



RAPPORT

# Erosjonsvurdering

FARESONER FOR EROSJON, FLÅMSELVI

DOK.NR. 20160468-02-R

REV.NR. 0 / 2016-09-14

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.

## Prosjekt

Prosjekttittel: Erosjonsvurderinger  
Dokumenttittel: Faresoner for erosjon, Flåmselvi  
Dokumentnr.: 20160468-02-R  
Dato: 2016-09-14  
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /

## Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Aurland kommune  
Kontaktperson: Bjørn Sture Rosenvold  
Kontraktreferanse: Signert oppdragsbekreftelse

## for NGI

Prosjektleder: Øyvind A Høydal  
Utarbeidet av: Øyvind A Høydal  
Kontrollert av: Anders Solheim

## Sammendrag

Fare for erosjon i nedre del av Flåmselvi er vurdert i forhold til TEK10 §7-2 og §7-3, og det er tegnet faresoner for erosjon med årlig sannsynlighet 1/1000 langs elva. Store deler av elvestrekningen fra og med Grindahølen vil, ved ekstrem flom ha vannhastighet som vil mobilisere elvebunnen og kan gi undergraving av elveskrånninger med forbygning. Elva vil ved store flommer dra med seg lokal masse fra øvre deler, og avsette disse i roligere partier. I det utfylte området med kanal ut mot sjøen er både kapasitet og flomvannstand avhengig av at kanalen vedlikeholdes. Det anbefales at faresonene brukes til å plassere bygninger utenfor faresoner tilhørende sikkerhetsklasse for aktuelle typer bygg.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Krav til sikkerhet</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Flom og hastighetsberegninger</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Områdebeskrivelse og farepotensial</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Faresoner og anbefalinger</b>	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>Referanser</b>	<b>25</b>

## Vedlegg

Vedlegg A	Vannhastigheter
Vedlegg B	Faresoner 1:10 000
Vedlegg C	Faresoner 1:5 000, søndre, øvre del
Vedlegg D	Faresoner 1:5 000, nordre, nedre del

## Kontroll- og referanseside

## 1 Innledning

NGI har fått i oppdrag å vurdere erosjonsfare langs Flåmselvi fra Leinafossen (kraftverk) og til sjøen i Flåmsdalen, Aurland kommune. Tilsvarende vurderinger er gjort på denne strekningen i forbindelse med reguleringsplan ved Flåm kirke (NGI, 2015) og ved Brekkehagen (NGI, 2015). NGI har gjort tilsvarende vurderinger for nedre del av Undredalselvi i Aurland (NGI, 2016). Figur 1 viser beliggenhet av strekningen som er vurdert. Området, som ble sterkt rammet av flommen høsten 2014, ble befart av NGI i forbindelse med den akutte situasjonen i 2014, og sist 15. juni 2016. Området skal vurderes og faresonekartlegges i henhold til TEK10. Denne faresoneeringen vurderer ikke fare fra flom definert som stigende vannstand med lav vannhastighet, men ut fra vannhastigheter og erosjonspotensiale. Områdene vurderes i forhold til effekt på elvebunn og sider på grunn av erosjon, massetransport eller stor avlagring av masse. Hensikten med prosjektet er å angi trygg byggegrunn. Figur 2 illustreres problemstillingen.



Figur 1 Beliggenhet av vurderingsområdet i Flåmsdalen, Aurland kommune. Stiplet område er vurdert område.



*Figur 2 Bilde etter flommen i oktober 2014 nedstrøms Flåm bru. Innenfor foto er 2 hus her revet vekk, mens ytterligere 4 har fått utvasking rundt grunnmur (Foto Aurland kommune).*

## 2 Krav til sikkerhet

Kravet til skredssikkerhet er gitt i Byggteknisk forskrift (TEK10) samt veileder til TEK10 og i Plan- og bygningsloven (PBL). Deler av det undersøkte området er utsatt for flom med konsekvens tilsvarende som for skred, og sikkerhetsnivået er også definert for slike situasjoner.

### De relevante paragrafene i TEK10 er:

§ 7-2. Sikkerhet mot flom og stormflo

(1) Byggverk hvor konsekvensen av en flom er særlig stor, skal ikke plasseres i flomutsatt område.

(2) For byggverk i flomutsatt område skal sikkerhetsklasse for flom fastsettes. Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom slik at største nominelle årlige sannsynlighet i tabellen nedenfor ikke overskrides. I de tilfeller hvor det er fare for liv fastsettes sikkerhetsklasse som for skred, jf. § 7-3.

