

Beregnet til  
**Statens vegvesen**

Dokument type  
**Utredning, avrenning- og flomanalyse**

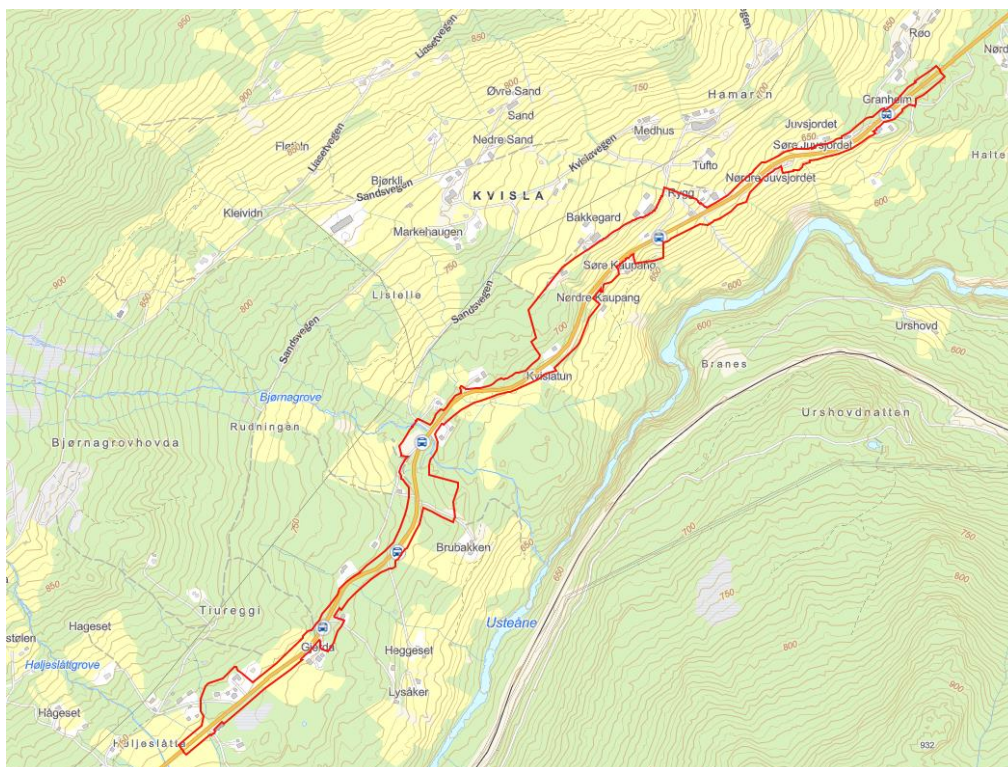
Dato  
**Juli 2022**

**Merk!**

Navnet på prosjektet er endret  
til **Rv. 7 Kvisla, Røo-Årset.**

Navnet Vindeggleet-Veslehaug er ikke  
endret i dette dokumentet men dokumentet  
omfatter hele strekningen Røo-Årset.

# VA, OVERVANNSHÅNDTERING, AVRENNING- OG FLOMANALYSE RV. 7 VINDEGGLEET - VESLEHAUG



# VA, OVERVANNSHÅNDTERING, AVRENNING- OG FLOMANALYSE RV. 7 VINDEGGLEET - VESLEHAUG

Oppdragsnavn **Rv. 7 Vindeggleet - Veslehaug**  
Prosjekt nr. **1350049592**  
Mottaker **Statens vegvesen**  
Dokument type **Utredning, avrenning- og flomanalyse**  
Versjon **01**  
Dato **08.07.2022**  
Utført av **Carita Bang og Rosa Gonzalez**  
Kontrollert av **Christian Thorstensen og Kristine Bergseng**  
Godkjent av **Carita Bang**  
Beskrivelse **VA, Overvannshåndtering, belastning og kapasitetsanalyse av stikkrenner og kulverter mellom Granheim (retning Hagafoss) og Høljeslåtta i vest (retning Geilo)**

Rambøll  
Harbitzalléen 5  
Postboks 427 Skøyen  
0213 Oslo

T +47 22 51 80 00  
<https://no.ramboll.com>

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1.</b>	<b>Innledning og målsetning</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>Dagens situasjon</b>	<b>3</b>
2.1	Beskrivelse av planområdet	3
2.2	Eksisterende infrastruktur for VA	5
2.2.1	Vann	5
2.2.2	Spillvann	5
2.3	Overvann	5
<b>3.</b>	<b>Overvannshåndtering langs riksveg 7</b>	<b>9</b>
3.1.1	Fiskepassasje	9
3.1.2	Erosjonssikring	10
3.1.3	Rensebehov - Bortledning og rensing av forurenset overvann fra Rv. 7	11
<b>4.</b>	<b>Flomanalyser</b>	<b>12</b>
4.1	Forutsetninger	12
4.1.1	Dimensjonerende gjentakintervall og klimafaktor for flom	12
4.2	Metoder	13
4.2.1	SCALGO Live	13
4.2.2	Flomberegninger	13
4.3	Flomanalyser for kulvert med nedbørfelt større enn 1 km <sup>2</sup>	17
4.3.1	Nedbørfelt	17
4.3.2	Flomfrekvensanalyser	19
4.3.3	Formelverk for små nedbørfelt	22
4.3.4	Rasjonell formel	23
4.3.5	PQRUT	23
4.3.6	Oppsummering – valg av dimensjonerende flomverdi	25
4.3.7	Kulvertdimensjonering	26
4.4	Flomberegninger for felt mindre enn 1 km <sup>2</sup>	27
4.4.1	Rasjonelle formel	27
4.4.2	Kulvertdimensjonering	27
4.5	Stikkrenne-/kulvertkapasitet og belastning	29
4.6	Usikkerheter	30
4.6.1	Usikkerheter i flomfrekvensanalyser	30
4.6.2	Usikkerhet i datagrunnlag	30
<b>5.</b>	<b>Oppsummering</b>	<b>31</b>
5.1	Vann	31
5.2	Spillvann	31
5.3	Overvann	31
5.3.1	Annet gjenstående arbeid	32
<b>6.</b>	<b>Kilder</b>	<b>33</b>
<b>7.</b>	<b>Vedlegg</b>	<b>34</b>

### Vedlegg

- Vedlegg 1 – Eksisterende VA-plan: GH1.01
- Vedlegg 2 – Eksisterende VA-plan: GH1.02
- Vedlegg 3 – Eksisterende VA-plan: GH1.03
- Vedlegg 4 – Prosjektert teknisk plan G2.01
- Vedlegg 5 – Prosjektert teknisk plan G2.02
- Vedlegg 6 – Prosjektert teknisk plan G2.03
- Vedlegg 7 – Beregning av vanngjennomløp ved bekken Bjørnagrove
- Vedlegg 8 – Beregning av vanngjennomløp ved bekken ved Rygg

## 1. INNLEDNING OG MÅLSETNING

Planområdet ligger langs Rv. 7 ved Kvisla på strekningen mellom Hol og Geilo i Hol kommune. Hensikten med reguleringsplanarbeidet er å utbedre vegen på strekningen mellom Granheim (retning Hagafoss) og Høljeslåtta i vest (retning Geilo) for å gi trafikantene bedre trafiksikkerhet og økt fremkommelighet. Strekningen ligger rundt 740 moh – 620 moh og er ca. 3,1 km lang.

På strekningen mellom Vindeggleet og Kvislatun er vegen i dag smal, uten midtoppmerking og i dårlig stand. Det er også setningsskader på fyllingene samt på en mur på sørsiden av vegen. På strekningen fra Kvislatun til Veslehaug er vegen i dag noe bredere, men er mer svingete som gjør vegen uoversiktlig.

Statens vegvesen vil breddeutvide vegen opp til 9 meter om mulig. Terrenget i området er en utfordring og vegbredden bestemmes ut ifra hvilke konsekvenser de ulike vegbreddene får for terrenget rundt. Det skal tilrettelegges for overvann- og flomhåndtering i henhold til gjeldende vegnormal N200 Vegbygging (Statens vegvesen, 2021) som hensyntar fremtidig klimasituasjon. Prosjektet har lagt til grunn at det ikke er omkjøringsmulighet for vegstrekningen.

Rambøll har fått i oppdrag å bistå Statens Vegvesen med hydrologi og overvannshåndtering i reguleringsplanen for Rv. 7 Vindeggleet – Veslehaug.

Denne rapporten omhandler kartlegging av eksisterende VA, samt prosjektering av overvannshåndtering langs vegstrekning med kartlegging av nedbørsfelt, kapasitetsberegninger og vurdering av stikkrenner og kulverter mellom Granheim og Høljeslåtta.

Det søkes at vannet i størst mulig grad skal følge de vannvegene som finnes i dag. Det legges spesielt fokus på overvann- og flomhåndtering for de to største kryssende bekkene, Bjørnagrove og bekken ved Rygg.

### 1.1 Målsetning

Hovedmålet med denne utredningen har vært å dokumentere dimensjonerende flom med klimafaktor og sikkerhetsfaktor, kartlegging av nedbørsfelter og dimensjonering/vurdering av stikkrenner/kulverter under Rv. 7 Vindeggleet - Veslehaug.

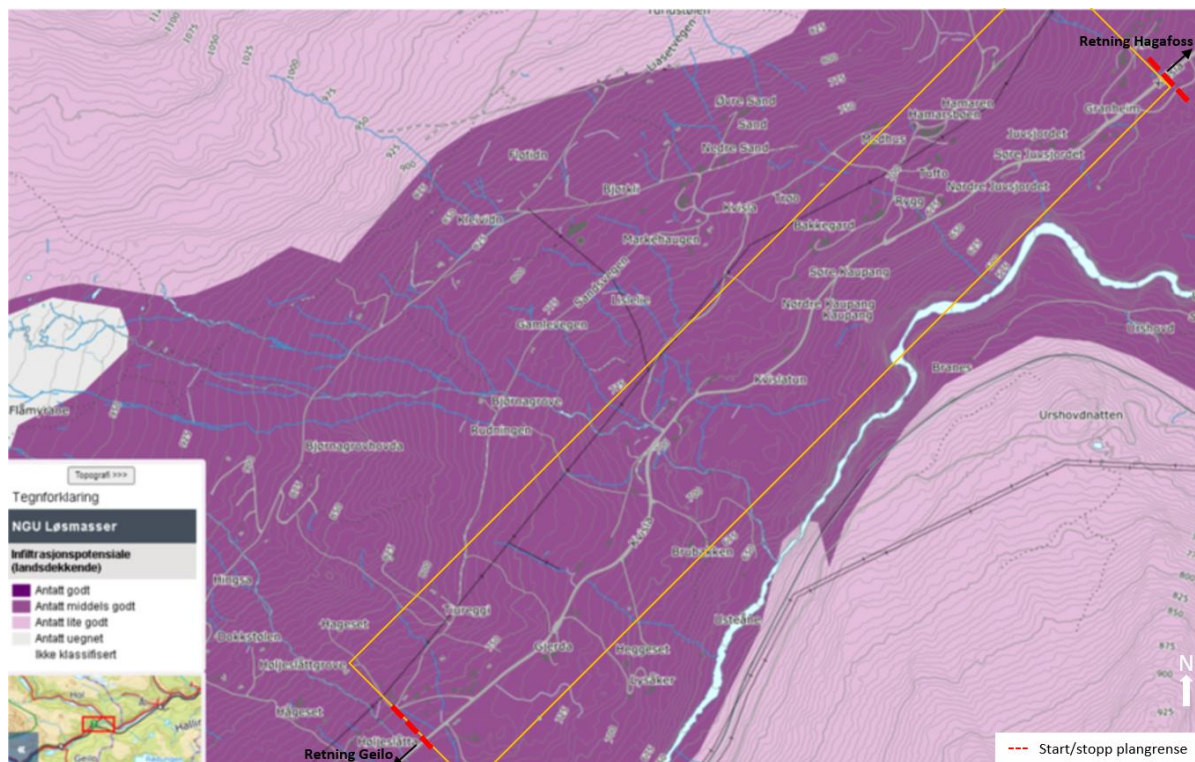
Videre skal eksisterende infrastruktur for vann- og avløp kartlegges og eksisterende drensledninger fra jordbruk registreres. Det skal utarbeides overvannshåndtering langs Rv. 7 i henhold til håndbok N200 (Statens vegvesen, 2021).

## 2. DAGENS SITUASJON

### 2.1 Beskrivelse av planområdet

Planområdet består av tykk morene som er antatt å ha middels godt infiltrasjonspotensial, se Figur 1. Morenemateriale kan inneholde alle fraksjoner fra stein, grus, sand, silt og leire. Det er utført geotekniske undersøkelser som beskrevet i fagrapport «G-RAP-001 Geoteknisk rapport skjæringer og fyllinger Rv. 7»: Det er registrert faste lagrede friksjonsmasser (sandige og grusige som kan inneholde blokk og stor stein), fast lagret morenemasse med vanninnhold 2-8% (T3 masser). Det er identifisert syv områder med en del deformasjoner og sprekker i bratt terreng som er synlig i vegbane i form av svanker og sprekker i asfalten: Området ved Kaupang P2700- P2900 og rundt P2960, P3030 og P3110.

