



# Rapport / Report

## Flodbølge fra Åkneset - påvirkning på fiskeoppdrettsanlegg i Urke, Ørsta kommune

20081633-1  
17. november 2008  
Rev. 0

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentsiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere dette før bruk av 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 before using 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.



## Prosjekt

Prosjekt: Flodbølge fra Åkneset - påvirkning på fiskeoppdrettsanlegg i Urke, Ørsta kommune

Rapportnummer: 20081633-1

Rapporttittel:

Dato: 17. november 2008

Revisjon: Rev. 0

Hovedkontor:  
Pb. 3930 Ullevål Stadion  
0806 Oslo

Avd Trondheim:  
Pb. 1230 Pirsenteret  
7462 Trondheim

T 22 02 30 00  
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281  
Org. nr 958 254 318 MVA

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

## Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Urke Fiskeoppdrett AS

Oppdragsgivers  
kontaktperson: Hans Olav Øyehaug

Kontraktreferanse: E-post fra oppdragsgiver 22.08-2008.  
Oppdragsbekreftelse datert 2008-09-17

## For NGI

Prosjektleder: Carl Bonnevie Harbitz

Rapport utarbeidet av: Sylfest Glimsdal

## Sammendrag

På oppdrag fra Urke Fiskeoppdrett as har NGI utført en detaljvurdering av flodbølger som følge av et mulig skred fra Åkneset, inn mot deres landbaserte anlegg for fiskeoppdrett i Urke.

Detaljvurderingen ved Urke viser at oppskyllingshøyden ved Urke Fiskeoppdrett as ikke vil overstige 1.5 m. Resultatene er basert på dagens kunnskap om flodbølgene fra et skred ved Åkneset med et volum på 35 millioner m<sup>3</sup>. Det er ikke lagt til noen ekstra sikkerhetsmargin for oppskyllingshøyden. Større skredvolumer, sammenfall med høyvann, springflo eller annet kan gi høyere oppskylling.

Anlegget til Urke Fiskeoppdrett as ligger omtrent på kote 3 m (over middelvannstand) og inkluderer strømtransformator (se Figur 2.4), fisketanker og bygninger. Planlagte nye fisketanker og bygg ligger på samme nivå som resten av anlegget, d.v.s. kote 3 m.

BS EN ISO 9001  
Serifisert av BSI  
Reg. No. FS 32989

# Sammendrag (forts.)



Rapport nr.: 20081633-1  
Dato: 2008-11-17  
Rev. dato:  
Side: 2 / Rev.: 0

Ut fra plan- og bygningsloven er det naturlig å angi hvor den årlige nominelle sannsynligheten for å bli rammet av en flodbølge som følge av skred er større enn 1/100 (med tanke på bygg i sikkerhetsklasse 1, liten konsekvens) og 1/1000 (med tanke på bygg i sikkerhetsklasse 3, stor konsekvens). For sannsynligheter for skred fra Åkneset henvises til Åknes/Tafjord-prosjektet.

# Innhold



Rapport nr.: 20081633-1  
Dato: 2008-11-17  
Rev. dato:  
Side: 3 / Rev.: 0

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Kort beskrivelse av Storfjorden og området rundt Urke</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Bølgeberegninger</b>	<b>8</b>
	3.1 Om regnemodellene	8
	3.2 Om beregningsområdet	9
	3.3 Resultater	12
<b>4</b>	<b>REFERANSER</b>	<b>14</b>

**Vedlegg A:** Om flodbølger generert av fjellskred.

**Kontroll- og referanseside**

## 1 Innledning

Som en del av Åknes/Tafjord-prosjektet har NGI (2005, 2008) beregnet flodbølgene som følge av mulige fjellskred ved Åkneset i Sunnlyvsfjorden, Stranda kommune. Det er blant annet funnet at flodbølgene fra et skred ved Åkneset med et volum på 35 millioner m<sup>3</sup> vil forplante seg inn i Hjørundfjorden. Videre vil bølgene forplante seg inn i Norangsfjorden der Urke Fiskeoppdrett as har sitt landbaserte anlegg for oppdrett av lakseyngel, Figur 1.1. NGI har imidlertid ikke kvantifisert sannsynligheten for et slikt skred.



Figur 1.1: Storfjorden/Hjørundfjorden, Norangsfjorden og Urke.

Som følge av bølgeberegningene er det nedlagt bygge- og deleforbud i områder som kan være utsatt for flodbølgene. For en eventuell tillatelse til en utvidelse av Urke Fiskeoppdrett as må oppskyllingshøyder dokumenteres.

Urke Fiskeoppdrett as har derfor bedt NGI om å utføre en slik detaljvurdering. Som en del av dette ble området til Urke Fiskeoppdrett as besiktiget av Sylfest Glimsdal, NGI, 18. september 2008. Samtidig ble det avholdt et møte med Hans Olav Øyehaug og Nils Håndlykken fra Urke Fiskeoppdrett as.

