



INSTALLASJON- OG BEVARINGSRAPPORT: KJØPMANNSGATA 16 (TA 2023/12)

1-årig miljøovervåkingsprogram, Trondheim

Line Hovd og Anna Petersén (NIKU), Liv B. Henninge og Stein B. Olsen (COWI), og Alexandra Emhjellen (Cautus Geo AS)





Tittel Installasjon- og bevaringsrapport: Kjøpmannsgata 16 (TA 2023/12) 1-årig miljøovervåkingsprogram, Trondheim	Rapporttype/nummer NIKU Rapport 336	Publiseringsdato 11.03.2024
	Prosjektnummer 1562021	Sider 50
	Avdeling Arkeologi	Tilgjengelighet Åpen
Forfatter(e) Line Hovd og Anna Petersén (NIKU), Liv B. Henninge og Stein B. Olsen (COWI), og Alexandra Emhjellen (Cautus Geo AS)	ISSN 2703-7797 ISBN 978-82-8101-484-8	Oppdragstidspunkt / periode utført Juni 2023
	Forsidebilde Installering av måleutstyr i miljøprofil 1, Sett mot vest. Foto: Da64649_0002.	

Prosjektleder Anna Petersén
Prosjektmedarbeider(e) Line Hovd
Kvalitetssikrer Vibeke Vandrup Martens

Oppdragsgiver / finansiert av Norinvest Bolig AS

Sammendrag
 Bakgrunnen for den arkeologiske undersøkelsen og etableringen av et miljøovervåkingsprogram var rettevedtak etter ulovlig graving ved byggearbeid på eiendommen Kjøpmannsgata 16 i Trondheim. Riksantikvaren ønsket at kulturlagenes bevaringstilstand og miljøforhold skulle analyseres gjennom en arkeologisk/geokjemisk undersøkelse. Utstyr for overvåking skulle installeres i tillegg. Installering av utstyr og tilstandsvurdering av kulturlag i felt fant sted i juni 2023. Det ble rensset frem en eksisterende kulturlagsprofil på tiltaksområdet. Profilet - miljøprofil 1 - ble dokumentert arkeologisk og kulturlagene ble tilstandsvurdert. Jordprøver til jordkjemisk og jordfysisk analyse og radiologisk datering ble tatt fra utvalgte kulturlag. Deretter ble måleutstyr installert. Rapporten redegjør for dette arbeidet samt resultater av analyser av jordkjemiske prøver tatt fra utvalgte kulturlag i miljøprofilen. Det ble i tillegg gjennomført en bevaringsanalyse. Rapporten avsluttes med NIKUs vurderinger av kulturlagenes tilstand og forhold for bevaring med grunnlag i tilstands- og bevaringsanalysene. Vurderingen er at bevaringstilstand er dårlig til svært dårlig, mens miljøforholdene er bedre. Mye av nedbrytningen har skjedd etter at profilet først ble eksponert i 2005.

Abstract
 This report details the results from the archaeological investigation at Kjøpmannsgata 16 in Trondheim, Norway, after unauthorized construction work at the site. Consequently, the Directorate wanted the site state of preservation and preservation conditions of the archaeological deposits to be analyzed through a clarifying archaeological/geochemical examination. Equipment for monitoring should be installed as well. Installation of equipment and assessment of archaeological deposits on the site took place in June 2023. An already existing vertical section through stratified archaeological deposits - "miljøprofil 1"- was documented archaeologically and the condition of the archaeological deposits assessed. Soil samples for geochemical and geophysical analyses and radiocarbon datings were taken from selected deposits. Monitoring equipment was then installed in conjunction with the section. The report provides an account of this work as well as results of the analyses of geochemical samples taken from selected archaeological deposits in the standing section. An analysis of site state of preservation conditions was also conducted, and the report concludes with NIKUs assessment of the state of preservation of the archaeological deposits and the conditions for future preservation on the basis of the analyses. The assessment is that the state of preservation is poor to very poor, while the environmental conditions are better. Much of the degradation has happened since the section was first exposed in 2005.

Emneord
 Trondheim, miljøovervåking, arkeologi, kulturlag, bevaringsforhold, geokjemi, miljøprofil

Keywords
 Trondheim, environmental monitoring, archaeology, preservation conditions, geochemistry, environmental monitoring section

Avdelingsleder
 Lise-Marie Bye Johansen

Saksnummer hos forvaltningsmyndighet	RA ref. 06/571-Ark P-324-367
Kulturminne-ID	90288
Lokalitetsnavn	Ingen
Gnr/bnr.	400/150
Adresse, kommune, fylke	Kjøpmannsgata 16, Trondheim, Trøndelag
Aksesjonsnummer	Ingen
Museumsnummer	Ingen
Intrasis-prosjektnummer	Ingen
Foto-/filmnummer	Da64649_0001-0010
Tilstedeværelse av automatisk fredede kulturminner	Ja

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	Innledning	9
1.1	Administrativ og faglig bakgrunn	9
1.2	Rapportens innhold og struktur	9
1.3	Tidligere arkeologisk undersøkelse, konfliktpotensial og problemstillinger	10
1.4	Arkeologisk feltarbeid, installering av teknisk utstyr og geokjemiske analyser: ansvarsfordeling metoder og gjennomføring	12
2	Miljøprofil: Arkeologisk-stratigrafisk beskrivelse	14
2.1	Miljøprofil 1	14
2.1.1	Stratigrafisk beskrivelse og tolkning	17
2.2	Prøvehull 2	20
3	Arkeologisk tilstandsvurdering av miljøprofil 1	21
3.1	Tilstandsvurdering miljøprofil 1	21
3.2	Tilstandsvurdering «profil 1» – arkeologisk undersøkelse i 2005 (TA 2005/25)	22
4	Dateringer – kulturlag og strukturer i miljøprofil 1 og prøvehull 2	23
4.1	¹⁴ C-prøver – resultater	23
5	Teknisk installasjonsbeskrivelse (Cautus Geo AS)	24
5.1	Utstyr og sensorer	24
5.2	Installasjon av sensorer og styringsskap	25
5.3	Feltlogg	26
6	Geokjemiske analyser (COWI)	27
6.1	Analyseparametere kulturlag	27
6.2	Beskrivelse av bevaringsforhold/miljøforhold	27
6.3	Analyseresultater	29
7	Bevaringsvurdering (COWI)	30
8	Vurdering av forhold for kulturlagenes tilstand og bevaring	31
8.1	Vurdering av arkeologisk tilstand	31
8.2	Vurdering av bevaringsforhold	31
9	Konklusjoner	32
10	Litteratur	33
11	Vedlegg	34
11.1	Vedlegg 1: Plantegning av struktur i prøvehull 2	34
11.2	Vedlegg 2: Analyseresultater	35
11.3	Vedlegg 3: Dateringsresultater	47

1 Innledning

1.1 Administrativ og faglig bakgrunn

Bakgrunnen for den arkeologiske undersøkelsen og etableringen av et miljøovervåkingsprogram var rettevedtak etter ulovlig graving ved byggearbeid på eiendommen Kjøpmannsgata 16 i Trondheim (se Figur 1) i 2002. En etterkontroll av skadeomfang i 2005 (Innberetning TA 2005/25) estimerte at ca. 90 m³ med automatisk fredete kulturlag var blitt ulovlig fjernet i bakgården. Etter oppdrag fra Riksantikvaren utarbeidet NIKU en prosjektplan og budsjett for sikringsarbeider i 2006, som omfattet en arkeologisk gransking og MOV-overvåking i fem år (NIKU ref. 35/06 554.31 IWR). Riksantikvaren fattet vedtak i saken 9.6.2006 (RA ref. 06/571-Ark P-324-367) med NIKUs forslag til grunn.

Etter lang stillstand i saken, ble den gjenopptatt på nytt i 2021, og NIKU Distriktskontor Trondheim mottok anmodning fra Riksantikvaren 30.6.2021 (RA ref. 21/02133-1) om utarbeidelse av forslag til oppdatert prosjektplan og budsjett i tråd med NIKUs faglige tilrådning for tiltaket (datert 12.11.2021). Tilrådingen fra 2021 var i tråd med tidligere faglige anbefalinger fra NIKU, men overvåkingsperioden for MOV ble redusert fra fem til ett år. I tillegg ble prosjektplan og budsjett oppdatert i forhold til kostnader og etter rettingslinjer i nasjonal veileder for kulturlagsovervåking, Norsk Standard 9451:2009. Ved tidspunkt for gjennomføring av felt- og etterarbeidet var en ny europeisk standard utformet, NS-EN 17652:2022, som ble anvendt i dette prosjektet ved den arkeologiske tilstandsvurderingen i felt. Den norske standarden fra 2009, NS 9451:2009, må komplettere den nye standarden i etterarbeidet, da den nye standarden ikke er fullt ut erstattelig ved en vurdering av kulturlags bevaringsforhold/miljøforhold ved tidspunkt for publisering av denne rapporten. Det mangler satte grenseverdier for å kunne plassere kulturlag i de ulike kategoriene for miljøforhold/bevaringsforhold (1–4, i motsetning til 1–5).

Det aktuelle området for den arkeologiske granskningen lå i sin helhet innenfor det automatisk fredede kulturminnet Middelalderbyen Trondheim (kulturminne-id. 90288), som er fredet iht. Lov om kulturminner av 9. juni 1978. Tiltaket er registret som TA 2023/12 i Riksantikvarens Topografiske Arkiv for Middelalderbyen Trondheim.

Området har i middelalderbyen ligget mellom byens østligste gate og elven. Området ser ut til å kunne ha hatt en bebyggelsesstruktur tilsvarende den som er dokumentert gjennom utgravninger på Folkebibliotekstomten (Christophersen og Nordeide 1994, Sæhle 2021) nord for Kongens gate, med langsmale parseller. Bygningsrestene og kulturlagene dokumentert i Kjøpmannsgata 16 representerer sannsynligvis aktiviteter på flere parseller fra de tidligste faser i Trondheims historie.

1.2 Rapportens innhold og struktur

Rapporten redegjør for feltarbeid og tilstandsvurdering av kulturlag gjennomført av NIKU, installering av MOV-utstyr gjennomført av Cautus Geo AS, og tolking av analyseresultater av jordkjemiske prøver og vurdering av kulturlagenes bevaringsforhold gjennomført av COWIs spesialister. Analysene av prøvene er utført av Eurofins AS. Cautus Geo AS rapporterer for installeringsarbeidet, og den rapporten er innlemmet i denne rapportens hovedtekst. Rapporten er ellers samsskrevet mellom COWI og NIKU.

Kapittel 2 og **kapittel 3** presenterer resultatene av feltarbeidet som ble gjennomført av NIKU. De arkeologiske-stratigrafiske forholdene i utgravningsområdet presenteres først og etterfølges av den arkeologiske tilstandsvurderingen av kulturlagene som ble påvist i de enkelte miljøprofiler. **Kapittel 4** gir en oversikt over dateringsgrunnlaget. **Kapittel 5** presenterer den tekniske rapporten for installering av MOV-utstyret utført av Cautus Geo AS. **Kapittel 6** presenterer resultater av analyser av jordkjemiske prøver tatt fra utvalgte kulturlag i miljøprofilene utarbeidet av COWI, som også

gjennomfører en bevaringsanalyse som redegjøres for i **kapittel 7**. NIKUs vurdering av forhold for kulturlagenes tilstand og miljø redegjøres for i **kapittel 8** og NIKUs avsluttende vurderinger legges fram i **kapittel 9**.

1.3 Tidligere arkeologisk undersøkelse, konfliktpotensial og problemstillinger

I 2005 ble det gjennomført en tilstandsvurdering og dokumentasjon av skader etter ulovlig bygge- og gravearbeid foretatt av eiendomseier Norinvest Bolig AS. Forholdene etter skadene i 2002 viste en stor fuktavgang fra kulturlag i det nå aktuelle tiltaksområdet (Petersén 2005). Kulturlag dokumentert i det som ble kalt profil 1 viste blant annet godt bevarte trekonstruksjoner, og disse var med all sannsynlighet blitt skadd i forbindelse med det ulovlige gravearbeid i 2002 (se Figur 2).

