

Kvam Herad

## ► **Vikelva**

Flomsonekartlegging

Oppdragsnr.: 52301942 Dokumentnr.: HYD\_Vikelva\_01 Versjon: J02 Dato: 2023-11-09



**Oppdragsgiver:** Kvam Herad  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Tore Dolvik  
**Rådgiver:** Norconsult AS, Kjørboveien 22, 1337 Sandvika  
**Oppdragsleder:** Julie Scott-Hansen  
**Fagansvarlig:** Katherine Aurand  
**Andre nøkkelpersoner:** Marijn Alferink, Daniel Fossberg

J02	2023-11-09	For bruk	Maralf	Kataur	Julsco
C01	2023-10-27	For gjennomgang hos oppdragsgiver	Maralf	Kataur	Julsco
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. 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.



## ► Sammen drag

Norconsult er engasjert av Kvam Herad for å utføre flomsonekartlegging for Vikelva. Flomsonekartleggingen er utført iht. TEK17 § 7-2, med sikkerhetsklasse F1 (20-årsflom), F2 (200-årsflom) og F3 (1000-årsflom).

For å vurdere flomforhold i vassdraget er det utført flomberegning. Beregningen inneholder forskjellige metoder, der det er valgt å benytte verdier fra NIFS-formelverk som representativ for Vikelva. Klimapåslag i dette nedbørfeltet er vurdert til et påslag på 30% på vannføringen. På grunn av usikkerheten i datagrunnlaget og modellen, er det benyttet et ytterligere sikkerhetspåslag på 50%.

Dimensjonerende flom for vurdering av flomutbredelse er beregnet til 55,8 m<sup>3</sup>/s for en 200-årsflom inkl. klima- og sikkerhetspåslag. For en 1000-årsflom inkl. klima- og sikkerhetspåslag er det beregnet en dimensjonerende vannføring på 75,7 m<sup>3</sup>/s. For en 20-årsflom inkl. klima- og sikkerhetspåslag er det beregnet en vannføring på 27,5 m<sup>3</sup>/s.

Flomsonekartlegging i vassdraget er utført ved hjelp av en hydraulisk vannlinjemodell laget i dataprogrammet HEC-RAS. Modellen er basert på terrengdata som er lastet ned fra høydedata.no. Nedre grensebetingelse i vannlinjemodellen er gitt av vannstanden i Hardangerfjorden ved ett-års stormflo, inklusiv havnivåstigning.

Resultater fra beregningene er presentert på flomsonekart som ligger vedlagt denne rapporten.

Ved en 20-årsflom inkl. klima- og sikkerhetspåslag, forventes det lite skade ved bygg oppstrøms brua ved Hardangerfjordvegen.

Ved en 200-årsflom inkl. klima- og sikkerhetspåslag, forventes det at en stor del av området ved Mo står under vann og med det berøres noen tilstøtende bygg. Lengre nedstrøms forventes betydelig skade på bygg oppstrøms og nedstrøms for brua ved Hardangerfjordvegen. Det forventes også at brua ved Hardangerfjordvegen blir berørt.

Ved en 1000-årsflom inkl. klima- og sikkerhetspåslag, forventes det at samme område blir berørt som ved en 200-årsflom, men med noe enda høyere vannstander. Dette kan gi skade på bygg, samt at brua og Hardangerfjordvegen blir berørt.

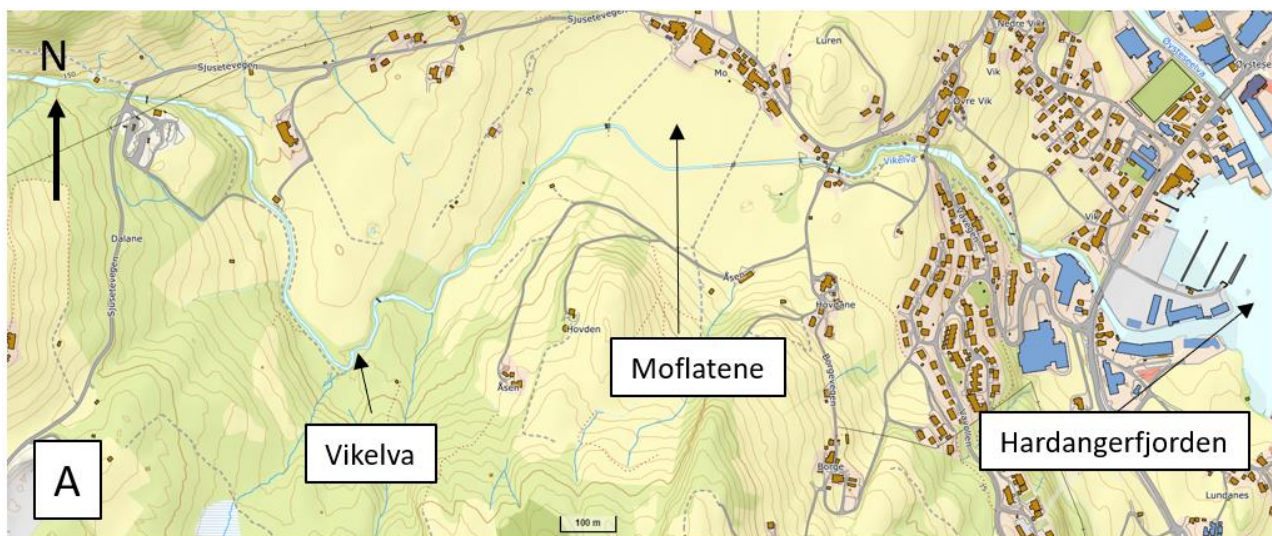
## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>6</b>
1.1	Beskrivelse av vassdraget	7
1.2	Klassifisering av bygg iht. TEK17	8
1.3	Befaringer av vassdraget	8
<b>2</b>	<b>Flomberegning</b>	<b>9</b>
2.1	Innledning	9
2.2	Hydrometriske stasjoner	9
2.3	Flomfrekvensanalyser	11
2.4	NIFS-formelverk	11
2.5	Nedbør-avløpsmodell PQRUT	12
2.6	Endelig valg av flomstørrelse	13
2.7	Kulminasjonsverdi	13
2.8	Klimapåslag	14
2.9	Resultater	14
2.10	Klassifisering av flomberegning	14
<b>3</b>	<b>Hydraulisk vannlinjemodell</b>	<b>15</b>
3.1	Innledning	15
3.2	Terrengmodell	16
3.3	Friksjonsforhold	17
3.4	Grensebetingelser	18
3.5	Konstruksjoner i vassdraget	19
3.5.1	<i>Bruer</i>	19
3.5.2	<i>Dam Porkegjel</i>	20
3.6	Sensitivitetsanalyse	22
<b>4</b>	<b>Resultater</b>	<b>24</b>
4.1	Generelt	24
4.2	Bruer	24
4.3	Dam Porkegjel	26
4.4	Flomsonekart	27
4.4.1	<i>20-årsflom (F1)</i>	27
4.4.2	<i>200-årsflom (F2)</i>	27
4.4.3	<i>1000-årsflom (F3)</i>	29
<b>5</b>	<b>Konklusjon og vurdering av resultater</b>	<b>31</b>
5.1	Vurdering av kvalitet	31
5.1.1	<i>Kvalitet på hydrologisk grunnlag</i>	31
5.1.2	<i>Kvalitet på kart og terrenggrunnlag</i>	31

5.2	Vurdering av tiltak	33
<b>6</b>	<b>Vedlegg</b>	<b>34</b>
<b>7</b>	<b>Referanser</b>	<b>35</b>

# 1 Innledning

Norconsult er engasjert av Kvam Herad for å utføre en flomsonekartlegging for Vikelva i Øystese i Vestland fylke. Øystese er et tettsted på nordsiden av Hardangerfjorden, se Figur 1. Strekningen som flomsonekartlegging dekker inkluderer området fra Mo ned til utløpet i Hardangerfjorden, dvs. en strekning på om lag 1,2 km.

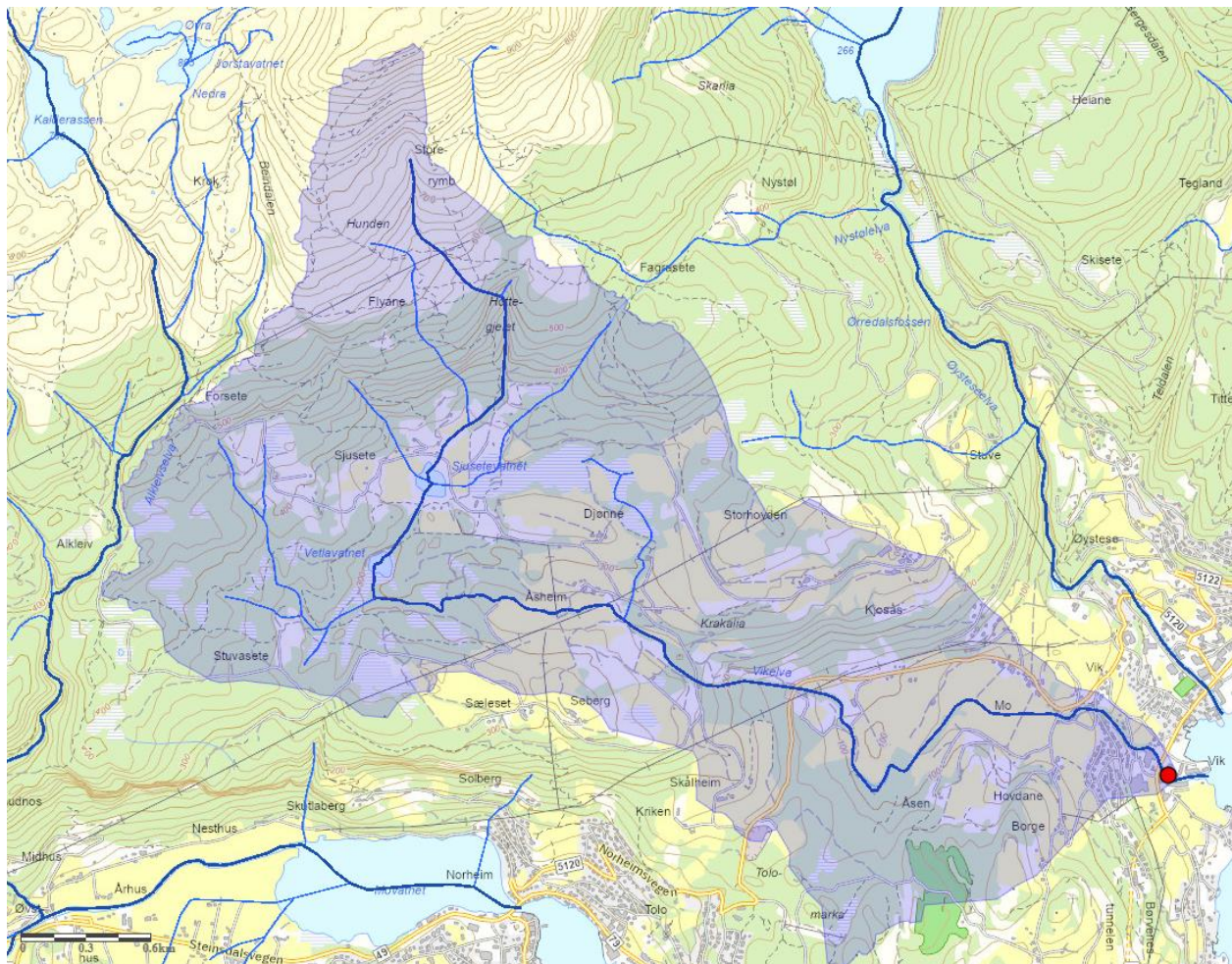


Figur 1: Oversikt av området, ved A) oversikt av Vikelva og B) lokasjon av Øystese



## 1.1 Beskrivelse av vassdraget

Vikelva ligger i Kvam Herad i Vestland fylke og har utløp i Hardangerfjorden ved Vik, like sør for Øystese. Nedbørfeltet, som vist i Figur 2, drenerer i sørøstlig retning.



Figur 2. Nedbørfelt til Vikelva, hentet fra NVEs NEVINA

Vassdraget består av et hovedløp med forskjellige mindre sideløp og i øverste del er det to små innsjøer. Nedbørfeltet har et areal på 8,44 km<sup>2</sup> ved utløp i fjorden. Høydefordelingen strekker seg fra havnivå opp til 1040 moh. Median høyde er 318 moh. Feltet består av 23,3% dyrket mark, 49 % skog, 5 % myr, 8,1 % snaufjell, 14 % uklassifisert. En oversikt over feltparametere er gitt i Tabell 1.

Tabell 1. Feltparametere for nedbørfeltet til Vikelva, hentet fra NVEs Nevina.

