

Til: A-Vista  
v/ Inger Langvik  
Dato: 2018-05-07  
Rev.nr. / Rev.dat: 0  
Dokumentnr.: 20180152-01-TN  
Prosjekt: Flomvurdering Bergsetelva  
Prosjektleder: Kristine H. H. Ekseth  
Utarbeidet av: Kristine H. H. Ekseth, Øyvind Høydal, Kai Fjeldstad v. HydraTeam  
Kontrollert av: Laura Rødvand

---

## Hydrologiske analyser og vurderinger av sikringstiltak

### Innhold

1	Innledning	2
2	Sikringstiltak	3
3	Oppsummering	3

### Vedlegg

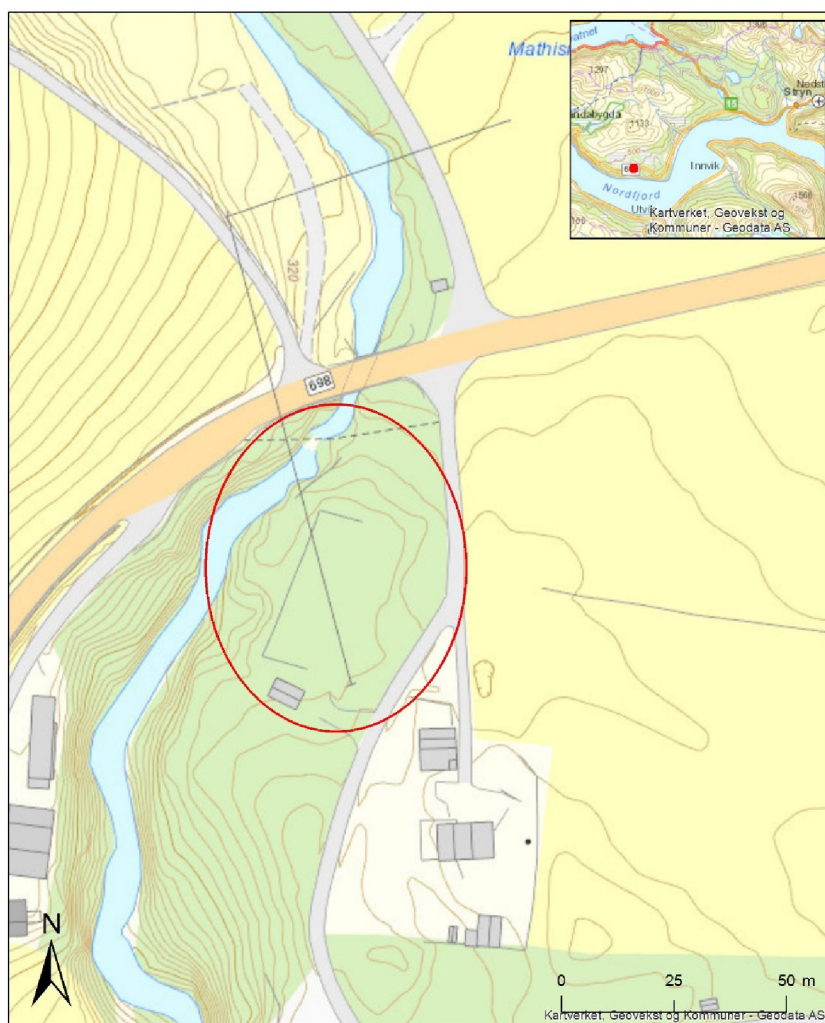
Vedlegg A HydraTeams rapport

### Kontroll- og referanseside

## 1 Innledning

NGI har fått i oppdrag av A-Vista AS å utrede flom- og erosjonsfare ved ny tomt for COOP Marked ved Fjelli i Stryn kommune (Figur 1). Etter flommen i 2011 har det blitt gjort tiltak ovenfor og nedenfor bruene, men det kreves utredning i tilknytning til tomteutviklingen for COOP Marked. I følge Byggteknisk forskrift (TEK17), § 7-2. skal områder med byggverk og industribygg sikres mot flom og stormflo etter sikkerhetsklasse F2 (lik 200 års gjentaksintervall). Bygget må derfor sikres mot flomskader ved 200-års flom (med klimapåslag) og i tillegg ha en sikkerhetssone på minst 20 meter mot erosjonsutsatte skråninger og lett eroderbare masser som ikke er sikret.

HydraTeam AS har utført flomberegninger og flomsonekartlegginger for 200-årsflom med og uten klimapåslag basert på tilgjengelig materiale per dags dato (skrivebordsstudie), resultatene er presentert i Vedlegg A.



Figur 1 Rød ring viser omtrentlig plassering av tomt for COOP Marked

## 2 Sikringstiltak

Basert på resultatene i Vedlegg A anbefaler NGI at tomten fylles opp med minst 1,5 m med flom-/erosjonssikre masser (dvs. opp til ca. kote 315,5), eventuelt kan det bygges en flommur på minst 1,5 m høyde. I følge rapport i Vedlegg A vil flomnivå være ca 0,5 m på tomten ved en 200-årsflom med klimapåslag, men NGI anbefaler oppfylling til 1,5 m basert på usikkerheten i det tilgjengelige grunnlaget. Dersom det gjøres en mer detaljert flomvurdering inkludert kartlegging av bunntopografi m.m., vil oppfyllingshøyde potensielt kunne endres.

Dersom alternativet med oppfylling velges må tilførte masser erosjonssikres ut mot elven. Tomten må også undersøkes med hensyn til hvilke typer masser grunnen består av, og oppfyllingen må prosjekteres av en geotekniker slik at det ikke oppstår grunnbrudd eller andre uønskede hendelser. Aktuelle fyllmasser bestemmes ut fra hvilke grunnforhold som finnes på tomten, men typisk for områder uten setningsutsatte sedimenter (leire, silt) er oppfylling med grus og sprengstein.

