



Kunde: Innlandet fylkeskommune

Prosjekt: Fv27 Øygardssætrin - Bølbekken

Prosjektnummer: D0162305 (AFRY)

Flomberegning og hydraulikkvurdering, Fv27
Øygardssætrin - Bølbekken

Rapport

Vår referanse
Mohammadreza Memarzadehashtiani
Telefon

Dato
12/05/2025
Prosjekt ID
D022988 (AFRY)

Mobil
+4741344840
E-post
Mohammadreza.memarzadehashtiani@afry.com

Rapport ID
RAP-VAO-001-01– Flomberegning og hydraulikkvurdering, Fv27 Øygaardssætrin - Bølbekken

Kunde
Innlandet fylkeskommune

Sammendrag

Denne rapporten inneholder flom- og avrenningsberegninger for prosjektering av en ny kulvert/brukonstruksjon knyttet til Bølbekken-bru, som ligger i Fv. 27, Rondevegen i Ringeby kommune. Ulike statistiske metoder er benyttet til å estimere dimensjonerende flom med tilsvarende 200 års gjentaksintervall i denne rapporten. Beregninger er utført med hensyn til *NVE ny veileder for flomberegninger [6]*, *SVV-N200 veileder for vegbygning [7]* og *SVV-V240 veileder for vannhåndtering [15]*.

Geometridata, terrengmodell, feltegenskaper, avrenningslinjer og flomsoner er hentet fra *NEVINA [1]* og *SCALGO-kartverktøy [2]*. Vær- og klimadataserier (nedbør og temperatur) er hentet fra *Seklima.no [3]*. *NVE-Sildre [4]* og *Seriekart [5]* er benyttet for å hente vannføringsdaserier og målestasjonsegenskaper.

Rapporten beskriver også en detaljert vurdering av ulike kulvert/broalternativer med hensyn til flom og erosjonsfare ved prosjektområdet. En hydrodynamisk simulering (*HEC-RAS*) er benyttet for å vurdere hydrauliske betingelser, oversvømmelse og erosjonsvurdering i prosjektområdet. Vurderinger er utført for eksisterende stikrenne og 5 ulike alternativer i kapittel 5.

I denne rapporten er det beregnet en dimensjonerende 200-årsflom på 7,6 m³/s. I dette utkastet er det vurdert en eksisterende stikrenne, ett 2000 mm rør, ett 2400 mm rør og to 1800 mm rør. Boks-kulvert og halvrør er også vurdert i alternativer 4 og 5.

	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4	Alternativ 5
Dimensjon på stikrenne	2,0 meter rør (3,14 m ²)	2,4 meter rør (4,52 m ²)	2 stk. 1,8.meter rør (6,28 m ²)	Boks-kulvert 3,5*2,8 m. (9,80 m ²)	Halvrør 4*2,5 m.
200 års flom	7,6 m ³ /s	7,6 m ³ /s	7,6 m ³ /s	7,6 m ³ /s	7,6 m ³ /s
Kapasitet rør (uten gjentetting)	7,00 m ³ /s	11,00 m ³ /s	11,5 m ³ /s	23,5 m ³ /s	19,0 m ³ /s
Maks mulig gjentetting	0 meter	0,5 meter	0,3 meter	1,5 meter	1,0 meter
Vannstand (normalt år) i røret	30 cm	25 cm	30 cm	10 cm	15 cm
Oppstuvning	Minimal oppstuvning ved innløp	Ingen oppstuvning ved innløp	Ingen oppstuvning ved innløp	Ingen oppstuvning ved innløp	Ingen oppstuvning ved innløp
Erosjonssikring	Behov for sikringstiltak	Mindre behov for sikringstiltak	Mindre behov for sikringstiltak	Mindre behov for sikringstiltak	Mindre behov for sikringstiltak

Revisjonsoversikt	Versjon	Kontroll	Sign	Godkjenning	Sign
Flomberegning og hydraulikkvurdering	RAP-VAO-001-00	12/06/2025	SM	12/06/2025	SM
Redigering tekst kap. 6	RAP-VAO-001-01	25/11/2025	SM	25/11/2025	SM

Innhold

Sammendrag	2
1 Bakgrunn og formål	5
1.1 Grunnlag	6
1.2 Avrenningslinjer og flomveger.....	7
1.3 Feltbeskrivelse.....	8
1.4 Klima og regional-væranalyse	9
2 Flomberegningsmetoder	12
2.1 Flomfrekvensanalyser (<i>Forenklet lokal + RFFA</i>)	12
2.2 Nedbør-avløpsanalyser	13
3 Valg av returperiode, klima- og sikkerhetsfaktor	13
4 Beregningsresultater	14
4.1 Flomfrekvens <i>RFFA-2018</i> og <i>RFFA-NIFS</i>	14
4.2 Lokal/regional flomfrekvens analyse	15
4.3 Oppsummering av flomberegninger	15
5 Hydraulisk vurdering	16
5.1 Eksisterende stikrenne	17
5.2 Alternativ 1 (Ø2000 mm. rør)	19
5.3 Alternativ 2 (Ø2400 mm. rør)	20
5.4 Alternativ 3 (2 stk. Ø1800 mm. rør).....	21
5.5 Alternativ 4 (boks kulvert 3,5*2,5 meter)	23
5.6 Alternativ 5 (halvrør 4,0*2,5)	24
5.7 Oppsummering fra hydraulisk vurdering	24
6 Flom og erosjonsfare.....	26
6.1 Flomoversvømmelse.....	26
6.2 Erosjon og sediment.....	28
6.3 Erosjonssikringstiltak.....	29
7 Midlertidig anlegg	32
7.1 Kulvertløsning for midlertidig bru.....	33
8 Referanser.....	34
9 Vedlegg.....	35
9.1 Utklipp av NEVINA rapport ved Bølbekken	35
9.2 Oversikt over nedbørsfeltet	36

Figurerer og tabeller

Figur 1: Ringebu kommune (Norgeskart)	5
Figur 2: Bølvatnet og Bølbekken (Norgeskart)	6
Figur 3: Utarbeidet avrenningslinjer ved bruk av SCALGO [2]	7
Figur 4: Nedbørsfelt og feltegenskaper (Utklipp fra SCALGO) [2]	8
Figur 5: Historisk nedbørskart (gjennomsnitt årlig nedbør 1991-2020) – Regionalt og lokalt område. Utklipp fra Senorge.no [8]	9
Figur 6: Prognosert avrenningskart for 2031-2060	10
Figur 7: Beregning av flomfrekvens i lokal/regional området	15
Figur 8: Eksisterende stikrenne, Oppstrøm	17
Figur 9: Eksisterende stikrenne, nedstrøms	18
Figur 10: Utklipp fra HY-8 – 200 års flom, eksisterende rør	18
Figur 11: Vannstand (høydekote moh.) ved Bølbekken - 200 års flom, Ø2000 mm rør	19
Figur 12: Utklipp fra HY-8 – 200 års flom, Ø2000 mm rør	20
Figur 13: Vannstand (høydekote moh.) ved Bølbekken - 200 års flom, Ø2400 mm rør	20
Figur 14: Utklipp fra HY-8 – 200 års flom, Ø2400 mm rør	21
Figur 15: Utklipp fra HY-8 – 200 års flom, 2 stk. Ø1800 mm rør	21
Figur 16: Alternativ med 2 rør	22
Figur 17: Utklipp fra HY-8 – 200 års flom, 3,5*2,4 m. boks-kulvert	23
Figur 18: Utklipp fra HY-8 – 200 års flom, 4*2,5 m. halvør	24
Figur 19: Eksempel for rørplassering med overdekket bunn	25
Figur 20: Flomsone ved Bølbekken (Q_{200} på 7,60 m ³ /s) - Ø2000 mm rør	26
Figur 21: Flomsone ved Bølbekken (Q_{200} på 7,60 m ³ /s) - Ø2400 mm rør	27
Figur 22: Flomsone ved Bølbekken for påregnelig maksimal flom (Q på 10,75 m ³ /s)	27
Figur 23: Vannhastighet ved Bølbekken	28
Figur 24: Planlagt plassering av erosjonssikring	30
Figur 25: Sikring av innløpet	30
Figur 26: Mulig utførelse for erosjonssikring [12] for utløp	31
Figur 27: Mulig plassering og lengdeprofil av midlertidig bru. Profilen er vist fra oppstrøms mot nedstrøms.	33
Figur 28: Dimensjonering av kulvert for midlertidig anlegg (utklipp av HY-8)	33
 Tabell 1: Grunnlagsdata som er benyttet i flomberegninger og hydraulisk vurdering	6
Tabell 2: Informasjon om nærliggende målestasjoner og vassdrag	11
Tabell 3: Arealtyper tilsvarende med hver målestasjon	11
Tabell 4: Gyldighetsintervaller for de ulike metodene for flomfrekvensanalyser (tabell 2.4.1.2 SVV-N200)	12
Tabell 5: Klasse og klassifiseringskriterier for hydrologiske data grunnlag fra håndbok N200 Vegbygning [7]	13
Tabell 6: Sikkerhetsklasse for valg av flom (håndbok N200 Vegbygning [7])	13
Tabell 7: Sikkerhetsfaktor (F_s) for håndtering av usikkerhet ved flomberegninger (håndbok N200 Vegbygning [7])	14
Tabell 8: Benyttet grunnlag og beregnet dimensjonerende flom ved hjelp av RFFA-2018 metoden	14
Tabell 9: HEC-RAS konfigurasjon	19
Tabell 10: Oppsummering fra Hydrauliskvurdering, oversikt over ulike alternativer	25
Tabell 11: Beregnet stabil steinstørrelse, bunn og sidesikring ved oppstrøm og nedstrøm av bru 29	
Tabell 12: Sannsynlighet for flom ut fra forventet levetid og returperiode.	32

Del I - Hydrologi

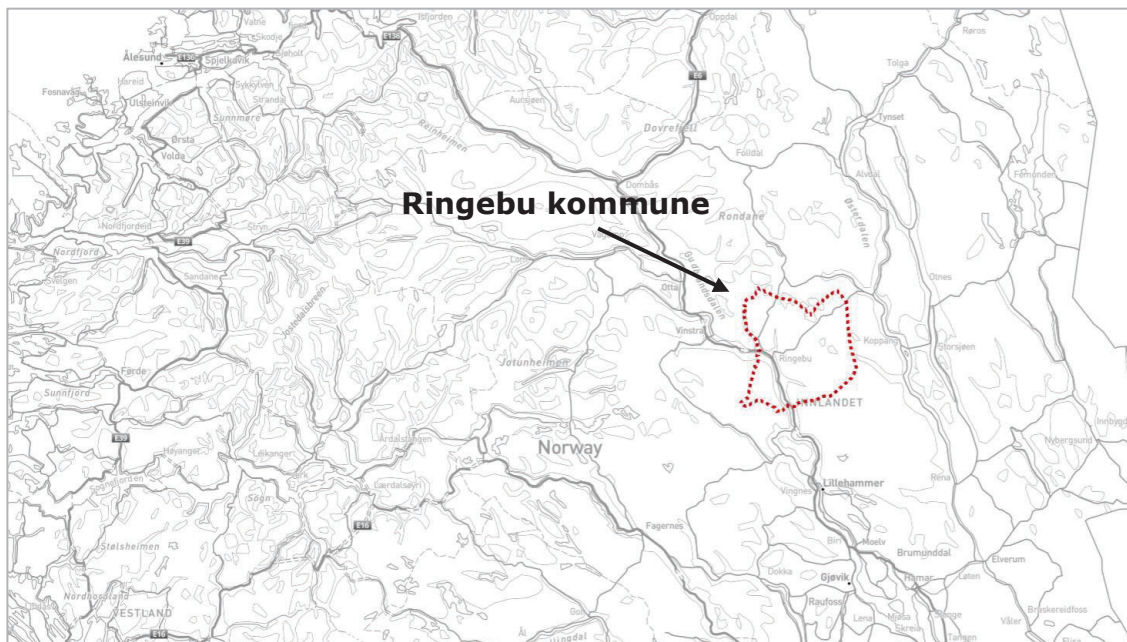
1 Bakgrunn og formål

Innlandet fylkeskommune, avd. Samferdsel, seksjon Veg er ansvarlig for å bygge nye vegtiltak på fylkeskommunens vegnett. Enhet Plan og prosjektering har ansvaret for å utarbeide grunnlaget for utførelse av tiltak – teknisk plan, reguleringsplaner og byggeplaner.