Det er utført poretrykksmåling i en kortere periode (22.02.2022-23.04.2022), og det ble ikke registrert grunnvannstrykk/alle målerne var tørre. Det tyder på at grunnvannstand ligger dypere enn målerne, som ble lagt på 4,0 – 7,8 m dybde under terreng ved Kaupang. Se geoteknisk fagrapport for videre detaljering.



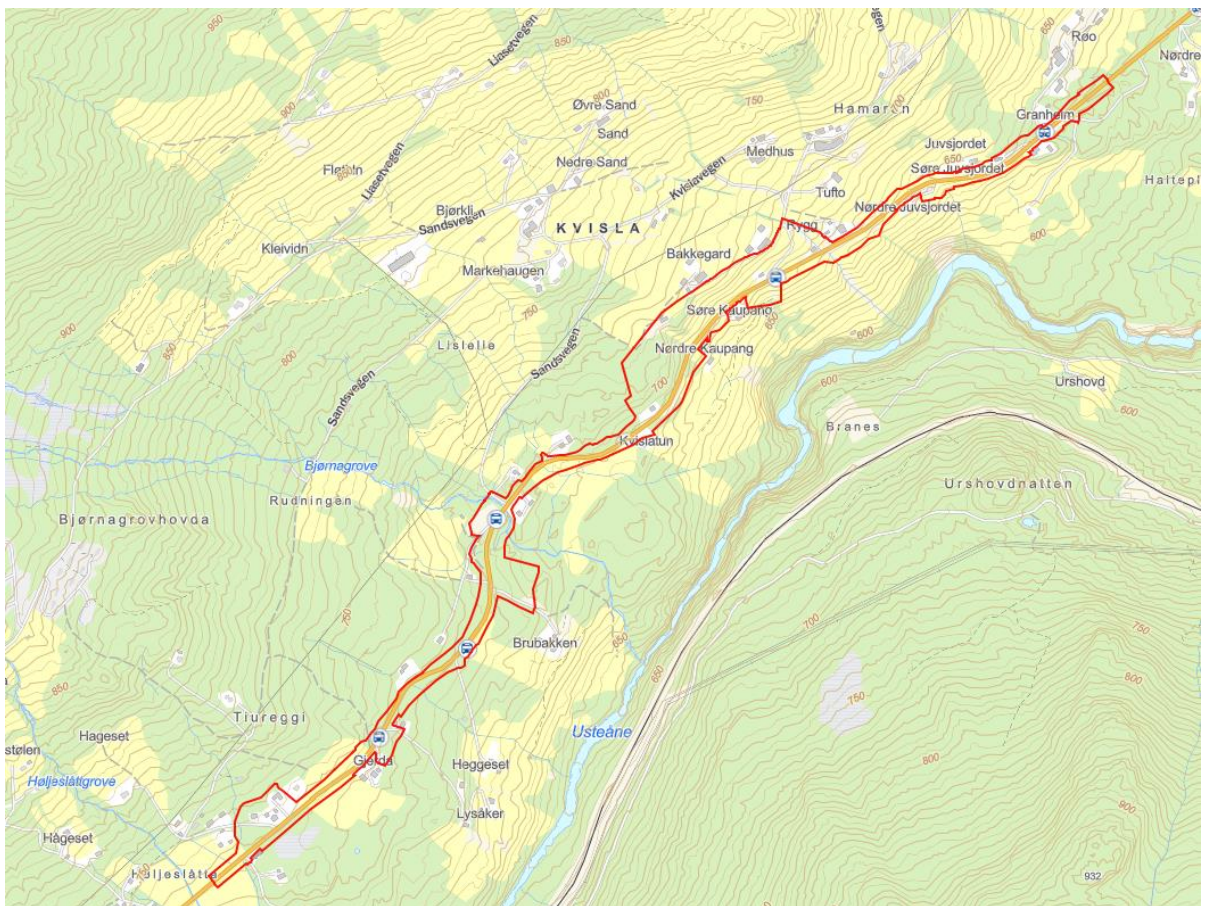
**Figur 1** Oversiktskart over infiltrasjonspotensiale for planområdet, se gul heltrukken linje for vegstrekningen Rv. 7 som er omfattet av planreguleringen. Kilde: NGU

Dagens Rv. 7 ligger som en mindre skjæring og fylling i terrenget som generelt faller ned mot elven Usteåne. Vegstrekningen har fall mot nordøst (retning Hagafoss), med et lite unntak av de siste 100 meterne retning Geilo der fallretningen til vegen er mot sydvest.

Se Figur 2 for bilde fra Google kart som viser utsnitt av dagens situasjon. Figur 3 viser utstrekningen av planområdet langs Rv. 7.



Figur 2 Bilde som viser utsnitt av dagens situasjon for Rv. 7. Kilde: Google kart



Figur 3 Planområdet langs riksveg 7 markert med rød heltrukket linje. Kilde: Rambøll

## **2.2 Eksisterende infrastruktur for VA**

Det er innhentet relevant informasjon fra Hol kommune om eksisterende VA-tekniske forhold i planområdet. Det finnes ikke kommunalt vann- og avløpsledningsnett i planområdet. Det er registrert informasjon om privat infrastruktur for vann- og avløp fra grunneiere da Rambøll og Statens vegvesen var på befaring langs strekningen 15.02.2022, samt fra skriftlige høringsinnspill. I tillegg er det innhentet grunnlagsdata fra Statens vegvesens vegkart og Nasjonal grunnvannsdatabase GRANADA.

Se teknisk plantegninger GH1.01, GH1.02 og GH1.03 i henholdsvis vedlegg 1, 2 og 3 for detaljering av eksisterende VA-infrastruktur.

### **2.2.1 Vann**

Fra GRANADA (Norges Geologiske Undersøkelse, u.d.) er det hentet borpunkter (private vannbrønner) innenfor planområdet. Oversikt over private vannledninger, overvannsledninger og drensledninger er innsamlet fra registrerte dokument fra Hol kommune samt innspill fra grunneiere vedrørende planoppstart.

Det er mottatt opplysninger om private vannledninger som krysser Rv. 7 som beskrevet i de tekniske plantegningene. I neste fase bør det kartlegges om det finnes andre private vannledninger som krysser Rv. 7 som det ikke har blitt gitt innspill om fra grunneiere.

Vedlagte tekniske plantegninger viser registrerte brønner fra GRANADA som er langs vegstrekningen. I neste fase må det kartlegges om det finnes andre brønner i området som ikke er registrert i GRANADA enn de som er kartlagt i denne fasen.

Det er registrert brønner som kommer i konflikt med ny Rv. 7 og avkjøringer, se de tekniske plantegningene for detaljer. Brønner som er i konflikt, må erstattes/flyttes. I neste fase må det gjøres ytterligere undersøkelser/kartlegging om det finnes andre brønner som berøres og eventuelt må erstattes.

Drikkevannskilder i planområdet bør kartlegges og beskyttes mot forurensing. Brønner kan få tilsig av vegvann fra Rv. 7, samt fra anleggsarbeid. I henhold til innspill fra Mattilsynet bør drikkevannsforsyninger prøvetas før, under og etter anleggsperioden, samt etter at veien er i bruk.

### **2.2.2 Spillvann**

Det er innhentet grunnlagsdata fra Hol kommune for registrerte private septiktanker. Vedlagte tekniske plantegninger viser registrerte septiktanker. Det er registrert private septiktanker som kommer i konflikt med ny Rv. 7 og avkjøringer, se de tekniske plantegningene for detaljer.

## **2.3 Overvann**

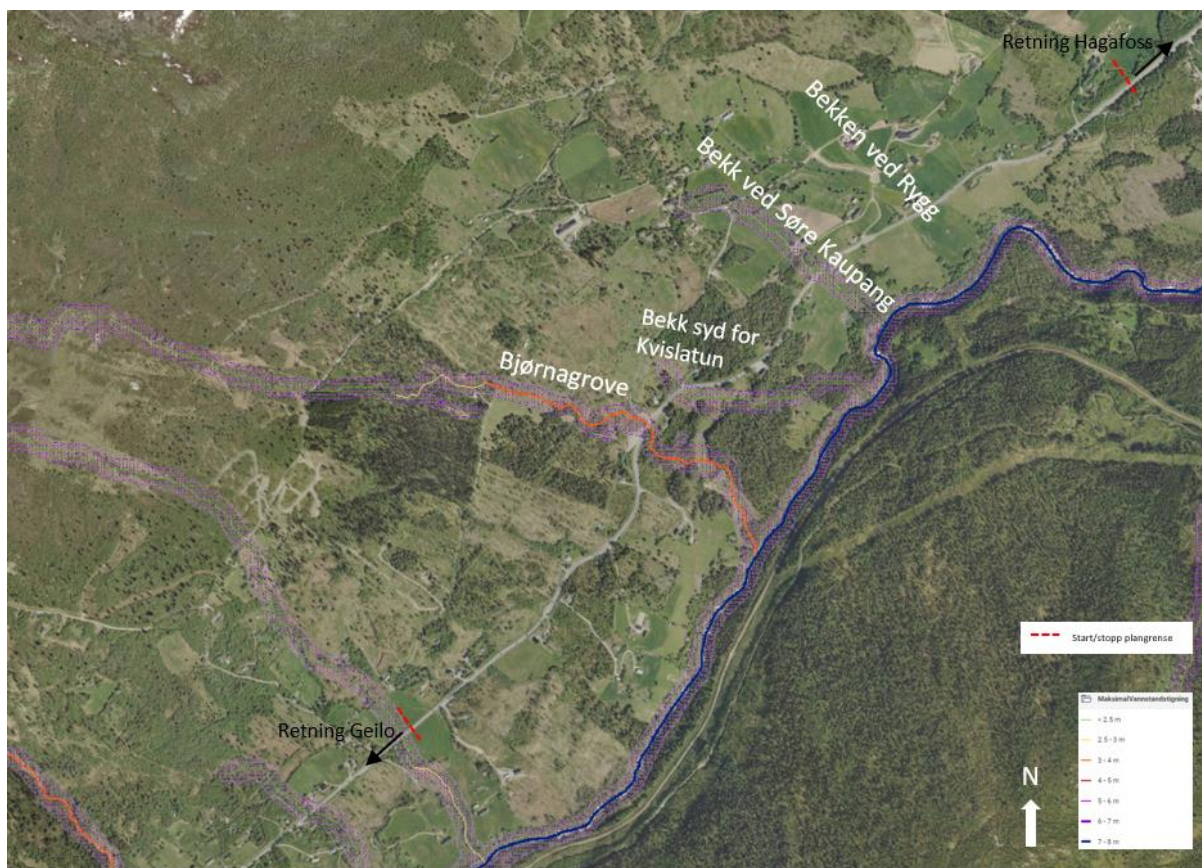
Private jordbruksdreneringsledninger er registrert i henhold til innhentet informasjon fra Hol kommune og grunneiere, se tekniske plantegninger i vedlegg 1, 2 og 3 for detaljer. Hol kommune har ikke komplett oversikt over privat jordbruksdrenering i området da registrert informasjon er mottatt fra grunneiere som har hatt ønske om og forhåpning om å motta tilskudd. I perioden 1990-2015 fantes ingen tilskuddsordning. Dermed ble ingen informasjon gitt til kommunen vedrørende drensledninger på eiendommer i denne perioden.

Vedlagte tekniske plantegninger i vedlegg 1, 2 og 3 viser registrerte kummer, stikkrenner og kulverter fra Statens vegvesens vegkart (Statens vegvesen, 2022).

I dag er det åpen drenering og infiltrasjon i sidevegggrøft. Terrenget er stedvis bratt, og vegen er flere steder tilpasset terrenget med jordskjæring på innsiden av vegen og fylling på utsiden. Vegen ligger innenfor mulige utløpsområder for flom i bekk og jordskred.

Figur 4 viser aktsomhetsområder for flom: Bekken ved Rygg er ikke markert, men det er markert en bekk ved Søre Kaupang, samt bekken syd for Kvislatun og bekken Bjørnagrove. NVE har identifisert de tre markerte områdene langs vegstrekningen som spesielt utsatt for flom i bekk. Samtlige fire bekker er lokalisert mellom Kvislavegen 5 (ca. profil 2500) og til ca. 400 m forbi Kvislatun (ca. profil 3550).

Vegen prosjekteres frem til profil 4650. Likeledes starter prosjektering av vegstrekningen ved ca. profil 1750, slik at prosjektering av overvann- og drensledninger starter/slutter ved samme profilnummer.



**Figur 4 Aktsomhetsområder for flom (lilla skravur). Kilde: NVE**

Det er registrert mindre hendelser av steinsprang langs vegen, samt et mindre jordskred, se fagrapport «I-RAP-001 Risiko- og sårbarhetsanalyse Rv. 7 Vindeggleet – Veslehaug» for detaljering rundt dette, samt aktsomhetsområde for jordskred.

