

Linja AS

► Flomvurdering Tomasgard

Oppdragsnr.: **52406763** Dokumentnr.: **1** Versjon: **B01** Dato: **2024-10-01**



Oppdragsgiver: Linja AS
Oppdragsgivers kontaktperson: Ingunn Vassbotten
Rådgiver: Norconsult Norge AS, Kjørboveien 22, NO-1337 Sandvika
Oppdragsleder: Marie Sæteren
Fagansvarlig: Henrik Opaker

B01	2024-10-01	For gjennomgang hos Linja AS	Marie Sæteren	Henrik Opaker	Marie Sæteren
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

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

► Sammen drag

Norconsult er engasjert av Linja AS for å vurdere flomfare for Linja sin trafostasjon ved Tomasgard i forbindelse med konsesjonssøknad for ny 132kV Tomasgard - Bø. Vurderingene er knyttet til elva Horndøla, som er del av Hornindalvassdraget. Det er også gjort vurderinger knyttet til en sidebekk av Horndøla, sør for det aktuelle området.

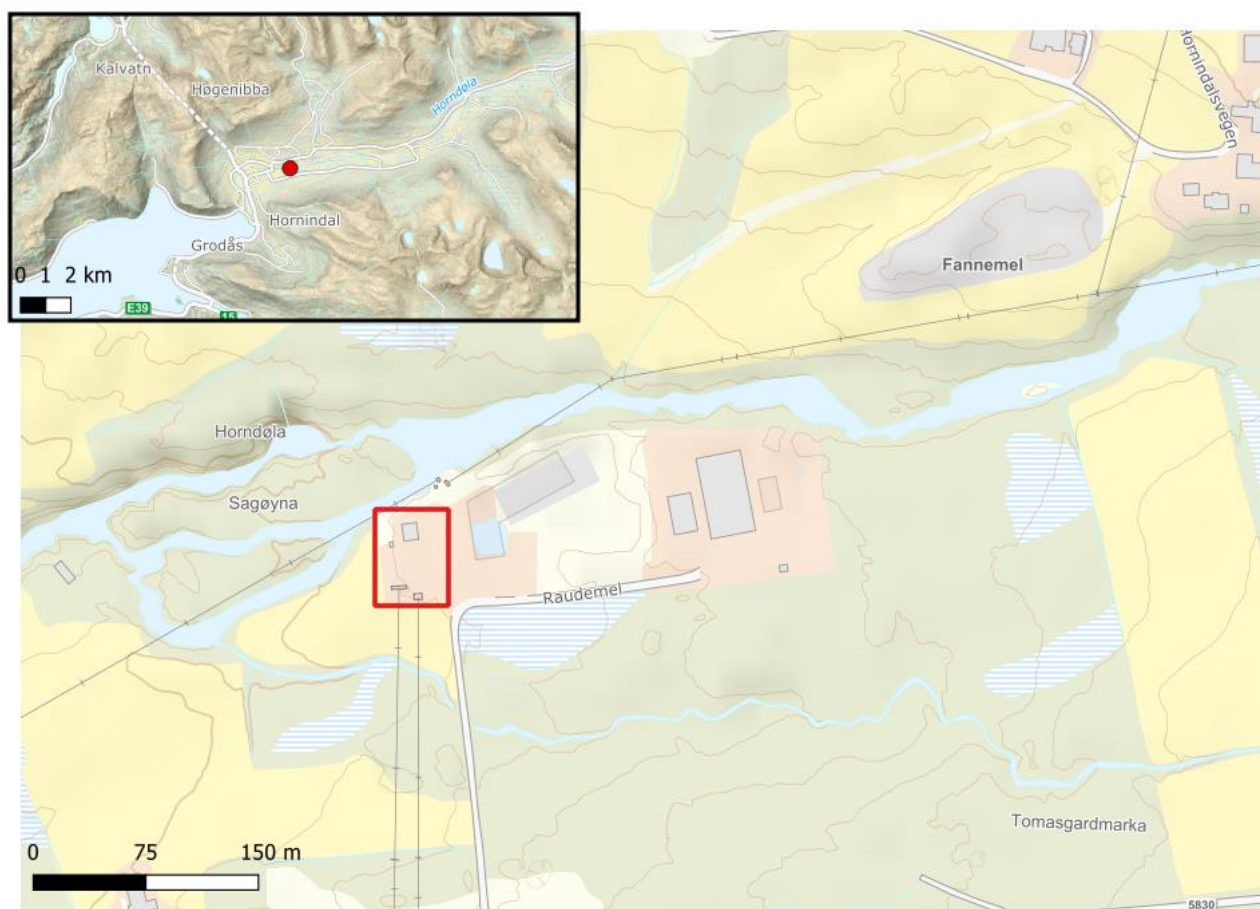
Flomstørrelse i Horndøla er fastsatt ved bruk av flomfrekvensanalyse på nærliggende vannmerker og NVEs regionale flomfrekvensanalyse RFFA-2018. 200-årsflom med 20% klimapåslag for Horndøla ved Linja sin stasjon er estimert til 282 m³/s. For bekken til sør for det aktuelle området er 200-årsflom med 40% klimapåslag beregnet til 10,3 m³/s med NIFS-2015.

Flomvannstand og flomutbredelse er beregnet ved bruk av en to-dimensjonal hydraulisk modell i HEC-RAS 6.5. Resultatet fra vannlinjeberegningen er presentert i et flomsonekart som ligger vedlagt denne rapporten. Linja sin stasjon vurderes som flomsikker ved en 200-årsflom inkludert 20% klimapåslag.

NVEs veileder for sikkerhet mot flom anbefaler et prosentvis påslag på vannføringen som sikkerhetspåslag. I henhold til veilederen er flomberegningsklassen og den hydrauliske modellen vurdert til å være i hhv. klasse 3 og klasse E. Simuleringer med 50% påslag i flomvannføringen (200-årsflom inkl. klimapåslag) gir en økning i resulterende flomvannstand i Horndøla på opp til 1,0 m. Det er antatt sikkerhetspåslag i forhold til beregnede vannstander på 1,0 m. Dette sikkerhetspåslaget bør ansees som et minimumspåslag. Ved resulterende flomvannstand for 200-årsflom inkl. klimapåslag og sikkerhetspåslag er Linja sin stasjon flomutsatt. Det anbefales derfor å heve terrenget noe på utsatte deler av strekningen langs Horndøla. Det er foreslått tre plasseringer av flomvoller for å sikre stasjonen mot flom. Disse ligger på hhv. kote 153,5 – 158, kote 164 – 167 og kote 170,5. Foreslått plassering av flomvoller er vist i rapporten.

1 Introduksjon

Norconsult AS er engasjert av Linja AS for å gjøre en flomvurdering i forbindelse med konsesjonssøknad for ny 132 kV Tomasgard – Bø. Det aktuelle området er Linja sin stasjon i Tomasgard (gnr/bnr 203/16) ved Sagøyna i Hornindalen, Volda Kommune. Se Figur 1. Stasjonen ligger innenfor NVEs aktsomhetssone for flom, og det er derfor ønskelig å utføre en mer detaljert flomfarevurdering for avklaring av reel flomsone i henhold til gjeldende krav til sikkerhet mot naturfare i TEK17. Vurderingene er knyttet til elva Horndøla som renner forbi den aktuelle tomten til nord. Elva kalles også Storelva, men vil videre bli referert til som Horndøla. Det er beregnet 200-årsflom med klimapåslag for Horndøla ved Sagøyna. Det er også gjort en vurdering av flomfare for bekken sør for Lina sin tomt.



Figur 1. Oversiktskart. Linja sin stasjon ligger på tomten markert med rød firkant. © Kartverket

1.1 Tidligere arbeid og omfang

Det ble gjort flomberegninger for Horndøla i 2016 av NVE, ref. [1], og vannlinjeberegninger av Norconsult samme år, ref. [2], i forbindelse med omregulering av Raudemel industriområde på nabotomten til Linja sin stasjon. Ny flomvurdering anses som nødvendig gitt tilgang på lengre dataserier, oppdaterte avrenningskart og nytt formelverk fra NVE.

Detaljregulering for området er vist i Figur 2, ref. [3]. Linja sin stasjon er plassert i det oransje området EL1. I forbindelse med vannlinjeberegningene utført av Norconsult [2] ble det foreslått å etablere flomvoller (område #1, #2 og #3 i Figur 2), inntil 1 m over eksisterende terreng. Det er derfor valgt å vurdere flomfare for Linja sin stasjon både med og uten foreslått flomvoll.



Figur 2. Detaljregulering for utviding av Raudemel industriområde [3].

2 Beregning av flomvannføring

2.1 Beskrivelse av benyttet beregningsmetodikk

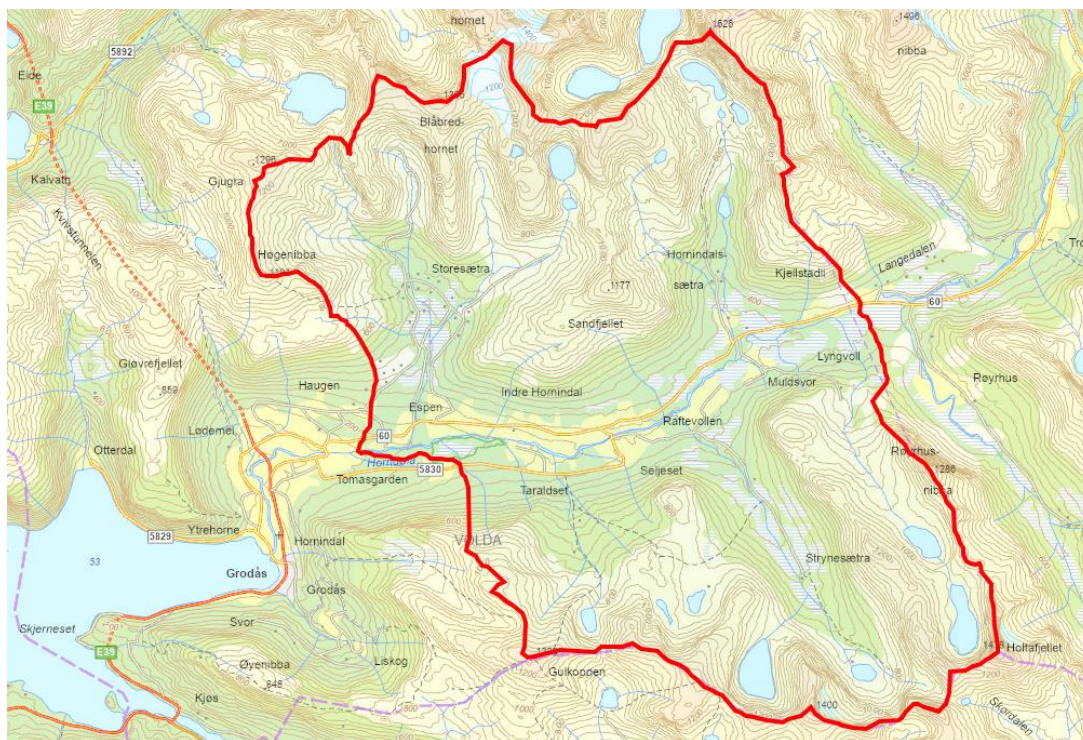
Beregning av flomstørrelse utføres i henhold til NVEs veileder for flomberegninger [4]. I denne rapporten er flomvannføringen i Horndøla ved Sagøyna beregnet med to metoder; flomfrekvensanalyse basert på sammenligningsstasjoner og med formelverket RFFA-2018. Flomberegning for Horndøla ved Sagøyna er presentert i kapittel 2.2 til kapittel 2.9. Flomvannføring for bekken på sørsiden av Linja sin tomt er beregnet med formelverket NIFS-2015, og resultatene presentert i kapittel 2.10.

2.2 Nedbørfeltet og normalavrenning

Horndøla er del av Hornindalvassdraget, og renner vestover gjennom Hornindalen ned til utløp i Hornindalsvatnet ved tettstedet Grodås. Nedbørfeltet til Horndøla ved Sagøyna er beregnet ved hjelp av NEVINA og kontrollert med SCALGO Live (Vedlegg 1). Nedbørfeltet er 115 km². Nøkkeldata for nedbørfeltet er presentert i Tabell 1, og et oversiktskart over nedbørfeltet er vist i Figur 3.

Tabell 1. Nøkkeldata for nedbørfeltet.

Nedbørfelt	Areal (km ²)	Bre (%)	Eff.Sjø (%)	Skog (%)	Snaufjell (%)	Høyde moh. (min-med-maks)	Årstilsig Q _N (1991 – 2020)		
							l/s/km ²	mill.m ³	mm/år
Horndøla ved Sagøyna	115	0,7	0,1	29,6	55,9	140 – 808 - 1568	64,6	235	2038



Figur 3. Nedbørfelt til Horndøla ved Sagøyna. © Kartverket

Det er ikke kommet nye reguleringer i nedbørfeltet siden 1960-tallet, og informasjon om reguleringer er derfor hentet fra NVEs flomberegning for Hornindalvassdraget fra 2001 [5]. Rundt 16 km² av de øvre delene i nedbørfeltet ble overført til Tussevatnet på 1960-tallet. Virkningen på høst- og vinterflommer er vurdert som liten, mens det er noe reduksjon av flommene på våren og sommeren [5]. Flomsesongen er hovedsakelig om høsten og vinteren [1]. Det er derfor sett bort fra eventuelle virkninger av reguleringen i flomanalysen.

