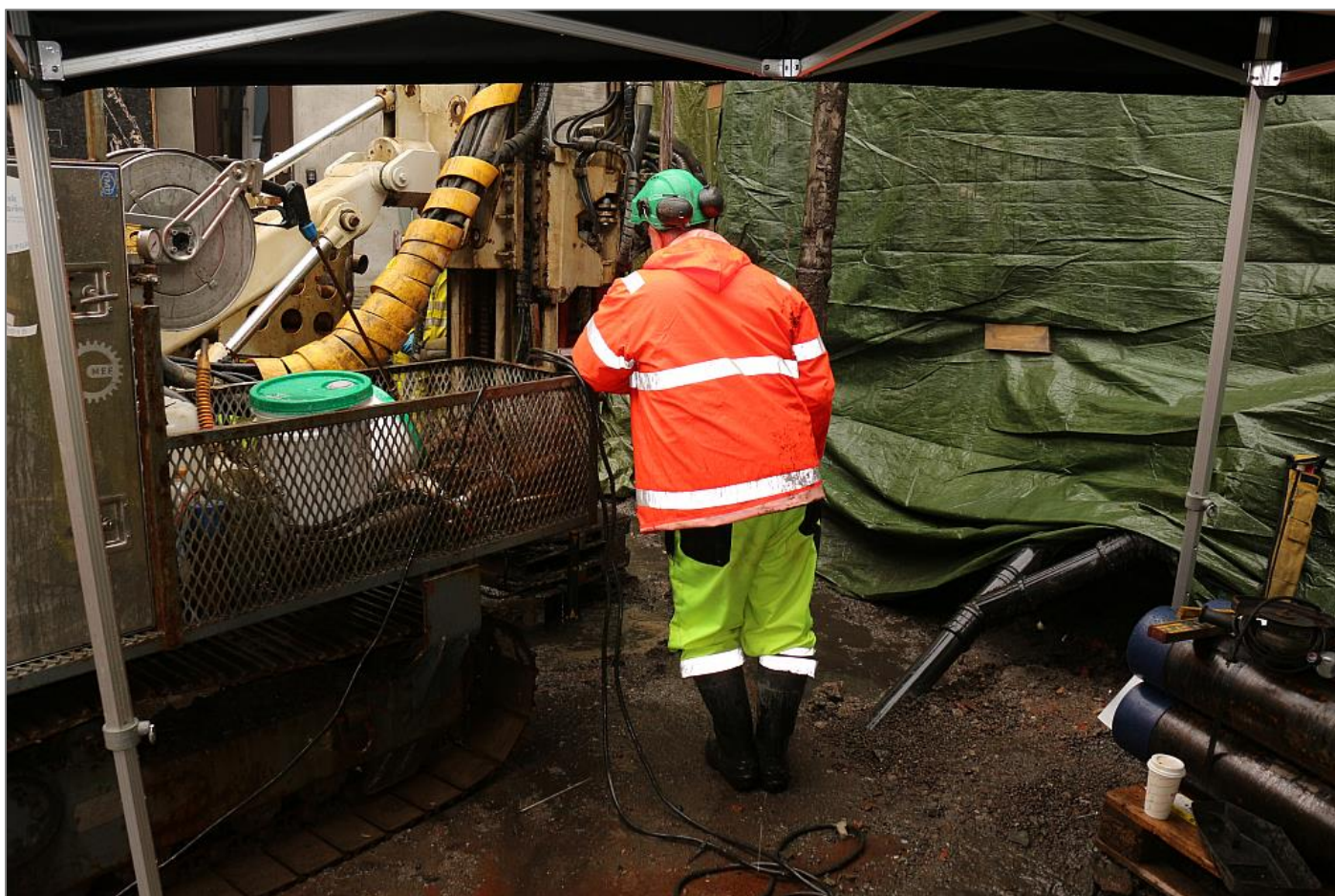


ØSTRE SKOSTREDET 2, BERGEN:

Innledende rapport, arkeologi og miljøovervåking

Dunlop, A. R., Soldal, J., Henninge, L. B. & Hind, H.





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 Østre Skostredet 2, Bergen: Innledende rapport, arkeologi og miljøovervåking	Rapporttype/nummer NIKU Rapport 182	Publiseringsdato 08.02.2023
	Prosjektnummer 1021528	Sider 34
	Avdeling Arkeologi	Tilgjengelighet Åpen
Forfatter(e) Dunlop, A. R., Soldal, J., Henninge, L. B. & Hind, H.	ISSN 2703-7797 ISBN 978-82-8101-329-2	Oppdragstidspunkt / periode utført 2020-2022
	Forsidebilde Boreriggen i gang. Dunlop, NIKU.	

Prosjektleder Dunlop, A. R.
Prosjektmedarbeider(e) ...
Kvalitetssikrer Martens, V. V., Stein B. O.

Oppdragsgiver / finansiert av Frimerkehuset Eiendom AS

<p>Sammendrag 24.9.2020 foretok en arkeolog fra NIKU distriktskontor Bergen undersøkelser i forbindelse med en naverboring for anleggelse av en miljøbrønn på tomten Østre Skostredet 2, i forkant av peling for fundamentering for nybygg. Det ble foretatt to naverboringer på tomten i 2018, og resultatene fra den seneste boringen føyde seg pent inn i det eksisterende bildet angående den arkeologiske situasjonen på tomten. Igjen var det spor etter virksomhet i Skomakergården. I borepunktet ble det anlagt en miljøbrønn, betegnet 1021528-1. Miljøbrønnen vil bli benyttet til et 5-årig miljøovervåkingsoppdrag som foretas som et samarbeid mellom NIKU, COWI AS og Cautus Geo AS. Først tidlig i juni 2021 ble det installert sensor i miljøbrønnen – dette fordi man måtte vente til etter at nybygget var oppført, slik at man fikk adgang til miljøbrønnen via en luke i nybyggets betonggulv. Samtidig ble det montert et loggerskap på vegg i teknisk rom i nybygget, med strømforsyning. Systemet med automatisk logging av miljøovervåkingsdata fungerer bra, og dataene lagres i nettportalen «Cautus Web».</p>
<p>Abstract This is the initial report on archaeological investigation and environmental monitoring at Østre Skostredet 2, which is situated in the heart of the old district of Vågsbunnen in Bergen. A monitoring well was established in September 2020 within the footprint of the new building, which has pile foundations (the preceding building was destroyed by fire). The archaeological findings show that most of the recorded deposits can be connected with activities – such as tanning – in the medieval Shoemakers' Quarter. Installation of the multiparameter sensor had to wait until June 1st, 2021, after the building was completed, due to the fact that the cabinet and power supply for the logger are located inside the building. Three soil samples and two water samples have been subjected to chemical analyses, and the report contains the results of almost 1.5 years of data from the sensor. Based on the data, the conclusion is that preservation conditions are good.</p>

<p>Emneord Vågsbunnen, miljøovervåking, branntomt, peling, naverboring, kulturlag, middelalder, Skomakergården, garving, gytje, strandsnegl</p>
<p>Keywords Vågsbunnen, environmental monitoring, piling, auger drilling, archaeological deposits, medieval, Skomakergården, tanning, gytija</p>

Avdelingsleder
Lise-Marie Bye Johansen

Nøkkelopplysninger

Saksnummer hos forvaltningsmyndighet	18/02791-15
Kulturminne-ID	89049
Lokalitetsnavn	Østre Skostredet 2
Gnr/bnr.	166/611
Adresse, kommune, fylke	Østre Skostredet 2, Bergen, Vestland
Aksesjonsnummer	2020/237
Museumsnummer	BRM1245
Intrasis-prosjektnummer	Bergen bybase
Foto-/filmnummer	Bf30051
Tilstedeværelse av automatisk fredede kulturminner	Ja
Kulturhistorisk tolkning	Middelalderske avfallslag (bl.a. garverivirksomhet) over naturavsetninger (gytje)
Askeladden	Prosjekt 391

Forord

Tiltakshaver Frimerkehuset Eiendom AS takkes for oppdraget, og COWI AS, Cautus Geo AS samt Vestnorsk Brunnboring AS for bistand i felt.

