

NOTAT

OPPDRAAG	Djupedalen industriområde - flomfarevurdering	DOKUMENTKODE	10224789-RIVass-NOT-001
EMNE	Flom- og erosjonsvurdering	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Hole Maskiner AS	OPPDRAAGSLEDER	Sofie Marie Steinkjer
KONTAKTPERSON	Norman Hole	SAKSBEHANDLER	Sofie Marie Steinkjer
KOPI		ANSVARLIG ENHET	10105070 Hydrologi

SAMMENDRAG

En 200-årsflom inkludert 30% klimapåslag er beregnet til 216 m³/s i Velledalselva ved Djupedalen industriområde. Resultatene fra vannlinjeberegningene utført i en 2D HEC-RAS modell viser at flomvullen på oppstrøms ende av tomten må heves for å ikke oversvømmes ved en 200-årsflom inkludert klimapåslag. Beregnet flomvannstand ligger på kote 28,5 moh i oppstrøms ende og kote 25,3 moh i nedstrøms ende av reguleringstomten. I tillegg anbefales et fribord på ca. 0,5 m. Hydraulisk modellering er også utført med terrengendringer bestående av hevet flomvoll og oppfylt reguleringstomt, slik planene for utbygging er.

Beregnete vannhastigheter forbi tomte til industriområdet er høye og det anbefales her å undersøke behovet for å erosjonssikre området.

1 Bakgrunn

I forbindelse med planlagt utbygging av Djupedalen industriområde ved Velledalselva (Gnr.26, Bnr.11) i Velledalen i Sykkylven er Multiconsult kontaktet av Hole Maskiner AS for å gjøre en flomfarevurdering, da kommunen krever at tiltaket tilfredsstiller Plan- og bygningsloven og TEK17 sine krav til trygg byggegrunn med tanke på flom- og erosjonsfare. Tomten ligger på Gnr.26, Bnr.11 i Sykkylven kommune, og er vist på kartet i Figur 1.

Et slikt industriområde plasseres i sikkerhetsklasse F2, som gjelder tiltak der oversvømmelse har middels konsekvens. Dette omfatter de fleste byggverk beregnet på personopphold, og omfatter for eksempel boliger, kontorbygg og industribygg. De økonomiske konsekvensene ved skader på byggverket kan være store, men kritiske samfunnsfunksjoner settes ikke ut av spill. Dagens krav finnes i TEK17, der det stilles krav til at bygg i sikkerhetsklasse F2 for flom skal sikres mot 200-årsflom (Direktoratet for byggkvalitet, 2017).

Dette notatet omfatter beregning av 200-årsflom for Velledalselva, samt vannlinjeberegninger for å finne tilhørende vannstander ved det aktuelle området og for utarbeidelse av oversvømmelseskart. Til slutt er flomfaren vurdert basert på beregningsresultatene.

00	06.04.2021	Flomfarevurdering Djupedalen industriområde	SOMS	KLW	SOMS
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV



Figur 1: Planlagt industriområde

2 Flomberegning

2.1

Feltparametre

Nedbørfeltet er opptegnet i GIS-programvare med kartgrunnlag basert på FKB Kartdata (Statens Kartverk). Feltarealet ved det aktuelle bygget er beregnet til å være 58,7 km².

Vurderingene er basert på informasjon fått fra oppdragsgiver. I tillegg er relevante vannføringsserier benyttet fra NVE sin database i flomfrekvensanalysen. Oversiktskart over nedbørfeltet er vist i Vedlegg 1 og feltparametre er vist i Tabell 1. Feltareal og effektiv sjøprosent er beregnet av Multiconsult, mens andre feltparametre er hentet fra NVEs kartapplikasjon NEVINA (sammendrag fra beregning i NEVINA er vist i Vedlegg 2).

Tabell 1: Feltparametre Velledalselva v/ Djupedalen industriområde

Lokasjon	Feltareal	Normal-avrenning	Effektiv sjøprosent	Snaufjell	Høyde min-med-maks
-	km ²	l/s/km ²	%	%	moh
Velledalselva	58,7	85,8	0,02	50,4	26-612-1513

Flomfarevurdering

Formelverk for små nedbørfelt (NIFS)

Det er også gjort beregning med en nasjonal regresjonsligning for flommer i små nedbørfelt (også kalt NIFS-formelen) som ble utviklet av NVE (NVE, 2015) for å beregne kulminasjonsverdier for små felt. Små felt er definert som nedbørfelt mindre enn 60 km², hvilket vil si at feltet til Velledalselva er akkurat innenfor denne grensa. Inngangsparametere er nedbørfeltareal, normalavrenning og effektiv sjøprosent. Denne metoden gir resultater som vist i tabellen under. Vekstfaktoren, det vil si forholdet mellom T-årsflom og middelflom, er på ca. 2,5 for 200-årsflom.

2.2

Tabell 2: Resultater fra formelverk for små nedbørfelt (NIFS-formelen)

Navn	q _M , mom	Q _m , mom	q ₂₀₀ , mom	Q ₂₀₀ , mom
-	l/s/km ²	m ³ /s	l/s/km ²	m ³ /s
Velledalselva	1261	74	3135	184

Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)

I flomindeksrapporten generert fra Nevina beregnes flomstørrelser basert på en regional flomfrekvensanalyse. Kulminasjonsfaktoren for Velledalselva er beregnet til 1,66. Resultatene fra dette er oppsummert i Tabell 3. Vekstfaktoren, det vil si forholdet mellom T-årsflom og middelflom, er på ca. 2,3 for 200-årsflom.

2.3

Tabell 3: Resultater fra regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)

Lokasjon	q _M , dogn	Q _M , dogn	Q ₁₀₀₀ , dogn	Q ₁₀₀₀ , mom
-	l/s/km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Velledalselva	731	43	97	161

2.4

Flomfrekvensanalyse

Det ble funnet flere NVE-vannføringsmålestasjoner i området (Figur 2). Ved nærmere undersøkelse ble en del sortert ut fordi seriene var for korte, regulerte, lå i ikke-representative områder eller hadde andre lite representative feltparametere. De tre stasjonene VM 96.3 Hareidselv, VM 97.1 Fetvatn og VM 101.1 Engsetvatn ble vurdert som mest representative for Velledalselva, og feltparametre samt verdier fra flomfrekvensanalysen for disse er vist i Tabell 4.

