

Oppdragsgiver	Navn Hol kommune	Kontaktperson Kamilla Holberg Mjøsund
Oppdrag	Nummer og navn 23546 – Hol, Hovet – flomfarevurdering for Moen boligfelt	Oppdragsleder Ingvild Brekke
Dokument	Nummer 23546-01-1 Utført av Ingvild Brekke	Dato 2024-05-31 Kontrollert av Ingrid Alne

Versjon	Dato	Utført	Kontroll	Beskrivelse
1	31.05.2024	IB	IA	Original

Flomfarevurdering for Moen boligfelt

Sammendrag

Moen boligfelt på Hovet i Hol kommune ligger innenfor NVEs aktsomhetssoner for flom fra Sisseldøla. Skred AS har derfor utført en flomfarevurdering iht. NVEs veileder *Sikkerhet mot flom – Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak*.

Boligbebyggelse skal vurderes og vurderingen er derfor gjort iht. TEK 17 § 7-2 (Direktoratet for byggkvalitet, 2023) for sikkerhetsklasse F2. Det medfører et krav om en årlig sannsynlighet for flom $< 1/200$ der foreliggende klimaframskrivninger er hensyntatt.

Dimensjonerende 200-årsflom i Sisseldøla inkludert et klimapåslag på 40 %, er beregnet til 15,2 m³/s. Det er etablert en hydraulisk modell av elva med omliggende områder. Beregningene viser at kryssingene av elva har for liten kapasitet slik at vann stuver opp oppstrøms kryssende vegger. Siden terrenget er så slakt vil relativt store områder oversvømmes langs elva.

Det er tegnet faresoner som viser utstrekning av dimensjonerende flom. Vurderingen tilsier at deler av kartleggingsområdet har en årlig sannsynlighet $< 1/200$ for å bli berørt av flom. Ny bebyggelse kan anlegges minst 20 meter fra elvekant innenfor faresonen dersom det benyttes et ekstra sikkerhetspåslag på minimum 0,15 meter på modellerte høyder.

I henhold til krav i TEK17 §7-2 (4) skal byggverk plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon. Elva vurderes å være lite utsatt for erosjon, og vi anbefaler å

opprettholde et kantvegetasjonsbelte langs vassdraget på minst 6 meter for å opprettholde erosjonssikkerheten.

Innhold

1	Innledning	4
1.1	Forord	4
1.2	Bakgrunn	4
1.3	Mål	4
1.4	Kartleggingsområdet	4
1.5	Forbehold	5
2	Regelverk og krav	6
2.1	Loverket	6
2.2	Krav til sikkerhet mot flom i TEK17	6
2.3	Aktuelle krav	6
3	Metode og data	7
3.1	Valg av metode	7
3.2	Tidligere utredninger i nærheten	7
3.3	Oppsummering og resultater fra befaring	7
3.4	Topografiske data og eventuelle oppmålinger	8
3.5	Data for observerte flommer og kalibreringsdata	8
3.6	Beskrivelse av elveløp	8
3.7	Beskrivelse av konstruksjoner	10
3.8	Grunnforhold	11
4	Flomberegning	12
4.1	Metode	12
4.2	Beskrivelse av nedbørfelt og regulering	12
4.3	Flomfrekvensanalyse	13
4.3.1	Målestasjoner	13
4.3.2	Valg av metode for flomfrekvensanalyse	15
4.3.3	Lokal flomfrekvensanalyse	15
4.3.4	Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-NIFS)	15
4.4	Nedbør-avløpsmetoder	16
4.4.1	PQRUT	16
4.4.2	Den rasjonale metode	16
4.5	Klimaframskrivninger	16
4.6	Vurdering av resultater	16
4.6.1	Middelflom	16
4.6.2	Vekstfaktor	17
4.6.3	Sammenligning og vurdering av resultater fra ulike metoder	17
4.7	Dimensjonerende vannføring	18

4.8	Klassifisering av det hydrologiske datagrunnlaget for flomberegningen	18
4.9	Sammenligning mot flomberegning for dam Sisseldøla	18
5	Hydrauliske beregninger	19
5.1	Modellvalg	19
5.2	Oppsett av modell	19
5.2.1	Terrengmodell og modelloppsett	19
5.2.2	Konstruksjoner	20
5.3	Kalibrering og tilpasning av modell	21
5.4	Modellering av dimensjonerende flommer	21
5.5	Følsomhetsanalyser.....	22
5.6	Klassifisering av hydraulisk modell.....	22
5.7	Sikkerhetspåslag.....	23
6	Andre farer i vassdraget	24
6.1	Tilstopping og vann på avveie	24
6.2	Erosjon og massetransport	24
6.2.1	Erosjonsfare.....	24
6.2.2	Massetransport	24
6.3	Isproblematikk.....	24
7	Resultater og konklusjon	25
7.1	Dimensjonerende vannføring	25
7.2	Faresoner for flom.....	25
7.3	Sikkerhet mot erosjon	25
7.4	Risikoreduserende tiltak.....	26
8	Referanser	27

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

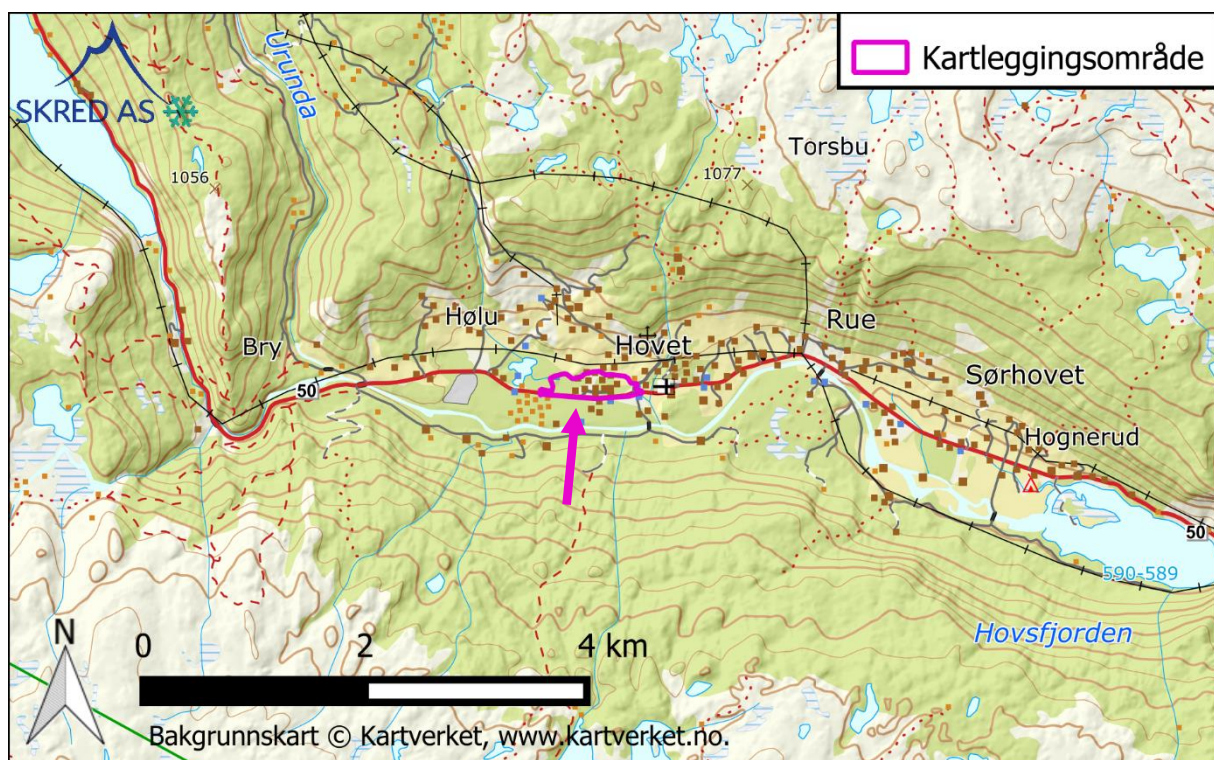
Moen boligfelt er en eldre reguleringsplan på Hovet i Hol kommune. Planområdet ligger innenfor NVEs aktsomhetssoner for flom der Sisseldøla utgjør en potensiell flomfare. Det ønskes derfor en detaljert flomfarevurdering.

1.3 Mål

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

1.4 Kartleggingsområdet

Moen boligfelt ligger på Hovet i Hol kommune, 8 km vest for kommunesenteret Hol. Beliggenheten til kartleggingsområdet er vist på Figur 1.



Figur 1: Beliggenheten til kartleggingsområdet, på Hovet 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.

2 Regelverk og krav

2.1 Lovverket

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, beskrevet på forrige side, på hva slags bebyggelse som ligger innenfor de ulike sikkerhetsklassene mot flom. Kommunen har bedt om at området kartlegges for sikkerhetsklasse F2.

