

# Flomfarekartlegging langs Bergsbygdavegen



## Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver: Porsgrunn kommune  
Tittel på rapport: Flomfarekartlegging langs Bergsbygdavegen  
Oppdragsnavn: Bergsbygdavegen Lillegårdskrysset- Vissevåg  
Oppdragsnummer: 637208-16  
Utarbeidet av: Øyvind Bakken  
Oppdragsleder: Eli Eikeland  
Tilgjengelighet: Åpen

Ver	Dato	Beskrivelse	Utarb. av	KS
01	12. des. 2025	Flomrapport v0	ØB	MSL

## Sammendrag

Det er gjennomført flomfarekartlegging for tre bekker som krysser eller berører Bergsbygdavegen i Porsgrunn kommune: Haslerbekken, Døvikbekken og Rutua. Kartleggingen er utført som del av reguleringsplanarbeidet for ny fortausløsning mellom Haslerlia og Vissevåg.

Det er kartlagt flomfare for dimensjonerende 200-årsflom i sikkerhetsklasse F2 i henhold til TEK17 § 7-2. Det er i tillegg benyttet 40 % klimapåslag, og flomsonekartene inkluderer 50 % sikkerhetspåslag. Nedbørfeltene er små og bratte (0,9-5,8 km<sup>2</sup>), uregulerte og dominert av skog, med rask respons på nedbør. Flomberegningene er utført etter anbefalingene i NVE Veileder 1/2025. Endelig dimensjonerende vannføring er fastsatt etter samlet vurdering av metoder og feltegenskaper.

Hydrauliske beregninger er gjennomført i HEC-RAS 2D, med dynamisk modellering av strømning for både eksisterende og planlagt situasjon. Resultatene viser at de planlagte tiltakene langs Bergsbygdavegen ikke øker flomfaren for eksisterende bebyggelse, og at endringene varierer mellom bekkene:

- **Haslerbekken:** Planlagt kulvert har god kapasitet og gir marginal endring i flomutbredelsen. Eksisterende nedstrøms stikkrenner har imidlertid for liten kapasitet og medfører oversvømmelse mot nærliggende bebyggelse; disse bør vurderes oppgradert eller omlagt.
- **Døvikbekken:** Tiltaket gir en tydelig forbedring. Ved dagens situasjon resulterer kulverten i oppstuvning og oversvømmelse av eksisterende pumpestasjon. Med planlagt løsning reduseres vannstanden betydelig, og pumpestasjonen blir ikke lenger oversvømt.
- **Rutua:** Ny bru gir økt lysåpning og en svak reduksjon i flomvannstand. Flomutbredelsen er uendret eller marginalt redusert sammenlignet med dagens situasjon.

Flomberegningene og den hydrauliske modellen er klassifisert i samsvar med NVE Veileder 3/2022. Valgt sikkerhetspåslag er inkludert i de hydrauliske beregningene og ligger til grunn for endelige flomsonekart.

Samlet vurderes tiltaket som gjennomførbart uten økt flomfare for eksisterende bebyggelse.

## Forord

Asplan Viak har vært engasjert av Porsgrunn kommune for å utføre flomsonekartlegging av tre bekker langs Bergsbygdavegen i Porsgrunn kommune, Telemark fylke. Denne rapporten beskriver kartleggingens grunnlag, fremgangsmåte og resultater.

Oppdragsleder har vært Eli Eikeland. Rapporten er utarbeidet av Øyvind Bakken, og Martin Solbakken Løvaas har kvalitetssikret rapporten.

Skien, 12.12.2025

Eli Eikeland

Oppdragsleder

Martin Solbakken Løvaas

Kvalitetssikrer

# Innholdsfortegnelse

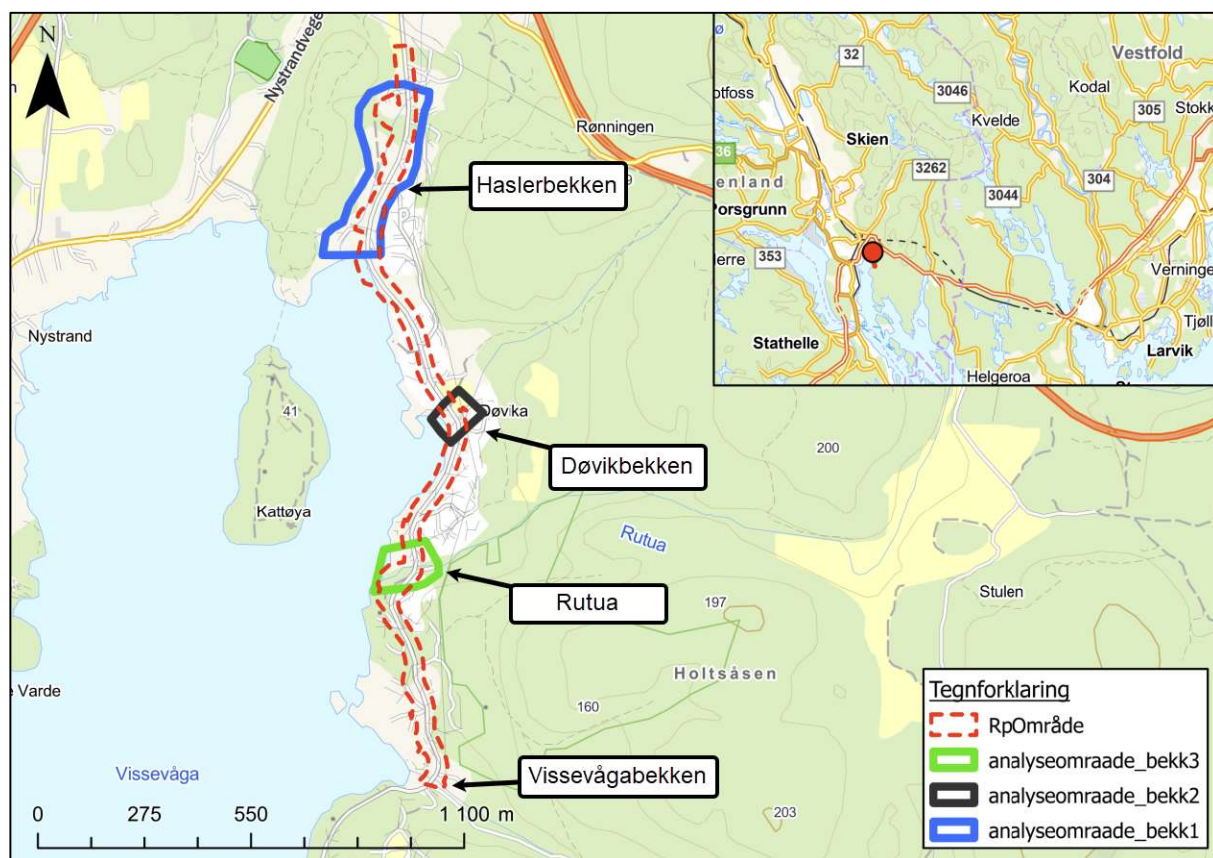
1.	Innledning	5
1.1.	Bakgrunn	5
1.2.	Tidligere flomvurderinger	8
2.	Forutsetninger	9
2.1.	Generelle forutsetninger	9
2.2.	Sikkerhetsklasse og dimensjonerende returperiode for flom	9
2.3.	Beregningsforutsetninger	11
2.4.	Utarbeidelse og bruk av flomsonekart	11
2.5.	Krav til erosjonssikring	12
3.	Flomberegninger	13
3.1.	Beskrivelse av nedbørfelt	13
3.2.	Tilgjengelige observerte data	14
3.3.	Beregning av 200-årsflom	18
3.4.	Klimapåslag	24
3.5.	Oppsummering og endelig estimat	25
4.	Hydrauliske beregninger	27
4.1.	Programvare og modelltype	27
4.2.	Modelloppsett	27
4.3.	Resultater fra hydraulisk beregning	34
4.4.	Følsomhetsanalyser	42
5.	Klassifisering, sikkerhetspåslag og flomsonekart	46
5.1.	Klassifisering og sikkerhetspåslag	46
5.2.	Flomsonekart og flomsikkert nivå	47
6.	Erosjon	51
6.1.	Grunnforhold	51
6.2.	Videre vurdering av erosjon	52
7.	Konklusjoner og anbefalinger	56

# 1. Innledning

## 1.1. Bakgrunn

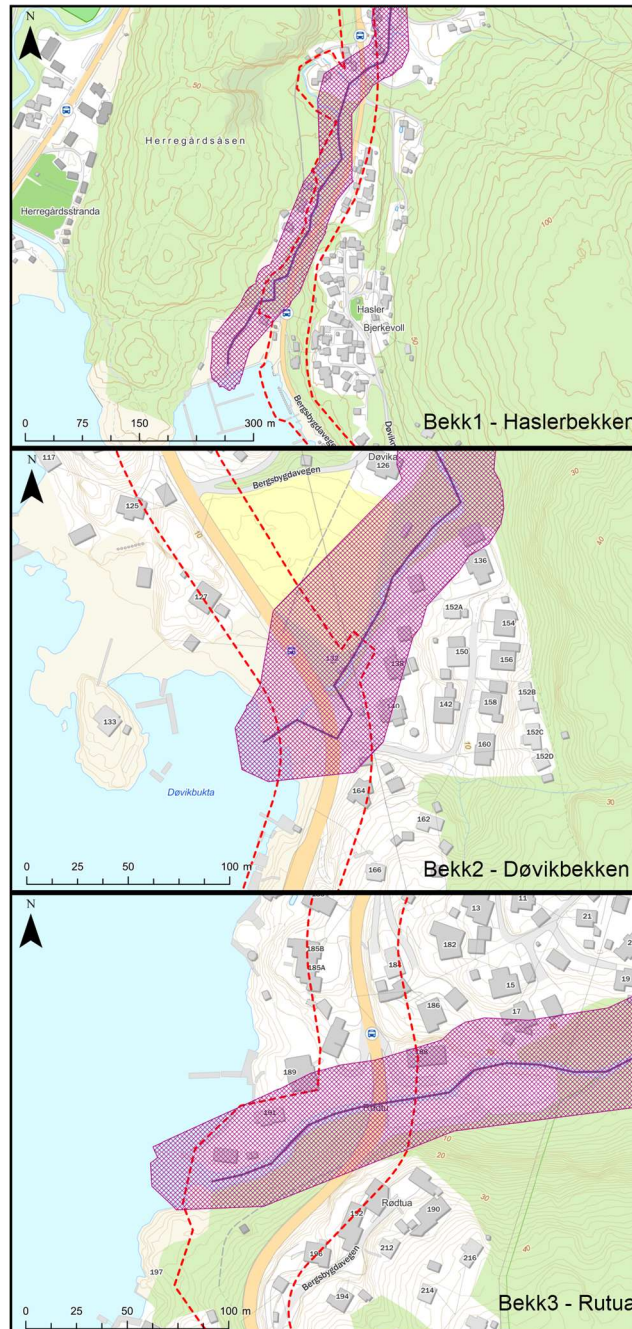
Asplan Viak er engasjert av Porsgrunn kommune for å utrede flomfare langs Bergsbygdavegen i forbindelse med utarbeidelse av reguleringsplan. Planen omfatter etablering av fortau og tilpasning av veg på store deler av strekningen mellom Haslerlia og Vissevåg. Langs vegen ligger både eneboliger, fritidsboliger og bryggeanlegg tett inntil eksisterende veg. Planområdet krysser fire bekker med nedbørfelt på ca. 1-6 km<sup>2</sup>. For tre av disse bekkene dekker NVEs aktsomhetskart for flom eksisterende bebyggelse. Veien vil krysse flere dreneringslinjer som må hensyntas i senere prosjektering.

- Haslerbekken - videre omtalt som bekk 1
- Døvikbekken - videre omtalt som bekk 2
- Rutua - videre omtalt som bekk 3
- Vissevågabekken



Figur 1-1: Oversiktskart som viser lokasjonen til planområdet (markert i rødt).

Flomfarekartleggingen omfatter de tre bekkene som blir direkte berørt av tiltaket, og hvor aktsomhetsområdet for flom inkluderer nærliggende boliger. Det er gjennomført hydraulisk modellering av både eksisterende og planlagt situasjon for å vurdere om tiltakene kan gi endrede vannstander eller negative konsekvenser for nærliggende bebyggelse. Analyseområdet for disse tre bekkene er vist på Figur 1-1, og aktsomhetsområdene er vist på Figur 1-2.

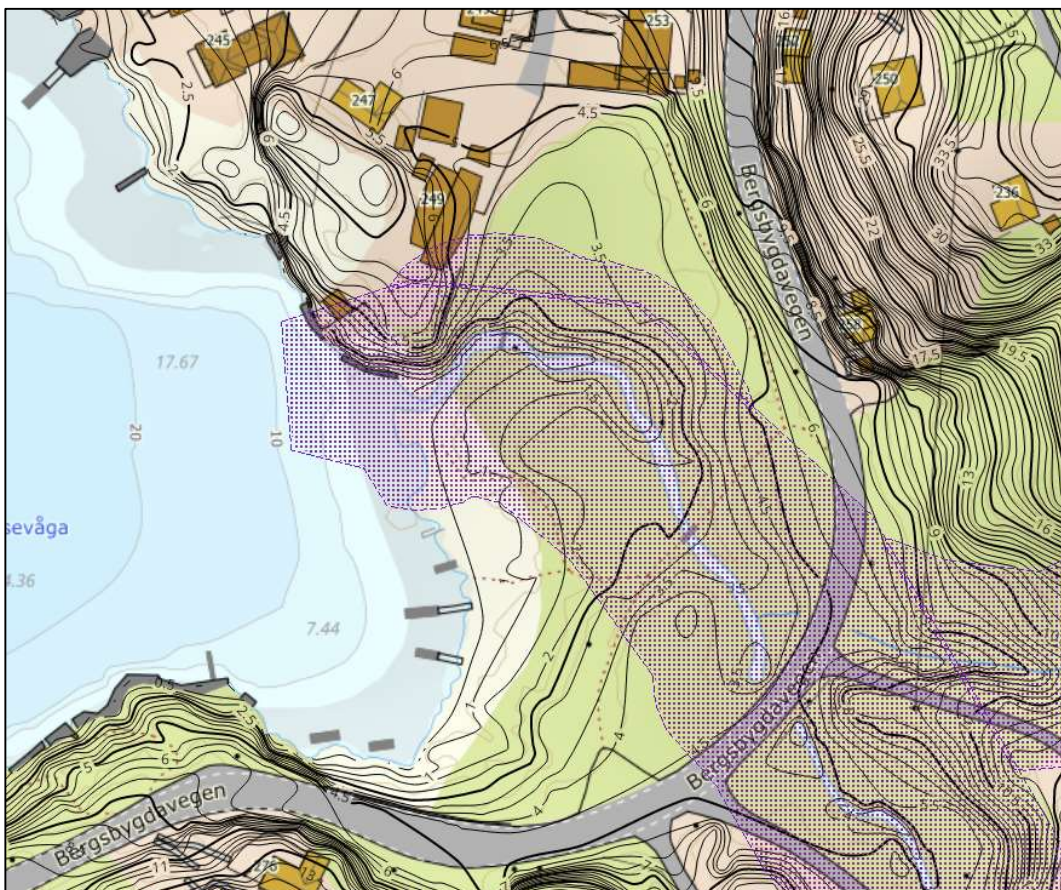


Figur 1-2 Kartutsnitt som viser NVEs aktsomhetsområde for flom for bekk 1, 2 og 3

NVEs aktsomhetskart for flom ble oppdatert etter at prosjektets forutsetninger ble fastsatt, og aktsomhetsområdet omfatter nå deler av bebyggelsen i Vissevåg. I henhold til NVE Veileder 3/2022 er aktsomhetskartet et oversiktskart med grov nøyaktighet, tilpasset kommunens oversiktsplanlegging på kommuneplannivå, og viser områder med *mulig*, men ikke nødvendigvis *reell* flomfare.

En faglig vurdering viser at bebyggelsen i Vissevåg ikke kan bli berørt av flom fra bekken. Terrenget faller om lag 5 høydemeter ned mot bekkeløpet, og før utløpet i fjorden ligger en bred, lavtliggende flomslette på ca +kt 2,5. Tilhørende nedslagsfelt er et mikrofelt på 0,9 km<sup>2</sup>, og potensiell vannstandsøkning vurderes som < 5 m. Flomvann fra feltet vil derfor ikke kunne nå opp til de høyereliggende boligene, selv ved en ekstrem hendelse inkludert sikkerhetspåslag - se Figur 1-3.

På bakgrunn av dette vurderer vi at bebyggelsen ikke utsettes for reell flomfare, og Vissevågabekken er derfor ikke inkludert i flomsonekartleggingen



Figur 1-3 Kart med aktsomhetszone og kotekart for Vissevågabekken

## 1.2. Tidligere flomvurderinger

Asplan Viak har ikke funnet dokumentasjon på at det tidligere er utført flomsonekartlegging for bekkene langs den aktuelle vegstrekningen. Det er imidlertid gjennomført flomfarekartlegginger for Herregårdsbekken, som ligger noen kilometer nord for området. Disse ble utført i forbindelse med utbygging av ny jernbanebru (Rambøll, 2017), ny E18 over Herregårdsbekken (Asplan Viak, 2021).

## 2. Forutsetninger

### 2.1. Generelle forutsetninger

Flomvurderingen er utført for å avklare reell flomfare for tre bekker langs Bergsbygdavegen i Porsgrunn kommune, basert på flomsonekartlegging. Bakgrunnen for vurderingen er planlagt etablering av fortau langs Bergsbygdavegen. Tiltaket medfører behov for forlengelse eller nyetablering av stikkrenner og kulverter under veggen, og fyllingsfoten vil lokalt kunne påvirke eksisterende bekkeløp.

Kartleggingen viser hvordan planlagte tiltak påvirker vannstand og flomutbredelse i bekkene, samt eventuelle konsekvenser for nærliggende terreng og tilgrensende eiendommer. Vurderingen er utført i henhold til prosedyrene beskrevet i NVEs veileder *Sikkerhet mot flom (3/2022)*, og krav i Statens vegvesen N200.

Beregninger og analyser er utført for dagens og fremtidig tilstand i bekkene, etter justering av veggen og etablering av fortausløsning er utført.

Kartleggingen tar ikke hensyn til eventuell vannstrømning gjennom masser under bakken - analysen ser på grunnen som helt tett. Videre er det forutsatt at terreng og bekkegeometri forholder seg konstant utover de endringene som ny veg medfører - altså er ikke eventuelle endringer som følge av erosjons- eller sedimentasjonsprosesser hensyntatt.

### 2.2. Sikkerhetsklasse og dimensjonerende returperiode for flom

Krav til vannhåndtering i vegprosjekter er gitt i Statens vegvesens vegnormal N200 Vegbygging (2024), kapittel 2. Normalen stiller krav til dokumentasjon, fastsettelse av akseptabel flomfare og dimensjonering i henhold til dette.

Returperioden for flom bestemmes ut fra hvilken sikkerhetsklasse veggen tilhører. Basert på informasjon fra Statens vegvesens vegkart hadde Bergsbygdavegen en ÅDT på ca. 1500 i 2022, og det finnes ingen omkjøringsmuligheter. Dette tilsier at veggen klassifiseres i sikkerhetsklasse V3 (Tabell 2-1). I henhold til krav i vegnormal N200, blir dimensjonerende returperiode for flom  $T_{dim} = 200$  år (se Tabell 2-2).

Tabell 2-1 Sikkerhetsklasse for veg ift. flom basert på årlig trafikkmengde (ÅDT), hentet fra Vegnormal N200.

Vegkategori	Sikkerhetsklasse for veg	
	Med omkjøringsmulighet	Uten omkjøringsmulighet
ÅDT: 0-500	V1	V2
<b>ÅDT: 501-4000</b>	V2	V3
ÅDT: > 4000	V3	V3

Tabell 2-2 Dimensjonerende returperiode for flom basert på sikkerhetsklasse, hentet fra Vegnormal N200.

Sikkerhetsklasse	Konsekvens	Dimensjonerende returperiode for flom (år)
V1	Liten	50
V2	Middels	100
V3	Stor	200

Etablering av fortau langs Bergsbygdavegen vil innebære at bekkeløp som krysser og følger vegen påvirkes. Det ligger eksisterende bebyggelse langs bekkene og innenfor NVEs aktsomhetssoner for flom. Disse områdene omfattes derfor av sikkerhetsklasse F2 i henhold til TEK17 § 7-2 Sikkerhet mot flom og stormflo (Tabell 2-3). Dette innebærer at byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom med en dimensjonerende returperiode på 200 år.

Tabell 2-3 Sikkerhetsklasser for flom og stormflo, gitt av TEK17 §7-2.

Sikkerhets-klasse	Type bygninger	Største årlige nominelle sannsynlighet
F1	Byggverk med lite personopphold. Små økonomiske og samfunnsmessige konsekvenser.	1/20
F2	Byggverk beregnet for personopphold. Moderate økonomiske og samfunnsmessige konsekvenser.	1/200
F3	Byggverk for sårbare grupper av befolkningen og byggverk som skal fungere i lokal beredskapssituasjon. Stor samfunnsmessig konsekvens.	1/1000

Etter krav til dimensjonerende returperiode for flom i henhold til Statens Vegvesens håndbok og TEK17 §7-2, så blir følgelig kartleggingen utført for en 200-års flom, for fremtidens klima.

## 2.3. Beregningsforutsetninger

### 2.3.1. Flomberegninger

Flomberegninger er utført for tre bekker langs Bergsbygdavegen i Porsgrunn, i henhold til anbefalingene i NVE Veileder 1/2025 - Flomberegninger. Nedbørfelt og feltegenskaper er generert ved hjelp av Nevina og Scalgo Live.

Valg av beregningsmetoder og endelig estimat er basert på tilgjengelige observerte data fra nærliggende målestasjoner og vurdert opp mot feltegenskaper. Klimapåslag er fastsatt etter anbefalinger fra NVE og Norsk Klimaservicesenter.

Ved utarbeidelse av flomsonekart er det lagt til sikkerhetspåslag på vannføringen for å ivareta usikkerhet i både flomberegninger og hydraulisk modellering, jf. kapittel 10 i NVE Veileder 3/2022 - Sikkerhet mot flom. Økt vannføring gir mulighet til å vurdere økning i vannstand, eventuelle nye flomveier, og flomsikkert nivå.

### 2.3.2. Hydrauliske beregninger

Hydrauliske beregninger er utført med en todimensjonal, dynamisk modell i HEC-RAS versjon 6.6. Beregnede flomvannføringer fra flomberegningene er benyttet som inngangsdata for å beregne flomutbredelse, vanndybder og vannhastigheter.

Grunnlaget for analysene er en terrengmodell basert på laserskanning, supplert med innmålinger og manuell bearbeiding av bekkeløp der skanningen var utilstrekkelig på grunn av vegetasjon. Stikkrenner, kulverter og bruer er innmålt av Porsgrunn kommune og lagt inn i modellen som vanngjennomløp.

Modellen er ikke kalibrert mot observasjoner; ruheverdier er vurdert ut fra bilder, flyfoto og kartgrunnlag. For å vurdere usikkerhet knyttet til ruhet og flomvannføring er det gjennomført følsomhetsanalyser med økte verdier.

For alle tre bekkene er 1-års stormflo benyttet som nedre grensebetingelse (se vedlegg 10).

## 2.4. Utarbeidelse og bruk av flomsonekart

I henhold til NVE Veileder 3/2022 - Sikkerhet mot flom, er det gjennomført en klassifisering av både flomberegningene og den hydrauliske modellen. Klassifiseringen er basert på vurdering av datagrunnlagets kvalitet og resultatene fra utførte følsomhetsanalyser.

Klassifiseringen danner grunnlag for valg av sikkerhetspåslag på vannføringene, som deretter er benyttet i de hydrauliske beregningene, og som igjen tallfester flomsikkert nivå.

Det endelige flomsonekartet er utarbeidet på bakgrunn av resultater fra de hydrauliske beregningene der sikkerhetspåslaget er inkludert. Dette avviker noe fra metodikken beskrevet i NVE Veileder 3/2022, hvor sikkerhetspåslaget normalt tillegges som en høydejustering på vannstand etter modellering.

Å inkludere sikkerhetspåslaget direkte i modellen vurderes imidlertid som en praktisk og hensiktsmessig tilnærming, da det gjør det mulig å avlese både flomsikker sone og flomsikkert nivå direkte fra modellresultatene. I N200 vises det også bare til en enkelt dimensjonerende vannføring, som inkluderer klima- og sikkerhetspåslag.

Flomsonekartet er generert ved bruk av GIS, i koordinatsystem EUREF89 UTM sone 32 og høydesystem NN2000, og er utarbeidet i henhold til NVEs standard.

## 2.5. Krav til erosjonssikring

Det er i tillegg til flomutredningen, gjort en forenklet vurdering av farer knyttet til erosjon. Behov for erosjonssikring skal vurderes for å sørge for tilstrekkelig sikkerhet, og krav til erosjonssikringer er gitt i Vegnormal N200. En oppsummering av kravene er gitt under.