For å bestemme normalavrenning til beregningsfeltet er det gjort vurdering av avrenningskartet og nærliggende målestasjoner. Normalavrenning til feltet er ifølge NVEs avrenningskart for 1991 – 2020 på 64,6 l/s/km². Målestasjonen 98.4 Øye ndf. er nærmeste aktive, uregulerte målestasjon med målinger i perioden 1916 – 2024. Observert normalavrenning for 98.4 Øye ndf. er for perioden 1991 – 2020 på 66,9 l/s/km². NVEs avrenningskart for perioden 1991 – 2020 er 66,9 l/s/km². Avrenningskartet fra NVE stemmer godt.

Et spesifikt årsmiddeltisig (normalavrenning) på 64,6 l/s/km² legges derfor til grunn.

2.3 Resultater fra tidligere flomberegning

NVEs flomberegning for Horndøla fra 2016 [1] var basert på regionale flomformler og flomfrekvenskurver, frekvensanalyser av nærliggende målestasjoner og formelverk for små nedbørfelt. De valgte å benytte kulminasjonsvannføringer basert på flomfrekvensanalyser og regionale flomformler. Resultatene fra NVEs flomberegning er vist i Tabell 2, som er justert med +20% som følge av forventede klimaendringer. Siden NVEs rapport har det kommet nytt avrenningskart, som forklarer den høyere verdien av årstilsig.

Tabell 2. Resultater fra NVEs flomberegning for Horndøla ved Sagøyna.

Felt	Areal (km ²)	Årstilsig Q _N , 1961 – 1990 (l/s/km ²)	Spesifikk flom Q200 (l/s/km ²)	Kulminasjonsflom Q200 (m ³ /s)
Horndøla ved Sagøyna	115,0	80	2680	306

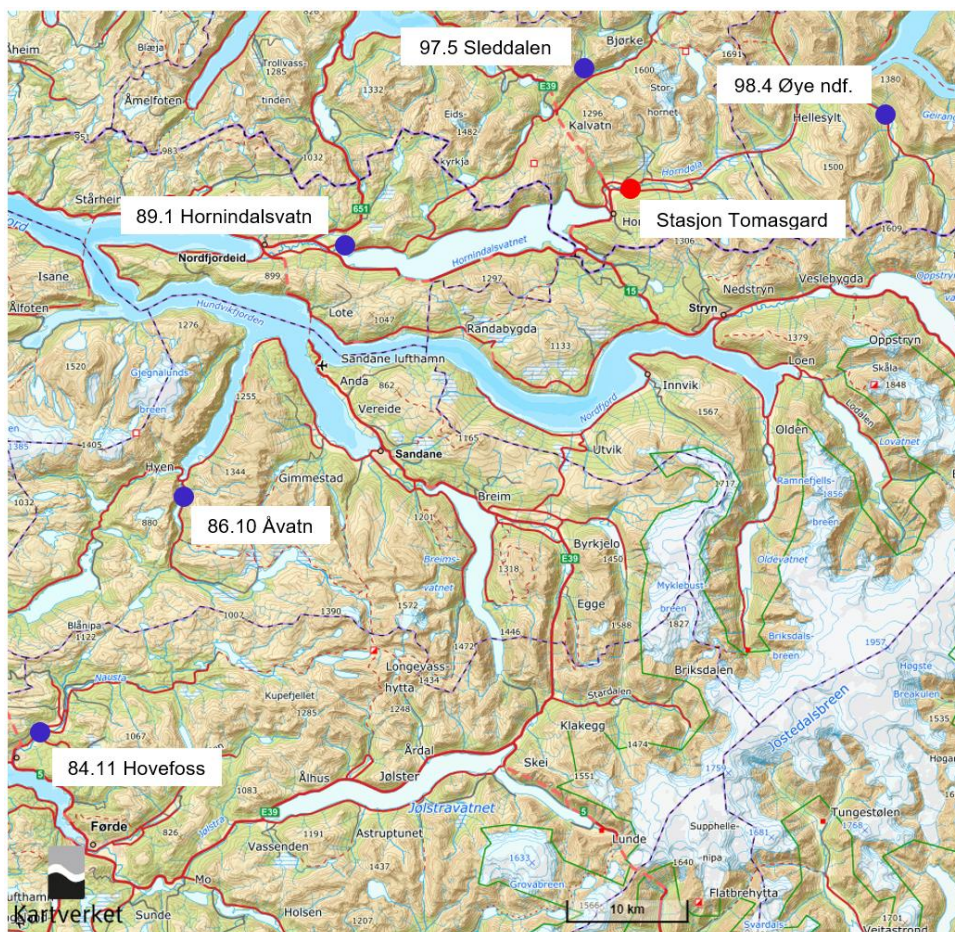
2.4 Flomfrekvensanalyse

Det er foretatt flomfrekvensanalyser for flere vannføringsstasjoner i området. Målestasjonene er valgt ut på grunnlag av feltparametere og geografisk beliggenhet. Se Figur 4. Egenskapene til beregningsfeltet er vist sammen med vannmerkene i Tabell 3. Disse målestasjonene utgjør fem av åtte stasjoner brukt i NVEs flomberegning [1]. Tre målestasjoner, 97.1 Fetvatn, 97.2 Saurevatn og 97.4 Skjåstad, er ikke inkludert i denne analysen. Fra februar 2016 er det ikke anbefalt å anvende data fra 97.1 Fetvatn til flomanalyser på grunn av oppstuvning fra fjorden ved stormflo. Vannføringskurven på flom er vurdert som meget dårlig for 97.2 Saurevatn og 97.4 Skjåstad.

Målinger fra 98.4 Øye ndf. foreligger i perioden 1917-2023. Frem til 1982 var avlesningene gjort manuelt, der kulminasjonsvannføringen (flomtoppen) ofte ble avlest under flomhendelser. I praksis betyr dette at målinger fra 1917 til 1982 kan være en blanding av kulminasjons- og døgnvannføring. Det er derfor valgt å se på to perioder for 98.4 Øye ndf.; fra 1917 til 2023 og fra 1982 til 2023.

Tabell 3. Målestasjoner benyttet i flomberegning.

Målestasjon	Areal (km ²)	Høyde moh. (min-med-maks)	Eff. Sjø (%)	Snaufjell (%)	Årstilsig Q _N NEVINA (l/s/km ²)	Periode
84.11 Hovefoss	233,7	20-627-1469	0,45	56,0	90,3	1964-2023
86.10 Åvatn (Ommedalsvatnet)	162,1	27-679-1465	1,47	64,2	80,5	1975-2023
89.1 Hornindalsvatn	379,7	53-479-1567	13,5	32,4	62,2	1901-2023 ¹
97.5 Sleddalen	9,3	326-740- 379	0,00	64,0	89,2	1998-2023
98.4 Øye ndf.	138,8	147-982-1848	0,26	64,9	66,9	1917-2023 ²
Beregningsfelt	115,0	140-808-1568	0,1	55,9	64,6	-



Figur 4. Målestasjoner benyttet til flomberegning. © Kartverket

¹ Målinger fra 1962 – 1983 ekskludert på grunn av oppstuvning fra betongblokker² Manuelle avlesninger av vannstand til 1982.

I de videre beregningene er årsflommer lagt til grunn. Estimerte vannføringer ved middelflom og 200-årsflom er vist i Tabell 4 (døgnverdi). De er beregnet med General Extreme Value (GEV) fordelingen for alle stasjoner, med unntak av Gumbel-fordelingen (EV1) for målestasjon 97.5 Sleddalen og for 98.4 Øye ndf. i perioden 1982-2023. Se Vedlegg 2.

Tabell 4. Flomfrekvensanalyse for årsflommer, døgnverdier (l/s/km²).

Målestasjon	Periode	Ant.år	Q _M	Q ₂₀₀	Q ₂₀₀ /Q _M	Q ₁₀₀₀ /Q ₂₀₀	Tilpasning
84.11 Hovefoss	1964-2023	60	841	1947	2,3	1,2	GEV
86.10 Åvatn (Ommedalsvatnet)	1975-2023	49	620	1217	2,0	1,1	GEV
89.1 Hornindalsvatn	1901-2023	101	170	275	1,6	1,3	GEV
97.5 Sleddalen	1998-2023	26	813	1660	2,0	1,2	Gumbel
98.4 Øye ndf.	1917-2023	107	441	1119	2,5	1,2	GEV
98.4 Øye ndf.	1982-2023	42	456	881	1,9	1,3	Gumbel
Gjennomsnitt			577	1244	2,1	1,2	

Basert på flomfrekvensanalysen på nærliggende vannmerker, er Q₂₀₀ (døgnverdi) beregnet til mellom 300 l/s/km² ved 89.1 Hornindalsvatn og 2000 l/s/km² ved 84.11 Hovefoss. Effektiv sjøprosent ved 89.1 Hornindalsvatn (13,5%) er mye høyere enn for beregningsfeltet (0,1%). Det vurderes derfor at Q₂₀₀ for beregningsfeltet bør ligge betydelig høyere enn 300 l/s/km². Videre velges det å se bort fra 84.11 Hovefoss, 86.10 Åvatn og 97.5 Sleddalen ettersom alle disse målestasjonene har mer enn 20% større årstilsig enn beregningsfeltet. Av målestasjonene vurderes 98.4 Øye ndf. som mest representativ for beregningsfeltet, med en forskjell i årstilsig på mindre enn 4% og sammenlignbare feltparametere. Ettersom feltarealet til 98.4 Øye ndf. er noe større (138.8 km²) enn for beregningsfeltet (114 km²), kan man forvente noe høyere Q₂₀₀ for beregningsfeltet enn for 98.4 Øye ndf.. Det velges derfor å legge til grunn Q₂₀₀ (døgnverdi) for beregningsfeltet på 1200 l/s/km² basert på flomfrekvensanalysen.

2.5 Lokal + regional flomfrekvensanalyse

Det er utført lokal + regional flomfrekvensanalyse med NVEs programvare «Flom_analyse» på vannmerket 98.4 Øye ndf. som vurderes som den mest representative målestasjonen. Estimerte flomverdier (døgnmiddel) er vist i Tabell 5. Se Vedlegg 2.

Tabell 5. Lokal + regional frekvensanalyse utført på 98.4 Øye ndf. (døgnmiddel, l/s/km²).

Målestasjon	Periode	Q _M	Q ₂₀₀	Q ₂₀₀ /Q _M	Q ₁₀₀₀ /Q ₂₀₀	Tilpasning
98.4 Øye ndf.	1917-2023	441	1042	2,4	1,2	GEV
98.4 Øye ndf.	1982-2023	460	939	2,1	1,2	GEV

2.6 Nasjonalt formelverk RFFA-2018

Det er estimert flomstørrelser med NVEs nasjonale formelverk for nedbørfelt, RFFA-2018. Dette formelverket er basert på regionale analyser for målestasjoner over hele Norge [4], og er beregnet ved bruk av NVE applikasjonen NEVINA. Formelverket estimerer også en kulminasjonsfaktor. Tabell 6 oppsummerer resultater (døgnmiddelverdi) fra nasjonalt formelverk. Se Vedlegg 2.

Tabell 6. 200-årsflom (døgnmiddelverdi) basert på RFFA-2018.

Nedbørfelt	Kulminasjonsfaktor	200-årsflom, kulminasjonsverdi		1000-årsflom, kulminasjonsverdi	
		m ³ /s	l/s/km ²	m ³ /s	l/s/km ²
Horndøla ved Sagøyna	1,46	176	1530	211	1835

2.7 Beregning av momentanflom – kulminasjonsfaktor

Flomstørrelsen beregnet på døgndata i avsnitt 2.4 og 2.5 gjelder for gjennomsnittlig verdi over ett døgn. Maksimal flomstørrelse (kulminasjonsverdi) vil alltid være større en døgnmiddelverdien. Forholdet mellom kulminasjonsvannføring og døgnvannføring ($Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$) estimeres for å beregne kulminasjonsverdier fra døgnverdier. Formelverket RFFA-2018 estimerte en kulminasjonsfaktor på 1,46 (Tabell 6). Det er videre anvendt to metoder for å estimere kulminasjonsfaktor; basert på observerte flommer fra representativt vannmerke, flomfrekvensanalyse på findata og ved ligning for høstflom fra [6].

2.7.1.1 Observasjoner fra representativt vannmerke

Ettersom det ikke foreligger målinger i vassdraget, er observerte flommer fra målestasjon 98.4 Øye ndf. brukt og resultatet vist i Tabell 7. Beregningene er basert på de fem største observerte flommene ved 98.4 Øye ndf., og resulterer i en kulminasjonsfaktor på 1,62.

Tabell 7. Kulminasjonsfaktor beregnet fra de fem største observerte årsflommene ved 98.4 Øye ndf..

Målestasjon	Periode	Kulminasjonsfaktor
98.4 Øye ndf.	1991 - 2023	1,62

2.7.1.2 Flomfrekvensanalyse på findata

Det er gjort en flomfrekvensanalyse på findata (tidsoppløsning 1 time) fra 98.4 Øye ndf., der målinger foreligger i perioden 1991 – 2023. Resultatene er vist i Tabell 8 (kulminasjonsverdi) og Tabell 9 (døgnverdi). Gjennomsnittlig forholdstall mellom døgnverdi og kulminasjonsverdi for de ulike flomstørrelsene er 1,60.

