

**OVERDEKNING AV DYPVANNS-DEPONIET VED
MALMØKALVEN
SLUTTRAPPORT OG VURDERING AV ETTERKONTROLL**

Oppdragsgiver

Secora AS

Rapporttype

Sluttrapport

2010-05-27

**OVERDEKNING AV DYPVANNS-
DEPONIET VED MALMØKALVEN
SLUTTRAPPORT OG VURDERING AV
ETTERKONTROLL**



Oppdragsnr.: 1060036D
 Oppdragsnavn: Secora - Bistand ved opprydding av sedimenter i Oslo havn
 Dokument nr.: M-RAP-001-1060036D
 Filnavn: M-RAP-001-1060036D Sluttrapportering tildekning av dypvannsdeponiet ved malmøkalven og vurdering av etterkontroll

Revisjon	00	01	02	03
Dato	2010-05-7	2010-05-29	2010-06-14	2010
Utarbeidet av	Karen Brinchmann, Aud Helland og Tom Jahren	Karen Brinchmann, Aud Helland og Tom Jahren	Karen Brinchmann, Aud Helland og Tom Jahren	Karen Brinchmann, Aud Helland og Tom Jahren
Kontrollert av	Aud Helland	Aud Helland	Aud Helland	Aud Helland
Godkjent av	Vibeke Riis	Vibeke Riis	Vibeke Riis	Vibeke Riis
Beskrivelse	Sluttrapportering av tildekningen av dypvannsdeponiet på Malmøkalven, samt en vurdering av etterkontroll utført i regi av Oslo havn	Sluttrapportering av tildekningen av dypvannsdeponiet på Malmøkalven, samt en vurdering av etterkontroll utført i regi av Oslo havn	Sluttrapportering av tildekningen av dypvannsdeponiet på Malmøkalven, samt en vurdering av etterkontroll utført i regi av Oslo havn	Sluttrapportering av tildekningen av dypvannsdeponiet på Malmøkalven, samt en vurdering av etterkontroll utført i regi av Oslo havn

Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Revisjonen gjelder
01	2010-05-29	En ny gjennomgang av rapporten før oversendelse til Oslo Havn KF
02	2010-06-14	Lagt inn informasjon om målte og vurderte mektigheter er lagt inn. Dette har medført noen endringer i konklusjonene. Det har blitt lagt inn nye kart som viser arealet hver målepinne dekker. Det har også blitt rettet opp tegnforklaring i en del kart.
03	2010-06-17	Rettet opp beregning av teoretisk mektighet på overdekningslaget etter at det har kommet nye opplysninger om massedisponeringen fra Secora AS. Det har blitt lagt ytterligere en tabell i vedlegg 1 og noen slurvfeil i tekst og figurtekst har blitt rettet. Rettet opp Tabell 7.

INNHold

1.	BAKGRUNN.....	4
1.1	Krav til overdekking	4
1.1.1	Kontrollplan.....	4
1.1.2	Prosjektbeskrivelse fra Oslo havn KF og Tillatelse fra SFT.....	4
1.1.3	Diverse referater.....	5
1.2	Eksisterende dokumentasjon	5
1.2.1	Prøvetildekking HAV	5
1.2.2	NGU (Norges Geologiske Undersøkelser)	6
1.2.3	NIVA (Norsk institutt for vannforskning)	8
1.2.4	NGU (Norges Geologiske Undersøkelser)	9
1.2.5	HAV (Oslo Havn KF)	9
1.3	Beskrivelse av massene før tildekking.....	11
2.	METODE	12
2.1	Deponiområdet	12
2.2	Beregning av massebehov.....	12
2.3	Utlekking av sedimenter	13
2.4	Dokumentasjon av overdekningslagets mektighet	14
2.4.1	Kontroll av Secoras rapportering av tildekkingslagets mektighet	17
3.	RESULTATER OG DISKUSJON	18
3.1	Beskrivelse av overdekking	18
3.2	Beskrivelse av overdekningsmassene og massebehov.....	21
3.3	Avlesing av målepinner og vurdering av mektighet.....	22
3.4	Vurdering av alternative målemetoder	31
4.	KONKLUSJONER	31
5.	REFERANSER	33
6.	VEDLEGG	34
Vedlegg 1.	Oversikt over Rambølls innmåling av målepinner.....	35
Vedlegg 2.	Skisse og beregning fra Jørgen Lorin Rasmussen, Rambøll Danmark	36
Vedlegg 3.	Møtereferat fra 9.feb 2009 "Særmøte dokumentasjon av målepinner etter 1.lags tildekking av deponiet"	37

1. BAKGRUNN

Secora AS har på oppdrag for Oslo havnevesen utført mudring, deponering og overdekning av dypvannsdeponi i Oslo havn. Arbeidene har pågått i perioden januar til juli 2009. Det har blitt mudret ca. 400.000 m³ forurensset sediment fra havneområdene i Oslo havn. Sedimentene har blitt transportert i lektene til Malmøykalven for deponering. Etter endt deponering har dypvannsdeponiet blitt dekket til med sand (0-8 mm) fra Åsland pukkverk.

1.1 Krav til overdekking

1.1.1 Kontrollplan

Kontroll av utberedelse, dekningsgrad og tykkelse av tildekningen er beskrevet i *Kontrollplan for mudring og deponering i dypvannsdeponi* i kapittel 4, *Prosedyrer for kontroll av tildekning av deponi* [1]. Kontrollplanen er utarbeidet av NGI. Prosedyren angir at dokumentasjon av oppnådd tykkelse på overdekningslaget etter endt tildekning skal gis ved akustiske metoder og nedsatte målepinner. Én målestav kan representere en rute på 100 m x 100 m i delen av deponiet hvor mudrede masser er deponert.

Kontroll av tildekkingsmektighet skulle også måles ved bruk av SPI-kamera. Denne kontrollen var en del av forskningsprosjektet OPTICAP, som NGI, NIVA, sft og SECORA var deltagere i. Etter endt tildekking har Oslo havn ansvar for å kartlegge utviklingen av bunnfauna i deponiområdet.

1.1.2 Prosjektbeskrivelse fra Oslo havn KF og Tillatelse fra SFT

I prosessbeskrivelse av 06.09.2005 ble det beskrevet følgende metode for tildekning av deponiet:

- *Lag 1. 10 cm legges ut en uke etter ferdig deponering – sand 4-10 mm*
- *Lag 2. 10 cm legges ut to uker etter ferdig deponering – sand 4-10 mm*
- *Lag 3. 20 cm legges ut tre uker etter ferdig deponering – sand 4-10 mm*
- *Lag 4. 10 cm legges ut fire uker etter ferdig deponering – sand 5 – 16 mm*

En slik utlegging ville resultert i et overdekningslag på 50 cm.

I tillatelse av 20.9.2005 fra SFT [2] ble det stilt følgende krav til overdekningen av deponiet på Malmøykalven:

- *Masser som skal benyttes til tildekking av deponiet skal karakteriseres som rene dvs. innhold av miljøgifter skal tilsvare klasse II eller bedre i SFTs klassifiseringssystem. Det skal benyttes masser som ut fra fysiske egenskaper slik som kornstørrelse mm er egnet til formålet.*
- *Utleggingen av rene masser skal foregå med en metodikk og på en slik måte at det forårsaker minst mulig oppvirvling og spredning av forurensede masser i deponiet.*
- *Det skal legges på et tynt lag med sand eller annen egnet masse umiddelbart etter at man har avsluttet nedlegging av forurensede masser, og i påvente av at de forurensede massene skal konsolideres. Laget skal dekke hele deponiet.*

- *Tykkelsen på det endelige tildekkingslaget må vurderes ut fra stabilitetsmessige forhold, men skal som et minimum være 0,4 m. Massene skal legges så jevnt som mulig utover de forurensede sedimentene. Oslo Havn KF må sikre at hele deponiet er tildekket.*

I forhandlingsmøte nummer 2 avholdt den 14.11.2005 ble det besluttet å endre overnevnte prosessbeskrivelse til:

- | | |
|------------------------------|---------------------------------------|
| • Lag nr. 1: 5 cm $\pm$ 3 cm | 2 dager etter ferdig deponering |
| • Lag nr. 2: 10 cm | + 1 uke etter ferdig deponering |
| • Lag nr. 3: 10 cm | + 3 uker etter ferdig deponering |
| • Lag nr. 4: 15 cm | + 3-6 måneder etter ferdig deponering |

Denne inndelingen av overdekningssekvenser har vært utgangspunktet for Secora AS under arbeidet med tildekking av deponiet. Med usikkerheten som er lagt inn på tykkelsen av lag nr. 1 vil dekklaget kunne variere i tykkelse fra 37 – 43 cm. Den valgte utleggingsmetoden gjør det ikke mulig å legge ut dekklag uten variasjon i mektighet. Det synes derfor rimelig å anta at usikkerheten i lag 1 gjelder for samtlige lag, noe som betyr at overdekningslaget etter endt overdekning kan variere mellom 28 og 52 cm. Dokumentert tykkelse på overdekningslaget mellom 28 og 52 cm anses derfor som akseptabelt.

1.1.3 Diverse referater

Underveis i tildekkingsprosjektet er det avholdt flere særmøter hvor selve tildekkingsmetoden og innmålingen av overdekningens tykkelse ble diskutert. Møtene var viktig for å gjøre opp status underveis i prosjektet og samtidig bli enige om den anvendte metoden ga tilfredsstillende resultat, og i tilfelle ikke, sette inn korrigerende tiltak. Referatene fra særmøtene er derfor sentrale. I referat av 9.februar 2009 (vedlegg 3) konkluderes følgende:

Secoras gjennomgang av målestavene som dokumentasjon av tildekningslaget i deponiet vurderes tilfredsstillende av NGI. HAV har derfor besluttet å fullføre tildekningen av deponiet.

1.2 Eksisterende dokumentasjon

I forbindelse med dypvannsdeponiet og overdekkingen er det utarbeidet en del rapporter og gjennomført flere typer undersøkelser for å kvantifisere oppfylling og overdekking. Under følger en kort oppsummering av de ulike rapportene.

1. HAV - Prøvetildekking
2. NGU – Volume of disposed sediments in the deep water confined disposal facility at Malmøykalven, inner Oslofjord. (ref)
3. OHV v/NIVA – "Undersøkelse av tildekking av dypvannsdeponiet ved Malmøykalven med Sedimentprofilkamera (SPI)" (ref)
4. NGU – Nytt datasett fra akustiske målinger til bruk for volumberegninger etter tildekking av deponiet (ikke rapportert)
5. OHV v/NGI "Kontroll av tildekkingslagets tykkelse. Byggherres egenkontroll." [3]

1.2.1 Prøvetildekking HAV

For å vurdere egnede metoder for utlegging av tildekningsmasser, ble det utført en prøvetildekking med sandig masse i 2007. Rapport ble skrevet i 2008 [4]. Det ble utført styrkemålinger av de deponerte sedimentene og kontroll av overdekningen med SPI-kamera og

ROV. I utgangspunktet skulle overdekningen kontrolleres med ROV under utlegging av tildekningsmassene. Dette ble ikke gjort, men grunnet teknisk feil. Rapporten konkluderer med at 0-8 mm masser egner seg godt som overdekningsmasse og at de deponerte sedimentene blandet seg gradvis med overdekningsmassene ned til 5 – 8 cm sedimentdyp og at den observerte spredningen av sand på bunnen ble større enn arealet for prøvetildekning.

1.2.2 NGU (Norges Geologiske Undersøkelser)

NGU gjennomførte en undersøkelse i april 2008 for å bestemme volumet av de mudrede massene som er deponert i deponiet ved Malmøykalven [5]. Et av målene med undersøkelsen var å oppklare usikkerhetene i bruk av akustiske metoder som grunnlag for å beregne volum og utbredelse av de deponerte massene. Undersøkelsene var delvis finansiert av SFT.

Undersøkelsene ble gjennomført med en akustisk metode der det ble benyttet en GeoSwath 250 kHz interferometrisk sonar og TOPAS til innsamling av høyoppløselig seismikk. Beregningene av mektighet av de deponerte sedimentene er basert på endringer i dybden til sjøbunnen. Endringene er beregnet på grunnlag av undersøkelser av sjøbunnen i hele Indre Oslofjord som ble utarbeidet i 2004 og 2005 og de nye undersøkelsene av deponiområdet som ble gjennomført i april 2008. Seismiske profiler av deponiet er benyttet til å beregne komprimeringen av den originale sjøbunnen under de deponerte massene. Intensiteten av den akustiske backscatter fra sjøbunnen er benyttet sammen med endringen i høyden av sjøbunnen for å beregne utbredelsen av de deponerte sedimentene.

Sonaren som er benyttet gir høyoppløselige batymetriske og akustiske backscatter data i dybden 0-80m. Tiden det tar for sonarbølgene å returnere benyttes til å beregne dybden til sjøbunnen, mens amplituden til den akustiske backscatteren kan benyttes til å vurdere den relative tettheten til sedimentene. Den vertikale oppløsningen er estimert til $\pm < 2$ cm. Den tverrgående prøvetettheten er 1,5 cm. I kjøreretningen var oppløsningen ca 65 cm. For prøvetakingen i 2004 ble det kjørt med 140 m mellomrom mellom transektene, mens i 2008 ble det kjørt med 60 m mellomrom. Dette gir en høyere kvalitet på dataene hentet ut i 2008 enn i 2004. Det ble korrigert for variasjoner i lydshastighet og brytningseffekter i vannsøylen som følge av temperatur og salinitetsforskjeller.

Ved å benytte Topas PS 40, ble det samlet inn høyfrekvente grunne seismiske data. Ved å kalibrere disse dataene til en kjent akustisk hastighet for bløte overflate sedimenter kunne man vurdere tykkelsen på det deponerte laget.

I tillegg til seismiske målinger ble tykkelsen, stratigrafien og de fysiske egenskapene til de deponerte sedimentene undersøkt ved hjelp av kjerneprøver. Av 32 utvalgte lokaliteter, ble 30 vellykket prøvetatt med en *Niemistö corer*. Niemistö kjerner har en diameter på 63mm og prøvene kan være opptil 1,2 m lange. Av de 30 kjernene ble 26 beskrevet under prøvetakingen, mens de siste fire ble sendt til laboratoriet for videre undersøkelser av vanninnhold, våt- og tørrvekt og beskrivelse av litologi for hvert lag. Det ble tatt ut 6 kjerneprøver med *gravity corer* med en diameter på 98mm og lengder fra 1,40-2,55 m. Fire av kjernene ble delt opp og prøvetatt for tetthet og vanninnhold. De siste to kjernene ble delt opp og sedimentologien ble beskrevet.

Resultatene fra de batymetriske dataene i 2008 viser at de deponerte sedimentene er begrenset til et areal på ca. 195 000 m². Sjøbunnen i dette området er betraktelig bløtere enn den omkringliggende sjøbunnen. Sjøbunnen har i de dypeste områdene blitt hevet med ca. 6 m. Nøyaktigheten i de batymetriske dataene er vurdert med dybde standardavvikshistogrammer og gjennomsnittet varierer med 4-9 cm og standardavviket fra 9-20 cm. Det er en normal fordeling

av standardavviket på + og – siden som dermed regnes å kompensere for hverandre og antas å ikke skape en signifikant feilmargin i beregningene. Datasettet fra 2008 viser at sjøbunnen er 4-9 cm høyere enn datasettet fra 2004. Rapporten til NGU diskuterer ikke hvilket av de to datasettene som er mest nøyaktig. Beregningene neglisjerer den ukjente, naturlige sedimentasjon fra 2004-2008 (antatt til noen millimeter i året).

Det ble gjennomført volumberegninger for tre referanseområder utenfor deponiområdet for å kunne vurdere feilmarginene. Endringen i nivået for sjøbunnen ble korrigert med 5 cm for systematiske feil og det beregnede volumet kunne dermed neglisjeres ved korrekt korrigering for systematisk feil. De største feilmarginene for volumberegningene i hele deponiet lå mellom -1592 m³ og +7346 m³.

Setningen er anslått til ca. 30 cm ved 5 m deponerte masser og med redusert setning ved mindre mengde deponerte masser, men det er også funnet ca. 30 cm setning ved ca. 2 m overdekke. Denne setningen antas å være relatert til ulike egenskaper for de underliggende massene. Den korrigeringen som er benyttet i dataene antar lineær sammenheng mellom setning og tykkelse på det deponerte laget ved 30 cm kompresjon med 5 m overdekke. Setning i de underliggende sedimentene kunne vurderes fra sammenligning av de seismiske profilene fra 2004 og 2008.