Detaljvurderingen ved Urke er basert på dagens kunnskap om flodbølgene fra et skred ved Åkneset med et volum på 35 millioner m<sup>3</sup>.

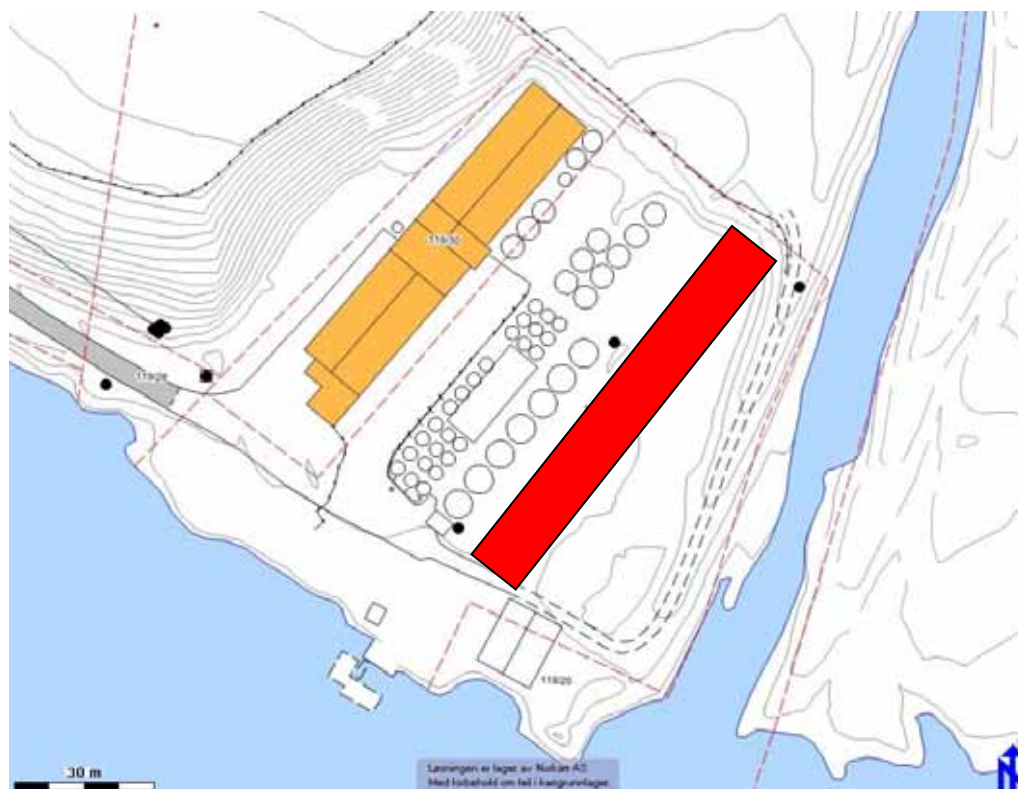
Ut fra plan- og bygningsloven er det naturlig å angi med hvilken sannsynlighet ulike arealer kan rammes av en gitt naturpåkjenning (skred, flom, sjø, vind). For skred antas sikkerheten å være tilfredsstillende når byggverk i sikkerhetsklasse 1 (liten konsekvens) dimensjoneres eller sikres slik at største nominelle årlige sannsynlighet for å bli skadet er 1/100. Tilsvarende sannsynlighet for bygg i sikkerhetsklasse 3 (stor konsekvens) skal være mindre enn 1/1000. Om vi tenker oss dette overført til skader påført av en flodbølge, er det ønskelig å angi hvor den årlige nominelle sannsynligheten for å bli rammet av en flodbølge som følge av skred er større enn 1/100 eller større enn 1/1000. For sannsynligheter for skred fra Åkneset henvises til Åknes/Tafjord-prosjektet.

I teksten nedenfor betyr overflatehevning bølgetoppens høyde over stille vannstand (likevektsnivå), mens bølgehøyde er definert som høydeforskjellen mellom bølgetopp og bølgedal. Disse begrepene benyttes for å beskrive bølger i åpent vann, mens oppskyllingshøyden er den maksimale vertikalhøyden bølgen når opp på land over stille vannstanden. En generell beskrivelse av flodbølger generert av fjellskred er ellers gitt i vedlegg A.

