

**Flomfarevurdering i
forbindelse med ny
trafostasjon ved gbnr.
60/49 i Stryn kommune**



Sunnfjord Geo Center

Prosjektinformasjon og status

Prosjektnr.:	Dokumentnr.:	Dokumenttittel:
22-05-179B	-	Flomfarevurdering i forbindelse med ny trafostasjon ved gbnr. 60/ 49 i Stryn kommune
Revisjon:	Beskrivelse:	Leveransedato:
0	Godkjent rapport	12.09.2022

Kontraktør:	Kontaktinformasjon:
 Sunnfjord Geo Center	Sunnfjord Geo Center AS Stongfjordvegen 577 6984 Stongfjorden Tlf.: 577 31 900 E-post: post@sunnfjordgeocenter.no Organisasjonsnummer: 998 899 834 MVA

Fagområde:	Dokumenttype:	Lokalitet:
Flomfarevurdering	Rapport	Bø, Stryn kommune
HMS-risikovurdering før feltarbeid:	Dato for risikovurdering	Hendelse/avvik meldt:
Risikogruppe 2	01.09.2022	Nei
Feltarbeid utført av:	Dato for feltarbeid:	
Anders Haaland, Jenny Sjøstad Hagen	01.09.2022	
Rapport utarbeidet av:	Dato for ferdigstilling:	Signatur:
Rev 0: Jenny Sjøstad Hagen	12.09.2022	Hagen (sign.)

Rapport kvalitetssikret av:	Godkjent, dato:	Signatur:
Rev 0: Anders Haaland	12.09.2022	Haaland (sign.)

Sammendrag

Sunnfjord Geo Center AS (SGC) har på oppdrag av Linja AS utført en flomfarevurdering i henhold til TEK17§7-2 og NVE sine retningslinjer for flom- og skredfare i arealplaner og kartlegging av flomfare langs bekker. Flomfarevurderingen er utført i forbindelse med planlegging av ny trafostasjon med nytt transformatorbygg og kontrollbygg på gbnr. 60/49 ved Kvernhusgrova. På bakgrunn av byggenes samfunnskritiske funksjon, er sikkerhetsklasse F3 med 1000-årsflom lagt til grunn for flomfarevurderingen. I tråd med anbefalinger fra NVE og Norsk klimasenterservice, er et klimapåslag på 40 % lagt til i beregningen. En sammenlikning mellom estimatet av 200-årsflommen i Kvernhusgrova beregnet ved bruk av *Nasjonalt formelverk for flomberegninger i små felt og den rasjonelle metode* ble foretatt for å detektere usikkerhet knyttet til valg av metode. Begge metoder resulterte i en flomstørrelse av samme størrelsesorden, med en differanse på 0.05 m³/s. Grunnet manglende datagrunnlag i form av vannføringsmålinger i Kvernhusgrova og sammenliknbare, målte nedbørfelt, er det knyttet stor usikkerhet til den beregnede 1000-årsflomstørrelsen (3.49 m³/s). Det øvre konfidensintervallet (95%) for 1000-årsflommen uten klimapåslag er 6.98 m³/s, men dette er overestimert dersom 1000-årsflommen er overestimert. Med klimapåslag, ble 1000-årsflommen beregnet til 4.89 m³/s. Hverken formelverket eller den rasjonelle metode er utviklet for beregning av flomstørrelser med større gjentakintervall enn 200 år. Vekstkurven for høyere returperioder enn 200 år antas å være for bratt for de fleste små nedbørfelt ved bruk av formelverket for små felt. Valg av metode gjenspeiler nedbørfeltets størrelse og manglende datagrunnlag for utnyttelse av eksisterende verktøy i NEVINA-databasen. Resultatene i denne rapporten representerer derfor et konservativt anslag. Flomveier ble beregnet i QGIS under antagelse om at kapasiteten i stikkrenner i Setrevegen nordvest for Kvernhusgrova og innenfor det genererte nedbørfeltets grenser overskrides. Det regjerer usikkerhet rundt nedbørfeltets faktiske grenser, ettersom detaljert informasjon om avløpsnett og plassering og dimensjoner av alle stikkrenner ved Bø i Stryn ikke kunne oppdrives. Den digitale terrengmodellen har også varierende kvalitet i analyseområdet. Under befaring ble det gjort en vurdering av kritiske punkt i elveløpet oppstrøms for og ved eiendomsgrensen til gbnr. 60/49. Det ble også gjort en vurdering av erosjonsfaren langs nedre del av Kvernhusgrova. Det ble funnet tegn til erosjon og løsmasser i bekkeløpet på siden ned mot eiendommen. Denne strekningen bør erosjonssikres. Det anbefales å sette opp en tørrmur, potensielt i kombinasjon med supplerende tiltak som forbedrer fordrøyning og flomavledning oppstrøms for eiendommen. En beskrivelse av anbefalte tiltak er gitt avslutningsvis. Det er behov for en detaljprosjektering for å planlegge anbefalte tiltak.



Innholdsfortegnelse

Sammendrag.....	3
1. Innledning	5
1.1 Bakgrunn og formål.....	5
1.2 Krav til sikkerhet	5
2. Det undersøkte området.....	7
2.1 Områdebeskrivelse	7
2.2 Beskrivelse av nedbørfeltet.....	8
2.3 Klima	10
2.4 Aktsomhetskart for flom.....	11
2.5 Eksisterende flomfarevurderinger.....	12
3. Beregning av flomstørrelser	14
3.1 Metode	14
3.1.1 Nasjonalt formelverk for flomberegninger i små felt (RFFA-NIFS)	14
3.1.2 Den rasjonelle metode.....	15
3.2 Usikkerhet i flomberegningene	17
3.3 Dimensjonerende flomstørrelse	17
4. Vurdering av flomfare.....	19
4.1 Metode	19
4.1.1 Kritiske punkt	19
4.1.2 Flomveier	21
5. Vurdering av erosjonsfare	22
6. Tiltak	23
7. Konklusjon	25
Referanser.....	26

1. Innledning

1.1 Bakgrunn og formål

Sunnfjord Geo Center AS (SGC) har på oppdrag av Linja AS utført en vurdering av flomfaren ved gbnr. 60/49 på Bø i Stryn kommune. Bakgrunnen for vurderingen er at det planlegges en ny trafostasjon på et område som ligger innenfor NVEs aktsomhetskart for flom. Vurderingen er utført i henhold til TEK17 §7-2 og NVE sine retningslinjer for flom- og skredfare i arealplaner (retningslinjer 2/2011) (NVE, 2011) og kartlegging av flomfare langs bekker (veileder 3/ 2015) (NVE, 2015).

1.2 Krav til sikkerhet

Byggteknisk forskrift (TEK17) §7-2 sammenfatter kravene til sikkerhet mot flom for nybygg samt ombygginger og utbygginger av eksisterende byggverk, jf. temaveiledningen «Utbygging i fareområder» fra Direktoratet for byggkvalitet. TEK17 § 7-2 definerer tre sikkerhetsklasser for flom med ulike dimensjonerende flomstørrelser som skal legges til grunn for byggverk i flomutsatte områder. Hvilken sikkerhetsklasse et byggverk tilhører, avhenger av byggets funksjon og det økonomiske og/ eller samfunnsmessige skadeomfanget oversvømmelser av bygget kan føre til ved flom. Byggverk skal plasseres slik at største nominelle flomsannsynlighet for den relevante sikkerhetsklassen ikke overskrides (se Tabell 1). Sikkerhetskravene oppnås ved å innføre tilstrekkelig risikoreduserende tiltak, eller plassere byggverket utenfor området som oversvømmes med den gjeldende sannsynligheten. Byggverk der konsekvensen av flom er særlig stor må plasseres utenfor flomutsatt område. Dette gjelder blant annet byggverk som er viktig for regional og nasjonal beredskap og krisehåndtering samt byggverk som omfattes av storulykkeforskriften. Det er kommunens ansvar å sørge for at byggverk plasseres i henhold til sikkerhetsklassene F1 - F3. Et kort sammendrag av de tre sikkerhetsklassene er gjengitt nedenfor.

Tabell 1: TEK17 §7-2 klassifiserer byggverk i tre sikkerhetsklasser som definerer akseptnivå for flom.

