

Til: Hofseth Aqua AS
v/ Nicole Salbuvik
Kopi til:
Dato: 2019-01-04
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /
Dokumentnr.: 20180965-01-TN
Prosjekt: Flodbølger mot oppdrettsanlegg i Storfjorden, Møre og Romsdal
Prosjektleder: Sylfest Glimsdal
Utarbeidet av: Sylfest Glimsdal
Kontrollert av: Carl B. Harbitz

Beregning av strømshastighet og overflateheving

Innhold

1	Bakgrunn	2
2	Vurderinger	2
3	Referanser	5

Kontroll- og referanseside

1 Bakgrunn

På oppdrag fra Hofseth Aqua AS har NGI gjort vurderinger av flodbølger etter et mulig skred fra Åkerneset mot fire oppdrettsanlegg i Storfjorden, Møre og Romsdal, se Figur 1. Skredvolumene som ligger til grunn for beregningene er 18 mill. og 54 mill. m³ og har en nominell årlig sannsynlighet på henholdsvis $> 1/1000$ og $> 1/5000$ (Blikra et al., 2010 og Harbitz et al., 2014). For mer detaljer om beregninger av skreddynamikk og bølger samt annen bakgrunnsinformasjon, se NGI (2011).

Det er i dette området etablert varslingsrutiner slik at et skred fra Åkerneset skal kunne varsles minst 72 timer før utglidning. Ved en eventuell varsling fra NVE om at et skred er på gang, skal mærene tømmes for fisk ved hjelp av tankbåter. Vi har derfor ikke omtalt nærmere den forurensning av fjorden som en flodbølge vil kunne medføre. Det er tidligere gjort en tilsvarende vurdering for et oppdrettsanlegg ved Skjorteneset, se NGI (2017).