Denne rapporten er den første delen i et 5-årige miljøovervåkingsprosjekt ledet av NIKU i samarbeid med COWI AS og CautusGeo AS, i henhold til rammeavtalen MOV.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	9
2	Arkeologiske og topografiske opplysninger	9
3	Metoder.....	9
3.1	Boring og prøvetaking	9
3.2	Analyseparametere kulturlag	11
3.3	Beskrivelse av bevaringsforhold.....	11
4	Resultater fra det arkeologiske feltarbeidet.....	14
4.1	Generelle forklaringer	14
4.2	Naverboringene: observasjoner	14
4.2.1	Borepunkt 1021528-1	14
5	Datering & funn.....	16
5.1	Borepunkt 1021528-1	16
5.1.1	Karbondateringer	16
5.2	Datering: konklusjoner	16
6	Bevaringstilstand	16
7	Installasjonsrapport	17
8	Resultater av jordkjemiske analyser og bevaringsvurdering	20
9	Resultater av vannkjemiske analyser	22
10	Miljøovervåkingsdata, første år	23
11	Konklusjoner	23
12	Summary	24
13	Henvisninger	24
14	Dokumentasjon (NIKU).....	24
15	Vedlegg.....	26
15.1	Vedlegg 1: sensordata for miljøbrønnen	26
15.2	Vedlegg 2: karbondatering, resultater	28

1 Innledning

Det vises til Riksantikvarens vedtak datert 11.6.2019 (saksnummer 18/02791-15). Arkitektstudio Elfrida Bull Bene AS har på vegne av tiltakshaver Frimerkehuset Eiendom AS fått dispensasjon fra Lov om kulturminner av 9. juni 1978 (kml) for etablering av nybygg i Østre Skostredet 2, gnr. 166, bnr. 611, Bergen kommune. Nybygget skal fundamenteres på peler som bores gjennom kulturlagene og ned til fast grunn.

Riksantikvaren har vedtatt at det skal installeres en miljøbrønn i ett borepunkt (Figur 1) med logger for miljøovervåking i en sammenhengende periode før, under og etter bygging, jf. Norsk Standard NS9451:2009. Miljøovervåkingsperioden skal ha en varighet på minimum 5 år. Riksantikvaren ga NIKU distriktskontor Bergen i oppdrag av å utforme og foreta de nødvendige undersøkelsene i forbindelse med anleggelse av miljøbrønnen, i samarbeid med COWI AS og CautusGeo AS.

Formålet med oppdraget er å undersøke og registrere den arkeologiske situasjonen, blant annet bevaringstilstanden til de organiske kulturlagene, samt å få installert nødvendig miljøovervåkingsutstyr for å skaffe detaljerte opplysninger om grunnforholdene, særlig bevaringsforholdene for de organiske kulturlagene.

2 Arkeologiske og topografiske opplysninger

Det berørte området ligger innenfor det sammenhengende automatisk fredete kulturminnet kalt *Middelalderbyen Bergen*. Det ville ha vært en del av havnebassenget i indre Vågen til å begynne med, men gradvis ble bassenget fylt ut i løpet av høy- og senmiddelalderen, trolig med mye avfall fra Skomakergården, og stående bebyggelse vil ha kommet til fra et stykke ut i etterreformatorisk tid.

NIKU gjennomførte i oktober 2018 en arkeologisk forundersøkelse i forbindelse med to grunnboringer på tomten (Dunlop 2018). Undersøkelsen viste at det finnes kulturlag med en samlet tykkelse på ca. 4,3 meter, og at overgangen til middelalderske kulturlag ligger på ca. 0,4 moh. Mange av kulturlagene hadde høyt organisk innhold, og undersøkelsen viste at bevaringstilstanden til disse lagene stort sett er tilfredsstillende.

Det var da ingen tvil om at borearbeidet i Østre Skostredet 2 ville medføre konflikt med automatisk fredete kulturminner i form av kulturlag fra middelalderen. Kulturlagstykkelsen i tiltaksområdet var forventet å være på opptil seks meter.

3 Metoder

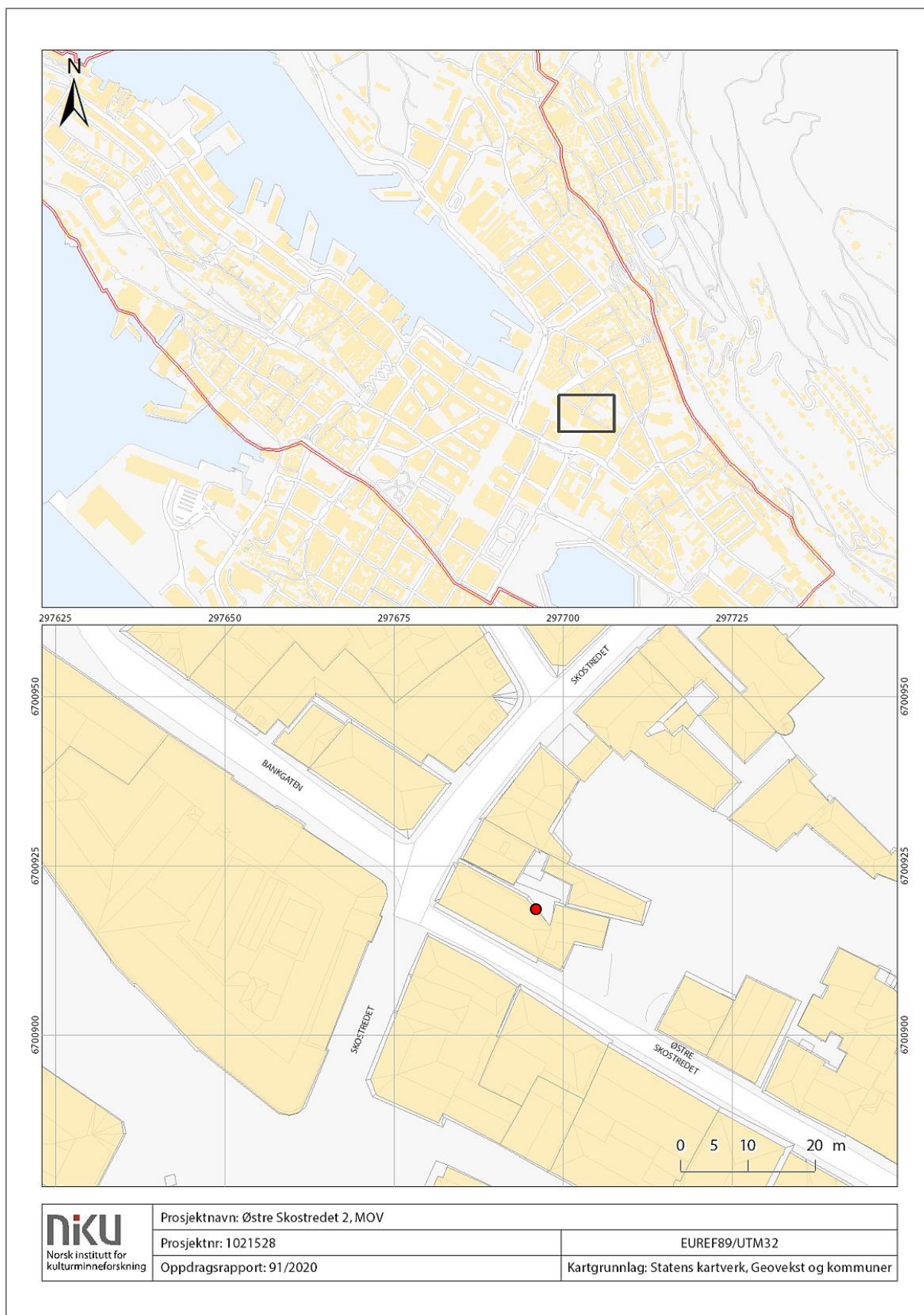
3.1 Boring og prøvetaking

Borearbeidet ble utført 24.9.2020 av Vestnorsk Brunnboring AS, med arkeolog fra NIKU distriktskontor Bergen som ansvarlig for det arkeologiske registreringsarbeidet. Boringen ble utført som naverboring med beltegående borerigg under tilsyn av arkeolog, som fortløpende gransket lengdene tatt opp med naverboret og registrerte jordlagssekvensene i henhold til Norsk Standard NS9451:2009 (Standard Norge 2009). Det ble samlet inn to prøver til karbondatering. Disse er registrert i MUSIT-systemet under museumsnummer «BRM1245». Ingen gjenstander ble samlet inn.