- Krav til skråningshelning
  - I skråninger av stein skal skråningshelningen ikke være brattere enn 1:1,5
- Krav til stabil steinstørrelse
  - Der det benyttes stein til erosjonssikring, skal det beregnes en kritisk steinstørrelse som gir påbegynnende erosjon ved dimensjonerende flom. Denne kritiske steinstørrelsen skal multipliseres med en sikkerhetsfaktor på minimum  $SF_D = 1,2$  for beregning av stabil steinstørrelse.
- Krav til sikringstykkelse
  - Sikringslag av stein skal ha minimum tykkelse ( $t_{min,s}$ ) som oppfyller følgende:
    - $t_{min,s} \geq 300 \text{ mm}$                        $t_{min,s} \geq D_{maks,s}$                        $t_{min,s} \geq 1,5 \cdot D_{50,s}$
  - Det anbefales å øke tykkelsen dersom sikringen belastes av krefter fra drivgods og/eller drivis. For moderat belastning anbefales minimum tykkelse på 400 mm, mens ved stor belastning anbefales det å øke tykkelsen med ytterligere 150-300 mm. Steinstørrelsen skal da økes tilsvarende.
- Krav til gradering
  - Steinmaterialets gradering skal oppfylle følgende:  $1.5 \leq D_{85,s}/D_{15,s} \leq 7$

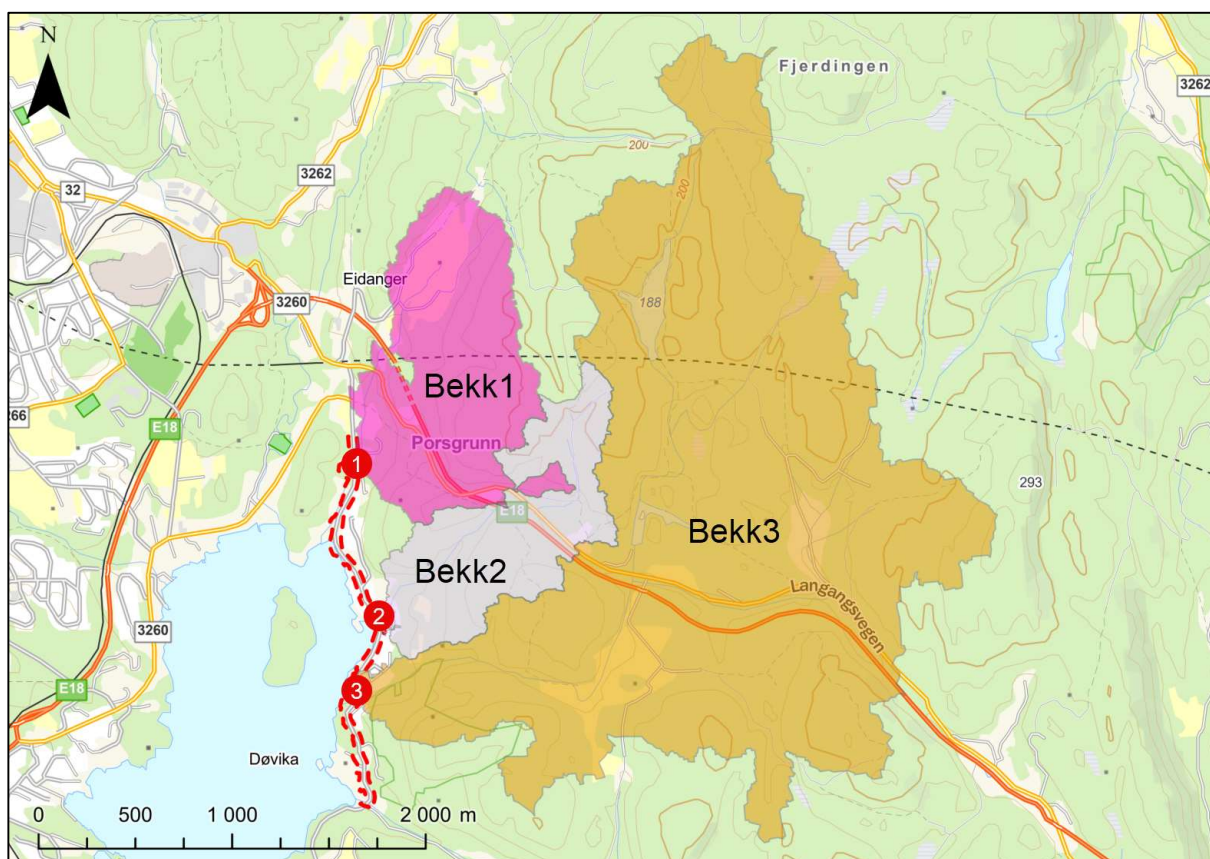
I tillegg skal behov for filter av stein eller geotekstil vurderes. Dette skal hindre at finstoff i underlaget vaskes ut mellom steinene i sikringslaget. Utformingen av disse skal oppfylle egne krav beskrevet i kapittel 2.9.2 i Vegnormal N200.

## 3. Flomberegninger

### 3.1. Beskrivelse av nedbørfelt

#### 3.1.1. Avgrensning av nedbørfelt

Nedbørfeltene er generert ved hjelp av NVEs kartapplikasjon NEVINA. For kvalitetssikring er avgrensningen kontrollert mot tilsvarende felt generert i Scalgo Live, og disse samsvarer godt. Figur 3-1 viser de detaljerte nedslagsfeltene fra Scalgo Live. Endelige nedbørfelt fra NEVINA er lagt ved rapporten (vedlegg 1-3).



Figur 3-1 Nedbørfelt til bekk 1 (Haslerbekken), bekk 2 (Døvikbekken) og bekk 3 (Rutua), generert i Scalgo Live. Planområdet for Bergsbygdavegen er markert med rødstiplotet omriss.

#### 3.1.2. Feltegenskaper

Et utvalg relevante feltparametere for nedbørfeltene er gitt i Tabell 3-1. Feltene klassifiseres som små og mikrofelt (små < 50 km<sup>2</sup>, mikro < 1 km<sup>2</sup>). Nedbørfeltene er relativt bratte, med

en gjennomsnittlig helning på 12-15°, noe som indikerer rask respons på nedbør og begrenset naturlig flomdemping. Den høye andelen skog i alle tre felt bidrar imidlertid til noe demping av avrenningen.

Siden nedbørfeltene er små, øker usikkerheten i flomberegningene. Mikrofelt viser ofte betydelig variasjon i spesifikke flommer både lokalt og regionalt, noe som gjør vurdering av resultatene mer utfordrende (ref. NVE Veileder 1/2025).

Tabell 3-1 Feltparametere for bekk 1 (Haslerbekken), bekk 2 (Døvikbekken) og bekk 3 (Rutua)

Felt	Areal [km <sup>2</sup> ]	Eff. sjø [%]	Felt- lengde [km]	Høyde [moh]		Relieff forhold [m/km]	Skog [%]	Dyrket mark [%]	q <sub>N</sub> * [l/s·km <sup>2</sup> ]
				H <sub>min</sub>	H <sub>maks</sub>				
Bekk 1	1,2	0	1,5	10	214	45,7	78,3	12,8	15,4
Bekk 2	0,9	0	1,7	1	260	46,2	91,4	2,1	15,4
Bekk 3	5,8	0,3	3,9	2	291	17,9	92,8	3,6	16

\* Spesifikk middelavrenning i referanseperioden 1961-90 gitt av NVEs avrenningskart.

## 3.2. Tilgjengelige observerte data

Flere av de benyttede metodene i flomberegningene krever observerte data. Det gis derfor her en oversikt over tilgjengelige vannførings- og nedbørsdata.

### 3.2.1. Tilgjengelige vannføringsdata

Enkelte flomberegningsmetoder benytter normalavrenning (q<sub>N</sub>) som inngangsparameter. Det er derfor gjort en vurdering av avrenningen estimert i NEVINA fra NVEs avrenningskart (referanseperiodene 1961-1990 og 1991-2020), samt avrenning estimert fra observasjoner i nærliggende målestasjoner ved bruk av NVEs database Hydra II.

Det er tatt en gjennomgang av tilgjengelige målestasjoner for vannføring for å identifisere representative målestasjoner for nedbørfeltene langs Bergsbygdavegen. To stasjoner vurderes som mest relevante:

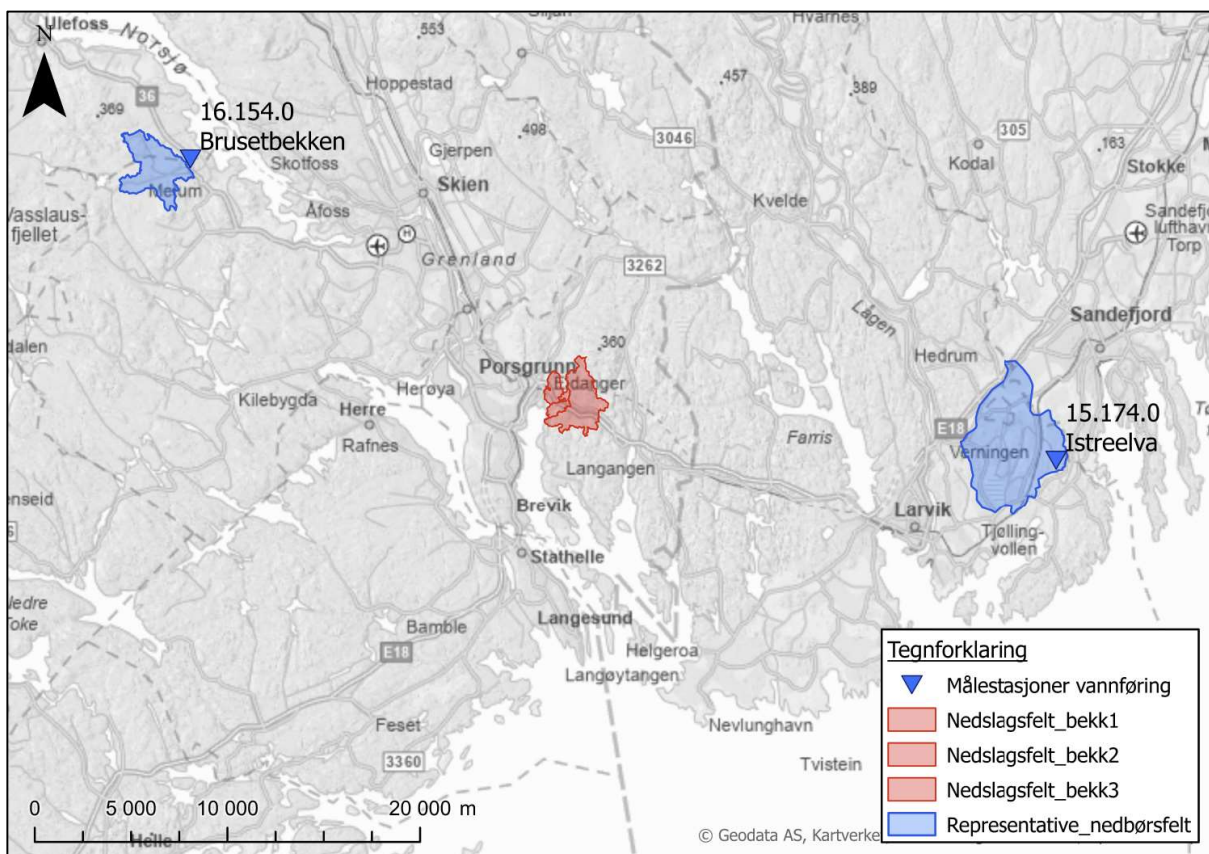
1. 16.154.0 Brusetbekken
2. 15.174.0 Istreelva

Brusetbekken og Istreelva er lokalisert henholdsvis ca. 21 og 25 km fra Bergsbygdavegen, og er vist på Figur 3-2. Tabell 3-2 viser at feltparametrene for **Brusetbekken** samsvarer best med nedbørfeltene i dette prosjektet. For videre beregninger er det valgt å vektlegge Brusetbekken med 80% og Istreelva med 20%. For begge stasjonene er det også god overensstemmelse mellom middelavrenning beregnet fra avrenningskart og observerte

data. Referansefeltene er noe større enn nedslagsfeltene langs Bergsbygdavegen, henholdsvis 7,7 km<sup>2</sup> og 25,7 km<sup>2</sup>.

Den spesifikke middelavrenningen i feltene langs Bergsbygdavegen er noe lavere enn ved målestasjonene. I henhold til anbefalinger i NVE Veileder 1/2025, avsnitt 5.2, bør middelavrenning fra avrenningskartet for perioden **1991-2020** benyttes, ettersom nyere data har bedre datakvalitet og lavere usikkerhet enn perioden 1961-1990.

På grunn av at nedbørfeltene i dette prosjektet er små, velges det å justere q<sub>N</sub>-verdiene i tråd med anbefalingen i NVE 01/2025. De justerte verdiene viser bedre samsvar med målestasjonene.



Figur 3-2 Kartutsnitt som viser aktuelle målestasjoner i området, og tilhørende nedbørfelt.

Tabell 3-2 Stasjonsdata og feltparametere for aktuelle målestasjoner (Kilde: NVE Atlas/Hydra II).

Stasjonsnummer		Bekk 1	Bekk 2	Bekk 3	16.154.0	15.174.0
Stasjonsnavn					Brusetbekken	Istrelva
Areal	[km <sup>2</sup> ]	1,2	0,9	5,8	7,72	25,7
Effektiv sjø	[%]	0	0	0,3	0,48	0,03
Feltlengde	[km]	1,5	1,7	3,9	3,98	6,36
Relieff forhold	[m/km]	45,7	46,2	17,9	11,7	3,2
Bre	[%]	0	0	0	0	0
Dyrket mark	[%]	12,7	2,1	3,6	5,6	49,4
Myr	[%]	0	0	0,6	1,3	1,3
Leire	[%]	24,7	15,7	13,4		
Skog	[%]	78,3	91,4	92,8	89,8	44,2
Sjø	[%]	0	0	1,4	1,5	0,5
Snaufjell	[%]	0	0	0	0	0
Urban	[%]	0	2,3	0,3	0	1,8
Uklassifisert	[%]	8,7	3,3	1,2		
Høyde min	[moh]	10	1	2	64	10
Høyde 50	[moh]	158	159	207	126	36
Høyde maks	[moh]	214	260	291	308	113
Avrenning 1961-90	[l/s·km <sup>2</sup> ]	15,4	15,4	16	19,1	21,3
(q <sub>N</sub> )	Observervert [l/s·km <sup>2</sup> ]	<b>21,9*</b>	<b>22,3*</b>	<b>22,7*</b>	18,4	22,1
Døgn data	Observasjonsperiode	-	-	-	1987 - nå	2007
	Antall år med data	-	-	-	38	18
Kulm. data	Observasjonsperiode	-	-	-	1987 - nå	2007
	Antall år med data	-	-	-	38	18
Kurvekvalitet flom		-	-	-	Middels	Middels

\* Justert normalavrenning basert på verdier fra avrenningskart (1991-2020).

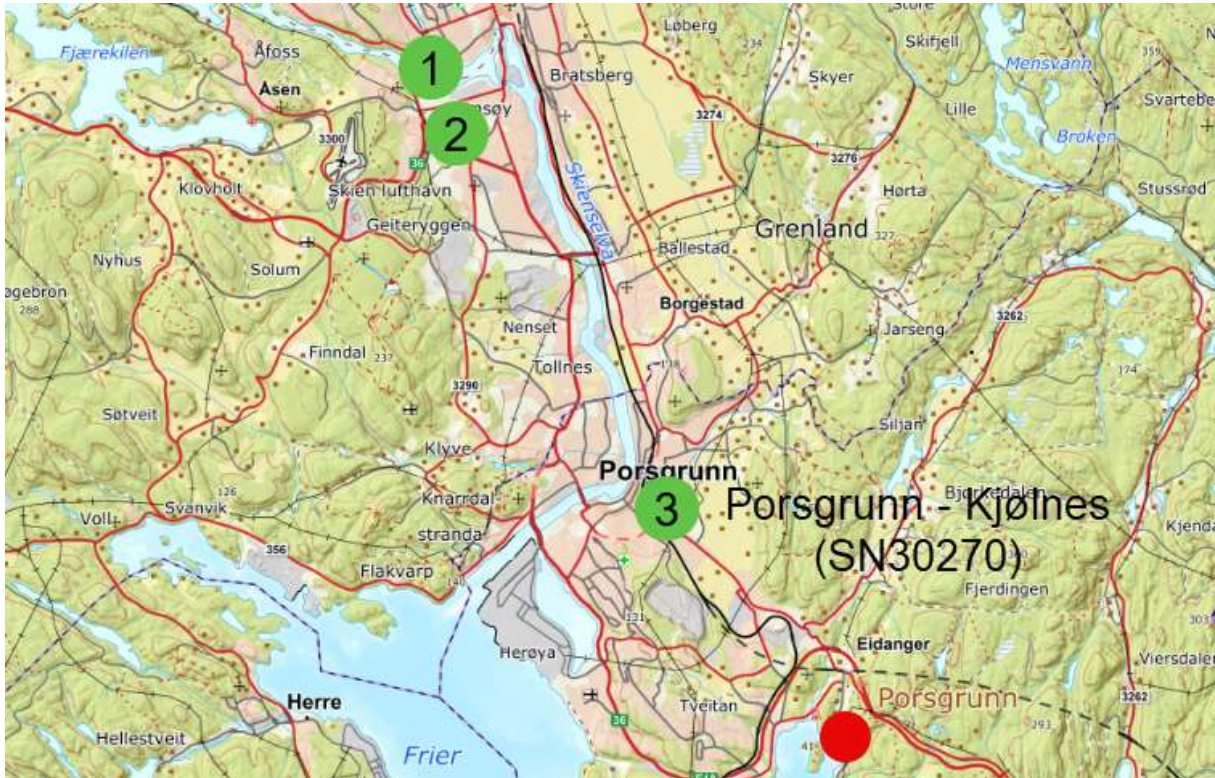
### 3.2.2. Tilgjengelige nedbørsdata

Norsk Klimaservicesenter sin tjeneste *SeKlima* viser flere nedbørstasjoner i nærheten av prosjektområdet (Figur 3-3). De mest relevante stasjonene er:

1. **Skien - Elstrøm (SN30320)**  
Observasjonsperiode: 2001-2024 (22 sesonger).  
Kvalitetsklasse: Noe usikker
2. **Skien - Klosterskogen (SN30310)**  
Observasjonsperiode: 1968-2000 (27 sesonger).  
Kvalitetsklasse: Noe usikker
3. **Porsgrunn - Kjølnes (30270)**  
Observasjonsperiode: 1973-2024 (28 sesonger)  
Kvalitetsklasse: God

Stasjonen **Porsgrunn - Kjølnes (SN30270)** ligger ca. 4,5 km fra prosjektområdet og har en IVF-kurve av god kvalitet. Denne stasjonen vurderes derfor som mest representativ og

benyttes som grunnlag for nedbør-avløpsmetodene. Figur 3-3 viser stasjonenes lokalisering, og Tabell 3-3 viser IVF-kurven for SN30270.



Figur 3-3 Utsnitt fra Seklima som viser meteorologiske målestasjoner i nærheten av Bergsbygdavegen (markert med rødt) med IVF-data basert på minimum 10 sesonger. SN30270 ligger ca. 4,5km fra prosjektområdet og har 28 sesonger med data (god kvalitet).

Tabell 3-3 IVF-kurve i l/s-ha hentet fra Norsk Klimaservicesenter.

<b>Porsgrunn - Kjølnes (SN30270)</b>																	
Antall sesonger: 28 (1973 - 2024)																	
		<b>Regnvarighet [min]</b>															
		1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
<b>Gjentaksintervall [år]</b>	2	241	202	184	154	111	85.0	70.4	54	42.5	36	28.9	23.9	18.4	11.7	7.3	4.8
	5	318	269	246	207	156	120	98.9	77	62.2	52	41.5	34.0	25.2	15.7	10.0	6.6
	10	366	310	283	241	185	143	119	94	76.1	63	50.5	41.4	30.5	18.7	12.0	7.8
	20	406	347	317	271	213	166	138	110	90.2	75	59.8	49.0	36.1	21.7	14.0	8.9
	25	419	359	327	281	222	173	145	116	94.6	78	62.9	51.4	37.9	22.7	14.7	9.3
	50	453	393	358	309	250	197	165	133	109	91	72.4	59.8	44.2	26.2	16.8	10.5
	100	484	426	385	336	277	221	185	151	123	104	82.9	68.6	51.1	29.7	18.9	11.8
	200	514	456	411	362	306	246	207	170	139	118	93.9	78.3	58.5	33.6	21.2	13.0

### 3.3. Beregning av 200-årsflom

For beregning av 200-årsflom, er følgende metoder benyttet:

- Flomfrekvensanalyser
  - Flomfrekvensanalyse på kulminasjonsverdier
    - Lokal analyse (timesdata)
    - Regional analyse (NIFS-formelverk)
    - Forenklet lokal + NIFS
- Nedbør avløps-metoder:
  - Den rasjonale formel
  - Hydrologisk flommodell - PQRUT

Det henvises til NVEs *Veileder for flomberegninger (1/2025)* og NVEs rapport *Lokal og regional flomfrekvensanalyse (10/2020)* for utdypende beskrivelse av metodene.

#### 3.3.1. Flomfrekvensanalyser

I en flomfrekvensanalyse (FFA) estimeres en indeksflom (middelflom -  $Q_M$ ), og et vekstkurveforhold som gir forholdet mellom indeksflommen og en flom med et vilkårlig gjentaksintervall  $T$  ( $Q_T/Q_M$ ).

Den dimensjonerende flomvannføringen er en kulminasjonsverdi, det vil si vannføringstoppen under en flomhendelse. I flomfrekvensanalyser på kulminasjonsverdier beregnes dette direkte, mens i analyser på døgnverdier må estimatene konverteres til kulminasjonsverdier ved bruk av faktor ( $Q_{mom}/Q_{døgn}$ ). Videre skilles det mellom flomfrekvensanalyser med hensyn til om de er basert på observerte data (lokale analyser) eller om det benyttes regionale formelverk / regresjonsligninger.

De lokale analysene utføres på vannføringsdata fra de utvalgte målestasjonene beskrevet i kapittel 3.2.1. Verdier for middelflom og vekstkurveforhold er hentet fra NVEs database Hydra II ved bruk av programmet Ekstremverdianalyse. Middelflommen deles på feltarealet til målestasjonene, slik at en får en spesifikk middelflom ( $q_M$ ) som kan benyttes for det aktuelle feltet. For å finne vekstkurven, er det benyttet parameterfordelinger i henhold til anbefalinger i forhold til serielengde gitt i NVEs veileder. Det er benyttet Gumbel fordeling for målestasjon med 25-50 år med data.

Det er valgt å gjøre FFA på kun kulminasjonsverdier og ikke på døgndata, på grunn av størrelsen på nedbørsfelt og grunnlag på findata.

### 3.3.2. Flomfrekvensanalyse på kulminasjonsverdier

#### 3.3.2.1 Lokal analyse på timesdata

Resultater fra lokal flomfrekvensanalyse på timesdata fra de utvalgte målestasjonene er gitt i Tabell 3-4. Det er god overenstemmelse for middelflommen for de to stasjonene, men på grunn av areal, feltparametere og lokalisering er det valgt å vekte den nærmeste Brusetbekken med 80% mot 20% for Isterelva.

Resulterende verdier for middelflom og 200-årsflom i bekk 1, 2 og 3 ved bruk av vektet snitt fra de utvalgte målestasjonene, er gitt i Tabell 3-5.

Tabell 3-4 Resultater fra lokal flomfrekvensanalyse på timesdata fra utvalgte målestasjoner, og vektet snitt som benyttes i videre beregning.

Flomfrekvensanalyse målestasjoner, timesdata					
Målestasjon	Antall år med timesdata	Parameterfordeling	Middelflom, $q_M$ [l/s·km <sup>2</sup> ]	$Q_{200}/Q_M$ [-]	Vekting
16.158.0 Brusetbekken	38	Gumbel	420	2.674	80%
15.174.0 Isterelva	18	Gumbel	453	2.547	20%
<b>Vektet snitt:</b>			<b>427</b>	<b>2.649</b>	<b>100%</b>

Tabell 3-5 Beregnet middelflom, vekstkurve og 200-årsflom (kulminasjon) med lokal analyse på timesdata.

Felt	Middelflom (kulm.) [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{200}/Q_M$ [-]	200-årsflom (kulm.) [m <sup>3</sup> /s]
Bekk 1 - Haslerbekken	0.51	2.649	1.36
Bekk 2 - Døvikbekken	0.38	2.649	1.02
Bekk 3 - Rutua	2.48	2.649	6.56

#### 3.3.2.2 Regional analyse - kulminasjonsverdier (RFFA-NIFS)

NVE har utarbeidet et regionalt formelverk for flomberegninger i små (< 50-60 km<sup>2</sup>) uregulerte felt, som beregner kulminasjonsverdier direkte. Dette er ofte kalt NIFS-formelverk. Formelverket består av to regresjonsligninger for beregning av flom, som bruker inngangsparameterne feltareal, spesifikk middelavrenning og effektiv sjøprosent. Den første ligningen er for estimat av middelflom (kulminasjonsverdi), som generelt har usikkerhet knyttet til seg. Den andre ligningen er for vekstkurven ( $Q_T/Q_M$ ), som ansees som svært robust for gjentakintervall mindre eller lik enn 200 år i små felt (NVE, 2022).

Estimert middelflom, vekstkurveforhold og 200-årsflom er gitt i Tabell 3-6.

Tabell 3-6 Beregnet middelflom, vekstkurve og 200-årsflom (kulminasjon) med NIFS-formelverk.

Felt	Middelflom (kulm.) [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{200}/Q_M$ [-]	200-årsflom (kulm.) [m <sup>3</sup> /s]
Bekk 1 - Haslerbekken	0.81	2.792	2.27
Bekk 2 - Døvikbekken	0.64	2.788	1.79
Bekk 3 - Rutua	2.87	2.795	8.02

### 3.3.2.3 Forenklet lokal i kombinasjon med RFFA-NIFS

Den største usikkerheten knyttet til regionale formelverk ligger i indeksflommen, men vekstkurveforholdet er ansett som svært robust. En metodikk for å hensynta dette, er å benytte en vektet middelflom fra regionalt formelverk og lokale data med hensyn til antall år med data, i kombinasjon med vekstkurveforhold fra regionalt formelverk (NIFS). Den vektete middelflommen er her beregnet ved bruk av formler gitt i NVEs rapport *Lokal og regional flomfrekvensanalyse* (10/2020). Det er valgt å bruke et representativt antall år med timesdata på  $n = 34$ .

Resultatet ved bruk av en slik metodikk er gitt i Tabell 3-7.

Tabell 3-7 Beregnet 200-årsflom (kulminasjon) ved bruk av forenklet lokal i kombinasjon med NIFS.

