

## Bioforsk Rapport

Vol. 5 Nr. 29 2010

# Utfyllende jordkjemisk vurdering av bevaringsforhold i kulturlag

Faglig vurdering av risiko ved bygging på kulturlag  
i området Schultzgate - Munkhaugveita

Thomas Hartnik, Ove Bergersen

Bioforsk - Jord og miljø



Hovedkontor  
Frederik A. Dahls vei 20,  
1432 Ås  
Tlf: 03 246  
Fax: 63 00 92 10  
post@bioforsk.no

Bioforsk Jord og miljø  
Frederik A. Dahls vei 20  
1432 Ås  
Tlf: 03 246  
Faks: 63 00 94 10  
jord@bioforsk.no

<b>Tittel/Title:</b> Utfyllende jordkjemisk vurdering av bevaringsforhold i kulturlag - faglig vurdering av risiko ved bygging på kulturlag i området Schultzgata - Munkhaugveita
<b>Forfatter(e)/Autor(s):</b> Thomas Hartnik, Ove Bergersen

<b>Dato/Date:</b> 29.1.2010	<b>Tilgjengelighet/Availability:</b> Åpen	<b>Prosjekt nr./Project No.:</b> 2110690	<b>Arkiv nr./Archive No.:</b>
<b>Rapport nr./Report No.:</b> 5(29) 2010	<b>ISBN-nr.:</b> 978-82-17-00617-6	<b>Antall sider/Number of pages:</b> 15	<b>Antall vedlegg/Number of appendix:</b>

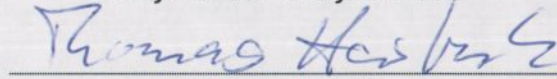
<b>Oppdragsgiver/Employer:</b> Riksantikvaren	<b>Kontaktperson/Contact person:</b> Sissel Ramstad Skoglund
--	---

<b>Stikkord/Keywords:</b> Redoksforhold, bevaring, kulturminner, arkeologi, nedbrytning Redox conditions, preservation, archaeological remains, degradation	<b>Fagområde/Field of work:</b> Jordkvalitet Soil quality
---	---

**Sammendrag**  
Denne rapporten supplerer tidligere undersøkelser av bevaringsforhold i kulturlag i Trondheim og gir en mer utfyllende redegjørelse om hvordan bevaringsforholdene vurderes på bakgrunn av fysisk-kjemiske undersøkelser. Rapporten beskriver de viktigste faktorene som påvirker nedbrytning av kulturlag og gir en generell veiledning av hvordan forskjeller i bevaringsforhold og bevaringstilstand kan interpreteres med hensyn til forvaltningen av fredete kulturlag.  
I tillegg utdyper rapporten hvorfor bevaringsforholdene av kulturlag på to tilstøtende tomter i Trondheim (Gnr. 400/Bnr. 102, 129 og Bnr. 104 - 106) er forskjellige, hvilke faktorer som påvirker miljøforholdene i de konkrete tilfellene, og om bygging av et hus på en av tomtene kan ha negativ innvirkning på bevaringsforholdene i de stedelige kulturlagene. Det er foreslått tiltak for å hindre en forverring av bevaringsforholdene som kan skyldes byggeaktivitene, samt miljøovervåking for å dokumentere utvikling av bevaringsforholdene i kulturlagene.

<b>Land/fylke:</b>	Sør Trøndelag
<b>Kommune:</b>	Trondheim
<b>Sted/Lokalitet:</b>	Munkehaugveita

Godkjent / Approved  
  
for Roald Sørheim  
forskningsjef

Prosjektleder / Project leader  
  
Thomas Hartnik  
forsker

# Innhold

1.	Bakgrunn .....	3
2.	Forklaringsmanual .....	4
2.1	Forklaring av viktige begrep .....	4
2.2	Sårbarhetsanalyse - bevaringstilstand og bevaringsforhold .....	4
2.3	Faktorer som påvirker bevaringen av kulturlag .....	5
2.3.1	Stabile og ustabile forhold .....	5
2.3.2	Nedbrytning av organisk materiale og organiske gjenstander .....	5
2.3.3	Nedbrytning av metallgjenstander, keramikk og bein .....	6
2.3.4	Når har nedbrytningen av kulturlag skjedd? .....	6
2.4	Fysisk-kjemiske parameter som brukes i karakterisering av bevaringsforhold .....	7
2.4.1	Innhold av organisk materiale. ....	7
2.4.2	Vanninnholdet eller hvor tørre lagene er: .....	7
2.4.3	Ledningsevne og pH: .....	8
2.4.4	Jern Fe II og Fe III.....	8
2.4.5	Nitrogenforbindelsene NO <sub>3</sub> og NH <sub>4</sub> .....	8
2.4.6	Svovelforbindelsene SO <sub>4</sub> og H <sub>2</sub> S .....	8
3.	Vurdering av kulturlag i kvartalet Schultz gata - Munkhaugveita -Munkegata-Presidentveita, Trondheim .....	10
3.1	Bevaringstilstand og -forhold på tomt Gnr 400/Bnr 102, 129 .....	10
3.1.1	Kulturlag og deres bevaringstilstand .....	10
3.1.2	Trær forserer nedbrytning av kulturlag.....	10
3.1.3	Kulturlag er utsatt for nedbrytning oven- og nedenfra .....	10
3.2	Bevaringstilstand og -forhold på tomt Gnr 400 / Bnr 104-106 .....	11
3.2.1	Hvorfor er bevaringsforholdene på tomt Gnr 400/Bnr 104-106 bedre enn på nabotomten til tross for lavere organisk innhold?.....	11
3.3	Relevante tiltak for å forbedre bevaringsforhold i kulturlag i forbindelse med husbygging på tomt Gnr 400/Bnr 102, 129 .....	13
3.3.1	Infiltrasjon av takvann .....	13
3.3.2	Fundamentering, utskifting av masser og overflatedekke.....	14
3.3.3	Trær med dyptgående røtter .....	14
3.4	Miljøovervåking .....	14
4.	Referanser .....	15

