



MØLLEGATEN 1, TØNSBERG

Boring av energibrønner

Lars Haugsten





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

Tittel Møllegaten 1, TØNSBERG Boring av energibrønner	Rapporttype/nummer NIKU Oppdragsrapport 159/2017	Publiseringsdato 12.03.2018
	Prosjektnummer 1021122	Oppdragstidspunkt 5. – 6.7.2017
	Forsidebilde Oversikt over Møllegaten 1. Tone Bergland. Cf53306 NIKU 634420	
Forfatter(e) Lars Haugesten	Sider 44	Tilgjengelighet Åpen
	Avdeling Arkeologi	

Prosjektleder Lars Haugesten
Prosjektmedarbeider(e) Tone Bergland
Kvalitetssikrer Chris McLees

Oppdragsgiver(e) Møllegaten 1 og 3 AS
--

<p>Sammendrag</p> <p>I forbindelse med boring av syv energibrønner på eiendommen Møllegaten 1, ble tre av boringene overvåket av arkeologer fra NIKU. Boringene viste at det var bevarte kulturlag ned til 4,65 m under topp asfalt. Det ble tatt tre prøver for C14-dateringer og seks prøver for jordkjemiske analyser. C14-prøvene daterte kulturlagene mellom 993 og 1291 AD, med andre ord fra sen vikingtid til slutningen av høy middelalderen. Analysen av de jordkjemiske prøvene tolket bevaringsforholdene til kulturlagene som middels/middels høy til dårlig.</p>
--

Emneord Møllegaten 1, arkeologi, middelalder, arkeologisk overvåking, kulturlag, boringer, geokjemiske prøver, Tønsberg.

Avdelingsleder

Lise-Marie Bye Johansen

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn og innledning.....	6
2	Kort historikk	6
3	Metode og gjennomføring	7
4	Resultater	7
4.1	Boringer	7
4.1.1	Brønn 3 (intrasis nr. 1064).....	7
4.1.2	Brønn 4 (intrasis nr. 1046).....	8
4.1.3	Brønn 7 (intrasis nr. 1000).....	9
4.2	Jordkjemiske prøver	11
5	Sammenfatning og konklusjon	12
6	Litteraturliste	13
7	Vedlegg.....	14
7.1	Kontekstliste	14
7.2	Prøveliste	14
7.3	Fotoliste.....	15
7.4	Oversiktsplot	17
7.5	Planlagte boringer og tidligere arkeologiske undersøkelser	18
7.6	Utvalgte boringer	19
7.7	Detaljplot.....	20
7.8	Koordinatliste	21
7.9	Profiltegninger.....	22
7.10	Matriser	23
7.11	Vedartsanalyse	24
7.12	C14-datering lag 1059, prøve 1061	27
7.13	C14-datering lag 1043, prøve 1044	28
7.14	C14-datering lag 1013, prøve 1014	29
7.15	NIBIO Rapport for Møllegaten 1 og tomten Foyen senteret	30
7.16	Mabygis	44

1 Bakgrunn og innledning

Østlandet brønn og energiboring AS sendte på vegne av Møllegaten 1 og 3 AS en søknad til Riksantikvaren i forbindelse med boring av syv energibrønner på eiendommen Møllegaten 1. Riksantikvaren mottok søknaden 5.5.2017 og fikk 14.6.2017 en e-post med oppdatert kart og grøfteplassering. NIKU Distriktskontor Tønsberg mottok oppdragsbestillingen fra Riksantikvaren 14.6.2017 (RA 17/01006-3), og Riksantikvaren fattet vedtak 27.6.2017 (RA 17/01006-5).

Dispensasjonen fra Riksantikvaren ga lov om boring av alle syv energibrønner, der tre av boringene skulle overvåkes arkeologisk og medfølgende uttak av prøver. I tillegg ble det tillatt å grave en samleikum og grøft mellom brønnene og samleikumen på 0,5 m dybde uten arkeologisk overvåking. Det skulle i det tilfelle bare graves i moderne masser.

2 Kort historikk

På nordvestre side av Møllegaten, ble det i 1971-73 utført en arkeologisk undersøkelse på tomten Nedre Langgate 45 (Eriksson & Karlberg 1994). Tomten lå like nordvest for Møllegaten 3B. I samme tidsrom ble det lagt en stikkledning for avskjærende kloakk langs det samme utgravningsfeltet, men da i Møllegatens gategrunn. Utgravningene avdekket, foruten kulturlag og gjenstandsfunn, bryggekar, bygninger, trelagte passasjer, flettverksgjerder og en brønn datert til høymiddelalder. De yngste funnene, derunder bryggekarene, kan ha vært anlagt på slutten av 1100-tallet, og representerte trolig deler av de tidligste utbyggingene av den middelalderske bryggefronten.

I 1999 ble det gravet grøfter for avløpsledninger og pumpekum i Møllegaten mellom Nedre Langgate 36 og 38 (Sønsterud 1999). Det ble gravet en 31 m lang grøft, med bredde 0,6-1 m og dybde 1,3 m. Sjakten for pumpekummen hadde en lengde på 2,7 m, en bredde på 1,1 m og dybde 2,7 m. Det ble observert moderne og etterreformatoriske masser. I forbindelse med oppføring av nybygg på Nedre Langgate 43 i 2008, avdekket en utgravning flere nivåer med tidlig etterreformatoriske og middelalderske kulturlag (Ekstrøm 2008). I tillegg ble det avdekket rester etter 3 bygninger datert til henholdsvis første og andre halvdel av 1200-tallet. En av bygningene var hardt brent, og har trolig vært utsatt for en svært kraftig brann.

Under utskifting av vann og avløp, gjort i forbindelse med nedleggelse av fjernvarme i 2011, ble det gravet fire grøfter på Møllegaten 3B (Klaussen 2012a). Grøftenes lengde varierte mellom 2,4 og 4 m, med bredde mellom 0,55 og 0,8 m og dybde mellom 2,35 og 2,75 m. I grøftene ble det fra 0,5 m dybde registrert etterreformatoriske kulturlag hvor de automatisk fredede lag ble observert ca. 1-1,3 m under dagens overflate. Det ble også avdekket trestokker og planker på 1,75-2,3 m dybde, og disse ble tolket å være deler av større trekonstruksjoner, mulig etter bygninger eller trelagte passasjer. Videre i forbindelse med fjernvarmen, ble det samme år gravd en stikkledningsgrøft langs Møllegatens sørøstre kant ved Møllegaten 1 (Klaussen 2012b). I gaten ble det påtruffet kulturlag og bygningsrester fra og med 0,5 m dybde. De øvre nivåene ble tolket som tidlig etterreformatoriske og ble datert til 1500-1600-tallet. Automatisk fredede kulturminner ble avdekket fra 0,65-1 m under dagens overflate. I likhet med funn fra de ovenfor nevnte undersøkelsene, bestod kulturminnene av bygningsrester, kulturlag og brannpåvirkede masser. Det ble registrert rester av flere bygningsfaser, noen av disse var hardt brente og har trolig vært utsatt for utslettende branner. Bygningsrestenes beliggenhet antyder at det var rester av den sjønære bebyggelsen som har strukket seg fra sjøen og oppover mot Stræti (Storgaten).

3 Metode og gjennomføring

Feltarbeidet ble gjennomført 5. og 6.7.2017, og ble utført av prosjektleder Lars Haugesten og feltarkeolog Tone Bergland. Tiltakshaver var Møllegaten 1 og 3 AS og entreprenør Østlandet brønn og energiboring AS. Måleutstyr som ble benyttet av NIKU var CPOS og Trimble GIS.

To borer ble gjennomført 5.7.2017 og en boring ble gjennomført 6.7.2017.

4 Resultater

Av de syv planlagte boringene, ble det anbefalt av NIKU å overvåke tre av boringene (vedlegg 7.4-7.6 for kart over boringenes beliggenhet). De tre utvalgte boringene var brønnene nr. 3, 4 og 7 (se vedlegg 7.9 for profiltegninger og 7.10 for Harris-matriser). De resterende brønnene 1, 2, 5 og 6 ble boret uten arkeologisk tilsyn. Tilstanden til lagene ble gradert til mellom 1 og 5, der 1 var dårlig og 5 var meget god.

4.1 Boringer

4.1.1 Brønn 3 (intrasis nr. 1064)

De moderne og etterreformatoriske masser ble målt til å være ca. 2 m tykke. Lag **1058** var det yngste middelalderske lag, og ble observert mellom 2 og 2,2 m under topp asfalt (figur 1). Innholdet bestod av gråbrun sandet silt med noe brent og ubrent treverk og treflis. Tilstanden ble satt til å være 4. Lag **1059** lå under lag 1058, og var synlig mellom 2,2 og 3,5 m under topp asfalt (figur 2). Laget inneholdt gråbrunt siltet sand spettet med leire. Konsistensen var svampete og det ble funnet noe treflis, hasselnøttskall og småstein. Tilstanden til laget ble satt til 5. Det ble tatt en prøve (**1061**) av laget, der prøven ble vedartsanalysert av arkeobotaniker Maria Sture. Det ble utvalgt en prøve av gran, og prøven ble deretter sendt til Beta Analytic Limited som utførte en C14-datering. Granen ble C14-datert til 1224-1291 AD (Vedlegg 7.12).



Figur 1. Til venstre. Lag 1058 og 1059 på 2-3 m. Cf53306_NIKU_634443. Figur 2. Til høyre. Lag 1059 på 3-3,5 m. Cf53306_NIKU_634445.

Videre forsøk på å bore ble blokkert av en stein, og det var ikke mulig å fortsette.

4.1.2 Brønn 4 (intrasis nr. 1046)

Det ble observert 6 forskjellige lag i brønnen, og de moderne og etterreformatoriske masser var ca. 1,2 m tykke. Lag **1028** lå mellom 1,2 og 1,4 m under topp asfalt, og bestod av mørkebrunt plastisk siltet sand iblandet enkelte brune treflis (figur 3). Laget var luktfritt og tilstanden ble satt til 4. Mellom 1,4 og 1,75 m lå lag **1029** (figur 3), og laget inneholdt fuktig gråbrun siltet sand med innslag av røde teglfragmenter og treflis av forskjellig størrelse. Tilstanden ble satt til 4. Lag **1030** lå mellom 1,75 og 2,4 m, og bestod av fuktig mørk gråbrun sandet silt iblandet treflis, fibertråder, småstein og et fragment av lær (figur 3 og 4). Innholdet luktet typisk "middelalder" av medium styrke. Tilstanden på laget ble tolket til meget god, og ble satt til 5. Lag **1037** lå under lag 1030, og ble observert mellom 2,4 og 3,2 m (figur 4 og 5). Laget besto av mørk gråbrun siltet sand iblandet røde teglfragmenter, treflis og småstein, og var fuktig og svampete. Tilstanden ble satt til 5.