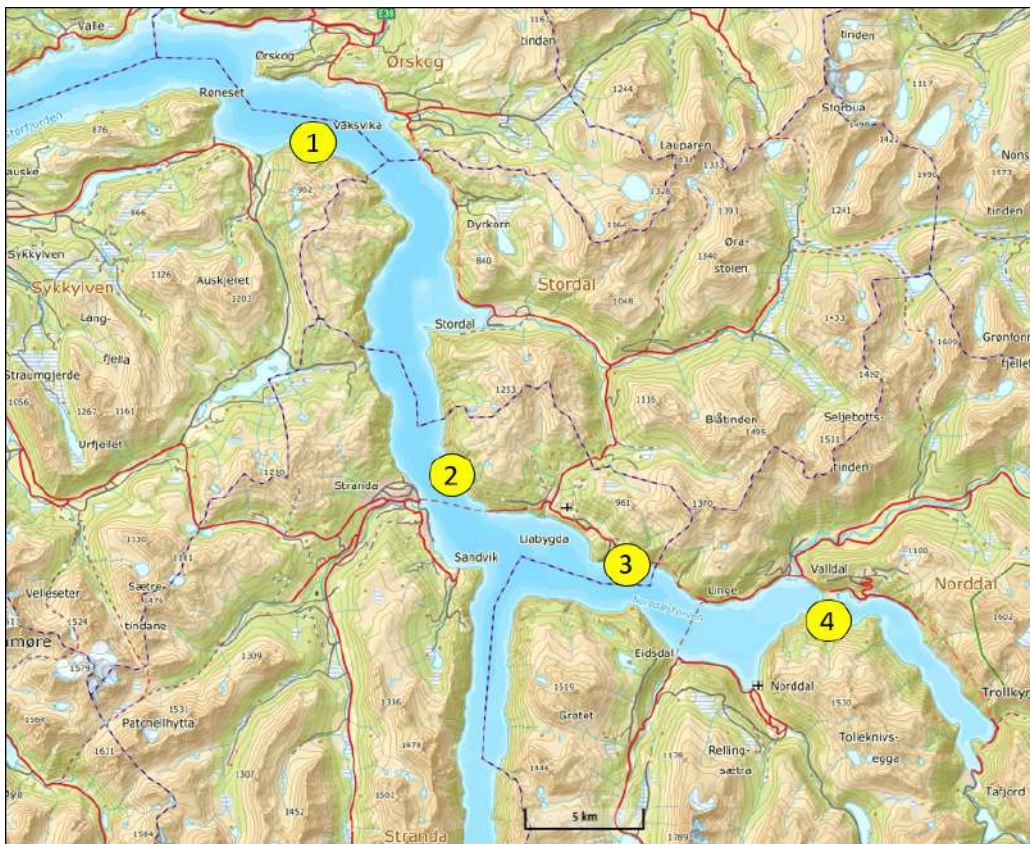
2 Vurderinger

Beregninger av flodbølger vil kunne si noe om høyden på bølgene (presentert som overflatehevning – høyden på vannet ut fra likevekt, og ikke som bølgehøyde – høyden fra bølgedal til bølgetopp) og hastigheten på selve vannet (strøm- eller partikkelhastighet). Sistnevnte størrelse er ikke det samme som hastigheten bølgene beveger seg med som ved de fire lokasjonene varierer mellom ca. 30 og 80 m/s, avhengig av dybden på fjorden. Resultater og vurderinger for de ulike anleggene er oppsummert i Tabell 1. Overflatehevingen er oppgitt i et intervall, det vil si fra dypeste bølgedal til høyeste bølgetopp. Partikkelhastigheten er størst under en bølgetopp eller bølgedal.

De situasjonene som vil påføre størst belastning på mærene vil inntre ved enten bølgetopp eller bølgedal med høyder som gitt ved ytterpunkter i intervallene i Tabell 1, og med tilhørende partikkelhastighet, bølgelengde og bølgeperiode også som gitt i Tabell 1. Generelt er partikkelhastigheten < 1.0 m/s og 2.0 m/s for scenarioene med sannsynligheter henholdsvis $> 1/1000$ og $> 1/5000$. Bølgene som brer seg ut fra Åkerneset vil være lange, spesielt for de ledende bølgene. De korteste bølgene i beregningene har en bølgelengde på ca. 2000 m (målt på 100 m dyp), med en bølgeperiode på 60 s, mens de lengste er over 10000 m lange med en bølgeperiode på opp mot 200 s. Det er viktig å merke seg at denne bølgeperioden er vesentlig lengre enn for vindbølger (periode typisk 2-5 sekunder). I tillegg vil bevegelsen (partikkelhastighet) i vannet ved en flodbølge være tilnærmet lik fra overflaten og helt ned til fjordbunnen og ikke være begrenset bare til det øverste vannlaget slik tilfellet er for vindbølger. Disse omstendighetene gjør at belastningene fra flodbølger kan bli annerledes enn for vindbølger selv med samme overflatehevning og partikkelhastighet. Tabellen under viser også ankomsttid for bølgene i antall minutter etter at skredet går i fjorden.

I Figur 2 vises et eksempel på fordeling av partikkelhastighet og retning ved Urdaneset. Den maksimale partikkelhastigheten vil for de ledende bølgene (rødt og oransje punkt) følge samme retning som fjorden (inn- og utover). Under en bølgetopp vil vannet ha samme retning som bølgen beveger seg, mens under en bølgedal vil vannet bevege seg motsatt vei. For de mer komplekse bølgene etter refleksjoner av kryssende bølger som kommer etter de glattere ledende bølgene, kan den maksimale partikkelhastigheten oppstå også i andre retninger.

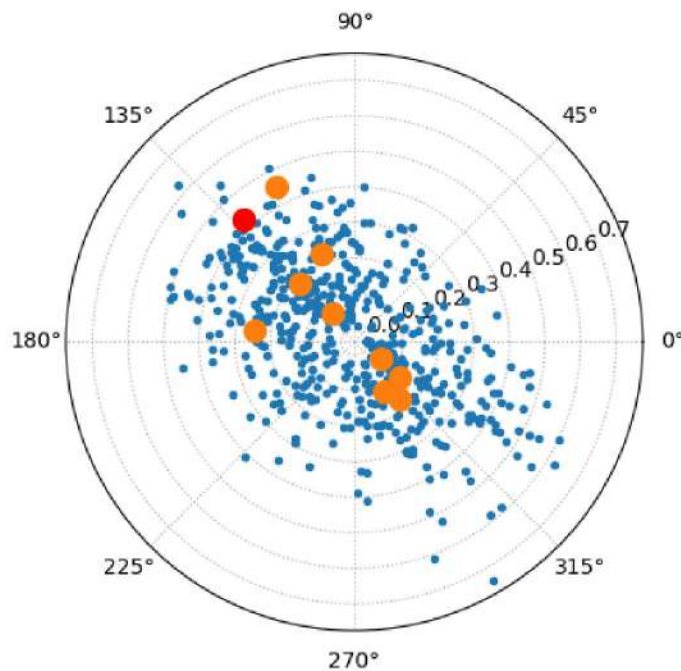
Det er verdt å nevne at et oppdrettsanlegg i en flodbølgesituasjon vil ligge tryggere på større dyp, i lengre avstand fra land, og i lengre avstand fra skredområdet. Midt fjords vil bølgene være glattere enn nærmere land (hvor også partikkelhastigheten øker markert), samt at det er mindre fare for drivgods som i mange tilfeller gjør mer skade enn bølgene i seg selv. Et anlegg vil være ytterligere eksponert for flodbølgen hvis det i tillegg til å legges nær land også legges innerst i en bukt eller fjordarm. Ser man for eksempel på Sjøholt i Ørskog kommune, som ligger inne i Ørskogvika, vil bølgene som gir 1 m maksimal overflatehevning og 1 m/s maksimal partikkelhastighet ute i fjorden gi henholdsvis 3 m og 2 m/s innerst utenfor moloen i Sjøholt. De økte verdiene kommer som følge av grunnere vann og innsnevring av fjorden (fokusering).



