

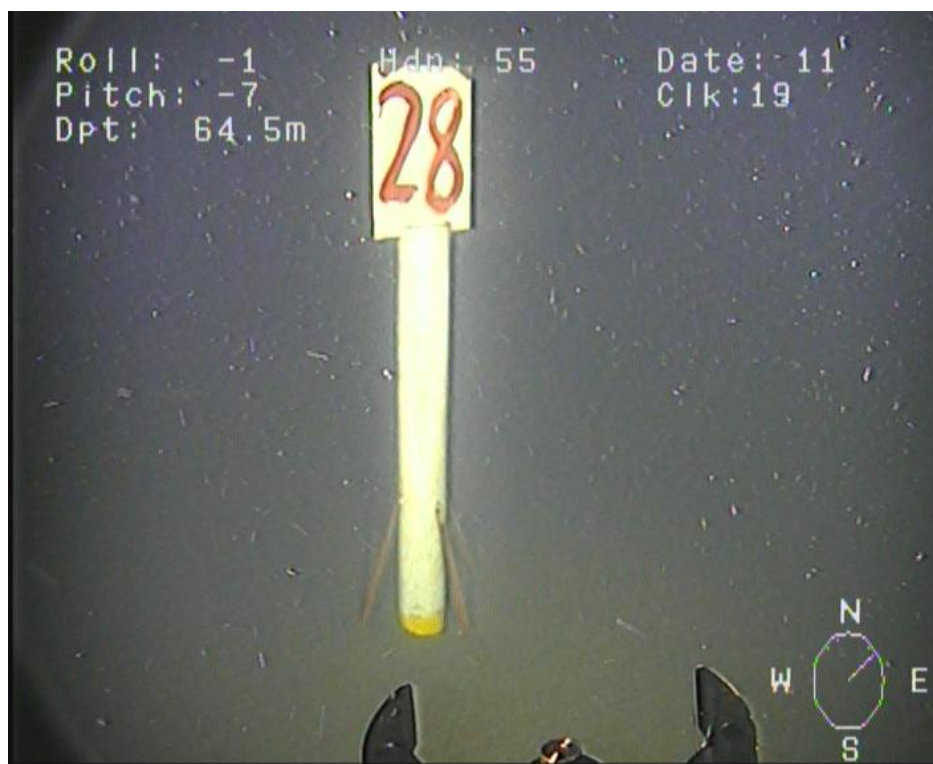
Oppdragsgiver
Secora AS

Rapporttype
Sluttrapport

2011-10-20

SECORA AS

SLUTTRAPPORT FOR TILDEKKING AV DYPVANNSDEPONI PÅ MALMØYKALVEN



SECORA AS SLUTTRAPPORT FOR TILDEKKING AV DYPVANNSDEPONI PÅ MALMØYKALVEN

Oppdragsnr.: 1060036E
 Oppdragsnavn: Secora - Bistand ved opprydding av sedimenter i Oslo havn
 Dokument nr.: M-RAP-001-1060036E
 Filnavn: M-rap-001-1060036E-Sluttrapport for tildekking av dypvannsdeponi på Målmøykalven-
 rev02.doc

Revisjon	00	01	02	
Dato	2011-04-05	2011-09-13	2011-10-21	
Utarbeidet av	Tom Jahren, Aud Helland	Tom Jahren	Jonas Hovd Enoksen, Tom Jahren	
Kontrollert av	Karen Brinchmann	Aud Helland	Aud Helland	
Godkjent av	Vibeke Riis	Vibeke Riis	Vibeke Riis	
Beskrivelse	Sluttrapport etter siste tildekning av dypvannsdeponiet på Målmøykalven	Sluttrapport etter siste tildekning av dypvannsdeponiet på Målmøykalven	Sluttrapport etter siste tildekning av dypvannsdeponiet på Målmøykalven	

Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Revisjonen gjelder
01	2011-09-13	Vurdering av mektighet ved rute 4B hvor målestaven har veltet. Krav til mektighet for rute/målestav B er også rettet fra 15 til 25 cm.
02	2011-10-21	Vurdering av mektighet av overdekningslaget ved Målmøykalven etter 2. Gangs utlegging. Mektigheten er oppgitt i cm.

INNHOOLD

1.	BAKGRUNN.....	6
2.	METODE	7
2.1	Behov for masse	7
2.2	Målestaver	7
2.3	Avlesing av målestaver	10
2.4	Avlesing av målestav 4B	10
3.	RESULTATER	13
3.1	Overdekningslagets mektighet i rute 4B.....	14
4.	KONKLUSJON	19
5.	REFERANSER.....	19
6.	VEDLEGG	20

FIGUROVERSIKT

Figur 1. Målestaver som ble satt ned på dypvannsdeponiet ved Malmøykalven. Svart strips markerer fyllingsnivået for hver målestav.....	8
Figur 2. Ruteinndelingen i dypvannsdeponiet ved Malmøykalven. Gule felter viser målestaver som ble utplassert i andre omgang. Nummerene tilsvarer målestavnummerene.	9
Figur 3. Prinsippskisse av armeringsmatten tegnet i målestokk slik at den kan benyttes til å måle overdekningslagets mektighet.	11
Figur 4. Målestav 4B observert stående 20. september 2010.	12
Figur 5. Bilde av målestav 4B fra oktober 2010 som viser at halvparten av armeringsmatten målestavn stod på er dekket av tildekningsmasse.	13
Figur 6. Scenario 1: Målestaven har veltet og armeringsmatten har sunket ned i overdekningslaget og ned i de deponerte sedimentene. Matten har sluttet å synke når målestaven har lagt seg på overflaten av overdekningslaget fra den første runden. Dette gir et overdekningslag i runde 2 på 18,4 cm.	14
Figur 7. Scenario 2: Målestaven har veltet og armeringsmatten har sunket ned i overdekningslaget og ned i de deponerte sedimentene. Matten har sluttet å synke når støttestagene har lagt seg på overflaten av overdekningslaget fra den første runden. Dette gir et overdekningslag i runde 2 på 33,8 cm.	15
Figur 8. Scenario 3: Målestaven har veltet og armeringsmatten har ikke sunket ned i overdekningslaget fra runde 1. Dette gir et overdekningslag i runde 2 på 75,6 cm.	15
Figur 9. Malmøykalven etter andre omgang med tildekking. Lyseblå felter indikerer felter hvor krav om tildekking er tilfredsstilt.	18

TABELLOVERSIKT

Tabell 1. Beregnet massebehov på dypvannsdeponiet ved Malmøykalven etter første omgang med tildekking Beregning av massebehov er gjort av Secora. 7

Tabell 2. Beregnet sedimentmektighet i forhold til fyllingskrav etter avlesing av målestaver på Malmøykalven etter andre omgang med utlegging av overdekningsmasse. Målestav 2 er innenfor feilmarginen på 5 %.17

1. BAKGRUNN

I forbindelse med etablering av dypvannsdeponiet på Malmøykalven ble det utarbeidet en kontrollplan, *Kontrollplan for mudring og deponering i dypvannsdeponi* [1]. Denne har blant annet beskrevet hvordan kontroll av tildekkingslagets mektighet skulle gjennomføres (Kapittel 4 *Prosedyrer for kontroll av tildekning av deponi*). Secora har arbeidet for Oslo havn (HAV) med mudring og dumping av forurensede masser i dypvannsdeponiet og har gjennomført kontroll i henhold til Kontrollplanen. Rambøll har i den forbindelse vært engasjert av Secora AS for å vurdere og rapportere kontrollen av mektigheten til tildekningslaget.