Det ble samlet inn materiale til tre prøver for jordkjemiske analyser. Jostein Soldal fra COWI AS var med på undersøkelsen og tok hånd om prøvene.

Innmåling av borepunktet ble foretatt av Vestafjell AS. Forkortelsen «moh» står for «meter over havet» (med utgangspunkt i referansesystemet NN2000); høyder under havnivå angis med et minustegn foran.

Monica Kristiansen førte topografiske opplysninger inn i MABYGIS.



Figur 1. Situasjonkart: miljøbrønnen er vist med rødt punkt. (Kart: NIKU)

3.2 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 redoks). I tillegg overvåkes / analyseres fuktighet og en del andre kjemiske parametere (pH og ledningsevne) for å se hvordan grunnvann kan påvirke kulturlaget.

3.3 Beskrivelse av bevaringsforhold

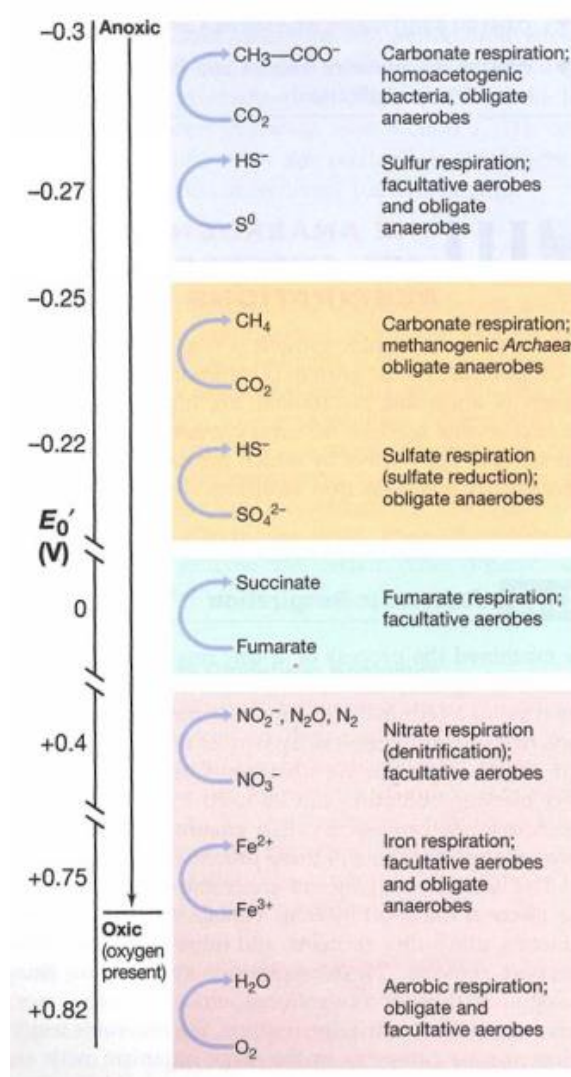
Bevaringsforhold er beskrevet etter de nevnte to sett med grunnleggende miljøparametere (S1 og S2, Norsk Standard 9451:2009). Gode bevaringsforhold for kulturlag karakteriseres av stabile kjemiske og fysiske forhold. Dette fører til at naturlige gradienter (f.eks. hydrauliske gradienter eller konsentrasjonsgradienter), 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 type mikrobielle reaksjoner dominere. Dette vises i Figur 2.

Selv om redoks i jordtypen kan indikere at jernreduksjon dominerer, vil også andre prosesser som f.eks. sulfatreduksjon og dannelse av metallsulfider forekomme. Ved lavere redoksforhold, vil karbonnedbrytning foregå langsommere. Så lenge det ikke er inntrenging av fritt oksygen, vil også korrosjon av metallgjenstander foregå langsommere.

En typisk teskje jord kan inneholde bakterier i størrelsesorden 10⁹. Bakterietypene varierer voldsomt 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 til stede (f.eks. sulfat / nitrat). Grunnvannskilden og grunnvannskjemi er derfor meget viktig i påvirkning av prosessene som foregår i kulturlag.

I naturen kan det observeres at aerobe forhold med oksygen til stede, går over til nitratreducerende forhold når alt oksygen er brukt opp dersom det er nitrat tilgjengelig. Deretter følger mangan-, jern- og sulfatreducerende forhold, før metanogene forhold, så lenge de nødvendige næringsstoffene er til stede.



Figur 2. Oppsummering av redoksforhold for mikrobiologiske prosesser. Stabile negative redoks-forhold (anoksisk forhold) gir de beste bevaringsforholdene for kulturlag (Madigan & Martinko, 2006).

Under metanogene forhold observeres langsom nedbrytning av organisk materiale, og mindre korrosjon av metallgjenstander. Korrosjon under slike forhold forårsakes av sulfid-dannelse og oksidasjon 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 2 (Madigan & Martinko, 2006).

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 parameter 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 oksidative og at mikroorganismene bruker oksygen til å bryte ned organisk materiale. Tabell 2 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 redoksforhold og bevaringsgrad i kulturlag.

Relativ konsentrasjon					Dominerende prosess	Redoks (mv)	Bevaringsgrad
NO ₃	NH ₄	S ²⁻	Fe (II)	Fe (III)			
Lav	Lav	Lav	Lav	Høy	Oksidasjon	200	Elendig
Høy	Lav	Lav	Lav	Høy	Nitratreduksjon / Oksidasjon	100	Dårlig
Høy	Lav	Lav	Høy	Lav	Nitratreduksjon / Jernreduksjon	0	Middels
Lav	Lav	Lav	Høy	Lav	Jernreduksjon	-100	Middels
Høy	Høy	Høy	Middels	Lav	Nitratreduksjon / Sulfatreduksjon	-200	Bra
Lav	Høy	Høy	Middels	Lav	Sulfatreduksjon	-270	Bra
Lav	Høy	Høy	Høy	Lav	Sulfatreduksjon / Metanogenese	-400	Utmerket

4 Resultater fra det arkeologiske feltarbeidet

4.1 Generelle forklaringer

Resultatene er presentert hovedsakelig i tabellform, og da kan det trengs et par forklaringer. Nummerering av sjiktene – Bergenskontoret bruker «sjikt» istedenfor «lag» som betegnelsen for den stratigrafiske enheten i grunnboringer – er generert i dokumentasjonssystemet Intrasis. Kolonnen med overskrift «PC» inneholder angivelse av det enkelte sjiktets bevaringstilstand i henhold til SOPS-tabellen i NS9451:2009.

Værforholdene under feltarbeidet var helt forferdelige, med regn, tunge skyer og dårlig lys. Og det var visse problemer forbundet med borearbeidet:

- boreriggen som brukes av Vestnorsk Brunnboring AS er ikke helt egnet til jobben;
- borepunktet måtte flyttes ca. 0,5 meter mot nordøst på grunn av en hindring – kanskje noe moderne (kjeller?) som gikk nesten 2 meter ned fra utgangsoverflaten;
- også i det nye borepunktet ble det truffet på samme hindring; man klarte å bore igjennom det med slagbor, men så snart boret kom fordi hindringen raste boret nedover til 2,7 meter under utgangsoverflaten før borelederen fikk stoppet det (fordi det var så mye trykk på);
- Vestnorsk Brunnboring AS klarer ikke å få tak i miljøbrønnrør hvor filterdelens lengde er bare 1 meter, så her ble det brukt filterdel med lengde på 2 meter.

