asplan
viak

Flomvurdering GS-veg Tuddalsvegen - Hovdegrenda



Flyfoto fra 2021 som viser strekningen Tuddalsvegen – Hovdegrenda

Dato: 09.11.2023

asplanviak.no

Versjon: **01**

asplan
viak

Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver:	Hjartdal kommune
Tittel på rapport:	Flomvurdering GS-veg Tuddalsvegen - Hovdegrenda
Oppdragsnavn:	Reguleringsplaner GS-veg Hjartdal
Oppdragsnummer:	637028-01
Utarbeidet av:	Hege Merete Kalnes
Oppdragsleder:	Eli Eikeland
Tilgjengelighet:	Åpen

Ver	Dato	Beskrivelse	Utarb. av	KS
01	9. nov. 2023	Nytt dokument	HMK	SA

Sammendrag

Det er gjennomført flomvurdering av Bjårvatnet og Hovdeåi i Hjartdal kommune, i forbindelse med planlegging av ny GS-veg langs Tuddalsvegen. Det er ikke gitt noen krav til flomsikring av GS-veg, og hovedmålet med vurderingen er å kartlegge konsekvenser av tiltaket på flomsituasjonen i vassdraget. Med bakgrunn i dette er vurderingen utført for **200-årsflom i fremtidens klima**, da dette er gjeldende sikkerhetsnivå for omkringliggende bebyggelse og infrastruktur.

Flomvurderingen er basert på flomberegninger og hydraulisk modellering, og er utført i henhold til anbefalinger gitt i NVEs *Veileder for flomberegninger* (1/2022) og *Sikkerhet mot flom* (3/2022). Flomberegninger er basert på et brukbart hydrologisk grunnlag, med vannføringsmålinger i vassdraget. Effekten av reguleringer i vassdraget er vurdert, og estimater er også sammenlignet mot tidligere flomberegninger lengre ned i vassdraget. Endelig flomverdi, inkl. 20% klimapåslag, er beregnet til $\mathbf{Q_{200+20\%} = 255\ m^3/s}$. Hydrauliske beregninger er utført med en todimensjonal hydraulisk modell programmet HEC-RAS. Modellen er ikke kalibrert, men følsomhetsanalyser viser at den er nokså lite påvirket av usikkerhet knyttet til modellparametere (ruhet) og vannføring.

Beregningene viser at planlagt GS-veg er delvis utsatt for flom. Ved utløpet til Bjårvatnet får man flomvann på avveie, med et flomløp som går over og langs Tuddalsvegen helt frem til avkjørselen til Hovdegrenda. Vest for dette, ligger Tuddalsvegen og ny GS-veg utenfor den modellerte flomsonen.

Analyse av situasjon med ny GS-veg, viser at tiltaket har størst effekt på flomsituasjonen i flomløpet ved Tuddalsvegen. Det er et forsamlingshus som trolig får en positiv påvirkning av dette, da tiltaket fører til reduserte flomvannstander rundt huset. Et annet sted i flomløpet får en imidlertid økt vannstand og hastighet. Dette berører delvis et forfalt bygg langs Tuddalsvegen, men dybden og hastigheten ved bygget er fortsatt såpass lav at det trolig ikke vil ta skade. I innsjøen Bjårvatnet og hovedløpet Hovdeåi er virkningen av tiltaket tilnærmet neglisjerbar; vannstandendringen er maksimalt ±2 cm, og hastighetsendringen rundt ±0.1 m/s.

Det er altså ikke forventet at etablering av ny GS-veg vil medføre økt flomfare for omkringliggende bebyggelse og infrastruktur.

Forord

Asplan Viak er engasjert av Hjartdal kommune for å utarbeide detaljreguleringsplan for gang- og sykkelveg langs Tuddalsvegen, fra Hovdegrenda til Tuddal sentrum. Som en del av dette arbeidet, er det gjort en flomvurdering for å avklare reell flomfare ved ny GS-veg, samt konsekvenser av tiltaket på flomsituasjonen i vassdraget. Denne rapporten beskriver flomvurderingens grunnlag, fremgangsmåte og resultater.

Hege Merete Kalnes har utført flomvurderingen og skrevet tilhørende rapport. Arbeidet og rapporten er kontrollert av Sølvi Amland. Begge oppfyller anbefalte krav til fagansvarlige i flomfareutredinger gitt i NVE veileder 3/2022. Eli Eikeland er oppdragsleder for prosjektet i Asplan Viak.

Skien, 09.11.2023

Hege Merete Kalnes

Utførende

Sølvi Amland

Kvalitetssikrer

Eli Eikeland

Oppdragsleder

Innholdsfortegnelse

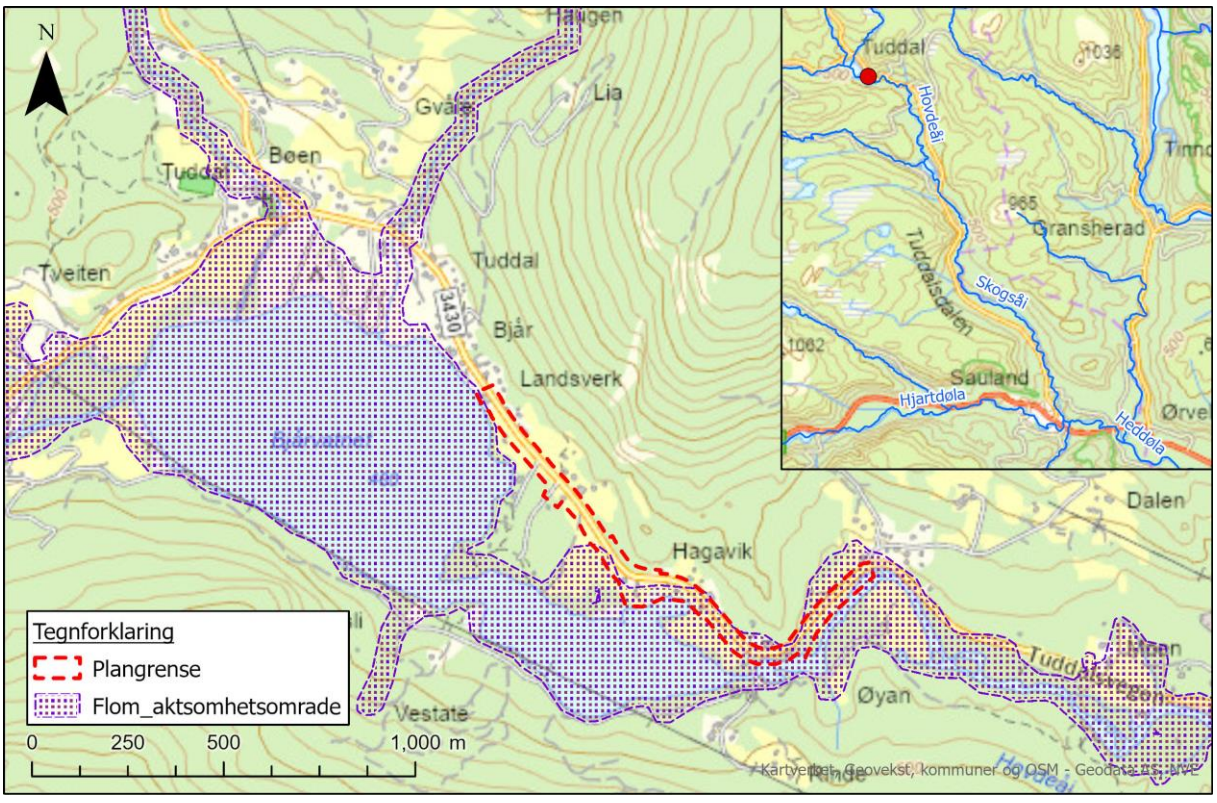
1. Innledning 5
1.1. Bakgrunn 5
1.2. Tidligere flomvurderinger 6
2. Forutsetninger 7
2.1. Generelle forutsetninger 7
2.2. Kartlagte flomsituasjoner 7
2.3. Beregningsforutsetninger 8
3. Flomberegninger 9
3.1. Beskrivelse av nedbørfelt 9
3.2. Tilgjengelige observerte data 11
3.3. Tidligere flomberegninger for vassdraget 13
3.4. Beregning av 200-årsflom 15
3.5. Klimapåslag 19
3.6. Oppsummering og endelig estimat 20
3.7. Flomforløp 21
4. Hydrauliske beregninger 22
4.1. Programvare og modelltype 22
4.2. Modelloppsett 22
4.3. Resultater hydraulisk beregning (dagens situasjon) 26
4.4. Følsomhetsanalyser 28
5. Vurdering av tiltak 30
5.1. Hydraulisk beregning av situasjon med tiltak 30
5.2. Endringer i flomsituasjonen 33
5.3. Konsekvenser av tiltak 36
6. Konklusjon og anbefalinger 38
Kilder 39
Vedlegg 40

1. Innledning

1.1. Bakgrunn

Asplan Viak er engasjert av Hjartdal kommune for å utarbeide detaljreguleringsplan for gang- og sykkelveg langs Tuddalsvegen, fra Hovedgrenda til Tuddal sentrum – se Figur 1-1. NVEs aktsomhetskart for flom, indikerer at ny GS-veg er utsatt for flom fra innsjøen Bjårvatnet og dens utløpselv Hovdeåi. Disse er en del av elvehierarkiet Skogsåi/Heddøla-Hjartdøla i Skiensvassdraget.

Det er behov for en detaljert flomfarevurdering for å avklare reell flomfare i området. Dette utføres både for å undersøke flomfaren ved den nye GS-vegen, og for å sørge for at tiltaket ikke utsetter omgivelsene for økt flomfare.



Figur 1-1 Kart som viser lokasjonen til planområdet for GS-veg Tuddalsvegen – Hovdegrenda, og NVEs aktsomhetsområde for flom som indikerer flomfare tilknyttet innsjøen Bjårvatnet og elva Hovdeåi.

1.2. Tidligere flomvurderinger

Asplan Viak har ikke funnet dokumentasjon på at det tidligere har blitt utført flomsonekartlegginger av Bjårvatnet og Hovdeåi. Vassdraget er regulert (for mer informasjon se kapittel 3.1.3), og det er forsøkt å finne flomberegninger for dammer lengre opp i vassdraget uten hell. Generelt er det sparsomt med detaljert informasjon om reguleringer og overføringer i feltet.

Det er imidlertid funnet dokumentasjon på kartlegginger som er gjort lengre ned i vassdraget, ved Sauland. NVE utførte beregninger for Hjartdøla og Heddøla i 2006, og Skred AS for Hjartdøla og Skogsåi i 2021. Skred AS sine beregninger beror seg i stor grad på NVEs tidligere beregninger i vassdraget. Det er gjort en vurdering av gyldighet og gjenbruk av disse beregningene i flomvurderingen av ny GS-veg ved Tuddalen.

2. Forutsetninger

2.1. Generelle forutsetninger

Flomvurderingen utføres for å avklare reell flomfare ved ny GS-veg på strekningen Tuddalsvegen – Hovdegrenda. Det er ingen direkte krav til flomsikkerhet for ny GS-veg, og hovedmålet med vurderingen er derfor å undersøke om tiltaket utsetter omgivelsene for økt flomfare. Vurderingen er utført i henhold til anbefalinger gitt i NVEs *Veileder for flomberegninger* (1/2022) og *Sikkerhet mot flom* (3/2022). Det bemerkes at ved praktisk bruk, for bestemmelse av flomsikkert nivå og sone, skal det iht. NVE veileder 3/2022, legges til et sikkerhetspåslag på vannføringen for å hensynta usikkerheter i beregningene. I og med hovedmålet er å kartlegge konsekvenser av tiltaket, er dette ikke gjort i denne flomvurderingen.

Beregninger og analyser er utført for dagens situasjon i vassdraget, samt tiltenkt situasjon med tiltak (ny GS-veg) basert på prosjektert terreng per. oktober 2023. Dette danner grunnlaget for vurderinger av konsekvenser tiltaket har på flomsituasjonen i vassdraget.

Beregninger tar ikke hensyn til eventuell vannstrømning i masser under bakken – analysen ser på grunnen som helt tett. Videre er det forutsatt at terreng og bekkegeometri forholder seg konstant – altså er ikke eventuelle endringer som følge av erosjons- eller sedimentasjonsprosesser hensyntatt.

2.2. Kartlagte flomsituasjoner

Det er Vestfold og Telemark fylkeskommune som vil eie den nye gang- og sykkelvegen når den er ferdigstilt. Som veg-eier, har ikke fylkeskommunen stilt krav til at GS-veg skal sikres mot flom (avklart pr. e-post 17.10.2023). Heller ikke Hjartdal kommune har noen krav til flomsikkerhet som må ivaretas.

I henhold til plan- og bygningsforskriften §28-1 og TEK17 §7-1 andre ledd, skal det imidlertid dokumenteres at tiltaket ikke fører til økt flomfare for tredjeparter. Omkringliggende bebyggelse består av bolig-, fritids-, næring- og kulturbygg, hvor det er sikkerhetsklasse F2 for flom som gjelder i henhold til TEK 17 §7-2. Disse skal sikres mot flom med et gjentaksintervall på 200 år.

Klimaframskrivninger viser at klimaet vil endres ytterligere i årene fremover, noe som igjen påvirker flomsituasjonen i elver og bekker. I henhold til §29-5 i pbl., skal det tas særlige hensyn til klimatiske forhold ved prosjektering og utførelse av tiltak.

Med bakgrunn i overnevnte momenter, er det valgt å utføre flomvurderingen for 200-årsflom i fremtidens klima. Kartlegging av flomsonen er utført både for dagens og fremtidig terrengsituasjon.

2.3. Beregningsforutsetninger

2.3.1. Flomberegninger

Flomberegninger er utført for elva Hovdeåi, og er utført i henhold til anbefalinger gitt i NVEs *Veileder for flomberegninger* (1/2022). Nedbørfelt og feltegenskaper er generert i NVEs kartapplikasjon NEVINA. Det er gjort en vurdering av reguleringer i nedbørfeltet, og bruk av tidligere flomberegninger for vassdraget lengre nedstrøms.

Beregningsmetoder og endelig estimat er valgt basert på tilgjengelige observerte data, samt egnethet i forhold til feltegenskaper. Klimaendringer er hensyntatt i form av et klimapåslag på vannføringen, som er valgt basert på anbefalinger fra NVE og Norsk Klimaservicesenter.

2.3.2. Hydrauliske beregninger

Hydrauliske beregninger er utført med en todimensjonal modell i programmet HEC-RAS. Beregnet flomvannføring er gitt som inngangsdata i modellen, og benyttet til å beregne flomutbredelse, vannstander og vannhastigheter.

Hovedgrunnlaget for analysene er en terrengmodell basert på nyeste tilgjengelige laserdata, lastet ned fra Kartverkets forvaltningsløsning Høydedata. For å kartlegge situasjon med tiltak, og konsekvenser av disse, er prosjektert 3D-modell for ny GS-veg lagt inn i terrengmodellen.

