

Flomvurdering - Reguleringsplan for hytter ved Stavsjø



Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver:	S. D. Cappelen Skoger
Tittel på rapport:	Flomvurdering - Reguleringsplan for hytter ved Stavsjø
Oppdragsnavn:	Reguleringsplan for hytter ved Stavsjø
Oppdragsnummer:	634945-02
Utarbeidet av:	Martin Solbakken Løvaas
Oppdragsleder:	Kristin Karlbom Dahle
Tilgjengelighet:	Åpen

Kort sammendrag

I forbindelse med utarbeidelse av reguleringsplan for et mulig hytteområde ved Øvre Stavsjø, har Asplan Viak blitt engasjert av S.D. Cappelen Skoger for flomvurdering.

Flomberegninger viser at dimensjonerende vannføring er **6.8 m³/s** inkludert 40% klimapåslag. Terrenget rundt den aktuelle bekken er relativt flatt og preget av skog. Den hydrauliske analysen viser at bekken tar nye flomløp og **deler av planområdet er flomutsatt**. Nåværende stikkerenne nært utløpet har for liten kapasitet, men oppstuvning oppstrøms vil ikke påvirke området med hyttetomter. Oppstuvningen kan derimot bli utfordrende for ny skogsvei og parkeringsplasser. Anbefalt sikkerhetsmargin for flomhøyder er 30cm.

Beregningene er basert dagens terreng og naturtyper - en utbygging kan ha innvirkning på avrenningen og flomsoner.

01	8. feb. 2022	Flomsonekartlegging	MSL	HMK
Ver	Dato	Beskrivelse	Utarb. av	KS

Forord

Asplan Viak AS har vært engasjert av SD Cappelen Skoger for å utføre flomsonekartlegging i forbindelse med utbygging av hytter ved Øvre Stavsjø, Nome kommune. Flomsonekartleggingen blir en del av grunnlaget for ny reguleringsplan.

Johan D. Cappelen har vært kontaktperson hos oppdragsgiver. Kristin Karlbom Dahle har vært oppdragsleder for Asplan Viak AS ved kontoret i Bø, Martin Solbakken Løvaas har gjort beregninger og utarbeidet rapport. Kvalitetskontroll er utført av Hege Merete Kalnes.

Trondheim, 08.02.2022

Kristin Karlbom Dahle

Oppdragsleder

Martin Solbakken Løvaas

Utførende arbeid

Hege Merete Kalnes

Kvalitetssikring

Innholdsfortegnelse

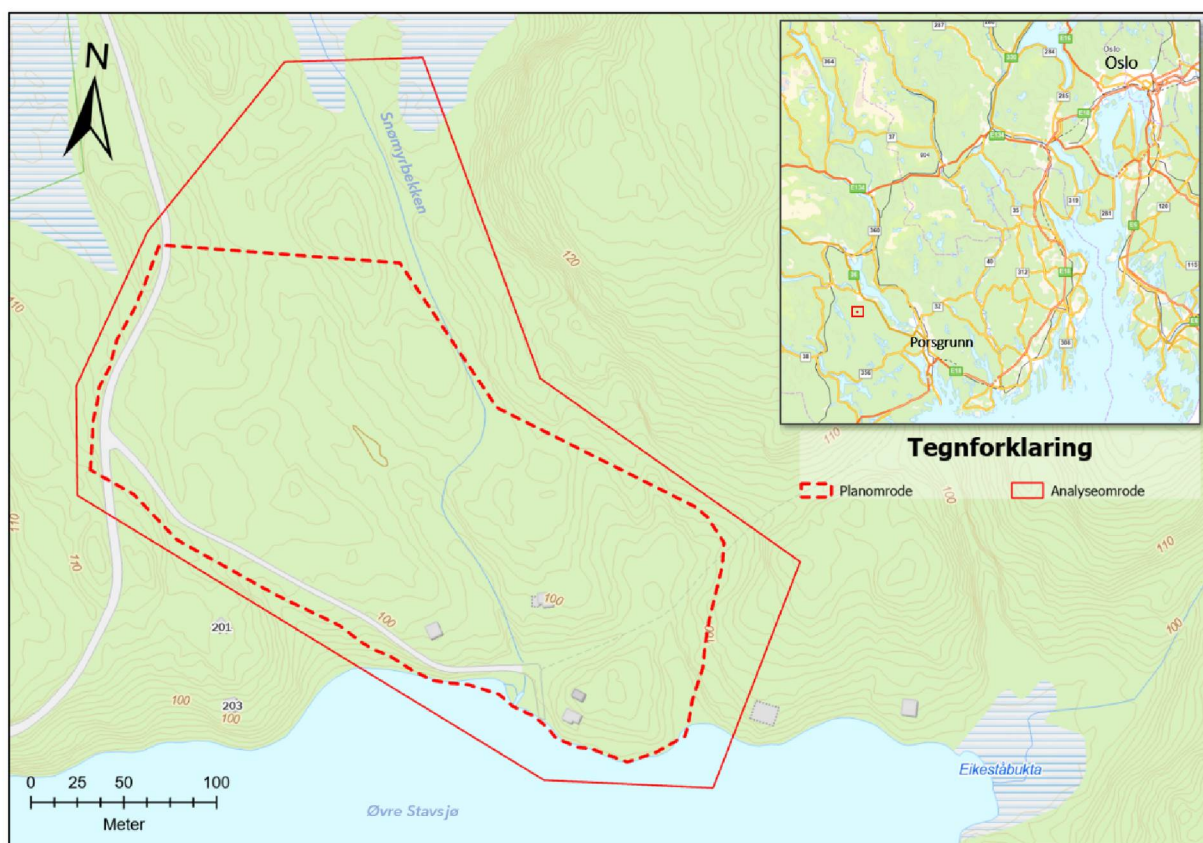
1. Innledning	4
2. Flomberegninger	5
2.1. Beskrivelse av nedbørsfelt	5
2.2. Tilgjengelig observerte data	6
2.3. Beregning av 200-årsflom	8
2.4. Klimapåslag	13
2.5. Dimensjonerende vannføring	13
3. Hydraulisk modellering	14
3.1. Oppsett av todimensjonal hydraulisk modell	14
3.2. Resultater	17
3.3. Følsomhetsanalyse	18
4. Flomsikkert nivå og flomsonekart	20
4.1. Sikkerhetsmargin	20
4.2. Flomsonekart	20
5. Konklusjon	22
Kilder	23

1. Innledning

Asplan Viak er engasjert av S.D. Cappelen Skoger for å utarbeide reguleringsplan for et hyttefelt ved innsjøen Øvre Stavsjø i Nome kommune, Vestfold og Telemark, se Figur 1-1.

Det renner en bekk fra Snømyra med utløp i innsjøen, heretter kalt Snømyrbekken. Deler av planområdet er berørt av NVEs aktsomhetskart for flom, og en detaljert flomvurdering av planområdet er derfor nødvendig. I henhold til TEK 17 §7-2, faller hytter under sikkerhetsklasse F2. Følgelig blir 200-årsflom dimensjonerende vannføring for hydrologisk og hydraulisk analyse av området.

I dag er det et fåtall hytter i planområdet, se Figur 1-1.



