

Flom- og vannlinjeberegning

Reguleringsplan ny barnehage i Sogndal



Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver:	Sammen
Tittel på rapport:	Flom- og vannlinjeberegning
Oppdragsnavn:	Reguleringsplan ny barnehage Sogndal Oppdrag
Oppdragsnummer:	635388-02
Utarbeidet av:	Marianne Myhre Odberg
Oppdragsleder:	Hilde Ruud
Tilgjengelighet:	Åpen

Kort sammendrag

I forbindelse med totalentreprise for ny barnehage på Kvåle i Sogndal kommune, skal det utarbeides en flomvurdering av bekken som renner gjennom planområdet. Marianne Myhre Odberg har utført flomberegningen, mens flomsonekartleggingen er utført av Sølvi Amland.

200-årsflom inkludert 40% klimapåslag for bekken er beregnet til 4.5 m³/s. Resultatet viser flomsonekart med flomsikker kotehøyde gjennom planområdet. Bekken renner gjennom bratt terreng og får en høy vannhastighet, noe som indikerer at bekken er utsatt for erosjon.

Kulverter og landbruksbruer har ikke kapasitet til å håndtere en 200- års flomvannføring inkludert klimapåslag og sikkerhetsmargin.

Dersom det utføres terrengendringer eller andre vassdragstekniske tiltak innenfor beregnet flomsone, må ny simulering utføres for å undersøke at flomsituasjonen ikke endres som følge av tiltaket.

I revidert notat 02 er det lagt inn modellering av fremtidig situasjon, hvor broene er tatt ut av modellen. Det forutsettes derfor at fremtidige broer ligger utenfor beregnet flomsone, for at modellering av fremtidig situasjon er gyldig.

02	17.02.2023	Modellering av fremtidig situasjon	SA/MMO	SA/MMO
01	11. jan. 2023	Flom- og vannlinjeberegning	SA og MMO	SA og MMO
Ver.	Dato	Beskrivelse	Utarb. av	KS

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	3
2. Regelverk	5
2.1. Sikkerhet mot flom	5
2.2. Klimapåslag	5
3. Flomberegning	6
3.1. Beskrivelse av nedbørfeltet	6
3.2. Tilgjengelige nedbørsdata	7
3.3. Beregning av 200-årsflom	9
3.4. Oppsummering, erfaringstall og usikkerhet	11
3.5. Endelig estimat	12
4. Hydraulisk modellering	13
4.1. Programvare og modelltype	13
4.2. Modelloppsett	13
4.3. Konstruksjoner i vassdraget	15
4.4. Terreng	16
4.5. Følsomhetsanalyse	22
4.6. Sikkerhetsmargin	23
4.7. Resultater fra hydraulisk modellering	24
5. Konklusjon	30

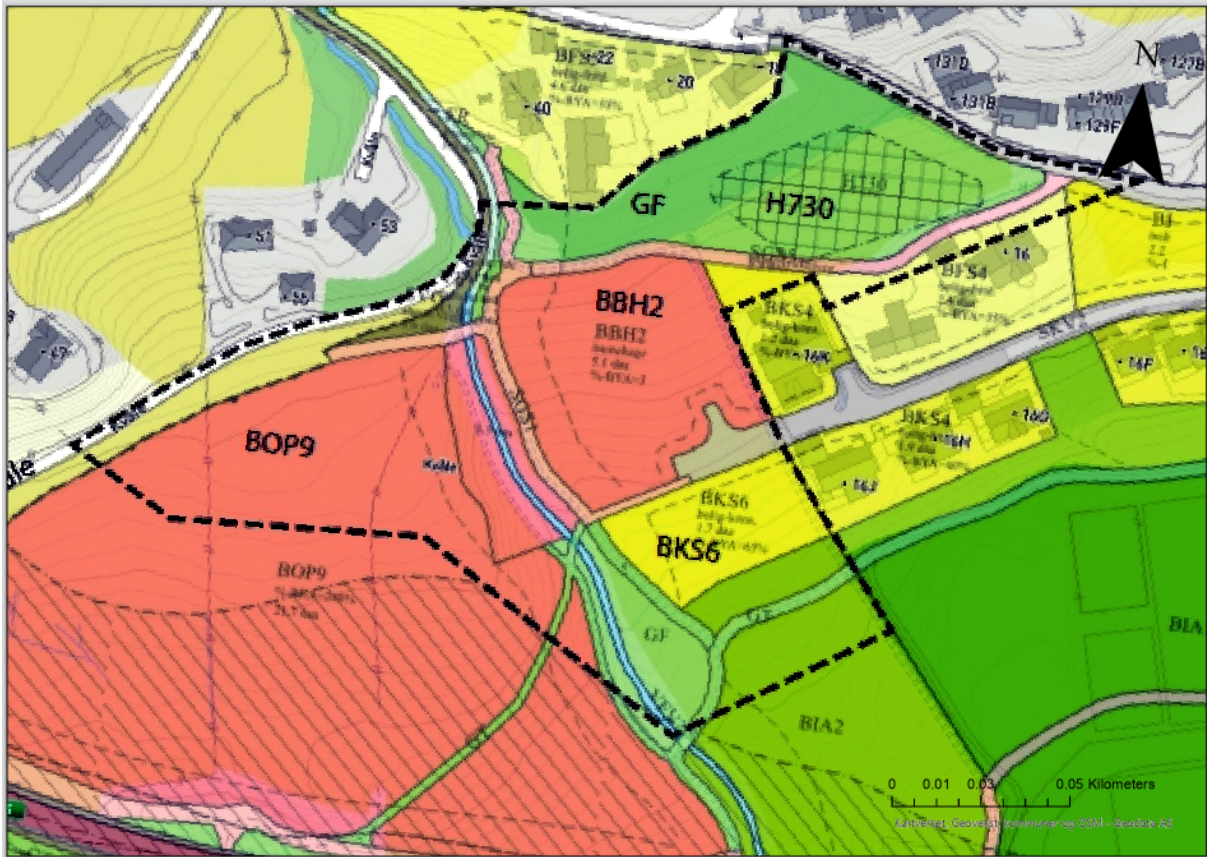
1. Innledning

I forbindelse med totalentreprise for ny barnehage på Kvåle i Sogndal kommune, skal det utarbeides en flomvurdering av bekken som renner gjennom planområdet. Bekken renner i kulvert under Kvålevegen, gjennom planområdet hvor den renner under to landbruksbruer og videre under Fjærlandsveien hvor den går i samløp med Sogndalselvi. Sogndalselvi renner videre ned med utløp i Sogndalsfjæra. Flomvurderingen er utført både for dagens situasjon som inkluderer to landbruksbruer, og fremtidig situasjon hvor disse to landbruksbruene er tatt ut av modellen.

Oversiktskart med geografisk plassering av ny barnehage på Kvåle i Sogndal kommune er vist i Figur 1-2, planområdet er vist i Figur 1-1.



Figur 1-1 Oversiktskart med geografisk plassering av ny barnehage på Kvåle i Sogndal kommune



Figur 1-2 Planområde for ny barnehage på Kvåle i Sogndal

2. Regelverk

2.1. Sikkerhet mot flom

Krav til sikkerhet mot flom og stormflo er hjemlet i plan- og bygningsloven med tilhørende Byggteknisk forskrift (TEK 17), kapittel 7, § 7-2. Tabell 2-1 viser sikkerhetsklasser for flom. Ved å følge kravene i TEK 17, §7-2 møtes krav i plan- og bygningsloven § 28-1 for flomfare.

Tabell 2-1 Sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område. Kilde: Byggteknisk forskrift (TEK 17)

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
F1	liten	1/20
F2	middels	1/200
F3	stor	1/1000

Tiltakene som planlegges i planområdet faller inn under sikkerhetsklasser F2, sikkerhet mot 200-årsflom inkludert klimapåslag.

2.2. Klimapåslag

Plan- og bygningsloven § 29-5 sier at man skal ta særlig hensyn til klimatiske forhold ved prosjektering og utførelse av tiltak.

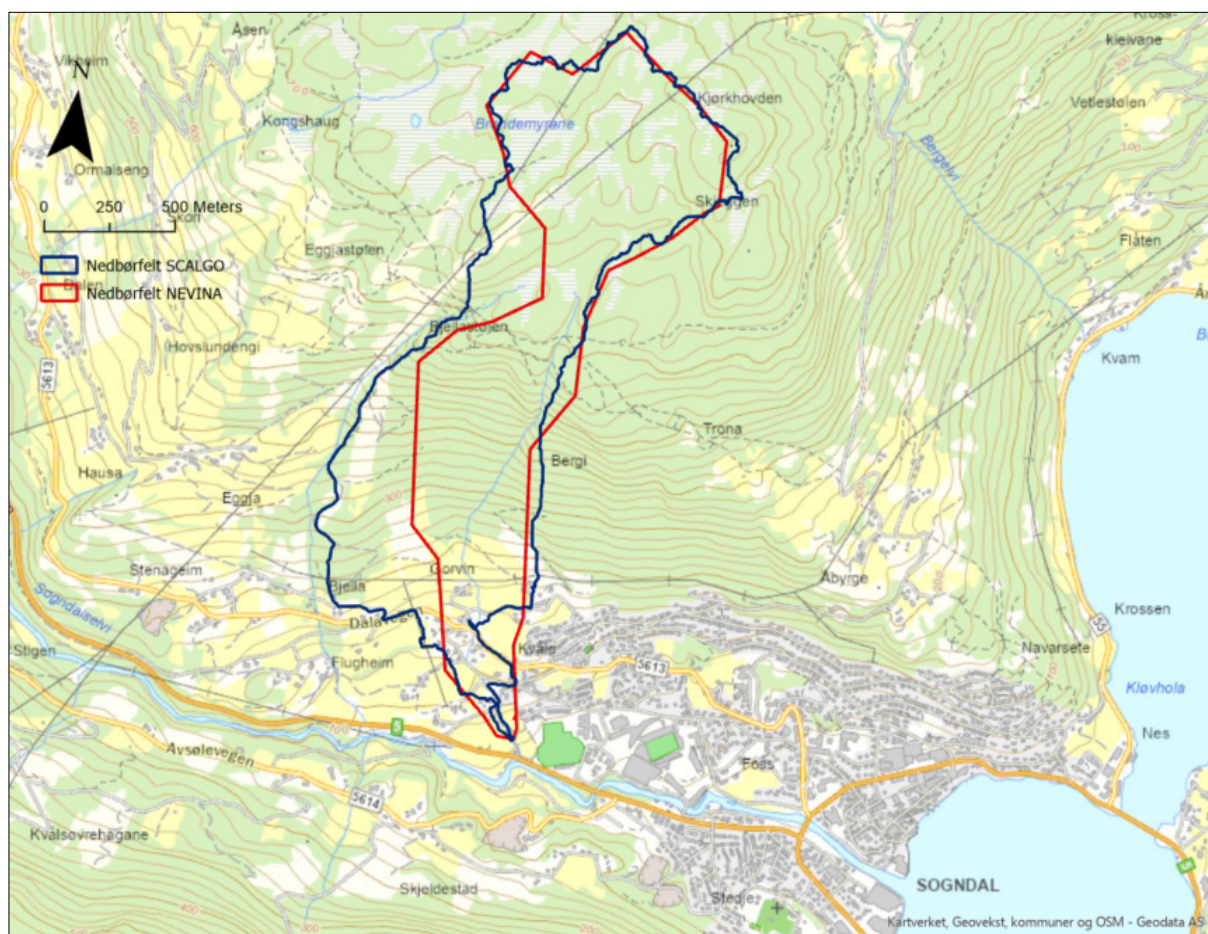
Basert på anbefalinger fra NVE og Norsk Klimaservicesenter er det valgt å legge til et klimapåslag på 40 % på beregnet kulminasjonsflom.

3. Flomberegning

3.1. Beskrivelse av nedbørfeltet

Nedbørsfeltet er generert ved hjelp av programvarene Scalgo LIVE og NEVINA. Resultatet vises i Figur 3-1. NEVINA bygger på en høydemodell 10 x 10 m mens Scalgo bygger på nasjonal høydemodell (1 x 1 m) fra høydedata. Det er forskjeller i nedbørfelt basert på simulering ved hjelp av de to programvarene og det er derfor utført en manuell kontroll av vannskillet i ArcGIS. Basert på manuell kontroll er det valgt å gå videre med nedbørfeltet generert ved hjelp av SCALGO Live.

Nedbørsfeltet er 1,6 km². Effektiv sjøprosent er 0, spesifikk avrenning (avrenningskartet 1961 - 91) er 16,4 l/s·km². Feltet domineres av skog (78,3 %) og dyrket mark (12,9 %).