Felt	Middelflom (kulm.)			$Q_{200}/Q_M$ fra RFFA-NIFS [-]	200-årsflom (kulm.) [m <sup>3</sup> /s]
	Lokal FFA [m <sup>3</sup> /s]	RFFA-NIFS [m <sup>3</sup> /s]	Vektet [m <sup>3</sup> /s]		
Bekk 1 - Haslerbekken	0.51	0.81	0.52	2.792	1.45
Bekk 2 - Døvikbekken	0.38	0.64	0.39	2.788	1.09
Bekk 3 - Rutua	2.48	2.87	2.49	2.795	6.69

### 3.3.3. Nedbør-avløpsmetoder

I nedbør-avløpsmetoder beregnes flomvannføring fra nedbør (evt. i kombinasjon med snøsmelting) ved bruk av en hydrologisk modell eller en empirisk formel som gjengir responsen til nedbørfeltet. Det er her gjort beregninger ved bruk av den rasjonale formel, samt en forenklet hydrologisk flommodell kalt PQRUT.

I små felt er det ikke forventet at snøsmelting vil bidra nevneverdig til de største flommene, og det er følgelig sett bort i fra dette.

#### 3.3.3.1 Den rasjonale formel

Den rasjonale formelen beregner flomvannføring som en direkte funksjon av avrenningsfaktor, regnintensitet og feltareal. Metoden er utviklet for små og raske

nedbørfelt, og anbefales i NVE Veileder 1/2025 for felt mindre enn ca. 2 km<sup>2</sup> og med begrenset flomdempning. Avrenningsfaktoren (C) er valgt etter anbefalte tabellverdier i veilederen, og endelig verdi beregnet som et arealvektet gjennomsnitt. For ekstreme hendelser (T = 200 år) er C-verdiene økt med 30 %, i tråd med anbefalingen om å hensynta økt metningsgrad i bakken.

Nedbørfeltene i dette prosjektet har bratt terreng, lite magasinering og reagerer raskt på nedbør. For bekk 1 (1,2 km<sup>2</sup>) og bekk 2 (0,9 km<sup>2</sup>) ligger feltstørrelsen innenfor metodens anbefalte bruksområde, og metoden vurderes som egnet for overslagsberegninger. Bekk 3 (5,8 km<sup>2</sup>) har større areal og lengre konsentrasjonstid, og her benyttes den rasjonale formelen kun som støtteberegning, supplert av mer robuste metoder som PQRUT og flomfrekvensanalyse.

Se Tabell 3-15, Tabell 3-9 og Tabell 3-10 for avrenningsfaktorer for de tre feltene.

Tabell 3-8 Grunnlag for og beregning av avrenningsfaktor (C) for bekk 1.

Arealtype	C basis [-]	C påslag [%]	C inkl. påslag [-]	Areal [%]
Dyrket mark	0.30	30	0.39	12.8
Skog	0.15	30	0.20	78.3
Uklassifisert	0.50	30	0.65	8.7
<b>Endelig avrenningsfaktor:</b>	<b>0.26</b>			

Tabell 3-9 Grunnlag for og beregning av avrenningsfaktor (C) for bekk 2.

Arealtype	C basis [-]	C påslag [%]	C inkl. påslag [-]	Areal [%]
Dyrket mark	0.30	30	0.39	2.1
Skog	0.15	30	91.4	91.4
Urban	0.70	30	2.3	2.3
Uklassifisert	0.50	30	3.3	3.3
<b>Endelig avrenningsfaktor:</b>	<b>0.22</b>			

Tabell 3-10 Grunnlag for og beregning av avrenningsfaktor (C) for bekk 3.

Arealtype	C basis [-]	C påslag [%]	C inkl. påslag [-]	Areal [%]
Dyrket mark	0.30	30	0.39	3.6
Myr	0.60	30	0.78	0.6
Skog	0.15	30	0.20	92.8
Urban	0.70	30	0.70	0.3
Uklassifisert	0.50	30	0.65	1.2
<b>Endelig avrenningsfaktor:</b>	<b>0.22</b>			

Regnintensitet er hentet fra IVF-data fra nedbørmålestasjon Porsgrunn - Kjølnes (SN30270) (se Tabell 3-3), hvor varigheten på regnet er satt til konsentrasjonstiden til feltet. Denne er beregnet med formler gitt i NVEs veileder, som bruker inngangsparameterne høydeforskjell, feltlengde og effektiv sjøprosent. Det er en ligning for naturlige felt og en for urbane. Deretter er det gjort en faglig vurdering av konsentrasjonstiden og justert deretter.

En oppsummering av grunnlag benyttet i flomberegning med den rasjonale formel, samt beregnet vannføring for 200-årsflom, er gitt i Tabell 3-11.

Tabell 3-11 Benyttede verdier og beregnet 200-årsflom med den rasjonale formel.

<b>Felt</b>	<b>Areal</b> [ha]	<b>Konsentrasjons- tid</b> [min]	<b>Avrennings- faktor</b> [-]	<b>Regn- intensitet</b> [l/s-ha]	<b>200-årsflom</b> [m <sup>3</sup> /s]
Bekk 1	120	60	0.26	113.7	3.54
Bekk 2	90	45	0.22	133.8	2.70
Bekk 3	580	120	0.22	74.1	9.48

### 3.3.3.2 Hydrologisk flommodell - PQRUT

I den forenklete hydrologiske modellen PQRUT beregnes avrenningen som opptrer som følge av et gitt nedbørforløp. Det er en lineær karmodell, hvor nedbørfeltet er representert som et kar med to utløp som har forskjellig tømmekonstant ( $K_1$  og  $K_2$ ) og er skilt av et terskelnivå ( $T$ ). Modellen er anbefalt å benyttes i felt med areal rundt 2-800 km<sup>2</sup>. Videre bør den kun benyttes for gjentaksintervall større eller lik 200 år, da den baserer seg på antagelse om full metning som initialtilstand i feltet noe som ikke vil være rimelig for lavere gjentaksintervall. Det er her benyttet NVEs nett-versjon av modellen.

Parameterne til PQRUT bør helst bestemmes via kalibrering mot observert vannføring fra det aktuelle vassdraget. Siden dette ikke foreligger, er de beregnet ut fra ligninger gitt i NVEs veileder (01/2022) - se Tabell 3-12.

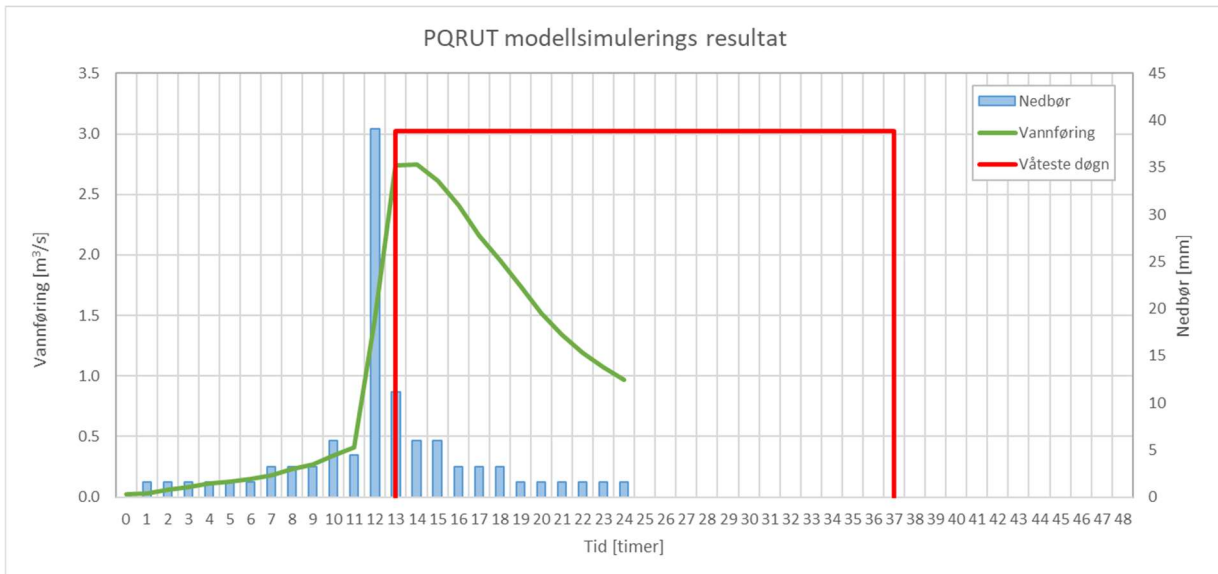
Tabell 3-12 Beregnede modellparametere i PQRUT.

<b>Felt</b>	<b>K1</b> [1/time]	<b>K2</b> [1/time]	<b>T</b> [mm]	<b>Konsentrasjonstid</b> [timer]
Bekk 1	0.205	0.052	28.50	0.4
Bekk 2	0.216	0.061	27.68	0.5
Bekk 3	0.079	0.018	33.62	1.1

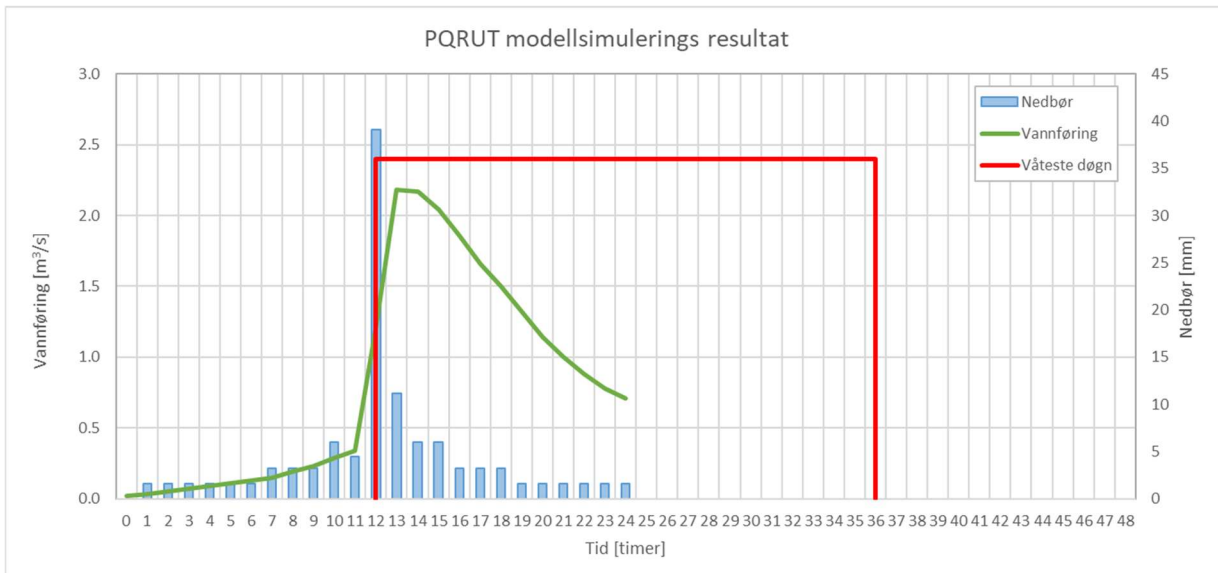
Nedbørforløp for en 200-års hendelse er konstruert med utgangspunkt i hentet fra IVF-data til nedbørmålestasjon Porsgrunn - Kjølnes (SN30270). Forløpet er konstruert etter anbefalinger gitt i NVEs veileder; varighet på 24 timer (anbefales for felt < 10-20 km<sup>2</sup>), en

symmetrisk fordeling omkring høyeste nedbørintensitet (anbefalt for varigheter  $\leq 2$  døgn) og tidsskritt på en time. Flere mulige former på nedbørførløp er testet for å finne størst kulminasjonsverdi.

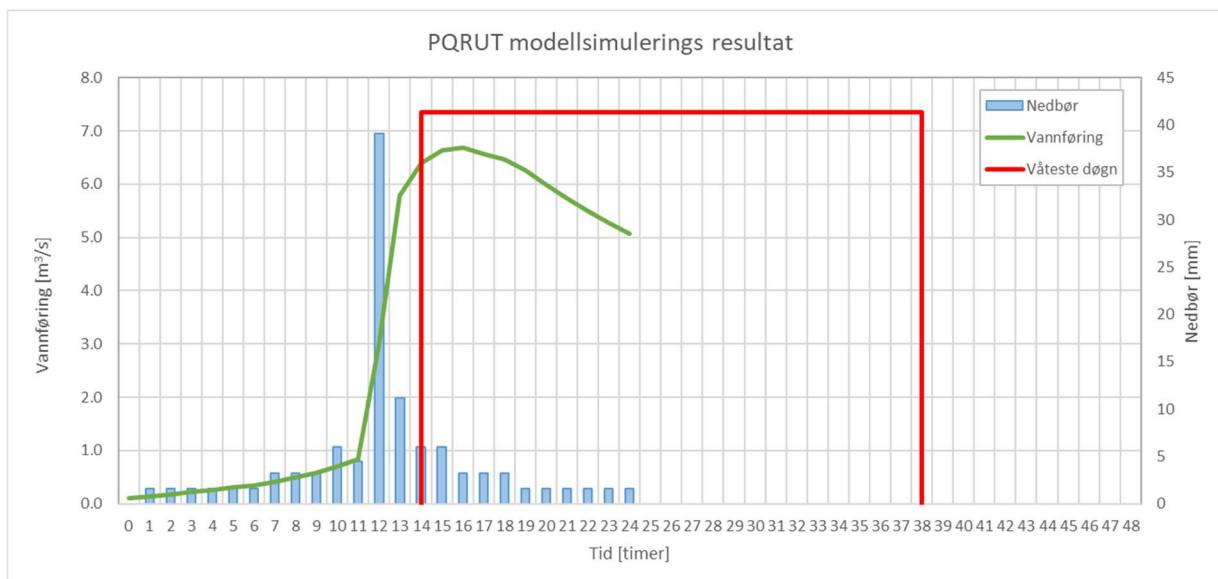
Konstruert nedbørførløp og estimert flomføløp med 200-års gjentakintervall er vist i Figur 3-4. Nøkkeltall fra beregningen med PQRUT er gitt i Tabell 3-13.



Figur 3-4 Konstruert nedbørføløp og beregnet flomføløp med PQRUT for 200-årsflom for bekk 1 - Haslerbekken.



Figur 3-5 Konstruert nedbørføløp og beregnet flomføløp med PQRUT for 200-årsflom for bekk 2 - Døvikbekken.



Figur 3-6 Konstruert nedbørførløp og beregnet flomførløp med PQRUT for 200-årsflom for bekk 3 - Rutua.

Tabell 3-13 Nøkkeltall for beregning av 200-årsflom med den hydrologiske flommodellen PQRUT.

Felt	Nedbør totalt [mm/døgn]	Nedbør maks [mm/time]	200-årsflom [m <sup>3</sup> /s]
Bekk 1 - Haslerbekken	111.6	39.1	2.75
Bekk 2 - Døvikbekken	111.6	39.1	2.18
Bekk 3 - Rutua	111.6	39.1	6.68

### 3.4. Klimapåslag

NVE Veileder 1/2025, kapittel 15, anbefaler at mindre og bratte vassdrag som reagerer raskt på nedbør får et klimapåslag på minst 20 %, og at det i mange tilfeller bør benyttes 40%. For mikrofelt og andre felt med svært rask hydrologisk respons er den generelle anbefalingen et påslag på 40 %.

Nedbørfeltene langs Bergsbygdavegen (0,9-5,8 km<sup>2</sup>) er små, bratte og har lav magasinering. Flommene styres i hovedsak av korte og intense regnhendelser, og feltene har dermed en respons som samsvarer godt med kategoriene der 40 prosent påslag anbefales.

Det er derfor lagt på **40% klimapåslag** på det endelige flomestimatet før vannføringene benyttes i den hydrauliske modellen, i tråd med anbefalingene i veilederen.

### 3.5. Oppsummering og endelig estimat

Beregnete flomverdier for bekkene gjennom planområdet er gitt i Tabell 3-14, Tabell 3-15 og Tabell 3-16. Det er et tydelig sprik i resultatene mellom de ulike metodene. Flomfrekvensanalysene basert på lokale data gir gjennomgående lavere verdier enn de regionale analysene (RFFA). For nedbør-avløpsberegningene ser vi det samme mønsteret: modellresultatene ligger høyere enn flomfrekvensanalysene på lokale data. Avviket er størst for de minste nedbørfeltene (bekk 1 og bekk 2), og minst for bekk 3. Rasjonale formel gir de høyeste flomestimatene. Dette skyldes først og fremst usikkerhet i avrenningsfaktoren i felt hvor infiltrasjon og andre hydrologiske prosesser har stor betydning. Metoden er utviklet for små felt med lite flomdemping og er kjent for å gi konservative estimater.

RFFA-NIFS er utviklet for små, naturlige nedbørfelt, noe som samsvarer godt med feltene i dette prosjektet. Middellavrenningen ( $q_N$ ) er imidlertid en parameter med betydelig usikkerhet. For noen områder i Norge er samsvaret mellom avrenningskart og observerte data godt, mens det andre steder er svakere. For å sikre best mulig representativ middellavrenning er data fra nærliggende målestasjoner derfor sammenlignet med verdier fra NVEs avrenningskart. For begge stasjonene (Brusetbekken og Istreelva) er middellavrenningen høyere enn verdiene for feltene langs Bergsbygdavegen. I tråd med anbefaling i NVE 01/2025 er derfor  $Q_{91-20}$  brukt, da dette gir bedre samsvar med observerte data og vurderes som mest realistisk.

Erfaringstall fra NIFS-prosjektet viser at spesifikke flomverdier for små felt i vassdragsområdene 1-16 (Østlandet) normalt varierer mellom 500 og 1500 l/s/km<sup>2</sup>, med enkelte tilfeller opp mot 2000-2500 l/s/km<sup>2</sup>. For mikrofelt variere den spesifikke flomverdien mellom 2000 - 5000 l/s/km<sup>2</sup> for hele landet. De høyeste verdiene ligger i vestlige deler av nedbørsfeltområdet, inkludert Skiensområdet. Dette samsvarer godt med de beregningene som ligger til grunn her. Vår vurdering er at flomverdiene beregnet med RFFA-NIFS, justert med avrenningsdata for 1991-2020, gir det mest representative estimatet for 200-årsflommen for bekk 1 og bekk 3. For bekk 2, som er det minste feltet og viser størst spredning mellom metodene, er endelig estimat bestemt gjennom en vekting av Rasjonale formel og RFFA-NIFS, men størst vekt på NIFS på grunn av forventet overestimering av rasjonale formel. Med et klimapåslag på 40 %, for små, bratte felt med rask respons, blir dimensjonerende flomvannføringer:

**Bekk 1 - Haslerbekken:**      $Q_{200+40\%} = 3,2 \text{ m}^3/\text{s}$  (2,7 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>)

**Bekk 2 - Døvikbekken:**      $Q_{200+40\%} = 2,8 \text{ m}^3/\text{s}$  (3,1 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>)

**Bekk 3 - Rutua:**              $Q_{200+40\%} = 11,2 \text{ m}^3/\text{s}$  (1,9 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>)

Tabell 3-14 Beregnede flomverdier fra alle metoder, og endelig estimat for bekk 1 Haslerbekken.

Metode		200-årsflom				
		Døgnmiddel		Q <sub>mom</sub> /Q <sub>døgn</sub>	Kulminasjon	
		[l/s·km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]		[-]	[l/s·km <sup>2</sup> ]
Flomfrekvens- analyse kulm. verdier	Lokal analyse (FFA)				1131	1,4
	Regional analyse (RFFA-NIFS)	-	-	-	1888	2,3
	Forenklet lokal + RFFA-NIFS				1212	1,5
Nedbør- avløpsmodell	PQRUT	1560	1.9	1,469	2292	2,8
	Rasjonale formel	-	-	-	2947	3,5
<b>Endelig estimat:</b>		-	-	-	<b>1917</b>	<b>2,3</b>
<b>Inkludert klimapåslag (40%)</b>		-	-	-	<b>2683</b>	<b>3,2</b>

Tabell 3-15 Beregnede flomverdier fra alle metoder, og endelig estimat for bekk 2 - Døvikbekken.

Metode		200-årsflom				
		Døgnmiddel		Q <sub>mom</sub> /Q <sub>døgn</sub>	Kulminasjon	
		[l/s·km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]		[-]	[l/s·km <sup>2</sup> ]
Flomfrekvens- analyse kulm. verdier	Lokal analyse (FFA)				1131	1.0
	Regional analyse (RFFA-NIFS)	-	-	-	1991	1.8
	Forenklet lokal + RFFA-NIFS				1212	1.1
Nedbør- avløpsmodell	PQRUT	1576	1.4	1,537	2422	2.2
	Rasjonale formel	-	-	-	2996	2.7
<b>Endelig estimat:</b>		-	-	-	<b>2222</b>	<b>2.0</b>
<b>Inkludert klimapåslag (40%)</b>		-	-	-	<b>3111</b>	<b>2.8</b>

Tabell 3-16 Beregnede flomverdier fra alle metoder, og endelig estimat for bekk 3 Rutua.

Metode		200-årsflom				
		Døgnmiddel		Q <sub>mom</sub> /Q <sub>døgn</sub>	Kulminasjon	
		[l/s·km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]		[-]	[l/s·km <sup>2</sup> ]
Flomfrekvens- analyse kulm. verdier	Lokal analyse (FFA)				1131	6.6
	Regional analyse (RFFA-NIFS)	-	-	-	1382	8.0
	Forenklet lokal + RFFA-NIFS				1199	7.0
Nedbør- avløpsmodell	PQRUT	1044	6.1	1.103	1152	6.7
	Rasjonale formel	-	-	-	1635	9.5
<b>Endelig estimat:</b>		<b>784</b>	<b>4.5</b>	<b>1.76</b>	<b>1379</b>	<b>8.0</b>
<b>Inkludert klimapåslag (40%)</b>		<b>1097</b>	<b>6.4</b>	<b>1.76</b>	<b>1931</b>	<b>11.2</b>

## 4. Hydrauliske beregninger

### 4.1. Programvare og modelltype

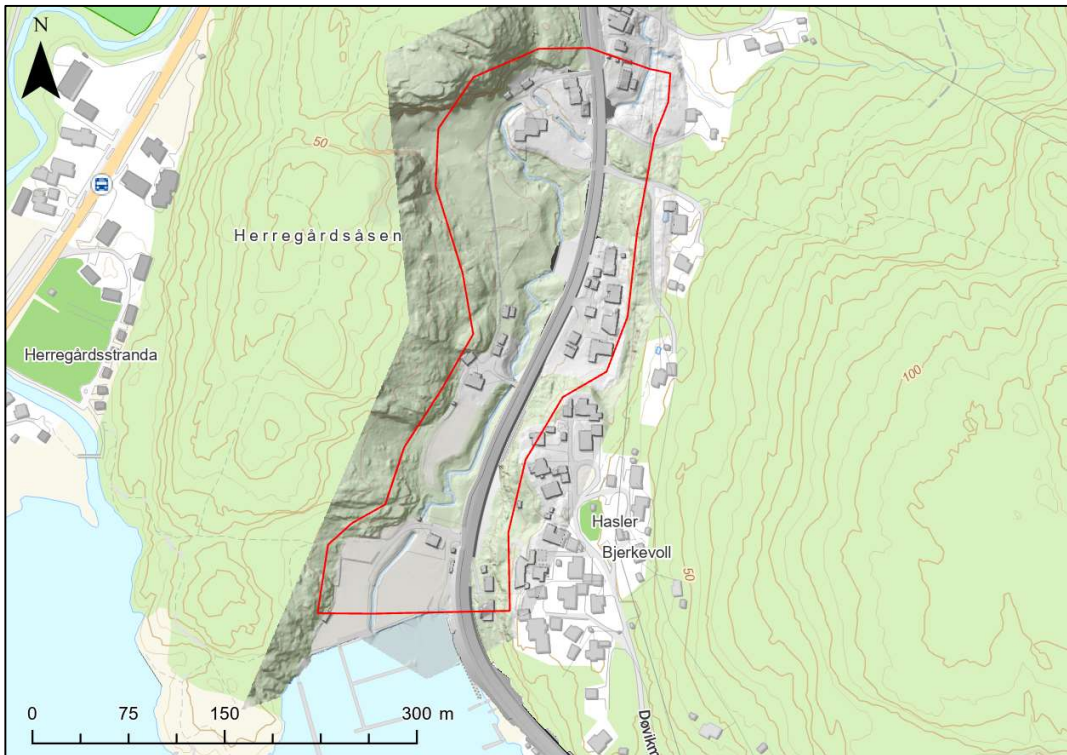
Hydrauliske beregninger er utført med programvaren HEC-RAS versjon 6.6, som er utviklet av United States Army Corps of Engineers. I HEC-RAS kan en utføre endimensjonale stasjonære hydrauliske beregninger, og en- og todimensjonal dynamisk (ikke-stasjonær) modellering. For detaljert informasjon om funksjonaliteter, modelloppbygging og beregningsteori, vises det til brukermanualen til HEC-RAS.

Det er valgt å benytte en todimensjonal dynamisk modell. Dette betyr at strømmingen er ikke-stasjonær (varierer over tid), og kan opptre i horisontalplanet. En slik modell vil bedre kunne simulere strømning utenfor elve- og bekkeløp som går i flere retninger, samt oppstuvende effekter som følge av mangel på kapasitet i kulverter og/eller flatt terreng, enn en tradisjonell endimensjonal stasjonær modell.

