



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Miljøovervåking av kulturminner i Kvartalet Schultz gate, Munkhaugveita, og Presidentveita i Trondheim- Sluttrapport 2013-2017

NIBIO RAPPORT | VOL. 6 | NR. 98 | 2020



Ove Bergersen

Divisjon for miljø og naturressurser

## TITTEL/TITLE

Miljøovervåking av kulturminner i Kvartalet Schultz gate, Munkhaugveita, og Presidentveita i Trondheim-Sluttrapport 2013 - 2017

## FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Ove Bergersen

DATO/DATE:	RAPPORT NR.	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
18.06.2020	6/98/2020	Åpen	8422	18/00548
ISBN:		ISSN:	ANTALL SIDER:	ANTALL VEDLEGG/:
978-82-17-02620-4		2464-1162	22	5

## OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

Riksantikvaren, Distriktskontor Trondheim  
Norsk institutt for kulturminneforskning,  
Distriktskontor Trondheim

## KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Sissel Ramstad Skoglund  
Anna H. Petersén

## STIKKORD/KEYWORDS:

Redoksforhold, bevaring, kulturminner,  
Miljøovervåking, nedbrytning

## FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Jordkvalitet, Arkeologi, Miljøovervåking

## SAMMENDRAG/SUMMARY:

Rapporten oppsummerer alle årene av overvåking av kulturlag under og ved siden av et nytt bygg i kvartalet Schultz gate, Munkhaugveita, Presidentveita, Munkegata gnr/bnr 400/21, 102,129 i Trondheim. Data for overvåkingene er hentet fra jordtemperatur, jordfuktighet og redoksforhold i kulturlagene fra umettet sone. Reduserende forhold målt til -280 mV ble vist i **nord** profilen, mens redoksforholdene i **sør** profilen lå mellom +150 til +180 mV som tilsier at det ikke er tydelige oksiderende forhold. I profilen **sør** under nytt bygg er jordfuktigheten noe lavere sammenlignet med profilen **nord**. Den økte gjennom overvåkingsperioden pga. tilførsel av regnvann fra tak, Temperaturen er forholdvis lik i begge jordprofiler. Temperaturen i kulturlagene i **nord** profilen påvirkes litt mer av middel ute temperatur enn jordtemperaturen i kulturlagene under nytt bygg. Dette viser at nytt bygg ikke har gitt dramatisk økning i jordtemperaturen. Maksimum temperatur i perioder ute (**nord** profilen) er målt til 16 °C sammenlignet med kun 11 °C under nytt hus (**Sør** profilen). Vi kan ikke ut fra dette overvåkingsprosjektet si at nytt bygg har forverret bevaring av kulturlagene siden vi ser en økning i jordfuktigheten ved 9,3 moh. profil **Sør** 2014 til 2017. Overvåkingen i disse årene indikerer at nytt bygg virker stabiliserende for de underliggende kulturlagene i profil **Sør**

## LAND/COUNTRY:

Norge

## FYLKE/COUNTY:

Sør Trøndelag

## KOMMUNE/MUNICIPALITY:

Trondheim

## STED/LOKALITET:

Kvartalet Schultz gate, Munkhaugveita, Presidentveita, Munkegaten gnr/bnr 400/21, 102,129

## GODKJENT /APPROVED



NAVN/NAME

## PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



NAVN/NAME



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Innhold

Forord .....	4
1 Introduksjon .....	5
1.1 Bakgrunn.....	5
1.2 Målet for prosjektet .....	5
1.3 Avvik i måleperioden .....	6
2 Metoder og utstyr .....	7
2.1 Arkeologiske og jordfaglig dokumentasjonsmetode .....	7
2.2 Miljøovervåking av arkeologiske kulturlag .....	7
2.3 Utstyr benyttet for overvåking av umettede kulturminner- installering av sensorer som måler jord temperatur, fuktighet og redokspotensialet .....	9
2.4 Installering til datalogger.....	9
2.5 utfordringer ved miljøovervåkingen første driftsår .....	10
2.6 Data fra eldre overvåkingsutstyr i hjørnet av Schultz gate/ Munkhaugveita .....	11
3 Resultater og diskusjon .....	12
3.1 Beskrivelse av bevaringsforholdene for kulturlagene fra <b>nord</b> og <b>sør</b> profilen i 2012 før overvåkingsperioden.....	12
3.2 Miljøovervåking av jordtemperatur og jordfuktighet fra profilveggene i <b>nord</b> og <b>sør</b> profil under hus .	13
3.3 Jordfuktighet sammenstilt med redokspotensialet i jordprofilene.....	17
4 Sammendrag og Konklusjoner.....	21
Litteraturreferanser .....	22
Vedlegg.....	23

# Forord

Rapporten er skrevet på oppdrag fra Riksantikvaren og NIKU. NIBIO Divisjon for miljø og naturressurser har i oppdrag å utføre miljøovervåking av arkeologisk kulturlag i 5 år på tomten av Kvartalet Schultz gate, Munkhaugveita, Presidentveita, Munkegata i Trondheim. I september 2012 ble det installert overvåkingsutstyr som skal overvåke hvordan kulturlagene fra middelalderen bevares over tid in Situ. Oppstart av datalogging startet januar 2013. Rapporten her er en sluttrapport for overvåking 2013 til og med 2017.

Fra NIBIO har følgende personer deltatt i prosjektet:

Måletekniske arbeider i felt: Thor Endre Nytrø, Srikanthapalan Muthulingam og Ove Bergersen

Laboratorieundersøkelser: Hege Bergheim og Ove Bergersen

Rapportering: Ove Bergersen

Kvalitetssikring av rapporten: Trond Mæhlum

Ås, 2020

Ove Bergersen

Prosjektleder



# 1 Introduksjon

## 1.1 Bakgrunn

Presidentveita AS søkte i 2012, i forbindelse med realisering av vedtatt reguleringsplan for kvartalet Schultz gate, Munkhaugveita, Presidentveita, Munkegata gnr/bnr 400/21,102,129, Trondheim kommune, Sør Trøndelag, Riksantikvaren om dispensasjon fra lov om kulturminner av 9.juni 1978 nr. 50 (kml.). I brev datert 28.08 2012 (ref.07/01482-55) mottok Norsk Institutt for kulturminneforskning (NIKU)oppdragsbestilling fra Riksantikvaren, hvor det bedt om å utarbeide en utarbeide prosjektbeskrivelse og budsjett for gjennomføring av tiltaket. Riksantikvaren besluttet i sitt dispensasjonsvedtak om arkeologisk gransking og etablering av et miljøovervåkingsprosjekt. Reguleringsplanen omfattet blant annet nybygg bestod av to bygningsledd, B1 og B2 fundamentert på peler. I vedtaket ble det påkrevd tiltakshaver å etablere et infiltrasjonsanlegg under hvert bygningsledd for å hindre uttørking av kulturlagene.

Denne rapport gjør rede for arkeologisk og jordkjemisk arbeid utført i 2012, i forbindelse med grunnboring og etablering av miljøovervåkings program med installasjon av overvåkingsutstyr i kulturlagsprofiler i henhold til Riksantikvarens vedtak.

Arkeologisk arbeid i forbindelse med infiltreringsanlegget ble påbegynt i 2012. Arbeidet ble avsluttes i 2013.

Tiltakshaver for prosjektet var Presidentveita AS. PEAB Trondheim AS var tiltakshavers hovedentreprenør og har hatt overordnet ansvar for drift og HMS på anleggsområdet. PEAB har hatt ansvar for leie av borerigg for grunnboringer og innmåling. Innmålingsarbeid ble utført av Nidaros Oppmåling AS.

NIKU Trondheim har prosjektert det arkeologiske med arkeolog Anna Petersén som prosjektleder. Arkeologisk feltarbeid og etterarbeid ble utført i september 2012 av Anna Petersén og Raymond Sauvage, NIKU Trondheim. NIBIO, Divisjon for miljø og naturressurser har hatt ansvar for jordkjemiske analyser, installasjon og drift av miljøovervåkings utstyr, samt rapportering av miljødata..

I forhold til vedtatt plan og budsjett skal prosjektet levere årlige rapporter med miljødata fra overvåkingen samt sluttrapport etter siste år. I perioden 2013 – 2016 vil NIBIO Divisjon for miljø og naturressurser levere årlig status rapporter og sluttrapport med NIKU i slutten av år 2017.

Denne sluttrapport inneholder data fra forundersøkelsen i 2012 hvor bevaringsforhold ble undersøkt på flere jordprøver til slutten av 2017. I løpet av forsøksperioden er det skrevet flere statusrapporter og en publikasjon: (Petersén, A. & Bergersen, O. 2013), (Bergersen, O. T. E. Nytrøen & Ø. Rise. 2014), (Bergersen, O. 2016) og (Petersen, Anna Helena; Bergersen, Ove. 2016).

## 1.2 Målet for prosjektet

Det aktuelle området har kulturlag i et fredet område i middelalderbyen Trondheim. Denne miljøovervåkningen vil sammenligne miljøforhold i kulturlag under og utenfor nybygg over tid som grunnlag for å vurdere bevaringsforholdene etter utbyggingen.

### 1.3 Avvik i måleperioden

Overvåking av kulturlag utenfor og under nybygg i Schultz gt., Trondheim har gitt oss data og kunnskap fra 2012 til og med slutten av 2017. Underveis i hele prosjektperioden har vi hatt problemer med utstyr som ga upålitelige data og i tillegg har vi hatt dårlig overføring av data over mobil nett. Dette skyldes fuktighet og korrosjon på utsyr som ble plassert i kum under bakken i stedet for skap på husvegg.

Under bearbeiding av data våren 2014 ble det oppdaget at ledningene fra profil **nord** sensor nr. 1 (10.06 moh.) jordfuktighet og jordtemperatur inn til logger høyst sannsynlig er byttet om etter kabelbrudd. Data foreligger, og er omregnet slik at dette blir riktig til feilen er rettet opp. Alle sensorer virket og ga oss pålitelige data fra start 2013 tom. mai 2015, med unntak av sensor nr. 1 (10.06 moh.) i **nord** profilen (Tabell 1). I juni 2015 ble det oppdaget ustabilitet i strømforsyning. Ved tilsyn september 2015 ble det ikke påvist data i loggeren som vi kunne stole på. Dette skyldes mest sannsynlig at datastrøm til logger er brutt og at loggeren er ødelagt pga. fuktskader.