## **2 Kort beskrivelse av Storfjorden og området rundt Urke**

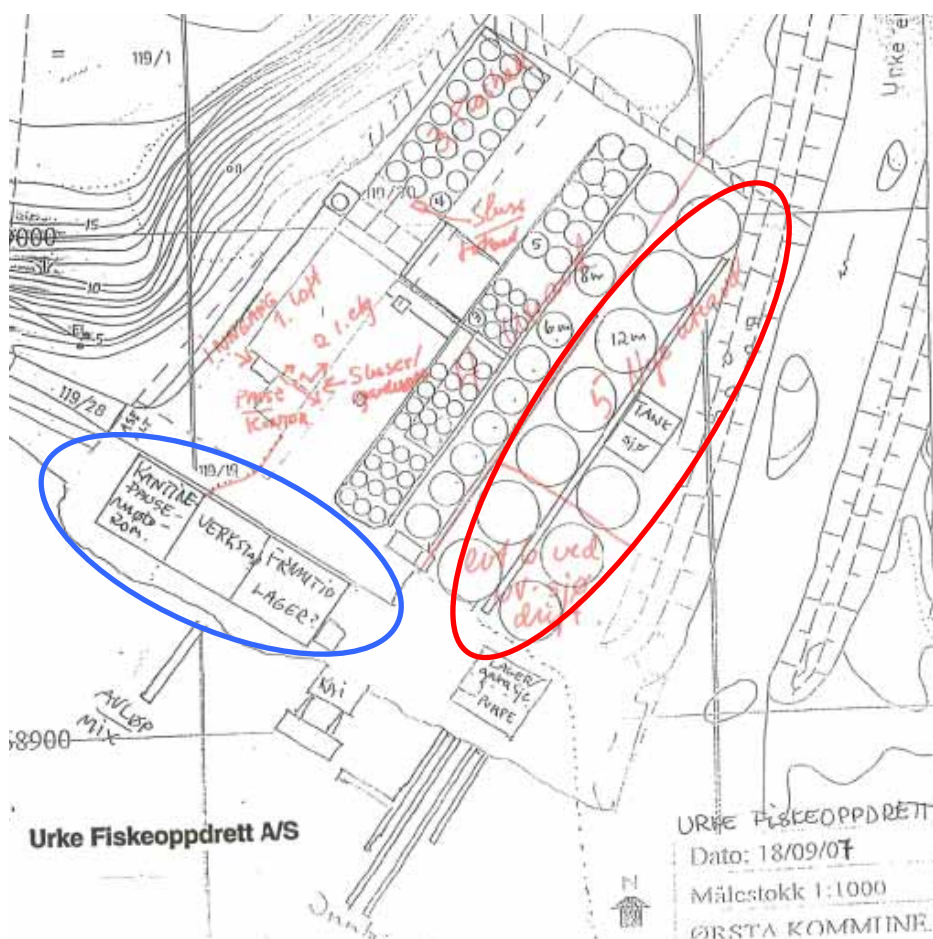
Hjørundfjorden er lengst nord ca 2.7 km bred og litt over 400m dyp. Videre sørover smalner fjorden inn til ca 2 km der Norangsfjorden starter. Her er fjorden ca 350 m dyp. Ved Urke er Norangsfjorden ca 1 km bred og 200 m dyp. Avstanden langs fjorden fra Åkneset til Urke er omtrent 80 km. En flodbølge vil bruke ca. 25 minutter på denne distansen.

Urke Fiskeoppdrett as planlegger å utvide området for sitt landbaserte anlegg som vist i Figurene 2.1 - 2.4. I Figur 2.2 vises også plassering av et mulig framtidig bygg. Nytt planert nivå vil bli liggende som for det eksisterende anlegget, dvs. 3 m over middel vannstand (dvs. NN 1954, kote 0 for landkart, 1.24 m over sjøkartnull).



Figur 2.1: Planer for det utvidede anlegget til Urke Fiskeoppdrett as. Ønsket plassering av nye fisketanker er markert med rødt.





Figur 2.2: Planer for det utvidede anlegget til Urke Fiskeoppdrett as. Ønsket plassering av nye fisketanker er markert med rødt, mens et framtidig bygg for kantine, verksted og lager er markert med blått.



Figur 2.3: Panoramabilde tatt fra flytebrygge utenfor anlegget til Urke Fiskeoppdrett as, sett mot vest-nord-øst. Fra venstre ligger hovedbygget (gul pil), bak de to brakkene (grønn og grå) ligger det eksisterende anlegget (blå piler), mens området for ønsket plassering av nye fisketanker er markert med rød pil.



Figur 2.4: Anlegget til Urke Fiskeoppdrett as sett mot sør-øst. Ønsket utvidelse markert med røde piler. Transformator markert med gul ring.

### 3 Bølgeberegninger

#### 3.1 Om regnemodellene

Beregningen av oppskyllingshøyde inn mot Urke Fiskeoppdrett as for bølger fra et mulig skred fra Åkneset er gjort i to steg.

Første steg inkluderer en beregning av bølgene ut fra Åkneset og fram til området utenfor Urke med en "enkel" beregningsmodell i to horisontale dimensjoner. Denne modellen er basert på en antagelse om at karakteristisk overflatehevning er mye mindre enn karakteristisk vanddyb (dvs. at bølgene er lineære). Dette er gyldig bortsett fra i genereringsområdet og i oppskyllingssonen, der det må gjøres særskilte vurderinger. Det er videre antatt at karakteristisk bølgelengde er mye større enn karakteristisk vanddyb (dvs. at bølgene er ikke-dispersive). Overflatehevningen og de dybdemidlede strømhastighetene kan da beskrives ved de lineære hydrostatiske (ikke-dispersive) likningene for bevaring av masse og bevegelsesmengde for lange bølger på grunt vann. Modellen og skredscenariet er identisk med det som til nå er anvendt ved beregning av de foreløpig gjeldende resultater for bølger generert av et mulig skred fra Åkneset, se NGI (2005, 2008).

