dels i eksisterende og nye miljøbrønner, dels i kulturlag i profil på nærmere bestemte steder i de utvalgte byene. Det dreier seg om eksisterende miljøbrønner som skal etableres med utstyr og nye som må bores, installeres og etableres med overvåkingsutstyr samt nye profiler som må frilegges, undersøkes arkeologisk, dokumenteres, tas prøver ifra og etableres med overvåkingsutstyr. I tillegg må det etableres en enkel piezometerbrønn for grunnvannsovervåking.

Miljøovervåkingsprogrammet skal gjennomføres i tråd med Norsk Standard *NS9451:2009*, «Kulturminner. Krav til miljøovervåking og -undersøkelse av kulturlag».

Oppdraget skal primært fokusere på:

- Endring i bevaringsforholdene
- Årsak til endringer
- Behovet for avbøtende tiltak i det aktuelle området

Overvåkingen vil bestå av delprosjekter fordelt på tre av byene:

- Vågsbunnen i Bergen middelalderby
- Trondheim middelalderby
- Tønsberg middelalderby

COWI AS og Cautus Geo AS har fått i oppdrag fra Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU) å gjennomføre overvåking av kulturlag i de tre av de store middelalderbyene i Norge (Bergen, Trondheim og Tønsberg). Overvåkingen innebærer prøvetaking av jord og grunnvann fra miljøbrønner og miljøprofiler. Det er satt inn en del sensorer for overvåking av fysiske og kjemiske parametere over tid i tillegg til prøvetaking og analyser av vann og jord. Denne rapporten beskriver oppstarten av miljøprofil B2 og miljøbrønn B3 i det ovenfor beskrevne programmet. Data fra analyser av jordprøver er presentert sammen med data fra oppstart av sensorene i 2018 frem til 6. mars 2019.

1.1 Analyseparametere kulturlag

Analyseparametere for miljøovervåking av kulturlag beskrives i NS9451:2009. Parametere er delt inn i grunnleggende parametere (S1) og miljøparametere (S2). Parametere i S1 og S2 beskrives i Tabell 1.

Tabell 1. Oversikt over analyseparametere i gruppene S1 og S2.

S1	S2
Tørrstoffinnhold	Matrikspotensiale (pF)
Glødetap	Porøsitet
pH	Sulfat
Ledningsevne / klorid	Sulfid
	Jern (II)
	Jern (III)
	Ammonium (ekstraherbart)
	Nitrat

Innsamlet data brukes til å vurdere bevaringsforhold av kulturlagene. Dette baseres hovedsakelig på inntrenging av oksygen som påvirker redoksforholdet i jorden (som % O₂ eller som RedOx). I tillegg overvåkes / analyseres fuktighet og en del andre kjemiske parametere (pH og ledningsevne) for å se hvordan grunnvann kan påvirke kulturlagenes bevaringsforhold.

Denne rapporten oppsummerer oppstart og innsamlede data (frem til 6. mars 2019) for kulturlag i miljøprofilen B2 og miljøbrønn B3 i Bergen middelalderby (Vågsbunnen).

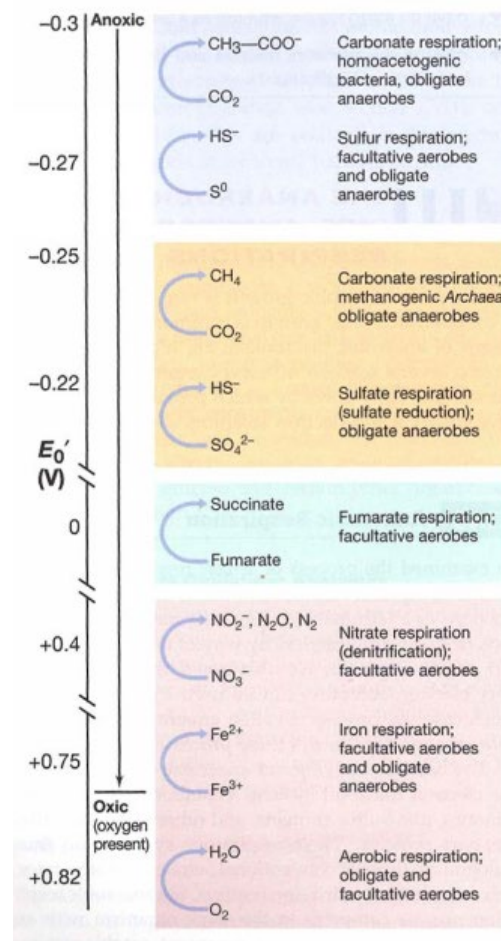
1.2 Beskrivelse bevaringsforhold

Bevaringsforhold er beskrevet etter to sett grunnleggende miljøparametere (S1 og S2, Norsk Standard 9451:2009).

Gode bevaringsforhold for kulturlag karakteriseres av stabile kjemiske og fysiske forhold. Dette fører til at naturlige gradienter (f.eks. hydrauliske gradienter eller konsentrasjonsgradienter), som ofte holder naturlige kjemiske prosesser i gang, avtar. Dette medfører langsommere nedbrytning av kulturlag og mindre mikrobielaktivitet.

I naturen foregår nedbrytning av organisk materiale og korrosjon av metaller parallelt med andre prosesser. Mikroorganismer får energi fra slike reaksjoner.

Avhengig av redoksforhold i jordtypen vil forskjellige typer mikrobielle reaksjoner dominere. Dette vises i Figur 1.



Figur 1. Oppsummering av redoksforhold for mikrobiologiske prosesser. Denne figuren viser at stabile negative redoksforhold (anaerobe forhold) gir de beste bevaringsforhold for kulturlag.

Det er viktig å forstå at selv om RedOx i jordtypen kan indikere at jernreduksjon dominerer, vil andre prosesser som f.eks. sulfatreduksjon og dannelse av metallsulfider også forekomme. På lavere RedOx forhold vil karbon-nedbrytning foregå langsommere, og så lenge det ikke forekommer inntrenging av fritt oksygen, vil også korrosjon av metallgjenstander foregå langsommere.

En typisk teskje jord kan inneholde omkring 10^9 bakterier. Bakterietypene varierer mye mellom hvor jorden kommer fra, dybden av prøven osv. Aktivitet, og kjemisk/fysisk fingeravtrykk av jordtypen vil bestemme hvilke typer bakterier som blir dominerende i jorden og dermed hvilke prosesser som dominerer. Noen bakterier kan redusere både nitrat og sulfat og prosessen som dominerer bestemmes av hvor mye næringsstoff som er tilstede (f. eks. sulfat / nitrat). Grunnvannskilden og grunnvannskjemi er derfor meget viktig i påvirkning av prosessene som foregår i kulturlagene.

I naturen kan vi derfor observere at aerobe forhold der oksygen er til stede, går over til nitratreduserende forhold når alt oksygen er brukt opp så lenge det er nitrat tilgjengelig. Deretter følger mangan-, jern- og sulfatreduserende forhold, før en får metanogene forhold – så lenge de nødvendige næringsstoffene er til stede.

Under metanogene forhold observerer man langsom nedbrytning av organisk materiale, og mindre korrosjon av metallgjenstander. Korrosjon under slike forhold forårsakes av sulfid-dannelse og reduksjon av jern og mangan til de respektive metallsulfider.

Nedbrytning av organiske gjenstander blir lavere dersom redokspotensiale blir mer negativt. Hastigheten av den organiske nedbrytningen vil som oftest avta i rekkefølge nitrat-, mangan-, jern-, sulfatreduserende til metanogene forhold.

Oksidative og nitratreduserende forhold kan som regel karakteriseres som dårlige bevaringsforhold, mens sulfatreduserende og metanogene forhold kjennetegner bra til utmerket bevaringsforhold. Imidlertid må stedsspesifikke forhold tas i betraktning. Redoksforhold mellom de forskjellige mikrobielle prosesser vises i Figur 1 (Madigan *et al* i Brock, 2015).

Tabell 2 viser en enkel oversikt over hvordan kulturlagene vurderes på bevaringsforhold. Dette er gjort som en vurdering av parametere beskrevet i NS 9451:2009.

I flere tilfeller vil man få grenseoverganger. I det røde markerte området vises nivåer av målte kjemiske parametere for typisk oksiderende forhold, mens reduserende forhold er vist med grønt.

Redoksforhold i grunnen kan karakteriseres ved å måle redokssensitive komponenter i jord og porevann (oksygen, nitrat, ammonium, mangan (II), mangan (IV), jern (III), jern (II), sulfat, sulfid, metan). Høye oksygenkonsentrasjoner indikerer for eksempel at forholdene er oksiderende og at mikroorganismene bruker oksygen til å bryte ned organisk materiale. Tabellen illustrerer også omtrentlige redoksverdier benyttet i overvåking av grunnvannet som beveger seg igjennom kulturlagene.

Tabell 2. Relative konsentrasjoner av dominerende næringsstoffer i jordtypen under forskjellige redoks-forhold og bevaringsforhold i kulturlag.

Relativ konsentrasjon					Dominerende prosess	Redoks (mv)	Bevaringsforhold
NO ₃	NH ₄	S ²⁻	Fe (II)	Fe (III)			
Lav	Lav	Lav	Lav	Høy	Oksiderende	200	Elendig
Høy	Lav	Lav	Lav	Høy	Nitratreduksjon / Oksiderende	100	Dårlig
Høy	Lav	Lav	Høy	Lav	Nitratreduksjon / Jernreduksjon	0	Middels
Lav	Lav	Lav	Høy	Lav	Jernreduksjon	-0,1	Middels
Høy	Høy	Høy	Middels	Lav	Nitratreduksjon / Sulfatreduksjon	-200	Bra
Lav	Høy	Høy	Middels	Lav	Sulfatreduksjon	-350	Bra
Lav	Høy	Høy	Høy	Lav	Sulfatreduksjon / Metanogenese	-400	Utmerket

Som avslutningsprosesser for miljøprofiler dekkes det utgravede området med ikke-marin blåleire (jf vedlegg 1). Ved å begrense tilgang til næringsstoffer (som kan være til stede i marin blåleire i form av sulfat, fosfat og bundet karbon) beskytter denne prosessen kulturlaget mot inntrengende oksygen og

samtidig reduseres muligheten for drenering av vann og utlekking av salter (f. eks. sulfat) som ville kunne øke nedbrytning av jernstrukturer ved økt dannelse av jernsulfid.

2 Beskrivelse B2 og B3

2.1 Miljøprofil B2

B2 er en miljøprofil. Lokasjon av B2 er i krysset mellom Kong Oscars gate 18 / Øvre Korskirkeallmenningen (Figur 2). Tabell 3 viser en oppsummering av aktivitetene ifm installasjon av B2 og B3.



Figur 2. Situasjonskart over miljøbrønnene i Bergen. B1, B2 og B3 er inne i den røde ovalen.

Tabell 3. Aktivitetene ifm installasjon av B2 og B3.

Dato	Lokasjon	Aktivitet / Hendelse
5. juli	B2	Sensorinstallasjon B2
	B2	Midlertidig installasjon loggerskap / koblingsboksen til pH og redokssensorer på rekkverk ved utgraving
30. august	B2	Plassering av kumring over referanseelektrode og koblingsboks på B2
	B2	Montering av permanent skap på vegg
	B2	Kabler lagt inne i trekkerør
3. september	B2	B2 O ₂ sensor 2298 erstattet
6. september	B3	Brønnboring, prøvetaking og sensorinstallasjon i B3
28. september	B2	Havari O ₂ sensor B2 4098. Begge O ₂ sensorene er slått av.
6. oktober	B2	Permanent strømløsning på plass på B2. O ₂ Sensor 2298 slått på.

2.2 Installasjon B2

Profil B2 i krysset av Kong Oscars Gate og Øvre Korskirkeallmenningen ble frilagt ved arkeologisk utgravning i forbindelse utbygning av bossnett og annen infrastruktur. Profil ble dokumentert og kulturlag tilstandsvurdert av arkeolog 4. juli 2018. 5. juli ble det tatt ut prøvemateriale til jordkjemisk og jordfysisk analyse. Sensorene ble installert i B2 den 5. juli 2018. Under installasjonene ble det også satt opp en midlertidig strømforsyning med kobling til pH og redokssensorene på rekkverk ved utgravingen. Ferdig monterte sensorer – og så stor del av profilveggen som det var mulig - ble dekket til med et lag av blåleire. Leiren ble hentet fra Karmøy. Det ble brukt en ikke-marin leire med akseptabel plastisitet som side-dekkmasse i utgravingsprofiler og tildekking av sensorer, for å sikre minst mulig lufttilgang til og avvanning av de tilstøtende kulturlagene. Ca 4m³ leire ble brukt under tildekkingen.



a) Prøvetaking B2



b) Sensor installasjon



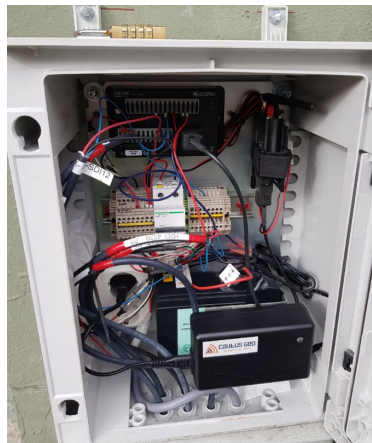
c) Sensor installasjon



d) Sensorene i profil



e) Installasjon midlertidig strømforsyning



f) Montering permanent strømkilde

g) Ferdig montert skap på veggen

h) Ferdigstilt installasjon

Figur 3. Prøvetaking og installasjon av sensorene i B2 profil, montering fast skap på veggen, strømkilde og ferdigstilt installasjon.

Figur 3 viser bilder fra prøvetaking, installasjon av sensorene og ferdigstilt installasjon av overvåkingsutstyr.