Det ble gjort en sammenligning av beregnet tykkelse på det deponerte laget basert på seismiske målinger og prøvene tatt ut med Niemistö- og gravity corerene. Beregningene av det deponerte lagets mektighet fra de seismiske målingene viste relativt god overensstemmelse med det som ble funnet i fire av prøvene tatt ut med Niemistö coreren. I tre av Niemistö corer prøvene, ble det funnet at det deponerte lagets mektighet var mindre enn det som ble beregnet. Målt mektigheten basert på kjerneprøver fra gravity coreren (0,9-1,7 m) var imidlertid betraktelig lavere enn beregnet mektighet (2,45-4,1 m) basert på akustiske målinger. Noen av prøvene som ble tatt ut, både med Niemistö coreren og gravity coreren, kom ikke gjennom hele det deponerte laget og kunne derfor ikke benyttes i vurderingen. Sammenligningen mellom den beregnede tykkelsen på det deponerte laget og resultatene fra gravity corer prøvene kunne ikke benyttes til sammenligning grunnet de store forskjellene i lagtykkelsen. Forskjellene ble vurdert å komme fra at gravity coreren ikke fungerer tilstrekkelig godt i lagdelte og veldig bløte sedimenter. Grunnet at de deponerte massene var så bløte, ble gjennomføringen av de deponerte massene inn i plastikksylinderen i gravity coreren hemmet ettersom prøvesylinderen hadde et kuttehode av metall med fleksible fingre (kjernefanger) i enden. Veldig løst materiale, spesielt i øvre del av deponiet, blir tydeligvis dyttet utenfor prøvesylinderen uten å bli prøvetatt. Materiale som ikke er konsolidert, men som allikevel får åpnet kjernefangeren, blir prøvetatt, men med en mindre diameter enn selve røret. Det er antagelig grunnet motstanden i kjernefangeren. I disse tilfellene, vil det lite konsoliderte materialet kollapse og fylle prøvesylinderen, som dermed resulterer i at kjernens lengde blir forkortet. Mellomliggende lag av fastere sand og grus som har høyere friksjon mot veggene i prøvesylinderen enn mudderet, medfører at prøvetakeren delvis fungerer som en plog. Dette fører til sideveis forskyvning og forkorting av myke, mudder sedimenter som er under grovkornede mellomliggende lag [6]. Komprimering av sedimentene kan også føre til at forkorting av kjernens lengde [7].

De fysiske egenskapene til sedimentene ble vurdert og resultatene viste at både vanninnholdet og tettheten til de deponerte massene både er høyere og lavere enn i de underliggende massene. Det er knyttet en del usikkerhet til verdiene som er beregnet ettersom det ble vurdert at innsamlingsmetoden ikke var helt vellykket grunnet komprimering av massene og mulig mangel på enkelte lag i kjerneprøvene. De deponerte massene er beskrevet som heterogene. På bakgrunn av usikkerhetene ble gjennomsnittlig tetthet for de deponerte massene vurdert som

upålitelig. Gjennomsnittlig tetthet er derfor ikke tatt med i volumberegningene av de deponerte massene.

Volumberegningene, som kun er basert på batymetriske data, gir et volum på ca. 310 000-320 000 m³ deponerte masser. Ved å ta med komprimeringsgraden, som ble beregnet til 30 cm ved 5 m overdekking, og ved å anta at komprimeringen av underliggende masser er lineær med tykkelsen på overdekkingslaget, ble det korrigerte volumet gitt til ca. 330 000 - 340 000 m³ -10 000 m³ eller +20 000 m³. Usikkerheten er vurdert i forhold til korreksjonen for komprimering av de underliggende sedimentene ($\pm 10\,000\text{ m}^3$) og at overflaten av de deponerte massene kan være noe dypere, noe som utgjør en maksimal underestimert på opptil 10 000 m³.

1.2.3 NIVA (Norsk institutt for vannforskning)

Rapporten [8] er utført av Norsk Institutt for vannforskning (NIVA) på vegne av Opticap. NIVA gjennomførte i hht kontrollplanen (ref punkt 4.3 *Kontroll av utbredelse, dekningsgrad og tykkelse av tildekkingen* i kontrollplanen) kontroll av mektighet av prøveutleggelse av tildekkingslaget ved bruk av SPI-kamera.

Feltarbeidet ble gjennomført i januar 2009 av personell fra NIVA. NGI var ansvarlig for å velge ut stasjoner for prøvetakingen.

Undersøkelsene ble utført med et sedimentprofil-kamera (SPI). Det ble tatt to bilder av sedimentene fra hver stasjon. I alt ble det tatt bilder av 97 stasjoner. Bildene fra undersøkelsen ble analysert for penetrasjonsdyp, ujevnheter, nedsynking av dekkmasser, dekklagets tykkelse og eventuelle observasjoner av organismer. Dekklagets tykkelse ble primært definert på grunnlag av forskjell i kornstørrelse mellom det sandige tildekkingsmaterialet (>63 μ m) og de mer finkornete deponerte eller opprinnelige sedimentene.

Etter analysing av bildene ble sedimentene på hver stasjon delt inn i fire klasser basert på tildekkingslagets tykkelse (A: tildekking av dekkmasser ≥ 3 cm, B: tildekking av dekkmasser <3 cm, D: dekkmasser overdekket med mer finkornige sedimentene og 0: dekkmasser ikke observert). Resultatene viste følgende inndeling i klassene A, B, D og 0:

A (≥ 3 cm tildekking)	55
B (<3 cm tildekking)	20
D (dekkmassene er overdekket)	13
0 (dekkmasser er ikke observert (en er referansestasjonen))	8
Totalt antall stasjoner prøvetatt	96

Ved en stasjon ble det ikke tatt bilde til analyse grunnet for lite penetrasjonsdyp. Ved tre av stasjonene ble det observert dekklagsmasser i hele penetrasjonsdypet. Det er derfor mulig at dekklaget er tykkere enn antatt i NIVAs vurdering i Tabell 1 i rapporten. Det er ikke gjort noen videre vurdering av hvorfor stasjonene som er klassifisert til D eller 0 ikke viser noe dekklag på overflaten (nedsynking, mangel på overdekking eller lignende) fordi bildematerialet ikke gir grunnlag for slike vurderinger.

Det var ikke noen vesentlig forskjell i gjennomsnittlig penetrasjonsdyp i de tre klassene A, B og D, men noe større i klasse 0. Det er vurdert at ettersom stasjoner med klassifisering D ikke har mindre bæreevne enn stasjoner klassifisert til A og B er det mulig at tildekkingen har bidratt til å redusere penetrasjonsdypet og øke bæreevnen i sedimentene. Prøver som ble tatt ut i samme

område som stasjonene med 0 og D klassifisering før deponeringen startet viser at det er en betraktelig endring i penetrasjonsdyp fra 17-26 cm til etter overdekking, 11 cm.

Et kart (Figur 5) viser stasjonene med de ulike klassifiseringene. Det viser at det er den sydlige og vestlige delen av deponiet som har flest av klassene D og 0, samt fire stasjoner langs vestsiden med klassifisering 0. De sistnevnte fire stasjonene var lokalisert i overgangen mellom det flate deponiområdet og den tilstøtende bassengskrånningen. Stasjonen med klassifisering B samles stort sett helt nord i deponiet.

Tykkelsen på det observerte tildekkingslaget i hele undersøkelsesområdet varierte fra 0,9-12,8cm. Gjennomsnittet for hele området var 3,4cm og for områder klassifisert som tildekket (A og B) 4,4cm.

Det ble også gjort en vurdering for å se på jevnheten på tildekkingslaget. Undersøkelsen ble gjort med tettere prøvetaking (6 meters grid) enn prøvetakingen for hele deponiet (60 meters grid). Det ble tatt bilder med SPI kameraet på 29 stasjoner som fordelte seg på to transekter der en valgt lekter hadde lagt ut masser. Fordelingen for stasjonene i henhold til klassifiseringen (A, B, D og 0) var som følger:

A (≥ 3 cm tildekking)	13
B (< 3 cm tildekking)	16
D (dekkmassene er overdekket)	0
0 (dekkmasser er ikke observert (en er referansestasjonen))	0
Totalt antall stasjoner	29

Tykkelsen på tildekkingslaget i det aktuelle området varierte fra 1,7-4,7cm. Variasjonen i transektet så ut til å være tilfeldig og ikke vesentlig større enn usikkerheten i målemetoden.

Observasjoner av organismer er kun kommentert i vedlegget der data er samlet for hver stasjon (Vedlegg 1).

1.2.4 NGU (Norges Geologiske Undersøkelser)

NGU gjennomførte nye akustiske målinger høsten 2009, etter at tildekkingen var ferdigstilt. Dataene er ikke behandlet. Det er knyttet noe usikkerhet til om de akustiske målingene kan benyttes til å bestemme mektigheten av tildekkingslaget. Under undersøkelsen ble det observert relativt kupert bunn som et resultat av dumping av større stein og skipsvrak i det tildekkede området (Aivo Lepland; personlig meddelelse).

1.2.5 HAV (Oslo Havn KF)

Rapporten [3] er utarbeidet av NGI på vegne av Oslo Havn KF. Den omhandler byggherres egenkontroll av tykkelsen av tildekkingslaget med rene masser over dypvannsdeponiet ved Malmøykalven. Undersøkelsene ble gjennomført etter at arbeidet med tildekking var ferdigstilt sommeren 2009. Det er ikke stilt krav til byggherres egenkontroll verken i kontrollplanen for arbeidene som ble sendt sft i mars 2009 [1] eller i tillatelsen til etablering av dypvannsdeponi ved Malmøykalven gitt av sft i 2005 [2].

Målsetningen for prøvetakingen var å dokumentere lagtykkelsen, utbredelsen og dekninsgraden av tildekkingslaget.

Etterkontrollen ble utført i november/desember i 2009 av personell fra NGI. Prøvetakingen ble gjennomført med en tilpasset kjerneprøvetaker med tynnvegget stålrør. Det ble videre gjort en beregning av tildekkingslagets tykkelse ved hjelp av GIS dataverktøy.

I tillegg ble det gjennomført laboratorietester for å finne tørr egenvekt av tildekkingslaget (min og maks).

NGI's hovedkonklusjoner er som følger (hentet fra rapporten):

- I samtlige prøver som ble hentet opp er det observert tildekkingsmasser på toppen av de deponerte massene.
- Den gjennomsnittlige tykkelsen på tildekkingslaget er 25,7 cm.
- SFTs krav om at hele dypvannsdeponiet skal tildekkes med minimum 40 cm tildekkingsmasser er ikke oppfylt.

Rapporten diskuterer tre mulige systematiske feilkilder, overpenetrasjon, komprimering av prøven under utskyving og plugging. Det at prøvetakeren legges vannrett for åpning og inspeksjon nevnes ikke. For å bevare intakt prøve må kjernen holdes i vertikal posisjon. Det ble ikke benyttet gjennomsliktige prøverør, dette sikrer god kontroll med prøven, eventuelle setninger forstyrrer av overflate osv. kan da observeres. Plugging diskuteres spesielt, det at en del av prøvematerialet skyves tilside i stedet for å trenge inn i røret.

I alle prøvene ble det observert et sandlag fra tildekkingsmassene med generelt klart skille over de deponerte massene. Hver prøve er beskrevet med tykkelse på sandlag, total kjernelengde og beskrivelse underliggende masser. På syv stasjoner var det ikke mulig å ta ut prøve grunnet delvis ødelagt kjerneprøvetaker. Ved fire stasjoner var det ikke mulig å komme gjennom det øvre sandlaget og ved fem stasjoner ble det observert sand i sjikt nede i de deponerte massene og noe mindre mengder i topplaget.

I kartet som er utarbeidet med GIS verktøy er det gjort en interpolering mellom de målte tykkelsene på tildekkingslaget. Interpolasjonsmetoden er valgt til Inverse Distance Weighted (IDW). Fra de interpolerte dataene er det så beregnet en gjennomsnittlig tykkelse på tildekkingslaget. Denne ble beregnet til 25,7cm.

For å bestemme tildekkingsmassenes egenvekt ble det tatt ut en stikkprøve fra en lastebil ved Sørengautstikkeren. Det ble også laget en blandprøve av materialet fra to stasjoner under prøvetakingen i sjiktene 0-10cm og 14-28cm. Resultatene fra bestemmelsen av egenvekt ved akkreditert prosedyre LLP010 varierte fra 1,39-1,40 tonn/m³ for minimum egenvekt og 2,01-2,02 tonn/m³ for maksimum egenvekt for tildekkingsmasser hentet fra deponiet. For materiale prøvetatt før utlegging var minimum og maksimum egenvekt henholdsvis 1,42 tonn/m³ og 2,14 tonn/m³.

NGI konkluderer med at det stedvis har forekommet nedsynking av tildekkingsmassene, muligens grunnet at massene ved utleggelse har truffet bunnen som én klump i stedet for å gå i suspensjon. Det er vurdert at de nedsunkne massene er begrenset til mindre områder.

NGI vurderer at dekklaget er av en tilsvarende utbredelse og tykkelse som generelt utføres ved tildekking av forurensede sedimenter. De vurderer at det ikke er noen risiko for spredning fra sedimentene forutsatt at tildekkingen utbedres i løpet av rimelig tid. I henhold til prøvetakingen går utbredelsen av tildekkingslaget ut over det areal der mudrede masser er nedført. Dette vurderes som en miljøforbedring for områder som er påvirket av tidligere deponeringsperiode.

NGI viser også til oppmåling av sjøbunnen utført av Statens kartverk i mai 2009 der oppmålingen viser at den nye sjøbunnen fremstår som jevn etter tildekking.

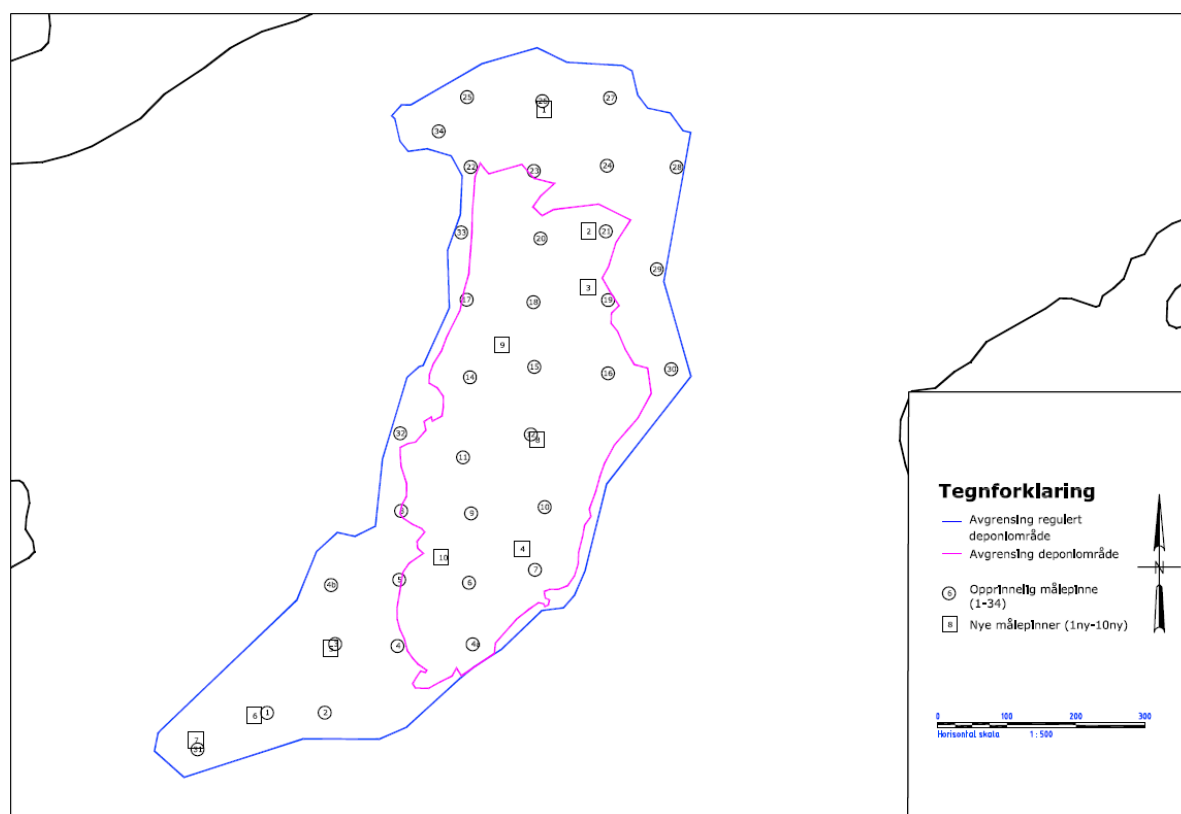
1.3 Beskrivelse av massene før tildekking

Det ble ikke målt styrke på de deponerte massene før nedføring av overdekningsmaterialet. I forbindelse med en prøveutlegging av tildekningsmasse i mars 2007 ble det imidlertid målt en skjærstyrke på 0,2 kPa i overflaten av det deponerte sedimentet og 0,5 kPa ved 0,5 m dyp. For at de deponerte sedimentene skulle kunne bære overdekningslaget, måtte overdekningslaget legges ut i tynne lag i flere omganger.

