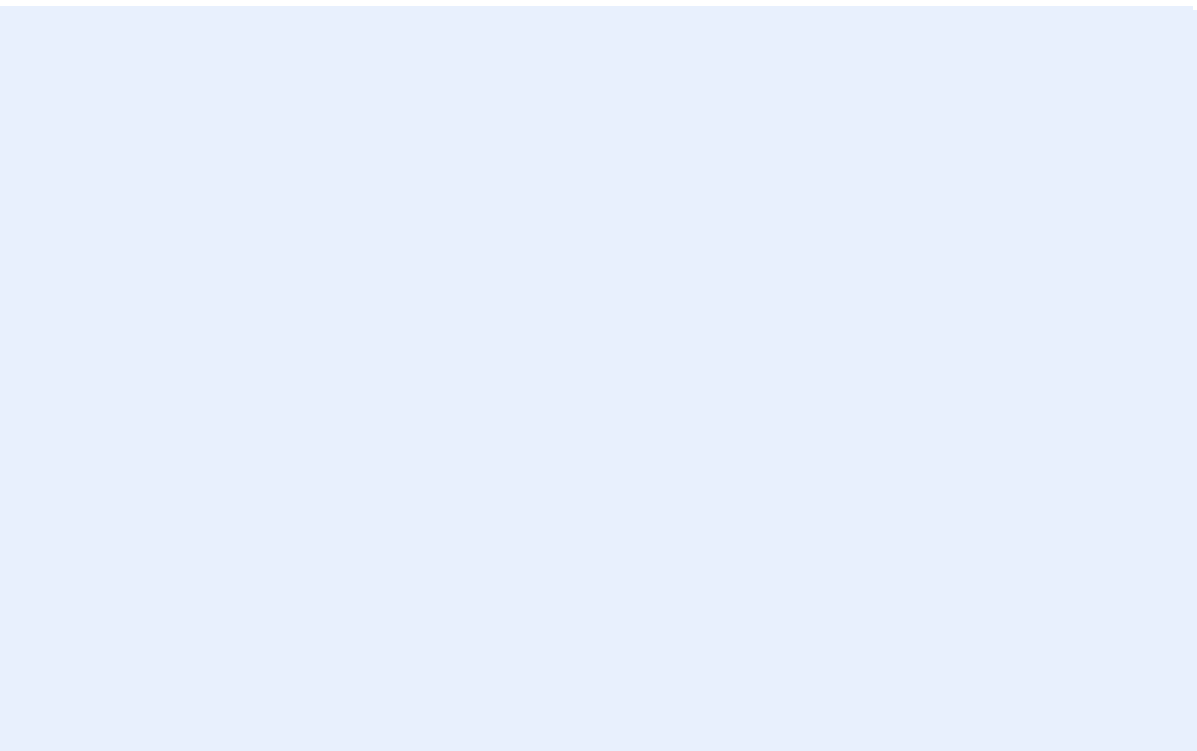


NEDRE LANGGATE 43, TØNSBERG, TØNSBERG KOMMUNE, VESTFOLD

Rapportering etter avsluttet miljøovervåkingsprosjekt 2008 -2012

Petersen, Anna





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

Tittel Nedre Langgate 43, Tønsberg, Tønsberg kommune, Vestfold Rapportering etter avsluttet miljøovervåkingsprosjekt 2008 -2012	Rapporttype/nummer NIKU Oppdragsrapport 188/2013	Publiseringsdato 01.01.2013
	Prosjektnummer 15629000	Oppdragstidspunkt 2008 - 2012
	Forsidebilde	
Forfatter(e) Petersen, Anna	Sider 15	Tilgjengelighet Åpen
	Avdeling Arkeologi	

Prosjektleder Hanne Ekstrøm Jordal
Prosjektmedarbeider(e) Anna Petersén
Kvalitetssikrer Knut Paasche

Oppdragsgiver(e) Riksantikvaren

<p>Sammendrag</p> <p>Rapporten avslutter et miljøovervåkingsprogram 2008 – 2012 på eiendommen Nedre Langgate 43, Tønsberg i forbindelse med nybygg. NIKU har ledet prosjektet og Bioforsk - Jord og miljø på Ås har hatt ansvar for miljøovervåking og rapportering gjennom hele perioden. Prosjektet har bestått av overvåking i områder med mettede og umettede forhold. I mettet sone har tre miljøbrønner målt temperatur, pH, saltinnhold og reduserende forhold fra grunnvann. I umettet sone har sensorer i kulturlagsprofil som målt fuktighet, temperatur og oksygen. Data fra miljøbrønnene har vist gode og stabile forhold, mens data fra umettet sone har vist at bevaringsforholdene ikke er optimale. Det har i tillegg vært utfordringer av teknisk art for måleutstyret i umettet sone.</p>
--

Emneord Arkeologi, Middelalderbyen Tønsberg, Miljøovervåking, Mettet og umettet sone

Avdelingsleder

Knut Paasche

Forord

Rapporten avslutter et miljøovervåkingsprogram 2008 – 2012 på eiendommen Nedre Langgate 43, Tønsberg i forbindelse med nybygg. NIKU har ledet prosjektet og Bioforsk - Jord og miljø på Ås har hatt ansvar for den praktiske gjennomføringen av miljøovervåking og rapportering gjennom hele perioden.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	7
1.1	Bakgrunn	7
1.2	Bestilt tiltak.....	7
1.3	Organisering	8
2	Metode	8
2.1	Rapportering.....	10
3	Resultater	10
3.1	Generell vurdering av kulturlag innen tiltaksområdet etter feltarbeid og analyser i 2008 ..	10
3.2	Resultater fra miljøovervåking	10
3.2.1	Overvåking i miljøbrønner.....	11
3.2.2	Overvåking av kulturlag i jordlagsprofil.....	12
3.3	Sammenfatting	13
3.3.1	Miljøbrønner.....	13
3.3.2	Jordlagsprofil	13
3.4	Sammenfattende kommentarer rundt miljøovervåkingsprogrammet 2008 – 2012 knyttet til Nedre Langgate 43, Tønsberg	14
4	Referanser	14

1 Innledning

Rapporten avslutter NIKUs og Bioforsks miljøovervåkingsarbeid på tomten Nedre Langgate 43 i Tønsberg. Nybygg på Nedre Langgate 43 var prosjektert med pelefundamentering etter godkjent reguleringsplan i 2008, og Riksantikvaren gikk i sin behandling av saken inn for aksept av bygging med pelefundamentering i et område der intakte kulturlag fra middelalder var dokumentert, blant annet i forbindelse med en forundersøkelse i 2007 (Petersén 2007; Bergersen og Hartnik 2008). Med tillatelsen fulgte en rekke krav til utbygger som blant annet omfattet at det ble etablert et miljøovervåkingsprogram med en varighet på 5 år, fra 2008 og til og med utgangen av 2012 som hadde til hensikt å kunne følge kulturlagenes sårbarhet og tåleevne under og etter bygging (se også avsnitt 1.1).

NIKU har samlet Bioforsks rapporter fra overvåkingsperioden 2008 - 2012 sammen med våre egne kommentarer i denne sluttrapport (Vedlegg 1 – 3). Det gjøres rede for prosjektets bakgrunn, organisering og administrasjon. Noen hovedresultater fra miljøovervåkingen med tanke på kulturlagenes sårbarhet og tåleevne er tydeliggjort og diskutert i forhold til den opprinnelige situasjon før bygging, og det er gjort en evaluering av prosjektet som helhet.

1.1 Bakgrunn

Eiendommen på Nedre Langgate 43 brant ned i 2007 og eier ønsket utbygging i samsvar med godkjent reguleringsplan. På høsten 2007 ble det foretatt en forundersøkelse innom tiltaksområdet som omfattet dokumentasjon av kulturlagsmengde og en vurdering tilstand og tåleevne. I forundersøkelsen var kulturlagene dokumentert fra jordlagsprofiler og med hjelp av boring med opptak av boresøyler (Petersén 2008; Bergersen og Hartnik 2008). Det ble registrert gode bevaringsforhold og en kulturlagtykkelse på 2,6 – 2,8 m under kjellergolvet til det nedbrente bygget og 4 – 4,5 m på resten av eiendommen. Kulturlagene innen tiltaksområdet lå i både i, under og over grunnvann, det vil si både i mettet og umettet sone.

1.2 Bestilt tiltak

I sin oppdragsbestilling til NIKU fra februar 2008 gav Riksantikvaren en detaljert spesifikasjon over hva /hvilke kildeverdier man ønsket sikret i forbindelse med det arkeologiske og jordfaglige arbeid.

- I en del av tiltaksområdet der nybygg kom i konflikt med intakte kulturlag skulle det foretas en arkeologisk utgraving.
- I forbindelse med pelefundamenteringen ønsket man dokumentasjon etter gjeldene standard for arkeologisk og jordfaglig metode av kulturlagsøyler fra 12 av til sammen 50 pelepunkter i forbindelse med grunnboring.
- Det skulle tas et utvalg av prøver fra kulturlagene for makrofossilanalyse.
- Det polske firma PAST ved Marcin Gladski skulle engasjeres for en 3-D dokumentasjon av kulturlag på eiendommen med utgangspunkt i boresøylen.
- Etablering av et overvåkingsprogram med varighet på fem år for måling av miljøforhold i mettet og i umettet sone. Programmet skulle inneholde etablering av tre nye miljøbrønner med måling av kjemiske parameter fra grunnvann og måling av jordkjemiske parameter fra jordlagsprofil i tilslutning til nybygg.

NIKU innhentet forslag på alle deler av oppdraget som berørte arkeologisk og jordfaglig arbeid inklusive miljøovervåkingsprogram og geofysisk kartlegging fra Bioforsk- Jord og miljø, og oversendte sin prosjektbeskrivelse inklusive budsjett for hele oppdraget delt opp i «Arkeologisk utgravning, del 1», «Dokumentasjon av jordprøver og jordprøvetaking, del 2», og «Miljøbrønner / grunnvannsbrønner og miljøovervåkingsprogrammet, del 3», til Riksantikvaren i mai 2008.

1.3 Organisering

Prosjektet med delprosjekter har i sin helhet vært organisert av NIKU, og ledet av arkeolog Hanne Ekstrøm Jordahl ved NIKU distriktskontor i Tønsberg.

Delprosjekt 2 og 3 ble innledet med feltarbeid sommeren 2008 og rapport etter avsluttet feltarbeid (Bergersen et al. 2008). Bioforsk- Jord og miljø har hatt ansvar for jordkjemisk arbeid, geofysisk kartlegging, installasjon og oppfølging av overvåkingsutstyr samt analyser og presentasjon av resultater i det 5-årige overvåkingsprogrammet. Bioforsk har også hatt ansvar for årlige statusrapporter. Sluttrapport etter måleperiodens slutt skulle ifølge avtalen gjøres i samarbeid med NIKU. Fra Bioforsk fungerte Forsker Thomas Hartnik som prosjektleder frem til 2010, deretter ble prosjektansvaret overtatt av forsker Ove Bergersen, Bioforsk.

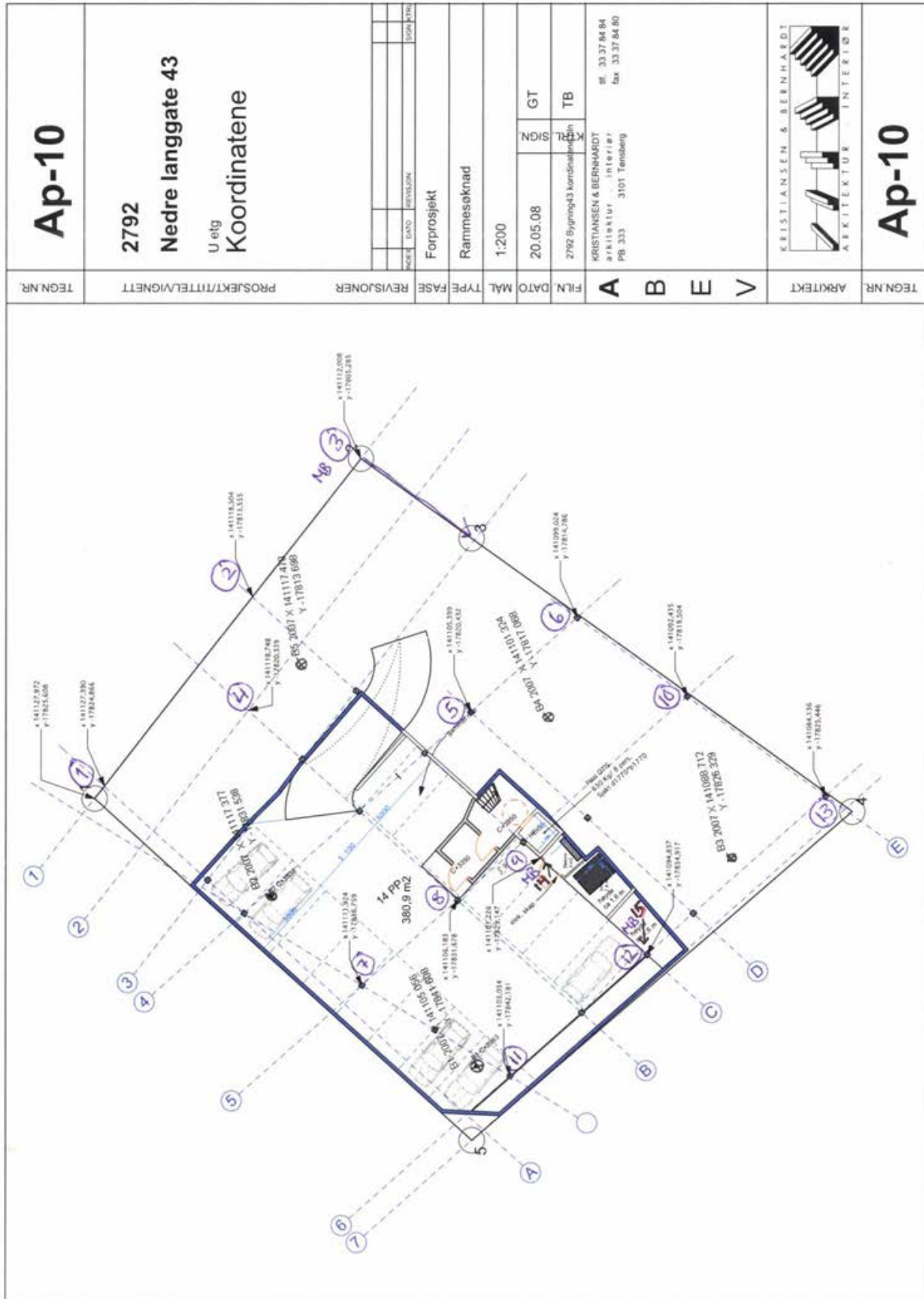
2 Metode

Det ble installert utstyr for måling av oksygen, pH, redokspotensial, temperatur og vannstand i tre brønner innenfor tiltaksområdet i november 2008 (*figur 1*). Det ble brukt automatiske loggere med GSM-modem der data ble lastet ned via oppringing fra mobiltelefon.

I forbindelse med den arkeologiske utgravningen (delprosjekt 1), var en av kulturlagsprofilene mot sør vel egnet for plassering av utstyr og måling av forhold i umettet sone. Profilen kom i nybygg å ligge i tilslutning til trapperommet ned til kjeller omtrent i midten av bygget. Det ble satt inn til sammen 7 sensorer for måling av temperatur, fuktighet og oksygen på ulike nivå i profilveggen. Installasjon ble gjort to ganger i 2008. Etter første gang medførte ristninger i forbindelse med anleggstrafikken at loggene løsnet, men installering ble gjort på ny i november 2008 med bedre resultat. Loggene ble nummerert 55, 57, 60, 62 og 63 og de ble satt inn i dybde 70 – 150 cm målt fra overflaten. Sensor 55 og 60 lå 150 cm under overflaten, sensor 63 på ca. 1 m dybde og sensor 57 og 62 lå 70 cm under overflaten.

Den geofysiske kartleggingen av området ble utført av Bioforsk ved Ester Bloem. Metoden målte elektrisk resistivitet og ble brukt til å kartlegge lagdeling i de østlige deler av tomten. Kartleggingen med presentasjon av metode og resultater er presentert av Bloem i rapporten NIKU Nr. 67 – 2008/ Bioforsk Vol.3 nr. 175 2008 (Bergersen et al 2008).

Med bruk av egne midler utførte Bioforsk en 3-D modellering av jordfaglige parametere innen tiltaksområdet, basert på resultat fra jordprøver tatt fra boresøyer i forbindelse med grunnboring for pelefundamenteringen. Dataprogrammet Voxler (versjon 11, Golden Software Inc., Colorado, USA) ble brukt til å interpolere mellom datapunkter og til grafisk presentasjon av dataene. Resultatene er presentert i rapporten NIKU Nr. 67 – 2008/ Bioforsk Vol.3 nr. 175 2008 (Bergersen et al 2008).



Figur 1. Kart over området med borepunkter fra 2007 og 2008. Borepunkt 6 tilsvare plasseringen for miljøbrønn 1 og boresøyle 13 tilsvare plasseringen for miljøbrønn 2. Miljøbrønn 3 ble flyttet til nytt område markert mellom planlagt brønn 3 og boret brønn 6 (Bergersen et al 2008).

2.1 Rapportering

Som avslutting på delprosjekt to som omfattet feltarbeid, dokumentasjon, prøvetaking og installasjon, skrev NIKU og Bioforsk fellesrapporten NIKU Nr. 67 – 2008/ Bioforsk Vol.3 nr. 175 2008 (Bergersen et al 2008).

I delprosjekt 3 - miljøovervåking har Bioforsk rapportert følgende:

- Rapport 1. «Statusrapport»: Redegjør for måledata fra miljøbrønner i perioden fra aug. 2008 til des. 2010 og for måledata fra sensorer i profil fra okt. 2010 til des.2010/jan. 2011. Bioforsk rapport Vol.6 Nr. 6 2011 (Bergersen 2011)
- Rapport 2. «Statusrapport etter 4 år»: Redegjør for måledata av samtlige parameter fra miljøbrønner i perioden fra aug. 2008 til des. 2011, og for måledata fra sensorer i profil fra okt. 2010 til des. 2012. Bioforsk rapport Vol.7 Nr.10 2012 (Bergersen 2012).
- Rapport 3. «Sluttrapport»: Redegjør for måledata av samtlige parameter fra miljøbrønner i perioden fra aug. 2008 og til utgangen av 2012, og for måledata fra sensorer i profil fra slutten av 2010 og til utgangen av 2012. Bioforsk rapport Vol. 8 Nr. 19 2013 (Bergersen 2013).

3 Resultater

3.1 Generell vurdering av kulturlag innen tiltaksområdet etter feltarbeid og analyser i 2008

Kartlegging av forhold for tilstand og bevaring av kulturlag innen tiltaksområdet som ble gjort i forbindelse med undersøkelsene i 2008, viste mektige, godt stratifiserte og tett komprimerte kulturlag fra middelalder (Bergersen et al. 2008). Lagtykkelsen varierte fra ca. 2 til 4,5 m og intakte lag lå fra 0,5 – 1,5 m under dagens overflate. Steril grunn besto av kompakt leire. I den del der det tidligere hadde vært kjeller, var det brukt en flåte med impregnerte sviller som fundamentering. Kulturlagene lå rett under svillene og det gjensto ca. 2 m med kulturlag i kjellerdelen.

De overflatenære kulturlagene fra 0 til ca. 1,5 m dybde i områdene utenfor kjelleren, var dårlig til middels bevart. Lagene inneholdt betydelig mindre organisk materiale enn dypere liggende lag og var tørrere. Fra og med kote 3 moh. og dypere var bevaringen bra til utmerket. Kulturlagene inneholdt store mengder organisk materiale av forskjellig type, både treflis, mose, planterester og annet botanisk materiale. Det fantes i tillegg mye fast treverk fra ulike konstruksjonsnivåer. Under kjelleren var fuktigheten i lagene gjennomgående meget høy og i forbindelse med utgravningen ble det dokumentert svært godt bevarte trekonstruksjoner (Ekstrøm 2009).

3.2 Resultater fra miljøovervåking

Bioforsk har hatt ansvar for miljøovervåkingsdelen i prosjektet, og for detaljerte opplysninger om metode og resultater vises det til de rapporter fra Bioforsk som er levert underveis i prosjektet (Bergersen 2011; Bergersen 2012), og som er overlevert Riksantikvaren. Ved begynnelsen av 2013 erholdt NIKU en sluttrapport fra Bioforsk (Bergersen 2013). Sluttrapporten er lagt som vedlegg sammen med de tidligere rapportene fra Bioforsk. I avsnitt 3.2.1 og 3.2.2 diskuteres måleresultatene supplert med noe utfyllende bakgrunnsinformasjon.

3.2.1 Overvåking i miljøbrønner

De tre brønner som ble satt ned i 2008, MB 1 i sørøst, MB2 i sør og MB3 i sørvest, har gitt stabile data fra hele overvåkingsperioden 2008 - 2012. Loggeutstyret ble satt ned i grunnvann, og ved siden av vannstand, er det målt temperatur, pH, saltinnhold og reduserende forhold. Brønnenes plassering fremgår av figur 1. MB 1 ligger på utsiden av bygget, mens MB2 og MB3 ligger under bygget.

3.2.1.1 Grunnvannstand

I MB 1 på utsiden av bygget, ligger grunnvann høyere enn i de to andre brønnene. Snittet for perioden 2008 – 2012 ligger på 5,15 moh. for MB 1, og 2,78 respektive 2,76 moh. for MB 2 og MB3.

Informasjon fra grunnboringene fra de steder der MB1-3 er plassert (Bergersen et al 2008) gir nyttig referansedata for sammenligning med grunnvannsdata fra de tre brønnene. Informasjon fra grunnboringene fra undersøkelsen i 2008 gir nyttig informasjon til forholdet mellom kulturlag i forhold til grunnvannstand målt i de tre miljøbrønnene.

- Boresøyle 6 med toppnivå ved overflaten på 5,84 moh. tilsvarer MB1. Boresøylene viste uforstyrrete forhold fra 4,14 moh. Bevaringsforholdene ble karakterisert som bra til utmerkete.
- Boresøyle 13 med toppnivå ved overflaten på 5,33 moh. tilsvarer MB 2. Boresøylene viste uforstyrrete forhold fra 3,80 moh. Bevaringsforholdene ble karakterisert som bra til utmerket.
- Boresøyle 12 med toppnivå ved overflaten på 3.31 moh. tilsvarer MB 3. Boresøylene viste uforstyrrete forhold fra 2,80 moh. Bevaringsforholdene ble karakterisert som bra til utmerket.

Vi kan konkludere med at i MB1 og MB3 er kulturlagene dekket av grunnvann, mens i MB2 ligger ca. 1 m av kulturlagene over grunnvann, men en del av denne masse besto av påført materiale slik at i realiteten er det ca. 0,5 m av de intakte lagene i MB2 som ligger over grunnvann.