Tabell 8. Flomfrekvensanalyse for årsflommer ved 98.4 Øye ndf., kulminasjonsverdier (l/s/km²).

Målestasjon	Periode	Ant.år	Q _M	Q ₂₀₀	Tilpasning
98.4 Øye ndf.	1991-2023	33	610	1353	GEV

Tabell 9. Flomfrekvensanalyse for årsflommer ved 98.4 Øye ndf., døgnverdier (l/s/km²).

Målestasjon	Periode	Ant.år	Q _M	Q ₂₀₀	Tilpasning
98.4 Øye ndf.	1991-2023	33	438	808	GEV

2.7.1.3 Ligning for høstflom

De største flommene i beregningsfeltet forekommer på høsten og vinteren. Kulminasjonsfaktor er estimert ved bruk av forholdstallet mellom momentanflom og døgnmiddelflom basert på formelen for høstflommer [6].

Formelen (1) er gjengitt under og beregnet kulminasjonsfaktor for Horndøla ved Sagøyna og målestasjon 98.4 Øye ndf. vist i Tabell 10.

$$Q_{mom}/Q_{døgn} = 2,29 - 0,29 \cdot \log A - 0,270 \cdot A_{SE}^{0,5} \quad (1)$$

Tabell 10. Kulminasjonsfaktor for beregningsfelt, ligning for høstflom.

Nedbørfelt	Kulminasjonsfaktor, høstflommer
Horndøla ved Sagøyna	1,61
98.4 Øye ndf.	1,53

2.7.1.4 Endelig valg av kulminasjonsfaktor

Det velges å se bort fra kulminasjonsfaktoren estimert med RFFA-2018, da den ligger lavere enn kulminasjonsfaktoren estimert med andre metoder. Ligningen for høstflom gir lavere kulminasjonsfaktor (1,53) enn målinger ved vannmerket (1,62) og frekvensanalyse (1,60) for 98.4 Øye ndf.. Det vurderes derfor at kulminasjonsfaktor for Horndøla ved Sagøyna, som er beregnet med ligning for høstflom til 1,61, bør justeres opp. Det er valgt å legge til grunn kulminasjonsfaktor 1,7 i de videre beregningene.

2.8 Sammenligning av verdier fra ulike metoder og valg av endelig flomverdi

Flomstørrelser for Horndøla ved Sagøyna er vurdert ved bruk av frekvensanalyse og formelverket RFFA-2018. Frekvensanalysen ble vurdert ved bruk av to ulike metoder (direkte på vannmerker med døgndata og lokal + regional frekvensanalyse med døgndata). Resultater fra beregningene er vist i Tabell 11 (døgnverdi).

Tabell 11. Beregnede døgnverdier for Q200 i Horndøla med ulike metoder (l/s/km²).

Felt	Frekvensanalyse 98.4 Øye ndf.		RFFA-2018	Frekvensanalyse nærliggende vannmerker
	Lokal døgndata	Lokal + regional døgndata		
Horndøla ved Sagøyna	881-1119	939-1042	1530	1200

Det er valgt å legge til grunn en spesifikk døgnverdi på 1200 l/s/km² for 200-årsflom i Horndøla ved Sagøyna. Med en kulminasjonsfaktor på 1,7 gir dette en spesifikk kulminasjonsverdi for 200-årsflom på 2040 l/s/km². Med forholdstall som vist i Tabell 4 er spesifikk kulminasjonsverdi for 1000-årsflom på 2450 l/s/km². Se Tabell 12.

Tabell 12. Valgt 200-årsflom og 1000-årsflom (kulminasjonsverdi) for Horndøla ved Sagøyna.

Nedbørfelt	Valgt Q200		Q1000	
	m ³ /s	l/s/km ²	m ³ /s	l/s/km ²
Horndøla ved Sagøyna	235	2040	282	2450

2.9 Klimapåslag og sikkerhetspåslag

Ifølge [7] bør minst 20% økning av flommene (klimapåslag) som konsekvens av klimaendringer legges til grunn for Horndøla. **Q200 med klimapåslag for Horndøla ved Sagøyna blir 282 m³/s.**

NVE anbefaler å legge en ekstra høyde på de beregnede vannstandene (sikkerhetspåslag) for å ta høyde for usikkerheter knyttet til flomberegninger og hydrauliske beregninger [8]. Sikkerhetspåslaget legges på som et prosentvis påslag på vannføringen som gjøres om til vannhøyde via en hydraulisk modell. Flomvurderingen vurderes til klasse 3 og den hydrauliske modellen til klasse E. Dette gir et sikkerhetspåslag på 50%. **Med sikkerhetspåslag og klimapåslag blir Q200 for Horndøla ved Sagøyna 422 m³/s.**

2.10 Beregning av flomvannføring for bekk til sør

Nedbørfeltet til bekken sør for stasjonen er 2 km² beregnet ved hjelp av NEVINA og kontrollert med Scalgo Live. Se Vedlegg 1. Det er foretatt beregninger av flomstørrelse (Q₂₀₀) basert på nasjonalt formelverk NIFS-2015. Formelverket er satt opp for beregninger i felt med areal mindre enn 60 km², og beregner kulminasjonsverdi direkte ved hjelp av regresjonsligninger. Q200 med klimapåslag for bekken sør for stasjonen er beregnet ved hjelp av NIFS-2015 er vist i Tabell 13. Klimapåslag blir automatisk valgt, og er på 40%.

Tabell 13. Q200 (kulminasjonsverdi) for bekk sør for stasjon beregnet med NIFS-2015.

Felt	Areal (km ²)	Q200 (m ³ /s)	Q200 med klimapåslag (m ³ /s)	Q200 med klimapåslag og sikkerhetspåslag (m ³ /s)
Bekk sør for stasjon	2	8,8	10,3	15,5

3 Beregning av vannstand

3.1 Forutsetninger

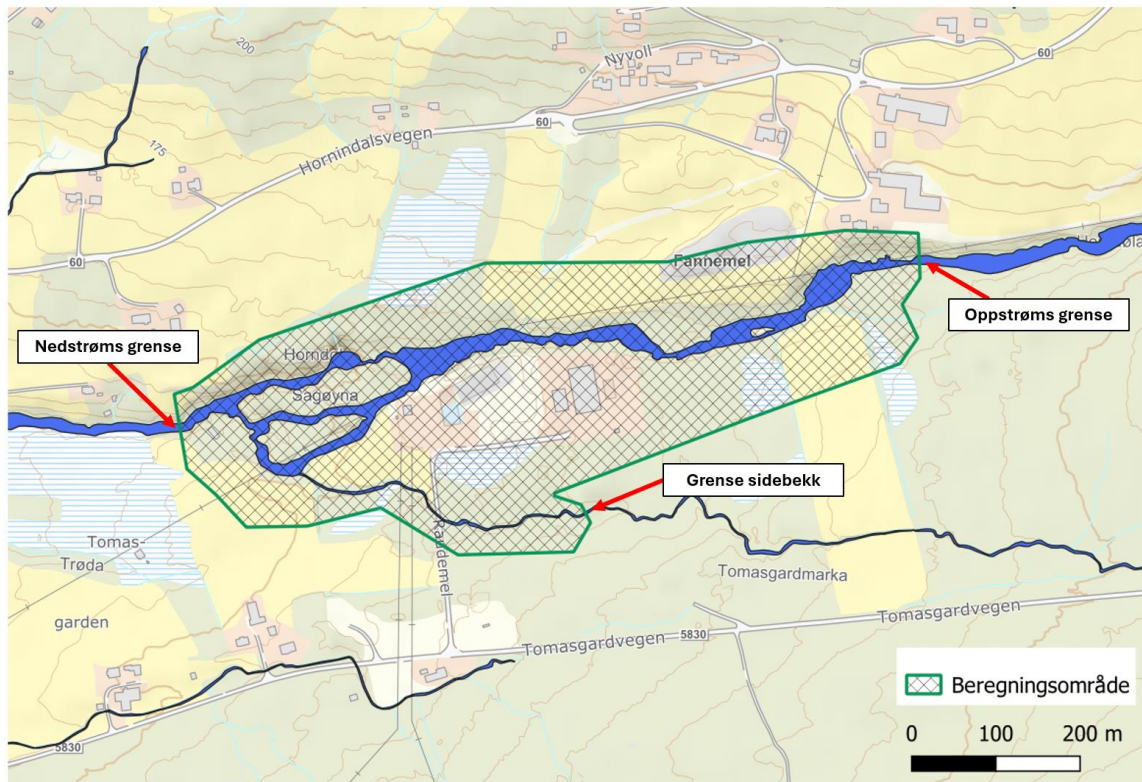
Returperiode for flom som stasjonen skal sikres mot bestemmes ut fra sikkerhetsklassen til stasjonen. Sikkerhetsklassen til stasjonen vurderes ut ifra anleggets klasse etter §5-2 i Kraftberedskapsforskriften, eventuell redundans i kraftsystemet og konsekvens ved utfall. Stasjonen er vurdert til klasse 2 etter §5-2 i Kraftberedskapsforskriften, som ifølge NVEs retningslinjer skal dimensjoneres for en 200-årsflom [9].

3.2 Beregningsmodell

For å vurdere vannstand og flomutbredelse for Horndøla er det gjort en 2D hydraulisk beregning med HEC-RAS 6.5. Grunnlaget for modellen er laserdata fra [10], prosjekt «Hornindal 2013». Laserdata gir ingen informasjon om elvebunnens geometri, da den gjengir vannoverflaten på skanningsdatoen. Det foreligger innmålingsdata for nivå på elvebunn ved flere tverrsnitt til Horndøla, utført av Norconsult i 2016. Lokasjon for innmålingene er vist i Vedlegg 3. Terrenget i elvebunnen er justert manuelt med hensyn til innmålingsdata. Høydene i modellen refererer til høydedatum NN2000 og koordinatsystemet i modellen er Euref 89 UTM-32N.

Den hydrauliske modellen er satt opp for Horndøla som vist i Figur 5. Beregningsområdet går over om lag 900 m. Cellestørrelsen i modellen er satt til 2m x 2m i elven og områdene tett på. For områdene utenfor, med mindre krav til nøyaktighet, er det brukt cellestørrelser på 6m x 6m. Det er lagt inn en rekke «breaklines» for å forbedre representasjonen av hydraulisk viktige terrengformasjoner. Modellen er kjørt med ligningen SWE-ELM med varierende tidssteg, som sørger for at Courant tallet er under 1,0.

Som oppstrøms grensebetingelse i modellen er det benyttet vannføringer som tilsvarer de aktuelle gjentakintervallene i kapittel 2.9 og 2.10. Nedstrøms grensebetingelse er satt til «Normal dybde». Helningen som er lagt inn er 0,04, og er estimert på bakgrunn av koter i FKB-kart. For grensebetingelse ved bekken til sør er det brukt flomvannføringsverdier som vist i Tabell 13. Bekken går i gjennomløp under veien sør for stasjonen. Som en noe konservativ tilnærming er det antatt at gjennomløpet er tilstoppet.



Figur 5. 2D-modell i HEC-RAS.

Det er brukt varierende friksjonsfaktor (Manningstall n) i modellen. Arealbruksdatakart fra FKB data er brukt for definisjon og begrensnig av de forskjellige bruksområdene. Verdier som er brukt i analysen er presentert i Tabell 14. Friksjonsverdien for ferskvann reflekterer at elva er steinete og turbulent, og dermed har forholdsvis stor friksjon.

Tabell 14. Friksjonsfaktor for ulike flater brukt i modellen.

Flatetyper	Friksjonsfaktor
Ikke klassifisert	0.06
Bebygd	0.02
Innmarksbeite	0.045
Skog	0.1
Samferdsel	0.017
Åpen fastmark	0.05
Fulldyrka jord	0.057
Ferskvann	0.05
Myr	0.05

Modellen er ikke kalibrert. For simuleringen er det kjørt sensitivitetsanalyse med 50% økning i vannføringen, som en vurdering av sikkerhetspåslag. Resultatene fra sensitivitetsanalysen er presentert i kapittel 4.2.

4 Resultater

4.1 Resultater

Flomutbredelsen i området er vurdert for flom med gjentaksintervall på 200 år i et fremtidig klima (200-årsflom inkludert 20% klimapåslag). Flomsonekart som viser flomutbredelse langs vassdraget Horndøla ved Linja sin stasjon ligger i Vedlegg 4.

