

Beregnet til

Søndre Land Kommune

Dokument type

Rapport

Dato

Mars, 2022

REGULERINGSPLAN FOR HASVALSÆTRA NÆRINGSOMRÅDE FLOM- OG VANNLINJEBEREGNINGER

REGULERINGSPLAN FOR HASVALSÆTRA NÆRINGSOMRÅDE FLOM- OG VANNLINJEBEREGNINGER

Oppdragsnavn **Reguleringsplan for Hasvalsætra næringsområde**
Prosjekt nr. **1350047342**
Mottaker **Søndre Land Kommune**
Dokument type **Rapport**
Versjon **01**
Dato **18.03.2022**
Utført av **Rosa Gonzalez**
Kontrollert av **Lars Skeie**
Godkjent av **Tomas Moen**

Rambøll
Harbitzalléen 5
Postboks 427 Skøyen
0213 Oslo

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

INNHALDSFORTEGNELSE

1.	Innledning	2
2.	Planområdet og flomfare	3
2.1	Planområdet	3
2.2	Aktsomhetsone flom	4
3.	Mål, krav og metoder	5
3.1	Målsetning	5
3.2	Krav og metode	5
3.2.1	Dimensjonerende flom og klimafaktor	5
3.3	Metoder	6
3.3.1	SCALGO LIVE	6
3.3.2	Flomberegninger	6
3.3.3	Flomfrekvensanalyse	6
3.3.4	Formelverk for små nedbørfelt	7
3.3.5	Rasjonale formel	7
3.3.6	Flommodellen i PQRUT	8
3.3.7	IVF-kurver	9
3.3.8	Hydrauliske beregninger	9
4.	Flomberegning Lauselva	10
4.1	Nedbørfelt	10
4.2	Flomfrekvensanalyse	12
4.3	Flomverk for små nedbørfelt	14
4.4	Rasjonale formel	15
4.5	PQRUT	16
4.6	Oppsummering og valg av 200-årsflom samt usikkerhet	19
5.	Flomberegninger bekker	20
5.1	Nedbørfelter	20
5.2	Formelverk for små nedbørfelt	21
5.3	Rasjonale formel	23
5.4	Oppsummering – valg av dimensjonerende flom	25
5.5	Fordeling av vannføringer til planområde.	25
6.	Hydrauliske beregninger	27
6.1	Topografiske data	27
6.2	Modelloppbygging	27
6.3	Start- og grensebetingelser	28
6.4	Kalibreringsdata	29
6.5	Sensitivitetsanalyse	29
7.	Resultater	30
7.1	Eksisterende situasjon	30
7.1.1	Flomsone – eksisterende situasjon – Alternativ 1	30
7.1.2	Flomsone – eksisterende situasjon – Alternativ 2	31
7.2	Planlagt situasjon	32
7.2.1	Flomsone – planlagt situasjon – Alternativ 1	32
7.2.2	Flomsone – planlagt situasjon – Alternativ 2	35
8.	Usikkerheter	37
9.	Oppsummering og konklusjon	39
10.	Referanser og kilder	40

1. INNLEDNING

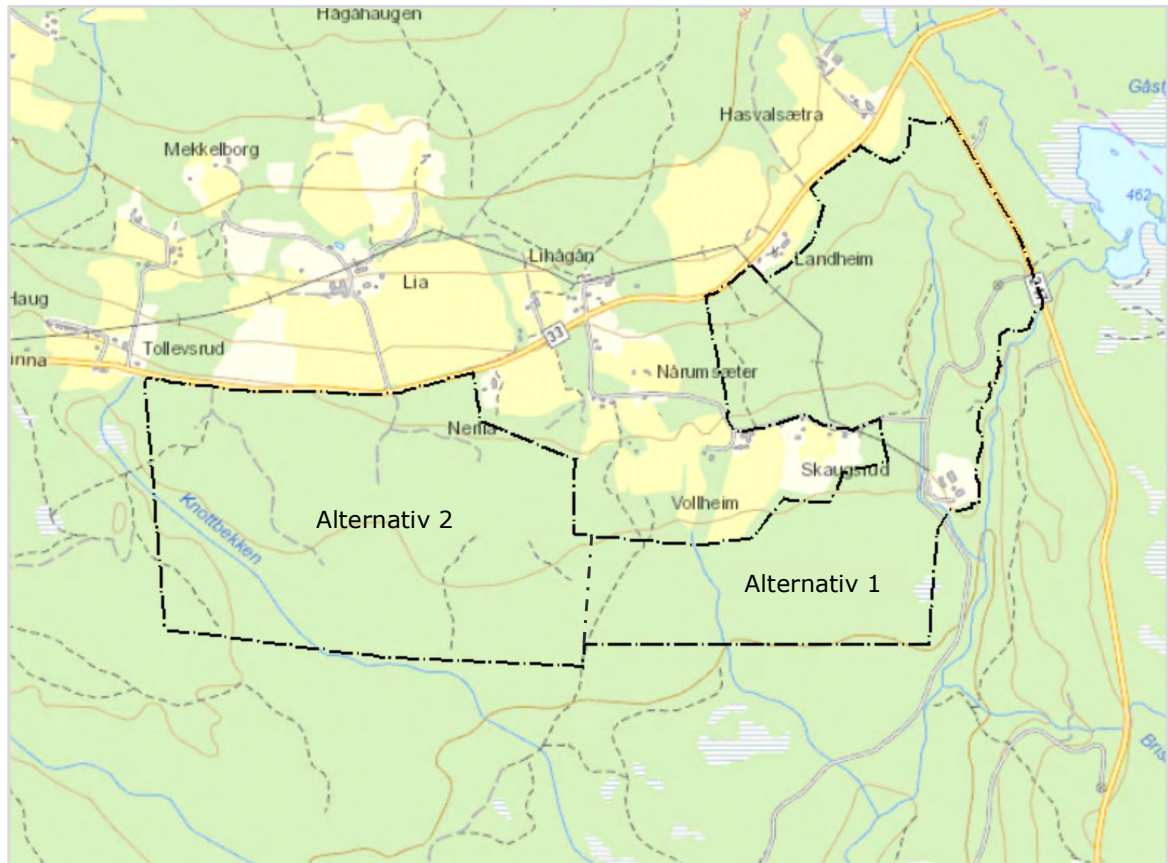
Rambøll har på oppdrag for Søndre land kommune utarbeidet en områdereguleringsplan med konsekvensutredning for Hasvalsætra næringsområde.

Hensikten med områdereguleringsplanen er å legge til rette for næringsområde for areal og energikrevende virksomheter. Det skal utarbeides konsekvensutredning som også vil være med å avklare hvilken av de to alternative plasseringene som egner seg best for bygging av et større næringsområde. Totalt er hele planområdet ca 2300 daa, som fatter tre alternative områder. Oppdraget omfatter prosjektledelse, arealplan, landskap, kulturminne, naturmangfold, naturressurser, flom og overvann, vannforvaltning, støy, trafikk og mobilitet, klima og energi.

2. PLANOMRÅDET OG FLOMFARE

2.1 Planområdet

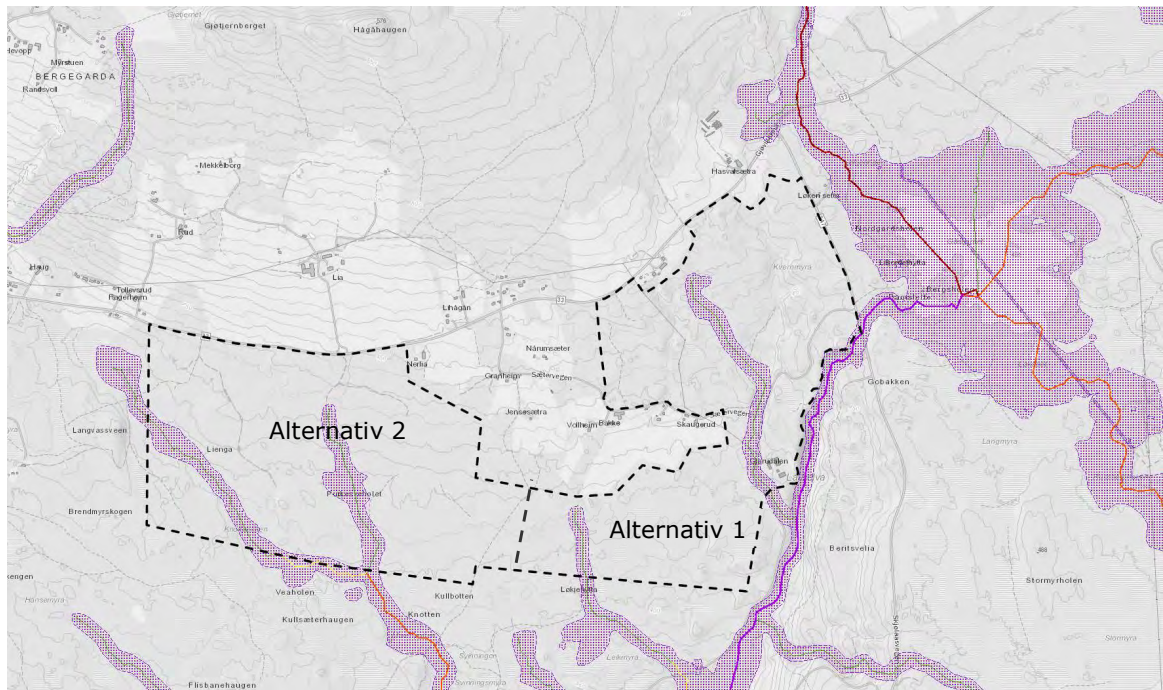
Planområdet ligger i Søndre Land kommune. Området består i hovedsak av skog av middels og høy bonitet. Det er også noen mindre områder med myr, særlig i østre del av området. Området grenser noen steder mot dyrket mark. Området ligger i nærheten av to fylkesveger.



Figur 2.1: Oversiktskart for planområdet, (kilde: Norges Grunnkart).

2.2 Aktsomhetsone flom

Aktsomhetskartet for flom fra NVE er vist i Figur 2.2. Kartet viser at planområdet er berørt av aktsomhetssonen til flere vassdrag. Flere bekker krysser planområdet i tillegg renner Lauselva langs området grensa i sør/øst.



Figur 2.2. Aktsomhetssone flom ved planområdet, (kilde NVE).

3. MÅL, KRAV OG METODER

3.1 Målsetning

Hovedmålene med denne utredningen har vært å dokumentere konsekvenser ved dimensjonerende flomhendelser (200-årsflom etter TEK17, §7-2) i alle vassdrag innenfor planområdet samt Lauselva. Visualisere flommens utbredelse langs Hasvalsætra Næringsområde ved eksisterende situasjon og planlagt situasjon. Videre komme med en anbefaling på hvilket planalternativ som er mest hensiktsmessig å utbygge iht. flomutbredelse, flomrisiko, lukking av bekk/elv og inngrep i vassdrag (omlegging).

3.2 Krav og metode

3.2.1 Dimensjonerende flom og klimafaktor

Flomfare for byggverk må følge kravene gitt i Byggeteknisk forskrift (TEK 17) vedrørende sikkerhetsklasser. TEK 17 oppgir følgende sikkerhetsklasser for flom:

Sikkerhetsklasse F1 inkluderer bygninger som garasjer og lagerbygg med lite personopphold der oversvømmelse har liten konsekvens. 20-årshendelse er dimensjonerende.

Sikkerhetsklasse F2 omfatter bebyggelse med personopphold og gjelder for områder der oversvømmelse får middels konsekvens. 200-årshendelse er dimensjonerende.

Sikkerhetsklasse F3 omfatter bygg for sårbare samfunnsfunksjoner og byggverk som under flom kan forårsake stor forurensning på omgivelsene. Sikkerhetsklasse F3 gjelder områder der oversvømmelse får store konsekvenser. 1000-årshendelse er dimensjonerende.

Byggen som er tenkt på Hasvalsætra Næringsområde omfatter bygninger med personopphold (lagerbygg) og (industri), og må ifølge TEK 17 og dens veiledning plasseres i sikkerhetsklasse F2. Det vil si at største årlig nominelle sannsynlighet for oversvømmelse settes lik 1/200 (gjentakintervall på 200 år) for området.

NVE har utarbeidet en rapport (81-2016) med forventet klimautvikling frem til år 2100 ved beregning av flommer med forskjellige gjentakintervall. I NVEs veileder for flomberegninger kommer det frem følgende «20 % økning – Alle nedbørfelt med areal < 100 km² og andre mindre nedbørfelt som reagerer raskt på styrtregn.». Nedbørfeltet til vassdragene er relativt små felt med lite fall og liten urbanitet og det er forventet en lav respons fra styrtregn.

Klimaprofil for Oppland, rapport utarbeidet av Norsk klimaservicesenter, anbefaler klimapåslag for flomvannføring fram mot 2100 på minst 20 %. For regnskyll (nedbør) med kortere varighet enn 3 timer foreslås et klimapåslag på 40 % (Norsk klimaservicesenter, 2021).

Tabell 3.1. Klimapåslag for kraftig nedbør, avhengig av varighet og dimensjonerende gjentakintervall, (Norsk klimaservicesenter, 2020).

	Dimensjonerende gjentakintervall < 50 år	Dimensjonerende gjentakintervall ≥ 50 år
≤ 1 time	40 %	50 %
>1 – 3 timer	40 %	40 %
>3 – 24 timer	30 %	30 %

Basert på ovenstående settes dimensjonerende flom for elv til:

$Q_{DIM} = Q_{200}$ inkl. 30% klimapåslag

Og dimensjonerende flom for bekkene settes til:

$Q_{DIM} = Q_{200}$ inkl. 40% klimapåslag.

3.3 Metoder

3.3.1 SCALGO LIVE

Nedslagsfeltet er beregnet ved bruk av det internetbaserte, GIS-verktøyet SCALGO Live (<https://scalgo.com/>) som baserer seg på terrengmodellen fra NDH (Nasjonal detaljert høydemodell) med gridceller på 1 x 1 m. Verktøyet kan blant annet beregne nedslagsfelt, avrennings-/flomveier, volum av groper og magasin og feltlengder og høydeforskjeller. I tillegg kan man legge inn egne GIS-filer og editere/redigere terrenget, for så å gjøre nye beregninger etter tiltak. Funksjonaliteten til programvaren ligner i stor grad på verktøyet Arc Hydro Tools for ArcGIS. Leseren henvises til hjemmesiden SCALGO Live for mer informasjon. Det kreves lisens for tilgang til terrengmodell basert på NDH.