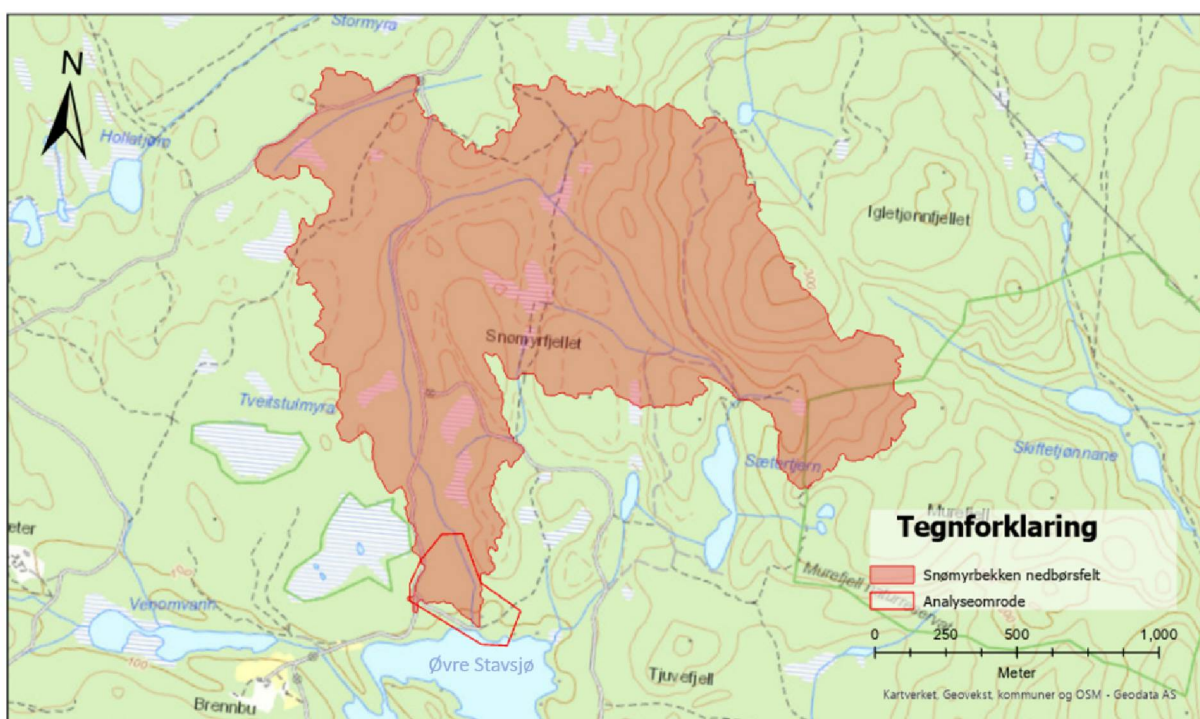
Figur 1-1: Oversiktskart over planområdet og regional plassering i Nome kommune.

2. Flomberegninger

2.1. Beskrivelse av nedbørsfelt

Nedbørsfeltet for Snømyrbekken er generert i overflatemodellen SCALGO Live, se Figur 2-1. Feltparametere er generert i NVEs karttjeneste NEVINA, hvor et utvalg av viktige feltparametere er presentert i Tabell 2-1.

Nedbørsfeltet er 2.1 km², og dominert av skog med innslag av noe myr. Den store andelen skog og lavt relieff gir en viss flomdempende effekt. Derimot tilsier størrelsen på feltet at det vil ha en relativt rask respons på nedbør. Basert på værhistorikk i karttjenesten SeNorge, ligger nedbørsfeltet i et relativt tørt område med begrenset nedbør. Dette er reflektert i en lav normalavrenning.



Figur 2-1: Oversikt over nedbørsfeltet som dreneres via Snømyrbekken og har utløp i Øvre Stavsjø. Nedbørsfeltet er generert i SCALGO Live.

Tabell 2-1: Sentrale feltparametere for Snømyrbekken nedbørsfelt. Verdier er generert i NVEs karttjeneste NEVINA.

Felt	Areal [km ²]	Eff. Sjø [%]	Relieff [m/km]	Skog [%]	Myr [%]	Feltlengde [km]	Normal- avrenning [l/s·km ²]
Snømyrbekken	2.1	0.0	12.9	95.8	4.1	1.9	9.1

2.2. Tilgjengelig observerte data

Flere beregningsmetoder for vannføring tar utgangspunkt i observerte data. Det er her gitt en oversikt over tilgjengelige vannførings- og nedbørsdata.

2.2.1. Tilgjengelig vannføringsdata

Det optimale grunnlaget for hydrologiske analyser er stedegne vannføringsdata som strekker seg bakover flere tiår. Dette foreligger ikke for Snømyrbekken, og beregninger må følgelig utføres med grunnlag fra representative referansefelt. Referansefelt er nedbørsfelt med relativt like feltparametere som det aktuelle feltet og en stabil måleserie for vannføring.

For Snømyrbekken nedbørsfelt er det vurdert ulike referansefelt gjennom karttjenester og databaser fra NVE. Feltparametere som størrelse, skogprosent, innsjø og beliggenhet ble sterkt vektet i tillegg til datakvalitet. Tre felt ble vurdert som brukbare og er presentert i Tabell 2-2, regional plassering for referansefelt er presentert i Figur 2-2.

Tabell 2-2: Oversikt over feltparametere i Snømyrbekken-feltet samt valgte referansefelt.

Stasjonsnummer			18.11.0	16.154.0.1	19.82.0.1
Stasjonsnavn		Snømyr- bekken	Tjellingtjern- bekken	Brusetbekken	Rauåna
Areal	[km ²]	2.1	1.95	7.63	8.91
Effektiv sjø	[%]	0.0	1.51	0.48	0
Feltlengde	[km]	1.9	2.4	3.98	6.75
Relieff forhold	[m/km]	12.9	53.1	11.7	20.5
Bre	[%]	0.0	0.0	0.0	0.0
Dyrket mark	[%]	0.0	0.0	5.8	0.3
Myr	[%]	4.1	4.7	1.3	2.2
Skog	[%]	95.8	67.1	89.8	90.7
Sjø	[%]	0.2	1.7	1.5	0.1
Snaufjell	[%]	0.0	9.1	0.0	1.2
Urban	[%]	0.0	0.0	0.0	0.0
Uklassifisert	[%]	0.0	17.4	1.6	5.4
Høyde min	[moh.]	94	223	64	222
Høyde 50	[moh.]	134	377	126	396
Høyde maks	[moh.]	301	499	308	760
Avrenning 1961-90 (q _N)	[l/s·km ²]	9.1	24.2	9.2	24.6
Observasjonsperiode		-	1981- dd	1987 - dd	1972 - dd
Antall komplette år med data		-	39	33	48
Kurvekvalitet flom		-	Bra	Bra	Bra



Figur 2-2: Geografisk plassering av valgte referansefelt for flomberegninger i Snømyrbekken nedbørsfeltet.

2.2.2. Tilgjengelige nedbørsdata

Nedbørsstatistikk for gjentakintervaller opptil 200-års er offentlig tilgjengelig via Norsk Klimaservicesenter. Data kan lastes ned i form av IVF-kurver (intensitet, varighet og frekvens) og benyttes til hydrologiske beregninger.

Det foreligger ikke måledata fra det aktuelle nedbørsfeltet, det er derfor valgt å benytte Kjølnes målestasjon (stasjons nr. SN 30270). Stasjonen ligger ca. 25 km sør-øst for Øvre Stavsjø (se Figur 2-3), og noe lavere i terrenget (4 moh.) sammenlignet med Øvre Stavsjø (94 moh.). Historiske nedbørskart basert på normalen fra 1971-2000 (tilgjengelig via SeNorge) indikerer at Kjølnes har noe lavere årsnedbør sammen lignet med Snømyrbekken. Det er derimot den stasjonen med best datakvalitet i relativ nærhet.



Figur 2-3: Plassering av Kjølnes målestasjon (4 moh.) i forhold til Snømyrbekken nedbørsfelt

2.3. Beregning av 200-årsflom

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

- Lokal flomfrekvensanalyse (FFA)
- Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-NIFS)
- Forenklet FFA med regional FFA
- Nedbør-avløpsmodell PQROUT
- Rasjonale formel

Beregningene er utført i henhold til NVEs veileder 7/2015 "Flomberegninger i små uregulerte felt" samt NVEs rapport "Lokal og regional flomfrekvensanalyse" 10/2020.

