

Ullensvang kommune

► Flomfarevurdering Røldal sentrum

Oppdragsnr.: **52500662** Dokumentnr.: **HYD-R01** Versjon: **J02** Dato: **2025-08-22**



Oppdragsgiver: Ullensvang kommune
Oppdragsgivers kontaktperson: Eirik Lia
Rådgiver: Norconsult Norge AS, Kjørboveien 22, NO-1337 Sandvika,
Oppdragsleder: Gunnar Fiskum
Utførende: Cecilie Kvangarsnes
Fagansvarlig: Torbjørn Kirkhorn

Fylke: Vestland
Kommune: Ullensvang
Høydesystem: NN2000

Vurderte gjentakintervall 20-årsflom, 200-årsflom, 1000-årsflom
Klimapåslag 20 % for regulerte vassdrag og 30 % for uregulerte vassdrag

J02	2025-08-22	For bruk	Cecilie Kvangarsnes	Torbjørn Kirkhorn	Gunnar Fiskum
D01	2025-05-06	For godkjenning hos oppdragsgiver	Cecilie Kvangarsnes	Torbjørn Kirkhorn	Gunnar Fiskum
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

► Sammendrag

Norconsult Norge AS er engasjert av Ullensvang kommune for å kartlegge flomfare og oversvømmelse i Røldal sentrum. Deler av sentrumsområdet ligger innenfor NVEs aktsomhetssone for flom fra både Storelva og Tufteelva, samt noen mindre bekker. Denne rapporten avklarer reell flomfare for Røldal sentrum i forhold til krav gitt i byggeteknisk forskrift (TEK17) § 7-2.

Vurderingen er gjort for 20-, 200-, og 1000-årsflom som dekker alle sikkerhetsklasser (F1, F2 og F3) i TEK17, og er ment som et kunnskapsgrunnlag for videre utvikling av området. Vurderingen inkluderer klimapåslag.

Nedbørfeltet ved Røldal sentrum er i stor grad regulert. Flomberegningen tar utgangspunkt i beregnet avløpsflom fra dammene Votna og Valldalsvatn, samt tilsig fra lokalfeltet nedstrøms de to dammene. Dette er et konservativt utgangspunkt, da flomberegning for dam forutsetter at vannstanden i magasinene starter på HRV ved flom, og at alle overføringer inn til dammene er åpne, og overføringer ut er lukket. Dette er hensyntatt i valg av anbefalt sikkerhetsmargin. Hydro Energi AS har gitt tillatelse til bruk av resultater fra gjeldende flomberegninger for oppstrøms dammer som utgangspunkt for flomberegning.

Resultater fra flomsonekartleggingen viser at elvene har kapasitet til å håndtere en 20-årsflom inkl. klimapåslag, men at vannføring større enn 200-årsflom inkl. klimapåslag vil føre til oversvømmelser. Ved bru over Odlandsvegen vil vann renne ut av bekkeløpet da denne har for lite kapasitet. Nedstrøms samme bru vil vann renne over flomvoll mot jordbruksområdet Fjetland. Vann som renner ut av bekkeløpet vil ha lav vannhastighet (1-2 m/s).

Flomsonekart for alle sikkerhetsklasser finnes vedlagt rapporten. Det skal legges til et sikkerhetspåslag på 30 cm på alle beregnede flomvannstander og for alle gjentaksintervall, ved tiltak i eller langs beregnet flomsone.

I tillegg til Tufteelva og Storelva, er det tre mindre aktsomhetssoner innenfor sentrumsområdet. Aktsomhetssonene har tilhørende nedbørfelt på ca. 1 km², og er små i forhold til nedbørfeltene til Tufteelva og Storelva. Avrenning fra de tre nedbørfeltene håndteres med lokal overvannshåndtering. Ved bygging i nærheten av bekkeløp må det sikres at overvannshåndtering og flomveier er tilstrekkelig dimensjonert.

Innhold

1	Introduksjon og beskrivelse av oppdraget	6
1.1	Beskrivelse av oppdrag	6
1.2	Dimensjonskriterier og høydesystem	7
2	Nedbørfelt	9
2.1	Beskrivelse av nedbørfelt	9
2.2	Overføringer og reguleringer	10
3	Tidligere utført arbeid	12
3.1	Tufteelva	12
3.2	Storelva	13
4	Hydrologisk grunnlag	16
4.1	Beregningsmetodikk	16
4.2	Representative målestasjoner	16
4.3	Vurdering av middelvannføring	17
4.4	Flomfrekvensanalyse	18
4.5	Formelverk	20
4.6	Erfaringstall fra NVE	21
4.7	Tidligere vurderinger	21
4.8	Valg av dimensjonerende vannføring	21
4.9	Vannstand i Røldalsvatn	24
5	Hydraulisk vannlinjemodell	25
5.1	Beskrivelse av beregningsmodell	25
5.2	Terrenggrunnlag og friksjonsforhold	26
5.3	Infrastruktur og redigering av terrenggrunnlag	26
6	Resultater	28
6.1	Resultat og forutsetninger	28
6.2	20-årsflom (sikkerhetsklasse F1)	28
6.3	200-årsflom (sikkerhetsklasse F2)	29
6.4	1000-årsflom (sikkerhetsklasse F3)	30
6.5	Fastsettelse av sikker byggehøyde	30
7	Diskusjon av resultatet	32
7.1	Vurdering av usikkerhet	32
7.2	Sensitivitet i beregningene	32
8	Mindre aktsomhetssoner	34
9	Referanser	36
10	Vedlegg	37
	Vedlegg 1 – Nevina flomindeksrapport	38
	Vedlegg 2 – Frekvensplott	40
	Vedlegg 3 – Bilder av bruer og bekkelukkinger	42

Vedlegg 4 – Flomsonekart F1 – 20-årsflom inkl. klimapåslag	53
Vedlegg 5 – Flomsonekart F2 – 200-årsflom inkl. klimapåslag	54
Vedlegg 6 – Flomsonekart F3 – 1000-årsflom inkl. klimapåslag	55

1 Introduksjon og beskrivelse av oppdraget

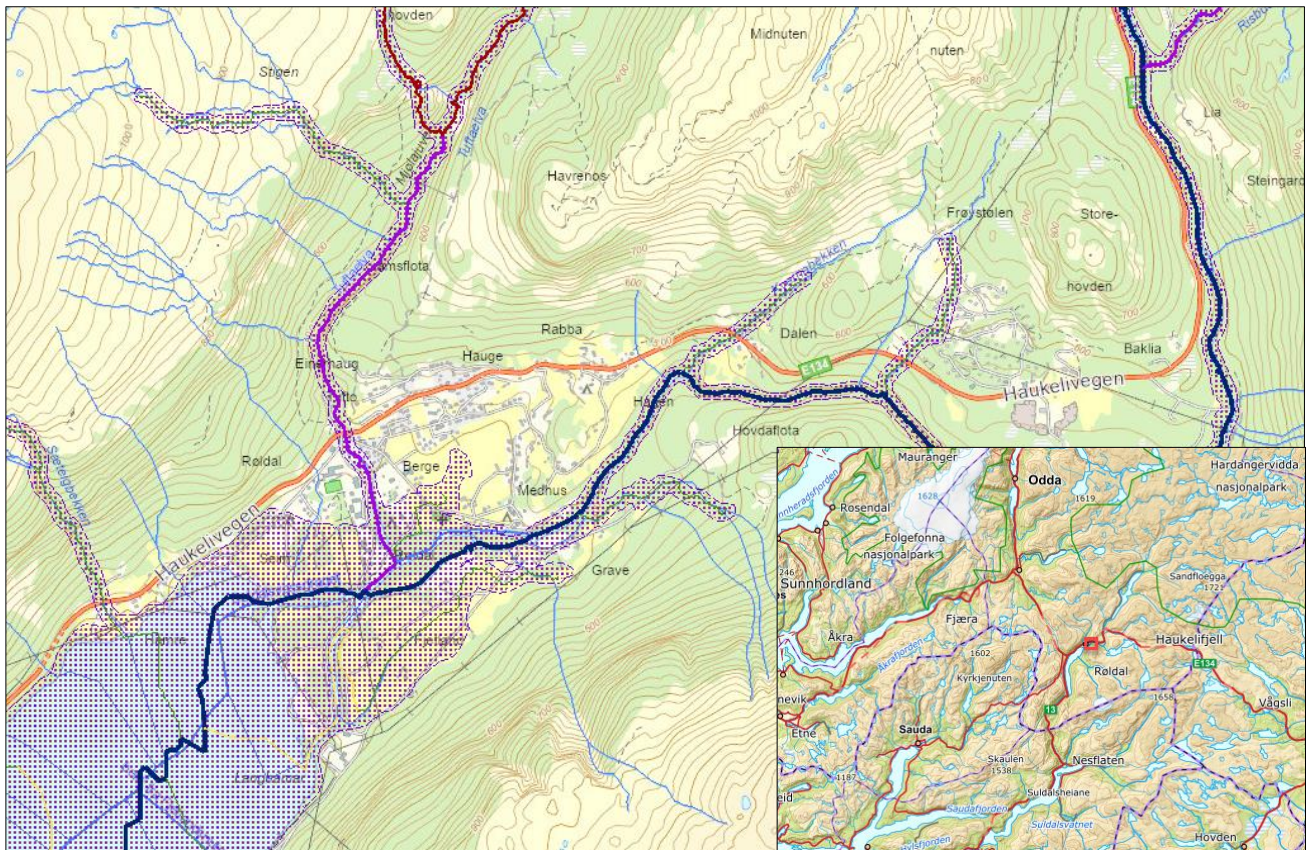
1.1 Beskrivelse av oppdrag

Norconsult har på oppdrag fra Ullensvang kommune utført en flomfarekartlegging for Røldal sentrum, se Figur 1. Deler av sentrumsområdet ligger innenfor NVEs aktsomhetssone for flom fra elvene Tufteelva og Storelva, samt noen mindre bekker. Kart med aktsomhetssonen er vist i Figur 2. Aktsomhetssonen er automatisk genererte flomsone som viser flomfare på et oversiktsnivå. For planlagte tiltak innenfor aktsomhetssoner, er det nødvendig å avklare reell flomfare.

Denne rapporten har til hensikt å kartlegge flomvannstand og eventuell oversvømmelse for Røldal sentrum, etter krav gitt i TEK17 §7-2. Resultatet fra arbeidet er presentert på vedlagte flomsonekart og disse skal fungere som et beslutningsgrunnlag for å vurdere behovet for flomsikringstiltak og hvilke arealer som er egnet og trygge for videre utvikling.



Figur 1 Oversiktskart over Røldal sentrum. Planområdet for ny sentrumsplan er markert med rød stiplede linje.



Figur 2 Røldal sentrum ligger i NVE sin aktsomhetssone for flom fra flere elver.

1.2 Dimensjonskriterier og høydesystem

1.2.1 Krav i TEK17

I henhold til TEK17 skal byggverk plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom med bestemte gjentakintervall avhengig av konsekvensomfanget som skade på bygget vil medføre. Byggverk hvor konsekvensen av flom er særlig stor, skal ikke plasseres i flomutsatte områder. Tiltak skal ikke påføre økt flomrisiko for andre eiendommer eller infrastruktur.

En oversikt over sikkerhetsklassene med tilhørende krav til gjentakintervall er vist i punktlisten under.

- F1 – Liten konsekvens (garasje, lager, boder) – 20-årsflom
- F2 – Middels konsekvens (bolighus, fritidsbolig, skole, kontorbygg) – 200-årsflom
- F3 – Stor konsekvens (sykehjem, brann-/politistasjon, avfallsdeponi) – 1000-årsflom

Røldal sentrum består blant annet av spredt bebyggelse med tilhørende infrastruktur, campingplasser, Røldal stavkyrkje, Røldal kraftverk, skole, brannstasjon, grendahus, butikk, bensintasjon og dyrket mark. Det er planlagt en ny brannstasjon innenfor sentrumsområdet, og flomfarevurderingen inkluderer derfor alle konsekvensklasser.

1.2.2 Klimafremskrivninger

I «Klimaprofil Hordaland» [1] er det oppgitt at fremtidig årlig gjennomsnittlig vannføring vil øke fordi nedbøren og temperaturen øker. Det anbefales et klimapåslag for flomvannføring på mellom 20-40 %. NVE anbefaler klimapåslag i henhold til de fylkesvise klimaprofilene [9].

I NVE sitt vedtaksbrev i forbindelse med flomberegning for dammene Kaldevatn, Votna og Valldalsvatn, datert 04.12.2017, anbefaler NVE at det legges til 20 % påslag på tilløpsflom for å ivareta klimaendringer.

Fordi den regulerte delen av vassdraget inneholder flere magasin og dermed har bedre naturlig flomdemping samt mulighet for flomstyring, velges det å legge til 20 % klimapåslag på regulert felt i henhold til NVE-vedtak. Lokalfeltet (nedstrøms regulering) har mindre naturlig demping, og vil reagere raskere på nedbør. Det legges derfor til 30 % klimapåslag på lokalfeltet for å ivareta økt vannføring grunnet klimaendringer.

1.2.3 Høydesystem

Alle høyder som er lagt til grunn i denne flomsonekartleggingen refererer til høydegrunnlaget NN2000. Utgangspunktet for terrenget i vannlinjemodellen er laserdata over området lastet ned fra

<https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>.

2 Nedbørfelt

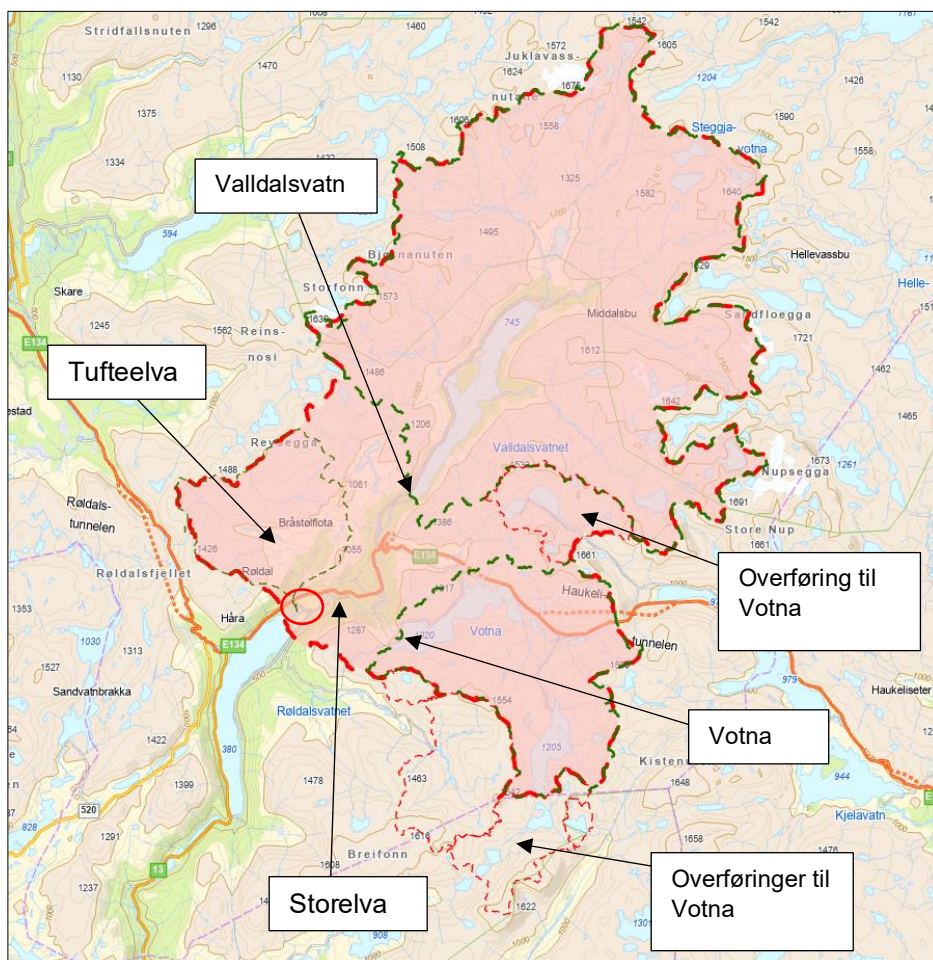
2.1 Beskrivelse av nedbørfelt

Røldal sentrum ligger oppstrøms Røldalsvatnet. Nedbørfeltet ved Røldal sentrum er vist i Figur 3. Nedbørfeltet består for de meste av snaufjell, med noe skog og innsjøer. Storelva er regulert, der Valdalsvatn og Votna utgjør de største dammene. De største flommene i området er høstflommer.

Det naturlige nedbørfeltet ved Røldal sentrum er på 364 km², der Tufteelva utgjør ca. 29 km², og Storelva ca. 335 km². I tillegg overføres vann fra totalt 37,8 km² sør for det naturlige nedbørfeltet, til magasinet Votna i Storelva. Nøkkeldata for nedbørfeltet er gitt i Tabell 1.

Tabell 1 Nøkkeldata for nedbørfelt.

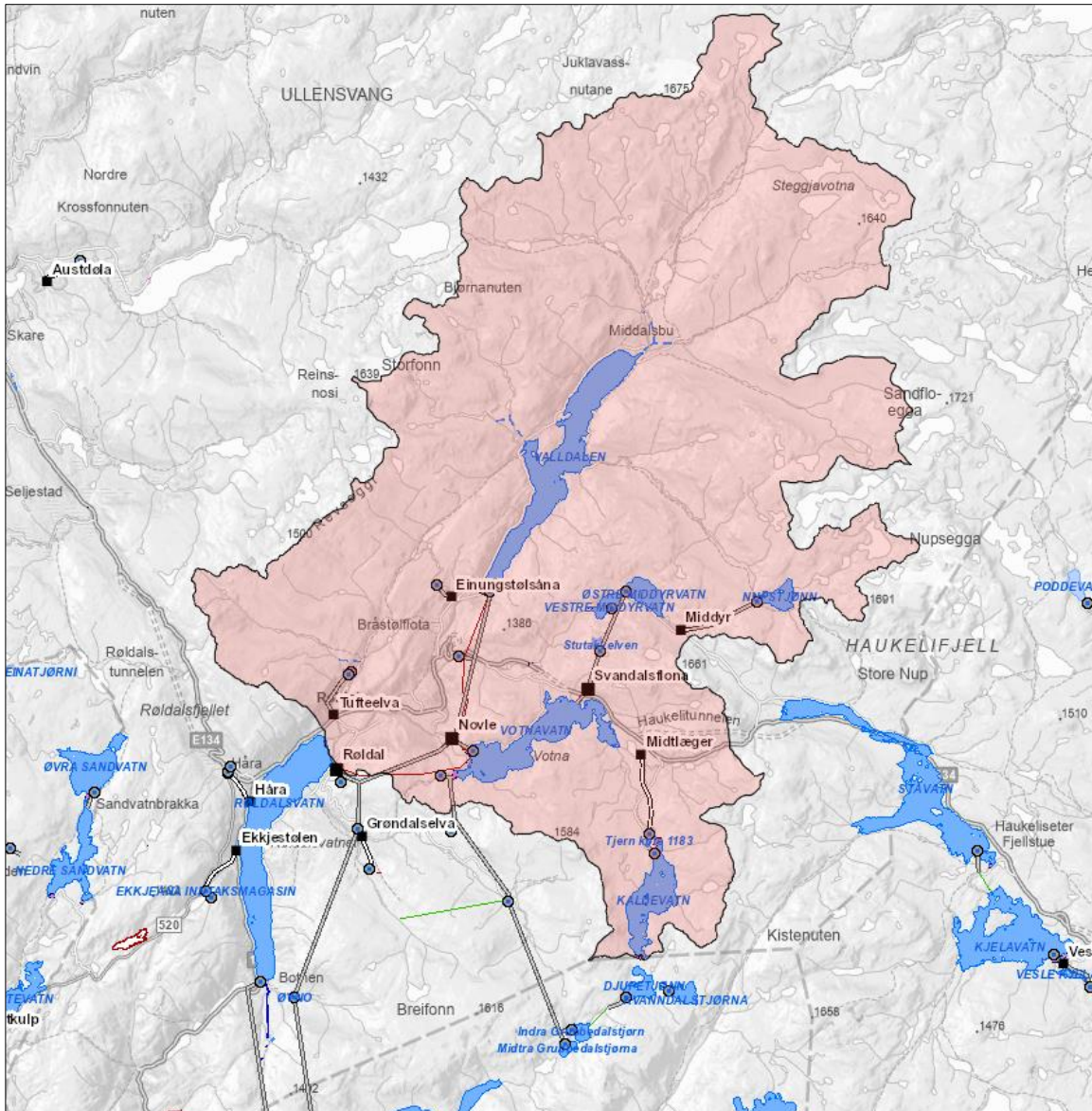
	Areal km ²	Eff.sjøandel %	Høyde	Normaltilsig l/(s*km ²)	Elvelengde km
Røldal sentrum	364	3,4	379-1331-1683	84,5	32,1
Tufteelva	29,2	0	385-1144-1500	82,9	8,2
Storelva	334,8 (+37,8)	1	383-1332-1683	84,7	31,4



Figur 3 Nedbørfeltet ved Røldal sentrum er påvirket av regulering, der dammene i Valdalsvatn og Votna er de største.