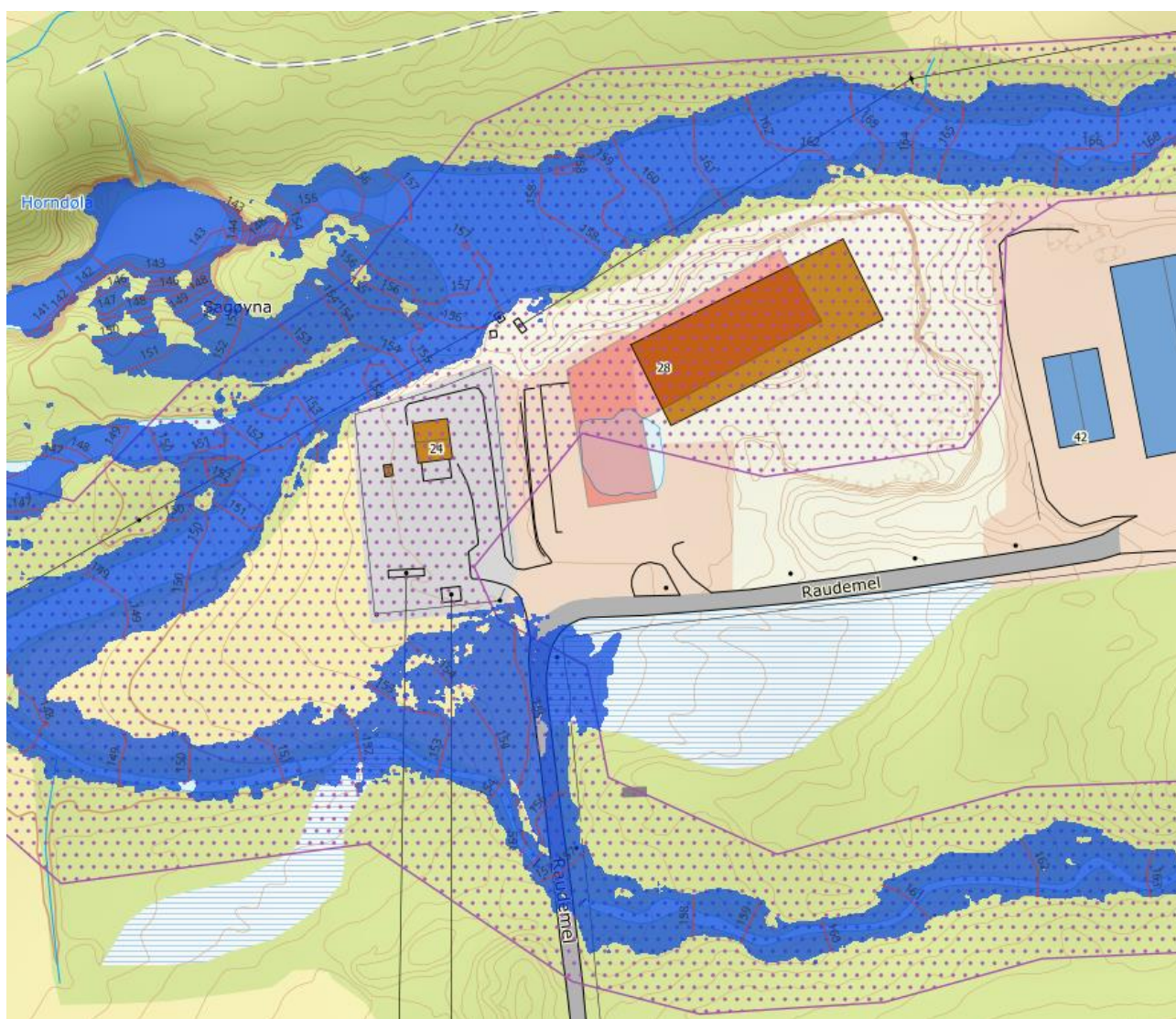
I Figur 6 er det vist oversvømt område ved 200-årsflom med 20 % klimapåslag. I beregningsstrekningen vil flomvannet i hovedsak følge selve elveløpet. Flomvannstanden er ikke beregnet til å påvirke Linja sin tomt.



Figur 6. Flomutbredelse i Horndøla og bekk til sør ved Linja sin tomt (grå), 200-årsflom inkl. 20% klimapåslag (se flomsonekart i Vedlegg 4).

NVEs aktsomhetskart er et nasjonalt kart på oversiktsnivå som viser hvilke arealer som kan være utsatt for flomfare. Kartet vil aldri kunne bli helt nøyaktig, men godt nok til å gi en indikasjon på hvor flomfaren bør vurderes nærmere dersom det er aktuelt med ny utbygging. Kartet er produsert på bakgrunn av hydrologiske modeller, basert på erfaring fra norske vassdrag og en digital terrengmodell. Vannstandsstigningen vil som oftest være overestimert ved bruk av denne metoden. En mer detaljert kartlegging vil derfor som regel redusere aktsomhetsområdet noe.

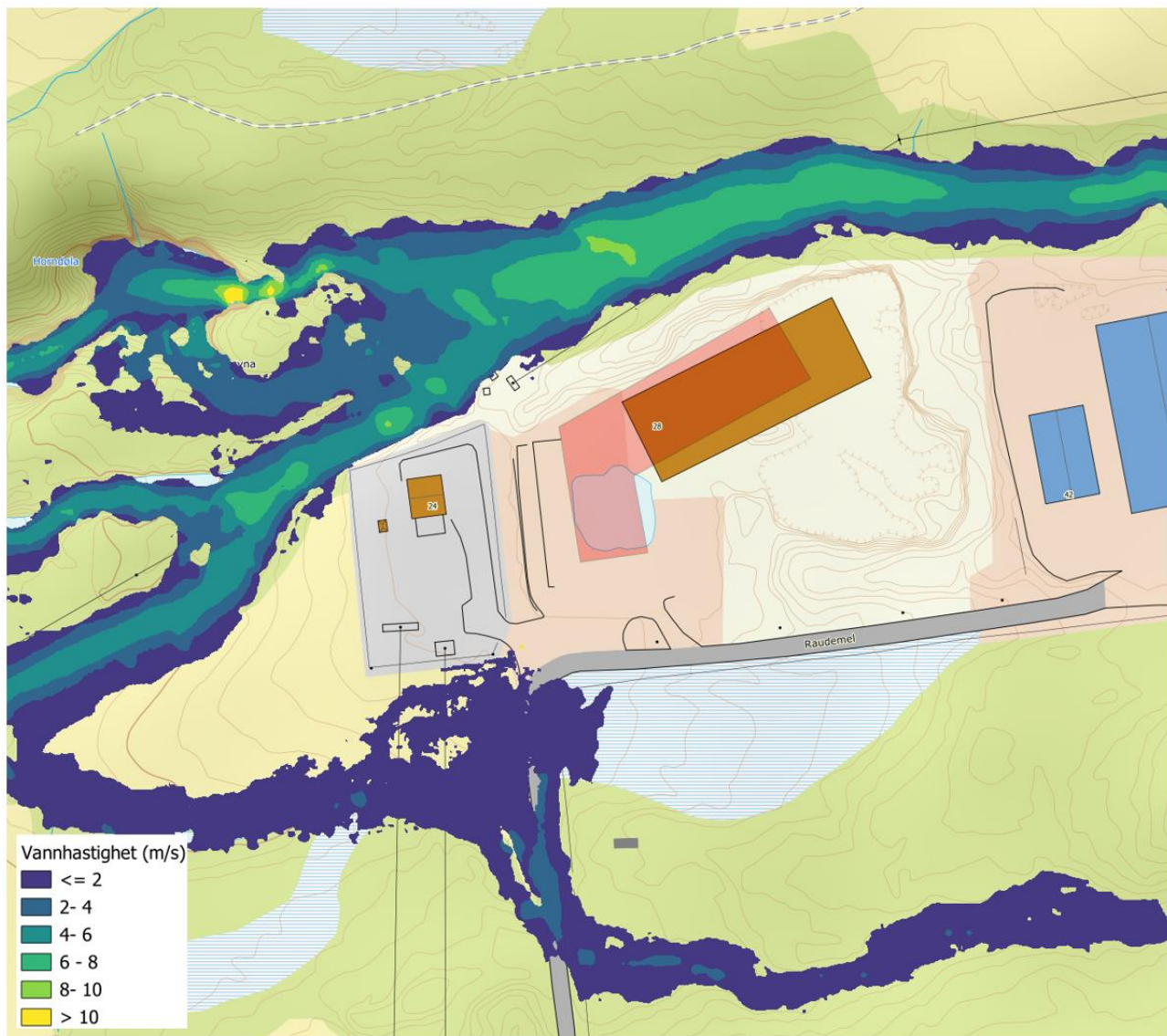
Figur 7 viser sammenligning av beregnet flomsone (200-årsflom inkl. klimapåslag) med NVEs flomaktsomhetskart. Som vist i figuren er flomutbredelsen overestimert i aktsomhetskartet sammenlignet med beregnet flomsone for 200-årsflom med 20% klimapåslag i området sør for Horndøla ved Linja sin tomt.



Figur 7. Sammenligning av beregnet flomsone (200-årsflom med klimapåslag) og NVEs flomaktsomhetskart.

Figur 8 viser vannhastigheter ved 200-årsflom med 20% klimapåslag for Horndøla og bekken til sør. Vannhastigheter ved 200-årsflom inkludert klimapåslag varierer typisk mellom 2 og 6 m/s langs Horndøla, med vannhastigheter opp til over 12 m/s i brattere områder.

Ved høy vannhastighet kan det forventes erosjon og massetransport av løsmasser i Horndøla.



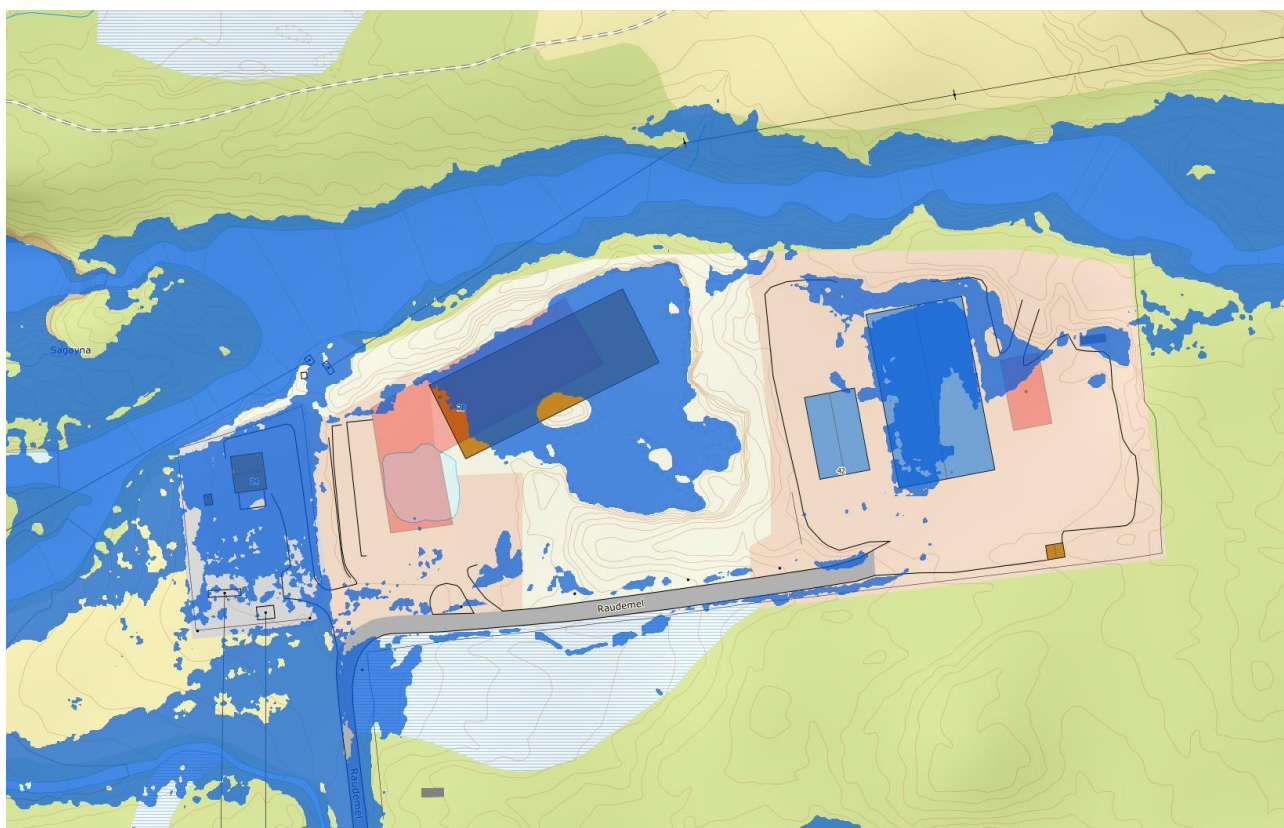
Figur 8. Vannhastighet (m/s) i Horndøla og bekk til sør ved Linja sin tomt (grå), 200-årsflom inkl. 20% klimapåslag.

4.2 Usikkerhet og vurdering av sikkerhetsmargin

Det vil alltid være usikkerheter forbundet med beregning av flomstørrelser og vannstander. Usikkerheten er søkt minimert ved å anvende flere metoder for valg av flomstørrelse. Terrengmodellene som brukes i dag er gode, men har visse begrensninger. Det er hovedsakelig terrenget under vannoverflaten, ikke selve elvebunnen, som er kartlagt. I et forsøk på å minimere usikkerheten knyttet til elvebunnens geometri er terrenget justert noe ved bruk av innmålinger av elvebunnen. Eventuell erosjon/sedimentasjon i vassdraget i tiden etter skanning og innmåling, samt forhold knyttet til is og grunnforhold/skred, er ikke tatt hensyn til i denne beregningen.

