

Oppdragsgiver	Navn Skoll AS	Kontaktperson Eirik Lie Strandbråten
Oppdrag	Nummer og navn 25478 Hol, Dagali - Skredfarevurdering for gbnr. reguleringsplan for solcellepark	Oppdragsleder Espen Eidsvåg
Dokument	Nummer 25478-02-1 Utført av Mikkel Arne Kristiansen	Dato 2025-10-31 Kontrollert av Petter Reinemo

Versjon	Dato	Utført	Kontroll	Beskrivelse
1	2024-10-29	MAK	PR	Original

Utredning av sikkerhet mot flomfare – Gbnr. 103/21, Hol kommune - Reguleringsplan for solcellepark

Sammendrag

Det jobbes med en reguleringsplan på Dagali i Hol kommune, med hovedformål om å bygge en solcellepark på Dagali flyplass. Planområdet ligger innenfor NVEs aktsomhetssoner for flom fra Lågen og flere mindre bekker. Skred AS har derfor utført en flomfarevurdering iht. NVEs veileder *Sikkerhet mot flom – Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak*. Vurderingen er gjort iht. TEK 17 § 7-2 for sikkerhetsklasse F2 (fremtidig 200-årsflom).

Dimensjonerende 200-årsflom i Lågen inkludert et klimapåslag på 20 %, er beregnet til 619 m³/s. Vi har etablert en hydraulisk modell av Lågen med omliggende områder.

For de mindre bekkene er dimensjonerende 200-årsflom inkludert et klimapåslag på 40 %, beregnet til en vannføring på mellom 1 og 5,5 m³/s. Ved de mindre bekkene er det valgt en forenklet konservativ framgangsmåte.

Vi har tegnet faresoner for sikkerhetsklasse F2 i kartleggingsområdet som viser utstrekning av dimensjonerende flom. Det er beregnet et sikkerhetspåslag på 0,1 meter som må legges på beregnede vannlinjer i faresonen til Lågen. Det er gitt anbefalte sikringstiltak for de ulike

faresonene. Innen faresonen fra bekkene er det anbefalt å heve sårbare deler av installasjoner til 0,5 meter over bakken og unngå lavpunkt.

I henhold til krav i TEK17 §7-2 (4) skal byggverk plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon. For planlagt tiltak så virker risikoen for erosjon lav. Det er generelt anbefalt å ikke bygge nærmere enn 20 meter fra skråningene mot elveløpet til Lågen.

Innhold

1	Innledning.....	5
1.1	Forord.....	5
1.2	Bakgrunn	5
1.3	Mål.....	5
1.4	Kartleggingsområdet	5
1.5	Forbehold	6
2	Regelverk og krav	7
2.1	Loverket	7
2.2	Krav til sikkerhet mot flom i TEK17	7
2.3	Aktuelle krav.....	7
3	Metode og data.....	8
3.1	Valg av metode.....	8
3.2	Observerte flommer og kalibreringsdata	8
3.3	Befaring	8
3.4	Terrengdata	8
3.5	Beskrivelse av vassdraget.....	8
3.6	Grunnforhold.....	14
4	Flomberegning	15
4.1	Metode.....	15
4.2	Beskrivelse av nedbørfelt	15
4.3	Flomfrekvensanalyse.....	17
4.4	Nedbør-avløpsmetoder	20
4.5	Klimapåslag.....	22
4.6	Vurdering av resultater	22
4.7	Dimensjonerende vannføring	23
4.8	Klassifisering av flomberegning.....	23
5	Hydrauliske beregninger.....	24
5.1	Modellvalg	24
5.2	Oppsett av modell	24
5.3	Kalibrering og tilpasning av modell	26
5.4	Modellering av dimensjonerende flommer	26
5.5	Følsomhetsanalyser.....	27
5.6	Klassifisering av hydraulisk modell.....	27
5.7	Sikkerhetspåslag.....	27
6	Andre farer i vassdraget	29
6.1	Tilstopping og vann på avveie	29
6.2	Erosjon og massetransport	29
6.3	Isproblematikk.....	29

7	Resultater og konklusjon	30
7.1	Dimensjonerende vannføring	30
7.2	Faresoner for flom.....	30
7.3	Sikkerhet mot erosjon	31
7.4	Tiltak for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet.....	31
8	Referanser	32

1 Innledning

1.1 Forord

Plan- og bygningsloven (pbl) og Byggteknisk forskrift (TEK 17 §7-2) stiller krav til sikkerhet mot naturfare. For reguleringsplan og byggesak/-tiltak, søknadspliktig eller ikke, må det derfor dokumenteres at tilstrekkelig sikkerhet mot flomfare vil bli oppnådd i henhold til disse sikkerhetskravene.

Denne utredningen er utført av fagkyndig personell og følger NVEs veileder *Sikkerhet mot flom – Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak* (NVE, 2022a) og vil dermed kunne dokumentere om sikkerhetskravene er oppfylt.

1.2 Bakgrunn

I forbindelse med reguleringsplan for solcelleanlegg ved Dagali flyplass i Hol kommune er det behov for vurdering av flomfare for planområdet. Kartleggingsområdet ligger innenfor NVEs aktsomhetssoner for flom der Lågen og flere mindre bekker utgjør en potensiell flomfare. Det ønskes derfor en detaljert flomfarevurdering.

1.3 Mål

Oppdraget omfatter vurdering av flomfare i henhold til TEK 17 § 7-2 for følgende sikkerhetsklasse med tilhørende årlig sannsynlighet: F2 (1/200).

1.4 Kartleggingsområdet

Kartleggingsområdet ligger ved Dagali flyplass, i Hol kommune. Beliggenheten til kartleggingsområdet er vist på Figur 1.



Figur 1: Beliggenheten til kartleggingsområdet, ved Lågen i Hol kommune.

1.5 Forbehold

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

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

Resultatene som fremkommer av rapporten gjelder kun for det definerte kartleggingsområdet og kan ikke benyttes direkte til vurdering av flomfare for andre nærliggende områder. Kun tre av de aktuelle bekkene er vurdert, da resterende bekker går inn under faresonen fra Lågen.

2 Regelverk og krav

2.1 Lowerket

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

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

2.2 Krav til sikkerhet mot flom i TEK17

Byggteknisk forskrift TEK17 § 7-2 definerer krav til sikkerhet mot flom og stormflo for nybygg. Paragrafen gjelder for saktevoksende flommer som normalt ikke medfører fare for menneskeliv. Sannsynligheten i Tabell 1 angir største årlige sannsynligheten for flom. Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres i henhold til aktuell sikkerhetsklasse. I veilederen til TEK17 gis retningsgivende eksempler på byggverk som kommer inn under de ulike sikkerhetsklassene for flom (Direktoratet for byggkvalitet, 2023).

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i flomfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (Direktoratet for byggkvalitet, 2023).

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet	Preaksepterte ytelser
F1	Liten	1/20	Garasje, lager og andre bygg med lite personopphold.
F2	Middels	1/200	Boliger, fritidsboliger, arbeidsplasser og andre bygg beregnet for personopphold.
F3	Stor	1/1000	Sårbare samfunnsfunksjoner som sykehjem, beredskap eller kritisk infrastruktur, eller stor forurensningsfare som avfallsdeponi.

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

2.3 Aktuelle krav

I retningslinjene til TEK17 er det gitt ulike eksempler på hva slags bebyggelse som ligger innenfor de ulike sikkerhetsklassene mot flom. Det er opp til kommunen å fastsette sikkerhetsklasse mot flom. Vi foreslår sikkerhetsklasse F2 for planlagt tiltak.

3 Metode og data

3.1 Valg av metode

Vi forventer at Lågen kan utgjøre en reell flomfare for kartleggingsområdet. Vi utfører derfor en detaljert flomfarekartlegging etter veilederen til NVE (2022a). Det inkluderer beregning av dimensjonerende vannføring etter aktuell veileder (NVE, 2025), en detaljert hydraulisk modellering av vassdrag med konstruksjoner, samt vurdering hvordan andre vassdragsrelaterte farer kan påvirke faren for flom.

Vi forventer at de mindre bekkene har et begrenset skadepotensial ved flom for kartleggingsområdet. Vi utfører derfor en forenklet vurdering for å dokumentere tilstrekkelig flomsikkerhet. NVE (2022a) gir beskrivelser av mulige tilnærminger for konservative vurderinger. Framgangsmåten tar utgangspunkt i å velge noe konservative verdier fra flomberegningsmetodikk, og modellere bekkeløp med kulverter som tilstoppede eller med redusert kapasitet.

