

DEG43 – MILJØOVERVÅKING

Arkeologisk boreundersøkelse med kartlegging av bevaringstilstand og -forhold av kulturlag, samt etablering av miljøovervåkingsprogram ved DEG seksjon 43, Oslo

Hovd, Line





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

Tittel DEG43 – Miljøovervåking Arkeologisk boreundersøkelse med kartlegging av bevaringstilstand og -forhold av kulturlag, samt etablering av miljøovervåkingsprogram ved DEG seksjon 43, Oslo	Rapporttype/nummer NIKU Rapport 206	Publiseringsdato 14.04.2023
	Prosjektnummer 15621151	Sider 66
	Avdeling Arkeologi	Tilgjengelighet Åpen
Forfatter(e) Hovd, Line	ISSN 2703-7797 ISBN 978-82-8101-352-0	Oppdragstidspunkt / periode utført Juli 2013
	Forsidebilde Oversiktsbilde over tiltaksområdet. Sett mot øst. Foto: Cf54088_ NIKU_06.	

Prosjektleder Monica Kristiansen
Prosjektmedarbeider(e) Monica Kristiansen
Kvalitetssikrer Lise-Marie Bye Johansen, Monica Kristiansen

Oppdragsgiver / finansiert av Statens Vegvesen

Sammendrag I forbindelse med utbyggingen av Dronning Eufemias gate i Oslo, gjennomførte NIKU i 2013 flere arkeologiske undersøkelser av arealet DEG seksjon 43 (DEG43), som ligger nederst i Bispegata. Utbyggingen er et ledd i Oslo kommunes Fjordbyprosjekt og nytt hovedgateløp, hvor målet er å frigjøre sjønnære arealer i Oslo og benytte disse til utbygging av boliger, næring og rekreasjon. Denne rapporten omhandler del 3 av tiltakene, miljøovervåking med nedsetting av miljøbrønn, hvor Bioforsk/NIBIO har inngått som samarbeidspartner. Feltarbeidet ble utført i juni 2013. Det ble etablert en miljøbrønn i et borepunkt nord i DEG43, og samtlige kulturlag i boresøylen ble dokumentert og tilstandsvurdert. Det ble tatt ut prøver til jordkjemisk analyse. Et overordnet resultat var at tiltaksområdet inneholdt relativt homogene kulturlag med god til utmerket bevaringstilstand og -forhold. Eventuelle endringer i bevaringsforholdene vil rapporteres med målinger fra den installerte miljøbrønnen (5 år).
Abstract As a part of the development of Dronning Eufemias gate in Oslo, NIKU carried out several archaeological investigations of the area DEG section 43 (DEG43) in 2013, which is located at the end of Bispegata. The development is part of Oslo municipality's Fjordby project, where the aim is to regulate areas near the sea in Oslo and use them for the development of housing, industry and recreation. This report deals with part 3 of the project, environmental monitoring, where Bioforsk/NIBIO was a contributor/partner. The field work was carried out in June 2013. A dipwell was established in an augered point north in DEG section 43, and the cultural layers in the extracted soil was documented and the state of preservation evaluated. Soil samples were taken for chemical analysis to determine the preservation conditions. An overall result was that the investigated area was found to contain relatively homogeneous cultural layers with a good to excellent state of preservation and conditions. Any changes in the preservation conditions will be monitored in the dipwell (5 years).

Emneord Miljøovervåking; miljøbrønn; profil; kulturlag; geokjemi; mikrobiologi; arkeologi; Barcode; Dronning Eufemias gate
Keywords Environmental monitoring; dipwell; section; archaeological deposits; geochemistry; microbiology; archaeology; Barcode; Dronning Eufemias gate

Avdelingsleder
 Lise-Marie Bye Johansen

Saksnummer hos forvaltningsmyndighet	10/02497-90
Kulturminne-ID	88460
Lokalitetsnavn	Oslo middelalderby
Gnr/bnr.	-
Adresse, kommune, fylke	Dronning Eufemias gate
Aksesjonsnummer	-
Museumsnummer	-
Intrasis-prosjektnummer	-
Foto-/filmnummer	Cf54088
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 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 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 man 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	Kort historikk og aktuelle problemstillinger	10
1.2.1	Problemstillinger MOV	11
1.3	Arkeologisk feltarbeid, installering av teknisk utstyr og geokjemiske analyser: ansvarsfordeling, metoder og gjennomføring	12
2	Miljøbrønn: Arkeologisk-stratigrafisk beskrivelse	13
2.1	Miljøbrønn MB8	13
2.1.1	Stratigrafisk beskrivelse og tolkning	13
3	Arkeologisk tilstandsvurdering av miljøbrønnprofil	17
4	Teknisk installasjonsbeskrivelse og analyseparametere	18
4.1	Analyseparametere kulturlag	19
4.2	Beskrivelse av bevaringsforhold	19
5	Geokjemiske analyseresultater	21
5.1	Beskrivelse av prøvene fra kulturlagene	21
5.2	Bevaringsvurdering	23
6	Vurdering av forhold for kulturlagenes tilstand og bevaring	23
6.1.1	Vurdering av bevaringsforhold	23
6.1.2	Vurdering av arkeologisk tilstand	24
7	Konklusjoner	24
8	Litteratur	25
9	Vedlegg	26
9.1	Fotoliste	26
9.2	NIBIO Rapport (Bioforsk rapport 9 (21) 2014)	27

1 Innledning

1.1 Administrativ og faglig bakgrunn

De arkeologiske undersøkelsene i forbindelse med etablering av Dronning Eufemias gate (DEG) i Oslos middelalderby (ID 88460) har sin bakgrunn i anleggelse av nytt hovedgateløp i området.

Statens Vegvesen Region Øst (SVRØ) søkte den 13.02.2013, Riksantikvaren om dispensasjon fra Lov om Kulturminner av 9.juni 1978 (kml) for tre tiltak i forbindelse med bygging av E18 Bjørvikaprojektet etappe 2. De tre tiltakene omfattet:

- Bygging av Dronning Eufemias gate seksjon 43 (DEG43). Denne skulle utføres med betongplate fundamentert på stålkjernepæler til fjell.
- Midlertidig omlegging av Bispegata inn til middelalderparken. Dette tiltaket innebar kun oppfylling på området mellom eksisterende støttemur og vannspeilet.
- Forberedende arbeider i Bispegatas vestre del, i forbindelse med utbygging av Bispegata.

Tiltaksområdene lå alle innenfor Middelalderbyen Oslo, og var ventet å berøre automatisk fredede kulturminner. Riksantikvaren ba i brev datert 09.04.2013 (RA saksnr. 10/02497-67, P-Plansaker 1,45_46 Oslo kom. Osl) NIKU om å vurdere de tre tiltakene separat, og på grunnlag av dette utarbeide prosjektbeskrivelse og budsjett for gjennomføring av de nødvendige arkeologiske undersøkelser.

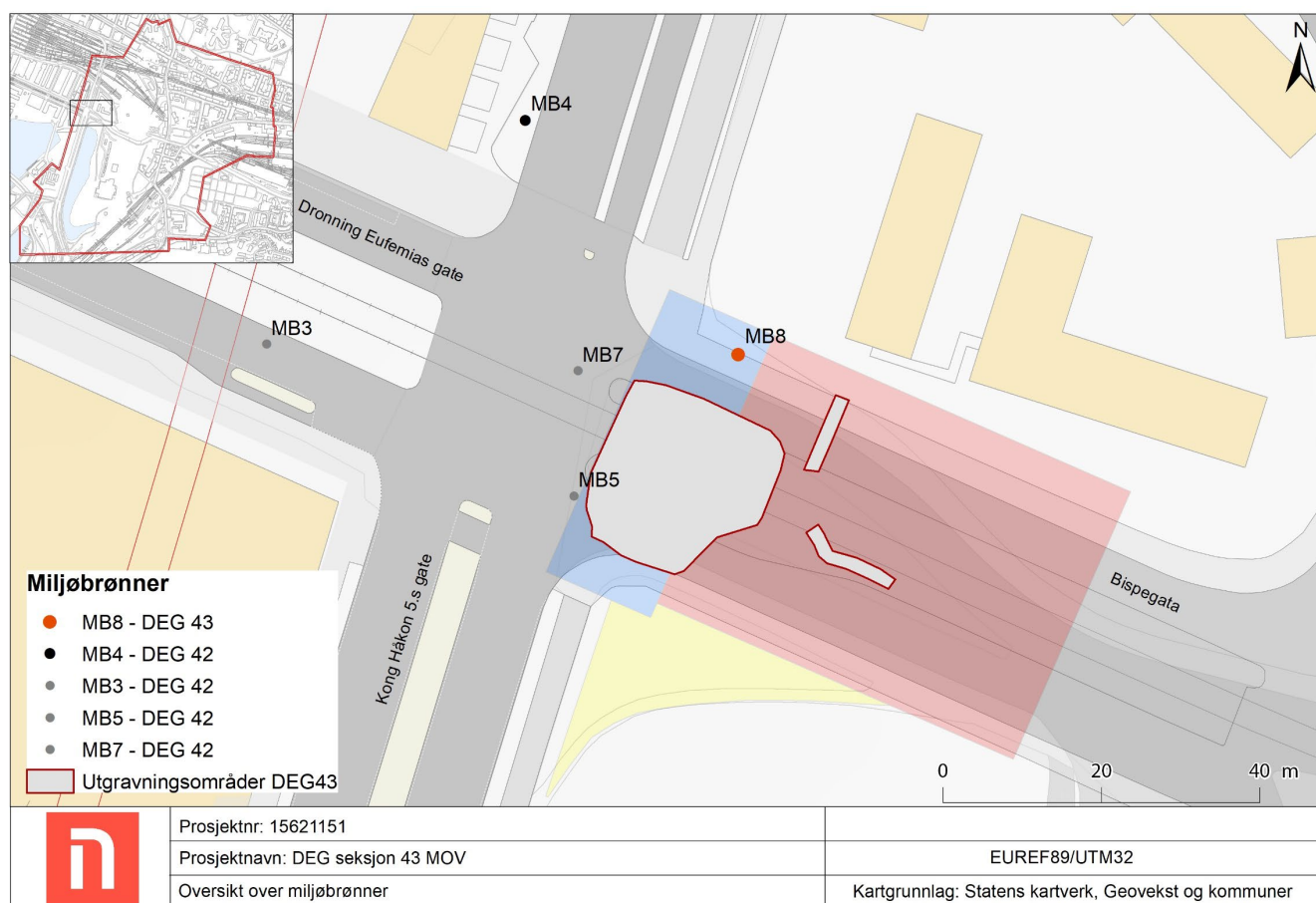
I henhold til oppdragsbestillingen, samt etterfølgende møter og korrespondanser mellom NIKU, Riksantikvaren, Statens Vegvesen og rådgiverselskapet Aas-Jacobsen, ble det utformet tre prosjekter med separate prosjektbeskrivelser og budsjetter;

- Del 1: DEG seksjon 43 (prosjekt id:15621142),
- Del 2: Bispegata vestre del + vannkummer (prosjekt id:15621152),
- **Del 3: Miljøovervåkning** (prosjekt id:15621151).

Denne rapporten vil omtale gjennomføringen og resultatene fra prosjektets del 3, nedsetting av miljøbrønn i Dronning Eufemias gate seksjon 43. Miljøbrønnen tilhørende dette prosjektet ble navngitt MB8 (se Figur 1).

NIKU ferdigstilte prosjektbeskrivelse og budsjett den 04.06.2013 (NIKU saksnr. 459/13/554.2/LMB). Den 10.06.2013 fattet Riksantikvaren endelig vedtak (RA saksnr. 10/02497-90) om arkeologiske undersøkelser i Dronning Eufemias gate, seksjon 43.

Som del av de arkeologiske undersøkelsene ved DEG43, ble det dermed som vilkår for dispensasjonen nedsatt en miljøbrønn for overvåking av kulturlagene i området for seksjonen. Målet med dette var å vurdere kulturlagenes bevaringstilstand og bevaringsforholdene i områdene for ny vei, samt å dokumentere endringene i bevaringsforhold over tid i forbindelse med iverksetting og gjennomføringen av prosjektet. Tiltaket omfattet boring for miljøbrønn, herunder med dokumentasjon av stratigrafi og vurdering av lagenes tilstand, samt nedsetting av brønn og installering av måleutstyr. Arbeidet ble utført i samarbeid med NIBIO (tidl. Bioforsk). Monica Kristiansen var prosjektleder for tiltakene tilknyttet DEG43, både for hovedutgravningen og for etableringen av miljøbrønnen. Line Hovd utførte feltrapportering for DEG43, del 3.



Figur 1: Miljøbrønn MB8 like nord for tiltaksområdene ved utgravningen tilknyttet prosjekt DEG seksjon 43 (merket i blått og rødt), samt miljøbrønner tilknyttet DEG seksjon 42. Kart: NIKU.

1.2 Kort historikk og aktuelle problemstillinger

Dronning Eufemias gate, seksjon 43, lå innenfor avgrensningen til «Middelalderbyen Oslo» som er automatisk fredet etter Lov om kulturminner av 9. juni 1978. Middelalderbyen er et sammenhengende fornminne som strekker seg fra Loenga i sør til Grønland i nord, og omfatter Bispevika, Middelalderparken, Klosterenga og øvrige deler av det gamle Oslo. Tiltaksområdet ligger i vestre del av middelalderbyen, innenfor nordre del av det middelalderske havneområdet.

Det middelalderske havneområdets beliggenhet og utstrekning har blitt belagt gjennom flere arkeologiske undersøkelser og registreringer fra 1920-tallet og frem til i dag (Molaug 2002:18–27). Funn av havnekonstruksjoner, fundamenter for sjøboder og skipsvrak har gjort det mulig å kartlegge havneområdets beliggenhet og utvikling gjennom middelalderen og tidlig ny tid. De fleste undersøkelsene i de middelalderske havneområdene har vært i relativt liten skala, og kartleggingen må i stor grad sies å være basert på et fåtall, spredte funn. Imidlertid tyder svært mye på at undersøkelsesområdet befinner seg nær den antatt nordre avgrensningen av det middelalderske havneområdet. Dette underbygges blant annet ved undersøkelser på Barcode tomt B13 i 2013, litt nord for DEG43, hvor det ikke ble dokumentert sikre havnekonstruksjoner *in situ* innenfor et relativt stort område (Engen og Kristiansen, *in prep.*).

Tiltaksområdet ligger i nedre del av Bispegata, en gate som regnes som den historiske fortsettelse av den middelalderske Bispeallmenningen. I middelalderen var denne allmenningen hovedåren mellom Bispeborgen og Bispebryggen, og dermed en sentral del av middelalderbyen. Ned mot sjøen har det omkring allmenningen vært sjøboder og brygger. Det har vært gjennomført svært få arkeologiske undersøkelser i området nær Bispeallmenningens vestre del, og det er derfor ingen sikre kartlegginger

av allmenningens nøyaktige løp i vest, ei heller av hvordan bebyggelsen har sett ut i dette partiet. Dette området, i skjæringspunktet mellom den gamle Bispeallmenningen og middelalderhavnen, er det derfor potensiale for å påtreffe rester av så vel landfast aktivitet som marine konstruksjoner fra både før- og tidlig etterreformatoriske perioder som kan gi et klarere bilde av hvordan området har sett ut og utviklet seg gjennom middelalder og ny tid.