2.3.1. Lokal flomfrekvensanalyse

Lokal flomfrekvensanalyse (FFA) er basert på vannføringsdata fra de utvalgte referansefeltene; Tjellingtjernbekken, Brusetbekken og Rauåna. Referansefeltene er beskrevet i kapittel 2.2.1.

Døgnverdier for middelflom og vekstkurve for 200-årsflom, er hentet fra NVEs database Hydra II ved bruk av modulen Ekstremver dianalyse. Verdiene for hvert enkelt referansefelt

er gjengitt i Tabell 2-3. Stasjonene er vektet noe ulikt basert på spesifikke egenskaper og beliggenhet i forhold til Snømyrbekken.

Tabell 2-3: Resultater fra flomfrekvensanalyser i HYDRA II, vannføring gitt i døgnverdier.

Referansefelt	Middelflom [l/s·km ²]	Q_{200}/Q_m [-]	200-årsflom [l/s·km ²]	Parameter- fordeling	Vekting [%]
Tjellingtjernbekken	279	2.95	1482	Tre (GEV+L-moment)	20
Brusetbekken	503	2.50	699	Tre (GEV+L-moment)	60
Rauåna	349	2.39	836	To (Gumbel+L-moment)	20
Vektet snitt	338	2.57	869		

Den dimensjonerende vannføringen er en kulminasjonsverdi, det vil si den reelle flomtoppen i et flomforløp. Kulminasjonsverdien kan beregnes fra døgnverdier ved å bruke et forholdstall mellom døgn- og kulminasjonsverdi. NVEs veiledere og rapporten *Lokal og regional flomfrekvensanalyse* (10/2020) presenterer regresjonsligninger for forholdet mellom kulminasjon og døgnverdi ($Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$). I veilederen er det gitt ulike ligninger for vår- og høstsesongen, mens i rapporten er det gitt en verdi som gjelder for hele året. Ligningene benytter feltparametere som feltareal, effektiv sjøprosent og nedbør.

Det er valgt en konservativ tilnærming der den høyeste kulminasjonsverdien benyttes. Forholdstall og estimert kulminasjonsverdi for 200-årsflom i Snømyrbekken med FFA er gitt i Tabell 2-4.

Tabell 2-4: Beregnede forholdstall mellom døgn- og kulminasjonsverdier, samt beregnet kulminasjonsverdi ved bruk av flomfrekvensanalyse.

Felt	$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ [-]				Middelflom [m ³ /s]	Q_{200}/Q_M [-]	200-årsflom [m ³ /s]
	vår	høst	RFFA-2018	Valgt			
Snømyrbekken	1.66	2.19	1.56	2.19	1.55	2.57	3.99

2.3.2. Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-NIFS)

Nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt, også kjent som NIFS-formel, er utarbeidet for flomberegninger i små naturlige, uregulerte nedbørsfelt. Formelverket består av to regresjonsligninger for beregninga av flom, som videre beror seg på inngangparametere feltareal, spesifikk middelavrenning og effektiv sjøprosent. Middelflommen beregnet med NIFS-formel anses som noe usikker (NVE 7/2015), men forholdet forholdstallet for skalering av 200-årsflom anerkjennes som stabilt. Resultatet for flomberegninger i Snømyrbekken nedbørsfelt med NIFS-formler er presentert i Tabell 2-4.

Tabell 2-5: Resultat fra beregninger av flomvannføringer ved bruk av NIFS-formler

Felt	Middelflom [m ³ /s]	Q₂₀₀/Q_m [l/s·km ²]	200-årsflom [m ³ /s]
Snømyrbekken	0.62	3.02	1.86

2.3.3. Forenklet FFA med RFFA

Den største usikkerheten knyttet til regionale formelverk (NIFS-formel) ligger i indeksflommen (middelflom), men vekstkurveforholdet er ansett som svært robust. En metodikk for å hensynta dette, er å benytte en vektet middelflom fra regionalt formelverk og lokale data med hensyn til antall år med data, i kombinasjon med vekstkurveforhold fra regionalt formelverk (NIFS). Dette gir mulighet til å benytte selv korte måleserier med flomdata dersom det skulle foreligge i det aktuelle vassdraget.

Den vektete middelflommen er her beregnet ved bruk av formler gitt i NVEs rapport *Lokal og regional flomfrekvensanalyse* (10/2020). Det er valgt å bruke et representativt antall år med data på $n = 37$ år. Vektet middelflom (kulminasjon), vekstkurve og beregnet 200-årsflom er gitt i Tabell 2-6.

Tabell 2-6: Resultat for beregnet 200-årsflom i Snømyrbekken nedbørsfelt med vektet døgnmiddelvannføring og vekstkurve.

Felt	Middelflom (kulminasjon)			Q₂₀₀/Q_M RFFA-NIFS [-]	200-årsflom (kulminasjon) [m ³ /s]
	Lokal FFA [m ³ /s]	RFFA-NIFS [m ³ /s]	Vektet [m ³ /s]		
Snømyrbekken	1.55	0.62	1.51	3.02	4.55

2.3.4. Nedbør-avløpsmodell PQROUT

PQROUT er en nedbør-avløpsmodell som kan benyttes til flomberegninger der det foreligger nedbørsdata. PQROUT er en lineær karmodell, der vannføring antas å være proporsjonalt med innholdet i karet. Vannføringen beregnes basert på nedbør tilføres et tenkt kar med to utløp (K₁ og K₂) i ulik høyde. De to utløpene simulerer dermed at karet når en terskelverdi (T) der vannføringen vil øke fortere når nedbøren intensiveres. I disse beregningene, er det benyttet NVEs nett-versjon av modellen.

Parameterne til den hydrologiske flommodellen bør helst bestemmes ved kalibrering mot observerte vannføringer. Siden det ikke finnes måleserier i vassdraget, er modellparameterne bestemt ut fra ligninger gitt i NVEs veileder. Disse bruker inngangsparameterne relieff forhold (beregnet fra høydeforskjell og feltlengde), og effektiv sjøprosent. Beregnede modellparametere er gitt i Tabell 2-7. Konsentrasjonstid er beregnet

til 1.3 timer, basert rasjonale formel som er godt egnet for naturlige felt mindre enn 5 km². Konsentrasjonstid er satt til 1 time ettersom feltet er lite og modellen krever heltall. Det antas at bakken er fullstendig mettet ved initialtilstand, og middelvannføring er satt som initialvannføring.

Tabell 2-7: Beregnede modellparametere i PQRout.

Felt	K ₁ [1/time]	K ₂ [1/time]	T [mm]	Konsentrasjonstid [timer]
Snømyrbekken	0.163	0.041	6.61	1

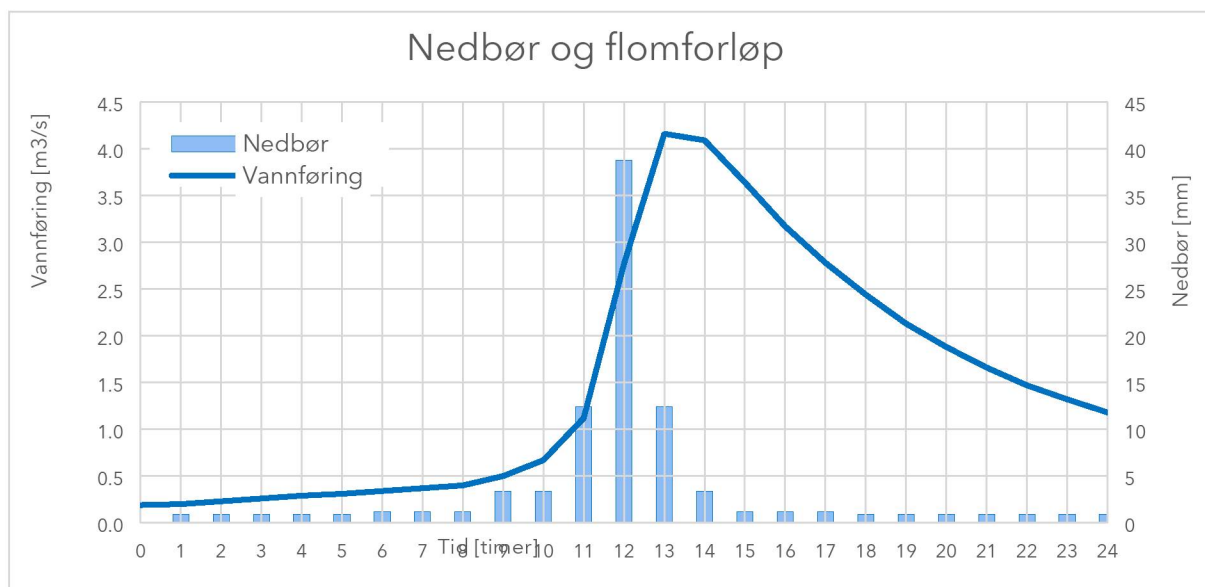
Det kan antas at i små nedbørsfelt som Snømyrbekken, skapes de største flomtoppene av nedbør med høy intensitet i større grad enn snøsmelting. Basert på snømengder fra normalperioden 1971-2000, er området rundt Øvre Stavsjø relativt snøfattig (SeNorge, 2022). Snøsmelting er derfor ikke hensyntatt i beregningene for PQRout.

