

Til: Statens vegvesen  
v/ Mette Alsvik  
Kopi til:  
Dato: 2016-11-01  
Rev.nr. / Rev.dato: 1 / 2016-11-08  
Dokumentnr.: 20160682-01-TN  
Prosjekt: Tildekking i Stavanger havn, Vurdering av stedlige masser og tildekkingsmasser  
Prosjektleder: Espen Eek  
Utarbeidet av: Espen Eek  
Kontrollert av: Arne Pettersen

## Vurdering av tildekkingsmasser ved tildekking av forurenset sjøbunn i Bangarvågen og ved Engøy

### Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Grunnlag for design av tildekking</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Krav til tildekkingsmasser</b>	<b>5</b>
3.1	Kornfordeling i sedimentene og krav til kornfordeling filterlaget i tildekkingen	6
3.2	Erosjonsbeskyttelse av tildekkingen	8
3.3	Krav til miljøgiftinnhold i tildekkingsmassene	14
3.4	Aktuelle filterlagsmasser (0 – 2 og 0 – 5 mm)	14
3.5	Aktuelle erosjonslagsmasser/sprengstein	17
<b>4</b>	<b>Andre forhold</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>Referanser</b>	<b>19</b>

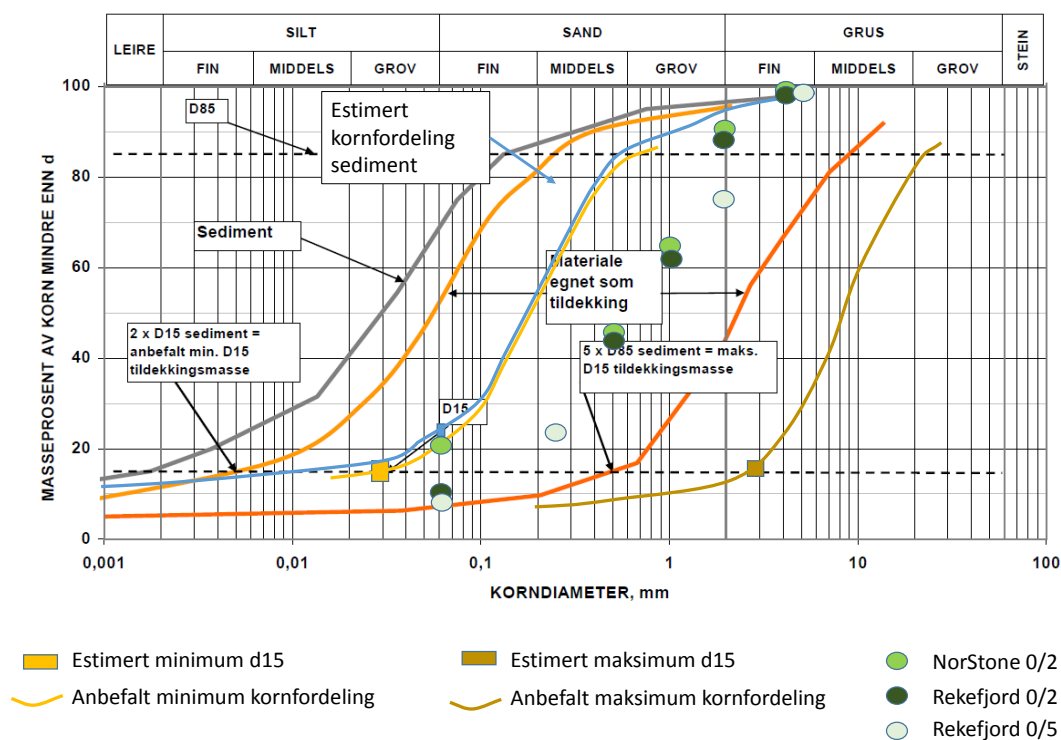
### Vedlegg

Vedlegg A                      Analyserapporter

### Kontroll- og referanseside

## Sammendrag

NGI har på oppdrag fra Statens vegvesen beskrevet krav til kornfordeling og til miljøgiftinnhold som anbefales for tildekkingsmassene som skal brukes i tiltaksområdene i de dypere områdene i Bangarvågen og mellom Klasaskjæret og Engøysundet. NGI har også vurdert fire ulike typer masser som kan være aktuelle som tildekkingsmasser i forhold til disse kriteriene. Vurderingen er gjort basert på de resultatene fra kornfordeling og kjemiske analyser av disse massene, tilsendt fra Statens vegvesen.



*Estimert kornfordeling og anbefalte grenser for kornfordeling i filterlagsmasser for Bangarvåg-området. Kornfordeling for aktuelle masser fra Rekefjord og Norstone er plottet inn.*

Figuren over viser anbefalte grenser for kornstørrelse til materialet som skal benyttes som filterlag nærmest sedimentet i Bangarvågen. Figuren viser også kornfordelingen til tre materialer (Norston og Rekefjord) som er aktuelle som filtermateriale i tildekkingen. Disse materialene ligger innenfor anbefalte grenser og har dermed en egnet kornfordeling for dette formålet.

For materialet fra Rekefjord er det også gjort kjemisk analyse av innhold av tungmetaller og organisk karbon (TOC). Konsentrasjonen av Cr er høyere enn akseptverdien basert på normverdi for jord, men likevel betydelig lavere enn grenseverdien for tilstandsklasse

II for sedimenter. Basert på dette vurderes massene likevel som egnet som tildekkingsmasser. Massene fra Rekefjord er dermed vurdert som egnet som tildekkingsmasser. Massene fra Norstone er ikke vurdert i forhold til kjemiske analyser.

Basert på estimert propellstrøm fra skoleskipet Gann som trafikkerer ved tildekkingsområdet i Bangarvågen er det anbefalt krav til masser som er egnet som erosjonsbeskyttelse og hva tykkelsen på dette laget bør være. Tabellen nedenfor oppsummerer kravene disse anbefalingene for ulike områder i Bangarvågen. Det er ikke gjort en tilsvarende vurdering for området ved Engøysund.

*Erosjonsbeskyttelse i ulike områder i Bangarvågen*

Område	Dimensjonerende vannstrøm	D50	Minimum tykkelse	Aktuelle masser
Området 1, mellom 8 og 10 m dyp der skoleskipet Gann manøvrerer	2,5 m/s	143 mm	30 cm	Sprengstein
Området 2, dypere enn 10 m der Skoleskipet Gann manøvrerer	1,5 m/s	30 mm	10 cm	0/60
Området 3, i ytre Bangarvågen som ikke regnes som påvirket av propellstrøm	0,4 m/s	2 mm	10 cm	0/5*

\*d50 for denne massen er for lav men inneholder nok materiale > 2 mm slik at med 10 cm tykkelse antas den å gi tilstrekkelig erosjonsbeskyttelse.