4.2.1 Prosentvis påslag på vannføringen

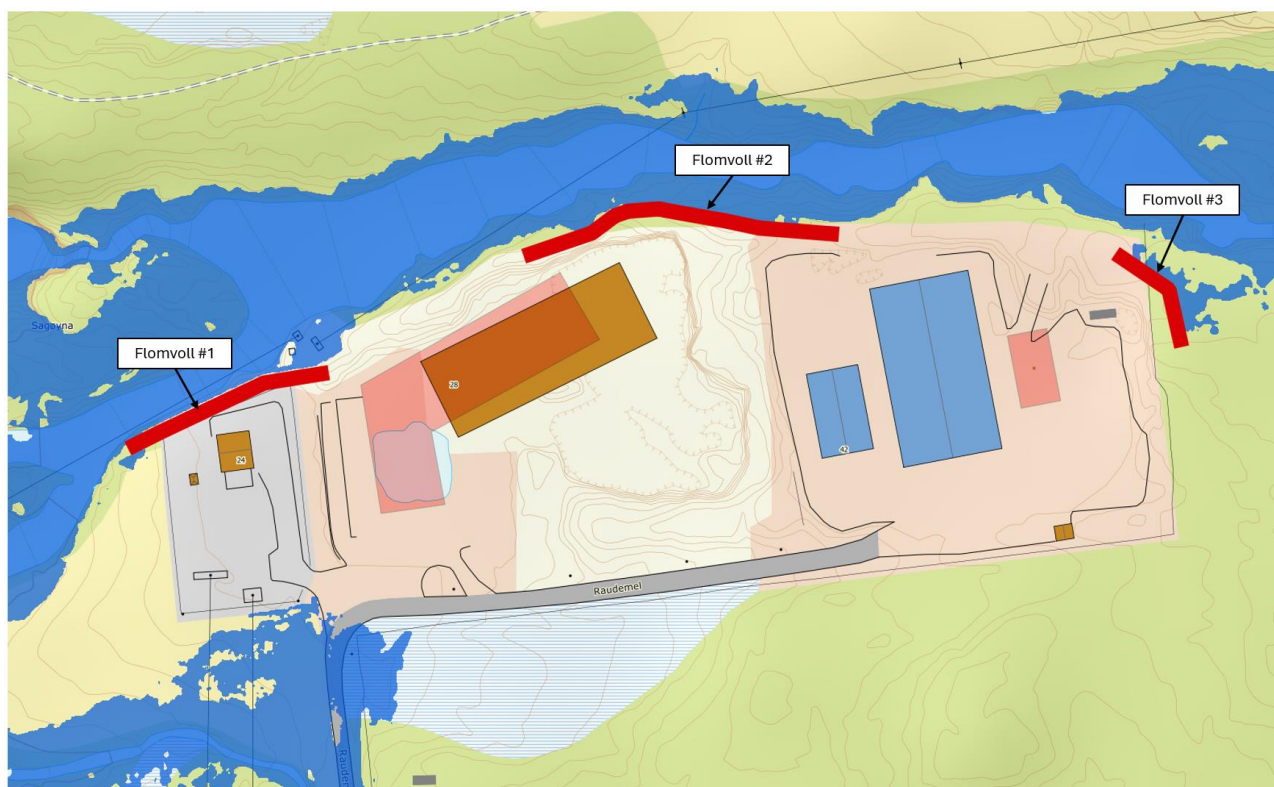
NVEs veileder for sikkerhet mot flom anbefaler et prosentvis påslag på vannføringen for å beregne et sikkerhetspåslag, som er ment å ta høyde for noen av disse usikkerhetene [8]. Det er kjørt simulering med 50% økning i flomvannføringen (200-årsflom inkl. 20% klimapåslag), som en vurdering av sikkerhetspåslag. Det prosentvise påslaget er bestemt ut ifra klassen til flomberegningen og den hydrauliske modellen. Dette gir opp til 1 m økning i resulterende flomvannstand for Horndøla ved Linja sin trafostasjon. Ved 200-årsflom inkl. 20% klimapåslag og 50% sikkerhetspåslag er Linja sin stasjon flomutsatt, som vist i Figur 9.



Figur 9. Flomutbredelse i Horndøla og bekk til sør ved Linja sin tomte (grå), 200-årsflom inkl. 20% klimapåslag og 50% sikkerhetspåslag.

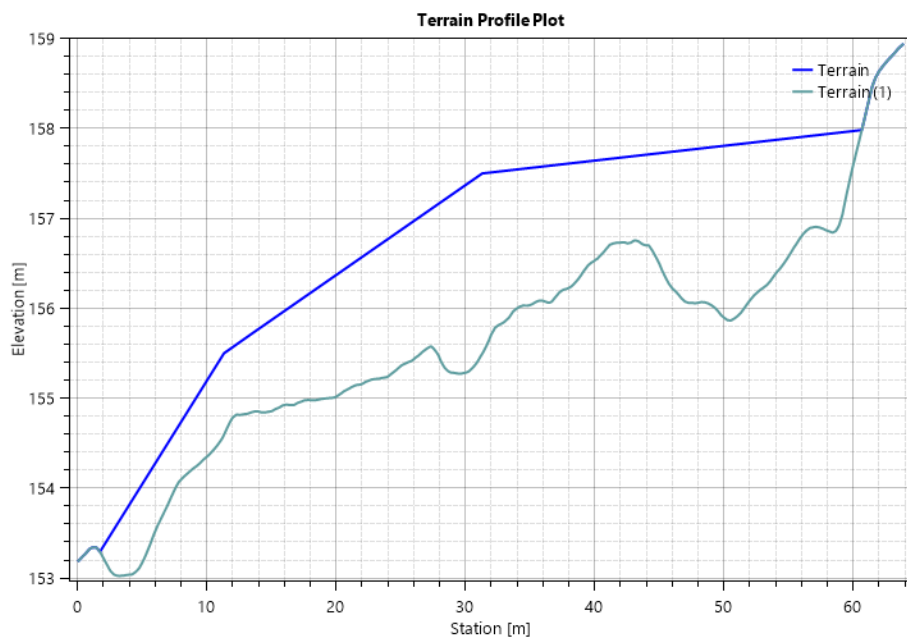
4.2.2 Anbefalt sikkerhetsmargin

Basert på vurderingene i kapittel 4.2.1 settes anbefalt sikkerhetspåslag til 1,0 m. Sikkerhetspåslaget bør ansees som et minimumspåslag. Det er store usikkerheter knyttet til beregningene. Den hydrauliske modellen vil ikke alltid klare å simulere bølger som kan oppstå ved rask og turbulent strømming som i dette tilfellet. Det er kjørt simulering for 200-årsflom inkl. klimapåslag og sikkerhetspåslag der terrenget er hevet noe på utsatte strekninger. Det er lagt inn tre flomvoller langs Horndøla der terrenget er hevet med om lag 1,0 m. Se Figur 10 for resulterende flomutbredelse og plassering av flomvoller. De to flomvollene lengst sør er i samme område som foreslått av [2]. Med flomvoller er Linja sin stasjon ikke flomutsatt ved 200-årsflom inkl. 20% klimapåslag og 50% sikkerhetspåslag. Ettersom den beregnede vannhastigheten er relativt høy på strekningen bør erosjonssikringstiltak vurderes ved utbygging av flomvoll. Ledevægger i betong kan være et alternativ til flomvoller.

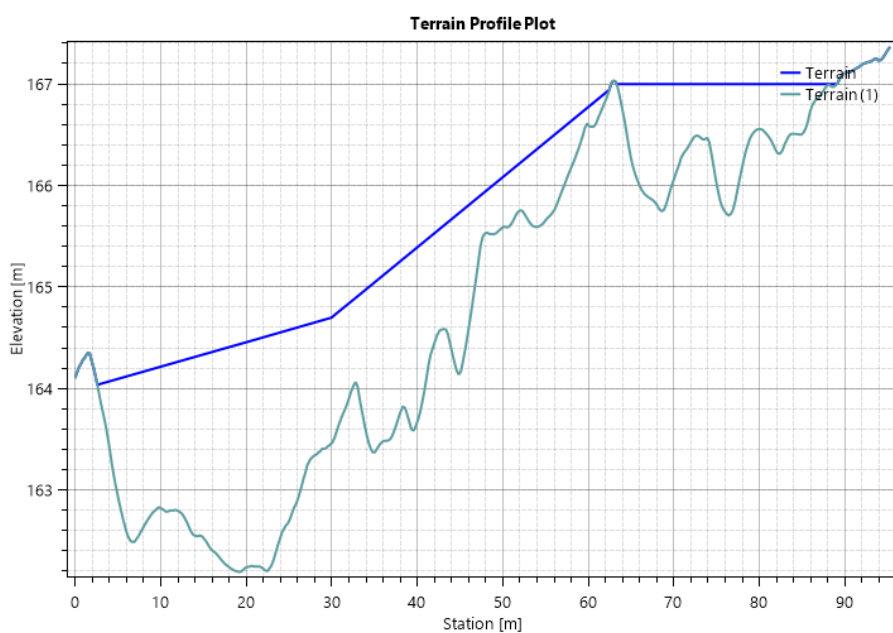


Figur 10. Flomutbredelse i Horndøla og bekk til sør ved Linja sin tomt (grå), 200-årsflom inkl. 20% klimapåslag og 50% sikkerhetspåslag. Terreng justert med ca. +1m ved flomvoller (rød).

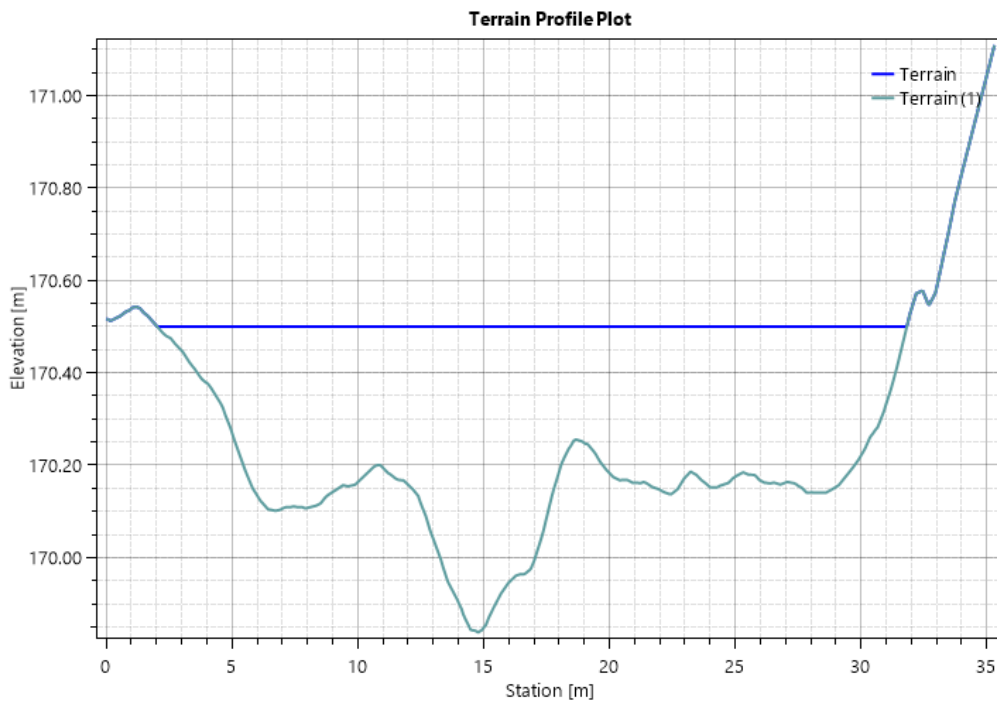
Figur 11-13 viser høyden på de foreslåtte flomvollene relativt til eksisterende terreng. Flomvoll #1 (Figur 11) starter på kote 153,5 i sør og heves til kote 158,0 omtrent 60 meter lenger nord. Den varierende helningen på flomvollen sikrer at den ligger høyt nok i terrenget i forhold til eksisterende terreng og beregnet vannstand. Hvis man på stedet vurderer at man får en god anleggsteknisk utførelse også ved nedstrøms avslutning av vollen ved eiendomsgrensen, omtrentlig Station 11 i plottet i Figur 11, så er det greit med tanke på sikkerhet mot flom. Flomvoll #2 (Figur 12) starter på kote 164,0 lengst sør og heves til kote 166,9 omtrent 60 meter lenger nord. Fra dette punktet ligger flomvollen på kote 167,0 over om lag 25 meter. Her vil det være mulig å starte flomvollen ved omtrent Station 10 i plottet i Figur 12, og fortsatt være sikret mot flom. Flomvoll #3 (Figur 13) ligger på kote 170,5. En flomvoll ved denne plasseringen vil sikre mot at vann kommer over på nabotomten til Linja, og renner ned mot Linja sin stasjon.



Figur 11. Høyde flomvoll #1 (mørk blå) over eksisterende terreng (grønn) langs plassering vist i Figur 10.



Figur 12. Høyde flomvoll #2 (mørk blå) over eksisterende terreng (grønn) langs plassering vist i Figur 10.



Figur 13. Høyde flomvoll #3 (mørk blå) over eksisterende terreng (grønn) langs plassering vist i Figur 10.

