

Oppdragsgiver	Navn Aevi Eiendom AS	Kontaktperson Rune Solstad
Oppdrag	Nummer og navn 22515 Aurskog-Høland – Flomfarevurdering for gbnr. 32/27, detaljregulering for Rådyrveien	Oppdragsleder Ingvild Brekke
Dokument	Nummer 22515-01-1 Utført av Ingvild Brekke	Dato 2023-01-31 Kontrollert av Petter Reinemo (flomberegning), Lars Staver Eid

Versjon	Dato	Utført	Kontroll	Beskrivelse
1	31.01.2023	IB	PR, LSE	

Flomfarevurdering

Sammendrag

Det arbeides med detaljreguleringsplanen Rådyrveien på gbnr. 32/27 i Aurskog-Høland kommune. I den forbindelse er Skred AS bedt om å utføre en flomfarevurdering av planområdet. Planområdet ligger nær Hølandselva og Prestelva som begge ifølge NVE sine aktsomhetskart for flom utgjør en potensiell flomfare. Krav til sikkerhet mot flom gitt av TEK17 §7-2 er lagt til grunn for vurderingene.

Dimensjonerende 200-årsflom i Prestelva og Hølandselva, inkludert et klimapåslag på 20 %, er beregnet til henholdsvis 21 og 106 m³/s. Det er etablert to hydrauliske modeller: En en-dimensjonal modell for Hølandselva fra samløpet og ned til utløpet i Skulerudvannet, og en to-dimensjonal modell fra Prestelva ved planområdet og ned til samløpet. Bruene nedover langs Hølandselva er målt opp og lagt inn i modellen. 200-årsvannstanden i Skulerudvannet ble satt til 119,69 moh. basert på en frekvensanalyse. Modelleringen bekrefter at vannstanden i Skulerudvannet og kapasiteten til bruene nedover Hølandselva er avgjørende for flomnivået ved samløpet.

Basert på resultater fra modelleringen og analysene er planområdet ikke utsatt for flom med en årlig sannsynlighet større enn 1/200 i år 2100, som tilsvarer sikkerhetsklasse F2 i TEK17. Dimensjonerende flomnivå i Prestelva er 123,0 moh. ved planområdet.

Innhold

1	Innledning	4
1.1	Bakgrunn	4
1.2	Befaring	4
1.3	Forbehold	4
2	Krav til sikkerhet	5
2.1	Lovverket	5
2.2	Flom	5
2.2.1	Aktuelle krav	6
3	Beskrivelse av området, elveløp, konstruksjoner og grunnforhold	7
3.1	Område og elveløp	7
3.2	Konstruksjoner	9
3.3	Grunnforhold	12
3.4	Erosjonsfare	12
4	Flomberegning	13
4.1	Metode	13
4.2	Beskrivelse av nedbørfelt	13
4.3	Beregning med utvalgte metoder	14
4.3.1	Målestasjoner og flomfrekvensanalyse	14
4.3.2	Forholdstall mellom kulminasjon- og døgnmiddelvannføring	17
4.3.3	Regional flomfrekvensanalyse	18
4.3.4	Nedbør-avløpsmetoder	19
4.4	Klimaframskrivninger	20
4.5	Vurdering av resultater	20
4.5.1	Middelflom	20
4.5.2	Vekskurve	21
4.5.3	Sammenligning av de ulike metodene	21
4.6	Dimensjonerende vannføring	22
4.7	Klassifisering av det hydrologiske datagrunnlaget for flomberegningen	22
4.8	Nedstrøms forhold i vassdraget	22
4.9	Samtidighet	22
5	Hydraulisk modellering	23
5.1	Metode	23
5.2	Oppsett av 1-dimensjonal modell	23
5.2.1	Modelloppsett 1D-modell	23
5.2.2	Grensebetingelser 1D-modell	25
5.2.3	Tilpassing av 1D-modell	25
5.3	Oppsett av 2-dimensjonal modell	26
5.3.1	Modelloppsett 2D-modell	26
5.3.2	Konstruksjoner 2D-modell	27

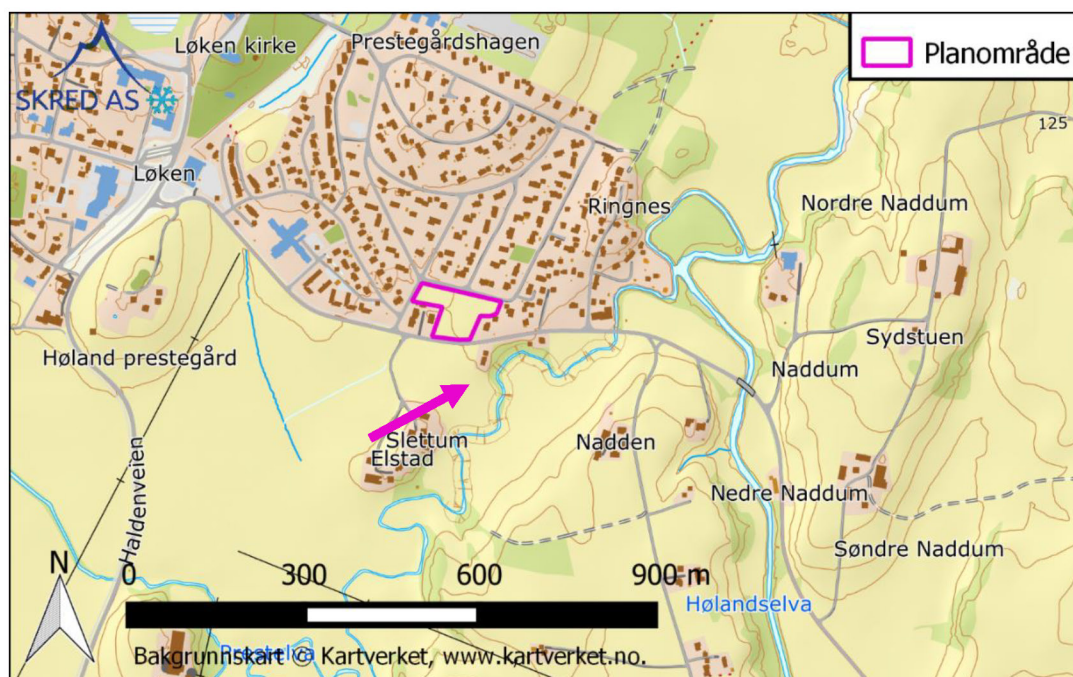
5.4	Modellert fremtidig 200-årsflom.....	27
5.5	Følsomhetsanalyse	27
5.5.1	1D-modell	27
5.5.2	2D-modell	28
6	Faresoner for flom.....	29
7	Risikoreduserende tiltak.....	30
8	Konklusjon	31
9	Referanser	32

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Det arbeides med detaljreguleringsplanen Rådyrveien på gbnr. 32/27 i Aurskog-Høland kommune. I den forbindelse er Skred AS bedt om å utføre en flomfarevurdering av planområdet. Planområdet ligger nær Hølandselva og Prestelva som begge ifølge NVE sine aktsomhetskart for flom utgjør en potensiell flomfare. Krav til sikkerhet mot flom gitt av TEK17 §7-2 (2) skal legges til grunn for vurderingene. Krav til sikkerhet mot erosjon gitt av TEK17 §7-2 (4) er vurdert av Norconsult (2021), og det forutsettes at anbefalingene følges opp.

Beliggenheten til planområdet er vist på figur 1.



Figur 1: Beliggenheten til planområdet, ved Løken i Aurskog-Høland kommune.

1.2 Befaring

Skred AS ved Ingvild Brekke og Lars Staver Eid har vært på befaring av de aktuelle elvestrekningene 11.12.2020 i forbindelse med et annet oppdrag. Det var overskyet, bar bakke, mye vann i elvene og generelt gode befaringforhold. Registreringer ble gjort til fots og med drone.

1.3 Forbehold

Flomvurderinger er gjort ut fra terreng og vegetasjon slik det fremsto på vurderingstidspunktet. Hvis terreng eller vegetasjon endres betydelig, kan det ha betydning for flomforholdene. Det kan innbefatte fysiske endringer i vassdraget eller endring i klimaframskrivninger. Da anbefales det å utføre en ny vurdering.

Informasjon om tidligere flomhendelser er viktige for vurderingene. Dersom det kommer mer informasjon om tidligere hendelser, bør det tas med i betraktningene.

2 Krav til sikkerhet

2.1 Lovverket

Plan- og bygningsloven § 28-1 stiller krav om tilstrekkelig sikkerhet mot fare for nybygg og tilbygg:

«Grunn kan bare bebygges, eller eiendom opprettes eller endres, dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold. Det samme gjelder for grunn som utsettes for fare eller vesentlig ulempe som følge av tiltak.»

2.2 Flom

Byggteknisk forskrift TEK17 § 7-2 definerer krav til sikkerhet mot flom og stormflo for nybygg. Paragrafen gjelder for saktevoksende flommer som normalt ikke medfører fare for menneskeliv. Sannsynligheten i tabell 1 angir største årlige sannsynligheten for flom. Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres i henhold til aktuell sikkerhetsklasse. I veilederen til TEK17 gis retningsgivende eksempler på byggverk som kommer inn under de ulike sikkerhetsklassene for flom (DiBK, 2018).

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i flomfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2018).

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
F1	Liten	1/20
F2	Middels	1/200
F3	Stor	1/1000

Sikkerhetsklasse F1 omfatter byggverk der oversvømmelse har liten konsekvens, både økonomisk og samfunnsmessig. Det innebærer byggverk med lite personopphold som garasjer og lagerbygninger.