2. METODE

2.1 Deponiområdet

Området som er regulert for deponering av forurensede sedimenter har et areal på 350.000 m². I det regulerte området er det deponert forurensede sedimenter i 170.000 m². Deponiområdet er vist i Figur 1. Samme figur viser plasseringen av målestavene som ble brukt til å dokumentere overdekningslagets mektighet. Det ble satt ut 34 målepinner, men en del av disse ble ikke funnet igjen og noen hadde veltet. Det ble derfor satt ut 10 nye målepinner, umiddelbart etter kontroll av dekklag 1 (uke 3, 2009).



Figur 1. Deponiområdet ved Malmøykalven. Blå avgrensning viser regulert deponiområde og rosa avgrensning viser området hvor det er deponert forurensede sedimenter. Kartet viser også plassering av målepinner i deponiet.

2.2 Beregning av massebehov

Området regulert for deponering av forurensede sedimenter har et areal på ca. 350 000 m². De deponerte massene dekker ca. 170 000 m² av det regulerte området. Det er hele det regulerte området som er dekket til. For å kunne oppnå et overdekningslag med mektighet 40 cm (jfr. Kontrollplanen kap. 1.1.2 og Tabell 1) vil massebehovet være 140 000 m³. Beregning av massevolum pr. lag som ble lagt ut er vist i Tabell 1.

Tabell 1. Beregning av massebehov (m³). Behovet er beregnet lagvis.

	Areal tildekningso- mrådet m ²	Lagtykkelse cm	Masse- behov m ³
Lag 1	350000	5	17500
Lag 2	350000	10	35000
Lag 3	350000	10	35000
Lag 4	350000	15	52500
Sum			140000

Overdekningsmassene er beskrevet med forskjellige egenvekter. I følge Åsland pukkverks karakterisering av overdekningsmassene, varierer egenvekten på overdekningsmaterialet mellom 1,65 og 1,75 tonn/m³ (våtvekt) NGI har målt egenvekten til å variere mellom 2,01 og 2,14 tonn/m³ (tørrvekt). Dette er målt etter at overdekningsmassene er sluppet ut og videre sedimentert på sjøbunnen ved Malmøkalven. Ut i fra de forskjellige egenvektene er det beregnet et teoretisk massebehov i tonn, og forventet volum av massene etter dumping ved Malmøykalven. Vi mener i denne sammenheng at beregninger basert på våtvekt gir det riktigste estimatet, siden massene var våte da de ble fraktet fra Åsland og vil forbli våte i det marine miljø. Beregningene er sammenliknet med målinger som er gjort etter utlegging av første lag med overdekningsmasse, siden det her er kjent (SPI-målinger utført av NIVA) hvor stor mengde sand som er lagt ut og hvor stor mektighet dette gir på overdekningslaget.

2.3 Utlegging av sedimenter

Secoras lekter Mudder 079 ble benyttet til utlegging av overdekningsmasse. Over deponiet ble lekteren posisjonert over ønsket område, for så å bevege seg sakte sidelengs slik at overdekningsmassene kontrollert gled ut av lekteren. Lekterens hastighet ble avpasset etter hvor tykt lag det var ønskelig at skulle sedimentere på bunnen. Tykkelse på hvert lag er angitt i kapittel 1.1.2.

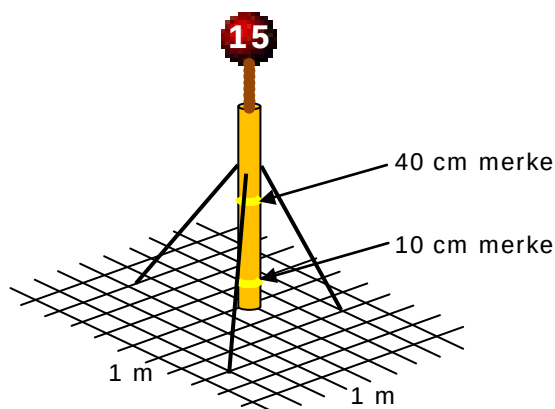


Figur 2. Secoras splittlekter Mudder 079 som ble benyttet til utlegging av overdekningsmaterialet på Malmøykalven.

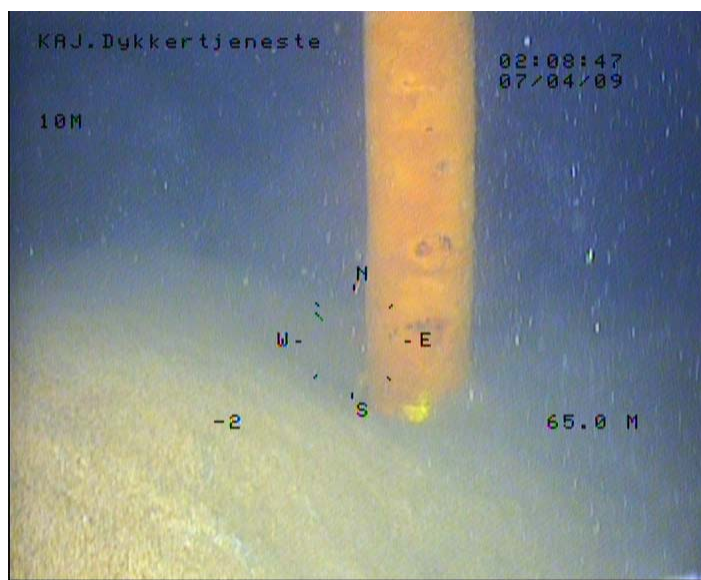
Under utlegging ble det observert at det var problemer med friksjon på skroget, og dermed problemer med jevn utlegging. Metoden for utlegging ble derfor justert slik at utslippingen foregikk ved at det kun var friksjon mot den ene skrogsiden. Dette medførte en langt jevnere og mer kontrollert utlegging. Lagtykkelsen per utlegging ble mindre, så det ble derfor besluttet å legge ut sand i 5 lag.

2.4 Dokumentasjon av overdekningslagets mektighet

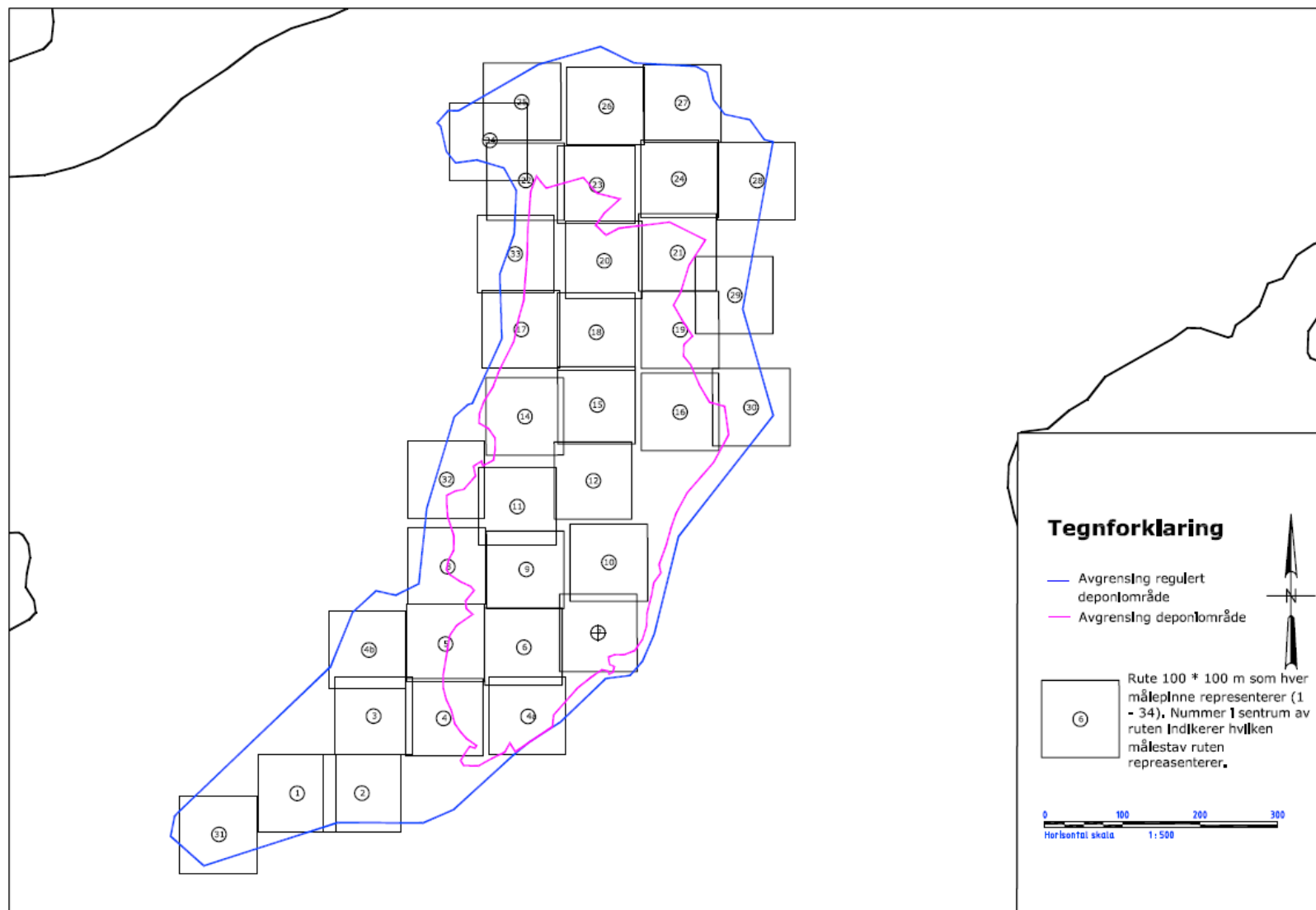
For å dokumentere mektigheten på overdekningslaget i henhold til kontrollplan (ref.) satt Secora ned 35 målepinner i et rutenett på 100 m X 100 m i deponiet. Ved første kontroll ble det observert at en del av målepinnene hadde veltet. Det ble da besluttet å sette ut 10 nye pinner i området som skulle overdekkes. Målepinnenes plassering og kvadratene de representerer er vist i Figur 5 og 6. I kartene som viser resultatet av målingene, er målepinnene 1-34 og ny1 – ny10 lagti inn på ett kart.



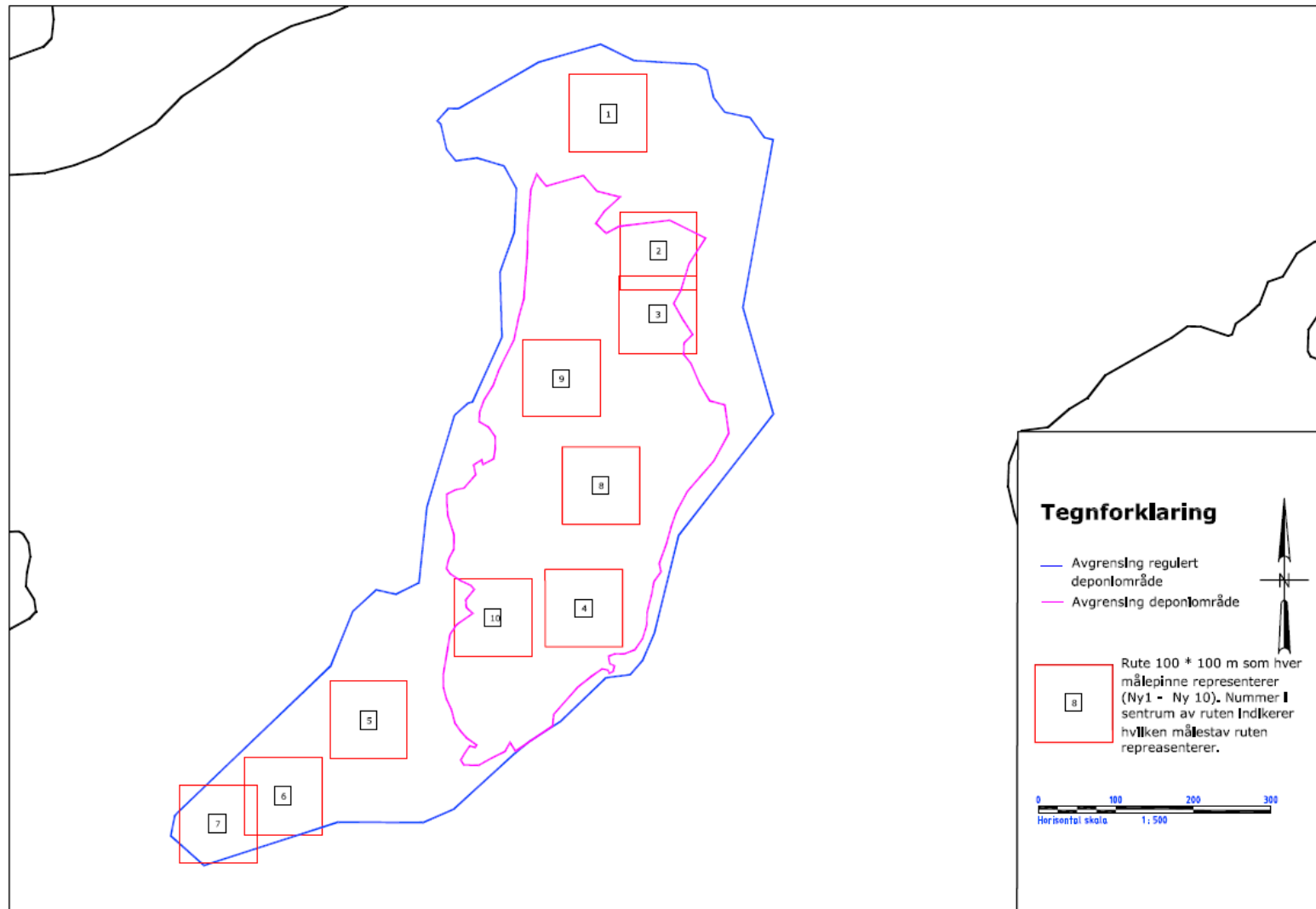
Figur 3. Prinsippskisse av målestavene som er benyttet av Secora til å dokumentere mektigheten på overdekningslaget.



Figur 4. Målepinne nummer 10 som viser en mektighet på overdekningslaget på over 40 cm. Gul markering for 40 cm kan sees i sedimentoverflaten.



Figur 5. Målepinner 1-34 med kvadratene på 100 * 100 m de representerer.



Figur 6. Målepinner NY1-NY10 med kvadratene på 100 * 100 m som de representerer.

Hver målestav bestod av et rør (100 mm for de opprinnelige målestavene 1-34 og 75mm for de nye ny1-ny10 med) som var sveiset fast til en armeringsmatte. Rørene hadde en diameter på henholdsvis 10mm og 7,5mm. På rørene var 10 cm og 40 cm markert. Hver målestav var markert med en blåse med et nummer (Figur 3). Et eksempel på en målepinne hvor overdekningslaget er målt til å være 40 cm er vist i Figur 4.

Målestavene ble avlest etter utlegging av hvert lag. Dokumentasjonen bestod i ROV-fotografering og en skjønnsmessig avlesning av nivået på målepinnene på fotografiene.

2.4.1 Kontroll av Secoras rapportering av tildekkingslagets mektighet

Målinger

Rambøll har etter avtale med Secora gjennomført en ytterligere kontroll av mektigheten på tildekkingslaget 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. Ettersom diameteren på rørene som er benyttet som målepinner er kjent, kan målestokken i bildet kalibreres. Dette gjøres ved å benytte *Calibrate Spatial Measurements* under *Settings* menyen. Deretter tegner man opp en kjent avstand, her diameteren på røret, og deretter skriver man inn hvor lang den kjente avstanden er og velger enhet. Deretter kan man måle avstander i bildet og få gjengitt målet i cm.

Usikkerheten i målingene er beregnet ved å kalibrere et bilde, dette gjøres ved først å tegne opp den kjente avstanden (diameteren på røret), deretter måle avstanden fra synlig merke (10 cm eller 40 cm merket) ned til overflaten av sedimentene. Avstanden fra merket til overflaten måles 10 ganger for det samme bildet for å se på usikkerheten i måling innenfor et bilde. Deretter repeteres også kalibreringen og måling av avstand fra synlig merke ned til overflaten av sedimentene 10 ganger for det samme bildet for å beregne usikkerheten i selve kalibreringen.

Man får da to standardavvik, et for kalibreringen av bildet og et for det totale standardavviket. Dersom trekker fra standardavviket for kalibreringen fra det totale standardavviket får man standardavviket for lengdemålingen.

De beregnede standardavvikene for metoden er som følger:

Standardavvik for kalibreringen av bildet	0,11-0,24 cm
Standardavvik for lengdemåling	0,22-0,35 cm
Totalt standardavvik for metoden	0,33-0,59 cm

Dersom bildene er tatt på skrå mot målepinnen er ikke denne metoden brukbar. Det kan være vanskelig å se om bildet er tatt tilstrekkelig rett på målepinnen. Dette kan testes ved å kalibrere bildet i forhold til kjent avstand og deretter undersøke om tykkelsen på røret kan måles til samme tykkelse ved både topp og base. Notater fra gjennomgang av bildedokumentasjonen og innmåling av målepinnene finnes i Vedlegg 1.