3.3.2 Flomberegninger

For å vurdere dimensjonerende flomverdi for vassdraget har det blitt benyttet metoder og formler anbefalt i NVE-veilederen 7/2015 «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt». Under er det gitt en kort forklaring av de ulike metodene benyttet, men for mer detaljert lesning om formelverket henvises leseren til veilederen.

3.3.3 Flomfrekvensanalyse

Det er knyttet usikkerheten ved middelsflommen ($l/s \cdot km^2$) beregnet i NEVINA, slik at en sammenligning mot middelsflomverdier fra nærliggende og sammenlignbare felt med målestasjoner for vannføring må gjennomføres. Målestasjoner med lignende feltkarakteristika som planområdets nedbørfelt kan benyttes for å vurdere om beregnet middelsflomverdi er for lav eller høy.

3.3.4 Formelverk for små nedbørfelt

For beregning av vannmengder ved flom for nedslagsfelt i størrelse opp mot 50 km² anbefales det at det nasjonalt formelverk for små nedbørfelt benyttes. Formelverket baserer seg på parameterne feltstørrelse, middelvannføring og andel sjø, og beregner kulminerende flomverdier for ulike gjentakintervall (fra middelflom til 200-årsflom), samt et troverdighetsintervall representert ved en høy og lav verdi. Ved bruk av NVEs lavvannsapplikasjon NEVINA kan nedslagsfelt, feltkarakteristika og flomverdier genereres og beregnes. Beregnede verdier er sammenlignet og justert ved bruk av GIS-analyse og SCALGO, for deretter å beregne nye flomverdier.

3.3.5 Rasjonale formel

Konsentrasjonstider er beregnet etter formel fra Statens vegvesens Håndbok N200 (2021), og er gjengitt i Figur 3.1 hvor verdier for overflatetype settes ut ifra Tabell 3.2.

Konsentrasjonstid (iht. til Håndbok SVV N200)
For naturlige felt (f.eks. skogsområder, ikke utbygde felt)

$$t_c = K \cdot L \cdot H^{-0,5} + 3000 \cdot A_{se}$$

Urbane felt (utbygde felt)

$$t_c = 0,02 \cdot L^{1,15} \cdot H^{-0,39}$$

t_c = konsentrasjonstid (min)
 K = Verdi basert på overflatetype. Se Tabell NVE 2016/28.
 L = Lengde (m)
 H = Høydeforskjell i feltet (m)
 A_{se} = Andel innsjø i feltet (forholdstall)

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

Figur 3.1. Formler hentet fra Statens vegvesens Håndbok N200 (SVV, 2021).

Tabell 3.2. K-verdier basert på ulike overflatetyper (NVE 28/2016). Verdiene er revidert av Bjørnar Nordeidet (Rambøll) og NVE (07.11.2017).

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

Den rasjonell formel for å beregne vannmengder for hvert enkelt nedbørfelt, og brukes primært for overslagsberegninger og dimensjonering for små urbane felt opp mot 50 ha (0,5 km²). For felt med areal i området 0,5 - 2 km² må den rasjonelle formel benyttes med varsomhet (større naturlige eller kombinerte naturlige/urbane felt). Se formel under:

$$Q = C \cdot i \cdot A \cdot K_f$$

Q = vannføring (l/s)

i = Nedbørs intensitet (l/s*ha)

A = Areal av nedbørsfelt (ha)

K_f = Klimafaktor (-)

Nedbørs intensitet velges utifra IVF kurve etter returperiode og regnvarighet = konsentrasjonstid.

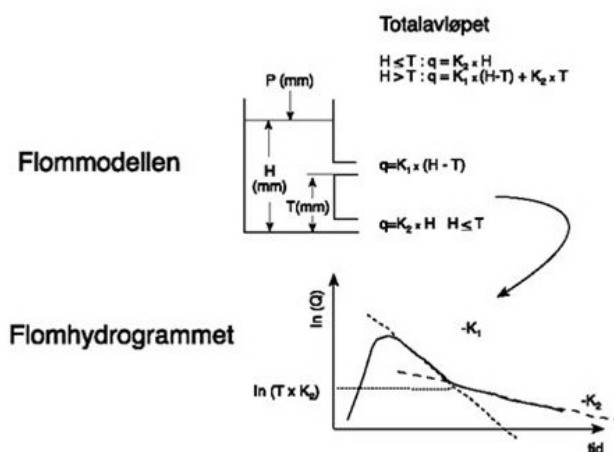
3.3.6 Flommodellen i PQRUT

Flommodellen i PQRUT er en nedbør-avløpsmodell utviklet av Andersen m. fl. (1983) til bruk i flomberegninger. Modellen er en forenklet versjon av HBV-modellen (Bergstrøm, 1976) og den beregner avløp fra et fastlagt nedbørforløp. Flommodulen i PQRUT er en lineær karmodell, der avløpet antas å være proporsjonalt med innholdet. I nedbørfrie perioder er avløpet eksponentielt avtagende. Avløpet beregnes ved å lede nedbøren gjennom karet som er modellert med to utløp, se Figur 3.2. En «åpning i vegg» har som funksjon å forsterke feltets reaksjon når innholdet i karet når et terskelnivå (Midttømme mfl., 2011). Modellen har følgende tre parametere:

K_1 : tømmekonstant for øvre nivå [tid-l]

K_2 : tømmekonstant for nedre nivå [tid-l]

T : skille mellom øvre og nedre nivå [mm]

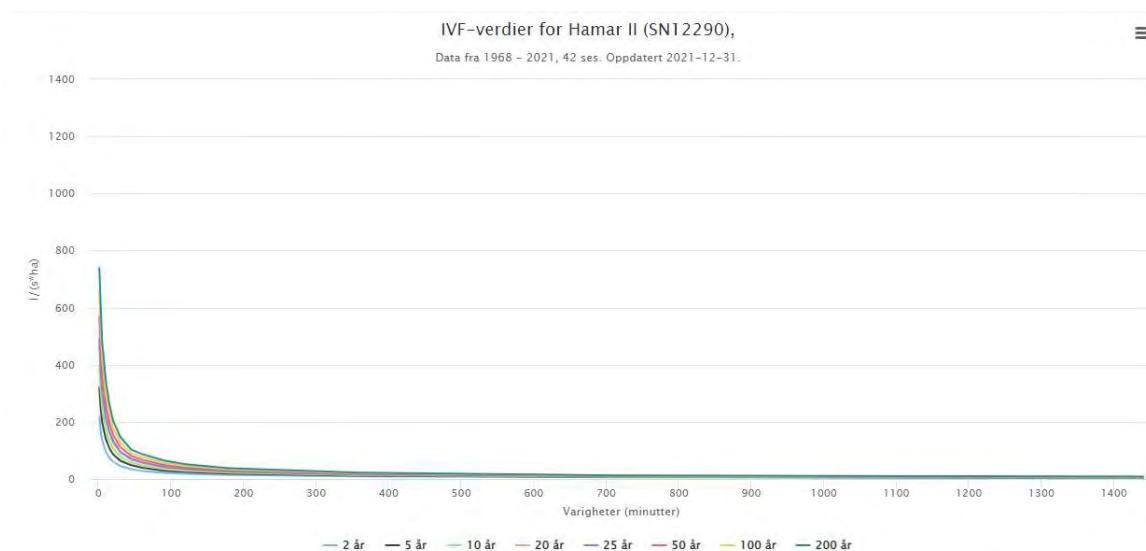


Figur 3.2. PQRUT flommodulen.

3.3.7 IVF-kurver

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

IVF-kurven for Hamar II er lagt til grunn for nedbørmengder. Det er en begrensning i IVF-kurven ved at de er konstruert kun opp til 200-års gjentaksintervall.



Figur 3.3. IVF-kurver (intensitet-varighet-frekvens) for Hamar II. Grafen viser nedbørintensitet for 8 ulike returperioder, fra 2 til 200 år.

3.3.8 Hydrauliske beregninger

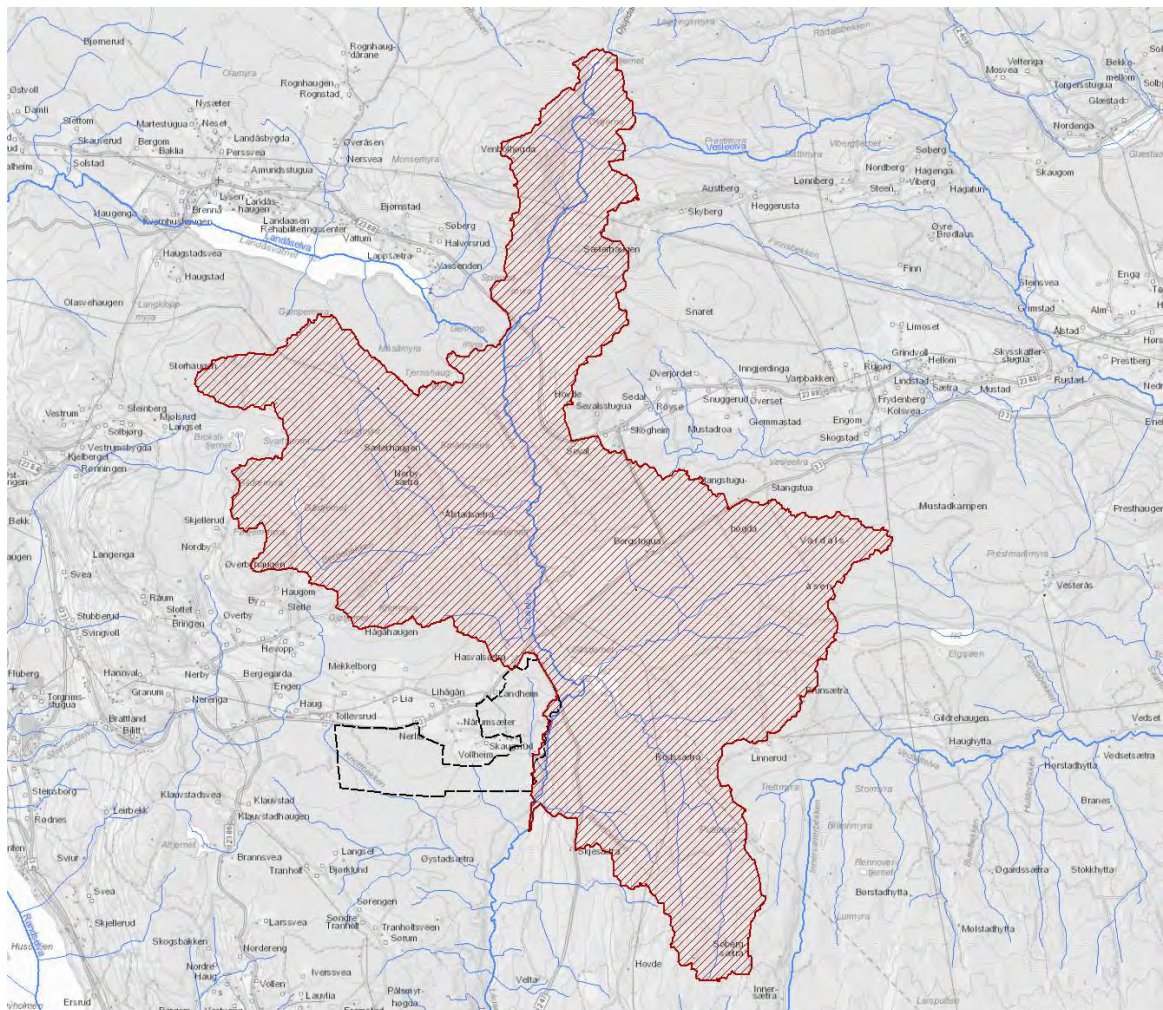
Programvaren HEC-RAS 5.0.7 er benyttet ved beregning av vannlinjer. HEC-RAS er et anerkjent 1- og 2-dimensjonal elvemodell program som beregner vannlinjer ved ulike hydrauliske forhold og har spesielle funksjoner for å beregne effekt av blant annet bruer (landkar og pilarer) og kulverter.

4. FLOMBEREGNING LAUSELVA

4.1 Nedbørfelt

Nedbørfelt ved planområdet er beregnet i SCALGO, hvor en detaljert terrengmodell med oppløsning på 1 x 1 meter celler er benyttet. Nedbørfeltet er vist i Figur 4.1.

Nedbørfeltet for elven er beregnet til 35,4 km². Feltet er dominert av skog (87 %), ingen urbanisering (0 %) og myr prosent på (9,3%). Effektiv sjøprosent er 0,6 %, dvs. at feltet vil ha en liten dempnings effekt ved styrtregn. Høydene i feltet strekker seg fra 389 til 748 moh. Middelavrenningen er 17,3 l/s*km².

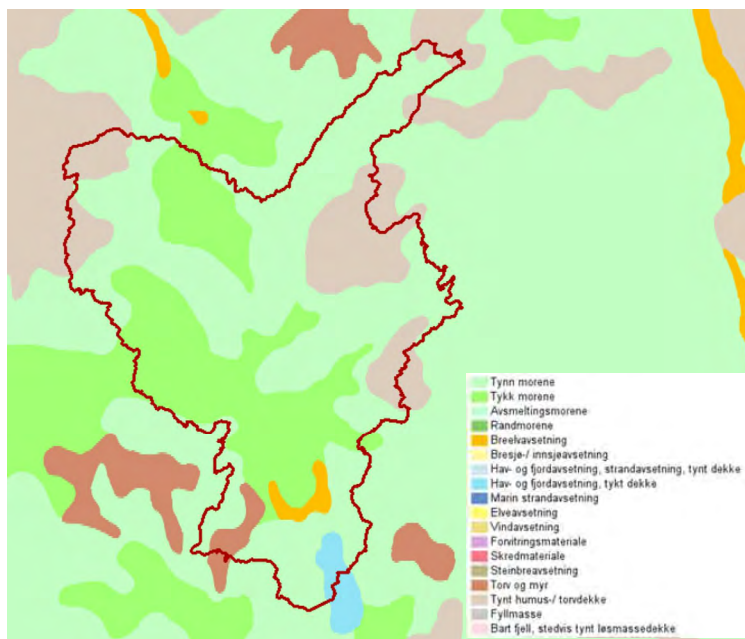


Figur 4.1. Nedbørfelt til Lauselvva ved planområde.