Sikkerhetsklasse	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet	Eksempler
F1	Liten	1/20	Lagerbygning med lite personopphold; garasje
F2	Middels	1/200	Bolig; skole; kontorbygg; industribygg
F3	Stor	1/1000	Sykehjem; brannstasjon, sjukehus, avfallsdeponi med forurensningsfare

Eksempler på byggverk som tilhører hver av sikkerhetsklassene er presentert i Tabell 1. I sikkerhetsklasse F1 inngår byggverk med lite personopphold og liten økonomisk og/ eller samfunnsmessig skade ved flom. De fleste byggverk som er beregnet for personopphold omfattes av sikkerhetsklasse F2. De økonomiske konsekvensene av flom kan være store, men

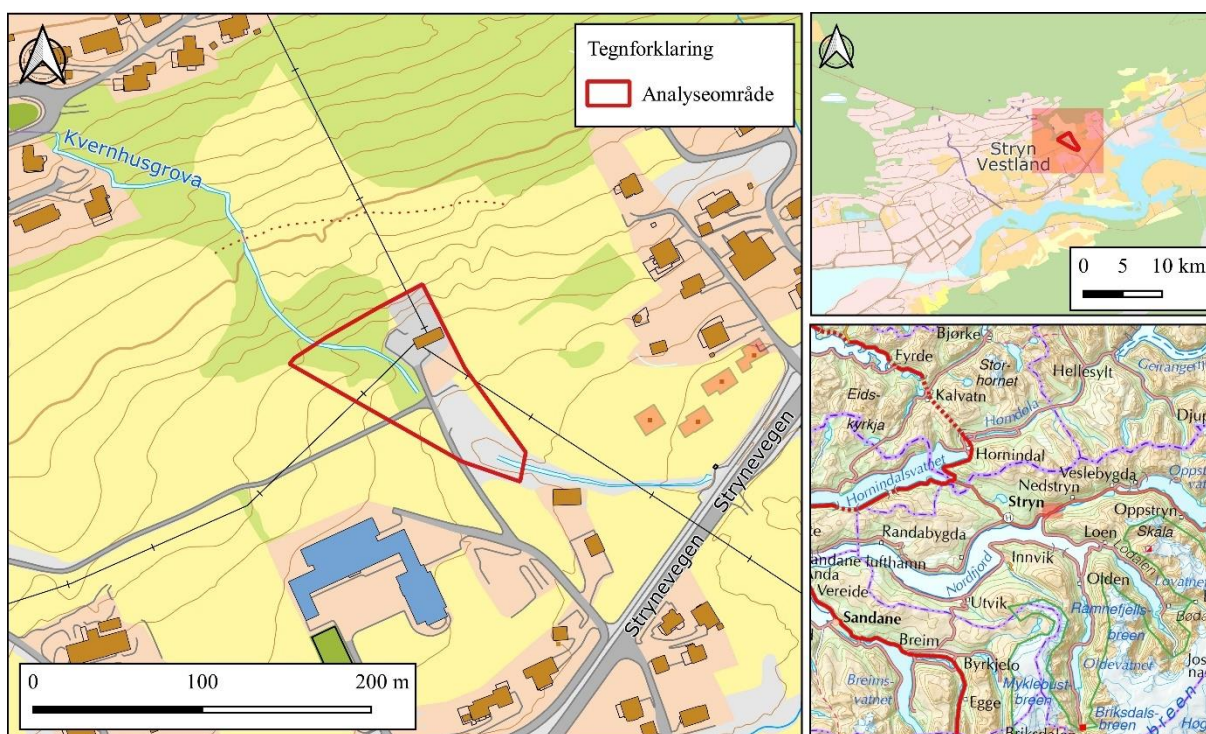
kritiske samfunnsfunksjoner settes ikke ut av spill. I flomutsatte områder der oversvømmelser i sikkerhetsklasse (F1-F2) medfører sterk strøm (≥ 1.0 m/s) og stor dybde (> 2 m), bør sikkerhetsklasse F3 legges til grunn for byggverket. Sikkerhetsklasse F3 omfatter byggverk for sårbare samfunnsfunksjoner, byggverk for særlig sårbare grupper av befolkningen, og byggverk der oversvømmelse kan medføre forurensningsfare. Byggverk som skal fungere i lokale beredskapssituasjoner, inngår også i sikkerhetsklasse F3. Kravene til sikkerhet mot flom gjelder også for stormflo.

Det er planlagt to transformatorbygg på gbnr. 60/49 nær Kvernhusgrova og innenfor aktsomhetsområde for flom. Trafostasjonen er planlagt todelt slik at transformatoren plasseres øverst på eiendommen nær elven og kontrollanlegget plasseres nedenfor eksisterende bygg på eiendommen. Transformatorbyggene er ikke ment for personopphold, men har høy økonomisk verdi og en kritisk samfunnsfunksjon. Byggene vurderes derfor i sikkerhetsklasse F3.

2. Det undersøkte området

2.1 Områdebeskrivelse

Det kartlagte området i Bø ligger 250 meter nordvest for utløpet fra Kvernhusgrova til Sundeløken på nordsiden av Stryneelva i Stryn kommune. Analyseområdet dekker eiendomsarealet ved gbnr. 60/49 og strekker seg til utløpet av første kulvert nedstrøms for eiendommen. Figur 1 viser plassering og avgrensning av det kartlagte område som flomfarevurderingen gjelder for.



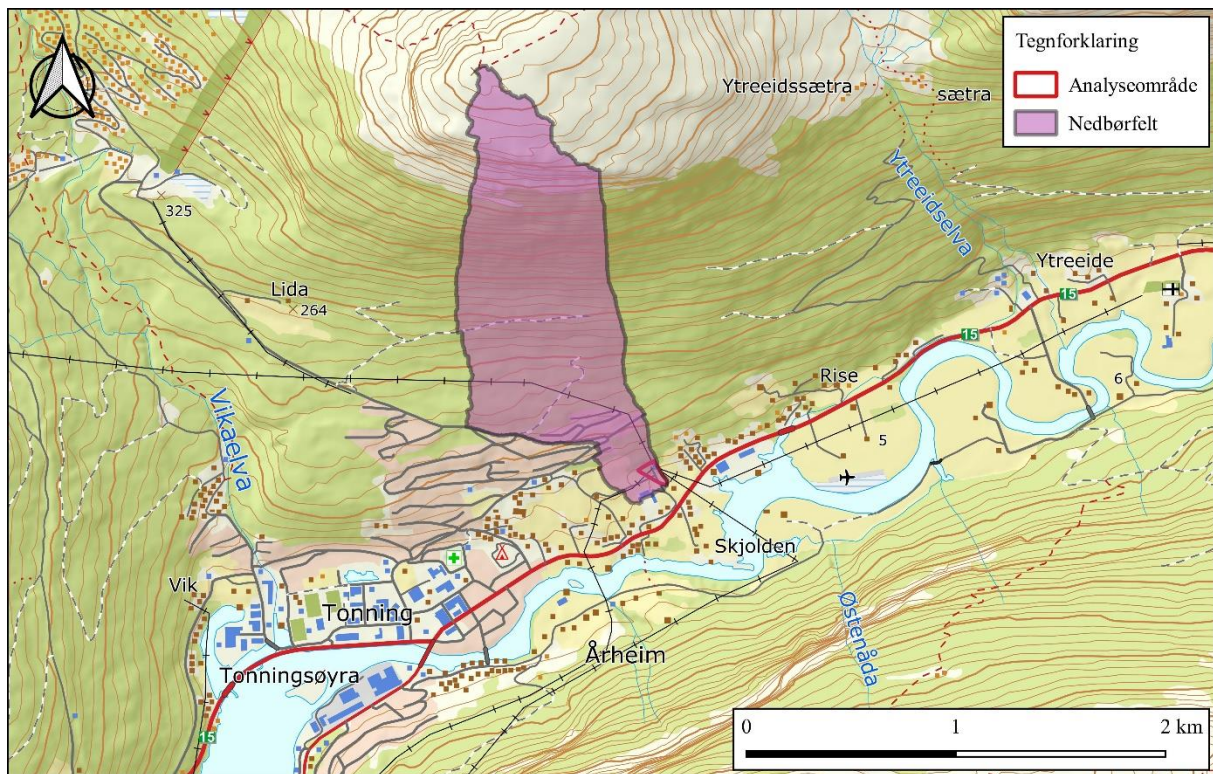
Figur 1: Plassering og avgrensning av det kartlagte området. Oversiktskartene på høyre side viser hvor i Stryn kommune analyseområdet er plassert. Kartgrunnlag: Statens kartverk.

