

Oppdragsgiver: Saman Sogndal Studentbarnehage AS
Oppdragsnavn: Reguleringsplan ny barnehage Sogndal
Oppdragsnummer: 635388-01
Utarbeidet av: Sølvi Amland
Oppdragsleder: Torunn Johanna Jæger
Dato: 20.12.2023
Tilgjengelighet: Åpent

Notat Flomsonekartlegging, Sogndalselvi ved Kvåle

1. Innledning

2. Regelverk

2.1. Sikkerhet mot flom

2.2. Klimapåslag

3. Flomberegning

3.1. Tidligere beregninger

3.2. Flomfrekvensanalyse

3.2.1. Middelflom

3.2.2. Hydrometriske stasjoner/vekstkurve

3.2.3. Kulminasjonsflom

3.2.4. Beregnet 200- års flomvannføring

3.3. RFFA-2018

3.4. Oppsummering, flomberegning

4. Hydraulisk modellering

4.1. Programvare og modelltype

4.2. Modelloppsett

4.2.1. Analyseområde, beregningsnett og grensebetingelser

4.2.2. Friksjonsforhold

4.3. Konstruksjoner i vassdraget

4.4. Terreng

4.5. Følsomhetsanalyse

4.6. Sikkerhetsmargin

4.7. Resultater fra hydraulisk modellering

5. Oppsummering/konklusjon

Kilder

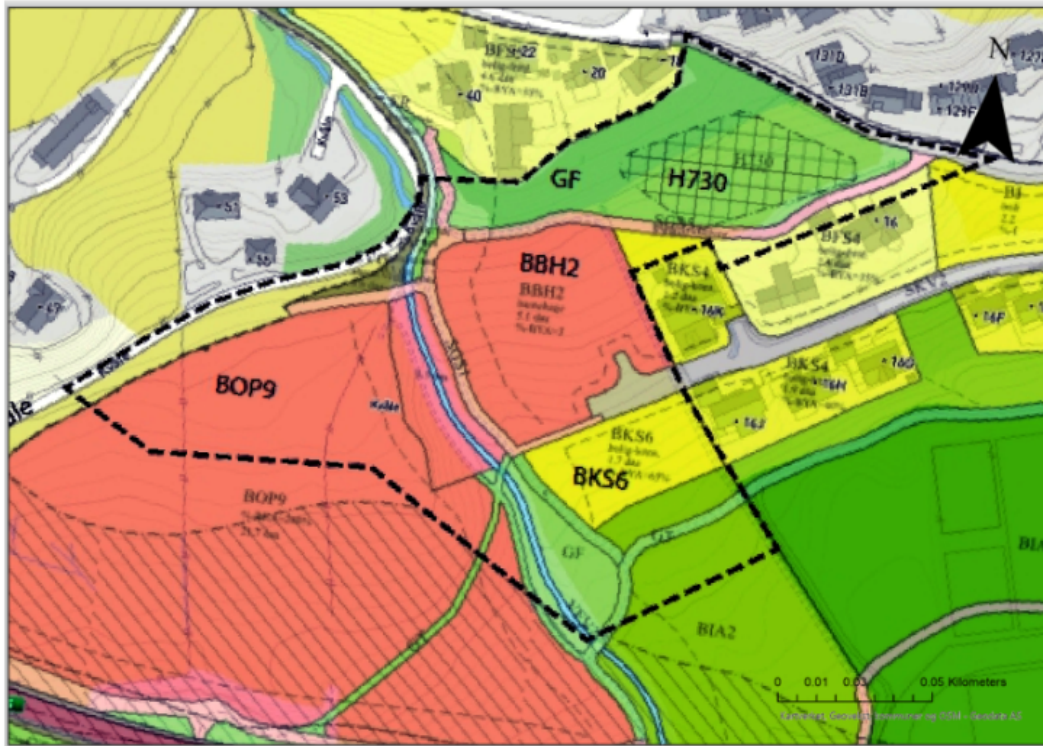
Versjonslogg:

01	20.12.23	Flomsonekartlegging, Sogndalselva ved Kvåle	SA	MMO/H M
VER.	DATO	BESKRIVELSE	AV	KS

