

Til: Hjellnes Consult AS  
 Fra: Norconsult v/Gunn Lise Haugestøl  
 Dato/Rev: 4. august 2015

## Beregninger av propelloppvirvling av forurenset sediment i Dalsbukta som følge av endret bruk av havneområdet ( KU, Alternativ 0, 0+)

Dette notatet er vedlegg til "Delutredning: Naturtilstanden i Dalenbukta Eidangerfjorden" av 04.08.2015. Den omhandler endringer i forurensningsspredning som følge av endret aktivitet i havneområdet. Beregningene er basert på forurensningsdata fra rapporten «Miljøundersøkelse i Dalsbukta. Risikovurdering trinn 1 og 2 i sjø» (Norconsult 2010). Prøvene som risikovurderingen ble gjort på grunnlag av, ble tatt i 2009.

### BEREGNING AV PROPELLOPPVIRVLING

Flere forutsetninger ligger til grunn for beregningene, da det er noen usikkerheter knyttet til endret bruk av havneområdet. Figuren nedenfor viser forutsatte traseer, med antatte skipsstørrelser som vil kunne gå til de ulike kaiene. Fordi det ikke er kjent hvilke skip som vil brukes er det gjort beregninger med tre skipskategorier (A, B og C).

- Skip A: 2000-4000 dwt  
«Kristian With» er brukt som eksempel for denne kategorien.
- Skip B: transport av maks 6000 Dwt.  
«Conberria» er brukt som eksempel i fartøyskategori «skip B». Canberria ble også brukt som eksempel i beregninger av propelloppvirvling i Dalsbukta fra 2003 (Norconsult 2003)
- Skip C: maks 17 000 Dwt  
«Splittnes» er et mulig skip som Norcem vil anskaffe, og dette er derfor brukt som et eksempel på et større skip i beregningene.

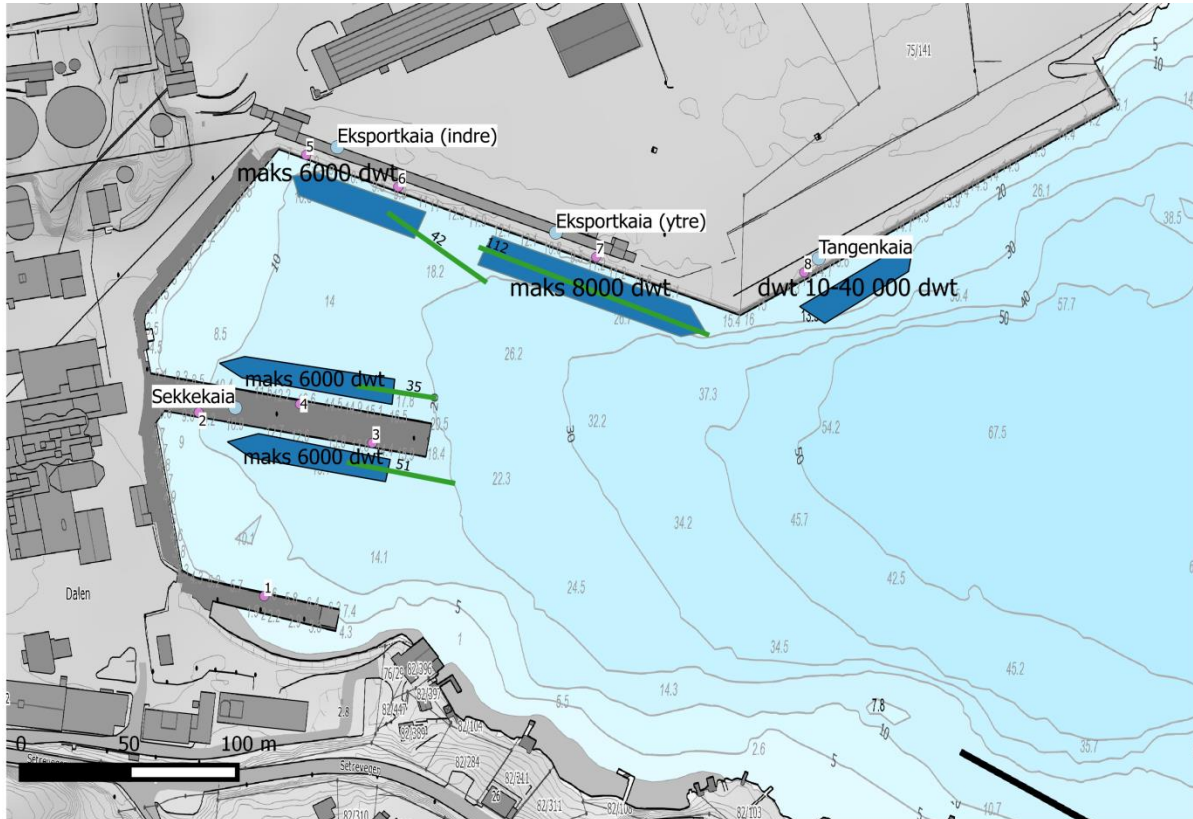
For enkelhets skyld er det forutsatt at skipstypene innenfor samme kategori har lik bredde og propelldybde i beregningene. Propelldypet er satt konservativt til skipets dypgang. Det er beregnet oppvirvling ved anløp og ved avgang. Oversikt over data for hver skipstype er vist i tabellen nedenfor, tabell 1.

