

FLAUMSONEKARTLEGGING FOR NYTT BYGGEFELT VED HOVDEN, BYKLE KOMMUNE

ADRESSE COWI AS
Magasinvegen 35
5705 Voss
TLF +47 02694 / 91674107
WWW cowi.no

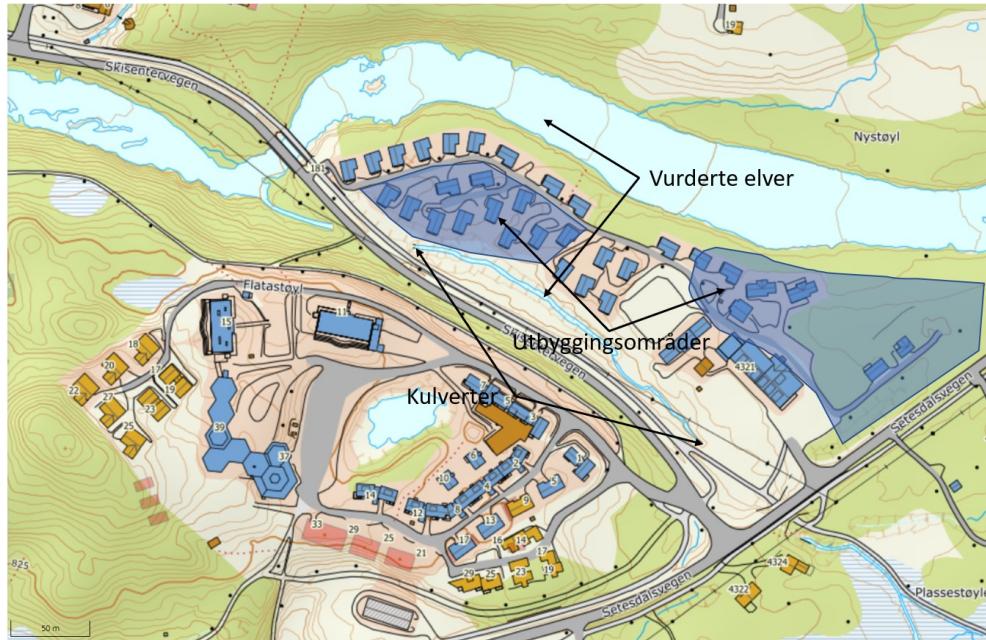
OPPDRAGSNR.

A101688

VERSJON	UTGIVELSESDATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET	KONTROLLERT	GODKJENT
2	08.05.2020	Flaumsonekarlegging	CRBR	ERMN	CRBR

1 Innleiing

Det er utført ei flaumsonemodellering for sidebekk til Otra og Otra i forbindelse med utbygging av hytter ved skisentervegen i Hovden. Etter TEK 17 er sikkerheitsklasse for hytte i samband med flaum satt til F2, hytter må settast utafor fare for flom med nominell årleg sannsynlighet på 1/200, eller sikrast mot dimensjonerende flaum.



Figur 1 viser vurderte elver, utbyggingsområde og innmålte kulvertar.

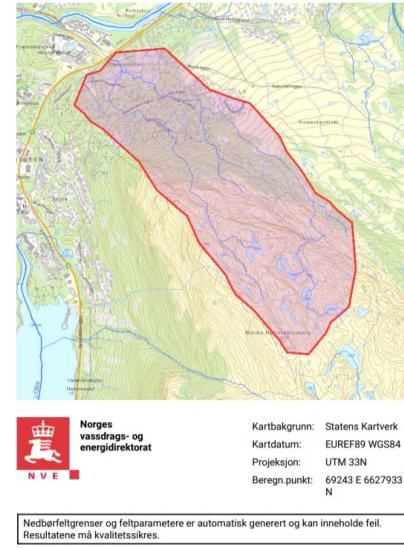
2 Beregningars

Det er utført berekningar for elva Otra frå like oppstraums det øvste utbyggingsområdet og for sidebekk som renn inn i utbyggingsområdet frå sør-aust (Figur 1).

Nedbørsfeltet og feltparametre for Otra er gitt i Figur 2 og nedbørsfelt og feltparametre for sidebekk er gitt i Figur 3.



Figur 2 viser feltparametre for vassdraget Otra ved utbyggingsområdet.



Figur 3 viser feltparametre for sidebekk.