Felt	Areal (km <sup>2</sup> )	Effektiv sjøprosent, A <sub>se</sub> (%)	Avrenning, Q <sub>N</sub> (l/skm <sup>2</sup> )	Høyde (H <sub>min</sub> /H <sub>mid</sub> /H <sub>maks</sub> ) (moh.)
Vikelva	8,44	0,08	70,9	1-318-1040

## 1.2 Klassifisering av bygg iht. TEK17

Det heter i TEK17 at byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom med bestemte gjentaksintervall. Gjentaksintervall avgjøres av konsekvensene som skade på bygget vil medføre. En oversikt over sikkerhetsklassene med tilhørende krav til gjentaksintervall er vist i punktlisten under.

- F1 – Liten konsekvens (garasjer, lager, boder) – 20-årsflom
- F2 – Middels konsekvens (bolighus, fritidsboliger, skoler, kontorbygg) – 200-årsflom
- F3 – Stor konsekvens (sykehjem, brann-/politistasjoner, avfallsdeponier) – 1000-årsflom

For Øystese og langs Vikelva er det vurdert at de fleste bygninger, både eksisterende og nye, faller inn under sikkerhetsklasse F2. Disse skal sikres mot 200-årsflom. Denne kartleggingen vurderer 200-årsflom med og uten klimapåslag. Klimapåslag er anbefalt av NVE ved tiltak i tilknytning til vassdrag.

## 1.3 Befaringer av vassdraget

Vikelva og områdene rundt ble befart av Norconsult ved Julie Scott-Hansen og Kathrine Aurand den 27. april 2023.

Det ble utført oppmålinger av bru- og damkonstruksjoner av Norconsult ved Jørund Soldal den 11. mai 2023. En detaljert beskrivelse med bilder av oppmålte konstruksjoner er gitt i vedlegg 3



## 2 Flomberegning

### 2.1 Innledning

For å fastsette flomvannføring og flomvannstand i Vikelva er det gjennomført en flomberegning. Denne flomberegning er gjort ved bruk av tre forskjellige beregningsmetodikker:

1. Flomfrekvensanalyse
2. NIFS-formelverk
3. Nedbør-avløpsmodell PQRUT

### 2.2 Hydrometriske stasjoner

Det finnes ingen målestasjoner i Vikelva, derfor er nærliggende og lignede målestasjoner vurdert. Det er flere målestasjoner i området, men på grunn av forskjeller i feltkarakteristikker, er antall representative stasjoner begrenset. En oppsummering av de utvalgte målestasjonene er vist i Tabell 2, og en grafisk representasjon av beliggenhetene av stasjonene er vist i Figur 3. Alle stasjonene ligger vest for Vikelva, hvor det forventes noe høyere avrenning. Det har dessverre ikke vært mulig å finne nærliggende målestasjoner som ligger øst for Vikelva, og som i tillegg gir en god representasjon av nedbørfeltets feltkarakteristikker.

Tabell 2: Feltparametre for nærliggende målestasjoner

Stasjonsnummer og navn	Areal (km <sup>2</sup> )	A <sub>Se</sub> (%)	Q <sub>N</sub> (l/skm <sup>2</sup> )	Høyde (moh)	Måleperiode	Antall år
62.18 Svartavatn	72,4	0,32	103,0	219-754-1109	1987-2022	35
44.4 Seimsfoss i Guddalselv	36,38	5,46	103,0	19-782-1419	2006-2022	16
55.7 Eikelandssosen	42,72	6,17	136,6	48-512-971	1980-2020	40
60.4 Botnavatn	9,03	1,40	92,45	192-461-865	1986- 2023	37
55.4 Røykenes	50,09	2,24	100,68	53-307-960	1934-2022	88
42.2 Djupevad	30,96	0,34	108,34	92-547-1141	1963-2022	59
Middel	--	--	107,3			

Målestasjonen 62.18 Svartavatn ligger ca. 33 km nord-nordvest for Vikelva. Datakvaliteten er ikke angitt.

44.4 Seimsfoss ligger ca. 48 km sør for Vikelva. Data etter 1. mai 2022 kan ikke brukes på grunn av åpne tappeluker. Dette var en fiskeundersøkelse-stasjon frem til 2012. Kurvekvaliteten er vurdert som bra for stor vannføring ifølge NVEs seriekart. Serien er for kort til bruk i frekvensanalyse (bør ha minimum 30 år med data).

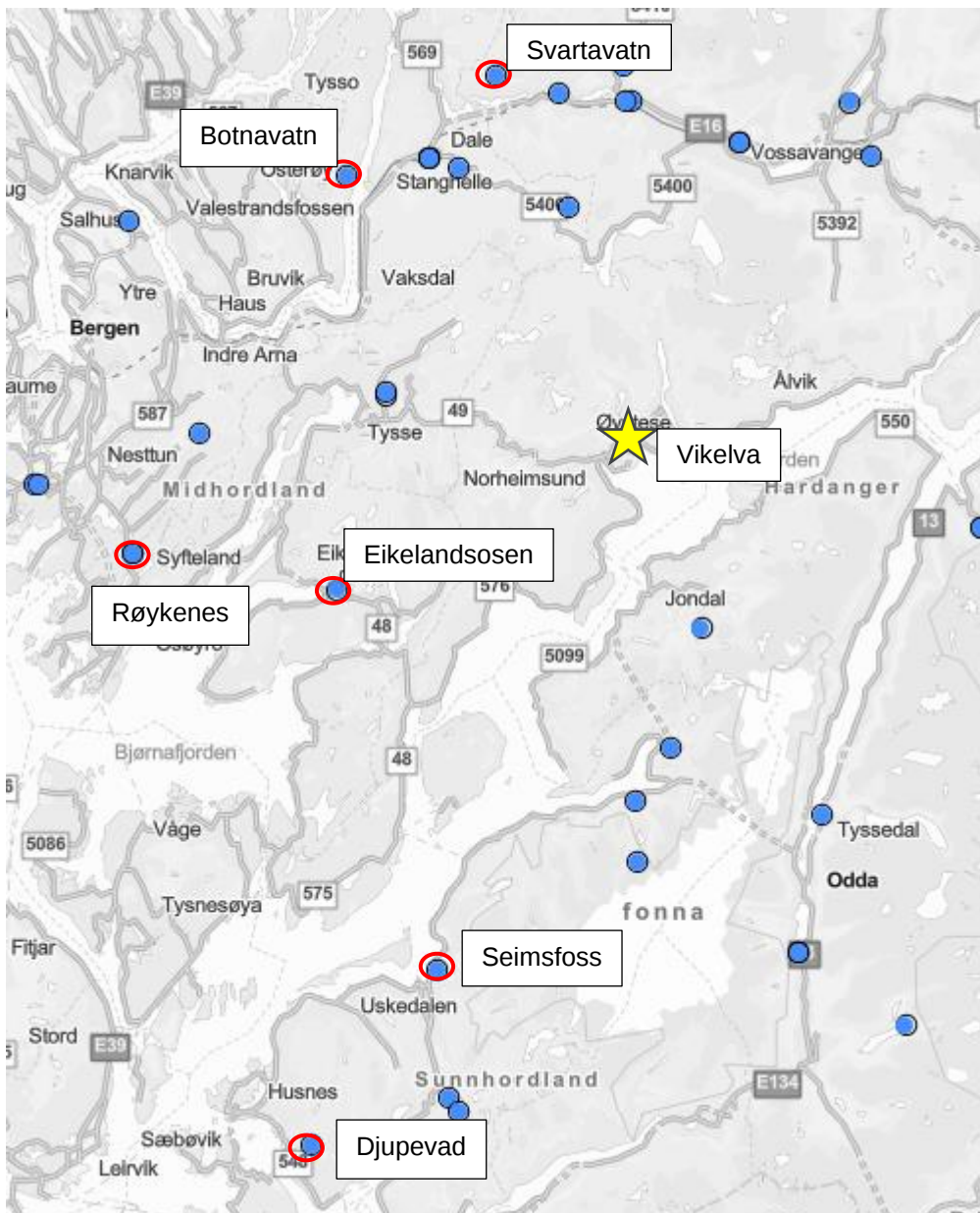
55.7 Botnavatn ligger ca. 33 km nordvest for Vikelva. Feltet har vært regulert siden 1986. Ingen dataserier er tilgjengelig på NVEs DAGUT, slik at det ikke er mulig å benytte stasjonen til frekvensanalyse.

55.7 Eikelandssosen ligger ca. 29 km i sørvest-retning for Vikelva. Feltet har vært regulert siden 1985, med manglende data i 2003. Kurvekvalitet er vurdert som meget dårlig for stor vannføring. Data fra denne målestasjonen benyttes dermed ikke til frekvensanalyse.

55.4 Røykenes ligger ca. 45 km i sørvest-retning for Vikelva. Frem til 1977 besto observasjonene av en daglig avlesning av vannstandskalaen, etter den tid er stasjonen utstyrt med kontinuerlig registrerende instrument. Datakvaliteten er ikke angitt.

42.2 Djupevad ligger ca. 68 km sør-sørvest for Vikelva. Det er tre kurveperioder tilgjengelig: 1963-1977, 1977-1997 og 1998 til framover. Datakvaliteten for alle tre perioder har NVE vurdert som meget bra for stor vannføring.

I følge Tabell 2 er gjennomsnittlig avrenning ( $Q_N$ ) for de utvalgte målestasjonene ca. 107,3 l/skm<sup>2</sup>, hvilket er vesentlig høyere avrenning for Vikelva på 70,9 l/s km<sup>2</sup>.



Figur 3: Oversikt målestasjoner

## 2.3 Flomfrekvensanalyser

Det er utført flomfrekvensanalyser på de tre mest relevante målestasjonene i området; 55.4 Røykenes, 42.2 Djupevad og 62.18 Svartavatn. Analysen er utført på døgnmiddelverdier. Beregningene er gjort med NVEs programvare for ekstremverdianalyse, DAGUT. Resultater fra beregningene er presentert i Tabell 3. Analysen er utført på årsflommer.

Alle de utvalgte stasjonene har nedbørfelt større enn feltet til Vikelva. Alle har tidsserier på mer enn 30 år.

Tabell 3: Flomvannføringer (døgnmiddel) for nærliggende målestasjoner

Stasjonsnummer og navn	$Q_M$ (l/skm <sup>2</sup> )	$Q_{200}$ (l/skm <sup>2</sup> )	Fordeling
55.4 Røykenes	1026	2539	GEV
42.2 Djupevad	1092	2413	Gumbel
62.18 Svartavatn	1128	2335	Gumbel
<b>Gjennomsnitt</b>	<b>1082</b>	<b>2429</b>	

Fordelingsfunksjonen som vurderes å være best tilpasset måledata fra Djupevad og Svartavatn er Gumbel-fordelingen, mens for Røykenes vurderes det at fordelingen General Extreme Value (GEV) gir den beste tilpasningen, se vedlegg 1 for figurer.

Alle vannføringsstasjonene har høyere effektive sjøprosjenter sammenlignet med feltet til Vikelva. Røykenes og Djupevad har begge relativ høye spesifikke vannføringer, som sannsynligvis skyldes at de ligger nærmere kysten. Disse vurderes for høy for Vikelva. Nedbørfeltet med lavest effektiv sjøprosjent er Svartavatn, og forventes derfor å gi den beste representasjonen av feltet til Vikelva, men er dessverre ni ganger så stort (hhv. 72,4 km<sup>2</sup> og 8,44 km<sup>2</sup>).

Ifølge Tabell 3 er det liten variasjon mellom de spesifikke døgnmiddelverdiene for de tre vannføringsstasjonene, som alle gir  $Q_{200} = 2300-2500$  l/skm<sup>2</sup>. Røykenes og Djupevad ligger nærmere kysten, og det var forventet at disse ville ha de høyeste verdiene.

## 2.4 NIFS-formelverk

For små nedbørfelt (< 50 km<sup>2</sup>) slik som nedbørfeltet til Vikelva, er det mulig å benytte NIFS-formelverk (NVE, 2015) for beregning av flomstørrelsen. Flomberegning med NIFS-formelverk for små uregulerte nedbørfelt er avhengig av feltareal (A), effektiv sjøprosjent ( $A_{se}$ ) og årsavrenning ( $Q_N$ ).

Årsavrenning fra NVEs avrenningskart er sammenlignet med aktuelle observasjoner fra nærliggende målestasjoner. Basert på dette, er det valgt å ikke endre verdien fra NVEs avrenningskart ved bruk i den videre analysen.

I Tabell 4 vises resultater for kulminasjonsvannføringer for  $Q_M$  og  $Q_{200}$  ved bruk av NIFS-formelverk. For omregning til døgnmiddelverdier benyttes kulminasjonsfaktoren beregnet i avsnitt 2.7, dvs.  $Q_{mom}/Q_{døgn} = 1,95$ . For øvrige gjentaksintervaller benyttes flomfrekvensfaktorene gitt i Tabell 5, også beregnet ved hjelp av NIFS-formelverk.