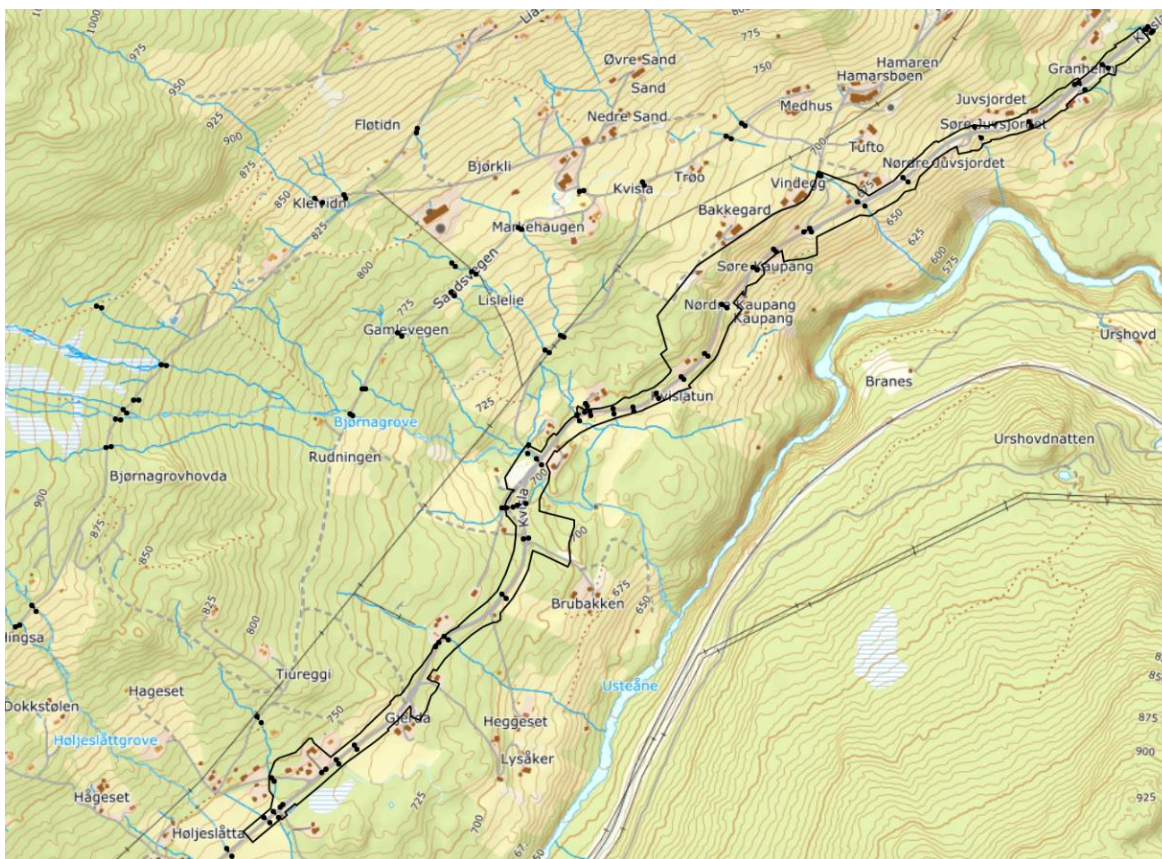
I dagens situasjon er overvannsavrenning delt i mange nedbørsfelt etter fallretning til terrengoverflaten og eksisterende stikkrenner/kulverter, se Figur 5. Planområdet heller mot sydøst ned mot elven Usteåne mens veglinjen har fall mot nord, med unntak av et lite 100 meters område helt syd i planområdet retning Geilo.





**Figur 5. Kulverter langs traseen mellom Vindeggleet og Veslehaug, nummeret med veiprofilnummer/løpe m. Rød heltrukket linje viser plangrense for utbedring av strekning for Rv. 7. Kilde: ArcMap/Rambøll**

Stikkrenner/kulverter ved Rv. 7 vist i Figur 6 er overført til SCALGO Live fra vegkart.no, mens stikkrenner/kulverter oppstrøms Rv. 7 er hentet fra høydemodellen i SCALGO Live. Høydemodellen (høydedata) i SCALGO Live er supplert med hydrologiske korreksjoner for å representere kulverter og broer.



**Figur 6: Markering av eksisterende stikkrenner/kulverter. Svart heltrukken linje viser plangrense for utbedring av denne strekningen for Rv. 7. Kilde: SCALGO Live/Rambøll**

### 3. OVERVANNSHÅNDTERING LANGS RIKSVEG 7

Rv. 7 har sidebratt terreng, samt at det er trangt langs vegen med liten mulighet for utvidelser. Deler av ny veg rettes ut i forhold til eksisterende veg. Vegen blir liggende som en skjæring og fylling på strekningen med de største skjæringene og fyllingsutslagene mellom P2400-P3100. Enkelte steder trekkes veglinjen på innsiden av eksisterende veg. Vegen blir da liggende som en tosidig skjæring med liten skjæring mot sørøst og stor skjæring mot nordvestsiden hvor terrenget stiger.

Strekningen etableres derfor med grunne sidegrøfter og lukket drenering langs vegstrekningen slik at avrenning fra vegoverflater ivaretas. Det søkes at vannet i størst mulig grad skal følge de vannvegene som finnes i dag. Se tekniske plantegninger G2.01, G2.02 og G2.03 i vedlegg 4, 5 og 6 for detaljering.

Det etableres sandfang i tilknytning til det lukkede overvannssystemet slik at vannet fra de grunne sidegrøftene infiltreres til drenerør, via sandfang til overvannsrør og videre til kulverter for å føre vannmengder fra de asfalterte arealer og terreng via infiltrasjon i grøft til eksisterende vannveger. Lukket overvannshåndtering med stikkrenner og kulverter er prosjektert for dimensjonerende regnhendelser med klimapåslag i henhold til håndbok N200 (Statens vegvesen, 2021).

I henhold til N200 skal overvannsledninger og drenerledninger legges frostfritt. Frostfri dybde er basert på stedlige forhold med hensyn til frostmengde og årsmiddeltemperatur i henhold til håndbok N200 (Statens vegvesen, 2021), og er prosjektert til 2,4 m topp overvannsrør i sidevegrøft.

Rambøll har vurdert at sekundær resipient elven Usteåne har middel sårbarhet, slik at det er behov for et rensetiltak (trinn 1). For driftsfasen er det vurdert at sandfang er tilstrekkelig som rensetiltak. For anleggsfasen må det tas hensyn til gyteperiode for fisk. Se underkapittel 3.1.3 for detaljering.

På fyllinger etableres en sone fra veien og nedover fyllingen med infiltrasjonsmasser. Disse massene er tilsvarende som i grøfter, og løsningene sikrer en diffus avrenning med rensing av overvannet gjennom infiltrasjon.

#### 3.1.1 Fiskepassasje

Det er registrert fiskevandring i Bjørnagrove og kulverten må derfor utformes som fiskepassasje. For å ivareta fiskevandring må det være et lag med bunnsstrat i kulverten.

Bunn av kulverten må legges lavere enn bekkbunn, slik at røret kan bli fylt opp i bunn med et lag elvegrus for å tilfredsstille krav om utforming av kulverter som fungerer som fiskepassasje. Tykkelsen på dette elvegruslaget må være motstandsdyktig mot flom (Direktoratet for naturforvaltning, 2002). Dette bunnlaget settes til 50 cm for å være motstandsdyktig mot flom og endringer i bekkeløp.

Etter N200 (Statens vegvesen, 2021) skal det ved beregning antas at tverrsnittet er gjentettet til 1/3 av innløpets høyde. Kulverten i Bjørnagrove har blitt dimensjonert med hensyn til gjentettingen på 50 cm. Substratet i kulverten blir en del av elvebunnen, og det antas at denne gjentetting på 50 cm vil være tilstrekkelig.

Utforming av bunnsstrat i kulvert og vurdering av etablering av terskler må sees på nærmere i detaljeringsfasen for å tilfredsstille minimum tillat vannndybde og vannhastighet for aktuelle arter, i henhold til N200 (Statens vegvesen, 2021).

Rambøll har innhentet lokalkunnskap fra utmarksrådgiver i Hol kommune og navngitt grunneier. Lokalkunnskap tilsier at det er kun Bjørnagrove som er fiskeførende. Eventuelle tiltak for fiskevandring i de resterende kryssende bekkene skal gjøres i neste fase om det blir kartlagt andre bekker med fiskevandring, og etter at endelig dimensjonering av kulverter er utført.

### 3.1.2 Erosjonssikring

Etter kapittel 2.6.3.2 i N200 (Statens vegvesen, 2021) skal innløpet bygges slik at erosjon hindres og sikrer at vannet ikke går inn i overbygning og trau. Ved fare for erosjon og utvasking ved innløp og utløp må det utføres erosjonssikring i identifiserte områder.

Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein nr. 4/2009 fra NVE bør legges til grunn for å dimensjonere tiltakene (Jenssen & Tesaker, 2009).

For felt større enn 1 km<sup>2</sup> er det beregnet stabil steinstørrelse ved bruk av følgende formel:

**Stabil steinstørrelse:**

$$D_{50} = 0,2 \cdot D \left( \frac{Q}{\sqrt{g} D^{2,5}} \right)^{\frac{4}{3}} \left( \frac{D}{TW} \right)$$

Hvis strømmingen er overkritisk:

$$D' = \frac{D + y_n}{2}$$

Hvor D<sub>50</sub> er steinstørrelse, D er kulvertdiameter, Q er dimensjonerende vannføring, TW er nivå på undervannet over bunnen av kulvertutløpet, D' er justert kulvert diameter og y<sub>n</sub> er normalstrømningsdybden i kulverten.

Foreløpig beregnet stabil steinstørrelse nedstrøms kulvert både ved Bjørnagrove og ved Rygg er D<sub>50</sub>= 500 mm.

Vannhastighet og helning på terreng er viktige faktorer for dimensjonering av erosjonssikring, og erosjonssikringen må dermed beregnes nærmere i detaljeringsfasen når veglinje er ferdig detaljert og terreng høyden er innmålt.

Det er viktig å sette av areal til erosjonssikring, og etter utgangspunkt i beregningene må sikringslengden nedstrøms være minimum 5 m. Ved høye hastigheter kan erosjonssikringen kombineres med energidreperiltak.

I kulverten ved Bjørnagrove med mulighet for fiskevandring må erosjonssikringen kombineres med tiltak som slipper fisken frem.

Oppstrøms kulverter kan det være nødvendig å erosjonssikre en strekning av vassdraget. Detaljene for utforming av plastring bør sees nærmere i detaljeringsfasen.

### 3.1.3 Rensebehov - Bortledning og rensing av forurenset overvann fra Rv. 7

Rv. 7 har en fremskrevet ÅDT 5070 kjt/dg (fremskrevet 20 år fra ferdigstillelse av veg) og dermed defineres den biologiske påvirkningen som middels, mens rensetiltak avhenger av hvor sårbar vannforekomsten er. Se Tabell 1 nedenfor, som er utdrag av Tabell 2.3 i N200 (Statens vegvesen, 2021).

Usteåne har «moderat økologisk potensial». Når det gjelder fisk er elva klassifisert som «moderat», men «svært god» når det gjelder ungfisk (gjelder ørret). Usteåne er ikke primærresipient, det er det kryssende bekker som er.

#### Sårbarhetsvurderinger

Sårbarhetsvurdering av vannforekomstene er gjort i fagrapport for ytre miljø, «M-RAP-001 Rv7 YM-Plan».

Rapporten viser til at sårbarheten til bekkene ikke er kategorisert. For Bjørnagrove gjøres det en konservativ antagelse om middels sårbarhet inntil bekken er kartlagt for begroingsalger og bunndyr og dermed klassifisert. Dette innebærer i henhold til Tabell 1 nedenfor, og med dagens kunnskap, behov for et rensetiltak (trinn 1).

Det anses at tilstrekkelig rensing under drift oppnås med sandfang. Renseeffekten av sandfang avhenger av tømmehyppighet, slik at det er viktig å påse at rett vedlikeholds hyppighet blir overholdt i driftsfasen og er i henhold til håndbok R610 (Statens vegvesen, 2012).

Forurenset avrenning blir konsentrert om anleggsperioden. I driftsperioden blir det minimal forskjell fra dagens situasjon. For anleggsperioden må det tas hensyn til gyteperioden for fisk. Gyteperioden er fra 15. september til 1. november.

**Tabell 1. Risiko for biologisk skade i vannforekomst og behov for rensetiltak. Kilde: N200 (Statens vegvesen, 2021)**

Trafikk (ÅDT) – fremskrevet 25 år	Biologisk påvirkning	Behov for rensetiltak
5070	Middels – høy sannsynlighet for biologiske effekter i vannforekomsten	Rensetiltak (1 trinn) da vannforekomst har middels eller høy sårbarhet

## 4. FLOMANALYSER

### 4.1 Forutsetninger

Bekker og elvekryssinger langs Rv. 7 ble kartlagt ved hjelp av kart og ortofoto i SCALGO Live, samt ved hjelp av Google Maps sine bilder fra strekningen datert til juni 2019. Eksisterende stikkrenner og kulverter langs Rv. 7 er kartlagt ved hjelp av Statens vegvesens vegkart. Ved å se på eksisterende vannveger i Google Maps ble det observert flere stikkrenner som ikke var registrert i vegkart.no.

Eksisterende stikkrenner oppstrøms Rv. 7 er ikke registrert eller innmålt. Høydemodellen i SCALGO Live er supplert med hydrologiske korreksjoner som representerer stikkrenner, kulverter og bruer. Antatte vanngjennomløp i sidevegene oppstrøms Rv. 7 har derfor blitt modellert i henhold til korreksjonene som SCALGO Live viser i sin generelle høydemodell.

