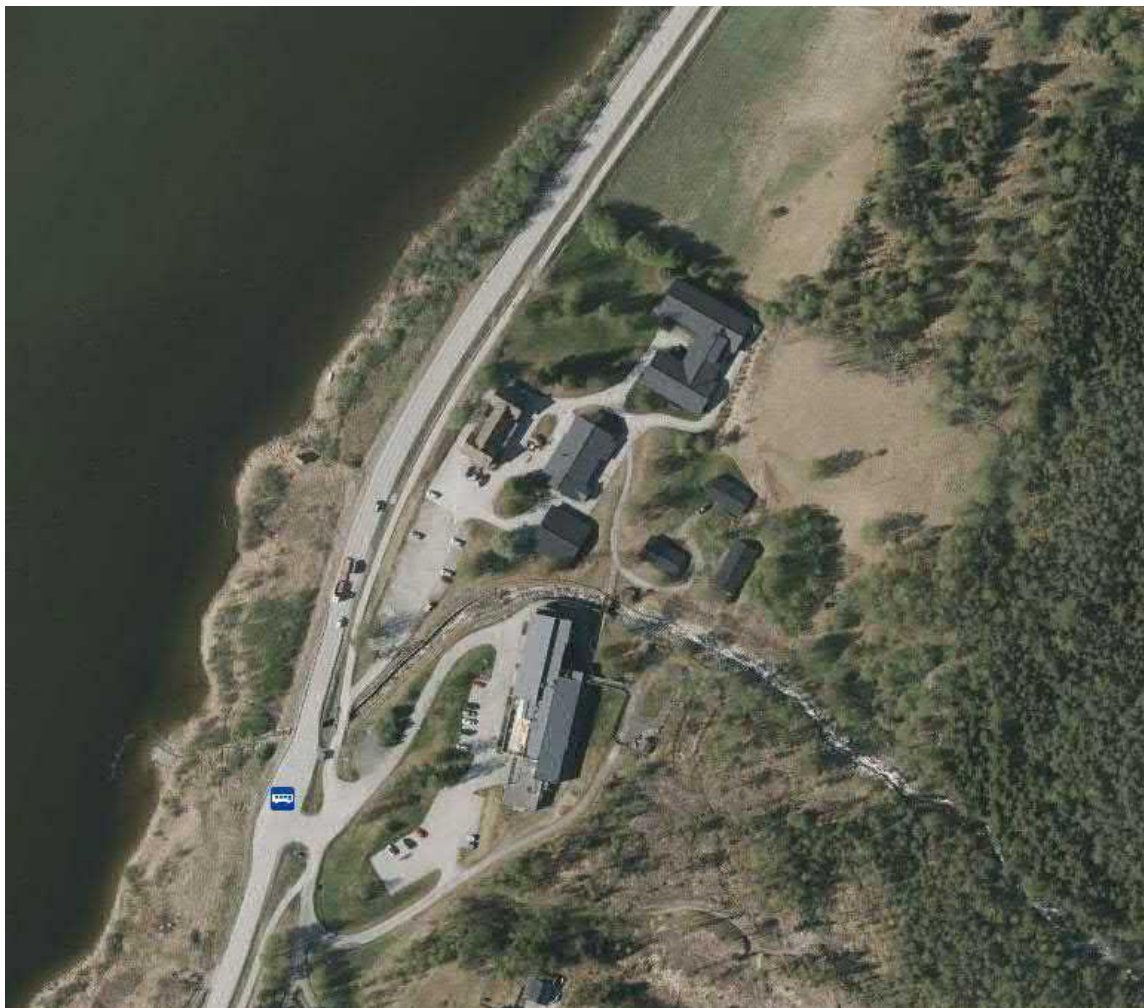
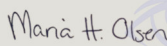


Bredebygden, Sel kommune

- Flomfarevurdering og anbefalte tiltak



Revisjon	Dato	Beskrivelse av endringen	Utarbeidet av	Kontrollert av
0	11.11.2022	Originalversjon	Harald Birkeland Larsen	Lars Skeie
	Digitally signed by Anne Johanne Rognstad Date: 2022.11.15 13:02:45 +01'00'		2022.11.15 10:11:02 +01'00'	Sindre Toftdahl
	Digitally signed by Lars Skeie Date: 2022.11.15 12:04:34 +01'00'		Digitally signed by Maria Hetland Olsen Date: 15.11.2022	Anne Rognstad
	Digitally signed by Sindre Toftdahl Date: 2022.11.15 14:05:07 +01'00'			

Prosjekt: Bredebygden, utredning risiko
Prosjektnummer: 10234040
Kunde: Sykehuset Innlandet HF
Dato: 11.11.2022
Opprettet av: Harald Birkeland Larsen
Dokumentreferanse \\notrdfs001\OPPDRA\32513\10233295_Bredebygden,_utredning_risiko\000\06
 Dokumenter\02 HYD\Rapporter

Sammendrag

Sykehuset Innlandet HF har engasjert Sweco Norge AS for vurdering av flomfare, skredfare og støy ifm. med salg av eiendom på Bredebygden. Denne rapporten er utarbeidet Swecos hydrologi- og hydraulikkgruppe i Trondheim, og inkluderer flomberegninger, hydrauliske beregninger og anbefalte tiltak.

Dimensjonerende flomvannføring for eiendommen er 200-årsflom (kulminasjonsverdi) med klimapåslag. I Lågen er dimensjonerende vannføring beregnet til 2235 m³/s, mens dimensjonerende vannføring i Haredalsbekken er beregnet til 5 m³/s. Vannføringene inkluderer klimapåslag på 20 % for Lågen og 40% for Haredalsbekken. Flomvannføring for Lågen er beregnet ved flomfrekvensanalyse (FFA). For å Haredalsbekken er resultater fra FFA, PQROUT og RFFA-NIFS sammenlignet for å velge dimensjonerende vannføring.

Vannføringene er brukt som inngangsdata i vannlinjemodell modellert i programvaren HEC-RAS. I modellen er det benyttet terrengmodell hentet fra Hoydedata.no for elvebunn i Lågen og omkringliggende terreng. Det er målt inn GPS-punkter i Haredalsbekken for å verifisere og justere terrengmodellen.

Flomberegninger og hydraulisk modellering viser at den aktuelle eiendommen ved Bredebygden har tilstrekkelig sikkerhet mot flom med gjentakintervall 200 år i Lågen og Haredalsbekken iht. krav i Byggteknisk forskrift (TEK17). Haredalsbekken vil ikke overtoppes, mens vann fra Lågen avgrenses av E6. Kulvert og stikkrenne gjennom lokalvei og E6 har tilstrekkelig kapasitet. Det er dermed ikke behov for å utføre flomsikringstiltak ved eiendommen.

Erosjonssikringen i øvre del av Haredalsbekken (oppstrøms gangbru til eiendommen), med rauset stein, er vurdert å ha tilstrekkelig steinstørrelse til å være stabil ved en tohundreårsflom. Vannhastighetene i Lågen er lav og E6 ligger mellom eiendommen og Lågen. Det er vurdert at eiendommen har tilstrekkelig sikkerhet mot erosjon fra Lågen.

På befaring ble det observert at en del masser er avsatt ved innløp og inni kulverten under gangveien. Det var også begynt å vokse en del vegetasjon i bekkeløpets nedre del, nedstrøms steinsatt kanal. Det anbefales jevnlig vedlikehold for å sikre at tverrsnitt i kanalen, kulverten og stikkrennen ikke reduseres betydelig.

Innholdsfortegnelse

1.	Innledning	5
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Krav og forutsetninger	7
2.	Befaring	8
2.1	Beskrivelse av området	8
2.2	Innmålinger	9
3.	Flomberegninger	10
3.1	Haredalsbekken.....	10
3.1.1.	Feltegenskaper	10
3.1.2.	Metode	10
3.1.3.	Resultater flomberegninger	15
3.2	Lågen.....	17
3.2.1.	Feltegenskaper	17
3.2.2.	Metode	18
3.2.3.	Resultater flomberegninger	21
3.2.4.	Sammenlikning med eksisterende flomberegninger	22
3.2.5.	Klassifisering av datagrunnlag.....	22
3.2.6.	Oppsummering	22
4.	Vannlinjeberegning.....	23
4.1	Hydraulisk modell	23
4.1.1.	Grensebetingelser	23
4.1.2.	Mannings ruhetkoeffisient.....	24
4.1.3.	Terrengmodell.....	25
4.1.4.	Modelloppsett	26
4.2	Resultater	26
5.	Konklusjon og anbefalte tiltak.....	31
6.	Referanser.....	32
7.	Vedlegg	33

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Sykehuset Innlandet skal selge den tidligere psykiatrienheten på Bredebygden i Sel kommune. Eiendommen befinner seg innenfor aktsomhetsområder for flom og skred, og Sweco er derfor engasjert for å vurdere reell risiko og eventuelle tiltak.

Den aktuelle eiendommen (Gudbrandsdalsvegen 767, gnr/bnr 200/3) var tidligere psykiatrienhet, og ligger like nord for dagens Sel sykehjem. Området inkluderer syv bygninger, parkeringsplass, grøntområde og jorde, og avgrenses av E6 og Gudbrandsdalslågen mot vest og Haredalsbekken mot sør (Figur 1 og Figur 2).

Haredalsbekken ble skadet ifm. med flom i 2011, med påfølgende rensk, senking og erosjonssikring av bekken (NVE, 2011). Det ble ikke gjennomført flomberegninger som grunnlag for tiltaket, og det er følgelig ikke mulig å si om tiltakene utgjør tilstrekkelig sikkerhet mot flom iht. TEK17.



Figur 1: Oversiktskart. Eiendommen ligger like sør for Otta sentrum. Kilde: Norgeskart.no.



Figur 2: Eiendommen avgrenses av E6 i vest og Haredalsbekken i sør. Kilde: Norgeskart.no, Norgebilder.no

Sweco har tidligere utført en ROS-analyse for flom og skred (Sweco, 2022). Analysen kunne ikke utelukke flomfare hverken fra Haredalsbekken eller Lågen.

1.2 Krav og forutsetninger

I dette avsnittet oppsummeres de veiledere og overensstemmelser som er lagt til grunn for arbeidet i denne rapporten.

Flomberegninger

Flomberegningene har tatt utgangspunkt i NVEs Veileder for flomberegninger (01/2022).

Gjentaksintervall for dimensjonerende flom

Sykehuset Innlandet opplyser om at potensiell kjøper av eiendommen planlegger følgende benyttelse:

- Kontorer i pasientbygget, møterom/konferanser i velferdsbygget, og eventuelt litt forskning/utvikling i aktivitetsbygget
- På lengre sikt, benytte de tre småhusene og eventuelt noen av rommene i pasientbygget som midlertidig overnatting for ingeniører mens de venter på ferdigstillelse av nye hus, eller for de som er på oppdrag midlertidig over noen uker.
- Den eldste bygningen, poliklinikkbygget, er en SEFRAK-registrert bygning som kjøper ønsker å fradele og gi til historielaget i Sel/Otta.

Overnevnte benyttelse tilsvarer sikkerhetsklasse F2 iht. Byggteknisk forskrift (TEK17) § 7-2. Byggverk i sikkerhetsklasse F2 skal plasseres, dimensjoneres eller sikres slik at største årlige nominelle sannsynlighet 1/200 for flomskade ikke overskrides.

Ved ny bruksendring vil sikkerhetsklasse måtte vurderes på nytt.

Klimapåslag

I NVE (01/2022) anbefales klimapåslag å følge fylkesvise klimaprofiler fra Norsk Klimaservicesenter (Norsk Klimaservicesenter, 2017). For tidligere Oppland fylke anbefales her minst 20 % klimapåslag på dimensjonerende flomvannføring. I NVE (01/2022) anbefales også at for små nedbørfelt som reagerer raskt på nedbør (typisk feltareal < 10 km²) bør 40 % klimapåslag benyttes.

Klimapåslag for flomberegninger i Haredalsbekken er satt til 40 %, mens klimapåslag for Lågen er satt til 20 %.

