

NOTAT

OPPDRAAG	Containerkai Breivika - Detaljprosjektering	DOKUMENTKODE	10213886-RIMT-NOT-1901
EMNE	Belastningsforutsetninger fra vind, bølger og strøm	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Tromsø Havn	OPPDRAAGSLEDER	Martin T. Hovden
KONTAKTPERSON	Erik Wikran	SAKSBEHANDLER	Juni Vaardal-Lunde
KOPI		ANSVARLIG ENHET	Marint Miljø og Havbruk

SAMMENDRAG

Belastningsforutsetninger fra vind, bølger og strøm er vurdert i forbindelse med utbygging av kai ved Breivika, Tromsø. Vindhastighet med 100-års og 200-års gjentakintervall er bestemt i henhold til NS-EN 1991-1-4:2005/NA:2009.

Vannstand ved Breivika under stormflo med 100-år og 200-års gjentakintervall, med dagens havnivå, er henholdsvis 208 cm og 213 cm (rel. NN2000). 200-års gjentakintervall for stormflo ved planlegging av konstruksjoner i sikkerhetsklasse 2, med klimapåslag, er 284 cm (rel. NN2000).

Ifølge Akvaplan-Nivas strømmmodell (havstraum.no) er medianen av strømhastigheten ved Breivika (5 m dybde) under 25 cm/s, mens 95 prosentilen er mellom 30 og 45 cm/s. Strømmen oscillerer langs med sundet i nordøstlig-sørvestlig retning.

Basert på forenklet strøkmotodikk er maksimal vindbølgetilstand ved Breivika estimert for åtte forskjellige retninger og for gjentakintervall på 100 og 200 år. Høyeste vindbølgetilstand har retning fra 25°, relativt parallelt med kaifronten, og er generert av vind fra nord eller nordøst. Største signifikant bølgehøyde med 100-års gjentakintervall er estimert til 2.0 m med topperiode på 5.0 s, mens største signifikante bølgehøyde med 200-års gjentakintervall er estimert til 2.1 m med topperiode på 5.1 s. Bølger som treffer tilnærmet vinkelrett på kaifronten vil ha en signifikant bølgehøyde på 0.8 m og en topperiode på 2.9 s for både 100-års og 200-års gjentakintervall. Disse bølgene treffer konstruksjonen med en retning fra 123° og er generert av vind fra sørøst.

1 Bakgrunn

I forbindelse med detaljprosjektering av containerkaien på Breivika skal laster fra vind, bølger og strøm vurderes. Det skal utarbeides et notat med belastningsforutsetninger fra disse forholdene som skal inngå i designbasis for anlegget. Breivika er lokalisert nordøst på Tromsøya, Troms kommune, og er vist i Figur 1. Ifølge Konkurransesgrunnlaget Del 2 skal kaien ha 100-års levetid. Molohåndboka (Kystverket, 2018) anbefaler 200-års signifikant bølgehøyde ved vurdering av plastring.

100-års og 200-års gjentakintervall av vind, bølger og vannstand er undersøkt. For strøm er bare midlere verdier og prosentilverdier tilgjengelig.

1	19.02.2020	Korrigert returperiode i tabell	JVL	JB	JB
0	30.10.2019	Belastningsforutsetninger fra vind, bølger og strøm	JVL	JB	JB
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV



Figur 1 Oversiktskart over området, kaien er planlagt i området markert med en rød sirkel

2 Vind

Vindhastighet med 100-års og 200-års gjentakintervall for bruk i designgrunnlag og vindbølgeberegningene er bestemt i henhold til NS-EN 1991-1-4:2005/NA:2009. Tabell 1 viser vindhastighet med 100-års og 200-års gjentakintervall for forskjellige retninger brukt i vindbølgeberegningene. Referansevinden for Tromsø (27 m/s) er brukt som input, samt retningsfaktoren for Troms, yrte. Det er valgt å bruke terrengkategori 1 for alle retninger.

