

LUSTER KOMMUNE

FLOMSONEKARTLEGGING GAUPNE



COWI

LUSTER KOMMUNE

FLOMSONEKARTLEGGING GAUPNE

PROJEKTNR.

A123201

DOKUMENTNR.

VERSION

02

UDGIVELSESDATO

14.06.2019

BESKRIVELSE

Flomsonekartlegging

UDARBEJDET

aktv

KONTROLLERET

gube

GODKENDT

gube

INNHOOLD

1	Innledning	7
1.1	Områdebeskrivelse	7
1.2	Vassdragene	8
2	Metode og datagrunnlag	15
2.1	Metodebeskrivelse	15
2.2	Datagrunnlag	15
3	Beregninger og forutsetninger	17
3.1	Klimaendringer	17
3.2	Flomberegning	19
3.3	Hydraulisk 2D-modell	30
4	Flomsonekart	36
4.1	Jostedøla	36
4.2	Engedalselva	46
4.3	Usikkerheter	50
5	Konklusjon	51
6	Referanser	52

1 Innledning

Luster kommune har bedt om bistand til en oppdatert flomsonekartlegging av Gaupne. NVEs flomsonekartlegging av 2001 viser Gaupne sentrum er flomutsatt for flommer over en 100-årsflom (Muldsvor m.fl. 2001).

I forbindelse med nye utbygginger i Gaupne sentrum er behov for en oppdatert flomsonekartlegging som tar hensyn til anbefalt klimapåslag, de tre sikkerhetsklassene for flom i TEK17, og havnivåstigning og stormflo. I tillegg skal det vurderes hva som kan gjøres for å bedre flomsikre Gaupne mot flom.

Under følger beskrivelse av vassdraget, metode for flomsonekartlegging og resultater med og uten avbøtende tiltak. Flomsonekartene er overlevert Luster kommune i SOSI-format.

1.1 Områdebeskrivelse

Gaupne i Luster kommune ligger ved Gaupnefjorden, ved munningen av elva Jostedøla og sideelva Engedalselva. Gaupne ligger på eller nær et gammelt elvedelta (Figur 2). Siden 1950-tallet har bebyggelsen og infrastrukturen i Gaupne økt betraktelig (Figur 1 og Figur 2). På 1980-tallet ble Gaupne sikret mot flom i et omfattende arbeid med erosjons- og flomsikring (Muldsvor m.fl. 2001). Dette vises i Figur 1 ved at elvedeltaet er bygget opp samt at det langs den østlige elvebredden er anlagt plastring som fører til at elven i større grad kanaliseres enn det som var tilfelle opprinnelig.



Figur 3 Gaupne i 1956 (Norge i bilder 2019)

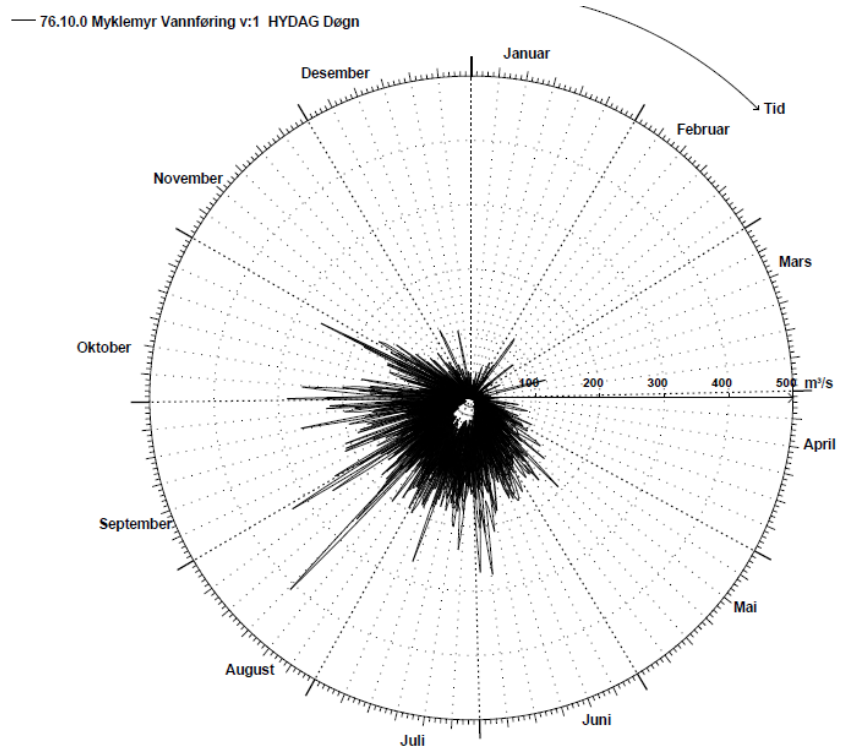
Figur 2 Gaupne i 2018 (Norge i bilder 2019)

1.2 Vassdragene

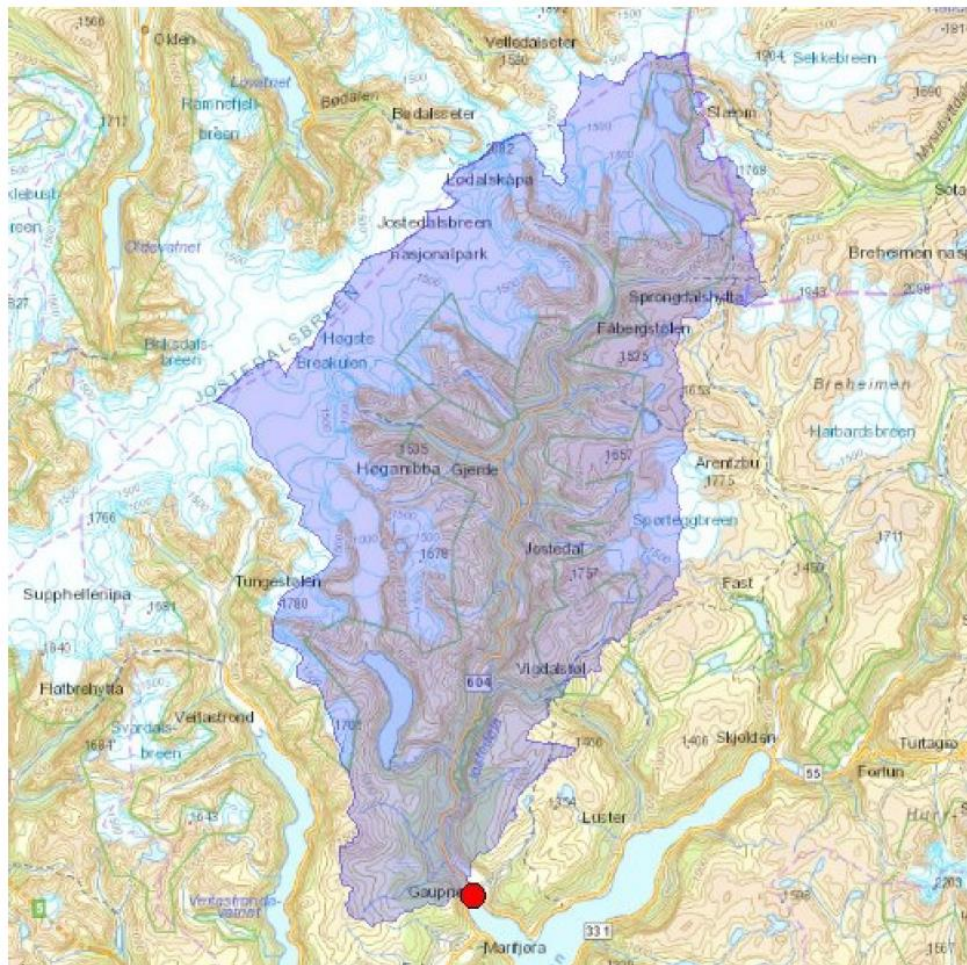
Jostedøla og Engedalselva har utløp gjennom Gaupne sentrum. Jostedøla er størst med et feltareal på rundt 860 km², mens Engedalselva, som renner gjennom østsiden av Gaupne, har et betydelig mindre nedbørfelt med utstrekning 20 km². De to vassdragene er beskrevet under.

1.2.1 Jostedøla

Jostedøla befinner seg på østsiden av Jostedalsbreen, Europas største isbre, og munner ut i Gaupnefjorden. Det totale feltarealet ved utløpet i havet er 862,1 km² (beregnet med NEVINA, NVE 2019a). Nedbørfeltet er vist i Figur 5. Feltet er et brefelt med en breandel på om lag 27 prosent, mens i underkant av halvparten av feltet består av bart fjell (Figur 6). Den høye breandelen i feltet innebærer at vannføringen er høy om sommeren og lav om vinteren (Hanssen-Bauer et al. 2009). Flomrosen (års-polarplott) til stasjonen 76.10 Myklemyr, som befinner seg i Jostedølavassdraget, viser at de største flommene forekommer i august. Vassdraget kan ellers få store flommer i hele perioden mellom juni og oktober (Figur 4).



Figur 4 Flomrose til stasjon 76.10 Myklemyr (kilde: Hydra II).



Figur 5 Nedbørfeltet til Jostedøla, generert i NEVINA (NVE 2019a).

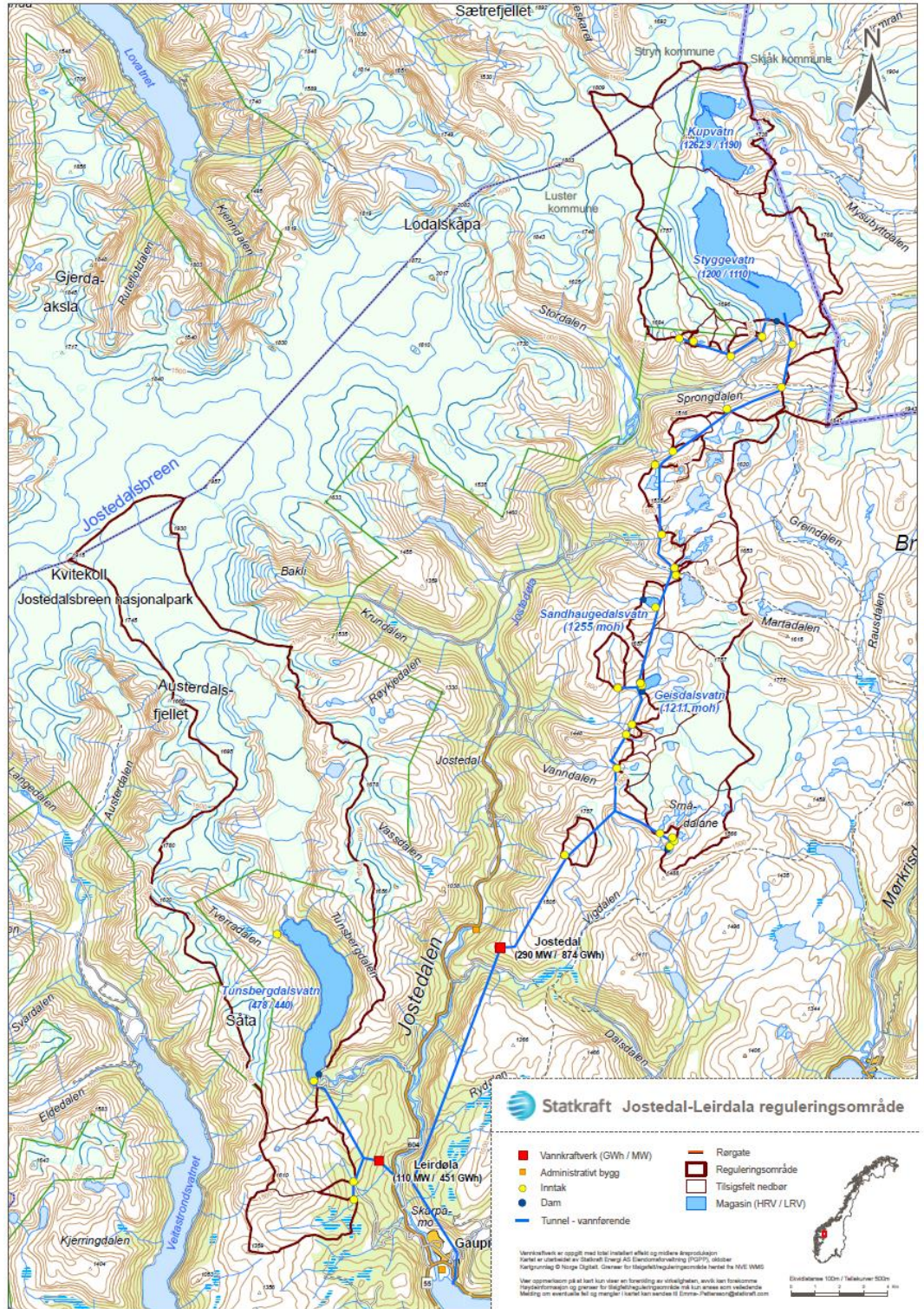
Høydeforskjellen i Jostedølas nedbørfelt er om lag 2080 meter, med 80 prosent av feltarealet beliggende over 800 moh.. Vannføringsindekser, klimaopplysninger og feltparametere om vassdraget er beregnet med NEVINA (NVE 2019a) og oppgitt i Figur 6.