Erosjonssikring

Anbefalinger om sikringstiltak gitt i denne rapporten tar utgangspunkt i NVEs Sikringshåndboka (NVE, 2022) og NVEs Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein (Jenssen & Tesaker, 2009).

Det er gjort beregninger med Robinsons formel (1993) for å vurdere stabil steinstørrelse i erosjonssikring i øvre del av Haredalsbekken (oppstrøms gangbru til eiendommen).

2. Befaring

Befaring i Haredalsbekken ble utført av Sindre Toftdahl og Harald Larsen fra hydrologi- og hydraulikkgruppa ved Sweco Trondheim 6. oktober 2022. Lav vannføring i bekken muliggjorde gode oppmålinger av topografi.

2.1 Beskrivelse av området

Bilder fra befaringen finnes i vedlegg 1. Det er henvist til bilder i vedlegget i beskrivelsen under.

Haredalsbekken ble erosjonssikret etter flommen i 2011, og sikringen er fortsatt i god stand.

Ved inngangen til eiendommen, oppstrøms gangbrua, er det erosjonssikret med stein av varierende, men generelt god størrelse (figur 1 i bildevedlegg). Sikringen er fortsatt stort sett intakt, men enkeltsteiner er gravet ut og det har forekommet noe masseavlagring (fra sikring eller transportert fra lengre opp) i bekkeløpet (figur 2 i bildevedlegg).

Gangbrua mellom dagens sykehjem og den aktuelle eiendommen er ny og har relativt god klaring til elvebunn (figur 3 i bildevedlegg).

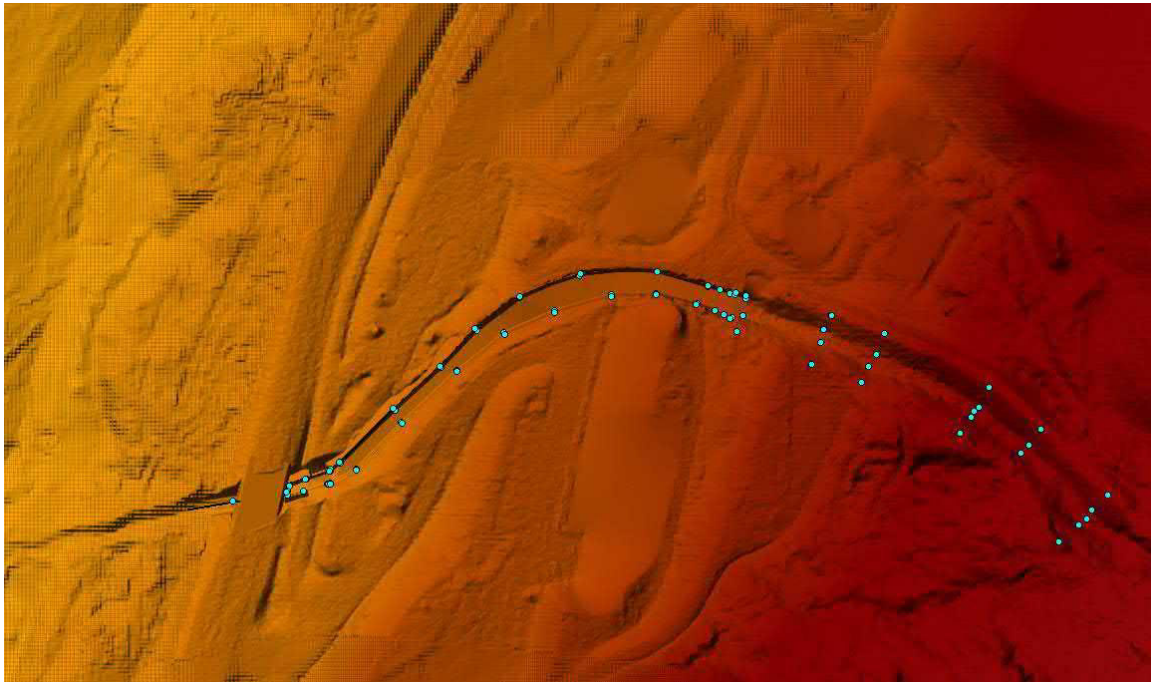
Mellom gangbrua og kulvert under gangvei er det etablert steinkanal (figur 4 i bildevedlegg). Denne består av en solid og relativt høy tørrmur, og store heller i bunn. Disse er dog ikke lagt helt ned til kulverten, men avsluttes ca. 20 m oppstrøms (figur 5 i bildevedlegg). Det er også avsatt en del masser, samt vokst opp noe buskas i bekkeløpet.

Øvre kulvert er kvadratisk med bredde 3 meter og høyde omtrent 1,5 meter. Ved innløpet er det en betongterskel, og det er avsatt flere større stein i kulverten (figur 6 og 7 i bildevedlegg).

Under E6 går det et sirkulært rør med en diameter på ca. 2 meter (figur 8 i bildevedlegg). Mellom kulverten og stikkrennen går bekken i et betongtrau (figur 9 i bildevedlegg). Fra utløpet går bekken gjennom et kort, usikret område før vannet renner ut i Lågen.

2.2 Innmålinger

Det ble gjort totalt 80 innmålinger med RTK-GPS til oppsett av hydraulisk modell. Av elvebunn oppstrøms gangbru ble det tatt 6 transekter. Det ble videre tatt målinger av dimensjoner på gangbru, kanalsider og dimensjoner på kulverter ved E6. Innmålte punkter er vist i Figur 3.



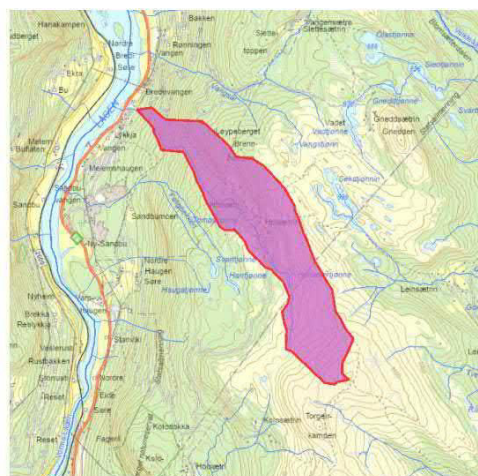
Figur 3: Innmålte GPS-punkter i Haredalsbekken

3. Flomberegninger

3.1 Haredalsbekken

3.1.1. Feltegenskaper

Haredalsbekken drenerer til Lågen, og nedbørfeltet er 3,49 km². Nedbørfeltet består av omtrent 50 % skog og 50 % snaufjell, og har en effektiv innsjøprosent på 0,18 (hentet fra nevina.nve.no). Nedbørfeltet og feltparametere er vist i Figur 4.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakkgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn.punkt: 212690 E
6856517 N

Feltparametere

Areal (A)	3.49	km ²
Effektivt sjø (A _{SE})	0.18	%
Elvleengde uten sjø (E _{TL,net})	4.5	km
Elvegradient (E _G)	144.6	m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	132.8	m/km
Helning	13.4	°
Dreneringstetthet (D _T)	1.3	km ⁻¹
Feltleengde (F _L)	5	km

Arealklasse

Bre (A _{BRE})	0	%
Dyrket mark (A _{JORD})	2.8	%
Myr (A _{MYR})	1.6	%
Leire (A _{LEIRE})	0	%
Skog (A _{SKOG})	47.7	%
Sjø (A _{SJO})	0.7	%
Snaufjell (A _{SF})	44.1	%
Urban (A _U)	0	%
Uklassifisert areal (A _{REST})	3.1	%

Hypsografisk kurve

Høyde _{MIN}	317	m
Høyde ₁₀	712	m
Høyde ₂₅	845	m
Høyde ₅₀	959	m
Høyde ₇₅	1036.5	m
Høyde _{MAX}	1181	m

Klima- /hydrologiske parametere

Avrenning 1961-90 (Q _N)	10.4	l/s*km ²
Nedbør juni	58	mm
Nedbør juli	66	mm
Regn og snøsmelting mai	156	mm
Regn og snøsmelting juni	65	mm
Regn og snøsmelting årlig 4d	69	mm
Regn og snøsmelting november	6	mm
Temperatur februar	-9.9	°C
Temperatur mars	-7.2	°C

Figur 4: Nedbørfelt og feltparametere for Haredalsbekken, hentet fra nevina.nve.no

3.1.2. Metode

I NVEs veileder for flomberegninger (01/2022) står det at dersom man ikke har observasjoner i feltet hvor man skal beregne flomvannføring skal man benytte RFFA-NIFS for små felt (<60 km²). For å beregne flomvannføring i Haredalsbekken er det benyttet flere metoder for å sammenligne resultatene og velge den vannføringen som virker mest sannsynlig for Q₂₀₀.

Rasjonelle metode er ikke brukt ettersom den er anbefalt for mindre nedbørfelt enn ved Haredalsbekken, og gir dermed svært konservative flomverdier.

Metodene som er benyttet for flomberegning i Haredalsbekken er beskrevet i følgende kapitler.

Nasjonalt formelverk

Nasjonalt formelverk (RFFA-NIFS) benytter nedbørfeltets middelvannføring og effektive sjøprosent som input-parametere for beregning av flomvannføring. Middelvannføringen (m^3/s) er hentet fra Norges avrenningskart, og effektiv sjøprosent er den prosentvise delen av nedbørfeltet som består av innsjøer.

Formelverket har ligninger som gjelder for hele Norge, med en ligning som beregner middelflom og en ligning som beskriver forholdstallet mellom middelflom og flom med et gitt antall års gjentakintervall. Se NVEs veileder nr. 7/2015 «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt» for mer detaljert beskrivelse av ligninger og metodikk.

Nasjonalt formelverk har følgende gyldighetsintervall for parametere:

Areal: 0,2 – 53 km^2

Normalavrenning (1961- 90): 9 – 136 l/s per km^2

Effektiv sjøprosent: 0 – 21 %

(NVE 07/2015)

Dette betyr ikke at formelverket ikke kan benyttes utover disse intervallene, men heller at usikkerheten kan være større i ytterkantene og utover disse. Parameterne for Haredalsbekken ligger innenfor gyldighetsintervallet for RFFA-NIFS.

PQROUT

Nedbør-avløpsmodellen PQROUT er en enkel, hendelsesbasert modell som gir vannføring fra et fastlagt nedbørforløp. Nedbørfeltet er representert ved en karmodell hvor det antas at avløpet er proporsjonalt med vanninnholdet i karet. Avløpet beregnes ved å lede nedbøren gjennom karet, som er modellert med to utløpskoeffisienter, K_1 og K_2 . En «åpning» i veggen har som funksjon å forsterke feltets reaksjon (K_1) når innholdet i karet når terskelnivå, T .

Modellen har tre modellparametere:

K_1 : Tømmekonstant for øvre nivå (tid^{-1})

K_2 : Tømmekonstand for nedre nivå (tid^{-1})

T : Terskelnivå, skille mellom øvre og nedre nivå (mm)

Ligningssettet fra 2016 er benyttet.

Det er valgt å beregne tilløpsflommer med tidsskritt 1 time og varighet 24 timer.

Siden det ikke finnes observerte vannføringer fra de aktuelle feltene, er modellparameterne teoretisk bestemt ut fra feltparametere for nedbørfeltet. Feltparameterne er beregnet i Nevina (nevina.nve.no).