For en gjennomgang av tidligere undersøkelser henvises det til hovedrapporten fra den arkeologiske utgravningen ved DEG43 (Engen et al. 2020).

1.2.1 Problemstillinger MOV

Dronning Eufemias gate seksjon 43 skulle bygges som en betongplate fundamentert på ca. 20 stålkjernepeler. Betongplaten ville bli ca. 0,5 m tykk, og skulle dekke hele tiltaksområdet på ca. 15,5 x 36 m (se kart Figur 1).

Riksantikvaren gav dispensasjon med vilkår om at det skulle settes ned en miljøbrønn. Brønnen skulle plasseres innenfor området til DEG43, men utenfor og nord for området som ble berørt av selve utgravingsområdet for tiltaket. Detaljplasseringen av miljøbrønnen krevde nøye planlegging, ettersom brønnen ville bli stående under en tykk betongplate, og skulle være tilgjengelige etter åpning av veien.

I praksis ville en etablering av en betongplate innebære en forsegling av grunnen i tiltaksområdet. Det vil ikke slippe til regnvann og oksygen fra overflaten. Miljøovervåkingen har dermed hatt som mål i løpet av måleperioden å kartlegge kulturlagenes bevaringstilstand og -forhold under betongplaten forut for anleggsperioden, underveis i denne, samt i etterkant for å se på hvilke konsekvenser utbyggingen har for lagene over tid. NIKU har skissert et mulig trusselbilde for kulturlagene innen tiltaksområdet i DEG43:

- *Mekanisk påvirkning.* Graving ned i kulturlag forårsaker skade, ikke bare på de deler av lagene som blir direkte berørt, men også indirekte gjennom den påvirkning som gravingen selv har. Mekanisk skade i form av deplassering kan være like ødeleggende for den arkeologiske konteksten.
- *Tilførsel av oksygen.* Tilførsel av oksygen starter nedbrytningsprosesser, som dels går ut over innholdet i laget i form av gjenstander, organiske som uorganiske – dels nedbryter kulturlaget, med alle dets mange varierte bestanddeler. Det er derfor viktig at nedgravninger og borehull gjenfylles med tett masse, helst leire.
- *Temperaturrendringer.* Økte temperaturer kan ha samme effekt som tilførsel av oksygen. I noen tilfeller kan tildekking dog ha en positiv effekt ved at temperatursvingninger mellom veldig kaldt og veldig varmt kan unngås.
- *Uttørring.* Hvis kulturlagene utsettes for drenering av vann og/eller temperaturøkninger kan dette lede til at den organiske massen i lagene brytes ned i ujevn takt, raskere enn det ville skjedd naturlig. Dette kan føre til kollaps av kulturlagene som dermed går tapt som kulturminne, gjenstander går tapt som følge av endrete bevaringsforhold, og setningene kan føre til følgeskader på bygninger og konstruksjoner som står på eller nær lagene.

Det er tidligere satt ned miljøbrønner i tilstøtende områder ved DEG seksjon 42, og spesielt miljøbrønn MB4 er av faglig interesse. Denne brønnen og MB8 vil være plassert motsatt overfor hverandre ved den nye Nordengen bru. På den ene side er det bygget høyhus, mens det på den andre siden har vært minimalt med byggeaktivitet. En sammenstilling av resultater fra disse to brønnen bør diskuteres i en fremtidig sluttrapport, sammen med problemstillingene skissert over.

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

Arbeidet med etableringen av miljøbrønnen MB8 ble gjennomført i juli 2013 (se Figur 2). Kravet til implementering av miljøovervåking er beskrevet i NS 9451:2009. En miljøbrønn skal alltid settes ned i en kontekst hvor kulturlagene er beskrevet i henhold til NS 9451:2009. Dette innebar at det skulle dokumenteres en søyle med kulturlag ved boringen av brønnen. Kulturlagene ble i felt dokumentert med tegning, foto og beskrivelse etter Norsk Standard, og det ble foretatt en arkeologisk vurdering av bevaringstilstanden, utført av arkeolog fra NIKU, Monica Kristiansen. Fra boresøylen ble det videre tatt ut jordprøver og vannprøver til vurdering av kjemisk og biologisk bevaringstilstand og fremtidige bevaringsforhold, tatt av NIBIO (analysert av Eurofins). Selve miljøbrønnen ble satt ned av borefirma i forbindelse med boringen. Brønnen ble etter etablering markert over bakken med et jernsylindererrør med lokk. NIBIO var ansvarlig for installering av logg og beskyttelsestiltak for miljøbrønnene. Selve overvåkingsutstyret ble installert desember 2013.

Måling av grunnvannstanden vil kunne gi verdifulle opplysninger blant annet om fluktuasjoner innen området, forut, underveis og etter anleggsperioden. Overvåking av grunnvannsforholdene skal foregå i minst fem år. Overvåkningen vil bli gjennomført ved å måle grunnvannsnivå, ledningsevne og temperatur i grunnvann, samt å bestemme den kjemiske sammensetningen av grunnvannet.

Kontinuerlig overvåking kan gjennomføres med grunnvannsloggere fra SEBA Hydrometrie GmbH. Overføring av loggerdata skjer via GSM kommunikasjon, en logger som må vedlikeholdes og kalibreres to ganger per år. Data fra overvåkningen med en kort vurdering av miljø- og bevaringsforholdene vil bli sammenstilt i årsrapporter. Etter fem år vil det bli utarbeidet en sluttrapport som vurderer om bevaringsforholdene har endret seg etter inngrepene i grunnen.



Figur 2: Området for plassering av miljøbrønn M8 før oppstart av borearbeidet. Sett mot sør. Foto: Cf54088_NIKU_01.

2 Miljøbrønn: Arkeologisk-stratigrafisk beskrivelse

Det ble påvist intakte vernede kulturlag i boresøylen til det undersøkte punktet til miljøbrønn MB8, tykke kulturlag i flere sjikt. De stratigrafiske forholdene som ble avdekket i boresøylen beskrives hver for seg herunder.

2.1 Miljøbrønn MB8

Borepunktets plassering var som nevnt havneområde i middelalderen, se kulturhistorisk bakgrunn i kapittel 1.2. Meter over havet er her angitt fra dagens bakkeplan, se Tabell 2. Fra dette nivået er det regnet nedover til topp av de dokumenterte lagene, i form av både moderne fyllmasser, kulturlag og naturlig lag/sjøbunn. Topp overflate bakkeplan lå ved ca. 3,69 moh. Grunnvannstanden i tiltaksområdet lå forut for anleggs- og byggearbeidene på omtrent 1,79 moh. Borehull er angitt på profiltegning i Figur 5. Boresøylen/profilen ble brukt til tilstandsvurdering, og i borepunktet ble det etablert én målestasjon.

2.1.1 Stratigrafisk beskrivelse og tolkning

Boresøylen (se Figur 5) inneholdt en ca. 3 meter tykk stratifisert akkumulasjon av horisontalt liggende avsetninger, samt en mulig konstruksjonsrest. N.B. Figur 5 og Tabell 1 (se under) bør benyttes i sammenheng med følgende redegjørelse.

Det øverste kulturlaget (K2) i boresøylen var forholdsvis fuktig i konsistens, luktet svakt av sulfider, og var en blanding av minerogene og organiske masser (trolig redeponert i moderne tid), mens det nederste laget (K8) hadde til gjengjeld et meget høyt innhold av minerogen, var forholdsvis fuktig og kompakte og luktet av sjø. Den naturlige undergrunnen (K9) besto av blåleire.

De øverste *in situ* kulturlagene (K3–K5, se Figur 3 og Figur 4) hadde karakter av avfallslag og marint avsatt aktivitetslag, mulig strandsone. Lagene hører trolig til aktivitet i overgangen etterreformatorisk tid til middelalder. Avsetningene i disse lagene var av varierende tykkelse, og inneholdt en viss andel organisk materiale i form av humus, treflis og kvist. Det var også innslag av byggeavfall som knust teglstein/teglsteinsfragmenter og større trefragmenter. Dette gjelder spesielt for lag K5, hvor det ved 1,5 m dybde ble registrert en del større trefragmenter i massen, tolket som del av en trekonstruksjon. Konstruksjonen var trolig av ubarket tømmer, og ble tolkes som en mulig laftekasse, eller en annen type tømmerkonstruksjon.

De nederste lagene (K6–8, se Figur 3 og Figur 4) ble som lagene over tolket som å være marint avsatt aktivitetslag, men hvor andelen organisk materiale var betydelig lavere. Hovedsakelig bestod lagene av leire og silt i varierende grad. Innslaget av organisk materiale var treflis, og kvist. I lag K7 ble det ut over dette funnet et stykke av et lindebast-rep, på omtrent 3–3,1 m dybde.

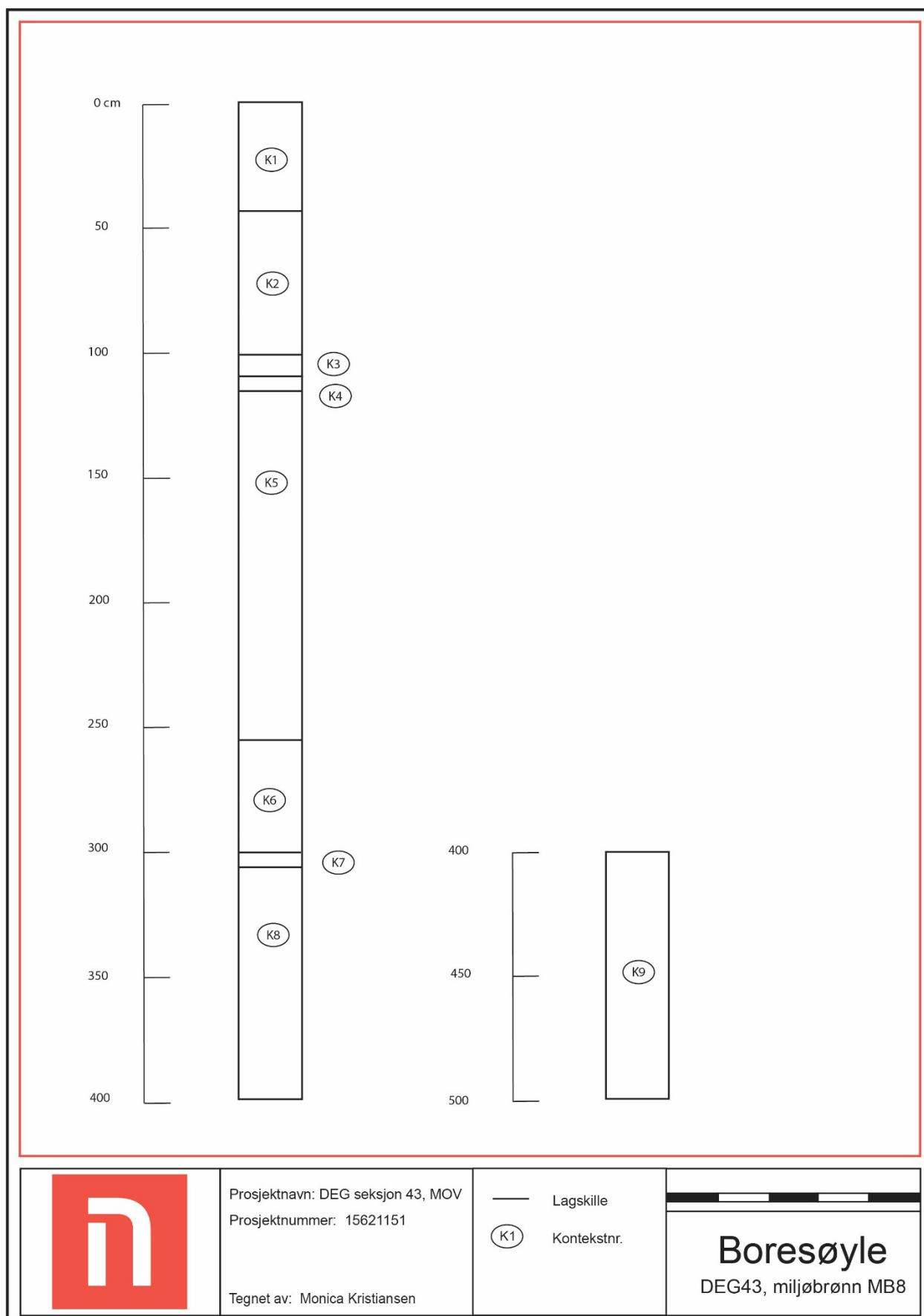
Det øverste laget under asfalten (K1) ble trolig påført stedet som oppfylling i nyere tid, trolig for gateløp/fortau, og bestod i hovedsak av gul grovkornet sand.



Figur 3: T.v.: Boresøyle seksjon 100–200 cm, med lag K3–K5. T.h.: Boresøyle seksjon 200–300 cm, med lag K5–K6. Foto: Cf54088_NIKU_02 og Cf54088_NIKU_03.



Figur 4: T.v.: Boresøyle seksjon 300–400 cm, med lag K7–K8. T.h.: Boresøyle seksjon 400–500 cm, med lag K9. Foto: Cf54088_NIKU_04 og Cf54088_NIKU_05.



Figur 5: Illustrasjon av boresøylen fra miljøbrønn MB8 ved DEG seksjon 43.

Lag MB8		Moh. 3.691	Prøver/funn	Antatt datering	Tolkning
K1	Gråbrunt og gult sandlag med innslag av småstein. Laget er løst. 45 cm tykt.	3.09		Moderne	Oppfylling
K2	Mørkebrunt humusholdig lag med grovkornet sand og stein, samt en mindre andel teglfragmenter og treflis. Laget er løst og fuktig. 55 cm tykt.			Etterreformatorisk	Redeponert lag
K3	Brunt humusholdig silt med noe småstein og teglfragmenter, samt enkelte treflis. Laget er fuktig og relativt kompakt. 10 cm tykt.	2.49	Jordkjemisk prøve	Etterreformatorisk	Avfallslag
K4	Brunt siltlag bestående av en mindre andel humus, og treflis og kvist. Marint avsatt lag. Laget er kompakt. 5 cm tykt.			Etterreformatorisk	Aktivitetsslag/ marint avsatt
K5	Gråbrunt leireholdig siltlag med mye treflis og enkelte større trefragmenter. Marint avsatt lag. Laget er relativt kompakt. 1,45 m tykt.	2.19	Jordkjemisk prøve	Etterreformatorisk/ middelalder	Aktivitetsslag/ marint avsatt
	Grunnvannsnivå	1.79			
K6	Grått siltholdig leirelag, med noe treflis og kvist. Trolig marint avsatt lag. Laget er homogent og kompakt. 45 cm tykt.	1.39	Jordkjemisk prøve	Middelalder	Aktivitetsslag/ marint avsatt
K7	Mørkt grått siltlag med mye leire, samt noe treflis og kvist. Trolig marint avsatt lag. Laget er fuktig og kompakt. 5 cm tykt.	1.09	Jordkjemisk prøve	Middelalder	Aktivitetsslag/ marint avsatt
K8	Grått leirelag med en liten andel silt, samt noen skjellfragmenter. Laget er kompakt. 95 cm tykt.	0.59	Jordkjemisk prøve	Middelalder	Naturlig avsatt lag
K9	Lys blågrå leire. Omtrent 1 m undersøkt.	-0.31			Naturlig undergrunn

Tabell 1: Lagbeskrivelse og tolkning av kulturlagene påvist i boresøylen i miljøbrønn MB8.

