

RAPPORT

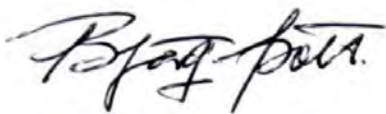
Flomvurdering i Vismunda, Biri



KUNDE / Gjøvik kommune v/ Åge André Michaelsen	PROSJEKT Flom & Natur Vismunda, Biri - Gjøvik	DATO 06.05.2021
PROSJEKTNUMMER 10223785-PRO-003	PROSJEKTLEDER Björgvin Thorsteinsson	REV. DATO 25.06.2021

Rapporteringsstatus:

- ☒ Endelig
☐ Oversendelse for kommentar
☐ Utkast

Utarbeidet av: Kjetil Sandsbråten	Sign.: 
Prosjektleder og KS: Björgvin Thorsteinsson	Sign: 

Innholdsfortegnelse

1.	Innledning	5
2.	Eksisterende flomvurderinger i området.....	6
3.	Områdebeskrivelse og hydrologi.....	6
4.	Krav til sikkerhet mot naturpåkjenninger	9
5.	Klimapåslag for flomvurderinger.....	10
6.	Generell metodikk for flomberegning	12
7.	Vurderte flomanalysemetodikker for Vismunda	14
8.	Vurderte flomanalysemetodikker for nedbørfeltene til Krageberg-/ og Brynstadbergbekken	14
9.	Flommens kulminasjonsverdier	14
10.	Beregning med flomfrekvensanalyse (FFA).....	15
11.	Beregning med regionale flomformler RRFA_1997	17
12.	Beregninger med nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt (NIFS)	17
13.	Beregning med regional flomfrekvensanalyse RFFA_2018.....	18
14.	Beregning med hydrologisk modell	18
15.	NVEs erfaringsverdier fra flomberegninger	21
16.	Endelig valg av flomberegningsmetodikk og flomstørrelser.....	22
17.	Beregnete flomhøyder i Mjøsa	25
18.	Vannstandsregninger langs Vismunda, Kragebergbekken og Brynstadbergbekken	26
18.1.	Program.....	26
18.2.	Grunnlag og forutsetninger	26
18.3.	Kartgrunnlag, kartdata og elvenes geometri	27
18.4.	Hydrauliske strukturer	31
18.5.	Ruhet	38
18.6.	Grensebetingelser	39
18.7.	Sensitivitetsanalyse	40
18.8.	Usikkerhet og sikkerhetsmargin	40
19.	Flomsonekart - Resultater av vannlinjeberegningene.....	40
19.1.	Vismunda	40
19.2.	Kragebergbekken og Brynstadbergbekken	44
20.	Erosjon og risiko	45
21.	Nødvendige tiltak for å oppnå flomsikkerhet, F2.....	51
21.1.	Kragebergbekken og Brynstadbergbekken	51
21.2.	Vismunda	56
22.	Referanser og litteratur.....	60

3 (72)

Sweco
Drammensveien 260
Box 80 Skøyen
NO-0212 Oslo,
Telefon +47 67 12 80 00

www.sweco.no

Sweco Norge AS
967032271
Hovedkontor: Oslo

Kjetil Sandsbråten
Fagsjef Hydrologi & Vannressursforvaltning

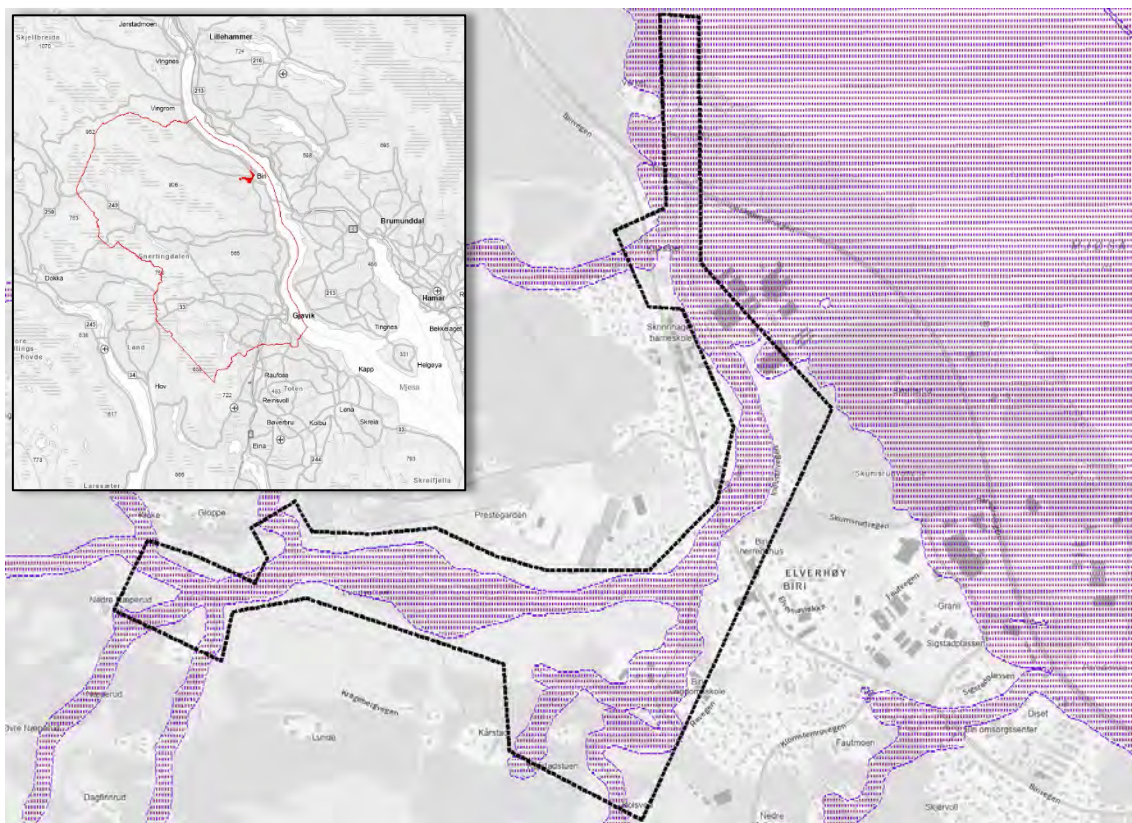
Mobil +47 971 29 216
Kjetil.Sandsbraten@sweco.no

23.	Vedlegg 1 Vannlinjeberegninger	61
24.	Vedlegg 2 Flomsonekart Vismunda	62
25.	Vedlegg 3 Flomsonekart Kragebergbekken og Brynstadbergbekken.....	66
26.	Vedlegg 4 - Flomfrekvensplott.....	68
27.	Vedlegg 5 – Broskisser.....	72

1. Innledning

Sweco Norge AS har på oppdrag fra Gjøvik kommune utført en kartlegging, vurdering og beregning av flomfare i og langs deler av Vismunda, i forbindelse med planlagt stedsutvikling. Plassering av analyseområdet i Gjøvik kommune vises i Figur 1.

Områdene som skal utvikles ligger delvis innenfor NVE sitt aktsomhetsområde for flom på Biri, som er basert på potensiell flomfare fra elva Vismunda og bekker i området. I §15-2.3 i planbestemmelsene for området, er det stilt krav om utredning med kartlegging og vurdering av flomfare i forbindelse med reguleringsplan i disse områdene.



Figur 1 Plassering av analyseområdet i Gjøvik kommune.

I nasjonale flomdatabaser er ikke dette vassdraget beskrevet noe nærmere og det har derfor vært behov for beregning av vannføringer, flom og flomstørrelser for hovedelven Vismunda. Deler av planområdet går også langs det mindre sidevassdraget «Kragebergbekken/Brynsdalsbekken» og det må gjøres en selvstendig analyse også for dette nedbørfeltet og bekkestrekingene.

For et riktig bilde av flomstørrelser i vassdraget er det også viktig å gjøre bruk av flere metodikker i en slik vurdering. Basert på slike vurderingene vil normale vannføringer, samt mer ekstreme flomstørrelser helt opp til Q200 fastsettes. I tillegg vil det vurderes nødvendig klimapåslag som bør benyttes i området.

Vannstandsstigningene er, på grunnlag av denne flomberegningen sammen med en topografisk beskrivelse av terrenget i og langs elveløpet, sammen med andre hydrauliske strukturer som påvirker vannstanden, beregnet i en hydraulisk modell. Det har i tillegg vært foretatt en befaring og gjøres her en kort vurdering angående erosjonsproblematikk og behov for sikring av elvebredder og arealer langs vassdraget.

2. Eksisterende flomvurderinger i området

I nasjonale flomkartleggingsdatabaser er ikke dette vassdraget beskrevet noe nærmere og flomaktsomhetskartet i området viser kun NVEs automatisk beregnede flomaktsomhetssone.

NVEs aktsomhetsområder for flom er et nasjonalt kart på oversiktsnivå som viser hvilke arealer som kan være utsatt for flomfare. Aktsomhetsområder for flom er produsert på bakgrunn av hydrologiske modeller, basert på erfaring fra norske vassdrag (NVE 7/2011) og en digital terrengmodell. Aktsomhetskartet viser hvilke områder som potensielt kan være flomutsatt. Vannstandsstigningen kan ofte være overestimert ved bruk av denne metoden og en mer detaljert kartlegging kan derfor redusere aktsomhetsområdenes utstrekning.

Nivået på aktsomhetskartet er tilpasset kommunal oversiktsplanlegging (kommuneplannivået) og kartene sier ingen ting om sannsynlighet og bør derfor ikke alene brukes i reguleringsplanarbeid eller for å vurdere utbygging etter sikkerhetskravene i byggteknisk forskrift.

Kartet i Figur 1 er basert på en ny beregning fra NVE i juli 2020 med oppdaterte data og terrengmodell med 10 meters oppløsning (DTM10) fra 29.6.2020 (<https://temakart.nve.no/tema/flomaktsomhet>).

3. Områdebeskrivelse og hydrologi

Nedbørfeltet til Vismunda, ned til utløpet i Mjøsa, har en størrelse på 203 km² og ligger med utløp ved Biri i den nordvestre delen av Mjøsa. Nedbørfeltet er hovedsakelig i kommunene Gjøvik, Nordre Land og Lillehammer, men er helt øverst også vidt også innenfor Gausdal kommune. Alle kommuner er i Innlandet fylke. Plassering er vist i Figur 2. Aktuelle feltparametere for nedbørfeltene er gitt i Tabell 1.

I den sørøstre delen av nedbørfeltet er «Krageberg/Brynstadbergbekken» markert. Dette feltet vises i mer detalj i Figur 3.