4.2 Naverboringene: observasjoner

Det henvises til kapittel 14 Dokumentasjon for bilder av borelengdene.

4.2.1 Borepunkt 1021528-1

Borepunktet lå forholdsvis langt oppe mot tomtens nordøstre hjørne. Punktets koordinater var N6700918,13/Ø297696,39 og den daværende overflaten av pukk/grus lå ca. 2,25 moh.

I borepunktet ble det anlagt en miljøbrønn, betegnet 1021528-1. Grå skravering indikerer sjikt som ligger helt eller delvis innenfor miljøbrønnens filter (to meters lengde).

Tabell 3. Beskrivelse av de ulike sjiktene i borepunktet i Østre Skostredet 2.

Moh fra	Moh til	Sjikt-nummer	Samme som sjiktnr.	¹⁴ C-datering/-funn/-prøver	Periode	PC	Beskrivelse av innhold
2,25	ca. -0,45	7201			Mod	DO	(Intet på boret) Steiner, så tykk hindring med steiner og moderne treverk (strimler av tre kunne ikke slites fra hverandre, så helt ferske ut, og luktet av nylig-kuttet furu) ned til ca. 0,35 moh Men når boret var kommet fordi hindringen raste boret ned til 2,7 meter under utgangsoverflaten (ca. -0,45 moh) før borelederen fikk stoppet det Fra ca. -0,45 til ca. -0,65 var det ingen jord på boret

Moh fra	Moh til	Sjikt-nummer	Samme som sjiktnr.	¹⁴ C-datering/-funn/-prøver	Periode	PC	Beskrivelse av innhold
ca. -0,65	ca. -1,15	7202		BRM1245/1 (nøtt) fra ca. -0,75 moh	AD 1214-1272	1) C3 2) C-	Vekslede partier (varierende tykkelser), løse, noe våte, umulig å dele opp enkeltvis: 1) ustrukturert, rød/-brunlig organisk oppmalt bark med en god del treflis (dårlig til bra bevarte), noen sagflis og kvist, enkelte stykker av never og bark, og en god del hasselnøttskall; ingen lærstykker; lite av mineralske komponenter, men noen få mindre steiner Sterk H ₂ S lukt (som avtok fort), sakte mørkning Middels-bra bevaringstilstand 2) våt, løs, grålig finsand med enkelte små treflis og noen få mindre steiner Ubestembar bevaringstilstand
ca. -1,15	ca. -1,45	7203		Jordprøve ØS2-1 fra ca. -1,15 til ca. -1,30 moh	Mid.	C3	Høyorganisk, uten humus Ustrukturert, halvkompekt (veldig «kornet»), løs, rødbrun oppmalt bark og ganske mange sagflis og noen små treflis (for det meste middels-bra bevarte), en del nøtteskall og noen få små stykker av never og bark; ingen lærstykker; nesten ingen mineralske komponenter Sterk H ₂ S lukt (som avtok fort), sakte mørkning Middels-bra bevaringstilstand
ca. -1,45	-1,80	7204		BRM1245/2 (kvist) fra -1,75 moh Jordprøve ØS2-2 fra -1,55 til -1,65 moh	AD 1032-1157	C4	En slags sjøbunn Kompakt, fuktig, mørkegrå, siltholdig, gytjeaktig jord med mange trestykker og en god del kvister, og stedvis en del biter av blåskjell (økende mengde med dybde) Intet tegn til lær De fleste komponentene lå vannrett; bevaringstilstanden til trevirket varierte fra dårlig til god (de fleste var god) Sterk H ₂ S lukt, ingen mørkning Bra bevaringstilstand
-1,80	-2,35	7205		Jordprøve ØS2-3 fra -2,00 til -2,10 moh	Forhistorisk (trolig)	C-	Øverste naturavsetning: sjøbunnsavsetning Forholdsvis kompakt og tørr, lysegrålig silt og finsand med noen hele og noen stykker av strandsnegl samt mange biter av blåskjell, og noen middels-bra bevarte trestykker Sterk H ₂ S lukt, ingen mørkning Ubestembar bevaringstilstand
-2,35	↓	7206			Forhistorisk (trolig)	C-	Kompakt, brun (noe rødlig), tørr gytje med noen få bra-bevarte trestykker og kvister, noen biter av blåskjell og en del hele og fragmenterte strandsnegl Middels H ₂ S lukt, ingen mørkning Ubestembar bevaringstilstand
-2,45							Naverboring avsluttet for ikke å punktere de organiske avsetningene

Den samlede kulturlagstykkelsen var på minst 1,15 meter (sjikt 7201, 7205 og 7206 er ikke tatt med).

Tolkning av sjiktene

Sjikt 7202 og 7203: materiale fra bl.a. skomaker-/garverivirksomhet

Sjikt 7204: en slags sjøbunnslag med materiale avsatt i grunt vann

Sjikt 7205: sjøbunnslag

Sjikt 7206: gytje

5 Datering & funn

Karbondateringene ble utført av 14Chrono Centre, Queen's University Belfast (se vedlegg 2).

Ingen arkeologiske gjenstander ble samlet inn.

5.1 Borepunkt 1021528-1

5.1.1 Karbondateringer

To dateringsprøver ble samlet inn.

Et hasselnøttskall (tilvekstnummer BRM1245/1, lab. ref.-nr. UB-43817) fra -0,75 moh i sjikt 7202 er datert til 812 ± 21 BP, kalibrert til AD 1214-1272 (2 sigma; medialsannsynlighet AD 1241).

Et kvistestykke (tilvekstnummer BRM1245/2, lab. ref.-nr. UB-43818) fra -1,75 moh i sjikt 7204 er datert til 953 ± 20 BP, kalibrert til AD 1032-1157 (2 sigma; medialsannsynlighet 1102).

5.2 Datering: konklusjoner

Overgangen til middelalderse kontekster ser ut til å kunne ligge i hvert fall høyere enn -0,65 moh i borepunkt 1021528-1.

6 Bevaringstilstand

Bevaringssituasjonen i den mettede sonen er stort sett tilfredsstillende. Evalueringen av bevaringstilstanden til kulturlagene presenteres i Tabell 4.

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

- man har ennå ikke kartlagt grunnvannsnivå – og det er jo kjent hvor avgjørende tilstedeværelse av grunnvann er for bevaring
- det finnes egentlig 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 er nok med til 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 4. 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.

Borepunkt 1021528-1	Moh
0	3,0 – 2,0
00000	2,0 – 1,0
00000	1,0 – 0,0
000XX	0,0 – -1,0
XXXXN	-1,0 – -2,0
NNA	-2,0 – -3,0
	-3,0 – -4,0
	-4,0 – -5,0

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

7 Installasjonsrapport

Feltnotat – Installasjon av multiparametersonde i miljøbrønnen i Østre Skostredet 2, Bergen, 1. juni 2021

Innledning

Prosjektet omfattes av COWI AS/Cautus Geo AS sin rammeavtale med NIKU. Installasjonen ble gjennomført 1. juni 2021 av Håvard Hind og Lars Krangnes med assistanse fra montører på stedet. Rory Dunlop fra NIKU distriktskontor Bergen førte tilsyn i en tidlig fase av installasjon.

Installasjon

Håvard Hind møtte først opp og ble vist veien til brønnen av montører på stedet. Denne lå i et lite teknisk rom. Det var noe grumsete væske på toppen av denne, se bildet under.



Dybden til brønnen ble målt til 4,5 meter fra toppen av det hvite miljørøret (innerste rør med lokk); grunnvann ble peilet til 1,06 meter under samme referanse. Cautus Geo foreslo å plassere kjemisensorene ca. 1 meter over bunn; NIKU ved Dunlop var enig i vurderingen.

Angivelig (ref. Rory Dunlop, NIKU) skulle det ha blitt boret en kanal inntil brønnen som signalkabelen kunne gå gjennom. Dette var ikke gjort, så en montør boret hull i siden av brønnen og en kanal hvor signalkabelen kunne føres.