Vurderinger

Det er også gjennomført en visuell vurdering av bildene med tanke på hvor mye tildekkingsmasser det er sannsynlig at er til stede i hvert enkelt tilfelle. Tilgjengelige bilder fra hver målepinne ble gjennomgått og ved sammenligning, der det var mulig, ble det satt en vurdert mektighet. For eksempel var det ikke lagt til noe på mektigheten ved de ti nye

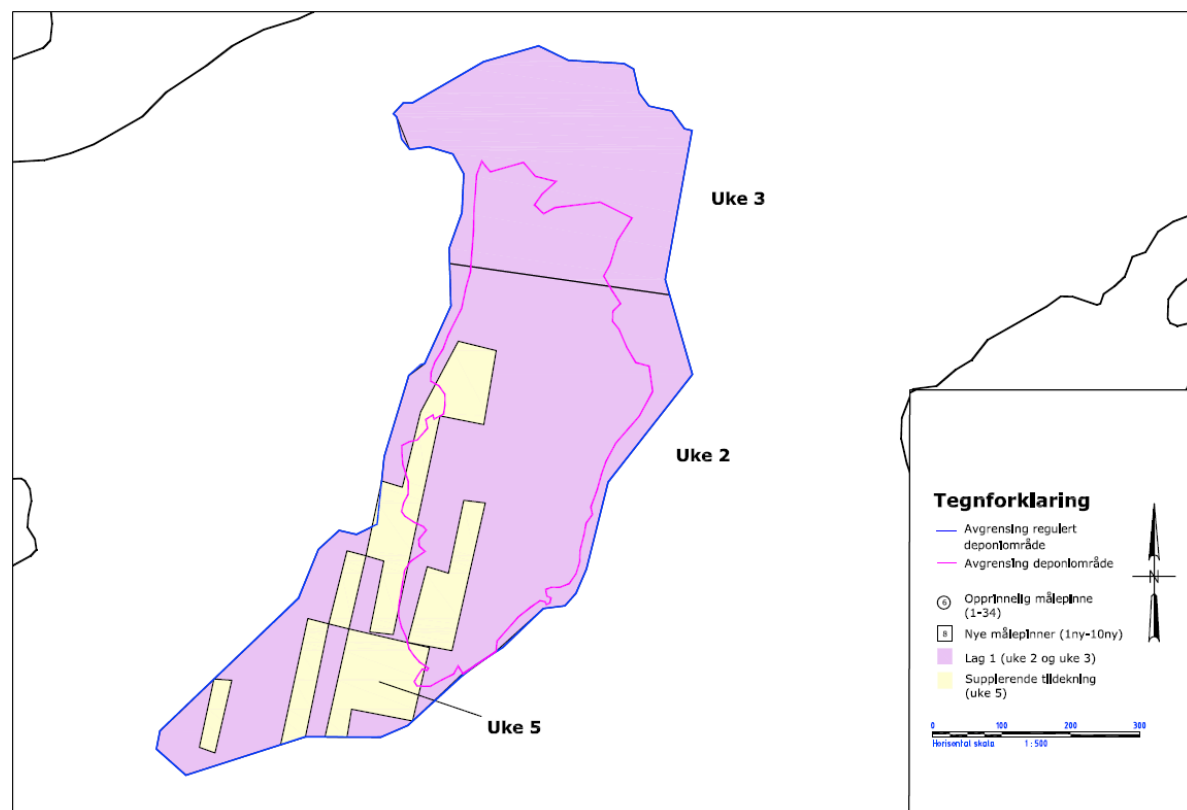
målepinnene for at de var satt ut etter at det første laget ble lagt ut. Det ble derfor lagt til 4 cm for det første laget. Dette er i henhold til dokumentasjon av mektighet på lag 1 [8]. De ble også forsøkt å vurdere en mektighet ved de målestavene der man kunne observere tildekkingsmasser, men det ikke var tydelige målestreker å måle ut i fra. Også der det var knyttet usikkerhet til om bildet som var merket med målestavnummer var riktig, ble det antatt at det var riktig bilde og gitt en vurdering av overdekkingslagets mektighet.

I kolonne "Målt mektighet på tildekkingslaget (cm)" i tabell/vedlegg X er de målte resultatene gjengitt. I kolonnen ved siden av, kalt "Målt og vurdert mektighet (cm)", er både de målte og de vurderte mektighetene samlet.

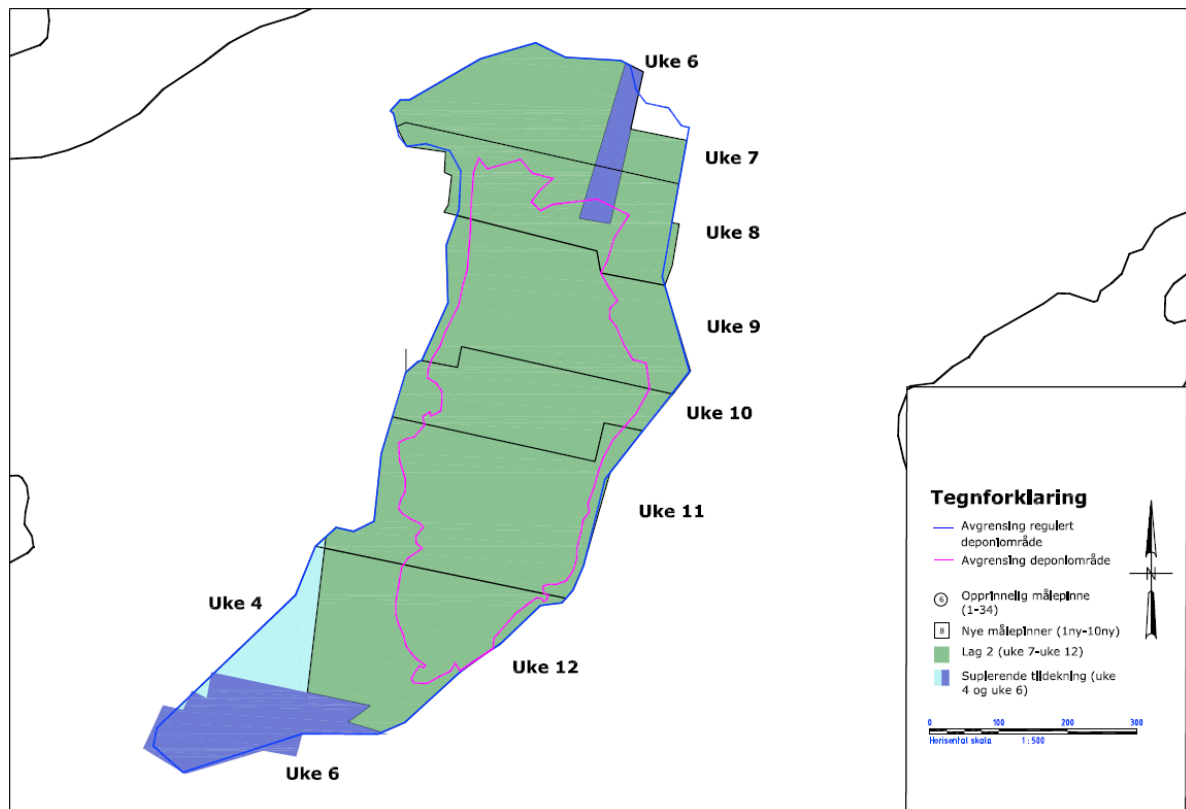
3. RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Beskrivelse av overdekking

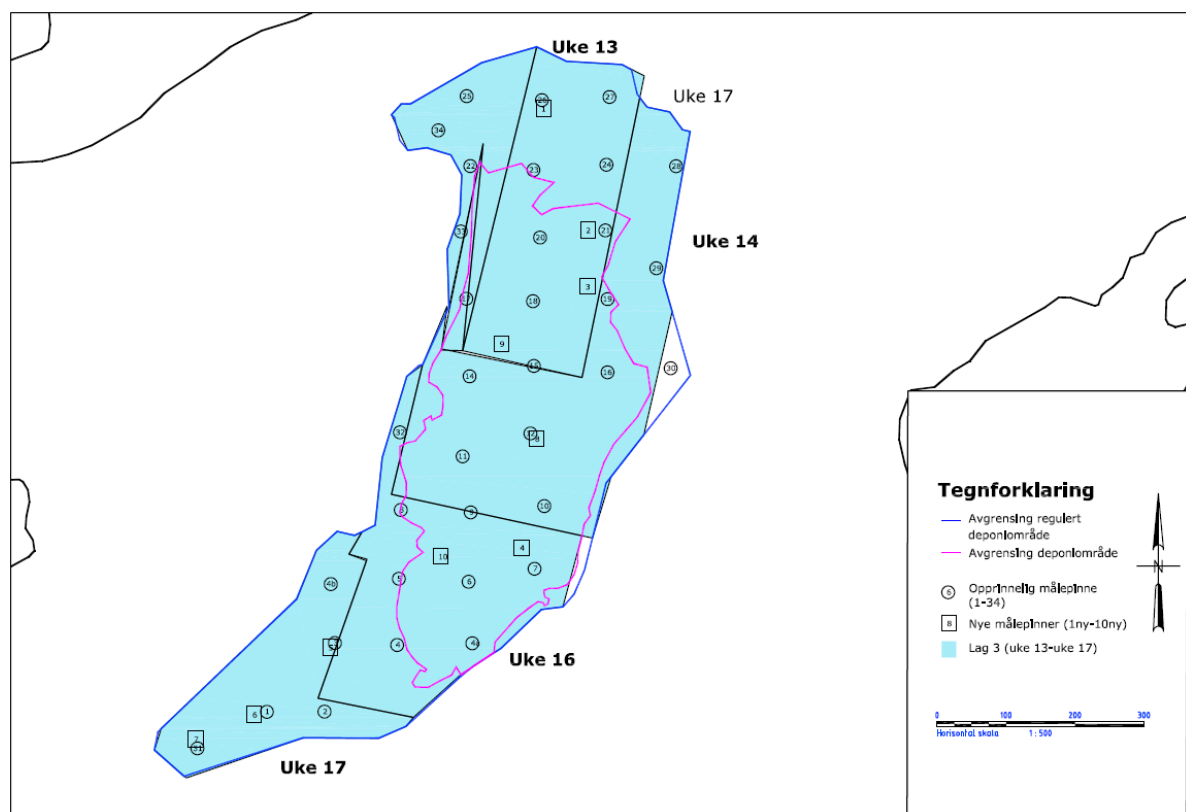
Tildeckingsmassene ble lagt ut i flere runder for å øke styrken i underliggende deponerte sedimenter (jfr. Kontrollplanen kapittell 1.1.1). Figur 5 - Figur 9 viser hvordan de forskjellige lagene ble lagt ut. Kartene er laget på grunnlag av ukesrapporter fra mannskapet på Mudder 079. Hvert av de utlagte lagene 1-4 dekker så godt som hele deponiet. Det femte laget anses som et supplerende lag. Sammen med de øvrige supplerende tildekkingene som er gjort i uke 5 og 6, dekker disse 72 % av området regulert for deponering av forurensede sedimenter.



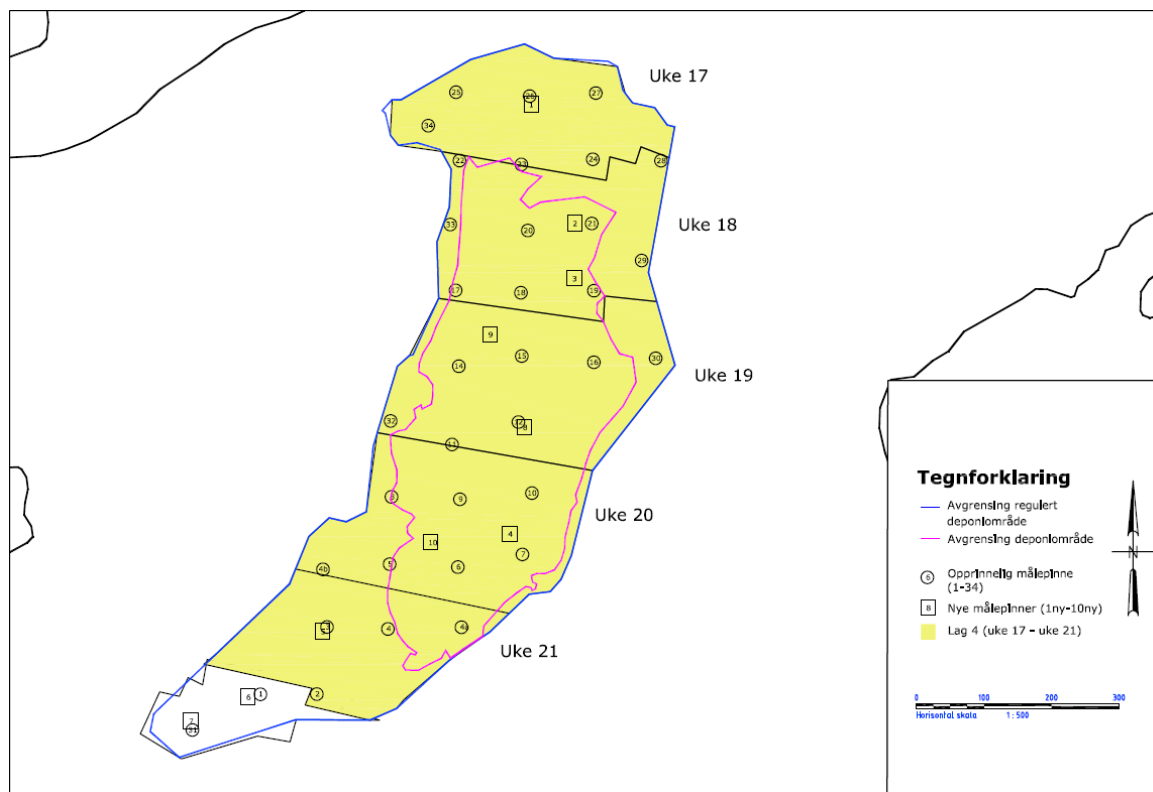
Figur 7. Lag 1: Laget er lagt ut i uke 2 og 3. I tillegg har det blitt utført en supplerende utlegging på dette laget i uke 5.



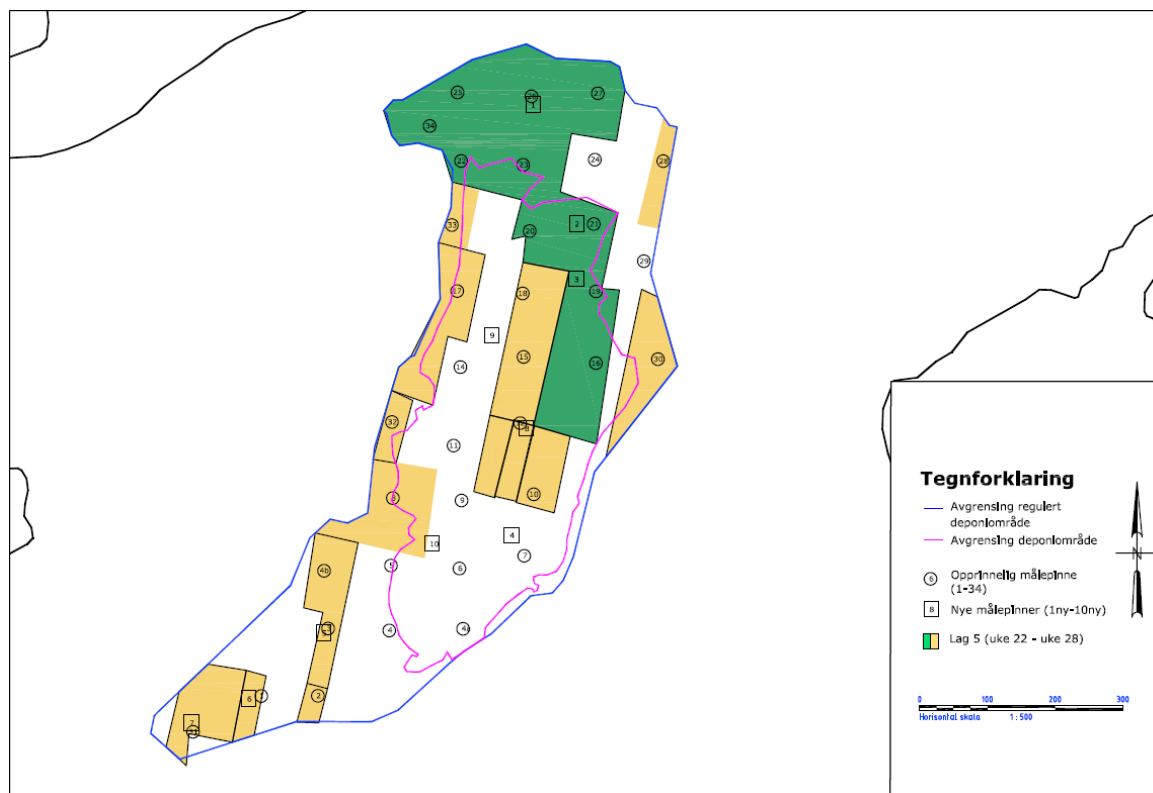
Figur 8. Lag 2: Laget er lagt ut i uke 7 til uke 12. I tillegg er det utført supplerende tildekning i ukene 4 og 6. Det sydligste området er dekket både i uke 4 og i uke 6.