Alternativet med flommur må også prosjekteres av geotekniker for å sikre at muren vil kunne motstå kreftene fra flom i elven. NGIs Landfundamenteringsavdeling kan være behjelpelig med dette om ønskelig.

Alle tiltak må prosjekteres etter gjeldende lover og regler, herunder Plan- og bygningsloven, samt Eurokode 7 og 8.

## 3 Oppsummering

Flomvurderinger utført av HydraTeam AS viser at en oppfylling eller mur må anlegges på tomten for nytt COOP Marked på Fjelli i Stryn for at nytt bygg skal være sikkert mot en 200-årsflom med klimapåslag. NGI anbefaler en minstehøyde på 1,5 m på oppfylling/mur.

# Vedlegg A

## HYDRATEAMS RAPPORT



## Notat

---

Coop Marked Fjelli

Fjelli

6795 Blaksæter

Oslo 25. april 2018

Deres ref.  
20180152-01-T

Deres dato  
29.01.2018

Vår ref.  
KAF\_Bergsetelva

### Flomvurderinger av Bergsetelva ved Fjelli, Vass.nr. 089.11 – Stryn kommune

#### Bakgrunn

Coop Marked ønsker å bygge ny butikk på Fjelli i Stryn Kommune. Nybygget vil bli liggende på østsiden av Bergsetelva ca. 40 – 50 meter nedenfor fylkesvei 689 (figur 1). Området er flomutsatt og etter flommen i 2011 ble det gjort tiltak ovenfor og nedenfor fylkesveibruen. Det er derfor ønskelig å kartlegge flomforholdene mer detaljert. HydraTeam har med utgangspunktet i dette gjort flomberegninger og flomsonekartlegging av Bergsetelva ved planområdet.

#### Innledning

Området er flomutsatt og det må derfor gjøres en mer detaljert kartlegging som viser utbredelser og nivåer av flomvannet. I Byggeteknisk forskrift (TEK17), § 7-2. skal områder med byggverk og industribygg sikres mot flom og stormflo etter sikkerhetsklasse F2 (lik 200 års gjentaksintervall). Bygget må derfor sikres mot flomskader ved 200-års flom (med klimapåslag) og i tillegg ha en sikkerhetssone på minst 20 meter mot erosjonsutsatte skråninger og lett eroderbare masser som ikke er sikret.

Den 24. og 25. juni 2011 var det en stor flom som medførte store skader langs elva. Bergsetelva er masseførende og under flommen gikk kulverten under fylkesveien tett. Vannet gikk da over veien på østsiden av bruene og videre over ridebanen (planområdet) før vannet gikk tilbake til elveløpet. Gamlebrua (figur 1) nedenfor kulverten berget skader pga. at kulverten gikk tett og mye av vannet gikk rundt og forbi brua. I etterkant av flommen, er det gjort sikringstiltak i området. Ovenfor fylkesveien er elveløpet sikret i nytt løp med to kulper (sedimentbassenger) som skal fange opp løsmasser fra elven. Nedenfor fylkesveien ved gamlebrua er det laget en forbygning på venstre bredd mot planområdet (ridebanen).