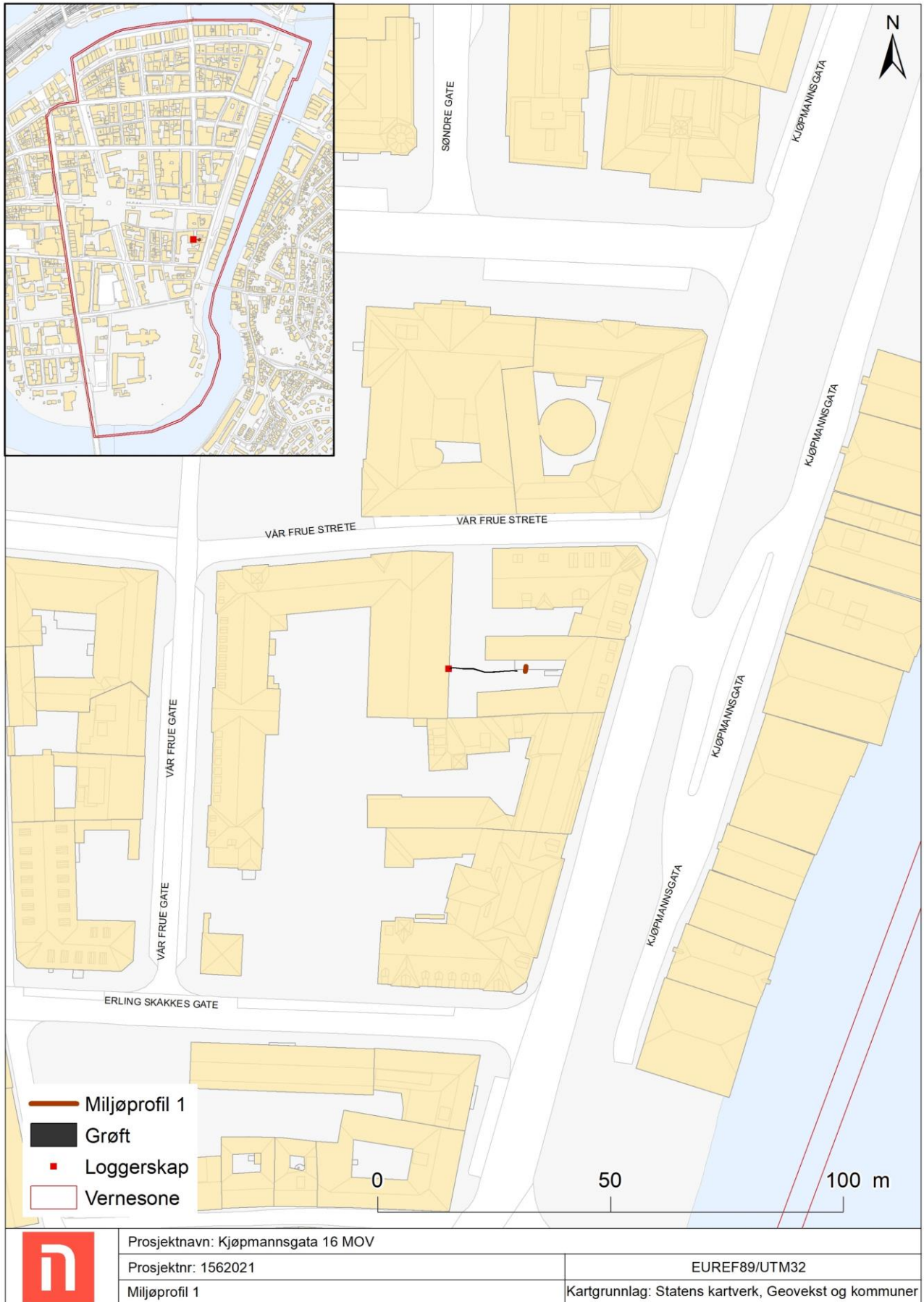
Skråningen med kulturlagsprofilen har ligget eksponert og ubeskyttet siden 2005, kun dekket med noen løse masser og naturlig gjengroing (se Figur 3). Nedbrytning av organisk materiale i kulturlagene siden 2005 antas å ha skjedd, men det er uvisst med hvilken hastighet nedbrytningen har hatt. Det er overhengende risiko for tap av viktig kulturhistorisk kildemateriale.

Som et ledd i sikringsarbeidet er det behov for overvåking over tid av de eksponerte kulturlagene i skråningen samt dokumentasjon av forhold for tilstand og miljø av intakte kulturlag. Kulturlag i deler av profilen som ikke vil bli fysisk berørt av fremgraving, arkeologisk gransking og installert overvåkingsutstyr skulle i minst mulig grad berøres. Dette skulle redusere sjansen for ytterligere transport av oksygen til kulturlagene.

Den arkeologiske undersøkelsen og MOV-overvåkingen kan bidra til å dokumentere nedbrytning av kulturlag og den nedbrytningshastighet tiltaksområdet har, og har hatt. Problemstillingene ble knyttet opp mot Riksantikvarens satsingsområder i Faglig program for middelalderarkeologi (Johannesen og Eriksson 2015).

Problemstillinger for undersøkelsen var:

- Bevaringstilstand for intakte, eksponerte kulturlag i 2023 med hensyn til nedbrytning og bevaring siden 2005.
- Følge bevaringsstatus og miljøforhold over tid for kulturlag som tidligere har vært utsatt for skade i forbindelse med ulovlig gravearbeid i 2002.



Figur 1: Kart over MOV-undersøkelser i området. Kart: Line Hovd, NIKU.

1.4 Arkeologisk feltarbeid, installering av teknisk utstyr og geokjemiske analyser: ansvarsfordeling metoder og gjennomføring

Feltarbeidet omfattet graving av en seksjon i skrånende terreng i bakgården til Kjøpmannsgata 16 for montering av overvåkingsutstyr (MOV), og dokumentasjon av bevaringstilstand og miljøforhold av intakte kulturlag. Områdets areal utgjorde til sammen 2 m², med et på forhånd estimert kulturlagsvolum på tilnærmet 2 m³.

Feltarbeidet tilknyttet arbeidene ble gjennomført fra 5.6.2023 til 9.6.2023, samt en dag til igjennfylling av området for skråningen/profilet den 19.6.2023. Arbeidet ble koordinert av NIKU ved prosjektleder Anna Petersén. Petersén og Line Hovd fra NIKU gjennomførte den arkeologiske undersøkelsen med håndgraving, opprensing og dokumentasjon av utvalgt profil. Innmålingsarbeidet ble gjort av Stig Einar Hjelle fra Nidaros Oppmåling. Jørgen Engebretsen og Alexandra Emhjellen fra Cautus Geo AS gjennomførte installeringen av MOV-prosjektets måleutstyr etter at kulturlagsprofilet var ferdig dokumentert. Petersén og Hovd gjennomførte den arkeologiske tilstandsanalysen i henhold til europeisk standard NS-EN 17652:2022, og prøver tatt fra utvalgte kulturlag ble oversendt COWI/Eurofins for geokjemiske og -fysiske analyser i henhold til Norsk Standard NS 9451:2009, da det som nevnt innledningsvis ikke er ferdig utarbeidet grenseverdier for de ulike kategoriene for miljøforhold/bevaringsforhold. Analysene ble gjennomført av Eurofins. Entreprenøren for feltarbeidet var BN Entreprenør AS. ¹⁴C-prøver, totalt tre stk., ble analysert av Vilnius Radiocarbon / Barnas UAB (se vedlegg 11.3).

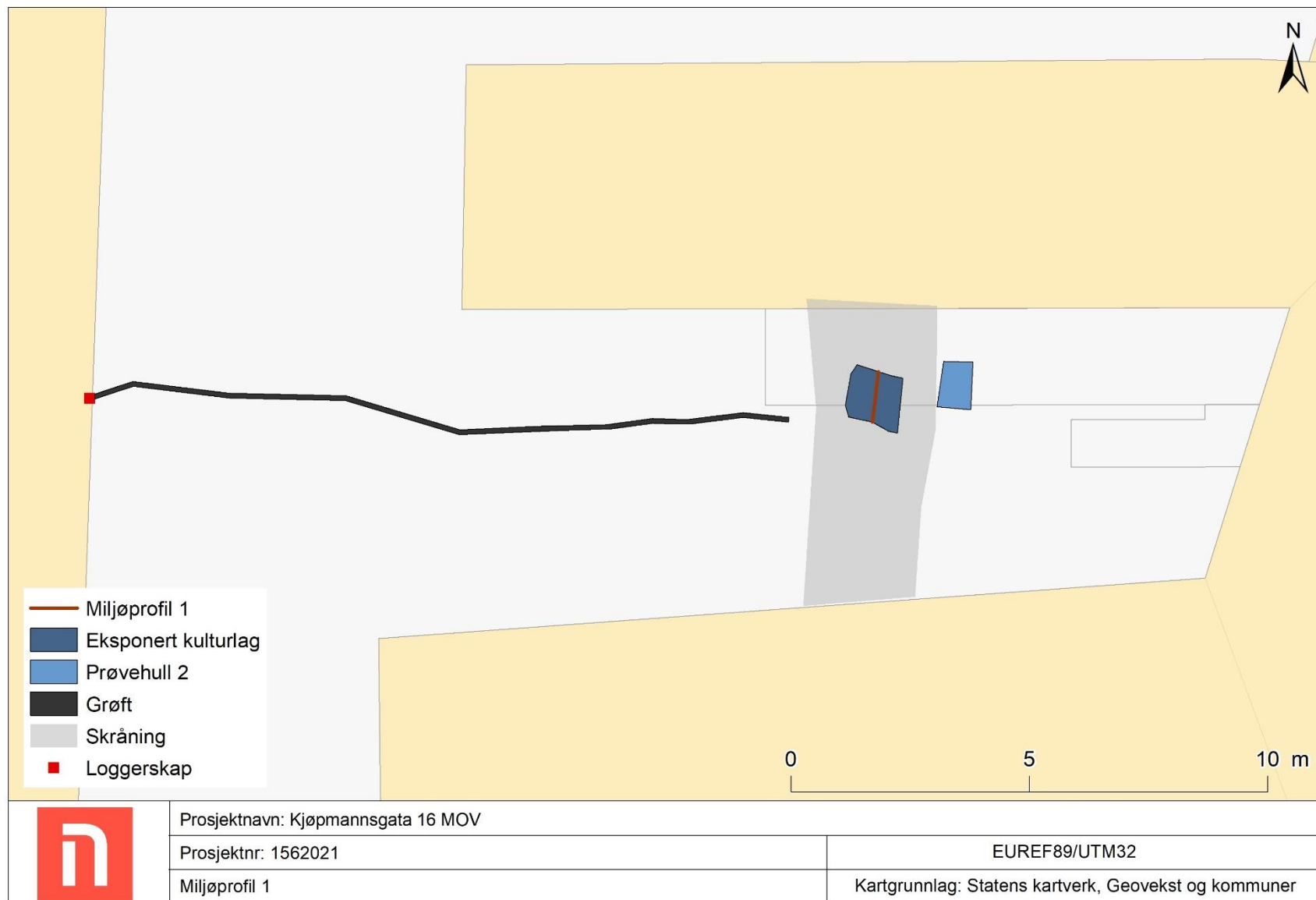
NIKUs arbeid begynte med overvåking av maskingraving under en seksjon av løse masser etter endt undersøkelse i 2005 i skråning inn mot bakgården og kjelleren TA 2005/25). Disse massene dekket profilet som ble dokumentert i 2005, og samme profilet ble avdekket og rensert frem for hånd. Profilet hadde intakte kulturlag som var egnet for tilstandsvurdering og installering av MOV-prosjektets måleutstyr. Deretter ble det overvåket maskingraving for grøft til trekkerør for ledninger mellom profil/installasjonspunkt og skap for datalogger overvåket, nord for profilet (se Figur 2). Det ble ikke påtruffet *in situ* kulturlag i grøften, da denne ble gravd svært grunt. Skap for datalogger ble plassert på veggen til nabotomten (gnr. 400, bnr.124, Vår Frues Strete 1A).