Figur 9. Lag 3: Laget ble lagt ut i uke 13 til uke 17, med unntak av uke 15.



Figur 10. Lag 4: Laget ble lagt ut i uke 17 til uke 21. Området som ikke er dekket lengst sør i deponiet er tidligere dekket dobbelt i lag 2.



Figur 11. Lag 5: Laget ble lagt ut i perioden uke 22 til uke 27. Laget dekker ikke hele det regulerte området.

3.2 Beskrivelse av overdekningsmassene og massebehov

Totalt har Åsland pukkverk levert 324.306 tonn sand til overdekning av deponiet. Av disse massene har 40.970 tonn blitt benyttet til overdekning av forurenset sedimentoverflate i Pipervika og Lohavn. Under prøvetildekningen i 2008 ble 2 lekterlass med 400 m³ lagt ut [4]. Til sammen har det da blitt lagt ut 284.595 tonn masse på Malmøkalven. Som egenvekt på massene har 1,7 tonn/m³ blitt benyttet. Benyttet egenvekt er et gjennomsnitt av egenvektene oppgitt av Åsland pukkverk. Overdekningsmassene er av typen 0-8mm, hvor sandfraksjonen (0,063 – 2 mm) i gjennomsnitt utgjør 38 %. Finfraksjonen utgjør kun en liten andel av overdekningsmaterialet (ca. 3 %). Resten av overdekningsmaterialet består av grus (2-8 mm).

Basert på mengde masser levert kan teoretisk mektighet av dekklaget beregnes. Tabell 2 viser beregnet teoretisk mektighet på overdekningslaget. Mengden utkjørt masse gir et overdekningslag på mer enn 0,4 m som er kravet fra SFT.

Tabell 2. Teoretisk mektighet på overdekningslaget beregnet ut i fra levert mengde og varierende tetthet på massene (oppgitt fra Åsland pukkverk og NGI).

	Tonn utlagt	Tetthet	Volum lagt ut (m ³)	Areal tildekket (m ²)	Teoretisk mektighet (m)
SECORA	284595	1.7	167409	352000	0.48

Beregningene ovenfor er basert på at alt materialet sedimenterer innenfor deponiområdets avgrensning. Det er flere usikkerhetsmomenter knyttet til beregningene:

- Det kan antas at det vil være et visst tap av masse i forbindelse med opplasting og transport.
- Det kan antas å være en volumreduksjon ved sedimentering, kornene blir sortert og bedre pakket. Statens vegvesen opererer med 20 % volumendring fra omlastet materiale til utlagt materiale har satt seg. Dette er kanskje noe høyt for effekten av sedimentasjon, men vil være et mer realistisk tall når dekkmassene med tiden får naturlig overdekking og komprimeres. Som tiden det har gått fra tiden mellom overdekking og HAV gjennomførte prøvetaking.
- Det vil også være en viss transport av finstoff bort fra deponiet. Massene inneholder ca. 3 % i silt, leirfraksjonen

Hvis vi antar at summen av usikkerhetene, angitt i kulepunktene over, er 20 %, blir beregnet teoretisk mektighet på overdekningslaget på 38 cm (Tabell 3). Effekten av komprimering vil øke over tid.

Tabell 3. Beregnet teoretisk mektighet på overdekningslaget dersom det antas et 20 % volumtap på overdekningsmassen.

	Tetthet	Volum lagt ut (m ³)	Areal tildekket (m ²)	Teoretisk mektighet (m)
SECORA	1.7	133927	352000	0.38

For å verifisere sannsynligheten av beregnet teoretisk mektighet kan utleggingen av lag 1 benyttes. Dette laget ble dokumentert med SPI-kameraundersøkelsen utført av NIVA. Utrekning av teoretiske mektighet for lag 1 er vist i Tabell 4. Med Åslands pukkverks oppgitte egenvekt på

overdekningsmassen, vil teoretisk mektighet være 8,9 cm . Gjennomsnittlig målt mektighet med SPI-kamera i området som ble betraktet som overdekket, var 4,4 cm [8]. Dette betyr at det er en forskjell på 45% mellom teoretisk utlagt mektighet og målt mektighet (SPI-kamera).

Tabell 4. Teoretisk mektighet på overdekningslaget etter at Lag 1 er lagt ut. Mektigheten varierer ved forskjellig egenvekt.

	Tonn utlagt	Tetthet	Volum lagt ut (m ³)	Areal tildekket (m ²)	Teoretisk mektighet (m)
SECORA	53405	1.7	31415	352000	0.089

Under prøvetildekning av deponiet i 2008 ble det observert transport av sand bort fra det definerte området som var tildekt [4]. Spredning av sand utover det regulerte deponiområdet vil føre til en lavere mektighet på hele overdekningslaget. Dette kan illustreres ved å anta at deponiområdet er formet som en sirkel og at radiusen økes med 50 m. Teoretisk mektighet vil da bli som vist i Tabell 5. En arealøkning på overdekningslaget som resultat av at sand transporteres til et større område er ikke estimert, men har sannsynligvis forekommet. Effekten av spredning av sand over et større areal er vist i Tabell 6. Mektigheten samsvarer da mer med mektigheten som er målt med SPI-kamera [8].

Tabell 5. Teoretisk mektighet på et overdekningslag dersom arealet hadde vært sirkulært og radiusen hadde blitt økt med 50 m.

	Tetthet	Volum lagt ut (m ³)	Areal tildekket (m ²)	Teoretisk mektighet (m)
SECORA	1.7	133927	373348	0.36

Tabell 6. Teoretisk mektighet av overdekningslaget etter utlegging av første lag dersom arealet hadde vært sirkulært og radiusen hadde blitt økt med 50 m.

	Tonn utlagt	Tetthet	Volum lagt ut (m ³)	Areal tildekket (m ²)	Teoretisk mektighet (m)
SECORA	53405	1.7	31415	373348	0.08

3.3 Avlesing av målepinner og vurdering av mektighet

Det ble totalt laget 46 målepinner til utsetting utover deponiet (Figur 1) til bruk for kontroll av tildekningslagets mektighet i henhold til kontrollplanen for arbeidene [9]. I første omgang ble det laget 36 målepinner, men en ble ikke satt ut. Etter første kontroll av målepinnene ble det funnet at en del var veltet eller ikke brukbare (1, 3, 7, 19, 21 og 31). Det ble etter møte med HAV (Vedlegg 3) besluttet å sette ut 10 nye målepinner. De opprinnelige 35 målepinnene er fordelt jevnt utover deponiet og de nye målepinnene (ny1-ny10) er ment å erstatte de tidligere. Deponiområdet er på 350.000 m². Gjennomsnittlig vil hver av målepinnene da dekke et område på 100mx100m. Dette er i henhold til kontrollplanen [1].

Det ble gjennomført 13 ROV undersøkelser der det ble tatt bilder av målepinnene eller det som var å finne av dem. En sammenfatning av resultatene er vedlagt (Vedlegg 1) og statistiske data for målingene er vist i Tabell 8.

Rambøll har gjennomgått all billedokumentasjon fra målepinnene og registrert en vurdering av bildene av målepinnene (veltet, ok, usikkerheter m.m.), en vurdering av de av bildene som det var mulig å måle på, målt mektighet og vurdert mektighet samt en kommentar til den vurderte mektigheten. Det er også registret hvor mange ganger de ulike områdene er dekket over etter at det målte/vurderte bildet ble tatt. I tabellen under (Tabell 7) er det listet opp mektigheten på overdekningslaget (målt og vurdert) for alle målestavene (mer detaljert informasjon om målepinnene finnes i Vedlegg 1).

Tabell 7. Rambøll sine vurderinger av bildene av målepinnene og målt mektighet av tildekningslaget. Tabellen er et utdrag av Vedlegg 1.

Målepinnenr.	Målt mektighet på tildekningslaget (cm)	Sum av målt og vurdert mektighet (cm)
1		
2		35
3		
4	40	40
4a	40	40
4b		
5		
6		
7	12.5	12.5
8		
9		30
10	40	40
11		14
12	26.5	40
13		
14		
15	35	35
16	40	40
17	40	40
18	40	40
19		
20	32.5	40
21	24	24
22		30
23		
24		
25	40	84
26	40	40
27	40	40
28	23	23
29		20
30	34	40
31		
32	35	35
33	36	36
34	21.5	21.5
Ny1		7
Ny2		
Ny3		20
Ny4	3	7
Ny5	23	27
Ny6	40	44
Ny7	40	44
Ny8	5	9
Ny9	40	44
Ny10	18.5	22.5

Tabell 8. Statistiske data for innmålinger og vurderinger av målepinnene på dypvannsdeponiet ved Malmøykalven. (Maks verdien 40 cm, er ≥ 40 cm)

	Målt mektighet på tildekningslaget (cm)	Sum av målt og vurdert mektighet (cm)
Antall målbare pinner	26	33
Antall målepinner ≥ 40 cm	12	16
Antall målepinner ≥ 28 cm	17	23
Antall målepinner ≥ 20 cm	22	28
Antall målepinner < 20 cm	4	5
Antall ikke mål-/vurderbare pinner	20	13
Gjennomsnitt	31	32
Standardavvik	11	15
Median	36	35
Maks	40	84
Min	3	7

Den beregnede målte gjennomsnittsmektigheten av overdekningslaget på 31 cm er beregnet på grunnlag av målinger utført på 26 av de 45 målepinnene som ble satt ut. På de øvrige målestavene har det ikke vært mulig å gi noen sikre mål. Årsaken til det var enten at stavene var veltet eller at det ikke var mulig å se noen av merkene som var malt på stavene. Det ble brukt rød maling på de nyeste målestavene noe som gir liten kontrast ettersom målestavene ruster. Gjennomsnittsmektigheten av overdekningslaget basert på både målt og vurdert mektighet er 33 cm. Dette gjennomsnittet er basert på 33 av 45 målepinner.

ROV-dokumentasjon av målestavene har vært utført gjentatte ganger gjennom overdekningsprosessen. Ved noen tilfeller var det ikke mulig å finne igjen målepinner som hadde blitt registrert tidligere. I Rambølls gjennomgang av bildedokumentasjonen har det nyeste bildet blitt benyttet til å beregne gjennomsnittlig tykkelse på overdekningslaget. Det må bemerkes at det har blitt utført ytterligere tildekking i disse områdene, uten etterfølgende ROV-dokumentasjon. At dette er tilfelle er dokumentert i lass- og utleggingsprotokoll. Et slikt eksempel er målestav nummer 11 hvor siste ROV-bilde er fra 23.3.2009. Her er det kjent at det har blitt dekket til ytterligere to ganger etter at siste registrert bilde ble tatt. Dette gjelder også målestav nummer 20 og 15 (dekket til ytterligere en gang).

Tabeller som viser Rambølls kommentarer, målinger og vurderinger er vedlagt (Vedlegg 1). Bilder av målepinner og en kopi av tabellen rapporteres på en egen CD.

Omtrent halvparten av målestavene som det kunne måles på (12 av 26 for målte og 16 av 33 for vurderte målepinner), viste mektighet ≥ 40 cm som er SFTs krav til dekklagmektighet. Det tilsvarer henholdsvis 34 og 46 % av deponiområdet dersom man går ut i fra at hver pinne representerer 10.000 m². Kart for begge situasjoner, både målte og vurderte mektigheter er vist i kart i Figur 12 og 13. Som nevnt innledningsvis er det ingen utleggingsmetode som gir dekklag uten variasjon i mektighet. I prosessbeskrivelsen (kap. 1.1.2) aksepteres det en variasjon i mektighet på lag 1 på ± 3 cm, hvilket betyr at et dekklag på 37 – 43 cm mektighet er tilfredsstillende. I henhold til Rambølls målinger av målestavene var det 12 pinner som viste en mektighet ≥ 37 cm som tilsvarer 34 % av deponiområdet, i henhold til vurderinger var det 16 av 33 pinner som tilsvarer 46 % av deponiområdet. Hvis man aksepterer samme variasjon i mektighet på alle utleggingslag som på lag 1 betyr det at et dekklag på 28 – 52 cm er tilfredsstillende. Rambølls målinger viste at 17 målepinner hadde mektighet på ≥ 28 cm. Det tilsvarer 48 % av deponiområdet. Det er noe overlapping av områdene målepinnene representerer, noe som gjør det vanskelig å gi et eksakt mål på andel av deponiområdet som tilfredsstiller SFTs krav.

Den gjennomsnittlige tildekkingslagtykkelsen på 31 cm har et standardavvik på 11 cm (basert på målte verdier, ikke vurderte). Medianen er på 36 cm. Beregningene viser således at det ikke vil være fare for spredning av miljøgifter, da det er rimelig å anta at få områder innenfor området regulert for deponering av forurenset sediment er tynnere enn 20 cm. Etter en vurdering er gjennomsnittsmektigheten på overdekningslaget 32 cm, medianen på 35 cm og standardavviket på 15. Det er kun observert 4 målepinner hvor det er målt lag tynnere enn 20 cm (målepinne nummer 7, ny5, ny8 og ny 10). Det utgjør 11 % av deponiområdet.

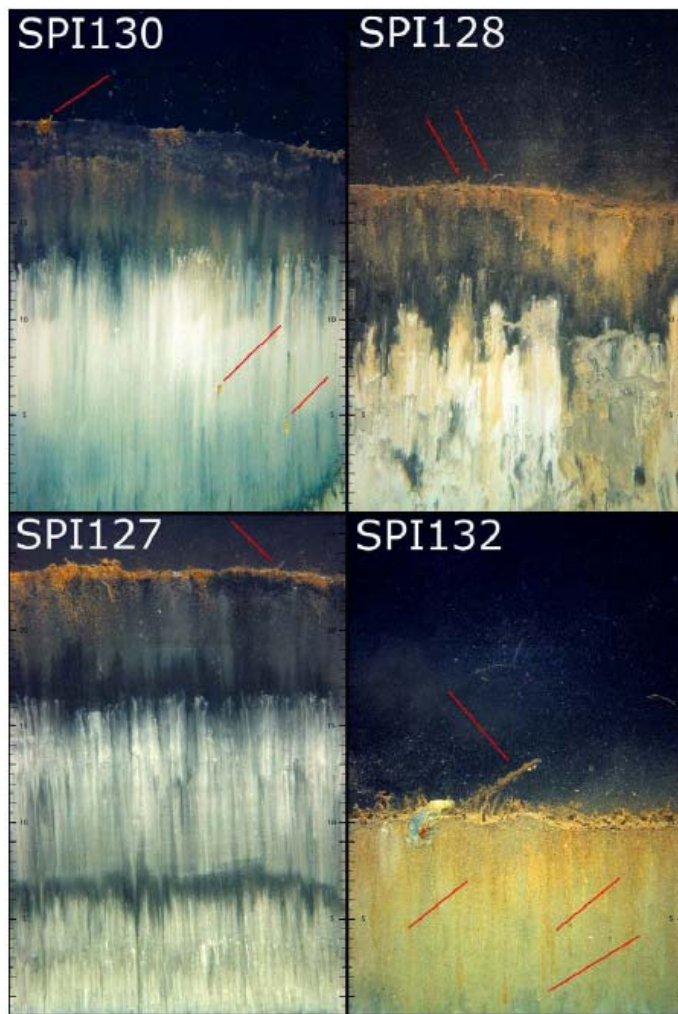
SFTs krav til tildekkingsmektighet er satt ut fra sikkerhetsmarginer. Det er vanlig å betrakte 20 cm som tilfredsstillende mektighet for å hindre at gravende dyr skal komme i kontakt med underliggende masser [10], [11]. Dersom man aksepterer en dekklagmektighet på 20 cm viser Rambølls målinger at 22 målepinner tilfredsstiller kravet. Det tilsvarer 63 % av deponiområdet. De ulike dekklagmektighetene ved målestavene er vist i Figur 10.

For å kunne hindre spredning er det tilstrekkelig med et overdekningslag på 20 cm. Aktiviteten til gravende organismer avtar med sedimentdyp. Det er størst aktivitet i de øvre 5 – 10 cm. Dette er årsaken til at Klifs veileder for risikovurdering av forurensede sedimenter anbefaler prøvetaking og analyse av de øvre 10 cm av sedimentene (SFT TA-2230/2007). Det hører til sjeldenheten at organismer graver ned til 40 cm sedimentdyp. Dette gjelder særlig i områder som Malmøykalven hvor oksygenforholdene tidvis er dårlige. Overvåking av Oslofjorden har vist at tettheten av bunnlevende organismer på vanddyp dypere enn 50 m i indre fjord og Bunnefjorden er lav, grunnet dårlige oksygenforhold [12]. SPI-dokumentasjon av bunnforholdene ved Malmøykalven bekrefter at det er dårlige forhold i bassenget, men bedre forhold i skråningene til bassenget (Figur 10). Selv i skråningene hvor forholdene er bedre viser SPI bildene størst aktivitet i de øvre 2 – 5 cm mens det er liten aktivitet ved 10 cm sedimentdyp.