Sikkerhetsklasse F2 omfatter tiltak der flom vil føre til middels konsekvenser. Dette innebærer de fleste byggverk beregnet for personopphold som bolighus, hytter, kontorer, skoler og barnehager. Det kan tillates større økonomiske konsekvenser, men kritiske samfunnsfunksjoner skal ikke påvirkes.

Sikkerhetsklasse F3 omfatter tiltak der flom vil føre til store konsekvenser. Sårbare samfunnsfunksjoner og byggverk der oversvømmelse kan påføre omgivelsene stor forurensning ligger innenfor sikkerhetsklassen. Sykehjem, beredskapsfunksjoner, kritisk infrastruktur og avfallsdeponier er nevnt som eksempler.

I paragrafens fjerde ledd er det gitt at byggverk skal plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon. Avstanden til erosjonsutsatt elvekant bør være minst like stor som høyden på elvekanten og ikke under 20 meter. Dersom vassdraget sikres mot erosjon kan avstanden være mindre.

I forbindelse med bygging i alle områder hvor grunnen består av sprøbruddmateriale kommer NVEs retningslinjer og NVE-veileder nr. 1/2019 [2] til anvendelse. Sikkerhet mot erosjon og områdestabilitet følges opp av geoteknisk rådgiver.

2.2.1 Aktuelle krav

I retningslinjene til TEK17 er det gitt ulike eksempler, beskrevet på forrige side, på hva slags bebyggelse som ligger innenfor de ulike sikkerhetsklassene mot flom. I utgangspunktet virker sikkerhetsklasse F2 aktuelt for planlagt tiltak.

3 Beskrivelse av området, elveløp, konstruksjoner og grunnforhold

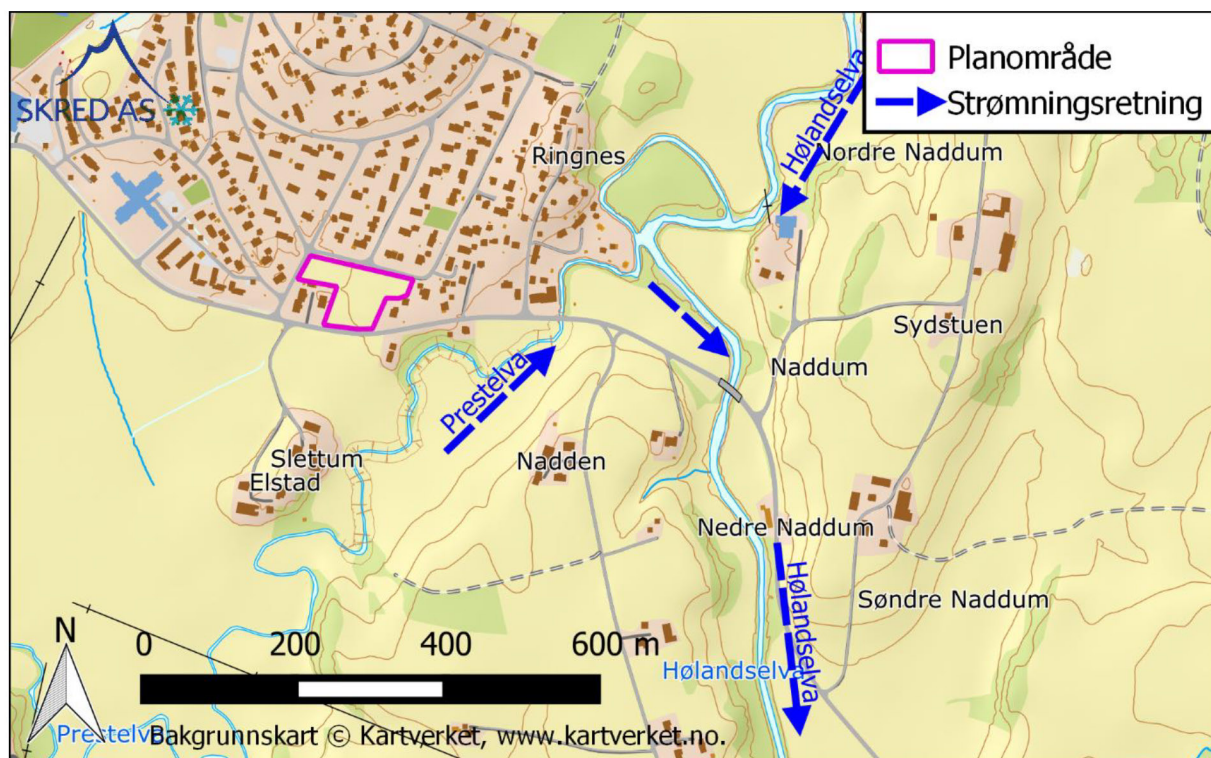
3.1 Område og elveløp

Planområdet ligger på nordsiden av Sandumveien, Fv. 1460. Prestelva renner på sørsiden av veien og meandrerer mellom jorder bortover. På det nærmeste er den 70 meter fra planområdet i en yttersving. Veien ligger et nivå høyere enn elva, 4-5 meter over. Planområdet er i dag dyrket mark.

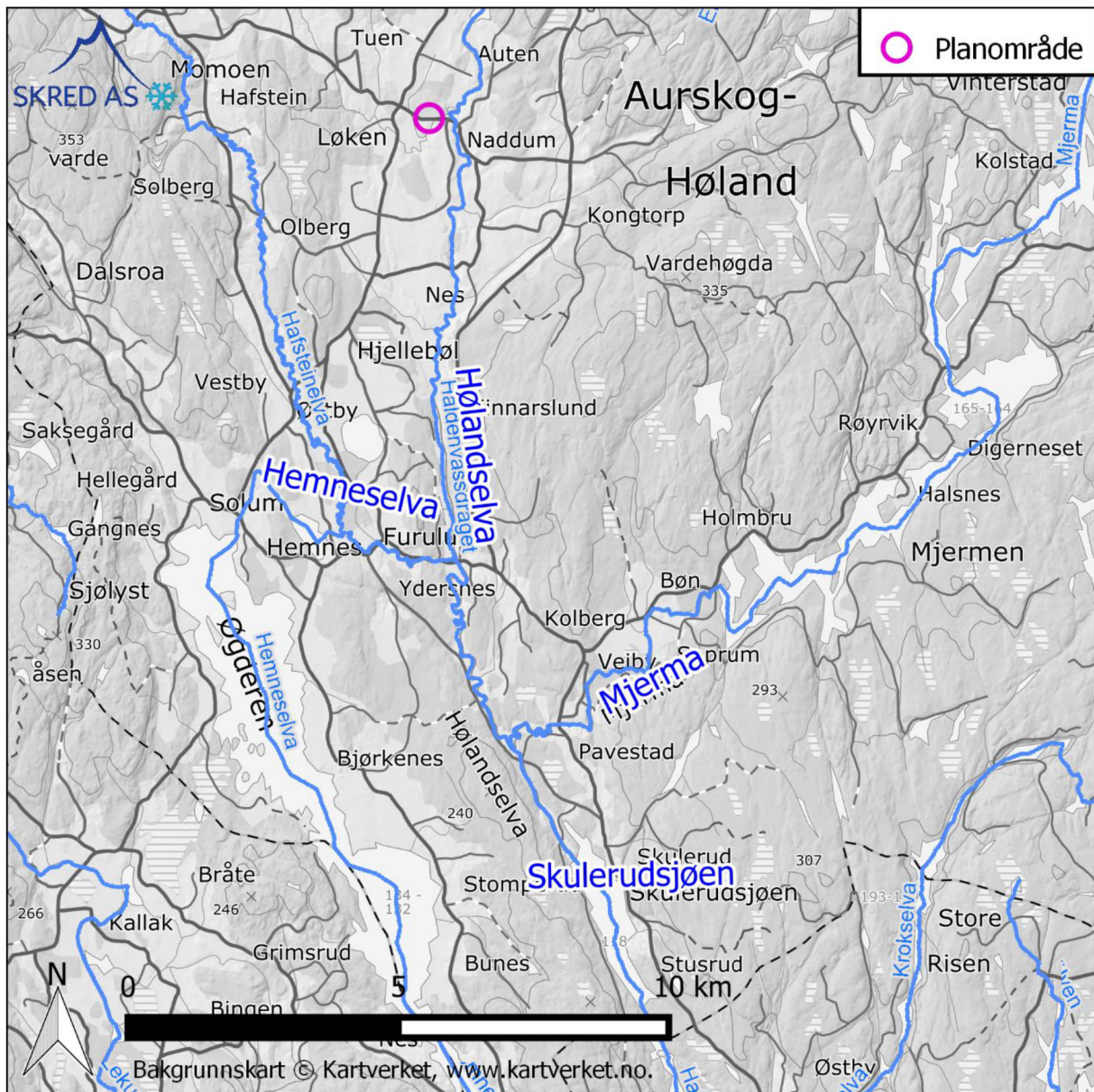
400 meter øst for planområdet renner Prestelva ut i Hølandselva, som renner sørover. 250 m etter samløpet renner Hølandselva under en stor bru for Fv. 1460. Elvegradienten forbi og nedstrøms planområdet er svært liten. Høydeforskjellen på vannlinja fra planområdet og ned til Skulerudsjøen rundt 15 km nedstrøms er fra nasjonal høydemodell indikert til kun rundt 1,0 m. Eventuell begrenset kapasitet under flere bruer nedover elva vil dermed kunne påvirke vannlinja ved planområdet.

