

Erfaringer med tildekking av forurenset sjøbunn

Jens Laugesen, DNV GL og Espen Eek, NGI



Hva er hensikten med rapporten?

- Rapporten gir en beskrivelse av «state of the art» innen opprydding i forurensede sedimenter i form av tildekking av sjøbunnen med rene masser.
- Beskrivelsen er basert på en oversikt over dokumenterte norske og internasjonale erfaringer med tildekking.
- Målgruppen for rapporten er primært Miljødirektoratet og fylkesmannens miljøvernnavdeling.
 - Tiltakshavere, konsulenter og andre som arbeider med miljøforbedrende tiltak i sedimenter forventes også å kunne ha nytte av denne rapporten.
- Hensikten med rapporten er at den skal være en beslutningsstøtte når miljømyndigheter skal vurdere egnetheten av en tildekkingsmetode under gitte forhold.



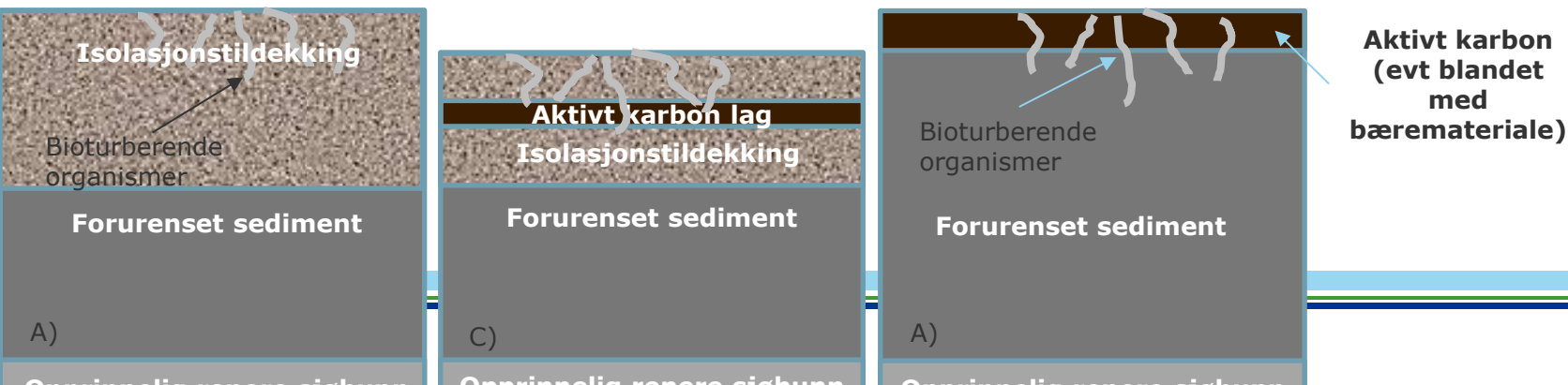
Oppsummering av erfaring med tildekking av forurenset sjøbunn



Tildeckingsmetoder for forurenset sjøbunn

Overordnede typer tildekkingsløsninger:

- **Klassisk isolasjon med mineralske masser**
 - må være vesentlig tykkere enn bioturbasjonsdyp
 - typisk tildekkingsstykkelse er 20 – 50 cm
- **Klassisk isolasjon med aktivt lag (aktivt kull)**
- **Tynnsjiktstildekking med aktivt materiale**
 - typisk tildekkingsstykkelse er mindre enn 10 -15 cm



Erfaringer fra ulike typer tildekkings tiltak – Fysisk bestandighet

Den overordnede effekten av tildekking som risikoreduserende tiltak og dermed miljønyttene av tiltaket vil være avhengig av i hvilken grad tildekkingen er fysisk bestandig over tid.