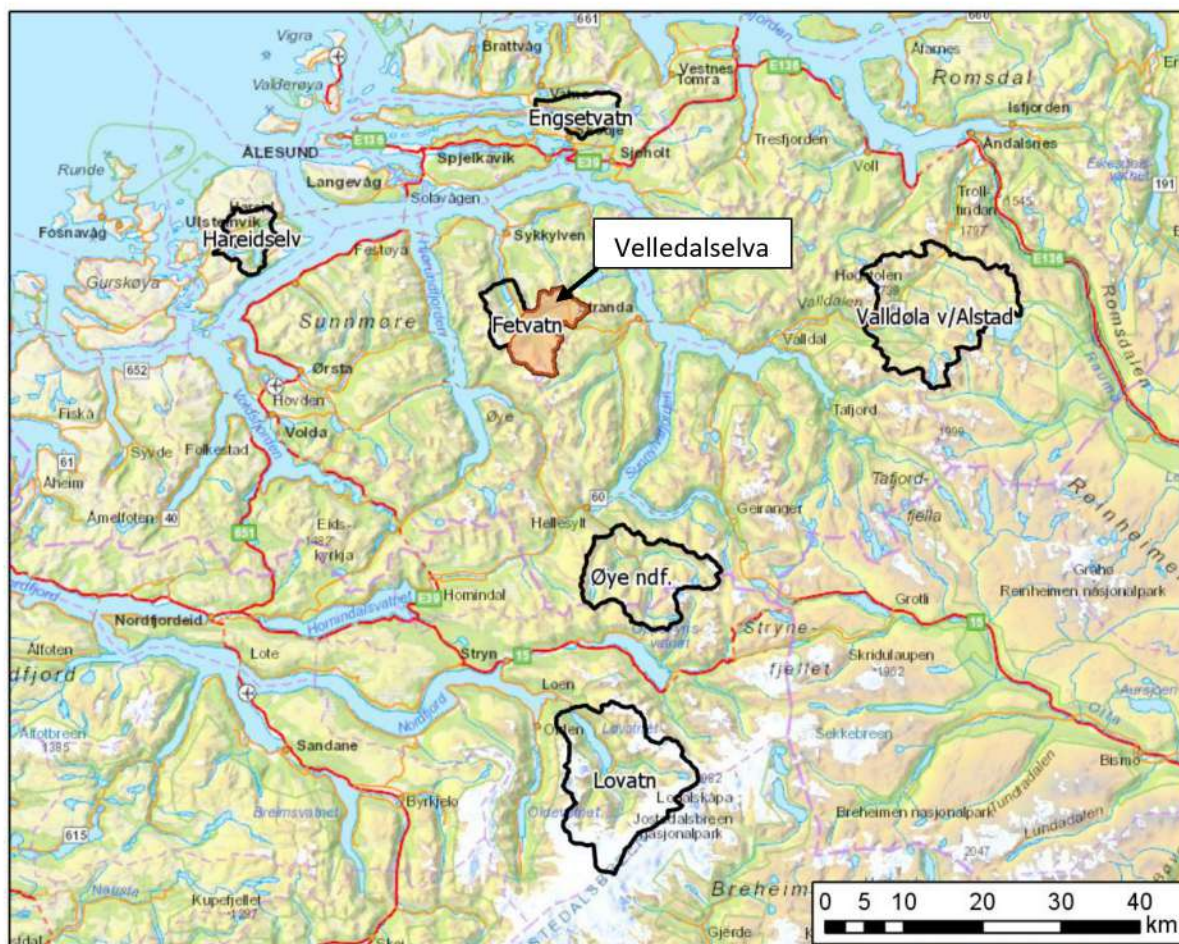
Feltet til Velledalselva ligger inni feltet til VM 97.1 Fetvatn. Fetvatn har et noe større feltareal enn Velledalselva, men avrenningskartet gir ca. samme spesifikke avrenning for disse to feltene (betydelig høyere enn Hareidselv og Engsetvatn). Ifølge NVEs database Hydra II har imidlertid vannføringskurvene for Fetvatn og Engsetvatn for dårlig kvalitet til å benyttes i flomanalyser. For Fetvatn er det oppdaget at man kan ha oppstuvning fra stormflo, og ifølge NVE bør ikke verdiene «brukes til flomanalyser inntil omfanget av problemet er analysert» (målestasjonen gir antagelig for høye verdier). For Engsetvatn går elva i stryk ved vannmerket ved høy vannføring, og denne stasjonen gir derfor antagelig for lave verdier. Hareidselv har en vannføringskurve som har middels kvalitet for høye vannføringer, men denne stasjonen ligger helt ut mot kysten, relativt langt unna Velledalselva, og det virker ikke rimelig å basere flomfrekvensanalysen kun på denne stasjonen.

For en sjekk av middelflomverdiene ble det også sett på målestasjonene VM 98.4 Øye (1982-2016), VM 88.4 Lovatn (1901-2015) og VM 100.1 Valldøla (1984-2015). Disse gir spesifikk middelflom på hhv. 447 l/s/km², 376 l/s/km² og 412 l/s/km², noe som er betydelig mindre enn 833 l/s/km² i måleserien til 97.1 Fetvatn. Det er altså store sprik i flomverdier i området, og de mest relevante stasjonene har meget usikre verdier. Dersom vi velger en spesifikk middelflom på 700 l/s/km² for Velledalselva, samt et snitt av frekvensfaktorene for alle de nevnte stasjonene, får vi en 200-årsflom på 91,6 m³/s (døgnverdi). Med momentanfaktor hentet fra RFFA-2018 på 1,66 gir dette en kulminasjonsflom på 152,1 m³/s.

Flomfarevurdering

Tabell 4: Feltparametere og flomfrekvensanalyse for referansevanmerker

Målestasjon	Periode	Feltareal	Avr.kart 61-90 (q_{middel})	Eff. sjø	Spesifikk middel- flom (q_M)	Fordeling	Frekvens- faktor (Q_{200}/Q_M)
-	-	km ²	l/s/km ²	%	l/s/km ²	-	-
96.3 Hareidselv	1985-2015	40,2	43,0	5,4	365	Gamma	1,7
97.1 Fetvatn	1947-2015	89,2	89,0	2,1	833	Lognormal	2,9
101.1 Engsetvatn	1924-2015	39,9	47,4	11,0	263	GEV	2,7
98.4 Øye	1982-2016	138,8	61,6	0,3	447	GEV	2,2
88.4 Lovatn	1901-2015	235	64,7	4,5	376	Gumbel	1,8
100.1 Valldøla	1984-2015	226	48,7	0,2	412	Gen. log.	2,1
Velledalselva	-	58,6	87,4	0,00	700	-	2,23



Figur 2: Aktuelle målestasjoner for vannføring. Målestasjonenes nedbørfelt vist i svart, og Velledalselvas felt vist i rødt.