3 Metode og data

3.1 Valg av metode

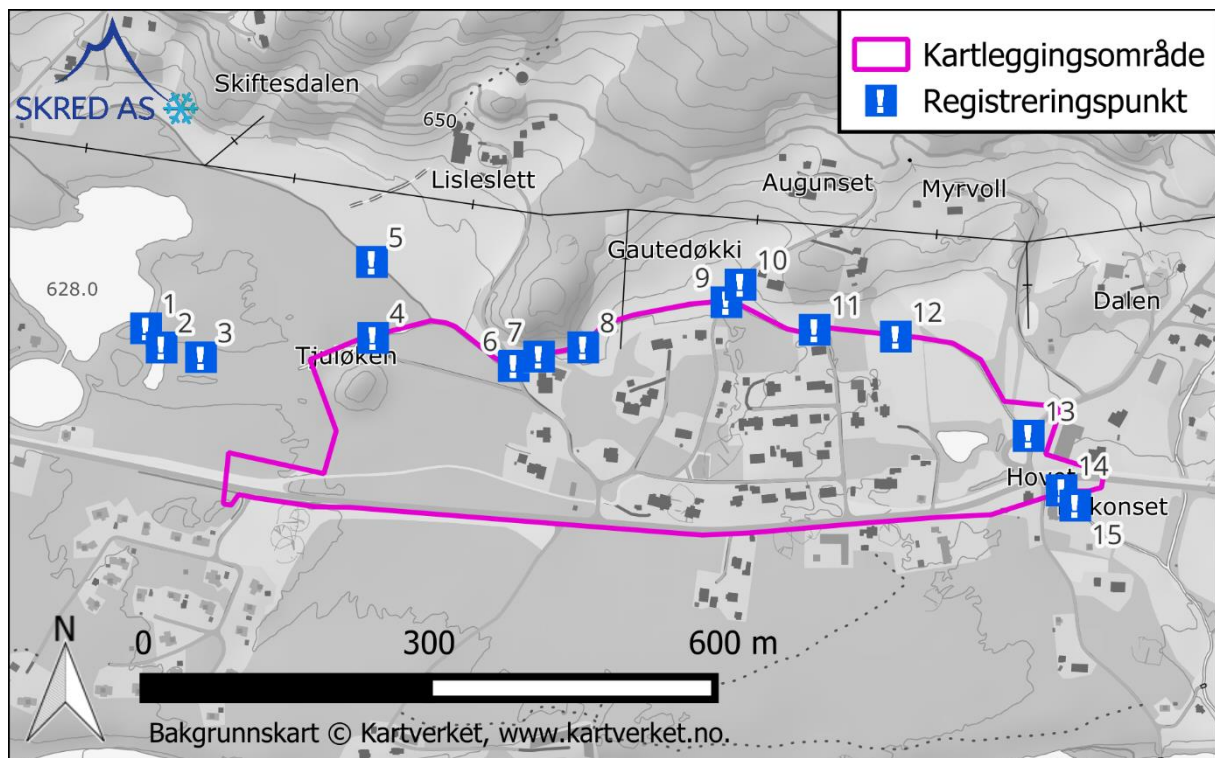
Da Sisseldøla forventes å kunne utgjøre en reell flomfare for kartleggingsområdet blir det utført en detaljert flomfarekartlegging etter veiledningen i NVE (2022a). Det inkluderer beregning av dimensjonerende vannføring etter aktuell NVE-veileder (NVE, 2022b), en detaljert hydraulisk modellering av vassdrag med konstruksjoner, samt vurdering hvordan andre vassdragsrelaterte farer kan påvirke faren for flom.

3.2 Tidligere utredninger i nærheten

Vi er ikke kjent med tidligere flomfarevurderinger i vassdraget. Vi har fått tilsendt resultatene fra flomberegninga for dam Sisseldøla (utført av Multiconsult i 2013) fra Hafslund Eco.

3.3 Oppsummering og resultater fra befaring

Befaring i området ble utført 27. mai 2024 av Ingvild Brekke, Skred AS. Under befaringa var det snøfritt i terrenget og lett regn. Registreringer ble gjort til fots. Registreringer fra befaring er vist i registreringskartet i Figur 2 og Tabell 2.



Figur 2: Registreringskart fra befaringen. Forklaring til punktene er gitt i Tabell 2.

Tabell 2: Beskrivelse av registreringer gjort i felt.

Reg-punkt	Beskrivelse
1	Utløpet fra tjernet Nykketjødnane er omtrent 3 meter bredt og bunnen 0,5 meter under dagens vannoverflate.
2	Bekkeløpet østover er 3 meter bredt, og ligger 1,5-2 meter lavere enn voll sør for bekken.
3	Små trær, kvister og løv har lagt seg på tvers av bekken og demmer opp vannstanden oppstrøms.
4	Tre stikkrenner under skogsveg. Stikkrennene har diameter 600 mm og 2 x 400 mm. De har lite vann. Ved tilstopping vil vannet dra rett over vegen og tilbake til bekkeløpet.
5	Grøftet bekkeløp. Omtrent 2 meter bred og bunnen ligger 70 cm lavere enn jordet nordøst for bekken.
6	Betongbru. Lysåpning 2,1 x 1,1 meter. 0,5 meter overdekning, og en 0,3 meter høy betongkant over vegen på både opp- og nedstrøms side. Hvis brua går full, vil vannet dra over vegen nord for brua.
7	Omtrent 1,2 meter fra bekkibunnen opp til terrenget sør for bekken.
8	Bekkeløpet er 2 meter bredt og 0,6 meter dypt i forhold til jordet sør for bekken. Det er steiner langs elvebredden, mens bunnen består av småstein og sand.
9	Stikkrenne på 1000 mm med 0,4 meter overhøyde. Kun jorder og lett vegetasjon samt lite fall oppstrøms gjør at det er mindre sannsynlig med tilstopping.
10	Delvis skjult/tilstoppet stikkrenne på 200 mm i grøft.
11	Bygg svært tett på bekkeløpet. Lav hastighet på vannet, ingen synlig erosjon.
12	Liten trebru over bekken. Brudekket ligger på samme nivå som terrenget sør for bekken. Fundamentene innskrenker ikke bekkeløpet. Brudekket er 0,25 cm tykt.
13	Innløp til et korrugert stålrør på 2000 mm. Innløpet har skråstilt rist og 60 cm overhøyde til vegen.
14	Utløp av 2000 mm-røret. Retningen på røret, og lavere hastighet på vannet ut tyder på at det er et bend mellom punkt 13 og 14. Topp utløp ligger 30 cm lavere enn Hovsvegen. Vestlige/sørlige elvebredde består av 2 meter høy tørrmur inn mot bebyggelse.
15	Ende på tørrmuren der aller steinene har falt ut i bekken. Bakenforliggende masser består av rullestein med diameter 20-30- cm, og kan lett vaskes ut under flom.

3.4 Topografiske data og eventuelle oppmålinger

Basert på bakkepunkter fra LiDAR-data av området fra 2018 (NDH Hol-Ål 5pkt 2018) lastet ned fra www.hoydedata.no er det etablert en terrengmodell med horisontal oppløsning på 0,5 x 0,5 meter. Alle høyder i rapporten er oppgitt i høydesystem NN2000.

3.5 Data for observerte flommer og kalibreringsdata

Under ekstremværet «Hans» i august 2023 gikk bekkeinntaket oppstrøms i Sisseldøla tett slik at alt vannet gikk i elva. Ifølge regulanten hadde «Hans» et gjentaksintervall på 5-50 år i vassdragene i denne delen av Hol. Vi har fått tilsendt en beskrivelse fra Hol kommune om hvilket område som ble oversvømt under «Hans», men vi har ikke noe konkret estimat på vannføringa i Sisseldøla under flommen.

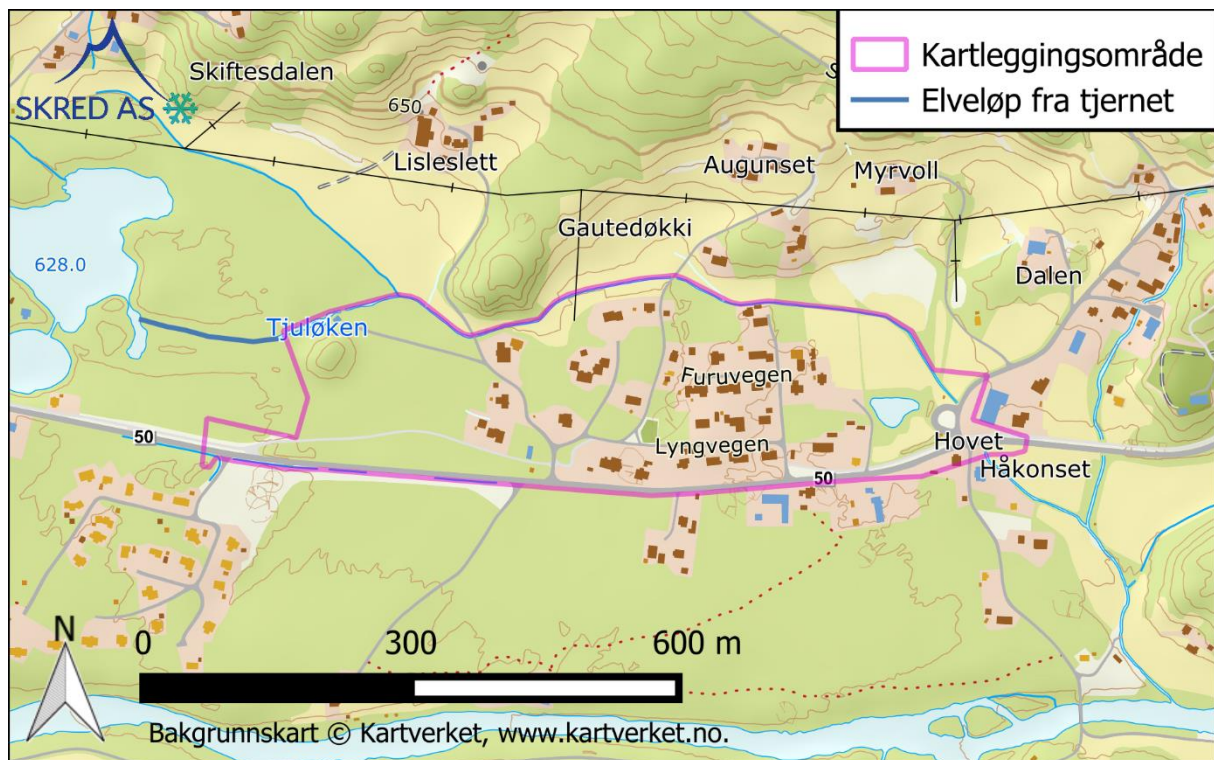
3.6 Beskrivelse av elveløp

Elva renner fra den sørøstre enden av Nykketjødnane og østover inn i kartleggingsområdet. Videre østover følger elva nordkanten av kartleggingsområdet. Elveløpet har forholdsvis lik karakteristikk gjennom kartleggingsområdet, 2-3 meter bred og minst 60 cm dypt. Elveløpet har trolig blitt gravd ut/kanalisert tidligere og flere steder er masser lagt opp som en provisorisk voll mellom elveløpet og bebyggelsen.