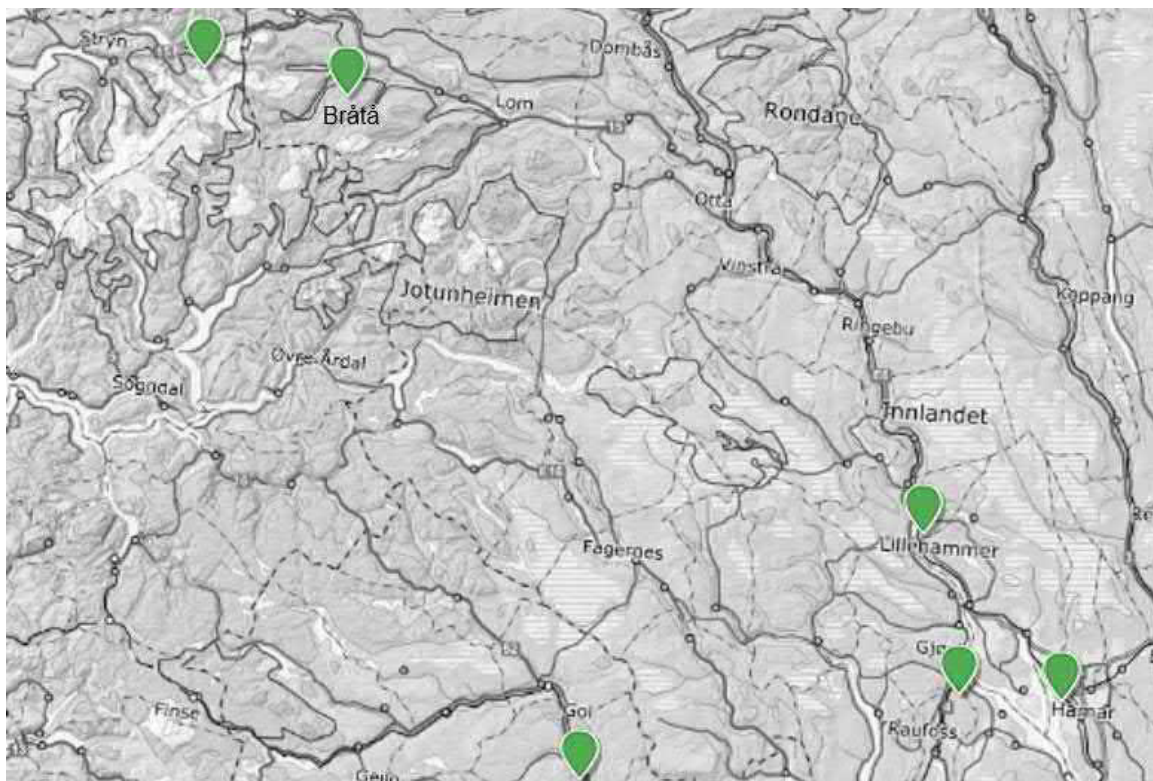
Nedbørforløp

Nedbørsforløpet er hentet fra IVF kurver for den mest representative målestasjonen (<https://klimaservicesenter.no/>). I denne delen av Norge er det få lange representative serier. De nærmeste stasjonene er Bråtå i Skjåk, Lillehammer og Hamar (Figur 5). Bråtå har en serie med 17 sesonger fra 1968 – 1987. Stasjonen ligger midt mellom Stryn og Lom. Denne stasjonen er ikke vurdert nærmere ettersom den ligger i fjellandskap og i nærhet av Jostedalsbreen, og vil ha annet nedbørregime enn i Gudbrandsdalen ved Sel. Stasjonen på Lillehammer har 20 sesonger fra 1969 – 1991. Stasjonen på Hamar er eneste som har måleserie frem til i dag, med 42 sesonger fra 1968 – 2021.

Ved å se på årsnedbør for normalperioden 1991-2020 på senorge.no ser man at Hamar har en årsnedbør på mellom 500 – 750 mm. Området ved Haredalsbekken ligger i grenseland mellom under 500 mm og 500 – 750 mm.

IVF-kurvene er vurdert opp mot observasjoner fra nedbørstasjoner som ligger nærmere nedbørfeltene det skal gjøres flomberegninger for, men som ikke har IVF-kurver. Høyeste registrerte timesnedbør på målestasjon Sjoa og Otta – Skansen, i perioden 2015 – 2022, er sammenlignet med verdiene for Hamar og Lillehammer. Høyeste registrerte døgnnedbør for målestasjonen på Sjoa ligger på 59 mm, mens høyeste målte timesverdier for stasjon Otta - Skansen ligger på 27 mm. Høyeste målte verdier for Sjoa og Otta - skansen tilsvarer 50 og 100 årsnedbør for Hamar. Det underbygger at Hamar ikke ligger urealistisk høyt.

Hamar er valgt og brukes ettersom den har nyeste og lengste måleserie, samt at den ikke ligger for høyt ift. sammenligning med mer lokale nedbørsstasjoner.



Figur 5: Oversikt over IVF-stasjoner i nærheten av Sel

Det er hentet ut ekstremverdier for nedbør for målestasjon Hamar med varighet på 1-24 timer. Verdiene er for årsnedbør med 200 års gjentakintervall er oppgitt i Tabell 1. Nedbørforløp på 24

timer er konstruert rundt høyeste nedbørintensitet ut fra nedbørverdiene i tabellen, med maksimum etter 12 timer.

Tabell 1 Nedbørverdier (mm) som er benyttet i modellen. Verdiene er hentet fra IVF-kurven for Hamar målestasjon.

Timer	1	2	6	12	24
IVF-verdier (mm)	31,4	37,3	48,4	53,7	70,1

Siden årsverdier er lagt til grunn i beregningene er ikke snøsmelting medregnet.

Flomfrekvensanalyse

En flomfrekvensanalyse er en ekstremverdianalyse av maksimale vannføringshendelser. Flomfrekvensanalyse utføres på observerte flomdata fra enkeltstasjoner. I de aller fleste tilfeller ligger det ingen målestasjoner i det aktuelle nedbørfeltet. Målestasjon blir da valgt basert på geografisk beliggenhet og feltparametere.

I dette tilfellet er dataseriene til vannføringsstasjonene 2.119 Sula v/Bruli, 2.592 Fokstua og 2.113 Rådåe vurdert for beregning av flomvannføring.

Av geografisk plassering er det vannføringsstasjonen 2.119 Sula v. Bruli som ligger nærmest Haredalsbekken. Målestasjonen ligger omtrent 20 km lengre sør i Gudbrandsdalen, ved Vinstra. Rådåe ligger nord for Haredalsbekken, mellom Dovre og Dombås. Fokstua ligger på Dovrefjell, omtrent 60 km nord for Haredalsbekken. Se Figur 6 for målestasjonenes plassering i kart.

Feltparametere for de tre vannføringsstasjonene er hentet fra NVEs hydrologiske datasystem, HYDRA II, og oppsummert i Tabell 2. Normalavrenningen er satt ved hjelp av nevina.nve.no.

HYDRA II er benyttet for å hente ut flomdata for vannføringsstasjonene som grunnlag for flomfrekvensanalyse. For hver stasjon er det hentet ut middelflom og forholdstall mellom middelflom og 200-års flom.

Tabell 2 Feltparametere for Haredalsbekken og vannføringsstasjonene 2.119 Sula v/Bruli, 2.592 Fokstua, 2.113 Rådåe

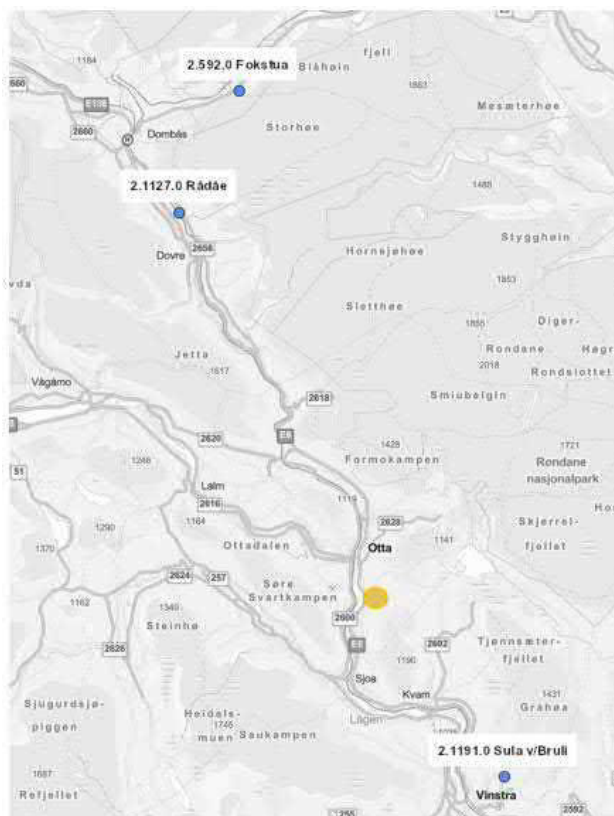
Lokalitet/Vannføringsstasjon	Feltareal [km ²]	Måleperiode [år]	q _N [l/s*km ²]	Eff. Sjø [%]	Q _M (l/s*km ²)	Høydeint. [moh]
Haredalsbekken	3,7	-	10,3	0,16	278	286 - 1174
2.119 Sula v/Bruli	33	2015 – 2021	14,6	1,35	277	700 - 1400
2.592 Fokstua	26,5	1988 – 2021	20	0	413	990 - 1700
2.113 Rådåe	13,62	2013 – 2020	20	0	460	534

I NVEs veileder for flomberegninger (01/2022) står det at dersom man har mindre enn 10 år med døgndata og 0 år med findata skal man bruke RFFA-NIFS. Det betyr at det ikke er anbefalt å kjøre FFA-beregninger på målestasjon Sula v. Bruli eller Rådåe. Da gjenstår Fokstua. Fokstua har vesentlig høyere normalvannføring og middelflom enn feltet til Haredalsbekken. Det er derfor valgt og også utføre supplerende beregninger med Sula v. Bruli. Det er ikke utført beregninger

basert på Rådåe ettersom denne har kort serie og veldig høy normalavrenning og middelflom ift. Haredalsbekken.

Beregninger er gjort med vekstkurve fra Sula v. Bruli og Fokstua. Veilederen for flomberegninger (NVE 01/2022) anbefaler å bruke Gumbel-fordeling for 25 – 50 år med data. Denne er dermed brukt for Fokstua. For Sula v. Bruli er det benyttet Gev (Full lokal + regional).

Beregnet middelflom og forholdstall mellom Q_{200} og middelflom for vannføringsstasjonene i Tabell 3 ligger til grunn for flomberegninger for Haredalsbekken.



Figur 6: Plassering til målestasjonene 2.119 Sula v. Bruli, 2.1127 Rådåe og 2.592 Fokstua ift. Haredalsbekken (oransje sirkel). Kartet er hentet fra seriekart.nve.no.

Tabell 3 Beregnet døgnmiddelflom, 1000-års døgnmiddelflom samt forholdstall for Q_{200}/Q_M for de to vannføringsstasjonene.

Vannføringsstasjon	Areal (km ²)	QM (l/s pr. km ²)	Q_{200} (l/s pr. km ²)	Q_{200}/Q_M
2.119 Sula v/Bruli	33	277	740	2,67
2.592 Fokstua	26.5	413	978	2,37

Flomfrekvensanalysen er utført på døgnmiddelverdier, og flommens kulminasjonsverdi estimeres ut fra forholdet mellom kulminasjons- og døgnmiddelflom. Kulminasjonsfaktor er hentet fra RFFA – 2018, basert på anbefaling i veileder for flomberegninger (NVE, 01/2022), og er 1,51 for Haredalsbekken.

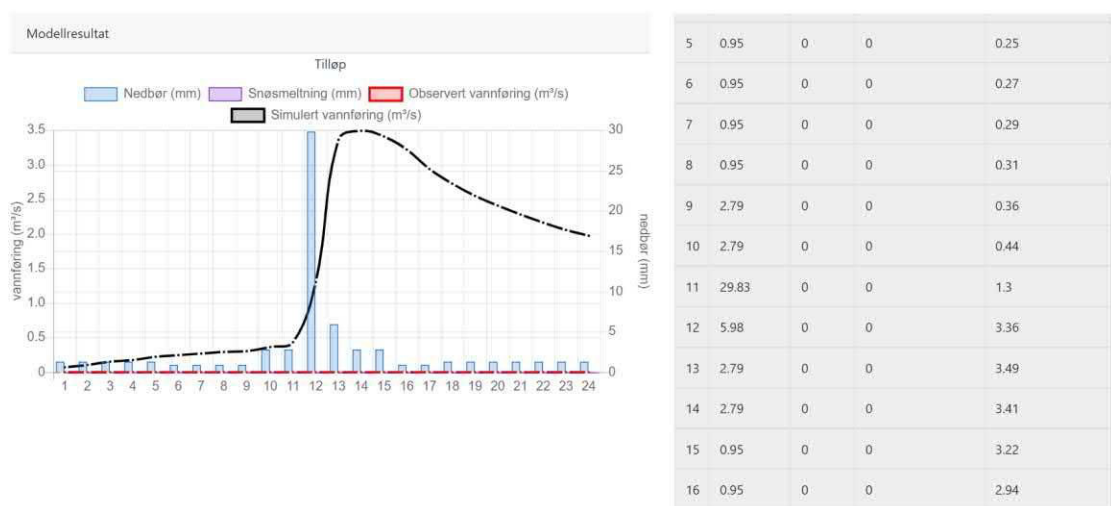
3.1.3. Resultater flomberegninger

RFFA-NIFS gir kulminasjonsverdier direkte og resultatene gis med et konfidensintervall for usikkerhet med grenser fra 2,5 – 97,5 % usikkerhet. Resultatene for Haredalsbekken med RFFA-NIFS er vist i tabellen under.