Figur 3. Til venstre. Lag 1028, 1029 og 1030 på 1-2 m. Cf53306_NIKU_634432. Figur 4. Til høyre. Lag 1030 og 1037 på 2-3 m. Cf53306_NIKU_634434.

Lag **1040** ble sett mellom 3,2 og 4,1 m, og inneholdt mørkebrun humus og leire iblandet trekull, snilehus og dyre- og fiskebein (figur 5). I tillegg ble det funnet mye gul treflis, både små og store biter. Bunnen av laget hadde den største konsentrasjonen av treflis og tilstanden på laget ble vurdert til 5. Nederste kulturlag var lag **1043**, og ble observert mellom 4,1 og 4,65 m (figur 6). Ved eksponering i fri luft gikk fargen på massen fra rødbrunt til mørkebrunt relativt raskt. Laget besto av fuktig siltet sand og humus iblandet fiskebein, hasselnøttskall og store treflis. Tilstanden ble vurdert til meget god, og ble satt til 5. Det ble tatt en prøve (**1044**) av laget, der prøven ble vedartsanalysert av arkeobotaniker Maria Sture. Det ble utvalgt en prøve av or, og prøven ble deretter sendt til Beta Analytic Limited som utførte en C14-datering. Prøven ble C14-datert til 1025-1160 AD (Vedlegg 7.13).



Figur 5. Til venstre. Lag 1037 og 1040 på 3-4 m. Cf53306_NIKU_634436. Figur 6. Til høyre. Lag 1040 og 1043 på 4-5 m. Cf53306_NIKU_634438.

Naturlig undergrunn lå 4,65 m under topp asphalt, og besto av strandsilt.

4.1.3 Brønn 7 (intrasis nr. 1000)

I brønnen ble det observert 5 forskjellige lag, og de moderne og etterreformatoriske masser var ca. 1,4 m tykke. Det yngste middelalderske laget var lag **1001**, og ble observert mellom 1,4 og 1,75 m under topp asphalt (figur 7). Laget inneholdt mørk gråbrun siltet sand iblandet fuktig treflis. Treflisen brakk lett og fyllet hadde en svak lukt. Tilstanden på laget ble satt til 4. Lag **1002** lå under lag 1001, og ble observert mellom 1,75 og 2,1 m (figur 7). Laget besto av mørk gråbrun siltet sand og leire iblandet småkvist, dyrebein, små stein, trebiter og lærfragmenter. I tillegg inneholdt laget en del fuktig treflis. Tilstanden på laget ble satt til 4. Mellom 2,1 og 2,6 m lå lag **1007**, og laget inneholdt mørkebrun siltet sand iblandet leire og humus (figur 8). Det ble også sett treflis og hasselnøttskall, og fyllet var fuktig med en svampete konsistens. Tilstanden på laget ble satt til 5. Lag **1008** ble sett mellom 2,6 og 3,3 m, og var meget lik lag 1007 (figur 8 og 9). Forskjellen mellom lagene var at treflisene i lag 1008 var mindre, og at laget fremsto mer homogent. Tilstanden var likt laget 1007.



Figur 7. Til venstre. Lag 1001 og 1002 på 1-2 m. Cf53306_NIKU_634423. Figur 8. Til høyre. Lag 1007 og 1008 på 2-3 m. Cf53306_NIKU_634425.

Eldste kulturlag var lag **1013** og lå mellom 3,3 og 3,63 m under topp asfalt (figur 9). Laget besto av brungrått siltet sand iblandet dyrebein, treflis og småstein. Konsistensen ble tolket som svampete, og tilstanden ble satt til 4. Det ble tatt en prøve (**1014**) av laget, der prøven ble vedartsanalysert av arkeobotaniker Maria Sture. Det ble utvalgt en prøve fra et hasselnøttskall, og prøven ble deretter sendt til Beta Analytic Limited som utførte en C14-datering. Hasselnøttskallet ble C14-datert til 993-1154 AD (Vedlegg 7.14).



Figur 9. Lag 1008 og 1013 på 3-4 m. Cf53306_NIKU_634427.

Naturlig undergrunn lå 3,63 m under topp asfalt, og besto av strandsilt.

4.2 Jordkjemiske prøver

Det ble tatt ut 6 prøver for jordkjemiske analyser, og prøvene ble sendt til NIBIO for nærmere analyse (vedlegg 7.15). Av de 6 prøvene, ble det tatt ut 2 prøver fra hvert borepunkt, og de ble tatt ut fra øverste sikre lag og fra nederste eldste lag.

Brønn 3: lag 1058 og 1059.

Lag 1058 hadde et lavt innhold av organisk materiale og hadde middels vanninnhold. De organiske og uorganiske bevaringsforholdene ble satt til middels. Lag 1059 hadde de samme resultatene, men de organiske bevaringsforholdene var noe bedre.

Brønn 4: lag 1030 og 1043.

Lag 1030 ble analysert til å inneholde middels organisk materiale og middels til høyt vanninnhold. Bevaringsforholdene til organisk og uorganisk materiale ble satt til å være middels. Lag 1043 hadde et høyt innhold av organisk materiale og et høyt vanninnhold, men bevaringsforholdene til det organiske og uorganiske materialet ble henholdsvis satt til middels høyt og dårlig.

Brønn 7: lag 1002 og 1013.

Lag 1002 inneholdt lave verdier av organisk materiale og hadde et høyt vanninnhold. De organiske og uorganiske bevaringsforholdene ble satt til middels. Det organiske innholdet i lag 1013 ble analysert til å være lavt, og vanninnholdet ble analysert til å være middels. Bevaringsforholdene til det organiske materialet ble ansett til å være middels høyt, der det uorganiske materialet ble satt til dårlig.

I felt ble bevaringstilstanden på jordlagene tolket til å være bra til meget bra, men den jordkjemiske analysen tolket jordlagenes bevaringstilstand til å være middels til dårlig. En årsak til dette kan være oppbevaringstiden fra der prøven ble tatt til innlevering for jordkjemisk analyse. Det er mulig at prøvene kan ha blitt påvirket av dette på tross av riktig oppbevaringsmetode.

5 Sammenfatning og konklusjon

Boreprøvene og de medfølgende C14-prøvene og jordkjemiske analyser, gir et godt overblikk over kulturlagenes alder og tilstand. Det finnes tykke bevarte kulturlag, brønn 3 hadde kulturlag minst 3,5 m under topp asfalt, brønn 4 ned til 4,65 m under topp asfalt og brønn 7 ned til 3,63 m under topp asfalt. Tre av lagene ble datert til å være mellom sen vikingtid og sen høymiddelalder. I felt ble tilstanden til kulturlagene tolket til å være bra eller meget bra, men de jordkjemiske prøvene viste bevaringsforholdene til å være dårligere. Prøvene analyserte kulturlagenes bevaringstilstand for det meste til å være middels/middels høyt, og i noen tilfeller dårlig. Dette viser at kulturlagene gradvis blir dårligere i tidsrommet mellom prøvetaking og analyse, noe som kan ha flere årsaker. Vanninnholdet ble med ett unntak analysert til å være lavt eller middels, noe som kan ha påvirket bevaringsforholdene. Om dette er naturlig ellers skyldes bygningsaktivitet er ukjent, men bør følges opp videre med eventuelle miljøbrønner.

6 Litteraturliste

Ekstrøm, H. 2008: Nedre Langgate 43, Tønsberg. Arkeologisk utgravning på Branntomta. *NIKU Rapport Nr. 50/2008*.

Ericsson, J. E. G. og Karlberg, I. 1994: Tønsbergs fornminneområde – En statusrapport over den arkeologiske registrering av middelalderbyen Tønsberg, 1973-1994. *Arkeologiske rapporter fra Tønsberg nr. 10*.

Klaussen, M. 2012a: Møllegaten 3B, Tønsberg. Arkeologisk overvåkning av graving for utskifting av vann- og avløpsledning til eiendommen. *NIKU Rapport Nr. 119/2012*.

Klaussen, M. 2012b: Fjernvarme 2011, Tønsberg. Arkeologisk overvåkning og utgravning av hovedtrasé og stikkledninger i sentrale og nordrebydel. NIKU Rapport 69/2012. Upublisert.

Sønsterud, K. E. 1995: Rapport fra den arkeologiske sjaktovervåkingen Møllegt. mellom Nedre Langgt. 36 og 38. *NIKU Rapport 1999*.

Riksantikvaren, Distriktskontor Syd. Arkivmateriale.

7 Vedlegg

7.1 Kontekstliste

Intrasisld	Navn	Klasse	Beskrivelse
1000	BP7	Kutt	Inneholder lag 1001, 1002, 1007, 1008 og 1013.
1001	Fyll	Lag	Mørk gråbrun siltet sand og leire. Kan formes til en ball. Inneholder en del fuktig treflis og brekker lett. Relativt homogent. Svak lukt. Tilstand 4.
1002	Fyll	Lag	Mørk gråbrun siltet sand og leire. Kan formes til en ball. Inneholder en del fuktig treflis og brekker lett. I tillegg inneholder laget småkvist, små stein, lærbiter, dyrebein, og større trebiter. Svak lukt. Tilstand 4.
1007	Fyll	Lag	Mørkebrun fuktig siltet sand med noe leire og humus. Svampete konsistens. Lukt av tre. Laget inneholdt treflis og hasselnøttskall. Tilstand 5.
1008	Fyll	Lag	Mørkebrun fuktig siltet sand med noe leire og humus. Svampete konsistens. Lukt av tre. Laget inneholdt mindre treflis (størrelse) og hasselnøttskall. Homogent. Tilstand 5.
1013	Fyll	Lag	Brungrått sandholdig lag med noe silt. Mindre organisk enn lag 1008. Svampete konsistens med lite lukt. Inneholdt dyrebein, treflis og småstein.
1028	Fyll	Lag	Mørkebrunt lag, siltig sand som nesten kan klemmes til en ball. Plastisk, lukter ikke. Inneholder noen brune treflis.
1029	Fyll	Lag	Fuktig, svakt spettet, gråbrunt lag. Siltholdig sand med innslag av rød tegl, litt flis, noen litt større flis.
1030	Fyll	Lag	Mørk gråbrun sandig silt. Fuktig, spesielt nederst. Kan rulles til en ball. Inneholder treflis, noen fibertråder, småstein og et fragment av lær (ikke tatt inn). "Middelalderlukt", medium styrke.
1037	Fyll	Lag	Mørk gråbrun siltig sand. Fuktig, spesielt nederst. Laget er svampete og massen kan rulles til en ball. Inneholder rød tegl, treflis og litt småstein.
1040	Fyll	Lag	Mørkebrunt, svampete og kompakt lag. Inneholder humus og leire. Mye gul treflis, både små og store. Større konsentrasjon av treflis lengre ned i laget. Funn av trekull, snilehus, dyre- og fiskebein.
1043	Fyll	Lag	Rødbrunt lag, oksiderer veldig fort til mørkebrunt. Fuktig siltig sand blandet med mye humus. Inneholder fiskebein, hasselnøttskall og store treflis.
1046	BP4	Kutt	Inneholder lag 1028, 1029, 1030, 1037, 1040 og 1043.
1058	Fyll	Lag	Gråbrun, sandig silt. Mulig noe brent treverk. Mye fuktig treflis og treverk.
1059	Fyll	Lag	Gråbrunt, spettet med leire. Fuktig siltet svampete sand med litt treflis, hasselnøtt og litt småstein. Svakt lukt. Tilstand 5.
1064	BP3	Kutt	Inneholder lag 1058 og 1059.