Vassdragsnr.: 076.A1		Feltparametere	
Kommune: Luster		Areal (A)	862,1 km ²
Fylke: Sogn og Fjordane		Effektiv sjø (S _{eff})	0,1 %
Vassdrag: Jostedøla		Elvelengde (E _L)	68,3 km
		Elvegradient (E _G)	18,5 m/km
		Elvegradient ₁₀₈₅ (G ₁₀₈₅)	22,7 m/km
		Feltlengde(F _L)	51,5 km
Vannføringsindeks, se merknader		H _{min}	4 moh.
Middelvannføring (61-90)	70,7 l/(s*km ²)	H ₁₀	480 moh.
Alminnelig lavvannføring	4,6 l/(s*km ²)	H ₂₀	741 moh.
5-persentil (hele året)	5,7 l/(s*km ²)	H ₃₀	946 moh.
5-persentil (1/5-30/9)	27,0 l/(s*km ²)	H ₄₀	1117 moh.
5-persentil (1/10-30/4)	4,3 l/(s*km ²)	H ₅₀	1255 moh.
Base flow	38,2 l/(s*km ²)	H ₆₀	1366 moh.
BFI	0,5	H ₇₀	1459 moh.
		H ₈₀	1543 moh.
Klima		H ₉₀	1645 moh.
Klimaregion	Bre-Sor	H _{max}	2081 moh.
Årsnedbør	1697 mm	Bre	26,9 %
Sommernedbør	594 mm	Dyrket mark	0,8 %
Vinternedbør	1103 mm	Myr	0,5 %
Årstemperatur	-0,7 °C	Sjø	3,3 %
Sommertemperatur	4,5 °C	Skog	16,7 %
Vintertemperatur	-4,5 °C	Snau fjell	47,9 %
Temperatur Juli	6,3 °C	Urban	0,1 %
Temperatur August	7,4 °C		

1) Verdien er editert

Figur 6 Jostedøla: vannføringsindekser, klima og feltparametre (generert i NEVINA, NVE 2019b).

Siden slutten av 1970-tallet har det vært vannkraftverksproduksjon i Jostedølas nedbørfelt. Det medfører at den naturlige avrenningen fra Jostedøla er redusert ved at driftsvannet fra kraftverkene ledes til Gaupnefjorden via overføringstunneler (Drageset 2001). Kraftverkene i vassdraget, Jostedal og Leirdøla, består begge av magasineringsdammer og bekkeinntak (Figur 7). I tilknytning til Jostedøla kraftverk er Styggevatn oppdemt, mens Tunsbergdalsvatn er reguleringsmagasinet til Leirdøla kraftverk. Leirdøla har to bekkeinntak, Fonndøla og Ny-stølselvi, mens Jostedøla har 18 bekkeinntak.



Figur 7 Reguleringsområder til vannkraftverk i Jostedølas nedslagsfelt. Tunsbergdalsvatn ved Leirdøla kraftverk og Styggevatn ved Jostedøla kraftverk er oppdemt. Kartet er oversendt COWI fra Statkraft.

1.2.2 Engedalselva

Engedalselva har sitt utløp i Heggedalsvatnet som ligger på kote 1025 moh. øst for Gaupne sentrum. Nedbørfeltet måler 19,8 km², med høyeste kotehøyde 1431 moh. og utløp i havet (Figur 8 og Figur 9). Halvparten av feltet består av skog, mens 2,4 prosent er urbane områder (Figur 9).



Figur 8 Nedbørfeltet til Engedalselva (NVE 2019c).

Feltparametere		
Areal (A)	19.8	km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	0.17	%
Elvleengde (E _L)	9.5	km
Elvegradient (E _G)	117.4	m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	141.9	m/km
Helning	18.5	°
Dreneringstetthet (D _T)	1.3	km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	9.9	km

Arealklasse		
Bre (A _{BRE})	0	%
Dyrket mark (A _{JORD})	9.8	%
Myr (A _{MYR})	2.1	%
Leire (A _{LEIRE})	0.7	%
Skog (A _{SKOG})	28.1	%
Sjø (A _{SJO})	1.3	%
Snaufjell (A _{SF})	50.3	%
Urban (A _U)	2.4	%
Uklassifisert areal (A _{REST})	5.8	%

Hypsografisk kurve		
Høyde _{MIN}	4	m
Høyde ₁₀	210	m
Høyde ₂₅	569.5	m
Høyde ₅₀	775	m
Høyde ₇₅	1042.5	m
Høyde _{MAX}	1431	m

Klima- /hydrologiske parametere		
Avrenning 1961-90 (Q _N)	41.1	l/s*km ²
Årsnedbør 1961-90 (P _N)	1295	mm
Nedbør juni	64	mm
Nedbør juli	72	mm
Regn og snøsmelting mai	336	mm
Regn og snøsmelting juni	238	mm
Regn og snøsmelting årlig 4d	81	mm
Regn og snøsmelting november	65	mm
Temperatur februar	-7.1	°C
Temperatur mars	-5.0	°C

Figur 9 Informasjon om nedbørfeltet til Engedalselva (NVE 2019c).

2 Metode og datagrunnlag

2.1 Metodebeskrivelse

Det skal kartlegges utbredelsen til flommer med returperiodene 20, 200 og 1000, som er kravet i TEK17. Fremgangsmåten er beskrevet under, mens antagelser og forutsetninger er beskrevet i kapittel 3.

Flomberegning

I 2001 og 2012 utførte NVE en flomberegning av henholdsvis Jostedøla og Engedalselva (Drageset 2001, Fergus 2012). COWI vil utføre en oppdatert flomberegning basert på NVEs gjeldende retningslinjer og veiledere. Flomberegningen gjøres på de nyeste tilgjengelige dataene, og et klimapåslag blir inkludert til slutt.

Hydraulisk modellering

Sammen med eksisterende innmålinger av elva danner de nyeste tilgjengelige laserskannede terrengdata av Gaupne terrenggrunnlaget for den todimensjonale hydrauliske modellen. Ved kalibrering av 2D-modellen for å estimere ruhetsverdier vil vi ta utgangspunkt i en observert flom beskrevet i Drageset (2001) og konvertere høydene fra NN1954 til NN2000. Konstruksjoner legges inn i modellen.

Flomsonekartlegging

Modellen blir simulert med 20-, 200- og 1000-årsflom og med 200-årsflom inkludert 20 % klimapåslag og framtidig havnivå. Simuleringsresultatene er 2D-kart som angir flomsone ved de ulike returperiodene for flom. Stormflo beregnet av Kartverket blir benyttet som grensebetingelse ved Jostedølas utløp.

Flomsonekartlegging inkludert avbøtende tiltak

Avbøtende tiltak som anses som gjennomførbare blir inkludert i modellen med de nødvendige endringene i terrenget og/eller elveløpet. Flomsone blir deretter simulert på nytt med de avbøtende tiltakene.

2.2 Datagrunnlag

Flere typer data fra ulike kilder er benyttet i oppdraget. Dataene inkludert formål og kilde er oppgitt i Tabell 1.

Tabell 1 Datagrunnlaget som er benyttet i oppdraget.

Data	Formål	Kilde
Nedbørfelt og feltparametre	Flomberegning	NEVINA
Stasjoner i vassdraget	Flomberegning	Hydra II
Sammenlikningsstasjoner	Flomberegning	Hydra II
Nedbørfelt til vannkraft	Flomberegning Jostedøla	NVEs temakart (GIS)
Bidrag fra reguleringsdammer ved QT	Flomberegning Jostedøla	NVE 2001
Døgnedbør	Flomberegning Engedalselva	eklima.no
Klimapåslag	Flomberegning	Norsk klimaservicesenter /tilbudsgrunnlag
Havnivåstigning	Vassdragsmodell	DSB 2016
Terrenggrunnlag	Vassdragsmodell	hoydedata.no
Tverrsnitt i Jostedøla	Vassdragsmodell	NVEs temakart (GIS)
Tverrsnitt i Engedalselva	Vassdragsmodell	NVE (epost)
Flom til kalibrering	Vassdragsmodell	NVE 2001
Bruer i Jostedøla	Vassdragsmodell	Statens vegvesen (epost)
Bruer i Engedalselva	Vassdragsmodell	NVE 2012
FKB-data (veier, vann, bygninger)	Vassdragsmodell	Luster kommune
Informasjon om lokale forhold	Vassdragsmodell	Luster kommune og befaringsrapport 4.04.19

3 Beregninger og forutsetninger

3.1 Klimaendringer

Flomvannføring

Norsk klimasenter anbefaler 20 % klimapåslag på flomvannføring for Jostedøla (Norsk klimaservicesenter 2016). Det er beregnet flomverdier inkludert klimapåslag for alle de tre flommene, mens det er laget flomsonekart for 200-årsflommen med klimapåslag.

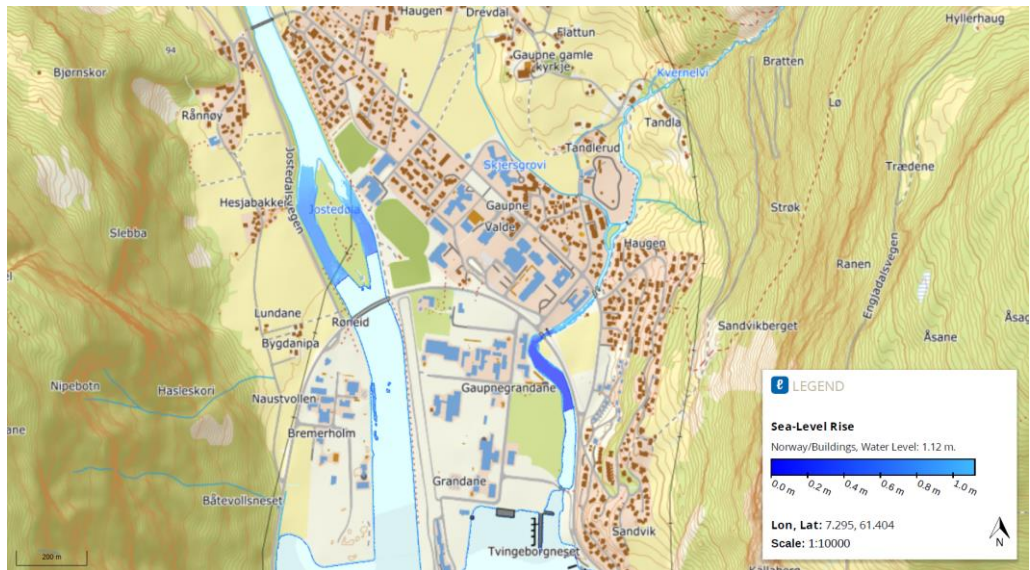
Havnivå

For å ta hensyn til fremtidig havnivåendringer som følge av klimaendringer, er anbefalingene til DSB (2016) å benytte øvre del (95-persentilen) til utslippsscenario RCP8.5 for perioden 2081-2100. Forventet havnivåstigning med klimapåslag for Gaupne er med dette scenarioet 61 cm (rundes av til nærmeste 10 cm før bruk). Vannstander i dagens og i et framtidig klima utarbeidet av DSB (2016) er oppgitt for ulike returperioder i Tabell 2. 1-års stormflo, 1-årsstorm i

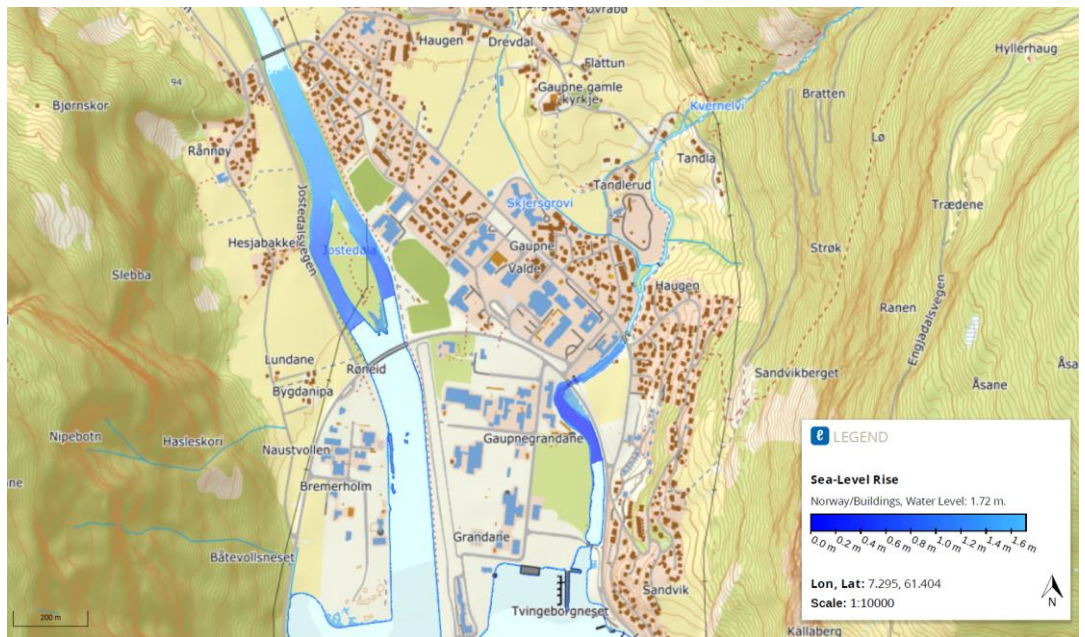
et framtidig klima og 200-års stormflo er vist i kart i Figur 10, Figur 11 og Figur 12.

