

MILJØOVERVÅKINGSUNDERSØKELSER I BISPEGATA

Realisering av reguleringsplan for Bispegata med Oslo torg, Oslo

Mark Oldham, NIKU, og Liv B. Henninge og Stein B. Olsen, COWI





Tittel Miljøovervåkingsundersøkelser i Bispegata Realisering av reguleringsplan for Bispegata med Oslo torg, Oslo	Rapporttype/nummer NIKU Rapport 194	Publiseringsdato 30.03.2023
	Prosjektnummer 1021443	Sider 22
	Avdeling Arkeologi	Tilgjengelighet Åpen
Forfatter(e) Mark Oldham, NIKU, og Liv B. Henninge og Stein B. Olsen, COWI	ISSN 1503-4895 ISBN 978-82-8101-341-4	Periode gjennomført Vår 2019 til høst 2020
	Forsidebilde Skovlboring på borepunkt 147. Bilde: Mark Oldham, NIKU.	

Prosjektleder Michael Derrick
Prosjektmedarbeider(e) Mark Oldham, Jani Causevic
Kvalitetssikrer Vibeke Vandrup Martens

Finansiert av Bymiljøetaten, Oslo kommune

Sammendrag Rapporten presenterer analyseresultater fra jordprøver tatt for miljøovervåkingsformål under NIKU prosjekt 1021443, Arkeologiske undersøkelser i forbindelse med realisering av reguleringsplan for Bispegata med Oslo torg. Rapporten er et samarbeid mellom NIKU og COWI. Tolv jordprøver ble hentet ut fra forskjellige punkter i Bispegata, mellom Håkon Vs gate og Trelastgata; ni fra borehull og tre fra profiler. Alle lagene var antatt å stamme fra middelalderen. Prøvene viste varierende bevaringsforhold, men stort sett god bevaringstilstand.
Abstract This report presents the results of the analysis of soil samples taken for environmental monitoring purposes during NIKU project 1021443, Archaeological investigations in connection with the realisation of the zoning plan for Bispegata and Oslo torg. The report is a collaboration between NIKU and COWI. Twelve soil samples were taken from different points along Bispegata, between Håkon Vs gate and Trelastgata; nine from boreholes and three from sections. All deposits were considered as being from the Middle Ages. The samples showed variable preservation conditions but had largely good preservation status.

Emneord Miljøovervåking, Oslo, Bispegata, bevaringsforhold, bevaringstilstand
Keywords Environmental monitoring, Oslo, Bispegata, preservation condition, preservation status

Avdelingsleder
 Lise-Marie Bye Johansen

Forord

I forbindelse med realiseringen av reguleringsplanen for Bispegata og Oslo torg og etablering av en ny kollektivgate fra Kong Håkon 5.s gate til St. Halvards gate og Dyvekes bru, ble det foretatt arkeologisk overvåking og utgraving. NIKU takker Bymiljøetaten, Oslo kommune for oppdraget, og COWI, HAB Construction AS og underleverandører Brødrene Myhre AS og Romerike Grunnboring AS for samarbeidet.

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn	7
1.1	Tiltakets omfang	7
1.2	Utvalg av borehullpunktene	8
2	Metode og gjennomføring.....	9
2.1	Skovlboring	9
2.2	Profiler	11
2.3	Analyseparametere kulturlag.....	11
2.4	Beskrivelse av bevaringsforhold.....	11
3	Resultater	14
4	Bevaringsvurdering og konklusjoner	18
4.1	Bevaringsvurdering.....	18
4.2	Konklusjoner	19
5	Referanser	20
6	Vedlegg.....	20