Det er ikke gjort registreringer av bunnforholdene av elvene ifm. befarings. Basert på elvenes slake og sakteflytende karakteristikk forventes elvebunn å utgjøres av fine avsetninger som vil yte liten friksjon mot vannmassene.

Figur 2 og Figur 3 viser et oversiktskart over området og elveløpene, mens Figur 4 viser et dronebilde av samløpet. Dronefoto er tatt under flom desember 2020, og illustrerer Hølandselva innvirkning på vannføringen i Prestelva.



Figur 2: Oversiktskart over vurdert område og elveløp.



Figur 3: Vassdrag nedstrøms planområdet.



Figur 4: Dronebilde av samløpet til Prestelva (til høyre) og Hølandselva sett sørover. Bildet er tatt under flom i desember 2020, og illustrerer Hølandselvas innvirkning på vannføringen i Prestelva. Planområdet er rett utenfor bildet ved den oransje pila.

3.2 Konstruksjoner

Figur 5 til Figur 9 viser bruer som forventes å kunne ha en oppstuvende effekt på vannlinja. Ved et par andre bruer er omliggende terreng lavere enn underkant bru, så der er ikke brudekket modellert.



Figur 5: Bru Fv. 1460 over Prestelva 250 meter øst for planområdet.



Figur 6: Bru Fv. 1460 over Hølandselva 500 m øst for planområdet.



Figur 7: Bru 2,8 km nedstrøms planområdet.



Figur 8: Bru 8,3 km nedstrøms planområdet.



Figur 9: Bru 12 km nedstrøms planområdet.

3.3 Grunnforhold

Ifølge grunnundersøkelsene for planområdet (Løvlien georåd, 2019) består de lavereliggende områdene ned mot Prestelva og Hølandselva av marine avsetninger av homogen leire, mens det i de høyereliggende områdene er tørrskoprelerie, sand og grus over berg. Det er påvist forekomster av kvikkleire og sprøbruddmateriale i området.

3.4 Erosjonsfare

I henhold til krav i TEK17 skal byggverk plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon. Erosjonsfaren har blitt vurdert av Norconsult (2021) på bakgrunn av funnene i grunnundersøkelsen (Løvlien georåd, 2019). I Norconsult-vurderingen anbefales det å sikre Prestelva mot erosjon ved planområdet Rådyrveien, og mulige løsninger og aktuelt omfang er skissert.

Sikkerhet mot erosjon vurderes ikke nærmere som del av denne rapporten, det forutsettes at anbefalinger fra geoteknisk rådgiver utføres og følges opp som anbefalt.

4 Flomberegning

4.1 Metode

Hvilke metoder som bør benyttes ved en flomberegning avhenger av flere forhold. Valg av metode må blant annet gjøres ut fra geografiske- og meteorologiske parametere, om det finnes målestasjoner i vassdraget eller i nærliggende vassdrag, kvalitet og lengde på eventuelle måleserier, samt det aktuelle nedbørfeltets størrelse og feltkarakteristika. Metodene benyttet i flomberegningene er beskrevet under.

Veileder for flomberegninger (NVE, 2022) er lagt til grunn for flomberegningen.

4.2 Beskrivelse av nedbørfelt

Nedbørfeltet til Hølandselva begynner i Nes kommune og drenerer sørover. Det er flere innsjøer, blant annet Bjørkelangen, som bidrar til den effektive sjøprosenten. Mesteparten av nedbørfeltet består av skog, men også en del dyrket mark i tilknytning til vegnettet. Feltet er veldig flatt, og har en elvegradient på 2 m/km. Både Bjørkelangen og Maltjenn er regulert for kraftproduksjon, og flere mindre innsjøer er demmet opp trolig med vannforsyning som formål. Reguleringshøyden i Bjørkelangen og Maltjenn er kun 1-2 m. For store returperioder forventes den flomdempende effekten av reguleringa å avta, slik at flommer med høy returperiode forventes å ha tilnærmet uregulerte forhold.

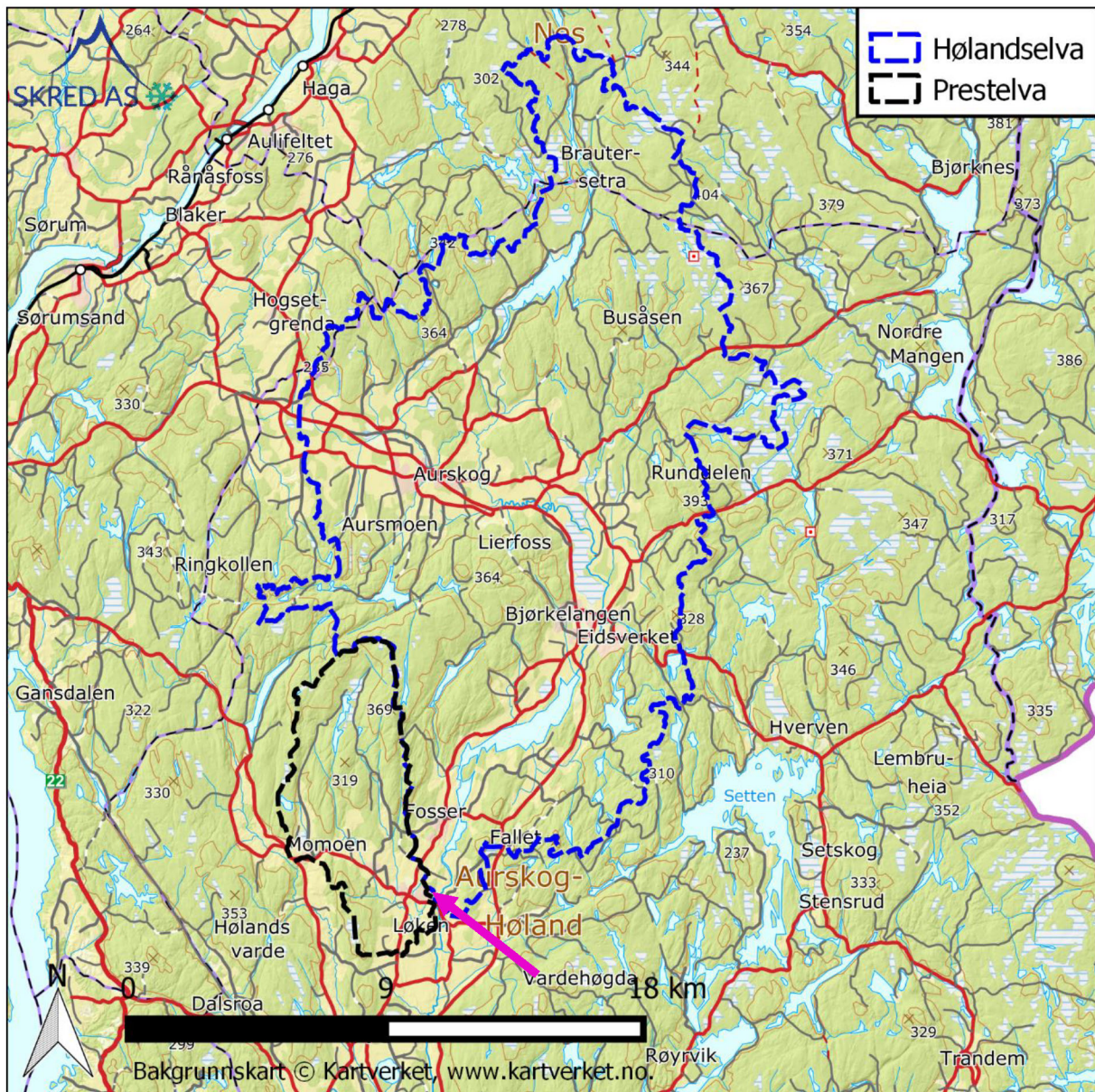
Nedbørfeltet til Prestelva drenerer sørover. Det er en innsjø i den nordre delen av nedbørfeltet, men ellers består feltet mest av skog og en del dyrka mark. Feltet er relativt flatt og ikke påvirket av regulering.

Feltkarakteristika til elvene er vist i Tabell 2 og feltgrensene er vist i Figur 10.

Tabell 2: Feltkarakteristika til Hølandselva og Prestelva.

Vassdrag	Feltareal [km ²]	q _N [*] [l/s*km ²]	Eff. Sjø [%]	Skog [%]	Dyrket [%]	Snaufjell [%]	Høydeint. [moh]
Hølandselva	284	14	1.4	73	16	0	119-407
Prestelva	37.2	15	0.19	72	20	0	120-368

*fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961-90.



Figur 10: Feltgrensene til Prestelva og Hølandselva. Pila markerer Løken.