Secora gjennomførte overdekkingen fra januar til juli i 2009 og Rambøll utarbeidet en rapport med resultatene våren 2010 [2]. Byggherre utførte egen kontroll av tildekkingslagets tykkelse ved NGI vinteren 2009/2010 [3]. Ved vurdering av resultatene fra de to rapportene ble det avdekket enkelte områder der tildekkingslagets mektighet ikke tilfredsstilte krav stilt i tillatelsen fra Klif. Det ble dermed besluttet å gjennomføre en supplerende tildekking for å sørge for tilstrekkelig tildekking i enkelte områder av dypvannsdeponiet.

Den supplerende tildekkingen er gjennomført av Agder marine på vegne av Secora AS høsten og vinteren 2010/2011.

Denne rapporten presenterer resultatene for måling og kontroll av overdekningslaget etter den supplerende runden med tildekking i dypvannsdeponiet på Malmøykalven.

2. METODE

Agder Marine AS har vært innleid av Secora til å utføre den supplerende tildekkingen på Malmøykalven. Prosessen for den supplerende tildekkingen har skilt seg fra metoden som ble benyttet i første tildekningsrunde hvor det ble benyttet splittlekter [2]. I den supplerende runden ble derimot sand fra Åsland pukkverk pumpet ut av Agder Marines fartøy Arena og sluppet ut under havflaten for å sedimentere.

2.1 Behov for masse

I rutene der det tidligere var vurdert at kravet om 40 cm overdekning ikke var tilfredsstillt etter første tildekningsrunde [4] utførte Secora beregninger av massebehovet per rute. Grunnlag for vurderingen var basert på målinger utført av NGI [3] og Rambøll [2].

Tabell 1. Beregnet massebehov på dypvannsdeponiet ved Malmøykalven etter første omgang med tildekking Beregning av massebehov er gjort av Secora.

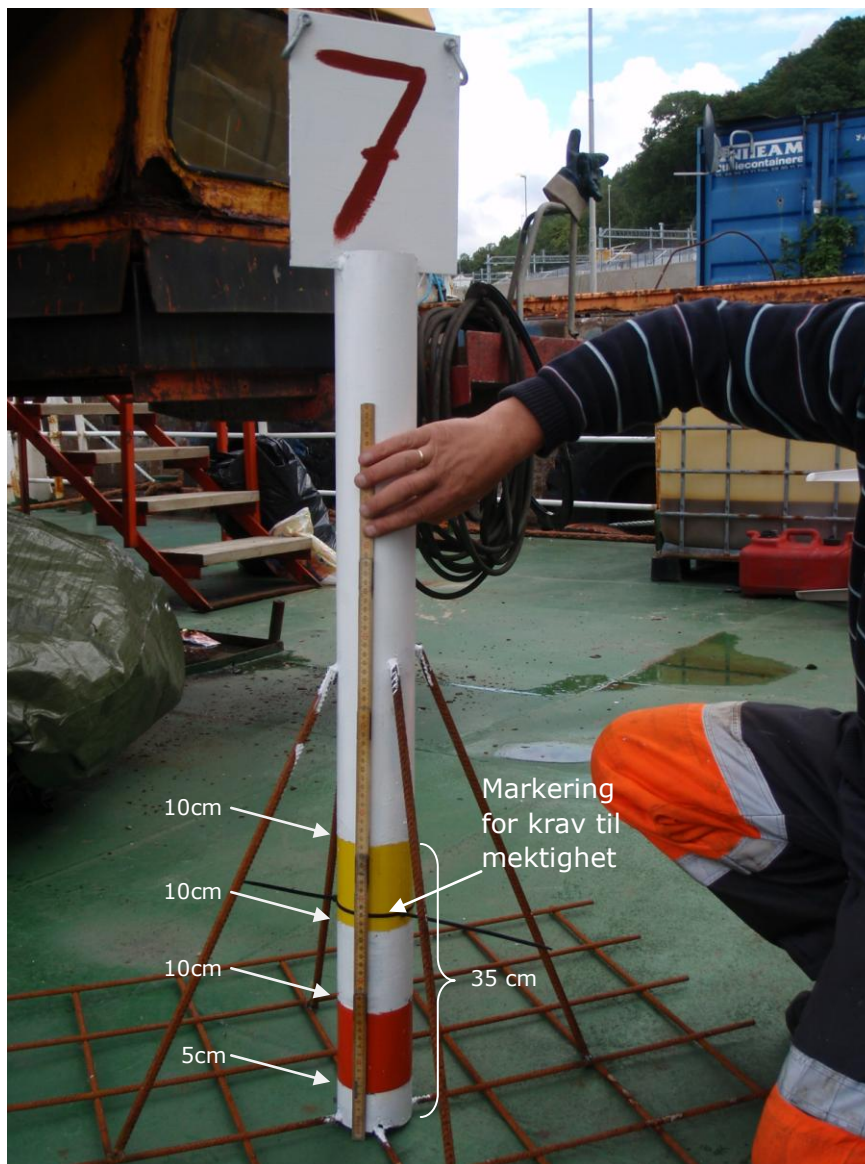
Målestav nr.	ylling	Mengde (M ³)
2	5 cm	400 m ³
3	13 cm	1300 m ³
4b	25 cm	2500 m ³
5	20 cm	2000 m ³
7	27,5 cm	2750 m ³
9	10 cm	1000 m ³
11	26 cm	2600 m ³
14	20 cm	2000 m ³
15	5 cm	500 m ³
19	20 cm	2000 m ³
21	16 cm	1600 m ³
22	10 cm	800 m ³
23	15 cm	1500 m ³
28	17 cm	1700 m ³
29	20 cm	1700 m ³
32	5 cm	500 m ³
33	4 cm	400 m ³
34	18,5 cm	1850 m ³
A	20 cm	1600 m ³
B	25 cm	1000 m ³
C	20 cm	1300 m ³