Høsten 2015 ble det satt inn ny logger På angitte tidspunkt fikk ikke loggeren signaler fra redoks sensorene. Dette skyldes trolig også at MET Controller, som mottar og forsterker signalene fra sistnevnte sensorer, også er skadet. Nytt utstyr ble innsatt desember 2015. Da viste det seg at også met kontrolleren i kontakt med ny logger satt inn i september for jordtemperatur og jordfuktighet var skadet. Den nye enheten ble da prioritert koblet opp for fukt/temp. målinger. Dette medfører at data fra redoks målingene fortsatt ikke virker. Mye av problemene kan skyldes fukt og kondensproblemer etter at tiltakshaver ønsket at utstyr skulle plasseres i kum nede i bakken i stedet for planlagt skap på husvegg.

Dette medførte vi mangler data fra april til desember 2015, pluss at flere av sensorene ikke har gitt oss troverdige resultater. Hovedsak fukt og korrosjonskader på utstyret som ble plassert i vanntett metallboks senket i en kum ned i bakken(se feltrapport vedlegg 4). Fra desember 2015 og ut måleperioden 2017 har vi mottatt logiske data fra 2 jordtemperatur og jordfuktighetssensorer, men ingen redoksverdier fra de to siste år.

**Tabell 1. Avstandsmål og høyde over havet over installering av sensorer i de to profiler (gammel under nybygg & ny ute), og drift status over år**

Lokalitet	Dyp m	Dyp moh	Sensor nr	Lednigslengde til logger (m)	2013	2014	2015	2016	2017
<b>Ny Profil Nord</b>									
Nord 1	2 cm fra snor	10.06	33921	20	temp/fukt	temp/fukt	ute av drift	ute av drift	ute av drift
Nord 2	0.7 fra bunn	9.14	33916	20	temp/fukt	temp/fukt	temp/fukt	temp/fukt	temp/fukt
Redoks nord	0.5 fra bunn	9.04			redox	redox	ute av drift	ute av drift	ute av drift
Nord 3	0.4 fra bunn	8.84	33917	20	ute av drift	ute av drift	ute av drift	ute av drift	ute av drift
<b>Gammel profil Sør</b>									
Sør 1	1.16 fra bunn	9.69	33920	10	temp/fukt	temp/fukt	ute av drift	ute av drift	ute av drift
Sør 2	0.7 fra bunn	9.31	33918	15	temp/fukt	temp/fukt	temp/fukt	temp/fukt	temp/fukt
Redoks sør	0.5 fra bunn	8.95			redoks	redox	ute av drift	ute av drift	ute av drift
Sør 3	0.3 fra bunn	8.79	33919	15	temp/fukt	temp/fukt	ute av drift	ute av drift	ute av drift

## 2 Metoder og utstyr

### 2.1 Arkeologiske og jordfaglig dokumentasjonsmetode

Hvert kulturlag som skulle overvåkes ble nummerert og beskrevet på tegning og på kontekstskjema. (Petersen, Anna Helena; Bergersen, Ove. 2013 & vedlegg 1)

Tilstanden og bevaringsforhold er vurdert etter bevaringsskala i henhold til Norsk Standard (NS 9451:2009), som utkom i september 2009. Dette er illustrert i vedlegg 5. Skalaen for tilstand og opererer med seks klasser 0 til 5 der bevaringsgraden er bedre jo høyere tall som angis. 0-verdi brukes utelukkende om 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 ved jordfaglige undersøkelser opererer med fem klasser 1 (Elendig) til 5 (Utmerket)..

### 2.2 Miljøovervåking av arkeologiske kulturlag.

Jordas varmekapasitet defineres som den varmemengden som skal til for å øke temperaturen i ett kilo jord med en grad. Vann har svært høy varmekapasitet (4,19 KJ/kg). Varmekonduktiviteten (evnen til å lede varme) vil derfor være svært avhengig av vanninnholdet i jorda. En vannmettet jord med høy vannkapasitet (dvs. stor evne til å holde på vann, for eksempel leirjord) vil ha mye større evne til å lede varme enn en tørr jord. Temperatursvingningene i tette jordarter (silt- og leirholdige) vil derfor være mindre enn for eksempel i sandjord og organisk jord.

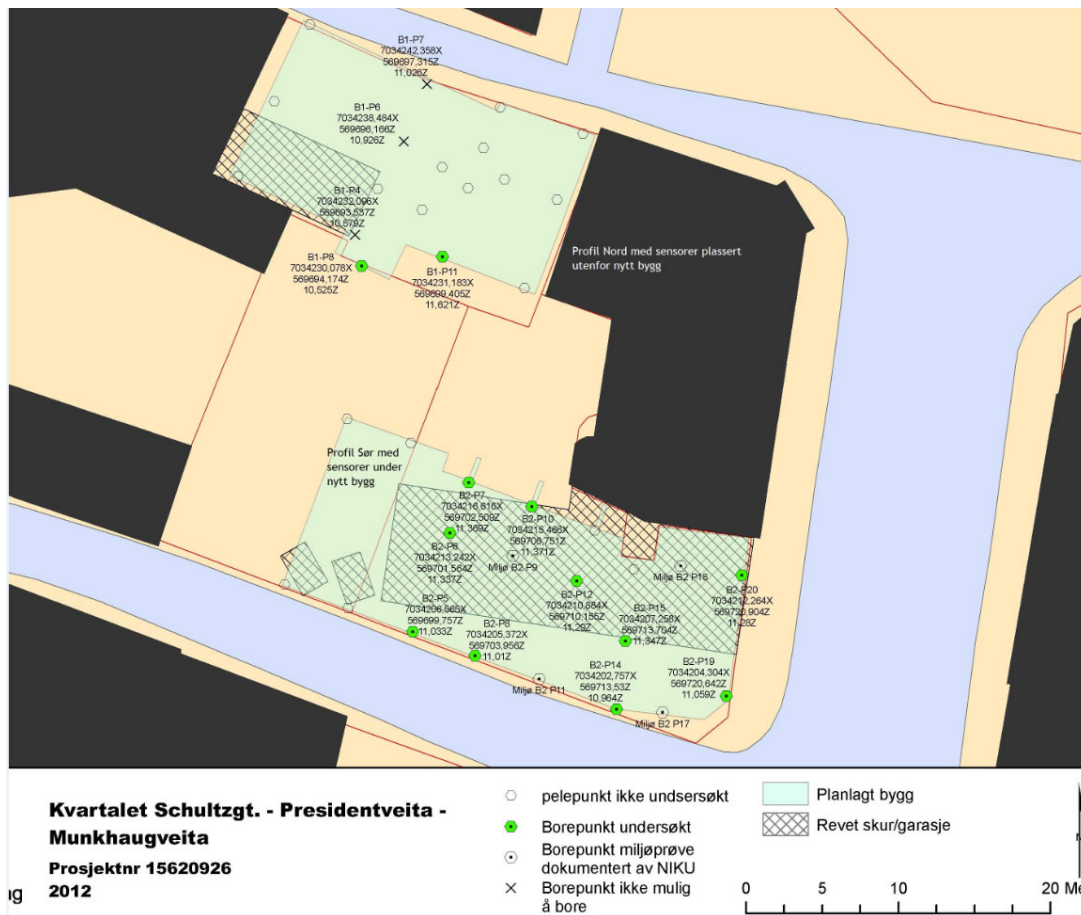
I det aktuelle område har Riksantikvaren krevd overvåking av temperatur, jordfuktighet og redoksforhold i 5 år for å se om de påviste arkeologiske kontekster er utsatt for svingninger og forandringer pga. bygging av nytt hus. Økt temperatur og svingninger i tørt og vått klima kan virke inn på nedbrytingen av de arkeologiske kontekster. Utstyr er installert i gammel profil **sør** under nytt bygg og ny profil **nord** på utsiden av nytt bygg (Figur 1a & b) og profilbilder og tegninger i vedlegg 1)

Profiler i grøft undersøkt i forbindelse med forundersøkelsen i 2007 ble også brukt for langtidsovervåking av kulturlag. Kulturlag i søndre del av grøften, i profil A mot øst, er tidligere dokumentert og beskrevet i Bioforsk rapport (Bergersen, O. & Hartnik, T. 2008). Tidligere og nye jordprøver er analysert etter Norsk standard beskrevet i NIKU og Bioforsk rapport (Petersen, Anna Helena; Bergersen, Ove. 2013).

Etter at utstyret ble satt inn, profilene dekket til med bentonitt duk (Figur 2) og fylt igjen. Ledningene ble lagret i beskyttende kum. Senere ble det etablert infiltrasjonsgrøfter for å øke fuktigheten under og ved nye bygg. Regnvann fra tak infiltreres i grunnen i infiltrasjonsgrøfter med drenerør og trespon med formål om å øke jordfuktigheten til kulturlagene. (Figur 3).



Figur 1a. Flyfoto som viser tomten med nybygg og hvor sensorer er satt inn i profil nord (rød) på utsiden av nytt bygg og profil sør (blå) under nytt bygg.



Figur 1b. Illustrasjon som viser tomten med nybygg og hvor sensorer er satt inn i profil nord på utsiden av nytt bygg og profil sør under nytt bygg.



Kulturlag i ny profil gravd ut i 2012 mot vest i nordre del, har inn målte koordinatene etter N32 Euref 89:

Øvre del:

Sør X 7034222,25, Y 569694,6, Z 10,06

Nord X 7034223,44, Y 569694,61, Z 10,06

Nedre del:

Sør X 7034222,24, Y 569695,58, Z 9,04

Nord X 7034223,10, Y 569695,87, Z 9,04

## 2.3 Utstyr benyttet for overvåking av umettede kulturminner- installering av sensorer som måler jord temperatur, fuktighet og redokspotensialet.

Sensorer som ble installert var av typen TRIME-PICO 32 fra IMKO Modultechnik GmbH. Sensorene kan installeres horisontalt eller vertikalt i jord (mer informasjon om sensorene kan finnes på [www.imko.de](http://www.imko.de)).

