



Flomfarevurdering av Verloelva i Utvik, Stryn kommune



Sunnfjord Geo Center

Prosjektinformasjon og status

Prosjektnr.:	Dokumentmal:	Dokumentnr.:	Dokumenttittel:	
2025-07-289B	FF-H30-M04-01	01R	Flomfarevurdering av Verloelva i Utvik, Stryn kommune	
Feltarbeid utført av:	Dato, feltarbeid:	HMS-risikovurdering:	Dato, risikovurdering:	Hending/avvik meldt:
Martin Solheim	28.08.2025	Risikogruppe 2	26.08.2025	Nei
Fagområde:	Dokumenttype:	Lokalitet:		
Hydrologi	Rapport	Utvik, Stryn kommune		
Revisjon:	Forfatter:	Revisjonslogg:	Internkontroll:	Dato, ferdigstilling:
0	Jenny Sjøstad Hagen	Internt kvalitetssikra notat klar til utsending	Even Vie	29.10.2025
Kontraktør:		Kontaktinformasjon:		
 Sunnfjord Geo Center		Sunnfjord Geo Center AS Stongfjordvegen 577 6984 Stongfjorden Tlf.: 577 31 900 E-post: post@sunnfjordgeocenter.no Organisasjonsnummer: 998 899 834 MVA		

Sammendrag

Sunnfjord Geo Center AS (SGC) har på oppdrag fra Bjørn Åge Berge utført en flomfarevurdering i henhold til byggt teknisk forskrift (TEK17) og Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) sine retningslinjer for flomfarevurdering i arealplaner. Flomfarevurderingen er utført i forbindelse med at det planlegges å fradele et bolighus fra gbnr. 157/6 nær Verloelva. Vurderingen er dermed gjort med hensyn til sikkerhetsklasse F2. Deler av planområdet ligger innenfor NVEs aktsomhetsområde for flom. I tråd med anbefalinger fra NVE og Norsk klimaservicesenter, er et klimapåslag på 40 % lagt til i beregningen av dimensjonerende flomstørrelse. En sammenlikning mellom estimatet av 200-årsflommen i Verloelva beregnet ved bruk av *Nasjonalt formelverk for flomberegninger i små felt og den rasjonelle metode* ble foretatt for å detektere usikkerhet knyttet til valg av metode. Det finnes ingen lokale målestasjoner for vannføring i nedbørfeltet og en sammenlikning ble derfor gjort med et målt sammenliknbart felt identifisert på www.seriekart.nve.no. Uten klimapåslag ble 200-årsflommen beregnet til 2.9 m³/s.

En todimensjonal (2D) hydraulisk modell av analyseområdet ble utarbeidet i GeoHECRAS basert på en terrengmodell fra laserdata med en punkttetthet på 10 pkt/ m². Lysåpningen til broene oppstrøms for planområdet ble målt opp manuelt uten GPS under befarings og er representert i modellen. En sensitivitetsanalyse ble utført ved å øke henholdsvis Manning-tallet og den dimensjonerende flomstørrelsen med 20 %. Resultatene fra sensitivitetsanalysen viser at modellen er relativt robust, da økningen i vannstand i hovedsak er under 10 cm. Likevel illegges et sikkerhetspåslag på 60 % den dimensjonerende vannføringen, ettersom modellen ikke er kalibrert mot en målt vannlinje og det regjerer usikkerhet rundt nøyaktigheten til representasjonen av eksisterende broer og sikringer. Resultatene i denne rapporten representerer derfor et konservativt anslag.

Ifølge de hydrauliske beregningene foretatt i denne rapporten, ligger det undersøkte området i all hovedsak utenfor 200-årsflomsonen. Grunnet forsenkninger i terrenget vil noe flomvann kunne akkumuleres langs den definerte plangrensen, ved Fjordvegen, sør for bolighuset. Resultatene indikerer imidlertid at broen like nedstrøms for Fjordvegen (B2) ikke har kapasitet til å håndtere en 200-årsflom i Verloelva. Dette, samt kapasitetsoverskridelse av elveløpet i yttersvingen nedstrøms nevnte bro, fører til delvis oversvømte arealer på østlig og nordøstlig side av elven oppstrøms for planområdet. Trygg byggehøyde for nye tiltak i sikkerhetsklasse F2 er 53,1 moh. i det kartlagte området. Dette inkluderer et sikkerhetspåslag på 20 cm. Verloelva er en hydraulisk bratt elv som vil kunne få vekslende strømningsforhold med økende vannføring. Vannhastigheten i elveløpet varierer mellom 2 m/s og 4 m/s. Hastigheten ved oversvømte arealer på østlig og nordøstlig side av elven oppstrøms for planområdet er beregnet til 0.5 – 1.5 m/s.

Det er funnet tegn til erosjon i yttersvingen nedstrøms for broen ved Fjordvegen (B1) der elven har erodert et større område ved høyere vannføringer. De oversvømte arealene på østlig og nordøstlig side av elven vil kunne reduseres eller elimineres ved en eventuell kapasitetsøkning i elveløpet oppstrøms for broen B3. En kapasitetsøkning ved broen nedstrøms for Fjordvegen (B2), samt sikring av kritisk punkt mot veien i yttersvingen nedstrøms for denne, vil dog kunne påvirke flomforholdene lenger nedstrøms. Det gjøres oppmerksom på at en detaljert kapasitetsberegning av broen lengst nedstrøms i analyseområdet (B3) ikke er foretatt, og at en eventuell kapasitetsøkning i elveløpet oppstrøms for denne vil kunne påvirke flomforholdene ved planområdet. Imidlertid presiseres det at tiltaket for planområdet (fradeling av tomt) ikke påvirker eller påvirkes av flomforholdene under nåværende situasjon.



Innholdsfortegnelse

1. Innledning	5
1.1 Bakgrunn og formål	5
1.2 Krav til sikkerhet	5
2. Det undersøkte området	7
2.1 Områdebeskrivelse	7
2.2 Beskrivelse av vassdraget	8
2.3 Klima	10
2.4 Aktsomhetskart for flom	11
2.5 Eksisterende flomfarevurderinger	11
2.6 Stormflo	11
3. Beregning av flomstørrelser	13
3.1 Metode	13
3.1.1 Den rasjonelle metode	13
3.1.2 Nasjonalt formelverk for flomberegninger i små felt	14
3.1.3 Flomfrekvensanalyser fra sammenliknbare felt	16
3.2 Dimensjonerende flomstørrelse	17
3.3 Klassifisering av flomberegningen	17
3.4 Flomforløp	18
4. Hydraulisk modellering	21
4.1 Metode	21
4.2 Resultater	24
4.3 Sensitivitetsanalyse	26
4.4 Klassifisering av hydraulisk modell	27
5. Sikkerhetspåslag	29
6. Vurdering av erosjonsfare	31
7. Konklusjon	34
Referanser	35
8. Vedlegg	I
8.1 Vedlegg 1 – Faresonekart	I

1. Innledning

1.1 Bakgrunn og formål

Sunnfjord Geo Center AS har på oppdrag fra Bjørn Åge Berge utført en vurdering av flomfaren ved Verloelva i Utvik, Stryn kommune. Bakgrunnen for vurderingen er at det planlegges å fradele bolighus fra gbnr. 157/6 nær Verloelva. Deler av planområdet ligger innenfor NVEs aktsomhetsområde for flom. Vurderingen er utført i henhold til byggt teknisk forskrift (TEK17) samt NVE sine retningslinjer for utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak (veileder 3/2022) (NVE, 2022) og kartlegging av flomfare langs bekker (veileder 3/ 2015) (NVE, 2015).

1.2 Krav til sikkerhet

Byggt teknisk forskrift (TEK17) §7-1 sammenfatter generelle krav til sikkerhet mot naturpåkjenninger ved to ledd. Første ledd krever at «byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade og uvesentlig ulempe fra naturpåkjenninger», mens det i andre ledd kreves at «tiltak prosjekteres slik at byggverk, byggegrunn og tilstøtende terreng ikke utsettes for fare for skade eller vesentlig ulempe som følge av tiltaket». TEK17 §7-2 sammenfatter kravene til sikkerhet spesifikt mot flom for nybygg samt ombygginger og utbygginger av eksisterende byggverk, jf. temaveiledningen «Utbygging i fareområder» fra Direktoratet for byggkvalitet. TEK17 § 7-2 definerer tre sikkerhetsklasser for saktevoksende flom med ulike dimensjonerende flomstørrelser som skal legges til grunn for byggverk i flomutsatte områder der oversvømmelse ikke medfører fare for liv. Hvilken sikkerhetsklasse et byggverk tilhører, avhenger av byggets funksjon og det økonomiske og/ eller samfunnsmessige skadeomfanget oversvømmelser av bygget kan føre til ved flom. Byggverk skal plasseres slik at største nominelle flomsannsynlighet for den relevante sikkerhetsklassen ikke overskrides (se Tabell 1). Sikkerhetskravene oppnås ved å innføre tilstrekkelig risikoreducerende tiltak, eller ved å plassere byggverket utenfor området som oversvømmes med den gjeldende sannsynligheten. Byggverk der konsekvensen av flom er særlig stor må plasseres utenfor flomutsatt område. Dette gjelder blant annet byggverk som er viktig for regional og nasjonal beredskap og krisehåndtering samt byggverk som omfattes av storulykkeforskriften. Det er kommunens ansvar å sørge for at byggverk plasseres i henhold til sikkerhetsklassene F1 - F3.

Tabell 1: TEK17 §7-2 klassifiserer byggverk i tre sikkerhetsklasser som definerer akseptnivå for flom.

Sikkerhetsklasse	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet	Eksempler
F1	Liten	1/20	Lagerbygning med lite personopphold; garasje
F2	Middels	1/200	Bolig; skole; kontorbygg; industribygg
F3	Stor	1/1000	Sykehjem; brannstasjon, avfallsdeponi med forurensningsfare

Eksempler på byggverk som tilhører hver av sikkerhetsklassene er presentert i Tabell 1. I sikkerhetsklasse F1 inngår byggverk med lite personopphold og liten økonomisk og/eller

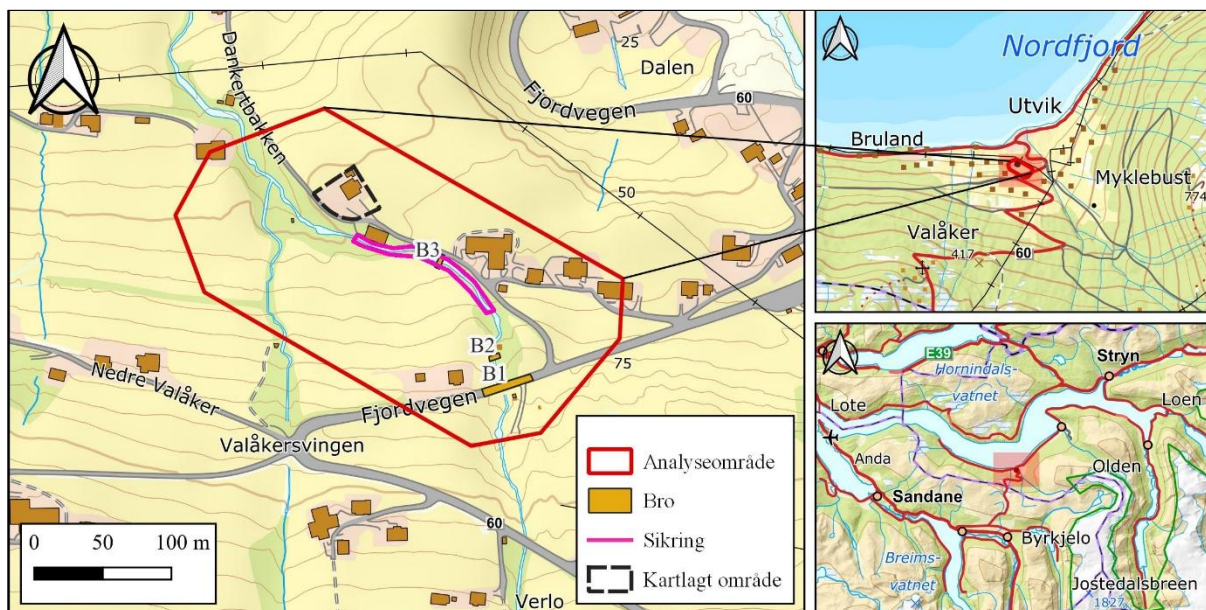
samfunnsmessig skade ved flom. De fleste byggverk som er beregnet for personopphold omfattes av sikkerhetsklasse F2. De økonomiske konsekvensene av flom kan være store, men kritiske samfunnsfunksjoner settes ikke ut av spill. I flomutsatte områder der oversvømmelser i sikkerhetsklasse F1-F2 medfører sterk strøm ($\geq 1,0$ m/s) og stor dybde (> 2 m), bør sikkerhetsklasse F3 legges til grunn for byggverket. Sikkerhetsklasse F3 omfatter byggverk for sårbare samfunnsfunksjoner, byggverk for særlig sårbare grupper av befolkningen, og byggverk der oversvømmelse kan medføre forurensningsfare. Byggverk som skal fungere i lokale beredskapssituasjoner, inngår også i sikkerhetsklasse F3. Kravene til sikkerhet mot flom gjelder også for stormflo.