3.2 Observerte flommer og kalibreringsdata

Fra beskrivelser fra ansatt ved Dagali flyplassen, sto det i flommen i 2024 ca. 10-15 cm vanddyb framfor byggene ved flyplassen. Kulminert vannføringen fra målestasjonen i Ossjøen oppstrøms kartleggingsområdet er benyttet og kontrollert mot vannhøyder i en hydraulisk modell.

Det foreligger ingen tilgjengelig data for kalibrering i de vurderte mindre bekkene.

3.3 Befaring

Befaring i området ble utført 15.10.2025 av Petter Reinemo, Skred AS. Det var oppholdsvær og snøfritt under befaringa. Registeringer ble gjort til fots.

3.4 Terrengdata

Vi har benyttet Nasjonal digital høydemodell (Innlandet laser 2023) fra Kartverket (2025a) med horisontal oppløsning på 1 x 1 meter.

Alle høyder i rapporten er oppgitt i høydesystem NN2000, med mindre annet er oppgitt.

3.5 Beskrivelse av vassdraget

3.5.1 Elveløpet/Bekkeløpet

Lågen renner rett sør for det vurderte området. Elva har lite fall ved kartleggingsområdet, men har markante stryk både oppstrøms og nedstrøms. Godt nedenfor kartleggingsområdet renner elva ut i Pålsbufjorden.

Elva går i en forholdsvis rett linje forbi kartleggingsområdet, men har ved østre ende en markant venstresving.

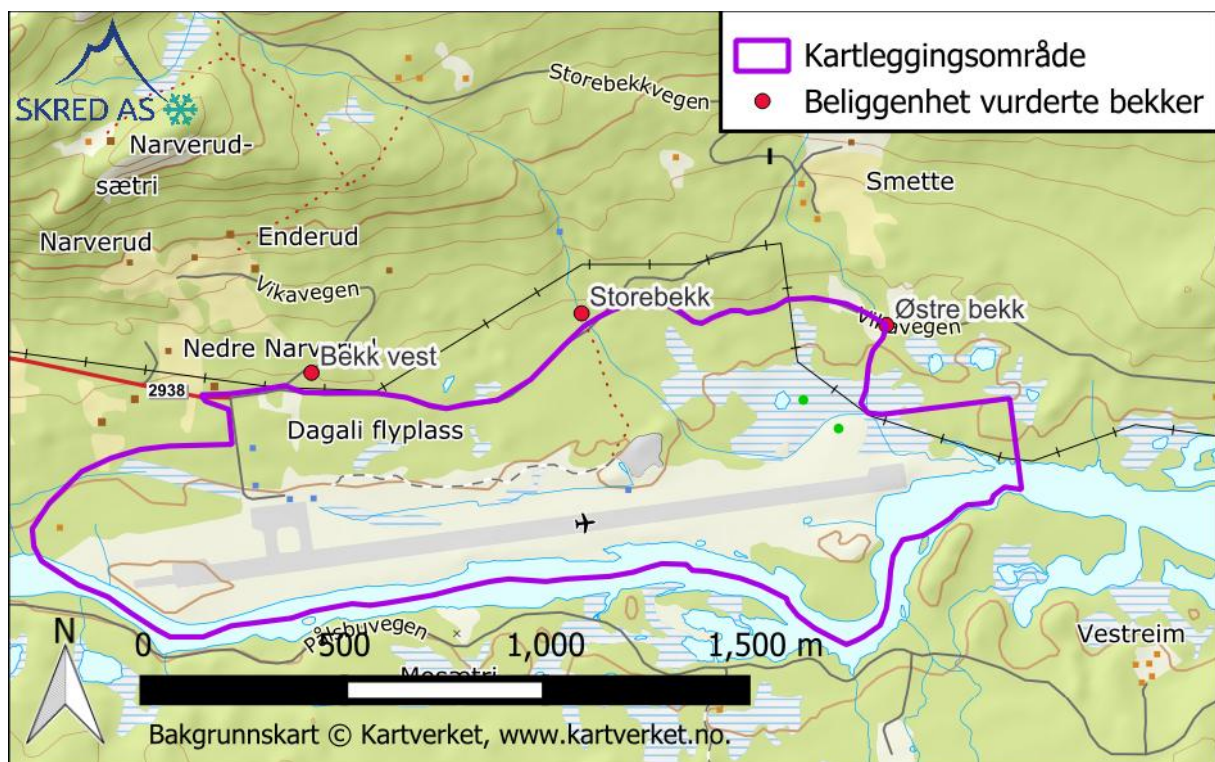
Elveløpet består av finere løsmasser og noe større blokker. Det forventes lav ruhet mot vannmassene. Potensialet for massetransport under flom vurderes som lavt da det forventes rolige vannhastigheter. Figur 2 viser et oversiktskart over området, mens Figur 3 viser et representativt bilde av elveløpet.

Bekkeløpene renner inn mot kartleggingsområdet fra dalsiden i nord. Den vestre vurderte bekken krysser Vikavegen to ganger før den renner inn i kartleggingsområdet. Inn i kartleggingsområdet fordeler bekken gradvis i en myr.

Storebekk renner ved inngang til kartleggingsområdet igjennom Vikavegen. Nedstrøms Vikavegen har bekken et godt definert løp, men med noe lav overhøyde mot vest. Mot flyplassen blir bekken avskåret av en kanal som leder bekken mot Lågen.

Østre bekk renner langs deler av nordøstre avgrensning av kartleggingsområdet. Bekken krysser også Vikavegen, og renner like nedstrøms ut av kartleggingsområdet.

Bekkeløpene består hovedsakelig av løsmasser med mye stort materiale/blokk, enkelte området har innslag av finere avsetninger. Løpene er godt vegetert langs breddene.



Figur 2: Oversiktskart over kartleggingsområdet Lågen og de tre vurderte bekkene.



Figur 3: Representativt bilde av elveløpet litt nedstrøms kartleggingsområdet.



Figur 4: Representativt bilde av Storebekk.

3.5.2 Konstruksjoner

Konstruksjonene som kan påvirke vannlinja ved kartleggingsområdet er listet opp i Tabell 2. Plasseringen til konstruksjonene er vist på Figur 2.

Tabell 2: Beskrivelse av konstruksjoner.

	Beskrivelse	Dimensjon lysåpning
1	Vestre bekk Større stikkrenne i nordre vegkryssing enn ved søndre. Søndre var delvis tett ved befaringsveg. Flomvei ved nordre kryssing er forventet langs veggrøft mot vest. Flomvei ved søndre kryssing er vurdert mot vest og over vegbanen.	400 mm 200 mm
2	Storebekk Ved kryssing av Vikavegen er det ført to rør igjennom vegen.	1000 mm 600 mm
3	Østre bekk Igjenom Vikavegen går bekken i rør. Flomvei er vurdert over vegen og tilbake i bekkeløpet.	800 mm



Figur 5: Foto av bekk vest ved Vikavegen, søndre kryssing (nummer 1).



Figur 6: Foto av bekk øst ved Vikavegen, søndre kryssing (nummer 3).



Figur 7: Foto av Storebekk ved Vikavegen (nummer 2).

3.6 Grunnforhold

Området består ifølge NGU sitt løsmassekart av elveavsetninger i dalbunnen, moreneavsetninger i dalsidene og breelvavsetninger ved østre bekk, (kartlagt i 1:50 000).

Området ligger over marin grense.

4 Flomberegning

4.1 Metode

NVE sin veileder for flomberegninger (NVE, 2025) er lagt til grunn for beregning av dimensjonerende flommer.

4.2 Beskrivelse av nedbørfelt

Nedbørfeltet til Lågen er stort og har en forholdsvis jevnt moderat gradient. Feltet er hovedsakelig dominert av snaufjell og en mindre andel skog. Feltet ligger høyt over havnivå. Det er flere innsjøer og et større magasin i feltet, det forventes derfor noe dempning. Feltet forventes å ha en treg avrenningskarakteristikk.