7.2 Prøveliste

Intrasisld	Navn	Klasse	Bearbeidet	Beskrivelse
1003	C-14	Prøve	Nei	C-14 prøve fra lag 1001.
1004	C-14	Prøve	Nei	C-14 prøve fra lag 1002.
1005	Prøve	Jordkjemiprøve	Nei	Geokjemiskprøve fra lag 1001.
1006	Prøve	Jordkjemiprøve	Ja	Geokjemiskprøve fra lag 1002.
1009	C-14	Prøve	Nei	C-14 prøve fra lag 1007.
1010	C-14	Prøve	Nei	C-14 prøve fra lag 1008.
1011	Prøve	Jordkjemiprøve	Nei	Geokjemiskprøve fra lag 1007.
1012	Prøve	Jordkjemiprøve	Nei	Geokjemiskprøve fra lag 1008.
1014	C-14	Prøve	Ja	C-14 prøve fra lag 1013.

Intrasisld	Navn	Klasse	Bearbeidet	Beskrivelse
1015	Prøve	Jordkjemiprøve	Ja	Geokjemiskprøve fra lag 1013.
1031	C-14	Prøve	Nei	C-14 prøve fra lag 1028.
1032	C-14	Prøve	Nei	C-14 prøve fra lag 1029.
1033	C-14	Prøve	Nei	C-14 prøve fra lag 1030.
1034	Prøve	Jordkjemiprøve	Nei	Geokjemiskprøve fra lag 1028.
1035	Prøve	Jordkjemiprøve	Nei	Geokjemiskprøve fra lag 1029.
1036	Prøve	Jordkjemiprøve	Ja	Geokjemiskprøve fra lag 1030.
1038	Prøve	Jordkjemiprøve	Nei	Geokjemiskprøve fra lag 1037.
1039	C-14	Prøve	Nei	C-14 prøve fra lag 1037.
1041	C-14	Prøve	Nei	C-14 prøve fra lag 1040.
1042	Prøve	Jordkjemiprøve	Nei	Geokjemiskprøve fra lag 1040.
1044	C-14	Prøve	Ja	C-14 prøve fra lag 1043.
1045	Prøve	Jordkjemiprøve	Ja	Geokjemiskprøve fra lag 1043.
1060	C-14	Prøve	Nei	C-14 prøve fra lag 1058.
1061	C-14	Prøve	Ja	C-14 prøve fra lag 1059.
1062	Prøve	Jordkjemiprøve	Ja	Geokjemiskprøve fra lag 1058.
1063	Prøve	Jordkjemiprøve	Ja	Geokjemiskprøve fra lag 1059.

7.3 Fotoliste

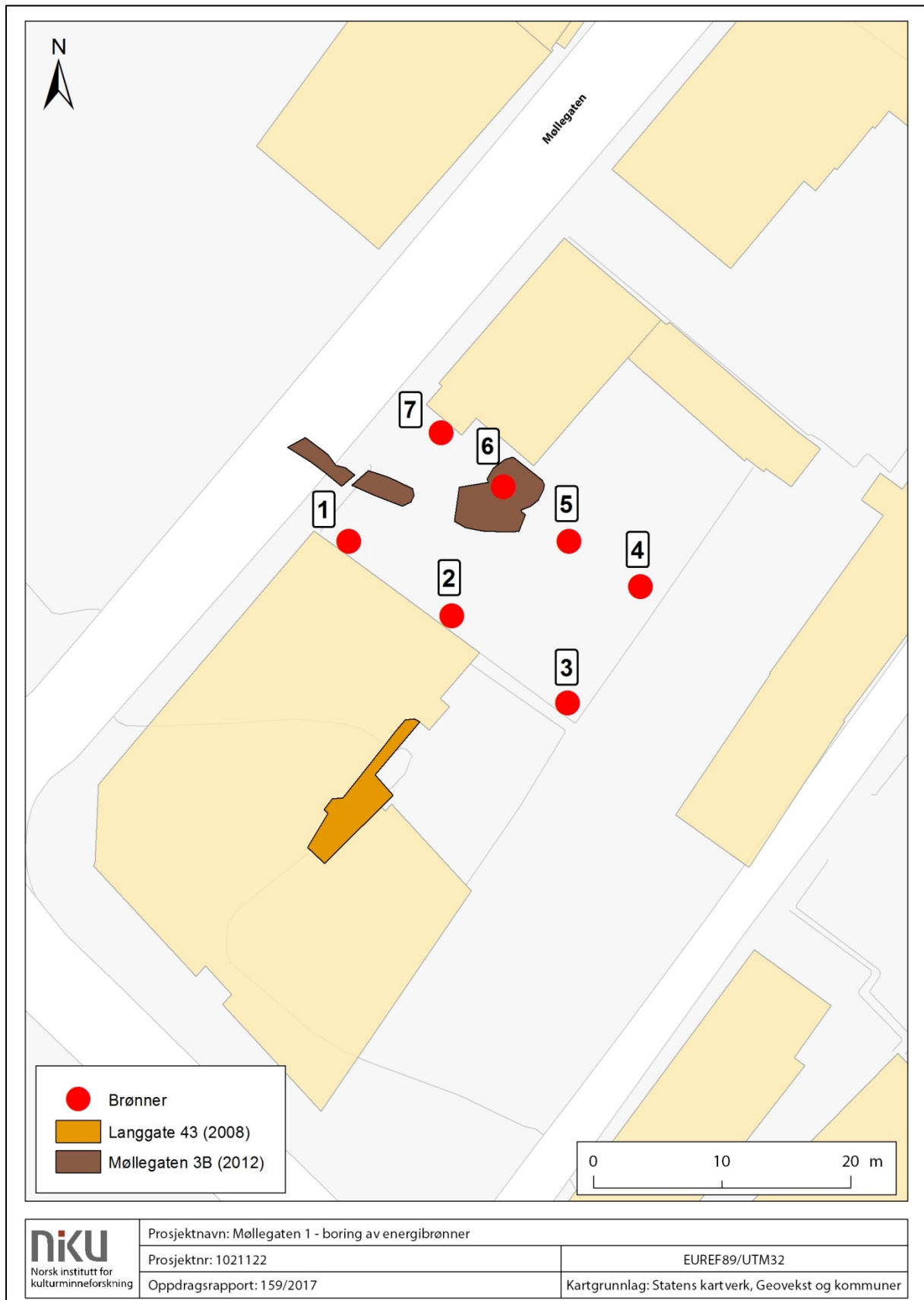
Filnavn	Fotonr i felt	Motiv	Sett mot	Opptaksdato
Cf53306_NIKU_0001.JPG	IMG_0160.JPG	Boremaskin før boring	NØ	05.07.2017
Cf53306_NIKU_0002.JPG	IMG_0161.JPG	Oversikt feltet før boring	SØ	05.07.2017
Cf53306_NIKU_0003.JPG	IMG_0162.JPG	Oversikt feltet før boring	NV	05.07.2017
Cf53306_NIKU_0004.JPG	IMG_0165.JPG	Borehull 7 (1000), 1-2 m. Lag 1001 og 1002.	Ø-NØ	05.07.2017
Cf53306_NIKU_0005.JPG	IMG_0166.JPG	Borehull 7 (1000), 1-2 m. Lag 1001 og 1002.	Ø-NØ	05.07.2017
Cf53306_NIKU_0006.JPG	IMG_0172.JPG	Borehull 7 (1000), 2-3 m. Lag 1007 og 1008.	Ø-NØ	05.07.2017
Cf53306_NIKU_0007.JPG	IMG_0174.JPG	Borehull 7 (1000), 2-3 m. Lag 1007 og 1008.	Ø-NØ	05.07.2017
Cf53306_NIKU_0008.JPG	IMG_0182.JPG	Borehull 7 (1000), 3-4 m. Lag 1008 og 1013.	Ø	05.07.2017
Cf53306_NIKU_0009.JPG	IMG_0184.JPG	Borehull 7 (1000), 3-4 m. Lag 1008 og 1013.	Ø	05.07.2017
Cf53306_NIKU_0010.JPG	IMG_0187.JPG	Borehull 4 (1046). Lars fra Østlandet brønn og energiboring AS.	NØ	05.07.2017
Cf53306_NIKU_0011.JPG	IMG_0188.JPG	Borehull 4 (1046). Lars fra Østlandet brønn og energiboring AS og Lars Haugesten fra NIKU.	NØ	05.07.2017
Cf53306_NIKU_0012.JPG	IMG_0189.JPG	Borehull 4 (1046). Lars fra Østlandet brønn og energiboring AS og Lars Haugesten fra NIKU.	NØ	05.07.2017
Cf53306_NIKU_0013.JPG	IMG_0192.JPG	Borehull 4 (1046), 1-2 m. Lag 1028, 1029 og 1030.	NØ	05.07.2017
Cf53306_NIKU_0014.JPG	IMG_0194.JPG	Borehull 4 (1046), 1-2 m. Lag 1028, 1029 og 1030.	NØ	05.07.2017
Cf53306_NIKU_0015.JPG	IMG_0195.JPG	Borehull 4 (1046), 2-3 m. Lag 1030 og 1037.	NØ	05.07.2017
Cf53306_NIKU_0016.JPG	IMG_0198.JPG	Borehull 4 (1046), 2-3 m. Lag 1030 og 1037.	NØ	05.07.2017
Cf53306_NIKU_0017.JPG	IMG_0201.JPG	Borehull 4 (1046), 3-4 m. Lag 1037 og 1040.	NØ	05.07.2017
Cf53306_NIKU_0018.JPG	IMG_0203.JPG	Borehull 4 (1046), 3-4 m. Lag 1037 og 1040.	NØ	05.07.2017
Cf53306_NIKU_0019.JPG	IMG_0207.JPG	Borehull 4 (1046), 4-5 m. Lag 1040 og 1043.	NØ	05.07.2017
Cf53306_NIKU_0020.JPG	IMG_0208.JPG	Borehull 4 (1046), 4-5 m. Lag 1040 og 1043.	NØ	05.07.2017