Det er planlagt fradeling av eksisterende bolighus fra gården på gbnr. 157/6 i Stryn kommune. I henhold til TEK17, legges dermed sikkerhetsklasse F2 til grunn i flomfarevurderingen for bolighuset.

2. Det undersøkte området

2.1 Områdebeskrivelse

Det kartlagte området dekker bolighuset som planlegges å fradeles tomten, gbnr. 157/6 i Utvik, Stryn kommune. Analyseområdet er noe større av hensyn til hydrauliske forhold oppstrøms og nedstrøms som kan påvirke flomfaren i det kartlagte området. Blant annet eksisterer det tre broer oppstrøms for bolighuset samt en mindre sideelv som entrer Verloelva like nedstrøms for bolighuset. Figur 1 viser plassering og avgrensning av det kartlagte området som flomfarevurderingen gjelder for. Bolighuset som planlegges å fradeles tomten ligger på østlig side av elven, like nedstrøms for eksisterende sikringsmur ved redskapshuset.

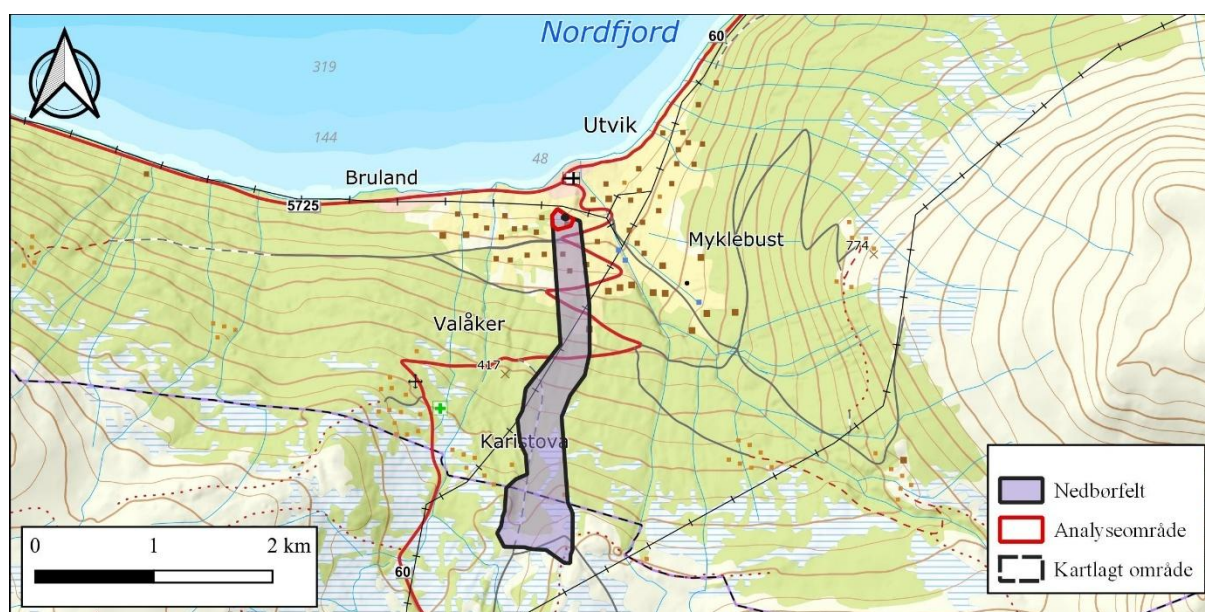


Figur 1: Plassering og avgrensning av det kartlagte området og analyseområdet i Utvik. Oversiktskartene på høyre side viser hvor i Stryn kommune det kartlagte området er plassert. Kartgrunnlag: Statens kartverk.

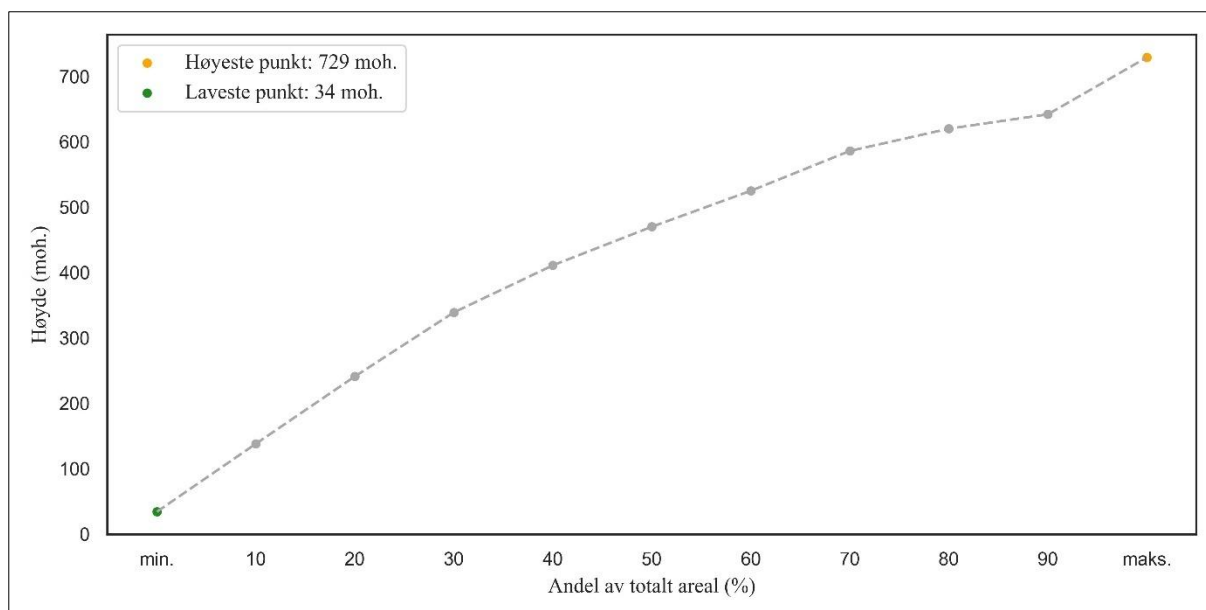
2.2 Beskrivelse av vassdraget

Verloelva drenerer et 1 km² nedbørfelt fra 729 moh. til samløpet med en mindre sideelv like nedstrøms for det kartlagte området (se Figur 2). Sideelvens feltareal er estimert til ca. 10 % av totalarealet. Normalavrenningen er 50,3 ls⁻¹km⁻² (0,05 m³/s). Helningen i nedbørfeltet er 13,7° og feltlengden er 3 km. Nedbørfeltet er relativt høytliggende; 50 % av feltarealet ligger over 470 moh. Den hypsometriske kurven for nedbørfeltet er presentert i Figur 3.

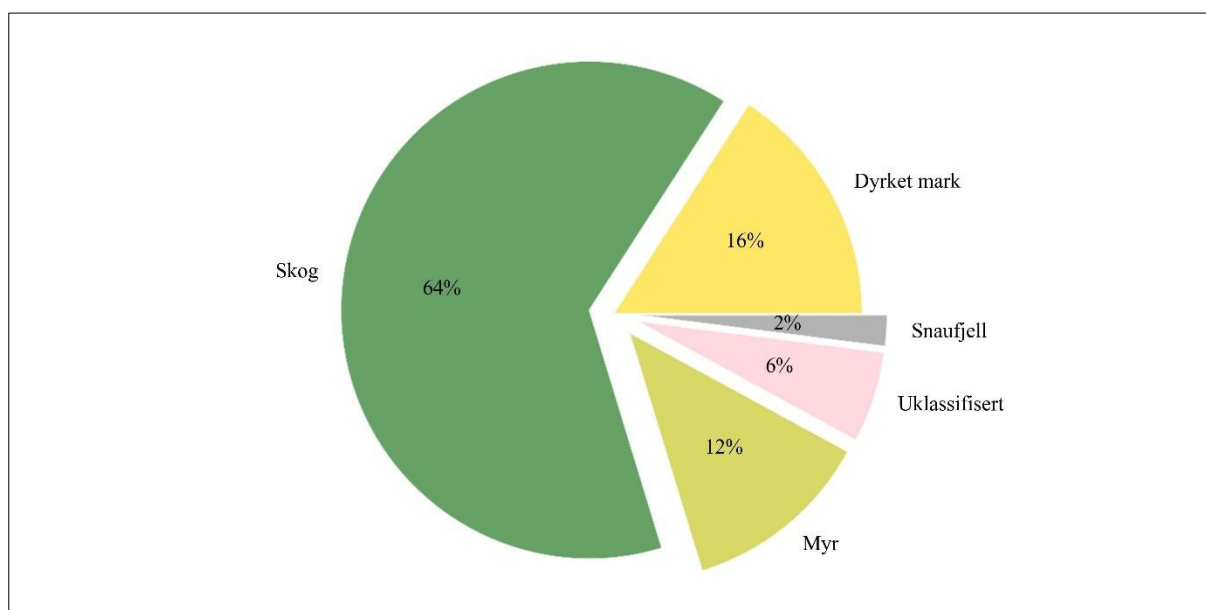
Arealfordelingen i nedbørfeltet er presentert i Figur 4. Snaufjell utgjør omtrent kun 2 % av feltarealet. Høy andel snaufjell bidrar til raskere avrenning og spissere flomforløp, mens skog har en flomdempende effekt. Skog dekker 63,6 % av nedbørfeltets areal, og utgjør dermed den mest dominante arealtypen i nedbørfeltet. Myr og dyrket mark utgjør henholdsvis 12,3 % og 15,8 % av feltarealet. Før metning har både myr og dyrket mark, i likhet med skog, en flomdempende effekt; etter metning vil myr og dyrket mark bidra til raskere flomforløp. Bre, sjø, leire og urbane områder utgjør samlet mindre enn 0,4 % av feltarealet hver, mens de resterende 5,9 % er uklassifisert. Den gjennomsnittlige vinternedbøren er 574 mm, mens den gjennomsnittlige sommernedbøren er 351 mm. Kystklimaet gir en gjennomsnittlig årstemperatur på 3,4 °C. Sett i sammenheng med kystklimaets innvirkning på vinternedbør og nedbørfeltets helningsgrad, kan feltet klassifiseres som raskt responderende der flomregimet domineres av regnflommer. Regnflommer oppstår som regel i høst- og vinterhalvåret. Ettersom nedbørfeltet er relativt høytliggende, vil snøsmelteflommer også kunne forekomme i vår- og sommerhalvåret. Nedbørfeltkarakteristikkene hentet fra NEVINA-databasen er oppsummert i Tabell 2.



Figur 2: Nedbørfeltet til Verloelva og plassering av det kartlagte området. Kartgrunnlag: Statens kartverk.



Figur 3: Hypsometrisk kurve for nedbørfeltet. Kurven viser den prosentvise andelen av nedbørfeltets areal som ligger under en gitt høyde.