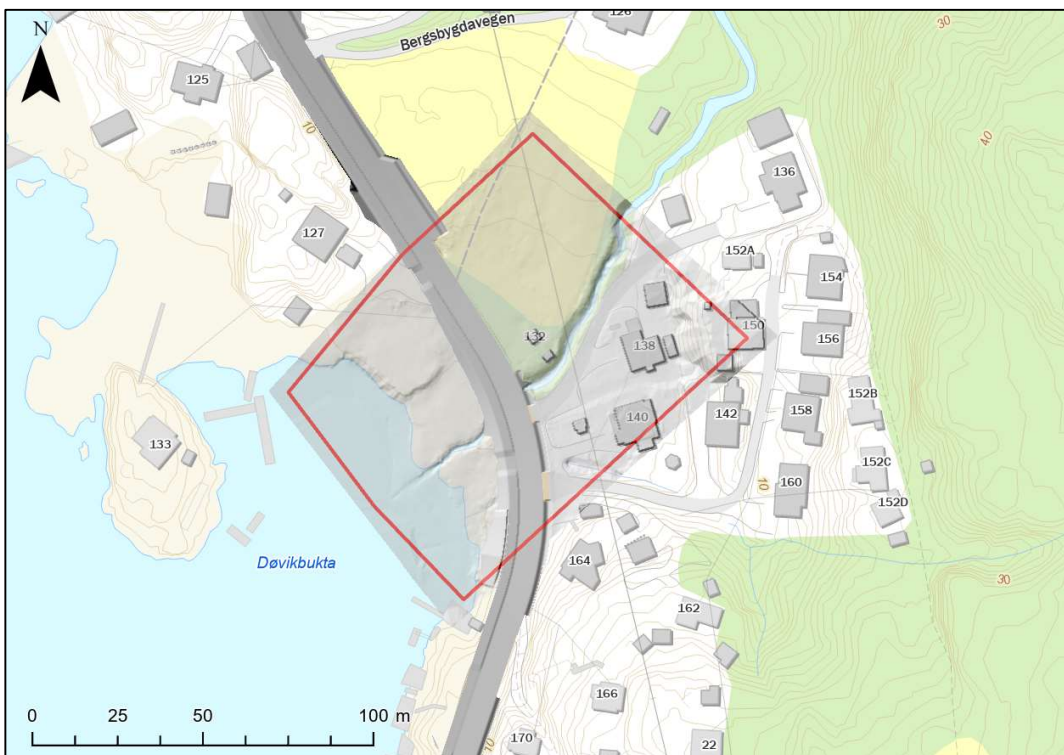
### 4.2. Modelloppsett

#### 4.2.1. Analyseområde og grensebetingelser

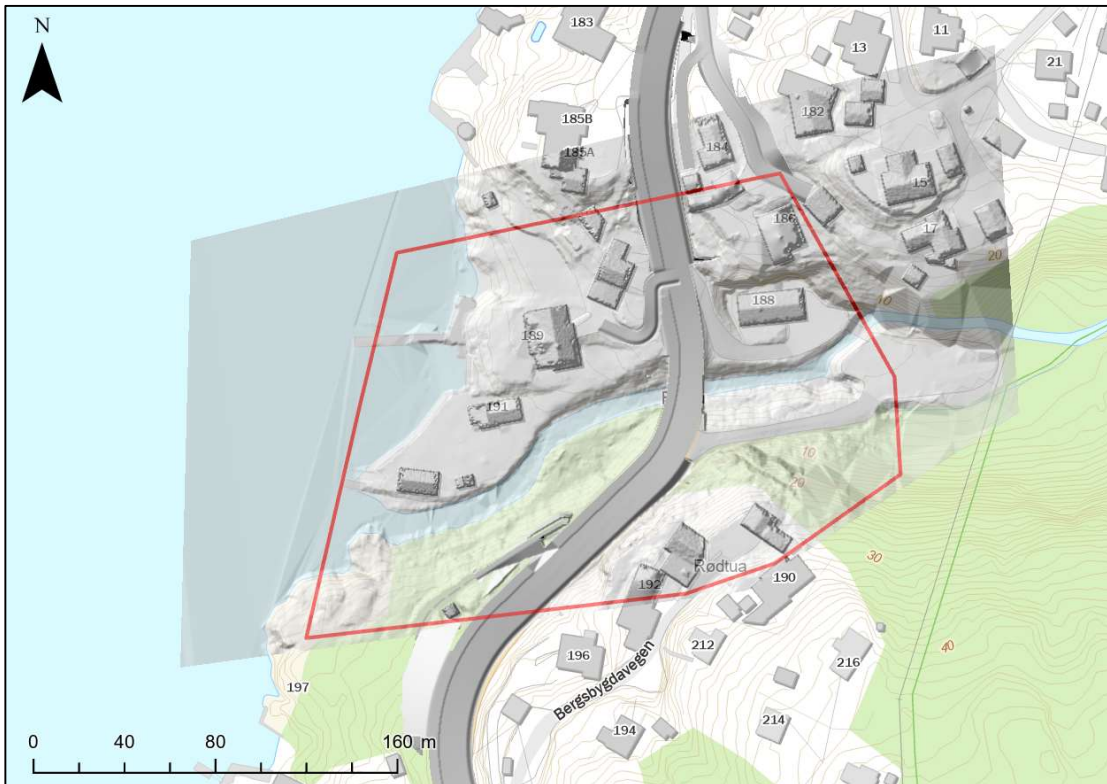
Analyseområdet for de tre bekkene er vist på Figur 4-1, Figur 4-2, Figur 4-3. Beregningene er gjort like oppstrøms planområdet, og helt ned til utløp sjø. Oppstrøms grensebetingelse er dimensjonerende 200års-flomvannføring med antatt normalstrømning i bekkene, og nedre grensebetingelse er satt til 1-års stormflo i tråd med anbefaling i NVE Veileder 3/2022. Det er ønskelig å se på hvilken effekt nye kulverter, bru og omlegging av bekkeløp har på strømningsforholdene ved dimensjonerende flom.



Figur 4-1 Kartutsnitt som viser avgrensning av analyseområdet for hydrauliske beregninger, for bekk 1 - Haslerbekken.



Figur 4-2 Kartutsnitt som viser avgrensning av analyseområdet for hydrauliske beregninger, for bekk 2 - Døvikbekken.



Figur 4-3 Kartutsnitt som viser avgrensning av analyseområdet for hydrauliske beregninger, for bekk 3 - Rutua.

#### 4.2.2. Beregningsnett (2D)

2D modell:

Den hydrauliske modellen baserer seg på et rutenett, hvor det for hver enkelt rute gjøres beregninger. Rutenettstørrelsen er satt til 5/6 meter i sideterreng, 1,5 - 2 meter i og rundt Bekkeløp, og 2 meter langs veier og bygninger. Bekkeløp, veier og byggomriss er lagt inn som såkalte «knekklinjer», slik at beregningsrutene blir orientert i riktig retning og strømmingen blir mer nøyaktig modellert.

#### 4.2.3. Terrengmodell

Det er satt opp terrengmodell både for eksisterende situasjon, og situasjon med planlagte tiltak. Terrengmodellene har en oppløsning på 0,25 x 0,25m. Terrengmodellene er, sammen med vannføringen, hovedgrunlaget for de hydrauliske beregningene.

Modellen er basert på laserdata fra Kartverkets forvaltningsløsning Høydedata (NDH Skien 5 pkt), supplert med laserskanning med drone utført i mai 2025. Laserdata gir generelt god nøyaktighet, men representerer ikke terreng under trær og tett vegetasjon godt. For å

redusere usikkerheten er punkter rundt kulverter og flere steder i bekkene målt inn av Porsgrunn kommune. Bekkeløpene er deretter manuelt justert i terrengmodellen basert på disse innmålingene. Bygninger er lagt inn i modellen, men ikke andre oppstikkende detaljer som trær mm.

#### 4.2.4. Friksjonsforhold/ruhet

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

Friksjonsforhold er vurdert ut fra kart og flyfoto, og bilder tatt under befaring av elven. Benyttede ruhetsverdier i modellen er gitt i Tabell 4-1, og er basert på standardverdier i *Vassdragshåndboka* (Fergus m.fl. ,2010).

Som standard er det valgt samme ruhetsforhold for alle tre bekkene, da det er relativt like forhold. Det vil være noen lokale variasjoner, men følsomhetsanalysene med påfølgende sikkerhetspåslag tar høyde for noen eventuelle lokale variasjoner i ruhet.

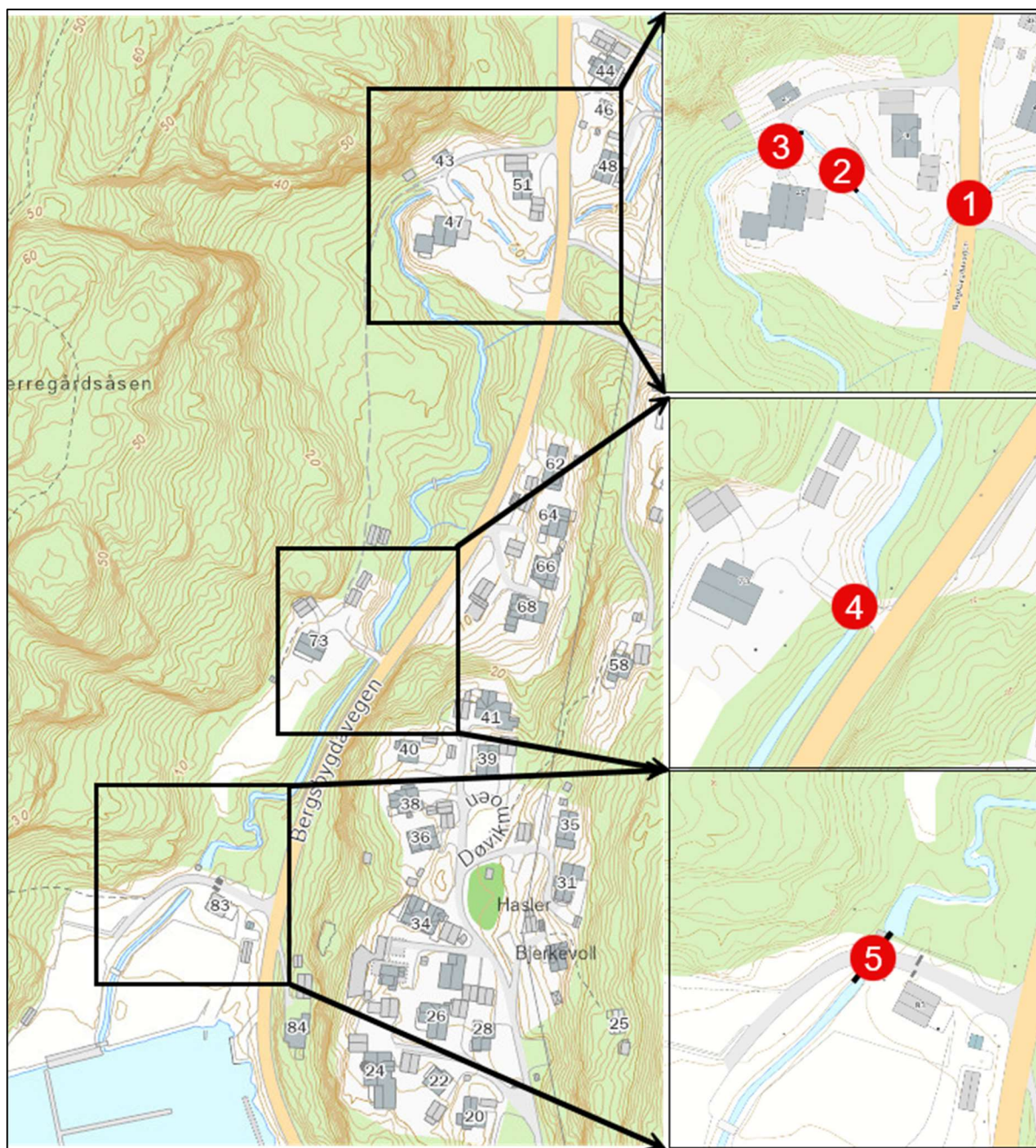
Tabell 4-1 Benyttede ruhetsverdier i hydraulisk modell.

Type overflate	Ruhetsverdi	
	$n$	$M (=1/n)$
Bekkeløp	0.033	30
Gress og lav vegetasjon	0.03	33
Skog- og buskelandskap	0.11	9
Tette flater	0.015	67

#### 4.2.5. Konstruksjoner i vassdraget

##### 4.2.5.1 Bekk 1 - Haslerbekken

Bekk 1 - Haslerbekken går gjennom 5 kulverter/stikkrenner i det aktuelle kartleggingsområdet - se Figur 4-4. Informasjon om vanngjennomløpene er innhentet gjennom innmåling og befaring gjort av Porsgrunn kommune.



Figur 4-4 Oversikt over bekkelukkinger under Bergsbygdavegen og videre nedstrøms.

Data som er benyttet for vanngjennomløpene er oppsummert i Tabell 4-2. Friksjonstap er representert gjennom ruhetsverdier, hvor Manningstall er vurdert med hensyn til materiale, tilstand og form. Energi-/falltap ved inn- og utløp til kulvertene er representert gjennom singulærtapskoeffisienter ( $k$ ), hvor 0 betyr ingen tap og 1 er full tap av energihøyden. Koeffisient for utløpstap ( $k_{ut}$ ) er alle satt til 1, som er en vanlig antagelse for vanngjennomløp med mindre dimensjoner. Koeffisient for innløpstap ( $k_{inn}$ ) er vurdert ut ifra

innløpsarrangement. Manningstall og koeffisienter er valgt basert på standardverdier i *Vassdragshåndboka* (Fergus m.fl., 2010).

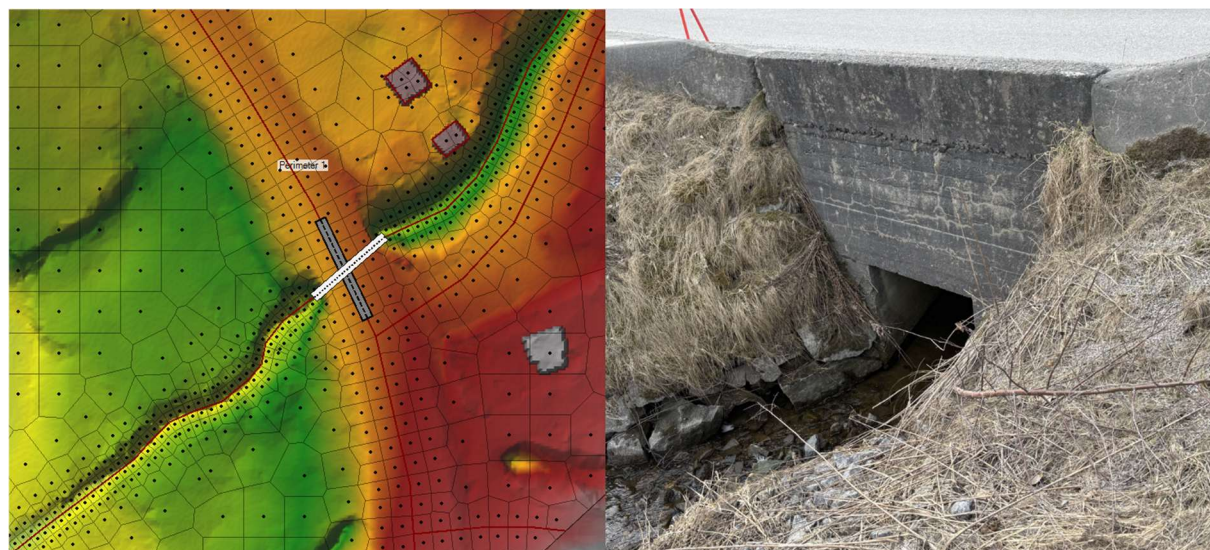
Tabell 4-2 Data for vanngjennomløp som er benyttet i hydraulisk beregning.

Nr./navn	Type	Dimensjoner	Lengde [m]	Høyde [moh.]		Ruhetsverdi		Tap innløp Ki
				Innløp	Utløp	n	M (=1/n)	
1	Firkantkulvert	1,5 x 1,5m	13,1	9.0	9.0	0.025	40	0.5
2	Sirkulær	1,0m	12,6	8.05	8.04	0.025	40	0.5
3	Sirkulær	1,0m	12.3	7.49	7.43	0.025	40	0.5
4	Firkant/bru	B=1,3m x H=2.7m	5.7	2.1	2.1	0.025	40	0.5
5	Sirkulær	1,0m	13.4	1.3	0.43	0.035	40	0.5

For planlagt fremtidig situasjon planlegges kulvertgjennomløpet oppdimensjonert til et 2,0m rør gjennom vegen, noe nedsenket for å sikre at fisk komme gjennom.

#### 4.2.5.2 Bekk 2 - Døvikbekken

Døvikbekken har en støpt firkantkulvert gjennom Bergsbygdavegen som vist på Figur 4-5.



Figur 4-5 Døvikbekken med støpt firkantkulvert på 1,0 x 1,0 m under Bergsbygdavegen.

Nr./navn	Type	Dimensjoner	Lengde [m]	Høyde [moh.]		Ruhetsverdi		Tap innløp Ki
				Innløp	Utløp	n	M (=1/n)	
1	Firkantkulvert	1,0 x 1,0m	9.2m	0.15	0.10	0.015	66	0.5

For planlagt fremtidig situasjon planlegges kulvertgjennomløpet oppdimensjonert til et 2,0m rør gjennom vegen, noe nedsenket for å sikre at fisk komme gjennom.

#### 4.2.5.3 Bekk 3 - Rutua

Bergsbygdavegen krysser bekk 3 - Rutua med med bru. Brua er ikke lagt inn i Hec-Ras som en brukonstruksjon, men modellert med bruplata tatt bort. Mur og landkar er lagt inn for eksisterende og planlagt situasjon. Lysåpningen for brua blir større med ny brukonstruksjon enn eksisterende.



Figur 4-6 Brukonstruksjon over bekk 3 - Rutua.

#### 4.2.6. Grensebetingelser

Øvre grensebetingelse; antagelse om normalstrømning med beregnet flomvannføring som øvre grensebetingelse.

Nedre grensebetingelse; 1-års stormflo (se vedlegg 10)

#### 4.2.7. Øvrige modellparametere

Det er benyttet ligningssettet SWE-ELM (Shallow Water Equations, Eulerian-Lagrangian Method). Grunnen til å benytte full dynamisk bølgeligning er for å gi en mer detaljert beregning hastighet og vanddybde langs bekkeløpet. Det er en både en del retningsendringer og varierende fallforhold. Overganger mellom underkritisk- til overkritisk strømning blir mer nøyaktig beregnet med dette ligningssettet sammenlignet med andre.. Beregningstidsteget blir justert med tanke på Couranttallet, hvor det skal være maksimalt 1. For bekk1, 2 og 3 er beregningstidsteget satt til henholdsvis 0,5s, 1,0s og 1,0s. Et flomforløp på 24 timer er modellert, hvor flomtoppen varierer litt for de tre bekkene.

### 4.3. Resultater fra hydraulisk beregning

Etablering av fortau langs Bergsbygdavegen medfører enkelte justeringer av veglinjen. Dette påvirker lokale partier av bekkeløpet i direkte tilknytning til veggen. Det er derfor gjennomført hydrauliske beregninger for både eksisterende og planlagt situasjon, for å se om planlagt situasjon har påvirkning på vannstand. Resultatene presenteres i påfølgende kapitler.

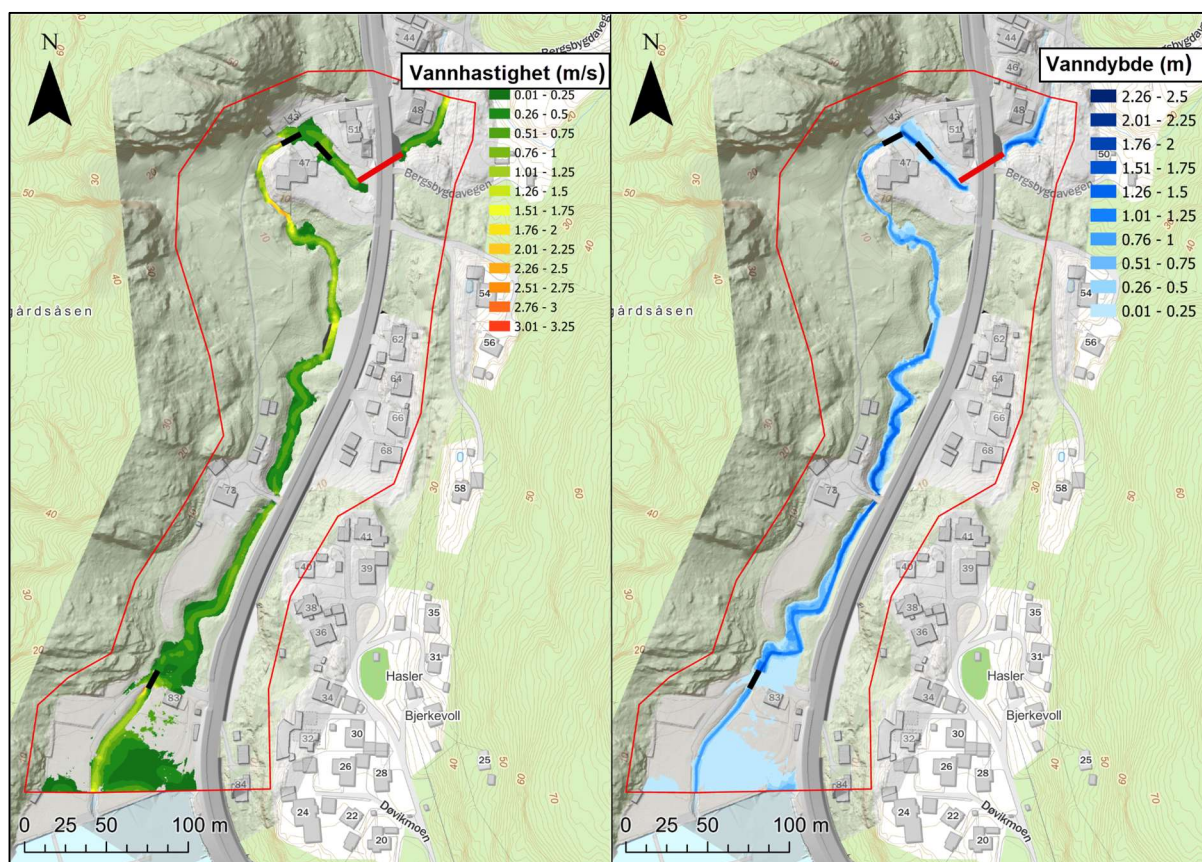
#### 4.3.1. Planlagt situasjon

##### 4.3.1.1 Bekk 1 - Haslerbekken

Figur 4-7 viser vanddybde- og vannhastighetsplot for 200-årsflom med 40 % klimapåslag for planlagt situasjon. Eksisterende stikkrenner er vist med svarte streker, mens ny konstruksjon er markert i rødt.

Det er kun marginal forskjell i flomutbredelse mellom før- og ettersituasjon. Det er derfor kun plottet resultater for planlagt situasjon.

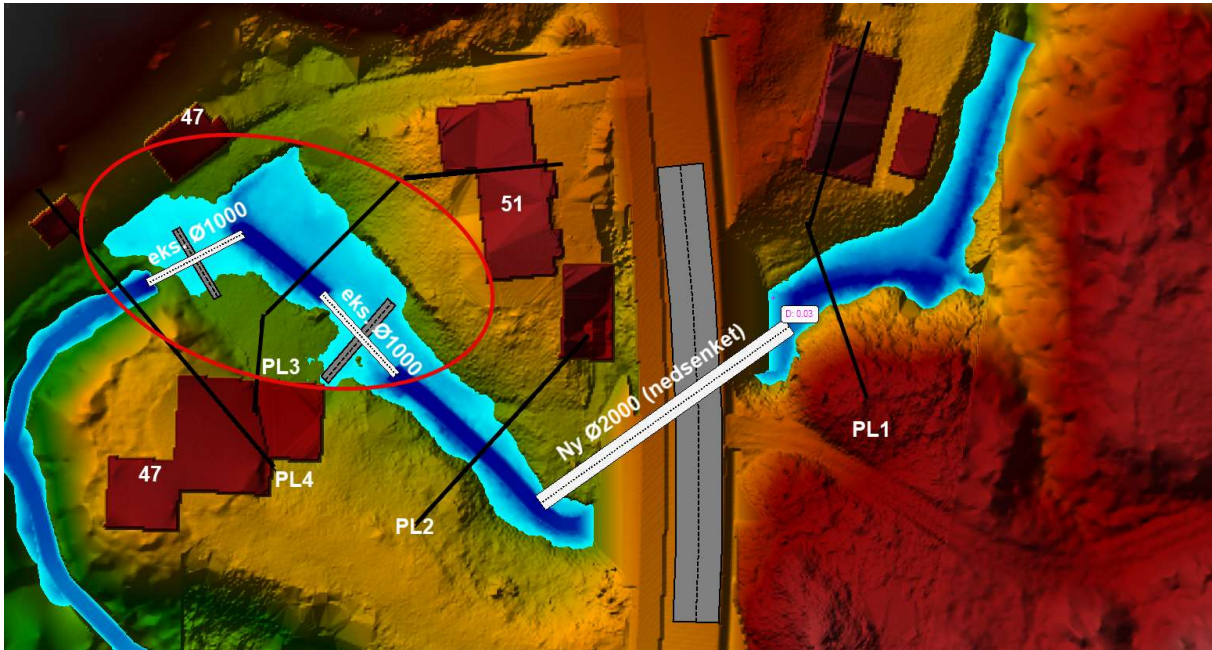
Som beskrevet i kapittel 4.2.5.1 består dagens kryssing under Bergsbygdavegen av en 1,5 × 1,5 m firkantkulvert. Eksisterende kulvert har hydraulisk kapasitet for dimensjonerende flom inkl. 40% klimapåslag. Etableringen av fortau innebærer imidlertid behov for enten forlengelse eller utskifting av kulverten. På grunn av begrenset plass på nedstrøms side, samt vurdering av kostnader ved forlengelse versus utskifting, er det vurdert mest hensiktsmessig å erstatte eksisterende kulvert. Ny kulvert planlegges som et gjennomgående Ø2000 betongrør, nedsenket for å legge til rette for fiskevandring.