Og videre i veiledning til samme kapittel sies

(<http://dibk.no/no/BYGGEREGLER/Gjeldende-byggeregler/Veiledning-om-tekniske-krav-til-byggverk>):

*§ 7-2 gjelder sikkerhet mot saktevoksende flommer som normalt ikke medfører fare for menneskeliv. I tilfeller hvor flomfaren kan føre til tap av liv skal tiltaket plasseres i sikkerhetsklassene for skred i §7-3.*

*For typer av flommer som kan medføre fare for tap av menneskeliv gjelder kravene for skred (§ 7-3). Under flommer i bratte vassdrag med løsmasser kan det oppstå sterk erosjon og massetransport, og bølger av løsmasser og vann nedover løpet, såkalte flomskred. Massene og vannet vil ha høy hastighet og stor kraft, og kan føre til fare for tap av menneskeliv. Også situasjoner der bekker og elver brått tar nye løp og der en kan få flodbølger etter oppdemminger fra skred vil være farlige.*

(3) Første og annet ledd gjelder tilsvarende for stormflo.

(4) Byggverk skal plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon.

Tek 10 § 7-2 bestemmer med andre ord at sikkerhetsklasse skal fastsettes som for skred når det er fare for liv. Punktene (1) og (4), ovenfor, gir klare retningslinjer for hvordan man skal ta hensyn til flom og erosjonsfare.

Nedenfor gjengis tabellene i Tek 10, kap 7-2 og 7-3:

*Tabell 1 Sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område*

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
F1	liten	1/20
F2	middels	1/200
F3	stor	1/1000

### § 7-3. Sikkerhet mot skred

- (1) Byggverk hvor konsekvensen av et skred, herunder sekundærvirkninger av skred, er særlig stor, skal ikke plasseres i skredfarlig område.
- (2) For byggverk i skredfareområde skal sikkerhetsklasse for skred fastsettes. Byggverk og tilhørende uteareal skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot skred, herunder sekundærvirkninger av skred, slik at største nominelle årlige sannsynlighet i tabellen nedenfor ikke overskrides.

*Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde*

*Tabell 2 Sikkerhetsklasser for byggverk i skredutsatt område.*

Sikkerhetsklasse for skred	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
S1	liten	1/100
S2	middels	1/1000
S3	stor	1/5000

Sikkerhetsklasse S2 omfatter enebolig, tomannsbolig og rekkehus med maksimum 10 enheter. S3 omfatter bygninger med større menneskekonsentrasjoner enn S2, eller bygninger med særlig viktig funksjon. S1 omfatter blant annet uthus og garasje.

Det er ingen fysisk grunn til å skille mellom flom og skred når last og konsekvens er de samme. Erosjon med fare for liv (kollaps av bygning) skal ha samme sikkerhetsnivå som F3 dvs. samme nominelle sikkerhetsnivå som S2 i TEK10.

Det må også legges til at Eurocode 7 krever stabilitet av byggegrunn. Grunn som eroderes tilfredsstillende dermed heller ikke Eurocode 7.

Langs Flåmselvi er det både areal som gir oversvømmelse med lav vannhastighet og areal som ikke er direkte utsatt for flom, men som kan undergraves ved erosjon. Disse to arealene påvirker hverandre: Snevres flomareal inn, øker vannhastigheten, og dermed erosjonspotensialet. Dette er særlig tydelig ved tosidig forbygning av ei elv. Det er viktig at elva har rom til å vide seg ut ved store flommer. I dette prosjektet er det derfor også merket av flomareal som anses som et viktig forebyggende tiltak, med begrunnelsen at vannhastighet og dermed erosjon kan reduseres. Vannlinjeberegninger utført av



Norconsult for Flomselvi (Carlsen, 2011) viste at det her var middelvannhastigheter opp i 5-6 m/s ved 200-års flom i ved Flåm bru.