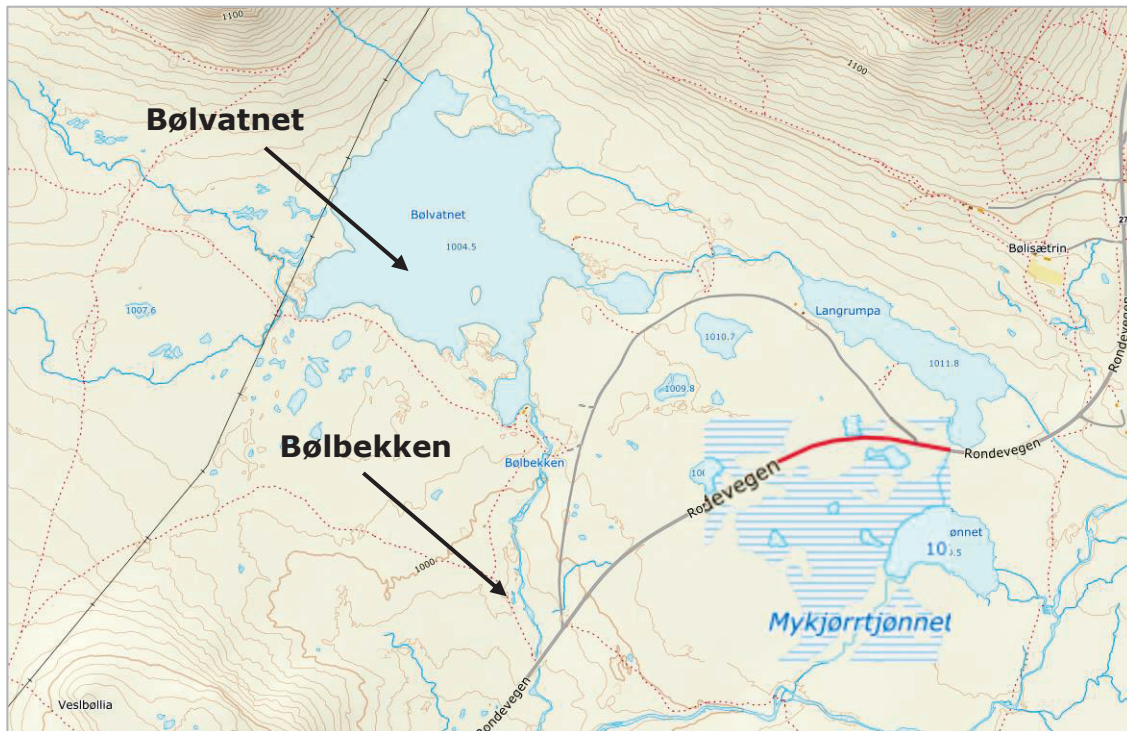
Innlandet fylkeskommune skal utbedre fv. 27 på Venabygdsfjellet på strekningen Øygardssætrin til Bølbekken med hensikt å redusere ulemper knyttet til snødriv og drift av vegen vinterstid. Hensikten er å øke åpen-tida for strekningen i perioder med vind og snø. Ønsket tiltak er heving av vegbanen, kombinert med utslaking av sideterreng. Korrugert stålrør som fører Bølbekken under fylkesvegen skal erstattes med ny bru.

Vegheving skal gjennomføres innenfor fv. 27 S3D1 m 3500-5000. Bølbekken bru ligger på S3D1 m 5076. Evt. (høyde)justering av veglinje forbi Bølbekken bru er tilpasset vegheving videre.

Analysen gjennomført her har til formål å beregne flomvannføring for 200-årsflom og kartlegge avrenningslinjer i planområdet. I denne delen av rapporten vurderes nedbørsfeltet med hensyn til areal, arealtype og infiltrasjon basert på ulike kart, analyseverktøy og gjeldende reguleringsplan. Flomberegningen er gjennomført i samsvar med formelverk og normer utarbeidet av NVE og Statens vegvesen. I beregningene er det benyttet NVEs nye veileder for flomberegning [6] og Statens vegvesens håndbok N200 [7]. Nødvendige tiltak for vegdrenering og vannoppstuvning vurderes videre i denne rapporten. Se vedlagte kart over Bølbekken og Bølvatnet i Figur 1 og Figur 2.



Figur 1: Ringebu kommune (Norgeskart)



Figur 2: Bølvatnet og Bølbekken (Norgeskart)

1.1 Grunnlag

Ulike kilder er benyttet i flomberegninger og hydrauliske analyser. Grunnlaget som er benyttet i denne rapporten er gitt i Tabell 1. Den nyeste oppdateringen av dataene er hentet inn på tidspunktet da denne rapporten ble utført.

Grunnlag	Kilde
Terrengmodell og avrenningslinjer	SCALGO ^[2]
Dataserier til vannføring	NVE.sildre.no ^[4]
Dataserier til temperatur og nedbør	Seklima.met.no ^[5]
Automatisk flomanalyse	NVE.nevina.no ^[1]
IVF-kurver	Seklima.met.no ^[5]

Tabell 1: Grunnlagsdata som er benyttet i flomberegninger og hydraulisk vurdering

1.2 Avrenningslinjer og flomveger

Det er et utarbeidet avrenningslinjekart ved Bølbekken. Kartet er videre benyttet til beregning av nedbørsfeltareal og overflatetype for nedbørsfeltet ved utløpspunktet (utløpspunktet som er benyttet i flomberegningen, er ved Bølbekken). Kartverktøyet SCALGO er benyttet til å kartlegge avrenningslinjer. Se Figur 3.

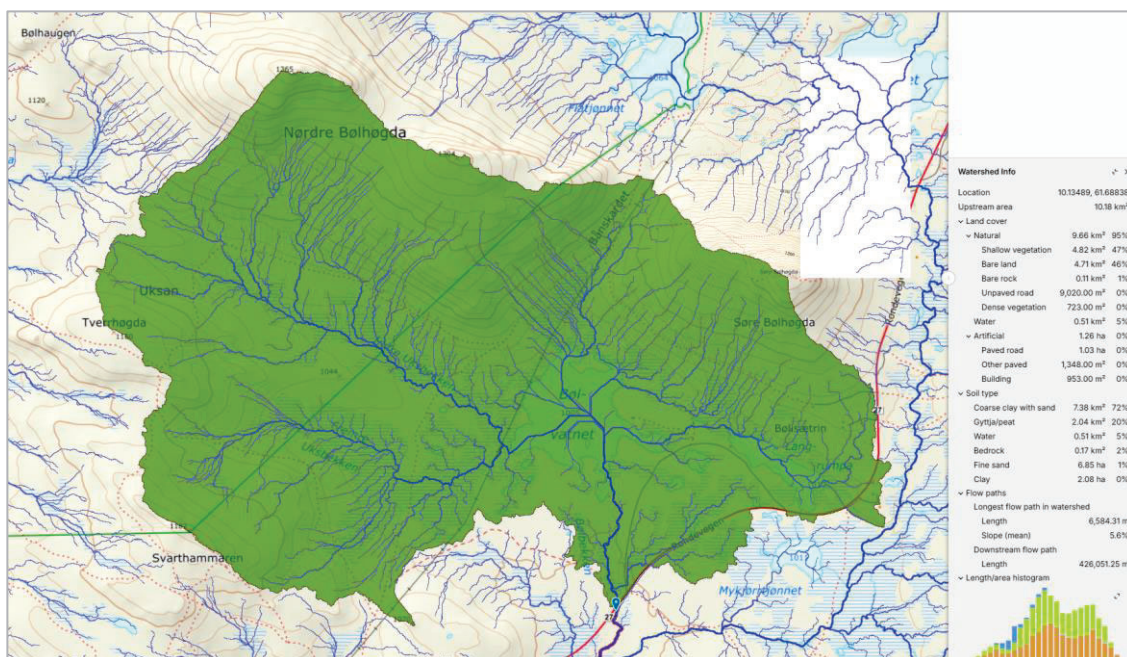


Figur 3: Utarbeidet avrenningslinjer ved bruk av SCALGO [2]

1.3 Feltbeskrivelse

Analyseverktøyet SCALGO er benyttet for å beregne nedbørsfeltareal og feltegenskaper. Nedbørsfeltet dekker et område på 10,18 km², og utløpspunktet ligger ved koordinatene 10.13489, 61.68838 (se figur)¹. Arealbruken består hovedsakelig av naturlig dekke (95%), hvorav 4,82 km² er grunt vegetasjonsdekke, 4,71 km² er bar mark, og 0,51 km² er vann. Det finnes også mindre områder med åpen mark, uasfalterte veier og tette vegetasjonsområder. Kunstig dekke utgjør 1% av området, fordelt på asfalterte veier, annen asfalt og bygninger. Når det gjelder jordtype, dominerer grov leire med sand med 7,38 km² (72%), mens mindre arealer består av gytje/torv (20%), vann, fjellgrunn og finsand (20%), vann, fjellgrunn og finsand.

Dette nedbørsfeltet er benyttet i kapittel 1.4 for å estimere gjennomsnitt avrenning i planområdet ved hjelp av klimavurdering og hydrologiske modellering.



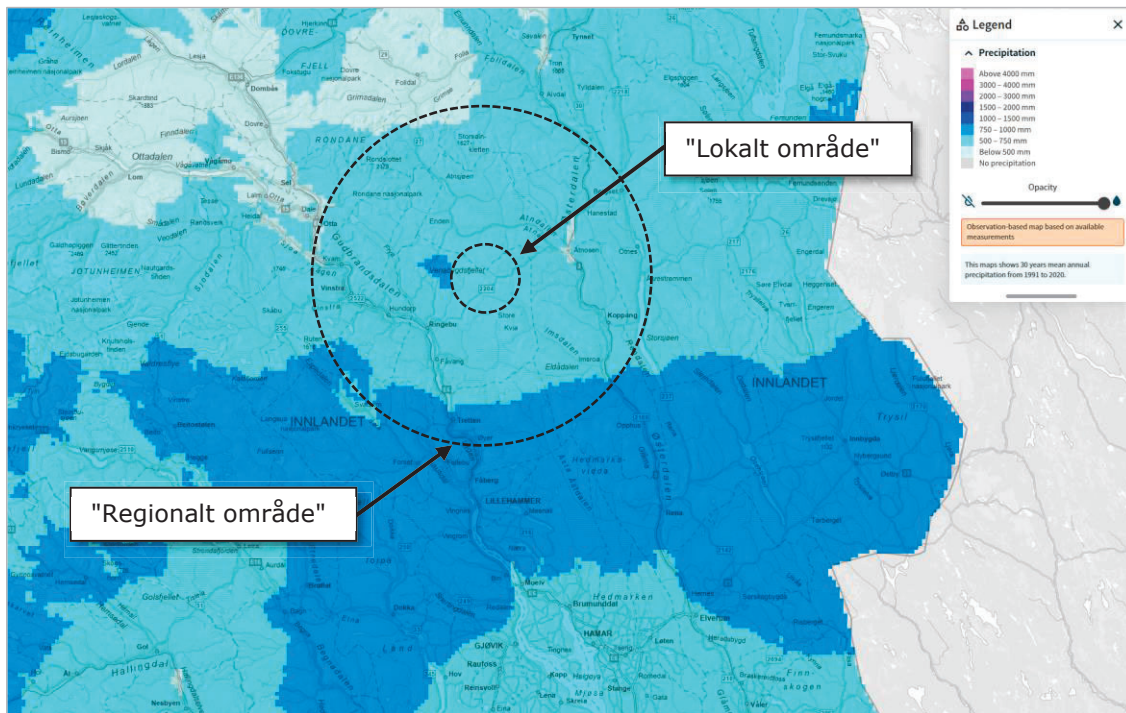
Figur 4: Nedbørsfelt og feltegenskaper (Utklipp fra SCALGO) [2]

¹ Beregning av nedbørsfeltareal iht. NEVINA gir noe mindre areal sammenlignet med SCALGO. I denne rapporten er beregningene fra SCALGO benyttet. Nedbørsfeltarealet er også kvalitetssikret ved bruk av GIS-analyse. Både SCALGO og GIS viser et areal på 10,1-10,2 km².

1.4 Klima og regional-væranalyse

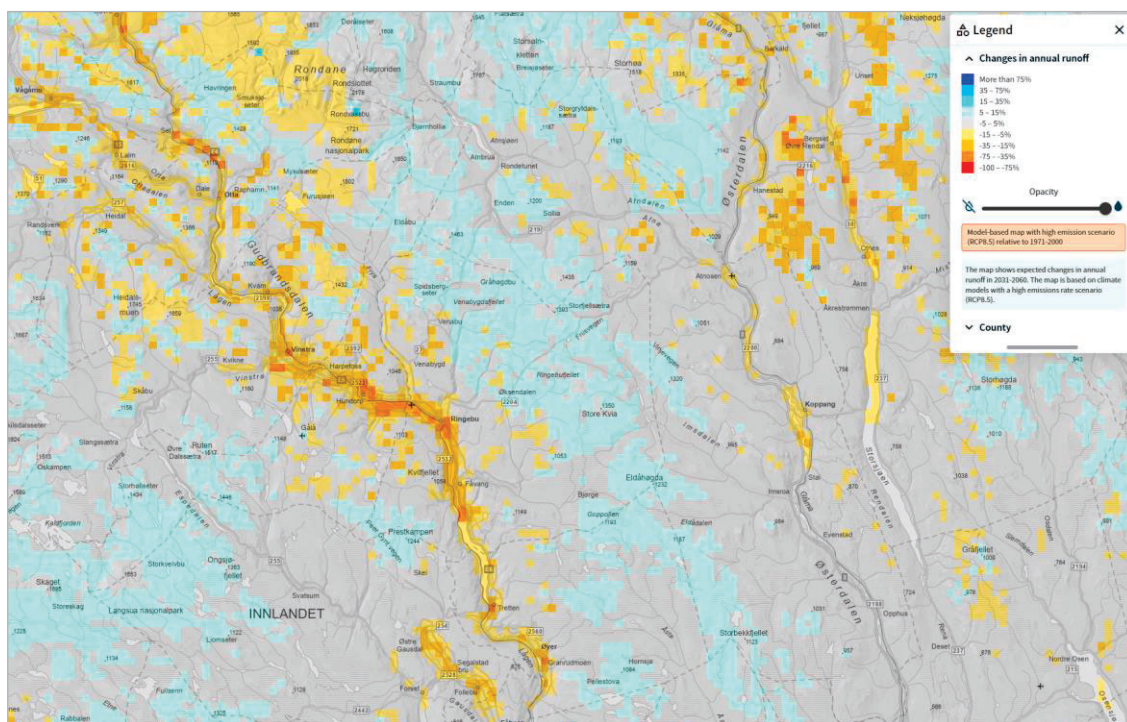
Nedbørsmålestasjonen i Enebakk - Barbøl har historisk data for mer enn 30 år. Gjennomsnittlig nedbør mellom 1991-2020 er mellom 1,36 og 2,05 mm/dag [3].