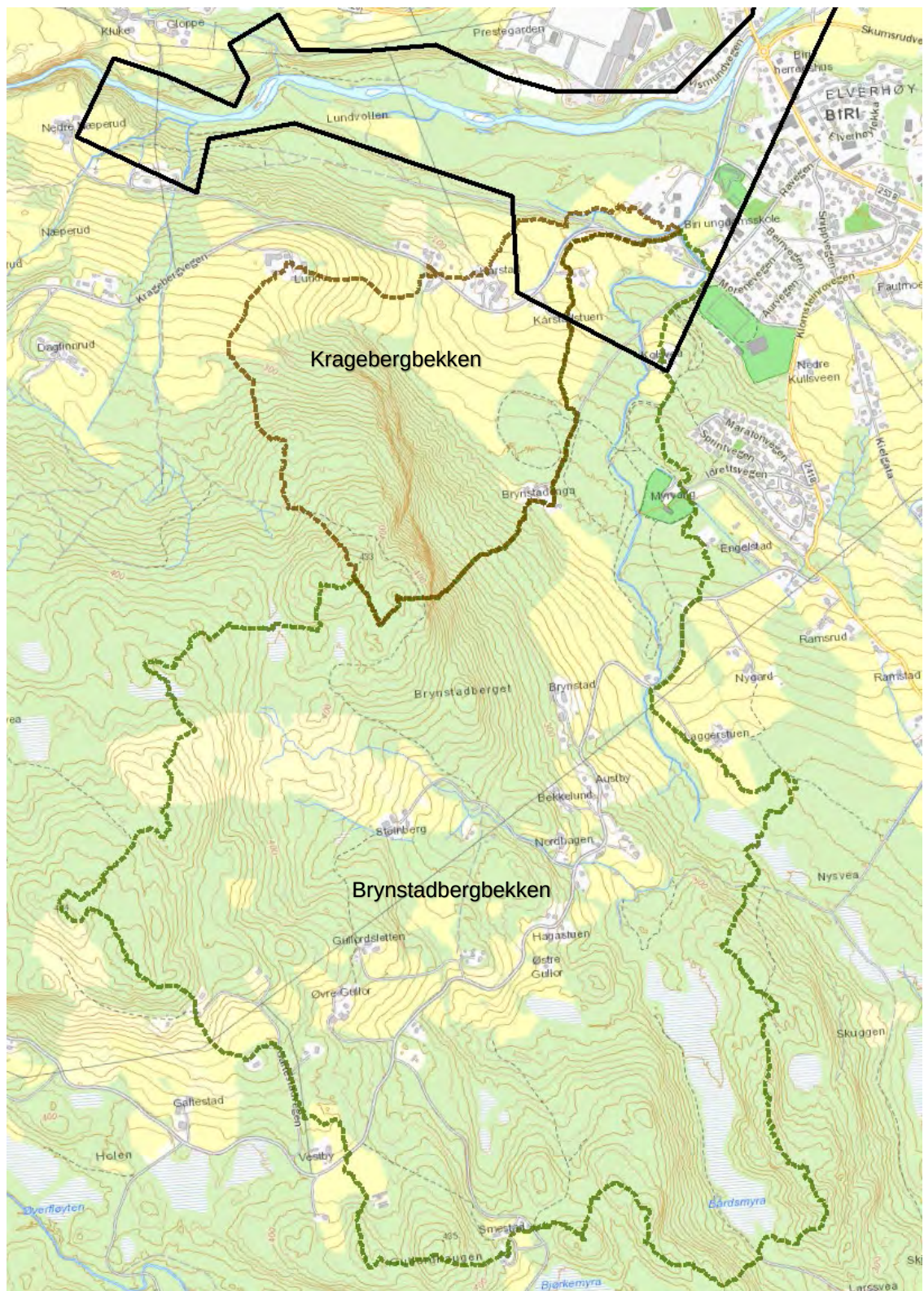


Figur 2 Vismundas nedbørfelt

6 (72)

RAPPORT
06.05.2021

Det er de nederste 3,5 kilometerne av Vismunda som er gjenstand for vurdering og beregning, i tillegg til bekkestrekninger på om lag 1 kilometers lengde for Krageberg-/Brynstadbergbekken.



Figur 3 Plassering av Krageberg-/Brynstadbergbekken og utløp i Vismunda i planområdet.

Felt og terregegenskaper er beregnet på grunnlag av digitale kartdata for FKB, laserdata fra Norsk høydedatamodell (NHD) samt nasjonalt avrenningskart og andre tematiske data basert på informasjon fra Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Felldata er oppgitt i mer detalj i Tabell 1.

Midlere årlige avrenning i dette området er middels, med 19,6 l/s pr. km², som tilsvarer en årlig avrenning på 620 mm og en nedbørsmengde på om lag 770 mm. Årlig middeltemperatur i nedbørfeltet er på 0,9 °C.

Nedbørfeltet til Vismunda er uregulert, men har utløp i Mjøsa som er et stort reguleringsmagasin.

Tabell 1 Felldata for Vismundas nedbørfelt ned til start av planområdet og ned til utløp i Mjøsa ved Biri.

Feltparametere			Vismunda – ned til start av planområdet	Vismunda – ned til utløp i Mjøsa
Feltareal	A	(km ²)	203	193
Effektiv sjøprosent	A _{SE}	(%)	0,04	0,04
Spesifikk avrenning, 1961-1990	QN	(l/s km ²)	19,6	20,0
Midlere vannføring	Q _{mid}	m ³ /s	3,98	3,86
Innsjø/vann		%	1,6	2,0
Snaufjell / åpen mark		%	0,8	0,8
Skog		%	73,9	74,6
Dyrket mark		%	5,1	3,8
Myr		%	15,5	16,3
Feltlengde		km	33,8	33,0
H _{max} - terreng		m.oh.	1066	1066
H _{mid} - terreng		m.oh.	678	685
H _{min} - terreng		m.oh.	129	176

Tabell 2 Felldata for Krageberg-/Brynstadbergbekken og ned til utløp i Vismunda.

Feltparametere			Kragebergbekken	Brynstadbergbekken
Feltareal	A	(km ²)	0,66	2,85
Effektiv sjøprosent	A _{SE}	(%)	0	0
Spesifikk avrenning, 1961-1990	QN	(l/s km ²)	11,3	13,0
Midlere vannføring	Q _{mid}	l/s	7,5	37,1
Skog		%	60,5	77,3
Dyrket mark		%	34,8	16,3
Myr		%	0	1,3
Feltlengde		km	1,2	2,9
H _{max} - terreng		m.oh.	430	486
H _{mid} - terreng		m.oh.	252	349
H _{min} - terreng		m.oh.	161	159

4. Krav til sikkerhet mot naturpåkjenninger

Arealplanlegging som tar hensyn til naturfare, er et viktig virkemiddel for å redusere risikoen for skader ved ekstreme naturhendelser som flom og ras. Den beste måten å forebygge på er å unngå å bygge i fareutsatte områder eller eventuelt ved å identifisere risiki og gjøre tiltak for å redusere eller unngå disse.

De antatte effekter av pågående klimaendringer gir også grunn til å være mer på vakt mot flom og skred, og prosesser relatert til disse. Hyppigere og mere ekstreme nedbørshendelser gir nye utfordringer for bygging og overvannshåndtering, i både bebygde og ubebygde områder.

For tiltak eller byggverk gjelder «Krav til sikkerhet mot naturpåkjenninger» gitt i § 7 i «Forskrift om tekniske krav til byggverk» (Byggteknisk forskrift, TEK 17). Denne er gjeldende for konstruksjoner og anlegg, også midlertidige. De generelle krav er som følger:

- **Byggverk skal plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger.**
- **Tiltak skal prosjekteres og utføres slik at byggverk, byggegrunn og tilstøtende terreng ikke utsettes for fare eller vesentlig ulempe som følge av tiltaket.**

For sikkerhet mot flom og stormflo skal det dimensjoneres eller sikres mot flom slik at den største nominelle årlige sannsynlighet (*returperioden*¹) avhengig av konsekvensgrad ikke overskrides.

For byggverk/konstruksjoner hvor konsekvens anses som liten er denne største nominelle årlige sannsynlighet satt til 1/20 eller 20 års returperiode. For middels konsekvens, her innbefattet infrastruktur, er returperioden satt til 200 år og for byggverk/konstruksjoner med stor konsekvensgrad er returperioden på 1000 år. Byggverk hvor konsekvensen av en flom er særlig stor, skal ikke plasseres i flomutsatt område. Beskrivelse av tilhørende sikkerhetsklasser er vist nedenfor:

Sikkerhetsklasse F1 gjelder tiltak der oversvømmelse har <u>liten</u> konsekvens. Dette omfatter byggverk med lite personopphold og små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser, eksempelvis: garasje, lagerbygning med lite personopphold	Sikkerhetsklasse F2 gjelder tiltak der oversvømmelse har <u>middels</u> konsekvens. Dette omfatter de fleste byggverk beregnet for personopphold, eksempelvis: bolig, fritidsbolig og campinghytte, garasjeanlegg og brakkerigg, skole og barnehage, kontorbygning, industribygg, driftsbygning i landbruket som ikke inngår i sikkerhetsklasse F1	Sikkerhetsklasse F3 gjelder tiltak der oversvømmelse har <u>stor</u> konsekvens. Dette omfatter byggverk for sårbare samfunns-funksjoner og byggverk der oversvømmelse kan gi stor forurensning på omgivelsene, eksempelvis: byggverk for særlig sårbare grupper av befolkningen, f.eks. sykehjem og lignende byggverk som skal fungere i lokale beredskapssituasjoner, f.eks. sykehus, brannstasjon, politistasjon, sivilforsvarsanlegg og infrastruktur av stor samfunnsmessig betydning og avfallsdeponier der oversvømmelse kan gi forurensningsfare.
---	---	--

Planområdet skal kunne benyttes til bebyggelse og det er derfor gjort vurderinger for sikkerhetsklasse F2, flomstørrelser med 200 års gjentakintervall.

¹ Returperiode (gjentakintervall) er et uttrykk for hvor ofte (hvert n-te år) det inntreffer flom til et visst nivå eller nedbør med en viss intensitet, ut fra statistiske vurderinger av nedbørs- og avrennings-observasjoner.

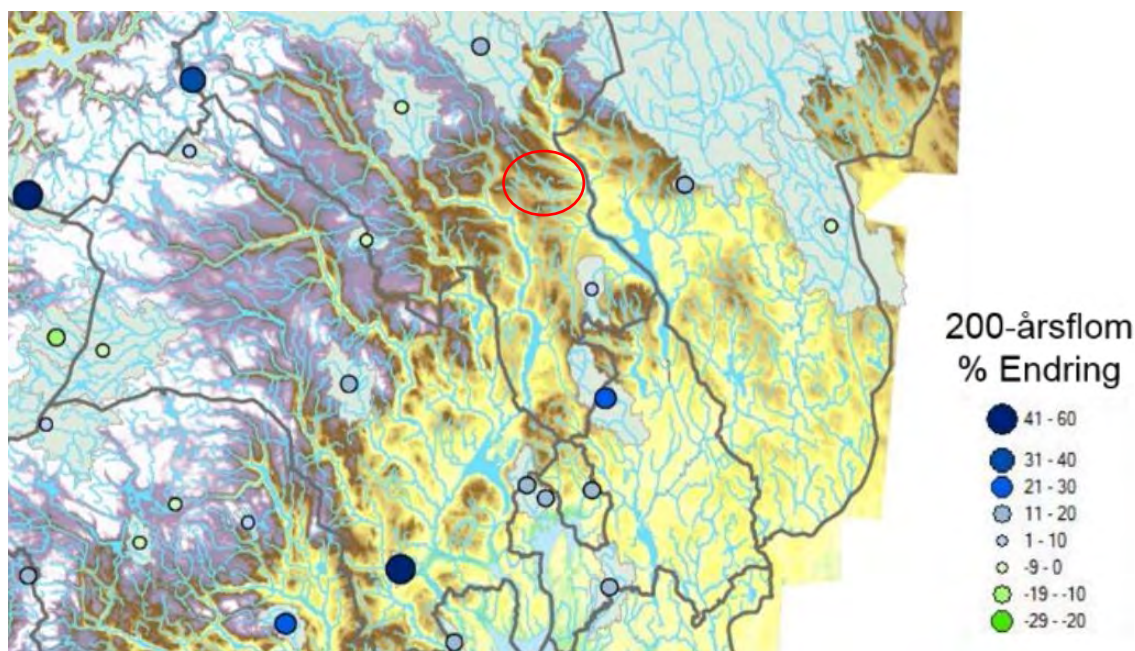
5. Klimapåslag for flomvurderinger

Selv små nedbørfelt kan imidlertid gi store vannmengder under ekstremværsituasjoner. Framskrivninger presentert i «Klima i Norge 2100» viser at det kan forventes mellom 5 og 30 % økning av midlere årsnedbør mot slutten av dette århundret.

Det store spennet mellom disse to verdiene avhenger dels av tilfeldige variasjoner og mengden av fremtidig klimagassutslipp. Den faktiske nedbørsøkningen i Norge i løpet av de siste 30 årene ligger faktisk nær den høyeste framskrivningen.

Lawrence 2016 anbefaler på grunnlag av dette et klimapåslag på 20 % for døgnmiddelflom og minst 20 % for kulminasjonsflom i små nedbørfelt på alle flommer i dette området.

Både nedbørfelt som er dominert av snøsmelteflommer og regnflommer i dagens klima finnes blant nedbørfeltene her på Østlandet. Framskrivningene tyder på en økt tendens for høst /vinterflomvannføring i nedbørfelt som ligger mindre enn 100 km fra kysten. De store vassdragene i innlandet viser både reduksjoner og økninger i flomstørrelsen i framtiden. De største reduksjonene er på 20–29 %, blant nedbørfeltene i Hedmark. I Oppland varierer endringer fra en liten reduksjon til ganske betydelige økninger på 21–30 %. De største økningene finnes i den nordligste delen av fylket for noen vassdrag med deler av nedbørfeltet i høyfjellet, og slike økninger ble ikke funnet for dette området i den tidligere analysen fra 2011.



Figur 4 Utsnitt fra figur 6.11 fra Lawrence 2016, Klimaendring og framtidige flommer i Norge NVE 81/20106.