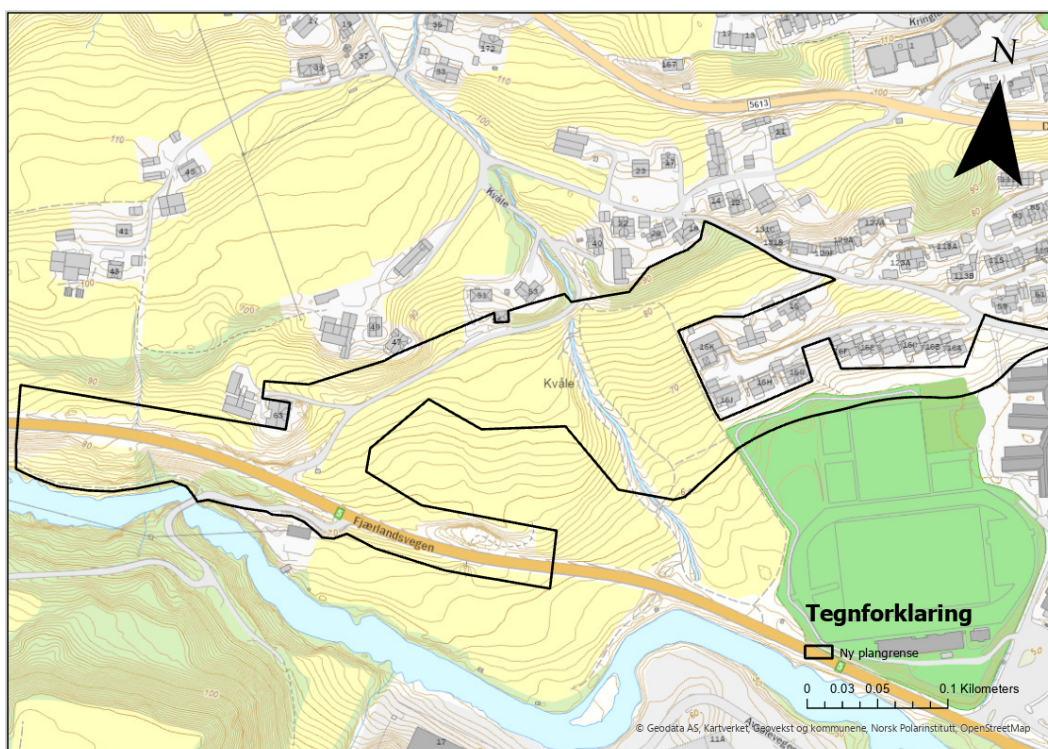
1. Innledning

I forbindelse med totalentreprise for ny barnehage på Kvåle i Sogndal kommune, skal det utarbeides en flomsonekartlegging av Sogndalselvi ved Kvåle. Asplan Viak har tidligere utført kartlegging av sidebekk til Sogndalselvi, som renner gjennom planområdet ved Kvåle. Ved daværende vurdering var utstrekningen av planområdet som vist i Figur 1-1. I etterkant er planområdet utvidet, og trukket helt ned til Sogndalselvi, som vist i Figur 1-2. Dette har ført til behov for flomsonekartlegging av Sogndalselvi forbi planområdets avgrensning.

Flomsonekartleggingen består av en flomberegning av 200- års flomvannføring. Flomberegningen utføres i henhold til NVEs veilder 1/2022 *Veileder for flomberegninger*, og benytter NVEs flomberegning fra 2003 *Flomberegning for Sogndalselvi* (NVE 6/2003) som grunnlag. Flomberegning for Sogndalselvi ved Kvåle er presentert i kapittel 3. Det er benyttet en hydraulisk modell for beregning av flomvannets kotehøyde og utbredelse, kartleggingen er utført i henhold til NVEs veileder 3/2022 *Sikkerhet mot flomfare* og er presentert i kapittel 4. En oppsummering/konklusjon av beregninger og modelleringer er presentert i kapittel 5.



Figur 1-1 Tidligere planområde for ny barnehage i Kvåle, Sogndal kommune



Figur 1-2 Tidligere planområder (øverst), nytt planområde (nederst)

2. Regelverk

2.1. Sikkerhet mot flom

Krav til sikkerhet mot flom og stormflo er hjemlet i plan- og bygningsloven med tilhørende Byggteknisk forskrift (TEK 17), kapittel 7, § 7-2. Tabell 2-1 viser sikkerhetsklasser for flom. Ved å følge kravene i TEK 17, §7-2 møtes krav i plan- og bygningsloven § 28-1 for flomfare.

Tabell 2-1 Sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område. Kilde: Byggteknisk forskrift (TEK 17)

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
F1	liten	1/20
F2	middels	1/200
F3	stor	1/1000

Det utføres en kartlegging av 200- års flomvannføring inkludert klimapåslag.

2.2. Klimapåslag

Plan- og bygningsloven § 29-5 sier at man skal ta særlig hensyn til klimatiske forhold ved prosjektering og utførelse av tiltak.

Basert på anbefalinger i *Klimaprofil Sogn og Fjordane* (Norsk Klimaservicesenter, 2021) er det valgt å legge til et klimapåslag på 20 % på beregnet kulminasjonsflom.

3. Flomberegning

For beregning av flomvannføring, er det flere aktuelle metodikker som kan benyttes. Nedbørfeltet til Sogndalselvi ved Kvåle har et areal lik 172 km², dette gir føringer for hvilke metodikker som benyttes for beregning av flomvannføring. Anbefalt bruk av de vanligste metodikkene er hentet fra NVEs *Veileder for flomberegninger* (NVE 1/2022), og vist i Tabell 3-1. I denne beregningen er det benyttet frekvensanalyser og RFFA-2018 for beregning av 200- års flomvannføring i Sogndalselvi ved Kvåle. Disse er presentert i henholdsvis kapittel 3.2 og kapittel 3.3.

Tabell 3-1 Anbefalt bruk av de vanligste metodene for beregning av flomstørrelser (Kilde: NVE 1/2022)

Metode	Formelverk (regional flomfrekvensanalyse):		Frekvens-analyser	Nedbør-avløpsmetoder:	
	RFFA-NIFS	RFFA-2018		PQRUT	Den rasjonelle metode
areal begrensninger	< 60 km ² ¹⁾	alle ²⁾	alle	2 - 800 km ² ³⁾	< 2 km ² ⁴⁾
tids-oppløsning	kulminasjon	døgn eller kulminasjon	alle	time/døgn	kulminasjon
Q _M	x	x	x		(x)
Q ₅ - Q ₁₀₀	x	x	x	(x)	x
Q ₂₀₀	x	x	x	x	x
Q ₅₀₀		x	x	x	(x)
Q ₁₀₀₀		x	x	x	
PMF				x	

I en flomfrekvensanalyse (FFA) estimeres en indeksflom (middelflom - Q_M), og et vekstkurveforhold som gir forholdet mellom indeksflommen og en flom med et vilkårlig gjentaksintervall T (Q_T/Q_M). RFFA-2018 er et regionalt formelverk utarbeidet av NVE, formelverket benyttes helst for nedbørfelt med areal større enn 60 km² og består at to regresjonsligninger for beregning av flom. Den første ligningen er for estimat av

medianflom (døgnverdi), som generelt har usikkerhet knyttet til seg. Den andre ligningen er for vekstkurven (Q_T/Q_M), som ansees som svært robust (NVE, 2022).