2.2 Målestaver

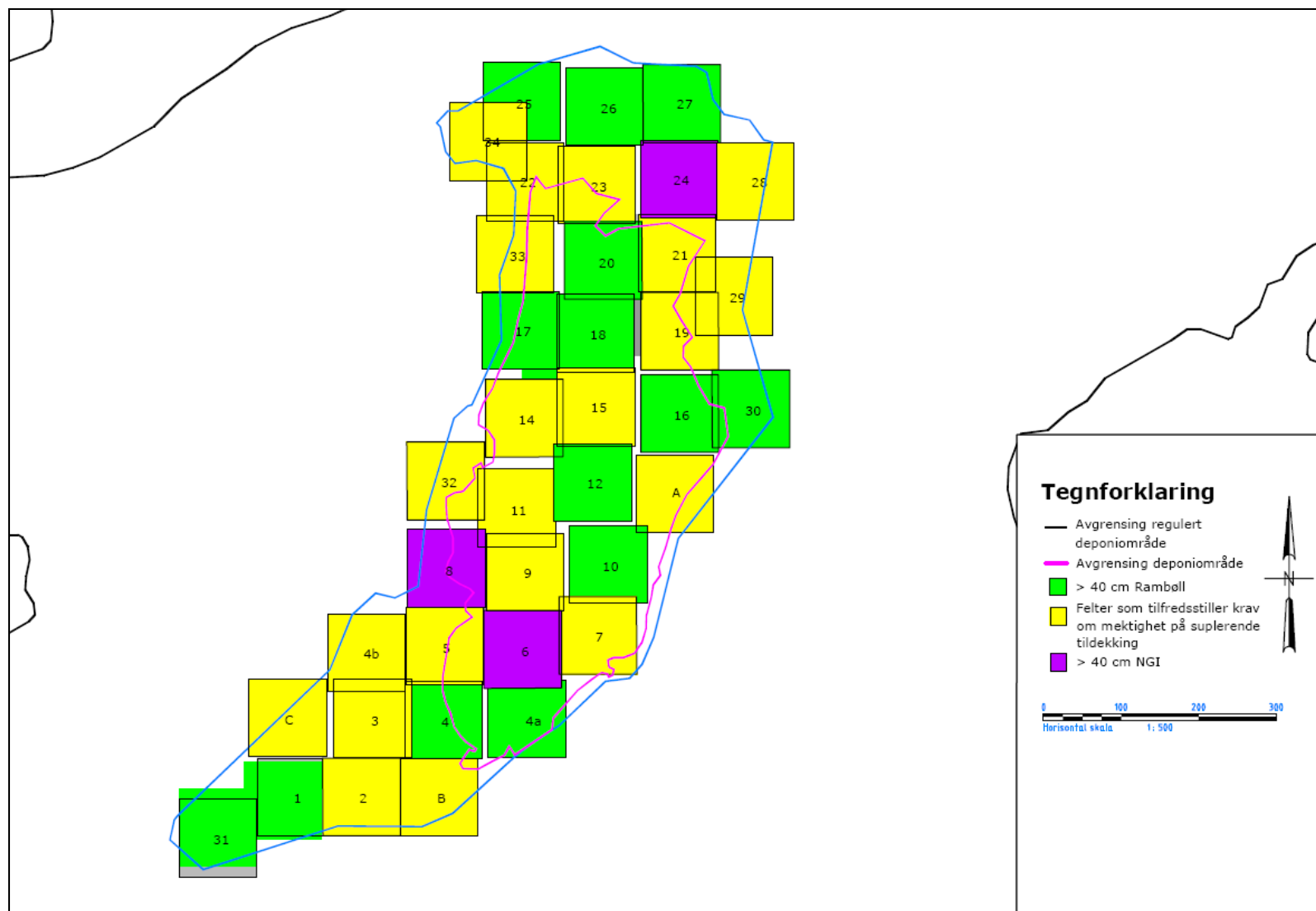
Det ble satt ut nye målestaver på feltene hvor det var nødvendig å fylle på mer masse i henhold til Kontrollplanen [1]. Målestavene ble laget av et stålrør sveiset fast på en armeringsmatte. Stålrørene ble malt hvite og det ble laget en skala med vekslende oransje, hvite og gule farger for at det skulle være enkelt å lese av pinnene under vann. For hver målestav ble aktuelt fyllingsnivå markert med en svart strips, denne varierte fra 5-27,5 cm (Tabell 1). Før utsetting ble hver målestav fotografert med markering for fyllingsnivå. På toppen av stålrørene ble det

sveiset fast en plate hvor målestavens nummer ble påført. Oppsettet for en målestav er vist i Figur 1 med markering av ulike høydemarkeringer og stripsen som viste aktuelt fyllingsnivå.

Hver målestav ble senket helt ned til sjøbunnen for å sikre at de ikke veltet.



Figur 1. Målestaver som ble satt ned på dypvannsdeponiet ved Malmøykalven. Svart strips markerer fyllingsnivået for hver målestav.



Figur 2. Ruteinndelingen i dypvannsdeponiet ved Malmøykalven. Gule felter viser målestaver som ble utplassert i andre omgang. Nummerene tilsvarer målestavnummerene.

2.3 Avlesing av målestaver

Etter at tildekkingsmassene var lagt ut, ble målestavene fotografert *in situ* ved hjelp av en ROV. Vurderingen av det nye tildekningslagets mektighet ble vurdert visuelt ut i fra bildene. Det er også oppgitt mektigheten av overdekningslaget ved hver målepinne.

Rambøll har etter avtale med Secora gjennomført en ytterligere kontroll av mektigheten på tildekningslaget ved å måle på målestavene i et fotoanalyseprogram, UTHSCSA ImageTool versjon 3.0. Denne metoden er reproducerbar og gir en mulighet til å etterprøve usikkerheten.

Målemetoden består i å åpne et aktuelt bilde i *ImageTool*. Secora har dokumentert hver målestav med et bilde av staven med tomrestokk. Kjente avstander kan da benyttes til å kunne måle på staven i bilder som er tatt etter tildekkingen. Dette gjøres ved å benytte *Calibrate Spatial Measurements* under *Settings* menyen. Deretter tegner man opp en kjent avstand, og angir lengde og enhet (her cm). Slik får bildet en målestokk som kan brukes til å måle avstander i bildet og få gjengitt målet i cm.

Mektigheten ble beregnet ved å måle avstanden fra sedimentoverflaten til et synlig referansepunkt på målestaven. Høyden på det referansepunktet ble funnet på førbildet fra Secora, og ved deretter å trekke målt avstand fra høyden til referansepunktet får man mektigheten. Der sedimentoverflaten var skrå eller ujevn ble det benyttet et gjennomsnitt av tre målinger.

Usikkerheten i lengdemålingene er beregnet ved først å kalibrere et bilde, som beskrevet over, og deretter måle avstanden fra synlig merke ned til sedimentoverflaten 10 ganger med samme kalibrering. Ved så å repetere 10 målinger med ny kalibrering for hver måling kan man beregne den totale usikkerheten.

Man får da to standardavvik, et for lengdemålingene og et totalt. Standardavviket for kalibreringen finner man ved å trekke standardavviket for lengdemålingene fra det totale standardavviket. Standardavvik har samme benevnelse som måledata, men kan regnes om til prosent ved hjelp av gjennomsnittsverdien.

De beregnede standardavvikene for metoden er som følger:

Totalt standardavvik for metoden:	5,0 %
Standardavvik for lengdemålingen:	3,5 %
Standardavvik for kalibrering:	1,5 %

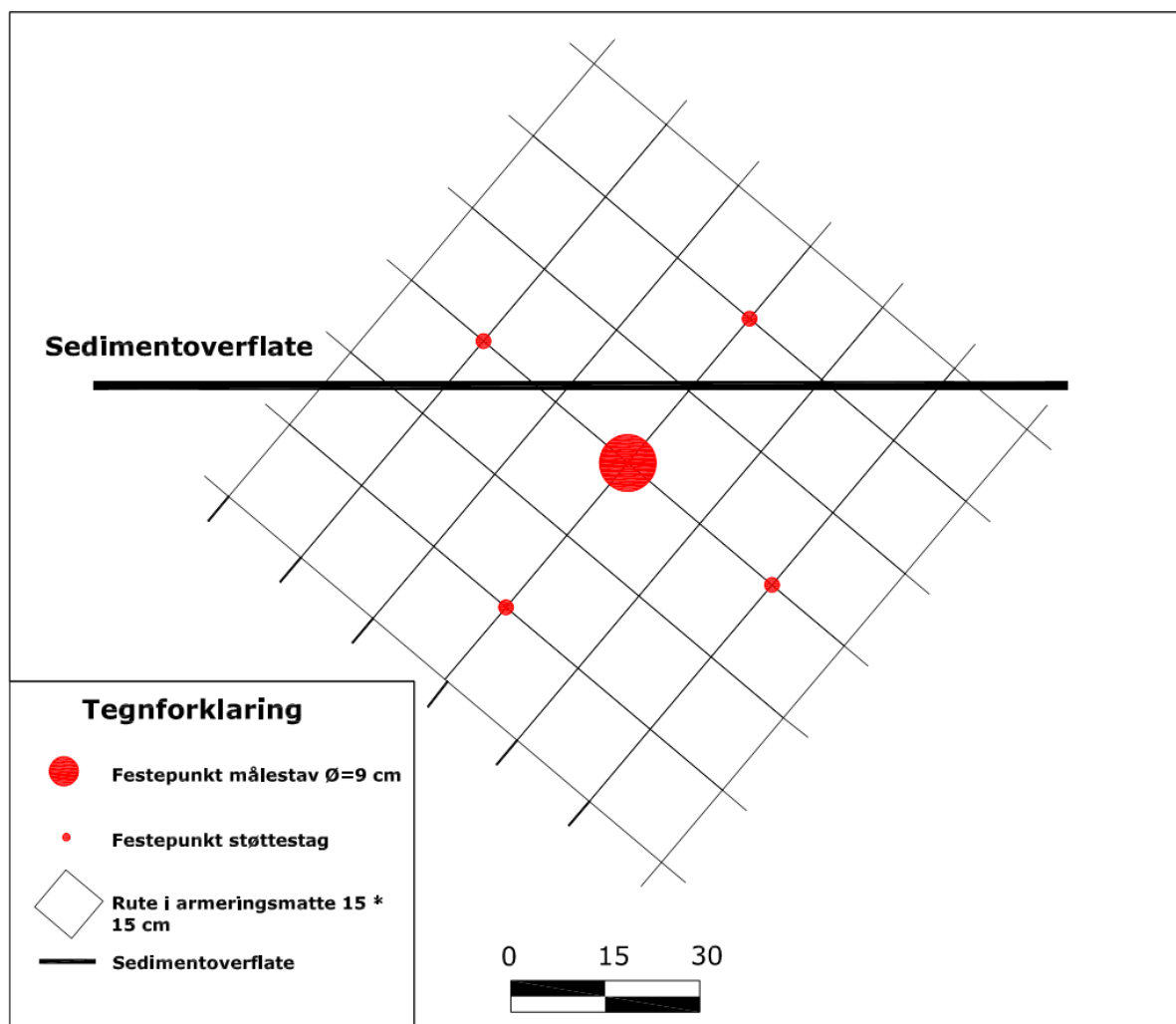
Det kan regnes med at målingene har en feilmargen på ± 5 %. Usikkerheten øker dersom bildene er uklare eller tatt på skrå mot målepinnen.