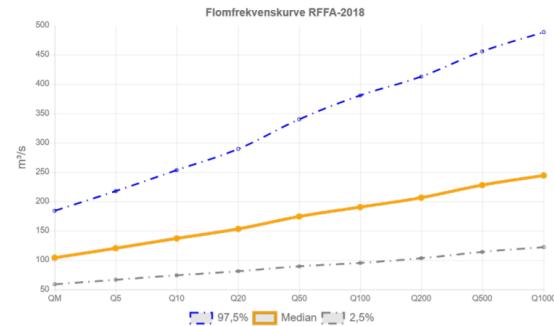
2.1 NEVINA

Det er utført berekningar for returperiodar i NEVINA. Det er lagt til grunn ein klimafaktor på 1.2 basert på forventa auke i flaumverdiar i området (Norsk klimaservicesenter). Resultat for Otra er synt i Figur 4 og resultat for sidebekk er synt i Figur 5.

Regional flomberegning

Vassdragsnr.: 021.K2
 Kommune.: Bykle
 Fylke.: Agder
 Vassdrag.: Otra
 Nedbørfeltareal: 287 km²

Flomestimater 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).
 Hvordan bruke resultatene fra rapporten, se her.



RFFA-2018	
Tidssplasning	Døgn -
Indeksflom (QM): Medianflom	362 l/s*km ²
Klimapåslag	20 %
Kulminasjonsfaktor	1.08 -
NIFS-2015	
Tidssplasning	Kulminasjon -
Indeksflom (QM): Middelflom	- l/s*km ²
Klimapåslag	- %
Annet	
Tilleggsflom	Nei -

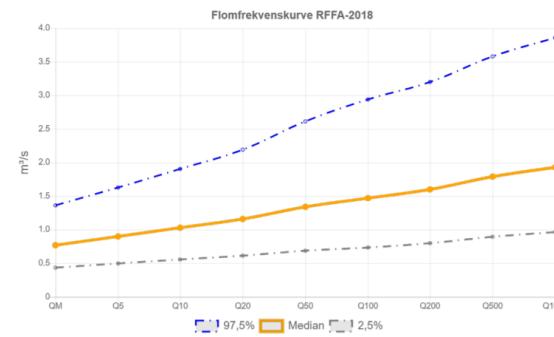
RFFA-2018 (døgnmiddel)										
	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q _{200-klima}
Flomfrekvensfaktor (QM / QT)	1	1.16	1.32	1.47	1.68	1.83	1.99	2.19	2.35	-
Flomverdi, m ³ /s	104	120	137	153	174	190	206	228	244	248
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s	184	218	253	289	340	381	413	456	488	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s	58.7	66.4	74	81	89.4	95.1	103	114	122	-
NIFS (kulminasjon)										
Ikke beregnet pga. areal større enn 60km ²										

Figur 4 viser resultat for Otra.

Regional flomberegning

Vassdragsnr.: 021.K10
 Kommune.: Bykle
 Fylke.: Agder
 Vassdrag.: Otra
 Nedbørfeltareal: 1.65 km²

Flomestimater 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).
 Hvordan bruke resultatene fra rapporten, se her.



RFFA-2018	
Tidssplasning	Døgn -
Indeksflom (QM): Medianflom	467 l/s*km ²
Klimapåslag	20 %
Kulminasjonsfaktor	2.34 -
NIFS-2015	
Tidssplasning	Kulminasjon -
Indeksflom (QM): Middelflom	842 l/s*km ²
Klimapåslag	40 %
Annet	
Tilleggsflom	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 (QM / QT)	1	1.17	1.34	1.51	1.74	1.91	2.08	2.32	2.51	-
Flomverdi, m ³ /s	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	1.9	1.9
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s	1.4	1.6	1.9	2.2	2.6	2.9	3.2	3.6	3.9	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	-
NIFS (kulminasjon)										
Flomfrekvensfaktor (QM / QT)										
1										
Flomverdi, m ³ /s										
1.4										
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s										
2.5										
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s										

Figur 5 viser resultat for sidebekken.

2.2 HYDRA II

Det er henta ut verdiar frå eksisterande målestasjon «21.53.0 – Børtemannsbekken» i Otra. Denne har måleserie frå 1984 fram til i dag. Frå denne er det utført ekstremverdi-analyse i FINUT og DAGUT.