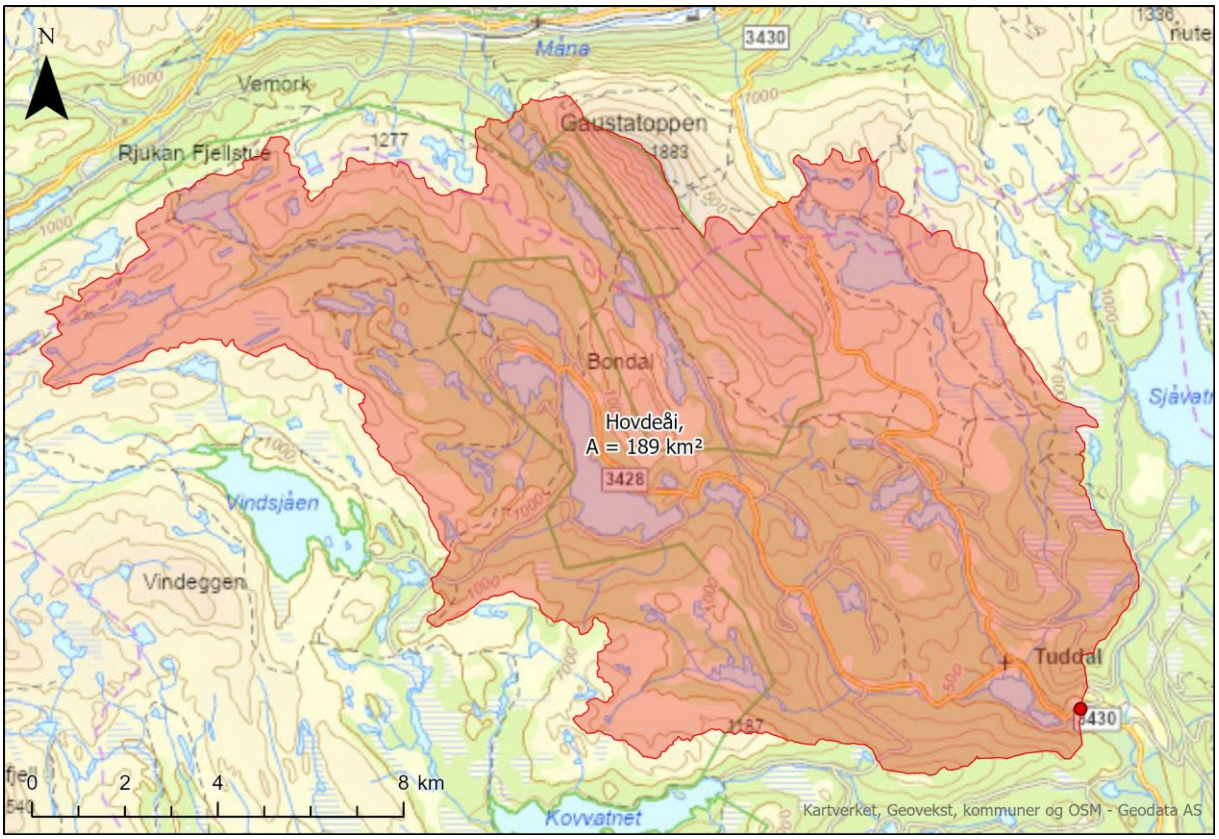
Modellen er ikke kalibrert opp mot observasjoner, og ruhetsforhold er derfor vurdert fra bilder, flyfoto og kartgrunnlag. For å tallfeste usikkerhet knyttet til ruhet, samt beregnet vannføring, er det utført følsomhetsanalyser der disse parameterne er økt.

3. Flomberegninger

3.1. Beskrivelse av nedbørfelt

3.1.1. Avgrensning av nedbørfelt

Nedbørfeltet til Hovdeåi ved ny GS-veg er generert i NVEs kartapplikasjon NEVINA (se rapport i Vedlegg 1), og det er gjort en manuell kontroll basert på grunnlagskart. Det avgrensede feltet er vist i Figur 3-1.



Figur 3-1 Nedbørfelt til Hovdeåi ved ny GS-veg i Tuddal, generert i NEVINA.

3.1.2. Feltegenskaper

Et utvalg av feltegenskaper generert i NEVINA er gitt i Tabell 3-1.

Hovdeåi faller inn under kategorien middels store felt (50-500 km^2). Den nye GS-vegen ligger rett ved utløpet til Bjårvatnet, men utstrekningen på vannet er nokså beskjeden i forhold til den totale feltstørrelsen. Dette gjør at den effektive sjøprosenten er ganske liten, til tross for at det også er flere åpne vann lengre oppstrøms i feltet.

Feltet består hovedsakelig av skog, men har også en betydelig andel snaufjell. Videre strekker det seg høyt, men store deler av feltet er relativt flatt som indikert med et noe lavt relieff forhold.

Egenskapene beskrevet over indikerer at Hovdeåi vil ha verken spesielt rask eller treg flomrespons. Et betydelig feltareal med stor andel skog, samt åpne vann og ganske flatt terreng, er egenskaper som gir flomdempning med treg respons på nedbør og lave spesifikke flomstørrelser – i hvertfall i forhold til mindre og bratte nedbørfelt. En betydelig andel snaufjell gir imidlertid rask avrenning, og den effektive sjøprosenten er nokså lav, noe som vil gi raskere flomforløp.

Tabell 3-1 Feltparametere for Hovdeåi, generert i NEVINA.

Felt	**Areal** [km^2]	**Eff. sjø** [%]	**Felt-lengde** [km]	**Høyde** [moh] H_{min}	H_{maks}	**Relieff forhold** [m/km]	**Skog** [%]	**Snau-fjell** [%]	**q_N*** [l/s·km^2]
Hovdeåi	189	1.14	23.9	451	1870	11.0	50.8	29.8	33.7

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

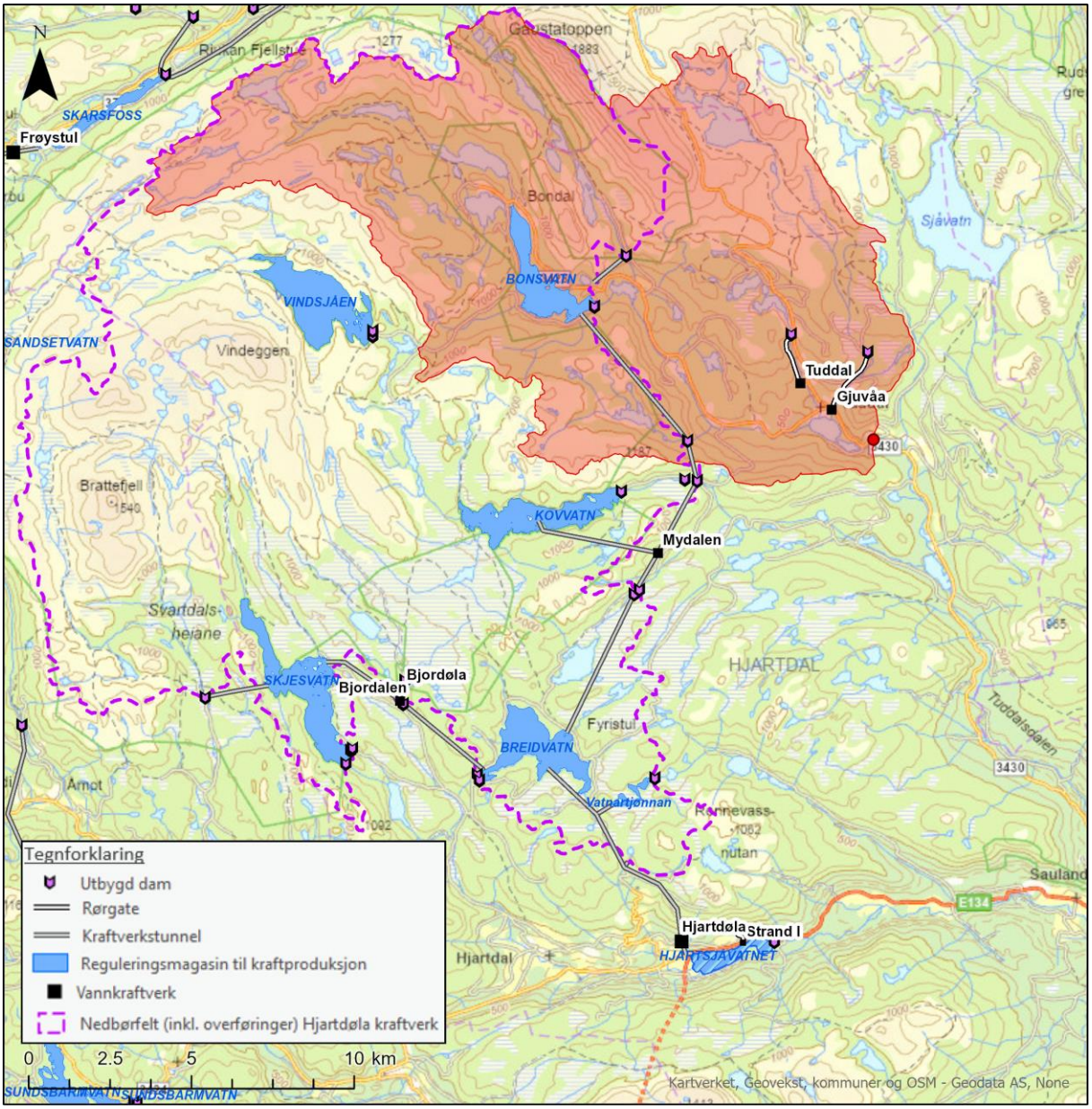
3.1.3. Reguleringer

Feltet til Hovdeåi er regulert til vannkraftproduksjon – se Figur 3-2.

Øst i feltet ligger de to småkraftverkene Tuddal og Gjuvåa, som ble etablert i henholdsvis 2011 og 2021. Disse tar inn vann fra mindre elveinntak/inntaksdammer, og har avløp før elvenes utløp i Bjårvatnet. De to småkraftverkene har altså ikke større magasin, og fører ikke vann ut av feltet, og vil derfor trolig ha neglisjerbar innvirkning på flomvannføringer.

Vest i feltet ligger magasinet Bonsvatn, som ble regulert med en betongdam i 1956. Flomoverløpet fra dammen føres ned i elva Tveitåi, som har utløp i Bjårvatnet. Magasinet ble etablert i forbindelse med utbygging av Hjartdøla kraftverk som ble ferdigstilt i 1958. Bonsvatn mottar vann fra et elveinntak i Gausdøla i øst, og vann fra magasinet føres ut av feltet gjennom en overføringstunnel som går først til Myrdalen kraftverk (etablert i 1954) og så til magasinet Greidvatn og videre derfra ned til Hjartdøla kraftverk.

Det er forsøkt å finne informasjon om kapasiteten til overføringene tilknyttet Bonsvatn, uten hell. Det er altså usikkert hvor mye vann som føres ut av feltet til Hovdeåi. Det er heller ikke funnet noen flomberegninger for dammen som regulerer Bonsvatn, og det er derfor usikkert hvor stor flomdempende effekt magasinet har på vannføringer.

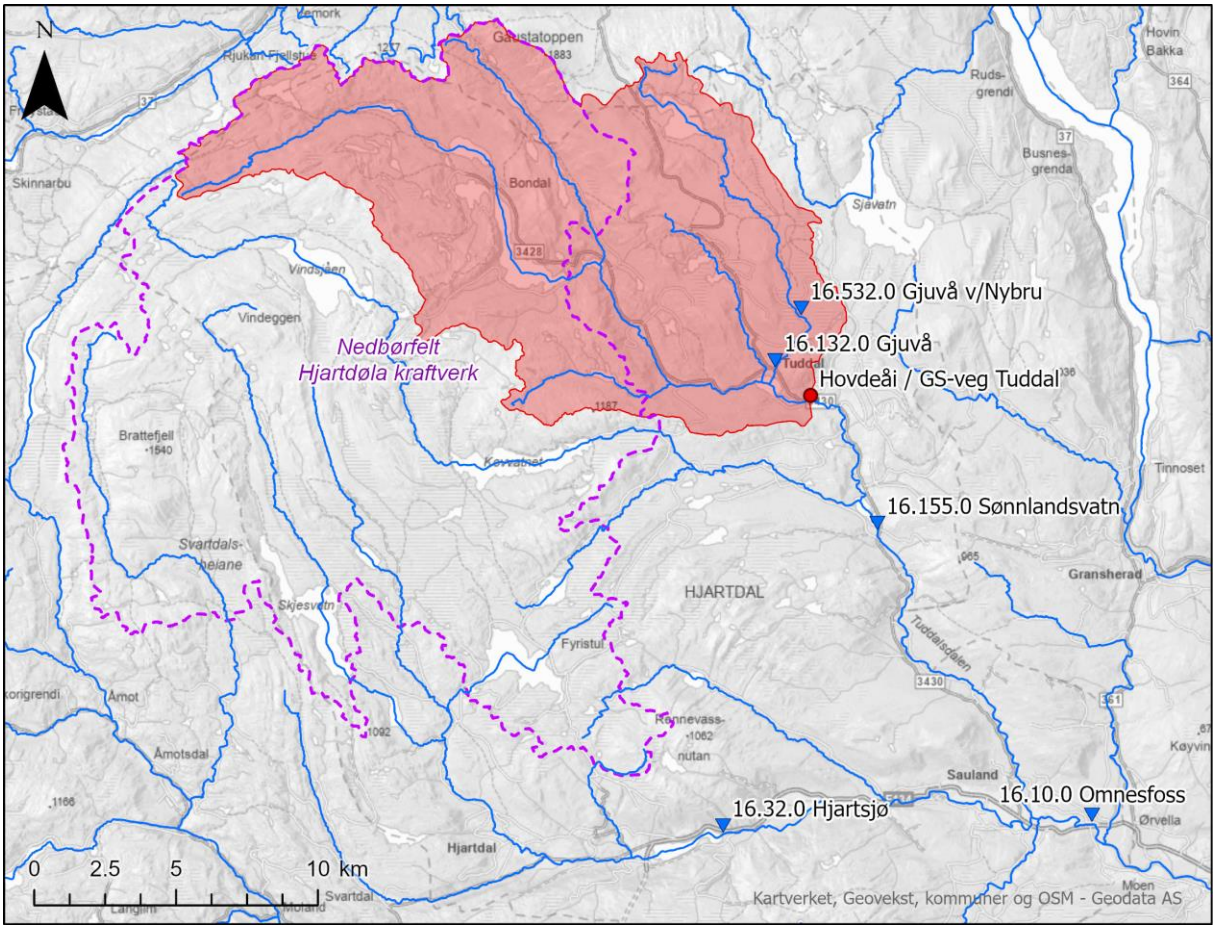


Figur 3-2 Kart som viser vannkraftreguleringer i feltet til Hovdeåi og området rundt.

3.2. Tilgjengelige observerte data

3.2.1. Tilgjengelige vannføringsdata

Det beste grunnlaget for hydrologiske analyser, er vannføringsmålinger over en lang periode fra det aktuelle vassdraget. Det er en del målestasjoner som ligger både oppstrøms og nedstrøms i vassdraget – se Figur 3-3 og Tabell 3-2.



Figur 3-3 Kart som viser målestasjoner for vannføringer i Gjuva/Skogsåi/Heddøla-Hjartdøla.

Tabell 3-2 Hoveddata for aktuelle hydrologiske målestasjoner (Kilde: NVE Seriekart/Hydra II).

Målestasjon	**Areal** [km^2]	**Eff. sjø** [%]	**Observasjons-periode**	**Situasjon**	**Antall komplette år med døgndata**
16.532.0 Gjuvå v/Nybru	27	2.88	1981-2022	Uregulert	38
16.132.0 Gjuvå	33	1.98	1981-2020	Uregulert	36
16.155.0 Sønnlandsvatn	374	0.78	1987-2022	Regulert	29
16.32.0 Hjartsjø	241	1.25	1920-1957	Uregulert	39
16.10.0 Omnesfoss	808	0.21	1922-1957	Uregulert	34
			1958-2022	Regulert	64

Stasjonene 16.532 og 16.132 ligger begge i Gjuva, og har rundt 40 år med døgndata for en uregulert situasjon i tilløpselven til Bjårvatnet/Hovdeåi. De har en del mindre felt enn Hovdeåi, men også en større effektiv sjøprosent, og kan derfor muligens reflektere flomforhold i Hovdeåi godt. Disse vannføringsmålene vil imidlertid ikke reflektere reguleringene vest til feltet til Hovdeåi.

Stasjonen 16.155 Sønnlandsvatn ligger lengre nedstrøms i Skogsåi, og har rundt 30 år med vannføringsmålinger for en regulert situasjon elva. Det er mulig at denne kan reflektere de

regulerte forholdene i Hovdeåi godt, og fanger opp overføringer ut av feltet. Men, på grunn av en noe kort måleserie er det usikkert om den fanger opp forhold under de store flommene. Videre er stasjonen påvirket av reguleringer og overføring iblant annet Kovvatn, noe som Hovdeåi ikke er.

Stasjonen 16.32 Hjartsjø ligger rett nedstrøms avløpet til Hjartdøla kraftverk, og har rundt 40 år med vannføringsdata for elva Hjartdøla før den ble regulert. Den har litt større felt og effektiv sjøprosent enn Hovdeåi, og derfor trolig mer flomdempning, men kan muligens reflektere uregulerte forhold i Hovdeåi bra.