Tabell 4: Resultater for flomberegninger med RFFA-NIFS for Haredalsbekken

Q200 (2,5 % konfidensintervall)	Q200 (50 % konfidensintervall)	Q200 (97,5 % konfidensintervall)	Q200 (2,5 % konfidensintervall) + klima	Q200 (50 % konfidensintervall) + klima	Q200 (97,5 % konfidensintervall) + klima
1,5 m ³ /s	2,9 m ³ /s	5,8 m ³ /s	2,1 m ³ /s	4,1 m ³ /s	8,12 m ³ /s

Resultatet fra flomberegninger med PQROUT er vist i Figur 7. Q₂₀₀ for Haredalsbekken beregnet ved PQROUT er 5,24 m³/s med 40 % klimapåslag.



Figur 7: Resultat flomberegning PQROUT for Haredalsbekken med nedbørsforløp basert på målestasjon Hamar II.

Flomberegninger for Haredalsbekken beregnet med FFA med QM og vekstkurve fra Sula v. Bruli og Fokstua er gitt i Tabell 5.

Tabell 5: Flomberegninger for Haredalsbekken ved QM og vekstkurve fra Sula v. Bruli og Fokstua

	A (km ²)	QM (l/s pr. km ²)	Q _{mom} /Q _{døgn}	Q _m mom (m ³ /s)	Q ₂₀₀ mom (m ³ /s)	Q ₂₀₀ mom + klima (m ³ /s)	Vannføringsstasjon
Haredalsbekken	3,49	277	1,51	1,46	3,9	5,46	Sula v. Bruli
Haredalsbekken	3,49	413	1,51	2,18	5,15	7,21	Fokstua

Valg av flomverdier

Resultatene fra flomberegningene er sammenstilt i Tabell 6 og valgt flomverdi for tohundreårsflom + 40% klimapåslag er 5 m³/s.

Tabell 6: Resultater fra flomberegning for Haredalsbekken med de ulike metodene.

Beregningsmetode	Q ₂₀₀ (l/s*km ²)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q ₂₀₀ (m ³ /s) inkl. klimapåslag	Q ₂₀₀ + 40 % klimapåslag, avrundet (m ³ /s)
RFFA-NIFS (50 % konfidensintervall)	831	2,9	4,1	4
PQROUT	1000	3,5	4,88	5
FFA Sula v. Bruli	1117	3,9	5,46	5,5
FFA Fokstua	1475	5,15	7,21	7
Valgt verdi				5

NVEs erfaringstall for flomverdiene på Østlandet varierer stort sett fra 500 l/s pr km² til 1500 l/s pr km², men det finnes flomverdier helt opp mot 2000-2500 l/s pr km² (NVE, 01/2022).

Verdiene fra alle beregningene, utenom øvre konfidensintervall fra RFFA-NIFS, ligger innenfor erfaringstallene. PQROUT og FFA basert på Sula ligger innenfor usikkerhetsintervallet til NIFS. Det er valgt å vektlegge beregningene gjort med NIFS, men å øke verdien til 5 m³/s for å ta høyde for usikkerhet. Det vurderes ikke som å være for konservativt ettersom det fortsatt er innenfor øvre 95 konfidensintervall og lik verdi fra PQROUT, samt lavere enn verdi fra FFA med Sula.

Klassifisering av det hydrologiske datagrunnlaget

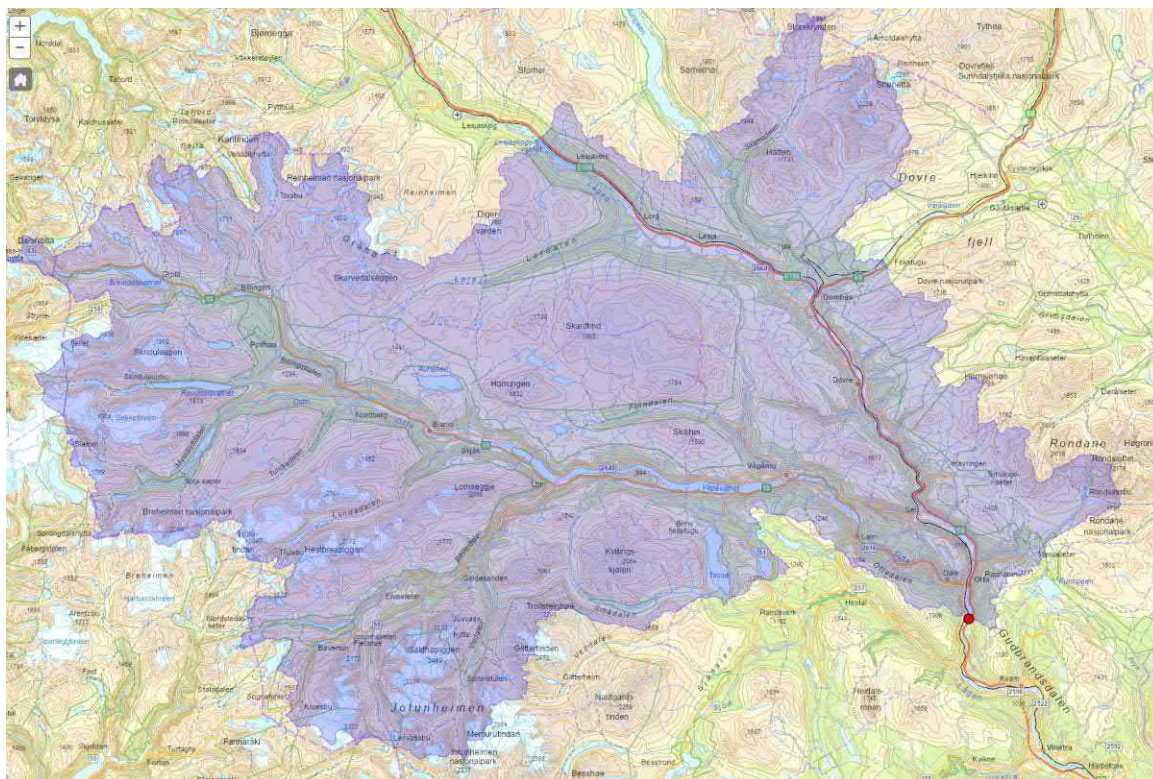
NVE (2022) gir en veiledning til vurdering av usikkerhet og klassifisering av hydrologisk datagrunnlag.

Det finnes ikke observasjoner for Haredalsbekken, og nærmeste målestasjon ligger i Sula v. Bruli. Denne målestasjonen har kortere tidsserie enn det som er anbefalt brukt i FFA-beregninger (NVE 2022). Det er en spredning i spesifikke flomverdier for de metodene som er brukt. Dette gjør at datagrunnlaget for flomberegningene gis klasse 3/4 på en skal fra 1-5 hvor 1 er best.

3.2 Lågen

3.2.1. Feltegenskaper

Gudbrandsdalslågen (Lågen) har sitt utspring i Lesjaskogsvatnet og renner gjennom Gudbrandsdalen til Mjøsa. Den får tilførsel fra flere sideelver, og ved Bredebygden drenerer nedbørsfeltet på (Figur 8) på 6203 km² fjellområdene i Jotunheimen, Breheimen, Dovrefjell og Rondane. Nedbørsfeltet har høy medianhøyde og består av en stor andel snaufjell (Tabell 7).



Figur 8: Nedbørsfelt for Lågen ved Bredebygden (Nevina.no).

Ved Otta sentrum deler Lågen seg i Otta mot vest og «Lågen oppstrøms Otta». Deres respektive nedbørsfelt har noe forskjellige karakteristikk. Viktigste er forskjellene i areal, effektiv sjøprosent og normalavrenning (q_N), som legger til rette for kulminasjonsflommer på forskjellige tidspunkter i de to elvene.

Tabell 7: Nedbørsfeltkarakteristikk for Lågen ved Bredebygden, samt Lågen og Otta ved samløpet ved Otta sentrum.

Nedbørsfelt	A	A _{SE}	q_N	Myr	Skog	Sjø	Snaufje ll	Median- høyde
	km ²	(%)	l/s*km ²	(%)	(%)	(%)	(%)	(m)
Lågen v/ Bredebygden	6203	0,16	23,1	1,3	19,4	3,5	67,4	1257
Lågen v/ Otta s.	2102	0,01	17,2	2,0	23,4	1,8	65,9	1171
Otta v/ Otta s.	4063	0,37	26,4	1,0	16,9	4,4	68,7	1316

3.2.2. Metode

Det ble i år 2000 gjennomført flomberegninger (NVE, 2000¹) og konstruert flomsonekart (NVE, 2000²) for deler av vassdragene Otta og Lågen. Flomvannføringer og vannlinjer ble blant annet beregnet for rett nedstrøms Otta sentrum, et par kilometer nord for Bredebygden. Det ble for dette punktet gjort en vurdering av aktuelle målestasjoner og gjennomført FFA på en konstruert serie som en kombinasjon av vannføring i Otta, vannføring i Lågen oppstrøms Otta sentrum og arealskalerte nedbørsfelt mellom målestasjonene og punktet.

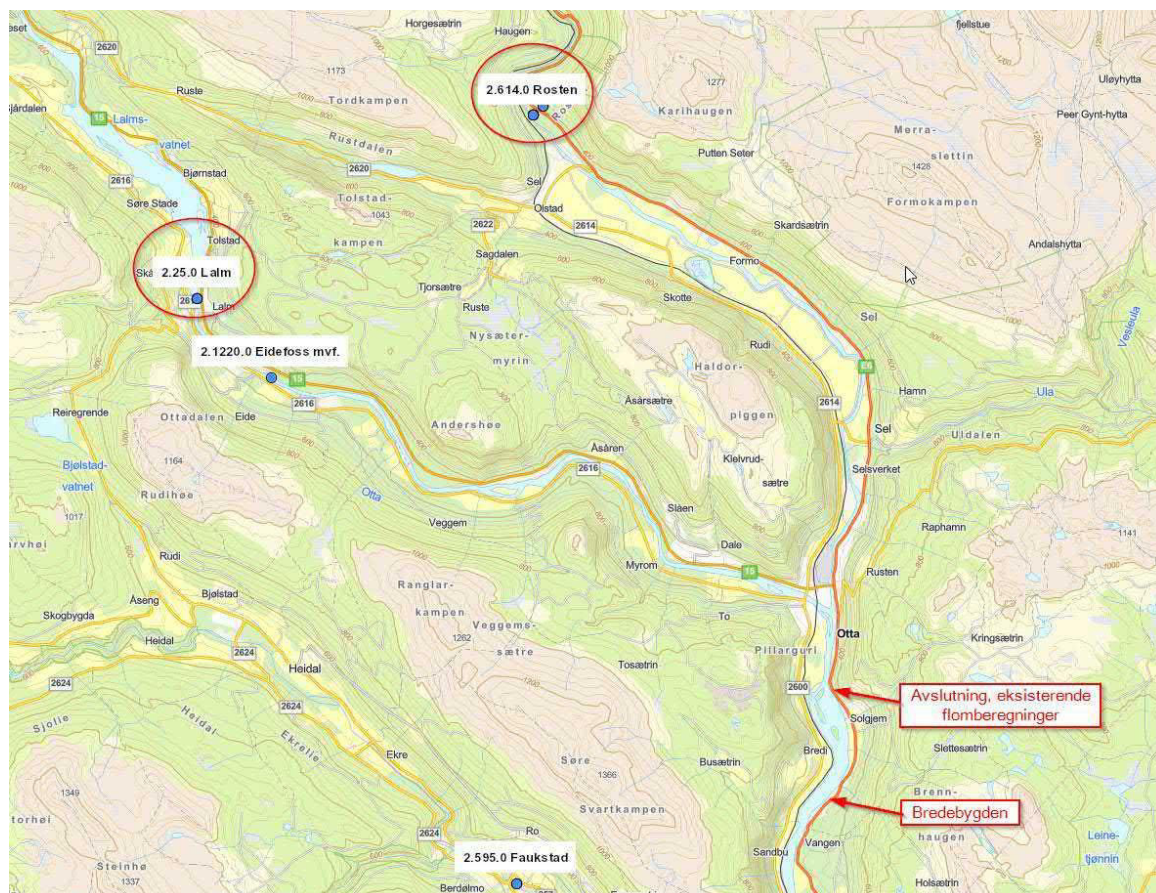
I denne rapporten er metode fra eksisterende flomberegninger benyttet som et utgangspunkt for nye flomberegninger for Lågen ved Bredebygden. NVEs veileder (01/2022) Veileder for flomberegninger er hensyntatt. Følgende metode er benyttet:

- Vurdering av eventuelle nye målestasjoner
- Ny konstruert serie for samløpet Otta / Lågen ved Otta sentrum, med oppdaterte vannføringsdata t.o.m. 2017
- Beregning av flomvannføring ved forskjellige gjentakintervall for Lågen ved Bredebygden
- Vurdering av kulminasjonskoeffisienter iht. tilgjengelig findata
- Vurdering og benyttelse av klimapåslag

Vurdering av målestasjoner

I NVE (2000¹) ble den konstruerte serien nedstrøms Otta sentrum beregnet på bakgrunn av målestasjonene 2.25 Lalm i Ottavassdraget og 2.614 Rosten i Lågen, og skalert opp iht. økningen i feltareal mellom målestasjonene og punktet.

Målestasjonene Lalm og Rosten er fortsatt i drift i dag. Det er ikke etablert nye målestasjoner med lange tidsserier nær Bredebygden, og nevnte målestasjoner vurderes å fortsatt være mest relevante. Figur 9 viser plassering av målestasjonene, nedre grense av området for eksisterende vannlinjeberegninger og Bredebygden.



Figur 9: Bredebygden, nedre grense for eksisterende vannlinjeberegninger og målestasjonene 2.25 Lalm og 2.614 Rosten. Aktive målestasjoner 2,1220 Eidefoss mvf. og 2.595 Faukstad vises også.

Konstruert serie for Lågen ved Bredebygden

Døgnverdier for målestasjonene 2.25 Lalm og 2.614. Rosten ble hentet fra Hydra II. Hentede data har samme startdato som i eksisterende flomberegninger (01.01.1942), med sluttdato 31.12.2017 grunnet regulering av Lågen ved Rosten kraftverk.

Seriene ble arealskalert for å representere vannføring ved Otta sentrum, like før samløpet mellom Otta og Lågen, og addert for å representere vannføringen like nedstrøms samløpet.

Flomfrekvensanalyse

Flomfrekvensanalyse på den konstruerte serien for årene 1942-2017 ble kjørt i NVEs analyseprogram Hydra 2. Metode «full lokal + regional analyse» ble valgt etter anbefalinger i NVE (2022). «Full lokal + regional analyse» benytter lokale observasjoner og Bayesisk førkunnskap fra regionale formelverk (RFFA 2018, se kap. 3.1.1.1) til å estimere både indeksflom og vekstkurve.

Vannføring ved Bredebygden

Vannføring ved Bredebygden ble beregnet ved å arealskalere vannføring nedstrøms samløpet Otta / Lågen med restfeltet mellom Otta sentrum og Bredebygden.

Kulminasjonsvannføring

I denne rapporten ble kulminasjonskoeffisienter vurdert på nytt med oppdaterte vannføringsdata. Findata fra målestasjonene Lalm og Rosten ble tilgjengelig i 1999, og kulminasjonskoeffisienter for de største flommene i perioden 1999-2017 ble beregnet for den konstruerte nedstrøms samløpet Otta / Lågen. Disse, samt kulminasjonskoeffisient fra RFFA, i Nevina ble så vurdert opp mot kulminasjonskoeffisient 1,05 fra eksisterende flomberegninger.

Klimapåslag

NVE (01/2022) henviser til norsk Norsk Kimaservicesenters fylkesvise klimaprofiler. For Oppland anbefales et 20 % påslag på vannføring for området dekket av flomsonekart ved Otta sentrum. Beregnet kulminasjonsvannføring for Lågen ved Bredebygden ble derfor ilagt klimapåslag 20 %.

3.2.3. Resultater flomberegninger

Tabell 8 viser resultater etter flomfrekvensanalyse på konstruert serie ved samløpet Otta / Bredebygden. Beregnede frekvensfaktorer samsvarer godt med tilsvarende fra eksisterende flomberegninger.

Tabell 8: Frekvensfaktorer og vannføring for konstruert serie nedstrøms samløpet Otta / Lågen. Vannføring i m³/s.

Døgnverdier	Q _m	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀
1942-2017						
Q _T / Q _m	919	1.33	1.47	1.64	1.76	1.88
Vannføring	919	1225	1350	1506	1619	1730

Tabell 9 viser beregnede kulminasjonskoeffisienter for den konstruerte serien fra de fire største flommene i perioden med findata, samt kulminasjonskoeffisienter fra RFFA (Nevina) og eksisterende flomberegninger.

Flommene i 2011 og 2013 hadde høyere forholdstall mellom kulminasjons- og døgnvannføring enn 2014- og 2015-flommene. Sistnevnte flomepisoder samsvarer bedre med vurderinger fra NVE (2000¹) og estimatet fra RFFA. Da kulminasjonsverdiene fra flomepisodene 2011-2015 baseres på findata fra målestasjonene Lalm og Rosten, vurderes disse å best kunne representere samløpsforholdet mellom Otta og Lågen og ilegges dermed mest vekt. Det ble derfor valgt en kulminasjonskoeffisient på 1,07, som et omtrentlig middel av observerte verdier.

Tabell 9: Beregnede kulminasjonskoeffisienter for de fire største flommene i perioden 1999-2017, samt kulminasjonskoeffisienter fra eksisterende flomberegninger og RFFA i Nevina..

Dato	Q _{mom} /Q _{døgn}
10.06.2011	1.11
28.05.2013	1.09
25.05.2014	1.04
07.07.2015	1.05
Andre:	
Eks. flomberegninger	1.05
RFFA	1.06

Tabell 10 viser kulminasjonsvannføringer for Lågen ved Bredebygden, uten og med klimapåslag. Her er døgnmiddelvannføringer fra Tabell 8 ilagt kulminasjonskoeffisient 1,07, og arealskalert for å fange opp ekstra tilslag i restfeltet mellom samløpet Otta / Lågen og Bredebygden (skaleringsfaktor for areal lik 1,006).

Tabell 10: Flomvannføringer (kulminasjon) for Lågen ved Bredebygden, uten og med klimapåslag. Vannføringer i m³/s.

Kulminasjonsverdier	Q _m	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀
Vannføring (m ³ /s)	990	1319	1454	1621	1743	1863
Vannføring (m ³ /s) inkl. 20% klimapåslag	1188	1583	1745	1946	2092	2235

3.2.4. Sammenlikning med eksisterende flomberegninger

Beregnet døgnmiddelflom ved samløpet Otta / Lågen er noe høyere enn i eksisterende flomberegninger (919 vs. 897 m³/s) grunnet flere større flomhendelser på 2000-tallet.

I NVE (2000¹) ble frekvensfaktorer for konstruert serie justert noe opp, til midlede verdier mellom konstruert serie og målestasjon 2.145 Losna. Dette ble ikke gjort i forbindelse med denne rapporten, da beregnede frekvensfaktorer for Losna med oppdaterte data var betydelig lavere enn i NVE (2000¹). Dette gir en noe lavere vekstkurve enn i NVE (2000¹).

Restfeltet mellom samløpet Lågen / Otta og Bredebygden har feltareal på kun 38 km, og påvirker ikke resultatene nevneverdig.

I eksisterende flomberegninger ble kulminasjonskoeffisienter vurdert på bakgrunn av tilgjengelig finoppløst vannføringsdata. Detaljerte tidsserier manglet da for området nedstrøms og like oppstrøms Otta sentrum, så $Q_{mom} / Q_{døgn} = 1,05$ ble valgt basert på målestasjon 2.460 Eide. Valgt kulminasjonsfaktor i denne rapporten er 1,07, basert på oppdaterte og mer relevante findata.

Som resultat er beregnet 200-årsflom for Lågen ved Bredebygden uten klimapåslag omtrentlig lik tilsvarende i eksisterende flomberegninger (1863 m³/s vs. 1849). Klimapåslag ble ikke vurdert i NVE (2000¹), og gir når ilagt betydelig høyere flomvannføring for Lågen.

3.2.5. Klassifisering av datagrunnlag

NVEs veileder for flomberegninger (NVE, 01/2022) gir en veiledning til vurdering av usikkerhet og klassifisering av hydrologisk datagrunnlag.

I NVE (2000¹) ble datagrunnlaget (vannføringsstasjoner Lalm, Rosten m.fl.) vurdert som bra, på en skala fra 1-3. I denne rapporten er tilsvarende, men oppdatert datagrunnlag benyttet. Lalm og Rosten har lange måleserier, og benyttet periode for flomfrekvensanalyse er 1942-2017 (75 år). Det er knyttet usikkerhet til valgt kulminasjonsverdi, men da findata for både Lalm og Rosten har vært tilgjengelig for de fire største flommene i perioden 1999-2017 er usikkerheten betydelig mindre enn i NVE (2000¹). Det er ikke gjort en grundig sammenlikning av spesifikke flomverdier i andre representative vassdrag.

Grunnet representative serier, lange måleserier, kulminasjonsverdier fra findata men begrenset sammenlikning av spesifikke flomverdier, vurderes det hydrologiske datagrunnlaget å tilhøre klasse 2 – *brukbart hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i eller nært vassdraget*.

3.2.6. Oppsummering

Tabell 11 oppsummerer kulminasjonsflommer for Lågen ved Bredebygden inkludert klimapåslag, som beregnet i denne rapporten. Disse er dimensjonerende flomverdier, og benyttes videre i hydraulisk modell for flomsonekartlegging.

Tabell 11: Dimensjonerende flomverdier for Lågen ved Bredebygden. Kulminasjonsflommer inkl. 20 % klimapåslag.

Dimensjonerende flomverdier	Q _m	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀
Vannføring (m ³ /s)	1188	1583	1745	1946	2092	2235

I dette kapitlet presenteres

4. Vannlinjeberegning

vannlinjeberegning og hydrauliske forhold for nåværende situasjon i Lågen og Haredalsbekken ved Bredebygden.

Beregningene er utført med 200-årsflom med 20 % klimapåslag i Lågen og 40 % klimapåslag for Haredalsbekken som inngangsverdier. Flomverdiene er på henholdsvis 2235 m³/s for Lågen og 5 m³/s for Haredalsbekken.

4.1 Hydraulisk modell

Alle hydrauliske beregninger ble utført i HEC-RAS-2D 6.3.1 (U.S Army Corps of Engineers, 2022). Det ble gjort 2D-beregning i HEC-RAS med beregningsmetoden «SWE-ELM», som er gruntnivåsligninger med Euleriansk metode. Beregningen håndterer både over- og underkritisk strømning over tørt og vått terreng.

Inngangsdata til HEC-RAS-2D er en terrengmodell over elvebunn i Lågen og omkringliggende terreng, inkludert Haredalsbekken og Bredebygden, ruhet (Manningskoeffisienter) og grensebetingelser.