3.2.1.2 Temperatur

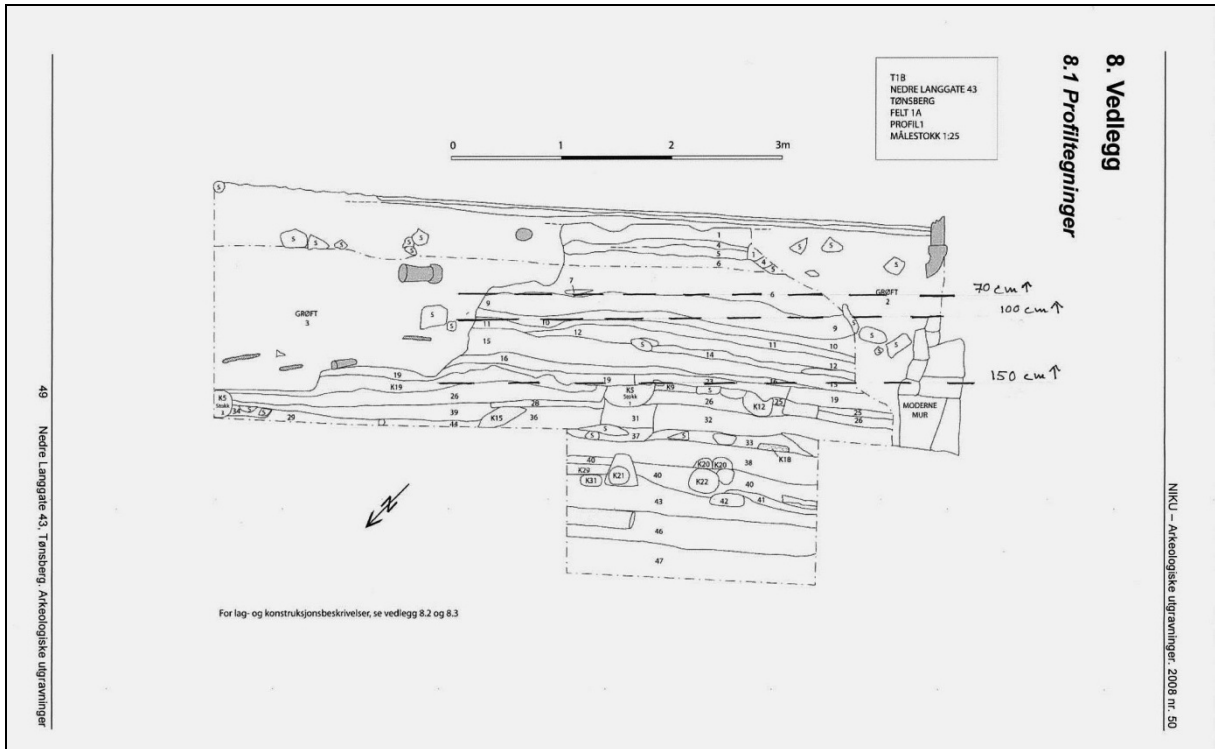
Temperatur målt i grunnvann har vært jevnt stigende i alle miljøbrønner fra og med midtre del av 2009, men temperaturen i MB2 og MB3 som ligger i bygget er høyere enn temperaturen i MB1 som ligger utenfor. For MB2 og MB3 har temperaturen økt med ca. 5 grader etter installasjon og frem til overvåkingsperiodens slutt i 2012. Gjennomsnittstemperaturen for MB2 og MB3 ligger på 12,06 °C og 12,34 °C, og kan sammenlignes med 9,51 °C for MB1 (Bergersen 2013).

3.2.1.3 Redoksførhold, pH og ledningsevne

Redoksførholdene har jevnt over vært stabilt lav. I MB1 og MB2 har svingningene vært størst, men det er kun perioder med kort varighet som redokspotensialet har ligget over -200mV (Bergersen 2013, figur 7). pH i brønnene har vært stabil nært neutral (pH 7). Det er registrert en svak økning gjennom perioden, slik at pH har blitt mer basisk over tid, men det har ingen negativ effekt på kulturlagenes bevaring (Bergersen 2013, figur 8). Ledningsevne (saltinnhold) for hver brønn viser relativt stabile forhold. Saltinnholdet er høyest i MB3 og lavest i MB1, mens verdiene for MB2 har mest svingninger innenfor kurvene for MB3 og MB1 (Bergersen 2013, figur 8).

3.2.2 Overvåking av kulturlag i jordlagsprofil

Jordlagsprofilen (er dokumentert i forbindelse med utgravingsprosjektet, og det vises til rapporten for kulturlagsbeskrivelser (Ekstrøm 2009). Sensorer for måling av temperatur, oksygen og fuktighet ble plassert på 70, 100 og 150 cm dyp målt fra overflaten i midtre del av profilen (*figur 2*).



Figur. 2. Jordlagsprofil med markering av dybde i forhold til overflate for plassering av sensorer. Kartgrunnlag Ekstrøm 2009, vedlegg 8.1).

Jordlagsprofilen er orientert NØ-SV og befinner seg i bygget bak veggen i trapp- og heisrom. Det finnes ingen overvåkingsdata før oktober 2010. I sluttrapport fra Bioforsk er avvik kommentert (Bergersen 2013).

3.2.2.1 Temperatur

Temperatur er målt i perioden fra okt. 2010 til og med des. 2012. Det er liten forskjell i temperatur fra de forskjellige dybder, men målingene viser ganske store svingninger. Temperaturen har aldri gått over 21 °C, og det er ikke målt lavere temperatur enn 16,5 °C (Bergersen 2013). Laveste temperatur er målt i periodene des. – mars.

3.2.2.2 Fuktighet

Fuktighet er målt i perioden fra okt. 2010 til og med des. 2012, og det er registrert store svingninger i måledata, dels fra samme nivåer men også mellom nivåene (Bergersen 2013). Data fra den høyest liggende nivå viser at fuktigheten i første måned i 2010 (nov.) (okt. – des.) lå jevnt på 30 – 35 %, deretter fulgte en periode med store svingninger (jan – juli 2011) (Bergersen 2011). Fra 2012 er forholdene endret slik at fuktigheten med et unntak ikke har vært høyere enn 38 % og det er en lav gjennomsnittsverdi som er anslått til 15 % (Bergersen 2013). Data fra den høyest liggende nivå viser

at fuktigheten i første periode av 2010 lå stabilt på ca. 65 %, men i 2011 og 2012 har det vært store svingninger fra ca. 40 til 90 % (Bergersen 2011; Bergersen 2013).

Kulturlagene i laveste nivå antas å ligge på kote 2,7 moh. og bør, sammenlignet med grunnvannsnivå målt i miljøbrønn 2 og 3 være vannmettete, men overvåkingsdataene gir inntrykk av at de ligger i en sone der det finnes en unaturlig fluktuering av grunnvannsstand. Bioforsk skriver at sensorene begynte å gi upålitelige verdier i en periode fra høsten 2011, men bedret seg i 2012 (Bergersen 2013), og det er mulig at måleutstyret er sårbart for store svingninger.

3.2.2.3 Oksygen

Sensorene synes å ha virket tilfredsstillende fra siste del av 2010 og ut i første kvartal i 2011. Etter den tid, og ut måleperioden synes det bare å ha vært to av til sammen åtte sensorer som gitt data. Det sensorpar som fungerte er plassert høyest i jordlagsprofilen; 0,5 – 0,7 m under overflaten. Det er ikke registrert høyere oksygennivå enn 7,5 % etter første kvartal i 2011 (Bergersen 2013).

3.3 Sammenfatting

3.3.1 Miljøbrønner

Overvåkingen i tre miljøbrønner har gitt data gjennom hele måleperioden nov 2008 – des. 2012. Det er målt grunnvannstand, temperatur, redoksforhold, elektrisk ledningsevne og pH. To brønner (MB2 og MB3), er plassert under nybygg i den søndre og sørvestre del, og en brønn (MB1), ligger på utsiden av nybygg, i den sørøstre del. Resultatene viser gode forhold for bevaring og det finnes ingen tegn til at forholdene har blitt dårligere i løpet av overvåkingsperioden under eller utenfor nybygg. Grunnvannet som har lav redokspotensiale, stabil pH og stabilt saltinnhold (ledningsevne), dekker kulturlagene i MB1 og MB3 og i MB2 ligger kun ca. 0,5 m av kulturlagene over grunnvann.

3.3.2 Jordlagsprofil

Overvåkingen er gjort med hjelp av loggere satt inn på forskjellig nivå, fra 4,0 til 2,7 moh. i en jordlagsprofil som finnes inne i nybygg, bak trapp og heissjakt. Det finnes data fra slutten av 2010 frem til slutten av des. 2012. Rystelser i grunnen i forbindelse med anleggsarbeid i første del av byggeperioden medførte at sensorer for måling av temperatur, fuktighet og oksygen som ble installert i forbindelse med feltarbeid i 2008 ble ødelagte. Det ble satt inn nye sensorer for måling av samme parameter som tidligere i november 2008. Måleforholdene i perioden 2008 – 2012 har ikke vært optimale og det finnes lange perioder både uten måledata og med usikre måledata. Av de tre parameterne som er blitt målt har temperatur gitt minst avvik. Temperaturen på alle nivåer har ligget forholdvis høyt gjennom hele perioden, og gjennomsnittet ligger på 18 - 19 °C, det er flere grader høyere enn målt grunnvannstemperatur (Bergersen 2013). Parameterne fuktighet og oksygen har til dels gitt ustabile måledata. Men det synes som oksygennivået nærmest gulvnivå har sunket fra og med 2011. Fuktigheten har gitt meget svingende verdier. I de øvre nivåer synes forholdene å ha blitt tørrere samtidig som fuktigheten i det laveste nivå har steget.

Det er tatt forbehold for usikkerhet knyttet til måledataen. Miljøforholdene for kulturlag rundt trappe- og heisrommet synes å ha blitt endret etter at bygget stått ferdig. De tydeligste endringene vises i økt temperatur og redusert jordfuktighet. Begge disse forhold er isolert sett ikke faretruende, men sammen kan det lede til dårligere forhold for bevaring, og Bioforsk konkluderer med at bevaringsforhold for kulturlagene i denne del ikke er optimale (Bergersen 2013). Det synes å være

varmetransport fra bygningen og ut til omkringliggende jordlag, og grunnvannstand er sannsynligvis lavere i denne del enn ellers i og rundt bygget.

3.4 Sammenfattende kommentarer rundt miljøovervåkingsprogrammet 2008 – 2012 knyttet til Nedre Langgate 43, Tønsberg

Miljøovervåkingsprogrammet for Nedre Langgate 43 i Tønsberg kom til stand kort etter at Riksantikvarens utredning om effekten av peling ved bygging på kulturlag var publisert (Christenson et al. 2007) og samtidig med at Riksantikvarens og NIKUs instruks for *in situ* bevaring og overvåking av kulturlag «The Monitoring Manual» var under utgivelse (NIKU og Ra 2008). Prosjektet var det første i sitt slag, og både Riksantikvaren som forvaltningsmyndighet og forsknings- og kunnskapsinstitusjoner som NIKU og Bioforsk har gjort viktige erfaringer fra arbeidet i Nedre Langgate 43. Prosjektet har vært ledet av NIKU, og NIKU innhentet kompetanse fra Bioforsk- Jord og miljø for gjennomføring av miljøovervåkingsprogrammet.

Arbeidet har vist at det er store utfordringer av faglig, så vel som praktisk art knyttet til overvåking av kulturlag i umettet sone, mens overvåking i mettet sone fra miljøbrønner har vært forholdsvis ukomplisert og gitt gode resultater.

4 Referanser

Bergersen, O., Hartnik T. 2008. Bevaringsforhold i kulturlag ved Nedre Langgate 41 – 43, Tønsberg. Jordfaglig vurdering av miljøforhold på bakgrunn av laboratorieanalyser. Bioforsk Rapport Vol.3 Nr.6 2008.

Bergersen, O., Bloem, E. Hartnik, T., og Petersén, A. 2008. Vurdering av bevaringstilstand og forhold i kulturlag i mettet/umettet sone ved Nedre Langgate 43, Tønsberg - Arkeologisk, jordfaglig og geofysisk analyse. Bioforsk Vol 3 (175) 2008, NIKU Nr 67 2008.

Bergersen, O. 2011. Miljøovervåking av kulturlag under nybygg ved Nedre Langgate 41 – 43, Tønsberg, Tønsberg kommune, Vestfold Fylke. Statusrapport. Bioforsk Rapport Vol. 6 Nr. 6 2011.

Bergersen, O. 2012. Miljøovervåking av kulturlag under nybygg ved Nedre Langgate 41 – 43, Tønsberg. Statusrapport etter 4 år. Bioforsk Rapport Vol. 7 Nr. 10 2011.

Bergersen, O. 2013. Miljøovervåking av kulturlag fra middelalderen under bygging og etter at nybygg er satt opp ved Nedre Langgate 41 – 43, Tønsberg. Sluttrapport. Bioforsk Rapport Vol. 8 Nr. 19 2013.

Ekstrøm, H. 2008. Nedre Langgate 43, Tønsberg. Arkeologisk utgravning på Branntomta. NIKU Rapport Arkeologiske utgravninger Tønsberg nr. 50/2008.

NIKU and RA. 2008. The Monitoring Manual. Procedures and Guidelines for Monitoring, Recording, and Preservation Management of Urban Archaeological Deposits.

Christensson, A., Dunlop, R., Jensen, J. A., Hartnik, T. 2007. Peleprosjektet – Volum 1 FoU-prosjekt Riksantikvaren 2005 – 2007. Riksantikvaren.

Petersén, A. 2007. Nedre Langgate 41-43, eiendommen 1002/82, Tønsberg, Tønsberg kommune, Vestfold fylke. Arkeologisk forundersøkelse (tilstandsvurdering av kulturlag fra boreprøver og profil) i forbindelse med privat forslag til reguleringsplan med formål om tilretteleggelse for ny bebyggelse på eiendommen etter brann. Rapport Arkeologiske utgravninger Tønsberg Nr. 66/2007. Arkivrapport.

Vedlegg 1. Statusrapport 1 fra Bioforsk: Bergersen, O. 2011. Miljøovervåking av kulturlag under nybygg ved Nedre Langgate 41 – 43, Tønsberg, Tønsberg kommune, Vestfold Fylke. Statusrapport. Bioforsk Rapport Vol. 6 Nr. 6 2011.

Vedlegg 2. Statusrapport 2 fra Bioforsk : Miljøovervåking av kulturlag under nybygg ved Nedre Langgate 41 – 43, Tønsberg. Statusrapport etter 4 år. Bioforsk Rapport Vol. 7 Nr. 10 2011.

Vedlegg 3. Sluttrapport fra Bioforsk: Miljøovervåking av kulturlag fra middelalderen under bygging og etter at nybygg er satt opp ved Nedre Langgate 41 – 43, Tønsberg. Sluttrapport. Bioforsk Rapport Vol. 8 Nr. 19 2013.

Vedlegg 1.

Bioforsk Rapport

Vol. 6 Nr. 6 2011

Miljøovervåking av av kulturlag under nybygg ved Nedre Langate 41-43, Tønsberg, Tønsberg kommune, Vestfold Fylke.

Statusrapport

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

Tittel/Title: Miljøovervåking av kulturlag under nybygg ved Nedre Langate 41-43, Tønsberg, Tønsberg kommune, Vestfold Fylke. Statusrapport			
Forfatter(e)/Autor(s): Ove Bergersen			
Dato/Date: 22.01.2011	Tilgjengelighet/Availability: Lukket	Prosjekt nr./Project No.: Bioforsk 2110177-05	Arkiv nr./Archive No.:
Rapport nr./Report No.: 6 (6) 2011	ISBN-nr.:	Antall sider/Number of pages: 14	Antall vedlegg/Number of appendix: x
Oppdragsgiver/Employer: Riksantikvaren, Distriktskontor Tønsberg		Kontaktperson/Contact person: Jens Rytter	
Stikkord/Keywords: Redoksforhold, bevaring, kulturminner, Miljøovervåking, nedbrytning Redox conditions, preservation, remains, degradation		Fagområde/Field of work: Jordkvalitet Soil quality	
Sammendrag Resultater så langt tyder på at grunnvannet som trenger igjennom kulturlaget er stabilt og indikere at bevaringsforholdene i nærmiljøet til brønnene har fortsatt meget gode bevaringsforhold som vist i tidligere rapporter. Oppsiktvekkende er de høye temperaturer og ustabilitet i profilvegg nært til trapperom ned til kjeller. Disse data er baser på kort tids overvåking pga. problemer med overvåkingsutstyret. Sistnevnte overvåking berører kulturlag som nært til huset fra 4-2 moh. Hvor langt denne ustabilitet og økt temperatur strekker seg inn i kulturlagene kan vi i ikke si konkret.			
Land/fylke:	Norge		
Kommune:	Tønsberg		
Sted/Lokalitet:	Tønsberg- Nedre Langate 41-43		

Godkjent / Approved

Roald Sørheim
forskningssjef

Prosjektleder / Project leader

Ove Bergersen
Seniorforsker

Innhold

1.	Innledning	3
1.1	Bakgrunn	3
2.	Materiale og Metode	4
2.1	Jordfaglige definisjoner	4
2.2	Feltarbeide og miljøovervåking	4
3.	Resultater og diskusjon	6
3.1	Miljøovervåking i umettet/mettet sone - profilvegg ved trapperom ned til kjeller.	6
3.2	Miljøovervåking i mettete sone i miljøbrønn	8
4.	Konklusjon	13
5.	Referanser	14

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Rapporten oppsummerer miljøovervåking av kulturlag i tilknytning til nybygg ved Nedre Langate 41-43. Overvåking av mettet sone og umettet sone skal foregå i 5 år. Overvåking av kulturlag i mettet sone er gjennomført ved å måle fysiske og kjemiske parametere i grunnvann som samler seg opp i miljøbrønnene som er blitt installert på tomten.

Det er blitt installert overvåkingsutstyr i 3 brønner: Brønn 1 ved parkeringsplassen på utsiden av butikken, Brønn 2 inne i butikken og Brønn 3 i hjørnet i kjelleren ved garagen.

I brønnene overvåkes temperatur, grunnvannstand, pH, saltinnhold (ledningsevne) og redoksforholdene som indikerer stabilitet av om oksygen siver inn eller ikke.

Ved trapperom ned til kjeller er det montert sensorer som overvåker temperatur, jordfuktighet og oksygeninnhold inne i umettete soner av kulturlagene. Disse målingene er et prøveprosjekt siden overvåking av oksygen i umettet sone er mer komplisert enn vi på forhånd viste.

Analyse av fysisk-kjemiske parametere på laboratoriet blir utført i grunnvann fra alle 6 miljøbrønner en gang per år. Rapportering av disse vil foreligge i en egen rapport.

2. Materiale og Metode

2.1 Jordfaglige definisjoner

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

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

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

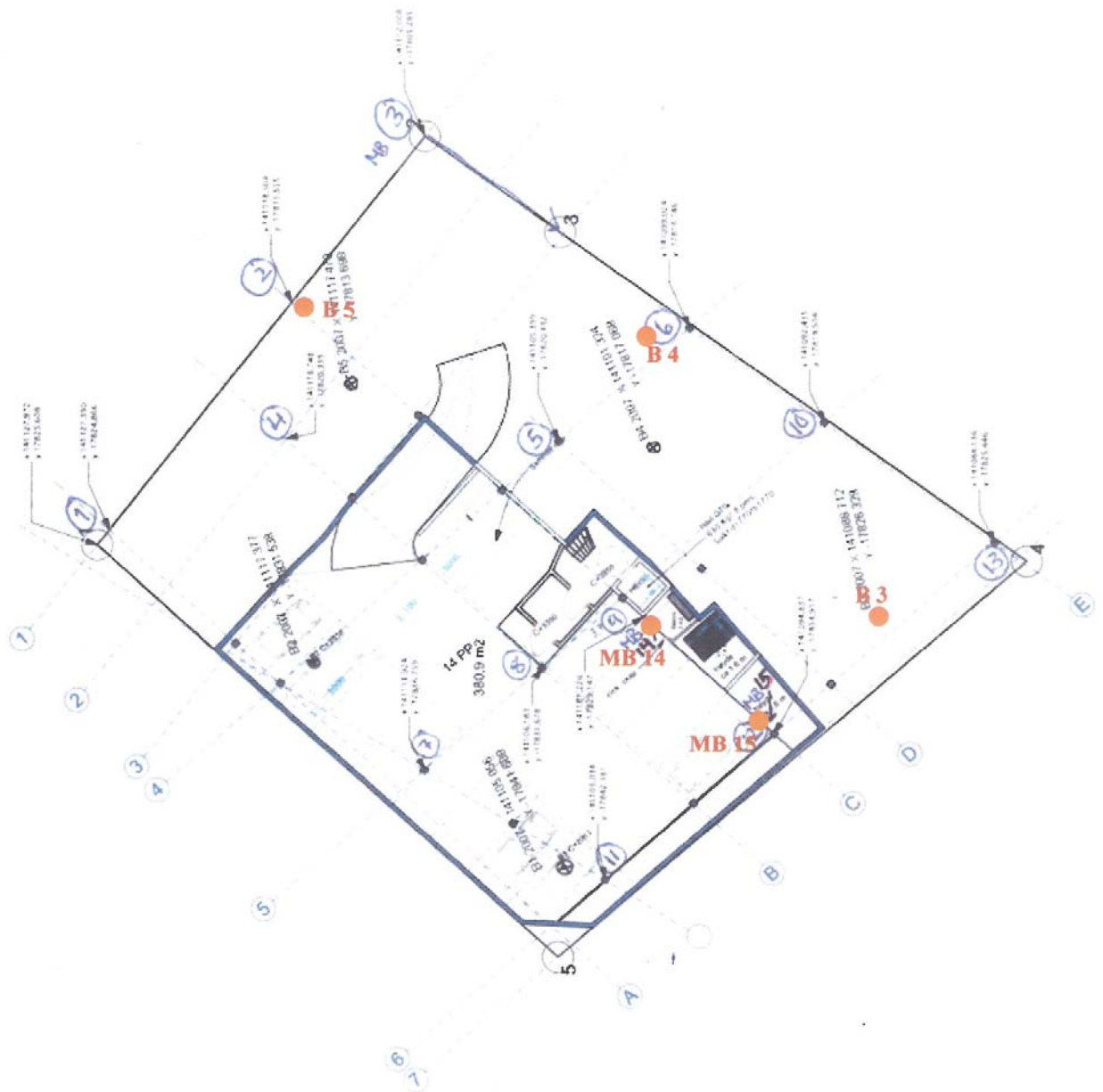
Anaerobe forhold: forhold der luft (oksygen) er fraværende. Ved anaerobe forhold blir organisk materiale oksidert av mikroorganismer som omsetter nitrat, oksidert jern og mangan, sulfat eller oksidert organisk materiale i stedet for oksygen. I naturlige miljøer er anaerobe forhold ensbetydende med reduserende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

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

2.2 Feltarbeide og miljøovervåking

Feltarbeid ble utført av Bioforsk Jord og Miljø (høsten 2008).

Kontinuerlig overvåking av miljøforholdene i kultur- og sikringslag vil foregå i 5 år ved hjelp av automatiske loggere fra SEBA Hydrometrie GmbH (Tyskland). Loggerne er utstyrt med GSM-modem for å muliggjøre nedlasting av overvåkningsdata via mobiltelefon. Overvåkingen skjer både i grunnvann og i umettet sone (sone over grunnvannstanden). Sensorer etablert i tre miljøbrønner overvåker temperatur, grunnvannstand, pH, saltinnhold (ledningsevne) og redoksforholdene under og ved siden av bygget. I tillegg er det satt inn 7 sensorer som registrerer temperaturen, fuktighet og oksygen i umettet sone til kulturlagene ved trapp ned til kjelleren. Sensorene i miljøbrønnene har gitt gode data fra 2008 til 31.12 2010. Ved trapperom ned til kjelleren har det vært problemer med strømtilførsel og skap med loggefunksjon som har vært ute av drift. Det har medført at vi har få data fra slutten av 2010 til rapportens tidspunkt. Temperaturmålingene har gitt resultater, mens fuktighet og oksygenmålingene har gitt varierende resultater. Vi har derfor få data fra umettet sone som ofte er mye mer utfordrende å overvåke. Resultatene er vist både som kurver og tabeller som viser min, maks og middelværdi for de enkelt målte parametre.



Figur 1
 Oversikt over miljøbrønner og måleområder innen undersøkelsesområdet. Miljøbrønn 1 ligger ved B4, Miljøbrønn 2 ligger ved B3 og Miljøbrønn 3 ligger ved MB15.

3. Resultater og diskusjon

3.1 Miljøovervåking i umettet/mettet sone - profilvegg ved trapperom ned til kjeller.

Overvåking av temperatur, oksygen og fuktighet i kulturlagene i vegg nær trapperom ned til kjeller, umettet sone er vist i figur 2 og tabell 1. registreringene skjer mellom 2 og 4 moh. Temperaturen varierer lite i umettet sone. Snittverdien registrert i kald vinterperiode ligger på 18-19 grader som er høyt. Sammenlignes de med maks temperaturen målt i miljøbrønnene figur 4 er de høyere med flere grader. Vanntemperaturen i MB 1 som står utenfor bygget har en maks verdi på 11 grader. Det ser derfor ut som om kulturlagene nær trapperom ned til kjeller påvirkes av varme fra nybygg. Vi har ikke sommer målinger så langt og forventer at temperaturen avtar ut på sommeren. Miljøovervåking i terreng uten hus på Åker gård Hamar viser betydelig større svingninger i temperatur sommer og vinter 1,20 m under overflaten. Her ble det vist 2-3 °C om vinteren og 20 °C om sommeren registrert i umettet sone (Martens, et. al. 2008).