De viktigste identifiserte faktorene som kan påvirke tildekkingslagets fysiske bestandighet er:

- Stabilitet i tildekkingen og massene under
- Erosjon
 - Skipstrafikk
 - Generelle strømforhold
 - Bølgeforhold

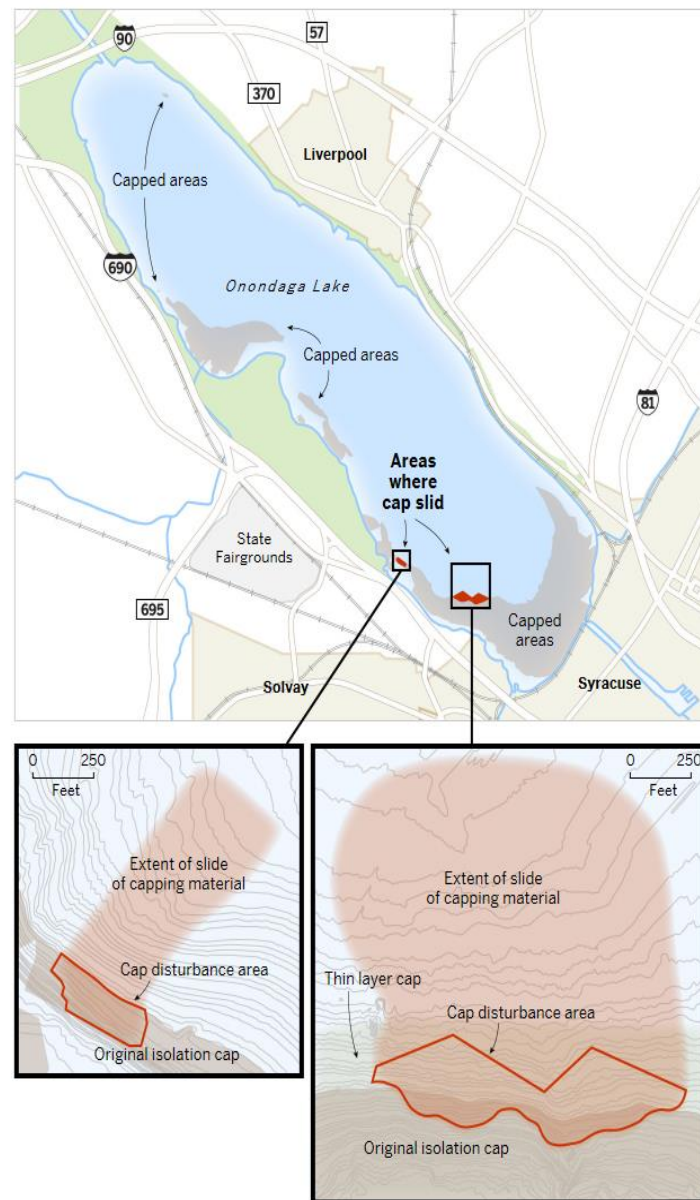
Tildekking av avfallsdeponi i Kollevågen

- I Kollevågen utenfor Bergen ble kommunalt avfall fylt i strandkanten og i sjø i perioden 1930-1975.
- I 2005 ble avfallet i sjøen dekket til med steinmasser (kornstørrelse: 0-32 mm) i et lag på 0,5 m etterfulgt av fiberduk og deretter erosjonssikring (kornstørrelse: 0-64 mm) i et lag på 0,3 m.
- Undersøkelser i 2012 og 2014 (NGI, 2014) viste imidlertid at det var skader på denne tildekkingen slik at avfallet igjen var eksponert på sjøbunnen flere steder
- Årsaken til dette er sannsynligvis at tildekkingen ikke hadde tilstrekkelig stabilitet i forhold til erosjon, skråningsstabilitet og/eller ujevne setninger i avfallet.