3 Arkeologisk tilstandsvurdering av miljøbrønnprofil

Boresøylen i miljøbrønn MB8 viste kulturlag i ca. 3,5 meters tykkelse målt fra topp overflate lag og ned til naturlig undergrunn. Den naturlige undergrunnen bestod av blåleire. Intakte kulturlag fra middelalder, marint avsatt, ble registrert fra og med ca. 2,55 meter under dagens overflate (lag K6 ca. 1,39 moh., og muligens bunnen av K5, ca. 1,59 moh.). Kulturlagene under dagens overflate og ned til 1,39 m dybde antas å være fra nyere og etterreformatorisk tid. Disse lag bestod av oppfyllings- og avfallslag og de var i varierende grad en blanding organisk av minerogent materiale. Fra ca. 1,09 meters dybde og ned til naturlig undergrunn var kulturlagene tett komprimert, fuktige og i større grav dominert av minerogent materiale. Lagsekvensen viste mulige spor etter bebyggelse og aktivitet i strandsonen. Det ble foretatt en vurdering av kulturlagenes tilstand på samtlige lag i boresøylen (se Tabell 2 og Tabell 3). Alle kulturlagene fikk en vurdert tilstand fra «A/C4- god» til «A/C5- utmerket», foruten et redeponert lag, hvor tilstanden ble vurdert til «A3-4- middels-god».

Lag MB8	Lagets innhold% Botanisk/zoologisk/mineralsk/ gjenstander	Tolkning	Datering	Moh. 3.691	Jordkjemiske prøvenavn	Bevaring (SOPS ¹)
K1	0/0/100/0 % -/-sand, stein/-	Oppfylling	Moderne	3.09		D0
K2	50/0/50/0 % Humus, treflis/-/sand, stein, teglfragment/-	Redeponert lag	Etter- reformatorisk			A3-4
K3	30/0/70/0 % Humus, treflis/-/silt, stein, teglfragment/-	Avfallslag	Etter- reformatorisk	2.49	DEG 8 1-2 lag K3	A4
K4	20/0/80/0 % Humus, treflis, kvist/-/silt/-	Aktivitetslag/ marint avsatt	Etter- reformatorisk			A4
K5	30/0/70/0 % Humus, treflis, trefragmenter/-/silt, leire/-	Aktivitetslag/ marint avsatt	Etter- reformatorisk/ middelalder	2.19	DEG 8 1-2 lag K5	A4
	Grunnvannsnivå			1.79		
K6	30/0/70/0 % Humus/-/leire, silt/-	Aktivitetslag/ marint avsatt	Middelalder	1.39	DEG 8 2-3 m	C4-5
K7	5/0/95/0 % Treflis, kvist, bast/-/leire, silt/-	Aktivitetslag/ marint avsatt	Middelalder	1.09	DEG 8 2-3	C4-5
K8	0/1/99/0 % -/-leire, silt/-	Naturlig avsatt lag	Middelalder	0.59	DEG 8 3-4	C4-5
K9	0/0/100/0 % -/-leire/-	Naturlig undergrunn		-0.31		C0

Tabell 2: Tilstandsvurdering av kulturlagene påvist i boresøylen i miljøbrønn MB8.

¹ SOPS state of preservation scale NS9451:2009

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 (fluktuerende 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 3: Skala som angir bevaringstilstanden i kulturlag, i henhold til Norsk Standard NS 9451:2009.

4 Teknisk installasjonsbeskrivelse og analyseparametere

Ved ferdigstilt boring og arkeologisk dokumentasjon av kulturlag, kunne arbeidet med etablering av miljøbrønn starte (se Figur 6). Grunnvannet i miljøbrønnen ble overvåket ved hjelp av sensorer koblet til en automatisk logger, en SEBA Datalogger type Slimcom -2 GSM med multisensorer type MPS-D8 som registrerer vannstand, temperatur, pH, redoks og konduktivitet (el. ledningsevne) og oksygen. Disse parameterne er nødvendige for å kunne si om grunnvannet vil påvirke kulturlagene i en negativ retning. En slik multiparametersensor har i tillegg optisk oksygensensor i nedre måleområde 0,1 mgL⁻¹ til full metning. Teknisk støtte ble utført av Srikanthapalan Muthulingam, Thor Endre Nytrøen og Øistein Johansen fra NIBIO. Selve overvåkingsutstyret ble installert desember 2013.



Figur 6: Etablering av miljøbrønn MB8. Sett mot sørøst. Foto: Cf54088_NIKU_08.

Miljøbrønnen ble etablert med 2 m stigerør, 1 m filterør og 1 m stigerør i bunn. Brønnen er 4 m dyp fra topp bakkenivå. Filterøret ble plassert i de beste kulturlagene med dybde 2–3 m. Grunnvannet ble målt til 1,9 m etter at brønnen hadde stabilisert seg i to døgn etter spyling. Overvåkingsutstyr ble satt ned etter at brønnområdet var sikret. Koordinater til MB8 er: X: 6642350.378 Y: 598579.083 Z: 3.691

En kontrollmåling av grunnvannet i miljøbrønnen ble utført senere i juli 2013: Grunnvanns høyde 1,9 m fra toppen av rør - pH 6.7 og ledningsevne 18.7 mS cm⁻¹.

4.1 Analyseparametere kulturlag

Analyseparametere for miljøovervåking av kulturlag beskrives i NS9451:2009. Parametere er delt inne i grunnleggende parametere (S1) og miljøparametere (S2). Parametere i S1 og S2 beskrives i Tabell 3.

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

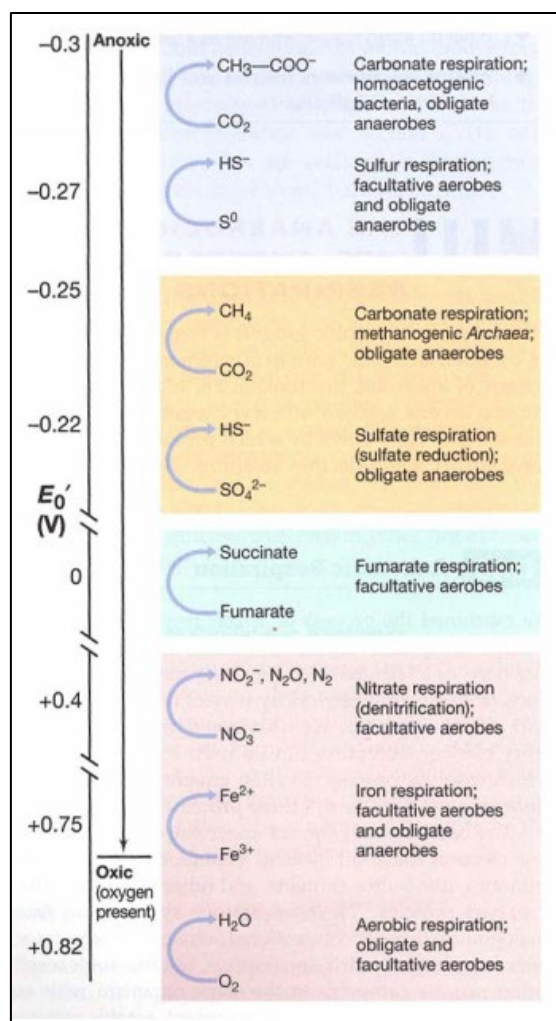
Tabell 4: Oversikt over analyseparametere i gruppene S1 og S2.

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

4.2 Beskrivelse av bevaringsforhold

Bevaringsforhold er beskrevet etter to sett grunnleggende miljøparametere (S1 og S2, Norsk Standard 9451:2009). Gode bevaringsforhold for kulturlag karakteriseres av stabile kjemiske og fysiske forhold. Dette fører til at naturlige gradienter (f.eks. hydrauliske gradienter eller konsentrasjonsgradienter), som ofte holder naturlige kjemiske prosesser i gang, avtar. Dette medfører langsommere nedbrytning av kulturlag og mindre mikrobiell aktivitet.

I naturen foregår nedbrytning av organisk materiale og korrosjon av metaller parallelt med andre prosesser. Mikroorganismer får energi fra slike reaksjoner. Avhengig av RedOx-forhold i jordtypen vil forskjellige type mikrobielle reaksjoner dominere. Dette vises i Figur 7.



Figur 7: Oppsummering av redoksforhold for mikrobiologiske prosesser. Stabile negative redoksforhold (anaerobe forhold) gir de beste bevaringsforhold for kulturlag (Madigan & Martinko 2006).

Det er viktig å forstå at selv om RedOx i jordtypen kan indikere at jernreduksjon dominerer, vil andre prosesser som f.eks. sulfatreduksjon og dannelse av metallsulfider også forekomme. På lavere RedOx-forhold vil karbonnedbrytning foregå langsommere, og så lenge at det er ingen inntrenging av fritt oksygen, vil også korrosjon av metallgjenstander foregå langsommere. En typisk teskje jord kan inneholde omkring 109 bakterier. 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 tilstede (f. eks. sulfat/nitrat). Grunnvannskilden og grunnvannskjemi er derfor meget viktig i påvirkning av prosessene som foregår i kulturlag.

I naturen kan vi derfor observere at aerobe forhold med oksygen til stede, går over til nitratreduserende forhold når alt oksygen er brukt opp så lenge det er nitrat tilgjengelig. Deretter følger mangan-, jern- og sulfatreduserende forhold, før en får metanogene forhold – så lenge de nødvendige næringsstoffene er tilstede. Under metanogene forhold observerer man langsom nedbrytning av organisk materiale, og mindre korrosjon av metallgjenstander. Korrosjon under slike forhold forårsakes av sulfid-dannelse og reduksjon av jern og mangan til de respektive metallsulfider. Nedbrytning av organiske gjenstander blir lavere dersom redokspotensiale blir mer negativt. Hastigheten av den organiske nedbrytningen vil som oftest avta i rekkefølge nitrat-, mangan-, jern-, sulfatreduserende til metanogene forhold. Oksidative og nitratreduserende forhold kan som regel karakteriseres som dårlige bevaringsforhold, mens sulfatreduserende og metanogene forhold kjennetegner gode til

utmerkete bevaringsforhold. Imidlertid må stedsspesifikke forhold tas i betraktning. Redoksforhold mellom de forskjellige mikrobielle prosesser vises i Figur 7 (Madigan et al i Brock, 2015). Tabell 5 viser en enkel oversikt over hvordan kulturlagene vurderes på bevaringsforhold. Dette er gjort som en vurdering av parametere beskrevet i NS 9451:2009. I flere tilfeller vil man få grenseoverganger. I det røde markerte området vises nivåer av målte kjemiske parameter for typisk oksiderende forhold, mens reduserende forhold er vist med grønt. Redoksforhold i grunnen kan karakteriseres ved å måle redokssensitive komponenter i jord og porevann (oksygen, nitrat, ammonium, mangan (II), mangan (IV), jern (III), jern (II), sulfat, sulfid, metan). Høye oksygenkonsentrasjoner indikerer for eksempel at forholdene er oksidative og at mikroorganismene bruker oksygen til å bryte ned organisk materiale. Tabellen illustrerer også omtrentlige redoksverdier benyttet i overvåking av grunnvannet som beveger seg igjennom kulturlagene.

Relativ konsentrasjon					Dominerende prosess	Redoks (mv)	Bevaringsforhold
NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	S ²⁻	Fe (II)	Fe (III)			
Lav	Lav	Lav	Lav	Høy	Oksiderende	200	Elendig
Høy	Lav	Lav	Lav	Høy	Nitratreduksjon / Oksiderende	100	Dårlig
Høy	Lav	Lav	Høy	Lav	Nitratreduksjon / Jernreduksjon	0	Middels
Lav	Lav	Lav	Høy	Lav	Jernreduksjon	-100	Middels
Høy	Høy	Høy	Middels	Lav	Nitratreduksjon / Sulfatreduksjon	-200	Bra
Lav	Høy	Høy	Middels	Lav	Sulfatreduksjon	-370	Bra
Lav	Høy	Høy	Høy	Lav	Sulfatreduksjon / Metanogenese	-400	Utmerket

Tabell 5: Relative konsentrasjoner av dominerende næringsstoffer i jord under forskjellige redoksforhold og bevaringsforhold i kulturlag.

5 Geokjemiske analyseresultater

Resultatene i denne delen av rapporten, kapittel 5.1 og 5.2 er hentet fra NIBIOs geokjemiske analyserapport (Bioforsk Vol 9 Nr. 21 2014), hvor det ble gitt en gjennomgang av jordkjemiske prøvene som ble analysert fra kulturlagene i boresøylen til MB8, samt en sammenstilling og vurdering av bevaringsforholdene (Bergersen 2014). Denne rapporten inkluderer også innledende sensordata fra miljøbrønnen. Rapporten er lagt ved som et vedlegg (se vedlegg 9.2).

5.1 Beskrivelse av prøvene fra kulturlagene







Tabell 6 gir en kort oversikt over vurdering av bevaringsforholdene i prøvene. Vurderingen er utformet på grunnlag av resultater vist i Tabell 7 og Tabell 8. Disse tabeller viser fysiske forhold og kjemiske måleresultater fra laboratorieanalysene. Boreprofilen viste kulturlaget med medium innhold av organisk materiale fra 1,2 til 2,3 m, men ble funnet lav fra 2,3 til 3,1 m. Vanninnholdet var litt høyere i øvre del av profilen ved 1,2 til 2,3 m. Grunnvannet ble målt til 1,9 m etter at miljøbrønnen var ferdig skylt etter installasjon. pH og saltinnholdet økte fra øvre del til nedre del som tydelig viser sjøvannpåvirkning.

Kulturlag fra 1–4 m viste reduserende redoksforhold på grunn av tilstedeværelse av mer jern (II) og mindre jern (III). Prosentandelen for jern (II), vist i Tabell 8, var fra 76–98 %. Konsentrasjonen av sulfid var også høy i prøvene. Høy konsentrasjon av ammonium ble påvist i dypere lag fra 2,6 til 3,1 m. Høyere liggende lag viste lavere ammonium- konsentrasjon. Redoks- og bevaringsforholdene ble karakterisert som sulfatredukerende til metanogene i profilen. Dette viser at bevaringsforholdene for kulturminner er stabile og meget gode i området hvor prøvene ble tatt.