Profilet, heretter betegnet som **miljøprofil 1**, ble rensert fram og dokumentert arkeologisk, og en tilstandsvurdering ble gjennomført. Jordprøver til geokjemisk analyse og radiologisk datering ble tatt fra utvalgte kulturlag. Deretter ble målesensorer og tilhørende koblingsbokser og redokssensorer installert av Cautus Geo AS (se Figur 3). Ledninger ble trukket i den grunn grøften frem til skap for dataloggeren (se Figur 5). Deretter ble jordprofilene og sensorene forseglet med ikke-marinleire og fiberduk (se Figur 6 og Figur 7).

Profilet i skråningen hadde stått relativt eksponert til en viss dybde/høyde, ned til et støpt betonggulv, og det var dermed ikke mulig, eller ønskelig, å blottlegge og dokumentere vertikale stratifiserte kulturlag helt ned til den naturlige undergrunnen. I 2005 ble det derimot åpnet et prøvehull i betongplaten, 1 meter fremfor profilet, kalt prøvehull 2. Dette prøvehullet ble gjenåpnet i 2023 (se Figur 10), og dokumentert med tegning, foto og innmåling, samt en dateringsprøve.

Feltarbeidet og installasjonen ble noe forhindret av at det etter 2006 har blitt bygget en midlertidig rampe/platting for adkomst fra terreng til inngangsdører i bygningens nordre og østre del. Rampen/plattingen går direkte over det aktuelle profilet og medførte at mesteparten av arbeid med fremgraving av profilen og tildekking fikk gjøres for hånd uten bistand av gravemaskin som opprinnelig var planlagt.

Digital innmåling i felt anvender koordinatsystemet Euref 89/UTM32. Foto tatt i felt er arkivert i tråd med retningslinjene til NTNU Vitenskapsmuseet og registrert under Da64649.



Figur 2: Tiltakets beliggenhet og lokalisering av blant annet miljøprofil 1, loggerskap og grøft for kabler. Kart: Line Hovd, NIKU.

2 Miljøprofil: Arkeologisk-stratigrafisk beskrivelse

I det gjenåpnede profilet ble intakte vernede kulturlag avdekket i en seksjon av skråningen ned mot det støpte betonggulvet og bygårdens bakgårdsområde. De stratigrafiske forholdene som ble avdekket i kulturlagsprofilet beskrives herunder.

2.1 Miljøprofil 1

Miljøprofil 1 ble installert i den delen av skråningen der kulturlag ble eksponert i bakgården til Kjøpmannsgata 16, etter at løsmasser var fjernet med gravemaskin. Kulturlagene og konstruksjonene som ble påvist i dette området ble deretter rensed frem for hånd, og det ble da stående igjen en egnet østvendt kulturlagsprofil inn mot den nordre delen av bygården – **miljøprofil 1** (se Figur 4). Profilet var ca. 1,20 m bredt og omtrent totalt 1,40 m høy. Topp kulturlagsoverflate lå ved ca. 7,55 moh. Profilet ble, i tillegg til etablering av én målestasjon, brukt til en arkeologisk tilstandsvurdering og jordprøveuttak.

Fra installerte sensorer ble kabler lagt i føringsrør frem til nabotomten mot vest, hvor skapet for datalogger ble montert på et stålrør støpt i betong inntil husveggen (se Figur 5). Føringsrøret ble lagt i en grunn grøft på tvers av bakgårdsplassen. Etter montering av sensorene ble profilet tildekket med ikke-marin leire, og det ble lagt på duk over profilet og i hele skråningen. Duken ble deretter dekket til med oppgravd/stedlige masser, for så medium fin sand hvor det ble sådd gress (se Figur 6 og Figur 7).



Figur 3: Installasjon av sensorer ble utført av Cautus Geo AS. Sett mot vest. Foto: Da64649_0004.



Figur 4: Målesensorer installert i miljøprofil 1. Ledninger ble trukket i rør lagt i grunn grøft vestover mot nabotomten som sees i bakgrunnen på bildet. Sett mot vest. Foto: Da64649_0005.



Figur 5: Målesensorer i miljøprofil 1 er koblet til skap med datalogger, som ble festet på stang støpt i betong og plassert på nabotomten. Sett mot vest. Foto: Da64649_0005.



Figur 6: Miljøprofil 1 etter tildekking med leire, og midlertidig tildekket før tilbakefylling av masser. Sett mot vest. Foto: Da64649_0007, Da64649_0008.



Figur 7: Miljøprofil 1 og skråning ned mot betonggulv etter tildekking med egnede masser. T.v.: Sett mot øst. Foto: Da64649_0009. T.h.: Sett mot vest. Foto: Da64649:0010.

2.1.1 Stratigrafisk beskrivelse og tolkning



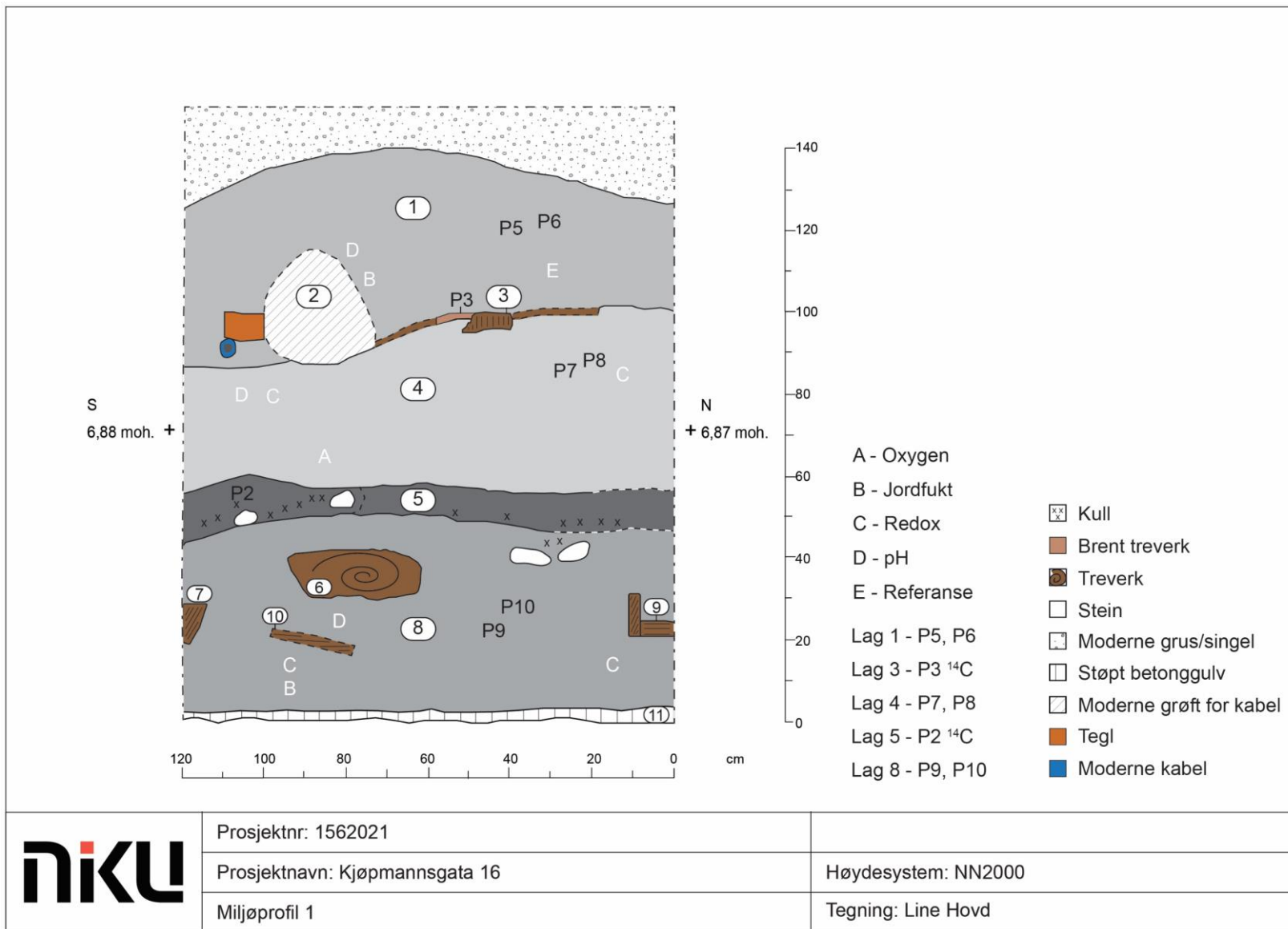
Figur 8: Miljøprofil 1 ferdig rensset, før installasjon av sensorer. Sett mot vest. Foto: Da64649_0001.

Profilen (se Figur 2) som var eksponert i skråningen inneholdt en ca. 140 cm tykk stratifisert akkumulasjon av horisontalt liggende avsetninger og konstruksjonsrester, samt en moderne nedgravning/grøft. Bevarte kulturlag ble tolket som fem definerte lag. N.B. Figur 4 og Figur 9 og Tabell 1 bør benyttes i sammenheng med påfølgende redegjørelse.

Lagene i profilen hadde et varierende innhold av organisk og minerogent innhold. Det øverste laget hadde et meget høyt organisk innhold (Lag 1), samme store andel som et lag lengre ned i stratigrafien (Lag 5). Resterende lag (Lag 4 og Lag 8) var minerogene i karakter. Strukturene 3 og 6–7 og 9–10 var treverk og rester etter ulike konstruksjonselementer, trolig knyttet til bosetting. Disse var meget dårlig bevart. Struktur 3 skilte seg ut som best bevart, men var også delvis brent/forkullet, og har trolig vært et plankegulv i en bygning eller gårds plass.

Lag 1 og Lag 5 inneholdt som nevnt en stor andel organisk materiale, og en mindre andel silt og leire. Lagene hadde begge et innhold av ca. 80 % organisk materiale, men lagene var utover dette ulike i karakter. Lag 1 inneholdt omtrent 40 % læravfall og en sammensetning av treflis, humus, trebiter, never og kvist, og var porøst og løst i konsistens. Dette ble tolket som et aktivitetslag, eller som produksjonsavfall. Lag 5 var et brannlag og bestod i hovedsak av kull og treflis/trebiter, og var løst i konsistens. Mulig har dette vært et plankegulv i en bolig eller en gårds plass.

Lag 4 og Lag 8 var mer minerogene i karakter enn lagene beskrevet over, og inneholdt henholdsvis omtrent 25 % og 30 % organisk materiale, i form av humus, treflis og trebiter, samt en del dyrebein og skjell. I Lag 8 var det i tillegg rester etter konstruksjonselementer i form av ulike typer treverk (plank, stolpe/stabbe). Andelen minerogener omfattet silt, leire og sand, samt noe stein. Disse lagene ble tolket som aktivitetslag, trolig spor etter bosettinger.



Prosjektnr: 1562021

Prosjektnavn: Kjøpmannsgata 16

Miljøprofil 1

Høydesystem: NN2000

Tegning: Line Hovd

Figur 9: Profiltegning av miljøprofil 1. Sensorenes plassering er markert på tegningen med A-E.

Tabell 1: Miljøprofil 1, lagbeskrivelse og tolkning.