Tabell 2 Ekstremvannstander i Gaupnefjorden i NN2000 (DSB 2016).

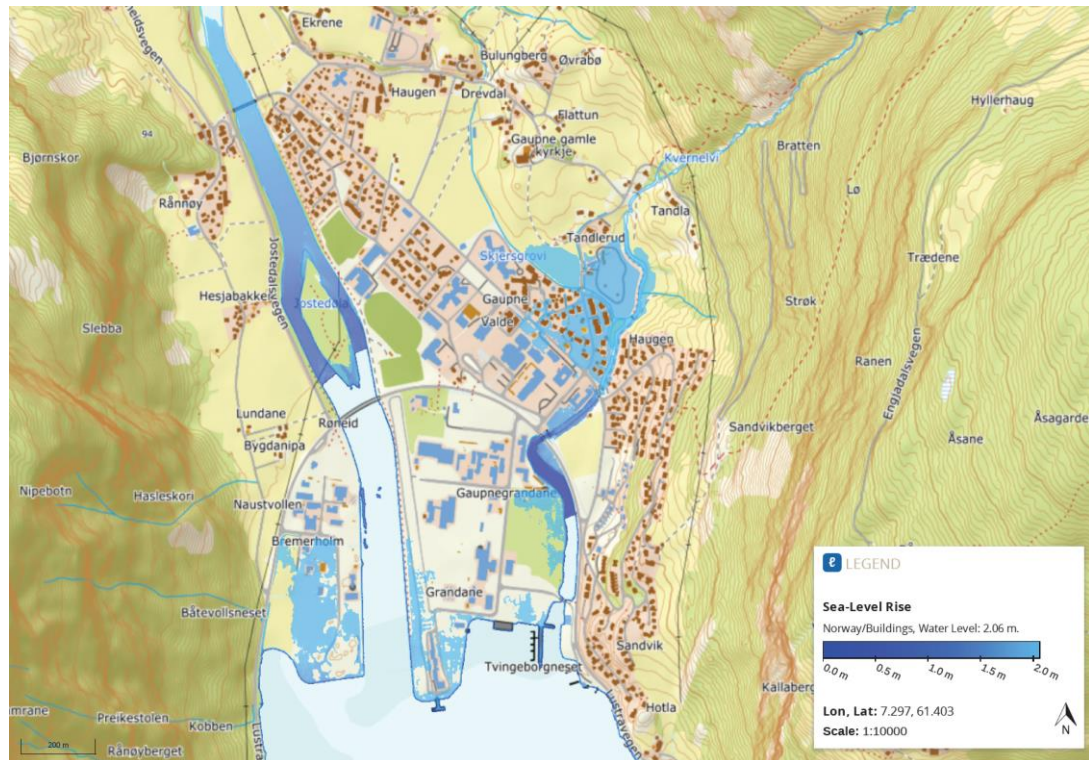
Gjentaksintervall [år]	1	20	200	1000
Vannstander i dagens klima [m]	1,12	1,34	1,46	1,53
Vannstander i perioden 2081-2100 [m]	1,72	1,94	2,06	2,13



Figur 10 1-års stormflo i Gaupne, 1,12 moh.



Figur 11 1-års stormflo inkludert framtidig havnivåstigning, 1,72 moh.



Figur 12 200-års stormflo inkludert framtidig havnivåstigning, 2,06 moh.

3.2 Flomberegning

3.2.1 Jostedøla

For Jostedøla ved utløp i havet er det utført en flomfrekvensanalyse på 20-, 200- og 1000-årsflom. I flomberegningen er det tatt hensyn til vannkraftproduksjonen i feltet. Forutsetninger og antagelser og resultater er beskrevet under. Observerte flomdata og informasjon om stasjoner er hentet fra NVEs databaser Hydra II og Hysopp. Det er utført flomfrekvensanalyse i Hydra II.

Stasjoner i vassdraget

I Jostedalsvassdraget er det flere stasjoner. Aktive stasjoner i vassdraget hvor det finnes data for vannføring er oppgitt i Tabell 3.

Tabell 3 Målestasjoner i Jostedalsvassdraget

Stasjonsnr.	Stasjonsnavn	Feltareal [km ²]	Stasjon snavn	Kommentar
76.5	Nigardsbrevatn	65.3	Nigardsbrevatn	
76.1	Myklemyr	575.8	Myklemyr	Regulert
76.11	Vigdøla	45.5	Vigdøla	Regulert
76.14	Fåbergstøl	183.0	Fåbergstøl	Regulert. Driftes kun i sommerhalvåret. Kvalitet på flom: bra.
76.32	Tunsbergdalsvatn	137.2	Tunsbergdalsvatn	Regulert. Kvalitet på flom: middels
76.15	Bruvollselvi	7.7	Bruvollselvi	Bekkeinntak. Kun brukbare data for sommerhalvåret.

På grunn av stor materialtransport i Jostedøla har mange av vannmerkene dårlig datakvalitet, som er en utfordring i vassdrag med stor materialtransport – slik som i brevassdraget Jostedøla (Drageset 2001). Til flomfrekvensanalysen er kun stasjon 76.5 Nigardsbrevatn i selve Jostedalsvassdraget benyttet. De andre stasjonene er enten regulerte eller har ikke kontinuerlige dataserier som dekker hele år. I tillegg til stasjon 76.5 er det valgt ut sammenlikningsstasjoner til frekvensanalysen.

Sammenlikningsstasjoner

Sammenlikningsstasjonene er valgt ut basert på følgende kriterier: nærhet til Jostedølavassdraget, breprosent, høydeintervall, observasjonsperiode, at målestasjonen er aktiv, og at nedbørfeltet er uregulert. Valgte stasjoner er vist i Tabell 4 og i Figur 13.

75.22 Gilja, 88.4 Lovatn og 76.4 Nigardsvatn ble benyttet av Drageset (2001) ved den forrige flomsonekartleggingen av Gaupne. Etter 2001 er det flere stasjoner som har fått lange nok dataserier til å være med i en flomfrekvensanalyse. Vi har i tillegg valgt ut 88.1 Strynsvatn, 88.3 Nordre-Oldevatn og 87.1 Gloppenelv, som alle har feltkarakteristikker tilsvarende Jostedøla, men har noe mindre feltsstørrelser. Stasjonene er av NVE konkludert med å ha akseptable kvalitet for flomfrekvensanalyser (Engeland et al. 2016).

Tabell 4 Sammenlikningsstasjoner som er benyttet i flomfrekvensanalysen

Målestasjon	Observasjonsperiode	Antall år	qN [l/s* km ²]	Bre [% 9]	Eff.sj ø /A _{SE} [%]	Areal [km ²]	Min. høyde [moh.]	Maks. høyde [moh.]
<i>Jostedøla ved havet</i>	-		71	26,9	0,1	862,1	4	2081
75.22 Gilja	1985-2018	33	56	13.8	0.2	203.4	99	2012
88.11 Strynsvatn	1982-2018	28	60	17.5	4.83	482.0	29	1933
88.3 Nordre Oldevatn	1984-2018	34	76	36.7	3.36	203.1	33	1953
88.4 Lovatn	1900-2018	118	65	33.2	4.5	234.9	52	2071
87.10 Gloppen-elv v/Bergheim	1970-2018	48	80	16.5	0.26	218.6	138	1823
76.5 Nigardsbrevatn	1963-2018	55	94	73.0	0.77	65.3	285	1946



Figur 13 Jostedøla: stasjoner i flomfrekvensanalyse, vannkraft i Jostedølas nedbørfelt.

Flomfrekvensanalyse

Det er gjort flomfrekvensanalyse på døgnverdier på årsflommer fra sammenlikningsstasjonene i Tabell 4. Resultatet av analysen er vist i Tabell 5.

Tabell 5 Resultater av flomfrekvensanalyse av døgndata.

Målestasjon	Fordelingsfunksjon	Qm		Q20	Q200	Q1000
		m ³ /s	l/s*k m ²	l/s*k m ²	l/s*k m ²	l/s*k m ²
75.22 Gilja	Gumbel (Bayesiansk)	91.2	448	631	819	955
88.11 Strynsvatn	GEV (Bayesiansk)	126.0	261	344	398	443
88.3 Nordre Oldevatn	Gumbel (Bayesiansk)	76.2	375	545	718	842
88.4 Lovatn	Gumbel (Bayesiansk)	80.9	345	517	686	804
87.1 Gloppenelv v/Bergheim	Gumbel (Bayesiansk)	129.2	591	1007	1435	1743
76.5 Nigardsbrevatn	Gumbel (Bayesiansk)	38.2	586	946	1293	1541

Flomverdiene for stasjon 88.11 Strynsvatn og 87.10 Gloppenelv v/Bergheim skiller seg ut med henholdsvis lave og høye flomverdier sammenliknet med de øvrige sammenlikningsstasjonene (Tabell 5). Disse to stasjonene er derfor ikke tatt med i den videre analysen. Som flomverdi er det valgt å bruke gjennomsnittet fra stasjonene 75.22 Gilja, 88.39 Nordre Oldevatn, 88.4 Lovatn, 76.5 Nigardsbrevatn (Tabell 6). Det er forutsatt lik spesifikk vannføring [l/s*km²] i hele Jostedal nedbørfelt.

Tabell 6 Gjennomsnitt av flomfrekvensanalyse: 75.22 Gilja, 88.39 Nordre Oldevatn, 88.4 Lovatn, 76.5 Nigardsbrevatn .

Qm [l/s*km ²]	Q20 [l/s*km ²]	Q200 [l/s*km ²]	Q1000 [l/s*km ²]
438	660	879	1035

Kulminasjonsverdi

Flomfrekvensanalysen er utført på døgnerverdier. I flomsonekartlegging brukes imidlertid kulminasjons-/momentanverdien. For å finne forholdstallet mellom momentanverdien (Q_{mom}) og døgnerverdien ($Q_{døgn}$), $Q_{mom}/Q_{døgn}$, har vi sett på observerte flommer ved stasjon 76.10 Myklemyr og brukt et formelverk for forholdstallet $Q_{mom}/Q_{døgn}$.

NVE (2011) oppgir regresjonsligninger for $Q_{mom}/Q_{døgn}$ for både høst- og vårflom:

Høstflom:

$$Q_{mom}/Q_{døgn} = 2,29 - 0,29 \times \log A - 0,270 \times A_{SE}^{0,5},$$

Vårflom:

$$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}} = 1,72 - 0,17 \times \log A - 0,125 \times A_{\text{SE}}^{0,5},$$

hvor

A = Areal [km²],

A_{SE} = effektiv sjøprosent [%].

Stasjon 76.10 Myklemyr befinner seg i Jostedøla og har et tilsigsareal på 575 km². Flomrosen til 76.10 Myklemyr viser at de største flommene i vassdraget forekommer om høsten (Figur 4). $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ for Jostedøla er derfor beregnet for høstflom. For vassdraget Jostedøla ved utløpet i havet, hvor A = 656 km² (uregulert felt) og A_{SE} = 0,1 % (Figur 6), gir formelen $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}} = 1,39$.

Det er undersøkt forholdstallet $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ ved stasjon 76.10 Myklemyr. Observerte flomvannføringer fra 76.10 Myklemyr gir et stort spenn i $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$: tre observerte flommer ga en omregningsfaktor på mellom 1,2 og 1,6.