2.2 Overføringer og reguleringer

Innenfor nedbørfeltet ved Røldal sentrum ligger flere dammer, overføringer og kraftverk, se Figur 4. De største magasinene er Valdalsvatn og Votna.



Figur 4 Nedbørfeltet ved Røldal sentrum er kraftig regulert, der Valdalsvatn og Votna utgjør de største dammene.

Til Votna overføres avrenning fra Middryvatn som naturlig ligger i lokalfeltet til Storelva, via kraftverket Svandalsflona. Fordi Middry og Svandalsflona kraftverk har gode inntaksmagasin, og er inkludert i flomberegning for oppstrøms dammer, er dette nedbørfeltet sett bort fra i lokalfeltet. Dette gir et lokalfelt på 78,1 km², der Tufteelva utgjør 29,2 km². Oversikt over nedbørfeltareal er vist i Tabell 2.

Tabell 2 Kraftverk og overføringer i nedbørfeltet til Røldal sentrum.

	Areal km ²
Røldal sentrum	364
Tufteelva	29,2
Storelva	334,8 (+37,8)
Valldalsvatn	216,5
Votnavatn	56,6 (+12,8 + 37,8)
Middyr	12,8
Overføringer fra sør	37,8
Lokalfelt (inkl. Tufteelva)	78,1

I manøvreringsreglementet for kraftverkene er det oppgitt at flomvannføring ikke skal overstige naturlig flomvannføring. Om våren er det vanligvis lav magasinfylling og flomfaren vil være lav. Om høsten vil det være større fare for flom pga. fulle magasin og eventuelt smelting av nysnø i fjellet.

3 Tidligere utført arbeid

Det er gjort flere flomutredninger for området tidligere:

- For Tufteelva utarbeidet Skred AS en flomsonekartlegging i 2017 [10] med påfølgende tiltaksvurderinger i 2019 [11] og 2021 [12].
- I forbindelse med utbygging av Tufteelva kraftverk utarbeidet Norconsult i 2019 en flomberegning for inntakene til kraftverket [4].
- I 2023 utarbeidet Norconsult en flomvurdering ifm. plassering av ny brannstasjon, der flomberegningen fra 2017 (Skred AS) ble lagt til grunn [5].
- For Storelva utarbeidet Norconsult flomberegning for dammene Røldalsvatn, Votnavatn, Kaldevatn og Valldalsvatn i 2017 [1 og 2].
- Norconsult utarbeidet også flom- og vannlinjeberegninger for Suldalsvassdraget i 2017 [3] på oppdrag fra Hydro Energi AS, men denne var basert på flomberegning for dammene Valldalsvatn og Votna fra 2003 og 2004.
- I 2023 utarbeidet Norconsult en beregning av 10-årsflom ved samløpet til Storelva og Tufteelva, på oppdrag fra Hydro Energi AS [6].

3.1 Tufteelva

3.1.1 Vurdering av tiltak mot flom i Tufteelva (Skred AS, 2021)

Det henvises til to tidligere rapporter utført av Skred AS:

- Flomsonekartlegging av Tufteelva (2017) [10]
- Tiltaksvurdering av mulige sikringstiltak (2019) [11]

Beregnete flomverdier er basert på flomfrekvensanalyse og NIFS formelverk. I rapporten er det valgt å benytte spesifikk middelflom på 1000 l/s*km^2 , kulminasjonsfaktor på 1,86 og frekvensfordeling fra NIFS formelverk. Beregnede flomverdier er vist i Tabell 3. Det anbefales et klimapåslag på 40 %.

Det er etablert en hydraulisk modell av kryssingen av E134 med oppdaterte terrengdata. Modellen viser at bruene har kapasitet til beregnet 200-årsflom inkl. klimapåslag.

Tabell 3 Kulminasjonsverdier, uten klimapåslag.

Beregningspunkt	Areal (km ²)	Middelflom (m ³ /s)	20-årsflom (m ³ /s)	200-årsflom (m ³ /s)	500-årsflom (m ³ /s)	1000-årsflom (m ³ /s)
Skred (2017)	29,4	55	90	135	--	185

3.1.2 Flomberegning for Tufteelva kraftverk (Norconsult, 2019)

Norconsult har utført flomberegning for de to inntakene til Tufteelva kraftverk, Mjølåna og Tufteelva, i 2019. Inntakene ligger på ca. kote 583. Samlet nedbørfelt ved de to inntakene er 26 km^2 , tilsvarende 90 % av nedbørfeltet til Tufteelva ved samløpet med Storelva. Kraftverket er et elvekraftverk uten reguleringsmulighet.

Flomberegning er gjort med flomfrekvensanalyse, regresjonsanalyse og NIFS formelverk. Det er benyttet et klimapåslag på 30 %. 500-årsflom (døgn) er beregnet til 1960 l/s*km^2 ved inntakene, og det er benyttet en kulminasjonsfaktor på 1,88. Datagrunnlaget er vurdert å være i klasse 3. Beregnede flomverdier er vist i Tabell 4.

Tabell 4 Kulminasjonsverdier, uten klimapåslag.

Beregningspunkt	Areal (km ²)	Middelflom (m ³ /s)	20-årsflom (m ³ /s)	200-årsflom (m ³ /s)	500-årsflom (m ³ /s)	1000-årsflom (m ³ /s)
Norconsult (2019)	26	41,4	--	87,0	95,7	--

3.1.3 Flomberegning for ny Røldal Brannstasjon (Norconsult, 2023)

I forbindelse med planlegging av ny brannstasjon i Røldal har Norconsult utført hydraulisk modellering av 1000-årsflom for sikkerhetsklasse F3. Beregnet 1000-årsflom fra flomberegning utført av Skred AS i 2017 er benyttet direkte. De tre bruene i Tufteelva er lagt inn basert på bilder og tilgjengelig informasjon.

Resultat fra hydraulisk simulering er vist i Figur 5.



Figur 5 Resultat fra flomvurdering for ny brannstasjon (Norconsult, 2023).

3.2 Storelva

3.2.1 Flom- og vannlinjeberegninger i Suldalsvassdraget (Norconsult, 2017)

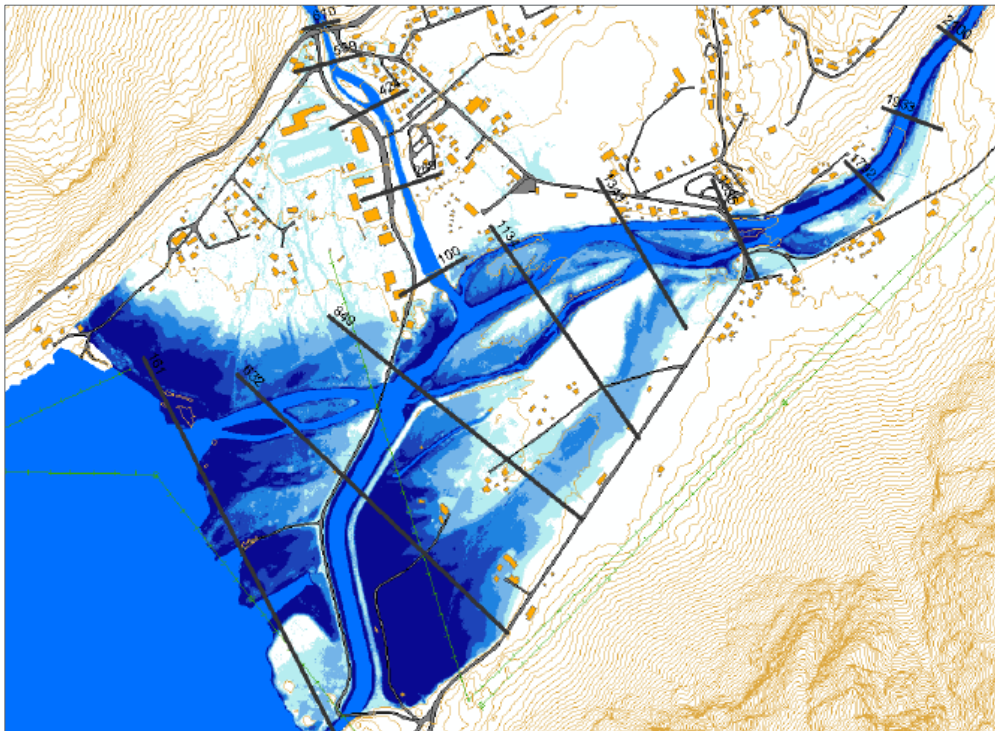
Flom- og vannlinjeberegninger for Suldalsvassdraget er utarbeidet for 50- og 200-årsflom. Flomstørrelser er beregnet ut fra en skalering av tidligere utførte flomberegninger for reguleringsmagasinene oppstrøms (fra damberegning i 2003 og 2004) og tilsig fra lokalfeltet, se Tabell 5.

Tabell 5 Flomverdier brukt i flomsonekartlegging (2017), kulminasjonsverdier.

Beregningspunkt	Q ₂₀₀ (m ³ /s)
Valldalsvatn	317
Votna	113
Lokalfelt	77
Tufteelva	48
Totalt	555

Dette tilsvarer en spesifikk 200-årsflom (kulminasjon) fra hele nedbørfeltet på 1434 l/s*km².

Vannlinjeberegning er utført i HEC-RAS. Et utklipp fra vannlinjeberegningen for 200-årsflom er vist i Figur 6.



Figur 6 Flomsonekartlegging av Røldal sentrum, 200-årsflom uten klimapåslag, utført i 2017.

3.2.2 Flomberegning Votna, Valldalsvatn og Røldalsvatn (Norconsult, 2017)

Gjeldende flomberegninger for oppstrøms reguleringsmagasin og Røldalsvatnet er fra 2017. Det er krav om at flomberegninger for dam forutsetter vannstand på HRV, og at alle overføringer inn til feltet er åpne.

Datagrunnlaget til flomberegning vurderes å være i kvalitetsklasse 2 for Votna og Valldalsvatn, og klasse 1 for Røldalsvatn. I NVE sitt vedtaksbrev anbefales det et klimapåslag på tilsigsflommen på 20 %. Beregnede flomvannføringer er vist i Tabell 6 og Tabell 7.

Tabell 6 Beregnet 1000-årsflom for dammer i vassdraget fra gjeldende flomberegning for dam (2017)

Beregningspunkt	Q ₁₀₀₀ døgn (l/s*km ²)	Tilløp Q ₁₀₀₀ (m ³ /s)	Avløp Q ₁₀₀₀ (m ³ /s)
Valldalsvatn	1350	--	388
Votna	1550	--	114

Tabell 7 500-årsflom fra gjeldende flomberegning for dam Røldalsvatn, kulminasjon (2017)

Beregningspunkt	Tilløp Q ₅₀₀ (m ³ /s)	Avløp Q ₅₀₀ (m ³ /s)	Vannstand (moh.)
Røldalsvatn	718	437	383,91
-inkl. 20 % klima	870	536	384,77
Ulykkesflom	1100	689	385,96

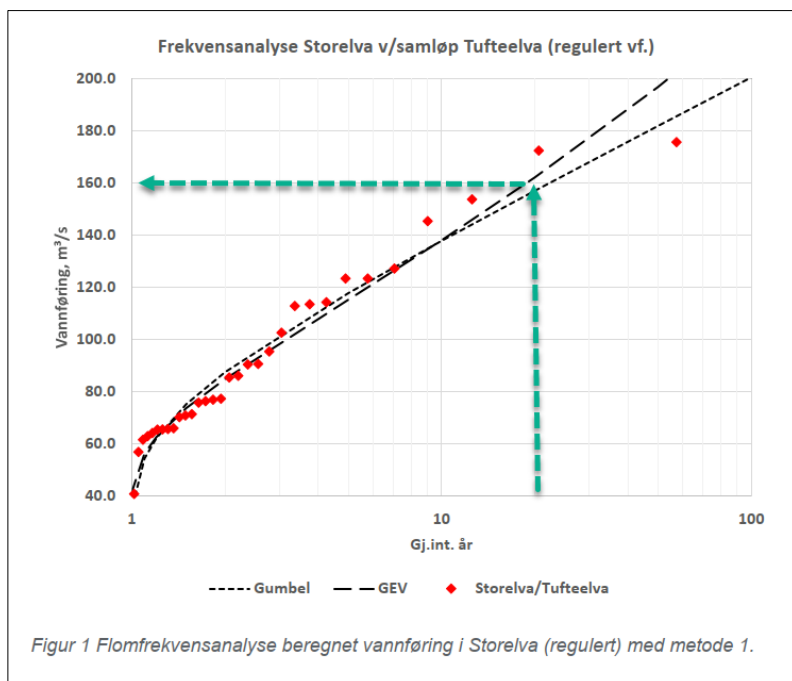
For Røldalsvatn er total 1000-års tilsigsflom beregnet til 1250 l/s*km² (døgn), og det er benyttet en kulminasjonsfaktor på 1,5.

3.2.3 Regulert 10-årsflom Røldalsvatnet (Norconsult, 2023)

Det ble i 2023 gjennomført en beregning av 10-årsflom ved samløpet mellom Storelva og Tufteelva, basert på faktiske overløp i Valldalsvatn og Votna i perioden 1991-2022 (23 år). For bekkeinntak ved Risbu ble det antatt at 10-15 m³/s går i driftstunnelen til Røldal kraftverk, og resterende i overløp (maks kapasitet er tidligere beregnet til 15-20 m³/s). Overløp i Votna/Valldalsvatn er observerte døgnverdier med en kulminasjonsfaktor på 1,2.

Tilsig i restfelt er basert på spesifikke flomverdier fra målestasjonen Lauvastøl (knekkpunktverdier). Uregulert restfelt er beregnet til 61 km².

Med samme metode er 20-årsflom beregnet til 160 m³/s, se Figur 7. I beregning for Q₁₀ er det lagt til en usikkerhet på 20 %.



Figur 7 Frekvensanalyse ved samløp mellom Storelva og Tufteelva.

4 Hydrologisk grunnlag

4.1 Beregningsmetodikk

Flomvannføring er beregnet for 20-, 200-, og 1000-årsflom inkl. klimapåslag. For den regulerte delen av nedbørfeltet er det benyttet tall fra tidligere utførte flomberegninger for dammene Valldalsvatn og Votna. For lokalfeltet er det gjort flomberegning med flomfrekvensanalyse og formelverk, og resultatene er sammenlignet med erfaringstall fra NVE og tidligere utførte beregninger.

Regulant i vassdraget, Hydro Energi AS, har vært kontaktet i forbindelse med flomfarevurderingen, og de har gitt tillatelse til bruk av tidligere utførte beregninger for oppstrøms dammer.

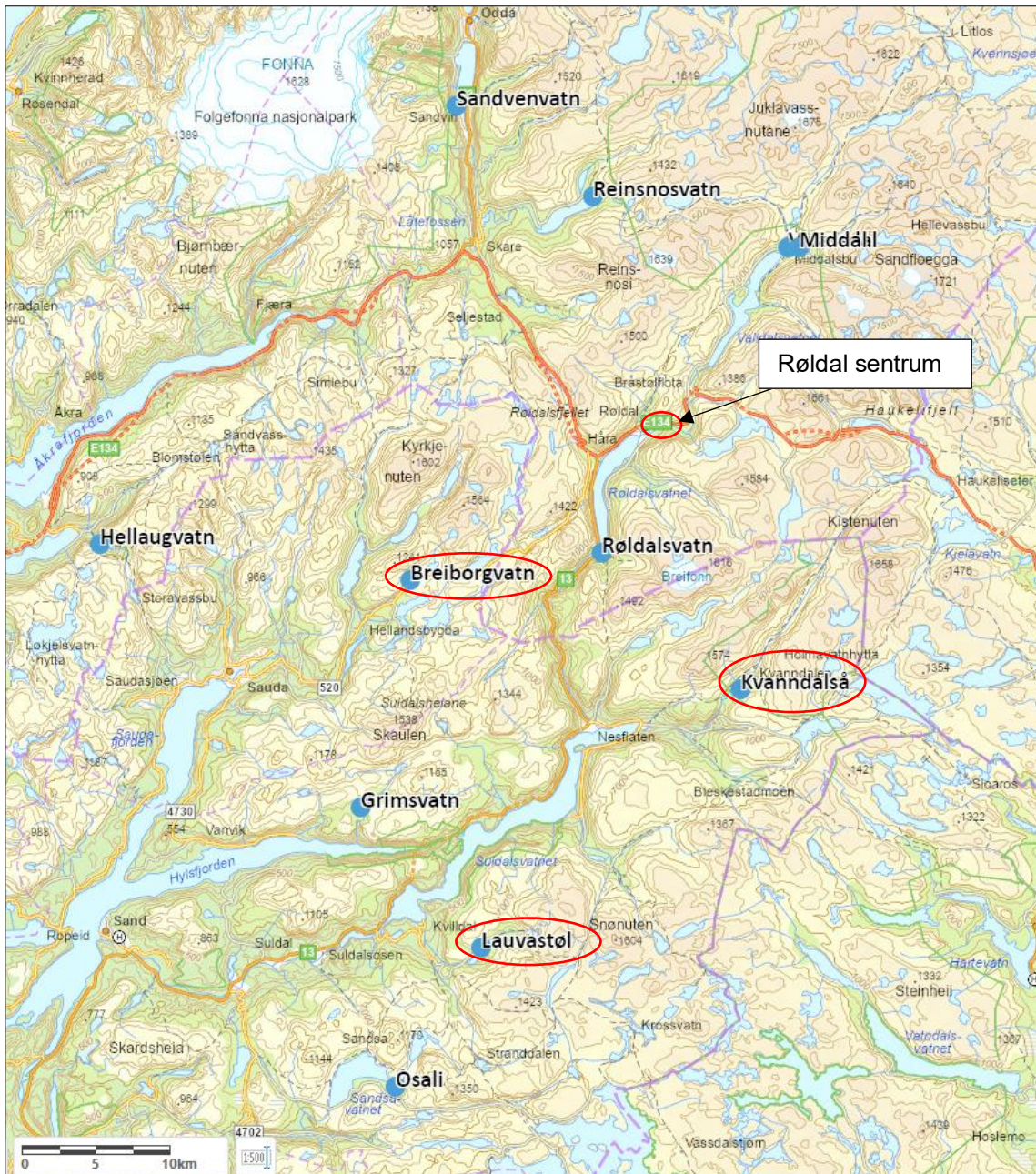
4.2 Representative målestasjoner

Utvalgte målestasjoner er benyttet i en regional flomfrekvensanalyse. En oversikt over stasjonene er gitt i Tabell 8 og vist på kart i Figur 8. Målestasjonene er valgt ut fra geografisk nærhet og sammenfallende feltegenskaper. Oppgitt normaltlig er for perioden 1991 – 2020.