Tabell 1: Stedvindhastighet (v_m) for Breivika

Retning (fra)	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV
v_m , 100 år [m/s]	30	30	30	30	30	33	33	30
v_m , 200 år [m/s]	31	31	31	31	31	34	34	31

3 Vannstand

Vannstand under stormflo ved Breivika med dagens havnivå for gjentakintervallene 100 og 200 år er oppgitt i Tabell 2. Vannstanden er basert på beregnet tidevann fra Tromsø med tidsforskjell på - 5 minutter og høydekorreksjonsfaktor på 1.07. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap publiserte i 2016 en veileder for hvordan man skal ta hensyn til framtidig havnivåendring og stormflo i kommunal planlegging mht. sikkerhetsklasser og klimapåslag (DSB, 2016), se Tabell 3. 200-års gjentakintervall for stormflo (sikkerhetsklasse 2) med klimapåslag er 284 cm, rel. NN2000.

Tabell 2 Vannstand ved Breivika under stormflo med gjentakintervall 100 og 200 år, med dagens havnivå (sehavniva.no)

Gjentaksintervall stormflo i år 2019	Vannstand relativt NN2000 [cm]
100 år	208
200 år	213

Tabell 3 Anbefalte vannstandsniå for planlegging ved Breivika mht. sikkerhetsklasser og klimapåslag (DSB, 2016)

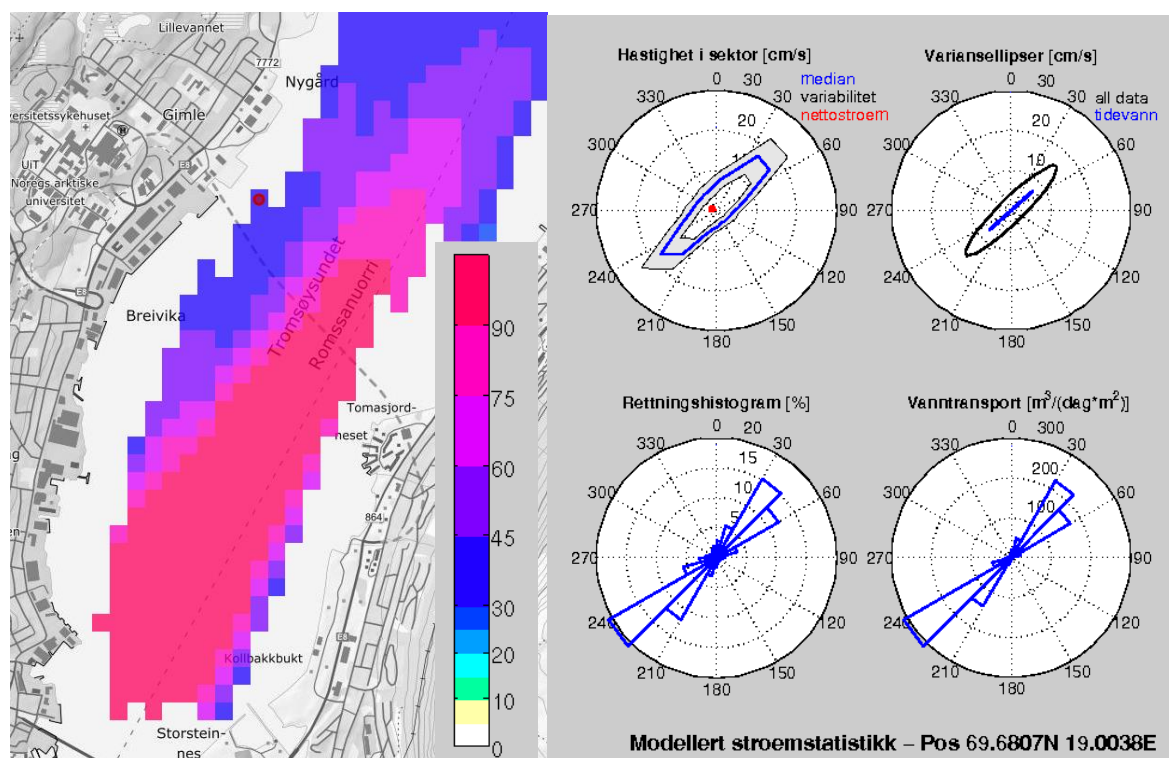
Gjentaksintervall stormflo med klimapåslag	Høyde over NN2000 [cm]
1000 år (sikkerhetsklasse 3 i TEK10/17)	295 cm
200 år (sikkerhetsklasse 2 i TEK10/17)	284 cm
20 år (sikkerhetsklasse 1 i TEK10/17)	266 cm