Drageset (2001) og Leine (2013) fant også store spenn i forholdstall ved denne stasjonen - opp til 1,8 ved å undersøke observerte flommer ved 76.10 Myklemyr. Drageset (2001) opererer med økende forholdstall med økende gjentaksintervall, mens det i en oppdatert beregning fra 2013 (Leine 2013) er valgt ett forholdstall for alle gjentaksintervall. Vi velger også å bruke ett forholdstall for alle flommer, ettersom det er vanlig praksis. For å ikke underestimere store flommer har Leine (2013) valgt et forholdstall på 1,6 – som er høyere enn hva formelverket gir. Forholdstallet til formelverket ser imidlertid ut til å underestimere store flommer (Leine 2013). I de videre beregningene bruker vi 1,6 som omregningsfaktor fra døgnvannføring til kulminasjonsvannføring.

Bidrag fra reguleringsområder

COWI har vært i kontakt med regulanten Statkraft som eier Jostedal og Leirdøla kraftverk i Jostedalen. I epost til COWI opplyser vassdragsteknisk ansvarlig at det har skjedd noen endringer ved de to kraftverkene de senere årene. COWI har i eposten fått oversendt gjeldende flomberegninger og informasjon om reguleringsdammene. Ved Leirdøla kraftverk ble reguleringsdammen Tunsbergdalsdammen rehabilitert i perioden 2015-2017, da overløpsdammen ble forsterket. Sweco har vurdert at flomberegninger for Tunsbergdalsdammen utført av Norconsult fortsatt er gjeldende.

Ved Jostedal kraftverk ble det i 2014/2015 bygd et nytt flomløp i reguleringsdammen Styggevatn. Multiconsult og Sweco utarbeidet henholdsvis nye data for tilløps- og avløpsflommen.

Flomberegningen for både Tunsbergdalsdammen og Styggevassdammen er basert på andre forutsetninger (worst case) enn det som er gjeldende for flomsonekartlegginger. Ved å bruke avløpsflommene direkte i flomberegningen for Jostedøla, vil flomstørrelsene overestimeres. Vi har derfor valgt å legge samme forutsetninger til grunn for bidrag fra dammene som Drageset (2001). NVEs

oppdaterte flomberegning fra 2013 har benyttet de samme forutsetningene (Leine 2013).

For Jostedal er derfor forutsetningen at ved middel- og 20-årsflom medregnes ikke noe bidrag fra lokalfeltet til Styggevatn. For 200- og 1000-årsflom inkluderes derimot hele feltet. Jostedøla har 18 bekkeinntak. Det regnes med fullt bidrag fra disse for alle gjentaksintervall.

For Leirdøla har Drageset (2001) foretatt en skjønnsmessig vurdering av bidraget fra Tunsbergdalsdammen for ulike gjentaksintervall basert på en flomberegning for Tunsbergdalsdammen fra 1991. Dimensjonerende flom (kulminasjonsverdi for Q_{1000}) er på et tidspunkt etter 1991 økt fra 238 m³/s til 300 m³/s (Drageset 2001). Norconsult angir 243 m³/s i sin flomberegning fra 2010 (Norconsult 2010). Bidraget som Drageset (2001) og Leine (2013) har benyttet i sine beregninger er følgende døgnverdier: 0 m³/s for Q_M , 30 m³/s ved Q_{20} og 75 m³/s ved Q_{200} (kun bidrag for aktuelle Q_T , hvor T er gjentaksintervall, for denne flomsonekartleggingen er oppgitt her). Drageset (2001) oppgir ikke bidrag ved Q_{1000} . Lineær interpolasjon av verdiene som er opplyst gir et bidrag ved Q_{1000} på 140 m³/s.

Bidraget fra Leirdøla er oppgitt som døgnverdier. Drageset (2001) og Leine (2013) har ikke konvertert disse til kulminasjonsverdier i den videre beregningen ettersom de ikke anser det sannsynlig at overløp fra Tunsbergdalsdammen inntreffer samtidig som hovedelva Jostedøla. Vi har derfor valgt å bruke døgnverdier i bidraget fra Tunsbergdalsdammen. Det er antatt fullt bidrag fra bekkeinntakene Fonndøla og Nystølvi syd for Tunsbergdalsvatten ved alle gjentaksintervall.

Flomverdi for Jostedøla

Beregnete dimensjonerende kulminasjonsvannføringer for Jostedøla ved utløp i havet er 722 m³/s for Q_{20} , 1095 m³/s for Q_{200} og 1341 for Q_{1000} , og 1314 for Q_{200} inkludert 20 % klimapåslag (Tabell 7).

Tabell 7 Flomverdi for Jostedøla

Forklaring	Areal [km ²]	Døgn-/kul- minasjons- verdi	QM [m ³ /s]	Q20 [m ³ /s]	Q200 [m ³ /s]	Q1000 [m ³ /s]
Uten Tunsbergdalsvatn, uten bidrag fra Styggevatn	656.1	Døgn	438	660		
Med bidrag fra Styggevatn	725.1	Døgn			879	1035
Qmom/Qdøgn = 1,6	725.1	Kulminasjon	460	692	1020	1201
Bidrag fra Tunsbergdalsvatn	137	Døgn	0	30	75	140
Jostedøla ved utløp i havet	862.1	Kulminasjon	460	722	1095	1341
Jostedøla ved utløp i havet inkludert 20 % klimapåslag	862.1	Kulminasjon	552	867	1314	1610

3.2.2 Engedalselva

For Engedalselva er det beregnet flomverdier med tre metoder: flomfrekvensanalyse, NIFS formelverk for små nedbørfelt, og nedbør-avløpsmodellen PQRUT.

Flomfrekvensanalyse

I vassdraget Engedalselva finnes det ingen målestasjoner som registrerer vannstand/vannføring. Flomfrekvensanalysen er derfor utført på sammenlikningsstasjoner. Stasjonene er valgt ut etter følgende kriterier: nærhet til vassdraget, breprosent, høydeintervall, lang nok observasjonsperiode, at målestasjonen er aktiv, og at nedbørfeltet er uregulert. Valgte sammenlikningsstasjoner er vist i Tabell 8.

Tabell 8 Sammenlikningsstasjoner for Engedalselva

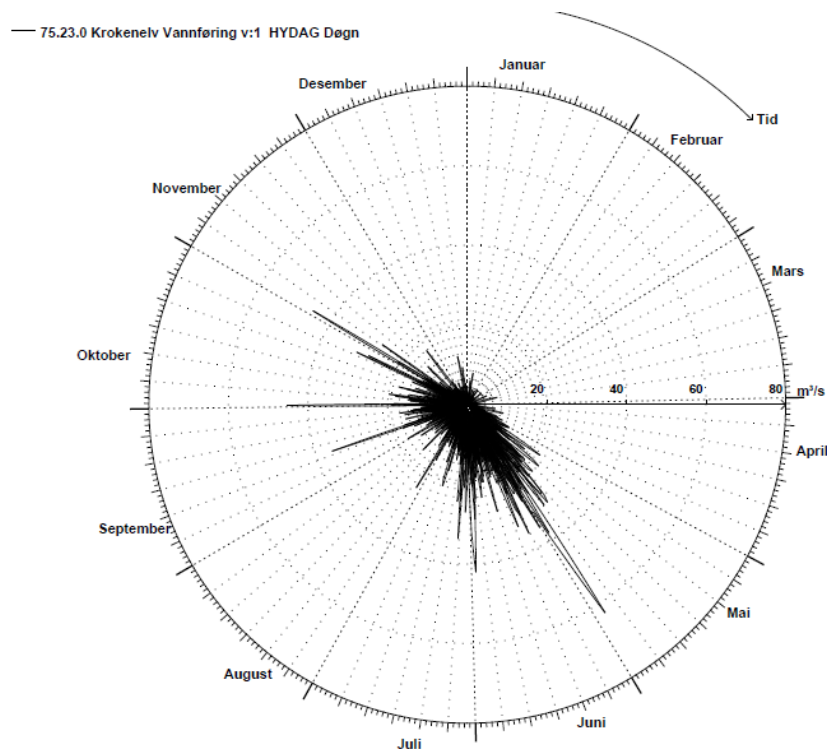
Målestasjon	Observasjonsperiode	An-tall år	Bre [%]	Eff.sjø (ASE) [%]	Areal [km ²]	Min. høyde [moh.]	Maks. høyde [moh.]
<i>Engedalselva</i>		-	0	0.17	19.8	4	1431
73.21 Frostdalen	1968-2017	49	0	2.31	25.74	986	1612
75.28 Feigumfoss	1973-2018	45	0	1.31	48.04	478	1594
62.14 Slondalsvatn	1984-2018	34	0	2.78	41.86	752	1602
75.23 Krokenelv	1966-2016	51	0	0.05	45.92	17	1467

Flomfrekvensanalysen er utført på årsflommer på døgndata for stasjonene i Tabell 8. Resultatet av analysen er vist i Tabell 9.

Tabell 9 Resultat av flomfrekvensanalyse på sammenlikningsstasjoner.

Målestasjon	Fordelingsfunksjon	Qm	Q20	Q200	Q1000
		l/s*km ²	l/s*km ²	l/s*km ²	l/s*km ²
73.21 Frostdalen	Gumbel (Bayesiansk)	391	763	1126	1383
75.28 Feigumfoss	GEV (Bayesiansk)	321	415	446	464
62.14 Slondalsvatn	GEV (Bayesiansk)	553	880	1775	3351
75.23 Krokenelv	Gumbel (Bayesiansk)	528	908	1292	1565

Flomfrekvensanalysen er utført på døgnverdier. For å regne om verdiene til kulminasjonsverdier har vi brukt formelverk (for likninger, se seksjon 3.2.1). Flomrosen for stasjon 75.23 Krokenelv viser at flommer opptreer både vår og høst (Figur 14).



Figur 14 Flomrose til 75.23 Krokenelv (døgndata, Hydra II).

Vi har derfor beregnet gjennomsnittet $Q_{mom}/Q_{døgn}$ for høst- og vårflo. Beregnet kulminasjonsfaktor for Engedalselva er 1,63. Ettersom vi ikke har målinger i elva kan vi ikke verifisere faktoren. NVE (2012) har imidlertid benyttet samme metode for å finne omregningsfaktoren $Q_{mom}/Q_{døgn}$ for Engedalselva.

Omregnet til kulminasjonsverdier og til Engedalselvas nedbørfelt (19.8 km²), blir resultatet av flomfrekvensanalysen som i Tabell 10.

Tabell 10 Flomfrekvensanalyse omregnet til kulminasjon og m³/s for Engedalselva.

Målestasjon	Fordelingsfunksjon	Qm	Q20	Q200	Q1000
		m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
73.21 Frostdalen	Gumbel (Bayesiansk)	12.6	24.6	36.3	44.6
75.28 Feigumfoss	GEV (Bayesiansk)	10.4	13.4	14.4	15.0
62.14 Slondalsvatn	GEV (Bayesiansk)	17.9	28.4	57.3	108.2
75.23 Krokenelv	Gumbel (Bayesiansk)	17.0	29.3	41.7	50.5

NIFS

NVEs webløsning NEVINA angir flomverdier som er egnet for små nedbørfelt ($A < 60 \text{ km}^2$). NEVINA gir kulminasjonsverdier direkte. Flomverdiene er oppgitt i Tabell 11.

Tabell 11 Flomverdier (kulminasjon) med NIFS formelverk (medianverdier).

Qm	Q20	Q200	Q1000
m^3/s	$\text{l/s} \cdot \text{km}^2$	$\text{l/s} \cdot \text{km}^2$	$\text{l/s} \cdot \text{km}^2$
14.3	23.9	37.9	51.9

PQRUT

NVEs webversjon av PQRUT ble benyttet. Nedbørdata på døgnoopløsning ble hentet fra Meteorologisk institutt sin nedbørstasjon 55730 Sogndal-Selseng, som ligger i nærheten av Engedalselva og har en dataserie som strekker seg tilbake til 1895. Stasjonsopplysninger er oppgitt i Tabell 12.

Tabell 12 Stasjonsopplysninger for nedbørstasjon brukt i PQRUT.