Sensorene ble installert i ulike høyder av utgravde profiler **nord** og **sør** på tomten november 2012 (se tabell 1, og profilbilder og tegninger vedlegg 1). Plasseringen til sensorene var de steder hvor de arkeologiske konteksters prøver er tatt ut for videre kjemisk-fysisk analyse. Mellom jordfuktighet/temperatur sensor 2 og 3 i hver profil, ble redokksensorer av typen Hanna instrument nr. HI2930B/5 satt inn. Disse er ikke beregnet for jord, men har vist seg å fungere i kulturlag som har noe høyere fuktighet. Alle redoksverdiene vist i mV er omregnet og redusert for potensialet til referanseelektroden. Målinger av redokspotensialet gir informasjon om hvor gode bevaringsforholdene er der det blir overvåket. En oversikt i tabell 1 viser nr. og plassering av ulike jordtemperatur- og fuktighet sensorene. Jordfuktighet og jordtemperatur kan vise oss eventuelle fluktuasjoner når regnvann fra tak infiltreres i grunnen ved begge husene. Ut fra disse målingene i kulturlagene vil det være mulig å se hvor stabile forholdene er. Redoksmålinger vil informere om bevaringsforholdene til kulturlagene.

Sensorene ble installert i lagene ved først å bore opp et hull (jordbør) med diameter som sensoren i ønsket dybde. Deretter ble sensorene trykket på plass i profilveggenes hull slik at sensorstengene (lengde 11 cm, diameter 0,35 cm) hadde god kontakt med kulturlagene. Begge profilvegger ble dekket til med bentonitt duk før profilene ble fylt igjen.

Innstillinger og kontroll av sensorene kunne ikke la seg gjennomføre siden installasjonen måtte skje før skap med logger var mottatt NIBIO. Skap med logger og MET Controller ble montert ferdig januar 2013.

## 2.4 Installering til datalogger.

Ledningene fra sensorene (10-20 meter), ble forlenget og ført til en beskyttende kum og koblet sammen til datalogger (illustrert i rapport Bergersen, et. al 2014). Dataloggeren var en UniL og Com fra SEBA Hydrometrie (<http://www.seba-hydrometrie.de/en/applications.html>). Data overføres fra logger via GPRS (datatrafikk over mobil nettet) til internett. På denne måten kan utviklingen i temperatur- og fuktighetsforhold følges kontinuerlig fra en web side. For at god overføring av signaler skal kunne skje er en spesiell antenne koblet til. Loggeren tilføres strøm via et 12V batteri med lang levetid

## 2.5 Utfordringer ved miljøovervåkingen første driftsår

Overvåking utsyr fra SEBA er bestillingsvare hvor logger, antall sensorer og lengde på ledninger er tilpasset hverandre. Når slikt utstyr settes i drift er det også viktig å få kontrollert utstyret før profilene lukkes igjen. De oppgravde profilene ble ferdigstilt før NIBIO sitt overvåkingsutstyr var på plass. NIBIO hadde sensorer liggende på lager. Disse ble kontrollert på laboratoriet på Ås før de ble satt inn i profilveggen.

Uten logger tilkoblet er det ikke mulig å få kontrollert at alle virket In Situ. Sensorene satt inn høsten 2012 ble koblet til logger plassert i midlertidig kum januar 2013 (Figur 2). Det var det ikke mulig å få kontakt med den dypeste jordfuktighet-temperatursensor nr. 3 i **nord** profilen, som var satt inn på 8.84 moh. Årsaken til dette er usikkert, men høyst sannsynlig har det skjedd skade på sensor eller ledning ved igjenfylling av grøften. De øvrige sensorer ga troverdige verdier.



Figur 2. Tildekking av profil med Voltekst bentonitt duk i profil sør hvor miljøovervåkingsensorer er satt inn (over) og beskyttelse skum for midlertidig skap med logger og sender (under). (Foto Anna Petersén NIKU).



**Figur 3.** Under byggeprosessen ble det også etablert infiltrasjonsgrøft hvor takvann fra nybygg ble innfiltret ned ved i profil sør som ble liggende under nytt bygg. (Foto Anna Petersén NIKU).

## 2.6 Data fra eldre overvåkingsutstyr i hjørnet av Schultz gate/ Munkhaugveita

Samtidig som NIBIO installerte overvåkingsutstyr i profiler ble dataloggeren i østre del av området nærmest Schultz gate undersøkt. Det har ikke vært kontroll av forhold siden 2007, da batterispenningen forsvant. NIBIO skiftet batterier og skapet der loggeren ligger, ble tørket og gjort reint. Alle forsøk på å få kontakt med dataloggeren mislyktes, og det er derfor grunn til å tro at ledningene mellom sensorene og loggerne ikke lenger fungerer. Figurer er vist i vedlegg 3.



## 3 Resultater og diskusjon



### 3.1 Beskrivelse av bevaringsforholdene for kulturlagene fra nord og sør profilen i 2012 før overvåkingsperioden.

En forundersøkelse på den omtalte tomten ble utført i 2007 beskrevet i Bioforsk rapport (Bergersen, O. & Hartnik, T. 2008). Resultater fra denne rapporten viser flere kulturlag med gode bevaringsforhold. Den samme profil beskrevet som profil A i 2007 er igjen åpnet i 2012. Dette ble gjort slik at kulturlagene skulle la seg overvåke over tid under et nytt bygg som er bygget. Her fikk NIKU og NIBIO en unik mulighet til å sammenligne jordprøver med 5 års mellomrom.

Ved å sammenstille kjemiske analysedata fra 2007 og resultatene fra nye prøver analysert i 2012 sees forskjeller i bevaringsforhold (illustrert i tabeller, vedlegg 2). Generelt var flere godt bevarte kulturlag påvist i 2007 fått oksiderende forhold og betraktet som dårlige bevaringsforhold i 2012. Det gjelder (Sør 1 9.7 moh.) og (Sør 2, 9.3 moh.). Den nye jordprøven som ble tatt ca. 25cm inn i profilveggen viste oksiderende forhold 5 år etter at kulturlaget ble beskrevet som gode og med reduserende bevaringsforhold.

Dette viser at i utgangspunktet gode bevaringsforhold i ulike kulturlag som blir eksponert for luft har blitt dårligere 4 år etter at grøften ble gjenfylt. En slik observasjon indikerer også hvor fort kulturlag som i utgangspunktet er stabil og godt beskyttet kan bli mer ustabil og mulig utsatt for nedbryting av organisk materiale når oksygen kommer til. Det ble ikke påvist større forandringer i pH og innhold av organisk materiale og fuktighet (Tabell 2).

**Tabell 2. Sammenligning av bevaringstilstand og bevaringsforhold i sektorene som er blitt overvåket i hele perioden 2013-2017 basert på undersøkelsen 2012 beskrevet i publikasjonen (Petersen, A. & Bergersen, O. 2016).**

Profile North Section 2									
Deep (masl)	Samples & sensor Layer	Organic matter (%)	Water content (%)	pH	Conductivity uScm <sup>-1</sup>	Preservation			
						Organic material	Inorganic material	Redox condition *	Acheologic state *
10.06	Section 2/1	35	38	6.8	176	Good	Medium	A4	A3
9.14	Section 2/2	32	55	6.5	622	Excellent	Medium	A5	A3
8.84	Section 2/3	23	52	6.9	857	Good	Medium	A4	A3
Profile South Section A									
Deep (masl)	Samples & sensor Layer	Organic matter (%)	Water content (%)	pH	Conductivity uScm <sup>-1</sup>	Preservation			
						Organic material	Inorganic material	Redox condition *	Acheologic state *
9.69	Section A/1	61	44	6.7	446	Lousy	Medium	A1	A4
9.31	Section 2/2	20	47	6.8	649	Poor	Medium	A2	A4
8.79	Section 2/3	28	53	6.6	659	Lousy	Poor	A1	A0
									
* SOPS : NS 9451:2009									



I området ved profil **nord** 2012 hvor profilen er planlagt overvåket utenfor nytt bygg med infiltrasjon av vann fra tak, er bevaringsforholdene gode sammenlignet med boreprøvene fra 2007.

Sammenstillingen av kjemiske analyser av prøvene fra **Nord** 1, 2 og 3 (2012) sammenstilt med borepunkt prøver 2-2 til 2-7 fra 2007 viser alle gode bevarings og reduserende forhold (Vedlegg 2). Her sees også ingen merkbare forskjeller i innhold av organisk materiale, jordfuktighet og pH. Nav boring i det omtalte området i 2007 har ikke tilført oksygen til kulturlagene på samme måte som ved utgravet profil som virker mer forstyrrende for kulturlagene.

Grøfter med jordprofiler får ikke samme beskyttende tetthet i jordmassene ved igjenfylling. Hvor lang tid det tar før man oppnår de samme reduserende forhold i umettede kulturlag er vanskelig å si. Ekstra tilførsel av vann ved igjenfylling vil gi tettere jordmasser omkring en utgravet profilvegg spesielt hvis profilen tørker ut under graving.

Disse to forskjellige profiler vurdert på bevaringsforhold er overvåket fra 2013 til 2017. Profil **nord** vil ligge på utsiden av nytt bygg, mens kulturlagene i profil **sør** vil ligge skjermet under nytt bygg. Det vil være interessant å se om nytt bygg har positiv eller negativ påvirkning på bevaring av kulturlagene.

## 3.2 Miljøovervåking av jordtemperatur og jordfuktighet fra profilveggene i **nord** og **sør** profil under hus

I hele overvåkingsperioden viser resultater små forskjeller i jordtemperatur og jordfuktighet. Kurvene er stabile og fluktuerer lite med utetemperaturen vist i figur 4 og 5. Tabell 3 & 4. viser adskilte beregninger på min, max, median og gjennomsnittstemperaturer for året 2013, 2014 til april 2015 og 2016 til 2017).

Disse tall viser om det har skjedd noen forskjeller i jordtemperatur eller jordfuktighet gjennom de ulike år. De kan ikke sammenlignes direkte med verdier beregnet fra starten i senhøst- vinter måneder vist i status rapport (Bergersen et. al. 2014).

Hvert år viser sammenstilling av temperaturen målt i gammel profil **Sør** under nytt bygg med ny profil **nord** på utsiden. Data fra året 2013 er beregnet på alle årstider, 2014 alle årstider pluss vinter månedene tom april i 2015. Perioden fra alle årstider 2016 til juli 2017 er beregnet sammen.