Nedbørfeltene har blitt generert ved innløp kulvert.

#### 4.1.1 Dimensjonerende gjentaksintervall og klimafaktor for flom

Ifølge Statens vegvesens (SVV) håndbok N200 (Statens vegvesen, 2021) skal avrenningsberegninger gjøres med påslag for å ta hensyn til fremtidige klimaendringer og usikkerhet ved beregninger. Se ligning under:

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

Hvor variablene er:

$Q_{dim,T}$  = Dimensjonerende avrenning for returperiode  $T$  [ $m^3/s$ ]

$Q_T$  = Beregnet avrenning for returperiode  $T$  [ $m^3/s$ ]

$F_k$  = Sikkerhetsfaktor for fremtidige klimaendringer.

$F_u$  = Sikkerhetsfaktor for usikkerhet ved beregningsmetode.

Risikoaksept for flom bestemmes av valgt returperiode (gjentaksintervall) og påslag for avrenningsberegninger. Etter krav 2.8 i håndbok N200 skal returperiode for flomhendelser bestemmes ut fra vegens ÅDT og omkjøringsmuligheter. Statens vegvesens håndbok N200 og vegnormal angir funksjons og kvalitetskrav for vegbygging. Gjeldende strekningen i Rv. 7 hadde en ÅDT på 3787 i 2021, men ÅDT for år 2045 er anslått til 5070, noe som tilsvarer sikkerhetsklasse V3 og en returperiode for flomhendelser på 200 år for tverrdrenering og 100 år for langsgående drenering uten omkjøringsmuligheter. Se Tabell 2.

**Tabell 2. Sikkerhetsklasser for veger til dimensjonerende returperiode for nedbør basert på dimensjoneringsnivå og årsdøgntrafikk (ÅDT), (SVV, 2021). Kilde: Håndbok N200 (Statens vegvesen, 2021)**

Sikkerhetsklasse	ÅDT	Returperiode for flomhendelse			
		Med omkjøringsmulighet		Uten omkjøringsmulighet	
		Tverrdrenering	Langsgående drenering	Tverrdrenering	Langsgående drenering
V1	0 - 500	50 år	50 år	100 år	50 år
V2	500 - 4000	100 år	50 år	200 år	100 år
V3	> 4000	200 år	100 år	200 år	100 år

Alle beregnede nedbørsfelter i gjeldende strekningen av vei er å anse som små (mindre enn 50 km<sup>2</sup>). Anbefalt klimapåslag for små nedbørsfelt i Buskerud er 1,4 (40 % klimapåslag), i henhold til håndbok N200.

**Tabell 3. Krav til sikkerhetsfaktor for håndtering av usikkerhet ved hydrologiske beregninger (SVV, 2021). Kilde: Håndbok N200 (Statens vegvesen, 2021)**

Sikkerhetsklasse	F <sub>u</sub>
V1 eller F1	1,0
V2 eller F2	1,1
V3 eller F3	1,2

Dimensjonerende flom settes til:

$$Q_{dim,200} = Q_{200} * F_k * F_u = Q_{200} * 1,4 * 1,2$$

## 4.2 Metoder

Etter krav 2.20 i N200 skal flere metoder for avrenningsberegninger benyttes og QT velges innenfor spennet av beregnet avrenning.

### 4.2.1 SCALGO Live

Nedslagsfelter er beregnet ved bruk av det internettbaserte, GIS-verktøyet SCALGO Live. SCALGO modellen for prosjektet er basert på en kombinasjon av to genererte høydemodeller (i NN2000) som er sammenstilt av terrengdata (0.25 x 0.25 meter celler fra Nasjonal Detaljert Høydemodell, Hol-Ål 5pkt 2018 og 0.25 x 0.25 meter celler fra Nasjonal Detaljert Høydemodell, Tunhovd-Dagali-Geilo-Haugastøl 5 pkt 2018). Verktøyet kan blant annet beregne nedslagsfelt, avrennings-/flomveier, volum av groper og magasin og feltlengder og høydeforskjeller. I tillegg kan man legge inn egne GIS-filer og editere/redigere terrenget, for så å gjøre nye beregninger etter tiltak. Funksjonaliteten til programvaren ligner i stor grad på verktøyet Arc Hydro Tools for Arc GIS. Leseren henvises til hjemmesiden SCALGO Live for mer informasjon. Det kreves lisens for tilgang til terrengmodell basert på NDH.

### 4.2.2 Flomberegninger

For å vurdere dimensjonerende flomverdi for vassdraget har det blitt benyttet metoder og formler anbefalt i NVE-veilederen 1/2022 «Veileder for flomberegninger». Metodene samsvarer med de anbefalte metodene som skal vurderes iht. N200 (krav 2.20). Under er det gitt en kort forklaring av de ulike metodene benyttet. For mer detaljert lesning om formelverket henvises leseren til veilederen.

#### 4.2.2.1 Flomfrekvensanalyse

Det er knyttet usikkerhet ved middelsflommen (l/s\*km<sup>2</sup>) beregnet i NEVINA, slik at en sammenligning mot middelsflomverdier fra nærliggende og sammenlignbare felt med målestasjoner for vannføring må gjennomføres. Målestasjoner med lignende feltkarakteristika som planområdet nedbørfelt kan benyttes for å vurdere om beregnet middelflomverdi er for lav eller høy.

#### 4.2.2.2 Formelverk for små nedbørfelt

For beregning av vannmengder ved flom for nedslagsfelt i størrelse opp mot 50 km<sup>2</sup> anbefales det at det nasjonalt formelverk for små nedbørfelt benyttes. Formelverket baserer seg på parameterne feltstørrelse, middelvannføring og andel sjø, og beregner kulminerende flomverdier for ulike gjentaksintervall (fra middelflom til 200-årsflom), samt et troverdighetsintervall representert ved en høy og lav verdi. Ved bruk av NVEs lavvannsapplikasjon NEVINA kan nedslagsfelt, feltkarakteristika og flomverdier genereres og beregnes. Beregnede verdier er sammenlignet og justert ved bruk av GIS-analyse og SCALGO Live, for deretter å beregne nye flomverdier.

Formelverket for flomberegninger i små felt er utarbeidet for å estimere middelflom og flommer med ulike gjentaksintervall direkte som kulminasjonsverdier for nedbørfelt under ca. 50 km<sup>2</sup> (Stenius, Glad, Wang, & Væringstad, 2015). Middelflommen (QM) fås av følgende formel:

$$QM = 18.97Q_N^{0.864}e^{-0.251\sqrt{A_{se}}}$$

hvor Q<sub>N</sub> er nedbørfeltets middelvannføring (m<sup>3</sup> /s), A<sub>SE</sub> er den effektive sjøprosenten (%) og e er grunntallet e ≈ 2,718.

Vekstkurven (QT/QM) fås av følgende formel:

$$\frac{QT}{QM} = 1 + 0.308 q_N^{-0.137} [\Gamma(1+k)\Gamma(1-k) - (T-1)^{-k}] / k$$

hvor q<sub>N</sub> er middelvannføring (l/s·km<sup>2</sup>) i perioden 1961-90 hentet fra avrenningskartet, Γ er gammafunksjonen, T er gjentaksintervall og konstanten k gis av:

$$k = -1 + 2/[1 + e^{0.391+1.54 A_{se}/100}]$$

Usikkerheten (95% konfidensintervall) i formlene over er oppgitt å være mellom 0,56-1,77. Dette betyr at beregnet verdi i formlene over kan benevnes middelestimat, mens min/maks estimat fås ved å multiplisere med henholdsvis 0,56 og 1,77.

#### 4.2.2.3 Rasjonell formel

Etter N200 kan den rasjonelle formelen brukes til å beregne avrenning fra nedbørfelt på opp til 2 km<sup>2</sup>. Metoden vurderes å være godt egnet i de gjeldende nedbørfeltene på grunn av lite areal og rask responstid på grunn av stor helning i feltene. Den rasjonelle formel er gitt ved (Stenius, Glad, Wang, & Væringstad, 2015):

$$Q_T = C * i * A$$

Her er:

$Q_T$  = Beregnet avrenning for returperiode T [m<sup>3</sup>/s]

C = avrenningsfaktor [-]. Den samlede avrenningsfaktoren for feltet regnes ut med

$$C_{vektet} = \sum \frac{A_j * C_j}{A}$$

i = dimensjonerende nedbørintensitet, hentes fra lokal IVF-kurve [l/(s\*ha)]. Her fra Molde - Nøisomhed (Norsk Klimaservicesenter, 2021)

A = feltareal [ha]

Varighet for dimensjonerende nedbørintensitet, i, bestemmes ved hjelp av følgende ligning for naturlige felt SSV rapport 681 (Norem, Flesjø, Sellevold, Lund, & Viréhn, 2018):

$$t_c = K \cdot L \cdot H^{-0.5} + 3000 \cdot A_{se}$$



Hvor:

$t_c$  = konsentrasjonstid (min)

$K$  = Verdi basert på overflatetype. Se tabell 3.7 i SVV rapport 681.

$L$  = Lengde (m)

$H$  = Høydeforskjell i feltet (m)

$A_{se}$  = Andel innsjø i feltet (forholdstall)

Lengde og høydeforskjellen i feltet regnes fra fjerneste eller høyeste punkt i feltet fra utløpet.

Verdier for overflatetype settes ut ifra Tabell 4.

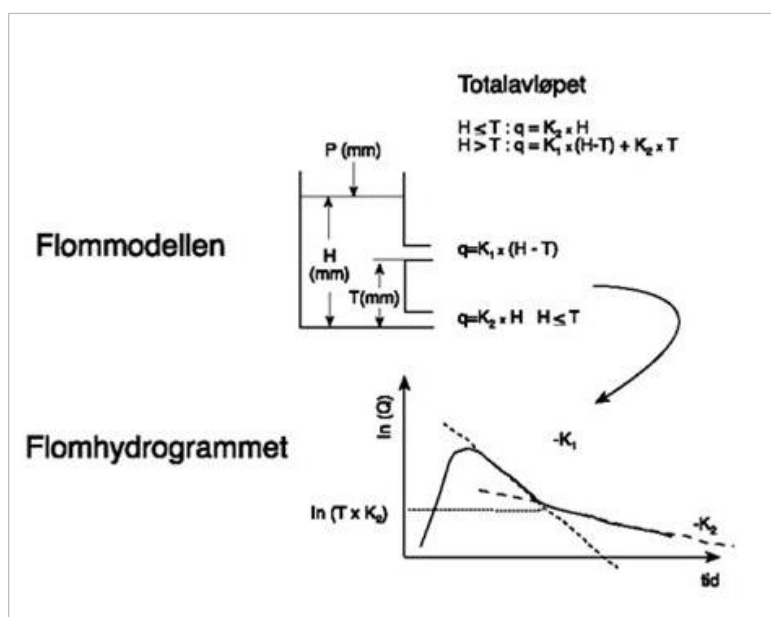
**Tabell 4 K-verdier basert på ulike overflatetyper (NVE 28/2016). Verdiene er revidert av Bjørnar Nordeidet (Rambøll) og NVE (07.11.2017). Kilde: Rambøll**

Overflatetype	K-verdi
Tett skog	0.6
Høy vegetasjon	0.4
Plen og kort gress	0.25
Bart fjell	0.15
Asfalt og betong	0.1

Den rasjonelle formel benyttes for å beregne vannmengder for hvert enkelt nedbørfelt, og brukes primært for overslagsberegninger og dimensjonering for små urbane felt opp mot 50 ha (0,5 km<sup>2</sup>). For felt med areal i området 0,5 - 2 km<sup>2</sup> må den rasjonelle formel benyttes med varsomhet (større naturlige eller kombinerte naturlige/urbane felt).

#### 4.2.2.4 PQRUT

Flommodellen i PQRUT er en nedbør-avløpsmodell utviklet av Andersen m. fl. (1983) til bruk i flomberegninger. Modellen er en forenklet versjon av HBV-modellen (Bergstrøm, 1976) og den beregner avløp fra et fastlagt nedbørforløp. Flommodulen i PQRUT er en lineær karmodell, der avløpet antas å være proporsjonalt med innholdet. I nedbørfrie perioder er avløpet eksponentielt avtagende. Avløpet beregnes ved å lede nedbøren gjennom karet som er modellert med to utløp, se Figur 7.



Figur 7. PQRUT flommodulen. Kilde: NVE.

Den øvre åpning i veggen har som funksjon å forsterke feltets reaksjon når innholdet i karet når et terskelnivå,  $K_2$  (Midttømme mfl., 2011). Modellen har følgende tre parametere:

$K_1$ : tømmekonstant for øvre nivå [tid-l]

$K_2$ : tømmekonstant for nedre nivå [tid-l]

$T$ : skille mellom øvre og nedre nivå [mm]

#### **4.2.2.5 IVF-kurver**

Dimensjonerende nedbørintensitet for ulike gjentakintervall og konsentrasjons-/avrenningstider er hentet fra Klimaservicesenter (SeKlima). Nedbørintensiteten er beregnet ved bruk av IVF-kurver (Intensitet-varighet-frekvenskurver) som er en statistisk fremstilling av nedbør i et bestemt område.