Elva krysser to veger og to stier gjennom stikkrenner og små bruer i kartleggingsområdet som forventer å kunne ha en oppstuvende effekt på vannstanden. Elva renner ut fra kartleggingsområdet gjennom et 2000 mm-rør under Hovsvegen (Rv. 50). Generelt er det jorder langs elva som forventes å oversvømmes først når kryssingen går fulle.

Elva er slak og stort sett sakteflytende med noen små, svært lokale stryk med fall på 10-20 cm der vannhastigheten er noe høyere. Mot elvebredden består bunnen/kanten av avrundede steiner og steinblokker, mens bunnen midt i elva består av finere masser som småstein og grus. Gjennom hele kartleggingsområdet er det sammenhengende kantvegetasjon langs elvebreddene.

Figur 3 viser et oversiktskart over området, mens Figur 4 viser et representativt foto av elveløpet.



Figur 3: Oversiktskart over kartleggingsområdet og Sisseldøla.



Figur 4: Representativt foto av elveløpet.

3.7 Beskrivelse av konstruksjoner

Det er fem kryssinger av elva som forventes å påvirke vannlinja i kartleggingsområdet. Den øverste ligger ved vannverket, helt i oppstrøms ende av kartleggingsområdet i registreringspunkt 4. Her ligger det én 600 mm-stikkrenne og to 400 mm stikkrenner med liten overhøyde. Figur 5 viser den neste, en betongbru med lysåpning 2,1 x 1,1 meter, registreringspunkt 6. Den neste, Figur 6, 240 meter lenger nede, er en 1000 mm-kulvert, registreringspunkt 9.



Figur 5: Bru for Lilleslettvegen (reg. punkt 6).



Figur 6: Stikkrenne under Augunetvegen (reg. punkt 9).

Figur 7 viser en liten trebru i registreringspunkt 12 som krysser elva 180 meter nedstrøms forrige stikkrenne og 180 meter før kulverten ut fra kartleggingsområdet. Kulverten ut fra kartleggingsområdet (Figur 8, registreringspunkt 13) er et korrugert stålrør på 2000 mm. Innløpet er dekket av en skråstilt rist.



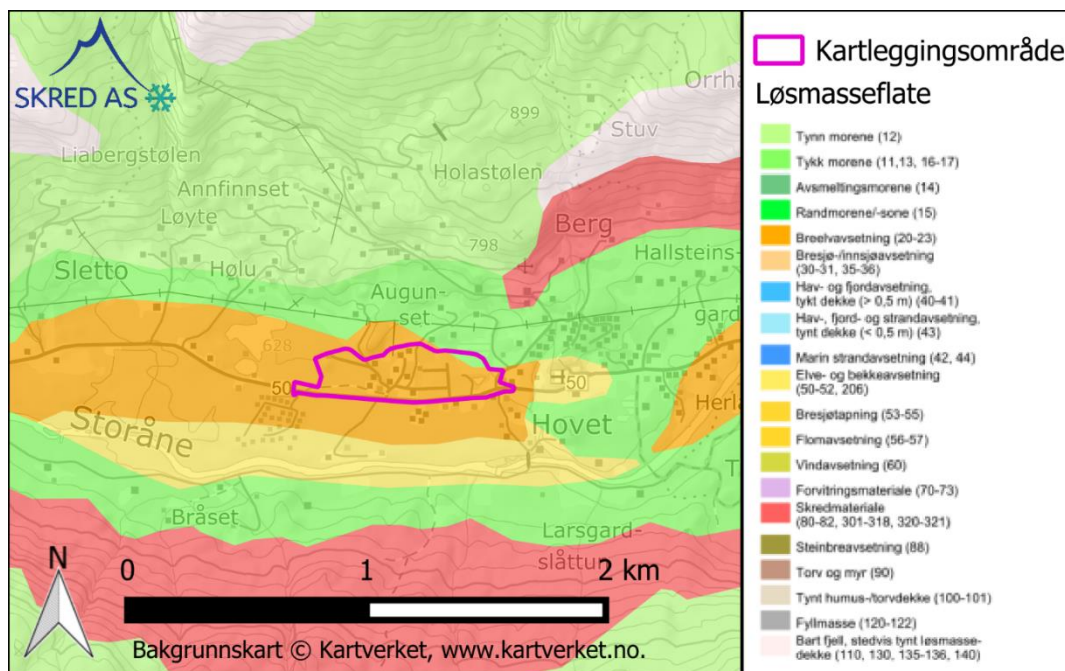
Figur 7: Liten trebru (reg. pkt 12).



Figur 8: Kulvert under Hovsvegen (Rv. 50, reg. punkt 13).

3.8 Grunnforhold

Området består ifølge NGU sitt løsmassekart av breelvavsetning (kartlagt i 1:250 000), se Figur 9. Området ligger over marin grense.



Figur 9: Løsmassekart, NGU.

4 Flomberegning

4.1 Metode

Hvilke metoder som bør benyttes ved en flomberegning avhenger av flere forhold. Valg av metode må blant annet gjøres ut fra geografiske- og meteorologiske parametere, om det finnes målestasjoner i vassdraget eller i nærliggende vassdrag, kvalitet og lengde på eventuelle måleserier, samt det aktuelle nedbørfeltets størrelse og feltkarakteristika.

NVE sin veileder for flomberegninger (2022b) er lagt til grunn for beregning av dimensjonerende flommer.

4.2 Beskrivelse av nedbørfelt og regulering

Nedbørfeltet til Sisseldøla drenerer sørover. Øvre del av feltet er slakt og består av snaufjell, mens nedre del av feltet er brattere og skogkledd. Det er flere høytliggende små tjern i feltet som kan bidra til noe naturlig flomdemping. Nykketjødnane rett oppstrøms planområdet kan og bidra til noe naturlig flomdemping, men generelt forventes feltet å ha en rask avrenningskarakteristikk.

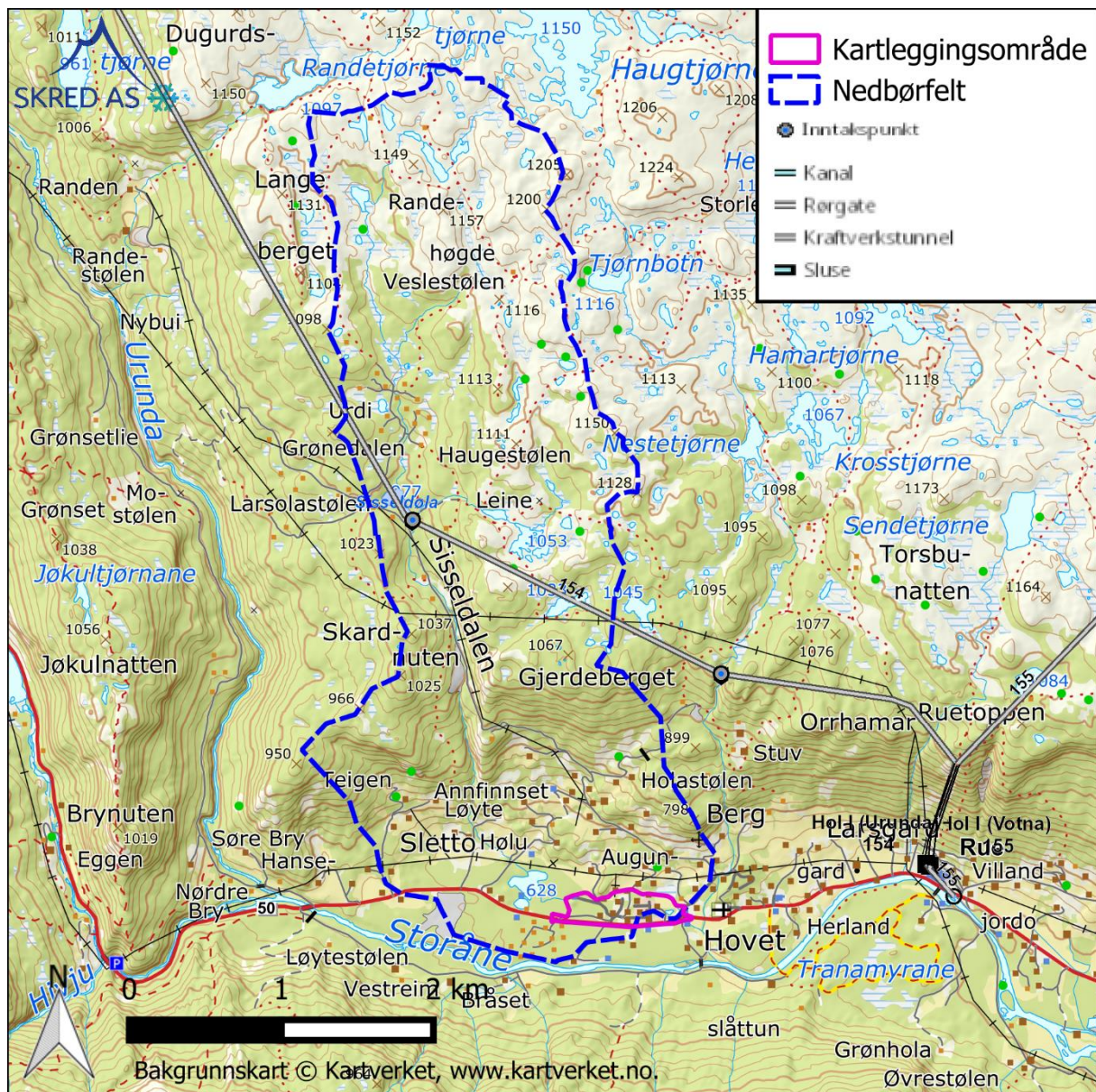
Bekkeinntaket *Sisseldøla* ligger omtrent midt i feltet, og inntaksdammen har et nedbørfelt på 4,6 km². Ved normalvannføring går alt av vann i inntaket. Under ekstremværet «Hans» i august 2023 gikk bekkeinntaket tett på grunn av drivgods, og VTA Oddmund Brevik i Hafslund Eco mener at det er rimelig å anta også ved fremtidige flommer.