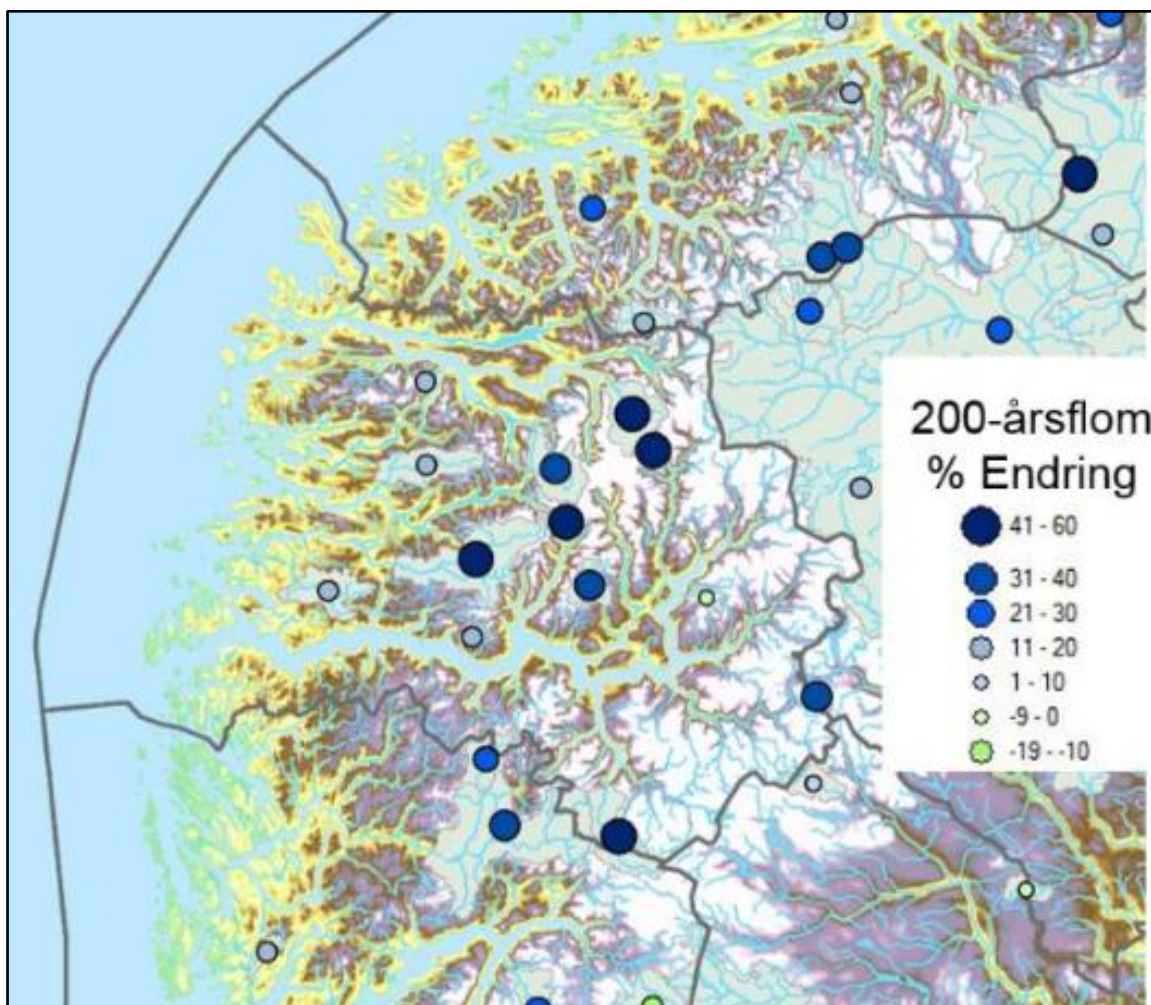
Figur 4: Arealfordeling for nedbørfeltet.

Tabell 2: Nedbørfeltkarakteristikker for Verloelva.

Areal (km ²)	Effektiv sjø (%)	Felt-lengde (km)	Høyde-forskjell (m)	Helning (°)	Normal-avrenning (l/s/ km ²)	Elvelengde (km)	Elvegradient (m/km)
1	0	3	695	13,7	50,3	2.7	213

2.3 Klima

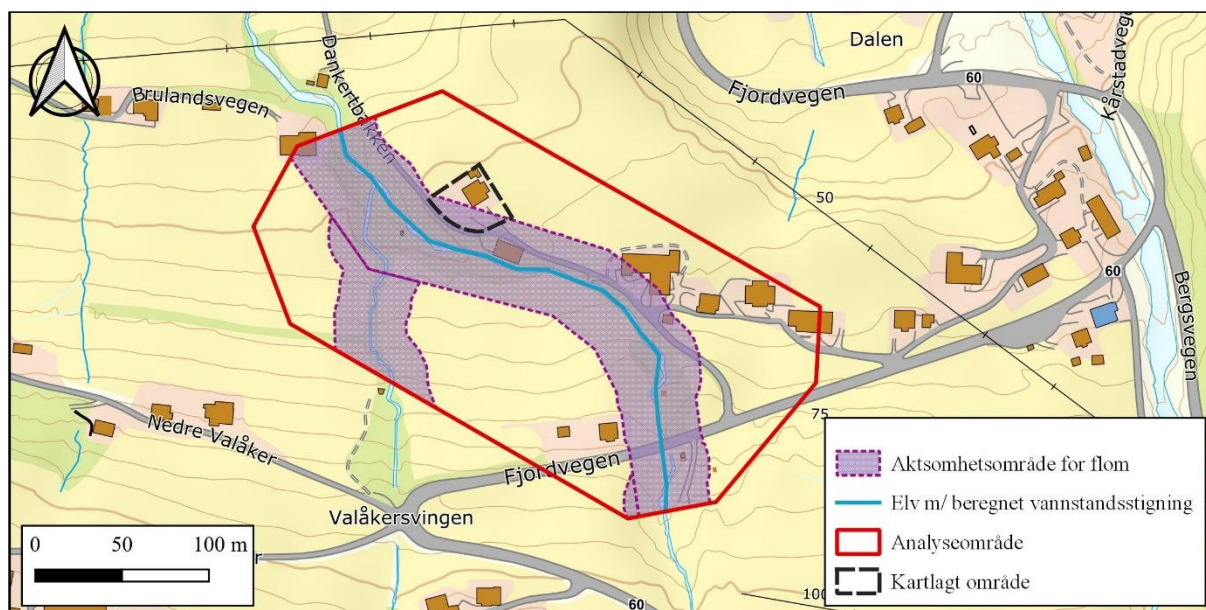
Rapporten *Klima i Norge 2100* (Hanssen-Bauer et al., 2015) sammenfatter resultater fra modellkjøringer med nedskalerte og biaskorrigerte data for Norge fra globale klimamodeller, presentert i den femte hovedrapporten fra FNs klimapanel. Hovedfunnet i rapporten er at det forventes økninger i både temperatur og nedbør samt hyppigere ekstremnedbør i Norge. Klimaendringer vil kunne endre både flomfrekvensen assosiert med ulike flomstørrelser og de flomgenererende prosessene i de ulike nedbørfeltene slik at også flomsesongen endres. Norsk klimasenterservice har på bakgrunn av denne rapporten utarbeidet en klimaprofil for Sogn og Fjordane (NKSS, 2021) som et kunnskapsgrunnlag og hjelpemiddel for klimatilpasning. Klimaprofilen beskriver hvilke klimaendringer som bør tas hensyn til på regionalt og lokalt nivå. Både økt stormflonivå og større og hyppigere regnflommer er forventet i Sogn og Fjordane. Figur 5 viser forventet prosentvis endring i 200-årsflommen ved utvalgte, representative vassdrag i regionen. Klimaprofilen for Sogn og Fjordane anbefaler et klimapåslag på 20 % eller 40 % på beregnede flomstørrelser, avhengig av nedbørfeltets plassering og flomsesong. For nedbørfelt som reagerer raskt på nedbør, anbefales et klimapåslag på 40 %. Videre anbefaler NVE et klimapåslag på 40 % for små nedbørfelt med mindre areal enn 10 km², uavhengig av nedbørfeltets karakteristikk og størrelse. Et klimapåslag på 40 % legges dermed til på de beregnede flomstørrelsene.



Figur 5: Prosentvis endring i 200-årsflom for nedbørfelt i Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane og Hordaland (NKSS, 2021).

2.4 Aktsomhetskart for flom

NVE har utarbeidet et nasjonalt aktsomhetskart for flom som viser potensielt flomutsatte områder. Kartet er tilgjengelig på atlas.nve.no. Aktsomhetsområdene er generert basert på empirisk datagrunnlag for norske vassdrag i kombinasjon med en digital terrengmodell. Metodikken som er benyttet genererer en 20 meter buffer rundt avgrensningen til elver, bekker og innsjøer; disse områdene kan ikke knyttes til spesifikke gjentakintervall, og vil som regel reduseres i omfang ved en mer detaljert kartlegging. Figur 6 viser at deler av det kartlagte området i denne rapporten ligger innenfor aktsomhetsområde for flom. Årsaken til dette er at det er estimert en maksimal vanstandsstigning i Verloelva på 1,8 – 2,2 m ved det kartlagte området.



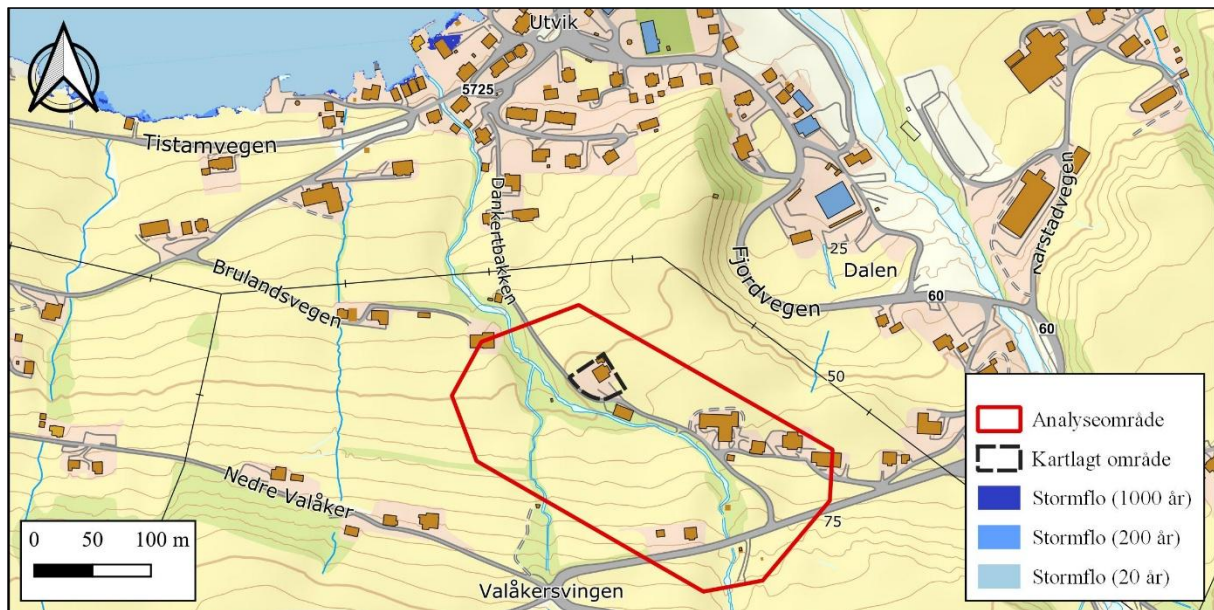
Figur 6: Aktsomhetskartet viser at deler av det kartlagte området ligger innenfor aktsomhetsområdet for flom. Datakilde: NVE Temakart og Statens kartverk.

2.5 Eksisterende flomfarevurderinger

Det eksisterer eldre flomfarevurderinger av Verloelva der flomstørrelser med 100 års gjentakintervall har blitt beregnet uten klimapåslag i forbindelse med erosjonssikring av en elvestrekning like oppstrøms for det kartlagte området i denne rapporten (NVE, 2002). Sunnfjord Geo Center kjenner ikke til nyere flomfarevurderinger av Verloelva der dagens forskrifter (TEK17) og NVEs gjeldende veiledere er tatt i bruk.