For mer detaljert beskrivelse av oppgitte metodikker henvises det til NVEs *Veileder for flomberegninger* (NVE 1/2022).

3.1. Tidligere beregninger

NVE utførte i 2003 en flomberegning av Sogndalselvi fra Sogndal sentrum ned til utløp i Sognefjorden (NVE 6/2003). Det henvises til denne rapporten for mer detaljert beskrivelse av nedbørfeltet til Sogndalselvi. Siden de to kartleggingene ligger geografisk nært, kan det antas at NVEs flomberegning er et godt grunnlag for estimering av flomvannføring for Sogndalselvi ved Kvåle. NVE gjorde en vurdering av målestasjonen 77.3 Sogndalselvi, som ligger i vassdraget. Det beskrives at målestasjonen har målinger fra 1963, har et feltareal på 110 km² og vanføringskurven har god kvalitet. Frekvenskurven til 77.3 Sogndalselvi stemte godt overens med nærliggende målestasjoner, og denne målestasjonen ble benyttet for videre beregninger av forholdstallet mellom middelflom og vekstkurveforhold.

Spesifikk middelflom for målestasjonen 77.3 Sogndalsvatn er beregnet til 535 l/s per km², denne verdien er uforandret siden NVEs flomberegning i 2003. NVE beskriver at det forventes en lavere spesifikk middelflom ved utløpet i fjorden sammenlignet med oppe ved Sogndalsvatn. Dette begrunnes med at Sogndalselvis sidebekker allerede har kulminert og rent ut av Sogndalselvis elveløp når resten av nedbørfeltet kulminerer. Det ble derfor benyttet regionale flomformler for beregning av spesifikk middelflom for Sogndalselvi ved utløp i fjorden.

I NVEs flomberegning fra 2003 benyttet de målestasjonen 77.3 Sogndalsvatn som grunnlag for de statistiske analysene. Denne målestasjonen ligger i vassdraget, ved utløpet av Dalavatnet cirka 9 km lenger oppstrøms Kvåle. NVE beskriver i sin rapport at de har gjort en kontroll av at frekvensfordelingen til 77.3 Sogndalsvatn ikke gir ekstreme verdier i forhold til andre nærliggende målestasjoner. Det henvises til NVEs rapport 6/2003 for mer detaljert beskrivelse. Resultatet er at målestasjonen 77.3 Vekstkurven for Sogndalsvatn ble benyttet for videre beregninger.

NVE benyttet et forholdstall mellom døgnmiddelflom og kulminasjonsflom lik 1.3 i sine beregninger i 2003. Dette var stort sett basert på beregnet forholdstall ved bruk av formelverk.

3.2. Flomfrekvensanalyse

Flomfrekvensanalysen baseres på tidligere beregninger, de som er beskrevet i kapittel 3.1. Basert på tidligere vurderinger benyttes målestasjonen 77.3 Sogndalsvatn for beregning av 200- års flomvannføring i Sogndalselvi ved Kvåle.

Følgende må allikevel oppdateres:

- Flomvannføringen i denne vurderingen justeres etter oppdatert statistikk for målestasjonen
- For å hensynta forventet endring i klima frem mot 2100, må det tillegges et klimapåslag på beregnet flomvannføring

3.2.1. Middelflom

Det benyttes samme spesifikke middelflom for Sogndalselvi ved Kvåle, som NVE benyttet for Sogndalselvi ved utløp i fjorden i 2003. Spesifikk middelflom er 440 l/s per km². Inndata for beregning av dette endres ikke over tid, og det er derfor ikke behov for en oppdatert beregning.

3.2.2. Hydrometriske stasjoner/vekstkurve

Vekstkurven for 77.3 Sogndalsvatn hentes ut fra HYDRAII sitt program DAGUT.

For å finne vekstkurven, er det benyttet parameterfordelinger i henhold til anbefalinger i forhold til serielengde gitt i NVEs veileder. For stasjoner med mer enn 50 år med data benyttes tre-parameterfordeling (GEV med L-moment), og for stasjoner med 25-50 år med data benyttes to-parameterfordeling (Gumbel med L-moment). I 2003, da NVE utførte sin flomberegning, hadde målestasjonen 40 år med data og det ble benyttet et snitt mellom Gumbel og GEV. I dag har målestasjonen 77.3 Sogndalsvatn mer enn 50 år med data, og det benyttes følgelig GEV med L-moment for å finne vekstkurven. Kurven gir forholdstall mellom middelflom og 200- års flomvannføring, disse er vist i Tabell 3-2. Forholdstallet mellom middelflom og 200- års flom er 2.429.

Tabell 3-2 Forholdstallet mellom middelflom og dimensjonerende flom, fra vekstkurven til 77.3 Sogndalsvatn

Målestasjon 77.3 Sogndalsvatn, 1962-2002 HYDAG Døgn	
Gjennomsnittlig middelflom: 58.8 m ³ /s	
GEV (L-moment)	
Gjentaksintervall (år)	Relative måleverdier
2	0.93
5	1.224
10	1.434
20	1.648
50	1.943
100	2.18
200	2.429
500	2.779
1000	3.061

Tidligere flomberegning fra 2003 benyttet et forholdstall mellom Q_M og Q_{200} lik 2,6. Dette forholdstallet var hentet fra vekstkurven basert på et forholdstall mellom Gumbel og GEV. I denne beregningen er det benyttet et forholdstall lik 2,4, hentet fra vekstkurven basert på GEV (L-moment).

