


**Flaumfarevurdering for
Rjupedalselva og
Oppstrynsvatnet i Stryn
kommune**



Sunnfjord Geo Center



Prosjektinformasjon og status		
Dokumentnr.:	Dokumenttittel:	
2020-06-119	Flaumfarevurdering for Rjupedalselva og Oppstrynsvatnet i Stryn kommune	
Revisjon:	Skildring:	Leveransedato:
0	Godkjent rapport	14.04.2021
Kontraktør:		
 Sunnfjord Geo Center		
Kontaktinformasjon:		
Sunnfjord Geo Center AS Småbakkane 19 6984 Stongfjorden Tlf: 577 31 900 E-post: post@sunnfjordgeocenter.no Organisasjonsnummer: 998 899 834 MVA		
Kundeinformasjon:		
Stryn kommune Tonninggata 4 6783 Stryn kommune		
Fagområde:	Dokumenttype:	Lokalitet:
Flaumfare	Rapport	Dispaholmen, Stryn
HMS-risikovurdering før feltarbeid:	Dato for risikovurdering	Hending/avvik meldt:
Oppgi risikogruppe 1	23.03.2021	Nei
Feltarbeid utført av:	Dato for feltarbeid:	
Torkjell Ljone	24.03.2021	
Rapport utarbeidd av:	Dato for ferdigstilling:	Signatur:
Rev 0: Anders Haaland	12.04.2021	Anders Haaland (sign.)
Rapport kvalitetssikra av:	Godkjend, dato:	Signatur:
Rev 0: Atle Nesje	14.04.2021	Anders Haaland (sign.)



Samandrag

Sunnfjord Geo Center AS (SGC) har på oppdrag av Stryn kommune utført ei flaumfarevurdering etter TEK17 i samband med reguleringsplanarbeid for Dispaholmen i Oppstrynsvatnet i Stryn kommune. Flaumfarevurderinga er gjort langs Rjupedalselva, som renn gjennom planområdet, og ved Oppstrynsvatnet som ligg nord i planområdet.

20- og 200-årsflaum i Rjupedalselva er berekna til høvesvis 24,4 m³/s og 37,8 m³/s. Tilsvarande flaumstorleikar i Oppstrynsvatnet er berekna til 238,8 og 300,2 m³/s. For Rjupedalselva er det nytta eit klimapåslag på 40 %, medan for Oppstrynsvatnet er det nytta eit klimapåslag på 20 %. Flaumberekningane er gjort med bakgrunn i *Nasjonalt formelverk for flomberegningar i små felt* og flaumfrekvensanalysar på utvalde målestasjonar. I Oppstrynsvatnet er vasstanden berekna ut i frå vassføringskurva ved stasjon 88.11 Strynsvatn, Fastbolten som er nytta som referansepunkt for vasstanden ved stasjonen er imidlertid ikkje målt inn etter NN200, og det er dermed knytt ein del usikkerheit til den reelle høgda på vasstanden i meter over havet. SGC har fått opplyst frå NVE at fastbolten skal målast inn i løpet av 2021 og SGC har derfor lagt inn ein tryggleiksmargin på 30 cm på berekningane for å ta høgde for usikkerheita. Berekna vasstandar i Oppstrynsvatnet kan justerast når stasjonen er målt inn.

HEC-RAS er nytta for å utføre ei 2D-modellering av flaumutbreiinga i planområdet. Modelleringa viser at Rjupedalselva har kapasitet til å handsame ein 20-årsflaum. Ved ein 200-årsflaum viser modelleringa at elva har to kritiske punkt der elva kan fløyme over. Det er utarbeida faresonekart for flaum som viser kva for område som er utsette for 20- og 200-årsflaumar.

Det er også gjort ei vurdering av erosjonsfaren langs nedre del av Rjupedalselva. Frå brua langs rv.15 og til utløpet i Oppstrynsvatnet vart Rjupedalselva botnsikra og sikra på sidene mot erosjon i 1964. Ein kunne ikkje sjå teikn til erosjon langs elvesidene, og på bakgrunn av fråvær av lett eroderbare massar og låg elvegradient, vurderer SGC at erosjonsfaren er liten langs elva. Ein kan likevel ikkje sjå bort frå at det kan skje mindre utglidingar, og SGC tilrår å setje av ei sone på 10 m frå toppen av elveskråninga. Dersom ein ynskjer å gjere tiltak nærare elva enn dette, bør det gjerast meir detaljerte vurderingar av erosjonsfaren og om det er naudsynt med sikringstiltak.



Innhald

Samandrag	3
1. Innleiing	5
1.1 Bakgrunn og føremål	5
1.2 Tryggleikskrav	5
2. Det undersøkte området	7
2.1 Områdeskildring	7
2.2 Skildring av vassdraget	8
2.3 Klima	10
2.4 Aktsemdskart for flaum	11
2.5 Eksisterande flaumfarevurderingar	11
3. Fastsetjing av flaumstorleikar	12
3.1 Metode	12
3.1.1 Nasjonalt formelverk for flomberekningar i små felt (NIFS)	12
3.1.2 Flaumfrekvensanalysar og samanliknbare felt - Rjupedalselva	13
3.1.3 Flaumfrekvensanalyse 88.11 Strynsvatn	14
3.2 Usikkerheit i flaumberekningane	15
3.3 Dimensjonerande flaumstorleik	15
4. Hydraulisk modellering	17
4.1 HEC-RAS - Metode.....	17
4.2 Sensitivitetsanalyse	19
4.3 Resultat	20
5. Vurdering av erosjonsfare	22
6. Konklusjon	24
7. Referansar	25
8. Vedlegg	I
8.1 Vedlegg 1 – Flaumfrekvensanalyse	I
8.2 Vedlegg 2 – Faresonekart	III

1. Innleiing

1.1 Bakgrunn og føremål

Sunnfjord Geo Center AS (SGC) har på oppdrag av Stryn kommune utført ei vurdering av flaumfaren langs Rjupedalselva og deler av Oppstrynsvatnet ved Dispaholmen i Oppstrynsvatnet i Stryn kommune. Vurderinga er gjort i samband endring av reguleringsplan for Dispaholmen og er gjort i samsvar med §7-2 i TEK17 og NVE sine retningsliner for flaum og skredfare i arealplanar (retningsliner 2/2011).

1.2 Tryggleikskrav

Akseptkriterium for flaumfare er gjeve i §7-2 i Byggteknisk forskrift (TEK17). Tryggleikskrava i TEK17 gjeld for nye byggverk. Krava vil òg gjelde ved utvidingar og nybygg knytte til eksisterande byggverk, jf. temarettleiaren «Utbygging i fareområder» frå Direktoratet for byggkvalitet (DiBK).

Byggverk der konsekvensane av skred er særleg store skal plasserast utanfor flaumutsett område. Dette gjeld til dømes byggverk som er viktig for regional og nasjonal beredskap og krisehandtering, samt byggverk som er omfatta av storulykkeforskrifta.

For byggverk i flaumutsett område skal kommunen alltid fastsette tryggleiksklasse. Kommunen må sjå til at byggverk vert plassert trygt nok i høve til dei tre tryggleiksklassane F1 - F3.

Tabell 1: I byggteknisk forskrift vert byggverk kategorisert i tre tryggleiksklassar, som definerer akseptnivå for flaum.

Tryggleiksklasse for flaum	Konsekvens	Største nominelle årlege sannsyn	Døme
F1	Liten	1/20	Lager med lite personopphald, garasje
F2	Middels	1/200	Bustad, skule, barnehage, industribygg
F3	Stor	1/1000	Sjukeheim, brannstasjon, sjukehus, avfallsdeponi med forureiningsfare

I tryggleiksklasse F1 inngår byggverk med lite personopphald og små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvensar.

Tryggleiksklasse F2 omfattar dei fleste byggverk som er berekna for personopphald. Dei økonomiske konsekvensane ved skadar på byggverk kan vere store, men kritiske samfunnsfunksjonar vert ikkje sett ut av spel. I delar av flaumutsette område kan det vere større flaumfare enn elles. I område der det under flaum vil vere stor djupne eller sterk straum, bør det vere same tryggleiksnivå som tryggleiksklasse F3. Dette gjeld område der djupna er større enn 2 meter og der produktet av djupne og vasshastigheit (m/s) er større enn $2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tryggleiksklasse F3 omfattar byggverk for sårbare samfunnsfunksjonar og byggverk der overfløyming kan gje stor forureining på omgjevnadane. Byggverk som inngår i F3 er byggverk



for særleg sårbare grupper av befolkinga (t.d. sjukeheim), byggverk som skal fungere i lokale beredskapssituasjonar og avfallsdeponi der overfløyming kan gje forureiningsfare.