5 Referanser

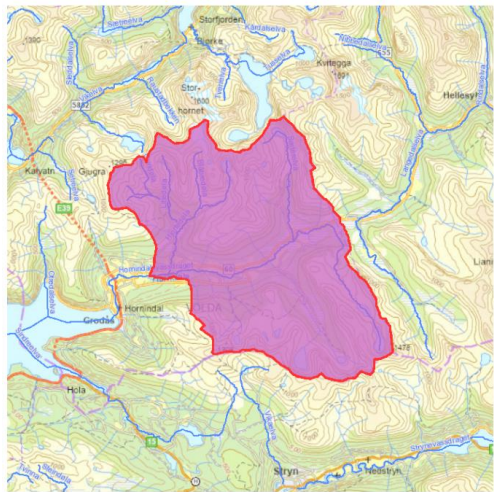
- [1] NVE, «Flomberegning for Horndøla. Rapport 7/2016.,» 2016.
- [2] Norconsult, «Vannlinjeberegning Horndøla - Raudemel,» 2016.
- [3] Volda kommune, «Detaljregulering for utviding av Raudemel industriområde,» 2021. [Internett]. Available: <https://www.arealplaner.no/volda1577/arealplaner/203/fullskjerm>.
- [4] NVE, «Veileder for flomberegninger. Veileder 1/2022.,» 2022.
- [5] NVE, «Flomberegning for Hornindalvassdraget. Rapport 4/2001.,» 2001.
- [6] NVE, «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt. Veileder 7/2015.,» 2015.
- [7] NVE, «Klimaendring og framtidige flommer i Norge. Rapport 81/2016.,» 2016.
- [8] NVE, «Sikkerhet mot flom. Veileder 3/2022.,» 2022.
- [9] NVE, «Konsesjonssøknad nettanlegg - Naturfare og beredskap,» 2023. [Internett]. Available: <https://veiledere.nve.no/konsesjonssoknad-nettanlegg/soknad-om-anlegggskonsesjon/naturfare-og-beredskap/>.
- [10] «Høydedata,» [Internett]. Available: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/>.
- [11] NVE, «Flomdata. Utvalg og kvalitetssikring av flomdata for flomfrekvensanalyser. Rapport 85 - 2016.,» 2016.

6 Vedlegg

1. Nedbørfeltparametere, hentet fra NEVINA
2. Flomfrekvenskurver
3. Innmålinger elvebunn
4. Flomsonekart 200-årsflom med klimapåslag

Vedlegg 1. Nedbørfeltparametere fra NEVINA.

Horndøla ved Sagøyna



Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn.punkt: 58084 E 6901969 N

Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil.
Resultatene må kvalitetssikres.

Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.: 089.C20
Kommune.: Volda
Fylke.: Møre og Romsdal
Vassdrag.: Hornindalsvassdraget

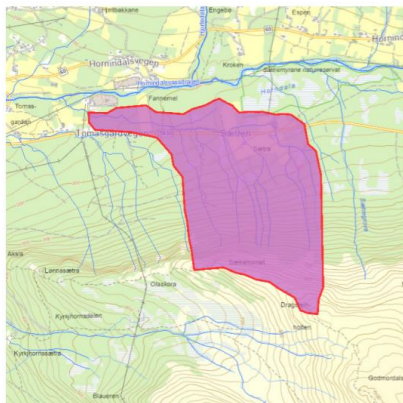
Feltparametere	
Areal (A)	115 km²
Effektiv sjø (A _{SE})	0.1 %
Elvleengde (E _L)	19.3 km
Elvegradient (E _G)	43.2 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	47 m/km
Helning	19.6 °
Dreneringstetthet (D _T)	2.7 km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	13.1 km

Arealklasse	
Bre (A _{BRE})	0.7 %
Dyrket mark (A _{JORD})	3.8 %
Myr (A _{MYR})	5.5 %
Leire (A _{LEIRE})	0 %
Skog (A _{SKOG})	29.6 %
Sjø (A _{SJO})	2.5 %
Snauffjell (A _{SF})	55.9 %
Urban (A _U)	0 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	1.9 %

Hypsografisk kurve	
Høyde _{MIN}	140 m
Høyde ₁₀	374 m
Høyde ₂₀	475 m
Høyde ₃₀	592 m
Høyde ₄₀	715 m
Høyde ₅₀	808 m
Høyde ₆₀	885 m
Høyde ₇₀	972 m
Høyde ₈₀	1067 m
Høyde ₉₀	1168 m
Høyde _{MAX}	1568 m

Klima- /hydrologiske parametere (1991-2020)	
Årlig middelavrenning (Q _N)	64.6 l/s*km²
Årlig middelavrenning	2038 mm
Usikkerhet middelavrenning	6.8 %
Nedbør juni - august	376 mm
Nedbør desember - februar	768 mm
Årstemperatur	1.5 °C
Sommertemperatur	9.8 °C
Vintertemperatur	-4.4 °C

Bekk sør for stasjon

Norges
vassdrags- og
energidirektoratKartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn.punkt: 58126 E
6901771 N

Feltparametere

Areal (A)	2.00 km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	0 %
Elvleengde uten sjø (E _{TLnet})	21.2 km
Elvegradient (E _G)	145.9 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	86.7 m/km
Helning	19.4 °
Dreneringstetthet (D _T)	10.3 km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	2.7 km

Arealklasse

Bre (A _{BRE})	0 %
Dyrket mark (A _{JORD})	9.1 %
Myr (A _{MYR})	2.6 %
Leire (A _{LEIRE})	0 %
Skog (A _{SKOG})	74.2 %
Sjø (A _{SJO})	0 %
Snaufjell (A _{SF})	13.3 %
Urban (A _U)	0 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	0.8 %

Hypsografisk kurve

Høyde _{MIN}	157 m
Høyde ₁₀	206 m
Høyde ₂₅	237 m
Høyde ₅₀	314 m
Høyde ₇₅	531 m
Høyde _{MAX}	956 m

Klima- /hydrologiske parametere 1961-1990

Årlig middelavrenning 1961-1990 (Q _N)	56.1 l/s*km ²
Nedbør juni	80 mm
Nedbør juli	97 mm
Regn og snøsmelting mai	298 mm
Regn og snøsmelting juni	180 mm
Regn og snøsmelting årlig maks. over 4 dager	126 mm
Regn og snøsmelting november	158 mm
Temperatur februar	-3.8 °C
Temperatur mars	-1.7 °C

Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

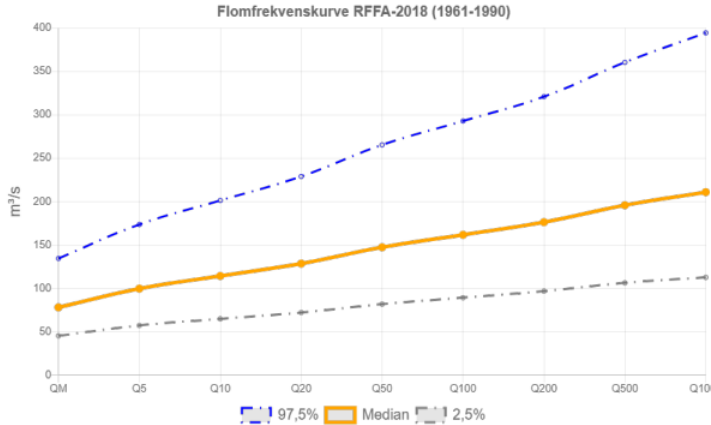
RFFA-2018 for Horndøla ved Sagøyna

Regional flomberegning 1961 - 1990

Vassdragsnr.: 089.C20
Kommune.: Volda
Fylke.: Møre og Romsdal
Vassdrag.: Hornindalsvassdraget
Nedbørfeltareal: 115 km²

Flomestimer er beregnet basert på «Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)». Om nedbørfeltet er mindre enn 60 km², er det alternativt beregnet kulminasjonsflommer basert på NIFS-formelverk (2015).
Anbefalinger om klimapåslag er gitt i NVE rapport nr. 81-2016 og klimaprofiler for fylker (se www.klimaservicesenter.no).

Formelverket er basert på data fra avrenningskart 1961-1990. Vi anbefaler derfor ikke å bruke data fra avrenningskart 1991-2020 ved beregning av flomverdier. Nytt formelverk basert på 1991-2020-dataene er under utarbeiding.



RFFA-2018		
Tidsoppløsning	Døgn	-
Indeksflom (QM): Medianflom	680	l/s*km²
Klimapåslag	0	%
Kulminasjonsfaktor	1.46	-
NIFS-2015		
Tidsoppløsning	Kulminasjon	-
Indeksflom (QM): Middelflom	-	l/s*km²
Klimapåslag	-	%
Annet		
Tilførsel	Nei	-

RFFA-2018 (døgnmiddel)	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q _{200-klima}
Flomfrekvensfaktor (Q _T / Q _M)	1	1.28	1.46	1.64	1.88	2.07	2.25	2.50	2.70	-
Flomverdier, m³/s	78.2	99.8	114	129	147	162	176	196	211	176
Flom usikkerhet (97,5%), m³/s	135	174	201	229	265	293	321	360	394	-
Flom usikkerhet (2,5%), m³/s	45.5	57.4	65.0	72.3	81.9	89.4	96.9	106	113	-
NIFS (kulminasjon)	Ikke beregnet pga. areal større enn 60km²									
Flomfrekvensfaktor (Q _T / Q _M)										
Flomverdier, m³/s										
Flom usikkerhet (97,5%), m³/s										
Flom usikkerhet (2,5%), m³/s										

Flomverdier er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres. Verdiene kan ikke benyttes direkte, men må sammenlignes med andre metoder, sammenligningsstasjoner og/eller egne data.

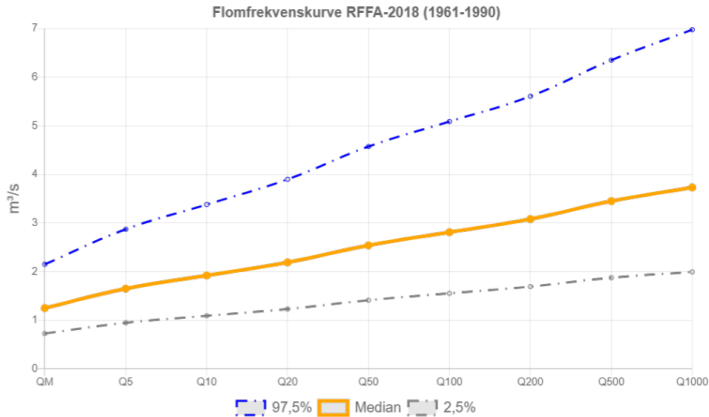
NIFS-2015 for bekk til sør.

Regional flomberegning 1961 - 1990

Vassdragsnr.: 089.C1
Kommune.: Volda
Fylke.: Møre og Romsdal
Vassdrag.: Hornindalsvassdraget
Nedbørfeltareal: 2.00 km²

Flomestimer er beregnet basert på «Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)». Om nedbørfeltet er mindre enn 60 km², er det alternativt beregnet kulminasjonsflommer basert på NIFS-formelverk (2015).
Anbefalinger om klimapåslag er gitt i NVE rapport nr. 81-2016 og klimaprofiler for fylker (se www.klimaservicesenter.no).

Formelverket er basert på data fra avrenningskart 1961-1990. Vi anbefaler derfor ikke å bruke data fra avrenningskart 1991-2020 ved beregning av flomverdier. Nytt formelverk basert på 1991-2020-dataene er under utarbeiding.



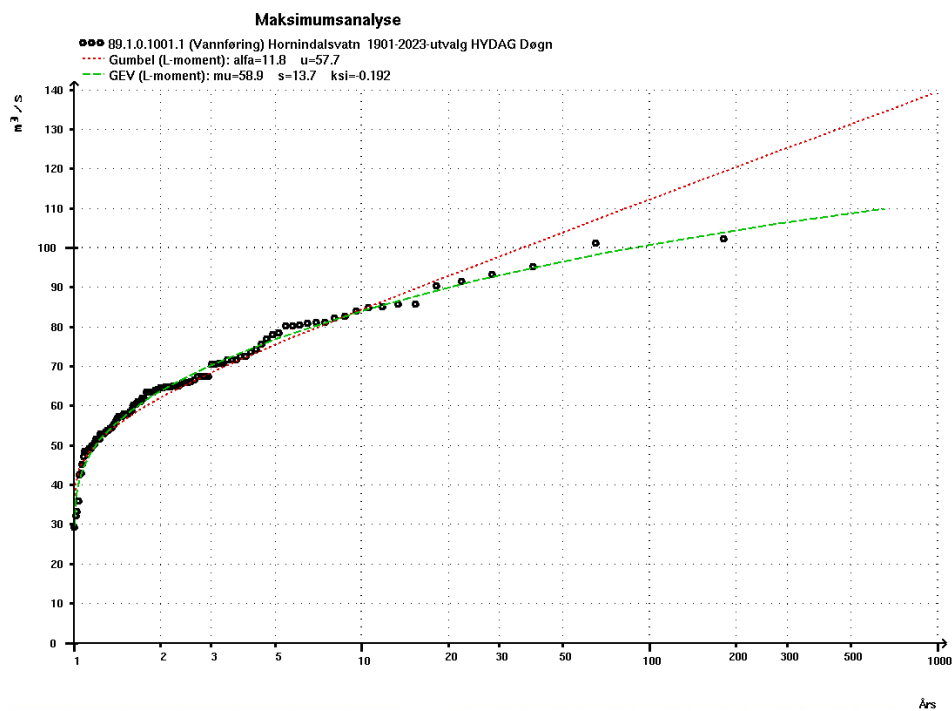
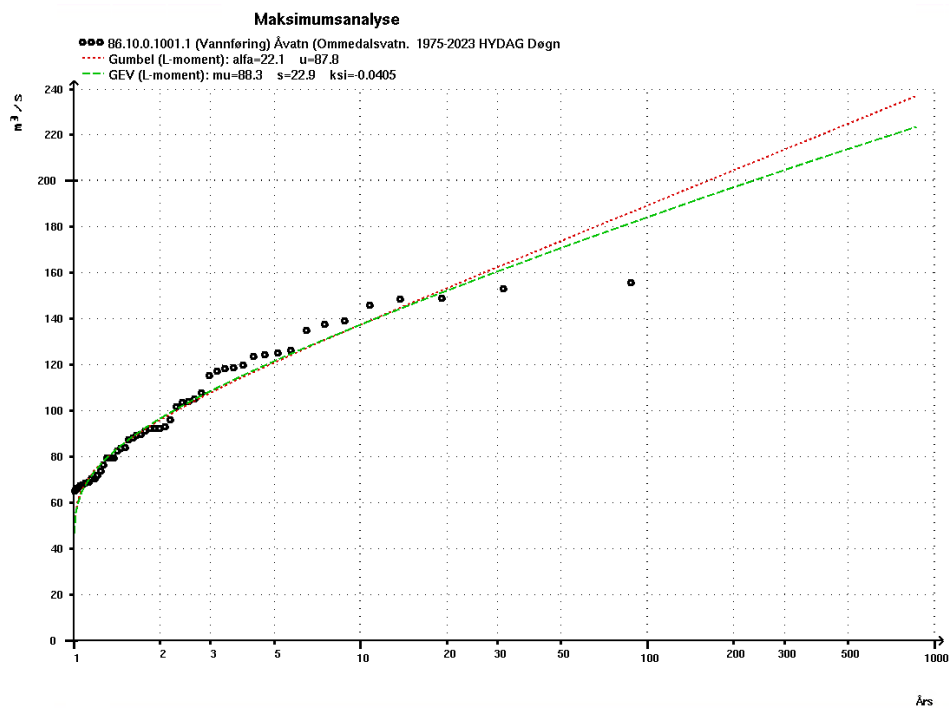
RFFA-2018		
Tidsoppløsning	Døgn	-
Indeksflom (QM): Medianflom	625	l/s*km²
Klimapåslag	0	%
Kulminasjonsfaktor	2.5	-
NIFS-2015		
Tidsoppløsning	Kulminasjon	-
Indeksflom (QM): Middelflom	1435	l/s*km²
Klimapåslag	40	%
Annet		
Tilførsel	Nei	-