Av de utvalgte målestasjonene har Osali stor effektiv sjøprosent (6,5 %), Røldalsvatn målestasjon har bare målinger frem til 1965, Vivassdal er oppgitt at bør brukes med forsiktighet, og Sandvenvatn har relativt stor breandel (7,2 %). Disse målestasjonene er sett bort fra i videre analyse. Feltene er markert med grå farge i Tabell 8.

Tabell 8 Målestasjoner vurdert i flomberegning. Målestasjoner med grå skrift er ikke tatt med i videre analyse.

Nr.	Nedbørfelt	Areal (km ²)	Periode	Antall år	Normaltilsig (l/s*km ²)	Høyde	Ase (%)	Asf (%)	Bre (%)
35.9	Osali	22,5	1982-2024	43	94	646-870-1343	6,5	74,4	0,0
36.2	Røldalsvatn	497,1	1913-1965	53	70	380-1219-1686	1,9	80,2	1,0
36.10	Vivassdal	66,4	1969-2000	32	77	775-1341-1667	0,7	91,8	1,0
48.1	Sandvenvatn	470,2	1908-2024	117	79	87-1090-1651	1,2	59,6	7,2
37.27	Breiborgvatn	12,4	1996-2024	29	91	663-972-1534	2,8	90,8	0,0
41.8	Hellaugvatn	27,5	1981-2024	44	119	271-904-1263	2,0	82,1	0,0
36.32	Lauvastøl	20,7	1985-2024	40	94	618-1044-1421	0,4	81,4	0,0
36.52	Kvanndalså	68,9	1999-2023	25	77	639-1248-1654	0,3	85,8	0,1
36.9	Middal	45,9	1968-2024	57	74	837-1407-1683	0,2	91,3	2,5
36.13	Grimsvatn	34,4	1973-2024	52	97	563-834-1535	1,2	80,8	0,0
48.5	Reinsnosvatn	120,5	1917-2024	105	73	595-1232-1635	3,3	76,4	0,0
	Røldal sentrum	364			85	379-1331-1683	3,4	83,1	0,7
	Storelva	333			85	383-1332-1683	1,0	83,0	0,8
	Tufteelva	29			83	385-1144-1500	0,0	88,3	0,0



Figur 8 Kart med markering av vurderte målestasjoner. For Tufteelva og lokalfeltet til Storelva er Breiborgvatn, Kvanndalså og Lauvastøl vurdert som de mest representative.

4.3 Vurdering av middelvannføring

Tabell 9 viser en oversikt over middelvannføring ved målestasjonene som er vurdert i denne analysen. Oversikten viser at avrenningskartet til NVE stemmer godt med observerte verdier.

Middelvannføring i Tufteelva er estimert til 83 l/s*km^2 , og 85 l/s*km^2 i Storelva ved bruk av NVE sin kartapplikasjon NEVINA (1991-2020).

Tabell 9 Sammenligning av estimert og målt middelvannføring ved utvalgte målestasjoner.

Nedbørfelt	Målt verdi (l/s*km ²)	Avrenningskartet (1991-2020) (l/s*km ²)	Målt verdi / Avrenningskart
Breiborgvatn	91,2	88,4	1,03
Hellaugvatn	118,5	119,0	1,00
Lauvastøl	94,2	95,4	0,99
Kvanndalså	77,4	81,5	0,95
Middal	74,2	80,5	0,92
Grimsvatn	96,7	96,3	1,00
Reinsnosvatn	72,6	82,1	0,88
<i>Gjennomsnitt</i>			<i>0,97</i>
Røldal sentrum	-	85	

4.4 Flomfrekvensanalyse

Det er utført flomfrekvensanalyse for målestasjonene som er vurdert som mest representative. Tabell 10 viser en oversikt over vannføring ved estimert middelflom, 20-, 200- og 1000-årsflom. Beregningene er gjort med NVEs programvare for ekstremveridianalyse, DAGUT, ved bruk av Gumbel- og GEV-fordeling.

NVE anbefaler generelt at fordelingsfunksjonen GEV brukes dersom det finnes over 50 år med måledata, og Gumbel ved 25-50 år med tilgjengelige måledata.

Tabell 10 Flomfrekvensanalyse på utvalgte målestasjoner (døgnverdier).

Nr.	Nedbørfelt	Areal (km ²)	Antall år	Fordeling	q _M (l/s*km ²)	q ₂₀ /q _M	q ₂₀ (l/s*km ²)	q ₂₀₀ /q _M	q ₂₀₀ (l/s*km ²)	q ₁₀₀₀ /q _M	q ₁₀₀₀ (l/s*km ²)
37.27	Breiborgvatn	12.4	29	Gumbel	772	1.55	1196	2.08	1608	2.45	1894
41.8	Hellaugvatn	27.5	44	Gumbel	901	1.50	1349	1.98	1784	2.32	2086
36.32	Lauvastøl	20.7	40	Gumbel	839	1.48	1242	1.95	1634	2.27	1905
36.52	Kvanndalså	68.9	25	Gumbel	568	1.42	806	1.83	1038	2.11	1198
36.9	Middal	45.9	57	GEV	539	1.39	748	1.52	817	1.56	840
36.13	Grimsvatn	34.4	52	GEV	960	1.56	1498	2.00	1923	2.27	2176
48.5	Reinsnosvatn	120.5	105	GEV	450	1.42	641	1.57	707	1.62	729
	<i>Gjennomsnitt</i>				<i>718</i>	<i>1,5</i>	<i>1069</i>	<i>1,8</i>	<i>1359</i>	<i>2,1</i>	<i>1547</i>

200-årsflom varierer mellom 707 – 1923 l/s*km² for de ulike målestasjonene.

- Reinsnosvatn er det største feltet, og har også lavest flomverdier. Også Middal har lavere flomverdier enn de andre målestasjonene. De to feltene er de nordligste av de vurderte målestasjonene, og begge strekker seg mot Hardangervidda, med jevnere og mindre nedbør og lave flomverdier.
- Hellaugvatn og Grimsvatn har de høyeste flomverdiene. De to feltene er de som ligger lengst vest av de vurderte målestasjonene, og har dermed kortest avstand til kyst. Middelvannføring i de to feltene er også høyere enn for de andre vurderte feltene.
- Kvanndalså ligger lengst mot øst, og har høyere effektiv sjøprosent og lavere middelvannføring enn lokalfeltet til Røldal sentrum. Flomverdiene er også lavest av de tre målestasjonene. Kvanndalså er noe påvirket av regulering.
- Breiborgvatn og Lauvastøl er vurdert å være mest representative for lokalfeltet ved Røldal sentrum. Flomfrekvensanalyse gir like flomverdier for de to målestasjonene.

4.4.1 Kulminasjonsfaktor

Sammenheng mellom kulminasjon- og døgnmiddelflom for det naturlige nedbørfeltet til Røldal sentrum er beregnet ut fra formelverk med forholdstall på 1,1 for vår og høst. For Tufteelva er tilsvarende verdier 1,5 og 1,9, og for lokalfeltet nedstrøms reguleringer 1,4 og 1,7. Formler er oppgitt i Figur 9.

Vårflom: $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}} = 1,72 - 0,17 \cdot \log A - 0,125 \cdot A_{SE}^{0,5}$ Høstflom: $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}} = 2,29 - 0,29 \cdot \log A - 0,270 \cdot A_{SE}^{0,5}$
--

Figur 9 Forholdstall fra tidligere NVE veileder.

Observerte forholdstall mellom timesverdier og døgnverdier for de 10 største observerte flommene med tilgjengelige timesverdier ved Breiborgvatn, Lauvastøl og Kvanndalsåa er vist i Tabell 11 (hentet fra NVEs hydrologiske database Hydra II). Breiborgvatn har lavest observert forholdstall mellom times- og døgnverdier. Dette skyldes trolig effektiv sjøprosent på 2,8, slik at selvreguleringen til feltet er større enn i for eksempel Lauvastøl. Observerte forholdstall stemmer godt med kulminasjonsfaktor beregnet med formelverket RFFA-2018.

Tabell 11 Forhold mellom observerte times- og døgnverdier for de 10 største flommene med tilgjengelige timesverdier. Også kulminasjonsverdi fra RFFA-2018 er tatt med.

Breiborgvatn		Lauvastøl		Kvanndalsåa	
Dato	Time/Døgn	Dato	Time/Døgn	Dato	Time/Døgn
28.10.2014	1,18	11.11.2022	1,73	11.11.2022	1,60
14.11.2005	1,12	04.12.1986	--	28.10.2014	1,60
06.11.2006	--	06.11.2006	1,49	06.11.2006	--
20.12.2015	1,15	28.10.2014	1,41	14.09.2005	2,28
11.11.2022	1,29	31.10.2024	2,04	29.06.2011	1,33
26.04.2007	--	27.11.2011	1,82	21.06.2020	1,13
27.11.2011	1,47	20.12.2015	1,28	20.12.2015	1,17
14.10.2018	1,15	01.11.2007	2,09	19.05.2013	1,11
18.05.2013	1,14	29.04.2000	1,19	01.11.1999	1,53
20.06.1999	--	23.08.1985	--	29.09.2016	1,66
30.04.2000	1,08	15.09.2019	1,99	09.10.2018	1,32
20.11.2009	1,14	14.09.2005	1,74		
03.11.1996	1,11				
Snitt	1,2		1,7		1,5
Max	1,5		2,1		2,3
Min	1,1		1,2		1,1
	Kulm		Kulm		Kulm
RFFA-2018	1,28		1,71		1,42

For det naturlige nedbørfeltet ved Røldal sentrum er kulminasjonsfaktor fra RFFA-2018 1,06. Innsjøene Valldalsvatn og Votna har flomdempende effekt. For lokalfeltet nedstrøms disse innsjøene, vil den flomdempende effekten være mindre, og mer lik Tufteelva. For Tufteelva er tilsvarende faktor 1,75.

Basert på observerte forholdstall mellom timesverdier og døgnverdier og formelverk for høstflom, velges en kulminasjonsfaktor på 1,7 for lokalfeltet til Røldal sentrum.

4.5 Formelverk

4.5.1 RFFA-2018

NVE har utviklet et regionalt formelverk for flomstørrelser i mellomstore og større felt, RFFA-2018. Verdier beregnes i Nevina. Merk at oppgitt Q_M er medianflom, og ikke middelflom.

200-årsflom for det naturlige nedbørfeltet til Røldal sentrum (døgnmiddel) er beregnet til 317 m³/s, tilsvarende 871 l/s*km². Det er oppgitt en kulminasjonsfaktor på 1,06 som gir en kulminasjonsflom (Q_{200}) på 336 m³/s.

Flomberegning for ulike gjentakintervall fra regionalt formelverk (RFFA-2018) er vist i Tabell 12.

Tabell 12 Flomberegning fra regionalt formelverk, nedbørfelt ved Røldal sentrum

	Q_M	Q_{20}	Q_{200}	Q_{1000}
Areal (km ²)	364			
Vekstfaktor	--	1,62	2,17	2,55
Døgnmiddel (l/s*km²)	401	648	871	1025
Døgnmiddel (m ³ /s)	146	236	317	373
Kulminasjon* (m ³ /s)	155	250	336	395

*Kulminasjonsfaktor fra RFFA-2018

4.5.2 NIFS

NVEs formelverk for små nedbørfelt er basert på regionale analyser for målestasjoner over hele Norge, og er dokumentert i NVEs rapport 13-2015. Formelverket er gyldig for nedbørfelt med feltareal mindre enn 60 km². I formelverket er flomstørrelsen avhengig av feltareal, årsmiddeltisig og effektiv sjøprosent. Ved beregning av flomstørrelser for det vurderte nedbørfeltet er disse feltegenskapene hentet fra Nevina og Scalgo. Middelflommen regnes ut som en momentanverdi, og skaleres ved hjelp av en vekstkurve opp til dimensjonerende flomstørrelse.

NIFS formelverk er bare gyldig opp til 200-årsflom, og overestimerer ofte flomverdier for 1000-årsflom. Fordi formelverket bare er gyldig for felt under 60 km², er feltet til Tufteelva benyttet og sammenlignet med vurderte målestasjoner.

I Nevina er årlig normalavrenning for Tufteelva oppgitt til 82,9 l/s*km² (1991-2020). I beregningen er det benyttet normalavrenning fra perioden 1961-1990, da det er denne perioden som ligger til grunn for NIFS formelverk. Beregnet flomstørrelse ved ulike gjentakintervall er vist i Tabell 13.

Tabell 13 Flomstørrelser beregnet med NIFS formelverk, kulminasjonsverdier.

NIFS formelverk	Tufteelva		Lauvastøl		Breiborgvatn		Kvanndalså	
Areal (km ²)	29,2		20,8		12,1		68,9*	
Effektiv sjø (%)	0,0		0,4		3,0		0,3	
q_N (l/s*km ²)	90,9		105,2		102,1		71,0	
	(m ³ /s)	(l/s*km ²)	(m ³ /s)	(l/s*km ²)	(m ³ /s)	(l/s*km ²)	(m ³ /s)	(l/s*km ²)
Q_M	44,1	1510	31,9	1531	14,7	1218	--	--
Q_{20}	70,7	2421	50,8	2442	23,8	1967	--	--
Q_{200}	109,0	3733	78,3	3764	37,6	3107	--	--
Q_{1000} *	148,0	5068	106,0	5096	52,1	4306	--	--

*utenfor gyldighetsområdet

Spesifikke flomverdier fra NIFS for Tufteelva og Lauvastøl er tilnærmet like. For Lauvastøl og Breiborgvatn er verdier fra NIFS betydelig større enn fra flomfrekvensanalyse (ca. 20 % større for Q_{20} , 40 % for Q_{200} og 60-70 % for Q_{1000}). Dette kan tyde på at NIFS formelverk overestimerer flomverdier i området.

4.6 Erfaringstall fra NVE

I NVE sin «Veileder for flomberegninger» [8] er det oppgitt erfaringstall som døgnmiddelverdier for 1000-årsflom i middels store felt (50 - 500 km²). På Sørlandet og Vestlandet er det oppgitt at flomverdiene stort sett ligger mellom 700 – 2500 l/s*km², med de største verdiene et stykke innenfor kysten på Sør-Vestlandet og Vestlandet.

Det er også oppgitt erfaringstall for kulminasjonsverdier i små felt ved 200 års gjentakintervall. For Sør- og Vestlandet er det oppgitt at for 200-årsflom varierer flomverdiene stort sett mellom 700 – 5000 l/s*km², men at verdier opp mot 6000 l/s*km² kan forekomme. De høyeste verdiene forekommer stort sett i bratte felt med lav effektiv sjøprosent.

I NVE sin veileder «Sikkerhet mot flom» [9] er det oppgitt at 1000-års avløpsflom for klassifisert dam vanligvis kan skaleres med 0,85 for å finne en tilnærmet 200-årsflom.

4.7 Tidligere vurderinger

Tidligere vurderinger i området er beskrevet i kapittel 3. I Tabell 14 er tidligere beregnede flomverdier for Tufteelva oppsummert. Tabell 15 og Tabell 16 viser beregnede flomverdier fra gjeldende flomberegning for dammene Valldalsvatn, Votna og Røldalsvatn.

Tabell 14 Kulminasjon Tufteelva

	Areal (km ²)	Middelflom (m ³ /s)	20-årsflom (m ³ /s)	200-årsflom (m ³ /s)	500-årsflom (m ³ /s)	1000-årsflom (m ³ /s)
Skred (2017)	29,4	55	90	135	--	185
Norconsult (2019)	26	41,4	--	87,0	95,7	--

Tabell 15 1000-årsflom fra gjeldende flomberegning for dam Valldalsvatn og Votna, kulminasjon.

Beregningspunkt	Tilløp (m ³ /s)	Avløp (m ³ /s)
Valldalsvatn	166	114
Votna	480	388

Tabell 16 500-årsflom fra gjeldende flomberegning for dam Røldalsvatn, kulminasjon.

Beregningspunkt	Tilløp (m ³ /s)	Avløp (m ³ /s)	Vannstand (moh.)
Røldalsvatn	718	437	383,91
-inkl. 20 % klima	870	536	384,77
Ulykkesflom	1100	689	385,96

4.8 Valg av dimensjonerende vannføring

For 20-årsflom er det valgt å benytte resultat fra tidligere utført beregning basert på faktiske overløp fra dammene ved Valldalsvatn og Votna i årene 1991-2022 (23 år) [6].

For 200- og 1000-års flom er gjeldende flomberegning fra dammene ved Valldalsvatn og Votna benyttet for den regulerte delen av nedbørfeltet. Flomberegning for dam stiller krav til at vannstand skal starte på HRV, og at overføringer inn skal være åpne, og overføringer ut skal være lukket. Dette blir dermed et konservativt

utgangspunkt. For lokalfeltet er spesifikk avrenning fra målestasjonen Lauvastøl benyttet, som har tilsvarende feltegenskaper som lokalfeltet ved Røldal sentrum.

Beregnet vannføring er sammenlignet med resultater fra ulike metoder, erfaringstall fra NVE, samt tidligere beregninger. Ved å sammenligne resultater fra NIFS formelverk i vassdrag der det finnes målinger, er det vurdert at NIFS formelverk overestimerer flomverdier i områder.

Det benyttes en kulminasjonsfaktor på 1,7 for lokalfeltet basert på vurderinger gjort i kapittel 4.4.

4.8.1 20-årsflom

For 20-årsflom er det valgt å benytte resultat fra tidligere utført beregning basert på faktiske overløp fra dammene ved Valldalsvatn og Votna i årene 1991-2022 (23 år) [6]. Dette gir en 20-årsflom på 160 m³/s.

Fordeling av avrenning mellom overløp og lokalfelt er vist i Tabell 17. Lokalfeltet er beregnet til 61 km², da det er vurdert at noe vann går inn i reguleringssystemet via bekkeinntak i lokalfeltet. Det er benyttet spesifikk avrenning fra Lauvastøl ved 20-årsflom på 1242 l/s*km² (døgn). Dette gir et bidrag fra lokalfeltet på 75,8 m³/s (døgn), tilsvarende en kulminasjonsflom på 128,8 m³/s.

Av lokalfeltet utgjør Tufteelva 29,2 km², noe som gir 20-års kulminasjonsflom på 61,6 m³/s. For sammenligning er beregnet 20-årsflom med NIFS formelverk 71 m³/s.

Tabell 17 Beregnet flomvannføring, 20-årsflom, kulminasjon.

Beregningspunkt	Areal (km ²)	20-årsflom kulm (m ³ /s)	20-årsflom døgn (l/s*km ²)
Overløp		31,2	
Lokalfelt	61	128,8	1242
Totalt	364	160	440*

*Spesifikk 20-årsflom for hele feltet blir kunstig lav pga. lite bidrag fra reguleringsmagasinene

4.8.2 200-årsflom

For 200-årsflom forutsettes det at tilløpsflommen utgjør 80 % av Q₁₀₀₀ for dammene Votna og Valldalsvatn. Magasinruting gir avløpsflom fra Votna på 96 m³/s, og 310 m³/s fra Valldalsvatn. Det er videre vurdert at hele nedbørfeltet til Middyr (12,8 km²) overføres til Votna, slik at lokalfeltet blir 78,1 km².