2.6 Stormflo

Tidligere har stormflo i Utvikfjorden med 20-, 200- og 1000-års gjentakintervall blitt kartlagt (se Figur 7). Både analyseområdet og det kartlagte området i denne rapporten ligger utenfor stormflonene. Stormflo vil kunne påvirke hydrauliske forhold i nedre deler av Verloelva, blant annet med oppstuvningseffekter, redusert kapasitet og oversvømmelse av lavtliggende områder. Ved 200-årsstormflo er vannstanden beregnet til 1,57 moh. Gitt analyseområdets avstand og høydeforskjell til utløpet, vurderes det at stormflo ikke vil påvirke flomforholdene ved det kartlagte området.



Figur 7: Tidligere kartlagt stormflosoner i Utvik med 20-, 200- og 1000-års gjentaksintervall (angitt i parentes).
Datakilde: NVE Temakart og Statens kartverk.

3. Beregning av flomstørrelser

3.1 Metode

Det finnes ingen målestasjoner for vannføring i nedbørfeltet til Verloelva. For beregning av flomstørrelser med gjentakintervall på opptil 200 år i nedbørfelt uten lokale vannføringsmålinger der feltarealet er mindre enn 60 km², anbefales det å bruke *Nasjonalt formelverk for flomberegninger i små felt* (RFFA-NIFS) (Glad et al., 2014). I tillegg er den rasjonelle metode egnet for beregning av dimensjonerende avrenning fra nedbørfelt hvis areal ikke overgår 5 km². Ulike øvre grenser for feltstørrelse finnes i litteraturen (se eksempelvis Lindholm (2008) og Tharan Fergus et al. (2010)) og det refereres her til den største øvre rapporterte verdien (SVV, 2014). Det anbefales at resultater fra minst to metoder sammenliknes. Ettersom nedbørfeltet til Verloelva er et lite nedbørfelt og flomstørrelser med gjentakintervall på 200 år vurderes, blir en sammenlikning mellom beregnede flomstørrelser ved bruk av henholdsvis i) den rasjonelle metode og ii) RFFA-NIFS presentert nedenfor. Separat flomberegning for sidebekken er ikke foretatt.

3.1.1 Den rasjonelle metode

Formelen i den rasjonelle metode beregner dimensjonerende avrenning Q med gjentakintervall T . Inngangsparameterne er nedbørfeltets areal (A_f), arealvektet avrenningsfaktor (C), og dimensjonerende nedbørintensitet I med gjentakintervall T antatt uniform over hele nedbørfeltet. Formelen er gitt ved

$$Q_T = C * I_T * A_f \quad (1)$$

Den arealvektede avrenningsfaktoren uttrykker den gjennomsnittlige andelen nedbør som renner bort som overflatevann og reflekterer dermed en middelerverdi av nedbørfeltets karakteristikk. Avrenningsfaktoren er gitt ved

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i A_i)}{A_f} \quad (2)$$

, der C_i er avrenningsfaktoren assosiert med arealtypen i for delareal A_i . Avrenningsfaktoren oppjusteres med en faktor på 1,3 for gjentakintervall på 200 år i henhold til N200 (Statens vegvesen, 2021). Både markfuktighet og nedbørens intensitet, varighet og romlige fordeling påvirker den faktiske avrenningen i nedbørfeltet, som i realiteten er ikke-lineær og heteroskedastisk. Grunnet feltets helningsgrad er de individuelle avrenningsfaktorene vurdert til å ligge i øvre del av anbefalte intervall knyttet til hver arealtype. Tabell 3 viser den arealvektede avrenningsfaktoren for nedbørfeltet.

Tabell 3: Ujustert avrenningsfaktor og tilsvarende delareal for relevante areal typer i nedbørfeltet til Verloelva. Den justerte avrenningsfaktoren for 200 års gjentakintervall er angitt i parentes.

Arealtype	Avrenningsfaktor	Areal (km ²)
<i>Skog</i>	0,50	0,64
<i>Dyrket mark</i>	0,35	0,16
<i>Myr</i>	0,30	0,12
<i>Snauffjell</i>	0,80	0,02
<i>Uklassifisert</i>	0,50	0,06
Sum	0,46 (0,59)	1,0

Den dimensjonerende nedbørintensiteten beregnes fra nedbørfeltets konsentrasjonstid (t_k) og varierer med gjentakingsintervallet. Konsentrasjonstiden (min) i naturlige nedbørfelt med feltareal $A_f < 5 \text{ km}^2$ og effektiv sjøprosent $A_{SE} < 1 \%$ kan estimeres ved hjelp av følgende empiriske formel (Berg et al., 1992):

$$t_k = 0.6 * L_f * \Delta H_f^{-0.5} + 30A_{SE} \quad (3)$$

, der L_f er nedbørfeltets lengde (m), ΔH_f er høydeforskjellen (m) og A_{SE} er prosentandel innsjø. Konsentrasjonstiden er beregnet til 1 time og 8 minutter. Dermed ble nedbørintensitet på 6,1 mm, 9,7 mm og 13,3 mm med varighet på 1 time for gjentakintervall på henholdsvis 2 år, 20 år og 200 år, hentet fra IVF-kurven for målestasjonen i Oppstryn (SN58700), 201 moh. Tabell 4 viser flomstørrelse beregnet ved bruk av den rasjonelle metode.

Tabell 4: Beregnede flomstørrelser ved 2-årsflom (Q_2), 20-årsflom (Q_{20}) og 200-årsflom (Q_{200}) i Verloelva ved bruk av den rasjonelle metode uten klimapåslag. Flomstørrelsene er oppgitt i kulminasjonsverdier.

Q_2		Q_{20}		Q_{200}	
m^3/s	$l/s/km^2$	m^3/s	$l/s/km^2$	m^3/s	$l/s/km^2$
0,77	766	1,23	1226	2,19	2192

3.1.2 Nasjonalt formelverk for flomberegninger i små felt

Nasjonalt formelverk for små felt (RFFA-NIFS) beregner middelflom og vannføringer med høyere returperioder direkte på kulminasjonsverdier for små, umålte felt i Norge basert på regresjonsanalyser. Inngangsparameterne er nedbørfeltets areal (A_f), normalavrenning (q_N) og effektiv sjøprosent (A_{SE}). Parameterintervallene som inngår i analysegrunnlaget for regresjonsligningene er $0,2 \text{ km}^2 \leq A_f \leq 53 \text{ km}^2$, $9 \text{ l/s} \times \text{km}^2 \leq q_N \leq 163 \text{ l/s} \times \text{km}^2$, og $0 \% \leq A_{SE} \leq 21 \%$. Bruk av formelverket utover disse intervallene øker usikkerheten i de beregnede flomstørrelsene. Ettersom analysegrunnlaget for formelverket er uregulerte felt, egner det seg følgelig mindre for bruk på regulerte og urbane nedbørfelt. Formelverket er implementert i NEVINA.

I formelverket er middelflommen (Q_M) gitt ved

$$Q_M = 18.97 \left(Q_N^{0.864} e^{-0.251\sqrt{A_{SE}}} \right) \quad (4)$$

, der Q_N er nedbørfeltets middelvannføring (m^3/s) i perioden 1961 – 1990 hentet fra NVE sitt avrenningskart, A_{SE} er den effektive sjøprosenten, og e er grunntallet $e \approx 2,718$.

Vekstkurven er gitt ved

$$\frac{Q_T}{Q_M} = 1 + 0.308 \left(q_N^{-0.137} * \frac{[\Gamma(1+k)\Gamma(1-k) - (T-1)^{-k}]}{k} \right) \quad (5)$$

, der q_N er normalavrenningen ($l/s \times km^2$) i perioden 1961 – 1990 hentet fra NVE sitt avrenningskart, Γ er gammafunksjonen, T er gjentakintervallet og k er en konstant gitt ved

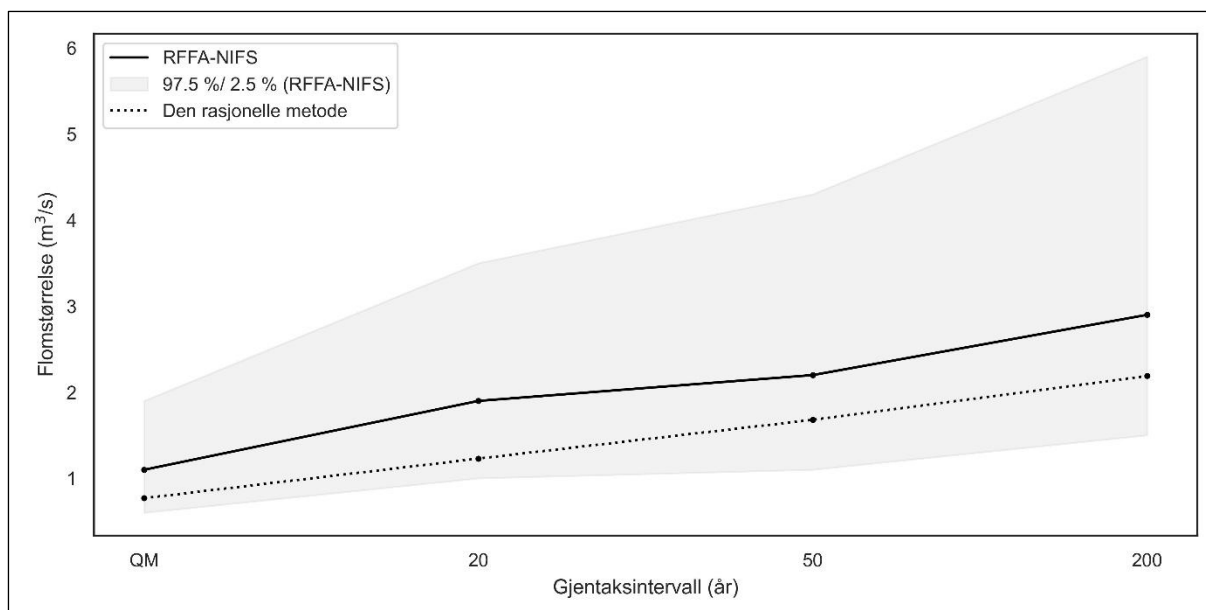
$$k = -1 + 2/[1 + e^{0.391 + 1.54 \left(\frac{A_{SE}}{100} \right)}] \quad (6)$$

Fra Ligning 5 fremgår det at høyere normalavrenning gir slakere vekstkurve, mens økt effektiv sjøprosent gir brattere vekstkurve. Tabell 5 viser flomstørrelser beregnet ved bruk av formelverket RFFA-NIFS.

Tabell 5: Beregnede flomstørrelser ved middelflom (Q_M), 20-årsflom (Q_{20}) og 200-årsflom (Q_{200}) i Verloelva ved bruk av nasjonalt formelverk for små felt uten klimapåslag. Flomstørrelsene er oppgitt i kulminasjonsverdier.

Q_M		Q_{20}		Q_{200}	
m^3/s	$l/s/ km^2$	m^3/s	$l/s/ km^2$	m^3/s	$l/s/ km^2$
1,1	1100	1,9	1900	2,9	2900

Figur 8 viser beregnede flomstørrelser ved bruk av den rasjonelle metode til sammenlikning med 2-årsflom, 20-årsflom og 200-årsflom beregnet ved hjelp av RFFA-NIFS. Det fremgår at flomstørrelsene beregnet med den RFFA-NIFS er noe større enn flomstørrelsene beregnet med den rasjonelle metode. Likevel havner flomstørrelsene beregnet med den rasjonelle metode innenfor de beregnede konfidensintervallene (97,5 % og 2,5 %) ved bruk av RFFA-NIFS.



Figur 8: Beregnede flomstørrelser uten klimapåslag ved bruk av den rasjonelle metode og nasjonalt formelverk for små felt (RFFA-NIFS). Flomstørrelsene er oppgitt i kulminasjonsverdier. Skraverte områder angir konfidensintervallene (97,5 % og 2,5 %).