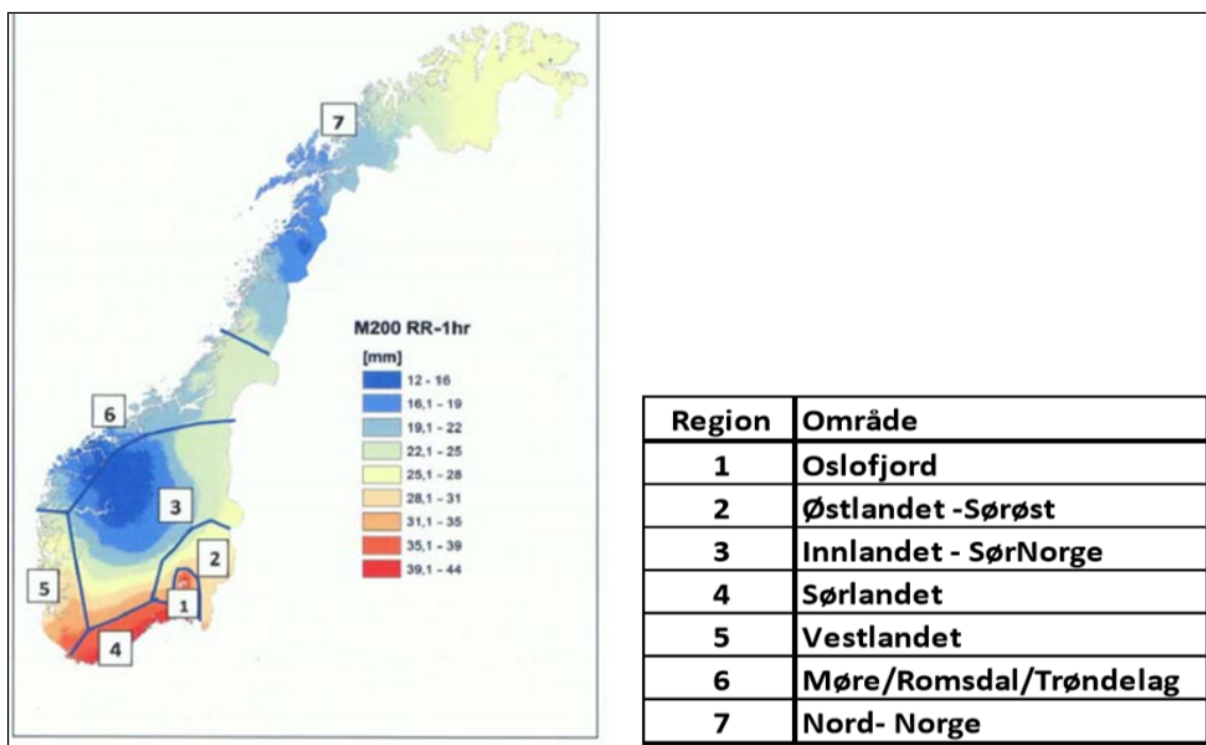
Figur 3-1 Bekkens nedbørfelt, generert med Scalgo og NEVINA

3.2. Tilgjengelige nedbørsdata

Det er ingen IVF-kurver i umiddelbar nærhet til tiltaksområdet. Meteorologisk institutt har satt opp regionale IVF-kurver med medianverdi for nedbørsmengder (mm) for 200-års returperiode, se Tabell 3-1. Foreslåtte regioner vises i Figur 3-2. Sogndal tilhører region 3.

Tabell 3-1 Regionale IVF-kurver fra MET (2015). Medianverdi for nedbørsmengde (mm).

Timer	Reg 1	Reg 2	Reg 3	Reg 4	Reg 5	Reg 6	Reg 7
1	40.8	28.2	19.6	38.1	29.4	19.7	23.0
2	46.5	32.9	25.8	44.8	43.3	23.5	26.2
3	54.6	35.1	28.6	50.4	51.0	25.8	29.5
6	60.0	41.5	40.0	63.1	69.8	38.9	38.4
12	71.7	59.4	53.0	83.8	97.6	58.8	52.5
24	82.1	78.2	54.5	109.7	127.9	91.6	64.8



Figur 3-2 Regioninndeling av IVF-kurver for 200-års gjentaksintervall

Timesverdiene for gjentaksintervall 200 år fra stasjonene Bråtå (SN15720) og Oppstryn (SN 58700) er sammenlignet med regionverdiene for region 3, se Tabell 3-2.

Tabell 3-2 Nedbørmengde for 200-års gjentaksintervall for stasjonene Bråtå og Oppstryn og den regionale kurven fra MET, region 3.

Timer	Region 3	Bråtå	Oppstryn
1	19.6	18.2	13.9
2	25.8	21.3	19.1
3	28.6	25.4	26.5
6	40.0	34.9	46.0
12	53.0	44.1	74.4
24	54.5	52.8	117.9

Oppstryn har 20 sesonger med data mens Bråtå har 17 år. Bråtå ligger nærmest de regionale verdiene for 1- og 2-timesnedbør. Nedbørfeltet vårt er lite, og det er forventet en kort konsentrasjonstid. Det er derfor valgt å gå videre med IVF-kurven fra Bråtå, se Tabell 3-3.

Tabell 3-3 IVF-kurve fra Bråtå

Gjentaksintervall (år)	Varigheter (minutter)									
	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60
2	71,5	56,7	50,9	44,5	32,7	26,9	23,4	20,0	17,0	14,9
5	102,0	83,1	71,4	65,1	47,9	39,8	33,5	28,4	24,4	21,3
10	124,2	102,9	87,1	80,6	59,6	49,9	41,5	35,2	29,9	26,1
20	146,2	122,7	104,9	96,8	72,1	60,5	50,2	42,7	35,9	31,0
25	153,4	130,0	110,8	102,2	76,3	64,0	53,2	45,3	38,0	32,6
50	177,1	152,2	130,3	119,7	90,0	76,4	63,3	54,2	44,6	38,0
100	200,3	176,2	152,3	140,4	105,6	90,3	75,0	63,8	52,1	44,0
200	226,1	203,0	177,0	162,7	122,8	105,4	87,5	75,2	60,5	50,5

3.3. Beregning av 200-årsflom

Det henvises til NVEs veileder nr. 1 2022 for utfyllende informasjon om de ulike beregningsmetodene. Valg av metoder er basert på anbefalinger, se Tabell 3-4.

Tabell 3-4 Anbefaling for bruk av ulike beregningsmetoder for flomberegning (NVE 2022)

Metode	Formelverk		Frekvensanalyser	Nedbør-avløpsmodeller	
	RFFA-NIFS	RFFA-2018		PQRUT	Rasjonale formel
Arealbegrensninger	< 60 km ²	alle	alle	2-800 km ²	< 2 km ²
Tids-oppløsning	kulm	døgn / kulm	døgn / kulm	døgn / time	kulm
Kan benyttes for gjentaksintervall	Q _M	x	x		(x)
	Q ₅ -Q ₁₀₀	x	x	(x)	x
	Q ₂₀₀	x	x	x	x
	Q ₅₀₀		x	x	(x)
	Q ₁₀₀₀		x	x	x

For beregning av 200-årsflom er følgende metoder benyttet:

- Regionalt formelverk for små nedbørfelt (NIFS)
- Rasjonelle formel

3.3.1. Regionalt formelverk for små nedbørfelt

Regionalt formelverk for små nedbørfelt (også kalt NIFS-formelverk) er utarbeidet for små (< 60 km²) naturlige uregulerte felt. Formelverket består av to regresjonsligninger for beregning av flom, som bruker inngangsparameterne feltareal, spesifikk middelavrenning og effektiv sjøprosent. Den første ligningen er for estimat av middelflom (kulminasjonsverdi), som generelt har størst usikkerhet knyttet til seg. Den andre ligningen er for vekstkurven (Q_T/Q_M), som anses som svært robust for små felt (NVE, 2015).

Estimert middelflom, vekstkurveforhold og 200-års kulminasjonsflom er gitt i Tabell 3-5.

Tabell 3-5 Beregnet middelflom, vekstkurveforhold og 200-årsflom (kulminasjonsverdi) med NIFS

Felt	Middelflom (kulminasjon) [m ³ /s]	Q ₂₀₀ /Q _M [-]	200-årsflom (kulminasjon) [l/s·km ²]	200-årsflom (kulminasjon) [m ³ /s]
Sidebekk Sogndalselvi	1,3	2.729	2221	3,6 [1,8 - 7,2]

3.3.2. Rasjonelle formel

Den rasjonale formel består av en ligning som beregner flomvannføring som en direkte funksjon av avrenningsfaktor og regnintensitet. I NVEs veileder, anbefales det å benytte metoden for felt som er mindre enn 2 km², og med liten flomdempning.

Avrenningsfaktorer (C) er valgt basert på anbefalte verdier i NVEs veileder (1/2022), og endelig verdi er arealvektet gjennomsnitt. I veilederen er det anbefalt å legge til et påslag i C-verdien, som følge av økt metningsgrad i bakken ved nedbørhendelser med større returperioder. C-verdier for naturlige overflater er derfor økt med 30%, i henhold til anbefalingen for 200 års gjentaksintervall. Se Tabell 3-6.

Tabell 3-6 Grunnlag for og beregning av avrenningsfaktor (C).

Arealtype	C basis [-]	C påslag [%]	C inkl. påslag [-]	Areal [%]
Dyrket mark	0.40	30	0.52	12.9
Myr	0.60	30	0.78	3.5
Skog	0.25	30	0.33	78.3
Sjø	0.60	30	0.78	0.0
Urban	0.70	0	0.70	0.6
Uklassifisert	0.70	0	0.70	4.7
Vektet gjennomsnitt:			0.39	<i>100</i>
Valgt avrenningsfaktor:			0.40	

Regnintensitet er hentet fra IVF-data fra nedbørmålestasjon Bråtå (se kap. 3.2) hvor varigheten på regnet er satt til konsentrasjonstiden til feltet. Denne er beregnet med formler gitt i NVEs, som bruker inngangsparameterne høydeforskjell, feltlengde og effektiv sjøprosent. Det er en ligning for naturlige felt og en for urbane, hvorav beregnet konsentrasjonstid er på henholdsvis 62 og 14 minutter. Feltet kan kategoriseres som naturlig Det er derfor valgt å benytte en konsentrasjonstid på 60 minutter.

En oppsummering av grunnlag benyttet i flomberegning med den rasjonale formel, samt beregnet vannføring for 200-årsflom, er gitt i Tabell 3-7.

Tabell 3-7 Benyttede verdier og beregnet 200-årsflom med den rasjonale formel.

Felt	Areal [ha]	Konsentrasjons- tid [min]	Avrennings- faktor [-]	Regnintensitet [l/s-ha]	200-årsflom [m ³ /s]
Sidebekk Sogndalselvi	160	60	0,40	50,5	3,23

3.4. Oppsummering, erfaringstall og usikkerhet

En oppsummering av resultater fra valgte beregningsmetoder finnes i Tabell 3-8.

Tabell 3-8 Resultater ved bruk av beregningsmetoder NIFS og den rasjonelle formel

Metode	200-årsflom				
	Døgnmiddel		$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døg}}$ n	Kulminasjon	
	l/s·km ²	m ³ /s		l/s·km ²	m ³ /s
Flomfrekvensanalyse NIFS	-	-	-	2221	3,6 [1,8 – 7,2]
Nedbør-avløpsmodell rasjonelle formel	-	-	-	2020	3,2

NVE 2022 har samlet erfaringstall for spesifikk flomvannføring. Disse er gjengitt i Tabell 3-9.

Tabell 3-9 Erfaringstall. Kilde: NVE 2022

Felttype	Feltareal [km ²]	Landsdel	Spesifikk flomvannføring [l/s·km ²]	
			Kulminasjon (time) Gjentaksintervall 200 år	Døgnmiddelverdi Gjentaksintervall 1000 år
Mikrofelt	≤ 1	Alle	2000 - 5000	-
Små felt	1-50	Østlandet	400 - 2500	600 - 1500
		Sør- og Vestlandet	700 - 6000	1500 - 3000
		Trøndelag, Møre og Romsdal	800 - 3000	850 - 2000
		Nordland	800 - 4000	500 - 2000
		Troms og Finnmark	400 - 3000	

NVEs veileder for flomberegning (1/2022) gir i kapittel 7.3.2 erfaringstall for 200-års kulminasjonsflom i små felt. På Sør- og Vestlandet (deler av Telemark, Agder, Rogaland, Hordaland, Sogn og Fjordane), vassdragsnummer 16 til ca. 92, varierer flomverdiene stort sett fra 700 l/s/km² til 4000 - 5000 l/s/km², men det finnes flomverdier over 6000 l/s/km². De høyeste verdiene finner en stort sett i bratte felt med lav effektiv sjøprosent, men det finnes unntak.

Beregnet flomvannføring ved bruk av rasjonelle formelverk er noe lavere enn ved bruk av nasjonalt formelverk, men den ligger innenfor nasjonalt formelverks 95 % konfidensintervall. Det er valgt å benytte flomverdiene fra rasjonelle formelverk for videre beregninger.

3.5. Endelig estimat

Beregnet 200-års kulminasjonsflom er 3,2 m³/s. 200-årsflom inkludert 40% klimapåslag for sidebekk til Sogndalselvi er **4,5 m³/s**. Resultatet baseres på beregning ved hjelp av den rasjonelle formel.