# 1. Bakgrunn

Fra 2007 til 2009 ble det gjennomført arkeologiske og geokjemiske undersøkelser på ulike tomter i kvartalet Schultz gate – Munkhaugveita – Munkegata-Presidentveita (GNR./BNR. 400/102, 104 – 106, 129) i Trondheim (figur 1). Undersøkelsene er beskrevet i følgende rapporter:

NIKU Nr. 24 – 2007/Bioforsk Vol 3, Nr. 7 (2008)  
 NIKU Nr. 37 – 2009/Bioforsk Vol 4, Nr. 29 (2009)



Figur 1: Undersøkt tomter i kvartalet Schultzgate-Munkehaugveita

Bevaringstilstand og –forhold på de undersøkte tomtene Munkehaugtveita 3 – 7 og kvartalet Schultz gate/ Munkehaugtveita/ Presidentveita/ Munkegata varierer fra utmerket til elendig. Variasjoner i bevaringen ble både observert i dybde og i utstrekning, noe som gjør det vanskelig å vurdere konsekvenser av inngrep i forbindelse med byggeprosjekter og utvikle egnede tiltak som forhindrer tap av verdifulle kulturverdier.

I denne forbindelse ønsker Riksantikvaren en redegjørelse på hvordan bevaringsforholdene påvirkes av planlagte bygingsprosjekter og om tiltak for å sikre bevaring av kulturlag vil være nødvendig.

## 2. Faktorer som påvirker bevaring av kulturlag

### 2.1 Forklaring av begrep

**Reduserende (reduktive) forhold:** Ved reduserende forhold blir nitrogen-, svovel- og jernforbindelser redusert av mikroorganismer. Det finnes svakt reduserende og sterkt reduserende forhold. Jo mer reduserende redoksforholdene er, jo flere forbindelser foreligger som reduserte spesies. Avhengig av forbindelsen som blir redusert, snakker man om nitratreduserende, jern- og manganreduserende, sulfatreduserende og metanogene forhold.

Kort sagt:

Reduserende forhold - Jordanalysene viser mye redusert jern (Fe II), sulfid og ammonium  
 Oksiderende forhold - Jordanalysene viser mye oksidert jern (Fe III), lite sulfid og ammonium.  
 Jo mer redusert redoksforholdene er, jo lavere er nedbrytningsaktiviteten i kulturlag.

**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 nedbrytningsaktivitet enn ved anaerobe forhold.

NB! Under ustabile forhold hvor luft og vann tilføres, vil arkeologiske gjenstander lettere og raskere bli brutt ned. Ved slike forhold vil man ofte observere lavt innhold av organisk materiale og det vil være vanskeligere å finne tydelige spor av menneskelig aktivitet (arkeologiske gjenstander).

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

NB! Anaerobe forhold oppstår når luft ikke trenger inn i lagene og ved svært lav vannstrømning. Tungt nedbrytbar organisk materiale som for eksempel tre, nøtter eller bein blir ikke brutt ned ved slike forhold: Kulturlag vil være beskyttet og muligheten for å finne tydelige spor av menneskelig aktiviteter (arkeologiske gjenstander) er tilstede for fremtiden.

### 2.2 Sårbarhetsanalyse - bevaringstilstand og bevaringsforhold

Når det gjennomføres en sårbarhetsanalyse av kulturlag, foretas det en arkeologisk undersøkelse av bevaringstilstand og en geokjemisk analyse av bevaringsforhold i alle relevante kulturlag. Den arkeologiske bevaringstilstanden beskriver kvalitativt hva kulturlagene består av og hvor mye de enkelte komponentene er brutt ned. Dermed beskriver bevaringstilstanden den historiske nedbrytningen til i dag.

Bevaringsforholdene i kulturlag omfatter de kjemiske, fysiske og biologiske forhold i kulturlag som bestemmer nedbrytningshastigheten i kulturlag. Bevaringsforholdene sier noe om risiko for nedbrytning av kulturlag under de nåværende forholdene og i fremtiden (hvis ikke forholdene endrer seg som følge av menneskelig inngrep).

## 2.3 Faktorer som påvirker bevaring av kulturlag

### 2.3.1 Stabile og ustabile forhold

Stabile miljøforhold i kulturlag kjennetegnes av lav variasjon av de fysiske-kjemiske egenskaper. Ved lav vann- og lufttransport i lagene vil kulturlagene være beskyttet mot nedbrytning. Slike forhold finnes i myrområder der nedbrytning av torvlagene er hemmet på grunn av høy vannmetning og lite vannutskifting. I kulturlag med slike stagnante forhold vil det heller ikke foregå nevneverdig nedbrytning. Kjemisk eller mikrobiologisk nedbrytning kan kun skje over lengre tid hvis næringsstoffer og oksygen (eller andre stoffer som mikroorganismer omsetter) transporteres til kulturlag og stoffene som produseres under nedbrytningen transporteres bort. Hvis dette ikke skjer, vil mikroorganismene etter hvert forgifte sitt eget miljø og nedbrytningen vil stanse.