IVF-kurven for Hamar II (141 moh) er lagt til grunn for nedbørmengder. Dette fordi at Hamar II har måleserier frem til 2021, samt 42 registrerte sesonger. Da klimaet er i endring, ble det vektlagt å velge en målestasjon med måleserier nært opp til dagens dato. De nærmeste målestasjonene Nesbyen-Skoglund (167 moh), Lillehammer (260 moh) og Gjøvik (240 moh) ble nedlagt henholdsvis i 1986, 1991 og 1995 og har ikke like lange måleserier.

#### **4.2.2.6 Valg av metode for ulike delfelt**

For felt lik eller større enn 1 km<sup>2</sup> er det benyttet flere metoder ved flomberegninger: Bruk av nasjonalt formelverk for små nedbørfelt, flomfrekvensanalyse på observerte flomdata og nedbør-avløpsanalyse. For mikrofelt med størrelse opp til 1 km<sup>2</sup> er det valgt å kun benytte rasjonelle formel.

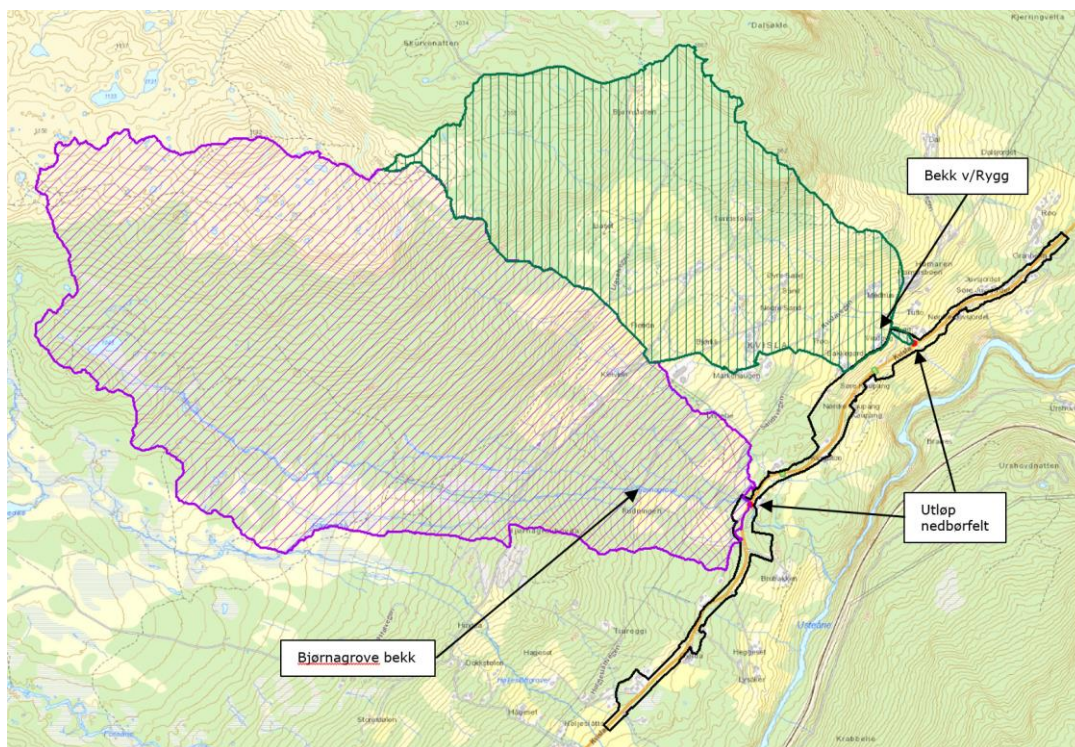
### 4.3 Flomanalyser for kulvert med nedbørfelt større enn 1 km<sup>2</sup>

#### 4.3.1 Nedbørfelt

For avgrensning av nedbørsfelt er det benyttet SCALGO Live verktøy med en detaljert terrengmodell med oppløsning på 0,25 x 0,25 meter celler. Terrengmodellen har blitt generert etter en kombinasjon av to høydemodeller fra Nasjonal Detaljert Høydemodell (se kapittel «4.1. Metoder» for mer informasjon). For bekk som er inkludert i NVEs elvenett er nedbørfeltanalyseverktøyet NEVINA brukt.

Det er mange små bekker som krysser Rv. 7. Dette kapittelet omfatter flomanalyser for de bekkene som har et nedbørfeltareal større enn 1 km<sup>2</sup>: Bjørnagrove bekken og bekken ved Rygg.

I bekken Bjørnagrove er det aktivt ørretfiske og kulverten må derfor utformes som fiskepassasje. Figur 8 viser nedbørfelter for de bekkene som har blitt tatt med i flomvurderingen.



**Figur 8. Nedbørfelt til Bjørnagrove (lilla farge) og til bekk ved Rygg (grønn farge). Plangrense vises med svart linje. Kilde: ArcMap/Rambøll**

Avrenning fra nedbørfelt for Bjørnagrove bekk går inni kulverten plassert i veiprofilnummer 3537 m før kryssing av Rv. 7. Bekken har utløp i Usteåne elv. Eksisterende kulvert (med objekt ID 81614845) er et betongrør med 1200 mm diameter.

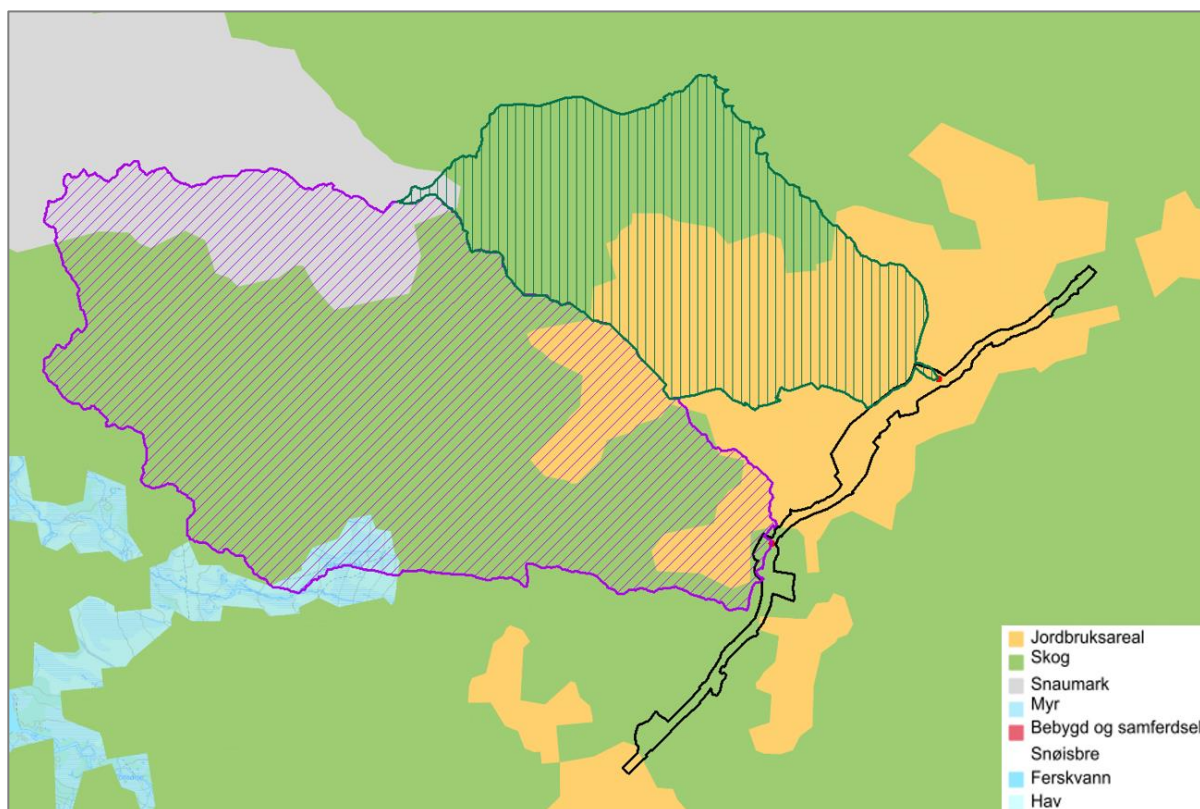
Nedbørfeltet til Bjørnagrove ved kulvertinnløp er beregnet til 3,4 km<sup>2</sup>. Feltet er dominert av skog (77 %), ingen urbanisering (0 %) og snaufjell prosent på (16%). Effektiv sjøprosent er 0,05 %, men innsjøen ligger så høy på feltet at den ikke vil ha noen dempningseffekt ved styrtregn. Høydene i feltet strekker seg fra 694 til 1188 moh. Middelaavrenningen er 19,6 l/s\*km<sup>2</sup>.

Avrenning fra nedbørfeltet for bekken ved Rygg går inni kulverten plassert i veiprofilnummer 2546 m før kryssing av Rv. 7. Bekken har utløp i Usteåne elv. Eksisterende kulvert (med objekt ID

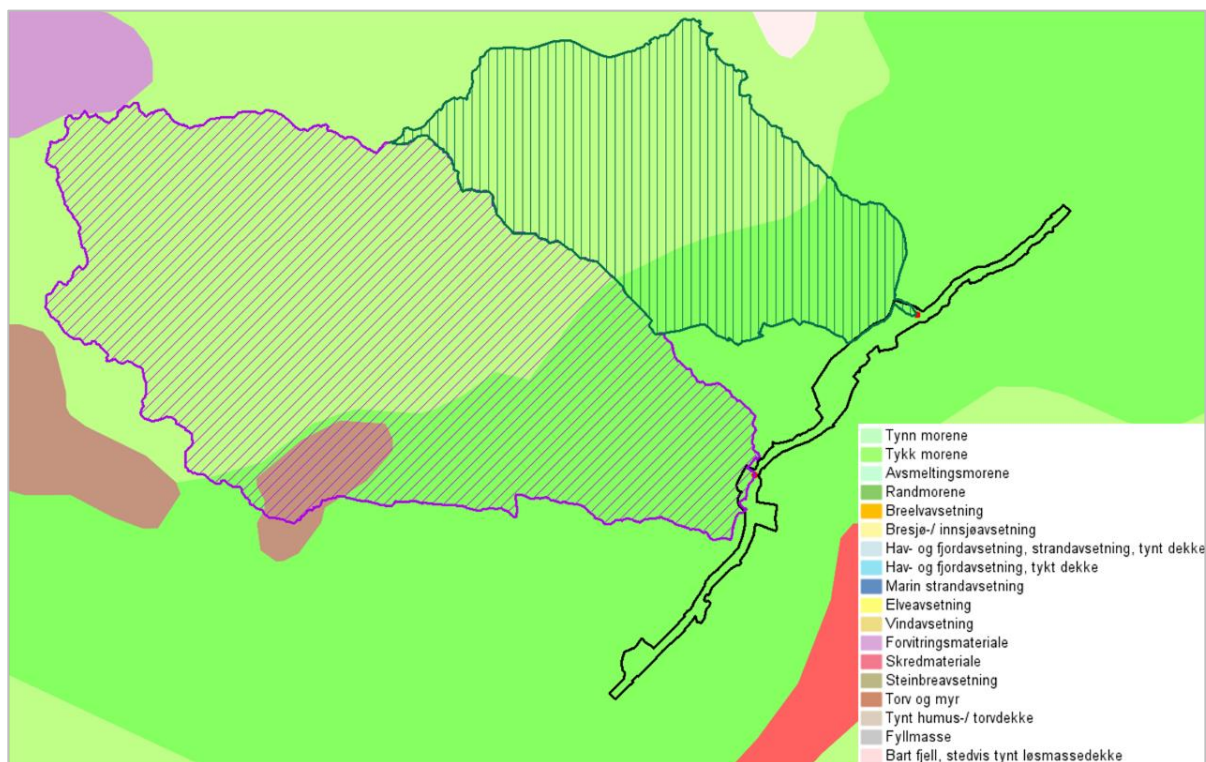
81617006) er et betongrør med 600 mm diameter. Nedbørfeltet generert ved kulvertinnløp er beregnet til 1,6 km<sup>2</sup>. Feltet har en høy andel skog (53 %) og høy dyrkningsgrad (40 %). Høydene i feltet strekker seg fra 674 til 1090 moh.

Bekken ved Rygg er for liten til å være inkludert i NVEs elvenett og nedbørfeltanalyseverktøyet NEVINA. Det finnes ingen data for feltet.

For valg av middelvannføring i dette feltet skal den spesifikke middelvannføringen for Bjørnagrove bli vurdert og ev. justert ut fra feltsammenligning.



**Figur 9. Nedbørfelt og arealtyper fra NIBIO, 2022. Nedbørfelt til Bjørnagrove (lilla farge) og til bekken ved Rygg (grønn farge). Plangrense vises med svart linje. Kilde: ArcMap/Rambøll**



**Figur 10. Nedbørfelt og løsmassekart (NGU, 2022). Nedbørfelt til Bjørnagrove (lilla farge) og til bekken ved Rygg (grønn farge). Plangrense vises med svart linje. Kilde: ArcMap/Rambøll**

#### 4.3.2 Flomfrekvensanalyser

Det måles ikke vannføring i vassdraget i dag. Flomfrekvensanalyser og beregning av dimensjonerende flom baserer seg på formler for små felt, regionale erfaringsdata, dvs. vannføringsmålinger i nabofelt, rasjonelle metode og PQRUT-modellen.