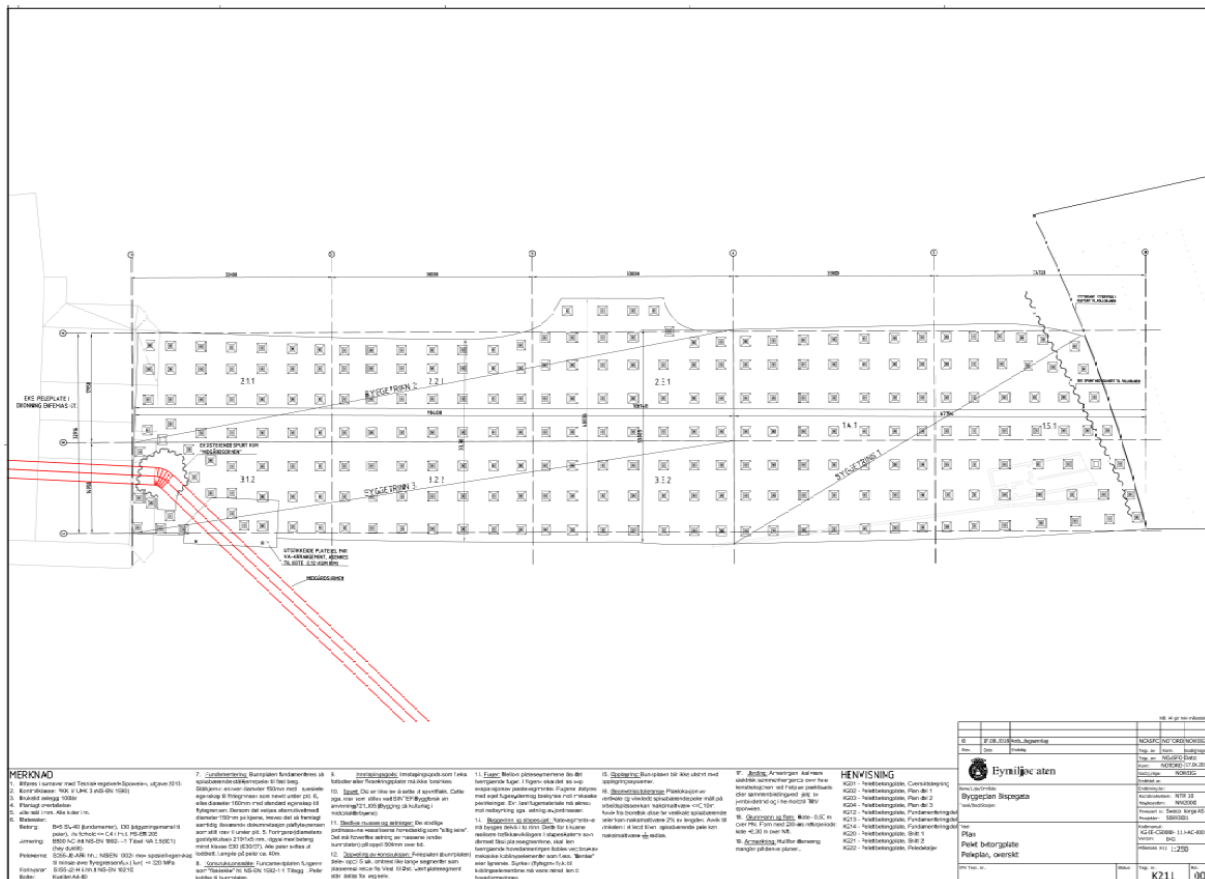
1 Bakgrunn

Denne rapporten presenterer resultatene fra den geokjemiske analysen av kulturlagsprøver fra borehullundersøkelsen som var en del av de arkeologiske undersøkelser gjennomført av NIKU på prosjektet *Arkeologiske undersøkelser i forbindelse med realisering av reguleringsplan for Bispegata med Oslo torg*, prosjektnummer 1021443. Denne rapporten er et samarbeid mellom NIKU og COWI, hvor de arkeologiske vurderinger av bevaringstilstand er gjort av NIKU, og COWI har gjennomført analyse og vurdering av bevaringsforhold for jordprøver fra 11 miljøprofiler. Det ble ikke tatt vannprøver og det ble heller ikke installert måleutstyr i form av online sensorer for fremtidig overvåking i dette prosjektet.

Rapporten presentert en vurdering av bevaringstilstand samt bevaringsforhold for organiske og uorganiske material basert på resultatene.

1.1 Tiltakets omfang

Totalt var det planlagt 252 peler for å støtte betongplaten til den nye Bispegata (Figur 1). NIKU overvåket all graving foretatt som forberedelser til peling, og i tillegg undersøkt 49 borepunkter med skovlbor i forkant av peling. Eventuelle kulturlag i disse borehullene ble dokumentert og det ble samlet inn jordprøver til miljøovervåking for å kartlegge bevaringsforhold og -tilstand av kulturlagene i dette området. Tolv prøver ble sendt til COWI for analyse, hvorav 9 var fra borehull og 3 fra profiler.



Figur 1: Peleplan datert 17.08.2018. Lokale tilpasninger ble gjort etter forholdene på anlegget. Tegning: Bymiljøetaten, Oslo kommune.

1.2 Utvalg av borehullpunktene

Riksantikvaren ba NIKU foreslå hvilke borepunkter man vil få faglig utbytte av å dokumentere. Det ble vurdert som viktig å dokumentere området omtrentlig nord–sør jevnt over, med 2–3 punkter mellom hver serie borepunkter som skulle skovlbores. Til sammen ble det derfor anbefalt å dokumentere 53 borepunkter for å få et noenlunde representativt bilde av kulturlagene i dette området, men dette ble justert underveis til 49 borepunkter grunnet endringer i planen og uforutsette hendelser. Disse punktene ble fordelt mellom 8 serier (Figur 3).

I prosjektbeskrivelsen (Furan og Derrick 2018) ble det foreslått fire kulturhistoriske problemstillinger for dette delområde. Denne rapporten skal adressere kun ett av disse, nemlig:

Hvordan er bevaringsgraden og tilstanden til eventuelle kulturlag i dette området, og er den forskjellig innenfor peleområdet?

2 Metode og gjennomføring

2.1 Skovlboring

Skovlboringene ble utført av tre ulike firmaer: Keller, Romerike Boring og Brødrene Myhre. Det ble i hovedsak brukt et 100 mm skovlbor, unntaket var borefirmaet Keller som brukte et 103mm skovlbor. Ved alle boringene ble det tatt ut en meter med masser om gangen. NIKUs arkeologer dokumenterte lagene, og jordprøver til miljøovervåking ble samlet inn hvor det var ansett som hensiktsmessig. Toppunkt fra alle borehull ble målt inn med GPS (CPOS) av NIKU.