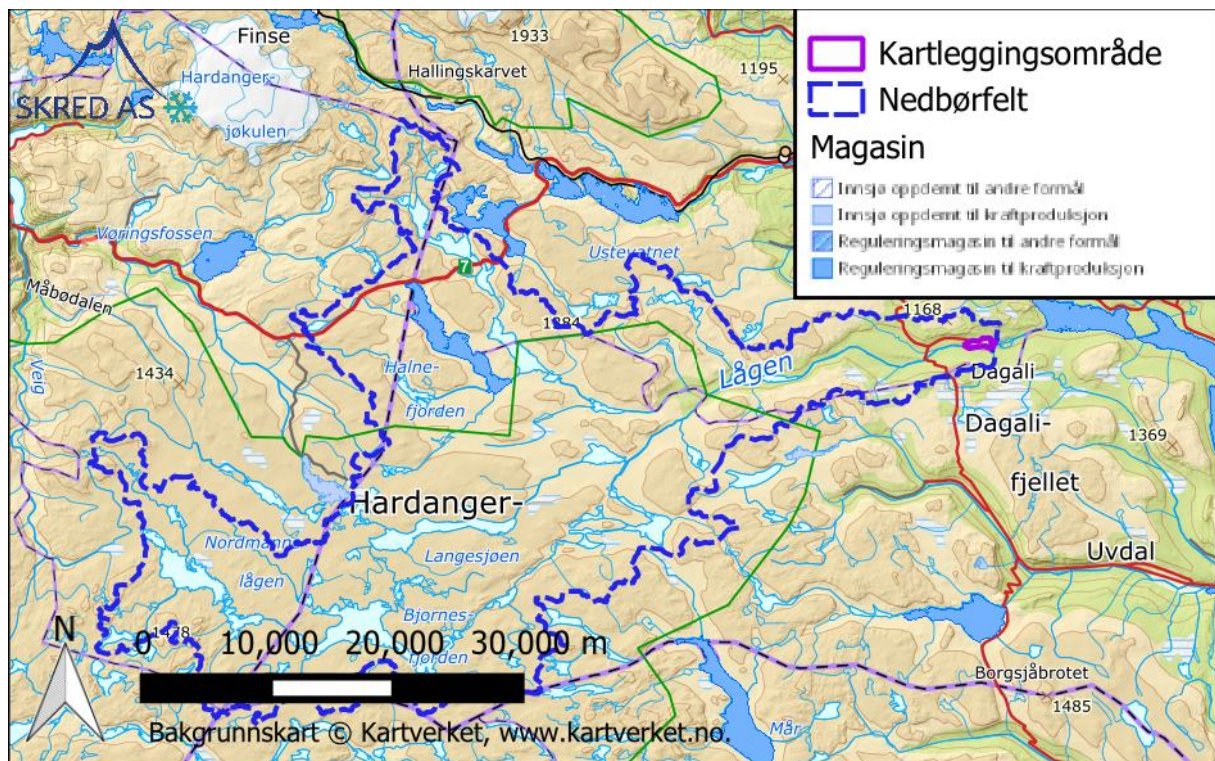
De mindre bekkene har små nedbørfelt fra 0,18 til 3,1 km². De to minste, østre og vestre bekk, er dominert av skog og er forholdsvis bratte. De forventes å ha raskt avrenningskarakteristikk. Storebekk er også dominert av skog, men har også en mindre andel snaufjell. Storebekk forventes også ha rask avrenning. Nedbørfeltene til bekkene forventes å ha en rask avrenningskarakteristikk.

Feltkarakteristika til de vurderte Lågen ved kartleggingsområdet og de vurderte bekkene er vist i Tabell 3 og feltgrensene er vist i Figur 8 og Figur 9.

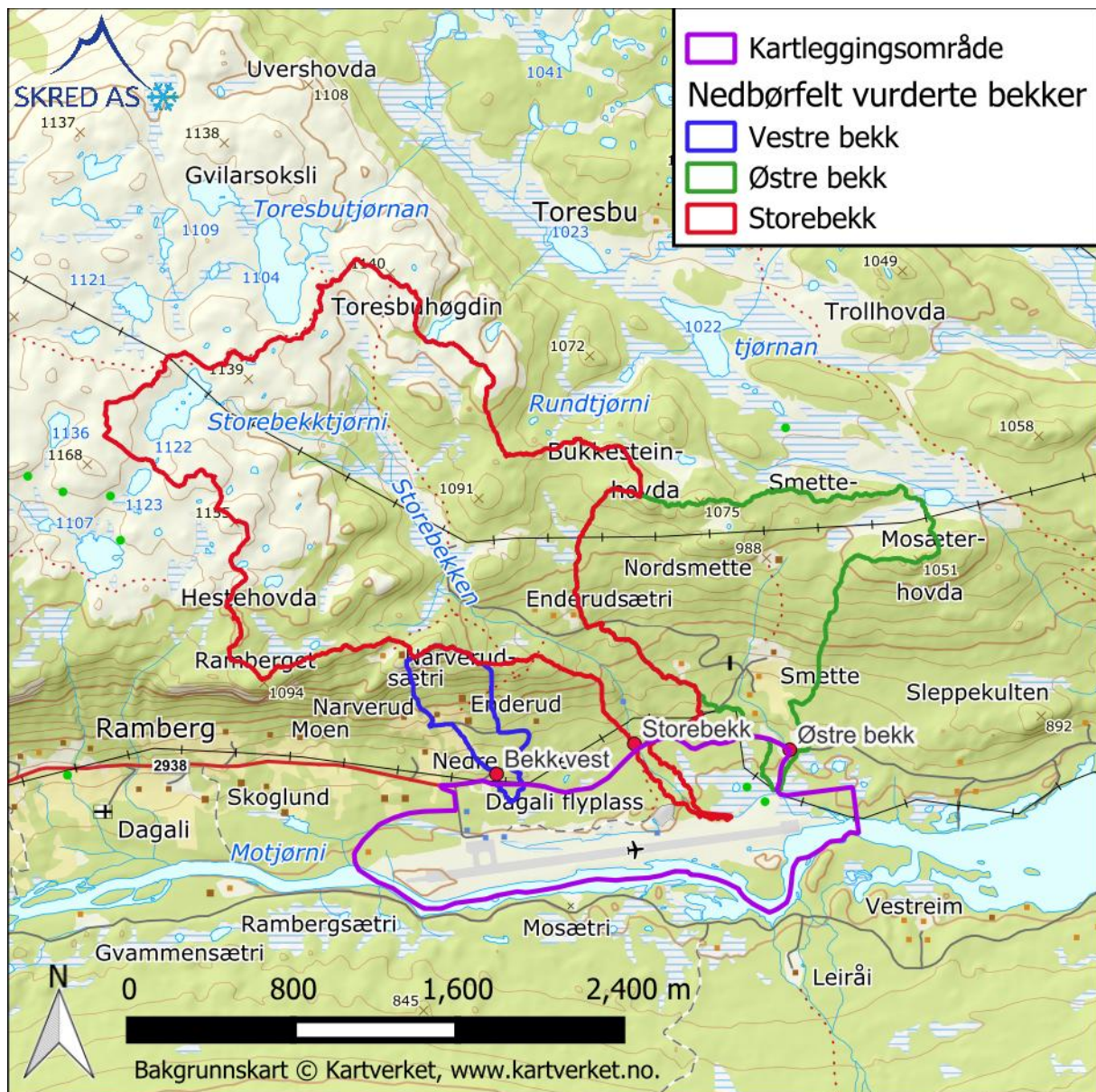
Tabell 3: Feltkarakteristika til Lågen og de vurderte bekkene.

Vassdrag	Feltareal [km ²]	q _N [*] [l/s/km ²]	Eff. sjø [%]	Skog [%]	Snaufjell [%]	Feltlengde [km]	Høydeint. [moh.]
Lågen	1302	73	1,4	6	70	76	791 - 1538
Storebekk	3,1	15	0,1	60	30	3,8	800 - 1154
Bekk vest	0,18	15	0,0	90	0	0,8	810 - 1050
Bekk øst	1,3	15	0,0	90	5	1,5	810 - 1070

**fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1991-2020.*



Figur 8: Feltgrensene til Lågen ved kartleggingsområdet.



Figur 9: Feltgrensene til de vurderte bekkene ved kartleggingsområdet.

4.3 Flomfrekvensanalyse

4.3.1 Målestasjoner

Målestasjonen 15.79 Ossjøen ligger 15 km oppstrøms kartleggingsområdet, i Lågen, og vi benytter den for lokal flomfrekvensanalyse. Siden måleserien er lang og av god kvalitet er den vurdert som svært representativ for kartleggingsområdet.