## Notat

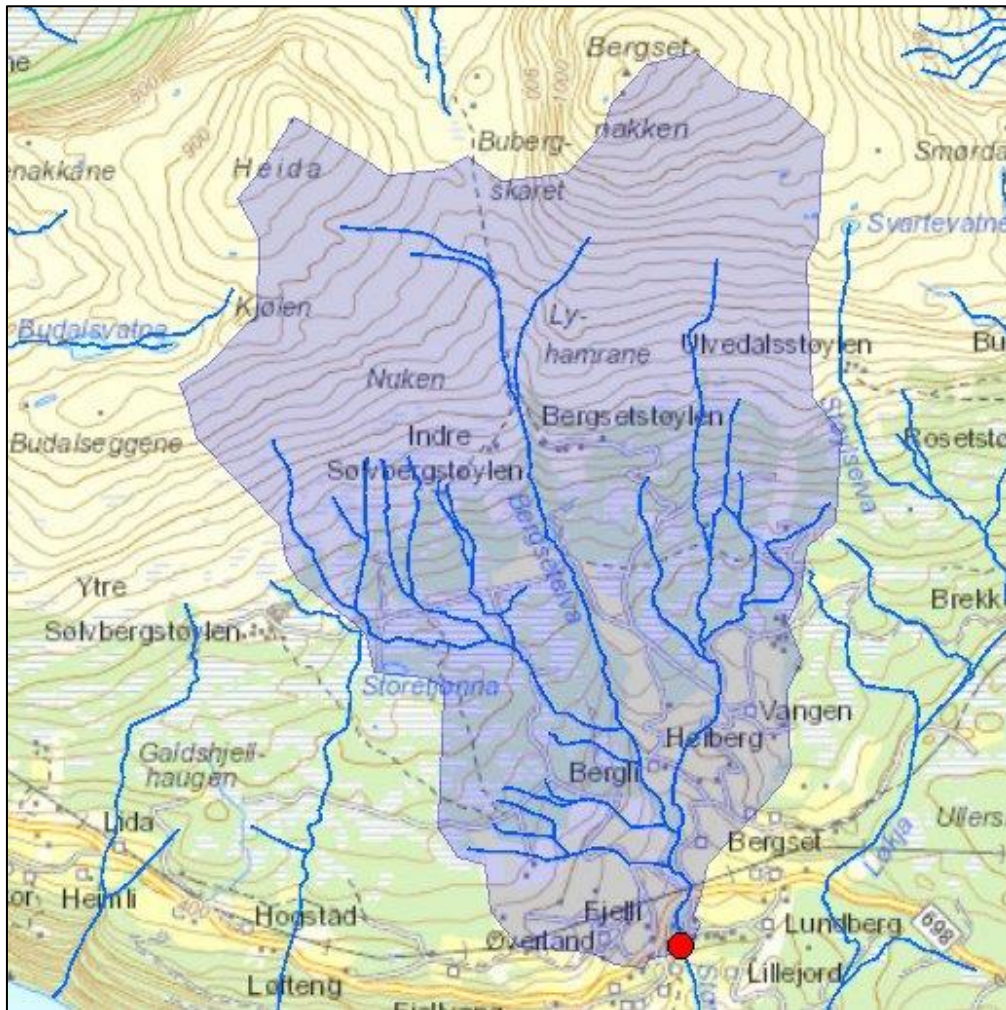


Figur 1 Kart over planområdet, kulvert og gamle bru merket med rødt.

### Hydrologi og flomberegninger

Fjelli ligger i Stryn kommune og har et kystklima med store lokale variasjoner pga. høyt relativt relieff. Middels årstemperatur for området er estimert til 3,8°C og vintertemperatur til 0,3°C (nevina.no). Nedslagsfeltet til Bergsetelva ligger sørvendt og startet fra Bergsetnakken (1130 moh.) og Heida (994 moh.) og faller bratt hele veien ned mot prosjektområdet til ca. 313 moh (figur 2). Ovenfor fylkesveien er elven kanalisert gjennom et område med mye løsmasser. Nedenfor fylkesveien faller elven bratt og går i en fjellkløft nedstrøms planområdet. Elven har sitt utløp i Nordfjord ca. 950 m nedenfor fylkesveien. Nedslagsfeltet ned til prosjektområdet er på 7,0 km<sup>2</sup> og består av ca. 24% skogområde, 12% dyrket mark og 36,6% snaufjell. Spesifikk avrenning for området ligger på ca. 61 l/s/km<sup>2</sup> (NEVINA 61-90). Det er ingen tjern eller innsjø i feltet som ville dempe flomtoppen (figur 2). Med en gjennomsnittlig elvegradient på over 150 m/km vil feltet ha en kort repostid på intense kortvarige nedbør, som vil igjen kunne gi høy kulminasjonsverdi på flommen.

## Notat

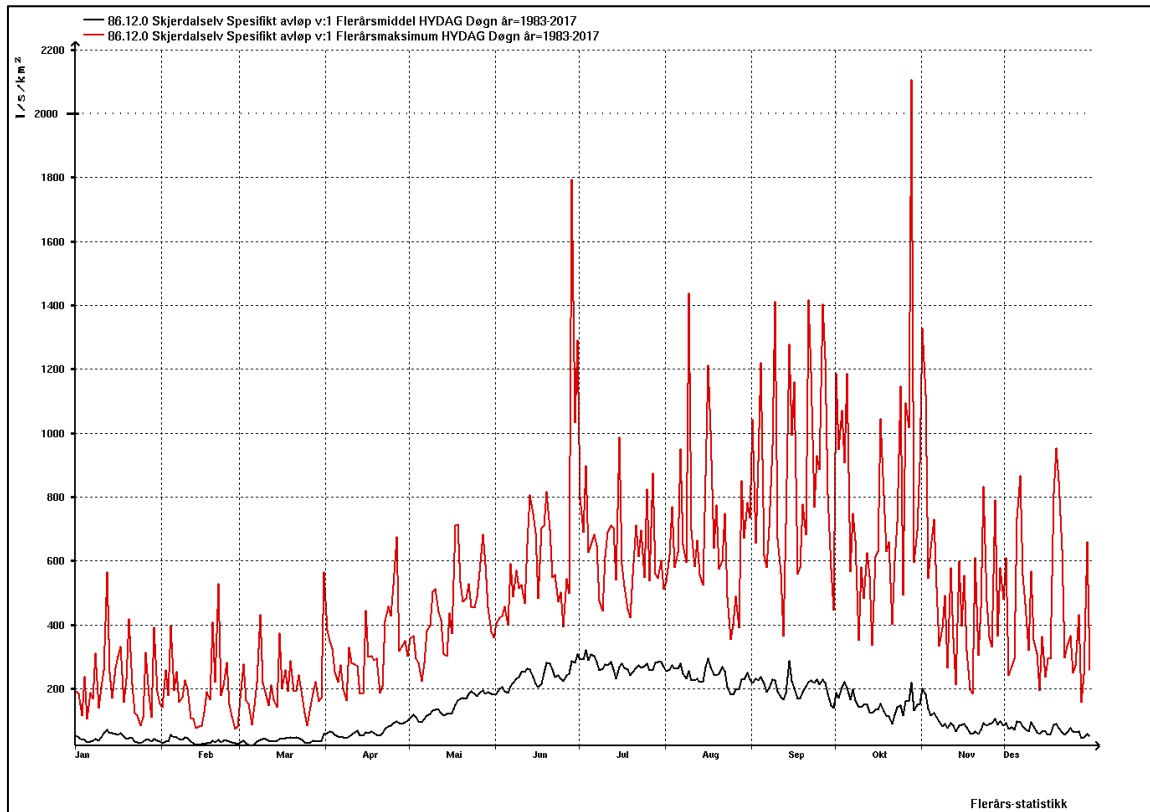


Figur 2 Nedbørfeltet ned til planområdet (rød prikk)

Figur 3 viser flerårsmiddel i spesifikk avrenning ( $l/s/km^2$ ) for Skjerdalselv målestasjon som ligger ca. 27 km vest for Fjelli. Skjerdalselv har et lite felt og er typisk kystklima på vestlandet. Grafen viser maksimumsverdier over  $1000 l/s/km^2$  for perioden juli og til og med oktober, dvs. at man vil kunne forvente de største flommene i denne perioden.



## Notat



Figur 3 Flerårsmiddel i spesifikk avrenning for Skjerdalselva. Sort graf viser medianverdier og rød graf minimumsverdier. Juli til oktober viser maksimumsverdier over 1000 I/s/km<sup>2</sup>

Natt til mandag 24. juli 2017 kom et ekstremvær som skapte enorme vannmasser ved Innvikfjorden i Stryn kommune. Utvik ble hardest rammet og hvor vannmassene tok både hus, veier og bruer. Utvik ligger rett over fjorden for Bergsetelva som ikke ble hardt rammet. Dette viser at det kan være store lokale forskjeller for hvor intens nedbør faller i området. I etterkant av flommen i Utvik 2017, har NVE forsøkt å estimere størrelsen på flommen, både ved hjelp av nedbørdata og hydraulikk med observasjoner i felt [2]. Resultatene viser stor variasjon; 140 – 240 m<sup>3</sup>/s, som gir en spesifikk avrenning fra 5668 til 9716 I/s/km<sup>2</sup> for Storelva i Utvik. Det ble samtidig gjort en flomfrekvensanalyse fra 10 målestasjoner i området (vedlegg 1) for å estimere størrelsen på flommen i Utvik. 200 års kulminasjonsflom ( $Q_{200}$ ) ble estimert til 3250 I/s/km<sup>2</sup> ut fra flomfrekvensanalyser [2]. Dette tilsvarer at flommen i Utvik 2017 var en 300 – 1000 års flom. NVE anbefaler samtidig en et klimapåslag på 40% på små uregulerte felt på Vestlandet [3]. Ut fra disse vurderingene vil en 200 års flom for Bergsetelva estimeres til ca. 32 m<sup>3</sup>/s, med spesifikk avrenning på 4571 I/s/km<sup>2</sup> (fra flomfrekvensanalysen plus klimapåslag). Dette vil bli brukt til dimensjonerende vannføring for vannlinjeberegninger for Bergsetelva.

**Datagrunnlag** Det er brukt laserdata fra laserscan Stryn 2013 (Hoydedata.no, 2018) som datagrunnlag for terrengmodeller og tverrprofiler. Datasettet har 2 punkt per m<sup>2</sup>. Laserdata er gitt i høydereferansesystemet (Href) NN2000. Laserdata er prosessert med «bare earth extraction» for å filtrere ut vegetasjon, bygg og bruer, og videre ekstrapolert med Inverse Distance Weighted (IDW) for å generere en digital terrengmodell (DTM).



## Notat

---

Tverrprofiler av elveleiet for 1D modellering i HEC-RAS er tatt fra generert terrengmodell. Dimensjon på kulvert / brukar er fra tegninger fra SVV (vedlegg 3).

Vannlinjer og flomsone er modellert i både 1D og 2D (Hec-Ras 5.0.3). Modellene brukte samme datagrunnlag (terreng og flomvannføring). 1D har i tillegg beregnet vannstand ved middelflom på 9,1 m<sup>3</sup>/s, som tilsvarer 1300 l/s/km<sup>2</sup> [2].

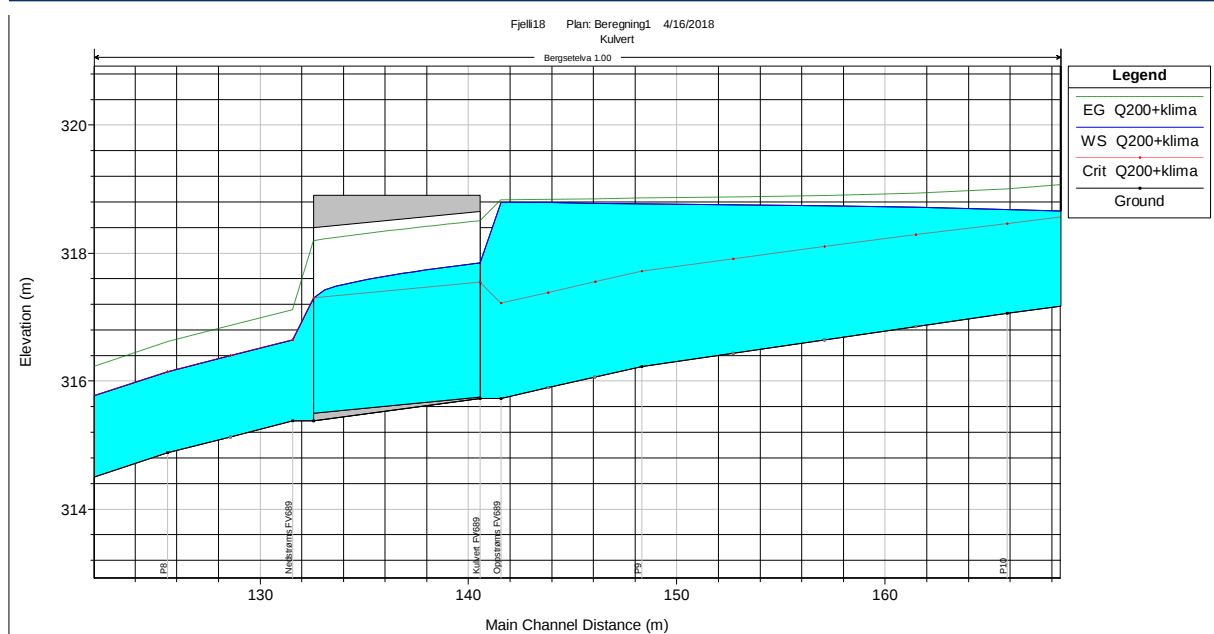
**Modelloppsett.** Det er brukt to modeller, Hec-Ras 1D og 2D for å kartlegge vannlinjer i Bergsetelva. 1D modellen er brukt for å kunne beregne kapasiteten på kulverten under fylkesveien. 2D modellen er best egnet til å kartlegge utbredelser og nivåer av flomvannet. Strekingen som er kartlagt starter ca. 250 oppstrøms fylkesveien og ca. 50 m nedenfor planområdet (se vedlegg 2).

**Hec-Ras 1D:** modellen brukte terrengprofiler fra terrengdata, totalt 18 profiler. Denne modellen har brukt stabil vannføring ved kulminasjonsverdiene til middelflom, 200-års flom og 200-års flom med klimapåslag (9,1, 22,7 og 32,0 m<sup>3</sup>/s). 1D er en statisk modellering av flomvannet, dvs. det er ikke tatt med forsinkelser eller dempning på flomvannet. Manning's n ruhetsverdi er satt ut fra tabeller [3] og erfaringstall til 0,04 i elveløpet og 0,045 på breddene. Elveløpet er definert ut fra terrengprofilene fra ca. 1,5 til 2 meter over elvebunnen. Elvens nedre grensebetingelser er satt til kritisk overløp. Kulverten er satt inn som egen struktur ut fra tegninger fra Statens Vegvesenet (vedlegg 3). Kulverten er 4,5 m bred i toppen og ca. 4,0 m i bunn. I modellen er lagt inn en snitt bredde på 4,25. Lysåpningen oppstrøms er 2,9 og nedstrøms 3,1. Veibanene er lagt over kulverten på 318,9 moh. og med overløpskoeffisient på 1,4 (C-verdi). Kapasiteten på kulverten er avgjørende dersom vannet vil renne over veien og inn på planområdet. Gamlebruen som ligger ca. 13 meter nedenfor kulverten er ikke med i bestemmende terreng i 1D modellen, da vi mener den ikke vil ha betydelig innvirkning på kulverten oppstrøms.

**Hec-Ras 2D.** Vannets bevegelse blir i denne modellen beregnet over et grid med 1 m sellestørrelse over en terrengmodell (DTM) som dekker elvestrekket og potensielle flomsone. Hele det modellerte området, elveløp og potensielle flomsone har fått en konservativ ruhetsfaktor (0.045 Manning's n) pga. blokkrik og masseførende elv. Elvens nedre grensebetingelser er satt som fritt utløp (ingen oppstuvende effekt). Modellen er kjørt med to ulike terrengoppsett som representerer to ulike scenario: (1) med fri gjennomstrømning gjennom kulvert, og (2) med tilstoppet / ueffektivt kulvert pga. masseoppbygning. Ved scenario 2 er kulverten representert med et trangt løp i terrengmodellen og ved scenario 1 er dimensjonene til kulverten (vedlegg 3) lagt inn i terrenget. Ved begge scenario er kulverten lagt inn uten brudekke.

**Resultater** 1D-modellen tar ikke hensyn til massetransport og tilstopping av kulvert som kan oppstå ved en storflom. Figur 4 viser lengdeprofil med kulverten under fylkesveien og med beregnede vannlinjer for en 200-års flom med klimapåslag (32,0 m<sup>3</sup>/s). Resultatene fra beregningene viser at kulverten vil klare flommen med liten margin. Vannlinjen rett oppstrøms kulverten ligger på 318,8 m og det er et lite fribord på 10 cm opp til veidekket. Dvs. at kulverten akkurat har kapasitet til å håndtere vannmengden. Beregningen viser at vannet vil stuke seg opp oppstrøms kulverten (vannstand og energilinje, grønn graf, ligger på samme høyde) og danner en vannlinje oppover elven. Kulverten vil kunne påvirke vannstanden 25 – 30 meter oppstrøms fylkesveien, se figur 4.

## Notat



Figur 4 Kulverten under fylkesveien med vannlinjer for 200 års flom med klimapåslag

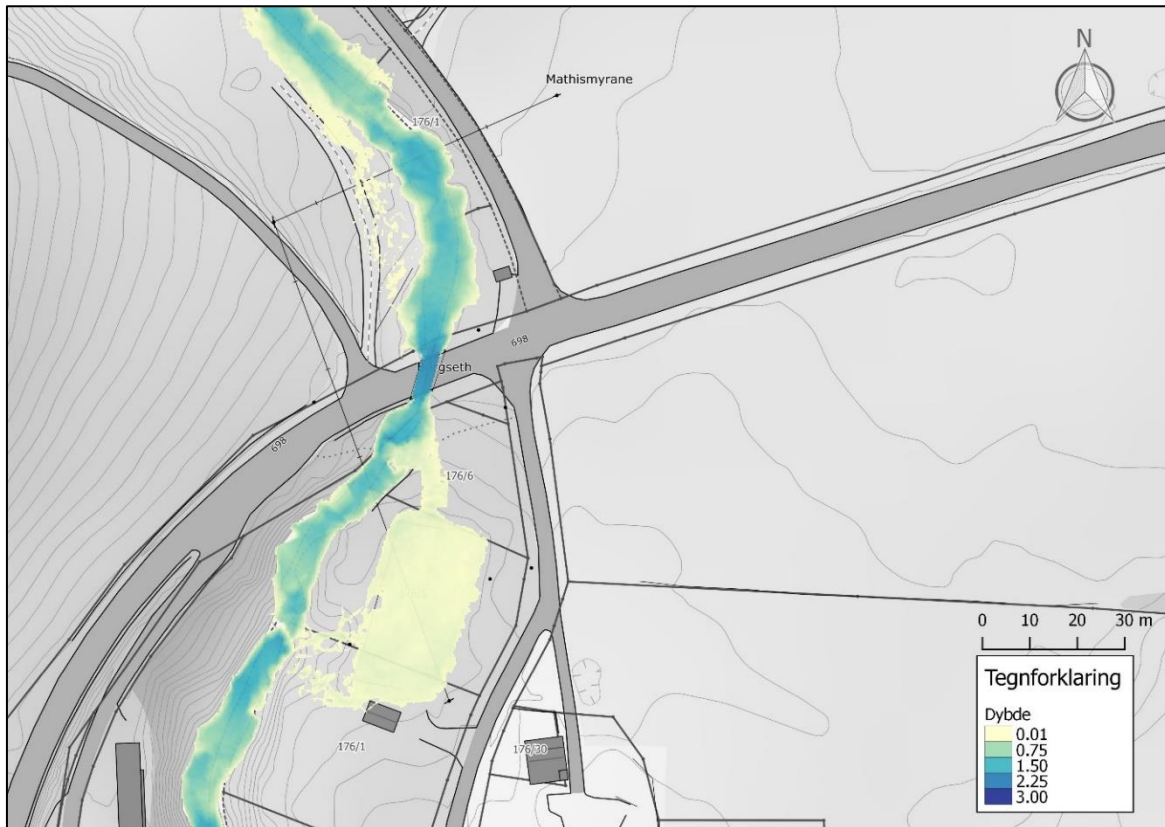
Beregningen viser at vannet vil ha mye fart og energi etter fylkesveien og går i kritisk hele veien (rød graf). En flom på  $22,7 \text{ m}^3/\text{s}$  (200 års flom) vil kunne passere kulverten uten fare for at vannet går over fylkesveien. Ved middelflom og 200 års flom vil også vannet stuke seg litt opp før kulverten på grunn av innsnevringen (se vedlagt skisse av kulvert, vedlegg 4).

Bergsetelva er en masseførende elv og faren for tilstopping vil være tilstede. Med små marginer på kulverten som modellen viser, vil det med stor sannsynlighet kunne renne over fylkesveien ved masseavsettelse og tilstopping i kulvert. For å kartlegge vannet som renner over fylkesveien og ned mot planområdet er det benyttet en 2D modellering (figur 5 og 6). 2D modelleringene gir tilnærmet like resultater (vannstand +/- 10 cm) som 1D modelleringen i elveløpet ovenfor fylkesveien, nedenfor fylkesveien fordeles vannet annerledes i de ulike modellene, da sistnevnte benytter en større terrengmodell og simulerer flombaner bedre.

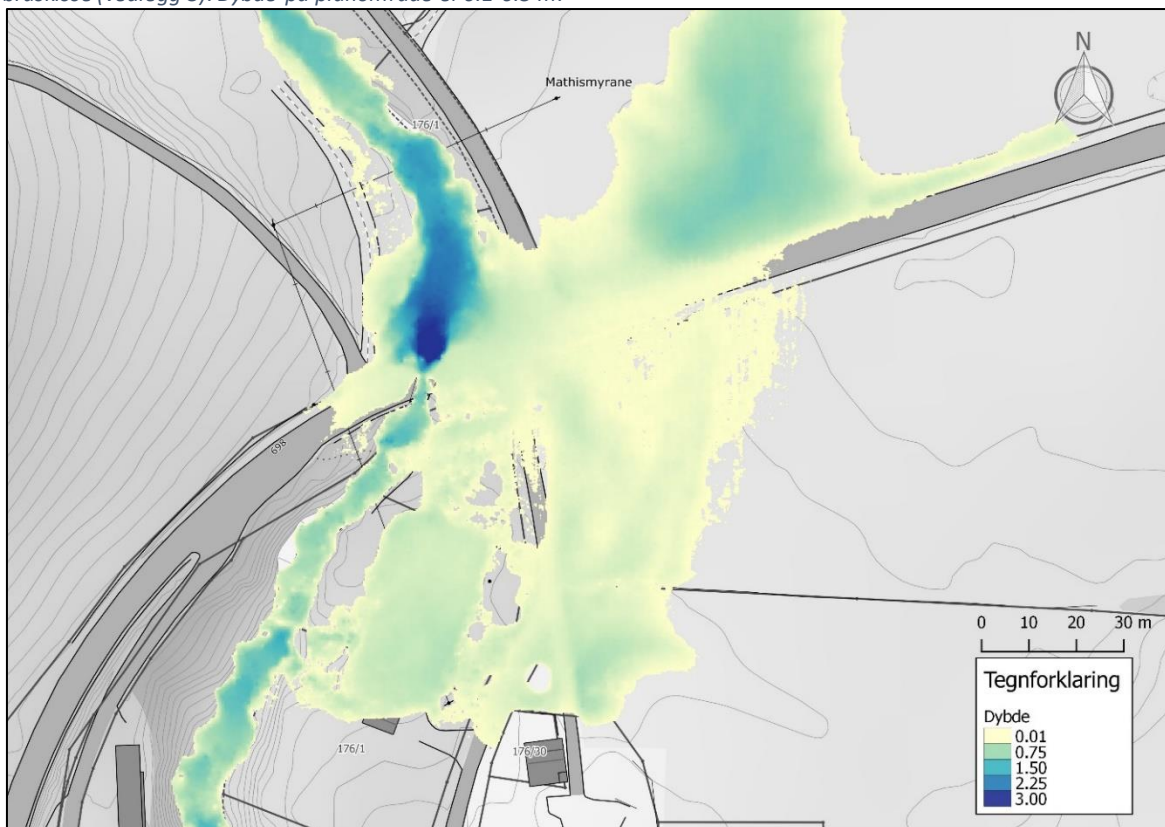
2D-modellen viser at planområdet vil bli oversvømt i begge scenario (med og uten tilstoppet kulvert). Begge scenario dekker planområde med vann; 10-30 cm dyp ved scenario 1 og 30-50 cm dyp ved scenario 2. Ved scenario 1 vil vannet ta seg inn på planområdet nedstrøms kulvert, ved gamlebrua/forbygning (figur 5). Ved scenario 2 vil vannet i stor grad ta seg over fylkesveien på østsiden av kulverten og nå tilbake til elveløpet via planområdet.

**Usikkerhet/feilkilder.** Modellene er ikke kalibrert etter innmålte flomvannstander, og det er derfor en del usikkerhet knyttet til presisjonen. Ved fjerning av vegetasjon med *bare earth extraction* kan skjulte deler av terrenget bli utelatt, og enkelte områder av terrengmodellen kan derfor være upresise.

# Notat



Figur 5 Vanddyp ved 200 år flom med klimapåslag. Kulvert er modellert med fri gjennomstrømning etter dimensjoner fra bruskasse (vedlegg 3). Dybde på planområde er 0.1-0.3 m.



Figur 6 Vanddyp ved 200 år flom med klimapåslag. Kulvert er simulert ueffektiv og delvis blokkert. Dybde på planområdet er 0.3-0.5 m.

## Notat

---

**Oppsummering.** Beregningene er gjort for dagens situasjon, med og uten massetransport som kan tilstoppe kulverten under fylkesveien. Kulverten under fylkesveien har kapasitet til å håndtere vannmengder lik beregnet 200 års flom med klimapåslag, men det vil mest sannsynlig oppstå problemer med massetransport ved høy vannføring som begrenser kapasiteten. Ved tilstoppet kulvert vil vannmassene ta seg over fylkesveien på østsiden og drenere via planområdet tilbake til elveløpet nedstrøms. Ved utbygging må det tas hensyn til flomveier og flomnivå. Erosjon, masseavlagring og kapasiteten til kulverten bør også vurderes.

Med vennlig hilsen



Kai Fjelstad  
Prosjektansvarlig

### Referanser

- [1] Ngu.no, 2018: <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>
- [2] Innlegg i Bransjeseminar 6. februar 2018, Store flommer – små felt, NVE Ann-Live Øye Leine, seksjon Vannbalanse.
- [3] HEC-River Analysis System, User's Manual. US Army Corps of Engineers. February 2016

### Internett

Nedbørfelt NVE, NEVINA, <http://nevina.nve.no/>

HYDRA II, NVEs database. <http://www4.nve.no/xhydra/>

Meteorologisk institutt. <http://met.no>

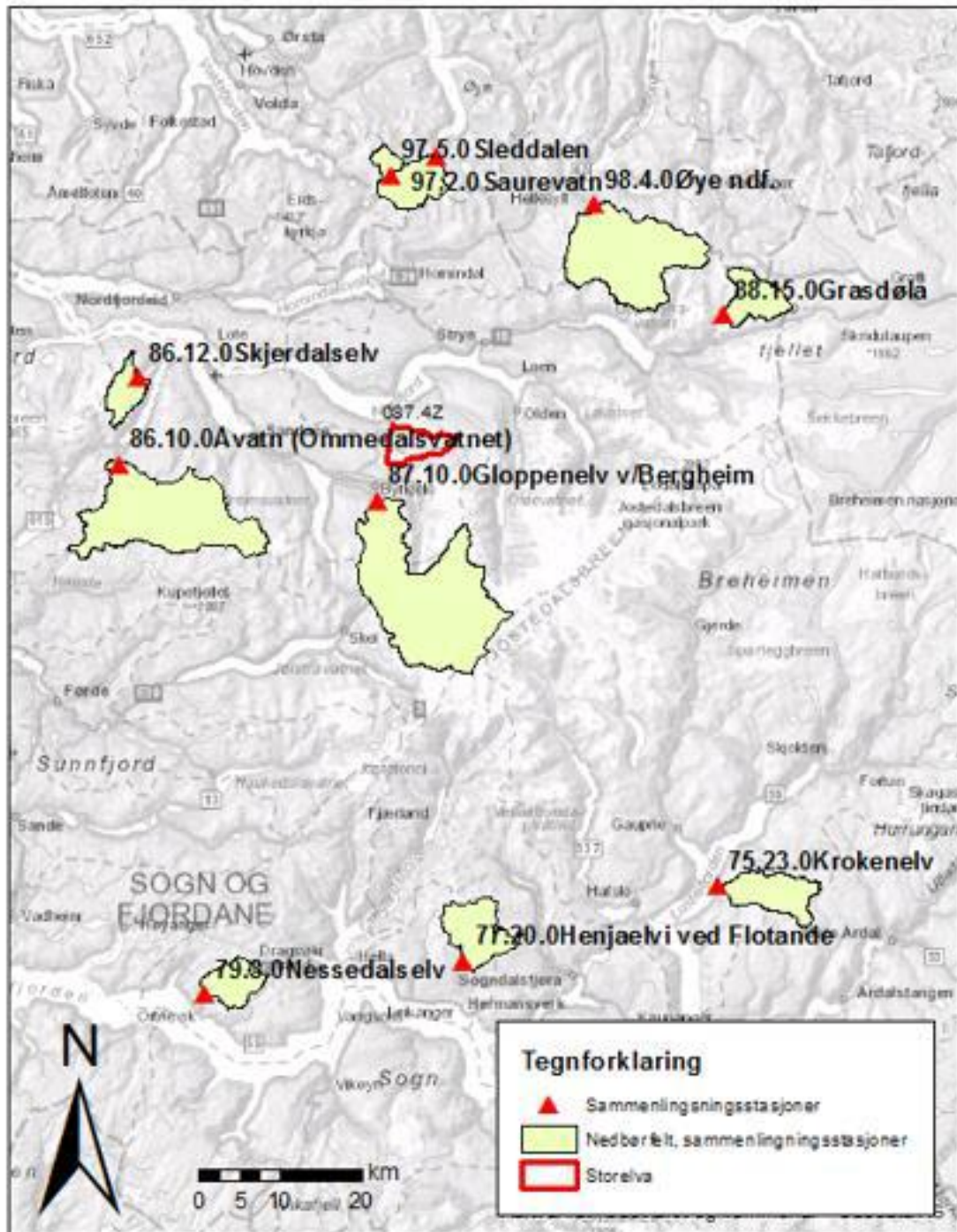
NVE kartjensester <https://www.nve.no/karttjenester/>