På tross av dette kan det forventes økning av kortvarige store nedbørsmengder. Pågående forskning ved meteorologisk institutt påpeker også tydelig at det er en positiv trend både for høyeste nedbørintensitet og for hyppighet av kraftige nedbørepisoder (Ødemark et al. 14/2012). Denne rapporten peker også på at den forventede hyppigere forekomst og økede intensitet i ekstreme hendelser kan forårsake problemer for avrenningssystemene i tettbygde områder som ofte er spesielt følsomme for lokale nedbørepisoder.

Rapporten «Klimapåslag for korttidsnedbør, anbefalte verdier for Norge» (NCCS 5/2019) viser tydelig at klimafaktorer øker tydelig med lengre returperioder og med kortere varigheter. Dette er i tråd med at det 10 (72)

er de mest ekstreme hendelsene som vil øke mest i framtiden, og spesielt småskala intense nedbørshendelser som for eksempel konvektive sommerbyger.

Tidligere anbefalinger om 40% påslag for nedbørvarigheter opp til 3 timer (Førland et al., 2015) samsvarer godt med disse nye resultatene (*klimafaktor på ca. 1.4 for >50 år og varighet <3 timer*). Men det er også tydelig at klimafaktorer for kortere varigheter enn 3 timer i snitt for Norge er større enn 1.4.

Anbefalingen er dermed for nedbør med returperioder på mer enn 50 år og med varighet under 1 time, ett klimapåslag på 50 %. For nedbør med varighet på 2-6 timer og lenger anbefales ett klimapåslag på 30 % som vist i tabell fra Norsk Klimaservicesenter, NCCS report no. 5/2019 «Klimapåslag for korttidsnedbør, anbefalte verdier for Norge», Tabell 3, side 18, gjengitt nedenfor i Tabell 3.

Tabell 3 Anbefalte klimapåslag (%) for endring i dimensjonerende korttidsnedbør fram til 2071-2100. M5 = 5-års returverdi, M50 = 50-års returverdi.

	< M50		≥ M50	
Varighet	Lav M5	Høy M5	Lav M5	Høy M5
≤ 1 time	40	40	50	50
2 – 3 timer	40	30	40	30
4 – 6 timer	30	30	40	30
7 – 24 timer	30	20	30	30

Terskler mellom «Lav M5» (tørre områder) og «Høy M5» (nedbørrike områder) anslås som følger:

- o 24-timersnedbør: M5 ≈ 70 mm
- o 12-timersnedbør: M5 ≈ 50 mm
- o 6-timersnedbør: M5 ≈ 40 mm
- o 3-timersnedbør: M5 ≈ 30 mm

Fra IVF kurvene ved to nærliggende målestasjoner er disse times-sumverdiene vist i Tabell 4.

Tabell 4 Timessumverdier (3, 6 12 og 24) for nærliggende meteorologiske målestasjoner.

Målestasjoner	3	6	12	24
Gjøvik - Sogstad	22,5	29,6	36,7	50,1
Lillehammer	18,3	25,5	30,7	38,9

Anbefalingen er dermed for nedbør med returperioder på mer enn 50 år og med varighet under 1 time, ett klimapåslag på 50 %.

Området her ved Mjøsa ligger godt under grensen mellom høy og lav M5 ((M5 (24t) < 70 mm) og for nedbør med varighet på 2-6 timer anbefaler vi dermed et klimapåslag på 40 %.

6. Generell metodikk for flomberegning

Det er de klimatiske og fysiografiske forholdene i vassdraget som påvirker flomforholdene.

Som en hovedregel er det regn som skaper flom, og da særlig høye intensiteter med varigheter som tilsvarer konsentrasjonstiden til vassdraget. Dette varierer fra noen minutter i urbane områder til uker i store vassdrag som Glomma eller i innsjøer med trange utløp.

Det er likevel ikke en entydig sammenheng mellom store nedbørmengder og flom. Hvert år gir snøsmelting flommer mange steder i landet, men når skadeflommer oppstår, er slike stort sett forårsaket av regn eller en kombinasjon av regn og snøsmelting. De største flommene oppstår derfor som regel når nedbør kombineres med andre ugunstige forhold, som snøsmelting, mettet mark på grunn av tidligere nedbør, eller frossen mark.

Størrelsen på nedbør og de tilhørende flommer varierer stort i Norge. Det samme gjør også årstiden for de største flommene. I kyststrøkene er det høst- og vinterflommer som dominerer og i innlandsstrøkene er det ofte våren og forsommeren som er kritisk, med stor snøsmelting kombinert med regn, og høst-månedene, med regn på mettet mark.

Store og små vassdrag opptrer også forskjellig. Store vassdrag har som regel mindre spesifikke flommer enn små vassdrag. Det vil si at volumet kan være stort, men avrenningen pr. arealenhet er lavere.

Små vassdrag, og særlig felt med høy grad av urbanisering, er ofte karakterisert ved rask flomstigning og spisse flomforløp. I slike felt opptrer flommer gjerne i forbindelse med intens nedbør. Større felt reagerer vanligvis ikke på slike situasjoner da arealutbredelsen av nedbøren ofte er liten, og nedbørfeltene ofte har et større markvannsunderskudd.

Høydefordelingen og helningsforholdene i nedbørfeltet kan også ha avgjørende betydning for flomutviklingen i et vassdrag. Normalt inntreffer ikke snøsmeltingen samtidig i høyfjellet og lavlandet, men i felt med liten høydeforskjell kan snøsmeltingen være omtrent like intens i hele feltet samtidig.

I bratte felt vil flomvannet samles raskere i hovedvassdraget enn i flate felt. Det samme gjelder felt med et godt utviklet dreneringsnett i forhold til felt med få bekker og elver.

Forekomsten og plasseringen av innsjøer i et nedbørfelt har også stor betydning for flomutviklingen. Innsjøer virker flomdempende, særlig store innsjøer og innsjøer langt nede i vassdraget. (NVE, 2011).

Metodikk for beregning av flom kan hovedsakelig deles inn i tre hovedgrupper:

- Flomfrekvensanalyser
- Nasjonalt eller regionalt formelverk
- Nedbør-avløpsmodellering

Flomfrekvensmetoden er hovedsakelig basert på analyser av målte avløpsserier. Nedbør-avløpsmetoden er basert på frekvensanalyser av nedbørdata, hvor nedbør- og eventuelt snøsmelteverdier overføres til flomverdier ved hjelp av hydrologiske modeller. Den rasjonelle formel kan anses som en enkel slik modell.

Vanligvis skal flomfrekvensmetoden benyttes for beregning av tilløpsflommer med gitte gjentakintervall. For små vassdrag og i områder med dårlig datagrunnlag kan det være nødvendig å benytte nedbør-avløpsmetoder for flomberegning. I slike tilfeller må resultatet likevel vurderes mot observerte flomdata eller erfaringstall for flomstørrelser.

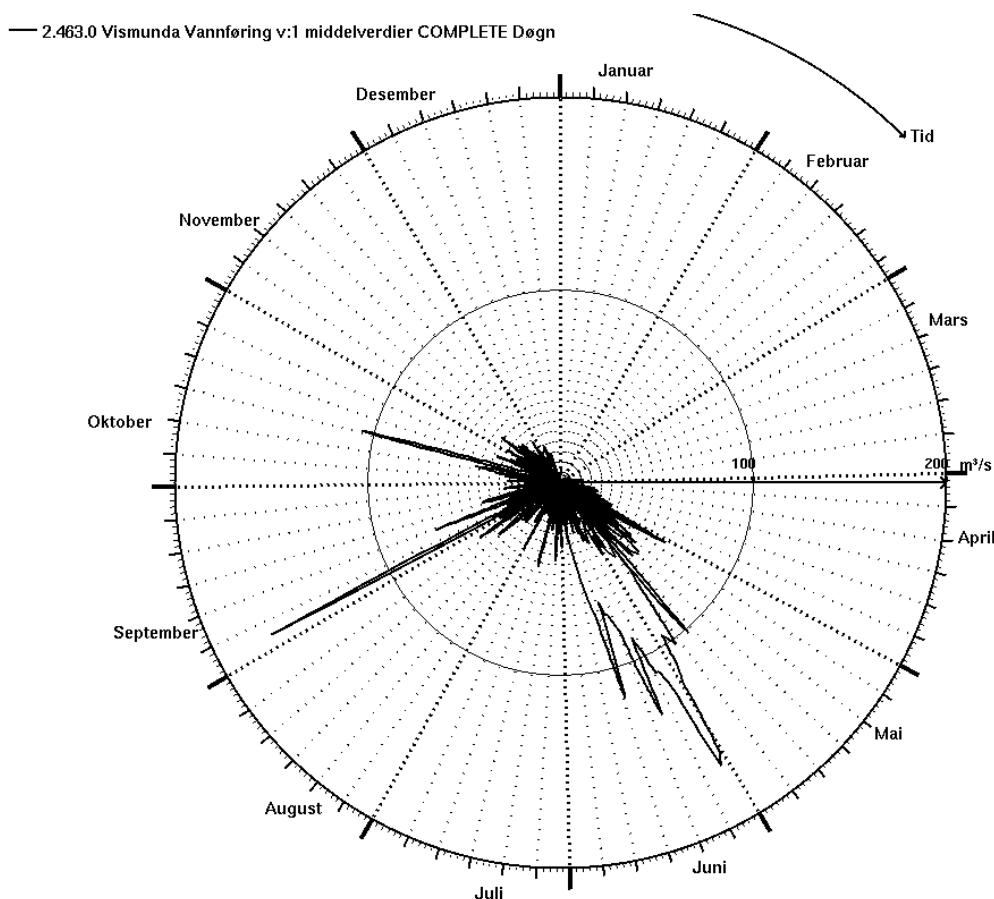
I forbindelse med Etatsprogrammet «NATURFARE – infrastruktur, flom og skred (NIFS)», som var et samarbeidsprosjekt mellom NVE, Jernbaneverket og Statens vegvesen ble det i 2015 utarbeidet et nasjonalt formelverk for beregning av flom i små nedbørfelt. (NVE 13/2015). Som et ledd i utviklingen av nye retningslinjer / veiledere for beregning av flom i små vassdrag er det planlagt at NIFS blir en av flere foreslåtte metodikker sammen med RFFA2018 som er et formelverk NVE nylig har utarbeidet (NVE 2020).

For store nedbørfelt, dvs. felt større enn 20 km² kan det vurderes å benytte regionale flomfrekvens-formler RFFA_1997. Disse er imidlertid svært sårbare for andelen fjell i feltet og bør ikke benyttes for rene lavlandsfelt med vårflokker. Formelverket bør også benyttes med en viss varsomhet for nedbørfelt < 100 km².

For veldig små nedbørfelt (i størrelsesorden opp mot 2 km²) kan den rasjonelle formel benyttes (Statens vegvesen, 2018). Blir vassdragene noe særlig større enn dette kan imidlertid denne formelen gi store usikkerheter. NVE anbefaler imidlertid ikke denne metodikken brukt om nedbørfeltene overskrider 0,5 km² (Vassdragshåndboka, 2010/ Lindholm 2008).

PQRUT-modellen er en annen metode for nedbør-avløpsmodellering, basert på observerte avrenningsforløp. Metoden benyttes gjerne i beregninger av flomforløp til magasiner med nedbørfelt med areal mellom 1 - 200 km².

For store deler av landet skilles det hovedsakelig mellom to forskjellige typer flommer, vårflokker og sommer/høstflokker. Statistisk må disse behandles adskilt.



Figur 5 Årspolarplott, 2.463 Vismunda, 1986-2020

Sesonginndelingen i vår- og sommer/høst-flommer velges ut fra feltets beliggenhet. I enkelte deler av landet, for eksempel langs kysten, vil det være umulig å skille mellom de to flomtypene, slik at årsflommer må behandles.

Ut fra observerte flommer i eller i nærheten av feltet kan den flomskapende sesongen fastlegges og derved også hvilke ekstreme nedbørverdier som skal ligge til grunn for eventuell beregning ved en hydrologisk modell.

Hvis det er store flommer både vår og høst i et område, kan det være fare for at man undervurderer de store flommene ved å utføre separate analyser for vår- og høst-sesongen. I slike tilfeller bør man utføre flomfrekvensanalyse uten sesonginndeling, dvs. på årsflommer. Det er benyttet årsflommer i denne analysen.

7. Vurderte flomanalysemetodikker for Vismunda

I Vismundas nedbørfelt er det en målestasjon for vannføring 2.463 Vismunda. I tillegg i regionen finnes det også enkelte andre stasjoner som kan benyttes for å vurdere flomstørrelser ved hjelp av flomfrekvensanalyse. Plassering av disse er vist i Figur 6.