Stasjonen 16.10 Omnefoss ligger i elva Heddøla, rett nedstrøms samløpet mellom elvene Hartsjø og Skogsåi. Den har en lang måleserie med vannføringsdata både før og etter regulering i vassdraget (totalt ca. 100 år med data). Det har et betydelig større felt enn Hovdeåi, men får mindre flomdempning fra åpne vann (da disse ligger lengre opp i vassdraget). Med bakgrunn i den lange serielengden, er dette en svært aktuell målestasjon. Men, stasjonen er noe annerledes påvirket av reguleringer i vassdraget sammenlignet med Hovdeåi. Dette er med bakgrunn i at den registrerer den *samlede* vannføringen fra Skogsåi og Hjartdøla – altså får den også avløpet fra Hjartdøla kraftverk.

3.2.2. Tilgjengelige nedbørsdata

Nedbørstatistikk for gjentaksintervall opp til og med 200 år og varighet opptil 24 timer er offentlig tilgjengelig, og kan hentes via blant annet Norsk Klimaservicesenter. Nedbørstatistikk for gjentaksintervall og varigheter utover dette må bestilles fra Meteorologisk Institutt.

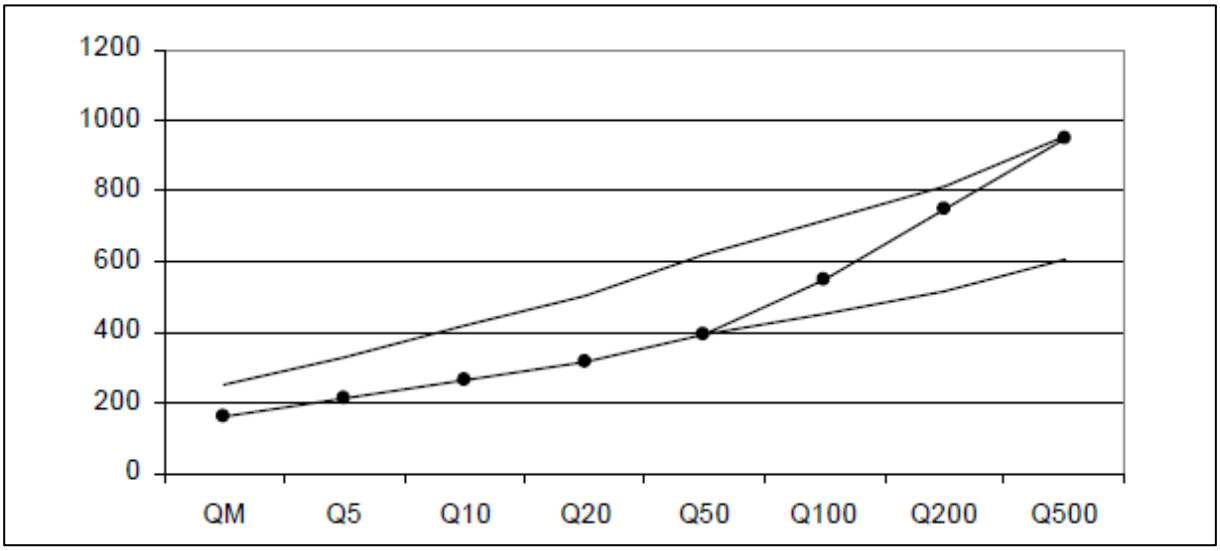
Det er ganske sparsomt med nærliggende meteorologiske målestasjoner i nærheten med tilstrekkelig serielengde for ekstremnedbørstatistikk. Ifølge tjenesten Seklima, er den nærmeste stasjonen Gvarv (stasjonsnr. 32100), og denne har oppgitt å ha en svært usikker kvalitet.

I middels store nedbørfelt, spesielt hvis de har større magasin, anbefaler NVE at det benyttes nedbørdata med varighet *lengre* enn 24 timer for å fange opp flomdempningen i feltet. Siden det er såpass bra med vannføringsdata i vassdraget, og begrenset med nedbørdata, er det derfor valgt å ikke bestille nedbørdata for feltet.

3.3. Tidligere flomberegninger for vassdraget

NVE utførte i 2006 flomberegninger for Hjartdøla og Heddøla, i forbindelse med flomsonekartlegging av Sauland. Beregningene ble utført for flere flomstørrelser (opptil 500-årsflom), og var basert på flomfrekvensanalyser på målestasjonen 16.10 Omnefoss.

Basert på sammenligning av uregulerte og regulerte forhold, samt serielengder, vurderte NVE at de regulerte vannføringsmålingene reflekterer flomforhold opp til 50 års gjentaksintervall. Ved flommer større enn dette, har reguleringene i vassdraget mindre effekt, og ved gjentaksintervall på 500 år er det de uregulerte vannføringsmålingene som reflekterer flomsituasjonen i vassdraget best. Dette er illustrert i Figur 3-4. Ved 200-årsflom er det altså en tilnærmet uregulert situasjon i vassdraget.



Figur 3-4 Flomverdier (døgn) for Heddøla ved Omnesfoss. Øverste kurve viser uregulerte forhold, nederste kurve viser regulerte forhold. Midtre kurve, markert med punkter, antas å representere regulerte forhold også ved store gjentaksintervall. Figuren er hentet fra NVE rapport 14/2006.

Skred AS utførte i 2021 en ny flomfarevurdering for Sauland, og det ble da også gjort flomberegninger for Skogsåi. Disse beregningene baserte seg i stor grad på NVEs arbeid fra 2006, men det ble gjort oppdatert flomfrekvensanalyser på 16.10 Omnefoss for å undersøke om mer nylige vannføringsdata endret estimatene. Denne oppdateringen av flomtall ga kun mindre endringer sammenlignet med tidligere beregninger.

Beregnede flomverdier fra NVE og Skred AS er oppsummert i Tabell 3-3. En kan se at de spesifikke flomverdiene (l/s·km^2) er svært lik for de forskjellige gjentaksintervallene. Dette er med bakgrunn i at både NVE og Skred AS baserer seg på vannføringsmålingene i 16.10 Omnefoss for alle elvene.

Tabell 3-3 Tidligere beregninger av flomvannføring i Skogsåi, Hjartdøla og Heddøla.

Kilde	**Felt**	**Areal**	**Q_{mom}/ $Q_{døgn}$**	**Q_M - kulm**		**Q_{20} - kulm**		**Q_{200} - kulm**	
		[km^2]		[l/s·km^2]	[m^3/s]	[l/s·km^2]	[m^3/s]	[l/s·km^2]	[m^3/s]
NVE, 2006	Hjartdøla	305	1.36	279	85	541	165	1262	385
	Heddøla	806		273	220	540	435	1266	1020
Skred AS, 2021	Hjartdøla	305	1.37	279	85	544	166	1281	391
	Skogsåi	448		275	123	543	243	1280	573

Utledede flomverdier for Hovdeåi fra tidligere flomberegninger er gitt i Tabell 3-4. Det er her benyttet gjennomsnittet av spesifikk 200-årsflom (l/s·km^2) samt estimerte kulminasjonsfaktorer ($Q_{mom}/Q_{døgn}$) fra de tidligere beregningene for å finne både kulminasjons- og døgnverdi.

Tabell 3-4 Utledede flomverdier for 200-årsflom for Hovdeåi basert på gjennomsnitt av tidligere beregninger.

Felt	**Areal**	**200-årsflom - døgn**		**$Q_{mom}/Q_{døgn}$**	**200-årsflom - kulm**	
	[km^2]	[l/s·km^2]	[m^3/s]	[-]	[l/s·km^2]	[m^3/s]
Hovdeåi	189	932	176	1.365	1272	240

3.4. Beregning av 200-årsflom

For beregning av 200-årsflom i Hovdeåi, er det benyttet forskjellige typer flomfrekvensanalyser. I slike analyser estimeres en indeksflom (middelflom Q_M) og vekstkurveforhold som angir forholdet mellom indeksflommen og en flom med et gitt gjentaksintervall T (Q_T/Q_M). Den dimensjonerende flomvannføringen er en kulminasjonsverdi, det vil si vannføringstoppen under en flomhendelse. I flomfrekvensanalyser på kulminasjonsverdier (typisk timesverdier) beregnes dette direkte, men i analyser på døgnverdier må estimatene konverteres til kulminasjonsverdier ved bruk av en faktor ($Q_{mom}/Q_{døgn}$). Videre skilles det mellom flomfrekvensanalyser med hensyn til om de er direkte basert på observerte data, eller om det benyttes regionale formelverk.

Det er her valgt å kun gjøre flomfrekvensanalyse på døgnverdier, med bakgrunn i at dette gir et bedre datagrunnlag i form av lengre dataserie. Det er utført både regionale analyser ved bruk av formelverk, og lokale analyser på vannføringsmålestasjonene beskrevet i kapittel 3.2.1. Det vises til NVEs *Veileder for flomberegninger* (1/2022) og NVEs rapport *Lokal og regional flomfrekvensanalyse* (10/2022) for utdypende beskrivelse av metodene samt ligninger som er benyttet.

3.4.1. Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)

NVE har utarbeidet et regionalt formelverk for flomberegninger for større nedbørfelt (A > 60 km^2), som beregner døgnverdier for flom. Dette er ofte kalt RFFA-2018. Formelverket består av to regresjonsligninger for beregning av flom, som benytter flere hydrologiske inngangsparametere som normalavrenning, effektiv sjøprosent, temperaturer, nedbør mm. Den første ligningen er for estimat av medianflom (døgnverdi), som generelt har usikkerhet knyttet til seg. Den andre ligningen er for vekstkurven (Q_T/Q_M), som ansees som svært robust (NVE, 2022).

I utgangspunktet tar RFFA-2018 *ikke* hensyn til reguleringer i feltet, da den baserer seg på statistikk fra uregulerte målestasjoner. Men, i og med at effektiv sjøprosent gis som inngangsdata, blir flomdempning i magasiner delvis hensyntatt. Effekten av overføringer blir imidlertid ikke det.

Estimert medianflom, vekstkurveforhold og 200-årsflom for Hovdeåi er gitt i Tabell 3-5.

Tabell 3-5 Beregnet medianflom, vekstkurve og 200-årsflom (døgnverdi) med RFFA-2018.

Felt	**Medianflom** (døgn)		$\mathbf{Q_{200}/Q_M}$	**200-årsflom** (døgn)	
	[l/s·km^2]	[m^3/s]	[-]	[l/s·km^2]	[m^3/s]
Hovdeåi	315	59.6	2.547	803	151.8

3.4.2. Lokal flomfrekvensanalyse

Den lokale analysen utføres på døgnvannføringsdata 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 Flomanalyse. 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, kan en bruke ulike typer parameterfordelinger. Det er her benyttet parameterfordelinger i henhold til anbefalinger i forhold til serielengde gitt i NVEs veileder; to-parameter (Gumbel) for serielengder kortere enn 50 år, og tre-parameter (GEV) for serier lengre enn 50 år. Videre er det benyttet L-moment metode for begge.

Det er i tillegg hentet ut vekstkurveforhold ved bruk av RFFA-2018 og en metode kalt «Full lokal + RFFA-2018» - sistnevnte bruker forkunnskaper fra RFFA-2018 sammen med lokale data for å redusere usikkerheter knyttet til observasjoner. Dette er for å direkte sammenligne flomverdier fra regionalt formelverk og lokale data.

Resultater fra flomfrekvensanalyser på målestasjonene er gitt i Tabell 3-6.

For målestasjonene i Gjuvå (16.532 og 16.132) er det god overensstemmelse mellom alle metodene – det er små avvik og estimerte flomverdier er svært lik. Det samme gjelder 16.32 Hartsjø i stor grad, som også har uregulerte vannføringsdata. Altså indikerer dette at RFFA-2018 reflekterer uregulerte forhold i området bra. Unntaket er for den uregulerte serien til 16.10 Omnefoss – her gir RFFA-2018 lavere verdier, og ren lokal analyse (Gumbel + L-moment) gir større verdi enn også Full lokal + RFFA-2018. Det er muligens grunnet økt effektiv sjøprosent (pga. magasinering i ettertid), men da burde også 16.32 Hartsjø også hatt mer sprik. Dette indikerer at det er usikkerhet knyttet til de gamle vannføringsmålingene fra stasjonen, og at disse trolig overestimerer vannføringen. Videre er flomverdien fra ren lokal

analyse på 16.10 Omnefoss lavere enn det som er beregnet før av NVE og Skred AS – dette er med bakgrunn i at de tidligere beregningene benyttet GEV-fordeling (i motsetning til Gumbel som er benyttet her), som gir en større vektig av dataene (og spesielt de store flomverdiene).

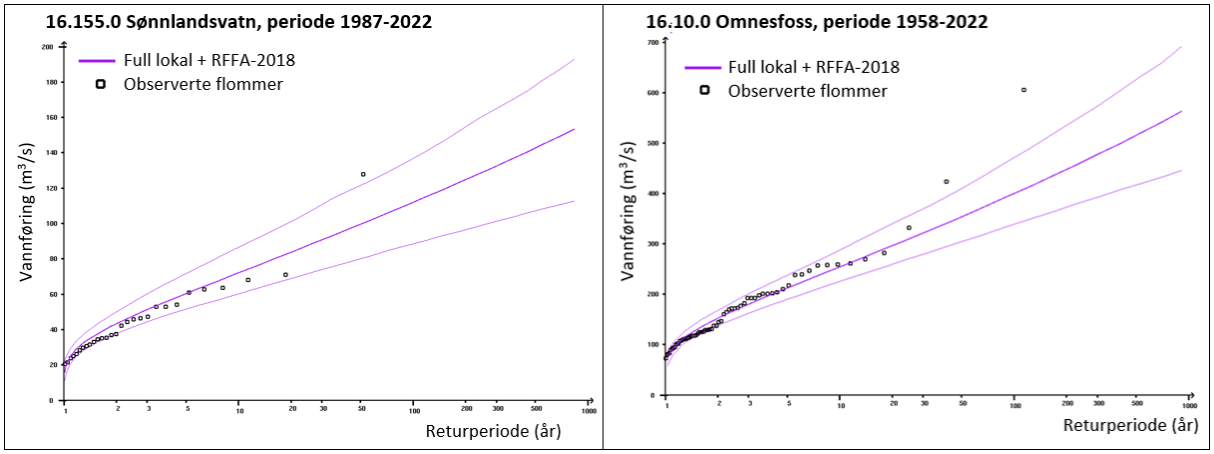
Når det kommer til de regulerte målestasjonene, er det en del sprik. For 16.155 Sønnlandsvatn gir de lokale analysene en betydelig lavere flomverdi, også sammenlignet med de andre målestasjonene. Dette kommer trolig av at stasjonen har en høy reguleringsgrad, og magasinering og overføringer har stor effekt her. For 16.10 Omnefoss gir den lokale analysen fornuftig nok en lavere middelflom enn RFFA-2018 (som reflekterer uregulerte forhold). Men, vekstkurveforholdet fra ren lokal (GEV + L-moment) er betydelig høyere, noe som resulterer i en *større* 200-års flomvannføring. Det er mulig at dette kommer fra overføringer i feltet, men siden stasjonen ligger nedstrøms samløpet mellom Skogsåi og Hjartdøla, bør dette ikke ha så stor effekt. Igjen indikerer dette at det muligens er usikkerhet knyttet til vannføringsdataene til 16.10 Omnefoss.

Tabell 3-6 Resultater fra flomfrekvensanalyser på målestasjoner.

Målestasjon	**Fordeling / metode**	**Obs. periode**	**Q_M** (døgn) [l/s·km²]	**Q_M** (døgn) [m³/s]	**Q_{200}/Q_M**	**Q_{200}** (døgn) [l/s·km²]	**Q_{200}** (døgn) [m³/s]
Uregulerte målestasjoner / vannføringsserier							
16.532.0 Gjuvå v/Nybru	RFFA-2018	-	346	9	2.43	841	23
	Full lokal + RFFA-2018	1981-2022	329	9	2.24	738	20
	Gumbel + L-moment				2.38	782	21
16.132.0 Gjuvå	RFFA-2018	-	335	11	2.46	824	27
	Full lokal + RFFA-2018	1981-2020	309	10	2.51	776	26
	Gumbel + L-moment				2.40	740	24
16.32.0 Hjartsjø	RFFA-2018	-	253	61	2.51	635	153
	Full lokal + RFFA-2018	1920-1957	247	60	2.58	637	154
	Gumbel + L-moment				2.68	661	160
16.10.0 Omnesfoss	RFFA-2018		240	194	2.46	590	477
	Full lokal + RFFA-2018	1922-1957	294	238	2.56	751	607
	Gumbel + L-moment				2.68	788	637
Regulerte målestasjoner / vannføringsserier							
16.155.0 Sønnlandsvatn	RFFA-2018 (uregulert)	-	297	111	2.52	748	280
	Full lokal + RFFA-2018	1987-2022	118	44	2.82	333	125
	Gumbel + L-moment				2.76	327	122
16.10.0 Omnesfoss	RFFA-2018 (uregulert)	-	240	194	2.46	477	477
	Full lokal + RFFA-2018	1958-2022	210	169	2.65	449	449
	GEV + L-moment				3.62	613	616

For å vurdere hvor godt flomfrekvensanalysene på de regulerte vannføringsmålingene reflekterer observerte flommer, er det tatt en nærmere titt på plott fra flomfrekvensanalysene – se Figur 3-5. Disse viser at flomverdier fra Full lokal + RFFA-2018 reflekterer de observerte flommene godt opptil ca. 20 års returperiode. For større flomhendelser, indikerer

observasjonene imidlertid at frekvensanalysen underestimerer flomvannføringen. Dette stemmer overens med tidligere vurderinger av NVE; ved større flomhendelser har reguleringer mindre effekt, og frekvensanalyser på de regulerte vannføringsdataene egner seg dårlig.



Figur 3-5 Plott fra flomfrekvensanalyse (Full lokal + RFFA-2018) med sammenligning mot observerte flommer ved regulerte vannføringsstasjoner.

Det er valgt å hente ut flomverdier for Hovdeåi basert på ren lokal analyse på utvalgte uregulerte og regulerte vannføringsserier/målestasjoner. For uregulert situasjon, benyttes gjennomsnittet fra stasjonene 16.532 og 16.132 i Gjuvåa – disse ligger lengre opp i vassdraget og har mindre felt, men har nylige data med tilsynelatende god kvalitet (mindre usikkerhet). For regulert situasjon, er det valgt å benytte 16.155 Sønnlandsvatn, da denne vil bedre reflektere overføringer i feltet sammenlignet med 16.10 Omnefoss. Utledede verdier er gitt i Tabell 3-7.

Tabell 3-7 Beregnet middelflom, vekstkurve og 200-årsflom (døgnverdi) med lokal analyse på utvalgte uregulerte og regulerte vannføringsdata/stasjoner.

Felt	**Vannførings-serie**	**Stasjon**	**Middelflom** (døgn)		**Q_{200}/Q_M**	**200-årsflom** (døgn)	
			[l/s·km²]	[m³/s]	[-]	[l/s·km²]	[m³/s]
Hovdeåi	Uregulert	16.532 og 16.132	319	60	2.390	762	144
	Regulert	16.155	118	22	2.760	326	62

3.4.3. Kulminasjonsfaktor

For å estimere kulminasjonsverdier fra døgnmiddelverdier, benyttes forholdstallet $Q_{mom}/Q_{døgn}$ – også kalt kulminasjonsfaktor. Denne faktoren kan estimeres fra regresjonsligninger fra formelverket RFFA-2018, eller estimeres fra observasjoner. Det er her gjort begge deler. Kulminasjonsfaktor fra observasjoner er estimert fra de fem største

observert flommene ved målestasjon 16.155 Sønnlandsvatn. Beregnede forholdstall og endelig valgt kulminasjonsfaktor er gitt i Tabell 3-8.

I NVEs veileder er det anbefalt å benytte en kulminasjonsfaktor som er basert på observasjoner i vassdraget, dersom en har lokale kulminasjonsdata som er lengre 25 år. Med bakgrunn i at 16.155 Sønnlandsvatn har 29 år med timesdata, og ligger ganske nærme prosjektområdet, er det derfor valgt å vektlegge observasjonene. Det er noe sprik mellom faktorer ved de forskjellige flomhendelse, hvorav den største flommen i 2020 har det største på 1.40. I NVEs tidligere beregninger er det benyttet en faktor på 1.37 for Heddøla, som har et større felt og trolig mer flomdempning enn Hovdeåi.

Det er valgt å ta utgangspunkt i kulminasjonsfaktoren ved den største observerte flomhendelsen i 2022. Endelig kulminasjonsfaktor er følgelig satt til $Q_{mom}/Q_{døgn}$ = 1.40.

Tabell 3-8 Estimerte kulminasjonsfaktorer basert på observasjoner og RFFA-2018, samt endelig valgt verdi.

Flomhendelse **målestasjon 16.155 Sønnlandsvatn**	**Kulminasjon** [m^3/s]	**Døgnmiddel** [m^3/s]	**$Q_{mom}/Q_{døgn}$** [-]
Største observerte flom (05.10.2020)	91.43	65.44	1.40
2. største observerte flom (28.04.2019)	82.67	69.46	1.19
3. største observerte flom (08.09.2018)	81.14	60.15	1.35
4. største observerte flom (18.05.2017)	80.34	60.50	1.33
5. største observerte flom (04.07.2007)	71.97	62.67	1.15
Beregnet med RFFA-2018:			1.12
Valgt kulminasjonsfaktor:			**1.40**

3.5. Klimapåslag

Klimaendringer vil føre til endrede flomforhold i Norges vassdrag. Som følge av økte regnintensiteter, forventes det en økning i flomstørrelse i vassdrag hvor regnflommer er årets største flom, og spesielt i små felt. Med bakgrunn i dette, er det i NVEs veileder anbefalt å benytte et klimapåslag på minst 20% i felt med regnflom som årets største flom.

I *Klimaprofil Telemark* (Norsk Klimaservicesenter, 2021) er det gitt anbefalinger til klimapåslag i Skiensvassdraget. For områdene som er dekket av flomsonekartet for Sauland, er det anbefalt å benytte 20% klimapåslag. I og med Hovdeåi/Skogsåi er en tilløpselv til dette området, vil klimaendringer trolig ha samme effekt her.

Med bakgrunn i overnevnte anbefalinger, er det valgt å benytte et **klimapåslag på 20%**.

3.6. Oppsummering og endelig estimat

200-års flomvannføringer i Hovdeåi, basert på tidligere og nye beregninger, er oppsummert i Tabell 3-9. Det er sprik i resultatene, hvor NVE og Skred AS sine gamle beregninger gir høyest verdi, og ny lokal analyse på uregulert vannføringsserie gir lavest. Regional analyse og lokal analyse på uregulert vannføringsseire stemmer nokså bra overens.

De nye flomberegningene støtter tidligere vurderinger fra NVE og Skred AS, om at reguleringer i vassdraget vil ha mindre effekt for de større flomhendelsene – i hvertfall flomdempende effekter fra magasin. Det er mulig at overføringer ut av feltet til Hovdeåi/Skogsåi fører til at flomvannføringer reduseres noe mer sammenlignet med Heddøla (som mottar avløpet fra Hjartdal kraftverk). Akkurat hvor stor denne reduksjonen er blir vanskelig å gi et estimat på, uten informasjon om kapasiteten til overføringene. Det velges derfor å se bort ifra lokal analyse på den regulerte vannføringsserien, da denne vil underestimere vannføringen ved 200-årsflom.

For å vurdere troverdigheten til resultatene, benyttes ofte erfaringstall for uregulerte felt oppgitt i NVEs veileder (1/2022). Det foreligger imidlertid ikke erfaringstall for 200-årsflom i mellomstore felt (50-500 km^2), kun for 1000-årsflom (døgnverdi). Erfaringstallene for $q_{1000\ døgn}$ på Østlandet ligger mellom 350-1100 l/s·km^2, hvor de største verdiene finnes aller lengst vest i området. Vassdraget ligger langt vest, og bør derfor ligge i det øvre sjiktet. NVE og Skred AS sin 200-års flomverdi er imidlertid opp på grensen til erfaringstallene for 1000-årsflom, noe som indikerer at dette er mulig noe overestimert. Til sammenligning, gir RFFA-2018 en døgnverdi for 1000-årsflom på ca. 1000 l/s·km^2, noe som er svært fornuftig ift. erfaringstallene. Også sammenligning mellom regional og lokale analyse på uregulerte vannføringsserier lengre opp i vassdraget, støtter at RFFA-2018 gir fornuftige verdier.

Med bakgrunn i overnevnte momenter, er det valgt å benytte flomverdi beregnet med RFFA-2018 til endelig estimat. Med et klimapåslag på 20%, gir dette en dimensjonerende 200-årsflom på **$Q_{200+20\%}$ = 255 m^3/s**.

Tabell 3-9 Flomverdier fra tidligere og nye beregninger, og endelig estimat for 200-årsflom i Hovdeåi.

Metode / kilde		**200-årsflom**				
		Døgnmiddel		**$Q_{mom}/Q_{døgn}$**	**Kulminasjon**	
		[l/s·km^2]	[m^3/s]	[-]	[l/s·km^2]	[m^3/s]
Tidligere beregninger (NVE og Skred AS)		932	176	1.365	1272	240
Regional analyse (RFFA-2018)		803	152	1.400	1124	212
Lokal analyse	Uregulert serie	762	144		1067	202
	Regulert serie	326	62		456	87
Endelig estimat:		**803**	**152**	**1.400**	**1124**	**212**
Inkludert 20% klimapåslag:		**964**	**182**		**1349**	**255**

3.7. Flomforløp

I todimensjonal hydraulisk modellering, må flommen gis som et forløp, det vil si en serie med vannføringsverdier over tid. Dette kan være spesielt viktig i små vassdrag hvor flomtoppen ikke nødvendigvis vil vare lenge, og/eller i vassdrag hvor det er store flomdempende effekter på grunn av enten flatt terreng eller konstruksjoner.

For Hovdeåi, er det valgt å benytte et forenklet flomforløp, med gradvis oppbygging og konstant vannføring lik beregnet kulminasjonsverdi over en lengre periode. Det er ikke store forskjeller mellom døgn- og kulminasjonsverdi ($Q_{mom}/Q_{døgn}$ = 1.40), og flomtoppen vil trolig vare over en lengre periode. Den gradvise oppbygging er lagt inn for å hindre at modellen blir ustabil i starten av simuleringen.

4. Hydrauliske beregninger

Flomutbredelse, dybder, vannstander og hastigheter er beregnet med en hydraulisk modell. Oppbygging av modellen og dens resultater er omtalt i påfølgende underkapitler. Det er her kun sett på dagens situasjon i vassdraget – beregning/modellering av situasjon med tiltak (ny GS-veg), samt vurderinger av konsekvenser, er omtalt i kapittel 5.

4.1. Programvare og modelltype

Hydrauliske beregninger er utført med programvaren HEC-RAS versjon 6.4.1, 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 (HEC, 2023).

Det er valgt å benytte en todimensjonal dynamisk modell. Dette betyr at strømningen er ikke-stasjonær (varierer over tid), og kan opptre i horisontalplanet. En slik modell vil bedre kunne simulere strømning utenfor elveløp som går i flere retninger, samt oppstuvende effekter, enn en tradisjonell endimensjonal stasjonær modell. Videre er en 2D modell bedre til å fange opp endringer i et vassdrag som følge av tiltak, da den vil kunne simulere lokale forhold bedre enn en 1D modell.

4.2. Modelloppsett

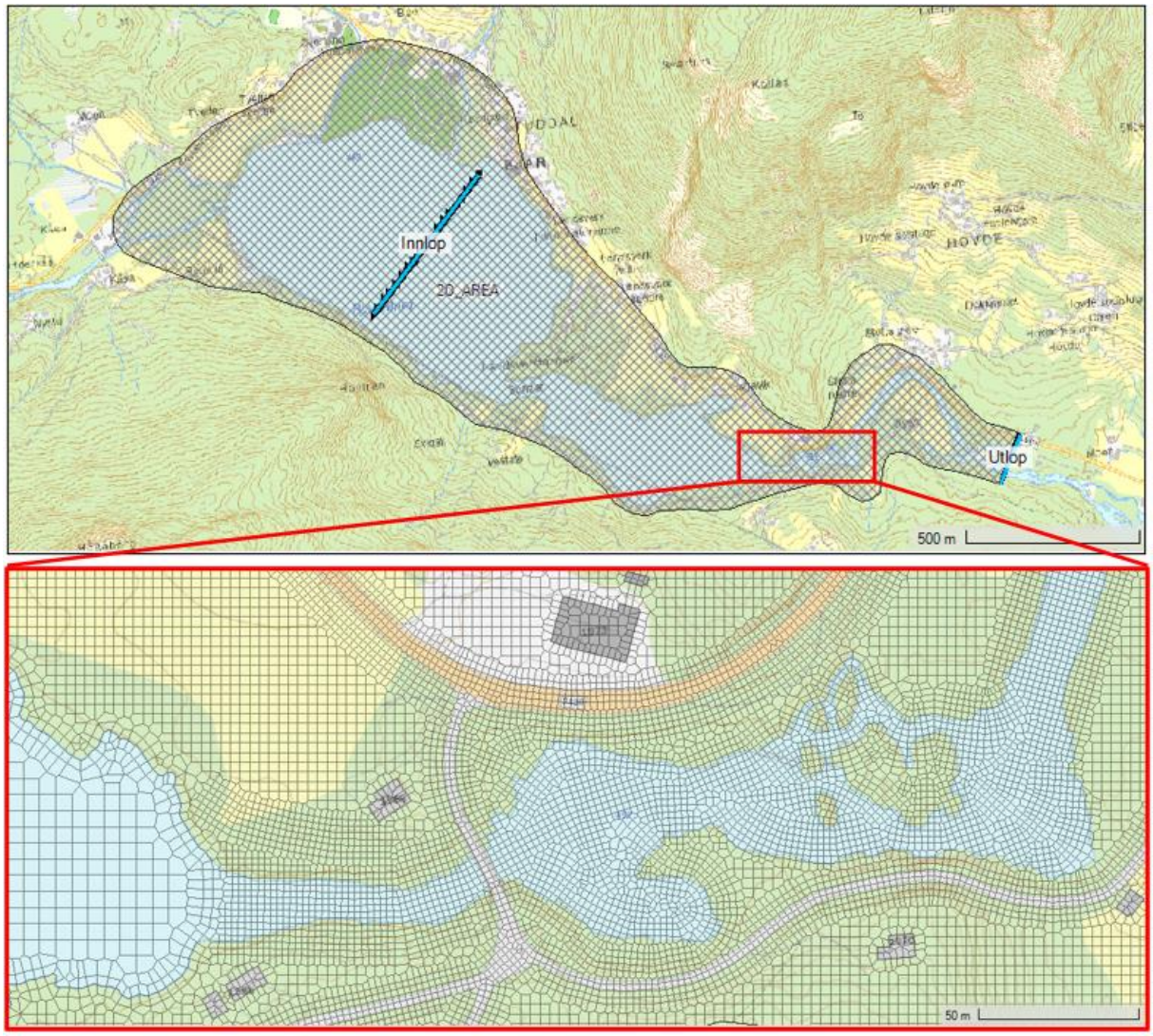
4.2.1. Analyseområde, grensebetingelser og beregningsnett

Den hydrauliske modellen består av et analyseområde, beregningsnett og grensebetingelser – se Figur 4-1.

Analyseområdet er romslig avgrenset, slik at all strømning og vannoppsamling som kan bli påvirket av ny GS-veg blir inkludert i analysen. Følgelig er hele innsjøen Bjårvatnet inkludert, og utløpet i modellen er plassert et godt stykke nedstrøms tiltaket. Innløpet i modellen er plassert i Bjårvatnet, hvor beregnet flomvannføring er benyttet som øvre grensebetingelse. Ved utløpet til modellen er det benyttet antagelse om normalstrømning som nedre grensebetingelse.

Den hydrauliske modellen består av et rutenett, hvor det for hver enkelt rute gjøres beregninger. Rutenettstørrelsen er satt til 2 meter i elveløp og langs veier og bygninger, 3 meter i sideterreng og 5 meter i Bjårvatnet. Rundt bygg, langs veier og i elveløp er det lagt

inn knekklinjer i modellen, noe som orienterer rutene i riktig retning og gjør at strømningen blir mer nøyaktig modellert.



Figur 4-1 Kart som viser analyseområde, grensebetingelser og beregningsnett i hydraulisk modell.

4.2.2. Terrengmodell

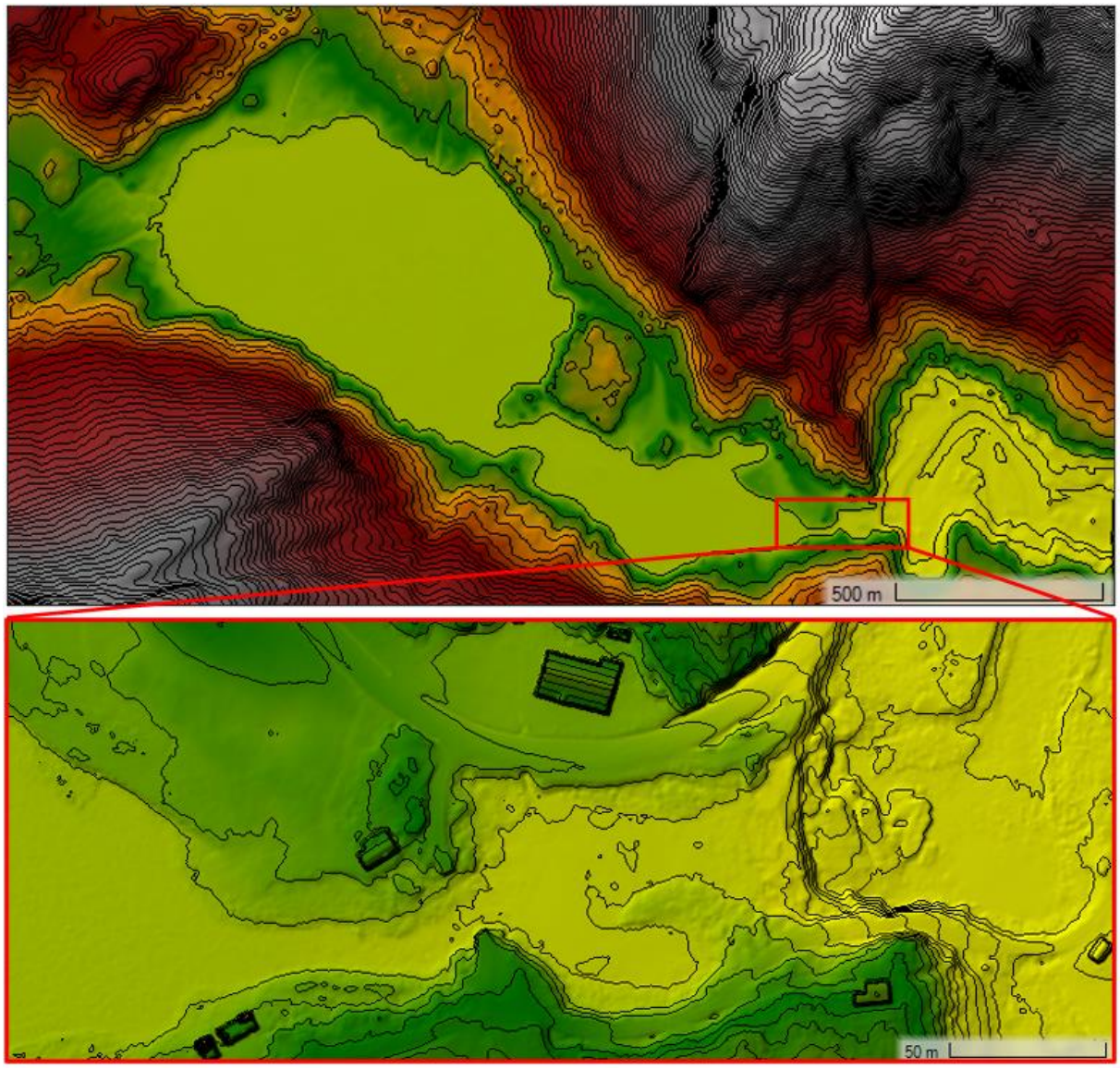
Det er satt opp en terrengmodell, som er hovedgrunnlaget for de hydrauliske beregningene – se Figur 4-2. Den har en oppløsning på 0.25x0.25 meter.

Terrengmodellen er primært basert på laserskanning av området foretatt i 2017 (prosjekt *NDH Tinn-Tuddal 5pkt 2017*), da dette er det mest oppdaterte datasettet. Laserdata kan ha unøyaktige høyder for terreng under tett vegetasjon, da vegetasjonen skygger for underliggende terreng. Den er derfor supplert med data fra 2010 (prosjekt *Hjartdal*

Notodden 2010), der disse gir bedre registreringer av elvebunn og sideterreng. Laserdataene er lastet ned fra Kartverkets forvaltningsløsning Høydedata.

Vanlig laserskanning klarer ikke å fange opp bunnforhold under større vanndybder, da det kun registreres vannoverflater. Følgelig fanges ikke bunnforhold i Bjårvatnet opp av modellen. Der ser imidlertid ut som om laserdataene reflekterer bunnforhold i elva Hovdeåi godt, da vannstanden trolig var lav når skanningen foregikk.

Bygninger er lagt inn i terrengmodellen, ved å klippe disse ut fra overflatemodeller. Andre oppstikkende detaljer som trær er imidlertid ikke lagt inn.



Figur 4-2 Terrengmodell som er benyttet i hydrauliske beregninger.

4.2.3. Friksjonsforhold/ruhet

Vannets hastighet påvirkes av friksjonsforhold, det vil si ruheten til overflaten det strømmer over. Dette varierer etter type underlag og utforming av elveløpet. 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 av elven. Benyttede ruhetsverdier i modellen er gitt i Tabell 4-1, og er basert på standardverdier i *Vassdragshåndboka* (Fergus m.fl. ,2010).

Tabell 4-1 Benyttede ruhetsverdier i hydraulisk modell.

Type overflate	**Ruhetsverdi**	
	n	**M** (=1/n)
Elveløp	0.040	25
Stryk / foss	0.045	22
Innsjø	0.030	33
Plen	0.030	33
Dyrka mark	0.040	25
Buskelandskap	0.060	17
Skogsområder	0.080	13
Grus	0.025	40
Asfalt	0.020	50

4.2.4. Konstruksjoner i vassdraget

Rett ved utløpet til Bjårvatnet, går Hovdeåi under en bru – se Figur 4-3. Det er ingen andre konstruksjoner som krysser vassdraget innenfor analyseområdet.

Testmodellering viser at det er god klaring mellom underkant konstruksjon og flomnivå i elva. Det er derfor valgt å ikke modellere med brudekke. Brukarene kan imidlertid ha en påvirkning, og disse er derfor lagt inn i terrengmodellen (se Figur 4-2).



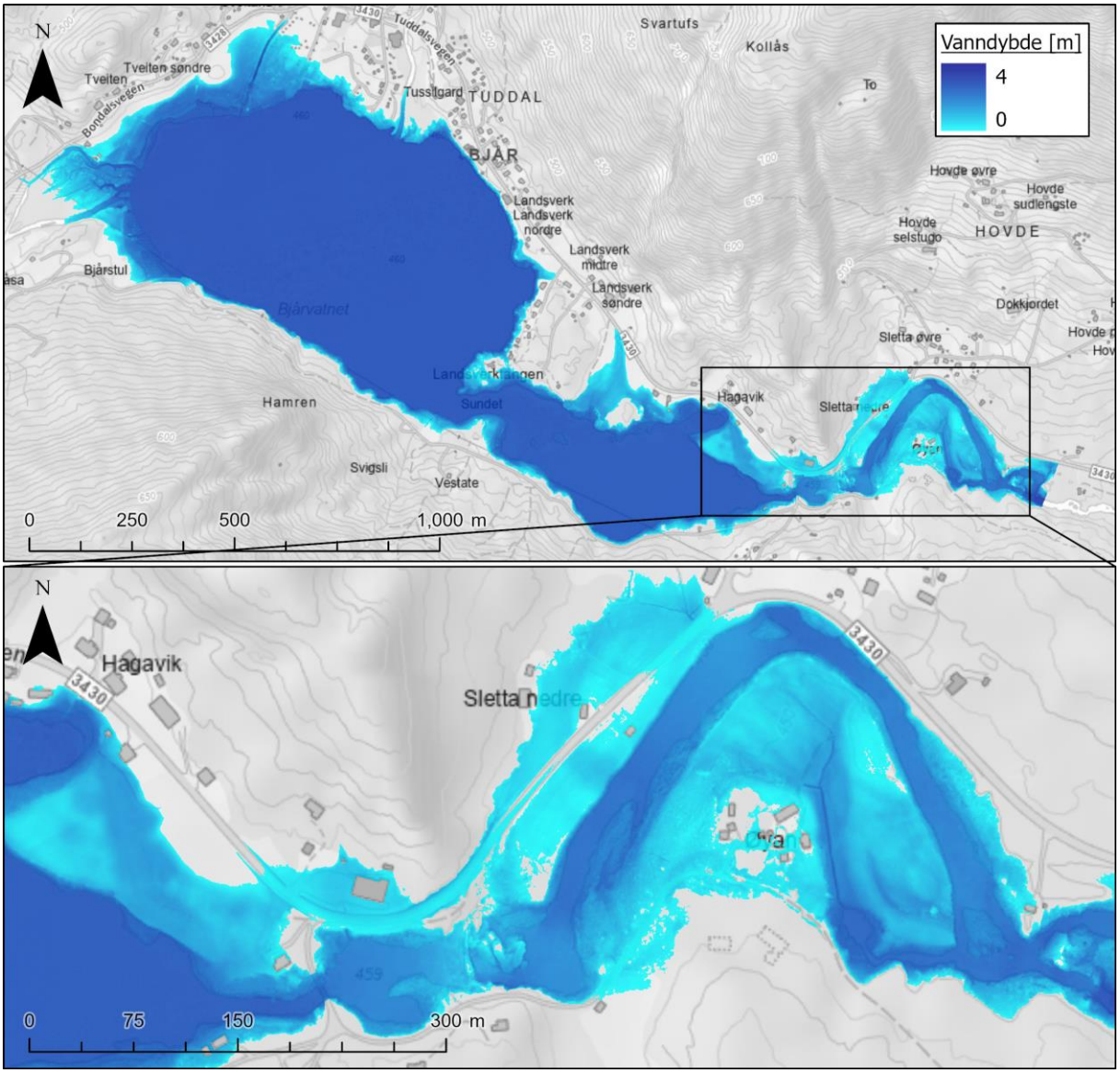
Figur 4-3 Kart og bilde av brua ved utløpet til Bjårvatnet.

4.2.5. Øvrige modellparametere

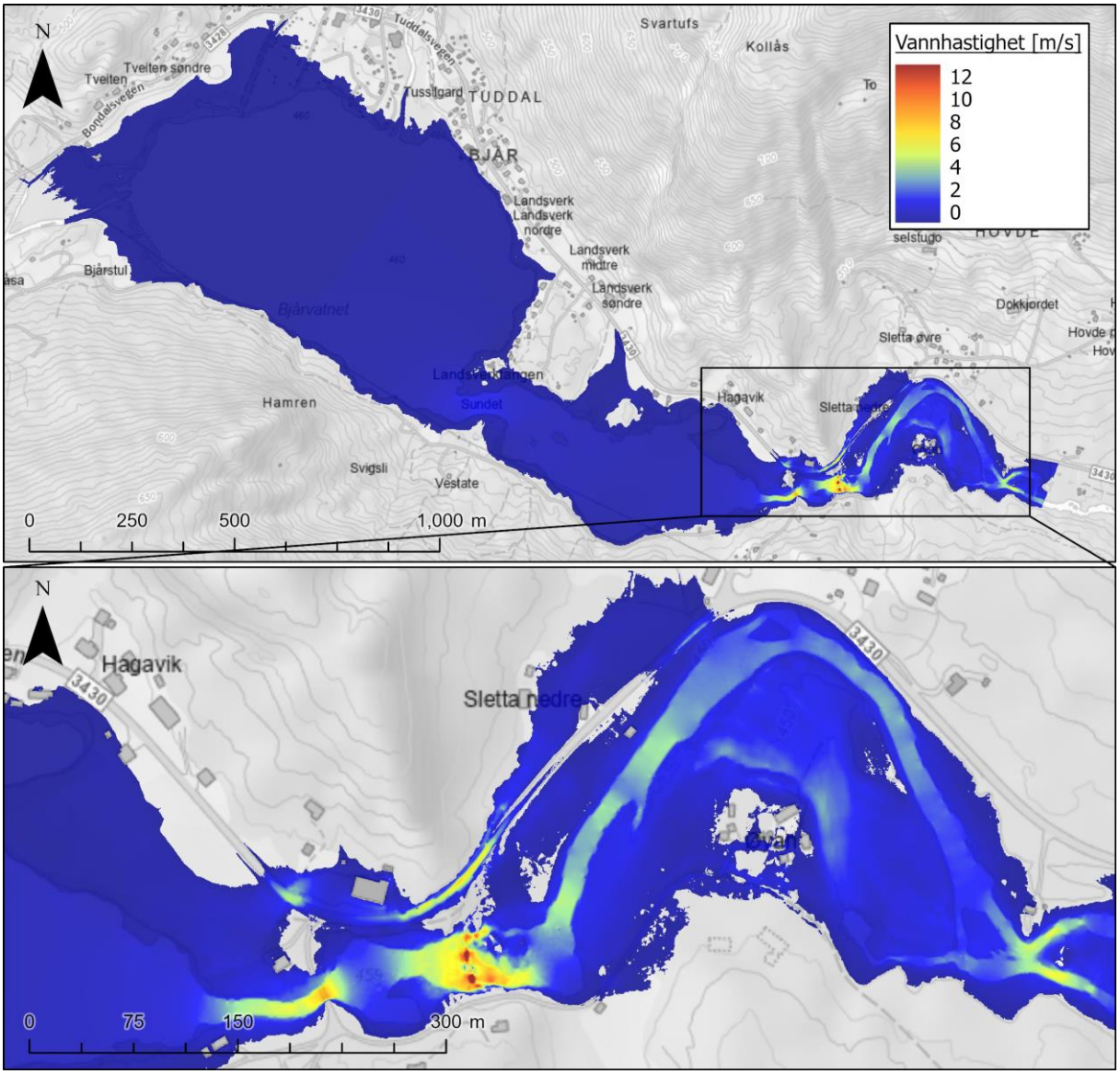
Det er benyttet ligningssettet Diffusion Wave til grunnlag for beregningene, og 0.2 sekunds beregningstidssteg.

4.3. Resultater hydraulisk beregning (dagens situasjon)

Beregnede flomdybder og vannhastigheter under 200-årsflom inkl. 20% klimapåslag ved dagens situasjon, er vist i Figur 4-4 og Figur 4-5.



Figur 4-4 Dybdeplott for 200-årsflom inkl. 20% klimapåslag, ved dagens situasjon.