Klimaendringer

Klimaendringer fører til mer nedbør og mer intensive nedbørhendelser, og det anbefales å legge til et klimapåslag på beregnede flomverdier for å ta hensyn til dette. Velledalselva ligger i et område

Flomfarevurdering

hvor det er forventet en økning på 21-30 %, og det er derfor anbefalt å ta høyde for en 30 % økning i flomstørrelser. Valgt klimafaktor er derfor 1,3.

Sammenligning av resultater og valg av dimensjonerende flom

Tabellen under viser resultater fra NIFS-formelen, RFFA-2018 og FFA. Kolonnen lengst til høyre viser dimensjonerende verdier, inkludert klimafaktor.

Tabell 5: Resultater fra flomberegninger

2.6

Lokasjon	Gjentaks-intervall	Beregnings-metode	$Q_{T,døgn}$	Momentan-faktor	$Q_{T,mom}$	Klima-faktor	$Q_{T,dim}$ inkl. 30% klima
-	år	-	m ³ /s	-	m ³ /s	-	m ³ /s
Velledalselva	200	NIFS	-	-	184,0	1,3	239,2
		RFFA-2018	97,2	1,66	161,4	1,3	209,8
		FFA	91,6	1,66	152,1	1,3	197,7

NIFS, RFFA-2018 og FFA gir i dette tilfellet relativt like verdier. I videre arbeider med hydraulisk modellering velges det å benytte et gjennomsnitt av resultatene fra de tre metodene inkl. klimafaktor, dvs. en 200-årsflom inkludert klimapåslag på 216 m³/s (= 3680 l/s/km²).

3 Vannlinjeberegning

3.1

Modellens oppbygning

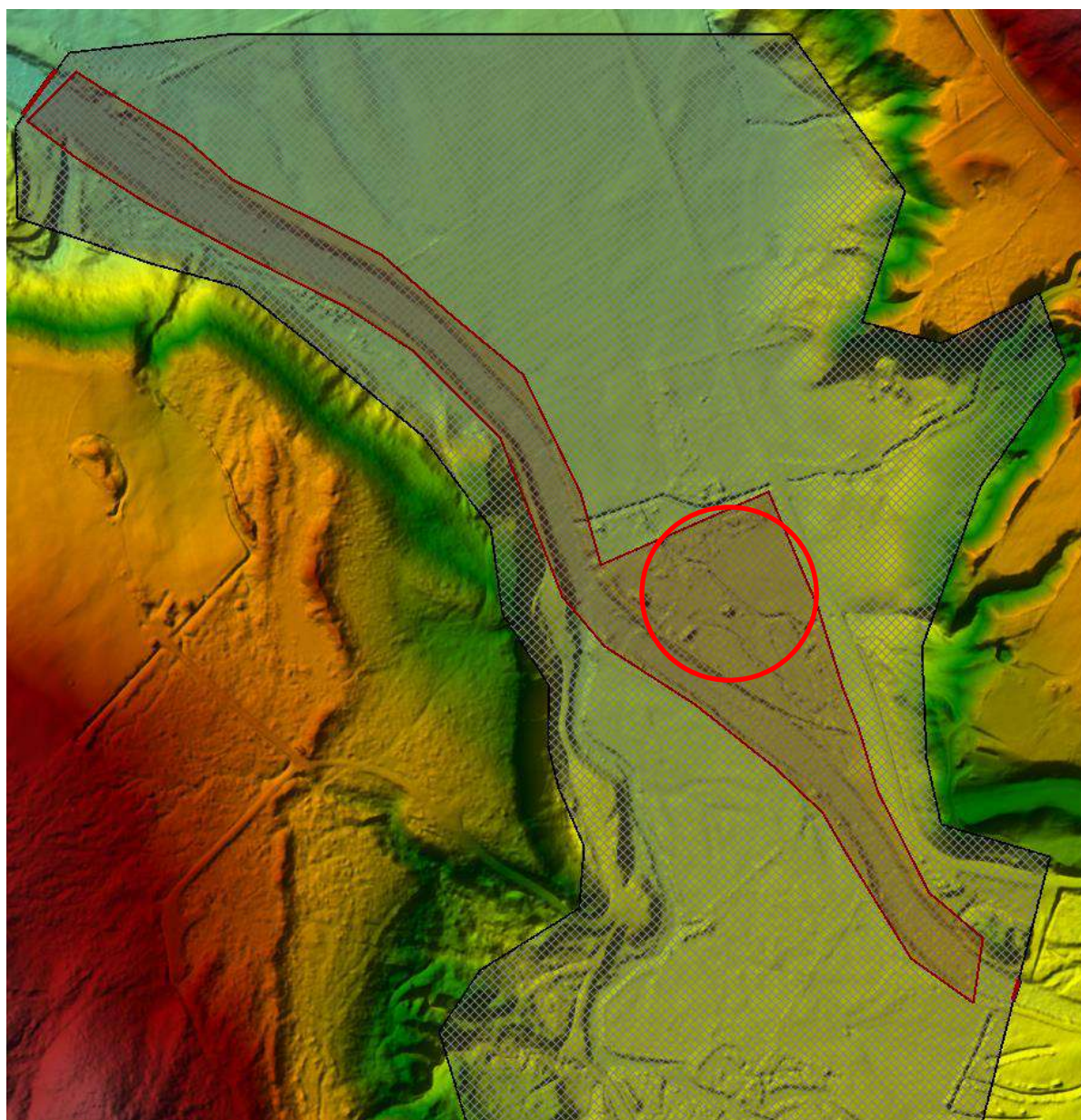
Det er laget en hydraulisk modell i beregningsprogrammet HEC-RAS (Brunner, 2016), for å beregne vannstand og vannhastigheter ved $Q_{200+30\% \text{ klima}}$. Kartgrunnlag med 2 punkter per m² er hentet fra hoydedata.no (Terratec, 2016). Skanningen av terrenget ble utført den 15.10.2016 og det ble denne dagen registrert vannføringer på 1,35 m³/s ved VM 97.1 Fetvatn, som ligger 5 km nedstrøms prosjektområdet. Denne vannføringen anses å være svært lav.

Hele området er modellert i 2D, det vil si at strømningsretningen ikke er forhåndsdefinert, og strømmingen modelleres i celler. En oversikt over modellen er vist i Figur 3 og Figur 4.

Siden det ble registrert lav vannføring da terrenget ble skannet og normalvanndybden i elva ser ut til å være relativt lav (basert på flyfoto), så det er ikke gjort noen korreksjon av bunnivå for elveløpet i forhold til kartgrunnlaget.