3.2.3. Kulminasjonsflom

Den dimensjonerende flomvannføringen er en kulminasjonsverdi, det vil si vannføringstoppen under en flomhendelse. I flomfrekvensanalyser på kulminasjonsverdier beregnes dette direkte, mens i analyser på døgnverdier må estimatene konverteres til kulminasjonsverdier ved bruk av faktor ($Q_{mom}/Q_{døgn}$).

NVE beskriver i sin veileder 1/2022 at forholdstallet mellom kulminasjons- og døgnmiddelflom fortrinnsvis skal anslås ved å analysere de største observerte flommene i vassdraget. Beregnet forholdstall er basert på de fem største observerte flommene ved 77.3 Sogndalselvi.

	Kulminasjonsflom	Døgnmiddelflom	kulm/døgn
28.10.2014	182	114	1.60
11.11.2002	126	107	1.18
28.10.2007	114	66	1.73
27.10.1995	112	81	1.38
24.11.1994	112	58	1.93
			1.56

3.2.4. Beregnet 200- års flomvannføring

Sogndalselvi har et nedbørfelt med areal lik 172 km², middelflom lik 440 l/s*km² og et forholdstall mellom middelflom og 200- års flomvannføring lik 2.4. Forholdet mellom døgnmiddelflom og kulminasjonsflom er lik 1.56. Med bakgrunn i dette blir beregnet 200- års kulminasjonsflom lik **284** m³/s.

200- års flomvannføring inkludert 20 % klimapåslag blir **341** m³/s.

3.3. RFFA-2018

NVE har utarbeidet et regionalt formelverk for beregning av flomvannføring for uregulerte nedbørfelt med areal større enn 60 km². Formelverket består av to regresjonsligninger for beregning av flom, som benytter flere hydrologiske inngangsparametere som normalavrenning, effektiv sjøprosent, temperatur, nedbør mm. Den første ligningen er for estimat av middelflom (døgnverdi), som generelt har usikkerhet knyttet til seg. Den andre ligningen anses som svært robust, denne er for vekstkurven (Q_T/Q_M). Estimert middelflom, vekstkurveforhold og 200- års flom er oppgitt i Tabell 3-3. Estimert konfidensintervall for beregnet 200- års flom er oppgitt i klammeparantes.

Tabell 3-3 Beregnet 200- års flomvannføring for Sogndalselvi ved Kvåle, basert på RFFA.

Nedbørfelt	Medianflom (døgn) [m ³ /s]	Q_{200}/Q_M [-]	Kulminasjonsfaktor	200-årsflom [m ³ /s]	200- årsflom inkl. 20 % klima [m ³ /s]
Sogndalselvi	80	2.22	1.18	210	253 [139, 460]

Beregningen er hentet fra NVEs karttjeneste NEVINA, utskrift fra NEVINA er gitt i vedlegg 1.

3.4. Oppsummering, flomberegning

Beregnet 200- års flomvannføring inkludert klimapåslag basert på flomfrekvensanalyse og RFFA-2018, er henholdsvis 341 m³/s og 253 m³/s. Resultatet fra flomfrekvensanalysen skal vektas mest og ligger innenfor konfidensintervallet til RFFA-2018. Det benyttes derfor resultatet fra flomfrekvensanalysen, og beregnet 200- års kulminasjonsflom inkludert klimapåslag er 341 m³/s.

4. Hydraulisk modellering

NVE utførte i 2003 flomsonekartlegging av Sogndalselvi ved Sogndal sentrum ned til utløp i Sognefjorden (NVE 6/2003). NVEs område for kartlegging starter cirka 75 meter nedstrøms der hvor modellering avsluttes i denne vurderingen. Disse strekkene har allikevel en så stor høydeforskjell, at resultatene vanskelig kan sammenlignes.

4.1. Programvare og modelltype

Hydrauliske beregninger er utført med programvaren HEC-RAS versjon 6.4.1, som er utviklet av United States Army Corps og Engineers. Dette programmet kan utføre endimensjonale og todimensjonale beregninger, hvor en benytter henholdsvis stasjonær eller dynamisk modellering. For detaljert informasjon om funksjonaliteter, modelloppbygging og beregningsteori, vises det til brukermanualen for HEC-RAS.

I denne flomvurderingen er det valgt å benytte en todimensjonal modell, dette er valgt for å bedre kartlegge vannet som eventuelt renner inn over planområdet.