4.1.1. Grensebetingelser

Sentrale parametere i modellen er oppsummert i Tabell 12. Oppstrøms grensebetingelser er dimensjonerende vannføring i Haredalsbekken og Lågen etter samløpet med Otta.

Tabell 12. Sentrale parametere og verdier i den hydrauliske beregningen.

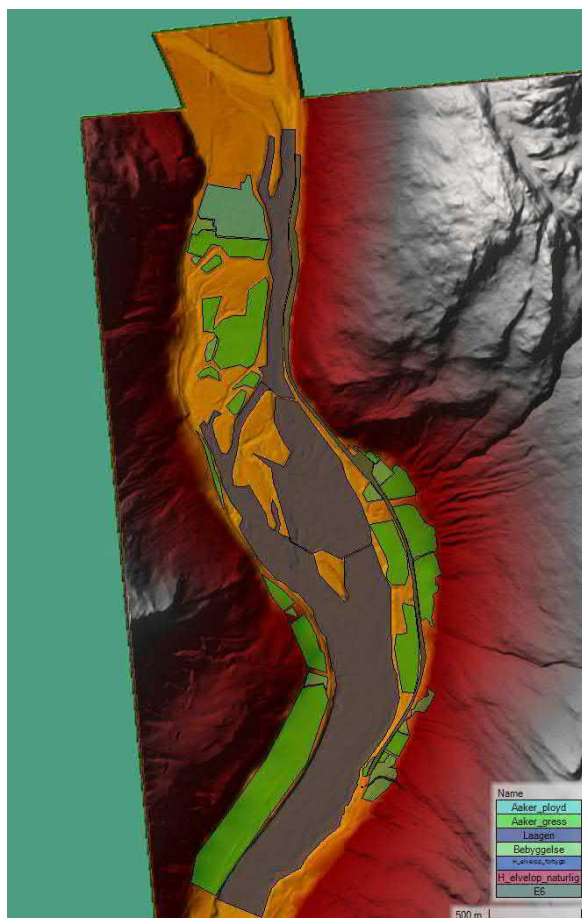
Parameter	Verdi
Oppstrøms grensebetingelser (vannføring)	
- Lågen etter samløp med Otta	2235 m ³ /s
- Haredalsbekken	5 m ³ /s
Nedstrøms grensebetingelser	Normaldybde 5 ‰
Størrelse beregningsceller	1-10 m avhengig av lokal kompleksitet
Tidssteg	Adaptivt etter gitt intervall av Courant-tallet

4.1.2. Mannings ruhetskoeffisient

Flyfoto over området og vurderinger på befaring ble brukt for å bestemme ruhet (Mannings ruhetskoeffisient n) på de ulike arealtypene i modellen basert på anbefalte intervaller i Tabell 4.1 i Vassdragshåndboka (Fergus et al., 2010). Valgte verdier er beskrevet i Tabell 13. Det ble laget polygoner for elveløp Lågen og Haredalsbekken, bebygd område, jordbrukslandskap med gress og pløyd, samt asfalt (Figur 10). For resterende områder, i hovedsak skog, ble det satt en Mannings verdi på 0,14.

Tabell 13. Valgt ruhet (Manningskoeffisient n) for de ulike arealtypene i modellområdet.

Arealer	Valgt ruhets-koeffisient (n)	Vassdragshåndboka
Elveløp Lågen	0,04	Naturlige vassdrag, større elver: regulær strekning uten store steiner eller kantvegetasjon.
Elveløp Haredalsbekken	0,05	Naturlig vassdrag, små bekken: rette, men med mer stein
Vegetasjon	0,14	Flom over åpent landskap: Tømmerskog, flom under greiner.
Åker gress	0,029	Flom over åpent landskap: Flomsletter, eng med langt gress
Åker pløyd	0,033	Flom over åpent landskap: Flomsletter, åkerland uten vekster
Bebygd område	0,09	Hentet fra HecRAS 2D user manual
Veg og P-plass	0,016	Asfalt (mer ru enn glatt).

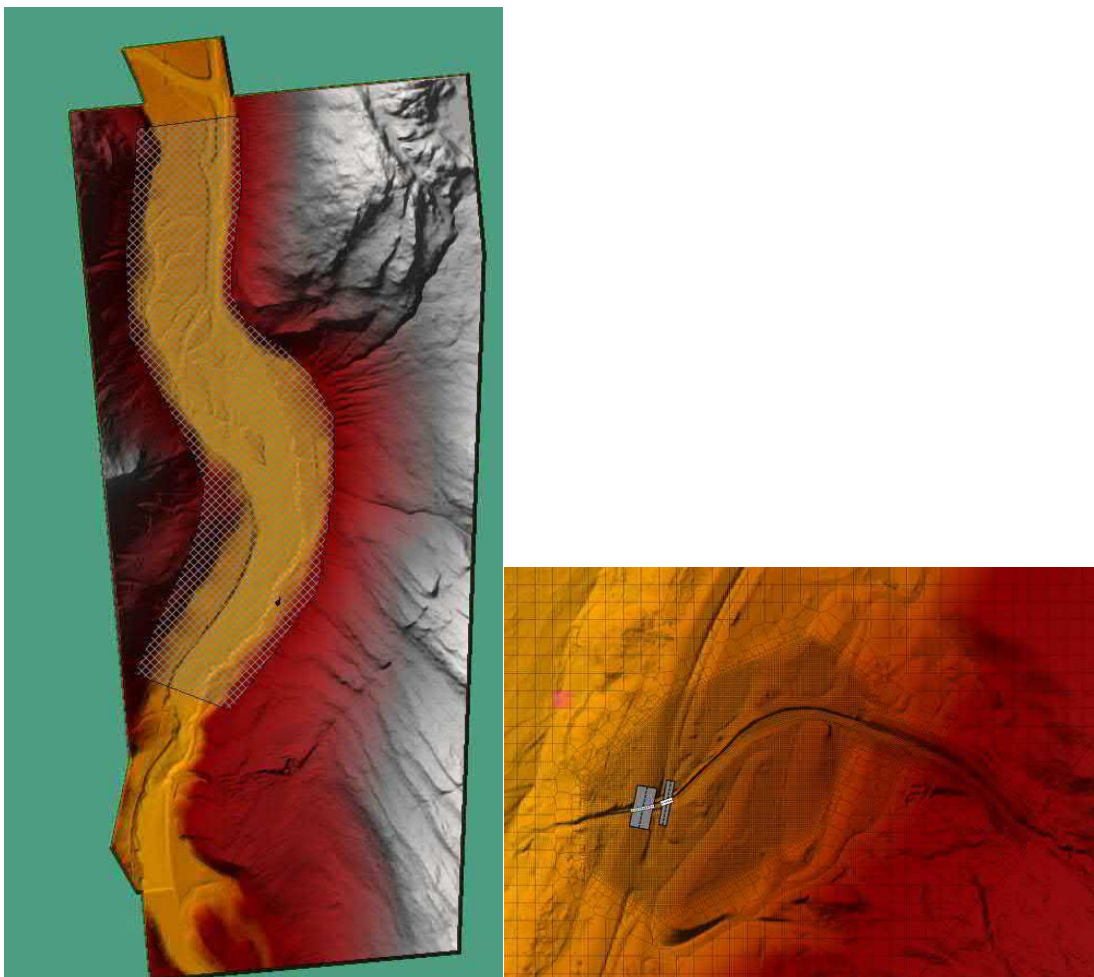


Figur 10: Mannings ruhetskoeffisient ble spesifisert for areal typer.

4.1.3. Terrengmodell

Terrengmodellen for Lågen er basert på laserscanningen «NVE 2016» som er en modell av terreng og elvebunn rundt og i Lågen. Terrengmodellen for Haredalsbekken er basert på «Nord-Gudbrandsdalen 2013» (www.hoydedata.no). Begge datasettene har en oppløsning på 0,25 m. Terrengmodell basert på «NVE 2016» ble lastet ned med oppløsning 1 m. De to terrengmodellene er bearbeidet og slått sammen i ArcGIS, før endelig modell er lastet opp i HEC-RAS (Figur 11).

Det ble målt inn 80 GPS punkter i og ved Haredalsbekken med RTK-GPS på befaringen. Høyden på disse punktene ble sammenlignet med høyder i den benyttede terrengmodellen. Gjennomsnittlig høydeavvik var på 0,2 m. Terrengmodellen overestimerte høyden på elvebunnen. Det skyldes mest trolig at laseren reflekterer fra vannoverflaten, ikke fra elvebunnen.



Figur 11: Venstre: Terrengmodell for Lågen og Haredalsbekken med 2D area i grått rutenett. Høyre: Terrengmodell Haredalsbekken. Skjermdump fra HEC-RAS.

4.1.4. Modelloppsett

Det er etablert en 2D-modell over området som inkluderer Lågen opp til like nedstrøms samløpet med Otta og Haredalsbekken. Modellen består av celler på 10*10 meter, men det er etablert et finere rutenett rundt Haredalsbekken med celler på 1*1 meter.

Oppstrøms grensebetingelse er satt med «flow hydrograph» med flomverdier for Q200 for Lågen og Haredalsbekken. Nedre grensebetingelse er satt ved utløp av modell i Lågen med «normal depth» og fall på 5 ‰.

Vannlinjemodellen er kjørt med samtidig tohundreårsflom (+klimapåslag) i Lågen og Haredalsbekken, 2235 m³/s i Lågen og 5m³/s i Haredalsbekken. Modellen ble kjørt flere ganger med ulik Mannings verdi for skog, 0,05 og 0,14. Begge modellene viste at flomsonen til Lågen ikke strekker seg over E6. Det ble derfor valgt å benytte den mest konservative verdien, 0,14.

Konstruksjoner

To veier krysser Haredalsbekken i nedre del. Øverst krysser adkomstveien til eiendommen nord for Haredalsbekken. Her er det lagt inn en kulvert med bredde 3 meter og høyde 1,2 meter. Like nedstrøms krysser E6 bekken og her ligger det et sirkulært stålrør med diameter 2 meter.

Konstruksjonene vises i terrengmodellen i Figur 11.

4.2 Resultater

Flomsonen for tohundreårsflom i Lågen er ikke kritisk nær eiendommen ved Bredebygden. Flomsonen er avgrenset omtrent ved E6 (Figur 12). Vannhastighetene i Lågen ligger under 2 m/s i det aktuelle området (Figur 13). Lave vannhastigheter, og at E6 som ligger som en barriere mellom eiendom og Lågen, gjør at eiendommen ikke er erosjonsutsatt ift. Lågen.

Det er også kjørt en egen simulering kun for tohundreårsflom i Haredalsbekken (Figur 14). Begge simuleringene (for samtidig flom i Lågen og Haredalsbekken, og kun flom i Haredalsbekken) viste at bekkeløpet, samt kulvert og stikkrenne nedstrøms, har tilstrekkelig kapasitet ved tohundreårsflom her (Figur 15 og Figur 16). Bekkeløpet vil ikke overtoppes og det vil ikke bli oppstuvning i bekkeløpet pga. kulvert under gangvei og stikkrenne under E6.