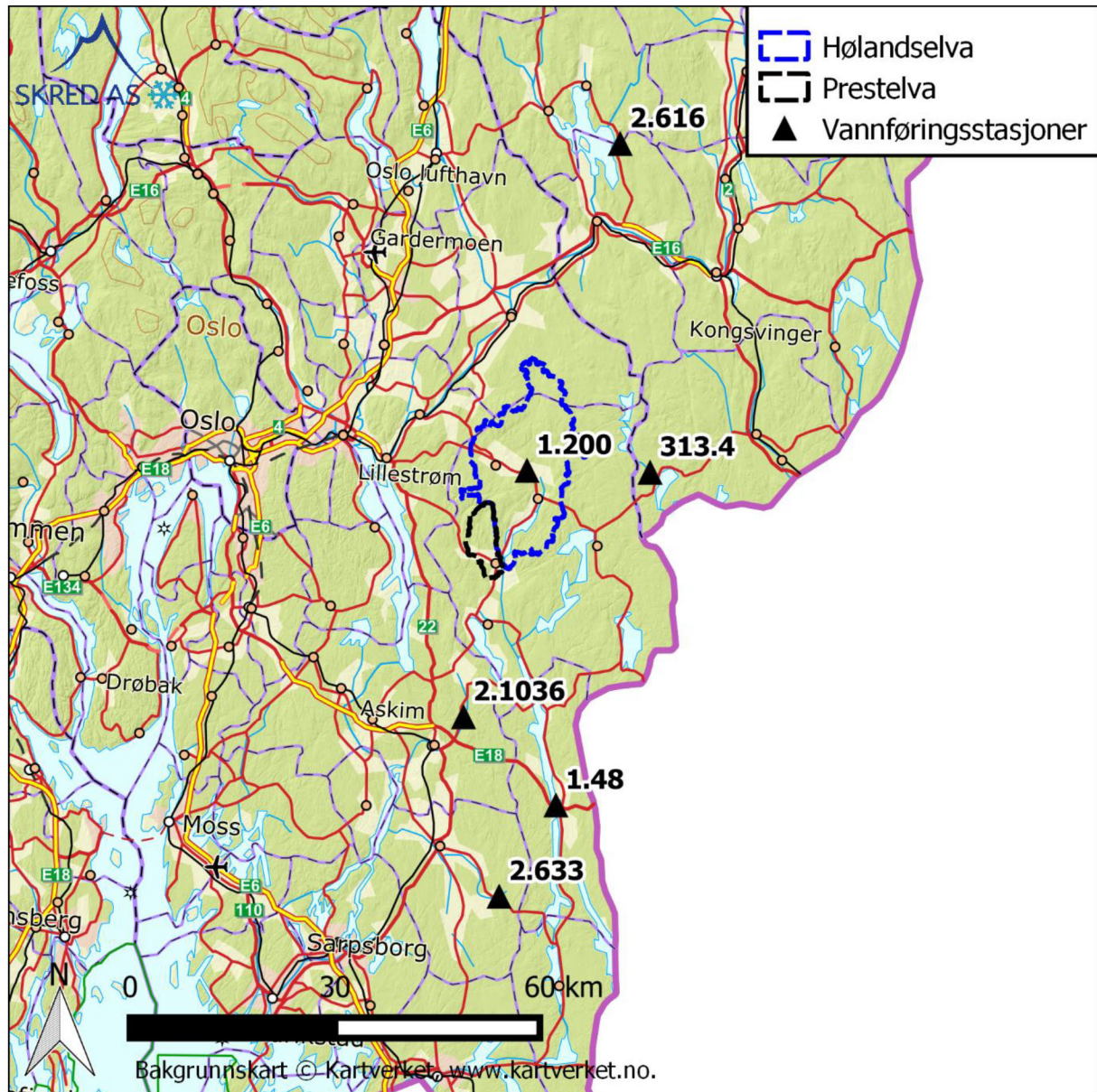
4.3 Beregning med utvalgte metoder

4.3.1 Målestasjoner og flomfrekvensanalyse

Målestasjonen 1.200 Lierelv ligger oppstrøms i Hølandselva og har 10 år med målinger, men den er vurdert som uegnet for flomanalyser av NVE. Målestasjonen 1.48 Ørje ligger lenger nede i vassdraget (1007 km²), men har en reguleringsgrad-areal på 1,0. Det er valgt å benytte disse stasjonene for å vurdere spesifikk avrenning, men ikke flomforholdene. Det er derfor funnet et annet større utvalg målestasjoner som sammen kan gi en indikasjon på flomforholdene i elvene. Indikasjonen fås gjennom beregning og vurdering av spesifikk middelflom og flomfrekvensanalyse, samt analyse av feltkarakteristika opp mot aktuelt nedbørfelt.

|

Tabell 3 er det gitt et utvalg målestasjoner, inkludert feltkarakteristika, som sammen kan gi en indikasjon på flomforholdene i det vurderte nedbørfeltet. Det er valgt ut stasjoner som ikke er påvirket av regulering og hvor det foreligger et datagrunnlag med tilstrekkelig kvalitet. Middellavrenning (q_n) er beregnet basert på måleserien ved hver stasjon. Hypsografisk kurve til stasjonene er vist i Figur 12 og beliggenhet er vist i Figur 11.

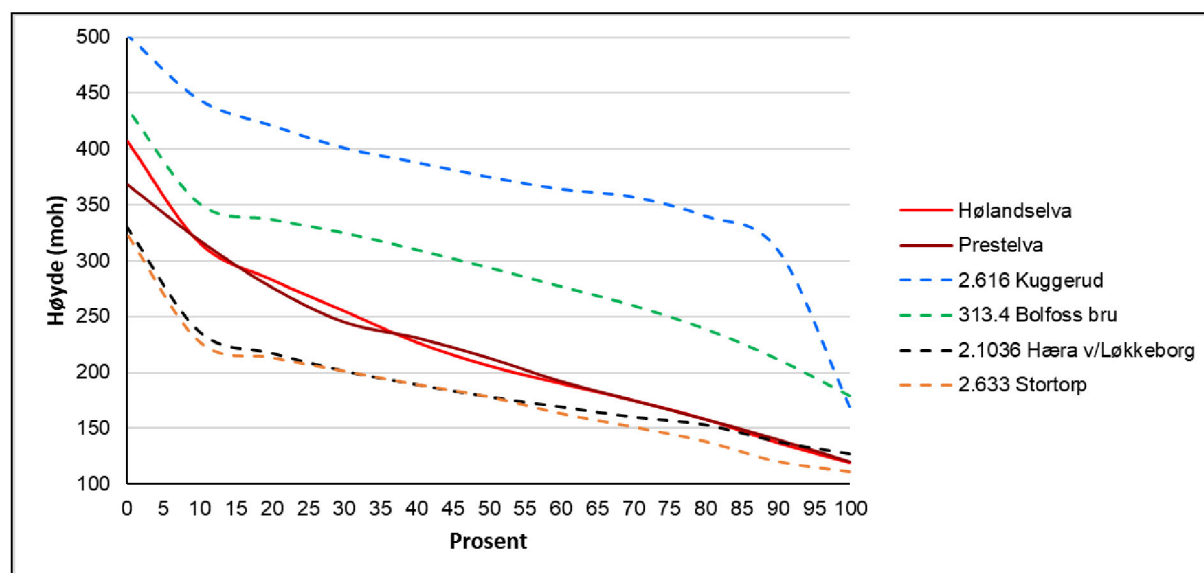


Figur 11: Lokasjon til utvalgte målestasjoner.

Tabell 3: Utvalgte målestasjoner som er vurdert representative for Prestelva og Hølandselva.

Målestasjon	Feltareal [km ²]	Målinger [år]	q _N [l/s*km ²]	Eff. Sjø [%]	Skog [%]	Dyrket [%]	Høyde [moh]
Hølandselva	284	-	14*	1.40	73	16	119-407
Prestelva	37.2	-	15*	0.19	72	20	120-368
1.200 Lierelv	133	2011-2020	16	0.59	74	16	134-407
1.48 Ørje	1007	1964-2012	15	2.33	73	13	92-407
2.616 Kuggerud	48	1978-2020	16	1.14	85	0	169-502
313.4 Bolfoss bru	267	1911-1984	15	3.21	82	0	179-436
2.1036 Hæra v/Løkkeborg	133	2006-2021	17	0.32	71	21	127-329
2.633 Stortorp	87	1980-2021	20	0.42	86	4	111-323

*fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961-90



Figur 12: Hypsografisk kurve til Hølandselva, Prestelva og vurderte målestasjoner.

Vannføringsmålinger fra de aktuelle målestasjonene er hentet ut og analysert gjennom programmet Flom_analyse og NVE-databasen Hydra2. Det er gjort flomfrekvensanalyse av måleseriene på årsflommer. Kvaliteten til vannføringskurvene er gitt av NVE sin vurdering av aktuell kurve, noe som er avgjørende for kvaliteten til måledataene.

For hver måleserie er det gjort et valg av type frekvensfordeling basert på serielengde og frekvenskurven sin tilpasning til dataene. Resultatene fra analysen er presentert i Tabell 4 og Tabell 5.

Tabell 4: Resultater fra flomfrekvensanalyse på årsflommer (døgnmiddel).

Målestasjon	År	Middelflom		Q ₂₀₀ / Q _M			Metode	Kurvekvalitet (flom)
		Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s*km ²]	Nedre estimat	Middel-estimat	Øvre estimat		
2.616 Kuggerud	45	5.7	119	1.87	2.25	2.64	GEV	Usikker
313.4 Bolfoss bru	73	23.3	87	2.05	2.39	2.76	GEV	Bra
2.1036 Hæra v/Løkkeborg	16	16.2	122	1.79	2.30	2.81	Gumbel	Bra
2.633 Stortorp	42	13.3	153	1.97	2.12	2.34	Gumbel	Usikker

Tabell 5: Resultater fra flomfrekvensanalyse på årsflommer (findata).