Feltkarakteristika til Sisseldøla er vist i Tabell 3 og feltgrensene er vist i Figur 10.

Tabell 3: Feltkarakteristika til Sisseldøla.

Vassdrag	Feltareal [km ²]	q _N * [l/s*km ²]	Eff. sjø [%]	Skog [%]	Snaufjell [%]	Feltlengde [km]	Høydeint. [moh.]
Sisseldøla	9,6	20,3	0,37	55	27	5,8	624-1200

*fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961-90.



Figur 10: Feltgrensene til Sisseldøla ved kartleggingsområdet, med bekkeinntaket i elva midt i nedbørfeltet.

4.3 Flomfrekvensanalyse

4.3.1 Målestasjoner

Det foreligger ingen kjente målinger av flomvannføring i Sisseldøla. Det er derfor funnet et utvalg målestasjoner som sammen kan gi en indikasjon på flomforholdene. Kvaliteten til vannføringskurvene er gitt av NVE sin vurdering av aktuell kurve, noe som er avgjørende for kvaliteten til måledataene.

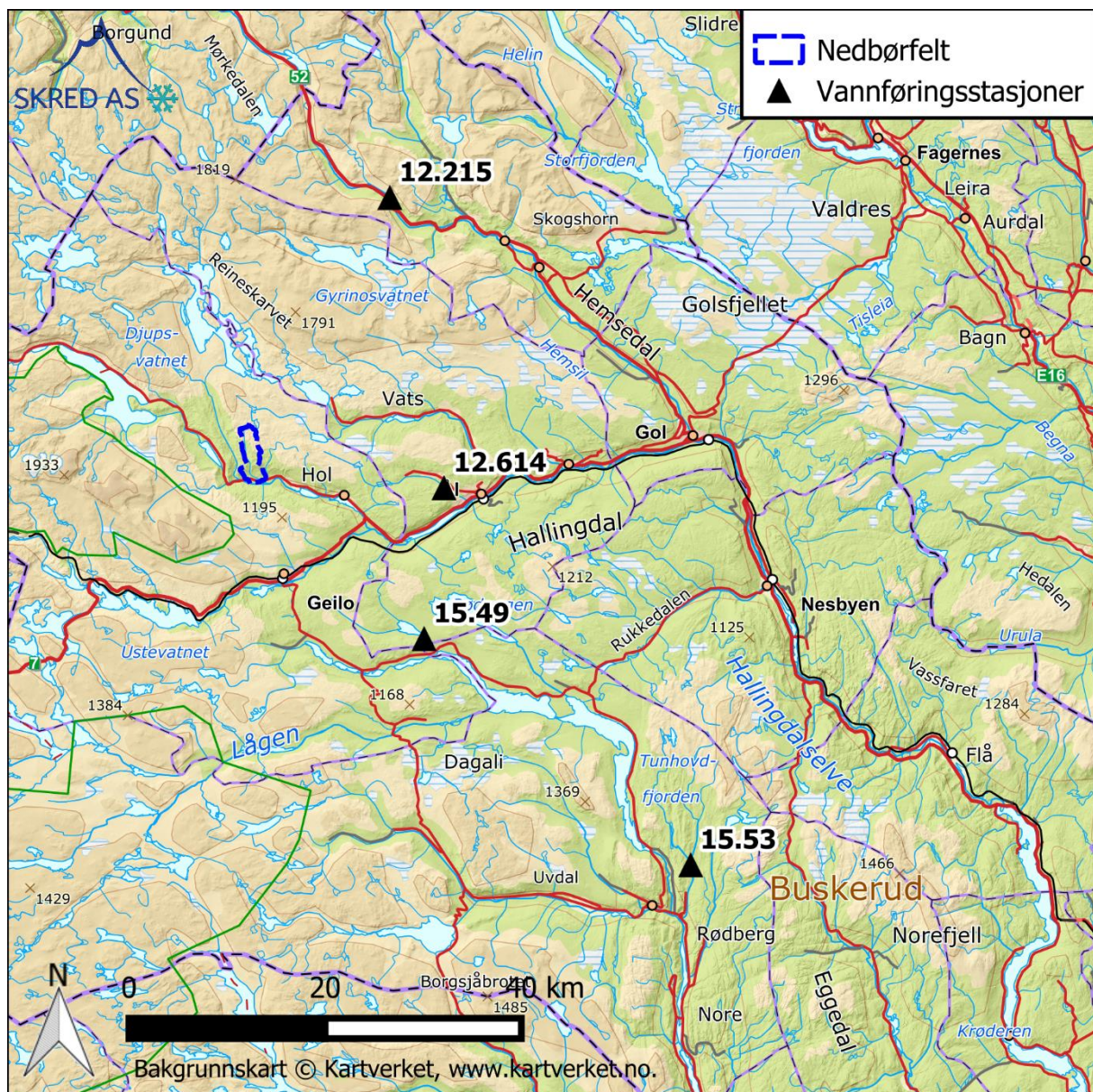
I Tabell 4 er det gitt et utvalg målestasjoner, inkludert feltkarakteristika, som sammen kan gi en indikasjon på flomforholdene i det vurderte nedbørfeltet og gi grunnlag for lokal flomfrekvensanalyse. Det er valgt ut stasjoner som ikke er påvirket av regulering og hvor det foreligger et datagrunnlag med tilstrekkelig kvalitet. Middellavrenning (q_n) er beregnet basert

på måleserien ved hver stasjon. Hypsografisk kurve til stasjonene er vist i Figur 12 og beliggenhet er vist i Figur 11.

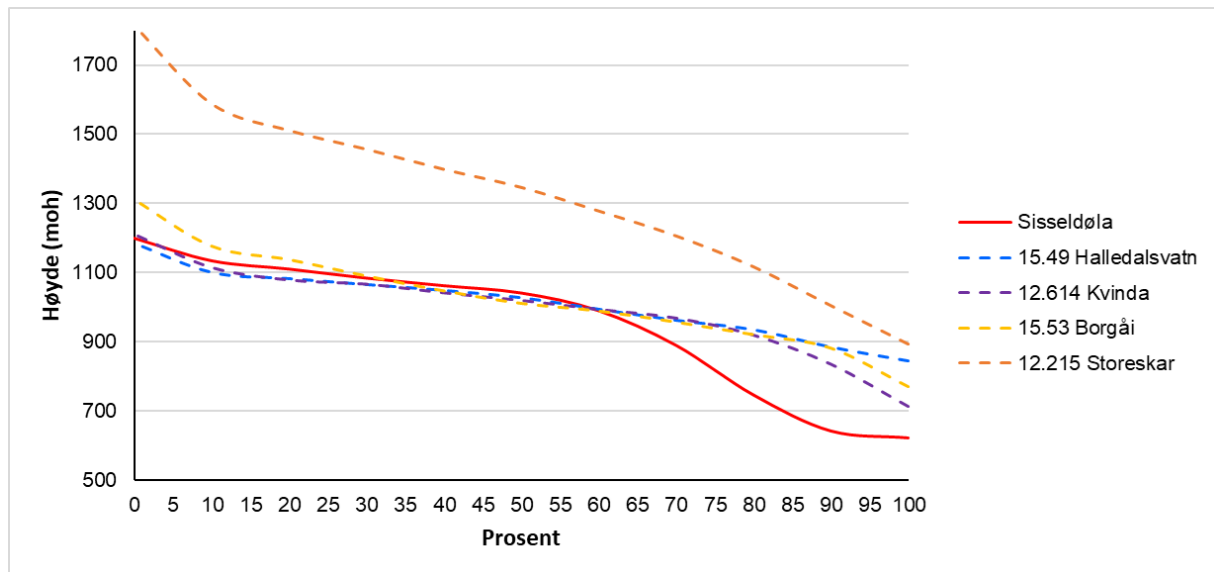
Tabell 4: Feltkarakteristika og kurvekvaliteten til utvalgte referansevasdrag.