Kulminasjonsflaumar er berekna i FINUT og døgnmiddelverdiar er berekna i DAGUT. I og med at dataserien er på 46 år er både GEV -og Gumbel fordeling brukta. Resultata er gitt i Figur 6 og Figur 7.

21.53.0.1001.2 (Vannføring) Bærtemannsbekk 1984-2016-utvalg HYDAG Døgn						
Gjennomsnittelig maksimalverdi (middelflom): 22,444						
Gumbel (Bayesianisk): $f(x)=(1/\alpha)\exp(-(x-\mu)/\alpha)\exp(-\exp(-(x-\mu)/\alpha))$ alfa=9.13 + -1.4 u=17.5 + -1.8 P(modell)= 84.6%						
Maksimumskvantiler:						
Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier	Øvre estimat	Nedre estimat		
5	31,22	1,391	25,88	38,66		
10	38,29	1,706	31,43	47,80		
20	45,18	2,013	36,48	56,89		
50	54,27	2,418	45,13	68,24		
100	61,20	2,825	47,42	77,41		
200	68,24	3,140	52,59	83,70		
500	77,63	3,462	58,84	96,81		
1000	84,98	3,787	63,69	105,21		
GEV (Bayesianisk): $f(x)=1/s \cdot (1+(ksi(x-\mu)/s)^{-1})^{-1} \exp(-(1+(ksi(x-\mu)/s)^{-1})^{-1})$ mu=17.1 + -1.9 s=9.06 + -1.6 ksi=0.106 + -0.16 P(modell)= 15.4%						
Maksimumskvantiler:						
Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier	Øvre estimat	Nedre estimat		
5	31,87	1,420	25,81	40,35		
10	40,24	1,793	32,03	54,38		
20	49,19	2,192	37,31	73,39		
50	63,41	2,825	43,41	106,88		
100	74,19	3,140	47,54	127,06		
200	94,87	4,227	50,84	187,75		
500	126,61	5,641	54,72	283,52		
1000	159,55	7,109	57,22	383,52		

Figur 6 syner berekna døgnverdiar.

21.53.0.1001.2 (Vannføring) Bærtemannsbekk Gjennomsnitt 01.04.1984 12:00-06.01.2020 00:00 HYKVAL Knekkpkt						
Gjennomsnittelig maksimalverdi (middelflom): 29,329						
Gumbel (Bayesianisk): $f(x)=(1/\alpha)\exp(-(x-\mu)/\alpha)\exp(-\exp(-(x-\mu)/\alpha))$ alfa=13,1 + -2,3 u=22,6 + -2,9 P(modell)= 70%						
Maksimumskvantiler:						
Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier	Øvre estimat	Nedre estimat		
5	42,33	1,443	34,22	53,92		
10	52,54	1,792	41,84	67,73		
20	62,54	2,132	48,95	80,55		
50	75,81	2,352	60,97	97,78		
100	95,99	2,632	64,92	124,04		
200	98,24	3,285	71,53	123,89		
500	110,35	3,762	80,21	141,03		
1000	121,26	4,134	86,76	153,51		
GEV (Bayesianisk): $f(x)=1/s \cdot (1+(ksi(x-\mu)/s)^{-1})^{-1} \exp(-(1+(ksi(x-\mu)/s)^{-1})^{-1})$ mu=23,9 + -3,2 s=14,1 + -2,5 ksi=-0,21 + -0,17 P(modell)= 30%						
Maksimumskvantiler:						
Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier	Øvre estimat	Nedre estimat		
5	42,02	1,433	35,39	51,43		
10	49,20	1,677	41,66	63,15		
20	55,50	1,892	45,97	75,27		
50	64,21	2,189	50,15	93,70		
100	72,10	2,449	52,10	109,15		
200	81,51	2,779	53,52	128,51		
500	96,54	3,292	54,70	151,61		
1000	110,67	3,773	55,48	174,79		

Figur 7 syner berekna kulminasjonsverdiar.

Til samanlikning er høgste registrerte timesverdiar vist i Figur 8.