Ikke-linearitet gjør bølgefronten brattere (samt i noen tilfeller også høyere) og kan lede til brytning av bølgen, mens dispersjon medfører at bølgenes forplantningshastighet avhenger av bølgelengden. Et eksempel på dispersjon ser vi ved å kaste en stein i dypt vann. I stedet for at vi får én enkelt bølge som går ut fra der steinen treffer, får vi et bølgetog med den lengste bølgen i front, og med kortere og kortere bølger bakover.

Andre steg inkluderer beregninger av oppskyllingshøyden ved Urke Fiskeoppdrett as, dels basert på beregninger med en "forbedret" modell som tar

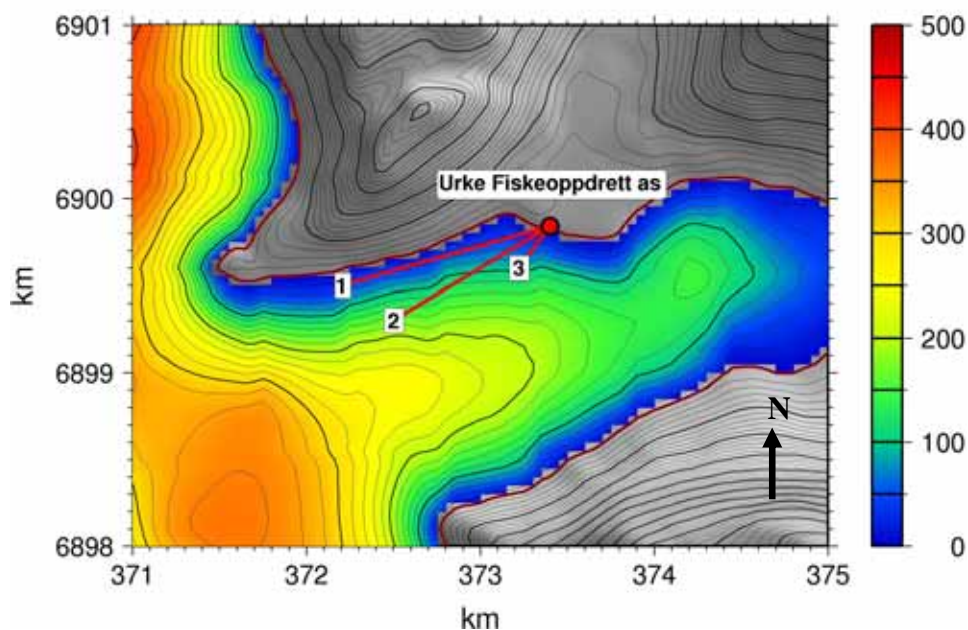
hensyn til nettopp ikke-linearitet og dispersjon, og dels på tidligere eksperimentelle og numeriske studier av bølgeoppskylling langs et skråplan. Beregningene med denne forbedrede modellen er utført langs et vertikalt snitt (i én horisontal dimensjon) lagt tilnærmet langs forplantningsretningen for bølger inn mot Urke Fiskeoppdrett as, se Figur 3.1, 3.2 og 3.3