## 1 Innledning

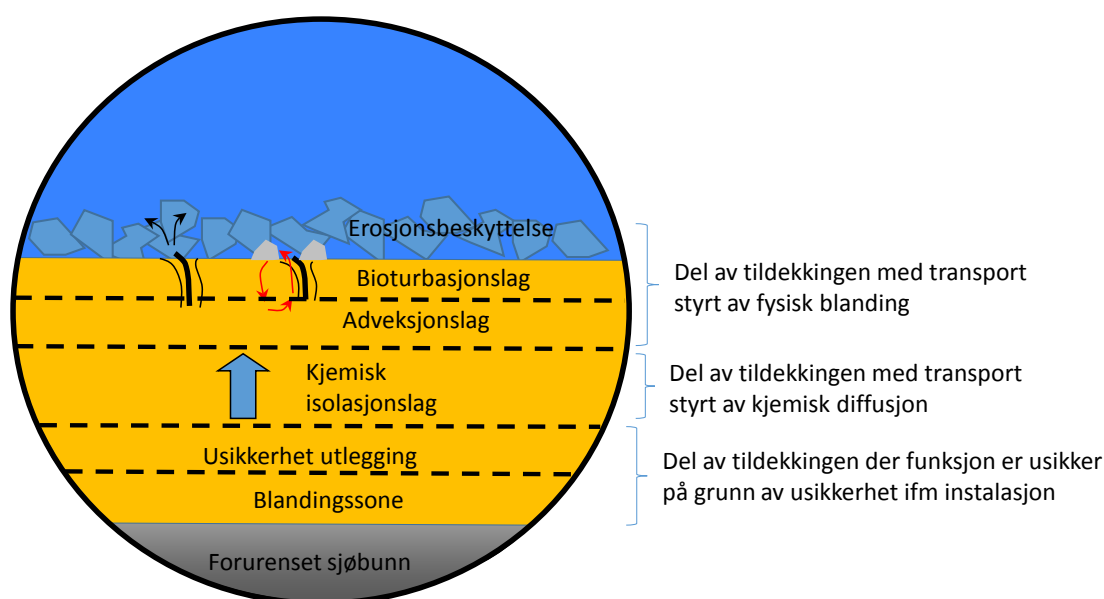
NGI har beskrevet krav til kornfordeling og til miljøgiftinnhold som anbefales for tildekkingsmassene som skal brukes til tildekking i tiltaksområdene i de dypere områdene i Bangarvågen og mellom Klasaskjæret og Engøysundet.

Søknad om tillatelse til tildekkingen med knuste steinmasser og sprengstein er sendt til Fylkesmannen i Rogaland 4. oktober 2016.

Dette notatet beskriver aktuelle krav til tildekkingsmassene som skal benyttes i de to aktuelle områdene og en vurdering av noen aktuelle masser. Vurderingen er gjort basert på kornfordeling og kjemisk analyser av masser tilsendt fra Statens vegvesen.

## 2 Grunnlag for design av tildekking

Tiltaksplanen for forurensede sedimenter i fire delområder i Stavanger kommune (NGI, 2016) beskriver det overordnede designet for tildekking av de forurensede sedimentene blant annet i Bangarvågen.



Figur 1 Konseptuelt design av tildekking av forurensede sedimenter

Figur 1 viser det overordnede designet av tildekking av forurensede sedimenter som er benyttet i tiltaksplanen for fire delområder i Stavanger havn. Tabell 1 viser designet som er beskrevet for Bangarvågen i tiltaksplanen. Det er tatt utgangspunkt i dette for både tildekkingen i indre og ytre del av Bangarvågen. Når det gjelder erosjonsbeskyttelse er det beskrevet noen mer detaljerte anbefalinger.

Tabell 1 Tildekkingsdesign Bangarvågen

Lag	Dimensjonerende forhold	Type masse	Design
Erosjonslag	Strømhastighet generert fra vind og tidevann. Strømhastighet fra propellstrøm fra skoleskipet Gann	Masser med $d_{50} > 30$ mm. Basert på strøm ved sjøbunnen på 2 m/s generert av skoleskipet Gann i områder med mer enn 10 m vanddyb.*	10 cm lag
Bioturbasjonslag	Ingen stedsspesifikke vurderinger er gjort.		Bruker generisk verdi på 10 cm, slås sammen med erosjonslaget. Blir da 0 cm
Adveksjonslag	Ingen stedsspesifikke vurderinger er gjort.	Sand eller finere subus f.eks., 0 – 4 eller 0 – 8 mm	Bruker generisk verdi på 15 cm
Kjemisk isolasjonslag	Beregnet fra transport av Hg, Cu, Krysen og PCB52	Sand eller finere subus f.eks., 0 – 4 eller 0 – 8 mmm	5 cm holder for alle de modellerte stoffene
Blandingslag	Erfaringsmessig anslått	Sand eller finere subus f.eks., 0 – 4 eller 0 – 8 mmm	10 cm
<b>Total design tykkelse</b>			<b>40 cm</b>
Usikkerhet i utlegging	Ikke ansett som nødvendig med konservativt design her holder at det dokumenteres at 80% av arealet er $\geq$ design tykkelse		0 cm

\*Det vil være nødvendig med eget design for erosjonsbeskyttelse i områdene der MS Gann trafikkerer over områder som er grunnere enn 10 m. Dette kan også være nødvendig i andre områder som er særlig utsatt for skipstrafikk.

### 3 Krav til tildekkingsmasser

Det er tenkt benyttet to typer masser i forbindelse med tildekkingen i områdene som er beskrevet i søknaden:

- Knuste steinmasser (0 – 2 eller 0 – 5 mm) som filterlag i tildekkingen og sandpute for utlegging av sprengstein.
- Sprengstein (typisk 0 – 300 mm) som erosjonsbeskyttelse av tildekkingen der det er behov for det. Det kan være aktuelt å legge ut sprengsteinsmasser i større områder og mektigheter enn det som er nødvendig av hensyn til erosjon dersom SVV har et overskudd av disse massene tilgjengelig fra Ryfast-utbyggingen.

Miljødirektoratet sin veileder for testing av tildekkingsmasser (Miljødirektoratet M-411, 2015) anbefaler at kornfordelingen til tildekkingsmassene tilpasses kornfordelingen til materialet i den opprinnelige sjøbunnen slik at tildekkingsmassene ikke er så grove at man risikerer utvasking av finstoff gjennom disse og at tildekkingsmassene ikke er så finkornede at økt poretrykk under tildekkingen ikke kan slippe ut. Dette er formulert på denne måten i veilederen:

$$2*d_{15}(\text{sediment}) < d_{15}(\text{filter}) < 5*d_{85}(\text{sediment})$$

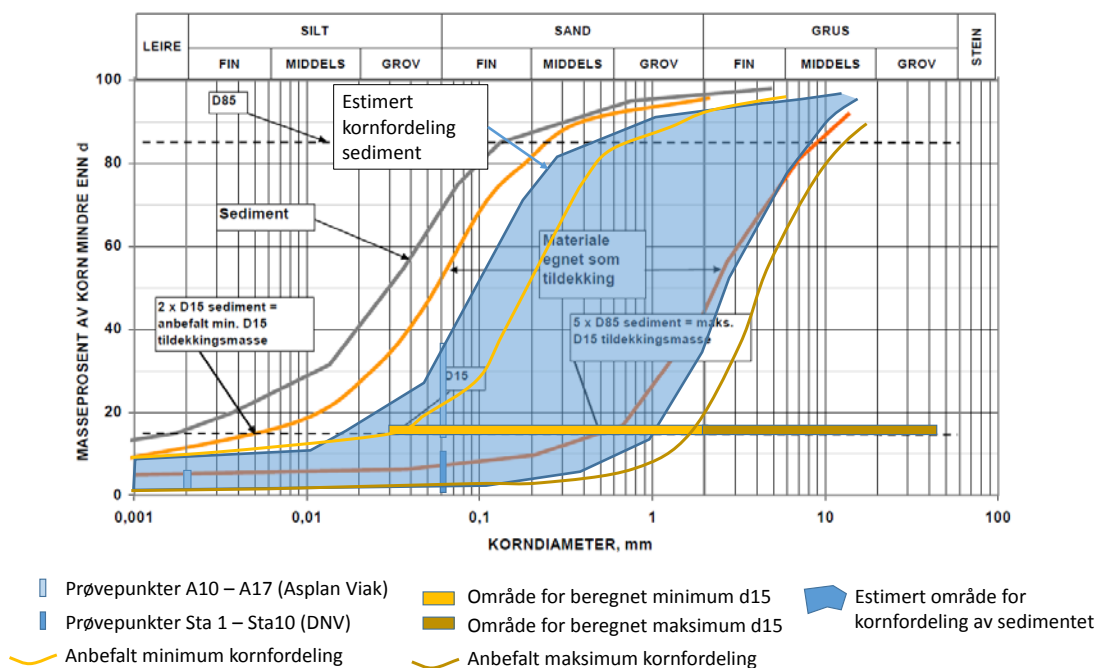
Der  $d_{15}$  og  $d_{85}$  er den korndiameteren som 15 %, henholdsvis 85 % (vekt) av kornene er mindre enn.