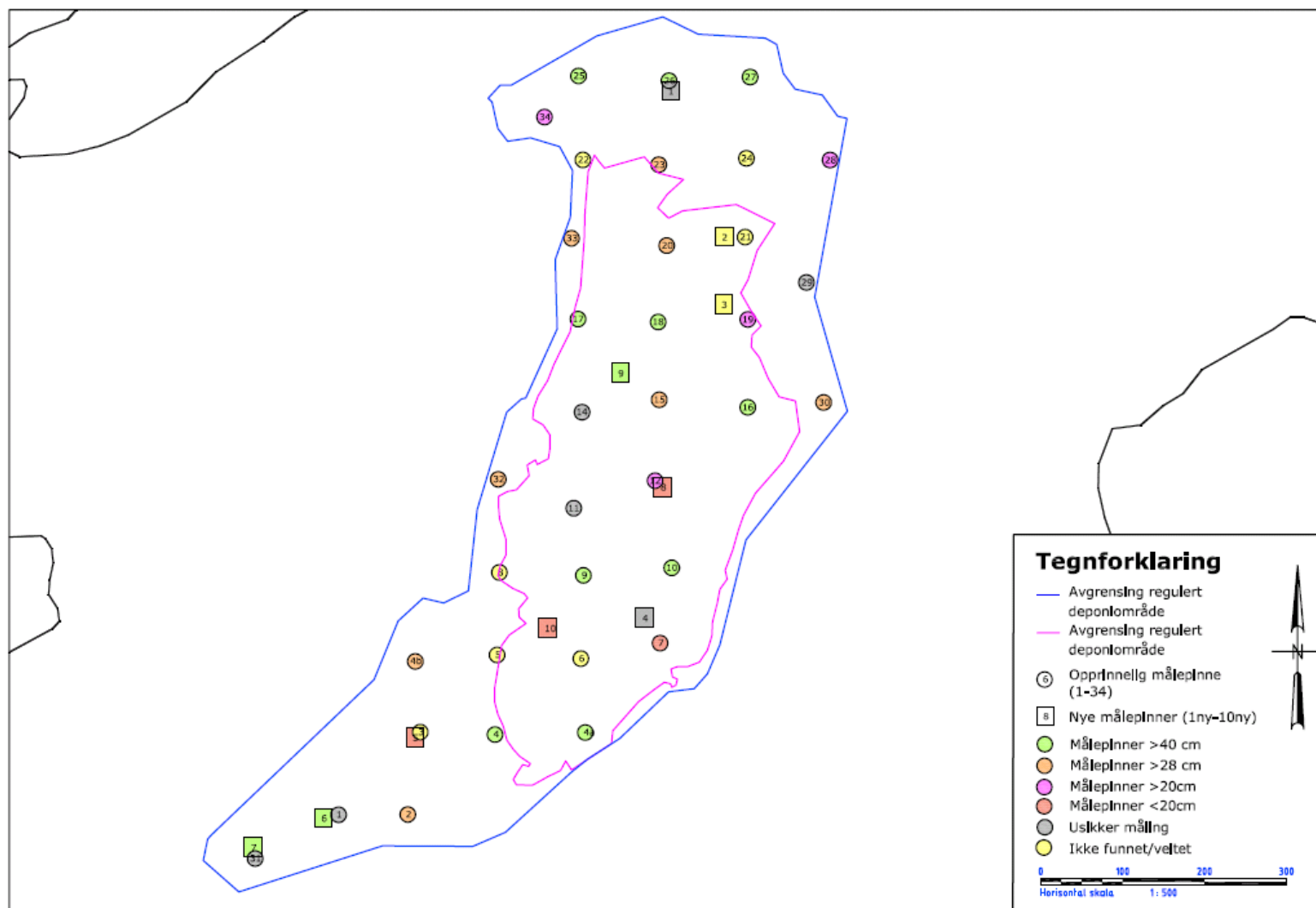
I Klifs pålegg til mektighet av tildekkingen er det derved lagt inn en sikkerhetsmargin på det dobbelte av maksimalt gravedyp for å være sikker på at spredning fra deponiet ikke finner sted. Ut i fra bunnforholdene i området ved Malmøykalven er det lite trolig at det vil være spredning selv med et dekklag på 10 – 15 cm.

Tildeckingsmaterialet består av oppknust stein i fraksjonen 0 – 8 mm. Gjennomsnittlig andel av grovfraksjon (2-8 mm) på tildekningsmassene er 39,54 %. Dette betyr at substratet i dypvannsdeponiet er endret, dette vil også endre faunasammensetningen. Oppknust stein med en stor grovfraksjon er ikke ideelt substrat for bløtbunnsfauna. Hvilken innvirkning substratendringen vil ha på bunnfaunaen vil kunne dokumenteres ved overvåking. En gjennomgang av relevant litteratur vil også gi en indikasjon på hvor egnet substratet er for nedslag av ny fauna. Etter hvert som naturlig sedimentasjon får virke vil den opprinnelige faunaen reetableres, dette skjer i takt med at mektigheten øker. En annen faktor som sannsynligvis har innvirkning på bunnfaunaen er at grovfraksjonen i tildeckingsmaterialet vil sedimentere raskere enn den mer finkornige fraksjonen. Dette vil føre til at grovfraksjonen legger seg i bunnsone av hvert utlagte lag. Få organismer vil grave gjennom den grove sonen i hvert lag.

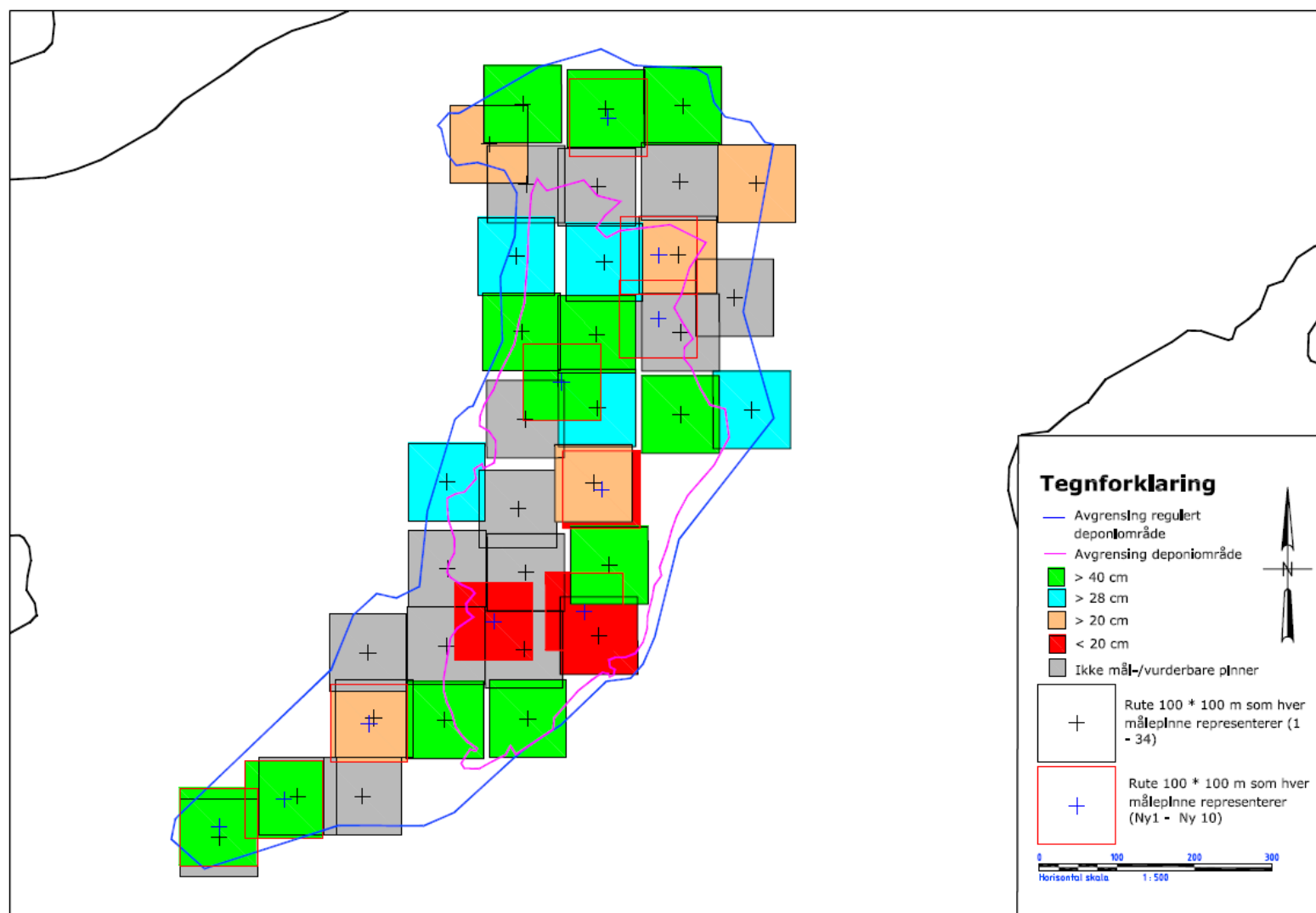
Det er således flere faktorer som tilsier at 20 cm overdekning vil være mer enn nok for å hindre gravende organismer i å nå ned til forurensede sedimenter.



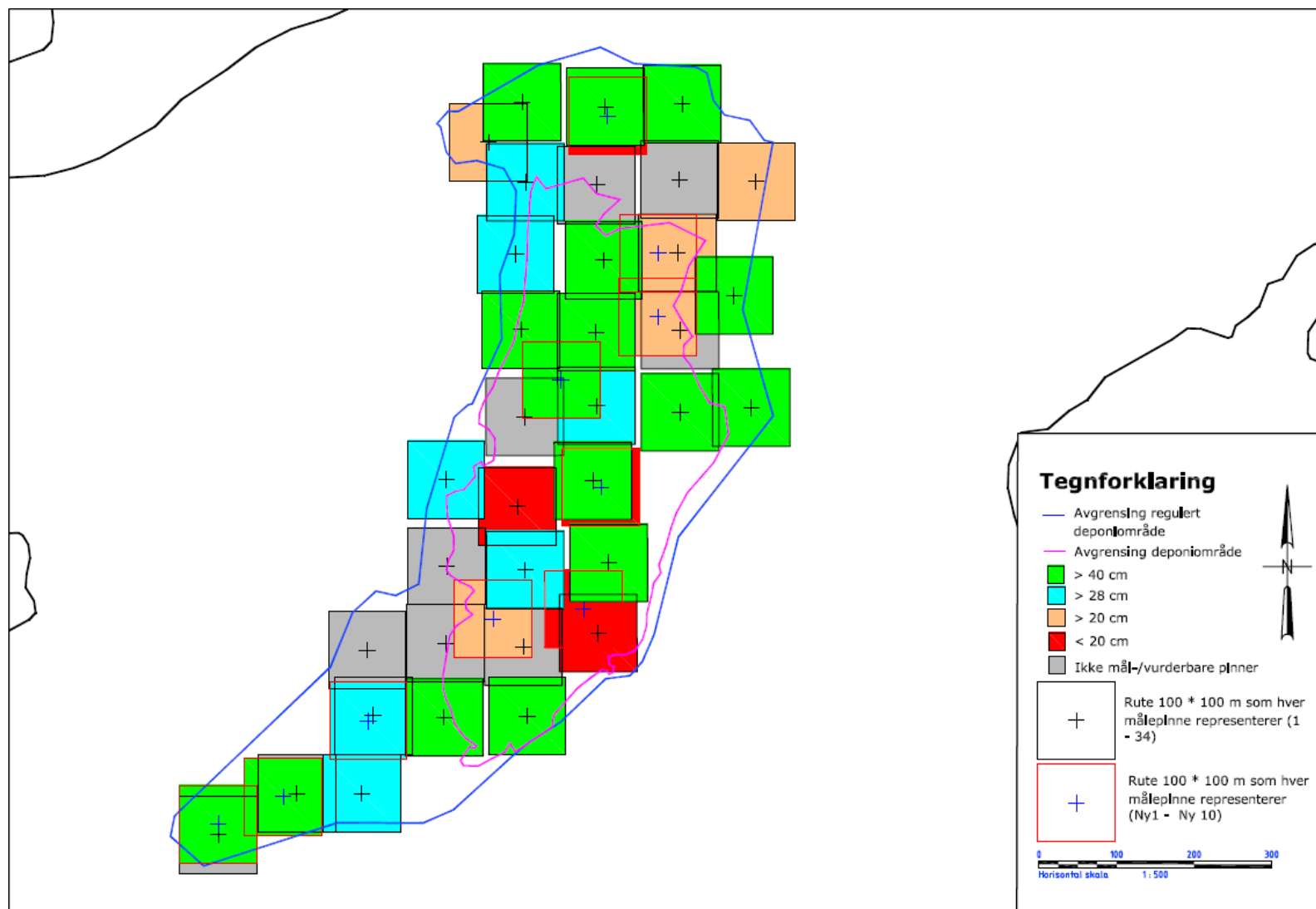
Figur 12. Sedimentprofilbilde fra dypvannsdeponiet ved Malmøykalven (SPI130 og SPI128) og fra nærområdet til deponiet (SPI127 og SPI132). Bunnforholdene i hele bassenger er påvirket av høy organisk belastning. Likevel ble det observert bløtbunnsfauna eller spor etter fauna ved alle stasjoner (analyserte) i området (se røde piler i SPI bilde). SPI132 i nærområdet til deponiet viser at det er gode bunnforhold langs skråningene mot øyene i området. (fotografier og figurtekst er hentet fra SFT TA-2215/2006).



Figur 13. Kart hvor punktet for hver målepinne er fargekodet etter den målte mektigheten på overdekningslaget. Punkter for målepinner som var veltet eller ikke funnet er også tatt med. Punkter med grå markering angir målepinner som ble funnet, men som det ikke var mulig å måle.



Figur 14. Kart hvor kvadratet hver målepinne dekker er fargekodet etter den målte mektigheten på overdekningslaget. Målepinner som var veltet eller ikke funnet er også tatt med.



Figur 15. Kart hvor kvadratet hver målepinne dekker er fargekodet etter den vurderte mektigheten på overdekningslaget. Målepinne som var veltet eller ikke funnet er også tatt med.

3.4 Vurdering av alternative målemetoder

Tykkelsen av dekklaget i deponiet ved Malmøykalven er målt med ulike metoder, Secoras målepinner, NIVAs SPI-kamera, NGUs akustiske målinger og HAV ved kjerneprøvetaking. Ingen av metodene gir identiske svar. Alle metoder er beheftet med en usikkerhet som det bør tas hensyn til ved vurdering av resultatene.

Usikkerheten ved Secoras målemetode er angitt i avsnitt 2.4. Usikkerheten kan etterprøves. Målingene utført av Secora står i kontrast til målingene utført av HAV. I forbindelse med en prøveutlegging av tildekningsmasse i dypvannsdeponiet i mars 2007, ble det målt en skjærstyrke på 0,2 kPa i toppen av deponert sediment og 0,5 kPa på 0,5 cm sedimentdyp. For at de deponerte sedimentene skulle kunne bære overdekningslaget, måtte overdekningslaget legges ut i tynne lag. Etter vår mening er det beheftet en stor usikkerhet ved kjerneprøvetaking av sand som dekker en bløt leire. Skissen i Vedlegg 2 illustrerer hva som skjer ved såkalt plugging, som diskutert i HAVs rapport (jfr. Kap 1.2.5). Bæreevnen i de to lagene, underliggende leire og dekkmasser er svært forskjellig (1273 kPa for overdekningslaget og 2,48 kPa for deponerte sedimenter), hvilket viser at underliggende leire ikke har motstand til å tåle 1000 kg prøvetaker slik at overliggende sand kan presses inn i kjerneprøvetakeren. Skisse med beregning av styrke finnes i Vedlegg 2.

Effekten av plugging har vært kjent i lang tid og nevnes av NGU [5], med referanser til Blomkvist [6] i deres kartlegging av deponiet før tildekking (jfr. kap 1.2.2).

Under prøvetildekningen ble det observert at innblanding av overdekningsmasse i de deponerte sedimentene fant sted ned til 5 – 8 cm sedimentdyp [4]. Dette vil føre til en fortykning av miljøgift-innholdet i de deponerte sedimentene samtidig som styrken i overflatesedimentene gradvis øker. En annen effekt av innblandingen kan være at grensen mellom overdekningsmasse og deponerte sedimenter blir gradvis. Det er derfor en usikkerhet rundt nøyaktigheten på overdekningslagets mektighet i kjerneprøvene.