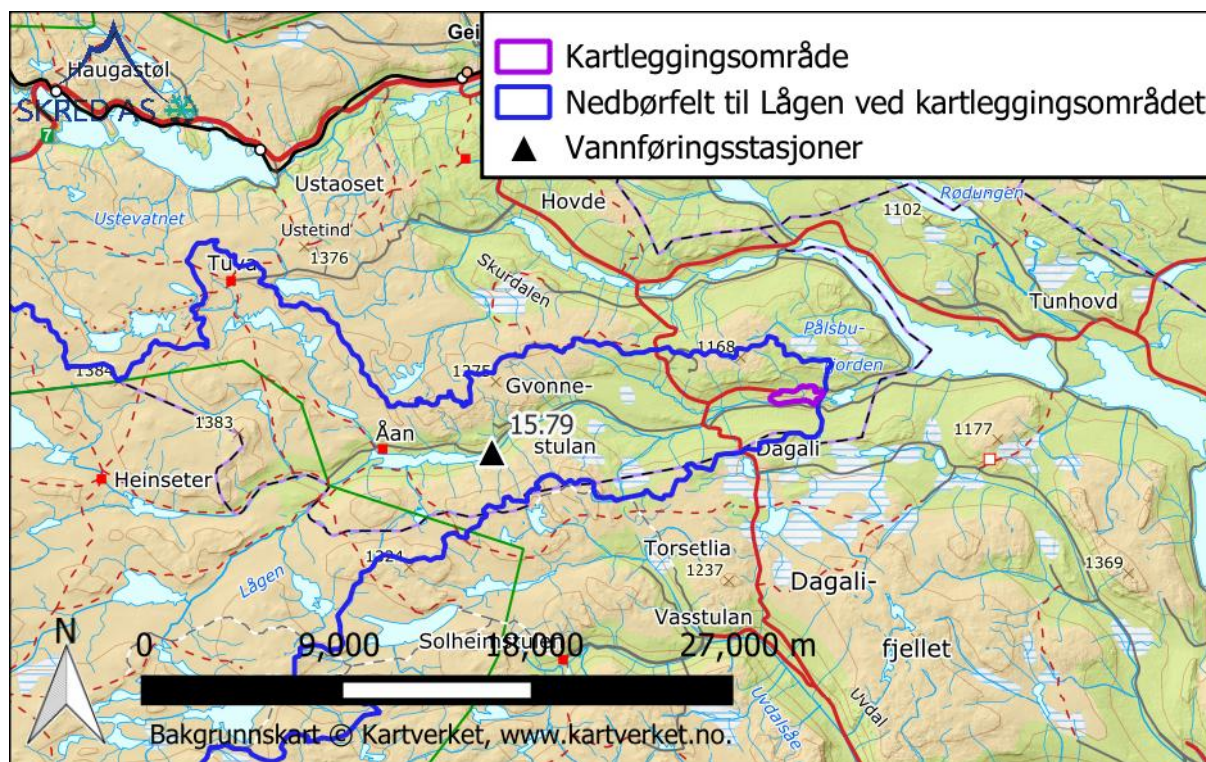
Nedbørfeltet til stasjonen har en lav grad av regulering. Vurderingen av kurvekvaliteten er gjort av NVE. Dersom NVE ikke har oppgitt noen kurvekvalitet, har vi selv vurdert kurven som nyttig.

Tabell 4 viser utvalgt målestasjon med feltkarakteristika. Middelavrenning (q_n) er beregnet basert på døgnmåleserien ved stasjonen. Beliggenheten til målestasjonene er vist i Figur 10, mens høydefordelinga (hypsografisk kurve) til målestasjonene er vist i Figur 11.

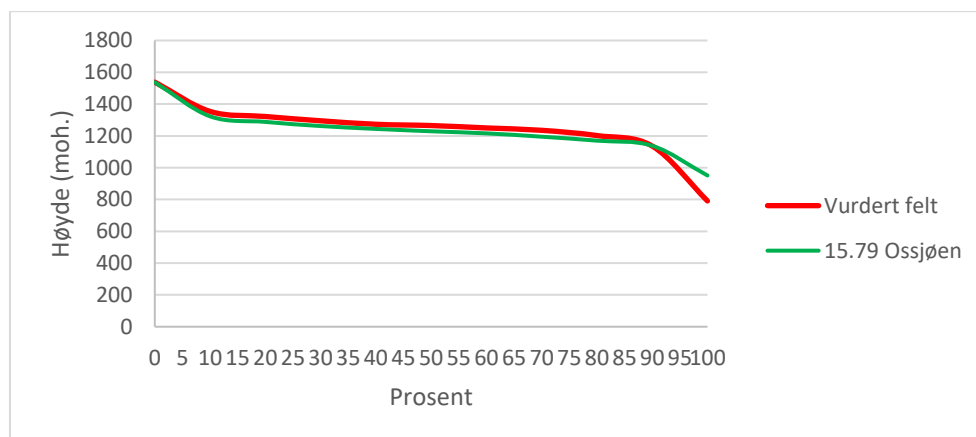
Tabell 4: Feltkarakteristika og kurvekvaliteten til utvalgt målestasjon.

Målestasjon	Felt-areal [km ²]	Måle-periode [år]	q_n [l/s/km ²]	Eff. sjø [%]	Skog [%]	Snau-fjell [%]	Median-høyde [moh.]	Kurve-kvalitet (flom)
Dagali flyplass	1302	-	26*	1.4	6	70	1265	-
15.79 Ossjøen	1178	1955-	26	1.67	2	75	1229	God

*fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1991–2020.



Figur 10: Beliggenheten til utvalgte målestasjoner.



Figur 11: Høydefordelinga til Lågen ved kartleggingsområdet og ved målestasjonen Ossjøen.

4.3.2 Valg av metode for flomfrekvensanalyse

Ved den utvalgte målestasjonen er det lange serier med findata (> 25 år), og vi har derfor valgt å gjøre flomfrekvensanalyse direkte på findata.

Det foreligger ingen kjente målinger av flomvannføring i den vurderte bekken. Det er heller ingen gode målestasjoner i nærheten med representativ feltstørrelse. Vi har derfor valgt å basere flomberegninga på andre metoder enn lokal flomfrekvensanalyse.

4.3.3 Lokal flomfrekvensanalyse

Vi har hentet ut og analysert vannføringsmålinger fra de utvalgte målestasjonene gjennom NVE-databasen Hydra II. Vi har valgt type frekvensfordeling basert på serielengde og vekstkurven sin tilpasning til hver av måleseriene. Tabell 5 presenterer analysene utført med Flom_analyse-programmet i Hydra II på findata. Programmet tar utgangspunkt i årsflommer. År med mer enn 10 % manglende dager fjernes i analysen.

Tabell 5: Resultater fra flomfrekvensanalyse på utvalgte måleserier, findata.

Målestasjon	År	Middelflom		Q ₂₀₀ / Q _M			Metode
		Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s/km ²]	Nedre estimat	Middel- estimat	Øvre estimat	
15.79 Ossjøen	27	212	180	1.8	2.2	2.6	Gumbel

4.3.4 Regional flomfrekvensanalyse

4.3.4.1 RFFA-NIFS

Formelverket RFFA-NIFS er et nasjonalt formelverk for flomberegninger i nedbørfelt med feltareal mellom 0,2 og 53 km². Inngangsparameterne til formelen er feltareal, midlere avrenning og effektiv sjøprosent. Den største usikkerheten i formelverket er estimat av middelflom. Vekstkurven vurderes av NVE (2025) som robust for returperioder opp mot 200 år.

Avrenningskartet til NVE virker rimelig ut fra sammenligning mellom avrenningskartet og beregnede verdier ved målestasjonene. Vi har derfor valgt å benytte middelavrenning fra avrenningskartet for Storebekk og bekk øst, på 15 l/s/km², i flomformelverket.

Resultatene gitt fra flomformelverket for små nedbørfelt er presentert i Tabell 6.

Tabell 6: Resultater fra RFFA-NIFS (kulminasjon) for Storebekk.