Onondaga Lake, USA

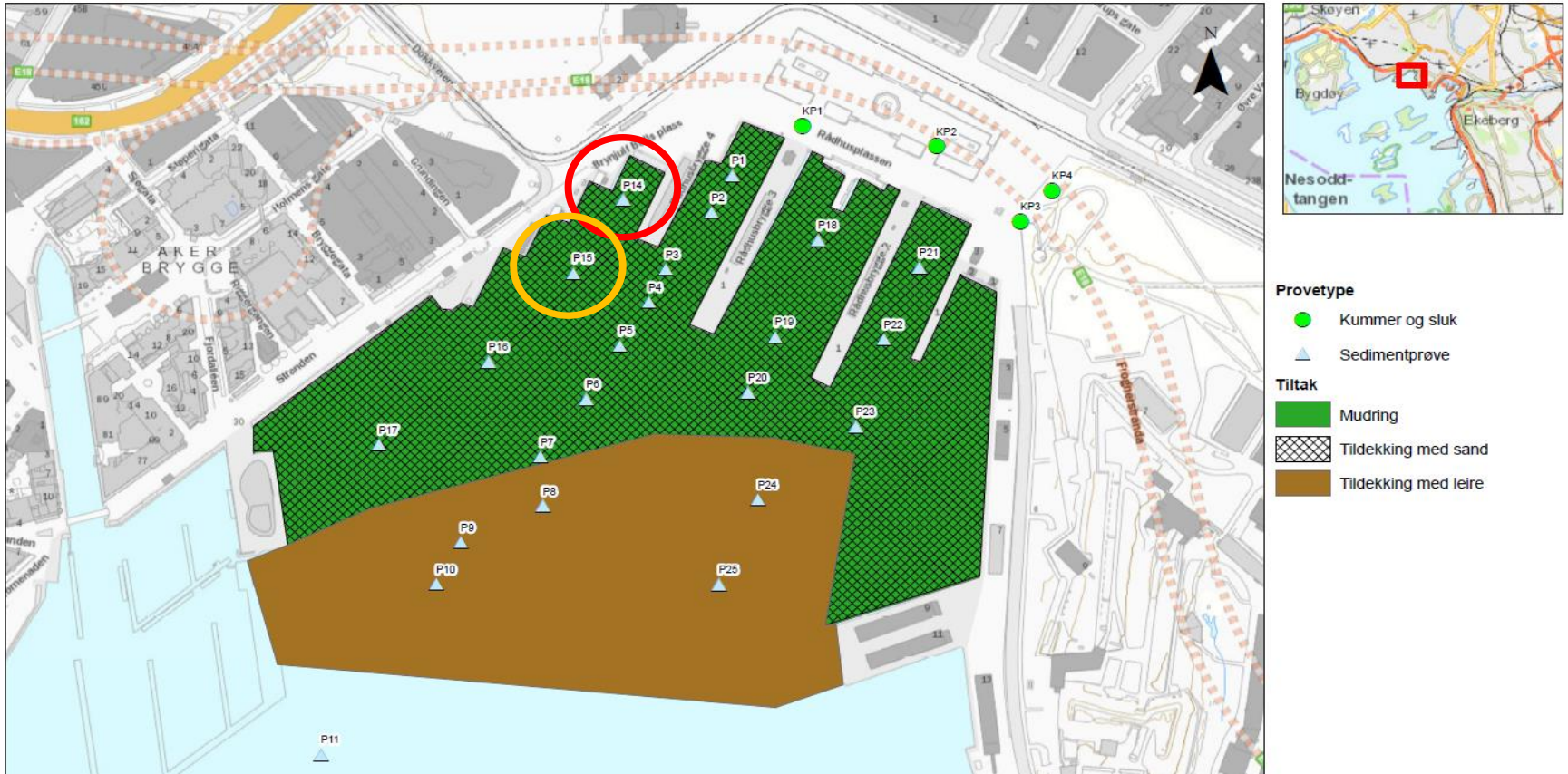
- I innsjøen Onondaga lake i New York state i USA ble det i 2010 – 2012 gjort sedimentopprydding med blant annet tildekking av 1,8 km² av bunnen i innsjøen.
- Tildekkingen hadde en tykkelse på 60 til 100 cm med sand og den inneholdt også et sjikt med aktivt kull. I perioden 2012 – 2015 skjedde tre ulike utglidninger i de bratteste delene av tildekkingsområdene, hvor helningen på bunnen var ca. 1:10.
- Dette førte til at forurenset sediment ble spredt til et område på i overkant av 100 000 m².
- Årsaken til utglidningene var at de stedlige sedimentene som lå under tildekkingen viste seg å være bløtere enn det som var kartlagt i forbindelse med prosjekteringen av tiltaket.