### 3 Flom og hastighetsberegninger

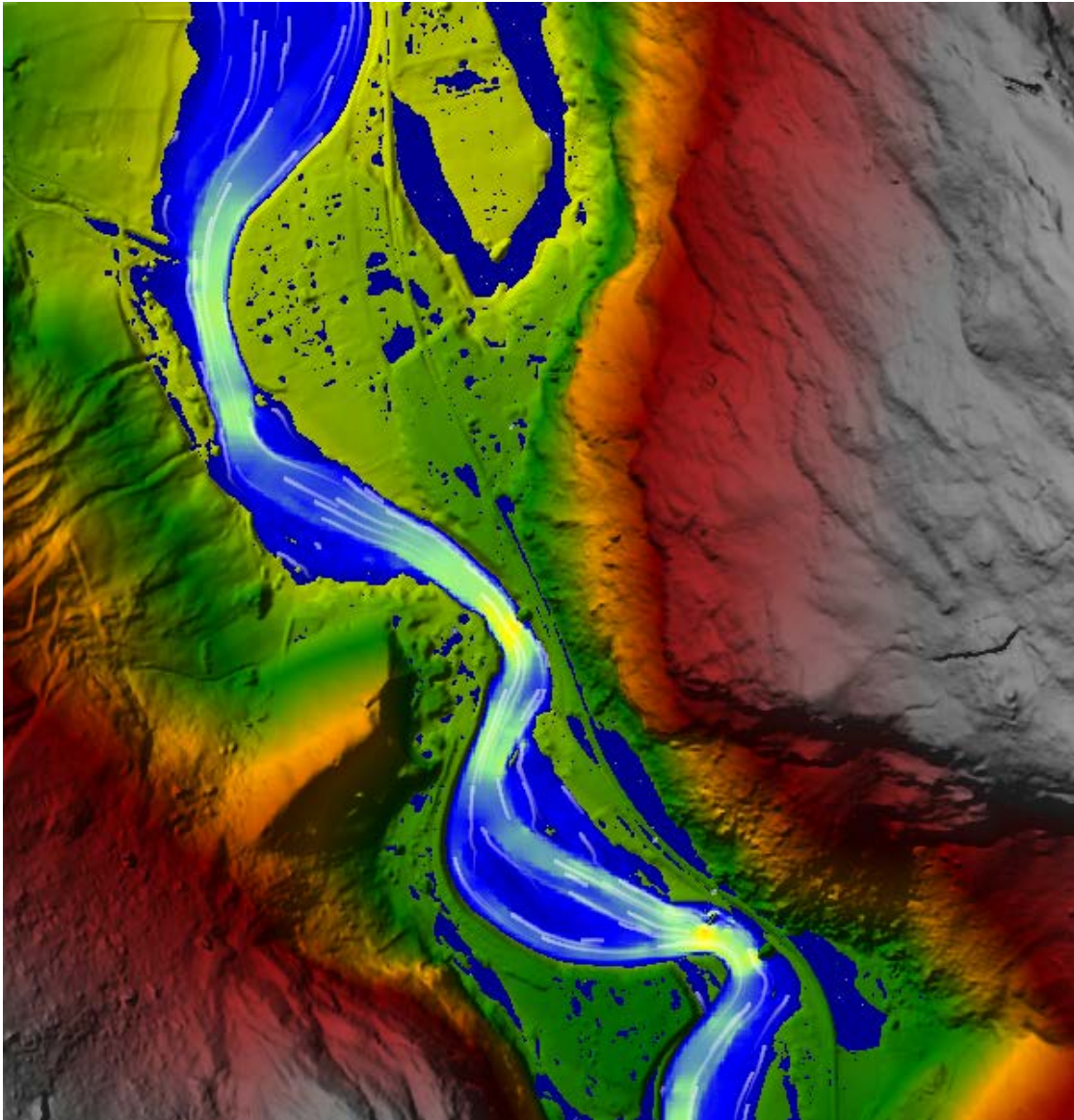
I dette prosjektet er det vannføring for 1000- års flom med klimapåslag som er sentralt i forhold til TEK 10. Vannføringen ( $Q_{1000}$ ) i Tabell 3 er hentet fra NVE (2015) og gitt 20% klimapåslag. Det har i etterkant av flommen vært mye diskusjon om flomstørrelse. Dette er ikke av særlig betydning for dette studiet. Resultat av hydrauliske beregninger viser at kritiske hastigheter for erosjon og hastighetsnivå nås på mindre flomstørrelser, noe en erfarte i flommen 28 oktober 2014.

Tabell 3 Resultattabell flomberegning fra NVE(2015)

Tabell 4. Flomverdier for Flåmselvi ved 72.5 Brekke bru.

	Areal km <sup>2</sup>	Kulm./ døgn	Q <sub>M</sub> m <sup>3</sup> /s l/s·km <sup>2</sup>		Q <sub>5</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>10</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>20</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>50</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>100</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>200</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>500</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>1000</sub> m <sup>3</sup> /s
Q <sub>T</sub> /Q <sub>M</sub>	-	-	-	-	1,20	1,36	1,51	1,73	1,92	2,11	2,40	2,64
Døgnmiddelvannføring	268,2	-	101	378	122	137	153	176	194	214	243	267
Kulminasjonsvannføring	268,2	1,35	137	510	165	185	210	240	260	290	330	360

For å få et innblikk i hastighetsfordelingen i elva, har modellverktøyet HEC RAS, 5.01 - 2D blitt benyttet. Grunnlaget for terrengmodellen er laserdata tatt opp 30. mars 2016. Flyfoto fra samme dag viser lav vannføring. Modellen gir god representasjon av elveløpet med bunn gjennom hele undersøkelsesområdet, til E16 i nord I nederste del kan det være at sjøvannstanden påvirker kvaliteten av dataene. Bruer er ikke lagt inn i modellen, kun bunntopografi. Hensikten med hastighetsstudiet er å se mønster og nivå for strømmingen slik at en grovt kan bedømme erosjonspotensiale. Figur 3 viser eksempel på hastighetsberegning med HEC- RAS 2D.