Basert på ovenstående informasjon mener vi det er stor sannsynlighet for at kjerneprøver tatt av dekklaget vil underestimere mektigheten på grunn av plugging og naturlige prosesser etter endt overdekning. Usikkerhet i forhold til kjernelengde ved pluggeeffekt er imidlertid ikke estimert i HAV sin rapport.

4. KONKLUSJONER

Ut i fra massehåndtering og Secoras dokumentasjon av overdekningslaget kan det konkluderes med følgende:

- I henhold til Tabell 2 - Tabell 6 så viser massebalansen at tykkelsen på laget teoretisk skal være tilstrekkelig. Selv om overdekningsmassene dekker et større areal enn det regulerte deponiområdet.
- Dersom det tas hensyn til naturlig komprimering og transport av sand utover det regulerte deponiområdet, blir differansen mellom teoretisk beregnet mektighet på overdekningslaget liten.
- Secora satt ut totalt 45 målepinner. Kravet var 1 målepinne pr 10000 m². I utgangspunktet ble det derfor satt ut 35 målepinner. Noen veltet og noen ble ikke funnet. Disse ble erstattet med 10 nye.

- Secoras egen innmåling av målepinner skiller seg noe fra Rambølls. Årsaken til forskjellene er i hovedsak knyttet til billedkvaliteten, kommentarene er listet opp i tabellen i Vedlegg 1.
- Rambølls målte mektigheter er basert på bilder av målepinner som er uproblematisk og entydig å måle. Rambøll betegner disse som "målt" mektighet. Andre bilder hadde varierende fotokvalitet, disse ble vurdert spesielt. Disse betegnes som "vurdert" mektighet.

Ut i fra Secoras målepinner kan det konkluderes med følgende:

- Målt mektighet viser at 34 % av deponiet (12 målepinner) tilfredsstiller SFT sitt krav om 40 cm tildekking av deponiet basert på målinger. Inkluderes vurdert mektighet tilfredsstiller 46 % av deponiet det samme kravet.
- Målt mektighet viser at 34 % av deponiet (12 målepinner) tilfredsstiller prosessbeskrivelsens krav om 37 cm tildekking av deponiet. Inkluderes vurdert mektighet tilfredsstiller 46 % av deponiet det samme kravet.
- Målt mektighet viser at 48 % av deponiet (17 målepinner) tilfredsstiller prosessbeskrivelsens krav om 28 cm tildekking av deponiet. Inkluderes vurdert mektighet tilfredsstiller 70 % av deponiet det samme kravet. Dette inkluderer en usikkerhet på +/- 3cm ved utlegging av hver av de 4 lagene.
- Målt mektighet viser at 63 % av deponiet (22 målepinner) er tildekket slik at det ikke er risiko for spredning fra underliggende masser (>20 cm tildekking) basert på målinger. Inkluderes vurdert mektighet tilfredsstiller 80 % av deponiet det samme kravet.
- 12 av 45 målepinner har det ikke vært mulig å måle eller vurdere.
- Det er observert 4 målepinner hvor det er målt lag tynnere enn 20 cm. Det utgjør 11 % av deponiområdet. Mektigheten i områdene disse pinnene dekker er sannsynligvis større i dag, da de er ytterligere dekket til etter siste billedokumentasjon.
- I de resterende områdene (26 %), har det ikke vært mulig å bestemme mektigheten til tildekningslaget med tilstrekkelig sikkerhet.
- Beregningene av % av deponiet som tilfredsstiller ulike krav baserer seg på 35 av målepinnene der hver målepinne representerer et område på 100mx100m.

Øvrig dokumentasjon viser følgende:

- For lag 1 av overdekkingsmassene var det er en forskjell på 45 % mellom teoretisk utlagt mektighet og målt mektighet med SPI-kamera. Det er usikkert hva som er grunnen til denne forskjellen. Forskjellen henger sannsynligvis sammen med at overdekningslaget dekker et større område enn det regulerte deponiområdet.
- Forskjellen mellom Secora og HAV sine målinger (hhv. målepinner og kjerneprøver) skyldes etter vår mening i stor grad underestimert effekt av plugging.
- HAVs kjerneprøvetaking ble utført 19 uker etter avsluttet tildekking. Det kan forventes en ytterligere komprimering av overdekningslaget i tiden som gikk mellom utlegging av overdekningsmasser og prøvetakingen.

5. REFERANSER

1. Kibsgaard, A.P., A., *Kontrollplan for mudring og deponiering i dypvannsdeponi*, Rev. 4, nettutgave. 2009, NGI. p. 32.
2. Marthinsen, I., *Tillatelse til etablering av dypvannsdeponi ved Malmøykalven og deponering av forurensede sedimenter*, SFT, Editor. 2005: Oslo. p. 21.
3. Pettersen, A.E., E., *Kontroll av tildekkingslagets tykkelse. Byggherrres egenkontroll*. 2010, NGI. p. 25 (63).
4. Breedveld, G., Nilsson, H. & Kvalstad, T, *Prøvetildekning av dypvannsdeponiet*. 2008, NGI & NIVA. p. 39.
5. Lepland, A., Bøe, R., & Totland, O., *Volume of disposed sediments in the deep water confined disposal facility at Malmøykalven, inner Oslofjord*. 2008. p. 33.
6. Blomqvist, S., *Reliability of core sampling of soft bottom sediment - an in situ study*. Sedimentology, 1985. **32**: p. 605-612.
7. Axelson, V.H., L. , *A gravity corer with a simple valve system*. Journal of Sedimentary Petrology, 1978. **48**: p. 630-633.
8. Nilsson, H.C.o.S., *Undersøkelse av tildekking av dypvannsdeponiet ved Malmøykalven med Sedimentprofilkamera*. 2009, NIVA. p. 17.
9. Kibsgaard, A.P., A, *Kontrollplan for mudring og deponering i dypvannsdeponi*. 2006, NGI. p. 40.
10. Bakke, T., Oen, A., Kibsgaard, A., Breedveld, G., Eek, E., Helland, A., Källqvist, T., Ruus, A. og Hylland, K, *Bakgrunnsdokumenter til veiledere for risikovurdering av forurenset sediment og for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter*. 2007, Klima og forurensningsdirektoratet: Oslo. p. 204.
11. Uriansrud, K.O.S., J., *Vurdering av tildekking av forurensede sedimenter, innkapsling av vraket, mudring og tiltakskostnader knyttet til vraket av U-864*, NIVA, Editor. 2006, NIVA. p. 57.
12. Berge, J., Andersen, T., Amundsen, R., Bjerkeng, B., Bjerknes, E., Gitmark, J., Gjørseter, J., Johnsen, T., Lømsland, E., Magnusson, J., Nilsson, H., Paulsen, Ø., Rohrlack, T., Sørensen, K. og Walday, M., *Overvåking av forurensningssituasjonen i indre Oslofjord 2008*. 2009, NIVA. p. 144.

6. VEDLEGG

Vedlegg 1. Oversikt over Rambølls innmåling av målepinner

Vedlegg 1-1: Oversikt over bildedokumentasjon for målepinnene, vurdering av bildenes målbarhet, målt mektighet på tildekkingslaget samt kommentarer til målingene og bildenes egnethet



dato for ROV-undersøkelser / målepinnnr.	2008-des-19	2009-Jan-15	2009-Jan-22	2009-feb-1-2	2009-mars-21-23	2009-april-29	2009-mai-13-14	2009-juni-3-4	2009-juni-19-20	2009-juli-4	2009-juli-10	2009-juli-17	2009-juli-29	Tall fra rapport Secora til Havn KF	Tall fra Secoras rapport til Havn KF	Vurdering av pinnens målbarhet (Rambøll)	Kommentarer fra visuelt vurdering av de ot bildene (Rambøll)	Målt tykkelse på tildekkingslaget (Rambøll)	Samlet info om målingene og målbarheten i bildene (Rambøll)
1						?	Ny1 ?	veltet					usikker om det er riktig?	5 cm	5	veltet, strøket etter første kontrollrunde			Målepinnen ble strøket etter utlegging av lag 1 ettersom bilder viste at pinnen var veltet. Funnet 29.april, men kun tatt bilde av blåse. 0-3.5 cm fra bilde som Secora har oppgitt fra januar.
2					?	Kan være 21		veltet						Veltet		veltet			Pinnen er veltet. Ved å måle på støttearmene kan det antas å være ca 35 cm overdekning avhengig av nedsynking i underliggende masser (gått ut i fra Secoras bilde fra 2.2.2009) . Dette er en svært usikker måling som ikke blir tatt med videre i beregningene.
3														ikke funnet		ikke funnet, strøket etter første kontrollrunde			Målepinnen ble strøket etter utlegging av lag 1 ettersom pinnen ikke ble funnet
4														Minst 40 cm	40	ok	ok	40	ca. 40 cm (Mulig rest av støttearm rett i overkant av sedimentoverflaten)
5														veltet		veltet			Målepinnen har veltet.
6														ikke funnet		ikke funnet			ikke funnet
7														30 cm	30	strøket etter første kontrollrunde, funnet igjen	ok	12.5	Målepinnen ble strøket etter utlegging av lag 1 ettersom pinnen ikke ble funnet. Senere funnet og målt til 12.5-17 cm (vanskelig å måle grunnet oppvirving av sediment. Målt på bilde secora har oppgitt fra 14/5. Antagelig dekket til mer etter dette. Målt mektighet er med i beregninger for tildekkingslaget.
8														ikke funnet		ikke funnet			ikke funnet
9					?	Kan ikke bekrefte med bilde av blåse.		?	Kun bilde av betongblokk					ikke funnet		usikkert om det er riktig bilde, Secora oppgir at målepinnen ikke ble funnet			Bildet fra 23.mars kan ikke bekrefte med blåsen eller andre bilder. Det er ingen andre bilder å sammenligne med. Det er derfor usikkert om bildet som er tatt målepinnen 9 virkelig er det. Grunnet usikkerhet benyttes ikke bildet. Dersom det kan bekrefte at bildet er riktig kan det antas rundt 30 cm overdekning fordi det kun er øverste del av støttepinnene som stikker opp av sedimentet (merket er ikke synlig). Støttepinnene ser ut til å være montert omtrent ved 40cm merket.
10														40 cm	40	ok	dekket over mer enn 40 cm merket	40	over 40 cm. Det er kun synlig litt av merket på pinnen.
11					?	Usikkert - merket 15 på pinnen - blåse 15 = 12, men bildet er merket 11M		?	Kun bilde av betongblokk					ikke funnet		for tidlig bilde			14-15 cm. Målt i bilde 23163818 fra 23/3-2009. Etter dette har området som dekkes av pinne 11 blitt tilført mer masser i uke 14 og 20 (ref. ukerapporter). Ettersom det ikke er et sikkert mål på overdekning er det ikke tatt med til beregningene.
12					?	Tolket i hht tid i bildet og blåsen	?	Kun bilde av blåse					Usikkert. Tolket i henhold til blåsenummer og sammenlignet med tiden bildet er tatt.	40 cm	40	ok	ok	26.5	26.5-27 cm (målt i bilde brukt av Secora fra 14/5-2009). Dersom bildet fra 29.juli er riktig, kan det antas mer enn 40 cm overdekning.
13														ble aldri satt ut		ikke satt ut			ikke satt ut
14					?	Kun bilde av blåse		?	Kun bilde av betongblokk (kan være 15M?)					20 cm	20	mangler bilde			Bildet som er målt i rapp fra Secora ser ut til å være pinne 10 ihht til bilder, men både pinne 10 og 14 har en blåse med nummer 16. Har derfor ikke bilde av pinnen.
15														40 cm	40	ok	ok	35	35 cm. (Benyttet samme bilde som brukt av Secora fra 19/6-2009)
16					?	Kun bilde av blåse								Minst 40 cm	40	ok	dekket over mer enn 40 cm merket	40	ca 40 cm. Ikke mulig å måle. Ser ingen tegn til støttearmene. ca 55cm igjen til toppen. Antas at det er over 40cm dekkmasser.
17														40 cm	40	ok	ok	40	ca 40cm. Skjevt bilde. Noe feilmargin i ImageTool metode.
18														40 cm	40	ok	ok	40	ca 40 cm. Skjevt bilde. Betrakkelig feilmargin i ImageTool metode, +-2cm. Ser støttearmen og markering tydelig. Grop rundt pinnen, ser ut til at markering nå omtrent i lett med sedimentoverflaten rundt, derfor ca 40 cm overdekning.
19					?	Kun bilde av blåse								40 cm	40	veltet?, strøket etter første kontrollrunde	mangler målestrek, men synlige støttearm	32.5	Målepinnen ble strøket etter utlegging av lag 1 ettersom pinnen trolig er veltet. Bildene fra 17/7 viser to ulike pinner der begge er merket 19. Ikke mulig å vite hvilken som er hvilken.
20														40 cm	40	ok	mangler målestrek, men synlige støttearm	32.5	32.5-33 cm. Litt grop rundt pinnen. Brukt nederste støttearm som målepunkt over sediment fordi det ikke var tegn til merket. Brukt samme bilde som secora fra 3/6-2009
21					kun blåse	begravd?	merket som målepinne 19							veltet		strøket etter første kontrollrunde, funnet igjen	ok	24	Målepinnen ble strøket etter utlegging av lag 1 ettersom pinnen ikke ble funnet eller var veltet. Senere ble den funnet igjen og målt til 24-25 cm. Litt grop rundt pinnen. Ingen merker synlig. Brukt støttearmene som målepunkt over sediment. Målt mektighet er benyttet videre i beregningene.
22					begravd									veltet		veltet			veltet
23														Minst 40 cm	40	dårlig/skjevt bilde			Vanskelig å vurdere bildet fra 3.juni.Kan se ut som ca 30 cm overdekke. Ikke tydelige merker. Ca 70cm igjen av pinnen over sedimentene. Bildet fra 13.mai viser tydelig merke og støttearm og rundt 20 cm overdekning. Det er dekket over i området etter at bildet ble tatt.
24							?	Kun bilde av betongblokk						veltet		veltet			veltet
25					står rett - ca 11cm overdekket									80 cm	80	ok	dekket over mer enn 40 cm merket	40	minst 40cm. Det er kun 16 cm av pinnen som stikker opp over sedimentoverflaten.
26														40 cm	40	ok	mangler målestrek, men synlige støttearm	40	ca 40 cm. Ser så vidt støttearmene. Overdekke antatt ca 40 cm.
27														40 cm	40	ok	dekket over mer enn 40 cm merket	40	40 cm. (Ser ikke noe tydelig merke i bildet. Minimum 60 cm synlig av pinnen (ser ikke toppen av pinnen i bildet).) Bildet fra 3/6 er veldig tydelig og viser ca 30 cm overdekning. Ettersom bildet fra 19/6 ikke viser støttearmene kan man anta at det er 40 cm overdekning.
28					?	Kun bilde av blåse								35 cm	35	ok	ok	23	23 cm
29								begravd helt opp til blåsen						minst 1 m	100	Kun ett bilde, ikke mulig å måle med tilstrekkelig sikkerhet			Kan ikke måles. Tydelig overdekket men usikkert hvor mye. Har ingen tidligere bilder å sammenligne med. Dersom målepinnen tidligere har veltet (noe som ikke kan akrefte) kan man ikke si noe sikkert om hvor mye overdekkingsmasser det er i området.
30														40 cm	40	ok	mangler målestrek, men synlige støttearm	34	34-35 cm. Litt skjevt bilde, men synlige støttearm, men ikke merker. Benyttet underkant av støttearm som målepunkt. Ca 40 cm av pinnen er synlig over sedimentoverflaten (ser ikke toppen av pinnen). Fra tidligere (14/5 ble det funnet 16.5-17.5 cm overekke)
31								delvis veltet	merket som 31, men blåsen ble øst rogn av?					30 cm	30	veltet, strøket etter første kontrollrunde			Bildet rapportert av Secora i sluttrapport er mest sannsynlig ny7 ikke 31. Forrige bilde er da fra 14/5-09. Det viser at pinnen er halveis veltet. Kan ikke måles, men det er tydelig noe overdekkingsmasser. Bildet fra 2.2 viser også at pinnen er delvis veltet.
32								?	Tolket ihht blåsenummer (se 21)					40 cm	40	ok	ok	35	35-35.5 cm. Ca 60 cm av pinnen er synlig.
33					?	Kun bilde av blåse								40 cm	40	ok	ok	36	36-36.5 cm. Ca 50 cm av pinnen er synlig over sedimentene. Ser ikke toppen av pinnen.
34							?	Kun bilde av betongblokk						30 cm	30	ok	ok	21.5	21.5-23 cm (ser tydelig merke og støttearm)
4a														40 cm	40	ok	ok	40	ca 40 cm. Ser så vidt rest av støttearm øverst i sedimentet
4b								delvis veltet						usikkert		Delvis veltet, usikkert mål (ikke benyttet)			Bildene fra 14/5 og 19/6 viser at målepinnen delvis har veltet. Bildet fra 4/7 viser ingen støttearm eller markeringer. Det viser heller ikke hele pinnen. Det kan derfor ikke måles. Ettersom målepinnen delvis er veltet er det ikke mulig å si noe om den har sunket nedover i sedimentene. Det at støttearmene og markeringene ikke er synlige er derfor ikke et sikkert mål på at det er over 40 cm overdekning.
Ny1														1 cm	1	for tidlig bilde			1-4 cm overdekke fra 23/3. Ikke funnet igjen senere (bilde fra 21/3-2009). Kan dermed ikke brukes i snittberegning av dekklagets mektighet.
Ny2														ikke funnet		ikke funnet			ikke funnet
Ny3														ikke funnet		veltet, men synlig overdekkingslag			Bilder fra 29/7-09 viser blåse 3 med en delvis veltet pinne. Målinger (usikre) viser at det kan være ca 38cm synlig av pinnen (skjevt bilde så endel usikkerhet i målingen). Ettersom deler av gitteret vises over tildekkingsmassene, er det vanskelig å si noe annet enn at det finnes tildekkingsmasser i området, men det er ikke mulig å si med sikkerhet hvor mye. Har ingen andre bilder å sammenligne med. Ettersom pinnen er satt ut etter at første lag er lagt, kommer dette i tillegg, men ettersom det ikke kan måles tas det ikke med i beregninger.
Ny4					?	Kun bilde av blåse								35 cm + lag 1 = 40 cm	40	målt pinnens lengde	ok	3	Det vises ca 72 cm av pinnen uten at gitteret i bunnen er synlig (bilde 29225653 fra 29/7). Det er ingen tydelige merker. Pinnen er oppgitt å være 75cm, så da er det 3cm overdekke. Ettersom pinnen er satt ut etter at første lag er lagt, kommer dette i tillegg, men ettersom det ikke kan måles tas det ikke med i beregninger av målt mektighet.
Ny5														35 cm + lag 1 = 40 cm	40	ok	ok	23	23-24.5 cm overdekket. Tydet etter svakt rødt merke som ble funnet på flere bilder. Merket er vanskelig å se på alle bildene. Det ble ikke benyttet støttearm på de nye pinnene. Ettersom pinnen er satt ut etter at første lag er lagt, kommer dette i tillegg, men ettersom det ikke kan måles tas det ikke med i beregninger av målt mektighet.
Ny6					?	Kun bilde av blåse	?	Kun bilde av blåse		?	Tolket ihht blåsenummer			35 cm + lag 1 = 40 cm	40	ok	ok	40	ca 40 cm + lag 1. Fra bilde 29141422 tatt 29/7-09. Viser så vidt støttepinner og en strek i underkant av disse. Bildet viser at sedimentene er både lavere og høyere rundt pinnen. Man kan derfor gå ut i fra at det er minst 40 cm dekke rundt pinnen. (Fra Secora's bilde:Det er ingen tydelige merker eller støttearm på pinnen. Ca 55 cm av pinnen vises i bildet. Toppen er ikke synlig. (bilde fra 29/7-2009)). Ettersom pinnen er satt ut etter at første lag er lagt, kommer dette i tillegg, men ettersom det ikke kan måles tas det ikke med i beregninger av målt mektighet.
Ny7										?	Tolket ihht blåsenummer			60 cm	60	ok	dekket over mer enn 40 cm merket	40	Det antas mer enn 40 cm overdekke. Bildet viser kun øverste del av pinnen. Ca 21-23 cm (bilde fra 29/7-2009 i rapp fra Secora). Ettersom pinnen er satt ut etter at første lag er lagt, kommer dette i tillegg, men ettersom det ikke kan måles tas det ikke med i beregninger av målt mektighet.
Ny8					?	Kun bilde av blåse							Deler av gitteret i bunnen synes i den ene kanten. 29111359.bmp	-		veltet	vurdert til få cm overdekning - veldig usikker måling	5	Bilder fra 29/7-09 viser at pinnen delvis er veltet. Gitteret synes stikkende ut fra overdekkingsmassene. Det er vurdert at det er noen cm overdekke, men dette kan ikke måles. Settes til 5 cm overdekke som minimumsytikkes. Ettersom pinnen er satt ut etter at første lag er lagt, kommer dette i tillegg, men ettersom det ikke kan måles tas det ikke med i beregninger av målt mektighet.
Ny9					?	Kun bilde av blåse								50 cm	50	ok	dekket over mer enn 40 cm merket	40	Antatt over 40 cm dekke ettersom bildet kun viser øverste del av pinnen. Ca 30.5 cm vises. (bilde fra 17/7-2009 i rapp fra Secora). Ettersom pinnen er satt ut etter at første lag er lagt, kommer dette i tillegg, men ettersom det ikke kan måles tas det ikke med i beregninger av målt mektighet.
Ny10						?	Kun bilde av blåse							35 cm + lag 1 = 40 cm	40	ok	mangler tydelig målestrek	18.5	18.5-19.5 overdekning. Det er vanskeligere å se merket på bildene fra 30/7 enn 17/7, men det kan anes konturene av merket. Ettersom pinnen er satt ut etter at første lag er lagt, kommer dette i tillegg, men ettersom det ikke kan måles tas det ikke med i beregninger av målt mektighet.