For lokalfeltet er det benyttet spesifikk avrenning fra Lauvastøl ved 200-årsflom på 1634 l/s*km² (døgn). Dette gir et bidrag fra lokalfeltet på 128 m³/s (døgn), tilsvarende en kulminasjonsflom på 217 m³/s.

Fordeling av avrenning mellom overløp og lokalfelt er vist i Tabell 18. Det forutsettes her at overløp fra Valldalsvatn og Votna samt lokalfeltet kulminerer samtidig. Dette er en konservativ tilnærming. Til sammenligning er 200-års døgnflom fra RFFA-2018 for hele feltet beregnet til 871 l/s*km².

Tabell 18 Beregnet flomvannføring, 200-årsflom, kulminasjon.

Beregningspunkt	Areal (km ²)	200-årsflom kulm. (m ³ /s)	200-årsflom døgn (l/s*km ²)
Valldalsvatn	216,5	310	
Votna	56,6 (+12,8)	96	
Lokalfelt	78,1	217	1634
Totalt	364	623	1007

Av lokalfeltet utgjør kulminasjonsvannføring i Tufteelva 81,1 m³/s. Til sammenligning er beregnet 200-års kulminasjonsvannføring for inntakene til Tufteelva kraftverk beregnet til 87 m³/s [4].

4.8.3 1000-årsflom

For 1000-årsflom er beregnet avløpsflom fra Votna og Valldalsvatn benyttet direkte. Det er benyttet tall uten påslag for usikkerhet, da det gjøres en egen usikkerhetsvurdering for flomsonekartleggingen.

For lokalfeltet er spesifikk 1000-årsflom i Lauvastøl (døgn) beregnet til 1905 l/s*km². Med lokalfelt på 78,1 km², og kulminasjonsfaktor på 1,7, gir dette døgnvannføring på 148,8 m³/s, og kulminasjonsvannføring på 253 m³/s.

Beregnet flomvannføring ved 1000-årsflom er vist i Tabell 19. Det forutsettes her at overløp fra Valldalsvatn og Votna samt lokalfeltet kulminerer samtidig. Dette er en konservativ tilnærming. Til sammenligning er 1000-års døgnflom fra RFFA-2018 for hele feltet beregnet til 1025 l/s*km², og 1000-årsflom fra gjeldende flomberegning for dam Røldalsvatnet er 1250 l/s*km².

Tabell 19 Beregnet flomvannføring, 1000-årsflom, kulminasjon.

Beregningspunkt	Areal (km ²)	1000-årsflom kulm (m ³ /s)	1000-årsflom døgn (l/s*km ²)
Valldalsvatn	216,5	388	
Votna	56,6 (+12,8)	114	
Lokalfelt	78,1	253	1905
Totalt	364	755	1220

Av lokalfeltet utgjør kulminasjonsvannføring i Tufteelva 94,5 m³/s. Dette er lavere enn tidligere beregnet.

4.8.4 Oppsummert – flomverdier for alle gjentakintervall

I Tabell 20 og Tabell 21 er flomberegninger fra ulike metoder og tidligere beregninger sammenlignet, for henholdsvis Tufteelva og hele nedbørfeltet.

For Tufteelva er det vurdert at NIFS og tidligere vurderinger overestimerer flomverdiene. Direkte sammenligning mellom flomverdier fra Lauvastøl og Breiborgvatn med NIFS formelverk for samme vassdrag, viser betydelig større verdier fra NIFS enn fra flomfrekvensanalyse basert på målte verdier. For lokalfeltet er det valgt å benytte spesifikke flomverdier fra målestasjonen Lauvastøl.

For bidrag fra regulert felt er det valgt å bruke resultatene fra gjeldende flomberegninger for oppstrøms dammer. For 20-årsflom er bidraget fra den regulerede delen av nedbørfeltet lite. For 200- og 1000-årsflom er beregnede flomverdier totalt for hele nedbørfeltet 15 – 20 % høyere enn det som er beregnet fra RFFA-2018.

Flomverdier benyttet i hydraulisk simulering er vist i Tabell 22.

Tabell 20 Sammenligning av beregnet flomvannføring, ulike metoder - Tufteelva

	Middelflom (l/s*km ²)	20-årsflom (l/s*km ²)	200-årsflom (l/s*km ²)	1000-årsflom (l/s*km ²)
Døgn				
FFA	839	1242	1634	1905
RFFA-2018	729	1199	1644	1969
Kulminasjon				
FFA*	1426	2111	2777	3238
RFFA-2018*	1240	2038	2795	3348
NIFS	1510	2421	3733	5068

Erfaringstall			700-5000	
Skred (2017)	1871	3061	4592	6293
Norconsult (2019)	1592	--	3346	--
Valgt flomverdi	1426	2111	2777	3238
	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
(m³/s)	41,6	61,6	81,1	94,5
(m³/s) – inkl. 30%	54,1	80,2	105,5	123,0

*kulminasjonsfaktor 1,7

Tabell 21 Sammenligning beregnet flomvannføring, ulike metoder – hele nedbørfeltet (døgnverdier)

	Middelflom (l/s*km ²)	20-årsflom (l/s*km ²)	200-årsflom (l/s*km ²)	1000-årsflom (l/s*km ²)
RFFA-2018	408	648	871	1025
Erfaringstall	--	--	--	700-2500
Røldalsvatnet (2017)	--	--	--	1250
Valgt flomverdi	--	440*	1007	1220

*Spesifikk 20-årsflom blir kunstig lav pga. lite bidrag fra reguleringsmagasinene

Tabell 22 Oppsummering av beregnet flomvannføring ved ulike gjentakintervall.

	Døgn (l/s*km ²)	Kulm. (m ³ /s)	Kulm. inkl. klimapåslag (m ³ /s)		
			Totalt	Tufteelva	Storelva
Q ₂₀	440	160	208	80	128
Q ₂₀₀	1007	623	784	106	679
Q ₁₀₀₀	1220	755	921	123	798

*Det er benyttet et klimapåslag på 30 % for lokalfeltet, og 20 % på regulert felt.

4.9 Vannstand i Røldalsvatn

Røldalsvatn har HRV kote 380, men krav om at vannstanden holdes på kote 378 frem til 01. oktober. Ved fare for flom, blir vann fra Røldalsvatn prioritert i Suldal 1, med kapasitet på 70 m³/s. Dette bidrar til at det har vært svært få dager med vannstand over kote 380,5 etter oppstart av regulering. Under flom blir Røldalsvatn tappet, slik at vannstanden ikke blir høyere enn den ville vært ved samme tilsig før regulering.

I gjeldende flomberegning for dam Røldalsvatn er 500-årsflom vurdert å gi en vannstand på kote 383,9, og ulykkesflom (1,5 x Q₅₀₀) er beregnet til kote 386 moh. I beregningen er det brukt tilløpsflom for Q₅₀₀ på 718 m³/s. Døgnmiddel for 1000-årsflom er oppgitt til 1250 l/s*km². Med samme metode er 1000-årsflom inkl. 20 % klimapåslag beregnet til kote 385,1.

Det vurderes at F1-tiltak ikke skal plasseres under kote 380 (HRV), F2-tiltak skal ikke plasseres under kote 384 (500-årsflom uten klimapåslag), og F3-tiltak ikke skal plasseres under kote 385,1 (1000-årsflom inkl. klima).

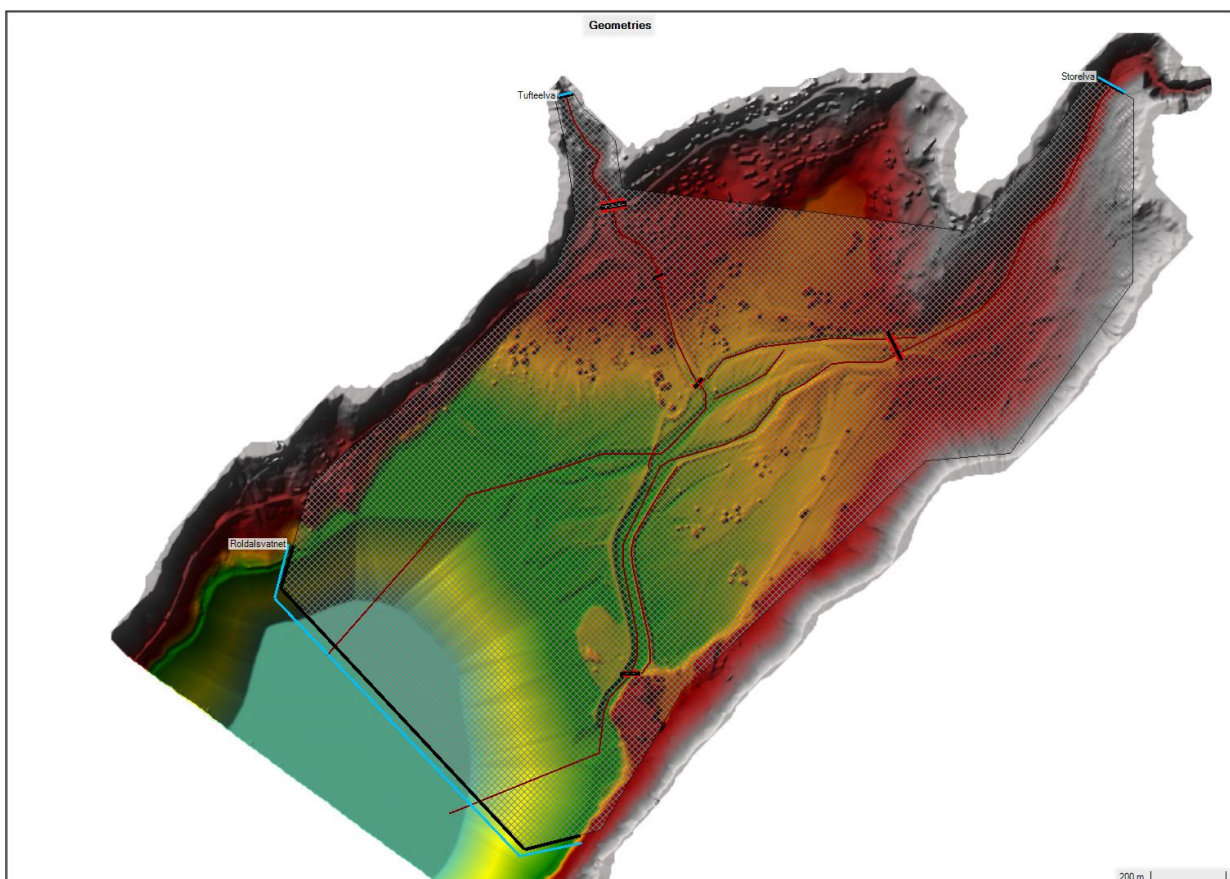
5 Hydraulisk vannlinjemodell

5.1 Beskrivelse av beregningsmodell

Vannstand og vannhastighet ved Røldal sentrum er beregnet ved bruk av en todimensjonal vannlinjemodell i beregningsprogrammet HEC-RAS v.6.5. Analyseområdet er vist i Figur 10.

Følgende beregningsforutsetninger er lagt til grunn:

- Terrenggrunnlaget for modellen er laserdata over området fra Hardanger 2022 med bestilt punkttetthet på 10 pkt. per kvadratmeter, og oppløsning på 0,25 m, lastet ned fra www.hoydedata.no.
- Beregningsnettet er satt til en oppløsning på 5x5 meter, og 3x3 meter i bekkeløpet.
- Friksjonsforhold er fastsatt fra AR5-fil fra FKB data, med benyttede Manningstall som vist i Tabell 23.
- Øvre grensebetingelse er beregnet flomvannføring inkl. klimapåslag, nedre grensebetingelse er HRV i Røldalsvatnet
- Ligningssettet «SWE-ELM» er benyttet, med couranttall under 1.
- Modellen er ikke kalibrert mot en kjent vannlinje.



Figur 10 Analyseområdet i HEC-RAS.

5.2 Terrenggrunnlag og friksjonsforhold

Bygninger i vannlinjemodellen er inkludert som terreng hvor bygningsomriss er hentet fra FKB-data. Dette gjør at vann ikke kan renne gjennom bygninger, men blir tvunget rundt.

Det understrekes at grunnlaget representerer oppmålingstidspunktet, og at endringer som påvirker resultatet kan forekomme i fremtiden eller under en flomhendelse. Modellering i HEC-RAS klarer ikke å ta hensyn til, eller forespeile, terrengendringer som inntreffer som følge av erosjon, tilstopping eller masseforflytning. Tilstand på etablerte flomvoller er ikke kontrollert (permeabilitet og fare for erosjon/utgliding).

Friksjonsfaktoren i modellen er basert på Manningstall ($M=1/n$), og varierer fra $n=0,02$ der det er veger, til $n=0,1$ i skogsområdene. Manningstall i elveløpet er satt til 0,05 ($M=20$). Inndeling er fra FKB AR5, og mannings tall er basert på erfaringstall fra vassdragshåndboka til NVE. En oversikt over Manningstall benyttet i modellen er vist i Tabell 23.

Tabell 23 Oversikt over Mannings tall benyttet i vannlinjemodellen.

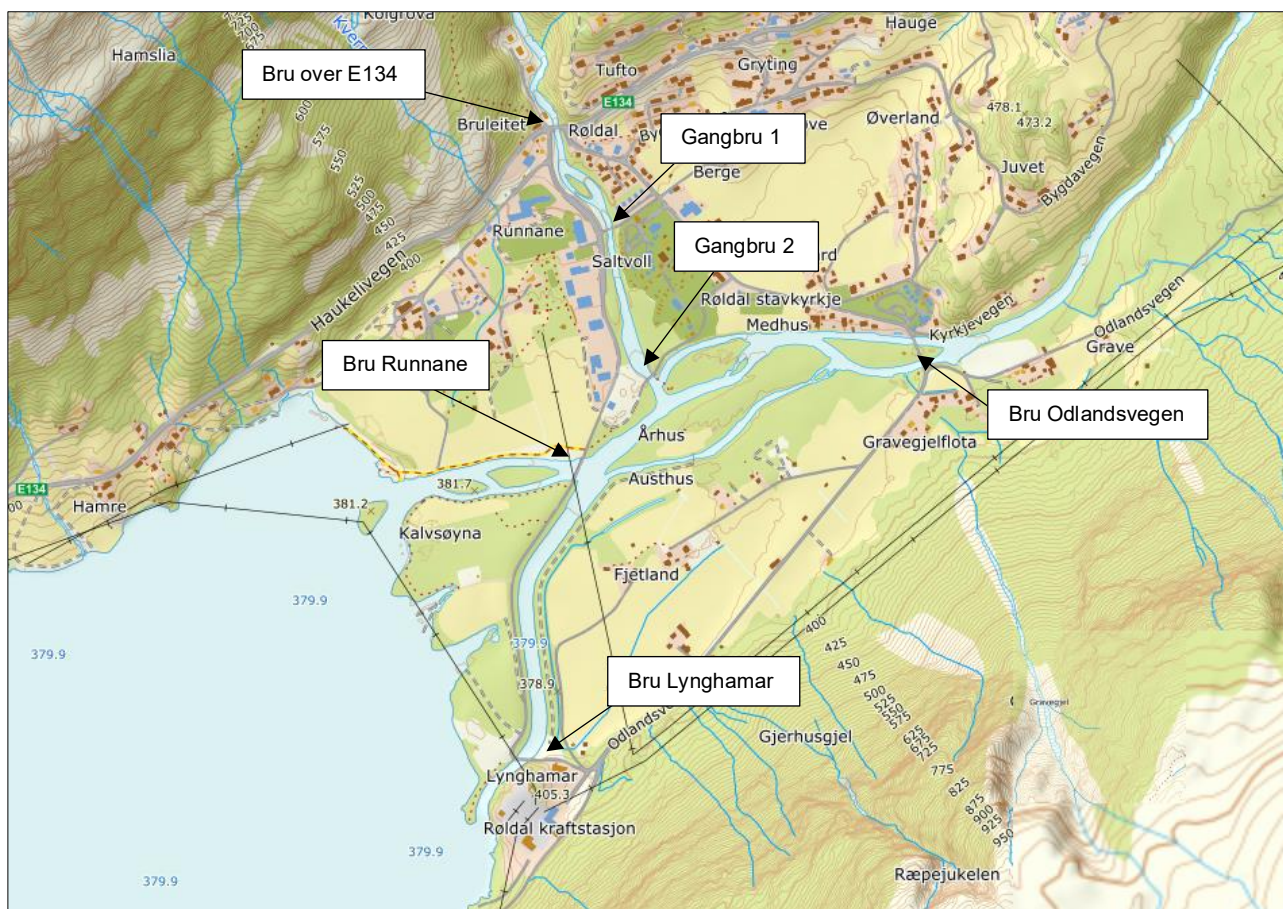
Arealtype	Mannings tall n (M)
Skog	0,10 (10)
Infrastruktur	0,02 (50)
Vann	0,05 (20)
Bebyggelse	0,04 (25)
Overflatedyrka jord	0,03 (33)
Innmark	0,04 (25)
Fullldyrka jord	0,04 (25)
Åpen fastmark	0,06 (17)
Udefinert	0,06 (17)

5.3 Infrastruktur og redigering av terrenggrunnlag

5.3.1 Bruer innenfor analyseområdet

Innenfor analyseområdet er det seks bruer som krysser Tuftelva/Storelva. Et oversiktskart som markerer bruene, er vist i Figur 11, mens bilder finnes i Vedlegg 3. Bruene er innmålt i forbindelse med flomsonekartleggingen. Bruer er lagt inn i modellen med bru-funksjonen til HEC-RAS.

«Bru Runnane» stenges med bjelkestengsel ved lav vannstand (under kote 378) i Røldalsvatn, for å unngå erosjon i nedstrøms elvestrekning. Ved vannstand over kote 378, og ved overløp i Valldalsvatn eller Votna, skal bjelkestengselet være åpent. Det legges derfor til grunn at bjelkestengselet er åpent i en flomsituasjon.



Figur 11 Markering av bruer som er innenfor analyseområdet.