Borehull prøve nr	Dyp (moh) tpkt. 3.69	Organisk innhold og vanninnhold	Surhet og salinitet	Redoksforhold
DEG 8 1-2m lag K3	2.49	Middels org. - høyt vanninnhold	Nøytral og lav	Sulfatreduserende
DEG 8 1-2 m lag K5	2.19	Middels org. - høyt vanninnhold	Svakt basisk og lav	Metan til sulfatreduserende
DEG 8 2-3 m	1.39	Middels org. - høyt vanninnhold	Middels basisk og middels	Metan til sulfatreduserende
DEG 8 2-3	1.09	Lavt org. - middels vanninnhold	Middels basisk og middels	Metan til sulfatreduserende
DEG 8 3-4 m	0.59	Lavt org. - middels vanninnhold	Middels basisk og middels	Metan til sulfatreduserende

Tabell 6: Kortfattet vurdering av bevaringsforhold fra de jordkjemiske prøvene fra MB8 etter S2-analyse (Bergersen 2014).

Borehull prøve nr	Dyp (moh) tpkt. 3.69	TS %	Glødetap %	Vann innhold %	pH	Ledn.evne uScm ⁻¹
DEG 8 1-2m lag K3	2.49	50	22	50	7.1	1530
DEG 8 1-2 m lag K5	2.19	47	22	53	7.6	2106
DEG 8 2-3 m	1.39	48	20	52	8.0	4014
DEG 8 2-3	1.09	56	11	44	8.5	3103
DEG 8 3-4 m	0.59	59	10	41	8.2	6930

	Lavt organisk materiale 10%		Lavt vanninnhold 10-20%
	Middels organisk materiale 10-20%		Middels vanninnhold 30-40%
	Høyt organisk materiale 30-40%		Høyt vanninnhold 50-60%

Tabell 7: Fysiske forhold i ulike prøver hentet fra kulturlag i boresøylen etter S2-analyse (Bergersen 2014).

Borehull Lag prøve nr	Dyp (moh) tpkt. 3.69	Nitrat - N mgkg TS ⁻¹	Ammonium - N mgkg TS ⁻¹	Sulfat mgkg TS ⁻¹	Sulfid mgkg TS ⁻¹	Jern (II) mgkg TS ⁻¹	Jern (III) mgkg TS ⁻¹	Andel av Jern (II)
DEG 8 1-2m lag K3	2.49	1.00	2.6	2443	148	396	125	76%
DEG 8 1-2 m lag K5	2.19	2.63	4.6	2978	384	559	60	90%
DEG 8 2-3 m	1.39	<0.98	4.6	1810	341	508	0.5	99%
DEG 8 2-3	1.09	<0.79	70.7	1571	294	549	0.5	99%
DEG 8 3-4 m	0.59	<0.72	78.7	1350	166	363	72	83%


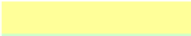

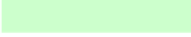


Tabell 8: Kjemiske forhold i ulike prøver hentet fra kulturlag i boresøylen etter S2-analyse (Bergersen 2014).

5.2 Bevaringsvurdering

Sammenstilling av bevaringsforholdene i de ulike kulturlagene er vist i Tabell 9.

Tabellen sammenstiller bevaringsforholdene vurdert på organisk og uorganisk materiale i de ulike kulturlagene. I tillegg er redoksforholdene markert med fargekode og SOPS verdier: Status etter Norsk Standard NS 9451:2009. Bevaringsforholdene for organisk materiale var i kategorien bra i de øvre nivåene og utmerket i dypere lag. Bevaringsforholdene vurdert for uorganisk materiale var middels i topplaget til bra nedover i alle prøver pga. pH fra svakt basisk til middel basisk og høyere konsentrasjon av salter (høyere ledningsevne), som vil bevare metallgjenstander og bein. Boreprofilen i miljøbrønnen hadde tydelig preg av sjøvannsinntrengning i grunnen.

Miljøbrønn 8				
Borehull	Dyp (moh)	Bevaring		
prøve nr	tpkt. 3.69	Organisk materiale	Uorganisk materiale	Redoks forhold *
Sand	3.09			
DEG 8 1-2m lag K3	2.49	Bra	Middels	A4
DEG 8 1-2 m lag K5	2.19	Utmerket	Bra	A5
	1.79			
DEG 8 2-3 m	1.39	Utmerket	Bra	C5
DEG 8 2-3	1.09	Utmerket	Bra	C5
DEG 8 3-4 m	0.59	Utmerket	Bra	C5
Leire	-0.31			

	Elendig til dårlig		Oksiderende forhold
	Middels		Reduserende forhold
	Bra til utmerket	*	SOPS : Status etter
	Grunnvann		Norsk Standard NS 9451:2009

Tabell 9: Bevaringsvurdering av kulturlagene påvist i boresøylen i miljøbrønn MB8 (Bergersen 2014).

6 Vurdering av forhold for kulturlagenes tilstand og bevaring

Det gjennomførte feltarbeidet har inkludert en arkeologisk tilstandsvurdering av kulturlag og installering av overvåkingsutstyr i en miljøbrønn (MB8), samt en geokjemisk undersøkelse av utvalgte jordprøver for analyse av bevaringsforhold i trå med Riksantikvarens bestilling i brev datert 09.04.2013 (RA saksnr. 10/02497-67). Undersøkelsene er utført av NIKU og partner NIBIO, og er foretatt i henhold til Norsk Standard NS 9451:2009, «Kulturminner. Krav til miljøovervåking og - undersøkelse av kulturlag».

6.1.1 Vurdering av bevaringsforhold

De geokjemiske analyseresultatene for MB8 viser at forholdene for bevaring av organisk materiale var kategorisert som «bra» for bevarte kulturlag beliggende innenfor 0–1 m under overflaten. Kulturlag beliggende dypere enn dette (fra og med 2,19 moh.) hadde svært gode forhold for bevaring av organisk materiale.

pH-verdiene i prøvene var svakt basiske til middels basiske, og ledningsevnen var høy. Redoks- og bevaringsforholdene ble karakterisert som sulfatreduserende til metanogene. Det gjennomsnittlige vanninnholdet ligger på 48%. Grunnvannsnivå ble målt til 1,79 moh. Denne kombinasjonen av

geokjemiske parameterverdier tilsier at bevaringsforholdene er «utmerket» for organisk materiale og «god» for uorganisk materiale fra boresøyle 1–3 m.

Det ble altså vurdert å være stabile forhold i mettet sone med hensyn til fysiske og kjemiske parametere som pH, ledningsevne, redoks, temperatur og grunnvannsnivå. For lag som ligger i umettet sone blir det ved videre overvåking viktig å følge med på om forholdene holder seg stabile, da de kan være mer utsatt for ytre påvirkninger og endre bevaringsforhold. Bevaring for uorganisk materiale i disse lagene vurderes som «middels». Stabile forhold er positivt for bevaring av arkeologiske kulturlag.

6.1.2 Vurdering av arkeologisk tilstand

Miljøbrønn MB8 lå innenfor nordre del av det middelalderske havneområdet. Den arkeologiske tilstanden for kulturlagene i de øverste 2,5 meter under overflaten vurderes som «middels» til «god». Disse lagene bestod imidlertid hovedsakelig av oppfyllingsmateriale, avfallslag fra nyere tid og et mulig redeponert lag, og inneholdt en blanding av minerogene og organiske materialer. Fra og med lag K6, tilsvarende ca. 1,39 moh. (og muligens bunnen av K5, 1,59 moh.), ble kulturlagene bedømt å være intakte *in situ* avsetninger fra middelalder. Disse besto av avsetninger knyttet til spor etter aktivitet og mulig bebyggelse i strandsonen, og var marint avsatte lag. Kulturlagene var kompakte, fuktige og med lavt organisk innhold. De fleste kulturlagene ble vurdert til å være i meget god («utmerket») tilstand.

7 Konklusjoner

Miljøbrønn MB8 ble etablert nord i DEG seksjon 43, og boresøylen med kulturlag ble undersøkt. Basert på de resultater som har fremkommet, de geokjemiske så vel som de arkeologiske, er de intakte kulturlagene fra middelalder i liten grad blitt utsatt for nedbrytning. Den arkeologiske og geokjemiske vurderingen omtrent samfelte i sine konklusjoner om at tilstands- og bevaringsforholdene for intakte kulturlag er svært gode.

De intakte kulturlagene er beskyttet av ca. 1 m tykk oppfylt materiale fra moderne og nyere tid, også mulige redeponerte masser. Ved eventuelle fremtidige anleggsarbeider bør det settes inn tiltak for å minimere risikoen for å komme i berøring med intakte kulturlag eller å fjerne beskyttende materiale over disse.

Målingene i miljøbrønnen ble utført i perioden 2013–2018 (Hovd 2023), og gir svar på hvorvidt bevaringsforholdene forblir noenlunde stabile, eller om det skjer endringer på sikt grunnet veiutbygging og tildekking av kulturlagene under betonglokk, både i positiv og negativ retning. Problemstillingene skissert innledningsvis er momenter som vil vurderes i denne sammenhengen som mulige årsaker til endringer, som mekanisk påvirkning, tilførsel av oksygen, temperaturendringer og uttørring.

Det var fordelaktig at miljøovervåkingsprosjektet ble utført parallelt med utgravningene ved DEG43 (Del 1: DEG seksjon 43 (prosjekt id:15621142, Engen et al. 2020), slik at det var mulig å sammenligne lag og lagfølger mellom boresøylen og hovedutgravningen. Boreprøver gir kun et lite utsnitt av en større sammenheng. Man kan finne ut av kulturlags dybde, tykkelse, lagfølge, innhold og karakter etc., men utover dette er boring som metode i mindre grad egnet til å belyse kulturhistoriske forhold, større kontekster og problemstillinger. Det henvises derfor til den arkeologiske hovedundersøkelsen for en større kulturhistorisk kontekst for de arkeologiske funnene.

8 Litteratur

- Amundsen, H.R., Bye Johansen, L.M., Amundsen, C.E., & Bergersen, O. 2011. *Miljøovervåking i Dronning Eufemias gate (DEG), middelalderbyen, Oslo. Arkeologisk og jordfaglig undersøkelse med kartlegging av bevaringsforhold og -tilstand samt miljøovervåking av grunnvann og kulturminner, 2010–14*. NIKU Nr. 273/ Bioforsk rapport Nr. 144. 2011.
- Bergersen, O. 2014a. *Geokjemiske kartlegging av kulturlag i boreprofiler og ny miljøbrønn DEG 8 etablert i Bispegaten, Bjørvika, Oslo. Forundersøkelse på bevaringsforhold i kulturlag fra grunnboring i forbindelse med utbygging av ny E18*. Bioforsk rapport 9 (21) 2014.
- Bergersen, O. 2014b. *Overvåking av grunnvann i miljøbrønner fra Dronning Eufemias gate (DEG), Bjørvika, Oslo. Statusrapport II 2014*. Bioforsk rapport 9 (54) 2014.
- Engen, T. og Kristiansen, M. *In prep. Barcode 13. Arkeologiske undersøkelser i Oslos middelalderske havneområde*. NIKU oppdragsrapport. Norsk institutt for kulturminneforskning, Oslo.
- Engen, T. og Kristiansen, M og Helstad, M. 2020. *DEG43. Arkeologiske undersøkelser i Dronning Eufemias gate, seksjon 43*. NIKU Oppdragsrapport 105/2020. Norsk institutt for kulturminneforskning, Oslo.
- Hovd, L. 2023. *DEG42 og DEG43 – miljøovervåking. Overvåking av grunnvann fra miljøbrønner i arkeologiske kulturlag i Dronning Eufemias gate, Oslo. Sluttrapport*. NIKU rapport 207/2023. Norsk institutt for kulturminneforskning, Oslo.
- Molaug, P.B. 2002. *Oslo havn i middelalderen*. NIKU 122. NIKU strategisk instituttprogram 1996-2001. Norske middelalderbyer. Norsk institutt for kulturminneforskning, Oslo.
- Standard Norge 2009. *Kulturminner. Krav til miljøovervåking og -undersøkelse av kulturlag*. Norsk Standard NS9451:2009. ICS 13.020.99: 91.010.99.

9 Vedlegg

9.1 Fotoliste

Følgende bilder er lastet opp til universitetsmuseenes fotodatabase (MUSIT):

Fotonummer	Motiv	Sett mot	Struktur. / Objekt. nr.
Cf54088_NIKU_01	Området for plassering av miljøbrønn M8 før oppstart av borearbeidet.	S	
Cf54088_NIKU_02	Boresøyle seksjon 100–200 cm, med lag K3–K5.	-	K3, K4, K5
Cf54088_NIKU_03	Boresøyle seksjon 200–300 cm, med lag K5–K6.	-	K5, K6
Cf54088_NIKU_04	Boresøyle seksjon 300–400 cm, med lag K7–K8.	-	K7, K8
Cf54088_NIKU_05	Boresøyle seksjon 400–500 cm, med lag K9.	-	K9
Cf54088_NIKU_06	Oversiktsbilde over tiltaksområdet.	Ø	
Cf54088_NIKU_07	Oversiktsbilde over tiltaksområdet.	NØ	
Cf54088_NIKU_08	Etablering av miljøbrønn MB8.	SØ	

9.2 NIBIO Rapport (Bioforsk rapport 9 (21) 2014)



Rapport

Bioforsk Vol 9 Nr. 21, 2014

Geokjemiske kartlegging av kulturlag i boreprofil og ny miljøbrønn DEG 8 etablert i Bispegaten, Bjørvika, Oslo

Forundersøkelse av bevaringsforhold i kulturlag fra grunnboring i forbindelse med utbygging av ny E18

Ove Bergersen - Bioforsk Jord og miljø





Bioforsk Jord og miljø
 Frederik A. Dahls vei 20
 N-1432 Ås
 Tlf: 03 246
jord@bioforsk.no

Tittel/Title: Geokjemiske kartlegging av kulturlag i boreprofiler og ny miljøbrønn DEG 8 etablert i Bispegaten, Bjørvika, Oslo. Forundersøkelse på bevaringsforhold i kulturlag fra grunnboring i forbindelse med utbygging av ny E18
Forfatter(e)/Autor(s): Ove Bergersen

Dato/Date: 12.03.2014	Tilgjengelighet/Availability: Lukket	Prosjekt nr./Project No.: Bioforsk 8604	Arkiv nr./Archive No.:
Rapport nr./Report No. Bioforsk Vol 9 (21) 2014	ISBN-nr.:	Antall sider/Number of pages: 19	Antall vedlegg/Number of appendix: 2

Oppdragsgiver/Employer: NIKU, Hovedkontor Oslo	Kontaktperson/Contact person: Monica Klaussen
--	---

Stikkord/Keywords: Bevaringsforhold, kulturlag, redoksforhold Preservation, cultural heritage, redox conditions	Fagområde/Field of work: Arkeologi - Jordkjemi Archaeology - Soil chemistry
--	--

Sammendrag Rapporten viser resultater av jordkjemiske undersøkelser som underlag for vurdering av bevaringsforhold i kulturlag fra en ny miljøbrønn etablert i Bispe gt. Oslo. I alle prøvene analysert ble det påvist reduserende forhold og bra til utmerkede bevaringsforhold av organisk materiale. I alle prøver ble det også påvist middels til bra bevaringsforhold for uorganisk materiale som metall og beingjenstander. Det er etablert Miljøbrønn (MB8) med grunnvannsnivå på 1.79 moh som skal overvåkes i 5 år. Utstyr er etablert og satt i drift fra des 2013. De første 3 måneders overvåking er fremstilt i rapporten og viser stabilt grunnvann uten store fluktuasjoner, noe som er gir gode bevaringsforhold.