Tabell 4: Resultater ved bruk av NIFS-formelverk for Vikelva (kulminasjonsverdier)

Felt	Areal (km <sup>2</sup> )	$A_{se}$ (%)	$Q_N$ (l/s km <sup>2</sup> )	$Q_N$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_M$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{200}$ (m <sup>3</sup> /s)
Vikelva	8,44	0,08	70,9	0,6	11,3	28,7



Tabell 5. Resultater for flomfrekvensfaktorer ( $Q_T/Q_M$ )

Gjentaksintervall	Q <sub>10</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>500</sub>	Q <sub>1000</sub>
Flomfrekvensfaktor ( $Q_T/Q_M$ )	1,41	1,62	1,94	2,22	2,53	3,44

## 2.5 Nedbør-avløpsmodell PQRUT

Som en kontroll av resultater ved bruk av NIFS-formelverk og flomfrekvensanalyse på nærliggende vannføringsserier, er det også utført flomberegninger for Vikelva ved bruk av NVEs nedbør-avløpsmodell PQRUT.

Den beste måten å bestemme modellparameterne til PQRUT er ved kalibrering mot observerte data med tilstrekkelig fin tidsoppløsning. Da slike data ikke finnes, er parameterne som inngår i PQRUT beregnet med formelverket i NVEs retningslinjer, basert på feltparametere for nedbørfeltet. Videre finnes to ligningssett for å estimere modellparameterne i PQRUT; ett fra 1983 og ett nyere fra 2016. Det benyttes begge ligningssett i PQRUT-modellen for Vikelva.

Som et utgangspunkt for nedbørdata er det benyttet IVF-kurven fra Bergen (Sandsli), da denne dataserier har svært god kvalitet og vurderes som mest representativ for Vikelva. Det ligger noe lengre mot vest og det vil trolig inneholde nedbørdata som er høyere enn forventet for Vikelva.

Fra IVF-kurven til Bergen er det satt opp et nedbørforløp for 24 timer. Den høyeste nedbørverdien er plassert etter 1/3 av forløpet (etter 8 timer), og øvrige nedbørintensiteter er plassert slik at nedbørsummen for alle varigheter og intensiteter inngår i forløpet.

For et naturlig felt anbefaler NVE å benytte følgende formel for å beregne konsentrasjonstiden:

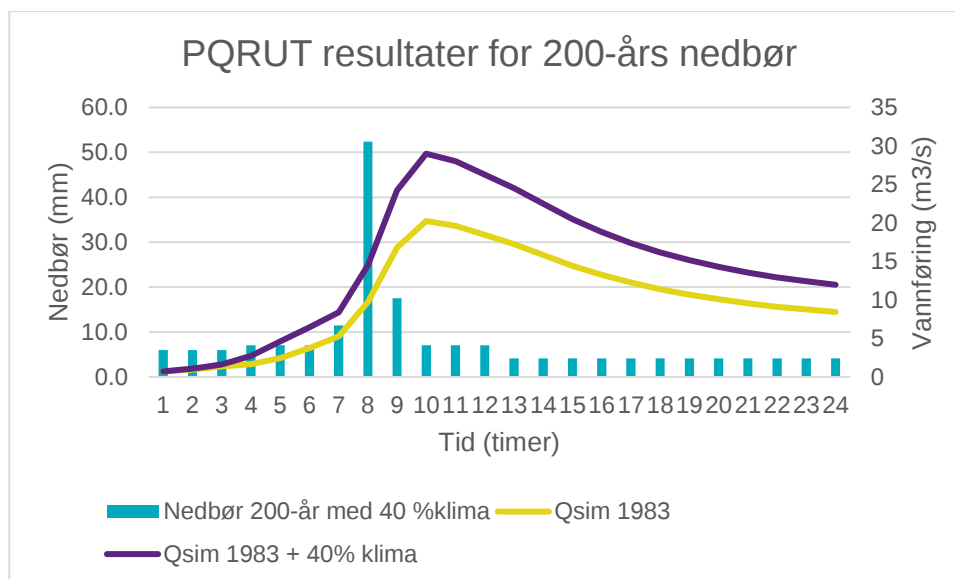
$$T_c = 0,6 L H^{-0,5} + 3000 A_{se}$$

Der L er feltakse, H er høydeforskjell i feltet og  $A_{se}$  er effektiv sjøprosent. For feltet til Vikelva (L = 5080 m, H = 640 m,  $A_{se} = 0,08$  %) gir det  $T_c = 2,05$  timer. Det benyttes derfor en konsentrasjonstid på 2 timer. Det er sett bort fra arealreduksjonsfaktor.

Beregningene med PQRUT gir resultater som er vist i Tabell 6 og Figur 4. Formelverk fra 1983 gir høyere verdier enn ved bruk av formelverk fra 2016.

Tabell 6: Resultater fra PQRUT modell

Ligningssett	Q <sub>200</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>200</sub> (l/skm <sup>2</sup> )
1983	15,1	1197
2016	8,6	1019



Figur 4: Resultater fra PQRUT beregninger.

## 2.6 Endelig valg av flomstørrelse

I Tabell 7 sammenstilles resultatene fra flomfrekvensanalyse, NIFS-formelverk og PQRUT. Resultatene fra flomfrekvensanalyse gir de høyeste verdiene av de tre metodene, mens verdiene fra PQRUT gir de laveste. Flomfrekvensanalysene er basert på tre stasjoner, hvor to av tre er kjent for å gi noen av de høyeste spesifikke flomvannføringer i Norge. Den gjennomsnittlige verdien på ca. 2430 l/skm<sup>2</sup> vurderes derfor for høyt. Verdien fra PQRUT vurderes for lavt, basert på erfaringstall som viser verdier mellom 1500-3000 l/skm<sup>2</sup> innenfor kysten på Vestlandet. Det vurderes derfor at verdien ved bruk av NIFS-formelverk er den mest representative for Vikelva, og en verdi på Q<sub>200</sub> = 1750 l/skm<sup>2</sup> legges til grunn i det etterfølgende.

Tabell 7: Sammenstilling av resultater.

Metode	Døgnmiddelvannføring Q <sub>200</sub> (l/skm <sup>2</sup> )
Flomfrekvensanalyse	2300-2500
NIFS-formelverk	1744
PQRUT 1983	1197

## 2.7 Kulminasjonsverdi

For å beregne kulminasjonsverdi skiller det mellom vårfloppen (inkluderer både nedbør og snøsmelting) og høstfloppen (kun nedbør). Den siste forventes å være dominerende for Vikelva, som ligger nær kysten og har en relativ lav andel snaufjell (8,1 %). Ifølge NVEs veileder for flomberegninger (NVE, 2020) beregnes kulminasjonsfaktor for høstflopper etter følgende formel:

$$\frac{Q_{mom}}{Q_{døgn}} = 2,29 - 0,29 * \log(A) - 0,270 * A_{se}^{0,5}$$

For nedbørfeltet til Vikelva gir dette en verdi på 1,95.

## 2.8 Klimapåslag

Ifølge Norsk klimaservicesenter forventes det for Vestland fylke at nedbør og intensitet kommer til å øke i fremtiden (Norsk klimaservicesenter, 2023). For nedbør med varighet av 1-3 timer anbefales 40% klimapåslag og i tilfellet varighet på 3-24 timer er det anbefalt 30% klimapåslag.

Klimaservicesenter anbefaler også å benytte 20% klimapåslag for Øysteseelva (Norsk klimaservicesenter, 2023), som ligger like øst for Vikelva. Samtidig har Vikelva et mindre feltareal hvilket betyr at det forventes å reagere noe raskere på nedbør enn Øysteseelva, og dermed forventes noe høyere effekt av klimaendringer. Det velges derfor å legge til grunn et klimapåslag på 30% for Vikelva.

## 2.9 Resultater

Ved bruk av en døgnmiddelvannføring for en 200-årsflom på  $Q_{200} = 1750 \text{ l/skm}^2$ , kulminasjonsfaktor på  $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}} = 1,95$ , klimapåslag på 30% og flomfrekvensfaktorene gitt i Tabell 5, er det gitt endelige resultater for ulike gjentakintervall for Vikelva i Tabell 8.

Tabell 8: Resultater av flomberegning for Vikelva.

Gjentaksintervall	Døgnmiddelvannføring ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Kulminasjonsvannføring ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
$Q_M$	5,8	11,3
$Q_{10}$	8,2	15,9
$Q_{20}$	9,4	18,3
$Q_{50}$	11,2	21,9
$Q_{100}$	12,9	25,1
$Q_{200}$	14,7	28,6
$Q_{500}$	17,4	34,0
$Q_{1000}$	19,9	38,9
$Q_{200} + 30\%$ klimapåslag	19,1	37,2
$Q_{1000} + 30\%$ klimapåslag	25,9	50,5

## 2.10 Klassifisering av flomberegning

Flomberegninger gis en klassifisering fra 1-5 basert på datagrunnlaget, iht. Veileder for flomberegninger (NVE, 2022). For Vikelva velges det å plassere flomberegningene i klasse 3 «Brukbar datagrunnlag». Begrunnelsen er at det er brukbart hydrologisk grunnlag i nærheten, men uten observasjoner fra selve vassdraget.

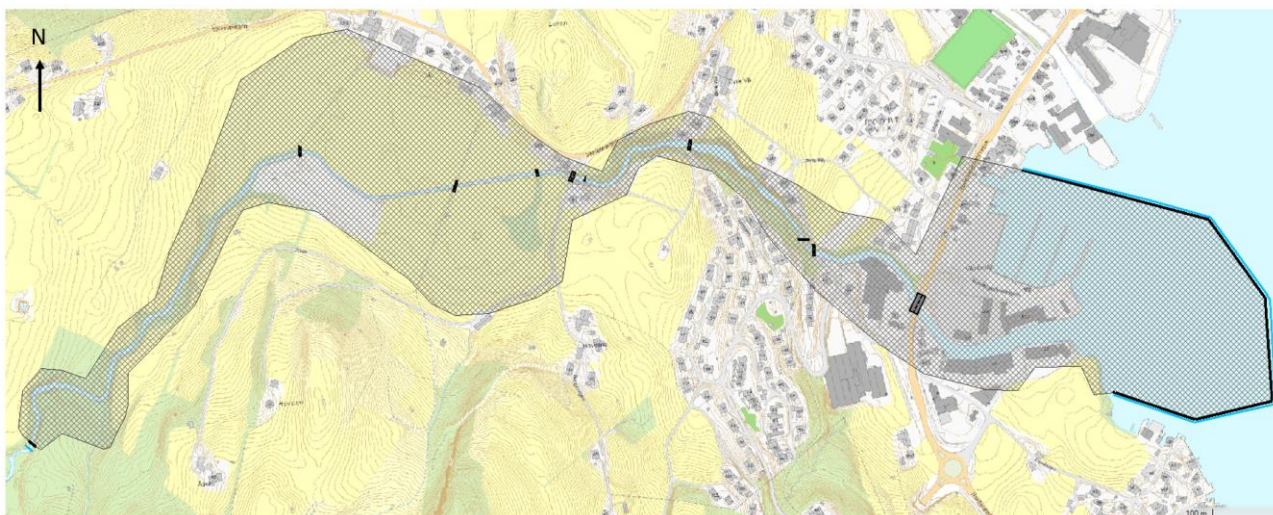


## 3 Hydraulisk vannlinjemodell

### 3.1 Innledning

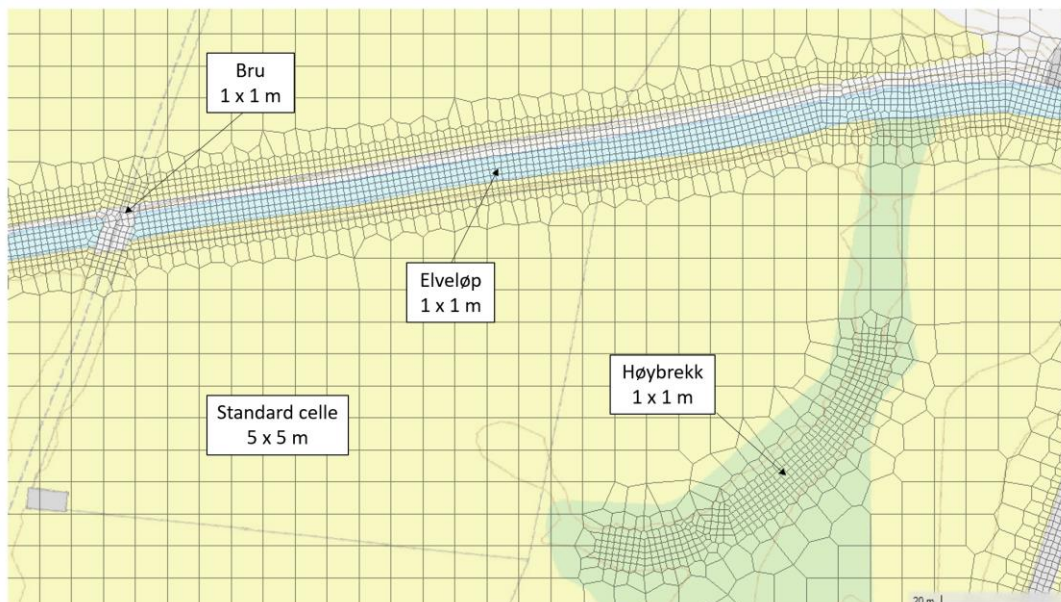
Den hydrauliske modellen er satt opp i HEC-RAS versjon 6.3.1, som en 2D-modell. 2D-modellen beregner vannstander, hastigheter og strømningsretninger i hver celle av et nett av beregningsceller. Oversikt av modellert området er vist i Figur 5. Beregningscellene utenfor elveløpet har en cellestørrelse på 5 x 5 m, samt supplert med bruddlinjer langs høybrekk, bruer og i elveløpet for å fange opp den underliggende geometrien best mulig, som er vist på Figur 6. Langs elveløpet har beregningscellene en cellestørrelse på 1 x 1 m.