Føringsrør, et metallrør satt inn i løsere, ofte nylige påfylte masser, ble brukt hvor nødvendig både for å forhindre at skovlboret hang seg fast og for å øke sjansen for at massene ikke falt av boret da det ble dratt opp. Dette var spesielt viktig ved boring gjennom moderne masser, som f.eks. pukken som ble brukt for å bygge opp terrenget i forkant av peling.



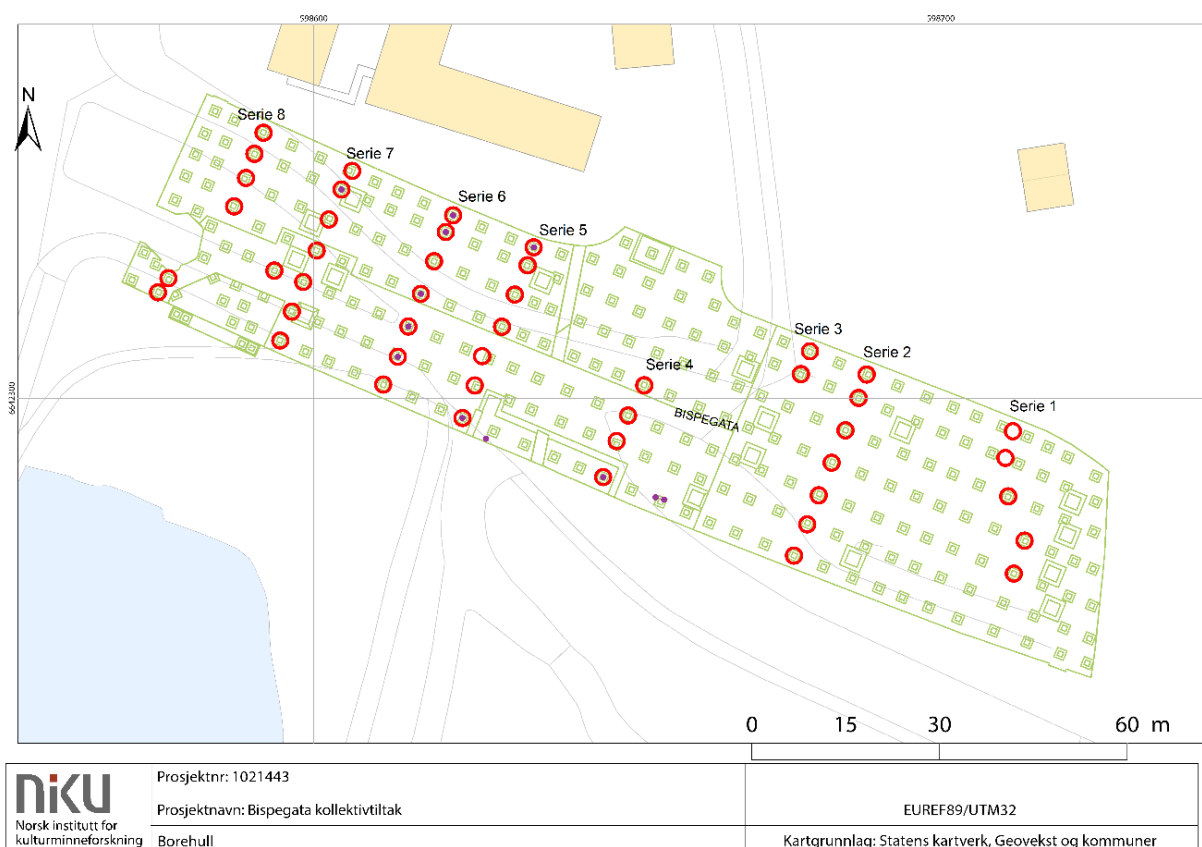
Figur 2: Boring pågår på borepunkt 132. Bilde: Mark Oldham/NIKU.

I området mellom Kong Håkon Vs gate og Trelastgata, ble det gravd sjakter før peling slik at sveiserne kunne få bedre tilgang til pelehodene når de var installert. Graving av sjakter ble overvåket av arkeologer, og eventuelle kulturlag og strukturer ble dokumentert og gravd ut av arkeologer, før forsegling med ikke-marin leire. Gruppering i serier ble gjort i etterkant for tolkningsformål

Skovlboringen ble utførte i samme punkt som pelehullene til betongplaten. Dette var for å minimere inngrepet i eventuelle kulturlag. Unntaket var punkter 26 og 27 (serie 1), som ble boret ved siden av pelepunktene grunnet en misforståelse fra entreprenørens side.

Pelepunktene 23 og 24 (serie 1) ble skovleboret av borefirmaet Keller, som også boret og slo ned pelene for betongplaten. Boret hadde en for stor kjerne (78 mm) og altfor små blader (25 mm), som medførte at massene ble strukket utover boret. Det ble beregnet at en meter med masser, ble strukket utover et lengde på ca. tre meter. Begge disse punktene anses derfor som mislykket, da tykkelsen og lagene ikke kunne tolkes. Etter at problemet med boret ble oppdaget, ble en annen type skovlbor brukt for de resterende punktene.