2.2 Beskrivelse av nedbørfeltet

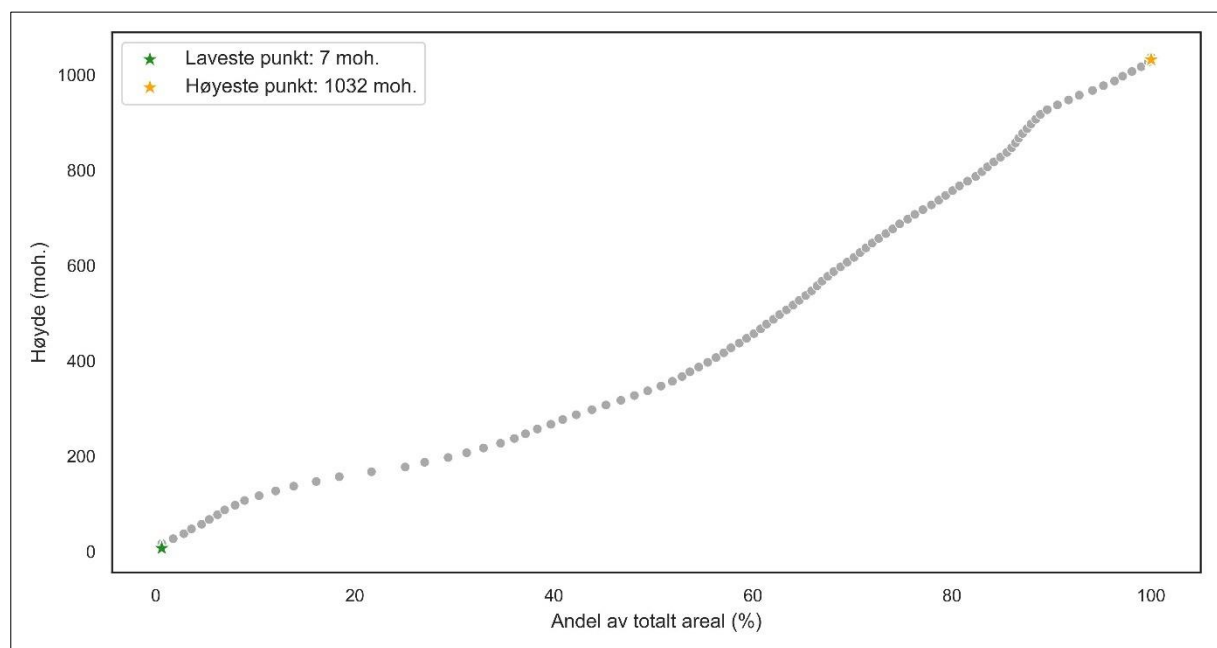
I NVE sine retningslinjer for flom- og skredfare i arealplaner (2/2011) er bekker definert som vassdrag med nedbørfelt mindre enn 20 km². Kvernhusgrova drenerer et 1.2 km² sidedebørfelt i Strynevassdraget til Stryneelva (1.7 moh.) og regnes derfor som en bekk. Figur 2 viser nedbørfeltet generert for utløpet av første kulvert nedstrøms for eiendom gbnr. 60/49. Nedbørfeltet ligger ikke tilgjengelig i NEVINA-databasen; elvenettet føres delvis gjennom bebygd område med manglende datagrunnlag i nedre del av nedbørfeltet (fra ca. 130 moh.), og det genererte nedbørfeltets avgrensning kan derfor avvike fra det reelle nedbørfeltet. Den hypsometriske kurven for det genererte nedbørfeltet er presentert i Figur 3. Ettersom utløpet er flyttet 250 m opp i terrenget, er det laveste punktet 7 moh. Nedbørfeltet kan karakteriseres som et bratt sidedebørfelt som reagerer raskt på intens nedbør i form av regn. Regnflommer oppstår som regel i høst- og vinterhalvåret. Deler av nedbørfeltet er høytliggende; det høyeste punktet er 1032 moh., og 10 % av nedbørfeltets areal ligger høyere enn 930 moh. Snøsmelting kan derfor bidra til høye vannføringer i vår- og sommerhalvåret.

Arealfordelingen i nedbørfeltet er presentert i Figur 4. Skog utgjør over halvparten av arealet i nedbørfeltet, mens omtrent en tredjedel av arealet er snaufjell. Disse arealtypene har ulik innvirkning på nedbørfeltets respons på nedbør. Mens skog gir en flomdempende effekt gjennom direkte opptak av vann fra underliggende jordlag og evapotranspirasjon, bidrar høy andel av snaufjell til rask avrenning og spisse flomforløp fordi impermeable flater ikke tillater infiltrasjon. I nedre deler av nedbørfeltet utgjør bebygde områder og dyrket mark samt innmarksbeite 10% av nedbørfeltet. Markene har en marginal flomdempende effekt inntil de er mettet med vann. Ved full metning vil markene bidra til et raskere flomforløp. Bebygde områder med lav permeabilitet i nedre del av nedbørfeltet kompliserer også dreningen til utløpet.

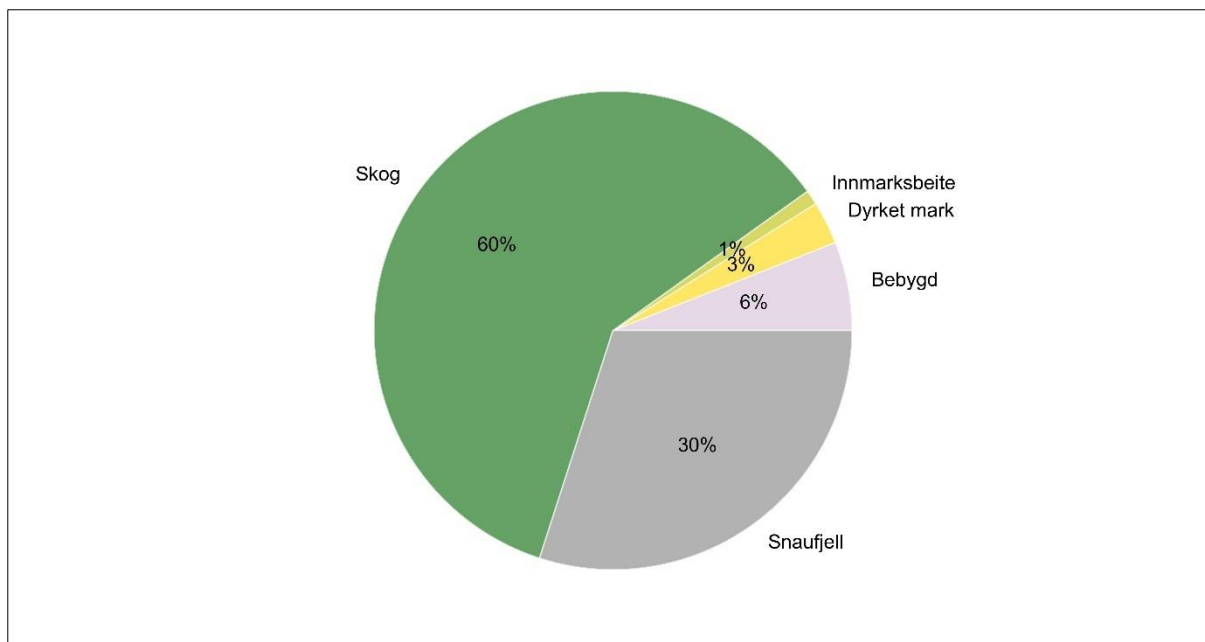
Ettersom det ikke finnes målestasjoner i Kvernhusgrova, ble normalavrenningen estimert ved hjelp av NVE sitt avrenningskart for referanseperioden 1961-1990. Avrenningslinjen nærmest analyseområdet ble sammenliknet med normalavrenningsverdier i registrerte elver i NEVINA. Feilmarginen i disse nedbørfeltene gir en indikasjon på usikkerheten i avrenningslinjen i området, men forbehold om ulike nedbørfeltkarakteristikker og feltstørrelser gjør at feilmarginen ikke direkte kan overføres til Kvernhusgrova. Nedbørfeltkarakteristikkene er oppsummert i Tabell 2.



Figur 2: Nedbørfeltet til Kvernhusgrova (utløp flyttet 250 m fra Stryneelva til like nedenfor analyseområdet. Kartgrunnlag: Statens kartverk.



Figur 3: Hypsometrisk kurve for nedbørfeltet. Kurven viser den prosentvise andelen av nedbørfeltets areal som ligger under en gitt høyde.



Figur 4: Arealfordeling for nedbørfeltet.

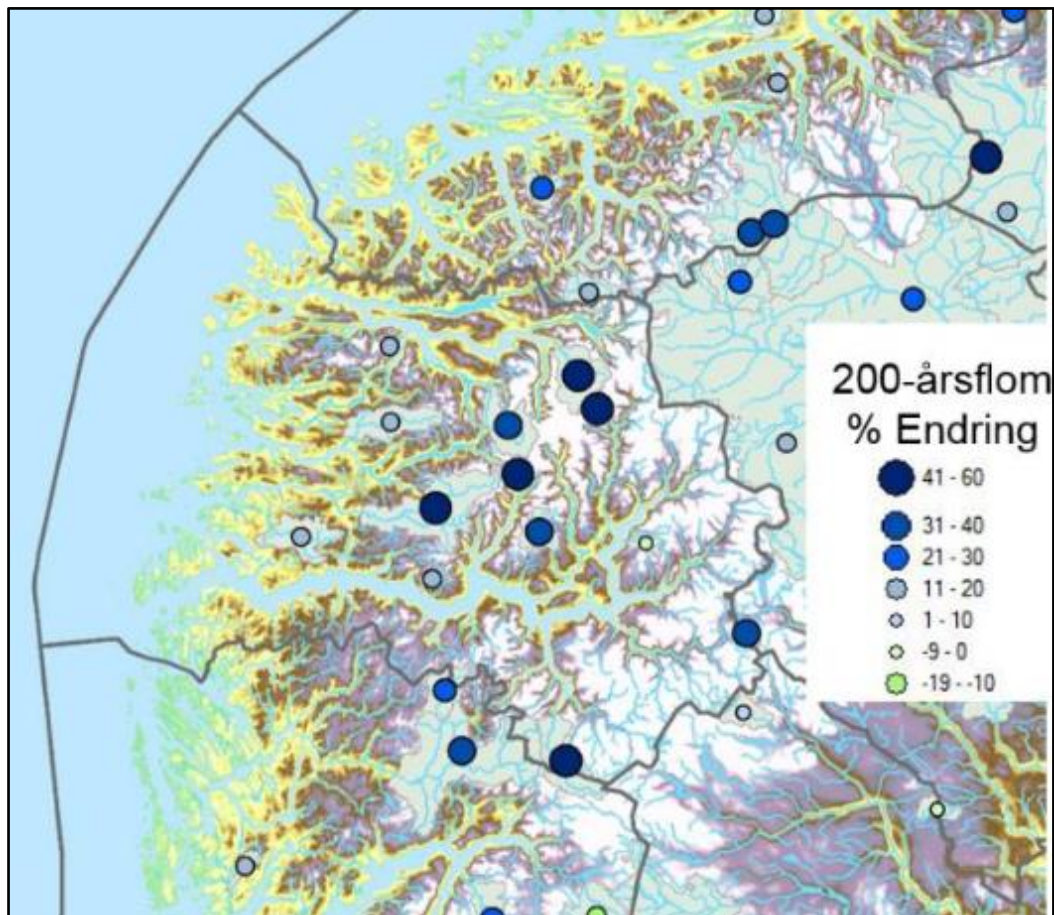
Tabell 2: Nedbørfeltkarakteristikker for Kvernhusgrova ved utløpet av første kulvert nedstrøms for gbnr. 60/49.