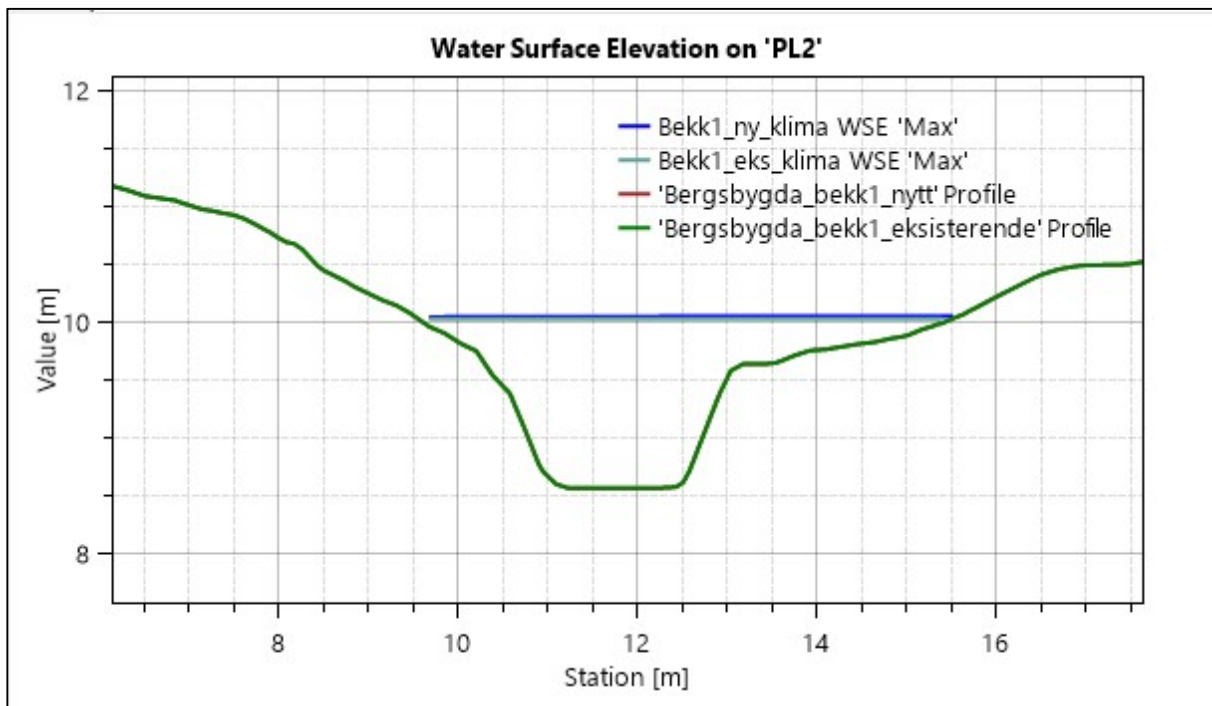
Figur 4-7 Dybde- og hastighetsplott for 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag for Haslerbekken. Eksisterende stikkrenner er vist med svart, og planlagt med rødt.

Figur 4-8 viser planlagt Ø2000 kulvert sammen med eksisterende Ø1000 stikkrenner nedstrøms. Beregningene viser at stikkrennene nedstrøms ikke har tilstrekkelig kapasitet, og flomvannet går ut over bekken sine bredder (markert med rød ring). Dette gjelder både i før- og ettersituasjon, og skyldes begrenset kapasitet i eksisterende nedstrøms anlegg - ikke endringer som følge av tiltaket.

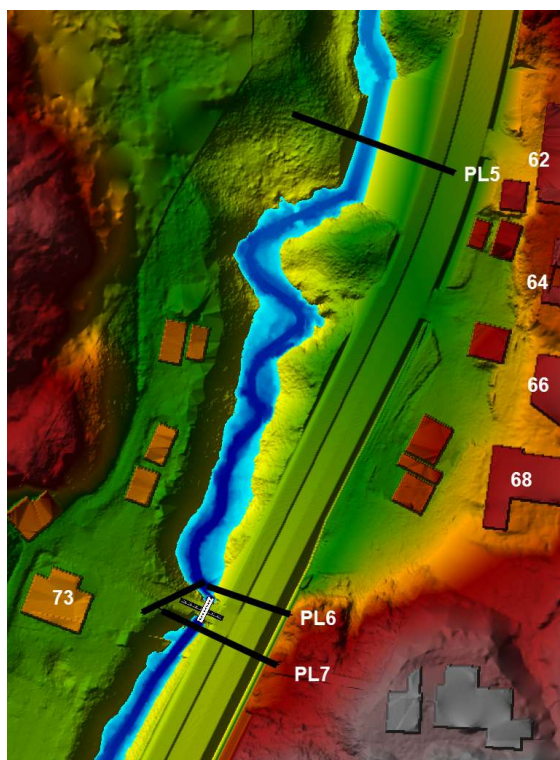
Figur 4-9 viser tverrprofil PL2 like nedstrøms nytt Ø2000-utløp. Resultatene viser ubetydelig endring i vannstand mellom før- og ettersituasjon.



Figur 4-8 Vanndybde for 200-årsflom med 40 % klimapåslag for øvre del av Haslerbekken. Oversvømte områder som følge av for liten kapasitet i Ø1000 stikkrenner er markert med rød ring.



Figur 4-9 Tverrsnitt for PL2 - like nedstrøms nytt planlagt kulvertutløp. 200års vannføring inkl. 40% klimapåslag viser marginal endring i vannstand fra før til ettersituasjon.



Figur 4-10 Flomutbredelse for bekkeløp langs Bergsbydavegen 62 - 73. Utvalgte tverrsnitt er tatt ved bekkeomlegging ved PL5 og oppstrøms og nedstrøms bru for avkjørsel til Bergsbydavegen 73.

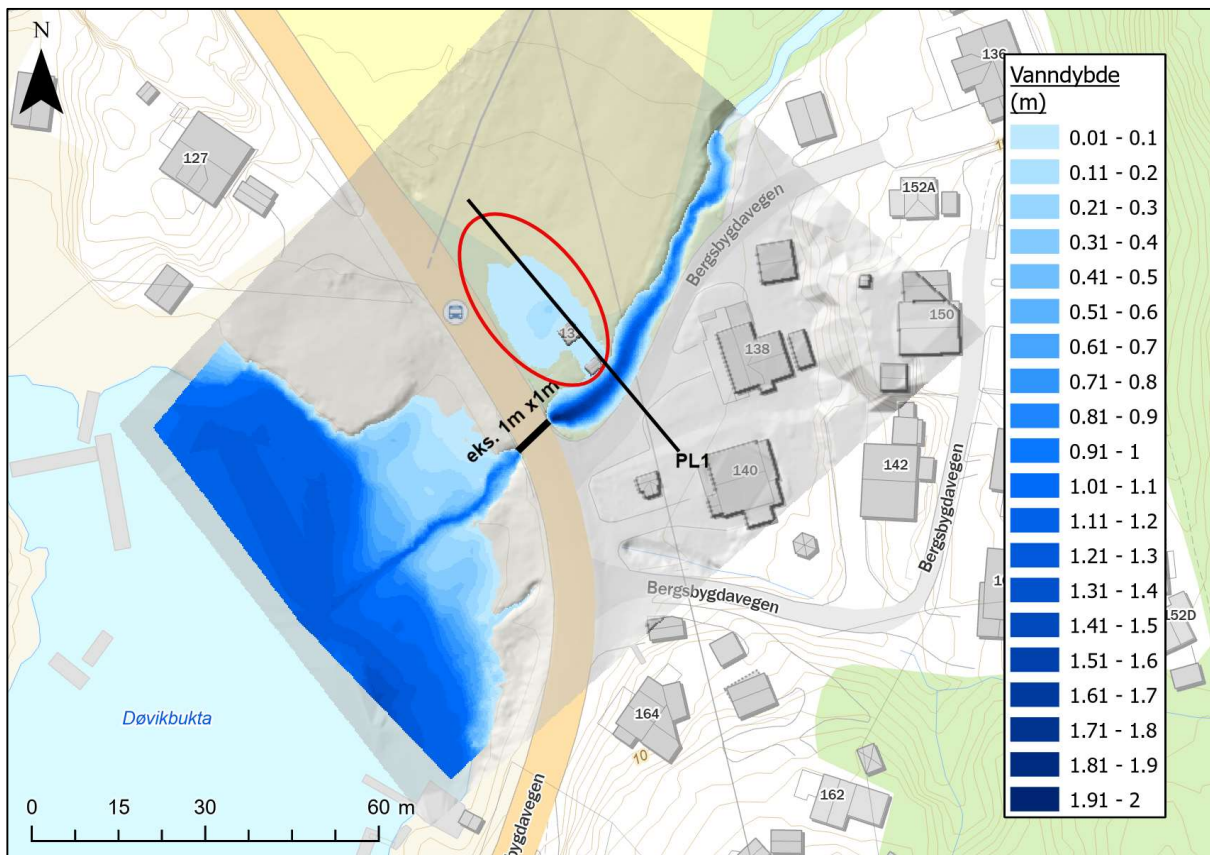
Tabell 4-3 viser vannstand, vanndybde og middelhastighet i de utvalgte tverrsnittene på Figur 4-8 og Figur 4-10. Alle tverrsnitt er vist som plot på vedlegg 11.

Tabell 4-3 Resultater fra hydraulisk beregning av for utvalgte tverrsnitt.

Profil nr.	200-årsflom inkl. 40% klimapåslag		
	Vannstand [moh.]	Vanndybde (maks) [m]	Hastighet (maks) [m/s]
1 PL1	11.09	1.65	0.67
2 PL2	10.05	1.48	1.20
3 PL3	9.71	1.54	1.45
4 PL4	8.52	1.18	2.83
5 PL5	4.38	0.85	1.48
6 PL6	3.96	1.73	0.78
7 PL7	3.67	1.57	0.67

#### 4.3.1.2 Bekk 2 - Døvikbekken

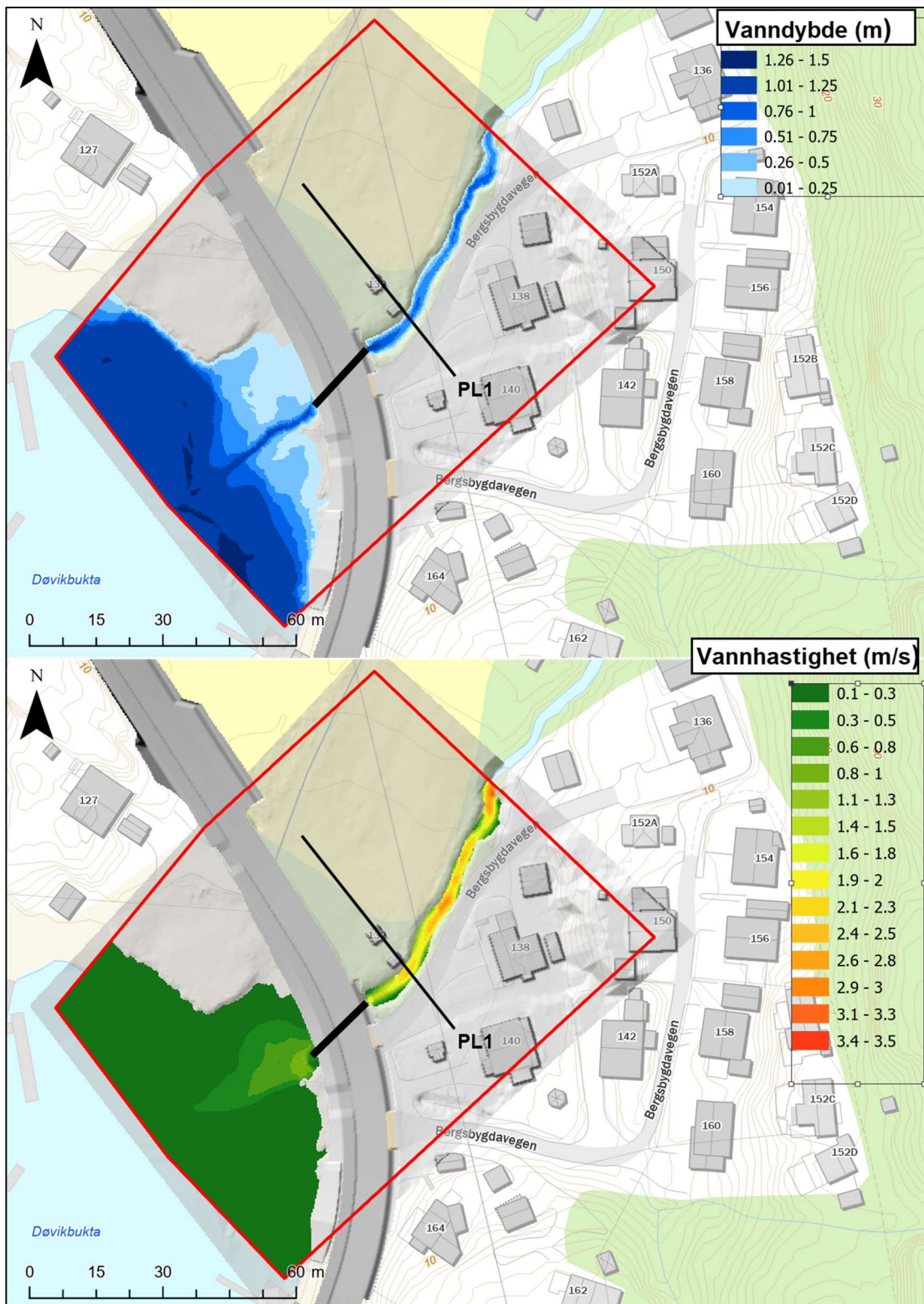
Figur 4-11 viser eksisterende situasjon for Døvikbekken under 200-årsflom inkl. klimapåslag. Resultatene viser at stikkrennen ikke har tilstrekkelig kapasitet, og at bekken går over sine bredder oppstrøms kulverten. Dette medfører oversvømmelse av området ved den kommunale pumpestasjonen, markert med rød ring.



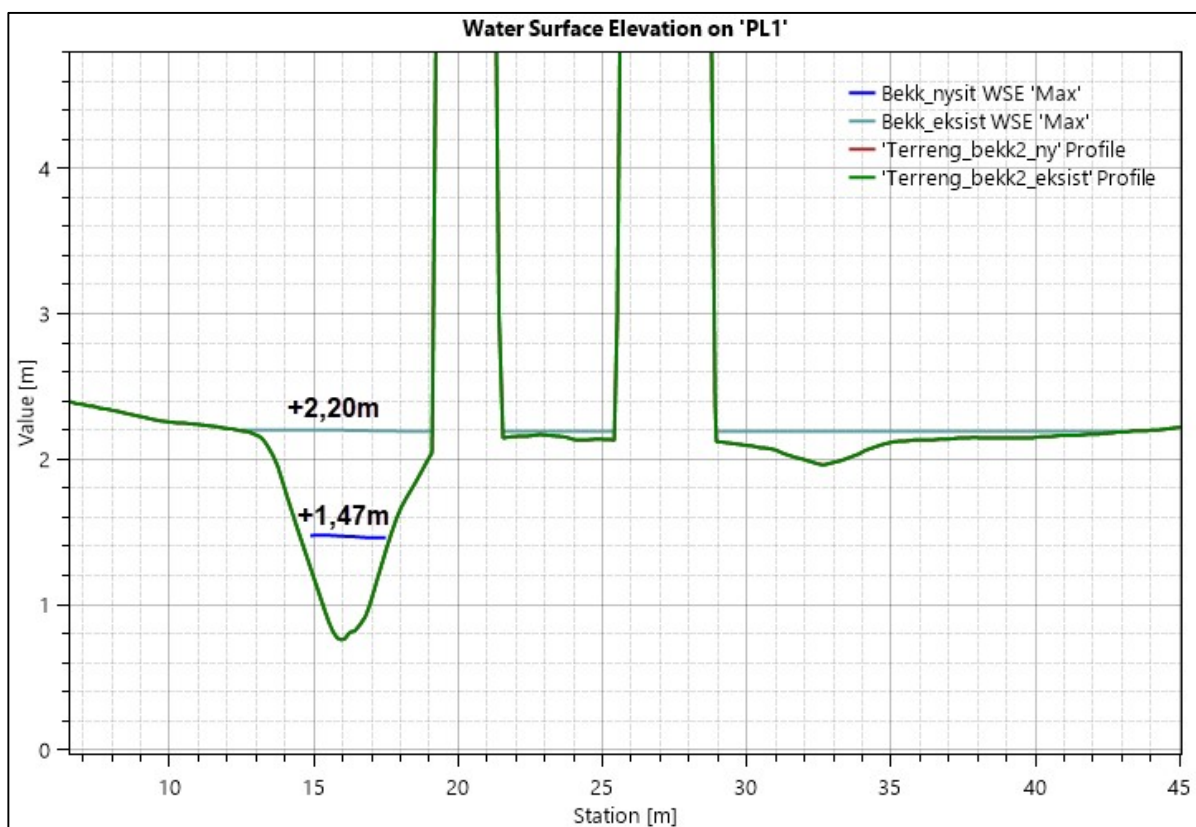
Figur 4-11 200-årsflom med 40 % klimapåslag for eksisterende situasjon. Oversvømt areal oppstrøms eksisterende kulvert er markert med rød ring.

I planlagt situasjon erstattes eksisterende stikkrenne med et nedsenket Ø2000 betongrør for å øke kapasiteten og sikre tilfredsstillende hydrauliske forhold, inkludert hensyn til fiskepassasje. Figur 4-12 viser beregnet vanndybde og vannhastighet for 200-årsflom med 40 % klimapåslag i planlagt situasjon.

Oppdimensjoneringen medfører en betydelig reduksjon i vannstand oppstrøms kryssingen, og oversvømmelse av pumpestasjonsområdet unngås. Figur 4-13 viser tverrprofil PL1 like oppstrøms Bergsbygdavegen. Beregningene viser at vannstanden reduseres fra om lag kote +2,20 m i eksisterende situasjon til kote +1,47 m i planlagt situasjon.



Figur 4-12 Dybde- og hastighetsplott for 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag, for planlagt situasjon for Døvikbekken



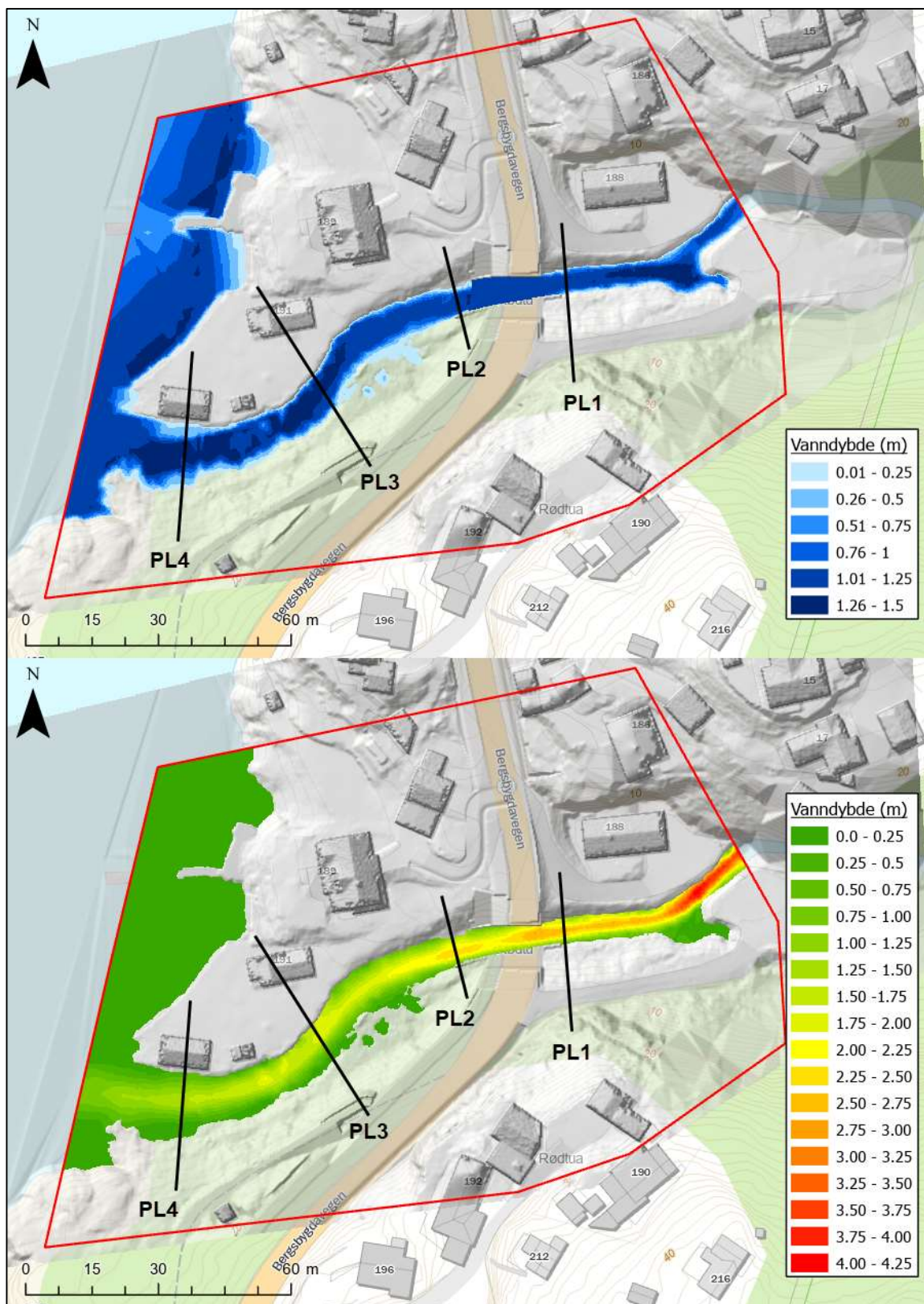
Figur 4-13 Tverrsnitt PL1 like oppstrøms Bergsbygdavegen. 200års vannføring inkl. 40% klimapåslag viser reduksjon i vannstand fra dagens til planlagt situasjon.

#### 4.3.1.3 Bekk 3 - Rutua

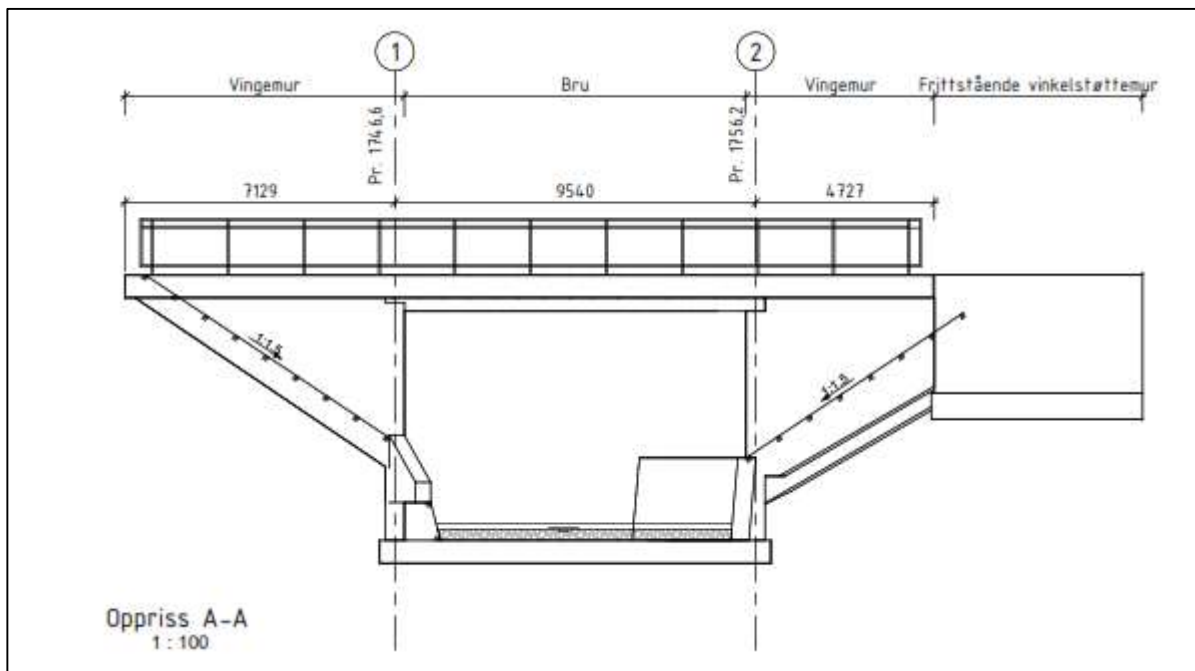
Figur 4-14 viser vanddybde- og vannhastighetsplot for 200-årsflom med 40 % klimapåslag for planlagt situasjon i Rutua. Det er gjennomført beregninger for både eksisterende og planlagt situasjon. Resultatene viser at ny bru over Rutua kun medfører svært liten påvirkning på vannstand og flomutbredelse. Det presenteres derfor primært resultater for planlagt situasjon.

Planlagt brutverrsnitt har en større lysåpning enn eksisterende bru og utvides til ca. 9,5 m bredde, jf. Figur 4-15. Beregningene viser at vannstanden ved dimensjonerende flomvannføring blir marginalt lavere enn i dagens situasjon, som følge av forbedret hydraulisk kapasitet.

Rutua har et større nedbørfelt enn de øvrige bekkene i området, men bekkeløpet er tydelig definert og godt avgrenset. Flomutbredelsen øker derfor ikke nevneverdig selv ved 200-årsflom med 40 % klimapåslag. Det forekommer ikke oversvømmelser mot bebyggelse eller andre sårbare arealer.



Figur 4-14 Dybde- og hastighetsplott for 200-årsflom inkl. 40 % klimapåslag for planlagt situasjon i Rutua.



Figur 4-15 Opprissstegning av foreløpig planlagt bru i reguleringsplanfasen. Kote underkant brudekke +kt. 5.68

Tabell 4-4 viser beregnet vannstand, vanndybde og vannhastighet i utvalgte tverrsnitt. Til sammenligning ligger underkant bru på kote +5,68, og bruhøyden bestemmes dermed av terreng og veglinje - ikke av dimensjonerende flomvannstand.