Det er vanlig at de samme forholdene, og i hvert fall kravet om  $d_{15}$  (erosjonslag)  $<$   $5*d_{85}$  (filterlag), også gjelder for de ulike lagene i en tildekking. For å unngå utvasking av finstoff fra filterlaget gjennom erosjonslaget.

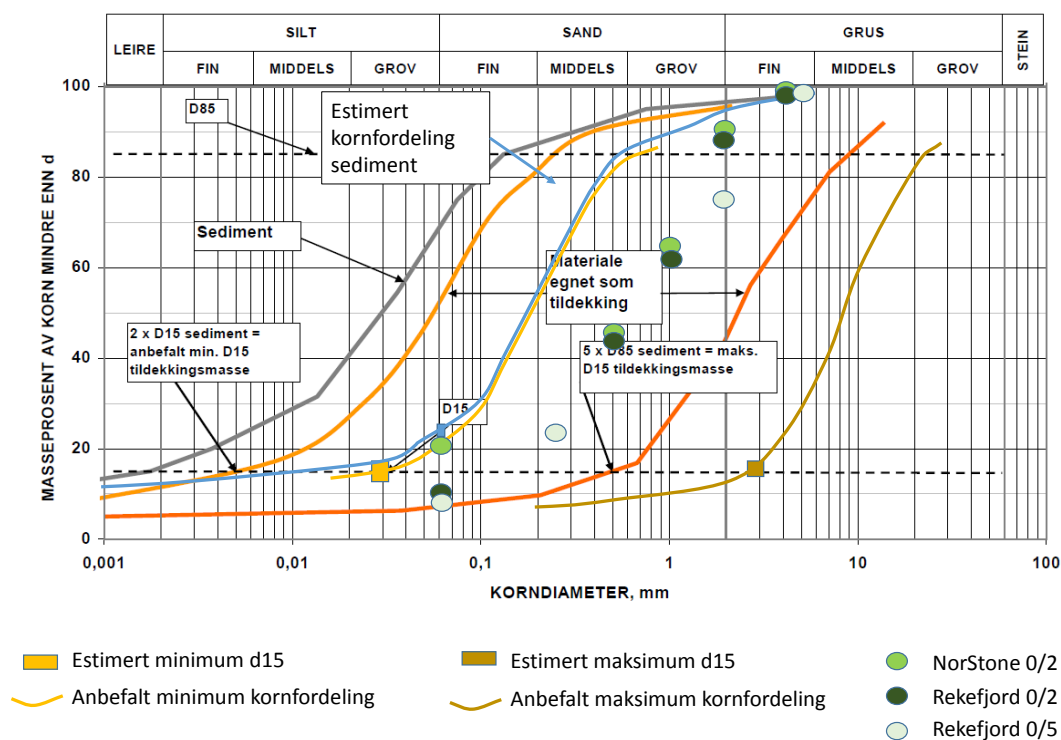
### 3.1 Kornfordeling i sedimentene og krav til kornfordeling filterlaget i tildekkingen

Kornfordelingen i sedimentet i begge områdene er undersøkt i forbindelse med kartlegging av forurenset sediment ved å analysere innhold av finstoff  $<63 \mu\text{m}$  og i noen prøver også  $< 2 \mu\text{m}$ . Det er antatt en gradering av disse materiale som er typisk for sedimenter og basert på denne er  $d_{15}$  og  $d_{85}$  for sedimentet estimert.

Basert på estimerte  $d_{15}$  og  $d_{85}$ -verdier er det laget en anbefaling om hvilken korngradering massene i filterlaget nederst mot sedimentet bør ha.



Figur 2 Estimert kornfordeling og anbefalte grenser for kornfordeling i filterlagsmasser for Engøysund-området



Figur 3 Estimert kornfordeling og anbefalte grenser for kornfordeling i filterlagsmasser for Bangarvåg-området. Kornfordeling for aktuelle masser fra Rekefjord og Norstone er plottet inn.

Figur 1 og Figur 2 vi ser anbefalt kornfordeling for tildekkingsmasser fra miljødirektoratet sin tildekkingsveileder (M-411) med inntegnet estimert kornfordeling basert på bestemmelse av mengde finstoff i sedimentet og anbefalte grenser for kornfordelingskurvene for massene som skal benyttes som filterlag nærmest sedimentet (tilsvarer blandingslag, kjemisk isolasjonslag og adveksjonslag i generelt design i tiltaksplanen). Kornfordelingen til tre aktuelle masser for dette formålet er også vist i figuren.

## 3.2 Erosjonsbeskyttelse av tildekkingen

For at tildekkingen skal beholde sin funksjon er det viktig at tildekkingsmassene i filterlaget blir liggende i ro. I områder med betydelig strøm er det derfor ofte nødvendig å beskytte tildekkingen med et lag med grovere masser (erosjonsbeskyttelse).

Det er vurdert behov for erosjonsbeskyttelse i tre ulike deler av tildekkingsområdet i Bangarvågen:

- Området mellom 8 og 10 m dyp der skoleskipet Gann manøvrerer
- Området dypere enn 10 m der Skoleskipet Gann manøvrerer
- Området i ytre Bangarvågen som ikke regnes som påvirket av propellstrøm



I Engøysundet har det ikke vært tilgjengelig informasjon om båttrafikk eller andre forhold som påvirker strømforholdene og det er ikke gjort noen egen vurdering der. Basert på flyfoto over dette området ser det ut til at det er en del båter i dette området, men at de ser ut til å være mindre enn skoleskipet Gann. Erosjonsbeskyttelsen som brukes i Bangarvågen kan sannsynligvis brukes også der.

### 3.2.1 Beregning av strømhastighet fra skoleskipet Gann

Opplysninger om propeller og motorkraft til skoleskipet Gann er tilsendt NGI fra Arnfinn Skadsheim i e-post 30. oktober 2015 i forbindelse med NGI sitt arbeid med tiltaksplan for Stavanger kommune (NGI, 2016). Skadsheim har ifølge eposten hentet informasjonen er fra Tore Haugvaldstad ved skoleskipet Gann:

Skoleskipet er 108 m langt, normaldybde gående 4,70 m, maks. Drøyt 4,80 m.

Motorkraft og propeller:

2 stk. 4 bladers akterpropeller på 3,5 m diameter og hver støttet av maks. 3200 hk.