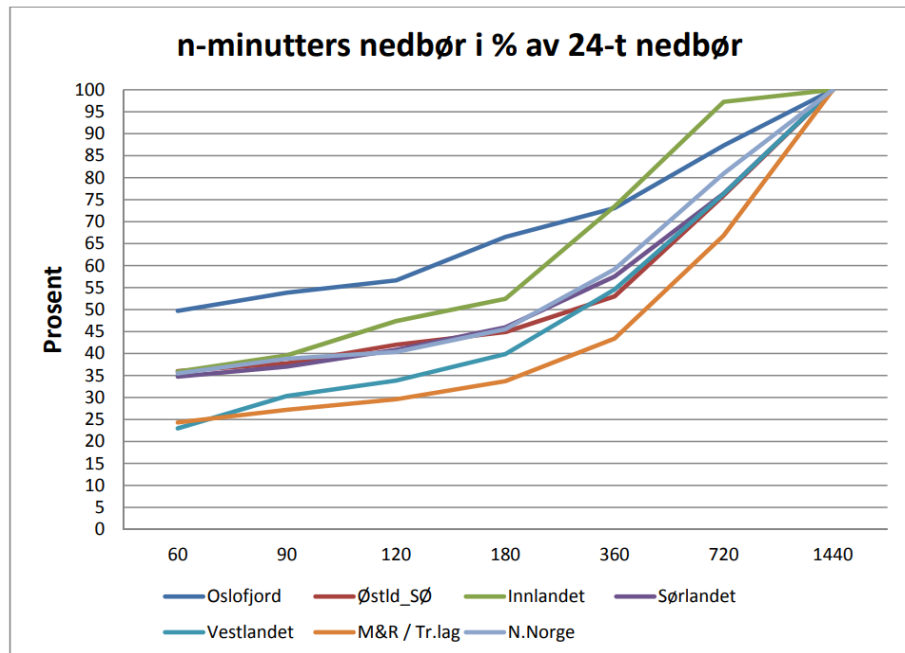
Stnr	Navn	Periode	Hoh.	Kommune	Fylke
55730	SOGNDAL - SELSENG	1895-dd.	421	Sogndal	Sogn og Fjordane

Resultatet av frekvensanalysen for stasjon 55730 Sogndal-Selseng er vist i Tabell 13.

Tabell 13 Frekvensanalyse av døggnedbør på stasjon 55730 Sogndal-Selseng. Fordeling: Gumbel (I-moment).

	Q20	Q200	Q1000
Døggnedbør [mm]	76	98	113

Døgnverdiene i Tabell 13 ble oppjustert med 13 % for å korrigere fra nedbør-døgn til vilkårlig døgn, og deretter omregnet til timesverdier basert på Figur 15, med kurven for Innlandet.



Figur 26. Nedbør i løpet av 1 time – 1 døgn i prosent av nedbør i løpet av 1 døgn (1440 minutter). Kurvene er basert på de regionvise medianverdiene i Figur 12.

Figur 15 Kurve for omregning fra døgn- til timesnedbør (Stenius et al. 2015).

Resulterende flomverdier med PQRUT er vist i Tabell 14.

Tabell 14 Flomverdier med PQRUT.

	Q20	Q200	Q1000
Kulminasjonsverdi [m ³ /s]	35.6	47.7	56.0

Valg av flomverdi

I flomfrekvensanalysen på sammenlikningsstasjoner skiller 75.28 Feigumfoss og 62.14 Slondalsvatn seg ut ved at de gir henholdsvis lave og høye verdier på 200- og 1000-årsflom. Disse er derfor utelatt i den videre vurderingen.

En sammenstilling av flomverdiene for Engedalselva viser at flomverdiene til NIFS, PQRUT og 75.23 Krokenelv ligger nære hverandre (Tabell 15). Etersom flomverdiene fra 75.23 Krokenelv er etablert basert på observerte data, velger vi å bruke resultatene fra denne stasjonen som gyldige flomverdier for Engedalselva.

Tabell 15 Sammenstilling av flomverdier for Engedalselva.

	Q20	Q200	Q1000
Kilde	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
73.21 Frostdalen	24.6	36.3	44.6
75.23 Krokenelv	29.3	41.7	50.5
NIFS	23.9	37.9	51.9
PQRUT	35.6	47.7	56.0

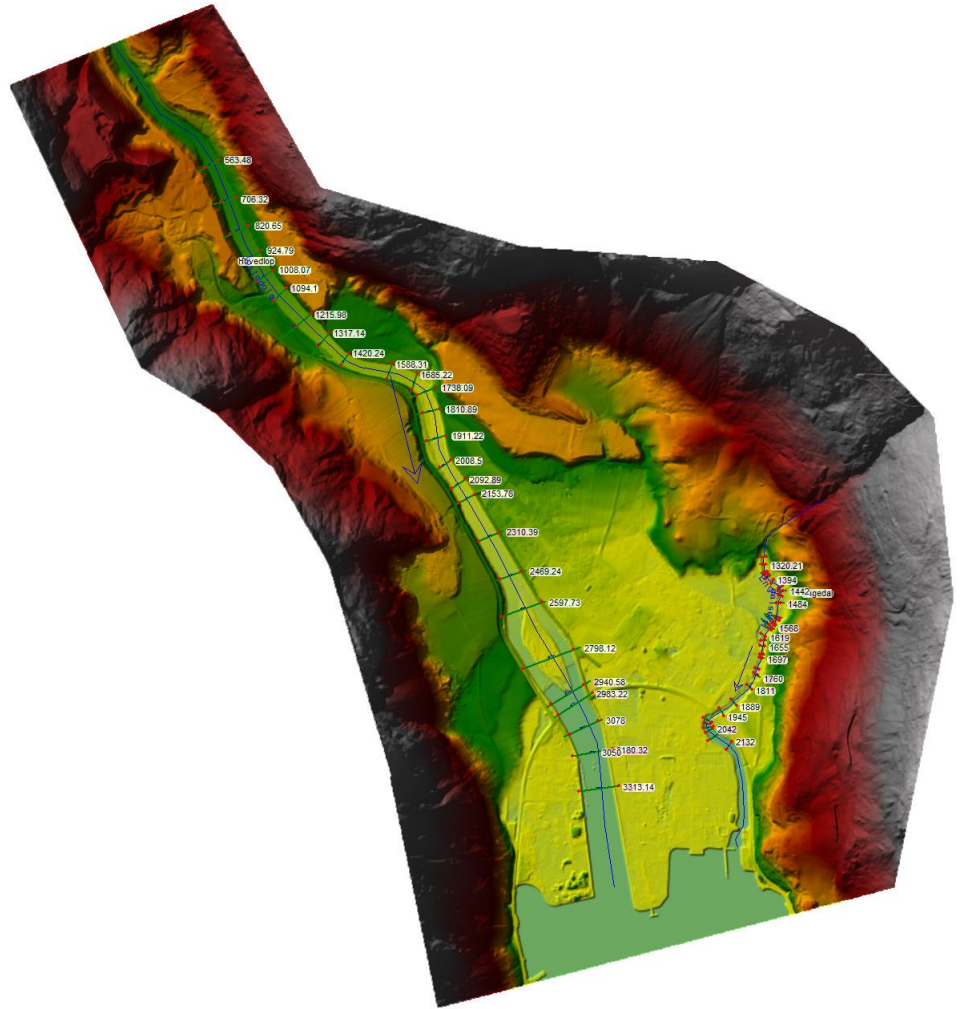
Flomverdiene for Engedalselva med og uten 20 % klimafaktor er oppgitt i Tabell 16.

Tabell 16 Flomverdier (kulminasjon) for Engedalselva med og uten klimapåslag.

	Q20	Q200	Q1000
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Dagens situasjon	29.3	41.7	50.5
Med 20 % klimapåslag	34.8	50.4	61.2

3.3 Hydraulisk 2D-modell

Det ble satt opp en 2D-modell i programvaren MIKE 21 Flexible Mesh og i Hec-Ras. MIKE-modellen ble brukt som hovedmodell (omtalt som *modellen* under), med Hec-Ras-modellen som kontrollmodell. Resultatene fra MIKE-modellen er vist i resultatene. Modellen er etablert for et område som dekker Jostedøla, fra samløpet mellom Kvernelvi, Engedalselva et stykke ovenfor sentrum og Gaupne sentrum (Figur 16). Modellens terrenggrunnlag, kalibrering og grensebetingelser er forklart under. Simulering av flom i Jostedøla og Engedalselva ble utført i separate simuleringer.



Figur 16 Modellområdet med plassering av tverrsnitt.

Terrengmodell

Terrengmodellen er bygd opp av terrengdata av overflaten og tverrsnitt i elva. Terrengoverflaten er fra 2012 med oppløsning 0,5 m x 0,5 m i NN2000, og ble lastet ned fra Kartverkets nettsiden hoeydedata.no. Overflaten inneholder ikke elvas bunnprofil.

Tverrsnitt i Jostedøla i NN2000 ble lastet ned fra NVEs nedlastningstjeneste. Tverrsnittene ble innmålt rundt år 2000 i forbindelse med NVEs flomsonekartlegging tidlig på 2000-tallet (Drageset 2001). Ifølge Luster kommune har ikke elveprofilen endret seg betydelig siden den gang: Store steiner ligger fortsatt fast, mens finsedimenter blir avsatt og spylt mellom hver flom. Massetransporten av fine sedimenter fra Jostedalsbreen vil uansett være en kilde til usikkerhet selv om tverrsnittene var av nyere dato.

Tverrsnitt i Engedalselva ble innmålt i forbindelse med NVEs flomsonekartlegging i 2012 (Fergus 2012). COWI fikk oversendt tverrsnittene av NVE, som antok at de var i NN54. Tverrsnittene ble derfor løftet 6 cm, som tilsvarer

konvertering fra NN54 til NN2000 for Gaupne. Det nederste innmålte tverrsnittet er like oppstrøms den gamle brua i Øyagata. For å sikre et fall i elva ned mot havet, ble noen ekstra tverrsnitt lagt til i modellen.

Ettersom tverrsnittene ble innmålt til bruk i en 1D-modell, var det nødvendig å interpolere mellom tverrsnittene slik at de kunne benyttes i en 2D-modell. Tverrsnittene for de to elvene ble lagt inn i programvaren Hec-Ras, som har en innebygd funksjon for å interpolere elvebunnen mellom tverrsnitt. Deretter ble den interpolerte elvebunnen slått sammen med terrengdataene fra høydedata.no. Elvebunnens utstrekning ble bestemt ut ifra FKB-data av elvas vannflate. Terrengmodellen som er benyttet i simuleringene består av interpolert elvebunn i elva og terrengdata ellers, med oppløsning 0,5 x 0,5 meter.

Konstruksjoner

I Jostedøla er det to bruer på den aktuelle strekninger: Røneid bru og Øyagata. Informasjon om bruene ble tilsendt COWI fra Statens vegvesen og Luster kommune. I Engedalselva er det fem bruer. Den øverste, en gammel bru, ble lagt inn i modellen ettersom den er bestemmende for vannstanden oppstrøms (NVE 2012). Brutegninger og bilder ble sammenholdt med opplysninger i Muldsvor et al. (2001) og Fergus (2012).

I MIKE 21 FM er lar det seg ikke gjøre å modellere helningen til brua, slik at høyden midt på brua er lagt inn. Bruene er modellert som kombinerte konstruksjoner som består av en kulvert og en terskel.

Figur 17 og Figur 18 viser bruer i Jostedøla, mens Figur 19 viser brua som er lagt inn i modellen i Engedalselva.



Figur 17 Jostedøla: Nye Røneid bru over FV55 (foto: Kristina Tvedalen, 4.04.19).



Figur 18 Jostedøla: Gamle Røneid bru (foto: Luster kommune).



Figur 19 Engedalselva: Kvelvingsbrua (foto: Kristina Tvedalen, 4.04.19).

Mesh

Terrenggrunnet ble brukt til å lage et mesh. Ved å simulere modellen med mesh med ulik oppløsning for å sjekke at ikke oppløsningen påvirket resultatet, ble et mesh med maksimal trekantstørrelse på 15 m^2 i Jostedøla valgt. Vannføringen var $154 \text{ m}^3/\text{s}$, som senere ble brukt til kalibrering. Engedalselva ble satt til maksimalt 10 m^2 . Flomsletta rundt de to elvene ble også satt til fin oppløsning (20 m^2 for Jostedøla og sentrum og 10 m^2 for Engedalselva).

Kalibrering

2D-modellen ble kalibrert mot en observert flomvannstand som er beskrevet i Muldsvor (2001). Manning-verdier for ruhet ble justert i kalibreringen. Vannstander er av Muldsvor (2001) oppgitt i NN54. Disse ble konvertert til NN2000 for kalibrering. Kalibreringsvannstander for tverrsnittene i Jostedøla og resultater for Manning er vist i Tabell 17. Under kalibreringen ble vannstanden ved utløpet i havet satt til 0 moh. Kalibreringsvannføringen var $154 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabell 17 Kalibrering: vannstand og Manning M.