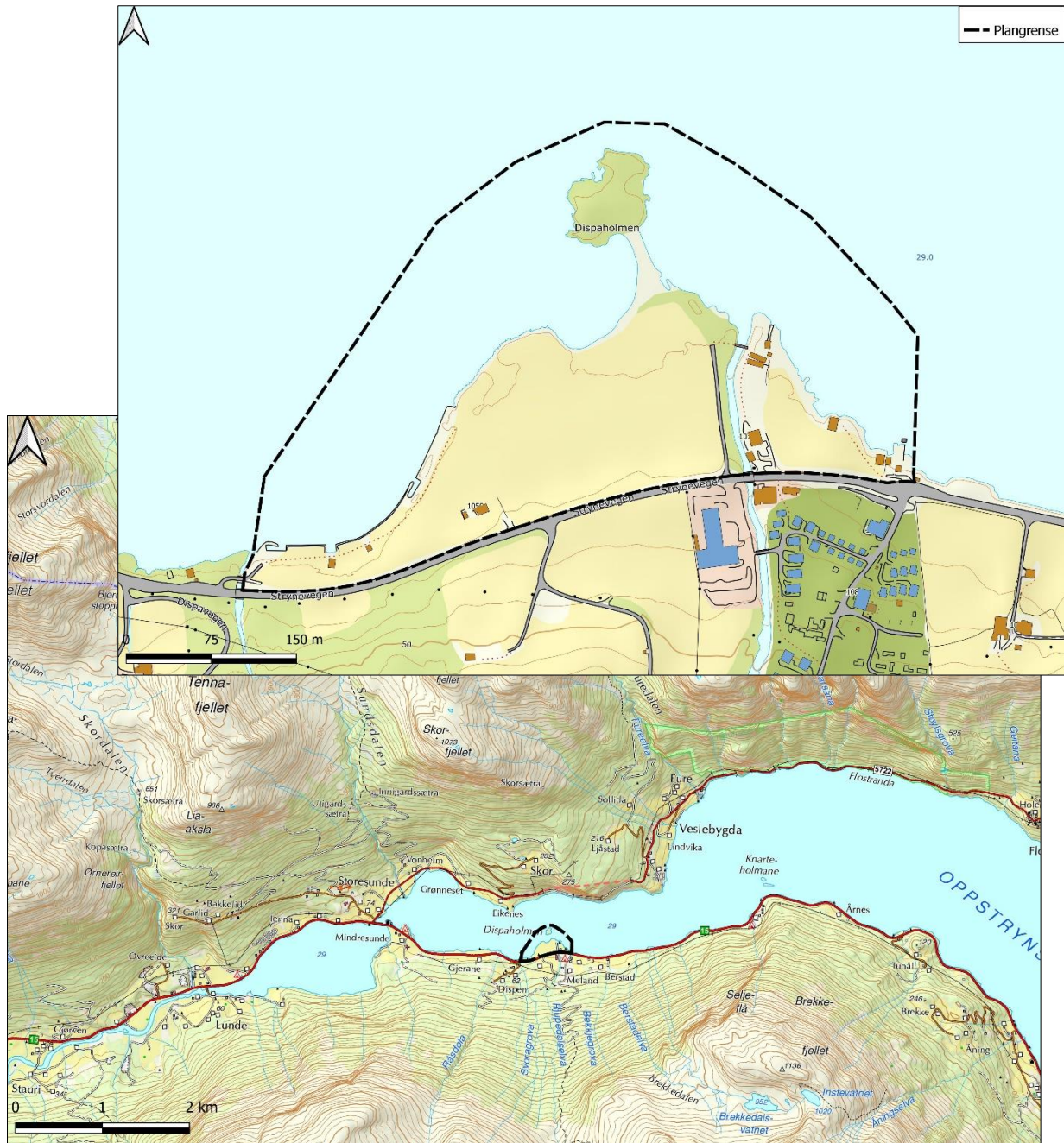
Føresegna om flaum omfattar også stormflo. Det betyr at dei same tryggleiksnivåa gjeld.

TEK17 opnar for at byggverk i F1 - F3 kan oppnå naudsynt tryggleik ved at det vert gjennomført sikringstiltak.

2. Det undersøkte området

2.1 Områdeskildring

Det kartlagde området ligg ved Dispaholmen på sørsida av Oppstrynsvatnet i Stryn kommune. Rjupedalselva renn gjennom austre deler av planområdet. Det kartlagde området ligg mellom kote 28-36 og er avgrensa av Rv. 15 i sør. Figur 1 viser plassering og avgrensing av det kartlagde området som flaumfarevurderinga gjeld for.

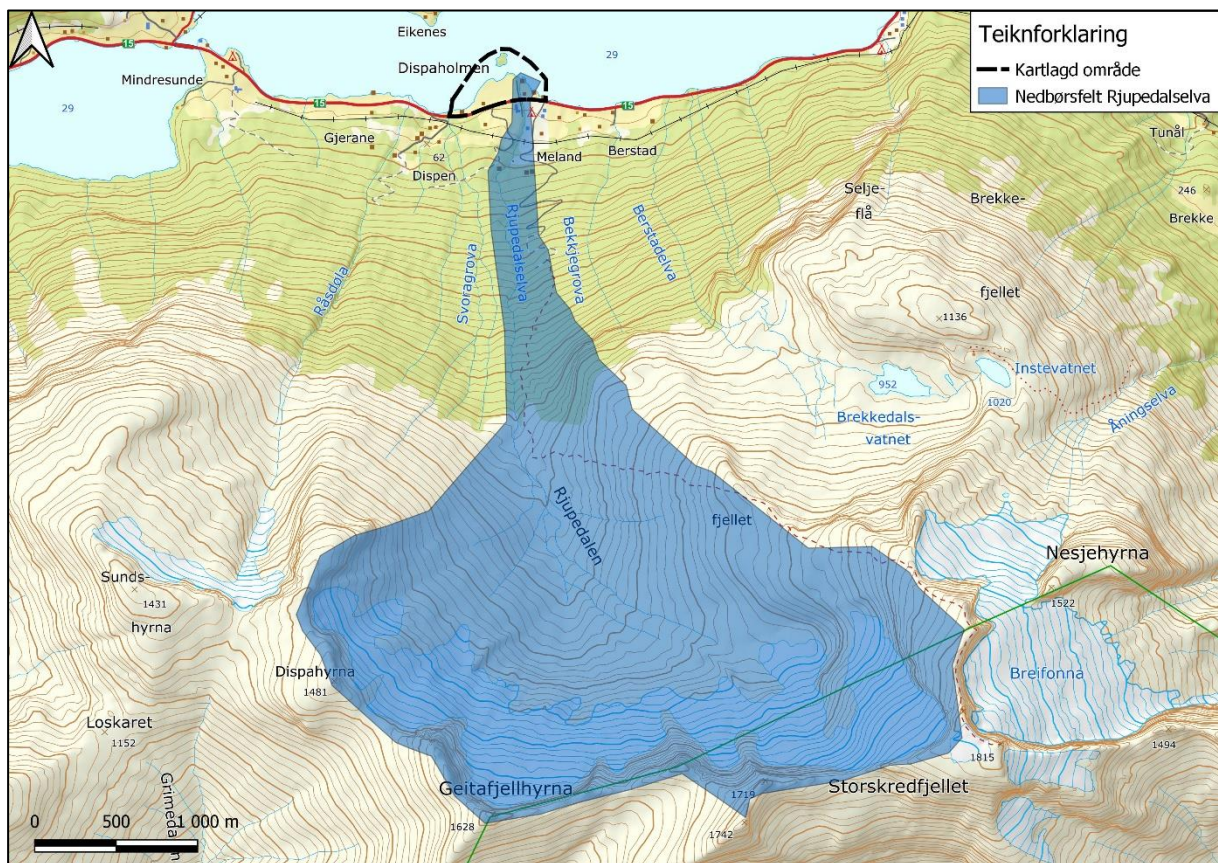


Figur 1: Planområdet ligg ved Dispaholmen på sørsida av Oppstrynsvatnet i Stryn kommune. Det kartlagde området er synt med stipla line. Kartgrunnlag: Statens kartverk.

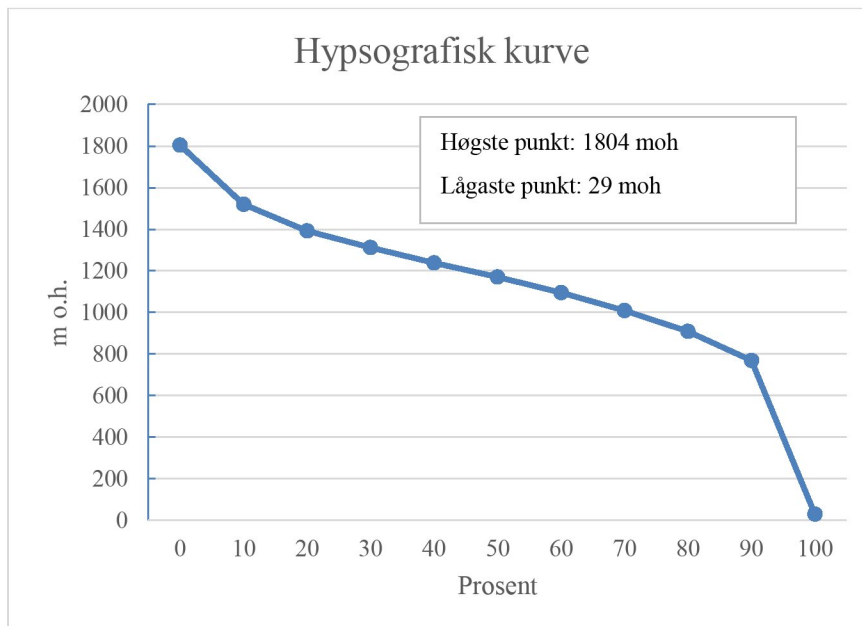
2.2 Skildring av vassdraget

Rjupedalselva drenerer mot nord og renn ut i Oppstrynsvatnet (29 moh.) i det kartlagde området. Nedslagsfeltet er høgtliggende, der kring 70 % av feltet ligg over 1000 moh. Vassdraget kan karakteriserast som eit bratt sidevassdrag som reagerer raskt på intens nedbør i form av regn, til dømes om hausten. Elva har sitt utspring i den botnforma Rjupedalen. Frå om lag 1200 moh. er Rjupedalen dekt av isbre, som bidreg til ein breprosent på 24 i vassdraget. Brevassdrag er gjerne karakterisert av store flaumar på sommaren når smeltinga er mest intens. Vassdraget er dermed utsett for både smeltevassflaumar og haustflaumar. Figur 2 viser nedslagsfeltet, Figur 4 viser arealfordelinga til feltet, medan Tabell 2 viser feltkarakteristikkane til nedslagsfeltet. Feltkarakteristikkane er henta frå NVE sin lågvassapplikasjon NEVINA, medan normalavrenninga er henta frå NVE sitt avrenningskart for referanseperioden 1961-1990.

