

Flomsonekartlegging for Hove transformatorstasjon



Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver: Sygnir AS

Tittel på rapport: Flomsonekartlegging for Hove transformatorstasjon

Oppdragsnavn: Naturfarekartlegging Hove transformatorstasjon

Oppdragsnummer: 638100-01

Utarbeidet av: Marcos Carvajalino-Fernandez

Oppdragsleder: Jan Helge Aalbu

Tilgjengelighet: Åpen

03	10. nov. 2022	Revidert etter tilbakemelding fra kunde	MCF	
02	09. nov. 2022	Revidert etter tilbakemelding fra kunde	MCF	HMK
01	28. okt. 2022	Flomvurdering - først utkast	MCF	HMK
Ver	Dato	Beskrivelse	Utarb. av	KS

Sammendrag

Det er gjennomført en detaljert flomfarevurdering for Hove transformatorstasjon, i forbindelse med søknad om endring av anleggskonsesjon sendt til NVE i mars 2022. Transformatorstasjonen omfatter eiendommer med gbnr. 26/83, 26/73 og 26/103, og endring av anleggskonsesjonen gjelder bygging av en ny trafosjakt på gbnr. 26/83. Eiendommene ligger i Vik kommune, Vestland.

Det er foretatt hydraulisk analyse av Hove transformatorstasjon, for å estimere vannstand og utbredelse av 200-årsflom (dimensjonerende flom). Det er utført en tilleggsvurdering av flomsituasjon ved 1000-årsflom etter avtale med Sygnir AS. Analysen er utført med en todimensjonal modell i programmet HEC-RAS, som er satt opp på bakgrunn av en terrengmodell generert fra laserdata. Modellen er kontrollert mot en tidligere flomvurdering utført av NVE i 2005.

Beregningene viser at **Hove transformatorstasjon er delvis utsatt for flom med 200-års returperiode i fremtidig klima**. Flomfaren ved tomtene med gbnr. 26/83 og 26/73, opptrer som følge av at inngangsbroen til trafostasjonen, som ligger lengre oppstrøms, ikke har nok kapasitet til å videreføre den dimensjonerende vannføringen. Dette medfører at flomvann renner over elveløpet, og inn på tomtene. Vanndybder på gbnr. 26/83 og 26/73 ligger på henholdsvis 20-50 cm og 50-80 cm. Tomten til gbnr. 26/103 blir ikke utsatt for flom på enten 200-årsflom eller 1000-årsflom i fremtidig klima.

Flomsikkert nivå for plassering av ny trafosjakt på gbnr. 26/83, som er hovedfokus i søknad om endring i anleggskonsesjoner, er fastsatt på **kt. 52.8 moh**. Flomsikkert nivå inkluderer en sikkerhetsmargin for vannstigning på 30 cm over beregnet flomhøyde.

Forord

Asplan Viak har vært engasjert av Sygnir AS for å utføre flomsonekartlegging av Hove transformatorstasjon i Vik kommune, Vestland. Denne rapporten beskriver kartleggingens grunnlag, fremgangsmåte og resultater.

Innhenting av datagrunnlag, flomberegning, utvikling av modell og utarbeidelse av rapport er utført av Marcos Carvajalino-Fernández. Rapport og modell er kvalitetssikret av Hege Merete Kalnes. Jan Helge Aalbu har vært oppdragsleder for Asplan Viak.

Bergen, 28.10.2022

Jan Helge Aalbu

Oppdragsleder

Marcos Carvajalino-Fernandez

Rapportansvarlig

Hege Merete Kalnes

Kvalitetssikrer

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	5
1.1. Bakgrunn	5
1.2. Tidligere flomvurderinger	6
2. Forutsetninger	7
2.1. Generelle forutsetninger	7
2.2. Dimensjonerende gjentakintervall for flom	7
2.3. Beregningsforutsetninger	8
3. Flomberegninger	9
3.1. Beskrivelse av nedbørfelt	9
3.2. Tilgjengelige observerte data	11
3.3. Beregning av flom	12
3.4. Klimapåslag	16
3.5. Oppsummering og endelig estimat	16
4. Hydrauliske beregninger	17
4.1. Programvare og modelltype	17
4.2. Modelloppsett	17
4.3. Resultater fra hydraulisk beregning	21
4.4. Følsomhetsanalyse	24
4.5. Sikkerhetsmargin	26
4.6. Flomsikkert nivå	27
5. Konklusjon og anbefalinger	28
Kilder	29
Vedlegg	30

1. Innledning

1.1. Bakgrunn

Sygnir AS holder på med en søknadsprosess for endring av anleggskonsesjon til Hove transformatorstasjon, som ligger i Vik kommune, Vestland. Transformatorstasjonen omfatter eiendommer med gbnr. 26/83, 26/73 og 26/103 (se Figur 1-1). Endring i anleggskonsesjonen har hovedfokus på etablering av en ny trafosjakt på vest-hjørne av gbnr. 26/83.



Figur 1-1 Oversiktskart som viser lokasjonen til planområdet (markert i rødt). Plassering av ny trafosjakt er vist som oransje rektangel.

Elven til Viksvassdraget (heretter omtalt som «Vikja») strømmer langs transformatorstasjonen østlige grense. Eneste adkomstvei til stasjonen fra Seljadalsveien, er en relativ lavtliggende bro på gbnr. 26/73.

Transformatorstasjonen ligger delvis innenfor NVEs aktsomhetsområde for flom (se Figur 1-2). Følgelig er det behov for en detaljert flomvurdering for å ivareta krav om sikker byggegrunn i Plan- og bygningsloven (pbl) §28-1 og Byggteknisk forskrift (TEK17) §7-1.



Figur 1-2 Kartutsnitt som viser NVEs aktsomhetsområde for flom.

1.2. Tidligere flomvurderinger

NVE har utarbeidet en tidligere flomberegning (NVE dokument 7/2005) og flomsonekart (NVE rapport 16/2005) for Vikøyri (NVE, 2005a, 2005b).

Flomsonekartet har oppstrøms grense på et punkt på omtrent 700 m nedstrøms Hove transformatorstasjonen, og dermed foreligger det ikke noe vannstandsestimat for selve interesseområdet. Men utbredelsen av flomutsatt område fra NVEs flomsonekart, er benyttet som kontroll av resultatene i denne vurderingen. NVEs flomberegning gir et estimat av 200-årsflom på $Q_{200} = 193 \text{ m}^3/\text{s}$ ved «Vikja oppstrøms Vetleelvi». Dette ansees som et viktig sammenligningspunkt til flomberegningen som skal utføres i vår analyse.

2. Forutsetninger

2.1. Generelle forutsetninger

Flomvurderingen utføres for å avklare om interesseområdet er utsatt for flomfare, og eventuelle behov for flomsikringstiltak. Vurdering av erosjonsfare er ikke inkludert i denne analysen. Følgende grunnlag og forutsetninger er lagt til grunn i beregninger og vurderinger:

- Hovedgrunnlaget for de hydrauliske beregningene er en terrengmodell basert på siste tilgjengelige laserdata for Vik (NDH Høyanger-Vik 5pkt, dato: 2017), lastet ned fra www.hoydedata.no. Det tas utgangspunkt i at laserdataene er av tilstrekkelig kvalitet og er representativ for dagens situasjon i terrenget.
- Vurderingen gjelder for eksisterende tilstand i vassdraget.
- Beregningene forutsetter at elven ikke graver seg nye veier under flom.
- Kartleggingen hensyntar ikke eventuell vannstrømning gjennom masser i bakken – analysen ser på grunnen som helt tett.
- Det inkluderes ikke noe vannførende struktur under bakken i vurderingen.
- Bemerk at alle nivåhøyder er gitt i NN2000.

2.2. Dimensjonerende gjentakintervall for flom

Etablering av en ny trafosjakt havner ikke under de preaksepterte ytelser gitt i TEK17 §7-2. Vi vurderer av prosjektet faller under sikkerhetsklasse F2 for flom i henhold til TEK17 §7-2 *Sikkerhet mot flom og stormflo* (se Tabell 2-1). Dette betyr at bygninger skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom med en dimensjonerende returperiode på 200 år. Videre er det forventet et endret klima i Norge i fremtiden, noe som vil påvirke flomforholdene.

Tabell 2-1 Sikkerhetsklasser for flom og stormflo, gitt av TEK17 §7-2.

Sikkerhets-klasse	Type bygninger	Største årlige nominelle sannsynlighet
F1	Byggverk med lite personopphold. Små økonomiske og samfunnsmessige konsekvenser.	1/20
F2	Byggverk beregnet for personopphold. Moderate økonomiske og samfunnsmessige konsekvenser.	1/200
F3	Byggverk for sårbare grupper av befolkningen og byggverk som skal fungere i lokal beredskapssituasjon. Stor samfunnsmessig konsekvens.	1/1000

Etter avtale med Sygnir AS, er det også utført flomvurdering for en returperiode på 1000 år (tilsvarer sikkerhetsklasse F3). Dette er med bakgrunn i at skader på ny trafosjakt vil kunne medføre driftsstans til samfunnskritiske infrastruktur som sykehus eller andre typer infrastruktur som må være til stede i en beredskapssituasjon.

Følgelig er kartleggingen utført for både 200-årsflom og 1000-årsflom, i fremtidens klima.

2.3. Beregningsforutsetninger

2.3.1. Flomberegninger

- Flomberegningen gjelder for et punkt i Vikja omtrent 650 m oppstrøms Hove transformatorstasjon.
- Flomberegning utført av NVE i 2015 (NVE, 2005a) er brukt som kontrollverdi.
- Viksvassdraget er regulert flere steder fra 1950. Reguleringen og driften av magasiner, dammer og overføringer er ganske komplekse. Flomberegningen tar utgangspunkt i en uregulert situasjon, men tillagt en viss vannmengde for å hensynta mulige overføringer. Dette er den samme tilnærmingen som ble brukt av NVE i 2015-flomberegningen.
- Beregning av uregulert vannføring utføres etter veiledning gitt i NVEs *Veileder for flomberegninger* (2022), hvor beregningsmetoder er valgt basert på feltegenskaper og tilgjengelige observerte data.
- Klimapåslag valgt basert på anbefalinger fra Norsk Klimaservicesenter.