Land/fylke:	Norge /Oslo
Kommune:	Oslo
Sted/Lokalitet:	Oslo - Bjørvika Bispegaten

Godkjent / Approved

Prosjektleder / Project leader

Trond Mæhlum

Ove Bergersen

Innhold

1.	Innledning	4
1.1	Bakgrunn	4
1.2	Problemstilling	4
2.	Materiale og Metoder	5
2.1	Naturvitenskapelige definisjoner	5
2.2	Arkeologiske og jordfaglige dokumentasjonsmetoder	5
2.3	Prøvetaking og borprofil av miljøbrønn DEG 8	6
2.4	Kjemiske analyser	7
2.5	Generelt om vurdering av bevaringsforhold i kulturlag	9
2.6	Måleparametere ved miljøovervåking i miljøbrønn	11
2.7	Installering av multisensorer og overvåkingutstyr i miljøbrønn DEG 8	11
3.	Resultater	12
3.1	Vurdering av bevaringsforholdene ut fra kjemiske og fysiske analyseparameter av prøver i miljøbrønn DEG 8	12
3.2	Vurdering av bevaringsforhold på grunnlag av naturvitenskapelige analyseresultater fra miljøbrønn DEG 8.	13
3.3	Resultater fra miljøbrønn (DEG 8)	14
3.4	Miljøovervåking og Avvik	14
4.	Konklusjon	17
5.	Referanser	18
6.	Vedlegg	19

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Bioforsk har fått bestilling av NIKU og Riksantikvaren (datert 09.04.2013) å utføre jordkjemiske analyser fra kulturminne prøver tatt under boring av ny miljøbrønn ved utgravningsområdet i Dronning Eufemias gate og vestre ende av Bispegaten i Bjørvika i forbindelse med utbygging av ny E18. NIKU og Riksantikvaren ønsker også at det etableres utstyr for å overvåke grunnvannet i denne miljøbrønnen i forbindelse med realisering av ny E18. Overvåkingen skal skje i 5 år i perioden 2014-2018.

For å vurdere muligheten av In-situ-bevaring av kulturminner, skal bevaringsforholdene karakteriseres ved miljøovervåking av grunnvannshøyde, grunnvannstemperatur og pH, ledningsevne, oksygen sammen med redoksforhold som logges og rapporteres over en periode på 5 år.

Bioforsk har utført S2-analyser på kulturlagsprøver når miljøbrønnen ble etablert. Dette var nødvendig for å vite bevaringsforholdene i kulturlagene som omgir miljøbrønnen. Bestillingsbrevet fra Riksantikvaren og NIKU er lagt ved som vedlegg 1.

Rapporten her beskriver resultatene etter forundersøkelsen av kulturminneprøver fra boring av miljøbrønnen og informasjon om den nye miljøbrønnen «DEG8».

1.2 Problemstilling

Målet med den jordkjemiske undersøkelsen er å vurdere bevaringsforholdene i nye berørte områder som omfattes av byggeaktivitet. Prosjektet skal overvåke kulturlagene i ny miljøbrønn DEG8 i perioden 2014 - 2018.

2. Materiale og Metoder

2.1 Naturvitenskapelige definisjoner

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

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. Slike reaksjoner bidrar til nedbryting og korrosjon av ulike materialer.

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

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 reducerende (reduktive) forhold, men i hvilken grad forholdene er reducerende, varierer

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.

2.2 Arkeologiske og jordfaglige dokumentasjonsmetoder

Boringene ble gjort med skovelbor. Det ble boret en meter av gangen. Søylene fra hver boremeter ble rensset nøye og fotografert av NIKU. Tilstanden og bevaringsforhold er vurdert etter bevaringsskala i henhold til Norsk Standard (NS 9451:2009), som utkom i september 2009 (se under).

Bevaringstilstand er vist i Tabell 1 og bevaringsforhold er vist i Tabell 2 etter Norsk Standard NS 9451:2009.

Tabell 1 – Bevaringskala 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 bevarings-tilstanden 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 - over/i grunnvann" blitt brukt.

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

2.3 Prøvetaking og borprofil av miljøbrønn DEG 8

Boring ble utført av eksternt innleid firma av oppdragsgiver. Arkeologiske vurderinger og innmåling er utført av NIKU ved Monica Klaussen og jordprøver for videre kjemisk og fysisk analyse er utført av Bioforsk ved Ove Bergersen.



Figur 1 Oversikt over miljøbrønner ved Bispegaten, Bjørvika, Oslo. Røde markeringer er eldre miljøbrønner DEG 4, 5 og 7. Den nye DEG8 er markert med rød pil. Blå markering er avsluttet miljøbrønn S7 som ble slått i stykker ved anleggsarbeidet juni 2013.

2.4 Kjemiske analyser

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 analyseparameter.

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.

S2 Miljøparameter

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

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 ferrozin til bestemmelse av jern (II). Jordprøven ekstraheres med 0,5 molar saltsyre i anaerobt miljø. Jern(II) som lager en fargekompleks med ferrozin 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 nitrogen atmosfære. 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 tilbaketitrere 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 amorf sulfid vil dette være *mackinawit* og *greigit*. 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. Hvis en vil karakterisere de aktuelle redoksforholdene i grunnen, er det ønskelig å løse så lite *pyritt* som mulig ut av prøven.

Sulfat: Jordprøven ble ekstrahert med vann og ekstrahert sulfat analysert ved hjelp av ionekromatografi. Analysen ble gjennomført ved Eurofins AS (se vedlegg 1).

Nitrat og ammonium: Prøven ekstraheres med 2 mol/l KCl og analyseres ved hjelp av en TRAACS-800 autoanalysator som bruker en fargereaksjon til bestemmelse av nitrat- og ammoniumkonsentrasjon. Analysen ble gjennomført ved Eurofins AS (se vedlegg 1).

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 relativ lav. Stabile kjemisk fysiske forhold 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.

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 oksidering 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 kjennemerker bra til utmerket bevaringsforhold. Imidlertid må stedsspesifikke forhold taes 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 oransje markerte området vises nivåer av målte kjemiske parameter for typisk oksiderende forhold, men reduserende forhold er vist med blått.

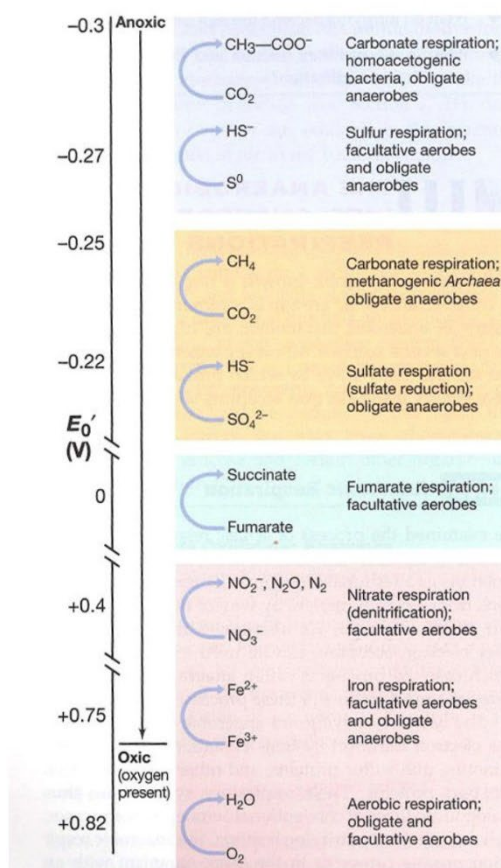
Redoksførhold i grunnen kan karakteriseres ved å måle redokssensitive komponenter i jord og porevann (oksygen, nitrat, ammonium, mangan (II), mangan (IV), jern (III), jern (II), sulfat, sulfid, metan): Høye oksygenkonsentrasjoner indikerer for eksempel at forholdene er oksidative og at mikroorganismene bruker oksygen til å bryte ned organisk materiale. 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 gjennomstrømning 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.

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)

2.6 Måleparametere ved miljøovervåking i miljøbrønn

Stabilt eller fluktuerende grunnvann:

De beste bevaringsforholdene for kulturminner i jord har vi under anaerobe forhold med reduserte redoksforhold. Ofte er slike miljøer vannmettet under grunnvannsnivået. Eksempel på slike stabile steder er torvmyrer. Andre miljøforhold som vil påvirke bevaring av kulturlag er massenes permeabilitet og vannmetning. Dette vil styre gjennomstrømning av (oksygenrikt) vann gjennom massene og diffusjon av oksygen i porene. Grunnvann som fluktuerer ofte pga mye nedbør kan skade kulturlag.

Redoks, oksygen, pH og ledningsevne i grunnvannet som omgir kulturlagene:

Grunnvannets elektriske ledningsevne sier noe om mengden ioner i vannet. Endringer i elektrisk ledningsevne skyldes bl.a. inntrengning av regnvann/smeltevann (gir oftest en lavere ledningsevne). Grunnvann som er lite påvirket av nedbør og som er i likevekt med jord eller fjell, har oftest høyere elektrisk ledningsevne. Høyt saltinnhold virker beskyttende for treverk.

Syre og løslige salter medfører korrosjon av metalloverflater. Økende surhet og saltkonsentrasjon vil framskynde korrosjon av metallgjenstander og forvitring av bein. Elendige og dårlige bevaringsforhold ut fra redoksmålinger trenger ikke alltid å gi riktig logisk svar ut fra arkeologiske gjenstander og spor som ikke brytes ned. Stein, gull, og metall gjenstander og bein er ofte godt beskyttet hvis de ligger tørt og pH er basisk og ikke sur. Slike områder er ofte knyttet til bosetninger. Nøytral pH omkring 7 og stabilitet er gunstig for gode bevaringsforhold. Synker pH betydelig kan også det være med å forklare om det skjer nedbryting av organisk materiale fra kulturlagene til organiske syrer. Lavere pH påvist etter mye nedbør kan gi informasjon om at det skjer nedbryting i organisk materiale i nærheten til miljøbrønnene. Lavt redokspotensialet under +100mV viser nesten ikke målbart oksygeninnhold i grunnvann.

Temperatur som omgir kulturlagene

Alle kjemiske og biologiske nedbrytingsprosesser går raskere ved høyere temperatur. Unormale temperatursvingninger påvirket av ytre krefter som varme fra kjellere, fortau, eller fjernvarme kan på sikt øke skade på kulturlagene i Middelalderbyer. Lav temperatur på grunnvann vil virke beskyttende.

2.7 Installering av multisensorer og overvåkingutstyr i miljøbrønn DEG 8

Multisensorer som overvåker grunnvann, temperatur, ledningsevne, oksygen, redoksforhold og pH i grunnvannet vil karakterisere både stabilitet, men også informere om hvordan grunnvannet som beveger seg igjennom kulturlagene i området påvirker bevaringsforholdene. Kontinuerlig overvåking av miljøforholdene i kultur- og sikringslag skal foregå fra 2014 og ut 2018 i følge budsjettet. Dette blir utført ved hjelp av sensorer koblet til automatiske loggere fra SEBA Hydrometrie GmbH (Tyskland). All feltarbeide med utstyr for overvåkingen er blitt utført av teknikker Øyvind Rise. Loggeren, en SEBA Datalogger type Slimcom -2 GSM med multisensorer type MPS-D8). Disse data kan hentes manuelt, eller trådløst via modem og mobiltelefoni. Denne brønn vil i løpet av 2014 bli plassert på fortau slik at den vil være tilgjengelig for vedlikehold ut måleperioden.

3. Resultater

3.1 Vurdering av bevaringsforholdene ut fra kjemiske og fysiske analyseparameter av prøver i miljøbrønn DEG 8

Tabell 4 gir en kort oversikt over vurdering av bevaringsforholdene i prøvene. Vurderingen er utformet på grunnlag av resultater vist i tabell 5 og 6. Disse tabeller viser fysiske forhold og kjemiske måleresultater fra laboratorieanalysene.

Boreprofilen viste kulturlaget med medium innhold av organisk materiale fra 1.2 til 2.3 m, men ble funnet lav fra 2.3 til 3.1 m. Vanninnhold var litt høyere i øvre del av profilen ved 1.2 til 2.3 m. Grunnvannet ble målt til 1.9 m etter at miljøbrønnen var ferdig skylt etter installasjon. pH og saltinnholdet økte fra øvre del til nedre del som tydelig viser sjøvannpåvirkning.







Kulturlag fra 1-4 m viste reduserende redoksforhold på grunn av tilstedeværelse av mer jern(II) og mindre jern(III). Prosentandelen for jern II, vist i tabell 6, var fra 76-98 %. Konsentrasjonen av sulfid var også høy i prøvene. Høy konsentrasjon av ammonium ble påvist i dypere lag fra 2.6- 3.1 m. Høyere liggende lag viste lavere ammonium-konsentrasjon. Redoks- og bevaringsforholdene ble karakterisert som sulfatreduserende til metanogene i profilen. Dette viser at bevaringsforholdene for kulturminner er stabile og meget gode i området hvor prøvene ble tatt.

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

Borehull prøve nr	Dyp (moh) tpkt. 3.69	Organisk innhold og vanninnhold	Surhet og salinitet	Redoksforhold
DEG 8 1-2m lag K3	2.49	Middels org. - høyt vanninnhold	Nøytral og lav	Sulfatreduserende
DEG 8 1-2 m lag K5	2.19	Middels org. - høyt vanninnhold	Svakt basisk og lav	Metan til sulfatreduserende
DEG 8 2-3 m	1.39	Middels org. - høyt vanninnhold	Middels basisk og middels	Metan til sulfatreduserende
DEG 8 2-3	1.09	Lavt org. - middels vanninnhold	Middels basisk og middels	Metan til sulfatreduserende
DEG 8 3-4 m	0.59	Lavt org. - middels vanninnhold	Middels basisk og middels	Metan til sulfatreduserende

Tabell 5 Fysiske forhold i ulike prøver hentet fra boreprofilen etter S2 analyse.