I rapporten har vi også beregnet medianverdier\* for hvert av de ulike år med overvåking. Medianverdier gir mer riktig verdi hvis dataene fluktuerer mye. I dette overvåkingsprosjektet varierer verdiene lite, slik at medianverdien blir mer lik gjennomsnittverdien

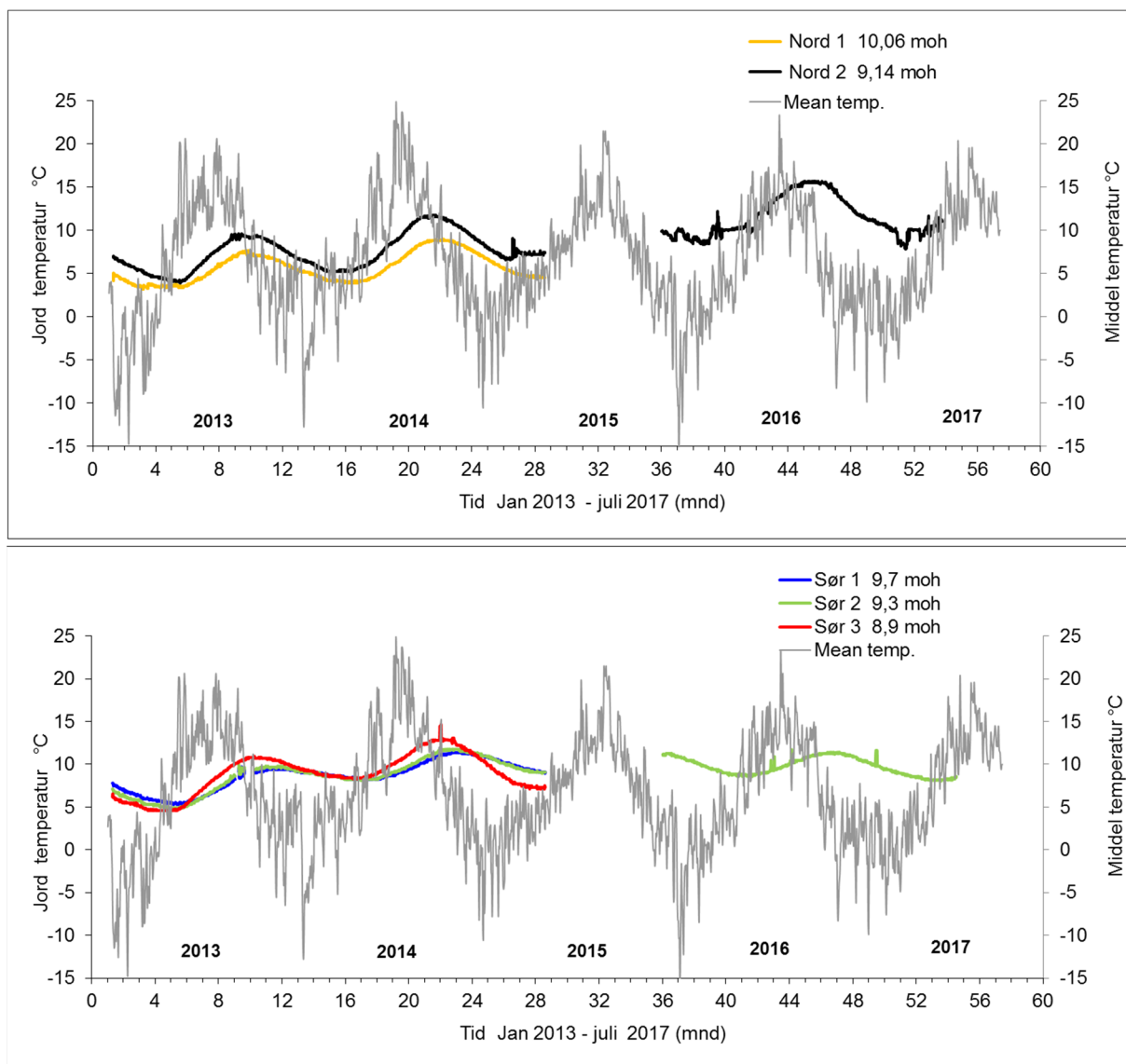
*\* Median verdi: I statistikk er median et sentralitetsmål som defineres som verdien til tallet som deler et utvalg i to deler slik at hver del har like mange elementer. Fordelen ved å bruke median i forhold til middel, eller gjennomsnittverdi er at median er stabil overfor ekstreme observasjoner (som blant annet kan fremkomme ved målefeil).*

Jordtemperaturen fra målingene i 2013 når huset ikke var ferdigstilt viste små forskjeller mellom ny og gammel profil. Gjennomsnitt og medianen ble beregnet til omkring 5 og 7 °C i 2013, mens den i 2014 viste temperatur på 9,6 °C (9.7 moh.) profil **sør** som ligger tett opp til nytt bygg (Tabell 3). I ny profil **nord** utenfor nytt bygg var temperaturen lavere på 6 °C ved øvre lag på 10,1 moh. i 2014. Forskjellene i beregnet gjennomsnittlig jordtemperatur i øvre del av ny profil **nord** utenfor nybygg sammenlignet med gammel profil **sør** under nybygg var ca. 2 °C i 2013 og ca. 3,3 °C i 2014 (Tabell 3).

Ved å sammenligne maks temperaturen i de ulike år og begge profiler ser en at den er ulik profilene seg imellom årene 2013 til april 2015 på 10-12 °C ved 9,14 moh. profil **nord** og 9.3 moh. profil **sør**.

Maks jordtemperaturen beregnet fra 2016 til juli 2017 i de samme kulturlag sees en økning ute i profil **nord** med 4 °C høyere temperatur til 15,7 °C mot 11.7 °C i **sør** som ikke er gunstig med tanke på bevaring av organisk materiale hvis luft trenger inn (Tabell 3).

Tabell 3 viser også noe høyere gjennomsnitt temperaturer fra 2016 til juli 2017 ute (profil **nord** ved 9.14 moh.) enn beregnet fra de tidligere år, mens den var mer uforandret ved 9.3 moh. gammel profil **sør** under nybygg. Beregninger viste at gjennomsnittstemperatur ute (**Nord**) hadde steget 3 – 4 °C sammenlignet med de foregående år. Under nytt bygg (profil Sør) lå gjennomsnitt/ median verdien på 9,7 / 9,5 °C. Dette viser at temperaturen ikke har steget vesentlig i kulturlagene under nytt bygg.



**Figur 4.** Miljøovervåkingsdata av jordtemperatur fra jan 2013 til juli 2017 i Nord (ny profil) på utsiden av nybygg over og Sør (gammel profil) under nytt bygg nede. De ulike kulturlag og sensorplasseringer er vist ved ulike høyder over havet. Kun sensor 2 nord og 2 sør virket helt til slutt i måleperioden. De andre er defekte. Målingene er sammenstilt med middel utetemperatur (data fra [www.yr.no](http://www.yr.no)) i sentrum av Trondheim.

Så lenge temperaturen ikke ligger noe særlig høyere enn 10 °C blir det kun spekulasjoner å si at kulturlagene har dårligere forhold under et nytt bygg sammenlignet med utenfor. Vi er mer usikker på hva som skjer på utsiden over tid med evt. økt jordtemperatur.

Mikrobiologisk aktivitet og naturlig nedbryting av organisk materiale i kulturminne prøver har vist at temperaturen påvirker nedbrytningshastigheten i større grad fra 15 °C og oppover. Ved 10 °C skjer dette svært langsomt både med og uten oksygen til stedet.

Studier på nedbryting av organisk materialet ved NIBIO (Petersen, Anna Helena & Bergersen, Ove. 2016) og undersøkelser utført ved Nationalmuseet i Danmark (Hollesen & Matthiesen, 2011) viser at ved omkring 10 grader skjer det svært lite, mens fra 10 og 15 °C øker nedbrytningshastigheten vesentlig, spesielt med oksygen tilgjengelig. Uten oksygen til stedet vil tungt nedbruttbart materiale som for eksempel trevirke være mer beskyttet over tid.

Temperaturen målt i **Nord** profilen følger de temperaturer målt tidligere på nabotomten illustrert i vedlegg 3. Her ble det overvåket kulturlag 2 m under asfalt i perioden 2004-2007, som viste lave temperaturer på 5 - 6 °C i vinterhalvåret, men noe høyere i sommerhalvåret på 16-17 °C.

**Tabell 3. Jordtemperaturen i kulturlag vist som maks, min, median og gjennomsnittsverdier i overvåkingsårene 2013 (rød), 2014 til april 2015 (gul), og 2016 & 2017 (grønn).**

2013	Ny profil utside		Gammel profil under bygg		
	Nord	Nord	Sør	Sør	Sør
	10,06 moh	9,14 moh	9,7 moh	9,3 moh	8,9 moh
Temperatur °C					
Min	3.2	3.9	5.3	4.9	5.3
Maks	7.7	9.6	9.7	9.9	9.7
Median	4.9	6.7	6.7	6.4	6.7
Gjennomsnitt	5.1	6.8	7.2	7.0	7.2