Oksygen innholdet viser forholdsvis lave verdier selv om de varierer noe fra sensor til sensor (figur 2 og tabell 1). I forundersøkelsen fra 2008 (Bergersen, O. et. al. 2008, Bergersen, O. 2008) ble det vist at det var oksiderende forhold fra 4-5 moh. Under 4 moh og nedover til 2 moh, var det opprinnelig reduserende forhold som er gunstig for kulturlagene. Uten å være helt sikker ser det ut som ytterkanten av kulturlagene nært nybyggets trapperom ned til kjeller har fått forandring i temperatur, fuktighet og oksygeninnhold. Disse forandringer kan forandre de påviste gode bevaringsforhold som ble registrert i forundersøkelsen fra 2008 (Bergersen, et. al. 2008).

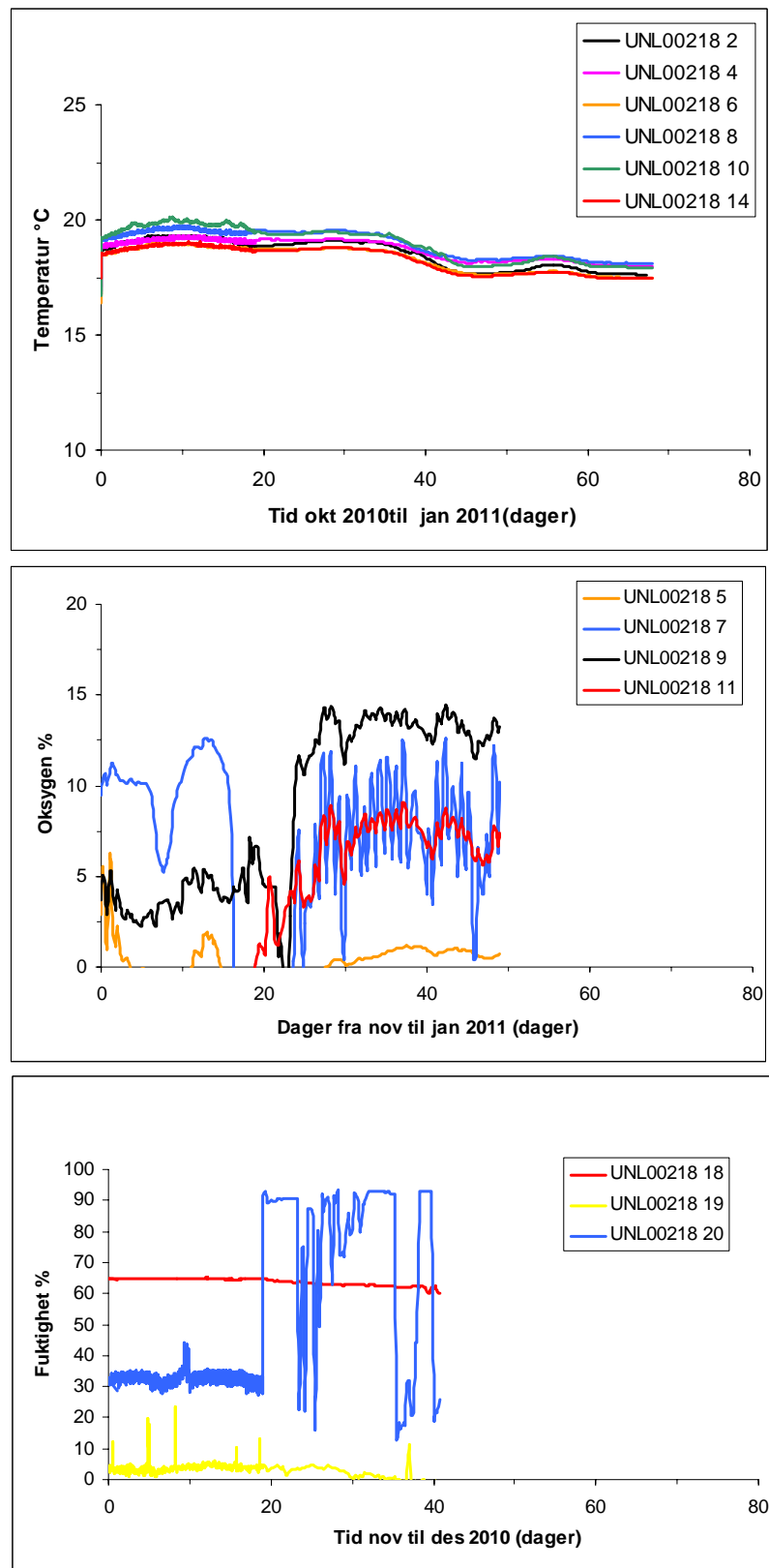
Tabell 1

Viser minimum, maksimum og gjennomsnittverdier på temperatur (øverst), oksygen (midten) og fuktighet (under) fra sensorer satt inn for å overvåke kulturlag i umettet sone ved trapperom ned til kjeller ved nybygg Nedre Langate 41-43, Tønsberg.

Høst 2010	UNL00218	UNL00218	UNL00218	UNL00218	UNL00218	UNL00218	UNL00218
Sensor	2	4	6	8	10	12	14
Temperatur	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
Min	16,79	17,11	16,36	16,93	16,72	17,44	17,23
Max	19,33	19,33	19,00	19,75	20,13	19,03	18,61
Snitt	18,85	18,92	18,58	19,24	19,42	18,58	18,24

	UNL00218	UNL00218	UNL00218	UNL00218	UNL00218	UNL00218	UNL00218
Sensor	3	5	7	9	11	13	15
Oksygen	% oksygen	% oksygen	% oksygen	% oksygen	% oksygen	% oksygen	% oksygen
Min		-1,07	-1,05	-1,03	-1,01	-1,07	
Max		6,09	12,60	14,44	9,10	-1,06	
Snitt		0,19	6,96	8,60	3,48	-1,06	

	UNL00218	UNL00218	UNL00218	UNL00218	UNL00218
Sensor	18	19	20	22	23
Moister	%	%	%	%	
Min	60,12	0,24	13,31		
Max	65,14	23,24	93,02		
Snitt	64,44	3,54	40,09		

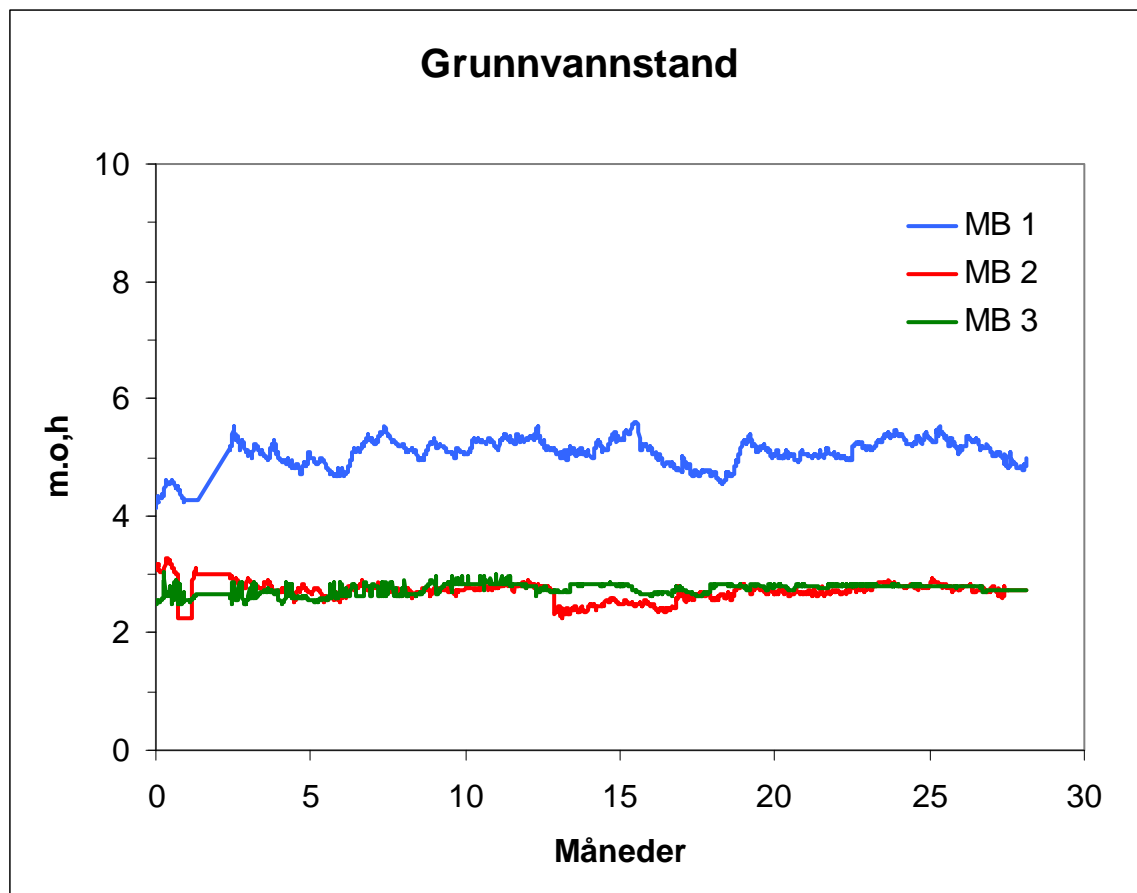


Figur 2

Viser kurver på temperatur (øverst), oksygen (midten) og fuktighet (under) fra sensorer satt inn for å overvåke kulturlag i umettet sone ved trapperom ned til kjeller ved nybygg Nedre Langate 41-43, Tønsberg

3.2 Miljøovervåking i mettet sone i miljøbrønn

Nybygget ved Nedre Langate 41-43 overvåkes på hvordan grunnvannspeilet oppfører seg etter bygging av nybygg. I tillegg overvåkes temperatur, pH, saltinnhold (ledningsevne) og hvor gode reduserende forhold er i brønnvannet.

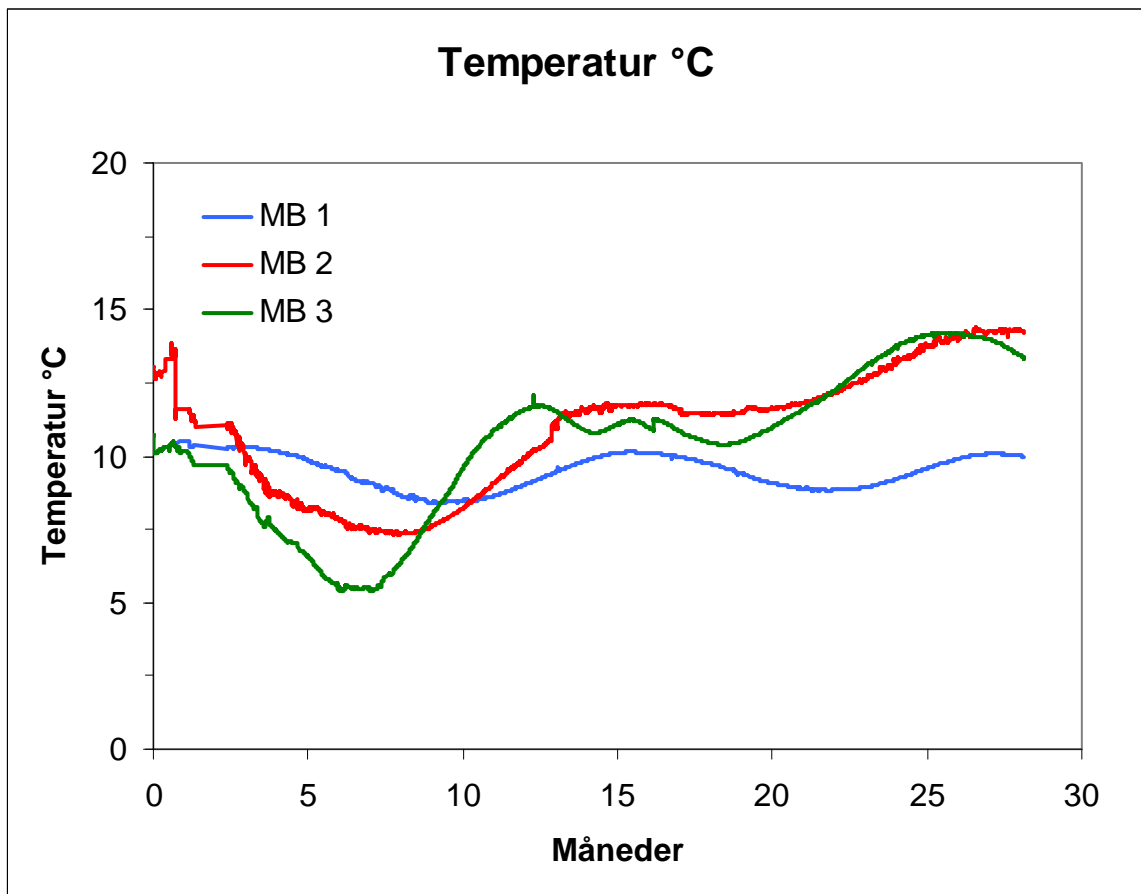


aug2008 - des2010	MB 1	MB 2	MB 3
	moh	moh	moh
Min	4,14	2,24	2,48
Max	5,61	3,29	3,04
Snitt	5,08	2,71	2,75

Figur 3

Grunnvannstand i miljøbrønn 1, 2 og 3 fra aug. 2008 til des 2010. Minimum, maksimum og gjennomsnittverdier er vist under figuren.

Grunnvannstanden har vist stabile forhold i hele måleperioden (figur 3). I miljøbrønn 1 (MB1) ligger grunnvannstanden på 5 moh med et topp pkt. på 6 moh. I miljøbrønn 2 (MB2) ligger ligger grunnvannet på 2,71m hvor topp pkt. er 4,9 moh. I den siste miljøbrønnen (MB3) viser overvåkingen et grunnvannspeil på 2,8moh hvor topp pkt er på 3,3 moh. Forundersøkelsen viser meget godt bevarte kulturlag i 4-2 moh. Stabilt grunnvannspeil i brønn

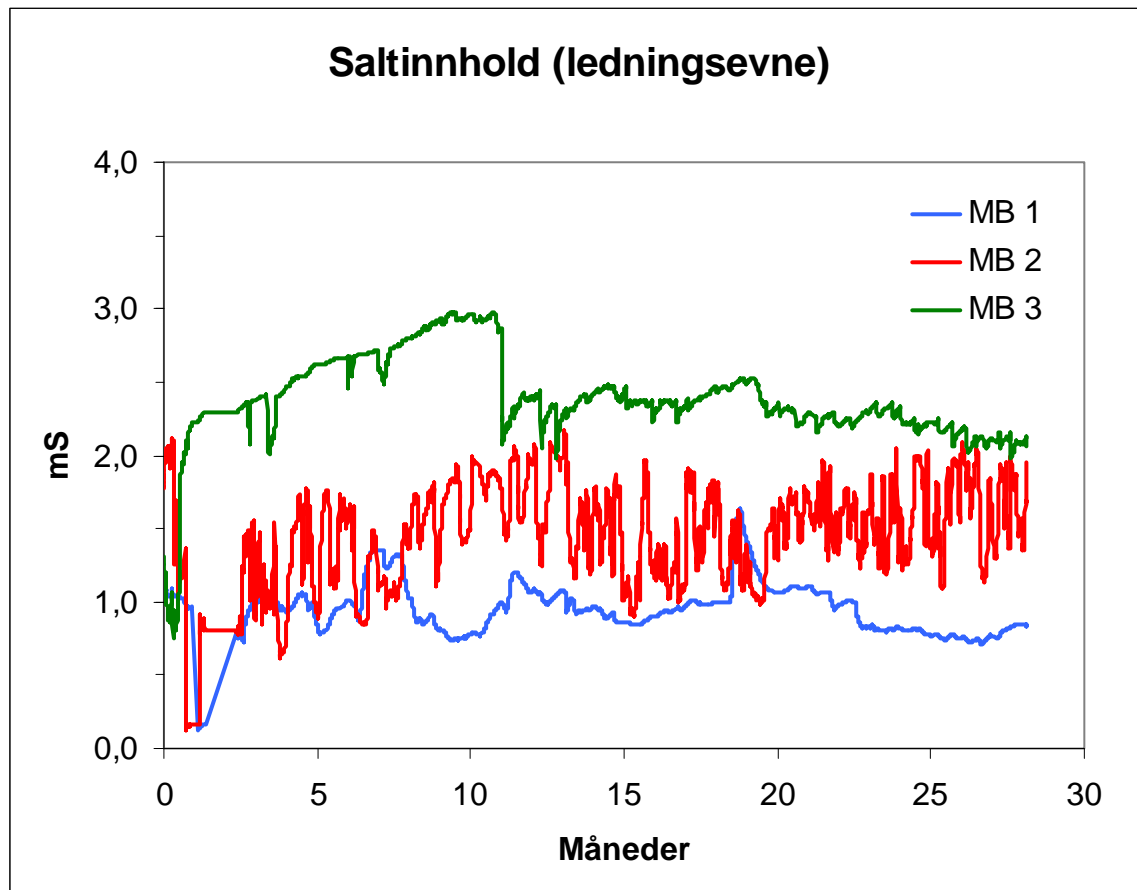


MB	MB 1	MB 2	MB 3
	temp °C	temp °C	temp °C
Min	8,38	7,32	5,38
Max	10,73	14,39	14,21
Snitt	9,47	10,90	10,47

Figur 4

Temperatur i miljøbrønn 1, 2 og 3 fra aug 2008 til des 2010. Minimum, maksimum og gjennomsnittverdier er vist under figuren.

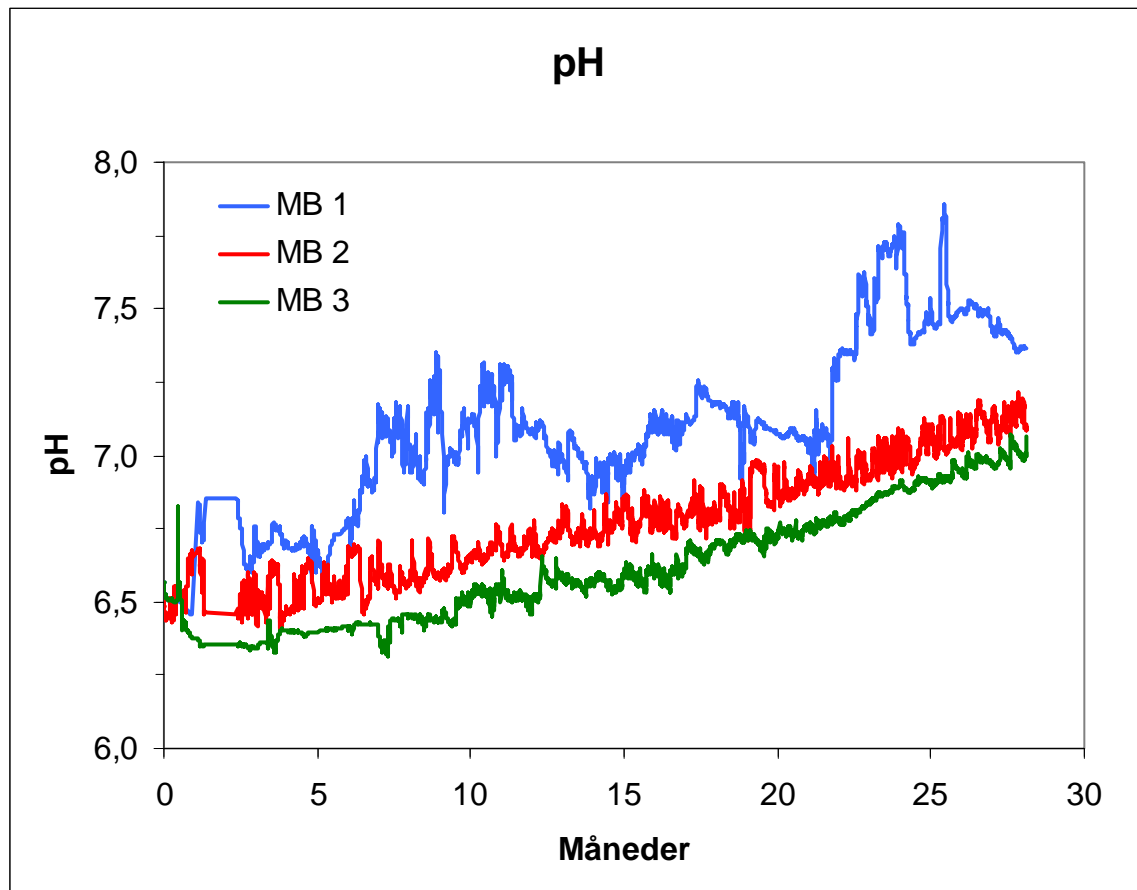
Temperaturvariasjonen i figur 4 viser noe mer forandringer over tid. Gjennomsnitt temperaturen er ikke så forskjellig fra brønn til brønn i hele måleperioden. Den er blitt registrert fra 9,5 til 10,9°C. Mest stabil temperatur ble registrert i MB1 på utsiden av nybygget. I MB2 og MB3 sank temperaturen i perioden sommer 2008 til over vinteren 2009 og steg igjen og stabiliserete noe høyere utover sommeren og høsten. Det kan se ut som om temperaturen ligger 2-3 °C høyere i vannet under nybygg sammenligna med MB1 på utsiden.



MB	MB 1	MB 2	MB 3
	mS	mS	mS
Min	0,13	0,12	0,76
Max	1,64	2,18	2,98
Snitt	0,95	1,47	2,39

Figur 5
 Saltinnhold (ledningsevne) i miljøbrønn 1, 2 og 3 fra aug 2008 til des 2010. Minimum, maksimum og gjennomsnittverdier er vist under figuren.

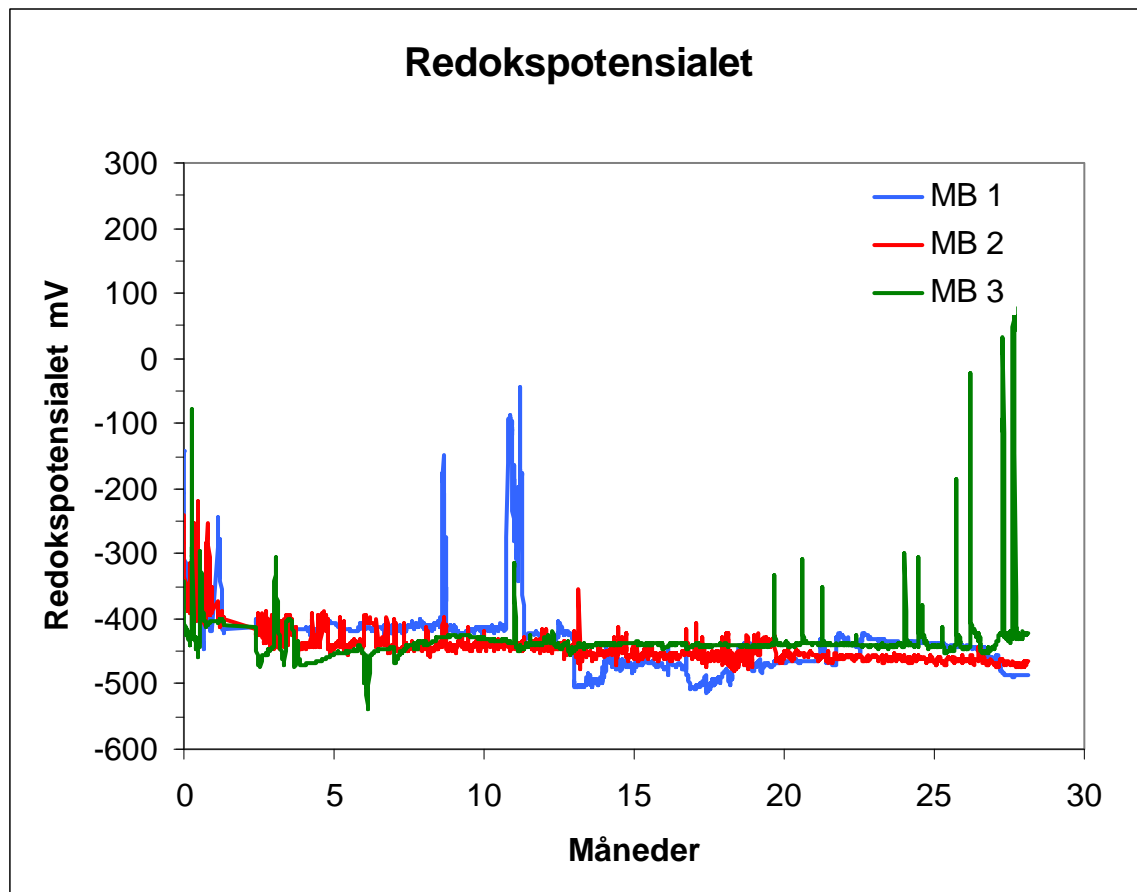
Overvåking av saltinnholdet i grunnvannet fra miljøbrønnene viser også stabile forhold selv om innholdet av salter varierer i brønnene (figur 5). MB1 viste lavest verdi på under 1 mS, MB2 på 1,5mS og MB3 på 2,39mS i snittverdier. Saltinnholdet varierte mest i miljøbrønn 2. (figur 5).