Punktene 84–88, 98–99 og 86–188 ble ikke boret; behovet for boring falt bort da inngrepet i kulturlagene som førte til Riksantikvarens rettevedtak (Ref. 19/02248-7) tilgjengeliggjorde profiler med kulturlag for undersøkelse og prøvetaking. Disse profiler ble sikret med ikke-marin leire, jf. det vedlagte faktaark om kulturlagssikring.



Figur 3: Utvalg av borepunkter (røde sirkler). Punktene er gruppert i serier, jf. prosjektets hovedrapport (Derrick et al. 2023).

2.2 Profiler

I tillegg til borehullene, ble jordprøver til miljøovervåking tatt fra profiler. Disse profilene var oftest veggene til moderne inngrep som grøfter til rør og annet infrastruktur. Tre jordprøver (P2169, P2171 og P501454) fra to profiler (C1979 og C2884) ble sendt til analyse. Profilene ble forseglest med ikke-marin leire etter undersøkelsen.

2.3 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 1.

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

Tabell 1: 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 jorden (som % O₂ eller som redoks). I tillegg overvåkes / analyseres fuktighet og en del andre kjemiske parametere (pH og ledningsevne) for å se hvordan grunnvann kan påvirke kulturlaget.

2.4 Beskrivelse av bevaringsforhold

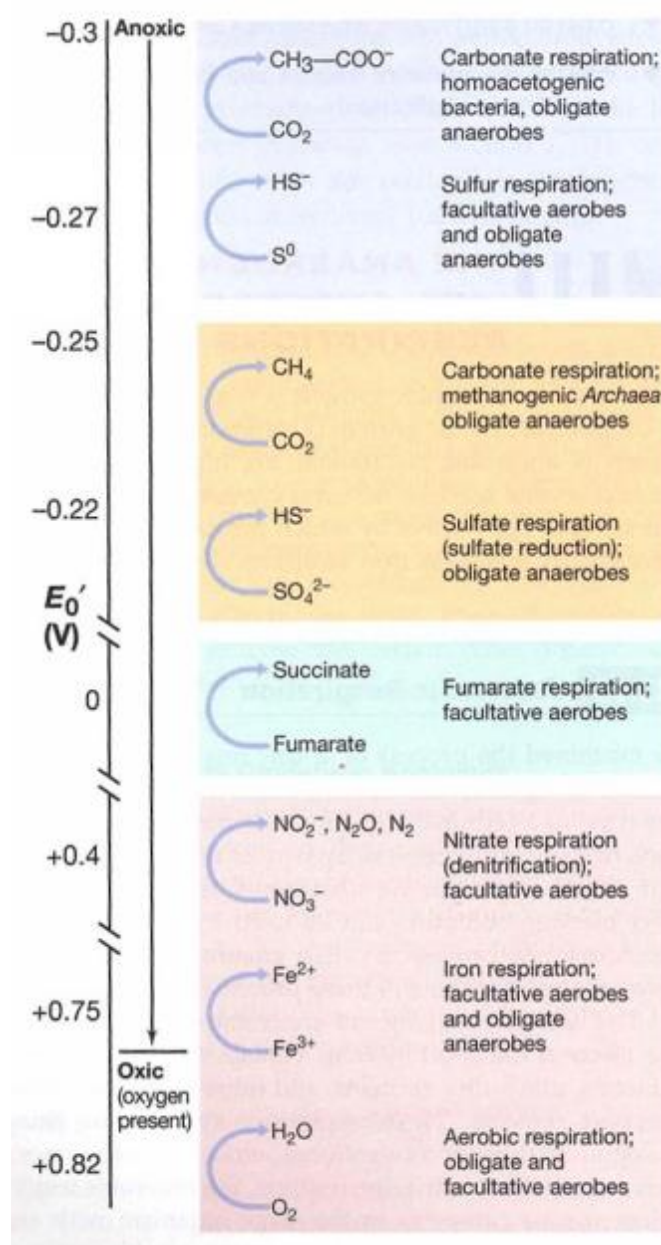
Bevaringsforhold er beskrevet etter de nevnte to sett med grunnleggende miljøparametere (S1 og S2, Norsk Standard 9451:2009). Gode bevaringsforhold for kulturlag karakteriseres av stabile kjemiske og fysiske forhold. Dette fører til at naturlige gradienter (f.eks. hydrauliske gradienter eller konsentrasjonsgradienter),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

I naturen foregår nedbrytning av organisk materiale og korrosjon av metaller parallelt med andre prosesser. Mikroorganismer får energi fra slike reaksjoner. Avhengig av redoksforhold i jordtypen vil forskjellige type mikrobielle reaksjoner dominere. Dette vises i Figur 4.

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

En typisk teskje jord kan inneholde bakterier i størrelsesorden 10⁹. Bakterietypene varierer voldsomt mellom hvor jorden kommer fra, dybden av prøven osv. Aktivitet, og kjemisk/fysisk fingeravtrykk av jordtypen vil bestemme hvilke typer bakterier som blir dominerende i jorden og dermed hvilke prosesser som dominerer. Noen bakterier kan redusere både nitrat og sulfat, og prosessen som dominerer bestemmes av hvor mye næringsstoff som er til stede (f.eks. sulfat / nitrat). Grunnvannskilden og grunnvannskjemi er derfor meget viktig i påvirkning av prosessene som foregår i kulturlag.