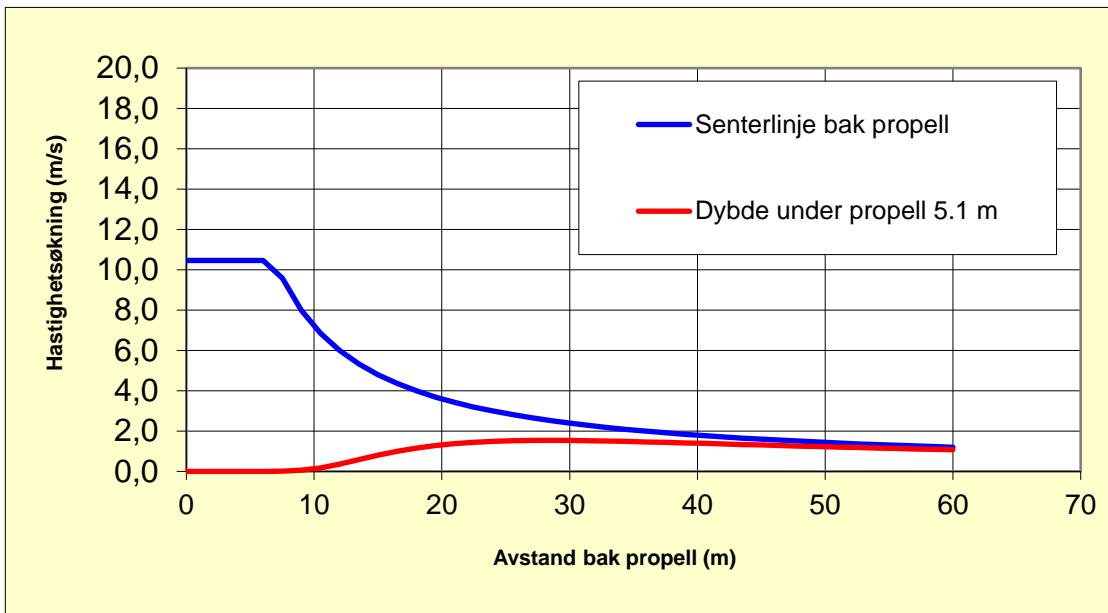
2 stk. 4 bladers baugpropeller på ca. 1 m diameter og hver støttet av maks. 400 hk.

Disse opplysningene er brukt til å beregne propellstrøm ved hjelp av et regnearkverktøy som NGI har utviklet (NGI 2002). Fra beregnet propellstrøm er det vurdert hvilken kornstørrelse som er nødvendig for å beskytte tildekkingen mot denne strømmen ved å benytte Hjulstrøms diagram (Figur 6) ved strømhastigheter  $\leq 2$  m/s og diagram fra NVE-veileder for erosjonsbeskyttelse i Figur 5 ( $d_{30}$ ) for strømhastigheter  $> 2$  m/s. Kornstørrelsen fra hjulstrømsdiagram er multiplisert med en faktor på 1,5 for å ta hensyn til usikkerhet. Verdien for  $d_{30}$  er multipliseres med 1,3 for å estimere  $d_{50}$ .

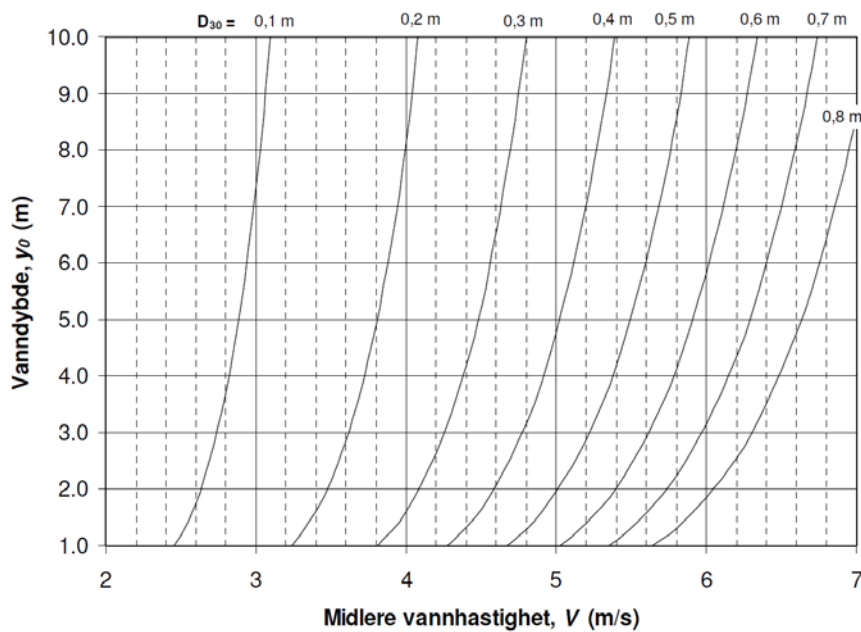
Nødvendig tykkelse for erosjonsbeskyttelseslaget estimeres ved å multiplisere  $d_{50}$ -verdiene med 3 dersom de er  $< 100$  mm og med 1,5 dersom  $d_{50} \geq 100$  mm. Tykkelsene rundes opp til nærmeste 10 cm.

#### **Propellstrøm i området der skoleskipet Gann manøvrerer**

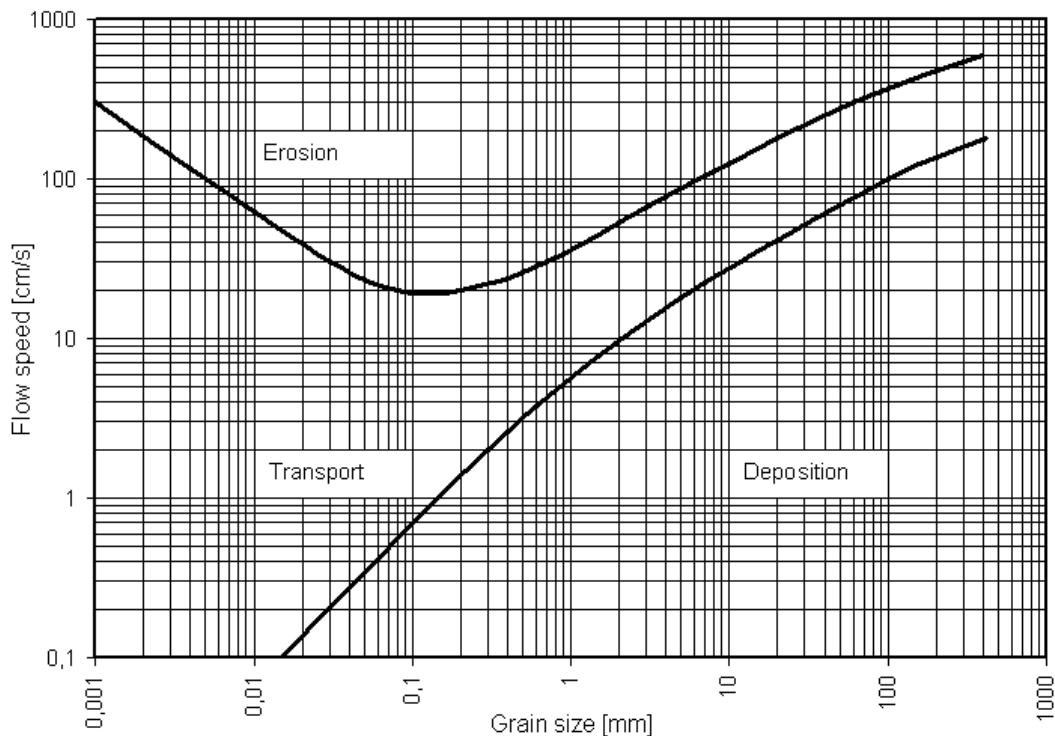
Figur 4 viser beregnet propellstrøm ved sjøbunnen fra skoleskipet Gann. Maksimum økt vannhastighet ved bunnen i området med dyp på mellom 8 og 10 m er 2.5 m/s. I området dypere enn 10 m gir beregningene en dimensjonerende strøm på 1,5 m/s.



Figur 4 Beregnet propellstrøm fra skoleskipet Gann



Figur 5 Diagram for dimensjonering av erosjonsbeskyttelse NVE (2009). Siden strømhastigheten er beregnet ved bunnen er alle avlesninger gjort ved 1,0 m vanddybde i denne figuren.



Figur 6 Hjulstrømsdiagram

Diagrammet vist i Figur 5 er benyttet for å lese av  $d_{30}$  for masser som kan brukes til erosjonssikring av strømhastigheter over 2 m/s. Dimensjonerende strømhastighet på 2,5 m/s gir  $d_{30}$  på 110 mm og estimert  $d_{50}$  på 143 mm. Det er anbefalt at en slik erosjonsbeskyttelse legges ut med en tykkelse på minst  $1,5 \times d_{50}$  dvs. 215 mm som rundes opp til 30 cm.