Oversikt over maksimalverdi-data fra HYKVAL_POINT for: 0021.00053.000.01001.002 Periode: 01.04.1984 12:00 - 06.01.2020 00:00 Knekkpkt middelverdier Total 111312 punkter, 109028 punkter med data (97,9%) Bra grunnlag for statistikk Års-oppløsning på ekstrem-verdiene				
Nr.	Kronologisk		Sortert	
1	23.05.1984 12:00	26,60	21.05.2017 00:00	54,71
2	29.05.1985 12:00	18,60	20.05.2013 02:00	48,69
3	08.05.1986 12:00	13,10	14.11.2005 20:00	45,79
4	01.05.1987 12:00	8,80	24.05.2014 22:00	44,83
5	17.05.2001 12:00	10,40	01.06.2016 05:00	42,02
6	23.05.2002 00:00	29,70	10.05.2018 23:00	39,91
7	05.06.2003 00:00	17,25	19.03.2019 10:00	37,23
8	08.05.2004 17:00	32,37	21.12.2015 11:00	35,76
9	14.11.2005 20:00	45,79	03.06.2008 18:00	32,37
10	07.05.2006 16:00	17,53	08.05.2004 17:00	32,37
11	01.06.2007 18:00	29,11	29.05.2012 00:00	32,37
12	03.06.2008 18:00	32,37	29.06.2011 23:00	32,37
13	04.04.2009 05:00	29,11	23.05.2002 00:00	29,70
14	16.05.2010 15:00	20,89	04.04.2009 05:00	29,11
15	29.06.2011 23:00	32,37	01.06.2007 18:00	29,11
16	29.05.2012 00:00	32,37	23.05.1984 12:00	26,60
17	20.05.2013 02:00	48,69	16.05.2010 15:00	20,89
18	24.05.2014 22:00	44,83	29.05.1985 12:00	18,60
19	21.12.2015 11:00	35,76	07.05.2006 16:00	17,53
20	01.06.2016 05:00	42,02	05.06.2003 00:00	17,25
21	21.05.2017 00:00	54,71	08.05.1986 12:00	13,10
22	10.05.2018 23:00	39,91	17.05.2001 12:00	10,40
23	19.03.2019 10:00	37,23	01.05.1987 12:00	8,80
24	01.01.2020 00:00	4,38	01.01.2020 00:00	4,38

Figur 8 største registrerte timesverdiar ved vassføringsstasjon 21.53.

Forhaldet mellom døgnverdiar og kulminasjonsverdiar for Gumbel-fordeling er 1.4.

Otra er eit regulert vassdrag. Og dette er truleg grunnen til låge målte vassføringsverdiar og berekna 200- års flaum. Det er oppgjeven at måleverdiar om vinter er usikre grunna isgang.

For Otra er det tatt utgangspunkt i verdiane berekna i NEVINA for døgnmiddel og lagt til ein kulminasjonsfaktor på 1.4.

Dimensjonerande flaumverdi er satt til 347 m³/s. I prinsippet er dette ein verdi for eit uregulert vassdrag og er difor ein verdi for når tilført flom går i overløp. Dette er difor eit konservativt estimat.

2.3 Rasjonelle formell

For sidebekken er det utført berekningar med den rasjonelle formell for samanlikning med resultat frå NEVINA.

For berekning av returperiodar for små uregulerte felt, mindre enn 5km², brukast den rasjonelle formell:

$$Q = C * i * A * Kf$$

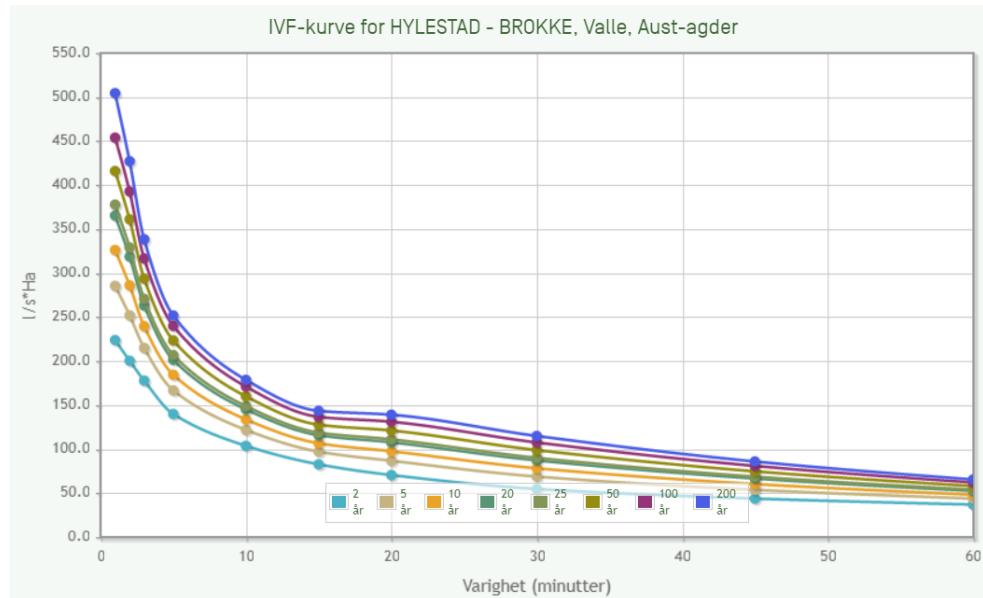
Der C=avrenningsfaktor. i er dimensjonerande nedbørintensitet, l/s*ha. A= feltareal, hektar. Kf=klimafaktor.