Erosjon

- Ulike forhold kan føre til erosjon av tildekkingsmasser:
 - Skipstrafikk – propellstrøm fra skip kan gi betydelig strømhastighet og dermed erosjon
 - Strøm generert av bølger – viktig nær land og i grunne områder
 - Annen strøm – strøm forårsaket av tidevann, vind og andre hydrodynamiske forhold
- I mange tilfeller vil skipstrafikk generere den sterkeste strømhastigheten i havneområder og vil dermed være dimensjonerende for behovet for erosjonsbeskyttelse av tildekkingen.
 - Det er viktig at tildekkingen konstrueres slik at propelloppvirvling ikke ødelegger tildekkingen.

Eksempel erosjon: Pipervika Oslo havn



- Tildekkingsmassene (0 – 8 mm) var borte (rød sirkel)
- Påvirket av erosjon men med tildekking fortsatt på plass (oransje sirkel)
- Område utenfor hvor tildekkingen var intakt

Eksempel erosjon: Harstad havn



Hurtigbåtkaia i Harstad havn (rød ring) hvor undersøkelserne indikerte at både tildekkingslag og erosjonssikring var borte på grunn av propellerrosjon.

Hvordan oppfører tildekkingslaget seg over tid?

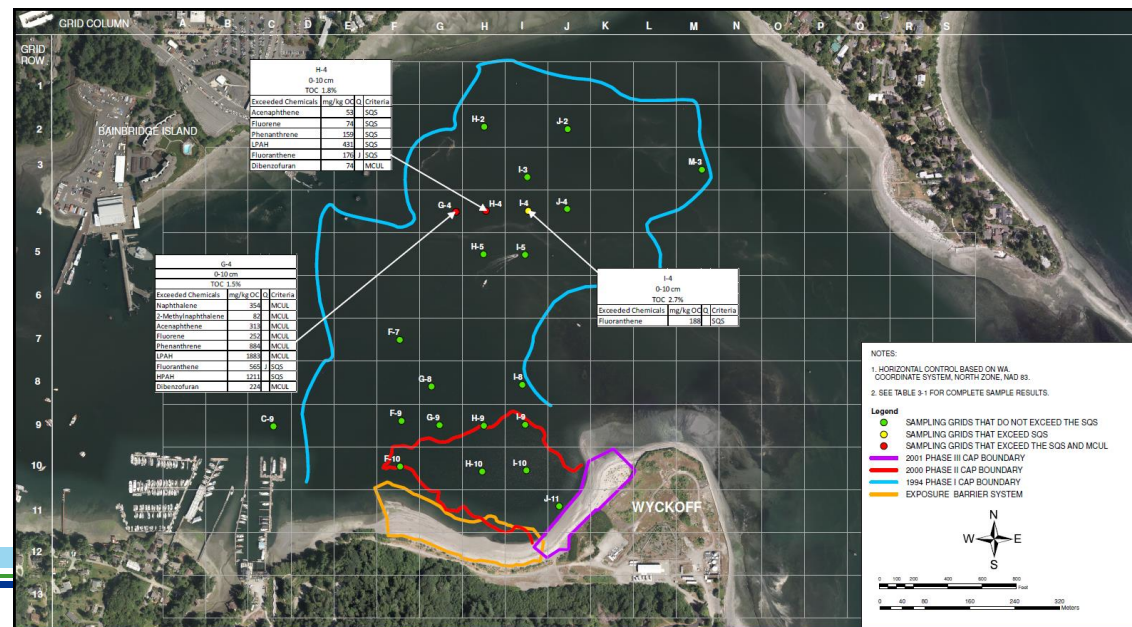
- For de fleste av de gjennomgåtte prosjektene er det fremdeles relativt kort tid i forhold til forventet levetid mellom når tildekkingen ble lagt ut og siste gjennomførte overvåkning av tildekkingens tilstand og effekt.
 - Det finnes imidlertid en del erfaringer med hvordan en tildekking har oppført seg over tid med tanke på stabilitet og erosjon og eventuelle andre fysiske påvirkninger som kan gi skader på tildekkingen.
- For noen tildekkingsmaterialer kan man tenke seg at disse blir fysisk forringet over lang tid. For eksempel ved forvitring eller biologisk nedbrytning av materialer som inneholder organiske komponenter.
 - Disse prosessene vil være svært langsomme for de fleste stoffer som er aktuelle å bruke til tildekking og vil derfor ikke være aktuelle i levetiden til tildekkingen.