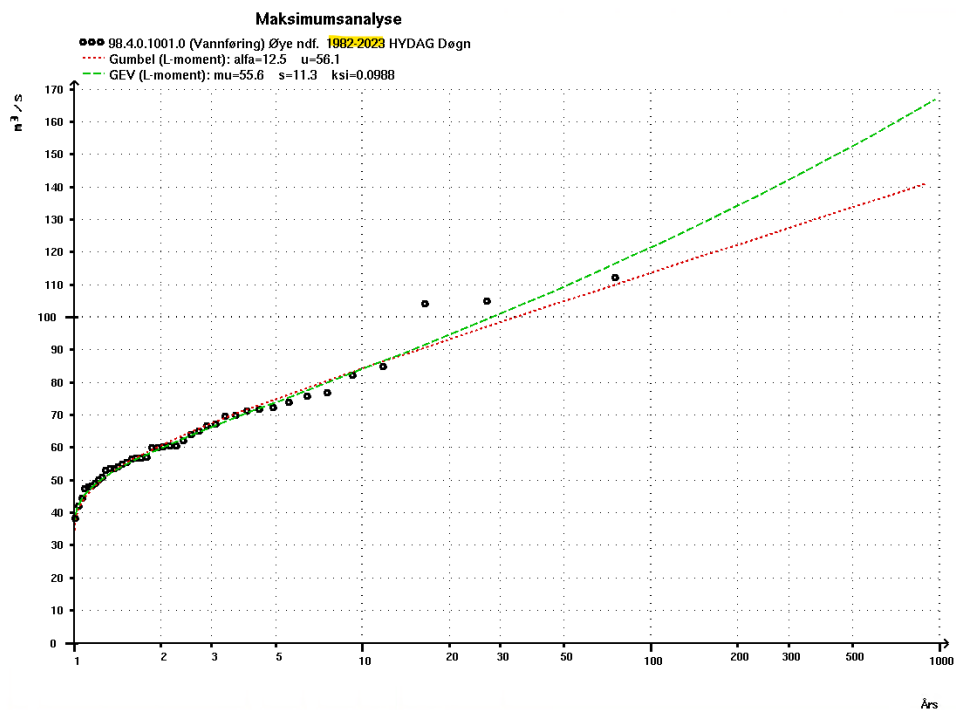
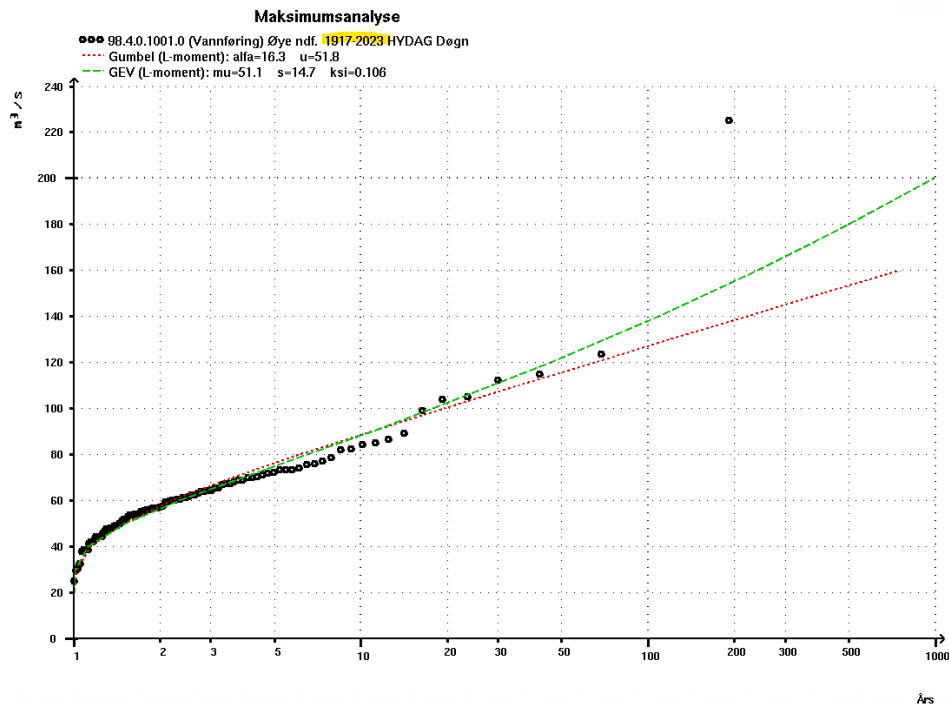
RFFA-2018 (døgnmiddel)	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q _{200-klima}
Flomfrekvensfaktor (Q _T / Q _M)	1	1.32	1.54	1.75	2.03	2.25	2.46	2.76	2.98	-
Flomverdier, m³/s	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1	3.5	3.7	3.1
Flom usikkerhet (97,5%), m³/s	2.1	2.9	3.4	3.9	4.6	5.1	5.6	6.3	7.0	-
Flom usikkerhet (2,5%), m³/s	0.7	0.9	1.1	1.2	1.4	1.6	1.7	1.9	2.0	-
NIFS (kulminasjon)										
Flomfrekvensfaktor (Q _T / Q _M)	1	1.22	1.43	1.64	1.97	2.25	2.57	3.07	3.51	-
Flomverdier, m³/s	2.9	3.5	4.1	4.7	5.7	6.5	7.4	8.8	10.1	10.3
Flom usikkerhet (97,5%), m³/s	5.1	6.4	7.6	8.9	11.0	12.9	14.8	17.6	20.1	-
Flom usikkerhet (2,5%), m³/s	1.6	1.9	2.2	2.5	2.9	3.2	3.7	4.4	5.0	-

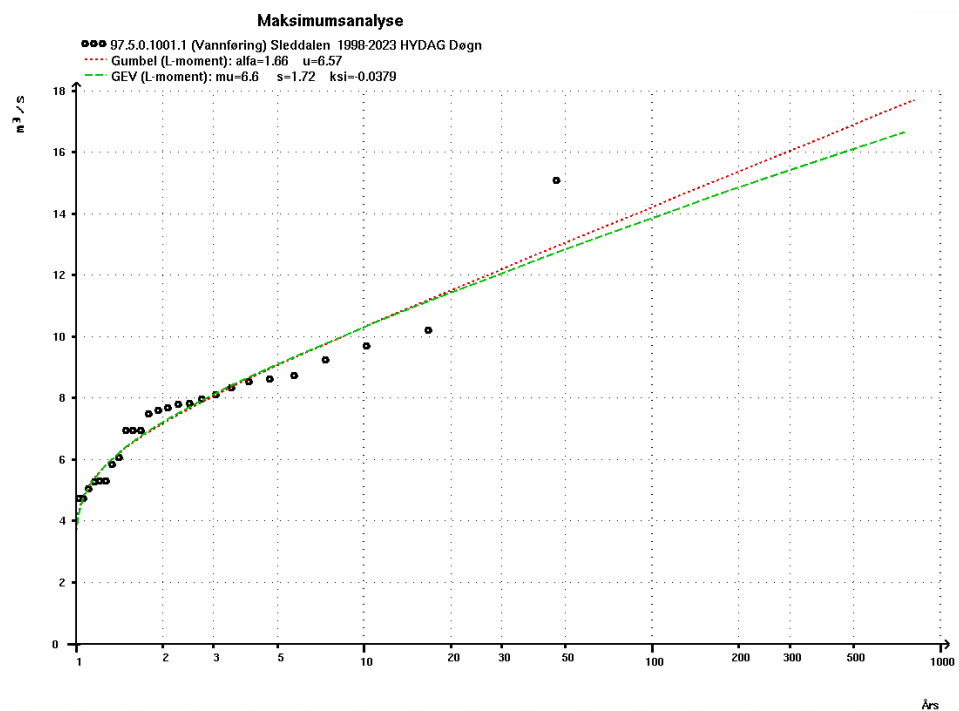
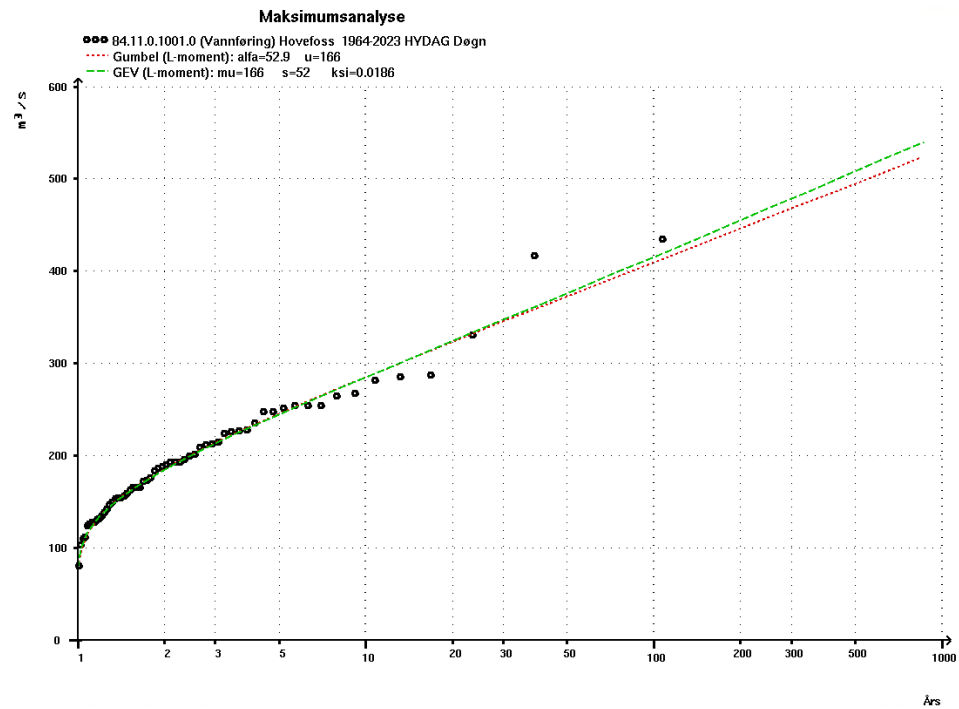
Flomverdier er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres. Verdiene kan ikke benyttes direkte, men må sammenlignes med andre metoder, sammenligningsstasjoner og/eller egne data.