2.3.2. Hydrauliske beregninger

- Vannstand og utbredelse av flom i terrenget er beregnet med en todimensjonal hydraulisk modell i programmet HEC-RAS 6.3.
- Normalstrømning og beregnet flomforløp er benyttet som øvre grensebetingelser i modellen, mens kjent havnivå er benyttet som nedre grensebetingelse.
- Broene mellom oppstrøms grense av modell og Hove transformatorstasjon er inkludert i modellen.
- Det finnes ikke noe tilgjengelige data for kalibrering av modell. Det er foretatt følsomhetsanalyse på ruhetsverdi, for å tallfeste usikkerheten forbundet med den hydrauliske analysen.
- Sikkerhetsmargin for å dekke usikre moment i beregningene, jf. NVEs retningslinje *Flaum og skredfare i arealplanar* (2014), valgt basert på en vurdering av usikkerheter.
- Flomsikkert nivå tilsvarende modellert vannstand pluss sikkerhetsmargin.

Tabell 3-1 Feltparametere for Viksvassdraget.

Felt	Areal [km ²]	Eff. sjø [%]	Felt- lengde [km]	Høyde [moh]		Relieff forhold [m/km]	Skog [%]	Snau- fjell [%]	q _N ² [l/s·km ²]
				H _{min}	H _{maks}				
Viksvassdraget	107.1	0.84 ¹	16.1	86	1647	29	21.4	59.3	57.6

¹ Original A_{SE} verdi fra NEVINA er 0.19%. Se merknad i kapittel «Regulering»

² Spesifikk middelavrenning i referanseperioden 1961-90 gitt av NVEs avrenningskart.

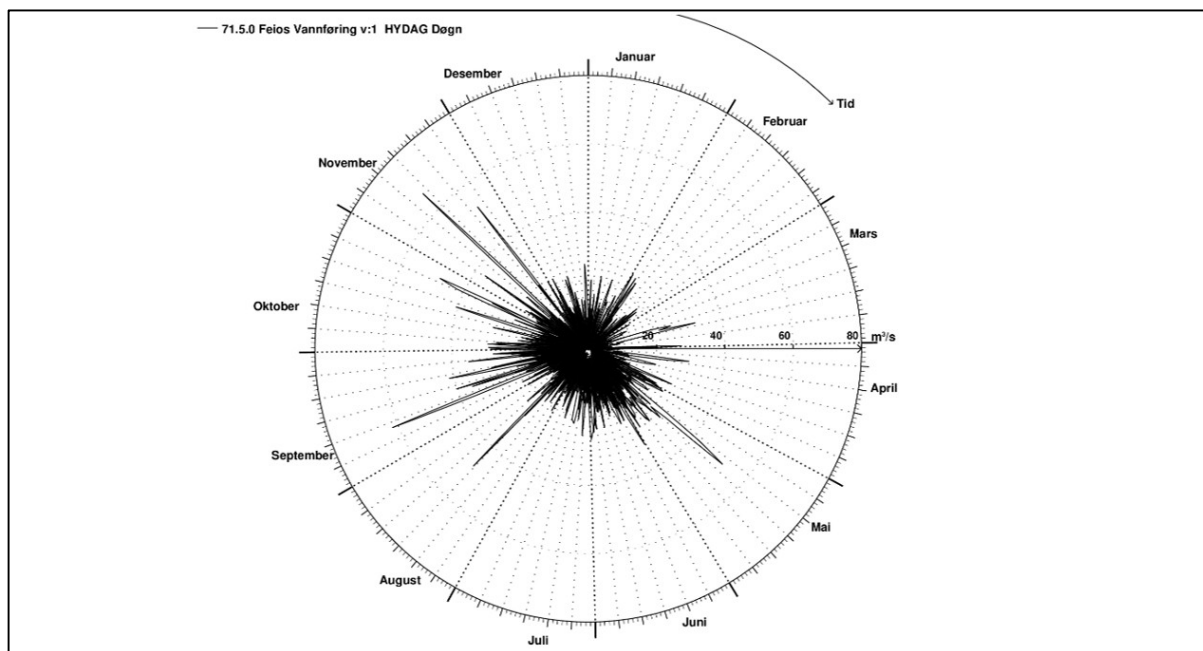
3.1.2. Regulering

Reguleringene i vassdraget kan ha en flomdempende effekt. Etter metodikk brukt i den tidligere flomberegningen til NVE (NVE, 2005a), er det antatt at reguleringen har større effekt på mindre flommer, mens ved store flommer blir det så mye vann i systemet at en kan se bort ifra reguleringseffekten.

Flomberegning utføres i første omgang som uregulert felt. Effektiv sjøprosent er imidlertid økt fra verdien gitt i verktøy NEVINA, ved å benytte innsjøarealet til Store Muravatnet ved HRV, som sannsynlig vil være tilfellet når flomsituasjon inntreffer. En lignende forutsetning er benyttet i tidligere flomberegning til NVE.

3.1.3. Flomskapende sesong og flomregime

Etter tidligere NVE flomberegning er vannføringsstasjon 71.5 Feios, som ligger øst for Viksvassdraget, representativ for Vikja. Årspolarplott fra stasjonen er vist i Figur 3-2.



Figur 3-2. Årspolarplott fra 71.5 Feios, generert i Hydra II.

En kan se av flomvannføringen hovedsakelig opptrer på høsten. Det er imidlertid enkelte større flommer i perioden mars til mai, antageligvis som følge av snøsmelting. Da det ligger en del usikkerhet om flomskapende sesong i nedbørsfelt, er det bruk hele årsverdier som konservativ antagelse videre i vurderingen.

3.2. Tilgjengelige observerte data

Flere metoder benytter observerte data for beregning av flomvannføring. Det er derfor her gitt en beskrivelse av tilgjengelige observerte vannførings- og nedbørsdata.

3.2.1. Tilgjengelige vannføringsdata

Det beste grunnlaget for hydrologiske analyser er vannføringsmålinger over en lang periode fra det aktuelle feltet. Det foreligger ingen slike data for Vikja. Det kan alternativt benyttes vannføringsdata fra nærliggende målestasjoner (referansestasjoner), som skaleres til det aktuelle feltet. Dette forutsetter imidlertid at målestasjonene har sammenlignbare feltegenskaper og topografi som det aktuelle feltet, og en brukbar måleserie med kontrollerte data.

Siden vi ønsker å sammenligne resultater fra denne vurderingen med de fra NVEs flomsonekartlegging i 2005, er det tatt i bruk samme referansestasjoner som i NVEs flomberegning. Karakteristiske feltdata og informasjon om måledata, er gitt i Tabell 3-2.

Tabell 3-2 Stasjonsdata og feltparametere for aktuelle målestasjoner (Kilde: NVE Seriekart/Hydra II).

Stasjonsnummer		Viksvass- draget	62.10	70.8	71.1	71.5	79.3
Stasjonsnavn			Myrkdalsv.	Målset	Skjerping	Feios	Nessedals.
Areal	[km ²]	107.1	157.75	7.71	268.36	74.59	30
Effektiv sjø	[%]	0.8	1.14	2.61	0.01	0.02	1.33
Feltlengde	[km]	16.1	18.12	4.15	17.74	12.62	8.06
Relieff forhold	[m/km]	29.0	20.7	35.3	21.9	48.3	44.8
Bre	[%]	3.7	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0
Dyrket mark	[%]	2.6	1.9	0.0	0.8	1.5	0.0
Myr	[%]	1.5	2.5	2.5	2.6	0.8	0.0
Leire	[%]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Skog	[%]	21.4	14.0	0.0	19.8	39.6	23.3
Sjø	[%]	6.1	3.2	8.8	0.8	0.9	3.3
Snaufjell	[%]	59.3	72.3	88.7	72.7	49.1	66.7
Urban	[%]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Uklassifisert	[%]	5.5	6.2	0.0	3.5	5.9	6.7
Høyde min	[moh]	86	229	870	60	55	289
Høyde 50	[moh]	1086	975	1079	970	931	820
Høyde maks	[moh]	1647	1431	1365	1603	1635	1346
Avrenning 61-90 (q _N)	[l/s·km ²]	57.6	76.4	72.8	54.5	53.2	63.2
Observasjonsperiode		-	1970-2021	1986-2021	1971-2021	1972-2007	1983-2021
Antall komplette år med data		-	51	35	50	35	38
Kurvekvalitet flom		-	Middels			Meget bra	Bra

3.2.2. Tilgjengelige nedbørsdata

Som grunnlag for nedbørs-avløpsmodeller benyttes nedbørsdata for beregning av vannføring. Det er valgt å benytte ekstremnedbør beregnet av Meteorologisk institutt, jf. Vedlegg 1. Dette er verdier som ble beregnet for Viksvassdraget i 2021. Årsverdier for forskjellige returperioder er oppsummert i Tabell 3-3.

Tabell 3-3 Årsverdier for Viksvassdraget, beregnet av DNMI.

		Årsverdi											
Antall timer	[n]	1	2	6	12	24	48	72	96	120	144	168	192
n timer / 24 timer		0.31	0.39	0.6	0.77	1	1.27	1.49	1.7	1.89	2.07	2.23	2.39
M 10	[mm]	40	50	80	100	135	170	195	225	250	275	295	315
M 25	[mm]	45	60	90	115	150	190	225	255	285	310	335	360
M 50	[mm]	50	65	100	125	165	210	245	280	310	340	365	395
M 100	[mm]	55	70	110	140	180	230	270	305	340	375	405	430
M 200	[mm]	60	75	120	150	200	250	295	335	375	410	440	475
M 500	[mm]	70	85	135	170	225	285	335	380	420	465	500	535
M 1000	[mm]	75	95	145	190	245	310	365	415	465	505	545	585
PMP	[mm]	110	140	210	275	355	450	525	600	670	735	790	845

3.3. Beregning av flom

For beregning av både 200-årsflom og 1000-årsflom, er følgende metoder benyttet:

- Lokal flomfrekvensanalyse (FFA) på observerte døgnmiddeldata
- Regionalt formelverk for store nedbørfelt (RFFA-2018)
- Forenklet lokal / full lokal i kombinasjon med regional analyse (RFFA-2018)
- Nedbør-avløpsmodell (PQRout)

Det henvises til NVEs *Veileder for flomberegninger* (2022) for utdypende beskrivelse av metodene.