Nedbørforløp for en 200-års hendelse er konstruert med utgangspunkt i nedbørdata fra målestasjon Kjølnes i Porsgrunn (se kapittel 2.2.2). Forløpet er konstruert etter anbefalinger gitt i NVEs veileder; varighet på 24 timer (anbefales for felt < 10-20 km²), en symmetrisk fordeling omkring høyeste nedbørintensitet (anbefalt for varigheter ≤ 2 døgn) og tidskritt på en time (anbefales for felt > 2 km²). Flere mulige variasjoner for nedbørsforløp er testet for å finne størst kulminasjonsverdi.

Resultatet fra PQRout er presentert i Tabell 2-8, og grafisk fremstilling av nedbør og vannføring for hvert tidskritt er gitt i Figur 2-4.

Tabell 2-8: Resultater fra modellering av 200-årsflom med nedbør-avløpsmodellen PQRout.

Felt	Nedbør _{24t} [mm/døgn]	Nedbør _{max} [mm/time]	200-årsflom [m ³ /s]
Snømyrbekken	91.6	38.8	4.16



Figur 2-4: Grafisk fremstilling av resultatet fra nedbør-avløpsmodellen PQRoute

2.3.5. Rasjonale formel

Den rasjonale formel er egnet for vannføringsberegninger i veldig små nedbørfelt. Anbefalingene er noe sprikende, der enten 0.2-0.5 km² eller 2-5 km² er anbefalt som øvre grense (NVE, 7/2015). Metoden er basert på direkte sammenheng mellom nedbørintensitet og avrenning.

Overflatene i nedbørsfeltet betegnes med en avrenningsfaktor (C), og feltet gis en vektet C-verdi basert på arealfordelingen. Vanligvis er det en viss usikkerhet knyttet til valg av C-verdi for feltet, da overflater gjerne er inhomogene. Derimot er det aktuelle feltet svært homogent med 95.8% skog. Avrenningsfaktorer (C) er valgt basert på anbefalte verdier i NVEs veileder. I veilederen er det anbefalt å legge til et påslag i C-verdien, som følge av økt metningsgrad i bakken ved nedbørhendelser med større returperioder. C-verdier for naturlige overflater er derfor økt med 30%, i henhold til anbefalingen for 200-års gjentakintervall - Se Tabell 2-9.

Tabell 2-9: Spesifikke avrenningskoeffisienter samt vektet gjennomsnitt for Snømyrbekken nedbørsfelt.

Arealtype	C basis [-]	C påslag [%]	C inkl. påslag [-]	Areal [%]
Myr	0.60	30	0.78	4.1
Skog	0.25	30	0.33	95.8
Sjø	0.60	30	0.78	0.2
Vektet gjennomsnitt:			0.34	100

Nedbørintensitet er hentet fra IVF-data fra Kjølnes målestasjon (se kapittel 2.2.2.), hvor gjentaksintervallet er satt til 200 år og varighet lik feltets konsentrasjonstid (T_c). Konsentrasjonstiden bestemmes via egnete formler og avhenger av feltets størrelse, relieff og effektiv sjøprosent. Sistnevnte er svært viktig, da metoden ikke er egnet for felt med god flomdemping. Konsentrasjonstiden er estimert til 79 minutter, og rundet av 90 minutter for å samsvare med tabeller for nedbør.

Resultatet for beregnet 200-årsflom i Snømyrbekken basert på rasjonale formel er gitt i Tabell 2-10.

Tabell 2-10: Benyttede verdier og resultat fra flomberegninger med rasjonale formel.

Felt	Areal [ha]	T_c [min]	C [-]	I_{200} [l/s·ha]	Q_{200} [m³/s]
Snømyrbekken	210	90	0.34	90.9	6.58

2.4. Klimapåslag

I henhold til NVEs veileder 7/2015, skal det inkluderes et klimapåslag på minst 20% for flomberegninger med 200-års gjentaksintervall.

Anbefalt klimapåslag varierer fra ulike regioner rundt om i landet. For Snømyrbekken, og området Vestfold og Telemark, er det estimert 30-40% økning eller mer mot neste århundreskifte (NKSS, rapport 2/2015). Det er videre forventet at svært små nedbørsfelt vil ha størst økning.

Med bakgrunn i overnevnte vurderinger er det valgt å benytte **40% klimapåslag** for Snømyrbekken.

2.5. Dimensjonerende vannføring

Dimensjonerende vannføring er basert på en vurdering av kvaliteten på resultatet fra hver enkelt av metoden beskrevet i foregående delkapitler. Spesifikke flomverdier er vurdert opp mot erfaringstall for regionen hentet fra veileder 7/2015. Erfaringstall fra Sør- og Vestlandet (700 – 5000 l/s·km²) er basert på vassdragnr., 16 -92 og Østlandet (500-1500, unntaksvis 2000 l/s·km²) er basert på 1-15. NVE definerer Snømyrbekken nedbørsfelt som en del av vassdragsnr., 16. Videre antas det at Snømyrbekken i en overgangssone mellom de nevnte regionene. Derav betraktes øvre sjiktet av erfaringstallene for Sør- og Vestlandet å være et overestimat for Snømyrbekken, samtidig som nedre sjiktet av Østlandet antas å være for lavt.

Sammenligning av resultat og erfaringstall viser at NIFS-formler gir et betraktelig lavere estimat enn resterende metoder. FFA, Lokal med RFFA samt PQROUT gir alle relativt like flomverdier, mens rasjonale formel er noe høyere. NIFS-formler er noe lav basert på nevnte erfaringstall, og følgelig er det valgt å benytte gjennomsnittet fra resterende metoder. Det gir et endelig estimat for Snømyrbekken på 2296 l/s·km², et tall som virker rimelig både basert på vurderingen av erfaringstall og sett i sammenheng med referansestasjoner.

Rasjonale formel gir det største estimatet, men i henhold til veiledere er det knyttet størst usikkerhet til beregninger i skogsområder, da metningsgraden i bakken forventes å øke mye (30%) for 200-års gjentakintervall. Samtidig er det benyttet nedbørsdata fra en stasjon som angivelig mottar noe mindre årsnedbør enn Øvre Stavsjø. Den store andelen skog, og homogene arealfordelingen taler i midlertidig for estimatet.

Oppsummering av resultat fra beregningsmetoder er presentert i Tabell 2-11.

Tabell 2-11: Oppsummering av resultat fra hver av beregningsmetodene, samt endelig estimat inkludert klimapåslag.