Det anses også fornuftig å vurdere nasjonalt formelverk som RFFA2018 og også bruk av nedbør-/avløpsmodellen PQRUT for beregning av nedbør- og flomhendelser opp til 200 års flom.

For metodikk som NIFS er nedbørfeltet godt over den anbefalte grenseverdien på 60 km² og metodikken vurderes derfor ikke.

Bruk av regionale flomformler kan benyttes med varsomhet i forbindelse med flomvurderingen. Disse flomformlene gjelder for felt > 20 km², men bør brukes forsiktig for felt < 100 km². Lav effektiv innsjøprosent og fjellprosent gjør resultatet med denne metoden svært usikkert.

8. Vurderte flomanalysemetodikker for nedbørfeltene til Krageberg-/ og Brynstadbergbekken

I disse nedbørfeltene er det ikke målestasjoner for vannføring. I regionen er det heller ikke stasjoner med så små nedbørfelt som i noen særlig grad kan benyttes. Det vurderes derfor på det samme grunnlaget som nevnt ovenfor for Vismunda.

Bruk av nedbør-/avløpsmodellen PQRUT for beregning av nedbør- og flomhendelser opp til 200 års flom kan benyttes.

For metodikk som NIFS er nedbørfeltene innenfor den foreslåtte grenseverdien på 60 km². Det benyttes ikke nasjonalt formelverk som RFFA2018 da denne gjelder for nedbørfelt over 60 km², heller ikke andre regionale flomformler benyttes.

9. Flommens kulminasjonsverdier

Når flomverdier beregnes som døgnmiddelverdier, må også kulminasjonsverdien estimeres. I den grad data på fin tidsoppløsning finnes, anbefales det at flomfrekvensanalysen utføres på momentanflommer (kulminasjonsvannføringer).

Alternativt kan forholdet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelverdi ved de største flommene i vassdraget eller i sammenlignbare felt benyttes. Hvis slike data ikke foreligger anbefales det å benytte

14 (72)

formler, basert på feltparametere, for å beregne forholdstallet mellom momentanflom og døgnmiddelflom (NVE 2011).

NVEs veileder for flomberegning presenterer også observerte forholdstall mellom momentanflom og døgnmiddelflom for en rekke målestasjoner. For enkelte små felt eller felt med svært liten naturlig dempning er det funnet faktorer opp mot ca. 3,0.

For nedbørfeltet til Vismunda ned til start av planområde og til utløp i Mjøsa, gir dette formelverket et forholdstall på hhv. 1,31 / 1,57. Lav effektiv sjøprosent bidrar i hovedsak til høyt forholdstall.

Ser man på de mindre nedbørfeltene til Kragebergbekken og Brynestadbergbekken, som har små nedbørfelt uten innsjøer eller tjern, gir dette høye forholdstall på mellom 2,15 og 2,34 for høst- og nedbørsflommer.

10. Beregning med flomfrekvensanalyse (FFA)

Det er som nevnt en eksisterende avløpsstasjoner i nedbørfeltet til Vismunda, og i tillegg enkelte målestasjoner, med lignende nedbørfelt og brukbart lange måleserier i regionen, som kan benyttes for analyse.

Det er søkt å finne avløpsstasjoner som kan være flommessig representative for nedbørfeltene, både når det gjelder størrelse, topografi og avstand fra kyst, samt at de har en tilstrekkelig lang observasjonsperiode for sikkert å kunne beregne flomstørrelser.

Fem stasjoner har vært vurdert som mulig datagrunnlag for bruk i flomfrekvensanalysen i tillegg til 2.463 Vismunda. Stasjonenes beliggenhet er vist på kartet i Figur 6, og noen stasjonsdata finnes i Tabell 5. Alle stasjoner har data frem til dags dato. Tatt i betraktning de siste årenes flomsituasjoner vektlegges dette høyt.

Ut fra flomfrekvensdataene med flomrose og observasjoner så kan flommer forekomme i mange av årets måneder som vist i Figur 5. Det er derfor valgt å gjøre frekvensanalyser på årsflommer. Resultater fra analysen er vist i Tabell 5 der QM er årlig middelflom. NVE-programmet «Ekstremver dianalyse» i DAGUT ble benyttet til analysene.

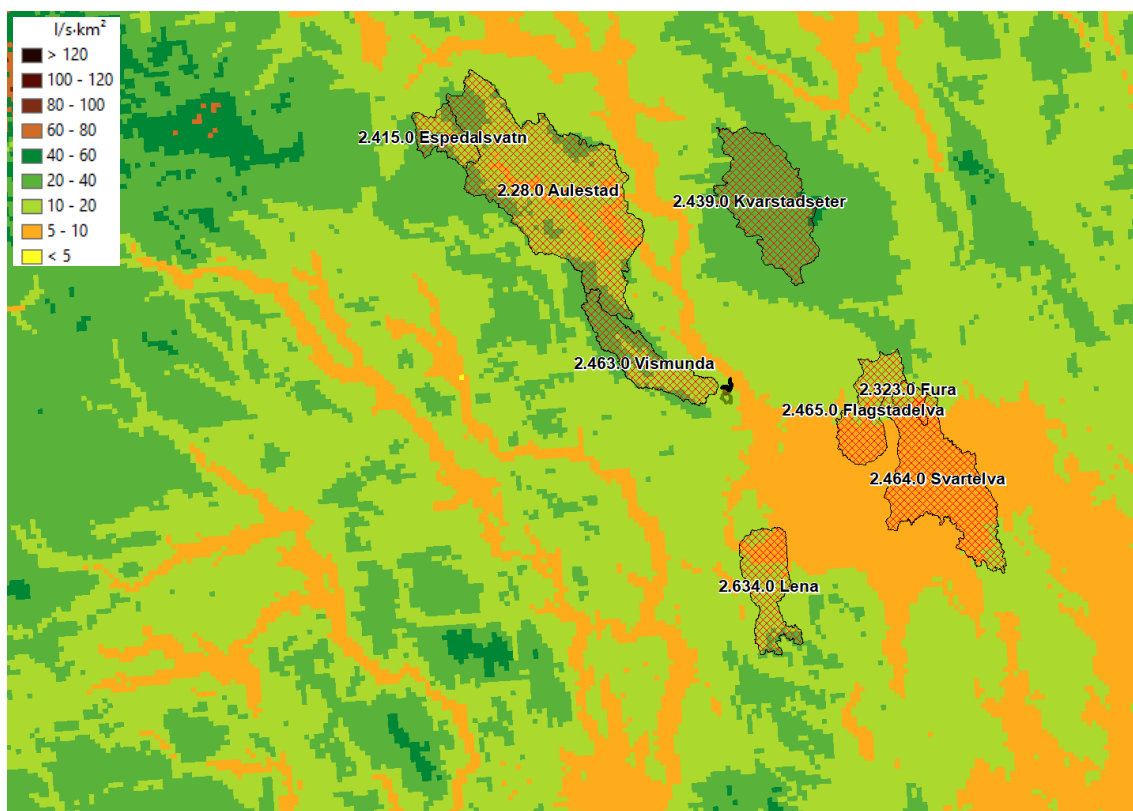
Det er benyttet Gumbel-fordeling som frekvensfordeling for stasjonene. På enkelte, med lange måleserier kunne det vært benyttet GEV, som er en 3-parameterfordeling som krever lange dataserier, men dette ga ingen bedre tilpasning.

Tabell 5 Måleserier for flomfrekvensanalyse. Resultater av analysen for døgnmiddelflom.

VM	Felt-areal	Eff.sjø	Q N	Høyde	Måle-periode	QM	Q 20	Q 200	Q1000
	km ²	%	l/s*km ²	m.oh	ant. år	l/s*km ²	l/s*km ²		
2.463 Vismunda	191	0,03	20,0	188-1066	1986-2020	252	478	709	868
2.28 Aulestad	866	0,04	16,5	199-1514	1929-2020	201	370	537	652
2.415 Espedalsvatn	95	4,80	22,9	721-1449	1976-2020	177	342	506	620
2.439 Kvarstadseter	377	0,05	29,2	669-1191	1979-2020	219	497	762	945
2.634 Lena	183.64	0,03	13,17	223-752	1991-2020	141	242	340	407
2.323 Fura	36.41	0,06	13,34	349-758	1970-2020	367	627	875	1047
2.464 Svartelva	458.04	0,19	7,94	138-758	1986- 2020	117	227	332	405
2.465 Flagstadelva	171.89	0,04	11,04	128-821	1986-2020	221	354	483	572

¹ Hull 2001-2007, ² Flere hull blant annet flommen i 1985

Plassering av referanse målestasjonene er også vist i Figur 6 sammen med avrenningsnormalen for Norge, 1961-1990. Normalavrenningen øker innover i fjellene mot nordvest som vist i figuren under.



Figur 6 Nedbørfelt til målestasjoner for vannføring i området. Grunnkart under viser avrenningsnormal 1961-1990. Grunnlagsdata fra NVE, NVE 2002.

2.463 Vismunda ligger i elva Vismunda som renner inn i Mjøsa fra vest. Felthydrologen i området vurderer vannføringskurven som svært usikker på flom (til forskjell fra vurdering av kurvekvalitet i HYDAG). Dette fordi det er vanskelig å måle vannføringen ved stasjonen og det er vanskelig å angi vannstanden med tilfredsstillende nøyaktighet. Der er heller ikke gjort vannføringsmålinger ved stor flom (middelflom), noe som kanskje bidrar til den største usikkerheten ved kurven. Vismunda er også mer utsatt for høstflommer, og kan derfor ha en brattere kurve enn de andre feltene.

2.28 Aulestad ligger i elva Gausa noe lenger nord. Stasjonen er påvirket av regulering i Rausjø, men reguleringsgraden er så liten at dataene kan anses som uregulert for flomanalyser. Det er usikkerhet knyttet til kvaliteten på vannføringskurven og spesielt data for flomvannføringer.

2.415 Espedalsvatn ligger i en uregulert sideelv til Vinstra. Enda lenger nord enn målestasjonen Aulestad i Gausa. Stasjonen har en svært høy effektiv sjøprosent i forhold til Vismunda. Datakvaliteten er karakterisert som middels god.

2.439 Kvarstadseter ligger øst for Lillehammer, og drenerer mot Østerdalen og Glomma. Stasjonen har observasjoner fra 1984, men har flere hull i observasjonsperioden og mangler bla. flommen i 1995. Kvaliteten på vannføringskurven under flom er karakterisert som middels.

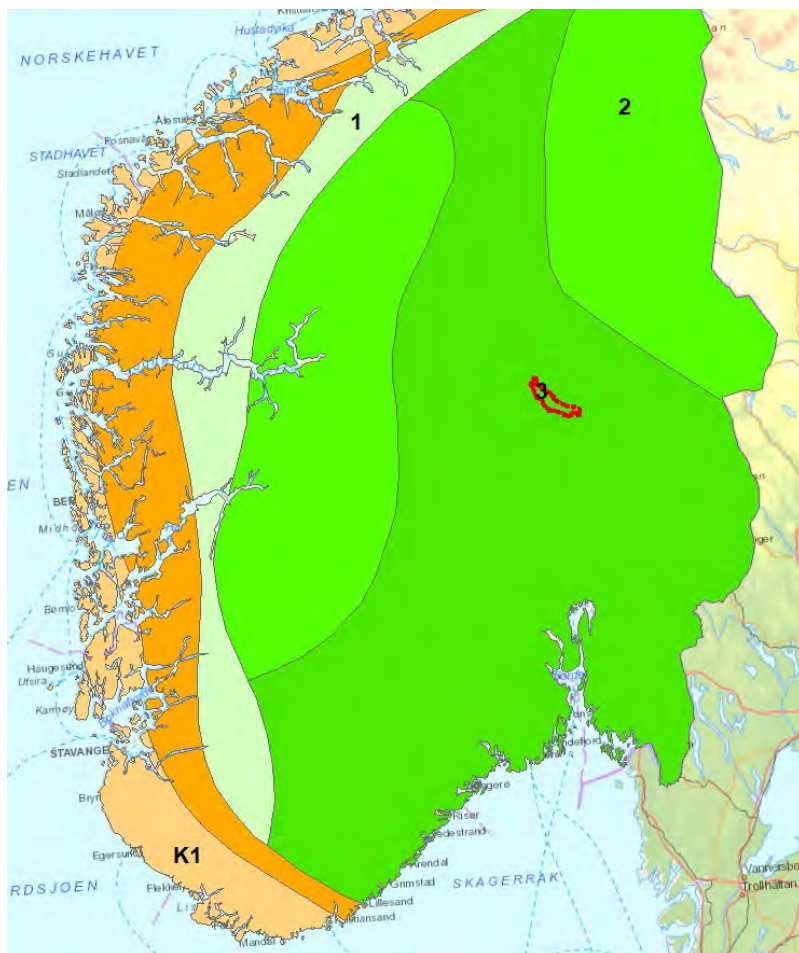
Stasjonene 2.323 Fura, 2.464 Svartelva og 2.465 Flagstadelva ligger alle øst for Mjøsa og har langt lavere middelavrenning. Stasjonen Fura har det minste nedbørfeltarealet av utvalget av stasjoner og dermed en god del høyere ekstremflommer.