2.4 Avlesing av målestav 4B

Når målestavene skulle kontrolleres ble det oppdaget at målestaven i rute 4B hadde veltet. Det var kun deler av armeringsmatten målestaven var montert på som stakk opp over sedimentoverflaten.

For å redusere usikkerhet på kvantifisering av overdekningslagets mektighet ved målestav 4B, ble målestaven tegnet opp i målestokk ved hjelp av AutoCAD (Figur 3). Sedimentoverflaten har

også blitt tegnet inn på grunnlag av hva som er observert på bilder. Alle avleste mål fra AutoCAD er eksakte.



Figur 3. Prinsippskisse av armeringsmatten tegnet i målestokk slik at den kan benyttes til å måle overdekningslagets mektighet.

Det er ikke kjent hvordan målestaven har veltet, men det er kun en del av armeringsmatten som er synlig over armeringsmatten. Rett etter utsetting ble det observert at målestav 4B stod på bunnen. Den må derfor ha veltet på grunn av strømpåvirkning eller av overdekningsmaterialet når det sedimenterte. For å kunne vurdere mektigheten av overdekningen er det tenkt ulike scenarier for hvordan målestaven kan ha veltet. Dette har betydning for hvordan den ligger under sedimentoverflaten. Scenariene er tegnet opp slik at mektigheten av overdekningslaget for hvert scenario kan måles i AutoCAD.



Figur 4. Målestav 4B observert stående 20. september 2010.

Følgende scenarioer er vurdert:

Scenario 1

Målestaven har veltet, og armeringsmatten har sunket ned i underliggende sedimenter slik at målestaven ligger ned på overflaten av overdekningslaget fra runde 1.

Scenario 2

Målestaven har veltet og armeringsmatten har sunket ned i overdekningslaget fra runde 1 og de deponerte sedimentene. Armeringsmatten har sluttet å synke når støttestagene har lagt seg ned på overflaten av overdekningslaget fra runde 1. Dette vil gi det samme mål på overdekningslaget som om armeringsmatten ikke hadde sunket ned i sedimentet, men hadde bøyd seg ved støttestagene slik at festepunktene på stagene var i kontakt med overflaten av overdekningslaget fra runde 1.

Scenario 3

Målestaven har veltet. Overflaten av overdekningslaget fra runde 1 har hatt styrke nok til at armeringsmatten ikke har sunket ned i underliggende sedimenter.

3. RESULTATER

Samtlige målestaver ble funnet igjen ved inspeksjonen etter den ytterlige tildekking. Én av målestavene hadde veltet (Målestav 4b). Det var her krav til ytterlig tildekking med 25 cm. Bilder av målestaven viser at omtrent halvparten av armeringsmatten målestaven er festet til stikker opp over tildekningslaget (Figur 5). Hvor mye av armeringsmatten som stikker ned i underliggende masser er ukjent. Det vurderes allikevel med tilstrekkelig sannsynlig at krav til tildekning er tilfredsstilt i dette feltet. Secora har sendt avviksmelding til HAV på den velte pinnen.



Figur 5. Bilde av målestav 4B fra oktober 2010 som viser at halvparten av armeringsmatten målestavn stod på er dekket av tildekningsmasse.

Rambølls avlesing av målestavene fra bildene og beregninger av sedimentmektighet er oppsummert i Tabell 2. Bilder av hver målestav er gitt ivedlegg

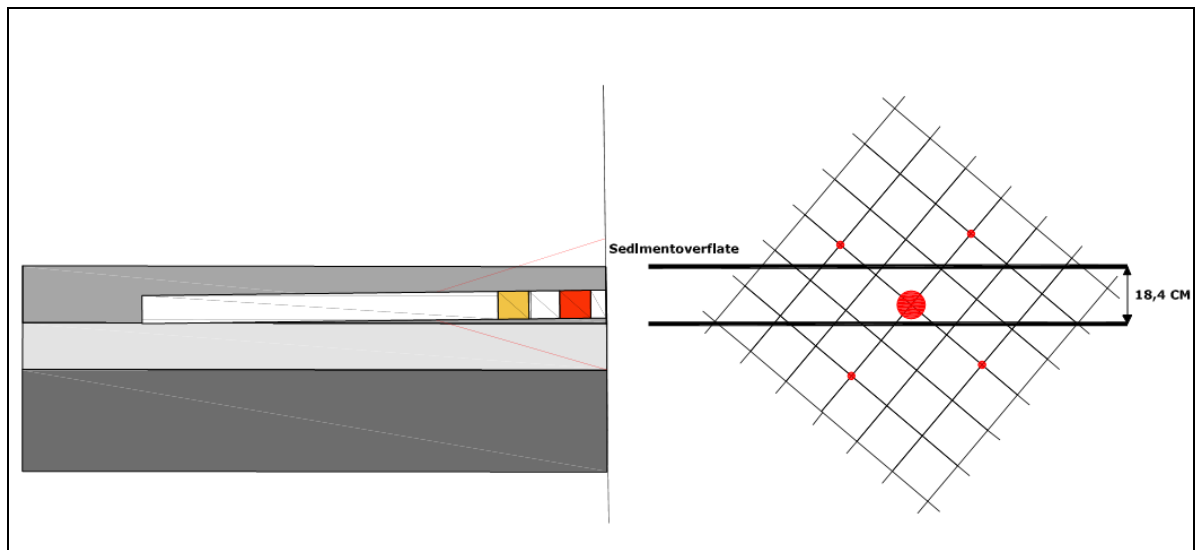
Vedlegg 1. De nye beregnede mektighetene er lik eller over fyllingskravene medregnet målefeil på 5 %. Fem prosent målefeil gir en feilmargin på mm-nivå, noe som er langt mer nøyaktig enn det som kreves i denne sammenheng. I hvert tilfelle er overdekningslaget vurdert til å ha en tilfredsstillende mektighet.