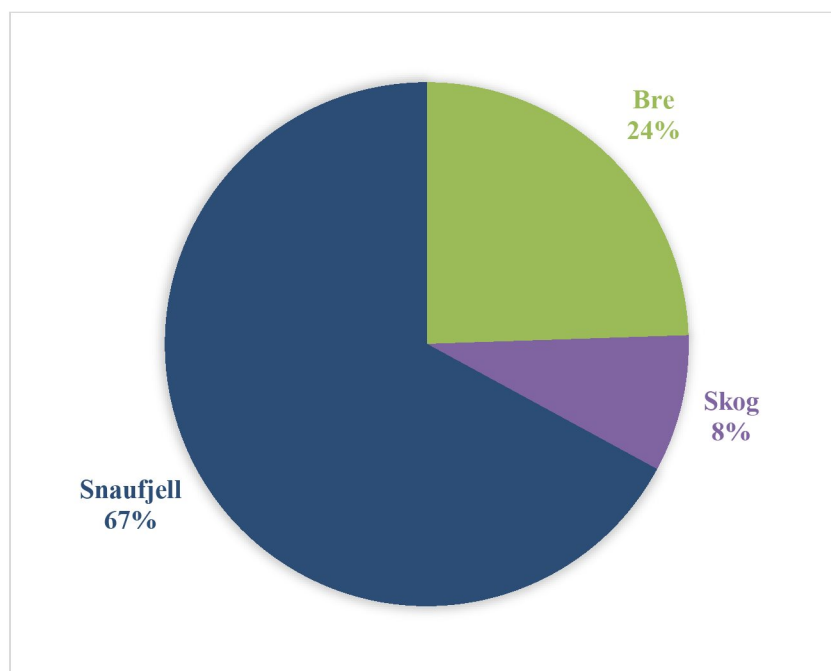
Rjupedalselva munnar ut i Oppstrynsvatnet som er ein del av Strynevassdraget. I nedre deler av elva vil dermed vasstanden i Oppstrynsvatnet gje dimensjonerande vasstand ved flaum. Strynevassdraget sitt nedbørsfelt ved utløpet til Oppstrynsvatnet dekkjer eit areal på 484 km² og er eit brevassdrag der dei største flaumane opptrer om sommaren når snøsmeltinga er mest intens, men haustflaumar kan òg førekome.



Figur 2: Nedslagsfeltet til Rjupedalselva. Det kartlagde området er markert med stipla line. Kartkjelde: nevina.nve.no/Statens kartverk.



Figur 3: Hypsografisk kurve for Rjupedalselva. Kurva syner kor stor del av feltarealet ligg over ei viss høgd.



Figur 4: Arealfordeling for Rjupedalselva.

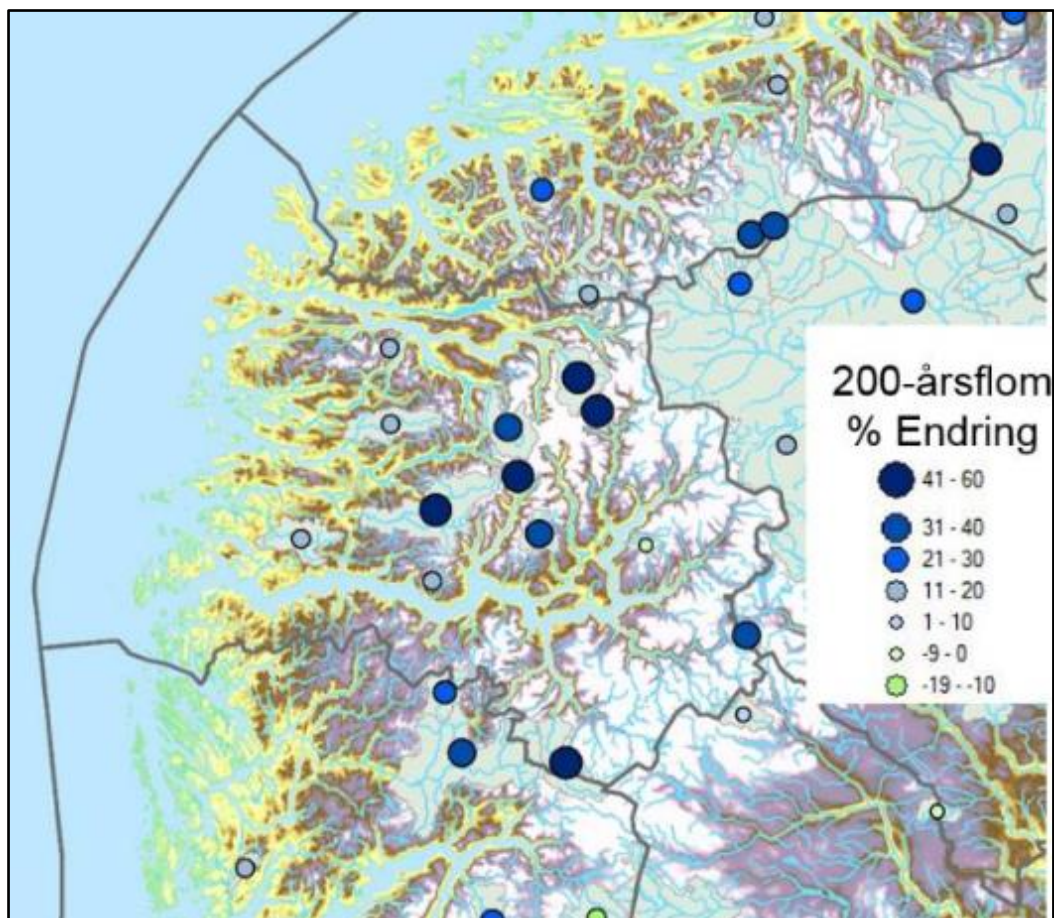
Tabell 2: Feltkarakteristikkar for Rjupedalselva ved utløpet i Oppstrynsvatnet. Kjelde: nevina.nve.no.

Elv	Feltstorleik (km ²)	Effektiv sjø (%)	Feltlengd (km)	Elvegradient (m/km)	Normalavrenning (l/s*km ²)	Bre (%)	Snau fjell (%)	H _{min} - H _{max} (moh.)
Rjupedalselva	7,6	0	4,9	270	67,5	24	66	29-1804

2.3 Klima

Dei fleste klimamodellane byrjar å gje rimeleg pålitelege data om global vêr- og klimautvikling, men modellane har framleis store uvisser, spesielt på regional og lokal skala. Likevel bør ein ta høgde for dei mange resultatane som peikar mot ei global oppvarming, med påfølgjande lokale klimatiske endringar. Hausten 2015 vart den siste *Klima i Norge 2100*-rapporten publisert av Norsk klimaservicesenter (NKSS). Hovudfunna i denne rapporten er at ein i Noreg må forvente høgare temperaturar, meir nedbør og meir ekstremnedbør. Ei følgje av dette vil vere at ein må ta høgde for at flaumane vert større og kjem hyppigare, og at skredfrekvensen vil auke i Noreg.

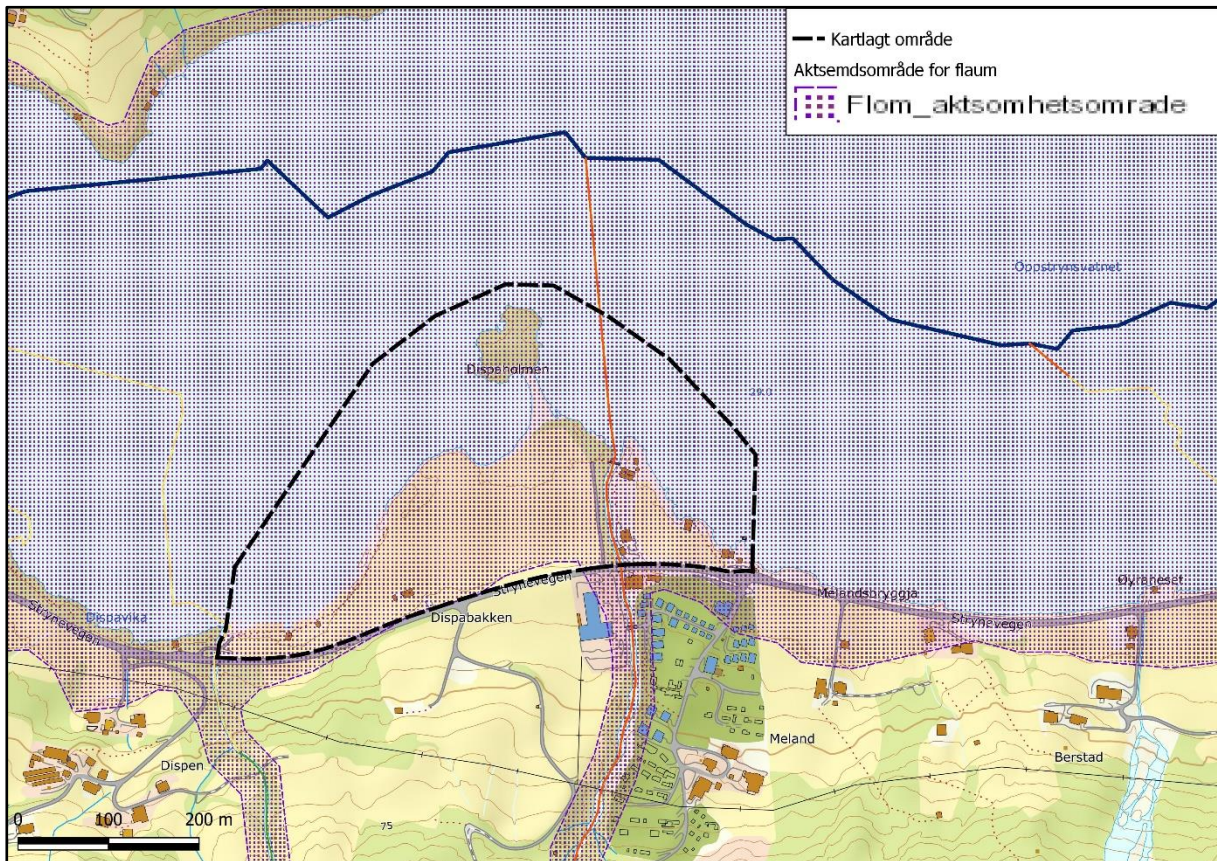
Norsk klimaservicesenter har på bakgrunn av denne rapporten utarbeidd ein klimaprofil for Sogn og Fjordane (Ref-2), som er meint som eit hjelpemiddel i planlegging. I klimaprofilen er det mellom anna skildra korleis ein bør førebu seg på framtidige klimaendringar som stormflo, auka avrenning, hyppigare episodar med styrtregn og større flaumar. I klimaprofilen er det tilrådd å legge til eit klimapåslag på 20 eller 40 % på dei berekna flaumstorleikane avhengig av plassering av feltet og flaumsesong. Figur 5 viser at det kartlagde området ligg mellom to områder der ein forventar ei auke på høvesvis 11-20 % og 41-60 %. Sidan Rjupedalselva er eit bratt sidevassdrag som vil reagere raskt på intens nedbør, legg vi til eit klimapåslag på 40 % på dei berekna flaumstorleikane. Strynevassdraget ved Oppstrynsvatnet har vesentleg meir demping, og i tillegg er vassdraget dominert av smeltevassflaumar. NGI oppdaterte i 2018 eksisterande flaumsonkart for Strynevassdraget til å ta omsyn til klimaendringar (Ref-6). Ved utløpet til Oppstrynsvatnet, vart eit klimapåslag på 20 % valt. På bakgrunn av mykje demping i nedbørfeltet og tidlegare valde klimapåslag, legg vi til eit klimapåslag på 20 % på dei berekna flaumstorleikane ved Oppstrynsvatnet.