Figur 3 Eksempel på vannhastighetsberegning i HEC- RAS 2D. Gule områder har høyest hastighet.

Hydrauliske modeller er usikre når det gjelder overkritisk strømning med store vannhastigheter, noe som også er vesentlig for hvor nøyaktig en skal presentere vannhastigheter. Det er ønskelig å si noe om når hastigheten ligger under 3 m/s, samt når vannhastigheter øker i trinn over 5-6 m/s. En strømnings evne til å dra med seg stein øker med kvadratet av vannhastigheten. Dermed øker også nødvendig steinstørrelse dramatisk når vannhastigheten øker. Ved en strømningshastighet på 5 m/s, vil en ha behov for forbygning med midlere steinstørrelse i 1 tonns klasse. I praksis vil dette si at en oftest må bygge tilpassede forbygninger av tunge blokker uten angrepspunkter for vannet, hverken i vegg eller fot, inkludert bunnsenking av elva.

Tidligere studier (Carlson, 2011) viser at med unntak av under gammel bru ved E16, er Flomselvi underkritisk opp mot Grindahølen, (se Figur 1, eller Vedlegg A) deretter er det kritiske partier igjennom Grindahølen og ved Brekke bru. Etter Øyna - oppover til Leina kraftstasjon er strømmingen overveiende overkritisk.

Nedenfor Leina kraftstasjon eroderte flommen i 2014 kraftig i glasifluviale avsetninger på begge sider av elva og store mengder stein, sand og grus ble ført ut i elva på kort tid og har trolig medvirket til at flommen ble pulserende. Slike pulser er normalt for framføring av masser i bratte vassdrag (flomskred). Skred- og flomsannsynlighet kan også sees på som usikkerhet. Usikkerhet for massetransport og flomforløp er trolig større enn det en diskuterer i statistiske metoder for vannføring uten massetransport.

I modellen er det kjørt vannføringer stigende i trinn fra middelflomvannføring og opp i 1000 års flom med 20 % klimapåslag.

## 4 Områdebeskrivelse og farepotensial

Sikring av denne elvestrekningen har pågått siden 2014, først akutt og midlertidig sikring, så selve anlegget. Arbeidet er ennå ikke ferdigstilt. Elva har etter hvert fått betydelig større sikkerhet enn før 2014. Sikringsarbeidet skal være dimensjonert for en 200-års flom, men vi kjenner ikke detaljer i endelig sikringsarbeid.

Vedlegg A viser kart med hastighetsfordeling langs elva for en 1000- års flom. Med noen unntak, er beregnet vannhastighet større enn 3 m/s fra Leina Kraftstasjon og forbi Lunden og Grindahølen. Elva er brattest i øvre del, og de lengste partiene med vannhastighet over 4 m/s er: 1) Nedstrøms Leina forbi Tverrelva, 2) i sving ved Geilagrovi, 3) Flåm bru, 4) To partier – før og etter Mollstein, 5) Flåm skole, 6) smalt parti ved Brekkehagen, 7) Steinshølen, 8) Område Brekke bru, og 9) Grindahølen (Vedlegg A).

En video lagt ut på <https://www.nrk.no/sognogfjordane/sja-elva-sine-herjingar-1.12013103>, er også brukt til vurdering av vannhastighet i en ekstrem situasjon.

Flåm bru og de andre bruene er ikke lagt inn som brukonstruksjoner, men brukar er med i terrengmodellen, og fører til markert hastighetsøkning på grunn av innsnevring. Dette ser en også nedstrøms ved brua til lokalvegen under E16, og ved brua mot Flom stasjon (Vedlegg A). I områder med jevnt høy hastighet vil en forvente nettotransport av masse ut av området. I øvre del av elva, til Steinshølen er det jevnt høy hastighet, mens en i midtre deler fra Steinshølen og forbi Grindahølen får noe mer skiftende vannhastighet og avsetningsforhold. Modellen beregner kun hastighet ved konstant geometri, ikke når det skjer endringer som erosjon eller masseavlagering i elveløpet. Nedenfor et område med høyhastighet, vil en få avlagering av masse når vannhastigheten synker. Når strømmingen da gjør en sving, går elvestrømmen på i ytterkant. En slik endring i bunngeometri får modellen ikke med seg.

Dagens elveslette er dominert av resente elvesedimenter. Det er kun ved Haugen – Brekke bru, boligområdet Lundeåkeren og ved Leina kraftstasjon og 300 m nedover fra kraftstasjonen en har terrasser med glasifluvial opprinnelse. Erosjon under hendelsen høsten 2014 illustrerte at terrassene består av sandige og grusig materiale. Dette er sedimenter som er svært letteroderbare og transporterbare på grunn av lavt innhold av finmateriale (leire og silt) og dermed lite kohesjon i massene.