11. Beregning med regionale flomformler RRFA_1997

Plasseringen av Vismunda i flomregionene er vist i Figur 7 og ligger midt i høstflomregion 3.

Tabell 6 Beregnede flomverdier (døgnmiddelverdi) i l/s*km² med regional flomformel for gitte returperioder uten klimapåslag.

	QM	Q 20	Q 200	Q1000
Vismunda	92	184	313	433



Figur 7 Plassering av nedbørfeltet til Vismunda i flomregionene.

12. Beregninger med nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt (NIFS)

NVE 13/2015 beskriver utarbeidelsen av et nasjonalt formelverk for beregning av middelflom og flommer med høyere gjentakintervall for små umålte nedbørfelt i Norge.

Analysene ga et formelverk hvor middelflommen, QM, estimeres ved to kovariater. Disse to er middeltilsigtet (middelvannføring i perioden 1961-90 i m³/s) og effektiv sjøprosent.

Videre ble det etablert et formelverk for å estimere vekstkurven for små umålte nedbørfelt. Altså hvordan gå fra middelflom til en flom med et høyere gjentakintervall. Denne analysen gir en formel med 3 parametere hvor en av de er middelflommen som er beskrevet over. De to andre parameterne som inngår

17 (72)

i formelen for vekstkurver er middelavrenningen (midlere årsavrenning i perioden 1961-90 i l/s*km²) og effektiv sjøprosent.

Formelen for beregning av forholdstallet mellom en flom, Q(T), med gjentakintervall T og middelflom, QM, er som følger:

$$Q(T)/Q_m = 1 + 0.308 \cdot AVR_{6190}^{-0.137} \left[\Gamma(1+k) \Gamma(1-k) - (T-1)^{-k} \right] e^{0.16k} / k \text{ der}$$

$$k = -1 + 2 / \left[1 + e^{0.39k - 1.54 \cdot EFF_{SJO} / 100} \right]$$

Formelverket gir i utgangspunktet kulminasjonsverdier, men det er gjort en vurdering også hvor det benyttes det tidligere beregnede forholdet mellom momentanform og døgnmiddel for hhv. vår- og høstflom. Bruk av NIFS formelverket og beregningen av døgnmiddelflom ga følgende spesifikke verdier for de mindre nedbørfeltene til Kragebergbekken og Brynstadbergbekken (Tabell 7).

Beregningsmetodikken er utarbeidet for nedbørfelter mindre enn 60 km² og bør derfor benyttes med noe varsomhet.

Tabell 7 Beregnede flomverdier i l/s*km² med NIFS-metodikk for gitte returperioder uten klimapåslag for Krageberg- og Brynstadbergbekken oppstrøms felles samløp.

Kulminasjonsverdier	QM	Q 20	Q 200	Q1000
Kragebergbekken	414	746	1226	1707
Brynstadbergbekken	383	685	1120	1557
Kragebergbekken Døgnmiddel - Høst	177	319	524	730
Brynstadbergbekken Døgnmiddel - Høst	178	318	521	724

13. Beregning med regional flomfrekvensanalyse RFFA_2018

Flomestimat beregnet med RFFA_2018 er vist i Tabell 8. Beregnet kulminasjonsfaktor (Qkulm/Qdøgn) med denne metodikken er gitt til 1,21.

Tabell 8 Beregnede døgnmiddel flomverdier i l/s*km² med RFFA_2018-metodikk for gitte returperioder uten klimapåslag

	Areal i km ²	QM	Q 20	Q 200	Q1000
Vismunda ved start av planområde	193	191	348	496	601
Vismunda ved utløp i Mjøsa	203	184	332	472	571

14. Beregning med hydrologisk modell

En nedbør/avløpsmodell regner nedbørdata om til avløp vha. feltparametere for det aktuelle feltet og er blant annet beskrevet nærmere i NVE (2011). I denne flomberegningen er det benyttet en regnearkversjon av modellen, utarbeidet av Sweco. Parameterne til den hydrologiske flommodellen skal helst bestemmes ved kalibrering mot observerte vannføringer (NVE 2011), men siden det ikke finnes observerte vannføringer fra de aktuelle feltene i dette tilfellet, er modellparameterne teoretisk bestemt ut fra feltparametere for nedbørfeltene, jf. Tabell 9.

De tre modellparametrene bestemmes ut fra følgende ligninger (NVE 2011):

Øvre tømmekonstant $K_1 = 0,0135 + 0,00268 \cdot H_L - 0,01665 \cdot \ln A_{SE}$
 Nedre tømmekonstant $K_2 = 0,009 + 0,21 \cdot K_1 - 0,00021 \cdot H_L$
 18 (72)

Terskelverdi

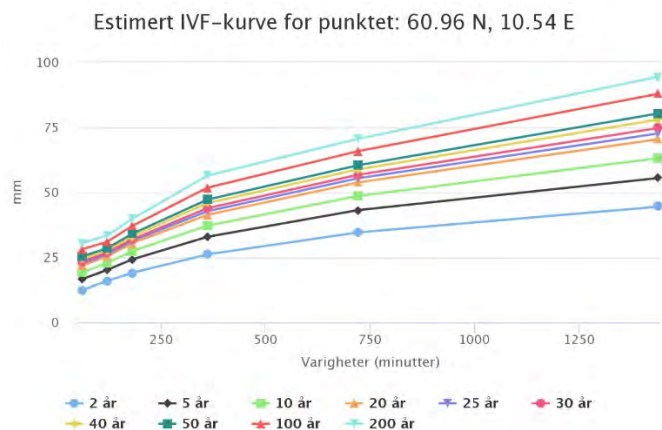
$$T = -9,0 + 4,4 \cdot K_1^{-0,6} + 0,28 \cdot QN$$

Feltparametrene som inngår i ligningene finnes i oversikten i Tabell 1. Det er valgt å beregne tilløpsflommer med tidskritt 1 time og varighet 24 timer.

Tabell 9 Modellparametre for nedbørfeltet til Vismunda ned til utløp i Mjøsa

	Øvre tømmekonstant K_1 , time ⁻¹	Nedre tømmekonstant K_2 , time ⁻¹	Terskelverdi T, mm
Ved utløp i Mjøsa	0,0823	0,0251	16,18

Det er ikke foretatt egne ekstremnedbørberegninger for disse feltene. Verdiene er tatt fra estimert IVF Kurve (Intensitet-Varighet-Frekvens) fra Norsk Klimaservicesenter (<https://klimaservicesenter.no/>). Det er i tillegg vurdert påslag av snøsmelting ved beregning av flomverdier som beskrevet senere.



Figur 8 Estimert IVF kurve i Vismunda. Verdier fra Norsk klimaservicesenter.

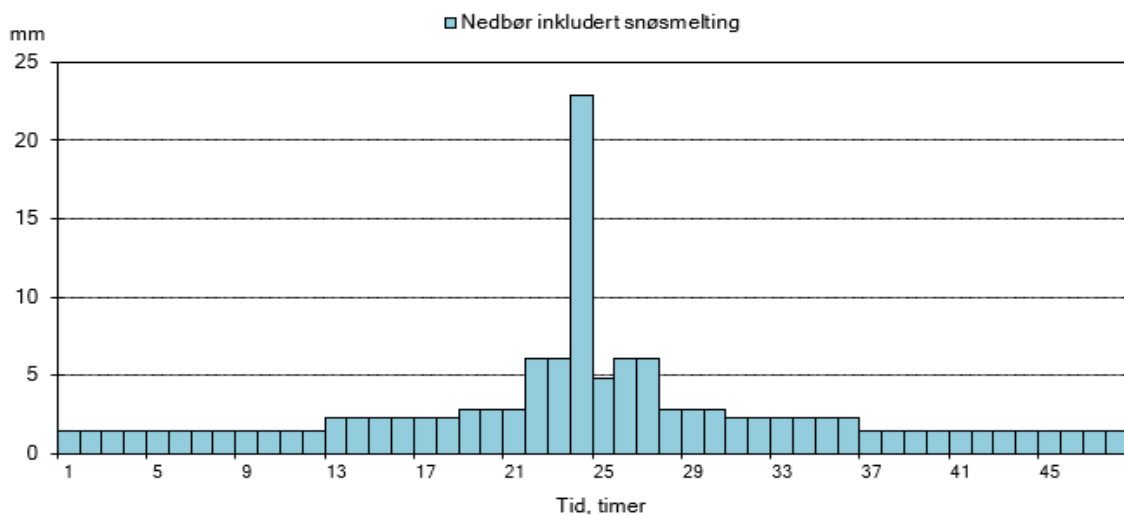
Tabell 10 Estimert IVF tabell i Vismunda. Verdier fra Norsk klimaservicesenter.

	IVF-verdier (mm)					
	Varigheter (minutter)					
Gjentaksintervall (år)	60	120	180	360	720	1440
2	12,4	15,9	19,1	26,1	34,6	44,5
5	16,6	20,2	24,2	32,9	43,2	55,5
10	19,2	22,8	27,4	37,2	48,6	63,2
20	21,8	25,4	30,4	41,4	53,8	70,5
25	22,6	26,2	31,3	42,8	55,4	72,7
30	23,3	26,9	31,9	43,9	56,8	74,8
40	24,5	27,8	33,1	45,9	58,8	78,1
50	25,3	28,6	34,1	47,2	60,4	80,4
100	28,1	31,0	37,1	51,8	65,8	88,0
200	30,5	33,4	39,8	56,5	70,6	94,5

I Tabell 11 er arealreduksjons-faktorene (ARF) oppgitt. Nedbørforløp på 48 timer er konstruert rundt høyeste nedbørintensitet ut fra nedbørverdiene i tabellen, med maksimum etter 24 timer. Eksempel på nedbørforløp er vist i Figur 9.

Tabell 11 Arealreduksjonsfaktorer for Vismunda (203 km²)

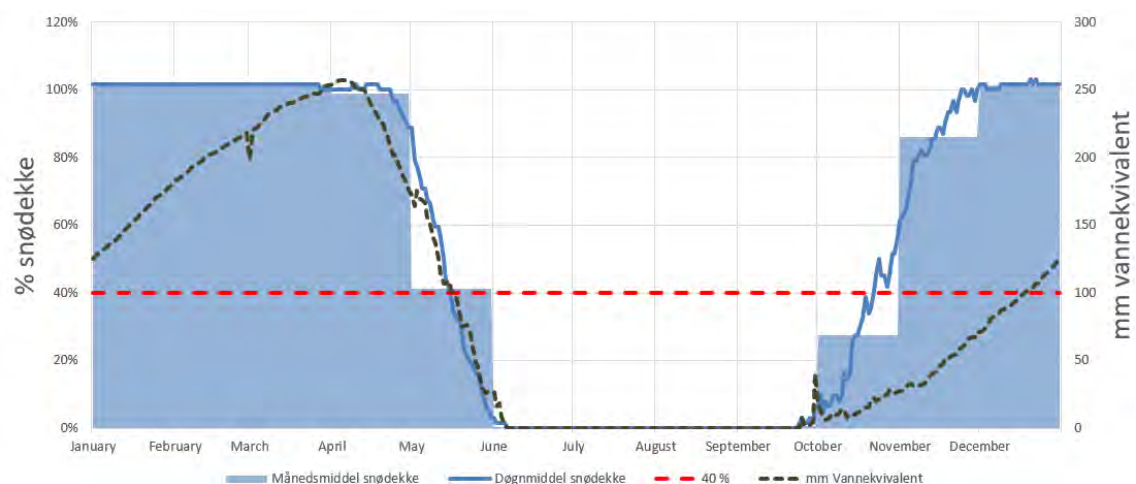
Timer	1	2	6	12	24
ARF Vismunda	0,74	0,81	0,88	0,91	0,93



Figur 9 M200 nedbør, Vismunda, inkludert snøsmelting

Fra senorge.no er det sjekket simulerte snøforhold i nedbørfeltet til Vismunda (1957-2020). Det lå snø i feltet i over 60 % av årene i begynnelsen av november måned og i januar-mars kan det regnes med snødekke i alle år som vist i Figur 10.

