



# Mudringmetoder for forurenset sjøbunn



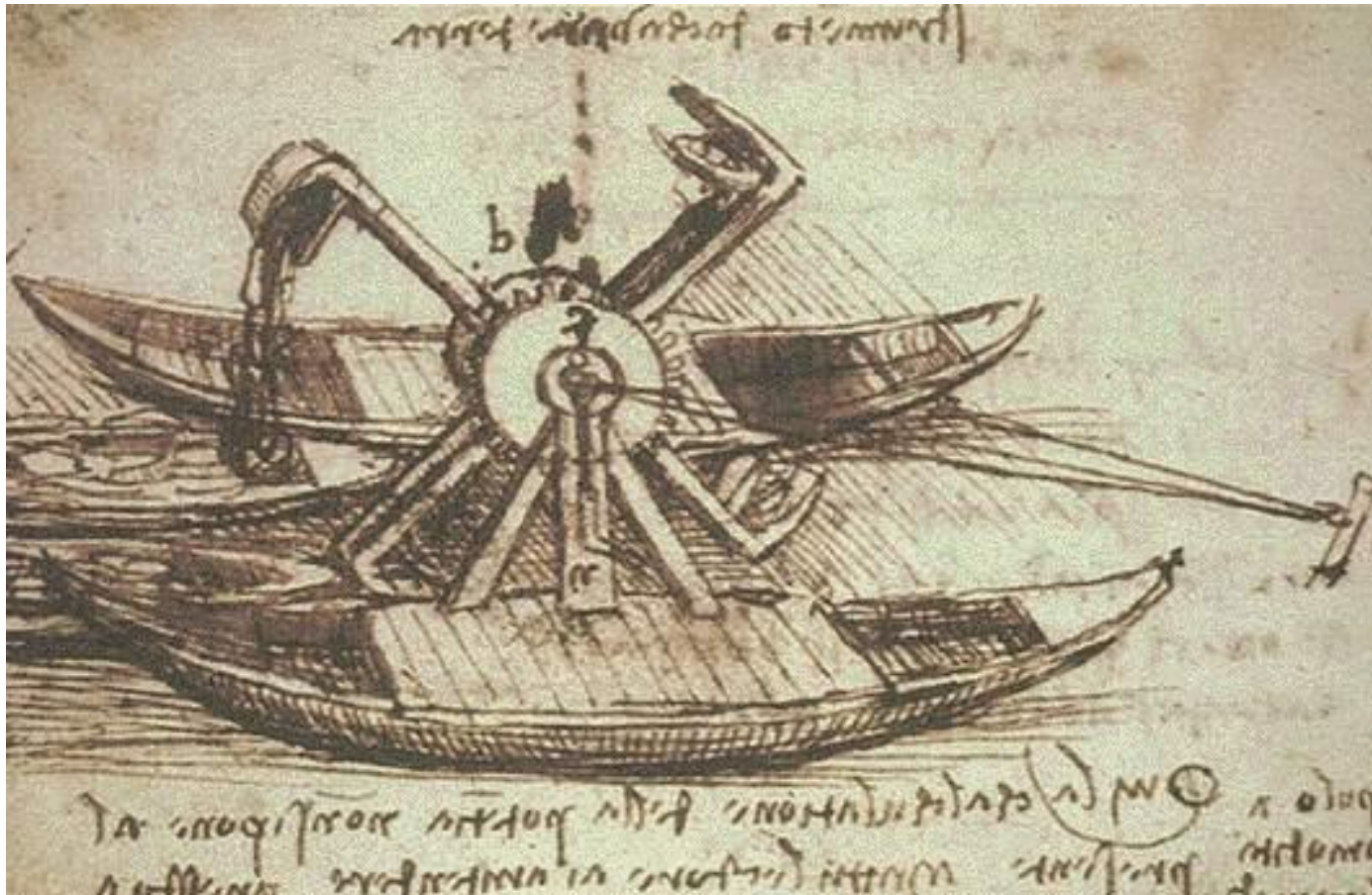
---

Miljøringen temamøte 13. mars 2012

Jens Laugesen, DNV

---

# Mudring er ikke noe nytt!



Mudderapparat for kanaler og laguner. Skisse av Leonardo da Vinci laget 1513-1515.

Kilde: <http://www.museoscienza.org/english/leonardo/invenzioni/dragalagunare.asp>

# Hvorfor mudring istedenfor tildekking?



MANAGING RISK

- Begrenset seilingsdyp
- Stor fysisk påvirkning på sjøbunnen – ankring, skipstrafikk (propelloppvirvling), undervannsprengning, tråling
- Byggeprosjekt som krever fjerning av sjøbunn
- Myk sjøbunn (kloakk eller lignende)
- Press fra lokalbefolkning og politikere (forurensningen skal opp!)