Erosjon og massetransport er naturlige prosesser i et vassdrag og skader kan oppstå både på grunn av erosjon og utrasing av elvemeler, samt avsetning av masser

Erosjon kan forebygges, men samtidig må en være klar over at når ei elv strammes inn, øker potensialet for senking eller sideutvidelse av elveleiet på grunn av hastighetsøkning. Erfaring også fra Flåmselvi viser at ved 2-sidig forbygning eller smale bruer kan følgeskadene bli betydelig større enn ved ensidig forbygning, der elva gis rom for flom på motsatt side. Det er ofte gunstig å gi elva plass på motsatt side, hvis en har objekt som skal sikres på den ene siden. Potensielle erosjonsområder kan bli større ved 2-sidige forbygninger. Ved å sikre ei rask elv tilstrekkelig flomareal, vil en redusere øvrig sikringsbehov og problemer med stor vannhastighet i elva.

I anvendt norsk regelverk for bygningstiltak og flomhåndtering, er det fokusert på vannstand og vannstandsstigning, noe som tillater oppfylling av flomareal slik at tverrsnittsarealet ved flom går ned. I USA er denne problemstillingen håndtert ved å definere "floodway" for å hindre nedbygging i elvenært område med betydelig strømning. Noe tilsvarende kunne en gjøre i Norge der både faktorene vannhastighet og vannstandsstigning tas med. I dette prosjektet er også tema "Viktig flomareal" avmerket Vedlegg B, C og D. Dette er areal som skal kunne ta opp flom, og der heving av grunnen eller utbygging kan få uønskede konsekvenser.

Massetilførsel og lokal masseforflytning gir vesentlig påvirkning av kapasitet i elveleiet. Det er antatt at kun begrensede grove masser kan følge Flåmselvi forbi inntaksdammen for Leina kraftverk. Det skal ikke ha vært særlig mye sedimenter inn mot betongdammen, men i innløpet og oppstrøms denne. Teoretisk kan strømmen store mengder sand og finstoff gå gjennom dammen.

Nedenfor følger en serie foto med observasjoner og vurderinger gjort under befarings. Bildene presenteres i rekkefølge fra Leinafoss og nedstrøms, og gir en beskrivelse av karakteristiske trekk i denne delen av vassdraget. I figurtekstene er også lagt inn kommentarer og noen anbefalinger vedr. sikringstiltakene.



*Figur 4 Leina kraftstasjon. Elva har her sitt bratteste parti. (Foto tatt oppstrøms)*



*Figur 5 Sving ved Geilagrovi, der elva har betydelig fall og stor hastighet. Skråninger som raste ut i 2014 er slaket ut.*



*Figur 6 Flåm bru. Brua har fått solid bunnterskel. Det er flomvei øst for brua, og nytt vannmerke er etablert. Bruas kapasitet er ikke beregnet.*



*Figur 7 Oppstrøms Flåm skole. Det er etablert grovere og glattere forbygning ned mot skolen.*



*Figur 8 Oppstrøms Flåm skole. Det kommer her ny bru. Området er ikke ferdigstilt.*



*Figur 9 Flåm skole. Selve skolen ser ut til å ligge flomsikkert. Dette er et område som har svært høy hastighet. Dagens bru er midlertidig. Endelig sikring må utføres i forbindelse med ny bru. Oppbygging av elvebrinken bak forbygning er ikke kjent.*



*Figur 10 Sving nedenfor Flåm skole, sett nedstrøms. Svingen er her gjort mindre krapp og videre.*