Sensoren ble installert på ca. 3,5 meters dybde og festet i toppen med en M16 pakknippel. Ved sensordybden menes det her avstanden til tuppen av kjemisensorene, referanse er vist i figuren under.



Kablene ble lagt i alternerende PVC-rør og K-rør ut av brønnen, gjennom en vegg og inn i skapet montert høyt på veggen i et annet rom. Se løype i de neste tre bildene.





Sensoren ble kalibrert før installasjonsstedet ble forlatt. I tillegg ble grunnvannet peilet igjen til 1,02 m under topp miljørør klokken 16.24 lokal tid. I samme tidsrom ble det korrigerte trykket på sensoren målt til 2,438 meter vannsøyle. Dette tilsvarer en trykksensordybde på 3,458 meter under toppen av miljørøret, altså svært nært den planlagte, omtrentlige installasjonsdybden på 3,5 meter. Trykkføleren sitter noe høyere enn tuppen av kjemisensorene som var referanse for plassering, så dette må også tas i betraktning.

Oppsummerende

Arbeidet foregikk ca. mellom 09:30 til 16:30 01.06.2021 med en siste kontroll rundt 18:30.

Håvard Hind, Cautus Geo AS, 03.06.2021.

8 Resultater av jordkjemiske analyser og bevaringsvurdering

Det ble tatt ut tre jordprøver i forbindelse med boring av miljøbrønnen. Alle prøvene ble tatt fra samme koordinat (N6700918,13/Ø297696,39), men på ulike dybder. Prøvetakingen ble gjennomført av NIKU 24. september 2020, og prøvene ble lagt i rilsanposer som ble oppbevart anaerobt (ved bruk av Anaerogen-poser). Resultater av de kjemiske analysene er vist i Tabell 5.

Tabell 5. Analyseresultater fra jordprøver tatt ifm. boring av miljøbrønn. Alle analyseresultater er oppgitt per kg tørrstoff (TS).

Dybde (moh)	Prøve-ID	pH	Ledn. ($\mu\text{S/cm}$)	$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/kg)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/kg)	SO_4 (mg/kg)	Sulfid (mg/kg)	Fe^{2+} (mg/kg)	Tot-Fe (mg/kg)	Frak. <5 mm (% w/w)	Tørrstoff (%)	Glødetap (% TS)
fra -1,15 til -1,30	ØS2-1	7,2	31	31	<0,24	11	360	<1	6 700	84,6	46	29,5
fra -1,55 til -1,65	ØS2-2	8,2	110	150	2,5	28	690	<1	13 000	87	26,8	53,5
fra -2,00 til -2,10	ØS2-3	8,3	110	74	<0,21	21	770	<1	14 000	100	54	13,9

Alle tre prøvene inneholdt relativt høye konsentrasjoner av sulfid, 360-770 mg/kg TS. Stabile sulfidkonsentrasjoner indikerer negative redoksforhold og reduserende tilstand i prøvene. Total mengde sulfid som kan dannes er avhengig av tilgjengelig sulfat. Alle de tre prøvene inneholdt tilstrekkelig mengder med sulfat, og sulfidinnholdet tyder på at det er reduserende forhold i jordlagene.

Økt mengde av siktemasse < 5mm indikerer at strukturen og prøven er nedbrutt (med mindre prøven inneholder mange uorganiske eller sandpartikler). I slike sammenhenger er det viktig å vurdere organisk innhold (glødetap) av prøven i tillegg til andel siktemasse <5 mm for å illustrere mulig bevaring av organiske gjenstander i kulturlaget. Alle de tre prøvene viser innhold av finere partikler (min 84,6 %), og andelen øker jo dypere ned prøvene er hentet ut fra. I det dypeste sjiktet er hele prøven finkornet. Dette kan tyde på høy grad av nedbrytning av materiale. Prøvene viser varierende grad av organisk materiale i form av glødetap, fra 13,9 % til 53,5 %. Prøven med høyest innhold var den midtre prøven. Denne hadde 26,8 % (av TS) organisk innhold. Denne prøven hadde også høyest vanninnhold med 73,2 %.

Mye ammonium i prøven kan indikere økt mikrobiell aktivitet lokalt i jordlaget. Det kan også indikere at organiske forbindelser i kulturlaget blir raskere nedbrutt. Dette må også vurderes sammen med tilhørende nitratverdier i prøvene. Alle tre prøvene inneholdt relativt høye nivåer av ammonium, 31-150 mg/kg TS. Kun den midtre prøven inneholdt påvisbare mengder med nitrat, 2,5 mg/kg TS. Fravær av nitrat gjør også at sulfatoksidasjon blir den dominerende prosessen ved at oksygenet hentes fra sulfat. De høye ammoniumkonsentrasjonene tyder på at nitratreduksjon kan ha vært den dominerende prosessen tidligere inntil nitrat ble oppbrukt.

pH-verdiene og ledningsevne brukes til å vurdere korrosivitet lokalt i lagene. Lav pH <6 viser et mer korrosivt miljø og vil være skadelig for metallgjenstander (uorganiske innhold) i kulturlaget. Analyseresultatene viser at pH i alle prøvene er på den basiske siden. Ledningsevnen er også relativt lav og ligger på 31-110 $\mu\text{S/cm}$.

Dersom det observeres en del toverdigg jern (Fe^{2+}) i prøvene, indikerer det stabile forhold for metallgjenstander i kulturlaget. Det skyldes ofte større forekomster av jern i kulturlagene grunnet sakte korrosjon av jern fra kulturlaget og opprinnelig bergart i grunn. Ingen av jordprøvene som ble analysert inneholdt toverdigg jern, dvs. innholdet var <1 mg/kg TS. Derimot viser alle prøvene relativt høyt innhold av totalt jern (6700-14000 mg/kg TS). Dette indikerer at mesteparten av jernet enten er bundet som mineraljern, sulfider eller treverdige jernoksider.

Det er ingen fastsatte grenseverdier for analytiske parametere og bevaringsgraden i kulturlaget. Dette er derfor basert på vurdering av de ovennevnte parametere og hvordan de er i forhold til hverandre, jmfør Tabell 2.

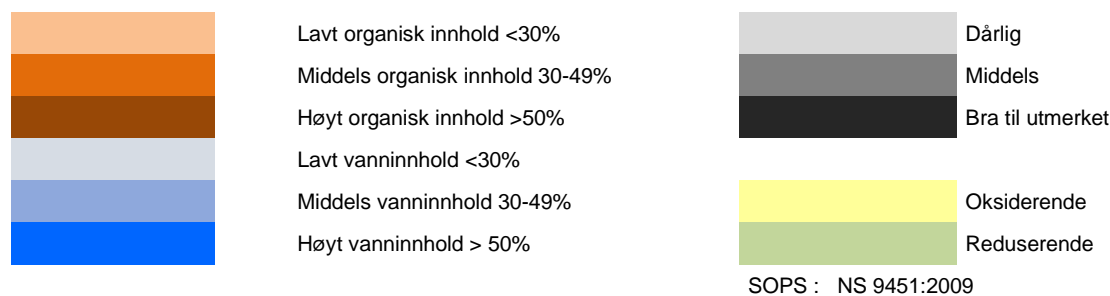
Bevaringsvurderingen i Tabell 6 er kun basert på de prøvene som er tatt, og er derfor kun et øyeblikksbilde for de ulike dybdene for det tidspunktet da prøvene ble tatt.

For bevaringsvurdering av organisk materiale er det lagt spesielt vekt på nitrat, ammonium, partikkelstørrelse, organisk innhold og sulfid.

For bevaringsvurdering av uorganisk materiale er det lagt spesielt vekt på sulfid, jern, ledningsevne og pH.

Tabell 6. Bevaringsvurdering av jordprøver Østre Skostredet 2 i Bergen tatt 24.9.2020.