MB	MB 1	MB 2	MB 3
Min	6,45	6,41	6,31
Max	7,86	7,21	7,07
Snitt	7,09	6,77	6,62

Figur 6
pH i miljøbrønn 1, 2 og 3 fra aug 2008 til des 2010. Minimum, maksimum og gjennomsnittverdier er vist under figuren.

Alle brønnene viser stabile pH forhold nært nøytralt området fra pH 6,6-7 (figur 6). Kurvene viser gradvis stigning fra starten og til i dag. Teoretisk skulle MB 2 og 3 hatt noe høyere verdi siden begge brønner står dypere og er nærmere evt. påvirkning av sjøvann. MB1 på utsiden og ved høyere kote (5 moh) er den som har svingt mest og som sikkert er mer påvirket av bevegelse i grunnvannet som siger nedover i kulturlagene langs nybygget. Svingningen er i posetiv retning opp til pH 7,8 og ikke motsatt. Lavere pH kunne antyde at vannet er blitt tilført organiske syrer fra evt. mulig nedbryting av organisk materiale i kulturlagene omkring miljøbrønn 1.



MB	MB 1	MB 2	MB 3
	mV	mV	mV
Min	-513,60	-479,10	-539,90
Max	-45,20	-218,50	77,50
Snitt	-435,78	-444,60	-434,72

Figur 7

Redoksførhold i miljøbrønn 1, 2 og 3 fra aug 2008 til des 2010. Minimum, maksimum og gjennomsnittverdier er vist under figuren.

Alle brønnene viser stabile lave redoksførhold som tilsier stabile forhold i vannsig fra kulturlagene på 1,4 til 2,75 moh. under bygget, men også ved kote 5 moh. på utsiden (figur 7). Mest stabilitet ble påvist i MB 2. Miljøbrønn 3 viste noe mer svingninger mot slutten av måleperioden. Disse korte svingninger vil ikke påvirke kulturlagene.

4. Konklusjon

- Overvåkingen av kulturlagene rett inn for trapperom ned til kjeller i området 4 og ned til 2 moh. viser noe mer ustabilitet i fuktighet og oksygeninnhold. Temperaturen er betydelig høyere sammenlignet med temperaturen målt under og ved siden av bygget i miljøbrønnene. En mulig forklaring er at varme fra trapperom ned til kjeller overføres til omkringliggende kulturlag.
- Temperaturen under nybygg har økt med 2-3 grader etter at overvåkingen i miljøbrønnene startet. Allikevel tyder redoksmålinger i brønnvannet på at det er gode bevaringsforhold i kulturlagene under bygget og på utsiden.
- Grunnvannspeilet i de tre miljøbrønnene har vist stabile forhold hele perioden MB 1 viste vannstand på ca 5 moh.; MB 2 viste vannstand på 2,7 moh.; MB3 viste vannstand på 2,8moh. Nytt bygg har ikke forandret og påvirket grunnvannet. Dette tyder på at forholdene ligger til rette for god bevaring av kulturlagene i nærheten av bygget.

5. Referanser

Bergersen, O. 2008. Bevaringsforhold i kulturlag ved Nedre Langgate 41-43, Tønsberg. Jordfaglig vurdering av miljøforhold på bakgrunn av laboratorieanalyser. Bioforsk Rapport 3 (6). 16 s.

Bergersen, O., Bloem, E., Hartnik, T. & Petersen, A. H. 2008. Vurdering av bevaringstilstand og forhold i kulturlag i mettet/umettet sone ved Nedre Langgate 43, Tønsberg - Arkeologisk, jordfaglig og geofysisk analyse. Bioforsk NIKU rapport Vol 3 (175) 52.

Martens, V. V. et al 2008. Forprosjekt 2, miljøovervåking Åker gård gnr. 7/bnr. 201. Hamar, Hedemark. NIKU nr 60 og Bioforsk rapport Vol 3 (139) 2008.

Vedlegg 2.

Bioforsk Rapport

Vol. 7 Nr. 10 2012

Miljøovervåking av kulturlag under og nær nybygg ved Nedre Langate 41-43, Tønsberg

Statusrapport etter 4 år

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

Tittel/Title: Miljøovervåking av kulturlag under og nær nybygg ved Nedre Langate 41-43, Tønsberg. Statusrapport etter 4 år			
Forfatter(e)/Autor(s): Ove Bergersen			
Dato/Date: 31.01.2012	Tilgjengelighet/Availability: Lukket	Prosjekt nr./Project No.: Bioforsk 2110177-05	Arkiv nr./Archive No.:
Rapport nr./Report No.: 7 (10) 2012	ISBN-nr.:	Antall sider/Number of pages: 20	Antall vedlegg/Number of appendix: 1
Oppdragsgiver/Employer: Riksantikvaren, Distriktskontor Tønsberg		Kontaktperson/Contact person: Jens Rytter	
Stikkord/Keywords: Redoksforhold, bevaring, kulturminner, Miljøovervåking, nedbrytning Redox conditions, preservation, remains, degradation		Fagområde/Field of work: Jordkvalitet Soil quality	
Sammendrag Rapporten oppsummerer erfaringer og informasjon om miljøovervåking under og etter at et nybygg er satt opp på og i nærheten av godt bevarte kulturlag fra Middelalderbyen Tønsberg. Nybygget har vært ved Nedre Langate 41-43. Miljøovervåking med sensorene i kulturlagene plassert i umettet sone rett inn for trapperom ned til garasjeområdet har gitt utfordringer måleteknisk. Resultatene fra overvåkingen viser ugunstig bevaringsforhold nært byggets kjellerrom. Grunnvannet har ikke forandret seg i løpet av 4 år og er ut fra kjemisk vurdering gunstig for å beskytte kulturlagene i dag, men også fremover i tid hvis ikke store inngrep og forandringer i grunnvannforholdene inntreffer. Resultatene fra denne miljøovervåkingen viser viktigheten av å kontrollere grunnvannet og dets egenskaper ved rike kulturlag fra Middelalderen.			
Land/fylke:	Norge, Vestfold		
Kommune:	Tønsberg		
Sted/Lokalitet:	Tønsberg- Nedre Langate 41-43		

Godkjent / Approved

Prosjektleder / Project leader

Trond Mæhlum
forskningsjef

Ove Bergersen
Seniorforsker

Innhold

1.	Innledning	3
1.1	Bakgrunn	3
2.	Materiale og Metode	5
2.1	Naturvitenskapelige definisjoner	5
2.2	Generelt om vurdering av bevaringsforhold i kulturlag	5
2.3	Feltarbeide og miljøovervåking	7
3.	Resultater og diskusjon	8
3.1	Miljøovervåking i umettet/mettet sone - profilvegg ved trapperom ned til kjeller	8
3.2	Miljøovervåking i mettet grunnvannssone	11
3.3	Vurdering av kulturlagenes bevaringsforhold etter miljø-overvåking i umettet / mettet grunnvannssone omkring et nybygg.	17
4.	Konklusjon	18
5.	Referanser	19
6.	Vedlegg	20

1. Innledning

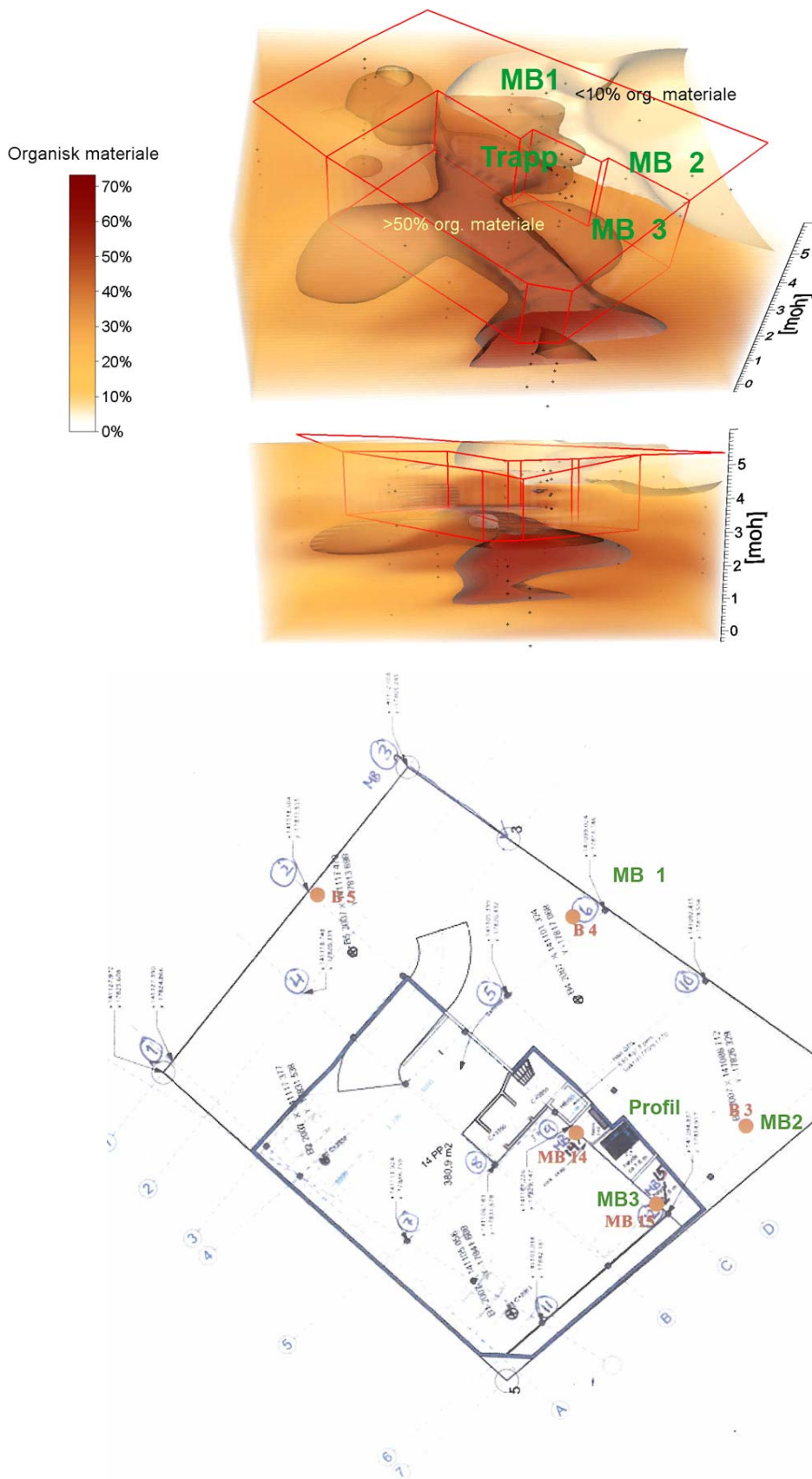
1.1 Bakgrunn

Rapporten oppsummerer miljøovervåking av kulturlag i tilknytning til nybygg ved Nedre Langate 41-43. Vedlegg 1 viser nytt bygg rett er ferdigstillelse. Overvåking av mettet sone og umettet sone har nu foregått i 4 år. Overvåking av kulturlag i mettet sone er gjennomført ved å måle fysiske og kjemiske parametere i grunnvann som samler seg opp i miljøbrønnene som er blitt installert på tomten.

Det er blitt installert overvåkingsutstyr i 3 brønner: Brønn 1 ved parkeringsplassen på utsiden av butikken, Brønn 2 inne i butikken og Brønn 3 i hjørnet i kjelleren ved garasjen (se figur 1).

I brønnene overvåkes temperatur, grunnvannstand, pH, saltinnhold (ledningsevne) og redoksforholdene som indikerer stabilitet og hvordan bevaringsforholdene er i kulturlagene under og ved siden av nybygget.

Ved trapperom ned til kjeller er det montert sensorer som overvåker temperatur, jordfuktighet og oksygeninnhold inne i umettet sone av kulturlagene. Disse målingene er et prøveprosjekt siden overvåking av oksygen i umettet sone er mer komplisert enn vi på forhånd viste. Alle målingene fra umetta sone medførte at sensorene sluttet å virke på ulike tidspunkt gjennom måleperioden på 4 år. Rapporten viser derfor ikke helhetlige data fra umetta sone.



Figur 1
Oversikt over miljøbrønner og måleområder innen undersøkelsesområdet. Miljøbrønn 1 ligger ved B4, Miljøbrønn 2 ligger ved B3 og Miljøbrønn 3 ligger ved MB15 (under). Over vises en modell over tomtas kulturlag med gitt organisk mektighet og hvor miljøovervåking har skjedd i brønner og i trapperom.

2. Materiale og Metode

2.1 Naturvitenskapelige definisjoner

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

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

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

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

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

De beste bevaringsforholdene for kulturminner i jord har vi under anaerobe forhold med reduserte redoksforhold nærmere omtalt i kap. 2.2

2.2 Generelt om vurdering av bevaringsforhold i kulturlag

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

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

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

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

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

Under metanogene forhold observerer man den langsamste nedbrytningen av organisk materiale, og minst oksidering av metallgjenstander. Raskest foregår nedbrytning av organiske gjenstander under aerobe forhold. Nedbrytningshastigheten vil som oftest avta i rekkefølge nitrat-, mangan-, jern-, sulfatreduserende til metanogene forhold.

Oksidative og nitratreduserende forhold kan som regel karakteriseres som dårlige bevaringsforhold, mens sulfatreduserende og metanogene forhold kjennemerket bra til utmerket bevaringsforhold. Imidlertid må stedsspesifikke forhold tas i betraktning.

I tabell 1 er det illustrert en enkel oversikt som viser generelt hvordan kulturlagene vurderes på bevaringsforhold. I flere tilfeller vil man få grenseoverganger. I det orange markerte området vises nivåer av målte kjemiske parametere for typisk oksiderende forhold, mens reduserende forhold er vist med blått.

Redoksforhold i grunnen kan karakteriseres ved å måle redokssensitive komponenter i jord og porevann (oksygen, nitrat, ammonium, mangan (II), mangan (IV), jern (III), jern (II), sulfat, sulfid, metan): Høye oksygenkonsentrasjoner indikerer for eksempel at forholdene er oksidative og at mikroorganismene bruker oksygen til å bryte ned organisk materiale. Tabellen illustrerer også omtrentlige redoksverdier benyttet i overvåking av grunnvannet som beveger seg igjennom kulturlagene.

Tabell 1

Konsentrasjonsnivåer for parametere fra S2 analysepakke som danner grunnlag for vurdering av bevaringsforhold.

Nitrat	Ammonium	Sulfid	Jern (II)	Jern (III)	Redoksforhold	Bevaring	Redoks
NO_3	NH_4	H_2S	Fe^{2+}	Fe^{3+}			mV
Lav	Lav	Lav	Lav	Høy	Oksiderende	Elendig	200
Høy	Lav	Lav	Lav	Høy	Nitrat til oksiderende	Dårlig	100
Høy	Lav	Lav	Høy	Lav	Nitrat til jernred.	Middels	0
Lav	Lav	Lav	Høy	Lav	Jernreduserende	Middels	-0,1
Høy	Høy	Høy	Medium	Lav	Nitrat til sulfatred.	Bra	-200
Lav	Høy	Høy	Medium	Lav	Sulfatreduserende	Bra	-350
Lav	Høy	Høy	Høy	Lav	Sulfatred. til metanogene	Utmerket	-400

Reduserende forhold
 Oksiderende forhold

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

Andre miljøforhold som vil påvirke bevaring av kulturlag er massenes permeabilitet og vannmetning. Dette vil styre gjennomstrømning av (oksygenrikt) vann gjennom massene og diffusjon av oksygen i porene. Dessuten vil tilstedeværelse av giftige forbindelser kunne hemme nedbrytningen av organisk materiale. Syre og løslige salter medfører korrosjon av metalloverflater. Økende surhet og saltkonsentrasjon vil framskynde korrosjon av metallgjenstander og forvitring av bein.

2.3 Feltarbeide og miljøovervåking

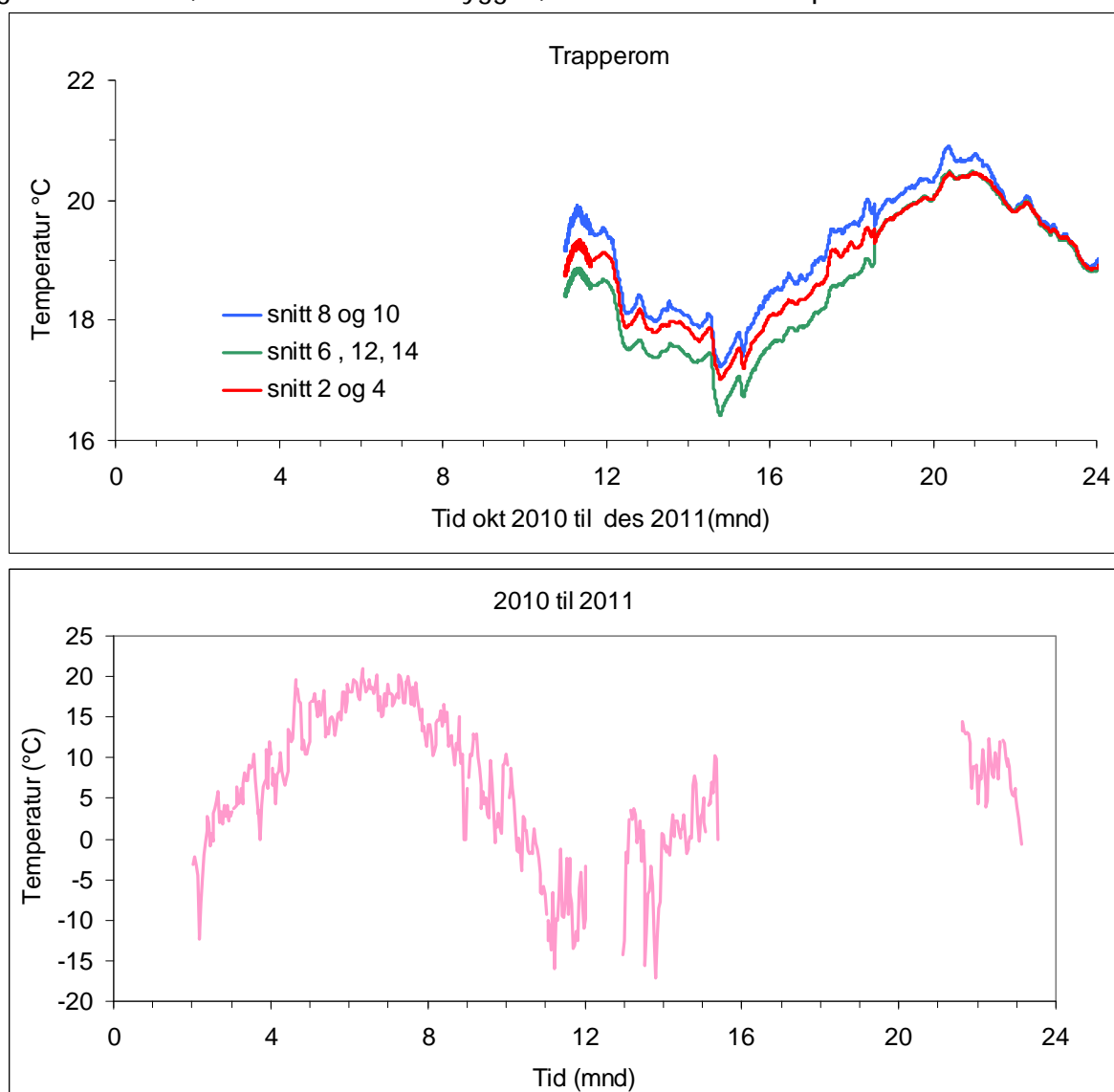
Feltarbeid ble utført av Bioforsk Jord og Miljø (høsten 2008). Kontinuerlig overvåking av miljøforholdene i kultur- og sikringslag har foregått i 4 år ved hjelp av automatiske loggere fra SEBA Hydrometrie GmbH (Tyskland). Loggerne er utstyrt med GSM-modem for å muliggjøre nedlasting av overvåkingsdata via mobiltelefon. Overvåkingen har skjedd både i mettet sone nær grunnvannet og i umettet sone (sone over grunnvannstanden). Sensorer etablert i tre miljøbrønner har overvåket temperatur, grunnvannstand, pH, saltinnhold (ledningsevne) og redoksforholdene under og ved siden av bygget. I tillegg er det satt inn 9 sensorer hver som registrerer temperaturen, fuktighet og oksygen i umettet sone til kulturlagene ved trapp ned til kjelleren.

Sensorene i miljøbrønnene har gitt interessante data fra 2008 til 31.12 2011. Ved trapperom ned til kjelleren har det vært store problemer med strømtilførsel og skap med loggefunksjon som har vært ute av drift. I tillegg har sensorer sluttet å virke over tid pga vekslende fysiske forhold. Vi tror det skyldes store vekslinger i tørre og våtere perioder med mye regnvann. Temperaturmålingene har gitt resultater, mens fuktighet og oksygenmålingene har gitt varierende resultater. Vi har derfor få data fra umettet sone som ofte er mye mer utfordrende å overvåke. Resultatene er vist både som kurver og tabeller som viser min, maks og middelvei for de enkelt målte parametre.

3. Resultater og diskusjon

3.1 Miljøovervåking i umettet/mettet sone - profilvegg ved trapperom ned til kjeller

Overvåking av temperatur, oksygen og fuktighet i kulturlagene i vegg nær trapperom ned til kjeller, umettet sone er vist i figur 2, 3 og 4 og tabell 2. Målingene er registrert mellom 2 og 4 moh og er beregnet på snittverdier fra flere sensorer. Temperaturen varierer lite i umettet sone. Snittverdien registrert både sommer og i vinterperioden ligger på 18-19 °C selv om middel ute temperaturen svinger med årstidene fra -10-21 °C (figur 2) Sammenlignet med grunnvann temperaturene målt i miljøbrønnene figur 5 er de flere grader høyere. For eksempel vanntemperaturen registrert i MB 1, som står utenfor bygget, har en maks verdi på 11 °C.



Figur 2

Viser kurver på temperatur fra sensorer satt inn for å overvåke kulturlag i umettet sone ved trapperom ned til kjeller ved nybygg Nedre Langate 41-43, Tønsberg (øverst)sammenstilt med middel luft temperaturi tønsberg i 2010 til 2011 (under).

Det ser ut som om kulturlagene nær veggene på bygget registrert i trapperom ned til kjeller påvirkes mer av varmen fra bygget enn temperaturen i grunnvannet som omgir kulturlagene under og ved bygget. Til sammenligning viser miljøovervåking i gårdshaug upåvirket av hus (Åkergård på Hamar) betydelig større svingninger i temperatur sommer og vinter 1,20 m under overflaten. Her er det vist 2-3 °C om vinteren og 20 °C om sommeren registrert i umettet sone (Martens, et. al. 2008).

Oksygen innholdet viser forholdsvis lave verdier selv om de varierer noe fra sensor til sensor (figur 2 og tabell 2). I en forundersøkelse (Bergersen, 2008) og (Bergersen, et. al. 2008) ble det vist at det var oksiderende forhold fra 4-5 moh.