Pr ofi l nr.	Obser- vert vann- stand [moh.]	Manning M - utgangs- punkt(NVE 2001)	Simulert vannstand slutt [moh]	Diffe- ranse obs.- sim.	Ma- ning M - kali- brert
0	0.5	38.5	0.39	0.11	35.0
1	0.54	28.6	0.51	0.03	33.0
2	0.88	28.6	1.02	-0.14	33.0
3	0.97	28.6	1.01	-0.04	33.0
4	1.25	28.6		1.25	33.0
5	1.92	28.6	2.11	-0.19	40.0
6	2.21	28.6	2.28	-0.07	40.0
7	2.42	25	2.45	-0.03	40.0
8	2.68	25	2.65	0.03	40.0
9	2.75	25	2.70	0.05	40.0
10	2.86	25	2.79	0.07	40.0
11	3.21	25	3.15	0.06	25.0
12	3.59	25	3.51	0.08	25.0
13	3.87	25	3.81	0.06	25.0

For Engedalselva har vi ikke kalibreringsdata. Der er Manning M satt til 25. På terrenget utenfor elveleiene er Manning M satt til 50, som innebærer relativt lav ruhet.

Grensebetingelser

Som grensebetingelse ved utløpet av modellen (havet) har vi brukt 1-års stormflo. Dette er vanlig antagelse når det ikke finnes data om samtidighet mellom flom og stormflo. I simuleringer med klimapåslag har vi brukt 1-års stormflo i et framtidig klima. Havnivå i dag og i et framtidig klima er omtalt i seksjon 3.1.

For Jostedøla og Engedalselva har vi simulert flomsonen for 20-, 200- og 1000-årsflom med 1-års stormflo, og 200-årsflom med 20 % klimapåslag og framtidig 1-års stormflo.

Avbøtende tiltak

Basert på flomsonen i dagens situasjon har vi kommet fram til avbøtende tiltak for Jostedøla for en 200-årsflom med klimapåslag (se seksjon 4.1.2). Denne flommen er i størrelsesorden tilnærmet lik en 1000-årsflom i dagens klima. Tiltakene er modellert som en tett voll for å hindre flomvannet i å gå ut over elvas bredder. Der en voll ikke er hensiktsmessig er terrengheving og fjerning av konstruksjoner foreslåtte tiltak. Eventuell terrengheving er ikke med i simuleringene.

4 Flomsonekart

Resultatene fra MIKE-modellen og Hec-Ras-modellen ble sammenstilt for å sjekke gyldigheten til resultatene. Modellene ga svært god overensstemmelse i vannstand, noe som viser at resultatene fra MIKE-modellen som er vist under er gyldige. Resultatene av modellsammenstillingen er ikke vist i rapporten.

Flomsonekartene (flomsone og kotehøyder) er generert i GIS ut ifra rasterlag med 2 m x 2 m oppløsning. Under vises resultater fra 200- og 100-årsflom og 200-årsflom med klimafaktor med og uten flomsikring. Det er i tillegg laget SOSI-filer av resultatene som en del av leveransen, hvor også 20-årsflommen er inkludert.

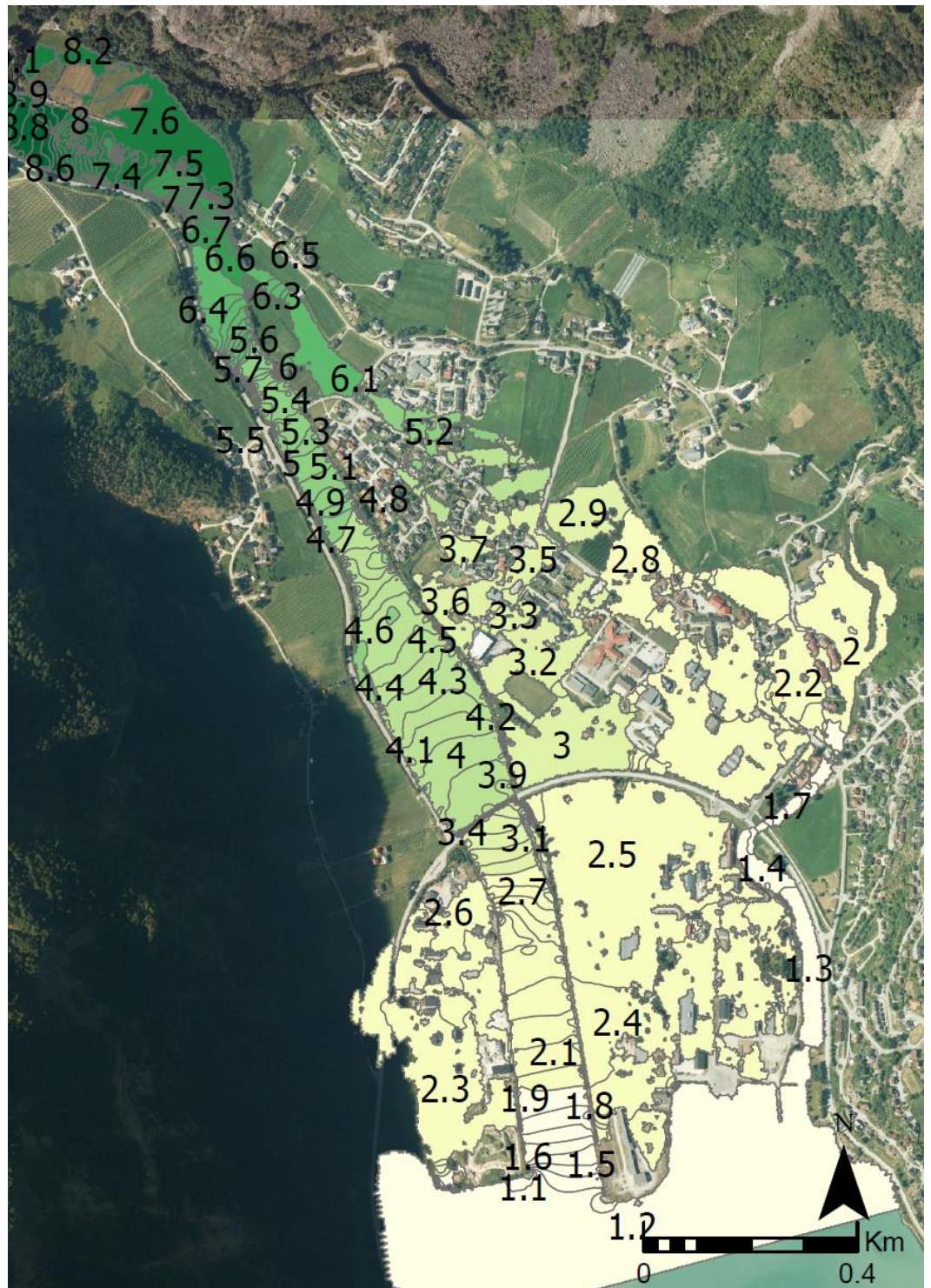
4.1 Jostedøla

For Jostedøla er modellen simulert for dagens situasjon og med avbøtende tiltak.

4.1.1 Dagens situasjon

200-årsflom

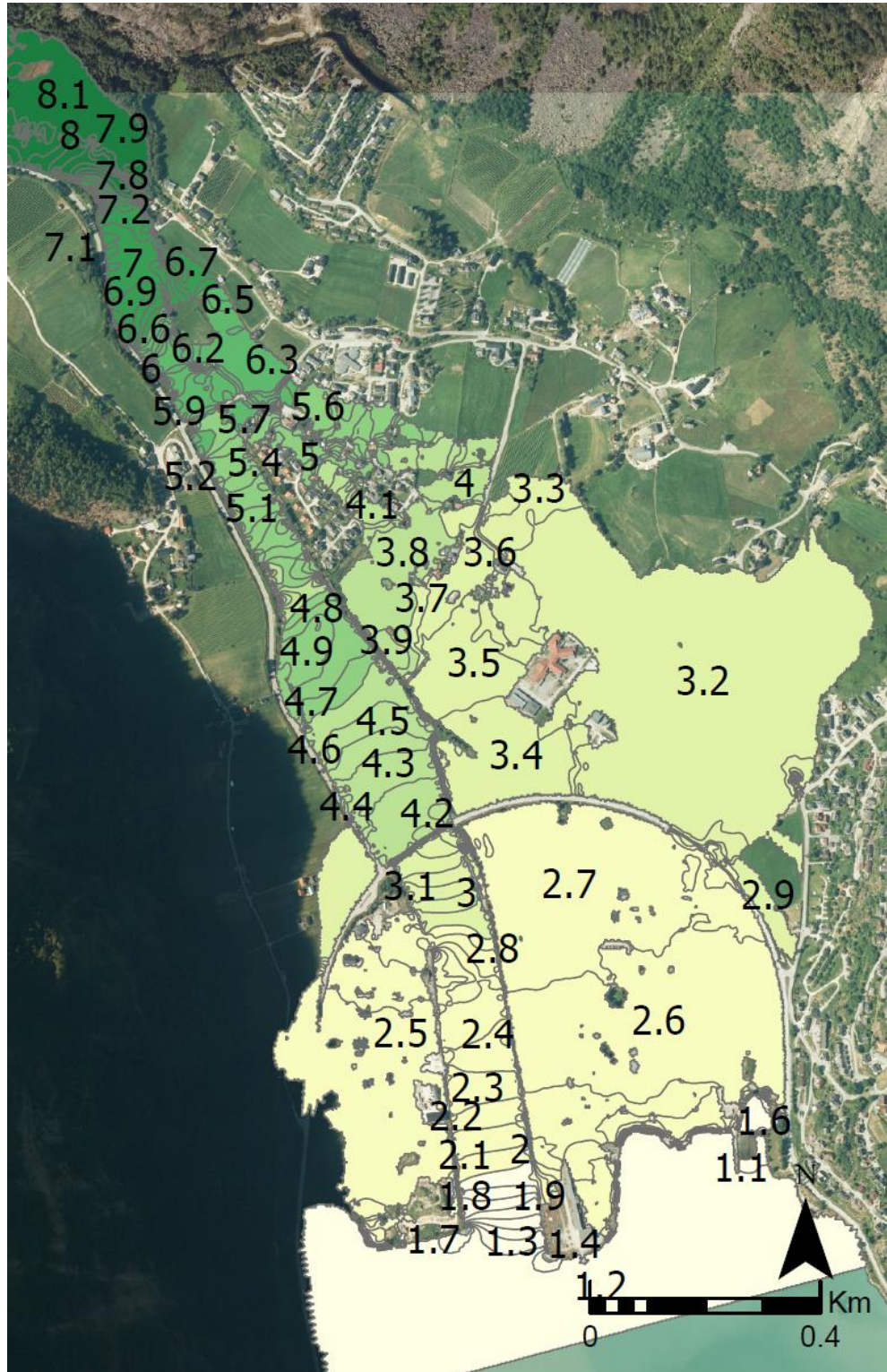
Ved en 200-årsflom i Jostedøla går elva ut over sine bredder enkelte steder og store deler av Gaupne sentrum står under vann (Figur 20). Ved Nye Røneid bru stiger vannstanden opp til brudekningen og presser på den, men strømmer ikke over.



Figur 20 Jostedøla: 200-årsflom. Flomsone med kotehøyder i moh.

1000-årsflom

Ved en 1000-årsflom i Jostedøla går elva ut over sine bredder enkelte steder. Ved Røneid bru stiger vannstanden opp til brudekningen.