Figur 4.2 viser avrenningsfelt for Lauselva og areal typer fra NIBIO (Norsk institutt for bio-økonomi), mens Figur 4.3 viser avrenningsfelt for Lauselva og løsmassetyper fra NGU (Norges geologiske undersøkelse).



Figur 4.2. Avrenningsfelt og arealtype fra NIBIO (NIBIO, 2021)



Figur 4.3. Avrenningsfelt og løsmassetyper fra NGU (NGU, 2021)

4.2 Flomfrekvensanalyse

Det måles ikke vannføring i Lauselva i dag. Flomfrekvensanalysen baserer seg på regionale erfaringsdata og vannføringsmålere i nærliggende vassdrag med vannføringsmålinger.

Tabell 4.1 viser feltkarakteristikk for det aktuelle vassdraget, Lauselva, og et utvalg av nærliggende målestasjoner med noenlunde lik karakteristikk. Aktuelle målestasjoner, 12.212.0 Hangtjern, 2.281.0 Rotua og 2.1.0 Hådammen som har blitt vurdert videre er beskrevet under.

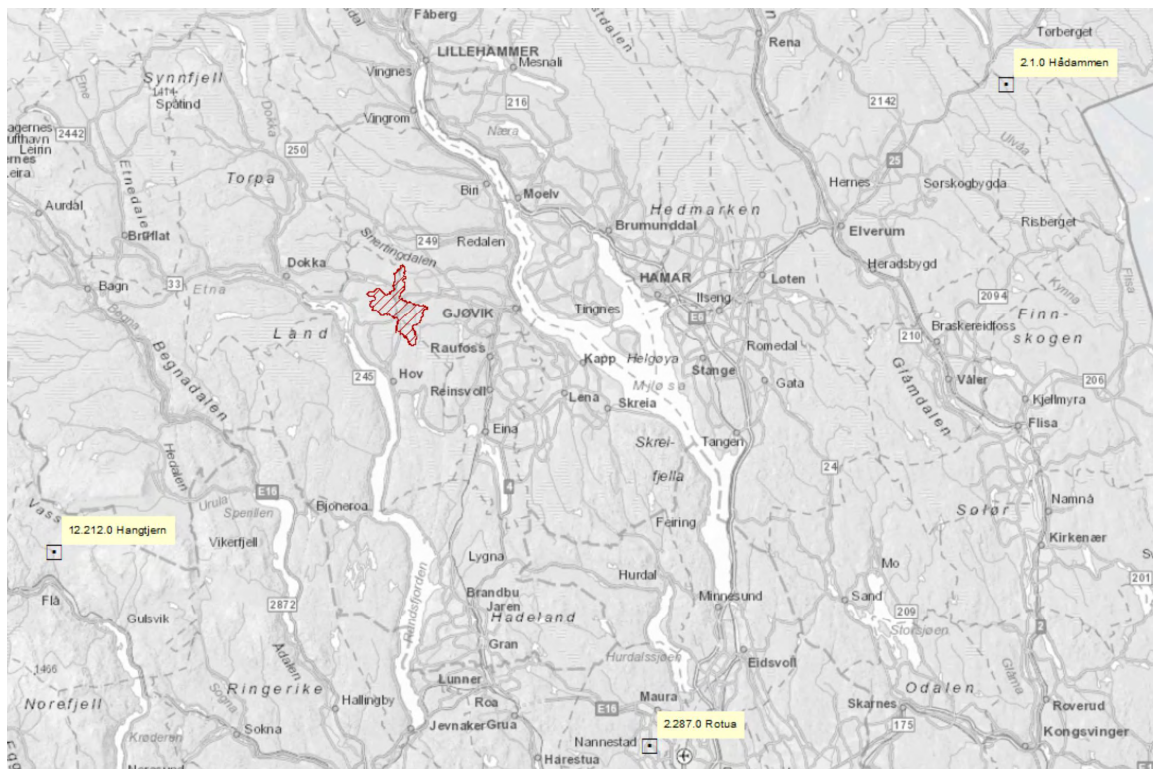
Tabell 4.1. Feltkarakteristikk for Lauselva og nærliggende målestasjoners nedbørfelt

Felt nr.	Felt navn	Areal	Sjø	Effektiv sjø	Snaufjell	Skog	Urbaniseringsgrad	Dyrkningsgrad	Myr	Hmin - Hmax	Elvegradient	Middelavrenning	QM
		km ²	%	%	%	%	%	%	%	moh.	%	l/s* km ²	l/s* km ²
	Lauselva	35,4	1,0	0,6	0	86,8	0	2,5	9,3	389-748	20,8	17,3	
12.212.0	Hangtjern	11,0	2,54	0,7	4,0	80,2	0	0	12,2	586-1047	48,0	21,7	305,8
2.323.0	Fura	36,4	0,06	0	0	79,5	0,2	1,6	16,9	349-758	31	11,6	305,8
12.147.0	Brautemo- tjern	58,5	1,7	0,2	10,2	52,6	0	3,4	23,7	763-1284	19,0	16,8	191,9
12.178.0	Eggedal	310,6	3,2	0,6	20,5	62,4	0,1	1,6	7,0	170-1463	22,6	20,8	298,3
15.53.0	Borgåi	93,8	4,3	0,4	28,8	45,8	0	0	10,7	199-648	29,5	25,2	320,6
2.287.0	Rotua	55,7	3,6	0,9	0	89,9	0	0	3,6	199-648	29,5	25,2	217,0
2.329.0	Hellen bru	82,0	3,3	0,3	0	77,0	1,3	11,2	6,3	126-560	15,7	18,6	213,7
2.1.0	Hådammen	37,9	1,2	0,8	0	70,1	0	0,9	27,0	449-744	13,3	19,9	283,2

12.212.0 Hangtjern er målestasjon med 30 år målinger og ligger ca. 60 km fra planområdet og Lauselva. Nedbørfeltene til Hangtjern og Lauselva er ganske likt mtp. effektiv sjøprosent og andel skog. Nedbørfeltet til Hangtjern har større elvegradient og noe større andel myr. Lauselva har større nedbørfelt enn Hangtjern. Totalt sett vil Lauselva ha en lavere spesifikk middelflom i sammenlignet med Hangtjern.

2.287.0 Rotua er en målestasjon med 28 år målinger og ligger ca. 72 km fra planområdet i luftlinje. Målestasjonen ble nedlagt i 2005. Nedbørfeltene til Rotua og Lauselva er ganske likt mtp. andel skog og elvegradient. Det kan forventes høyere spesifikk middelflom for Lauselva enn Rotua basert på størrelse av nedbørfeltet og effektiv sjøprosent. Sammenlignet med Lauselva har Rotua nedbørfelt likt skogandel og noe høyere elvegradient. Totalt sett vil Lauselva ha en høyere spesifikk middelflom i sammenlignet med Rotua.

2.1.0 Hådammen er en målestasjon med 27 år målinger og ligger ca. 95 km fra planområdet. Lauselva og Hådammen har ganske likt størrelse på nedbørsfeltet. Det kan forventes noe høyere spesifikk middelflom for Lauselva enn Hådammen baser på andel myr og effektiv sjøprosent.



Figur 4.4. Oversiktsbilde av nærliggende målestasjoner benyttet i flomfrekvensanalyse

Spesifikk middelflom og forholdstall Q200/QM er vist i Tabell 4.2 for tre to målestasjonene. Statistiske fordelinger som er lagt til grunn for vurdering av forholdstall er basert på fordelinger benyttet for samme målestasjoner i NVE-rapport 13/2015 Nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt (NVE, 2015).

Tabell 4.2. Spesifikk middelflom (kulminasjonsverdier) og forhold mellom middel- og 200-årsflom for referansestasjoner.

Felt nr.	Felt navn	QM kulm (l/s*km ²)	Q200/Q M	Kilde	Fordeling
12.212.0	Hangtjern	305,8	2,51	HYDRA II 18.1.2022	Gumbel (mom)
2.287.0	Rotua	217,0	2,91	HYDRA II 18.1.2022	Gumbel (mom)
2.1.0	Hådammen	289,2	2,19	HYDRA II 18.1.2022	Gumbel (mom)

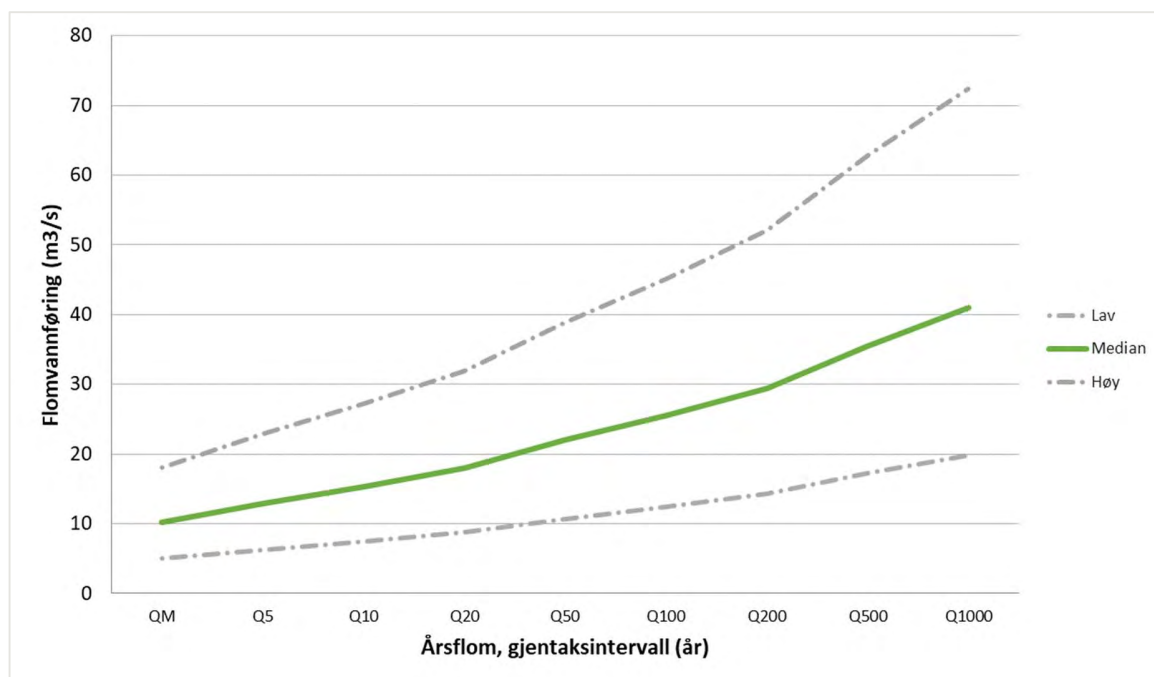
Basert på sammenligningen av nedbørfeltkarakteristikk gjort over bør Lauselva ha en høyere spesifikk middelflom enn Rotua og Hådammen, og mer lavere spesifikk middelflom enn

Hangtjern. Kulminerende spesifikk middelflom for Lauselva settes på bakgrunn av de tre stasjonene til $290 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. Ved bruk av forholdstall mellom middelflom og 200-årsflom, $Q_{200}/Q_M = 2,88$, beregnet ved bruk av formelverk for små felt, kan 200-årsflom beregnes:

$$Q_{200, \text{ flomfrekvens}} = 290 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2 \times 2,88 = 835,2 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2 = 29,6 \text{ m}^3/\text{s}.$$

4.3 Flomverk for små nedbørfelt

Det er utført beregninger av vannføringer basert på formler for små nedbørfelt. Figur 4.5 og Tabell 4.3 viser de beregnet flom med ulike gjentakintervall for Lauselva. I tillegg er øvre og nedre konfidensintervall for flomverdiene beregnet. Resultatene viser en beregnet årsflom på $10,2 \text{ m}^3/\text{s}$ og en 200-årsflom på $29,4 \text{ m}^3/\text{s}$ som tilsvarer spesifikke verdier på henholdsvis $289 \text{ l/(s} \cdot \text{km}^2)$ og $831 \text{ l/(s} \cdot \text{km}^2)$.



Figur 4.5. Beregning av flom med ulike gjentakintervall for Lauselva basert på formler for små nedbørfelt (NVE, 13/2015).

Tabell 4.3. Beregnede kulminasjonsverdier for flom (m^3/s) for Lauselva basert for formler for små nedbørfelt.

Gjentaksintervall (år)	Flomverdi kulminasjon (m^3/s)		
	Lav	Median	Høy
Middel	5,0	10,2	18,1
5	6,3	12,9	22,8
10	7,5	15,4	27,2
20	8,7	18,0	31,9
50	10,7	22,0	38,9
100	12,4	25,4	45,0
200	14,3	29,4	52,0

4.4 Rasjonale formel

Den rasjonale formel skal i utgangspunktet brukes på urbane felt med et areal på 0,2 – 0,5 km^2 , og helst ikke på felt større enn 2-5 km^2 etter anbefalinger i NVE-veileder 7/2015 (NVE, 2015). Lauselva har et større areal enn det som er anbefalt for bruk av den rasjonale formel (35,4 km^2).

IVF-kurven (intensitet-varighet-frekvens) for Hamar er lagt til grunn for nedbørmengder. I Tabell 4.4 er parametere beregnet og valgt som benyttes som inngangsdata til beregning av flomverdi ved bruk av den rasjonale formel. Avrenningsfaktoren er økt med 30 % for å ta hensyn til metning i grunnen eventuelt frossen overflate.

Tabell 4.4. Parametere beregnet og valgt for beregning av vannmengder i den rasjonale formel.

Parameter	Verdi	Enhet
Konsentrasjonstid, beregnet	369	min
Konsentrasjonstid, valgt	360	min
Gjennomsnittlig avrenningsfaktor, C	0,3	-
Avrenningsfaktor justert, C-justert	0,39	-

Beregnete kulminasjonsverdier for flom, inkludert spesifikk flomverdi, er vist under i Tabell 4.5.

Tabell 4.5. Beregnet kulminasjonsverdier for flom for Ljønerbekken basert på den rasjonale formel.