Mudring av forurenset sjøbunn er mer kostbart:

- krever normalt større nøyaktighet → går derfor langsommere enn andre typer mudring
- massene normalt må leveres til spesielle godkjente mottak eller deponier.
- overmudring fører til betydelig økte kostnader for disponering (f. eks. fordi en ikke klarer å skille mellom rene og forurensete masser ved mudring).

Tre vesentlige begreper:

- Capital dredging ("Anleggsmudring")
- Maintenance dredging ("Vedlikeholdsmudring")
- Environmental dredging ("Miljømudring")

## Norge

- mer enn 80 % av mudringen er anleggsmudring
- betyr at det mange ganger finnes etterlatenskaper i massene (skrot, arkeologisk materiale) som forsinker og gjør mudringen vanskeligere



## Europa (Mellom-Europa)

- mest mudring i områder hvor det vedlikeholdsmudres jevnlig for å opprettholde en seilingsdybde.
- tilførselen av sedimenter og miljøgifter skjer for en stor del via elvetransport
- finnes omtrent ikke etterlatenskaper i massene som gir forstyrrelser i mudringen.

To hovedtyper: **Mekanisk mudring** og **hydraulisk mudring**

- **Mekanisk mudring** - mekanisk fjerning av sedimentene ved at de for eksempel graves bort
- **Hydraulisk mudring** - sedimentene suges opp fra bunnen, utstyret fungerer som en slamsuger
- En stor del av det mudringsutstyret som finnes på markedet i dag er basert på en **blanding av mekaniske og hydrauliske prinsipper**.
  - Eksempelvis når sedimentene er for harde for å kunne fjernes ved ren suging, brukes en mekanisk del som først løsner materialet og siden suges det opp.

# Mekaniske metoder - bakgraver

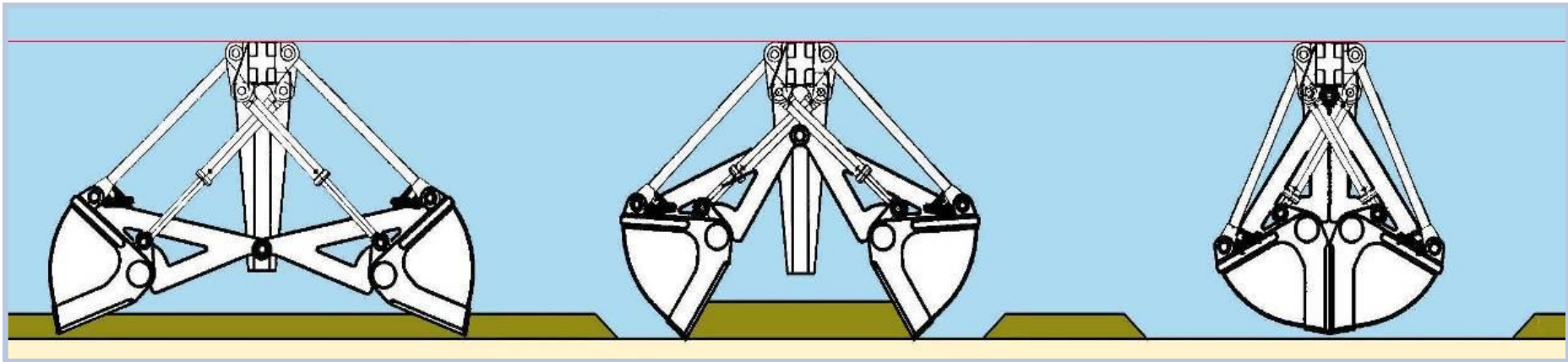


Ombygget gravemaskin på lekter

Bakgraver brukt i Oslo havn, skuffen vris hydraulisk til den er i kontakt med lokket



- For miljømudring bør grabbens gravegeometri være slik at den etterlater en horisontalt plan flate "horizontal level cut".



- **Kapasitet:** Typisk 50-150 m<sup>3</sup>/time (in situ volum) i Norge.
- **Vanddyb:** 15-20 m (bakgraver), ca. 25 m (grabb m/fast arm), grabb m/vaier bør begrenses til ca. 50 m (nøyaktighet).
- **Nøyaktighet:** +/- 10 cm i vertikalledd og +/- 10 cm i horisontalledd. Noe dårligere for grabb i vaier (+/- 15 cm i vertikalledd og +/- 15 cm i horisontalledd for grabb i vaier) *Husk dette ved volumberegning!*
- **Masser som kan mudres:** Stein, grus, sand, silt, leire (harde masser er vanskelig å mudre med grabb i vaier).
- **Spredning/Oppvirvling:** Noe mer spredning enn ved ren sugemudring (spesielt når massene løftes opp gjennom vannsøylen)
- **Vanninnhold/Avvanning:** Metoden tilfører ca. 10-20 % ekstra vann utover in situ volum. For de fleste disponeringsløsninger er det ikke behov for avvanning.