Tabell 2

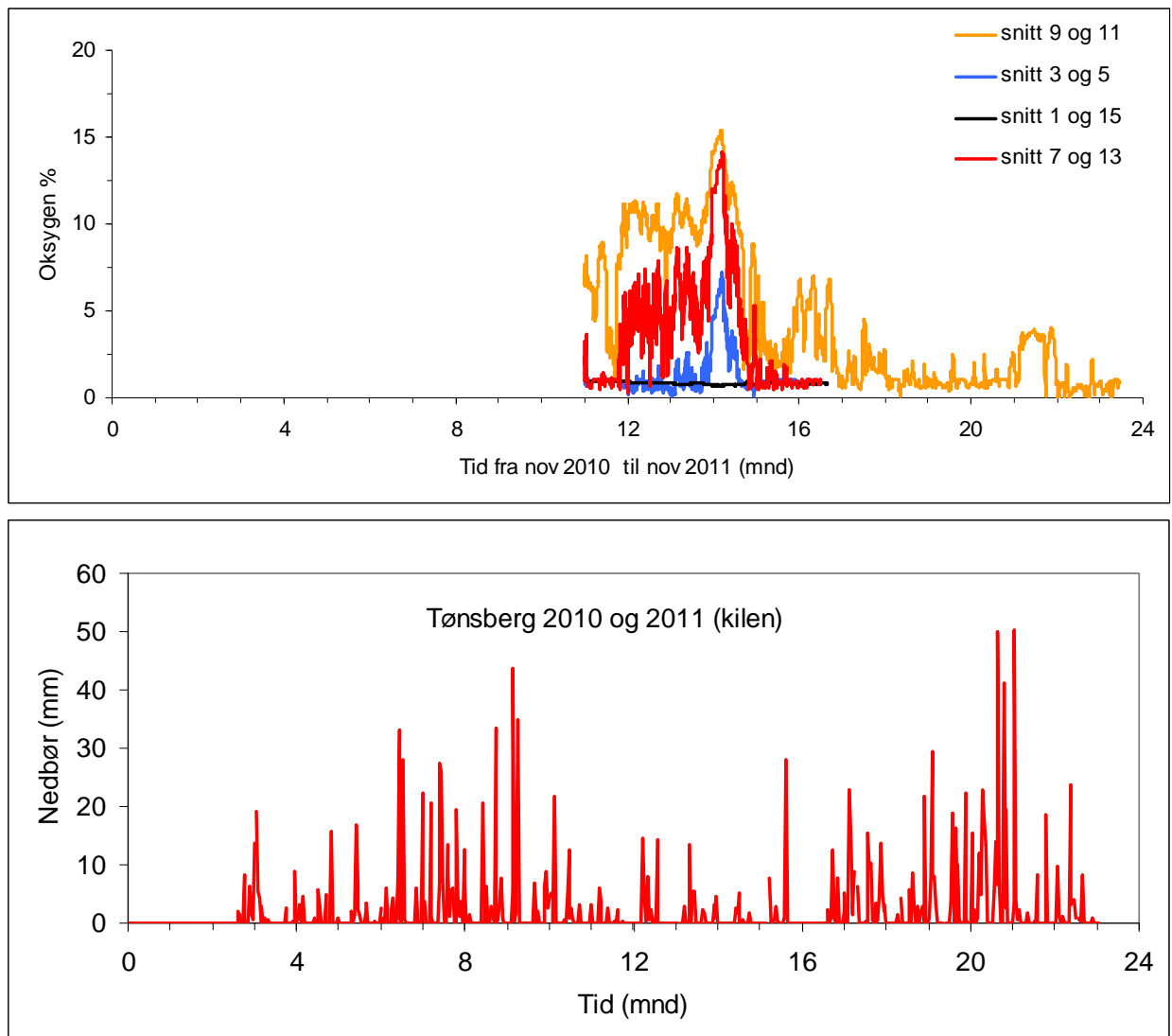
Viser minimum, maksimum og gjennomsnittverdier på temperatur °C (øverst), oksygen (midten) og fuktighet (nederst) fra sensorer satt inn for å overvåke kulturlag i umettet sone ved trapperom ned til kjeller ved nybygg Nedre Langate 41-43, Tønsberg. Målingene er fra okt 2010 og ut 2011

Temperatur	snitt 2 og 4	snitt 6 , 12, 14	snitt 8 og 10
Min	16,8	16,3	16,8
Max	20,9	20,2	21,3
Snitt	19,0	18,6	19,4

Sensor	snitt 1 og 15	snitt 3 og 5	snitt 7 og 13	snitt 9 og 11
Oksygen	%	%	%	%
Min	0,65	0,11	0,34	0,03
Max	1,06	7,20	14,14	15,38
Snitt	0,95	1,16	2,21	4,25

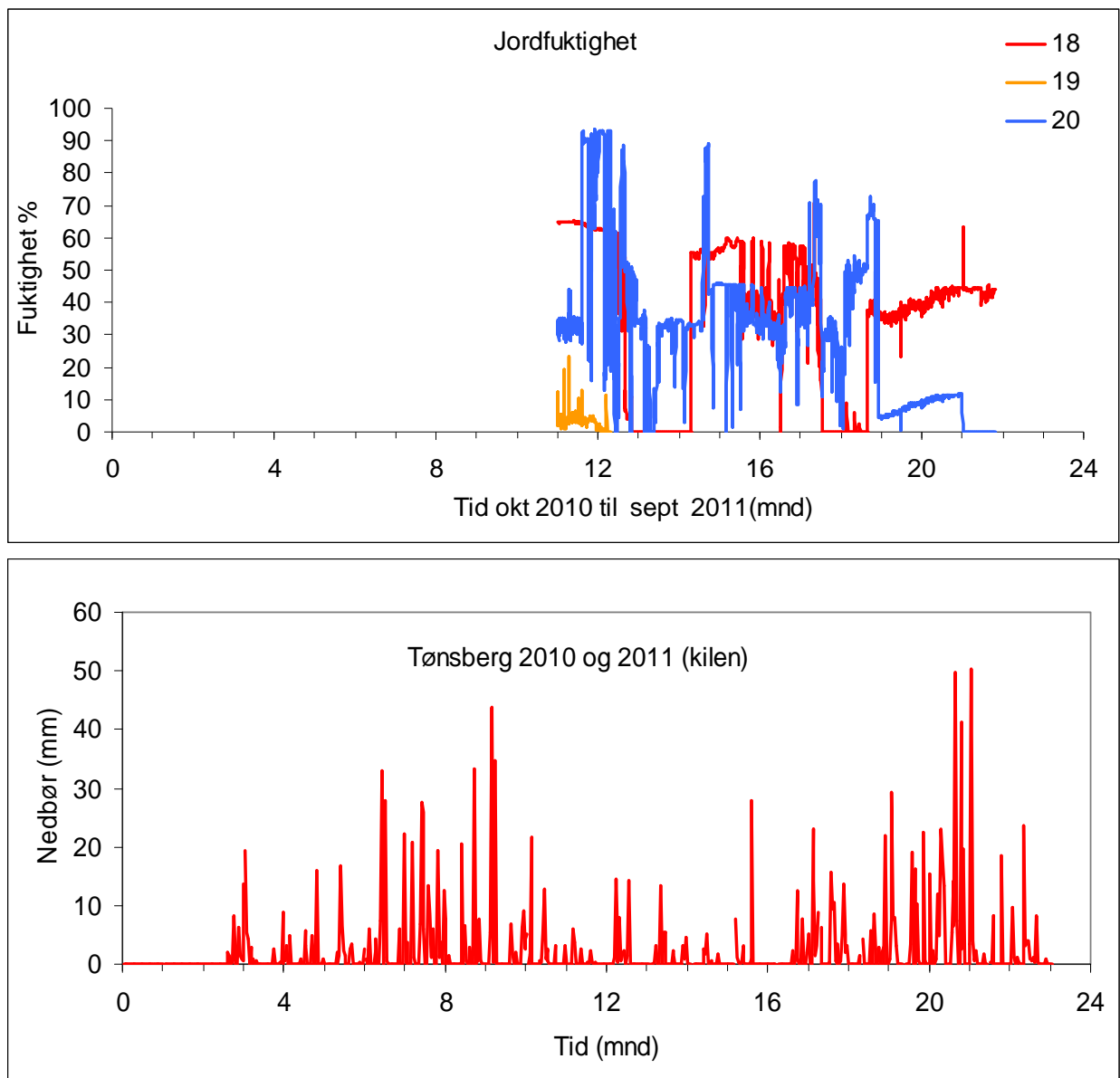
Fuktighet	UNL00218	UNL00218	UNL00218
Sensor	18	19	20
Moister	%	%	%
Min	0	0,2	0
Max	70,7	23,2	93,0
Snitt	42,3	3,6	32,1

Under 4 moh og nedover til 2 moh, var det opprinnelig reduserende forhold som er gunstig for kulturlagene. Uten å være helt sikker ser det ut som ytterkanten av kulturlagene nært nybyggets trapperom ned til kjeller har fått forandring i temperatur, fuktighet og oksygeninnhold. Disse forandringer kan forandre de påviste gode bevaringsforhold som ble registrert i forundersøkelsen fra 2008 (Bergersen, et. al. 2008). I løpet av sommeren 2011 kan det se ut som om % oksygen har sunket i flere av sensorene (figur 3). En mulig forklaring er at profilveggen nær huset har blitt tilført mer vann. Denne hypotese styrkes i økt fuktighet i måleområdet (figur 4). Dessverre kan det se ut som om flere av sensorene har sluttet å virke etter mye nedbør. I des. 2011 var det stort sett temperatur sensorene som ga pålitelige resultater.



Figur 3

Viser kurver på gjennomsnittsverdier av oksygen (over) fra ulike sensorer satt inn for å overvåke kulturlag i umettet sone ved trapperom ned til kjeller ved nybygg Nedre Langate 41-43, Tønsberg, sammenstilt med gjennomsnittlig nedbør i Tønsberg ved Kilen (under). Oksygensensorene 3 og 5, 1 og 15, 7 og 13 sluttet å vise pålitelige verdier juli 2011.

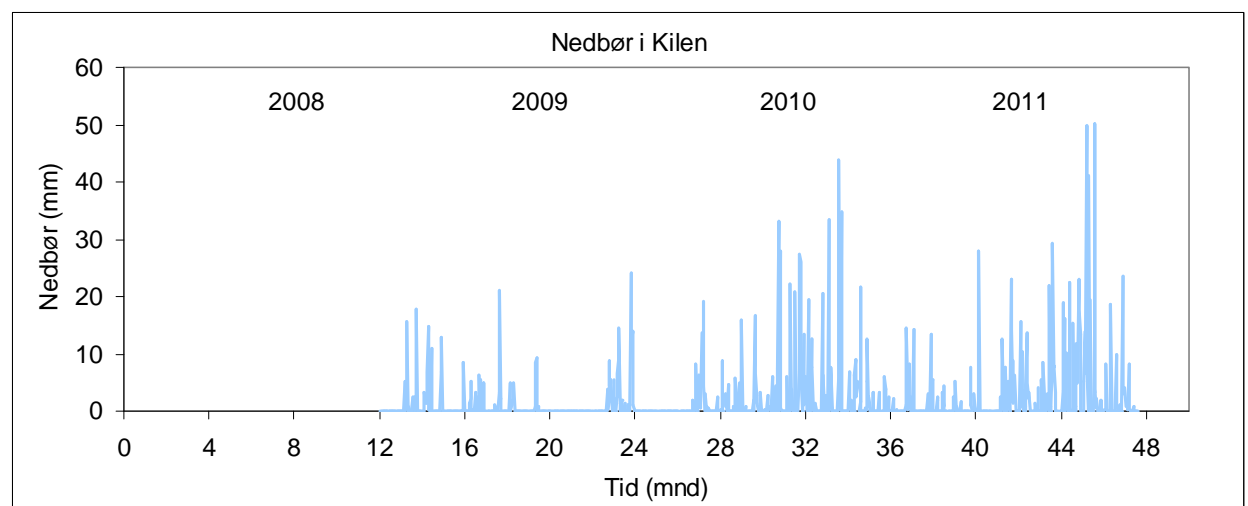
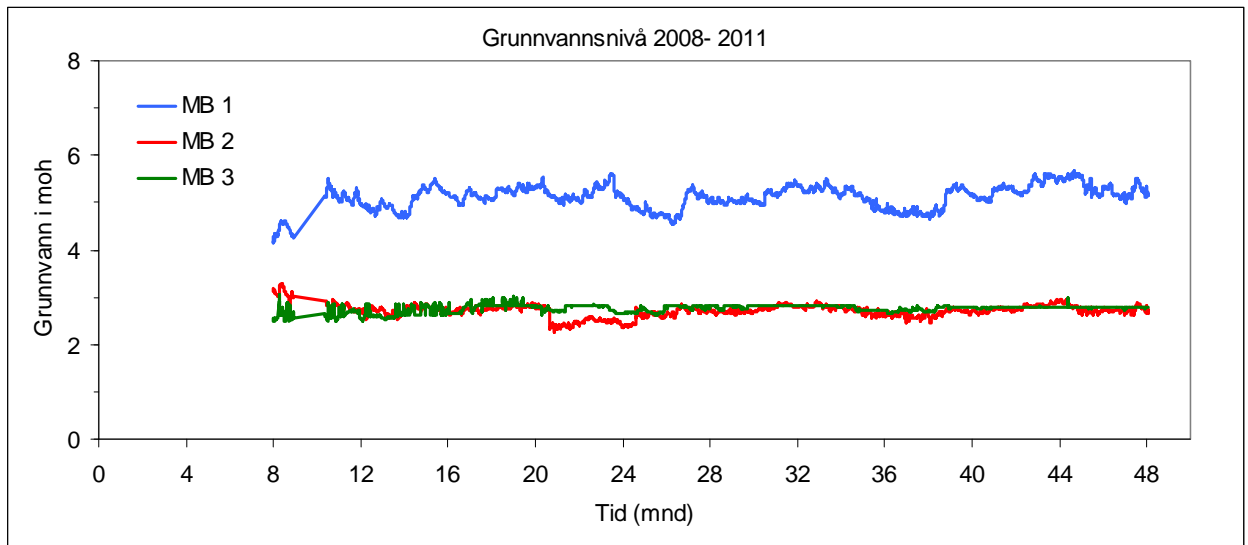


Figur 4

Viser kurver på 3 jordfuktighetsensorer av 10 mulige satt inn for å overvåke kulturlag i umettet sone ved trapperom ned til kjeller ved nybygg Nedre Langate 41-43 Tønsberg (over), sammenstilt med gjennomsnittlig nedbør. Fuktighetsensorene sluttet å gi pålitelige verdier i nov 2011.

3.2 Miljøovervåking i mettet grunnvannsone

Nybygget ved Nedre Langate 41-43 er overvåket for å se hvordan grunnvannspeilet har oppført seg under og etter at nybygg er satt opp. I tillegg ble temperatur, pH, saltinnhold (ledningsevne) og reduserende forhold overvåket i grunnvannet. Grunnvannstanden har vist stabile forhold i hele måleperioden (figur 5). Under figur 5 er det satt opp en oversikt over middelverdi, laveste og høyeste vannstand alle i meter over havet. I miljøbrønn 1 (MB1) lå grunnvannstanden på 5,1 moh med topp pkt. på 5,67 moh. I miljøbrønn 2 (MB2) lå grunnvannet på 2,71 moh hvor topp pkt. var 3,29 moh.

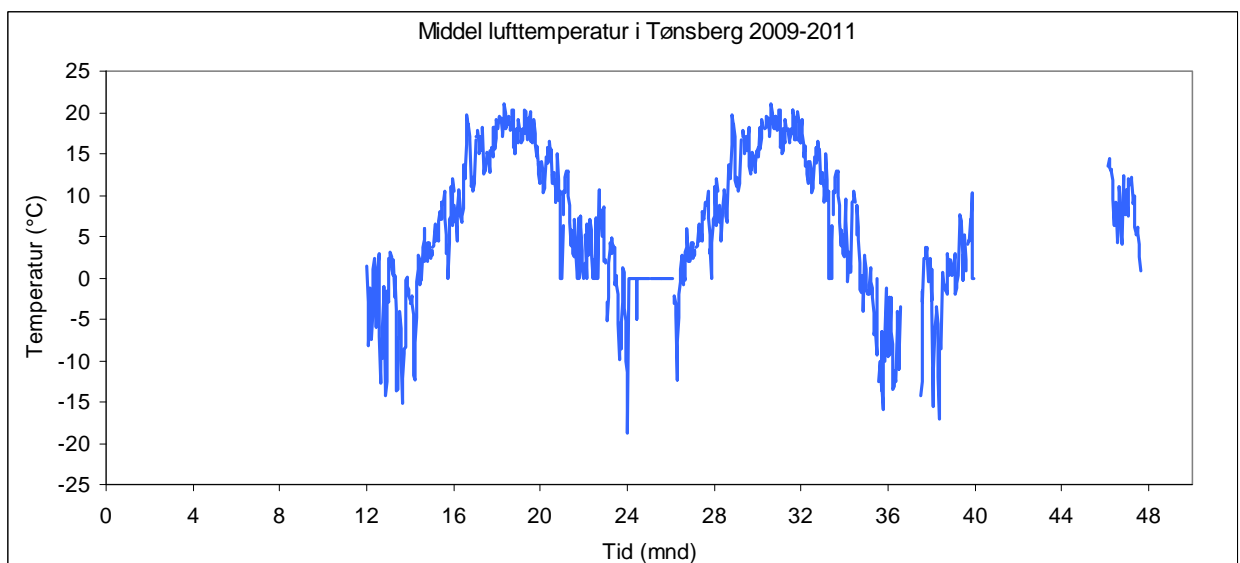
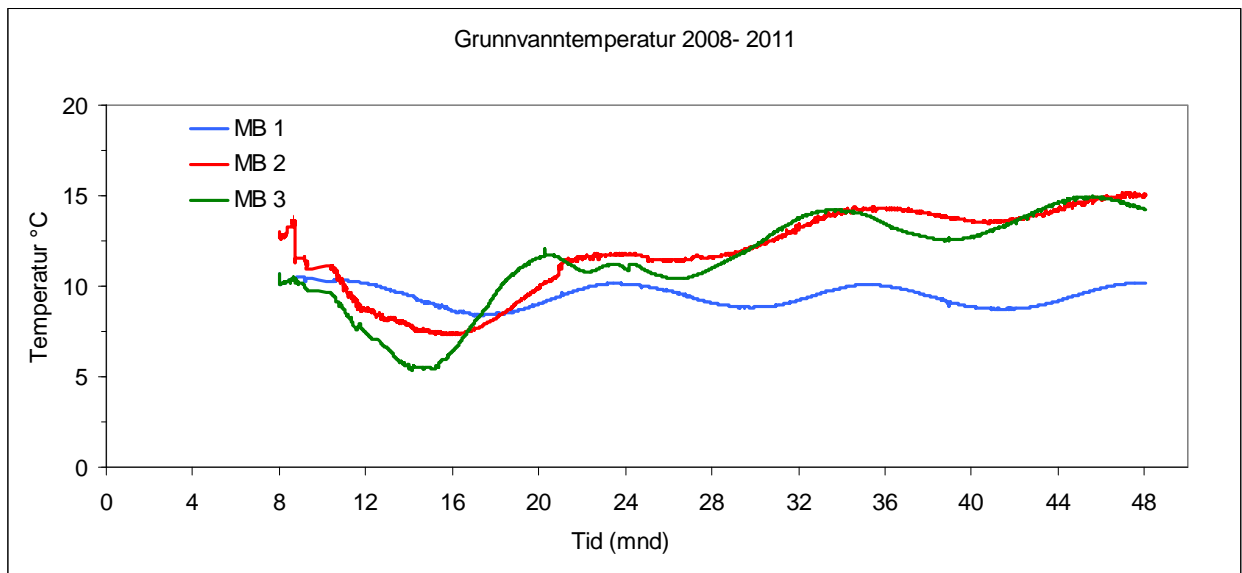


MB	MB 1 moh	MB 2 moh	MB 3 moh
Min	4,14	2,27	2,48
Max	5,67	3,29	3,04
Snitt	5,12	2,71	2,76

Figur 5
Grunnvannstand i miljøbrønn 1, 2 og 3 fra aug. 2008 til des. 2011 sammenstilt med nedbørsdata fra Tønsberg. Minimum, maksimum og gjennomsnittverdier er vist under.

I den siste miljøbrønnen (MB3) viste overvåkingen et grunnvannspeil på 2,76 moh hvor topp pkt lå på 3,04 moh. Forundersøkelsen utført i 2008 viste meget til godt bevarte kulturlag i 4-2 moh. Grunnvannspeilet registrert i MB 2 og 3 var stabilt, mens svingninger ble registrert i MB 1, som er plassert høyere oppe og utendørs under asfaltdekke. Sistnevnte brønn ser ut til å være påvirket mer av nedbør. I perioder med mye nedbør stiger vannstanden fra 5,0 til 5,6 moh. (figur 5). Allikevel ser det ut som om grunnvannet holder seg høyt i kulturlagene på utsiden av bygget. Det er gunstig for bevaringen av de rike kulturlagene fra Middelalderen.

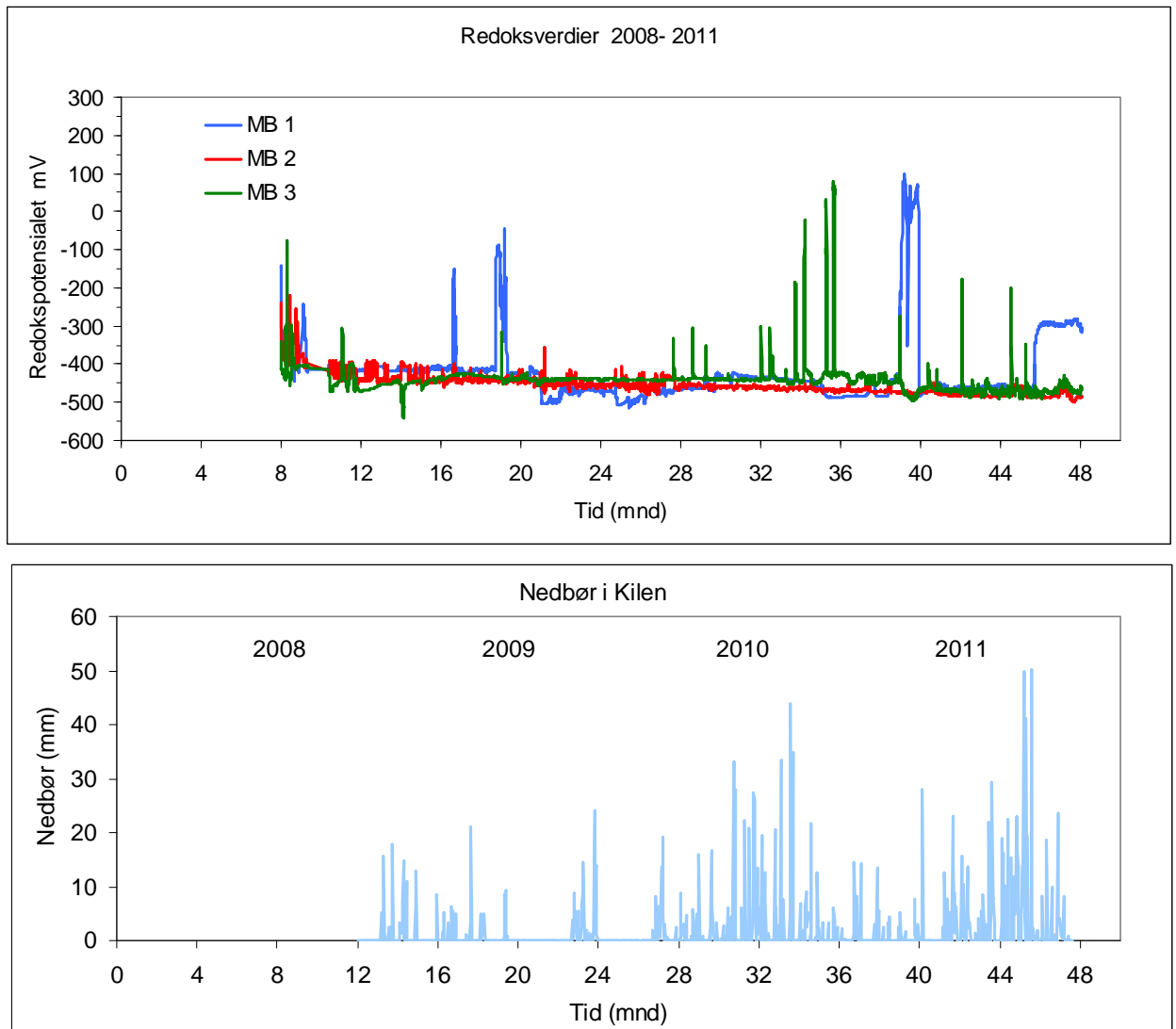
Temperaturvariasjonen i figur 6 viser noe mer forandringer over tid. Gjennomsnittstemperaturen er noe forskjellig fra brønn til brønn i hele måleperioden. Grunnvannstemperaturen svinger med utetemperaturen og er mest stabil i MB1 plassert på utsiden av bygget. De to andre har stabilisert seg over tid, men viser noe stigende temperatur påvirket av temperaturen fra kjeller og garasje. Snitttemperaturen i grunnvannet fra MB 2 og 3 inne i kjeller og butikken på 11,5- 11,9 °C er blitt målt og beregnet 2-3 grader høyere enn i MB 1 på utsiden. Grunnvannstemperaturen i MB 1 hadde et gjennomsnitt på 9,4 °C og maks temperatur på 10,7 °C som viste mest stabilitet.