Areal (km ²)	Effektiv sjø (%)	Felt-lengde (km)	Elvegradient (m/km)	Normal-avrenning (l/s*km ²)	Bre (%)	Snau fjell (%)	Høydeforskjell (m)
1.2	0	2.2	200	25	0	30	1025

2.3 Klima

Rapporten *Klima i Norge 2100* (Hanssen-Bauer et al., 2015) sammenfatter resultater fra modellkjøringer med nedskalerte og biasjusterte data for Norge fra globale klimamodeller presentert i den femte hovedrapporten fra FNs klimapanel. Hovedfunnet i rapporten er at det forventes økninger i både temperatur og nedbør samt hyppigere ekstremnedbør i Norge. Klimaendringer vil kunne endre både flomfrekvensen assosiert med ulike flomstørrelser og de flomgenererende prosessene i de ulike nedbørfeltene slik at også flomsesongen endres. Norsk klimasenterservice har på bakgrunn av denne rapporten utarbeidet en klimaprofil for Sogn og Fjordane (NKSS, 2021) som et kunnskapsgrunnlag og hjelpemiddel for klimatilpasning. Klimaprofilen beskriver hvilke klimaendringer som bør tas hensyn til på regionalt og lokalt nivå. Både økt stormflonivå og større og hyppigere regnflommer er forventet i Sogn og Fjordane. Figur 5 viser forventet prosentvis endring i 200-årsflommen ved utvalgte, representative vassdrag i regionen. Klimaprofilen for Sogn og Fjordane anbefaler et klimapåslag på 20 % eller 40 % på beregnede flomstørrelser, avhengig av nedbørfeltets plassering og flomsesong. For små nedbørfelt som reagerer raskt på nedbør og områder dekket av flomsonekart ved Stryn i Strynevassdraget, anbefales et klimapåslag på 40 %. Gitt nedbørfeltets gradient og bekkens størrelse, legges det til et klimapåslag på 40% på de beregnede flomstørrelsene ved innløpet til kulverten nedstrøms for gbnr. 60/49 i Stryn kommune. Et klimapåslag på 40% samsvarer også med NVE sine anbefalinger for nedbørfelt

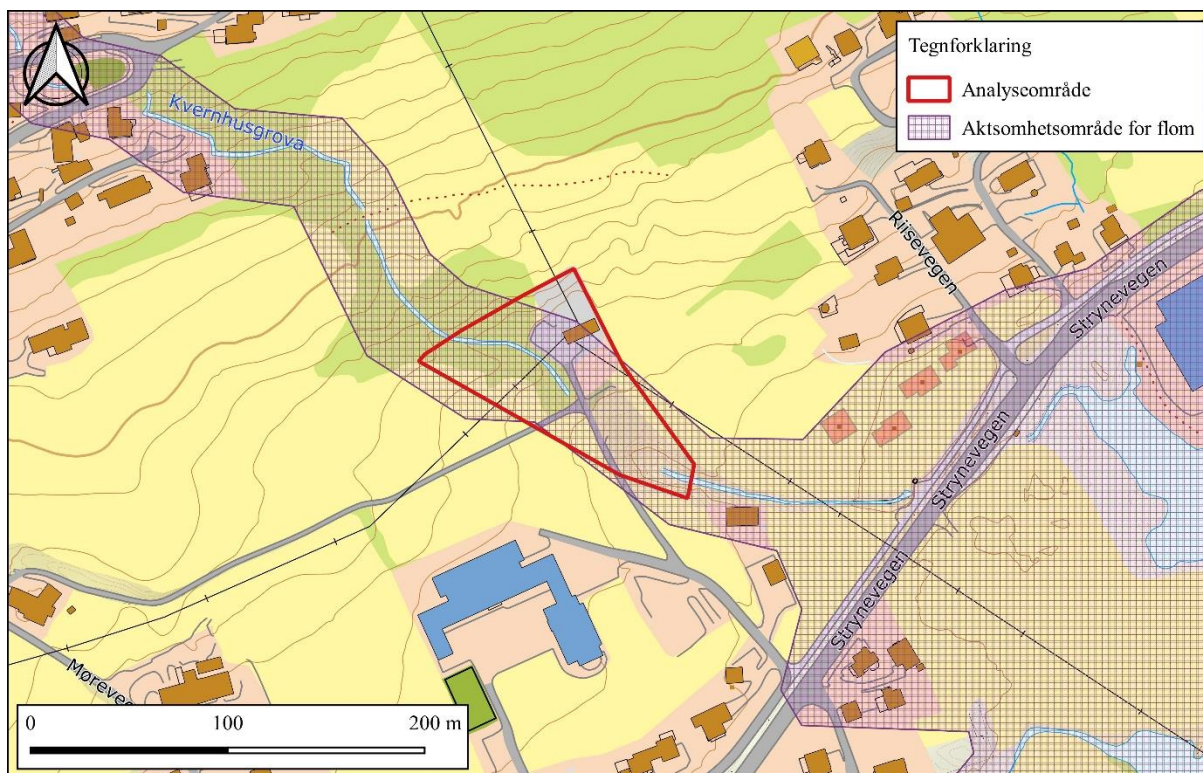
med mindre areal enn 10 km²; for små nedbørfelt av denne størrelsesordenen, anbefaler NVE et klimapåslag på 40 % uavhengig av nedbørfeltets karakteristikk og størrelse.



Figur 5: Prosentvis endring i 200-årsflom for nedbørfelt i Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane og Hordaland (NKSS, 2021).

2.4 Aktsomhetskart for flom

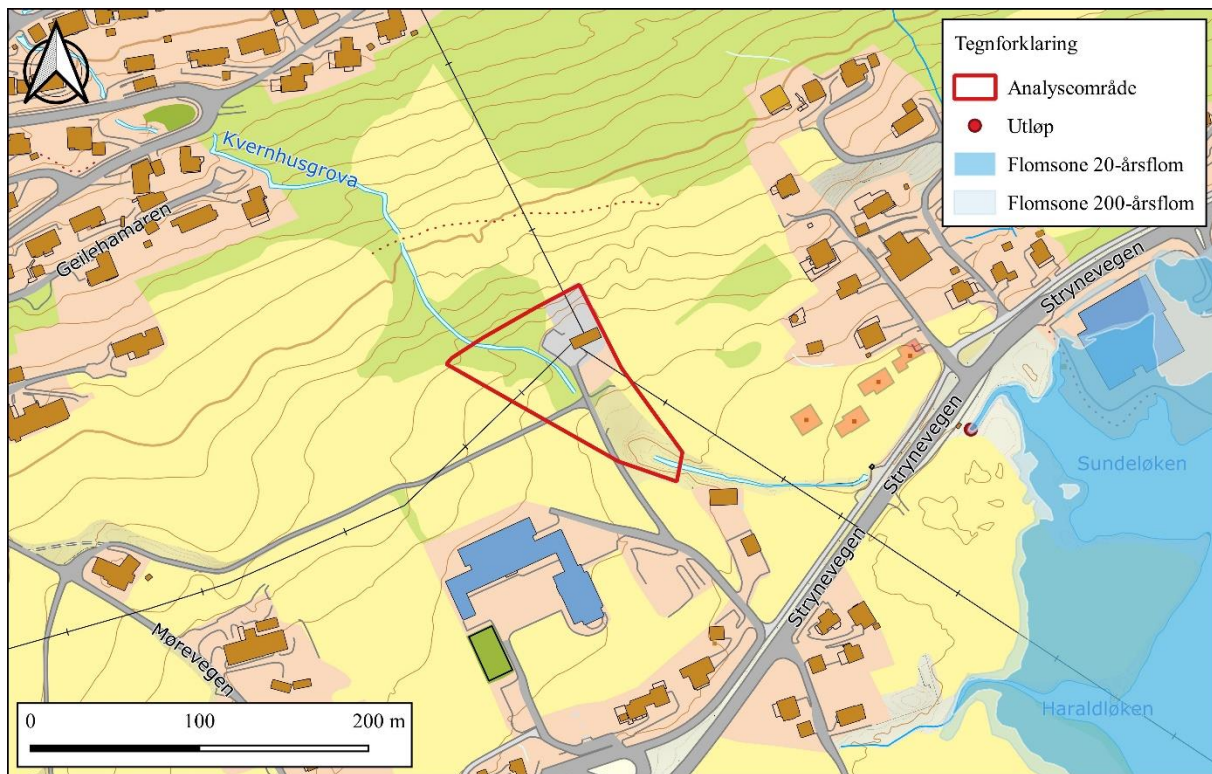
NVE har utarbeidet et nasjonalt aktsomhetskart for flom som viser potensielt flomutsatte områder; kartet er tilgjengelig på atlas.nve.no. Aktsomhetsområdene er generert basert på empirisk datagrunnlag for norske vassdrag i kombinasjon med en digital terrengmodell. Aktsomhetsområdene kan derfor ikke knyttes til spesifikke gjentakintervall og er som regel overestimert. En mer detaljert kartlegging vil dermed som regel redusere aktsomhetsområdets omfang. Figur 6 viser at mesteparten av analyseområdet i denne rapporten ligger innenfor aktsomhetsområde for flom. Årsaken til dette er at det er estimert en maksimal vannstandsstigning i Stryneelva på 8 m og en tilsvarende vannstandsstigning i Kvernhusgrova på 2.2 m.