### 3.2 Om beregningsområdet

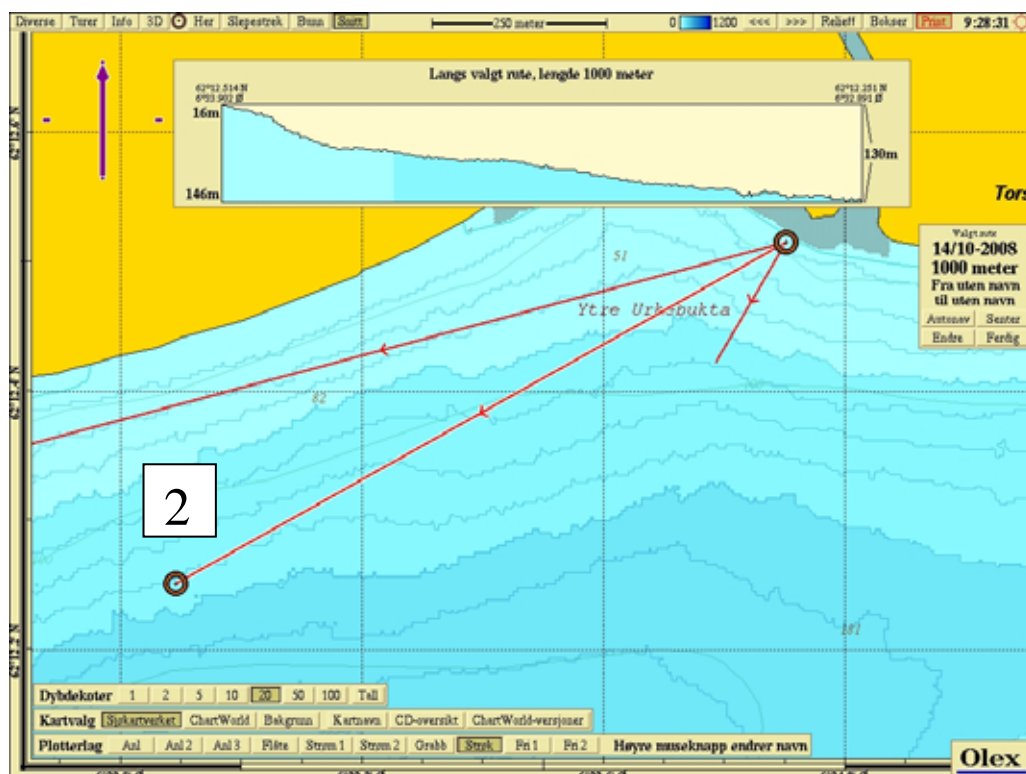
For første steg er det brukt dybde data framskaffet av NGU. Bakgrunnsdataene er Sjøkartverkets data med 50 m oppløsning for de ytre delene av Storfjorden og NGUs data med 3-6 m oppløsning for de indre delene av Storfjorden. Disse datasettene er sammenstilt og lagt over i et gitter med 50 m oppløsning som dekker både indre og ytre deler av Storfjorden. Denne oppløsningen er tilstrekkelig for første steg i beregningene. For andre steg i beregningene har Kystlab as på oppdrag for Urke Fiskeoppdrett as framskaffet data basert på Olex-systemet (ekkolodd, GPS, og klokke) som registrerer dybdeverdier som refererer til sjøkartnull (1.24 m under middelvannstand NN 1954). Det er ikke gjort særskilt oppmåling med Olex for bølgeberegninger utenfor Urke, men ved hjelp av tidligere målinger med Olex har Kystlab as generert figurer langs ønskede snitt. Disse dataene er noe grove inne ved land, men usikkerheten i disse dataene vil likevel ikke overstige den totale usikkerheten i beregningene. Siden Olex ikke kan eksportere rådataene direkte, har vi ved hjelp av en digitaliseringsteknikk ekstrahert de digitale dataene fra Kystlab as. Kravet til oppløsningen for bølge- og oppskyllingsberegningene i andre steg er høyere, og samplingen av dybde data er her gjort med en oppløsning på 10 m til 30 m. Dybdeforholdene utenfor Urke er vist i Figur 3.1 og Figur 3.2.

Oppskyllingshøyden er avhengig av blant annet helningen på sjøbunnen utenfor oppskyllingsområdet. Fra Urke Fiskeoppdrett as og ut til den dypere delen av fjorden er det en helning på ca. 18° (rett sør), mens langs den retningen som bølgen vil ha inn mot Urke, dvs. omtrent langs snitt 2, er det en helning på ca. 7-12°. Dagens strandlinje er vist i Figur 3.3 og Figur 3.4. Det er en relativt bratt skråning fra stranden og opp til nivået anlegget ligger på.

### Dypet i fjorden



Figur 3.1: Dybdeforholdene i fjorden utenfor Urke Fiskeoppdrett as. Dypet er gitt i meter med 20 m kotehøyde og tellekurver for hver 100 m. Snittet som er brukt for detaljstudien er merket "2".



Figur 3.2: Dybdeprofil målt vha. Olex-systemet langs snitt 2.



*Figur 3.3: Strandlinje langs Urke Fiskeoppdrett as sett fra elveutløpet mot vest.*



*Figur 3.4: Strandlinje langs Urke Fiskeoppdrett as sett fra flytebrygge mot vest. Hovedbygg skimtes i høyre billedkant.*