Beregning av nedbørsmengde er benyttet videre i beregning av flomvannføring, vanndybde i lavpunkter og høyde til bru. Iht. historisk nedbørskart (Figur 5) ligger Bølbekken i et område med normal nedbørsmengde sammenlignet med resten av landet/regionen.



Figur 5: Historisk nedbørskart (gjennomsnitt årlig nedbør 1991-2020) – Regionalt og lokalt område. Utklipp fra Senorge.no [8]

På grunn av temperaturstigning og klimaendringer, særlig i regionene sør og øst i Norge, forventes det ifølge NVE mindre nedbør og avrenning i perioden 2031–2060. Likevel er fremtidige klimaendringer vurdert med klimafaktor i flomberegningen. Se avrenningskart for 2031–2060 i Figur 6.



Figur 6: Prognosert avrenningskart for 2031–2060

På grunn av manglende vannmålestasjon i, eller i nærheten av prosjektområdet er en lokal avrennings- og feltvurdering gjennomført for å estimere gjennomsnittlig vannmengde/avrenning i prosjektområdet. Med hensyn til historisk nedbørsvurdering er det antatt at målestasjonene og vassdragene i nærheten av Bølbekken (med lokalt nedbørsfelt) har samme hydrologiske forhold. Derfor er 17 ulike nærliggende målestasjoner benyttet for fastsetting av avrenningsmengde i prosjektområdet. Informasjon om hver målestasjon er oppgitt i Tabell 2.

stationName	Fylke	latitude	longitude	Distance to prosjekt (km)
Losna	Innlandet	61.33	10.28	40.20
Nye Stai	Innlandet	61.47	11.04	54.01
Barkaldfoss	Innlandet	61.98	10.90	51.47
Eide	Innlandet	61.61	9.72	23.30
Lalm	Innlandet	61.82	9.27	47.53
Lomnessjø	Innlandet	61.73	11.20	56.44
Aulestad	Innlandet	61.22	10.27	53.08
Dølplass	Innlandet	62.19	10.45	58.41
Mistra bru	Innlandet	61.71	11.24	58.41
Unsetåa	Innlandet	61.95	11.08	57.47
Grimsmoen	Innlandet	62.12	10.07	48.10
Atnasjø	Innlandet	61.85	10.22	18.75
Frya bru	Innlandet	61.70	9.95	9.72
Rosten	Innlandet	61.86	9.40	42.81
Atnasjø	Innlandet	61.85	10.22	18.75
Søndre Imssjøen	Innlandet	61.55	10.66	31.93
Faukstad	Innlandet	61.71	9.43	37.49

Tabell 2: Informasjon om nærliggende målestasjoner og vassdrag

	Standard deviation	1.58	3.92	0.39	12.94	1.23	17.28	0.05	10.30
	Average	1.83	5.70	0.34	32.98	2.33	48.91	0.04	20.75
stationName	lengthKmRiver	percentAgricul	percentBog	percentEffLake	percentForest	percentLake	percentMountain	percentUrban	specificDischarge (l/s*km ²)
Losna	178.83	2.52	3.37	0.19	25.55	3.91	56.79	0.12	23.11
Nye Stai	255.50	2.21	7.70	0.07	42.70	2.82	36.35	0.11	10.43
Barkaldfoss	184.20	2.60	8.71	0.13	37.33	3.58	37.71	0.11	8.63
Eide	126.45	2.08	1.40	0.12	20.86	3.09	65.01	0.10	24.32
Lalm	130.80	1.38	0.63	0.42	14.56	3.77	70.44	0.05	30.03
Lomnessjø	74.25	2.32	7.30	0.34	54.10	1.29	31.17	0.00	53.82
Aulestad	96.89	6.44	13.68	0.05	57.95	2.41	7.93	0.11	18.55
Dølplass	97.96	1.59	6.11	0.08	25.13	1.44	56.02	0.05	10.74
Mistra bru	67.84	0.00	13.10	0.05	51.68	0.91	27.66	0.00	19.79
Unsetåa	45.93	0.97	7.42	0.09	40.48	0.97	46.61	0.00	15.66
Grimsmoen	71.04	3.03	5.11	0.19	32.08	0.96	47.25	0.00	12.27
Atnasjø	60.39	0.43	2.16	1.08	22.23	1.73	68.21	0.00	22.34
Frya bru	28.02	0.41	8.44	1.13	29.44	4.04	51.96	0.00	19.46
Rosten	82.83	3.38	1.86	0.03	22.10	1.42	67.55	0.05	15.83
Atnasjø	60.39	0.43	2.16	1.08	22.23	1.73	68.21	0.00	22.34
Søndre Imssjøen	20.90	0.25	5.32	0.29	38.76	1.20	49.66	0.00	21.62
Faukstad	99.36	1.15	2.36	0.48	23.48	4.32	59.08	0.00	23.74

Tabell 3: Arealtyper tilsvarende med hver målestasjon

I henhold til feltegenskaper for hver målestasjon oppgitt i Tabell 2, består alle feltene stort sett av skog og naturlig terreng. Disse feltene har en avrenning mellom 8,63 l/s*km² og 53,82 l/s*km². På grunn av et relativt høyt standardavvik i spesifikk avrenning er det i denne rapporten lagt vekt på bruk av nærliggende målestasjoner for å bedre ivareta lokale forhold. Dette gir et **gjennomsnitt avrenning på 21,2 l/s*km²**.

2 Flomberegningsmetoder

Det finnes ulike metoder som kan benyttes for flomberegninger, men generelt kan metodene inndeles i to hovedgrupper: flomfrekvensanalyser og nedbør-avløpsanalyser. Flomfrekvensanalyser kan utføres på observerte flomdata fra enkeltstasjoner, beregnede vannføring tidsserier eller eventuelt konstruerte dataserier. Flomfrekvensmetoden kan også benyttes til ulike typer av regionale flomfrekvensanalyser som utføres for et begrenset antall stasjoner i en liten region, eller for et større antall stasjoner for et stort geografisk område.

I denne rapporten er det benyttet ulike flomfrekvensanalyser iht. SVV-N200, SVV-V240 og NVE veileder for flomberegning 2022. Iht. SVV-N200 for et prosjekt med gode hydrologiske datagrunnlag (10-25 års) bør en *forenklet lokal + RFFA-NIFS* benyttes for å estimere dimensjonerende flom ved prosjektområdet.

Tabell 2.4.1.2—1 — Gyldighetsintervaller for de ulike metodene for flomfrekvensanalyser						
Antall år med data		Nedbør-feltareal (km ²)	Metode for beregning av middel/medianflom	Vekstkurve	Forholdstall	Metode for FFA
Findata	Døgndata					
0	0	≥ 60	RFFA-2018	RFFA-2018	RFFA-2018	Regional
		< 60	RFFA-NIFS	RFFA-NIFS	-	Regional
0	10	≥ 60	Forenklet lokal + RFFA-2018	RFFA-2018	RFFA-2018	Kombinert
		< 60	RFFA-NIFS	RFFA-NIFS	-	Regional
10	10	≥ 60	Forenklet lokal + RFFA-2018	RFFA-2018	Fra observasjoner	Kombinert
		< 60	Forenklet lokal + RFFA-NIFS	RFFA-NIFS	-	Kombinert
10-25	10-25	≥ 60	Full lokal + RFFA-2018	Full lokal + RFFA-2018	Fra observasjoner	Kombinert
		< 60	Forenklet lokal + RFFA-NIFS	RFFA-NIFS	-	Kombinert
10-25	> 50	≥ 60	Full lokal + RFFA-2018	Full lokal + RFFA-2018	Fra observasjoner	Kombinert
		< 60	Forenklet lokal + RFFA-NIFS	RFFA-NIFS	-	Kombinert
> 25	> 25	Alle	Full lokal	Full lokal	-	Lokal

Tabell 4: Gyldighetsintervaller for de ulike metodene for flomfrekvensanalyser (tabell 2.4.1.2 SVV-N200)

2.1 Flomfrekvensanalyser (*Forenklet lokal + RFFA*)

Ved å benytte et vektet gjennomsnitt av lokale flomdata og *RFFA*, og kombinere det med vekstkurve fra *RFFA-2018* eller *RFFA-NIFS* kan man beregne indeksflom. For en forenklet lokal *RFFA*+ *RFFA* kan man benytte *NEVINA* ved å manuelt legge inn en kort serie med årsflommer. Det er implementert to ulike analyser i *NEVINA*: *forenklet lokal + RFFA-NIFS* (brukes for små felt og kulminasjonsdata) og *forenklet lokal + RFFA-2018* (brukes for større felt med døgndata). Når man gjør en regional flomfrekvensanalyse, vil man kunne redusere usikkerheten betydelig ved bruk av selv korte lokale dataserier.

2.2 Nedbør-avløpsanalyser

Det er to relativt kjente metoder for flomberegning, dette er nedbør-avløpsmetoden, kjent som *PQRUT-metoden* for større felt (mer enn 2 km²). *PQRUT-metoden* (Precipitation-Runoff-Urbanized Terrain) er en hydrologisk modell som benyttes til å simulere nedbør- og avløpsprosesser i urbane områder, og spesielt for å beregne flomvannføring i nedslagsfelt. Metoden kombinerer nedbørsdata, landbrukstekniske faktorer, samt urbane forhold for å gjøre realistiske beregninger av flomrisiko.

I denne rapporten er ingen nedbør-avløpsanalyser er benyttet for flomberegninger.

3 Valg av returperiode, klima- og sikkerhetsfaktor

Klima- og sikkerhetsfaktoren er valgt basert på tabell 2.4.1.1-1 og 2.4.1.1-2 i Statens vegvesens Håndbok N200 for Vegbygging [7]. Ifølge håndboken skal det for små nedbørsfelt på 10–60 km² benyttes **en klimafaktor (F_k) på 1,4 i Innlandet**.

For anlegg med en levetid over 50 år skal sikkerhetsfaktoren baseres på kvaliteten av hydrologiske data, usikkerhet i flomberegninger, og omkjøringsmuligheter på veien. Ulike klassifiseringskriterier for hydrologiske data er vist i tabell 4. På grunn av eksisterende vær- og klimamålestasjoner i nærheten av planområdet, er klasse 2 valgt, med et godt hydrologisk datagrunnlag og observasjoner. Den tilhørende sikkerhetsfaktoren er også vist i tabellen. Med hensyn til ulike ÅDT (årsdøgntrafikk) i planområdet, er det valgt en **sikkerhetsfaktor på $F_s = 1,1$ i flomberegninger**.

Klasse	Klassifiseringskriterier
1	Godt hydrologiske datagrunnlag, med observasjoner i vassdraget
2	Brukbart hydrologiske datagrunnlag, med observasjoner i eller nært vassdraget
3	Brukbart hydrologisk datagrunnlag, men store gradienter i spesifikke flomstørrelser
4	Begrenset hydrologisk datagrunnlag
5	Begrenset hydrologisk datagrunnlag og store gradienter i spesifikke flomstørrelser i områder

Tabell 5: Klasse og klassifiseringskriterier for hydrologiske data grunnlag fra håndbok N200 Vegbygging [7]

Vegkategori	Sikkerhetsklasse for veg	
	Med omkjøringsmulighet	Uten omkjøringsmulighet
ÅDT: 0-500	V1	V2
ÅDT: 501-4000	V2	V3
ÅDT: >4000	V3	V3
Atkomstveger til kritisk infrastruktur i sikkerhetsklasse F3 i TEK 17 (uavhengig av ÅDT)	V3	V3
Gang-/sykkelveger ^a	Settes til samme klasse som for veg i samme trasé	Settes til samme klasse som for veg i samme trasé

^a Gang-/sykkelveg regnes å være i samme trasé som vegen når de begge krysser samme vassdrag og ev. flomskader vil berøre dem begge. Der hvor gang-/sykkelvegen ikke ligger i samme trasé som vegen, velges sikkerhetsklassen ut fra lokale forhold, inkl. faren for følgeskader på veger og øvrig infrastruktur.

Tabell 6: Sikkerhetsklasse for valg av flom (håndbok N200 Vegbygging [7])

Sikkerhetsklasse av veg påvirket av flom	Kvalitet på det hydrologiske datagrunnlaget		
	Klasse 1	Klasse 2 eller 3	Klasse 4 eller 5
V1	1,0	1,1	1,2
V2	1,1	1,2	1,3
V3	1,2	1,3	1,4

Tabell 7: Sikkerhetsfaktor (F_s) for håndtering av usikkerhet ved flomberegninger (håndbok N200 Vegbygning [7])

4 Beregningsresultater

På grunn av kompleks veggeometri og avrenningslinjer over prosjekt området, er flomberegningen gjennomført for ulike punkter over prosjektområdet. Ved bruk av nedbør-avløpsmetoder omregnes nedbør i et gitt nedbørfelt til vannføring ved utløpet av feltet. Alle overflatedata er hentet av SCALGO kan ses i Figur 4. Dimensjonerende flom er beregnet basert på formel 2.4.1.1-1 i SVV Håndbok N200 for Vegbygging.

$$Q_{dim,T} = Q_T * F_k * F_s$$

Hvor:

$Q_{dim,T}$: Dimensjonerende flomvannføring for returperiode T (m^3/s)

Q_T : Beregnet flomvannføring for returperiode T med dagens klima (m^3/s)

F_k : Klimafaktor for flomvannføring for fremtidige klimaendringer

F_s : Sikkerhetsfaktor for usikkerhet ved beregning av flomvannføring

4.1 Flomfrekvens RFFA-2018 og RFFA-NIFS

Beregninger gjennomført med framgangsmåte anbefalt av NVE for felt < 60 km² (iht. NEVINA) [1]. Gjennomførte beregninger med denne metoden er vist i Tabell 8. Flomberegninger med denne metoden gir døgnmiddelvannføring. Døgnmiddelflommen er beregnet iht. NVE Retningslinjer for flomberegninger 4/2011 [16]. Beregnet 200 års flom ved bruk av RFFA-2018 metoden er til **4,84 m³/s inkl. F_k og S_f** .