4 Strøm

Strømforholdene ved Breivika er vurdert på bakgrunn av Den Norske Los (DNL, 2018) og Akvaplan Niva sin strømmodell (havstraum.no).

Fra Den Norske Los fremkommer det at strømmen i Tromsøysundet vender i den trangeste delen av sundet mot sør. Strømvendingen mot nord kommer først nord i sundet. Strømvendingstiden i de forskjellige punktene er ganske kort. Sørgående strøm er sterkest i den trangeste delen av sundet og noe sørover, nordgående strøm fra det trangeste og noe nordover. Vind og unormalt lufttrykk innvirker også på tidene for strømvendingen. Under nordlig kuling kan strømmen således gå sørover hele tiden, bare med et kortvarig strømstille på det tidspunktet man normalt skulle ha hatt sterkest nordgående strøm. Strømmens retning følger stort sett retningen av løpet, men på grunn av jordrotasjonen vil nordgående strøm ha tendens til å sette mot østre land og sørgående mot vestre. Bak moloer og nes dannes det dessuten bakevjer. Når strømmen er på sitt sterkeste, danner den virvler. Strømhastighetene i den trangeste delen av Tromsøysundet er ved spring ca. 150 cm/s, mens den under ekstraordinære forhold kan den komme opp i ca. 260 cm/s.

Resultater fra strømmodellering fra perioden 2010 til 2011 fra havstraum.no er studert. Figur 2 viser 95 prosentil av strømmen i cm/s ved 5 m dybde, samt roser av hastighet, tidevann, retningshistogram og vanntransport. Resultatene viser at strømmen ved Breivika vil være lavere enn det som er observert i den trangeste delen av sundet. Derfor er strømhastigheten fra Den Norske Los ikke representativ for kaistrukturen ved Breivika. 95 prosentil av strømhastigheten ved 5 m dybde ved Breivika er mellom 30 og 45 m/s. Medianen av strømhastigheten ved Breivika ved 5 m dybde er under 25 cm/s.



Figur 2 Statistisk analyse av strømtidsserie fra strømmodellen for perioden 2010 og 2011 (havstraum.no). Venstre: 95 prosentil av strømhastighet ved 5 m dybde i cm/s (hele året). Data til høyre er hentet fra rødt markert punkt. Høyre: a) median strømhastighet, variabilitet og nettostrøm b) tidevannsellipser (blå) for de 4 største komponentene, som sammenlignet med variansellipsen (svart) gir et estimat av tidevannets bidrag til det totale strømbildet; c) histogram av retningsfordeling i sektor; d) netto vanntransport i sektor beregnet som produktet av a) og c)

5 Bølger

Lokale vindbølger er beregnet med forenklet strøkmotodikk. Input til beregningene er vindhastighet og effektiv strøklengde fra forskjellige retninger. Inputvind i beregningene er strøkvind der stedvind er justert i forhold til lengden på effektivt strøk. Effektivt strøk er funnet ved midling av strøklengder over 15°. Metoden er utviklet av US Army Corps of Engineers og er anbefalt brukt av Coastal Engineering Manual (Leenknecht et al., 1992, Vincent et al., 2002).

Strøklengder er satt for et punkt like utenfor planlagt kaifront. Dette er en forenklet vindbølgeberegning, som hverken tar hensyn til diffraksjon, refraksjon eller grunning. En avansert bølgesimulering forventes å gi noe lavere ekstrem bølgetilstand enn stipulert med den forenklete metoden i dette studiet.