Dimensjonerande nedbørintensitet variera med gjentaksinterval og konsentrasjonstid. Intensitet-Varigheit-Frekvens (IVF-verdiar) for nedbør vert brukt for berekning av returperiodar, og syner gjenstaksinterval for ekstremnedbør etter basert på konsentrasjonstid. Desse dataene er

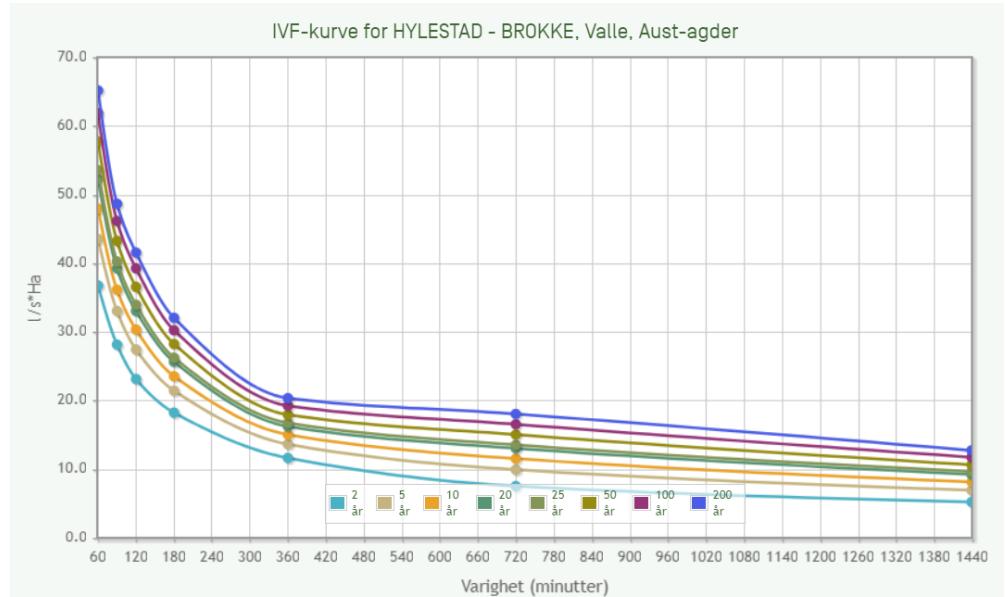
tilgjengelege for visse nedbørsstasjonar i Noreg, og er produsert av Norsk klimaservicesenter.

I staden for å bruke interpolerte verdiar for spesifikke områder, som er meir unøyaktige, brukast det data for spesifikke stasjoner i nærleiken. I dette tilfellet brukast data frå Hyle i Valle kommune, som ligg ca. 50 km sør for Hovden. Det er tatt utgangspunkt i at det er noko lunde same klima for dei to områda.

Figurane under syner regnintensitetskurvene for Valle, for 0-60 min og 1-24 t.



Figur 9: Figuren syner IVF-kurve (l/s^*Ha) for Valle. Her synast det mm nedbør og varigheit for kvar gjentaksperiode, med varigheit 1-60 min. Henta frå klimaservicesenter.no.



Figur 10: Figuren syner IVF-kurve (l/s^*Ha) for Valle. Her vises det mm nedbør og varigheit for kvar gjentaksperiode, med varigheit 1-24 t. Henta frå klimaservicesenter.no.