6 Resultater

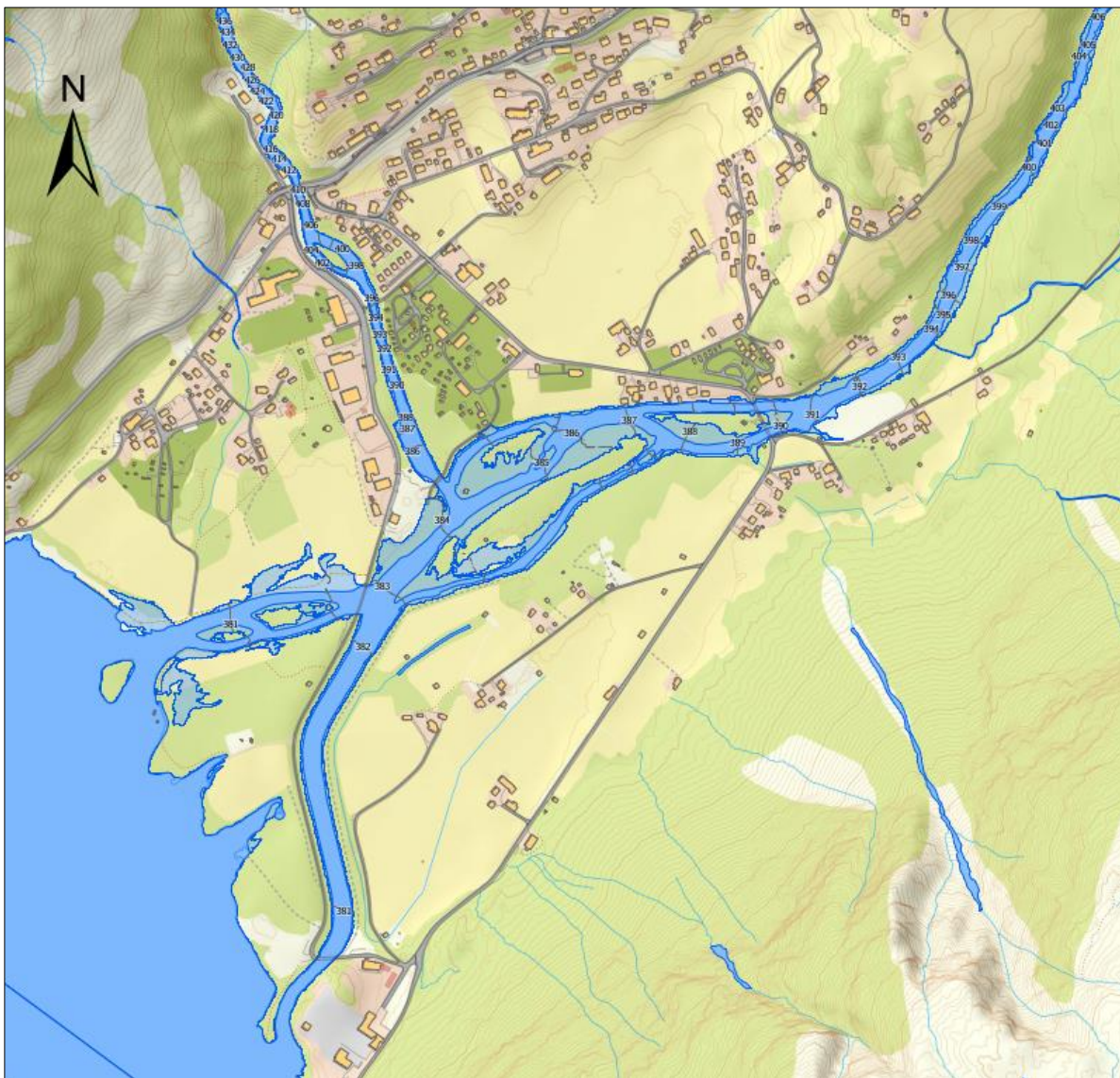
6.1 Resultat og forutsetninger

Flomsonekart for ulike gjentakintervaller finnes i Vedlegg 4 - 6. Kartene viser oversvømt område og beregnet flomvannstand.

Det er vurdert at F1-tiltak i utgangspunktet ikke skal plasseres under kote 380 (HRV), F2-tiltak skal ikke plasseres under kote 384 (500-årsflom i Røldalsvatn uten klimapåslag), og F3-tiltak ikke skal plasseres under kote 385,1 (1000-årsflom inkl. klimapåslag). Dersom tiltak plasseres i flomsone, må det dokumenteres tilstrekkelig sikkerhet mot flom, og at tiltaket ikke påfører økt flomrisiko for tredjepart.

6.2 20-årsflom (sikkerhetsklasse F1)

Ved 20-årsflom i Tufteelva og Storelva vil vannet stort sett holde seg i elveløpet, se Figur 12.

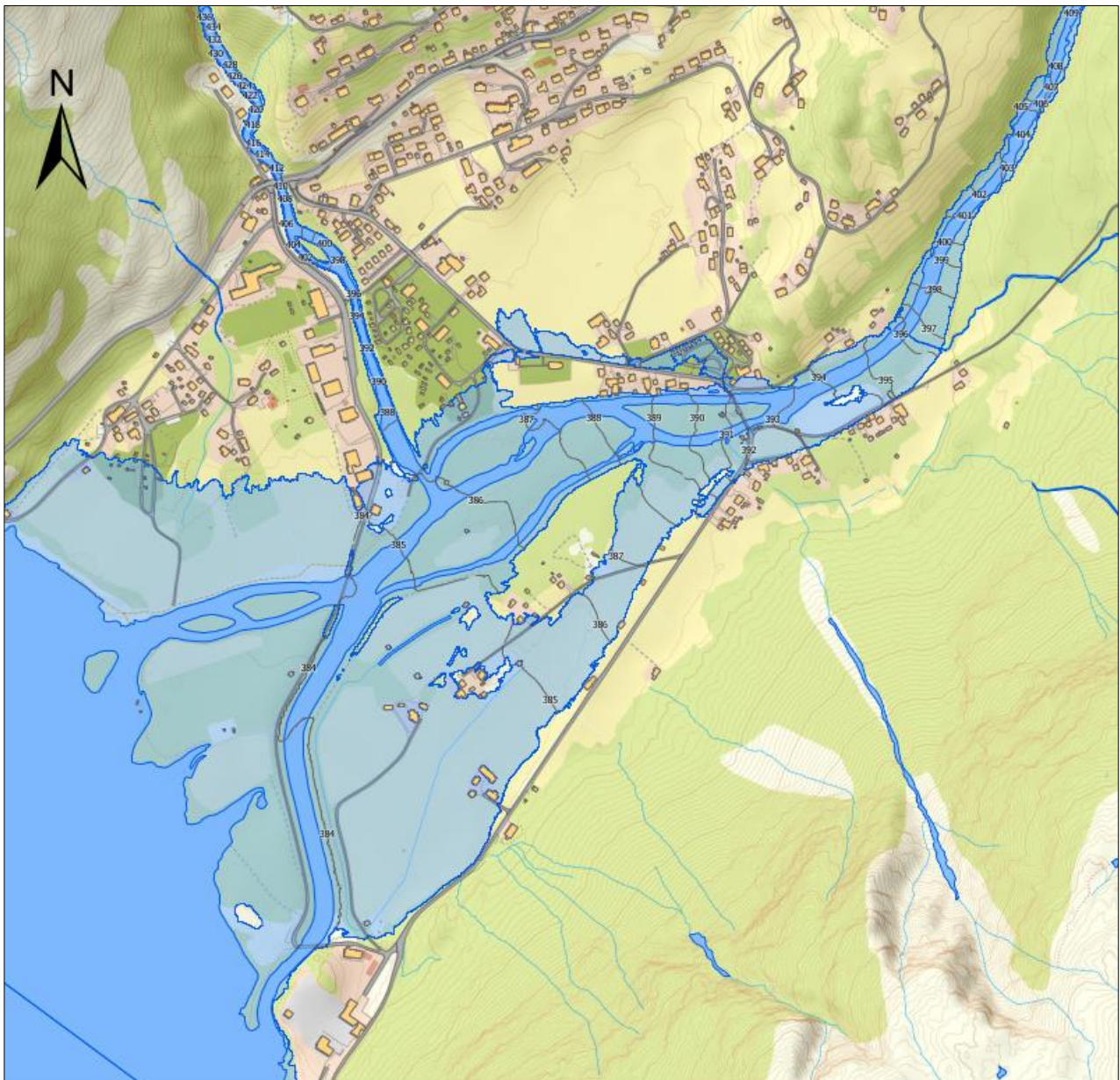


Figur 12 Utsnitt av flomsonekart for Røldal sentrum ved 20-årsflom inkl. klimapåslag.

6.3 200-årsflom (sikkerhetsklasse F2)

200-årsflom i Tufteelva/Storelva gir betydelig økt vannstand og stor oversvømmelse langs vassdraget. Vann vil renne ut av vassdraget ved Bru Odlandsvegen, som har for lite kapasitet til 200-årsflom inkl. klimapåslag. Massetransport og eventuell tilstopping vil kunne redusere kapasiteten til bruene ytterligere, og bør overvåkes. Like nedstrøms bruene vil vann renne over etablert flomvoll og ned mot jordbruksområdet Fjetland. Her vil vann stues opp, til det renner over etablert flomvoll mot elveløpet.

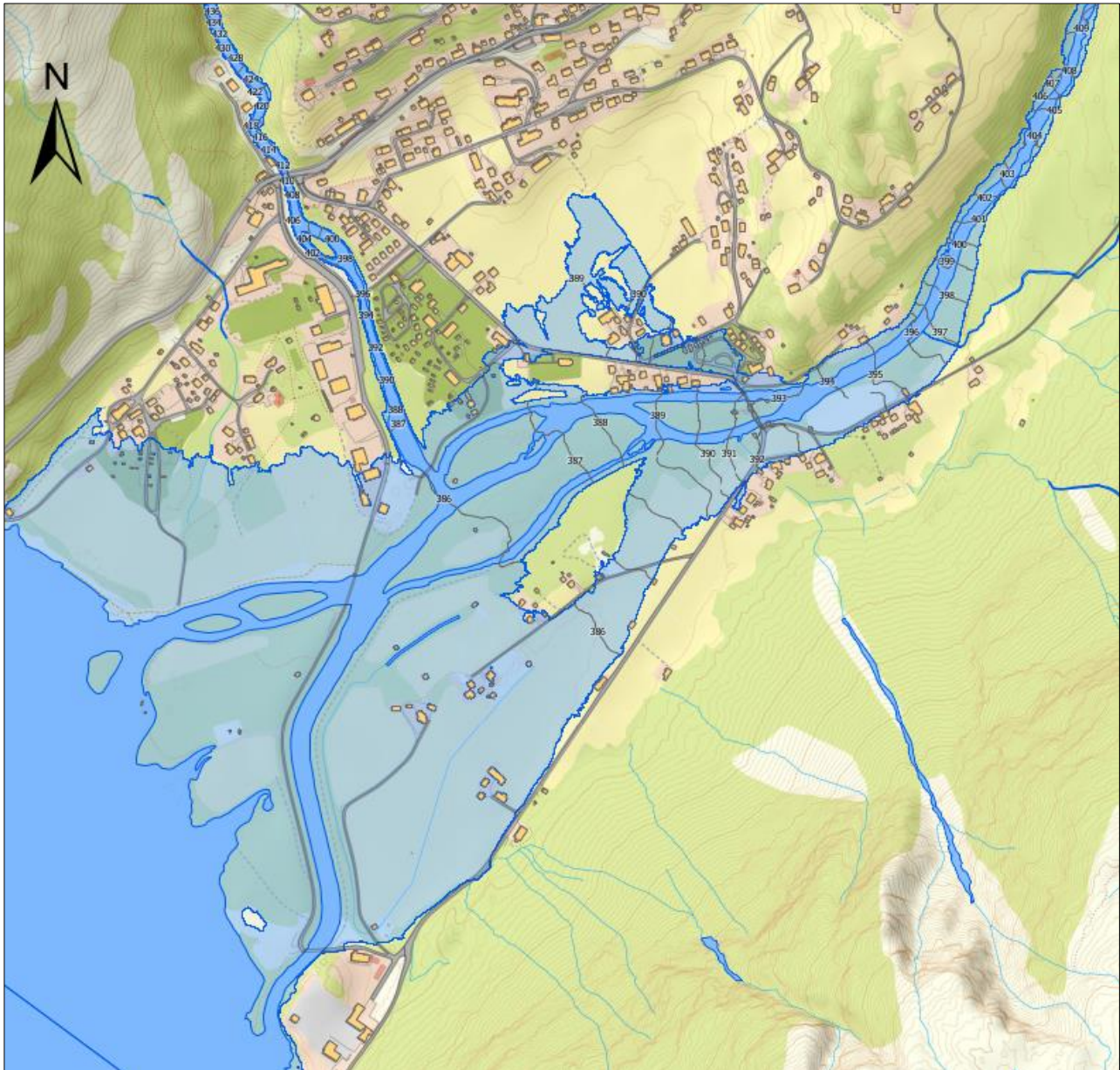
Utsnitt fra flomsonekart er vist i Figur 13. Det er benyttet flomvannstand i Røldalsvatn på kote 384.



Figur 13 Utsnitt av flomsonekart for Røldal sentrum ved 200-årsflom inkl. klimapåslag.

6.4 1000-årsflom (sikkerhetsklasse F3)

1000-årsflom i Tufteelva og Storelva gir betydelig økt vannstand og stor oversvømmelse langs vassdraget. Utsnitt fra flomsonekart er vist i Figur 14. Det er benyttet en flomvannstand i Røldalsvatnet på kote 385,1.



Figur 14 Utsnitt av flomsonekart for Røldal sentrum ved 1000-årsflom inkl. klimapåslag.

6.5 Fastsettelse av sikker byggehøyde

For alle byggesaker anbefales et vertikalt sikkerhetspåslag som fastsettes ved å øke vannføringen med prosentvise påslag. Størrelsen på dette påslaget avhenger av kvaliteten på det hydrologiske grunnlaget, og kalibreringsnivået til den hydrologiske modellen.

- Det hydrologiske grunnlaget i Storelva vurderes som brukbart, med observasjoner i eller nært vassdraget. For den regulerte delen av nedbørfeltet, er resultat fra damberegninger benyttet. Disse

er vurdert å være i klasse 2. Det hydrologiske grunnlaget for Storelva vurderes derfor å være i klasse 2. Det vurderes at det hydrologiske grunnlaget i Tufteelva er noe mer usikkert, og settes derfor i klasse 3.

- Den hydrauliske modellen er ikke tilpasset mot en målt vannlinje, men følsomhetsanalyse viser små endringer i vannstand, og terrengdata er gode. Den hydrauliske modellen vurderes derfor å være i klasse C-D.
- For Storelva er det benyttet et prosentvis påslag i vannføring på 20 %, da det er gjort konservative valg i beregning av flomstørrelse. For Tufteelva er det benyttet et påslag på 40 %. Dette gir en økning i vannstand på opp mot 30 cm i de fleste områder, og noe høyere oppstrøms bruer.

Basert på dette anbefales et sikkerhetspåslag på 0,3 meter for alle gjentakintervall.

Klassifisering og sikkerhetspåslag er oppsummert i Tabell 24.

Tabell 24 Sikkerhetspåslag

Hva	Klasse / faktor / nivå
Klassifisering av kalibreringsnivå	Klasse C-D
Klassifisering av flomberegning - Storelva	Klasse 2
Klassifisering av flomberegning – Tufteelva	Klasse 3
Prosentvis påslag på flomberegning	20/40 %
Beregnet vertikal sikkerhetsmargin	0,3 m

7 Diskusjon av resultatet

7.1 Vurdering av usikkerhet

7.1.1 Usikkerhet på hydrologisk grunnlag

Det vil alltid være usikkerhet beheftet med beregning av flomvannføring, der det ikke er målinger i vassdraget. Usikkerheten er søkt minimert ved å benytte flere ulike metoder.

For dammene Votna og Valldalsvatn har NVE i forbindelse med flomberegning for dam pålagt 10 % usikkerhetspåslag. Flomberegningene er vurdert å være i kvalitetsklasse 2.

Flomsoner er utarbeidet med beregnet flomvannføring uten usikkerhetspåslag. Det er utført en sensitivitetsanalyse, der beregnede flomverdier er økt med 20 % for Storelva, og 40 % for Tufteelva. Dette gir en økning i vannstand på opp mot 30 cm i de fleste områder, og noe høyere oppstrøms bruer.

7.1.2 Usikkerhet på kart og terrenggrunnlag

Terrenggrunnlaget benyttet i HEC-RAS-modeller er basert på laserdata kartlagt med fly. Kvaliteten på grunnlaget er vurdert som bra, og både elveløp og terreng er detaljert gjengitt. Det er ikke forventet at mer detaljerte terrengoppmålinger vil gi et vesentlig annet resultat.

Laserkartlagte data har likevel også sine begrensninger, blant annet kan ikke tradisjonell rød laser kartlegge terreng under vannflaten, og vegetasjon og løvverk vil redusere antallet registrerte punkt på reell terrengoverflate. Grunnlaget representerer oppmålingstidspunktet, og endringer som påvirker resultatet kan forekomme i fremtiden eller under en flomhendelse. Eventuell erosjon/ sedimentasjon i vassdraget i tiden etter scanning, eller det som oppstår under en flomhendelse, samt forhold knyttet til tilstopping, is eller grunnforhold/ skred, er ikke hensyntatt i beregningen.

Bruer er lagt inn i modellen basert på oppmålte verdier.

7.2 Sensitivitet i beregningene

7.2.1 Økning i vannføring

Det er vurdert at usikkerheten i beregnet flomvannføring er større for Tufteelva enn for Storelva. For Storelva er det benyttet tall fra flomberegning for oppstrøms dammer, og det er forutsatt at lokalfeltet og overløp over dammer kulminerer samtidig. Dette er konservative forutsetninger. I forbindelse med flomberegning for dam, har NVE pålagt usikkerhetspåslag på 10 %.

I Tabell 25 er vannføringen i Tufteelva økt med 40 %, og beregnet vannføring i Storelva er økt med 20 %. Dette gir dette en økning i vannstand på opp mot 30 cm i de fleste områder, og noe høyere oppstrøms bruer.

Tabell 25 20% økt vannføring i Storelva og 40 % økt vannføring i Tufteelva

	Kulm. inkl. klimapåslag (m ³ /s)			Kulm inkl. klima og usikkerhet (m ³ /s)		
	Totalt	Tufteelva	Storelva	Totalt	Tufteelva	Storelva
Q ₂₀	208	80	128	266	112	153
Q ₂₀₀	784	106	679	962	148	814
Q ₁₀₀₀	921	123	798	1130	172	958

7.2.2 Brukapasitet

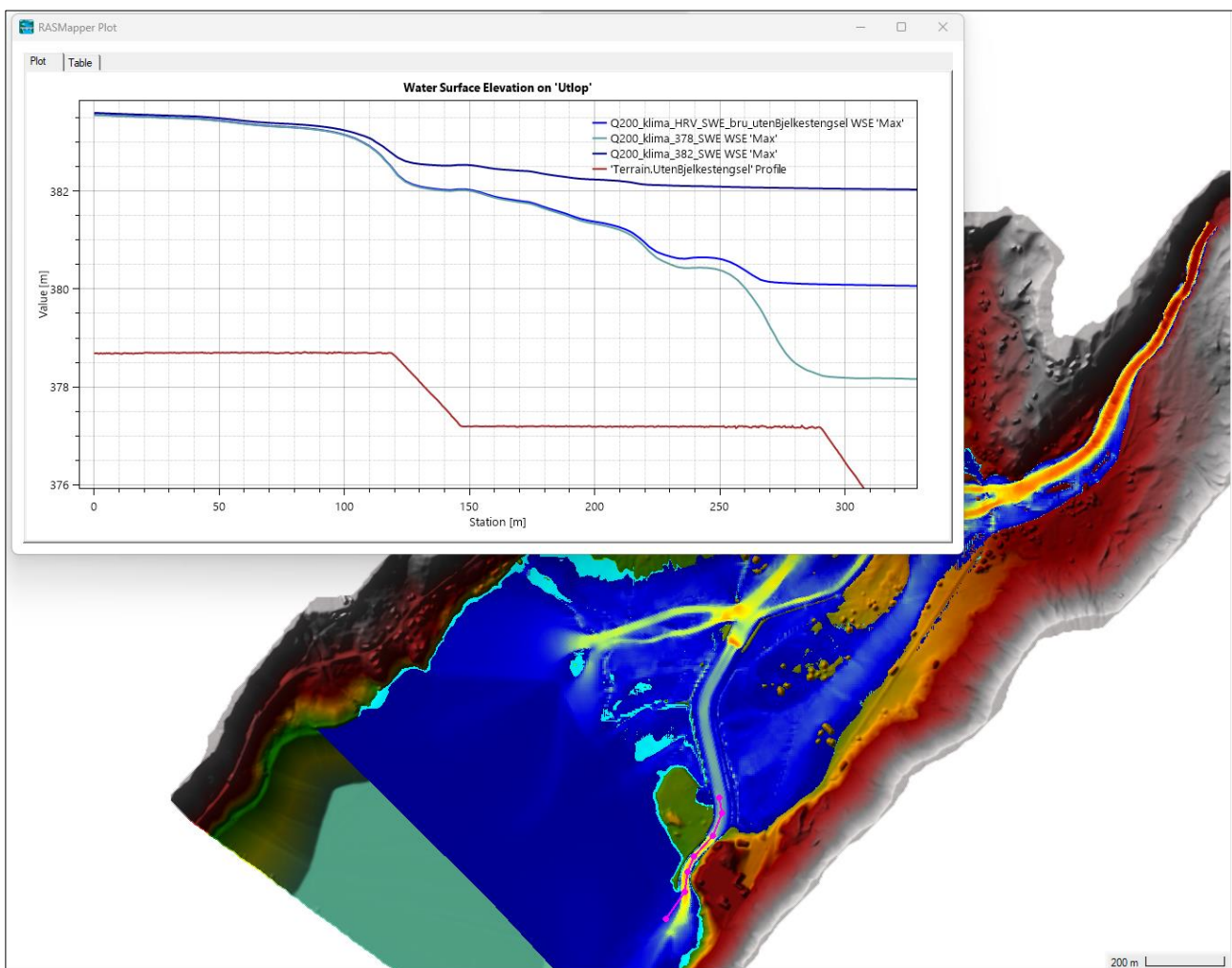
Hydraulisk simulering viser at vann renner ut ved bru over Odlandsvegen, ved vannføring større enn 200-årsflom inkl. klimapåslag. Alle bruene vil være sårbare for tilstopping og terrengheving pga. massetransport i vassdraget.