Nedbrytning av kulturlag skjer i hovedsak ved ustabile miljøforhold. Ved disse forholdene varierer fysiske-kjemiske egenskaper som for eksempel temperatur, fuktighet eller pH-verdi i stor grad. Det kan forventes en betydelig transport av luft og vann gjennom lagene som transporterer både oksygen og andre forbindelser til kulturlagene og ta med seg stoffene som mikroorganismer eller de kjemiske prosessene produserer. Slike forhold fungerer som en pumpe som holder nedbrytningsprosessen i gang.

### 2.3.2 Nedbrytning av organisk materiale og organiske gjenstander

I naturen foregår nedbrytning av organisk materiale 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 ( $\text{NO}_3^-$ ) og enda mindre ved å bruke treverdige jern,  $\text{Fe(III)}$ , fireverdige mangan ( $\text{Mn(IV)}$ ), sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) eller oksidert organisk materiale. I naturen kan vi derfor observere at organiske gjenstander blir raskest brutt ned ved aerobe forhold med oksygen til stede. Når all oksygen er brukt opp og nitrat er tilstede i lagene, blir forholdene nitratreduserende. Deretter følger mangan-, jern- og sulfatreduserende forhold, før en får metanogene forhold.

Under metanogene forhold observerer man den langsamste nedbrytningen av organisk materiale. Nedbrytningshastigheten vil som oftest avta i rekkefølge nitrat-, mangan-, jern-, sulfatreduserende til metanogene forhold. Et unntak for dette er når sulfat kontinuerlig transporteres til kulturlagene med sjøvann.

Risikoen for nedbrytning av organisk materiale kan dermed vurderes ved å karakterisere redoksforhold i kulturlag og lagene rundt kulturlag. Oksidative og nitratreduserende forhold kan som regel karakteriseres som dårlige bevaringsforhold, mens sulfatreduserende og metanogene forhold kjennetegner bra til utmerkete bevaringsforhold.

Redoksforholdene påvirkes i stor grad i hvilken grad oksygen kan transporteres ned i kulturlagene. Porøsiteten av over- og underliggende lag, samt vanninnhold i lagene påvirker i stor grad oksygentransport.

Faren for nedbrytning av organisk materiale vil derfor være mindre i lag som er vannmettet (under grunnvannspeil) enn i umettete kulturlag (der en del av porene er fylt med luft).

### 2.3.3 Nedbrytning av metallgjenstander, keramikk og bein

For metallgjenstander og keramikk er surhetsgraden (pH-verdi) den viktigste enkeltparameter som påvirker nedbrytning og korrosjon. Ved lav pH-verdi foregår korrosjon av metallgjenstander raskere enn ved nøytrale (pH 7) og basiske forhold. I tillegg til pH-forholdene spiller redoksforholdene en rolle i korrosjon av metallgjenstander. Korrosjon av metallgjenstander foregår kun når oksygen er til stedet i kulturlagene. Ved sterkt reduserende forhold (jern-, sulfatreduserende eller metanogene) forhold korroderer metaller ikke lenger, og det kan til og med dannes et beskyttende lag av metallsulfider på overflaten av metallgjenstander. Derfor virker reduserende redoksforhold positivt for bevaringen av metallgjenstander.

Keramiske gjenstander og bein brytes raskere ned under sure forhold fordi viktige elementer løses ut av keramikk og bein ved disse forholdene. Disse elementene er viktige for den fysiske stabiliteten av keramikk og bein, og utvaskingen vil på sikt føre til oppsmuldringen og forvitring av disse gjenstandene. I motsetning til metallgjenstander har redoksforhold ikke en stor betydning for bevaringen av keramiske gjenstander og bein. Det skal imidlertid nevnes at pH-verdien i kulturlag er ofte basisk ved reduserende forhold, mens den er sur ved oksiderende forhold.

### 2.3.4 Når har nedbrytningen av kulturlag skjedd?

For å kunne utvikle effektive tiltak mot nedbrytning av kulturlag og for å kunne vurdere dårlige bevaringstilstand ut fra forvaltningssyn, er det relevant å få stadfestet

- om en eventuell dårlig bevaringstilstand skyldes tidligere nedbrytning (det vil si at bevaringsforholdene var allerede dårlige når lagene ble akkumulert), eller
- om en eventuell dårlig bevaringstilstand skyldes endringer i bevaringsforholdene av nyere dato.

En vurdering av arkeologisk bevaringstilstand og geokjemiske bevaringsforhold kan i noen tilfeller indikere når nedbrytningen har skjedd:

- Gode bevaringsforhold med sterkt reduserende redoksforhold i kulturlag tyder på at miljøforholdene har vært stabile og at kulturlagene ikke brytes ned i nevneverdig grad så lenge miljøforholdene ikke endres. Hvis den arkeologiske bevaringstilstand i de samme kulturlagene likevel er dårlig, dvs. at arkeologiske gjenstander i stor grad er brutt ned, betyr dette at nedbrytningen har skjedd tidligere under dårligere bevaringsforhold. Enten har nedbrytningen skjedd i tiden da kulturlagene ble akkumulert eller i en tid da miljøforholdene var forskjellige på grunn av særskilte naturlige eller menneskelige faktorer.
- Hvis det er påvist dårlige bevaringsforhold i kulturlag og samtidig en god eller middels arkeologisk bevaringstilstand, har nedbrytningen skjedd i nyere tid og vil fortsette i tiden fremover. I dette tilfelle har bevaringsforholdene antakeligvis vært gode tidligere, men har blitt forverret grunnet menneskelige inngrep.
- Hvis både de geokjemiske bevaringsforholdene og den arkeologiske bevaringstilstanden er dårlige, har nedbrytningen foregått over lengre tid og har resultert i omfattende ødeleggelse av kulturlagene. Avhengig av kulturlagets tykkelse, lagenes porøsitet og organisk andel, samt avstand til grunnvannet vil avgjøre om tiltak kan settes i verk for å hindre videre nedbrytning eller om det bør vurderes en arkeologisk utgraving og dokumentasjon av de arkeologiske levningene.