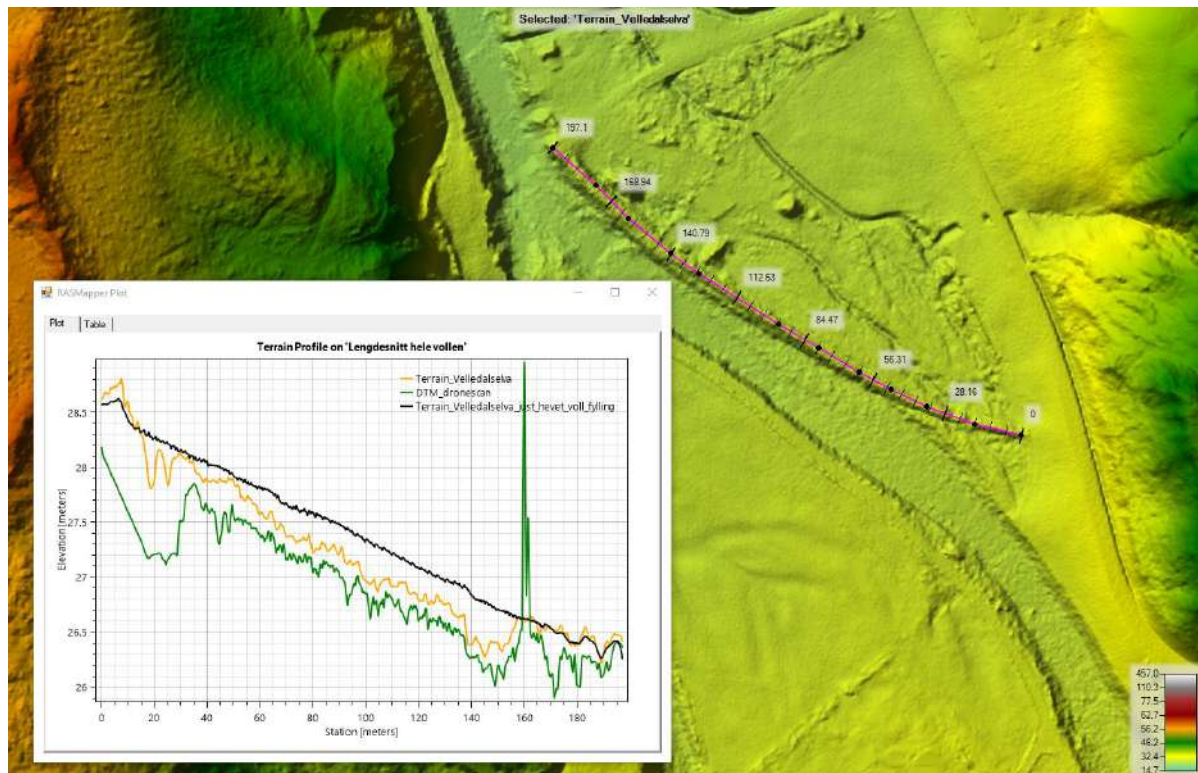
Videre er følgende beregningsforutsetninger benyttet:

- Nedstrøms grensebetingelse: Helning 1:100 for nedstrøms ende av 2D-området
- Beregningene er kjørt som ikke-stasjonære da dette kreves ved 2D-modellering, men input er stasjonær vannføring
- Manningstall: $M=25$ ($n=0,04$) for hele området
- Beregningstidskritt: 3 sekund
- Beregningsceller i elveløp og reguleringstomt: 1x1m
- Beregningsceller i øvrige deler av 2D-området: 5x5m



Figur 3: Oversikt over hele 2D-området i HEC-RAS-modellen. Reguleringsstomten er markert.

Det er utført hydraulisk modellering med flere ulike typer terreng, både det som er lastet ned direkte fra høydedata.no, samt med justeringer på vollen mot Velledalselva, og med oppfylling av hele tomten slik det er planlagt for utbygging. Terrenget fra høydedata er også sammenlignet med en dronescan som er utført av Hole Maskiner. Figur 4 viser terrenget fra høydedata.no, der et lengdesnitt langs vollen er sammenlignet med dronescan, samt en teoretisk hevet voll og gjenfylling av tomteområdet, som vil være nødvendig for å unngå at vann fra Velledalselva strømmet over tomten. Lengdesnittet viser at det lengst oppstrøms (sørøst) på tomten er en senkning i vollen, som er særlig fremtredende fra dronescan. Dronescan viser også en ujevnheter lengre nedstrøms (nordvest), men dette kan komme av et tre/gjerde eller lignende.