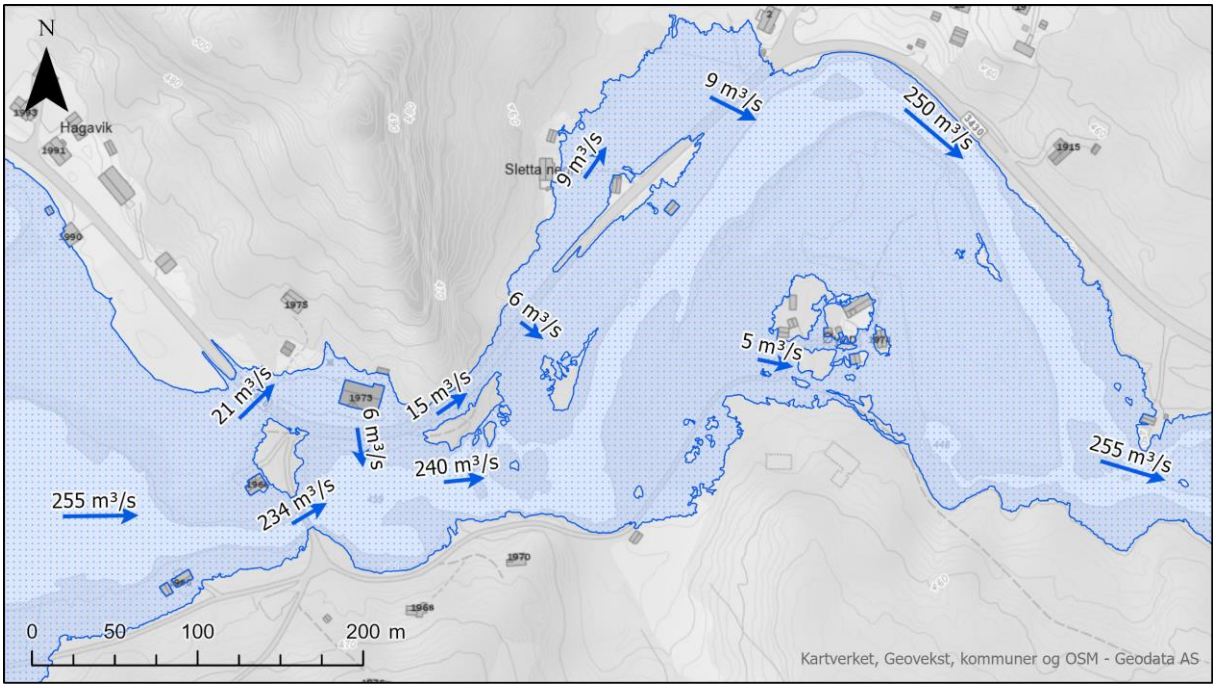


Figur 4-5 Hastighetsplott for 200-årsflom inkl. 20% klimapåslag, ved dagens situasjon.

Resultatene viser at vannstandsstigningen i Bjårvatnet blir nokså stor; flomvannstanden er beregnet til 462.3 moh., som er rundt 2.7 meter over normalvannstanden i innsjøen. Til tross for dette ligger eksisterende bebyggelse rundt Bjårvatnet stort sett utenfor den beregnede flomsonen. Det er imidlertid enkelte bygg som ligger nærmest vannkanten som er utsatt for oversvømmelse.

Ved utløpet til Bjårvatnet, får man flomvann på avveie – se Figur 4-6. Mesteparten av vannet går under brua ved utløpet og videre ned i hovedløpet til Hovdeåi. Men, Tuddalsvegen ligger såpass lavt her, at nokså store vannmengder strømmer også over vegen og følger

denne et godt stykke før alt vannet til slutt strømmer tilbake til Hovdeåi. Den største vanndybden i vegbanen er ca. 30 cm.



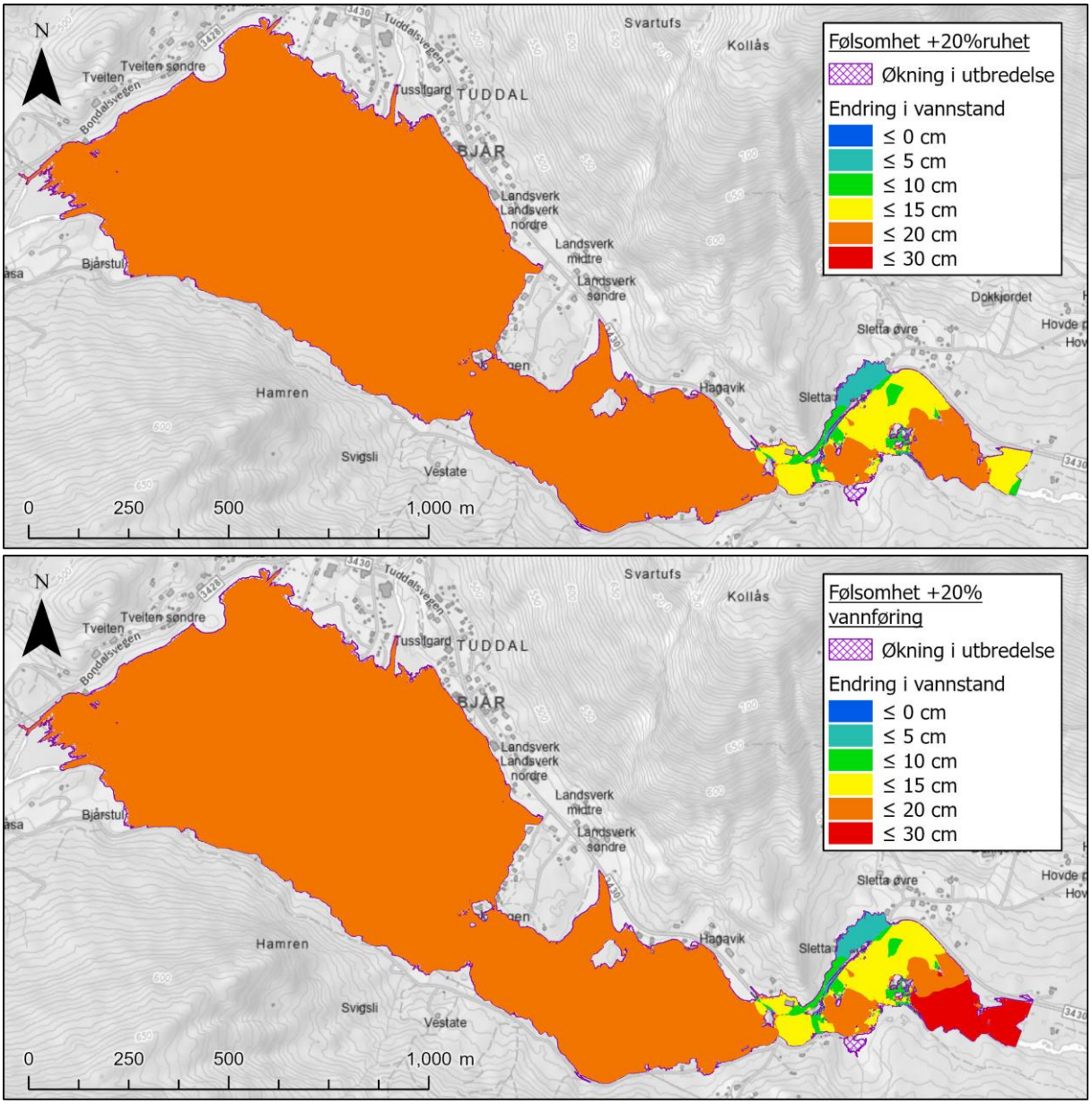
Figur 4-6 Kart som viser fordeling av flomvannføring i elver og flomløp ved 200-årsflom inkl. 20% klimapåslag.

4.4. Følsomhetsanalyser

For å kunne kalibere en modell, må det finnes samtidige målinger av vannstand og vannføring innenfor analyseområdet. Dette finnes ikke for Hovdeåi. Uten kalibrering, vil det være usikkerhet knytte til benyttede ruhetsverdier i den hydrauliske modellen. Det er også usikkerhet knyttet til flomberegningene, og benyttet vannføring. Det er derfor foretatt følsomhetsanalyser, der den hydrauliske modellen er kjørt med en økning i ruhet på +20% og vannføring på +20%.

Resultatene fra analysen er vist i Figur 4-7. Disse viser at modellen er tilnærmet like følsom for endringer i ruhet som i vannføring. Videre er vannstandsøkningen stort sett under 20 cm, og utbredelsen av flomsonen er tilnærmet lik som før.

Altså er modellen lite følsom for usikkerhet knyttet til modellparametere (ruhet) og vannføring.

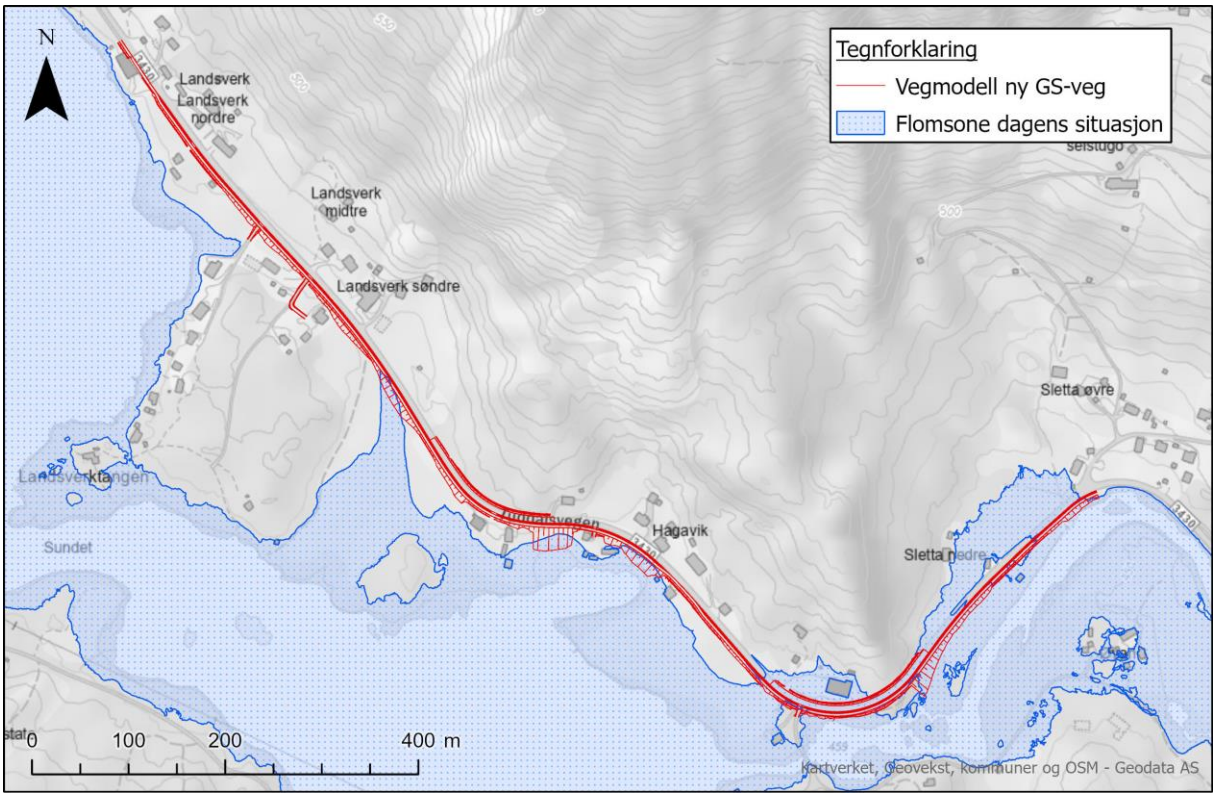


Figur 4-7 Resultater fra følsomhetsanalyser, der ruhet og vannføring er økt med +20%.

5. Vurdering av tiltak

Planlagt trasé for ny gang- og sykkelveg med vegfyllinger og avkjørsler er vist sammen med flomsone for dagens situasjon i Figur 5-1. Fra denne kan man se at den vestlige delen av ny GS-veg ligger utenfor flomfare, og at det er kun enkelte steder/punkter hvor vegfyllingen går inn i flomsonen. Den østlige delen, før avkjørselen til Hovdegrenda, er derimot utsatt for flom. I dette området vil også tiltakene sannsynligvis ha størst innvirkning på flomsituasjonen.

For å undersøke hvordan tiltakene endrer flomsituasjonen i vassdraget, og hvilke konsekvenser dette har for tredjeparter, er det gjort hydrauliske beregninger for fremtidig terrengsituasjon.

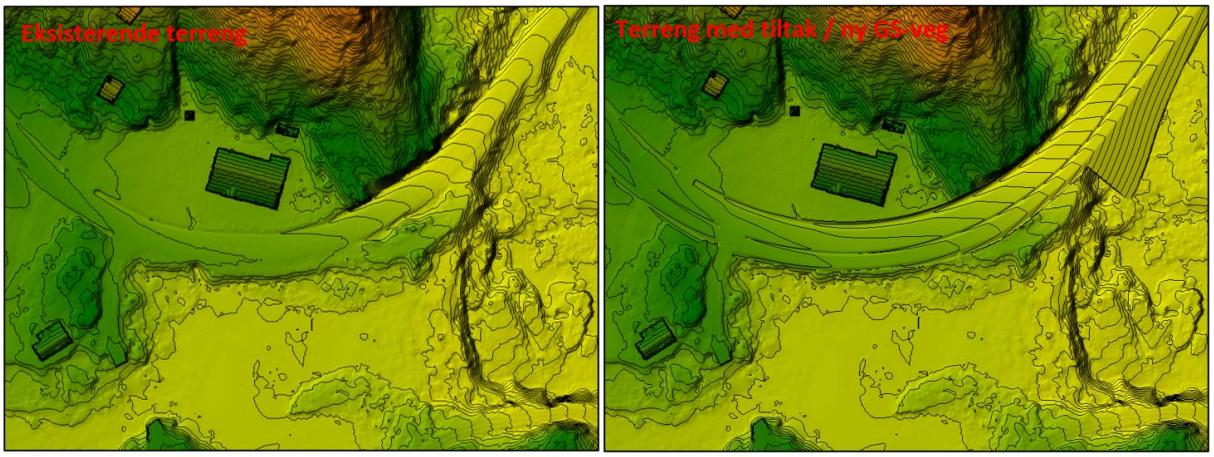


Figur 5-1 Kart som viser flomsone for 200-årsflom inkl. 20% klimapåslag sammen med trase for ny GS-veg.

5.1. Hydraulisk beregning av situasjon med tiltak

Det er benyttet den samme flomvannføringen som beregnet i kapittel 3 og den hydrauliske modellen beskrevet i kapittel 4, for å kartlegge flomsituasjonen med tiltak. Den eneste

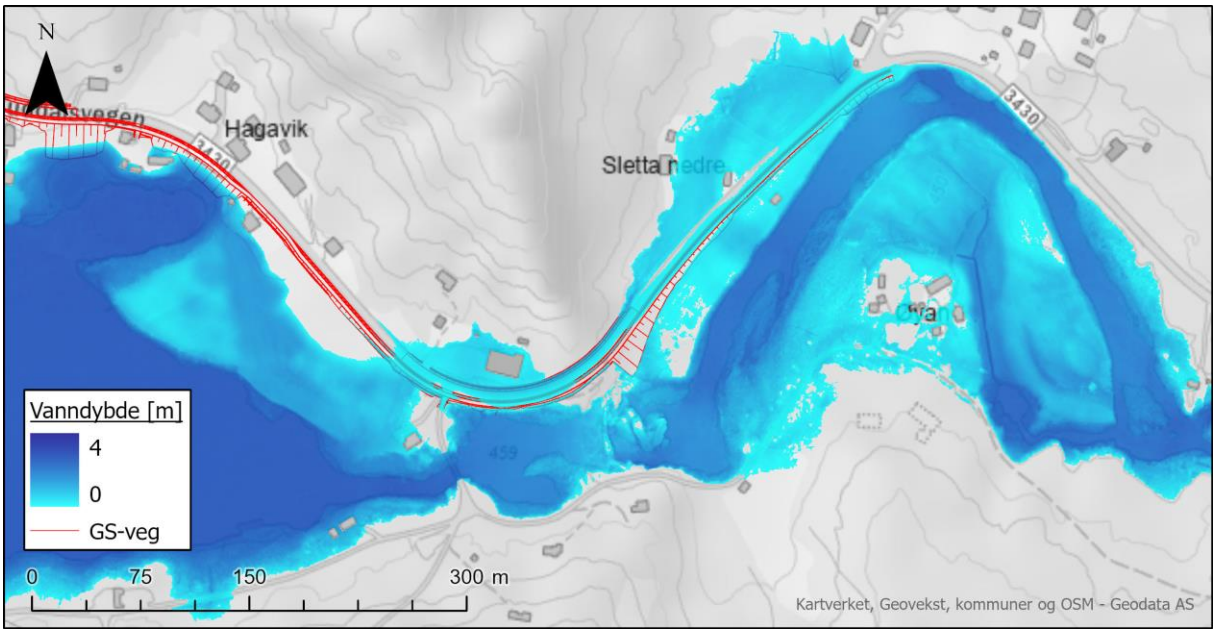
forskjellen, er at prosjektert 3D-modell for ny GS-veg (pr. oktober 2023) lagt inn i terrengmodellen – se Figur 5-2.