Fra 10 m vanddyb og dypere er dimensjonerende strøm 1,5 m/s noe som gir avlest  $d_{50}=20$ mm, og derfor anbefalt erosjonsbeskyttelse med masser med  $d_{50}$  på 30 mm og det anbefales en tykkelse på 10 cm.

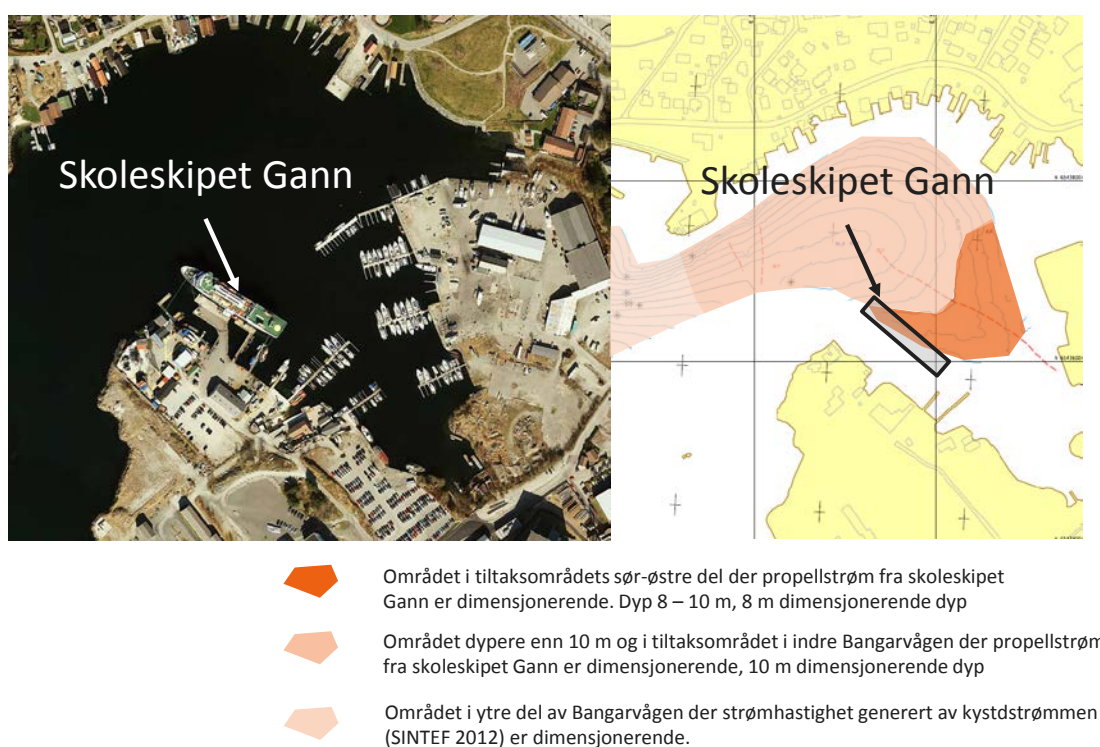
### Området i ytre Bangarvågen som ikke regnes som påvirket av propellstrøm

I områdene utenfor der skoleskipet Gann snur er det antatt at skipet bruker noe mindre motorkraft og siden skipet er i bevegelse vil strømhastigheten generert av skipet bli vesentlig mindre. Det er derfor antatt at strømmer generert av vind, bølger og andre oceanografiske forhold vil være dimensjonerende i ytre del av Bangarvågen. Sintef har i et notat anslått kyststrømmen utenfor Byfjorden som den faktoren som kan gi den kraftigste strømhastigheten også inne i Byfjorden. Denne strømmen er inne i Byfjorden anslått til ca 1/3 av strømhastigheten ved Randaberg. Maksimalt målt strømhastighet der er 120 cm/s. Det er derfor anslått at dimensjonerende strømhastighet for ytre del av

Bangarvågen er 40 cm/s. Dette gir en  $d_{50}$  på 1,3 mm avlest fra Hjulstrømsdiagram og en anbefalt  $d_{50}$  på 2 mm med en tykkelse på 10 cm som erosjonsbeskyttende lag.

### 3.2.2 Oppsummering av lag for erosjonsbeskyttelse i Bangarvågen

Figur 7 viser plasseringen av de ulike områdene som er vurdert. Tabell 2 oppsummerer anbefalte kornstørrelser og tykkelser for erosjonsbeskyttelse av tildekkingen i de ulike områdene.



Figur 7 Områdeinndeling for vurdering av erosjonsbeskyttelse.

Tabell 2 Erosjonsbeskyttelse i ulike områder i Bangarvågen

Område	Dimmensjon- erende vannstrøm	D50	Tykkelse	Aktuelle masser
Området 1, mellom 8 og 10 m dyp der skoleskipet Gann manøvrerer	2,5 m/s	143 mm	30 cm	Sprengstein
Området 2, dypere enn 10 m der Skoleskipet Gann manøvrerer	1,5 m/s	30 mm	10 cm	0/60
Området 3, i ytre Bangarvågen som ikke regnes som påvirket av propellstrøm	0,4 m/s	2 mm	10 cm	0/5*

\*d50 for denne massen er for lav men 10 cm mektighet med denne massene inneholder likevel nok materiale > 2 mm slik at dette gir tilstrekkelig erosjonsbeskyttelse.

Den anbefalte erosjonsbeskyttelsen tar kun hensyn til beregnet strømhastighet basert på mottatte data og antakelser som beskrevet. Uforutsette hendelser slik som behov for stans og start av Gann utenfor antatt område, manøvrering av andre fartøy eller andre forhold kan gi strømhastigheter som overskrider de som er antatt som dimensjonerende her. Den anbefalte erosjonsbeskyttelsen ansees likevel å gi en rimelig beskyttelse i forhold til risiko.

Dersom det ikke dekkes til i området mellom det planlagte tildekkingsområdet i dette prosjektet og land vil det være en betydelig risiko for resuspensjon av forurensning fra områder som ikke er dekket til. Dette kan føre til rekontaminering av tildekkingsområdene etter tildekkingen. I Engøysundet er det påvist svært høye konsentrasjoner av miljøgifter i sedimentene ved land (Asplan Viak 2013) og denne risikoen vil derfor være særlig betydelig her.

Det er også påpekt en risiko for fortsatt spredning fra kilder på land i noen av disse områdene.

Det anbefales at tiltakene i disse dypere områdene koordineres med tiltak langs land slik at denne risikoen minimeres.

Det er dessuten viktig at det endelige vanddyppet som oppnås er avklart med brukere av området slik at dette ikke kommer i konflikt med seilingsdyp eller andre behov. En slik vurdering er ikke gjort her.