	MB 1 temp °C	MB 2 temp °C	MB 3 temp °C
Min	8,38	7,32	5,38
Max	10,73	15,21	14,98
Snitt	9,44	11,90	11,47

Figur 6
Vannstemperatur i miljøbrønn 1, 2 og 3 fra aug. 2008 til des. 2011 sammenstilt med middeltemperatur ute i Tønsberg. Minimum, maksimum og gjennomsnittverdier er vist under.

For å kunne vurdere hvordan bevaringsforholdene er i grunnvannbrønnene er redokspotensialet blitt målt i alle tre grunnvannbrønnene. Resultatet er vist i figur 7. Redokspotensialet gir indikasjon om oksygen i grunnvannet siver inn i miljøbrønn. Hvis tilfelle kan slike observasjoner kunne påvirket bevaringsforholdene i de nærliggende kulturlag nær og under nybygget. Alle brønnene viser stabile lave redoksforhold beregnet ut fra gjennomsnittverdi på -420 til -450mV. Disse verdier har indikert at grunnvannet som siver i de rike kulturlagene omkring bygget ikke inneholder faretruende mengder oksygen. Lave redoksverdier informerer oss om at de gode bevaringsforholdene påvist i 2008 er opprettholdt. Grunnvannet i MB 2 ble registrert med lavest redoksverdi. I sistnevnte brønn ble det også registrert noe mer stabile forhold målt i kontinuerlig lave og negative redoksverdier (figur 7).



REDOKS	MB 1 mV	MB 2 mV	MB 3 mV
Min	-514	-500	-540
Max	98	-219	78
Snitt	-424	-454	-443

Figur 7
Redokspotensialet i grunnvannet som siver inn i miljøbrønn 1, 2 og 3 fra aug. 2008 til des. 2011 sammenstilt med nedbørsdata fra Tønsberg. Minimum, maksimum og gjennomsnittverdier er vist under.

Grunnvannet i MB 3 og MB 1 viste noe mer svingninger mot slutten av måleperioden. Disse svingninger ser ut til å være påvirket av større nedbørsrike perioder, men som hadde kort varighet. Det kan se ut som om oksygenrikt regnvann har påvirket brønnene på venstre side av bygget mer enn brønnen under byggets garasjeanlegg. De små svingninger vil ikke påvirke kulturlagenes bevaringsforhold.

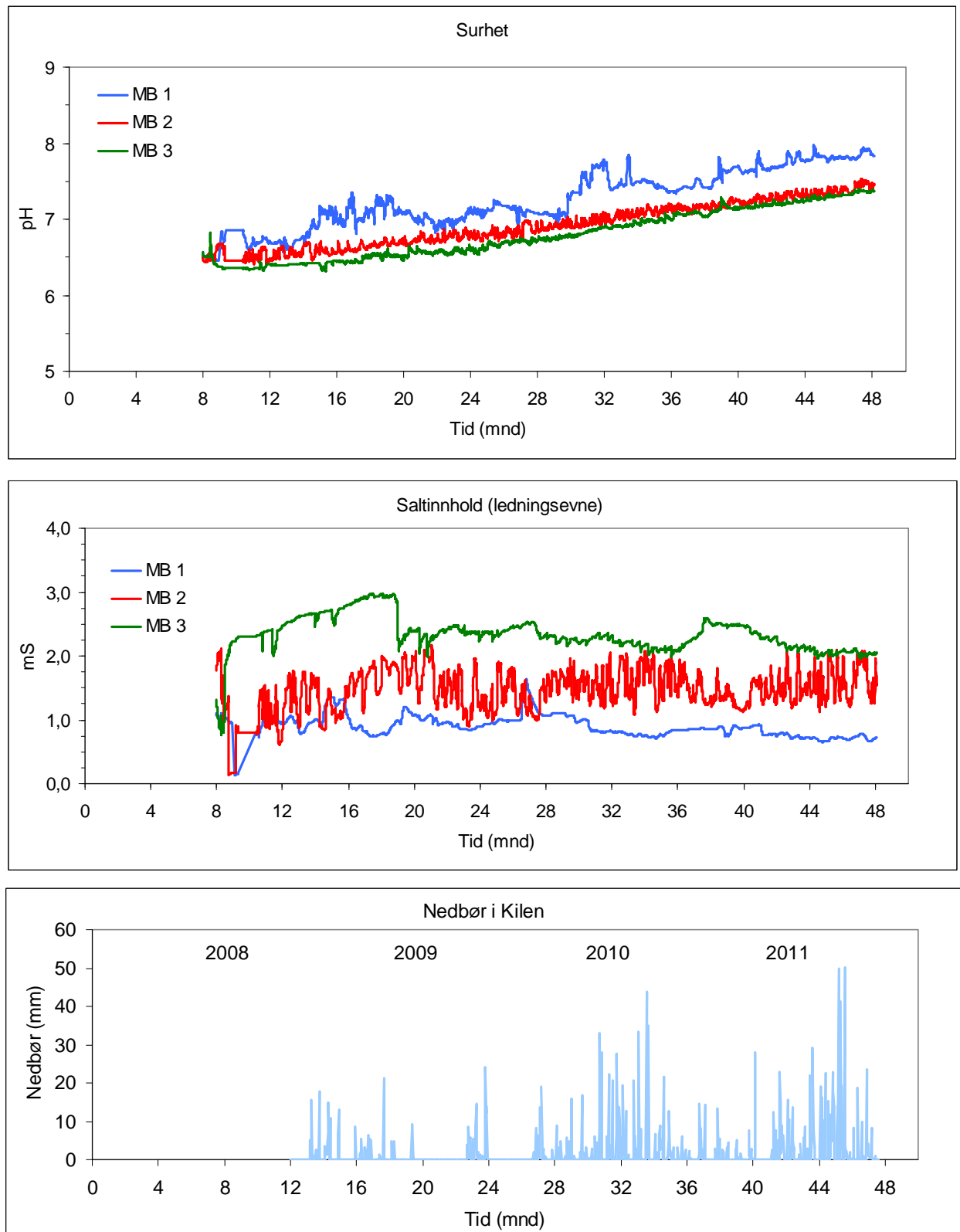
Overvåking av elektrisk ledningsevne (saltinnholdet) i grunnvannet fra miljøbrønnene viser også stabile forhold spesielt i MB 1 og 3 selv om innholdet av salter varierte i gjennomsnitt mellom 0,9 til 2,3 mS/cm (figur 8, tabell 3). MB1 viste lavest snittverdi på 0,9 mS/cm, MB2 på 1,5mS/cm og MB3 på 2,3mS/cm. De to sistnevnte viser at grunnvannet påvirkes nærmere sjøen. Saltinnholdet svingte mest i miljøbrønn 2 (figur 8).

Alle miljøbrønnene viste stabil pH nært nøytralt området i alkalitet fra pH 6,8-7,3 i gjennomsnittverdi (figur 8, tabell 3). Kurvene viser en svak stigning fra starten av overvåkingen og til i dag. Denne stigning kan være vandring i elektrodene, men de er kalibrert vært år. Teoretisk skulle MB 2 og 3 hatt noe høyere verdi siden begge brønner står dypere og er nærmere eventuell påvirkning av sjøvann. MB1 på utsiden og ved høyere kote (5 moh) er den som har svingt mest og som ser ut til å ha vært mest påvirket av bevegelse i grunnvannet som siger sakte nedover i kulturlagene langs nybygget. Svingningen går i positiv retning fra nøytral og opp til pH 7,8 og ikke motsatt. Lavere pH verdi som indikere et surere miljø kan antyde at grunnvannet er blitt tilført organiske syrer fra evt. mulig nedbryting av organisk materiale i kulturlagene omkring miljøbrønn 1.

Tabell 3 Minimum, maksimum og gjennomsnittverdier av pH (over) og elektrisk ledningsevne (under) i alle 3 miljøbrønnene fra 2008 til 2011.

pH	MB 1	MB 2	MB 3
Min	6,5	6,4	6,3
Max	8,0	7,5	7,4
Snitt	7,3	6,9	6,8

Ledningsevne	MB 1	MB 2	MB 3
	mS/cm	mS/cm	mS/cm
Min	0,13	0,12	0,76
Max	1,64	2,18	2,98
Snitt	0,90	1,48	2,34



Figur 8
 pH og elektrisk ledningsevne (mS/cm) i miljøbrønn 1, 2 og 3 fra aug. 2008 til des. 2011 sammenstilt med nedbørsdata fra Tønsberg.

3.3 Vurdering av kulturlagenes bevaringsforhold etter miljøovervåking i umettet / mettet grunnvannssone omkring et nybygg.

Sensorene i kulturlagene plassert i profilvegg i umettet sone rett inn for trapperom ned til garasjeområdet fra 4 og ned til 2 moh. har ikke gitt stabile resultater. Av i alt bortimot 30 sensorer er det nå etter 4 års tid overvåking kun få som har virket i mesteparten av overvåkingstiden.

Temperaturmålingene har gitt bra resultat, mens fuktighet og oksygen målingene har gitt uttrykke målinger. Overvåkingen har gitt nyttig informasjon og erfaringer.

Temperaturmålingene nær huset har vist høyere verdier sammenlignet med grunnvannstemperaturen målt i miljøbrønnene under og ved siden av bygget. Dette viser at varme fra kjeller og garasje anlegg kan gi noe temperaturøkning i kulturlagene nært inntil hus med kjeller. Økt temperatur kan øke graden av nedbryting hvis oksygen kommer til i kulturlagene. Hvor langt fra husets kjellervegger temperaturen avtar er usikkert. Grunnvannet i miljøbrønn 1 på utsiden og i ca 11 meters avstand fra bygget viser lavere og stabil temperatur. Økning i grunnvannstemperatur på 2-3 °C under nybygget ble påvist i miljøbrønnene 2 og 3 etter at overvåkingen har startet.

Data fra umettet sone som registrerte fuktighet og oksygen i porene til kulturlagene viste at økt nedbør og høyere fuktighet i kulturlagene viste reduksjon i oksygeninnhold. Dette er gunstig for bevaring av kulturlagene. Redoks målingen i grunnvannet omkring nybygget har vist meget til gode betingelser for bevaring av kulturlag under bygget og på utsiden.

Grunnvannspeilet i de tre miljøbrønnene har også vist stabile forhold hele perioden. En liten fluktuasjon i grunnvannet på 0,8m i MB 1 er blitt påvist p.g.a. nedbørsrikt klima i måleperioden. MB 1 viste gjennomsnittlig vannstand på ca 5 moh., MB 2 viste 2,7 moh.; mens MB3 viste vannstand på 2,8 moh. Nytt bygg har ikke forandret og påvirket grunnvannet. Dette tyder på at forholdene ligger til rette for god bevaring av de uberørte kulturlagene i nærheten og ved nybygget.

4. Konklusjon

Bioforsk har overvåket kulturlagene på tomta Nedre Langate 41-43 i perioden 2008-2011.

- Miljøovervåking med sensorene i kulturlagene plassert i umettet sone rett inn for trapperom ned til garasjeområdet har gitt utfordringer måleteknisk. Av i alt nesten 30 sensorer er det etter 4 års tid overvåking, kun få som virket mesteparten av tiden.
- Temperaturmålingene har gitt best resultat, mens registrering av fuktighet og oksygen har gitt indikasjoner på forandringer p.g.a. nedbør.
- Selv med tekniske problemer på utstyret, viser overvåking at kulturlagene i umettet sone inn mot nybyggets trappeoppgang ikke har optimale bevaringsforhold. Hvor langt inn i kulturlagene disse ikke optimale forhold går er uklart.
- Temperaturen er registrert 7-8 grader høyere sammenlignet med grunnvanntemperaturen målt under og ved siden av bygget i miljøbrønnene.
- Målinger av fuktighet og oksygentilgang fra 4 og ned til 2 moh. varierer i profilen som er overvåket. I praksis tror vi at det er ikke lett å måle optimale forhold i umettede soner nært et nybygg med ulike krav til drenering.
- Overvåkingen har vist en svak temperaturstigning i grunnvannet under nybygg, oksygenfritt grunnvann som gir beskyttende egenskaper i kulturlagene.
- Nytt bygg har ikke forandret og påvirket grunnvannets nivå og sammensetning i saltinnhold. Dette tyder på at forholdene ligger til rette for god bevaring av kulturlagene i nærheten av bygget.

5. Referanser

Bergersen, O. 2008. Bevaringsforhold i kulturlag ved Nedre Langgate 41-43, Tønsberg. Jordfaglig vurdering av miljøforhold på bakgrunn av laboratorieanalyser. Bioforsk Rapport 3 (6). 16 s.

Bergersen, O., Bloem, E., Hartnik, T. & Petersen, A. H. 2008. Vurdering av bevaringstilstand og forhold i kulturlag i mettet/umettet sone ved Nedre Langgate 43, Tønsberg - Arkeologisk, jordfaglig og geofysisk analyse. Bioforsk NIKU rapport Vol 3 (175) 52.

Martens, V. et. al 2008. Forprosjekt 2, miljøovervåking Åker gård gnr. 7/bnr. 201. Hamar, Hedemark. NIKU nr 60 og Bioforsk rapport Vol 3 (139) 2008.

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

6. Vedlegg

Vedlegg 1

Foto av nybygg i Nedre Langate 41-43 under etablering



Bioforsk Rapport

Vol. 8 Nr. 19 2013

Miljøovervåking av kulturlag fra Middelalderen under bygging og etter at nybygg er satt opp ved Nedre LanggateLanggate 41-43, Tønsberg

Sluttrapport

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

Tittel/Title:

Miljøovervåking av kulturlag fra Middelalderen under bygging og etter at nybygg er satt opp ved Nedre Langgate 41-43, Tønsberg

Sluttrapport

Forfatter(e)/Autor(s):

Ove Bergersen

<i>Dato/Date:</i> 31.01.2013	<i>Tilgjengelighet/Availability:</i> Lukket	<i>Prosjekt nr./Project No.:</i> Bioforsk 2110177-05	<i>Arkiv nr./Archive No.:</i>
<i>Rapport nr./Report No.:</i> 8 (19) 2013	<i>ISBN-nr.:</i>	<i>Antall sider/Number of pages:</i> 18	<i>Antall vedlegg/Number of appendix:</i> 1

<i>Oppdragsgiver/Employer:</i> Riksantikvaren, Distriktskontor Tønsberg	<i>Kontaktperson/Contact person:</i> Jens Rytter
--	---

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

Sammendrag

Rapporten oppsummerer erfaringer og informasjon om miljøovervåking under og etter at et nybygg er satt opp på og i nærheten av godt bevarte kulturlag fra Middelalderbyen Tønsberg. Nybygget har blitt satt opp ved Nedre Langgate 41-43. Miljøovervåking med sensorene i kulturlagene plassert i umettet sone rett inn for trapperom ned til garasje området har gitt utfordringer måleteknisk. Resultatene fra overvåkingen viser ugunstig og varierende bevaringsforhold i profilveggen nært byggets kjellerrom. Grunnvannet har ikke forandret seg mye i løpet av 5 år og er ut fra kjemiske parametere vurdert bra for å beskytte kulturlagene i dag, men også fremover i tid hvis ikke store inngrep og forandringer i grunnvannforholdene inntreffer. Resultatene fra denne miljøovervåkingen viser viktigheten av å kontrollere grunnvannets nivå og kjemiske sammensetning ved rike kulturlag fra Middelalderen.

<i>Land/fylke:</i> Norge, Vestfold
<i>Kommune:</i> Tønsberg
<i>Sted/Lokalitet:</i> Tønsberg- Nedre Langgate 41-43

Godkjent / Approved

Trond Mæhlum
forskningsjef

Prosjektleder / Project leader

Ove Bergersen
Seniorforsker

Innhold

1.	Innledning	2
1.1	Bakgrunn	2
1.2	Naturvitenskapelige definisjoner	4
1.3	Generelt om vurdering av bevaringsforhold i kulturlag	4
2.	Materiale og Metode	6
2.1	Feltarbeide og miljøovervåking	6
2.2	Avvik	6
3.	Resultater og diskusjon	7
3.1	Miljøovervåking i umettet/mettet sone - profilvegg ved trapperom ned til kjeller	7
3.2	Miljøovervåking i mettet grunnvannsone	10
3.3	Vurdering av kulturlagenes bevaringsforhold etter miljø-overvåking i umettet / mettet grunnvannsone omkring et nybygg	15
4.	Konklusjon	16
5.	Referanser	17
6.	Vedlegg	18

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Rapporten oppsummerer miljøovervåking av kulturlag i tilknytning til nybygg ved Nedre Langgate 41-43 i Tønsberg (figur 1). Vedlegg 1 viser nytt bygg rett er ferdigstillelse. Overvåking av mettet sone og umettet sone har nå foregått i 5 år.

Hovedformål med miljøovervåkingen:

- Dokumentere ovenfor Riksantikvaren i hvilken grad godt bevarte arkeologiske kulturlag fra middelalderen med gode bevaringsforhold har blitt påvirket under bygging av nybygg med garasjeanlegg i en periode på fem år.
- Vurdere hvorledes kulturlagene vil få det fremover i tid.

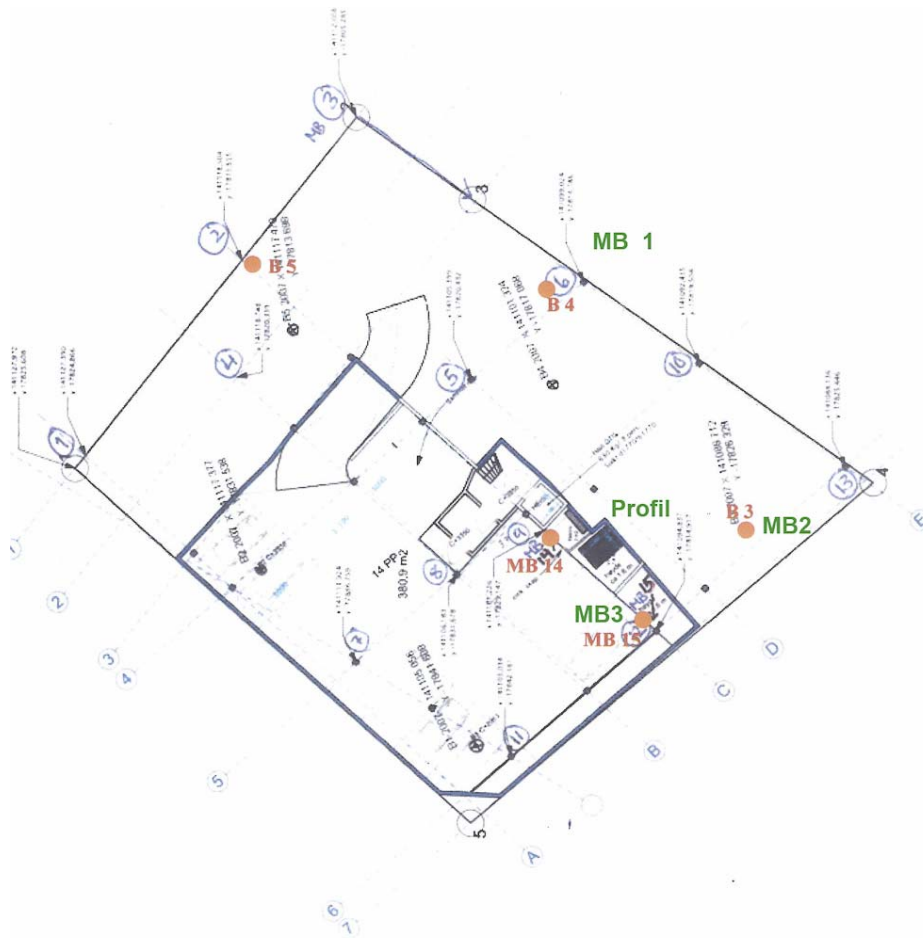
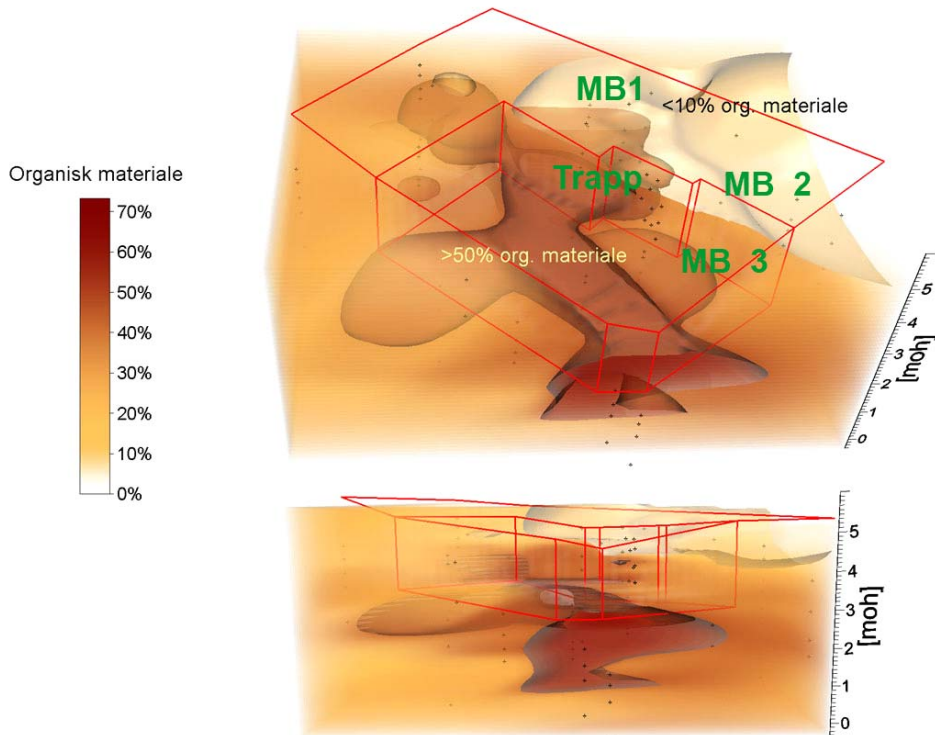
Overvåking av kulturlag i mettet sone er gjennomført ved å måle fysiske og kjemiske parametere i grunnvann som samler seg opp i miljøbrønnene installert på tomten.

Det er blitt installert overvåkingsutstyr i 3 brønner: Brønn 1 ved parkeringsplassen på utsiden av butikken, Brønn 2 inne i butikken og Brønn 3 i hjørnet i kjelleren ved garasjen (se figur 1).

I brønnene overvåkes temperatur, grunnvannstand, pH, saltinnhold (ledningsevne) og redoksforholdene som indikerer stabilitet og hvordan bevaringsforholdene er i kulturlagene under og ved siden av nybygget.

Ved trapperom ned til kjeller er det montert sensorer som overvåker temperatur, jordfuktighet og oksygeninnhold inne i umettet sone av kulturlagene. Disse målingene er et prøveprosjekt siden overvåking av oksygen i umettet sone er mer komplisert enn vi på forhånd viste. Sensorene fra umetta sone sluttet å virke på ulike tidspunkt gjennom måleperioden på 5 år. Rapporten viser derfor ikke helhetlige data fra umetta sone.

Kapittel 1.2 og 1.3 gir en forklaring på kjemiske faguttrykk og generell informasjon om vurdering av bevaringsforhold i kulturlag.