Figur 5: Prosentvis endring i 200-årsflaum for nedbørfelt i Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane og Hordaland.

2.4 Aktsemdskart for flaum

NVE har utarbeidd og presentert aktsemdskart for flaum på atlas.nve.no som syner kva område som kan vere utsett for flaum. Aktsemdsområda er generert basert erfaringstal for norske vassdrag som vert kombinert med ein terrengmodell. Aktsemdskarta er som oftast overestimert, og ei meir detaljert kartlegging vil som regel redusere aktsemdsområda si utstrekning. Figur 6 viser at så å seie heile kartleggingsområdet ligg innanfor aktsemdsområde for flaum. Årsaka til dette er at det er estimert ei vasstandsstigning i Oppstrynsvatnet på meir enn 7 m.



Figur 6: Aktsemdskartet viser at så å seie heile det kartlagde området ligg innanfor aktsemdsområde for flaum. Kjelde: atlas.nve.no og Statens kartverk.

2.5 Eksisterande flaumfarevurderingar

Vi kjenner ikkje til flaumfarevurderingar langs Rjupedalselva. NGI utførte i 2018 ei flaumsonerkartlegging for deler av Strynevassdraget (Ref-6). Det kartlagde området var ikkje inkludert i denne kartlegginga.

3. Fastsetjing av flaumstorleikar

3.1 Metode

I nedslagsfeltet til Rjupedalselva er det ingen målestasjonar for vassføring. Det er fleire målestasjonar i Strynevassdraget, men på grunn av stor skilnad i feltstorleik og effektiv sjøprosent, er ikkje desse særleg representative for flaumtilhøva i Rjupedalselva. For nedbørfelt med areal mindre enn 60 km² er det tilrådd å bruke nasjonalt formelverk for flaumberekningar i små felt (NIFS, Ref-7). I tillegg er det sett på vassdrag i nærleiken med samanliknbare felteigenskapar.

Deler av planområdet vil verte påverka av flaum frå Oppstrynsvatnet. Stasjon 88.11 Strynsvatn måler vasstand og vassføring i vatnet, berekning av vasstanden er gjort på bakgrunn av flaumfrekvensanalysar på denne stasjonen.

3.1.1 Nasjonalt formelverk for flomberekningar i små felt (NIFS)

For å fastsetje flaumstorleikar i vassdraget er det mellom anna utført berekningar med nasjonalt formelverk for flomberekningar i små felt (Ref-4). Formelverket bereknar middelflaum og vassføringar med høgare returperiodar, direkte på kulminasjonsverdiar for små (< ca. 50 km²) uregulerte felt i Norge og er basert på regresjonsanalysar. Formelverket er testa på meir enn 4000 nedbørfelt. Inngåande parameter er feltareal, normalavrenning og effektiv sjøprosent. I følge formelverket er middelflaumen (Q_M) gitt ved:

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

der Q_N er nedbørfeltets normalavrenning (m³/s), henta frå NVE sitt avrenningskart i perioden 1961 – 90, A_{SE} er den effektive sjøprosenten og e er eit grunntal.

Vekstkurva er gitt ved:

$$(2) \quad Q_T/Q_M = 1 + 0.3808 \times q_N^{-0.137} [\Gamma(1+k)\Gamma(1-k) - (T-1)^{-k}] / k$$

der q_N er normalavrenninga (l/s × km²) i perioden 1961-1990 henta frå avrenningskartet, Γ er gammafunksjonen, T er gjentakingsintervall og k er ein konstant som er gitt ved:

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

Tabell 3 viser resultatata frå flaumberekning ved bruk av nasjonalt formelverk for små nedbørfelt.

Tabell 3: Resultat frå flaumberekning ved nasjonalt formelverk for små felt.

	Q _M		Q ₂₀		Q ₂₀₀	
	m ³ /s	l/s*km ²	m ³ /s	l/s*km ²	m ³ /s	l/s*km ²
Rjupedalselva	7,6	1402	17,4	2283	27,0	3556

3.1.2 Flaumfrekvensanalyser og samanliknbare felt - Rjupedalselva

Det er ingen målestasjonar for vassføring i Rjupedalselva. Målestasjon 88.11.0 Strynsvatn ligg like vest for kartleggingsområdet, men felteigenskapane er så ulike at vi ikkje legg vekt på denne ved berekningar av flaumstorleikar i Rjupedalselva. Generelt er samanlikningsgrunnlaget for bratte sideelver med lite nedslagsfelt noko dårleg i området. Vi har likevel plukka ut tre stasjonar som vi har sett nærare på.

84.12 Ytste Langvatn har vesentleg høgare effektiv sjøprosent og vil ikkje verte lagt vekt på i vurderingane. 86.12 Skjerdalselv har lengst måleserie, men er vesentleg større og har høgare effektiv sjøprosent. 84.19 Sygnesandselva har like stort nedslagsfelt og lik sjøprosent og mest lik breprosent, og er vurdert til å vere godt eigna som samanlikningsfelt sjølv om måleserien er noko kort. Flaumfrekvenskurver er vist i Vedlegg 1.

Tabell 4: Feltkarakteristikkar og resultat frå flaumfrekvensanalyser frå samanliknbare målestasjonar. Flaumverdiane er gjeve som døgnmiddel. Gytriella står oppført for samanlikning.

Målestasjon	Måleperioder (år)	Feltareal (km ²)	Eff. sjøprosent	Høgdeintervall (moh.)	Normalavrenning (l/s*km ²)	Bre (%)	Q _M l/s*k m ²	Q ₂₀		Q ₂₀₀	
								Q _M /Q ₂₀	l/s*km ²	Q _M /Q ₂₀₀	l/s*km ²
84.12 Ytste Langvatn	1964-1993	20,3	10,2	748-1469	94,4	0	635	1,84	1168	2,7	1714
84.19 Sygnesandselva	1997-2012	10,4	0	218-1634	102,3	27,7	846	1,65	1396	2,31	1954
86.12 Skjerdalselv	1983-2015	23,7	1,1	291-1465	119	17,0	1021	1,70	1734	2,34	2387
Rjupedalselva	-	-	0	29-1804	67,5	24	-	-	-	-	-

Frekvensanalysane er utført på døgnmiddelverdiar. For å berekne kulminasjonsflaumverdiar for felt som er mindre enn 60 km², er det tilrådd å nytte formelverket frå regional flaumfrekvensanalyse (Ref-1 og Ref-3) og er gitt ved følgjande formlar:

$$\begin{aligned} \text{Vårflom: } Q_{\text{monn}}/Q_{\text{døgn}} &= 1,72 - 0,17 \cdot \log A - 0,125 \cdot A_{SE}^{0,5} \\ \text{Høstflom: } Q_{\text{monn}}/Q_{\text{døgn}} &= 2,29 - 0,29 \cdot \log A - 0,270 \cdot A_{SE}^{0,5} \end{aligned}$$

Både Sygnesandselva og Skjerdalselv har høge breprosentar, noko som gjer at vassdraga vil vere karakterisert av smeltevassflaumar om sommaren. Flaumstatistikken henta frå Hydra II viser at det er store flaumar både om våren/sommaren og om hausten, men at flest og størst førekjem om hausten. Formelen for haustflaum er derfor nytta vidare i analysane.

Resultata frå flaumfrekvensanalysen samanlikna med resultata frå flaumberekninga med NIFS er vist i Tabell 5. Samanlikna med Sygnesandselva, viser flaumberekninga med NIFS for Rjupedalselva svært godt samsvar. Vekstfaktoren ved Rjupedalselva er noko høgare ved 200-årsflaum, men dette skuldast truleg at NIFS kan gje noko høge vekstfaktorar på store flaumar. Ser ein på erfaringstal for flaumverdiar på Sør- og Vestlandet (Ref-4), ligg Rjupedalselva i øvre sjikt, noko som er forventa i bratte sidedebørsfelt med låg effektiv sjøprosent. Vi finn derfor flaumverdiane som er berekna med NIFS tilstrekkeleg for vidare bruk i denne rapporten.

Tabell 5: Kulminasjonsverdiar for middelflaum, 20-årsflaum og 200-årsflaum frå målestasjonar samanlikna med berekninga av flaumstorleikar med NIFS.

Målestasjon/elv	Q _{mom} / Q _{døgn}	Q _M (l/s*km ²)	Q ₂₀		Q ₂₀₀	
			Q _M /Q ₂₀	l/s*km ²	Q _M /Q ₂₀	l/s*km ²
84.12 Ytste Langvatn	1,05	667	1,84	1227	2,7	1800
84.19 Sygnesandselva	2	1692	1,65	2792	2,31	3909
86.12 Skjerdalselv	1,6	1021	1,70	1736	2,34	2389
Rjupedalselva	-	1402	1,63	2283	2,54	3556

3.1.3 Flaumfrekvensanalyse 88.11 Strynsvatn

Stasjon 88.11 Strynsvatn er ein aktiv målestasjon med data som strekk seg attende til 1981. I perioden 2001-2006 var stasjonen erstatta av 88.12 med same nedbørfelt og vassføringskurve. Kurvekvaliteten på måleserien er karakterisert som 'meget god' på flaum, og vil dermed danne eit godt grunnlag for berekning av vassføring og vasstand i Oppstrynsvatnet. Det er utført flaumfrekvensanalysar på serien med flaumanalyse-modulen i Hydra II systemet. For seriar med meir enn 10 år med data, er det tilrådd å bruke ein full lokal + regional modell med ein Bayesiansk tilnærming. Denne metoden er implementert i flaumanalyse-programmet i Hydra II. Tabell 6 viser resultatata frå flaumfrekvensanalysen. Flaumfrekvenskurva er vist i Vedlegg 1.