4.2. Modelloppsett

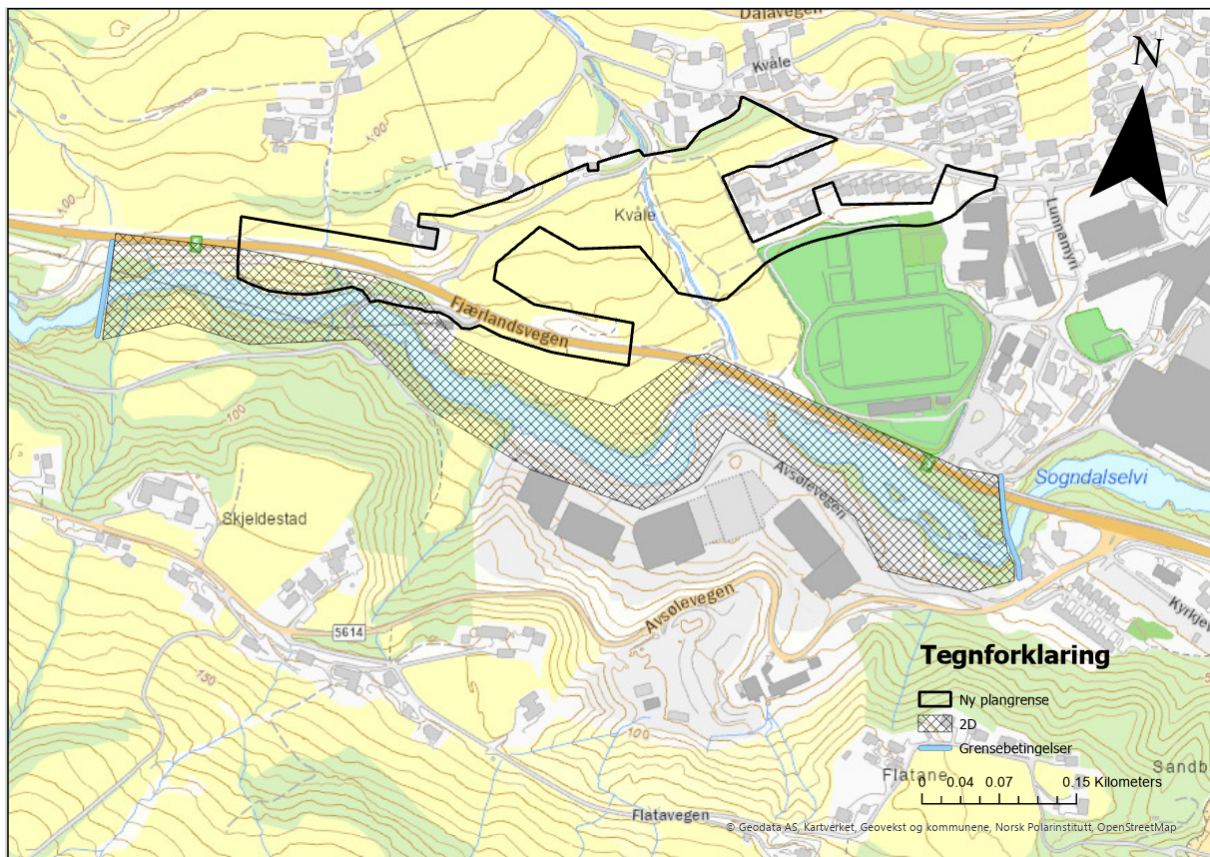
Modelloppsettet i 2D modellen består av analyseområdet/beregningsnett, valgt ruhet, breaklines og grensebetingelser. Disse parameterne er beskrevet i kapittel 4.2.1 og kapittel 4.2.2.

4.2.1. Analyseområde, beregningsnett og grensebetingelser

Område for simulering starter 125 meter oppstrøms starten av planområdet, og avsluttes cirka 400 meter nedstrøms avslutningen av planområdet. Analyseområdet er vist i Figur 4-1.

Det antas normalstrømning med beregnet dimensjonerende flomvannføring som øvre grensebetingelse, elvens helning lik 0.05 m/m er satt som nedre grensebetingelse.

Den hydrauliske modellen baserer seg på et rutenett, hvor det for hver enkelt rute gjøres beregninger. Rutenettstørrelsen er satt til 3 m og 3 meter, kryssende broer er lagt inn som «breaklines», slik at beregningsrutene blir orientert i riktig retning med 1x1 m cellestørrelse.