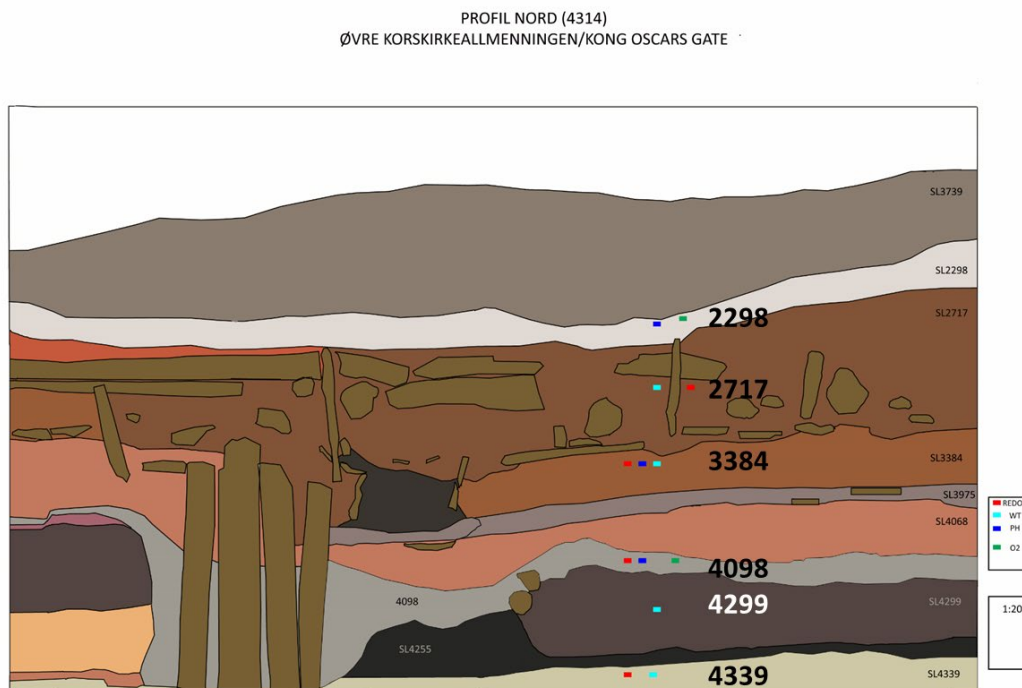
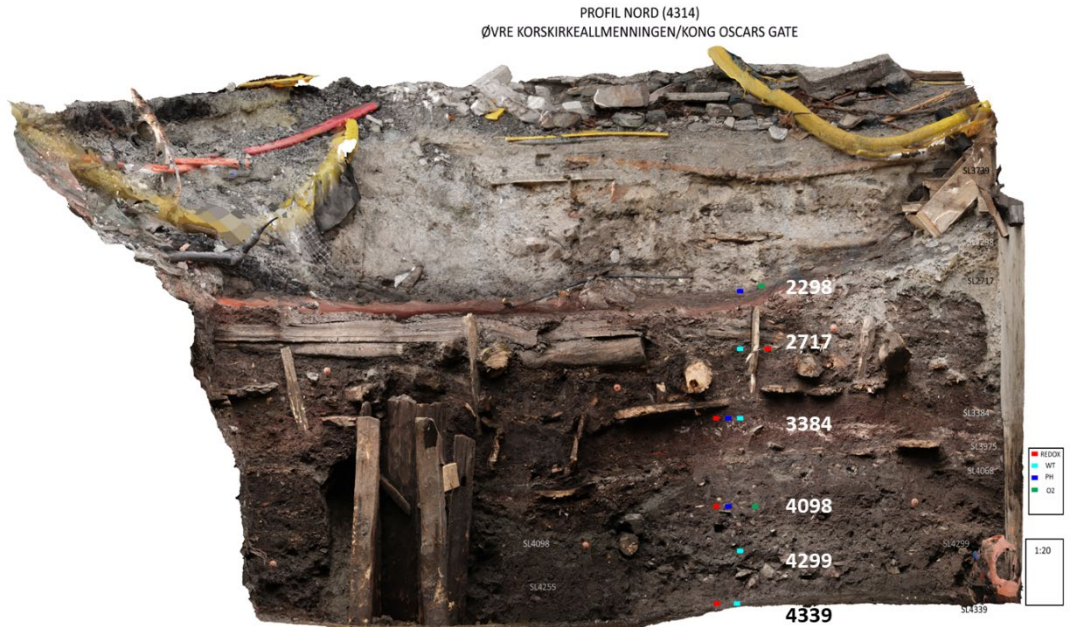
B2 profilen overvåkes på forskjellige dybder for følgende parametre:

- > pH
- > Ledningsevne
- > RedOx-potensial
- > Oksygen
- > Fuktighet

30. oktober 2018 ble ett permanent skap montert på veggen, en kumring plassert over referanseelektrode og koblingsboksen på B2 og kablene ble lagt inne i et trekkerør.

En permanent strømforsyning ble lagt inn i skapet den 6. oktober 2018.

En oversikt over sensorene, overvåkingsparametere og høyden vises i Tabell 4. Figur 4 viser sensorplassering i kulturlagene. Se vedlegg 2 for å se denne figuren i større format.



Figur 4. Fotografi (ovenfor) og skjematisk tegning (nederst) av sensorplassering i B2 miljøprofil (se vedlegg for større format).

Tabell 4. Oversikt over elektrode plasseringer og dybden for profilbrønn B2.

Instrument	Lokasjon	Moh
ecoTech pH 1-2	2298	4,103
ecoTech pH 3-4	3384	3,103
ecoTech pH 5-6	4098	2,726
ecoTech redoks 7-8	2717	3,441
ecoTech redoks 9-10	3384	3,111
ecoTech redoks 11-12	4098	2,726
ecoTech redoks 13-14	4339	2,220
Apogee oksygen	2298	4,103
Apogee oksygen	4098*	2,726
Campbell vanninnhold	2717	3,441
Campbell vanninnhold	3384	3,111
Campbell vanninnhold	4299	2,420
Campbell vanninnhold	4339	2,220

*Feil i sensor grunnet smelting / kortslutning i elektroden. Sensoren tatt ut av drift.



Figur 5. Havarert O₂ sensor 4098.

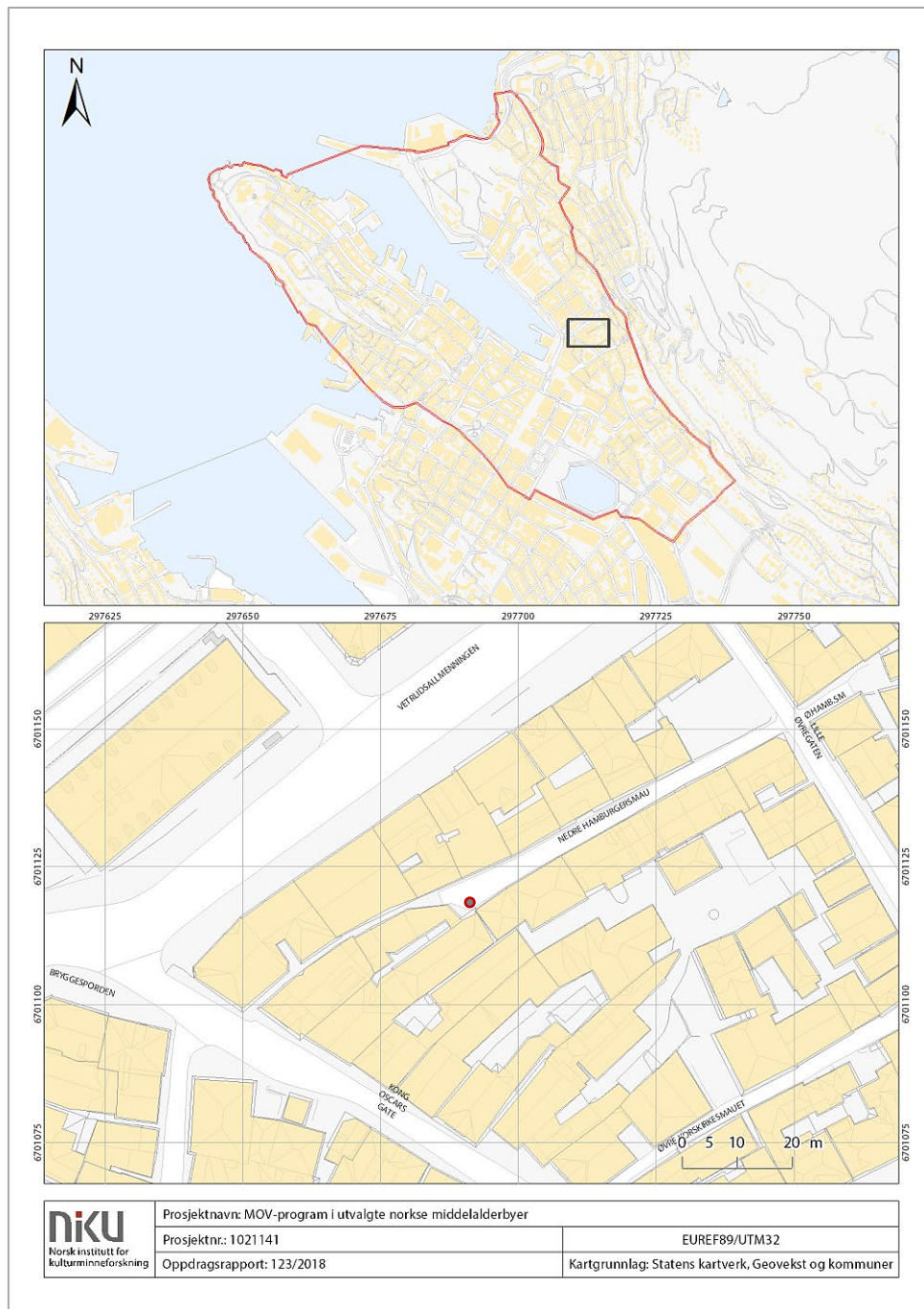
Under installasjonsperioden ble det observert feil i signalet fra O₂ sensor 4098. Sensoren ble erstattet, men det var fortsatt feil i signalene fra den nye sensoren. Dette vist seg til å være en produksjonsfeil som nå er kartlagt av Cautus Geo og Apogee som produserer sensorene. Figur 5

viser den havarete sensoren. Denne sensoren målte både temperatur og O₂ verdier. Dataene fra denne havarete sensoren for 4098 presenteres ikke i rapporten.

Det ble også rapportert feil i pH data fra B2. Alle sensorene fulgte samme mønsteret. Dette skyldtes feil prosessering på Cautus Web hvor alle pH sensorene ble kalibrert mot kun 1 sensor. Cautus Geo har siden rettet opp pH dataen og mønstrene som innrapporteres fra alle sensorene er korrekt.

2.3 Miljøbrønn B3

Miljøbrønn B3 ligger i Nedre Hamburgersmauet. Brønnen ble boret den 6. september 2018. Det ble tatt prøver av NIKU i forbindelse med boring av brønnen.



Plassering av borepunkt B-3. (Kart: NIKU)

Figur 6 viser boring, prøvetaking og sensorinstallasjon i Nedre Hamburgersmauet.



a) Borerigg og sensor installasjon



b) Prøvetaking



c) Trekkør for sensorkabler



d) Ferdig montert installasjon

Figur 6. Bilder fra boring, prøvetaking og installasjonen av miljøbrønn B3.

NIKU prosjektnummer	1021141 (2018)
Berørt område	Øvre Korskirkeallmenningen
Gnr./bnr.	166/428
Oppdragets art	Arkeologisk utgravning i forbindelse utbygning av bossnett og annen infrastruktur
Saksnummer	16/02050
Oppdragsgiver	Riksantikvaren Distriktskontor Vest
Oppdraget utført av	NIKU distriktskontor Bergen v/ V. V. Martens og P.C. Underhaug
Oppdraget utført dato	4 -5.7.2018
Koordinater	Se i MABYGIS
Overflate, dagens	5,529 moh. (NN2000)
Filmnummer; antall foto	<i>## i forbindelse med pnr. 1020794. For 1021141 er det 8 foto</i>
Tilstedeværelse av automatisk fredete kulturminner	Ja
Kulturhistorisk tolkning	Etterreformatoriske og middelalderske aktivitets- og avfallslag over naturavsetninger
BRM-nr.	1157

NIKU prosjektnummer	1021141 (2018)
Berørt område	Nedre Hamburgersmauet
Gnr./bnr.	166/417
Oppdragets art	Arkeologisk registrering ved naverboring
Saksnummer	16/02050
Oppdragsgiver	Riksantikvaren Distriktskontor Vest
Oppdraget utført av	NIKU distriktskontor Bergen v/ A. R. Dunlop
Oppdraget utført dato	6.9.2018
Koordinater	Se i MABYGIS
Overflate, dagens	5,30 moh. (NN2000)
Filmnummer; antall foto	Bf30035; 12
Tilstedeværelse av automatisk fredete kulturminner	Ja
Kulturhistorisk tolkning	Etterreformatoriske og middelalderske avfallslag over naturavsetninger
BRM-nr.	1173

3 Arkeologiske, historiske og topografiske opplysninger

Undersøkellesområdet lå innenfor det automatisk fredede kulturminnet Middelalderbyen Bergen, Askeladden ID-nummer 89049, og i utkanten av Vågsbunnen, én av middelalderbyens viktigste historiske bydeler. Som i dag, har det aktuelle undersøkelsesområdet trolig befunnet seg i et område dominert av verdslig bebyggelse nesten helt siden byens oppkomst. Det kan ha

vært en del av et håndverkerstrøk – bestående av skomakerne i all synlighet – i løpet av middelalderen.

I Kong Oscars gate var det foretatt arkeologisk undersøkelse i forbindelse med utbygging av bossnett og annen infrastruktur. Her var det kjent at middelalderske kulturlag og kontekster var bevart i litt over to meters tykkelse under omtrent en meter med etterreformatoriske lag.

Kulturlagstykkelsen i tiltaksområdet for B3 var forventet å være opptil fire meter. Det var ingen tvil om at borearbeidet i Nedre Hamburgersmauet ville medføre konflikt med automatisk fredete kulturminner i form av kulturlag fra middelalderen. Overgangen fra etterreformatoriske til middelalderske kulturlag var forventet å ligge på en dybde av to meter fra dagens overflate.

4 Metoder

I Kong Oscars gate (miljøprofil B2) var det foretatt arkeologisk undersøkelse i form av utgravning i forbindelse med utbygging av bossnett og annen infrastruktur. Profil ble avdekket og dokumentert i den forbindelse, men ble rensert opp og klargjort for prøvetaking i forbindelse med inneværende prosjekt ved arkeolog Vibeke Vandrup Martens, NIKU. All tolkning av kulturlagene og vurderingen av deres bevaringstilstand ble gjort gjennom samarbeid mellom de to prosjektene (Per Christian Underhaug fra NIKUs distriktskontor i Bergen og Vibeke Vandrup Martens), mens prøvetaking og utstyrsinstallasjon utelukkende ble utført av personale fra NIKU og Cautus Geo i innværende prosjekt (Vibeke Vandrup Martens, NIKU; Lars Krangnes og Mike Voellmecke, Cautus Geo AS). Jordprøver ble innlevert til COWI samme dag som de ble tatt. Sikring av eksponert profil og installert utstyr med leire ble også utført som samarbeid mellom prosjektenes arkeologiske personale, med hjelp av gravemaskinfører tilknyttet prosjektet for bossnett-utgravningen.

Borearbeidet (miljøbrønn B3) ble utført av Vestnorsk Brunnboring AS, med arkeolog fra NIKU distriktskontor Bergen (Rory Dunlop) som ansvarlig for det arkeologiske registreringsarbeidet. Boringen ble utført som naverboring med beltegående borerigg; utstyret var dessverre ikke helt optimalt, men det hadde vært vanskelig å få en større borerigg inn i det trange smauet. Arkeologen gransket lengdene tatt opp med naverboret fortløpende og registrerte jordlagssekvensene i henhold til Norsk Standard NS9451:2009 (Standard Norge 2009) i utgangspunkt. Arkeologen var også ansvarlig for uttak av jordprøvene til geokjemisk analyse.

Fra COWI AS og Cautus Geo AS deltok henholdsvis Jostein Soldal og Lars Krangnes. Soldal tok imot jordprøvene, mens Krangnes installerte sensoren i miljøbrønnen og satte opp loggerskapet.

Innmåling av miljøprofil B2 ble utført av NIKU, mens innmåling av borepunkt B3 ble foretatt av COWI AS. Forkortelsen «moh» står for «meter over havet» (med utgangspunkt i referansesystemet NN2000); høyder under havnivå angis med et minustegn foran.