Gjentaksintervall (år)	Flomverdi kulminasjon (m^3/s)	Spesifikk flomverdi kulminasjon ($\text{l/s} \cdot \text{km}^2$)
2	9,7	273
5	12,2	345
10	13,8	390
20	15,4	435
50	20,9	590
100	23,6	668
200	60,3	1704

4.5 PQRUT

Flommodellen i PQRUT er en nedbør-avløpsmodell til bruk i flomberegninger. Modellen er en forenklet versjon av HBV-modellen og den beregner avløp fra et fastlagt nedbørforløp. Konsentrasjonstiden ble beregnet til 6 timer, hvor det ble lagt hovedvekt på ny ligning for konsentrasjonstid (NVE, 2016) i vurdert av konsentrasjonstid.

Konstruert nedbørforløp ble konstruert basert på verdier for 200-års gjentaksintervall og 6-timers varighet. Basert på erfaring ved bruk av PQRUT har vi opplevd at modellen overdriver effekten av parameteren effektiv sjøprosent, som vil si at PQRUT underestimerer flomverdier. Med tanke på at sjøprosenten for feltet er lav (0,6 %) er det valgt å ikke legge inn effektiv sjøprosent i modellen.

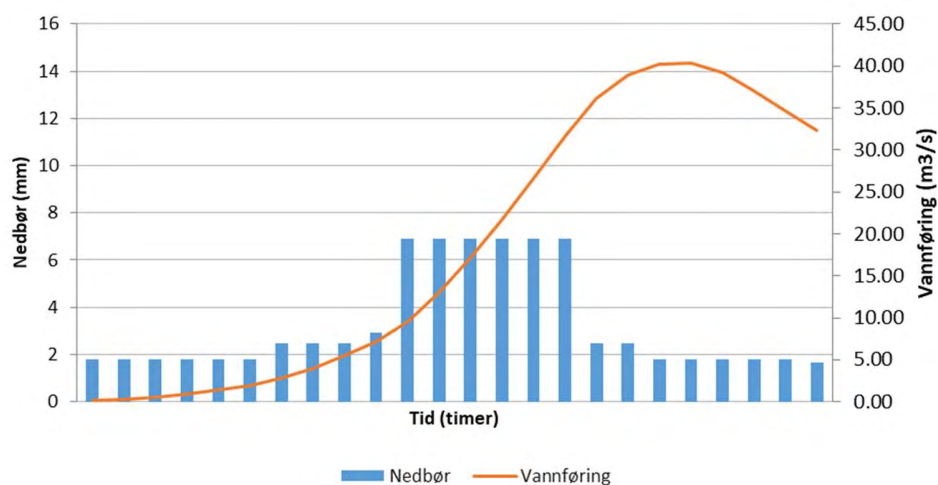
Figur 4.6 og Tabell 4.7 er nedbørforløpene vist sammen med beregnede kulminerende 200-årsflom ved planområdet for effektiv sjøprosent likt 0 %. Maksimalverdi for kulminerende 200-årsflom ved 0 % effektiv sjøprosent ble beregnet til henholdsvis 40,31 m³/s.

Figur 4.6 og Tabell 4.6 er nedbørforløpene vist sammen med beregnede kulminerende 200-årsflom ved planområdet for effektiv sjøprosent likt 0,6 %. Maksimalverdi for kulminerende 200-årsflom ved 0,6 % effektiv sjøprosent ble beregnet til henholdsvis 16,98 m³/s.

Det er et stort avvik i vannmengdene som er beregnet ved 0 0 % og ved 0,6 % effektiv sjøprosent. Dette spriket i beregnet vannføring viser at effektiv sjø er en veldig sensitiv parameter i modellen.

Tabell 4.6. Nedbørforløp benyttet i PQRUT-modellen og beregnede kulminerende 200-årsflomverdier for effektiv sjøprosent lik 0 %. Maksverdier for flom er markert med fet skrift.

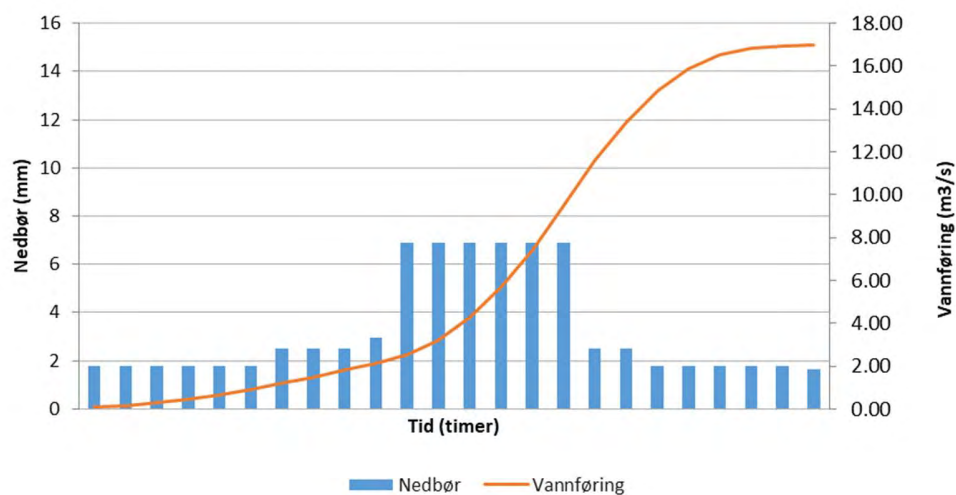
Tid (timer)	Nedbør (mm)	Q200 (Eff.sjø=0%) (m ³ /s)
1	1,8	0,10
2	1,8	0,26
3	1,8	0,53
4	1,8	0,90
5	1,8	1,37
6	1,8	1,93
7	2,5	2,82
8	2,5	3,99
9	2,5	5,43
10	2,9	7,13
11	6,9	9,55
12	6,9	13,02
13	6,9	17,14
14	6,9	21,67
15	6,9	26,56
16	6,9	31,72
17	2,5	36,12
18	2,5	38,92
19	1,8	40,28
20	1,8	40,31
21	1,8	39,19
22	1,8	37,09
23	1,8	34,62
24	1,7	32,33



Figur 4.6. Nedbørforløp og beregnet kulminert 200-årsflom i PQRUT for effektiv sjøprosent lik 0%.

Tabell 4.7. Nedbørforløp benyttet i PQRUT-modellen og beregnede kulminerende 200-årsflomverdier for effektiv sjøprosent lik 0,6 %. Maksverdier for flom er markert med fet skrift.

Tid (timer)	Nedbør (mm)	Q200 (Eff.sjø=0,6 %) (m ³ /s)
1	1,8	0.10
2	1,8	0.17
3	1,8	0.29
4	1,8	0.45
5	1,8	0.65
6	1,8	0.90
7	2,5	1.20
8	2,5	1.49
9	2,5	1.80
10	2,9	2.12
11	6,9	2.52
12	6,9	3.22
13	6,9	4.29
14	6,9	5.70
15	6,9	7.43
16	6,9	9.46
17	2,5	11.58
18	2,5	13.40
19	1,8	14.84
20	1,8	15.88
21	1,8	16.54
22	1,8	16.84
23	1,8	16.94
24	1,7	16.98



Figur 4.7. Nedbørforløp og beregnet kulminert 200-årsflom i PQRUT for effektiv sjøprosent lik 0,6%.

4.6 Oppsummering og valg av 200-årsflom samt usikkerhet

Flomberegningene som er gjort for Lauselva er basert på samtlige metoder i «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt» (NVE, 2015). I Tabell 4.8 er de ulike beregnede kulminasjonsverdiene for 200-årsflom oppsummert.

Tabell 4.8. Sammenligning av beregnede kulminasjonsverdier for middelflom og 200-årsflom ved planområdet.

Metode/formel	Spesifikk Middelflom (l/s*km ²)	Middelflom (m ³ /s)	Spesifikk 200-årsflom (l/s*km ²)	200-årsflom (m ³ /s)
Formelverk for små nedbørfelt (median)	289	10,2	831	29,4
Flomfrekvens	290	10,3	835,2	29,6
PQRUT (Eff.sjø = 0 % - 0,6%)			1138 - 480	40,3 – 17,0
Rasjonale formel			1704	60,3

For nabofelt er det observert spesifikke årsflommer som er ganske likt det som er beregnet ved bruk av formelverk for små nedbørfelt. Resultatene fra formelverket gir at 200-årsflommen ligger mellom 14,3 – 52,0 m³/s. Dvs. at resultatene fra PQRUT for spesifikk 200-årsflom ligger godt innenfor usikkerhetsintervallet til det resultatet fra formelverket. Derimot ligger resultatene fra rasjonale formel ligger utenfor usikkerhetsintervallet. Basert på ovenstående og god overensstemmelse mellom resultat for middelflomverdi fra flomfrekvensanalysen og formelverk for små nedbørfelt, settes Q200 til 847 l/s*km² eller 30 m³/s.

Dimensjonerende flomverdi, $Q_{dim} = Q_{200} + 30\%$, blir da 39,0 m³/s. I Tabell 4.9 er beregnede kulminasjonsverdier for flom basert på formelverk for små nedbørfelt med ulike gjentakintervaller vist.

Tabell 4.9. Beregnede kulminerende flomverdier for ulike gjentakintervall for Lauselva ved planområdet.

Gjentaksintervall (år)	Spesifikk flomverdi kulminasjon (l/s*km ²)	Flomverdi kulminasjon (m ³ /s)
QM	295	10,4
Q5	372	13,2
Q10	443	15,7
Q20	520	18,4
Q50	634	22,5
Q100	734	26,0
Q200	848	30,0
Q200 + 30 % klimapåslag	1102	39,0

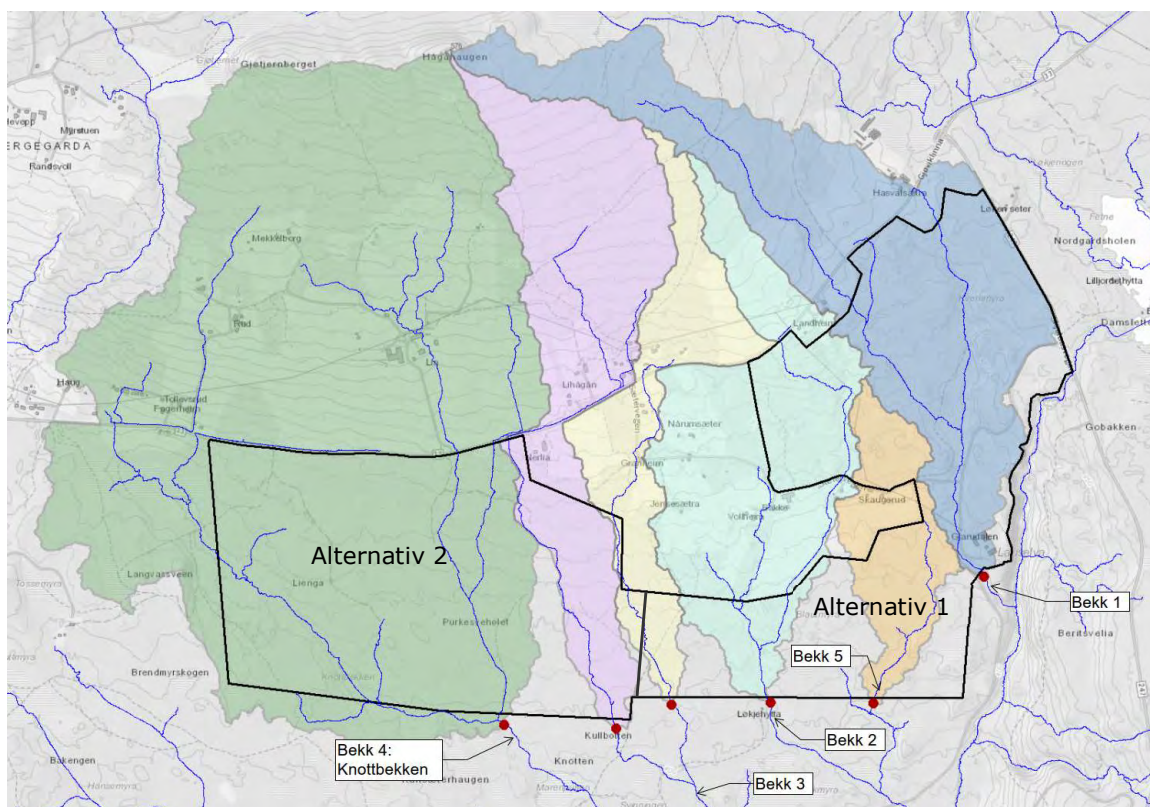
5. FLOMBEREKNINGER BEKKER

5.1 Nedbørfelter

Det er flere bekker som krysser gjennom planområde. Figur 5.1 viser traseen til bekkene som har blitt tatt med i flomvurdering samt nedbørfelter.

Eksisterende stikkrenner i gjeldende strekning av Gjøviklinna som er registrert i SVV sitt vegkart har blitt modellert i terrenget før generering av nedbørfeltene for hver bekk.

Nedbørfeltene har blitt generert nedstrøms planområde.



Figur 5.1. Nedbørfelter med utløp (røde punkter) og avrenningslinjer (blå farge) generert i Scalgo. Avgrensning av planområde visualiseres med svart strek.

Bekk 1, bekk 2 og bekk 4 (Knottbekken) er de største bekkene som krysser planområde og alle har utløp i Lauselva. Bekk 3 og bekk 5 er for små til å være inkludert i NVEs elvenett og nedbørfeltanalyseverktøyet NEVINA.

Flomberegningene har blitt gjennomført i de 3 største bekkene: bekk 1, bekk 2 og bekk 4 (Knottbekken), resultatene har blitt sammenlignet gjennom en feltanalyse og en spesifikk flomverdi som brukes i alle feltene er valgt.

Beregnet nedbørfelt til bekk 1 er 0,9 km². Feltet er dominert av skog (82%), har en mindre prosentandel dyrket mark (15 %) og 0 % effektiv sjø. Høyden i feltet strekker seg fra 416 til 567 moh. Middelavrenningen er 15,6 l/s*km².

Nedbørfelt til bekk 2 har en størrelse på 0,7 km². Dette feltet er også dominert av skog (66%), har en betydelig prosentandel av dyrket mark (30 %) og 0 % effektiv sjø. Høyden i feltet varierer fra 397 til 545 moh. Middelavrenningen er 15,1 l/s*km².