Prøve-ID	Organisk innhold (% av TS)	Vanninnhold (%)	Sulfid (mg/kg)	pH	Ledn. µS/cm	Bevaring			
						Organisk materiale	Uorganisk materiale	Redoks	Arkeologisk tilstand
ØS2 - 1	29,5	54	360	7,2	31	Middels/dårlig	Bra	Red.	C3
ØS2 - 2	53,5	73,2	690	8,2	110	Middels	Bra	Red.	C3
ØS2 - 3	13,9	46	770	8,3	110	Middels/dårlig	Bra	Red.	C3



9 Resultater av vannkjemiske analyser

Det ble tatt én vannprøve i juni 2021 og én i oktober 2022. Prøvene ble analysert for ulike parametere som vist i Tabell 7. Det ble ikke påvist sulfid i prøvene, men det var tilstrekkelig med sulfat tilstede som vil kunne reduseres til sulfid under gitte forutsetninger i 2021. Nivået i 2022 var betydelig lavere, noe som kan tyde på at det har skjedd en sulfatreduksjon mellom de to prøvetakingene. Det forutsetter fravær av oksygen og at redoksf forholdene er tilstrekkelig lave for at sulfat skal reduseres til sulfid. Oksygen og redoks ble ikke målt. Sulfatinnholdet var redusert fra 13,1 mg/l til 0,32 mg/l fra 2021 til 2022. Siden sulfid er en veldig flyktig gass, kan også noe av eventuelt tilstedeværende sulfid forsvinne i forbindelse med prøvetakingen når vannet pumpes opp. Risikoen for dette ble minimert ved at prøvene gikk direkte i prøveflaskene med konserveringsvæske. pH viser at prøven ligger på den basiske siden av nøytralt, dvs. 7,4. Dette gjør at eventuell sulfid tilstede vil kunne foreligge både som H₂S (ca 30%) og som HS⁻ (ca 70%). Gassformen H₂S vil være mer flyktig, mens HS⁻ ikke er det.

Vannprøven i 2021 inneholdt 160 µg/l i form av nitrat (NO₃-N). Denne var sunket til ikke-detekterbare nivåer i 2022 (>5,0 µg/l). Tilstedeværelse av nitrat vil kunne virke negativt inn på bevaringsforholdene. Prøvene endret også konsentrasjon av ammonium fra 5,2 mg/l i 2021 til 11,0 mg/l (NH₄-N) i 2022, noe som tyder på at det har foregått en oksidasjon av f.eks. nitrat eller nitritt med endepunkt ammonium.

Ortofosfat er den løste, reaktive fraksjonen av fosfater. Denne har sunket betraktelig fra 2021 til 2022, fra 140 µg/l til 3,7 µg/l.

Endringene av de oksygenholdige næringsstoffene nitrat, sulfat og ortofosfat kan tyde på at det har vært oksygenfattige forhold som har gjort at oksygen isteden er hentet fra disse forbindelsene (nitrat, sulfat og fosfat inneholder oksygen som bakterier eventuelt kan benytte seg av når det er lite O₂ til stede). Dette burde gi utslag i tilstedeværelse av sulfid, men trolig har ikke redokspotensialet vært lavt nok.

Tiden mellom de to prøvetakingene viste også en økning i konduktivitet og alkalitet. Dette kan tyde på en innlekking av saltholdig vann (mest sannsynlig infiltrasjon av saltholdig terrengvann, til grunnvann), eventuelt at mineraler har blitt utløst fra grunnen eller objekter som befinner seg i jorden. Det er en økning i magnesium, mangan og kalsium. På den andre siden har konsentrasjonen av klorid og jern sunket.

Prøvene ble også filtrert og analysert for metaller. Det var noe løst jern tilstede. Nivået er omtrent halvert i perioden mellom de to prøvetakingene. Tilsvarende er mangan og magnesium omtrent doblet i verdi.

Det var ingen signifikante endringer for pH, kalium og natrium.

Tabell 7. Resultater fra vannkjemiske analyser av vannprøver fra Østre Skostredet 2 i Bergen. Prøver tatt i juni 2021 og oktober 2022. Endringer fra prøven tatt i 2021 til prøven i 2022 er merket med lakserødt ved synkende verdi og grønt ved økende verdi.

	Prøvenavn	Østre Skostredet 2 - V	ØS2	Endring
	Prøvetakingsdato	11.6.2021	21.10.2022	
Parameter	Enhet			
pH		7,4	7,3	
Alkalitet	mmol/l	4,7	7,97	
Klorid (Cl)	mg/l	19	12	
Sulfat (SO ₄)	mg/l	13,1	0,32	
Ortofosfat-P	µg/l	140	3,7	
Ammonium (NH ₄ -N)	µg/l	5 200	11 000	
Nitrat (NO ₃ -N)	µg/l	160	<5,0	
Jern (Fe), filtrert	µg/l	26	9,7	
Kalium (K), filtrert	mg/l	11	11	
Magnesium (Mg), filtrert	mg/l	3,9	6,2	
Mangan (Mn), filtrert	µg/l	200	510	
Natrium (Na), filtrert	mg/l	12	12	
Kalsium (Ca), filtrert	mg/l	92	130	
Konduktivitet ved 25°C	mS/m	54,4	73,6	
	µS/cm	544	736	
Sulfid	mg/l	< 0,04	< 0,04	

10 Miljøovervåkingsdata, første år

I kapittel 15 er grafene fra sensormålinger vist fra installasjon i juni 2021 og frem til desember 2022.

Vannstanden har i hele perioden ligget på 2,3 – 3,0 m over sensoren.

Redoksmålingene viser at det stort sett i hele perioden har vært reduktive forhold på nivåer der sulfid kan dannes. Målingene viser stort sett lavere enn -400 mV, men det har vært enkelte målinger underveis der redoksforholdet har vært økende. Høyeste verdi som er målt, har aldri vært over -71 mV. Det tyder på at det ikke er oksygen tilstede ved sensoren. Oksygenmålingene viser stort sett ikke-detekterbare nivåer, med to unntak: 16.2.2022 og 24.5.2022. Tidspunktet for disse samsvarer med tidspunkt da redoksforholdene har økt. Det førstnevnte tilfellet stammer fra kalibrering av utstyret. Det sistnevnte tilfellet kan ikke forklares uten videre, men produsenten av sensoren påpeker at oksygenmetningen fortsatt var veldig lav – 0,3 % i det største utslaget – noe som fortsatt generelt er ansett som anoksiske forhold. I denne skalaen kan ganske små endringer gi utslag som ser dramatiske ut.

pH-målingene har holdt seg i området 6,9 til 7,7 i hele perioden. Det har kun vært målt én uteligger på 8,6. Dette kan være en feilmåling. pH er innenfor ønsket område mht. bevaringsforholdene.

Ledningsevnen har vært varierende, med høyeste verdier målt på vinteren, opp mot 1120 µS/cm, og ned mot 400 µS/cm om sommeren.

Totalt sett viser sensordataene gode bevaringsforhold.

11 Konklusjoner

Den arkeologiske undersøkelsen har konstatert at automatisk fredete kulturminner er til stede i området i et stort omfang. Undersøkelsen har dermed bidratt med brukbare supplerende opplysninger om det arkeologiske bildet samt naturtopografien i nærområdet.

Miljøbrønnen 1021528-1 vil bli benyttet til et 5-årig miljøovervåkingsoppdrag som foretas som et samarbeid mellom NIKU, COWI AS og Cautus Geo AS. Først tidlig i juni 2021 ble det installert sensor

i miljøbrønnen – dette fordi man måtte vente til etter at nybygget var oppført, slik at man fikk adgang til miljøbrønnen via en luke i nybyggets betonggulv. Samtidig ble det montert et loggerskap på vegg i teknisk rom i nybygget, med strømforsyning. Systemet med automatisk logging av miljøovervåkingsdata fungerer bra, og dataene lagres i nettportalen «Cautus Web».

Det første året med loggføring av bevaringsforholdene viser gode resultater. Dette samsvarer også med de jord- og vannprøvene som er tatt.

12 Summary

On September 24th, 2020, an archaeologist from the Bergen office of the Norwegian Institute for Cultural Heritage Research (NIKU) investigated an auger drilling carried out on the property Østre Skostredet 2, Vågsbunnen, Bergen. The drilling has provided supplemental information regarding the immediate area's archaeology and natural topography, as well as concerning the state of preservation of the organic-rich deposits that were encountered.