Metode	200-årsflom	
	[l/s·km ²]	[m ³ /s]
Lokal flomfrekvensanalyse (FFA)	1901	4.0
Forenklet lokal med RFFA	2168	4.6
Nedbør-avløpsmodell PQROUT	1981	4.2
Rasjonale formel	3135	6.6
Regional flomfrekvensanalyse (NIFS - formel)	886	1.9
Endelig estimat:	2296	4.8
Inkludert 40% klimapåslag:	3215	6.8

Dimensjonerende vannføring ved 200-årsflom for Snømyrbekken er satt til **6.8 m³/s**, inkludert klimapåslag. Det er gjennomsnittet av metodene presentert Tabell 2-11, foruten om NIFS-formler som vurderes som for lavt.

3. Hydraulisk modellering

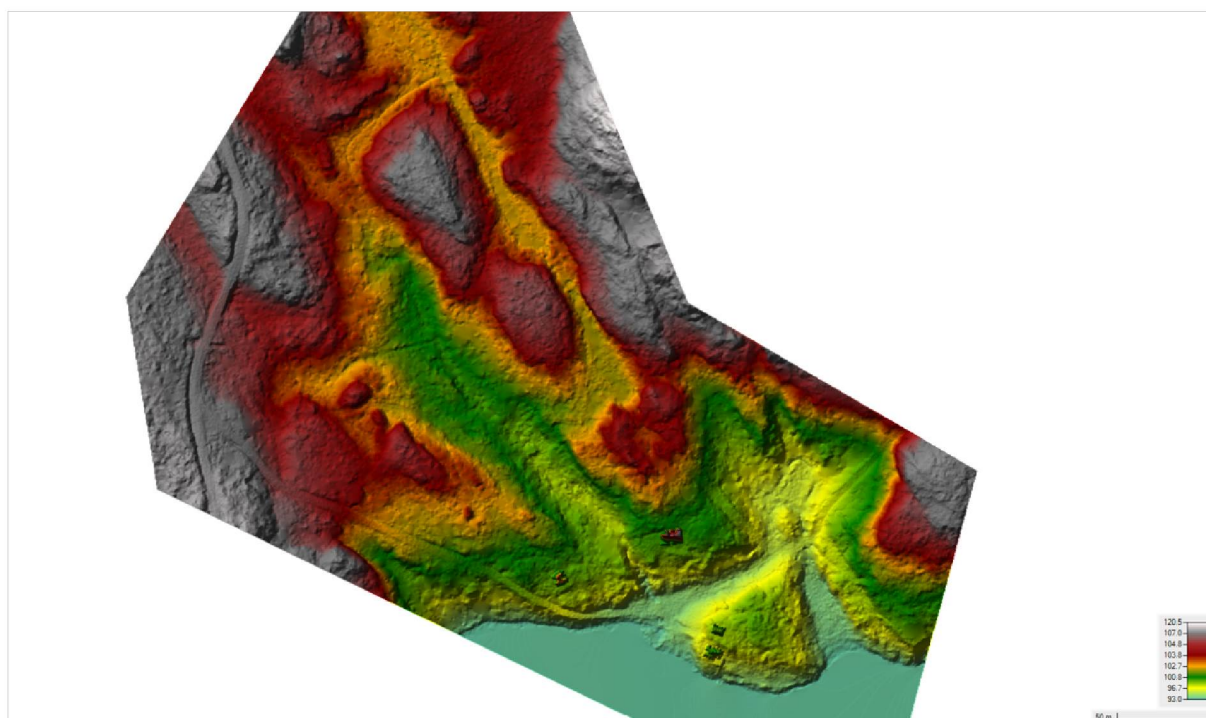
Det er benyttet en todimensjonal hydraulisk modell i programmet HEC-RAS versjon 6.1 for å simulere 200-årsflom i Snømyrbekken. Oppsettet av modellen presenteres først, deretter resultatet. Resultatet fra modelleringen ligger til grunn for endelig flomsonekart.

3.1. Oppsett av todimensjonal hydraulisk modell

3.1.1. Terrengmodell

En terrengmodell basert på laserdata med oppløsning 0.5 m (*NDH Skien-Nome-Drangedal-Sauherad 2pkt 2016*) er benyttet som hovedgrunnlaget i modelleringene, se Figur 3-1.

Nøyaktigheten på laserdataene er vurdert basert på befaring og bilder. På generell basis er laserdata mindre nøyaktig i områder med tett vegetasjon, da det forstyrrer innmålingene. Snømyrbekken er preget av mye skog, men terrengmodellen anses uansett som brukbar.



Figur 3-1: Skjermdump fra HEC-RAS med terrengmodellen som ligger til grunn for modelleringen.

3.1.2. Konstruksjoner i vassdraget

Snømyrbekken ledes inn i en rektangulært, betongstøpt stikkrenne nært utløpet i Øvre Stavsjø, se Figur 3-2. Data for stikkrennen ble innhentet under befaring 03.01.2022. Stikkrennen er 39cm høy og 90 cm bred ved innløpet, og 8.5 m lang. Betongen er sprukket opp og det er en del kvist i løpet. Bunnforhold lot seg ikke undersøke.

På vinterstid er det etablert skiløyper gjennom området, inkludert en enkel treplattning som krysser bekkeløpet. Denne er ikke tatt med i modellen. Foruten er bekkeløpet naturlig, men med en del kvist og nedfall.



Figur 3-2: Innløp og utløp av stikkrennen nært utløpet i Øvre Stavsjø. Betongkonstruksjonen er 8.5 m lang, innløpet er 39 cm høyt, 90 cm bredt og utløpet er noe større. Foto: Asplan Viak januar 2022.

3.1.3. Friksjonsforhold

Vannets hastighet påvirkes av friksjonsforhold, altså ruheten på overflaten som vannet strømmer over. Forholdene varierer med type underlag og utforming av elveløpet. Ruheten i modellen er gitt som Mannings tall (n), høyere n -verdi betyr mer friksjon.

Forholdene er vurdert basert på flyfoto og bilder tatt under befaring. Benyttede ruhetsverdier i modellen er oppsummert i Tabell 3-1 med bakgrunn i standardverdier fra *Vassdragshåndboka* (Fergus m.fl., 2010).

Tabell 3-1: Benyttede ruhetsverdier for ulike overflater i analyseområdet.

Type overflate	Mannings tall	
	n	$M (=1/n)$
Grusvei	0.020	50
Bekkeløp	0.035	29
Skog	0.070	14
Innsjø	0.040	25
Myr	0.065	15
Stikkrenne	0.020	50

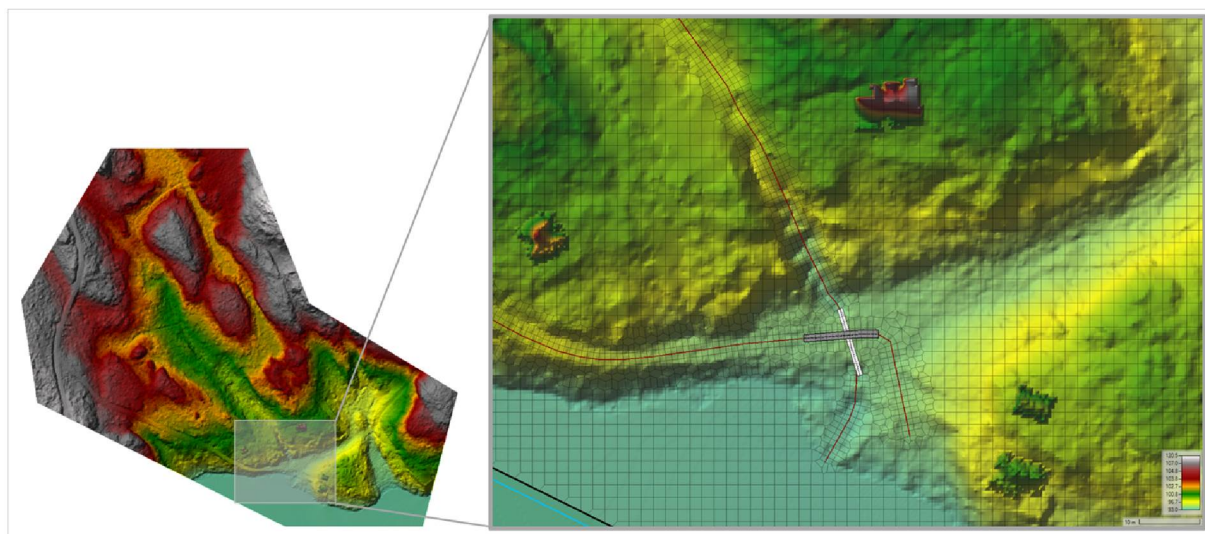
3.1.4. Grensebetingelser

Innløpet for Snømyrbekken er satt relativt langt oppstrøms planområdet for å få med eventuelle nye flomløp gjennom det flate terrenget. Her er et skalert flomforløp sammen med antagelse om normalstrømning benyttet som øvre grensebetingelse. Utløpet er satt et stykke ut i Øvre Stavsjø, hvor normalvannstand gitt av kart er satt som nedre grensebetingelse.