3.1.3 Flomfrekvensanalyser fra sammenliknbare felt

For å finne sammenliknbare felt med målestasjoner for vannføring ble NVE Seriekart benyttet. Sammenliknbare felt ble filtrert på følgende kriterier i henhold til Verloelvas nedbørfeltkarakteristikker: feltareal ($< 5 \text{ km}^2$), andel skog ($> 50 \%$), effektiv sjøprosent ($< 0,2 \%$) og normalavrenning ($35 - 65 \text{ ls}^{-1}\text{km}^{-2}$). Basert på disse kriteriene, ble tre sammenliknbare felt identifisert: stasjon 159.4.0 (Koppskjærelv), stasjon 36.34.0 (Prestvika) og stasjon 29.7.0 (Gramstaddalen). Stasjon 159.4.0 er lokalisert 73 moh. ved Arhaugfjorden i Nordland, og var i drift mellom juni 1970 og september 1980. Stasjon 36.34.0 er en aktiv, konsesjonspålagt målestasjon plassert 66 moh. ved Suldalslågen i Rogaland. Stasjon 29.7.0 er en forvaltningsstasjon ved Gramstadbekken lokalisert 90 moh. i Rogaland. Selv om nedbørtype og mengde varierer langs kysten mellom Sør-Vestlandet, Vestlandet og Nord-Norge, er variasjonen ved de tre stasjonene relativt representativ for de klimatiske forholdene i Stryn. Tabell 6 viser beregnede flomstørrelser ved bruk av full lokal + regional flomfrekvensanalyse i Hydra II for de tre stasjonene.

Tabell 6: Beregnede flomstørrelser ved middelflom (Q_M), 20-årsflom (Q_{20}) og 200-årsflom (Q_{200}) for sammenliknbare felt ved bruk av full lokal + regional flomfrekvensanalyse i Hydra II uten klimapåslag. Flomstørrelsene er oppgitt i kulminasjonsverdier.

Målestasjon	A (km ²)	A _{skog} (%)	A _{se} (%)	q _N (l/s/km ²)	Q _M (m ³ /s)	Q ₂₀		Q ₂₀₀	
						m ³ /s	l/s/km ²	m ³ /s	l/s/km ²
159.4.0 <i>Koppskjærelv</i>	2,3	76	0,1	52,3	0,8	1,6	696	2,5	1087
36.34.0 <i>Prestvika</i>	2,7	56	0	41,2	2,1	3,4	1260	5,0	1852
29.7.0 <i>Gramstaddalen</i>	1,1	72	0	37,6	0,5	0,8	727	1,1	1000

3.2 Dimensjonerende flomstørrelse

Resultatene fra flomberegningene for Verloelva og de sammenliknbare feltene viser at RFFA-NIFS gir det høyeste estimatet av 200-årsflom uten klimapåslag ved det kartlagte området. Dette estimatet tilsvarer tidligere beregnet vannføring ved 100-årsflom uten klimapåslag ved det kartlagte området (NVE, 2002). For 200-årsflom ligger erfaringstall på Vestlandet hovedsakelig mellom 700 l/s/km² og 4000 l/s/km², selv om større verdier opp mot 6000 l/s/km² også forekommer (NVE, 2025). De største verdiene finnes stort sett i bratte vassdrag med lav effektiv sjøprosent. Med den rasjonelle metode anslås 200-årsflommen i Verloelva til ca. 2200 l/s/km², mens RFFA-NIFS resulterer i en spesifikk vannføring på 2900 l/s/km². Med hensyn til nedbørfeltets karakteristikk, tidligere beregnet 100-årsflom og plasseringen av det kartlagte området like nedstrøms for samløpet med en mindre sideelv, legges den høyeste beregningen av 200-årsflommen til grunn i denne rapporten. Tabell 7 viser dimensjonerende flomstørrelse i Verloelva ved planområdet. Verdiene er oppgitt som kulminasjonsvannføring. I utregningen av dimensjonerende flomstørrelse $Q_{T,dim}$ er klimafaktoren $KF = 1,4$ for 40 % klimapåslag (jf. beskrivelse i Kap. 2.3):

$$Q_{T,dim} = Q_T * KF \quad (7)$$

Tabell 7: Dimensjonerende flomstørrelse i Verloelva ved planområdet med et klimapåslag på 40 %.

Dimensjon	Flomstørrelse (m ³ /s)
200-årsflom	4,1

3.3 Klassifisering av flomberegningen

Det finnes ingen hydrologiske målestasjoner for vannføring i vassdraget til Verloelva, og de sammenliknbare feltene identifisert i NVE Seriekart ligger i stor avstand fra det aktuelle feltet. Det er heller ingen meteorologiske målestasjoner for nedbør i vassdraget, og IVF-kurven for målestasjonen i Oppstryn (SN58700) er klassifisert som noe usikker. Videre regnes timesnedbør som mer usikker enn døgnnedbør. Sammenlikning av metodene som er benyttet

for flomberegning i Verloelva viser relativt store forskjeller i estimatet av 200-årsflommen, da en forskjell på 708 l/s/km² utgjør en betydelig forskjell i mulig kapasitetsoverskridelse i mindre elve- og bekkeløp. Videre er tidligere estimert 100-årsflom (NVE, 2002) like stor eller større enn beregnede 200-årsflommer i denne rapporten. Det hydrologiske datagrunnlaget i området er dermed vurdert til å være begrenset, og flomberegningen er derfor satt i klasse 4 jf. Tabell 8.

Tabell 8: Klassifisering av flomberegning (NVE, 2022).

Klasse	Klassifiseringskriterier	Klassifisering (X)
1	Godt hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i vassdraget.	
2	Brukbart hydrologisk datagrunnlag, med observasjon i eller nært vassdraget.	
3	Brukbart hydrologisk datagrunnlag, men store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området.	
4	Begrenset hydrologisk datagrunnlag.	X
5	Begrenset hydrologisk datagrunnlag og store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området	

3.4 Flomforløp

Flomforløpet påvirkes av nedbørfeltkarakteristikkene; varighet og volum må derfor tilpasses konsentrasjonstiden og øvrige feltegenskaper som tilspisser (mettet mark og myr) eller demper (skog og innsjøer) flomtoppen. I henhold til NVEs anbefalinger, konstrueres flomforløpene med en oppløsning på 1 time (Glad et al., 2022). Et syntetisk flomforløp som hensyntar nedbørfeltets feltegenskaper ble konstruert i nedbør-avløpsmodellen PQRUT (Andersen et al., 1983). PQRUT er en konseptuell, lineær karmodell der avløpet antas proporsjonalt med vanninnholdet i karet (full metning). Modellen består av et kar med to utløp som representerer økende reaksjonstid med økende totalnedbør; en terskelhøyde definerer skillet mellom øvre og nedre utløp. Avrenning er da gitt ved:

$$Q_{T,dim} = K1(H - T) + K2(H) \quad (8)$$

, der H er initialverdi, K1 er øvre tømmekonstant, K2 er nedre tømmekonstant og T er terskelverdien som skiller øvre og nedre utløp. De tre modellparameterne beregnes ved hjelp av empiriske formler basert på utvalgte feltegenskaper (Filipova et al., 2016):

$$K1 = 0.031 - 0.0343(A_{SKOG}) - 1.35 \times 10^{-5}P - 0.0102 \ln(A_{SE}) + 1.83(K2) \quad (9)$$

$$K2 = -0.031 + 0.000521(H_{f,grad}) - 0.004184(A_{SE}) + 0.01026(D_{idx}) \quad (10)$$

$$T = 7.31 + 0.00636P + 1.591(K2^{-0.6}) - 0.5343 \ln(A_{SE}) - 0.09283(L_f) \quad (11)$$

, der P er gjennomsnittlig årlig nedbør, $H_{f,grad}$ er nedbørfeltets helning (m/km), L_f er feltlengden, A_{SE} er effektiv sjøprosent (%) og D_{idx} er dreiningstettheten (km^{-1}). De beregnede modellparameterne og nedbørfeltets beregnede konsentrasjonstid er vist i Tabell 9.

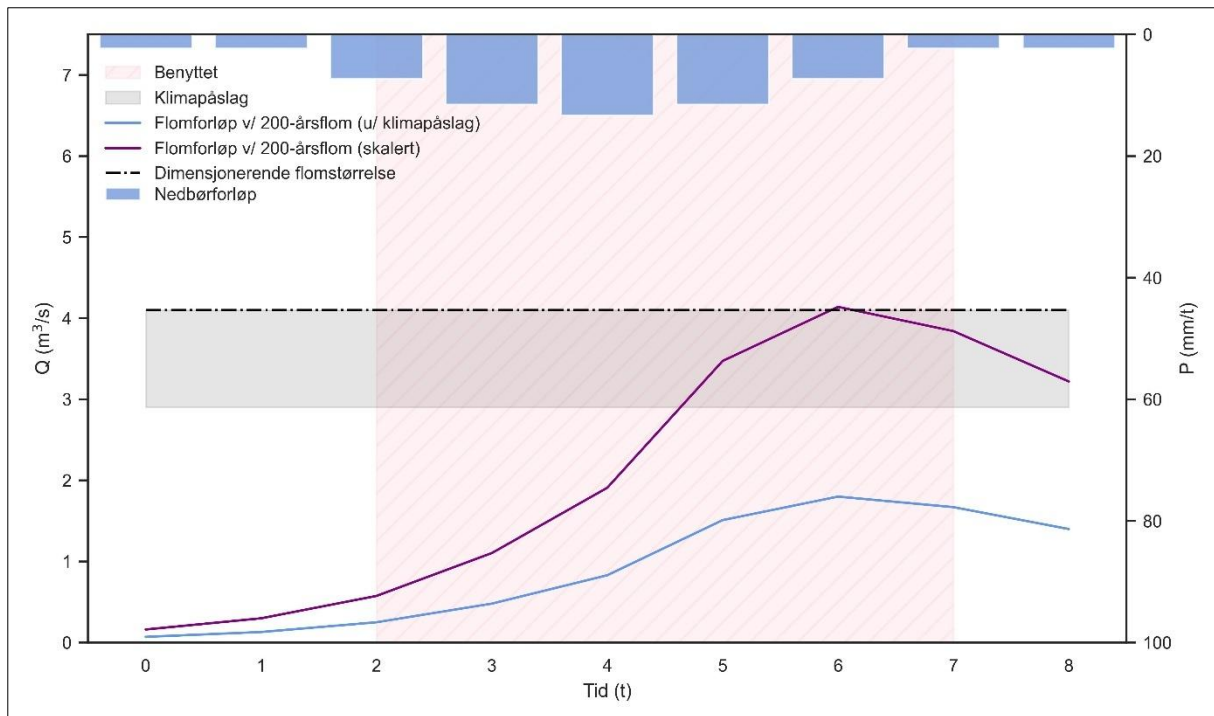
Tabell 9: Modellparameter benyttet i PQRUT.

K1 (time⁻¹)	K2 (time⁻¹)	T (mm)	t_k (t)
0,30	0,11	27,8	1

Ved konstruksjon av nedbørforløp anbefales det at dimensjonerende nedbørverdier med ulike varigheter for aktuell returperiode kombineres til et forløp, og at nedbørforløpet legges symmetrisk om den mest intense nedbørintensiteten hvis varigheten på nedbøren er vurdert som mindre eller lik to døgn (Glad et al., 2022). Dermed ble et nedbørforløp konstruert med dimensjonerende nedbørverdier fra IVF-kurven for målestasjonen i Oppstryn (SN58700) med gjentakintervall på 200 år (se Tabell 10). Dette gir et konservativt overslag. Det ble benyttet arealreduksjonsfaktorer i henhold til anbefaler i NVE (2025). De konstruerte nedbør- og flomforløpene er vist i Figur 9.

Tabell 10: Oversikt over nedbørintensitet med 200 års gjentakintervall fra IVF-kurven til målestasjonen i Oppstryn (SN58700) med varigheter opptil 1 t. Verdiene er sammenliknet med nedbørintensitet med 200 års gjentakintervall fra den regionale IVF-kurven for Vestlandet. Data er hentet fra Førland et al. (2015). Prosentvis andel av 24-timersnedbør for mindre varigheter er også angitt.

Verdtype	1 (min)	10 (min)	30 (min)	1 (t)
SN58700 (mm)	2,3	7,3	11,5	13,3
Regional IVF-kurve: Medianverdi (mm)	3,0	12,0	20,8	29,4
Regional IVF-kurve: Andel av døgnverdi (%)	2,3	9,4	16,3	23,0



Figur 9: Syntetisk nedbør- og flomforløp for Verloelva ved analyseområdet. Det skraverte området er benyttet for modellering.