I simuleringene er det benyttet SWE-ELM ligningssett, med tidskritt som er avhengig av Courant-tallet på mellom 0,4 og 1,0.



Figur 5: Oversikt av modellområde

For området rundt brua ved Hardangerfjordvegen er det generert en separat geometri i HEC-RAS for å få et nøyaktig resultat i dette området, se Figur 10.



Figur 6: Eksempel på beregningsnett (ved Mo).

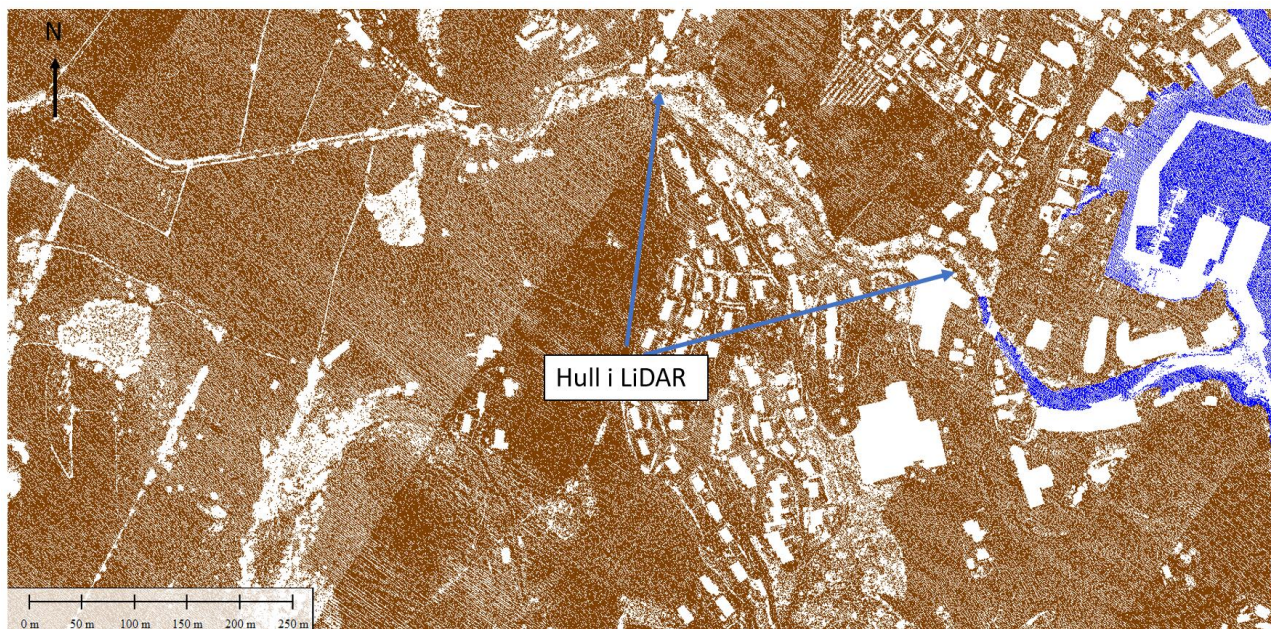
### 3.2 Terrengmodell

Det er to punktskyer tilgjengelig fra [www.hoydedata.no](http://www.hoydedata.no); ett fra 2011 (Kvam 2011) og ett fra 2022. Punktskyen fra 2022 har ikke klassifiserte punkttyper, dvs. bakkepunkt var ikke filtrert per april 2023, slik at det var ikke mulig å opprette en tilstrekkelig nøyaktig terrengmodell fra denne punktskyen. Punktskyen fra 2011 er derfor benyttet til å generere terrengmodellen.

Punktskyen har en punkttetthet på 1 pkt./m<sup>2</sup>, og terrengmodellen har dermed en oppløsning på 1 m. Koordinatsystem er UTM32N med høydedatum NN2000.

Punktskyen inneholder hull som vist i Figur 7, da spesielt i elveløpet. Dette fører til noe unøyaktighet i terrengmodellen langs elva.





Figur 7: Hull i LiDAR data (hvite områder) etter filtrering for bakkepunkter (brune punkter).

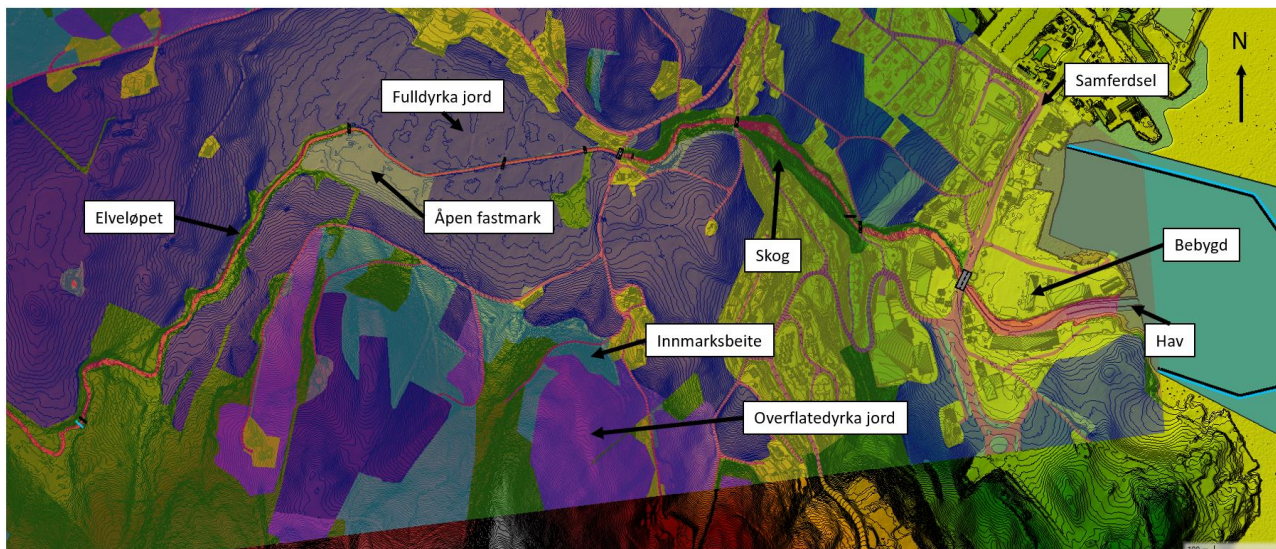
Terrengmodellen er justert der den avviker fra oppmåling og der det vurderes nødvendig ut ifra bilder fra befaringen. Dette inkluderer senkning av elvebunnen, heving av terrenget ved landkar og utvidelse av elvebredden (pga. dårlig oppløsning i punktskyen). Senkning av elveløpet er hovedsakelig ved Mo, rundt dammen og nedstrøms bru ved Hardangerfjordvegen. Detaljer rundt dette er beskrevet i vedlegg 3.

### 3.3 Friksjonsforhold

Friksjonsforholdene i vassdraget er vurdert fra kartdata, flyfoto og i forbindelse med befaring. Elvebredden langs vassdraget er i hovedsak jordbruksområder med en smal stripe av vegetasjon mot elva. Det er også noe bebyggelse i form av bolighus samt noen større næringsbygg lengst nedstrøms. Bygninger er inkludert i terrengmodellen slik at vannet ikke renner gjennom, men blir tvunget rundt. I Figur 8 vises det en oversikt av forskjellige areal typer i nærheten av Vikelva og Tabell 9 gir en oversikt over Manningstall for hver arealtype.

Friksjonsfaktoren i modellen er basert på Manningstall ( $M=1/n$ ), og varierer fra  $n=0,02$  der det er veier til  $n=0,1$  i skogområdene. Manningstallet i elveløpet er satt til 0,04. Inndeling av arealsoner er basert på arealressurskart fra Statens kartverk, mens valg av Manningstall er gjort med utgangspunkt i erfaringstall fra Vassdragshåndboka til NVE (Fergus, Hoseth, & Sæterbø, 2010).





Figur 8: Oversikt over forskjellige areal typer i nærheten av Vikelva (rød farge)

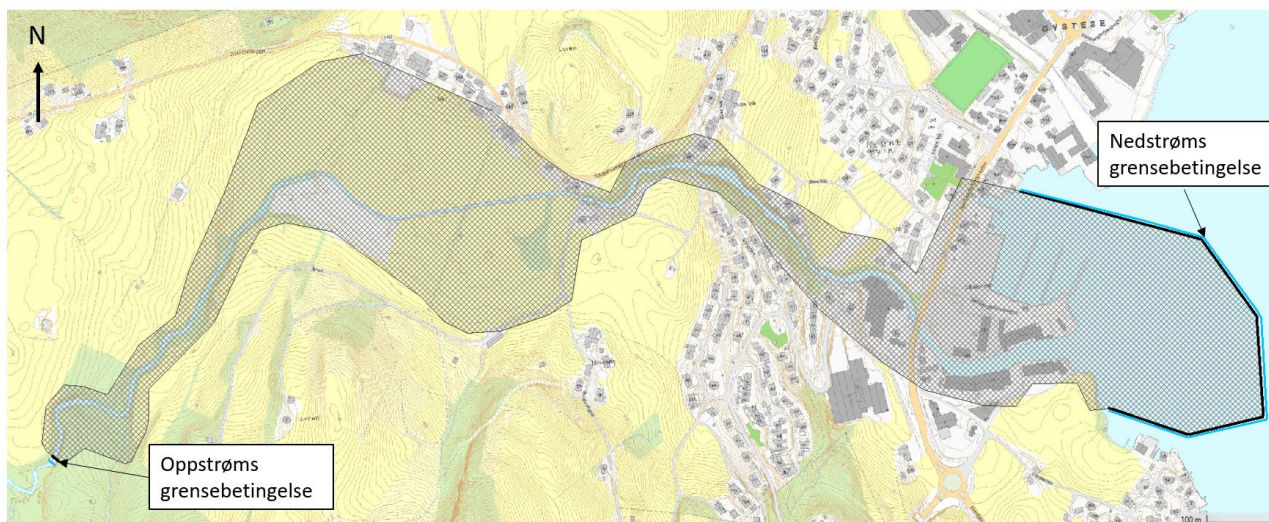
Tabell 9: Oversikt over friksjonstall (Manningstall  $M = 1/n$ ) for hver areal type

Areal type	Nr.	Mannings n verdi
Fulldyrka jord	21	0,03
Overflatedyrka jord	22	0,03
Innmarksbeite	23	0,033
Skog	30	0,1
Åpen fastmark	50	0,03
Elveløp	81	0,04
Bebyggelse	11	0,03
Samferdsel	12	0,02
Hav	82	0,02

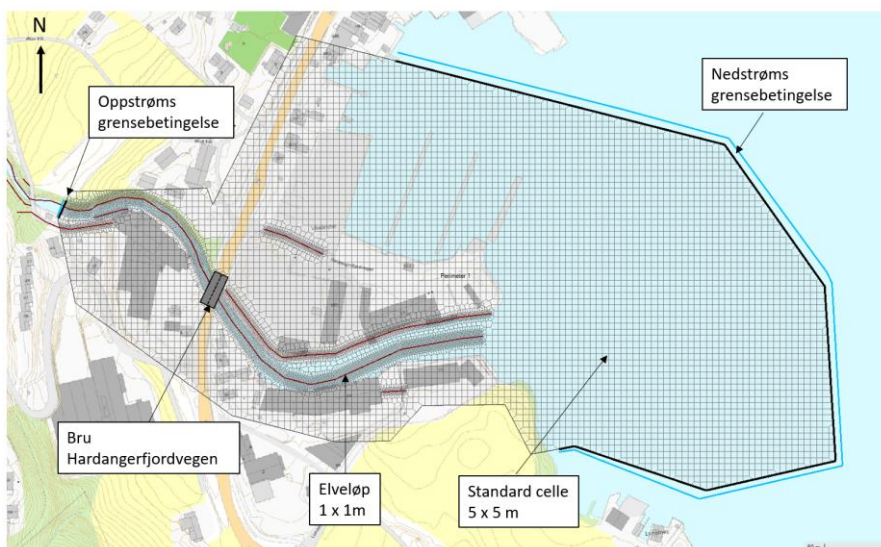
### 3.4 Grensebetingelser

Oppstrøms grensebetingelse er ca. 300 m oppstrøms for Mo, se Figur 9. Det er benyttet konstant vannføring.