### 3.3 Krav til miljøgiftinnhold i tildekkingsmassene

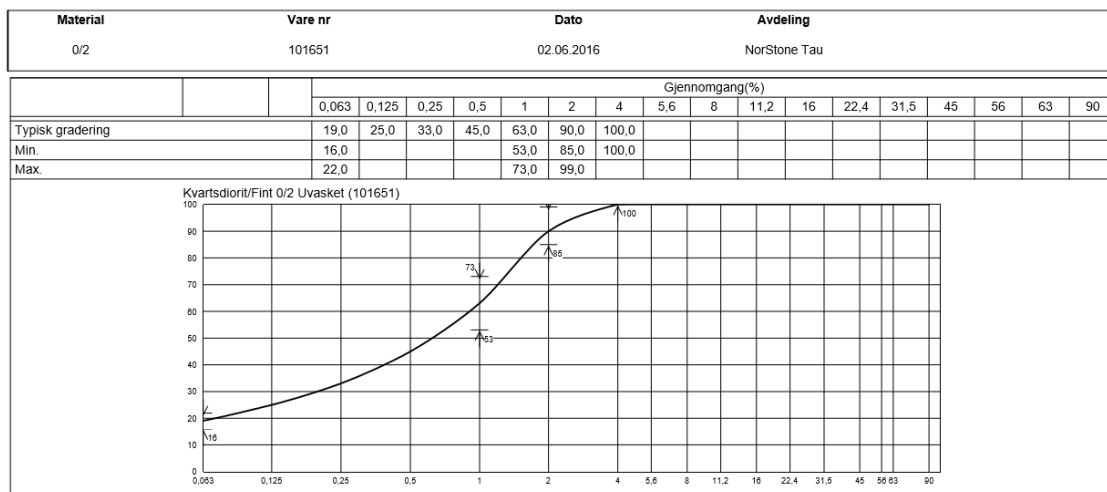
Miljødirektoratet sin veileder for testing av tildekkingsmasser M-411 (Miljødirektoratet 2016) definerer maksimumskonsentrasjoner for tungmetaller og organiske miljøgifter i masser som skal brukes som tildekkingsmasser på forurensede sedimenter. Denne veilederen erstatter tidligere veileder TA-2143 (Miljødirektoratet 2015). Den nye veilederen inneholder nye grenseverdier for en del stoffer og krever analyse av organiske miljøgifter dersom det ikke er sterke argumenter for at dette ikke er nødvendig.

### 3.4 Aktuelle filterlagsmasser (0 – 2 og 0 – 5 mm)

Tre ulike knuste steinmasser med en del finstoff er vurdert som filterlagsmasser. Kornfordelingen og resultater fra kjemiske analyser der det er gjort er beskrevet.

#### 3.4.1 Norstone Tau

Knuste masser 0-2 mm brytningsmasser av Kvartsdiorit for bygningsformål.



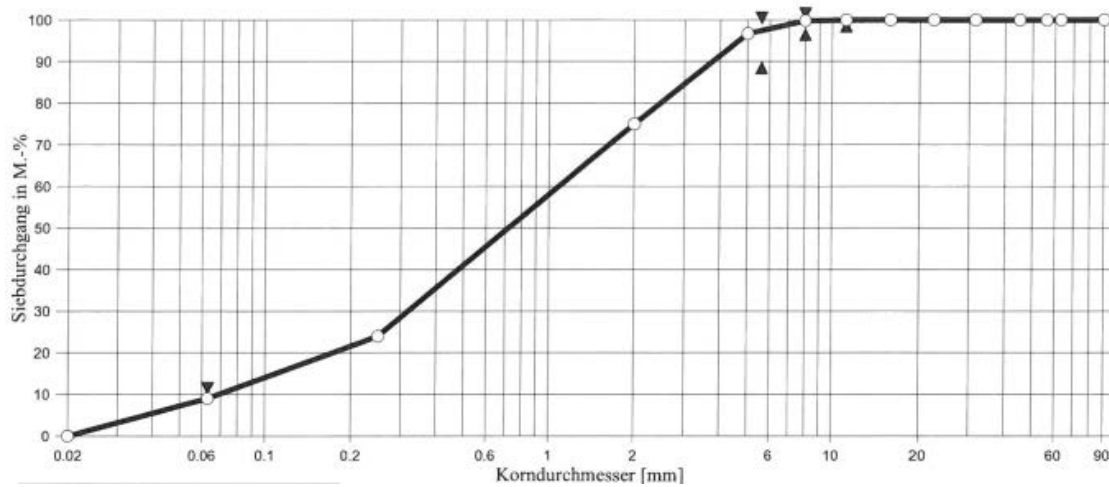
Figur 8 Kornfordeling for Norstone 0/2

Fra kornfordelingen er det funnet at  $d_{15} < 0,063$  mm,  $d_{85} < 2$  mm.

Ingen kjemiske analyser av dette materialet har vært tilgjengelig for NGI i forbindelse med denne vurderingen.

#### 3.4.2 Rekefjord Stone 0/5

Brytningsmasser av Ansit, knust og siktet til 0-5 mm.



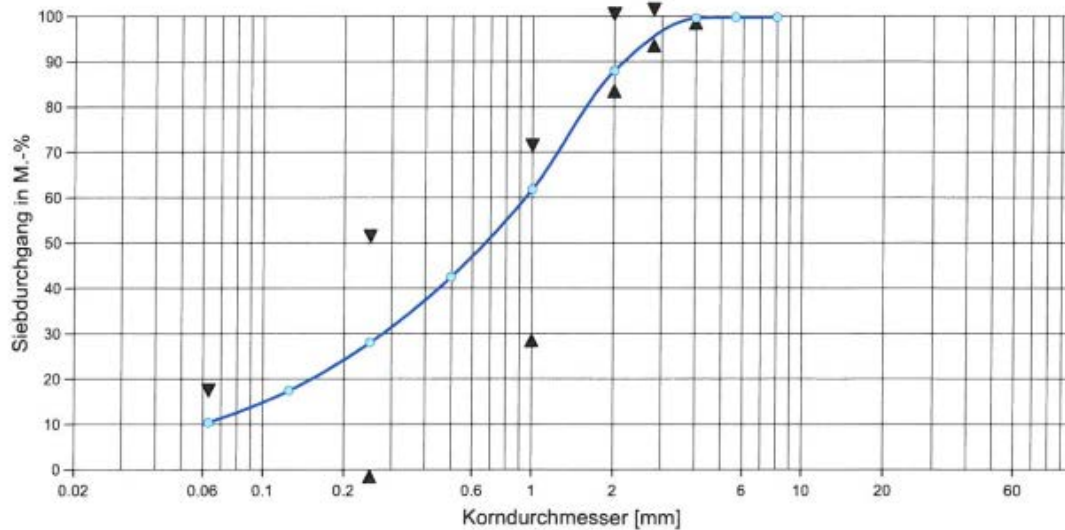
Figur 9 Kornfordeling for Rekefjord 0/5

Fra kornfordelingen er det funnet at  $d_{15} = 0,113$  mm,  $d_{85} = 3,09$  mm

Denne massen har en  $d_{50}$  på om lag 0,7 mm som er for lav for kravet til erosjonsbeskyttelsen også i området utenfor der skoleskipet Gann trafikkerer. Innholdet av korn med diameter  $> 2$  mm er likevel omlag 25% og med en tykkelse på erosjonslaget på 10 cm eller mer vil dette derfor gi nok beskyttelse mot erosjon selv om de mindre fraksjonene eroderes bort.

### 3.4.3 Rekefjord Stone 0/2

Brytningsmasser av Ansit, knust og siktet til 0-2 mm.



Figur 10 Kornfordeling for Rekefjord 0/2

Fra kornfordelingen er det funnet at  $d_{15} = 0,101$ ,  $d_{85} = 1,8$

### 3.4.4 Kjemisk analyse av massene fra Rekefjord

Tre ulike prøver av masser fra Rekefjord er analysert for innhold av 8 tungmetaller og TOC. Det er antatt at disse analysene er representative for både 0/2 og 0/5 massene. Analyserapporter fra disse analysene er vedlagt i vedlegg A og resultatene er gjengitt i Tabell 3 nedenfor.