	Middelflom	Middelflom	Q ₂₀₀ / Q _M	Q ₂₀₀ [m ³ /s]
	Q _M [m ³ /s]	q _M [l/s/km ²]		
Lav (2,5 %)	0.6	200		1.8
Middel	1.2	400	2.89	3.5
Høy (97,5 %)	2.4	800		7.1

Tabell 7: Resultater fra RFFA-NIFS (kulminasjon) for bekk øst.

	Middelflom	Middelflom	Q_{200}/Q_M	Q_{200}
	$Q_M [m^3/s]$	$q_M [l/s/km^2]$		$[m^3/s]$
Lav (2,5 %)	0.3	243		0.9
Middel	0.6	486	2.89	1.8
Høy (97,5 %)	1.3	972		3.6

4.3.4.2 RFFA-2018

Formelverket RFFA-2018 beregner medianflom, vekstkurver og forholdstall mellom kulminasjonsflom og døgnmiddelflom i umålte felt. Formelverket er utviklet for alle feltstørrelser, men for små felt ($< 60 km^2$) anbefales fortsatt RFFA-NIFS for returperioder til og med 200 år. Vi har benyttet en middellavrenning på $73 l/s/km^2$ i flomformelverket. Analysen gir døgnmiddelvannføring og en kulminasjonsfaktor ($Q_{mom}/Q_{døgn}$).

Resultatene gitt fra RFFA-2018 for Lågen ved kartleggingsområdet er presentert i Tabell 8.

Tabell 8: Resultater fra RFFA-2018 (døgnmiddel).

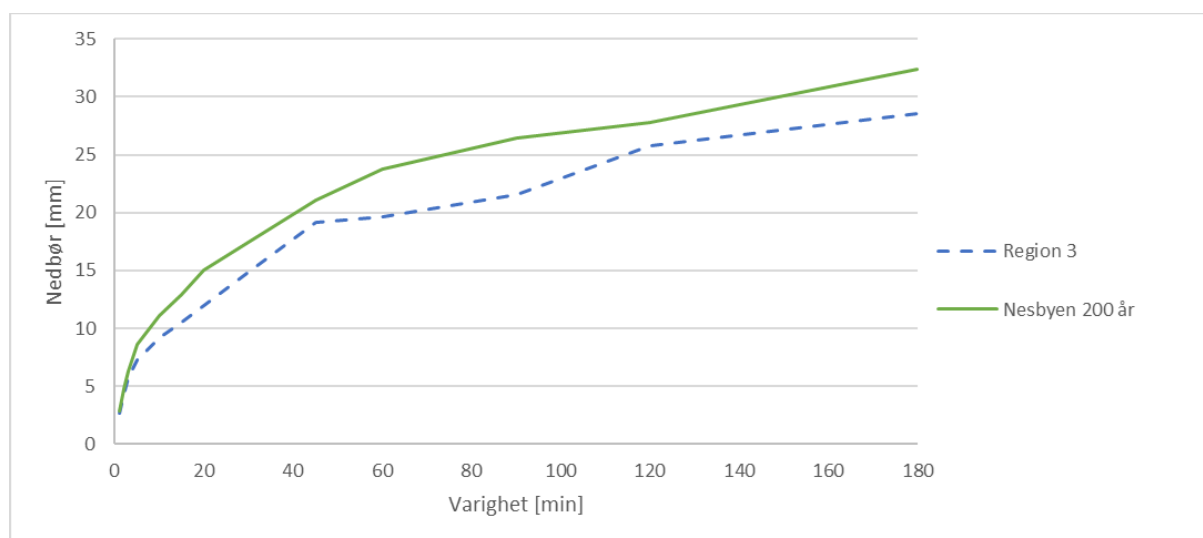
	Medianflom	Medianflom	Q_{200}/Q_M	Q_{200}	$Q_{mom}/Q_{døgn}$
	$Q_M [m^3/s]$	$q_M [l/s/km^2]$		$[m^3/s]$	
Lav (2,5 %)	142	108		307	
Middel	244	186	2.28	558	1.04
Høy (97,5 %)	420	320		1016	

4.4 Nedbør-avløpsmetoder

4.4.1 Den rasjonelle metoden

Den rasjonelle metoden beregner flomvannføring basert på nedbørstatistikk, feltareal og antatt avrenningskoeffisient. NVE (2025) anbefaler metoden for nedbørfelt mindre enn $2 km^2$. Generelt bør metoden benyttes forsiktig i naturlige felt og helst i kombinasjon med andre metoder.

Det ligger stor grad av usikkerhet i valget av dimensjonerende nedbørverdier. Vi har valgt å bruke IVF-kurven Nesbyen, som virker geografisk representativ og har kvalitetsklasse svært usikker. Kurva er validert mot andre meteorologiske tidsserier fra området, som underbygger at kurva er brukbar. Kurven gir noe høyere nedbørverdier enn den regionale kurven for Region 3 fått fra MET (2015). De to vurderte kurvene er vist i Figur 12.



Figur 12: Sammenligning mellom vurderte IVF-kurver for 200-års nedbør.

Anbefalt avrenningsfaktor (C) og korreksjonsfaktor for høy returperiode er satt etter anbefaling i NVE (2025). En vektet middelverdi for avrenningsfaktoren (C) er beregnet ut fra arealbruk, som vist i Tabell 9.

Tabell 9: Beregning av avrenningskoeffisient for nedbørfeltet for bekk vest.

Arealtype	Andel av areal	C
Skog	90	0.2
Annet	0	0.0
Vektet C	90	0.2
Korreksjonsfaktor for høy returperiode		1.3
Total C		0.26

Tabell 10: Beregning av avrenningskoeffisient for nedbørfeltet til bekk øst.

Arealtype	Andel av areal	C
Skog	90	0.2
Annet	5	0.6
Vektet C	95	0.22
Korreksjonsfaktor for høy returperiode		1.3
Total C		0.29

Vi har beregnet konsentrasjonstiden til nedbørfeltet ved bruk av formel for naturlig felt gitt i SINTEF (1992). Arealreduksjonsfaktor (ARF) er benyttet for å regne om fra punkt- til arealnedbør som anbefalt i veilederen (NVE, 2025). Benyttede parametere og resultater fra beregninger med den rasjonelle metoden er vist i Tabell 11.

Tabell 11: Benyttede parametere og resultater fra beregninger med den rasjonelle formelen for Bekk vest (kulminasjon).

Vassdrag	IVF-kurve	Areal [ha]	ARF	Kons. tid [min]	I_{200} [l/s*ha]	C	Q_{200} [m ³ /s]
Bekk vest	Nesbyen	18	0.97	31	93.9	0.26	0.4

Tabell 12: Benyttede parametere og resultater fra beregninger med den rasjonelle formelen for Bekk øst (kulminasjon).

Vassdrag	IVF-kurve	Areal [ha]	ARF	Kons. tid [min]	I_{200} [l/s*ha]	C	Q_{200} [m ³ /s]
Bekk øst	Nesbyen	130	0.97	56	69.8	0.29	2.5

4.5 Klimapåslag

I henhold til anbefalinger i Klimaprofil for Buskerud (Norsk Klimaservicesenter, 2025) benytter vi klimapåslag på 20 % for å ta hensyn til forventet økning i flomstørrelser frem mot år 2100 for Lågen. Anbefalingene er ikke entydig der et påslag mellom 0 og 20 virker rimelig ut fra anbefalingene.

I henhold til anbefalinger i NVE (2025) benytter vi et klimapåslag på 40 % for å ta hensyn til forventet økning i flomstørrelser frem mot år 2100. Påslaget på 40 % gjelder for nedbørfelt som reagerer svært raskt på nedbør, og er gjeldende for de tre vurderte bekkene.

4.6 Vurdering av resultater

4.6.1 Middelflom Lågen

15.79 Ossjøen er svært lik nedbørfeltet til Lågen ved kartleggingsområdet og er derfor vektet i valg av middelflom

Ut fra målestasjonene vurderes en kulminert middelflom i Lågen på 180 l/s/km² som realistisk. Dette ligger noe lavere enn middelestimatet fra RFFA-2018.

4.6.2 Vekstkurve Lågen

Vekstkurven fra 15.79 Ossjøen er valgt.

4.6.3 Sammenligning og vurdering av resultater fra ulike metoder

Middelflommen er satt tilsvarende resultatet fra 15.79 Ossjøen. Vekstkurven fra lokal frekvensanalyse er valgt. For Storebekk og bekk øst er det valgt å legge seg noe over middelestimatet fra NIFS. For bekk vest er det valgt å legge seg over den rasjonale metode. Resultatene fra de ulike flomberegningsmetodene er oppsummert i Tabell 14 og Tabell 13.