Filnavn	Fotonr i felt	Motiv	Sett mot	Opptaksdato
Cf53306_NIKU_0021.JPG	IMG_0210.JPG	Borehull 3 (1064). Før boring.	SV	06.07.2017
Cf53306_NIKU_0022.JPG	IMG_0212.JPG	Borehull 3 (1064), 1-2 m. Mulig etterreformatrisk.	N	06.07.2017
Cf53306_NIKU_0023.JPG	IMG_0213.JPG	Borehull 3 (1064), 1-2 m. Mulig etterreformatrisk.	N	06.07.2017
Cf53306_NIKU_0024.JPG	IMG_0216.JPG	Borehull 3 (1064), 2-3 m. Lag 1058 og 1059.	N	06.07.2017
Cf53306_NIKU_0025.JPG	IMG_0218.JPG	Borehull 3 (1064), 2-3 m. Lag 1058 og 1059.	N	06.07.2017
Cf53306_NIKU_0026.JPG	IMG_0222.JPG	Borehull 3 (1064), 3-3,5 m. Lag 1059.	N	06.07.2017
Cf53306_NIKU_0027.JPG	IMG_0224.JPG	Borehull 3 (1064), 3-3,5 m. Lag 1059.	N	06.07.2017

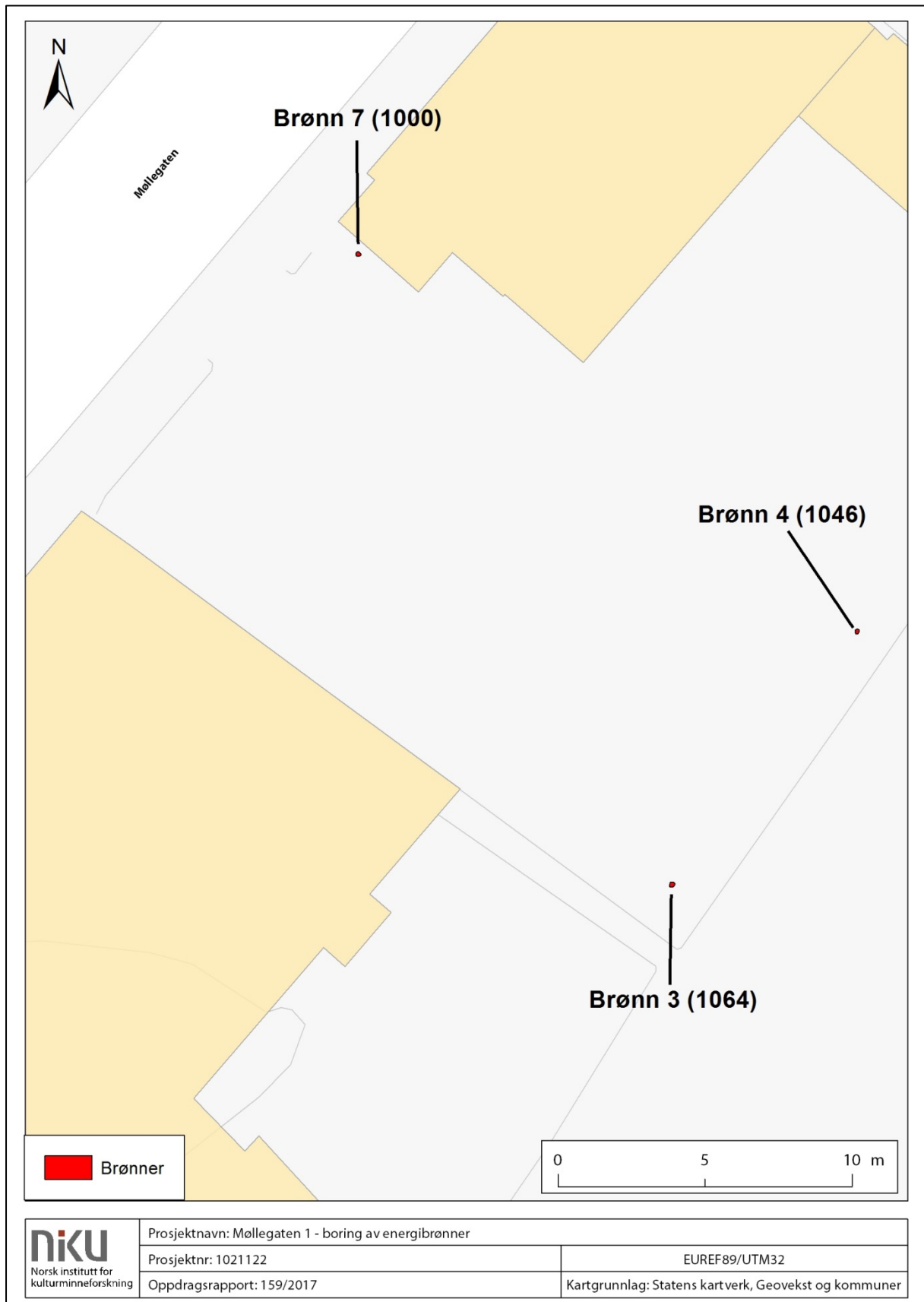
7.4 Oversiktsplot



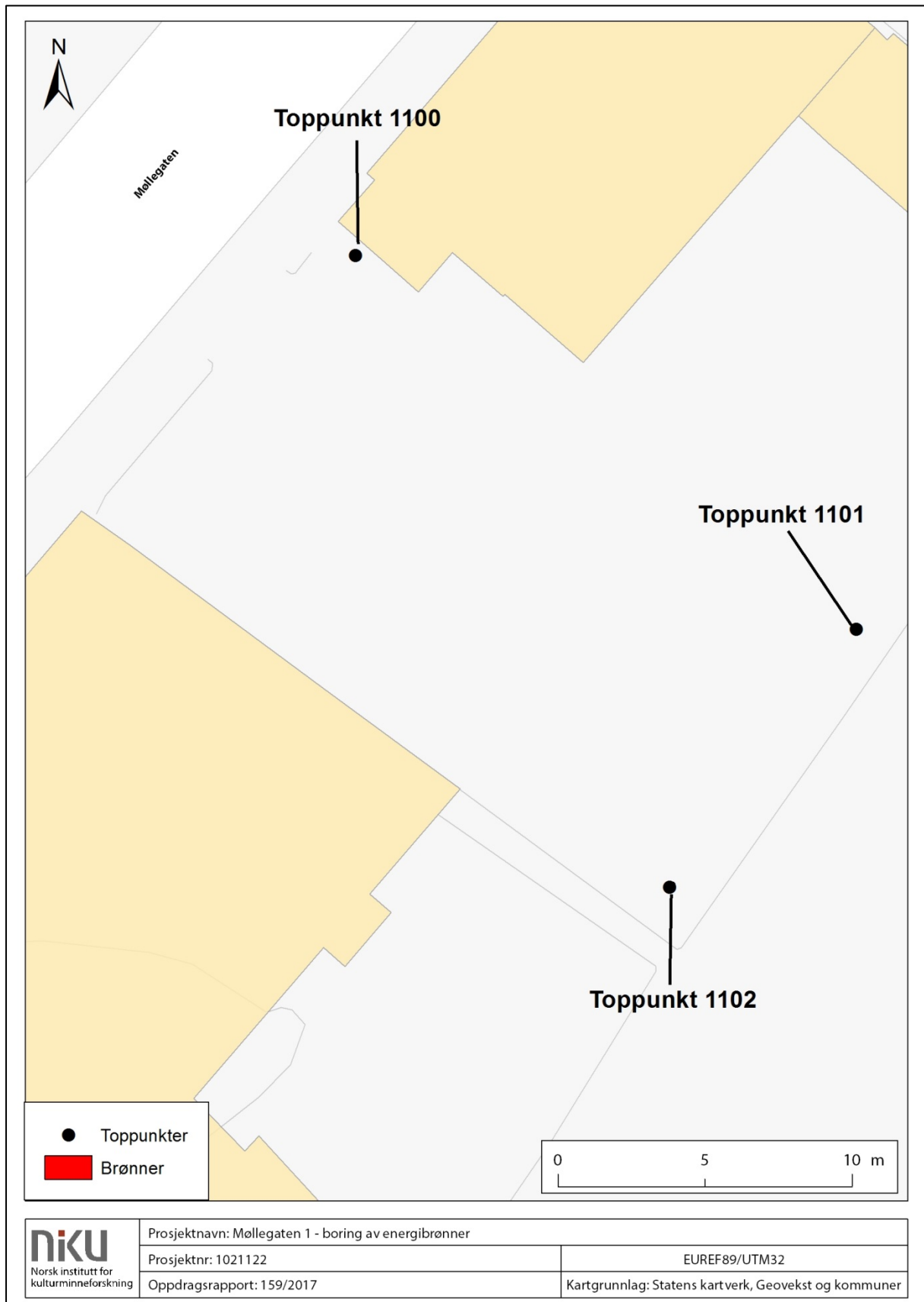
7.5 Planlagte borer og tidligere arkeologiske undersøkelser