Tabell 2 viser også beregnet massebehov og hvor mye masse som er lagt ut i hver rute. Noen av rutene hadde en slik plassering at deler av den var utenfor området som er regulert som dypvannsdeponi. Det er kun arealet innenfor det regulerte området som er dekket til. Massebehovet er beregnet for hele ruten. I rutene som delvis ligger utenfor deponiet er det derfor lagt ut mindre masse enn det beregnede massebehovet. Dette gjelder rutene 28, 29 og 33. Rute 34 overlapper med rutene 25 og 22. Det er derfor lagt ut mindre masse enn beregnet i den ruten.

3.1 Overdekningslagets mektighet i rute 4B

Scenario 1 (Figur 6)

Målestaven har veltet og armeringsmatten synker ned i underliggende sedimenter. Når målestaven treffer overflaten av overdekningslaget fra runde 1, slutter den å synke. Overdekningslaget vil ha en mektighet på 18,4 cm dersom hendelsesforløpet er som beskrevet for Scenario 1. Det vurderes at dette hendelsesforløpet er lite sannsynlig. Overdekningslaget fra runde 1 er tidligere rapportert å være 15 cm. Det er lite sannsynlig at armeringsmatten har sunket 57,3 cm ned i underliggende sedimenter. Samtidig kan det virke som om armeringsmatten på bildet i Figur 5 står med en vinkel mot sjøbunnen. Med dette hendelsesforløpet ville man forvente at armeringsmatten lå vinkelrett på sjøbunnen.

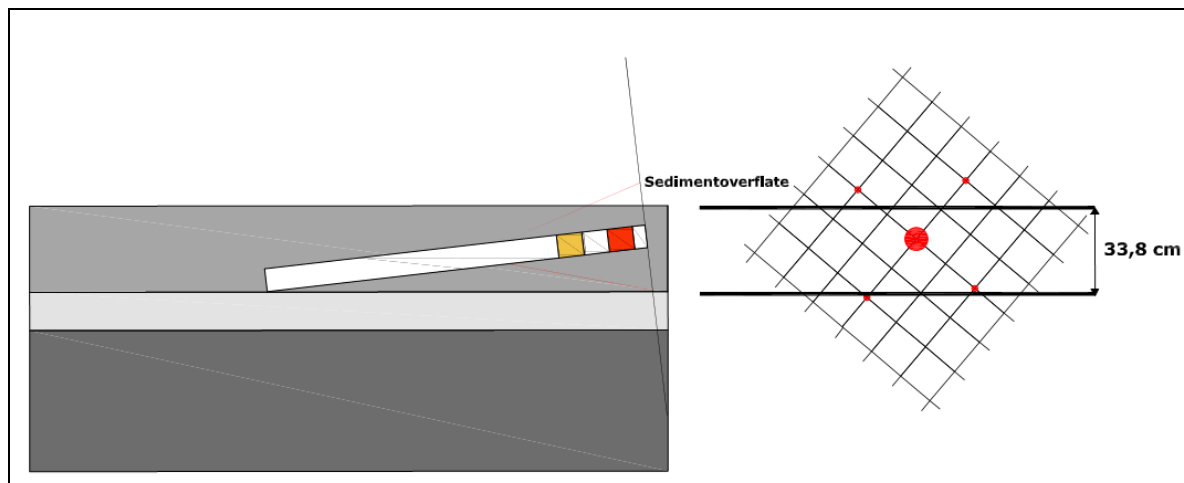


Figur 6. Scenario 1: Målestaven har veltet og armeringsmatten har sunket ned i overdekningslaget og ned i de deponerte sedimentene. Matten har sluttet å synke når målestaven har lagt seg på overflaten av overdekningslaget fra den første runden. Dette gir et overdekningslag i runde 2 på 18,4 cm.

Scenario 2 (Figur 7)

Målestaven har veltet og armeringsmatten synker ned i underliggende sedimenter. Når støttestagene til målestaven treffer overflaten av overdekningslaget fra runde 1, vil armeringsmatten slutte å synke ned. Alternativt kan det ha skjedd at armeringsmatten har begynt å bøye seg ved festene til støttestagene. Den bøyde delen legger seg ned på overflaten av overdekningslaget fra runde 1 slik at støttestagene hviler på overflaten. Dersom noen av disse hendelsesforløpene er tilfelle, vil overdekningslaget ha en mektighet på 33,8 cm.

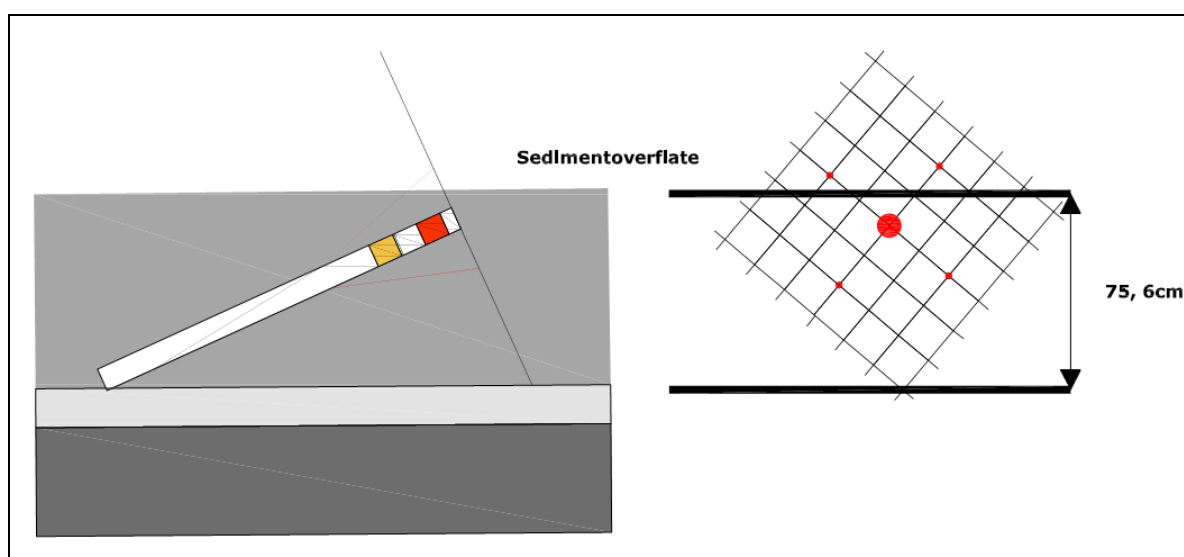
Det er sannsynlig at dette kan skje. Når støttestagene treffer overflaten av overdekningslaget fra runde 1, vil vekten av målestaven fordele seg ut på et større areal, slik at armeringsmatten slutter å synke. Dette målet stemmer også godt overens med mengden sand som er lagt ut i rute 4B. Det er lagt ut 3100 m³ med overdekningsmasse i ruten målestav 4B representerer. Det vil gi et overdekningslag på 31 cm som er i nærheten av mektigheten som er målt i AutoCAD.



Figur 7. Scenario 2: Målestaven har veltet og armeringsmatten har sunket ned i overdekningslaget og ned i de deponerte sedimentene. Matten har sluttet å synke når støttestagene har lagt seg på overflaten av overdekningslaget fra den første runden. Dette gir et overdekningslag i runde 2 på 33,8 cm.

Scenario 3 (Figur 8)

Armeringsmatten synker ikke ned i sedimentet, og balanserer på toppen av målestaven og det ene hjørnet av armeringsmatten den er festet til. Dette gir en mektighet på overdekningslaget på 75,6 cm.



Figur 8. Scenario 3: Målestaven har veltet og armeringsmatten har ikke sunket ned i overdekningslaget fra runde 1. Dette gir et overdekningslag i runde 2 på 75,6 cm.