Nedbrytning av organiske kulturlag er ikke en lineær prosess der nedbrytningen foregår like raskt uavhengig av hvor langt nedbrytningen har kommet. Nedbrytning av organiske kulturlag

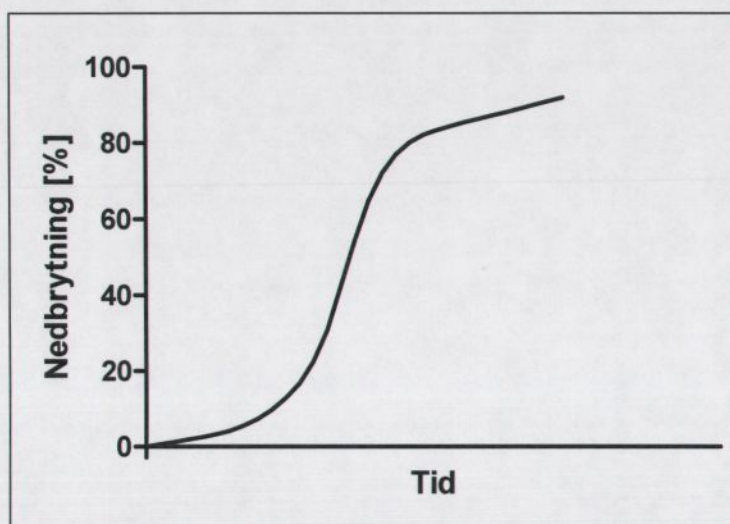
vil i begynnelsen foregå svært langsomt og skje der kulturlag grenser mot andre, mer porøse jordlag.

Deretter vil nedbrytningen skjer raskere. Når organisk materiale blir brutt ned, vil også vanninnholdet i lagene avta (organisk jord har en større vannholdningsevne enn mineralsk jord), og som følge kan luft lettere transporteres gjennom luftfylte porer ned til kulturlagene. På denne måten kan nedbrytning av kulturminner skape forhold som fremmer videre nedbrytning.

Kulturlag som ligger mot porøse jordlag, kan også fungere som beskyttende lag (bufferlag) for inneliggende kulturlag som er omgitt av disse. Inneliggende kulturlag er godt beskyttet mot oksygeninntrengning fordi oksygen brukes opp når organisk materiale i bufferlagene brytes ned. Når disse bufferlagene er brutt ned, kan også de godt beskyttede kulturlagene utsettes for nedbrytning.

I slutten når mesteparten av det organiske materiale er brutt ned, vil kun tungt nedbrytbar organisk materiale være igjen som brytes langsomt ned.

Nedbrytningsforløp kan dermed beskrives som skjematisk vist i figur 2.



Figur 2: Skjematisk nedbrytningsforløp for organiske kulturlag

## 2.4 Fysisk-kjemiske parameter som brukes ved karakterisering av bevaringsforhold

### 2.4.1 Innhold av organisk materiale.

Organisk innhold i jord måles som glødetap etter forbrenning ved 550°C. Viktig parameter for å kunne sammenligne og få informasjon om mektigheten av kulturlagene. Organisk innhold viser også hvor mye som kan brytes ned.

### 2.4.2 Vanninnhold

Stabilt tørre eller vannmettede og tette masser er gunstig for bevaring av kulturlag. I fuktige lag med høyt vanninnhold vil de fleste porene i jord være fylt med vann mens de er fylt med luft i tørre lag. Diffusjon av oksygen foregår betydelig langsommere gjennom vannfylte porer enn gjennom luftfylte porer og dette fører til redusert oksygentransport i fuktige jordlag. Imidlertid må en være oppmerksom på at oksygen kan også transporteres med vann når dette strømmer gjennom jord. Oksygentransport med infiltrert vann er avhengig av hvor mye vann som strømmer gjennom jordlagene i løpet av en viss tid, men i henhold til Matthiesen et al. (2006) er oksygentransport med vann betydelig lavere enn diffusjon gjennom luftfylte porer i kulturlag.



Kulturlag rike på organisk materiale vil også gi stabile forhold fordi organisk materiale holder godt på vann.

### **2.4.3 Ledningsevne og pH:**

pH-verdien i lagene vil gi informasjon om metallgjenstander og bein vil brytes ned. Sistnevnte er beskyttet i basisk miljø men forvitrer sakte i surt miljø. Ledningsevne eller salinitet kan gi informasjon om sjøvann trenger inn i kulturlagene eller ikke. Lav ledningsevne er ikke skadelig, men høy ledningsevne vil fremme korrosjon av metallgjenstander.

Lav pH-verdi i kulturlag kan indikerer at organisk materiale brytes ned under aerobe forhold.

Høy pH-verdi finnes ofte når forholdene er anaerobe.