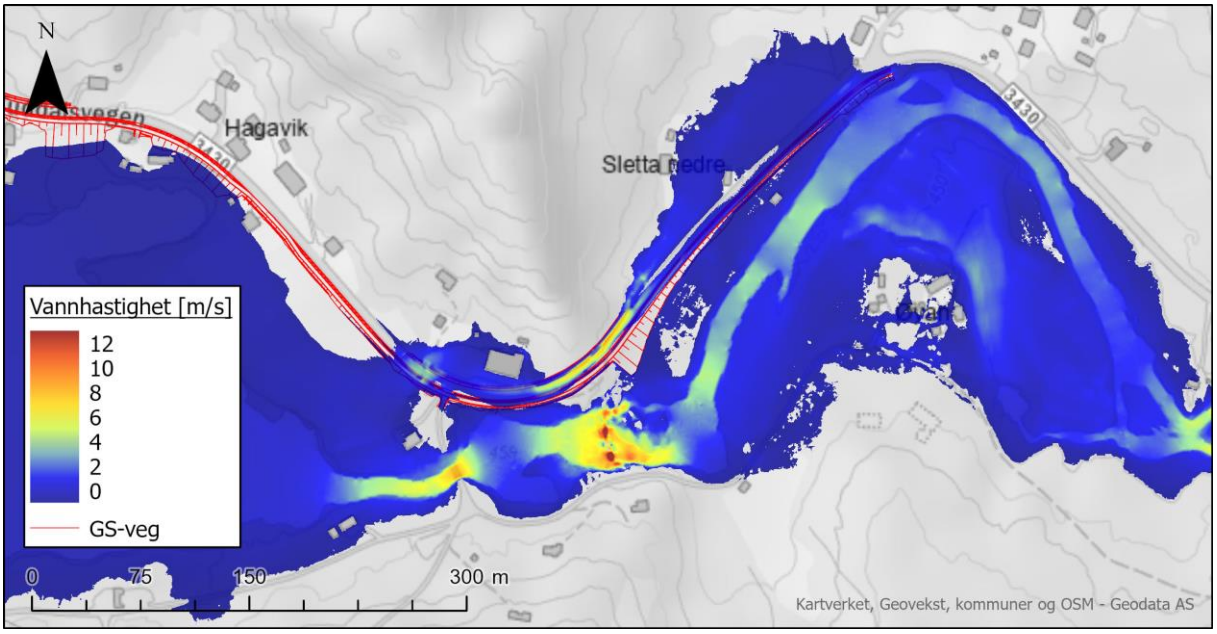
Figur 5-2 Utsnitt av terrengmodell for dagens situasjon og fremtidig situasjon med tiltak.

Resultater fra beregningen, med fokus på ny GS-veg, er vist i Figur 5-3 til Figur 5-5. Flomsituasjonen er nokså lik, og Tuddalsvegen og ny GS-veg blir oversvømt i det samme området som ved dagens terrengsituasjon. Største vanndybde i veg- og gangbanen er ca. 30 cm, altså tilsvarende noenlunde dagens situasjon.

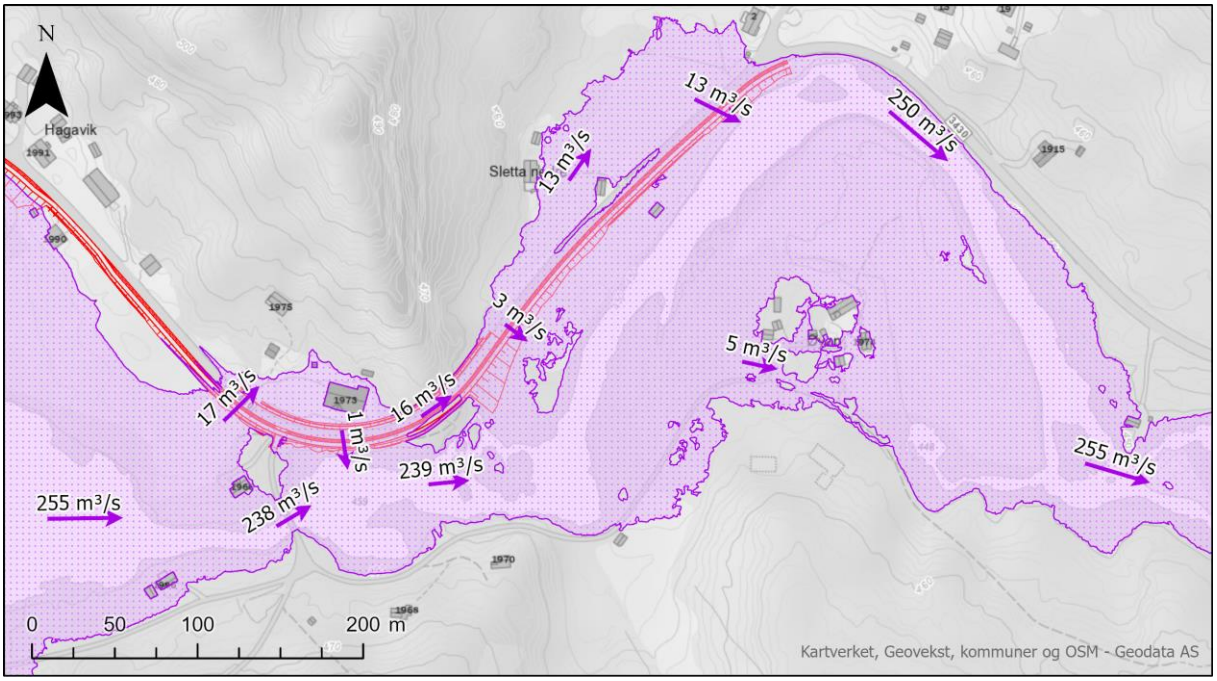
Mer detaljerte beskrivelser av endringer i flomsituasjonen er gitt i neste delkapittel.



Figur 5-3 Dybdeplott for 200-årsflom inkl. 20% klimapåslag, ved fremtidig situasjon med tiltak.



Figur 5-4 Hastighetsplott for 200-årsflom inkl. 20% klimapåslag, ved fremtidig situasjon med tiltak.



Figur 5-5 Kart som viser fordeling av vannføring ved 200-årsflom inkl. 20% klimapåslag i situasjon med tiltak.

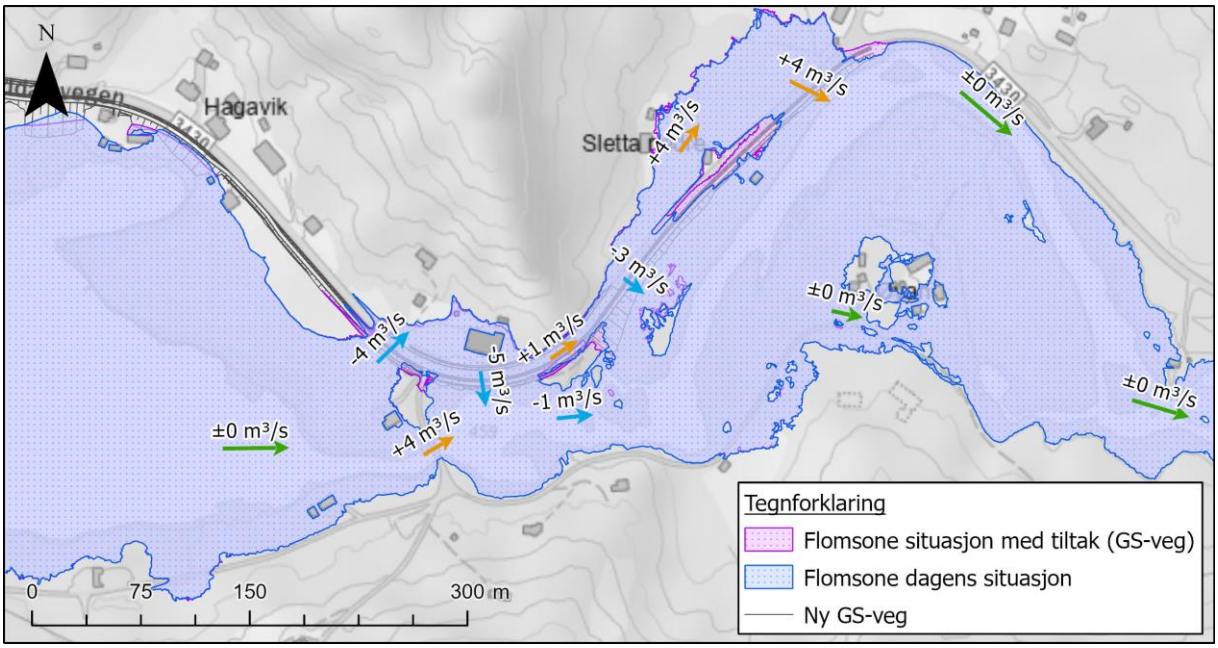
5.2. Endringer i flomsituasjonen

Endringer i flomsituasjonen som følge av etablering av ny GS-veg er illustrert i figurene under. Fra kartene ser man at endringene er størst lokalt ved tiltaket, der ny GS-veg berører dagens flomsone, og at endringene er neglisjerbar oppstrøms og nedstrøms dette.

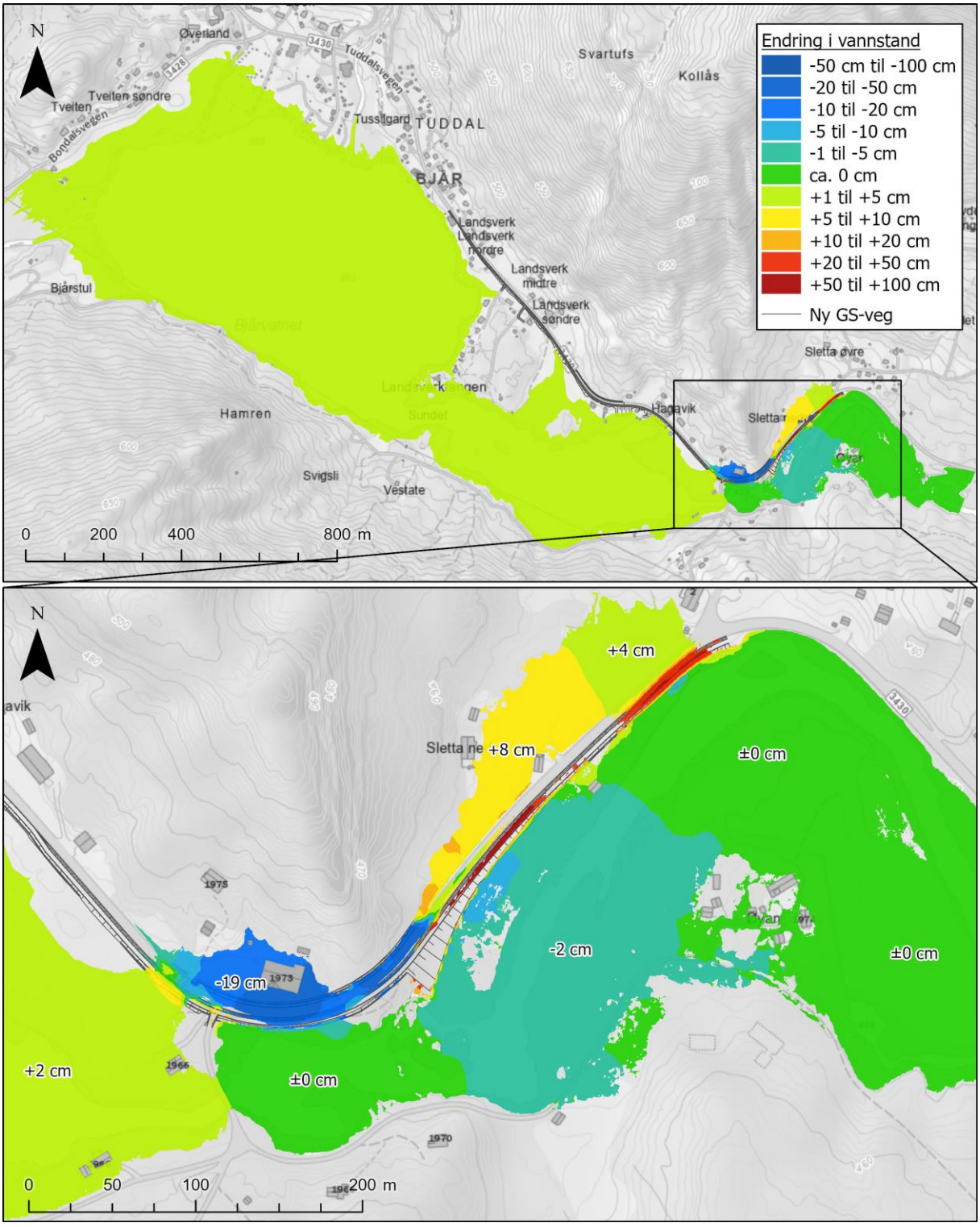
De største endringene i flomsituasjonen kommer av at ny GS-veg ligger noe høyere enn dagens bilveg ved utløpet til Bjårvatnet. Høydeforskjellen er ikke stor, men dette fører til en liten vannstandsøkning i innsjøen (+2 cm). Dette fører også til at det er noe mer flomvann som strømmer i hovedløpet under brua ved utløpet (+ 4 m^3/s), og mindre i flomløpet over vegen sammenlignet med dagens terrengsituasjon.

Dette gir ringvirkning i form av en liten hastighetsøkning under brua (maks +0.11 m/s), og redusert vannhastighet og vannstand i flomløpet. Men, siden ny GS-veg ligger noe høyere enn dagens terreng, og det skal etableres bedre/dypere grøfter langs Tuddalsvegen, er det mindre flomvann som strømmer *tilbake* til hovedløpet/Hovdeåi sammenlignet med dagens terrengsituasjon. Følgelig er det noe mer vann som strømmer på vestsiden av Tuddalsvegen ved Sletta Nedre (+4 m^3/s), med påfølgende økt vannstand og hastighet her (henholdsvis maksimal rundt +10 cm og +0.3 m/s).

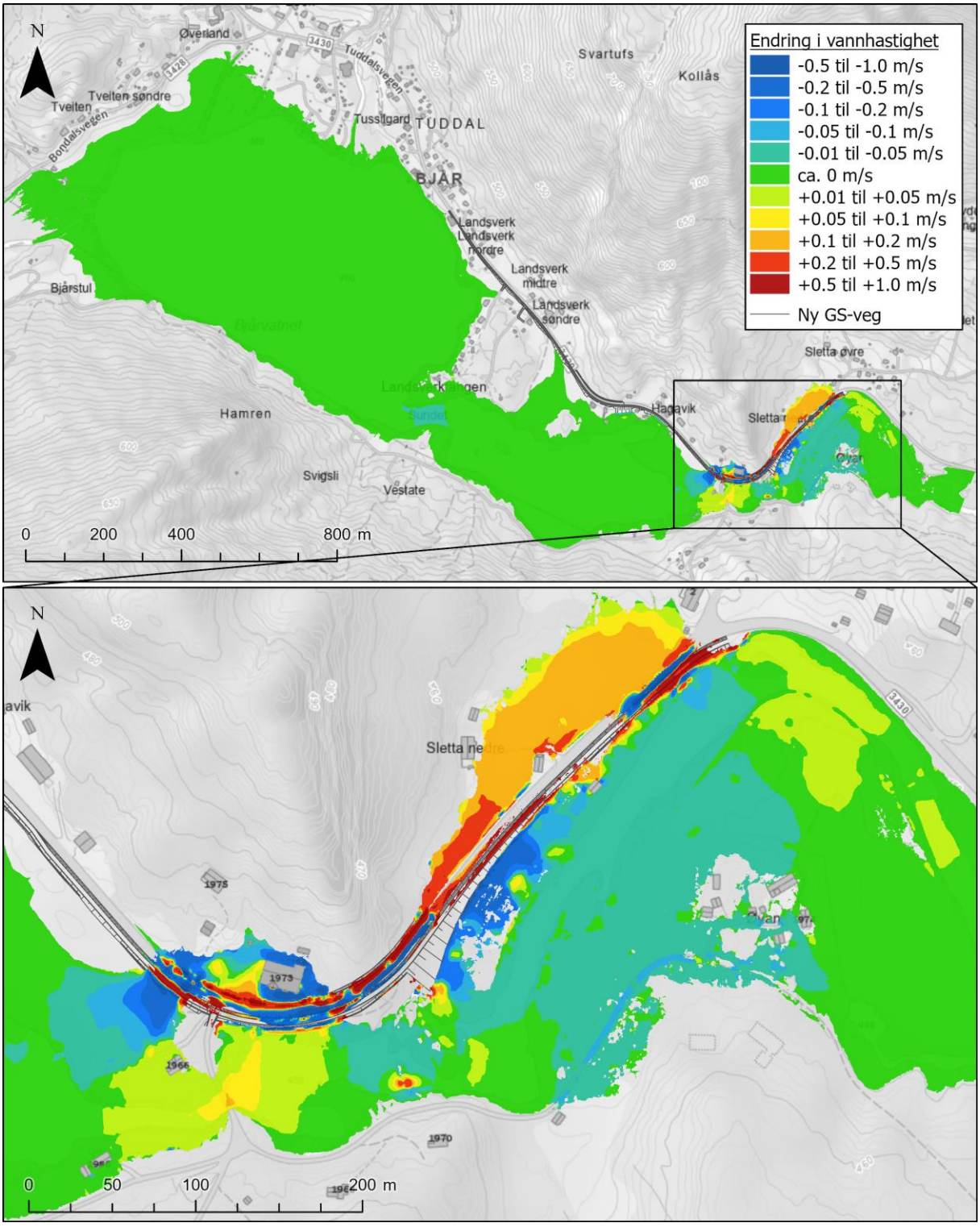
Altså er de største endringene i flomsituasjon i flomløpet på vestsiden og langs Tuddalsvegen. I innsjøen Bjårvatnet og hovedløpet Hovdeåi er virkningen av tiltaket tilnærmet neglisjerbar; vannstandendringen er maksimalt ±2 cm, og hastighetsendringen rundt ±0.1 m/s.