Parameter	Verdi
Nedbørsfeltareal (km ²)	9,00
Effektiv sjø (A_{SE}) (%)	4,2
Avrenning (l/s*km ²)	16,4
Absolutt vannføring (m ³ /s)	0,15
Middelflom (m ³ /s)	1,8
Klimafaktor, K_f	1,4
Usikkerhetsfaktor, S_f	1,1
Dimensjonerende døgnmiddelflom, Q200 inkl. K_f og S_f(m³/s)	4,84

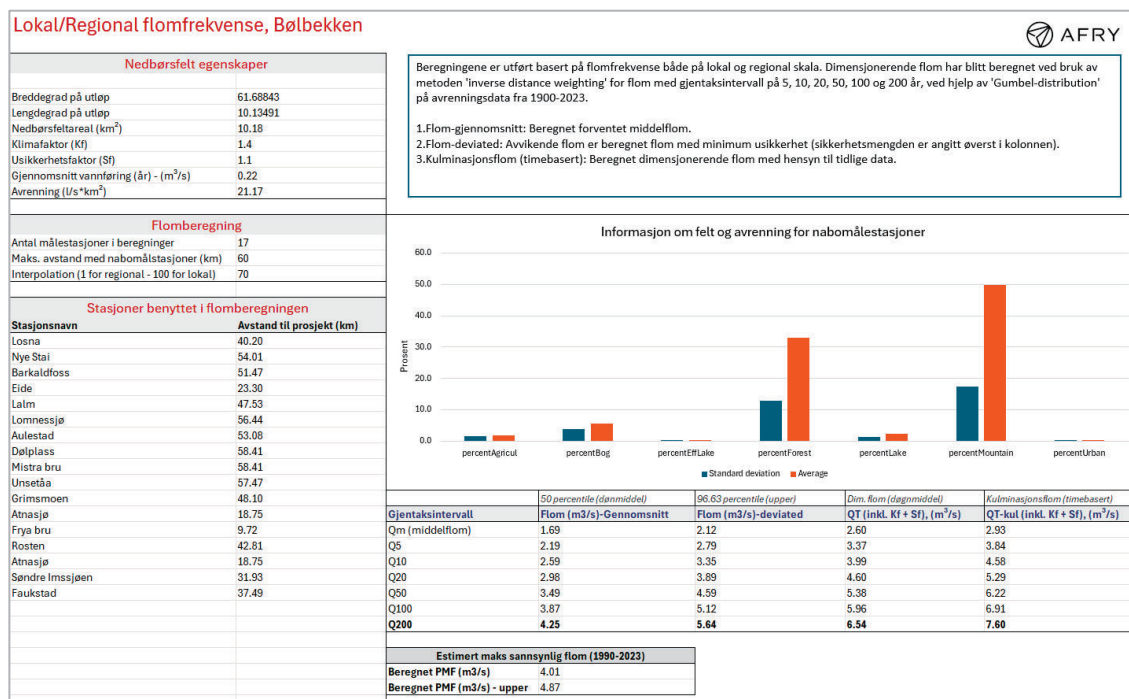
Tabell 8: Benyttet grunnlag og beregnet dimensjonerende flom ved hjelp av RFFA-2018 metoden

Gjennomførte beregninger ved bruk av NEVINA gir en kulminasjons verdi på **10,23 m³/s inkl. F_k og S_f** for 200 års flom. Denne verdien er beregnet av NIFS-2015 metoden.

4.2 Lokal/regional flomfrekvens analyse

På grunn av relativt stor usikkerhet i flomberegninger ved bruk av *RFFA-2018* metoden, er det benyttet en regional/lokal flomanalyse. Flere nærliggende vannføringsmålestasjoner er inkludert i analysen. Resultatene fra beregningene er validert og kontrollert ved hjelp av ulike valideringsmetoder (for eks. NVE-vær og avrenningskart) for å sikre en pålitelig dimensjonerende 200-årsflom.

Flomanalyse med fokus på lokal/regional flomfrekvens er gjennomført, og ekstrapolert ved hjelp av Gumbel-Distribution. Denne metoden gir en dimensjonerende 200-års flom på **ca. 6,54 m³/s, inkl. Klimafaktor og sikkerhetsfaktor (døgnmiddel). Kulminasjons flomvannføring med denne metoden er beregnet til 7,60 m³/s inkl. K_f og S_f .**



Figur 7: Beregning av flomfrekvens i lokal/regional området.

4.3 Oppsummering av flomberegninger

Flomberegninger utarbeidet med nedbør-avløpsmodellen har relativt høy usikkerhet. Slike modeller må kalibreres med målte felldata. På grunn av mangel på målte felldata nær Bølbekken bru er resultatene fra denne metoden ikke presise. Derfor er lokal/regional flomanalyse benyttet i beregningen av dimensjonert kulminasjon 200-års flom. Dimensjonerende kulminasjon 200-års flom ved Bølbekken er beregnet til **7,60 m³/s, inkludert klimafaktor og sikkerhetsfaktor.**

Bølvatnet kan ha betydelig effekt på flomvannføringen nedstrøms. Hvis flommen skjer akutt og plutselig, kan magasinet virke som flomdempendemagasin. For lengre flomhendelser er flomeffekten fra Bølvatnet ganske liten. I denne rapporten er effekten av flomdemping neglisjert.

DEL II - Hydraulikk

5 Hydraulisk vurdering

2D hydraulisk modellering ved bruk av *HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers-River Analysis System)* er et verktøy som brukes til å simulere og analysere vannstrømmen i elver, bekker og andre hydrauliske systemer. I motsetning til tradisjonelle 1D-modeller som bare tar hensyn til strømmen langs en enkelt linje, tar 2D-modellering hensyn til den variasjonen av strømningshastigheter, dybder og andre hydrauliske parametere over hele tverrsnittets areal [11].

HEC-RAS benytter en rutenettbasert tilnærming for å dele studieområdet inn i et nettverk av celler, og skaper en 2D-nettstruktur. Programvaren løser de fulle ligningene for fluiddynamikk for å simulere hydraulikken i systemet. Dette muliggjør en mer nøyaktig fremstilling av strømningsmønstre, vannoverflateprofiler, hastigheter og andre hydrauliske egenskaper [11].

I frispeilstrømning (som er benyttet i 2D hydraulikk modellering) er vannføringen produktet av vannhastighet og strømtverrsnitt, som derfor er innbyrdes avhengige størrelser, men ingen av dem kan velges fritt for en gitt vannføring. Strømningshastigheten, vanddybden og helningen på vannspeilet i strømrretningen avhenger av bunnens helning, hvor ru eller glatte bunn og sider er og om topografien i vannløpet er regelmessig eller har kurver, innsnevringar eller utvidelser av tverrsnittet som gir ekstra energitap [13].

5.1 Eksisterende stikrenne

Eksisterende stikrenne har noe rust i bunnen. Tilstanden til selve stikrennen er generelt god, uten hindring og redusert kapasitet på grunn av massetransport på bunnen. Betongkonstruksjonen ved innløpet har sprekker og tegn på korrosjon ved enkelte steder.

Dagens stikrenne har en dimensjon på 3,5 * 2,27 meter (B*H). Stikrennen har tilstrekkelig kapasitet for fremtidig 200-årsflom. Beregnet maksimum kapasitet på røret er 14,5 m³/s før vannet stuves opp.

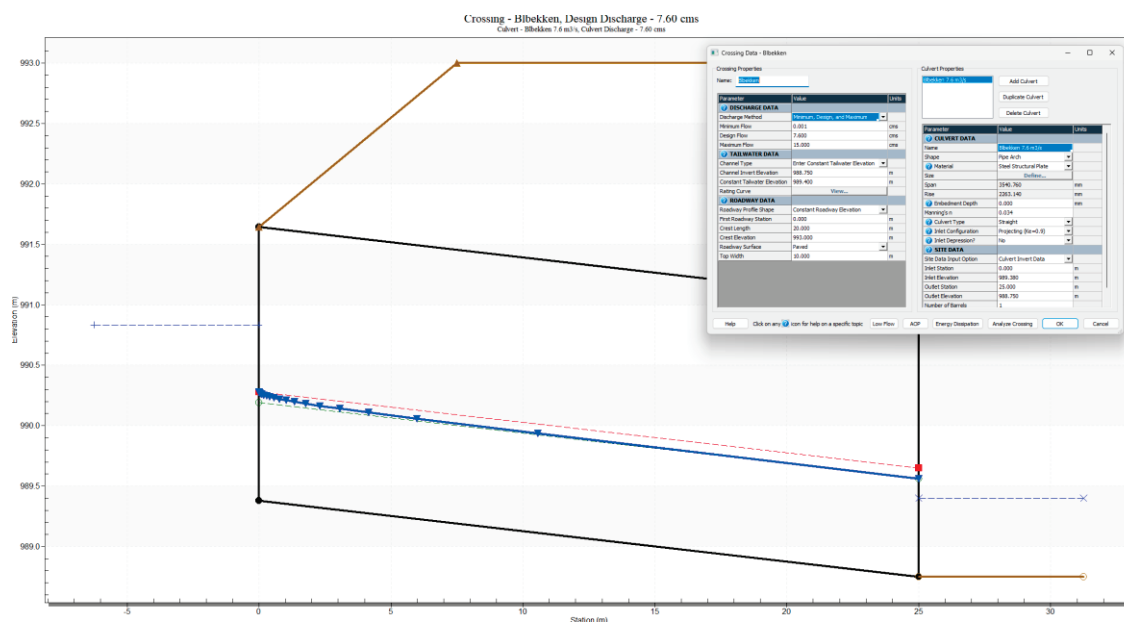
Gjennomsnittlig vannstand i et normalår er 15 cm.



Figur 8: Eksisterende stikrenne, Oppstrøm



Figur 9: Eksisterende stikrenne, nedstrøms



Figur 10: Utklipp fra HY-8 – 200 års flom, eksisterende rør

5.2 Alternativ 1 (Ø2000 mm. rør)

Det er gjennomført en 2D hydrodynamisk simulering ved Bølbekken. Simuleringer utført er en 2D analyse ved hjelp av *HEC-RAS* 6.7. Kulvert/stikrenne kan også beregnes i *HEC-RAS*. I denne analysen er det planlagt en kulvert med en dimensjon på 2,0 m (se kapittel 7.1). *HEC-RAS* kan estimere området med sannsynlig oversvømmelse.

Resultater viser ingen fare for oversvømmelse på Rondevegen, men vannet stues opp ved innløpet på maks flomvannføring.

Parameter	Verdi
Beregningsmetode	Unsteady shallow water equation - SWE-ELM (original faster)
Beregningsperiode	48 timer
Beregningsintervall	1 sekund
Maks. vannføring	7,60 m³/s
Ruhetskoeffisient	0,06
Beregningsoppløsning	10*10
Kalibrering	Ikke utført
Geometri	Hentet fra Høydedata.no (1*1)