3.1.5. Struktur på strømningsområdet

Det todimensjonale analyseområdet er romslig avgrenset rundt hele planområdet. Dermed skal eventuelle nye flomveier fanges opp i modelleringen.

Avstanden mellom hvert beregningspunkt er satt til 1 m i bekkeløpet og 2 m i øvrige områder. Midtlinjer for bekkeløp og grusvei legges inn som "breaklines" og sikrer riktig orientering av celler over knekkpunkter. Oppsettet av strømningsområdet i HEC-RAS er illustrert i Figur 3-3.

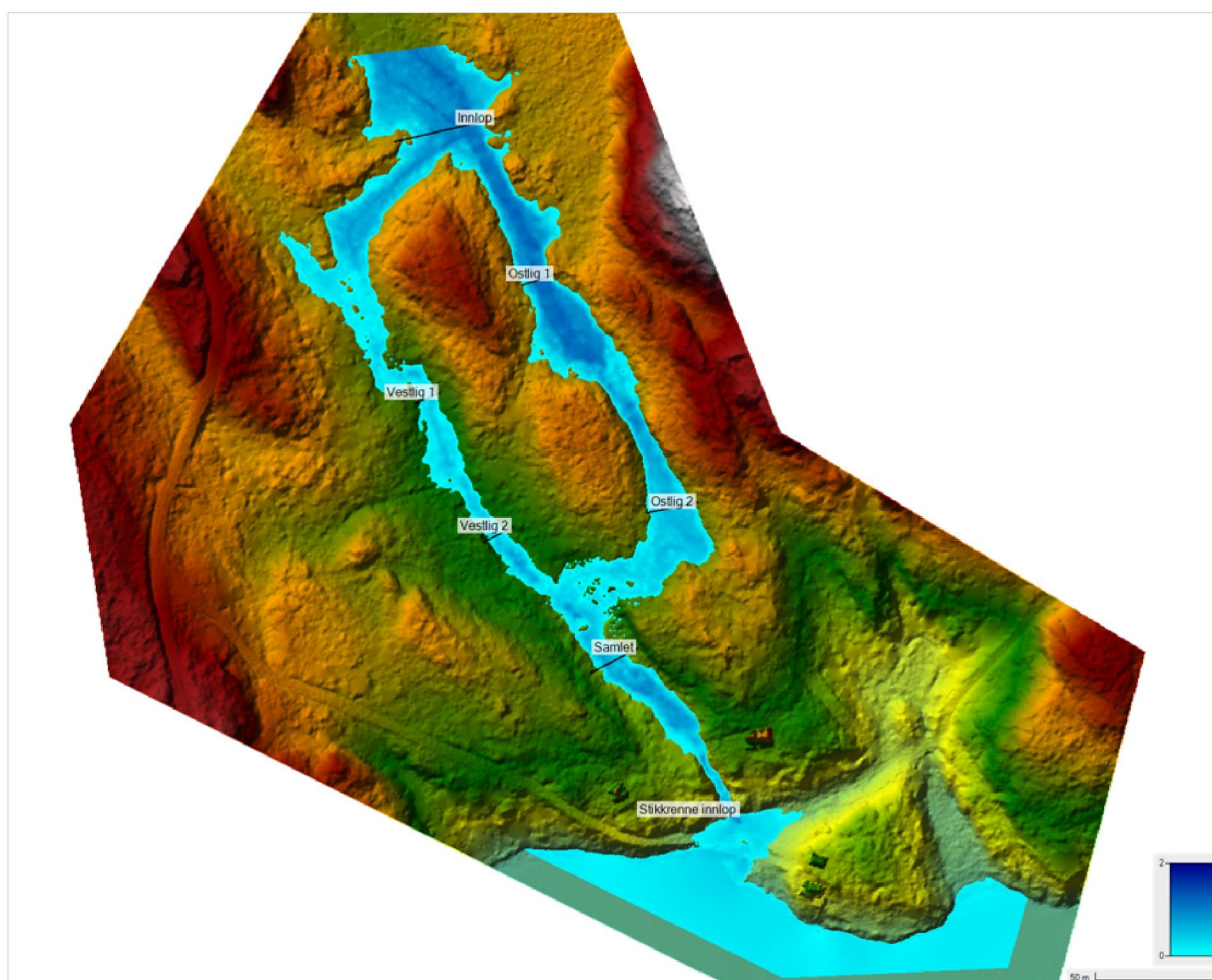


Figur 3-3: Oppsettet av cellestruktur på todimensjonalmodell i HEC-RAS

3.2. Resultater

Resultatet fra hydraulisk modellering med dagens terreng og 200-års dimensjonerende vannføring er presentert i Figur 3-4, samt med fullstendig flomsone kart i V Vannstand og dybde for utvalgte tverrprofiler langs det oversvømte området er presentert i Tabell 3-2.

Resultatene viser at vannet tar et nytt flomløp fra Snømyra, i vestlig retning. Bekken samles senere til ett løp før stikkrennen og utløpet i Øvre Stavsjø. Modellen viser at dagens stikkrenne og parkeringsplass ved enden av veien blir oversvømt. Det kommer også frem hvilke områder som potensielt er flomutsatt.



Figur 3-4: Resultatet av hydraulisk analyse med skjermdump fra HEC-RAS. Fargeskalaen representerer dybde i meter.