4. Hydraulisk modellering

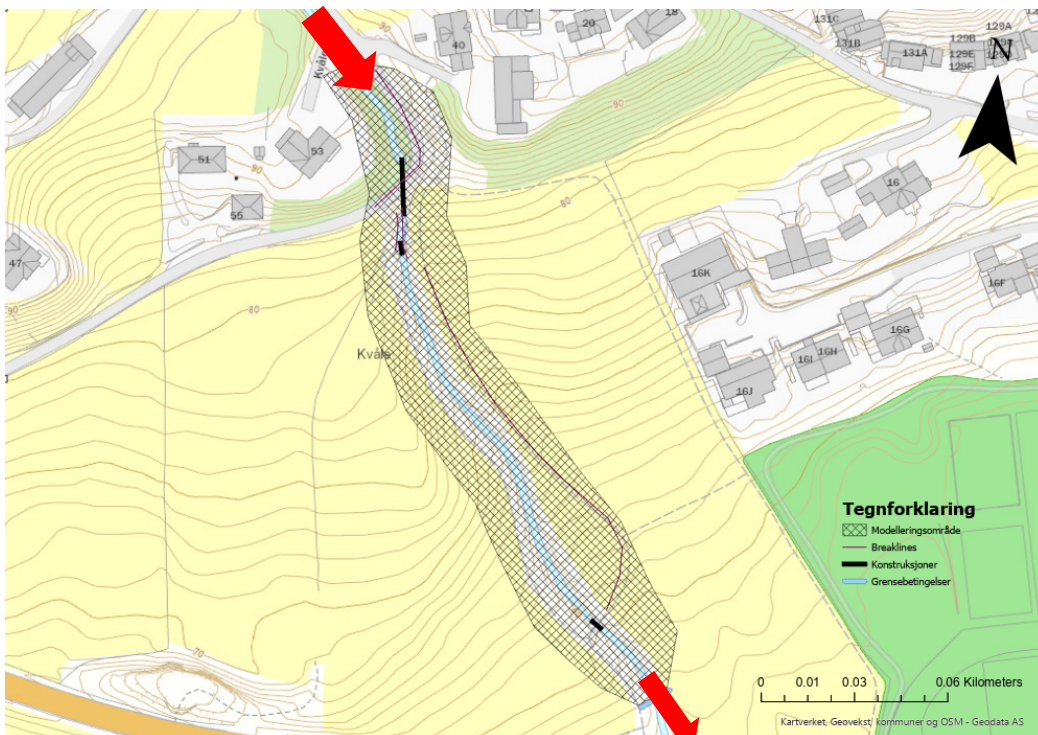
4.1. Programvare og modelltype

Hydrauliske beregninger er utført med programvaren HEC-RAS versjon 6.3.0, 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.

I denne flomvurderingen er det valgt å benytte en todimensjonal dynamisk modell, dette er valgt for å bedre kartlegge vannet som eventuelt renner inn over planområdet.

4.2. Modelloppsett

Modelloppsettet i 2D modellen består av analyseområde/beregningsnett, valgt ruhet, breaklines og grensebetingelser som vist i Figur 4-1 og beskrevet i kapittel 4.2.1 til 4.2.4.



Figur 4-1 Modelloppsett med geografisk avgrensning av 2D område med brukonstruksjoner, breaklines og øvre/nedre grensebetingelser markert med røde piler

4.2.1. Analyseområde

Område for simulering starter oppstrøms bru over Kvålevegen, og avsluttes cirka femti meter oppstrøms innløpet til kulverten under Fjærlandsvegen. Det er valgt å ikke inkludere kulverten under Fjærlandsvegen. Kulverten har ikke kapasitet til å håndtere 200-års flom, men høydeforskjellen fra nedre del av modellområde til innløp kulvert under Fjærlandsveien er så stor at flomvannstanden ikke påvirkes av nedstrøms forhold.

4.2.2. Beregningsnett

Den hydrauliske modellen baserer seg på et rutenett, hvor det for hver enkelt rute gjøres beregninger. Rutenettstørrelsen er satt til 0.5 meter og 0.25 meter langs kryssende kulverter/bruer og veier. Bekkekanter ved kryssende bruer og veier er lagt inn som såkalte «breaklines», slik at beregningsrutene blir orientert i riktig retning og følgelig blir strømmingen mer nøyaktig modellert.

4.2.3. Friksjonsforhold

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

Ruhetsverdier i den hydrauliske modellen er gitt i Tabell 4-1, og er basert på standardverdier fra Chow, 1959 (vedlegg 1).

Tabell 4-1 Benyttede ruhetsverdier i hydraulisk modell.

Type overflate	Mannings n
Elveløp	0.045
Flomslette, oppstrøms landbruksbro nord	0.045

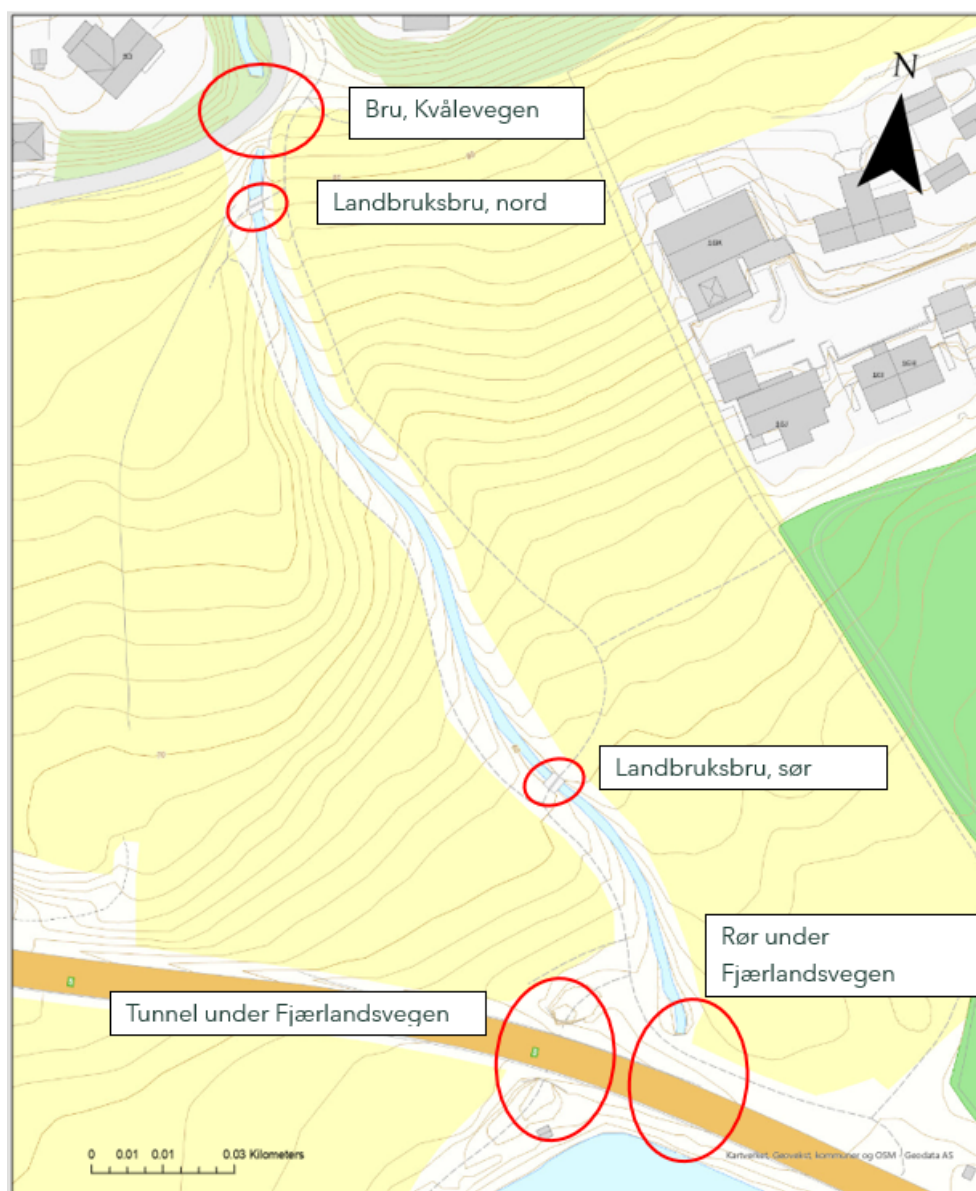
4.2.4. Grensebetingelser

Øvre grensebetingelse: Antar normalstrømning med beregnet dimensjonerende flomvannføring som øvre grensebetingelse.

Nedre grensebetingelse: Elvens helning lik 0.13 m/m.

4.3. Konstruksjoner i vassdraget

Det er to større kulverter og to landbruksveger som krysser bekken før utløp i Sogndalselvi, i tillegg er det en undergang som kan fungere som flomvei. Plassering av aktuelle konstruksjoner er vist i Figur 4-2, innmålte kotehøyder ved innløp/utløp og topp vei er vist i Figur 4-4 og Figur 4-5 samt oppsummert i Tabell 4-2. Rapport med beskrivelse og bilder av innmålinger utført av kommunen er presentert i vedlegg 3.



Figur 4-2 Geografisk plassering av broer og kulverter lang bekken

Rør og tunnel under Fjærlandsvegen inkludert i beregningen. Oppgitt kotehøyde innløp/utløp og topp veg for aktuelle konstruksjoner er oppgitt i Tabell 4-2.

Tabell 4-2 Innmålte og benyttede kotehøyder for konstruksjoner langs den modellerte strekningen

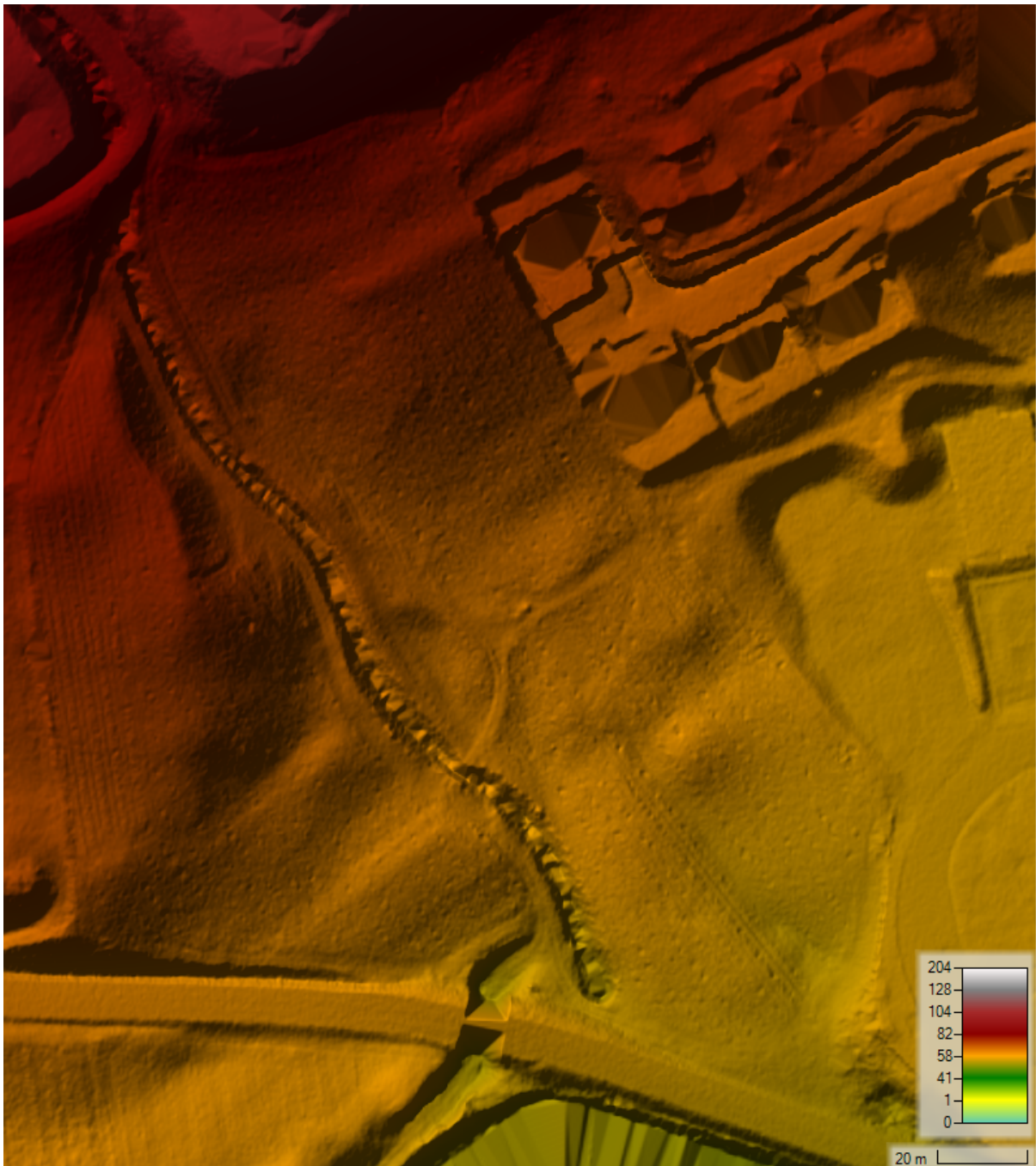
Konstruksjon	Kotehøyde, bunn rør (innløp/utløp)	Dimensjon	Kotehøyde, topp vei (innløp/utløp)
Bru, Kvålevegen	81.808/81.524	Ø1800 mm	84.609/84.386
Landbruksbru, nord	78.03/77.869	B = 1,4 meter	79.471/79.475
Landbruksbru, sør	59.034/58.818	B = 2 meter	60.509/60.485

4.4. Terreng

Det er satt opp en terrengmodell, som er hovedgrunnlaget for de hydrauliske beregningene. Terrengmodellen er presentert i Figur 4-3.