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



Figur 4: Oppsummering av redoksførhold for mikrobiologiske prosesser. Stabile negative redoks-forhold (anoksisk forhold) gir de beste bevaringsforhold for kulturlag (Madigan og Martinko, 2006).

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

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

Oksidative og nitratreduserende forhold kan som regel karakteriseres som dårlige bevaringsforhold, mens sulfatreduserende og metanogene forhold kjennetegner bra til utmerket bevaringsforhold. Imidlertid må stedsspesifikke forhold tas i betraktning. Redoksførhold mellom de forskjellige mikrobielle prosesser vises i Figur 4 (Madigan og Martinko, 2006).

Tabell 2 viser en enkel oversikt over hvordan kulturlagene vurderes på bevaringsforhold. Dette er gjort som en vurdering av parametere beskrevet i NS 9451:2009. I flere tilfeller vil man få grenseoverganger. I det røde markerte området vises nivåer av målte kjemiske parametere for typisk oksiderende forhold, mens reduserende forhold er vist med grønt.

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

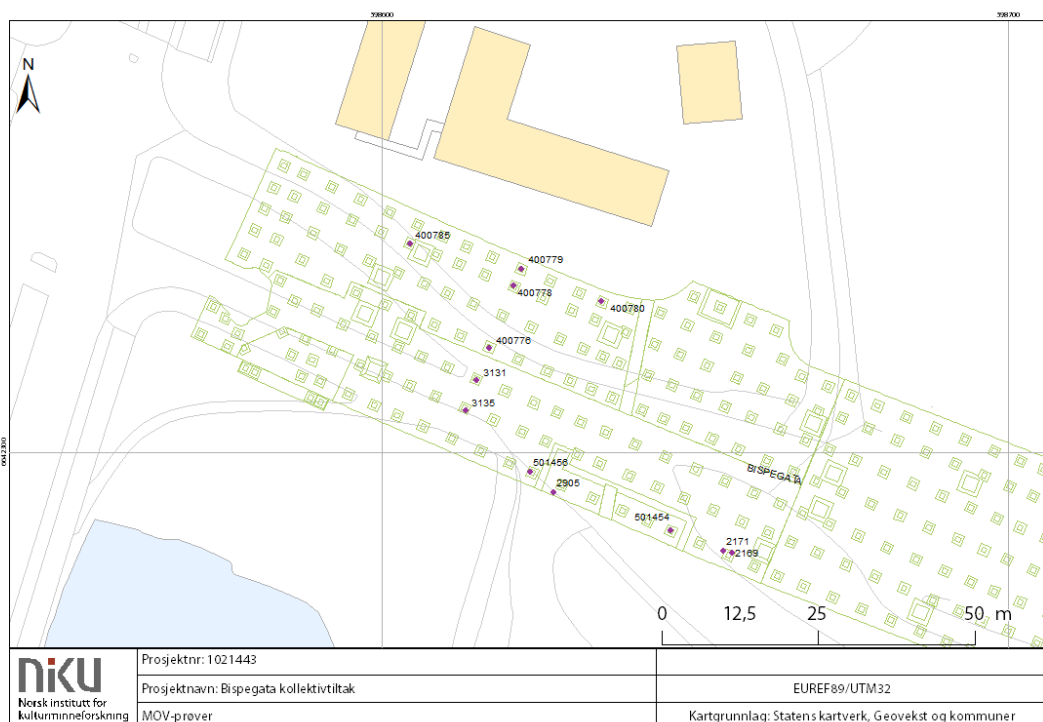
Tabell 2: Relative konsentrasjoner av dominerende næringsstoffer i jordtypen under forskjellige redoksforskyll og bevaringsgrad i kulturlag.

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

3 Resultater

Det ble samlet inn tolv jordprøver fra forskjellige punkter i Bispegata, mellom Håkon Vs gate og Trelastgata, se Figur 5. Prøvetaking ble gjennomført av NIKU i 2019, og prøvene ble tatt på rilsanposer som ble oppbevart anaerobt (ved bruk av Anaerogen-poser), kjølig og mørkt hos NIKU frem til prøvoforsendelse i februar 2021. Prøvene ble sendt til Eurofins for analyser av S1- og S2-parametere.

Av de tolv prøvene som ble sendt til analyse, er ni fra borehull og tre fra profiler. Alle prøvene ble tatt fra lag ansett som egnet, dvs. som kulturlag antageligvis fra middelalderen. Et maksimum av én prøve per borehull ble analysert slik at et større område kunne dekkes. Utvalg av prøver til analyse ble også påvirket av ønsket om å analysere prøver med forskjellige arkeologiske bevaringsvurderinger, slik at vurderinger i felt kunne sammenlignes med den geokjemiske analysen. Prøver fra lag med bevaringstilstand 2-5 er tatt med; ingen lag hadde bevaringstilstand 1.



Figur 5: Oversikt over plassering av jordprøvene.

Prøvene er tatt fra fire av de åtte seriene (se Figur 3). Det ble funnet få kulturlag i serier 1-3 og ingen av disse var vurdert som egnet for jordprøver til miljøovervåkingsformål.