Nedstrøms grensebetingelse er satt til konstant vannstand ved utløpet i Hardangerfjorden. Vannstanden tilsvarer ett-års stormflo, inklusiv havnivåstigning, som gir en vannstand på 1,57 moh. Ifølge Kartverket.no (Kartverket, 2023) er ett-års stormflo for Kvam Herad 0,97 moh. (NN2000) og forventet havnivåstigning er 0,61 m (DSB, 2016).



Figur 9: Oversikt modell og grensebetingelser.



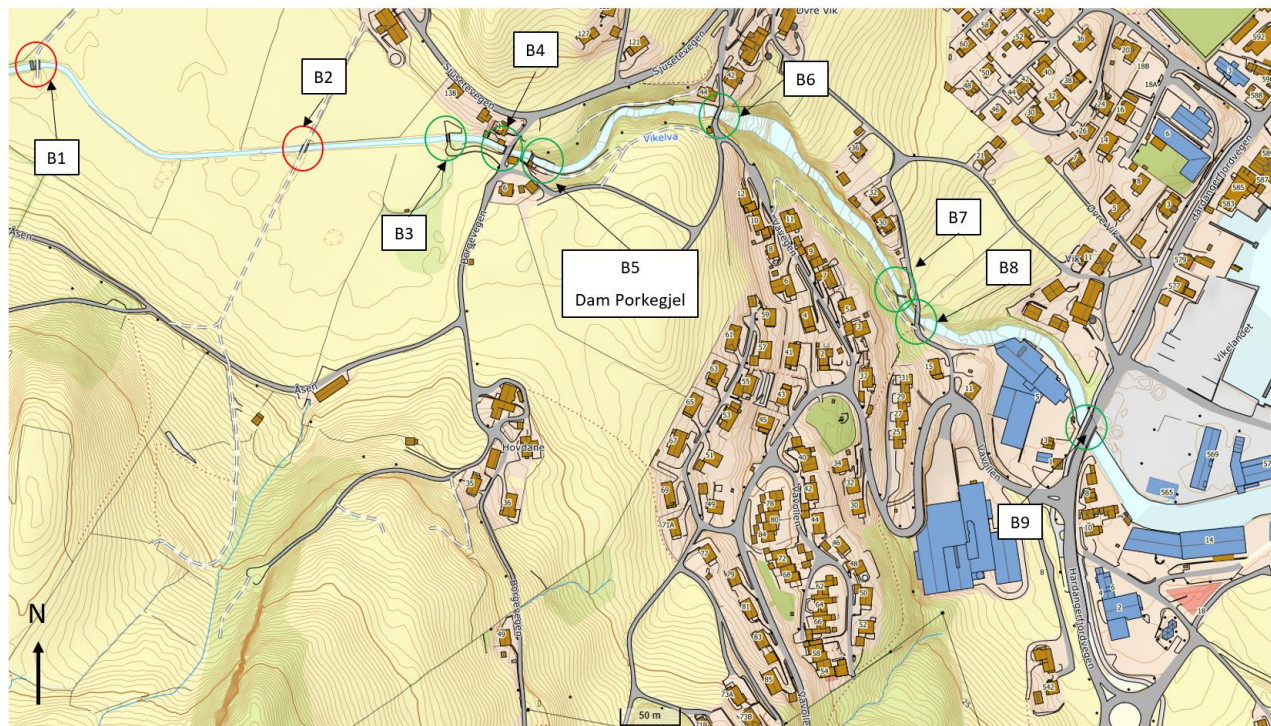
Figur 10: Modellområde rundt Hardangerfjordvegen og utløpet i Hardangerfjorden

## 3.5 Konstruksjoner i vassdraget

### 3.5.1 Bruer

Det finnes åtte bruer som krysser Vikelva i modellområdet i tillegg til en dam (Dam Porkegjel). Bruene er simulert i modellen som «SA/2D connections» med bru-modulen. Ingen av bruene som krysser Vikelva har pilarer. Figur 11 gir en oversikt over de oppmålte bruene. Det vises til vedlegg 3 for videre detaljer.





Figur 11: Oversikt oppmalte bruer Vikelva (grønn er oppmålt, rød er antatt).

### 3.5.2 Dam Porkegjel

Dam Porkegjel (B5 i Figur 11) er en liten inntaksdam plassert midt i elveløpet. Ifølge damtegninger (Porkegjelet Inntaksdam) fra 2007 ligger damkrona på 63,5 moh., men ble målt inn av Norconsult i 2023 til å ligge på 63,7 moh. Det er valgt å benytte oppmålte høyder. Overløpet har en lengde på ca. 6,0 m og bredde på 0,6 m. Dammen har maksimal høyde på ca. 1,6 m.

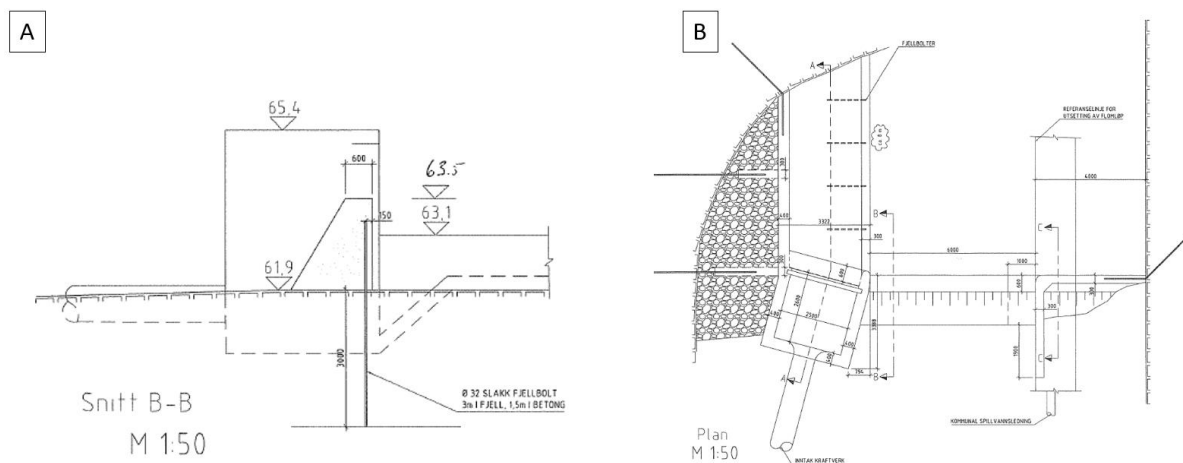
Damkonstruksjonen er lagt inn i HEC-RAS modellen som et «broad-crested» overløp. Overløpskoeffisienten er valgt til 1,8, og er basert på NVEs Retningslinjer for flomløp (NVE, 2011) for skarp-kantet overløp med  $H/B = 3$ . Valget av overløpskoeffisienten har ingen påvirkning på den beregnede flomsone nedstrøms.

Tegninger og bilder av dammen vises i Figur 12, Figur 13 og Figur 14. Dammen har marginal magasinerings.

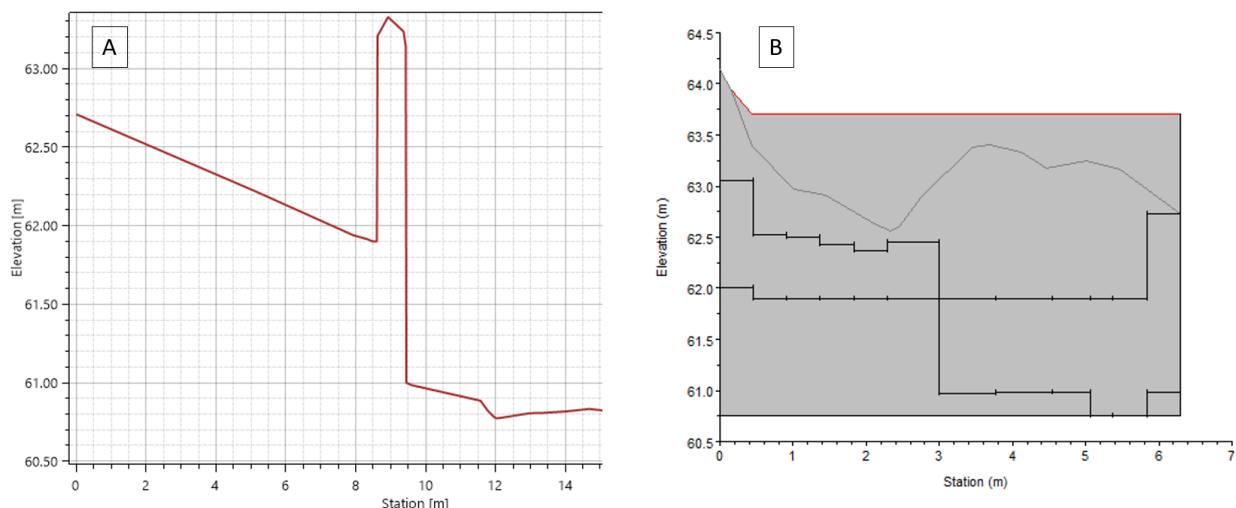




Figur 12: Bilder av dam Porkegjel, sett fra oppstrøms side (A) og fra nedstrøms side (B).



Figur 13: Tegninger av dam Porkegjel som viser lengdesnitt (A) og plan (B).



Figur 14: Geometrien som er lagt inn i HEC-RAS-modellen for lengdesnitt (A) og tverrsnitt (B).

### 3.6 Sensitivitetsanalyse

En sensitivitetsanalyse er utført på ruhetskoeffisient (Mannings n) og flomvannføring. Resultatene fra sensitivitetsanalysen er gitt i Tabell 10.

Tabell 10: Resultater av sensitivitetsanalyse på vannstandsforskjell.

Parametere	Vannstandsforskjell (m)		
	Ved Mo	Mellom bru B8 og B9	Nederste bru B9
Ruhetskoeffisient (n) +20%	+0,05	+0,05	+0,03
Ruhetskoeffisient (n) -20%	-0,05	-0,03	-0,03
Flomvannføring (Q <sub>200</sub> inkl. klima) +20%	+0,35	+0,24	+0,03

Resultatene viser at modellen er lite sensitiv til endringer i ruhetsfaktor, men er relativt sensitiv til endringer i vannføring. Dette skyldes hovedsakelig at lysåpning ved bruene er begrenset slik at økt vannføring medfører økt oppstuvning.

Mangel på observasjonsdata for vannføring og vannstand betyr at modellen ikke kan kalibreres. Dette medfører at resultatene fra vannlinjemodellen automatisk blir plassert i klasse D eller E iht. «kalibreringsnivå» gitt NVEs Veileder for flomfare (NVE, 2023). Det velges å plassere resultatene av vannlinjemodellen i klasse E på grunn av en kombinasjon av middels kvaliteten på terrenggrunnlaget, bratte strekninger som faller utenfor bruksområde av HEC-RAS og relativt høy sensitivitet til vannføringsendringer.

Fra kapittel 2.10 fremkommer det at flomberegningene er plassert i klasse 3, og sammen med en klasse E for kalibreringsnivå av modellen, gir dette ifølge NVEs Veileder for flomfare (NVE, 2023) et påslag på 50% på vannføringen, se Tabell 11.

Tabell 11: Klassifisering av sikkerhetspåslag

Klassifisering av flomberegning	Klasse 3
Klassifisering av kalibreringsnivå	Klasse E
Prosentvist påslag på flomberegning	50%

Endelige vannføringer (kulminasjonsvannføringer) for ulike gjentaksintervaller, inkludert klimapåslag og sikkerhetspåslag, og som benyttes i flomsonekartlegging er vist i Tabell 12.