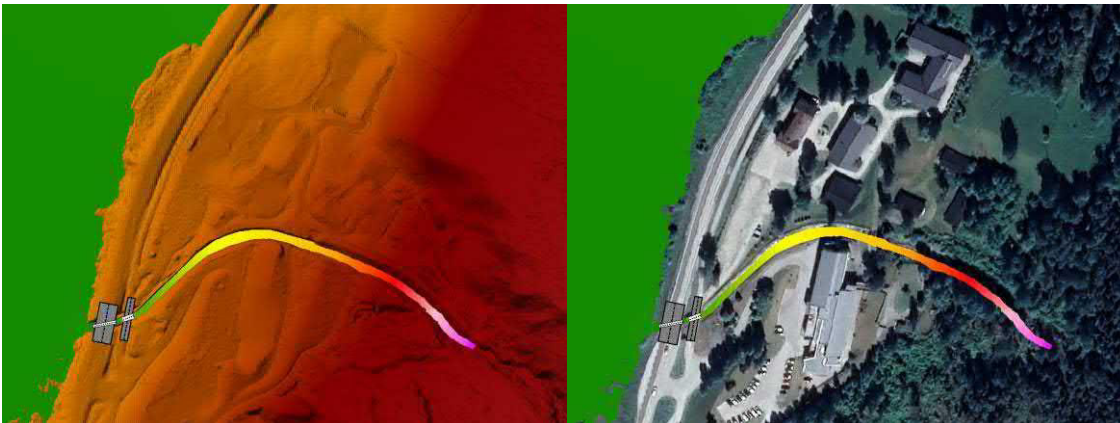
Vannhastigheten i bekkeløpet er også modellert (Figur 17). I øvre del av bekkeløpet, oppstrøms gangbru til eiendommen, hvor plastring består av rauset stein er hastigheten modellert til å være opp mot 5,5 m/s. Beregning av stabil steinstørrelse for erosjonssikring er utført med Robinson (1993) og gir $D_{50} = 500$ mm og $D_{85} = 680$ mm. Rauset stein i erosjonssikring i Haredalsbekken er vurdert til å ha tilstrekkelig størrelse og kornfordeling til å være stabil ved en tohundreårsflom.



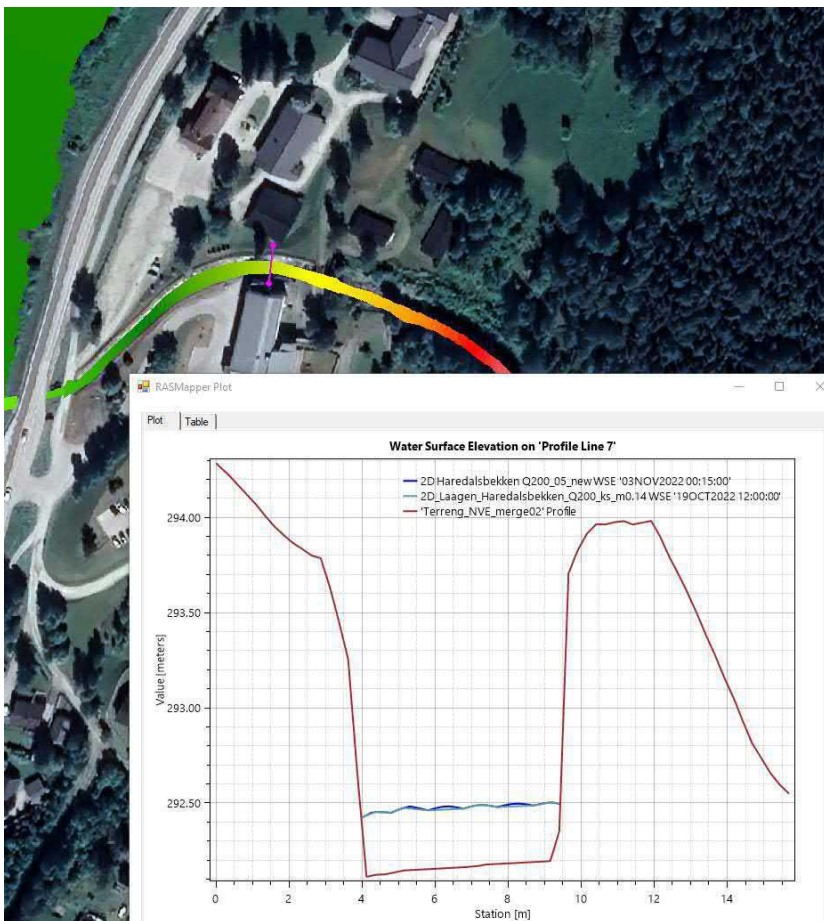
Figur 12: Flomsonen for tohundreårsflom i Lågen avgrenses langs E6, og er ikke kritisk for eiendommen ved Bredebygden.



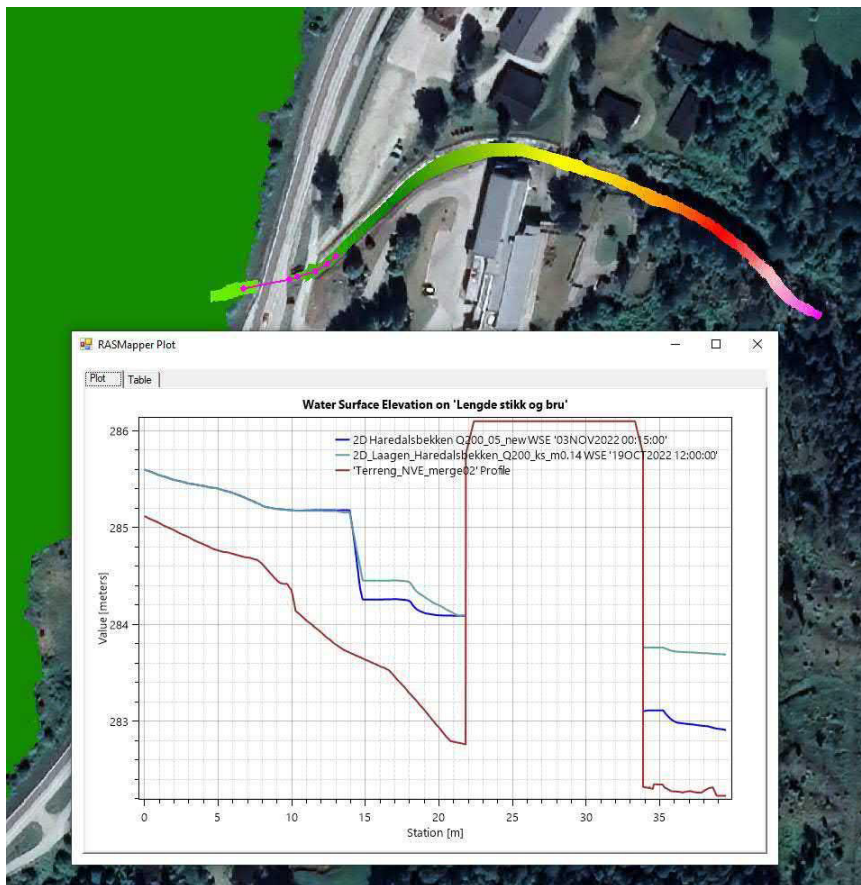
Figur 13: Vannhastighet i Lågen ved tohundreårsflom ligger på under 2 m/s.



Figur 14: Vannlinjeberegning for tohundreårsflom i Haredalsbekken.



Figur 15: Vannhøyde i Haredalsbekken vist i profil 7 (vist med rosa linje i flyfoto)



Figur 16: Vannstand i Haredalsbekken ved kulvert og stikkrenne gjennom gangvei og E6



Figur 17: Vannhastigheter i Haredalsbekken ved tohundreårsflom.

5. Konklusjon og anbefalte tiltak

Flomberegninger og hydraulisk modellering viser at den aktuelle eiendommen ved Bredebygden har tilstrekkelig sikkerhet mot flom med gjentaksintervall 200 år i Lågen og Haredalsbekken (ihht. krav i Tek17). Det er dermed ikke behov for å utføre flomsikringstiltak ved eiendommen.

Erosjonssikringen i øvre del av Haredalsbekken (oppstrøms gangbru til eiendommen), med rauset stein, er vurdert til å ha tilstrekkelig steinstørrelse til å være stabil ved en tohundreårsflom. Vannhastighetene i Lågen er lav og E6 ligger mellom eiendommen og Lågen. Det er vurdert at eiendommen har tilstrekkelig sikkerhet mot erosjon fra Lågen.

Kulvert og stikkrenne i nedre del av Haredalsbekken har kapasitet ved en 200 årsflom. På befaring ble det observert at en del masser er avsatt ved innløp og inni kulverten under gangveien. Det var også begynt å vokse en del vegetasjon i bekkeløpets nedre del, nedstrøms steinsatt kanal. Det anbefales at det gjøres jevnlig vedlikehold i kanalen for å sikre at kanalen, kulverten og stikkrennen ikke får betydelig redusert tverrsnitt.

6. Referanser

Fergus, T., Hoseth, K. A., & Sæterbø, E. (Red.). (2010). *Vassdragshåndboka: Håndbok i vassdragsteknikk*. Norges vassdrags- og energidirektorat.

Jenssen, L., & Tesaker, E. (2009). *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein*.

NVE. http://publikasjoner.nve.no/veileder/2009/veileder2009_04.pdf

NVE. (2000¹). *Flomberegninger for Otta og Gudbrandsdalslågen*. NVE.

NVE (2000²). *Flomsonekart. Delprosjekt Otta*. NVE.

NVE (2011). *Opprensning i Haredalsåa ved Haredalen*. Saksnr. 201105220-1.

NVE. (2015). *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*. NVE.

NVE (01/2022). *Veileder for flomberegninger*. NVE.

NVE. (2022). *Sikringshåndboka*. <https://sikringshandboka.nve.no/>

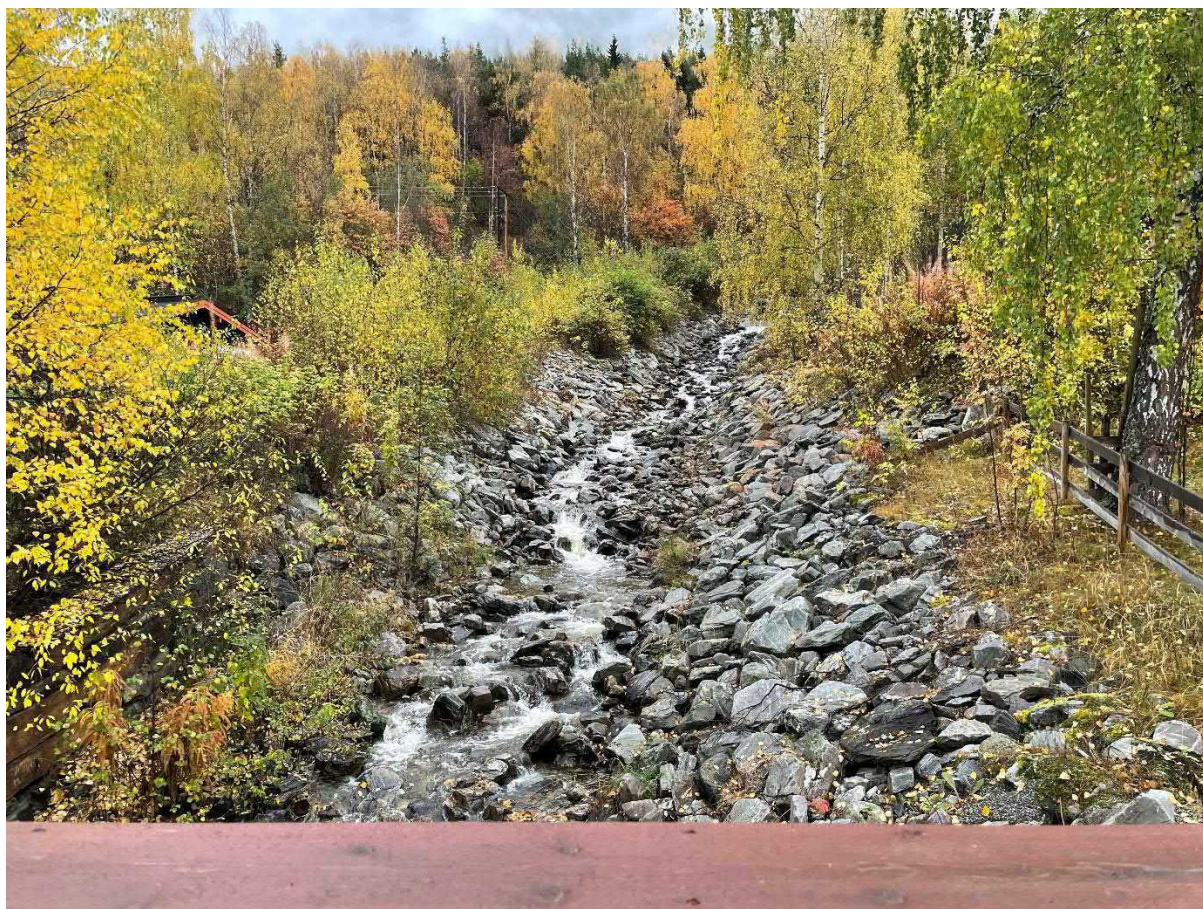
Sweco (2022). ROS-analyse Sel sykehjem.