3.3.1. Lokal flomfrekvensanalyse

Flomfrekvensanalysen utføres på vannføringsdata fra de utvalgte målestasjonene beskrevet i kapittel 3.2.1. Fra flomfrekvensanalysen estimeres middelflom og vekstkurve for målestasjonene. Middelflom (Q_M) referer til gjennomsnittet av den største vannføringen hvert år, mens vekstkurven (Q_T/Q_M) er forholdet mellom middelflom og en flom med et vilkårlig gjentakintervall T .

Døgnverdi for middelflom og vekstkurve for 200-årsflom og 1000-årsflom er hentet fra NVEs database Hydra II ved bruk av programmet Ekstremverdianalyse. Middelflommen deles på feltarealet til målestasjonene, slik at en får en spesifikk middelflom (q_M) som kan benyttes for det aktuelle feltet. For å finne vekstkurven, benyttes en tre-parameterfordeling (GEV med L-moment) for stasjoner 62.10 Myrdalsvatnet og 71.1 Skjerping (mer enn 50 år med

data), og to-parameterfordeling (Gumbel med L-moment) for de øvrige stasjonene (30-50 år med data) i henhold til anbefalinger i NVEs veileder. Endelige verdier er funnet ved å vekte estimatene fra de forskjellige målestasjonene, hvor stasjon 71.5 Feios er vektet mest – se Tabell 3-4.

Tabell 3-4 Resultater fra lokal flomfrekvensanalyse på utvalgte målestasjoner (døgnverdier), og vektet snitt som benyttes i videre beregning.

Målestasjon	Middelflom (døgn) [l/s·km ²]	Q ₂₀₀ /Q _M [-]	Q ₁₀₀₀ /Q _M [-]	200-årsflom (døgn) [l/s·km ²]	1000-årsflom (døgn) [l/s·km ²]	Vekting
71.5 Feios	390	2.688	3.265	1049	1274	40%
79.3 Nessedalselv	630	1.748	2.003	1101	1261	30%
62.10 Myrkdalsvatnet	502	1.947	2.270	977	1140	10%
70.8 Målset	684	2.024	2.373	1384	1623	10%
71.1 Skjerpung	577	2.177	2.579	1257	1489	10%
Vektet snitt:	521	2.215	2.629	1155	1371	-

For å finne kulminasjonsverdi, som er den reelle toppverdien av en flomhendelse, benyttes et forholdstall mellom døgn- og kulminasjonsverdi, også kalt kulminasjonsfaktor ($Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$). I NVEs rapport *Lokal og regional flomfrekvensanalyse* (Engeland et al., 2020) er det gitt regresjonsligninger for kulminasjonsfaktor, som benytter feltparameterne feltareal og effektiv sjøprosent. Faktor som er beregnet etter RFFA-2018 (1.22) er en del mindre enn den som er tidligere beregnet i NVEs flomberegning for Vikøyri (1.46). Det er konservativt valgt å vektlegge NVEs estimat mest, hvorav endelig valgt verdi er satt til $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}} = 1.4$.

Kulminasjonsfaktor og estimert kulminasjonsverdi for 200-årsflom og 1000-årsflom med flomfrekvensanalyse, er gitt i Tabell 3-5.

Tabell 3-5 Valgt kulminasjonsfaktor og beregnet kulminasjonsverdi ved bruk av lokal flomfrekvensanalyse.

Felt	Q _{mom} /Q _{døgn} [-]	Middelflom (kulminasjon) [m ³ /s]	200-årsflom (kulminasjon) [m ³ /s]	1000-årsflom (kulminasjon) [m ³ /s]
Viksvassdraget	1.4	78.2	173.1	205.6

3.3.2. Regionalt formelverk for store nedbørfelt (RFFA-2018)

Regionalt formelverk for store nedbørfelt (også kalt RFFA-2018), er utarbeidet for store (> 60 km²) naturlige uregulerte felt. Metoden er nærmere beskrevet i NVEs rapport *Lokal og regional flomfrekvensanalyse* (NVE 10/2020). Formelverket består av regresjonsligninger for beregning av median flom (døgnverdi), vekstkurveforhold (Q_T/Q_M) og kulminasjonsfaktor ($Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$).

Estimerte døgnverdier og vekstkurveforhold fra RFFA-2018 er gitt i Tabell 3-6. Beregnede kulminasjonsverdier er gitt i Tabell 3-7.

Tabell 3-6 Beregnet spesifikk medianflom (døgnverdi) og vekstkurveforhold med RFFA-2018.

Felt	Medianflom (døgn) [l/s·km ²]	Q_{200}/Q_M [-]	Q_{1000}/Q_M [-]	200-årsflom (døgn) [l/s·km ²]	1000-årsflom (døgn) [l/s·km ²]
Viksvassdraget	445	2.175	2.590	967	1152

Tabell 3-7 Beregnede kulminasjonsverdier med RFFA-2018 (brukt korrigert kulminasjonsfaktor, se avsnitt 3.3.1).

Felt	$Q_{mom}/Q_{døgn}$ [-]	Medianflom (kulminasjon) [m ³ /s]	200-årsflom (kulminasjon) [m ³ /s]	1000-årsflom (kulminasjon) [m ³ /s]
Viksvassdraget	1.4	66.7	145.0	172.7

3.3.3. Forenklet lokal / full lokal i kombinasjon med regional analyse

Den største usikkerheten knyttet til regionale formelverk ligger i indeksflommen (middelflom), men vekstkurveforholdet er ansett som svært robust. En metodikk for å hensynta dette, er å benytte en vektet middelflom fra regionalt formelverk og lokale data med hensyn til antall år med data, i kombinasjon med vekstkurveforhold fra regionalt formelverk (RFFA-2018). En slik metode kalles forenklet lokal i kombinasjon med regional analyse. Den vektete middelflommen beregnes ved bruk av formler gitt i NVEs rapport *Lokal og regional flomfrekvensanalyse* (Engeland et al., 2020). Det er valgt å bruke et representativt antall år med data på $n = 39$. Resultatet ved bruk av en slik metodikk er gitt i Tabell 3-8.

Tabell 3-8 Beregnet (kulminasjonsverdi) ved bruk av forenklet lokal i kombinasjon med RFFA.

Felt	Middelflom (kulminasjon)			Q_{200}/Q_M [-]	200-årsflom (kulminasjon) [m ³ /s]	Q_{1000}/Q_M [-]	1000-årsflom (kulminasjon) [m ³ /s]
	Lokal FFA [m ³ /s]	RFFA [m ³ /s]	Vektet [m ³ /s]				
Viksvassdraget	78.17	66.68	77.78	2.175	169.2	2.590	201.5

I full lokal i kombinasjon med regional analyse brukes en bayesiansk tilnærming for å estimere parameterne i GEV-fordeling basert på lokale flomdata, og informasjon brukes for både indeksflom og vekstkurve. Resultatet ved bruk av en slik metodikk er gitt i Tabell 3-9

Tabell 3-9 Beregnet (kulminasjonsverdi) ved bruk av full lokal i kombinasjon med RFFA.

Felt	Middelflom (kulminasjon) [m ³ /s]	Q_{200}/Q_M [-]	200-årsflom (kulminasjon) [m ³ /s]	Q_{1000}/Q_M [-]	1000-årsflom (kulminasjon) [m ³ /s]
Viksvassdraget	78.38	2.263	177.4	2.77	217.1

3.3.4. Flommodell - PQ Rout

PQRout er en nedbør-avløpsmodell som beregner avrenning på grunnlag av nedbørdata, og ved hjelp av feltparametere for det aktuelle feltet. I disse beregningene, er det benyttet NVEs nett-versjon av modellen.

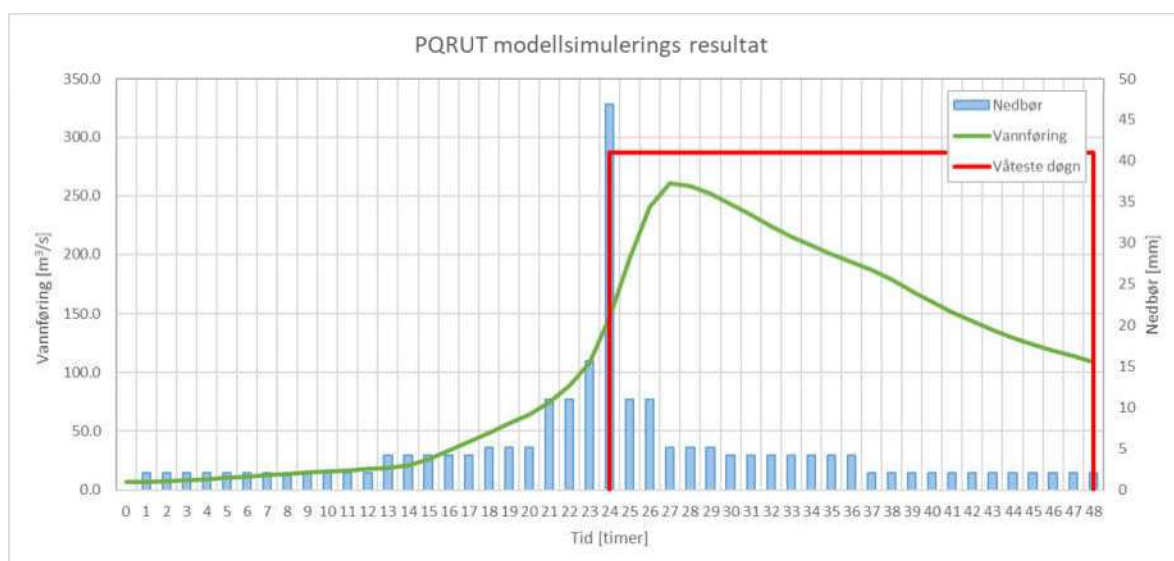
Parameterne til den hydrologiske flommodellen bør helst bestemmes ved kalibrering mot observerte vannføringer. Siden det ikke finnes måleserier i vassdraget, er modellparameterne bestemt ut fra ligninger gitt i Filipova mfl. (2016). Disse bruker inngangsparameterne relieff forhold (beregnet fra høydeforskjell og feltlengde), og effektiv sjøprosent. Beregnede modellparametere er gitt i Tabell 3-10, og det er forutsatt full metning som initialtilstand.

Tabell 3-10 Beregnede modellparametere i PQ Rout.