Målestasjon	År	Middelflom		Q ₂₀₀ / Q _M			Metode	Kurvekvalitet (flom)
		Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s*km ²]	Nedre estimat	Middel-estimat	Øvre estimat		
2.616 Kuggerud	41	6.5	135	1.90	2.28	2.66	Gumbel	Ok
2.1036 Hæra v/Løkkeborg	15	16.2	122	1.70	2.36	3.03	Gumbel	Bra
2.633 Stortorp	23	15.6	179	1.78	2.28	2.78	Gumbel	Usikker

4.3.2 Forholdstall mellom kulminasjon- og døgnmiddelvanntføring

Kulminasjonsvanntføringen kan være vesentlig større enn døgnmiddelvanntføringen beregnet i Tabell 4. Generelt er forholdstallet ofte størst i små og bratte nedbørfelt med liten innsjødemning. For Hølandselva gir formelverket RFFA-2018 gir en kulminasjonsfaktor på 1,06, mens tilsvarende tall for Prestelva er 1,27.

For målestasjonene med findata er forholdstallet mellom kulminasjons- og døgnmiddelvanntføringen beregnet, se Tabell 6. Den er funnet ved å sammenligne døgnmiddelvanntføring og høyeste timevanntføring for de største flommene ved hver målestasjon. For 2.616 Kuggerud er dette 02.05.06, 06.05.77 og 05.05.86. 2.1036 Hæra er dette 17.01.08, 16.12.11, 26.10.14 og 08.09.11, mens det for 2.633 Stortorp er 01.10.21, 18.09.15, 11.08.09, og 25.10.14. Den største verdien er satt som forholdstall.

Tabell 6: Forholdstall mellom kulminasjons- og døgnmiddelvanntføring beregnet fra døgn- og findata.

Målestasjon	Kulm/døgn
2.616 Kuggerud	1.13
2.1036 Hæra v/Løkkeborg	1.10
2.633 Stortorp	1.18

Hølandselva har et stort og veldig flatt nedbørfelt, noe som ofte innebærer at forholdstallet mellom kulminasjons- og døgnmiddelvanntføring er lite. Bjørkelangen vil også redusere forholdstallet. Forholdstallet settes derfor til 1,06, som RFFA-2018.

Sammenlignet med de vurderte målestasjonene er nedbørfeltet til Prestelva mindre og med mindre effektiv sjøprosent. Det virker derfor rimelig at forholdstallet er høyere enn for målestasjonene, så det settes til 1,27, som fra RFFA-2018.

4.3.3 Regional flomfrekvensanalyse

4.3.3.1 RFFA-2018

I tillegg til lokal flomfrekvensanalyse er regional flomfrekvensanalyse RFFA-2018 benyttet for å verifisere resultatene. Spesifikk avrenning er justert til 15 l/s*km² basert på 1.200 Lierelv og 1.48 Ørje. Analysen gir døgnmiddelvannføring og er beskrevet i NVE (2020). Resultatene er presentert i Tabell 7.

Tabell 7: Resultater fra regional flomfrekvensanalyse (døgnmiddel) for Hølandselva.

Estimat	Middelflom		Q ₂₀₀ / Q _M	Q ₂₀₀ [m ³ /s]
	Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s*km ²]		
2,5 % usikkerhet	21	75		49
Flomverdi	37	129	2.43	89
97,5 %	63	223		162

4.3.3.2 RFFA-NIFS

I NVE (2015a) presenteres et nasjonalt formelverk for flomberegninger i nedbørfelt der feltareal er mindre enn 50 km², og benyttes derfor for Prestelva Inngangsparameterne til formelen er feltareal, midlere avrenning og effektiv sjøprosent. Den største usikkerheten i formelverket er estimat av middelflom, og resulterende vekstkurve vurderes som robust. Det betyr at et godt estimat av middelflom vil redusere usikkerheten i beregningene betraktelig.

Middelavrenning fått fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961-1990 virker rimelig sammenlignet med verdiene ved målestasjonene. Det er derfor valgt å benytte en middelavrenning på 15 l/s*km² i flomformelverket.

Resultatene gitt fra flomformelverket for små nedbørfelt er presentert i Tabell 8. Det er gitt resultater for middelestimat, samt øvre- og nedre konfidensintervall (95%).

Tabell 8: Resultater fra flomformelverket for små nedbørfelt for Prestelva (kulminasjon).

Estimat	Middelflom		Q ₂₀₀ / Q _M	Q ₂₀₀ [m ³ /s]
	Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s*km ²]		
Lav (95 %)	5.1	138		14.9
Middel	10.3	276	2.90	29.7
Høy (95 %)	20.5	552		59.5

4.3.4 Nedbør-avløpsmetoder

4.3.4.1 PQRUT

PQRUT er en nedbør-avløpsmodell som er utformet som en lineær karmodell. Modellen er en forenklet versjon av HBV-modellen. I NVE (2015a) er det gitt en beskrivelse av modellen og hvordan den kan benyttes i små nedbørfelt. Det er flere usikkerhetsmomenter som ligger i bruken av modellen for mindre felt, slik at usikkerheten i resultatene forventes å være stor. PQRUT anbefales brukt til felt mellom 1 og 200 km² (Fergus, T., Hoseth, K. A., Sæterbø, E., 2010), så den er kun benyttet for Prestelva.

I henhold til anbefalinger i NVE (2015b) benyttes det et dimensjonerende nedbørforløp på 24 timer og et tidsskritt på 1 time. Konsentrasjonstiden til nedbørfeltet til Prestelva er estimert til ca. 3 timer, basert på den pragmatiske metoden.

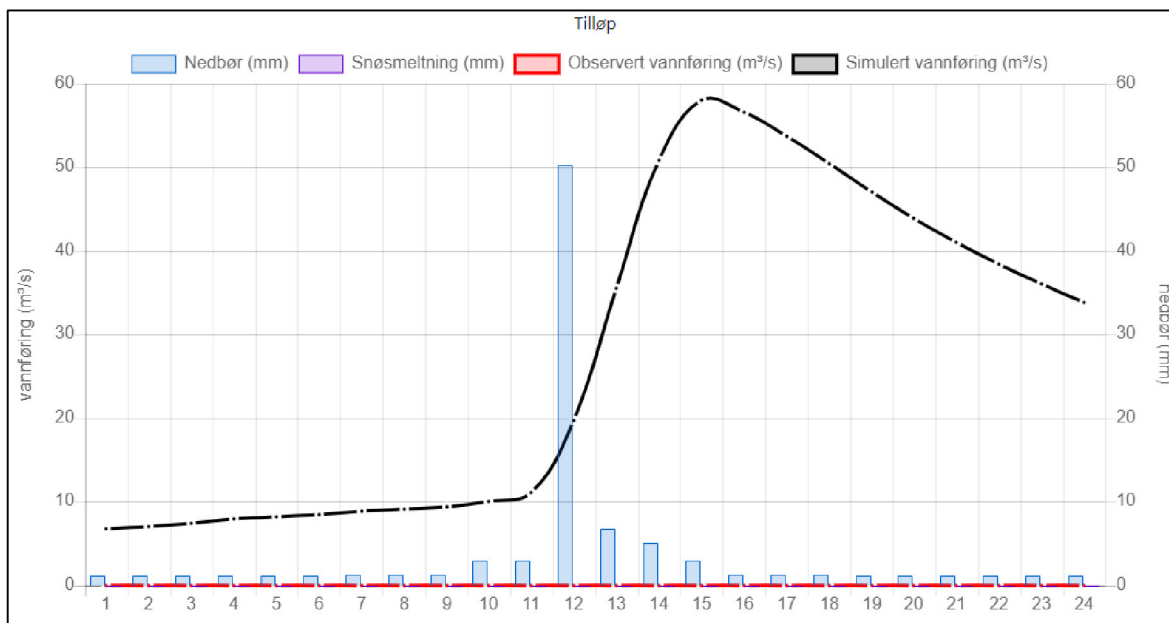
Det ligger en stor grad av usikkerhet i valget av dimensjonerende nedbørverdier og nedbørforløp. Målestasjonene med timesdata i rimelig nærhet begynte målinga i 2018, så de har for korte måleserier til at de kan benyttes. Det er derfor valgt å skalere IVF-kurven fra Askim II (42 år, 30 km sørover, klassifisert som god) med døgndata fra Bjørkelangen I og II (55 år, 11 km nordøst). Det er utført frekvensanalyse på nedbørdataene fra Bjørkelangen der resultatene er presentert i Tabell 9. For å justere fra døggnedbør til vilkårlig 24-timers nedbør er det multiplisert med en faktor på 1,13.

Tabell 9: Resultater fra frekvensanalyse på nedbør for feltet til Prestelva.

Nedbørstasjon	Måleperiode [år]	Høyde [moh.]	200-årsnedbør [mm]		Metode
			Døgn [mm]	24-timer [mm]	
2600 + 2610 Bjørkelangen	1957-2011	135	81	92	GEV (I-mom)

Fra frekvensanalysen er 92 mm satt som dimensjonerende 24-timers nedbør. For varigheter ned mot 1 time er det skalert mot IVF-kurven Askim II, og det gir en skaleringsfaktor på 1,12. Det er videre konstruert et 200-års nedbørforløp som er tilnærmet symmetrisk om den mest intensive nedbørperioden. Initialvannføringen i PQRUT er satt til 1,7 m³/s som tilsvarer ca. 3 ganger middelvannføringen i Prestelva.

PQRUT-modellen gir en estimert 200-årsflom på 58 m³/s, vist i figur 13.



Figur 13: Resultater fra PQRUT for Prestelva, 200-årsflom.

4.4 Klimaframskrivninger

I henhold til anbefalinger i NVE (2022) og klimaprofil for Oslo og Akershus (Norsk klimaservicesenter, 2022) blir et klimapåslag på 20 % benyttet for å ta hensyn til forventet økning i flomstørrelser frem mot år 2100.