4. Hydraulisk modellering

4.1 Metode

For å beregne vannstanden, vannhastigheten og arealet som kan oversvømmes i analyseområdet ved 200-årsflom i Verloelva, ble det hydrauliske modelleringsverktøyet GeoHECRAS benyttet. Programmet integrerer HEC-RAS 6.4.1 og AutoCad i et effektivisert brukergrensesnitt. HEC-RAS 6.4.1 er utviklet av det amerikanske forsvarsdepartementet. Programmet inkluderer funksjoner for endimensjonal (1D), todimensjonal (2D), og tredimensjonal (3D) hydraulisk modellering basert på forenklinger i henholdsvis en eller to dimensjoner (Saint Venant-ligninger) samt fullverdige Navier Stokes-ligninger. Sistnevnte brukes hovedsakelig i tilfeller der formålet med modelleringen krever informasjon om vertikal vannhastighet – for eksempel ved detaljprosjektering av broer. I tilfeller der vannet i hovedsak strømmer langs den definerte strømningslinjen i elven og på flomslettene, samt i tilfeller der elven passerer broer, kulverter og andre hydrauliske strukturer, anbefales det på generelt grunnlag å benytte 1D-modellering. I tilfeller der vannet strømmer nevneverdig i avvikende horisontal retning fra den definerte strømningslinjen i elven og på flomslettene – som, for eksempel, i forgreinede elver – anbefales det å benytte 2D-modellering. Beregningsintensiteten øker med økende dimensjon, og valg av modell avhenger av både datagrunnlaget, analyseområdets karakteristikk og modelleringens formål.

I dette prosjektet ble det utarbeidet en detaljert 2D-modell av analyseområdet. Dette begrunnes med at elveløpets karakteristikk tilsier at strømmingen vil avvike vesentlig i horisontal retning fra den definerte strømningslinjen, og en ren 1D-modell eller kombinert 1D/2D-modell vil ikke representere dette med tilstrekkelig nøyaktighet. En digital terrengmodell basert på tilgjengelige laserdata fra prosjektet «NDH Stryn 10pkt 2022» med en punktetthet på 10 pkt/m² ble benyttet for oppsettet av den hydrauliske modellen. Under befaring ble lysåpningen til broen lengst oppstrøms i analyseområdet ved Fjordvegen (B1) målt til 1,8 m høyde og 3,2 m bredde (se Figur 10). Videre ble lysåpningen til broen like nedstrøms for Fjordvegen (B2) målt til 0,8 høyde og 1,7 m bredde (se Figur 11). Lysåpningen til broen like oppstrøms for det eksisterende redskapshuset ble målt til 1,0 m høyde og 2,9 m bredde (se Figur 12). Terrengmodellen ble modifisert ved å senke elvebunnen ved broene i henhold til oppstrøms og nedstrøms terrengprofil og oppmålte lysåpninger. I tillegg ble terrenget hevet der deler av den eksisterende sikringsmuren rundt redskapshuset ikke fremkommer tilstrekkelig i den digitale terrengmodellen. Det gjøres oppmerksom på at kotehøyden til sikringsmuren ved redskapshuset ikke er oppmålt med GPS og at terrengmodifikasjonen kun reflekterer et omtrentlig mål på murens høyde og omfang basert på manuelle målinger gjort under befaringen. Den hydrauliske 2D-modellen ble satt opp med variabel cellestørrelse (*adaptive mesh*) og bruddlinjer ble benyttet for å definere både elveløpet og veier med mindre cellestørrelser (1 – 2 m). De tre broene ble lagt inn i 2D-modellen med VRT (*variable resolution terrain*). Det konstruerte flomforløpet ble brukt som øvre grensebetingelse. Som nedre grensebetingelse ble normal dybde benyttet (estimert med terrenghelning). Grunnet usikkerhet rundt den faktiske elvegradientens helning, ble et konservativt estimat benyttet og nedre grensebetingelse plassert utenfor selve analyseområdet for å redusere påvirkning på modellerte vanddybder og hastigheter ved det kartlagte området. Fullverdige Saint-Venant-likninger (SWE) ble benyttet i simuleringen. Ettersom Froude-tallet antas relativt høyt, spesielt i strekninger med særlig høy elvegradient, ble variabelt tidsskritt med følgende begrensninger i Courant-nummer (C) benyttet i simuleringen for å oppnå en numerisk stabil løsning:

$$C = \frac{v\Delta t}{\Delta x}, \quad 0,1 \leq C \leq 0,9 \quad (12)$$

, der v er vannets hastighet (m/s), t er tidsskritt (s) og x er lengde mellom celler (m). Elvens ruhet er angitt med Manning-tall. Friksjonstap langs elvestrekningen vil variere med bunnmaterialet samt tilstedeværelse av vegetasjon og større steiner. Verdiene som er benyttet er hentet fra litteraturen, der arealtypen har blitt assosiert med representative Manning-tall. Øvre verdier for Manning-tall er benyttet i de bratteste delene av elveløpet der blokker og steiner dominerer elvebunnen. Tabell 11 viser Manning-tallene som er brukt i den hydrauliske modellen. Modelloppsettet for 2D-modellen er vist i Figur 13.



Figur 10: Lysåpningen til broen B3 sett fra oppstrøms side.



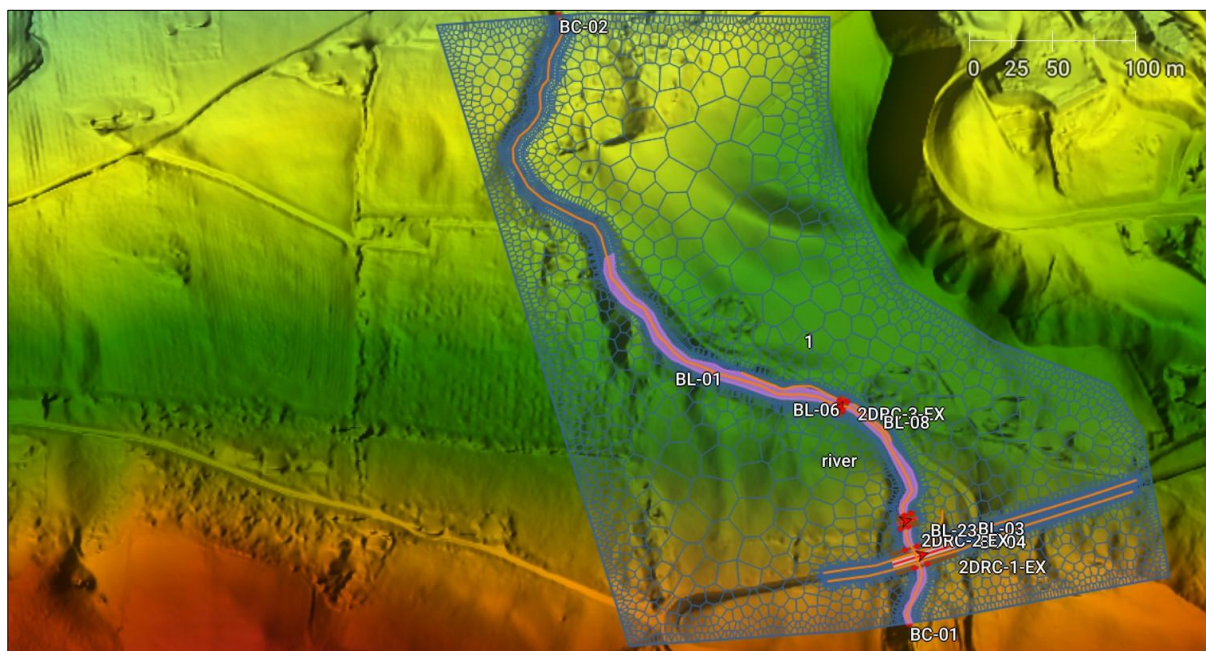
Figur 11: Lysåpningen til broen B2 sett fra oppstrøms side.



Figur 12: Lysåpningen til broen B1 sett fra oppstrøms side.

Tabell 11: Manning-tall benyttet i den hydrauliske modellen.

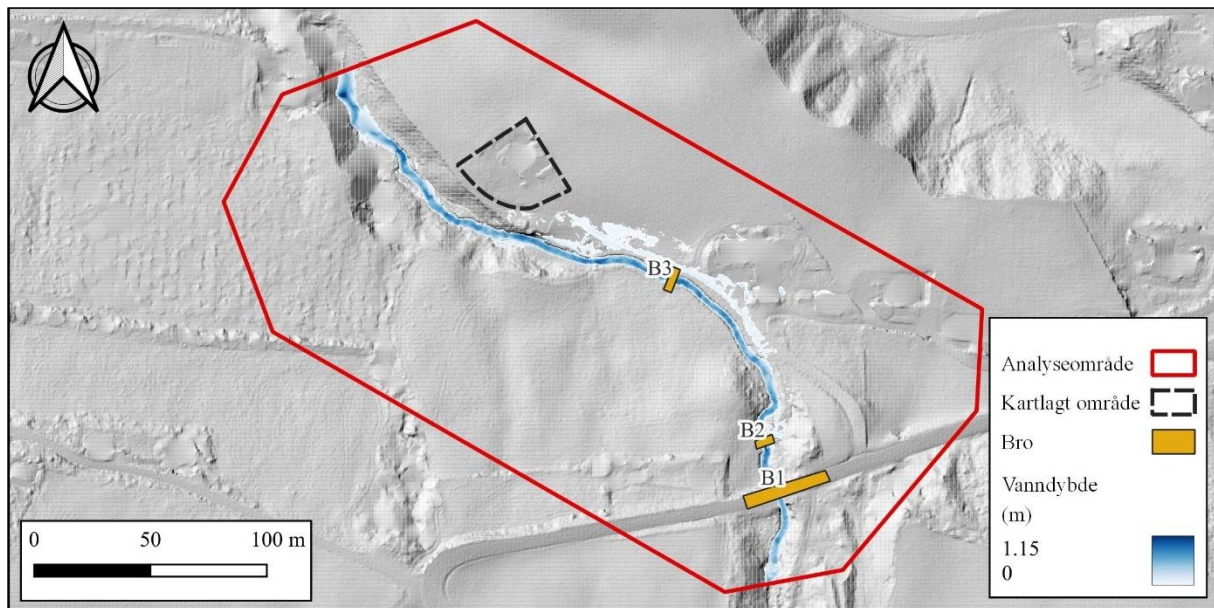
Overflate	Manning-tall (n)
Elveløp	0,030 – 0,100
Elvebanker v/ broer	0,050
Elvesletter	0,035



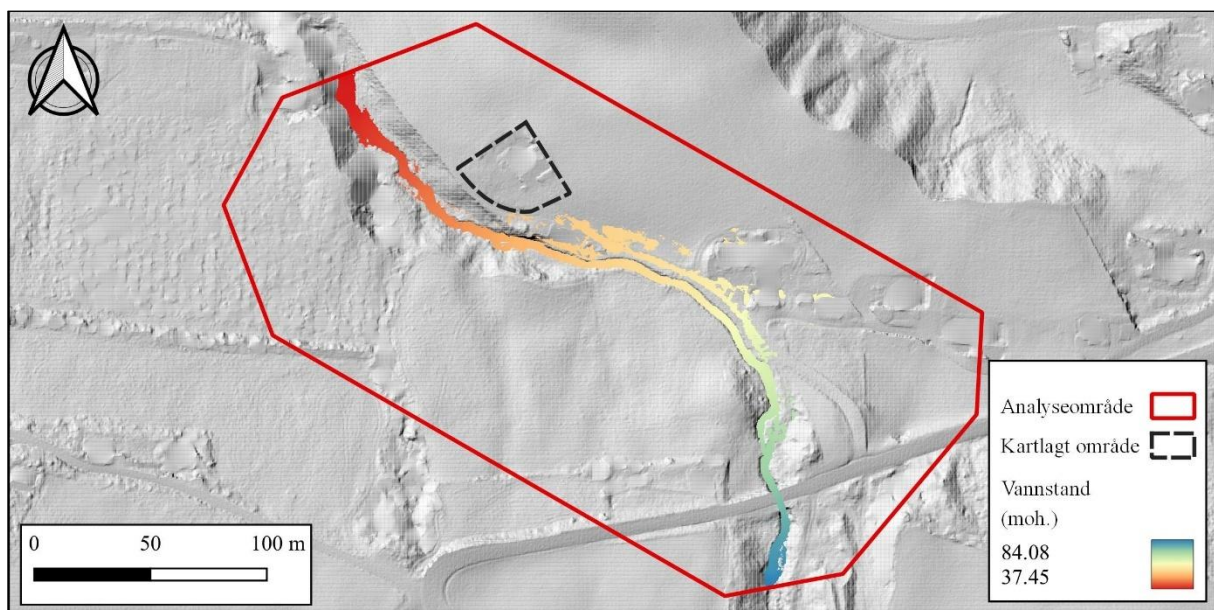
Figur 13: Hydraulisk 2D-modell over analyseområdet.