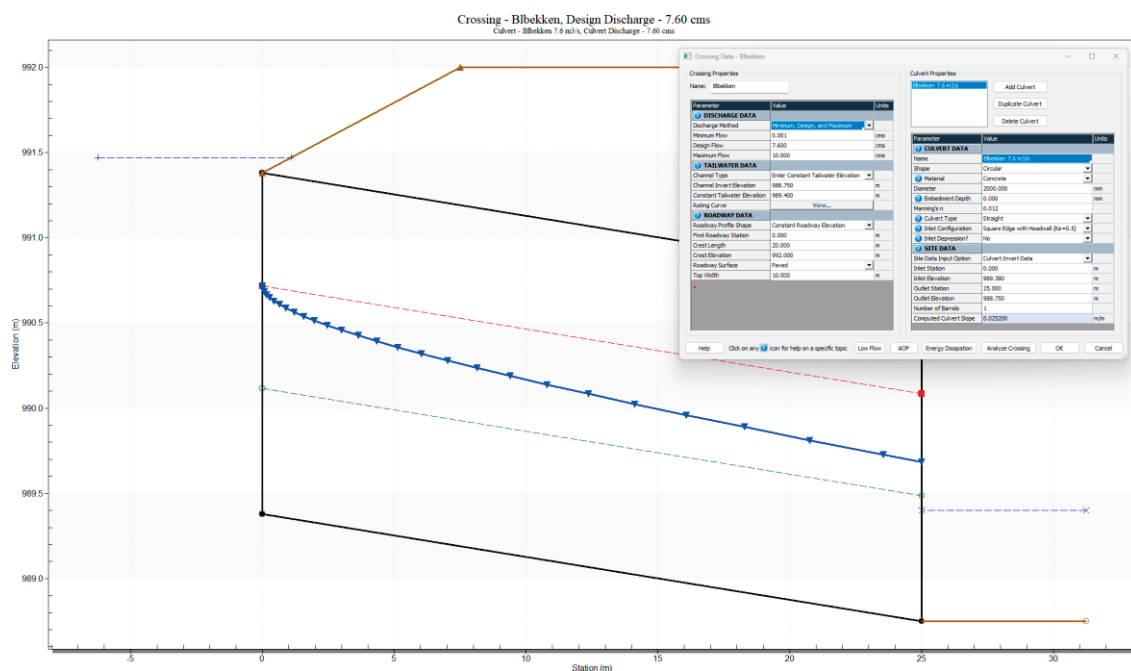
Tabell 9: HEC-RAS konfigurasjon



Figur 11: Vannstand (høydekote moh.) ved Bølbekken - 200 års flom, Ø2000 mm rør

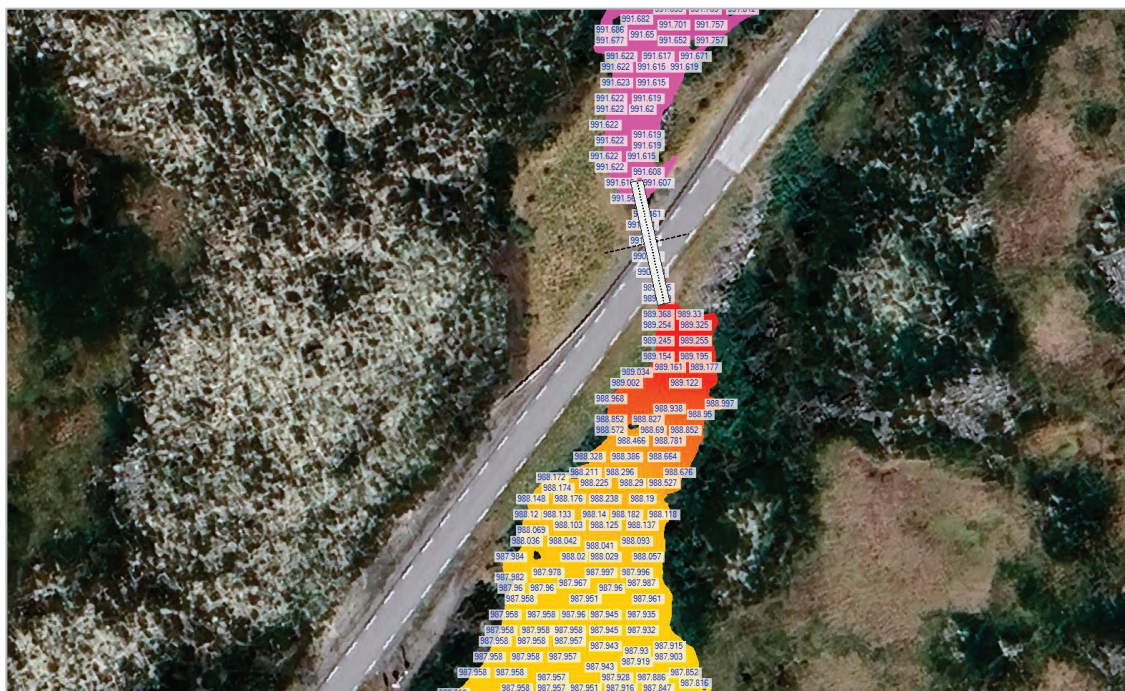
Kulverten er også beregnet med programvare *HY-8* for å sikre beregninger utført av *HEC-RAS*. Beregninger er utført for ett stk. 2,0 m. rør ved Bølbekken.

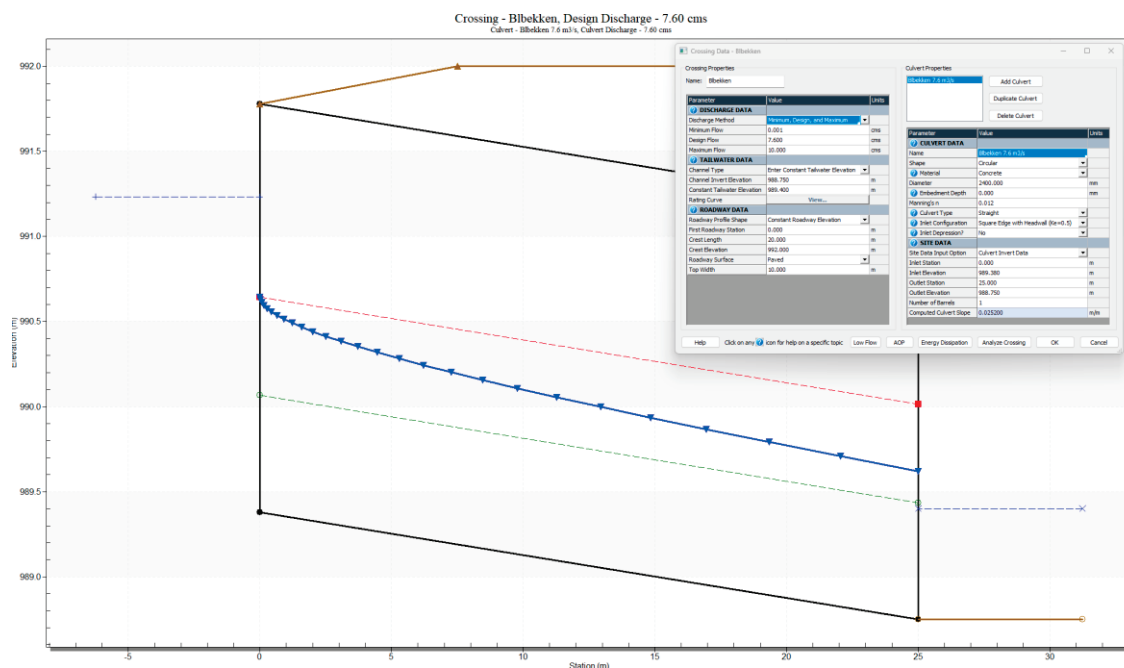
Beregninger for ett stk. Ø2000 mm. rør viser en minimal oppstuvning ved innløpet av stikrenne. Selv om vannet ikke flommer over Rondevegen, er det viktig å sikre innløpsarealet med erosjonssikringstiltak (mur eller steinsatt plastring) for å unngå erodering ved større flomhendelser.



5.3 Alternativ 2 (Ø2400 mm. rør)

I dette alternativet er ett stk. Ø2400 mm (innvendig) rør planlagt. Beregninger for dette alternativet viser ingen oppstuvning enten ved innløpet eller Rondevegen. Derfor er det ikke nødvendig med større erosjonssikringstiltak rundt innløp.

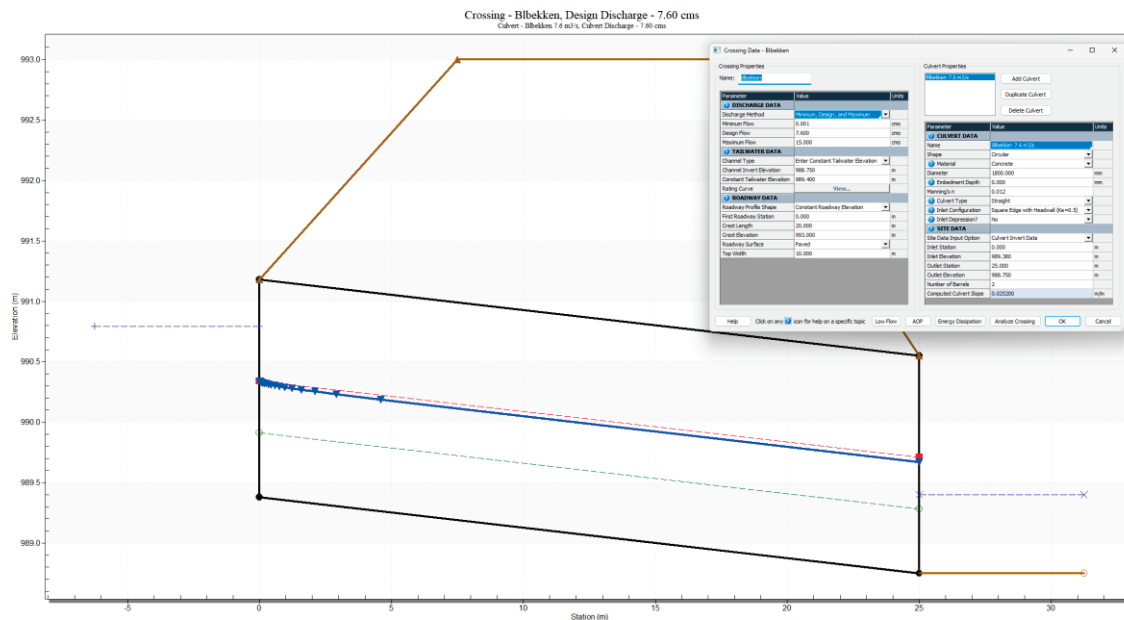




Figur 14: Utklipp fra HY-8 – 200 års flom, Ø2400 mm rør

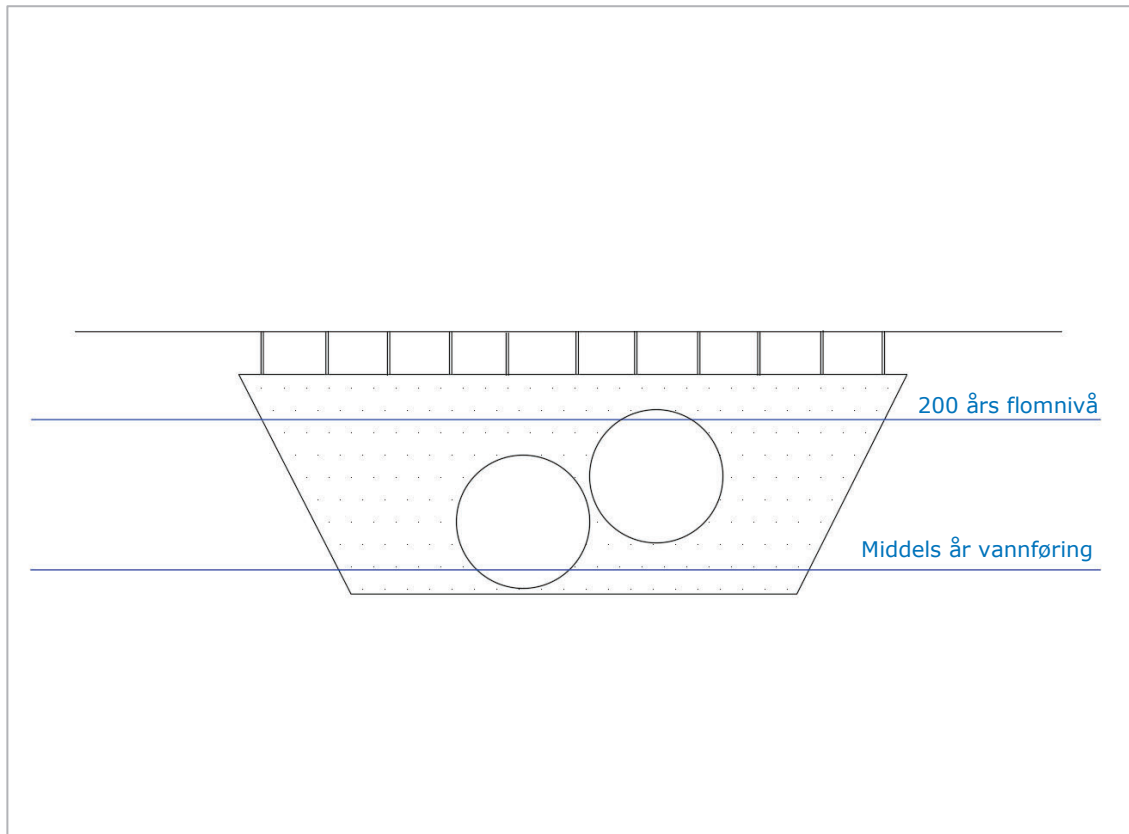
5.4 Alternativ 3 (2 stk. Ø1800 mm. rør)

Dette alternativet er planlagt med 2 stk. Ø1800 mm stikkrenner. Beregninger viser ingen oppstuvning ved innløpet, derfor er det ikke nødvendig med større erosjonssikringstiltak rundt innløp.



Figur 15: Utklipp fra HY-8 – 200 års flom, 2 stk. Ø1800 mm rør

I dette alternativet anbefaler vi at innløpet for det ene røret plasseres lavere enn det andre røret. I dette tilfellet vil vannet først strømme gjennom røret med lavest innløpshøyde for å sikre tilstrekkelig vannstand for fisk. Deretter vil vannet dreneres gjennom det andre røret dersom flomvannføringen overstiger innløpet til det første røret.