Tabell 12: Endelige kulminasjonsvannføring benyttet i flomsonekartlegging

Gjentaksintervall	Kulminasjonsvannføring inkl. klima- og sikkerhetspåslag (m <sup>3</sup> /s)
Q <sub>20</sub>	27,5
Q <sub>200</sub>	55,8
Q <sub>1000</sub>	75,8



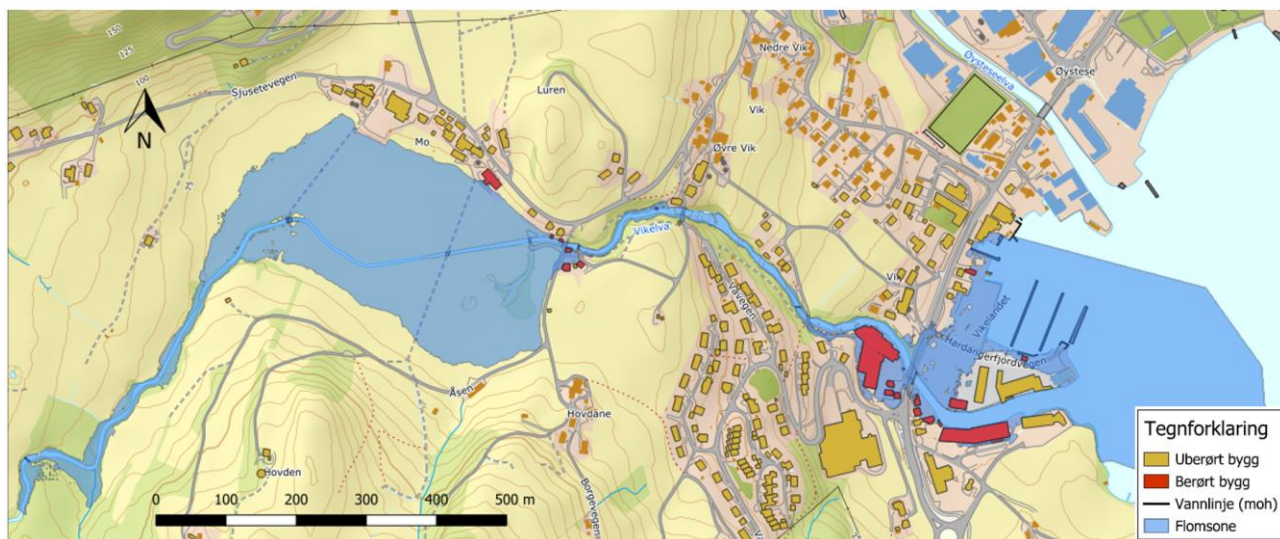
## 4 Resultater

### 4.1 Generelt

I dette kapitlet oppsummeres resultater av vannstander ved bruene og dam Porkegjel, samt flomsonekartene ved de ulike gjentaksintervallene. Det vises til detaljerte flomsonekart i vedlegg 4.

Resultatene viser at langs øvre del av beregningsstrekningen vil vannføringen i Vikelva stort sett være begrenset av en naturlig dal før den møter flatene ved Mo (se Figur 15). Her sprer flomvannet seg utover slettene, og ved en 200-årsflom viser resultatene at vannhybden er ca. 0,3 m ved øvre del og ca. 1,5 m ved nedre del (i nærheten av Borgevegen). Bruene i dette området (B1, B2 og B3) blir alle oversvømt.

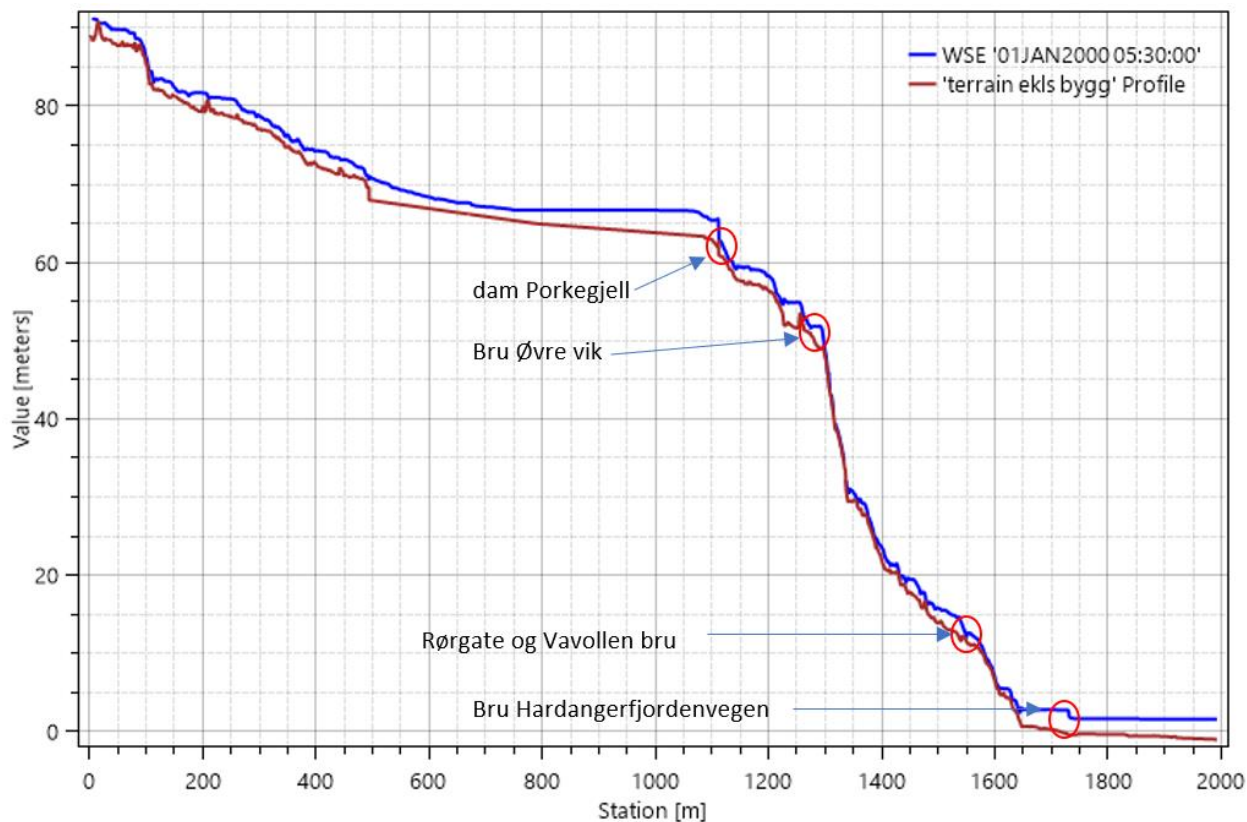
Nedstrøms Mo blir Vikelva igjen begrenset av en naturlig elvekløft. Flomvannet renner videre under brua tilhørende Borgevegen og over dam Porkegjel med høy hastighet. Videre nedover fører brua ved Vavegen til oppstuvning, selv om vannføringen holdes innenfor dalføret. Nedstrøms denne brua følger vannføringen et bratt parti som fører til de høyeste vannhastighetene langs beregningsstrekningen. Videre nedstrøms krysser elva rørgaten og brua ved Vavollen uten at dette fører til mye oppstuvning. Deretter renner elva ned til brua ved Hardangerfjordvegen. Ved denne brua oversvømmes en del av den sørlige elvesletten.



Figur 15: Utsnitt av flomsonekartet for Vikelva for sikkerhetsklasse F2 (berørt bygg vises i rødt).

### 4.2 Bruer

De fleste bruene langs strekningen har ikke tilstrekkelig hydraulisk kapasitet til å avlede en 200-årsflom inkl. klima- og sikkerhetspåslag, hvilket fører til oppstuvning flere steder. Se Figur 16 for et lengdesnitt av terreng og beregnet vannstand langs elveløpets senterlinje. Tabell 13 oppsummerer beregnede vannstander og underkant brudekke for samtlige bruene.



Figur 16: Beregnet vannstand for en 200-årsflom midt i elveløpet (blå linje) og terreng (rød linje)

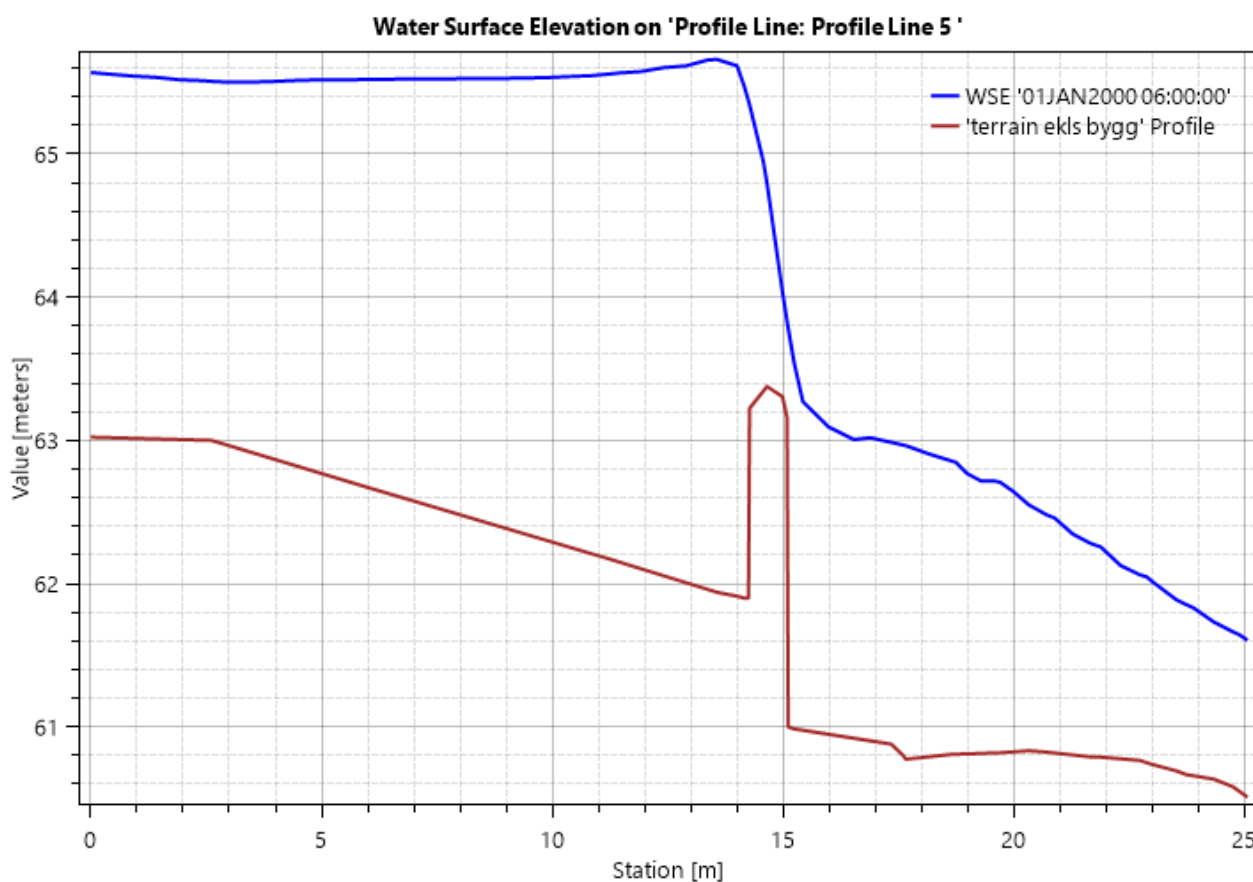
Tabell 13: Oppsummering av beregnede vannstander og kapasitet ved bruene langs Vikelva, 200-årsflom med klimapåslag og uten usikkerhetspåslag. Siste kolonne er det samme for 200-årsflom med klima- og usikkerhetspåslag.

Bru	Lavest vannstand ved Q <sub>200</sub> + klima (moh.)	Underkant bru oppstrøms side (moh.)	Tilstrekkelig kapasitet (Ja/nei)
1	67,64	67,50	Nei
2	66,73	65,63	Nei
3	66,72	65,31	Nei
4	66,01	67,4 - 66,89	Ja
5 (dam)	65,52	ingen underkant bru	-
6	51,94	51,15 - 49,7	Nei
7	15,54	15,65 - 15,5	Nei
8	14,58	15,04 - 14,49	Nei
9	2,58	2,0	Nei

### 4.3 Dam Porkegjel

Dam Porkegjel betegnes som en liten betong-/gravitasjonsdam. Ifølge NVEs retningslinjer for dambruddsbølgeberegninger (NVE, 2009) går en betongdam til momentant brudd hvis den blir overtoppet med mer enn  $0,4 \times$  damhøyden. For dam Porkegjell innebærer dette at den går til brudd ved vannstand på ca. 64,34 moh. ( $63,7 + 0,4 \times 1,6 = 64,34$ ), se Figur 17 for maksimal beregnet vannstand ved en 200-årsflom.

Resultatene viser at dammen går til momentant brudd ved en 200-årsflom. Dette vil medføre en beskjeden bruddbølge nedstrøms som følge av det marginale magasinivolumet bak dammen. Vannstanden som utløser dambrudd etter NVEs bruddkriteria, er nådd ved en vannføring på ca. 12-15 m<sup>3</sup>/s. Konsekvens av et dambrudd ved dam Porkegjel er ikke inkludert i resultatene.



Figur 17: Maksimal beregnet vannstand ved en 200-årsflom ved dam Porkegjel.