Det ble samlet inn to prøver til karbondatering fra B3. Disse er registrert i MUSIT-systemet under museumsnummer «BRM1173». Ingen gjenstander ble samlet inn.

5 Resultater fra det arkeologiske feltarbeidet

5.1 Generelle forklaringer

Resultatene er presentert hovedsakelig i tabellform, og da kan det trenes et par forklaringer.

Nummerering av kontekster/kulturlag i Kong Oscars gate og sjiktene i brønnboringen i Nedre Hamburgersmauet er generert i dokumentasjonssystemet Intrasis. Betegnelsen 'sjikt' istedenfor 'lag' benyttes om den stratigrafiske enheten i grunnboringer. Kolonnen med overskrift «Bev» inneholder angivelse av det enkelte lagets eller sjiktets bevaringstilstand i henhold til SOPS-tabellen i NS9451:2009. Ved undersøkelsen av B2 var det varierende værforhold, men det var strålende sol 4. juli og overskyet 5. juli – det vil si strålende Bergensvær. Værforholdene under feltarbeidet for B3 var veldig dårlige, med tunge skyer og mye regn.

5.2 Kong Oscars gate: observasjoner

Det henvises til kapittel 10 Dokumentasjon for bilder av profil og feltarbeid.

5.2.1 Miljøprofil B2 (NIKU betegnelse 1021141 B-2)

Profilveggen lå i nordvestre hjørne av sjakt for bossnett og annen infrastruktur på hjørnet av <Kong Oscars gate og Øvre Korskirkeallmenningen.

Moh fra	Moh til	Kontekst-nummer	¹⁴ C-datering/-funn/-prøver	Periode	Bev *	Beskrivelse av innhold
4,10	3,90	2298	Jordprøve tatt ut for S1 analyse	1568	A2	Grått brannlag med sorte flekker (etter brann 14. feb. 1568). Består av mye aske og kull. Svak jordlukt. Dårlig bevaringstilstand.
3,90	3,50	2303		MA		Mørkebrun, kompakt jord, leirholdig, delvis fet og med sporadiske innslag av trekull og steiner. Laget inneholder store mengder hoggflis og treverk (både mindre trebiter og planker), beinavfall, lærbiter, skosåler, fiskebein, dyrebein og horn. Lukt av jord, middels. Utfyllingslag mellom to byggefaser.
3,50	3,10	2717	Jordprøve tatt ut for S2 analyse	MA	A3-4	Mørk brun, plastisk sand- og siltblandet humus med store mengder læravfall og mye tre. Middels H ₂ S lukt. Veibane. Skomakeri. Middels til bra bevaringstilstand.
3,10	2,80	3384	Jordprøve tatt ut for S2 analyse	MA	A2	Brun sterkt sandblandet humus med svak lukt av H ₂ S. Linser av skjellsand. Sekundært dumpete

Moh fra	Moh til	Kontekst-nummer	¹⁴ C-datering/-funn/-prøver	Periode	Bev *	Beskrivelse av innhold
						avfallsmasser (garveri), utfylling/planering. Dårlig bevaringstilstand.
2,80	2,60	3975		MA	A4	Svartbrun halvkompekt sandblandet humus med innslag av hoggflis, fiske- og dyrebein. Svak lukt av H ₂ S. Brannlag. Bra bevaringstilstand.
2,60	2,45	4068	Jordprøve tatt ut for S2 analyse	MA	A2	Mørk brun løs sandblandet humus. Svak lukt av H ₂ S. Huggflislag, tømmer- og byggearbeid. Dårlig bevaringstilstand.
2,60	2,50	4098	Jordprøve tatt ut for S2 analyse. Londonware, Hull, Andenne keramikk 1100-t. Type a kleberkar.	MA	A4	Kompakt brunsvart lag med svak lukt av H ₂ S. Mye torv og mose, møkk, frø, nøtter, dyrebein. Gulvlag? eller åpent område? Bra bevaringstilstand.
2,45	2,30	4299	Jordprøve tatt ut for S1 analyse	MA	A/B3	Løst lag av lys gråbrun sterkt sandblandet humus med svak lukt av H ₂ S. Aktivitetslag før første byggefase. Ubrent tre, dyrebein, møkk, kvister, stein og lær (strimler og avklipp). Middels bevaringstilstand, mulig fluktueringszone.
2,30	2,20	4255		MA	B2	Kompakt brunt lag av stein og sand iblandet humus og litt skjell, svak lukt av H ₂ S. Utfyllings-/stabiliseringslag. Dårlig bevaringstilstand.
2,20	1,80	4339	Jordprøve tatt ut for S2 analyse		B/C2	Halvkompekt mørk brunt lag av torv og humus iblandet silt og litt treflis. Strandeng? Middels lukt av H ₂ S. Dårlig bevaringstilstand. Mettet sone?

5.3 Naverboringen: observasjoner

Det henvises til kapittel 10 Dokumentasjon for bilder av borelengdene.

5.3.1 Borepunkt B-3 (NIKU betegnelse 1021141 B-3)

Borepunktet lå mot sørøst i den bredeste delen av smauet, et par meter vest for det nordre hjørnet til Kong Oscars gate 4. Punktets koordinater var N6701118,0/Ø297690,0 og dagens overflate av brostein lå ca. 5,3 moh.

Miljøbrønnen betegnet (foreløpig) «1021141 B-3» ble anlagt i borehullet. Grå sjattering viser de sjiktene som dekkes av miljøbrønnfilteret (som hadde en lengde på hele to meter).

Moh fra	Moh til	Sjikt-nummer	Samme som sjiktnr.	¹⁴ C-datering/-funn/-prøver	Periode	Bev *	Beskrivelse av innhold
5,30	3,80	4301			Mod	-	Forboret, med føringsrør Brostein over antatte bærelag og steinholdige masser
3,80	3,60	4302			-	-	Intet materiale på boret
3,60	3,50	4303			Nyere tid?	B0	(Lite materiale på boret) Løs, mykt, mørkegrå humus med en god del forholdsvis store røde teglstykker Trolig en form for rivningslag. Ubestemmelig bevaringstilstand
3,50	3,35	4304		Jordprøve B3-01 tatt ut for S1 analyse	MA?	B2	Grå, halvkompakt, sandholdig humus med en del treflis/-trestykker (dårlig bevarte, liggende på alle inklinasjonsvinkler) Trolig avfallsakkumulasjon i et dråpefallsområde Dårlig bevaringstilstand
3,35	3,20	4305			MA	C0	Løs, gulbrunlig grov sand med en del grus/småsteiner og et par veldig dårlig bevarte trestykker Trolig avsatt i et dråpefallsområde. Ubestemmelig bevaringstilstand
3,20	3,05	4306		Jordprøve B3-02 tatt ut for S2 analyse	MA	C2	Mørkegrå, kompakt, noe sandholdig humus med en del treflis/trestykker (dårlig bevarte, liggende på alle inklinasjonsvinkler), et par hasselnøtteskall og et par små stykker av trekull Trolig avfallsakkumulasjon i et dråpefallsområde Dårlig bevaringstilstand
3,05	2,90	4307			MA	C0	Løs, våt, gulbrunlig fin til grov sand med en del grus/småsteiner og mindre steiner

Moh fra	Moh til	Sjikt-nummer	Samme som sjiktnr.	¹⁴ C-datering/-funn/-prøver	Periode	Bev *	Beskrivelse av innhold
							Trolig avsatt i et dråpefallsområde. Ubestemmelig bevaringstilstand
2,90	2,75	4308			MA	C2	Mørkegrå, mykt, finsandholdig humus med noen få treflis/-trestykker (dårlig bevarte, liggende på alle inklinasjonsvinkler) og et hasselnøtteskall Trolig avfallsakkumulasjon i et dråpefallsområde Dårlig bevaringstilstand
2,75	2,55	4309			MA	C3	Grå halvkompakt, fin til grov sand med enkelte grus/-småsteiner og en del treflis (middels-bra bevarte, liggende på vilkårlige inklinasjonsvinkler) Trolig avsatt i et dråpefallsområde Middels-bra bevaringstilstand
2,55	2,45	4310		Jordprøve B3-03 tatt ut for S1 analyse	MA	C2	Mørkegrå/-brun, kompakt humus med en del treflis/-trestykker (dårlig bevarte, liggende på alle inklinasjonsvinkler), et par hasselnøtteskall og noe finsand og silt Svak H ₂ S lukt Trolig avfallsakkumulasjon i et dråpefallsområde Dårlig bevaringstilstand
2,45	2,30	4311			MA	C0	Løs, grå, mest grov sand med noe finsand, en del grus/-småsteiner og et par mindre steiner Trolig avsatt i et dråpefallsområde. Ubestemmelig bevaringstilstand
2,30	2,10	4312		Jordprøve B3-04 tatt ut for S2 analyse	MA	C2	Mørkegrå, kompakt humus med en del treflis/trestykker (dårlig bevarte, liggende på alle inklinasjonsvinkler), et større stykke av delvis svidd tre, en mosestengel, noen hasselnøtteskall og litt finsand og silt Middels H ₂ S lukt Trolig avfallsakkumulasjon i et dråpefallsområde. Dårlig bevaringstilstand
2,10	1,95	4313			MA	C0	Løs, grå, mest grov sand med noe silt og finsand, en del grus/småsteiner og et par mindre steiner

Moh fra	Moh til	Sjikt-nummer	Samme som sjiktnr.	¹⁴ C-datering/-funn/-prøver	Periode	Bev *	Beskrivelse av innhold
							Trolig avsatt i et dråpefallsområde. Ubestemmelig bevaringstilstand
1,95	1,40	4314		Jordprøver B3-05 og B3-06 tatt ut for S2 analyse BRM1173/1 (nøtt) fra 1,90 moh	MA AD 992-1151	C3	Grå/brun, kompakt humus med en del treflis/trestykker (middels-bra bevarte, liggende for det meste vannrette; delvis frisk farge), noen små stykker av bark og kvist, noen hasselnøtteskall, noen små stykker av lær, litt finsand og silt, og enkelte mindre avrundete steiner Middels H ₂ S lukt Trolig avfallsakkumulasjon i et dråpefallsområde Middels-bra bevaringstilstand
1,40	1,30	4315			MA	C0	Løs, grå, mest grov sand med noe finsand, en del grus/småsteiner og noen avrundede mindre steiner Trolig avsatt i et dråpefallsområde. Ubestemmelig bevaringstilstand
1,30	1,20	4316			MA	C3	Rødbrunt, mykt ekskrement og humus med enkelte små treflis/trestykker (middels-bra bevarte, liggende for det meste vannrett), noen mosestengler, og veldig lite finsand og silt Middels H ₂ S lukt («varm»); middels rask mørkning Trolig in-situ latrineavsetning Middels-bra bevaringstilstand
1,20	0,70	4317		Prøve B3-07 fra 1,00-0,90 moh til S1 analyse BRM1173/2 (nøtt) fra 1,00 moh	MA AD 1013-1154	C2	Våt, løst, grå sand (alle fraksjoner) med silt, grus, småsteiner og enkelte mindre steiner, en del dårlig bevarte treflis og enkelte små stykker av hasselnøtteskall Veldig lite organisk materiale fra 0,90 moh og nedover Jord lukt Dårlig bevaringstilstand
0,70	-0,20	4318			For-historisk	C0	Øverst geologisk avsetning Våt, plastisk, klebrig, homogen, lysegrå silt og finsand
-0,20					geologi	-	Naverboring avsluttet

*Bev = bevaringstilstand

Den samlede kulturlagstykkelsen var på ca. 3,0 meter (sjikt 4301 og 4302 er ikke tatt med).

Tolkning av sjiktene

Sjikt 4301: forborete masser, trolig mest steinholdige moderne fyllmasser/bærelag

Sjikt 4302: lengde med intet materiale på boret

Sjikt 4303: trolig en form for rivningslag

Sjikt 4304: trolig avfallsakkumulasjon i et dråpefallsområde

Sjikt 4305: trolig vannavsatt lag (i dren/renne?) i et dråpefallsområde

Sjikt 4306: trolig avfallsakkumulasjon i et dråpefallsområde

Sjikt 4307: trolig vannavsatt lag (i dren/renne?) i et dråpefallsområde

Sjikt 4308: trolig avfallsakkumulasjon i et dråpefallsområde

Sjikt 4309: trolig vannavsatt lag (i dren/renne?) i et dråpefallsområde

Sjikt 4310: trolig avfallsakkumulasjon i et dråpefallsområde

Sjikt 4311: trolig vannavsatt lag (i dren/renne?) i et dråpefallsområde

Sjikt 4312: trolig avfallsakkumulasjon i et dråpefallsområde

Sjikt 4313: trolig vannavsatt lag (i dren/renne?) i et dråpefallsområde

Sjikt 4314: trolig avfallsakkumulasjon i et dråpefallsområde

Sjikt 4315: trolig vannavsatt lag (i dren/renne?) i et dråpefallsområde

Sjikt 4316: trolig in-situ latrineavsetning

Sjikt 4317: trolig overgangen mot undergrunnen

6 Datering & funn

Alle gjenstander og dateringsprøver fra Kong Oscars gate-undersøkelsen er utført av prosjektet for bossnett-utgravningene, NIKU prosjektnr 1020794

Det ble samlet inn to prøver til karbondatering ved B3. Disse er registrert i MUSIT-systemet under museumsnummer «BRM1173». Ingen gjenstander ble samlet inn. Karbondateringene ble utført av 14Chrono Centre, Queen's University Belfast.

6.1 Karbondateringer

6.1.1 Borepunkt 1021423-1 (B3)

To dateringsprøver ble samlet inn. Et hasselnøttskall (tilvekstnummer BRM1173/1, lab. ref.-nr. UBA-39674) fra 1,90 moh i sjikt 4314 er datert til 987 ± 26 BP, kalibrert til AD 992-1151. I tillegg er et hasselnøttskall (tilvekstnummer BRM1173/2, lab. ref.-nr. UBA-39675) fra 1,00 moh i sjikt 4317 datert til 976 ± 25 BP, kalibrert til AD 1013-1154.

6.2 Datering og konklusjoner

Overgangen til middelalderske kontekster ser ut til å ligge ved ca. 3,50 moh i borepunkt 1021141 B-3. Det er i hvert fall konstatert avsetninger fra tidlig middelalder.

6.3 Funn

Noen små stykker av lær ble funnet (men ikke beholdt) i sjikt 4314 i B3. Sjiktene var ellers funntomme. For B2 henvises til separat rapportering for prosjekt nr 1020794

7 Bevaringstilstand

Bevaringstilstanden i umettet sone (profil B2) er svært varierende ut ifra lagenes/kontekstenes karakter. Primærkontekster har stort sett bedre bevaring enn sekundært deponerte lag, der det historisk har pågått nedbrytning. Nederst i profil er lag i fluktueringssonen, det er til og med mulig at strandengen i bunn ligger i mettet sone, men det var meget tørt på undersøkelsestidspunktet og derfor vanskelig å avgjøre.

Bevaringssituasjonen i den mettede sonen (brønn B3) er stort sett tilfredsstillende. Evalueringen av bevaringstilstanden til kulturlagene presenteres i Tabell 5.