### **2.4.4 Jern - redusert (Fe II) og oksidert (Fe III)**

Vi måler to former for jern (to- og treverdige jern Fe II, Fe III). Jern II er den reduserte formen av jern og indikerer at lite oksygen har blitt tilført kulturlagene. Slike forhold blir kalt jernreducerende forhold og kjennetegnes ved en høy konsentrasjon av jern II og en lav konsentrasjon av jern III (den oksiderte formen). Jern II oksiderer raskere enn organisk materiale når oksygen trenger inn i kulturlagene og beskytter dermed organisk materiale for nedbrytning.

### **2.4.5 Nitrogenforbindelsene nitrat (NO<sub>3</sub>) og ammonium (NH<sub>4</sub>)**

Høyere konsentrasjon av ammonium (NH<sub>4</sub>) enn nitrat (NO<sub>3</sub>) indikerer reducerende forhold og at luft ikke har vært tilstedet i kulturlagene. Derimot indikerer lavere konsentrasjoner av NH<sub>4</sub> enn NO<sub>3</sub> at luft tilføres kulturlagene. Dette vil igjen gi nitratreducerende forhold.

### **2.4.6 Svovelforbindelsene sulfat (SO<sub>4</sub>) og sulfid (H<sub>2</sub>S)**

Dannelse av sulfid (H<sub>2</sub>S) skjer sterkt reducerende forhold. Sulfid dannes ved at sulfat (SO<sub>4</sub>) reduseres til sulfid. Sistnevnte forbindelse er også veldig sensitiv for luft og blir da oksidert tilbake til sulfat. Derfor observeres ofte høye konsentrasjoner av sulfat samtidig med sulfid. Høye konsentrasjoner av sulfat og lave konsentrasjoner av sulfid i prøver kan imidlertid indikere at luft har trengt inn i kulturlagene.

En oversikt over mengden av de ulike stoffer vi analyserer og hvordan disse blir brukt i vurdering av bevaringsforholdene er vist i tabell 1. Oversikten fungerer som en generell veiledning. Konsentrasjonsnivå av de ulike forbindelsene og forholdet mellom oksiderte og reduserte spesier vil bestemme om bevaringsforholdene er elendige, dårlige, middels bra, bra eller utmerket.

Generelt vil større mengder av forbindelsene NH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S og redusert jern (II) indikere gode til utmerkede bevaringsforhold. Motsatt vil større mengder NO<sub>3</sub>, og oksidert jern (III) indikere at oksygen (luft) har vært tilført lagene.

Tabell 1. Konsentrasjonsnivåer forkjemiske forbindelser fra S3 analysepakke som danner grunnlag for vurdering av bevaringsforhold. Sulfat er ikke tatt med for den følger ofte sulfid konsentrasjonen.

Nitrat	Ammonium	Sulfid	Jern (II)	Jern (III)	Redoksforhold	Bevaring
NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S	Fe <sub>2</sub>	Fe <sub>3</sub>		
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

### 3. Vurdering av kulturlag i kvartalet Schultz gata - Munkhaugveita -Munkegata- Presidentveita, Trondheim

---

#### 3.1 Bevaringstilstand og -forhold på tomt Gnr 400/Bnr 102, 129

##### 3.1.1 Kulturlag og deres bevaringstilstand

Det ble foretatt en arkeologisk og goekjemisk undersøkelse i 2007 på tomt Gnr 400 / Bnr 102,129 (figur 1). Undersøkelsen ble gjennomført på tre utgravete profiler og tre boreprofiler.

Undersøkelsene avdekket kulturlag som var mindre enn 1,5 m tykke. Lagene begynner 0,5 – 1,2 m under markoverflaten. De ligger i umettet sone med mer enn 3 m til grunnvannsnivå. Kulturlagene er dekket med fyllmasser av tidlig moderne karakter. I kulturlagene som ligger under er bevaringstilstanden og –forhold middels til elendig og kun et tynt kulturlag som ligger mellom kote 11 og 10 viser gode bevaringsforhold. Lagene under kulturlagene består for det meste av sandige porøse masser som både drenerer og transporterer oksygen til kulturlagene. Dette påvirker bevaringsforholdene også nedenfra. Kulturlagene med dårlige bevaringsforhold er svakt sure, noe som tyder på at det foregår aerob nedbrytning av organisk materiale.

##### 3.1.2 Trær fremskynder nedbrytning av kulturlag

På tomten er det flere trær med et rotsystem som strekker seg ned til 1,5 m under markoverflaten. Trær kan gjennom rotsystemet aktivt transportere oksygen inn i grunnen og bidrar således til nedbrytning av organisk materiale. Døde røtter kan også danne kanaler i tette masser som muliggjør transport av oksygen og oksygenrikt vann gjennom tette jordlag. Hovedeffekten vil nok være at trær suger vann ut av grunnen gjennom rotsystemet. Dette øker både vannfluks gjennom lagene og fører til en uttørking av grunnen. En slik økning av luftfylte porer gjør det lettere å transportere oksygen til kulturlag.

##### 3.1.3 Kulturlag er utsatt for nedbrytning oven- og nedenfra

Resultatene indikerer at godt bevarte kulturlag er beskyttet av omkringliggende kulturlag som er dårlig bevart, og at slike forhold ikke er stabile nok til å gi gode bevaringsforhold selv for de godt bevarte lagene i lang tid fremover. Lagene som har dårlige bevaringsforhold har fortsatt relativt høy organisk innhold slik at det vil ta noe tid før oksygen vil nå de best bevarte kulturlagene. Kulturlagene er imidlertid ikke spesielt tykke og dårlige bevaringsforhold over og under kulturlagene vil langsamt men sikkert føre til nedbrytning av de organiske lagene. Kantsonen til tomta på begge sider mot Vår Frue kirke og ut mot Munkehaugveita viste tegn på oppgravde masser. Dette kan ha påvirket ustabiliteten i området med tanke på at vann fra de opprinnelige kulturlagene har blitt drenert for vann.