# Hydrauliske metoder - sugemudring



Pumpe for sugemudring



Sugemudringsutstyr montert på en gravemaskin på lekter (Haakonsvern, Bergen)

# Oppsummering hydrauliske metoder - sugemudring

- **Kapasitet:** Antydningsvis 50-200 m<sup>3</sup>/time
- **Vanndyp:** 15-20 m (fast arm)
- **Nøyaktighet:** +/- 10 cm i vertikalledd og +/- 10 cm i horisontalledd for fast arm
- **Masser som kan mudres:** Løse masser. Grus (avhengig av kornstørrelse), sand, silt, leire (ikke klebrig leire). Meget sårbar for skrot på bunnen.
- **Spredning/Oppvirvling:** Litt spredning må påregnes når massene suges opp fra bunnen (mellom bunn og sugemunnstykke) men spredningen er normalt mindre enn ved mekanisk mudring (bakgraver/grabb).
- **Vanninnhold/Avvanning:** Metoden tilfører ca. 10-20 ganger ekstra vann utover in situ volum dvs. at slike masser inneholder 90-95 % vann. I de fleste tilfeller er det behov for avvanning før en kan foreta videre disponering



Horisontal auger



Kuttersuger



Disk kutter

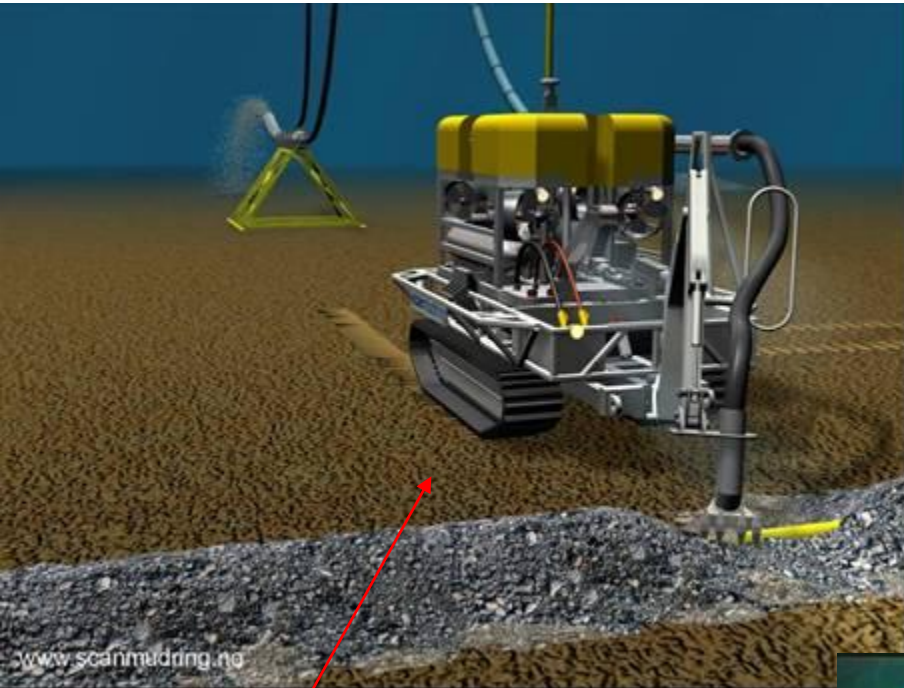
# Oppsummering mekanisk-hydrauliske metoder