Tabell 14: Sammenligning av resultater fra flomberegninger med ulike metoder (kulm.) for Lågen.

Metode	q_m [l/s/km ²]	Q_{200}/Q_M	q_{200} [l/s/km ²]
Vurdert fra målestasjoner	180	2.20	-
Regional frekvensanalyse	193	2.28	-
VALGT	180	2.20	396

Tabell 15: Sammenligning av resultater fra flomberegninger med ulike metoder (kulm.) for de vurderte bekkene.

Metode	q_m [l/s/km ²]	Q_{200}/Q_M	q_{200} [l/s/km ²]
Formelverk for små nedbørfelt	199 - 972	2.89	577 - 2807
Rasjonelle formel	-	-	1939 - 2367
VALGT	-	-	-

4.7 Dimensjonerende vannføring

Dimensjonerende vannføring beregnet for Lågen er gitt i Tabell 16. Spesifikk 200-årsflom med klimatillegg er beregnet til 475 l/s/km².

Tabell 16: Dimensjonerende vannføring i Lågen med og uten klimapåslag (kulminasjon).

Vassdrag	Feltareal [km ²]	Klima-påslag	Middelflom	Middelflom	Q_{200}/Q_M	Q_{200} [m ³ /s]
			Q_M [m ³ /s]	q_m [l/s/km ²]		
Lågen	1302	Ingen	234	180	2.20	515
Lågen	1302	1.2	281	216	2.20	619

For de mindre bekkene er dimensjonerende 200-årsflom med klimapåslag gitt i Tabell 17, hvor spesifikk 200-årsflom med klimapåslag ligger mellom 1800 – 5555 l/s*km².

Tabell 17: Dimensjonerende vannføring i de vurderte bekkene med klimapåslag (kulminasjon).

Vassdrag	Feltareal [km ²]	Klima-påslag	Q_{200} [m ³ /s]
Storebekk	3.05	1.4	5.5
Bekk vest	0.18	1.4	1
Bekk øst	1.3	1.4	3

4.8 Klassifisering av flomberegning

Vi vurderer det hydrologiske datagrunnlaget i Lågen til klasse 1 (på en skala fra 1 – 5 der 1 er best) fordi det foreligger observasjoner i vassdraget, og observasjonene har god kvalitet.

Datagrunnlaget til de mindre feltene er ikke klassifisert da vurderingene er gjøres noe konservative.

5 Hydrauliske beregninger

5.1 Modellvalg

For beregning av vannlinje og hydrauliske parametere har vi benyttet programvaren Hec-Ras versjon 6.6. Vi vurderer at det er hensiktsmessig å etablere en 2D-modell for å best mulig vurdere strømningsforholdene.

5.2 Oppsett av modell

5.2.1 Terrengmodell

Terrengmodellen som er benyttet i den hydrauliske modellen er beskrevet i avsnitt 3.4.

5.2.2 Grensebetingelser

5.2.2.1 Lågen

Oppstrøms grensebetingelse er plassert 3 km oppstrøms kartleggingsområdet.

Nedstrøms grensebetingelse er plassert etter et stryk 2 km nedstrøms kartleggingsområdet. Det er overkritisk hastighet i stryket, så nedstrøms grensebetingelse påvirker ikke vannstanden oppstrøms stryket.

5.2.2.2 Bekkeløp

For bekkeløpene er øvre grensebetingelse plassert ca. 100 meter oppstrøms Vikavegen.

Nedstrøms grensebetingelse er plassert nedstrøms vanndekt areal ved 200-årsflom i Lågen.

5.2.3 Flomforløp

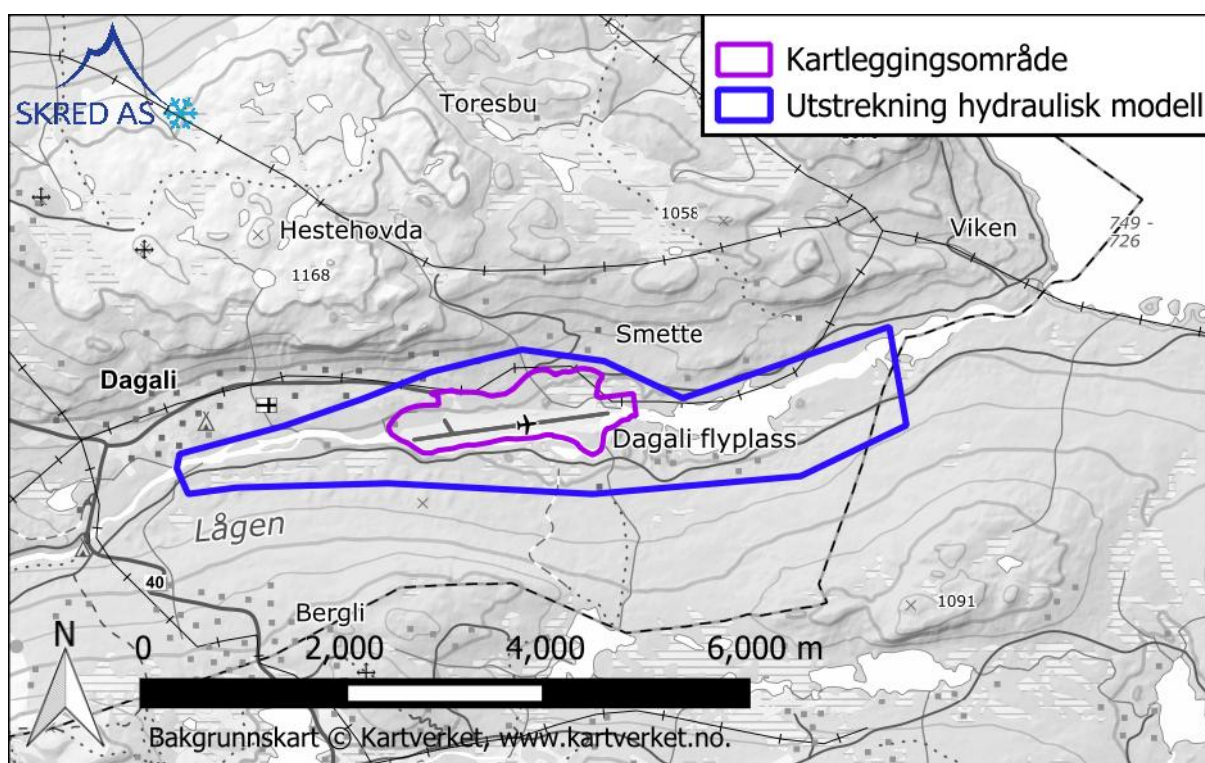
For alle modellene er det valgt å modellere konstant kulminasjonsvannføring til at vannføringen kulminerer nedstrøms kartleggingsområdet.

5.2.4 Modelloppsett

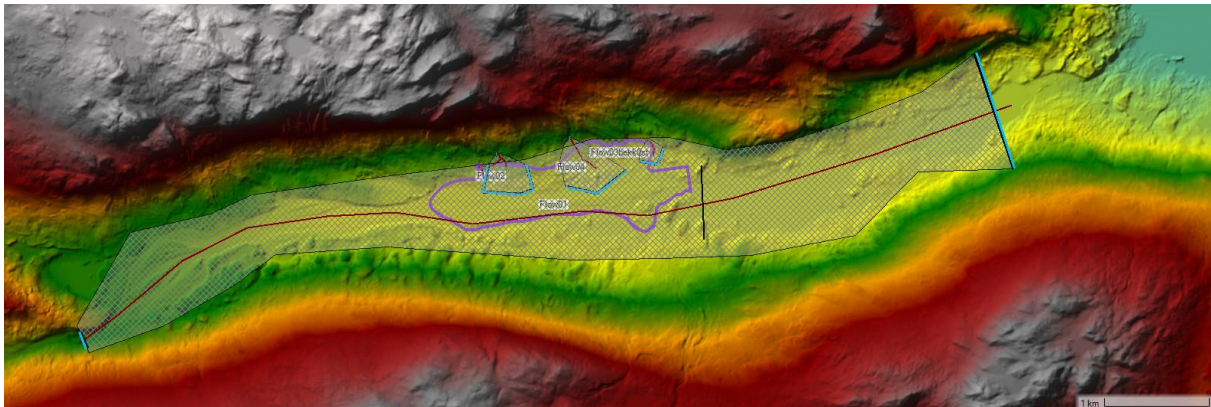
Benyttede parametere i modellen er oppsummert i Tabell 18. Utstrekningen til den hydrauliske modellen er vist på Figur 13. Terrengmodell, benyttet beregningsgrid og plassering av grensebetingelser er illustrert i Figur 14.