I bølgeberegningen for fastsettelsen av ekstreme vindbølger er det benyttet vindhastigheter med 100 og 200 år gjentakintervall fra 8 retningssektorer utledet fra NS-EN 1991-1-4 (se Kapittel 2).

Maksimal vindbølgetilstand ved Breivika er estimert for åtte forskjellige retninger og for gjentakintervall på 100 og 200 år. Resultatene er vist i Tabell 4 og Tabell 5. Høyeste vindbølgetilstand har retning fra 25°, relativt parallelt med kaifronten, og er generert av vind fra nord eller nordøst. Største signifikant bølgehøyde med 100-års gjentakintervall er estimert til 2.0 m med topperiode på 5.0 s, mens største signifikante bølgehøyde med 200-års gjentakintervall er estimert til 2.1 m med topperiode på 5.1 s.

Bølger som treffer tilnærmet vinkelrett på kaifronten vil ha en signifikant bølgehøyde på 0.8 m og en topperiode på 2.9 s for både 100-års og 200-års gjentakintervall. Disse bølgene treffer konstruksjonen med en retning fra 123° og er generert av vind fra sørøst.

Tabell 4: Beregnet vindbølgetilstand med 100-års gjentakintervall for åtte forskjellige retninger. Største signifikante bølgehøyde er uthevet

Drivende vind	Vindretning (fra)	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV
	Effektiv strøklengde [km]	12.9	13.9	3.0	1.7	4.3	4.3	0.4	0.3
	Stedvind [m/s]	30	30	30	30	30	33	33	30
	Strøkvind [m/s]	27	27	28	29	31	31	34	30
Resulterende bølgetilstand	Hs [m]	2.0	2.0	0.8	0.8	1.3	1.3	0.3	0.3
	Tp [s]	5.0	5.0	3.0	2.9	3.9	3.9	1.8	1.7
	Bølgeretning [°]	25	25	30	123	195	195	201	17

Tabell 5: Beregnet vindbølgetilstand med 200-års gjentakintervall for åtte forskjellige retninger. Største signifikante bølgehøyde er uthevet

Drivende vind	Vindretning (fra)	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV
	Effektiv strøklengde [km]	12.9	13.9	3.0	1.7	4.3	4.3	0.4	0.3
	Stedvind [m/s]	31	31	31	31	31	34	34	31
	Strøkvind [m/s]	28	28	29	30	32	32	35	32
Resulterende bølgetilstand	Hs [m]	2.1	2.1	0.8	0.8	1.4	1.4	0.4	0.3
	Tp [s]	5.1	5.1	3.1	2.9	3.9	3.9	1.9	1.7
	Bølgeretning [°]	25	25	30	123	195	195	201	17

6 Referanser

DNL, 2018: Den Norske Los, Statens kartverk Sjøkartverket. Farvannsbeskrivelse Lødingen og Andenes – Grense Jakobselv. ISBN 978-82-90-65325-0. PDF-versjon 6.10. Desember 2018

DSB (2016): Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. Havnivåstigning og stormflo – samfunnssikkerhet i kommunal planlegging

Havstraum.no: Akvaplan-Niva AS – Strømmodellering av Troms fylke

Leenknecht D.A., Szuwalski A. and Sherlock A.R. (1992): *Automated Coastal Engineering System – Technica.I Reference, Chapter I. Windspeed Adjustment and Wave Growth*. Coastal Engineering Research Center, Department of the Army Waterways Experiment Station, Corps of Engineers. 12 s.

Kystverket, 2018: Molohåndboka, Desember 2018

NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009: *Laster på konstruksjoner. Del 1-4. Almenne laster. Vindlaster*.

TEK10/17: Direktoratet for byggkvalitet. Byggteknisk forskrift

Vincent, L., and Demirbilek, Z. (editors), *Coastal Engineering Manual, Part II, Hydrodynamics, Chapter II-2, Engineer Manual 1110-2-1100*, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC.