
RAPPORT

Flomsonekartlegging for Eikefet og Urdal

OPPDRAKSGIVER

Lindum AS

EMNE

Flomsonekartlegging for Eikefetelvi og elv i
Urdalen

DATO / REVISJON: 3. mai 2018 / 00

DOKUMENTKODE: 616789-RIVass-RAP-001
Flomsonekartlegging



Multiconsult

Forsidebilde: Simulert vannstand ved 200-års gjentaksintervall for deler av Eikefetelvi

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAAG	Endring av reguleringsplan for Eikefet og Urdal, flomsonekartlegging	DOKUMENTKODE	616789-RIVass-RAP-001 Flomsonekartlegging
EMNE	Flomsonekartlegging for Eikefetelvi og elv i Urdalen	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Lindum AS	OPPDRAAGSLEDER	Solveig Renslo
KONTAKTPERSON	Marianne Seland	UTARBEIDET AV	Sigurd Sørås
		ANSVARLIG ENHET	10105070 Hydrologi

SAMMENDRAG

Det er utført flomberegning og flomsonekartlegging for to vassdrag i henholdsvis Eikefet og Urdalen. Flomhydrogrammer for de to elvene med gjentaksintervallene 20, 200 og 200 år med klimapåslag er simulert i to separate hydrauliske modeller. Flomverdiene er funnet ved en kombinasjon av den hydrologiske modellen PQRUT, kombinert med frekvensflomanalyse.

For begge elvene er det laget hydraulisk simulering av de tilsvarende flommene. For Eikefetelvi er det utviklet en kombinert 1D/2D-modell, mens for elven i Urdalen er flommene simulert ved hjelp av en tradisjonell 1D-modell. Flomsonekart er utviklet for begge de to simulerte vassdragene.

			Sigurd Sørås	Jean-Pierre Bramslev	Jean-Pierre Bramslev
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
2	Dimensjonerende flomverdier	5
3	Hydraulisk modellering og vannlinjeberegning	5
3.1	Terrengdatagrunnlag og grensebetingelser	6
3.1.1	Terrengmodell	6
3.1.2	Grensebetingelser	6
3.1.3	Ruhet.....	6
3.2	Hydraulisk modell for Eikefetelvi	7
3.2.1	Broer	8
3.3	Hydraulisk modell for elven i Urdalen.....	10
3.3.1	Broer	10
4	Sensitivitetsanalyse	13
4.1	Ruhet	13
4.2	Vannføring	14
5	Resultater og flomsonekart.....	15
5.1	Eikefetelvi	15
5.2	Elv i Urdalen	16
6	Referanser	16
	Vedlegg 1 Flomberegning.....	17
	Vedlegg 2 Havnivåer	18
	Vedlegg 3 Flomsonekart	19

1 Innledning

Reguleringsplanen for Eikefet og Urdal er foreslått endret, og i den sammenheng er Multiconsult også engasjert til å kartlegge flomutsatte områder. I denne rapporten er vannføring lik flommer med gjentaksintervall henholdsvis 20-, 200- og 200 års inkludert klimapåslag simulert ved hjelp av to hydrauliske modeller utviklet ved hjelp av programvaren HEC-RAS 5.0.3.

2 Dimensjonerende flomverdier

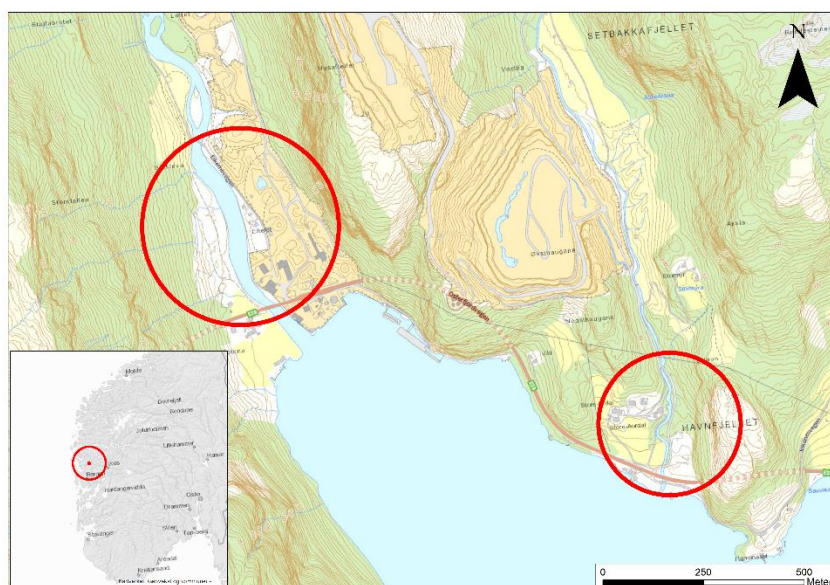
Det er utført flomberegninger for vassdragene i Eikefet og Urdal. Flomberegningene er utført ved hjelp av en kombinasjon av nedbør-avløpsmodell, og flomfrekvensanalyse. Detaljert beskrivelse av flomberegningene er presentert i eget notat, gitt i vedlegg 1. Kulminasjonsvannføringer benyttet for de hydrauliske analysene er gitt i tabell Tabell 1.

Tabell 1 Kulminasjonsvannføringer for Eikefetelvi og elven i Urdal

Nedbørfelt	Q20	Q200	Q200+20%
	(kulm.) [m ³ /s]	(kulm.) [m ³ /s]	(kulm.) [m ³ /s]
Eikefetelvi	168	231	278
Elv i Urdal	8	11	14

3 Hydraulisk modellering og vannlinjeberegning

Den hydrauliske analysen for de to elvene er utført med programvaren for strømningsanalyse HEC-RAS 5.0.3. HEC-RAS lar brukeren sette opp både 1-dimensjonale og 2-dimensjonale modeller, samt kombinere disse to teknikkene i en 1D/2D-modell. Det er valgt at en kombinert 1D/2D modell er best egnet for Eikefetelvi, da den delen av elven som er simulert har relativ lav gradient og flomvann vil kunne bevege seg over større områder. Elven i Urdalen er bratt og vil ha entydig strømningsretning. Det er derfor valgt å simulere dette vassdraget i en 1-dimensjonal modell.

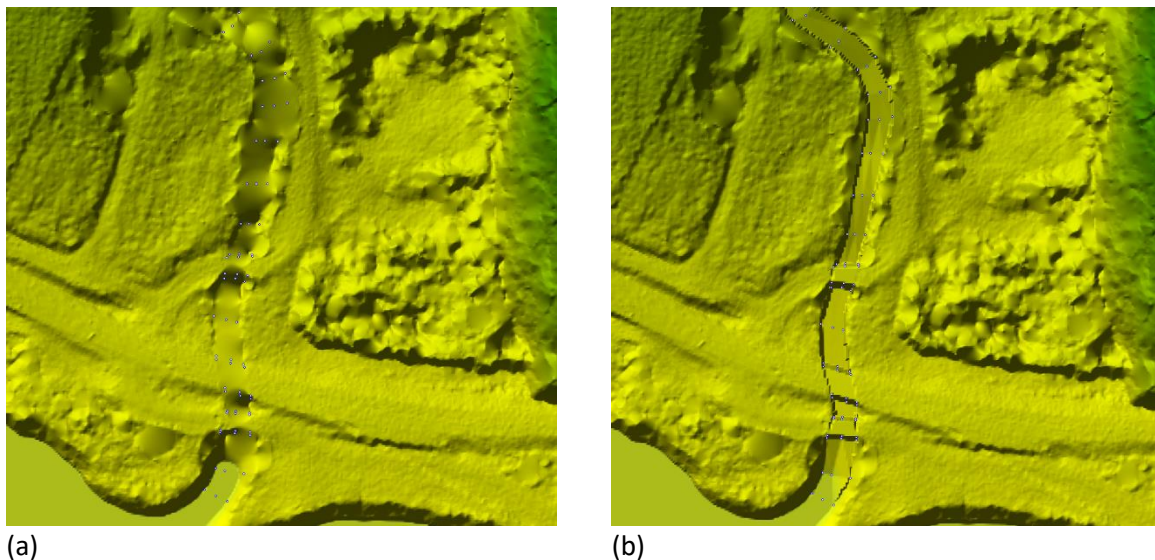


Figur 3-1 Oversikt over de to modellerte elvene. Vestre sirkel viser Eikefetelvi, østre sirkel viser elven i Urdal

3.1 Terrengdatagrunnlag og grensebetingelser

3.1.1 Terrengmodell

En detaljert terrengmodell er viktig for å lage en nøyaktig hydraulisk modell. For denne analysen er det benyttet en terrengmodell som er basert på flybåren laserscanning utført i 2010, tilgjengelig fra hoydedata.no (Statens kartverk Bergen, 2011). Terrengmodeller som er basert på laserscanninger kan være mindre detaljert i områder som er oversvømt av vann eller har tett vegetasjon. Om det er mye vann i elven, vil modellen være unøyaktig rundt og i elvetrauet. Det er derfor undersøkt om det var mye vann i de to simulerte elvene de dagene det ble utført scanninger ved å undersøke tidsserien fra en nærliggende målestasjon: 62.18 Svartevatn. For målestasjon 62.18 var det i disse dagene en vannføring på rundt $8 \text{ m}^3/\text{s}$, som er en lav verdi for vassdraget sammenlignet med middelflommen på $80 \text{ m}^3/\text{s}$. Det er derfor antatt at terrengmodellen godt beskriver elvegeometrien der det ikke er mye plantevekst. Det er gjort små justeringer av modellen i overgangen mot havet i elveleiet for Eikefetelvi, slik at den antatte havbunnen også er inkludert i modellen. For elven i Urdal er det en del krattvekst langs breddene i deler av vassdraget, som fører til unøyaktigheter i terrengmodellen. Disse unøyaktighetene er justert for slik vist i figuren under. Justeringene er basert på bilder, tegninger samt antagelser rundt batymetri både i havet og i elvetrauet.



Figur 3-2 Korreksjon av høydemodell for elv i Urdalen (a) Unøyaktigheter langs elven grunnet tett vegetasjon. (b) korrigert høydemodell.

3.1.2 Grensebetingelser

For oppstrøms grensebetingelser er det valgt å simulere flomhydrogrammene som er presentert i flomberegningene gitt i vedlegg 1. For nedstrøms grensebetingelse er det brukt havnivå tilsvarende høyvann med 1 års gjentaksintervall (202 cm) funnet ved hjelp av kartverket.no (gitt i vedlegg 2). Dette tilsvarer en høyde på 1.03 ved NN2000.

3.1.3 Ruhet

Ruheten for modellene er viktig for å beskrive motstand fra trær, busker, steiner og andre hindringer i vannets vei. Ruhetskoeffisientens innvirkning vil være forskjellig avhengig av simuleringsmetode. For en 1D-modell vil ruhetskoeffisienten også brukes til å simulere friksjon som oppstår i de strømningsretningene (2D og 3D) som ikke blir beregnet, slik som for eksempel bakevjer. Disse effektene vil beskrives i en 2D-modell, og trenger ikke i samme grad å inkluderes i

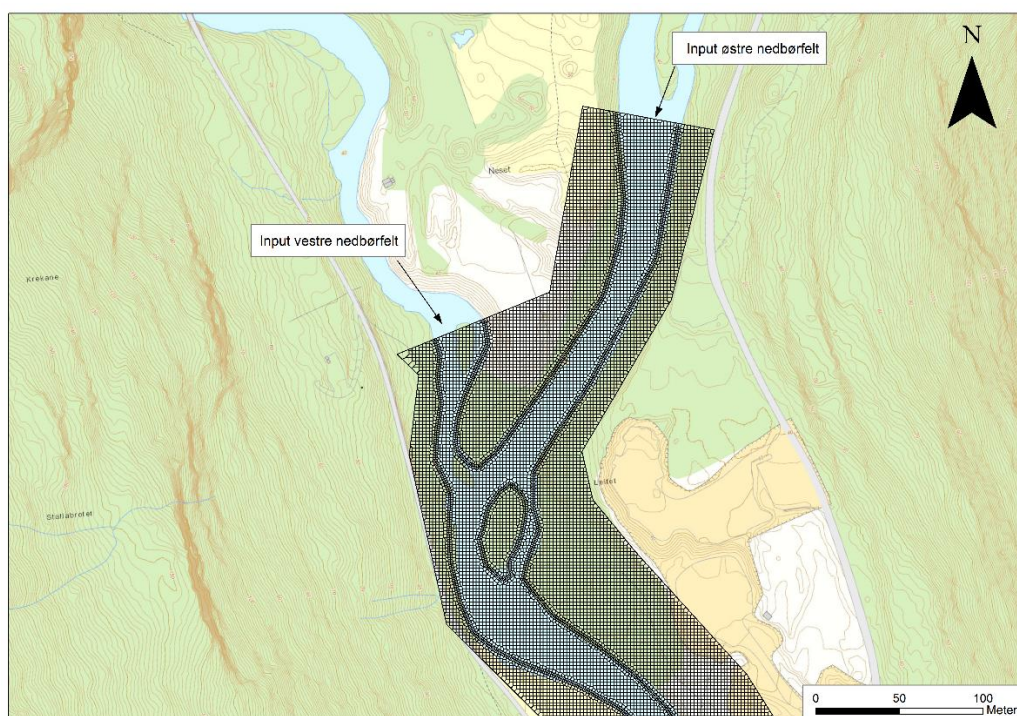
ruhetskoeffisienten. Det er derfor valgt et lavere manningstall for å beskrive en høyere ruhet for de områdene som er simulert ved hjelp av 1D, sammenlignet med 2D. For elven i Urdal er det brukt et noe lavere manningstall, da denne elven er preget av tettere buskevekst og ruere elvebunn.

Tabell 2 Ruhet for de to elvene, oppgitt i manningstall [$m^{1/3}/s$]

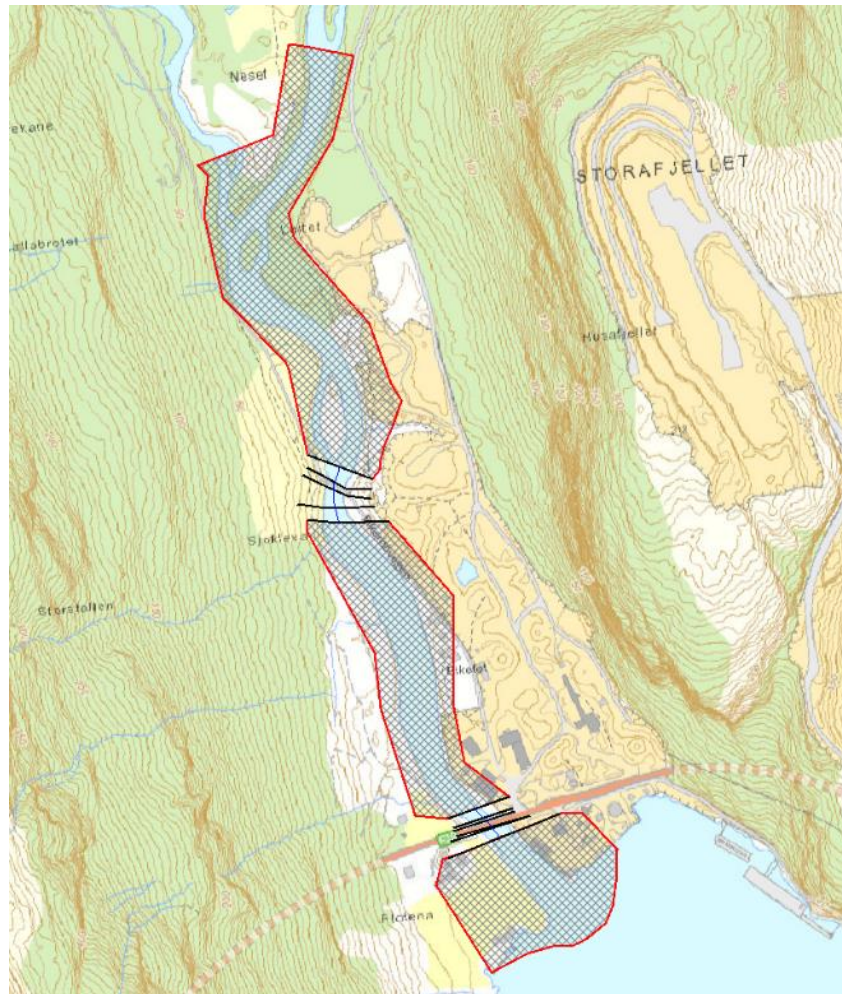
	Eikefetelvi		Elv i Urdal
	2D	1D	1D
Elvetrau	25	22	20
Flomsletter	25	22	18

3.2 Hydraulisk modell for Eikefetelvi

Eikefetelvi er modellert fra samløpet mellom to delvassdrag nedstrøms neset, slik vist i Figur 3-3. Flomvannstanden for de ulike gjentaksintervallene er funnet ved å simulere de tilhørende flomhydrogrammene for østre og vestre delnedbørfelt vist i flomberegningen gjennom den hydrauliske modellen. Den hydrauliske modellen for Eikefetelvi er en kombinert 1D/2D modell, hvor de to broene i den modellerte elvestrekningen er simulert ved hjelp 1D modelleringsteknikker. Dette er gjort for å best mulig kunne beskrive geometrien og de hydrauliske egenskapene til broene i modellen. 2D-området har en cellestørrelse på rundt 4x4m. Det er brukt tidsskritt 0,5 sekunder ved simuleringen.



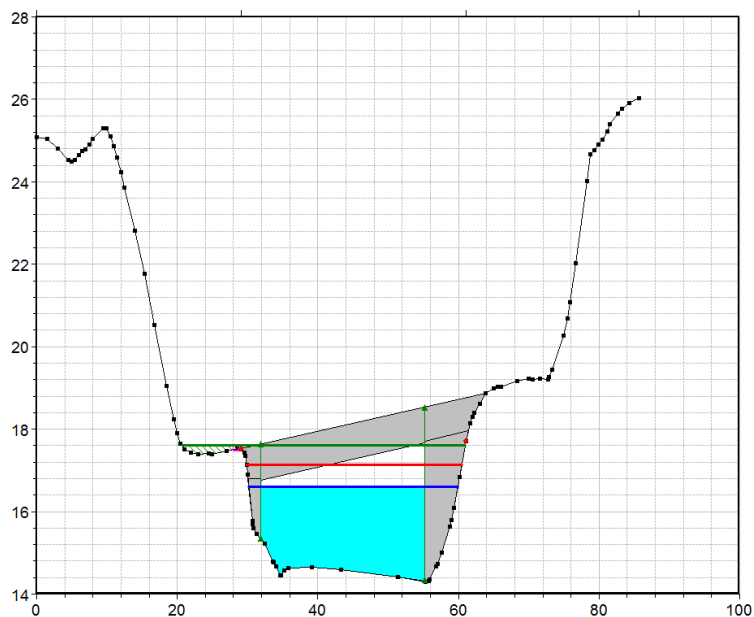
Figur 3-3 Oppstrøms ende av 2d-modellen ved samløp av de to delfeltene. Eikefetelvi.



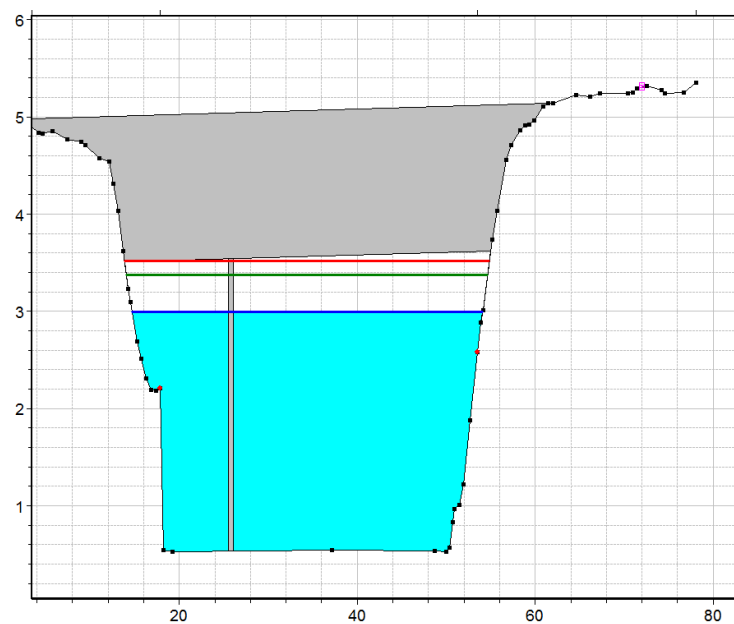
Figur 3-4 Modellert område for Eikefetelvi. Rødt skravert område representerer 2D-modellens utstrekning, mens tverrprofilene viser de to broene simulert ved hjelp av 1D modelleringsteknikker.

3.2.1 Broer

Dimensjonene til de to broene er basert på tegninger. Høyde over elvebunnen er funnet i terrengmodellen. For broen lengst oppstrøms når flommene opp til brobjelkene for alle gjentaksintervall, og en 200-årsflom vil så vidt nå over brodekket og renne over langs venstre bredde. For den nedstrøms broen (E18) vil vannet ikke nå brobjelkene før en flom med gjentaksintervall 200-år med klimapåslag.



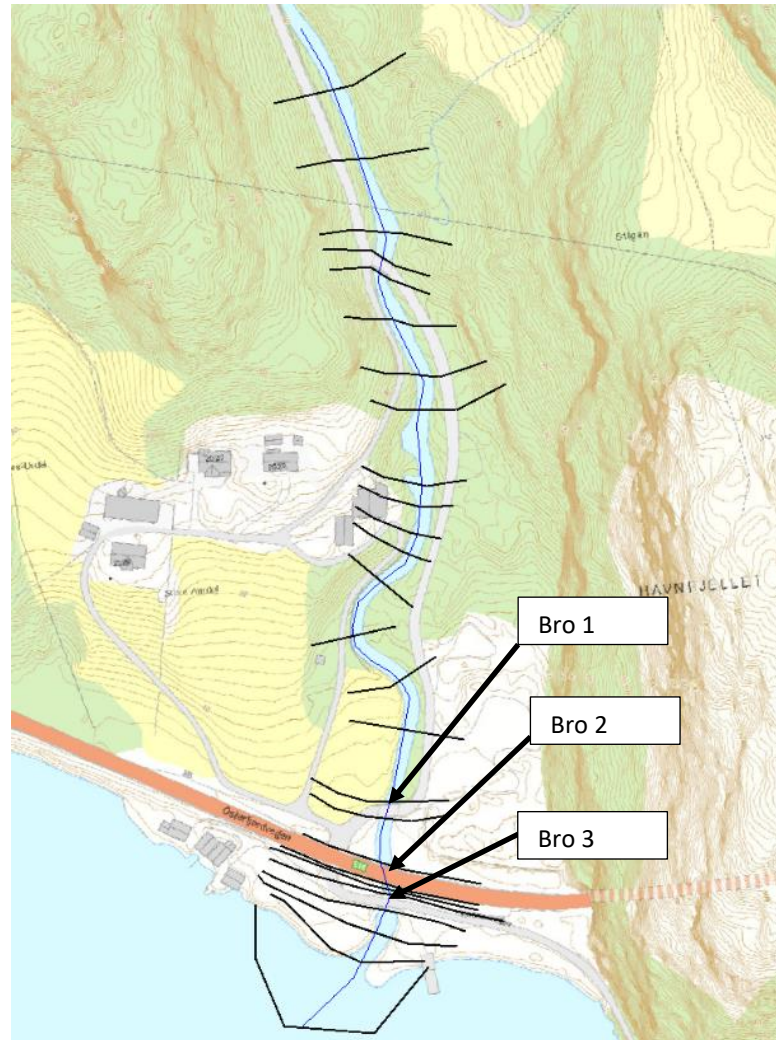
Figur 3-5 Geometri for oppstrøms bro sett fra oppstrøms side. Inkludert vannstand for de ulike vannføringsscenarioene. Blå: Q20, rød: Q200, grønn: Q200+20%



Figur 3-6 Geometri for nedstrøms bro sett fra oppstrøms side. Inkludert vannstand for de ulike vannføringsscenarioene. Blå: Q20, rød: Q200, grønn: Q200+20%

3.3 Hydraulisk modell for elven i Urdalen

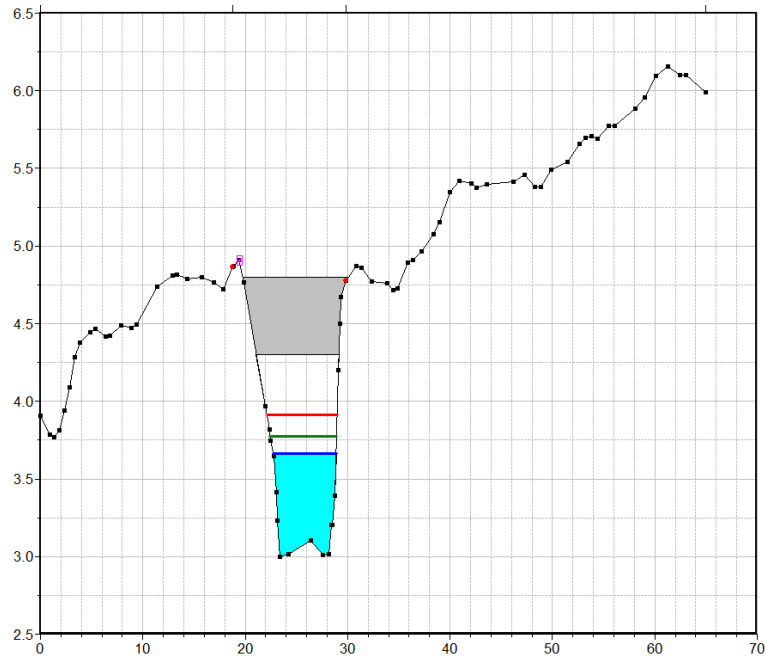
Elven som renner i Urdalen er modellert ved hjelp av tverrprofiler generert ved hjelp av den justerte terrengmodellen. Tverrprofilene er plassert normalt på strømningsretningen, noe tettere i områder med elvekryssinger (broer).



Figur 3-7 Modellert område ved hjelp av 1D. Modellerte broer merket. Urdalen.

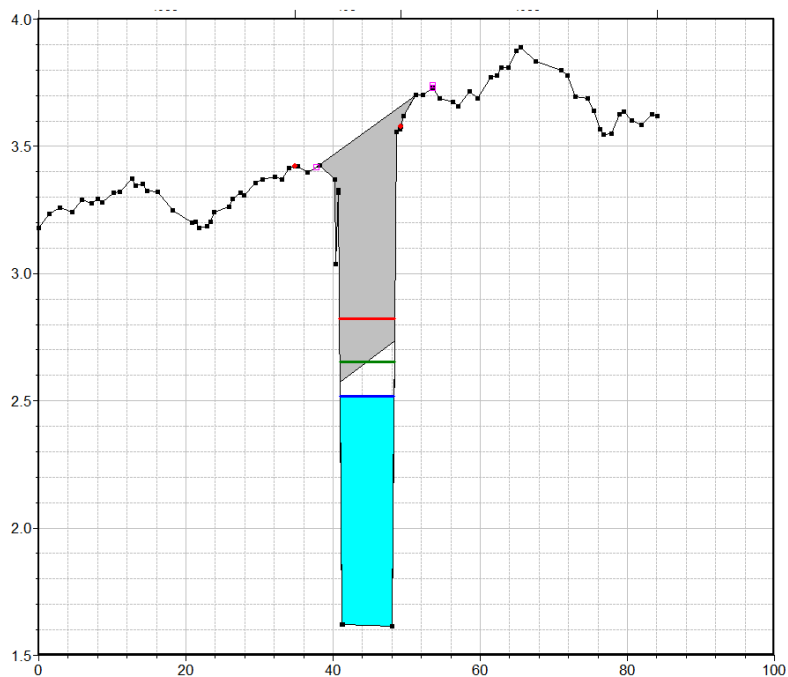
3.3.1 Broer

Dimensjonene til de tre broene i det simulerte vassdraget i Urdalen er basert på tegninger og bilder, samt høyde over elvebunnen som er funnet i terrengmodellen.



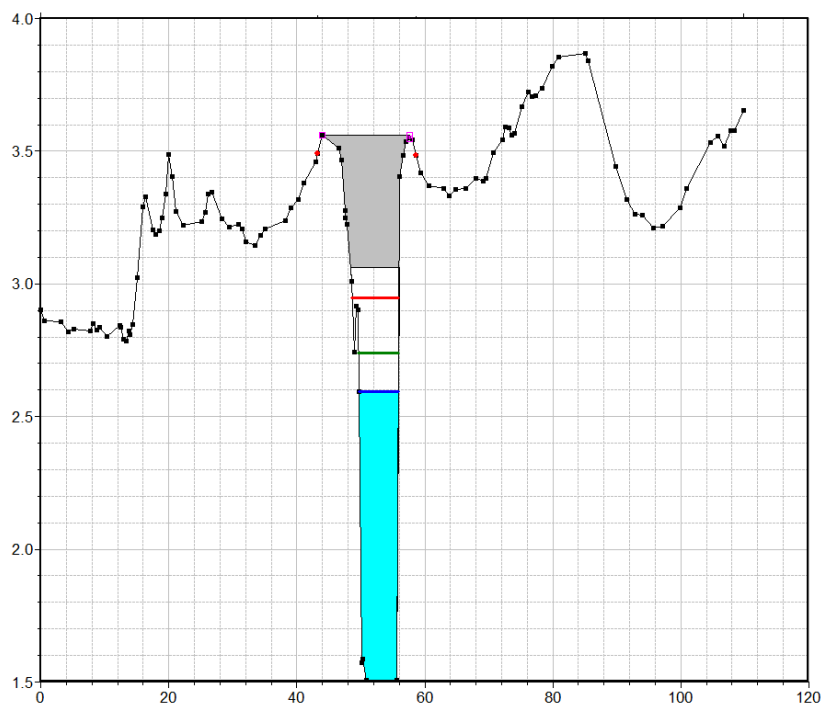
Figur 3-8 Geometri for bro 1 sett fra oppstrøms side. Inkludert vannstand for de ulike vannførings-scenarier. Blå: Q20, rød: Q200, grønn: Q200+20%

Flomvannstandene vil ligge godt under brobjelkene for alle gjentaksintervall for bro nummer 1.



Figur 3-9 Geometri for bro 2 sett fra oppstrøms side. Inkludert vannstand for de ulike vannførings-scenarier. Blå: Q20, rød: Q200, grønn: Q200+20%

For bro nummer 2 (E18), vil en 20-årsflom kunne passere fritt under brobjelkene, mens en flom med 200-års gjentaksintervall vil nå bunnen av brobjelkene. Ingen av de simulerte vannføringene vil føre til vann over brodekket.

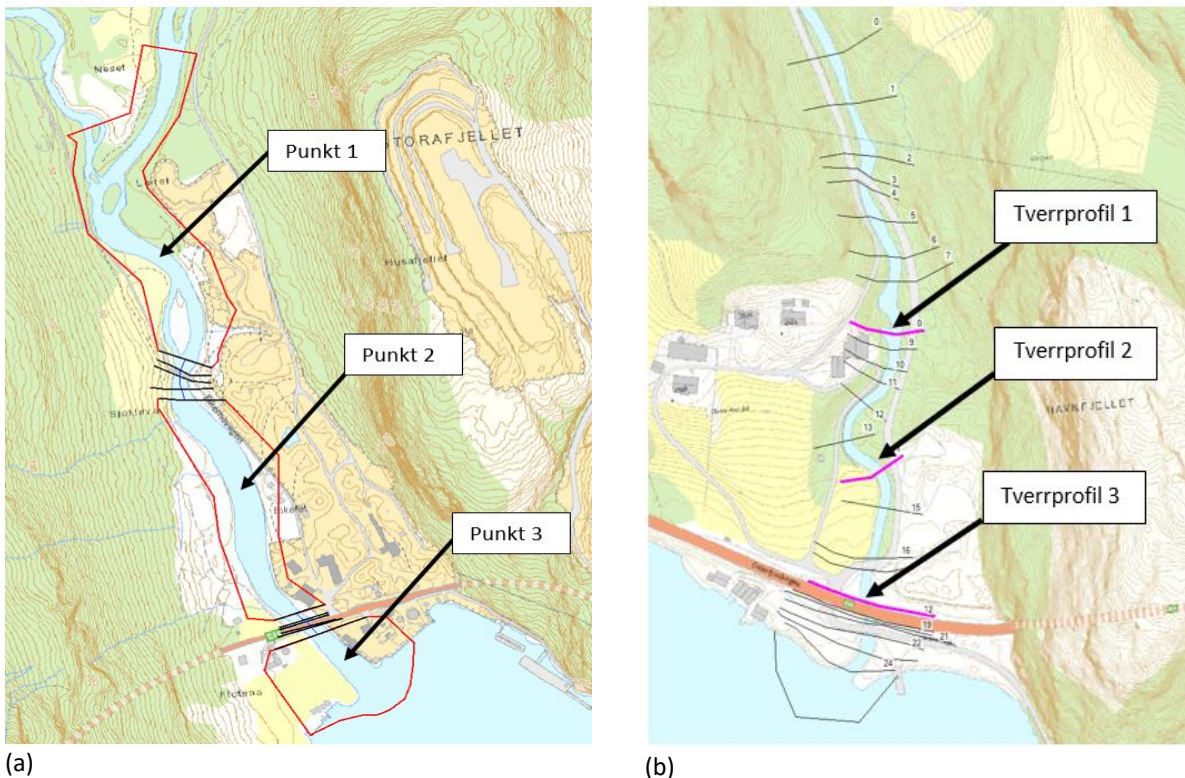


Figur 3-10 Geometri for bro3 sett fra oppstrøms side. Inklusert vannstand for de ulike vannføringsscenarioene. Blå: Q20, rød: Q200, grønn: Q200+20%

For bro nummer 3 (gammel riksvegbro) vil alle de simulerte vannføringene passere fritt under broen.

4 Sensitivitetsanalyse

Det er utført sensitivitetsanalyse ved å undersøke sensitiviteten i tre forskjellige punkter i den hydrauliske modellen for Eikefetelvi, samt i tre tverrprofiler for elven i Urdalen. Analysen er utført for å belyse sensitiviteten av modellene for ulike parametere.



Figur 4-1 (a) Undersøkte punkter i sensitivitetsanalysen for Eikefetelvi. (b) Undersøkte tverrprofiler for elv i Urdalen

4.1 Ruhet

Det er utført sensitivitetsanalyse hvor ruheten i modellen for Eikefetelvi har blitt hevet med 10%, og for elven i Urdalen med 20% ved simulering av 200-årsflom. Dette for å illustrere de hydrauliske modellenes sensitivitet for friksjonsparameteren.

Tabell 3 Sensitivitet for ruhet i den hydrauliske modellen for Eikefetelvi med vannføring lik Q200

Ruhet [% endring]	Manningstall	Punkt 1 [moh]	Punkt 2 [moh]	Punkt 3 [moh]
0	25	23,22	8,86	1,84
-10%	23	23,26	8,86	1,83

En økning i ruhet på 10% vil for Eikefetelvi gi en vannstandsøkning på opp mot 4 cm i punkt 1.

Tabell 4 Sensitivitet for ruhet i den hydrauliske modellen for elven i Urdalen med vannføring lik Q200
Manningstall forskjellig for elvetrau og flomsletter.

Ruhet [% endring]	Manningstall	Tverrprofil 1 [moh]	Tverrprofil 2 [moh]	Tverrprofil 3 [moh]
0	20/18	18,97	7,30	2,78
+20%	16/14,4	19,04	7,38	2,88

En økning i ruhet på 20% vil for elven i Urdalen kunne gi en vannstandsøkning på 7-10 cm.

En forhøyet ruhetsverdi vil øke vannstanden i de undersøkte områdene, men flomutsatt areal vil ikke øke betraktelig, slik det er vist i flomsonekartene i vedlegg 3. Det er derfor rimelig å anta at flomsonekartene er produsert med tilfredsstillende kvalitet med tanke på sensitivitet mot ruhet.

4.2 Vannføring

Det er utført sensitivitetsanalyse for vannføringenens innvirkning på vannstander i modellen. Dette er gjort ved å undersøke en 10% heving og senkning av vannføring lik henholdsvis 100 og 10 m³/s.

Tabell 5 Sensitivitet for vannføring i den hydrauliske modellen for Eikefetelvi

Vannføring [%]	Vannføring [m ³]	Punkt 1 [moh]	Punkt 2 [moh]	Punkt 3 [moh]
-10%	90	22,21	8,40	1,19
0%	100	22,29	8,43	1,22
+10%	110	22,35	8,45	1,26

Tabell 6 Sensitivitet for vannføring i den hydrauliske modellen for elven i Urdalen

Vannføring [%]	Vannføring [m ³]	Tverrprofil 1 [moh]	Tverrprofil 2 [moh]	Tverrprofil 3 [moh]
-10%	9	18,94	7,25	2,70
0	10	18,96	7,28	2,75
+10%	11	19,99	7,32	2,81

Vannstands nivået i de undersøkte områdene varierer også i forhold til vannføring. En så liten vannstandsstigning vil derimot slå lite ut i flomutsatt areal, slik vist i flomsonekartene presentert i neste kapittel. Sensitivitet for økning i vannføring også vist i flomsonekart for 200-årsflom med klimapåslag.

5 Resultater og flomsonekart

Med bakgrunn i resultatene fra vannlinjeberegningene er det utarbeidet flomsonekart for gjentaksintervall 20 og 200 år, samt 200 år inkludert klimapåslag. Flomsonekartene er generert med HEC-RAS, og er et resultat av beregnede vannstander og terrenghøyde hentet fra terrengmodellen. For 2D-modellen er vannstanden beregnet i hver enkelt celle, mens for områdene simulert ved hjelp av 1D er vannstanden mellom hvert tverrprofil generert ved hjelp av interpolasjon. Alle flomsonekart, samt hastighetskart for områder simulert ved hjelp av 2D er gitt i vedlegg 3.

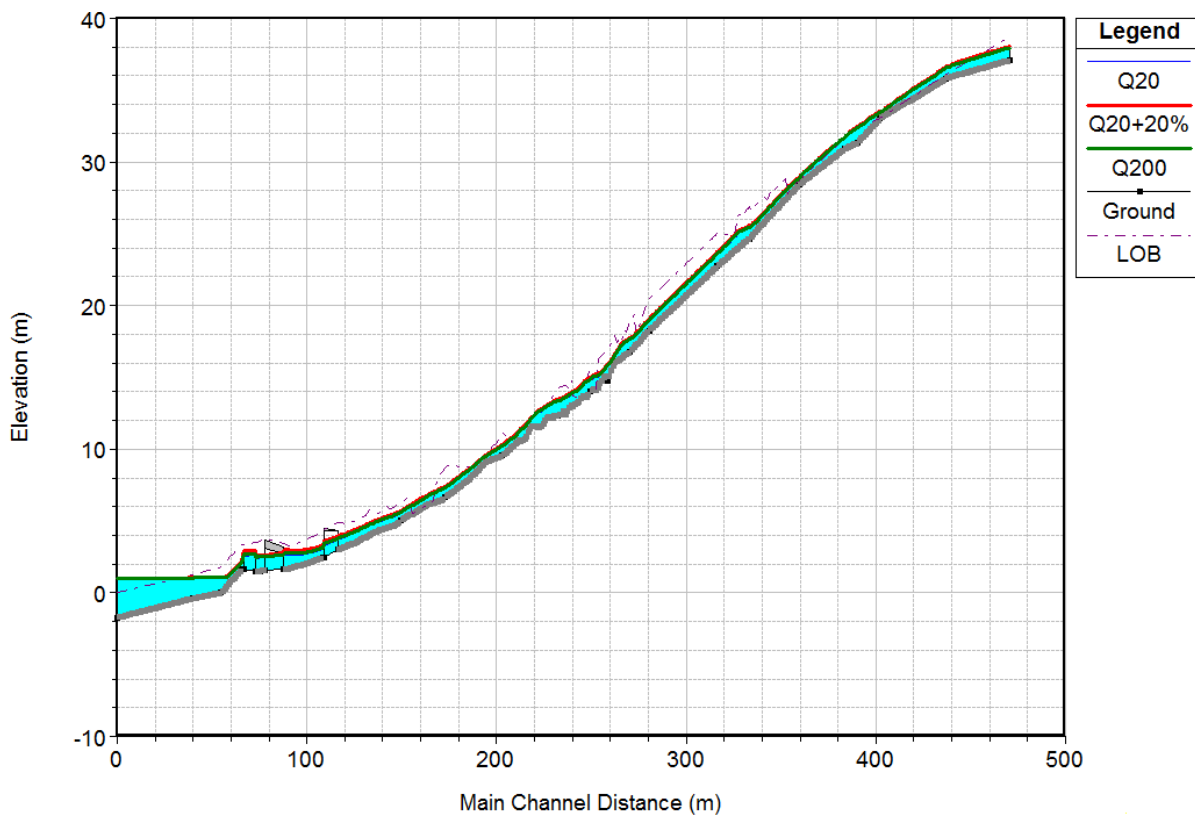
5.1 Eikefetelvi

For enkelte områder i det simulerte området for Eikefetelvi er det på det meste opp mot én meter forskjell i vannstanden mellom en 20-årsflom og en 200-årsflom med klimapåslag. Flomutsatt areal er derimot ikke sterkt påvirket av denne vannstandsforskjellen. Det flomutsatte arealet er tilnærmet likt for alle de simulerte vannføringene, slik vist i flomsonekartene.

Det oppstår høye hastigheter i store deler av elven ved alle gjentaksintervallene. Ved 200-årsflom med klimapåslag oppstår det hastigheter opp mot 6 m/s i de øvre delene av det modellerte vassdraget. For områdene som er mest bebygde, vil det også oppstå høye hastigheter rundt E18-broen, opp imot 5 m/s. Slike vannhastigheter vil potensielt kunne føre til erosjon av elvebreddene, noe som igjen kan føre til skade de byggene som står fundamentert på disse massene. De omtalte byggene er merket i flomsonekartene.

5.2 Elv i Urdalen

For 1D modellen er det mulig å presentere flomvannstand ved hjelp av lengdeprofil.



Figur 5-1 Simulerte vannstander for elv i Urdalen. Lengdeprofil

De simulerte vannstandene i for elven i Urdalen er brukt til å kartlegge områder som er berørt av flom. Simuleringen og analysen for elven i Urdalen viser at det vil være små flomutsatte arealer utenom det originale elveleiet. Det er ingen hus som ser ut til å være utsatt for de simulerte flommene, og det er også antatt at det er lavt potensiale for mulige følgeskader grunnet erosjon.

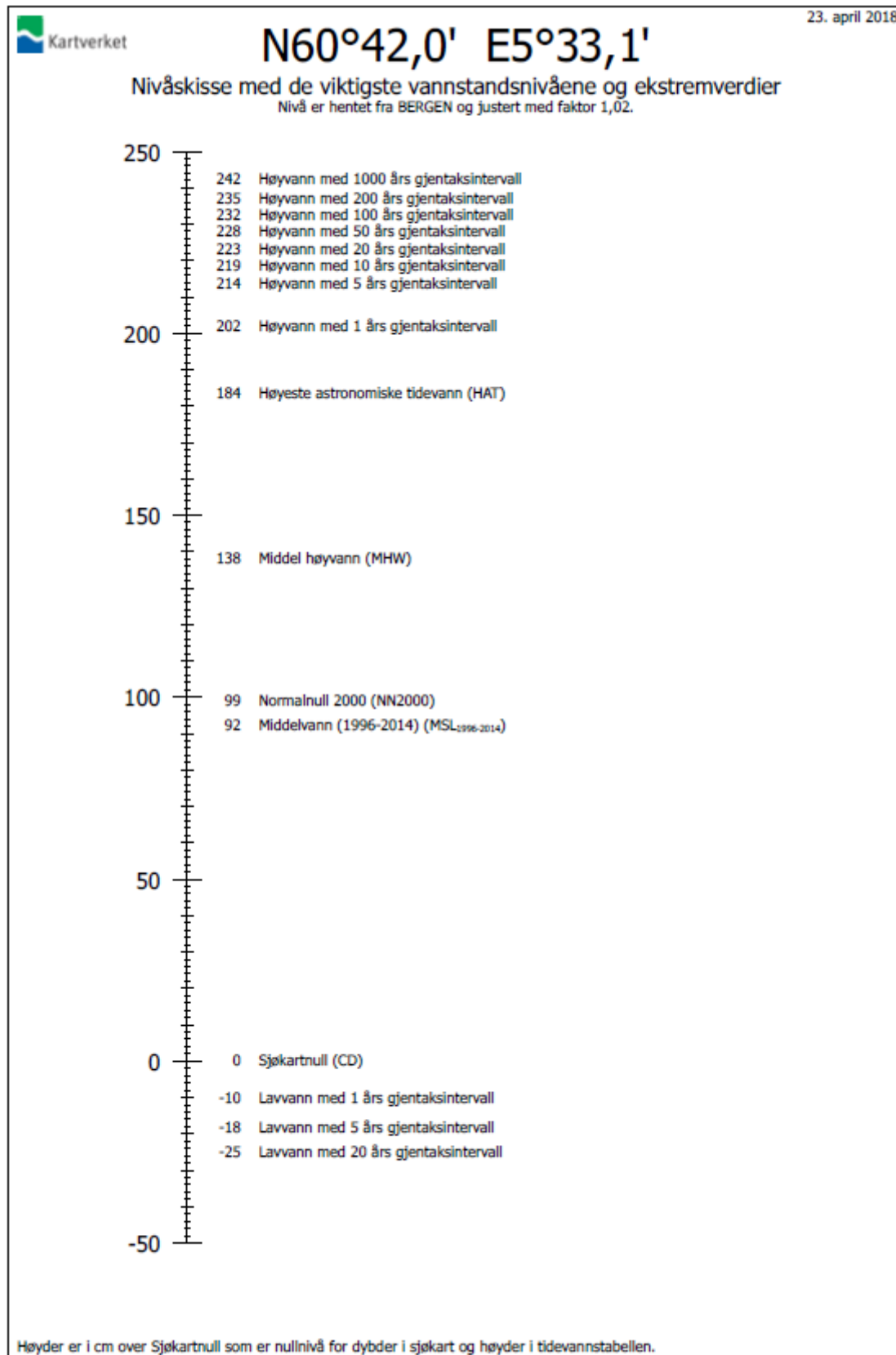
6 Referanser

Statens kartverk Bergen. (2011). *LiDAR-rapport Nordhordaland - 2010, Flybåren laserscanning*. Statens kartverk Bergen.

Vedlegg 1 Flomberegning

Gitt i eget dokument (6167789-RIVass-NOT-001 Flomberegning)

Vedlegg 2 Havnivåer



Vedlegg 3 Flomsonekart

Gitt i eget dokument (Vedlegg 3, flomsonekart Eikefet og Urdal.pdf)