Terrengmodellen er basert på laserdata (prosjekt *Sogndal - Årdal - Luster 2019, delområde Indre Sogn 10 pkt*), hentet fra Kartverkets forvaltningsløsning Høydedata. Bygninger og andre oppstikkende detaljer som trær er ikke lagt inn i modellen.

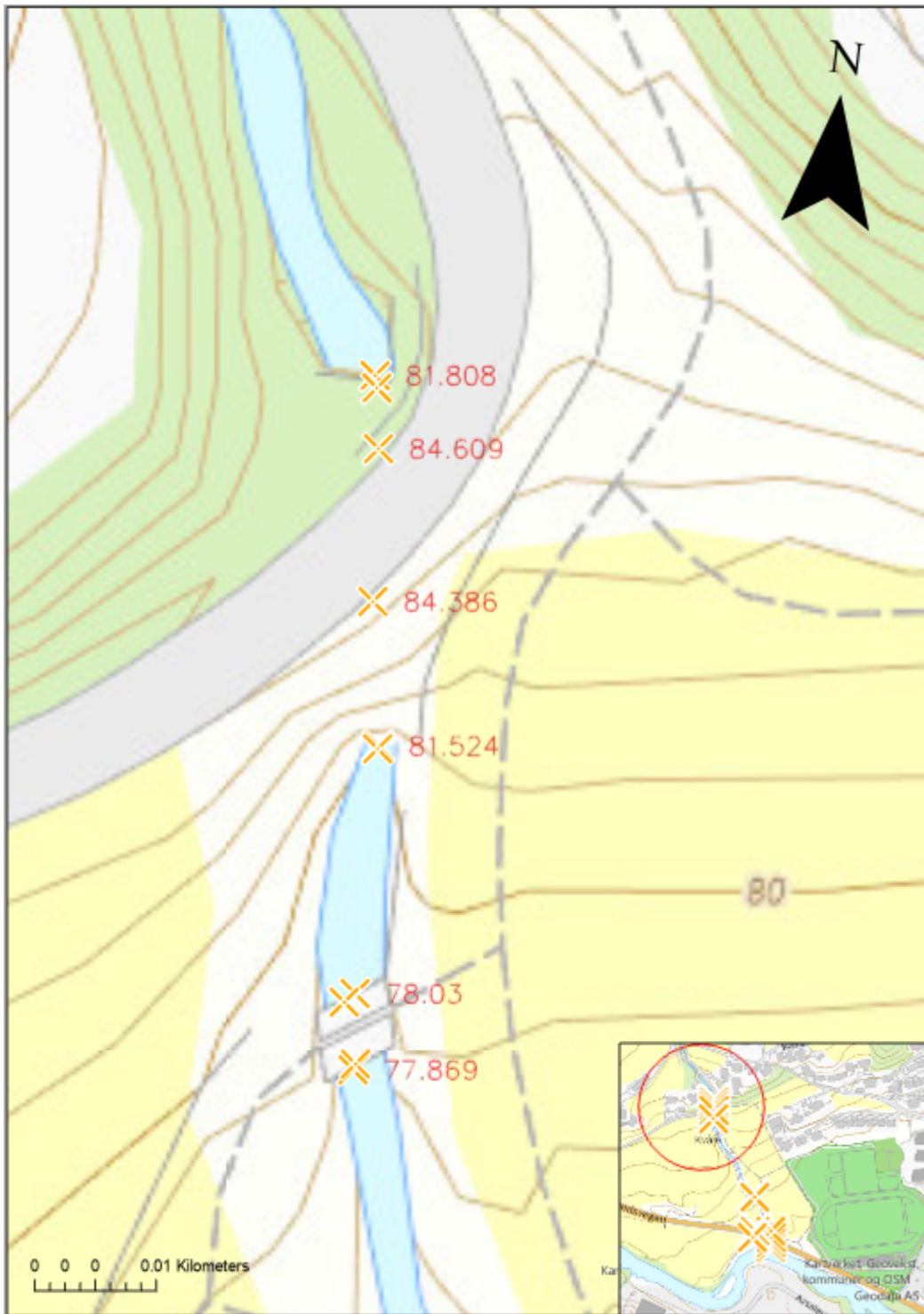
Samtlige kotehøyder er oppgitt i høydesystemet NN2000.



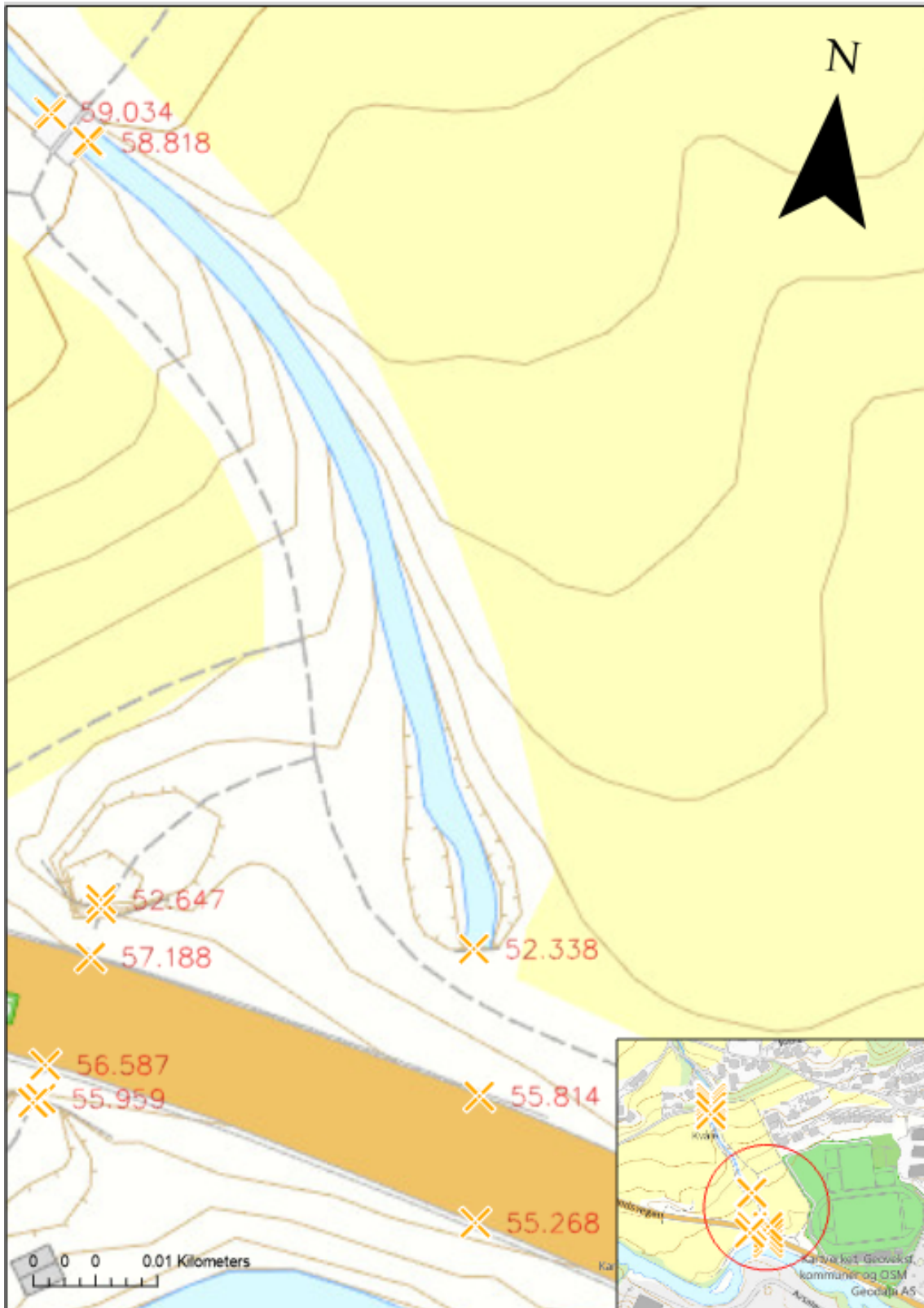
Figur 4-3 Terreng etablert fra laserdata, høydedata.

4.4.1. Innmålte terrengdata

Sogndal kommune har utført innmålinger av elveløpet, målingene ble utført 22. November 2022 og er vist i Figur 4-4 og Figur 4-5. Detaljert rapport med beskrivelse av kulverter og innmålinger er inkludert i vedlegg 3.



Figur 4-4 Innmålte punkter ved kulvert under Kvålevegen og landbruksbru nord



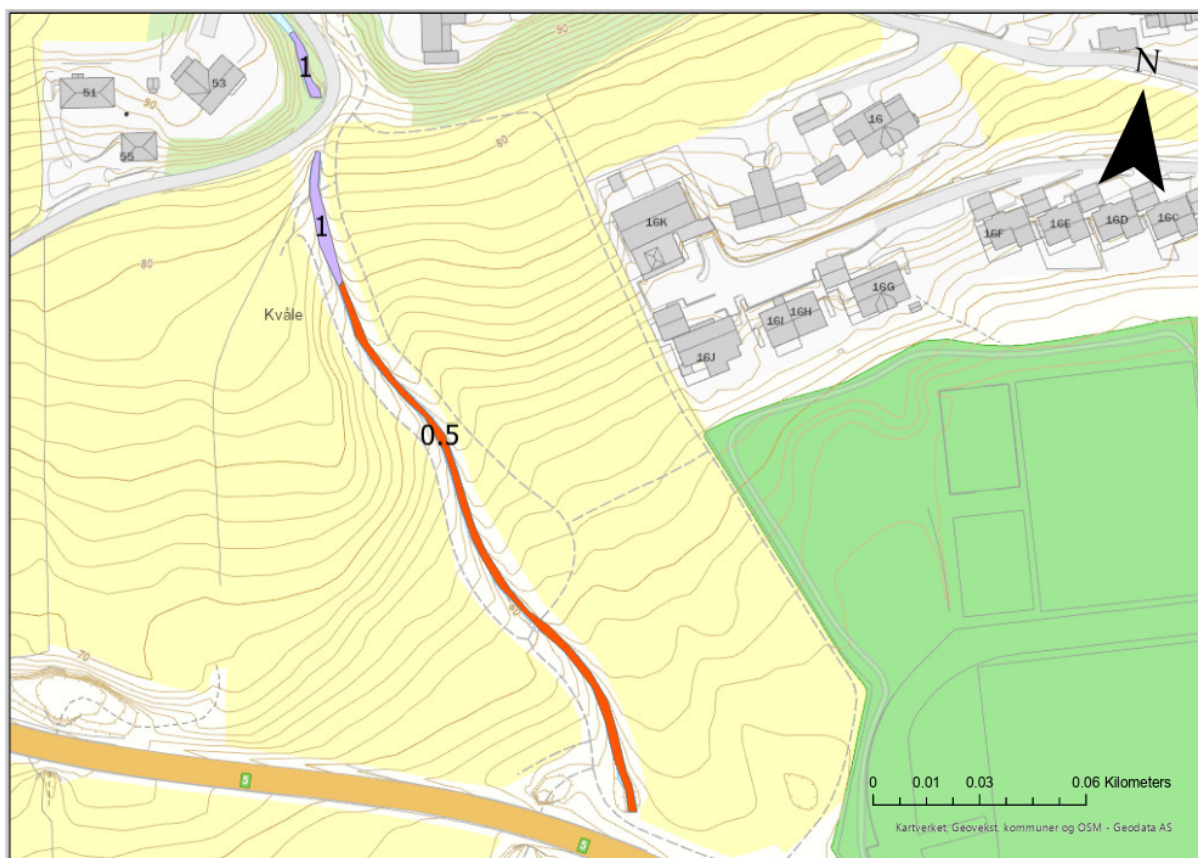
Figur 4-5 Innmålinger ved landbruksbru sør, samt rør og tunnell under Fjærlandsvegen

4.4.2. Korrigering av terrengmodell

Innmålte kotehøyder av bekkebunn fra kommunen ligger 1 og 0.5 meter lavere sammenlignet med terrenget fra høydedata, dette gjelder for området oppstrøms og nedstrøms landbruksbro nord og ut til ytterkantene av planområdet. Områder hvor innmålinger utført av Sogndal kommune avviker fra terrenget fra høydedata er, som vist i Figur 4-6.

Laserdata fra høydedata måler kotehøyder ned til vannstanden. Laserdataene kan være noe usikre i områder med høy vegetasjon.

På grunn av relativt stor forskjell i innmålte data og terreng fra høydedata, er det gjort kontrollmålinger av Sogndal kommune. Kontrollmålingene ble utført av Sogndal kommune, 5. Januar 2022. Selv om kontrollmålingene ble utført når elven var islagt, stemmer kontrollmålingene relativt godt overens med tidligere innmålinger. Bekkebunnen justeres basert på innmålte kotehøyder fra 22. November 2022, se Figur 4-6.