Figur 4-1 Analyseområde og plangrense

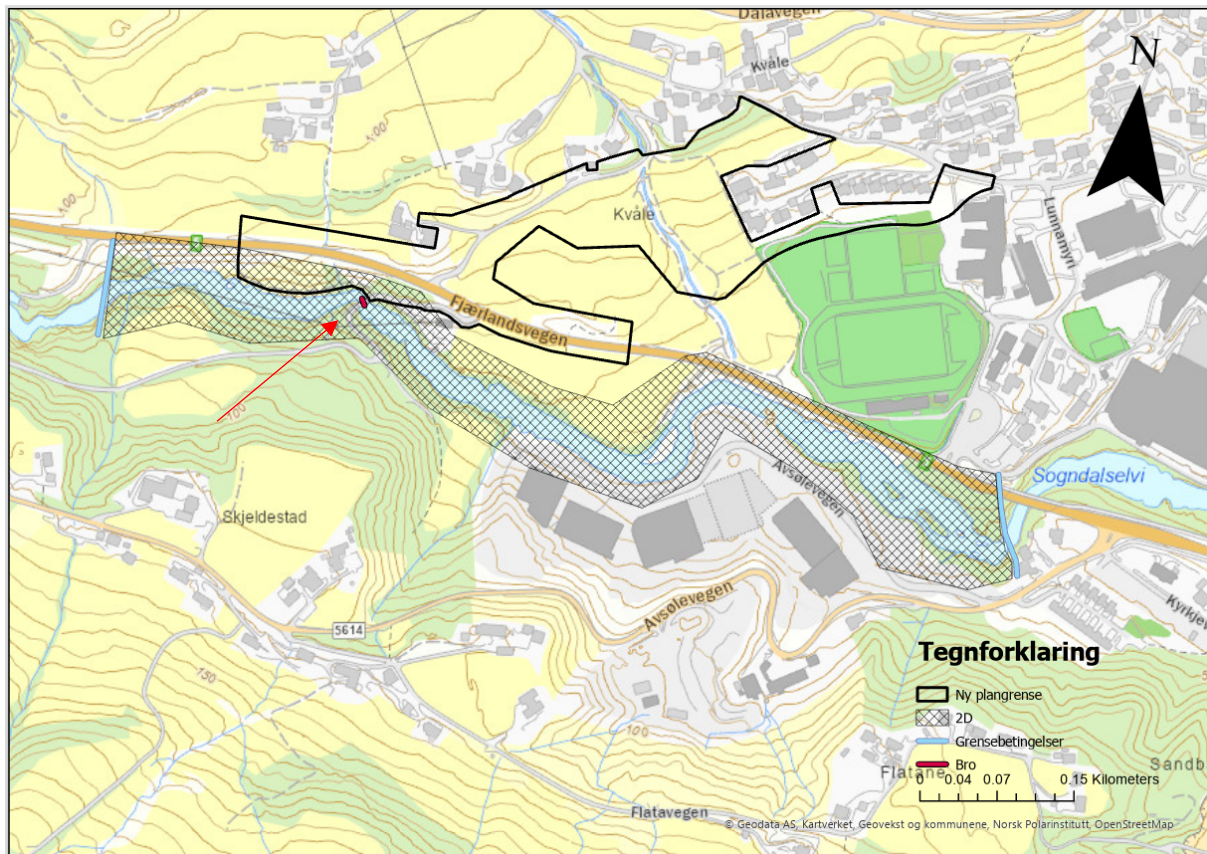
4.2.2. Friksjonsforhold

Vannets hastighet påvirkes av friksjonsforhold, det vil si ruheten til overflaten det strømmer over. Dette varierer etter type underlag og utforming av elve-/bekkeløpet. Ruheten i modellen er gitt som Mannings tall (n), hvor et høyt n -tall betyr høyere ruhet.

NVEs modell fra 2003 er kalibrert, og ruhetstallene fra tidligere modell er følgelig benyttet. Mannings n for elveleiet er følgelig satt til 0.035, og for de resterende områdene er den satt lik 0.05.

4.3. Konstruksjoner i vassdraget

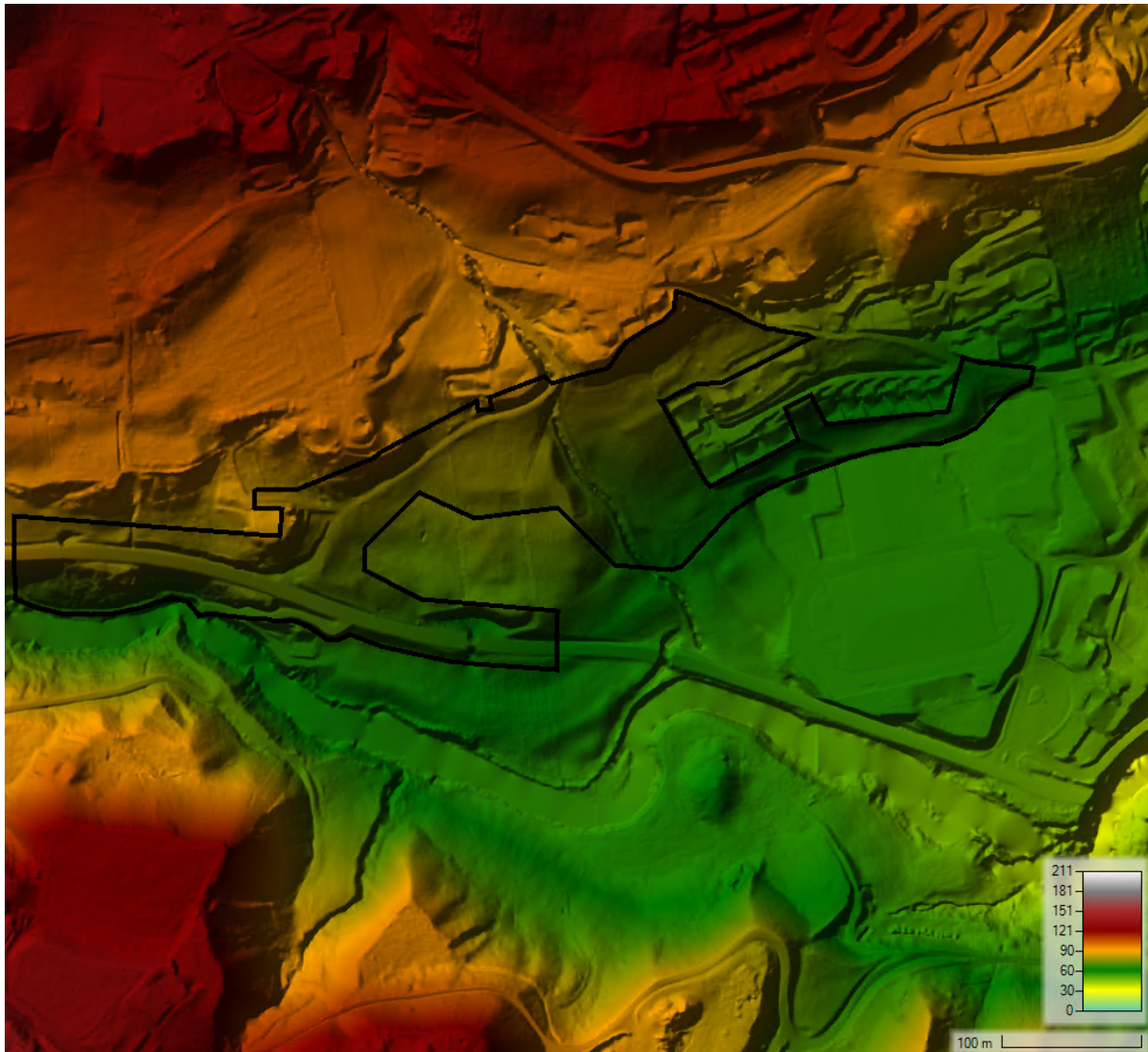
Det er lagt inn en brokonstruksjon, som markert i Figur 4-2. Rapporten «Hovedinspeksjon, Kvåle bru» er oversendt fra Sogndal kommune til Asplan Viak 12. Desember 2023, og er presentert i vedlegg 2. Rapporten beskriver at broens lysåpning er BxH = 11.2 x 3 meter.