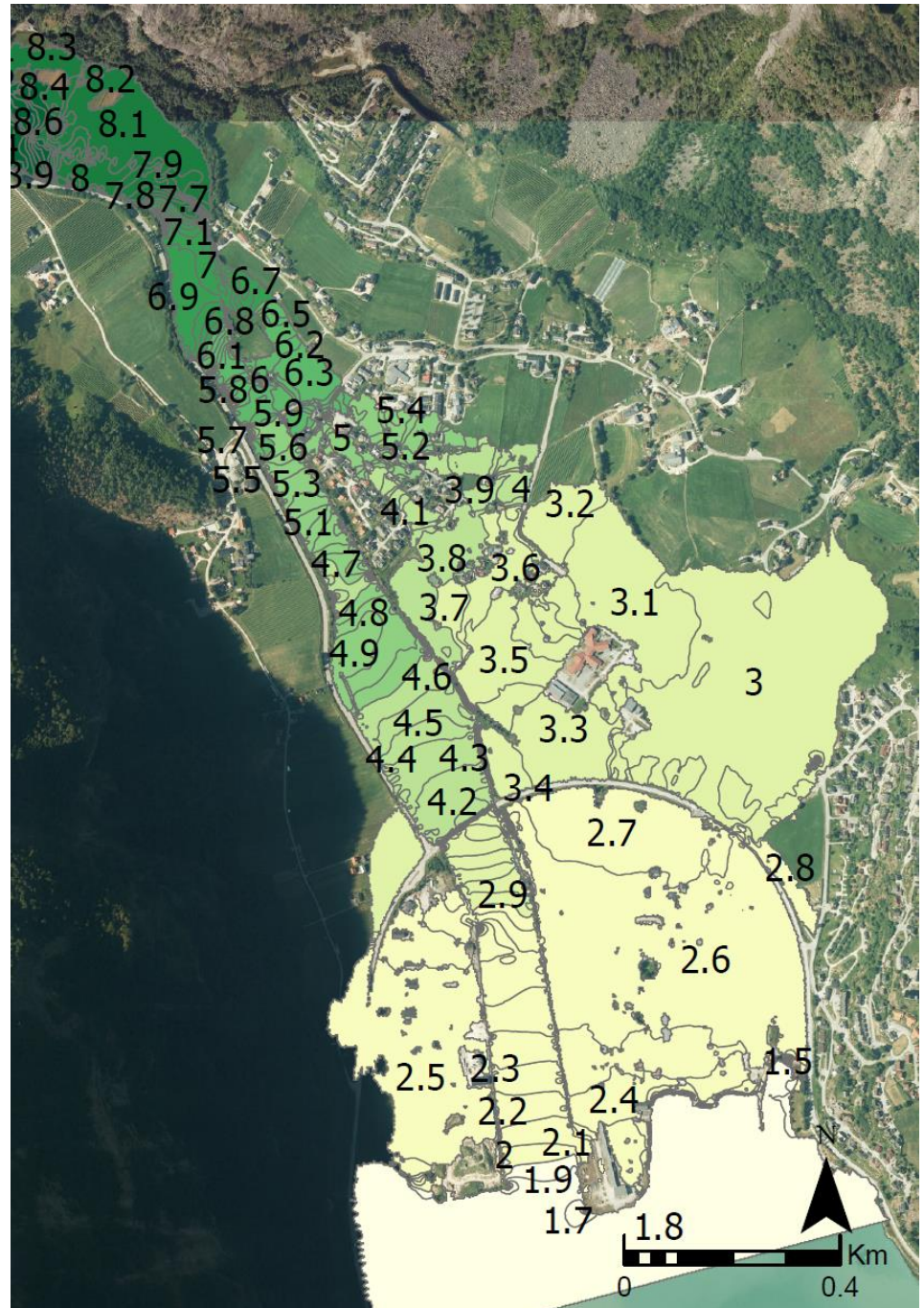


Figur 21 Jostedøla: 1000-årsflom. Flomsone med kotehøyder i moh.

200-årsflom med klimapåslag

Ved en 200-årsflom med klimapåslag i Jostedøla går elva ut over sine bredder enkelte steder. Ved Røneid bru stiger vannstanden opp til brudekningen.

Det er lagt inn avbøtende tiltak for denne flommen (seksjon 4.1.2).

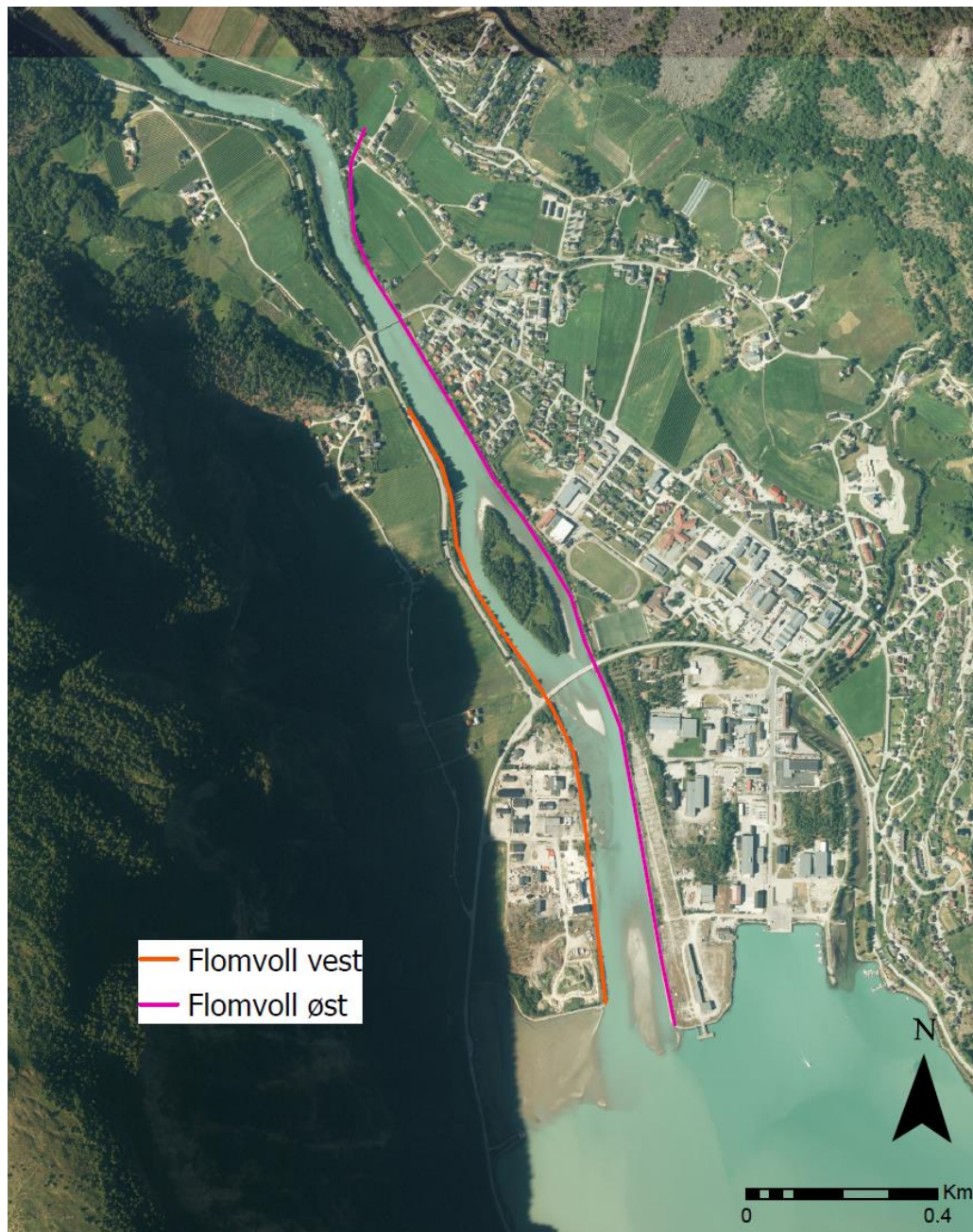


Figur 22 200-årsflom med klimapåslag. Flomsone med kotehøyder i moh.

4.1.2 Avbøtende tiltak

Flomvannet i Jostedøla går ut over sine bredder på både øst- og vestsiden av Jostedøla ved en 200-årsflom inkludert klimapåslag (Figur 22). Som avbøtende tiltak har vi i modellen lagt inn tette voller på øst- og vestsiden av Jostedøla (Figur 23) og simulert 200-årsflommen med klimapåslag på nytt. I modellen er det forutsatt at det anlegges voll langs hele elva (Figur 23). En alternativ plassering av flomvollen kan være som i Figur 24, hvor plasseringen er skissert på bakgrunn av hvor i elva vannet strømmer over elvekanten og inn i bebygde områder.

Et alternativ til flomsikring er å etablere et flomløp på baksiden av flomvollen. En slik løsning kan være plasskrevende og komme i konflikt med eksisterende bebyggelse langs elva.



Figur 23 Flomsikring: plassering av tette flomvoller i modellen.



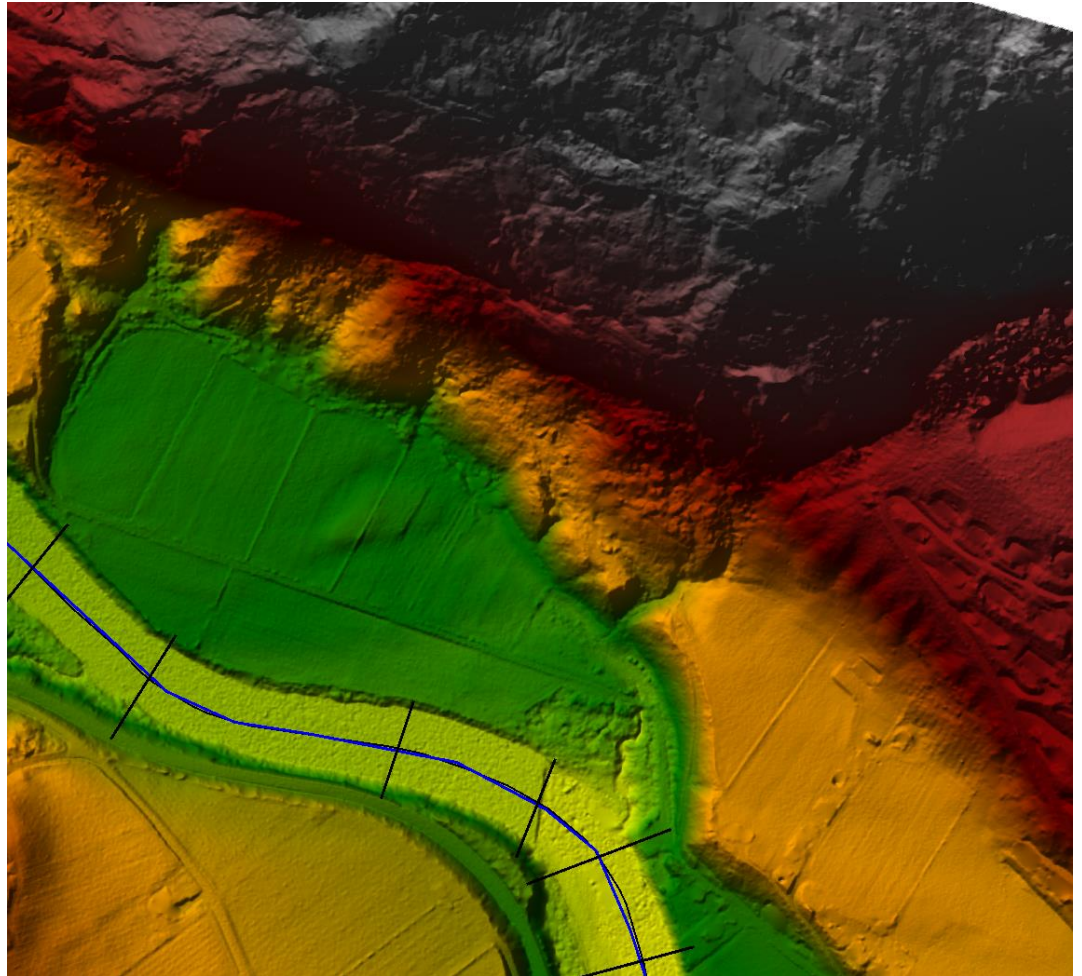
Figur 24 Alternativ plassering av flomvoller langs Jostedøla.

Ved Hagasanden, hvor det er planlagt å bygge en barnehage, anser vi det ikke hensiktsmessig å bygge en voll for å hindre oversvømmelse. Ved flom går elva ut over sine bredder og oversvømmer jordene, som er en del av elvas naturlige flomslette. Barnehagen er planlagt i nærheten av den blå bygningen i Figur 25. Like oppstrøms det blå bygget løper det en bekk, som er lett å få øye på i terrenngmodellen (Figur 26). Ved å bygge en voll mot Jostedøla i dette området, vil bekkens utløp i hovedelva bli stengt. Ved samtidig flom kan det skape farlige situasjoner. Vår anbefaling er å heve terrenget, inkludert veien, dersom det skal

bygges i dette området. En voll mot Jostedøla bygges på sør-østsiden av bekken for å hindre flomvann i å renne ned til Gaupne sentrum (Figur 23).



Figur 25 Hagasanden - flyfoto (norgebilder.no).



Figur 26 Hagasanden - terrengmodell. Sidebekk til Jostedøla løper over området.

Flomsone med avbøtende tiltak

Ved å anlegge flomvoller på begge sider av Jostedøla holdes vannet i elveløpet, men vannstanden øker. Vannet stuves opp foran de to bruene i Jostedøla. Kotehøyden i elva angir nødvendig høyde på en flomvoll som er utformet slik som i Figur 23.



Figur 27 Jostedal: 200-årsflom med klimapåslag og flomvoll. Flomsone med kotehøyder i moh.