Figur 1
 Oversikt over miljøbrønner og måleområder innen undersøkelsesområdet. Miljøbrønn 1 ligger ved B4, Miljøbrønn 2 ligger ved B3 og Miljøbrønn 3 ligger ved MB15 (under). Over vises en modell over tomtas kulturlag med gitt organisk mektighet og hvor miljøovervåking har skjedd i brønner og i trapperom.

1.2 Naturvitenskapelige definisjoner

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

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

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

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

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

De beste bevaringsforholdene for kulturminner i jord har vi under anaerobe forhold med reduserte redoksforhold nærmere omtalt i kap. 1.3

1.3 Generelt om vurdering av bevaringsforhold i kulturlag

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

I naturen foregår nedbrytning av organisk materiale eller korrosjon av metaller parallelt med reduksjon av andre forbindelser. Mikroorganismer får energi fra slike reaksjoner og bruker denne energien til bl.a. oppbygging av biomasse. Mest energi får mikroorganismer hvis de kan bruke oksygen til å oksidere organisk materiale. Noe mindre energi genereres hvis det brukes nitrat (NO_3^-) og enda mindre ved å bruke treverdige jern, Fe(III), fireverdige mangan, Mn(IV), sulfat (SO_4^{2-}) eller oksidert organisk materiale.

I naturen kan vi derfor observere at aerobe forhold med oksygen til stede, går over til nitratreduserende forhold når all oksygen er brukt opp. Deretter følger mangan-, jern- og sulfatreduserende forhold, før en får metanogene forhold. Under metanogene forhold observerer man den langsomste nedbrytningen av organisk materiale, og minst oksidering av metallgjenstander. Raskest foregår nedbrytning av organiske gjenstander under aerobe forhold. Nedbrytningshastigheten vil som oftest avta i rekkefølge nitrat-, mangan-, jern-, sulfatreduserende til metanogene forhold.

Oksidative og nitratreduserende forhold kan som regel karakteriseres som dårlige bevaringsforhold, mens sulfatreduserende og metanogene forhold kjennemerker bra til utmerket bevaringsforhold. Imidlertid må stedsspesifikke forhold taes i betraktning.

I tabell 1 er det illustrert en enkel oversikt som viser generelt hvordan kulturlagene vurderes på bevaringsforhold. I flere tilfeller vil man få grenseoverganger. I det orange markerte området vises nivåer av målte kjemiske parameter for typisk oksiderende forhold, mens reduserende forhold er vist med blått.

Redoksforhold i grunnen kan karakteriseres ved å måle redokssensitive komponenter i jord og porevann (oksygen, nitrat, ammonium, mangan (II), mangan (IV), jern (III), jern (II), sulfat, sulfid, metan): Høye oksygenkonsentrasjoner indikerer for eksempel at forholdene er oksidative og at mikroorganismene bruker oksygen til å bryte ned organisk materiale. Tabellen illustrerer også omtrentlige redoksverdier benyttet i overvåking av grunnvannet som beveger seg igjennom kulturlagene.

Tabell 1.

Konsentrasjonsnivåer for parameter fra S2 analysepakke som danner grunnlag for vurdering av bevaringsforhold for organiske kulturminner.

Nitrat	Ammonium	Sulfid	Jern (II)	Jern (III)	Redoksforhold	Bevaring	Redoks
NO ₃	NH ₄	H ₂ S	Fe ₂	Fe ₃			mV
Lav	Lav	Lav	Lav	Høy	Oksiderende	Elendig	200
Høy	Lav	Lav	Lav	Høy	Nitrat til oksiderende	Dårlig	100
Høy	Lav	Lav	Høy	Lav	Nitrat til jernred.	Middels	0
Lav	Lav	Lav	Høy	Lav	Jernreduserende	Middels	-0,1
Høy	Høy	Høy	Medium	Lav	Nitrat til sulfatred.	Bra	-200
Lav	Høy	Høy	Medium	Lav	Sulfatreduserende	Bra	-350
Lav	Høy	Høy	Høy	Lav	Sulfatred. til metanogene	Utmerket	-400

Reduserende forhold
 Oksiderende forhold

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

Andre miljøforhold som vil påvirke bevaring av kulturlag er massenes permeabilitet og vannmetning. Dette vil styre gjennomstrømming av (oksygenrikt) vann gjennom massene og diffusjon av oksygen i porene. Dessuten vil tilstedeværelse av giftige forbindelser kunne hemme nedbrytningen av organisk materiale. Syre og løslige salter medfører korrosjon av metalloverflater. Økende surhet og saltkonsentrasjon vil framskynde korrosjon av metallgjenstander og forvitring av bein.

2. Materiale og Metode

2.1 Feltarbeide og miljøovervåking

Feltarbeid ble utført av Bioforsk Jord og Miljø (høsten 2008). Kontinuerlig overvåkning av miljøforholdene i kultur- og sikringslag har foregått i 4 år ved hjelp av automatiske loggere fra SEBA Hydrometrie GmbH (Tyskland). Loggerne er utstyrt med GSM-modem for å muliggjøre nedlasting av overvåkingsdata via mobiltelefon. Overvåkningen har skjedd både i mettet sone nær grunnvannet og i umettet sone (sone over grunnvannstanden).

Sensorer etablert i tre miljøbrønner har overvåket temperatur, grunnvannstand, pH, saltinnhold (ledningsevne) og redoksforholdene under og ved siden av bygget. I tillegg er det satt inn 9 sensorer hver som registrerer temperaturen, fuktighet og oksygen i umettet sone til kulturlagene ved trapp ned til kjelleren.

Sensorene i miljøbrønnene har gitt interessante data fra 2008 ut 2012. Resultatene er vist både som kurver og tabeller som viser min, maks og middelværdi for de enkelt målte parametre.

Overvåkingsdata fra umettet sone er fra slutten av 2010 og ut 2012, mens overvåkingsdata i mettet sone fra grunnvannsbrønner er fra 2008 og ut 2012.

2.2 Avvik

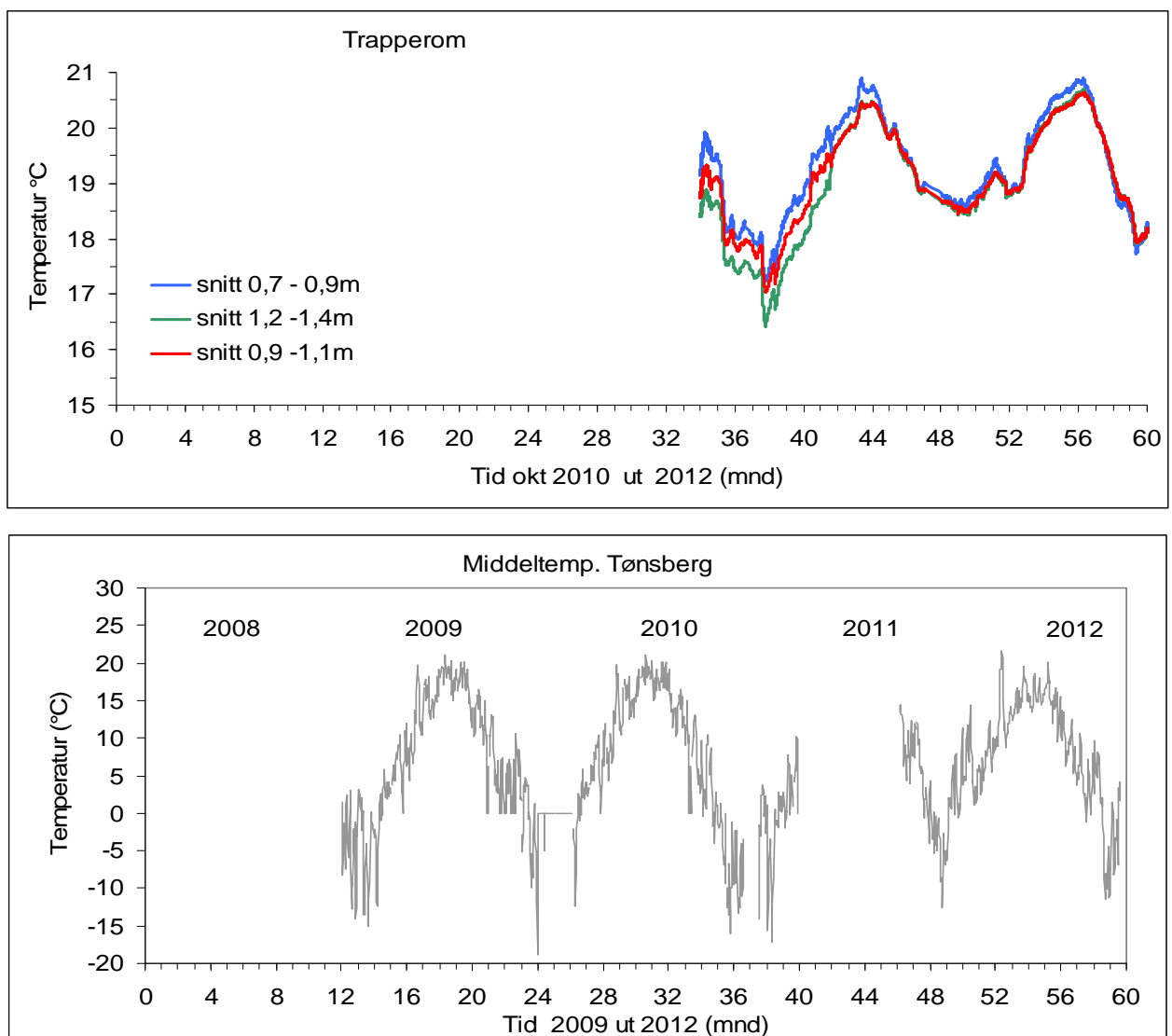
Det har vært flere avvik i forhold til forventninger om å få lange kontrinuerlige måleserier for de undersøkte parametre. Ved trapperom ned til kjelleren har det vært store problemer med strømtilførsel og skap med loggefunksjon som har vært ute av drift. I tillegg har sensorer sluttet å virke over tid pga vekslende fysiske forhold. Vi tror det skyldes store vekslinger i tørre og våtere perioder med mye regnvann. Temperaturmålingene har gitt stabile måledata, mens fuktighet og oksygenmålingene har gitt varierende resultater. Vi har derfor få data fra umettet sone som ofte er mer utfordrende å overvåke.

3. Resultater og diskusjon

3.1 Miljøovervåking i umettet/mettet sone - profilvegg ved trapperom ned til kjeller

Overvåking av temperatur, oksygen og fuktighet i kulturlagene i vegg nær trapperom ned til kjeller, umettet sone er vist i figur 2, 3 og 4 og tabell 2. Overvåkingen med ulike sensorer er utført fra ca 4,0 og ned til 2,7 moh og er beregnet på snittverdier fra flere sensorer.

Temperaturen varierer lite i umettet sone. Snittverdien registrert både sommer og i vinterperioden ligger på 18-19 °C selv om middel ute temperaturen svinger med årstidene fra -10 - 21 °C (figur 2). Sammenlignet med grunnvannstemperaturene målt i miljøbrønnene figur 5 er de flere grader høyere. For eksempel vanntemperaturen registrert i MB 1, som står utenfor bygget, har en maks verdi på 11 °C.



Figur 2
Viser kurver på temperatur (2010 til 2012) fra sensorer satt inn for å overvåke kulturlag i umettet sone ved trapperom ned til kjeller ved nybygg Nedre Langgate 41-43, Tønsberg (øverst) sammenstilt med middel lufttemperatur i Tønsberg i 2009 til 2012 (under).

Det ser ut som om kulturlagene nær veggene på bygget registrert i trapperom ned til kjeller påvirkes mer av varmen fra bygget og utetemperaturen enn temperaturen i grunnvannet som omgir kulturlagene under og ved bygget. Til sammenligning viser miljøovervåking i gårdshaug upåvirket av hus (Åkergård på Hamar) betydelig større svingninger i temperatur sommer og vinter 1,20 m under overflaten. Her er det vist 2-3 °C om vinteren og 20 °C om sommeren registrert i umettet sone (Martens, et al. 2008). Tabell 2 viser at fuktigheten i kulturlagene har vært høyest ved sensor 18 som er plassert ved 2,7 moh (ca. 1,3m, figur 3), mens jordfuktigheten viser noe tørrer forhold ved kote 3,1 og 3,3 moh (ca. 0,7 og 0,9m, figur 3)

Oksygen innholdet viser forholdsvis lave verdier selv om de varierer noe fra sensor til sensor (figur 3 og tabell 2). I en forundersøkelse (Bergersen, 2008) og (Bergersen, et al. 2008) ble det vist at det var oksiderende forhold fra 4-5 moh.

Tabell 2

Viser minimum, maksimum og gjennomsnittverdier på temperatur °C (øverst), oksygen (midten) og fuktighet (nederst) fra sensorer satt inn for å overvåke kulturlag i umettet sone ved trapperom ned til kjeller ved nybygg Nedre Langgate 41-43, Tønsberg. Målingene er fra okt 2010 og ut 2012

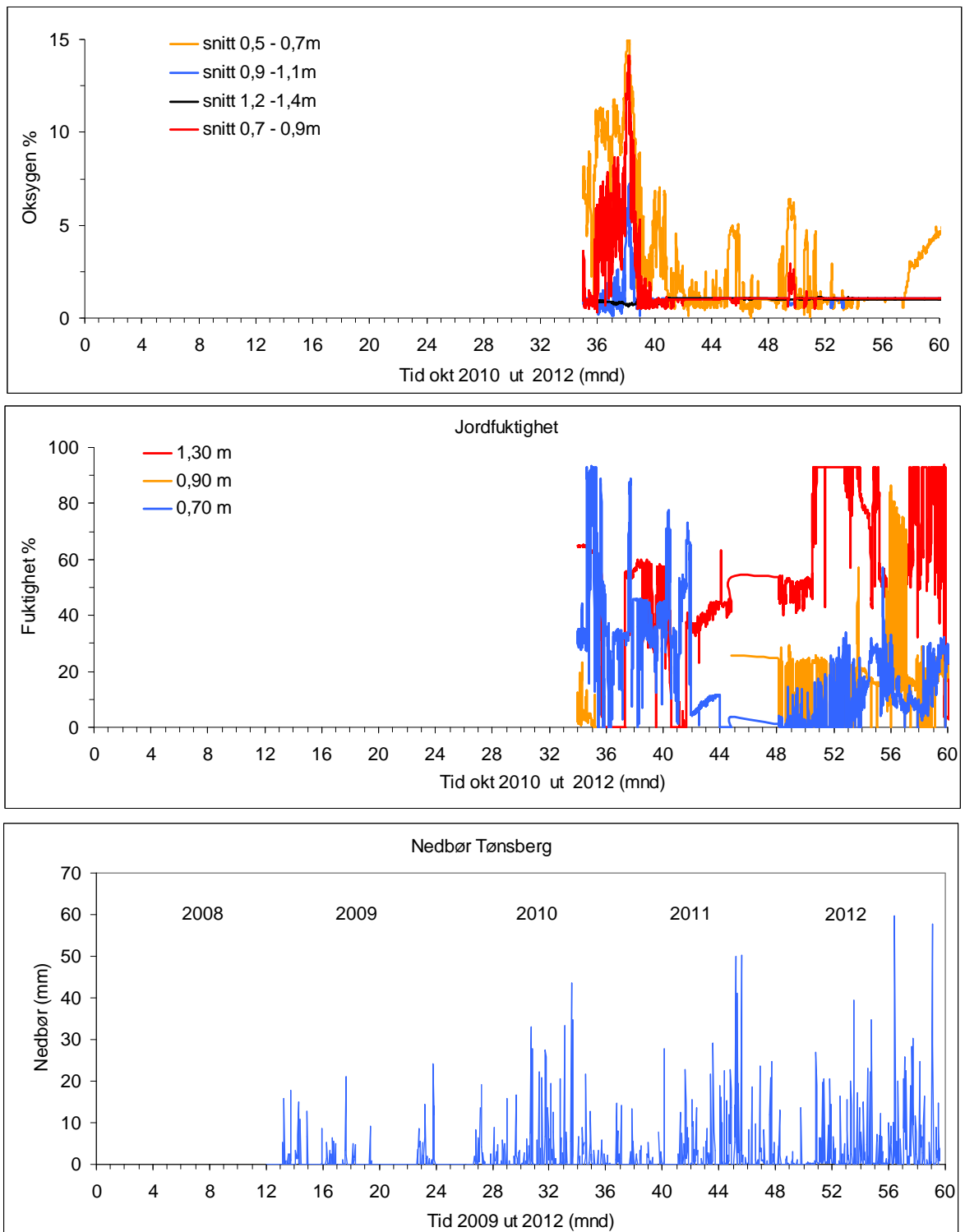
Temperatur	snitt 2 og 4	snitt 6 , 12, 14	snitt 8 og 10
Min	16,8	16,3	16,8
Max	21,0	20,4	21,3
Snitt	19,2	18,8	19,5

Sensor	snitt 1 og 15	snitt 3 og 5	snitt 7 og 13	snitt 9 og 11
Oksygen	%	%	%	%
Min	0,65	0,11	0,34	0,02
Max	1,12	7,20	14,14	15,38
Snitt	0,98	1,09	1,65	3,18

Fuktighet	UNL00218	UNL00218	UNL00218
Sensor	18	19	20
Moister	%	%	%
Min	0,0	0,0	0,0
Max	93,0	85,8	93,0
Snitt	54,8	13,5	22,3

Under 4 moh og nedover til 2 moh, var det opprinnelig reduserende forhold som er gunstig for kulturlagene. Uten å være helt sikker ser det ut som ytterkanten av kulturlagene nært nybyggets trapperom ned til kjeller har fått forandring i temperatur, fuktighet og oksygeninnhold. Disse forandringer kan endre de påviste gode bevaringsforhold som ble registrert i forundersøkelsen fra 2008 (Bergersen, et al. 2008). I løpet av sommeren 2011 og ut 2012 kan det se ut som om % oksygen har sunket i flere av sensorene fra 0,7m og ned til 1,4m (figur 3). Sensorene fra 0,5m - 0,7m har vist noe mer oksygen i kulturlagene. En mulig forklaring er at profilveggen nær huset har blitt tilført mer vann i form av økt nedbør i 2011 og 2012. Denne hypotesen styrkes i økt fuktighet i måleområdet (figur 3).

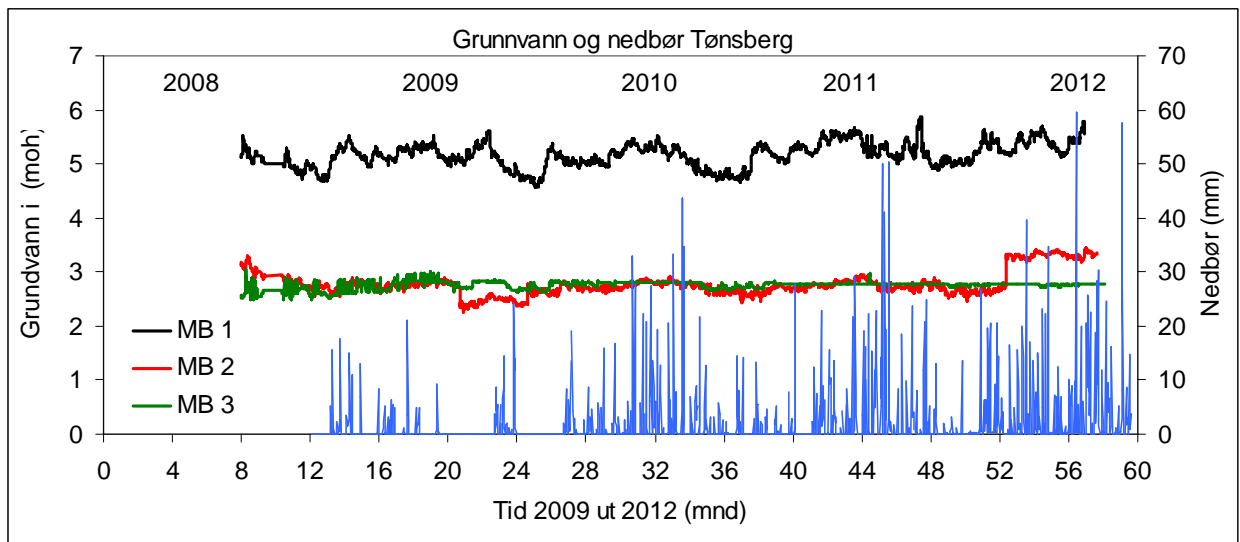
Dessverre kan det se ut som om flere av sensorene har sluttet å virke eller gitt upålitelige svar over tid og etter mye nedbør. Fukt og oksygensensorene i de dypere lag begynte å vise mer upålitelige verdier fra høsten 2011, men ble bedre i løpet av 2012. Mye regnvann kan være årsaken. I hele måleperioden var det stort sett temperatur sensorene som ga pålitelige resultater. Dette viser at det er vanskelig å overvåke i umettet kulturlag soner med utstyr som ikke kan taes ut og kontrolleres hvis noe går galt og at utstyret svikter.



Figur 3
 Viser kurver på gjennomsnittsverdier av oksygen (over) og fuktighet fra ulike sensorer satt inn for å overvåke kulturlag i umettet sone ved trapperom ned til kjeller ved nybygg Nedre Langgate 41-43, Tønsberg, sammenstilt med gjennomsnittlig nedbør i Tønsberg ved Kilen fra 2009 ut 2012 (under).

3.2 Miljøovervåking i mettet grunnvannssone

Nybygget ved Nedre Langgate 41-43 er overvåket for å se hvordan grunnvannspeilet har oppført seg under og etter at nybygg er satt opp. I tillegg ble temperatur, pH, saltinnhold (ledningsevne) og reduserende forhold overvåket i grunnvannet. Grunnvannstanden har vist stabile forhold i hele måleperioden (figur 5). Under figur 5 er det satt opp en oversikt over middelverdi, laveste og høyeste vannstand alle i meter over havet. I miljøbrønn 1 (MB1) lå grunnvannstanden på 5,1 moh med topp pkt. på 5,87 moh. I miljøbrønn 2 (MB2) lå grunnvannet på 2,78 moh hvor topp pkt. var 3,43 moh.