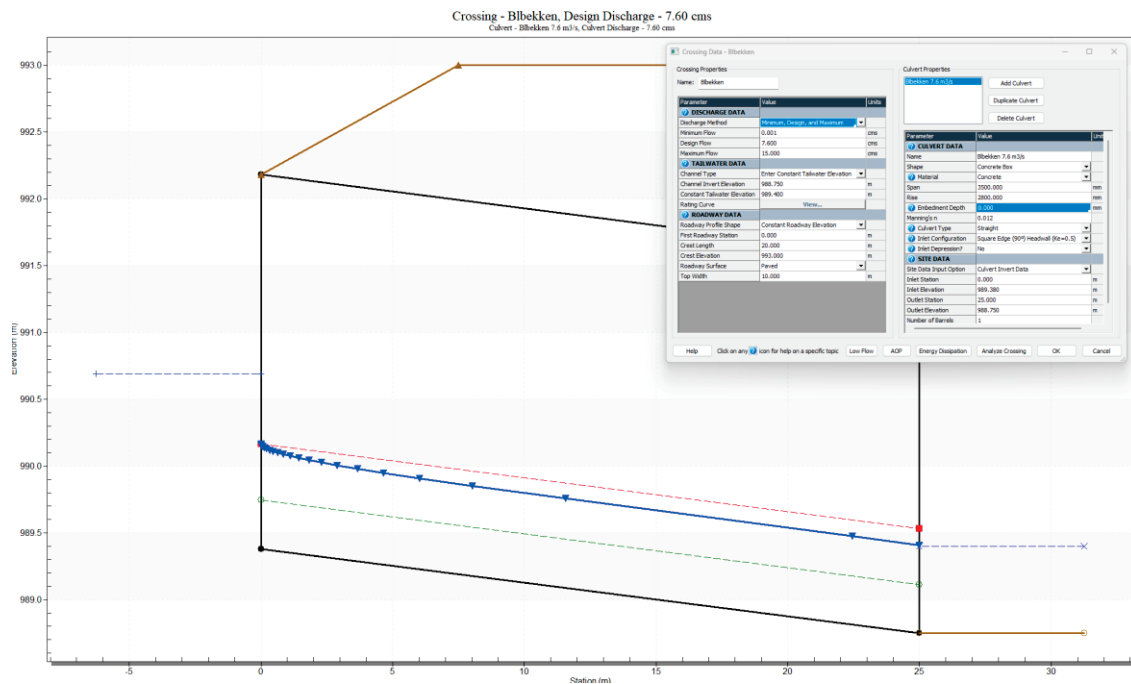


Figur 16: Alternativ med 2 rør

5.5 Alternativ 4 (boks kulvert 3,5*2,5 meter)

Det er også gjennomført en kapasitetsvurdering for en boks-kulvert på 3,5 * 2,5 meter (B * H). Kulverten har tilstrekkelig kapasitet for dimensjonerende 200-årsflom, og det er ingen oppstuvning ved innløpet.

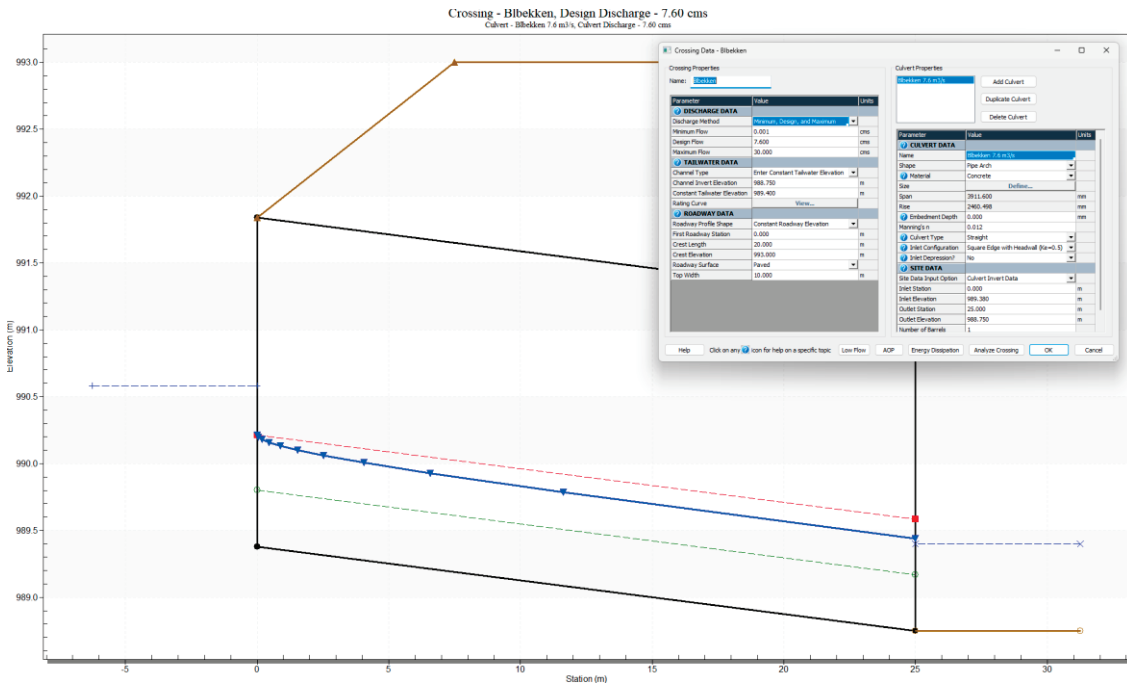
På grunn av den relativt store bredden på kulverten, kan vanddybden ved bunnen bli redusert i normalår. Dette alternativet er derfor overdimensjonert og anbefales ikke for fiskeførende bekk.



Figur 17: Utklipp fra HY-8 – 200 års flom, 3,5*2,4 m. boks-kulvert

5.6 Alternativ 5 (halvrør 4,0*2,5)

Alternativet med halvrør er vurdert som ett rør med dimensjon på 4,0 * 2,5 m (B * H). For dette alternativet har røret tilstrekkelig kapasitet for en dimensjonerende 200-årsflom, med en kapasitet på ca. 19 m³/s. Bunn på røret kan senkes (eller fylt) med opptil ca. 1,00 meter.



Figur 18: Utklipp fra HY-8 – 200 års flom, 4*2,5 m. halvrør

5.7 Oppsummering fra hydraulisk vurdering

Vurderingene av de hydrauliske forholdene i stikkrennen er utført ved hjelp av to ulike metoder: en hydrodynamisk modell utviklet i HEC-RAS og en numerisk simulering gjennomført i HY-8. Beregningene viser at ett rør med diameter 2,4 meter er tilstrekkelig ved Bølbecken. For Ø2000 mm. rør utføring av erosjonssikringiltak ved innløpet er nødvendig. Alternativ 2 viser ingen oppstuvning etter 200 års flom ved innløpet og vegen. Derfor for alternativ 2 er det ikke behov for store sikringstiltak ved innløpet.

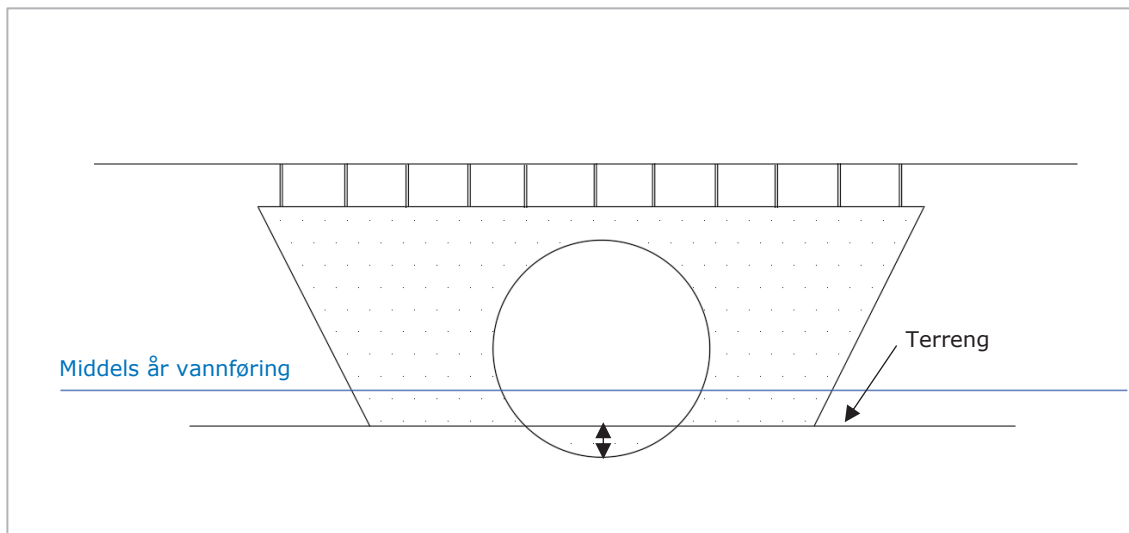
Beregningene er gjennomført uten å inkludere en gjentettingsgrad i stikkrennen. Etter dialog med fylkeskommunen og en vurdering av massestransportpotensialet, er det konkludert med at Bølvatnet kan fungere som et oppsamlingsområde for sedimenter fra de tilknyttede nedbørsfeltene. Nedbørsfeltet består i hovedsak av fjell og tette vegetasjonsområder, noe som reduserer erosjonspotensialet. Det vurderes derfor at det ikke er behov for å inkludere en gjentettingsgrad i dimensjoneringen av stikkrennen ved Bølbecken.

På grunn av økt vannhastighet langs røret, dersom naturlig bunn skal planlegges i røret, terskler kan benyttes/vurderes for å få til naturlig bunn. Alternativer 2 og 3 har tilstrekkelig kapasitet for gjenfylling (se Tabell 10) på 0,5 og 0,3 meter. Derfor bunn på røret for alternativ 2 og 3 kan plasseres på lavere kote enn terrengbunn (Figur 19).

	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4	Alternativ 5
Dimensjon på stikrenne	2,0 meter rør (3,14 m ²)	2,4 meter rør (4,52 m ²)	2 stk. 1,8.meter rør (6,28 m ²)	Boks-kulvert 3,5*2,8 m. (9,80 m ²)	Halvrør 4*2,5 m.
Innløp/utløp	989.38 moh./988.60 moh.	989.38 moh./988.60 moh.	989.38 moh./988.60 moh.	989.38 moh./988.60 moh.	989.38 moh./988.60 moh.
Manningskoeffisient	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
Beregningsmetode	Saint-Venant equation	Saint-Venant equation	Saint-Venant equation	Saint-Venant equation	Saint-Venant equation
200 års flom	7,6 m ³ /s	7,6 m ³ /s	7,6 m ³ /s	7,6 m ³ /s	7,6 m ³ /s
Kapasitet rør (uten gjentetting)	7,00 m ³ /s	11,00 m ³ /s	11.5 m ³ /s	23,5 m ³ /s	19,0 m ³ /s
Maks mulig gjentetting	0 meter	0,5 meter	0,3 meter	1,5 meter	1,0 meter
Vannstand (normalt år) i røret	30 cm	25 cm	30 cm	10 cm	15 cm
Oppstuvning	Minimal oppstuvning ved innløp	Ingen oppstuvning ved innløp	Ingen oppstuvning ved innløp	Ingen oppstuvning ved innløp	Ingen oppstuvning ved innløp
Erosjonssikring	Behov for sikringstiltak	Mindre behov for sikringstiltak	Mindre behov for sikringstiltak	Mindre behov for sikringstiltak	Mindre behov for sikringstiltak

Tabell 10: Oppsummering fra Hydrauliskvurdering, oversikt over ulike alternativer

Iht. hydrauliske beregninger, det nødvendige minimumsarealet for bru/rør for å håndtere en 200-årsflom er ca. 3,5 m².



Figur 19: Eksempel for rørplassering med overdekket bunn

DEL III – Områdestabilitet

6 Flom og erosjonsfare

6.1 Flomoversvømmelse

Det er relativt lav sannsynlighet for vannoppstuvning over Rondevegen ved en dimensjonerende flom (Q_{200}) på $7,60 \text{ m}^3/\text{s}$. Ved en stikkrenne med diameter på 2,0 meter oppstår noe oppstuvning, som dreneres langs Rondevegen, men denne vannmengden utgjør ingen risiko for infrastrukturen i prosjektområdet (Figur 20). Beregninger er utført ved hjelp av *HEC-RAS*.



Figur 20: Flomsone ved Bølbekken (Q_{200} på $7,60 \text{ m}^3/\text{s}$) - Ø2000 mm rør

NVE sitt aktsomhetskart for flom viser at området ligger innenfor et område med risiko for oversvømmelse. Hydrauliske beregninger viser at vannet vil strømme langs vegen nedstrøms dersom flommen overstiger kapasiteten i stikkrennen, eller dersom stikkrennen blir tett. Med en planlagt heving av dagens veg med én meter, vurderes risikoen for oversvømmelse av vegen som liten. Videre har vi testet eksisterende terreng under en stor flomhendelse. I denne analysen flommer ikke vannet over vegen, men følger vegen i grøfta langs veien.

Flomsone ved alternativ 2 (Ø2400 mm. rør) er gitt i Figur 21.



Figur 21: Flomsone ved Bølbekken (Q_{200} på $7,60 \text{ m}^3/\text{s}$) - Ø2400 mm rør

Det er også gjennomført en hydraulisk vurdering dersom en kraftig flomhendelse skjer ved prosjektområdet (påregnelig maksimal flom). Oppstuvning er testet for en flomvannføring på $10,75 \text{ m}^3/\text{s}$ (Figur 22).



Figur 22: Flomsone ved Bølbekken for påregnelig maksimal flom (Q på $10,75 \text{ m}^3/\text{s}$) med planlagt Ø2400 mm rør

6.2 Erosjon og sediment

Geometrien på oppstrøms side viser et lavt til moderat erosjonspotensial med tanke på vannhastighet. Likevel er det risiko for erosjon nedstrøms for Rondevegen, der vannhastigheten kan nå opptil 2,7 m/s. Det anbefales derfor å etablere erosjonssikring nedstrøms stikkrennen. Tiltaket kan utføres ved plastring med stein av tilstrekkelig stabil størrelse langs elvebunnen og elvebreddene. Beregninger for erosjonssikring og valg av stabil steinstørrelse er gitt i kapittel 6.3.