Tabell 3 Analyse av tungmetaller i massene fra Rekefjord

Analyse	Enhet	Prøve 1	Prøve 2	Prøve 3	Tilstandsklasse II Akseptverdi for mudrede masser	Trinn 1 akseptverdier Akseptverdi for andre masser (fra land)
Tørrestoff (L)*	%	95.9	97.0	97.5		
As (Arsen)*	mg/kg	<0.8	<0.5	0.599	< 18	8
Cd	mg/kg	<0.02	<0.02	<0.02	< 2.5	1.5
Cr (Krom)*	mg/kg	143	94.4	115	< 660	50
Cu (Kopper)*	mg/kg	10.2	5.84	5.96	< 84	100
Hg	mg/kg	<0.02	<0.02	<0.02	< 0,52	1
Ni (Nikkel)*	mg/kg	21.3	9.45	25.8	< 42	60
Pb (Bly)*	mg/kg	1.47	1.28	1.34	< 150	60
Zn (Sink)*	mg/kg	27.9	25.4	32.6	< 139	200
Tørrestoff (DK)	%	95.1	92.8	73.4		
TOC	% TS	<0.20	<0.20	<0.20		1%



Verdiene for alle disse parameterne er lavere enn tilstandsklasse II for forurensede sedimenter (Trinn 1 akseptverdi for mudrede masser). Verdiene er også lavere enn akseptverdiene for masser på land basert på forurenset grunn normverdi, bortsett fra for Cr som ligger 3 ganger høyere enn normverdien, men 3 ganger lavere enn de toksbasert grenseverdiene for forurensede sedimenter.

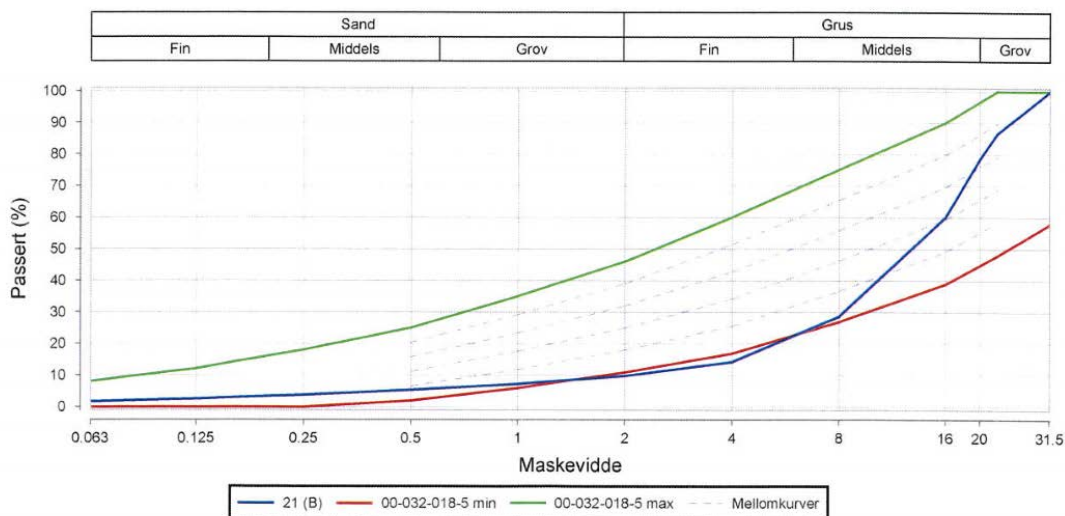
Det er i den nye veilederen for testing av tildekkingsmasser (M-411, Miljødirektoratet 2016) beskrevet at brytningsmasser også skal analyseres for innhold av organiske miljøgifter. Denne veilederen ble publisert 13. september 2016, altså etter at SVV hadde startet arbeidet med å vurdere disse massen. Siden slike analyser ikke var et karv i tidligere utgave av denne veilederen og siden det ikke er mistanke om betydelige organiske forurensninger i knuste masser (brytningsmasser) mener NGI det er akseptabelt at disse massene kun vurderes ut ifra tungmetallinnhold.

Basert på innholdet av tungmetaller ansees massene som egnet som tildekkingsmasser selv om konsentrasjonen av Cr er høyere enn akseptverdien basert på normverdi for jord. Konsentrasjonen av Cr er likevel betydelig lavere enn grenseverdien for tilstandsklasse II for sedimenter. Sintef har kommet til samme konklusjon ved tidligere vurdering av disse massene blant annet basert på at konsentrasjonene vurderes å "representere det naturlige innholdet av tungmetaller i naturlig fjell og grus" (SINTEF 2015).

### 3.5 Aktuelle erosjonslagsmasser/sprengstein

Det er også vurdert en fraksjon av sprengtstein fra driving av Ryfast-tunellen som kan være aktuell som masse for erosjonsbeskyttelse.

#### 3.5.1 Knuste masser fra Ryfast



NGI har vurdert en fraksjonene med masser fra 0 til 32 mm med en  $d_{50}$  på om lag 12 mm. Denne massen er i utgangspunktet er for fin for å kunne brukes som erosjonsbeskyttelse i områdene der skoleskipet Gann manøvrerer. Massen inneholder imidlertid noe materiale med diameter på 30 mm som er  $d_{50}$  kravet for områdene dypere enn 10m. Det kan vurderes å benytte disse massene i dette området dersom man kan akseptere noe større risiko for erosjonsskade på tildekkingen. Denne kan eventuelt reduseres ved å øke tykkelsen på erosjonsbeskyttelsen.

Det er også tilgjengelig usorterte sprengstein som også er aktuelle masser til erosjons-sikring. Dette vil ifølge Statens vegvesen være masser med en "*unyansert sammensetning av fraksjon avhengig av bergkvalitet, sprengning mm. Alt ifra 0/1000-1500 millimeter*". Denne massen vil sannsynligvis være grov nok til å kunne brukes som erosjonsbeskyttelse. Dersom denne massen brukes som erosjonsbeskyttelse må den legges ut slik at den også beskytter mot utvasking av finstoff fra filtermassene under. Dette vil være avhengig av innholdet av finstoffet i denne massen. En mektighet på 1,5 m eller mer vurderes å være tilstrekkelig for at denne massen skal gi beskyttelse også mot utvasking.

Det er ikke her gjort en vurdering av kjemisk innhold i disse massene.

## 4 Andre forhold

Det planlegges også å fylle ut stein med en mektighet på 2 m i gjennomsnitt. Det er derfor viktig å vurdere stabiliteten i området ved en slik tildekking. En slik vurdering av geoteknisk stabilitet av tildekking og utfyllingen er *ikke* gjort som en del av vurderingene som er beskrevet her.

## 5 Referanser

Asplan Viak 2013

Pynteneset Eiendom AS og Johan Stangeland Eiendom AS. Supplerende sedimentundersøkelser Klasaskjær. Oppdrag: 531871 – Dato: 2013-02-14

Miljødirektoratet 2016

Testprogram for tildekkingsmasser. Veileder: M-411. Publisert: 13.09.2016

NGI 2002

Propellindusert strømningshastighet. NGI-teknisk notat20021244, datert 2002-12-11

NGI 2016

Stavanger kommune. Tiltaksplan for forurenset sjøbunn i fire sjøområder. NGI rapport 20150658-01-R, rev 02, datert 21/6-16

SINTEF 2012. Utfylling på Buøy. Stømningsmessige konsekvenser–revidert utgave PROSJEKTNR/SAKNR: 804052.29. Datert 2012/08/28

SINTEF 2015

Kjemisk analyse av nedknust fjell Bestemmelse av tungmetallinnhold og totalt organisk karbon. PROSJEKTNR 102011805. Datert 2015-11-02.