Borehull prøve nr	Dyp (moh) tpkt. 3.69	TS %	Glødetap %	Vann innhold %	pH	Ledn.evne uScm ⁻¹
DEG 8 1-2m lag K3	2.49	50	22	50	7.1	1530
DEG 8 1-2 m lag K5	2.19	47	22	53	7.6	2106
DEG 8 2-3 m	1.39	48	20	52	8.0	4014
DEG 8 2-3	1.09	56	11	44	8.5	3103
DEG 8 3-4 m	0.59	59	10	41	8.2	6930

	Lavt organisk materiale 10%		Lavt vanninnhold 10-20%
	Middels organisk materiale 10-20%		Middels vanninnhold 30-40%
	Høyt organisk materiale 30-40%		Høyt vanninnhold 50-60%

3.2 Vurdering av bevaringsforhold på grunnlag av naturvitenskapelige analyseresultater fra miljøbrønn DEG 8.

Sammenstilling av bevaringsforholdene i de ulike kulturlagene er vist i tabell 7. Tabellen sammenstiller bevaringsforholdene vurdert på organisk og uorganisk materiale i de ulike kulturlagene. I tillegg er redoksforholdene markert med fargekode og SOPS verdier: Status etter Norsk Standard NS 9451:2009. Bevaringsforholdene for organisk materiale var i kategorien bra i toppen og utmerket i dypere lag. Bevaringsforholdene vurdert for uorganisk materiale var middels i topplaget til bra nedover i alle prøver pga. pH fra svakt basisk til middel basisk og høyere konsentrasjon av salter (høyere ledningsevne) som vil bevare metallgjenstander og bein. Boreprofilen i miljøbrønnen hadde tydelig preg av sjøvannsinntrengning i grunnen.

Tabell 6. Kjemiske forhold i prøver hentet fra boreprofilen etter S2 analyse.

Borehull Lag prøve nr	Dyp (moh) tpkt. 3.69	Nitrat - N mgkg TS ⁻¹	Ammonium - N mgkg TS ⁻¹	Sulfat mgkg TS ⁻¹	Sulfid mgkg TS ⁻¹	Jern (II) mgkg TS ⁻¹	Jern (III) mgkg TS ⁻¹	Andel av Jern (II)
DEG 8 1-2m lag K3	2.49	1.00	2.6	2443	148	396	125	76%
DEG 8 1-2 m lag K5	2.19	2.63	4.6	2978	384	559	60	90%
DEG 8 2-3 m	1.39	< 0.98	4.6	1810	341	508	0.5	99%
DEG 8 2-3	1.09	< 0.79	70.7	1571	294	549	0.5	99%
DEG 8 3-4 m	0.59	< 0.72	78.7	1350	166	363	72	83%

Tabell 7. Illustrasjon av grunnvannsnivå og bevaringsgrad vurdert på jordkjemisk analyser.

Borehull prøve nr	Dyp (moh) tpkt. 3.69	Bevaring		
		Organisk materiale	Uorganisk materiale	Redoks forhold *
Sand	3.09			
DEG 8 1-2m lag K3	2.49	Bra	Middels	A4
DEG 8 1-2 m lag K5	2.19	Utmerket	Bra	A5
	1.79			
DEG 8 2-3 m	1.39	Utmerket	Bra	C5
DEG 8 2-3	1.09	Utmerket	Bra	C5
DEG 8 3-4 m	0.59	Utmerket	Bra	C5
Leire	-0.31			

	Elendig til dårlig		Oksiderende forhold
	Middels		Reduserende forhold
	Bra til utmerket	*	SOPS : Status etter
	Grunnvann		Norsk Standard NS 9451:2009

3.3 Resultater fra miljøbrønn (DEG 8)

Miljøbrønnen 8 ble etablert med 2m stigerør- 1m filterrør og 1 m stigerør i bunn. Brønnen er 4 m dyp fra topp. Filterøret ble plassert i de beste kulturlagene med dybde 2-3 m. Grunnvannet ble målt til 1.9 m etter at brønnen hadde stabilisert seg i 2 døgn etter spyling. Overvåkingsutstyr ble satt ned når brønnområdet var sikret.

Koordinater til DEG 8 er: X: 6642350.378.
Y: 598579.083
Z: 3.691

Kontroll måling av grunnvann i miljøbrønnen ble utført i juli 2013: Grunnvanns høyde 1.9 m fra toppen av rør - pH 6.7 og ledningsevne 18.7 mS cm⁻¹

3.4 Miljøovervåking og Avvik

Kontinuerlig overvåking av denne nye brønnen ble først påbegynt i desember 2013 på grunn av forsinkelser i leveranse av måleutstyr. De første overvåkingsdata foreligger og ingen avvik til nå kan rapporteres. Allerede etter kort tids overvåking sees stabile forhold i grunnvannet. De første gjennomsnitt verdier er vist i tabell 8.

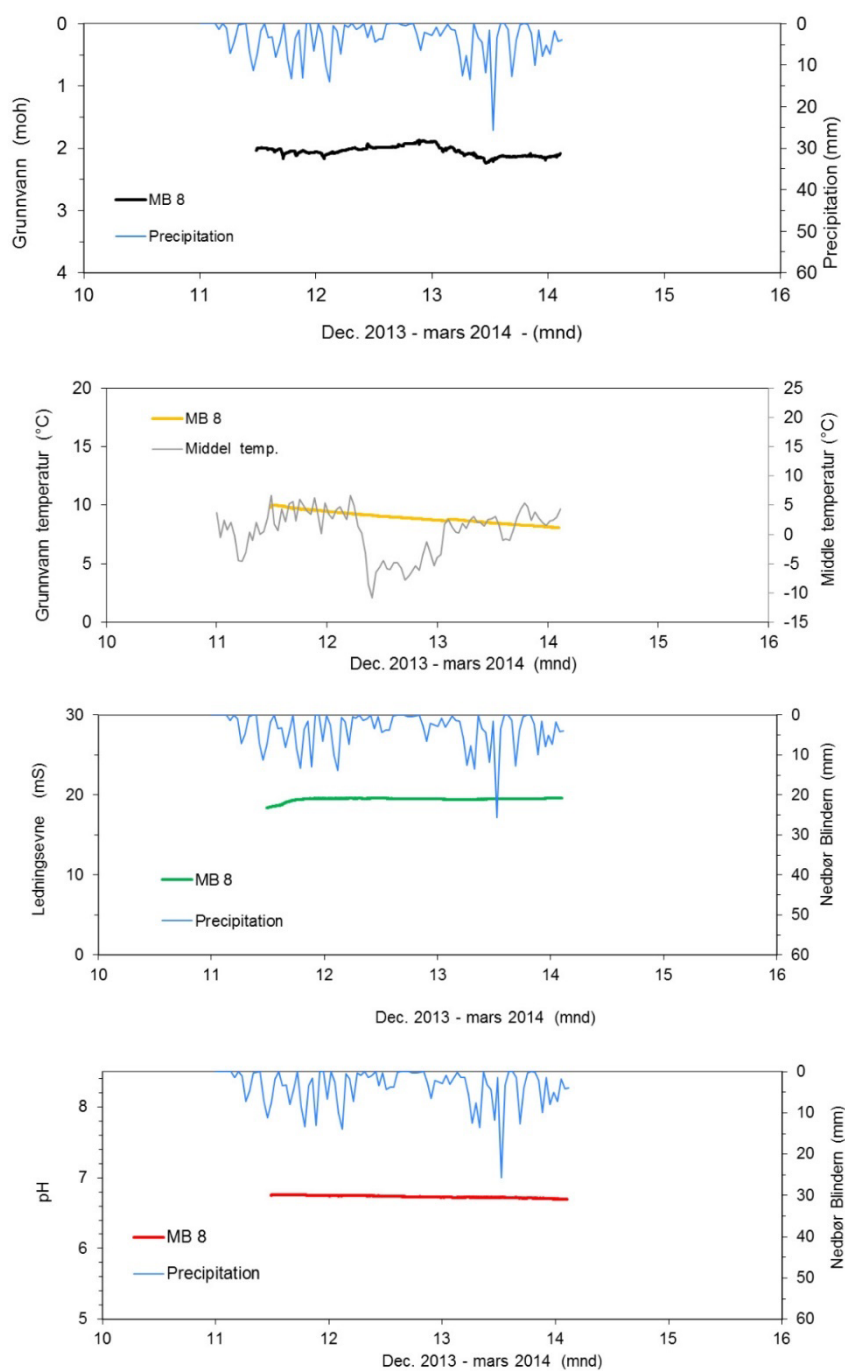
Tabell 8. Data fra Miljøbrønn (DEG 8): første min. og maks. verdier sammenstilt med median og gjennomsnittverdier i den første overvåkingsperioden på 2 mnd.

Grunnvann fra overflate	MB 8 m	Temperatur	MB 8 °C
Min	1.8	Min	8.8
Max	2.1	Max	10.0
Median	1.9	Median	9.3
Gjennomsnitt	1.9	Gjennomsnitt	9.4

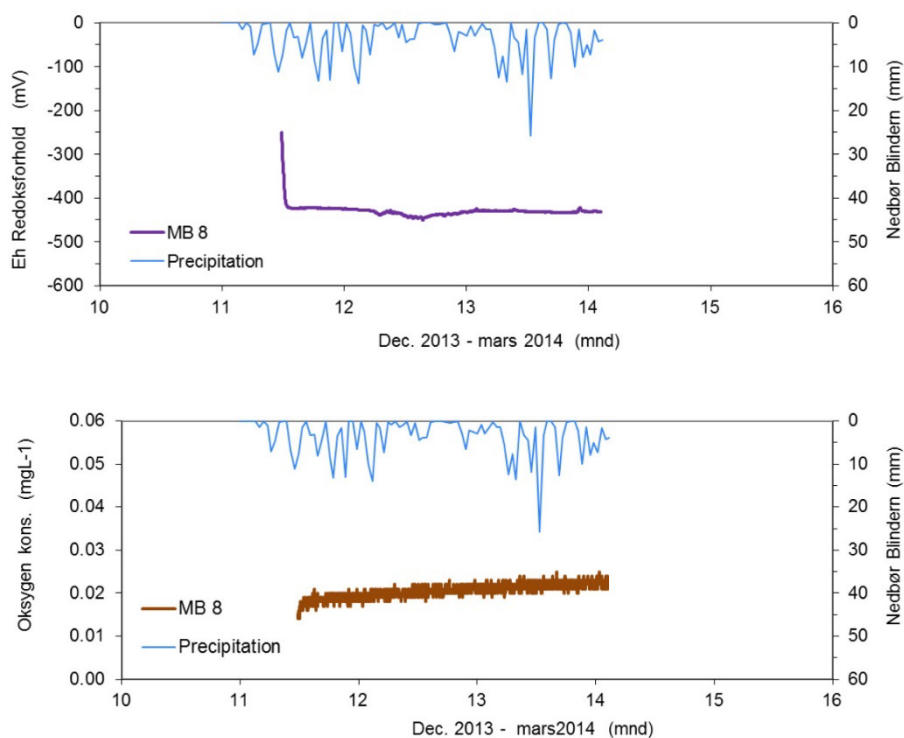
pH	MB 8	Ledningsevne	MB 8 mS cm ⁻¹
Min	6.7	Min	18.4
Max	6.8	Max	19.6
Median	6.7	Median	19.6
Gjennomsnitt	6.7	Gjennomsnitt	19.4

Redoks	MB 8 mV	Oksygen	MB 8 mgL ⁻¹
Min	-451	Min	0.014
Max	-216	Max	0.023
Median	-427	Median	0.019
Gjennomsnitt	-428	Gjennomsnitt	0.019

Figur 4 og 5 og data vist i tabell 8 indikerer stabile forhold i grunnvannet de første to måneder av overvåkingsperioden. Både redokspotensial, innhold av oksygen og pH viser at grunnvannet i området rundt brønnen beskytter organisk og uorganisk arkeologisk materiale. Dette er i samsvar med jordprøvene analysert sommeren 2013, vist i tabell 5, 6 og 7.



Figur 4. Resultater fra overvåkning av grunnvann (moh), temperatur, ledningsevne og pH, målt i ny miljøbrønn MB 8 fra des. 2013 og til mars 2014. Resultatene er sammenstilt med temperatur og nedbør målt i samme periode (data fra www.vr.no).



Figur. 5 Resultater fra overvåkning av redoksförhold (mV) og løst oksygen (mg/L) målt i ny miljøbrønn MB 8 fra 2013 og til mars 2014. Resultatene er sammenstilt med nedbør målt i samme periode (data fra www.yr.no).

4. Konklusjon

Rapporten viser resultater av jordkjemiske undersøkelser som underlag for vurdering av bevaringsforhold i kulturlag fra en ny miljøbrønn (DEG 8) etablert i Bispegata samt overvåkningsdata fra de 3 første måneder med overvåkning av grunnvannet i brønnen.

Alle jordprøver analysert viste utmerket og bra bevaringsforhold for både organisk og uorganisk materiale fra 1-3 m.

Det er målt stabile forhold i mettet sone med hensyn til fysiske og kjemiske parametere som pH, ledningsevne, redoks, temperatur og grunnvannsnivå. Grunnvannsnivå ble målt til 1.79 moh.

Stabile forhold er positivt for bevaring av arkeologiske kulturlag. Ut fra de data som er rapportert her ser det ikke ut til at de omfattende anleggsarbeidene i området har påvirket kulturlagene eller bevaringsforhold i grunnvannet de første 3 måneder av miljøovervåkingen.

5. Referanser

Brock, T.D. *Biology of microorganisms*. 11ed. Prentice Hall International editions, London, UK, 992 pp. 2006

Norsk Standard 9451:2010. Kulturminner. Krav til miljøovervåking og - undersøkelse av kulturlag. Standard Norge. 2010.

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.

6. Vedlegg

Oversikt over vedlegg

Nr	Emne
----	------

- | | |
|---|--|
| 1 | Bestillingsbrev fra Riksantikvaren og NIKU |
| 2 | Analyser av NH ₄ , NO ₃ og SO ₄ prøver Nr 18-32 Eurofins AS |
-



SAKSBEHANDLER
Live Johannessen

INNVALGSTELEFON

TELEFAKS

+47 22 94 04 04
postmottak@ra.no
www.riksantikvaren.no

VÅR REF.
10/02497-67

DERES REF.

982 02 773

DERES DATO

ARK. P - Plansaker

VÅR DATO

1,45-46 Oslo kom. - Os

09.04.2013

NIKU Oslo - Norsk institutt for kulturminneforskning -
Hovedkontor
Pb 736 Sentrum
0105 OSLO

Oppdragsbestilling - arkeologisk undersøkelse i forbindelse med E18 Bjørvikaprojektet Etappe 2

Konflikt med automatisk fredet bygrunn, id. 88460

Det vises til brev fra Statens vegvesen – Region øst datert 13.2.2013 der det søkes om dispensasjon fra Lov om kulturminner av 9. juni 1978 (kml) for tre tiltak i forbindelse med bygging av E18 Bjørvikaprojektet Etappe 2. De omsøkte tiltakene ligger innenfor middelalderbyen Oslo. I medhold av kml § 4 er middelalderbyen Oslo et automatisk fredet kulturminne. Etter kml § 3 er det forbud mot inngrep i automatisk fredete kulturminner hvis det ikke foreligger tillatelse etter kml § 8 første ledd.