Figur 4-6 Områder hvor innmålte terrengdata ligger 1 meter (lilla) og 0.5 meter lavere (rødt) sammenlignet med terrenget fra høydedata

4.5. Følsomhetsanalyse

En følsomhetsanalyse skal primært benyttes dersom modellen ikke er kalibrert. Denne modellen har ingen innmålte flomdata, og er følgelig ikke kalibrert.

Det er derfor foretatt en følsomhetsanalyse der ruheten i modellen økes med 25 %, for å gi et tall på modellens følsomhet.

4.5.1. Resultater, følsomhetsanalyse

Følsomhetsanalysen gir en endring i vannstand på under 10 cm, det gjelder for hele strekket. Økningen i flomvannstand som følge av endret ruhet gir en minimal endring i utbredelsen av flommen. Resultatet fra følsomhetsanalysen er vist i Figur 4-7.



Figur 4-7 Endring i vannstand som følge av økt ruhet

Resultatet fra følsomhetsanalyse ligger til grunn for valg av sikkerhetsmargin, som beskrevet i kapittel 4.6.

4.6. Sikkerhetsmargin

Som beskrevet i NVEs høringsutkast *Sikkerhet mot flom* skal det tillegges en sikkerhetsmargin i form av en prosentvis økning av flomvannføringen. Sikkerhetsmarginen skal gjenspeile usikkerheten i flomberegning og vannlinjemodell. Høy usikkerhet fører til et høyt prosentvis påslag på flomvannføring, og vise versa.

Tabell for fastsettelse av sikkerhetspåslag er vist i Figur 4-8.

		Sikkerhetspåslag vannføring			
Hydraulisk modell	Klasse E: Følsom (< 0,8 m)	25 %	35 %	45 %	60 %
	Klasse D: Middels følsom (< 0,4 m)	20 %	30 %	40 %	50 %
	Klasse C: Lite følsom (< 0,2 m)	15 %	25 %	35 %	45 %
	Klasse B: Kalibrert mot tilnærmet middel flom	10 %	15 %	25 %	
	Klasse A: Kalibrert mot flom > 20 år	0-5 %	10 %	20 %	
	Klasse 1: Representativ målestasjon i vassdraget med minst 30 år med gode flomdata.	Klasse 2: Målestasjon i eller nært vassdraget, liten variasjon i spesifikke flomverdier i regionen.	Klasse 3: Målestasjoner i nærliggende felt. Godt samsvar mellom ulike beregnings- metoder.	Klasse 4-5: Ingen representative målestasjoner. Stor variasjon i flomverdier mellom ulike metoder og/eller målestasjoner.	
		Flomberegning			

Figur 4-8 Anbefalt sikkerhetspåslag på vannføring basert på følsomhetsanalyse og usikkerhet i flomberegning. Kilde: NVEs høringsutkast "Sikkerhet mot flom"

Flomberegningen er i klasse 3, og den hydrauliske modellen er i Klasse C. Anbefalt sikkerhetspåslag vannføring i denne beregningen er 35 %.

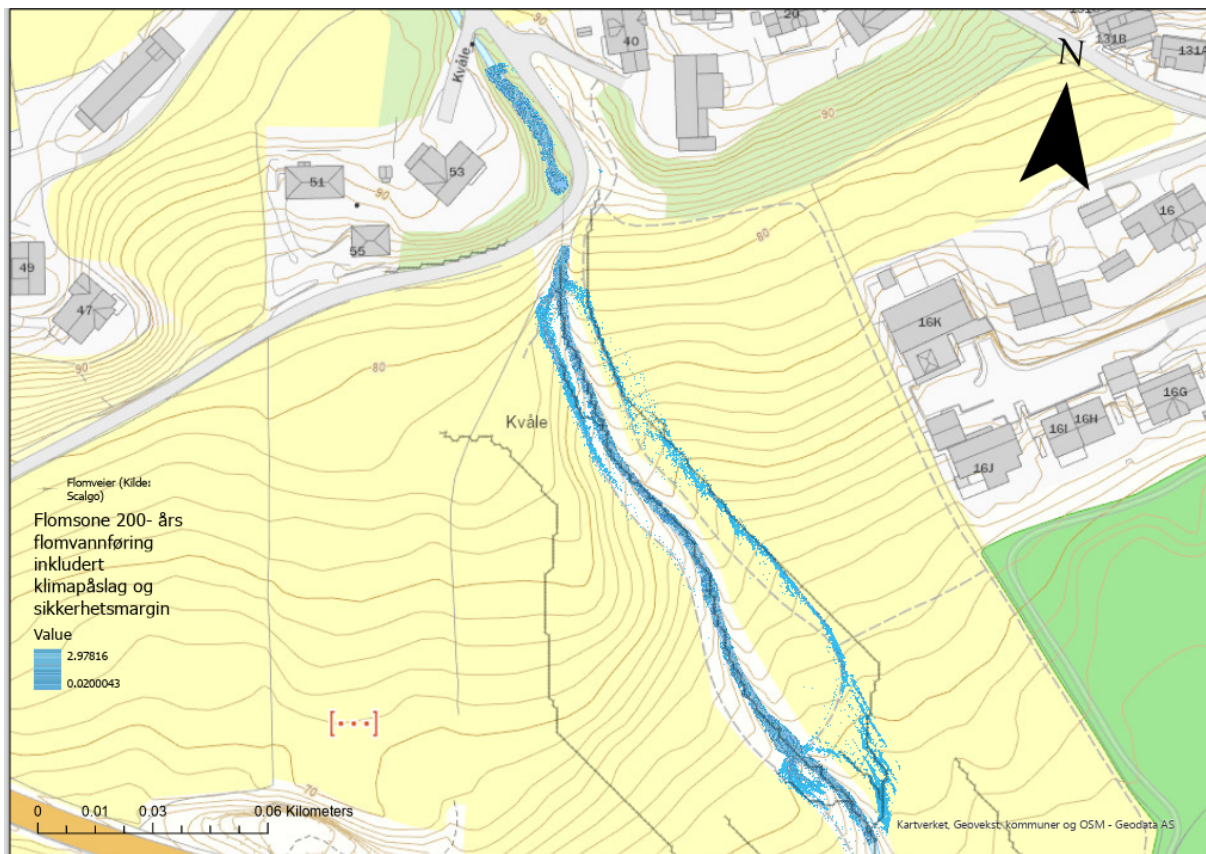
4.7. Resultater fra hydraulisk modellering

4.7.1. Dagens situasjon

Flomsonen i Figur 4-9 viser utbredelse av 200- års flomvannføring inkludert klimapåslag og sikkerhetsmargin, i tillegg er det lagt inn flomveier gjennom området. For å fremheve områder med flomvannstand høyere enn 2 cm er samtlige celler med mindre enn 2 cm vannstand tatt ut av flomkartet.

Detaljerte flomsonekart for dagens situasjon med kotehøyder er vist i Vedlegg 2.

Kapasiteten til lysåpningen under landbruksbruene er for liten, flomvann stuves derfor opp og renner inn i planområdet oppstrøms landbruksbruene. Vannet som renner østover fra landbruksbro nord renner inn på eksisterende flomvei gjennom planområdet.

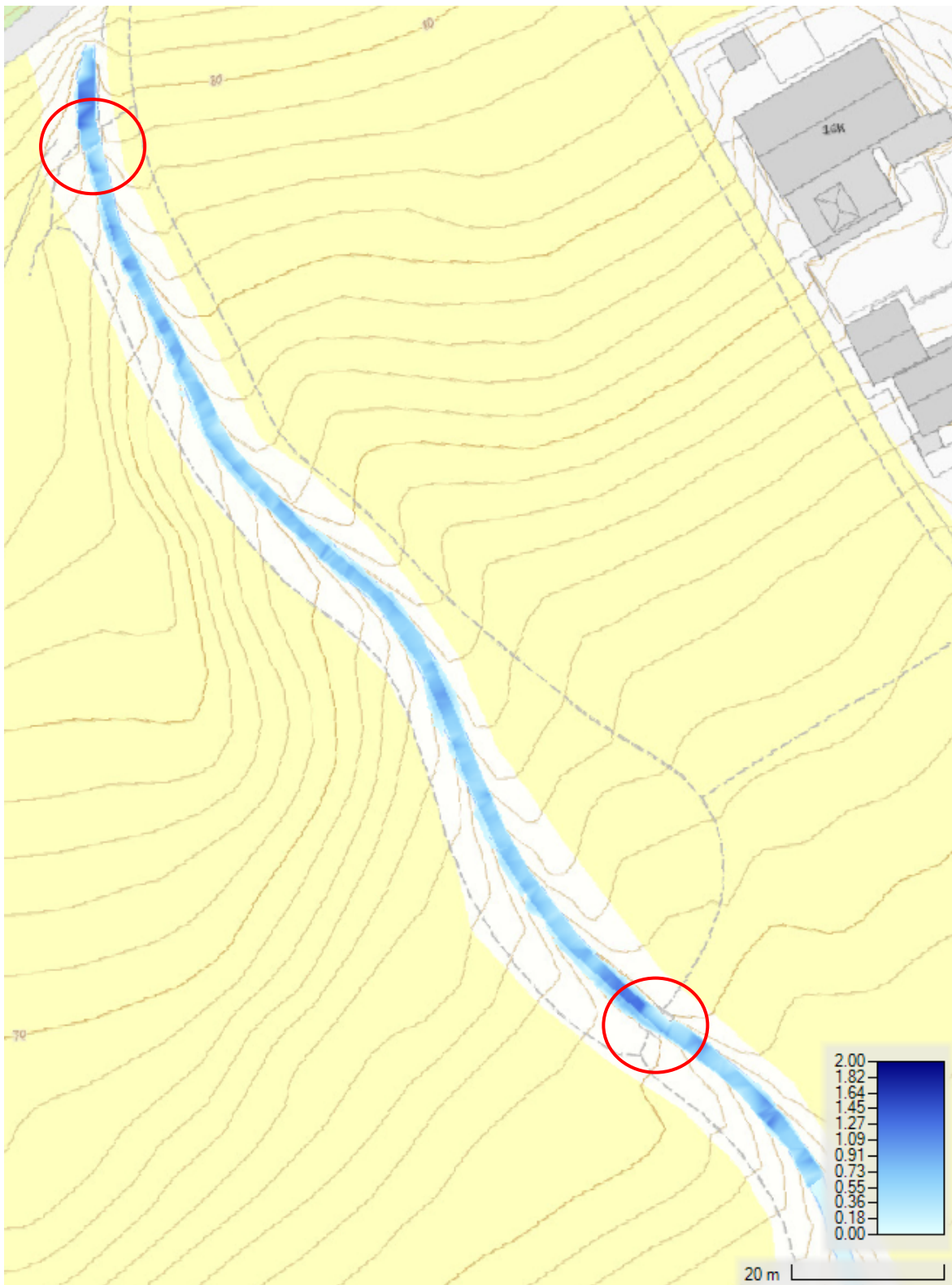


Figur 4-9 Oversiktskart med flomsone, 200-års flomvannføring, inkludert klimapåslag og sikkerhetsmargin

4.7.2. Fremtidig situasjon

For fremtidig situasjon skal de to landbruksbroene fjernes og det skal plasseres to nye broer. Planlagt plassering samsvarer ikke med dagens plassering. De to nye bruene er planlagt plassert utenfor beregnet flomsone, og skal håndtere beregnet flomvannføring.

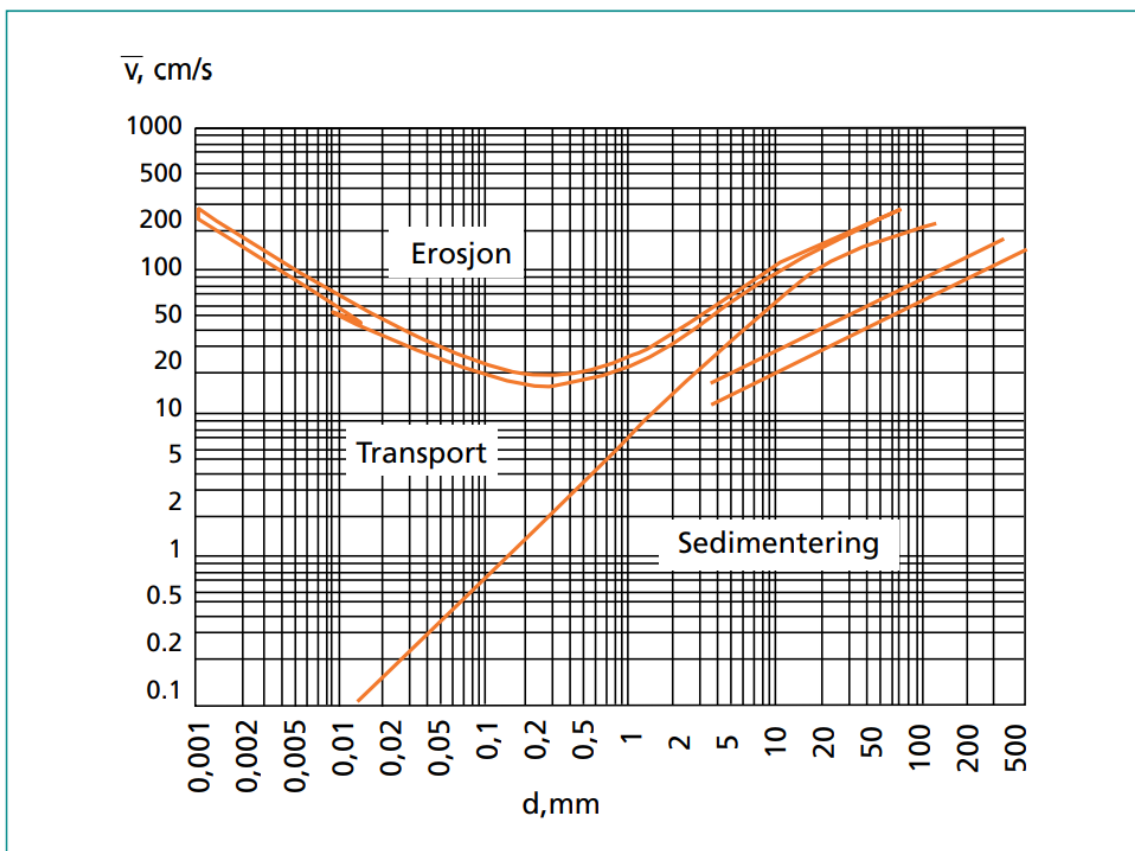
Det er derfor modellert flomsoneen hvor de to landbruksbruene er tatt ut av modellen. Resultatet er vist i Figur 4-10 og viser at flomvannet holdes innenfor bekkleiet når eksisterende landbruksbruer tas ut av modellen.