Tabell 1: Oversikt over propelldyp og skipsbredde brukt i beregningene

Skipstype	Størrelse (dwt)	Propelldyp	Skipsbredde
Skip A	2000-4000 dwt	5,54 m	12,9 m
Skip B	Maks 6 000	6,5 m	15,8 m
Skip C	Maks 17 000	9,52 m	20,5 m

Seilingsmønstre i havneområdet som er brukt i beregningene er vist i tabellen nedenfor. Anløp til Norcem er basert på informasjon fra bedriften og på havnedata fra 2013. Nummerering av kaiene og traselengder er vist i kartet nedenfor, figur 1.

For anløp til kai 7 (Eksportkaia ytre), er det oppgitt at skip i kategorien C vil manøvreres med akterenden inn mot bukta. Derfor er trasélengden noe lenger for denne skipskategori.



Figur 1: Traseer lagt til grunn for beregninger av skipsoppvirvling. Her synes også trasélengder innenfor 20 meters-koten.

## BEREGNET PROPELLOPPVIRVLING

Forventede anløp til kaiene for de ulike utredningsalternativene er vist i oversikten i tabell Tabell 2 på neste side. Antall anløp er hentet fra notat med nøkkelopplysninger (Hjellnes Consult, 08.04.14).

Formelen for utregningen av oppvirvlet finstoff gir et konservativ høyt bidrag bl.a. fordi den ikke tar hensyn til at skipene seiler i et fast mønster og etablerer et nedre erosjonsnivå hvor det ikke lenger forekommer oppvirvling utover «ekstremstusjoner». Konkret modellering av forholdene på stedet vil gi et korrekt svar.

*Formel 1: Formel benyttet for beregning av oppvirvlet sediment ved skipsanløp.*

$$m_{\text{sed}} = (24,78 \times (D_i - P_d)^{-1,24}) \times B_r \times f_{\text{si}} \times T_{\text{ri}}$$

hvor

$m_{\text{sed}}$  = kg finmateriale virvlet opp pr anløp (kg tørrvekt),

$D_i$  = Gjennomsnittlig vanddyb (m)

$P_d$  = Propelldyp (m)

$B_r$  = Skipsbredde (m)

$f_{\text{si}}$  = Fraksjon <63µm og

$T_{\text{ri}}$  = Trasélengde (m).

For beregningene er tatt utgangspunkt i at Norcems trafikk i dag er fordelt på kaiene i ht. om det er inngående eller utgående frakt. Fremtidig skipstrafikk fra/ til Norcem er forutsatt til kai 7.