MANAGING RISK

- **Kapasitet:** Typisk 25-50 m<sup>3</sup>/time for **Horisontal auger** og **Disk kutter**. 50-400 m<sup>3</sup>/time for **Kuttersuger**.
- **Vanddyb:** ca. 15 m, kreves et minste vanddyb på 0,5-2 m avhengig av metode.
- **Nøyaktighet:** +/- 10 cm i vertikalledd (+/- 15 cm for kuttersuger) og +/- 15 cm i horisontalledd. Ingen av metodene er egnet for ujevn bunn og områder med stein og søppel.
- **Masser som kan mudres:** Homogene masser (sand, silt, leire). **Kuttersugeren** kan også mudre litt grovere masser (grus)
- **Spredning/Oppvirvling:** Noe spredning når massene fjernes mekanisk fra bunnen. Spredningen fra en mekanisk-hydraulisk metode vil normalt være større enn fra en ren hydraulisk metode men mindre enn fra en ren mekanisk metode.
- **Vanninnhold/Avvanning:** **Horisontal auger** og **Disk kutter** tilfører ca. til 3-5 ganger in situ volum, typisk kan slike masser inneholde 70-90 % vann. **Kuttersuger** tilfører svært mye ekstra vann utover in situ volum, typisk opp til 10-20 ganger in situ volum, slik at massene inneholder 90-95 % vann (omtrent som ved sugemudring). I de fleste tilfeller er det behov for avvanning før en kan foreta videre disponering.

# Mudring på store vanddyb



Fjernstyrt beltegående  
sugemudringsutstyr

Fjernstyrt beltegående  
gravemudringsutstyr og  
container for U-864  
(150 m vanddyb).



- Utføres ved hjelp av horisontelle fryseceller.
- Frysecellene senkes ned på bunnen og sedimentet fryser fast til cellenes underside
- Kostbart
- For spesielle prosjekter:
  - Krav om liten spredning
  - Krav at alt må opp og ikke noe må bli ødelagt



Kilde: [http://www.sakab.se ...Frysmuddring\\_produktblad.pdf](http://www.sakab.se...Frysmuddring_produktblad.pdf)



## Fjerning av forurenset sjøbunn i havner

### ■ utfordringer

- Arkeologi (kulturminner)
- Skrot (til hindring for mudring)



## Fjerning av forurenset sjøbunn i havner

### ■ Tiltak mot spredning

- Ønskelig å unngå siltgardin (skipstrafikk)
- Best å ta massene direkte på land istedenfor å måtte åpne siltgardin for lektertransport
- Skånsomme mudringsmetoder
- Boblegardin



## ■ Anbefalte metoder for miljømudring i havner

- Mekaniske mudringsmetoder (bakgraver/grabb) takler inhomogene masser og skrot på den beste måten.
- Bakgraver og grabb er også mest skånsomme overfor kulturminner fordi de kan tas opp som større gjenstander.
- Spredningshindrende tiltak iverksettes (bakgraver med lokk, grabb som kan lukkes, overvåking av spredning).

## ■ Disponeringsløsninger

- Gruntvanns- eller dypvanndeponier
- Strandkantdeponier
- Renseteknologi
- Levering til godkjent deponi på land
- Metallavfall, tømmer, plastikkavfall etc. kan ikke disponeres på samme sted som sedimentene ==> gir et ekstra sorteringstrinn



## Byggeprosjekter i sjø hvor fjerning av forurenset sjøbunn er en del av byggeprosessen

### ■ utfordringer

- Når fjerning av forurenset sjøbunn er en del i en byggeprosess så vil mudringsdybden være gitt av prosjektets behov. Det kan bety at når en er kommet ned på prosjektert mudringsdybde så kan bunnen fortsatt være forurenset. Da kan det være aktuelt å tildekke bunnen med rene masser.
- Bygging i sjø kan for eksempel innebære ramming av peler, spunt etc. som kan føre til spredning av forurenset sjøbunn.
- Byggeprosjekter kan være under sterkt tidspress og det kan være vanskelig å unngå mudringsarbeider i perioden 15. mai til 15. september hvor det normalt ikke gis tillatelse til mudring, spesielt når sjøbunnen er forurenset.
- I tillegg gjelder det samme om arkeologi og skrot som er beskrevet for miljømudring i havner