Snøsmelting tillegges vanligvis ved beregning av flom, ved bruk av nedbør-avløpsmodell, hvis det kan forventes snø i feltet i mer enn 40 % av årene (NVE 2011). Det er derfor medregnet snøsmelting for flommer i denne beregningen her.

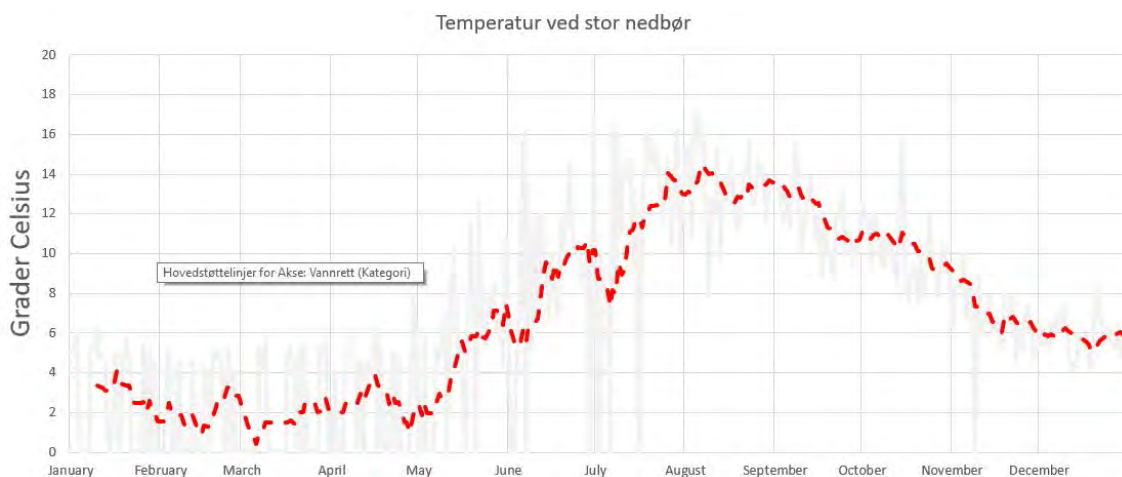


Figur 10 Prosentvis snødekke i nedbørfeltet til Vismunda i perioden 1957-2019
20 (72)

Fra simulerte verdier i nedbørfeltene på senorge.no er det tatt ut samhørende verdier for temperatur og nedbør for dager med stor nedbør. Dette ga en temperatur i 680 meters høyde, om lag middelhøyde i feltet, på 3 °C i november.

I nedbørfeltene ble det regnet med en graddagfaktor på 4, som gjelder for felter med noe skog i feltet. Som for ved beregning av snøsmelting for dimensjonerende flom er det regnet med en smelting pr. time på 70 % av den maksimale (NVE 2011). Beregnet snøsmelting blir da 8.4 mm i døgnet eller 0,4 mm/time.

Det er antatt at det kan ligge tilstrekkelig med snø i feltet til at det blir smelting gjennom hele flomforløpet på 24 timer.



Figur 11 Temperatur ved 680 meters høyde i nedbørfeltene på dager med stor nedbør.

Tabell 12 viser resultatet for tilløpsflommer med gjentaksintervall Q200 beregnet med nedbør/avløpsmodell. Startvannføringen i beregningen ble satt til 2 ganger årsmiddelvannføringen.

For også å kunne gi et tall for sammenligning med annen metodikk er det benyttet forholdstallet mellom Q1000 og Q200 fra de benyttede målestasjonene for flomfrekvensanalyse. På disse stasjonene varierer dette svært lite, mellom 81-84 %, med et middel på 82 % som benyttes her. Beregnet verdi er i Tabell 12 merket som *Q1000 anslått*.

Tabell 12 Beregnet flom i Vismunda

		24-timers middel, l/s pr. km ²	Kulminasjonsverdi, l/s pr. km ²
Vismunda	Q ₂₀₀ nedbør	908	1189
	Q ₁₀₀₀ anslått	1107	

15. NVEs erfaringsverdier fra flomberegninger

Normalområdet for NVEs erfaringstall (NVE 2011) gir døgnmiddelverdier for q1000 i små felt, mindre enn 50 km², på Østlandet i vassdrag som drenerer til Sverige og vassdragsområdene 001 tom. 016, på mellom 600 - 1200 l/s pr. km². De største verdiene er i meget små felt, hvor de i noen tilfeller kan være opp mot 1500 l/s pr. km², eller i felt langt vest i området. For middels store nedbørfelt, mellom 50 – 500 km², ligger flomverdiene stort sett mellom 350 - 1100 l/s pr. km², under 500 l/s pr. km² lengst øst og over 1000 l/s pr. km² aller lengst vest i området.

16. Endelig valg av flomberegningsmetodikk og flomstørrelser

Resultatene fra de andre forskjellige metodikkene ligger i lignende målestokk som vist i Tabell 13.

Tabell 13 Resultater fra de forskjellige metodikker for døgnmiddelverdier

	QM	Q20	Q200	Q1000
Flomfrekvensanalyse	117 - 367	227 - 627	332 - 875	405 - 1047
Nasjonalt formelverk, NIFS	178	318	524	730
Regionalt formelverk RFFA_1997	92	184	313	433
Regionalt formelverk, RFFA_2018	190	340	485	585
Hydrologisk modell, PQRUT			908	1107

Samlet sett gir alle analyser, fra flomfrekvens til hydrologisk modell, relativt sett lignende resultater. Flomfrekvens og hydrologisk modell gir imidlertid noe høyere resultater enn de andre metodikkene.

Det er gjort en sammenlignende av RFFA_2018 mot beregnede verdier fra flomfrekvensanalysen (FFA) for alle de vurderte målestasjonene. Resultatene av dette er vist i Tabell 14.

Resultatene er fargekodet som vist her: FFA > RFFA_2018, FFA-RFFA_2018, FFA < RFFA_2018, for å kunne vise et større regionalt bilde.

Tabell 14 Beregnede spesifikke flomverdier for utvalgte gjentakintervall beregnet med FFA og RFFA2018. Verdier i parentes er RFFA2018.

	Areal	Eff.sjø %	QM	Q 20	Q 200	Q1000
2.463 Vismunda	191	0,03	252 (184)	478 (332)	709 (472)	868 (571)
2.28 Aulestad	866	0,04	201 (155)	370 (276)	537 (387)	652 (465)
2.415 Espedalsvatn	95	4,80	177 (184)	342 (328)	506 (459)	620 (550)
2.439 Kvarstadseter	377	0,05	219 (263)	497 (476)	762 (675)	945 (820)
2.634 Lena	183.6	0.03	141 (158)	242 (276)	340 (389)	407 (471)
2.323 Fura	36.4	0.06	367 (157)	627 (287)	875 (409)	1047 (499)
2.464 Svartelva	458	0.19	117 (95)	227 (166)	332 (233)	405 (280)
2.465 Flagstadelva	171.9	0.04	221 (131)	354 (228)	483 (320)	572 (388)

Resultatene av denne analysen viser at RFFA_2018 i hovedsak ser ut til å underestimere flomverdiene sett i forhold til flomfrekvensanalysen gjort på observerte verdier. For noen av stasjonene i nord og nordøst er de to beregningsmetodikken mer på linje.

Erfaringer fra tidligere hydrologiske vurderinger i regionen har vist at det nasjonale avrenningskartet for 1961-1990 stedvis undervurder normalavrenningen. Metodikk for beregning av flomstørrelser med de regionale flomformlene, NIFS og RFFA_2018 er sensitive for estimeringen av middelflom som igjen er svært avhengig av normalavrenningen. Modellverktøyet benytter verdiene fra avrenningskartet.

Det er gjort en vurdering av avviket mellom beregnet normalavrenningen fra avrenningskartet 1961-1990 og en analyse av data fra målestasjonenes faktiske observasjoner. Dette er igjen sammenlignet med avviket mellom beregnet middelflom fra flomfrekvensanalysen foretatt på observasjonsseriene og modellert resultat med RFFA_2018 med verdier fra avrenningskartet. Analysen er vist i Tabell 15.

Resultatene er ganske tydelige på at der normalavrenningen avviker gir dette som antatt tydelig utslag i beregningen av flomstørrelser med RFFA_2018. Der observert normalavrenning er større enn i avrenningskartet er modellert flomstørrelse sannsynligvis betydelig underestimert. Spesielt er dette

tydelig for målestasjonen 2.323 Fura hvor observert avrenning er tilnærmet dobbelt så høy som estimert fra avrenningskartet.

Der observert avrenning er betydelig lavere enn i avrenningskartet, slik som for målestasjonene Espedalsvatn og Kvarstadseter er det mer marginale forskjeller mellom FFA og RFFA_2018. Ved målestasjonen i Espedalsvatn vil også høy effektiv sjøprosent påvirke resultatet.

Generelt tyder dette på at det i områder hvor man vet det er avvik mellom faktisk normalavrenning og estimert normalavrenning fra avrenningskartet bør dette tas hensyn til ved bruk av estimerte verdier fra flommodeller som RFFAS_2018 og NIFS.

Tabell 15 Sammenstilling av analyse av sammenheng mellom normalavrenning og flomresultater

	Areal, km ²	Eff.sjø %	Q _N Avrenningskart 1961-1990	OBSERVERT	q _N avr.kart / q _N observasjoner	QM FFA	QM RFFA 2018	Avvik i %
2.463 Vismunda	191	0,03	20	22.1	-10%	252	184	37%
2.28 Aulestad	866	0,04	16.5	18.56	-11%	201	155	30%
2.415 Espedalsvatn	95	4,80	22.9	18.2	26%	177	184	-4%
2.439 Kvarstadseter	377	0,05	29.2	23.4	25%	219	263	-17%
2.634 Lena	183.6	0.03	13.17	14.7	-10%	141	158	-11%
2.323 Fura	36.4	0.06	13.34	25.6	-48%	367	157	134%
2.464 Svartelva	458	0.19	7.94	13.16	-40%	117	95	23%
2.465 Flagstadelva	171.9	0.04	11.04	20	-45%	221	131	69%

I utgangspunktet vil det å ha en målestasjon i nedbørsfeltet med lang måleserie være et særdeles godt utgangspunkt for flomestimering og resultater for FFA ville vært et godt valg. For målestasjonen i Vismunda er imidlertid vannføringskurven som tidligere nevnt ansett å være usikker på flom. Bruk av regionale flomformler er ansett som et godt supplement, men er som sagt sensitive for estimeringen av middelflom og dermed verdi på normalavrenning.

For målestasjonen i Vismunda er det også foretatt analyser på avviket mellom observert middelflom og verdi fra avrenningskartet som vist over i Tabell 15. Da usikkerheten i den øvre delen av vannføringskurven er ansett å være stor er imidlertid resultat for middelflom ansett å være godt.

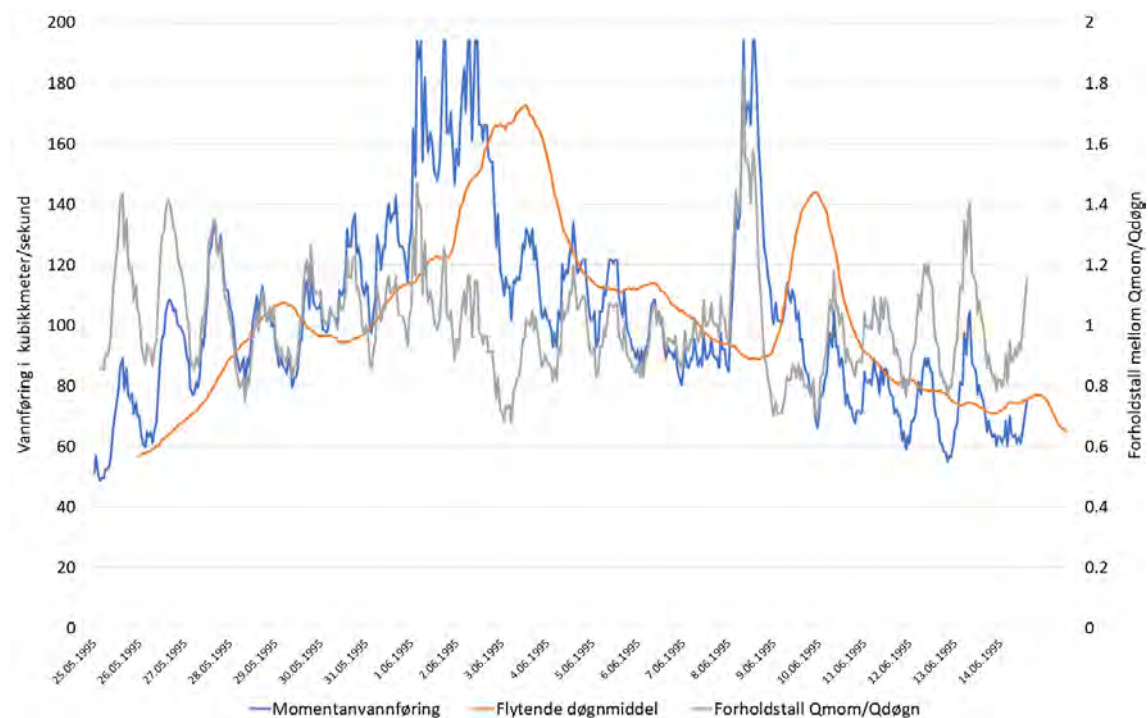
Med observert middelflom fra FFA og benyttet flomfrekvensfaktorene fra RFFA 2018 vil det gi følgende døgnmiddelverdier for de forskjellige gjentakintervaller for flom i Vismunda.