7.2.3 Friksjonsforhold

Det er kontrollert sensitivitet med hensyn på Mannings tall i den hydrauliske modellen, der en økning i Mannings tall fra 0,05 - 0,06 i elveløpet gir et utslag på vannstanden med opp mot 20 cm.

7.2.4 Vannivå i Røldalsvatn

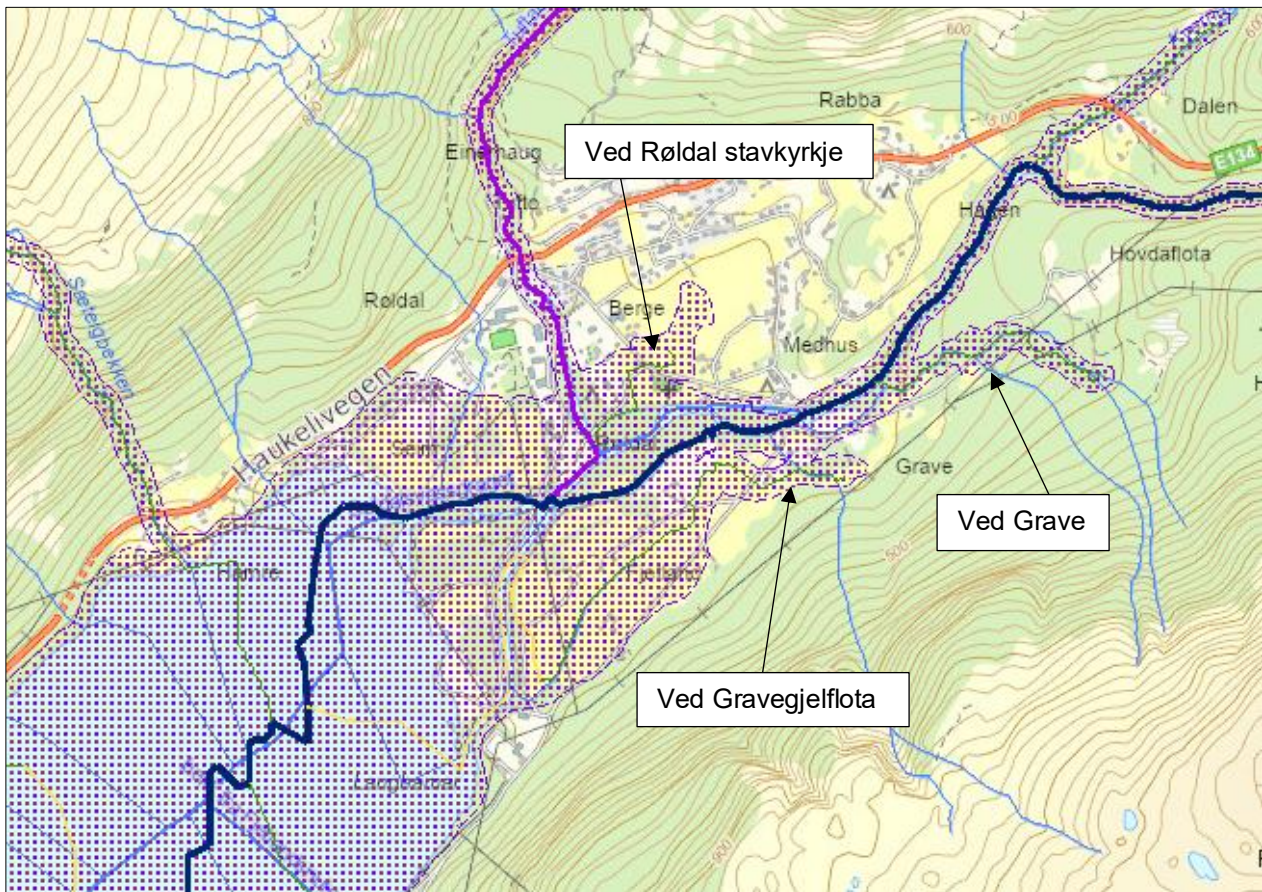
Alle simuleringer er gjort med vannstand i Røldalsvatnet på kote 380 moh. En sensitivitetsanalyse gjort med vannstand på henholdsvis kote 378 og 382, viser at vannstanden i utløpet ikke påvirker vannstanden lenger oppe i elven, se Figur 15.



Figur 15 Vannstand ved ulike vannstand i Røldalsvatnet.

8 Mindre aktsomhetssoner

I tillegg til Tufteelva og Storelva, er det tre mindre aktsomhetssoner innenfor sentrumsområdet, se Figur 16. Aktsomhetssonene har tilhørende nedbørfelt på ca. 1 km², og er små i forhold til nedbørfeltene til Tufteelva og Storelva.

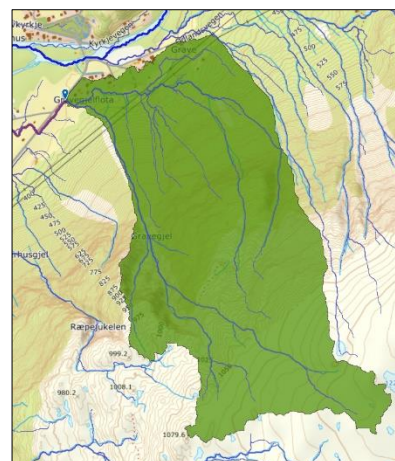
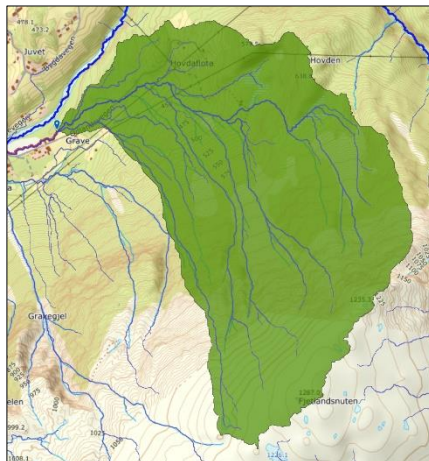


Figur 16 Mindre aktsomhetssoner ved Røldal sentrum.

Nedbørfeltene til de tre aktsomhetssonene er vist i Figur 17. Det er utført befaring, der vannhåndtering ved de tre aktsomhetssonene er kartlagt:

- Ved Røldal stavkyrkje er nedbørfeltet ca. 1 km². Feltet har ingen synlige bekkeløp. Det er en inntaksrist ved jordet like nord for parkeringsplassen ved Røldal stavkyrkje. Fra inntaket ledes overflatevann til Storelva i et 600 mm rør. Ved fullt/blokkert inntak vil overflatevann følge vegen ned mot elven.
- Ved Grave er nedbørfeltet ca. 1,25 km². Nedbørfeltet fordeler seg i flere mindre bekkeløp, og renner inn i Storelva ved Grave. Det er etablert kulverter gjennom Odlandsvegen.
- Ved Gravegjelflota er nedbørfeltet ca. 0,9 km². Det er etablert et 1000 mm overvannsrør gjennom bebyggelsen.

Avrenning fra de tre nedbørfeltene håndteres med lokal overvannshåndtering. Ved bygging i nærheten av bekkeløp må det sikres at overvannshåndtering og flomveier er tilstrekkelig dimensjonert.



Figur 17 Nedbørfelt ved Røldal stavkyrkje, Grave og Gravegjelflota.

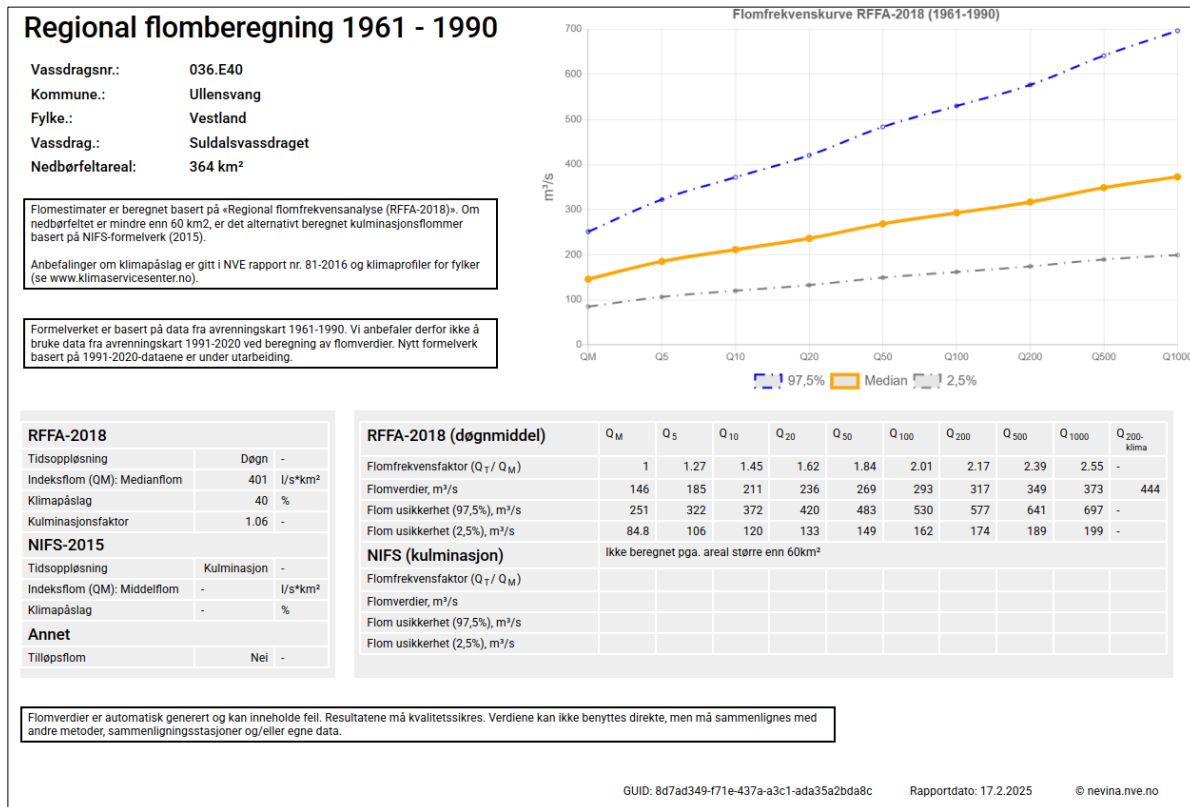
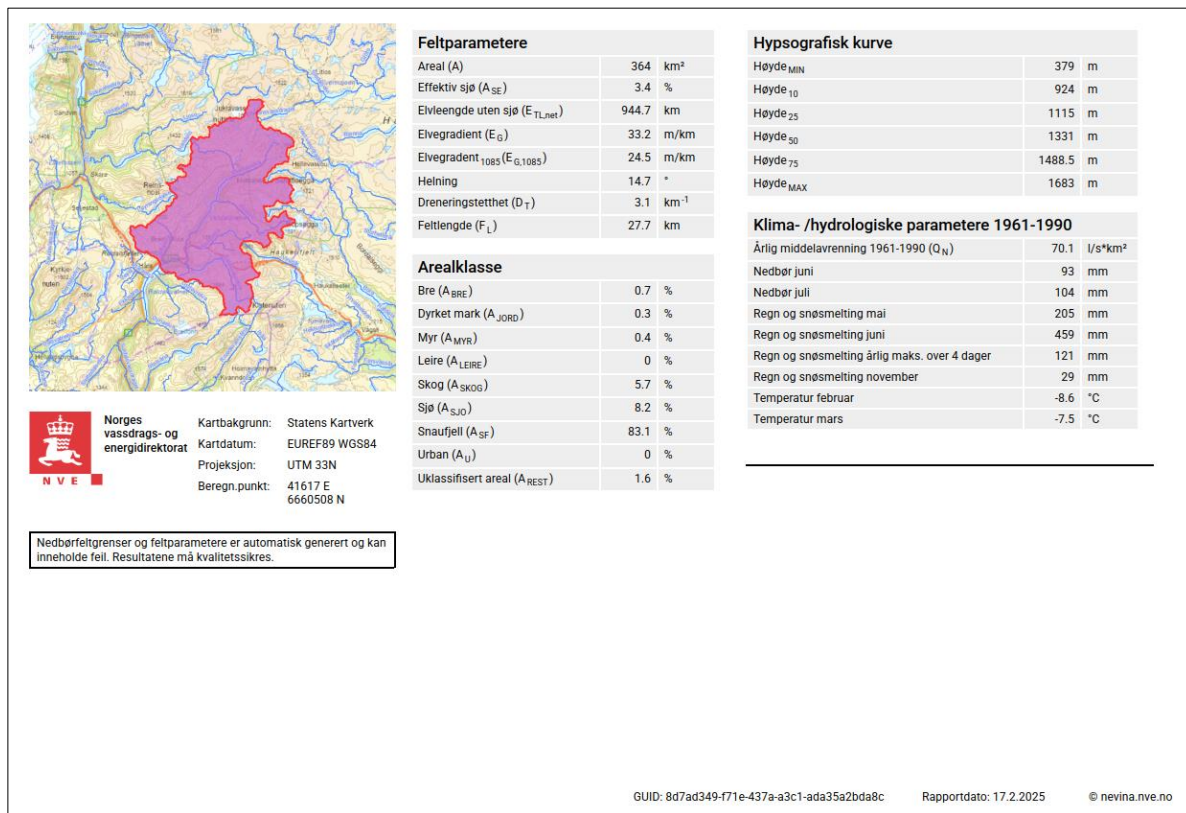
9 Referanser

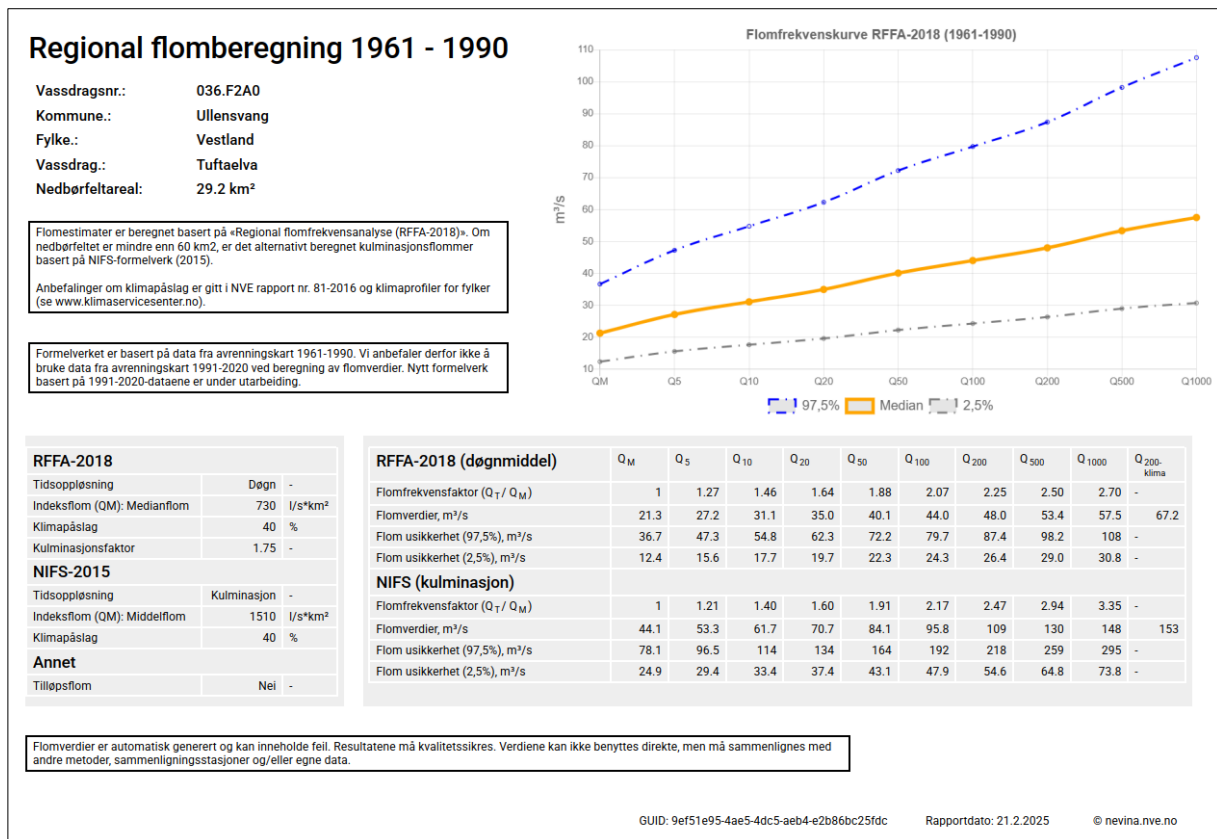
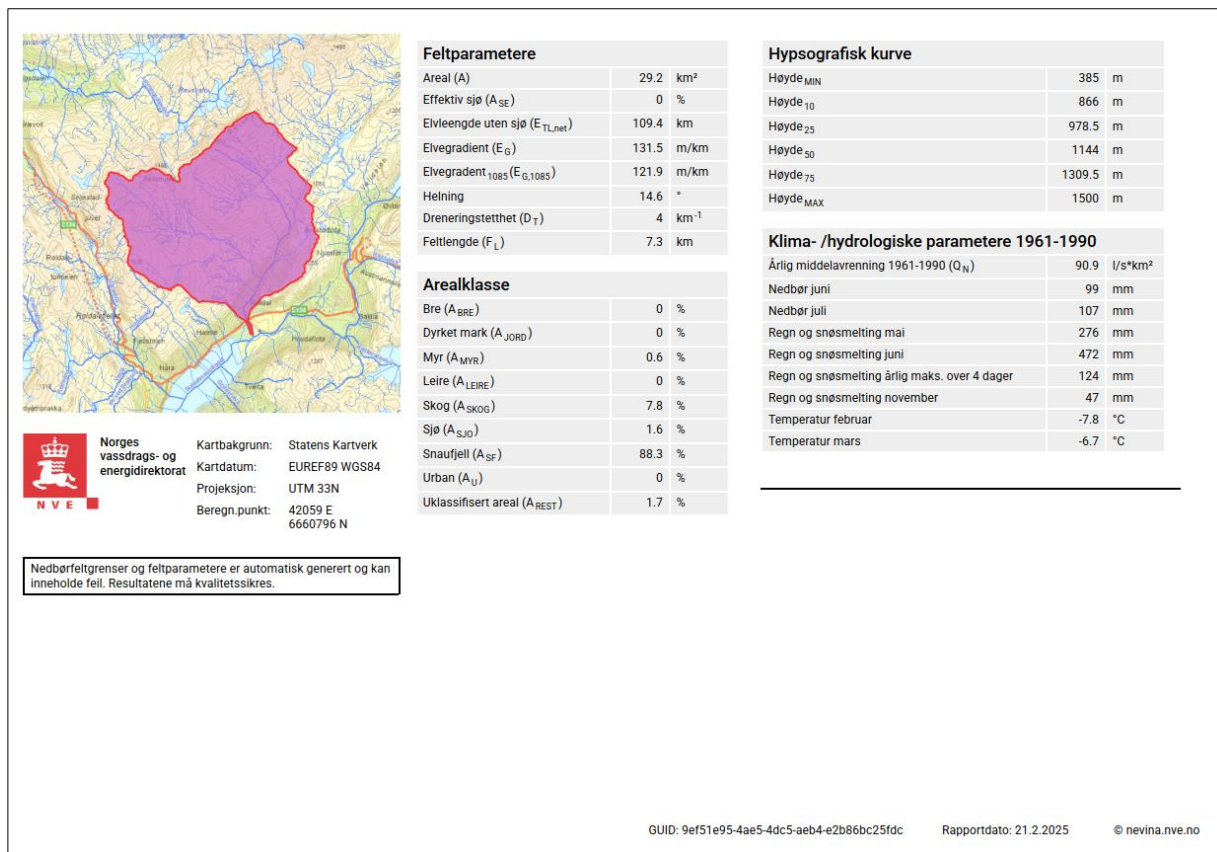
1. Norconsult (2017), *Flomberegning Røldalsvatnet* – 5171881-R01
2. Norconsult (2017), *Flomberegning Votnavatn, Kaldevatn og Valldalsvatn* – 5171881-R02
3. Norconsult (2017), *Flom- og vannlinjeberegninger i Suldalsvassdraget* – 5155900-D01
4. Norconsult (2019), *Flomberegning for Tufteelva kraftverk* – 5175775-Flom01-D02
5. Norconsult (2023), *Flomvurdering for ny Røldal Brannstasjon* – 52302755-D01
6. Norconsult (2023), *Regulert 10-årsflom Røldalsvatnet* – 5155900-J01
7. Norsk klimaservicesenter (2024), *Klimaprofil Hordaland*, sist oppdatert november 2024
8. NVE (2022), *Veileder for flomberegninger*, Nr. 1/2022
9. NVE (2022), *Sikkerhet mot flom*, Nr. 3/2022
10. Skred AS (2017), *Flomsonekartlegging av Tufteelva* – 16159-01-1
11. Skred AS (2019), *Tiltaksvurdering av mulige sikringstiltak* – 19182-01-1
12. Skred AS (2021), *21292 Ullensvang, Røldal – Flomsikringstiltak Tufteelva* - 21292-01-4