Tabell 6: Middelflaum og flaumfrekvensfaktorar frå flaumfrekvensanalysen. Middelflaum er gjeve som døgnmiddel.

	Q _M (m ³ /s)	Q _M / Q ₂₀	Q _M / Q ₁₀₀	Q _M / Q ₂₀₀
88.11 Strynsvatn	130	1,41	1,68	1,80

Flaumverdiene i Tabell 6 er gitt som døgnmiddelverdiar. I små vassdrag vil det vere stor skilnad mellom døgnmiddel- og kulminasjonsflaum. Strynevassdraget har derimot eit relativt stort nedslagsfelt, og det 23 km² store Oppstrynsvatnet vil verke dempende på flaumar, noko som vil gje mindre skilnad mellom døgnmiddel og kulminasjonsvassføring. Tabell 7 viser dei fem største flaumane som er registrert ved stasjon 88.11 Strynsvatn. Skilnaden i døgnmiddel og kulminasjonsvassføring er generelt liten og ligg hovudsakleg mellom 0-3 %. Unntaket er flaumen 16. oktober 2018, som også er den største flaumen som er registrert ved stasjonen, der det var ein skilnad på 7 %. Vi vel å legge største skilnad til grunn for val av kulminasjonsfaktor.

Tabell 7: Dei fem største flaumane som er registrert ved stasjon 88.11 Strynsvatn.

Dato	Døgnmiddel (m ³ /s)	Kulminasjon (m ³ /s)	Skilnad
02.10.1985	156,4	156,6	0 %
29.06.2011	170,5	174,5	3 %
05.07.2015	163,8	166,0	2 %

16.10.2018	208,4	223,5	7 %
20.06.2020	193	196,7	2 %

Tabell 8 viser dei berekna flaumstorleikane ved basert på flaumfrekvensanalysar ved stasjon 88.11 Strynsvatn. Verdiane er gitt som kulminasjonsvassføringar. Vasstanden er gitt som lokal høgde og er henta frå vassføringsskurva ved stasjonen.

Tabell 8: Berekna kulminasjonsflaumverdiar ved stasjon 88.11 Strynsvatn. Vasstanden er gitt som lokal høgde og er henta frå vassføringskurva ved stasjonen.

	Kulminasjonfaktor	Q _M	Q ₂₀	Q ₂₀₀
Oppstrynsvatnet (m ³ /s)	1,07	138,9	195,7	250,2
Oppstrynsvatnet m/klimapåslag (m ³ /s)	1,07	166,7	238,8	300,2
Oppstrynsvatnet vasstand m/klimapåslag, lokal skala (m)	-	2,10	2,56	2,91

3.2 Usikkerheit i flaumberekningane

Flaumberekningane for Rjupedalselva viser relativt bra samsvar med samanlikningsfelta, men det er likevel knytt ein del usikkerheit med flaumberekningar, spesielt i felt utan målestasjonar. Dette er teke omsyn til i den hydrauliske modelleringa (Kap. 4), der det er gjort ei sensitivitetanalyse ved å auke flaumstorleikane med 20%.

Datagrunnlaget til flaumfrekvensanalysen ved 88.11 Strynsvatn er vurdert til å vere god og vassføringskurva er vurdert til å ha 'meget god' kvalitet. Det er derimot knytt ein del usikkerheit til referansehøgda til målestasjonen. Fastbolten som ein måler den lokale høgda utifrå er ikkje målt inn, men det er planlagt å utføre dette i 2021. I NVE-rapport 1/2007 Delprosjekt Stryn (Ref-9) er det oppgjeve ei kotehøgde på 26,94 ved stasjon 88.12 som har felles vassføringskurve. I følgje stasjonsopplysingane ligg skalaen ved 88.12 0,6 m lågare enn ved stasjon 88.11 Det er imidlertid ikkje referert til sjølve bolten i NVE sin rapport (Ref-9), og det finst heller ikkje opplysingar om bolten i Hydra II-databasen. Det er derfor knytt ein del usikkerheit til kotehøgda til målestasjonen. SGC har derfor lagt til ein margin på 30 cm for å ta høgde for dette inntil bolten er målt inn.

3.3 Dimensjonerande flaumstorleik

Tabell 9 viser dimensjonerande flaumstorleikar/vassføring ved Rjupedalseelva ved planområdet. Flaumverdiane er estimerte på bakgrunn av diskusjonen ovanfor. Verdiane er oppgjeve som kulminasjonsvassføringar og lagt til tilrådd klimafaktor på 1,4 for Rjupedalselva og 1,2 for Oppstrynsvatnet. I nedre del av planområdet vil det vere vasstanden i Oppstrynsvatnet som er dimensjonerande. Som nemnt i Kap. 3.2, er det knytt ein del usikkerheit til eksakt kotenivå på målestasjonen som er lagt til grunn. Det er derfor lagt til ein tryggleiksmargin på 30 cm på dei berekna vasstandane i Oppstrynsvatnet.

Tabell 9: Flaumstorleikar og berekna vasstand i Oppstrynsvatnet ved planområdet på Dispaholmen. Det er lagt til eit klimapåslag på 40 % for flaum i Rjupedalselva og 20 prosent på flaum i Oppstrynsvatnet.

	Q _M	Q ₂₀	Q ₂₀₀
Rjupedalselva (m ³ /s)	10,6	24,4	37,8
Oppstrynsvatnet (m ³ /s)	166,7	238,8	300,2
Oppstrynsvatnet vasstand, lokal skala (m)	2,40	2,96	3,21
Oppstrynsvatnet vasstand (moh)	30,04	30,50	30,85

4. Hydraulisk modellering

4.1 HEC-RAS - Metode

For å rekne ut vasstanden og areal som kan verte flauma over i planområde, er det hydrauliske modelleringsverktøyet Hec Ras 5.0.7 nytta. Programmet er utvikla av det amerikanske forsvarsdepartementet og fyrste versjon vart gitt ut i 1996.

Programmet kan modellere både 1-dimensjonalt (1D) og 2-dimensjonalt (2D). Ein 1D-modell bereknar vasstandar og vasshastigheitar basert på forenkla elvegeometri ved tverrprofil over elva, medan ein 2D-modell bereknar vassdjup og vasshastigheiter i horisontale retningar.

Det er utarbeida terrengmodell basert på tilgjengeleg laserdata. I dette prosjektet, er det nytta laserdata frå prosjekt Luster-Stryn 2012 som har ein punktettleik på 2 pkt/m². I tillegg er det gjort oppmåling av lysopning ved bilvegbrua langs rv. 15 lengst sør i planområdet.

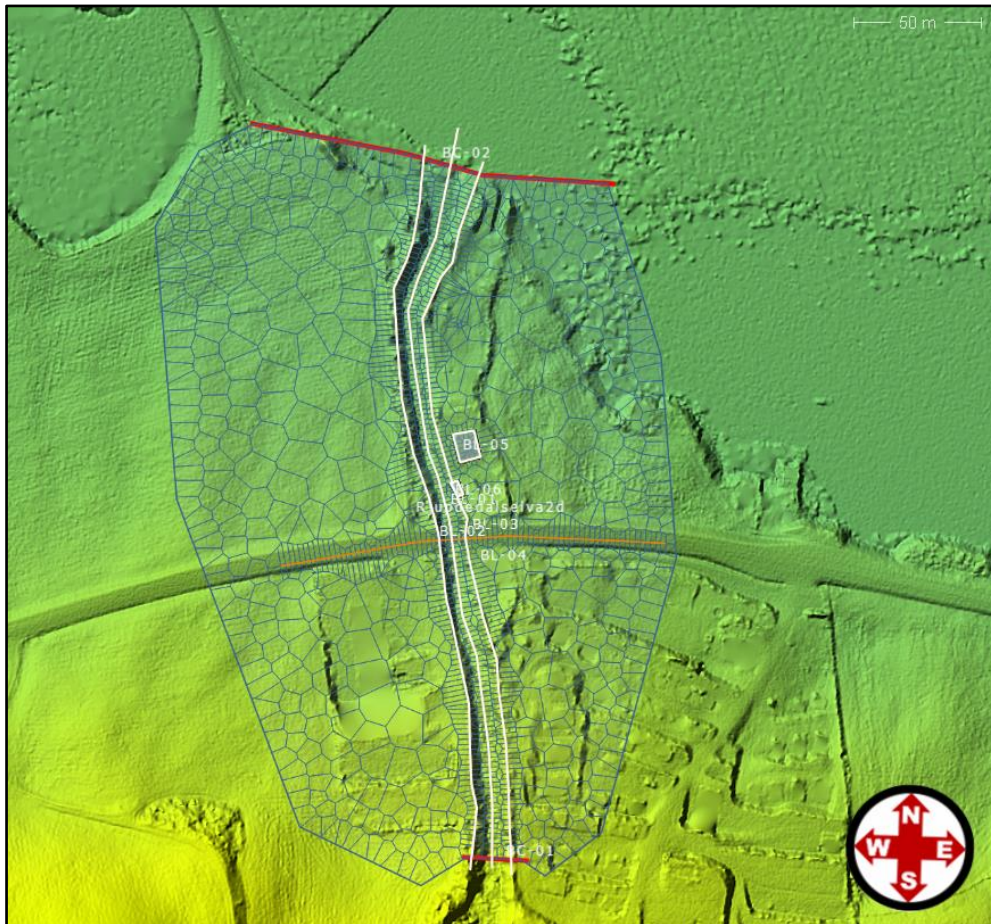
I dette prosjektet er det utarbeidd ein hydraulisk 2D-modell. Modellen er utarbeidd med varierende cellestorleik på «*mesht*» (*adaptiv mesh*), der modellen bereknar den optimale storleiken på cellene. I områder med store terrengendringar, som t.d. elvekantane, elva osv., er det lagt inn «*breaklines*» med fast cellestorleik på 2 m. Som oppstraums grensevilkår er terrenggradienten nytta, og som nedstraums grensevilkår er 1-årsflaum i Oppstrynsvatnet nytta.