## Byggeprosjekter i sjø hvor fjerning av forurenset sjøbunn er en del av byggeprosessen

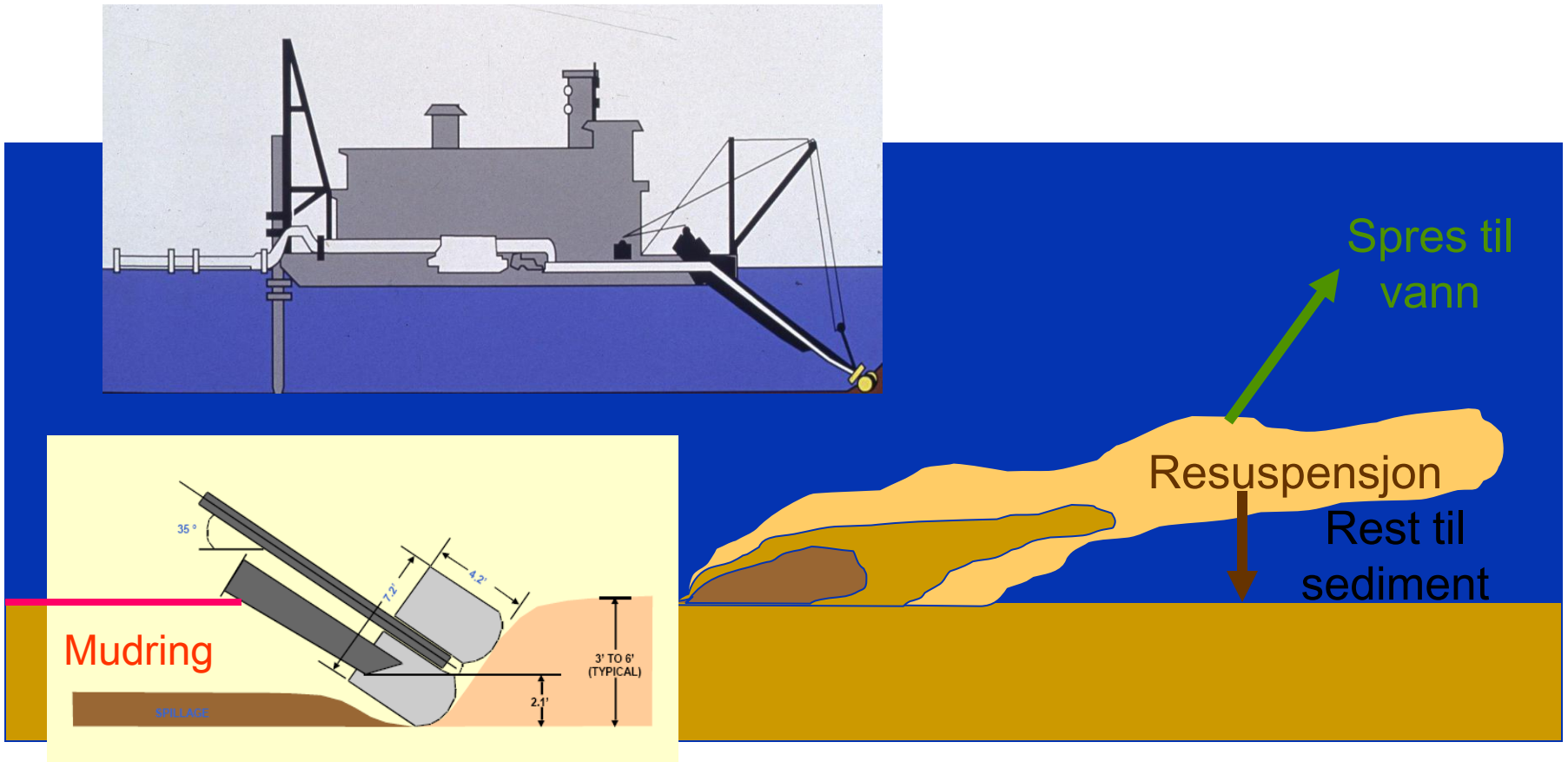
### ■ Tiltak mot spredning

- Mudringen bør slutføres før øvrige sjøarbeider som kan spre forurensning starter opp.
- Når mudringen er avsluttet kan det legges en geotekstil med et sandlag over. Geotekstilen vil beskytte mot oppvirvling når for eksempel peler og spunt skal rammes. Peler og spunt lager et lokalt hull i duken hvor de går igjennom duken men den vil fortsatt beskytte mot spredning.
- En siltgardin kan i noen tilfeller være et ytterligere beskyttende tiltak under pæling og ramming av spunt.