4.2 Engedalselva

I Engedalselva er Kvelvingsbrua en begrensende konstruksjon i elva med liten lysåpning. Ved stormflo går langt opp i elva, og ved 1-års stormflo i et framtidig klima er lysåpningen i brua full. Simuleringsresultatene viser at oversvømmelser forekommer oppstrøms brua. En simulering hvor brua ble fjernet i modellen ga tilnærmet samme resultat som med bru (resultater er ikke vist i rapporten).

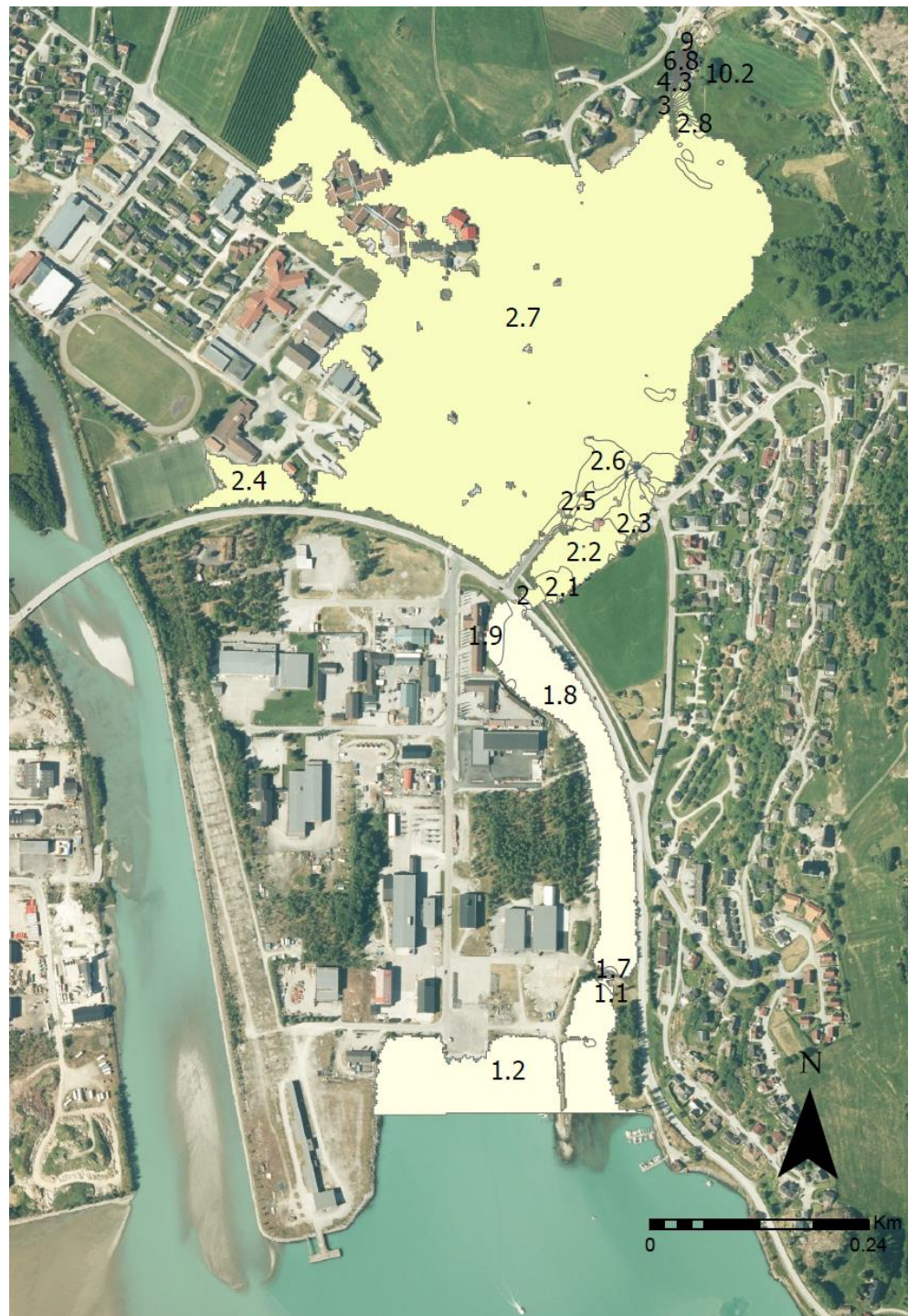
200-årsflom med og uten klimapåslag og 1000-årsflom for Engedalselva er vist i Figur 28, Figur 30 og Figur 29.

200-årsflom



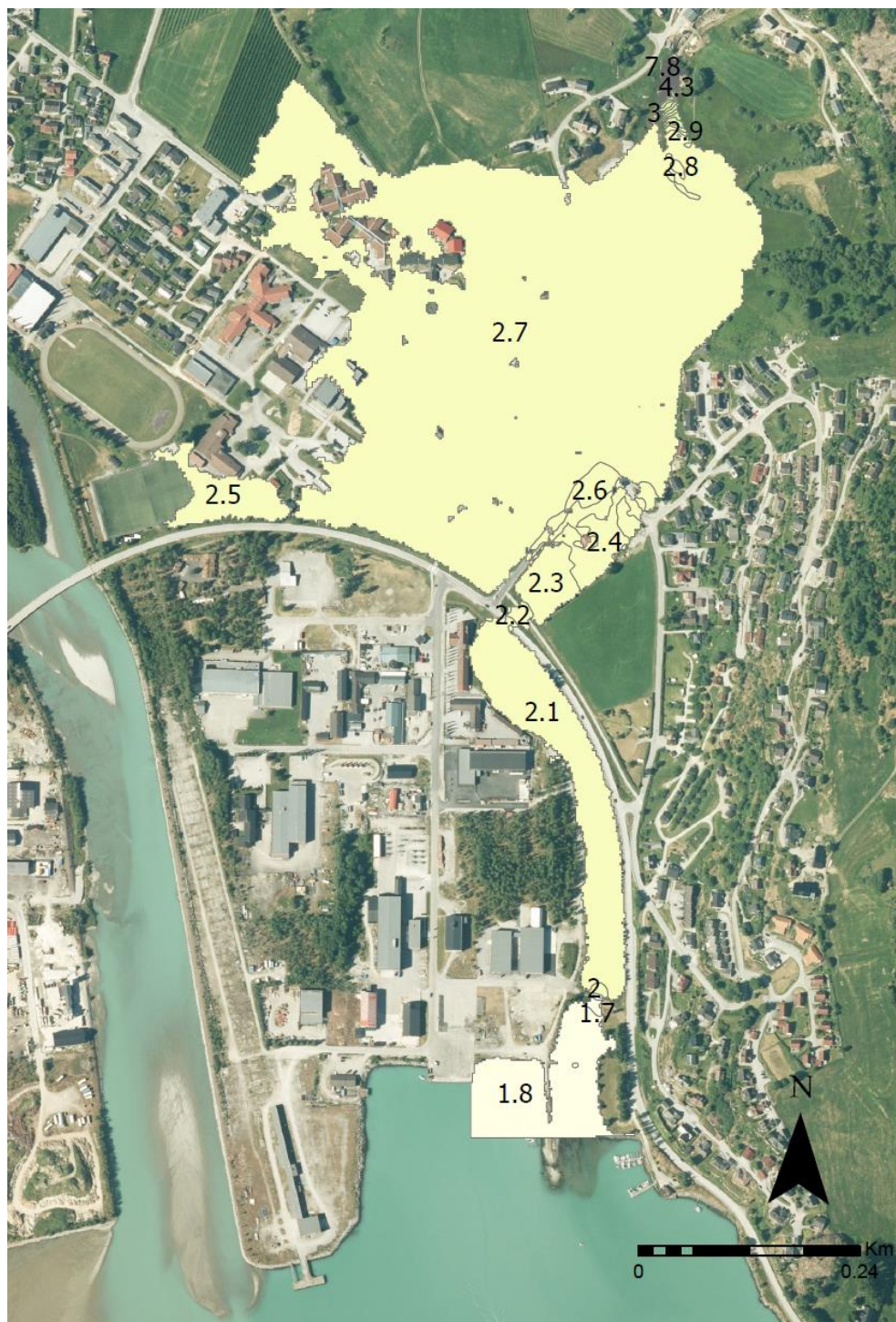
Figur 28 Engedalselva: 200-årsflom. Flomsone med kotehøyder i moh.

1000-årsflom



Figur 29 Engedalselva: 1000-årsflom. Flomsone med kotehøyder i moh.

200-årsflom med klimapåslag



Figur 30 Engedalselva: 200-årsflom med klimapåslag. Flomsone med kotehøyder i moh.

Et mulig tiltak langs Engedalselva er å anlegge en flomvoll langs elva. Det må tas høyde for vannstandsstigningen en voll innebærer og vurdere om det er behov for flomvoll på begge sider av elva.

4.3 Usikkerheter

I flomsonekart er det flere kilder til usikkerhet. Flomberegningen er basert på de best tilgjengelige dataene og metodene, men det er alltid knyttet en del usikkerhet til resultatene.

I flomsonekartet er feil i terrengmodellen og innmålinger og numeriske usikkerhet blant kildene til usikkerhet. Interpolering av tverrsnitt til en 2D-overflate innebærer usikkerheter, og vi har ikke kontrollmålt eventuell feilmargin. Bruer en kilde til usikkerhet i modellen. Det er ikke tatt høyde for drivgods og sedimenter i elva som kan føre til tilstopping. Modellen er kalibrert mot en observert flom, men denne har betydelig lavere vannføring enn de dimensjonerende flommene som er simulert.

5 Konklusjon

Gaupne er flomutsatt fra både Jostedøla og Engedalselva. Ved 200-årsflom er store deler av sentrum oversvømt. Som et sikringstiltak langs Jostedøla er en løsning å anlegge en flomvoll som hindrer vann i å renne inn i Gaupne sentrum. En voll kan også anlegges i Engedalselva.

Som en generell anbefaling bør det legges til 30 cm på beregnede kotehøyder.

6 Referanser

Drageset, Turid-Anne (2001). Flomberegning for Jostedøla. Dokument nr. 1/2001. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

DSB (2016), Havnivåstigning og stormflo: samfunnssikkerhet i kommunal planlegging, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB).

eklima.no. Meteorologisk institutt. Tilgjengelig fra: www.eklima.no

Engeland, Kolbjørn (red.), Lena Schlichting, Frode Rande, Kristian Strand Nordtun, Trond Reitan, Thea Wang, Erik Holmqvist, Astrid Voksø, Vidar Eide (2016). Flomdata: Utvalg og kvalitetssikring av flomdata for flomfrekvensanalyser. Rapport nr. 85/2016. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

Fergus (2012). Flom- og vannlinjeberegninger i Engjedalselva, Gaupne, Luster kommune (076.Z). Oppdragsrapport nr. 23/2012. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

Hanssen-Bauer, I., H. Drange, E.J. Førland, L.A. Roald, K.Y. Børsheim, H. Hisdal, D. Lawrence, A. Nesje, S. Sandven, A. Sorteberg, S. Sundby, K. Vasskog og B. Ådlandsvik (2009): *Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing*, Norsk klimasenter, september 2009, Oslo.

hoydedata.no. Kartverket. Tilgjengelig fra: www.hoydedata.no

Leine, Ann-Live Øye (2013). Flomberegning for Jostedøla ved Hagastrand, Luster kommune, Sogn og fjordane (076.Z). Notat, datert 30.09.2013. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

Midttømme, Grethe Holm, Lars Evan Petterson, Erik Holmqvist, Øystein Nøtsund, Hege Hisdal, Roar Sivertsgård. Retningslinjer for flomberegninger. Retningslinjer nr. 4/2011. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

Muldsvor, Anders, Øyvind Armand Høydal og Eli K. Øydvin (2001). Flaumsonekart: Delprosjekt Gaupne. Flaumsonekart nr. 2/2001. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

Norconsult (2010). Flomberegning for Tunsbergdalsdammen. Oppdragsrapportnr. 5102483, datert 17.12.2010. Norconsult.

Norge i bilder (2019). www.norgebilder.no (sist oppsøkt: 06.03.2019).

Norsk klimaservicesenter (2016). Klimaprofil Sogn og Fjordane: Eit kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning.

NVE (2019a). NEVINA Nedbørfelt-Vannføring-Indeks-Analyse. Tilgjengelig fra: <http://nevina.nve.no/>

NVE (2019b). NVE Kartkatalog. Tilgjengelig fra: <https://kartkatalog.nve.no/#kart>

NVE (2019c). NEVINA Nedbørfelt-Vannføring-Indeks-Analyse. Testversjon. Tilgjengelig fra: <http://tst-nevina.nve.no/>

Stenius, Seija, Per Alve Glad, Thea Caroline Wang, Thomas Væringstad (2015). Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt. Veileder nr. 7/2015. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.