Tabell 18: Parametere benyttet i Hec-Ras-modell for Lågen.

Parameter	Verdi
Oppløsning på terrengmodell	1 x 1 meter
Oppstrøms grensebetingelse	Normalstrømning
Nedstrøms grensebetingelse	Normalstrømning
Cellestørrelse beregningsgrid	Bekkeløp: 1 x 1, Lågen: 30 x 30 meter
Likningssett	Full momentum
Tidsskritt	Gitt av Courant-nummer mellom 0,1 og 1,0
Manningstall	Elv 33 Skog 16 Åpent areal 25 Bygg 0.1



Figur 13: Utstrekning til hydraulisk modell.



Figur 14: Illustrasjon av terrengmodell, beregningsgrid og plassering av grensebetingelser.

5.2.5 Konstruksjoner

Kulvertene som er listet opp i Tabell 2 er delvis lagt inn i den hydrauliske modellen ved å benytte kulvert-modulen i Hec-Ras. For bekk vest er kun den øvre stikkrenna lagt inn, da den nedre er delvis gjengrodd og forventes tilstoppet. Ved Storebekk er kun 1000 mm rør lagt inn, da det forventes noe redusert kapasitet ved flom. I østre bekk er ingen stikkrenne lagt inn, da flomvei er vurdert til å gå over vegbanen.

5.3 Kalibrering og tilpasning av modell

Modellen for Lågen er kalibrert mot en vannføring på 388 m³/s, dette tilsvarer kulminert vannføring den 25.5.2024, som er den høyeste vannføringen målt ved stasjonen. Kalibrering er basert på observasjoner av vannlinja ved Dagali flyplass under flommen. Modellering av kulminert flom fra 25.5.2024 treffer bra på observasjonen i modellen, +/- 10 cm.

5.4 Modellering av dimensjonerende flommer

5.4.1 Lågen

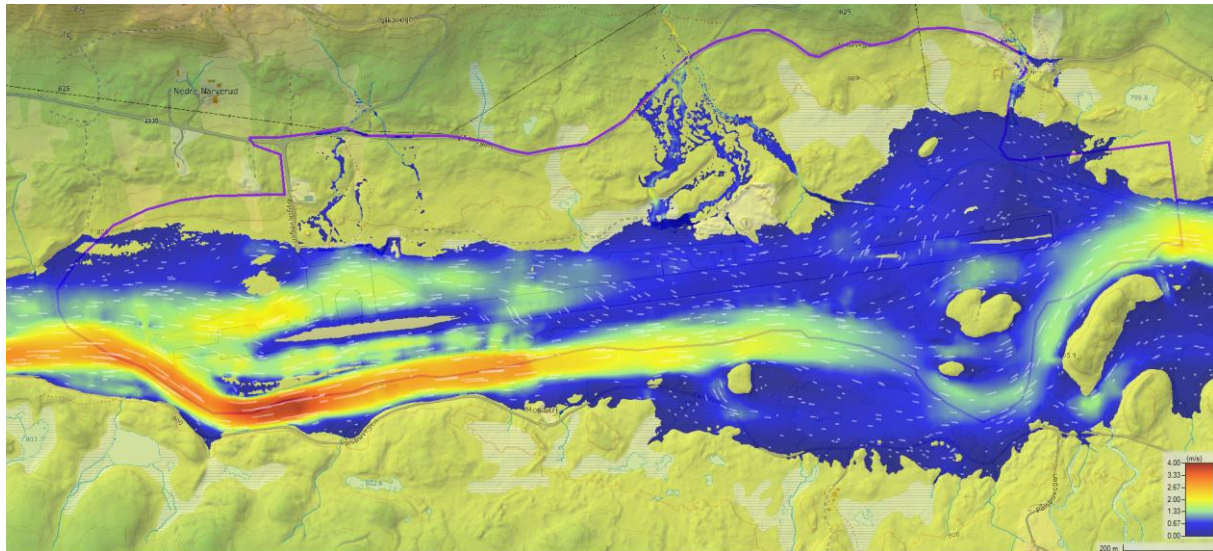
For en fremtidig 200-årsflom viser modelleringen at det vil ber seg mye vann ut over sidene til Lågen, og at store deler av dalbunnen ved kartleggingsområdet vil bli dekt. Utenfor elveløpet forventes det lave til moderate vannhastigheter, < 1 m/s, og noe høyere i selve løpet, opp mot 4 m/s. Kapasiteten i elveløpet er bedre oppstrøms og nedstrøms kartleggingsområdet. Elva går igjennom kritisk strømning ca. 1 km nedstrøms kartleggingsområdet.

Modellering av bekkeløpene viser som forventet at vegkryssingene fører til vann på avveie. Ved vestre bekk ledes vann mot sørvest via veggrofta ved første kryssing og videre inn i kartleggingsområdet. Vannhastighetene er moderate, rundt 1 m/s og vanddyp er generelt lave utenfor bekkeløpet, <0,3 meter.

Storebekk viser at vann ved vegkryssingen vil følge grøfta mot vest og det vil gå et bredt overløp over vegbanen som sprer seg igjennom nedover kartleggingsområdet. Vannhastighetene er moderate, rundt 1 m/s og vanddyp er generelt lave utenfor bekkeløpet, <0,3 meter.

Også ved østre bekk vil vannet spre seg ut over i veggrofta og renne over vegbanen mot kartleggingsområdet, her er utbredelsen moderat rundt bekkeløpet. rundt 1 m/s og vanddyp er generelt lave utenfor bekkeløpet, <0,3 meter.

Figur 15 viser en illustrasjon av modellert strømningssituasjon.



Figur 15: Illustrasjon av modellert strømningssituasjon ved kartleggingsområdet for en fremtidig 200-årsflom.

5.5 Følsomhetsanalyser

Vi har utført følsomhetsanalyser av den hydrauliske modellen for å få et inntrykk av hvor følsom den er for variasjon av ulike parametere. Følgende er vurdert:

- Økning i vannføring med 20 %
- Økning i ruhet med 20 %
- Stengte kulverter i bekkeløpene

Følsomhetsanalysen viser at vannlinja i kartleggingsområdet øker med opp mot 0,2 meter ved økt vannføring og noe lavere på økt ruhet, og vurderes derfor som moderat følsom.

Følsomhetsanalyse med stengte kulverter i bekkene viser de samme flomveiene som ved åpne kulverter eller redusert kapasitet i kulvertene.

5.6 Klassifisering av hydraulisk modell

Vi vurderer den hydrauliske modellen av Lågen til klasse A fordi modellen er kalibrering for en høy flomvannføring, og avvik mellom observert og beregnet vannstand er lav (+/- 10 cm).

5.7 Sikkerhetspåslag

For å ta hensyn til usikkerhet i de hydrologiske og hydrauliske beregningene anbefaler NVE at det legges på et sikkerhetspåslag. NVE (2022a) anbefaler å ta utgangspunkt i en metodikk der man estimerer en økt vannstandsstigning basert på en økt vannføring som grunnlag for valg av sikkerhetspåslag. Økningen i vannføring gis av klassifiseringen til flomberegningen og

den hydrauliske modellen. Metoden forutsetter at det ikke er gjort konservative valg under utredningen. I tillegg skal faglig skjønn legges til grunn.

For Lågen er et prosentvis påslag på vannføringen som grunnlag for vurdering av sikkerhetspåslag funnet til 5 % som vist i Tabell 19.

Tabell 19: Grunnlag for å vurdere sikkerhetspåslag som prosentvis påslag på vannføring.

Klassifisering av hydraulisk modell	Klasse E	40 %	45 %	50 %	60 %
	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 flomberegning

Basert på resultatene fra modellering med 5 % økt vannføring anbefaler vi at det benyttes et sikkerhetspåslag på 0,1 meter ved tiltak innenfor faresonene fra Lågen.

6 Andre farer i vassdraget

6.1 Tilstopping og vann på avveie

For de mindre vurderte bekkene er det sannsynlig at vann vil havne på avveie ved kryssing av Vikavegen, dette er også vist ved hydraulisk modellering.

6.2 Erosjon og massetransport

6.2.1 Erosjonsfare

I henhold til krav i TEK17 §7-2 (4) skal byggverk plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon.

For Lågen så er vannhastighetene forholdsvis lave, men det forventes at det kan eroderes langs bredden mot flyplassen innenfor kartleggingsområdet.

I bekkeløpene forventes det at det kan oppstå erosjonsskader på kryssende veger ved innløp til stikkrenner, men det forventes ellers lite erosjon i selve bekkeløpene.

6.2.2 Massetransport

Vurderes som lite problematisk.

6.3 Isproblematikk

Det er historikk med en isdam like sør for flystripa som førte til noe høy vannstand ved flyplassen. Det vurderes at dette sannsynlig vil skje igjen, men at vannstand ikke blir høyere enn forventet ved dimensjonerende 200-årsflom.

7 Resultater og konklusjon

7.1 Dimensjonerende vannføring

Dimensjonerende 200-årsflom inkludert 20 % klimapåslag er beregnet til 619 m³/s for Lågen.

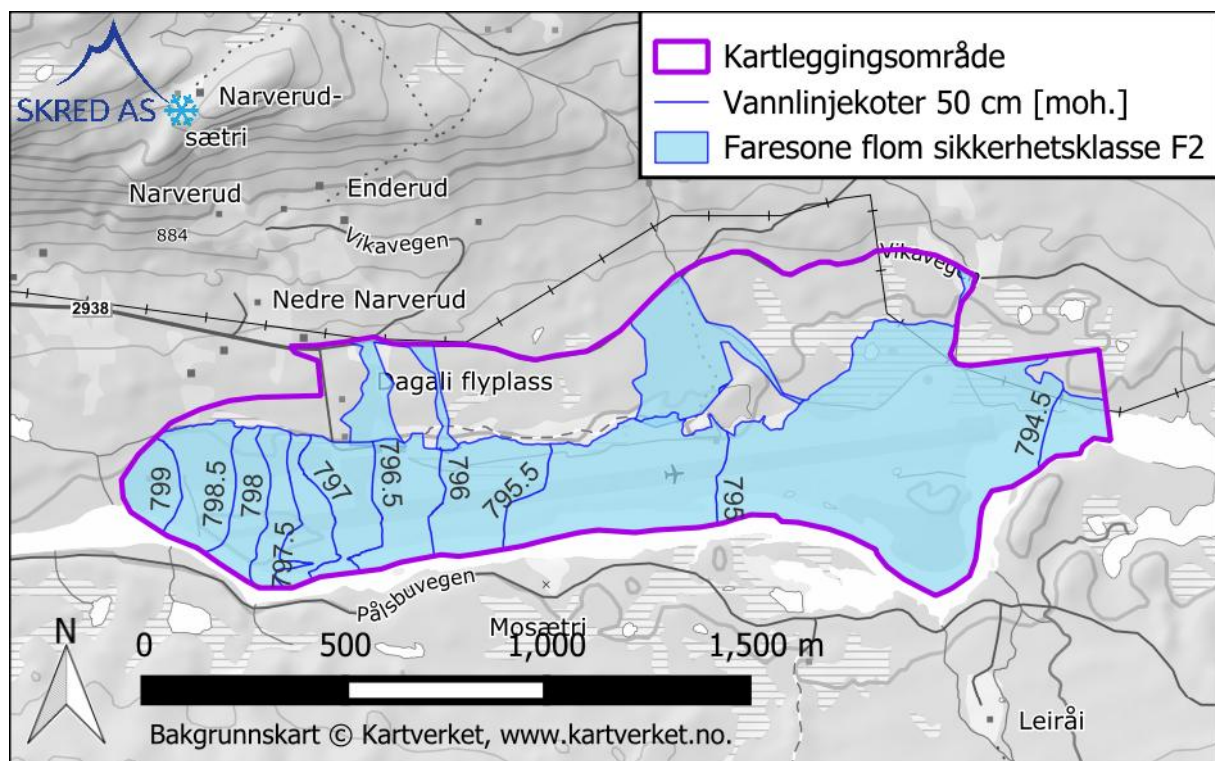
For de vurderte bekkene er dimensjonerende 200-årsflom inkludert 40 % klimapåslag beregnet til 5,5 m³/s for Storebekk, 3 m³/s for østre vurderte bekk og 1 m³/s for vestre vurderte bekk.

7.2 Faresoner for flom

Basert på resultater fra modelleringen og analysene har vi tegnet opp faresone for flom for sikkerhetsklasse F2 for kartleggingsområdet. Faresonen viser hvilke områder som vurderes utsatt for 200-årsflom (årlig sannsynlighet større enn 1/200) i et fremtidig klima.

Faresonen er et resultat av at vann vil bre seg ut fra Lågen i dalbunnen og at vann vil havne på avveie ved veikryssingen ved de vurderte bekkene.

Dimensjonerende 200-årsvannstand for kartleggingsområdet er gitt av vannstandskotene i Figur 16. Dersom det etableres bebyggelse innenfor flomfaresonen tilknyttet Lågen anbefaler vi at det benyttes et sikkerhetspåslag på 0,1 meter. Innen faresonene fra de tre vurderte bekkene, utenfor faresonen fra Lågen er det gitt anbefalinger for sikringstiltak nedenfor. Faresonen for flom er vist i Figur 16. Det er kun beregnet vannlinjekoter for faresonen fra Lågen.



Figur 16: Faresone som viser flomutsatte områder for sikkerhetsklasse F2 (200-årsflom med klimapåslag).

7.3 Sikkerhet mot erosjon

I henhold til krav i TEK17 §7-2 fjerde ledd skal byggverk plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon.

For dagens situasjon vurderes erosjonssikkerheten tilstrekkelig, men det anbefales å ikke bygge nærmere enn 20 meter fra elvebredden på nordre side av Lågen. Det anbefales at kantvegetasjon langs bekkeløp og Lågen i størst mulig grad bevares.

7.4 Tiltak for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet

Ny bebyggelse bør i utgangspunktet plasseres utenfor faresonen for flom. Dersom det skal etableres ny bebyggelse innenfor faresonen som faller inn under sikkerhetsklasse F2 må det utføres risikoreduserende tiltak. Tiltak kan enten ha som mål å sikre bygget mot oversvømmelse, eller at byggverket og installasjoner dimensjoneres slik at det tåler belastningene og skader unngås.

Aktuelle sikringstiltak for kartleggingsområdet kan være:

- Heve sårbar del av konstruksjoner til over flomsikkert nivå innenfor faresonen fra Lågen
- Innen faresonen fra bekkene anbefales det å heve sårbar del av konstruksjon til minimum 0,5 meter over omliggende terreng.
- Innen faresonen fra bekkene anbefales det å ikke plassere installasjoner i lavpunkt/kanaler i terrenget, hvor man forventer at det vil samles vann.
- Unngå å bygge nærmere enn 10 meter fra dagens bekkeløp
- Rigg og installasjon innenfor faresonene må tåle forventede vanddyp og laster i henhold til beskrivelse i TEK17 §7-2.

8 Referanser

Direktoratet for byggkvalitet, 2023. Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning § 7-2 [WWW Document]. URL <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/7/7-2>

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, 2024. Havnivåstigning og høye vannstander i samfunnsplanlegging.

Kartverket, 2025a. Høydedata [WWW Document]. URL <https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/>

Kartverket, 2025b. Se havnivå [WWW Document]. URL <https://kartverket.no/til-sjos/se-havniva/>

MET, 2015. Rapport 24/2015 - Dimensjonerende korttidsnedbør.

Norsk Klimaservicesenter, 2025. Klimaprofiler [WWW Document]. URL <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/om>

NVE, 2025. Veileder for flomberegninger. Veileder 01/2025.

NVE, 2023a. Sikringshåndboka - Modul F1.200: Mulige tiltak mot erosjon.

NVE, 2023b. Sikringshåndboka - Modul F1.005: Klassifisering av erosjon i felt.

NVE, 2022a. Veileder 03/2022 - Sikkerhet mot flom.

NVE, 2022b. Veileder 01/2022 - Veileder for flomberegninger.

SINTEF, 1992. Flomberegning og kulvertdimensjonering.