Tabell 4-4 Resultater fra hydraulisk beregning for utvalgte tverrsnitt (200-årsflom inkl. 40 % klimapåslag)

Profil nr.	200-årsflom inkl. 40% klimapåslag		
	Vannstand [moh.]	Vanndybde (maks) [m]	Hastighet (maks) [m/s]
1 PL1	1.28	1.25	2.57
2 PL2	1.09	1.18	2.34
3 PL3	0.95	1.37	1.85
4 PL4	0.86	1.29	1.47

#### 4.4. Følsomhetsanalyser

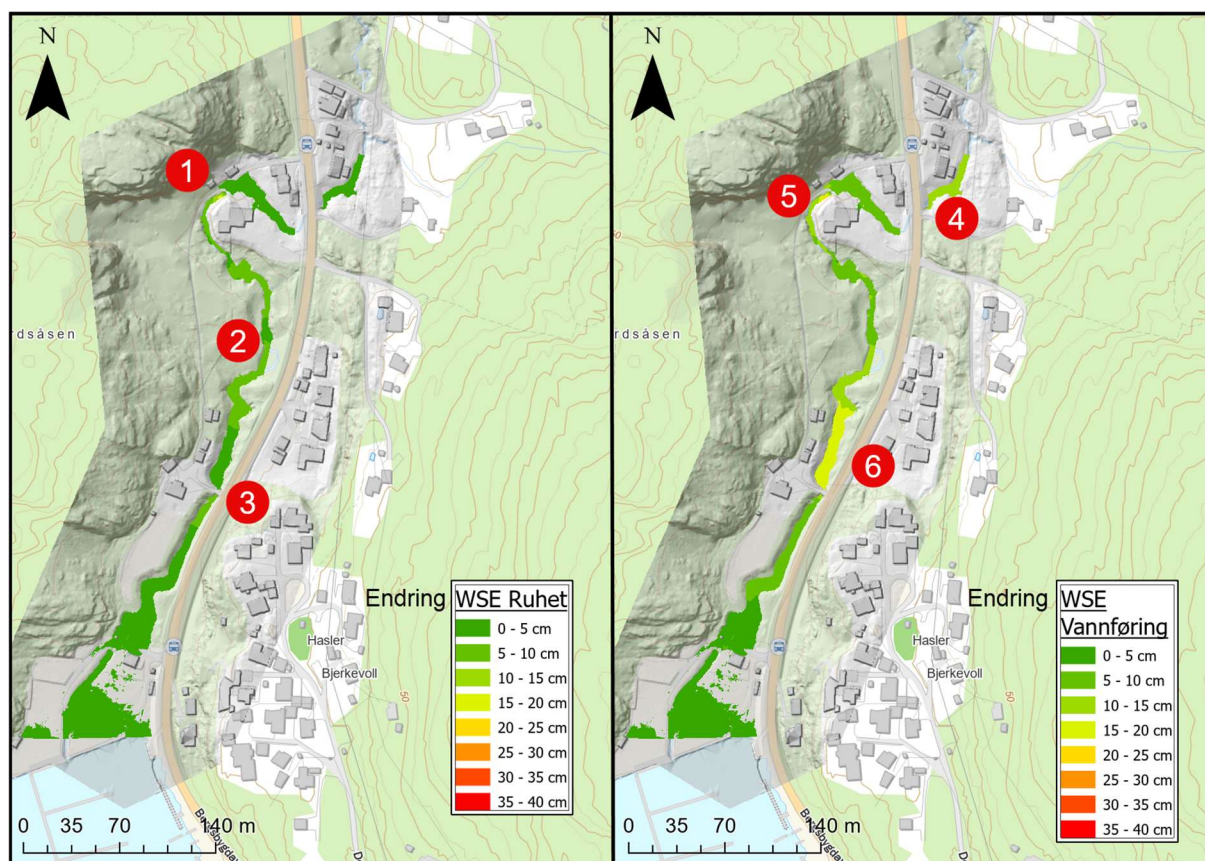
For kalibrering av hydrauliske modeller kreves samtidige observasjoner av vannstand og vannføring i vassdraget. Siden slike data ikke finnes for de tre bekkene, vil det være usikkerhet knyttet til både ruhetsverdier og beregnet flomvannføring. For å belyse denne usikkerheten er det gjennomført følsomhetsanalyser hvor den hydrauliske modellen er kjørt med økt ruhet (+20 %) og økt vannføring (+20 %).

#### 4.4.1. Bekk 1 - Haslerbekken

Resultatene for planlagt situasjon er vist i Figur 4-10. En økning i ruhet gir hovedsakelig en vannstandsøkning på 0-5 cm. Ved punkt 2 (bekkeomleggingen) og punkt 3 (bru/avkjørsel) er økningen 5-10 cm, mens et mindre område ved punkt 1 viser en økning på 15-20 cm.

Økt vannføring gir generelt høyere vannstandsrespons, med 0-15 cm økning i store deler av strekket. Ved punkt 4 og 5 (bekkelukkinger og omlegging av bekkeløpet) vises opptil 15 cm, og ved brua/avkjørselen ved punkt 6 opptil 20 cm. Modellen vurderes derfor å være noe mer sensitiv for endringer i vannføring enn for endringer i ruhet.

Endringene i vannstand gir minimale utslag i flomutbredelsen, og modellen vurderes generelt som stabil.



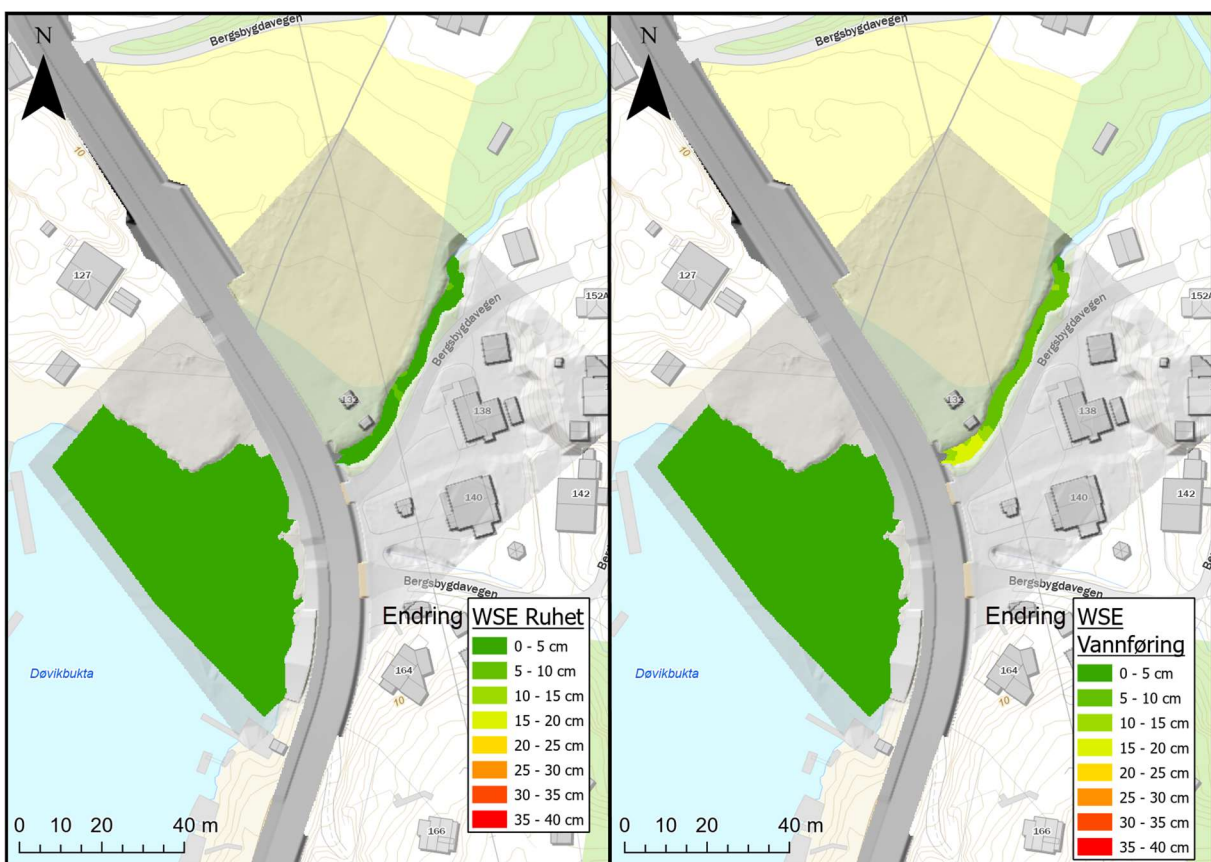
Figur 4-16 Resultatkartet viser endringen i vannstand for følsomhetsanalysen, der ruhet og vannføring er økt med +20% for bekk 1 - Haslerbekken.

#### 4.4.2. Bekk 2 - Døvikbekken

Resultatene for planlagt situasjon er vist i Figur 4-17. En økning i ruhet gir hovedsakelig en vannstandsøkning på 0-5 cm, kun noen små områder med økning på opp mot 10 cm.

Økt vannføring gir noe større respons, særlig rundt innløpet til kulverten hvor vannstandsøkningen er opptil 20 cm. For øvrige deler av strekket ligger økningen på 0-10 cm. Modellen vurderes også her å være mer sensitiv for endringer i vannføring enn for ruhet.

Endringene i flomvannstand gir minimale utslag i flomutbredelsen.



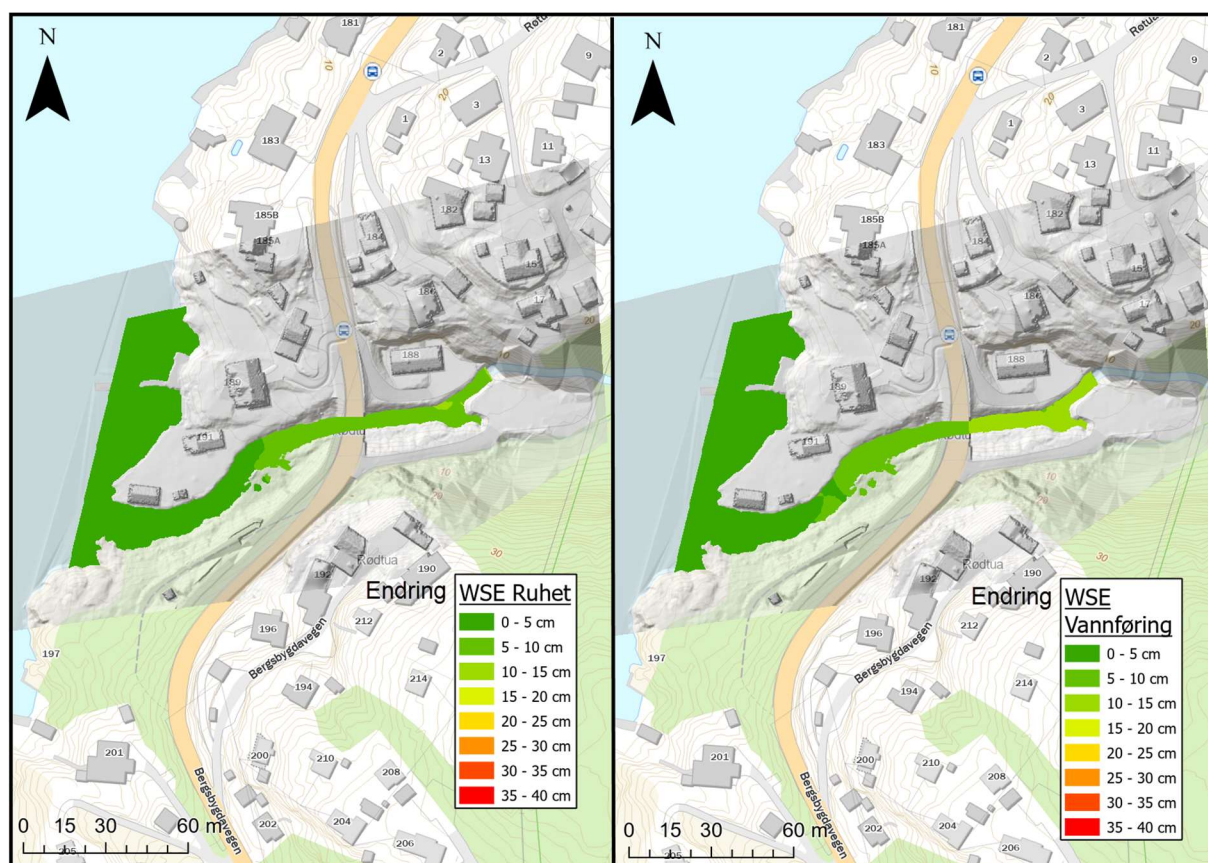
Figur 4-17 Resultatkartet viser endringen i vannstand for følsomhetsanalysen, der ruhet og vannføringer er økt med +20% for bekk 2 - Døvikbekken.

#### 4.4.3. Bekk 3 - Rutua

Resultatene for planlagt situasjon er vist i Figur 4-18. En økning i ruhet gir hovedsakelig en vannstandsøkning på 0-10 cm, primært i områdene oppstrøms sonen som påvirkes av havnivå. Det finnes også et mindre område med vannstandsøkning på om lag 15 cm.

Økt vannføring (20 %) gir en tilsvarende eller noe større vannstandsøkning, og modellen vurderes derfor å være noe mer sensitiv for vannføring enn for ruhet også i dette vassdraget.

Endringene i flomvannstand gir også i denne bekken minimal påvirkning av flomutbredelsen.



Figur 4-18 Resultatkartet viser endringen i vannstand for følsomhetsanalysen, der ruhet og vannføringer er økt med +20% for bekk 3 - Rutua.

## 5. Klassifisering, sikkerhetspåslag og flomsonekart

### 5.1. Klassifisering og sikkerhetspåslag

For å kunne ta hensyn til usikkerhet i beregningene i størst mulig grad, anbefaler NVE (veileder 3/2022) at det legges til et sikkerhetspåslag på vannføringen, slik at flomsikker sone og nivå kan bestemmes. Sikkerhetspåslaget skal velges ut ifra en klassifisering av flomberegningene og den hydrauliske modellen, basert på kriterier gitt i NVE veileder 3/2022 - se Kombinasjonen klasse 4 for flomberegninger og klasse D for hydraulisk modell innebærer, i henhold til NVEs anbefalinger, at det skal benyttes et sikkerhetspåslag på 50 %. Se tabell Tabell 5-1 til Tabell 5-3.

Det finnes nærliggende målestasjoner som er relativt representative. Nedslagsfeltene i dette prosjektet er noe mindre og på grensen til mikrofelt som gir noe større usikkerhet når det gjelder representativitet. Det er derfor vurdert at flomberegningene havner i **klasse 4**.

Følsomhetsanalysen viser små utslag på vannstand ved endringer i ruhet og vannføring, så det er vurdert at den hydrauliske modellen havner i **klasse D**.

Kombinasjonen **klasse 4** for flomberegninger og **klasse D** for hydraulisk modell innebærer, i henhold til NVEs anbefalinger, at det skal benyttes et **sikkerhetspåslag på 50 %**.

Tabell 5-1 Klassifisering av flomberegninger (NVE veileder 3/2022).

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

Tabell 5-2 Klassifisering av hydraulisk modell (NVE veileder 3/2022).

Klasse	Klassifiseringskriterier
A	Modellen er kalibrert for en vannføring tilsvarende en 20-årsflom, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak mindre enn 10 cm.
B	Modellen er kalibrert for en vannføring tilsvarende en 20-årsflom eller større, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak mellom 10 - 30 cm.
C	Modellen er kalibrert for en vannføring som er mindre enn en 20-årsflom, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak inntil 30cm.
D	Modellen er tilpasset mot en målt vannlinje, og følsomhetsanalysen viser at endringene i vannstanden er tilnærmet 30 cm eller lavere.
E	Følsomhetsanalysen viser at endringer i vannstanden er større enn 30 cm. Eventuelt er modellen ikke tilpasset mot en målt vannlinje.

Tabell 5-3 Sikkerhetspåslag på vannføring basert på klassifisering av beregninger (NVE veileder 3/2022).

Klassifisering av hydraulisk modell	Sikkerhetspåslag				
	Klasse E	40%	45%	50%	60%
	Klasse D	20%	30%	40%	50%
	Klasse C	15%	20%	30%	40%
	Klasse B	10%	15%	20%	30%
	Klasse A	5%	10%	15%	25%
		Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4 - 5
Klassifisering av flomberegninger					

## 5.2. Flomsonekart og flomsikkert nivå

Endelig flomsonekart er utarbeidet for en såkalt «flomsikker situasjon», som inkluderer sikkerhetspåslag i henhold til vurdering og klassifisering gjort i foregående delkapittel. Den hydrauliske modellen (se kap. 4) er kjørt for en flomsikker vannføring, tilsvarende dim. flomvannføring (200-årsflom inkl. 40% klimapåslag), pluss et sikkerhetspåslag på 50%. De forskjellige vannføringene er oppsummert i Tabell 5-4 - Tabell 5-6.

Tabell 5-4 Oppsummering av verdier for 200-årsflom, inkl. klima og sikkerhetspåslag for Bekk 1 - Haslerbekken.

Flomsituasjoner	Vannføring [m <sup>3</sup> /s]
Dagens situasjon: 200-årsflom	2.3
Dimensjonerende situasjon: 200-årsflom inkl. 40% klima	3.2
Flomsikker situasjon: 200-årsflom inkl. 40% klima og 50% sikkerhetspåslag	<b>4.8</b>

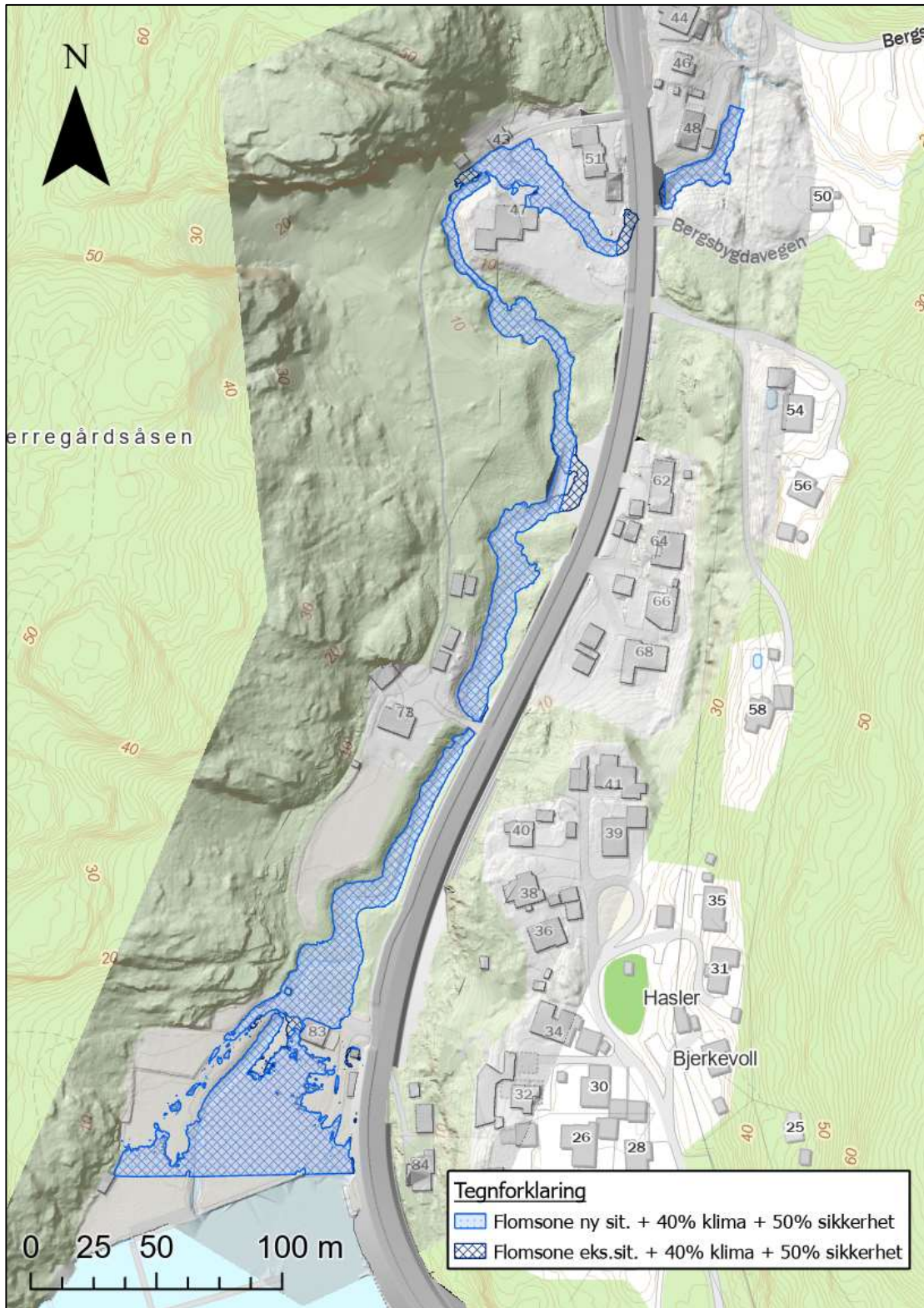
Tabell 5-5 Oppsummering av verdier for 200-årsflom, inkludert klima og sikkerhetspåslag for bekk 2 - Døvikbekken.

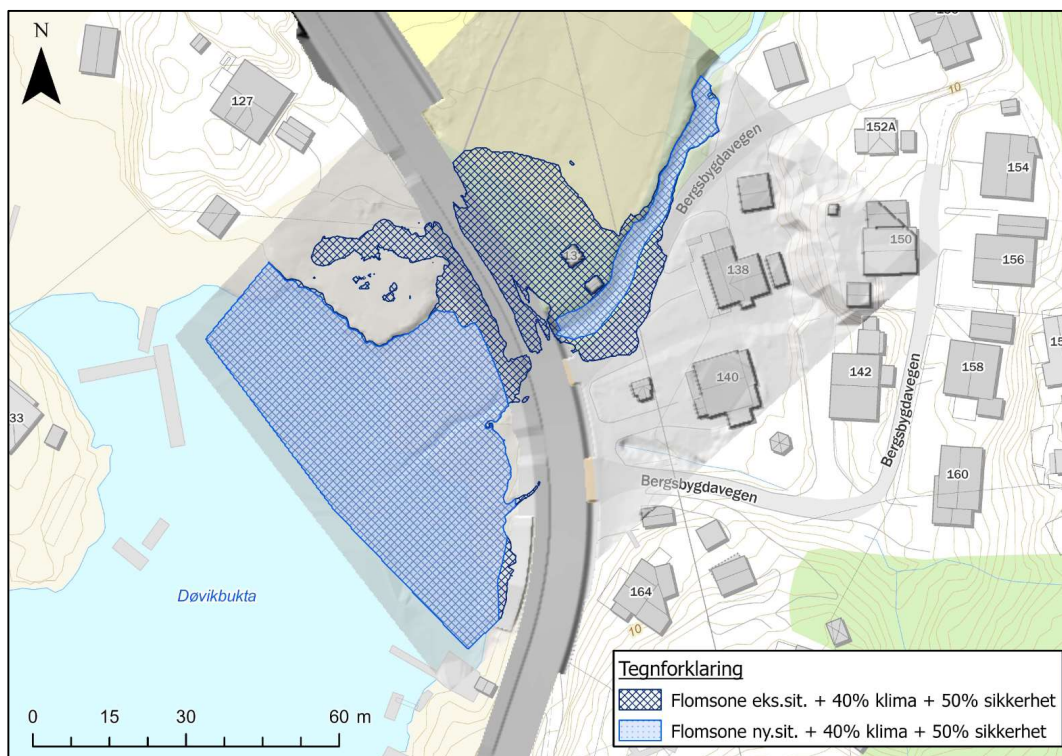
Flomsituasjoner	Vannføring [m <sup>3</sup> /s]
Dagens situasjon: 200-årsflom	2.0
Dimensjonerende situasjon: 200-årsflom inkl. 40% klima	2.8
Flomsikker situasjon: 200-årsflom inkl. 40% klima og 50% sikkerhetspåslag	<b>4.2</b>

Tabell 5-6 Oppsummering av verdier for 200-årsflom, inkludert klima og sikkerhetspåslag for bekk 3 - Rutua.

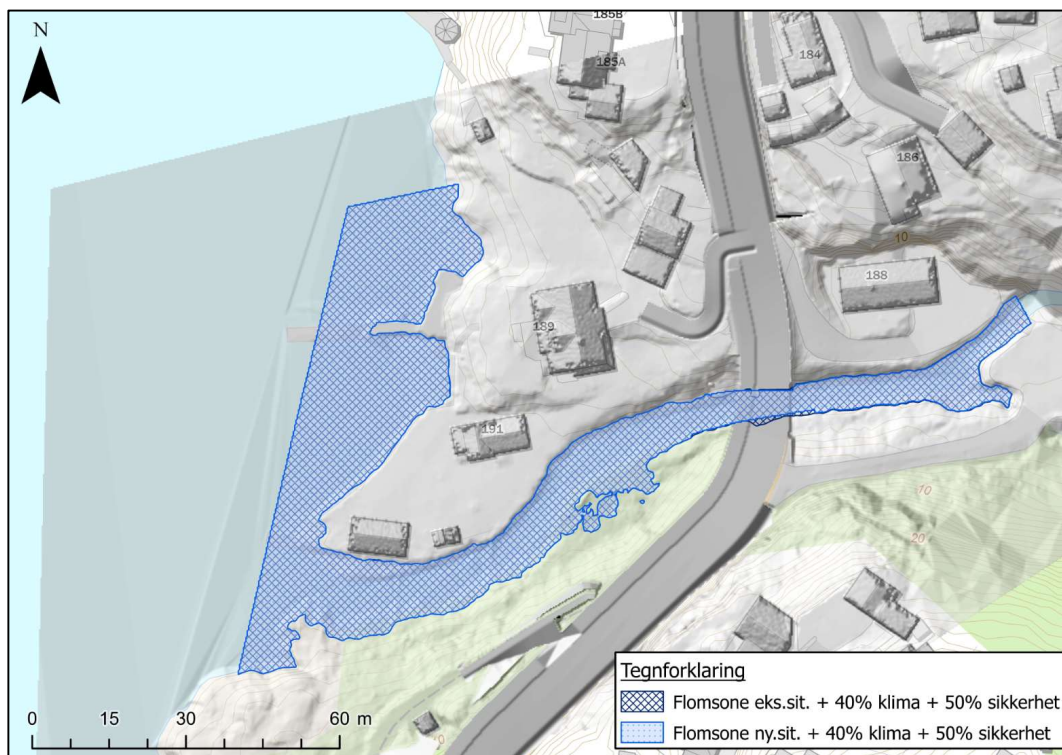
Flomsituasjoner	Vannføring [m <sup>3</sup> /s]
Dagens situasjon: 200-årsflom	8.0
Dimensjonerende situasjon: 200-årsflom inkl. 40% klima	11.2
Flomsikker situasjon: 200-årsflom inkl. 40% klima og 50% sikkerhetspåslag	<b>16.8</b>

Basert på disse resultatene, er det generert kart i GIS som viser flomsikker sone og flomsikre nivåer i form av koter. Dette er gitt i vedlegg 4 til 9. Utsnitt av flomsonekartene er presentert i Figur 5-1, Figur 5-2 og Figur 5-3, sammen med flomsone uten sikkerhetspåslag til sammenligning.