Målestasjon	Feltareal [km ²]	Måleperiode [år]	q _N [l/s*km ²]	Eff. sjø [%]	Skog [%]	Snaufjell [%]	Høydeint. [moh.]	Kurvekvalitet (flom)
Sisseldøla	9.6	-	20,3*	0,37	55	27	624-1200	-
12.215 Storeskar	120	1988-2023	33.3	0.34	8	78	895-1814	Bra
15.53 Borgåi	94	1967-2023	16.7	0.42	46	29	771-1011	Middels
15.49 Halledalsvatn	59	1964-2023	16.4	3.85	59	19	846-1028	Bra
12.614 Kvinda	49	2019-2023	21.4	0.55	54	24	714-1211	Usikker

*fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961–1990.



Figur 11: Beliggenhet til utvalgte målestasjoner.



Figur 12: Høydefordelinga til Sisseldøla og vurderte målestasjoner.

4.3.2 Valg av metode for flomfrekvensanalyse

Ved de utvalgte målestasjonene er det lange serier med findata (> 25 år), og det er derfor valgt å gjøre flomfrekvensanalyse direkte på findata.

4.3.3 Lokal flomfrekvensanalyse

Vannføringsmålinger fra de aktuelle målestasjonene er hentet ut og analysert gjennom NVE-databasen Hydra2. Det er gjort flomfrekvensanalyse av måleseriene på årsflommer. For hver måleserie er det gjort et valg av type frekvensfordeling basert på serielengde og frekvenskurven sin tilpasning til dataene. 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	
15.53 Borgåi	45	29.7	316	2.34	2.84	3.30	Gumbel
15.49 Halledalsvatn	48	11.4	193	2.32	2.78	3.25	Gumbel
12.614 Kvinda	4	15.0	305*	-	-	-	-
12.215 Storeskar	33	48.2	402	1.98	2.47	2.94	Gumbel

* Måleserien til 12.614 Kvinda består kun av fire år med data, der én av årsflommene er «Hans». «Hans»-målingen er betydelig høyere enn de tre andre årsflommene, og beregnet middelflom forventes derfor å være kunstig høy på grunn av «Hans»-målingen.

4.3.4 Regional flomfrekvensanalyse (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, og resulterende vekstkurve vurderes som robust for returperioder opp mot

200 år. Det betyr at et godt estimat av middelflom vil redusere usikkerheten i beregningene betraktelig.

Middelavrenning fått fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961-1990 virker rimelig sammenlignet med verdiene ved den nærmeste målestasjonen 12.614 Kvinda. Det er derfor valgt å benytte en middelavrenning på 20,3 l/s*km² i flomformelverket.

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

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

	Middelflom	Middelflom	Q ₂₀₀ /	Q ₂₀₀
	Q _M [m ³ /]	q _M [l/s*km ²]	Q _M	[m ³ /s]
Lav (2,5 %)	2.0	206		5.6
Middel	4.0	413	2.83	11.2
Høy (97,5 %)	7.9	826		22.4

4.4 Nedbør-avløpsmetoder

4.4.1 PQRUT

Da Sisseldøla er karakterisert som et lite felt ($A < 10 \text{ km}^2$) med en rask avrenningskarakteristikk, og det heller ikke foreligger god nedbørstatistikk for kortere varigheter i området, vurderes det at PQRUT for Sisseldøla vil være beheftet en stor grad av usikkerhet. Det er derfor valgt å ikke utføre flomberegning med denne metoden.

4.4.2 Den rasjonale metode

Da nedbørfeltet er betydelig større enn 2 km² vurderes den rasjonale metoden som lite aktuell for Sisseldøla.

4.5 Klimaframskrivninger

NVE (2022b) anbefaler et klimapåslag på 40 % benyttet for å ta hensyn til forventet økning i flomstørrelser frem mot år 2100 for alle nedbørfelt mindre enn 10 km². Klimaprofil for Buskerud (Norsk Klimaservicesenter, 2024) anbefaler et klimapåslag på minst 20 % for mindre, bratte vassdrag som vil reagere raskt på nedbør. Vi benytter 40 % klimapåslag på beregningene.

4.6 Vurdering av resultater

4.6.1 Middelflom

Sisseldøla har et mindre feltareal enn de vurderte vannføringsstasjonene som generelt gjør at det forventes høyere spesifikke vannføring.

15.49 Halledalsvatn ligger omtrent 20 km sørover, på samme høyde og med godt grunnlag for frekvensanalyse. Målestasjonen har et seks ganger større nedbørfelt og høy effektiv sjøprosent, så det forventes betydelig høyere spesifikke flommer i Sisseldøla.

12.215 Storeskar ligger høyere i terrenget, med større andel snaufjell og betydelig høyere spesifikk avrenning. Samtidig er nedbørfeltet tolv ganger større, så det er vanskelig å avgjøre

hvilken faktor som er viktigst i sammenligningen mot Sisseldøla. Vannføringskurven er vurdert som god.

12.614 Kvinda har et relativt lite nedbørfelt rett øst for Sisseldøla. Måleserien består kun av fire år med data, og derfor et svært begrenset grunnlag for frekvensanalyse. Vannføringen under ekstremværet «Hans» i august 2023 ble målt inn (også fysisk) ved målestasjonen til en spesifikk flom på $700 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. «Hans»-målingen har betydelig påvirkning på beregnet middelflom for 12.614 Kvinda fordi måleserien er så kort. Til tross for forskjellen i feltstørrelse forventer vi derfor at middelflommen til Sisseldøla er lavere enn middelflommen ved 12.614 Kvinda.

Nedbørstatistikken fra området under Hans viser at det var over 100-års gjentakintervall for 3-døgns nedbør ved nedbørstasjonene Geilo-Oldebråten og Ål III, og døgnedbør med gjentakintervall på 25-50 år (Meteorologisk institutt, 2023). Ved å bruke NIFS for feltet til Kvinda hadde «Hans»-målingen en returperiode på mellom 50 og 100 år i Kvinda.

Ifølge Oddmund Brevik i Hafslund Eco, regulanten for Sisseldøla, så ga «Hans» en 5 til 50-årsflom i den aktuelle delen av Hol. Det, i kombinasjon med at Kvinda har et større nedbørfelt, gjør at vi forventer at spesifikk 200-årsflom for Sisseldøla ligger godt over «Hans»-målingen i Kvinda.

15.53 Borgåi ligger 6 mil lenger sørøst, har lavere spesifikk avrenning og middels kurvekvalitet ved stor vannføring. Det forventes høyere spesifikke flommer i Sisseldøla.

Ut fra målestasjonene forventes spesifikk kulminert middelflom i Sisseldøla å være rundt $350\text{-}400 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. Dette er rett under middelestimatet fra RFFA-NIFS.

4.6.2 Vekstfaktor

15.49 Halledalsvatn vurderes å ha det beste grunnlaget for frekvensanalyse blant målestasjonene samtidig som feltsammensetningen vurderes å være relativt representativ for Sisseldøla. Vekstfaktoren for 15.49 Halledalsvatn, 15.53 Borgåi og 12.171 Hølervatn ligger alle rundt 2,8, i likhet med RFFA-NIFS. Vekstkurven fra RFFA-NIFS vurderes som robust for små felt, og siden den omtrentlig sammenfaller med flere av målestasjonene, velger vi å legge vekt på vekstfaktoren fra formelverket.

Ved den nest nærmeste målestasjonen, 15.49 Halledalsvatn, var «Hans» en 20-årsflom. For valgt middelflom og vekstkurve (NIFS) for Sisseldøla tilsvarer $700 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ («Hans»-målingen i Kvinda) en 20-årsflom, så dette virker rimelig.

4.6.3 Sammenligning og vurdering av resultater fra ulike metoder

Vurdert middelflom fra stasjonene er rett under middelestimatet fra flomformelverket, og vi velger derfor å benytte øvre estimat fra målestasjonene, og sette kulminert middelflom på $400 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. Vekstkurven fra flomformelverket samsvarer bra med flere av målestasjonene og benyttes.

Resultatene fra de ulike flomberegningsmetodene er oppsummert i Tabell 7.

Tabell 7: Sammenligning av resultater fra flomberegninger med ulike metoder (kulm.).

Metode	q_m [l/s*km ²]	q_{200} [l/s*km ²]
Vurdert fra referansefelt	350-400	-
Formelverk for små nedbørfelt	200-830 (413)	580-2330 (1170)
VALGT	400	1130

4.7 Dimensjonerende vannføring

Dimensjonerende vannføring beregnet for Sisseldøla er gitt i Tabell 8. Spesifikk 200-årsflom med klimatillegg er beregnet til 1580 l/s*km².

Tabell 8: Dimensjonerende vannføring i Sisseldøla med og uten klimapåslag (kulminasjon).

Vassdrag	Feltareal [km ²]	Klima-påslag	Middelflom	Middelflom	Q_{200}/Q_M	Q_{200}
			Q_M [m ³ /s]	q_M [l/s*km ²]	Q_M	[m ³ /s]
Sisseldøla	9.6	Ingen	3.8	400	2.83	10.8
Sisseldøla	9.6	1.4	5.4	560	2.83	15.2

4.8 Klassifisering av det hydrologiske datagrunnlaget for flomberegningen

Da det foreligger observasjoner relativt nært vassdraget og observasjonene har god kvalitet, vurderes det hydrologiske grunnlaget for flomberegninger til klasse 2 (på en skala fra 1 – 5 der 1 er best). Det tilsvarer klassifiseringskriteriet «*Brukbart hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i eller nært vassdraget*».

4.9 Sammenligning mot flomberegning for dam Sisseldøla

Multiconsult utførte i 2012-2013 en flomberegning for dam Sisseldøla. Vi har fått tilsendt et utdrag av resultatet fra VTA Oddmund Brevik hos Hafslund Eco. Tabell 9 viser relevant utdrag.

Tabell 9: Utdrag av flomberegning for inntaksdam Sisseldøla (Multiconsult, 2013).

T	q_T [l/s*km ²]	Q_T/Q_M	Q_T [m ³ /s] (døgnmiddel)	$Q_{T_{\text{mom}}}$ [m ³ /s] (kulminasjon)
Middelflom	320	1	1.5	2.9
200-årsflom	776	2.43	3.6	6.9

Ut fra tallene i tabellen er det benyttet en kulminasjonsfaktor på omtrent 1,9, som gir spesifikk middelflom på 610 l/s*km² og spesifikk 200-årsflom på 1500 l/s*km². Feltarealet er 4,6 km², omtrent halvparten av Sisseldøla ved kartleggingsområdet, så det vurderes som rimelig at vår spesifikke middelflom er noe lavere enn dam-flomberegninga tilsier. Vi har benyttet en høyere vekstfaktor, så vår spesifikke 200-årsflom før klimapåslag er noe lavere enn beregningene til Multiconsult. Ifølge VTAen er verdiene i dam-flomberegninga trolig noe lave ut fra opplevde flommer. Samtidig, så har metodene utviklet seg siden 2013, og siden flomfrekvensanalyse i dag gjøres direkte på findata benyttes det ikke lenger en kulminasjonsfaktor som for dam-flomberegninga er satt svært høyt på 1,9.

Vi vurderer det dermed som rimelig at våre beregninger er lavere enn dam-flomberegninga fra 2013.

5 Hydrauliske beregninger

5.1 Modellvalg

I beregning av vannlinje og hydrauliske parametere er programvaren Hec-Ras versjon 6.5 benyttet. De viktigste inngangsparameterne til Hec-Ras modellen er geometri (terrengmodell, grid, elvebanker og konstruksjoner), ruhet, grensebetingelser og vannføring. For å best mulig vurdere strømningsforholdene er en 2-dimensjonal-modell vurdert hensiktsmessig.

5.2 Oppsett av modell

5.2.1 Terrengmodell og modelloppsett

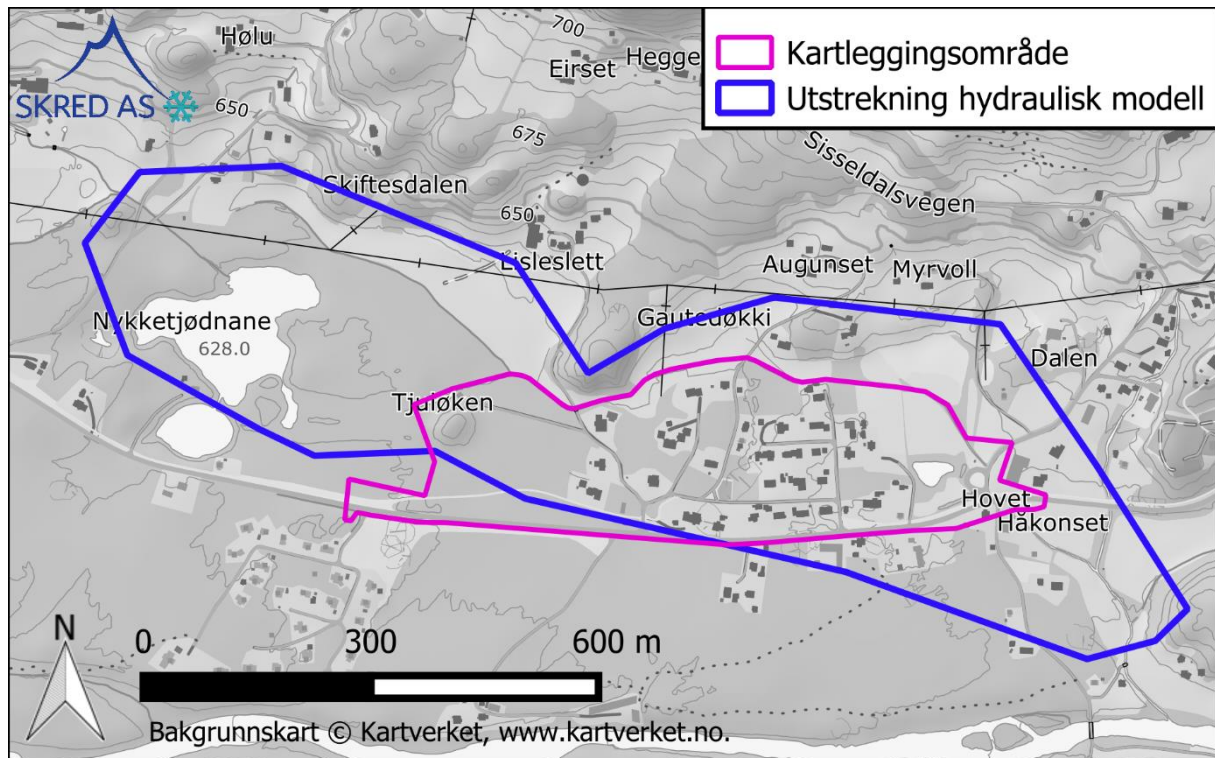
Terrengmodellen som er benyttet i den hydrauliske modellen er beskrevet i avsnitt 3.4. Bekkeløpet er justert i terrengmodellen basert på relative innmålinger gjort under befaring.

Oppstrøms grensebetingelse er plassert i elveløpet oppstrøms tjernet, mens nedstrøms grensebetingelse er plassert 230 meter nedstrøms utløpet fra kulverten, rett før Sisseldøla renner ut i Storåne.

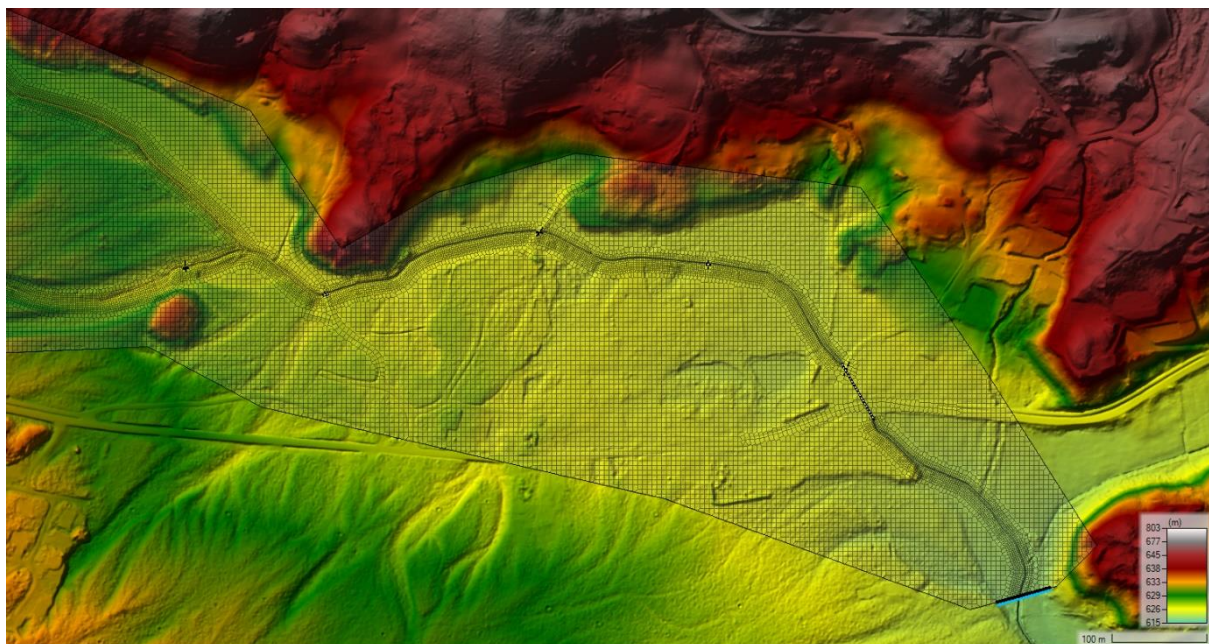
Benyttede parametere i modellen er oppsummert i Tabell 10. Utstrekningen til den hydrauliske modellen er vist på Figur 13. Terrengmodell, benyttet beregningsgrid og plassering av grensebetingelser er illustrert i Figur 14.

Tabell 10: Parametere benyttet i Hec-Ras modell for Sisseldøla.