Felt	Øvre tømmekonstant K1 [1/time]	Nedre tømmekonstant K2 [1/time]	Skille øvre og nedre T [mm]
Viksvassdraget	0.091	0.021	34.02

Nedbørforløp konstrueres med utgangspunkt i årsverdier for ekstremnedbør beregnet av DNMI (se Tabell 3-3). Forløpet er konstruert etter anbefalinger gitt i NVEs veileder; varighet er opprinnelig satt på 48 timer (med endelig bruk av de våteste 24 timer), en symmetrisk fordeling omkring høyeste nedbørintensitet og tidsskritt på en time. Det er videre tatt utgangspunkt i nedbørsforløpet som gir størst kulminasjonsvannføring.

Konstruert nedbørforløp og estimert flomforløp for 200-årsflom, er vist i Figur 3-3. Kulminert vannføring for 200-årsflom og 1000-årsflom er henholdsvis 260.4 og 325.5 m³/s.



Figur 3-3 Konstruert nedbørforløp og beregnet flomvannføring med PQ Rout for 200-årsflom.

3.4. Klimapåslag

Klimaprofil for Sogn og Fjordane gir en anbefaling på et klimapåslag på 20% i kommunen. Det er videre bruk denne klimapåslaget.

3.5. Oppsummering og endelig estimat

Beregnet flomvannføring med alle metoder er vist i Tabell 3-11. Med unntak av resultat fra nedbør-avløpsmodell (PQRout), som er mye høyere enn alle andre resultater, sammenfaller metodene godt og plasserer vannføringen ved en 200-årsflom mellom 145 og 178 m³/s.

Erfaringstall for døgnmiddelverdi med 1000 års returperiode (q_{1000}) for landsdeler er gitt i avsnitt 7.3 i NVEs *Veileder for flomberegning* (1/2022). Disse viser at spesifikk døgnmiddelverdi middels store felt i Sør- og Vestlandet, varierer hovedsakelig mellom 700-2500 l/s·km². Estimater fra nedbørs-avløpsmodell ligger nærmere høyeste nivå til erfaringstallene, og det er derfor sannsynlig at denne overestimerer vannføringen.

Det er liten forskjell mellom estimatene fra resten av beregningsmetodene. Det er valgt å ta utgangspunkt i beregnet verdi med metoden full lokal + RFFA-2008 til endelig estimat. Estimater ($Q_{200} = 177 \text{ m}^3/\text{s}$) samsvarer svært bra med resultater fra tidligere flomberegning fra NVE ($Q_{200} = 178 \text{ m}^3/\text{s}$).

Etter metodikk bruk i NVEs flomberegning, er det lagt til et tilleggsbidrag til uregulert kulminasjonsflom for å hensynta mulige overføringer fra magasiner i naboliggende kommuner som er koblet til reguleringssystemet i Vik. Det vurderes å bruke samme fastverdi på 15 m³/s som var tatt i bruk tidligere, korrigert for fremtidens klima.

Dimensjonerende 200-årsflom, inkludert 20 % klimapåslaget, for Viksvassdraget er følgelig fastsatt til **$Q_{200+20\%} = 231 \text{ m}^3/\text{s}$** .

Tabell 3-11 Beregnede flomverdier (kulminasjon) fra alle metoder, og endelig estimat.

Metode	200-årsflom [m ³ /s]	1000-årsflom [m ³ /s]
Lokal flomfrekvensanalyse (FFA)	173.1	205.6
Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)	145.0	172.7
Forenklet lokal + RFFA-2018	169.2	201.5
Full lokal + RFFA-2018	177.4	217.1
Nedbør-avløpsmodell (PQRUT)	260.4	325.5
Endelig estimat:	177.4	217.1
Inkl. tilleggsbidrag fra overføring i magasiner (15 m³/s):	192.4	232.1
Inkludert klimapåslag (20%):	230.9	278.5

4. Hydrauliske beregninger

4.1. Programvare og modelltype

Hydrauliske beregninger er utført med programvaren HEC-RAS versjon 6.3, som er utviklet av United States Army Corps of Engineers. I HEC-RAS kan en utføre endimensjonale stasjonære hydrauliske beregninger, og en- og todimensjonal dynamisk (ikke-stasjonær) modellering. For detaljert informasjon om funksjonaliteter, modelloppbygging og beregningsteori, vises det til brukermanualen til HEC-RAS.

Det er valgt å benytte en todimensjonal dynamisk modell. Dette betyr at strømmingen er ikke-stasjonær (varierer over tid), og kan opptre i horisontalplanet. En slik modell vil bedre kunne simulere strømming utenfor elve- og bekkeløp som går i flere retninger, samt oppstuvende effekter som følge av mangel på kapasitet i kulverter/bruer eller flatt terreng, enn en tradisjonell endimensjonal stasjonær modell.

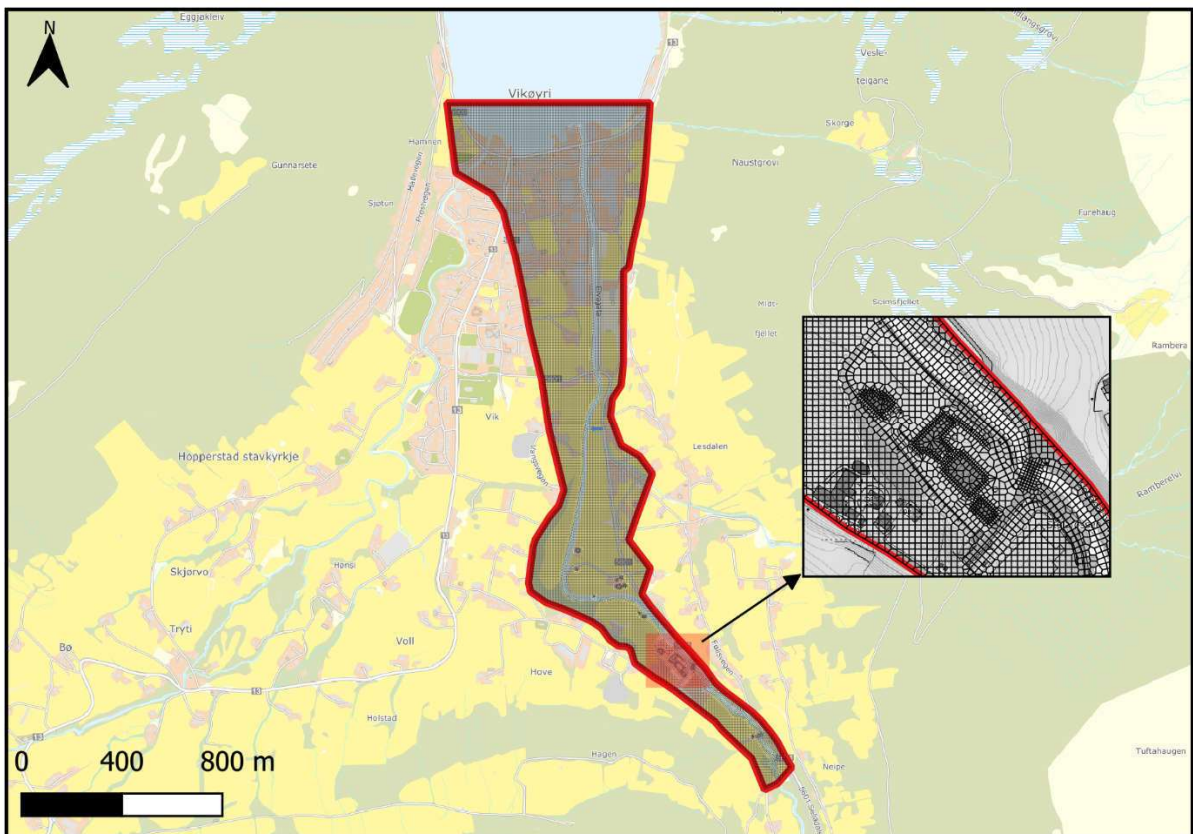
4.2. Modelloppsett

4.2.1. Analyseområde

Analyseområdet dekker et areal på omtrent 1 km², og strekker seg fra utløpspunktet til nedbørfelt (se Figur 3-1) til utløp av Vikja i Sognefjorden. Området er valgt så det er mulig å sammenligne resultater mot de fra tidligere flomsonekartlegging utarbeidet av NVE i 2005.

Den hydrauliske modellen baserer seg på et rutenett, hvor det for hver enkelt rute gjøres beregninger. Rutenettstørrelsen er satt til 5 meter i hele modellen. Elveløp, veier og byggomriss er lagt inn som såkalte «breaklines», slik at beregningsrutene blir orientert i riktig retning og strømmingen blir med nøyaktig modellert. Oppløsningen langs bygg, broer og viktige terrenglementer i Hove transformatorstasjon er redusert til 2 meter for å få mer detaljerte resultater innenfor interesseområdet.