A monitoring well was installed in the borehole, and environmental monitoring of the deposits will be carried out over a period of not less than five years.

The first year of logging shows good results – that preservation conditions are quite satisfactory. This is supported by results of analysis of the soil and water samples that have been collected.

13 Henvisninger

Dunlop, A.R. 2018. Østre Skostredet 2, Bergen: Arkeologisk undersøkelse av to naverboringer. – NIKU Oppdragsrapport 112/2018.

Johannessen, L. & Eriksson, J.-E.G., 2015. Faglig program for middelalderarkeologi. Byer, sakrale steder, befestninger og borger. Riksantikvaren.

Madigan, M.T. & Martinko J. M. (2006). Brock 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.

14 Dokumentasjon (NIKU)

- Kontekst- og prøveregistreringer finnes i Intrasis-prosjektet Bybasen for Bergen
- 7 digitalbilder (lastet inn i MUSIT sin Fotobase, både JPG- og RAW-format)
- Opplysninger om dateringsprøvene er i MUSIT sin Gjenstandsbase, Bergen Museum

Fotoliste

Filnavn	Motiv	Opptaksdato	Sett mot	Fotograf	Struktur/Objekt
Bf30051_NIKU_0001.JPG	Oversiktsbilde	24.09.2020	-	Rory Dunlop	-
Bf30051_NIKU_0002.JPG	Borepunkt 1021528-1: lengden fra -0,45 til -1,45 moh	24.09.2020	-	Rory Dunlop	-
Bf30051_NIKU_0003.JPG	Borepunkt 1021528-1: lengden fra -0,45 til -1,00 moh	24.09.2020	-	Rory Dunlop	-
Bf30051_NIKU_0004.JPG	Borepunkt 1021528-1: lengden fra -0,95 til -1,45 moh	24.09.2020	-	Rory Dunlop	-
Bf30051_NIKU_0005.JPG	Borepunkt 1021528-1: lengden fra -1,45 til -2,45 moh	24.09.2020	-	Rory Dunlop	-
Bf30051_NIKU_0006.JPG	Borepunkt 1021528-1: lengden fra -1,45 til -1,95 moh	24.09.2020	-	Rory Dunlop	-
Bf30051_NIKU_0007.JPG	Borepunkt 1021528-1: lengden fra -1,90 til -2,45 moh	24.09.2020	-	Rory Dunlop	-

14.1 Foto borepunkt 1021528-1

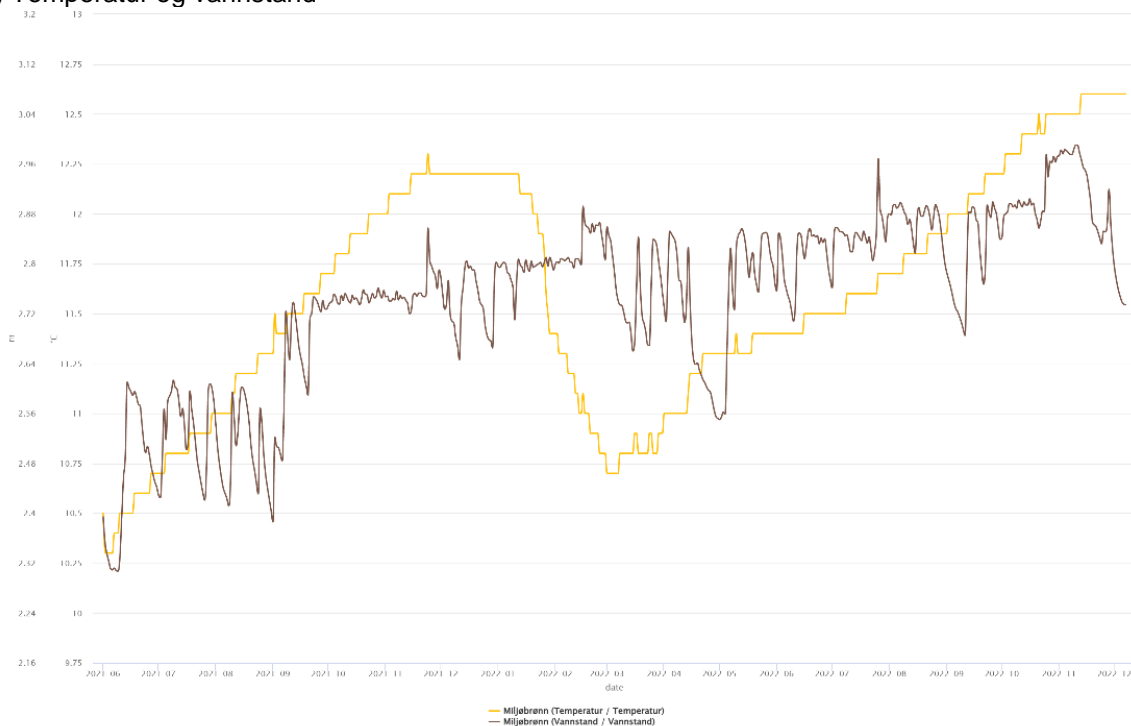


15 Vedlegg

15.1 Vedlegg 1: sensordata for miljøbrønnen

Under vises miljøovervåkingsdata fra installasjon og frem til desember 2022. Dataene er hentet fra Cautus Web og vises som døgngeneraliserte verdier (4 målinger per døgn).

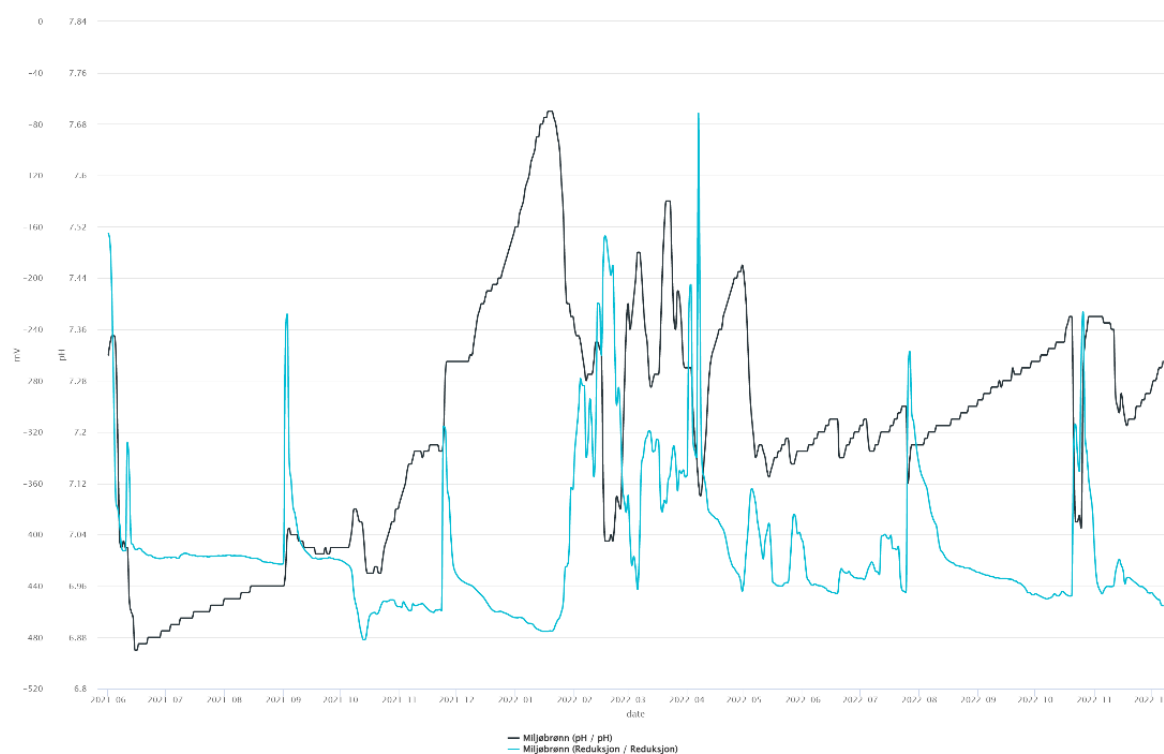
a) Temperatur og vannstand



b) Ledningsevne og pH



c) pH og redoks



d) Redoks og O₂



15.2 Vedlegg 2: karbondatering, resultater

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 182

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

UBANo	Sample ID	Material Type	¹⁴ C Age	±	F14C	±	mg Graphite
UBA-43817	BRM1245/1	Hazelnut	812	21	0.9039	0.0024	1.200
UBA-43818	BRM1245/2	Twig	953	20	0.8881	0.0022	1.200