Figur 1: Lokasjonene for oppdrettsanleggene vurdert i dette notatet. 1 – Bugane, 2 – Urdaneset, 3 – Øveråneset (østlige anlegget), og 4 – Vindsneset. Bakgrunnskartet er tatt fra norgeskart.no.

Tabell 1: Oppsummering av resultater for ulike scenarier (>1/1000 og >1/5000). Overflatehevningen er vist ved maksverdier. Bølgeperiode og bølgelengde er typiske verdier for de korteste og lengste bølgene i beregningene. Dyp er dybden ved de ulike anleggene.

#	Lokasjon	Scen	Overflatehevning [m]	Partikkelhastighet [m/s]	Ankomsttid [min]	Dyp [m]	Bølgeperiode [s]	Bølgelengde [m]
1	Bugane	>1/1000	-1.0 til 1.0	< 0.2	10	100-400	60-200	2000-12000
		>1/5000	-3.0 til 2.0	< 0.5				
2	Urdaneset	>1/1000	-2.0 til 2.0	< 0.3	5	100-300	60-150	2000-8000
		>1/5000	-6.0 til 5.0	< 0.7				
3	Øveråneset	>1/1000	-3.0 til 3.0	< 0.5	5	100-400	60-200	2000-12000
		>1/5000	-5.0 til 5.0	< 1.2				
4	Vindsneset	>1/1000	-2.0 til 3.0	< 1.0	8	100-200	60-200	2000-9000
		>1/5000	-6.0 til 6.0	< 2.0				



Figur 2: Partikkelhastighet gitt i m/s ved Urdaneset for scenario med sannsynlighet > 1/5000. De små blå punktene viser retning og hastighet på alle diskrete verdier i beregningene (også mellom bølgetopper og -daler), mens rødt og oransje punkt er henholdsvis hastighet under ledende bølge og de ni påfølgende bølgene (eller bølgedaler). Retningene nord, øst, sør og vest er henholdsvis 90°, 0°, 270° og 180°. Rødt punkt viser en hastighet på ca. 0.4 m/s i retning NV.

3 Referanser

Blikra, L.H., Hole, J., og Anda, E. (2010). Scenario og prognoser for fjellskred og flodbølger fra Åknes og Hegguraksla. ÅTB rapport 01.2010.

Harbitz, C.B., Glimsdal, S., Løvholt, F., Kveldsvik, V., Pedersen, G.K., and Jensen, A. (2014). Rockslide tsunamis in complex fjords: From an unstable rock slope at Åkerneset to tsunami risk in western Norway. Coastal Engineering 88, 101-122. <http://dx.doi.org/10.1016/j.coastaleng.2014.02.003>

NGI (2011). Numerical simulations of tsunamis from potential and historical rock slides in Storfjorden; Hazard zoning and comparison with 3D laboratory experiments. NGI Rapport 20051018-00-1-R. Revisjon 01, 21. February 2011.

NGI (2017). Beregning av flodbølger mot fiskeoppdrettsanlegg ved Skjorteneset, Stordal kommune. NGI Rapport 20170242-01-TN.

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Beregning av vannhastighet og overflateheving		Dokumentnr./Document no. 20180965-01-TN
Dokumenttype/Type of document Teknisk notat / Technical note	Oppdragsgiver/Client Hofseth Aqua	Dato/Date 2019-01-04
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/Proprietary rights to the document according to contract Oppdragsgiver / Client		Rev.nr. & dato/Rev.no. & date 0 /
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords Åknes, Åkerneset, oppdrettsanlegg, flodbølger, vannhastighet, strømhastighet, partikkelhastighet		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Norge, Møre og Romsdal	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality	Felt navn/Field name
Sted/Location	Sted/Location
Kartblad/Map	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: Øst: Nord:	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/Self review by:	Sidemanns-kontroll av/Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/Inter-disciplinary review by:
0	Originaldokument	2019-01-04 Sylfest Glimsdal	2019-01-04 Carl B. Harbitz		

Dokument godkjent for utsendelse/Document approved for release	Dato/Date 4. januar 2019	Prosjektleder/Project Manager Sylfest Glimsdal
---	------------------------------------	--

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

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

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 tredjemann 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.