Hvordan oppfører tildekkingslaget seg over tid? Eksempel Malmøykalven

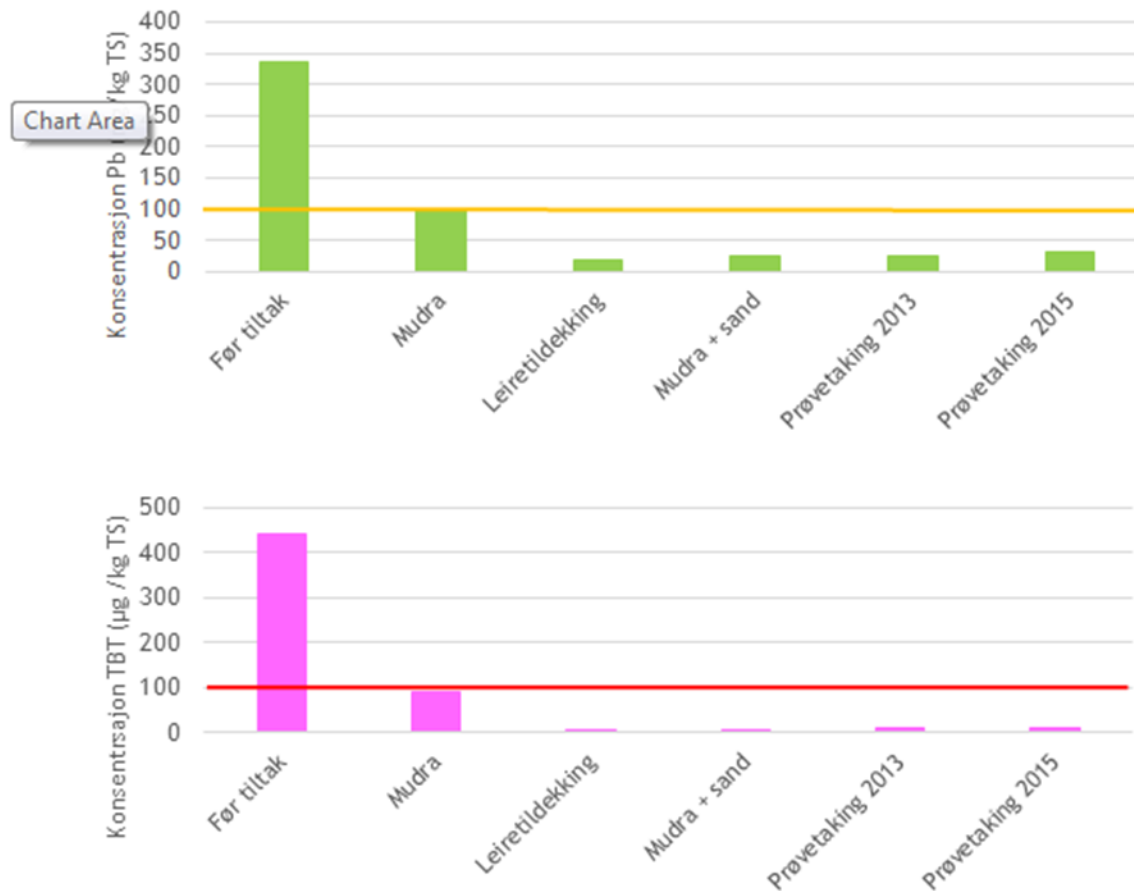
- En av de mest undersøkte tildekkningene i Norge er dypvannsdeponiet ved Malmøykalven.
- I forbindelse med undersøkelse av rekolonisering på tildekkingen ble prøver av sjøbunnen i det tildekkede området undersøkt med tanke på massenes kornfordeling.
- Disse undersøkelsene viste at det i det tildekkede deponiområdet var sand og grus fra tildekkingen, mens i området utenfor bestod massene av slam og leire
- Det vil si at tildekkingsmassene hadde blitt liggende i tildekkingsområdet i ett år etter tildekkingen og at de ikke hadde blitt spredt til området utenfor.

Hvordan oppfører tildekkingslaget seg over tid? Eksempel Wyckoff-Eagle Harbor, Washington, USA

- Et kreosot-forurenset område i Wyckoff-Eagle Harbor på 280 000 m² ble i 1994 dekket med 0,3 – 0,9 m sand
- Området overvåkes fremdeles og er rapportert til og med 17 år (1994 - 2011) etter tildekkingen.
- Kjerneprøver viste at tildekkingen i hele området bortsett fra i to punkter som lå der en ferge trafikkerte like over, var intakt og fremdeles isolerte forurensningen.
 - I området med fergetrafikk var tildekkingen sannsynligvis erodert bort og forurenset sediment eksponert.



Eksempel Oslo havn

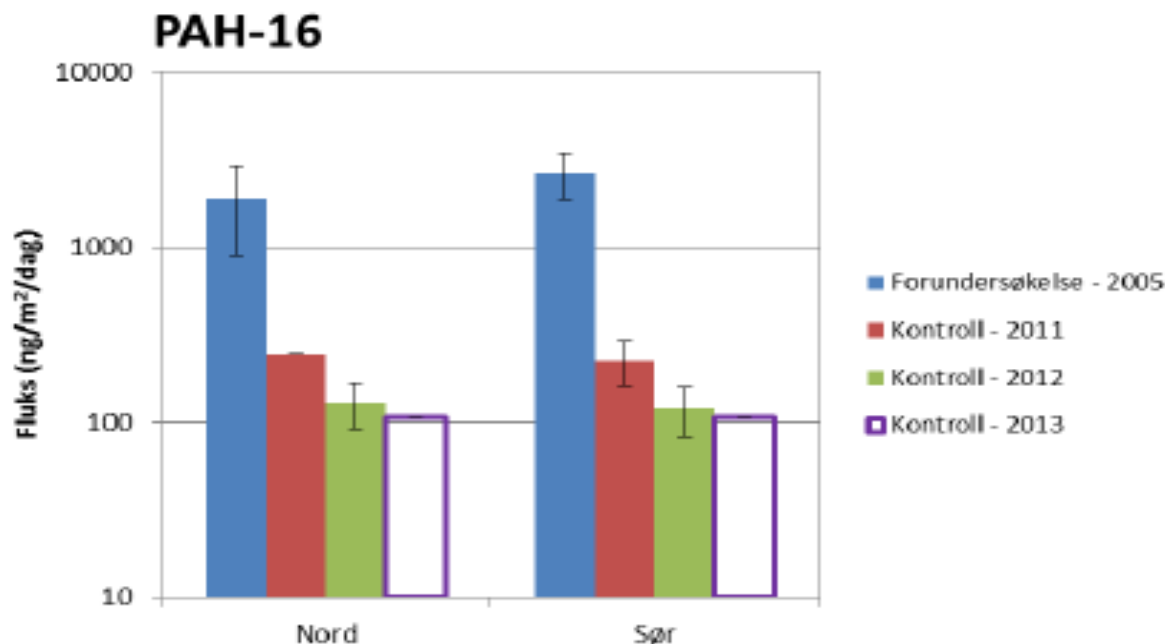


Mediankonsentrasjon av bly (øverst) og TBT (nederst) i overflatesediment i Bjørvika fra før tiltak (2005) og like etter mudring og like etter påfølgende tildekking, samt fra oppfølgende prøvetaking i 2013 og 2015.

Eksempel USA

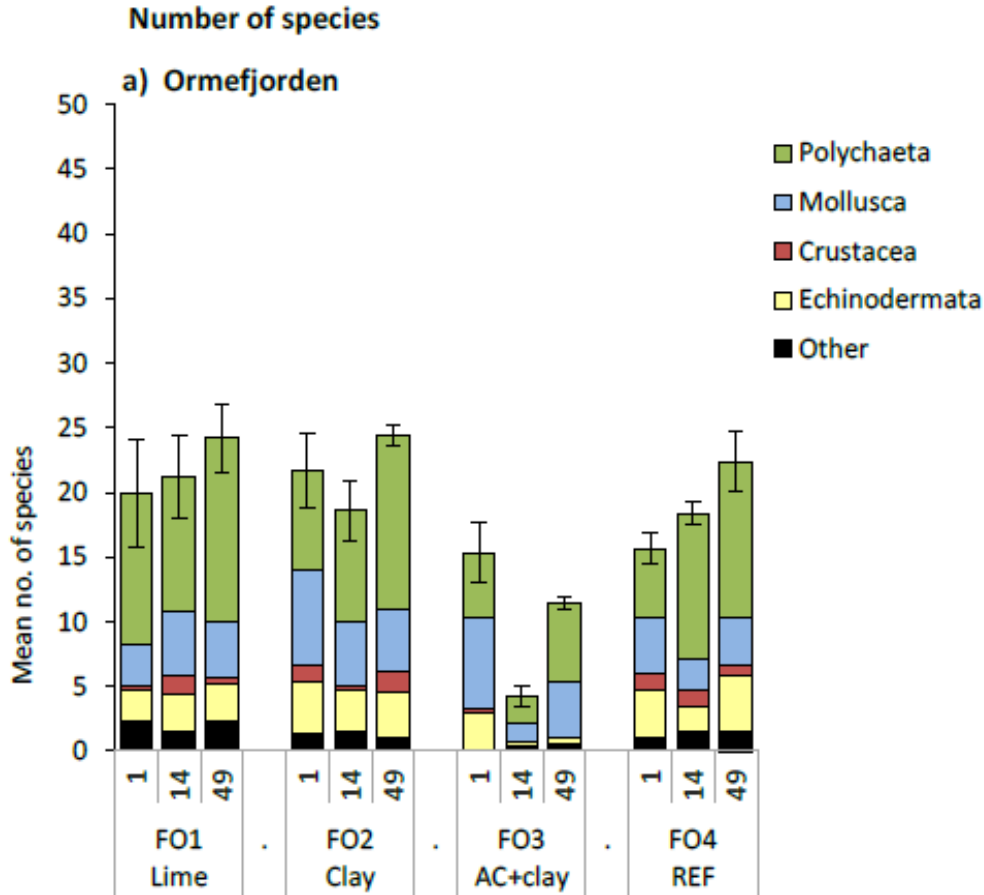
- Nadeau og Skaggs har i 2015 gjort en sammenstilling av erfaringer med rekontaminering etter utførte tildekkinger i USA. Denne undersøkelsen har sett på 25 tiltak hvor rekontaminering er rapportert.
 - De mest sannsynlige kildene for rekontaminering for disse områdene er utslipp fra ukontrollerte punktkilder og/eller spredning fra inntilliggende sediment som ikke er omfattet av tiltaket.
- I tillegg har ITRC i 2015 gjort en sammenstilling av utførte tildekkinger i USA.
 - Her vises også til tilfeller med rekontaminering, denne kommer typisk fra gjenstående aktive kilder i området og der hvor det er utført tiltak i elver er det i flere tilfeller tilført kontaminering via elvetransport fra forurensede områder oppstrøms.

Feltdata vedrørende utlekking - Malmøykalven



Fluks av PAH-16 (ng/m²/dag, logaritmisk skala) målt før deponering i 2005 og etter tildekking av dypvannsdeponiet i 2011, 2012 og 2013. I 2013 ble ikke PAH påvist men deteksjonsgrensen er brukt i figuren.