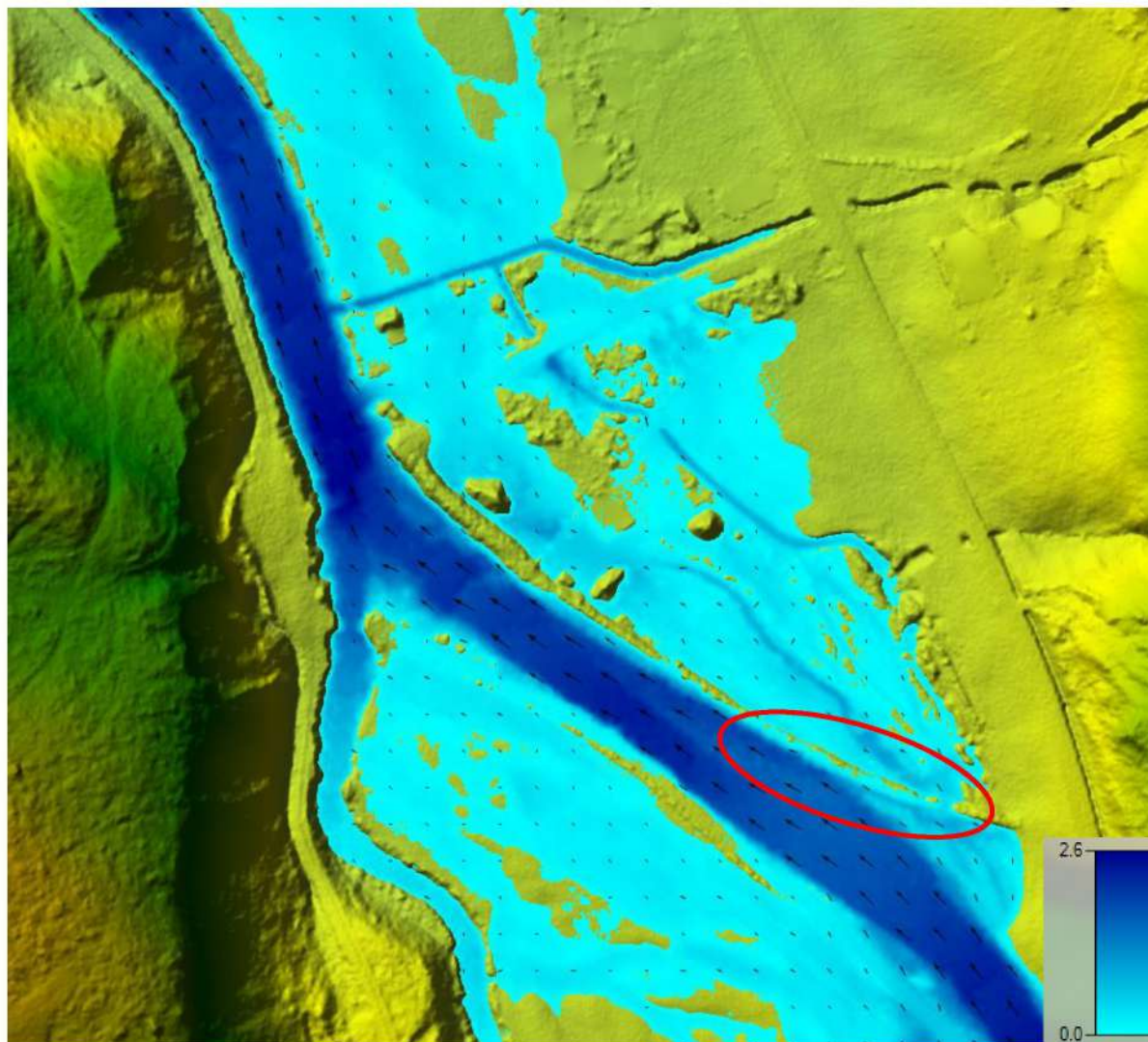


Figur 4: Lengdesnitt langs vollen mot Velledalselva for ulike terreng. Grønt er dronescan utført av Hole Maskiner, gult er nedlastet fra høydedata og svart er terreng med hevet voll.

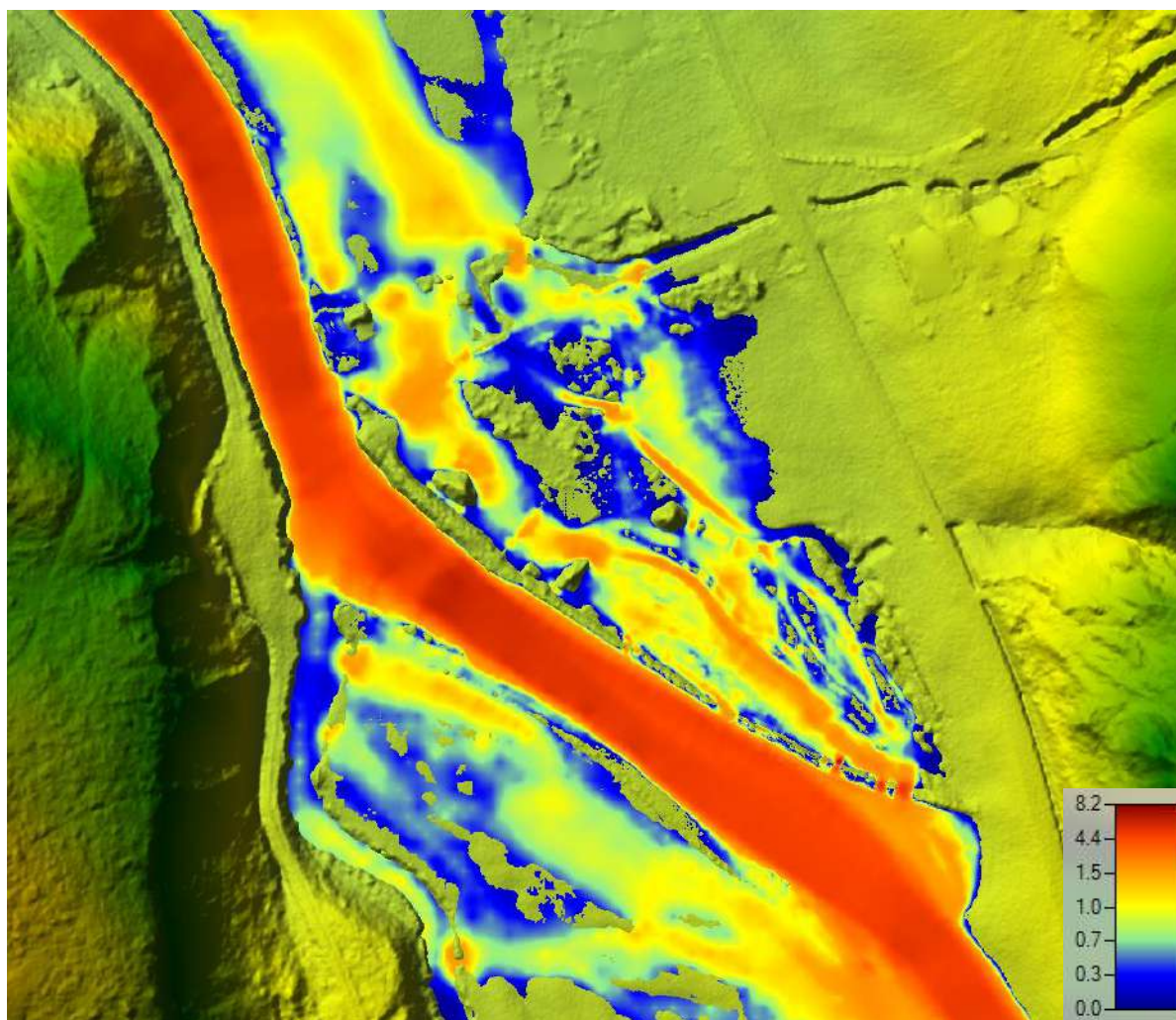
Resultater

3.2.1 Eksisterende terreng

- 3.2 Resultatene fra simuleringen viser at vannstanden ved Djupedalen industriområde når kote 28,5 moh på oppstrøms ende ved en 200-årsflom inkludert klimapåslag. Dette er høyere enn eksisterende terreng, så vollen må heves på oppstrøms del av tomten. Terrenget forbi industriområdet har relativt jevnt fall på ca. 2%. Figur 5 under viser vanndybder og oversvømt areal for 200-årsflom med eksisterende terreng. Området der oversvømmelsene på tomten i hovedsak kommer fra er markert med rødt. Figur 6 viser vannhastigheter forbi og over tomten.



Figur 5: Vanndybder [m] for 200-årsflom med eksisterende terreng. Kritisk område markert med rødt.