Lag	Beskrivelse	Moh.	Prøver/funn	Antatt datering	Tolkning
Lag 1	Brunt sandholdig og organisk lag. Inneholder omtrent 80 % blandet organisk materiale, inkludert store mengder lær (40 %). Laget lukter svakt av jord 30 cm inn i profilet. Intet fargeskifte. Laget er porøst og løst. Ca. 40–50 cm tykt.	7.55 7.37	Topp lag 1 Jordkjemisk prøve	Middelalder	Avfallsakkumulering, produksjonsaktivitet
Lag 2	Grått silt- og leirelag med innslag av en stor andel flis. Inneholder omtrent 50% organisk materiale. Moderne kutt. Ingen lukt og intet fargeskifte. Laget er porøst. Ca. 25–30 cm tykt.		-	Nyere tid	Moderne grøft, fylt med redeponert kulturlagsmasser
Struktur 3	Treverk i form av plank. Delvis brent. Svært nedbrutt, går i oppløsning.	7.17	¹⁴ C-prøve	Middelalder	<i>In situ</i> plankedekke. Tregulv?
Lag 4	Brunt silt- og leirelag, med innslag av organisk materiale. Inneholder omtrent 20–25 % blandet organisk material, i form av humus og treflis, samt en liten andel dyrebein og skjell. Ingen lukt og intet fargeskifte. Laget er fuktig og kompakt. Ca. 40–45 cm tykt.	7.02	Jordkjemisk prøve	Middelalder	Aktivitetslag
Lag 5	Brunt til svart organisk lag med innslag av silt og leire. Inneholder omtrent 80 % blandet organisk material, inkludert store mengder kull og trebiter. Ingen lukt og intet fargeskifte. Laget er løst. Ca. 10–15 cm tykt	6.73	¹⁴ C-prøve	Middelalder	<i>In situ</i> brannlag
Struktur 6	Treverk, trolig en halvkløyving. Svært nedbrutt, går i oppløsning.		-	Middelalder	Bygningsrest?
Struktur 7	Treverk, trolig en staur/stabbe. Svært nedbrutt, går i oppløsning.		-	Middelalder	Bygningsrest?
Lag 8	Brunt leireholdig siltlag, med innslag av organisk materiale. Inneholder omtrent 30 % blandet organisk material, inkludert humus, treflis og trebiter. Ingen lukt og intet fargeskifte. Laget er mykt og kompakt. Ca. 45–50 cm tykt.	6.42	Jordkjemisk prøve	Middelalder	Aktivitetslag/bosetning
Struktur 9	Treverk. Svært nedbrutt, mold.		-	Middelalder	Bygningsrest?
Struktur 10	Treverk. Svært nedbrutt, mold.		-	Middelalder	Bygningsrest?

Lag	Beskrivelse	Moh.	Prøver/funn	Antatt datering	Tolkning
11	Betonggulv	6.20	-	Moderne	Støpt betonggulv i bakgård
Prøvehull 2	Oval struktur bestående av brungrå finkornet sand, samt noe silt og grus, og en liten andel organisk materiale bestående av finkornet humus og kull. En del stein i overflaten. 36 cm lang og 47 cm bred.	5.73	¹⁴ C-prøve	Middelalder	Mulig stolpehull

2.2 Prøvehull 2

Prøvehull 2, i betongplaten 1 meter fremfor miljøprofil 1, ble gjenåpnet i 2023 for dokumentasjon (se Figur 2). Prøvehullet var 1,5 meter langt og 0,5 meter bredt, og under det armerte betongdekket var det isoporplater over et 0,2 meter tykt dekke med grov grus/pukk. Dybden fra betongdekket til eldre overflate ble målt til omtrent 0,45 meter.

Grus/pukk lå direkte på det som ble tolket som en eldre kulturlagsoverflate, bestående grå grov sand med linser av mer finkornet sand (se Figur 10). Flaten hadde en ujevn overflate, med mørke flekker/forsenkinger, trolig rester av stolpehull. Flaten kan representere topp på naturlig undergrunn, men det kan også være del av en sandterrasse/plattform. Nivået for naturlig undergrunn er således ikke bekreftet.

Et mulige stolpehull var ovalt i plan, og hadde en størrelse på 0,47 meter i bredde og 0,36 meter i lende (se vedlegg 1, kapittel 11.1). Det var flere stein som stakk opp i overflaten (mulige skoningstein), både små og store (20 cm i diameter). Massene i stolpehullet bestod av finkornet sand, med en liten andel silt, grus, humus og kull.

Prøvehull 2 indikerer at det fra topp kulturlag i miljøprofil 1, lag 1 på 7,55 moh., og ned til gammel markoverflate og det mulige stolpehullet på 5,73 moh., har i dette området vært en kulturlagstykkelse på omtrent 1,82 meter før det ble fjernet. Da naturlig undergrunn ikke med sikkerhet kan påvises, kan kulturlagstykkelsen være større.



Figur 10: Prøvehull 2 gjenåpnet. Et mulig stolpehull er renset frem i den gamle markoverflaten. Sett mot vest. Foto: Da64649_0003.

3 Arkeologisk tilstandsvurdering av miljøprofil 1

Den arkeologiske tilstandsvurderingen av kulturlagene i de to miljøprofilene ble gjennomført i henhold til Standard NS-EN 17652:2022 av Line Hovd og Anna Petersén (NIKU). Tabellen under (se Tabell 2) viser innhold, tolkning og bevaringstilstanden (SOPS) som ble tildelt de enkelte kulturlagene i miljøprofilene.

3.1 Tilstandsvurdering miljøprofil 1

Miljøprofil 1 viste som nevnt kulturlag eksponert i ca. 1,40 meters dybde målt fra overflaten og ned til støpt betonggulv. Naturlig undergrunn var ved undersøkelsens gjennomføring ikke avdekket. Intakte kulturlag fra middelalder ble registrert like under dagens overflate (ca. 7,55 moh.). To av kulturlagene, Lag 1 og 5, i dette området bestod av en høy prosentandel organisk materiale, og med en mindre andel minerogent innhold. Lag 4 og Lag 8 var derimot merkbart mer minerogene i karakter.

Lagsekvensen i dette profilet kan knyttes til en stabil og gjentagende aktivitet- og bosetningssekvens bestående av rester etter flere overliggende tregulv, de fleste brent. Lag 1 var derimot merkbart annerledes i innhold og karakter: Dette laget var nemlig preget av et høyt organisk innhold, hvor omtrent halvparten av andelen bestod av læravfall. Dette kan tolkes som en endring i bruk av området, fra bosetning til produksjonsområde.

Det ble foretatt vurdering av kulturlagenes tilstand på samtlige lag i miljøprofil 1 (se Tabell 2 under). Ingen av kulturlagene i miljøprofil 1 fikk en bedre vurdering på tilstand enn «A2- dårlig», og denne vurderingen ble satt for kun ett av lagene i profilet. For de øvrige lagene i profilet ble vurderingen satt til «A1- svært dårlig».

Tabell 2: Miljøprofil 1, tilstandsvurdering av kulturlagene.

Lag	Lagets innhold % Botanisk/zoologisk/mineralsk/ gjenstander	Tolkning	Datering	Moh.	Jordkjemiske prøvenavn	Bevaring (SOPS ¹)
Lag 1	60/-/20/40 % Treflis, humus, trebiter, never, kvist/ /silt, leire/lær	Avfallsak- kumulering, produksjons aktivitet	Middel- alder	7.37	P5 P6 - 30 cm inn i profilet	A1
Lag 2	50/-/50/- % Treflis, humus/-/silt, leire/-	Moderne grøft	Nyere tid		-	-
Lag 4	20/5/75/- % Humus, treflis, nøtteskall/dyrebein, fiskebein, blåskjell/silt, leire/-	Aktivitetsslag	Middel- alder	7.02	P7 P8 - 40 cm inn i profilet	A1
Lag 5	80/-/20/- % Kull, treflis/-/brent leire, silt, leire/-	<i>In situ</i> brannlag	Middel- alder		-	A2
Lag 8	30/-/70/- % Humus, treflis, trebiter/-/silt, leire, sand, stein/-	Aktivitetsslag/ bosetning	Middel- alder	6.42	P9 P10 - 40 cm inn i profilet	A1

3.2 Tilstandsvurdering «profil 1» – arkeologisk undersøkelse i 2005 (TA 2005/25)

Ved den arkeologiske undersøkelsen i 2005 (TA 2005/25), utført av NIKU ved Anna Petersén, ble all registrering gjort i samsvar med NIKUs gjeldende dokumentasjonsstandard. Beskrivelser av hvert kulturlag ble ført på lagskjema utarbeidet av NIKU, og det ble tatt ut serier med jordprøver fra utvalgte lag. Kulturlagene ble målt til 1,45 meter dybde. Alle er fra umettet sone, over grunnvannstand.

Hovedkarakteristikkene som ble trukket fram for «profil 1» (MP1), var at kulturlagene fra middelalder var tykke og kraftige med blant annet tømmer og treverk. Kulturlagene var mørke i fargen og inneholdt mye organisk materiale. Måling av fuktforhold ble gjort i de øvre, midterste og nedre kulturlag i profilet. Målingene ga høye verdier, fra 77,5–85,9 %.

Lagsekvensene ble beskrevet som å vise to forskjellige konstruksjonsnivåer, begge med godt bevart treverk. Det øverste vistes som et laftehjørne, syllstokk og et plankegulv på begge sider av laftet. Det nederste konstruksjonsnivået bestod av en kraftig tømmerstokk og et tilhørende tilnærmet horisontalt nivå med planker. Begge disse konstruksjonsnivåene ble tolket som å representere bygninger. Kulturlagene imellom disse bosetningsfasene ble beskrevet som tykke lag med store mengder organisk materiale, i særlig grad treflis og bark, men også mose, biter av lær og husholdningsavfall som dyrebein, fiskebein og skjell.

Da undersøkelsen fant sted i 2005, ble ikke lagene delt inn i en tilstandsvurdering etter kategoriene «A1- svært dårlig» til «A4- utmerket» ettersom dette var før det forelå en standard (NS9451 er fra 2009, 17652 fra 2022). Det ble derimot foretatt en vurdering av kulturlagstilstand og bevaringsforhold på lag og trekonstruksjoner. Kulturlagene beskrives som godt bevarte, og at profilet inneholdt godt bevarte bygningslevninger. Det ble imidlertid observert at det var en omfattende fuktighetsavgang fra de organiske kulturlagene i dette profilet, der vann piplet ut fra kulturlag med høyest andel organisk materiale og langs trekonstruksjoner.

Det ble ved undersøkelsene i 2005 påpekt at område omfatter et kulturhistorisk kildemateriale med høy kildeverdi. De bevaringsforholdene som ble registrert og tilstanden for tre og annet organisk

¹ SOPS state of preservation scale NS EN17652:2022

materiale ble bedømt som sjeldent gunstig i forhold til andre lokaliteter med kulturlag *in situ* innen kulturminnet *Middelalderbyen Trondheim*.

Sammenlignet med dokumenterte forhold ved undersøkelsen i 2023, kan det altså observeres en merkbar forringing av kulturlagene i den dokumenterte profilen.

4 Dateringer – kulturlag og strukturer i miljøprofil 1 og prøvehull 2

Det ble tatt ut prøver av organisk materiale til radiologisk datering fra et utvalg kulturlag i miljøprofil 1 og fra en struktur i prøvehull 2 (se vedlegg 11.3). Dette er et lite utvalg fra en tykk kulturlagsprofil, og det er dermed noe usikkert hvor representativt materiale som ble valgt ut til datering er for hvert av lagene/strukturene. For eksempel kan det settes spørsmåltegn ved om prøven fra lag 3/P3 er representativ for laget alder. Lag 5 og prøvehull 2 gir en mer påfølgende dateringssekvens som stemmer med stratigrafien i profilet.

4.1 ¹⁴C-prøver – resultater

Kalibrerte ¹⁴C resultater er presentert med 2 sigma (95,4%) sikkerhet.

Fra profilet ble det valgt ut prøver til datering fra struktur/lag 3 (P3), lag 5 (P2) og fra prøvehull 2 (P11).

Fra en serie med planker, tolket som et plankedekke/tregulv i en bolig eller bakgård, ble en plankebit (P3 fra lag/struktur 3) ¹⁴C-datert, (FTMC-GW84-1 R (BP 1235+-29, Cal.AD 680-759)². Dateringen av enkeltprøven oppfattes ikke å gi et representativt bilde av alderen til lag 3.

Lag 5 var som nevnt preget av store mengder kull, og laget ble tolket som et brannlag. En kullbit (P2) ble ¹⁴C-datert, FTMC-GW84-2 R (BP 1015+-29, Cal. AD 989-1081) ^[OBJ].

Fra prøvehull 2 ble det valgt ut en prøve til datering. Fra en nedgravning, tolket som et mulig stolpehull (P11), ble en kullbit ¹⁴C-datert FTMC-GW84-3 R, (BP 1140+-29, Cal. AD 774-992)³.