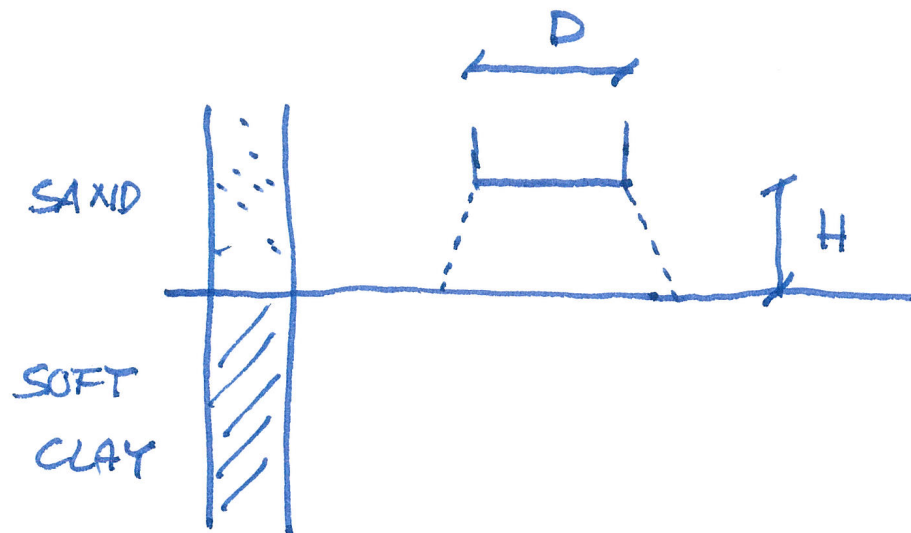
Målepinnenr.	Vurdering av pinnens målbarhet (Rambøll)	Kommentarer fra visuell vurdering av de ok bildene (Rambøll)	Målt mektighet på tildekkingslaget (cm)	Sum av målt og vurdert mektighet (cm)	Kommentarer til vurderinger av mektigheten på tildekkingslaget (kommentarer til målingene er i annen tabell).
1	veltet, strøket etter første kontrollrunde				
2	veltet			35	Overdekket tre ganger etter at det målte bildet ble tatt (2/2-09). Det er ikke lagt til noen vurdert verdi av de lagene som er lagt ut i ettertid.
3	ikke funnet, strøket etter første kontrollrunde				
4	ok	ok	40	40	
4a	ok	ok	40	40	
4b	Delvis veltet, usikkert mål (ikke benyttet)				
5	veltet				
6	ikke funnet				
7	strøket etter første kontrollrunde, funnet igjen	ok	12.5	12.5	Overdekket en gang etter at det målte bildet ble tatt (14/5-09). Det er ikke lagt til noen vurdert verdi av de lagene som er lagt ut i ettertid.
8	ikke funnet				
9	usikkert om det er riktig bilde, Secora oppgir at målepinnen ikke ble funnet			30	Antar at det er riktig bilde. Det er overdekket 2-3 ganger etter at det målte bildet ble tatt (23/3-09). Det er ikke lagt til noen vurdert verdi av de lagene som er lagt ut i ettertid.
10	ok	dekket over mer enn 40 cm merket	40	40	
11	for tidlig bilde			14	Overdekket to ganger etter at det målte bildet ble tatt (23/3-09). Det er ikke lagt til noen vurdert verdi av de lagene som er lagt ut i ettertid.
12	ok	ok	26.5	40	Når det antas at det er riktig bilde med dato 29.7.2010, er det over 40 cm tildekking på bildet.
13	ikke satt ut				
14	mangler bilde				
15	ok	ok	35	35	Secora skriver 40 i sin rapport.
16	ok	dekket over mer enn 40 cm merket	40	40	dekket over mer enn 40 cm merket
17	ok	ok	40	40	
18	ok	ok	40	40	
19	veltet?, strøket etter første kontrollrunde				
20	ok	mangler målestrek, men synlige støttearmen	32.5	40	Dersom armene er satt over merket, er merket i dette tilfellet overdekket, og det er da mer enn 40 cm tildekkingsmasser
21	strøket etter første kontrollrunde, funnet igjen	ok	24	24	Tydelig overdekket med sand - overdekket en gang etter at det målte bildet ble tatt (14/5-09). Det er ikke lagt til noen vurdert verdi av de lagene som er lagt ut i ettertid.
22	veltet			30	Tydelig overdekket med sand - overdekket tre ganger etter at det målte bildet ble tatt (23/3-09). Det er ikke lagt til noen vurdert verdi av de lagene som er lagt ut i ettertid.
23	dårlig/skjevt bilde				
24	veltet				
25	ok	dekket over mer enn 40 cm merket	40	84	Det ble målt at det kun var 16 cm som stikker opp over sedimentoverflaten, ettersom målepinnen var 100cm, kan man måle overdekkingslaget tykkelse ved å trekke fra målt lengde av målepinnen, der dette var mulig å
26	ok	mangler målestrek, men synlige støttearmen	40	40	
27	ok	dekket over mer enn 40 cm merket	40	40	
28	ok	ok	23	23	Ikke overdekket etter at siste bildet ble målt (4/7-09)
29	Kun ett bilde, ikke mulig å måle med tilstrekkelig sikkerhet			20	Tydelig overdekket med sand, kanskje 40 cm - ikke overdekket mer etter at siste bildet ble tatt (14/5-09)
30	ok	mangler målestrek, men synlige støttearmen	34	40	Ettersom støttearmen kan være montert både over og under merket, kan det med rimelig sikkerhet sies at det er over 40 cm overdekking. Det antas at merket her er under støttepinnene da disse synes men ikke merket.
31	veltet, strøket etter første kontrollrunde				
32	ok	ok	35	35	Noe ujevn bunn, ujevn dekning eller skrånende bunn. Forskjeller på opptil 50 cm.
33	ok	ok	36	36	Ser merket, noe grop rundt pinnen (rundt 5 cm), også noe ujevn bunn (opptil 50 cm).
34	ok	ok	21.5	21.5	Ikke tildekket mer etter at det målte bildet ble tatt.
Ny1	for tidlig bilde			7	Lagt til 4 cm for lag 1. I tillegg er det overdekket i ettertid en gang. Det er ikke lagt til noen vurdert verdi av de lagene som er lagt ut i ettertid.
Ny2	ikke funnet				
Ny3	veltet, men synlig overdekningslag			20	Tydelig overdekkingslag. Ser anslagsvis 40-50cm av pinnen, men den er skråstilt, derfor anslått til betydelig mindre. Ser det som sannsynlig at det kan være minimum 20 cm overdekke.
Ny4	målt pinnens lengde	ok	3	7	Målt 3 cm. Lagt til 4 cm for lag 1.
Ny5	ok	ok	23	27	Lagt til 5 cm for underliggende lag
Ny6	ok	ok	40	44	Over 45 cm. Lagt til 4 cm for underliggende lag 1.
Ny7	ok	dekket over mer enn 40 cm merket	40	44	Over 45 cm. Lagt til 4 cm for underliggende lag 1.
Ny8	veltet	vurdert til få cm overdekking - veldig usikker måling	5	9	Ujevn bunn rundt pinnen, opptil 30cm forskjell. Lagt til 4 cm for lag 1
Ny9	ok	dekket over mer enn 40 cm merket	40	44	Over 45 cm. Lagt til 4 cm for underliggende lag 1.
Ny10	ok	mangler tydelig målestrek	18.5	22.5	Lagt til 4 cm for underliggende lag

Antall målbare pinner	26	33
Antall målepinner ≥ 40 cm	12	16
Antall målepinner ≥ 28 cm	17	23
Antall målepinner ≥ 20 cm	22	28
Antall målepinner < 20 cm	4	5
Antall ikke mål-/vurderbare pinner	20	13
Gjennomsnitt	31	32
Standardavvik	11	15
Median	36	35
Maks	40	84
Min	3	7

Vedlegg 2. Skisse og beregning fra Jørgen Lorin Rasmussen, Rambøll Danmark

Project No.	ASLAND	Reference	JR	Date	5/5 2010	Page
Job		Check by		Check date		

PUNCH THROUGH FAILURE



$$\sigma_{\text{PUNCH}} = \sigma_{\text{CLAY}} \left[1 + \alpha \frac{H}{D} \right]^2$$

$$\alpha = 0.11 + 0.034 \frac{\sigma_{\text{SAND}}}{\sigma_{\text{CLAY}}}$$

σ_{SAND} : BEARING CAPACITY SAND

σ_{CLAY} : " " CLAY

$$\alpha \sim 0.4$$

Project No.	Reference	Date	Page
Job	Check by	Check date	

LOAD ON SOIL:

$$1000 \text{ kg} \sim 10 \text{ kN}$$

LOAD AREA

$$\frac{\pi}{4} \cdot 0.1^2 = 0.008 \text{ m}^2$$

STRESS ON GROUND

$$\sigma = 10 / 0.008 = \boxed{1273 \text{ kPa}}$$

BEARING CAPACITY:

$$Q = 6.2 \cdot c_u$$

$$c_u = 0.2 - 0.5 \text{ kPa}$$

$$Q \sim 6.2 \cdot 0.4 \sim \boxed{2.48 \text{ kPa}}$$

$$\sigma \gg Q \Rightarrow \text{FAILURE}$$

Vedlegg 3. Møtereferat fra 9.feb 2009 "Særmøte dokumentasjon av målepinner etter 1.lags tildekking av deponiet"



Til stede: Audun Hauge og Arne Pettersen, NGI, Anders Diesen SECORA, Vegeir Finsrud PTL, Jarle Berger og Ulf Blehr HAV

Forfall:

Møtegruppe:

Møtested: Skur 38, Vippetangen

Møtetid: 09.02.2008 kl. 12 - 14

Referent: ub

Telefon:

Vårt saksnr.:

Arkivkode:

Neste møte: Ved behov

Særmøte dokumentasjon av målestaver etter 1.lags tildekking av deponiet

Bæreevne

Basert på SPI-bilder og analyser av boxcore-prøvene har NGI konkludert med at bæreevnen er tilstrekkelig og påbegynt tildekking kan fullføres (jf. NGI rapport 20051785-61, publisert på prosjektets internettsider 05.02.09.).

Etterskrift: Rapporten ble oversendt SFT 10.02.2008.

SPI-bildene som var grunnlaget for rapporten ble tatt mellom 07. og 09.01.2009. Bildene viste områder med manglende tildekking etter utlegging av første dekklag - Secora har derfor komplettert 1. dekklag fram til primo februar.

Secora

Målestaver

I særmøte den 23.01 2009 ble det opplyst at bare 9 av 35 målestaver var funnet. Siden er alle 35 funnet men det er minst 6 som ikke er brukbare som dokumentasjon. I dagens møte ble det vist bilder/film av målestavene 5, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 22, 23, 25, 26, 27, 30 og 32 som viste tildekking av sand på ca.5-8 cm. Målepinne nr. 8 og 11 som tidligere var mangelfullt tildekket viste nu tilstrekkelig dekking.

Bilder/film av målepinnene 1, 3, 7, 19, 21 og 31 vist at disse ikke kunne brukes. SECORA opplyste at disse ville bli erstattet med nye målepinner som da settes på 1. lags tildekking tilnærmet samme posisjon som vrakpinnene. Byggherren mente det burde settes ut flere enn de seks.

Etterskrift: I ettertid har SECORA opplyst at de setter ut ca. 10 nye målepinner.

Konklusjon

Secoras gjennomgang av målestavene som dokumentasjon av tildekkingslaget i deponiet vurderes tilfredsstillende av NGI. HAV har derfor besluttet å fullføre



tildekningen av deponiet.

Secora SECORA kan starte å legge ut 2. tildekkingslag i deponiet. Det forutsettes at Secora løpende overvåker tildekkingslagets tykkelse for ikke å overskride hæreevnen i deponiet.

Secora Nytt rutenett oversendes.

Det presiseres at dokumentasjonsansvaret for oppnådd tildekking iht. kontrollplanen hviler på Secora. Hvis valgt metode ikke fungerer, må Secora redegjøre for hvordan de vil overholde sitt dokumentasjonsansvar.