Figur 6: Vannhastigheter [m/s] for 200-årsflom med eksisterende terreng

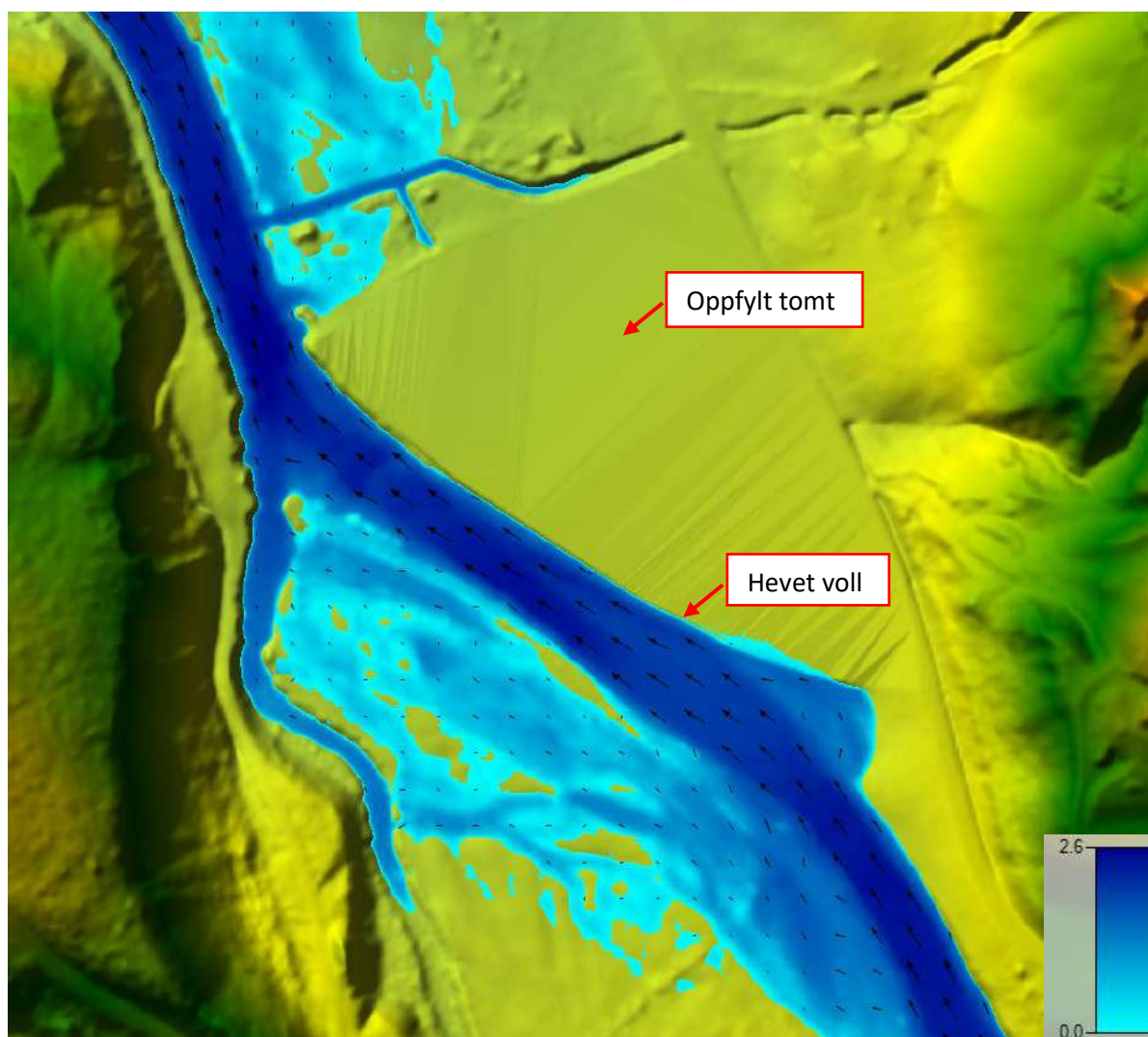
3.2.2 Hevet voll og reguleringstomt

Resultatene fra modellert 200-årsflom inkludert klimafaktor viser at flomvollen ved reguleringstomten må heves særlig på oppstrøms side. Terrenget på reguleringstomten anbefales også hevet til minst 0,5 m over flomvannstand. NVE anbefaler generelt en sikkerhetsmargin/fribord i denne størrelsesorden opp til bygninger. For simuleringer med hevet voll er terreng mellom vollen og fylkesvegen fylt igjen, eller interpolert, slik at det er en helning med fall på ca 1 % opp mot fylkesvegen fra vollen.

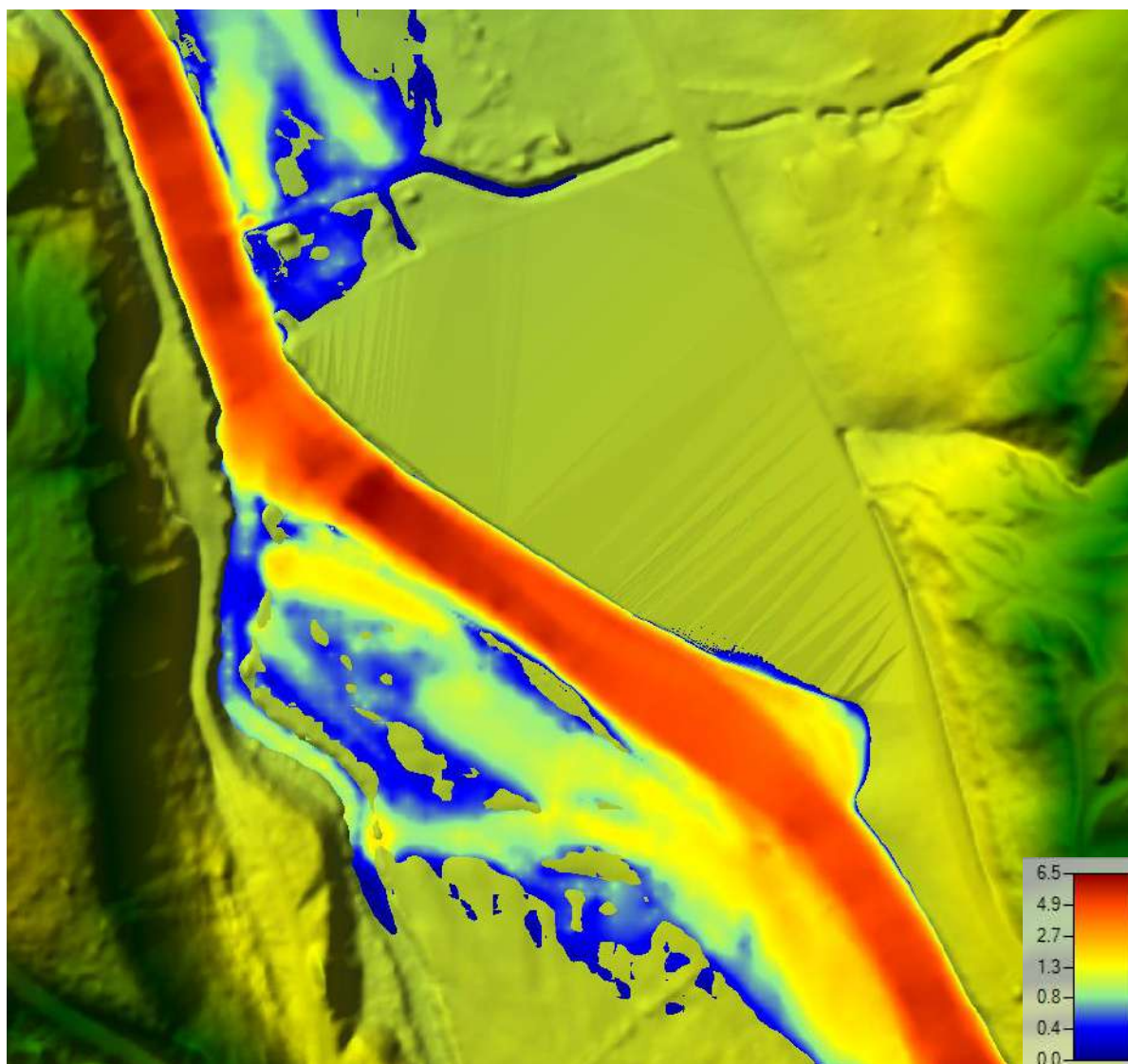
Flomvannstanden i Velledalselva varierer på strekningen forbi reguleringstomten, fra kote 28,5 moh i oppstrøms (sørøstre) ende til 25,3 moh i nedstrøms (nordvestre) ende. Det anbefales at vollen i oppstrøms ende har høyde på minst kote 29 moh og denne kan gradvis senkes ned mot eksisterende voll, som har høyde på ca kote 26,5 moh ved nedstrøms ende.