2D-modellar tek ikkje omsyn til konstruksjonar som bruer og kulvertar. Det er derfor utarbeidd ein eigen 1D-modell for brua langs rv. 15.

Ein viktig parameter i modellane, er elva og kringliggande terreng si ruheit. Ruheita vert gjeve som Mannings-tal. Verdiane som er nytta er henta frå litteraturen (Ref-8), og overflatetypane er henta frå observasjonar gjort under synfaringa, flybilette og FKB-data. Tabell 10 viser manningstala som er nytta.

Tabell 10: Manningstal nytta i den hydrauliske modellen.

Overflate	Manningstal
Elveløp	0,045
Dyrka mark	0,03
Skog	0,06
Bebyggd område	0,03



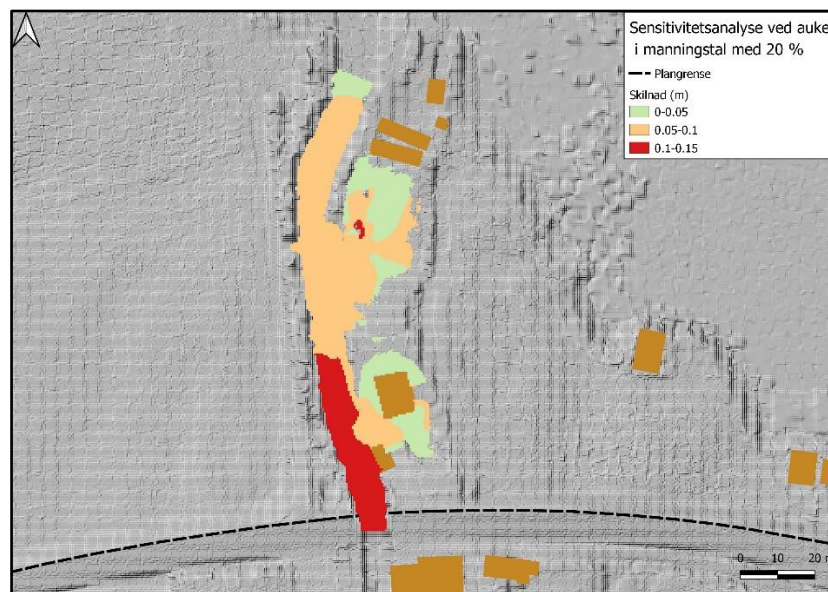
Figur 7: 2D-modell over analyseområdet. Cellestorleiken vert generert utifrå kor store terrengendingane er. Langs elv, elvekantar og andre terrengendingar, er cellestorleiken mindre.



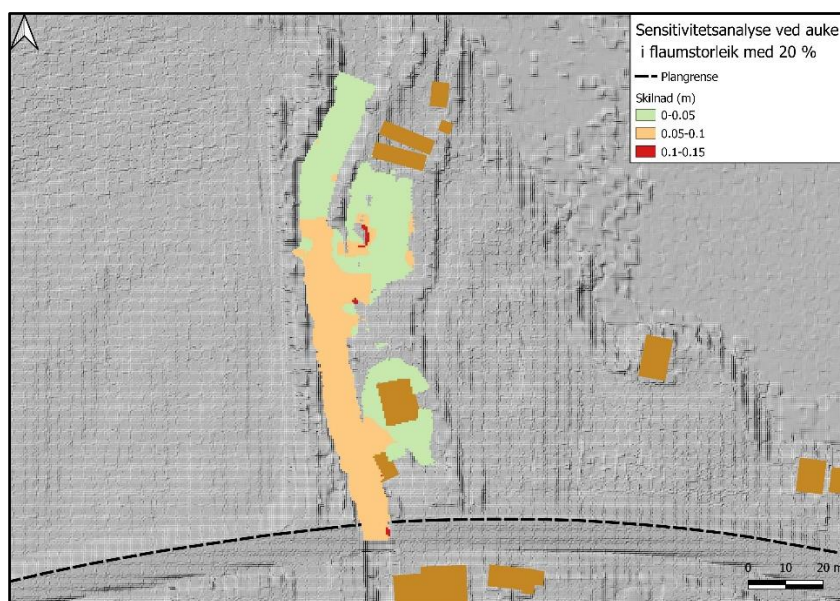
Figur 8: Bru langs rv.15 over Rjupedalselva like oppstrams for planområdet.

4.2 Sensitivitetsanalyse

Det er knytt ein del usikkerheit når ein utfører flaumberekningar og hydrauliske modelleringar, som t.d. val av flaumstorleikar, kartgrunnlag og val av ruheitstal. Ein bør derfor alltid utføre sensitivitetsanalysar for å ta høgde for eventuelle feilmargar. I dette prosjektet er det valt å utføre ei sensitivitetsanalyse ved å auke ruheitstal og flaumstorleik med 20 % auke i manningstal. Sensitivitetsanalysen viser at modellen er relativt lite sensitiv for endringar. Størst auke ser ein ved auke i manningstal, der ein ser største auke på 15 cm. Ved auke i flaumstorlek ser ein ein auke på mellom 0-10 cm. Det er ikkje utført kontrollmålingar av elvebotn med høgoppløyselig GPS, og i slike døme er det generelt tilrådd å legge til ein tryggleiksmargin på 50 cm på berekna vasstand ved fastsetjing av trygg byggehøgde. Figur 9 og Figur 10 viser resultatata frå sensitivitetsanalysen.



Figur 9: Auke i flaumdjup som følgje av auke i manningstal på 20 %. Største auke er på 15 cm.



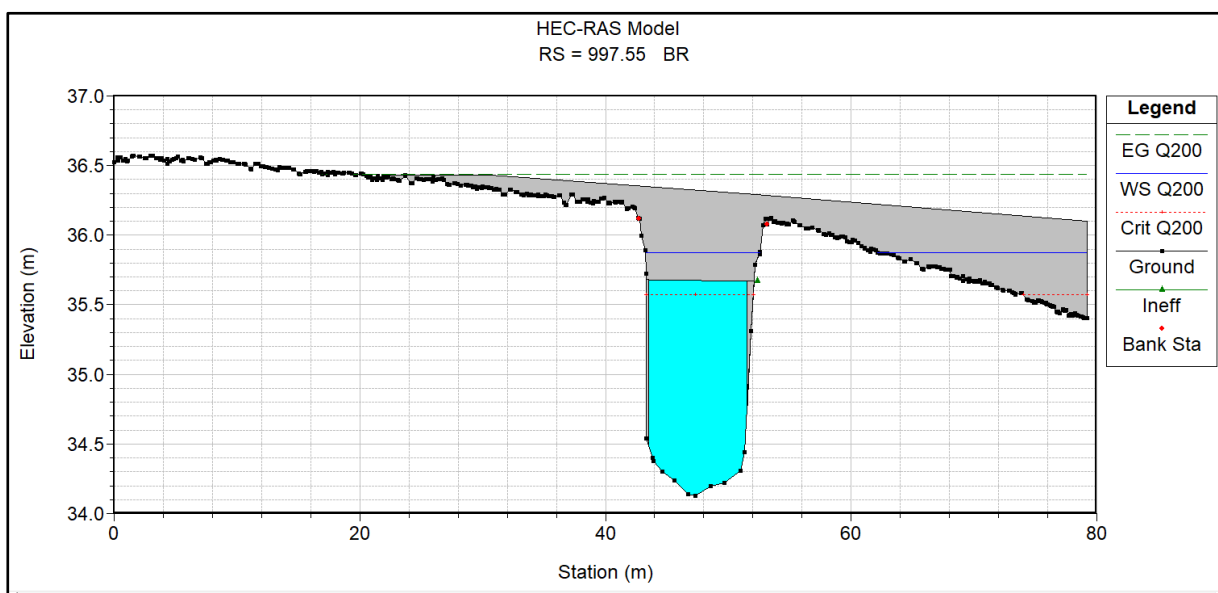
Figur 10: Resultat frå sensitivitetsanalyse ved å auke flaumstorleiken med 20 %. Auken i vassdjup ligg mellom 5-10 cm.