Figur 5-2 Flomsoner for bekk 2 - Døvikbekken ved 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag og 50% sikkerhetspåslag. Større flomsonekart er gitt i vedlegg 6 og 7.

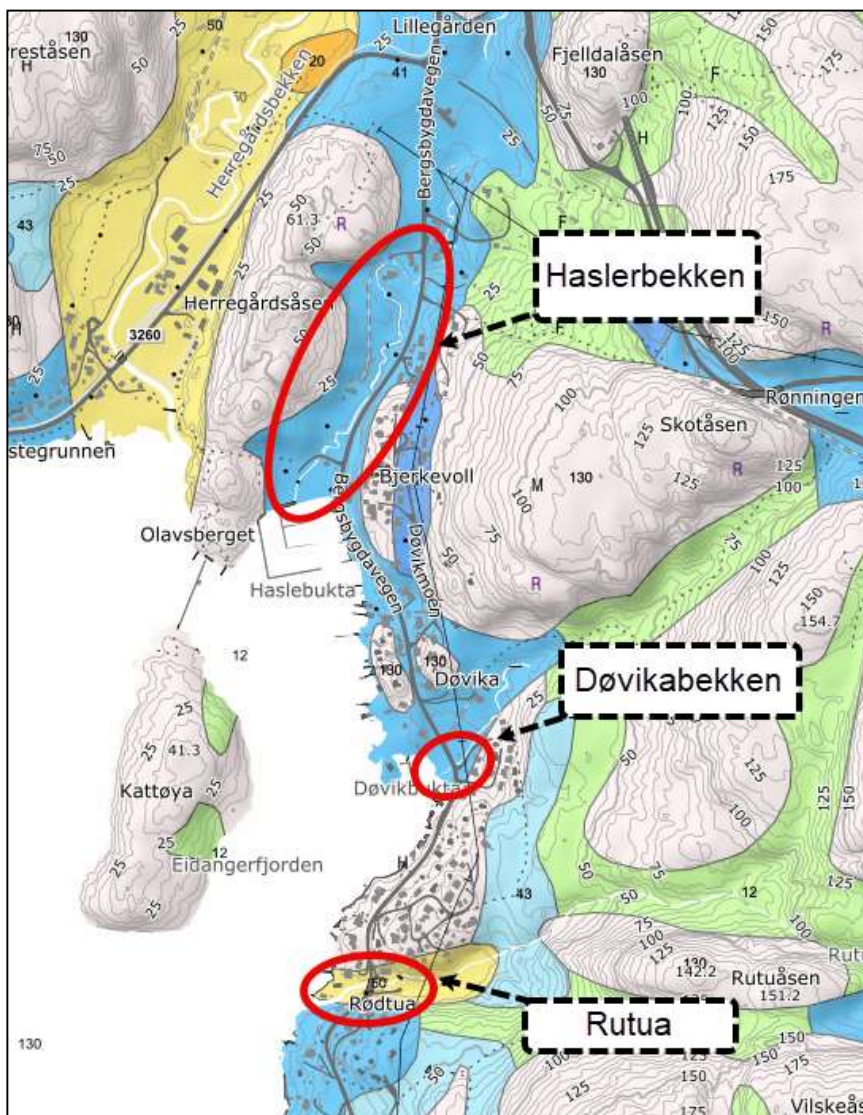


Figur 5-3 Bekk 3 - Rutua ved 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag og 50% sikkerhetspåslag. Større flomsonekart er gitt i vedlegg 8 og 9.

## 6. Erosjon

### 6.1. Grunnforhold

Figur 6-1 viser utsnitt fra NGUs løsmassekart. For Haslerbekken og Døvikabekken består massene hovedsakelig av hav- og fjordavsetninger, mens Rutua i større grad ligger i elve- og bekkeavsetninger. Løsmasser av denne typen kan være utsatt for erosjon ved høye vannhastigheter og må vurderes nærmere i detaljprosjekteringen



Figur 6-1 Utklipp fra NVEs løsmassekart. Vurderte bekker er markert med rød ring.

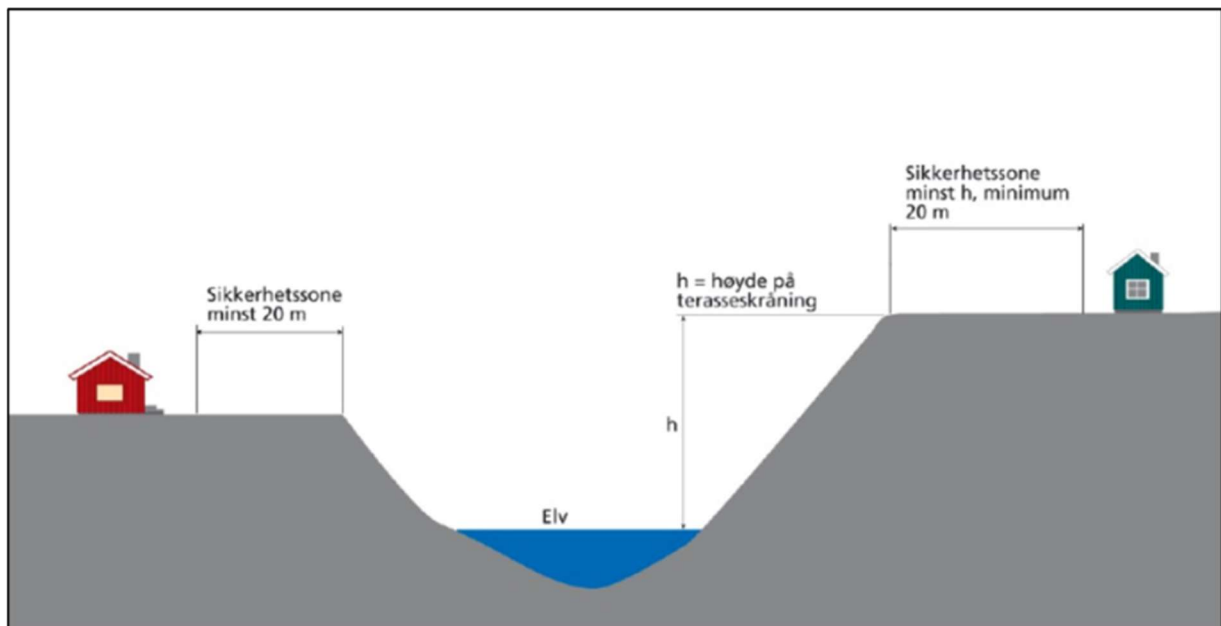
## 6.2. Videre vurdering av erosjon

I senere planfaser må behov for erosjonssikring vurderes særskilt, i samråd med geoteknikk kompetanse og eventuelt behov for supplerende grunnundersøkelser. Generelt skal alle kulverter innløp og utløp sikres, jf. krav i Vegnormal N200. Vannhastigheten øker typisk gjennom en kulvert med innløpskontroll, og det kan være nødvendig med energidreper og tyngre plastring ved utløpet til de nye kulvertene.

Der fyllingsfoten kommer innenfor beregnet flomsone skal det etableres erosjonssikring i henhold til krav i N200 og NVEs Sikringshåndbok (2023). Dette gjelder spesielt for områder med bratte erosjonsutsatte skråninger eller der tiltak påvirker bekkeløpets geometri.

Det er per i dag ikke planlagt ny bebyggelse innenfor planområdet. Det finnes imidlertid mange eksisterende boliger, garasjer og boder i umiddelbar nærhet til planlagte kulverter og bekkeløp. Forebyggende tiltak må vurderes i detaljprosjekteringen for å sikre at nabokonstruksjoner og annen infrastruktur ikke påvirkes negativt i anleggsperioden.

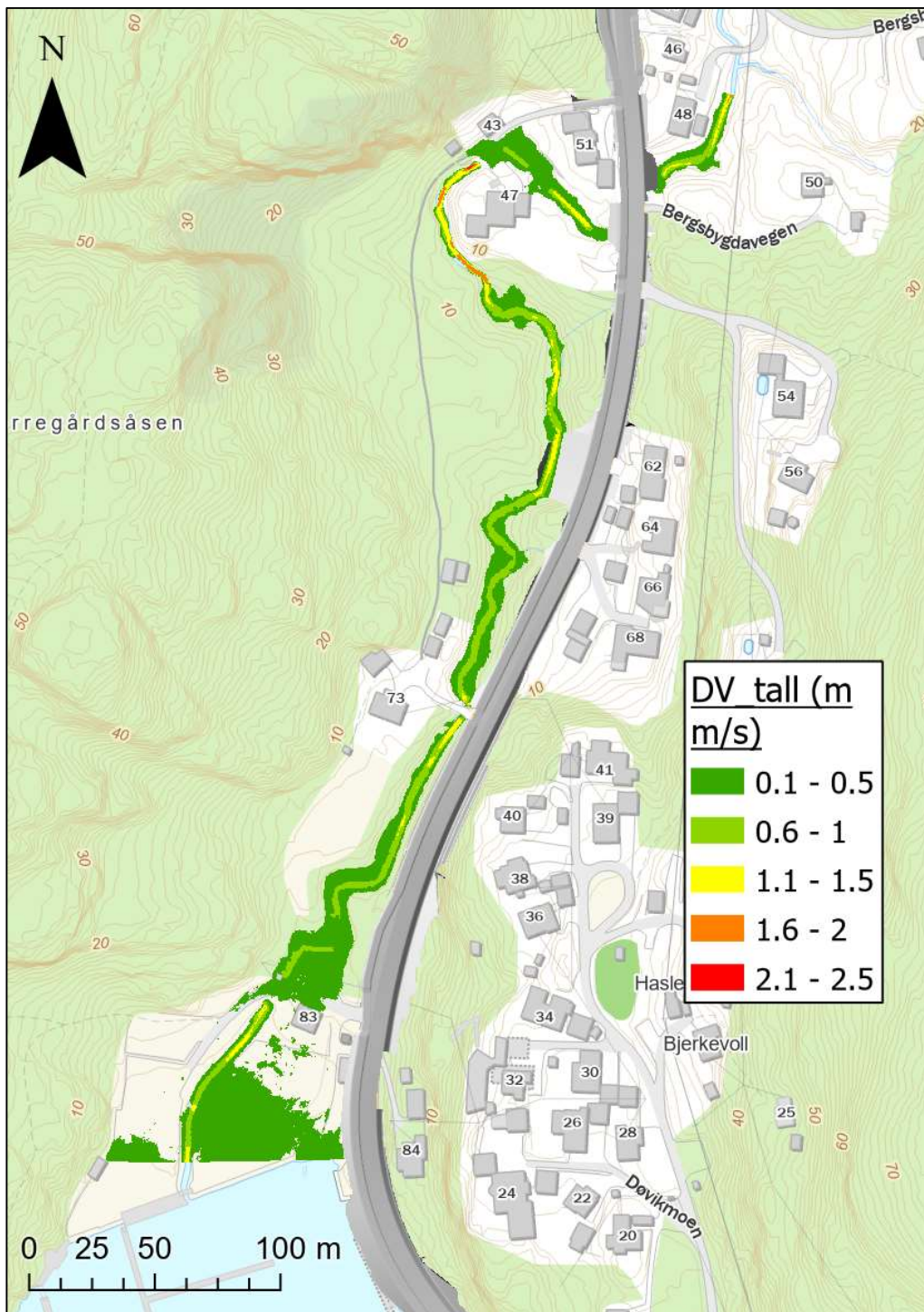
I henhold til TEK17 §7-2 fjerde ledd skal byggverk plasseres slik at erosjon ikke medfører fare for skade. Erosjon kan ikke knyttes til et bestemt gjentaksintervall, da prosessen utvikler seg over tid. Der elvekanten består av erosjonsutsatte løsmasser skal byggverk enten plasseres i tilstrekkelig avstand, på fast grunn, eller elvekanten må sikres. Plassering i sikker avstand foretrekkes fremfor teknisk sikring der det er mulig. Illustrasjon av sikkerhetssoner er vist i Figur 6-2.



Figur 6-2 Anbefalinger i forhold til erosjons i vassdrag. Hentet fra TEK17 §7-2.

Selv om ny bebyggelse ikke er planlagt, bør det foretas en gjennomgang av eksisterende bygninger som ligger tett på bekkeløpene eller innenfor beregnet flomsone, og vurdere behov for lokale sikringstiltak.

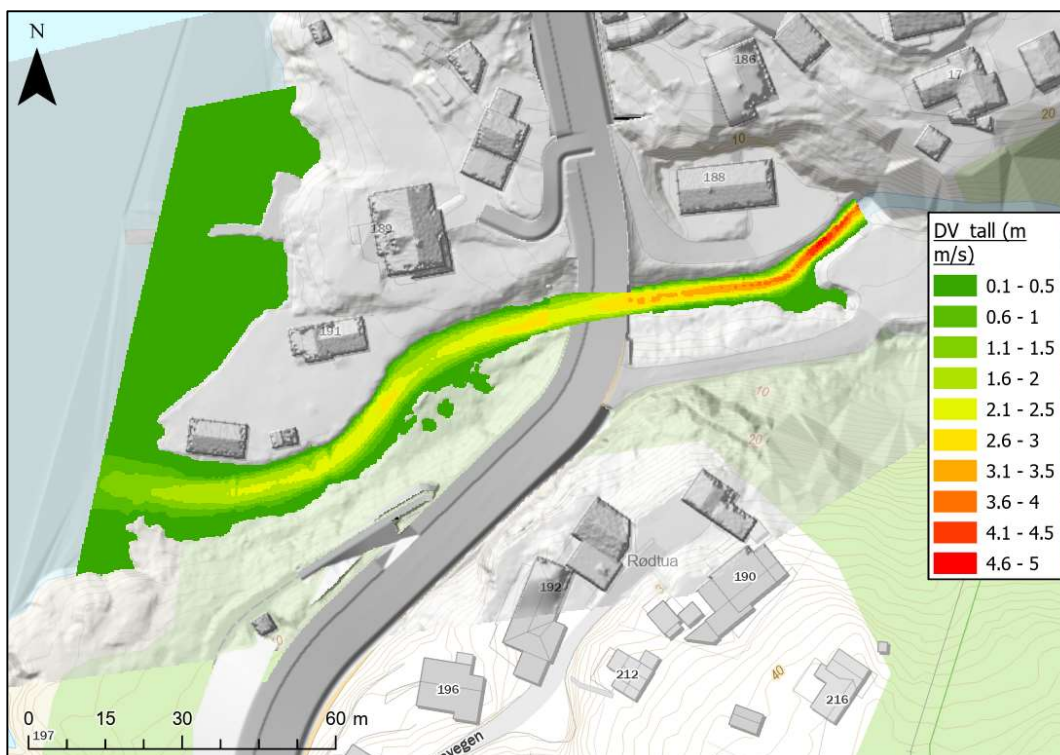
Under er det tatt med figurer (Figur 6-3, Figur 6-4 og Figur 6-5) som viser produktet dybde  $\times$  vannhastighet (DV) for de tre bekkene ved dimensjonerende flom (200-års flom + 40 % klimapåslag). DV-verdier over 2 m/s indikerer at erosjonspotensialet kan være høyt, og at området bør vurderes nærmere for behov for sikring.



Figur 6-3 Beregnede DV-tall og skjærspenninger (maksimalverdier) under 200-årsflom inkl. 40% klima, for Bekk 1- Haslerbekken.



Figur 6-4 Beregnede DV-tall og skjærspenninger (maksimalverdier) under 200-årsflom inkl. 40% klima, for Bekk 2- Døvikbekken.



Figur 6-5 Beregnede DV-tall og skjærspenninger (maksimalverdier) under 200-årsflom inkl. 40% klima, for Bekk 3- Rutua.

## 7. Konklusjoner og anbefalinger

Det er gjennomført flomfarekartlegging for Haslerbekken, Døvikbekken og Rutua langs Bergsbygdavegen. Analysene omfatter dagens og planlagt situasjon, med dimensjonerende 200-årsflom inkl. 40 % klimapåslag og 50 % sikkerhetspåslag. Resultatene viser i hovedsak følgende:

- **Bekk 1 - Haslerbekken:**
  - Planlagt kulvert gir tilstrekkelig kapasitet for dimensjonerende flom og sikrer fremkommelighet for fisk.
  - Det er kun marginal endring i flomutbredelse mellom før- og ettersituasjon.
  - De eksisterende Ø1000-stikkrennene rett nedstrøms har for liten kapasitet og fører til oversvømmelse på terreng, med flomsone tett inn mot bebyggelsen ved Bergsbygdavegen 43 og 47. Det anbefales å vurdere oppdimensjonering, åpning eller omlegging av bekkeløpet.
- **Bekk 2 - Døvikbekken**
  - Planlagt kulvert gir god kapasitet og unngår oversvømmelse av nærliggende pumpestasjon.
  - I detaljprosjekteringen må det vurderes om annen kulvertutforming er nødvendig dersom kommunalt ledningsanlegg blir utfordrende å legge om. Firkantkulvert eller flere parallelle løp kan være aktuelle alternativer
- **Bekk 3 - Rutua**
  - Ny bru gir økt lysåpning og en liten reduksjon i flomvannstand ved dimensjonerende flom.
  - Flomutbredelse er undret eller marginalt redusert sammenlignet med dagens situasjon.
- **Bekk 4 - Vissevågabekken**
  - Oppdatert aktsomhetskart viser mulig flomfare ved bebyggelsen, men faglige vurderinger tilsier at flom ikke kan nå boligene. Terrenget faller ca. 5 m ned mot bekken, og flomvann vil eventuelt bre seg ut over en bred flomslette på ca. +kt 2,5.
  - Nedbørfeltet er et mikrofelt på 0,9 km<sup>2</sup>, og selv en ekstremhendelse med sikkerhetspåslag vil ikke kunne gi vannstand som når opp til bebyggelsen. Vissevågabekken er derfor ikke inkludert i flomsonekartleggingen.

For erosjon er det i denne fasen kun gjort en overordnet vurdering av erosjonspotensialet. I detaljprosjekteringen må det gjennomføres egne vurderinger av erosjonssikkerhet for nye kulverter, stikkrenner og åpne bekkeløp, og eventuelle sikringstiltak dimensjoneres i tråd med gjeldende krav i N200 og NVEs sikringshåndbok. Kulvert inn- og utløp, bekkeomlegginger og vegfyllingsfot som ligger innenfor flomsone skal sikres, og arbeidet må gjøres i samråd med geoteknikk.

## Kilder

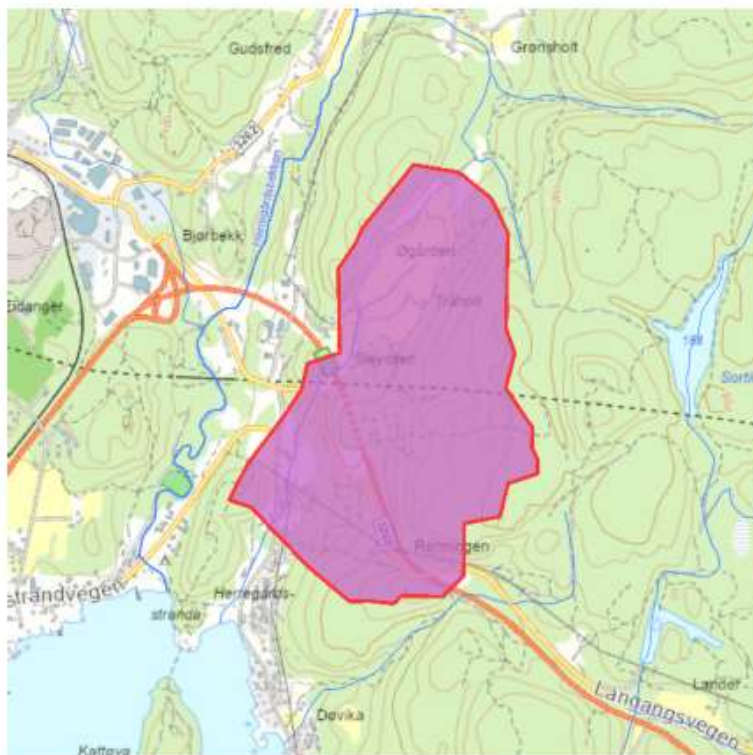
- **Asplan Viak** (2025). Fortau/GS-veg langs Bergsbydavegen - Områdestabilitetsvurderinger
- **Direktoratet for byggkvalitet** (2017). *Byggteknisk forskrift*. TEK17.
- **Fergus, T., Hoseth K.A., Sæterbø, E.** (2010). *Vassdragshåndboka*. Tapir akademisk forlag.
- **HEC** (2025). *HEC-RAS River Analysis System. User's Manual*. Version 6.6.
- **SVV** (2024). Vegnormal N200 Vegbygging
- **NVE** (2025). *Veileder for flomberegninger*. NVE veileder 1/2025.
- **NVE** (2022). *Sikkerhet mot flom - Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak*. NVE veileder 3/2022.

### Databaser og verktøy:

- **Høydedata** (mai, 2025). Hentet fra <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>
- **Løsmassekart** (des., 2025). NGU. Hentet fra [https://geo.ngu.no/kart/losmasse\\_mobil/](https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/)
- **NVE karttjenester** (mai, 2025). NVE. Hentet fra <https://kartkatalog.nve.no/#kart>
- **NVE** (2023). *Sikringshåndboka*. Hentet fra <https://veiledere.nve.no/sikringshåndboka/>
- **PQRout** (okt., 2025). NVE. Hentet fra <http://pqrout.nve.no/#/T/1>
- **Se havnivå** (nov., 2025). Kartverket. Hentet fra <https://www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva>
- **Seklima - Nedbørintensitet** (sept, 2025). Norsk Klimaservicesenter. Hentet fra <https://klimaservicesenter.no/ivf?locale=nb>

## Vedlegg

- Vedlegg 1-3 - NEVINA-rapporter
- Vedlegg 4-9- Flomsonkart dagens og fremtidig situasjon
- Vedlegg 10 - Tidevann og stormflo for Helgeroa, Kartverket.
- Vedlegg 11 - Tverrsnitt Haslerbekken (bekk 1)



Kartbakgrunn: Statens Kartverk  
 Kartdatum: EUREF89 WGS84  
 Prosjeksjon: UTM 33N  
 Beregn.punkt: 197786 E  
 6564576 N

Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

## Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.: 016.31  
 Kommune.: Porsgrunn  
 Fylke.: Telemark  
 Vassdrag.: KYSTFELT

### Feltparametere

Areal (A)	1.2 km <sup>2</sup>
Effektiv sjø (A <sub>SE</sub> )	0 %
Elvleengde (E <sub>L</sub> )	1.2 km
Elvegradient (E <sub>G</sub> )	66.3 m/km
Elvegradient <sub>1085</sub> (E <sub>G,1085</sub> )	73.5 m/km
Helning	15.3 °
Dreneringstetthet (D <sub>T</sub> )	1.1 km <sup>-1</sup>
Feltlengde (F <sub>L</sub> )	1.5 km

### Arealklasse

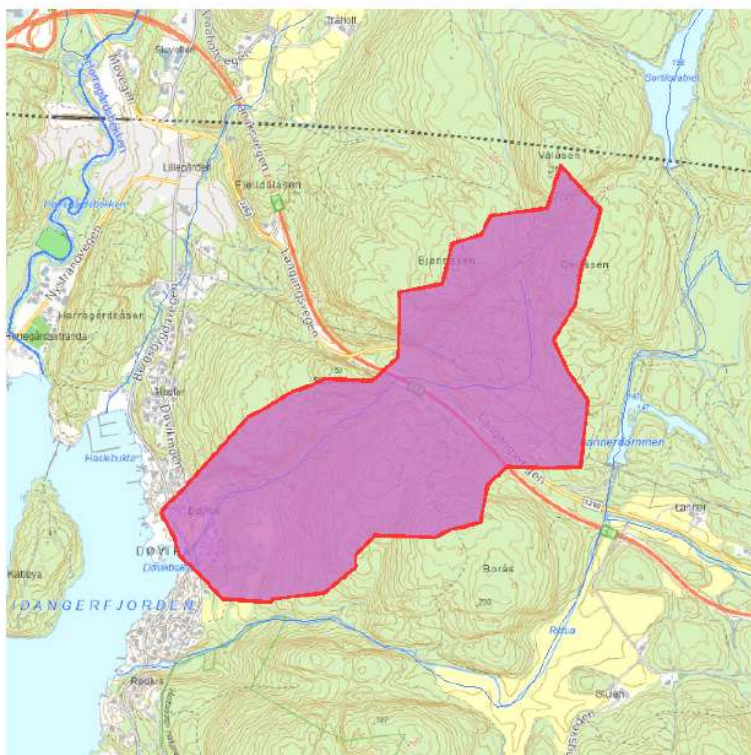
Bre (A <sub>BRE</sub> )	0 %
Dyrket mark (A <sub>JORD</sub> )	12.8 %
Myr (A <sub>MYR</sub> )	0 %
Leire (A <sub>LEIRE</sub> )	24.9 %
Skog (A <sub>SKOG</sub> )	78.3 %
Sjø (A <sub>SJØ</sub> )	0 %
Snau fjell (A <sub>SF</sub> )	0 %
Urban (A <sub>U</sub> )	0 %
Uklassifisert areal (A <sub>REST</sub> )	8.7 %

### Hypsografisk kurve

Høyde <sub>MIN</sub>	10 m
Høyde <sub>10</sub>	48 m
Høyde <sub>20</sub>	97 m
Høyde <sub>30</sub>	109 m
Høyde <sub>40</sub>	124 m
Høyde <sub>50</sub>	158 m
Høyde <sub>60</sub>	158 m
Høyde <sub>70</sub>	165 m
Høyde <sub>80</sub>	178 m
Høyde <sub>90</sub>	189 m
Høyde <sub>MAX</sub>	214 m