Generelt er det viktig å ha god overflatedrenering på tomten med fall mot elva, slik at man får avledet eventuelt vann som renner inn fra elva lenger opp.

Vannhastighetene i Velledalselva forbi reguleringstomten er på ca. 4 m/s.



Figur 7: Vanndybder [m] for 200-årsflom med hevet terreng



Figur 8: Vannhastigheter [m/s] for 200-årsflom med hevet terreng

4 Konklusjon

Ved å bruke tre ulike metoder for flomberegninger, ble det valgt å se på gjennomsnittet av resultatene for alle de tre metodene. Dette resulterte i en 200-årsflom inkludert 30% klimapåslag på 216 m³/s i Velledalselva ved Djupedalen industriområde. Resultatene fra vannlinjeberegningene utført i en 2D HEC-RAS modell viser at flomvollen på oppstrøms ende av tomten må heves for å ikke oversvømmes ved en 200-årsflom. Vannstanden ligger på kote 28,5 moh i oppstrøms ende og kote 25,3 moh i nedstrøms ende av reguleringsstomten. I tillegg anbefales et fribord på ca. 0,5 m. Hydraulisk modellering er også utført med terrengendringer bestående av hevet flomvoll og oppfylt reguleringsstomt.

Beregnete vannhastigheter forbi tomte til industriområdet er høye og det er trolig behov for å erosjonssikre området.

5 Referanser

Brunner, G. W. (2016). *HEC-RAS River Analysis System, User's Manual, Version 5.0*. US Army Corps of Engineers.

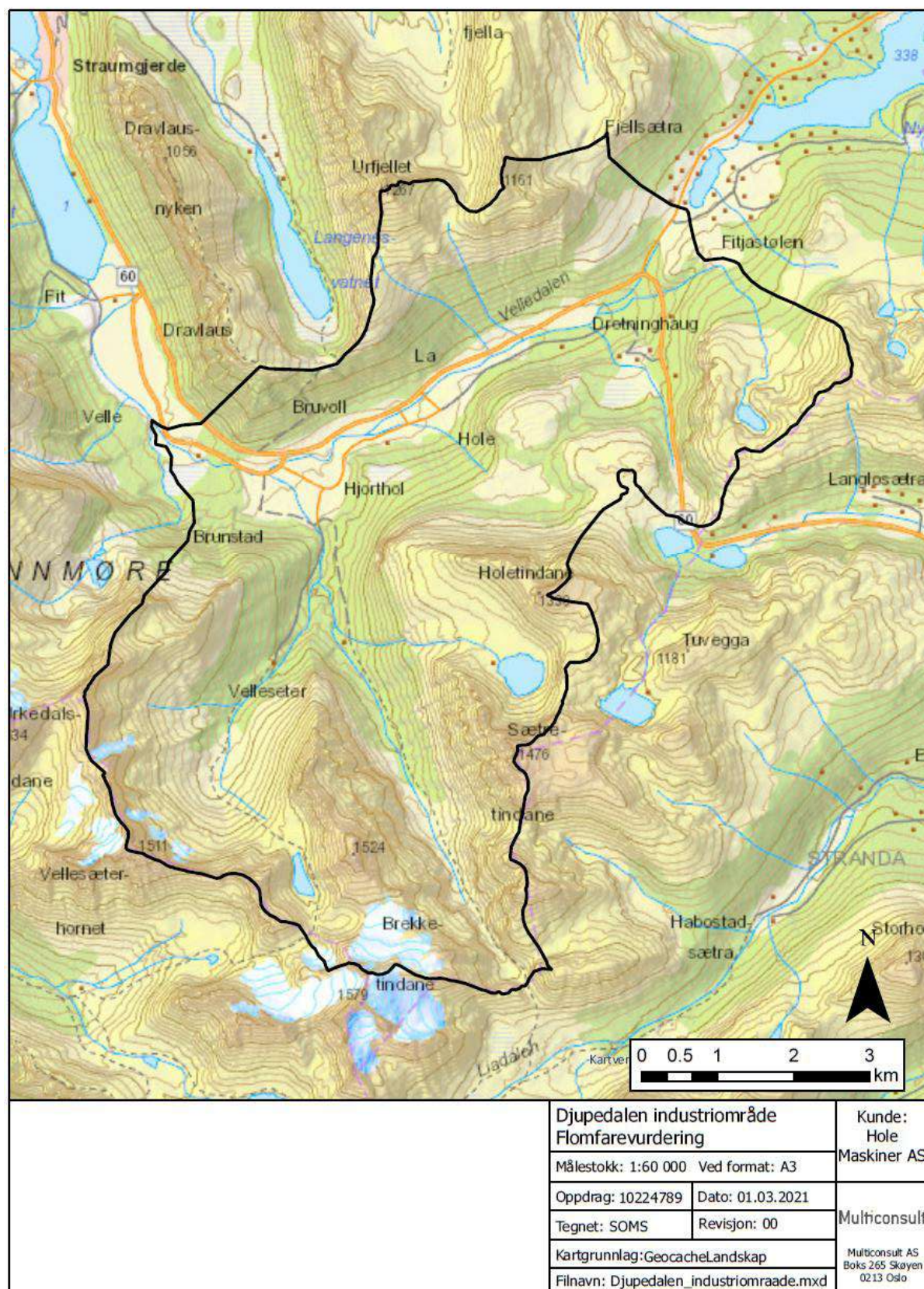
Direktoratet for byggkvalitet. (2017). *Byggteknisk forskrift (TEK 17). Veiledning om tekniske krav til byggverk. Kapittel 7: Sikkerhet mot naturpåkjenninger, §7-2 Sikkerhet mot flom og stormflo*.