Figur 6: Aktsomhetskartet viser at mesteparten av analyseområdet ligger innenfor aktsomhetsområdet for flom. Datakilde: atlas.nve.no og Statens kartverk.

2.5 Eksisterende flomfarevurderinger

Norconsult har tidligere beregnet vannføring i Kvernhusgrova ved Rv. 15 med 200-årgjentaksintervall ved bruk av den rasjonelle metode. Med et klimapåslag på 40%, ble 200-årsflommen da beregnet til $4.7 \text{ m}^3/\text{s}$. Tidligere har også 20- og 200-årsflomsonen for Stryneelva blitt kartlagt (se Figur 7). Ettersom utløpet fra Kvernhusgrova til Stryneelva ligger i flomsonen, vil strømninger av flomvann kunne forplante seg oppover i nedre del av Kvernhusgrova, redusere elvegradienten, og gjøre nærliggende flomsletter mer flomutsatte. Høydeforskjellen fra nedre del av analyseområdet og til utløpet er 5.3 m. Dette gir en gjennomsnittlig gradient på 0.02 i nederste del av bekkeløpet. I nedre del av analyseområdet, skjærer elven bratt i terrenget. Det er derfor ikke trolig at analyseområdet vil påvirkes nevneverdig ved flom i Stryneelva.



Figur 7: Plassering av analyseområde og utløp i forhold til kartlagt 20-årsflomsone for Stryneelva.

3. Beregning av flomstørrelser

3.1 Metode

Det finnes ingen målestasjoner for vannføring i nedbørfeltet til Kvernhusgrova, og eksisterende målestasjoner i Strynevassdraget er ikke representative for flomforholdene i ovennevnte bekk grunnet usammenliknbare nedbørfeltkarakteristikker og feltstørrelser. Valg av metode for beregning av dimensjonerende flomstørrelse gjenspeiler dette. I umålte nedbørfelt bør resultater fra minst to metoder sammenliknes. For nedbørfelt med mindre areal enn 60 km², anbefales det å bruke *Nasjonalt formelverk for flomberegninger i små felt* (RFFA-NIFS) (Glad et al., 2014). Ifølge NVE sin veileder for flomberegninger (veileder 1/2022) (Glad et al., 2022), er i tillegg den rasjonelle metode egnet for beregning av dimensjonerende avrenning fra nedbørfelt hvis areal ikke overgår 2 km². En sammenlikning mellom beregnede flomstørrelser ved bruk av i) RFFA-NIFS og ii) den rasjonelle metode er presentert nedenfor. Både RFFA-NIFS og den rasjonelle metode er beregnet for beregning av flomstørrelser med gjentakintervall på opptil 200 år. Beregningene nedenfor gir derfor et konservativt anslag.

3.1.1 Nasjonalt formelverk for flomberegninger i små felt (RFFA-NIFS)

Formelverket RFFA-NIFS beregner middelflom og vannføringer med høyere returperioder direkte på kulminasjonsverdier for små, umålte felt i Norge basert på regresjonsanalyser. Inngangsparameterne er nedbørfeltets areal (A), normalavrenning (q_N) og effektiv sjøprosent (A_{SE}). Parameterintervallene som inngår i analysegrunnlaget for regresjonsligningene er 0.2 km² ≤ A ≤ 53 km², 9 l/s x km² ≤ q_N ≤ 163 l/s x km², og 0 % ≤ A_{SE} ≤ 21%; bruk av formelverket utover disse intervallene øker usikkerheten i de beregnede flomstørrelsene. Ettersom analysegrunnlaget for formelverket er uregulerte felt, egner det seg følgelig mindre for bruk på regulerte og urbane nedbørfelt.

I formelverket er middelflommen (Q_M) gitt ved

$$Q_M = 18.97 \left(Q_N^{0.864} e^{-0.251\sqrt{A_{SE}}} \right) \quad (1)$$

, der Q_N er nedbørfeltets middelvannføring (m³/s) i perioden 1961 – 1990 hentet fra NVE sitt avrenningskart, A_{SE} er den effektive sjøprosenten, og e er grunntallet e ≈ 2.718. Vekstkurven er gitt ved

$$\frac{Q_T}{Q_M} = 1 + 0.308 \left(q_N^{-0.137} * \frac{[\Gamma(1+k)\Gamma(1-k) - (T-1)^{-k}]}{k} \right) \quad (2)$$

, der q_N er normalavrenningen (l/s x km²) i perioden 1961-1990 henta fra NVE sitt avrenningskart, Γ er gammafunksjonen, T er gjentakintervallet og k er en konstant gitt ved

$$k = -1 + 2/[1 + e^{0.391+1.54\left(\frac{A_{SE}}{100}\right)}] \quad (3)$$

Fra Ligning 2 fremgår det at høyere normalavrenning gir slakere vekstkurve, mens økt effektiv sjøprosent gir brattere vekstkurve. Formelverket er utviklet for å beregne flomstørrelser med opp til 200-årsgjentaksintervall. For høyere gjentaksintervall kan vekstkurven bli for bratt, slik at flomstørrelsen med 1000-årsgjentaksintervall sannsynligvis overestimeres. Tabell 3 viser flomstørrelser beregnet ved bruk av nasjonalt formelverk for små nedbørfelt.

Tabell 3: Beregnede flomstørrelser ved middelflom (Q_M), 200-årsflom (Q_{200}) og 1000-årsflom (Q_{1000}) i Kvernhusgrova ved bruk av nasjonalt formelverk for små felt.

Q_M		Q_{200}		Q_{1000}	
m^3/s	$l/s \cdot km^2$	m^3/s	$l/s \cdot km^2$	m^3/s	$l/s \cdot km^2$
0.89	764	2.53	2109	3.49	2905

3.1.2 Den rasjonelle metode

Formelen i den rasjonelle metode beregner dimensjonerende avrenning Q med gjentaksintervall T . Inngangsparameterne er nedbørfeltets areal (A_f), arealvektet avrenningsfaktor (C), og dimensjonerende nedbørintensitet I med gjentaksintervall T antatt uniform over hele nedbørfeltet. Formelen er gitt ved

$$Q_T = C * I_T * A_f \quad (4)$$

Den arealvektede avrenningsfaktoren uttrykker den gjennomsnittlige andelen nedbør som renner bort som overflatevann og reflekterer dermed en middelerverdi av nedbørfeltets karakteristikk. Avrenningsfaktoren er gitt ved

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i A_i)}{A_f} \quad (5)$$

, der C_i er avrenningsfaktoren assosiert med arealtypen i for delareal A_i . Avrenningsfaktoren oppjusteres med en faktor på 1,3 for gjentaksintervall over 100 år i henhold til N200 (Statens vegvesen, 2021). Både markfuktighet og nedbørens intensitet, varighet og romlige fordeling på virker den faktiske avrenningen i nedbørfeltet, og i realiteten avrenningen ikke-lineær og heteroskedastisk. Tabell 4 bviser den arealvektede avrenningsfaktoren for nedbørfeltet.

Tabell 4: Ujustert avrenningsfaktor og tilsvarende delareal for relevante areal typer i nedbørfeltet til Kvernhusgrova. Den justerte avrenningsfaktoren er angitt i parentes.

Arealtype	Avrenningsfaktor	Areal (km ²)
<i>Skog</i>	0.2	0.696
<i>Snaufjell</i>	0.7	0.347
<i>Bebyggd</i>	0.8	0.070
<i>Dyrket mark</i>	0.3	0.033
<i>Innmarksbeite</i>	0.3	0.011
Sum	0.37 (0.47)	1.157

Den dimensjonerende nedbørintensiteten beregnes fra nedbørfeltets konsentrasjonstid (t_k) og varierer med gjentakingsintervallet. Konsentrasjonstiden (min) i naturlige nedbørfelt med feltareal $A_f < 2 \text{ km}^2$ og effektiv sjøprosent $A_{SE} < 1 \%$ kan estimeres ved hjelp av følgende empiriske formel (Berg et al., 1992):