Konsentrasjonstid for vatnet i nedbørsfeltet bereknast med formelen:

$$t_c = 0.6 * L * H^{0.5} + 3000 * A_{se}$$

L=Lengde av nedbørsfelt, m. H=høgdeforskjell i feltet, m. A_{se}= effektiv sjøprosent, forholdstal.

Det er benytta konservative tal, særleg for avrenningskoeffisient og effektiv sjøprosent. Avrenningskoeffisienten er satt til 0.8. Dette er meint å ta høgde for frossen mark. Effektiv sjøprosent lik 0.001 er satt for å ta høgde for islagte små vater. Desse konservative tala gjer store utslag på berekningane, då den rasjonelle formell er spesielt sensitiv til desse og val av IVF-kurve.

Tabell 1 syner nedbørsfeltets areal og berekna konsentrasjonstid. Nedbørsfeltet er noko større enn det henta ut i NEVINA. Nedbørsfeltet er truleg meir korrekt då utrekning av feltet baserer seg på terrengmodell med celleoppløysing på 0.5 m.

Tabell 1 Areal og konsentrasjonstid til sidebekk.

Areal (km ²)	Konsentrasjonstid (min)
1.78	101

Alle berekningane inkluderer ein klimafaktor på 1.2. Berekna verdiar for fleire returperiodar er synt i Tabell 2.

Tabell 2: Tabellen syner returperiodar for dei tre nedbørsfelta beskrivne over. Q5 = 5 -års flaum osv.

Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Einheit
5.64	6.17	6.70	7.39	7.88	8.31	m ³ /s

2.4 Dimensjonerande flaumverdiar

Tabell 3 tabellen syner dimensjonerande vassføringsverdiar for Q200 + 20% klimapåslag.

Otra (m ³ /s)	Sidebekk (m ³ /s)
347	8.5

3 Kulvert og elvelau

Kulvertar for sidebekken er 1 m (kulvert lengst oppstraums) og 1.2 m (nedstraums) i diameter. Bilete frå felt er gitt under. Alle konstruksjonar er lagt inn i modellen med målt dimensjon og fall, foruten bruа over Otra som er innteikna basert på terregnkartdata.







4 Flaumsonemodellering

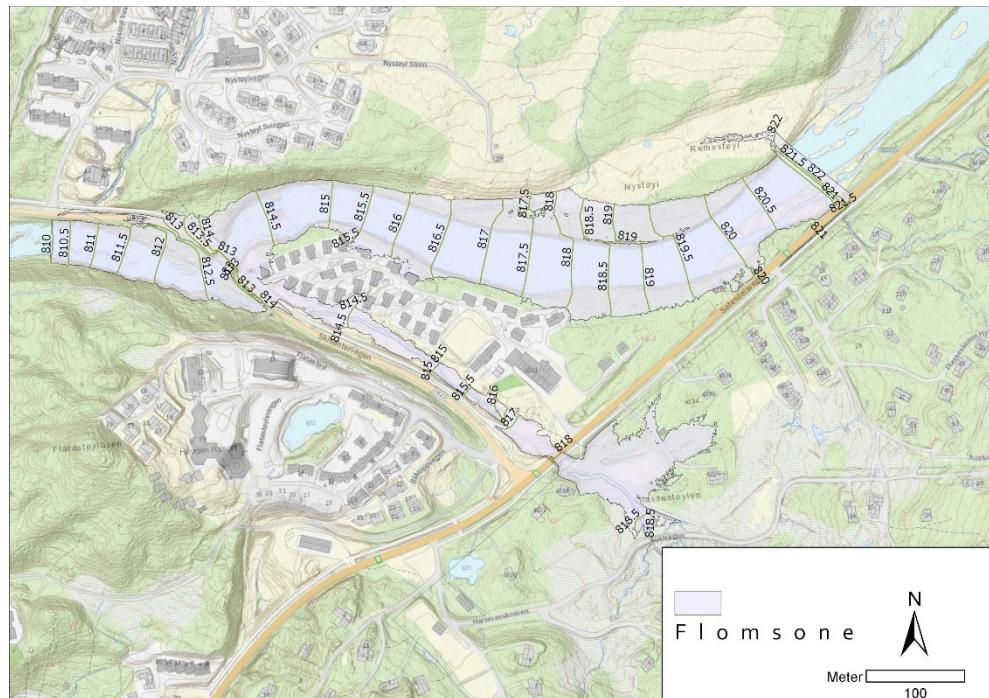
For vurdering av tiltakas effekt på elvas flaumkapasitet er modelleringstverktøyet HEC-RAS 5.0.6 brukt, utviklet av US Army Corps of Engineers.