NVE. (2009). *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein*.

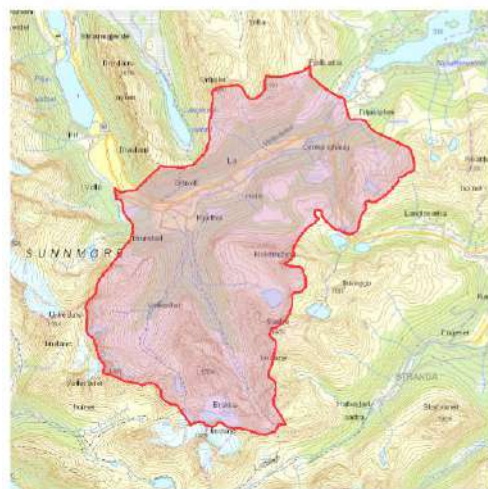
NVE. (2011). *Retningslinjer for flomberegninger*.

NVE. (2015). *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

Terratec. (2016). *NDH Sykkylven, 2pkt 2016*. Terratec.



Vedlegg 2 NEVINA



Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregningpunkt: 66840 E 6935012 N

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

Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.: 097.7C0
Kommune.: Sykkylven
Fylke.: Møre og Romsdal
Vassdrag.: Velledalselva

Feltparametere

Areal (A)	58.7 km ²
Effektiv sjo (A _{SE})	0.02 %
Elvtengde (E _L)	11.9 km
Elvegradient (E _G)	63.6 m/km
Elvegradient ₁₀₀₅ (E _{G,1005})	62.7 m/km
Helning	25.0 ‰
Drenerings tetthet (D _T)	1.3 km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	9.3 km

Arealklasse

Bre (A _{BRE})	1.5 %
Dyrket mark (A _{JORD})	3.8 %
MYR (A _{MYR})	0.8 %
Leire (A _{LEIRE})	0 %
Skog (A _{SKOG})	38.6 %
Sjo (A _{SJO})	0.8 %
Snøfjell (A _{SNØ})	50.4 %
Urban (A _U)	0.1 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	4 %

Hypsografisk kurve

Høyde _{MN}	26 m
Høyde ₁₀	182 m
Høyde ₂₀	325 m
Høyde ₃₀	431 m
Høyde ₄₀	520 m
Høyde ₅₀	612 m
Høyde ₆₀	724 m
Høyde ₇₀	837 m
Høyde ₈₀	950 m
Høyde ₉₀	1103 m
Høyde _{MAX}	1513 m

Klima- /hydrologiske parametere

Avrenning 1961-90 (Q _N)	85.8 l/s*km ²
Sommernedbør	783 mm
Vinternedbør	1549 mm
Årstemperatur	3.5 °C
Sommertemperatur	8.2 °C
Vintertemperatur	0.2 °C

Regional flomberegning

Vassdragsnr.: 097.7C0
Kommune.: Sykkylven
Fylke.: Møre og Romsdal
Vassdrag.: Velledalselva
Nedbørfeltareal: 58.7 km²

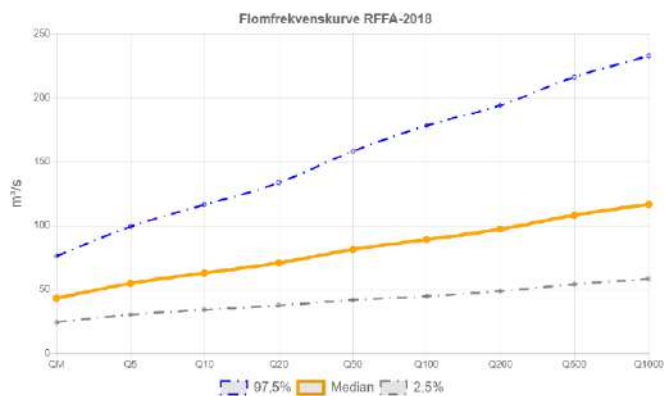
Flomestimer er beregnet basert på «Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)». Om nedbørfeltet er mindre enn 60 km², er det alternativt beregnet kulminasjonsflommer basert på NIFS-formelverk (2015).

Anbefallinger om klimapåslag er gitt i NVE rapport nr. 81-2016 og klimaprofiler for fylker (se www.klimaservicesenter.no).

Hvordan bruke resultatene fra rapporten, se her.

Rapportdato: 3/1/2021

© nevina.nve.no



RFFA-2018		
Tidsoppløsning	Døgn	-
Indeksflom (QM): Medianflom	731	l/s*km ²
Klimapåslag	0	%
Kulminasjonsfaktor	1.66	-
NIFS-2015		
Tidsoppløsning	Kulminasjon	-
Indeksflom (QM): Middeflom	1261	l/s*km ²
Klimapåslag	-40	%
Annet		
Tiløpsflom	Nei	-

RFFA-2018 (døgnmiddel)	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q ₂₀₀ korrig
Flomfrekvensfaktor (QM / QT)	1	1.28	1.46	1.65	1.89	2.08	2.26	2.52	2.72	-
Flomverdi, m³/s	42.9	54.8	62.8	70.7	81.1	89.1	97.2	108	116	97.2
Flom usikkerhet (97.5%), m³/s	75.9	99.1	116	134	158	178	194	216	233	-
Flom usikkerhet (2.5%), m³/s	24.2	30.3	33.9	37.4	41.6	44.5	48.6	54.0	58.2	-
NIFS (kulminasjon)										
Flomfrekvensfaktor (QM / QT)	1	1.21	1.40	1.61	1.92	2.18	2.49	2.96	3.37	-
Flomverdi, m³/s	74	89.6	104	119	142	162	184	219	249	258
Flom usikkerhet (97.5%), m³/s	131	162	192	225	276	323	368	437	498	-
Flom usikkerhet (2.5%), m³/s	41.8	49.5	56.1	63.0	72.7	80.8	92.0	109	125	-

Flomverdi 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.

Rapportdato: 3/1/2021

© nevina.nve.no