4.2 Resultater

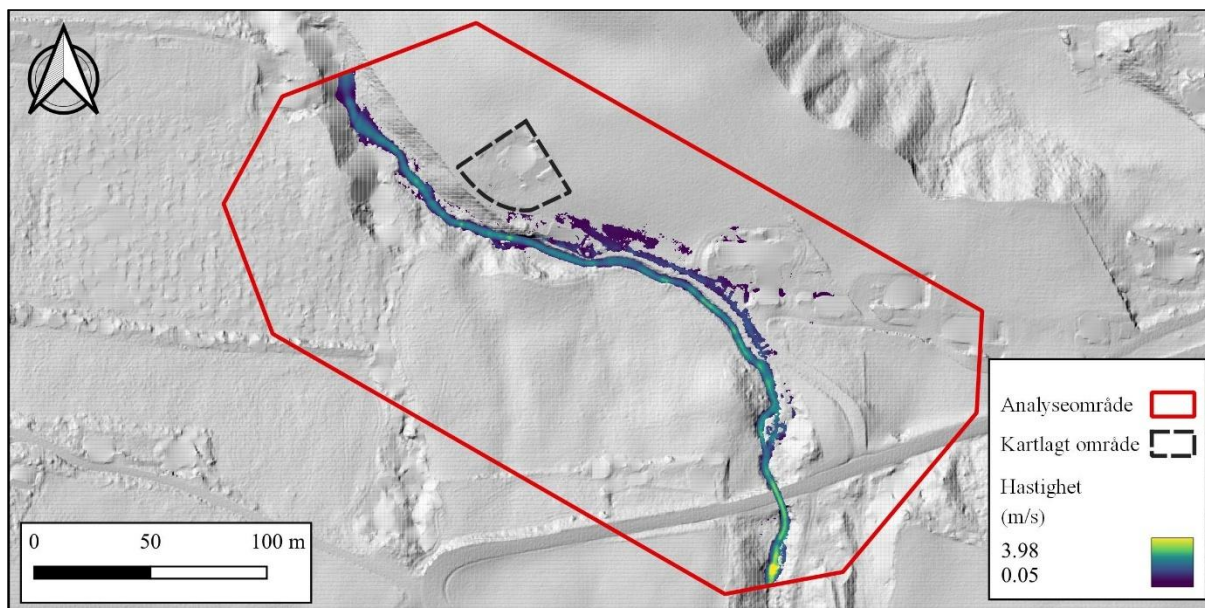
Resultatene fra den hydrauliske modelleringen viser at broen B2 ikke har kapasitet til å håndtere en 200-årsflom i Verloelva. Dette medfører kapasitetsoverskridelse og påfølgende oversvømmelse av østlig side av B2. Oversvømmelse oppstår også like oppstrøms for den eksisterende erosjonssikringen, der elveløpets kapasitet overskrides i yttersvingen nedstrøms for B2. Dette vannet følger videre terrengets helning langs Fjordvegen og danner dreneringslinjer mot B1 på østlig side av elven. Hydrauliske sprang vil kunne forekomme langs den modellerte stekningen. Det kartlagte området ligger i all hovedsak utenfor flomsonen som resulterer fra en dimensjonerende vannføring på 4,1 m³/s (inkludert klimapåslag). Grunnet forsenkninger i terrenget, vil noe flomvann kunne akkumulere langs plangrensen sør for bolighuset ved Fjordvegen. Figur 14 viser vanndybde over 2 cm beregnet med den hydrauliske 2D-modellen. Vanndybden varierer mellom 0,6 m og 1,1 m mellom B3 (nedstrøms for broen) og det kartlagte området. Den korresponderende vannstanden er vist i Figur 15. Ved det kartlagte området varierer vannstanden mellom 44,5 moh. og 52,9 moh. Figur 16 viser beregnet vannhastighet. Vannhastigheten varierer mellom 0,05 m/s og ~4 m/s. De høyeste hastighetene inntreffer i de bratteste partiene (oppstrøms for B1) samt i yttersvinger og ved rette stekninger. På oversvømte arealer på nordøstlig side av elven har vannet lavere hastigheter (0,2 – 1,6 m/s).



Figur 14: Vanddybde ved 200-årsflom beregnet med den hydrauliske 2D-modellen. Merk at vanddybder under 2 cm er filtrert ut.



Figur 15: Vannstand ved 200-årsflom beregnet med den hydrauliske 2D-modellen.



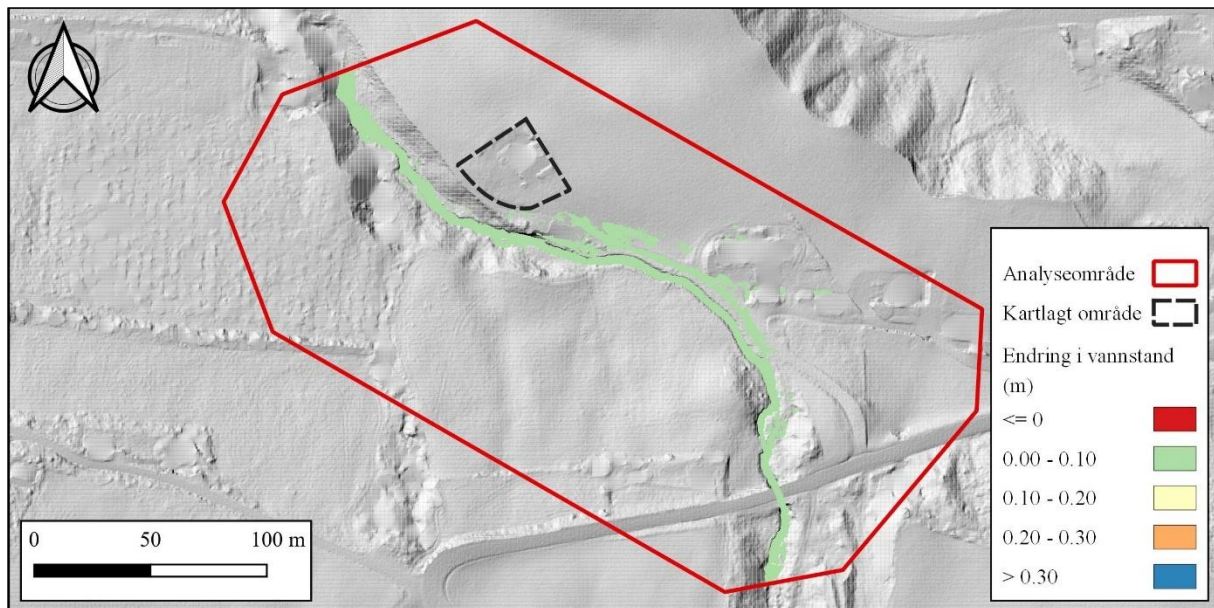
Figur 16: Vannhastigheter ved 200-årsflom modellert med 2D-modellen.

4.3 Sensitivitetsanalyse

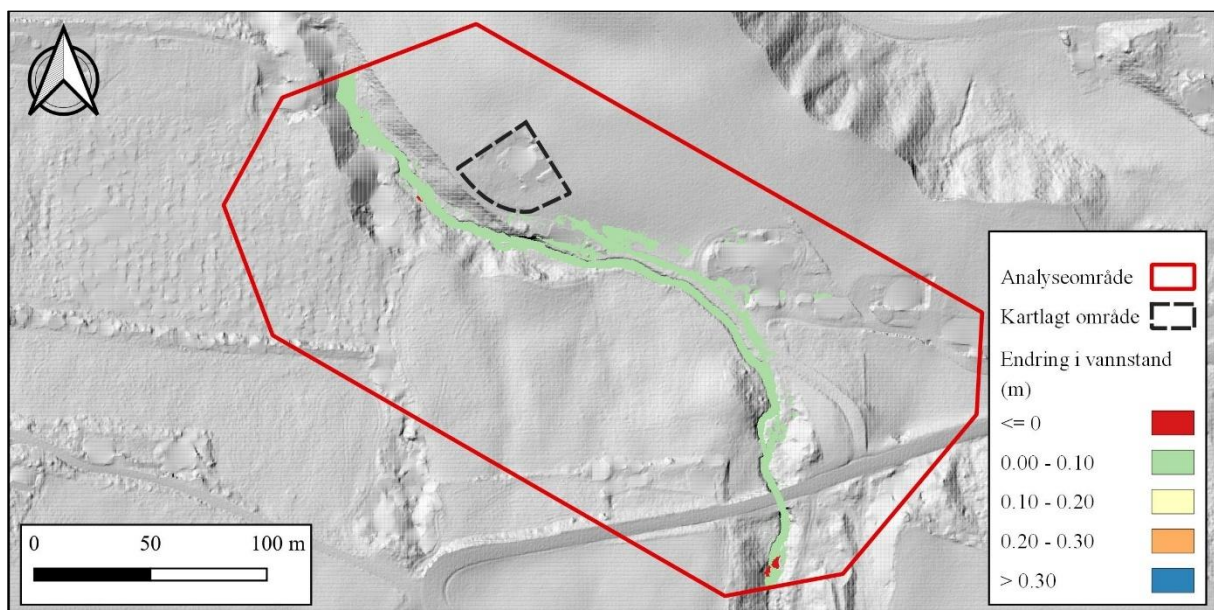
Det er knyttet usikkerhet til beregninger av dybde, vannhastighet og flomutbredelse med hydrauliske modeller. Usikkerheten i en hydraulisk modell stammer fra tre overordnede usikkerhetskilder: inngangsdata (beregnet flomstørrelse og kartgrunnlag), parameterverdier (ruhetstall), og modellstrukturen (forenklinger av det hydrauliske systemet i valgte dimensjoner som representeres med modellen). En sensitivitetsanalyse avdekker deler av denne usikkerheten. I dette prosjektet ble sensitivitetsanalysen utført ved å øke ruhetstallet (Manning-tallet) med 20% og dernest øke den dimensjonerende flomstørrelsen med 20 %. Sensitiviteten (S) med hensyn til inngangsvariabel/ parameter underlagt endring er dermed definert som følgende

$$S = \frac{\Delta d}{\Delta x} \quad (13)$$

, der Δx er endringen i inngangsvariabel/parameter og Δd er tilsvarende endring i vanddybde. Figur 17 viser endringer i vannstand (vanddybde ilagt terrengmodell) ved økning av Manning-tallet. Figur 18 viser endringer i vannstand ved økning av flomstørrelsen. Sensitivitetsanalysen viser at resultatene er relativt robuste, ettersom vannstanden øker med opptil 10 cm ved endring i Manning-tall og 11 cm ved endring i flomstørrelse.



Figur 17: Endring i vannstand som følge av økning i Manning-tall (20 %). Økningen i vannstanden er opptil 10 cm.



Figur 18: Endring i vannstand som følge av økning i flomstørrelse (20 %). Økningen i vannstanden er opptil 11 cm.

4.4 Klassifisering av hydraulisk modell

Det finnes ikke pålitelige kalibreringsdata for analyseområdet rundt Verloelva i form av flyfoto som viser flomutbredelse eller observert vannstand knyttet til et gjentakintervall. Til tross for at resultatene fra sensitivitetsanalysen viser at vannstanden i hovedsak endres med under 10 cm ved 20 % økning av henholdsvis Manning-tall og flomstørrelse, plasseres modellen i klasse E jf. Tabell 12: Klassifisering av hydraulisk modell (NVE, 2022). Dette begrunnes med at modellen ikke er kalibrert mot en målt vannføring og at det regjerer usikkerhet rundt nøyaktigheten til representasjonen av eksisterende broer og sikringer.