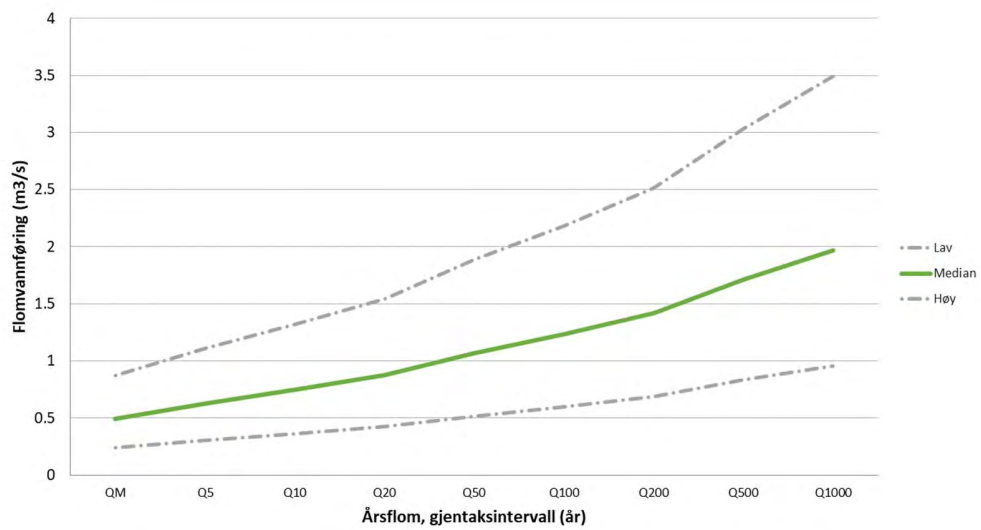
Beregnet nedbørfelt til bekk 4 (Knottbekken) er 2,8 km². Dette feltet, som de to andre, er dominert av skog (73 %), har en andel dyrket mark (17 %) og 0% effektiv sjø. Høyden i feltet strekker seg fra 405 til 569 moh. og middelavrenningen er 15,8 l/s*km².

5.2 Formelverk for små nedbørfelt

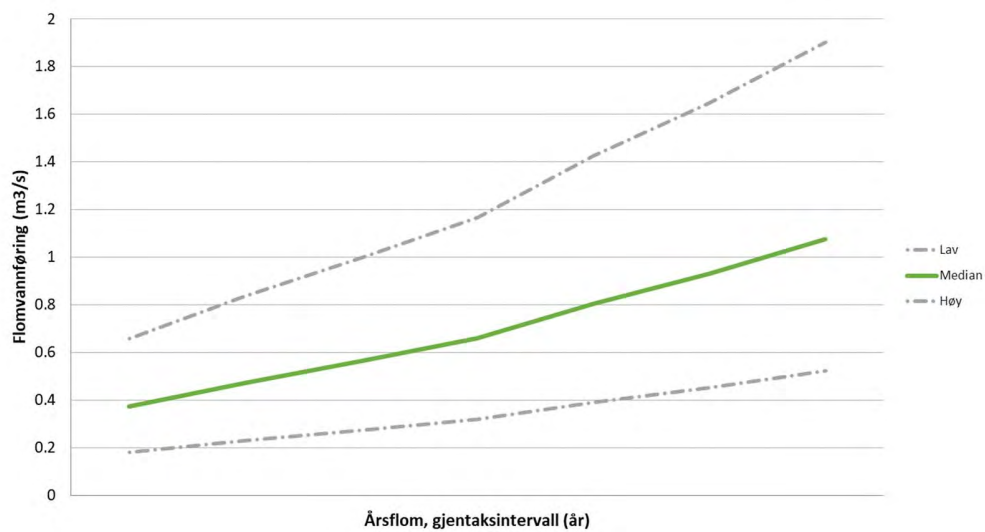
Ved bruk av NVEs lavvannsapplikasjon NEVINA er nedslagsfelt, feltkarakteristika og flomverdier generert for bekk 1, bekk 2 og bekk 4. Det er utført beregninger av vannføringer basert på formler for små nedbørfelt. I tillegg er øvre og nedre konfidensintervall for flomverdiene beregnet. Tabell 5.1 viser beregnet flomverdier for bekk 1, bekk 2 og bekk 4 med ulike gjentakintervall. Figur 5.2, Figur 5.3 og Figur 5.4 viser henholdsvis beregnet flomvannføring med ulike gjentakintervall for bekk 1, bekk 2 og bekk 4.

Tabell 5.1. Beregnede kulminasjonsverdier for flom (m³/s) basert på formler for små nedbørfelt.

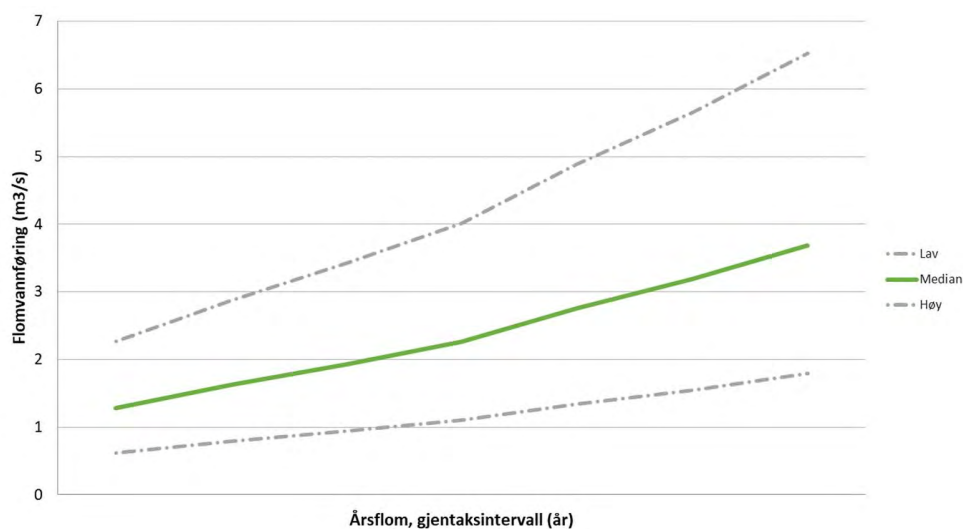
Gjentaksintervall (år)	Flomverdi kulminasjon (m ³ /s)								
	Bekk 1			Bekk 2			Bekk 4		
	Lav	Median	Høy	Lav	Median	Høy	Lav	Median	Høy
Middel	0.2	0.5	0.9	0.2	0.4	0.7	0.6	1.3	2.3
5	0.3	0.6	1.1	0.2	0.5	0.8	0.8	1.6	2.9
10	0.4	0.7	1.3	0.3	0.6	1	0.9	1.9	3.4
20	0.4	0.9	1.5	0.3	0.7	1.2	1.1	2.3	4
50	0.5	1.1	1.9	0.4	0.8	1.4	1.3	2.8	4.9
100	0.6	1.2	2.2	0.5	0.9	1.6	1.6	3.2	5.7
200	0.7	1.4	2.5	0.5	1.1	1.9	1.8	3.7	6.5



Figur 5.2. Beregning av flom med ulike gjentakintervall for bekk 1 basert på formler for små nedbørfelt (NVE, 13/2015).



Figur 5.3. Beregning av flom med ulike gjentakintervall for bekk 2 basert på formler for små nedbørfelt (NVE, 13/2015).



Figur 5.4. Beregning av flom med ulike gjentakintervall for bekk 4 basert på formler for små nedbørfelt (NVE, 13/2015).

Feltkarakteristikker er veldig like mellom de forskjellige nedbørfeltene. Derfor ligger beregnet spesifikk avrenning for bekk 1, bekk 2 og bekk 4 i samme størrelsesorden. Tabell 5.2 viser beregnede spesifikk median avrenning for bekk 1, bekk 2 og bekk 4.

Tabell 5.2. Beregnede median spesifikk avrenning (l/s*km²) for bekk 1, bekk 2 og bekk 4.

Gjentaksintervall (år)	Median spesifikk avrenning (l/s*km²)		
	Bekk 1	Bekk 2	Bekk 4
QM	526	532	458
Q5	665	674	580
Q10	793	803	690
Q20	929	942	809
Q50	1133	1149	987
Q100	1310	1330	1141
Q200	1512	1535	1316
Q500	1822	1850	1586
Q1000	2096	2129	1525

5.3 Rasjonale formel

Den rasjonale formel skal i utgangspunktet brukes på urbane felt med et areal på 0,2 – 0,5 km², og helst ikke på felt større enn 2-5 km² etter anbefalinger i NVE-veileder 7/2015 (NVE, 2015). Alle nedbørsfeltene i planområde er dominert av skog. Feltareal til de 3 største bekkene (bekk 1, bekk 2 og bekk 4) varierer fra 0,7 til 2,8 km². Som et ledd i tilnærmingen til estimering av vannføring er metoden benyttet.

IVF-kurven (intensitet-varighet-frekvens) for Hamar er lagt til grunn for nedbørmengder. I Tabell 5.3 er parametere beregnet og valgt som benyttes som inngangsdata til beregning av flomverdi ved bruk av den rasjonale formel for bekk 1, bekk 2 og bekk 4. Avrenningsfaktoren er økt med 30 % for å ta hensyn til metning i grunnen eventuelt frossen overflate.

Tabell 5.3. Parametere beregnet og valgt for beregning av vannmengder i den rasjonale formel for bekk 1, bekk 2 og bekk4.

Parameter	Bekk 1	Bekk 2	Bekk 4
Konsentrasjonstid, beregnet (min)	141	119	156
Konsentrasjonstid, valgt (min)	120	120	120
Gjennomsnittlig avrenningsfaktor, C	0.3	0.4	0.3
Avrenningsfaktor justert, C-justert	0.4	0.5	0.4

Tabell 5.4. Beregnet kulminasjonsverdier for flom for bekk 1, bekk 2 og bekk 4 basert på den rasjonale formel.

Gjentaks-intervall (år)	Bekk 1		Bekk 2		Bekk 4	
	Flomverdi kulminasjon (m ³ /s)	Spesifikk flomverdi kulminasjon (l/s*km ²)	Flomverdi kulminasjon (m ³ /s)	Spesifikk flomverdi kulminasjon (l/s*km ²)	Flomverdi kulminasjon (m ³ /s)	Spesifikk flomverdi kulminasjon (l/s*km ²)
2	0.5	552	0.5	736	1.5	552
5	0.7	699	0.7	932	2.0	699
10	0.8	798	0.7	1064	2.2	798
20	0.8	891	0.8	1188	2.5	891
50	1.1	1217	1.1	1622	3.4	1217
100	1.3	1380	1.3	1840	3.9	1380
200	1.5	1556	1.5	2075	4.4	1556

5.4 Oppsummering – valg av dimensjonerende flom

Flomberegningene som er gjort for de mindre bekkene som krysser gjennom planområde er basert på «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt» (NVE, 2015).

To beregningsmetodene er brukt: formelverk for små felt og den rasjonale metoden.

De ulike kulminasjonsverdiene for 200-årsflom er oppsummert i Tabell 5.5.

Tabell 5.5. Sammenligning av beregnede kulminasjonsverdier for middelflom og 200-årsflom ved planområde.

	Metode/formel	Middelflom (m ³ /s)	Spesifikk middelflom (l/s*km ²)	200-årsflom (m ³ /s)	Spesifikk 200-årsflom (l/s*km ²)
Bekk 1	Formelverk for små nedbørfelt (median)	0.5	526	1.4	1512
	Rasjonale formel			1.5	1556
Bekk 2	Formelverk for små nedbørfelt (median)	0.4	532	1.1	1535
	Rasjonale formel			1.5	2075
Bekk 4	Formelverk for små nedbørfelt (median)	1.3	458	3.7	1316
	Rasjonale formel			4.4	1556

De tre analyserte bekkene har ganske like feltkarakteristikk og beregnet spesifikke flomverdier ligger i tilværende størrelsesordre. Derfor blir valgt kulminerende spesifikk flomverdi for alle bekkene $Q_M = 520 \text{ l/s*km}^2$.

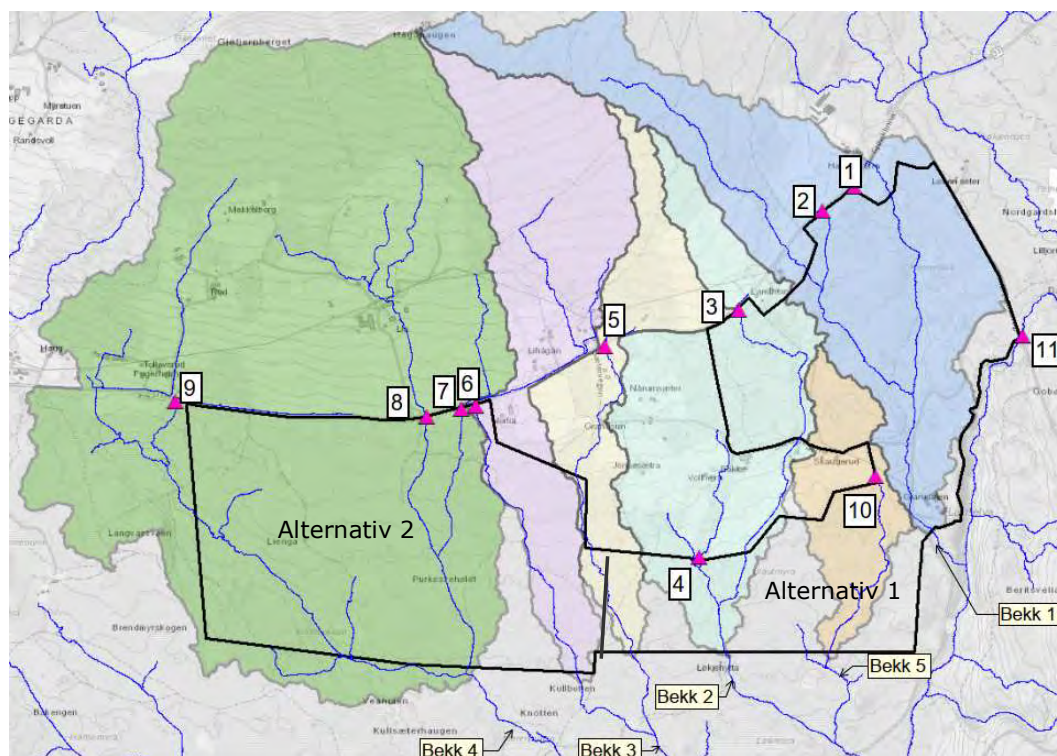
Tabell 5.6 viser kulminerende flomverdier for ulike gjentakintervall.