Avgrensning av analyseområdet og beregningsnett som er benyttet i hydraulisk modell for Vikja er vist i Figur 4-1



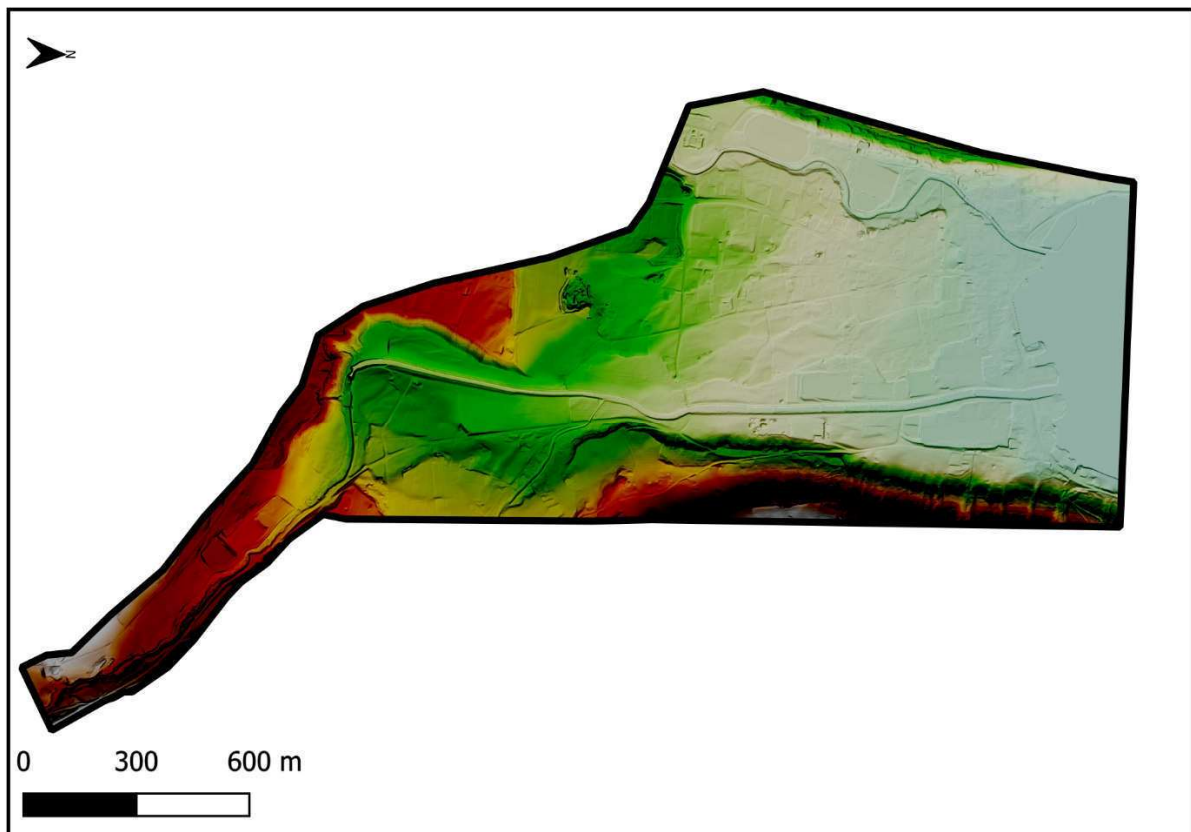
Figur 4-1 Kartutsnitt som viser avgrensning av analyseområdet for hydrauliske beregninger.

4.2.2. Terrengmodell

Det er satt opp en terrengmodell, som er hovedgrunnlaget for de hydrauliske beregningene - se Figur 4-2.

Terrengmodellen er basert på laserdata med 0,25 meters oppløsning (prosjekt NDH Høyanger-Vik 5pkt, 2017), hentet fra Kartverkets forvaltningsløsning Høydedata. Bygninger til Hove trafostasjonen er lagt inn i modellen, men ikke andre oppstikkende detaljer som trær.

Laserdata har ikke nøyaktige data for terreng under trær og annen tett vegetasjon. Kronedekningen er imidlertid så lav langs elven, at laserdataene sannsynligvis gir et svært godt bilde av faktiske terrengforhold. Altså ansees usikkerheten knyttet til terrengdata som lav.



Figur 4-2 Terrengmodell som er benyttet i hydrauliske beregninger (OBS: rotert 90° fra nord).

4.2.3. Konstruksjoner i vassdraget

Adkomstbro til Hove transformatorstasjonen og broen på Hovevegen (omtrent 400 m sør for transformatorstasjonen) er inkludert i modellen for å få en nøyaktig vurdering av mulige oppstuvende effekter. Dimensjoner av broer er gitt i Tabell 4-1.

Tabell 4-1 Beskrivelse av og dimensjoner for konstruksjoner i vassdraget.

Nr. / navn	Beskrivelse	Lysåpning (m)	Lengde (m)
Adkomstbro	Relativ lavtliggende bro. Antatt brodekke på 80 cm	BxH = 12.0x2.6	15.0
Hovevegen	Bro over dyp dal. Antatt brodekke på 50 cm	BxH = 8.5x7.5	12.5

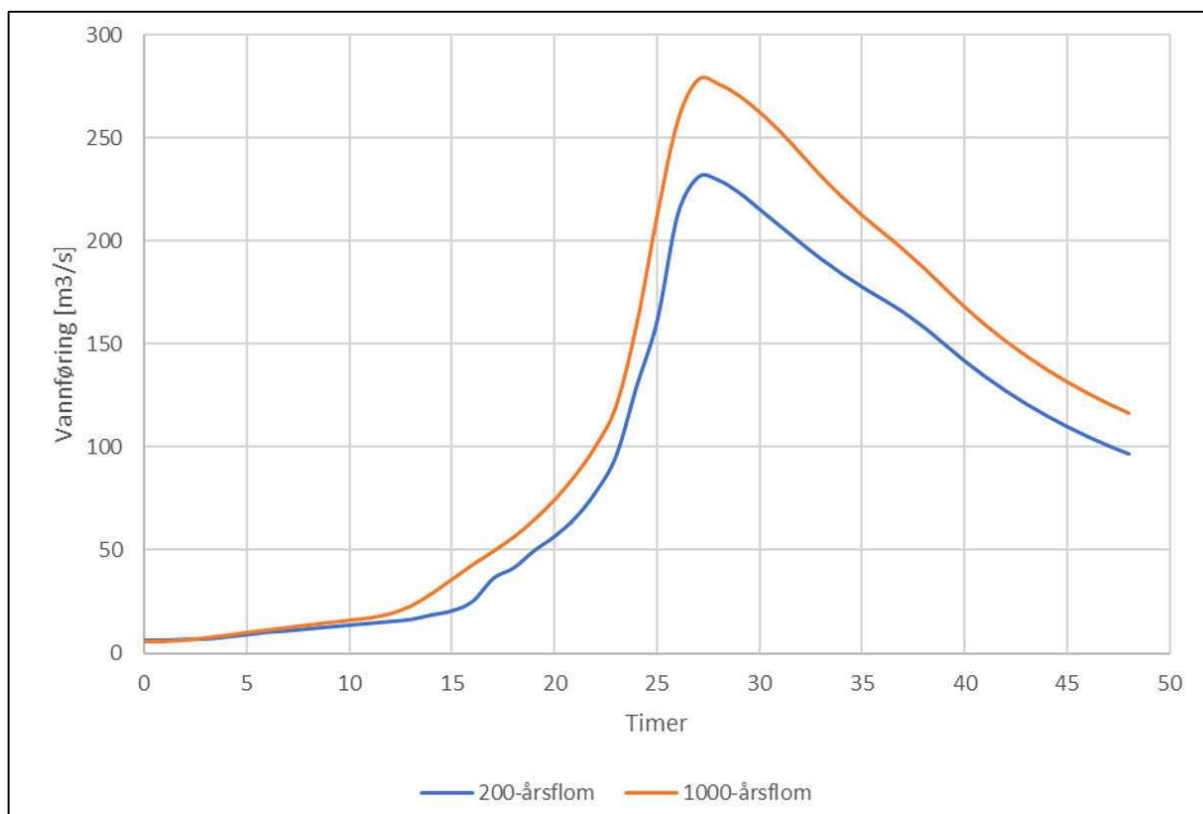
4.2.4. Friksjonsforhold

Vannets hastighet påvirkes av friksjonsforhold, det vil si ruheten til overflaten det strømmer over. Dette varierer etter type underlag og utforming av elveløpet. Ruheten i modellen er gitt som Mannings tall (M), hvor et lavt M-tall betyr høyere ruhet.

For å redusere mulige kilder av usikkerhet i kontroll mot den tidligere flomsone utarbeidet av NVE i 2005, er det er tatt i bruk samme ruhetsverdier som er oppgitt i NVEs rapport. Ruhetsverdi for elven er satt til $M = 22$, som tilsvarer verdi for naturlige vassdrag med store stein i *Vassdragshåndboka* (Fergus et al., 2010). Manningstall for resten av modellen (elvesletten) er satt til $M = 16$.

4.2.5. Grensebetingelser

For innløpet er det benyttet antagelse om normalstrømning sammen med et konstruert flomforløp som øvre grensebetingelse. Flomforløpet er basert på modelleringsresultater fra PQROUT, korrigert for endelig estimat for flomtoppen valgt i kapittel 3.5. Selv om forløpet er beregnet på en varighet på 48 timer, er det kun verdier mellom time 12 og 39 benyttet i simuleringen, slik av både oppstigning, kulminasjon (time 27) og en del av resesjonen av flomhendelsen blir modellert (se Figur 4-3).



Figur 4-3. Flomforløpene for vannføring som er benyttet i hydrauliske beregninger.

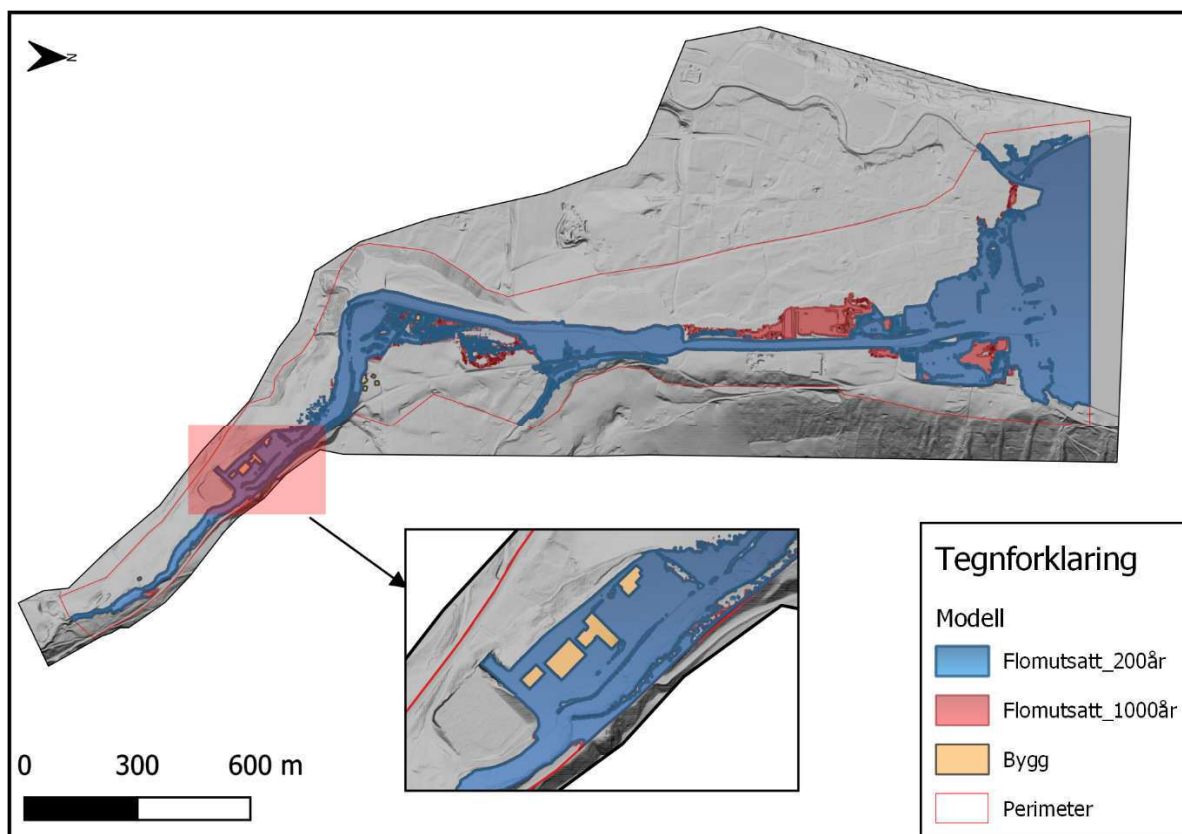
I tillegg til vannføring i selve Vikja, er det også inkludert en forenklet vannføring på 24-27 m³/s sideelven Vetleelvi som utløper i Vikja litt over 1 km nedstrøms Hove transformatorstasjonen. Vannføring fra Vetleelvi skal ikke påvirke flomsituasjonen i selve