7.6 Utvalgte boringer



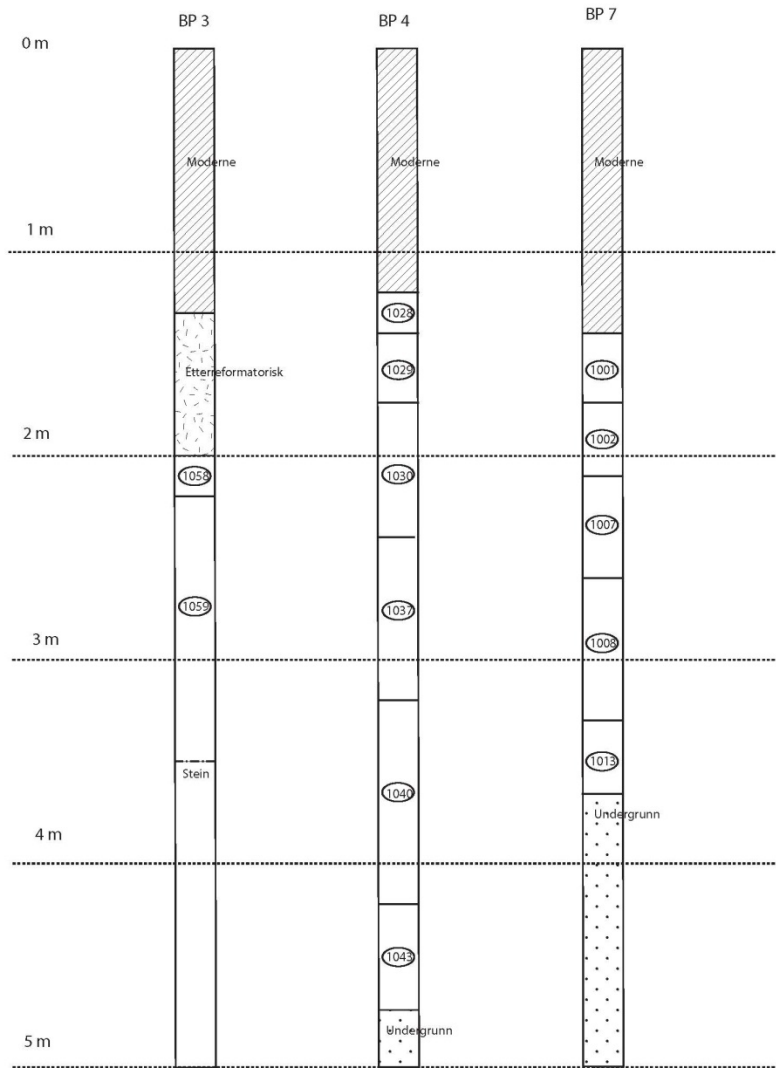
7.7 Detaljplot



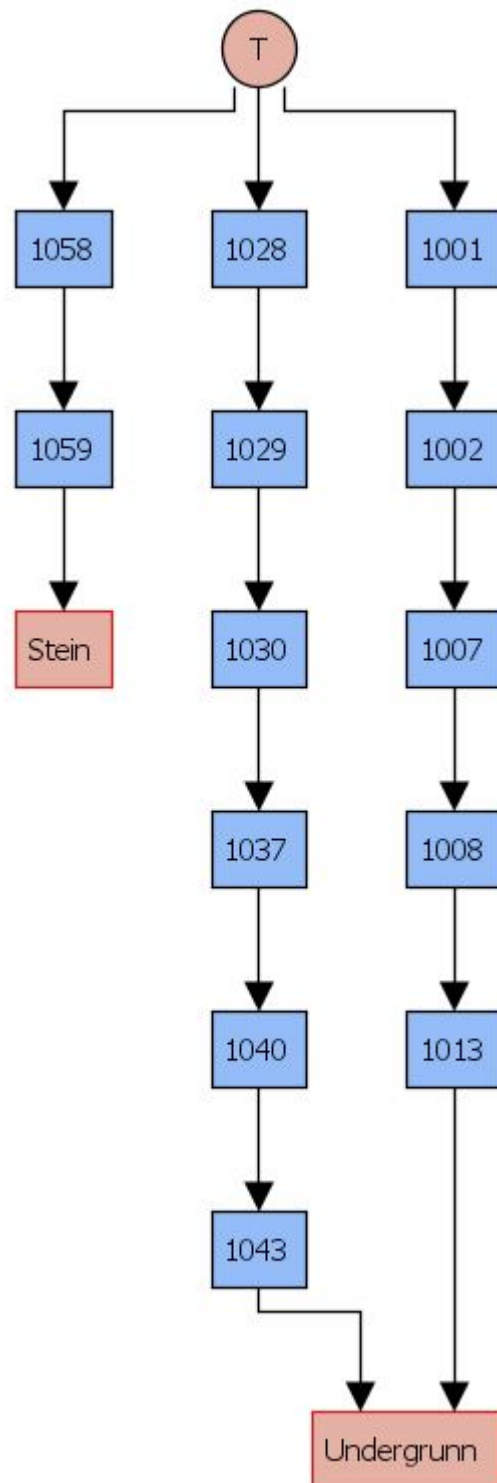
7.8 Koordinatliste

Punktnr.	Nord	Øst	Høyde	Beskrivelse
1100	6570701,463	580133,733	6,920	Toppunkt
1101	6570688,761	580150,771	7,460	Toppunkt
1102	6570679,984	580144,418	7,301	Toppunkt

7.9 Profiltegninger



7.10 Matriser



7.11 Vedartsanalyse

Utført av arkeobotaniker Maria Sture.

Analyse av vedartsprøver (1021122)

Her følger vedartsbestemming av 3 stk prøver motteke 14.08.2017. Prøvene vert sende attende til NIKU 20.08.2017.

Møllegaten 1, Tønsberg. NIKU 1021122.

Prøver frå boringar like ved den gamle mellomalderhamna i Tønsberg.

Prøvenr.1:SL1013,PM1014

Prøva er sett saman av delvis forkola trefragment, om lag 2–3 cm lange, og nokre mindre, forkola fragment. Det delvis forkola trevirket er tilsynelatande heterogent. Eit fragment frå kvar av desse gruppene er valde ut til vedartsbestemming. Det delvis forkola fragmentet vart bestemt til hassel (*Corylus avellana*), og det fullstendig forkola fragmentet vart bestemt til gran (*Picea*).

Til prøva høyrer òg nokre uforkola fragment av hasselnøttskal.

Blant desse vil hasselnøttskala ha ein eigenalder på eit år, medan hassel og gran har noko høgare eigenalder, gran statistisk sett noko høgare enn hassel. Dersom hasselnøttskala er frå ein sikker og avgrensa kontekst, bør desse veljast ut til 14C-datering¹. Om ikkje vil hassel vera det beste alternativet med tanke på eigenalder.

Prøvenr.2:SL1043,PM1044

Prøva er todelt – ein del med forkola trevirke og ein del med uforkola trevirke. Dei forkola fragmenta er for det meste småe, om lag 0,5–1 cm i diameter, og ser heterogene ut. Dei til største fragmenta er valde ut til vedartsbestemming. Desse er bestemte til høvesvis eik (*Quercus*) og or (*Alnus*). Den uforkola delen inneheld noko større fragment, opp til 6 cm lange, tilsynelatande heterogen flis og småe kvistar. Av desse er eit kvistfragment bestemt til or (*Alnus*) og ei flis er bestemt til gran (*Picea*).

Til prøva høyrer òg nokre uforkola fragment av hasselnøttskal.

Blant desse vil hasselnøttskala ha ein eigenalder på eit år, og kvisten vil ha ein eigenalder på < 5 år. Dersom hasselnøttskala er frå ein sikker og avgrensa kontekst, kan desse veljast ut til 14C-datering¹. Kvisten vil vera eit svært godt alternativ. Av tresortane vil or ha den statistisk lågaste eigenalderen, deretter gran og til slutt eik. Eik kan ha svært høg egenalder, og er ikkje eit godt alternativ med mindre me ynskjer å datera direkte på ein struktur e.l. der eik er nytta som materiale.

Prøvenr.3:SL1054,PM1061

Prøva er todelt – ein del med forkola trevirke og ein del med uforkola trevirke. Dei forkola fragmenta er for det meste småe, om lag 1 cm i diameter, og ser heterogene ut. Dei to største fragmenta er valde ut til vedartsbestemming. Desse er bestemte til høvesvis eik (*Quercus*) og gran (*Picea*). Den uforkola delen inneheld noko større fragment, opp til 7 cm lange, tilsynelatande heterogen flis og anna trevirke. To av desse er bestemte til høvesvis furu (*Pinus*) og gran (*Picea*).

Til prøva høyrer òg nokre uforkola fragment av hasselnøttskal, eit fragment av brent bein og ein del av ein ubrent ryggvirvel frå fisk, om lag 1 cm i diameter. Beinfragmenta er for småe/oppstykkta til at artsbestemming er mogleg.

Blant desse vil hasselnøttskala ha ein eigenalder på eit år, medan beinfragmenta vil ha eigenalder på nokre få år. Dersom hasselnøttskala er frå ein sikker og avgrensa kontekst, bør desse veljast ut til

¹⁴C-datering¹. Av tresortane vil gran ha den statistisk lågaste eigenalderen, og desse er eit middels godt alternativ. Det kan vera lurt å unngå datering av beinfragment (spesielt fisk) som ikkje er artsbestemte. På grunn av reservoareffekten i havet vil karbonisotopratioen der vera ulik den me har på land og i ferskvatn. Det vil seia at marint materiale (fisk, sjøpattedyr og til dels fugl som et marin fisk) gjev eldre dateringar enn det elles skulle hatt.

¹Det er delte meiningar om kor godt eigna hasselnøttskal er til datering. Hasselnøttskal held seg svært godt sjølv i uforkola tilstand, og kan lett gje eldre dateringar om dei kjem frå blanda eller omrota kontekstar. Dette skal ikkje vera eit problem i t.d. kulturlag frå mellomalderen, men ver likevel merksam i område med lang aktivitetshistorie.

7.12 C14-datering lag 1059, prøve 1061

BetaCal 3.21

Calibration of Radiocarbon Age to Calendar Years

(High Probability Density Range Method (HPD): INTCAL13)

(Variables: $\delta^{13}\text{C} = -25.3 \text{ o/oo}$)

Laboratory number **Beta-473286**

Conventional radiocarbon age **740 ± 30 BP**

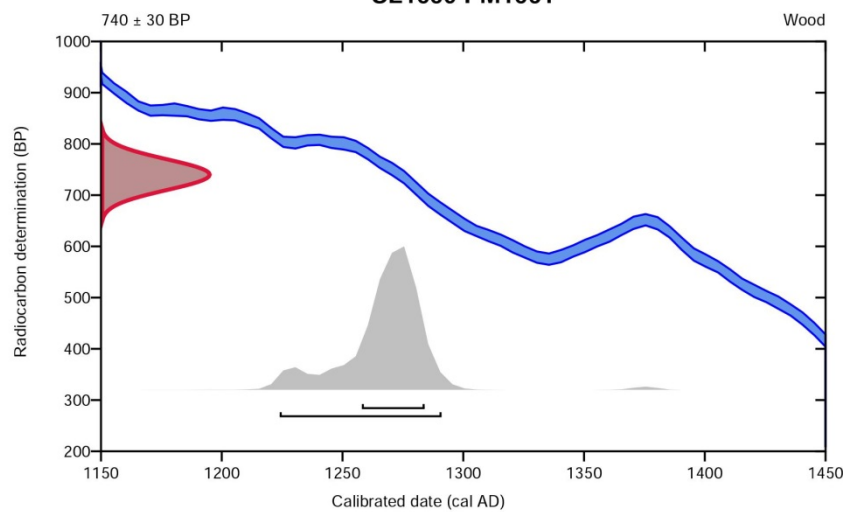
95.4% probability

(95.4%) 1224 - 1291 cal AD (726 - 659 cal BP)

68.2% probability

(68.2%) 1258 - 1284 cal AD (692 - 666 cal BP)

SL1059 PM1061



Database used
INTCAL13

References

References to Probability Method

Bronk Ramsey, C. (2009). Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51(1), 337-360.

References to Database INTCAL13

Reimer, et.al., 2013, *Radiocarbon*55(4).

Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory

4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • Email: beta@radiocarbon.com

Page 15 of 23

7.13 C14-datering lag 1043, prøve 1044

BetaCal 3.21

Calibration of Radiocarbon Age to Calendar Years

(High Probability Density Range Method (HPD): INTCAL13)

(Variables: d13C = -28.1 o/oo)

Laboratory number **Beta-473285**

Conventional radiocarbon age **940 ± 30 BP**

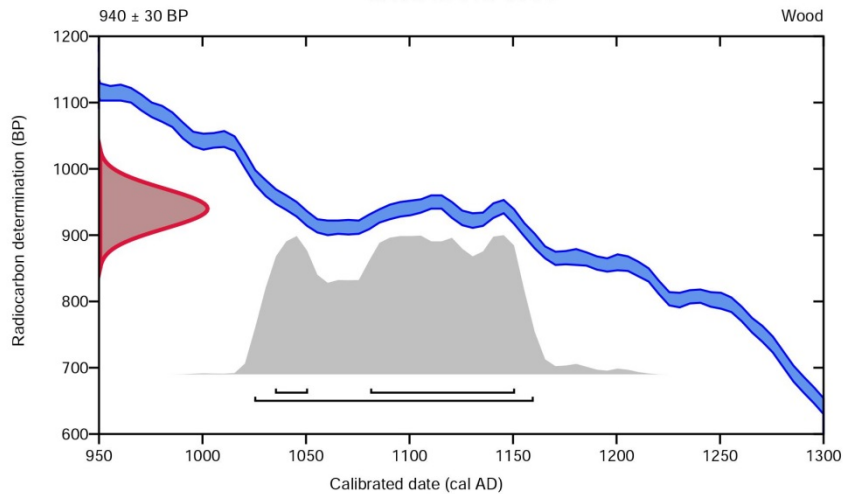
95.4% probability

(95.4%) 1025 - 1160 cal AD (925 - 790 cal BP)

68.2% probability

(55.7%) 1081 - 1151 cal AD (869 - 799 cal BP)
 (12.5%) 1035 - 1051 cal AD (915 - 899 cal BP)

SL1043 PM 1044



Database used
INTCAL13

References

References to Probability Method

Bronk Ramsey, C. (2009). Bayesian analysis of radiocarbon dates. Radiocarbon, 51(1), 337-360.

References to Database INTCAL13

Reimer, et.al., 2013, Radiocarbon55(4).

Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory

4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • Email: beta@radiocarbon.com

7.14 C14-datering lag 1013, prøve 1014

BetaCal 3.21

Calibration of Radiocarbon Age to Calendar Years

(High Probability Density Range Method (HPD): INTCAL13)

(Variables: d13C = -24.0 o/oo)

Laboratory number **Beta-473284**

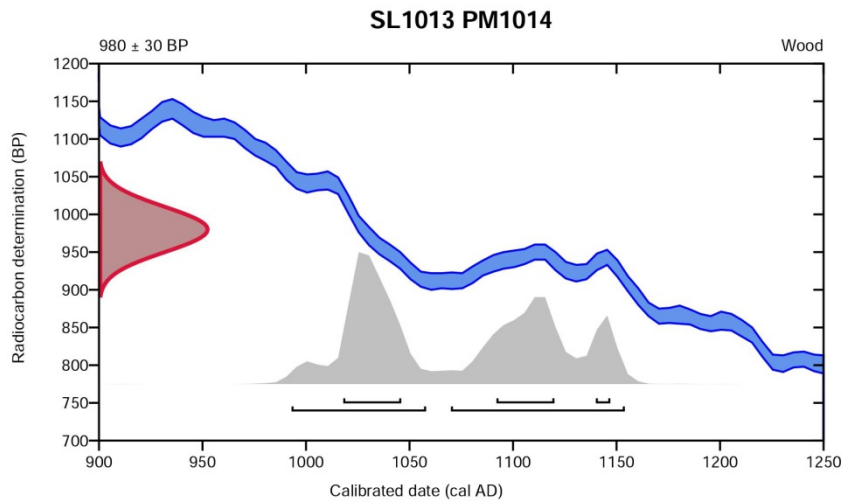
Conventional radiocarbon age **980 ± 30 BP**

95.4% probability

(49.4%)	1070 - 1154 cal AD	(880 - 796 cal BP)
(46%)	993 - 1058 cal AD	(957 - 892 cal BP)

68.2% probability

(36.6%)	1018 - 1046 cal AD	(932 - 904 cal BP)
(26%)	1092 - 1120 cal AD	(858 - 830 cal BP)
(5.6%)	1140 - 1147 cal AD	(810 - 803 cal BP)



Database used
INTCAL13

References

References to Probability Method

Bronk Ramsey, C. (2009). Bayesian analysis of radiocarbon dates. Radiocarbon, 51(1), 337-360.

References to Database INTCAL13

Reimer, et.al., 2013, Radiocarbon55(4).

Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory

4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • Email: beta@radiocarbon.com

7.15 NIBIO Rapport for Møllegaten 1 og tomten Foyn senteret



Jordkjemisk forundersøkelse av Peleprøver fra middelalderen på
tomten Foyn senteret & Møllegaten 1 i Tønsberg

NIBIO RAPPORT | VOL. 4 | 2018



Ove Bergersen
Divisjon for miljø og naturressurser

TITTEL/TITLE Jordkjemisk forundersøkelse av Peleprøver fra middelalderen på tomten Foyn senteret og Møllergaten 1 i Tønsberg
FORFATTER(E)/AUTHOR(S) Ove Bergersen

DATO/DATE: 05 03 2018	RAPPORT NR. Vol 4/2018	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY: Lukket	PROSJEKTNR./PROJECT NO.: Prosjektnr 8245.01	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES: 13	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER: Norsk institutt for kulturminneforskning, Distriktskontor Tønsberg	KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON: Lars Haugesten NIKU nr 1020936 & NIKU nr 1021122
--	---

STIKKORD/KEYWORDS: Redoksforhold, bevaring, kulturminner, forundersøkelse, nedbrytning	FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK: Jord kjemisk analyse i Middelalderbyen Tønsberg.
---	--

SAMMENDRAG/SUMMARY:
En arkeologisk forundersøkelse fra to ulike tomter i Tønsberg Foyn senter & Møllergt 1 er utført av NIKU og jordprøver er levert NIBIO for jordkjemisk analyser. Disse prøver er fra automatisk fredete kulturlag er ved tomten Møllergaten 1 og Foysenteret i Tønsberg by. Jordkjemisk analyse viser middels gode bevaringsforhold for organisk materiale i de fleste prøver. Flere av prøvene viste reduserende forhold, men hvor jern analysen viste at prøven har vært påvirket av oksygen Bp 1021 (lag 1012), Bp 1023 (lag 1017), Bp3(lag 1059), (lagBp 4 (lag 1043) og B7 (lag 1013). I den jordkjemiske vurderinger for gjenstander av uorganisk karakter som bein og metaller, viste analysen dårlig å middels gode bevaringsforhold. De fleste prøver var middels gode med unntak av Bp 1006 (lag 1003), Bp 4 (lag 1043) og B7 (lag 1013) hvor de var dårlige. Dette er en samle rapport for NIKU nr 1020936 & NIKU nr 1021122

LAND/COUNTRY:	Norge
FYLKE/COUNTY:	Vestfold
KOMMUNE/MUNICIPALITY:	Tønsberg
STED/LOKALITET:	Foyn eiendom & Møllergt 1

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER 
--

Innhold

1	Introduksjon	4
1.1	Bakrunn	4
1.2	Målet for prosjektet	4
2	Metoder og utstyr	5
2.1	Arkeologi- og naturvitenskapelige definisjoner	5
2.2	Arkeologisk og jordfaglig dokumentasjonsmetode	6
2.3	Feltarbeide og prøvetaking	6
2.4	Kjemiske analyseparameter	6
2.4.1	S1 Grunnleggende parameter	7
2.4.2	S2 Miljøparameter	7
2.5	Generelt om vurdering av bevaringsforhold i kulturlag	9
3	Resultater og diskusjon	10
3.1	Vurdering av bevaringsforhold ut fra kjemiske og fysiske analyseparameter	10
4	Konklusjon	12
	Litteratur	13

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn

NIKU har fått i oppdrag av Riksantikvaren, Distrikt Sør å undersøke kulturlagene i området Foyn senteret og Møllergaten 1 i Tønsberg. Tiltaket er en del av Riksantikvarens egen satsing på miljøovervåking i middelalderbyen Tønsberg. I dette området er det utført jordkjemisk analyser tidligere hvor det er stort sett påvist god til utmerket bevaringsforhold i tykke organiske kulturlag flere referanser fra 2010 til 2015. NIBIO har vært underleverandør for NIKU i analyser av nye jordprøver fra samme område av Tønsberg

1.2 Målet for prosjektet

Undersøke bevaringsforholdene i jordprøver fra Peleboringer ved Foyn senteret og Møllergaten i Tønsberg

2 Metoder og utstyr

2.1 Arkeologi- og naturvitenskapelige definisjoner

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

Kulturlag: Lag med materiale knyttet til menneskelig aktivitet. Kulturlag kan variere meget i form, utseende, sammensetting og innhold beroende på lokalitet, tidsalder, type aktivitet og jordsmonn.

Steril grunn: Naturlig undergrunn, upåvirket av menneskelig aktivitet

Bevaringstilstand: Kulturlagenes nåværende tilstand avhengig av pågående og historisk nedbrytning.

Bevaringsforhold: Fysiske, kjemiske og mikrobiologiske forhold som er avgjørende for nedbrytningshastighet i kulturlag.

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

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

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

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

2.2 Arkeologisk og jordfaglig dokumentasjonsmetode

Boringer av pelehull er utført av NIKU og ulike jordprøver er sendt NIBIO for jordkjemisk analyse. Hver prøve fra ulike kulturlag ble nummerert og beskrevet med høyde over havet. Tilstanden og bevaringsforhold er vurdert etter bevaringsskala i henhold til Norsk Standard (NS 9451:2009), som utkom i september 2009 (se under). NIKU beskriver bevaringstilstanden og NIBIO bevaringsforholdene

Bevaringstilstand er vist over og bevaringsforhold er vist under etter Norsk Standard NS 9451:2009

Tabell 1 – Bevaringsskala som angir tilstanden i kulturlaget

Posisjon i relasjon til grunnvann	Bevaringsgrad					
	0 (Ingen)	1 (Elendig)	2 (Dårlig)	3 (Middels)	4 (God)	5 (Utmerket)
Over grunnvann (umettet sone) = A	A0	A1	A2	A3	A4	A5
Overgangssone (fluktuierende vann) = B	B0	B1	B2	B3	B4	B5
I grunnvannet (mettet sone) = C	C0	C1	C2	C3	C4	C5
Fyllmasser o.l. senere enn cirka år 1900	D0	D1	D2	D3	D4	D5

Tabell 2 – Skala for bevaringsforhold ved jordfaglige undersøkelser

Posisjon i relasjon til grunnvann	Bevaringsforhold				
	1 (Elendig)	2 (Dårlig)	3 (Middels)	4 (God)	5 (Utmerket)
Over grunnvann (umettet sone) = A	A1	A2	A3	A4	A5
Overgangssone (fluktuierende vann) = B	B1	B2	B3	B4	B5
I grunnvannet (mettet sone) = C	C1	C2	C3	C4	C5

Skalaen for tilstand (tabell 1) opererer med seks klasser 0 til 5 der bevaringstilstanden er bedre jo høyere tall som angis. 0-verdi brukes utelukkende da bedømmelse ikke lar seg gjøre. I skalaen finnes i tillegg en bokstavskode som angir plasseringen av strata i forhold til grunnvann. I denne undersøkelse er kategori "A og B – over/i grunnvann" blitt brukt ut fra om prøver hadde høyt vanninnhold.