Tabell 12: Klassifisering av hydraulisk modell (NVE, 2022).

Klasse	Klassifiseringskriterier	Kassifisering (X)
A	Modellen er kalibrert for en vannføring tilsvarende en 20-årsflom eller større, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak mindre enn 10 cm	
B	Modellen er kalibrert for en vannføring tilsvarende en 20-årsflom eller større, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak mellom 10 cm og 30 cm	
C	Modellen er kalibrert for en vannføring som er mindre enn en 20-årsflom, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak inntil 30 cm	
D	Modellen er tilpasset mot en målt vannlinje, og/ eller sensitivitetsanalysen viser at endringer i vannstanden er tilnærmet 30 cm eller lavere	
E	Modellen ikke tilpasset mot en målt vannlinje, og/eller sensitivitetsanalysen viser at endringer i vannstanden er større enn 30 cm.	X

5. Sikkerhetspåslag

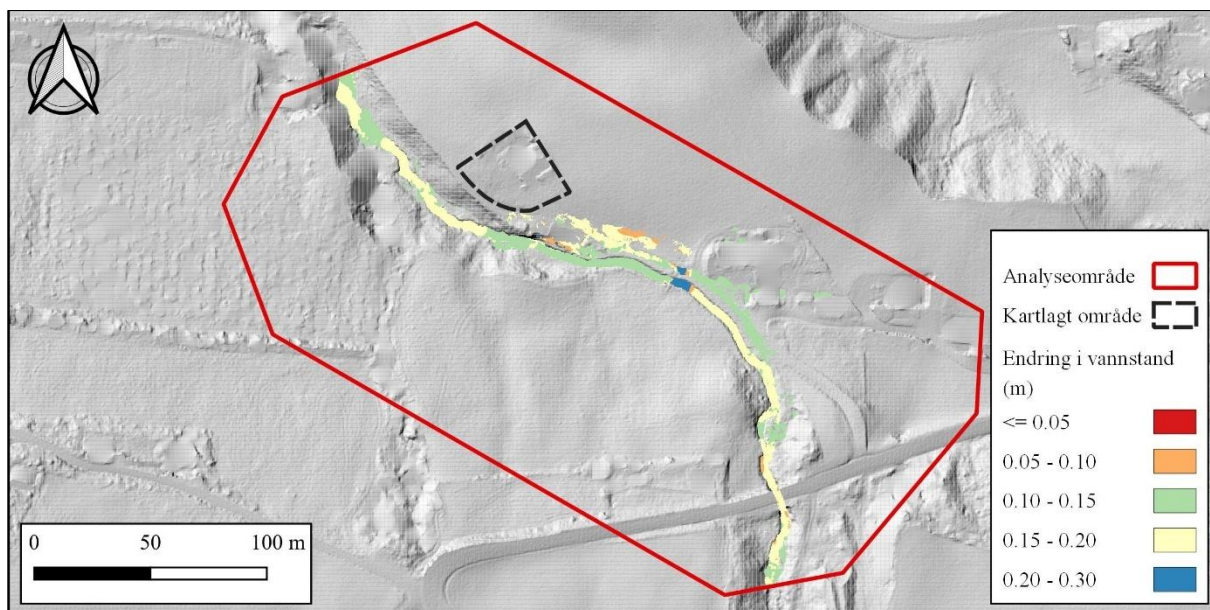
I forbindelse med arealplaner og byggesaker er det anbefalt å legge til et sikkerhetspåslag på de beregnede vannstandene ved praktisk bruk. Sikkerhetspåslaget kan fastsettes ved å bruke tre trinn (NVE, 2022):

1. Bestemme prosentvis påslag på vannføringen ved å bruke Tabell 13.
2. Bestemme størrelsen på sikkerhetspåslaget ved å legge det prosentvise påslaget til modellen og sammenligne resultatene med og uten påslag. Differansen mellom de to beregnede vannstandene utgjør det beregnede sikkerhetspåslaget.
3. Det beregnede sikkerhetspåslaget gir grunnlaget for å bestemme den ekstra høyden som legges til flomvannstanden. Differansen mellom vannstandene kan variere i ulike områder i den hydrauliske modellen, slik at man definerer sikkerhetsmarginen for områder i den hydrauliske modellen med omtrent samme verdier for sikkerhetspåslaget.

Flomberegningen er klassifisert i klasse 4, og den hydrauliske modellen er klassifisert i klasse E. Dette gir et påslag på vannføringen på 60 %. Figur 19 viser den opprinnelige modellen sammenlignet med modellen der et påslag på 60 % er lagt til dem dimensjonerende vannføringen. Ved det kartlagte området er det 10 – 15 cm høyere vannstand i elveløpet, mens lenger oppstrøms øker vannstanden med opptil 23 cm. Ved det oversvømte arealet like oppstrøms for planområdet, er vannstanden 5 – 20 cm høyere med sikkerhetspåslaget. Inkludert et sikkerhetspåslag på 20 cm, gir dette en trygg byggehøyde på 53,1 moh. for tiltak i sikkerhetsklasse F2 i det kartlagte området.

Tabell 13: Bestemmelse av prosentvist sikkerhetspåslag basert på klassifisering av hydraulisk modell og flomberegning (NVE, 2022).

Klasse E	40	45	50	60
Klasse D	20	30	40	50
Klasse C	15	20	30	40
Klasse B	10	15	20	30
Klasse A	5	10	15	25
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4 og 5



Figur 19: Økning i vannstand med 60 % sikkerhetspåslag ilagt dimensjonerende vannføring.

6. Vurdering av erosjonsfare

Det eksisterer både morenemateriale oppstrøms i analyseområdet og glasifluviale avsetninger i nedre deler av analyseområdet. Glasifluviale avsetninger er lettere eroderbare materialer, ettersom morenemateriale er både usortert og mer kompakt. Erosjonsfaren øker med vannets hastighet gitt tilstedeværelsen av eroderbare masser (løsmasser). Vannet får høyere hastigheter i bratte, rette partier samt i yttersvinger. Under befaringen ble det funnet tegn til erosjon i yttersvingen nedstrøms for bro B2 (se Figur 20). Dette er et bratt parti av elveløpet der elven gjør brå vendinger og får stor kraft. Erosjon vil kunne føre til både utrasinger av skråninger ved tilstrekkelig destabilisering samt definere nye vendinger av elveløpet. Terrengets helning og løsmassedekke (morenemateriale) tilsier at det er utrasinger og påfølgende massetransport og eventuelle blokader nedstrøms som utgjør den største faren ved dette punktet. Yttersvingen oppstrøms for redskapshuset ble under befaringen identifisert som et mulig kritisk punkt, der elvebredden på østlig side vil kunne utsettes for erosjon og elven vil kunne definere et nytt løp ved tilstrekkelig høye vannføringer (se Figur 21). Under befaringen ble det ikke funnet nevneverdige tegn til erosjon med umiddelbar nærhet til det kartlagte området. Det ble heller ikke funnet tydelige tegn til skade på hverken bunnplastring (se Figur 22), erosjonssikringer eller den eksisterende sikringsmuren langs redskapshuset (se Figur 23).



Figur 20: Tegn til erosjon i yttersvingen like nedstrøms for bro B2.



Figur 21: Kritisk punkt i yttersving oppstrøms for redskapshus identifisert under befaringen.



Figur 22: Plastret bunn som er inntakt og fri for blokader på tidspunktet for befaringen.



Figur 23: Eksisterende sikringsmur langs redskapshuset like oppstrøms for det kartlagte området.

7. Konklusjon

Med et klimapåslag på 40 %, ble 200-årsflommen i Verloelva beregnet til 4.1 m³/s (inkludert klimapåslag). En hydraulisk 2D-modell ble benyttet til å beregne flomutbredelse, vanndybde og vannhastighet ved 200-årsflom i Verloelva. Resultatene indikerer at broen B2 ikke har kapasitet til å håndtere 200-årsflom, noe som fører til delvis oversvømte arealer på østlig og nordøstlig side av elven (Vedlegg 8.1). Et kritisk punkt ble identifisert i yttersvingen nedstrøms for B2, like oppstrøms for eksisterende sikringer. Ifølge de hydrauliske beregningene foretatt i denne rapporten, ligger området som ønskes fraskilles gården på gbnr. 157/6 i all hovedsak utenfor 200-årsflomsonen. Grunnet forsenkninger i terrenget, vil noe flomvann kunne akkumuleres langs den definerte plangrensen (sør for bolighuset ved Fjordvegen). Inkludert et sikkerhetspåslag på 20 cm, er trygg byggehøyde for tiltak i sikkerhetsklasse F2 beregnet til 53,1 moh. i det kartlagte området. Det er funnet tegn til erosjon i yttersvingen nedstrøms for broen ved Fjordvegen (B1) der elven har erodert et større område ved høyere vannføringer. En eventuell kapasitetsøkning ved broen nedstrøms for Fjordvegen (B2), samt sikring av kritisk punkt mot Fjordvegen i yttersvingen nedstrøms for denne, vil kunne eliminere flomutbredelse på østlig og nordøstlig side av elven oppstrøms for planområdet. Dette vil dog kunne påvirke flomforholdene lenger nedstrøms. Det gjøres oppmerksom på at en detaljert kapasitetsberegning av broen lengst nedstrøms i analyseområdet (B3) ikke er foretatt, og at en eventuell kapasitetsøkning i elveløpet oppstrøms for denne, vil kunne påvirke flomforholdene ved planområdet. Imidlertid presiseres det at tiltaket for planområdet (fradeling av tomt) ikke påvirker eller påvirkes av flomforholdene under nåværende situasjon.

Referanser

- Andersen, J., Hjukse, T., Roald, L., & Sælthun, N. (1983). *Hydrologisk Modell for Flomberegninger. Report No. 2 1983.*
- Berg, A., Lunde, T., & Mosevoll, G. (1992). *Flomberegning og kulvertdimensjonering.*
- Filipova, V., Lawrence, D., & Klempe, H. (2016). Regionalisation of the parameters of the rainfall-runoff model PQRUT. *Hydrology Research*, 47(4), 748–766. <https://doi.org/10.2166/NH.2016.060>
- Glad, P. A., Reitan, T., & Stenius, S. (2014). *Rapport nr. 62/ 2014. Naturfareprosjekt Dp. 5 Flom og vann på avveie. Regionalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt. Delprosjekt. 5.1.6. .*
- Glad, P. A., Stenius, S., Leine, A.-L. Ø., Væringstad, T., Holmqvist, E., Dahl, M.-P. J., & Trondsen, E. (2022). *Veileder nr. 1/ 2022. Veileder for flomberegninger.*
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E. J. , Haddeland, I. , Hisdal, H. , Mayer, S. , Nesje, A. , Nilsen, J. E. Ø. , Sandven, S. , Sandø, A. B. , Sorteberg, A. , & Ådlandsvi, B. K. (2015). *Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/ 2015. a. opplag. .*
- Lindholm, O. (2008). *Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering.* Norsk vann.
- Norges vassdrag- og energidirektorat (NVE). (2015). *Rettleiar 3/ 2015. Flaumfare langs bekker. råd og tips om kartlegging.*
- Norsk klimaservicesenter (NKSS). (2021). *Klimaprofil Sogn og Fjordane.* <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/sogn-og-fjordane>
- NVE. (2002). *Tiltak i vassdrag. Erosjonssikring og botnplastring i Verloelva i Utvik. Detaljplan.*
- NVE. (2022). *Veileder 3/2022. Sikkerhet mot flom. Sikkerhet mot flom Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak. .*
- NVE. (2025). *NVE Veileder nr 1/2025. Veileder for flomberegninger.*
- Statens vegvesen. (2021). *N200 Vegbygging.*
- Statens vegvesen (SVV). (2014). *Håndbok N200 Vegbygging.*
- Tharan Fergus, Knut Aune Hoseth, & Einar Sæterbø. (2010). *Vassrdagshåndboka. Håndbok i vassdragsteknikk.* (Tharan Fergus, Knut Aune Hoseth, & Einar Sæterbø, Eds.). Tapir Akademiske Forlag.

8. Vedlegg

8.1 Vedlegg 1 – Faresonekart