I Tabell 5 er feltkarakteristikk for det aktuelle vassdraget, og et utvalg av nærliggende målestasjoner med noenlunde lik karakteristikk. Ingen av de nærliggende målestasjonene er vurdert som direkte sammenlignbare, men 19.79.0 Gravå kan være representativ for sammenligning som følge av noen likhetstrekk i feltkarakteristikk. De resterende feltene har ikke blitt vurdert videre.

Tabell 5. Oppsummerende tabell for flomfrekvensanalysen. Kilde: Rambøll.

Felt nr.	Felt navn	Areal	Sjø	Effektiv sjø	Snaufjell	Skog	Urbaniseringsgrad	Dyrkningsgrad	Myr	Bre	Hmin - Hmax	Elvegradient	Middelavrenning
		km <sup>2</sup>	%	%	%	%	%	%	%	%	moh.	%	l/s*km <sup>2</sup>
	<b>Bjørnagrove</b>	3.40	0	0.05	16.4	77.4	0.0	0.4	1.5	0	694-1188	115	19.7
2.469.0	Skvaldra øvre	16.16	0.80	0.01	56.36	6.36	0.00	0.00	31.70	0.00	872-1088	23.19	37.50
12.212.0	Hangtjern	11.02	2.54	0.70	4.00	80.19	0.00	0.00	12.27	0.00	586-1047	48.04	22.12
16.66.0	Grosettjern	6.55	7.10	3.06	2.47	66.82	0.00	0.00	20.22	0.00	939-1058	30.84	27.73
19.79.0	Gravå	6.30	0.32	0.03	17.27	69.41	0.00	3.80	4.60	0.00	362-1063	105.40	21.63
21.47.0	Lysefjord	19.01	2.10	0.05	79.85	5.06	0.00	0.00	12.49	0.00	890-1432	47.99	34.47
36.9.0	Middal	45.93	3.79	0.15	91.32	1.61	0.00	0.00	0.11	2.53	837-1683	72.43	63.07

2.469.0 Skvaldra øvre har kun 7 år måleperiode og ble nedlagt i 1995.

12.212.0 Hangtjern og 16.66.0 Grosettjern har en større effektiv sjøprosent som gir stor selvreguleringssevne/demping og dermed lavere flomtopp og har en lavere helning som også gir mindre hastighet på vannet og dermed mindre avrenning.

21.47.0 Lysefjord er et større felt med ca. 80 % snaufjell og med lavere elvegradient.

36.9.0 Middal er mer enn 10 ganger større enn Bjørnagrove feltet. Snaufjell er dominerende, noe som gir raskere avrenning og spisse flomforløp. På grunn av overstående, velges det å se bort fra de nevnte seriene i den videre vurderingen av prosjektfeltets normalvannføring.

Av alle de valgte målestasjonene er 19.79.0 Gravå det eneste som kan være sammenlignbart med Bjørnagrove feltet.

19.79.0 Gravå ligger ca. 150 km sør for planområdet og har en måleserie på 46 år.

Feltet har tilsvarende snaufjellandel, effektiv sjøprosent, skogandel, elvegradient og middelavrenning. Feltet er nesten dobbelt så stort, noe som kan gi mindre spesifikke flommer grunnet at større areal gir større demping og sannsynligheten for samtidig og intensiv nedbør over hele feltet minker.



Figur 11. Oversikt over lokalisering av nedbørsfelt for Bjørnagrove og Gravå målestasjon. Kilde: Rambøll

Spesifikk middelflom og forholdstall Q200/QM er vist i Tabell 6 for Gravå. Statistiske fordelinger som er lagt til grunn for vurdering av forholdstall er basert på fordelinger benyttet for samme målestasjoner i NVE-rapport 13/2015 Nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørsfelt (NVE, 2015), som ansees som fornuftig ved oppdatering av data/kontroll i Hydra II.

**Tabell 6. Spesifikk middelflom (kulminasjonsverdier) og forhold mellom middel- og 200-årsflom for referansestasjoner. Kilde: Rambøll.**

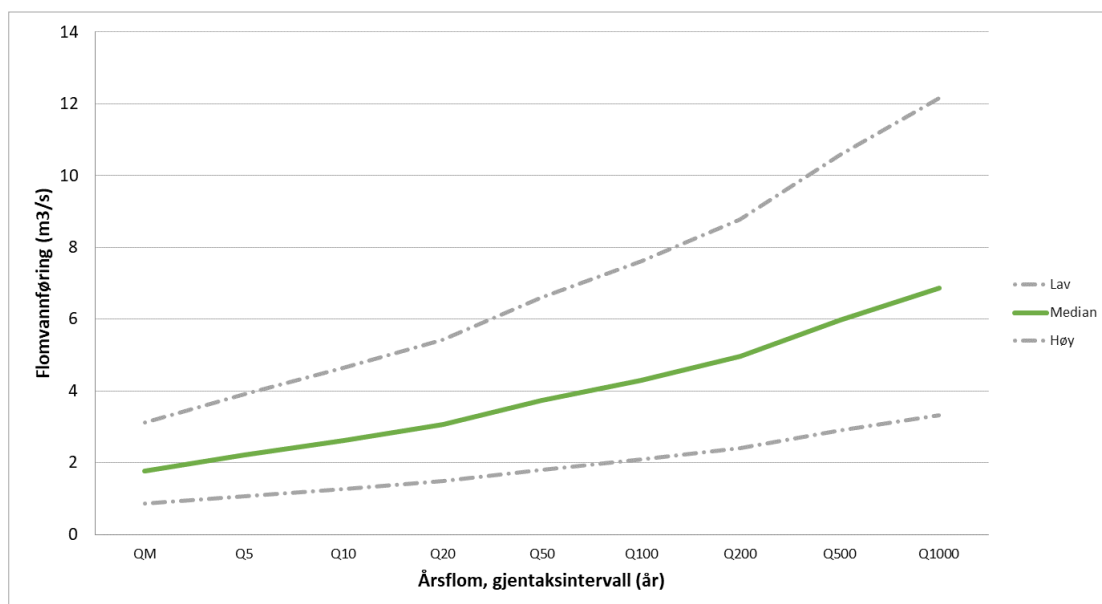
Felt nr.	Felt navn	QM kulm (l/s*km <sup>2</sup> )	Q200/ QM	Kilde	Fordeling
19.79.0	Gravå	420.70	2.62	HYDRA II 29.03.2022	Gumbel (L-mom)

Kulminerende spesifikk middelflom for Bjørnagrove settes på bakgrunn av verdier for Gravå til 520 l/s\*km<sup>2</sup>. Ved bruk av forholdstall mellom middelflom og 200-årsflom, Q200/QM = 2.82, beregnet ved bruk av formelverk for små felt, kan 200-årsflom beregnes:

$$Q_{200, \text{ flomfrekvens}} = 420 \text{ l/s*km}^2 \times 2,82 = 1466 \text{ l/s*km}^2 = 5.1 \text{ m}^3/\text{s}.$$

### 4.3.3 Formelverk for små nedbørfelt

Det er utført beregninger av vannføringer basert på formler for små nedbørfelt se Figur 12. Tabell 7 viser beregnet flom med ulike gjentaksintervall for Bjørnagrove. I tillegg er øvre og nedre konfidensintervall for flomverdiene beregnet. Resultatene viser en beregnet årsflom på 1.8 m<sup>3</sup>/s og en 200-årsflom på 5 m<sup>3</sup>/s som tilsvarer spesifikke verdier på henholdsvis 507 l/s\*km<sup>2</sup> og 1430 l/s\*km<sup>2</sup>.

**Figur 12. Beregning av flom med ulike gjentaksintervall for Bjørnagrove basert på formler for små nedbørfelt (NVE, 13/2015). Kilde: Rambøll****Tabell 7. Beregnede kulminasjonsverdier for flom (m<sup>3</sup>/s) for Bjørnagrove basert for formler for små nedbørfelt. Kilde: Rambøll**

Gjentaksintervall (år)	Flomverdi kulminasjon (m <sup>3</sup> /s)		
	Lav	Median	Høy
Middel	0.8	1.7	3.1
5	1.1	2.2	3.8
10	1.3	2.6	4.6
20	1.5	3.0	5.3
50	1.8	3.7	6.5
100	2.1	4.2	7.5
200	2.4	4.87	8.6



#### 4.3.4 Rasjonell formel

Den rasjonelle formel skal i utgangspunktet brukes på urbane felt med et areal på 0,2 – 0,5 km<sup>2</sup>, og helst ikke på felt større enn 2-5 km<sup>2</sup> etter anbefalinger i NVE-veileder 1/2022 (NVE, 2022). Prosjektsfeltet har et areal på ca. 3,5 km<sup>2</sup>. Som et ledd i tilnærmingen til estimering av vannføring er denne metoden benyttet.

I Tabell 8 er parametere beregnet og valgt som benyttes som inngangsdata til beregning av flomverdi ved bruk av den rasjonell formel. Avrenningsfaktoren er økt med 30 %, i henhold til håndbok 681.

**Tabell 8. Parametere beregnet og valgt for beregning av vannmengder i den rasjonell formel. Kilde: Rambøll**

Parameter	Verdi	Enhet
<b>Konsentrasjonstid, beregnet</b>	92	min
<b>Konsentrasjonstid, valgt</b>	90	min
<b>Gjennomsnittlig avrenningsfaktor, C</b>	0.30	-
<b>Avrenningsfaktor justert, C-justert</b>	0.39	-

Beregnete kulminasjonsverdier for flom, inkludert spesifikk flomverdi, er vist under i Tabell 9.

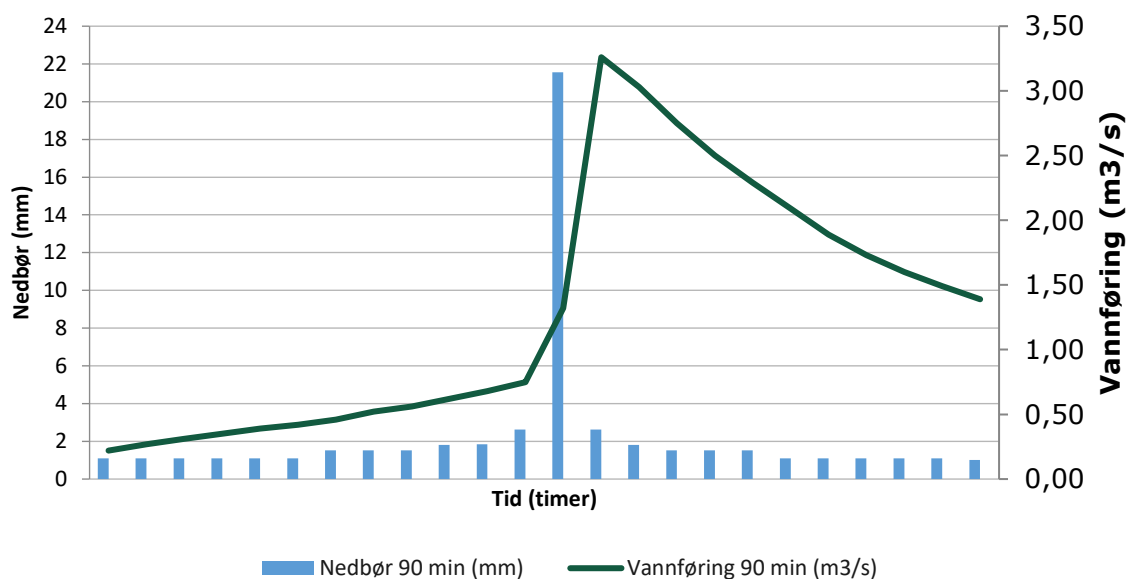
**Tabell 9. Beregnet kulminasjonsverdier for flom for Bjørnagrove basert på den rasjonell formel. Kilde: Rambøll**

Gjentaksintervall (år)	Flomverdi kulminasjon (m <sup>3</sup> /s)	Spesifikk flomverdi kulminasjon (l/s*km <sup>2</sup> )
<b>2</b>	2.1	630
<b>5</b>	2.9	867
<b>10</b>	3.5	1038
<b>20</b>	4.2	1221
<b>50</b>	6.0	1768
<b>100</b>	7.2	2115
<b>200</b>	8.5	2512

#### 4.3.5 PQRUT

Konstruert nedbørforløp ble konstruert basert på verdier for 200-års gjentaksintervall og akkumulert nedbør for 90 minutter i 1-time varighet.

I Figur 13 og Tabell 10 er nedbørforløpene vist sammen med beregnede kulminerende 200-årsflom ved planområdet for effektiv sjøprosent lik 0 %. Maksimalverdi for kulminerende 200-årsflom ved 0 % effektiv sjøprosent ble beregnet til 3.26 m<sup>3</sup>/s.