Skalaen for bevaringsforhold (tabell 2) opererer med fem klasser 1 til 5.

2.3 Feltarbeide og prøvetaking

Arkeologisk vurdering og alle jordprøver er tatt av er utført av NIKU v/ Lars Haugesten og sendt NIBIO for videre kjemisk og fysisk analyse v/Ove Bergersen og Hege Bergheim. NIBIO har ikke sett å vurdert boreprofilene før vurdering og kjemisk analysering.

2.4 Kjemiske analyseparametere

I rapporten beskrives bevaringsforholdene i kulturlagene ut i fra generell analyse: Grunnleggende parameter (S1) og miljøparameter (S2) i henhold til Norsk Standard (NS 9451:2009). Alle prøver ble analysert etter S2 analyseparametere.

2.4.1 S1 Grunnleggende parameter

Ledningsevne og pH verdi: 25 ml oksygenfritt vann ble tilsatt til 10 g jordprøve. Prøven ble ristet i 1 time uten tilgang av oksygen. Etter at partikkelfasen hadde sedimentert, ble elektrisk ledningsevne målt i vannfasen.

Ledningsevnen ble multiplisert med en faktor 3,6 i henhold til (Shirokova, et al. 2000) for å estimere ledningsevnen i jordmettet ekstrakt. Deretter ble pH-verdien målt i samme prøve.

Tørrestoffinnhold: En våt jordprøve med kjent vekt ble tørket ved 105 °C i 24 timer. Vekttapet etter tørkingen tilsvarer vannmengden i prøven. Tørrestoffbestemmelsen ble foretatt med tre replikater per prøve.

Glødetap: Tørket jordprøve ble forbrent ved 550 °C i seks timer. Vekttapet, også kalt glødetap er et mål for andel organisk materiale.

2.4.2 S2 Miljøparameter

Analysen i henhold til analysepakke S2 inkluderer S1 analyser i tillegg til følgende uorganiske parameter:

Bestemmelse av to- og treverdig jern (Fe II, Fe III): Jern (II) og jern (III) bestemmes i henhold til en metode utviklet av (Stookey, 1970) som bruker ferrozine til bestemmelse av jern (II). Jordprøven ekstraheres med 0,5 molar saltsyre i anaerobt miljø. Jern(II) som lager en fargekompleks med ferrozine bestemmes fotometrisk. Jern (III) som befinner seg i ekstraktet blir deretter redusert til jern (II) ved hjelp av hydroxylamin og total mengde jern bestemt på samme måte som nevnt ovenfor. Jern (III) bestemmes som differanse av total jern og jern (II) i ekstraktet.

Sulfid

Sulfid ble bestemt i henhold til EPA-standardmetode 9030 og 9034. Jord ble inkubert med 6 molar saltsyre i 60 min i nitrogenatmosfære. Sulfid ble frigjort som hydrogensulfid som transporteres med nitrogen gjennom to sulfidfeller fylt med sinkacetat.

Sulfid ble deretter bestemt titrimetrisk ved å oksidere sulfid til svovel ved hjelp av jod og tilbake titrere med natriumtiosulfat.

Ekstraksjon av sulfid med 6 molar saltsyre (uten koking) vil kvantifisere den andelen av sulfid som relativt raskt oksideres til sulfat i nærvær av oksygen (Rickard og Morse, 2005). I tillegg til amorfe sulfider vil dette være mackinawit og greignit. Kun en liten del av pyritt (4-10 %) løses med denne prosedyren.

Pyritt er kjent å være relativt stabil også i nærvær av oksygen og vil bare langsomt reagere til sulfat/svovelsyre. Hvis en vil karakterisere de aktuelle redoksforholdene i grunnen, er det ønskelig å løse så lite pyritt som mulig ut av prøven.

Prøver som viste oksiderende forhold etter de jern ammonium/nitrat analyse) ble ikke analysert videre for sulfid for å senke kostnadene men også for at det har liten hensikt siden sulfid er ustabil og høyst reaktiv for oksygen.

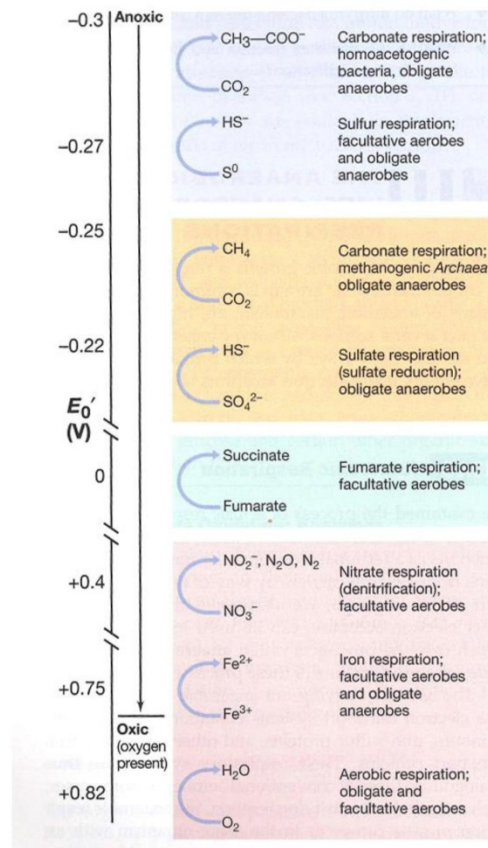
Sulfat: Jordprøven ble ekstrahert med vann og ekstrahert sulfat analysert ved hjelp av ionekromatografi. Analysen ble gjennomført ved Eurofins AS

Nitrat og ammonium: Prøven ekstraheres med 2 mol/l KCl og analyseres ved hjelp av en TRAACS-800 auto analysator som bruker en fargereaksjon til bestemmelse av nitrat- og ammoniumkonsentrasjon. Analysen ble gjennomført ved Eurofins AS

Tabell 3 Konsentrasjonsnivåer for parameter fra S2 analysepakke som danner grunnlag for vurdering av bevaringsforhold.

Nitrat	Ammonium	Sulfid	Jern (II)	Jern (III)	Redoksforhold	Bevaring
NO3	NH4	H2S	Fe2	Fe3		
Lav	Lav	Lav	Lav	Høy	Oksiderende	Elendig
Høy	Lav	Lav	Lav	Høy	Nitrat til oksiderende	Dårlig
Høy	Lav	Lav	Høy	Lav	Nitrat til jernred.	Middels
Lav	Lav	Lav	Høy	Lav	Jernreducerende	Middels
Høy	Høy	Høy	Høy	Lav	Nitrat til sulfatred.	Bra
Lav	Høy	Høy	Lav	Lav	Sulfatreducerende	Bra
Lav	Høy	Høy	Høy	Lav	Sulfatred. til metanogene	Utmerket

Reduserende forhold
Oksiderende forhold



Figur 2. Redoksforhold ved standard aktivitet fra ulike mikroorganismer (Brock, 1996)

2.5 Generelt om vurdering av bevaringsforhold i kulturlag

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

I naturen foregår nedbrytning av organisk materiale eller korrosjon av metaller parallelt med reduksjon av andre forbindelser. Mikroorganismer får energi fra slike reaksjoner og bruker denne energien til bl.a. oppbygging av biomasse. Mest energi får mikroorganismer hvis de kan bruke oksygen til å oksidere organisk materiale.

Noe mindre energi genereres hvis det brukes nitrat (NO_3^-) og enda mindre ved å bruke treverdige jern, Fe(III), fireverdige mangan (Mn (IV)), sulfat (SO_4^{2-}) eller oksidert organisk materiale, se også figur 2.

I naturen kan vi derfor observere at aerobe forhold med oksygen til stede, går over til nitratreduserende forhold når all oksygen er brukt opp. Deretter følger mangan-, jern- og sulfatreduserende forhold, før en får metanogene forhold.

Under metanogene forhold observerer man den langsamste nedbrytningen av organisk materiale, og minst oksidasjon av metallgjenstander. Raskest foregår nedbrytning av organiske gjenstander under aerobe forhold. Nedbrytningshastigheten 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 kjennemerket bra til utmerket bevaringsforhold. Imidlertid må stedsspesifikke forhold tas i betraktning. I tabell 3 er det illustrert en enkel oversikt som viser generelt hvordan kulturlagene vurderes på bevaringsforhold. I flere tilfeller vil man få grenseoverganger. I det orange markerte område vises nivåer av målte kjemiske parametre for typisk oksiderende forhold, men reduserende forhold er vist med blått.

Redoksforhold i grunnen kan karakteriseres ved å måle redoks sensitive 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. Ved slike forhold kan vi forvente at nitrogen foreligger i stor grad som nitrat og ikke som ammonium, jern foreligger som oksidert jern (III) og konsentrasjon av sulfid vil som regel være svært lavt. Hvis forholdene derimot er jernreduserende, vil all oksygen og nitrat allerede vært brukt opp av mikroorganismer og nitrogen vil foreligge som ammonium. Det vil kunne måles høyere konsentrasjoner av jern (II) i porevann og jord, men det er ikke ventet høye sulfidkonsentrasjoner.

Andre miljøforhold som vil påvirke bevaring av kulturlag er massenes permeabilitet og vannmetning. Dette vil styre gjennomstrømming av (oksygenrikt) vann gjennom massene og diffusjon av oksygen i porene. Dessuten vil tilstedeværelse av giftige forbindelser kunne hemme nedbrytningen av organisk materiale.

Syre og løselige salter medfører korrosjon av metalloverflater. Økende surhet og saltkonsentrasjon vil framskynde korrosjon av metallgjenstander og forvitring av bein.

3 Resultater og diskusjon

3.1 Vurdering av bevaringsforhold ut fra kjemiske og fysiske analyseparameter.

Alle fysisk og kjemisk analyseresultater er vist i Tabell 4, 5 og 6. Detaljer av analysedataene viser at det ble funnet varierende innhold av organisk materiale i prøvene fra Møllergaten 1 Bp 3, Bp4 og Bp7 og vanninnholdet var middels og høyt (Tabell 4). Høyt organisk og vanninnhold ble påvist i alle prøver fra Foyn senteret (Bp1006, Bp1021 og Bp1023). Sistnevnte viste svak surt miljø og middels til høy ledningsevne (Tabell 4 og 6), som ikke gir dårlig til middels bevaring av uorganisk materiae som bein og metallgjenstander. Bp 3, viste nøytral pH og middels høy ledningsevne, mens prøvene fra Bp4 og Bp7 viste svakt surt miljø med middels ledningsevne med unntak av dypere prøve fra Bp1023 og Bp 4 lag 1043 hvor ledningsevnen var høy. Prøvene ellers fra Møller gaten 1 viser derfor middels til dårlig bevaring av uorganisk materiale som bein og metallgjenstander.