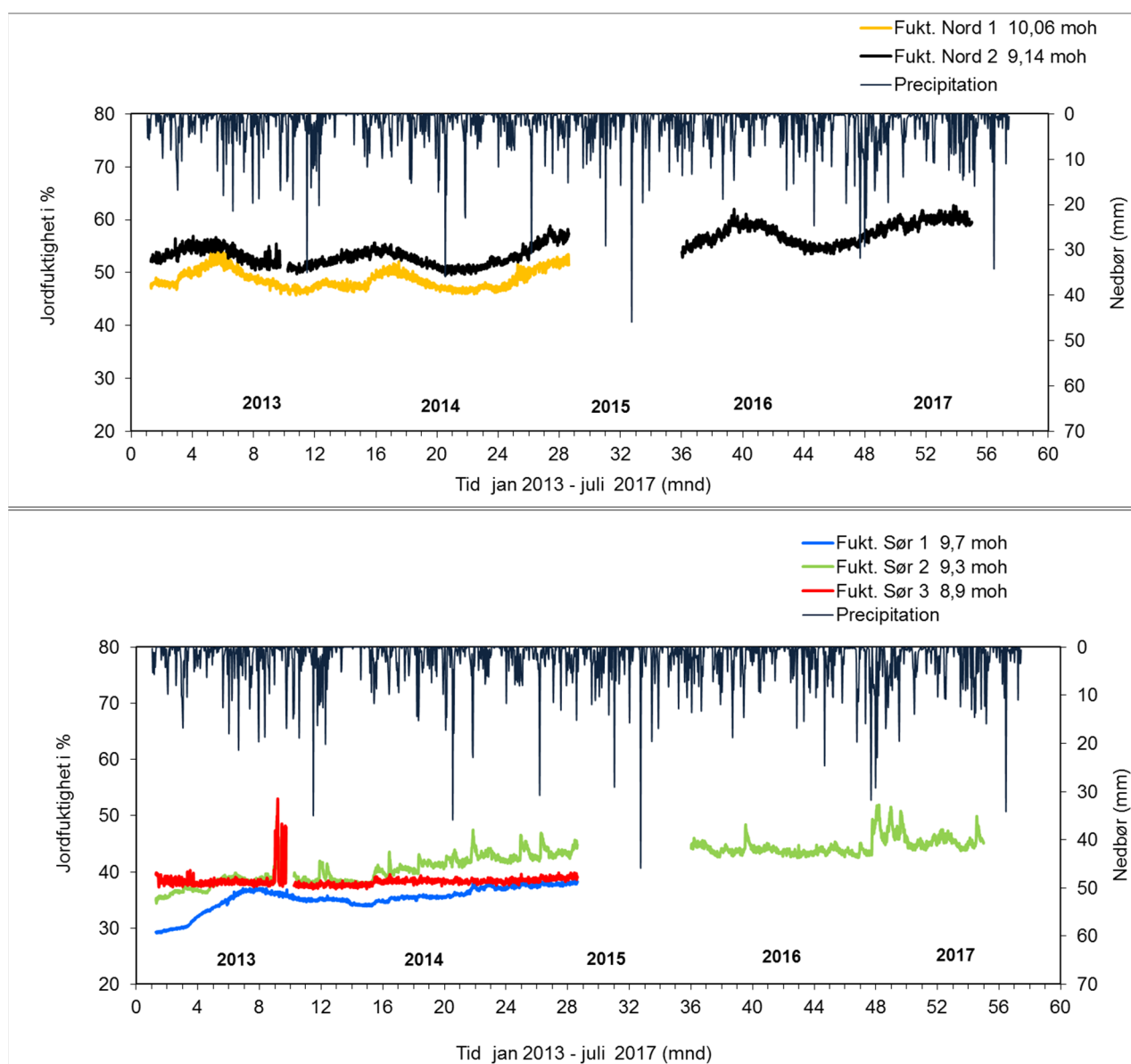
2014 - april 2015	Ny profil utside		Gammel profil under bygg		
	Nord	Nord	Sør	Sør	Sør
	10,06 moh	9,14 moh	9,7 moh	9,3 moh	8,9 moh
Temperatur °C					
Min	3.9	5.2	8.2	8.1	7.1
Maks	8.9	11.7	11.4	11.8	14.7
Median	5.4	7.4	9.4	9.4	9.2
Gjennomsnitt	6.0	8.0	9.6	9.7	9.8

2016 til 2017	Ny profil utside		Gammel profil under bygg		
	Nord	Nord	Sør	Sør	Sør
	10,06 moh	9,14 moh	9,7 moh	9,3 moh	8,9 moh
Temperatur °C					
Min		7.9		8.0	
Maks		15.7		11.7	
Median		10.7		9.5	
Gjennomsnitt		11.6		9.7	

Jordfuktigheten i kulturlagene er stabile, men det ble påvist generelt høyere jordfuktighet i profil **Nord** utenfor hus (omkring 48 -50 %) over alle år, sammenlignet med profil Sør (omkring 36 til 40 %) beregnet som median og gjennomsnittsverdier (Tabell 4). Jordfuktighet stemmer overens med de kjemiske analyser av jordprøvene utført før overvåkingen startet (Tabell 2). Kurver over jordfuktighet for hele måleperioden på utsiden (**Nord**) og under nytt bygg (**Sør**) er vist i Figur. 5. Bygget ble ferdigstilt i 2014 og infiltrasjon av takvann under nedbørrike perioder skjedde fra 2014.

Jordfuktigheten var høyest ved 9.14 moh. i profil **Nord** og ble beregnet til gjennomsnittlig 53 % de første tre år, men økte til 58 % siste perioden 2016 til 2017. I øvre profil **Sør** under nytt bygg viser noe høyere jordfuktighet i kulturlagene på 9.7 og 9.3 moh. (Tabell 4). Det øvre laget på 9.7 moh. har vist en svak økning i jordfuktigheten fra 35 – 38 % i starten, mens det midterste laget på 9.3 moh. har økt ytterligere fra 38 tidligere til 46 % i 2017 (Figur 5 bunn). Det kan se ut som om høyere nedbørsperioder i 2017 har gitt denne økning og at infiltrasjon av takvann har virket positivt. Kulturlaget i det dypeste kulturlag ved 8.9 moh. har vist stabil jordfuktighet på 38 % i hele perioden utstyret virket.

Allikevel viser begge profilene små svingninger i jordfuktighet i perioder med mer nedbør. Stabilitet er gunstig for god bevaring av kulturlag in Situ..



**Figur 5.** Miljøovervåkingsdata av jordfuktighet fra jan 2013 til juli 2017 i Nord (ny profil) på utsiden av nybygg over og Sør (gammel profil) under nytt bygg nede. De ulike kulturlag og sensorplasseringer er vist ved ulike høyder over havet. Kun sensor 2 nord og 2 sør virket helt til slutt i måleperioden. De andre er defekte. Målingene er sammenstilt med middel mm nedbør (data fra [www.yr.no](http://www.yr.no)) i sentrum av Trondheim.



Tabell 4. Jordfuktigheten i kulturlag vist som maks, min, median og gjennomsnittsverdier i overvåkingsårene 2013(rød), 2014 til april 2015 (gul) og 2016 & 2017 (grønn).

2013	Ny profil utside		Gammel profil under bygg		
Fuktighet	Nord	Nord	Sør	Sør	Sør
%	10,06 moh	9,14 moh	9,7 moh	9,3 moh	8,9 moh
Min	45.8	49.8	29.1	34.4	36.9
Maks	54.3	56.9	37.2	52.0	52.7
Median	48.4	52.8	35.0	38.3	38.0
Gjennomsnitt	48.9	53.0	34.1	38.2	38.3

2014 til april 2015	Ny profil utside		Gammel profil under bygg		
Fuktighet	Nord	Nord	Sør	Sør	Sør
%	10,06 moh	9,14 moh	9,7 moh	9,3 moh	8,9 moh
Min	46.0	49.5	33.9	37.4	36.9
Maks	53.5	58.9	38.7	47.5	39.8
Median	48.0	52.9	35.9	42.0	38.4
Gjennomsnitt	48.6	53.1	36.2	41.8	38.4

2016 til 2017	Ny profil utside		Gammel profil under bygg		
Fuktighet	Nord	Nord	Sør	Sør	Sør
%	10,06 moh	9,14 moh	9,7 moh	9,3 moh	8,9 moh
Min		53.5		42.5	
Maks		62.7		51.9	
Median		57.8		44.1	
Gjennomsnitt		57.7		44.6	

### 3.3 Jordfuktighet sammenstilt med redokspotensialet i jordprofilene

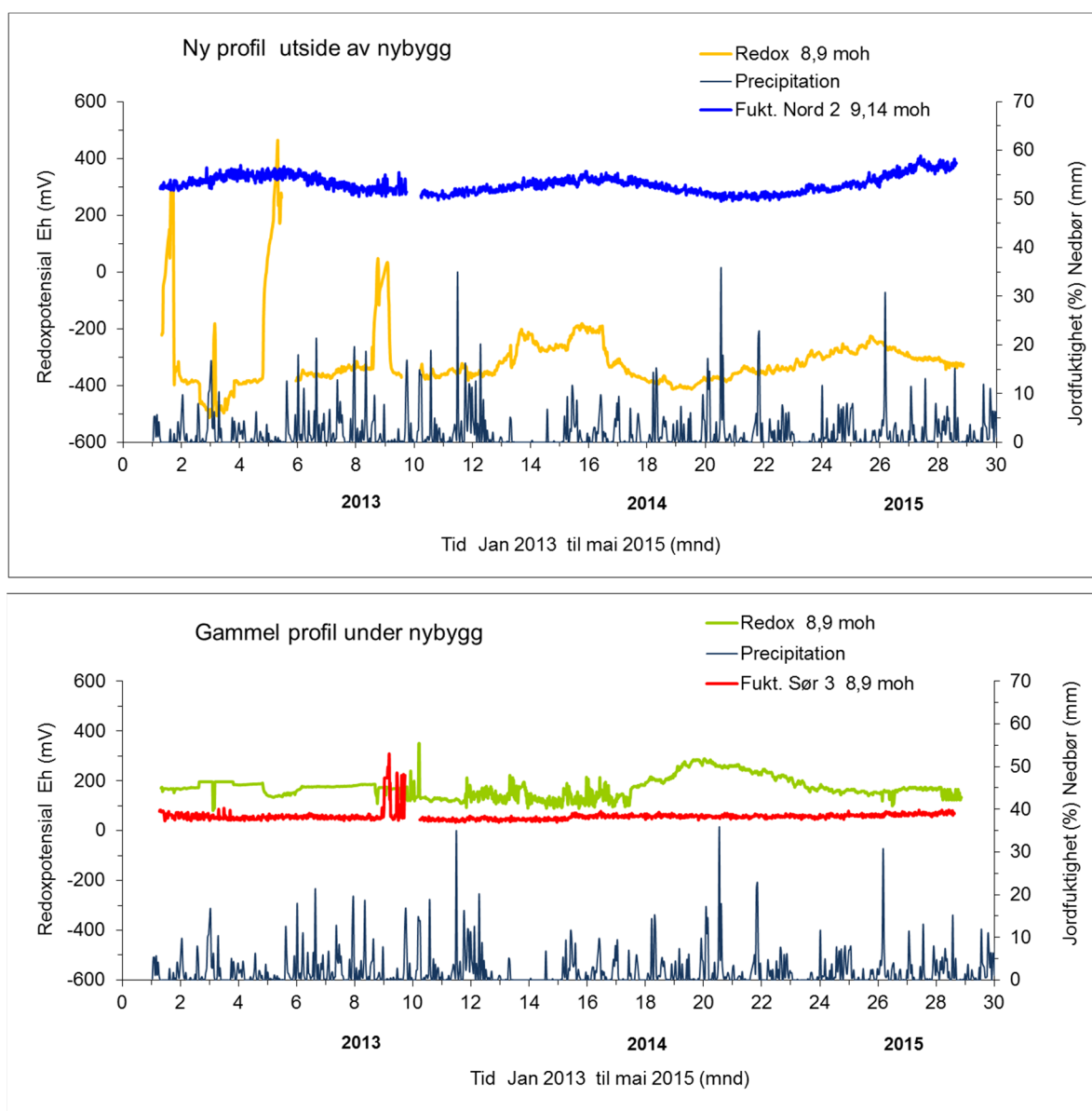
Det første året med overvåkingsresultater viser forskjell i **nord** og **sør** profilen når fuktighet og redoksforhold sammenstilles (Figur 6). Disse redoksmålinger er utført med glasselektroder og de er omregnet. Allikevel ga disse redoks målinger en god indikasjon på hvordan forholdene var i profilene mens sensorene var i drift.