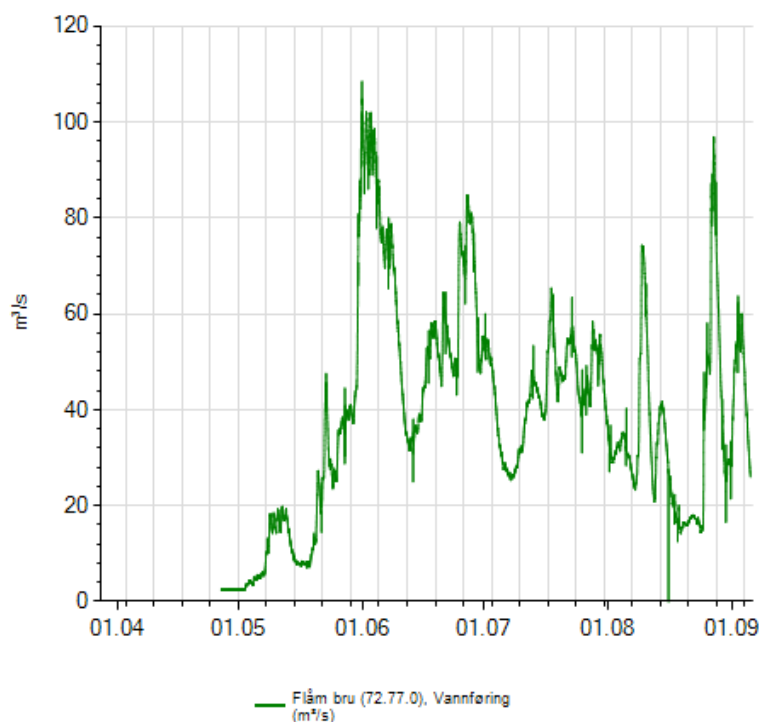


*Figur 11 Nedfor skolen er elvesvingen rettet ut og elva er lagt noe mer østover. Elvekanalen har et kantete forløp forbi Brekkehagen. I dette partiet ser en det er brukt liten stein. Konsekvens av erosjon i området er vurdert som liten, men ved ekstremflom vil steinene i bildet settes i bevegelse. Foto er sett oppstrøms.*





Figur 12 Ved Brekkehagen er det er lagt ut masse for vegetering som er vasket vekk. Figur 13 viser at det her var vannføring på ca. 100-110 m<sup>3</sup>/s i starten av juni, 2016. Dette er noe lavere enn årsmiddelflom, og demonstrerer at det er vanskelig å etablere vegetasjon lavere enn middelflom vannstand. I henhold til Figur 13 var vannføringen ca 40 m<sup>3</sup>/s ved befarings 15. juni, 2016.



Figur 13 Registrert vannføring ved Flåm bru, april til sept. '16. NVE, [www.sildre.no](http://www.sildre.no).



*Figur 14 Stor stein i foten ut for Brekkehagen, Steinshølen i bakgrunn.*



*Figur 15 Steinshølen sett oppstrøms. Stein i elva antas å være fra steinsprang i 1963. Dette er det smaleste partiet på strekningen.*



*Figur 16 Øyna. Foto er tatt nedstrøms. Ved Øyna, nedstrøms Steinshølen, er østre løp hovedløp- i vestre løp er det en liten plastring. Ovenforliggende skråning er målt til 34 grader. Dvs at massene må være tørre for å kunne stå så bratt. Topp skråning ligger lengre ut etter ny veg er lagt på utsiden av den gamle.*



*Figur 17 Øyna sett oppstrøms. Til høyre, nærmest fotografen, sees en bratt utvidet fylling mot elva. Skråningen er utsatt for rilleerosjon på overflaten fra lokal nedbør inntil skråningen gror igjen.*



*Figur 18 Sving ovenfor der Brekke bru fantes før 2014(vekk). Mye grove masser og stor stein sees i elvekanten, men vegkanten (i forkant) er stedvis svak og i bevegelse.*



*Figur 19 Ved brukaret til Brekke bru. Elva har fått ny forbygning for å holde strømmen unna skråningsfoten.*



*Figur 20 Oppstrøms Grindahølen. Elva gjennom Grindahølen er trang, vannet staker seg opp og strømmen går hardt på i yttersving. Forbygning sees i yttersving.*



*Figur 21 Gjennom Grindahølen sett nedstrøms. Begge bredder er plastret med stor stein etter stor erosjon.*



*Figur 22 Nedenfor Grindahølen vider elva seg ut og får aktivt flomareal på venstre side (vest). Elva legger opp masse og går på i yttervsing.*



*Figur 23 Nedre del fra E39 er relativt trangt parti og elva har lite rom.*



*Figur 24 Masse avlagres i innersving, elva går på i yttersving, mot jernbanen*



*Figur 25 Utløp mot sjø er rett og kanalisert med lite fall. I ytre deler vil vannstanden i sjøen styre flomvannstanden i elva. Når sjøen flyttes utover ved at elevkanalen forlenges, stiger vannstanden innover (vannflata får mindre fall og lavere hastighet). I dette området må en renske kanalen for avlagrede masser jevnlig, og særlig etter store flomhendelser.*

## 5 Faresoner og anbefalinger

Vedlegg B, C og D viser vurdert område og faregrenser med nominell årlig sannsynlighet 1/100, 1/1000 og 1/5000.

Faresonen som representerer nominell årlig sannsynlighet for erosjon  $>1/1000$  vil i all hovedsak følge elva. Skråningsstabilitet er vurdert ut fra at skråningen undergraves og en får grunne utglidninger. Sedimentene er friksjonsmateriale, og dypere rotasjonsglidninger, som ville føre til større skred, er ikke sannsynlig. Det antas at allerede utført sikring gir relativt god sikkerhet mot undergraving av forbygning ved en 100-års flom, men ikke for 1000-års flom eller større flommer. Elva er dårlig sikret mot erosjon av bunnen, som vil gi bunnsenking. Det er tegnet 100-års soner på de strekning med størst hastighet, og sonen omfatter da i hovedsak elveskråningen.