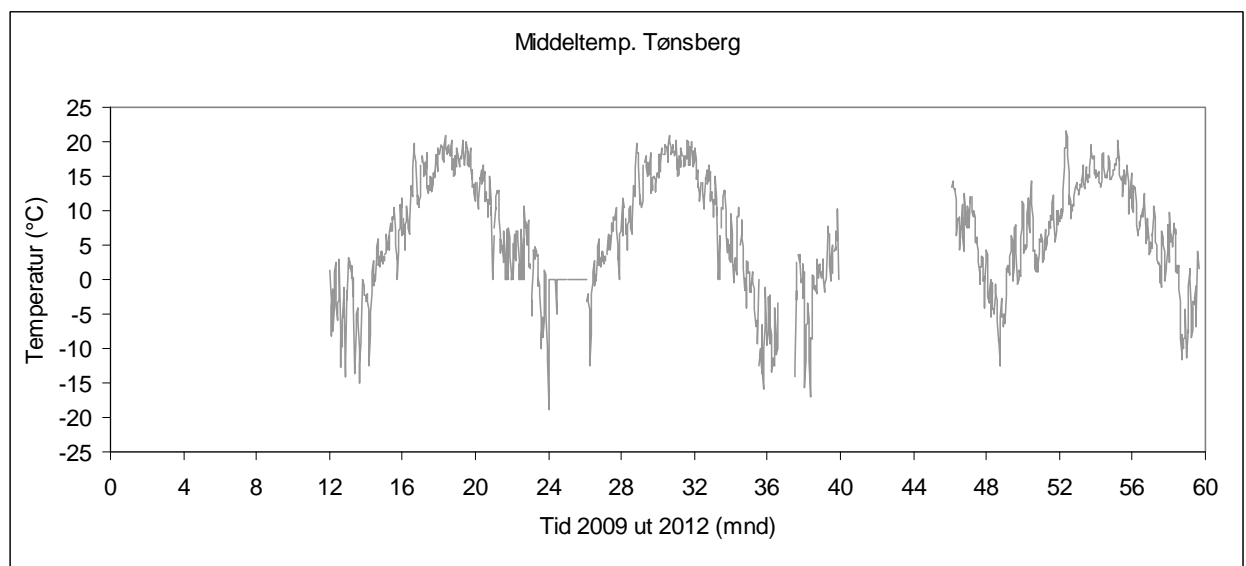
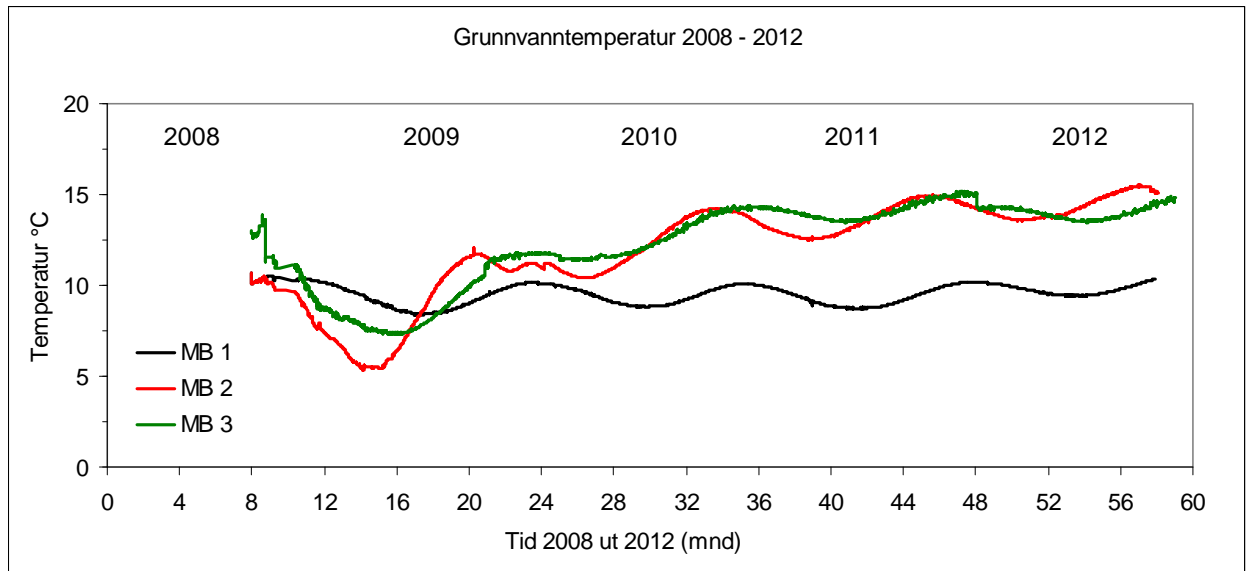


Figur 5
Grunnvannstand i miljøbrønn 1, 2 og 3 fra aug. 2008 ut 2012 sammenstilt med nedbørsdata fra Tønsberg. Minimum, maksimum og gjennomsnittverdier er vist i tabell under.

I den siste miljøbrønnen (MB3) viste overvåkingen et grunnvannspeil på 2,76 moh hvor topp pkt lå på 3,04 moh. Forundersøkelsen utført i 2008 viste meget til godt bevarte kulturlag fra 4 til 2 moh. Grunnvannspeilet registrert i MB 2 og 3 var stabilt, mens svingninger ble registrert i MB 1, som er plassert høyere opp og utendørs under asfaldtekke. Sistnevnte brønn ser ut til å være påvirket mer av nedbør. I perioder med mye nedbør stiger vannstanden fra 5,0 til 5,6 moh. (figur 5). Likevel ser det ut som om grunnvannet holder seg høyt i kulturlagene på utsiden av bygget. Det er gunstig for bevaringen av de rike kulturlagene fra Middelalderen. I slutten av 2012 medførte mye nedbør at MB 1 ble fylt med vann.

Temperaturvariasjonen i figur 6 viser noe mer forandringer over tid. Gjennomsnittstemperaturen er noe forskjellig fra brønn til brønn i hele måleperioden. Grunnvannstemperaturen svinger med ute temperaturen og er mest stabil i MB1 plassert på utsiden av bygget. De to andre viser noe stigende temperatur påvirket av temperaturen fra kjeller og garasje. Gjennomsnittstemperaturen i grunnvannet fra MB 2 og MB 3 inne i kjeller og butikken ble beregnet til omkring 12,2°C, som er målt 3,6 grader høyere enn i MB 1.

Max verdien i sistnevnte brønner er 4,5 - 5 grader høyere enn max temperatur målt i MB 1 på utsiden. Grunnvannstemperaturen i MB 1 hadde et gjennomsnitt på 9,5 °C og maks temperatur på 10,7 °C som viste mest stabilitet. Disse resultater viser tydelig at grunnvannets gjennomsnittstemperatur under nybygget med kjeller har økt i overvåkingsperioden.

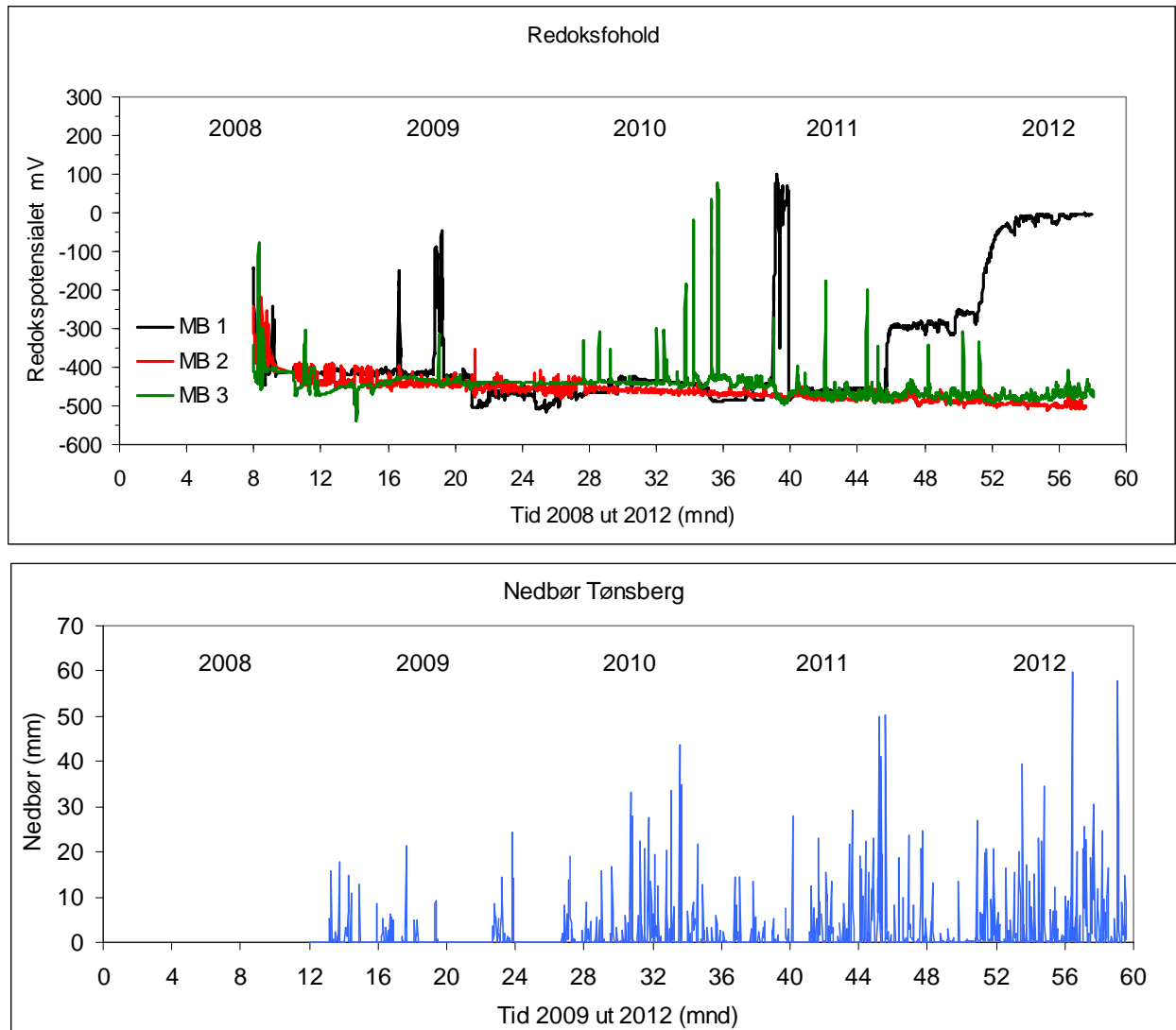


	MB 1 temp °C	MB 2 temp °C	MB 3 temp °C
Min	8,38	5,38	7,32
Max	10,73	15,48	15,21
Snitt	9,51	12,06	12,34

Figur 6
Vanntemperatur i miljøbrønn 1, 2 og 3 fra aug. 2008 til des. 2012 sammenstilt med middel lufttemperatur ute i Tønsberg. Minimum, maksimum og gjennomsnittverdier er vist under.

For å kunne vurdere hvordan bevaringsforholdene er i grunnvannbrønnene er redokspotensialet blitt målt i alle tre grunnvannbrønnene. Resultatet er vist i figur 7. Redokspotensialet gir indikasjon om regnvann med oksygen påvirker grunnvannet i området rundt miljøbrønnen. Hvis tilfelle kan slike observasjoner kunne påvirke bevarings-forholdene i de nærliggende kulturlag nær og under nybygget. Alle

brønnene viser stabile lave redoksførhold beregnet ut fra gjennomsnittverdi på -355 til -462mV. Disse verdiene indikerer at grunnvannet som siver i de rike kulturlagene omkring bygget ikke inneholder faretruende mengder oksygen. Lave redoksverdier tyder på at de gode bevaringsforholdene påvist i 2008 er opprettholdt. Grunnvannet i MB 2 ble registrert med laveste redoksverdi. I denne brønnen ble det også registrert mer stabile forhold målt i lave og negative redoksverdier (figur 7).



	MB 1	MB 2	MB 3
	mV	mV	mV
Min	-514	-510	-540
Max	98	-219	78
Snitt	-355	-462	-449

Figur 7

Redokspotensialet i grunnvannet som siver inn i miljøbrønn 1, 2 og 3 fra aug. 2008 ut 2012 sammenstilt med nedbørsdata fra Tønsberg. Minimum, maksimum og gjennomsnittverdier er vist under.

Grunnvannet i MB 3 og MB 1 viste noe mer svingninger mot slutten av måleperioden. Disse svingninger ser ut til å være påvirket av større nedbørsrike perioder, men som hadde kort varighet. Stor andel oksygenrikt regnvann har påvirket MB 1 helt på slutten av måleperioden sammenlignet med brønnen under bygget (figur 7). De andre små

svingningene i MB 3 vil ikke påvirke kulturlagenes bevaringsforhold siden de er kortvarige.

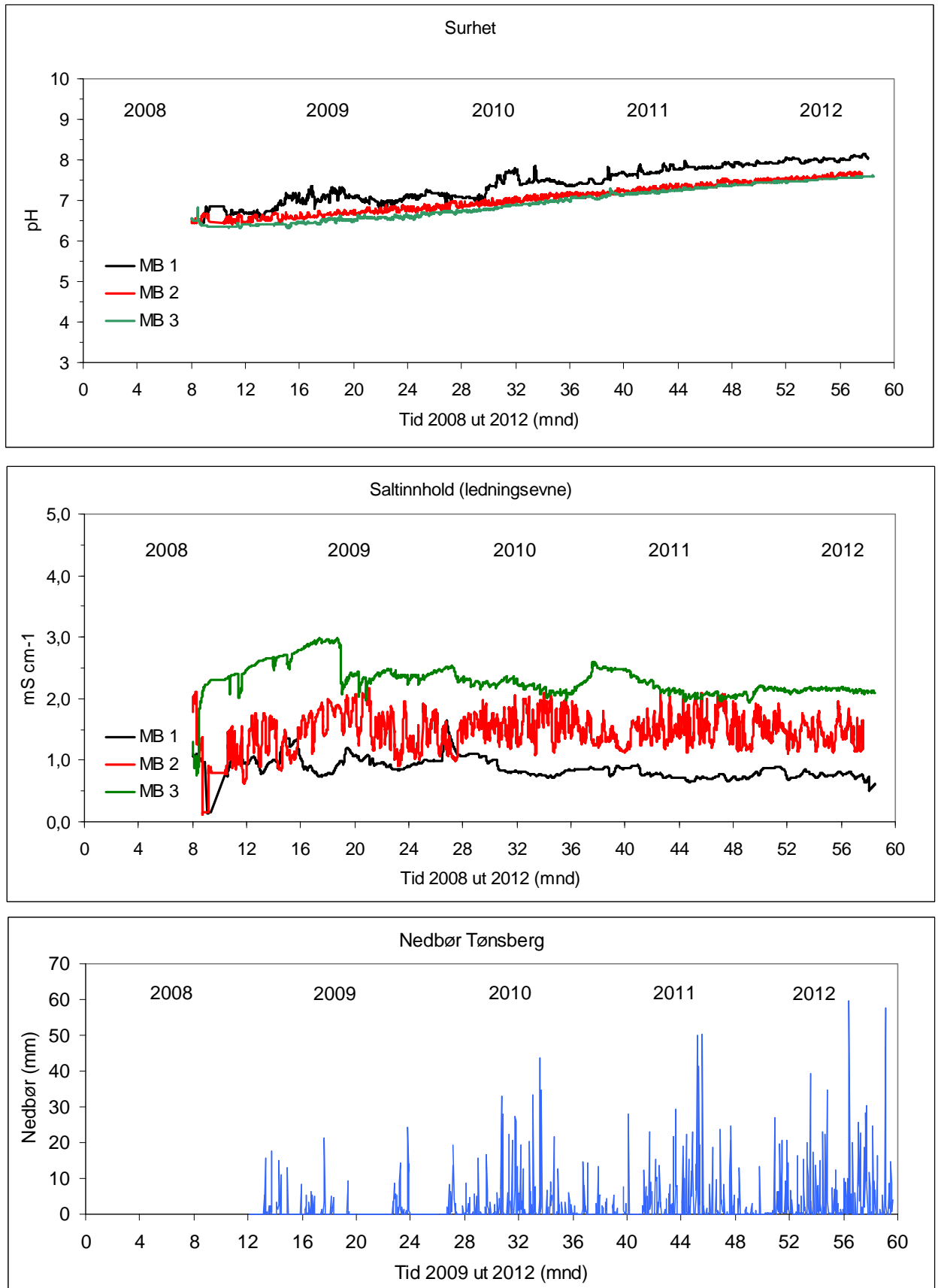
Overvåking av elektrisk ledningsevne (saltinnholdet) i grunnvannet fra miljøbrønnene viser også stabile forhold, spesielt i MB 1 og 3, selv om innholdet av salter varierte i gjennomsnitt mellom 0,9 til 2,3 mS/cm (figur 8, tabell 3). MB1 viste lavest snittverdi på 0,9 mS/cm, MB2 på 1,5 mS/cm og MB3 på 2,3 mS/cm. De to sistnevnte viser at grunnvannet påvirkes nærmere sjøen. Saltinnholdet svingte mest i miljøbrønn 2 (figur 8).

Alle miljøbrønnene viste stabil pH nært nøytralt området i alkalitet fra pH 6,9-7,3 i gjennomsnittverdi (figur 8, tabell 3). Kurvene viser en svak stigning fra starten av overvåkingen og til i dag. Denne stigning kan være noe vandring i elektrodene, men de er kalibrert vært år. Teoretisk skulle MB 2 og 3 hatt noe høyere verdi siden begge brønner står dypere og er nærmere eventuell påvirkning av sjøvann. MB1 på utsiden og ved høyere kote er den som har svingt mest og som ser ut til å ha vært mest påvirket av eventuell nedbør. Svingningen går i positiv retning fra nøytral og opp til pH 8 og ikke motsatt. Høyere pH verdi kan antyde at grunnvannet ikke er blitt tilført organiske syrer fra evt. mulig nedbryting av organisk materiale i kulturlagene omkring miljøbrønn 1. Den svake økningen skyldes påvirkning av vann fra økt nedbør de to siste årene av overvåkingsperioden.

Tabell 3 Minimum, maksimum og gjennomsnittverdier av pH (over) og elektrisk ledningsevne (under) i alle 3 miljøbrønnene fra 2008 ut 2012.

	MB 1	MB 2	MB 3
Min	6,5	6,4	6,3
Max	8,1	7,7	7,6
Snitt	7,4	7,0	6,9

	MB 1	MB 2	MB 3
	mS/cm	mS/cm	mS/cm
Min	0,13	0,12	0,76
Max	1,64	2,18	2,98
Snitt	0,87	1,47	2,30



Figur 8
pH og elektrisk ledningsevne (mS/cm) i miljøbrønn 1, 2 og 3 fra aug. 2008 ut 2012 sammenstilt med nedbørsdata fra Tønsberg.

3.3 Vurdering av kulturlagenes bevaringsforhold etter miljøovervåking i umettet / mettet grunnvannssone omkring et nybygg

Overvåkingen har gitt nyttig informasjon og erfaringer.

Temperaturmålingene nær huset har vist høyere verdier sammenlignet med grunnvannstemperaturen målt i miljøbrønnene under og ved siden av bygget. Dette viser at varme fra kjeller og garasje anlegg kan gi temperaturøkning i kulturlagene nært inntil hus med kjeller/garasjeanlegg. Økt temperatur kan øke graden av nedbryting hvis oksygen kommer til i kulturlagene. Hvor langt fra husets kjellervegger temperaturen avtar er usikkert.

Grunnvannet i MB 1 på utsiden og i ca 11 meters avstand fra bygget viser lavere og stabil temperatur. Økning i grunnvannstemperaturen på 2-3 °C under nybygget ble påvist i MB 2 og 3 etter at huset var ferdigstilt i 2009, men ble målt lavere enn MB1 på utsiden i starten av byggeperioden. Dette viser at grunnvannets gjennomsnittstemperatur øker under et nybygg med garasjeanlegg. I sidene på bygget er det også påvist økt temperatur i umettet sone som ligger over middeltemperaturen i Tønsberg igjennom årstider og år. Gjennomsnitt temperaturer er på hele 19 grader ned i bakken. Sammenlignet med overvåking i umettet og mettet kulturlag ved enmiddelalderbåt i samme gate ligger middeltemperaturen på bare 13-14 grader (Bergersen, O. 2012)

Data fra umettet sone, som registrerte fuktighet og oksygen i porene til kulturlagene, viste at økt nedbør og høyere fuktighet i kulturlagene gir reduksjon i oksygeninnhold. Dette er gunstig for bevaring av kulturlagene. Det er vanskelig å vurdere ut fra overvåkingen i umettet sone om kulturlagene nært til garasjeanlegget er blitt skadet.

Grunnvannspeilet i de tre miljøbrønnene har også vist stabile forhold i hele overvåkingsperioden. En fluktusjon i grunnvannet på 1,3 m i MB 1 er blitt påvist p.g.a. nedbørsrikt klima i måleperioden. MB 1 viste gjennomsnittlig vannstand på ca 5 moh., MB 2 viste 2,8 moh.; mens MB3 viste vannstand på 2,7 moh. Nytt bygg har ikke forandret og påvirket grunnvannet. Dette tyder på at forholdene ligger til rette for god bevaring av de uberørte kulturlagene i nærheten og ved nybygget.

Overvåking av redokspotensialet i grunnvannet (snittverdier i 5 år på -350-450mV) omkring og under nybygget har vist meget til gode betingelser for bevaring av kulturlag både under bygging og etter ferdigstilt bygg.

Temperaturmålingene har gitt bra resultat, mens fuktighet og oksygen målingene har gitt ustabile målinger. Sensorene i kulturlagene plassert i profilvegg i umettet sone rett inn for trapperom ned til garasjeområdet fra 4 og ned til 2 moh. har ikke gitt stabile resultater gjennom hele måleperioden. I kun halve måleperioden har vi fått inn data. Dette skyldes mye forsinkelser og problemer med utstyret under byggeperioden, men også det første året etter bygget var satt opp. Av i alt 30 sensorer er det nå etter 5 års tid overvåking kun få som har virket i mesteparten av overvåkingstiden.

4. Konklusjon

Bioforsk har overvåket kulturlagene på tomta Nedre Langgate 41-43 i perioden 2008-2012.

- Temperaturmålingene har gitt best resultat, mens registrering av fuktighet og oksygen har gitt indikasjoner på forandringer p.g.a. nedbør som igjen medførte usikkerhet i å stole på måleverdiene.
- Overvåkingen viser at kulturlagene i umettet sone inn mot nybyggets trappeoppgang ikke har optimale bevaringsforhold. Hvor langt inn i kulturlagene disse ikke optimale forhold går er uklart.
- Temperaturen i umettet sone ved trapperom er registrert 7-8 grader høyere sammenlignet med grunnvanntemperaturen målt under og ved siden av bygget i miljøbrønnene.
- Målinger av fuktighet og oksygentilgang fra 4 og ned til 2 moh. varierer i umettet sone ved trapperom ned til garasjen. I praksis tror vi at det er ikke lett å måle optimale forhold i umettede soner nært et nybygg med ulike krav til drenering.
- Overvåkingen har vist en temperaturstigning i grunnvannet på 2-3 grader under nybygg etter at bygget var ferdigstilt.
- Det er påvist stabilt oksygenfritt grunnvann som gir beskyttelse for kulturlagene.
- Nytt bygg har ikke forandret og påvirket grunnvannets nivå og sammensetning i saltinnhold. Forsuring av grunnvannet pga nedbryting av organisk materiale er ikke blitt observert i overvåkingsperioden. Dette tyder på at forholdene ligger til rette for god bevaring av kulturlagene i nærheten og under bygget.
- Miljøovervåking med sensorene i kulturlagene plassert i umettet sone rett inn for trapperom ned til garasjeområdet har gitt utfordringer måleteknisk. Av i alt nesten 30 sensorer er det etter 5 års overvåking, kun få som virket i hele overvåkingsperioden.

5. Referanser

Bergersen, O. 2008. Bevaringsforhold i kulturlag ved Nedre Langgate 41-43, Tønsberg. Jordfaglig vurdering av miljøforhold på bakgrunn av laboratorieanalyser. Bioforsk Rapport 3 (6). 16 s.

Bergersen, O., Bloem, E., Hartnik, T. & Petersen, A. H. 2008. Vurdering av bevaringstilstand og forhold i kulturlag i mettet/umettet sone ved Nedre Langgate 43, Tønsberg - Arkeologisk, jordfaglig og geofysisk analyse. Bioforsk NIKU rapport Vol 3 (175) 52.

Bergersen, O. 2012. Miljøovervåking av middelalderbåt i fjernvarmegrøft ved Nedre Langgate 19, Tønsberg, Tønsberg kommune, Vestfold Fylke
Bioforsk rapport 7 (65) 2012. 12s

Martens, V. et al 2008. Forprosjekt 2, miljøovervåking Åker gård gnr. 7/ bnr. 201. Hamar, Hedemark. NIKU nr 60 og Bioforsk rapport Vol 3 (139) 2008.

6. Vedlegg

Vedlegg 1

Foto av nybygg i Nedre Langgate 41-43 under etablering



Vedlegg 3.

Norsk institutt for kulturminneforskning er et uavhengig forsknings- og kompetansemiljø med kunnskap om norske og internasjonale kulturminner.

Instituttet driver forskning og oppdragsvirksomhet for offentlig forvaltning og private aktører på felter som by- og landskapsplanlegging, arkeologi, konservering og bygningsvern.

Våre ansatte er konservatorer, arkeologer, arkitekter, ingeniører, geografer, etnologer, samfunnsvitere, kunsthistorikere, forskere og rådgivere med spesiell kompetanse på kulturarv og kulturminner.

www.niku.no

NIKU Oppdragsrapport 188/2013

NIKU hovedkontor
Storgata 2
Postboks 736 Sentrum
0105 OSLO
Telefon: 23 35 50 00

NIKU Tønsberg
Farmannsveien 30
3111 TØNSBERG
Telefon: 934 66 230

NIKU Bergen
Dreggsallmenningen 3
Postboks 4112 Sandviken
5835 BERGEN
Telefon: 922 89 252

NIKU Trondheim
Kjøpmannsgata 25
7013 TRONDHEIM
Telefon: 922 66 779 /
405 50 126

NIKU Tromsø
Framsenteret
Hjalmar Johansens gt. 14
9296 TROMSØ
Telefon: 77 75 04 00