Vest for Trelastgata, derimot, var det bedre bevaringsforhold og det ble funnet kulturlag i nesten alle borehull. Jordprøver var tatt i samtlige serier, men hovedsakelig i serier 5, 6 og 7. Hovedvekten av prøver sendt til geokjemisk analyse er dermed fra disse tre serier. I serie 6 ble det tatt jordprøver fra samtlige borehull, og fem av disse ble sendt til geokjemisk analyse.

Prøvene fra profilene er tatt fra to steder, C1979 og C2884, som var undersøkt ved arkeologisk overvåking og utgraving da de kom i konflikt med planlagt infrastruktur.

C1979 er del av et moderne inngrep, og ble avdekket under fjerning av et betongrør. Profilet er rensert og rettet, men er i grunn nordsiden av et øst-vest-orientert kutt. Kulturlagene var dermed åpnet og eksponert under gravearbeidet og leggingen av betongrøret, og massene brukt for å fylle igjen grøfta var ikke valgt for å hindre nedbryting av kulturlagene. Derfor er det interessant å se nærmere på den

geokjemiske analysen på disse to prøver, som har i utgangspunktet forskjellige arkeologiske bevaringsvurderinger, A2 og A5.

C2884 er derimot et profil som er laget av arkeologer som en forlengelse og retting av et stolpehull med stabbe datert til året 1578. Jordprøven er tatt fra et lag som er ikke eksponert i plan, kun i profilet, og dermed er ikke påvirket av nyere inngrep. Likevel, er den arkeologiske bevaringsvurderingen ikke mer enn A3.

Tabell 3 viser analyseresultatene for prøvene som ble tatt av miljøprofilene i 2019.

Bevaringsvurderingen og en oppsummering av prøvene er beskrevet per miljøprofil videre i rapporten. Resultatene tolkes per miljøprofil. Siden prøvene har ligget så lenge før analyse, kan dette ha påvirket analyseresultatene.

Prøvenr. (Lagnr.)	Lagnr.	Serie/Profil	Lagbeskrivelse	Kote (moh.)	pH	Ledn. (mS/m)	Tot- Jern (mg/kg)	Jern (Fe ²⁺) (mg/kg)	Sulfat (mg/kg)	Sulfid (mg/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	NH ₄ -N (mg/kg)	<5mm sikting (%)	TS (%)	Glødetap (% TS)
501454	3112	Serie 4 Pelepunkt 197	Svartbrun humus med innslag av flis. Laget er plastisk og fuktig, med svak lukt av sulfider. Bevaringsvurdering er A4. Laget er tolket som påførte masser.	2,517	8,5	61	10000	<1	2900	280	110	1,7	100	43,7	35,7
3135	3134	Serie 6 Pelepunkt 220	Mørk gråbrun humusholdig silt med noen fine sandkorn og flis. Laget er kompakt og fuktig med middels lukt av sulfider. Bevaringsvurdering er A4. Laget er tolket som påførte masser.	1,955	7,5	230	13000	5	12000	130	<0,1	<1	100	62,8	24,2
2171	2135	Profil C1979	Gråblå silt med noe treflis og kull. Laget er løst og fuktig med ingen lukt. Bevaringsvurdering er A2, og antatt påvirket av et moderne kutt for et betongrør. Laget er tolket som påførte masser.	2,366	9,7	58	7000	3	12000	59	3,4	1,4	100	73,7	6,2
2169	2144	Profil C1979	Mørkebrun humusholdig silt med treflis. Laget er kompakt og fuktig med ingen lukt. Bevaringsvurdering er A5. Laget er tolket som et utjevningsslag.	2,502	8,1	58	8600	<1	2200	66	13	1,4	90,9	47,2	25,7
2905	2891	Profil C2884	Homogen mørkebrun humus med ingen lukt. Bevaringsvurdering er A3. Laget er tolket som akkumulert gatemøkk.	1,863	6,0	130	12000	<1	11000	96	3	140	100	32,0	57,6
400776	538	Serie 6 Pelepunkt 147	Mørkebrun humusholdig silt med treflis. Laget er mykt, løst og tørt med middels lukt av sulfider. Bevaringsvurdering er A3. Laget er tolket som akkumulert gatemøkk.	2,562	8,9	67	11000	2	2500	97	58	1,9	74,2	42,5	37,7
3131	3130	Serie 6 Pelepunkt 219	Brun humusholdig silt med treflis og sandkorn. Laget er kompakt og fuktig med middels lukt av sulfider. Bevaringsvurdering er A5. Laget er tolket som påførte masser.	2,069	8,2	85	7700	2	4000	170	9,8	1,2	100	47,8	32,5
400780	581	Serie 5 Pelepunkt 132	Blågrå leirete silt med treflis, teglfragmenter og sandkorn. Laget er plastisk og fuktig, med svak lukt av sulfider. Bevaringsvurdering er B4. Laget er antatt til å være fra overgangssonen.	1,648	4,6	120	15000	<1	6100	320	0,24	13	100	70,2	7,0
501456	3116	Serie 5 Pelepunkt 212	Svartbrun siltig humus med treflis. Laget er porøst og fuktig, med svak lukt av sulfider. Bevaringsvurdering er A3.	2,251	7,7	54	15000	2	2500	540	71	<1	100	47,2	35,5
400779	554	Serie 6 Pelepunkt 144	Brun humusholdig silt med treflis og teglfragmenter. Laget er kompakt og fuktig med middels lukt av sulfider. Bevaringsvurdering er A4. Laget er tolket som akkumulert gatemøkk.	1,973	8,2	87	14000	<1	6800	250	22	1,7	100	38,9	42,7
400778	550	Serie 6 Pelepunkt 145	Mørkebrun humusholdig silt med sandkorn og treflis. Laget er kompakt og fuktig med middels lukt av sulfider. Bevaringsvurdering er A4. Laget er tolket som akkumulert gatemøkk.	1,897	8,5	55	18000	3	2800	170	43	8,1	100	42,9	38,9
400785	1595	Serie 7 Pelepunkt 161	Gråbrun leirete silt med treflis og teglfragmenter. Laget er kompakt og fuktig, med middels lukt av sulfider. Bevaringsvurdering er A5.	1,095	6,4	130	25000	<1	6800	270	17	3,8	100	62,9	10,1