Trasélengder som er brukt i beregningene er forutsatt lik inn og ut til kai. Dette blir en forenkling i ft. den reelle påvirkningen.

Tabell 2: Oversikt over skipstrafikk benyttet i beregninger av oppvirvlet mengde sediment per anløp til kaier i Dalsbukta.

Oversikt over skipstrafikk	Totalt antall anløp per år	Type Skip	Anløp (år)	Kai 1	Kai 2	Ka i 3	Kai 4	ka i5	Kai 6	Kai 7	Kai 8	Kommentar
Alternativ 0	430	Skip A	78		4		4		70			
		Skip B	352		15		15		30	290	2	
		Skip C	0									
Alternativ 0+	447	Skip A	120		20		20		80			
		Skip B	280							280		
		Skip C	47							47		(Manøvrert med akterenden inn mot bukta)

Siden det er grus utenfor kai 8, Tangenkaia (Norconsult 2010), er det ikke beregnet bidrag til propelloppvirvling fra dette området.

Tabell 3: Beregnet oppvirvlet mengde sediment pr. skipsanløp (msed pr. anløp) og total mengde oppvirvlet sediment pr år for kai 2, 3, 4 og 7 for de ulike utredningsalternativene alternativ 0, alternativ 0+.

Posisjon, kai	Skipstype	Di	Pd	Br	fsi	Tri	msed (kg per anløp)	Alternativ 0: Dagens situasjon		Alternativ 0+: Produksjon basert på steinimport	
								skipsanløp per år	msed per år (kg)	antall skipsanløp per år	msed per år (kg)
2	A	15	5,54	12,9	0,689	51	692	4	2768	20	13839
	B	15	6,5	15,8	0,689	51	968	15	14516		0
	C	15	9,52	20,5	0,689	51	2164		0		0
	D	15	5,6	9,5	0,689	51	514		0		0
4	A	15	5,54	12,9	0,752	35	519	4	2075	20	10373
	B	15	6,5	15,8	0,752	35	725	15	10881		0
	C	15	9,52	20,5	0,752	35	1622		0		0
	D	15	5,6	9,5	0,752	35	385		0		0
5 og 6	A	15	5,54	12,9	0,752	42	622	70	43566	80	49790
	B	15	6,5	15,8	0,752	42	870	30	26114		0
	C	15	9,52	20,5	0,752	42	1946		0		0
7	A	15	5,54	12,9	0,357	56	394		0		0
	B	15	6,5	15,8	0,357	56	551	290	159784	280	154274
	C	15	9,52	20,5	0,357	112	2464		0	47	115811
<b>Sum skipsanløp</b>								<b>428</b>		<b>447</b>	
<b>Sum kg/år</b>								<b>259703</b>		<b>344087</b>	
<b>Sum tonn/år</b>								<b>260</b>		<b>344</b>	
<b>Sum tonn for både anløp og avgang (antall anløp x 2)</b>								<b>519</b>		<b>688</b>	
<b>Sum kg per anløp (sum kg/år delt på antall skipsanløp)</b>								<b>1214</b>		<b>1540</b>	

## BEREGNET SPREDNING AV FORURENSNING VED SKIPSANLØP

Mengde sediment som spres per anløp danner utgangspunktet for å beregne forureningsspredning for de ulike utredningsalternativene.

Beregningene er gjort med regnearket som følger Miljødirektoratets veiledning «Risikovurdering av forurenset sediment», TA-2802/2012. Det er lagt ett regneark per utredningsalternativ.

Informasjon som er lagt inn i regnearkene:

- Konsentrasjon sediment, fra risikovurdering (Norconsult 2010)
- TOC: 1,519 (gjennomsnittlig verdi for alle prøver fra sedimentbassenget)
- Fraksjon <2 µm: Gjennomsnitt for alle prøver fra sedimentbassenget: 0,0322
- Sedimentareal i bassenget: 49 579 m<sup>2</sup>
- Vannvolum i hele bassenget: 563 961 m<sup>3</sup>
- Oppholdstid til vannet i bassenget: 0,01917808 år (1 uke)
- Antall skipsanløp per år: Fra Tabell 2

Mengde oppvirvlet sediment per anløp: Tabell 3.