Figur 4-2 Geografisk plassering av bro er vist med rød linje og pil

4.4. Terreng

Det er satt opp en terrengmodell som grunnlag for de hydrauliske beregningene. Terrengmodellen er vist i Figur 4-3.



Figur 4-3 Terrengmodell for området, planområdet er markert med svart linje

Terrengmodellen er basert på laserdata (prosjekt *Delområder Indre Sogn 10 pkt*), hentet fra Kartverkets forvaltningsløsning *Høydedata*. Bygninger og andre oppstikkende detaljer, som trær, er ikke lagt inn i modellen.

Samtlige kotehøyder er oppgitt i høydesystemet NN2000.

4.5. Følsomhetsanalyse

Det er utført en følsomhetsanalyse av modellen ved å øke og redusere ruheten med 20 %. Resultatene viser at dette fører til en vannstandsending på opptil 30 cm.

4.6. Sikkerhetsmargin

For å kunne ta hensyn til usikkerhet i beregningene i størst mulig grad, anbefaler NVE (veileder 3/2022) at det legges til et sikkerhetspåslag på vannføringen. Sikkerhetspåslaget skal velges ut ifra en klassifisering av flomberegningen og den hydrauliske modellen, basert på kriterier gitt i NVE veileder 3/2022. Tabell 4-1 viser klassifisering av flomberegning, Tabell 4-2 viser klassifisering av den hydrauliske modellen mens Tabell 4-3 viser sikkerhetspåslag basert på flomberegning og hydraulisk modell.

Tabell 4-1 Klassifisering av flomberegninger (NVE veileder 3/2022).

Klasse	Klassifiseringskriterier
1	Godt hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i vassdraget.
2	Brukbart hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i, eller nært vassdraget
3	Brukbart hydrologisk datagrunnlag, men store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området.
4	Begrenset hydrologisk datagrunnlag
5	Begrenset hydrologisk datagrunnlag og store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området.

Tabell 4-2 Klassifisering av hydraulisk modell (NVE veileder 3/2022).

Klasse	Klassifiseringskriterier
A	Modellen er kalibrert for en vannføring tilsvarende en 20-årsflom, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak mindre enn 10 cm.
B	Modellen er kalibrert for en vannføring tilsvarende en 20-årsflom eller større, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak mellom 10 - 30 cm.
C	Modellen er kalibrert for en vannføring som er mindre enn en 20-årsflom, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak inntil 30cm.
D	Modellen er tilpasset mot en målt vannlinje, og følsomhetsanalysen viser at endringene i vannstanden er tilnærmet 30 cm eller lavere.*
E	Følsomhetsanalysen viser at endringer i vannstanden er større enn 30 cm. Eventuelt er modellen ikke tilpasset mot en målt vannlinje. *

*Dersom det ikke finnes kalibreringsdata, benyttes resultatet fra følsomhetsanalysen til å plassere modellen i klasse D eller E

Flomberegningen er i klasse 1 «Godt hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i vassdraget». Den hydrauliske modellen er ikke kalibrert, og følsomhetsanalysen viser at det er opptil 30 cm endring i flomvannstand. Modellen havner derfor i klasse D. Disse vurderingene tilsier at det skal benyttes et **sikkerhetspåslag på 20 %**.

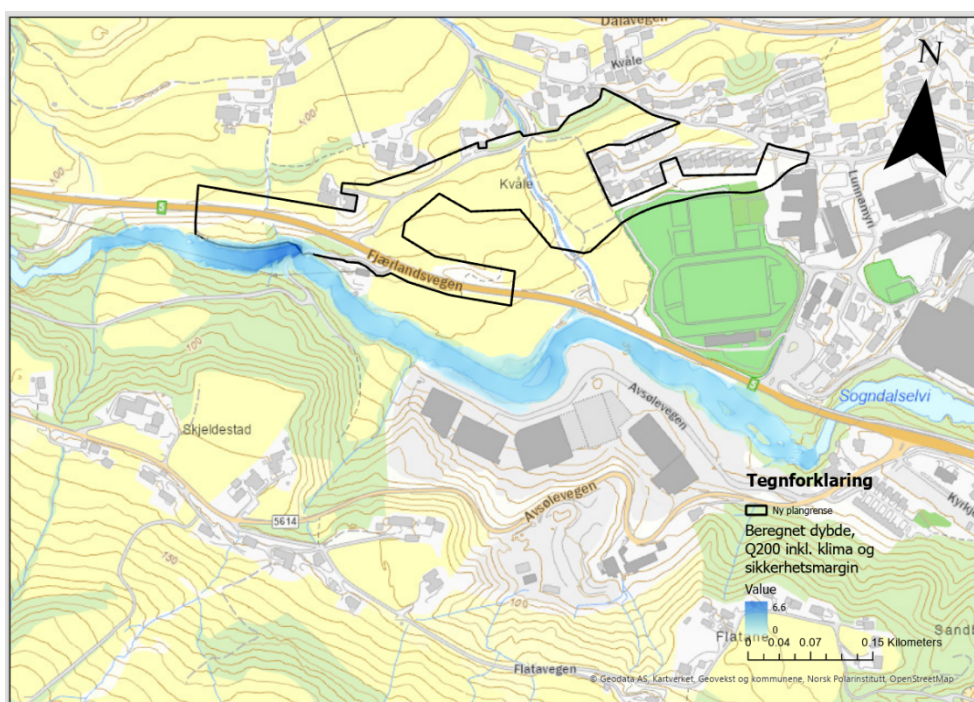
Tabell 4-3 Sikkerhetspåslag på vannføring basert på klassifisering av beregninger (NVE veileder 3/2022).