transformatorstasjonen, men er inkludert for å kunne sammenligne resultater mot den tidligere flomsonen fra NVE.

Utløpet til modellen er plassert i Sognefjorden (sjøen). Etter anbefaling gitt i NVEs rapport *flom og stormflo* (Ryalen and Orvedal, 2015) og DSBs veileder *Havnivåstigning og stormflo* (DSB, 2016), er havnivå ved 1-års stormflo med havnivåstigning brukt som nedre grensebetingelse for utløpet. Nivåene for Vikøyri er hentet fra Kartverkets tjeneste Se havnivå, hvor havnivå ved 1-års stormflo/høyvann er 111cm og havnivåstigning lik øvre del av utslippsscenario RPC 8.5 i årene 2081-2100 er 64 cm (se Vedlegg 2). Endelig benyttet havnivå er 175 cm.

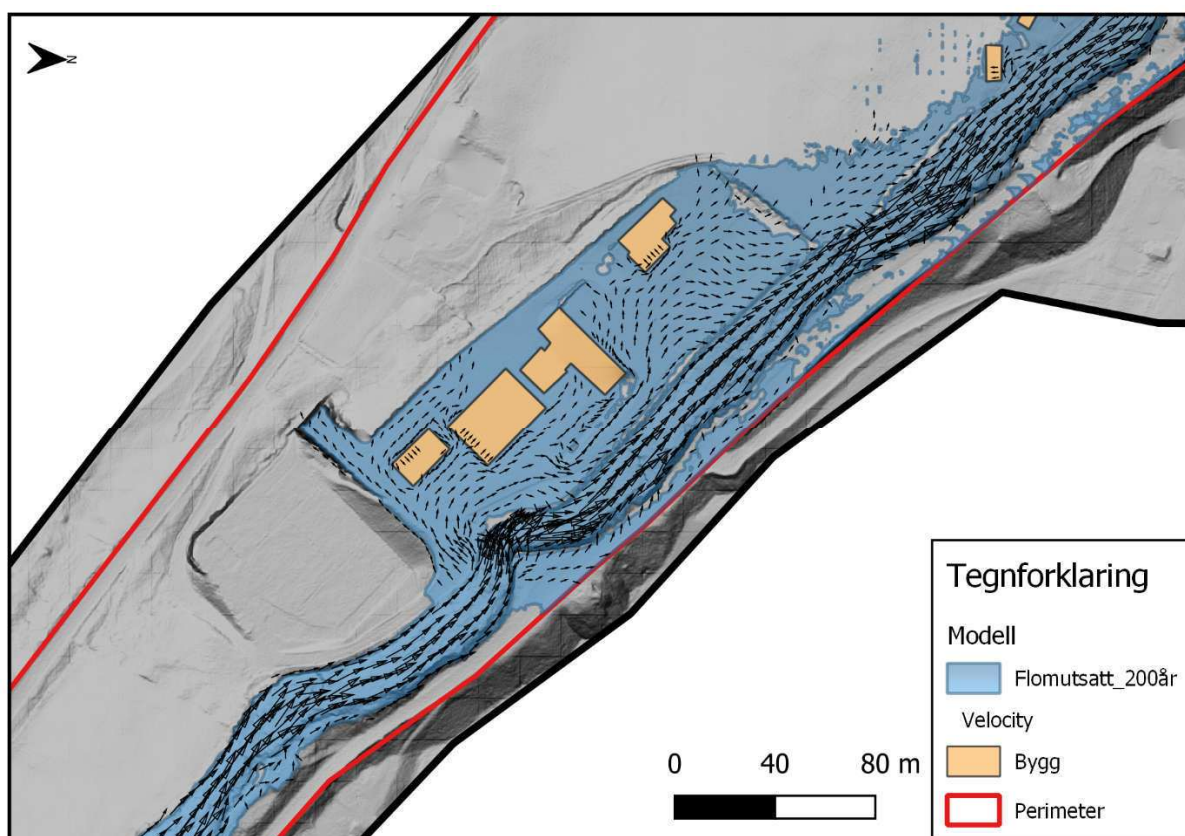
4.3. Resultater fra hydraulisk beregning

Modellen kjøres med grensebetingelse beskrevet i kapittel 4.2.5, med et beregningsintervall på 1 sekund. Utbredelse av flomsituasjonen ved klimajustert 200-årsflom og 1000-årsflom vises i Figur 4-4.



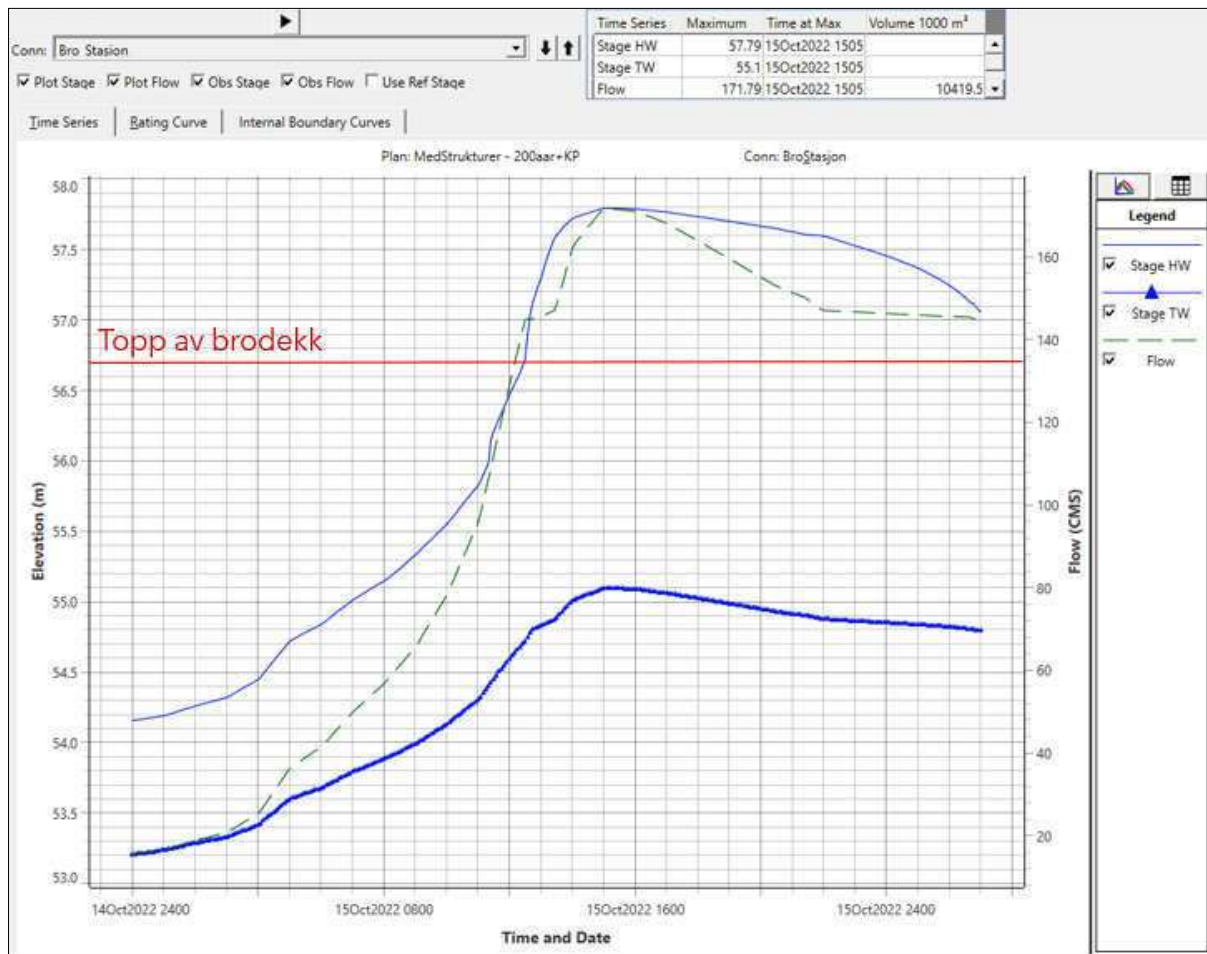
Figur 4-4. Modellert utbredelse av flom ved 200-årsflom og 1000-årsflom med 20% klimapåslag.

Figuren viser at Hove transformatorstasjonen er delvis utsatt for flom med 200 års returperiode i et fremtidig klima. Nærbilde av interesseområdet inkl. strømpiler viser at vannet renner utover elveløpet og inn i Hove transformatorstasjonen på oppstrøms side av adkomstbro og renner over bakken på gbnr. 26/83 og 26/73 (dagens kontor og lagerbygg) – se Figur 4-5. Vannet renner videre på bakken ned mot nordvest og ut av eiendom til transformatorstasjonen. Tomten med gbnr. 26/103, som i dag eies av Statnett, og hvor mest av høyspenningsanlegg ligger, ikke er flomutsatt.