### 3.2 Bevaringstilstand og -forhold på tomt Gnr 400 / Bnr 104-106

Undersøkelsene på denne tomten som ligger på andre siden av gaten (Munkehaugtveita), ble gjennomført i slutten av 2008 (figur 1). Tomten ble kun undersøkt med boreprofiler. Det ble påvist kulturlag med en mektighet på 1,4 – 3,2 m ca. 2 m under markoverflaten. De jordkjemiske målingene viste at alle overflatenære lag hadde oksiderende forhold som er ugunstig for bevaringsforholdene. Kulturlag påvist i den sørlige delen av tomten er med unntak av borepunkt 3 godt bevart i en dybde på 2,5-3,5m under overflaten (kote 7 -10). Dette skyldes reduserende miljøforhold. Leirlag under lagene på 3-4 m ser ut til å ha hatt beskyttende effekt for overliggende kulturlag.

I forhold til nabotomten (Gnr 400/Bnr. 102, 129) er miljøforholdene noe forskjellig. Organisk materiale i alle analyserte prøvene er lavere enn 20% i forhold til 20-50 % i kulturlag fra nabotomten (Gnr 400/Bnr 102, 129) (figur 3).

Vanninnhold var lavere (20-30%) enn ved nabotomten(20-60 %). (figur 3).

pH-verdien i kulturlagene på denne tomten er nøytralt og svakt sur i kulturlag på nabotomt Gnr 400/Bnr 102, 129. Dette indikerer at kulturlag fra nabotomten brytes i sterkere grad ned enn ved denne tomten (Gnr 400/Bnr 104-106).

Det var en tendens til at bevaringsforholdene i kulturlag var noe bedre enn på nabotomten (Gnr 400/Bnr 102, 129). Til tross for lavere organisk innhold i kulturlagene, var bevaringsforholdene bedre i 2-3 m under overflaten.

#### *3.2.1 Hvorfor bevaringsforholdene på tomt Gnr 400/Bnr 104-106 er bedre enn på nabotomten til tross for lavere organisk innhold*

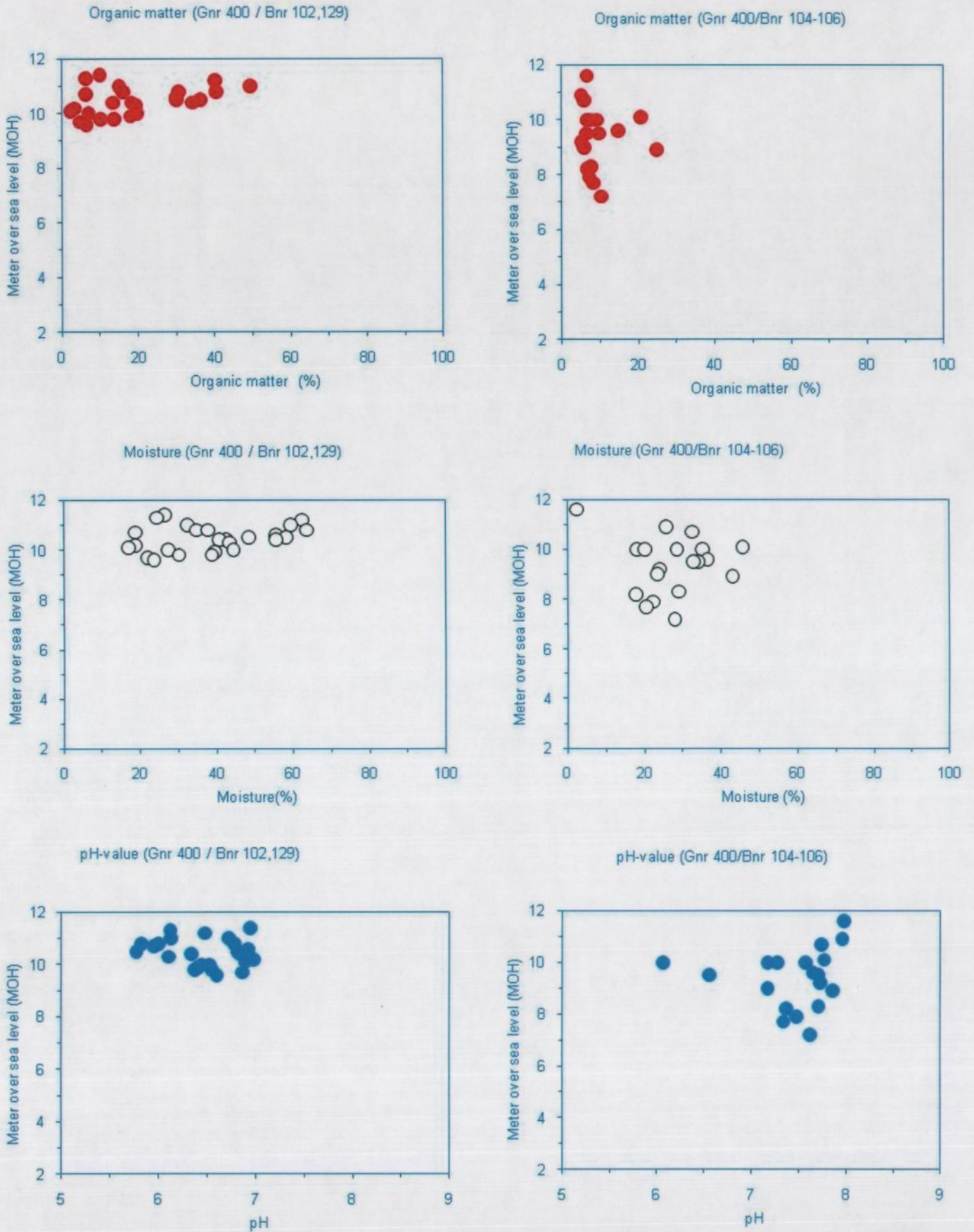
Kulturlag som inneholder lite organisk materiale (< 20%) har vanligvis et dårligere utgangspunkt for bevaring enn kulturlag som inneholder mye organisk materiale. Dette fordi organisk materiale holder veldig godt vann og dermed hemmer transport av oksygen til kulturlagene. Dessuten vil kulturlag med høyt innhold av organisk materiale som grenser til porøse og mineralske fyllmasser, bruker opp oksygen som når lagene. Oksygen brukes opp ved at organisk materiale oksideres.