4.5 Vurdering av resultater

4.5.1 Middelflom

Siden Prestelva har et mindre nedbørfelt med lavere effektiv sjøprosent, bør spesifikke flomstørrelser være større enn i Hølandselva. Nedbørfeltene til alle målestasjonene er dominert av skog i likhet med de aktuelle vassdragene, men med varierende effektiv sjøprosent.

2.616 Kuggerud har et nedbørfelt som er litt større enn Prestelva, med en litt høyere effektiv sjøprosent. Det forventes derfor noe større spesifikk flom i Prestelva, og mindre i Hølandselva. Kurvekvaliteten er usikker.

313.4 Bolfoss bru har en lang måleserie av god kvalitet, og har et felt rett øst for Hølandselva. Det er på størrelse med Hølandselva, men har høyere effektiv sjøprosent. Den forventes derfor noe større flommer i Hølandselva.

2.103 Hæra har et nedbørfelt som er halvparten så stor som Hølandselva, og relativt lav effekt sjøprosent. Den har noe høyere spesifikk avrenning, som gjør at det forventes lavere spesifikk flom i Hølandselva. For Prestelva forventes det noenlunde lik spesifikk flom. Måleserien har god kvalitet, men er kort.

2.633 Stortorp har et feltareal mellom Prestelva og Hølandselva, og relativt lav effektiv sjøprosent. Feltet har en del høyere spesifikk avrenning noe som gjør at det forventes

betydelig lavere spesifikk flom i Hølandselva, og noe lavere for Prestelva. Måleserien er middels lang, men av usikker kvalitet.

Basert på målestasjonene virker en kulminert spesifikk middelflom på 90-140 l/s*km² rimelig for Hølandselva. Dette ligger mellom nedre estimat og middelestimatet fra RFFA-2018. Ut fra målestasjonene virker en kulminert spesifikk middelflom på 150-200 l/s*km² realistisk for Prestelva. Sammenlignet med RFFA-NIFS ligger dette mellom nedre estimat og middelestimatet.

4.5.2 Vekskurve

Vekstkurven fra den regionale kurven for Hølandselva, RFFA-2018, sammenfaller omtrentlig med middelestimatet fra den beste av de vurderte målestasjonene, 313.4 Bolfoss bru. Siden 313.4 har en lang måleserie, med god kvalitet og lignende klima (omtrent lik spesifikk avrenning) velges det å legge vekt på den vekstkurven.

Vekstkurven RFFA-NIFS gir for Prestelva, 2,90, ligger høyere enn øvre estimat for de tre målestasjonene med lengst måleserie, og det vurderes at formelverket overestimerer. Ifølge veilederen (NVE, 2022) bør lengde på måleserien og klimatiske forhold vektlegges ved fastsettelse av vekstkurve, og 313.4 Bolfoss bru vurderes som representativ for Prestelva også. Middelestimatet fra 313.4 Bolfoss benyttes også for Prestelva.

4.5.3 Sammenligning av de ulike metodene

Kulminert spesifikk middelflom settes til 130 l/s*km² for Hølandselva og 200 l/s*km² for Prestelva basert på målestasjonene. Resultatene fra de ulike flomberegningsmetodene er oppsummert i Tabell 10 og Tabell 11.

Tabell 10: Sammenligning av resultater fra flomberegninger for Hølandselva med ulike metoder (kulm.).

Metode	q _m [l/s*km ²]	q ₂₀₀ [l/s*km ²]
Vurdert fra referansefelt	90-140	-
Regional flomfrekvensanalyse	80 – 236 (137)	190 – 573 (333)
VALGT	130	310

Resultatet fra PQRUT ligger rett under øvre estimat fra flomformelverket, og det vurderes at PQRUT overestimerer.

Tabell 11: Sammenligning av resultater fra flomberegninger for Prestelva med ulike metoder (kulm.).

Metode	q _m [l/s*km ²]	q ₂₀₀ [l/s*km ²]
Vurdert fra referansefelt	150-200	-
Formelverk for små nedbørfelt	140 – 550 (276)	400 – 1600 (800)
PQRUT	-	1559
VALGT	200	430

4.6 Dimensjonerende vannføring

Dimensjonerende 200-årsflom beregnet for elvene er gitt i Tabell 12. Spesifikk 200-årsflom inkludert klimatillegg er beregnet til ca. 380 l/s*km² for Hølandselva og 500 l/s*km² for Prestelva.

Tabell 12: Dimensjonerende flommer (kulminasjon) for Hølandselva og Prestelva ved planområdet.

Vassdrag	Feltareal [km ²]	Klimatillegg [%]	Middelflom		Q ₂₀₀ [m ³ /s]
			Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s*km ²]	
Hølandselva	284	20	44	160	106
Prestelva	37,2	20	8,9	240	21

4.7 Klassifisering av det hydrologiske datagrunnlaget for flomberegningen

Det foreligger observasjoner både i og nært vassdraget, noen av målestasjonene har god kvalitet, men det er relativt stor variasjon i spesifikke flomstørrelser mellom målestasjonene. På bakgrunn av dette vurderes det hydrologiske grunnlaget for flomberegninger til klasse 3 (på en skala fra 1 – 5 der 1 er best). Det tilsvarer klassifiseringskriteriet «Brukbar hydrologisk datagrunnlag, men store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området».

4.8 Nedstrøms forhold i vassdraget

Siden Hølandselva er så slak nedover, forventes det at vannstanden i Skulerudvann kan være bestemmende for vannstanden oppover. Hølandselva har et nedbørfelt på 813 km² ved utløpet i Skulerudvann, der det meste av tilleggfeltet er fordelt på Hemneselva 8 km nedstrøms vurdert område og Mjerma 12 km nedstrøms vurdert område.

Som en konservativ antagelse benyttes samme spesifikke flom for hele Hølandselva, noe som gir en vannføring på 303 m³/s ved utløpet i Skulerudvann. Tilleggsvannføringen fordeles i den hydrauliske modellen på Hemneselva (169 km², 69 m³/s) og Mjerma (265 km², 107 m³/s).

4.9 Samtidighet

Hølandselva har både et åtte ganger større felt enn Prestelva og høyere effektiv sjøprosent. Det forventes derfor at flommer i Prestelva vil ha kulminert før flomtoppen i Hølandselva. Det forventes også at Skulerudvann vil kulminere etter at flomtoppen fra Hølandselva har passert. Samtidig 200-årsflom i Prestelva, Hølandselva og Skulerudvann er dermed en konservativ betraktning.

5 Hydraulisk modellering

5.1 Metode

I beregning av vannlinje og hydrauliske parametere er programvaren Hec-Ras versjon 6.3.1 benyttet. De viktigste inngangsparameterne til Hec-Ras modellen er geometri (terrengmodell, grid, elvebanker og konstruksjoner), ruhet, grensebetingelser og vannføring. Det er valgt å benytte en forenklet 1-dimensjonal modell over en lang strekning av Hølandselva fordi elva er så slak at flere av bruene eller innsjøen nedstrøms vil ha en oppstuvende effekt som påvirker vannstanden ved vurdert tomt. For samløpet Prestelva/Hølandselva er det valgt å benytte en 2-dimensjonal-modell der nedstrøms grensebetingelse hentes fra 1D-modellen.