Det er lite sannsynlig at målestaven kan balansere på to punkter (hjørnet av armeringsmatten og enden av målestaven) i tiden det tok fra målestaven veltet til overdekkingen av rute 4B startet. Det ville da vært forventet at målestaven roterte slik at den la seg stabilt på den ene siden av armeringsmatten. Det er derfor mer trolig at armeringsmatten har sunket ned i overdekningslaget fra runde 1 av overdekkingen. Med valgt utleggingsmetode for overdekkingsmassen og kjennskap til mengden masse som er lagt ut er det lite som tilsier at mektigheten av overdekningslaget i rute 4B er hele 75,6 cm. Utleggingsmetoden var planlagt slik at massene skulle fordele seg jevnt over hele ruten som ble dekket til. At overdekningslaget

skal ha så høy mektighet i et område av ruten innebærer at overdekningslaget har tilsvarende lav mektighet i andre områder i ruten. Denne effekten er ikke observert i andre ruter hvor det har blitt dekket til i runde 2.

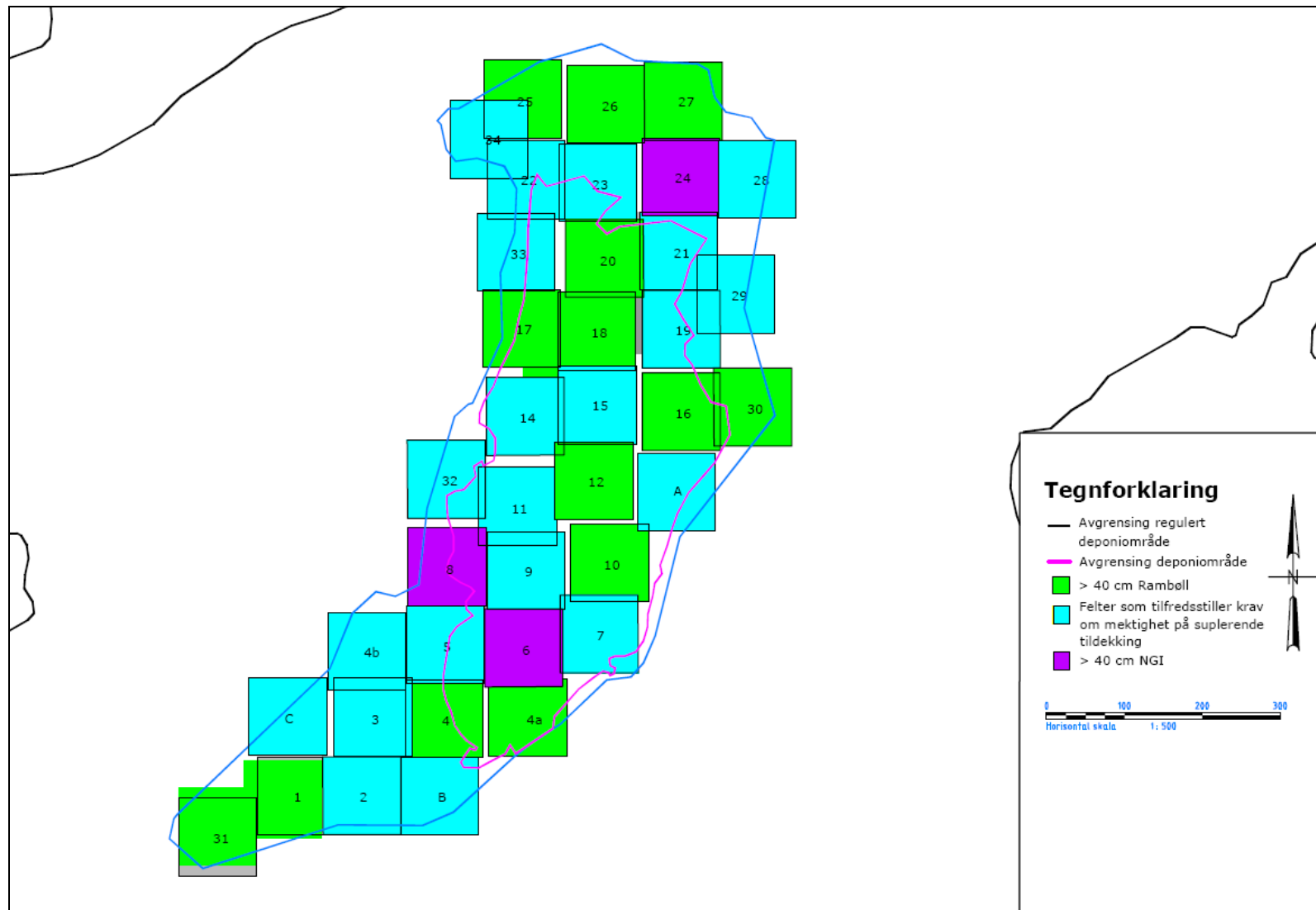
Usikkerheter

Usikkerheten er minimert ved å benytte en eksakt oppmålt digital modell av målestaven. Det er imidlertid en usikkerhet hvor dypt målestaven har sunket ned i underliggende sediment. Plassering av sedimentoverflaten i den digitale modellen er satt skjønnsmessig etter å ha studert bilder av delen av armeringsmatten som er eksponert over sedimentoverflaten. Usikkerheten kan ikke kvantifiseres, men er anslått til +/- 2cm.

Tilstanden i dypvannsdeponiet etter andre omgang av tildekning er vist i Figur 9. Samtlige felter tilfredsstiller kravet om 40 cm mektighet på tildekningslaget. Bilder av alle målestaver før og etter tildekning er vist i vedlegg 1.

Tabell 2. Beregnet sedimentmektighet i forhold til fyllingskrav etter avlesing av målestaver på Malmøykalven etter andre omgang med utlegging av overdekningsmasse. Målestav 2 er innenfor feilmarginen på 5 %.

Målestav nr.	Fyllingskrav (cm)	Mål fra referansepunkt (cm)	Mål på referansepunkt (cm)	Mektighet (cm)
2	5	1.2	6	4.8
3	13	6.7	27	20.3
4b	25			34
5	20	0.8	26	25.2
7	27.5	4.9	36	31.1
9	10	6.5	16.5	10
11	26	8.7	36	27.3
14	20	17.6	56	38.4
15	5	0.5	7	6.5
19	20	36.2	105	68.8
21	16	8.7	37.5	28.8
22	10	5.9	26.5	20.6
23	15	11	36.5	25.5
28	17	3.6	36.5	32.9
29	20	10.7	55.5	44.8
32	5	1.5	6.5	5
33	4	1.2	16.5	15.3
34	18.5	6	27	21
A	20	4.7	56.5	51.8
B	25	9.4	37.5	28.1
C	20	11.7	36.5	24.8



Figur 9. Malmøykalven etter andre omgang med tildekking. Lyseblå felter indikerer felter hvor krav om tildekking er tilfredsstilt.

4. KONKLUSJON

Alle målestaver ble gjenfunnet etter tildekking. Én av målestavene hadde veltet. For denne anses scenario 2 som mest sannsynlig. Både mengden sand lagt ut i rute 4B og sannsynlig hendelsesforløp tilsier at mektigheten av overdekningslaget etter runde 2 av overdekningen har en mektighet på 33,8 cm +/- 2 cm. Kravet til mektighet i ruten målestav 4B representerer, er 25 cm. Sannsynligheten er derfor stor for at overdekningslaget tilfredsstiller kravet til mektighet.