Det er derfor overraskende at de kulturlag med relativt lav organisk innhold har bedre bevaringsforhold enn lag på nabotomten (Gnr 400/Bnr 102, 129) som har en mye høyere organisk innhold.

En mulig forklaring er at kulturlagene på tomten til bensinstasjonen (Gnr 400/Bnr 104-106) ligger omkring en meter dypere under overflaten enn kulturlagene på nabotomten. Dermed er kulturlagene på tomten til bensinstasjonen antakeligvis bedre beskyttet mot oksygeninntrengning enn på nabotomten.

En annen forklaring er at leirelaget under kulturlaget på tomten til bensinstasjonen (Gnr 400/Bnr 104 – 106) beskytter kulturlagene mot nedbrytning nedenfra. I tillegg vil nedbørsvann som infiltrerer ned i grunnen, holder seg lenger i kulturlagene fordi leirelaget beskytter mot drenering av lagene.

En tredje forklaring er at trær forverrer bevaringsforholdene i kulturlag på tomt Gnr 400/Bnr 102, 129, mens nabotomten er asfaltet.



Figur 3: Innhold av organisk materiale, vann og pH i kulturlag ved tomtene Gnr 400 / Bnr 102,129 og bensinstasjon (Gnr 400/Bnr 104-106).

### 3.3 Relevante tiltak for å forbedre bevaringsforhold i kulturlag i forbindelse med husbygging på tomt Gnr 400/Bnr 102, 129

Det er planlagt å sette opp en bygning på tomt Gnr 400/Bnr 102, 129 mot Munkhaugveita som tetter åpningen mellom de to eksisterende bygningene. Det må regnes med at kulturlagene ligger ca. 0,5 – 1,0 m under bakken og graveaktivitet ned til kulturlagene vil påvirke bevaringsforholdene negativt. Byggeaktivitet kan påvirke både kulturlagene under det planlagte huset og tilgrensende kulturlag. I den arkeologiske forundersøkelsen fra 2007 (Petersén, 2007 og Bergersen & Hartnik, 2008) ble det avdekket at kulturlagene er relativt ustabile og at det er en betydelig risiko for videre forringelse av kulturlagene. Det er derfor viktig at inngrep i grunnen og på overflaten ikke øker risikoen for nedbrytning merkbart.

Etablering av et hus på tomten vil føre til at nedbørsvann ikke kan infiltrere i grunnen på det arealet huset står. Dette kan bety at mindre vann når kulturlagene (i umettet sone), vanninnholdet i kulturlagene avtar og at transport av oksygen ned til kulturlagene øker på grunn av et økt antall av luftfylte porer i jord. I kulturlag med større avstand til grunnvannet (> 1 m) vil lavere vanninfiltrasjon ikke uten videre kunne kompenseres av omkringliggende arealer som ikke er bebygget. Dette gjelder spesielt for større bygninger med et grunnareal på mer enn 100 m<sup>2</sup>.

Det vil imidlertid også transporteres mindre oksygen ned til grunnen på det arealet huset står på, så lenge stedsegne masser ikke erstattes med porøse masser eller fjernes. Dette vil være positivt for bevaringsforholdene og reduserer risikoen for nedbrytning av nærliggende kulturlag. Per i dag er det ikke kjent om effekten av redusert vanninfiltrasjon og redusert lufttransport på grunn av husbygging vil gi totalt en negativ eller positiv effekt på bevaringsforholdene. Til dette er grunnforholdene for lite kjent.

#### 3.3.1 Infiltrasjon av takvann

Det vil sannsynligvis være en fordel hvis nedbørsvann infiltreres i grunnen under bygningens areal for å redusere risikoen for uttørring av kulturlagene. Infiltrasjon av vann og oppfukning av lagene reduserer oksygentransport til kulturlagene og hemmer deres nedbrytning (se kapittel 2.4.2). Dette kan gjøres ved å infiltrere deler av takvannet gjennom infiltrasjonsrør i bakken.