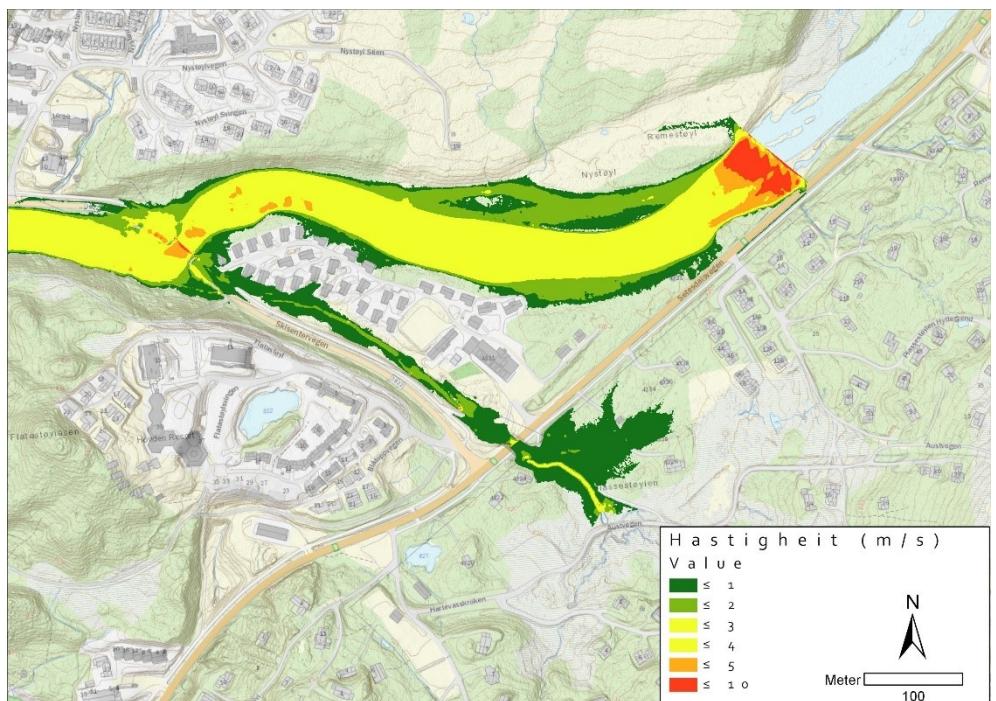
Terrengrunnlaget som er brukt er innhenta ved laserscanning i 2017 (NDH Hovden 5pkt 2017). Oppløysinga er på 0.25 m. Terrenget for vassflata i Nærøydalselvi er ikke korrigert for i simuleringane.

Nedre grensebetingelse i modeller er satt til ei heling lik 0.015.

Ruheita i elvene er satt til Mannings n lik 0.06.

Alle konstruksjonar synt i kapittelet over er lagt inn i modellen. Undergang under Setesdalsvegen synt i første figur er ikke lagt inn med brukar, men som ein open kanal.





Figur 12: Modellert vasshastighet.

Det er også utført simuleringar der dei to kulvertane i sidebekken med 90% redusert kapasitet for å vurdere flaumvegar ved tiltetting. Resultata syner at vatnet går over Skisentervegen ved nederste kulvert og ned igjen i bekken og Otra. Simuleringane syner inga endring i flaumsone med og utan tilstopping av kulvertar.

5 Vurderingar

Botn kjellarnivå må setjast over modellert flaumsone, gitt i Figur 11.

Avstand frå topp elveskråning til bebyggelse for erosjonsutsatte strekker bør vere minst lik høgden på elveskråningen og minimum 20 m (NVE 2009). Det er truleg lite erosjonsfare i Otra, mot vurdert område. Det er her stor stein og tilgrodd.

Erosjonsfare i sidebekken er truleg liten i og med at hastigheita er lav.

Eksisterande kulvertar er ikkje dimensjonert for Q200 + 20% klimapåslag.

Det er inga endring i flaumsone ved tilstopping av kulvertar då flaumvegar vert opprettholdt.