Tabell 16 Estimerte spesifikke døgnmiddelverdier for de forskjellige gjentakintervallen for flom i Vismunda

Gjentaksintervall	QM	Q20	Q200	Q1000
Flomfrekvensfaktor	1	1,81	2,57	3,12
Q døgnmiddel l/s pr.km ²	252	456	648	786

Som beskrevet i kapittel 9, på side 14, kan man basert på NVEs veileder beregne forholdet mellom døgnmiddelverdier og kulminasjonsverdier. For nedbørfeltet til Vismunda gir dette formelverket et forholdstall på 1,57 for høstverdier. Lav effektiv sjøprosent bidrar i hovedsak til høyt forholdstall.

Beregnet kulminasjonsfaktor med RFFA_2018 er på 1,2. Dette virker imidlertid noe lavt for et nedbørfelt av denne type og form og som erfaringsmessig basert på observasjoner har kulminasjonsverdier opp mot 1.85 som vist i plott nedenfor fra flomvåren i 1995, i Vismunda.



Figur 12 Momentanvannføring, døgnmiddelvannføring og forholdstall under flomhendelsen i 1995 i Vismunda

Det er derfor valgt å benytte en noe høyere kulminasjonsfaktor på 1,9.

Arealet øker noe nedover fra starten av planområdet til utløpet i Mjøsa, fra 193 km² til 203 km² og det er beregnet en vannføringsverdi for begge disse ytterpunktene som vist i Tabell 17.

Tabell 17 Estimerte kulminasjonsverdier for de forskjellige gjentakintervallen for flom i Vismunda

Gjentaksintervall	QM	Q20	Q200	Q1000
Q i m ³ /s, kulminasjonsverdi ved start av planområdet i Vismunda	92	166	236	287
Q i m ³ /s, kulminasjonsverdi ved Vismundas utløp i Mjøsa	97	176	250	303

Det benyttes et klimapåslag på 40 % i hht. vurderingen gjort i kapittel 5. Det gir verdier som vist nedenfor i Tabell 18.

Tabell 18 Estimerte kulminasjonsverdier for de forskjellige gjentakintervallen for flom i Vismunda inkludert klimapåslag.

Gjentaksintervall	QM	Q20	Q200	Q1000
Q i m ³ /s, kulminasjonsverdi ved start av planområdet i Vismunda	129	233	331	402
Q i m ³ /s, kulminasjonsverdi ved Vismundas utløp i Mjøsa	136	246	350	425

For de mindre nedbørfeltene i Kragebergbekken og Brynstadbergbekken benyttes verdier fra beregninger med det regionale formelverket NIFS, men med bakgrunn i de foregående diskusjonene er det justert for antatt økt middelavrenning i dette området. Det er antatt en normal middelavrenning i disse nedbørfeltene på 20 l/s pr.km².

Det er dessverre ingen eksisterende målestasjoner i dette området med så små nedbørfelt som kan benyttes i vurderingene.

NIFS metodikken gir kulminasjonsverdier, og beregnet spesifikk vannføring i kulminasjonen er gitt for de to feltene i Tabell 19 og beregnet vannføring i m³/s i Tabell 20.

Tabell 19 Estimerte spesifikke døgnmiddelverdier i l/s pr.km² for de forskjellige gjentakintervallene for flom i delfeltene til Kragebergbekken og Brynstadbergbekken

Gjentaksintervall	QM	Q20	Q200	Q1000
Kragebergbekken	678	1181	1908	2637
Brynstadbergbekken	556	968	1564	2161

Tabell 20 Estimerte kulminasjonsverdier i m³/s for de forskjellige gjentakintervallen for flommer i delfeltene til i delfeltene til Kragebergbekken og Brynstadbergbekken

Gjentaksintervall	QM	Q20	Q200	Q1000
Kragebergbekken	0,45	0,78	1,26	1,74
Brynstadbergbekken	1,58	2,76	4,46	6,16

Det benyttes et klimapåslag på 40 % i hht. vurderingen gjort i kapittel 5. Det gir verdier som vist nedenfor i Tabell 21.

Tabell 21 Estimerte kulminasjonsverdier i m³/s for de forskjellige gjentakintervallen for flommer i delfeltene til i delfeltene til Kragebergbekken og Brynstadbergbekken inkludert klimapåslag.

Gjentaksintervall	QM	Q20	Q200	Q1000
Kragebergbekken	0,63	1,09	1,76	2,44
Brynstadbergbekken	2,21	3,86	6,24	8,62

17. Beregnede flomhøyder i Mjøsa

Reguleringene i vassdraget oppstrøms Mjøsa har ført til at flomforholdene i innsjøen er forandret opp gjennom årene. For å beregne vannstander som man kan forvente i fremtiden, har NVE valgt å betrakte perioden etter 1961, dvs. perioden etter at de viktigste reguleringene fant sted. Det er analysert årsflommer ved målestasjonen 2.101 Hamar i perioden 1961-1999. Beregningene er dokumentert i Petterson 2000, og resultatene er vist i Tabell 22.

Det er også utført en flomberegning knyttet til godkjenningen av reguleringsanleggene i Svanfossen (CM Consulting 2009). Dam Svanfoss er i konsekvensklasse 1 hvor kravene til beregning er Q₅₀₀. Den beregnede vannstanden for Q₅₀₀ i denne beregningen, 127,03, er noe lavere enn i NVEs beregning fra 2000. Det anbefales i NVE 3/2005 å tillegge en sikkerhetsmargin på 0,5 meter.

Store nedbørfelt i regionen (> 1000 km²), som i dag har et regime dominert av snøsmelteflom, vil fortsette å være slik i tiden frem mot 2100. Flomtopp er imidlertid forventet å komme noe tidligere og generelt ha lavere flommaksimum. Det anbefales derfor ingen endring i flomverdier for 200-, 500- og 1000-årsflom for nedbørfeltet til Gudbrandsdalslågen ned mot Mjøsa og tilhørende vannstand i Mjøsa.

Tabell 22 Flomverdier for Mjøsa (NVE 2000)

	H _m	H ₁₀	H ₂₀	H ₅₀	H ₁₀₀	H ₂₀₀	H ₅₀₀
Mjøsa (moh. NN2000)	123,72	124,40	124,81	125,44	125,99	126,64	127,65

Flom i Mjøsa er en langvarig hendelse som kan strekke seg over uker, men selve flomtoppen vil sannsynligvis ha en noe kortere varighet. Stigningen i 1995 var på det høyeste om lag 2 cm pr. time.

18. Vannstandsregninger langs Vismunda, Kragebergbekken og Brynstadbergbekken

For å planlegge sikker arealbruk langs vassdrag er det nødvendig å vite hvor høyt vannstanden går ved store vannføringer, som oftest en 20 eller 2000-års flom eller ved spesielt høye risikokrav en 1000 års flom. I tillegg kan det være nødvendig å finne vannstander og vannutbredelser ved lavere vannføringer og gjentakintervaller for å oppnå andre mål.

Beregning av vannstand for en gitt vannføring kalles vannlinjeberegninger. Samme metodikk kan benyttes for å vurdere virkningene av nye tiltak i eller langs elveleiet, eller andre fysiske endringer i terreng, elveleie eller i eksisterende hydrauliske strukturer som broer eller leveer (elvevoller).

Vannlinjeberegninger kan utføres ved hjelp av ulike hydrauliske datamodeller. De vanligste beregningene er endimensjonale, og brukes der vannet følger et godt definert løp i en retning. Hvis vannet strømmer i flere retninger, for eksempel ut over flomsletter, tilbake fra flomsletter eller kutter over meandersvinger, kan man også benytte to- eller tredimensjonale strømningsmodeller. Disse er ofte tyngre i bruk og krever større mengde med terreng- og hydrauliske parametere.

Frem til relativt nylig har slike modellverktøy vært i mindre bruk grunnet manglende tilgang på gode nok terrengdata og gode nok koblinger og håndtering av hydrauliske strukturer i vassdraget. Men med fremvekst av tilgang på laserdata og andre gode terrengdata over større områder samt bedre håndtering av hydrauliske strukturer er disse modellverktøyene blitt bedre i bruk.

18.1. Program

Beregningen av vannstander ved ønskede vannføringer i området er utført ved hjelp av den hydrauliske modellen HEC-RAS 6.0 Beta3 (US Army Corps of Engineers).

Programmet er en én- og todimensjonal modell for beregning av stasjonære og ikke stasjonære strømninger og er et av de mest anvendte modellene innen hydrauliske beregninger i naturlig og kanaliserte elver. Programmet beregner gjennomsnittlig vannstand og hastighet i profilene. Det er benyttet en-dimensjonal beregning i dette arbeidet. Enkelte vurderinger er gjort i 2D. For mer opplysninger om programmet, se <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>

18.2. Grunnlag og forutsetninger

Grunnlagsbehov og forutsetninger for vannlinjeberegningene er gitt nedenfor:

- Vannføringer, se kapittel 16
- Modellert område, se kapittel 18.3
- Elvas geometri, se kapittel 0

26 (72)

RAPPORT
06.05.2021

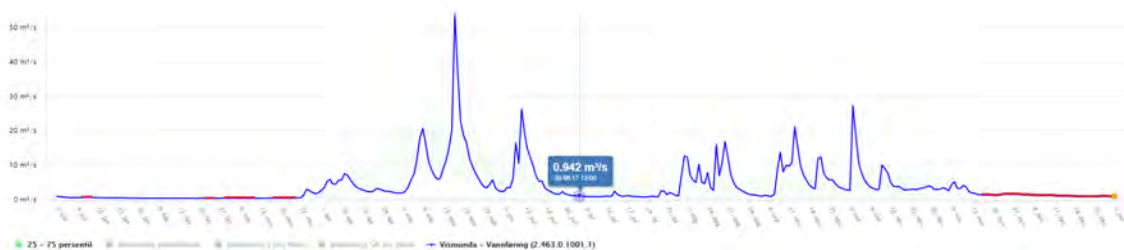
- Elvas ruhet (strømningsmotstand), se kapittel 18.5
- Grensebetingelser, se kapittel 18.6

18.3. Kartgrunnlag, kartdata og elvenes geometri

Laserdata NDH Biri-Vingrom 2017 5 pkt (LACH0001) er benyttet for den nedre delen av Vismunda og for de mindre sidebekkene. Dette er laserdata med en punkttetthet på 5 pkt/m². Høydemodell for dataene er NN2000. For de øvre delene av beregningsområdet i Vismunda er laserdata Gjøvik 2013 (LACH0P31) tilgjengelig med en punkttetthet på 7 pkt/m². Der hvor det er overlappende data benyttes begge datasettene.

Flydato (innmålingsdato) for dette området var 30.06.2017 og 3-11 juni 2013. Fra oppdragsrapporten (Terratec 2017) er det oppgitt en kontroll av høydenøyaktighet mellom laserdataene og kontrollpunkter med en høydefeil på om lag ± 6 cm.

Målingene er også foretatt i en periode med meget lav vannføring, som vist i måledata fra stasjonen i nedbørfeltet, 2.463 Vismunda, nedenfor i Figur 13. Dette gir en terrengmodell som også har gode data i selve elveleiet. Terrengmodellen er også sammenholdt med flyfoto på strekningen for å forsikre oss om at elveleiet med eventuelle hydrauliske utfordringer også er godt beskrevet.