Figur 4-5. Nærbilde av interesseområdet rundt Hove transformatorstasjonen som viser flomsituasjonen under flomtoppen. Strømpilene viser at vannet renner utover bakken på oppstrøms side av adkomstbro til fylkesveien.

Modellen viser at adkomstbroen til Hove transformatorstasjon har en maks vannføringskapasitet på omtrent 145 m³/s, som er lavere enn den dimensjonerende flomhendelse på 200 år returperiode i fremtidens klima. Topp av brodekk ligger omtrent på kt. 56.7 moh og vannet kan stige på over 1.0 m over brodekket til i løpet av en 200-års flomhendelse. Dette medfører en stor risiko at broen blir ødelagt / kollapser i en slik flomsituasjon (Figur 4-6).



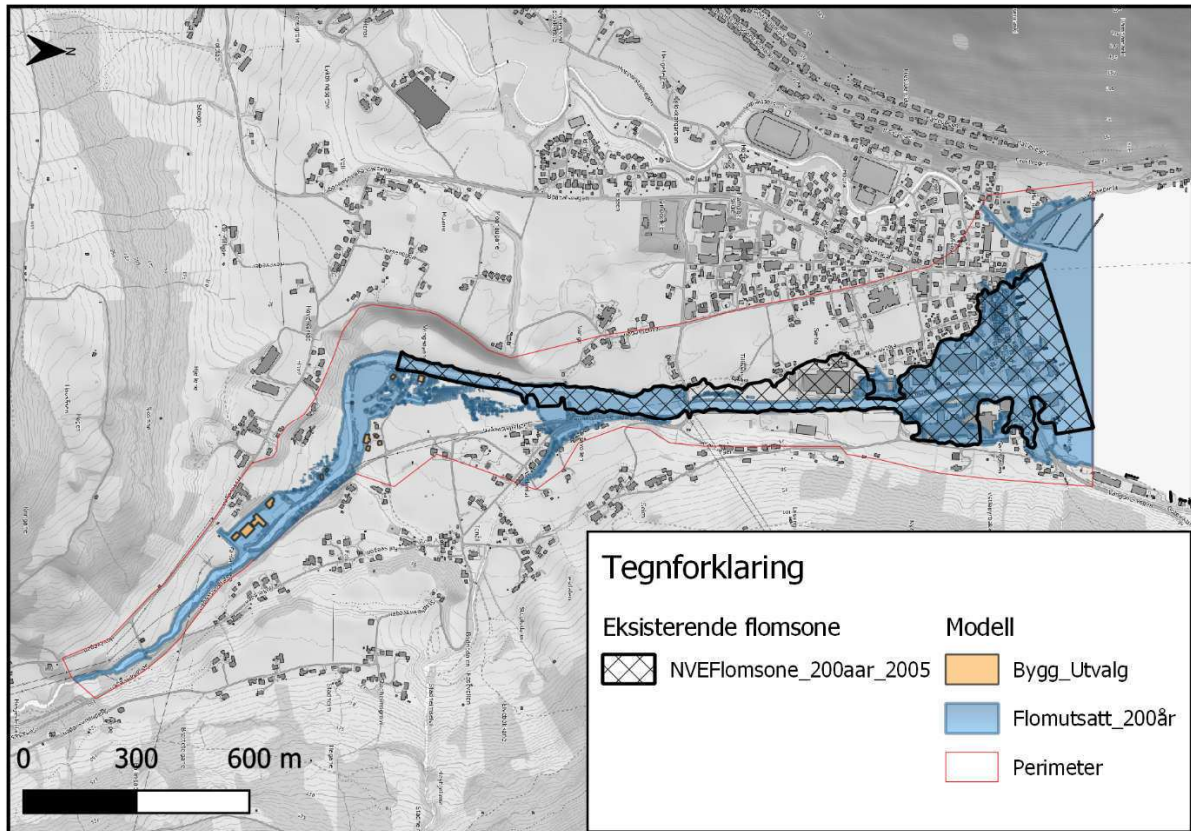
Figur 4-6. Detaljert beregning av vannhøyde og kapasitet til adkomstbroen. Topp av brodekk ligger på kt. 56.7 moh.

Figur 4-7 viser vannstand i flomutsatt område i og rundt Hove transformatorstasjonen under flomtoppen. En kan se at den største oversvømmelsen blir største rundt punktet hvor vannet renner over bakken på venstre side av adkomstbroen, med en vanddybde på omtrent 1 meter. Vanddybden rundt dagens kontor og lagerbygg på gbnr. 26/73 blir mellom 60 og 70 cm, mens vanddybden ved planlagt beliggenhet av den nye trafosjakt på gbnr. 26/83 blir omtrent på 20 cm. Terreng ved ny trafosjakt ligger på kt. 52.3 moh, og følgelig ligger flomnivået ved 200-årsflom på **kt. 52.5 moh**. Ved en 1000-års flomhendelse ligger flomvannstanden omtrent 3 cm høyere ved ny trafostasjonen.



For å kunne kalibrere en modell, må det finnes samtidige målinger av vannstand og vannføring i det aktuelle vassdraget. Dette finnes ikke for Vikvassdraget.

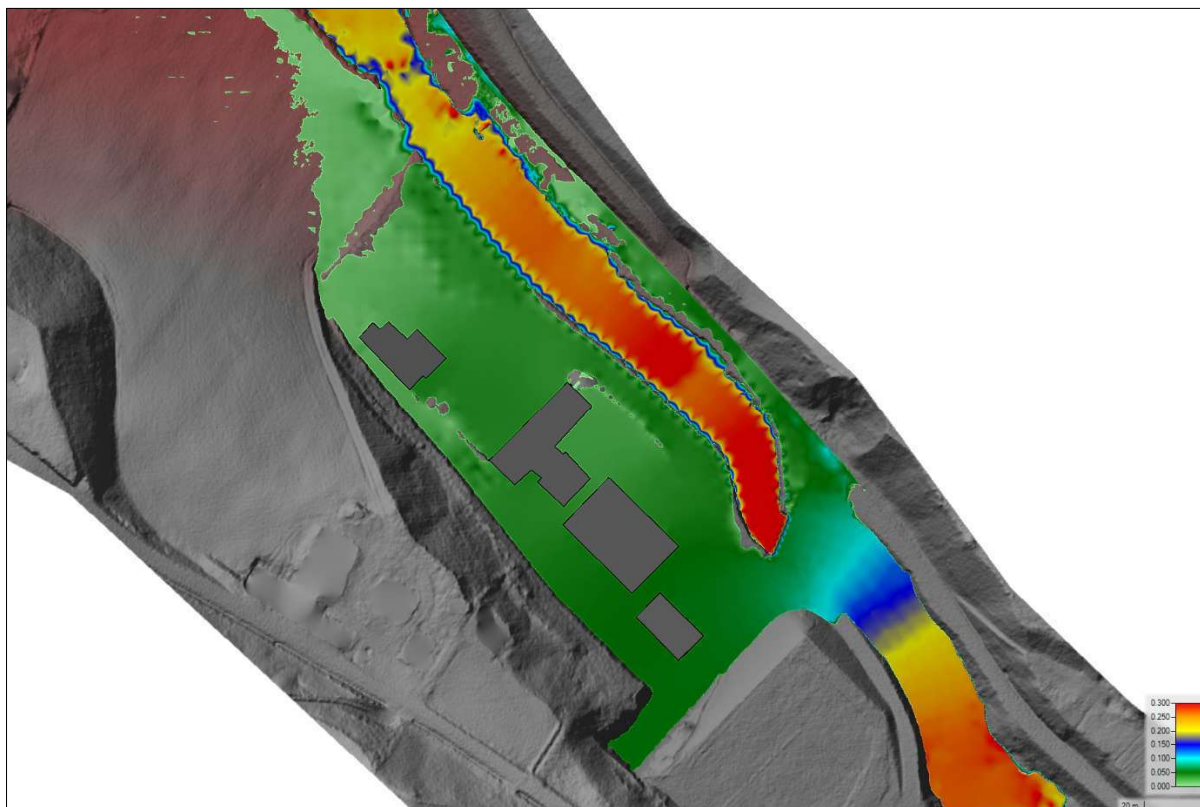
Rapport - Flomsonekartlegging for Hove transformatorstasjon



Figur 4-8. Sammenligning av NVEs flomsonekart for Vikøyri (2005) med flomutsatt området beregnet i denne rapporten.

Uten kalibrering, vil det være usikkerhet knyttet til benyttede ruhetsverdier i den hydrauliske modellen. Det er derfor foretatt en følsomhetsanalyse, der ruheten i modellen er økt med 25%, for å gi et tall på usikkerheten.

Resultatene fra analysen er vist i Figur 4-9. Økningen i ruhet gir en gjennomsnittlig og maksimal vannstandsøkning i elveløpet (nedstrøms adkomstbroen) på 30 cm. Ved Hove transformatorstasjonen, ligger økningen under 5 cm, med økning ved planlagt beliggenhet av den nye trafosjakt på 1.5 cm. Økningen i flomvannstand gir en minimal endring i utbredelsen av flommen.



Figur 4-9. Resultater fra følsomhetsanalyse, som viser modellert endring i vannstand som følge av at ruheten i modellen er økt med 25%. Scenario: 200-årsflom inkl. klimapåslag.

4.5. Sikkerhetsmargin

I flomsonekartlegginger vil det være usikkerhet knyttet til flomverdi, ruhet og terrengdata. Følsomhetsanalysen med økt ruhet (se kapittel 4.4), viste at økt ruhet (+25 %) ikke gir noen nevneverdig endring i flomvannstand ved Hove transformatorstasjonen (maksimal økning på 5 cm). Det er benyttet et nokså konservativt flomtall, så usikkerheten knyttet til dette ansees som liten. Det er imidlertid kun benyttet laserdata for terrengmodell. Videre er overdekning på broer lagt inn basert på data fra digital overflatemodell, da det ikke foreligger noen innmålinger av kotehøyde til den nederste delen av broen, noe som kan gi en del usikkerhet i vurderingen.

I NVEs retningslinje *Flaum- og skredfare i arealplanar* (NVE, 2014) er det anbefalt å bruke en sikkerhetsmargin for vannstigning på minimum 30 cm i flomsonekart. På bakgrunn av dette, er det valgt å benytte en **sikkerhetsmargin for vannstigning på 30 cm**.