Det vurderes som lite potensial for sedimenttransport i området oppstrøms for Bølbekken. Ved befaring ble det observert at området hovedsakelig består av fjell og tett vegetasjon med lav/moderat helning. I tillegg fungerer Bølvatnet som et sedimentbasseng for nedbørfeltet tilknyttet Bølbekken.



Figur 23: Vannhastighet ved Bølbekken

6.3 Erosjonssikringstiltak

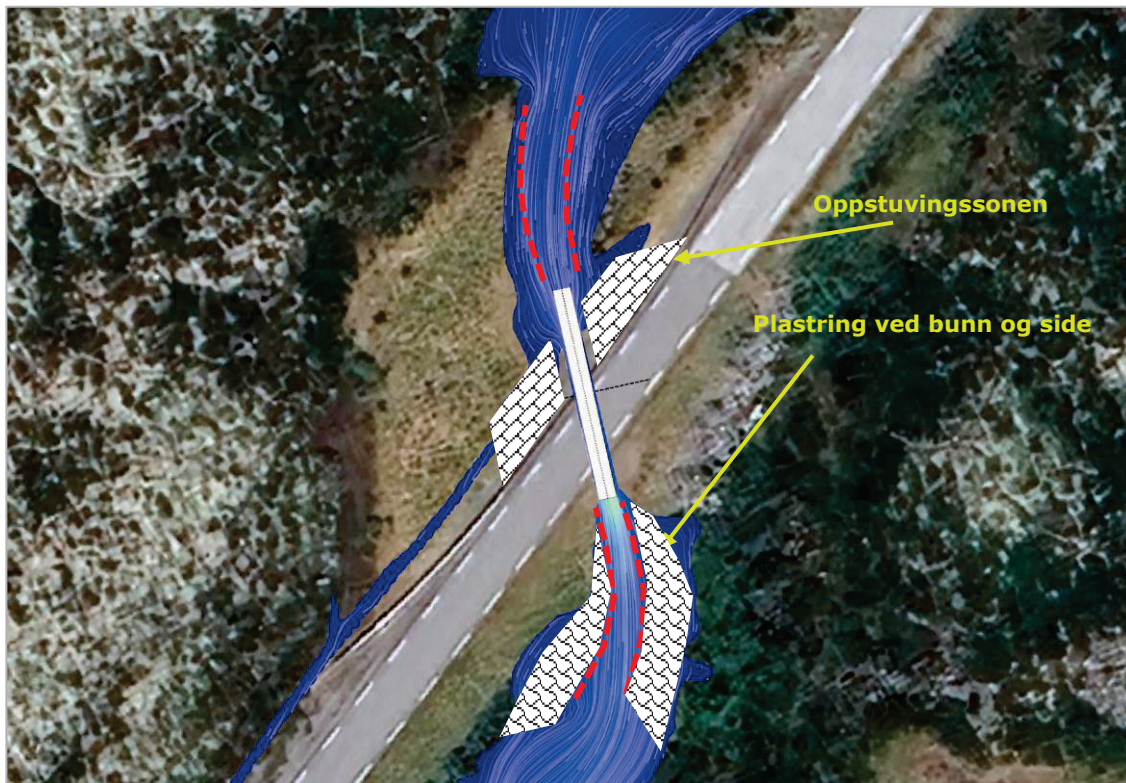
Det er gjennomført vurdering av erosjon under og oppstrøms/nedstrøms av stikrenne. Det er beregnet stabil steinstørrelse for kritiske punkter oppstrøms og nedstrøms av kulverten (se Tabell 11). Beregninger for stabil steinstørrelse er utført ifølge *NVE-veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein, 4/2009* [12]. Beregningene er utført ved hjelp *Maynords metoden* for slake bekker/elver iht. *NVE Sikringshåndboka* [14].

Det anbefales å gjennomføre erosjonssikringstiltak nedstrøms stikkrennen, der vannhastigheten kan øke til 2,7 m/s. Tiltaket kan utføres ved plastring med steinblokker langs bunn og sider nedstrøms.

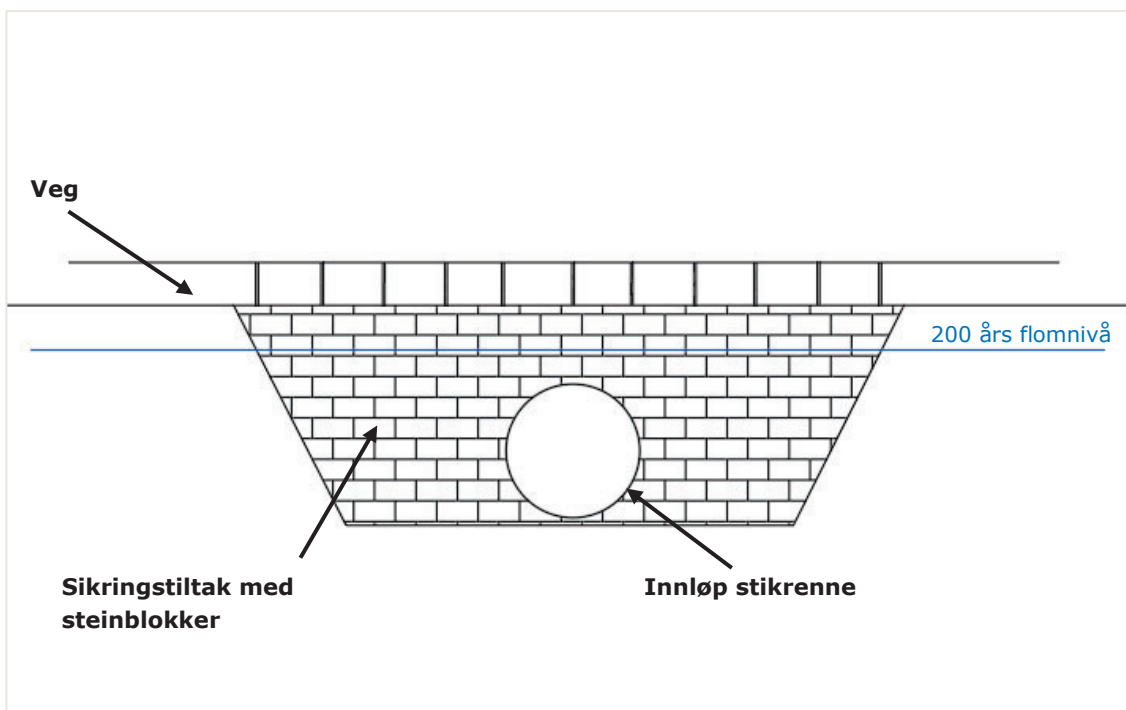
For Alt. 2 og 3 bør det etableres tilstrekkelig sikring for å sikre vegfyllingen mot vanninntrenging. Det vil være et større behov for sikring ved valg av Alt. 1. Plastring med steinblokker må utføres både oppstrøms og nedstrøms av kulverten. Anbefalte stabil steinstørrelse er gitt i Tabell 11.

Parameter	Verdi	
Max vannhastighet (m/s) - (ved bruk av HEC-RAS)	Oppstrøms: 1,0 Nedstrøms: 2,7	
Bredde av hovedløp (m)	6,0	
Gjennomsnittlig vanndybde (m)	1,0	
Sideskråning (1: n)	2	
Fall (promille)	0	
Sikkerhetsfaktor (Sf)	1,1	
Stabilitetskoeffisient (Ss)	0,3	
Spesifikk tetthet (S) - kg/m ³	2600	
Koeffisient for skråningshelling	0,7	
	Alt. 1	Alt. 2, 3 og 4
Stabil steinstørrelse, D ₁₅ (m)	0,17	0,25
Stabil steinstørrelse, D ₅₀ (m)	0,28	--
Stabil steinstørrelse, D ₈₅ (m)	0,36	0,42
Stabil steinstørrelse, D _{max} (m)	0,42	0,56
Tykkelse (m)	0,42	0,42
Tiltakstype	Plastring med steinblokker	

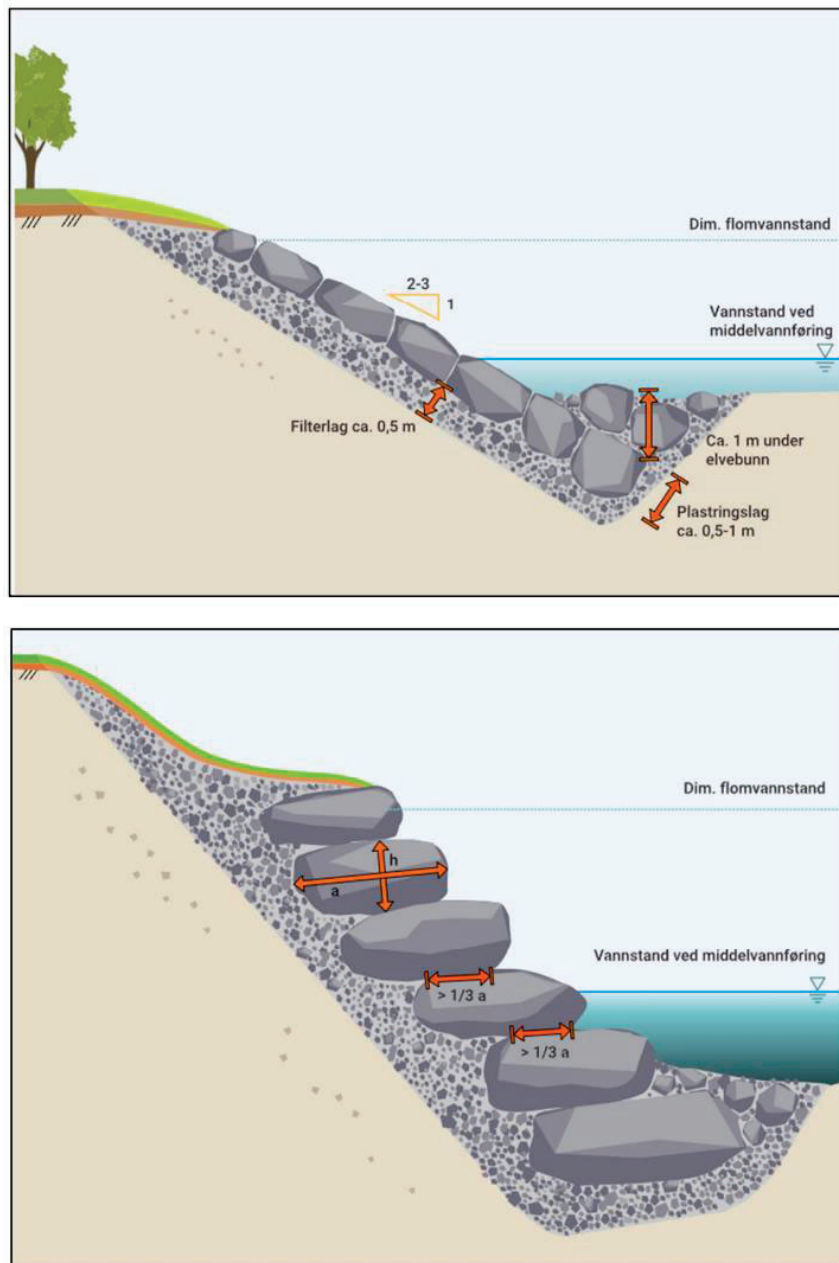
Tabell 11: Beregnet stabil steinstørrelse, bunn og sidesikring ved oppstrøm og nedstrøm av bru



Figur 24: Planlagt plassering av erosjonssikring



Figur 25: Sikring av innløpet



Figur 26: Mulig utførelse for erosjonssikring [12] for utløp

7 Midlertidig anlegg

Iht. SVV V240 anbefales det å gjøre en vurdering av levetiden til anlegget ved valg av returperiode. Det anbefales å anta at permanente anlegg har en levetid på 50 år. Sannsynligheten for at et anlegg med en gitt levetid (T_L) rammes av flom med returperiode (T) er gitt ved:

$$P_s = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^{T_L} \quad (5.2-1)$$

I formelen er P_s sannsynlighet for at verdien inntreffer minst én gang i løpet av levetiden [-], T er Returperiode for flomverdien [år] og T_L er Levetid [år].

I prosjektet er den permanente brua dimensjonert for en flom med en returperiode på 200 år. Med en forventet levetid (T_L) på 50 år, blir sannsynligheten for flom ut fra forventet levetid lik 0,22. Den samme sannsynligheten for at flom inntreffer antas å være den samme for den midlertidige brua. Ved å anta at byggefasen for Bølbekken varer i 6 måneder, blir returperioden (T) beregnet til ca. 3 år. For en 200-års flom (returperiode likt 200 år), er det beregnet en flomverdi lik 7,60 m³/s inkludert klimafaktor 1,4.

Forventet levetid (T_L)	Returperiod (T)						
	1 år	2 år	5 år	10 år	50 år	100 år	200 år
1 år	1,00	0,50	0,20	0,10	0,02	0,01	0,01
2 år	1,00	0,75	0,36	0,19	0,04	0,02	0,01
5 år	1,00	0,97	0,67	0,41	0,10	0,05	0,02
10 år	1,00	1,00	0,89	0,65	0,18	0,10	0,05
50 år	1,00	1,00	1,00	0,99	0,64	0,39	0,22
100 år	1,00	1,00	1,00	1,00	0,87	0,63	0,39
200 år	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,87	0,63

Tabell 12: Sannsynlighet for flom ut fra forventet levetid og returperiode.