Med utgangspunkt i dateringene fra lag 5 og fra nedgravningen i prøvehull 2 men med forbehold om at det er datert enkeltprøver fra utvalgte lag og strukturer, gir resultatene en antydning om aktivitet i området fra vikingtid og tidlig middelalder.

²FTMC-GW84-1: Radiocarbon Age BP 1235 +/- 29. Age ranges: 1 sigma – AD 704–739 (24,2 %), 787–830 (34,8 %), 855–873 (9,2 %); 2 sigma – AD 680–745 (33,3 %), 759–883 (62,2 %).

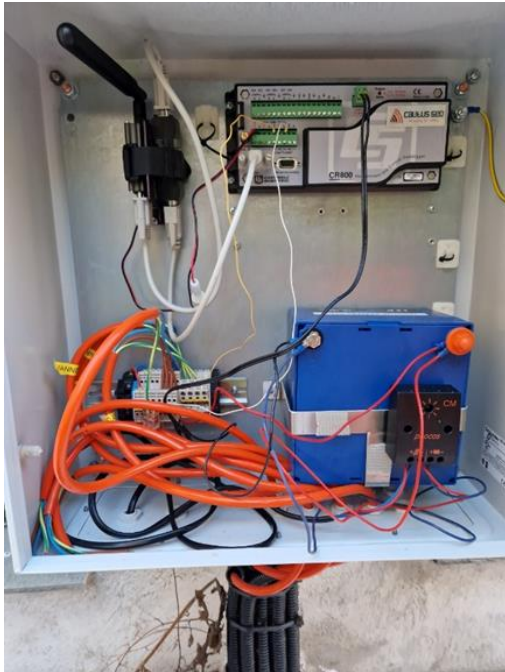
³FTMC-GW84-1: Radiocarbon Age BP 1140 +/- 29. Age ranges: 1 sigma – AD 883–902 (16,0 %), 915–975 (52,3 %); 2 sigma – AD 774–787 (4,8 %), 828–858 (7,7 %), 871–992 (82,9 %).

5 Teknisk installasjonsbeskrivelse (Cautus Geo AS)

5.1 Utstyr og sensorer

Tabell 3 viser en oversikt over instrumenttype, sensornavn, serienummer og lokasjon lagnr. for miljøprofilen. Alt av utstyr ble testet og kalibrert i forkant av installasjonen.

Styringsskapet inneholder datalogger, modem, 12V batteri, sikring og har solcellepanel på utsiden (se Figur 11)



Figur 11: Styringsskapet på innsiden. Foto: Cautus Geo AS.

Tabell 3: Sensoroversikt miljøprofil 1, Kjøpmannsgata 16. Se Figur 9 for plassering av sensorer i lag (markert med bokstavkoder).

Instrument	Sensor	Serienr.	Lokasjon lagnr.	Bokstavkoder
Campbell Datalogger	CR800	210924-10659		
ecoTech enviLog module	4611	2055		
ecoTech pH 1	GA801-K050-F	2304726	Lag 1	D
ecoTech pH 2	GA801-K050-F	2304727	Lag 4	D
ecoTech pH 3	GA801-K050-F	2304723	Lag 8	D
ecoTech redoks 1		-	Lag 4	C
ecoTech redoks 2		-	Lag 4	C
ecoTech redoks 3		-	Lag 8	C
ecoTech redoks 4		-	Lag 8	C
ecoTech referanse		-	Lag 1	E
Campbell vanninnhold 1	CS655	57239	Lag 1	B
Campbell vanninnhold 2	CS655	55132	Lag 8	B
Apogee oksygen	SO-411	2613	Lag 4	A

5.2 Installasjon av sensorer og styringskap

Profilen var klargjort for instrumentering ved ankomst til Kjøpmannsgata 16, 07.06.2023. Jørgen Engebretsen og Alexandra Emhjellen fra Cautus Geo AS og Anna Petersén og Line Hovd fra NIKU ble enige om hvilke lag de ulike sensorene skulle plasseres i. Skisse med lagdeling og plassering av sensorer er illustrert i Figur 9 med bokstavkoder og oversikt over serienumre og plassering finnes i Tabell 3.

Sensorkablene fra vanninnhold og oksygensensorer er ført direkte inn i styringsskapet, men signalkabler fra pH- og redox-sensorene ble koblet via en koblingsenhet, plassert i en vanntett koblingsboks. Koblingsboksen er gravd ned i grusmassene, på høyre side av toppen av miljøprofilen sett retning vest, under det som ved installasjonstidspunkt var en gangbro i treverk (se Figur 12 og Figur 13).

Sensorkablene er ført i svarte trekkerør opp fra jordprofilen til topp av terreng/koblingsboks, og deretter beskyttet i røde trekkerør frem til styringskap. Trekkerørene med sensorkabler er ført i en utgravd kanal, som ble fylt igjen med gravemaskin samme dag som installasjon. Tildekking av jordprofilen med leire ble utført av NIKU.



Figur 12: Jordprofilen i Kjøpmannsgata 16 ferdig instrumentert, før tildekking. Foto: Cautus Geo AS.



Figur 13: Vanntett koblingsboks, denne ble gravd ned i grusmassene. Foto: Cautus Geo AS.

Styringsskapet (se Figur 11) ble installert 30.06.2023, dette erstattet det første styringsskapet som hadde problemer med dataoverføring (se Tabell 4).

5.3 Feltlogg

Tabell 4: Feltlogg personell Cautus Geo AS.

07.06.2023	Installasjon av sensorer og oppkobling av første styringsskap	Jørgen Engebretsen og Alexandra Emhjellen
30.06.2023	Oppkobling av nytt styringsskap	Jørgen Engebretsen

6 Geokjemiske analyser (COWI)

6.1 Analyseparametere kulturlag

Analyseparametere for miljøovervåking av kulturlag beskrives i den gamle standarden NS9451:2009 der parameterne ble delt inne i grunnleggende parametere (S1) og miljøparametere (S2). Parametere i S1 og S2 beskrives i Tabell 5.

Tabell 5: 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 for kulturlagene. Dette baseres hovedsakelig på inntrenging av oksygen som påvirker redoksforholdene 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 og hvilke gjenstandstyper man kan forvente bevares (for eksempel er lav pH bra for botanisk organisk materiale, lær og tekstil, mens høy pH bra for bein og metall).

6.2 Beskrivelse av bevaringsforhold/miljøforhold

Bevaringsforhold er beskrevet etter de nevnte to sett med grunnleggende miljøparametere kalt S1 og S2 i 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.

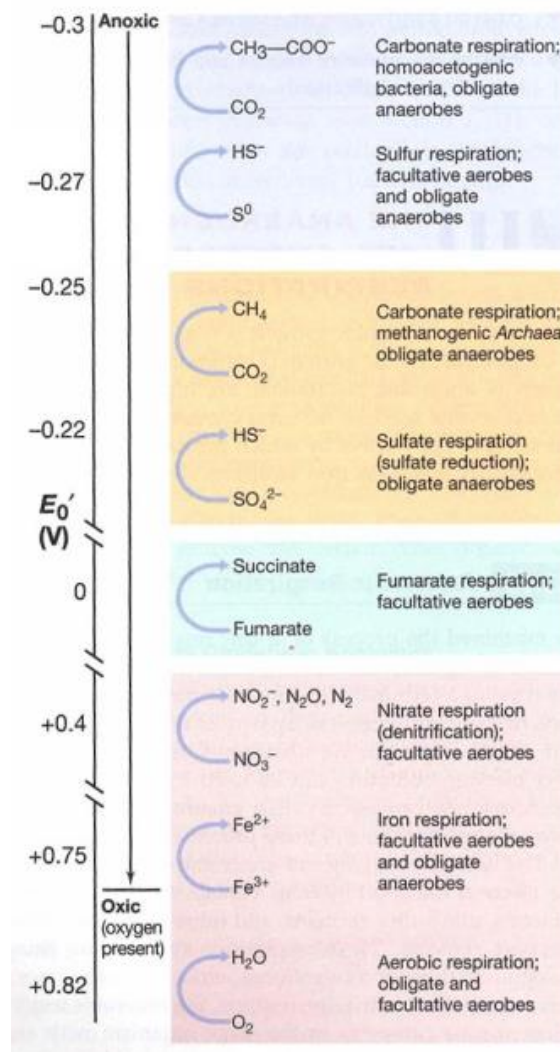
I naturen foregår nedbrytning av organisk materiale og korrosjon av metaller parallelt med andre prosesser. Mikroorganismer får energi fra slike reaksjoner. Avhengig av redoksforhold i jordtypen vil forskjellige type mikrobielle reaksjoner dominere. Dette vises i Figur 14.

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 nitratreduserende forhold når alt oksygen er brukt opp dersom det er nitrat tilgjengelig. Deretter følger mangan-, jern- og

sulfatreduserende forhold, før metanogene forhold, så lenge de nødvendige næringsstoffene er til stede.



Figur 14: Oppsummering av redoksforhold for mikrobiologiske prosesser. Stabile negative redoks-forhold (anoksisk forhold) gir de beste bevaringsforhold for kulturlag (Madigan og 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 14 (Madigan og Martinko, 2006).

Tabell 6 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.

Redoksforskjelligheter 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. Tabellen illustrerer også omtrentlige redoksverdier benyttet i overvåking av grunnvannet som beveger seg igjennom kulturlagene.

Tabell 6: Relative konsentrasjoner av dominerende næringsstoffer i jordtypen under forskjellige redoksforskjelligheter og bevaringsgrad i kulturlag. Bevaringsgrad er i henhold til NS9451:2009.

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

Som avslutningsprosesser for miljøprofiler dekkes det utgravde området med leire som ikke er av marin opprinnelse. Ved å begrense tilgang til næringsstoffer som kan være tilfelle ved å bruke marin blåleire (sulfat, fosfat, og bundet karbon) gjør denne prosessen kulturlaget tettere mot inntrengende oksygen. Samtidig reduseres muligheten for utlekking av salter (f.eks. sulfat) som ville kunne øke nedbrytning av jernstrukturer ved økt dannelse av jernsulfid.

6.3 Analyseresultater

Det ble tatt ut seks jordprøver til kjemiske analyser i juni 2023. Prøvetaking ble gjennomført av NIKU i perioden 05.–09.06.2023, og prøvene ble tatt i rilsanposer som ble oppbevart anaerobt (ved bruk av Anaerogen-poser), kjølig og mørkt hos NIKU frem til prøveforsendelse. Prøvene ble sendt til Eurofins for analyser av S1- og S2-parametere iht. den gamle standarden NS 9451:2009.

De seks prøvene ble tatt ut i miljøprofil 1. Det ble tatt ut to prøver fra tre ulike lag, alle i umettet sone. Resultatene er vist i Tabell 7

Tabell 7. Analyseresultater av jordprøver tatt 8. juni 2023. Sikting er gjennomført på fuktige prøver, og konsentrasjoner oppgis per kg tørrvekt (TS).

Prøve nr	Lag	Kommentar	pH	Ledn.	Tot-Fe	Fe ²⁺	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Sulfat	Sulfid	<5mm sikting	TS	Glødetap
				µS/cm	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	% (w/w)	%
5	1		5,1	50	20 000	3	4,3	26	35	110	92,8	49,7	30,4
6	1	30 cm inn i profilet	5,1	46	20 000	3	5,2	17	46	< 5,0	54,5	44,6	33,1
7	4		6,1	37	20 000	<1	<2,1	28	29	130	61,0	49,1	24,6
8	4	40 cm inn i profilet	6,1	40	18 000	<1	<2,3	32	33	68	67,7	46,6	28,1
9	8		6,7	37	14 000	<1	2,5	22	33	120	61,8	49,9	21,9
10	8	40 cm inn i profilet	7,0	40	14 000	<1	2,8	16	39	82	23,6	49,0	23,9

Redoksf forholdene ser ut til å være gode i alle prøvene unntatt prøven tatt 30 cm inn i profilet i lag 1. Denne hadde ikke påvisbar konsentrasjon av sulfid. De øvrige prøvene hadde 68 – 130 mg/kg TS med sulfid. Sulfid er ekstremt flyktig og under oksiderende forhold vil konsentrasjoner av sulfid forsvinne. Total mengde sulfid som kan dannes er avhengig av tilgjengelig sulfat, og det er noe sulfat til stede for videre sulfiddannelse.