Tabell 3: Analyseresultater fra kjerneprøvene. Sikting er gjennomført på fuktige prøver, og konsentrasjoner oppgis per kg tørrvekt.

4 Bevaringsvurdering og konklusjoner

4.1 Bevaringsvurdering

Redoksforhold i prøver er ofte den viktigste parameteren som illustrerer hvordan stabiliteten er i kulturlaget. Vurderingen av redoksforholdene er her basert på sulfidkonsentrasjoner i prøvene siden det ikke er installert sensorer for langtidsovervåking i kulturlagene. Sulfid er ekstremt flyktig og under oksiderende forhold vil konsentrasjoner av sulfid være avtagende. Stabile sulfidkonsentrasjoner indikerer dermed negative redoksforhold og reduserende tilstand i prøvene. Total mengde sulfid som kan dannes er avhengig av tilgjengelig sulfat. Alle de tolv prøvene inneholdt tilstrekkelig mengder med sulfat (2200-1200 mg/kg TS), og sulfidinnholdet (59-540 mg/kg TS) tyder på reduserende forhold. Det bør bemerkes at siden prøvene har ligget så lenge fra prøvene ble tatt til de ble sendt til laboratoriet, så kan det ikke utelukkes at sulfid er dannet etter selve prøvetakingen.

Økt mengde av siktemasse < 5mm indikerer at strukturen og prøven er nedbrutt (med mindre prøven inneholder mye uorganiske eller sandpartikler). I slike sammenhenger er det viktig å vurdere organisk innhold (glødetap) av prøven i tillegg til andel siktemasse < 5mm for å illustrere mulig bevaring av organiske gjenstander i kulturlaget. Med kun to unntak, inneholdt alle prøvene 100% partikler <5 mm. Tre av prøvene inneholdt lite organisk materiale, dvs. prøve 400780 (581) som inneholdt 7%, prøve 2171 (2135) som inneholdt 6,2% og prøve 400785 (1595) som inneholdt 10,1% organisk materiale påvist ved glødetap. De øvrige prøvene inneholdt 32-74% organisk materiale påvist med hjelp av glødetap.

Mye ammonium i prøven kan indikere økt mikrobiell aktivitet lokalt i jordlaget. Det kan også indikere at organiske forbindelser i kulturlaget blir raskere nedbrutt. Dette må i tillegg vurderes sammen med tilhørende nitratverdier i prøvene. Her skiller prøve 2905 (2891) seg ut med 140 mg/kg med ammonium. Flere av prøvene inneholdt også relativt høye nitratverdier.

pH-verdiene og ledningsevne brukes til å vurdere korrosivitet lokalt i lagene. Lav pH < 6 viser et mer korrosivt miljø og vil være skadelig for metallgjenstander (uorganiske innhold) i kulturlaget. Den eneste prøven med lav pH var prøve 400780 (581) med pH 4,6. Denne prøven var også nest høyest mht. sulfidinnhold. Ledningsevnen varierte mellom 540 og 2300 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Dersom det observeres en del toverdig jern (Fe^{2+}) i prøven, indikerer det stabile forhold for metallgjenstander i kulturlaget. Det skyldes ofte større forekomster av jern i kulturlagene grunnet sakte korrosjon av jern fra kulturlaget og opprinnelig bergart i grunn. Det ble kun påvist spormengder av toverdig jern i seks av prøvene med høyest konsentrasjon (5 mg/kg TS) for prøve 3135 (3134). Derimot viser alle prøvene relativt høyt innhold av totalt jern (7000-25000 mg/kg TS). Dette indikerer at mesteparten av jernet enten er bundet som mineraljern, sulfider eller treverdige jernoksider – etter at prøveposene kan ha vært eksponert for luft/oksygen som følge av lagring over lengre tid. D.v.s. at toverdig jern (Fe^{2+}) konsentrasjonen kan opprinnelig ha vært høyere, og noe mer stabile forhold enn vurdert her.






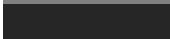
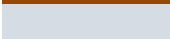
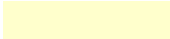


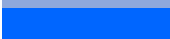
Det er ingen fastsatte grenseverdier for analytiske parametere og bevaringsgraden i kulturlaget. Dette er derfor basert på vurdering av de ovennevnte parametere og hvordan de er i forhold til hverandre, jmfør Tabell 2.