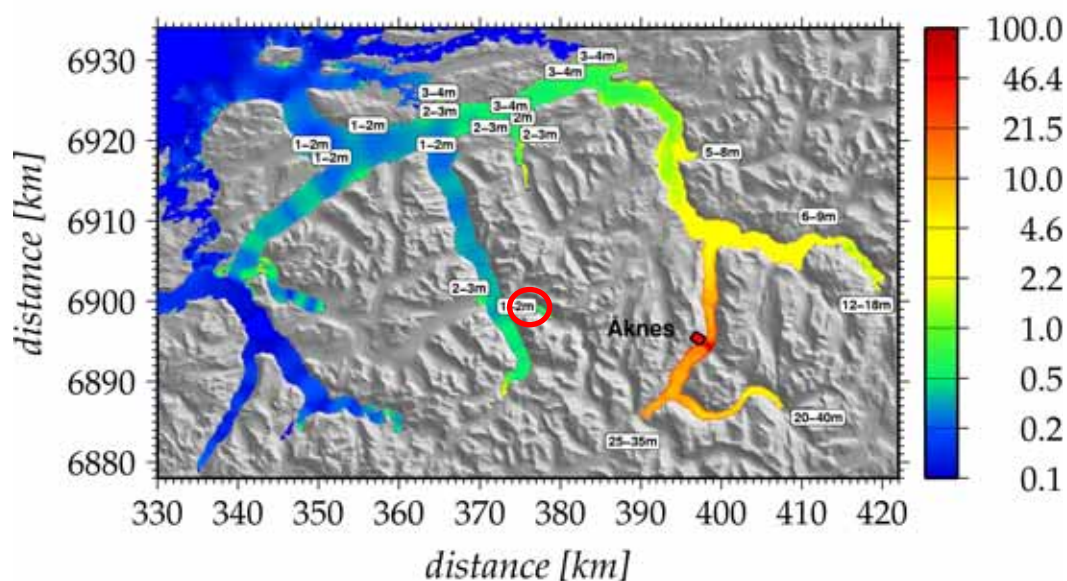
### 3.3 Resultater

I Figurene 3.5 og 3.6 vises den maksimale overflatehevningen fra første steg av beregningene i henholdsvis hele Storfjorden og lokalt i Norangsfjorden. Disse beregningene viser at største overflatehevning i fjorden utenfor Urke Fiskeoppdrett as er på ca. 0.25 m. I Figur 3.5 er det også inntegnet beregnede oppskyllingshøyder gjort for Åknes-Tafjord prosjektet i både de indre og de ytre områdene.

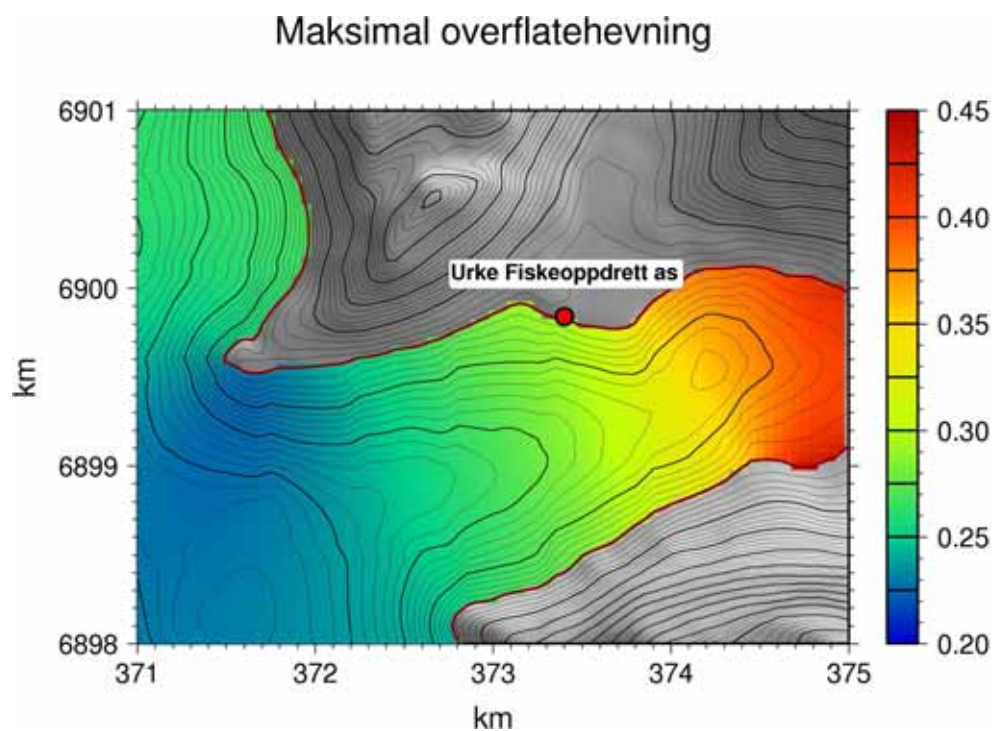
Beregningene videre langs snitt 2 (Figur 3.1) er vist i Figur 3.7. Vi ser her overflatehevningen i to punkter på henholdsvis 10 m og 143 m dyp som funksjon av tid. Vi ser at dess grunnere det blir (og nærmere land), dess høyere blir bølgen. Det er også liten effekt av ikke-linearitet (dvs. ikke krappe bølger), som kunne ført til brytning.

Ut fra resultatene fra den forbedrede modellen og vurderingen av vinkelen på den skrånende bunnen vil oppskyllingshøyden ved Urke Fiskeoppdrett as ikke overstige 1.5 m. I dette anslaget er det tatt hensyn til usikkerheten i modellberegningene. Det er ikke lagt til noen ekstra sikkerhetsmargin for oppskyllingshøyden. Større skredvolumer, sammenfall med høyvann, springflo eller annet kan gi høyere oppskylling.