Økt mengde av siktemasse < 5mm indikerer at strukturen og prøven er nedbrutt (med mindre prøven inneholder mye uorganiske eller sandpartikler). I slike sammenhenger er det viktig å vurdere organisk innhold (glødetap) av prøven i tillegg til andel siktemasse < 5mm for å vurdere mulig bevaring av organiske gjenstander i kulturlaget. Det er varierende andel små partikler i prøvene. Prøven ytterst fra lag 1 inneholdt den største mengden med 92,8 % mens prøven tatt 40 cm inn i profilet i lag 8 inneholdt den laveste mengden med 23,6 %. Det organiske innholdet i form av glødetap er relativt jevnt: 21,9-33,1 % av TS. Det kan tyde på at strukturene i lagene kan være delvis nedbrutt.

Mye ammonium i prøven kan indikere økt mikrobiell aktivitet lokalt i jordlaget. Dette kan også indikere at organiske forbindelser i kulturlaget kan bli raskere nedbrutt som et resultat av dette. Dette må også vurderes sammen med tilhørende nitratverdier i prøvene. De to prøvene i lag 4 inneholdt ikke påvisbare konsentrasjoner av ammonium, og de inneholdt også de høyeste nitratverdier av de seks prøvene. Det var nitrat til stede i alle seks prøvene, noe som kan omdannes til ammonium av nitratreduserende bakterier. Dette er ikke heldig mht. bevaringen.

Det er målt lav pH < 6 i de to prøvene fra lag 1. Dvs. det er et mer korrosivt miljø der, noe som vil være skadelig for metallgjenstander (uorganisk innhold) i kulturlaget. pH i lag 4 er så vidt over 6, mens pH i prøvene fra lag 8 er nærmere nøytralt.

Det ble kun registrert svært lave konsentrasjoner av toverdig jern i de to prøvene fra lag 1. Dette kan tyde på mer stabile forhold for metallgjenstander i kulturlaget.

7 Bevaringsvurdering (COWI)

Bevaringsvurderingen for de seks prøvene er kun et øyeblikksbilde for de for de tre lagene på det tidspunktet prøvene ble tatt. Det er installert sensorer samtidig med prøvetakingen, men dette kapittel omtaler kun resultater av jordanalysene. Bevaringsvurderingen er vist i Tabell 8.

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 8: Bevaringsvurdering av prøver fra kulturlagene hentet fra Kjøpmannsgata 16 i Trondheim.

Lag	Organisk-innhold (%)	Vann-innhold (%)	Sulfid (mg/kg)	pH	Ledn. (µS/cm)	Bevaring			
						Organisk materiale	Uorganisk materiale	Redoks	Arkeologisk tilstand (SOPS ⁴)
1	30,4	50,3	110	5,1	50	A3	A2	Red.	A1
1 (30 cm inn)	33,1	55,4	< 5,0	5,1	46	A2	A2	Oks.	A1
4	24,6	50,9	130	6,1	37	A3	A3	Red.	A1
4 (40 cm inn)	28,1	53,4	68	6,1	40	A3	A3	Red.	A1
8	21,9	50,1	120	6,7	37	A3	A3	Red.	A1
8 (40 cm inn)	23,9	51,0	82	7,0	40	A3	A3	Red.	A1

	Lavt organisk innhold 10-29%
	Middels organisk innhold 30-49%
	Høyt organisk innhold >50%
	Lavt vanninnhold 10-29%
	Middels vanninnhold 30-49%
	Høyt vanninnhold > 50%

	Dårlig
	Middels
	Bra til utmerket
	Oksiderende
	Reduserende

SOPS: NS 9451:2009 og NS 17652:2022

8 Vurdering av forhold for kulturlagenes tilstand og bevaring

Det gjennomførte feltarbeidet har omfattet en arkeologisk tilstandsvurdering av kulturlag og installering av overvåkingsutstyr i en miljøprofil i Kjøpmannsgata 16, samt foretatt geokjemiske og -fysiske undersøkelser av utvalgte jordprøver for analyse av bevaringsforhold i tråd med Riksantikvarens vedtak i saken 9.6.2006 (RA ref. 06/571-Ark P-324-367). Undersøkelsene er utført av NIKU, i samarbeid med partnere COWI og Cautus Geo AS, og er foretatt i henhold til den nye europeiske standard NS EN 17652:2022, samt etter Norsk Standard NS 9451:2009.

8.1 Vurdering av arkeologisk tilstand

Miljøprofil 1 ligger i bakgården til Kjøpmannsgata 16 i Trondheim, og ble installert i en del av en gjenstående skråning etter omfattende gravearbeider og hvor kulturlag har blitt stående eksponert siden 2005 da kulturlagsprofiler ble dokumentert. Miljøprofil 1 er identisk med Profil 1 fra 2005 (TA 2005/25). Det ble dokumentert organiske kulturlag med gode bevaringsforhold og godt bevart treverk fra flere nivåer fra bygningsaktivitet. 18 år seinere er den arkeologiske tilstanden for kulturlag i denne miljøprofilen vurdert som dårlig.

Kulturlagene ble tolket som å være intakte *in situ* avsetninger fra middelalder. Disse besto av avsetninger og strukturer knyttet til produksjonsvirksomhet, bosetning og husholdning. Kulturlagene var porøse og relativt løse, bortsett ifra enkelte unntak, med noe varierende, men høyt organisk innhold. Mesteparten av kulturlagene ble vurdert til å være i svært dårlig tilstand, foruten ett lag som ble vurdert til å være i dårlig tilstand, fordi konstruksjonselementer og gjenstander ganske visst er til stede, men de er tilnærmet i oppløsningstilstand og deres kulturhistoriske utsagnsverdi dermed liten. Det er nå svært vanskelig å tolke de historiske hendelsene.

8.2 Vurdering av bevaringsforhold

⁴ SOPS state of preservation scale NS EN17652:2022

De geokjemiske og geofysiske analyseresultater fra jordprøver for miljøprofil 1 viser at forhold for bevaring av organisk materiale er middels for kulturlag i de fleste av de ulike nivåene i profilet hvor det er tatt prøver til analyse. Et unntak er lag 1,30 cm inn i profilet, hvor forhold for bevaring er dårlig. Dette laget vurderes også som dårlig for bevaring av uorganisk materiale.

Det gjennomsnittlige vanninnholdet i miljøprofil 1 er høyt, og ligger på over 50 % i alle prøvene. Analyseresultat for fire av prøvene tatt i de nedre lagene i profilet viser svært lave konsentrasjoner av organisk materiale (mindre enn 29 %). For de øverste prøvene, fra det øverste laget, viser analyseresultatene middels konsentrasjoner (mellom 30–49 %). Glødetap er relativt jevnt (21,9–33,1 % av TS), noe som kan indikere at strukturene og gjenstandene i lagene kan være delvis nedbrutt. Det er derimot påvist reduserende og gode redoksforhold i alle prøvene fra miljøprofilet foruten ett, hvor det ble målt oksiderende forhold (lag 1,30 cm inn i profilet). I denne prøven var det heller ikke påvist sulfid, som det var i de resterende prøvene. Nitrat ble påvist i alle prøvene, noe som ikke er heldig for god bevaring. pH-verdiene er målt lav i et av lagene (lag 1), noe som vil være skadelig for uorganisk materiale, men som er bra for bevaring av tekstil, lær og botanisk materiale. I de resterende lagene er det målt lave mot nøytrale nivåer. Kombinasjonene av verdier påvist i lagene indikerer dermed at bevaringsforholdene/miljøforholdene kan kategoriseres som middels (NS9451:2009).

9 Konklusjoner

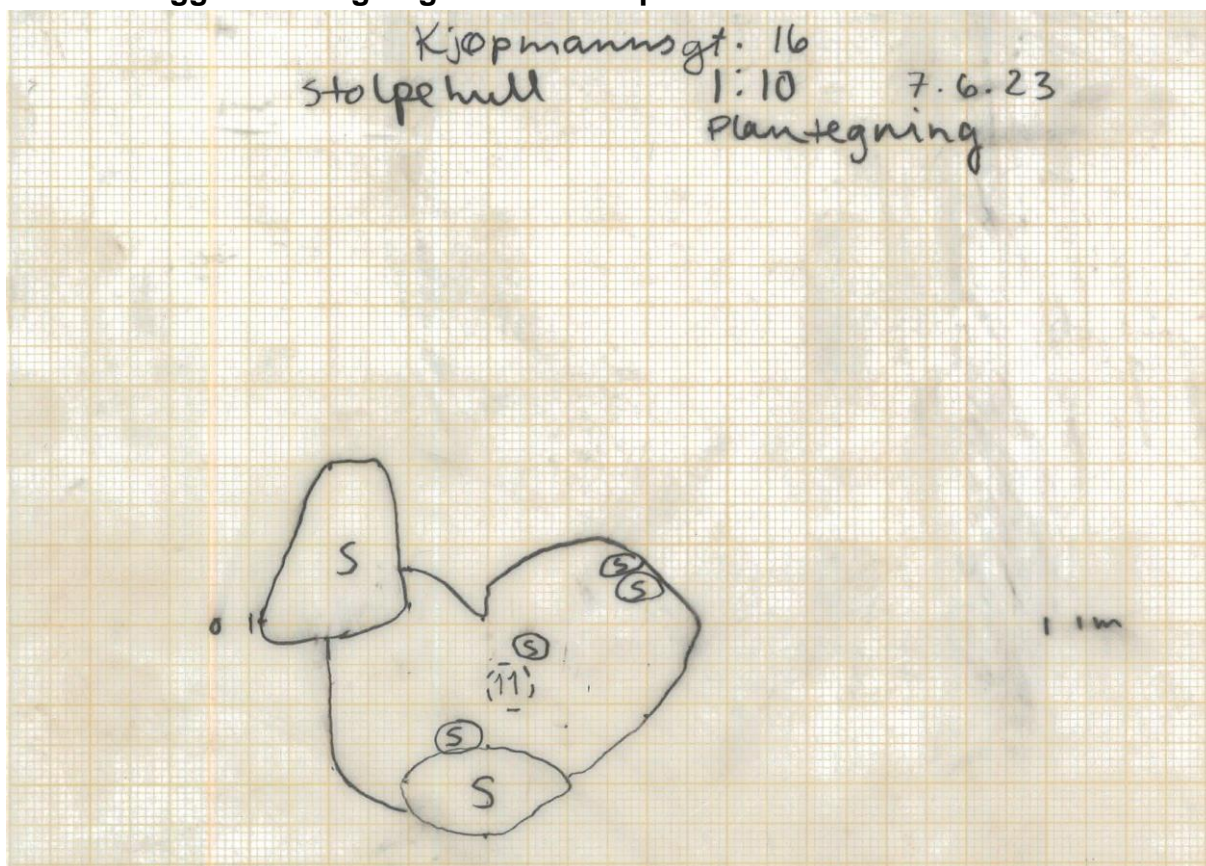
En miljøprofil i en del av tiltaksområdet er blitt undersøkt. Basert på de resultater som har kommet frem, de geokjemiske og -fysiske så vel som de arkeologiske, er de intakte kulturlag fra middelalder som har blitt undersøkt utsatt for nedbrytning. Den arkeologiske tilstandsvurderingen og de jordkjemiske vurderingene av forhold for tilstand og bevaring skiller seg noe fra hverandre i sine vurderinger. Bevaringsforholdene/miljøforholdene for organisk materiale i miljøprofil 1 viser middels og noe ustabile forhold, mens den arkeologiske tilstandsvurderingen ble satt til dårlig til svært dårlig, til tross for at det er høyt vanninnhold og middels høyt organisk innhold. En medvirkende faktor til vurderingen er at konstruksjonselementer og gjenstander ganske visst er til stede, men de er tilnærmet i oppløsningstilstand og deres kulturhistoriske utsagnsverdi dermed liten. Det er nå svært vanskelig å tolke de historiske hendelsene. Det er merkbart dårligere bevaringstilstand enn det var da profilet først ble eksponert i 2005. Foringelsen er forårsaket av langvarig eksponering for avvanning og inntrengning av oksygen. Bevaringsforhold ser ut til å være relativt stabile. Ved eventuelle fremtidige ustabile miljøforhold bør det settes inn avbøtende tiltak for å minimere risikoen for ytterligere skader.