Figur 5-6 Beregnet endring i flomsone og endring i fordeling av flomvannføring som følge av tiltak.



Figur 5-7 Beregnet endring i vannstand ved 200-årsflom som følge av tiltak.



Figur 5-8 Beregnet endring i vannhastighet ved 200-årsflom som følge av tiltak.

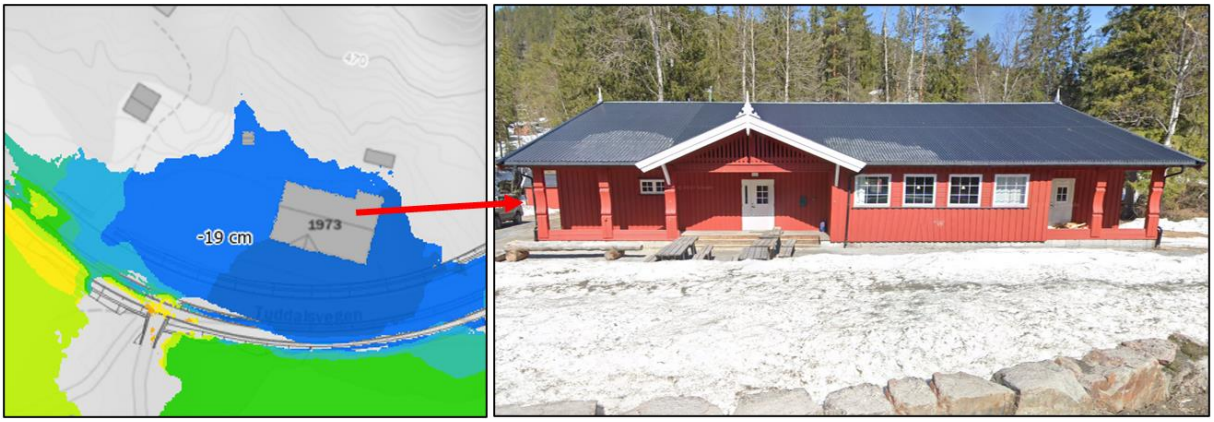
5.3. Konsekvenser av tiltak

Utbredelsen av flomsonen er tilnærmet den samme som ved dagens terrengsituasjon – altså er det ingen *flere* bygg som blir utsatt for oversvømmelse som følge av tiltaket.

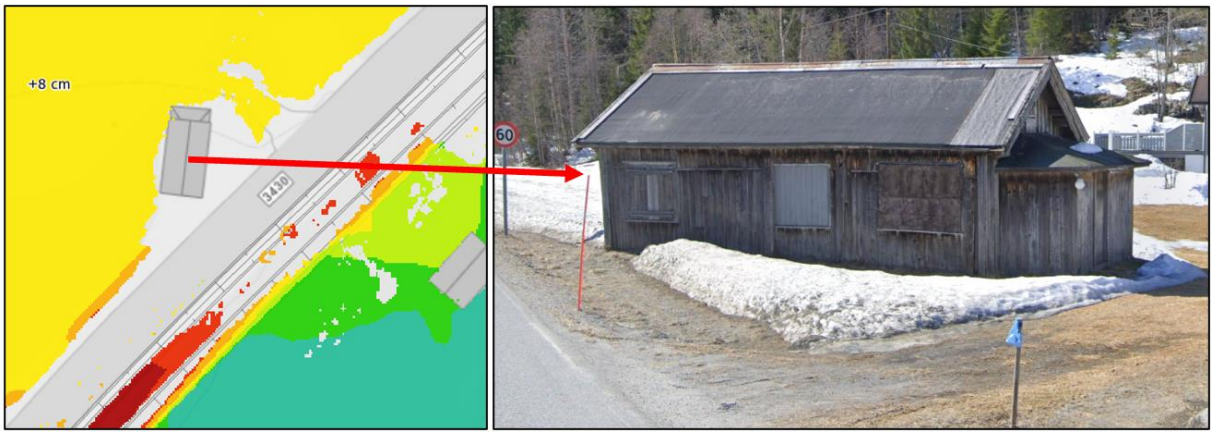
Vannstandsøkningen i Bjårvatnet er beregnet til +2 cm. For bebyggelsen rundt innsjøen vil en slik neglisjerbar økning ikke utgjøre en merkbar forskjell. Det samme gjelder bebyggelsen langs hovedløpet til Hovdeåi (nedstrøms brua), hvor vannstanden er tilnærmet den samme eller noe senket (opptil -2 cm). Hastighetsendringene i Hovdeåi er også små. Den største endringen i hastighet i elva skjer under brua ved utløpet til Bjårvatnet og ved fossen i elva rett nedstrøms dette. Relativt sett er imidlertid disse økningene små, kun ca. +1 til 2% i forhold til dagens vannhastigheter på samme sted. Det er derfor ikke er forventet noen endringer i erosjon- eller sedimentasjonsprosesser i elva.

Ved flomløpet over og langs Tuddalsvegen, er det noe bebyggelse som påvirkes i større grad. Ved et forsamlingshus senkes flomvannstanden (se Figur 5-9), og tiltaket har derfor muligens en positiv effekt for flomsikkerheten her. Lengre øst, økes vannstanden i flomløpet imidlertid noe. Dette har størst konsekvens for et bygg som ligger rett ved vegen – se Figur 5-10. Vannstand- og hastighetsøkningen ved dette bygget er henholdsvis rundt +8 cm og +0.25 m/s. Dette bygget er imidlertid i svært dårlig forfatning, og kan ikke brukes til permanent opphold. Videre er dybde, hastighet og DV-tall (Dybde x Vannhastighet) rundt bygget under anbefalte maksimalverdier gitt i NVE veileder 4/2022 – derfor får trolig ikke det forfalte bygget betydelige flomskader til tross for økt vannstand og hastighet.

Det er altså ikke forventet at etablering av ny GS-veg vil medføre økt flomfare for omkringliggende bebyggelse og infrastruktur.



Figur 5-9 Forsamlingshus som mulig påvirkes positivt (redusert flomfare) som følge av ny GS-veg.



Figur 5-10 Forfalt bygg som mulig påvirkes negativt (økt flomfare) som følge av ny GS-veg.

6. Konklusjon og anbefalinger

Flomvurderingen av Bjårvatnet og Hovdeåi i Hjartdal kommune, viser at planlagt GS-veg langs Tuddalsvegen er delvis utsatt for flom. Vurderingen er utført for 200-årsflom i fremtidens klima (inkludert 20% klimapåslag), og er basert på flomberegninger og hydraulisk modellering.

Ved utløpet til Bjårvatnet får man flomvann på avveie, med et flomløp som går over og langs Tuddalsvegen helt frem til avkjørselen til Hovdegrenda. Maksimal vanndybde i vegbanen er rundt 30 cm. Vest for dette, ligger Tuddalsvegen og ny GS-veg utenfor den modellerte flomsonen. Vegeier (Vestfold og Telemark fylkeskommune) har ikke stilt noen krav til flomsikring av ny GS-veg, og det er derfor ikke anbefalt å gjøre noen spesielle tiltak for å sikre denne mot flom.

I henhold til plan- og bygningsforskriften §28-1 og TEK17 §7-1 andre ledd, skal det imidlertid dokumenteres at tiltaket ikke fører til økt flomfare for tredjeparter. Det er derfor gjort analyse for situasjon med tiltak, med prosjektert terreng (3D-modell) for ny GS-veg. Analysen viser at tiltaket har størst effekt på flomsituasjonen i flomløpet ved Tuddalsvegen. I innsjøen Bjårvatnet og hovedløpet Hovdeåi er virkningen av tiltaket tilnærmet neglisjerbar; vannstandendringen er maksimalt ±2 cm, og hastighetsendringen rundt ±0.1 m/s.

I flomløpet ved Tuddalsvegen, er det hovedsakelig to bygninger som blir berørt. Det ene er et forsamlingshus, hvor man får en vannstandssenkning på rundt -20 cm. Tiltaket har derfor muligens en positiv effekt for flomsikkerheten her. Lengre øst i flomløpet fører imidlertid etablering av ny GS-veg til noe økt vannstand og hastighet. Ved et forfalt bygg er dette på rundt +8 cm og +0.25 m/s. Men, dybden og hastigheten er fortsatt såpass lav i forhold til anbefalte grenseverdier fra NVE, at det forfalte bygget trolig ikke vil få betydelige flomskader.

Det er altså ikke forventet at etablering av ny GS-veg vil medføre økt flomfare for omkringliggende bebyggelse og infrastruktur.

Kilder

- **Engeland, K., Glad, P., Hamududu, B.H., Li, H., Reitan, T. og Stenius, S.M.** (2020) *Lokal og regional flomfrekvensanalyse*. NVE rapport 10/2020.
- **Direktoratet for byggkvalitet** (2017). *Byggteknisk forskrift.* TEK17.
- **Fergus, T., Hoseth K.A., Sæterbø, E.** (2010). *Vassdragshåndboka*. Tapir akademisk forlag.
- **HEC** (2023). *HEC-RAS River Analysis System. User's Manual*. Version 6.4.
- **Norsk Klimaservicesenter** (2021). *Klimaprofil Telemark.* Oppdatert januar 2021.
- **NVE** (2006). *Flomberegning for Sauland*. NVE rapport 14/2006.
- **NVE** (2022). *Veileder for flomberegninger*. NVE veileder 1/2022.
- **NVE** (2022). *Sikkerhet mot flom – Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak.* NVE veileder 3/2022.
- **NVE** (2022). *Rettleiar for handtering av overvatn i arealplanar*. NVE veileder 4/2022.
- **Plan- og bygningsloven** (2008). *Lov om planlegging og byggesaksbehandling* (LOV-2008-06-27-71). Hentet fra https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71
- **Skred AS** (2021). *Flomfarevurdering for Sauland sentrum*. Versjon 3, datert 03.02.2021.

Databaser og verktøy:

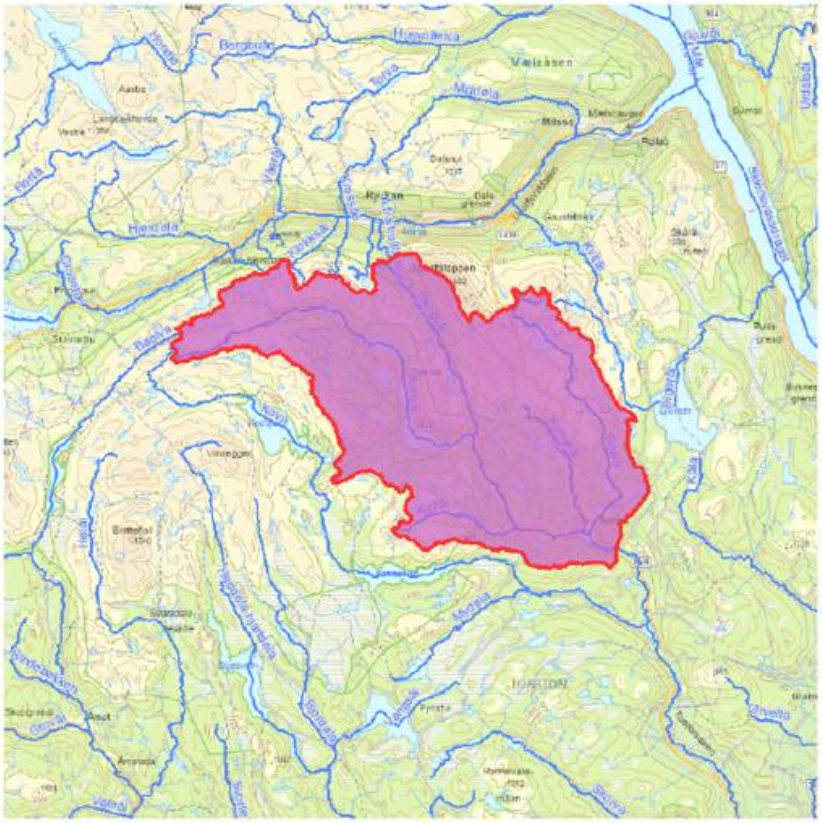
- **Hydra II** (oktober, 2023). NVEs database for hydrologiske data.
- **Høydedata** (oktober, 2023). Kartverket. Hentet fra https://hoydedata.no/LaserInnsyn/
- **NEVINA** (oktober, 2003). NVE. Hentet fra https://nevina.nve.no/
- **NVE karttjenester** (oktober, 2023). NVE. Hentet fra https://kartkatalog.nve.no/#kart

Vedlegg

Vedlegg 1 NEVINA rapport

asplan viak

Vedlegg 1 – NEVINA-rapport



Norges vassdrags- og energidirektorat

Kartbakgrunn:	Statens Kartverk
Kartdatum:	EUREF89 WGS84
Projeksjon:	UTM 33N
Beregn.punkt:	152799 E 6639446 N

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

Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.:	**016.EAB**
Kommune.:	**Hjartdal**
Fylke.:	**Vestfold og Telemark**
Vassdrag.:	**Hovdeåi**

Feltparametere

Areal (A)	189	km²
Effektiv sjø (A_{SE})	1.14	%
Elvleengde (E_L)	22.7	km
Elvegradient (E_G)	26.1	m/km
Elvegradent $_{1085}$ ($E_{G,1085}$)	26.2	m/km
Helning	13.1	°
Dreneringstetthet (D_T)	1.4	km^{-1}
Feltlengde (F_L)	23.9	km

Arealklasse

Bre (A_{BRE})	0	%
Dyrket mark (A_{JORD})	0.6	%
Myr (A_{MYR})	6.3	%
Leire (A_{LEIRE})	0	%
Skog (A_{SKOG})	50.8	%
Sjø (A_{SJO})	8.2	%
Snaufjell (A_{SF})	29.8	%
Urban (A_U)	0	%
Uklassifisert areal (A_{REST})	4.3	%

Hypsografisk kurve

$Høyde_{MIN}$	451	m
$Høyde_{10}$	688	m
$Høyde_{20}$	799	m
$Høyde_{30}$	870	m
$Høyde_{40}$	917	m
$Høyde_{50}$	962	m
$Høyde_{60}$	1004	m
$Høyde_{70}$	1064	m
$Høyde_{80}$	1130	m
$Høyde_{90}$	1205	m
$Høyde_{MAX}$	1870	m

Klima- /hydrologiske parametere

Avrenning 1961-90 (Q_N)	33.7	l/s*km²
Sommernedbør	498	mm
Vinternedbør	535	mm
Årstemperatur	-0.5	°C
Sommertemperatur	6.2	°C
Vintertemperatur	-5.3	°C

© nevina.nve.no