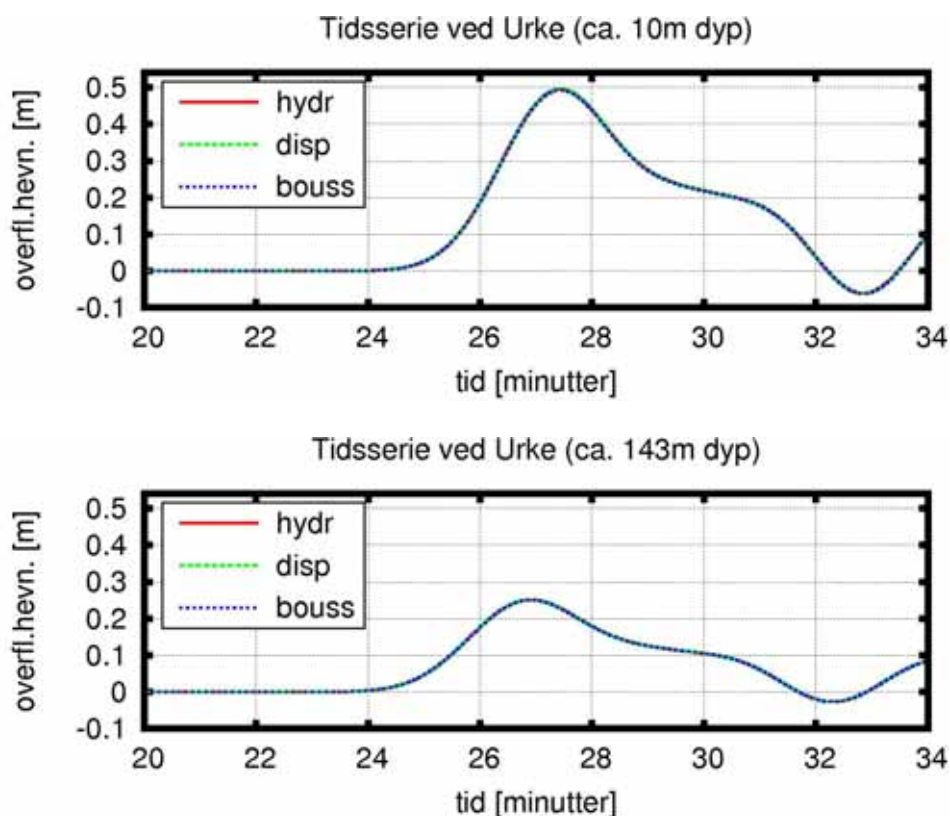
Anlegget til Urke Fiskeoppdrett as ligger som tidligere nevnt omtrent på kote 3 m (over middelvannstand) og inkluderer strømtransformator (se Figur 2.4), fisketanker og bygninger. Planlagte nye fisketanker og bygg ligger på samme nivå som resten av anlegget, d.v.s. kote 3 m.



Figur 3.5: Maksimal overflatehevning (m) i løpet av simuleringstiden for hele Storfjorden med beregnede oppskyllingshøyder markert i hvite bokser. Skredområdet markert med rød firkant og Urke markert med rød ring.



Figur 3.6: Maksimal overflatehevning (m) i løpet av simuleringstiden i fjorden utenfor Urke.



Figur 3.7: Overflateheving langs snitt 2 (tidsserie) for 10 m og 143 m dyp.

#### 4 REFERANSER

- NGI (2005). Innledende numeriske analyser av flodbølger som følge av mulige skred fra Åkneset. NGI rapport 20031100-2.
- NGI (2008). Semi-annual report: Comparison of 1HD numerical simulations and laboratory experiments; coupling between 3D laboratory and numerical model; sensitivity analyses; the tsunami impact in the outer part of Storfjorden. NGI rapport 20051018-2.





Rapport nr.: 20081633-1  
Dato: 2008-11-17  
Rev. dato:  
Side: A1  
Rev.: 0

# Vedlegg A - Om flodbølger generert av fjellskred

## Innhold

**A1 Om flodbølger generert av fjellskred**

**2**

## A1 Om flodbølger generert av fjellskred

Skred som faller i fjorder eller innsjøer genererer tyngdebølger som normalt fortoner seg som en mellomting mellom dønninger og tidevann. Flodbølger generert av skred inngår i den type bølger som gjerne betegnes "tsunamis".

Generering og utbredelse av flodbølger etter skred er et komplisert fenomen som kan deles i tre faser: 1) energioverføring fra skred- til vannbevegelse; 2) bølgeutbredelse i åpent vann; 3) bølgeoppkylling i strandsonen.

Bølgenes karakteristika avhenger av skredets volum, form og hastighet, så vel som av vanddypet. Karakteristisk overflatehevning vil normalt være mye mindre enn vanddypet i størstedelen av området. Dette er innfridd også i dette konkrete tilfellet, og fører til at enklere, lineære likninger er gyldige.

Bølgene klassifiseres som lange bølger dersom størsteparten av den energi som overføres fra skred- til vannbevegelse fordeles på bølgelengder mye større enn karakteristisk vanddyp. Ut fra dette følger at de vertikale variasjoner i horisontalhastigheten er små, og at trykket er tilnærmet hydrostatisk.