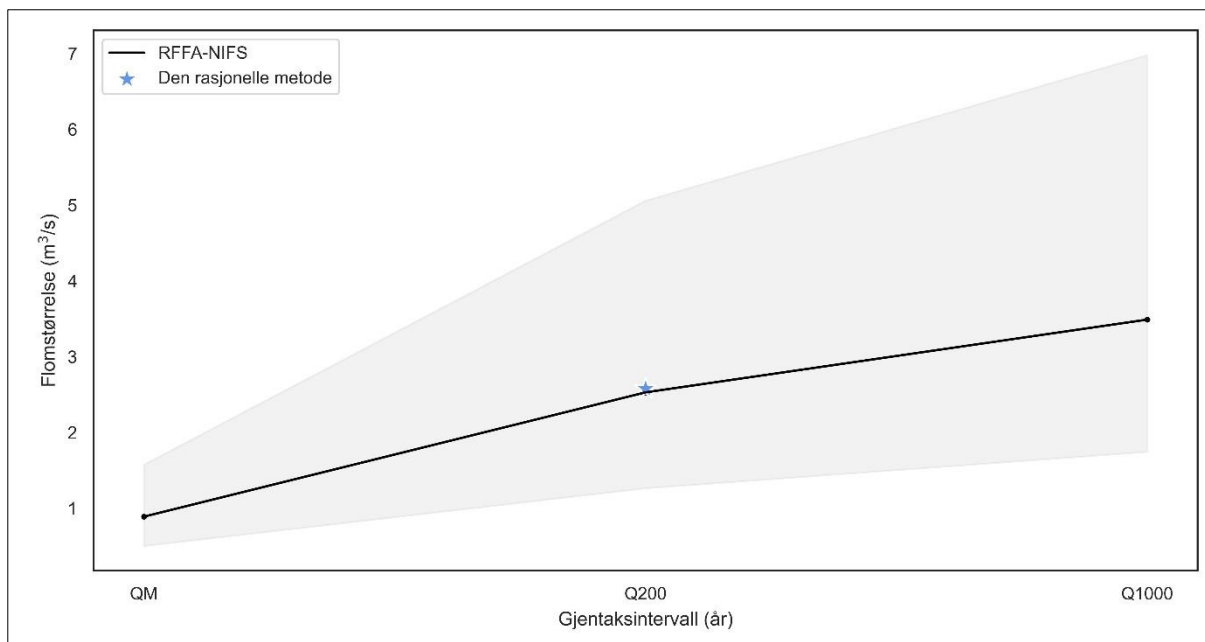
$$t_k = 0.6 * L_f * \Delta H_f^{-0.5} + 30A_{SE} \quad (7)$$

, der L_f er nedbørfeltets lengde (m), ΔH_f er høydeforskjellen (m) og A_{SE} er prosentandel innsjø. Konsentrasjonstiden (min) i utbygde nedbørfelt er tilsvarende gitt ved

$$t_k = 0.02 * \frac{L^{1.15}}{H^{0.39}} \quad (8)$$

Det genererte nedbørfeltet for Kvernhusgrova har svært kontrasterende karakteristikk i øvre og nedre del med areal typer fra henholdsvis naturlige og urbane felt og svært bratt helningsgradient; ettersom skog og snaufjell dominerer areal fordelingen i feltet, brukes her den empiriske formelen for naturlige felt. Nedbørintensitet på 45.9 l/s x ha med en varighet på 45 minutter for gjentakingsintervall på 200 år ble hentet fra IVF-kurven for målestasjonen i Oppstryn (SN58700), 201 moh.

Figur 8 viser 200-årsflom beregnet ved bruk av den rasjonelle metode til sammenlikning med middelflom, 200-årsflom og 1000-årsflom beregnet ved bruk av RFFA-NIFS. Estimaten av 200-årsflommen ved analyseområdet er lavere enn estimatet av 200-årsflommen ved Rv. 15 fra Norconsult (3.36 m³/s). Dette kan delvis forklares med at avrenningsfaktoren benyttet i denne rapporten er 0.13 lavere enn den benyttet av Norconsult. I tillegg er det genererte nedbørfeltet noe større i denne rapporten, og varigheten på nedbørintensiteten 10 minutter lenger enn i ovennevnte rapport.



Figur 8: Middelflom, 200-årsflom og 1000-årsflom beregnet ved bruk RFFA-NIFS og den rasjonelle metode (kun 200-årsflom) uten klimapåslag. Det skraverte området viser konfidensintervall (5% og 95 %).

3.2 Usikkerhet i flomberegningene

Grunnet manglende datagrunnlag i form av vannføringsmålinger i Kvernhusgrova og sammenliknbare, målte nedbørfelt, er flomberegningene presentert ovenfor svært usikre. Ved beregning av flomstørrelser ved bruk av RFFA-NIFS, er det normalavrenningen det knyttes størst usikkerhet til (Glad et al., 2022). Verdiene for normalavrenning i NVE sitt avrenningskart reflekterer en ikke-uniform fordeling av målestasjoner, og vil dermed være mer usikre i områder med færre hydrologiske målestasjoner. Den rasjonelle metode, på den andre siden, gir et svært forenklet estimat av dimensjonerende flomstørrelse under antagelsen om at gjentaksintervallet samsvarer med nedbørintensitetens returperiode. Det er avrenningsfaktoren det knyttes størst usikkerhet til. I nedbørfelt med svært varierende helning, vil samme arealtype kunne knyttes til ulike avrenningsfaktorer; desto mindre feltet er, jo større innvirkning på dreningen vil variasjoner i helningsgradient kunne ha. Videre er et det knyttet usikkerhet til IVF-kurven for Oppstrynsvatnet som ble brukt i mangel på data fra lokal målestasjon for nedbør. Selv om konfidensintervallene indikerer stor variasjon i estimatet av 200-årsflomstørrelsen beregnet ved bruk av RFFA-NIFS, er det verdt å nevne at estimatet av 200-årsflomstørrelsen ved bruk av den rasjonelle metode var av tilsvarende størrelsesorden; dette kan sees som en indikator på estimatets troverdighet gitt det svake datagrunnlaget. Ettersom hverken formelverket eller den rasjonelle metode er utviklet for å beregne flomstørrelser med større gjentaksintervall enn 200 år, er estimatet av 1000-årsflommen, som er den dimensjonerende flomstørrelsen i denne rapporten, svært usikker og trolig overestimert.

3.3 Dimensjonerende flomstørrelse

Tabell 5 viser dimensjonerende flomstørrelse i Kvernhusgrova ved planområdet. I utregningen av dimensjonerende flomstørrelse $Q_{T, \text{dim}}$ er klimafaktoren $KF = 1.4$ for 40% klimapåslag (jf. beskrivelse i Kap. 2.3):

$$Q_{T,dim} = Q_T * KF \quad (9)$$

Gitt usikkerheten i de utregnede flomstørrelsene uten klimapåslag, er de største verdiene lagt til grunn. Dimensjonerende flomstørrelse er estimert på bakgrunn av diskusjonen ovenfor. Verdiene er oppgitt som kulminasjonsvannføring.

Tabell 5: Dimensjonerende flomstørrelser i Kvernhusgrova ved planområdet med et klimapåslag på 40 %.