Hoydedata.no, 2018; Laserscan Stryn 2013, 2 pkt; <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>



## Notat

## Vedlegg



Vedlegg 1 Nedbørfelt til sammenligningsstasjoner (sort) for flomberegning av Q200 - Frekvensanalyser. Bergsetelva ligger på motsatt side av fjorden til Storelva ved Utvik (rødt). Kilde: NVE Bransjeseminar 8. februar 2018.

## Notat

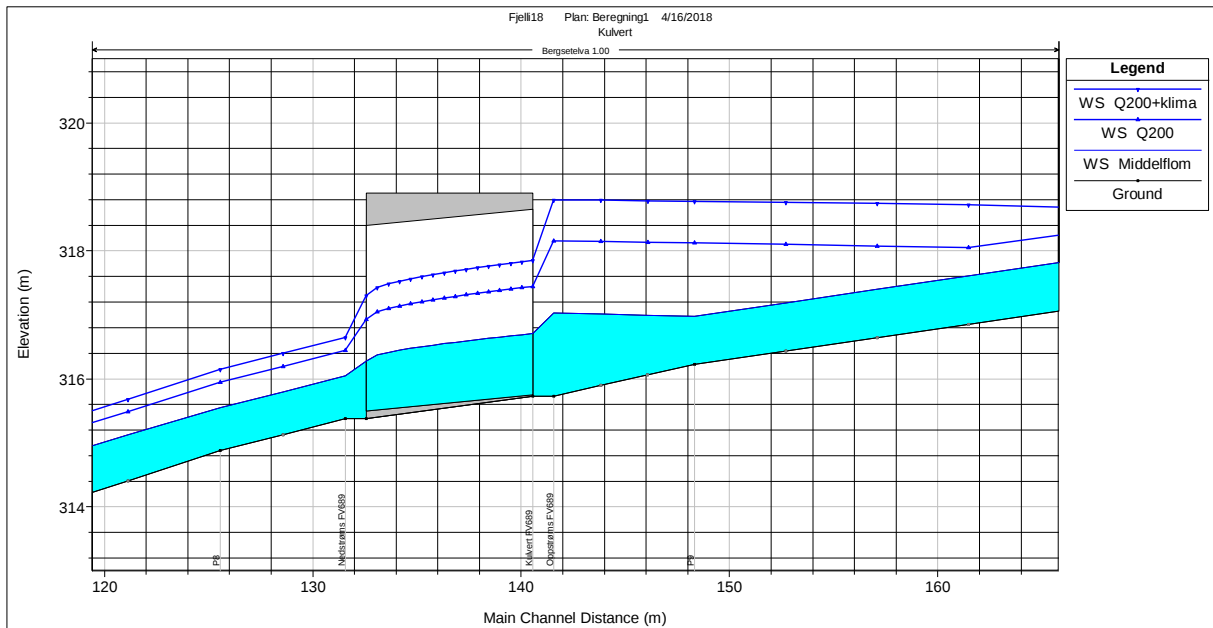


Vedlegg 2 Tverrprofiler for HEC-RAS 1D-modellen. Planområdet ligger mellom profil 4 og 7.



# Notat

## Vedlegg – Tverrsnitt elveløp



Vedlegg 4 Kulverten under fylkesveien med vannlinjer for middelflom, 200 års flom og 200 års flom med klimapåslag



<b>Dokumentinformasjon/Document information</b>		
<b>Dokumenttittel/Document title</b> Hydrologiske analyser og vurderinger av sikringstiltak		<b>Dokumentnr./Document no.</b> 20180152-01-TN
<b>Dokumenttype/Type of document</b> Teknisk notat / Technical note	<b>Oppdragsgiver/Client</b> A-Vista AS	<b>Dato/Date</b> 2018-05-07
<b>Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/Proprietary rights to the document according to contract</b> Oppdragsgiver / Client		<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> Flom, flomvurdering, sikringstiltak		

<b>Stedfesting/Geographical information</b>	
<b>Land, fylke/Country</b> Norge, Sogn og Fjordane	<b>Havområde/Offshore area</b>
<b>Kommune/Municipality</b> Stryn	<b>Felt navn/Field name</b>
<b>Sted/Location</b> Bergset	<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> Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
<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	2018-05-07 Kristine H. H. Ekseth	2018-05-07 Laura Rødvand		

<b>Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release</b>	<b>Dato/Date</b> 7. mai 2018	<b>Prosjektleder/Project Manager</b> Kristine H. H. Ekseth
--	---------------------------------	---

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](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 laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

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