Sagt med andre ord er bevegelsen på ethvert sted tilnærmet den samme i hele vanddypet. Den såkalte "bunnbølgen" er således kun en myte. Begrepet har oppstått fordi bølgen ofte ikke observeres før den "dukker opp" inne ved land. Øyenvitner har derfor konkludert med at bølgen følger bunnen. At bølgen synes best inne ved land skyldes imidlertid bare at den blir krappere, dvs. både kortere (fordi hastigheten avtar) og høyere (fordi energifluksen må være konstant) på grunnere vann inn mot land.

Under utbredelsen bort fra skredområdet vil bølgens form endres avhengig av dempning og bunntopografi. Først avtar bølgehøyden som følge av radiell dempning når energien spres over et stadig større område. Bølgehøyden er således omvendt proporsjonal med kvadratroten av avstanden fra skredområdet. I tillegg utsettes bølgen for refraksjon, diffraksjon, refleksjon, interferens, fokusering, og amplifikasjon.

Amplifikasjonsfaktoren, dvs. forholdet mellom oppskyllingshøyden og overflatehevningen for innkommende bølge på dypt vann, er hovedsaklig bestemt av bølgelengden og helningen i strandsonen, eller mer presist forholdet mellom lengden på innkommende bølge og lengden på horisontalprojeksjonen av oppskyllingsskråningen under stille vannstand.

Amplifikasjonsfaktoren for bølger mot en skrånende strand vil normalt være omkring 2 - 4. Lokale forhold kan imidlertid føre til refraksjon, interferens og fokusering som øker oppskyllingshøyden ytterligere. Vi vil derfor anslå en faktor opptil 5 - 6 i områder spesielt utsatt for slike effekter (for eksempel bukter og nes). For oppskylling langs en slak, "ideell" skråning er amplifika-



Rapport nr.: 20081633-1  
Dato: 2008-11-17  
Rev. dato:  
Side: A3  
Rev.: 0

sjonsfaktoren maksimalt omkring 6. For refleksjon mot en tilstrekkelig høy tilnærmet vertikal vegg er amplifikasjonsfaktoren omkring 2.

Fjellskred kan medføre store svingninger i innelukkede fjorder eller innsjøer. Dette kan arte seg som en serie av innkommende bølger der den første ikke nødvendigvis er størst. Bølgebevegelsen kan vare i timevis.

# Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information					
Dokumenttittel/Document title Flodbølge fra Åkneset - påvirkning på fiskeoppdrettsanlegg i Urke, Ørsta kommune				Dokument nr/Document No. 20081633-1	
Dokumenttype/Type of document		Distribusjon/Distribution		Dato/Date 17. november 2008	
<input checked="" type="checkbox"/> Rapport/Report		<input type="checkbox"/> Fri/Unlimited		Rev.nr./Rev.No. 0	
<input type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note		<input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited			
		<input type="checkbox"/> Ingen/None			
Oppdragsgiver/Client Urke Fiskeoppdrett as					
Emneord/Keywords Flood wave, geohazard, mathematical model, numerical model, rock slide, run-up, surface wave, tsunami, wave action, fish farm					
Stedfesting/Geographical information					
Land, fylke/Country, County Norway, Møre & Romsdal				Havområde/Offshore area	
Kommune/Municipality Ørsta kommune				Felt navn/Field name	
Sted/Location Urke				Sted/Location	
Kartblad/Map 1219 IV Hjørundfjord				Felt, blokknr./Field, Block No.	
UTM-koordinater/UTM-coordinates 6899800 N 373400 E (sone 32)					
Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev./ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egen- kontroll / Self review av/by:	Sidemanns- kontroll/ Colleague review av/by:	Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:	Tverrfaglig kontroll/ Inter- disciplinary review av/by:
0	Originaldokument	for SGI CH		CH CH	
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release		Dato/Date 2008-11-17		Sign. Prosjektleder/Project Manager for Sylfest Glimsdal Carl B. Flarvita	

NGI er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

NGI arbeider i følgende markeder: olje og gass, bygg og anlegg, samferdsel, naturskade og miljøteknologi.

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

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002, og leder "International Centre for Geohazards" (ICG).

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

NGI is a leading international centre for research and consulting in the geosciences.

NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the environment, installations and structures.

NGI works within the oil and gas, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors.

NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA. NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002, and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

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



Hovedkontor/Main office:  
PO Box 3930 Ullevål Station  
NO-0806 Oslo  
Norway

Besøksadresse/Street address:  
Sognvæien 72, NO-0855 Oslo

Avd Trondheim/Trondheim office:  
PO Box 1230 Pränteret  
NO-7452 Trondheim  
Norway

Besøksadresse/Street address:  
Prænteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00  
F: (+47) 22 23 04 48

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

Kontonr. 5096 05 0128 | IBAN NO26 5096 0501 28 |  
Org. nr./Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001  
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg. No. 75 32989