Tabell 4 Kortfattet vurdering av bevaringsforhold fra ulike prøver fra Peleboringer etter S2 analyse.

Prøve kode	Nr	Lag	Dyp (moh)	Organisk innhold og vanninnhold	Surhet og salinitet	Redoksforhold
Foyn senter						
BP 1006	1004	1003	3.10	Høyt org. - og vanninnhold	Svak surt og middels	Nitratreducerende til jernreduksjon
BP 1021	1013	1012	4.25	Høyt org. - og vanninnhold	Svak surt og middels	Nitratreducerende til jernreduksjon
BP 1023	1018	1017	2.50	Høyt org. - og vanninnhold	Svak surt og høy	Nitratreducerende til jernreduksjon
Møller gt 1						
BP 3	1062	1058	5.20	Lavt org. - middel vanninnhold	Nøytal og middels	Reduserende mot oksiderende
BP 3	1063	1059	4.45	Lavt org. - middel vanninnhold	Nøytal og middels	Jernreducerende
BP 4	1036	1030	5.35	Middels org. - og vanninnhold	Svak surt og middels	Nitratreducerende mot oksiderende
BP 4	1045	1043	3.05	Høyt org. - og vanninnhold	Svak surt og høy	Reduserende mot oksiderende
BP 7	1006	1002	5.00	Lavt org. - middels vanninnhold	Svak surt og middels	Nitratreducerende mot oksiderende
BP 7	1015	1013	3.45	Middels org. - og vanninnhold	Svak surt og middels	Reduserende mot oksiderende

Alle prøvene fra Foyn senter og Møllergaten 1 hadde større andel jern (II) enn jern (III) , og beregnet prosent varierte fra 41- 74 % (Tabell 5).

Konsentrasjoner av nitrat var betydelig høyere i alle prøver fra Foyn eiendom. Mye nitrat finnes ofte i prøver med mye treverk. En del ammonium ble påvist sammen med sulfid og større andel jern (II). (Tabell 5). I prøvene fra Møllergaten varierte konsentrasjonene noe men i stor trekk var jernet i redusert form, sulfid ble påvist sammen med en stor andel sulfat.

Oppsummering : Analyser av de ulike jordprøver fra de ulike boreprofiler viste resultat med reduserende bevaringsforhold men med oksiderende karakter for organisk materiale. Disse er derfor vurdert som middels gode A3 mot enten A4 eller A2 (Tabell 6).

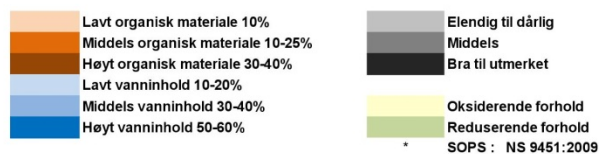
Bevaringsforholdene vurdert for uorganisk materiale som bein og metallgjenstander er middels gode i prøvene ut fra nøytral til svakt basisk pH med unntak av prøvene Bp 1006, Bp4 (lag 1043) og Bp7 (lag 1013) hvor det ble målt noe lavere pH på 6,3 og dårligere bevaringsforhold. Vi er noe usikker på hva middels høy konsentrasjon av ledningsevnen kan påvirke bein og metallgjenstander (Tabell 6).

Tabell 5 Kjemiske forhold i prøver hentet fra Peleboringer etter S2 analyse. Prøver som viste oksiderende forhold tidlig i analyseserien ble ikke analysert for sulfid.

Prøve kode	Nr	Lag	Dyp (moh)	Nitrate - N	Ammonium-N	Sulphate	Sulphide	Jern (total)	Jern (II)	Jern (III)	% of
				(mg/kg DM)	(mg/kg DM)	(mg/kg DM)	(mg/kg DM)	(mg/kg DM)	(mg/kg DM)	(mg/kg DM)	(mg/kg DM)
Foyn senter											
BP 1006	1004	1003	3.10	322	3.6	1419	144	419	243	175	58 %
BP 1021	1013	1012	4.25	346	10.5	788	166	356	263	93	74 %
BP 1023	1018	1017	2.50	401	6.2	2831	170	861	550	311	64 %
Møller gt 1											
BP 3	1062	1058	5.20	1.9	0.8	616	142	257	133	125	52 %
BP 3	1063	1059	4.45	1.3	2.0	894	131	460	308	149	67 %
BP 4	1036	1030	5.35	4.0	1.4	1238	134	416	190	270	41 %
BP 4	1045	1043	3.05	1.5	136	6981	186	1156	684	473	59 %
BP 7	1006	1002	5.00	62	3.7	1468	101	311	173	139	55 %
BP 7	1015	1013	3.45	0.9	4.9	1440	135	196	143	53	73 %

Tabell 6 Kjemiske og fysiske forhold i prøver hentet etter Peleboringer, utført etter S2 analyse sammenstilt med bevaringsforhold for organisk og uorganisk materiale. Arkeologiske tilstandsvurdering utført av NIKU er tatt med til høyre i tabellen

Prøve kode	Nr	Lag	Dyp (moh)	Tørstoff (%)	Organisk innhold (%)	Vann innhold (%)	pH	Lednings- evne	Bevarings forhold			
					(%)	(%)		mScm ⁻¹	Organisk material	Uorganisk material	Redoks forhold *	Arkeologiske forhold *
Foyn senter												
BP 1006	1004	1003	3.10	35	51	65	6.3	4.7	Middels	Dårlig	B3	5
BP 1021	1013	1012	4.25	29	62	71	6.5	5.8	Middels	Middels	B4/B3	4
BP 1023	1018	1017	2.50	31	56	69	6.5	6.9	Middels	Middels	B4/B3	4
Møller gt 1												
BP 3	1062	1058	5.20	58	17	42	7.1	3.3	Middels	Middels	A3/A2	5
BP 3	1063	1059	4.45	60	11	40	7.0	4.1	Middels	Middels	A4/A3	5
BP 4	1036	1030	5.35	50	23	50	6.4	4.6	Middels	Middels	A3/A2	5
BP 4	1045	1043	3.05	30	58	70	6.3	8.8	Middels	Dårlig	B4/B3	5
BP 7	1006	1002	5.00	48	16	52	6.4	3.8	Middels	Middels	A3	4
BP 7	1015	1013	3.45	59	17	41	6.3	5.3	Middels	Dårlig	B4/B3	4



4 Konklusjon

- Analyser av ulike jordprøver fra de ulike boreprofiler viste resultat med svakt reduserende til oksiderende forhold. I hovedsak middels bra bevaringsforhold for organisk materiale i de fleste prøver med unntak av prøve Dette ble påvist innhold av sulfid, nitrat og sulfat og andelen redusert jern (II) var høyere enn oksidert jern (III) med en prosentandel på 41-74.
- Bevaringsforholdene vurdert for uorganisk materiale som bein og metallgjenstander er dårlig til middels bra i prøvene ut fra nøytral til svakt sur pH. Vi er noe usikker på hva middels høy konsentrasjon av ledningsevnen kan påvirke bein og metallgjenstander.
- Jordprøver fra Foyn senter har høyt innhold av organisk materiale pluss prøven i Bp4 lag 1043 i Møllergaten 1. Resten av prøvene i Møllergaten inneholdt lavt organisk materiale med unntak av Bp4 lag 1030 som hadde middels innhold.
- Vanninnholdet var middels og høyt i alle prøver og SOPS vurdering på bevaringsforhold var A2 –A4

Litteratur

- Bergersen, O. & Petersen, A. H. 2010.** Storgaten 30-32, "City Shopping", Tønsberg, Tønsberg kommune, Vestfold Fylke Bioforsk NIKU rapport Vol 5 (149) 2010.
- Bergersen, O. 2012.** Miljøovervåking av kulturminner fra miljøbrønn på tomten Storgaten 30-32, City Shopping i Tønsberg. Bioforsk rapport Vol 7 (9) 2012.
- Bergersen, Ove. 2013.** Miljøovervåking av kulturlag fra Middelalderen under bygging og etter at nybygg ved Nedre Langgate 41-43, Tønsberg. Sluttrapport. Bioforsk rapport 8 (19) 2013.
- Bergersen, Ove. 2014.** Miljøovervåking av middelalder båt i fjernvarmegrøft ved Nedre Langgate 19, Tønsberg, Tønsberg kommune, Vestfold Fylke. Sluttrapport. Bioforsk rapport 9 (40) 2014.
- Bergersen, Ove. 2015.** Forundersøkelse fra pælehull ved Storgaten 30-32, "Foyn eiendom", Tønsberg kommune, Vestfold Fylke Bioforsk rapport 10 (45) 2015
- Brock, T.D.** *Biology of microorganisms*. 11ed. Prentice Hall International editions, London, UK, 992 pp. 2006
- Riksantikvaren & NIKU 2008.** *The Monitoring Manual. Procedures and Guidelines for Monitoring, Recording, and Preservation Management of Urban Archaeological Deposits*.
- Standard Norge 2009.** Norwegian Standard 9451:2009. Cultural Property. Requirements for Environmental Monitoring and Investigation of Archaeological Deposits.
- Rickard D, Morse JW. 2005.** Acid volatile sulfide (AVS). *Marine Chemistry* 97:141-197.
- Shirokova Y, Forkutsa I, Sharafutdinova N. 2000.** Use of electrical conductivity instead of soluble salts for soil salinity monitoring in Central Asia. *Irrigation and Drainage Systems* 14:199-205.
- Stookey L.L. 1970.** Ferrozine - A New Spectrophotometric Reagent for Iron. *Analytical Chemistry* 42:779-781.



Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.



Forsidefoto: [Sett inn fotografens navn]

nibio.no

7.16 Mabygis

MABYGIS	
Infoskjema	
Prosjektnummer og -navn	NIKU 1021122 Møllegaten 1 – boring av energibrønner
RA saksnummer dispensasjon	RA 17/01006-5
Rapport/brev	NIKU Rapport 159/2017
Adresse og by	Møllegaten 1, Tønsberg
Målemetode	Trimble GIS
Dato	5.-6.7.2017
Koordinater tiltaksområde	N:\prosjekt\9000 arkeologi\Arkeologiske undersøkelser\1021122_Ark_Tbg_Møllegaten 1\Dokumentasjon\Intrasis\ISD-filer
Overflate	
Topp overflate	6,920-7,460 m.o.h.
Type overflate	Asfalt
Etterref. Kulturlag	
Topp	
Type/tolkning	
MA kulturlag	
Topp	5,301-6,260 m.o.h.
Type/tolkning	Humus, organiske lag.
Forhistoriske kulturlag	
Topp	
Type/tolkning	
Naturbakke	
Topp	2,81 – 3,27 m.o.h.
Type	Fuktig grå silt.

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 Oppdragsrapport 159/2017

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