4.3 Resultat

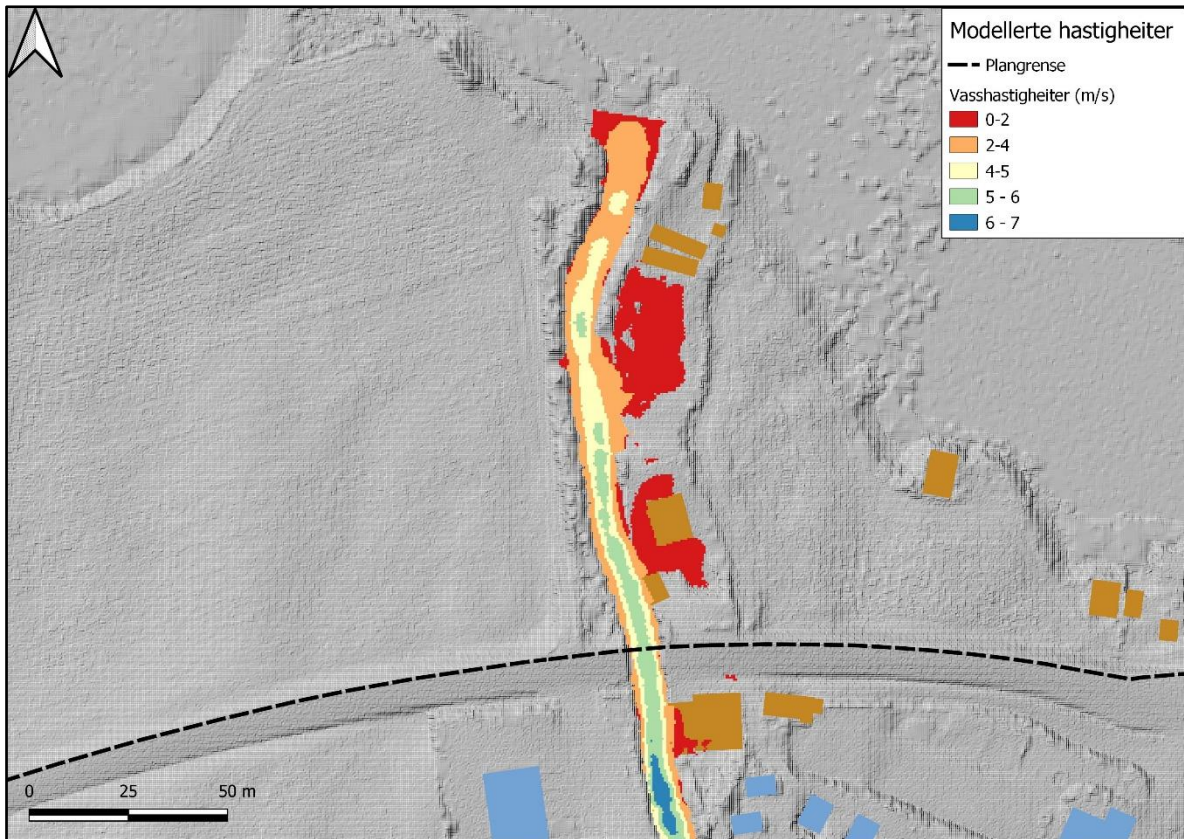
Den hydrauliske modelleringa viser at Rjupedalselva har kapasitet til å handsame ein 20-årsflaum inkludert klimapåslag. Ved ein 200-årsflaum viser modelleringa derimot at elva har to kritiske punkt der Rjupedalselva kan fløyme over; eitt i området kring det eksisterande bustadhuset som ligg på austsida av elva, og eitt om lag 25 m nedstrøms for bustadhuset. På vestsida av elva er det ei meir samanhengande elveforbygging, og modelleringa viser at elva ikkje vil fløyme over her. Sjå Vedlegg II for faresonekart for flaum.

2D-modellen bereknar også vasshastigheiter. Figur 12 viser modellerte hastigheiter ved ein 200-årsflaum. Hastigheitene langs elva i planområdet ligg hovudsakleg mellom 2-6 m/s der dei største hastigheitene er i midten av elva.

Den hydrauliske 1D-modelleringa av kapasiteten til brua ved rv.15 viser at brua ikkje har kapasitet til å handsame ein 200-årsflaum inkludert klimapåslag. Dette kan føre til at vatn stuvar seg opp ved brua og at vatnet kan ta ny veg ved flaum.



Figur 11: Modellert vasstand ved 200-årsflaum ved brua langs rv. 15 like oppstrøms for planområdet. I følge modelleringa har brua har for liten lysopning til å handsame ein 200-årsflaum.



Figur 12: Modellerte vasshastigheter ved 200-årsflaum. Hastighetene er størst i midten av Rjupedalselva, der den ligg mellom 5-6 m/s. Langs elvesidene ligg hastigheita mellom 2-5 m/s.

5. Vurdering av erosjonsfare

Elvestrekninga langs Rjupedalselva i planområdet vart sikra mot erosjon i 1964, og det er flaumvollar på begge sider av elva. Både elvbotnen og elvesidene er sikra med grove til dels runda blokker der lengste akse på blokkene er i underkant av 1 m. Synfaringa viser at det ikkje har føregått erosjon langs elveløpet sidan elveforbygginga vart etablert. Elvesidene og elvebotnen består heller ikkje av lett eroderbare massar som t.d. sand og grus. I dette strekket er elva relativt slak, og erosjonskapasiteten er begrensa. Forbygginga har likevel ikkje blitt utsett for ein 200-årsflaum, og ein kan ikkje utelukke at det kan førekome utglidingar frå elvesidene ved store flaumhendingar. Normalt set ein av ei sone på minst 20 m frå toppen av elveskråning til erosjonsutsett område, men på grunn av den slake gradienten og storleiken på elva, vil ikkje Rjupedalselva ha kapasitet til å erodere meir enn nokre meter frå elva. Etter vårt syn vil det vere tilstrekkeleg med ei sone på 10 m frå toppen av elveskråninga. Dersom ein skal gjere tiltak nærare enn dette, bør det utførast meir detaljerte erosjonsvurderingar.



Figur 13: Oversiktsbilete teke frå brua langs rv.15. Elvebotnen består av grove blokker. Garasjen og elvestrekket forbi bustadhuset står på ein betongmur. Elles består begge elvesidene av grove blokker.



Figur 14: Bilete teke om lag ved bustadhuset og nedstraums.

6. Konklusjon

20- og 200-årsflaum i Rjupedalselva er berekna til høvesvis 24,4 m³/s og 37,8 m³/s. Tilsvarande flaumstorleikar i Oppstrynsvatnet er berekna til 238,8 og 300,2 m³/s. For Rjupedalselva er det nytta eit klimapåslag på 40 %, medan for Oppstrynsvatnet er det nytta eit klimapåslag på 20 %. Flaumberekningane er gjort med bakgrunn i *Nasjonalt formelverk for flomberegningar i små felt* og flaumfrekvensanalysar på utvalde målestasjonar. I Oppstrynsvatnet er vasstanden berekna ut i frå vassføringskurva ved stasjon 88.11 Strynsvatn, Fastbolten som er nytta som referansepunkt for vasstanden ved stasjonen er imidlertid ikkje målt inn etter NN200, og det er dermed knytt ein del usikkerheit til den reelle høgda på vasstanden i meter over havet. SGC har fått opplyst frå NVE at fastbolten skal målast inn i løpet av 2021. Vi har derfor lagt inn ein tryggleiksmargin på 30 cm på berekningane for å ta høgde for usikkerheita. Berekna vasstandar kan justerast når fastbolten er målt inn.

HEC-RAS er nytta for å utføre ei 2D-modellering av flaumutbreiinga i planområdet. Modelleringa viser at elva har kapasitet til å handsame ein 20-årsflaum. Ved ein 200-årsflaum viser modelleringa at Rjupedalselva har to kritiske punkt der elva kan fløyme over. Det er utarbeida faresonekart for flaum som viser kva for område som er utsette for 20- og 200-årsflaum.

Det er også gjort ei vurdering av erosjonsfaren langs elvestrekningar. Frå brua langs rv.15 og til utløpet i Oppstrynsvatnet vart elva botnsikra og sikra på sidene mot erosjon. Ein kunne ikkje sjå teikn til erosjon langs elvesidene, og på bakgrunn av fråvær av lett eroderbare massar og låg elvegradient, vurderer SGC at erosjonsfaren er liten langs Rjupedalselva. Ein kan likevel ikkje utelukke mindre utglidingar, og det vert tilrådd å setje av ei sone på 10 m frå toppen av elveskråninga. Dersom ein ynskjer å gjere tiltak nærare Rjupedalselva enn dette, bør det gjerast meir detaljerte vurderingar av erosjonsfaren og om det er naudsynt med sikringstiltak.

7. Referansar

- Ref-1: NVE, 2020: *Lokal og regional flomfrekvensanalyse*. NVE-rapport 10/2020
- Ref-2: Norsk Klimaservicesenter, 2017: *Klimaprofil Sogn og Fjordane*
- Ref-3: NVE, 1997: *Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag*. Rapportnr. 14/97
- Ref-4: NVE, 2015: *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*. NVE-veileder 7/15
- Ref-5: NVE, 2009: *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer i stein*. NVE-veileder 4/2009
- Ref-6: NGI, 2018: *Flomsonekartlegging inkludert stormflo for Strynevassdraget*. Dok.nr. 20180560-01R
- Ref-7: NVE, 2020: *Lokal og regional flomfrekvensanalyse*. NVE-rapport 10/2020
- Ref-8: Chow, V.T., 2009: *Open Channel Hydraulics*.
- Ref-9: NVE, 2007: *Flaumsonekart. Delprosjekt Stryn*. NVE-rapport 1/2007

Internettssider:

Kart, satellittbilete og topografiske profil:

<http://www.norgeskart.no>

<http://www.norgebilder.no>

<http://www.hoydedata.no>

Hydrologiske data:

<http://nevina.nve.no>

Klima:

<http://www.eklima.no>

<http://www.yr.no>

<http://www.senorge.no>

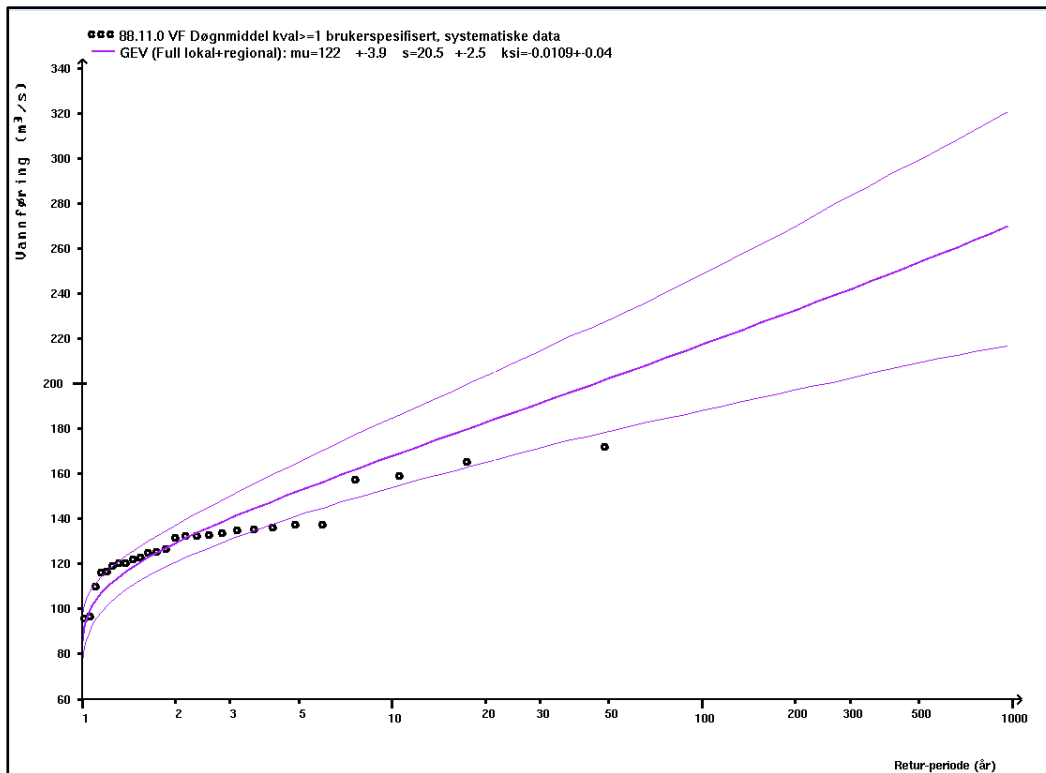
<http://klimaservicesenter.no>

Føreskrifter:

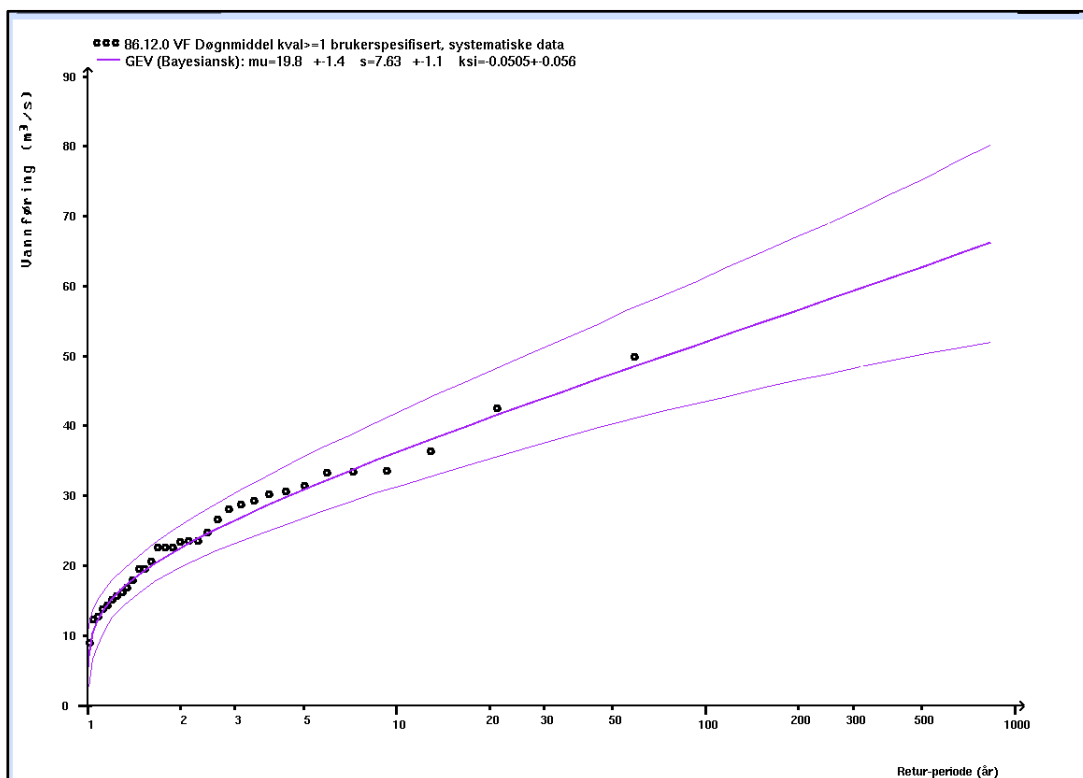
<http://www.lovdata.no>

8. Vedlegg

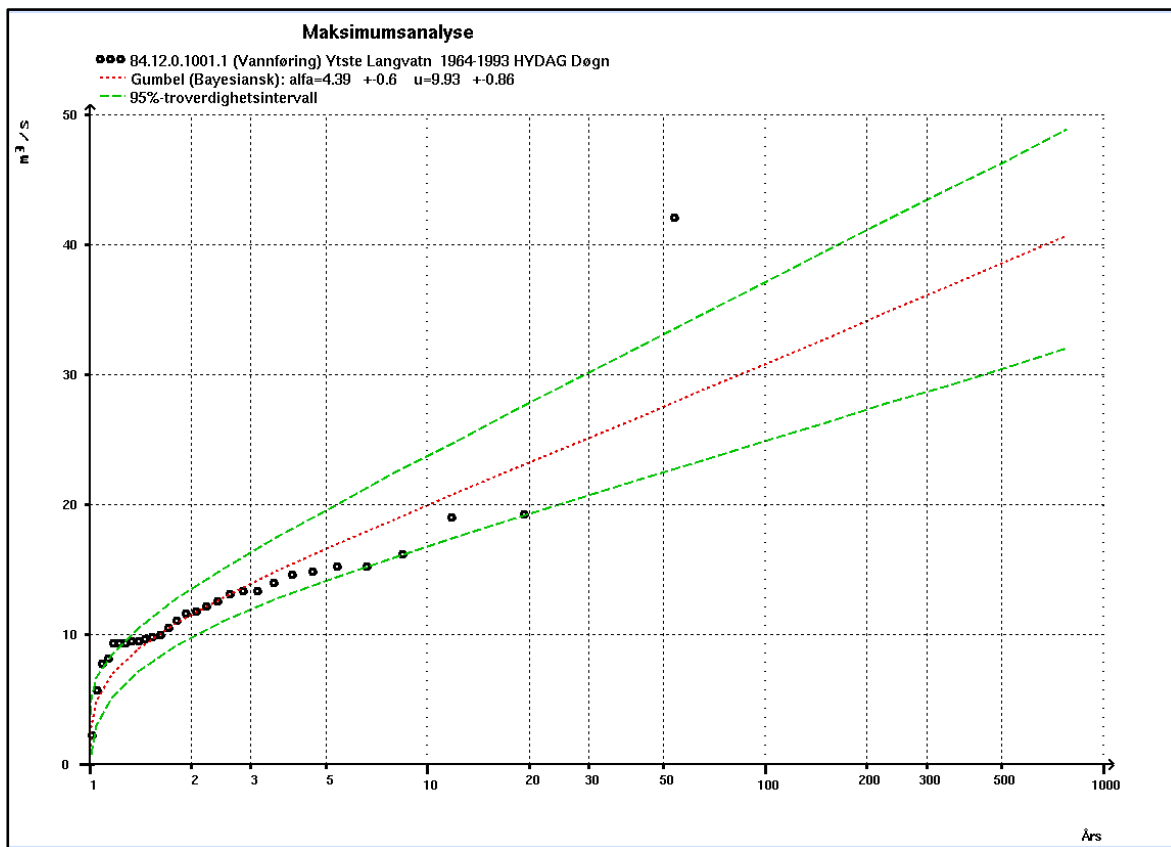
8.1 Vedlegg 1 – Flaumfrekvensanalyse



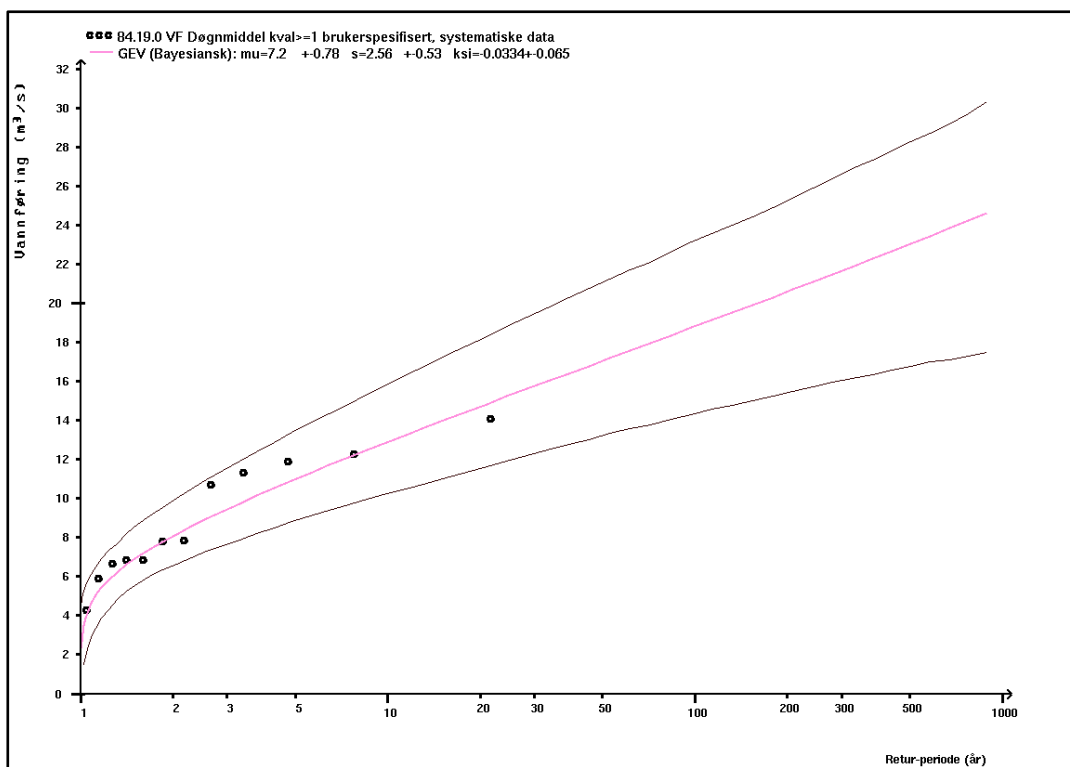
Figur 15: Flaumfrekvensanalyse frå stasjon 88.11 Strynsvatn.



Figur 16: Flaumfrekvenskurve ved 86.12 Skjerdalselv.



Figur 17: Flaumfrekvenskurve ved 84.12 Ytste Langevatn.



Figur 18: Flaumfrekvenskurve ved 84.19 Sygnesandselva.

8.2 Vedlegg 2 – Faresonekart