Tabell 5.6. Valgt kulminerende flomverdier for ulike gjentakintervall for alle bekker i planområde.

Gjentaksintervall (år)	Valgt spesifikk flomverdi kulminasjon (l/s*km ²)
QM	520
Q5	660
Q10	786
Q20	920
Q50	1124
Q100	1300
Q200	1500
Q200 + 40% klimapåslag	2100

5.5 Fordeling av vannføringer til planområde.

For å fordele vannmengder i modell omtrent hvor de forskjellige bekkene renner inne på planområde er det gjort en arealskalering ved dimensjonerende flom.



Figur 5.5. Fordeling av vannføringer i hver felt (blå linjer visualiserer avrenningslinjer).

Tabell 5.7. Fordeling av vannføringer i modell.

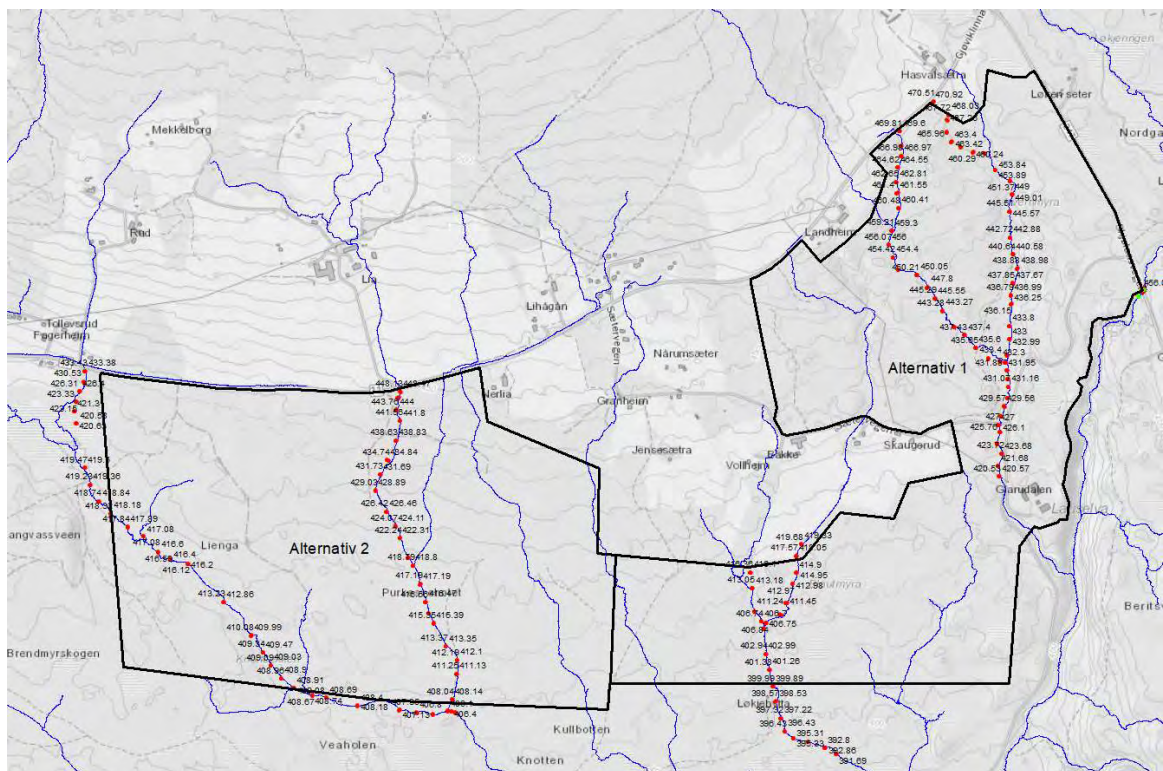
Felt	Totalt areal (km2)	Vannføringspunkt	Beskrivelse	Areal (% av totalt areal)	Vannføring (m3/s) ved Q200 + 40% klimapåslag
Bekk 1	0.94	1	Avrenning fra den østlige forgreining	46	0.90
		2	Avrenning fra den vestlige forgreining	54	1.07
Bekk 2	0.68	3	Avrenning fra den østlige forgreining	53	0.76
		4	Avrenning fra den vestlige forgreining	47	0.67
Bekk 3 - øst	0.35	5	Avrenning fra den østlige forgreining	100	0.74
Bekk 3 - vest	0.66	6	Avrenning fra den vestlige forgreining	100	1.39
Bekk 4	2.78	7	Avrenning fra sidebekken til den østlige forgreining	10	0.56
		8	Avrenning fra den østlige forgreining	25	1.50
		9	Avrenning fra den vestlige forgreining	65	3.78
Bekk 5	0.23	10	Avrenning fra bekk 5	100	0.48
Lauselve*	35.4	11		*	*

* Se kapittel 4 for flomberegninger og vannføring ved Lauselva.

6. HYDRAULISKE BEREGNINGER

6.1 Topografiske data

Den hydrauliske modellen i HEC-RAS er basert på en generert høydemodell (i NN2000) for Hasvalsætra som er sammenstilt av terrengdata (0.25 x 0.25 meter celler fra Nasjonal Detaljert Høydemodell, Gjøvik-Søndre Land 5pkt 2017) og innmålinger som ble gjort av vassdraget. Det er foretatt innmålinger i og langs bekkeløpet ved de største bekkene innenfor planområdet. Plasseringen innmålingene ble gjort er vist i Figur 6.1. Laserdata har vært supplert med de innmålte tverrprofilene.



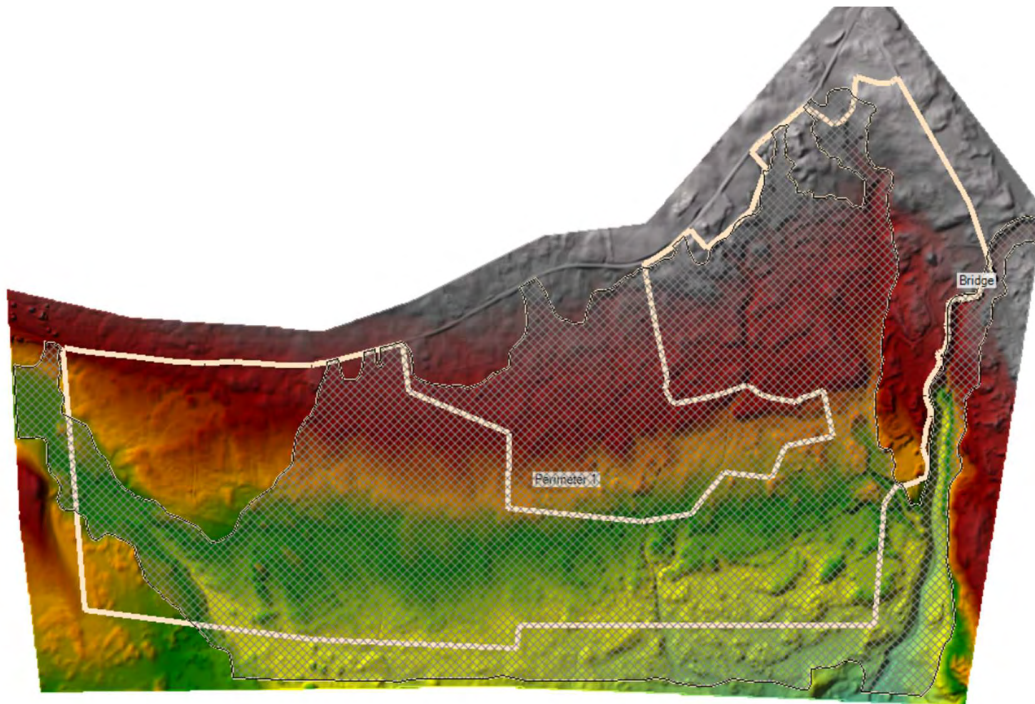
Figur 6.1. Innmålinger (røde punkter) som er brukt i modellens oppbygging med laserdata. Blå linjer viser avrenningslinjer gjennom planområdet.

Basert på alle tilgjengelige høydedata ble det generert en detaljert terrengmodell.

6.2 Modelloppbygging

Det er etablert en ca. 2,9 km² stor hydraulisk 2D-modell i HEC-RAS. Fokusområde for modellen ligger langs bekkene som krysser planområdet. Den strekningen av Lauselva som går langs det sørøstlige hjørnet av plangrensen har blitt også modellert.

Kulverter for planlagt situasjon er bygget opp ved bruk av HEC-RAS funksjonen bridge/culvert og dekket over er digitalisert ved hjelp av funksjonen deck/roadway. Manning's n, dimensjoner og koeffisienter er bestemt for kulverter. Det er foretatt konservative parametre basert på erfaring og HEC-RAS manualen.



Figur 6.2. Utstrekning av den hydrauliske modellen for Hasvalsætra.

6.3 Start- og grensebetingelser

- Oppstrøms betingelse for bekker – vannføring: Det er lagt inn konstant vannføring i hvert påslippspunkt vist i Figur 5.5. Vannføringer vises Tabell 6.1 og tilsvarer 200-årsflom med 40% klimapåslag.

Tabell 6.1. Konstant vannføring som er lagt i modell i hver påslippspunkt. Vannføring tilsvarer 200-årsflom med 40% klimapåslag.

Påslippspunkt	Vannføring (m ³ /s)
1	0.90
2	1.07
3	0.76
4	0.67
5	0.74
6	1.39
7	0.56
8	1.50
9	3.78
10	0.48

- Oppstrøms betingelse for Lauselva – helning: 0.01
- Nedstrøms betingelse: Tabell 6.2 viser helning som har blitt lagt i for hver bekk og for Lauselva i nedre del av modellen.

Tabell 6.2. Helning som har blitt lagt i modell som nedstrøms betingelse i hver bekk og i Lauselva.

Nedstrøms betingelse	Helning
Bekk 1	0.06
Bekk 2	0.03
Bekk 3 Ø	0.04
Bekk 3 V	0.03
Bekk 4	0.03
Bekk 5	0.04
Lauselva	0.02

- Mannings ruhetkoeffisient, n , er satt til 0,035 i bunn av elv/bekk og opp til breddekant, og 0,05 på kantene og sidene grunnet mer ruhet.

6.4 Kalibreringsdata

Det foreligger ingen kalibreringsdata, og kalibrering av modellen har dermed ikke blitt gjort.

6.5 Sensitivitetsanalyse

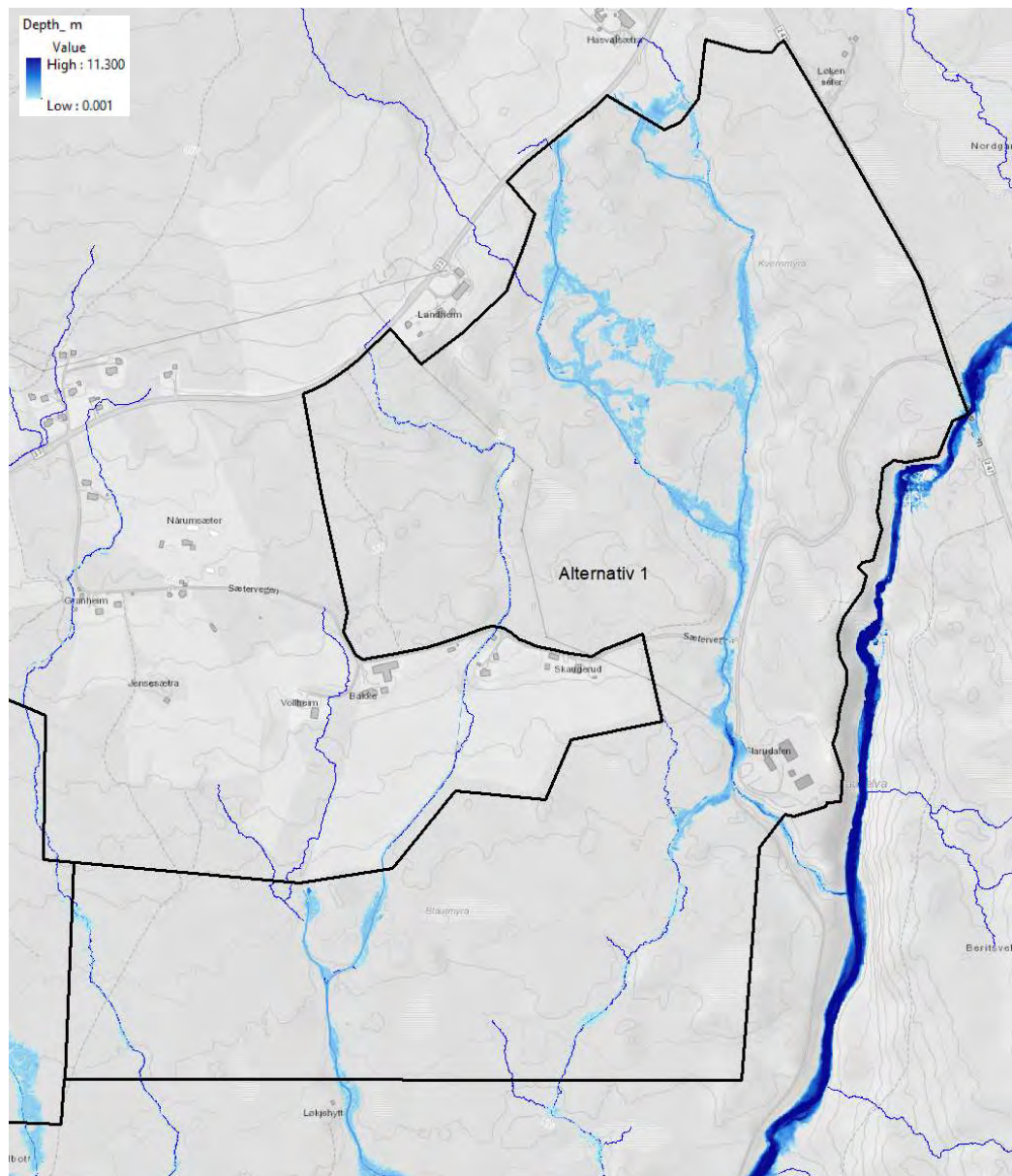
Det er ikke gjennomført sensitivitetsanalyse av modellparametere for å vurdere konsekvens for vannspeilet.