10 Vedlegg

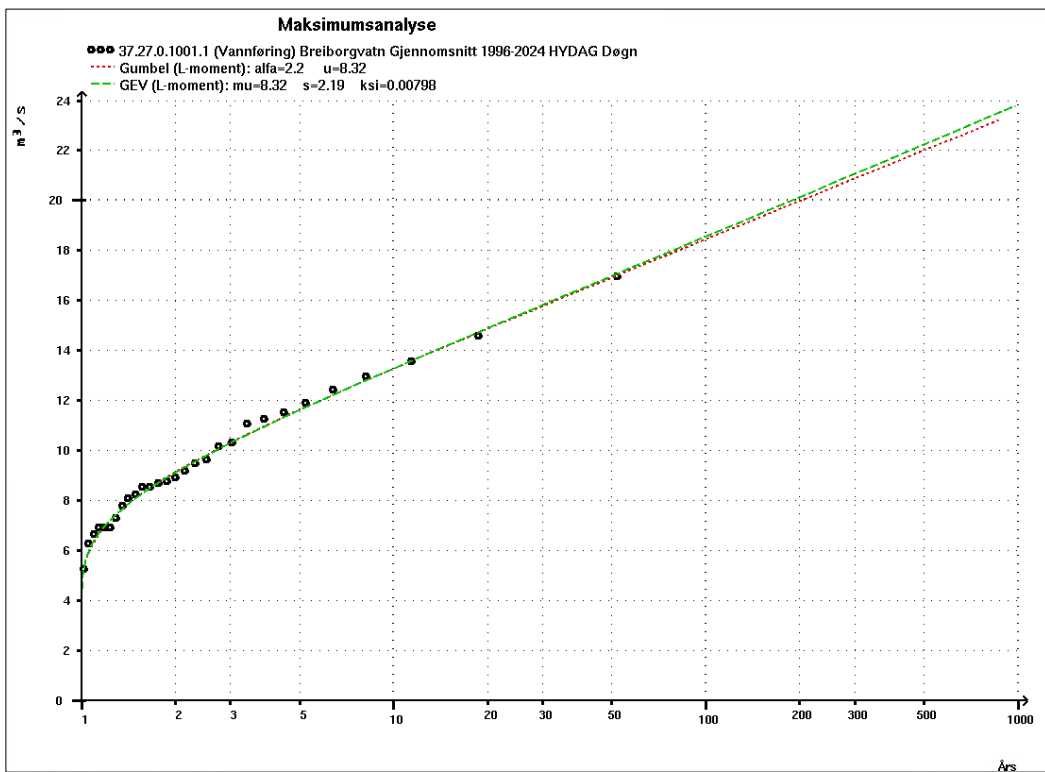
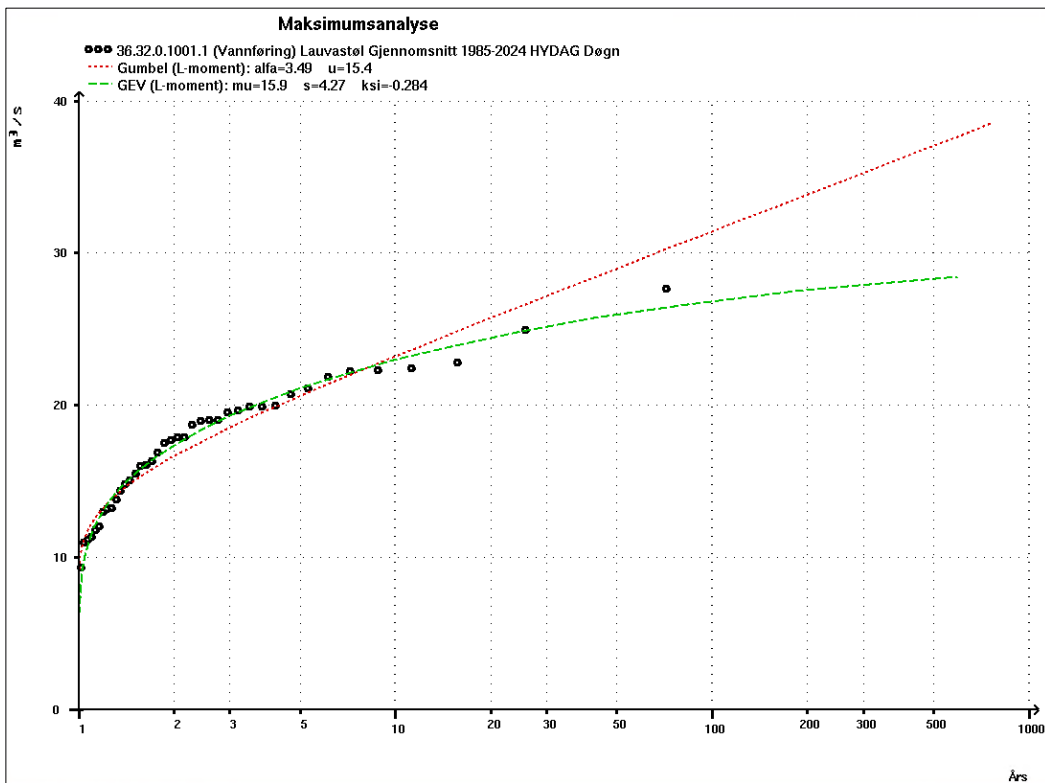
1. Nevina flomindeksrapport
2. Frekvensplott
3. Bilder av bruer og bekkelukkinger
4. Flomsonekart F1 – 20-årsflom inkl. klimapåslag
5. Flomsonekart F2 – 200-årsflom inkl. klimapåslag
6. Flomsonekart F3 – 1000-årsflom inkl. klimapåslag

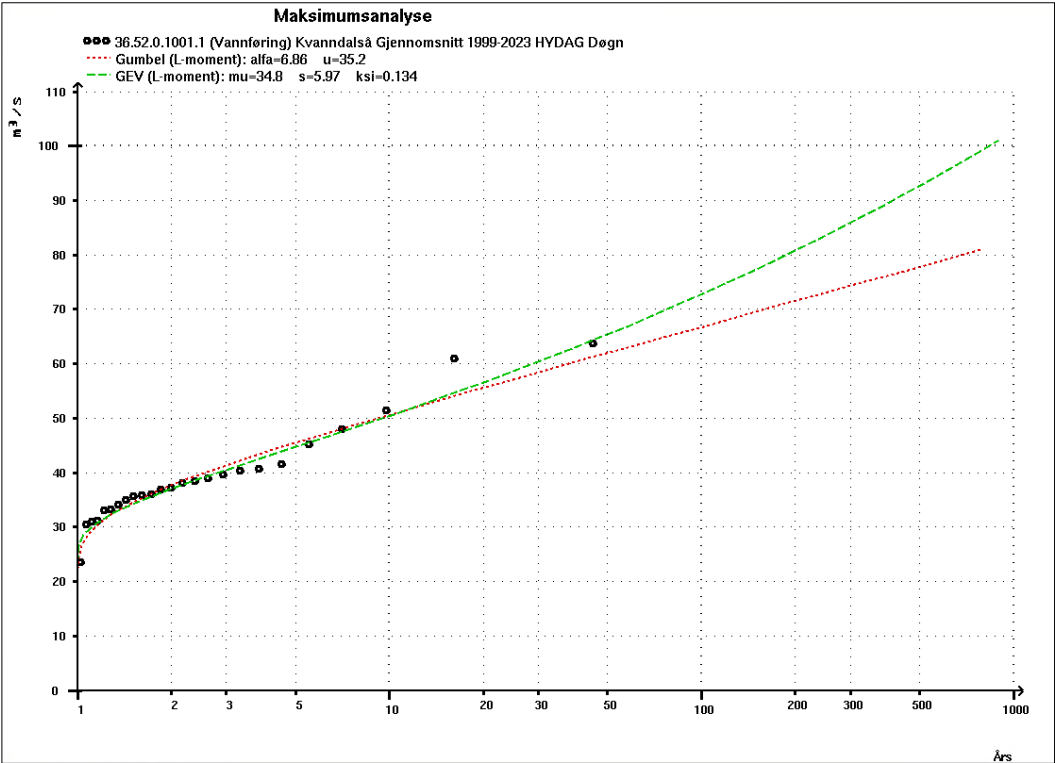
Vedlegg 1 – Nevina flomindeksrapport



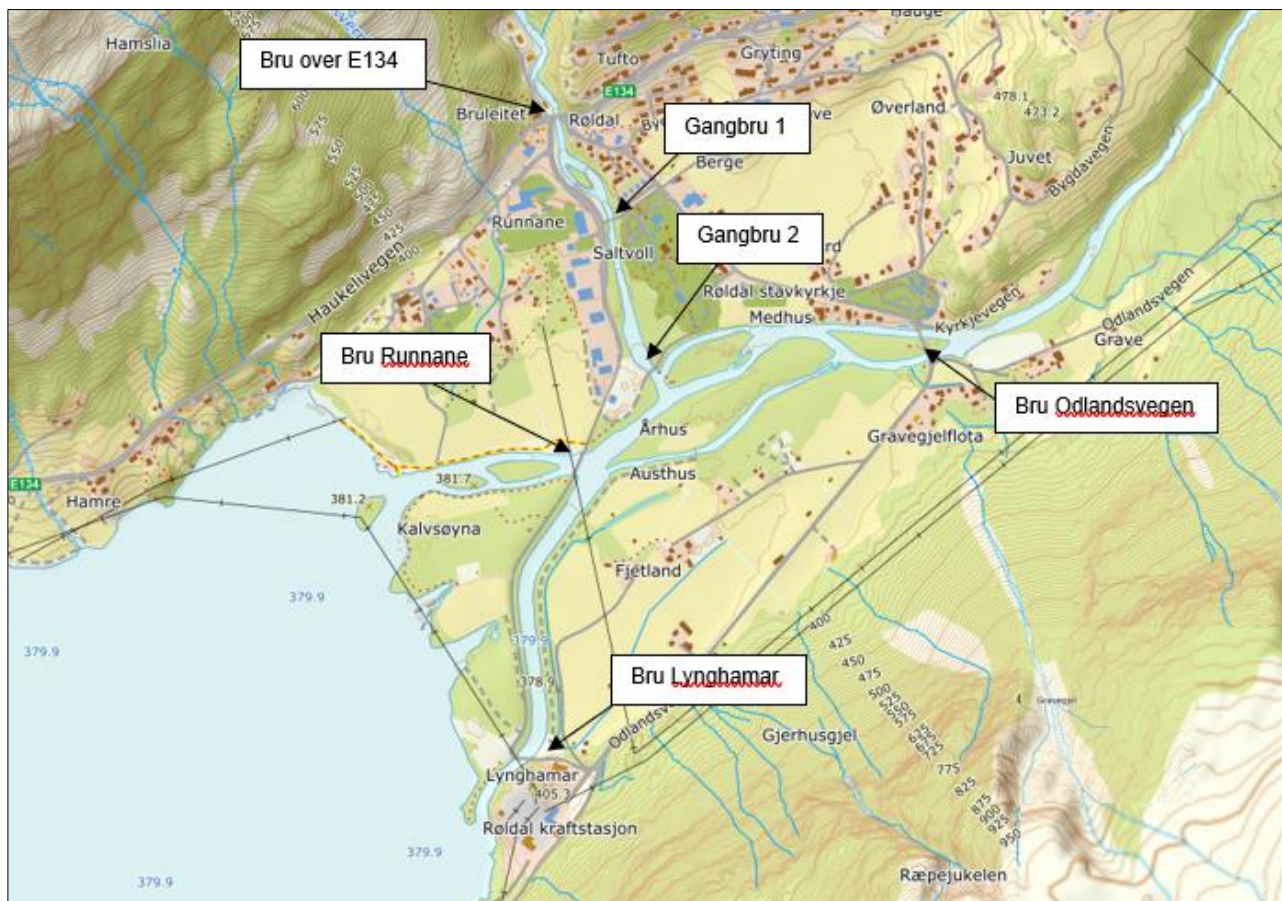


Vedlegg 2 – Frekvensplott





Alle bilder og innmålinger er tatt på befaring 02.04.2025. Befaring er utført av Jørund Soldal i Norconsult.



Bru over E134

Oppstrøms:

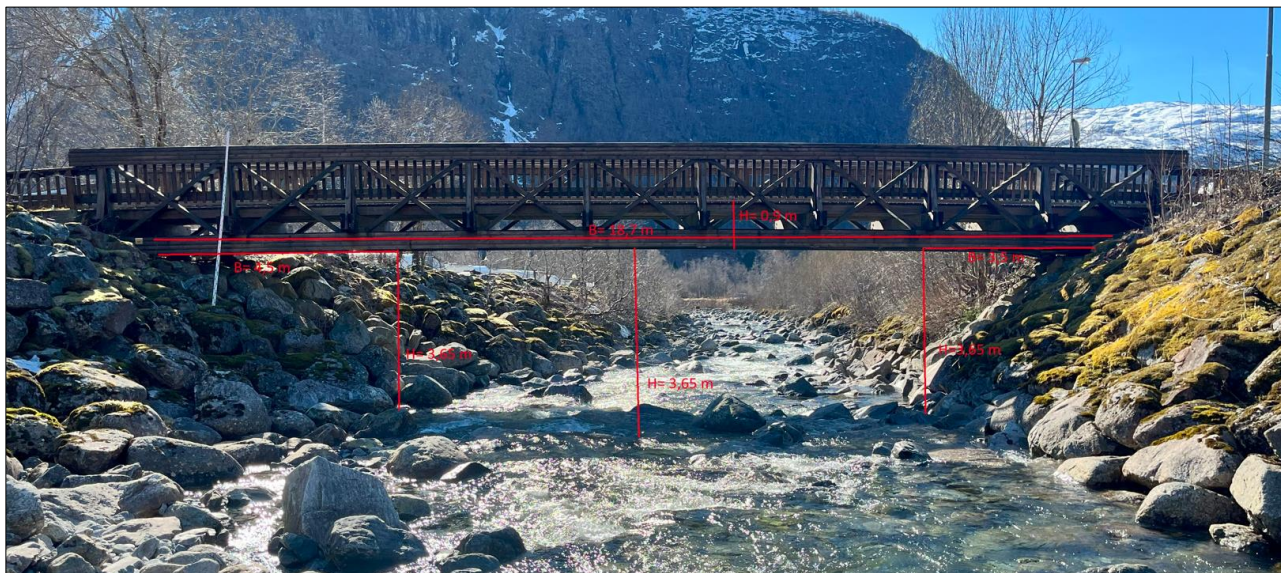


Nedstrøms:



Gangbru 1

Oppstrøms:



Nedstrøms:



Gangbru 2

Oppstrøms:



Nedstrøms:



Bru Odlandsvegen

Oppstrøms:





Nedstrøms:





Bru Runnane

Oppstrøms:



Nedstrøms:



Bru Lynghamar

Oppstrøms:



Nedstrøms:



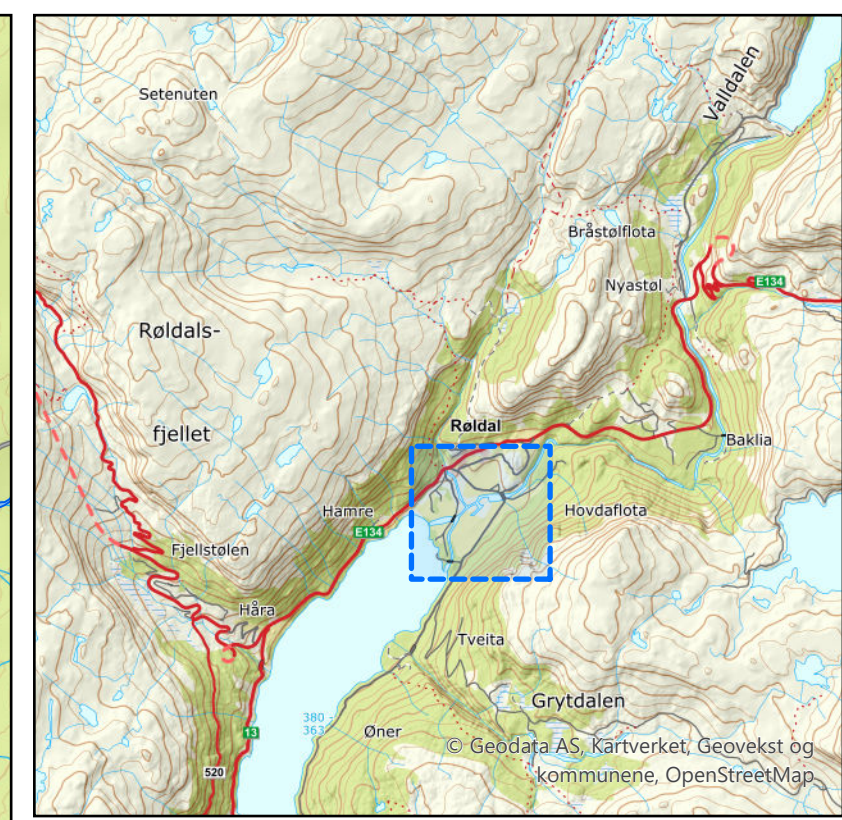
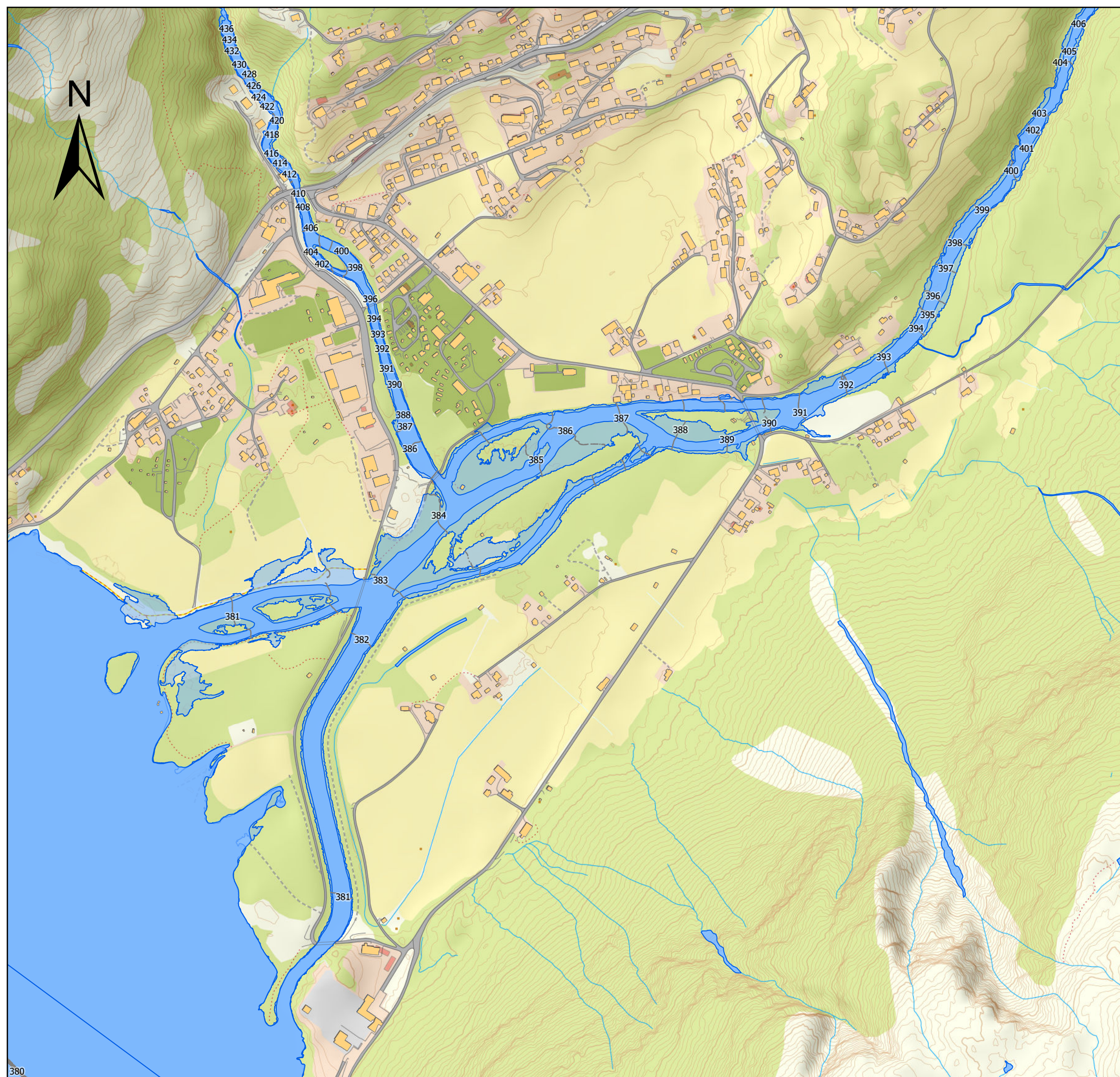
Bekkelukkinger

Ved Røldal stavkyrkje:



Ved Grave:





Tegnforklaring

- Vannstand 20-årsflom inkl. klimapåslag (moh.)
- Vann normalsituasjon
- Flomsone for F1-tiltak

0 50 100 200 300 400 500 Meter

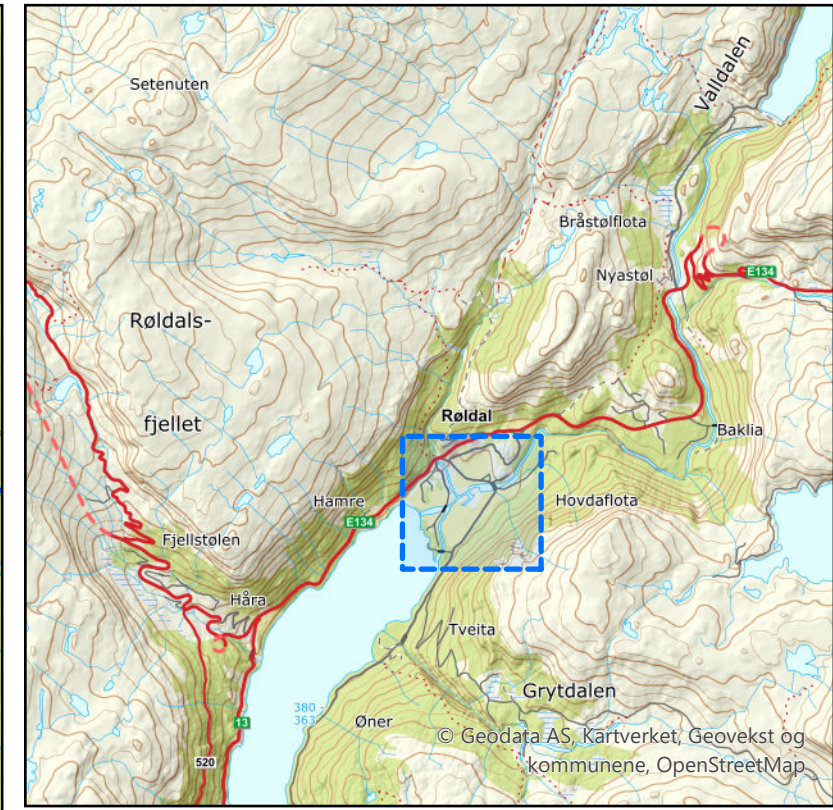
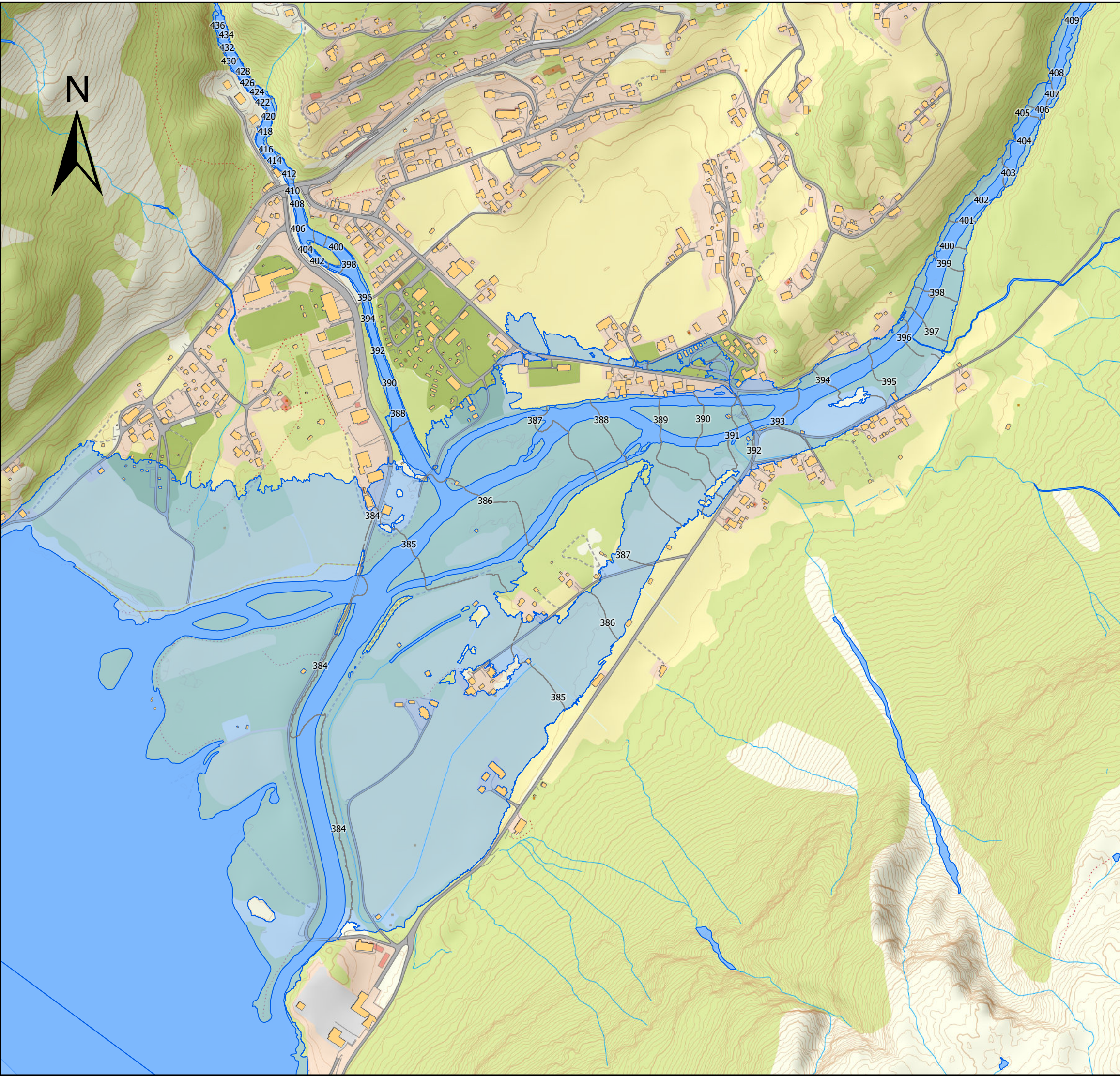
Prosjekteier:
Ullensvang kommune

Flomsonekart for Røldal sentrum i Ullensvang kommune

Gjentaksintervall: 20-årsflom inkl. klimapåslag
Vannføring i Tufteelva: 80 m³/s
Vannføring i Storelva: 128 m³/s
Vannstand i Røldalsvatn: kote 380 moh.

Det skal legges til et usikkerhetspåslag på minimum 0,3 meter ved tiltak i eller langs flomsonen.

Målestokk: 1:6 000	Koordinatsystem: UTM sone 32	Høydesystem: NN2000
Norconsult	Oppdragsnummer: 52500662	Dato: 05-05-2025



Tegnforklaring

- Vannstand 200-årsflom inkl. klimapåslag (moh.)
- Vann normalsituasjon
- Flomsone for F2-tiltak

0 50 100 200 300 400 500 Meter

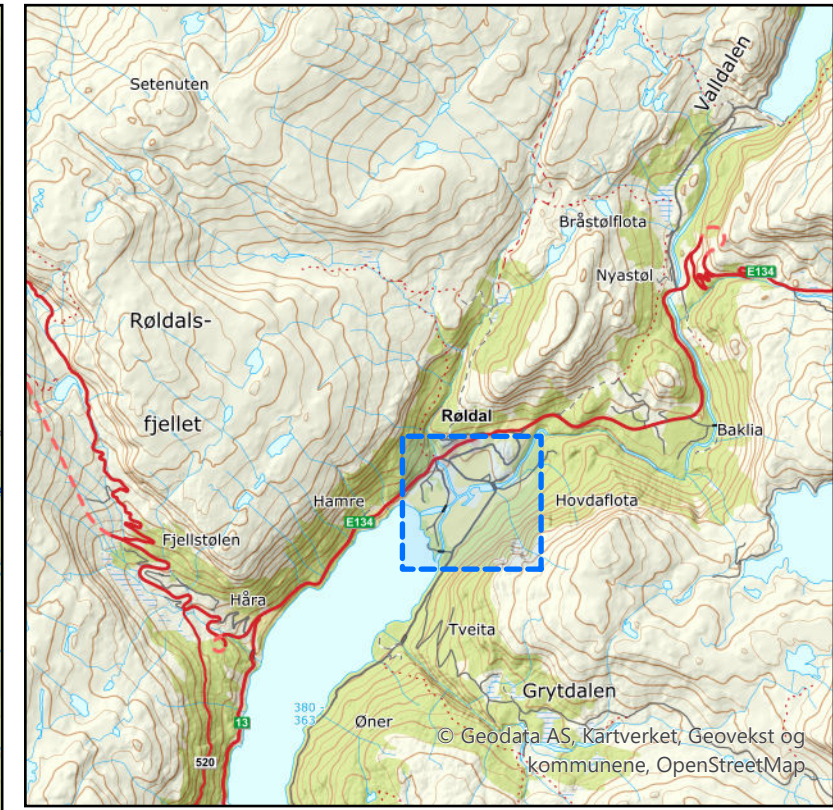
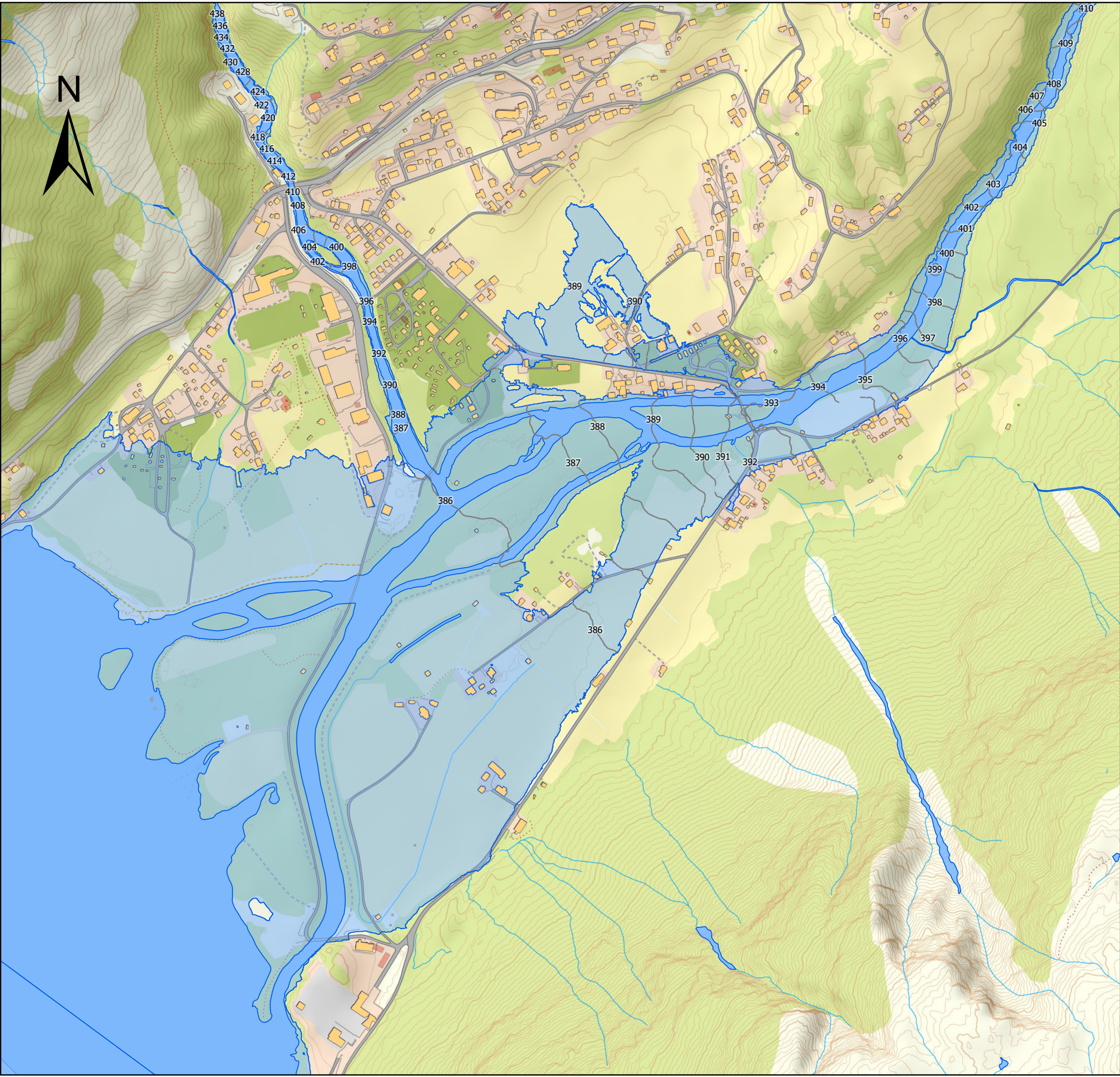
Prosjekteier:
Ullensvang kommune

Flomsonekart for Røldal sentrum i Ullensvang kommune

Gjentaksintervall: 200-årsflom inkl. klimapåslag
Vannføring i Tufteelva: 106 m³/s
Vannføring i Storelva: 679 m³/s
Vannstand i Røldalsvatn: kote 384 moh.

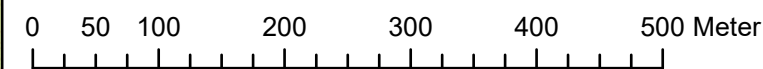
Det skal legges til et usikkerhetspåslag på minimum 0,3 meter ved tiltak i eller langs flomsonen.

Målestokk: 1:6 000	Koordinatsystem: UTM sone 32	Høydesystem: NN2000
Norconsult 	Oppdragsnummer: 52500662	Dato: 05-05-2025



Tegnforklaring

- Vannstand 1000-årsflom inkl. klimapåslag (moh.)
- Vann normalsituasjon
- Flomsone for F3-tiltak



Prosjekteier: Ullensvang kommune		
Flomsonekart for Røldal sentrum i Ullensvang kommune		
Gjentaksintervall: 1000-årsflom inkl. klimapåslag Vannføring i Tufteelva: 123 m³/s Vannføring i Storelva: 798 m³/s Vannstand i Røldalsvatn: kote 385,1 moh.		
Det skal legges til et usikkerhetspåslag på minimum 0,3 meter ved tiltak i eller langs flomsonen.		
Målestokk: 1:6 000	Koordinatsystem: UTM sone 32	Høydesystem: NN2000
Norconsult 	Oppdragsnummer: 52500662	Dato: 05-05-2025