Tolkning av bevaringssituasjonen forkludres til en viss grad av følgende mangler:

- man har ennå ikke kartlagt grunnvannsnivå ved B3 – og det er jo kjent hvor avgjørende tilstedeværelse av grunnvann er for bevaring. Dette vil kunne utleses av overvåkingsdata
- det finnes intet grunnlagsmateriale for å kunne sammenligne bevaringstilstanden tidligere (det vil si, for flere år eller tiår siden) med bevaringstilstanden nå.

Alt i alt betyr dette at man ikke har noe grunnlag for å si om det er blitt forandringer i bevaringstilstanden i løpet av nyere tid, og heller ikke kan man fra arkeologisk side si noe om hvorvidt det pågår en eventuell forverring av bevaringstilstanden.

På den positive siden kan det påpekes at de yngre jordmassene på toppen av de mer organiske-rike kulturlagene antagelig er med på å beskytte sistnevnte til i hvert fall en viss grad. Da blir det viktig fremover å sikre at dette lokket holdes så intakt som mulig, for å forhindre at nedbrytningshastigheten økes.

Tabell 5. Skjematisk sammenligningspresentasjon av bevaringstilstanden (visuell vurdering) til kulturlagene i boringen. Hvert enkelt symbol representerer en tykkelse på omkring 20 centimeter, og dybde fra overflaten øker fra venstre mot høyre. Grå fargen markerer den omtrentlige dybden av miljøbrønnens filter.

Borepunkt 1021141 B-3	Moh
00	6,0 – 5,0
00000	5,0 – 4,0
0?X§X	4,0 – 3,0
XXX§X	3,0 – 2,0
XXXXX	2,0 – 1,0
XNNNN	1,0 – 0,0
NA	0,0 – -1,0

SYMBOLER	
X - ELENDIG	? - UBESTEMBAR
X - DÅRLIG	0 - INGEN JORD PÅ BORET
X - MIDDELS	N - NATURLIG
X - BRA	A - NAVERBORING AVSLUTTET
X - UTMERKET	§ - IKKE ORGANISK
	F - FJELL

8 Installasjon av utstyr

Det er installert en vannkvalitets-multisonde i grunnvann i B3. Følgende måleparametere overvåkes i brønnen:

- > Temperatur
 - > pH
 - > Ledningsevne
 - > RedOx-potensial (ORP)
 - > Oksygen
 - > Vannstand
- > Etter installasjonen av sensorene og ferdigstilling av brønnen, ble det oppdaget en sprekk i brønnlokket på B3. Dette medførte økt inntrengning av oksygen i brønnen og påvirket både O₂ og RedOx målinger. Et nytt brønnlokk ble installert den 31. januar 2019.

9 Analyseresultater jordprøver

9.1 Resultater fra B2

Resultatene fra jordprøvene fra B2 vises i Tabell 6. Resultatene viser lave verdier for ledningsevne fra omtrent alle lokasjoner mellom 13 og 18 $\mu\text{S}/\text{cm}$, med unntak av 4339 og 4299 som viste enda lavere verdier på 6 til 7 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nitrat-N verdier var under deteksjonsgrensen på alle prøvene. Det var også tilfelle for Fe²⁺. Sulfat verdier var mellom 93 og 290 ppm (som mg/kg TS). NH₄-N varierte mellom 20 og 130 mg/kg TS. Det ble også rapportert om betydelige sulfidkonsentrasjoner i de fleste av prøvene med verdier mellom 79 og 380 mg/kg, med unntak av prøve 4068 som var under deteksjonsgrensen. Sulfidverdiene viser rimelig stabile betingelser i jorden som sannsynligvis har veldig lave redox verdier, hvilket bevirker at nedbrytning av organisk material går meget sakte. Fraksjonen av prøver < 5mm var omkring 50% i de fleste av prøvene, hvilket indikerer en del (tidligere) nedbrytning av større organiske strukturer til mindre partikler. Økt oksygentilgang vil gi økt Fe²⁺ innhold og ville også oksidere bort S²⁻. Økt karbon-nedbrytning som et resultat av økt mikrobiell aktivitet vil gi mye mindre partikkelstørrelser i jordpartikler. En vurdering av tilstand i prøvene fra sensorlokasjoner vises i Tabell 7. Vurderingen er basert på NS 9451:2009 og tolkning av analyseresultater presentert i Tabell 6.

**Tabell 6. Analyseresultater for jordprøvene tatt fra B2 miljøprofil. Prøvene er presentert etter dybden (som moh).
*Prøven er tatt fra ukjent presis moh verdi, lagets avgrensning i moh angis i parentes.**

Prøvelokus (Sensor og kontekst) og høyden (moh)	pH	Ledningsevne (mS/m)	NH ₄ -N (mg/kg TS)	NO ₃ -N (mg/kg TS)	SO ₄ (mg/kg TS)	Total S ²⁻ (mg/kg TS)	Fe ²⁺ (% TS)	Fraksjon < 5 mm (humid) (% w/w)	Tørrstoff (%)	Glødetap (% TS)
2298 (4,10)	6,5	11	-	-	-	-	-	-	45,6	28,1
2717 (3,44)	7,4	13	90	<0,33	290	200	<0,0001	56,3	34,4	46,1
3384 (3,10)	7,9	19	130	<0,35	230	380	<0,0001	70,4	27,8	51,9
4098 (2,73)	7,1	11	76	<0,24	110	190	<0,0001	61,6	49,1	24,7
4068* (2,60-245)	7,4	14	83	<0,26	200	<5	<0,0001	70,6	39,2	35,1
4299 (2,42)	7,4	7,7	-	-	-	-	-	-	79,4	3,1
4339 (2,22)	7,1	6,7	20	<0,17	93	79	<0,0001	56,3	54,7	12,6







Tabell 7. Vurdering av bevaringstilstand i prøvene fra B2.




Sensor/kontekst	MOH (m)	Organisk innhold (%)	Vanninnhold (%)	pH	Ledningsevne μScm^{-1}	Bevaring			
						Organisk materiale	Uorganisk materiale	RedOx tilstand	Arkeologisk tilstand
2298	4,10	28	54	6,5	11	Bra	Middels	**Oksidativ	A2
2717	3,44	46	66	7,4	13	Middels	Bra	Reduktiv	A3-4
3384	3,10	52	72	7,9	19	Dårlig	Bra	Reduktiv	A2
4098	2,73	25	51	7,1	11	Middels	Bra	Reduktiv	A4
4068	*	35	61	7,4	14	Dårlig	Dårlig	***Oksidativ	A3
4299	2,42	3	21	7,4	7,7	Bra	Bra	Reduktiv	A/B3
4339	2,22	13	43	7,1	6,7	Middels	Bra	Reduktiv	B/C2


* prøveMOH ikke målt (lag 2,60-2,45)

** Ingen sulfidanalyser av prøven

*** Svært lav sulfid

	Lavt organisk innhold 10%
	Middels organisk innhold 10-20%
	Høyt organisk innhold >30%
	Lavt vanninnhold 10-20%
	Middels vanninnhold 30-40%
	Høyt vanninnhold > 50%

	Elendig til dårlig
	Middels
	Bra til utmerket

	Oksidativ
	Reduktiv

SOPS : NS 9451:2009

9.2 Resultater fra B3

Analyseresultater fra B3-prøver vises i Tabell 8. Ledningsevne var veldig lave i alle prøvene fra B3. Det var betydelig mindre NH₄-N og sulfat i prøvene. Ved mindre sulfatmengder har ikke prøven mulighet til å danne betydelig høye mengder sulfid. Dette vises også i sulfid-resultater som var mellom 22 og 69 mg/kg. Selv om disse verdiene er lave, viser dette at sulfiden øker noe med dybden i brønnen som også indikerer at stabiliteten i lav RedOks forhold øker med dybden. Analyser av total-sulfid på 22 mg/kg viser fremdeles stabile betingelser i jorden og lite inntrengning av oksygen i de øverste deler av laget. Nitrat var under deteksjonsgrensen for alle prøvene. Fe²⁺ ble ikke observert (< 0,0001 % TS), men Tot-Fe målinger som mg/kg viste betydelige mengder Fe tilstede i prøvene. Det er mulig at Fe som ble observert i prøvene stammet fra bundne former av jern i tillegg til tidligere oksidert jern. Noe av jernet kan stamme fra tidligere dannet jernsulfid mineraler som igjen kan være et resultat av sulfat-reduserende bakterieaktivitet i kulturlagene ved lave RedOks verdier. I fire av prøvene ble det observert at store deler av jordfraksjonen hadde partikkelstørrelse < 5 mm. Selv om dette indikerer at det har vært betydelig nedbrytning av karbon-baserte strukturer i laget er selve det organiske innholdet i prøvene middels til lavt. Det er mest sannsynlig at partiklene < 5mm stammer fra sand og jord og ikke kun fra nedbrutt organisk materiale i kulturlagene. Basert på dette kan bevaring av organisk materiale betegnes som bra.

Tabell 8. Analyseresultater for jordprøver tatt fra B3 miljøbrønn.

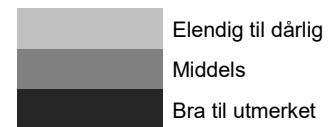
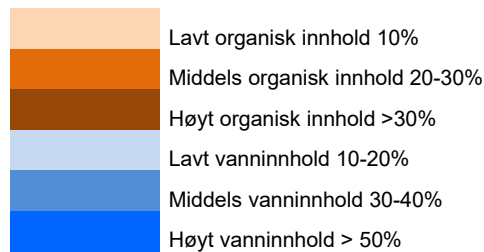
Prøve (dybde, m)	pH	Ledningsevne (mS/m)	NH ₄ -N (mg/kg TS)	NO ₃ -N (mg/kg TS)	SO ₄ (mg/kg TS)	Total S ²⁻ (mg/kg TS)	Fe ²⁺ (% TS)	Tot-Fe (mg/kg TS)	Fraction < 5 mm (humid) (% w/w)	Tørrestoff (%)	Glødetap (% TS)
B3-01 (1,85-1,95)	6,8	2,4								50,7	23,3
B3-02 (2,10-2,20)	7,0	0,26	<2,4	<0,24	17	22	<0,0001	17000	95,5	51,0	
B3-03 (2,75-2,85)	7,0	2,9								50,0	20,8
B3-04 (3,05-3,15)	7,0	2,9	2,8	<0,15	8,8	43	<0,0001	16000	99,9	49,5	
B3-05 (3,35-3,45)	7,0	2,9	14	<0,29	46	56	<0,0001	17000	28,8	39,2	
B3-06 (3,80-3,90)	7,1	2,7	16	<0,21	10,0	69	<0,0001	12000	100,0	51,0	
B3-07 (4,30-4,40)	7,0	0,29								88,9	0,9

En vurdering av tilstand i prøvene fra sensorlokasjoner vises i Tabell 9. Vurderingen er basert på NS 9451:2009 og tolkning av analyseresultater presentert i Tabell 8.

Tabell 9. Vurdering av bevaringstilstand i prøvene fra B3.

Prøve	Dybden (m)	Organisk innhold (%)	Vanninnhold (%)	pH	Ledningsevne μScm^{-1}	Bevaring			
						Organisk materiale	Uorganisk materiale	RedOx tilstand	Arkeologisk tilstand
B3-01	(1,85-1,95)	23	49	6,8	2,4	Bra	Bra	Reduktiv	B2
B3-02	(2,10-2,20)	*	49	7,0	0,3	Bra	Bra	Reduktiv	C2
B3-03	(2,75-2,85)	21	50	7,0	2,9	Bra	Bra	Reduktiv	C2
B3-04	(3,05-3,15)	*	51	7,0	2,9	Bra	Bra	Reduktiv	C2
B3-05	(3,35-3,45)	*	61	7,0	2,9	Bra	Bra	Reduktiv	C3
B3-06	(3,35-3,45)	*	49	7,0	2,7	Bra	Bra	Reduktiv	C3
B3-07	(4,30-4,40)	1	11,1	7,1	0,3	Bra	Bra	Reduktiv	C2

* Prøven ikke analysert

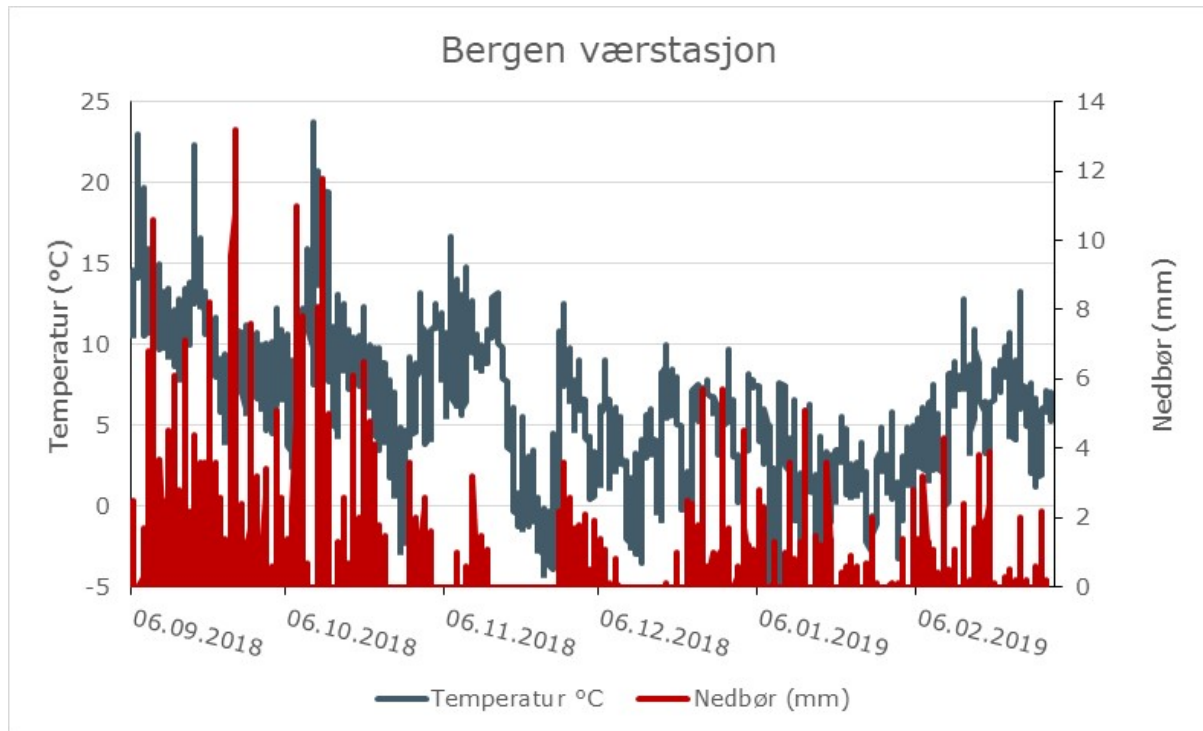


SOPS : NS 9451:2009

10 Sensordata i oppstartsperioden

10.1 Værdedata

Figur 7 viser nedbør og temperatur fra Bergen værstasjon under perioden 6. september 2018 til 3. mars 2019. I perioden var temperaturen mellom 22 og -4°C . Nedbør var mellom 0 og 13 mm per dag med gjennomsnitt verdi på 0,66 mm nedbør daglig. Dvs at det ikke har vært store mengder nedbør i perioden; dette er atypiske værforhold for Bergen.