- Traselengde for skipsanløp i sedimentareal påvirket av skipsoppvirvling T(m) : 90 meter (lengste innselingstrase påvirket av oppvirvling <20 m dypt)
- Sedimentareal påvirket av oppvirvling: 2x skipsbredden i innselingstrase frem til kai i bruk.
  - Alternativ 0: 5 814 m<sup>2</sup>
  - Alternativ 0+: 3 564 m<sup>2</sup>

Resultatene fra beregningene er vist i avsnittene nedenfor. Siden målet er å sammenligne beregnet spredning av forurenset sediment er det trukket ut to tabeller for hvert alternativ:

- Beregnet spredning i forhold til tillatt spredning. Beregningen legger til grunn konsentrasjoner i sedimentet i skillet mellom tilstandsklasse 2 og 3. Resultatet brukes til å beregne årlig (mengde) til vannsøylen.
- Beregnet sjøvannskonsentrasjon ved spredning, i forhold til PNEC (for vann er det beregnet overskridelser av grensen mellom tilstandsklasse II/III, grensen for kroniske effekter ved langtidseksponering). Resultatet viser effekter på vannlevende organismer.

Tabellene viser kun beregnet spredning og beregnet sjøvannskonsentrasjon der resultatet overskrider grenseverdi.

## Alternativ 0:

Tabell 4: Beregnet spredning i forhold til tillatt spredning for «alternativ 0».

Stoff	Beregnet spredning ikke påvirket av skipsoppvirvling ( $F_{diff} + F_{org}$ )		Beregnet spredning inkludert skipsoppvirvling ( $F_{diff} + F_{org} + F_{skip}$ )		Spredning ( $F_{tot}$ ) dersom $C_{sed}$ er lik grenseverdi for trinn 1 ( $mg/m^2/år$ )	$F_{tot}$ i forhold til tillatt spredning (antall ganger):	
	Maks ( $mg/m^2/år$ )	Middel ( $mg/m^2/år$ )	$F_{tot, maks}$ ( $mg/m^2/år$ )	$F_{tot, middel}$ ( $mg/m^2/år$ )		Maks	Middel
Bly	9,01E+00	5,25E+00	7,96E+02	4,64E+02	3,64E+02	2,18	1,27
Kobber	2,53E+01	1,57E+01	5,26E+02	3,28E+02	2,35E+02	2,24	1,40
Fluoranten	1,17E+00	4,26E-01	2,00E+00	7,26E-01	1,69E+00	1,18	
Benzo(a)antracen	1,90E-01	1,01E-01	4,07E-01	2,15E-01	3,89E-01	1,05	
Benzo(ghi)perylene	1,57E-01	1,07E-01	2,94E-01	2,01E-01	1,32E-01	2,22	1,52
Tributyltinn (TBT-ion)	7,89E+01	3,96E+01	1,08E+02	5,41E+01	1,59E+01	6,76	3,39

Tabell 5: Beregnet sjøvannskonsentrasjon ved spredning, vurdert i forhold til PNEC for «alternativ 0».

Stoff	Beregnet sjøvannskonsentrasjon		Målt sjøvannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, $PNEC_w$ ( $mg/l$ )	Beregnet sjøvannskonsentrasjon i forhold til $PNEC_w$ (antall ganger):	
	$C_{sv, maks}$ ( $mg/l$ )	$C_{sv, middel}$ ( $mg/l$ )	$C_{sv, maks}$ ( $mg/l$ )	$C_{sv, middel}$ ( $mg/l$ )		Maks	Middel
Kobber	8,86E-04	5,52E-04	ikke målt	ikke målt	6,4E-04	1,38	
Tributyltinn (TBT-ion)	1,70E-04	8,55E-05	ikke målt	ikke målt	2,1E-07	811,68	407,27

## Alternativ 0+:

Tabell 6: Beregnet spredning i forhold til tillatt spredning for «alternativ 0+».