Med høyere jordfuktighet i umetta jordprofil synker redokspotensialet og viser at det er lite plass i jordas porevolum til oksygen (Figur 6 over) noe som gir bedre bevaringsforhold. Her steg redokspotensialet under nedbørfattige perioder noe, men ikke mer enn at det fortsatt var anoksiske forhold vist ved negative redoksverdier.

Gjennomsnittverdien i de ulike år av overvåkingsperioden ble beregnet til -306, -318 og -287mV (Tabell 5). Stabil høy fuktighet henger ofte sammen med hvor gode bevaringsforhold man har og hvilket redokspotensialet som oppstår i kulturlagene.

Kulturlagene som fikk plassert sensorer for overvåking viste gode til utmerkede bevaringsforholdene målt i ny profil, **Nord** (Tabell 2, Vedlegg 2). Her ble det også påvist høyere andel organisk materiale

som igjen kan holde bedre på jordfuktigheten. **Nord** profilens sensorer skulle teoretisk kunne være mer påvirket av nedbør enn under nytt bygg. Likevel viser sammenstillingen av både jordfuktighet og redokspotensialet noen svingninger de første årene av overvåkingen (Figur 6 over). En ser av figur 6 at i korte nedbørfattige perioder stiger redokspotensialet i korte perioder selv om fuktigheten er stabil.



**Figur 6.** Miljøovervåkings data fra jan 2013 til mars 2016 i to profilvegger. Nord (topp) ligger på utside av bygg, mens sør profilen (bunn) ligger under nytt bygg. Redokspotensial er sammenstilt med nærmeste jordfuktighets sensorer vist ved høyde over havet. Målingene er også sammenstilt med mm nedbør/døgn (data fra [www.yr.no](http://www.yr.no)) i sentrum av Trondheim.

Etter både lave og nedbørsrike perioder kan det slås fast at redoksforholdene i kulturlagene i **nord** profilen ikke har forandret seg mye, men har heller stabilisert seg noe i de 3 årene sensorene virket 2013, 2014 og 2015.

I **sør** profilen under nytt bygg hvor jordfuktigheten var lavere (38 %) ble redoksforholdene målt med positivt fortegn, hvor gjennomsnittet ble beregnet til +162, +187 og +158 mV fra de 3 ulike år av overvåkingen når sensorene virket (Tabell 5). Disse verdier tilsier lavt oksygeninnhold i profilen når målinger er lavere enn +200 mV. Data fra overvåking i grunnvannsbrønner og spesielt i profiler i umetta sone med oksygensensorer sammen med redokssensorer har vist dette (Figur 7).

Korrelasjonsberegninger mellom oksygen innholdet målt i grunnvann og redoksforholdene, viser at redokspotensialet målt lavere enn + 200 mV gir oksygen målinger mellom 0,12 og 0,15 mg per L og ikke lavere (Figur 7). Først når redokspotensialet øker over + 200mV, sees en økning i målt oksygen innhold. Ved + 200mV sees en slag kritisk grenseverdi og over denne verdien er det mulig å måle økning i oksygen. Til sammenligning ligger oksygeninnhold i luft på omkring 12 mg per L.

Figur 6 under fra **Sør** profilen viser stabil jordfuktighet ved 8.9 moh. og redoksforholdene steg noe i løpet av 2014. Jordfuktigheten økte fra 38 % til 45 % de siste 2 år av overvåkingen ved 9.3 moh. Hvorvidt redokspotensial har sunket eller ikke pga. høyere fuktighet 40 cm høyere oppe i profilen fikk vi ikke svar på siden redoksensorene sluttet å virke i våren 2015. Vi kan ikke si med sikkerhet om ekstra infiltrasjon av regnvann fra tak har fordelt seg i hele profilen, siden flere av fukt/temperatur sensorene på 9.7 og 8.9 moh. også sluttet og gi logiske og troverdige resultater de siste to årene.

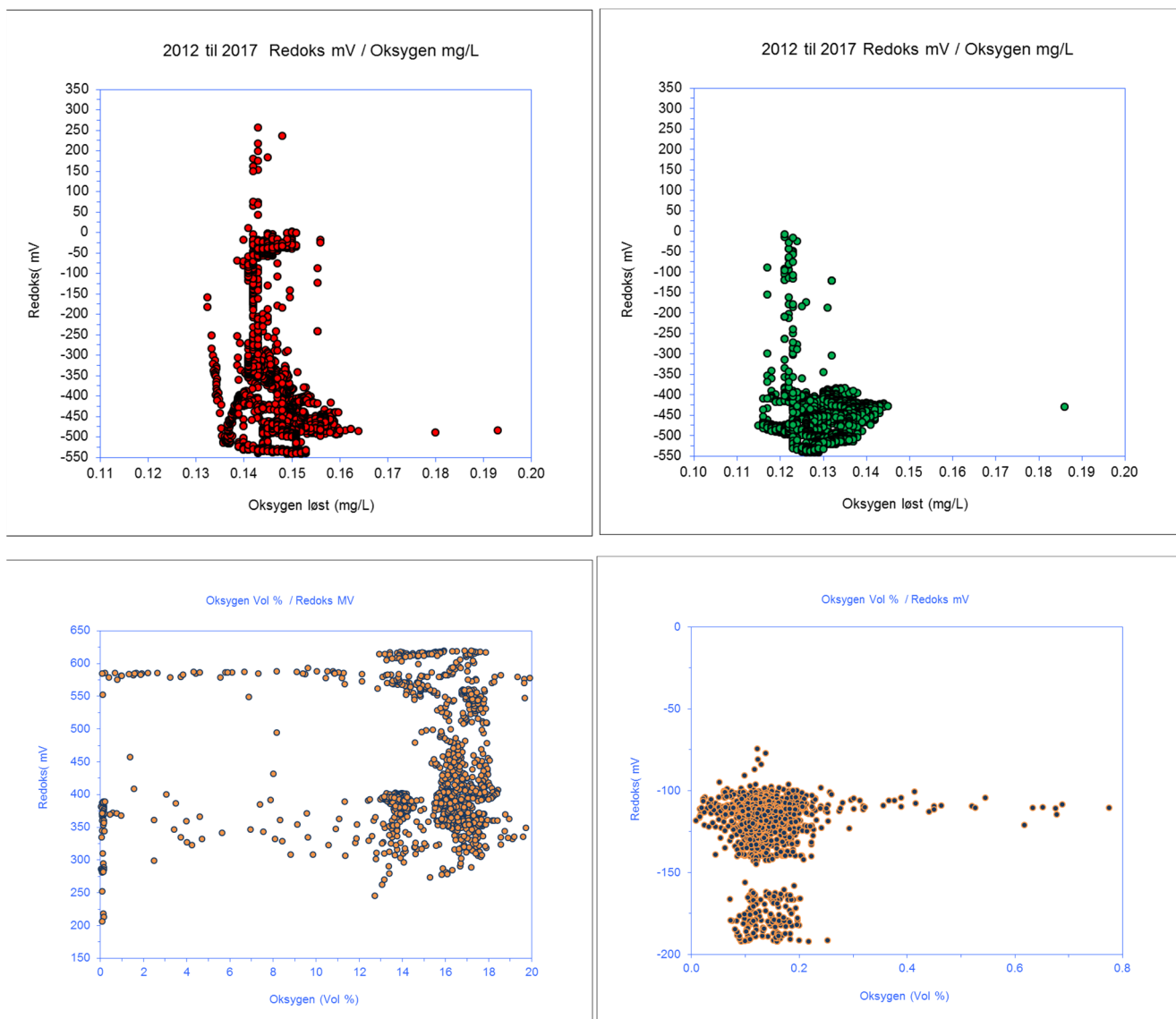
All økningen av jordfuktigheten vil virke mer beskyttende for kulturlagene. Overvåkingen skjer i umettet sone og tilført vann følger de fysiske lover og finner raskest vei ned i dypet under kulturlagene og ikke horisontalt inn i lagene. Slik NIBIO ser det har stabilitet og bevaringsforholdene under nybygget ikke blitt forverret etter 2015.