I henhold til forskrift om faglig ansvarsfordeling mv. innen kulturminnevernet kap. 1 § 1 er Riksantikvaren rette myndighet til å fatte vedtak etter kml. § 8 i saker som gjelder byanlegg fra middelalderen. Riksantikvaren skal derfor fatte vedtak om hvorvidt tiltaket skal tillates, omfanget av eventuell undersøkelse, samt godkjenne at den undersøkelsen som utføres oppfyller kravene til dispensasjon.

Det omsøkte tiltaket

I forbindelse med at Statens vegvesen – Region bygger E18 Bjørvikaprojektet Etappe 2 søkes det om å få utføre tre tiltak på veianleggene i Bjørvika. De tre tiltakene er som følger:

- Bygging av seksjon 43 i DEG. Denne utføres med betongplate fundamentert på stålkjernepeler til fjell, tilsvarende seksjon 41, 42 og 44.
- Midlertidig omlegging av Bispegata inn i Middelalderparken. Dette tiltaket innebærer kun oppfylling på området mellom eksisterende støttemur og vannspeilet.
- Bispegata vestre del. Forberedende arbeider for utbygging av Bispegata. På grunn av setningsproblematikk vil arbeidet bli utført med størst mulig bruk av lette masser. Det er tenkt å grave ned til ca. kote +2,0 til +2,4 i hele gatebredden og deretter bygges gata opp med skumglass og vegoverbygning/asfalt. Trolig vil det meste av dette arbeidet foregå i allerede omrotede masser. Det skal imidlertid etableres tre overvannskummer og en overvannsledning i nærheten av eksisterende kum S7 for Midgardsormen. Dette vil medføre graving ned til lag kote + 0,7 på det dypeste.

Saken inneholder tre ulike tiltak som har ulik planstatus og følgelig vil Riksantikvaren trolig fatte tre vedtak. Vi ber derfor NIKU vurdere de tre tiltakene separat. Trolig er det kun seksjon

43 og overvannskummene og overvannsledningen som vil være gjenstand for arkeologisk overvåking/utgravning. Statens vegvesen opplyser om at de omsøkte arbeidene er planlagt høsten 2013. Deler av området vil være tilgjengelig fra mai 2013.

Riksantikvaren ber Norsk Institutt for Kulturminneforskning (NIKU) om å utarbeide forslag til prosjektbeskrivelse og budsjett for den nødvendige undersøkelsen i forbindelse med ovennevnte tiltak. Vi ber dere også vurdere hvorvidt det er hensiktsmessig med miljøovervåking i forbindelse med bygging av seksjon 43 i DEG. Funnbehandling, eventuelle dateringsprøver og innlegging av data i MABYGIS skal inkluderes i forslaget. Utgiftene til feltundersøkelsen og etterarbeid belastes tiltakshaver, jf. kml. § 10. Riksantikvaren belastes utgiften til utarbeidelse av budsjett og prosjektbeskrivelse jf. nye retningslinjer. Forslaget oversendes Riksantikvaren.

Vennlig hilsen



Live Johannessen(e.f.)
seniorrådgiver

Vedlegg: Søknad med kartvedlegg fra Statens vegvesen datert 13.2.2013



Statens vegvesen

Riksantikvaren
Postboks 8196 Dep
0034 OSLO

Att: Live Johannesen

Behandlende enhet:	Saksbehandler/innvalgsnr: Ian Markey - 24058740	Vår referanse: 2010/001662-188	Deres referanse:	Vår dato 13.02.2013
--------------------	--	-----------------------------------	------------------	------------------------

E18 Bjørvikprosjektet - etappe 2 **Søknad om gjennomføring av fundamentering og gravearbeider for seksjon 43 for Dronning Eufemias gate og vestre ende av Bispegata, Oslo**

Vi viser til tidligere søknader om fundamenteringsarbeider i forbindelse med dette prosjektet, senest i vårt brev av 11.06.2010 ang. krysset Nordenga bru/ Dronning Eufemias gate, 07.04.2011 ang. Kong Håkon 5.s gate (KH5) og 15.12.2011 ang. Dronning Eufemias gate (DEG).

Vi søker herved om gjennomføring av fundamentering og arbeider med seksjon 43 for Dronning Eufemias gate. Det er siste seksjon mot Bispegata, rett øst for framtidig kryss DEG / KH5 / Østre Tangent og Bispegata. Se vedlagt oversiktstegning vedlegg 1 og ortofoto vedlegg 3.

Vi søker også om arbeider med vestre ende av Bispegata og et område sør-øst for framtidig gatekryss, mellom krysset og en eksisterende støttemur. Se vedlagt oversiktstegning, vedlegg 1.

Reguleringsplan for Bispegata er vedtatt. Det arbeides med justering av planen i dag vedrørende plasseringen av trikke- og bussholdeplass. Denne søknaden omfatter utførelse av det bredeste alternativet. Dette for å ivareta tidsaspektet.

I tillegg søkes det også om å få anlegge en midlertidig omlegging av Bispegata inn i Middelalderparken, se vedlagt tegning vedlegg 4.

DEG seksjon 43 (vist med blått)

Seksjon 43 i DEG omfatter utførelse av betongplate fundamentert på stålkjernepeler til fjell. Dette er tilsvarende løsning som for tidligere omsøkte deler av DEG, seksjon 41, 42 og 44.

Utgravingsnivået vil være ned til ca. kote +1,5, se tegning vedlegg 2.

Postadresse
Statens vegvesen
Region øst
Postboks 1010
2605 Lillehammer

Telefon: 815 22 000
Telefaks: 61 25 74 80
firmapost-ost@vegvesen.no

Org.nr: 971032081

Kontoradresse
Havneveien, skur 60
0150 OSLO

Fakturaadresse
Statens vegvesen
Regnskap
Båtsfjordveien 18
9815 VADSØ
Telefon: 78 94 15 50
Telefaks: 78 95 33 52

Det er planlagt ca. 20 stålkjernepeler til fjell for seksjon 43.

Bispegata vestre ende (vist med rødt)

Denne søknaden omfatter også forberedende arbeider for utbygging av Bispegata. De forberedende arbeidene utføres som en del av arbeidene med utbyggingen Bjørvika etappe 2.

Pga. det store setningspotensialet som er i området vil vestre ende av Bispegata bli utført med størst mulig bruk av lette masser. Dette er tenkt utført ved at det graves ned til ca. kote +2,0 til +2,4 i hele gatebredden, og deretter oppbygging av gaten med skumglass og vegoverbygning/asfalt. Graving ned til dette nivået vil etter vår mening helt, eller nesten helt, kun foregå i tidligere vegoverbygning.

Vi gjør oppmerksom på at arbeidene omfatter tre overvannskummer og en overvannsledning i nærheten av eksisterende kum S7 for Midgardsormen. Dette vil medføre graving ned til ca. kote +0,7 på det dypeste.

Planlagte gravenivåer er vist på vedlagt lengdesnitt av Bispegata, se vedlegg 2. I tillegg er det også vedlagt et ortofoto av området, se vedlegg 3.

Området sør-øst for framtidig gatekryss (vist med gult)

Dette området ønskes medtatt i samme søknads- og byggeprosess av praktiske hensyn da dette området vil bli berørt av arbeidet og henger sammen med Bispegata og Kong Håkon 5.s gate. Angitt gravedybde er grunnere enn støttemursålen. Pga. det store setningspotensialet som er i området vil området bli utført med størst mulig bruk av lette masser.

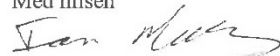
Midlertidig omlegging Bispegata

For å kunne få utført arbeidene som er beskrevet over er det nødvendig å legge om nedre del av Bispegata midlertidig, se vedlegg 4. Denne omleggingen medfører noe oppfylling på området mellom eksisterende støttemur og vannspeilet. Oppfyllingen er i ca. 1 m tykk, og vil bli utført med lette masser, inkl fiberduk på terreng. Vekten på dette midlertidig vei blir ca 1,2 t/m². Området settes tilbake til dagens stand etter at arbeidene er ferdige. Antatt tid er ca. 4 mnd.

Framdrift

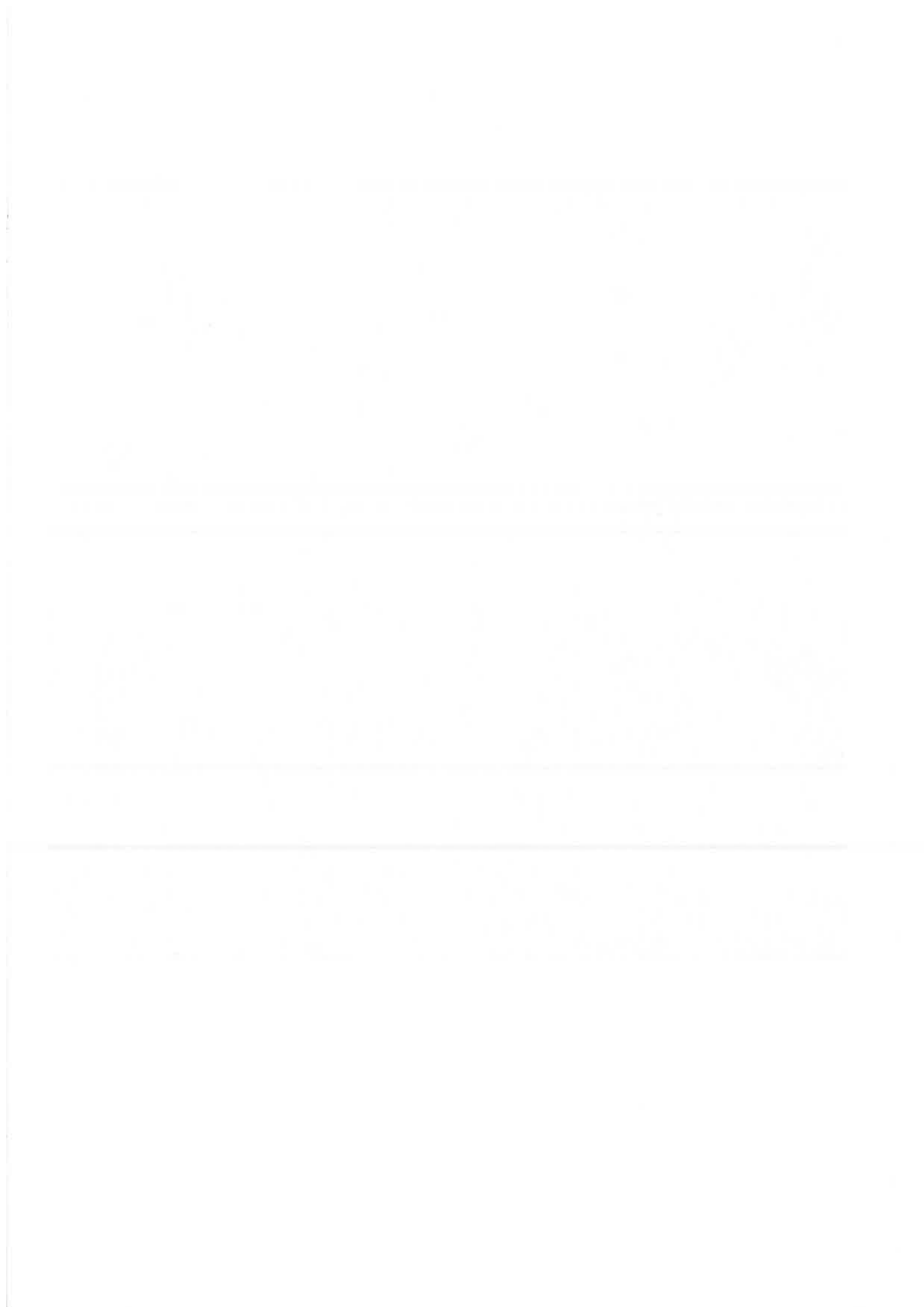
Oppstart av byggearbeidene for de omsøkte arbeidene er planlagt høsten 2013. Deler av området begynne å være tilgjengelig fra mai 2013. Vi ønsker en forholdsvis rask behandling av saken. Vi ser derfor gjerne at det blir avholdt et møte om saken i nærmeste framtid.

Med hilsen

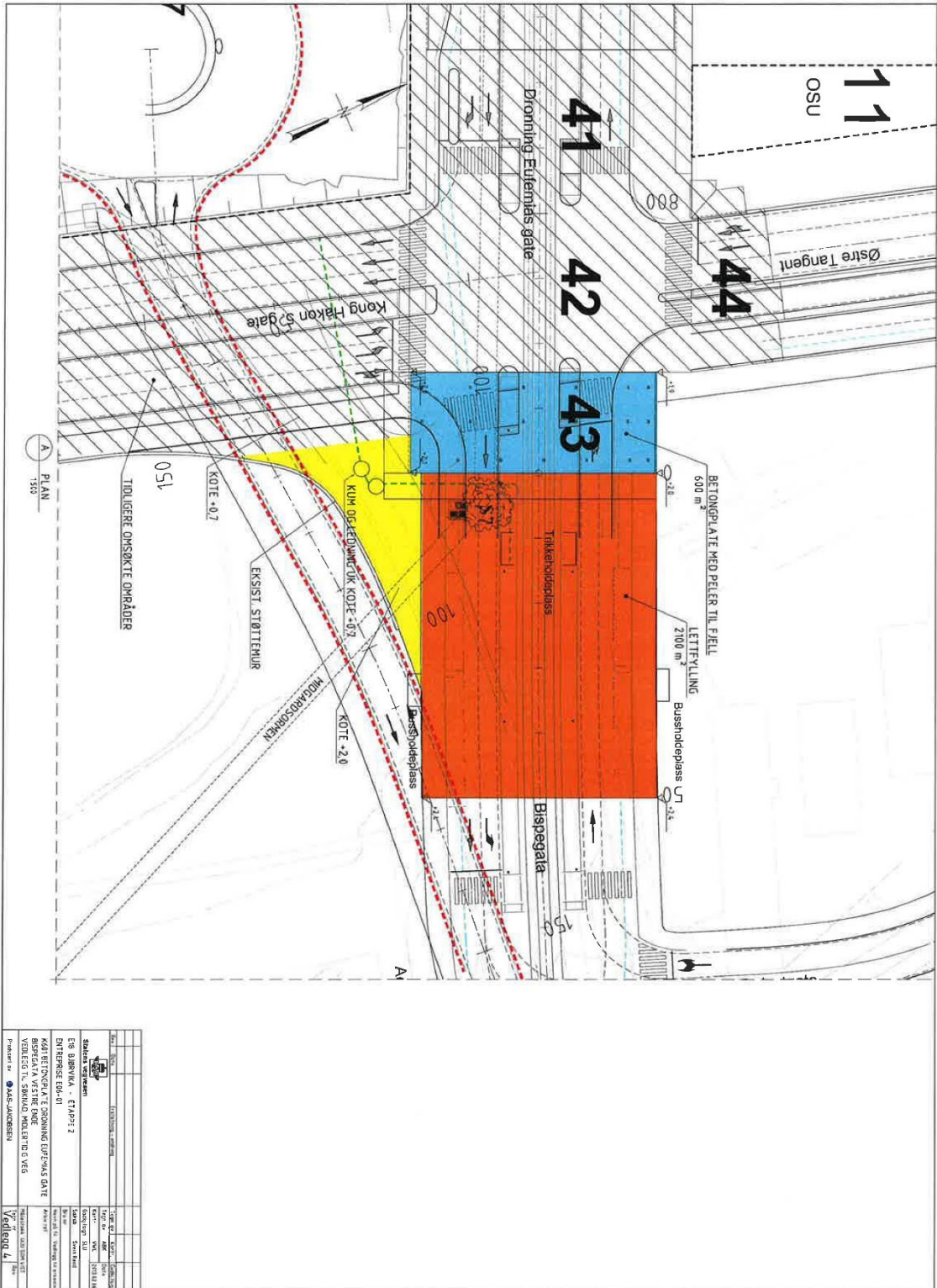
For 

Terje Lundsrud
Planansvarlig Bjørvikaprosjektet

Vedlegg: 3 tegninger + 1 ortofoto



J:\AKTIV\Samferdsel\10698 Bjørvika etappe 2\DAK\K601 Betongplate Dronning Eufemias gate\ Vedlegg til arkeologisknad.dwg, 11.02.2013 14:13:49, vwl