Det er ikke beregnet vannhastigheter for flom med årlig sannsynlighet på 1/5000. Selve flomarealet vil normalt være hele elvesletta. Erosjon vil ha effekt utenfor oversvømt areal der fot av skråning vaskes ut. 1/5000 flomsonen er her i hovedsak begrenset av "vurdert område". Vurdert område er i hovedsak elvenært område, men der det kommer



ned vifter med erosjon og masseavlagring, er faresoner med nominell årlig sannsynlighet trukket til ytterkant av vurdert område.

I Flåmsdalen er det skredfare i nær sagt alle dalsider og ned på flata. Faresonene presentert i dette prosjektet, er ikke sammenstilt med tidligere kartlagte faresoner for skred fra bratt terreng.

Der det er markert flomareal vil strømhastigheten være lav. Sand og grus vil dras med og avsettes på områder med lavere hastighet. Disse er ikke vurdert som fareområder for erosjon. Tiltak i slike områder som plassering av bygg eller oppfylling, vil kunne endre strømningsmønster og øke strømhastigheter som gir nye kritiske forhold. Video referert i kapittel 4, viser også slike lokale oppstående strømningsendringer.

Nedenfor E16 går elva i en kanal. Utover i kanalen vil en kunne få avlagring av masse. Flomvannstand og kapasitet er avhengig av at kanalen er holdes ved like, både med rensk og reparasjon ved skader etter flom.

I enkelte tilfeller vil en kunne sikre lokalt innenfor en elvebredd, men i ei elv som Flomselvi, vil det kreve dimensjonert sikring på lengre strekninger. Det anbefales å bruke faresonene slik at for eksempel tiltak i sikkerhetsklasse S2, plasseres utenfor faresone med nominell årlig sannsynlighet 1/1000.

## 6 Referanser

Carlsen, A. J, 2011, "Flomsonekartlegging i Flåmvassdraget", Aurland kommune, Norconsult, oppdragsnummer 5010939.

NVE, 2015: Flomberegning for Flåmselvi ved Brekke Bru. (072-2Z). Rapport 27/2015.

NGI, 2016: Erosjonsvurdering Ur. Rapport 2016-01-R

NGI, 2015: Faresoner Gnr./Bnr 49/53, Rapport 20150456-1-TN

NGI: 2015: Reguleringsplan ved Flåm kirke, Aurland kommune, Skred og erosjonsvurdering. Rapport 20150368-1-R