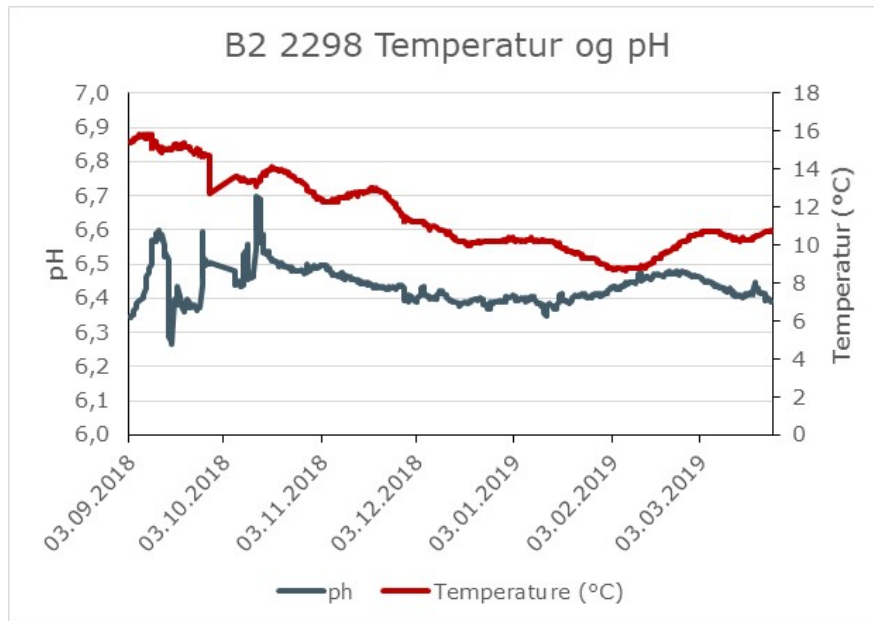
Figur 7. Temperatur og nedbørsdata for Bergen værstasjon.

10.2 Sensordata B2

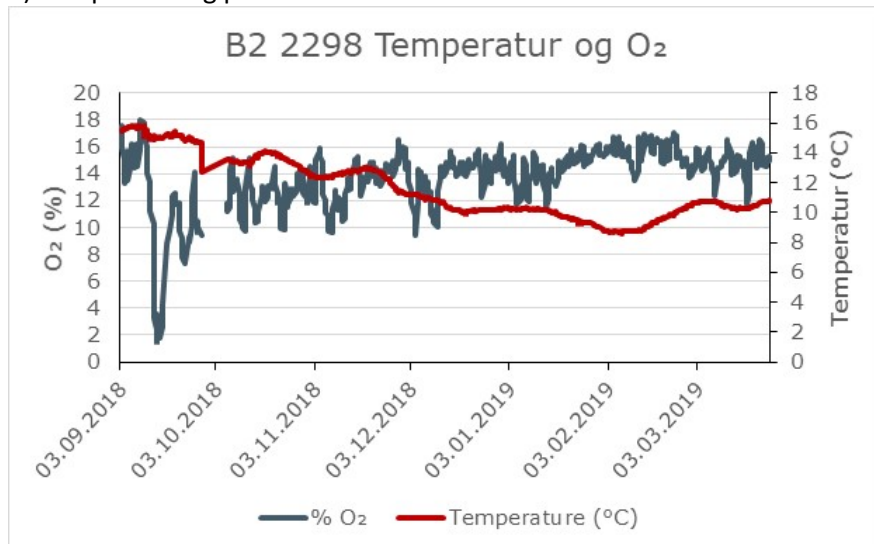
Data fra sensorene i miljøprofil B2 i Kong Oscars gate er presentert i synkende rekkefølge etter høyden (moh).

10.2.1 B2 2298 (4,10 moh)

Sensordata fra kontekst 2298 vises i Figur 8. Sensoren er den høyeste sensoren i B2 på 4,10 moh. Temperaturen faller i laget fra ca 15,5°C til litt under 13°C i perioden. pH varierte mellom 6,7 og litt under 6,3. O₂ verdien i laget viste en fallende trend fra litt under 18% til ca 16 etter oppstart til omkring 12 %. En dipp i både pH og O₂ verdier ble observert den 17. september. Det er ingen vesentlig indikasjon fra nedbørsdata at økt regnfall kunne ha påvirket verdiene i laget ved sensoren. Trenden i perioden er reell og kan skyldes endring sivevann i nærheten av sensoren i perioden etter oppstart.



a) Temperatur og pH



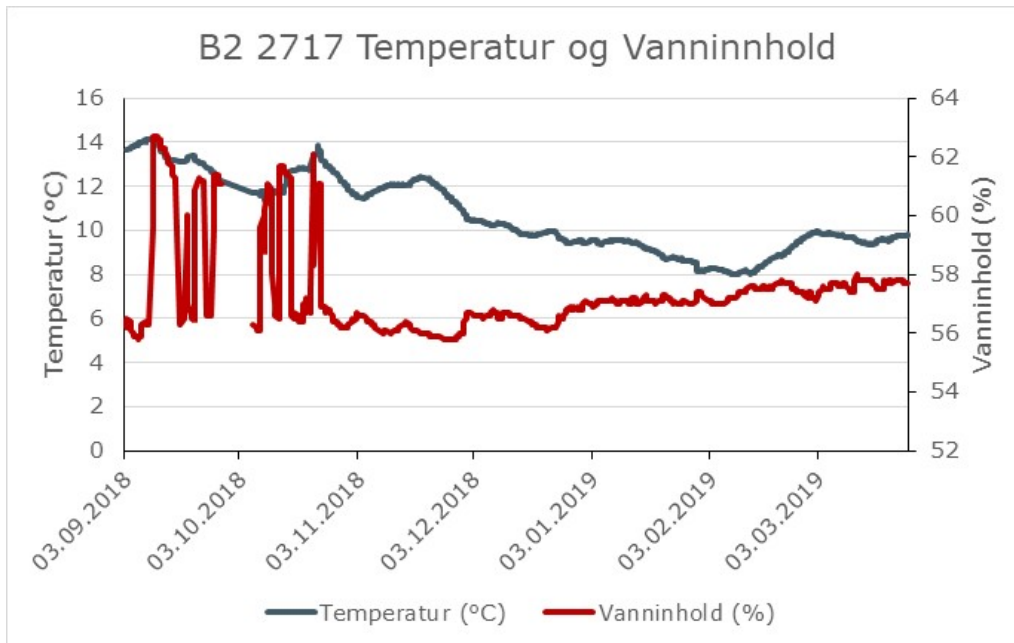
b) Temperatur og O₂

Figur 8. (a) Temperatur og pH og (b) temperatur og O₂ fra Sensor 2298 i tidsperioden 3. september 2018 til 6. mars 2019.

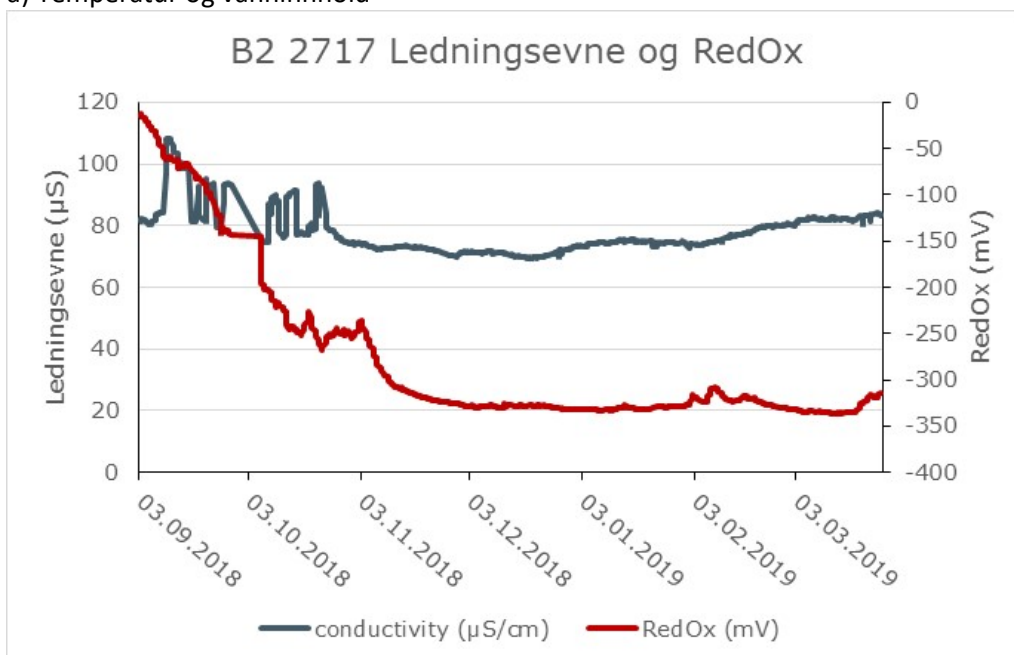
10.2.2 B2 2717 (3,44 moh)

Figur 9 viser sensordata for kontekst 2717 (a) temperatur og vanninnhold og (b) ledningsevne og RedOx. Temperatur på dette laget variert fra ca 14°C til ca 8°C under måleperioden. Starttemperatur var noe lavere enn det observert i kontekst 2298. Ledningsevne viste en hovedtrend omkring 70 til 80 $\mu\text{S}/\text{cm}$ under måleperioden. Det var noe ustabile målinger ved oppstart med topper omkring 90 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Det ble vist sammenhengende topper i både RedOx og vanninnhold i perioder. Det var ingen sammenheng mellom disse toppene og perioder med betydelig økt nedbør. Lokasjon av miljøprofilen er i et gatekryss. Under mindre nedbørsperioder vil vannet kunne samles i B2. Dette vil medføre en økning i vanninnhold i miljøprofilen og i ledningsevne som et resultat av dette.

RedOx verdier under hele perioden viste en fallende trend som indikerer meget bra stabilitet i et veldig negativ RedOx område (-330 mV). Dette er meget positivt for bevaring av arkeologiske strukturer og gjenstander i kulturlaget.



a) Temperatur og vanninnhold



b) Ledningsevne og RedOx

Figur 9. (a) Temperatur og vanninnhold og (b) Ledningsevne og RedOx fra Sensor 2717 i tidsperioden 3. september 2018 til 6. mars 2019.

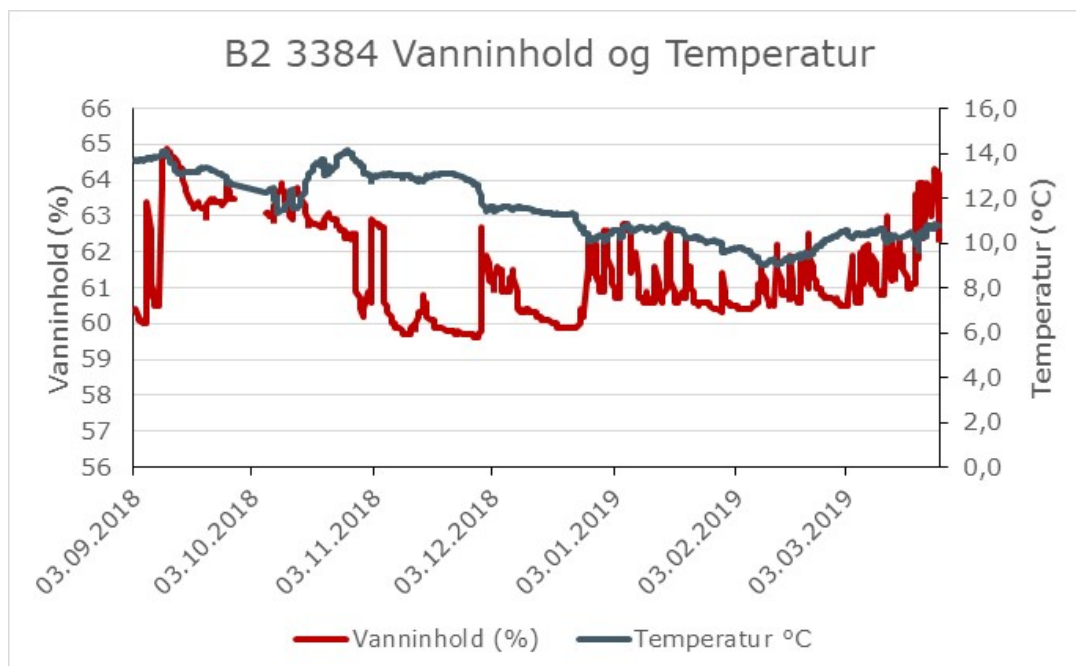
10.2.3 B2 3384 (3,10 moh)

Figur 10 viser sensordata fra kontekst 3384 (3,10 moh). pH og ledningsevne viser de samme trendene som vanninnholdet på denne delen av kulturlaget. Dette viser igjen hvordan lokasjonen fungerer som en trakt hvor fuktigheten fra nedbør konsentreres i området og dermed påvirker kjemien i kulturlaget. Fra oppstart til starten av november 2018 viste RedOx verdier en bra negativ trend. Trenden sluttet på omkring -50mV og begynte deretter å øke. RedOx deretter viste en økning mot positive forhold med topper omkring 190mV i starten av februar 2019. Dette er en betydelig økning over tid i det oksidativ-området for RedOx reaksjoner.

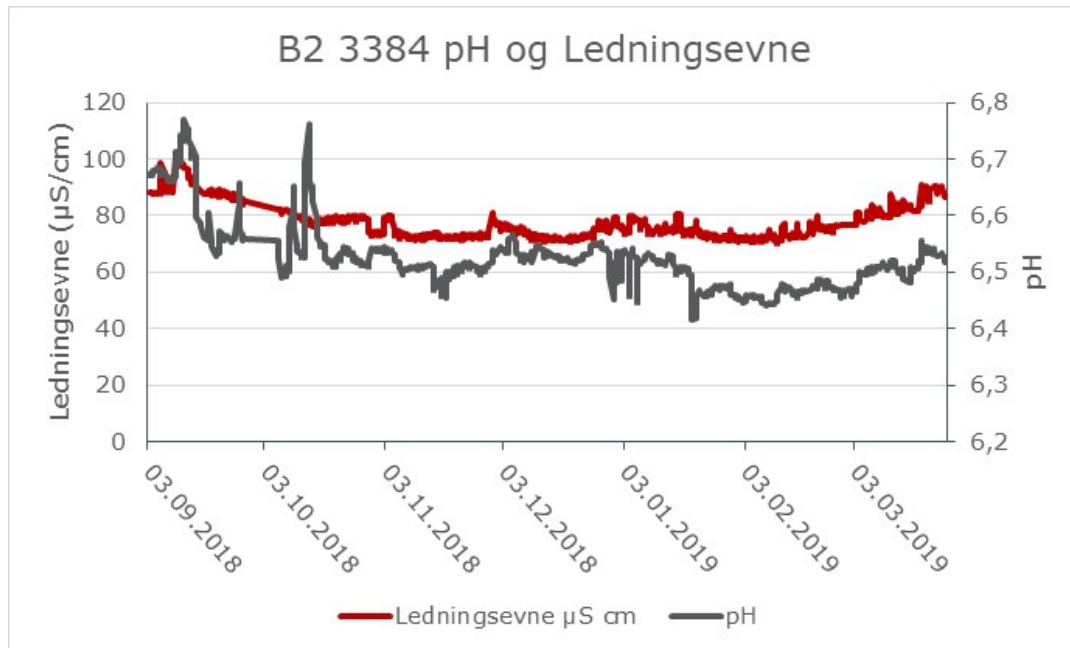
Det er viktig å tolke RedOx data fra 3384 i sammenheng med RedOx data fra sensorene 2717 (som er 34 cm høyere i profilen) og 4098 (som er 37 cm lavere i profilen). Begge disse sensorene viser betydelig lave verdier. Dette indikerer at en eller flere av følgende faktorer kan spille inn mot positive RedOx verdier fra 3384:

- 1 En kortslutning i blåleiren rundt sensoren. Dette gjør at oksygenert vann fra nedbør vil ha direkte kontakt med sensoren og øke RedOx verdien.
- 2 En gjenstand i direkte kontakt med sensorområdet fungerer som en trakt og tilfører vann direkte fra nedbør. Fra kartleggingstegningen og fotografien (Figur 4) er det ingen gjenstand som er i direkte kontakt med sensor-området.
- 3 Mulig feil i sensoren som feil rapporterer RedOx verdier.