7. RESULTATER

7.1 Eksisterende situasjon

7.1.1 Flomsone – eksisterende situasjon – Alternativ 1

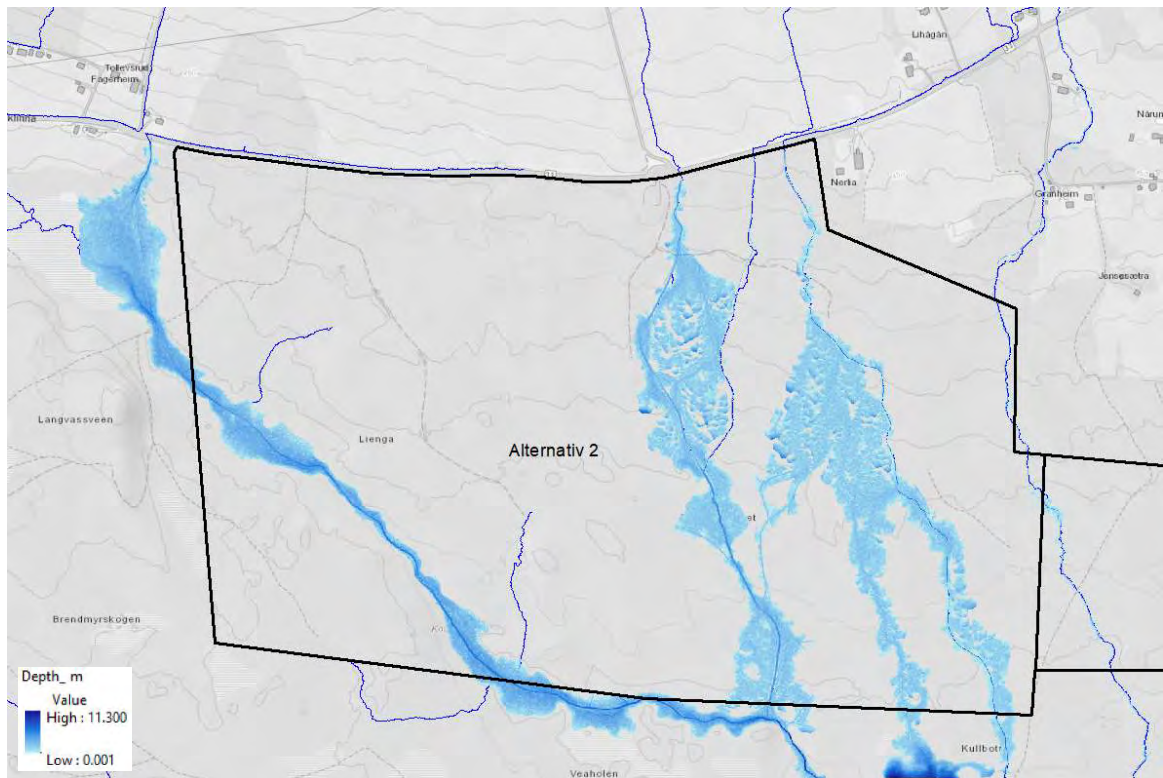
Flomutbredelse ved eksisterende situasjon i planområdet for dimensjonerende flom (Q200 inkl. 30 % klimapåslag i Lauselva og Q200 inkl. 40 % klimapåslag i bekkene) for alternativ 1 vises i Figur 7.1.



Figur 7.1. Flomutbredelse for eksisterende situasjon ved planområde for alternativ 1 ved Q200 inkl. 40 % klimapåslag i bekkene og ved Q200 inkl. 30 % klimapåslag.

7.1.2 Flomsone – eksisterende situasjon – Alternativ 2

Flomutbredelse ved eksisterende situasjon i planområdet for dimensjonerende flom (Q200 inkl. 40% klimapåslag i bekkene) for alternativ 2 vises i Figur 7.2.

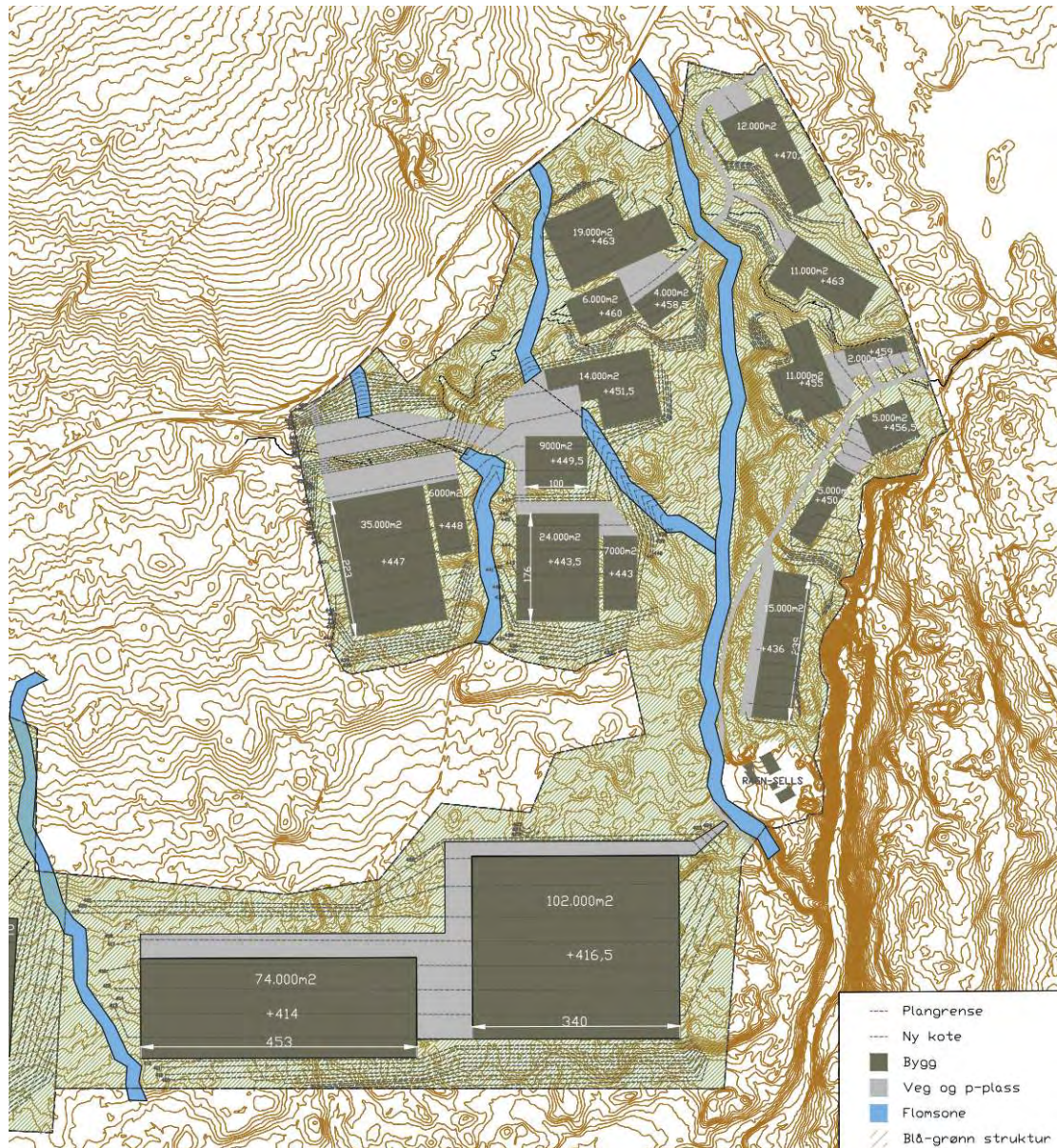


Figur 7.2. Flomutbredelse for eksisterende situasjon ved planområde for alternativ 2 ved Q200 inkl. 40 % klimapåslag i bekkene.

7.2 Planlagt situasjon

7.2.1 Flomsone – planlagt situasjon – Alternativ 1

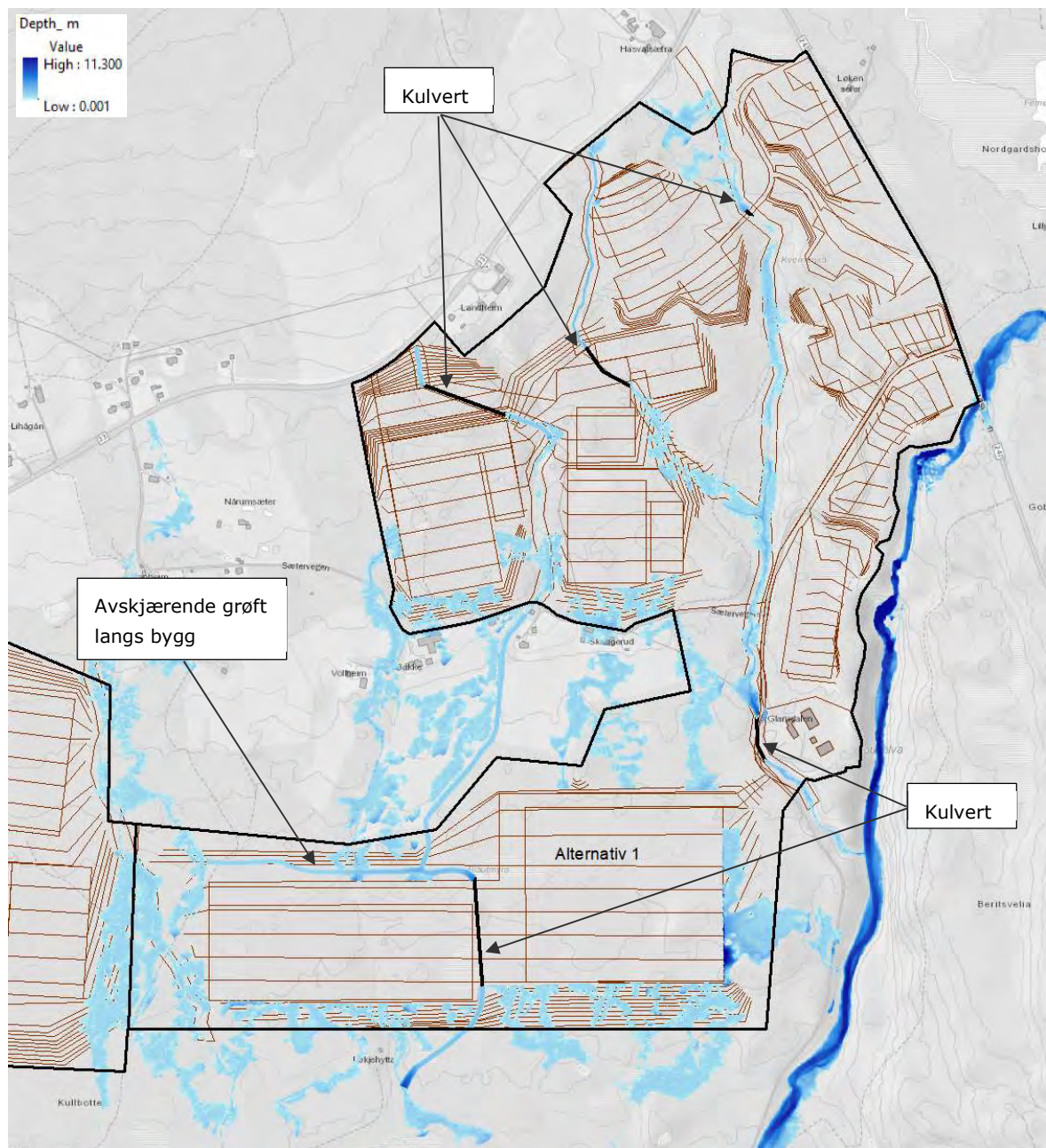
Antall bygg, størrelse og plassering, samt asfalterte arealene i det nye næringsområdet vises i Figur 7.3 som illustrasjon. Prosjektet ligger i en så tidlig fase at dette grunnlaget betraktes som en skisse, og ikke som endelig løsning for alternativ 1.



Figur 7.3. Illustrasjonsplan for alternativ 1.

Eksisterende terrenget har blitt redigert i Scalgo etter forslaget vist i Figur 7.3 og 2D-modellen har blitt kjørt igjen i HEC-RAS. Figur 7.4 viser flomutbredelse for planlagt situasjon for alternativ 1 ved Q200 inkl. 40 % klimapåslag i bekkene og ved Q200 inkl. 30 % klimapåslag i Lauselva.

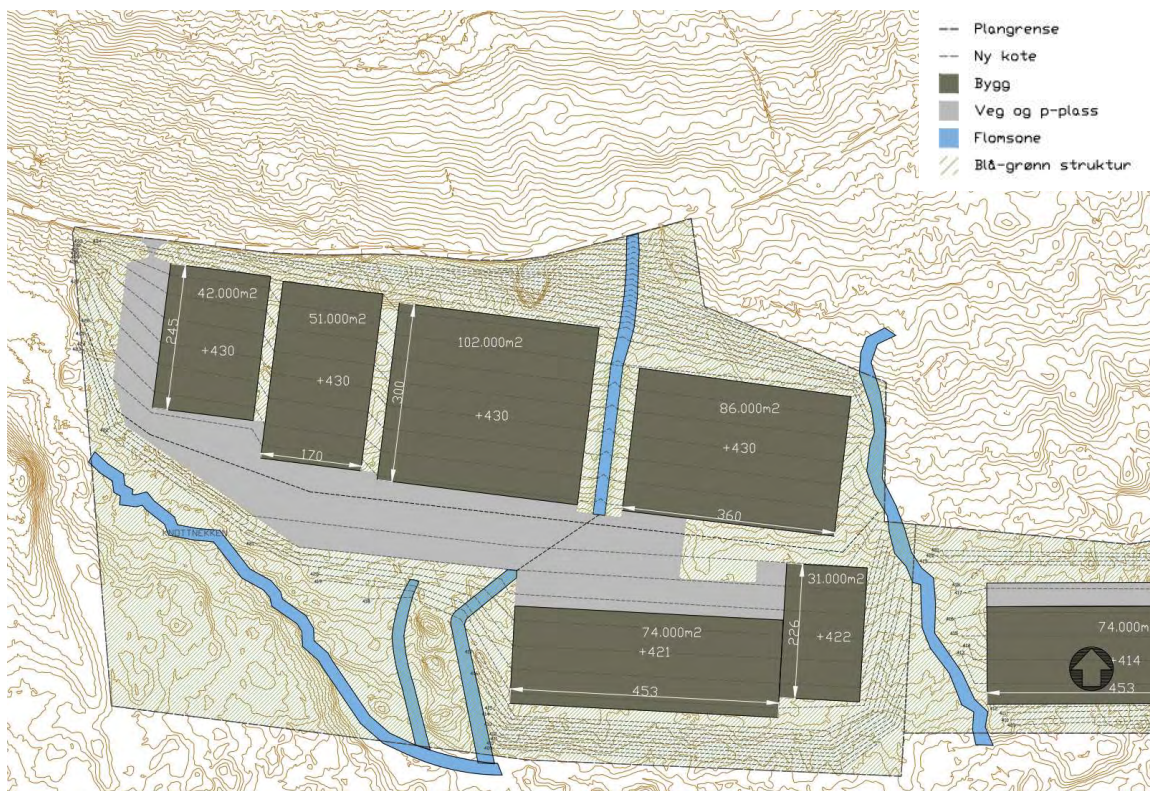
Det er forsøkt å endre dagens trasé minst mulig og ikke belaste Knottbekken og Lauselva mer enn ved dagens situasjon. Med foreslått plassering av bygninger ved alternativ 1 kan de største bekkene beholde dagens trasé i stor grad, men det er behov til å legge flere strekninger i rør. Kulvertene har blitt modellert med tilstrekkelig kapasitet for at systemet skal fungere, men dimensjoner av hver enkelt kulvert har ikke blitt vurdert i denne stadiet av prosjektet.