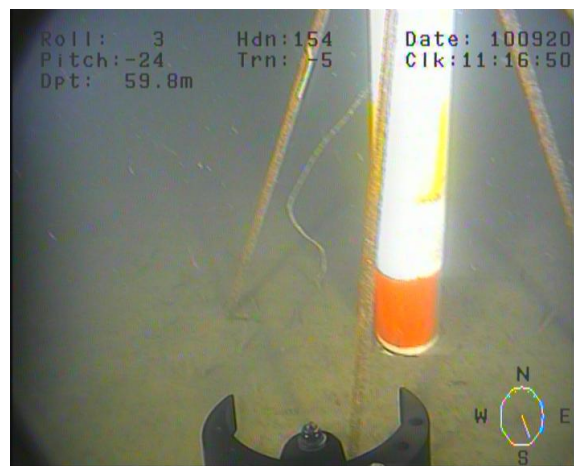
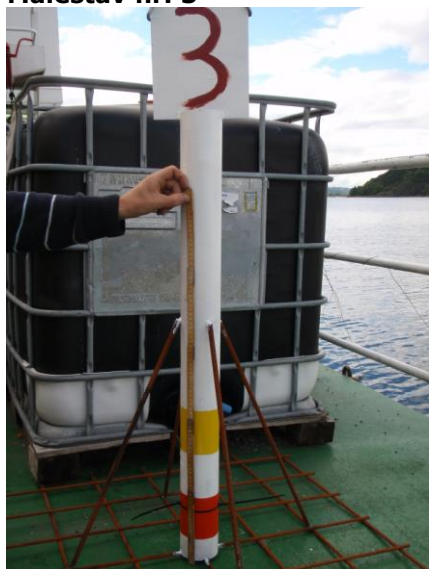
Etter vurdering av bilder av målestavene og mektighetsberegninger, viser samtlige målestaver at ønsket mektighet av tildekkingslaget er oppnådd. Hele dypvannsdeponiet på Malmøykalven tilfredsstiller nå kravet om 0,4 m mektighet på overdekningslaget.

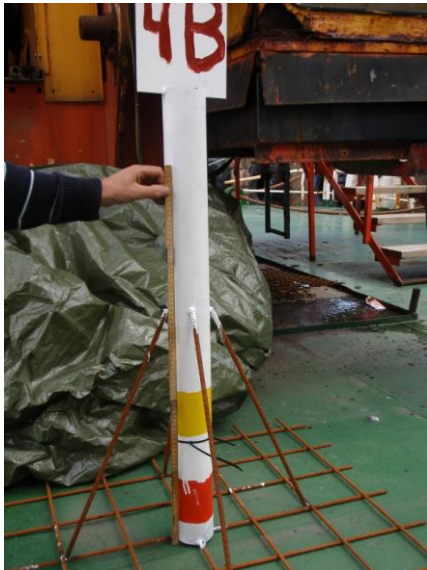
5. REFERANSER

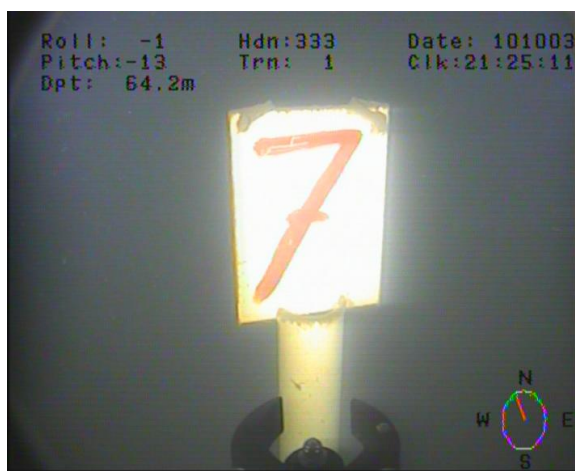
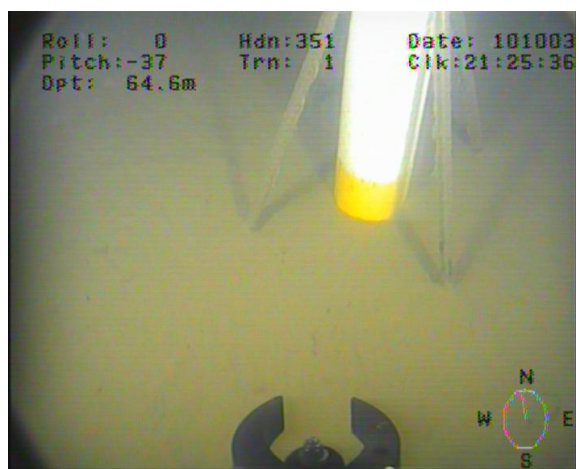
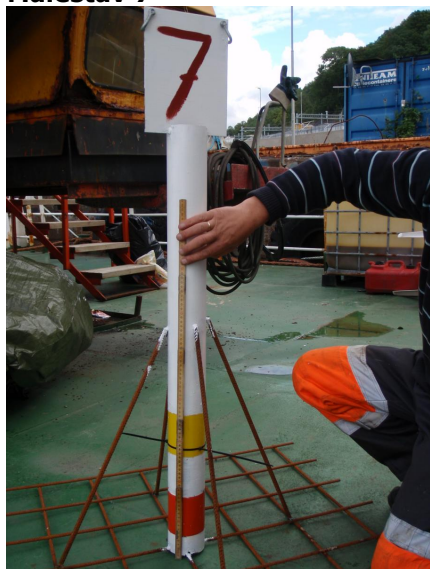
1. Kibsgaard, A.P., A., *Kontrollplan for mudring og deponiering i dypvannsdeponi*, Rev. 4, nettutgave. 2009, NGI. p. 32.
2. Jahren, T., Brinchmann, K. & Helland, A, *Overdekning av dypvannsdeponiet ved Malmøykalven - Sluttrapport og vurdering av etterkontroll*, Rambøll, Editor. 2010, Rambøll Norge AS: Oslo. p. 43.
3. Pettersen, A.E., E., *Kontroll av tildekkingslagets tykkelse. Byggherres egenkontroll*. 2010, NGI. p. 25 (63).
4. Breedveld, G., *Dypvannsdeponi Malmøykalven - Sammenstilling av data vedrørende tykkelse på tildekningslaget*. 2010, NGI: Oslo. p. 9.