Bevaringsvurderingen i Tabell 4 er kun basert på de prøvene som er tatt, og er derfor kun et øyeblikksbilde for de ulike stedene for det tidspunktet da prøvene ble tatt. Sammenstilt med bevaringstilstanden bør man dog kunne si om forholdene er stabile eller om det er sannsynlig at aktiv nedbrytning pågår.

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

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

Prøvenr. (Lagnr.)	Organisk- innhold (%)	Vann- innhold (%)	pH	Ledn. µS/cm	Bevaringsforhold			Arkeologisk tilstand
					Organisk materiale	Uorganisk materiale	Redoks	
501454 (3112)	35,7	56,3	8,5	610	Dårlig	Bra	Reduserende	A4
3135 (3134)	24,2	37,2	7,5	2300	Bra	Middels	Reduserende	A4
2171 (2135)	6,2	26,3	9,7	580	Bra	Dårlig	Delvis Reduserende	A2
2169 (2144)	25,7	52,8	8,1	580	Middels	Dårlig	Delvis Reduserende	A5
2905 (2891)	57,6	68,0	6,0	1300	Dårlig	Dårlig	Reduserende	A3
400776 (538)	37,7	57,5	8,9	670	Dårlig	Middels	Reduserende	A3
3131 (3130)	32,5	52,2	8,2	850	Dårlig	Bra	Reduserende	A5
400780 (581)	7,0	29,8	4,6	1200	Middels	Dårlig	Reduserende	B4
501456 (3116)	35,5	52,8	7,7	540	Dårlig	Bra	Reduserende	A3
400779 (554)	42,7	61,1	8,2	870	Dårlig	Bra	Reduserende	A4
400778 (550)	38,9	57,1	8,5	550	Dårlig	Bra	Reduserende	A4
400785 (1595)	10,1	37,1	6,4	1300	Middels	Bra	Reduserende	A5

	Lavt organisk innhold 10-29%		Dårlig
	Middels organisk innhold 30-49%		Middels
	Høyt organisk innhold >50%		Bra til utmerket
	Lavt vanninnhold 10-29%		Oksiderende
	Middels vanninnhold 30-49%		Reduserende
	Høyt vanninnhold > 50%		

SOPS : NS 9451:2009

Tabell 4: Bevaringsvurdering av prøver fra kulturlagene tatt i Oslo.

4.2 Konklusjoner

Tolv jordprøver ble hentet ut fra forskjellige punkter i Bispegata, mellom Håkon Vs gate og Trelastgata; ni fra borehull og tre fra profiler. Alle lagene var antatt å stamme fra middelalderen. Prøvene viste varierende bevaringsforhold, men stort sett god bevaringstilstand – kun en prøve ble vurdert av arkeologene som i dårlig bevaringstilstand. Alle prøvene inneholdt sulfid, og kan antas å være helt eller delvis reduserende noe som er positivt mht. bevaring av både organisk og uorganisk materiale. Man må likevel ta forbehold om at prøvenes lange oppbevaringsperiode – selv om de ble oppbevart kaldt og mørkt – kan ha påvirket redoksvurderingen.

Av de tolv prøvene, er det kun to som er fra lag med bra bevaringsforhold for organisk materiale, og begge disse har et lavt innhold av organisk materiale. Likevel ble en av prøvene vurdert som i god bevaringstilstand.

Hele sju prøver er fra lag med dårlige bevaringsforhold for organisk materiale. Det vil si at det virker som bevaringsforholdene for kulturlag i dette området er ganske dårlige; likevel er det analysert kun et begrenset antall prøver, slik at dette er en indikasjon og ikke en tydelig konklusjon. Det er ikke mulig å se geografiske trender innen peleområdet, men heller at det er lokale variasjoner i bevaringstilstand

og -forhold. Likevel er det interessant å notere at de to prøver som er delvis reduserende, i motsetning til de andre prøver, som er reduserende, kommer fra det samme profilet, C1979.

Det er også interessant å merke observert bevaringstilstand er i 11 av 12 tilfeller middels til svært god, men bevaringsforholdene er etter analysene vurdert som middels eller bra i kun 5 av 12 tilfeller. Man må forvente at bevaringstilstand av de gjenværende kulturlagene vil forringes over tid, grunnet de dårlige bevaringsforholdene og spesielt etter et så omfattende inngrep som pelingen som har blitt gjennomført vest for Follobanekulverten – et stort område med mye *in situ* kulturlag igjen.

5 Referanser

Derrick et al. (2023) Miljøovervåkingsundersøkelser i BispegataFunn av graver, steinbygninger, Bispeallmenningen og bryggefundamenter. NIKU.

Furan, N. og M. Derrick (2018) Prosjektplan: Arkeologiske undersøkelser i forbindelse med realisering av reguleringsplan for Bispegata med Oslo torg (revidert). NIKU.

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

Norsk Standard (2009): NS 9451:2009, Kulturminner - Krav til miljøovervåking og -undersøkelse av kulturlag

6 Vedlegg

Analyseresultater

Faktaark om kulturlagssikring

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 194

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