Figur 7.4. Flomutbredelse for planlagt situasjon ved planområde for alternativ 1 ved Q200 inkl. 40% klimapåslag i bekkene og ved Q200 inkl. 30 % klimapåslag og i Lauselva.

7.2.2 Flomsone – planlagt situasjon – Alternativ 2

Figur 7.5 viser skisseplan for alternativ 2. Antall bygg, størrelse og plassering, samt asfalterte arealene vises kun som illustrasjon og ikke som endelig løsning.

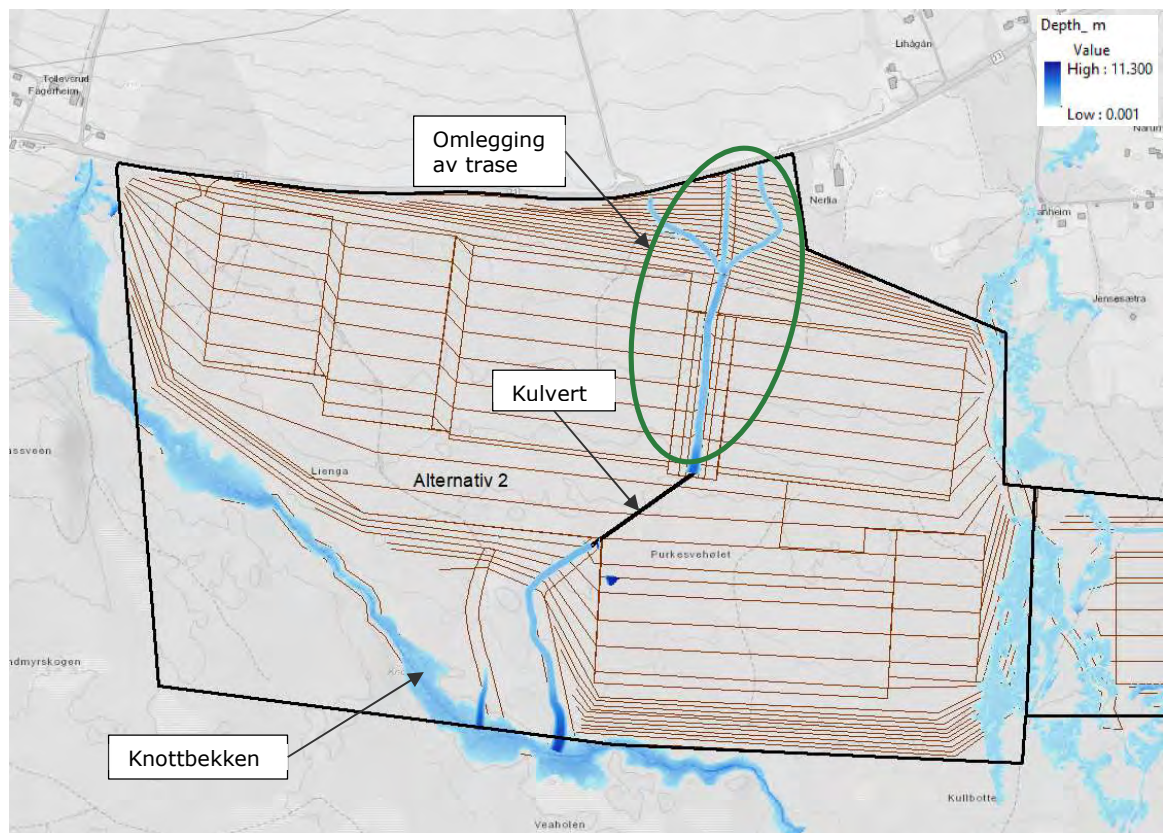


Figur 7.5. Illustrasjonsplan for alternativ 2.

Eksisterende terrenget har blitt redigert i Scalgo etter forslaget vist i Figur 7.5 og 2D-modellen har blitt kjørt igjen i HEC-RAS.

Figur 7.6 viser flomutbredelse for planlagt situasjon for alternativ 2 ved Q200 inkl. 40 % klimapåslag i bekkene. Ved alternativ 2 blir bekk 4 (Knottbekken) uberørt. Sidebekk til Knottbekken bør legges om og en strekning må bli lagt i rør. Dimensjon av rør er ikke vurdert, kun modellert med tilstrekkelig kapasitet for å kontrollere at løsningen for dette alternativet kan være gjennomførbar.

Det er forsøkt å endre dagens trasé minst mulig og ikke belaste Knottbekken mer enn ved dagens situasjon. Med foreslått plassering av bygninger ved alternativ 2 blir det en del inngrep i vassdrag ved omlegging av eksisterende bekker i den nordlige delen av planområdet for å samle avrenninger fra flere stikkrenner i en felles trasé. Men med tanke på håndtering av klimaendringene med mer og kraftigere regn, blir løsningen for alternativ 2 mer robust enn løsningen for alternativ 1, da en større del av eksisterende vannveier/bekker kan beholdes åpen. I tillegg, blir den største bekken (Knottbekken) uberørt.



Figur 7.6: Flomutbredelse for planlagt situasjon ved planområde for alternativ 2 ved Q200 inkl. 40% klimapåslag i bekkene.

8. USIKKERHETER

Det vil alltid være usikkerheter knyttet til avrenningsanalyser av denne type. Usikkerhetene som vil påvirke sluttresultatet og dermed påvirke beregnede flomutbredelser er primært knyttet til følgende elementer:

Datagrunnlag og terrengmodell

Datagrunnlaget for vassdraget kan karakteriseres som akseptabel eller god for bruken. For oppbygging av terrengmodell er det benyttet laserdata og nøyaktig innmålinger langs de største bekkene. Laserdata i et område med veldig tett skog kan ha støy som ikke er filtrert ut og kan gi avvik i terrenghøyde. Dette kan medfølge til usikkerhet knyttet til beregnede flomutbredelser. Terrengmodellen er basert på en 0,25 x 0,25 meter raster-modell. Det er med stor sannsynlighet skjedd endringer siden scanning ble gjennomført i 2017.

Terrengmodellen har blitt implementert med innmålinger som ble tatt langs de største bekkene, men for de minste og uregistrerte bekkene måtte terrengmodellen bli justert manuelt. Dette kan gi usikre resultater. Beregnede avrenningslinjer er kontrollert mot registrerte hovedbekker og elver, men grensene mellom avrenningsfelt er usikre spesielt i flate områder.

Flomberegninger

Usikkerheten i flomberegningene er vurdert etter NVE-veileder 1/2022. Observasjoner nært vassdrag og NVEs nylige beregninger for Lauselva gjør flomberegningene noe mindre usikre, men med lite data i vassdraget settes usikkerheten til flomberegningene i elva til middels eller klasse 3: «*Brukbart hydrologisk datagrunnlag i kombinasjon med store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området alternativt begrenset hydrologisk datagrunnlag*» (figur 9 og tabell 10, NVE 1/2022).

Når det gjelder bekkene settes usikkerheten til flomberegningene til stor eller klasse 4: «*Begrenset hydrologisk datagrunnlag*» (figur 9 og tabell 10, NVE 1/2022). Formler for små nedbørfelt har en usikkerhetsfaktor på ca. 0,5-2. Den rasjonale formel antas å ha en høyere usikkerhet, spesielt for større felt dvs. i denne sammenheng større enn 0,2-0,5 km²

Hydraulisk modell

En hydraulisk modell vil aldri klare å gjenskape et korrekt strømningsbilde. Modellens ligninger og formler, samt brukerens parametervalg vil være bestemmende for kvaliteten til resultatene. Det er benyttet en 2-dimensjonal-modell for å beregne flomutbredelsen med rimelig fin celleoppløsning (1 m) og erfaringsbaserte ruhekskoeffisienter som anses som tilstrekkelig for formålet.

Flomutbredelse

Det er beregnet flomutbredelsen for flommer med gjentaksintervall på 200 år for eksisterende situasjon, og 200 år etter tiltak. Disse er vist i Figur 7.1 og Figur 7.4 for alternativ 1 og i Figur 7.2 og Figur 7.6 for alternativ 2. Vannstand og utbredelsen av vann ved Hasvalsætra er basert på bearbeidet terrengmodell, og vil være usikre.

NVE anbefaler generelt 0,3 – 0,5 m usikkerhetspåslag på beregnede vannstander (NVE, «Flaum- og skredfare i arealplanar», 2011.). Basert på en samlet vurdering av usikkerheten har vi lagt til en sikkerhetsmargin lik 30 cm på beregnede vannstand.

Med bakgrunn i en samlet vurdering av usikkerhet i resultater konkluderes det med at analysene gir en god oversikt over flomutsatte delstrekninger, men at videre detaljkartlegging er nødvendig før eventuelle avbøtende tiltak vurderes.

9. OPPSUMERING OG KONKLUSJON

Hovedmålene med denne utredningen har vært å dokumentere konsekvenser ved dimensjonerende flomhendelser (200-årsflom etter TEK17, §7-2) i alle vassdrag innenfor planområdet samt Lauselva. Visualisere flommens utbredelse langs Hasvalsætra Næringsområde ved eksisterende situasjon og planlagt situasjon. Videre komme med en anbefaling på hvilket planalternativ som er mest hensiktsmessig å utbygge iht. flomutbredelse, flomrisiko, lukking av bekk/elv og inngrep i vassdrag (omlegging).

Bygningene som antas i Hasvalsætra Næringsområde omfatter bygninger med personopphold (lagerbygg) og (industri), og må ifølge TEK 17 og dens veiledning plasseres i sikkerhetsklasse F2. Det vil si at største årlig nominelle sannsynlighet for oversvømmelse settes lik 1/200 (gjentakintervall på 200 år) for området.

NVE har utarbeidet en rapport (81-2016) med forventet klimautvikling frem til år 2100 ved beregning av flommer med forskjellige gjentakintervall. I NVEs veileder for flomberegninger kommer det frem følgende «20 % økning – Alle nedbørfelt med areal < 100 km² og andre mindre nedbørfelt som reagerer raskt på styrtregn.». Nedbørfeltet til vassdragene er relativt små felt med lite fall og liten urbanitet og det er forventet en lav respons fra styrtregn.

Klimaprofil for Oppland, rapport utarbeidet av Norsk klimaservicesenter, anbefaler klimapåslag for flomvannføring fram mot 2100 på minst 20 %. For regnskyll (nedbør) med kortere varighet enn 3 timer foreslås et klimapåslag på 40 % (Norsk klimaservicesenter, 2021).

Dimensjonerende flom for elv settes til $Q_{DIM} = Q_{200}$ inkl. 30% klimapåslag. For mindre bekker gjennom planområdet settes dimensjonerende flom til $Q_{DIM} = Q_{200}$ inkl. 40% klimapåslag.

Ved planlagt situasjon er det forsøkt å endre dagens trasé til bekkene minst mulig og ikke belaste Knottbekken og Lauselva mer enn ved dagens situasjon.

Med foreslått plassering av bygninger ved alternativ 1 kan de største bekkene beholde dagens trasé i stor grad, men det er behov til å legge flere strekninger i rør.

Med foreslått plassering av bygninger ved alternativ 2 blir det en del inngrep i vassdrag ved omlegging av eksisterende bekker i den nordlige delen av planområdet for å samle avrenninger fra flere stikkrenner i en felles trase. Men med tanke på håndtering av klimaendringene med mer og kraftigere regn, blir løsningen for alternativ 2 mer robust enn løsningen for alternativ 1, da en større del av eksisterende vannveier/bekker kan beholdes åpen. I tillegg, blir den største bekken (Knottbekken) uberørt.

Basert på disse argumentene og fra et hydrologisk synspunkt, ville det være lettere med alternativ 2 å etablere en så åpen løsning som mulig for bekkene som krysser planområde.

Denne utredningen tar ikke høyde for detaljerte løsninger. Vurdering av byggsikre høyder, dimensjonering av kulverter, detaljering av erosjonssikringstiltak bør sees nærmere i en senere fase av prosjektet, når plassering av bygningene og utforming av terreng er forankret i utomhusplanen for det valgte alternativet.

10. REFERANSER OG KILDER

Norsk klimaservicesenter, 2019. NCCS report no. 5/2019. Klimapåslag for korttidsnedbør - Anbefalte verdier for Norge.

Norsk klimaservicesenter, 2022. Fremtidig utvikling av kraftig nedbør. Oppdaterte klimapåslag. Lenke: <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/oppland> (funnet 10. desember 2021)

NVE rapport 1/2022. Veileder for flomberegninger.

NVE, 2020a. Hydra II programvare (lisensbelagt).

NVE, rapport 7/2015. Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt.

NVE rapport 13/2015. Nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt.

NVE, rapport 81/2016. Klimaendring og framtidige flommer i Norge.