### Klima- /hydrologiske parametere (1991-2020)

Årlig middelavrenning (Q <sub>N</sub> )	21.9 l/s*km <sup>2</sup>
Årlig middelavrenning	693 mm
Usikkerhet middelavrenning	26.5 %
Nedbør juni - august	270 mm
Nedbør desember - februar	263 mm
Årstemperatur	5.2 °C
Sommertemperatur	15 °C
Vintertemperatur	-1.9 °C



Kartbakgrunn: Statens Kartverk  
 Kartdatum: EUREF89 WGS84  
 Prosjeksjon: UTM 33N  
 Beregn.punkt: 197831 E  
 6563738 N

Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

## Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.: 016.31  
 Kommune.: Porsgrunn  
 Fylke.: Telemark  
 Vassdrag.: KYSTFELT

### Feltparametere

Areal (A)	0.9	km <sup>2</sup>
Effektiv sjø (A <sub>SE</sub> )	0	%
Elvleengde (E <sub>L</sub> )	1.7	km
Elvegradient (E <sub>G</sub> )	103.4	m/km
Elvegradient <sub>1085</sub> (E <sub>G,1085</sub> )	119.4	m/km
Helning	15.1	°
Dreneringstetthet (D <sub>γ</sub> )	1.9	km <sup>-1</sup>
Feltlengde (F <sub>L</sub> )	1.7	km

### Arealklasse

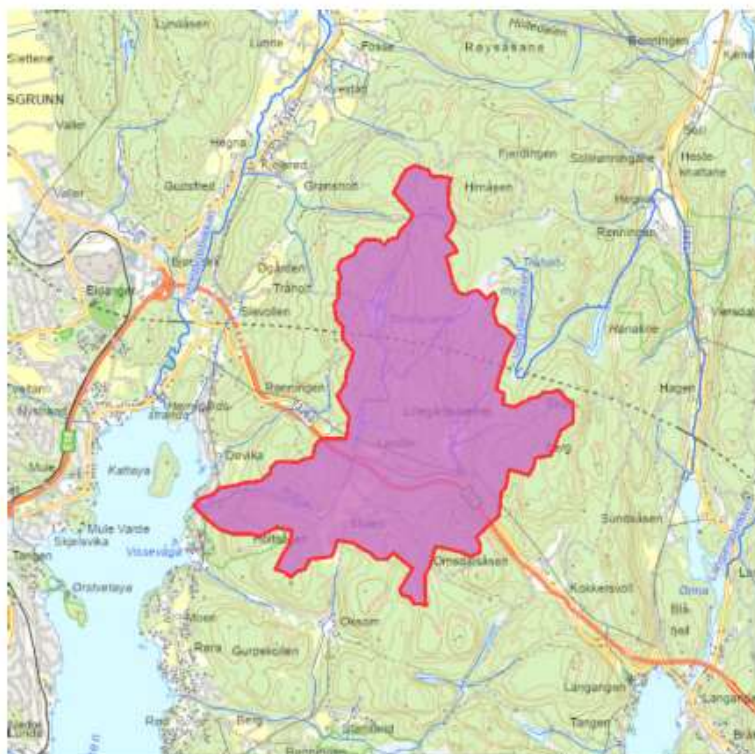
Bre (A <sub>BRE</sub> )	0	%
Dyrket mark (A <sub>JORD</sub> )	2.1	%
Myr (A <sub>MYR</sub> )	0	%
Leire (A <sub>LEIRE</sub> )	15.6	%
Skog (A <sub>SKOG</sub> )	91.4	%
Sjø (A <sub>SJØ</sub> )	0	%
Snaufjell (A <sub>SF</sub> )	0	%
Urban (A <sub>U</sub> )	2.3	%
Uklassifisert areal (A <sub>REST</sub> )	3.3	%

### Hypsografisk kurve

Høyde <sub>MIN</sub>	1	m
Høyde <sub>10</sub>	63	m
Høyde <sub>20</sub>	101	m
Høyde <sub>30</sub>	133	m
Høyde <sub>40</sub>	151	m
Høyde <sub>50</sub>	159	m
Høyde <sub>60</sub>	173	m
Høyde <sub>70</sub>	195	m
Høyde <sub>80</sub>	196	m
Høyde <sub>90</sub>	219	m
Høyde <sub>MAX</sub>	260	m

### Klima- /hydrologiske parametere (1991-2020)

Årlig middelavrenning (Q <sub>N</sub> )	22.3	l/s*km <sup>2</sup>
Årlig middelavrenning	703	mm
Usikkerhet middelavrenning	28.7	%
Nedbør juni - august	268	mm
Nedbør desember - februar	262	mm
Årstemperatur	5.3	°C
Sommertemperatur	15	°C
Vintertemperatur	-1.6	°C



Kartbakgrunn: Statens Kartverk  
 Kartdatum: EUREF89 WGS84  
 Prosjeksjon: UTM 33N  
 Beregn.punkt: 197689 E  
 6563386 N

Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

## Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.: 016.31  
 Kommune.: Porsgrunn  
 Fylke.: Telemark  
 Vassdrag.: KYSTFELT

### Feltparametere

Areal (A)	5.8 km <sup>2</sup>
Effektiv sjø (A <sub>SE</sub> )	0.3 %
Elvleengde (E <sub>L</sub> )	4.9 km
Elvegradient (E <sub>G</sub> )	44.3 m/km
Elvegradient <sub>1085</sub> (E <sub>G,1085</sub> )	37.8 m/km
Helning	12 °
Dreneringstetthet (D <sub>T</sub> )	1.5 km <sup>-1</sup>
Feltlengde (F <sub>L</sub> )	3.9 km

### Arealklasse

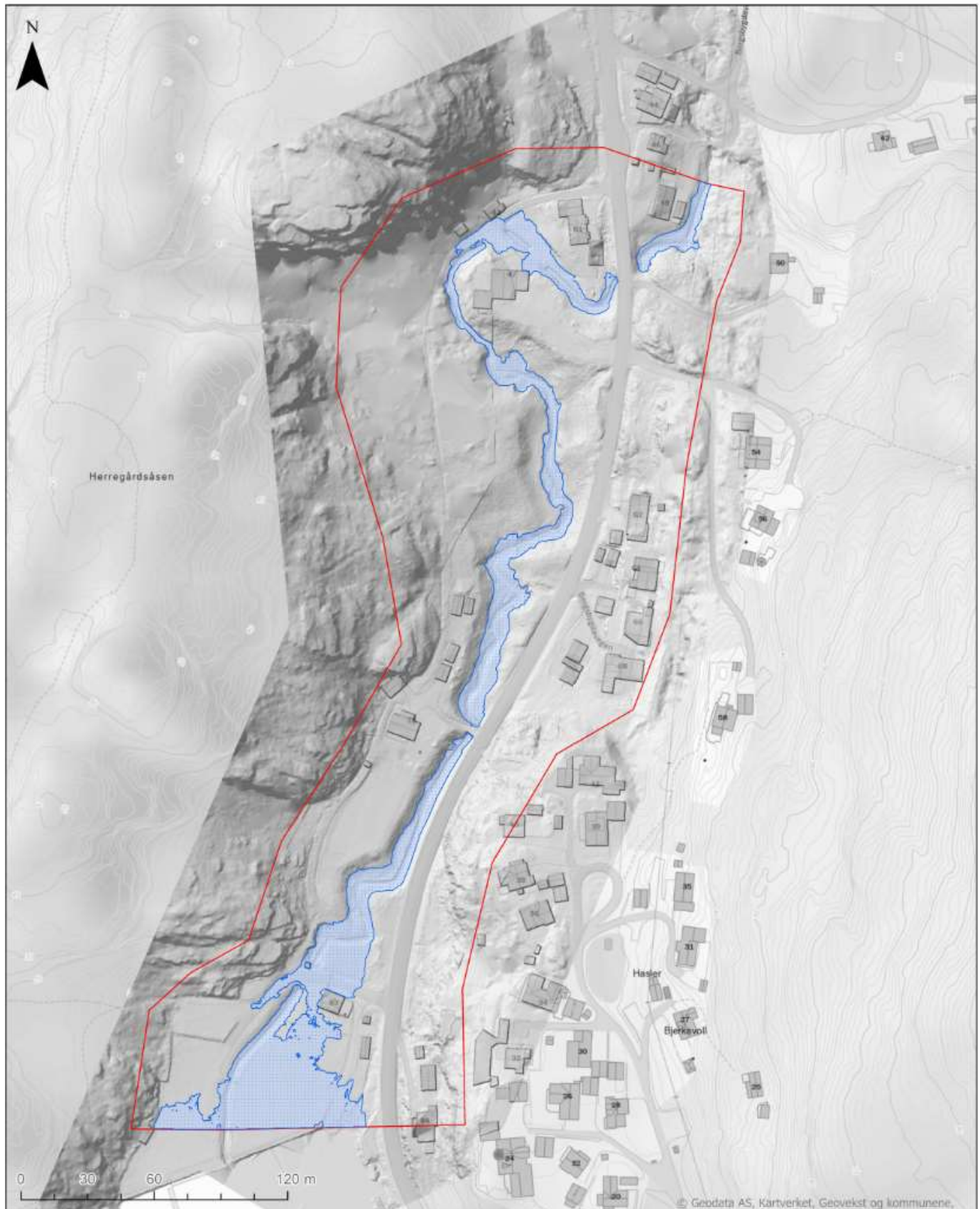
Bre (A <sub>BRE</sub> )	0 %
Dyrket mark (A <sub>JORD</sub> )	3.6 %
Myr (A <sub>MYR</sub> )	0.6 %
Leire (A <sub>LEIRE</sub> )	13.4 %
Skog (A <sub>SKOG</sub> )	92.8 %
Sjø (A <sub>SJØ</sub> )	1.4 %
Snaufjell (A <sub>SF</sub> )	0 %
Urban (A <sub>U</sub> )	0.3 %
Uklassifisert areal (A <sub>REST</sub> )	1.2 %

### Hypsografisk kurve

Høyde <sub>MIN</sub>	2 m
Høyde <sub>10</sub>	158 m
Høyde <sub>20</sub>	167 m
Høyde <sub>30</sub>	177 m
Høyde <sub>40</sub>	197 m
Høyde <sub>50</sub>	207 m
Høyde <sub>60</sub>	211 m
Høyde <sub>70</sub>	236 m
Høyde <sub>80</sub>	248 m
Høyde <sub>90</sub>	256 m
Høyde <sub>MAX</sub>	291 m

### Klima- /hydrologiske parametere (1991-2020)

Årlig middelavrenning (Q <sub>N</sub> )	22.7 l/s*km <sup>2</sup>
Årlig middelavrenning	716 mm
Usikkerhet middelavrenning	29.6 %
Nedbør juni - august	272 mm
Nedbør desember - februar	269 mm
Årstemperatur	5.2 °C
Sommertemperatur	14.9 °C
Vintertemperatur	-1.7 °C



## Flomsonekart bekk 1 - Haslerbekken (eksisterende situasjon)

Kartleggingen er utført for 200 årsflom med klima og sikkerhetspåslag  
Det er brukt 40% klimapåslag og 50% sikkerhetspåslag.

NB: Verdier i kart angir modellert vannstand i moh (NN2000).

### Tegnforklaring

■ Oversvømt areal eks bekk 1

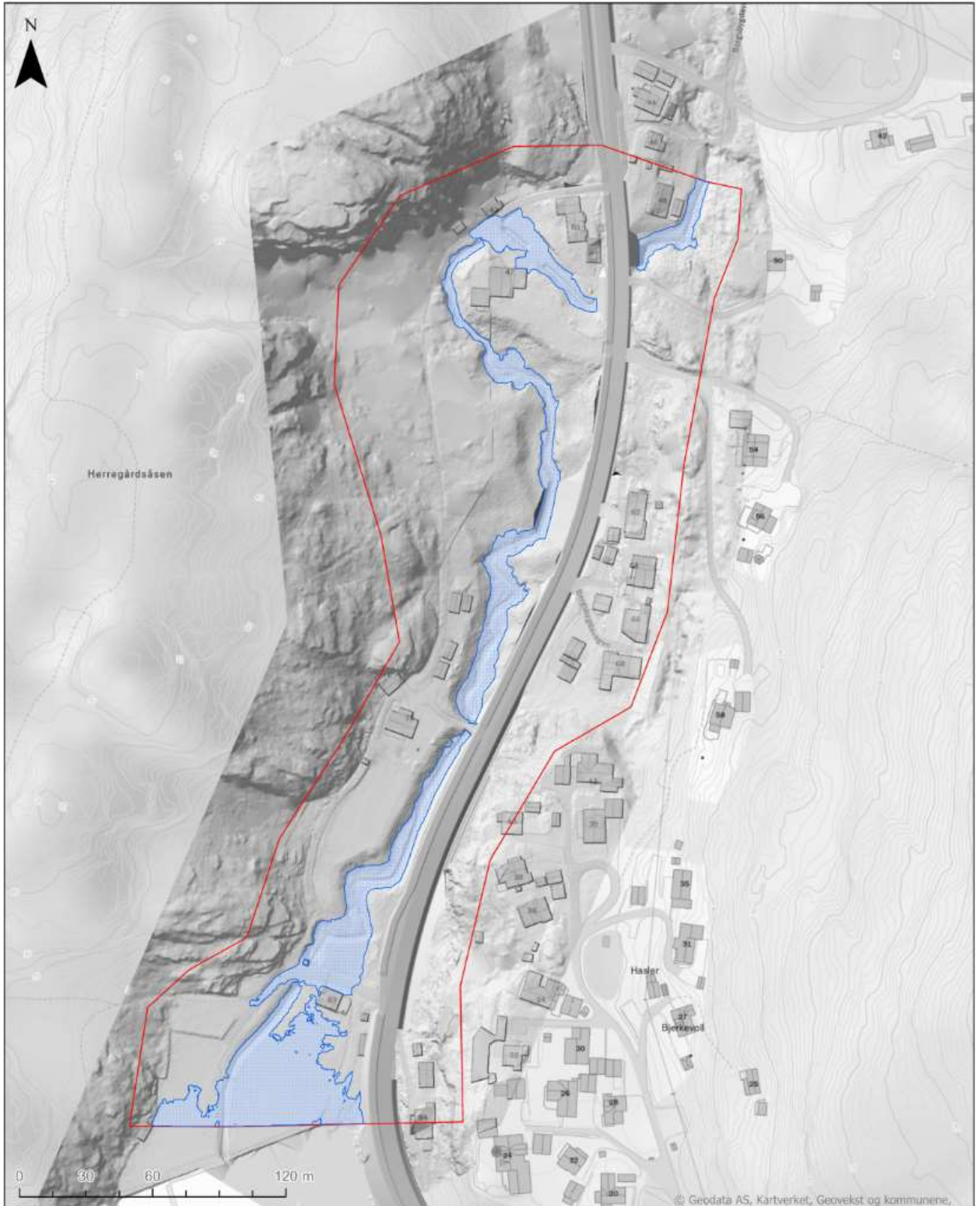
### Analyseområde

■ Analyseområde bekk1 - Haslerbekken

Format: A3  
Målestokk: 1:1 500

Koordinatsystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N  
Koordinater senter kart: 32V 541121 6552679

Oppdragsgiver: Porsgrunn kommune  
Oppdragsnr.: 637208-16  
Utarbeidet av: ØB  
Status: Leveranse  
Dato: 17.11.2025



## Flomsonekart bekk 1 - Haslerbekken (planlagt situasjon)

Kartleggingen er utført for 200 årsflom med klima og sikkerhetspåslag  
Det er brukt 40% klimapåslag og 50% sikkerhetspåslag.

NB: Verdier i kart angir modellert vannstand i moh (NN2000).

### Tegnforklaring

#### Analyseområde

- Analyseområde bekk1 - Haslerbekken
- Oversvømt areal ny bekk 1

Format: A3  
Målestokk: 1:1 500

Koordinatsystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N  
Koordinater senter kart: 32V 541121 6552679

Oppdragsgiver: Porsgrunn kommune  
Oppdragsnr.: 637208-16  
Utarbeidet av: ØB  
Status: Leveranse  
Dato: 17.11.2025



## Flomsonekart bekk 2 - Døvikbekken (eks. situasjon)

Kartleggingen er utført for 200 årsflom med klima og sikkerhetspåslag

Det er brukt 40% klimapåslag og 50% sikkerhetspåslag

NB: Verdier i kart angir modellert vannstand i moh (NN2000).

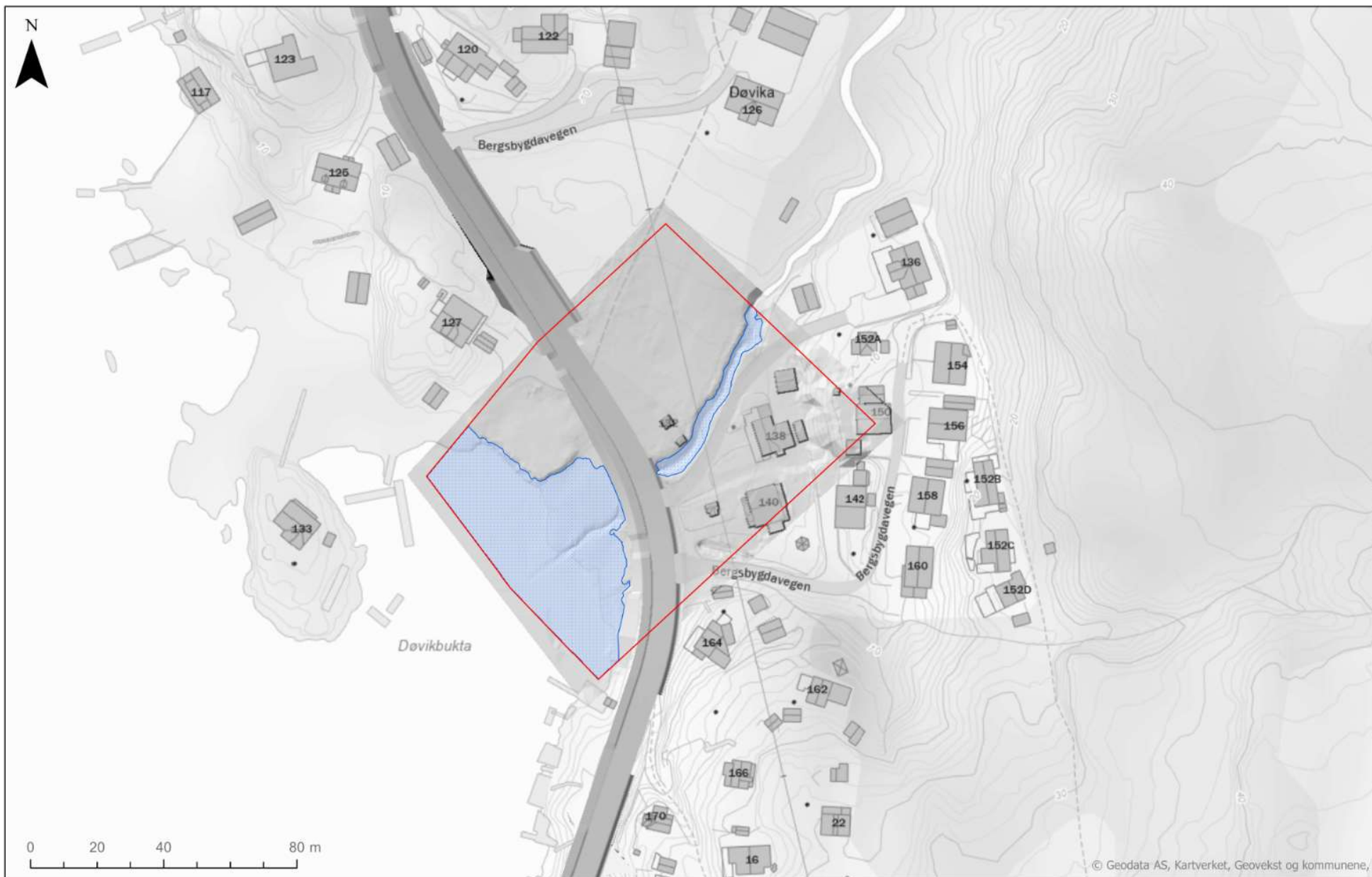
### Tegnforklaring

- analyseområde\_bekk2
- Oversvømt areal eks bekk 2

Format: A3  
Målestokk: 1:1 000

Koordinatsystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N  
Koordinater senter kart: 32V 541319 6552033

Oppdragsgiver: Porsgrunn kommune  
Oppdragsnr.: 637208-16  
Utarbeidet av: ØB  
Status: Leveranse  
Dato: 17.11.2025



## Flomsonekart bekk 2 - Døvikbekken (ny. situasjon)

Kartleggingen er utført for 200 årsflom med klima og sikkerhetspåslag

Det er brukt 40% klimapåslag og 50% sikkerhetspåslag

NB: Verdier i kart angir modellert vannstand i moh (NN2000).

### Tegnforklaring

- analyseomraade\_bekk2
- Oversvømt areal eks bekk 2

Format: A3  
Målestokk: 1:1 000

Koordinatsystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N  
Koordinater senter kart: 32V 541319 6552033

Oppdragsgiver: Porsgrunn kommune  
Oppdragsnr.: 637208-16  
Utarbeidet av: ØB  
Status: Leveranse  
Dato: 17.11.2025



© Geodata AS, Kartverket, Geovekst og kommunene,

## Flomsonekart bekk 3 - Rutua (eks. situasjon)

Kartleggingen er utført for 200 årsflom med klima og sikkerhetspåslag  
 Det er brukt 40% klimapåslag og 50% sikkerhetspåslag  
 NB: Verdier i kart angir modellert vannstand i moh (NN2000).

**Tegnforklaring**

<span style="border: 1px solid red; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	analyseomraade_bekk3
<span style="background-color: lightblue; border: 1px solid blue; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	Oversvømt areal eks bekk 3

Format: A3  
 Målestokk: 1:1 000  
 Koordinatsystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N  
 Koordinater senter kart: 32V 541181 6551645

Oppdragsgiver: Porsgrunn kommune  
 Oppdragsnr.: 637208-16  
 Utarbeidet av: ØB  
 Status: Leveranse  
 Dato: 17.11.2025



© Geodata AS, Kartverket, Geovekst og kommunene,

## Flomsonekart bekk 3 - Rutua (ny. situasjon)

Kartleggingen er utført for 200 årsflom med klima og sikkerhetspåslag

Det er brukt 40% klimapåslag og 50% sikkerhetspåslag

NB: Verdier i kart angir modellert vannstand i moh (NN2000).

### Tegnforklaring

- analyseomraade\_bekk3
- Oversvømt areal ny bekk 3

Format: A3  
Målestokk: 1:1 000

Koordinatsystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N  
Koordinater senter kart: 32V 541181 6551645

Oppdragsgiver: Porsgrunn kommune  
Oppdragsnr.: 637208-16  
Utarbeidet av: ØB  
Status: Leveranse  
Dato: 17.11.2025

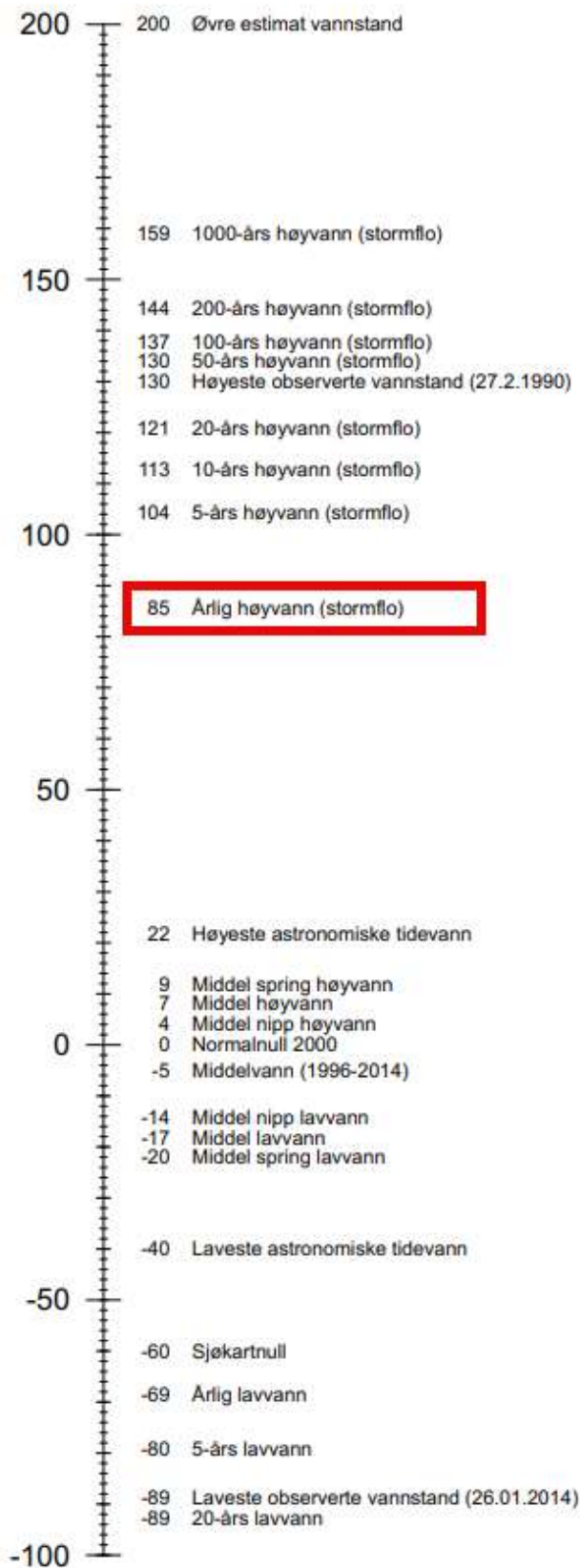
# Vedlegg 10 - Havnivå Bergsbygdavegen

N59°5,1' E9°43,2'

Nivåskisse

N59°5,1' E9°43,2'

Nivå knyttet til tidevann er hentet fra Helgeroa, justert med faktor 1,00.



Høyder er i cm over Normalnull 2000 som er nullnivå i det norske offisielle høydesystemet NN2000. Datagrunnlag sist endret: 4. juli 2025. Lastet ned: 17. november 2025.

# Vedlegg 11 - Tverrsnitt Haslerbekken (bekk 1)