Figur 13. Nedbørførløp og beregnet kulminert 200-årsflom i PQRUT for effektiv sjø likt 0%. Kilde: Rambøll

Tabell 10. Nedbørførløp benyttet i PQRUT-modellen og beregnede kulminerende 200-årsflomverdier for effektiv sjøprosent lik 0%. Maksverdier for flom er markert med fet skrift. Kilde: Rambøll

Tid (timer)	Nedbør (mm)	Q200 (Eff.sjø=0%) (m <sup>3</sup> /s)
1	1.1	<b>0.22</b>
2	1.1	0.27
3	1.1	0.31
4	1.1	0.35
5	1.1	0.39
6	1.1	0.42
7	1.5	0.46
8	1.5	0.52
9	1.5	0.56
10	1.8	0.62
11	1.8	0.68
12	2.6	0.75
13	<b>21.6</b>	1.32
14	2.6	<b>3.26</b>
15	1.8	3.03
16	1.5	2.75
17	1.5	2.50
18	1.5	2.29
19	1.1	2.09
20	1.1	1.89
21	1.1	1.73
22	1.1	1.60
23	1.1	1.49
24	1.0	1.39

#### 4.3.6 Oppsummering – valg av dimensjonerende flomverdi

Flomberegningene som er gjort for Bjørnagrove ved planområdet er basert på samtlige metoder i «Veileder for flomberegninger» (NVE, 2022).

PQRUT-modellen gir lavere flomverdier enn formelverk for små nedbørfelt og flomfrekvensanalysen, men er fortsatt godt innenfor troverdighetsintervallet til formelverk for små nedbørfelt. Flomverdier basert på rasjonell formel gir høyere verdier, og ligger innenfor øvre troverdighetsgrense i formelverk for små nedbørfelt. I Tabell 11 er de ulike beregnede kulminasjonsverdiene for 200-årsflom oppsummert.

**Tabell 11. Sammenligning av beregnede kulminasjonsverdier for middelflom og 200-årsflom ved planområdet.**  
Kilde: Rambøll

Metode/formel	Spesifikk Middelflom (l/s*km <sup>2</sup> )	Middelflom (m <sup>3</sup> /s)	Spesifikk 200-årsflom (l/s*km <sup>2</sup> )	200-årsflom (m <sup>3</sup> /s)
Formelverk for små nedbørfelt (median)	508	1.7	1433	4.9
Flomfrekvens	520	1.8	1467	5.0
PQRUT (Eff.sjø = 0 %)			959	3.3
Rasjonell formel			2512	8.5

PQRUT-modellen tyder på at dimensjonerende flomverdi skal ligge lavere enn medianverdien beregnet i formelverk for små nedbørfelt. Basert på flomfrekvens og formelverk for små nedbørfelt settes  $Q_M$  konservativt til 520 l/s\*km<sup>2</sup>, tilsvarende  $Q_{200}$  lik 5.0 m<sup>3</sup>/s. Dimensjonerende flomverdi,  $Q_{200+40\%+20\%}$ , blir da 8.4 m<sup>3</sup>/s. I Tabell 12 er beregnede kulminasjonsverdier for flom basert på formelverk for små nedbørfelt med ulike gjentakintervaller vist.

**Tabell 12. Beregnede kulminerende flomverdier for ulike gjentakintervall for Bjørnagrove ved kulvert innløp.**  
Kilde: Rambøll

Bjørnagrove bekk	Spesifikk flomverdi kulminasjon (l/s*km <sup>2</sup> )	Flomverdi kulminasjon (m <sup>3</sup> /s)
Gjentaksintervall (år)		
QM	520	1.8
Q5	654	2.2
Q10	776	2.6
Q20	907	3.1
Q50	1103	3.8
Q100	1273	4.3
Q200	1467	5.0
<b>Q200 + 40 % klimapåslag +20 % sikkerhetspåslag</b>	<b>2465</b>	<b>8.4</b>

Bekken ved Rygg er for liten til å være inkludert i NVEs elvenett og nedbørfeltanalyseverktøyet NEVINA så det finnes ingen data for feltet. Feltet for denne bekken er mindre i størrelse, har 0% prosent snaufjell, men samtidig har høyere dyrkningsgrad og lavere skogandel. Feltene er ikke helt like, men etter en feltanalyse kan det konkluderes at spesifikk flomverdi for nabofelt ved

Bjørnagrove kan også benyttes i feltet for bekk ved Rygg for videre dimensjonering av kulvert. De beregnede flomverdiene for ulike gjentaksintervall er gitt i Tabell 13.

**Tabell 13. Beregnede kulminerende flomverdier for ulike gjentaksintervall for bekken ved Rygg ved kulvertinnløp. Kilde: Rambøll**

<b>Bekk v/Rygg</b>	<b>Spesifikk flomverdi kulminasjon (l/s*km<sup>2</sup>)</b>	<b>Flomverdi kulminasjon (m<sup>3</sup>/s)</b>
<b>Gjentaksintervall (år)</b>		
QM	520	0.8
Q5	654	1.0
Q10	776	1.2
Q20	907	1.5
Q50	1103	1.8
Q100	1273	2.0
Q200	1467	2.3
<b>Q200 + 40 % klimapåslag +20 % sikkerhetspåslag</b>	<b>2465</b>	<b>3.9</b>

#### 4.3.7 Kulvertdimensjonering

Dimensjon av kulvert ved Bjørnagrove og bekken ved Rygg har blitt vurdert med HY-8, (Federal Highway Administration, 2019):

- Ved Bjørnagrove anbefales det to stk. Boks-kulvert 2000 x 2000 mm, parallellkoblet. En av kulvertene utformes for fiskeløp.
- For bekken ved Rygg anbefales det to kulverter, DN 1600 og DN 1400.

Se vedlegg 7 og 8 med beregning av vanngjennomløp for Bjørnagrove bekken og bekken ved Rygg i HY-8.

#### 4.4 Flomberegninger for felt mindre enn 1 km<sup>2</sup>

I henhold til håndbok N200 (Statens vegvesen, 2021) skal det dimensjoneres for gjentetting av gjennomløp på grunn av masseavsetning og gjenising, for gjentetting av 1/3 av innløpets høyde. Imidlertid, dersom bruk av inntaksrist, fangrist eller fangdam, eller der massetransport regnes som usannsynlig kan det antas en gjentettingshøyde mellom 0 og 1/3 av innløpets høyde. Det vil si at for enkelte kulverter vil man kunne anta opptil fullt åpent tverrsnitt.

I denne fasen er det derfor ikke gjort vurderinger med hensyn på mulig gjentetting av stikkrennene og kulvertene på strekningen. Når kravet om å dimensjonere for 1/3 gjentetting hensyntas, kan det bli behov for å oppdimensjonere noen av kulvertene. Dimensjoneringsparametere er oppsummert i Tabell 14.

##### 4.4.1 Rasjonelle formel

For mikrofelt med størrelse opp til 1 km<sup>2</sup> er det valgt å benytte den rasjonelle formel. Dimensjoneringsparametere brukt i den rasjonelle formel er oppsummert i Tabell 14. Avrenningsfaktoren er økt med 30 % i henhold til håndbok 681 (Statens vegvesen, 2018).

**Tabell 14 Dimensjoneringsparametere for stikkrenner og kulverter. Kilde: Rambøll**

Parameter	Verdi
Dimensjonerende returperiode, n	200 år
Klimafaktor (Buskerud), Kf	1,4
IVF kurve	Hamar II
Felttype	Naturlig
K verdi (Høy vegetasjon/busker)	0,4 <sup>1)</sup>
Sikkerhetsfaktor for håndtering av usikkerhet ved hydrologiske beregninger	1,2

<sup>1)</sup> K verdi, i henhold til Tabell 4, er satt til 0,6 (Tett skog) for nedbørsfelt som består av denne overflatetypen, (gjelder stikkrenne nr. 9 og nr. 12).

##### 4.4.2 Kulvertdimensjonering

I henhold til N200 (Statens vegvesen, 2021) er stikkrenner og kulverter vanngjennomløp på tvers av vegen med diameter opptil 2,5 m. Ved større dimensjoner defineres vanngjennomløpet som bru og omhandles av N400 Bruprosjektering. For veger og gater skal kulverten ha en minimumsdimensjon på 600 mm. Alle vanngjennomløp gis en veiledende minste dimensjon ved å bruke nomogram med innløpskontroll fra veilederen HDS-5 (Schall, Thompson, Zerges, Kilgore, & Morris, 2012). I Tabell 15 er rørdimensjon og kapasitet i henhold til nomogrammet gitt.

I henhold til Krav 2.28 i N200 (Statens vegvesen, 2021) skal kulverten ha kapasitet til å gjennomføre dimensjonerende vannføring når tverrsnittet på kulverten er nedslammet eller gjentettet til 1/3 av innløpets høyde. Rørdimensjonene i Tabell 15 vil derfor være minste mulige kulvertdiameter, siden dette ikke er beregnet med redusert tverrsnitt. For å fastsette dimensjonerende kulvertstørrelse må videre beregninger gjøres i neste fase med for eksempel programmer som HY-8 (Federal Highway Administration, 2019). Vanngjennomløp for fiskepassering må utformes i henhold til N200 (Statens vegvesen, 2021).

Alle kulverter skal beregnes med gjentetting av 1/3 av innløpets høyde, bortsett fra fiskeførende kulverter. For fiskeførende kulvert er det lagt til grunn at røret blir fylt opp i bunn med et lag elvegrus på 50 cm tykkelse for å tilfredstille krav om utforming av kulverter som fungerer som fiskepassasje.

Kulverter med nedbørfelt større enn 1 km<sup>2</sup> er vurdert med HY-8, for å kunne gi nødvendige dimensjoner for ev. konstruksjoner. Høyder og helninger er funnet ved hjelp av SCALGO Live og FKB-data, men i neste fase anbefales det at det gjøres innmålinger av kulvertinnløp og utløp for å lage en hydraulisk modell av vannvegen og finne riktig dimensjoner for kulvertene.

**Tabell 15** Beregnet vannføringskapasitet for ulike kulvertdiameterer. Kapasiteten med tilhørende rørdiameter er funnet med nomogram fra (Schall, Thompson, Zerges, Kilgore, & Morris, 2012) med innløpsvannstand/innvendig rørdiameter lik 1.0. Videre er det antatt frontmur som er vinkelrett på rørets lengdeakse. Kilde: Rambøll

Kulvertdiameter [mm]	Vannføringskapasitet [m <sup>3</sup> /s]
600	0,4
800	0,7
1000	1,2
1200	2,0
1400	3,0
1500	3,5
1600	4,0
1800	5,6
2000	8,0
2200	9,0
2400	12,0

Tabell 16 angir minimumsdimensjoner for gjennomløp, i henhold til Statens vegvesens håndbok N200. For små nedbørfelt under 1 km<sup>2</sup> gjøres dimensjonering ved hjelp av rasjonell formel.

**Tabell 16** Minimumsdimensjoner for gjennomløp – stikkrenner og kulverter. Kilde: N200, (Statens vegvesen, 2021)

Vegtype	Minimumsdimensjon - D <sub>min</sub>
Veger og gater	600 mm
Adkomstveger og gang- og sykkelveger	400 mm
Avkjørsler	300 mm

#### 4.5 Stikkrenne-/kulvertkapasitet og belastning

Beregnete kulminasjonsverdier for flom for vannføring ut av felt, med tilhørende dimensjonert stikkrenne/kulvert innvendig diameter, er vist under i Tabell 17.

**Tabell 17 Oversikt over prosjekterte kulverter for Rv. 7 ved bruk av den rasjonelle formel. Kilde: Rambøll**

Nr.	Veg-profil-nummer	Beskrivelse Stikkrenne/Kulvert	Nedbørs-felt areal [dekar]	Valgt konsentrasjonstid i feltet [minutter]	Rasjonell formel, Vannføring ut av felt QT [m <sup>3</sup> /s]	Stikkrenne / Kulvert diameter [mm]
1	1 870	Vannveg ved Kvisla 63	37	20	0,55	800
2	1 940	Kulvert ved kryss ved Granheim	26	15	0,48	800
3	2 090	Ved Kvisla 79	87	30	0,91	1 000
4	2 230	Kulvert ved kryss ved Juvsjordet	87	20	1,40	1 200
5	2 420	Vannveg	12	15	0,30	600
6	2 540	Bekken ved Rygg	1 600	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	2)
7	2 830	Aktsomhetsområde for flom, ved Søre Kaupang	19	15	0,34	600 <sup>3)</sup>
8	2 950	Vest for Nordre Kaupang	34	15	0,60	800
9	3 300	Vannveg syd for Rv. 7	30	30	0,30	600
10	3 370	Aktsomhetsområde for flom, syd for Kvislatun	140	30	1,35	1200
11	3 530	Aktsomhetsområde for flom, bekken Bjørnagrove	3 400	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	4)
12	3 650	Vannveg	85	45	0,57	800
13	3 873	Øst for Kvisla 105	54	20	0,72	1 000
14	4 000	Vannveg, Kvisla 117	220	30	1,25	1 200
15	4 330	Nord for Kvisla 131	13	20	0,21	600
16	4 370	Vannveg nedstrøms Rv. 7	18	20	0,33	600
17	4 570	Vannveg krysser Rv. 7	220	45	1,49	1 200

<sup>1)</sup> Se kapittel 4.3 for detaljering

<sup>2)</sup> 1 stk rørkulvert DN 1 600 mm og 1 stk rørkulvert DN 1 400 cm

<sup>3)</sup> Dagens kapasitet (bokskulvert 500 mm x 600 mm) er litt større enn prosjektert kapasitet. Det bør gjøres en nærmere vurdering av nedbørfeltarealet etter datagrunnlaget er supplert med innmålinger og faktiske vannveger er identifisert.