Effekt av AC på biota



- Negativ effekt av AC på biota ble funnet i felttestene i Opticap
- Også funnet i 20 % av gjennomgatte studier internasjonalt (Janssen and Beckingham, 2013)
- Tynntildekking gir likevel ikke utslettende effekt
- Betydningen av dette ved bruk på store områder bør vurderes

Oppsummering

- Erfaringene fra de gjennomgåtte tildekkingsprosjektene er i all hovedsak positive.
 - Med dette menes at tildekkingen fortsatt er intakt og fungerer slik det var forutsatt.
- **Registrerte skader på tildekking:** I noen prosjekter er det funnet skader i tildekkingen som skyldes at tildekkingsmaterialet er erodert bort (av skipstrafikk).
 - I disse prosjektene er det imidlertid kun mindre deler av tildekkingsarealet der større skip manøvrerer og legger til kai i grunnere områder som er blitt påvirket.
 - Det er også eksempler på at dårlige grunnforhold har ført til skader i tildekkingen som følge av utglidninger eller store setninger.

Oppsummering

- **Rekontaminering** av sjøbunnen etter tildekking ved at nytt forurenset materiale har lagt seg på overflaten av tildekkingen er funnet i flere tilfeller.
 - Rekontaminering kan skyldes tilførsler av forurensning fra land enten fra utslipp fra punktkilder eller fra diffuse kilder som avrenning fra forurenset grunn, fyllinger og tette flater via overvann.
 - Dersom man har tilstrekkelig kontroll på de diffuse kildene vil den negative effekten av en slik rekontaminering være avgrenset, slik som f.eks. resultatene så langt tyder på i Oslo havn.
 - Rekontaminering kan også skyldes spredning fra inntilliggende områder der det ikke er gjort tiltak mot forurenset sjøbunn. En slik spredning kan være vesentlig hvis de inntilliggende forurensede områdene er utsatt for sterk strøm, propelloppvirvling eller det gjøres mudring eller andre inngrep i sjøbunnen.

Oppsummering

I de gjennomgåtte tildekkingsprosjektene er det hovedsakelig brukt to typer tildekkingsløsninger:

Klassisk isolasjon med mineralske masser

Tynnsjiktstildekking med aktivt materiale

- **Isolasjonstildekking** gjøres typisk med mineralske masser som leire, sand, grus og finknuste steinmasser.
 - Erfaringen fra utførte prosjekter er at utlegging med granulære masser (sand, grus og finknuste steinmasser) er enklere å legge ut enn kohesive (klebrige) masser som leire. Knuste steinmasser er i tillegg i mange tilfeller rimelig i innkjøp og tilgjengelige i nærområdet og er derfor brukt i mange prosjekter.
- **Isolasjonstildekking** har gitt god effekt i de gjennomgåtte prosjektene så lenge det er kontroll over forhold som kan føre til skader av tildekkingen eller rekontaminering (se over).

Oppsummering

- **Tynnsjiktstildekking** er til nå bare prøvd ut i pilotskala i Norge men har ved bruk av aktivt kull vist lovende resultater i forhold til å redusere biotilgjengelighet og utlekking av organiske miljøgifter.
- I tillegg finnes den **klassiske isolasjonstildekkingen med mineralske masser inkludert et aktivt lag** (karbon el. lign.), som har vært lite brukt så langt.
 - Denne kan være særlig aktuell dersom grunnvannstransport gjennom den forurensede sjøbunnen er en viktig transportmekanisme for vannløst eller fri fase av forurensning.

Oppsummering

De gjennomgåtte tildekkingsprosjektene viser at **de viktigste faktorene for å lykkes med tildekking av forurenset sjøbunn er:**

- Kontroll med aktive kilder på land
- Rekkefølge - koordinering av tildekkingsprosjektet med arbeider i tilstøtende forurensete områder i sjø og på land (tildekking bør være det siste tiltaket i rekkefølge for å unngå rekontaminering)
- Erosjon – kartlegging av strømforhold, skipstrafikk, bølger
- Stabilitet – geoteknisk vurdering bør gjøres av den planlagte tildekkingen
- Tynnsjiktstildekking må inkludere et aktivt materiale for å fungere
- Tildekking av store områder eller områder med høy økologisk verdi må vurderes i forhold til negative effekter på biota.
- Kontroll av tildekkingsmasser, tildekkingsmassene må være rene og bestandige masser



www.dnvgl.com

SAFER, SMARTER, GREENER