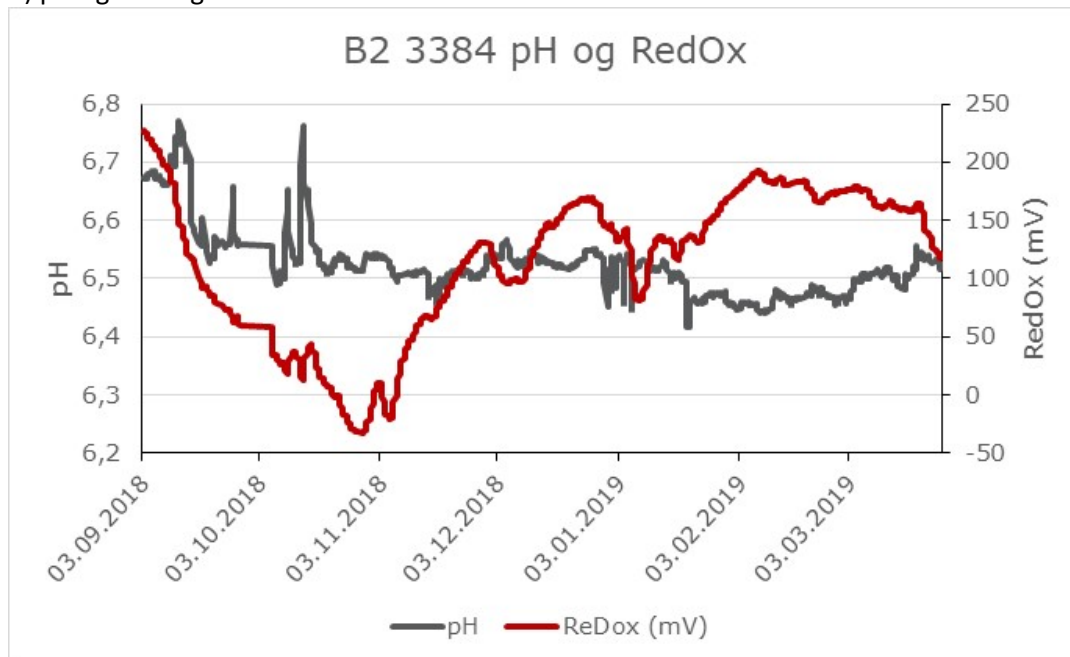
COWI har kommunisert dette med Cautus som undersøker status på sensorene i feltet. Det er ikke påvist feil i sensorene og det er mest sannsynlig at enten området rundt 3384 er mer dynamisk eller at det har oppstått en sprekke i blåleiren rundt selve sensorområdet som gjør det mye lettere for vann å få tilgang til sensorene.



a) Vanninnhold og temperatur



b) pH og ledningsevne

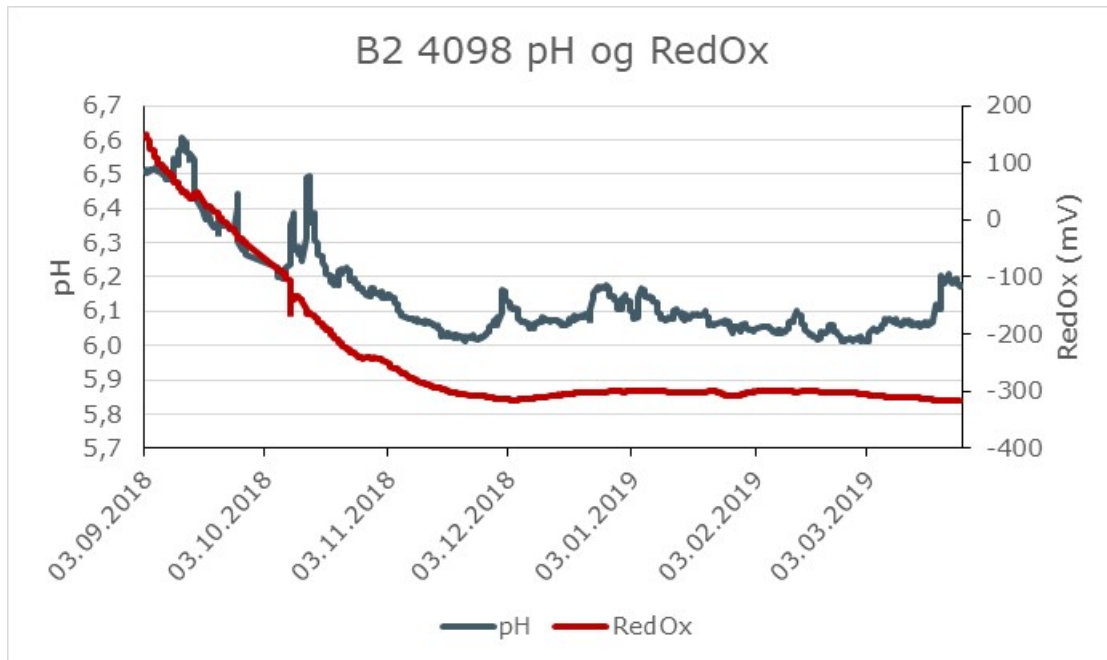


c) pH og RedOx

Figur 10. (a) Temperatur og Vanninnhold, (b) pH og ledningsevne og (c) pH og RedOx data fra Sensor 3384 i tidsperioden 3. september 2018 til 6. mars 2019.

10.2.4 B2 4098 (2,73 moh)

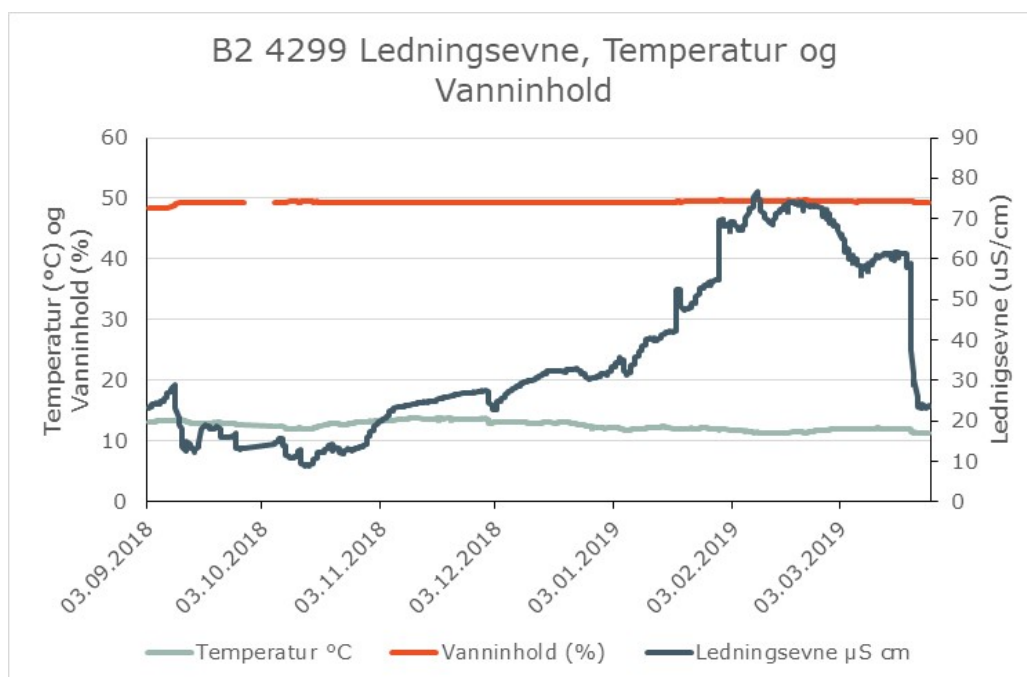
Figur 11 viser pH og RedOx data fra kontekst 4098. Begge datasett viser fallende trender. pH har falt fra omkring 6,5 i oppstarten av målingene i profilen til ca pH6 i slutten av perioden. RedOx verdier var omkring -300 mV ved slutten av perioden og viser en veldig stabil trend. Dette også viser at denne delen av kulturlaget har meget bra bevaringsforhold grunnet sterkt negative RedOx forhold.



Figur 11. pH og RedOx data fra sensor 4098 i tidsperioden 3. september 2018 til 6. mars 2019.

10.2.5 B2 4299 (2,42 moh)

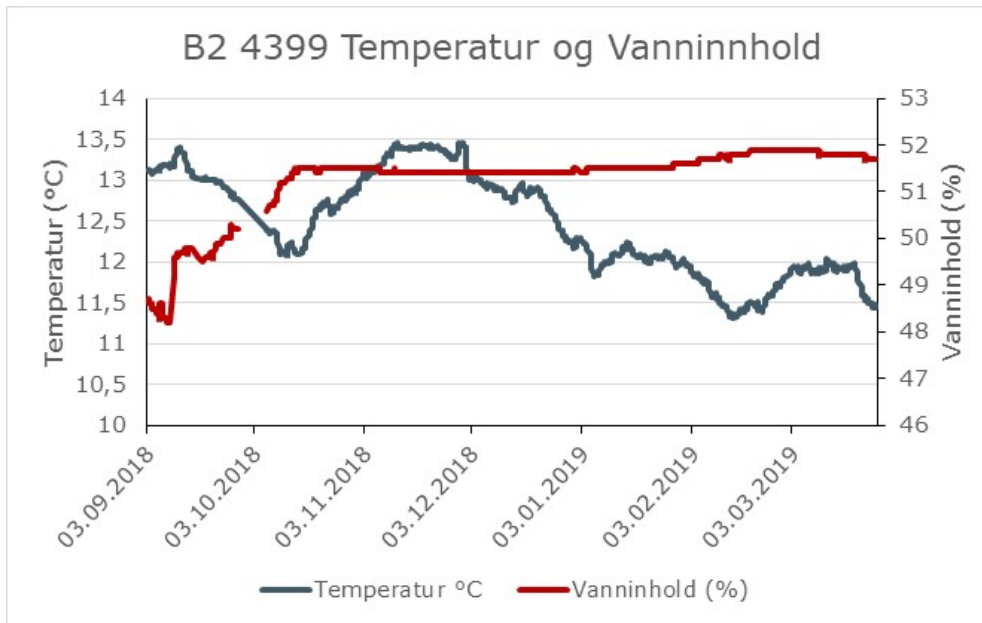
Data fra kontekst 4299 (Vanninnhold, ledningsevne og temperatur) vises i Figur 12. Vanninnhold vises rimelig stabilt på omkring 50% under måleperioden. Temperaturen på denne delen av laget variert fra ca 11 til 13,7 °C under perioden. Ledningsevne har ikke fulgt vanninnholdet og har vist noen endringer i perioder. Dette er trolig grunnet en gradvis utskiftning av vann i kulturlaget over tid.



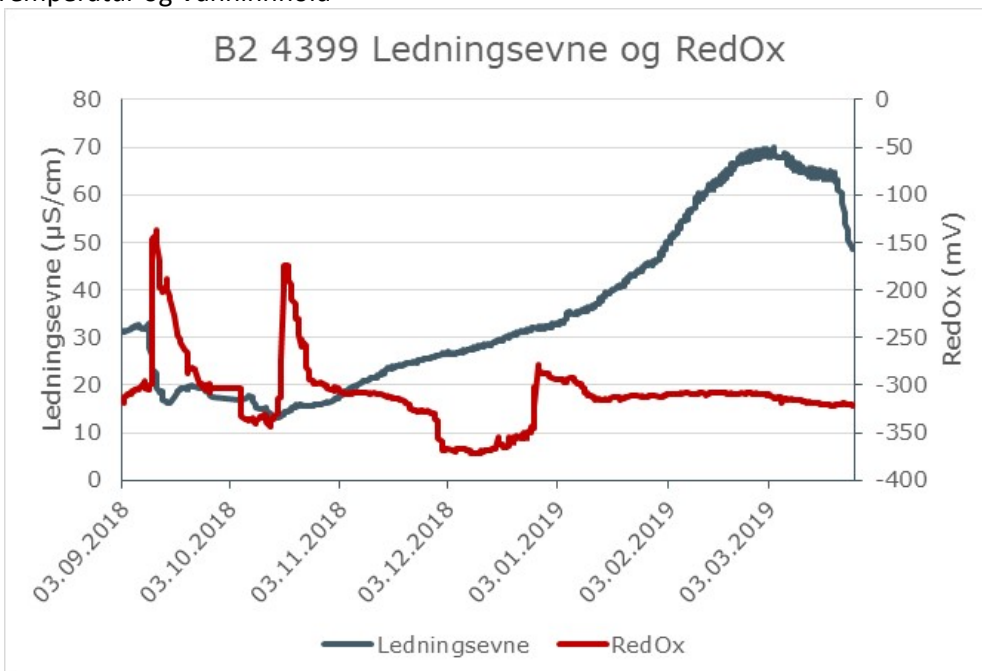
Figur 12. Vanninnhold, temperatur og ledningsevne fra sensor 4299 i tidsperioden 3. september 2018 til 6. mars 2019

10.2.6 B2 4399 (2,22 moh)

Sensor 4399 er det laveste målepunkt i B2 profilen. Data for temperatur og vanninnhold og Ledningsevne og RedOx vises i Figur 13. Temperaturen variert fra 13 til omkring 11°C. Temperaturen hadde en fallende trend over vinteren. Ledningsevne falt etter oppstart fra ca 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i starten til ca 12 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mot midten av oktober. Ledningsevne steg deretter betraktelig mot begynnelsen av mars 2019.



a) Temperatur og Vanninnhold



b) Ledningsevne og RedOx

Figur 13. (a) Temperatur og vanninnhold og (b) Ledningsevne og RedOx data for sensor 4399 i tidsperioden 3. september 2018 til 6. mars 2019

RedOx forholdene i denne delen av profilen har vært veldig lave under hele perioden med start og stopp måling på -373 og -312 mV. Under måleperioden ble det påvist 2 bratte topper i RedOx. Det er meget usikkert hva dette kan skyldes, om det var økt nedbør eller noe fysisk som har skjedd i selve profilen. Maksimum verdier målt var fremdeles negative (-140 og -175 mV), noe som viser at den mikrobielle tilstanden i kulturlaget fremdeles var meget stabil og bra.