**Tabell 5. Redoksforhold i kulturlag vist som maks, min, median og gjennomsnittsverdier i overvåkingsårene 2013 (rød), 2014 (gul) og jan. ut april i 2015 (blå).**

Redoks- forhold	Ny profil utside	Gammel profil under bygg
	Nord 8,9 moh.	Sør 8,95 moh.
<b>2013</b>	mV	mV
<b>Min</b>	-513	81
<b>Maks</b>	461	350
<b>Median</b>	-358	170
<b>Gjennomsnitt</b>	-306	162

Redoks- forhold	Ny profil utside	Gammel profil under bygg
	Nord 8,9 moh.	Sør 8,95 moh.
<b>2014</b>	mV	mV
<b>Min</b>	-413	89
<b>Maks</b>	-182	288
<b>Median</b>	-332	182
<b>Gjennomsnitt</b>	-318	187

Redoks- forhold	Ny profil utside	Gammel profil under bygg
	Nord 8,9 moh.	Sør 8,95 moh.
<b>Jan - april 2015</b>	mV	mV
<b>Min</b>	-344	123
<b>Maks</b>	-226	174
<b>Median</b>	-293	159
<b>Gjennomsnitt</b>	-289	158



**Figur 7. Punktdiagram og korrelasjon mellom målt redokspotensialet og innhold av oksygen i mettet sone fra grunnvannsbrønner i flere år (over). Redokspotensialet på +200 mV og lavere gir oksygen verdier i størrelsesorden 0,11-0,15 mg per L. I umettet sone fra to ulike kulturlag fra en profil viser hovedtyngden av målinger fra +300mV og oppover viste høyere oksygen verdier på 12 til 18 Vol %, mens med negative verdier av redokspotensial fra -100 og ned til -200 mV viste at hovedtyngde av oksygenkonsentrasjonene registrert lå mellom 0,1 til 0,2 Vol % (under).**



## 4 Sammen drag og Konklusjoner

Rapporten oppsummerer alle årene av overvåking av kulturlag under og ved siden av et nytt bygg i kvartalet Schultz gate, Munkhaugveita, Presidentveita, Munkegata gnr/bnr 400/21, 102,129 i Trondheim. Data for overvåkingene er hentet fra jordtemperatur, jordfuktighet og redoksforhold i kulturlagene fra umettet sone. Data fra januar 2013 til mai 2015 er presentert for alle tre måleparameter. Kun en fuktighet og en temperatur sensor ga oss videre data i de resterende år 2016 og 2017 fra hver sin profil på 9 moh.

Miljøovervåkingen fra jan 2013 og ut april 2015 viser høyere jordfuktighet i nordre profil som ligger på utsiden av nytt bygg. Her er det fortsatt reduserende forhold omkring -280 mV, noe som viser at oksygen ikke er til stede og at organiske materiale fra kulturlagene er mer beskyttet for å bli nedbrutt.

I profilen **sør** under etablert nytt bygg er jordfuktigheten noe lavere, sammenlignet med profilen utenfor **nord**. Redoksforholdene som er målt tilsier at det heller ikke er mye oksygen i kulturlagene under nytt bygg selv om verdiene ligger mellom +150 til +180 mV.

Temperaturen er forholdsvis lik i begge jordprofiler. Temperaturen i kulturlagene i **nord** profilen påvirkes litt mer av middel ute temperatur enn jordtemperaturen i kulturlagene under nytt bygg. Ute har gjennomsnitt temperaturen steget over tid, mens den er mer stabil litt under 10 °C under nytt bygg (**Sør** profilen). Dette viser at nytt bygg ikke har gitt dramatisk økning i jordtemperaturen. Her viser gjennomsnitt temperaturen 2-3 °C stigende verdi etter oppstart og er mindre påvirkning av utetemperatur. Ute har gjennomsnitt temperaturen steget 4-5 °C. Maksimum temperatur i perioder ute (**nord** profilen) er målt til 16 °C sammenlignet med kun 11 °C under nytt hus (**Sør** profilen). Temperaturer lavere en 10 °C gir lav nedbrytingsrater av organisk materiale.

Vi kan ikke ut fra dette overvåkningsprosjektet si at nytt bygg har forverret bevaring av kulturlagene siden vi ser en økning i jordfuktigheten ved 9,3 moh. profil **Sør** 2014 til 2017.

Overvåkingen i disse årene indikerer at nytt bygg virker stabiliserende for de underliggende kulturlagene i profil **Sør**.

# Litteraturreferanser

- Bergersen, O. & Hartnik, T. 2008. Tilstandsvurdering av kulturlag i Schultz gata-Trondheim. Bioforsk Rapport 3 (7). 17 s
- Bergersen, O. T. E. Nytrøen & Ø. Rise. 2014. Miljøovervåking av kulturminner i kvartalet Schultz gate, Munkhaugveita, Presidentveita, Trondheim kommune, Sør Trøndelag. Statusrapport I for perioden 2013-2014. Bioforsk rapport 9/103/2014.
- Bergersen, O. 2016. Miljøovervåking av kulturminner i kvartalet Schultz gate, Munkhaugveita og Presidentveita i Trondheim Statusrapport II for perioden 2013, 2014 & 2015. NIBIO rapport 2/64/2016, ISBN 978-82-17-01635-9.
- Hollesen, J. & Matthiesen, H. 2011. The effect of temperature on the decomposition of urban layers at Bryggen in Bergen. Nationalmuseet in Denmark. Report no. 11031048. 2011.
- Petersén, A. & Bergersen, O. 2013. Kvartalet Schultz gate, Munkhaugveita, Presidentveita, Munkegata gnr/bnr 400/21, 102,129, Trondheim kommune, Sør- Trøndelag, (TA 2012/25) NIKU rapport 151/2012. Bioforsk rapport 8/52/2013.
- Petersen, Anna Helena; Bergersen, Ove. 2016. In situ preservation in the unsaturated zone: Results from environmental investigations at the "Schultz gate" case study in the medieval town of Trondheim, Norway. Conservation and Management of Archaeological Sites 2016; Volume 18. (1-3) s. 181-204
- Riksantikvaren & NIKU 2008. *The Monitoring Manual. Procedures and Guidelines for Monitoring, Recording, and Preservation Management of Urban Archaeological Deposits.*
- Standard Norge 2009. Norwegian Standard 9451:2009. Cultural Property. Requirements for Environmental Monitoring and Investigation of Archaeological Deposits.

# Vedlegg

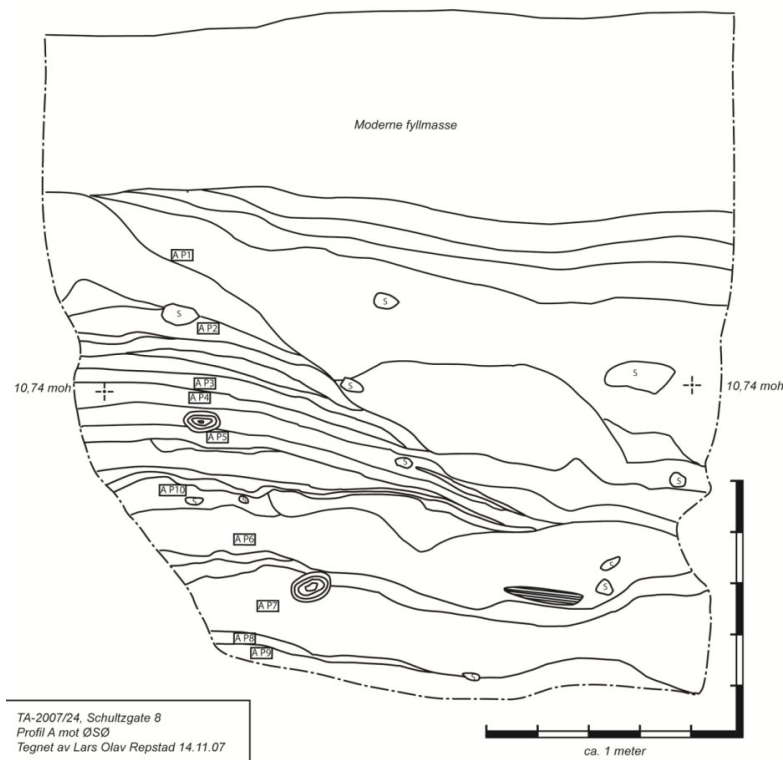
## Oversikt over vedlegg

Nr.	Emne
1	Illustrasjon av profilvegg hvor sensorer ble installert
2	Oversikt over bevaringstilstand og bevaringsforhold i begge profiler fra jordprøver analysert etter installasjon av måleutstyr.
3	Tidligere overvåkingsdata fra Kvartalet
4	Felt rapport på skader av utstyr5
5	SOPS skala som benyttes etter Norsk Standard (NS 9451:2009)

## Vedlegg 1. Illustrasjon av profilvegg hvor 4 sensorer ble installert

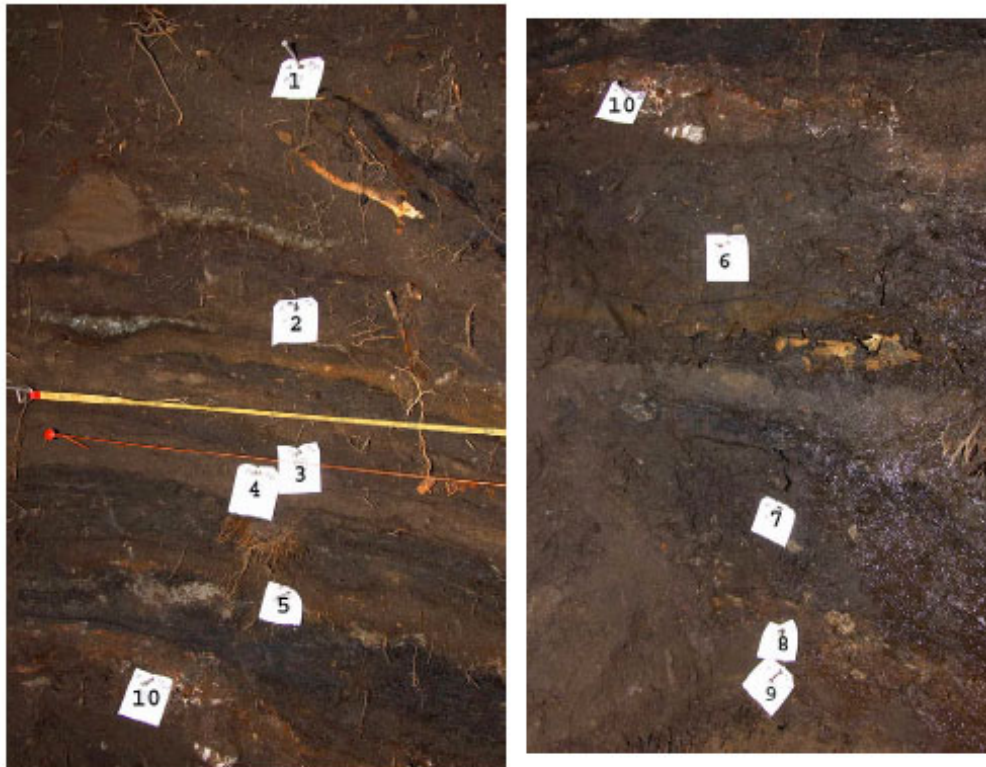


Profil **Sør** med sensorer plassert i topp, midten og bunn. (Foto Anna H. Petersén NIKU). En kan se tydelig økning av røtter fra et tre like ved profilen.