4-10 Beregnet flomsone for 200- års flomvannføring inkludert klimapåslag og sikkerhetsmargin, der de to landskapsbruene er tatt ut av terrenget (se røde ringer)

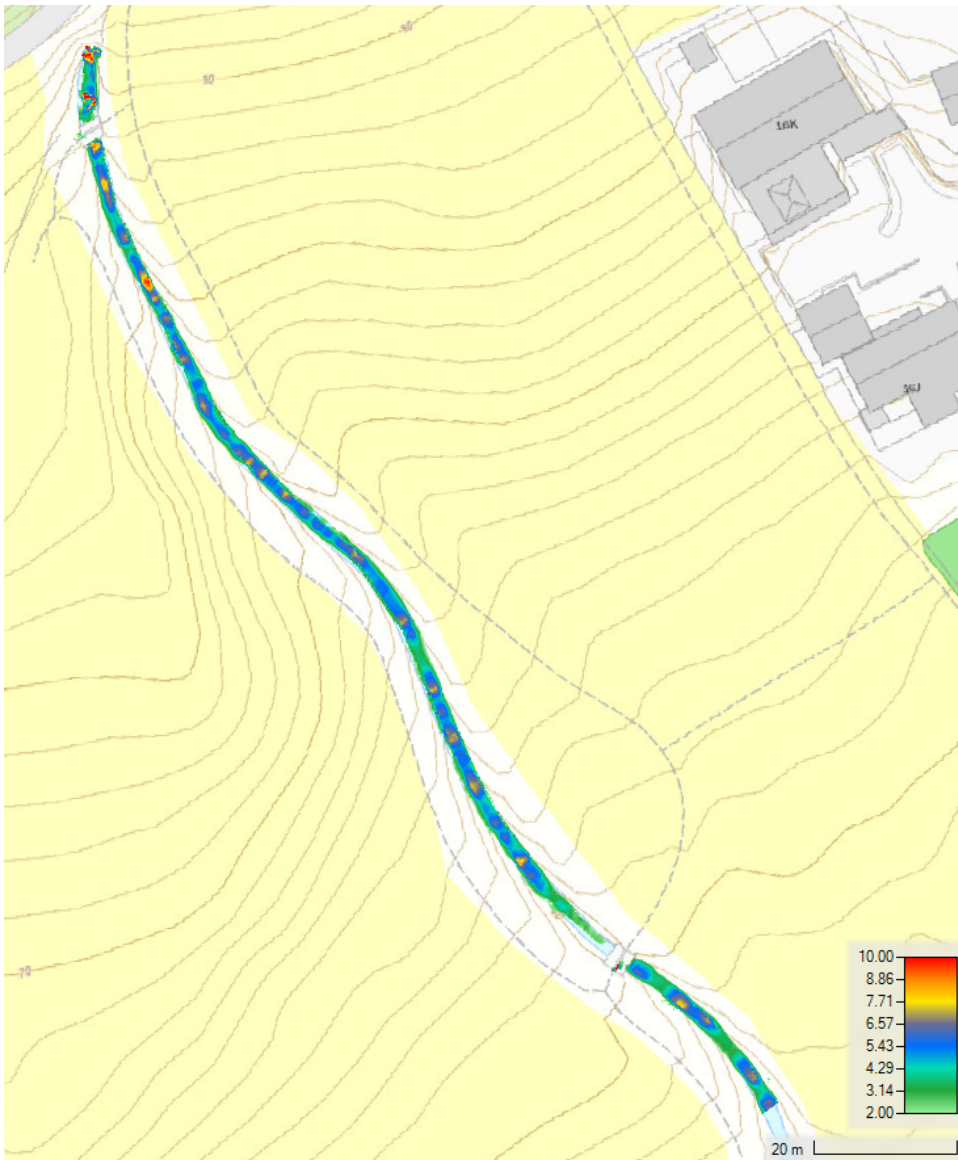
4.7.3. Erosjonsfare

Basert på en overordnet vurdering av beregnet vannhastighet mot hjulstrøms kurve (Figur 4-11), anbefales det å planlegge for erosjonsikring for å redusere faren for erosjon. En erosjonsikring bør prosjekteres i bekken langs hele planområdet slik at faren for graving i sidekant med påfølgende utglidninger og vann på ville veier, reduseres. Hjulstrøms kurve (Figur 4-11) viser skjematisk sammenheng mellom kornstørrelse (mm) og vannhastighet (cm/s), for erosjon. I en prosjekteringsfase vil geolog/geotekniker se på kornstørrelse opp mot beregnet vannhastighet, for beste tilpasning av sikring.

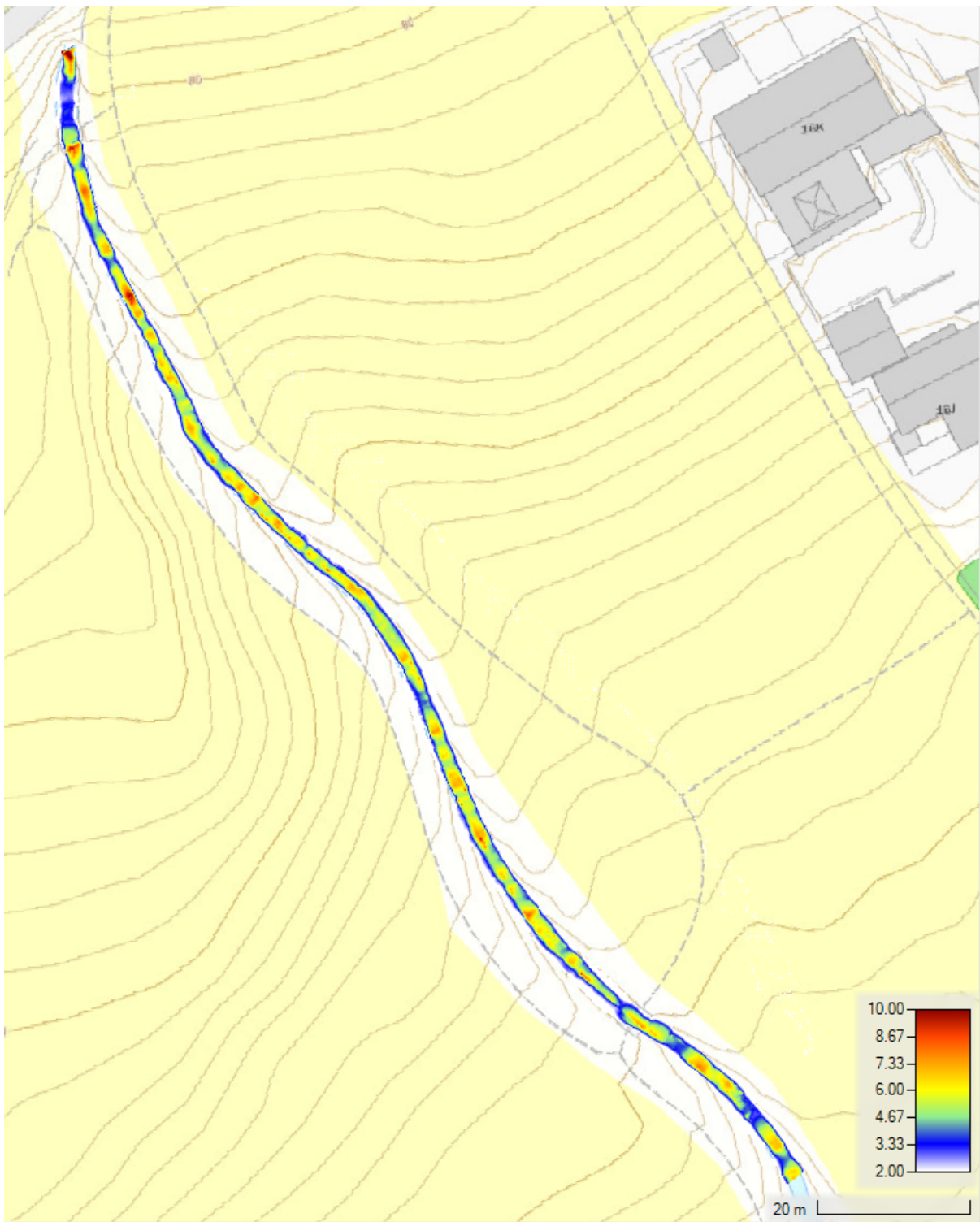


Figur 4-11 Hjulstrøms kurve (Kilde: NVEs Vassdragshåndboka)

Bekken renner gjennom bratt terreng, og områder hvor vannhastigheten overstiger 2 m/s er vist i Figur 4-12 for dagens situasjon og Figur 4-13 for fremtidig situasjon.



Figur 4-12 Området med vannhastighet fra 2 m/s for dagens situasjon



Figur 4-13 Områder med vannhastighet fra 2 m/s for fremtidig situasjon

5. Konklusjon

Beregnet 200-årsflom inkludert klimapåslag og 35 % sikkerhetsmargin er 6,1 m³/s, og benyttes som inndata i den hydrauliske modellen for simulering av flomsone.

Flomsonekartet for dagens situasjon viser at deler av planområdet er flomutsatt ved en 200- års flom inkludert klimapåslag og sikkerhetsmargin. Dersom terrenget innenfor bekkeleiet og/eller flomsoneen endres, eller at konstruksjoner i vassdraget endres i forhold til dagens situasjon, må den hydrauliske modellen oppdateres for å undersøke om planlagte terrengendringer har en negativ påvirkning på flomsituasjonen i bekken.

Flomsonekartet for fremtidig situasjon, hvor de to landbruksbruene tas ut, viser at flomvannet holder seg mer innenfor bekkeleiet. Fjerning av broene fører til en noe økt vannhastighet i bekken.

Basert på en overordnet vurdering av erosjon, ved hjelp av vannhastighet og Hjulstrøms kurve, anbefales det å planlegge for erosjonsikring. En erosjonsikring vil redusere sannsynligheten for at vann graver/eroderer i elvekantene, og dermed redusere faren for utglidninger og vann på ville veier.

Kilder

NVE 2022. *Veileder til flomberegninger*, veileder nr. 1/2022

NVE, 2015. *Sammenligning av metoder for flomberegninger i små uregulerte felt*. Rapport 86/2015

NVE 2010. *Vassdragshåndboka*

NVE Høringsutkast. *Sikkerhet mot flom*.