For å beregne en flom for en returperiode på 3 år ved Bølbekken, er en fullstendig flomberegning for Q_m til Q_{200} utført. Det ble brukt en regresjon metode for å beregne flomverdi med returperiode på 3 år. **Dette resulterte i en dimensjonerende vannføring for midlertidig Bølbekken lik 3,16 m³/s.**

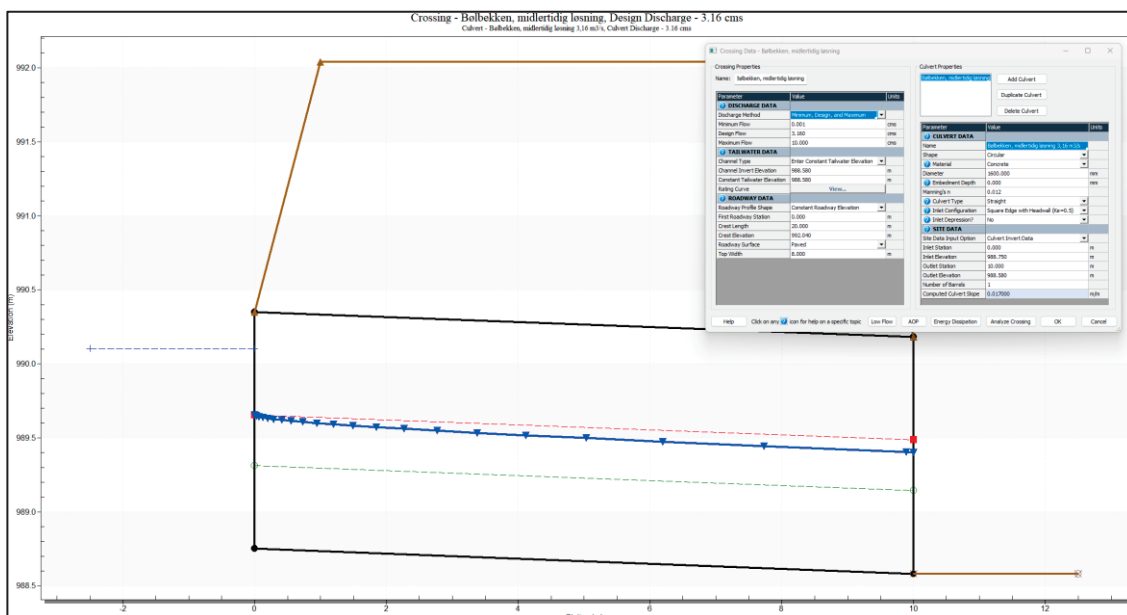
7.1 Kulvertløsning for midlertidig bru

I denne rapporten er HY-8 benyttet for å dimensjonere stikkrenne for midlertidig bruløsning. En midlertidig bru skal bygges ved siden av eksisterende Bølbekken (Figur 27). **Midlertidig bru er dimensjonert med ett stk. sirkulært betongrør med diameter på 1600 mm. Lengden på stikkrenne er satt til 10 meter. En løsning med åpen bekk forbi byggegrop kan også være aktuelt. Endelig løsning for anleggsfasen bestemmes i lag med entreprenør.**



Figur 27: Mulig plassering og lengdeprofil av midlertidig bru. Profilen er vist fra oppstrøms mot nedstrøms.

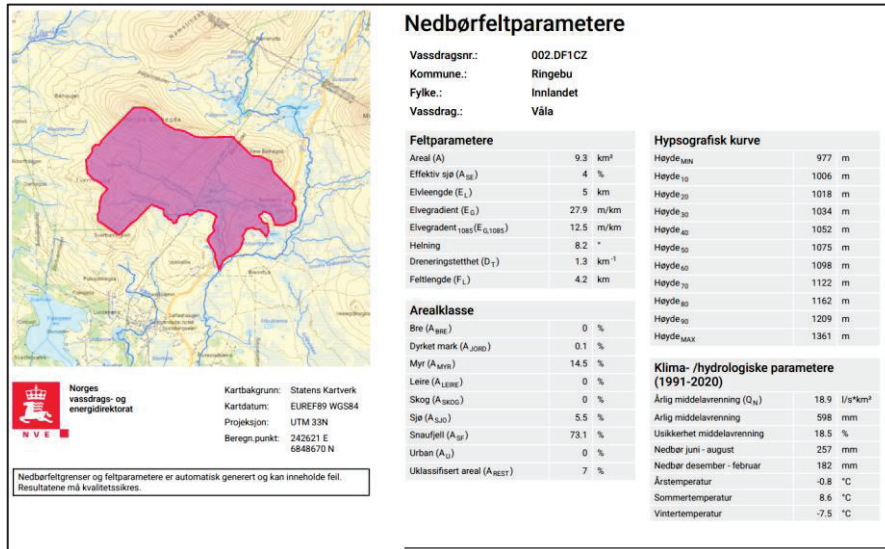
Beregnet dimensjon for midlertidig bruløsning er vist i Figur 28.



Figur 28: Dimensjonering av kulvert for midlertidig anlegg (utklipp av HY-8)

8 Referanser

- [1] NEVINA (Nedbørfelt- og vannføringsindeksanalyse),
<https://nevina.nve.no/>
- [2] *Global geographic digitization*,
<https://scalgo.com/>
- [3] Seklima: Observasjoner og værstatistikk,
<https://seklima.met.no/>
- [4] Vannstand, vannføring og vanntemperatur hydrologiske data,
<https://sildre.nve.no/>
- [5] Seriekart, hydrologiske tidsserier
<https://seriekart.nve.no/>
- [6] Veileder for flomberegninger, Nr.1/2022, Per Alve Glad, Seija Stenius, Ann-Live Øye Leine, Thomas Væringstad, Erik Holmqvist, Mads-Peter Jakob Dahl, Elise Trondsen,
https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022_01.pdf
- [7] Grunnleggende tekniske normalen for bygging av veg i Norge (N200-Vegbygging),
<https://viewers.vegnorm.vegvesen.no/product/859942/nb>
- [8] maps of snow-, weather- and water conditions as well as climate history and climate scenarios for Norway.
<https://www.senorge.no/infoAboutSeNorge>
- [9] Statens Vegvesen, 2020. *Håndbok V240 (Vannhåndtering)*
- [10] HY-8 Culvert Analysis Program,
http://wmsdocs.aquaveo.com/HY-8_UserManual_v7.5.pdf
- [11] Hydrologic Engineering Center's (CEIWR-HEC) River Analysis System (HEC-RAS), two-dimensional unsteady flow calculations, sediment transport/mobile bed computations,
<https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/rastraining/latest/hec-ras-classes/2d-unsteady-flow-2021>
- [12] Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein, 4/2009, Lars Jenssen, NTNU Einar Tesaker, Tesaker vann AS,
https://publikasjoner.nve.no/veileder/2009/veileder2009_04.pdf
- [13] Vassdragshåndboka, Håndbok i vassdragsteknikk, Redigert av Tharan Fergus, Knut Aune Hoseth og Einar Sæterbø, 2010
- [14] NVE veiledere for erosjonssikring, Sikringshåndboka
<https://veiledere.nve.no/sikringshandboka/>
- [15] Statens vegvesen vegnorm N-V240 Vannhåndtering
<https://viewers.vegnorm.vegvesen.no/product/859977/nb>
- [16] Retningslinjer for flomberegninger, 4/2011
[NVE Retningslinjer 4/2011: Retningslinjer for flomberegninger](#)

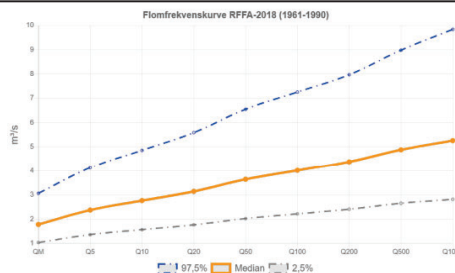
**Regional flomberegning 1961 - 1990**

Vassdragsnr.: 002.DF1CZ
Kommune.: Ringebo
Fylke.: Innlandet
Vassdrag.: Våla
Nedbørfeltareal: 9.00 km²

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

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

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



RFFA-2018

Tidssoppløsning	Døgn	-
Indeksfom (Q _M): Medianfom	198 l/s/km ²	-
Klimapåslag	0 %	-
Kulminasjonsfaktor	1.09	-
Tidssoppløsning	Kulminasjon	-
Indeksfom (Q _M): Middelfom	241 l/s/km ²	-
Klimapåslag	40 %	-
Annet		
Tilsløpform	Nei	-

RFFA-2018 (døgnmiddel)

	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q ₁₀₀₀ -klima
Flomfremvarsfaktor (Q _T / Q _M)	1	1.33	1.55	1.76	2.04	2.25	2.46	2.74	2.96	-
Flomverdi, m³/s	1.8	2.4	2.8	3.1	3.6	4.0	4.4	4.9	5.3	4.4
Flom usikkerhet (97.5%), m³/s	3.1	4.1	4.9	5.6	6.6	7.3	8.0	9.0	9.8	-
Flom usikkerhet (2.5%), m³/s	1.0	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	2.8	-
Urban (A _U)										-

NIFS (kulminasjon)

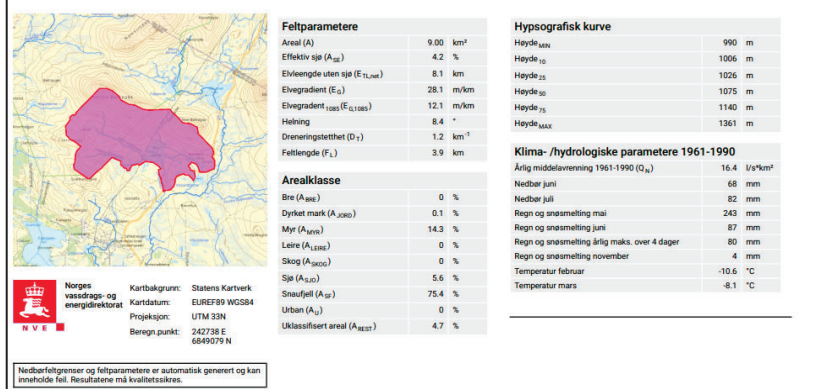
	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q ₁₀₀₀ -klima
Flomfremvarsfaktor (Q _T / Q _M)	1	1.26	1.52	1.80	2.23	2.61	3.06	3.76	4.39	-
Flomverdi, m³/s	2.2	2.7	3.3	3.9	4.8	5.7	6.6	8.2	9.5	9.3
Flom usikkerhet (97.5%), m³/s	3.9	5.0	6.1	7.4	9.4	11.3	13.3	16.3	19.1	-
Flom usikkerhet (2.5%), m³/s	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	2.8	3.3	4.1	4.8	-
Urban (A _U)										-

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.

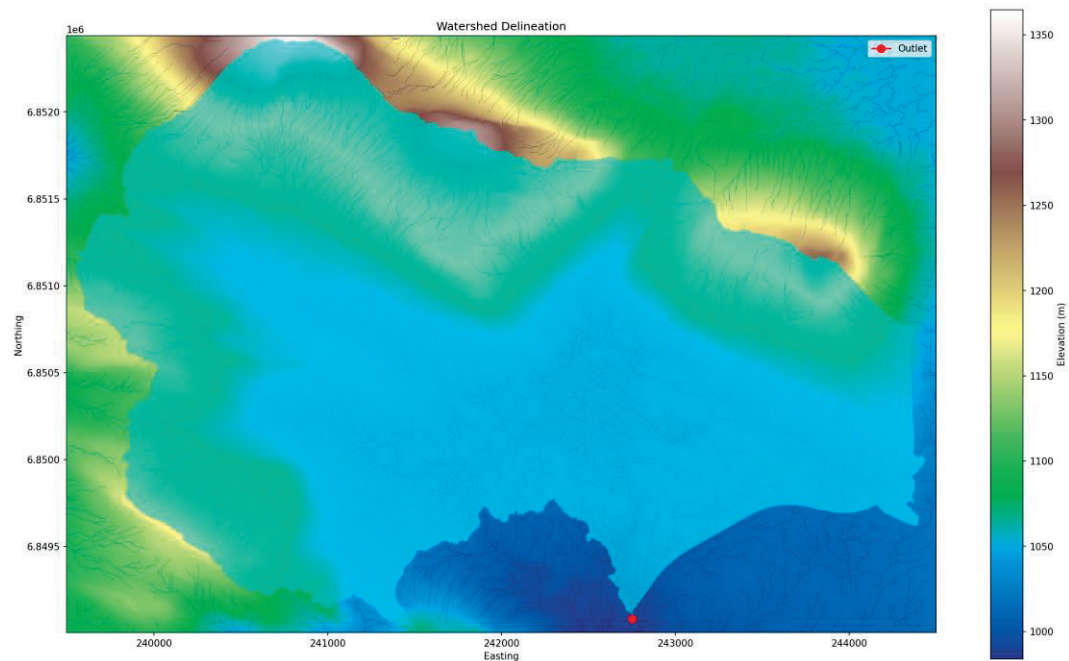
GUID: 02b951e4-dc38-454c-9075-36585360d197

Rapportdato: 4/10/2025

© nevina.nve.no



9.2 Oversikt over nedbørsfeltet



3D Visualization of Basin and Stream Network