AR-13-MM-015247-01



EUNOMO-00081956

Prøvenr.:	439-2013-09100671	Prøvetakingsdato:	10.09.2013		
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen		
Prøvemerkning:	18 Vann	Analysestartdato:	10.09.2013		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:	Grenseverdi
Sulfat (SO4)	260	mg/l	10% EPA Method 375.4	0.25	

Prøvenr.:	439-2013-09100672	Prøvetakingsdato:	10.09.2013		
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen		
Prøvemerkning:	19 Vann	Analysestartdato:	10.09.2013		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:	Grenseverdi
Sulfat (SO4)	300	mg/l	10% EPA Method 375.4	0.25	

Prøvenr.:	439-2013-09100673	Prøvetakingsdato:	10.09.2013		
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen		
Prøvemerkning:	20 Vann	Analysestartdato:	10.09.2013		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:	Grenseverdi
Sulfat (SO4)	200	mg/l	10% EPA Method 375.4	0.25	

Prøvenr.:	439-2013-09100674	Prøvetakingsdato:	10.09.2013		
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen		
Prøvemerkning:	21 Vann	Analysestartdato:	10.09.2013		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:	Grenseverdi
Sulfat (SO4)	190	mg/l	10% EPA Method 375.4	0.25	

Prøvenr.:	439-2013-09100675	Prøvetakingsdato:	10.09.2013		
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen		
Prøvemerkning:	22 Vann	Analysestartdato:	10.09.2013		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:	Grenseverdi
Sulfat (SO4)	200	mg/l	10% EPA Method 375.4	0.25	

Prøvenr.:	439-2013-09100676	Prøvetakingsdato:	10.09.2013		
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen		
Prøvemerkning:	23 Vann	Analysestartdato:	10.09.2013		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:	Grenseverdi
Sulfat (SO4)	7.5	mg/l	10% EPA Method 375.4	0.25	

Teorforklaring:

* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

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).

Side 4 av 6



AR-13-MM-015247-01



EUNOMO-00081956

Prøvenr.:	439-2013-09100677	Prøvetakingsdato:	10.09.2013		
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen		
Prøvemerkning:	24 Vann	Analysedato:	10.09.2013		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:	Grenseverdi
Sulfat (SO4)	5.1 mg/l		10% EPA Method 375.4	0.25	

Prøvenr.:	439-2013-09100678	Prøvetakingsdato:	10.09.2013		
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen		
Prøvemerkning:	25 Vann	Analysedato:	10.09.2013		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:	Grenseverdi
Sulfat (SO4)	4.5 mg/l		10% EPA Method 375.4	0.25	

Prøvenr.:	439-2013-09100679	Prøvetakingsdato:	10.09.2013		
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen		
Prøvemerkning:	26 Vann	Analysedato:	10.09.2013		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:	Grenseverdi
Sulfat (SO4)	9.1 mg/l		10% EPA Method 375.4	0.25	

Prøvenr.:	439-2013-09100680	Prøvetakingsdato:	10.09.2013		
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen		
Prøvemerkning:	27 Vann	Analysedato:	10.09.2013		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:	Grenseverdi
Sulfat (SO4)	4.0 mg/l		10% EPA Method 375.4	0.25	

Prøvenr.:	439-2013-09100681	Prøvetakingsdato:	10.09.2013		
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen		
Prøvemerkning:	28 Vann	Analysedato:	10.09.2013		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:	Grenseverdi
Sulfat (SO4)	3.3 mg/l		10% EPA Method 375.4	0.25	

Prøvenr.:	439-2013-09100682	Prøvetakingsdato:	10.09.2013		
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen		
Prøvemerkning:	29 Vann	Analysedato:	10.09.2013		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:	Grenseverdi
Sulfat (SO4)	5.2 mg/l		10% EPA Method 375.4	0.25	

Teorforklaring:

* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

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).

Side 5 av 6



AR-13-MM-015247-01



EUNOMO-00081956

Prøvenr.:	439-2013-09100683	Prøvetakingsdato:	10.09.2013		
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen		
Prøvemerkning:	30 Vann	Analysestartdato:	10.09.2013		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:	Grenseverdi
Sulfat (SO4)	5.4	mg/l	10% EPA Method 375.4	0.25	

Prøvenr.:	439-2013-09100684	Prøvetakingsdato:	10.09.2013		
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen		
Prøvemerkning:	31 Vann	Analysestartdato:	10.09.2013		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:	Grenseverdi
Sulfat (SO4)	0.99	mg/l	20% EPA Method 375.4	0.25	

Prøvenr.:	439-2013-09100685	Prøvetakingsdato:	10.09.2013		
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen		
Prøvemerkning:	32 Vann	Analysestartdato:	10.09.2013		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:	Grenseverdi
Sulfat (SO4)	91	mg/l	10% EPA Method 375.4	0.25	

Moss 12.09.2013

 Stig Tjomsland
 ASM/Bachelor Kjemi

Tegnforklaring:

★ (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

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).

Side 6 av 6



AR-13-MM-016084-01



EUNOMO-00081952

Prøvenr.:	439-2013-09110016	Prøvetakingsdato:	10.09.2013			
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen			
Prøvemerkning:	16 KCL	Analysedato:	10.09.2013			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Ammonium-N						
a) Ammonium (NH ₄ -N)	0.55	mg/l		EN ISO 11732:2007	0.01	
a) Nitrat-N						
a) Nitrat (NO ₃ -N)	< 0.10	mg/l		SS 028133	0.1	

Prøvenr.:	439-2013-09110017	Prøvetakingsdato:	10.09.2013			
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen			
Prøvemerkning:	17 KCL	Analysedato:	10.09.2013			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Ammonium-N						
a) Ammonium (NH ₄ -N)	0.53	mg/l		EN ISO 11732:2007	0.01	
a) Nitrat-N						
a) Nitrat (NO ₃ -N)	< 0.10	mg/l		SS 028133	0.1	

Prøvenr.:	439-2013-09110018	Prøvetakingsdato:	10.09.2013			
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen			
Prøvemerkning:	18 KCL	Analysedato:	10.09.2013			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Ammonium-N						
a) Ammonium (NH ₄ -N)	0.29	mg/l		EN ISO 11732:2007	0.01	
a) Nitrat-N						
a) Nitrat (NO ₃ -N)	0.11	mg/l	20%	SS 028133	0.1	

Prøvenr.:	439-2013-09110019	Prøvetakingsdato:	10.09.2013			
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen			
Prøvemerkning:	19 KCL	Analysedato:	10.09.2013			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Ammonium-N						
a) Ammonium (NH ₄ -N)	0.40	mg/l		EN ISO 11732:2007	0.01	
a) Nitrat-N						
a) Nitrat (NO ₃ -N)	0.28	mg/l	20%	SS 028133	0.1	

Teorforklaring:

* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

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).

Side 5 av 9



AR-13-MM-016084-01



EUNOMO-00081952

Prøvenr.:	439-2013-09110020	Prøvetakingsdato:	10.09.2013			
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen			
Prøvemerkning:	20 KCL	Analysedato:	10.09.2013			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Ammonium-N						
a) Ammonium (NH ₄ -N)	0.47	mg/l		EN ISO 11732:2007	0.01	
a) Nitrat-N						
a) Nitrat (NO ₃ -N)	< 0.10	mg/l		SS 028133	0.1	

Prøvenr.:	439-2013-09110021	Prøvetakingsdato:	10.09.2013			
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen			
Prøvemerkning:	21 KCL	Analysedato:	10.09.2013			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Ammonium-N						
a) Ammonium (NH ₄ -N)	8.9	mg/l		EN ISO 11732:2007	0.01	
a) Nitrat-N						
a) Nitrat (NO ₃ -N)	< 0.10	mg/l		SS 028133	0.1	

Prøvenr.:	439-2013-09110022	Prøvetakingsdato:	10.09.2013			
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen			
Prøvemerkning:	22 KCL	Analysedato:	10.09.2013			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Ammonium-N						
a) Ammonium (NH ₄ -N)	11	mg/l		EN ISO 11732:2007	0.01	
a) Nitrat-N						
a) Nitrat (NO ₃ -N)	< 0.10	mg/l		SS 028133	0.1	

Prøvenr.:	439-2013-09110023	Prøvetakingsdato:	10.09.2013			
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen			
Prøvemerkning:	23 KCL	Analysedato:	10.09.2013			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Ammonium-N						
a) Ammonium (NH ₄ -N)	0.42	mg/l		EN ISO 11732:2007	0.01	
a) Nitrat-N						
a) Nitrat (NO ₃ -N)	0.11	mg/l	20%	SS 028133	0.1	

Teorforklaring:

* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

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).

Side 6 av 9



AR-13-MM-016084-01



EUNOMO-00081952

Prøvenr.:	439-2013-09110024	Prøvetakingsdato:	10.09.2013			
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen			
Prøvemerkning:	24 KCL	Analysedato:	10.09.2013			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Ammonium-N						
a) Ammonium (NH ₄ -N)	0.27	mg/l		EN ISO 11732:2007	0.01	
a) Nitrat-N						
a) Nitrat (NO ₃ -N)	< 0.10	mg/l		SS 028133	0.1	

Prøvenr.:	439-2013-09110025	Prøvetakingsdato:	10.09.2013			
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen			
Prøvemerkning:	25 KCL	Analysedato:	10.09.2013			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Ammonium-N						
a) Ammonium (NH ₄ -N)	0.21	mg/l		EN ISO 11732:2007	0.01	
a) Nitrat-N						
a) Nitrat (NO ₃ -N)	< 0.10	mg/l		SS 028133	0.1	

Prøvenr.:	439-2013-09110026	Prøvetakingsdato:	10.09.2013			
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen			
Prøvemerkning:	26 KCL	Analysedato:	10.09.2013			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Ammonium-N						
a) Ammonium (NH ₄ -N)	0.67	mg/l		EN ISO 11732:2007	0.01	
a) Nitrat-N						
a) Nitrat (NO ₃ -N)	< 0.10	mg/l		SS 028133	0.1	

Prøvenr.:	439-2013-09110027	Prøvetakingsdato:	10.09.2013			
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen			
Prøvemerkning:	27 KCL	Analysedato:	10.09.2013			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Ammonium-N						
a) Ammonium (NH ₄ -N)	0.30	mg/l		EN ISO 11732:2007	0.01	
a) Nitrat-N						
a) Nitrat (NO ₃ -N)	< 0.10	mg/l		SS 028133	0.1	

Teorforklaring:

* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

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).

Side 7 av 9



AR-13-MM-016084-01



EUNOMO-00081952

Prøvenr.:	439-2013-09110028	Prøvetakingsdato:	10.09.2013			
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen			
Prøvemerkning:	28 KCL	Analysedato:	10.09.2013			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Ammonium-N						
a) Ammonium (NH ₄ -N)	1.0	mg/l		EN ISO 11732:2007	0.01	
a) Nitrat-N						
a) Nitrat (NO ₃ -N)	< 0.10	mg/l		SS 028133	0.1	

Prøvenr.:	439-2013-09110029	Prøvetakingsdato:	10.09.2013			
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen			
Prøvemerkning:	29 KCL	Analysedato:	10.09.2013			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Ammonium-N						
a) Ammonium (NH ₄ -N)	0.50	mg/l		EN ISO 11732:2007	0.01	
a) Nitrat-N						
a) Nitrat (NO ₃ -N)	< 0.10	mg/l		SS 028133	0.1	

Prøvenr.:	439-2013-09110030	Prøvetakingsdato:	10.09.2013			
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen			
Prøvemerkning:	30 KCL	Analysedato:	10.09.2013			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Ammonium-N						
a) Ammonium (NH ₄ -N)	0.20	mg/l		EN ISO 11732:2007	0.01	
a) Nitrat-N						
a) Nitrat (NO ₃ -N)	0.25	mg/l	20%	SS 028133	0.1	

Prøvenr.:	439-2013-09110031	Prøvetakingsdato:	10.09.2013			
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen			
Prøvemerkning:	31 KCL	Analysedato:	10.09.2013			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Ammonium-N						
a) Ammonium (NH ₄ -N)	0.18	mg/l		EN ISO 11732:2007	0.01	
a) Nitrat-N						
a) Nitrat (NO ₃ -N)	0.20	mg/l	20%	SS 028133	0.1	

Teorforklaring:

* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

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).

Side 8 av 9



AR-13-MM-016084-01



EUNOMO-00081952

Prøvenr.:	439-2013-09110032	Prøvetakingsdato:	10.09.2013			
Prøvetype:	Andre flytende matriser	Prøvetaker:	Ove Bergersen			
Prøvemerkning:	32 KCL	Analysestartdato:	10.09.2013			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Ammonium-N						
a) Ammonium (NH ₄ -N)	0.46	mg/l		EN ISO 11732:2007	0.01	
a) Nitrat-N						
a) Nitrat (NO ₃ -N)	< 0.10	mg/l		SS 028133	0.1	

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a) ISO/IEC 17025 SWEDAC 1125, Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjöhogsg. 3, SE-53119, Lidköping

Moss 25.09.2013

Stig Tjomsland

ASM/Bachelor Kjemi

Tegnforklaring:

* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

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).

Side 9 av 9

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 206

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