Parameter	Verdi
Oppløsning på terrengmodell	0,5 x 0,5 meter
Oppstrøms grensebetingelse	Normalstrømning
Nedstrøms grensebetingelse	Normalstrømning
Cellestørrelse beregningsgrid	2 x 2 meter i elveløpet 5 x 5 meter ellers
Likningssett	Full momentum
Tidsskritt	Gitt av courant-number mellom 0,1 og 1,0
Manningstall	Elv 25 Veg 60 Plen 30 Jorde 25 Skog 10 Bygg 0.01



Figur 13: Utstrekning til hydraulisk modell.



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

5.2.2 Konstruksjoner

Alle bruer, kulverter og stikkrenner for elva i kartleggingsområdet er lagt inn som kulverter i Hes-Ras basert på innmålinger på befaring. Modellert kapasitet er kontrollert opp mot nomogram (SINTEF, 1992).

5.3 Kalibrering og tilpasning av modell

Modellen er verken tilpasset eller kalibrert.

5.4 Modellering av dimensjonerende flommer

Modelleringen viser at både elveløpet, bruer og kulverter i kartleggingsområdet har for liten kapasitet til dimensjonerende 200-årsflom. Dette fører til oppstuvning av vann oppstrøms hver kryssende veg, og siden terrenget er forholdsvis slakt er det relativt store områder som oversvømmes. Jorder og skog langs elva samt flere lavereliggende hager oversvømmes. Figur 16 viser oversvømmelsene øst for Augunsetvegen under «Hans», der hele søkket som elva renner i er oversvømt. Dette stemmer med modelleringsresultatene.

Samtidig, så viser modelleringen av eksisterende bebyggelse i all hovedsak ligger høyere enn vannstanden ved dimensjonerende flom. Dette underbygges også av beskrivelsen av området under «Hans» fra kommunen, der det ble nevnt at folk hadde vann i kjelleren, men ingen med vann i første etasje.

Siden vannet i stor grad stuves opp foran kryssende veger, er modellert vannhastighet generelt svært lav, mindre enn 1 m/s. Unntaket er når vannet går i overløp over vegene, der er hastigheten inntil 2 m/s. Figur 15 viser en illustrasjon av modellert strømnings situasjon.



Figur 15: Illustrasjon av modellert strømnings situasjon ved en 200-årsflom inkludert klimapåslag.



Figur 16: Skjermbilder fra video tatt under "Hans" fra Fjellkallvegen 6 (reg. punkt 11) viser at hele søkket som elva renner i ble oversvømt. Videoklipp tilsendt fra kommunen.

5.5 Følsomhetsanalyser

Det er 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 %
- 50 % tilstopping av alle stikkrenner, bruer og kulverter

Alle følsomhetsanalysene gir en økning i vannstand på mindre enn 10 cm. Dette forårsakes av at kryssingene av elva har for liten kapasitet i utgangspunktet slik at det er høyden på de kryssende vegene som er bestemmende for vannstanden. Modellen vurderes derfor å være lite følsom på endringer i parametere.

5.6 Klassifisering av hydraulisk modell

Den hydrauliske modellen er verken tilpasset eller kalibrert, men følsomhetsanalysen gir endringer i vannstand på inntil 10 cm. Modellen vurderes derfor til klasse D.

5.7 Sikkerhetspåslag

Valg av sikkerhetspåslag skal basere seg på en skjønnsmessig vurdering. I NVE (2022a) anbefales det som grunnlag for valg av sikkerhetspåslag å ta utgangspunkt i en metodikk der man estimerer en økt vannstandssigning basert på en økt vannmengde gitt av klassifiseringen til flomberegningen og den hydrauliske modellen. Metoden forutsetter at det ikke er gjort konservative valg under utredningen.

Endelig sikkerhetspåslag settes basert på en skjønnsmessig vurdering av resultatene fra analysen med økt vannføring, samt vurdering av andre usikkerhetsfaktorer i vassdraget som for eksempel massetransport, fare for bunnheving og tilstopping av konstruksjoner.

For Sisseldøla er et prosentvis påslag på vannføringen som grunnlag for vurdering av sikkerhetspåslag funnet til 30 % som vist i Tabell 11.

Tabell 11: 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 modellert økning i vannstand ved 30 % økt vannføring anbefales det å benytte et sikkerhetspåslag på 0,15 meter på dimensjonerende flomnivåer.

6 Andre farer i vassdraget

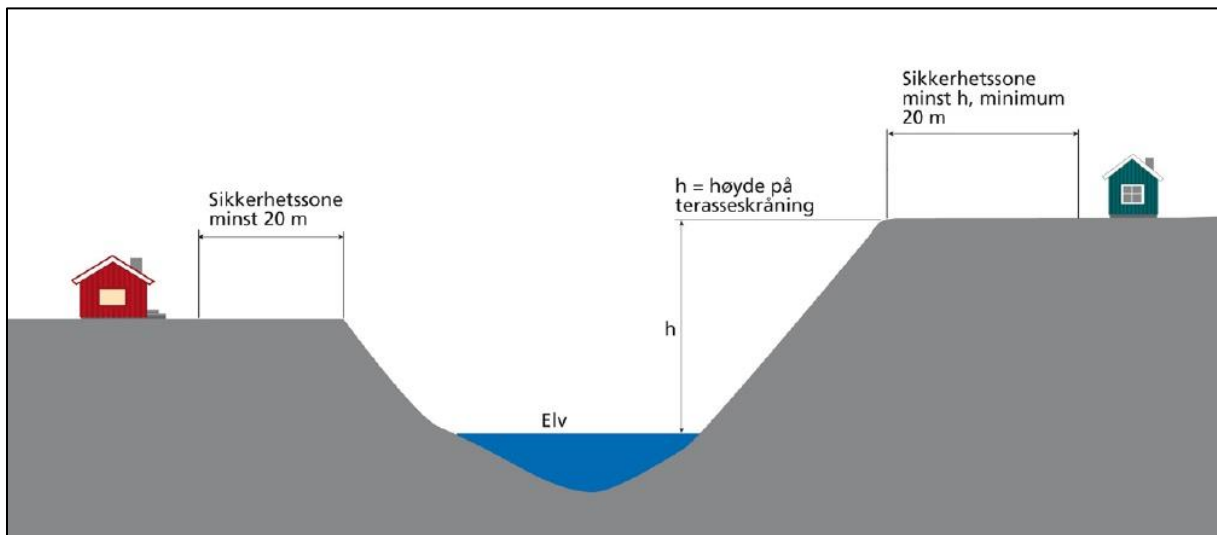
6.1 Tilstopping og vann på avveie

Modelleringen viser at kryssingen av elva ikke har kapasitet til dimensjonerende flom. I tillegg konsekvensen av tilstopping av kryssingene nærmere vurdert i følsomhetsanalysen, så flomfaren ivaretar fare for vann på avveie på grunn av tilstopping.

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. Avstanden til erosjonsutsatt elvekant må være minst like stor som høyden på kanten (målt fra toppen av skrent til normalvannstand i elv eller bekk), og ikke under 20 meter selv om høyden er mindre enn dette (illustrert i Figur 17). Avstanden kan være mindre dersom elva eller bekken sikres mot erosjon, og bør være større der elvekanten består av lett eroderbare masser.



Figur 17: Illustrasjon av sikkerhetssone mot erosjon (gjengitt fra TEK17 §7-2 fjerde ledd).

Det ble ikke observert pågående erosjon i elva i kartleggingsområdet, og modellerte vannhastigheter er for mesteparten av elva svært lave. Elvekantene vurderes derfor å være lite erosjonsutsatte. Samtidig, så består grunnen trolig av lett eroderbare masser, og vi anbefaler derfor at ny bebyggelse planlegges minst 6 meter fra elva slik at eksisterende kantvegetasjon, som bidrar til å binde eroderbare masser, bevares.

6.2.2 Massetransport

Elva er så slak i kartleggingsområdet at massetransport forventes å foregå i svært begrenset omfang, og dermed ikke utgjøre et problem.

6.3 Isproblematikk

Vi er ikke kjent med problemer relatert til is i vassdraget.