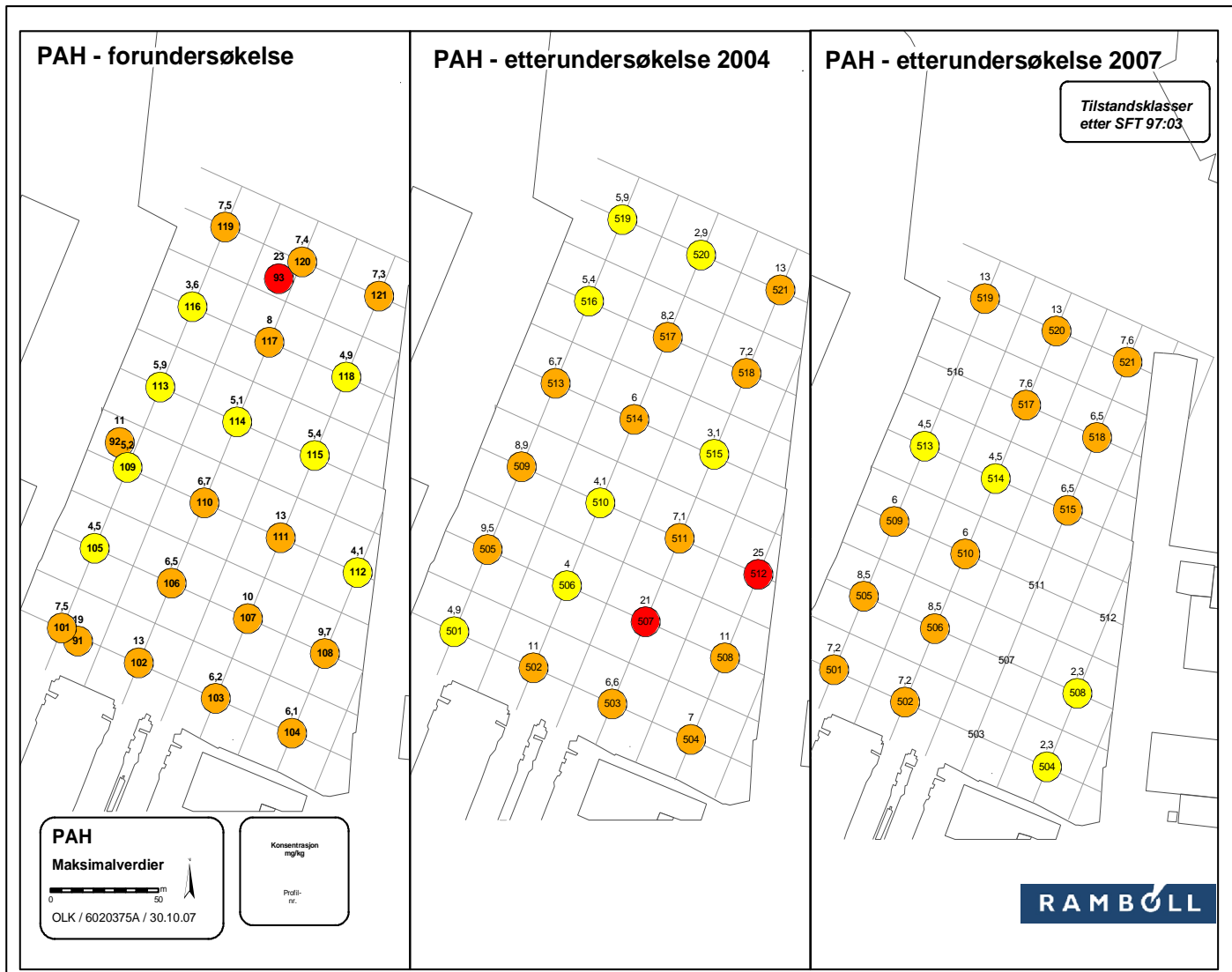


# Restforurensning etter mudring - "fluffy lag"

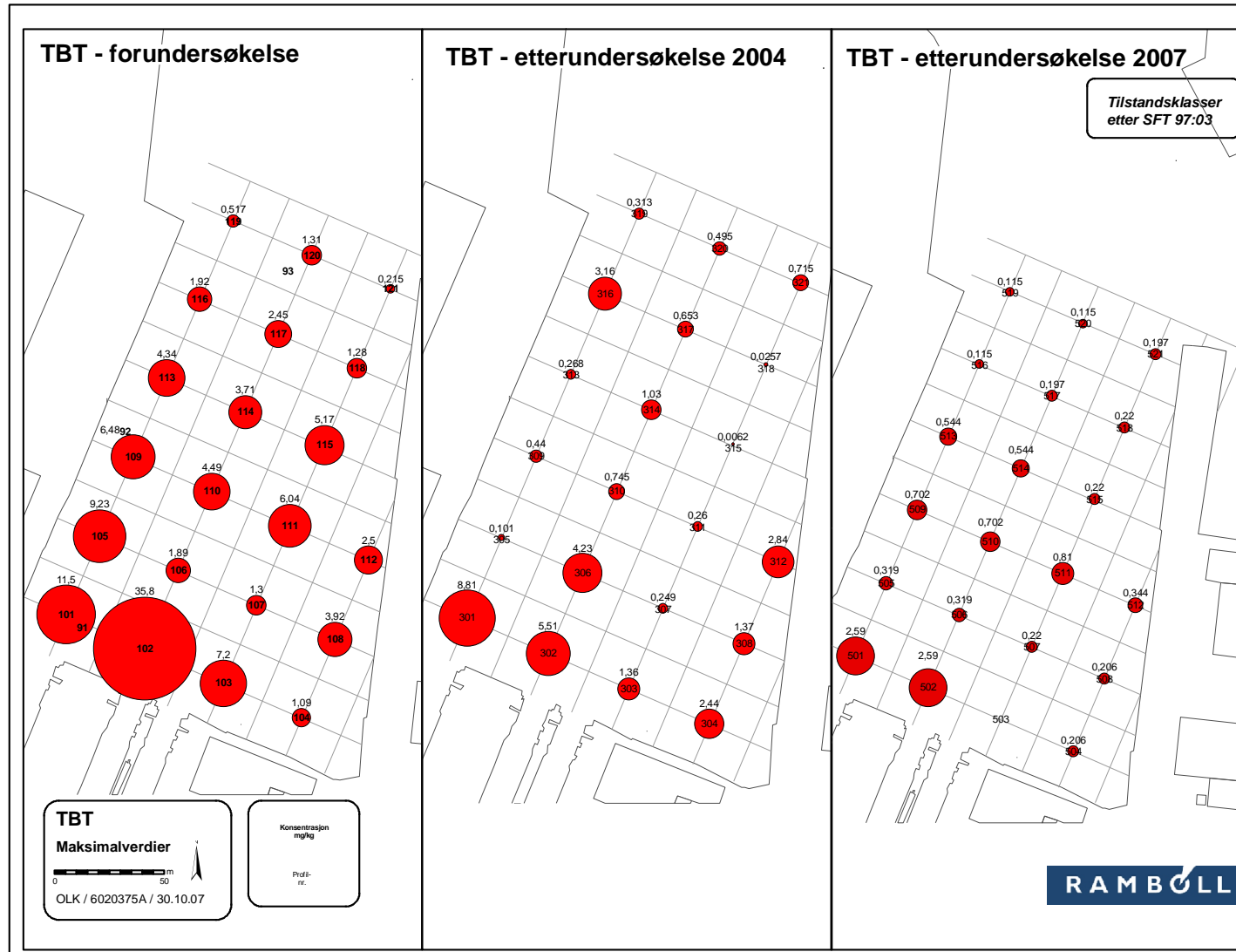
- Feltnålinger fra USA indikerer at resuspendert materiale fra mudring (som danner "fluffy lag") varierer fra i underkant av 1 % opp til 9% avhengig av mudringsmetode og masser som mudres.