Stoff	Beregnet spredning ikke påvirket av skipsoppvirvling ( $F_{diff} + F_{org}$ )		Beregnet spredning inkludert skipsoppvirvling ( $F_{diff} + F_{org} + F_{skip}$ )		Spredning ( $F_{tot}$ ) dersom $C_{sed}$ er lik grenseverdi for trinn 1 ( $mg/m^2/år$ )	$F_{tot}$ i forhold til tillatt spredning (antall ganger):	
	Maks ( $mg/m^2/år$ )	Middel ( $mg/m^2/år$ )	$F_{tot, maks}$ ( $mg/m^2/år$ )	$F_{tot, middel}$ ( $mg/m^2/år$ )		Maks	Middel
Bly	9,01E+00	5,25E+00	7,07E+02	4,12E+02	3,24E+02	2,18	1,27
Kobber	2,53E+01	1,57E+01	4,70E+02	2,93E+02	2,10E+02	2,24	1,40
Fluoranten	1,17E+00	4,26E-01	1,91E+00	6,92E-01	1,59E+00	1,20	
Benzo(a)antracen	1,90E-01	1,01E-01	3,83E-01	2,03E-01	3,58E-01	1,07	
Benzo(ghi)perylene	1,57E-01	1,07E-01	2,79E-01	1,91E-01	1,22E-01	2,29	1,57
Tributyltinn (TBT-ion)	7,89E+01	3,96E+01	1,05E+02	5,24E+01	1,54E+01	6,77	3,40

Tabell 7: Beregnet sjøvannskonsentrasjon ved spredning, vurdert i forhold til PNEC for «alternativ 0+».

Stoff	Beregnet sjøvannskonsentrasjon		Målt sjøvannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, PNEC <sub>w</sub> (mg/l)	Beregnet sjøvannskonsentrasjon i forhold til PNEC <sub>w</sub> (antall ganger):	
	C <sub>sv</sub> , maks (mg/l)	C <sub>sv</sub> , middel (mg/l)	C <sub>sv</sub> , maks (mg/l)	C <sub>sv</sub> , middel (mg/l)		Maks	Middel
Kobber	7,91E-04	4,93E-04	ikke målt	ikke målt	6,4E-04	1,24	
Tributyltinn (TBT-ion)	1,65E-04	8,28E-05	ikke målt	ikke målt	2,1E-07	785,66	394,21

## OPPSUMMERING

Beregningene viser at ved endret seilingsmønster i havna kan spredning av forurensning forventes å gå ned ved alternativ 0+, i forhold til alternativ 0. Dette er hovedsakelig på grunn av reduksjon i båttrafikk til indre eksportkai.

Større skip vil i en periode kunne føre til økt spredning ved kai 7. I begynnelsen av nytt seilingsmønster vil dette føre til økt spredning fra sedimentet.

## REFERANSER

Norconsult 2003. Kartlegging av forurensning til Dalsbukta del A: Risiko for oppvirling av forurenset sediment som følge av skipsanløp.

- Norconsult 2010. Miljøundersøkelse i Dalsbukta. Risikovurdering trinn 1 og 2 i sjø.
- Klif, 2012. Risikovurdering av forurenset sediment, TA-2802
- HjellnesConsult as, 2014. Nøkkelopplysninger for plan- og utredningsarbeidet. (Rev 3. november 2014)
- NOAH, 2014. «KU oppstartsmøte NOAH i Brevik. Datert 20. august 2014. Powerpoint-presentasjon
- HjellnesConsult as, 2015. Notat: Verifikasjon skipstrafikk, datert: 8. april 2015

Horten, 2015-08-04

Utarbeidet:

Fagkontroll:

Godkjent:

Gunn Lise Haugestøl

Gaute Rørvik Salomonsen

Jørn Harald S. Andersen

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.