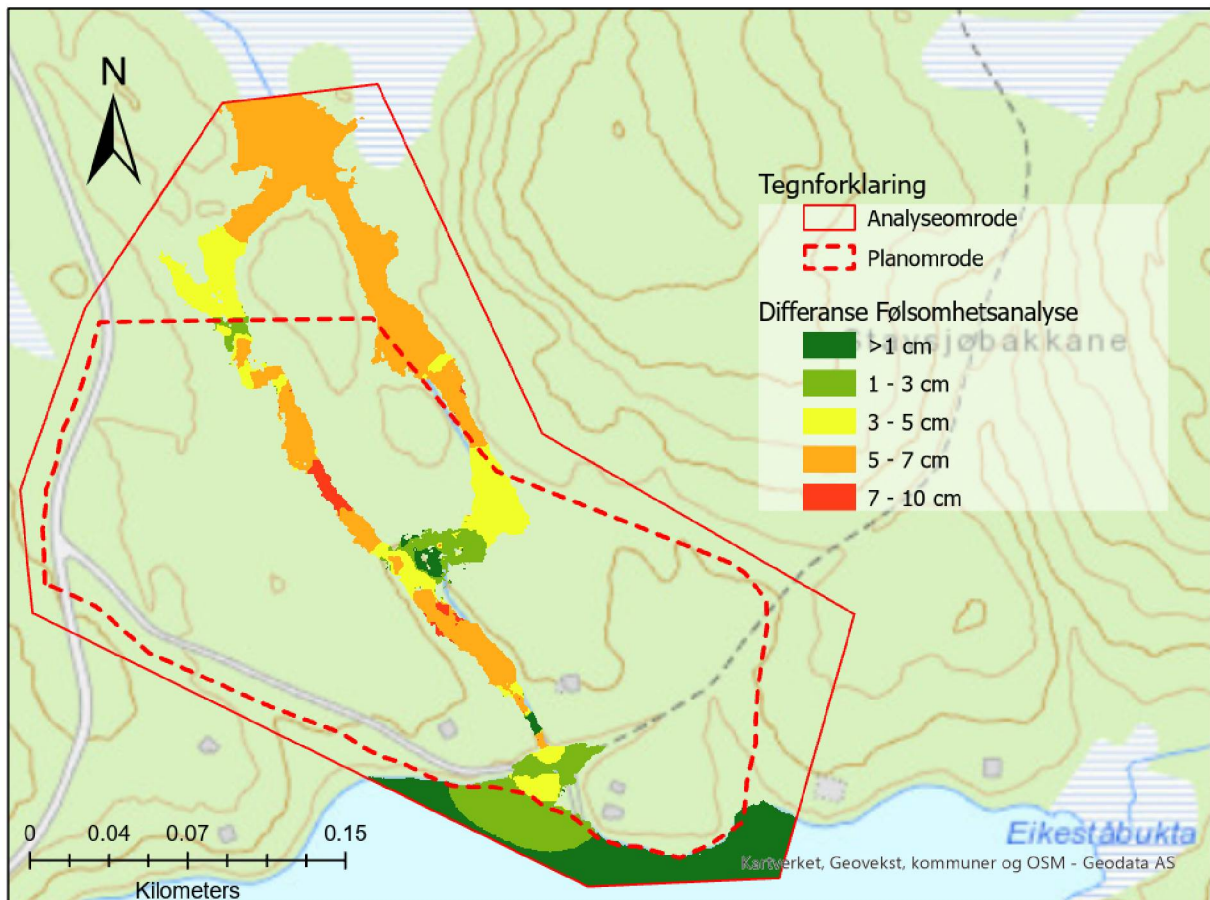
Tabell 3-2: Resultat for vannstand, vannhastighet og dybde presentert for utvalgte tverrprofiler.

Profil	Vannstand [moh.]	Vannhastighet [m ³ /s]	Dybde [m]
Innløp	103.6	0.5	1.1
Vestlig 1	101.1	0.8	0.4
Vestlig 2	100.4	0.9	0.4
Østlig 1	103.6	0.7	1.2
Østlig 2	102.7	1.1	0.6
Samlet	98.6	1.6	0.7
Stikkrenne innløp	94.6	4.3	0.8

3.3. Følsomhetsanalyse

For å kunne kalibrere en modell må det foreligge samtidige målinger av vannføring og vannstand i vassdraget. Det er uvanlig med den type data, og finnes heller ikke for Snømyrbekken. Alternativet er å utføre en følsomhetsanalyse for å vurdere usikkerheten i modellen. Følgelig er det gjort en følsomhetsanalyse for Snømyrbekken der, Manningsverdiene er økt 25%. Det gir et tall på hvor sensitiv modellen er på endringer i ruhet, og følgelig en indikator på nødvendig sikkerhetsmargin.

Følsomhetsanalysen for Snømyrbekken indikerer at modellen er relativt lite følsom ovenfor usikkerhet i ruhet. Vannstanden øker med 5-7 cm eller mindre for arealet som er oversvømt, se Figur 3-5.



Figur 3-5: Resultat fra følsomhetsanalysen, der differanse er illustrert i cm.

4. Flomsikkert nivå og flomsonekart

4.1. Sikkerhetsmargin

I flomsonekartlegging vil det være en viss usikkerhet knyttet til flomverdi, ruheter og terrengdata. For å hensynta slike usikkerheter, anbefales det å legge til en sikkerhetsmargin for vannstandendring når flomsikkert nivå skal bestemmes.

Flomberegningene som legges til grunn har også en viss usikkerhet, da det ikke finnes lange og stabile dataserier fra det aktuelle vassdraget. Ved å benytte flere metoder og vurdere ulike resultater minskes denne usikkerheten noe, og det er også fulgt en konservativ tilnærming til parametervalg.

Følsomhetsanalysen beskrevet i kapittel 3.3 viser at usikkerheten knyttet til ruhet gir lite utslag. Det derimot må påpekes at bekkeløpet er bratt og kanalisert i 20-25 m oppstrøms innløpet til stikkrennen. Her får vannet stor fart, og todimensjonale beregninger er mindre presist under slike forhold. Courant-tallet i denne kanaliserte seksjonen er opp mot 5 - noe som indikerer noe ustabilitet i modellen.

Det er benyttet laserdata, som kan ha unøyaktig målinger for terreng under tett vegetasjon. Snømyrbekken er preget av mye skog, men terrengmodellen anses uansett som brukbar basert på sammenligning med kart og bilder fra befaring.

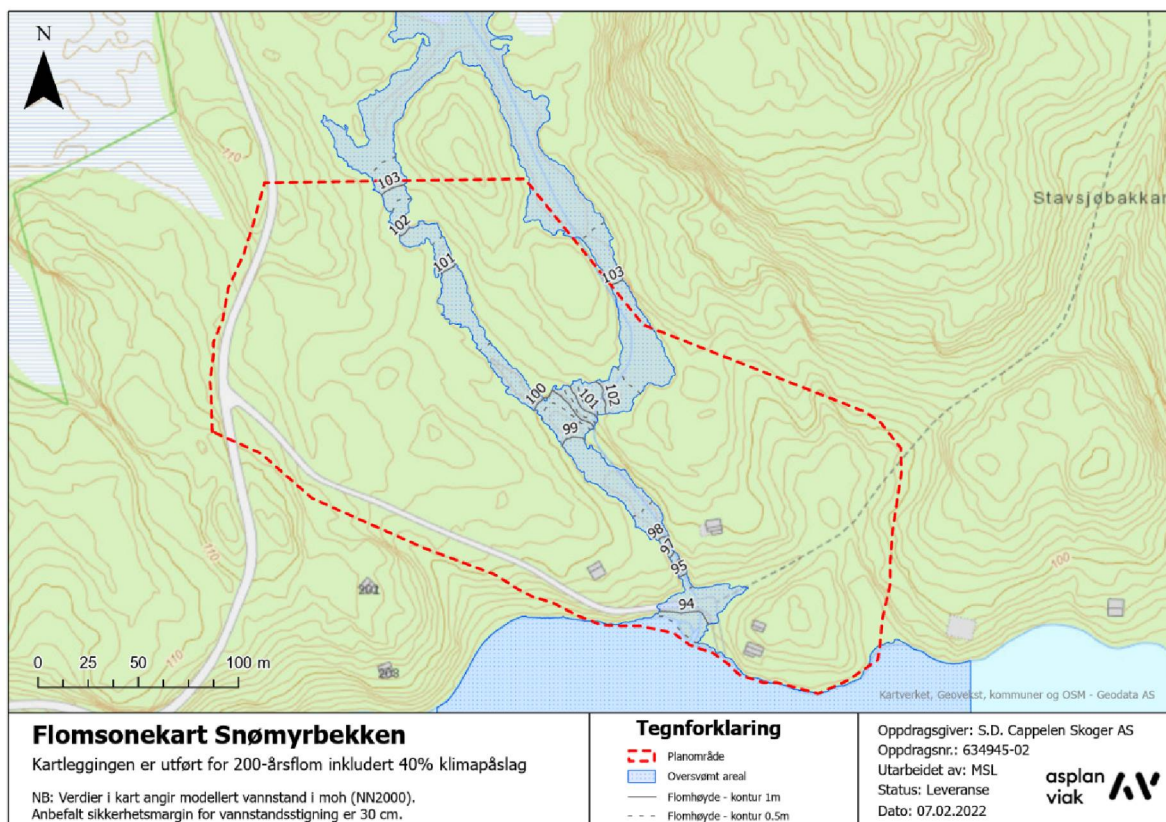
I NVEs retningslinje *Flaum- og skredfare i arealplanar* (2/2011) er det anbefalt å bruke en sikkerhetsmargin for vannstigning på rundt 30 til 50 cm i flomsonekart. På bakgrunn av dette, og overnevnte usikkerheter, er det anbefalt å benytte en sikkerhetsmargin på **30 cm**.