# Vedlegg A

## VANNHASTIGHETER



# Vedlegg B

FARESONER 1:10 000





# Vedlegg C

FARESONER 1:5 000, SØNDRE, ØVRE DEL



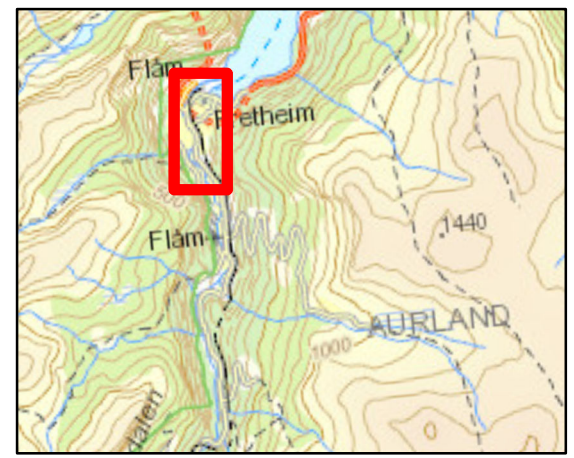
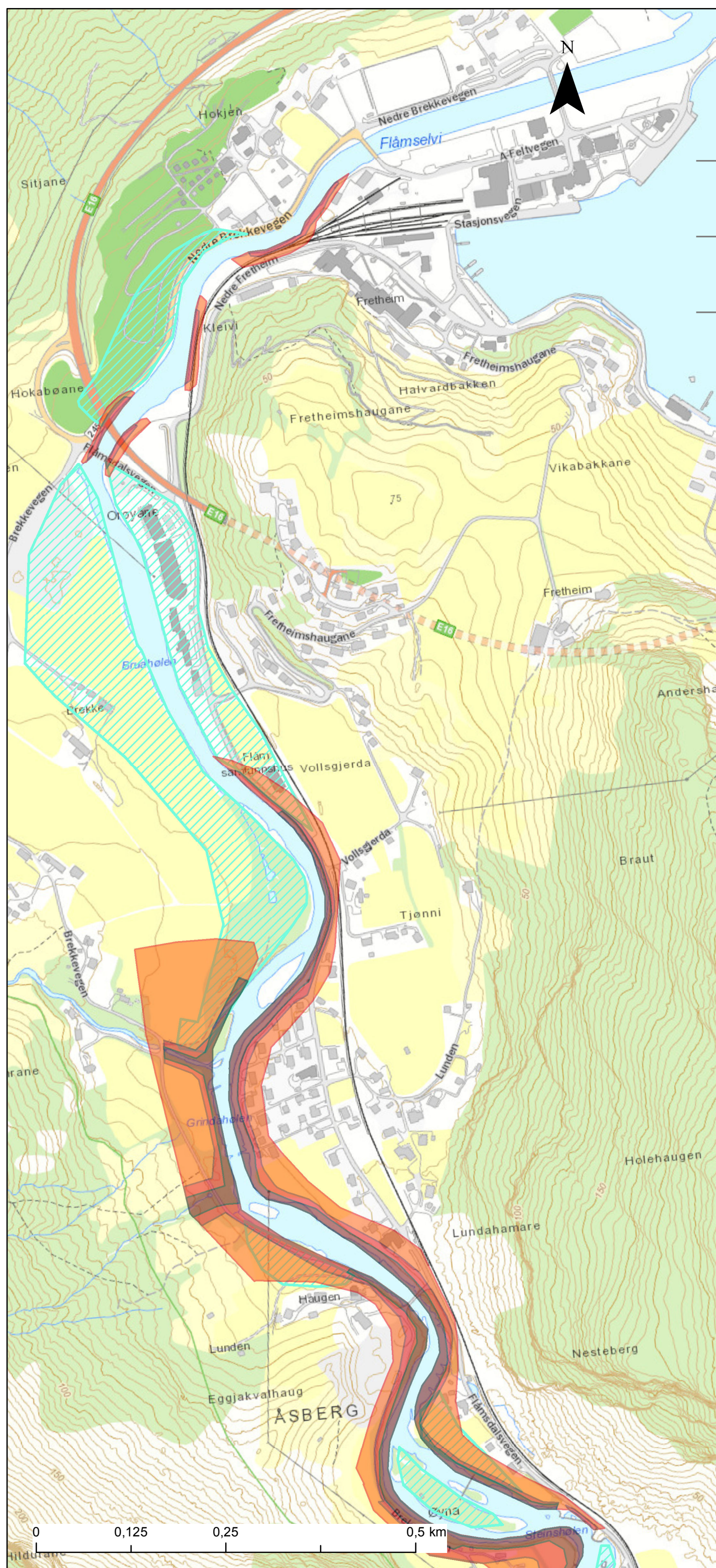


# Vedlegg D

FARESONER 1:5 000, NORDRE, NEDRE  
DEL








## Tegnforklaring

### Faresone Erosjon

### Nominell årlig frekvens

- $\geq 1/5000$
- $\geq 1/1000$
- $\geq 1/100$
- Vurdert område
- Viktig flomareal

Målestokk (A3): 1:5 000 Datum: XXXX, Kartprojeksjon: XXXX

Aurland kommune		
<b>Erosjonsvurdering Flåmselvi</b>	Prosjektnr. 20160468	Kart nr. D
Faresonekartlegging erosjon Vedlegg D - Nordre del Faresoner og flomareal	Utført oah	Dato 2015-09-07
	Kontrollert AS	Godkjent oah
		

<b>Dokumentinformasjon/Document information</b>		
<b>Dokumenttittel/Document title</b> Faresoner for erosjon, Flåmselvi		<b>Dokumentnr./Document no.</b> 20160468-02-R
<b>Dokumenttype/Type of document</b> Rapport / Report	<b>Oppdragsgiver/Client</b> Aurland kommune	<b>Dato/Date</b> 2016-09-14
<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> 0 /
<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> erosjon, faresoner, flom		

<b>Stedfesting/Geographical information</b>	
<b>Land, fylke/Country</b> Sogn og Fjordane	<b>Havområde/Offshore area</b>
<b>Kommune/Municipality</b> Aurland	<b>Felt navn/Field name</b>
<b>Sted/Location</b> Underdal	<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>					
<b>Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001</b>					
<b>Rev/Rev.</b>	<b>Revisjonsgrunnlag/Reason for revision</b>	<b>Egenkontroll av/ Self review by:</b>	<b>Sidemanns-kontroll av/ Colleague review by:</b>	<b>Uavhengig kontroll av/ Independent review by:</b>	<b>Tverrfaglig kontroll av/ Inter-disciplinary review by:</b>
0	Originaldokument	2016-09-02 Øyvind A Høydal	2016-09-14 Anders Solheim		

<b>Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release</b>	<b>Dato/Date</b> 16. september 2016	<b>Prosjektleder/Project Manager</b> Øyvind A Høydal
--	--	---

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 datterselskaper 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 laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

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