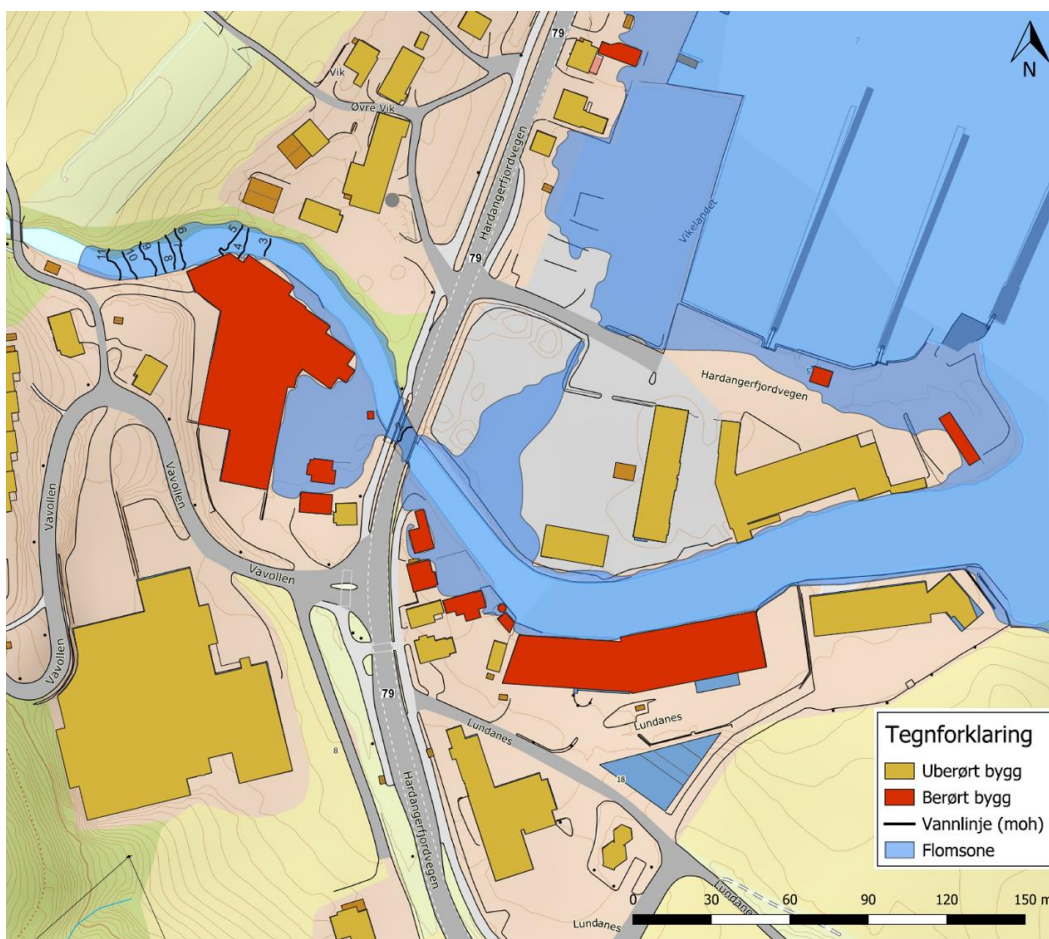


## 4.4 Flomsonekart

I de neste underkapitlene vises utsnitt fra flomsonekartene til en 20-årsflom, en 200-årsflom og en 1000-årsflom inkl. klima- og sikkerhetspåslag. Resultatene er hentet fra flomsonekartene gitt i vedlegg 4. Bygninger betraktes som berørte hvis de kommer i kontakt med flomsonen, uavhengig av vandybden.

### 4.4.1 20-årsflom (F1)

Flomsonen til en 20-årsflom, inkl. klima- og sikkerhetspåslag fører til noe oversvømmelse på oppstrøms side av brua ved Hardangerfjordvegen, se Figur 18. Elva går ut over sine bredder oppstrøms brua og berører eiendommene ved Vavollen nr. 3 og 5. Vannstanden ved bru Hardangerfjordvegen er beregnet til 2,0 moh., som sammenfaller med underkant brudekke.



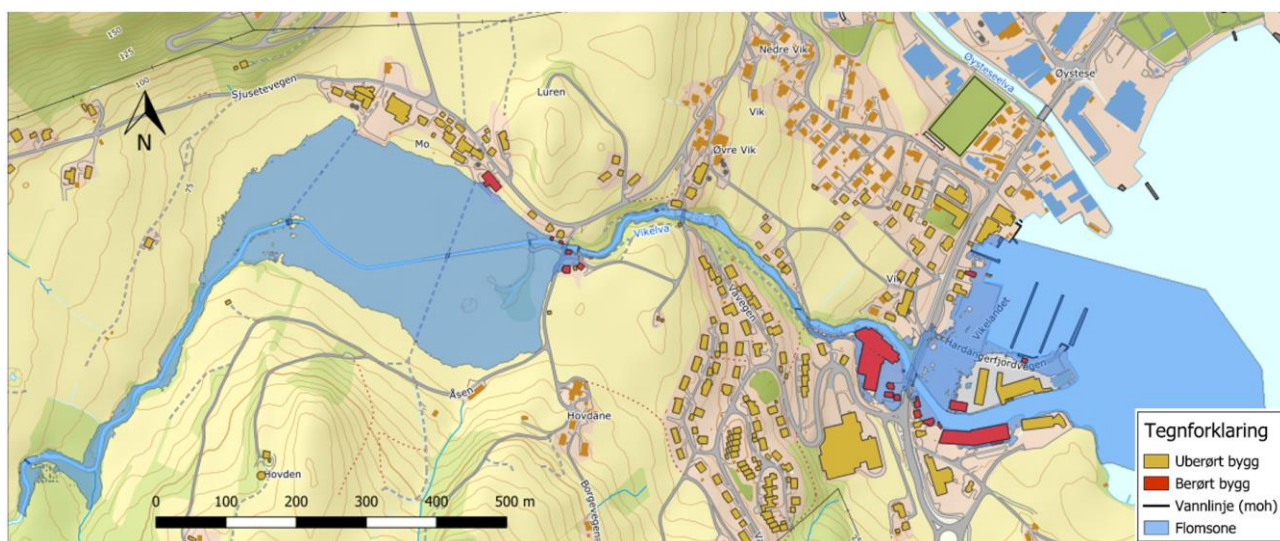
Figur 18: Utsnitt av flomsonekartet for en 20-årsflom inkl. klima og sikkerhetspåslag, ved området der Vikelva munner ut i Hardangerfjorden.

### 4.4.2 200-årsflom (F2)

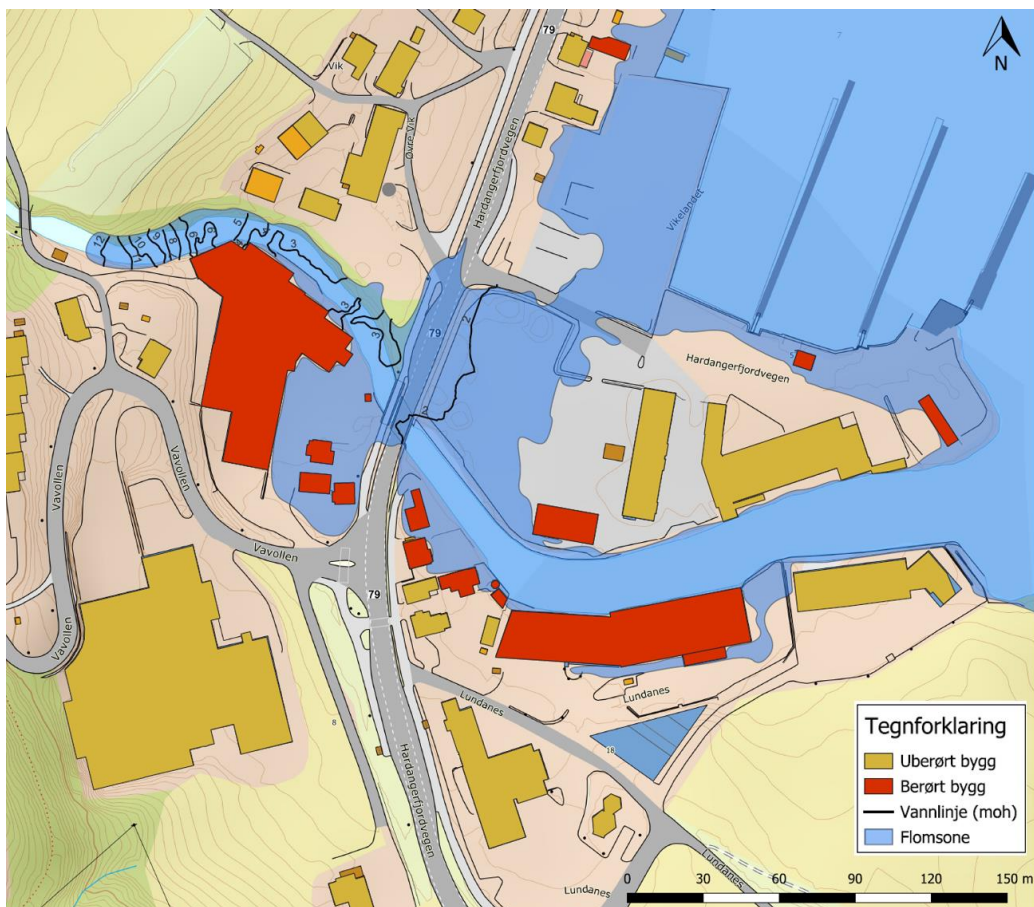
Flomsonekart i Figur 19 og Figur 20 viser flomutbredelse og vannstands nivå for situasjonen som blir dimensjonerende for sikkerhetsklasse F2. Ved en 200-årsflom inkl. klima- og sikkerhetspåslag blir området ved Mo oversvømt, noe som delvis skyldes oppstuvning ved dam Porkegjel. Vandybden ved Borgevegen nr.

6 er inntil 0,5 m og videre blir garasjen til Borgevegen nr. 1 berørt sammen med gården ved Sjusetevegen nr. 142.

Videre nedstrøms rundt brua Hardangerfjordvegen, blir området oppstrøms brua ved Vavollen nr. 1, 3 og 5 berørt med vanndybde på inntil 1,20 m. Brua har ikke tilstrekkelig hydraulisk kapasitet som medfører at flomvannet renner over brubanen. Nedstrøms brua gir den kombinerte effekten av høy vannføring og stormflo + havnivåstigning at vanndybden ved Lundanes nr. 8 er på ca. 0,3 m. I tillegg oversvømmes Vikelandet med en vanndybde på inntil 0,4 m. Lundanes nr. 14 sammen med Hardangerfjordvegen nr. 565 får en vannstand på inntil 0,2 m langs bygningene. Det forutsettes at Hardangerfjordvegen nr. 571 og Lundanes nr. 16 ligger over 1,6 moh. og er derfor ikke berørt. Ca. 2 m<sup>3</sup>/s renner utenfor elveløpet mot nord nedstrøms brua (Figur 20).



Figur 19: Utsnitt av flomsonekartet for en 200-årsflom inkl. klima- og sikkerhetspåslag.



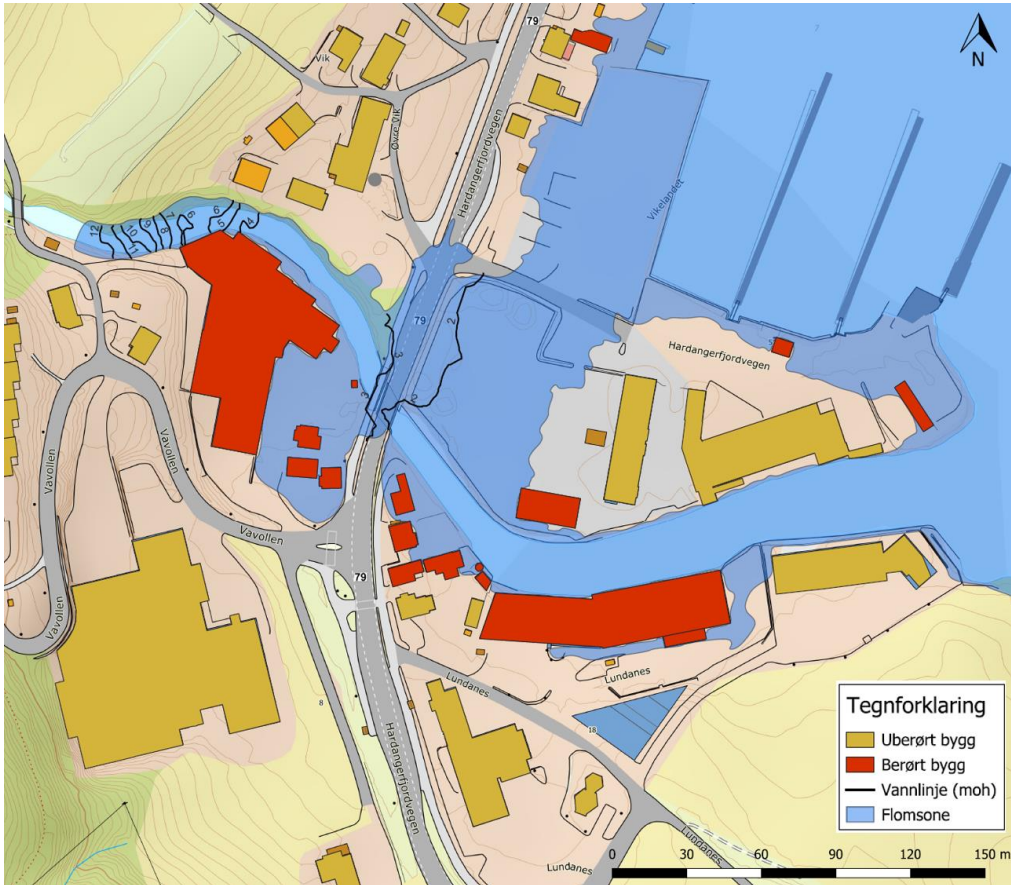
Figur 20: Utsnitt av flomsonekartet for en 200-årsflom inkl. klima og sikkerhetspåslag, ved området der Vikelva munner ut i Hardangerfjorden.