Karoline Myhrvold
NIKU
Postboks 736 Sentrum
0105 Oslo
Norway



¹⁴CHRONO Centre
Queens University Belfast
42 Fitzwilliam Street
Belfast BT9 6AX
Northern Ireland

Radiocarbon Date Certificate

Laboratory Identification: UBA-43817
Date of Measurement: 2020-11-18
Site: Østre Skostredet 2
Sample ID: BRM1245/1
Material Dated: seed or nutshell
Pretreatment: AAA
mg Graphite: 1.200
Submitted by: Rory Dunlop

Conventional ¹⁴ C	
Age:	812±21 BP
Fraction	using AMS
corrected	δ ¹³ C

Karoline Myhrvold
NIKU
Postboks 736 Sentrum
0105 Oslo
Norway



¹⁴CHRONO Centre
Queens University Belfast
42 Fitzwilliam Street
Belfast BT9 6AX
Northern Ireland

Radiocarbon Date Certificate

Laboratory Identification: UBA-43818
Date of Measurement: 2020-11-18
Site: Østre Skostredet 2
Sample ID: BRM1245/2
Material Dated: wood
Pretreatment: AAA
mg Graphite: 1.200
Submitted by: Rory Dunlop

Conventional ¹⁴ C	
Age:	953±20 BP
Fraction	using AMS
corrected	δ ¹³ C

Marine samples will require re-calibration with the marine calibration curve

2

RADIOCARBON CALIBRATION PROGRAM* CALIB REV8.2

Copyright 1986-2020 M Stuiver and PJ Reimer

*To be used in conjunction with:

Stuiver, M., and Reimer, P.J., 1993, Radiocarbon, 35, 215-230.

UBA-43817

43817

Radiocarbon Age BP 812 +/- 21

Calibration data set: intcal20.14c

% area enclosed cal AD age ranges

Reimer et al. 2020

relative area under
probability distribution68.3 (1 sigma) cal AD 1222- 1233
1239- 1260

0.344

0.656

95.4 (2 sigma) cal AD 1214- 1272

1.000

Median Probability: 1241

UBA-43818

43818

Radiocarbon Age BP 953 +/- 20

Calibration data set: intcal20.14c

% area enclosed cal AD age ranges

Reimer et al. 2020

relative area under
probability distribution68.3 (1 sigma) cal AD 1038- 1048
1082- 1131
1139- 1150

0.159

0.670

0.171

95.4 (2 sigma) cal AD 1032- 1053

0.184

0.021

1061- 1067
1075- 1157

0.795

Median Probability: 1102

References for calibration datasets:

Reimer P, Austin WEN, Bard E, Bayliss A, Blackwell PG, Bronk Ramsey C, Butzin M, Edwards RL, Friedrich M, Grootes PM, Guilderson TP, Hajdas I, Heaton TJ, Hogg A, Kromer B, Manning SW, Muscheler R, Palmer JG, Pearson C, van der Plicht J, Reim Richards DA, Scott EM, Southon JR, Turney CSM, Wacker L, Adolphi F, BÄntgen U, Fahrni S, Fogtmann-Schulz A, Friedrich R, KÄhler P, Kudsk S, Miyake F, Olsen J, Sakamoto M, Sookdeo A, Talamo S. 2020.

The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kB Radiocarbon 62. doi: 10.1017/RDC.2020.41.

Comments:

* This standard deviation (error) includes a lab error multiplier.

** 1 sigma = square root of (sample std. dev.^2 + curve std. dev.^2)

** 2 sigma = 2 x square root of (sample std. dev.^2 + curve std. dev.^2)

where ^2 = quantity squared.

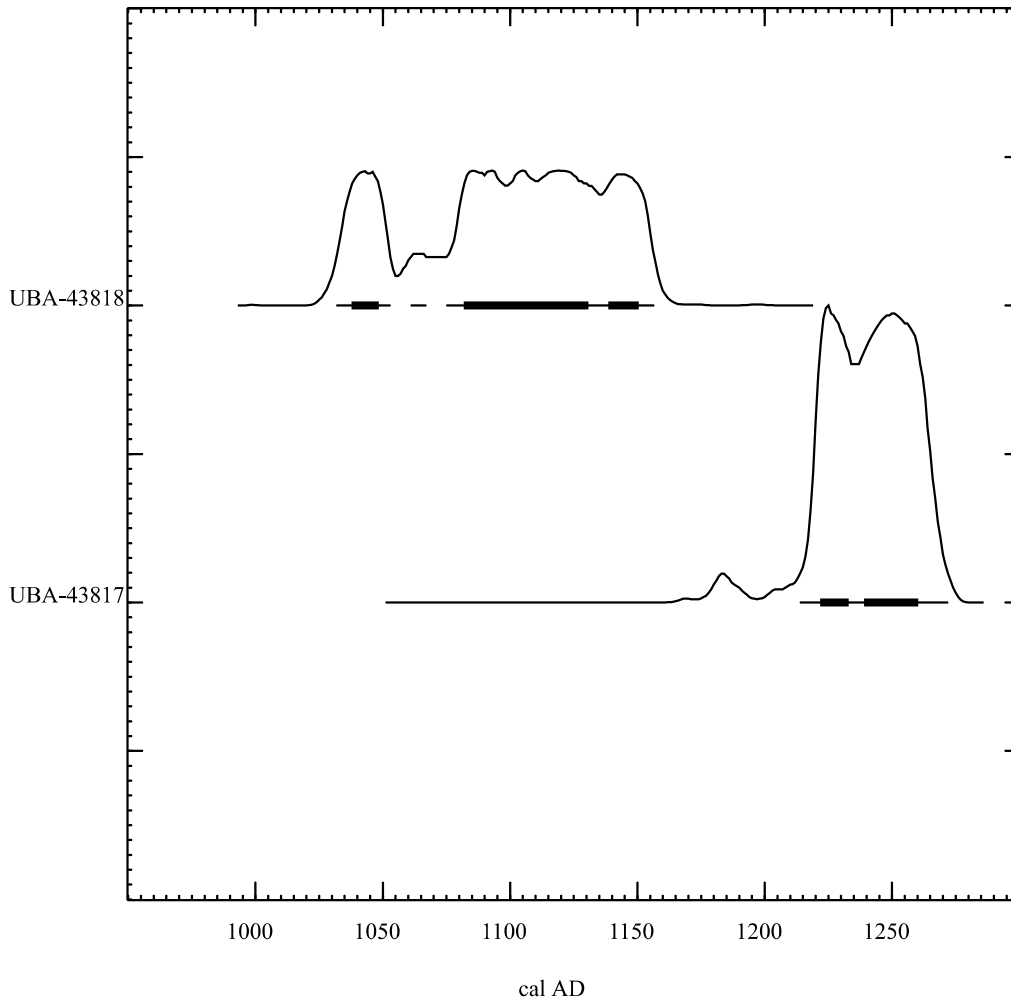
[] = calibrated range impinges on end of calibration data set

0* represents a "negative" age BP

1955* or 1960* denote influence of nuclear testing C-14

NOTE: Cal ages and ranges are rounded to the nearest year which may be too precise in many instances. Users are advised to round results to the nearest 10 yr for samples with standard deviation in the radiocarbon age greater than 50 yr.

Posterior Probability Distributions



<>