4.2. Flomsonekart

Flomsonekartet er basert på resultatene fra den hydrauliske analysen, som har blitt bearbeidet i ArcGIS Pro. Etterarbeidet gir økt lesbarhet og riktig informasjon kan hentes direkte i kartet.

Kartet viser oversvømt areal, samt vannstand i form av flomkoter i meter over havet (moh.), ved flomtoppen - se Figur 4-1. Flomsonekartet i sin helhet er gitt i Vedlegg 1, flomsonen er også tilgjengelig digitalt.

Det bemerkes at vannstander i flomsonekartet er modellerte verdier, og inkluderer ikke sikkerhetsmargin. I planlegging, burde det legges til en anbefalt sikkerhetsmargin på 30 cm.



Figur 4-1: Flomsonekart som viser oversvømt areal i planområdet for nytt hyttefelt ved Øvre Stavsjø, Kartet i sin helhet leses i Vedlegg 1.

5. Konklusjon

Flomsonekartleggingen av Snømyrbekken er foretatt i forbindelse med utarbeidelse av reguleringsplan for etablering av hyttefelt i området ved Øvre Stavsjø.

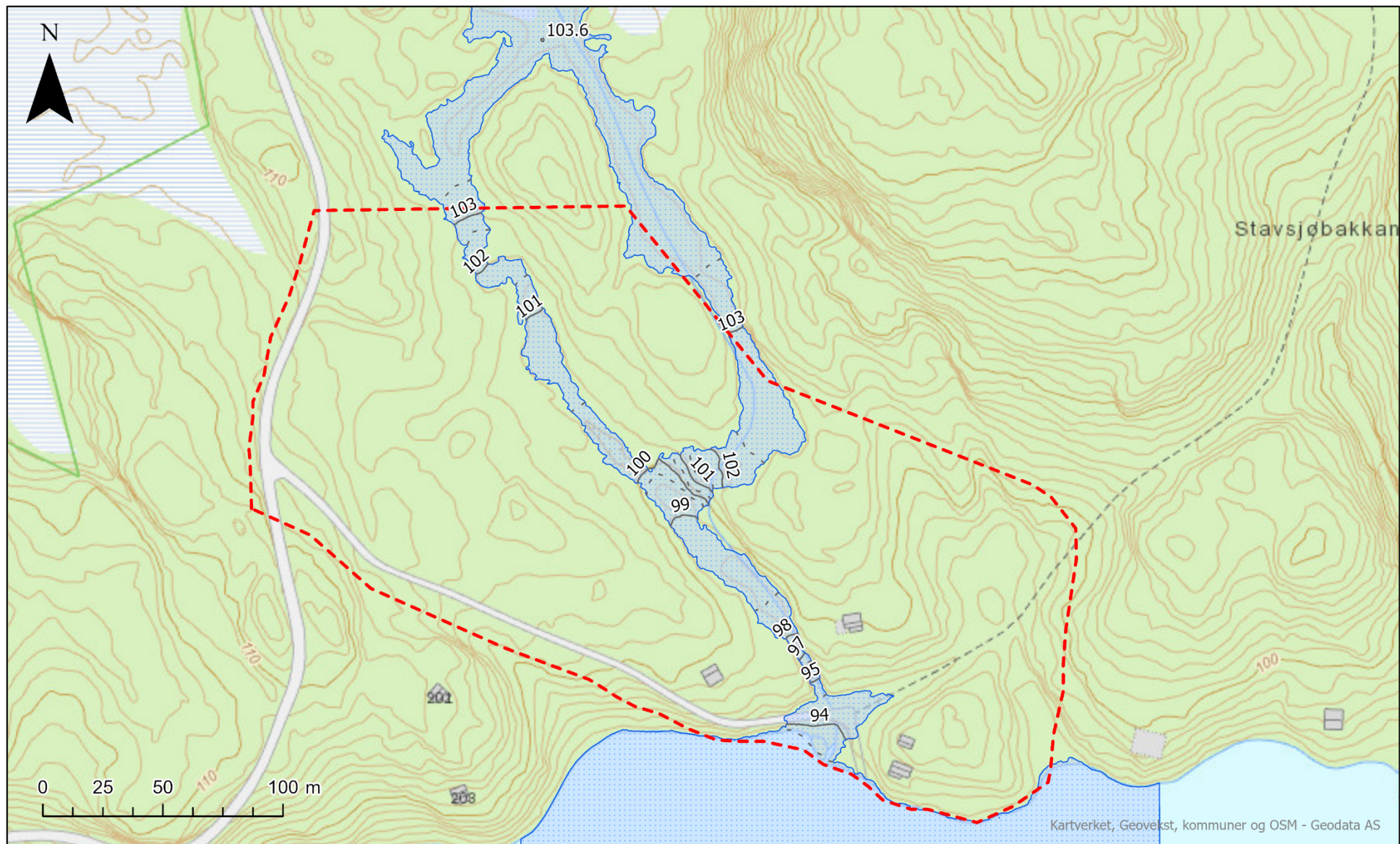
Flomberegninger viser at dimensjonerende 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag er 6.8 m³/s. Hydraulisk analyse indikerer at **deler av området er flomutsatt**, da bekken tar nytt flomløp og generelt oversvømmer sitt vanlige bekkeleie. Det er anbefalt å legge til **30 cm i sikkerhetsmargin** på vannstander som fremkommer i flomsonekartet.

Flomsonekartet viser hvilke områder som er berørt, samt kotehøyder for vannstand. Det påpekes at analysen er basert på dagens terreng og naturtyper. En utbygging vil kunne endre avrenningskoeffisienter og vannveier. En økning av tette flater, eksempelvis oppgradert vei, tak og parkeringsplasser, kan gi raskere respons ved intens nedbør.

Kilder

- **Direktoratet for byggkvalitet** (2017). Byggteknisk forskrift. TEK17.
- **Fergus, T., Hoseth K.A., Sæterbø, E.** (2010). Vassdragshåndboka. Tapir akademisk forlag.
- **NVE** (2014). Flaum- og skredfare i arealplanar. Revidert 22. mai 2014. NVE retningslinje 2/2011.
- **NVE** (2015). *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*, Norges Vassdrag og Energidirektorat veileder nr. 7/2015
- **NVE** (2020). *Lokal og regional flomfrekvensanalyse*, Norges Vassdrag og Energidirektorat, Rapport nr. 10/2020
- **NKSS** (2016) *Klima i Norge 2100*. Norsk Klimaservicesenter, Miljødirektoratet. Rapport nr. 2/2015.
- **Se Norge (2022)** *Normal årsmaksimum av snømengde (1971-2000)*, URL: senorge.no.

Vedlegg 1



Flomsonekart Snømyrbekken

Kartleggingen er utført for 200-årsflom inkludert 40% klimapåslag

NB: Verdier i kart angir modellert vannstand i moh (NN2000).
Anbefalt sikkerhetsmargin for vannstandsstigning er 30 cm.

Tegnforklaring

- Planområde
- Oversvømt areal
- Flomhøyde - kontur 1m
- Flomhøyde - kontur 0.5m

Oppdragsgiver: S.D. Cappelen Skoger AS

Oppdragsnr.: 634945-02

Utarbeidet av: MSL

Status: Leveranse

Dato: 07.02.2022

asplan
viak