Vedlegg 2. Flomfrekvensanalyse

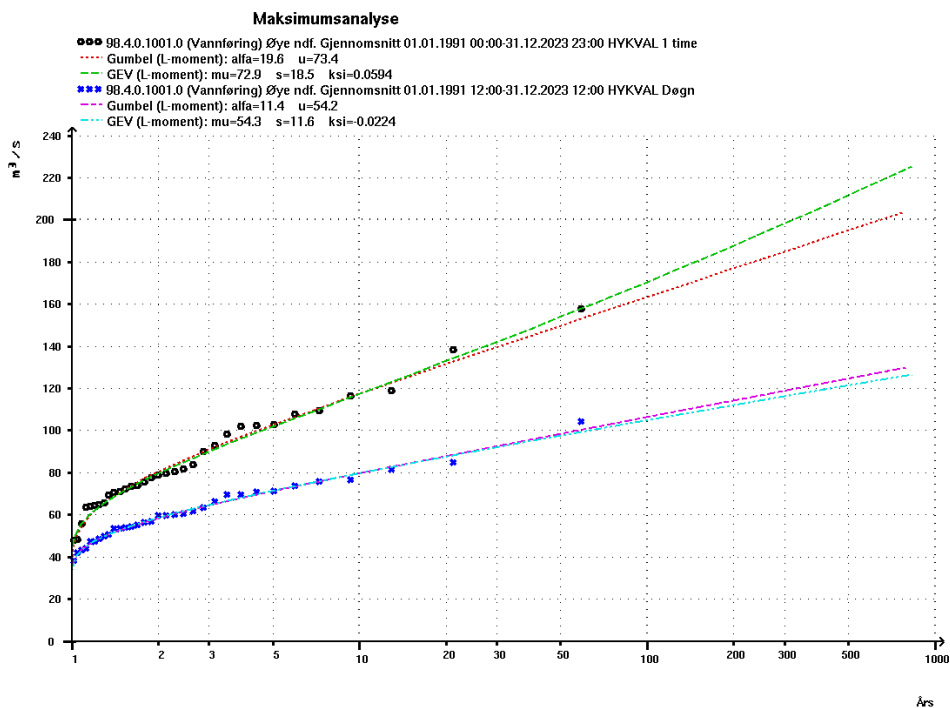
Døgndata



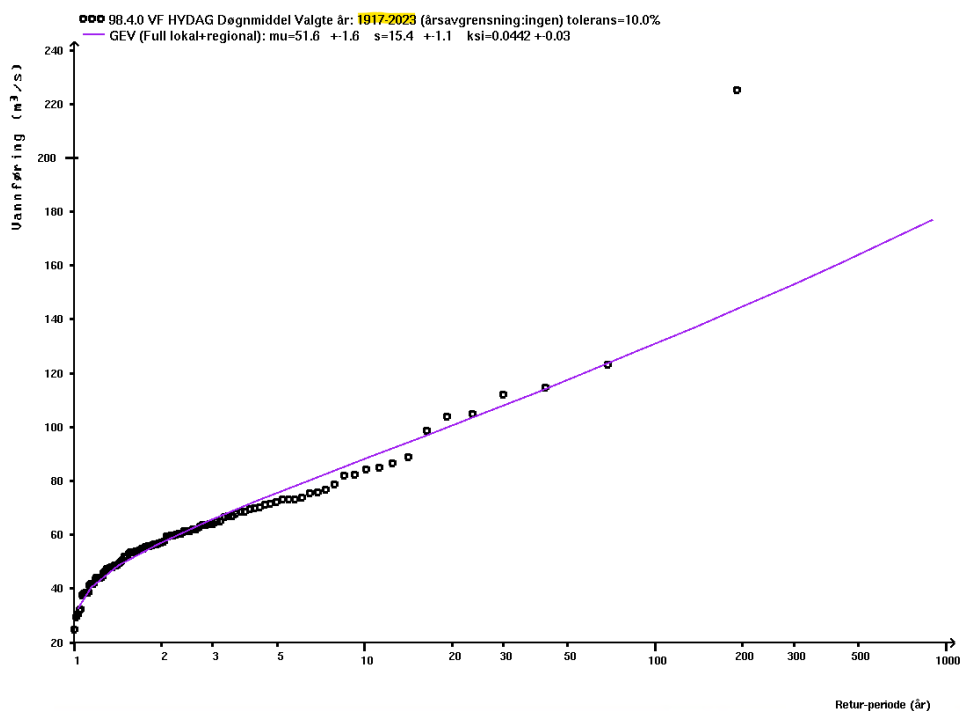


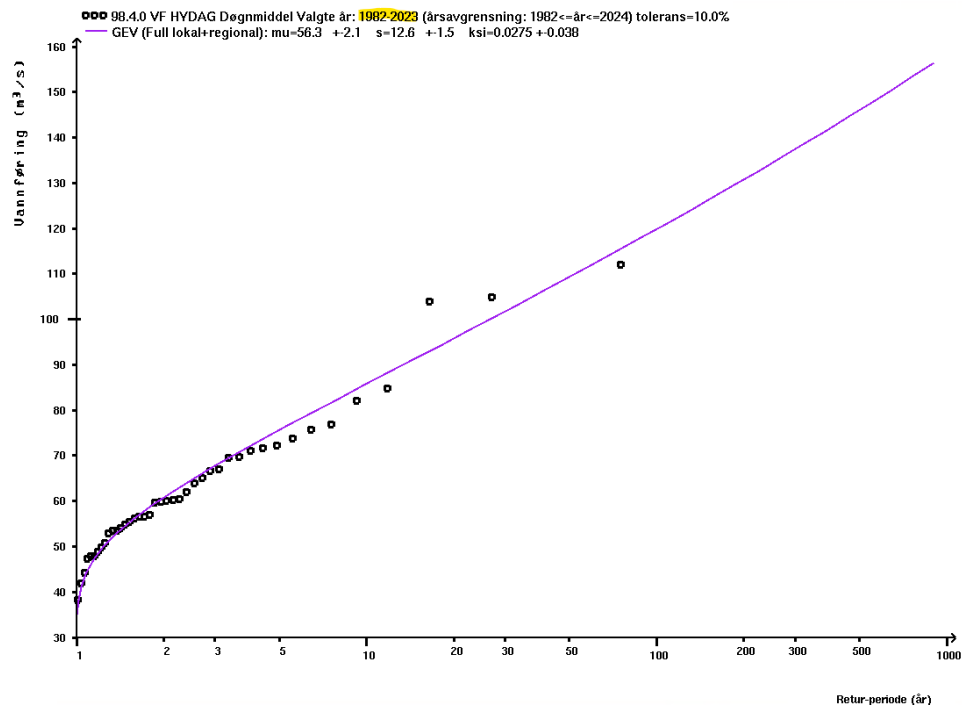


Kulminasjonsdata

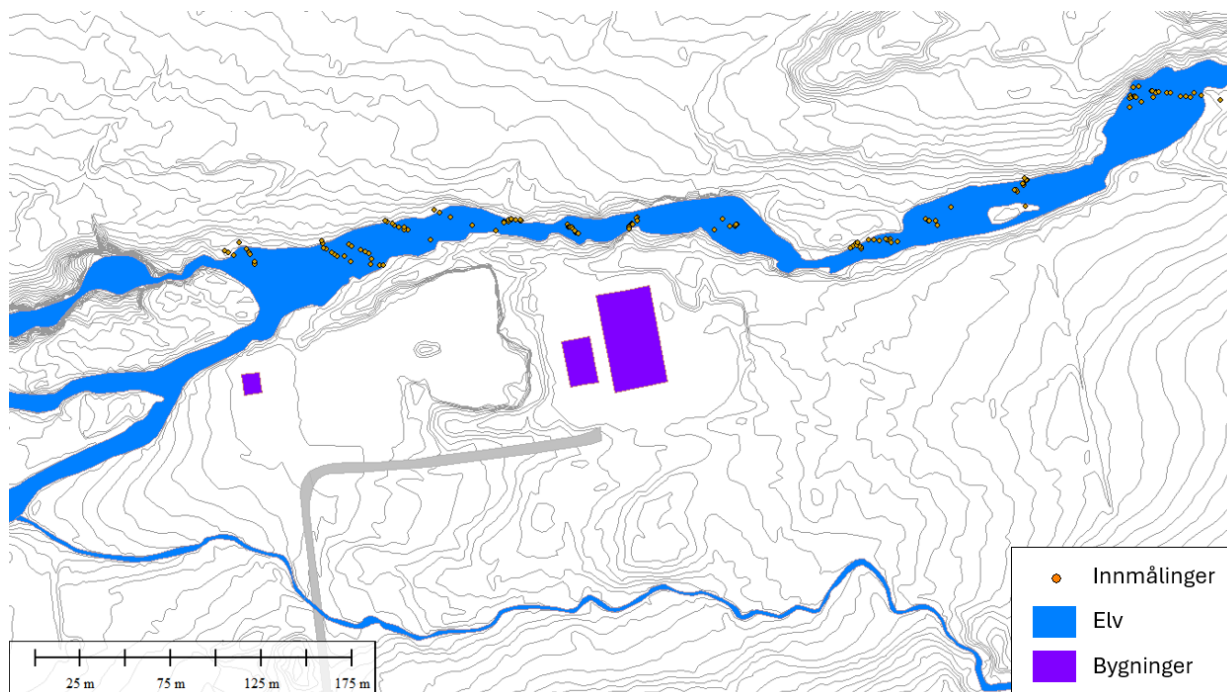


Lokal + regional flomfrekvensanalyse

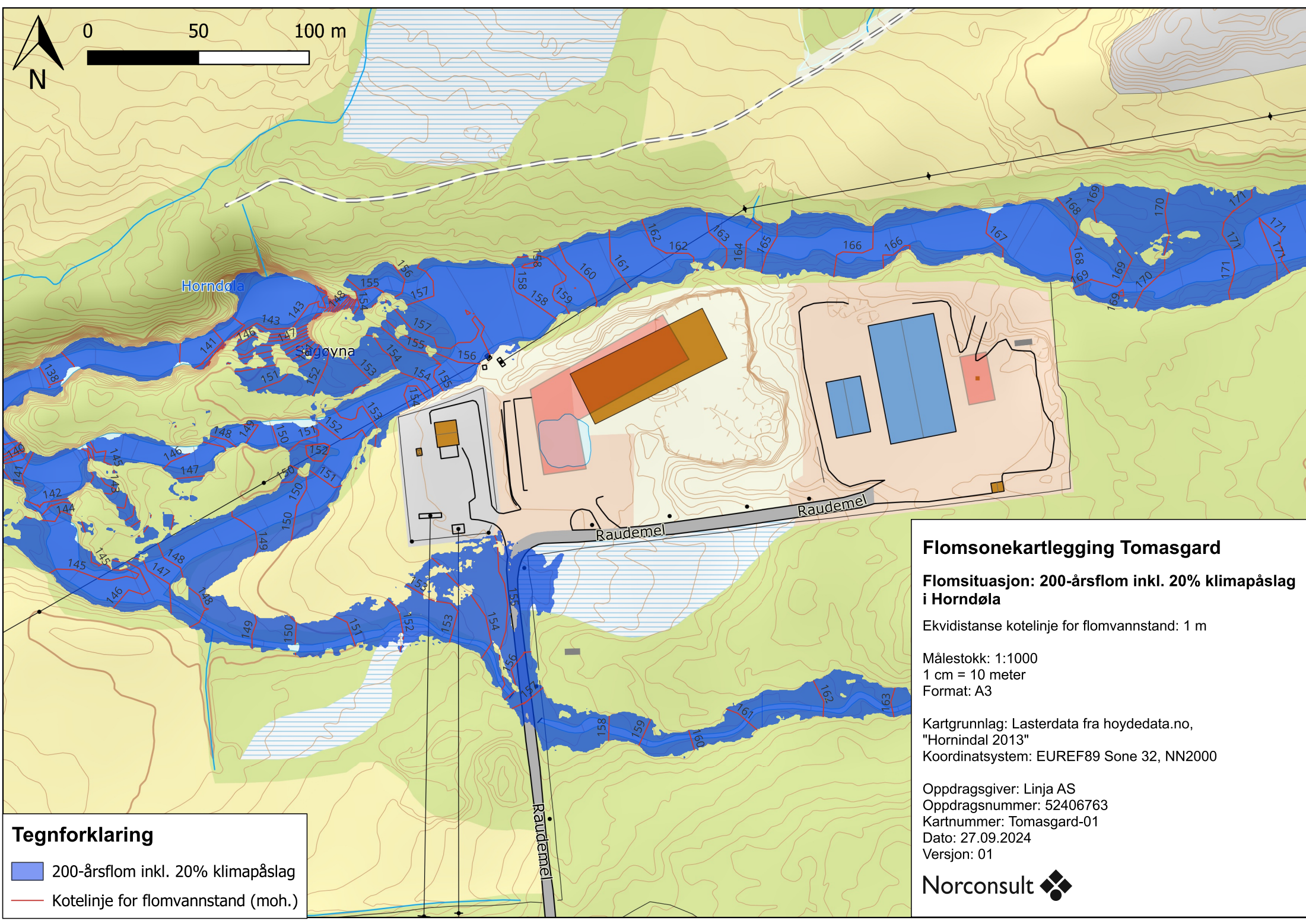




Vedlegg 3. Innmålinger elvebunn, Norconsult (2016).



Vedlegg 4 – Flomsonekart 200-årsflom med 20% klimapåslag



Tegnforklaring

 200-årsflom inkl. 20% klimapåslag

 Kotelinje for flomvannstand (moh.)

Flomsonekartlegging Tomasgard

Flomsituasjon: 200-årsflom inkl. 20% klimapåslag i Horndøla

Ekvidistanse kotelinje for flomvannstand: 1 m

Målestokk: 1:1000
1 cm = 10 meter
Format: A3

Kartgrunnlag: Lasterdata fra hoydedata.no, "Hornindal 2013"
Koordinatsystem: EUREF89 Sone 32, NN2000

Oppdragsgiver: Linja AS
Oppdragsnummer: 52406763
Kartnummer: Tomasgard-01
Dato: 27.09.2024
Versjon: 01

Norconsult 