Digitale kilder og programvare:

- Plan- og bygningsloven
- Byggteknisk forskrift (TEK 17)
- Norsk Klimaservicesenter
- NEVINA
- SCALGO Live
- HEC-RAS

Vedlegg

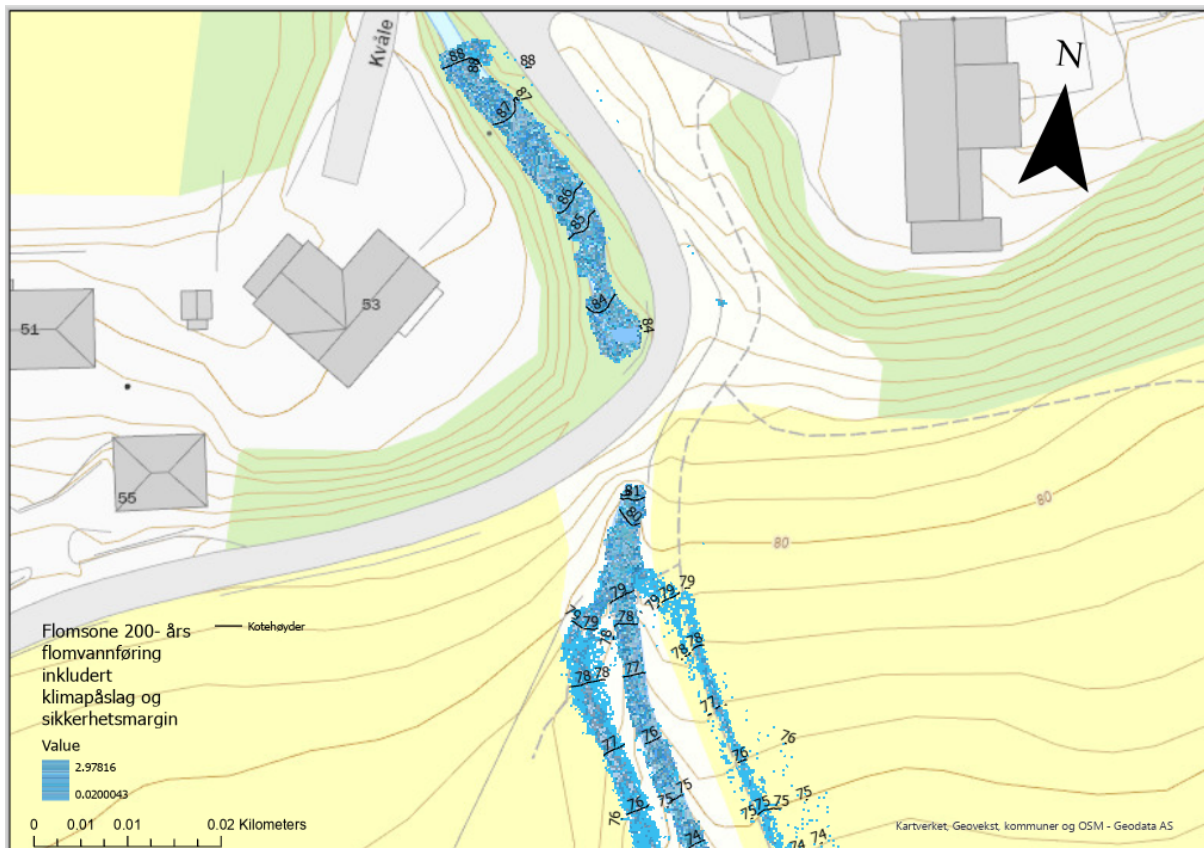
Vedlegg 1 – Manning's n for channels, Chow 1959

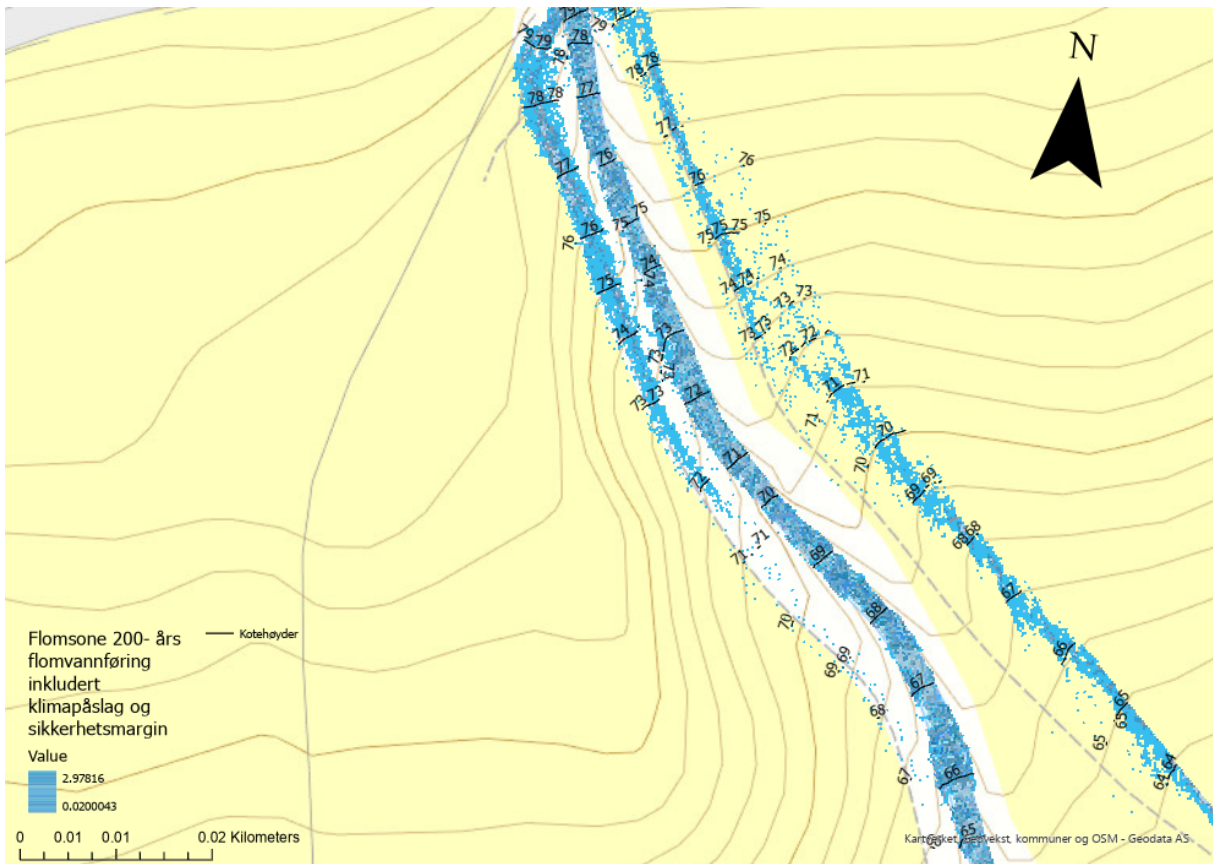
Manning's n for Channels (Chow, 1959).

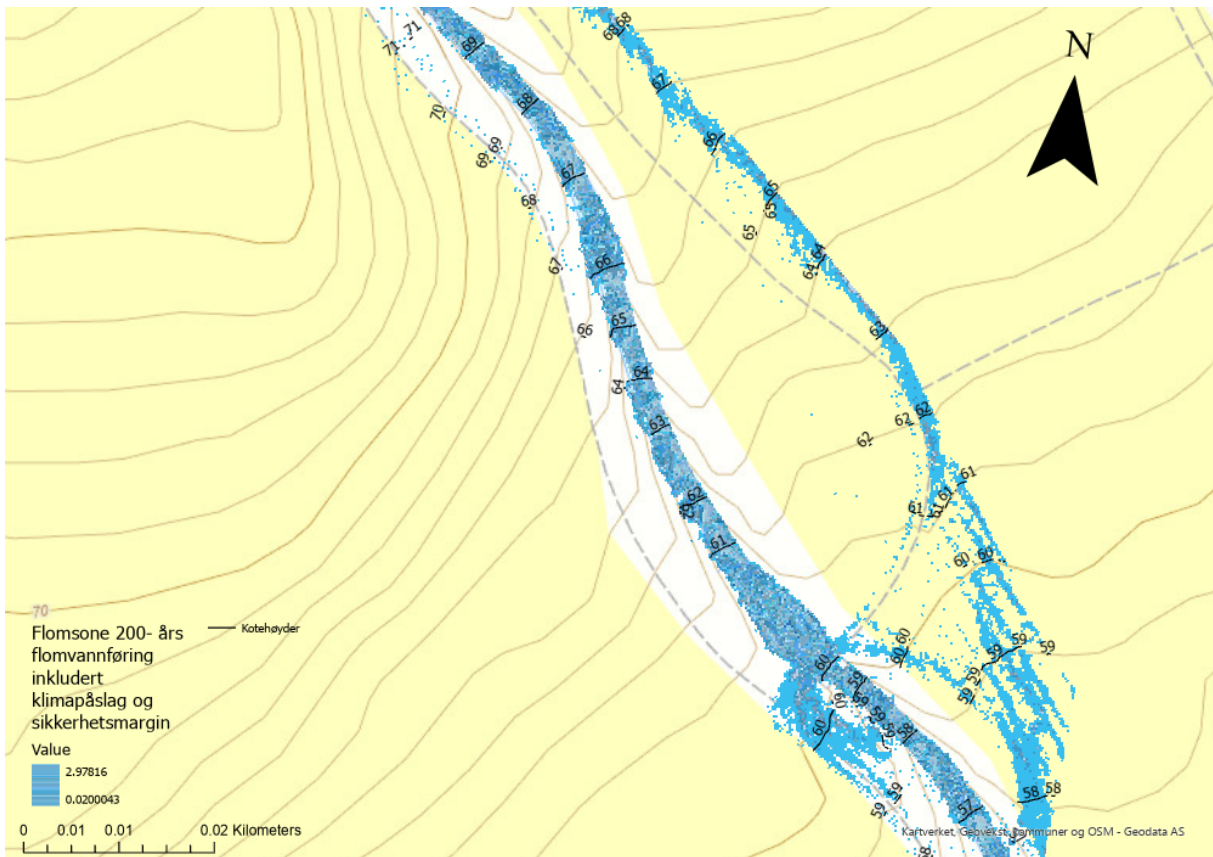
Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
Natural streams - minor streams (top width at floodstage < 100 ft)			
1. Main Channels			
a. clean, straight, full stage, no rifts or deep pools	0.025	0.030	0.033
b. same as above, but more stones and weeds	0.030	0.035	0.040
c. clean, winding, some pools and shoals	0.033	0.040	0.045
d. same as above, but some weeds and stones	0.035	0.045	0.050
e. same as above, lower stages, more ineffective slopes and sections	0.040	0.048	0.055
f. same as "d" with more stones	0.045	0.050	0.060
g. sluggish reaches, weedy, deep pools	0.050	0.070	0.080
h. very weedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stand of timber and underbrush	0.075	0.100	0.150
2. Mountain streams, no vegetation in channel, banks usually steep, trees and brush along banks submerged at high stages			
a. bottom: gravels, cobbles, and few boulders	0.030	0.040	0.050
b. bottom: cobbles with large boulders	0.040	0.050	0.070
3. Floodplains			
a. Pasture, no brush			
1. short grass	0.025	0.030	0.035
2. high grass	0.030	0.035	0.050
b. Cultivated areas			
1. no crop	0.020	0.030	0.040
2. mature row crops	0.025	0.035	0.045
3. mature field crops	0.030	0.040	0.050
c. Brush			
1. scattered brush, heavy weeds	0.035	0.050	0.070
2. light brush and trees, in winter	0.035	0.050	0.060
3. light brush and trees, in summer	0.040	0.060	0.080
4. medium to dense brush, in winter	0.045	0.070	0.110
5. medium to dense brush, in summer	0.070	0.100	0.160
d. Trees			
1. dense willows, summer, straight	0.110	0.150	0.200
2. cleared land with tree stumps, no sprouts	0.030	0.040	0.050
3. same as above, but with heavy growth of sprouts	0.050	0.060	0.080

Vedlegg 2 - Detaljerte flomsonekart med kotehøyder

Kartene viser eksisterende situasjon, med kryssende bruer.