#### 4.4.3 1000-årsflom (F3)

Utsnitt fra flomsonekartet for en 1000-årsflom inkl. klima og sikkerhetspåslag er vist i Figur 21. Elva går ut over sine bredder oppstrøms brua og strømmer over Hardangerfjordvegen. Flommen berører Vavollen nr. 1,3 og 5. Nedstrøms brua går elva også over sine bredder og berører Lundanes nr. 8, 10, 14 og 16, i tillegg til Hardangerfjordvegen nr. 565 og 579. Det forutsettes at Hardangerfjordvegen nr. 571 og Lundanes nr. 16 ligger over 1,65 moh. og er derfor ikke berørt.

Forskjellen mellom en 200-årsflom og en 1000-årsflom inkl. klima- og sikkerhetspåslag er ca. 10 cm høyere vannstand oppstrøms brua ved Hardangerfjordvegen. Videre renner noe mer vann nordover over Vikelandet ved en 1000-årsflom. Ca. 5,25 m<sup>3</sup>/s renner utenfor elveløpet mot nord.





Figur 21: Utsnitt av flomsonekartet for en 1000-årsflom inkl. klima- og sikkerhetspåslag ved området der Vikelva munner ut i Hardangerfjorden.

## 5 Konklusjon og vurdering av resultater

I det etterfølgende er det gitt en kort oppsummering av konsekvensene av de ulike flommene som er simulert i denne flomsonekartleggingen:

- 20-årsflom med sikkerhetspåslag: Det forventes noe oversvømmelse av bygninger som ligger like oppstrøms brua ved Hardangerfjordvegen.
- 200-årsflom med klima- og sikkerhetspåslag: Det forventes relativt store flomproblemer oppstrøms brua ved Hardangerfjordvegen. Selve brua vil trolig bli skadet som følge av de høye vannstandene som er beregnet på oppstrøms side. Nedstrøms brua forventes oversvømmelse av flere bygninger.
- 1000-årsflom med klima- og sikkerhetspåslag: Som for en 200-årsflom, men med ca. 10 cm høyere vannstander.

Det påpekes også at utførte simuleringer ikke klarer å ta hensyn til erosjon som kan forekomme under flom. Under store flomhendelser kan erosjonen være omfattende, og det vil alltid være en risiko for at eiendommer eller bygninger tett på bratte vassdrag blir berørt.

### 5.1 Vurdering av kvalitet

#### 5.1.1 Kvalitet på hydrologisk grunnlag

Det hydrologiske grunnlaget som ligger til grunn for flomberegningen er i hovedsak basert på bruk av NIFS-formelverk. Det er i tillegg utført flomfrekvensanalyser på nærliggende vannføringsstasjoner og en nedbør-avløpsmodell simulering ved hjelp av PQRUT.

NIFS-formelverket er sensitivt til endringer i årsavrenning  $Q_N$ . Det er derfor gjort en sammenligning mellom verdier for årsavrenning generert ved hjelp av NVEs Nevina system og verdier fra NVEs nye avrenningskart for perioden 1991-2020. Det er ikke funnet store forskjeller mellom beregnede verdier og avrenningskartet.

Det eksisterer ingen kalibreringsdata for vannføring og vannstand for Vikelva. Mangel på kalibreringsdata øker usikkerhet, spesielt ift. vannlinjeberegningen.

#### 5.1.2 Kvalitet på kart og terrenggrunnlag

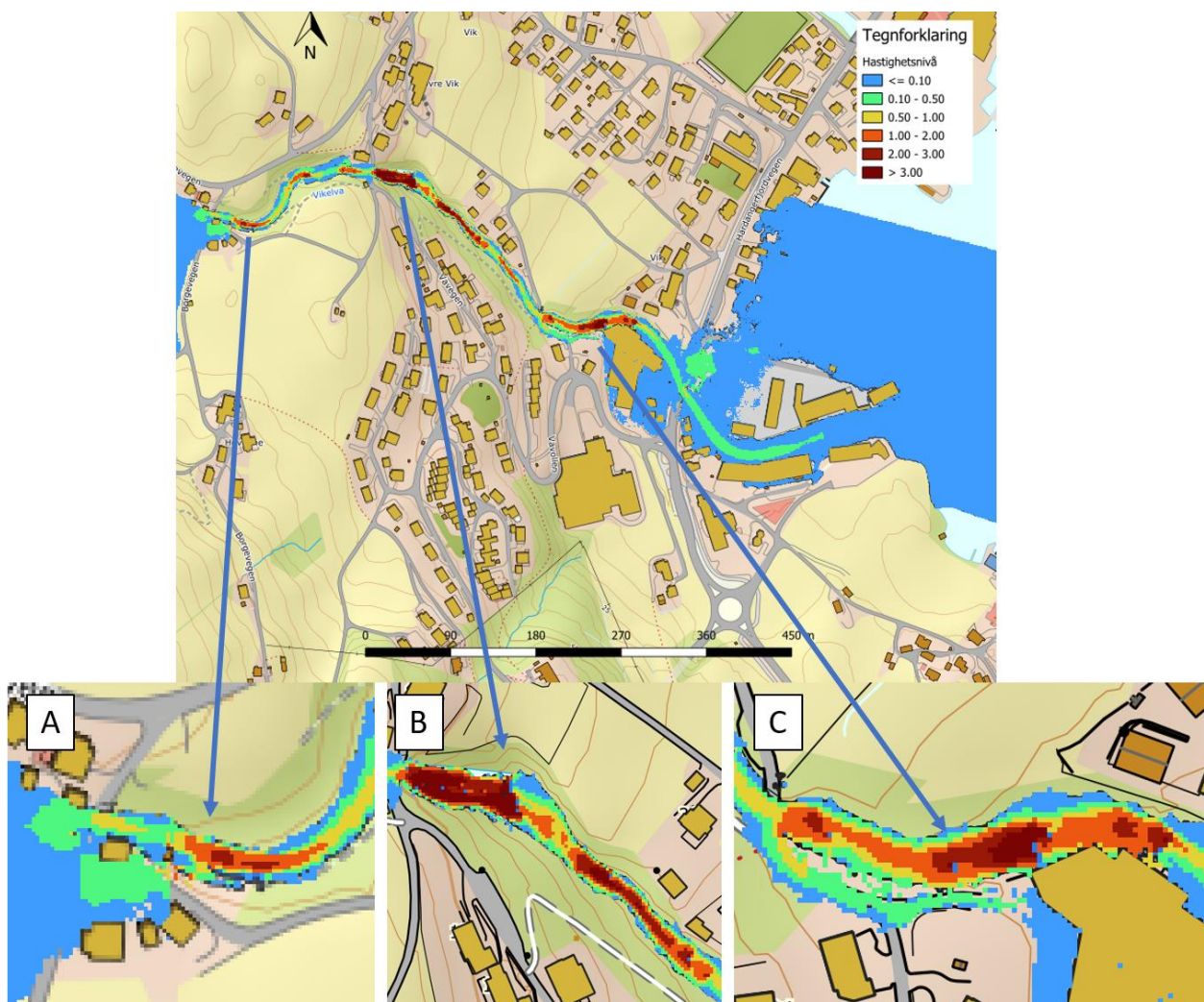
Terrenggrunnlaget benyttet i den hydrauliske modellen er basert på en laserskanning fra 2011. Oppløsningen er relativt dårlig (1 pkt./m<sup>2</sup>), spesielt i og langs elveløpet på grunn av mye vegetasjon ved skanning-tidspunkt. Det har vært vanskelig å filtrere ut vegetasjonen fra punktskyen, og resultatet blir en terrengmodell med en del manglende punkt. Langs deler av elveløpet er terrenget oppmålt av Norconsult og korrigert der det er vurdert nødvendig.

Det finnes flere bruer som krysser elva. Disse er også oppmålt og inkludert i den hydrauliske modellen.

Elveløpet inneholder flere bratte partier. Resultater fra HEC-RAS må benyttes med aktsomhet ved helninger brattere enn 10%. Der det er store avvik mellom vannlinje og energihøyde på grunn av høye hastigheter kan virkelig vannstand være annerledes enn modellen viser.

I Figur 22 vises det at dette skjer flere steder nedstrøms ulike bruer, da spesielt B6 og B7 og B8 (se delstrekninger A, B og C i figuren). Disse sammenfaller med de bratteste partiene i elveløpet. Dette er strekninger som har en helning på opp mot 30%. Langs delstrekning A og B har dette liten betydning, da vannføringen holder seg uansett innenfor elveløpet. Langs delstrekning C kan det imidlertid ha noe betydning gitt at vannføringen sprer seg utover like nedstrøms dette området.

Det bemerkes at terrenggrunnet representerer situasjonen ved oppmålingstidspunktet og at endringer som påvirker resultatene kan ha skjedd i tiden etterpå, eller under en flomhendelse. Modellering i HEC-RAS tar ikke hensyn til terrengendringer som inntreffer som følge av erosjon, tilstopping eller masseforflytning under flom.



Figur 22: Vannhastigheter langs Vikelva mellom Mo og utløpet i Hardangerfjorden, 200-årsflom med klima- og usikkerhetspåslag.



## 5.2 Vurdering av tiltak

Vannlinjeberegningen viser at brua til Hardangerfjordvegen ikke har tilstrekkelig kapasitet til å avlede en 200-årsflom inkl. klima- og sikkerhetspåslag. Dette fører til at elva går ut over sine bredder oppstrøms brua. Mulige tiltak for å håndtere flomsituasjonen inkluderer:

- Utskifting av brua ved Hardangerfjordvegen. Tverrsnittet økes og brudekket heves.
- Etablering av flomvoller / flomvegger langs elva, både opp- og nedstrøms brua. Dette hindrer at flomvannet renner over brua og finner nye flomveier.

Det er ikke aktuelt med bunnsenkning av elveløpet under brua, da havnivå (stormflo + havnivåstigning) er fortsatt nær underkant brudekke.

## 6 Vedlegg

1. Flomfrekvensanalyser
2. Avrenningskart NVE
3. Geometrier bruene
4. Flomsonekart
  - a.  $Q_{20} + 30\%$  klimapåslag + 50% usikkerhetspåslag
  - b.  $Q_{200} + 30\%$  klimapåslag + 50% usikkerhetspåslag
  - c.  $Q_{1000} + 30\%$  klimapåslag + 50% usikkerhetspåslag

## 7 Referanser

- DSB. (2016). *Havnivåstigning og stormflo*. Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap.
- Fergus, T., Hoseth, K. A., & Sæterbø, E. (2010). *Vassdraghåndboka*. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.
- Kartverket. (2023, 06 02). *Se havnivå fir Øystese (kvam)*. Hentet fra Kartverket.no:  
<https://www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva/resultat?id=430660&location=%C3%98ystese#waterlevel-tab>
- Norsk klimaservicesenter. (2023, 04 18). *Klimaprofil Hordaland*. Hentet fra Norsk klimaservicesenter:  
<https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/hordaland>
- NVE. (2009). *Retningslinjer for dambruddsbølgeberedningner*. Norges vassdrags- og energidirektorat.
- NVE. (2011). *Retningslinjer for flomløp*. NVE.
- NVE. (2015). *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*. Norges Vassdrag og energidirektorat.
- NVE. (2020). *Lokal og regional flomfrekvensanalyse - rapport 10/2020*. Norges vassdrags- og energidirektorat.
- NVE. (2022). *Veileder for flomberegninger*. Norges vassdrag og energidirektoratet.
- NVE. (2023). *Sikkerhet mot flom - utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak*.