Norsk Klimaservicesenter (2017). *Klimaprofiler*. [Klimaservicesenter](https://klimaservicesenter.no/).

7. Vedlegg

Vedlegg 1. Bilder fra befaring 06.10.2022.

Vedlegg 1: Bilder fra befaring



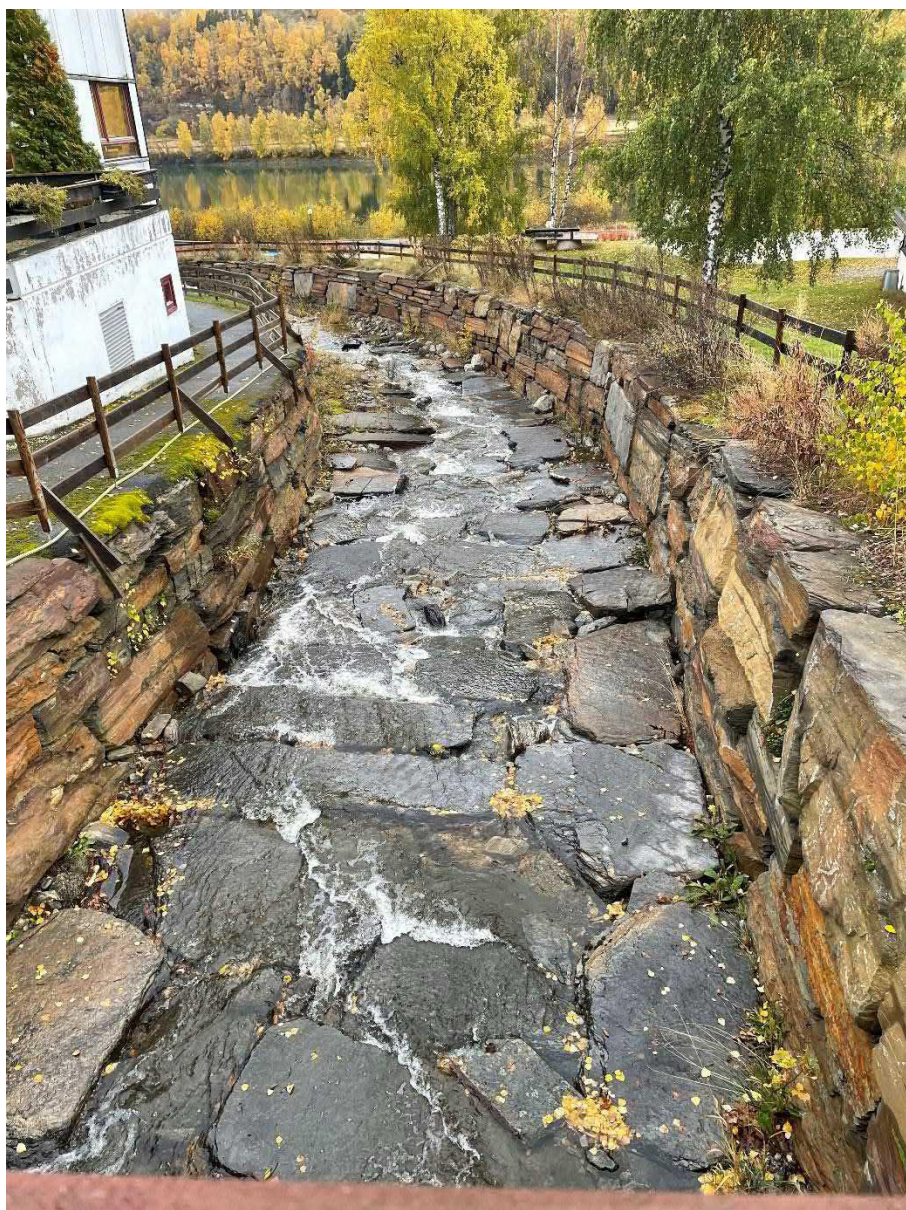
Figur 1: Erosjonssikring i Haredalsbekken oppstrøms gangbrua.



Figur 2: Erosjonssikring i Haredalsbekken oppstrøms gangbrua.



Figur 3: Gangbru mellom dagens sykehjem og den aktuelle eiendommen.



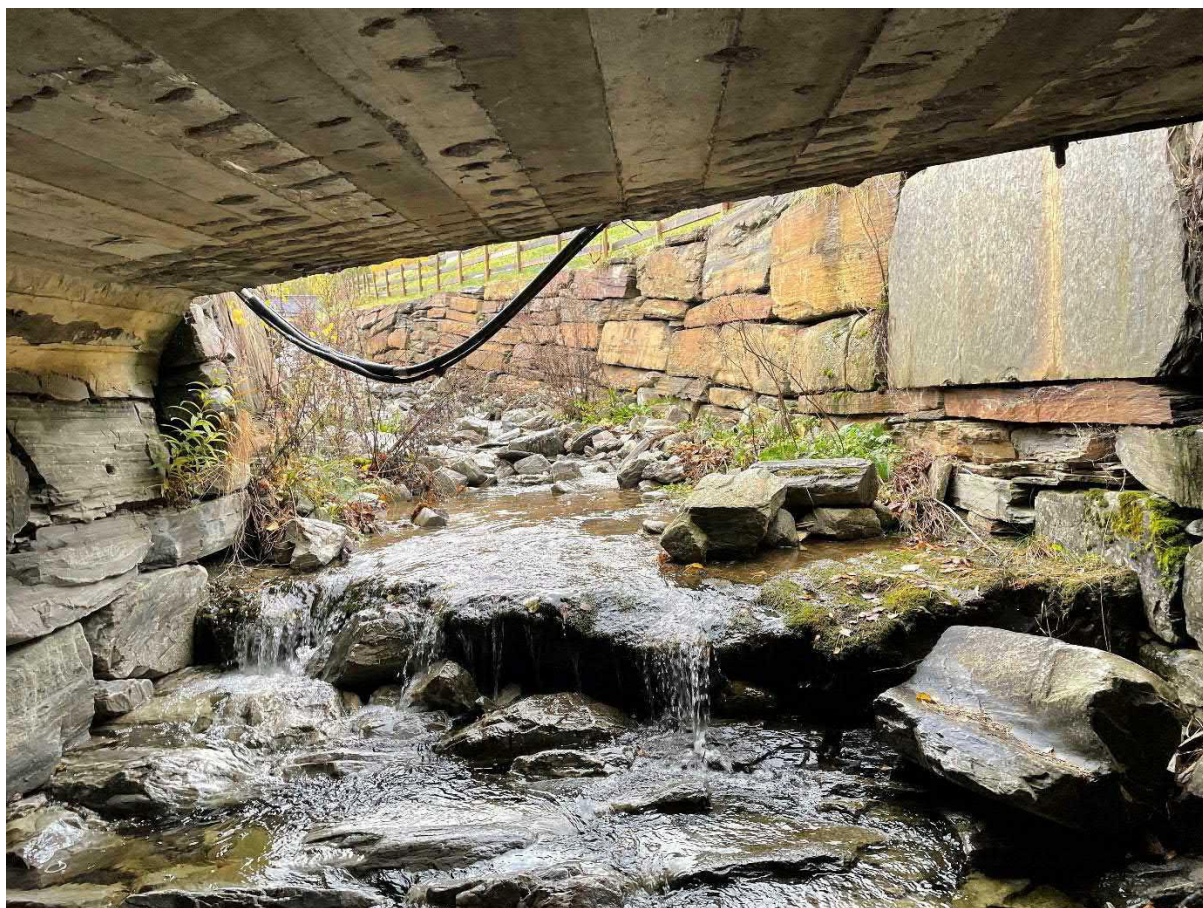
Figur 4: Erosjonssikret kanal i Haredalsbekken nedstrøms gangbrua.



Figur 5: Steinsettingen i bunn av kanalen er avsluttet omtrent 20 meter oppstrøms kulvert under gangvei.



Figur 6: Kulvert under gangvei i Haredalsbekken.



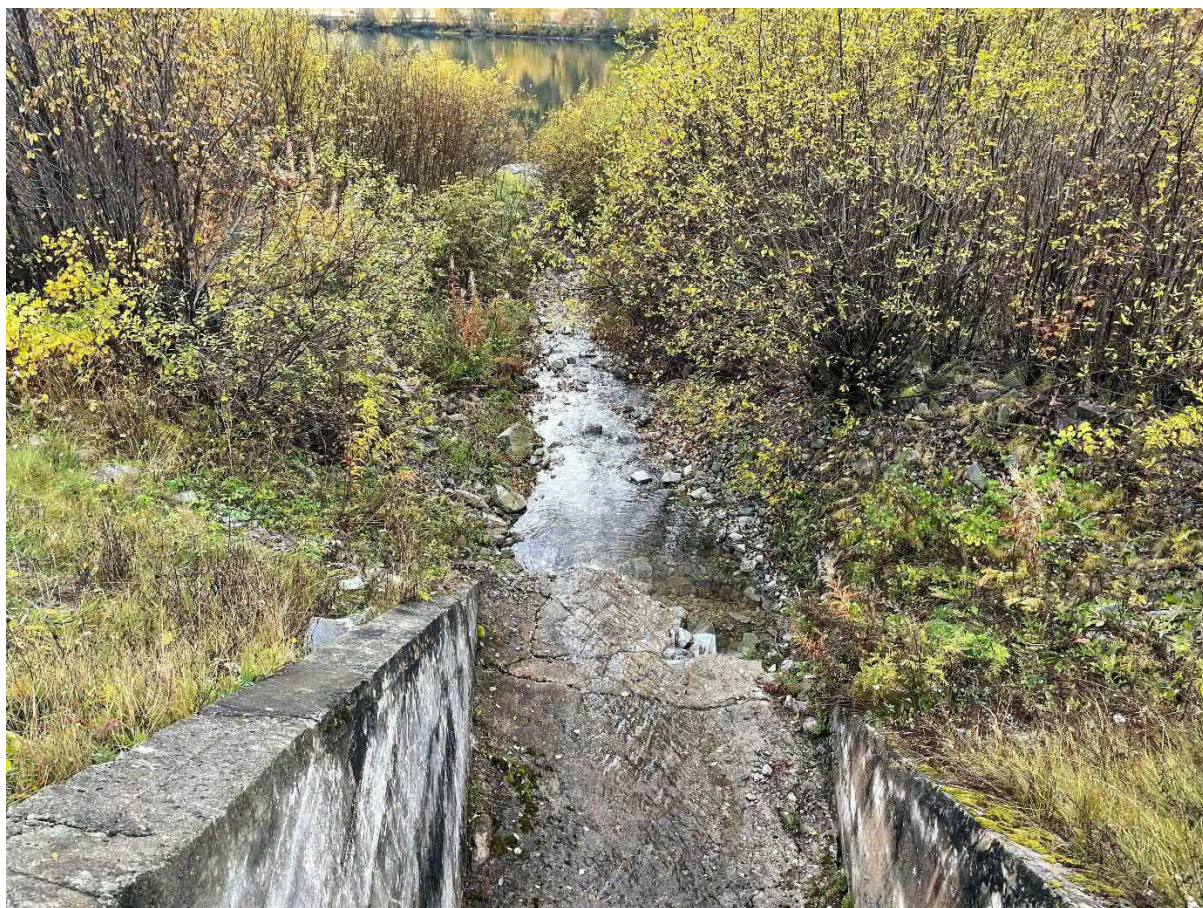
Figur 7: Betongterskel ved innløp kulvert.



Figur 8: Sirkulært rør under E6.



Figur 9: Betongtrau mellom kulvert og stikkrenne.



Figur 10: Bekkeløpet mellom utløp stikkrenne under E6 og Lågen.