Dimensjon	Flomstørrelse (m ³ /s)
20-årsflom	1.25
200-årsflom	3.61
1000-flom	4.89

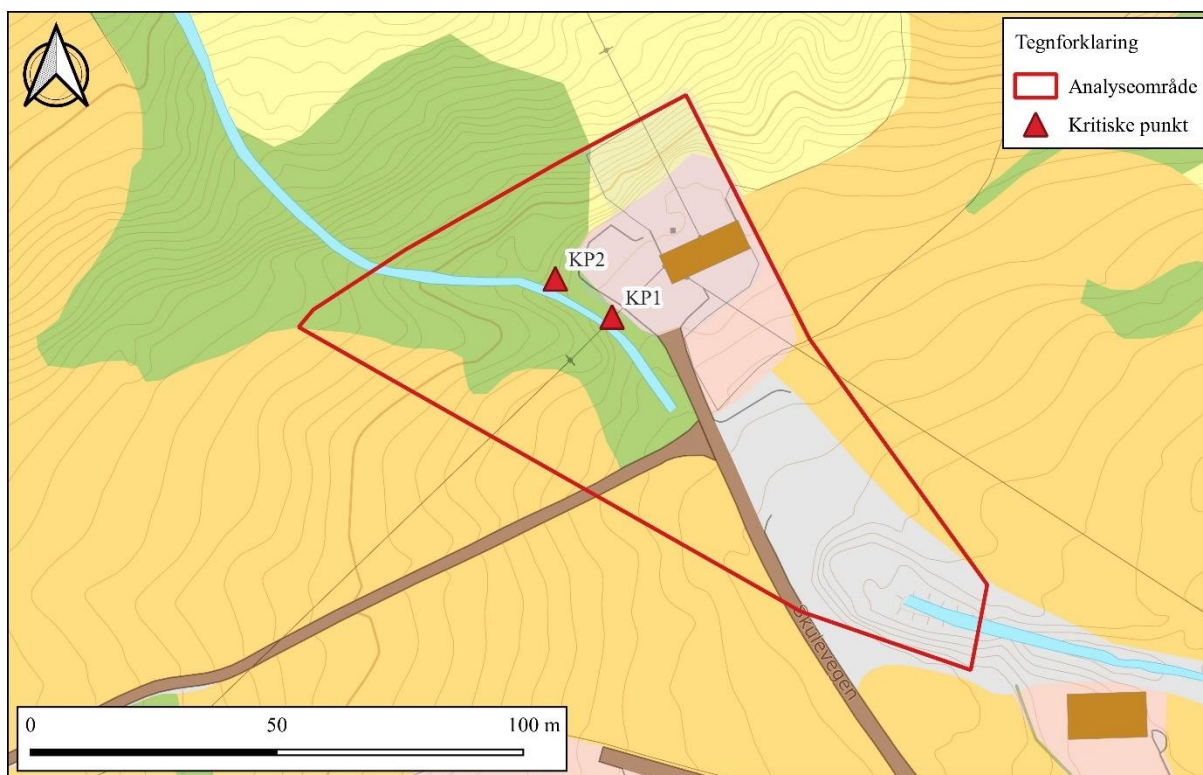
4. Vurdering av flomfare

4.1 Metode

Flomveier leder overvann og/ eller flomvann fra elver og bekker; disse kan være både naturlige og konstruerte. Utrygge flomveier øker det potensielle skadeomfanget ved flom og er derfor nødvendig å identifisere. Kritiske punkt er definert som tekniske inngrep og naturgitte forhold som ved øket vannføring kan føre til oversvømmelse (NVE, 2015). Kritiske punkt i bekkeløpet ble kartlagt under befarings gjennomført 1. september, 2022. For å beregne flomveier ble QGIS benyttet. Gitt nedbørfeltets helningsgradient, ble flomveiene generert med D8-algoritmen. D8-algoritmen er den mest brukte metoden for å estimere dreneringsretningen. Avrenning fra hver piksel blir definert i en av åtte mulige retninger basert på den underliggende digitale terrengmodellen slik at vannet finner letteste vei ned til utløpet. Terskelverdien for å identifisere flomveier ble bestemt basert på en sammenlikning med eksisterende kartgrunnlag. Flomveiene ble også inspisert under befarings. Identifiserte kritiske punkt og flomveier er presentert nedenfor.

4.1.1 Kritiske punkt

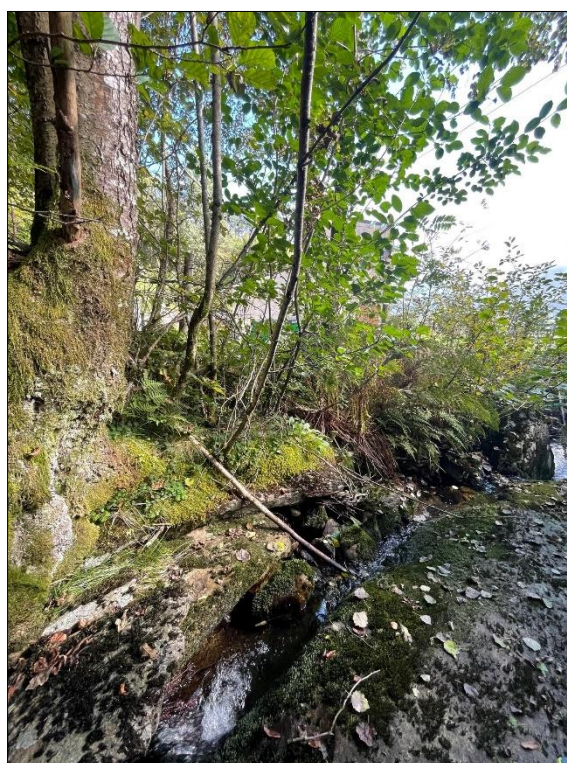
To kritiske punkt ble identifisert langs Kvernhusgrova i analyseområdet. Det første kritiske punktet (KP1) ble lokalisert 14 meter fra eksisterende bygg (gbnr. 60/49) nedstrøms for en tilsynelatende konstruert voll (1 – 1.5 m dyp). Det andre kritiske punktet (KP2) ble lokalisert 13 m oppstrøms for KP1 der bekken har tatt et nytt løp. Figur 9 viser hvor de to kritiske punktene ble identifisert. Figur 10 viser fotografier tatt av KP1 fra og i bekken. Figur 11 viser fotografi tatt av KP2. I KP1 snevrer bekkeløpet inn betraktelig fra forgreininger oppstrøms for KP2.



Figur 9: Identifiserte kritiske punkt langs Kvernhusgrova i analyseområdet.



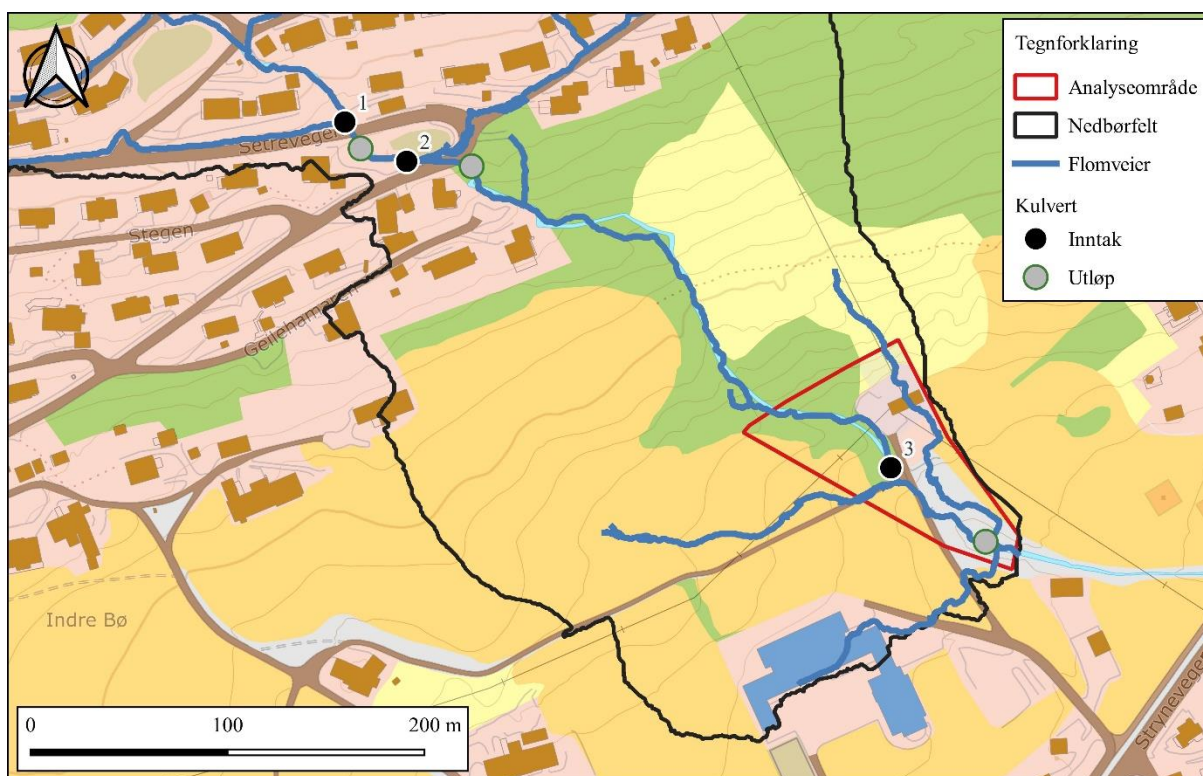
Figur 10: Kritisk punkt 1 (KP1) sett a) fra bekken og b) i bekken oppstrøms for tverrsnittet. Det er ca. 90 cm fra elvebunnen til elvebanken.



Figur 11: Kritisk punkt 2 (KP2).

4.1.2 Flomveier

Figur 11 viser identifiserte flomveier i analyseområdet. Den underliggende digitale terrengmodellen gir presedens for hvor flomveiene går. Ettersom stikkrenner og kulverter oppstrøms for analyseområdet og i nærliggende sidedebørfelt, som også drenerer til Stryneelva, ikke er nøyaktig representert i terrengmodellen med oppmålte dimensjoner, gir de identifiserte flomveiene kun en overordnet indikasjon på hvor overvann og flomvann vil ledes. Flomveien som leder ned til Kulvert 1 i Figur 12 er konstruert langs veien gjennom et boligfelt, men deler av vannet vil drenere gjennom to stikkrenner lenger oppe i Setrevegen vest for Kulvert 1 på kartet; kun når kapasiteten her overskrides eller disse går tett vil flomvannet følge Setrevegen ned til Kvernhusgrova. Kulvert 1 i Figur 12 har en diameter på 100 cm ved inntaket. I tillegg dreneres det fra et nærliggende jorde sørvest for Kvernhusgrova via fremkomstvei og ned til Kulvert 3. Denne kulverten har en diameter på 80 cm ved inntaket. Kulverten har samme dimensjoner ved utløpet. Den korteste, identifiserte flomveien i analyseområdet går fra det asfalterte området rundt Stryn ungdomsskole (18 moh.) og ned til utløpet av ovennevnte kulvert (7 moh.).



Figur 12: Flomveier i analyseområdet identifisert i QGIS. Kartgrunnlag: Statens kartverk.

Ifølge beregningene i QGIS, går det også en flomvei tvers gjennom eiendommen, direkte mot eksisterende bygg (gbnr. 60/49) og videre ned til den første kulverten nedstrøms for eiendommen. Under befaringen ble det ikke funnet tegn til at det skal gå en flomvei tvers gjennom eiendommen. Det er heller ikke nærliggende å tro at dreneringsbehov ikke er blitt hensyntatt for eksisterende bygg. Deler av eiendommen er avsperrert, og det antas at det har blitt tatt forbehold om drening for det eksisterende bygget. Oppstrøms for eiendommen deler Kvernhusgrova seg i to forgreininger. Under befaringen var det lav vannstand i bekken, men det ble funnet tegn til at bekkens transportkapasitet øker betraktelig under høyere vannføringer. En 1000-årsflom vil kunne danne nye flomveier ved at bekken transporterer tilgjengelige løsmasser, stein, og trefall og dermed oppretter nye obstruksjoner for flomvannet nedstrøms.