5.2 Oppsett av 1-dimensjonal modell

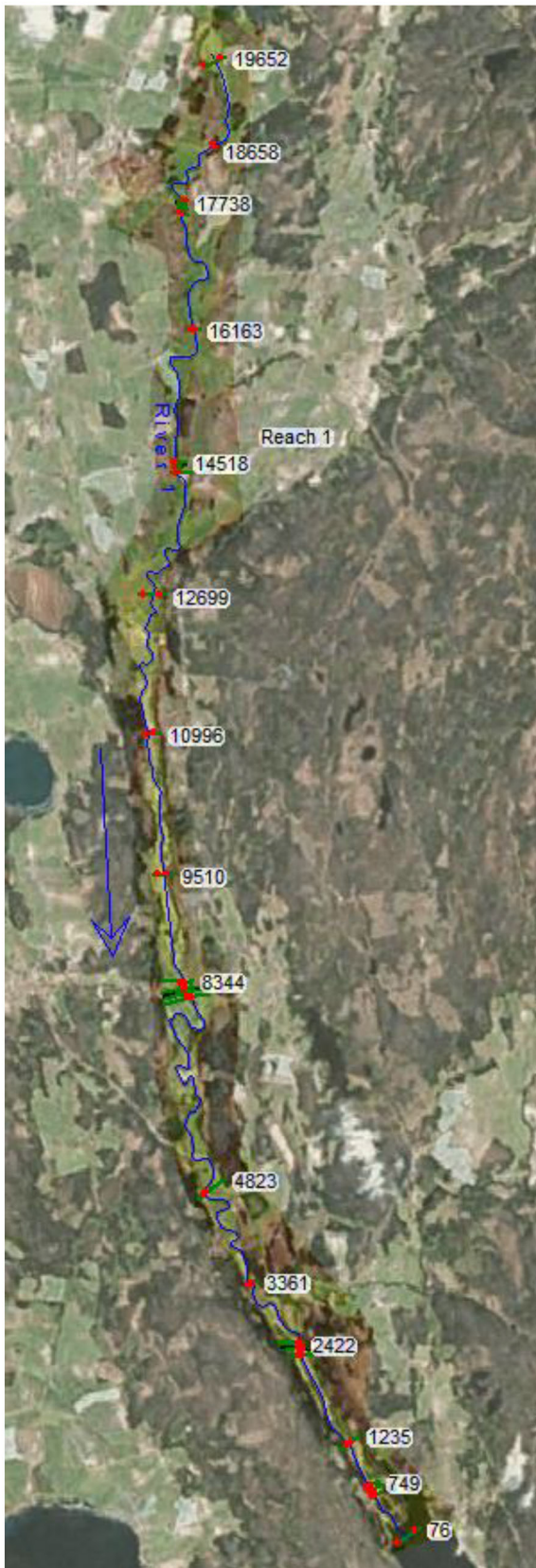
5.2.1 Modelloppsett 1D-modell

Et utsnitt av nasjonal digital høydemodell for Aurskog-Høland (5 pkt, 2018) er benyttet som terrengmodell. Punkttheteten for laserscanninga viser at den ikke har scannet punkter på elvebunnen. Elvebunnen har dermed blitt interpolert ut fra høyden på elvebreddene. Vi har ikke hatt tilgang til profileringsdata for elvebunnen for denne jobben. Som et estimat har elveløpets utstrekning på ortofoto blitt senket skjønnsmessig i forhold til den omliggende terrengmodellen. Estimert på dybde er tilpasset gjennom en overordnet kalibrering for å gjenspeile observert vannlinje ved befaring. I den øverste delen av 1D-modellen er elvebunnen senket 2 meter sammenlignet med terrengmodellen, med en gradvis overgang til 3 meter senkning ved utløpet i Skulerudvann.

Det har blitt benyttet et Manningstall på 33 i elveløpet og 25 på sidene, basert på anbefalinger i Vassdragshåndboka (Fergus, Hoseth, & Sæterbø, 2010). Elveløpet består trolig av fine avsetninger med lav ruhet, mens flomslettene primært av dyrket mark.

Det har blitt satt opp fire tverrprofiler i forbindelse med hver bru, samt tverrprofiler mellom bruene for å få med hovedtrekk av elvas geometri.

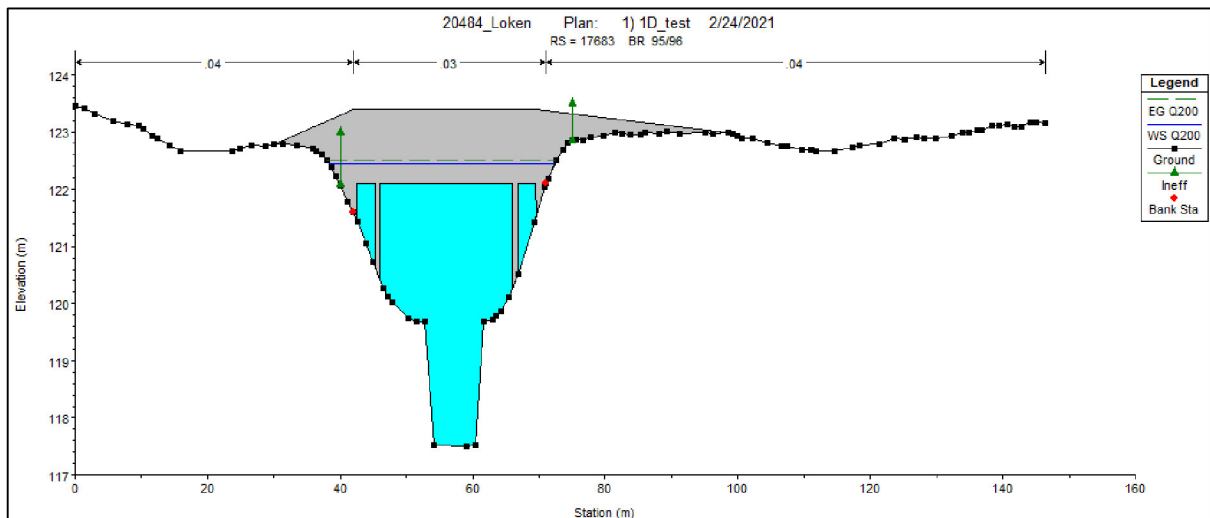
Figur 14 viser utstrekninga til hele 1D-modellen, mens Figur 15 viser et utsnitt av den øverste brua. Figur 16 viser tverrprofilen til samme bru.



Figur 14: Full utstrekning av 1D-modell av Hølandselva, med Skulerudvann i sør.



Figur 15: Utsnitt av 1D-modell som viser bru over Hølandselva rett nedstrøms samløpet.



Figur 16: Eksempel på brutverrsnitt, fra brua i Figur 15.

5.2.2 Grensebetingelser 1D-modell

5.2.2.1 Oppstrøms grensebetingelse

Som oppstrøms grensebetingelse er det valgt normalstrømning med 1 % fall. Beregningene viser underkritisk strømning hele veien, så denne grensebetingelsen er ikke aktiv.

5.2.2.2 Nedstrøms grensebetingelse

Vannstanden i Skulerudvann/Rødenessjøen er satt som nedstrøms grensebetingelse. Skulerudvann og Rødenessjøen skiller på det smaleste av et 10 m bredt sund, men det er ingen større høydeforskjell. Rødenessjøen er demmet opp av Ørje dam og er regulert for kraftproduksjon. HRV er 118,23 moh. En flomberegning fra 2011 viser at 1000-årsflom gir en vannstandsøkning på 1,9 meter over HRV (NN54) ifølge VTA Marcus Lundqvist ved Haldenvassdragets brukseierforening. Dette tilsvarer 120,13 moh.

Vannstanden ved utløpet av Rødenessjøen (målestasjon 1.47) har blitt målt omtrent sammenhengende siden 1944. Frekvensanalyse av vannstanden (GEV max) gir en 200-årsvannstand på 119,69 moh. Dette virker rimelig med tanke på HRV og 1000-årsflommen, så 119,69 moh. benyttes som nedre grensebetingelse. Ved Ørje ligger NN2000 16 cm over NN54, så 119,85 moh. (NN2000) benyttes i modellen.

5.2.3 Tilpassing av 1D-modell

Under befaringa ble tykkelsen på brudekket og høyden fra vannivået til underkant bru målt inn. Ved den nederste brua ble vannivået i forhold til en nærliggende vei målt inn. Dette har blitt brukt til å gjøre en enkel kalibrering av modellen ved å justere bunnivået i elva, ved modellering av estimert vannføring ved befaring. Vannføringen er estimert ut fra vannføringen på befaringdagen ved målestasjon 2.1036 Hæra i forhold til middelflom ved samme målestasjon. Den er så skalert til de aktuelle vassdragene basert på areal og middelflom. Vi er ikke kjent med innmålinger av kjente flomhendelser i vassdraget, og har ikke hatt grunnlag for kalibrering ut over dette.

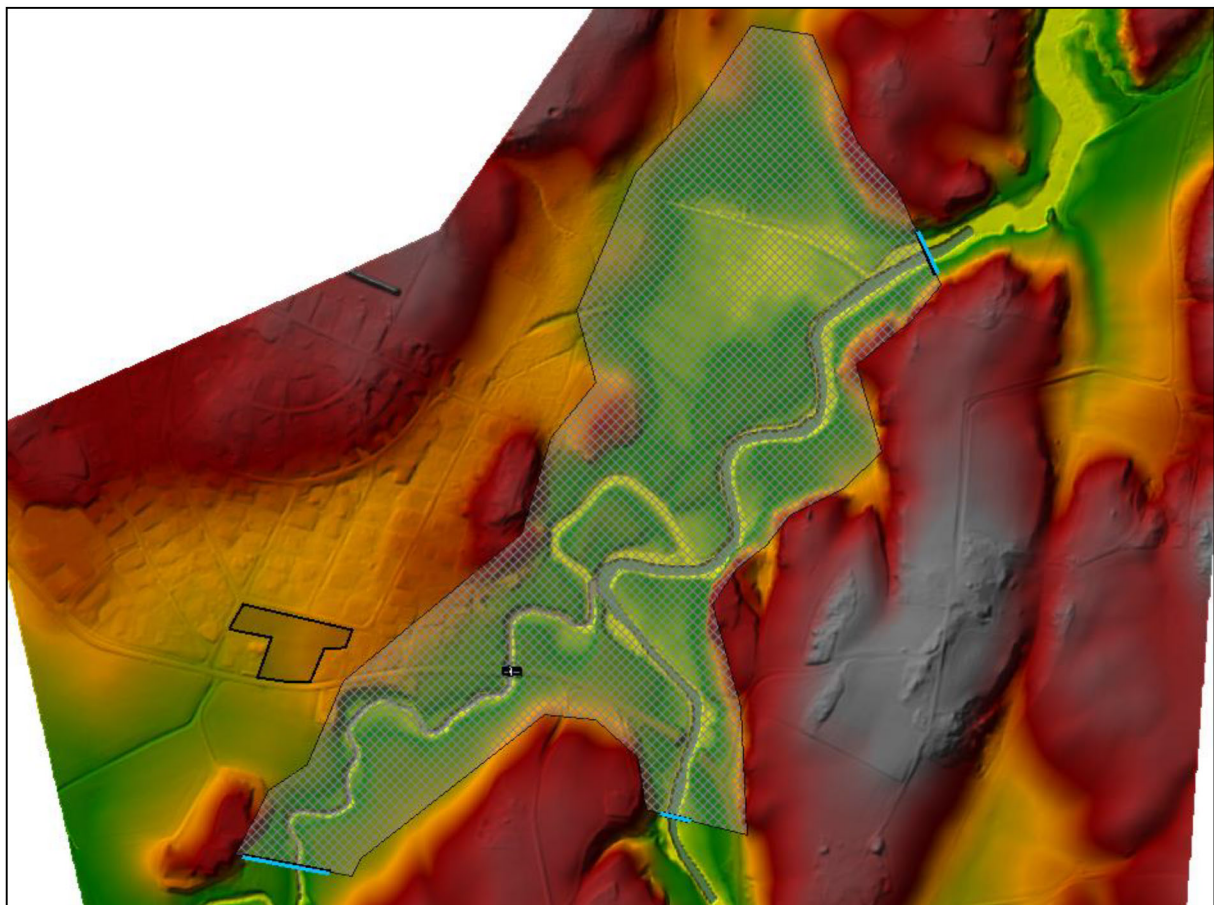
5.3 Oppsett av 2-dimensjonal modell

5.3.1 Modelloppsett 2D-modell

Det er tatt utgangspunkt i den samme terrengmodellen som for 1D-modellen. Elveløpet er senket 1 meter i Prestelva og 2 meter i hovedløpet til Hølandselva. Benyttede parametere i modellen fremkommer av Tabell 13. Terrengmodell, benyttet beregningsgrid og plassering av grensebetingelser er illustrert i Figur 17

Tabell 13: Parametere benyttet i Hec-Ras modell for samløpet til Prestelva og Hølandselva.