Tegning av profil **sør** (Bioforsk rapport Vol 3. nr 7.2008).

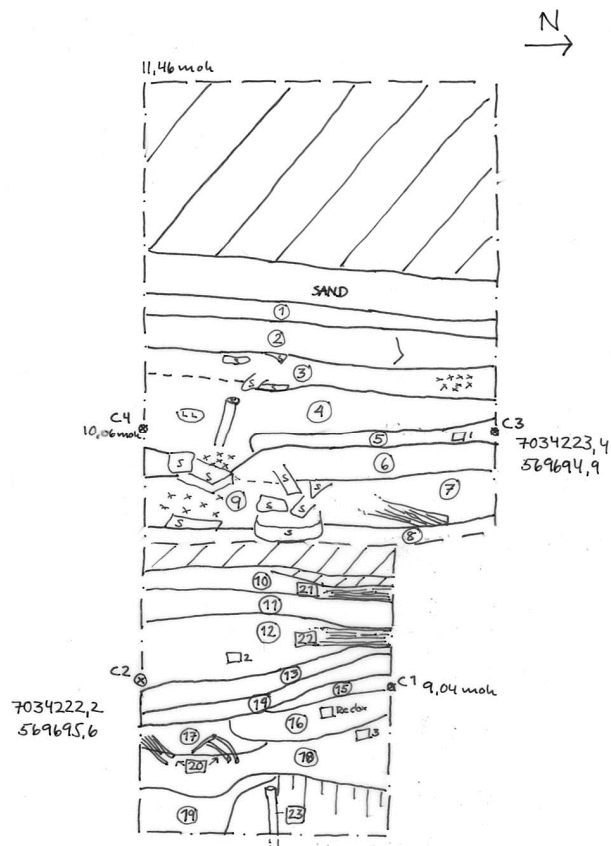




Profil **Sør**: Øvre del venstre og nedre del høyre slik den så ut under forundersøkelsen i 2007.  
(Foto Ove Bergersen NIBIO).



Profil **Nord** hvor den øverste sensoren ble plassert i øvre del og resterende i nedre del (Foto Anna H. Petersén NIKU),



Tegning av profil **Nord**. (Petersén A. H. & Bergersen. O 2013)

## Vedlegg 2

Oversikt over bevaringsforhold ved begge områder som er overvåket. Her er jordprøver tatt ut og analysert i 2007 og 2012 før installasjon av måleutstyr. Dette er beskrevet i mer detalj i Bioforsk rapporter (Bergersen, O. & Hartnik, T. 2008) og (Bergersen, et al. 2014).

### Sammenstilling av redoks og bevaringsforhold fra kjemiske analysedata:

#### Sør profil fra 2012 (rød) og i samme profil A fra 2007 (svart).

År		moh	Nitrat - N (mg/kg TS)	Ammonium-N (mg/kg TS)	Sulfat (mg/kg TS)	Sulfid (mg/kg TS)	Jern (II) (mg/kg TS)	Jern (III) (mg/kg TS)	Andel av Jern (II)	Redoksforhold	SOPS
2007	Profil A 4	9.9	10	<0,2	19	5	11	201	5%	Nitratred. til oksiderende	A2
2007	Profil A 5	9.8	<0,2	119	2	0	42	84	33%	Oksiderende	A2
2012	Sør 1	9.7	1.5	185	1577	50	65	279	19%	Oksiderende	A1
2007	Profil A 6	9.6	<0,2	179	438	247	122	< 0,1	101%	Metanogen til sulfatred.	A5
2012	Sør 2	9.3	9.3	19	721	41	119	180	40%	Nitratred. til oksiderende	A2
2007	Profil A 7	9.1	2	81	118	389	274	12	96%	Sulfatreduserende	A4
2007	Profil A 8	8.9	11	<0,2	101	0	29	164	15%	Nitratred. til oksiderende	A2
2012	Sør 3	8.8	1.0	24	1271	29	58	691	8%	Oksiderende	A1

<0.1 = under deteksjonsgrensen

### Sammenstilling av redoks og bevaringsforhold fra kjemiske analysedata:

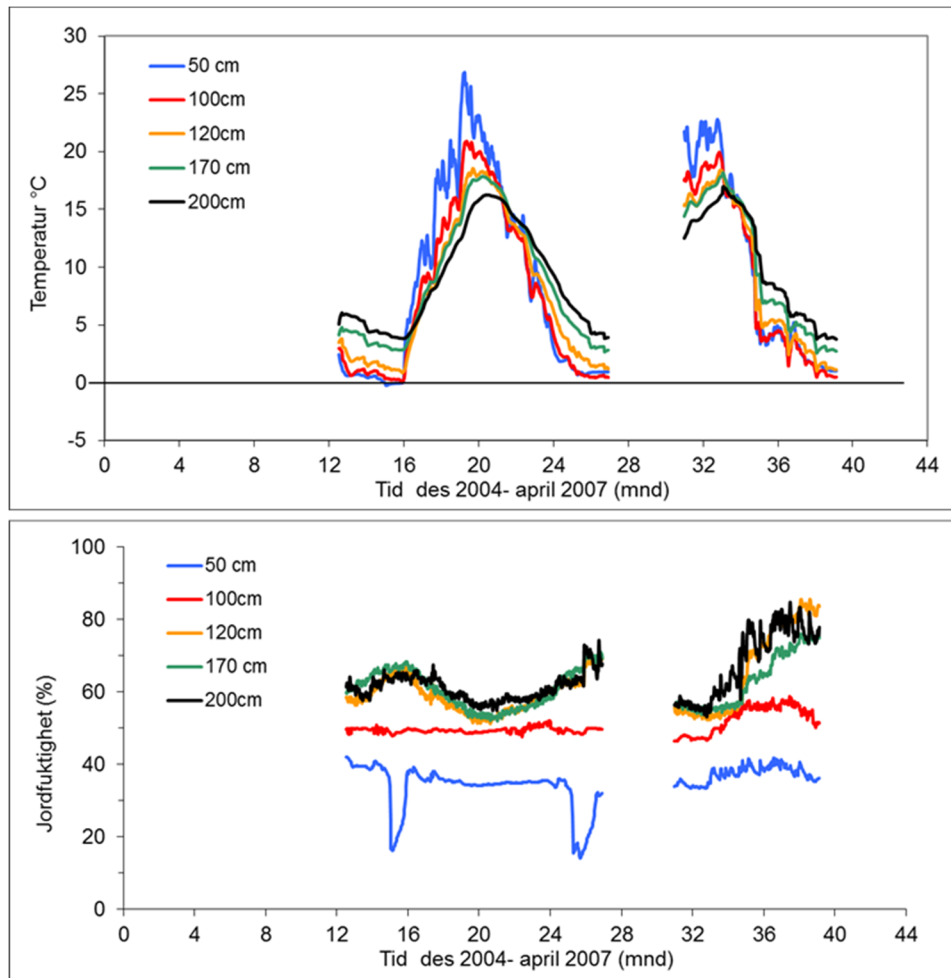
#### Nord profil fra 2012(rød) og i bore pkt. fra 2007 (svart).

År		moh	Nitrat - N (mg/kg TS)	Ammonium-N (mg/kg TS)	Sulfat (mg/kg TS)	Sulfid (mg/kg TS)	Jern (II) (mg/kg TS)	Jern (III) (mg/kg TS)	Andel av Jern (II)	Redoksforhold	SOPS
2007	Borepkt 2-2	10.3	61	<0,2	402	97	84	< 0,1	100 %	Nitrat til sulfatred.	A4
2012	Nord 1	10,1	0.7	16	211	111	118	10	92 %	Sulfatreduserende	A4
2007	Borepkt 2-4	10.1	<0,2	11	557	327	7	72	75 %	Sulfatreduserende	A4
2007	Borepkt 2-6	9.9	<0,2	80	160	105	138	52	73 %	Sulfatreduserende	A4
2007	Borepkt 2-7	9.6	<0,2	116	259	178	155	< 0,1	100 %	Metanogen til sulfatred.	A5
2012	Nord 2	9.1	1.0	18	754	129	451	25	95 %	Metanogen til sulfatred.	A5
2012	Nord 3	8.8	1.0	104	1044	43	319	171	65 %	Sulfatreduserende	A4

< 0.1 = under deteksjonsgrensen

### Vedlegg 3

Overvåkingsdata fra tidlige 2004-2007 i nærheten av Schulz gt Trondheim.



## Vedlegg 4

### Rapport om feilsøking ved Schulzt gt i Trondheim

#### 1. Innledning

Dette er en feilsøkingssrapport for overvåkingsutstyr av temperatur, jordfuktighet og redoksforhold i område ved Munkehaugsveita i Trondheim i forbindelse med oppdrag fra NIKU

#### 2. Resultat av utarbeidelse av feilsøking

##### **MET Controller SN259 adr. 33:**

Denne «MET Controller» kunne ikke kontakte SEBA logger og den er helt ødelagt.

Bilder nede viser MET Controller.

##### **MET Controller SN258 adr. 32:**

Denne «MET Controller» kunne kontakte SEBA logger, men kunne ikke skifte programmet til 33. Verken skifte programmet til 32 eller 33. Denne «MET Controller» er delvis ødelagt.

Bilder nede viser av den MET Controller

##### **NY «MET Controller» SN258 adr. 32:**

Den ble montert og den viser en av sensorene virker helt normal og andre tre sensorene viser feil verdier. Det er mulig å vise feil verdier enten kontakt i rekkeklemmer eller sensorer.

18.12.2015

Srikanthapalan Muthulingam

Måleteknisk gruppe i NIBIO

## Vedlegg 5

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

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

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

**Tabell 1 – Bevaringsskala som angir tilstanden i kulturlaget**

Posisjon i relasjon til grunnvann	Bevaringsgrad					
	0 (Ingen)	1 (Elendig)	2 (Dårlig)	3 (Middels)	4 (God)	5 (Utmerket)
Over grunnvann (umettet sone) = A	A0	A1	A2	A3	A4	A5
Overgangssone (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 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 (fluktuerende vann) = B	B1	B2	B3	B4	B5
I grunnvannet (mettet sone) = C	C1	C2	C3	C4	C5





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

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

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

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