# Restforurensning – test Trondheim



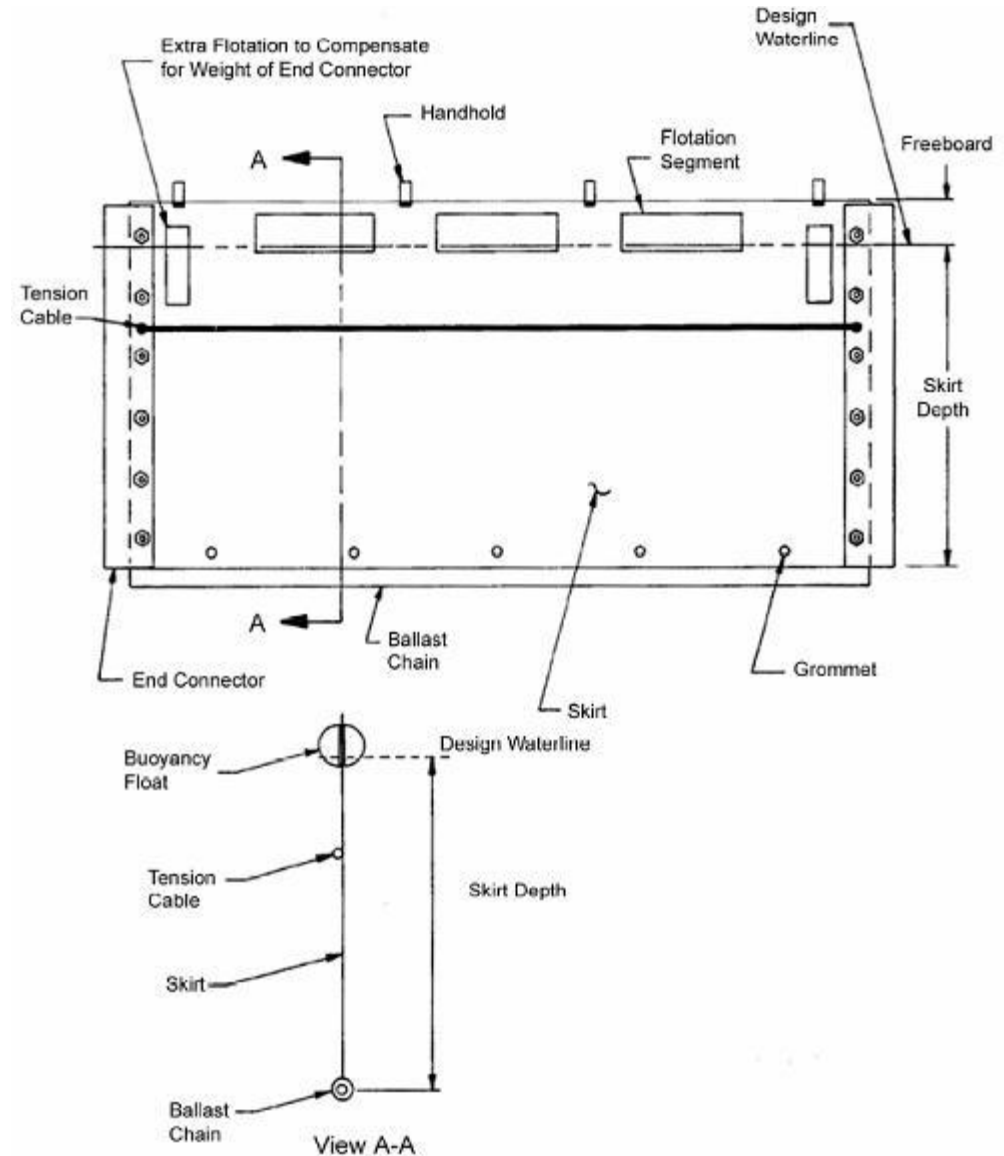
# Restforurensning – test Trondheim





# Bruk av siltgardiner

- En vevd duk av geotekstil som plasseres vertikalt i vannet med flyteelementer på toppen og lodd i bunnen.
- En typisk siltgardin har åpninger som er ca. 0,1 til 0,2 mm (tilsvarer kornstørrelsen til en fin sand).



# Bruk av siltgardiner



Siltgardin under produksjon i pilotprosjektet i Sandefjord. Flytere er sydd inn på toppen av gardinen (til høyre) og kjetting som skal fungere som lodd skal sys inn (til venstre).



Siltgardin påvirket av strøm (Örserumsprosjektet, Sverige)

# Avvanning av forurensede sedimenter etter mudring



MANAGING RISK

Typer avvanning:

- Avvanningsanlegg (mekanisk avvanning)
- Avvanning med geotekstilposer
- Avrenning via filter til sjø

# Avvanning av forurensede sedimenter etter mudring

## Avvanningsanlegg (mekanisk avvanning)



## Avvanning med geotekstilposer



# Avvanning av forurensede sedimenter etter mudring

## Avrenning via filter til sjø



## Kongsgårdbukta, Kristiansand

Det er fortsatt behov for videre utvikling av både utstyr, metoder og for studier av miljøgifters ”oppførsel” i forbindelse med miljømudring. Eksempel på oppgaver det bør arbeides videre med i Norge er:

- Utvikling av kostnadseffektive miljømudringsmetoder som tar opp massene i nærmest in situ tilstand
- Metoder som kan håndtere problematikk med arkeologiske funn og skrot.
- Utvikling av kostnadseffektive metoder i Norge for håndtering, sluttdisponering og avvanning av forurensede masser.
- Se mer på hvordan TBT (Tributyltinn) som er mye mer vannløselig enn øvrige miljøgifter oppfører seg med de mudringsmetoder og avvanningsmetoder som finnes i dag.

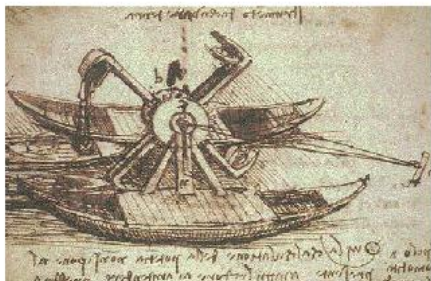
# Vil du lese mer om miljømudring?



## TEKNISK RAPPORT

### STATENS FORURENSNINGSTILSYN

MUDRINGSMETODER FOR FORURENSET SJØBUNN



Mudderapparat for kanaler og laguner. Skisse av Leonardo da Vinci (1452-1519)  
Kilde: <http://www.museoscienza.org/english/leonardo/dragalagunare.asp>

RAPPORT NR. 2008-0476  
REVISION NR. 01

DET NORSKE VERITAS

<http://www.klif.no/publikasjoner/2425/ta2425.pdf>





[www.dnv.com](http://www.dnv.com)

---