RedOx verdier mot slutten av måleperioden viser stabile bevaringsforhold rundt sensoren med verdier på omkring -320 mV.

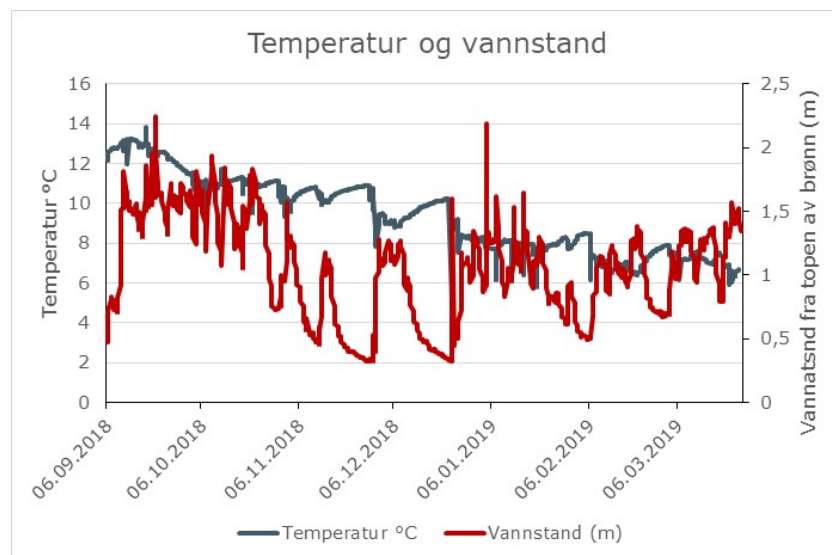
10.3 Sensordata B3

10.3.1

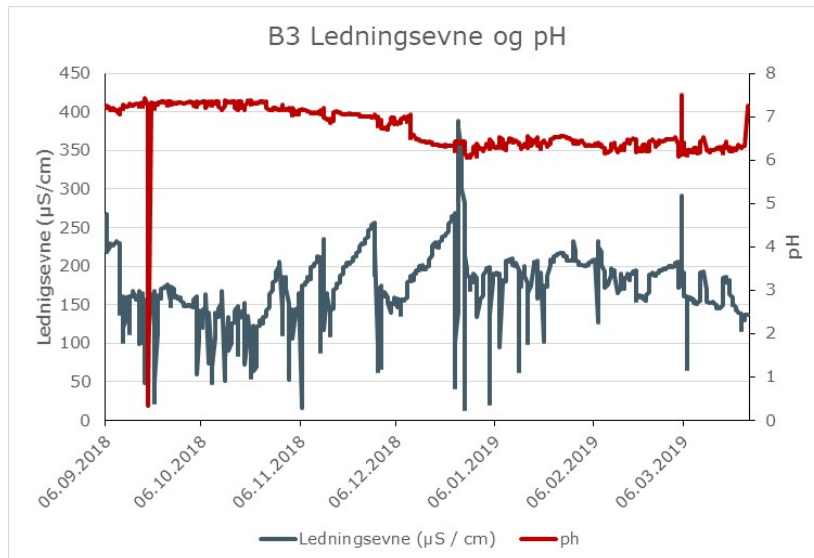
Figur 14 viser sensordata for miljøbrønn B3. Temperaturen har variert mellom 13 og 6 °C. Vannstanden har vist en variasjon mellom 0,3 og 2m fra toppen av brønnen og har omtrent fulgt nedbørsmønsteret for værstasjonen i Bergen.

Oksygenkonsentrasjonen i brønnen har vært meget varierende, fra 1 til 13% under hele måleperioden. RedOx verdiene har vist ekstrem variasjon under måleperioden og viser ingen stabilitet i vannet.

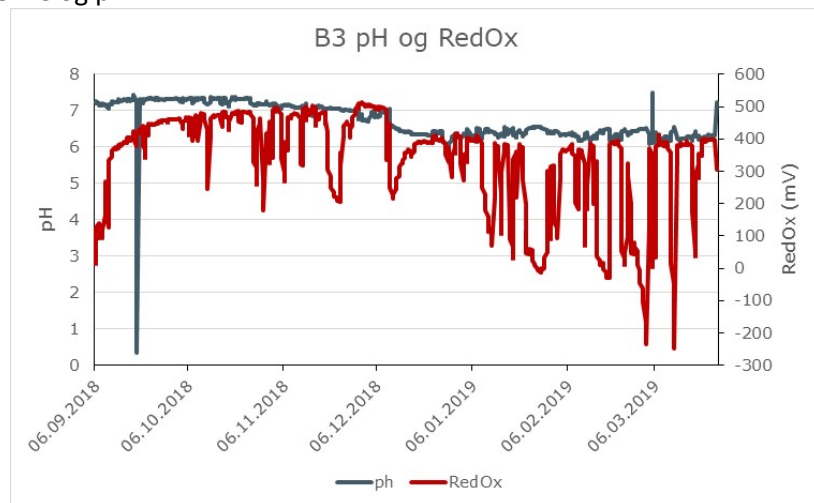
Det har vært en sprekk i brønnlokket siden oppstarten. Lokket ble erstattet den 31. januar 2019. Integritet rundt toppen av brønnen har vært bra siden da. Det er variasjoner i dataen, men det vises hovedsakelig oksidative forhold i brønnen.



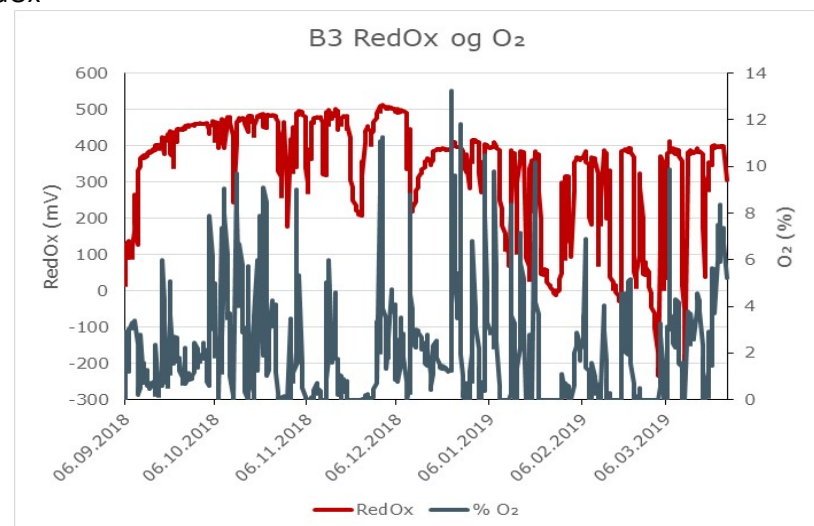
a) Temperatur og vannstand



b) Ledningsevne og pH



c) pH og RedOx



d) RedOx og O₂

Figur 14. (a) Temperatur og vannstand, (b) Ledningsevne og pH, (c) pH og RedOx og (d) RedOx og O₂ data fra miljøbrønn B3. Dataene er samlet i tidsperioden 3. september 2018 til 6. mars 2019.

11 Konklusjoner

Data fra jordprøvene og fra sensorene i overvåkingspunkt B2 viser at profilen er rimelig stabil. De fleste RedOx målinger viser gode negative verdier som indikerer bra bevaringsforhold for kulturlagene. Sensor 3384 viser muligens noe mer dynamisk forhold med positive RedOx verdier og flere endringer i vanninnholdet. Etter diskusjoner mellom COWI og Cautus konkluderes med at det sannsynligvis er økt vanninntrengning i kulturlaget som er årsaken til endringer i dataene fra kontekst 3384. Dette er muligens forårsaket av sprekker i leirdekket, som kan ha oppstått fordi ikke alle profilvegger i sjakten er dekket med leire. Dette er med på å understreke viktigheten i å gjennomføre dette relativt enkle avbøtende tiltak.

Miljøbrønn B3 viser meget varierende verdier. Det var opprinnelig mistenkt at dette hovedsakelig skyldtes en sprekke i brønnlokket. Brønnlokket ble erstattet, men det er ennå en del variasjon i verdiene. Dette må skyldes tilsig av vann fra andre områder mot brønnen.

Analyser av jordprøver fra B3 viser betydelige mengder jern, men at Fe^{2+} var under deteksjonsgrensen. Dette i tillegg til analyser av sulfid i prøvene viser negative RedOx forhold i jordtypene og dette indikerer også gode bevaringsforhold for kulturlagene, akkurat som i B2. I fire av prøvene ble det observert at store deler av jordfraksjonen hadde partikkelstørrelse < 5 mm, men organisk innhold var lavt. Dette indikerer at de fleste partikler < 5mm kommer fra sand / jordsmonn og ikke fra direkte nedbrytning av organisk innhold i lagene.

Det ser ut som om begge overvåkingspunkt ligger ganske stabilt in situ, særlig B3, men det blir interessant å følge med på overvåkingen videre.

12 Referanser

Madigan, M. T. & Martinko J. M. Brock. (2006). **Biology of Microorganisms**. 11. Ed. Pearson Prentice Hall, USA.

Standard Norge 2009. Kulturminner. Krav til miljøovervåking og -undersøkelse av kulturlag.
Norsk Standard NS9451:2009. ICS 13.020.99: 91.010.99.

13 Dokumentasjon (NIKU)

- Er i Intrasj-prosjektet Bybasen for Bergen
- 8 digitalbilder fra B2 (mobilkamera); 12 digitalbilder fra B3 (lastet inn i MUSIT sin Fotobase, både JPG- og RAW-format)
- Opplysninger om dateringsprøver er i MUSIT sin Gjenstandsbase, Bergen Museum

13.1 Fotoliste B2

Filnavn	Motiv	opptaksdato	Sett mot	fotograf	Strukturnr/objektnr
20180704_130548	B2 profil N 4314	04.07.2018	N	Vibeke Vandrup Martens	-
20180704_130556	B2 profil N 4314	04.07.2018	NV	Vibeke Vandrup Martens	-
20180705_131952	B2 profil N 4314	05.07.2018	N	Vibeke Vandrup Martens	-
20180705_132006	B2 profil N 4314	05.07.2018	N	Vibeke Vandrup Martens	-
20180705_132753	Arbeidsbilde Maiken	05.07.2018	N	Vibeke Vandrup Martens	-
20180705_133847	B2 profil N 4314	05.07.2018	NV	Vibeke Vandrup Martens	-
20180705_133859	B2 profil N 4314	05.07.2018	V	Vibeke Vandrup Martens	-
20180718_IMG_0266	B2 profil N 4314 dekket med leire	18.07.2018	NV	Per Christian Underhaug	-

Profil B2 fotos



20180704_130548



20180704_130556



20180705_131952



20180705_132006



20180705_133847



20180705_132753



20180718_IMG_0266



20180705_133859

13.2 Fotoliste B3

Filnavn	Motiv	Opptaksdato	Sett mot	Fotograf	Strukturnr/Objektnr
Bf30035_NIKU_0001.JPG	Borepunkt B-3: situasjonsbilde.	06.09.2018	ikke aktuelt	Rory Dunlop	-
Bf30035_NIKU_0002.JPG	Borepunkt B-3: lengden 3,80-2,80 moh.	06.09.2018	ikke aktuelt	Rory Dunlop	-
Bf30035_NIKU_0003.JPG	Borepunkt B-3: lengden 3,80-3,25 moh.	06.09.2018	ikke aktuelt	Rory Dunlop	-
Bf30035_NIKU_0004.JPG	Borepunkt B-3: lengden 3,35-2,80 moh.	06.09.2018	ikke aktuelt	Rory Dunlop	-
Bf30035_NIKU_0005.JPG	Borepunkt B-3: lengden 2,80-2,30 moh.	06.09.2018	ikke aktuelt	Rory Dunlop	-
Bf30035_NIKU_0006.JPG	Borepunkt B-3: lengden 2,30-1,80 moh.	06.09.2018	ikke aktuelt	Rory Dunlop	-
Bf30035_NIKU_0007.JPG	Borepunkt B-3: lengden 2,80-1,80 moh.	06.09.2018	ikke aktuelt	Rory Dunlop	-
Bf30035_NIKU_0008.JPG	Borepunkt B-3: lengden 1,80-0,80 moh.	06.09.2018	ikke aktuelt	Rory Dunlop	-
Bf30035_NIKU_0009.JPG	Borepunkt B-3: lengden 1,80-1,30 moh.	06.09.2018	ikke aktuelt	Rory Dunlop	-
Bf30035_NIKU_0010.JPG	Borepunkt B-3: lengden 1,30-0,80 moh.	06.09.2018	ikke aktuelt	Rory Dunlop	-
Bf30035_NIKU_0011.JPG	Borepunkt B-3: arbeidsbilde	06.09.2018	ikke aktuelt	Rory Dunlop	-
Bf30035_NIKU_0012.JPG	Borepunkt B-3: lengden 0,80 til -0,20 moh.	06.09.2018	ikke aktuelt	Rory Dunlop	-

Borepunkt 1021141 B-3 foto



Bf30035_NIKU_0002

Bf30035_NIKU_0003

Bf30035_NIKU_0004

Bf30035_NIKU_0005



Bf30035_NIKU_0006



Bf30035_NIKU_0007



Bf30035_NIKU_0008



Bf30035_NIKU_0009



Bf30035_NIKU_0010



Bf30035_NIKU_0012

14 Vedlegg

- 1) NIKU faktaark kulturlagssikring
- 2) Figur 4 stort format; profil i Kong Oscars gate, foto og tegning v/ NIKU. Markering av sonder v/ COWI.