5. Vurdering av erosjonsfare

Bekkeløpet i analyseområdet er ikke erosjonssikret. Det antas at den konstruerte vollen ved KP1 ikke er dimensjonert for 1000-årsflom, da det ikke ble funnet sikringstiltak mot erosjon under befaringen. Deler av bekkeløpet består av fast fjell, men den ovennevnte vollen består av eroderbare materialer og må derfor erosjonssikres. Figur 13 viser bekkeløpet oppstrøms for KP2.



Figur 13: a) Erodert materiale og b) løsmasser, stein og trefall i Kvernhusgrova i analyseområdet oppstrøms for den planlagte trafostasjonen.

6. Tiltak

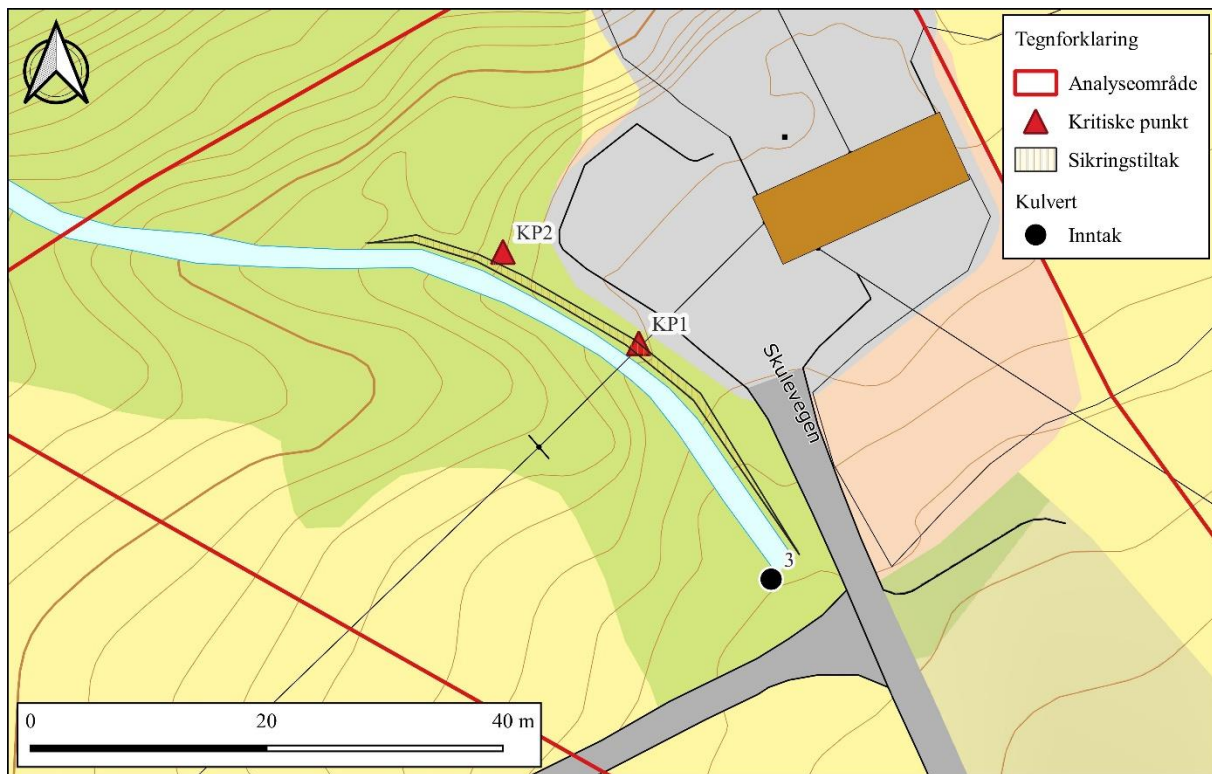
Sikringstiltak mot flom kan deles inn i tre hovedkategorier: fordrøyning, avledning og lokal sikring. Fordrøyningstiltak demper flomtoppen i elven nedstrøms. Avledningstiltak forbedrer flomavledningen og øker kapasiteten i flomutsatte områder. Lokale sikringstiltak hindrer oversvømmelse av lokalt flomutsatte arealer og bygninger gjennom flomvoller, flommurer heving av byggegrunn eller andre konstruksjonsmessige tiltak.

Det anbefales å flomsikre eiendommen ved de identifiserte kritiske punktene (KP1 og KP2). Et alternativ kan være å sette opp en tørrmur dimensjonert for 1000-årsflom. Tørrmurer skal fundamenteres på faste masser slik at muren blir stabil og setninger unngås. Høye tørrmurer nær elv eller bekk bør unngås. Det er da anbefalt å heller bygge et sideterreng til vassdraget med lavere tørrmurer med avtrappinger i terrenget. Det kan i tillegg være aktuelt å opprette terskeldammer et stykke oppstrøms for Kulvert 3 for å dempe flomvannføring og redusere massetransport. Den hydrauliske kapasiteten kan også økes ved å utvide eller senke elvebunnen i kritiske snitt (der elvebunnen ikke er fast fjell). Tabell 6 oppsummerer fordeler og ulemper ved anbefalte tiltak.

Videre anbefales det at Kvernhusgrova erosjonssikres langs strekningen i analyseområdet. Dimensjonering av sikringstiltak må detaljprosjekteres; her vil også beregning av stabil steinstørrelse inngå. Figur 14 viser anbefalt plassering av sikringstiltak.

Tabell 6: Oversikt over anbefalte sikringstiltak mot flom.

Tiltak	Kategori	Fordeler	Ulemper
Tørrmur <i>ved kritiske punkt</i>	Lokal sikring	Arealeffektivt; tåler høye vannhastigheter (opptil 8 m/s) og sikrer mot både flom og erosjon	Kostbar løsning
Terskeldam <i>oppstrøms for Kulvert 3</i>	Fordrøyning	Reduserer både vannhastigheten og transportkapasiteten oppstrøms	Krever jevnlig opprensning i masseførende vassdrag for å sikre at funksjonen er ivaretatt
Utvivelse av elvebunnen <i>ved kritiske snitt</i>	Avledning	Kostnadseffektivt	Arealkrevende; potensielt økt masselagring ved lavere vannhastigheter



Figur 14: Anbefalt plassering av sikringstiltak.

7. Konklusjon

Med et klimapåslag på 40 %, ble 1000-årsflommen i Kverndalsgrova beregnet til 4.89 m³/s. Dette er et konservativt anslag, ettersom *Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt* er utviklet for beregning av flomstørrelser med gjentakintervall på opptil 200 år. Den resulterende vekstkurven antas å være for bratt. Flomveier ble identifisert i QGIS og verifisert i den grad befaringen tillot. Det er usikkerhet knyttet til representasjonen av stikkrenner i den digitale terrengmodellen ettersom disse ikke er nøyaktig representert i terrengmodellen med oppmålte dimensjoner. De identifiserte flomveiene gir dermed kun en overordnet indikasjon på hvor overvann og flomvann vil ledes. Nedbørfeltets grenser kan avvike noe fra grensene generert i QGIS. Dette vil påvirke flomstørrelsene da feltarealet inngår i beregningene. To kritiske punkt ble kartlagt under befaringen. Det ble også gjort en vurdering av erosjonsfaren basert på elvegradienten i analyseområdet og registrerte løsmasser. Det ble funnet tegn til at bekkens transportkapasitet kan øke betraktelig under flom. Det anbefales både erosjonssikring langs bekkeløpet ned mot eiendomsgrensen i analyseområdet samt flomsikring i form av opprettelse av tørrmur. Dimensjonering, detaljert prosjektering og beregning av stabil steinstørrelse er nødvendig før sikringstiltakene kan iverksettes.

Referanser

- Berg, A., Lunde, T., & Mosevoll, G. (1992). *Flomberegning og kulvertdimensjonering*.
- Glad, P. A., Reitan, T., & Stenius, S. (2014). *Rapport nr. 62/ 2014. Naturfareprosjekt Dp. 5 Flom og vann på avveie. Regionalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt. Delprosjekt. 5.1.6. .*
- Glad, P. A., Stenius, S., Leine, A.-L. Ø., Væringstad, T., Holmqvist, E., Dahl, M.-P. J., & Trondsen, E. (2022). *Veileder nr. 1/ 2022. Veileder for flomberegninger*.
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E. J. , Haddeland, I. , Hisdal, H. , Mayer, S. , Nesje, A. , Nilsen, J. E. Ø. , Sandven, S. , Sandø, A. B. , Sorteberg, A. , & Ådlandsvi, B. K. (2015). *Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/ 2015. a. opplag. .*
- Norges vassdrag- og energidirektorat (NVE). (2011). *Retningslinjer nr. 2/ 2011. Flaum- og skredfare i arealplanar*.
- Norges vassdrag- og energidirektorat (NVE). (2015). *Rettleiar 3/ 2015. Flaumfare langs bekker. råd og tips om kartlegging*.
- Norsk klimaservicesenter (NKSS). (2021). *Klimaprofil Sogn og Fjordane*.
<https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/sogn-og-fjordane>
- Statens vegvesen. (2021). *N200 Vegbygging*.