Takvannet samles i en kum eller i et basseng og fordeles derfra i infiltrasjonsrør som er lagt ut under bygningen (mindre enn 30 cm under dagens grunnoverflate). Buffermagasinet bør ha et volum på ca. 6 m<sup>3</sup> og magasinet's bunn skal ligge over infiltrasjonsrørene. Magasinet er koblet til et manifoldrør (75 – 110 mm) som fordeler vannet (filtrert ved 4 mm) til infiltrasjonsrør (stive plastrør med 32 mm diameter). Infiltrasjonsrør legges horisontalt med fall på 0,5% og en avstand på 2 m mellom rørstrengene. Infiltrasjonsrørene bør ha en lengde som ikke overskrider 24 m og det bores 5-8 mm hull langs bunnen og langs toppen av røret med en avstand på 0,5 m. Overskuddsvann som ikke infiltreres i grunnen kan ledes bort ved hjelp av et overløp i buffermagasinet. Det kan være en fordel å fjerne oksygen i takvannet ved å tilsette materiale i buffermagasinet som bruker opp oksygen (for eksempel bark eller jernspon). Dette materialet kan enten blandes med sand og legges i bunnen av magasinet eller tilsettes i permeable sekker som hindrer tetting av infiltrasjonssystemet og raskt kan skiftes ut.

### 3.3.2 Fundamentering, utskifting av masser og overflatedekke

Fundamenteringsteknikker og bygningstekniske løsninger som medfører større inngrep i kulturlagene virker negativt på bevaringsforholdene både i byggeperioden og etter og bør unngås. Det anbefales fundamentering direkte på grunnen ved hjelp av enkeltfundamenter, bankettfundamenter (stripefundamenter) eller plater.

I forbindelse med legging av rør, fundamentering og drenering rundt bygningen skiftes ofte stedsegne masser med porøse pukk- eller grusholdige masser. Porøse masser øker transport av oksygen til kulturlag og fremmer nedbrytning av disse. I tillegg virker porøse lag drenerende og transporterer vann bort fra stedet. Det skal derfor sikres at stedsegne masser i minst mulig grad erstattes med porøse masser. Hvis dette ikke er mulig, skal slike masser tettes mot tilgrensende masser (med tykk plastmembran, bentonitt eller leire).

På arealer som ikke er bebygget, er det viktig at nedbørsvann kan infiltrere i grunnen og holder kulturlagene så fuktig som mulig. På gårdsplasser og parkeringsplasser bør det derfor velges "ikke-tette" overflatedekker (porøs asfalt, brostein, betongkassetter, grusdekke etc.) i stedet for tett asfalt.

### 3.3.3 Trær med dyptgående røtter

En av grunnene for dårlige bevaringsforholdene i profil A på tomten Gnr 400/Bnr 102, 129 er trærne med dyptgående røtter som vokser på område. Det er viktig å unngå at flere slike trær plantes på område. Hvis de eksisterende trærne ikke har en særskilt estetisk og landskapeleg verdi eller er fredet, bør det vurderes å felle de.

## 3.4 Miljøovervåking

For å studere virkningen av byggeaktiviteter på tomten Gnr 400/Bnr 102, 129 på bevaringsforhold i kulturlag, bør det igangsettes overvåking av kulturlagene, om mulig før byggeaktivitetene settes i gang. Overvåkingen bør foregå i 5-10 år etter at bygningen er satt opp.

Primært bør det overvåkes miljøforholdene i umettet sone fordi kulturlagene befinner seg flere meter over grunnvannspeil. Imidlertid kan det være relevant å følge også variasjoner i grunnvannsstand over tid for å vurdere effekten av grunnvannet på kulturlagene. Overvåkingen bør gjennomføres ved hjelp av loggere som automatisk lagrer og overfører måledata fra sondene som er satt ned i kulturlag. Aktuelle måleparametre i umettet sone er oksygenkonsentrasjon, jordfuktighet, ledningsevne og temperatur, i grunnvannet er det tilstrekkelig å overvåke grunnvannshøyde.

Forundersøkelsene har vist at bevaringsforholdene varierer en del mellom de undersøkte lokalitetene. Bevaringsforholdene bør derfor overvåkes på minst 4 ulike steder i 4 dybder under og rundt den nye bygningen.

Endring av miljøparametrene over tid gir mulighet til å studere hvordan bevaringsforholdene utvikler seg og om det er fare for akselererende nedbrytning eller om tiltakene snur trenden og fører til bedre bevaringsforhold over tid.

## 4. Referanser

---

Petersén, A. 2007. Kvartalet Schultz gate – Munkehaugsveita - Munkegata –Presidentveita (Gnr./Bnr. 400/102,129), Trondheim kommune, Sør Trøndelag.

Arkeologisk forundersøkelse (tilstandsvurdering av kulturlag fra boreprøver og profil) i forbindelse med privat forslag til reguleringsplan NIKU rapport 24/2007.

Bergersen, O., Hartnik, Th. 2008. Tilstandsvurdering av kulturlag i Schultz gate –Trondheim. Jordfaglig vurdering av miljøforhold på bakgrunn av laboratorieanalyser. Bioforsk rapport Vol 3 (7) 2008.

Bergersen, O. og Petersén, A. 2009. Forundersøkelse med grunnboring for tilstandsanalyse av bevaringsforhold for kulturlag, Munkehaugsveita 3-7, Trondheim. NIKU nr 37 og Bioforsk rapport Vol 4 (29) 2009.

Matthiessen, H., Dunlop, R., Jensen, J.A., de Beer, H., Christensson, A. Monitoring of preservation conditions at WHS Bryggen in Bergen, Norway. Poster presentation at PARIS 3 conference, 7 – 9.12.2006, Amsterdam, The Netherlands

Sandvik, P.U. 2008. Analyser av makrofossil i sedimentprøver fra kvartalet Schultz gate – Presidentveita, Gnr.400/102,129, Trondheim kommune Sør Trøndelag. Arkeologisk Museum i Stavanger oppdragsrapport B nr 19.2008.