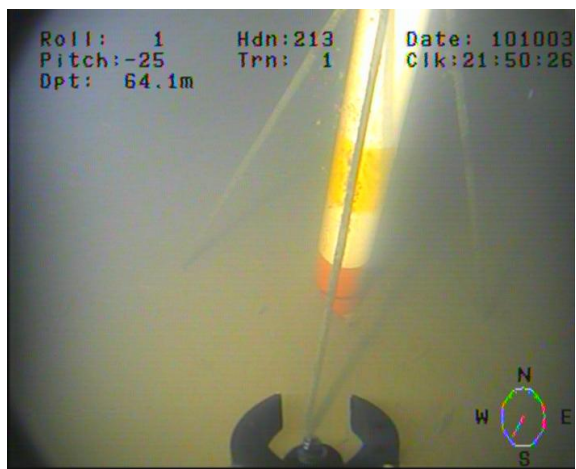
6. VEDLEGG

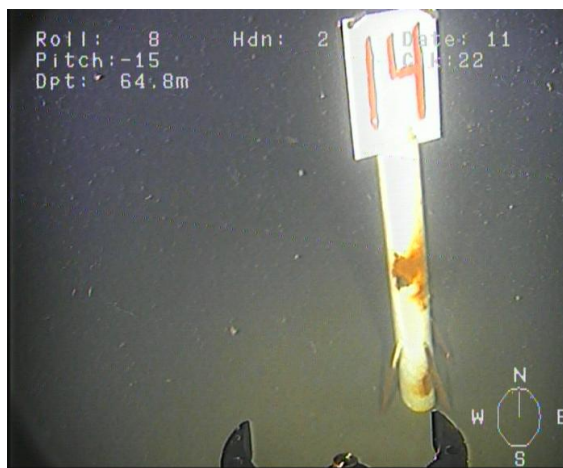
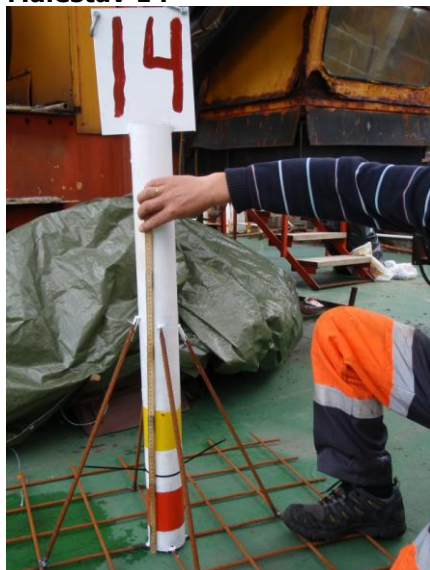
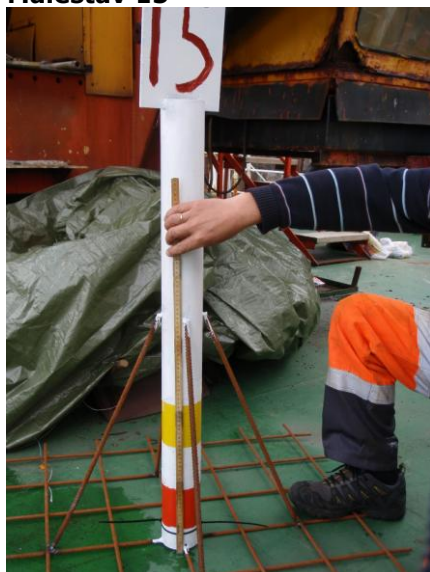
Vedlegg 1. Bilder av målestaver etter andre omgang med tildekking

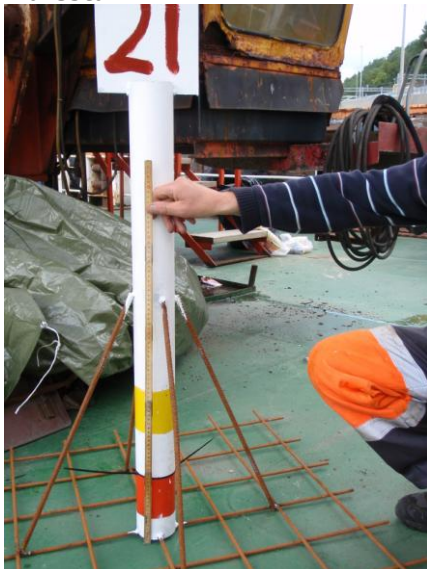
Målestav nr. 2**Målestav nr. 3**

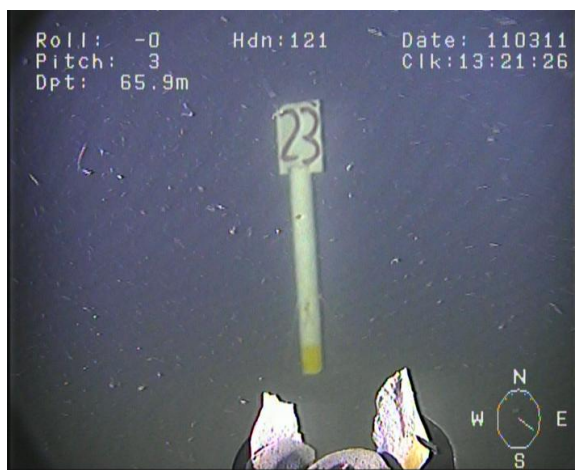
Målestav 4b**Målestav 5**

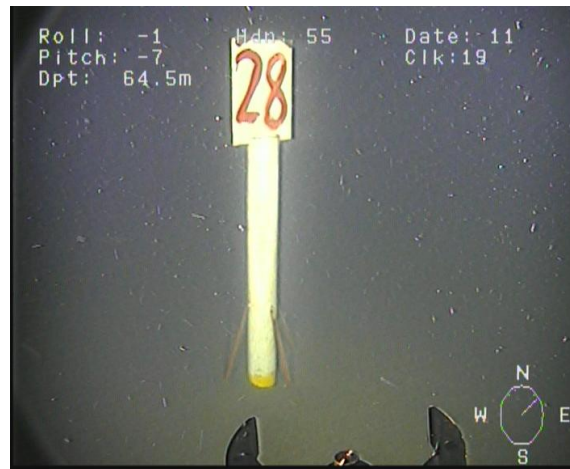
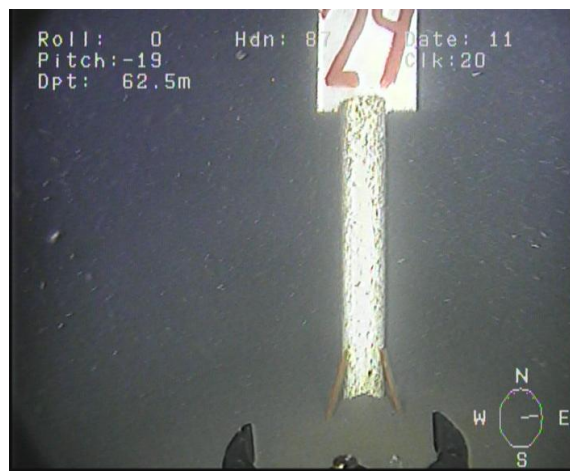
Målestav 7

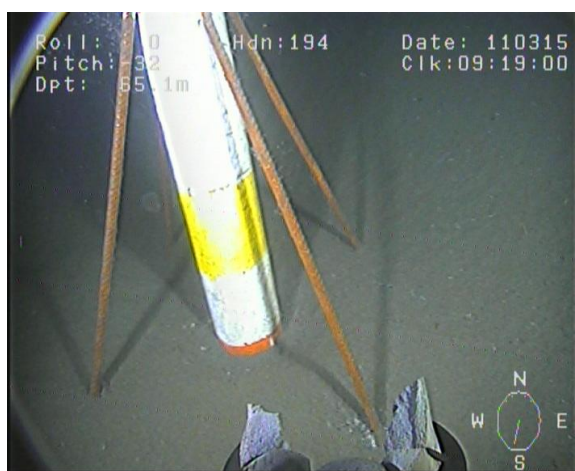
Målestav 9**Målestav 11**

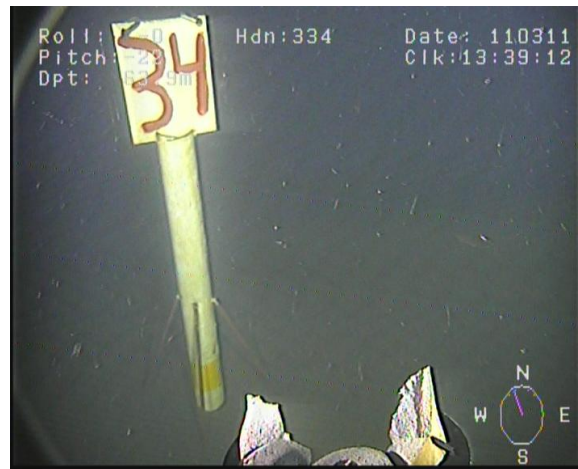
Målestav 14**Målestav 15**

Målestav 19**Målestav 21**

Målestav 22**Målestav 23**

Målestav 28**Målestav 29**

Målestav 32**Målestav 33**

Målestav 34**Målestav A**

Målestav B**Målestav C**