7 Resultater og konklusjon

7.1 Dimensjonerende vannføring

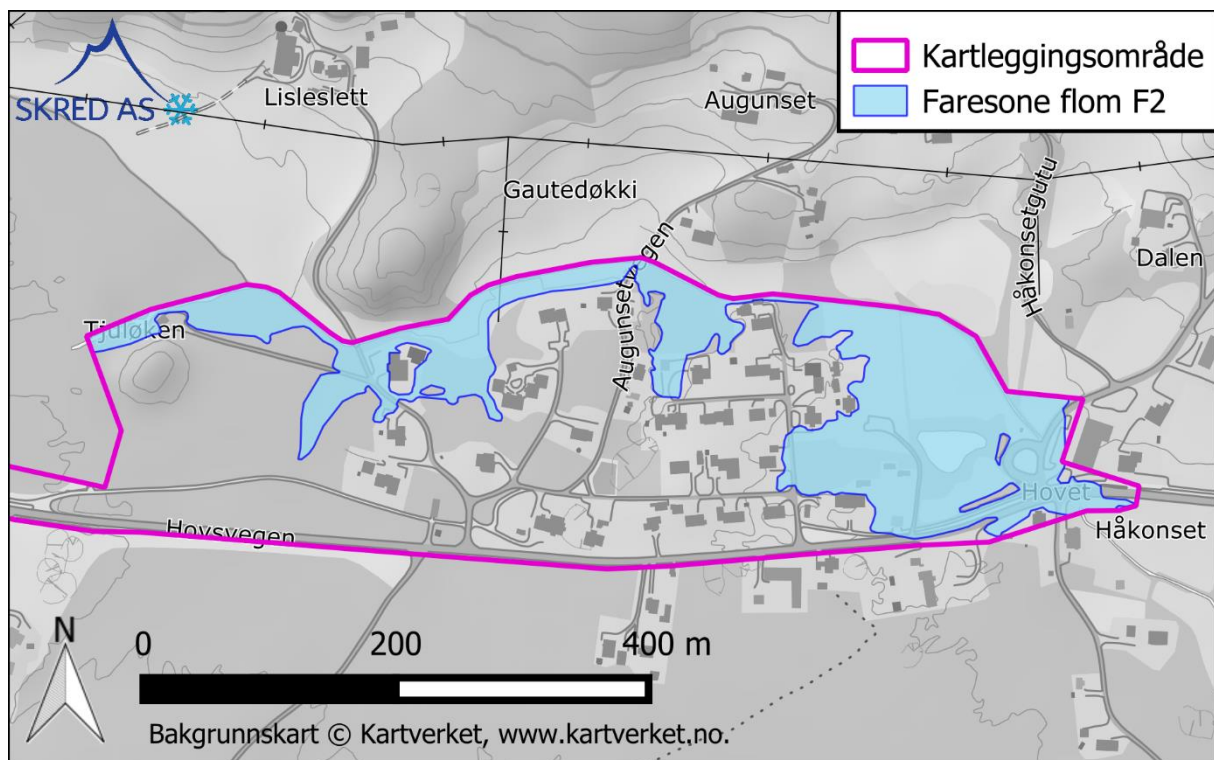
Dimensjonerende 200-årsflom inkludert 40 % klimapåslag er beregnet til 15,2 m³/s for Sisseldøla.

7.2 Faresoner for flom

Basert på resultater fra modelleringen og analysene er det tegnet opp faresone for flom for kartleggingsområdet. Faresonen viser hvilke områder som vurderes utsatt for flom med en årlig sannsynlighet større enn 1/200 i et endret klima.

Faresonen langs Sisseldøla er en konsekvens av at kryssingene i elva har liten til svært liten kapasitet sammenlignet med dimensjonerende flom som fører til oppstuvning av vann oppstrøms kryssende veger. Siden terrenget er slakt vil store, lavereliggende områder langs elva oversvømmes.

Faresonen for flom er vist i Figur 18 og gitt med beregnede flomvannstander i Kartbilag A. Dersom det etableres bebyggelse innenfor sonen anbefales det å benytte et sikkerhetspåslag på ytterligere minimum 0,15 meter over dimensjonerende flomvannstand som er angitt som koter i vedlagt flomsonekart.



Figur 18: Faresone som viser områder utsatt for flom med en årlig sannsynlighet større enn 1/200 i år 2100 (sikkerhetsklasse F2).

7.3 Sikkerhet mot erosjon

I henhold til krav i TEK17 §7-2 (4) skal byggverk plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon. Det ble ikke observert pågående erosjon på befaring. Vi anbefaler at det

settes av en hensynssone for erosjon på 6 meter langs vassdraget slik at ny eksisterende kantvegetasjon bevares og erosjonssikkerheten opprettholdes.

7.4 Risikoreduserende tiltak

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 redusere faresonen, eller at byggverk dimensjoneres på en måte slik at det ikke tar skade ved dimensjonerende flom.

Det mest aktuelle tiltaket for å redusere faresonen vil være å oppdimensjonere kryssingene, der den nederste under Hovsvegen (Rv. 50) er viktigst. Dagens kulvert har kapasitet til omtrent halvparten av dimensjonerende vannføring. Det kan for eksempel være aktuelt å legge en lik kulvert parallelt med dagens. Et annet risikoreduserende tiltak kan være å anlegge en bedre ristløsning, siden dagens rist fremstår utsatt for gjentetting og vanskelig å rense.

Utbygging innenfor faresonen, men minst 20 meter fra elva, kan la seg gjøre dersom planeringshøyden til nye bygg tilsvarer dimensjonerende flomnivå med 0,15 meter usikkerhetspåslag.

Ifølge løsmassekartet består grunnen av breelvavsetninger som forventes å være svært permeable. Dette underbygges av at enkelte eksisterende bygg fikk vann i kjelleren under «Hans». Kjeller under beregnet flomnivå frarådes derfor i nærheten av elva selv om det er utenfor faresonen.

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>

Meteorologisk institutt, 2023. METinfo Hendelsesrapport - Ekstremværet "Hans."




Norsk Klimaservicesenter, 2024. Klimaprofiler [WWW Document]. URL <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/om>

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

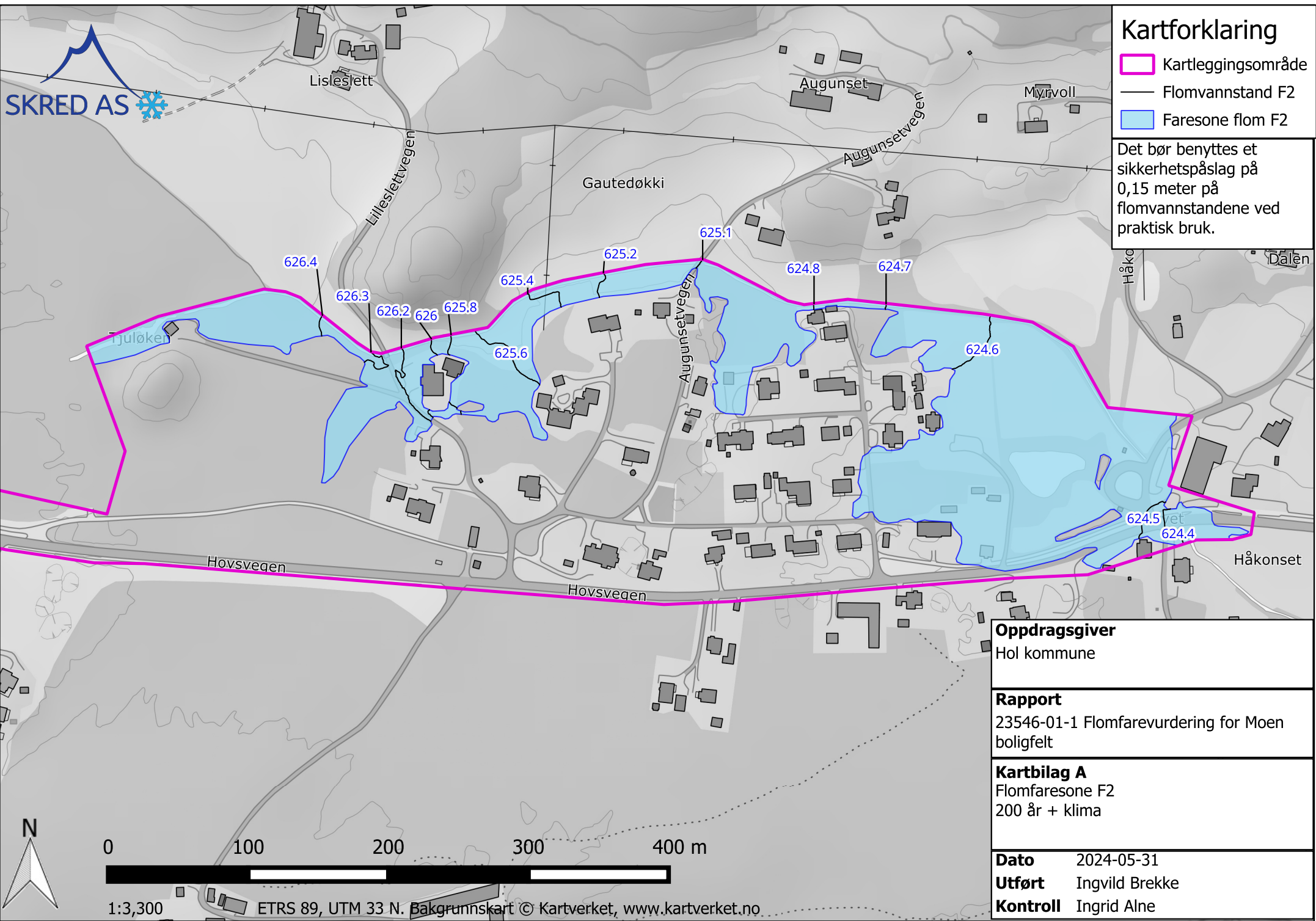
NVE, 2022b. Veileder 01/2022 - Veileder for flomberegninger.

SINTEF, 1992. Flomberegning og kulvertdimensjonering.

Kartforklaring

-  Kartleggingsområde
-  Flomvannstand F2
-  Faresone flom F2

Det bør benyttes et sikkerhetspåslag på 0,15 meter på flomvannstandene ved praktisk bruk.



Oppdragsgiver

Hol kommune

Rapport

23546-01-1 Flomfarevurdering for Moen boligfelt

Kartbilag A

Flomfarsone F2
200 år + klima

Dato 2024-05-31

Utført Ingvild Brekke

Kontroll Ingrid Alne



0 100 200 300 400 m

1:3,300

ETRS 89, UTM 33 N. Bakgrunnskart © Kartverket, www.kartverket.no