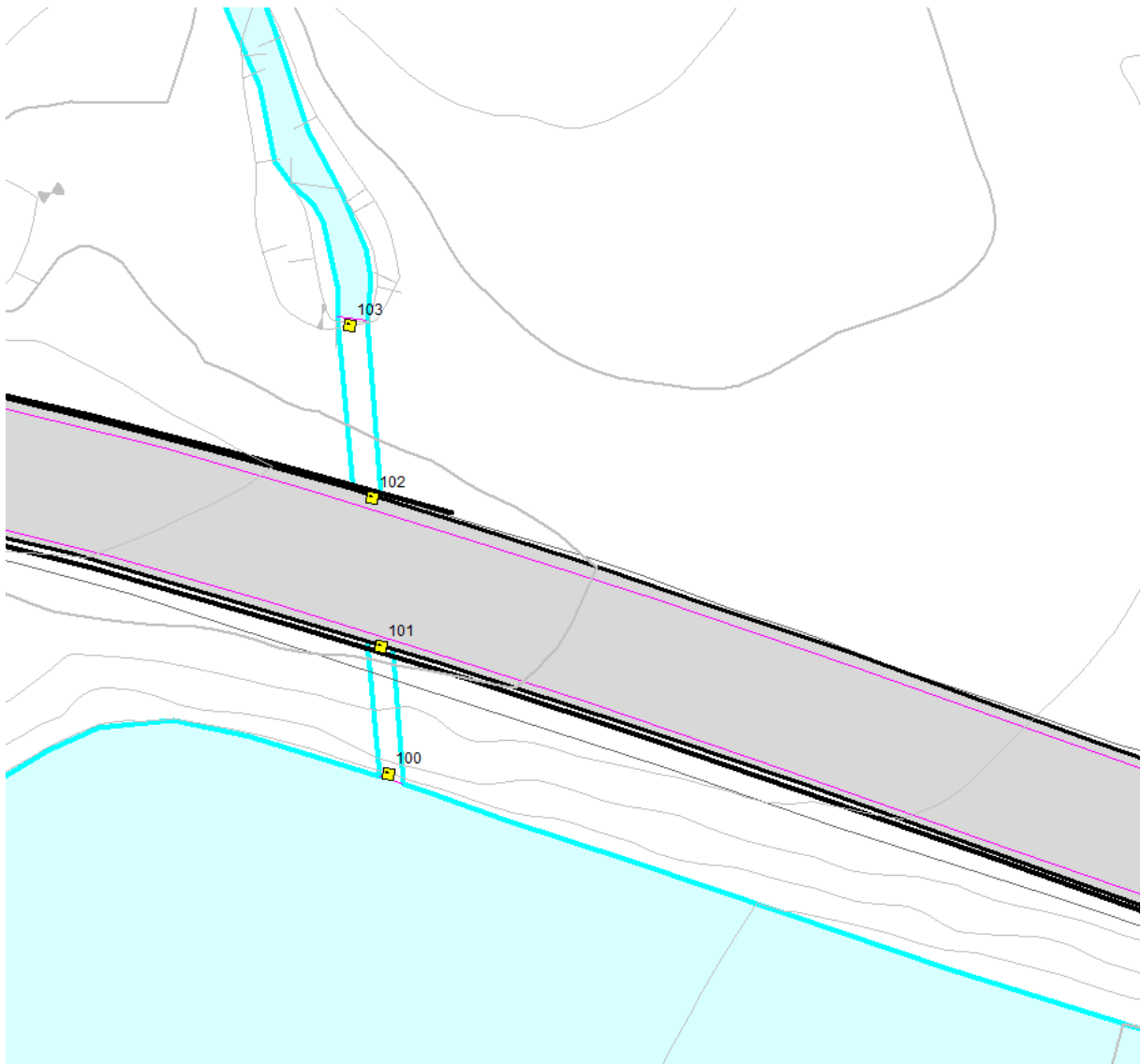


Vedlegg 3 - Rapport - innmåling av bruer

Utført av Sogndal kommune

Brumåling – Kvåle

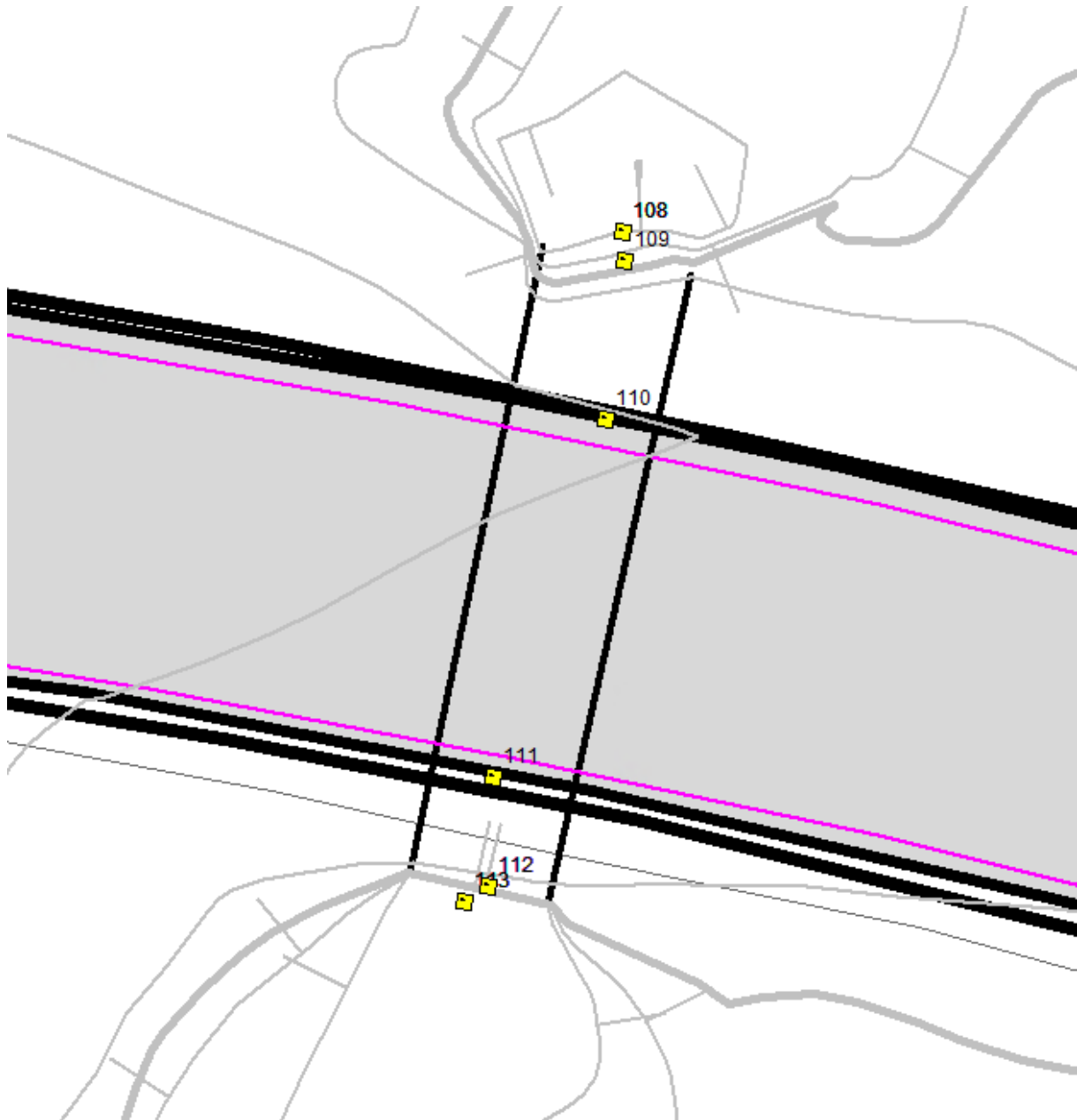
1. Rør under Fjærlandsvegen
 - Indre diameter: 1600 mm
 - Punkt 100 – botn rør
 - Punkt 101 – vegkant
 - Punkt 102 – vegkant
 - Punkt 103 – botn rør





2. Tunnel under Fjærlandsvegen

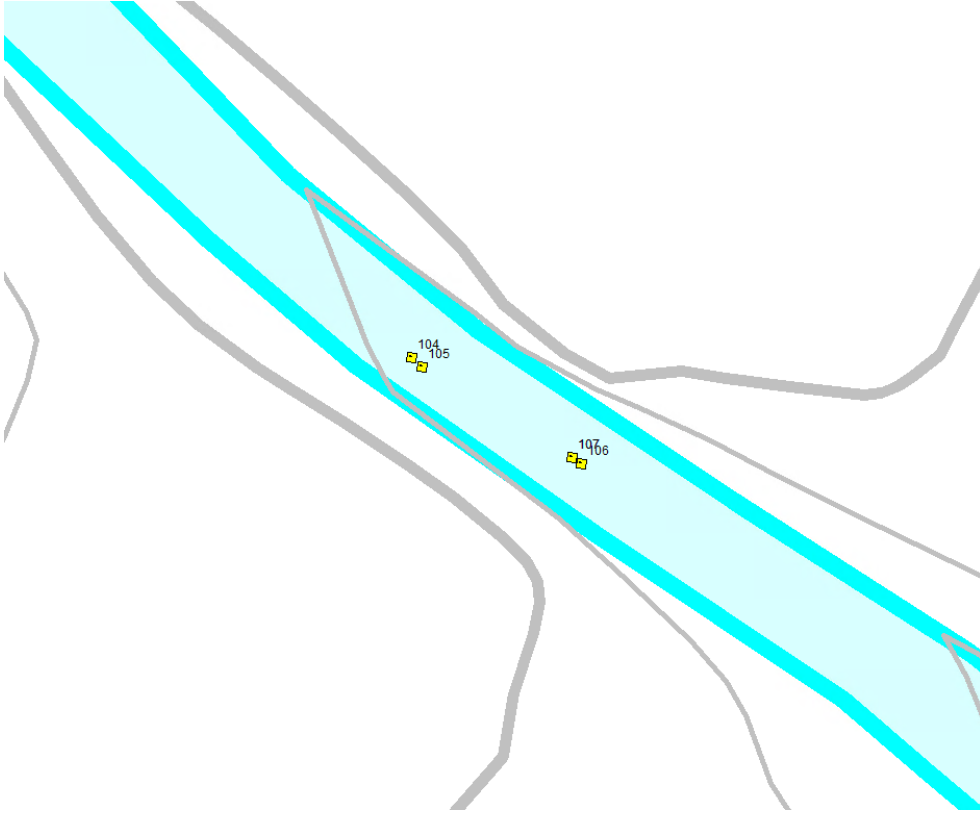
- Lysopning - 3x3 meter
- Tykkelse betong toppdekke – 50 cm
- Punkt 108 og 113 – botn
- Punkt 109 og 112 – topp betong
- Punkt 110 og 111 – vegkant





3. Bru – landbruksveg sør

- Punkt 106 og 104 – botn bekk
- Punkt 105 og 107 – topp betong
- Tykkelse toppdekke betong – 30 cm
- Bredde lysopning nord – 2,2 m
- Bredde lysopning sør – 2 meter





4. Landbruksbru – nord

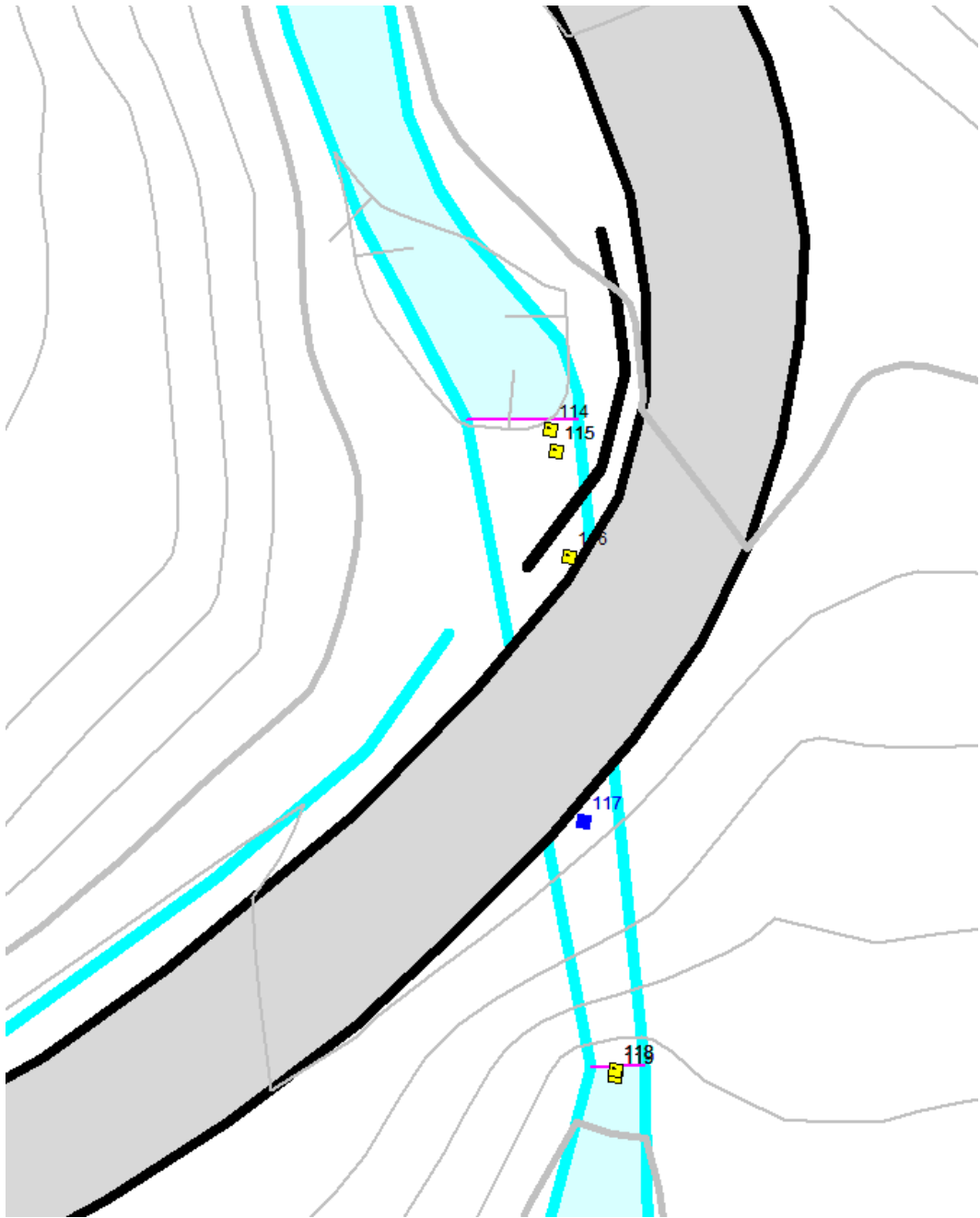
- Punkt 120 og 123 – botn bekk
- Punkt 122 og 124 – topp bru
- Tykkelse toppdekke betong – 25 cm
- Bredde lysopning nord – 2,2 meter
- Bredde lysopning sør – 1,4 meter





5. Bru – Kvålevegen

- Indre diameter rør – 1800 mm
- Punkt 114 og 119 – botn rør
- Punkt 115 og 118 – topp rør
- Punkt 116 og 117 – vegkant







asplan viak