<sup>4)</sup> 2 stk bokskulvert 2 000 mm x 2 000 mm

Beregningene er gjort i henhold til eksisterende kulverter og eksisterende nedbørsfelt. Alle stikkrenner oppstrøms Rv. 7 er ikke kartlagt, slik at dette kan påvirke felt-størrelsen. Det er oppgitt omtrentlig vegprofil nummer for hvor fremtidige stikkrenner/kulverter er prosjektert. Kulvertdimensjonering er gjort ved hjelp av Tabell 15, som avhengig av kapasitetsbehov gir en veiledende minste dimensjon ved bruk av nomogram med innløpskontroll fra veilederen HDS-5 (Schall, Thompson, Zerges, Kilgore, & Morris, 2012).

Når endelig veglinje er fastsatt og det er utført innmålinger av innløp og utløp, bør endelig dimensjonering av stikkrenner og kulverter utføres og dimensjoneres i henhold til inntaksløsning og gjeldende krav i håndbok N200 (Statens vegvesen, 2021).

#### **4.6 Usikkerheter**

Denne type analyser og beregningsresultater vil alltid være heftet med usikkerhet. Faktorer som nevnt nedenfor vil påvirke sluttresultatet og dermed påvirke beregnede dimensjoner av stikkrenner/kulverter.

##### **4.6.1 Usikkerheter i flomfrekvensanalyser**

Estimater basert på formler for små nedbørfelt har en usikkerhetsfaktor på ca. 0,5–2 ganger aktuelt flomestimat, QT. Den rasjonale formel antas å ha en høyere usikkerhet, spesielt for større felt. I denne sammenheng vil det si større enn 0,2-0,5 km<sup>2</sup>. Observerte flomvannføringer i regionen viser store gradienter i spesifikke flomstørrelser og få stasjoner for små-/mikrofelt.

Samlet vurderes usikkerheten i det hydrologiske grunnlaget benyttet i flomfrekvensanalysen til stor. I henhold til NVEs veileder vil det være klassifisert som «Brukbart hydrologisk grunnlag i kombinasjon med store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området alternativt begrenset hydrologisk datagrunnlag» (NVE, veileder for flomberegninger 1, 2022).

##### **4.6.2 Usikkerhet i datagrunnlag**

Datagrunnlaget for vassdraget og for beregning av avrenningslinjer kan karakteriseres som middels til lav. Høydemodellen benyttet i SCALGO Live har en oppløsning på 0,25 x 0,25 meter, men høydemodellen har ikke blitt supplert med innmålinger. Høydemodellen i SCALGO Live er supplert med hydrologiske korreksjoner som representerer stikkrenner, kulverter og bruer. Antatte vanngjennomløp i sidevegene oppstrøms Rv. 7 har blitt modellert i henhold til korreksjonene som SCALGO Live viser i sin generelle høydemodell som har en oppløsning på 1 x 1 meter.

For å redusere usikkerheten må alle eksisterende stikkrenner/kulverter og bruer oppstrøm Rv. 7 måles inn og høydemodellen må oppdateres for å generere riktig avrenningsmønster og nedbørfeltarealer. Dette er helt avgjørende for å få bedre kvalitet på datagrunnlaget og for å dimensjonere alle vanngjennomløp langs Rv.7 med betydelig mindre usikkerhet.

NVE har kartlagt tre områder som aktsomhetsområder for flom, se Figur 4. Bekken Bjørnagrove er registrert som vassdrag og de andre to områdene tilhører to mindre vannlinjer som ikke er registrert i NVEs NEVINA karttjeneste.

NVEs aktsomhetskart er basert på landsdekkende høydemodell med 10 x 10 m oppløsning, landsdekkende datasett FKB-Vann og på data for flommer med 500-års gjentaksintervall. Metoden brukt for generering av aktsomhetskartområder er en GIS-metode som har også sine begrensninger og usikkerheter. Det er ikke en hydraulisk beregning, så det tas ikke hensyn til hydrauliske parametere som for eksempel innsnevring eller feltegenskaper som helning, dempende effekt av innsjøer, skog osv.

Dimensjonering av stikkrenner/kulverter i prosjektet er basert på analysene gjennomført i SCALGO Live modell og ikke basert kun på aktsomhetsområdene vist i NVEs aktsomhetskart.



## 5. OPPSUMMERING

### 5.1 Vann

Det er registrert to private vannledninger som krysser Rv. 7 som beskrevet i de tekniske plantegning GH1.01 i vedlegg 1. Eksisterende private vannledninger som krysser Rv. 7 må hensyntas, eventuelt erstattes.

I neste fase bør det kartlegges om det finnes andre private vannledninger som krysser Rv. 7 som ikke har kommet frem i innspill fra grunneiere. Det er registrert brønner som kommer i konflikt med ny Rv. 7 og avkjøringer, se de tekniske plantegningene for detaljer i vedlegg 1, 2 og 3. Brønner som er i konflikt må erstattes/flyttes.

I neste fase må det gjøres ytterligere undersøkelser/kartlegging om det finnes andre brønner som berøres og eventuelt må erstattes. Drikkevannskilder i planområdet bør kartlegges og beskyttes mot forurensing. Brønner kan få tilsig av vegvann fra Rv. 7, samt fra anleggsarbeid. I henhold til innspill fra Mattilsynet bør drikkevannsforsyninger prøvetas før, under og etter anleggsperioden, samt etter at vegen er i bruk.

### 5.2 Spillvann

Det er registrert private septiktanker som kommer i konflikt med ny Rv. 7 og avkjøringer, se de tekniske plantegningene for detaljer. Septiktanker som ligger i konflikt med prosjektert Rv. 7 og avkjøringsveger må hensyntas.

### 5.3 Overvann

Det er prosjektert lukket drenering langs Rv. 7 grunnet områder med skjæring samt generell begrensning i breddeutvidelse langs Rv. 7. Totalt er det utført avrennings- og kapasitetsberegninger for 17 stikkrenner/kulverter langs gjeldende vegstrekning.

Vannforekomstene er vurdert til å ha middel sårbarhet, slik at det er behov for *et rensetiltak* (trinn 1). For driftsfasen er det vurdert at sandfang er tilstrekkelig som rensetiltak. For anleggsfasen må det tas hensyn til gyteperiode for fisk (15. september til 1. november).

Det er tre hensynssoner for flom i henhold til NVE Temakart, Aktsomhetsområde for flom: De er ved bekken ved Søre Kaupang, bekken syd for Kvislatun og bekken Bjørnagrove. I henhold til avrenningsanalysene gjennomført med SCALGO Live er det bekken ved Rygg som har stor vannføring, og ikke bekken ved Søre Kaupang. Det er derfor lagt ekstra fokus på dimensjonering av kulvertene ved bekken ved Rygg og bekken Bjørnagrove da nedbørsfeltene for disse bekkene er relativt store, henholdsvis 1,6 km<sup>2</sup> og 3,4 km<sup>2</sup>. Til sammenligning er nedbørsfeltene til bekken ved Søre Kaupang og bekken syd for Kvislatun på henholdsvis 0,019 km<sup>2</sup> og 0,14 km<sup>2</sup>.

Ved kulvertinnløp ved bekken ved Rygg kan det bli inngrep i terreng. Terrenget oppstrøms kulvertinnløp bør tilpasses for å senke innløpet, da det er utfordrende å heve veglinjen her.

Bekken ved Bjørnagrove lukkes i den korte strekningen mellom veiene for enklere gjennomføring. Det må gjøres tiltak for fiskevandring i Bjørnagrove med bunnsstrat i den ene kulverten, samt tiltak i henhold til ytre miljø-plan. Eventuelle tiltak for fiskevandring i de resterende kryssende bekkene skal gjøres i neste fase om det blir kartlagt andre bekker med fiskevandring, og etter at endelig dimensjonering av kulverter er utført. Inntak tilpasses eksisterende bekkeløp. I neste fase må detaljutforming av innløp/utløp kulvert utformes, samt eventuell mindre justering av bekkeløp.

### 5.3.1 Annet gjenstående arbeid

Det er viktig at følgende arbeid gjøres i neste fase:

- Kontroll av dimensjonene på alle stikkrenner/kulverter etter at terrengmodellen er oppdatert med nødvendige innmålinger:
  - Eksisterende stikkrenner/kulverter oppstrøms Rv. 7 må måles inn og terrengmodellen for avrenningsanalyse må oppdateres. Dette vil gi en bedre modellering av avrenningsmønster og nedbørfeltareal som beregnes i SCALGO Live. Hvert vanngjennomløp langs Rv. 7 blir mer lik virkeligheten slik at usikkerheten ved dimensjonering av vanngjennomløp blir betydelig redusert.
- Gjennomføring av beregninger for å estimere behov for erosjonssikring av inn-/utløp for samtlige vanngjennomløp, bekkestrekninger/grøfter som blir omlagt.
- Utarbeidelse av en hydraulisk modell for de største bekkene for riktig dimensjonering av både kulverter og erosjonssikring ved kuvertenes innløp og utløp.
- Detaljering av tiltak inni kulverter som skal utformes som fiskepassasjer.
- Utredning om hvor det skal være rekkverk grunnet VA konstruksjoner som utstikkende kulverter, i henhold til gjeldende standard.

## 6. KILDER

- Federal Highway Administration. (2019). *HY-8 Culvert Hydraulic Analysis Program (Version 7.60)*. U.S Department of Transportation.
- Glad, P. A., Reitan, T., & Stenius, S. (2015). *Nasjonalt formelverk for flomberegning i små felt. Rapport 13-2015*. Hentet fra <http://hdl.handle.net/11250/2498052>
- Lindholm, O., Endresen, S., Thorolfsson, S., Sægrov, S., Jakobsen, G., & Aaby, L. (2008). *Veiledning i Klimatilpasset Overvannshåndtering. Rapport nr 162*. Hentet fra <https://norsk vann.no/index.php/kompetanse/va-bokhandelen/boker/produkt/801-a162-veiledning-i-klimatilpasset-overvannshandtering>
- Norem, H., Flesjø, K., Sellevold, J., Lund, M. R., & Viréhn, P. L. (2018, 02). *Lærebok Drenering og håndtering av overvann (Rapport nr. 681)*. Hentet fra Statens vegvesens rapporter: <http://hdl.handle.net/11250/2561393>
- Norges Geologiske Undersøkelse. (2021). *Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase*. Hentet fra [http://geo.ngu.no/kart/losmasse\\_mobil/](http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/)
- Norges Geologiske Undersøkelse. (2022). *GRANADA -Nasjonal grunnvannsdatabase*. Hentet fra [https://geo.ngu.no/kart/granada\\_mobil/](https://geo.ngu.no/kart/granada_mobil/)
- Norsk Klimaservicesenter. (2021, 09 06). *Seklima*. Hentet fra Nedbørintensitet (IVF-verdier), Molde - Nøisomhed: <https://klimaservicesenter.no/ivf?locale=nb&locationId=SN62290>
- Schall, J. D., Thompson, P. L., Zerges, S. M., Kilgore, R. T., & Morris, J. L. (2012). *Hydraulic Design of Highway Culverts, Third Edition*. Hentet fra U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration: [https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/library\\_arc.cfm?pub\\_number=7&id=13](https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/library_arc.cfm?pub_number=7&id=13)
- Statens vegvesen. (2012). *Håndbok RStandard for drift og vedlikehold av riksveger*. Hentet fra: <https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/handboker/hb-r610.pdf>
- Statens vegvesen. (2018).Nr. 681 *Lærebok Drenering og håndtering av overvann* <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/2561393>
- Statens vegvesen. (2020). *Vannhåndtering. Flomberegninger og hydraulisk dimensjonering. Håndbok V240*. Hentet fra <https://www.vegvesen.no/siteassets/content/vedlegg/handboker/hb-v240-vannhandtering.pdf>
- Statens vegvesen. (2021, Juni). *N200:2021*. Hentet fra N200 Vegbygging: <https://svv-cm-sv-apppublic-prod.azurewebsites.net/product/859919>
- Statens vegvesen. (2022, Mai). Hentet fra Statens vegvesen VEGKART: <https://vegkart.atlas.vegvesen.no>
- Stenius, S., Glad, P. A., Wang, T. K., & Væringstad, T. (1/2022). *Norges vassdrags- og energidirektorat*. Hentet fra Veileder for flomberegninger.

## 7. VEDLEGG

Vedlegg 1 – Eksisterende VA-plan: GH1.01

Vedlegg 2 – Eksisterende VA-plan: GH1.02

Vedlegg 3 – Eksisterende VA-plan: GH1.03

Vedlegg 4 – Prosjektert teknisk plan G2.01

Vedlegg 5 – Prosjektert teknisk plan G2.02

Vedlegg 6 – Prosjektert teknisk plan G2.03

Vedlegg 7 – Beregning av vanngjennomløp ved bekken Bjørnagrove

Vedlegg 8 – Beregning av vanngjennomløp ved bekken ved Rygg