# Vedlegg A

ANALYSERAPPORTER





Registrert 2015-09-03 09:41  
Utstedt 2015-09-15

SINTEF Byggforsk Vann og miljø  
Christian Engelsen

Postboks 124 Blindern  
N-0314 Oslo  
Norge

Prosjekt Analyse av knust fjell  
Bestnr

## Analyse av material

Deres prøvenavn	<b>Prøve 1</b> <b>Bygn.material</b>					
Labnummer	N00383425					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L)*	95.9		%	1	W	HEBJ
As (Arsen)*	<0.8		mg/kg TS	1	S	HEBJ
Cd (Kadmium)*	<0.02		mg/kg TS	1	S	HEBJ
Cr (Krom)*	143		mg/kg TS	1	S	HEBJ
Cu (Kopper)*	10.2		mg/kg TS	1	S	HEBJ
Hg (Kvikksølv)*	<0.02		mg/kg TS	1	G	HEBJ
Ni (Nikkel)*	21.3		mg/kg TS	1	S	HEBJ
Pb (Bly)*	1.47		mg/kg TS	1	S	HEBJ
Zn (Sink)*	27.9		mg/kg TS	1	S	HEBJ
Tørrstoff (DK)	95.1	9.51	%	2	1	HABO
TOC	<0.20		% TS	2	1	HABO

Deres prøvenavn	<b>Prøve 2</b> <b>Bygn.material</b>					
Labnummer	N00383426					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L)*	97.0		%	1	W	HEBJ
As (Arsen)*	<0.5		mg/kg TS	1	S	HEBJ
Cd (Kadmium)*	<0.02		mg/kg TS	1	S	HEBJ
Cr (Krom)*	94.4		mg/kg TS	1	S	HEBJ
Cu (Kopper)*	5.84		mg/kg TS	1	S	HEBJ
Hg (Kvikksølv)*	<0.02		mg/kg TS	1	G	HEBJ
Ni (Nikkel)*	9.45		mg/kg TS	1	S	HEBJ
Pb (Bly)*	1.28		mg/kg TS	1	S	HEBJ
Zn (Sink)*	25.4		mg/kg TS	1	S	HEBJ
Tørrstoff (DK)	92.8	9.28	%	2	1	HABO
TOC	<0.20		% TS	2	1	HABO



Deres prøvenavn	<b>Prøve 3</b>					
	<b>Bygn.material</b>					
Labnummer	N00383427					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L)*	97.5		%	1	W	HEBJ
As (Arsen)*	0.599		mg/kg TS	1	S	HEBJ
Cd (Kadmium)*	<0.02		mg/kg TS	1	S	HEBJ
Cr (Krom)*	115		mg/kg TS	1	S	HEBJ
Cu (Kopper)*	5.96		mg/kg TS	1	S	HEBJ
Hg (Kvikksølv)*	<0.02		mg/kg TS	1	G	HEBJ
Ni (Nikkel)*	25.8		mg/kg TS	1	S	HEBJ
Pb (Bly)*	1.34		mg/kg TS	1	S	HEBJ
Zn (Sink)*	32.6		mg/kg TS	1	S	HEBJ
Tørrstoff (DK)	73.4	7.34	%	2	1	HABO
TOC	<0.20		% TS	2	1	HABO



\* etter parameternavn indikerer uakkreditert analyse.  
 n.d. betyr ikke påvist.  
 n/a betyr ikke analyserbart.  
 < betyr mindre enn.  
 > betyr større enn.

Metodespesifikasjon	
1	<p><b>Bestemmelse av metaller etter pakke MG-2</b></p> <p>Metode: Analyse med ICP-SFMS er utført ihht. ISO 17294-1, 2 (mod), samt EPA-metode 200.8 (mod).                      Analyse av Hg med AFS er utført ihht. ISO 17852.                      Tørrstoff er utført ihht. SS 028113-1.</p> <p>Prøve forbehandling: For analyse av As, Cd, Cu, Co, Hg, Ni, Pb, Sb, S, Se, Sn og Zn: Prøven tørkes ved 50°C og oppløses ihht. ASTM D3683 (mod.). Verdiene korrigeres til TS ved 105°C. For øvrige elementer er oppløsningen utført ihht. ASTM D3682 (smeltes med LiBO<sub>2</sub>).                      Glødetap (LOI) utføres ved 1000°C.</p> <p>Note: Rapporteringsgrenser og måleusikkerhet kan påvirkes av f.eks. behovet for fortykning av prøven grunnet prøvematriks eller liten prøvemende.</p>
2	<p><b>Bestemmelse av TOC i jord</b></p> <p>Metode: DS/EN ISO 13137</p> <p>Måleprinsipp: TOC bestemmes ved å måle TC og IC (TOC = TC - IC).</p> <p>TC                      Bestemmelse av TC foregår ved brenning av prøve ved 1100 °C gjennom en katalysator, hvor all uorganisk og organisk materiale bli oksidert for å danne CO<sub>2</sub>. CO<sub>2</sub> innholdet måles deretter i en IR-detektor.</p> <p>IC                      Bestemmelse av IC foregår ved å tilsette syre til prøven for derved å danne CO<sub>2</sub> ved dekomponering av uorganisk komponenter. CO<sub>2</sub> innholdet blir målt i samme IR-detektor.</p> <p>Rapporteringsgrenser: LOD 500 mg/kg TS</p>

Godkjenner	
HABO	Hanne Boklund
HEBJ	Hege Finanger Bjørnbakk

Underleverandør <sup>1</sup>	
G	<p>AFS</p> <p>Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige                      Akkreditering: SWEDAC, registreringsnr. 2030</p>
S	ICP-SFMS

<sup>1</sup> Utførende teknisk enhet (innen ALS Laboratory Group) eller eksternt laboratorium (underleverandør).



	<b>Underleverandør<sup>1</sup></b>	
	Ansvarlig laboratorium: Akkreditering:	ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige SWEDAC, registreringsnr. 2030
W	Ansvarlig laboratorium: Akkreditering:	ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige SWEDAC, registreringsnr. 2030
1	Ansvarlig laboratorium: Akkreditering:	ALS Denmark A/S, Bakkegårdsvej 406A, 3050 Humlebæk, Danmark DANAK, registreringsnr. 361

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside [www.alsglobal.no](http://www.alsglobal.no)

Den digitalt signert PDF-fil representerer den opprinnelige rapporten. Eventuelle utskrifter er å anse som kopier.



<b>Dokumentinformasjon/Document information</b>		
<b>Dokumenttittel/Document title</b> Vurdering av tildekkingsmasser ved tildekking av forurenset sjøbunn i Bangarvågen og ved Engøy		<b>Dokumentnr./Document no.</b> 20160682-01-TN
<b>Dokumenttype/Type of document</b> Teknisk notat / Technical note	<b>Oppdragsgiver/Client</b> Statens vegvesen	<b>Dato/Date</b> 2016-11-01
<b>Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/Proprietary rights to the document according to contract</b> NGI		<b>Rev.nr. &amp; dato/Rev.no. &amp; date</b> 1 / 2016-11-08
<b>Distribusjon/Distribution</b> BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
<b>Emneord/Keywords</b> Tildekking, tildekkingsmasser		

<b>Stedfesting/Geographical information</b>	
<b>Land, fylke/Country</b> Norge, Rogaland	<b>Havområde/Offshore area</b>
<b>Kommune/Municipality</b> Stavanger	<b>Felt navn/Field name</b>
<b>Sted/Location</b> Bangarvågen, Engøysundet	<b>Sted/Location</b>
<b>Kartblad/Map</b>	<b>Felt, blokknr./Field, Block No.</b>
<b>UTM-koordinater/UTM-coordinates</b> Sone: Øst: Nord:	<b>Koordinater/Coordinates</b> Projeksjon, datum: Øst: Nord:

<b>Dokumentkontroll/Document control</b> Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
<b>Rev/Rev.</b>	<b>Revisjonsgrunnlag/Reason for revision</b>	<b>Egenkontroll av/Self review by:</b>	<b>Sidemannskontroll av/Colleague review by:</b>	<b>Uavhengig kontroll av/Independent review by:</b>	<b>Tverrfaglig kontroll av/Inter-disciplinary review by:</b>
0	Originaldokument	2016-11-01 Espen Eek	2016-11-02 Arne Pettersen		
1	Tekstlige justeringer	2016-11-08 Espen Eek	2016-11-08 Arne Pettersen		

<b>Dokument godkjent for utsendelse/Document approved for release</b>	<b>Dato/Date</b> 8. november 2016	<b>Prosjektleder/Project Manager</b> Espen Eek
---	--------------------------------------	---

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemand uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.