Parameter	Verdi
Oppløsning på terrengmodell	1 x 1 meter
Oppstrøms grensebetingelse	Normalstrømning
Nedstrøms grensebetingelse	Fast vannstand slik at 1D og 2D-modellene har lik vannstand oppstrøms brua i Hølandselva
Cellestørrelse beregningsgrid	2 x 2 meter i Prestelva, 3 x 3 meter ellers
Likningssett	Full momentum
Tidsskritt	Gitt av courant-number mellom 0,1 og 1,0
Manningstall	33 i elv, 25 på dyrka mark



Figur 17: Illustrasjon av terrengmodell, beregningsgrid og plassering av grensebetingelser. Planområdet er markert i svart.

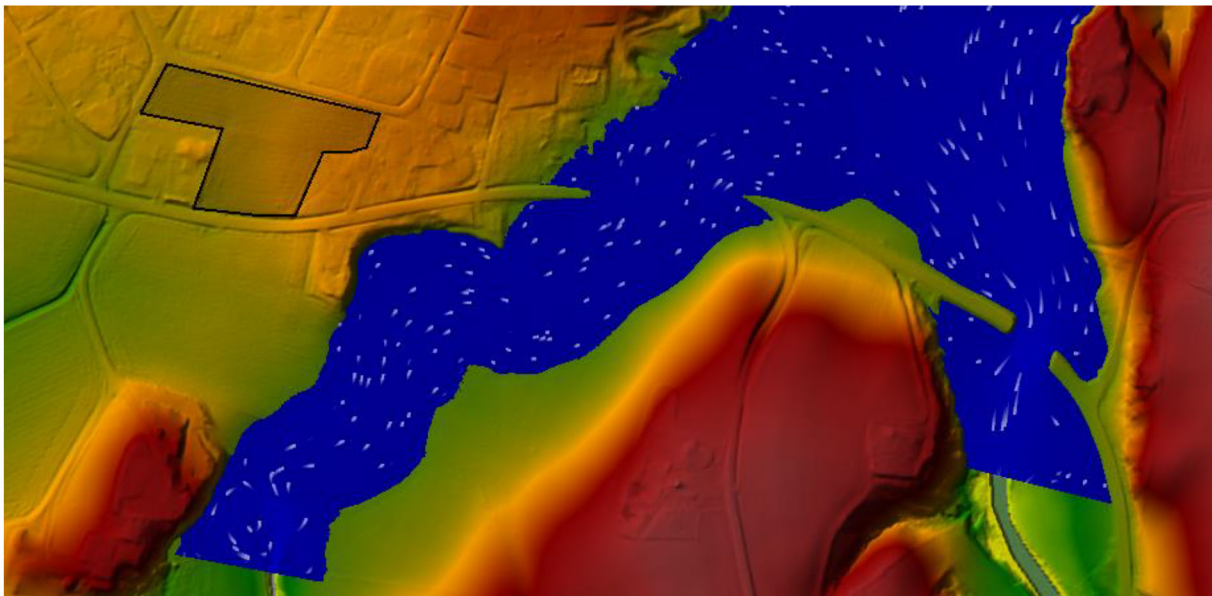
5.3.2 Konstruksjoner 2D-modell

Brua over Prestelva oppstrøms samløpet kan ha begrenset kapasitet og bli overtoppet ved flom. Lysåpningen til brua ble målt opp under befaringen og er lagt inn i den hydrauliske modellen som en kulvert.

5.4 Modellert fremtidig 200-årsflom

For en fremtidig 200-årsflom viser 1D-modellen at vannstanden i Skulerudvannet og de modellerte bruene er avgjørende for flomnivået ved samløpet til Hølandselva og Prestelva. Resultatet fra 1D-modellen benyttes som nedre grensebetingelse i 2D-modellen, slik at også 2D-modellen tar hensyn til oppstivinga fra Skulerudvannet

2D-modellen viser at brua til Fv. 1460 over Prestelva rett nedstrøms planområdet vil dykkes av undervannet, og dermed overstrømmes. Vannstanden oppstrøms brua er modellert til omtrent 123,0 moh. Nedre del av planområdet ligger på kote 124,0. Planområdet er derfor ikke utsatt for fare for flom. Figur 18 viser et utsnitt av modelleringsresultatet.



Figur 18: Utsnitt av modelleringsresultat.

5.5 Følsomhetsanalyse

5.5.1 1D-modell

For å undersøke følsomheten til modellen og usikkerheten i beregningsresultatene er det utført følgende sensitivitetsanalyser:

- Økning i dimensjonerende vannføring på 20 %. Dette gir 0,3 meter høyere vannstand oppstrøms den øverste brua.
- Økning i ruhetsverdier med 20 %. Dette gir 0,2 meter høyere vannstand.
- Kun 1,5 meter senkning av hele elveløpet sammenlignet med laserdata. Dette gir 0,2 m høyere vannstand.
- Legge til tverrprofiler i de to største strekkene uten profiler. Dette gir 0,1 meter lavere vannstand.

Resultatene gir et inntrykk av hvilken usikkerhet som ligger i modelleringsresultatene. Modellen vurderes tilstrekkelig for formålet (flomfarevurdering for én enkelt tomt), men bør videreutvikles med bunnprofilering og høyere oppløsning for annet bruk. Basert på resultatene i sensitivitetsanalysen, velges det å benytte resultatene fra modellen med to ekstra tverrprofiler.

5.5.2 2D-modell

Økning i vannføring med 20 % i både 1D- og 2D-modellen gir en økning i vannstand i Prestelva på ca. 0,4 meter. 20 % økning i ruhet gir 0,02 meter økt vannstand.

Brua etter samløpet er modellert åpen, noe som i 2D-modellen gir et falltap på 0,15 meter. Tilsvarende falltap for 1D-modellen er 0,07 meter. Dette indikerer at 1D-modellen heller over- enn underestimerer kapasiteten til brua.

6 Faresoner for flom

Basert på resultater fra modelleringen og analysene ligger planområdet utenfor faresone for flom med en årlig sannsynlighet større enn 1/200 i år 2100, som tilsvarer sikkerhetsklasse F2 i TEK17.

7 Risikoreduserende tiltak

Det er ikke fare for flom, sikkerhetsklasse F2, i planområdet, og det vurderes som lite aktuelt med risikoreduserende tiltak.

Se Norconsult (2021) for vurdering av fare for erosjon og aktuelle tiltak for å redusere erosjonsfaren.

8 Konklusjon

Dimensjonerende 200-årsflom i Prestelva og Hølandselva, inkludert et klimapåslag på 20 %, er beregnet til henholdsvis 21 og 106 m³/s. Det er etablert to hydrauliske modeller: En en-dimensjonal modell for Hølandselva fra samløpet og ned til utløpet i Skulerudvannet, og en to-dimensjonal modell fra Prestelva ved planområdet og ned til samløpet. Bruene nedover langs Hølandselva er målt opp og lagt inn i modellen. 200-årsvannstanden i Skulerudvannet ble satt til 119,69 moh. basert på en frekvensanalyse. Modelleringen bekrefter at vannstanden i Skulerudvannet og kapasiteten til bruene nedover Hølandselva er avgjørende for flomnivået ved samløpet.

Basert på resultater fra modelleringen og analysene er planområdet ikke utsatt for flom med en årlig sannsynlighet større enn 1/200 i år 2100, som tilsvarer sikkerhetsklasse F2 i TEK17. Dimensjonerende flomnivå i Prestelva er 123,0 moh. ved planområdet.

9 Referanser

DiBK. (2018). *Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK17)*. Hentet fra <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/>.

Fergus, T., Hoseth, K. A., & Sæterbø, E. (2010). *Vassdragshåndboka*.

Løvlien georåd. (2019). *Reguleringsplan for Ringsneshagan og Rådyrveien, Løken i Aurskog-Høland kommune - Geoteknisk datarapport 19232 nr. 1*.

Norconsult. (2021). *Erosjonsfare ved Rådyrveien*.

Norsk klimaservicesenter. (2022). *Klimaprofil Oslo og Akershus*.

NVE. (2022). *Sikkerhet mot flom. Veileder 3/2022*.

NVE. (2022). *Veileder for flomberegninger. Veileder 1/2022*.