14.1 NIKU faktaark kulturlagssikring

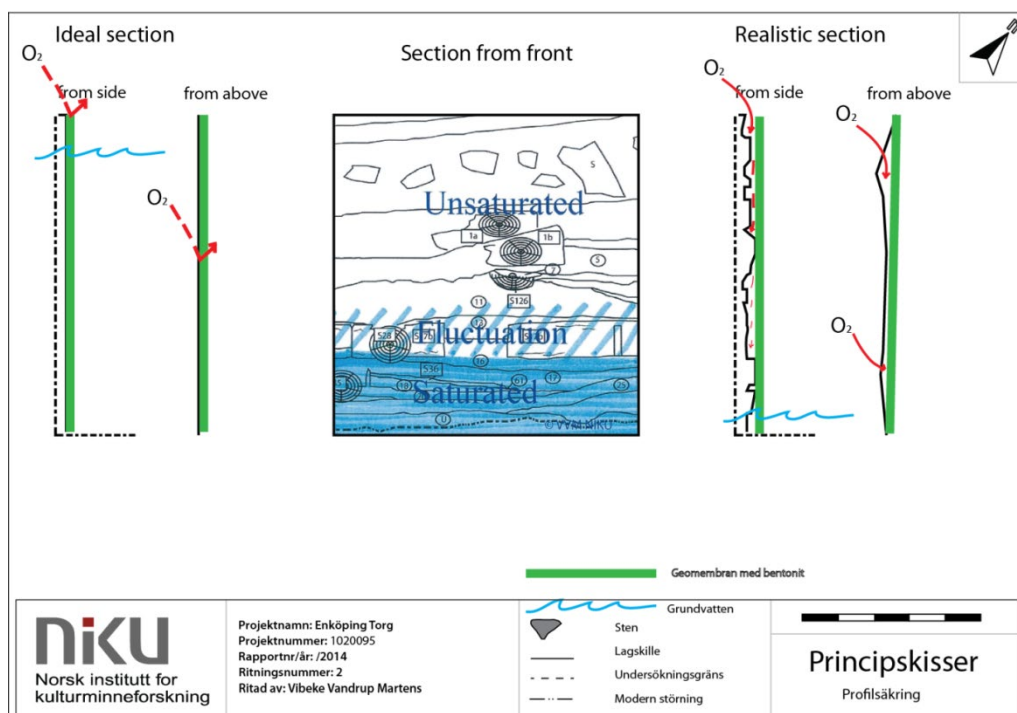
NIKU faktaark kulturlagssikring

Vibeke Vandrup Martens

Mulige metoder, vurderinger av effektivitet, tidsbruk og kostnader

Ved eksponering av arkeologiske kulturlag i profilvegger ved anleggsarbeider eller arkeologiske undersøkelser, er det viktig å huske på å sikre disse før sjaktene legges igjen. Verste nedbrytningsfaktor for organiske rester i kulturlag er oksygen (O_2), og målet med sikring er å hindre oksygen i å trenge inn i lagene. Det er i hovedsak testet og benyttet to metoder; tildekking med geomembraner med bentonitt (leirmineral); eller tildekking/innpakking av gjenstående profilvegger med et opp til 20cm (og minimum 5) tykt lag ikke-marin blåleire.

Bruk av geomembraner forutsetter helt rette og glatte profilvegger og konstant kontakt med grunnvann. Hvis membranen tørker ut, blir bentonitten til pulver igjen – og da har det ingen beskyttende effekt. Om man får tak i relativt små og fleksible geomembraner, kan det være et tidsbesparende, men ganske kostbart, tiltak. Men om ikke membranen kan holdes konstant fuktig, er det stor risiko for at oksygen kan trenge inn bak den, og da er det i beste fall bortkastet tid og penger; i verste fall mister man den arkeologi som membranen skulle beskytte.



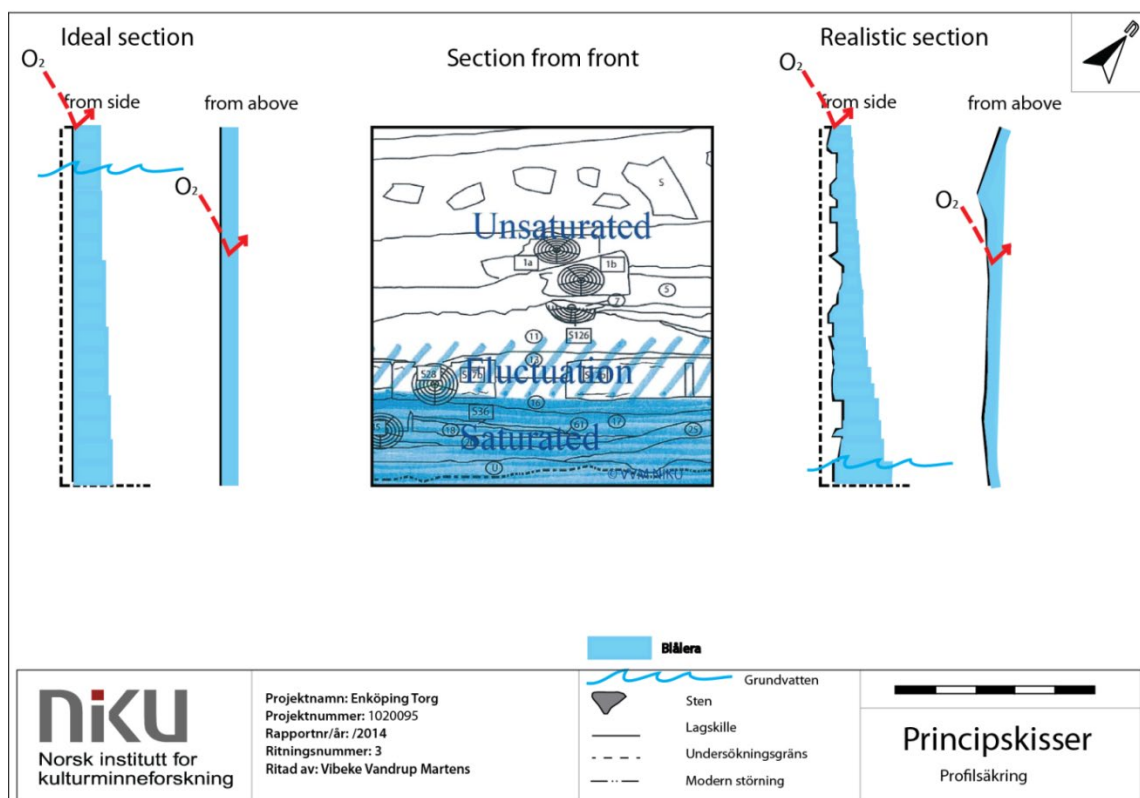
Tegning 1: En profil med pålagt geomembran. Om profilveggen er rett, og det er høy grunnvannstand, fungerer det bra. Om det er ujevne flater er det stor risiko for at oksygen kan trenge inn bak matten.

Sikreste og mest effektive alternativ blir da å legge et inntil 20cm tykt lag med ikke-marin blåleire, som presses helt inn mot og i profilveggen. På den måten unngår man at oksygen kan trenge inn, uansett hvor ujevn profilveggen måtte være, og binder fukten i jordlagene lengst mulig. Utenpå leiren kan man legge vanlig geotekstil/fiberduk og deretter fylle opp med ønsket materiale, uten å risikere at det forstyrrer fortsatt bevaring av kulturlagene.

Om det er lite plass, må man gjøre det for hånd (tungt og tidskrevende), men om man får ned en gravemaskinskuff i sjakten, kan den skyve leiren på plass inn mot profilen (under arkeologisk overvåking) – da er det en effektiv og billig metode. Sårbare områder med gjenstander eller installert overvåkingsutstyr som stikker ut av veggen må pakkes for hånd.

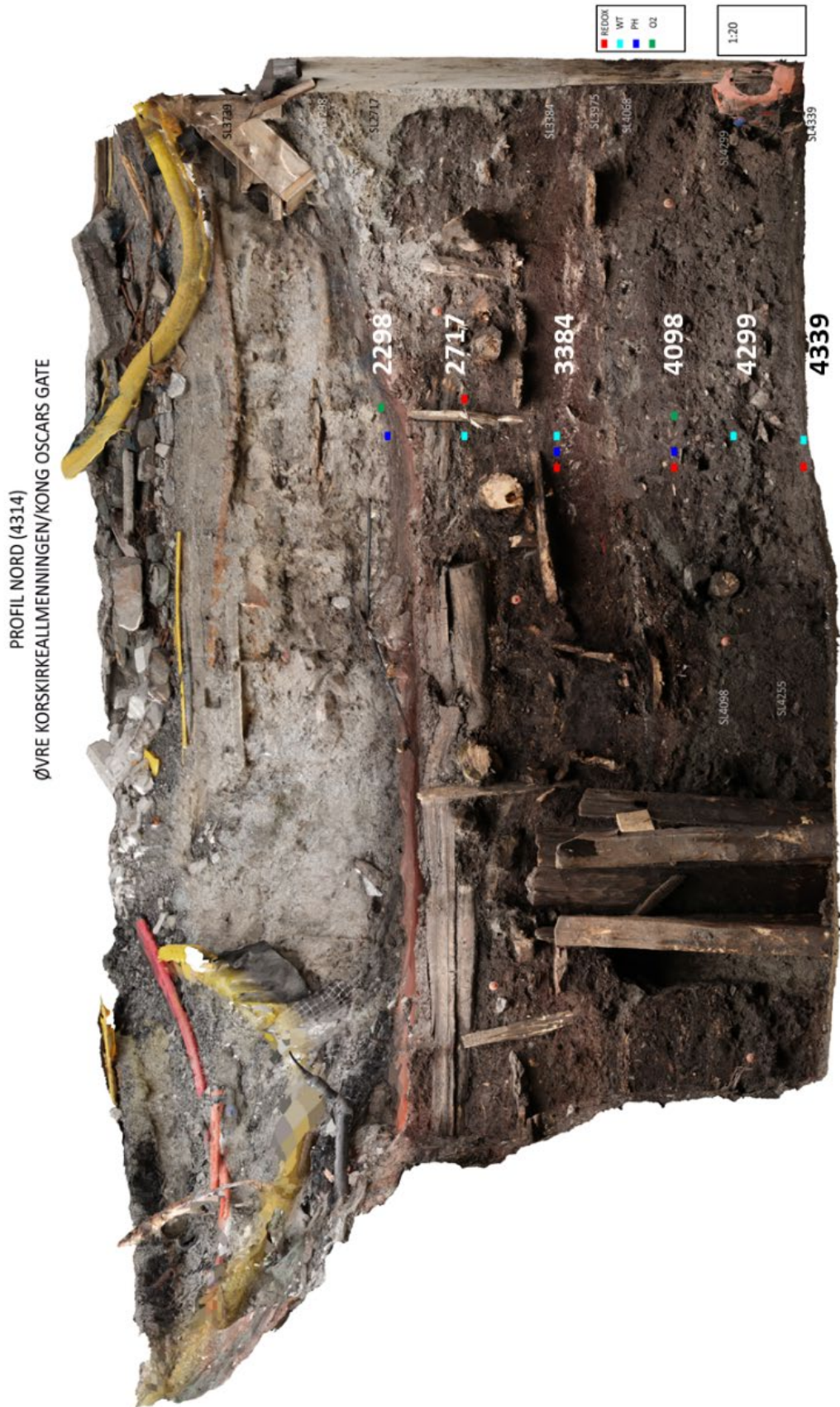
Det er viktig at leiren som brukes er ikke-marin, da marin leire inneholder sulfat som kan oksidere kulturlagene og dermed øke nedbrytningshastigheten – altså motsatt av den ønskede effekten. Leiren må være plastisk og fri for store stein – helst blåleire, men såkalt gråleire kan være et alternativ.

Leiren har den fordel at den slipper vann igjennom, men svært sakte, så kulturlagene får anledning til å suge til seg mest mulig fukt. Det er med på å bevare det organiske materialet samt sikre fremtidig bevaring – og man unngår en ikke ubetydelig sideeffekt: setningsskader på bygninger, gater og infrastruktur.

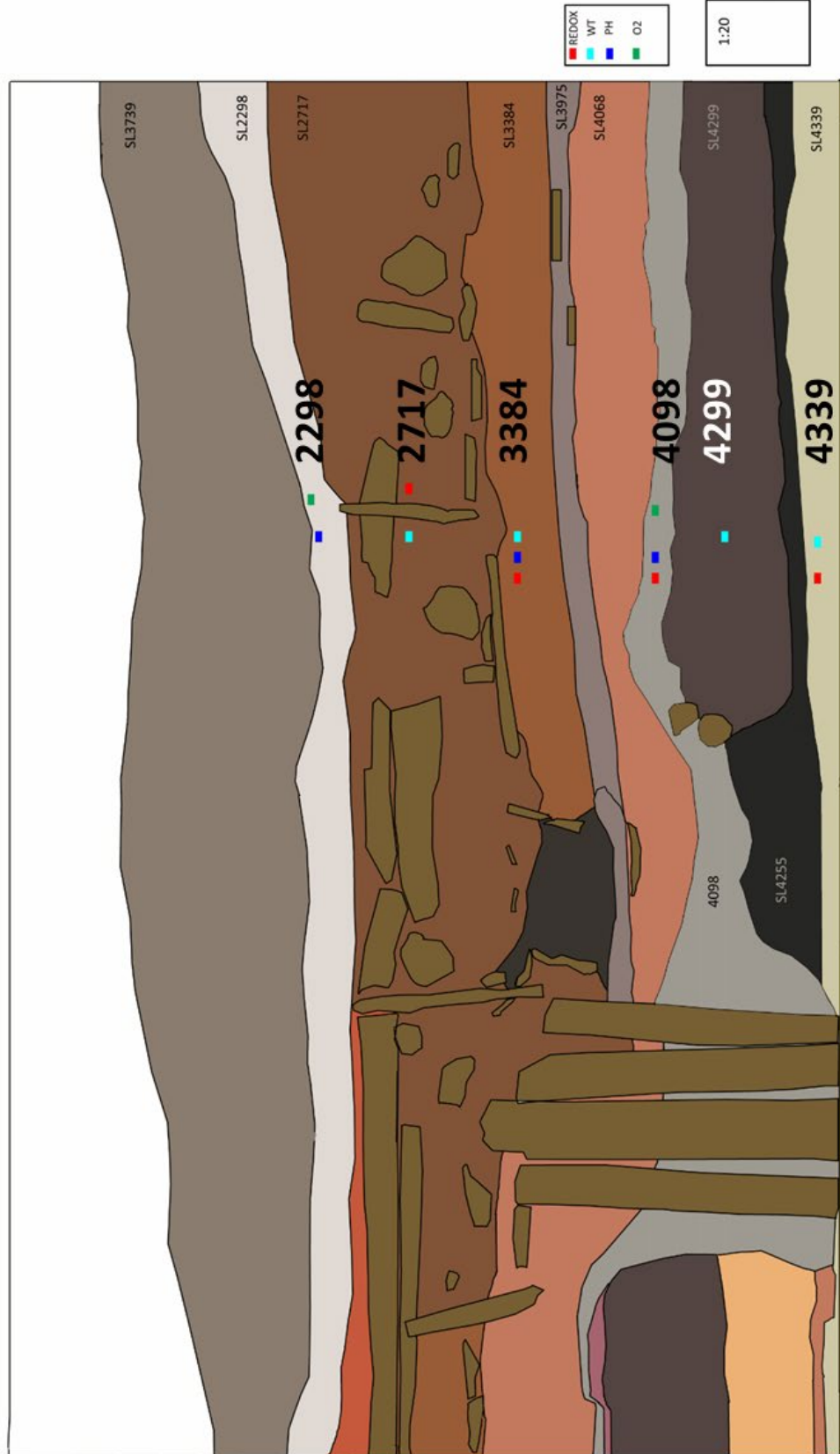


Tegning 2: En profilvegg med leire lagt helt inn til veggen og pakket inn mellom ujevnheter i overflaten.

14.2 Figur 4 stort format. Profil i Kong Oscars gate, Bergen.



PROFIL NORD (4314)
 ØVRE KORSKIRKEALLMENNINGEN/KONG OSCARS GATE



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 96
ISSN 1503-4895
ISBN 978-82-8101-240-0

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