4.6. Flomsikkert nivå

Anbefalt flomsikkert nivå for ny trafosjakt i Hove transformatorstasjonen er gitt av den høyeste vannstanden ved en 200-års hendelse pluss sikkerhetsmargin på 30 cm. **Følgelig er anbefalt flomsikkert nivå på kt. 52.8 moh.**

5. Konklusjon og anbefalinger

Flomfarevurdering for Hove transformatorstasjonen i Vik kommune, viser at stasjonen er delvis utsatt for flomfare. Både tomt gbnr. 26/73 og 26/83, hvor det i dag ligger kontor- og lagerbygg, er utsatt for flomfare. Tomt med gbnr. 23/103, hvor det meste av den høyspente infrastrukturen finnes, ligger i høyere terreng og ikke er utsatt for flomfare. Vurderingen er gjort for returperioder på 200 år og 1000 år, i fremtidens klima. Følsomhetsanalyse viser veldig lite endring (under 5 cm) i vannstanden ved en økning i ruhetsverdier på 25%.

Vurderingen viser at planlagt beliggenhet for den nye trafosjakten, som er hovedfokus i den pågående søknaden om endring i anleggskonsesjonen, blir oversømmet med 20 cm vanndybde i en dimensjonerende flomsituasjon. Etter TEK17 §7-1 og §7-2 skal byggverket (trafosjakt) plasseres, dimensjoneres eller sikres mot 200-årsflom slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlige ulemper fra flom. Det er anbefalt et flomsikkert nivå på kt. 52.8 moh (dvs. 50 cm høyere enn dagens terreng) for å sikre at trafosjakten tilfredsstiller krav til sikker byggegrunn jf. pbl §28-1 og TEK17 §7-1.

Kilder

DSB, 2016. Havnivåstigning og stormflo - Samfunnssikkerhet i kommunal planlegging (DSB Tema), DSB Tema. DSB, Tønsberg, Norway.

Engeland, K., Glad, P.A., Hamududu, B.H., Li, H., Reitan, T., Stenius, S., 2020. Lokal og regional flomfrekvensanalyse (NVE Rapport No. 10/2020). NVE, Oslo, Norway.

Fergus, T., Hoseth, K.A., Sæterbø, E., 2010. Vassdragshåndboka. Tapir akademisk forlag.

Filipova, V., Lawrence, D., Klempe, H., 2016. Regionalisation of the parameters of the rainfall-runoff model PQRUT. Hydrol. Res. 47, 748-766.
<https://doi.org/10.2166/nh.2016.060>

NVE, 2022. Veileder for flomberegninger (Veileder No. 01/2022), NVE Veileder. NVE.

NVE, 2014. Retningslinjer for flaum- og skredfare i arealplanar (Retningslinje No. 2/2011).

NVE, 2005a. Flomsonekartprosjektet, flomberegning for Vikja og Hopra i Sogn og Fjordane (Dokument No. 7/2005). NVE, Oslo, Norge.

NVE, 2005b. Flaumsonekart, delprosjekt Vikøyri (Rapport No. 16/2005). Oslo, Norge.

Ryalen, P.A., Orvedal, K., 2015. Flom og stormflo - Stormflo fra sjø/hav og flom i utløp vassdrag - statistisk koblede eller uavhengige hendelser (NVE Rapport No. 83/2015), NVE Rapport. NVE, Oslo, Norway.

Databaser og verktøy:

- **Høydedata** (Sept, 2022). Hentet fra <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>
- **NVE karttjenester** (Sept, 2022). NVE. Hentet fra <https://kartkatalog.nve.no/#kart>
- **PQRout** (Sept, 2022). NVE. Hentet fra <http://pqrout.nve.no/#/T/1>
- **Se havnivå** (Sept, 2022). Kartverket. Hentet fra <https://www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva>

Vedlegg

Vedlegg 1 Ekstremnedbør fra MET

Vedlegg 2 Rapport Sehavnivå

Vedlegg 1 - Ekstremnedbør fra MET

Påregnelig Ekstremnedbør (felt)												
Nedbørfelt: Vikvassdraget												
1) Normal årsnedbør (basert på verdier fra normalkart): PN ~ 1500 mm												
2) M5(24t) / PN ~ 8,0 % ==> M5(24t) ~ 120 mm												
3) Påregnelige 24 timers nedbørverdier												
	Årsverdi	jan, feb, des	mar, apr, mai	jun, jul, aug	sep, okt, nov							
M5(Årstid) / M5(År)	1	0.90	0.63	0.55	0.75							
M5 (mm)	120	110	75	65	90							
M10 (mm)	135	120	85	70	100							
M25 (mm)	150	135	95	80	115							
M50 (mm)	165	155	110	95	130							
M100 (mm)	180	170	120	105	140							
M200 (mm)	200	185	130	115	155							
M500 (mm)	225	220	155	135	185							
M1000 (mm)	245	240	170	145	200							
PMP (mm)	355	350	245	210	290							
4) Påregnelige n-timers nedbørverdier												
4. 1) Årsverdi:												
Antall timer (n)	1	2	6	12	24	48	72	96	120	144	168	192
n timer / 24 timer	0.31	0.39	0.60	0.77	1.00	1.27	1.49	1.70	1.89	2.07	2.23	2.39
M10 (mm)	40	50	80	100	135	170	195	225	250	275	295	315
M25 (mm)	45	60	90	115	150	190	225	255	285	310	335	360
M50 (mm)	50	65	100	125	165	210	245	280	310	340	365	395
M100 (mm)	55	70	110	140	180	230	270	305	340	375	405	430
M200 (mm)	60	75	120	150	200	250	295	335	375	410	440	475
M500 (mm)	70	85	135	170	225	285	335	380	420	465	500	535
M1000 (mm)	75	95	145	190	245	310	365	415	465	505	545	585
PMP (mm)	110	140	210	275	355	450	525	600	670	735	790	845
5) Justering fra punkt til areal-verdi.												
De gitte verdier gir punktnedbør for et "representativt" fiktivt punkt i feltet.												
For felt på ca. 120 kv.km fåes et grovestimat av arealnedbør ved å multiplisere												
punktverdiene med en "arealreduksjonsfaktor" ARF:												
ANTALL TIMER:	1	2	6	12	24	48	72	96	120	144	168	192
ARF (120 kv.km.)	0.78	0.83	0.89	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98
6) Nærmeste målestasjon: 53070 Vik i Sogn III (PN=1170 mm)												
7) Maksimal observert nedbør i området (valgte stasjoner i perioden 1895-2022) : 72,5 mm												
Målt ved: 53070 Vik i Sogn III 09.03.1983												
8) Kommentarer:												
Det må presiseres at de gitte verdier for MT og PMP er basert på et relativt sparsomt datagrunnlag. Verdiene må derfor bare betraktes som et grovestimat.												
Data er gyldig per 20.05.2021 (CC BY 3.0), Meteorologisk institutt (MET)												
kdvh@met.no												

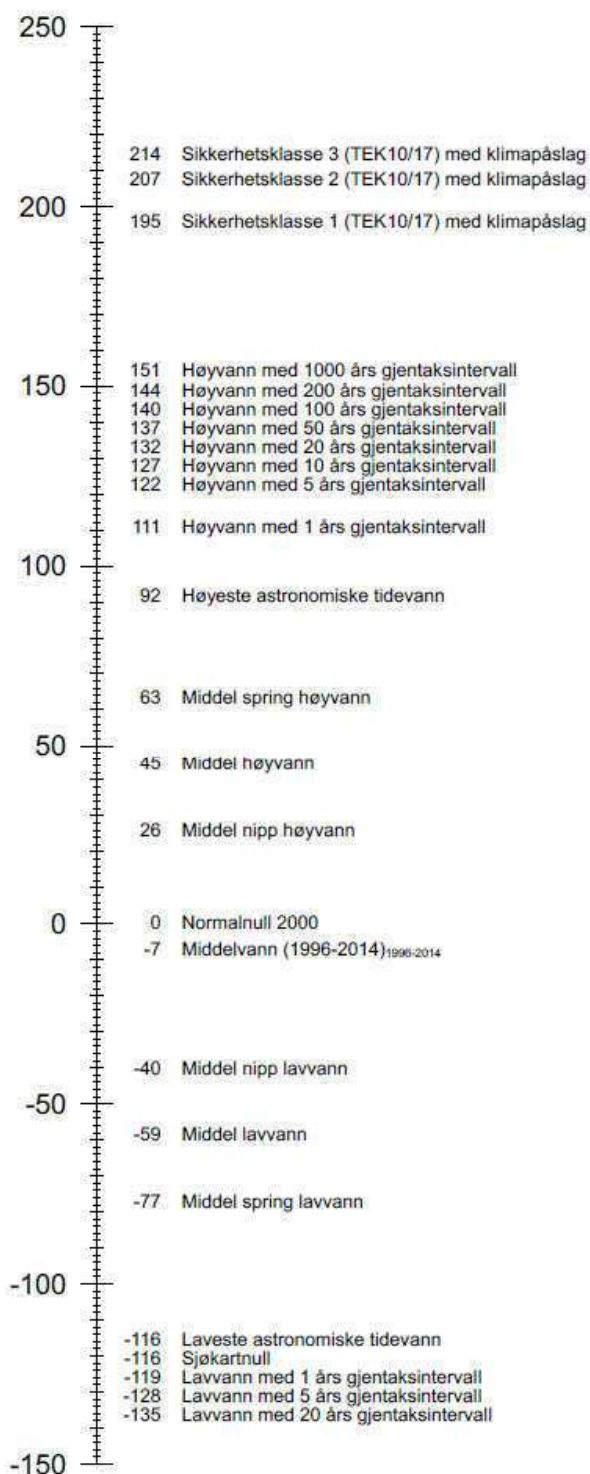
Vedlegg 2 - Rapport Sehavnivå

N61°5,2' E6°34,7'

Nivåskisse

VIKØYRI

Nivå knyttet til tidevann er hentet fra Bergen, justert med faktor 1,14.



Høyder er i cm over Normalnull 2000 som er nullnivå i det norske offisielle høydesystemet NN2000. Datagrunnlag sist endret: 17. august 2021. Lastet ned: 26. oktober 2022.