10 Litteratur

- Christophersen, A og Nordeide, S. W. 1994. *Kaupangen ved Nidelva*. Riksantikvarens Skrifter nr.7. Riksantikvaren.
- Johannessen, L. & Eriksson, J.-E. G., 2015. Faglig program for middelalderarkeologi. Byer, sakrale steder, befestninger og borger. Riksantikvaren.
- Madigan, M. T. og J. M. Martinko 2006. Brock Biology of Microorganisms. 11th. Ed. Pearson Prentice Hall, USA.
- Petersén, A. 2005. Innberetning TA 2005/25. Kjøpmannsgata 16 (Gnr 400/Bnr 150). Etterundersøkelse i forbindelse med ulovlig utførte gravearbeider i bakgårds- og kjellerareal til eiendommen Kjøpmannsgata 16. (Arkivrapport).
- Standard Norge 2009. Kulturminner. Krav til miljøovervåking og -undersøkelse av kulturlag. Norsk Standard NS9451:2009. ICS 13.020.99: 91.010.99
- Standard Norge 2022. Kulturminner – Undersøkelse og overvåking av arkeologiske kulturlag for bevaring på stedet. NS-EN 17652:2022.
- Sæhle I., A. Petersén, P. N. Wood, K. Brink, N. E. Valstrand og K. Lorvik 2021. Arkeologiske undersøkelser i Søndre gate 7-11, Peter Egges plass, Krabugata 2–4 m.fl., Trondheim, Trøndelag (Ta2016/21, Ta20173). NIKU Rapport 97/2021

11 Vedlegg

11.1 Vedlegg 1: Plantegning av struktur i prøvehull 2



11.2 Vedlegg 2: Analyseresultater



eurofins



COWI AS
Postboks 6412 Etterstad
605 OSLO
Attn: Liv Bruås Henninge

Eurofins Environment Testing Norway
(Moss)
F. reg. NO9 651 416 18
Møllebakken 50
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
mijo@eurofins.no

AR-23-MM-070874-01

EUNOMO-00378486

Prøvemottak: 09.06.2023
Temperatur:
Analyseperiode: 09.06.2023 04:45 -
14.07.2023 01:19

Referanse: A107158

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2023-06090451	Prøvetakingsdato:	08.06.2023		
Prøvetype:	Jord	Prøvetaker:	NIKU		
Prøvemerking:	Prøve 5, lag 1 Kjøpmannsgata 16 Trondheim	Analysestartdato:	09.06.2023		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
pH målt ved 23 +/- 2°C	5.1		1		Intern metode
* Konduktivitet ved 25°C (målt ved 23 +/- 2°C)	5.0	mS/m	1	25%	NS-EN ISO 7888.
* Sulfat	35	mg/kg TS	1	20%	NS-EN ISO 10304-1
Ammonium (NH4-N)					
Ammonium-N	4.3	mg/kg TS	1	40%	Intern metode
* Nitrat (NO3-N)					
* Nitrat (NO3)	26	mg/kg TS	0.1	10%	NS-EN ISO 10304-1
b) Tørrstoff					
b) Total tørrstoff	49.7	%	0.1	10%	SS-EN 12880:2000 mod.
b) Jern (Fe)	20000	mg/kg TS	30	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 11885:2009
b) Total tørrstoff gjødetap	30.4	% TS	0.1	20%	SS-EN 12879:2000
a) Jern (II) (Fe II) [ammoniumacetat løselig] ma. %TS					
a) Jern (Fe2+)	0.0003	% TS	0.0001		DIN 19684-7:2009-01
a) Prøvepreparering (<5mm sikting)	92.8	% (w/w)	0.1		DVGW GW 9:2011-05
a) Sulfid	110	mg/kg tv	5		DIN 50929-3:2018-03

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

- a) Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, D-09627, Bobritzsch-Hilbersdorf DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAKKS D-PL-14081-01-00,
b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjötagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125.

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd. Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Målesikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Målesikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om målesikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 2

AR-001 v190

AR-23-MM-070874-01

EUNOMO-00378486



Moss 14.07.2023

Kjetil Sjaastad

Kjetil Sjaastad

Kundeveileder (ASM)

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<. Mindre enn >. Større enn nd. Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 2 av 2

AR-001 v 190



Eurofins Environment Testing Norway (Moss)
F. reg. NO9 651 416 18
Møllebakken 50
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
miljo@eurofins.no

COWI AS
Postboks 6412 Etterstad
605 OSLO
Attn: Liv Bruås Henninge

AR-23-MM-068961-01

EUNOMO-00378486

Prøvemottak: 09.06.2023
Temperatur: 09.06.2023 04:45 -
Analyseperiode: 11.07.2023 09:09

Referanse: A107158

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2023-06090452	Prøvetakingsdato:	08.06.2023		
Prøvetype:	Jord	Prøvetaker:	NIKU		
Prøvemerkning:	Prøve 6, lag 1 Kjøpmannsgata 16 Trondheim	Analysestartdato:	09.06.2023		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
pH målt ved 23 +/- 2°C	5.1		1		Intern metode
* Konduktivitet ved 25°C (målt ved 23 +/- 2°C)	4.6	mS/m	1	25%	NS-EN ISO 7888.
* Sulfat	46	mg/kg TS	1	20%	NS-EN ISO 10304-1
Ammonium (NH4-N)					
Ammonium-N	5.2	mg/kg TS	1	40%	Intern metode
* Nitrat (NO3-N)					
* Nitrat (NO3)	17	mg/kg TS	0.1	10%	NS-EN ISO 10304-1
b) Tørrstoff					
b) Total tørrstoff	44.6	%	0.1	10%	SS-EN 12880:2000 mod.
b) Jern (Fe)	20000	mg/kg TS	30	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 11885:2009
b) Total tørrstoff gjødetap	33.1	% TS	0.1	20%	SS-EN 12879:2000
a) Jern (II) (Fe II) [ammoniumacetat løselig] ma. %TS					
a) Jern (Fe2+)	0.0003	% TS	0.0001		DIN 19684-7:2009-01
a) Prøvepreparering (<5mm sikting)	54.5	%(w/w)	0.1		DVGW GW 9:2011-05
a) Sulfid	< 5.0	mg/kg tv	5		DIN 50929-3:2018-03

Utførende laboratorium/ Underleverander:

- a) Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, D-09627, Bobritzsch-Hilbersdorf DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14081-01-00,
b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjöhogsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125,

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Målesikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Målesikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området. For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om målesikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet. Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e). Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 2

AR-001 v 190

AR-23-MM-068961-01

EUNOMO-00378486



Moss 11.07.2023

Kjetil Sjaastad

Kjetil Sjaastad

Kundeveileder (ASM)

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd. Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 2 av 2

AR-001 v 190



Eurofins Environment Testing Norway (Moss)
F. reg. NO9 651 416 18
Møllebakken 50
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
miljo@eurofins.no

AR-23-MM-068959-01

EUNOMO-00378486

Prøvemottak: 09.06.2023
Temperatur: 09.06.2023 04:45 -
Analyseperiode: 11.07.2023 09:09

Referanse: A107158

COWI AS
Postboks 6412 Etterstad
605 OSLO
Attn: Liv Bruås Henninge

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2023-06090453	Prøvetakingsdato:	08.06.2023		
Prøvetype:	Jord	Prøvetaker:	NIKU		
Prøvemerkning:	Prøve 7, lag 4 Kjøpmannsgata 16 Trondheim	Analysestartdato:	09.06.2023		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
pH målt ved 23 +/- 2°C	6.1		1		Intern metode
* Konduktivitet ved 25°C (målt ved 23 +/- 2°C)	3.7	mS/m	1	25%	NS-EN ISO 7888.
* Sulfat	29	mg/kg TS	1	20%	NS-EN ISO 10304-1
Ammonium (NH4-N)					
Ammonium-N	<2.1	mg/kg TS	1		Intern metode
* Nitrat (NO3-N)					
* Nitrat (NO3)	28	mg/kg TS	0.1	10%	NS-EN ISO 10304-1
b) Tørrestoff					
b) Total tørrestoff	49.1	%	0.1	10%	SS-EN 12880:2000 mod.
b) Jern (Fe)	20000	mg/kg TS	30	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 11885:2009
b) Total tørrestoff gjødetap	24.6	% TS	0.1	20%	SS-EN 12879:2000
a) Jern (II) (Fe II) [ammoniumacetat løselig] ma. %TS					
a) Jern (Fe2+)	< 0.0001	% TS	0.0001		DIN 19684-7:2009-01
a) Prøvepreparering (<5mm sikting)	61.0	%(w/w)	0.1		DVGW GW 9:2011-05
a) Sulfid	130	mg/kg tv	5		DIN 50929-3:2018-03

Utførende laboratorium/ Underleverander:

- a) Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, D-09627, Bobritzsch-Hilbersdorf DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14081-01-00,
b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjöhogsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125,

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Målesikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Målesikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området. For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om målesikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet. Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e). Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 2

AR-001 v 190

AR-23-MM-068959-01

EUNOMO-00378486



Moss 11.07.2023

Kjetil Sjaastad

Kjetil Sjaastad

Kundeveileder (ASM)

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<. Mindre enn >. Større enn nd. Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 2 av 2

AR-001 v 190



Eurofins Environment Testing Norway (Moss)
F. reg. NO9 651 416 18
Møllebakken 50
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
miljo@eurofins.no

COWI AS
Postboks 6412 Etterstad
605 OSLO
Attn: Liv Bruås Henninge

AR-23-MM-068953-01

EUNOMO-00378486

Prøvemottak: 09.06.2023
Temperatur: 09.06.2023 04:45 -
Analyseperiode: 11.07.2023 09:09

Referanse: A107158

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2023-06090454	Prøvetakingsdato:	08.06.2023		
Prøvetype:	Jord	Prøvetaker:	NIKU		
Prøvemerkning:	Prøve 8, lag 4 Kjøpmannsgata 16 Trondheim	Analysestartdato:	09.06.2023		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
pH målt ved 23 +/- 2°C	6.1		1		Intern metode
* Konduktivitet ved 25°C (målt ved 23 +/- 2°C)	4.0	mS/m	1	25%	NS-EN ISO 7888.
* Sulfat	33	mg/kg TS	1	20%	NS-EN ISO 10304-1
Ammonium (NH4-N)					
Ammonium-N	<2.3	mg/kg TS	1		Intern metode
* Nitrat (NO3-N)					
* Nitrat (NO3)	32	mg/kg TS	0.1	10%	NS-EN ISO 10304-1
b) Tørrstoff					
b) Total tørrstoff	46.6	%	0.1	10%	SS-EN 12880:2000 mod.
b) Jern (Fe)	18000	mg/kg TS	30	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 11885:2009
b) Total tørrstoff gjødetap	28.1	% TS	0.1	20%	SS-EN 12879:2000
a) Jern (II) (Fe II) [ammoniumacetat løselig] ma. %TS					
a) Jern (Fe2+)	< 0.0001	% TS	0.0001		DIN 19684-7: 2009-01
a) Prøvepreparering (<5mm sikting)	67.7	% (w/w)	0.1		DVGW GW 9: 2011-05
a) Sulfid	68	mg/kg tv	5		DIN 50929-3: 2018-03

Utførende laboratorium/ Underleverander:

- a) Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, D-09627, Bobritzsch-Hilbersdorf DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14081-01-00,
b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjöhogsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125,

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Målesikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Målesikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området. For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om målesikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet. Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e). Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 2

AR-001 v 190

AR-23-MM-068953-01

EUNOMO-00378486



Moss 11.07.2023

Kjetil Sjaastad

Kjetil Sjaastad

Kundeveileder (ASM)