Klassifisering av hydraulisk modell	Sikkerhetspåslag			
	Klasse E	40%	45%	50%
Klasse D	20%	30%	40%	50%
Klasse C	15%	20%	30%	40%
Klasse B	10%	15%	20%	30%
Klasse A	5%	10%	15%	25%
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4 - 5
Klassifisering av flomberegninger				

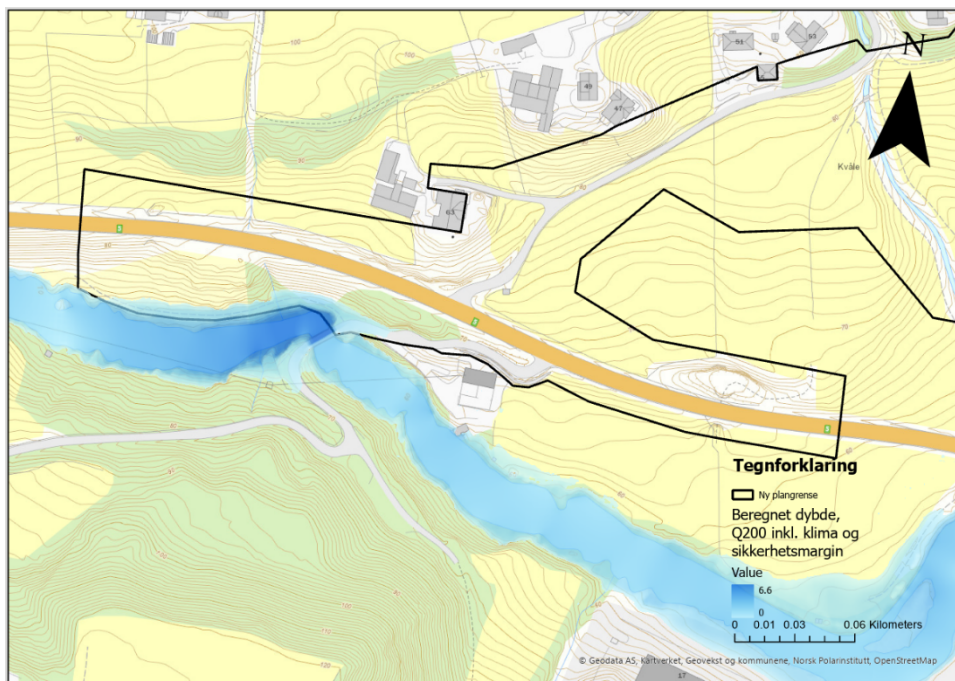
4.7. Resultater fra hydraulisk modellering

Endelig flomsonekart er utarbeidet for en såkalt «flomsikker situasjon», som inkluderer sikkerhetspåslag i henhold til vurdering og klassifisering gjort i foregående delkapittel. Dette betyr at sikkerhetsmargin er inkludert i flomsonekartet, et oversiktskart som tar med hele analyseområdet er presentert i Figur 4-4 mens et mer detaljert kart for planområdet er vist i Figur 4-5.

Resultatene viser at flomsonen strekker seg inn over planområdet helt i nord. Kvåle bro har ikke kapasitet til å håndtere en 200- års flomvannføring inkludert sikkerhetsmargin og klimapåslag, og virker oppstuvende i en flomsituasjon. Oversiktskart og tverrprofiler som viser beregnet flomkote er presentert i vedlegg 3.



Figur 4-4 Flomsone for 200-årsflom inkludert 20 % klimapåslag og 20 % sikkerhetsmargin. Verdiene for dybde er angitt i meter.



Figur 4-5 Beregnet flomdybde ved planområdets avgrensning. Verdiene for dybde er angitt i meter.

5. Oppsummering/konklusjon

Beregnet 200- års flomvannføring inkludert klimapåslag for Sogndalselvi ved Kvåle er 341 m³/s. Flomsonen trekker seg inn over planområdet helt i nord, som vist i Figur 4-5.

Dersom det er planlagt terrengendringer innenfor flomsonen, må det utføres en kartlegging av flomsituasjonen ved fremtidig terrengsituasjon for å påse at planlagte tiltak ikke forverrer flomsituasjonen i Sogndalselvi.

Kilder

- NVE 1/2022: Veileder for flomberegninger
- NVE 3/2022: Sikkerhet mot flom
- NVE 6/2003: *Flomsonekartprosjektet*. Flomberegning for Sogndalselvi
- NVE 4/2003: *Flaumsonkart. Delprosjekt Sogndal*.
- Norsk klimaservicesenter
- HEC-RAS brukermanual

Vedlegg 1 - Utskrift fra RFFA-2018

Vedlegg 2 - Rapport «Hovedinspeksjon, Kvåle bru»

Rapporten er oversendt fra Sogndal kommune til Asplan Viak 12. Desember 2023.

Vedlegg 3 - Flomsikker kote

Kartet under viser et oversiktskart med beregnet flomsikker kote langs den modellerte strekningen. Det er i tillegg markert fem tverrprofiler, hvor beregnet flomkote er presentert i egne figurer.