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd. Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 2 av 2

AR-001 v 190



Eurofins Environment Testing Norway (Moss)
F. reg. NO9 651 416 18
Møllebakken 50
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
miljo@eurofins.no

AR-23-MM-068955-01

EUNOMO-00378486

Prøvemottak: 09.06.2023
Temperatur: 09.06.2023 04.45 -
Analyseperiode: 11.07.2023 09.09

Referanse: A107158

COWI AS
Postboks 6412 Etterstad
605 OSLO
Attn: Liv Bruås Henninge

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2023-06090455	Prøvetakingsdato:	08.06.2023		
Prøvetype:	Jord	Prøvetaker:	NIKU		
Prøvemerkning:	Prøve 9, lag 8 Kjøpmannsgata 16 Trondheim	Analysestartdato:	09.06.2023		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
pH målt ved 23 +/- 2°C	6.7		1		Intern metode
* Konduktivitet ved 25°C (målt ved 23 +/- 2°C)	3.7	mS/m	1	25%	NS-EN ISO 7888.
* Sulfat	33	mg/kg TS	1	20%	NS-EN ISO 10304-1
Ammonium (NH4-N)					
Ammonium-N	2.5	mg/kg TS	1	40%	Intern metode
* Nitrat (NO3-N)					
* Nitrat (NO3)	22	mg/kg TS	0.1	10%	NS-EN ISO 10304-1
b) Tørrstoff					
b) Total tørrstoff	49.9	%	0.1	10%	SS-EN 12880:2000 mod.
b) Jern (Fe)	14000	mg/kg TS	30	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 11885:2009
b) Total tørrstoff gjødetap	21.9	% TS	0.1	20%	SS-EN 12879:2000
a) Jern (II) (Fe II) [ammoniumacetat løselig] ma. %TS					
a) Jern (Fe2+)	< 0.0001	% TS	0.0001		DIN 19684-7:2009-01
a) Prøvepreparering (<5mm sikting)	61.8	%(w/w)	0.1		DVGW GW 9:2011-05
a) Sulfid	120	mg/kg tv	5		DIN 50929-3:2018-03

Utførende laboratorium/ Underleverander:

- a) Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, D-09627, Bobritzsch-Hilbersdorf DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14081-01-00,
b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjöhogsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125,

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området. For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet. Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e). Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 2

AR-001 v 190

AR-23-MM-068955-01

EUNOMO-00378486



Moss 11.07.2023

Kjetil Sjaastad

Kjetil Sjaastad

Kundeveileder (ASM)

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<. Mindre enn >. Større enn nd. Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 2 av 2

AR-001 v 190



Eurofins Environment Testing Norway (Moss)
F. reg. NO9 651 416 18
Møllebakken 50
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
miljo@eurofins.no

AR-23-MM-068957-01

EUNOMO-00378486

Prøvemottak: 09.06.2023
Temperatur: 09.06.2023 04:45 -
Analyseperiode: 11.07.2023 09:09

Referanse: A107158

COWI AS
Postboks 6412 Etterstad
605 OSLO
Attn: Liv Bruås Henninge

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2023-06090456	Prøvetakingsdato:	08.06.2023		
Prøvetype:	Jord	Prøvetaker:	NIKU		
Prøvemerkning:	Prøve 10, lag 8 Kjøpmannsgata 16 Trondheim	Analysestartdato:	09.06.2023		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
pH målt ved 23 +/- 2°C	7.0		1		Intern metode
* Konduktivitet ved 25°C (målt ved 23 +/- 2°C)	4.0	mS/m	1	25%	NS-EN ISO 7888.
* Sulfat	39	mg/kg TS	1	20%	NS-EN ISO 10304-1
Ammonium (NH4-N)					
Ammonium-N	2.8	mg/kg TS	1	40%	Intern metode
* Nitrat (NO3-N)					
* Nitrat (NO3)	16	mg/kg TS	0.1	10%	NS-EN ISO 10304-1
b) Tørrstoff					
b) Total tørrstoff	49.0	%	0.1	10%	SS-EN 12880:2000 mod.
b) Jern (Fe)	14000	mg/kg TS	30	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 11885:2009
b) Total tørrstoff gjødetap	23.9	% TS	0.1	20%	SS-EN 12879:2000
a) Jern (II) (Fe II) [ammoniumacetat løselig] ma. %TS					
a) Jern (Fe2+)	< 0.0001	% TS	0.0001		DIN 19684-7: 2009-01
a) Prøvepreparering (<5mm sikting)	23.6	%(w/w)	0.1		DVGW GW 9: 2011-05
a) Sulfid	82	mg/kg tv	5		DIN 50929-3: 2018-03

Utførende laboratorium/ Underleverander:

- a) Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, D-09627, Bobritzsch-Hilbersdorf DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkKS D-PL-14081-01-00,
b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjöhogsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125,

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området. For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet. Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e). Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 2

AR-001 v 190

AR-23-MM-068957-01

EUNOMO-00378486



Moss 11.07.2023

Kjetil Sjaastad

Kjetil Sjaastad

Kundeveileder (ASM)

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd. Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 2 av 2

AR-001 v 190

11.3 Vedlegg 3: Dateringsresultater



**Center
FOR PHYSICAL SCIENCES
AND TECHNOLOGY**
Mass Spectrometry Laboratory
Saulėtekio ave. 3, LT-10222 Vilnius, Lithuania.
Mobile: +370 665 01554, E-mail: zi/vinas.ezerinskis@ftmc.lt



Page 1 of 3

DATING CERTIFICATE

No. 2023-07-05-FTMC-GW84

16th August 2023

1. Applicant for analysis: Ms Line Hovd, Norsk institutt for kulturminneforskning NIKU, Storgata 2, 0155 Oslo, Norway
2. Material of sample: Charcoal, wood
3. Date of sample receiving: 2023-07-11
4. Analysis date: 2023-08-16
5. Equipment used for analysis: Single stage accelerator mass spectrometer (SSAMS, NEC, USA), Automated Graphitization Equipment AGE-3 (Ionplus AG, Zürich).
6. Method of analysis: Samples were pretreated with a standard acid-base-acid protocol. IAEA C3, IAEA C9, and NIST-OXII were used as reference materials.
7. Results of analysis:

Sample designation	Lab. code	Radiocarbon age, BP	pMC
P3	FTMC-GW84-1	1235±29	85.75±0.31
P2	FTMC-GW84-2	1015±29	88.13±0.32
P11	FTMC-GW84-3	1140±29	86.77±0.31

The results are given in years before 1950 (radiocarbon age BP). The uncertainty in the age determination is given +/- one standard deviation. All radiocarbon ages are corrected for isotopic fractionation using the measured 13/12-ratio. The radiocarbon ages must be translated to calibrated radiocarbon years.

8. Calibrated radiocarbon dates:



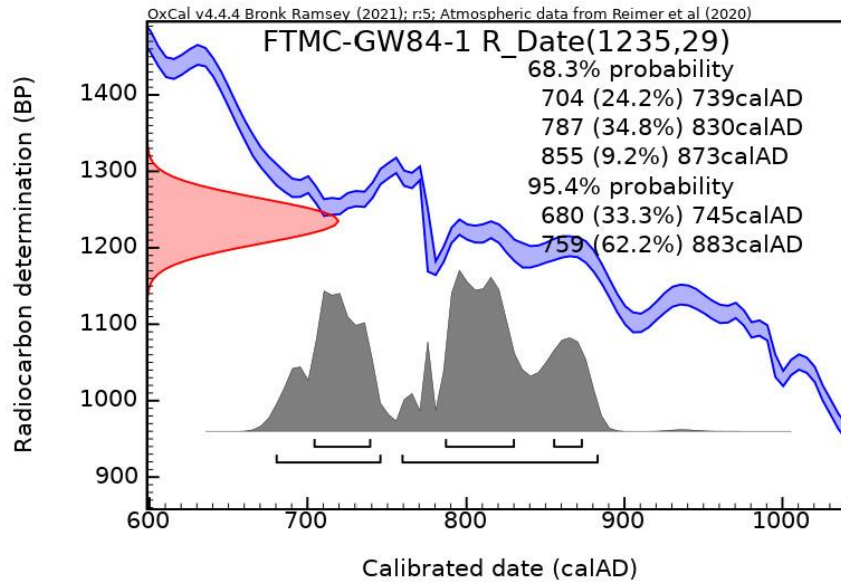


Fig. 1. Radiocarbon date 1235±29BP (red), part of the calibration curve (blue) and the calibrated probability density function (grey) calculated in OxCal.

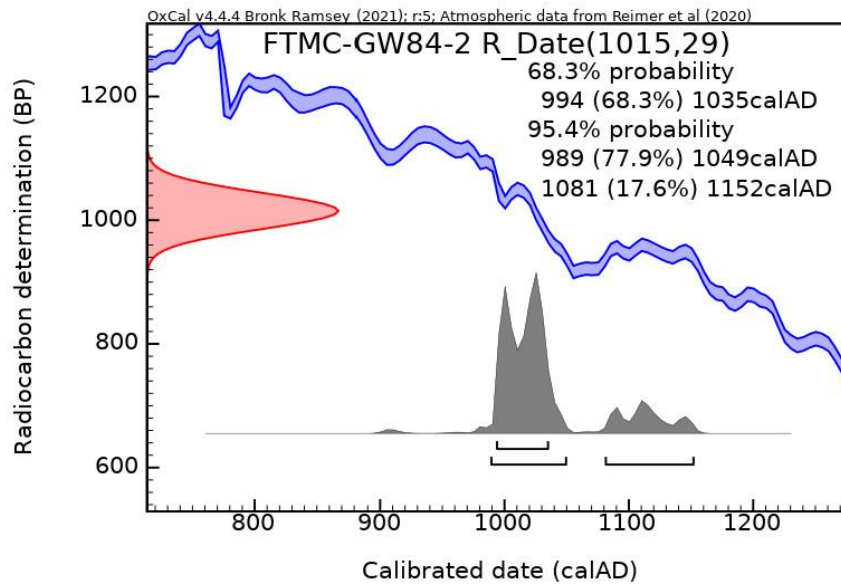


Fig. 2. Radiocarbon date 1015±29BP (red), part of the calibration curve (blue) and the calibrated probability density function (grey) calculated in OxCal.

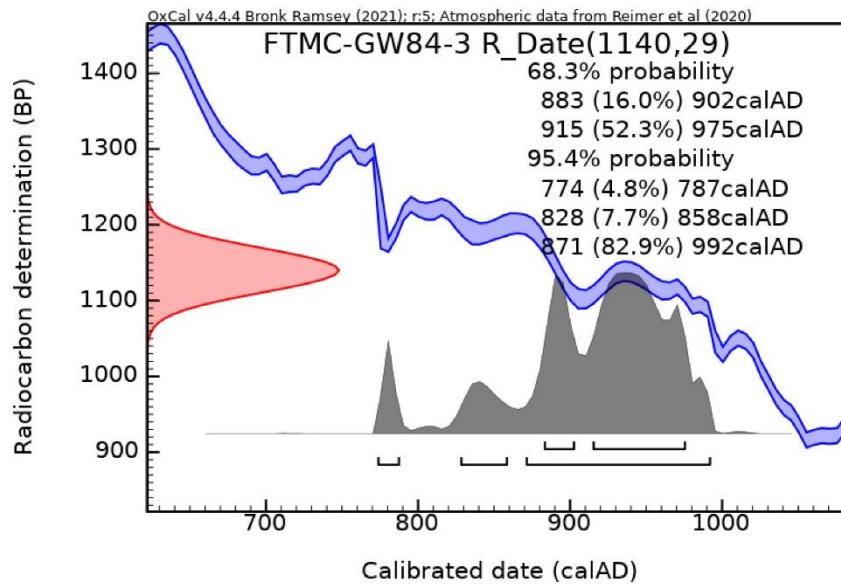


Fig. 3. Radiocarbon date 1140 ± 29 BP (red), part of the calibration curve (blue) and the calibrated probability density function (grey) calculated in OxCal.

Responsible person: dr. Žilvinas Ežerinskis

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 336

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