Figur 13 Vannføring ved 2.463 Vismunda under lasermåling i 2017

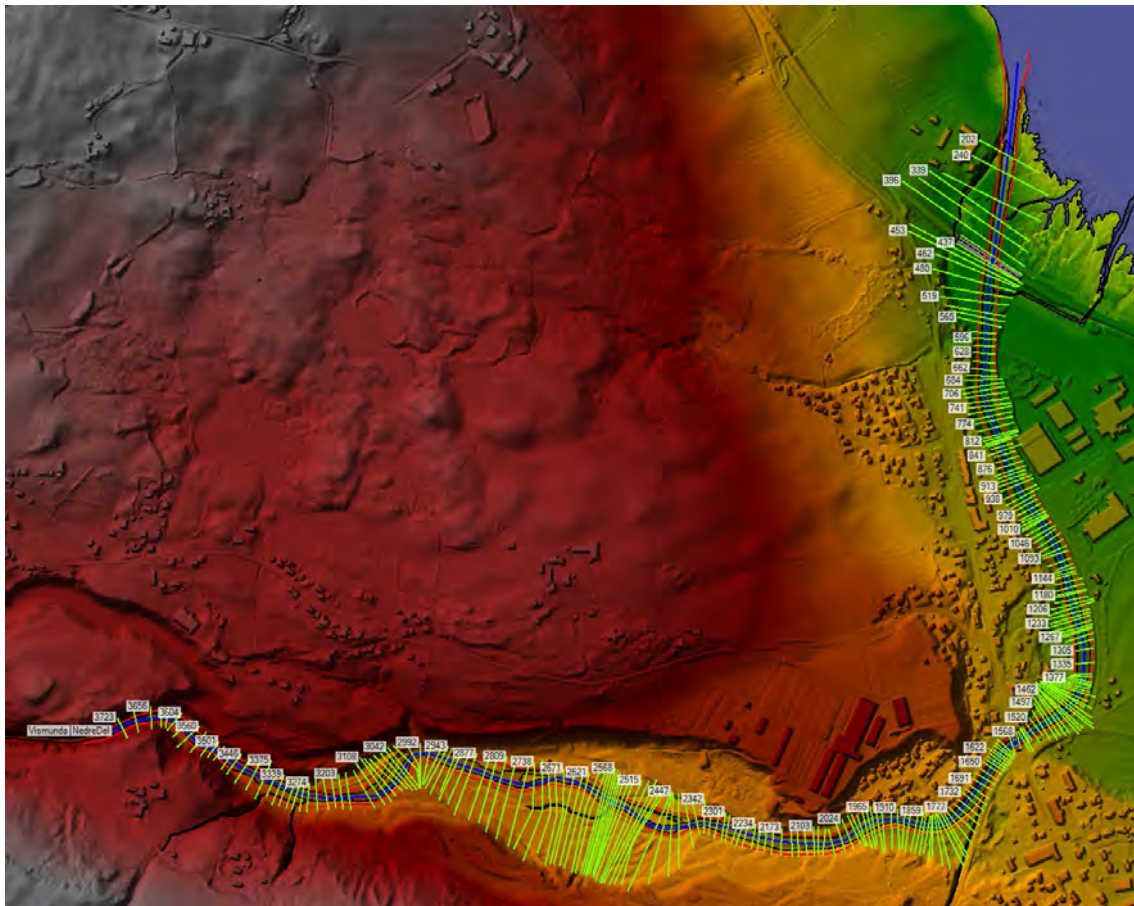
Basert på denne informasjonen samt FKB data på bygninger og vei er en digital terrengmodell med meget fin oppløsning (1 x 1 meter i Vismunda og 0,25 x 0,25 meter for de mindre sidebekkene) laget med hjelp av modulene 3D-Analyst og Spatial Analyst i GIS programvaren ArcGIS 10.8 og benyttet som grunnlag i den hydrauliske beregningsmodellen.

Det modellerte området er vist i Figur 14 og Figur 15 sammen med brokryssingene over elven. Modellert strekning av Vismunda dekker området fra Kluge og ned til utløpet i Mjøsa. Samlet utgjør dette en strekning på 3700 meter.

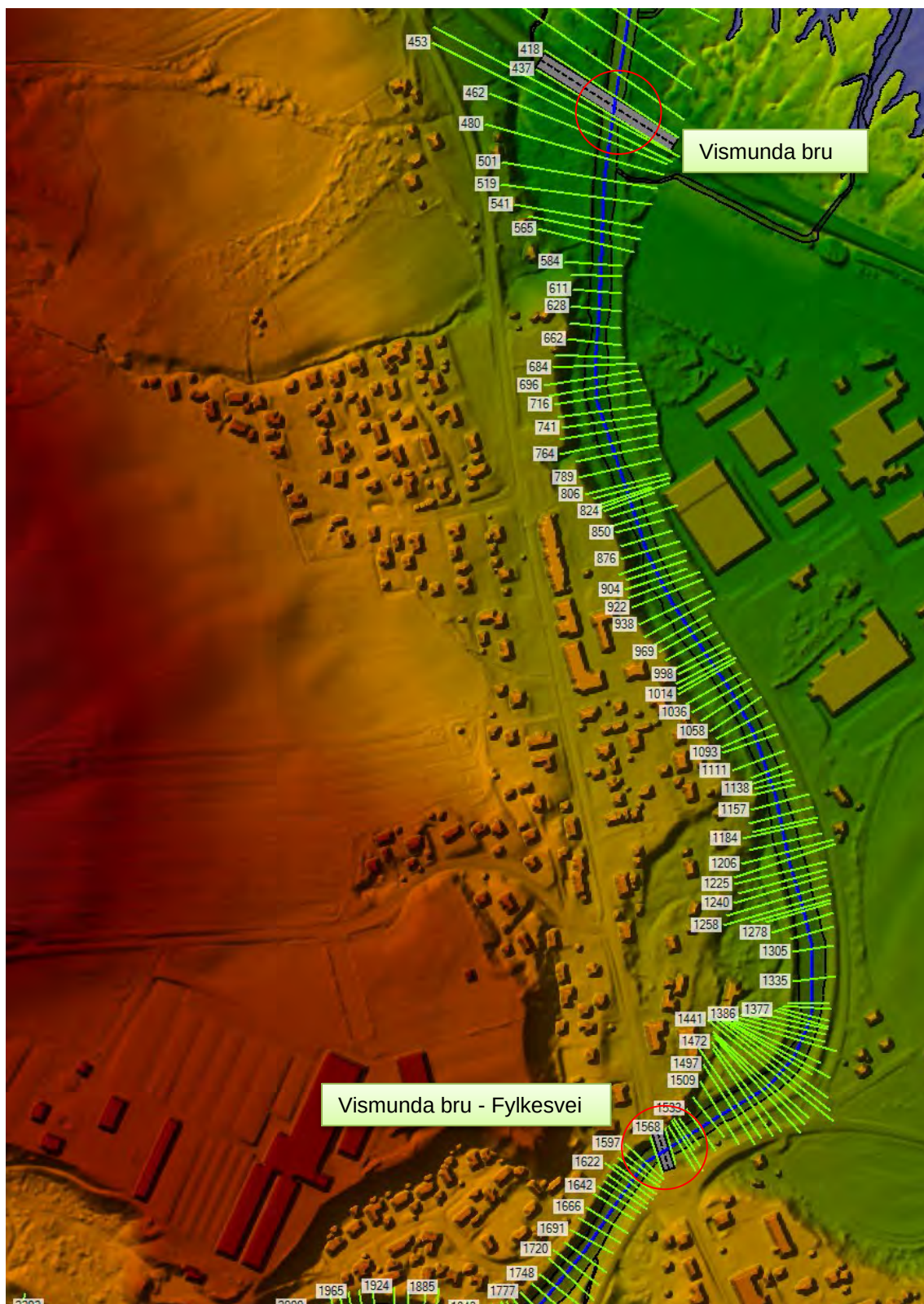
Den modellerte elvestrekningen er beskrevet med om lag 270 tverrsnitt og dette gir en midlere avstand mellom hvert profil på i overkant av 13 meter. I tillegg til egne tverrsnitt ved broene er dette mer enn tilstrekkelig for å beskrive vannstandsendingene og variasjon på strekningen. Tverrprofilene er vist i Figur 14 nedenfor.

I sidebekkene, Kragebergbekken og Brynstadbergbekken er det modellert for en samlet strekning på i overkant av 1600 meter. I overkant av 270 tverrprofiler, hvilket gir 5-6 meter mellom hvert tverrsnitt.

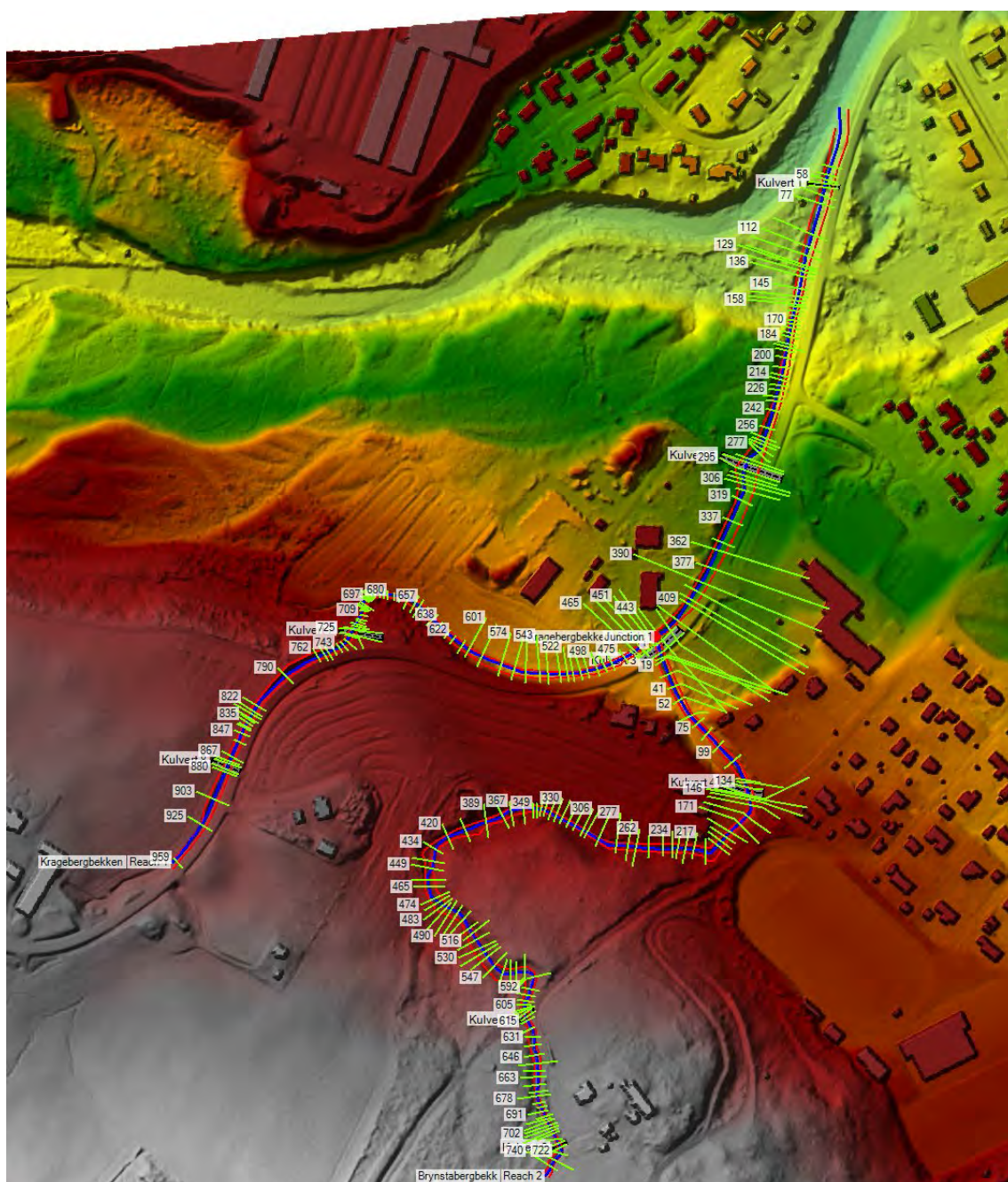
Plassering av kulverter, broer på disse strekningene er vist i Figur 19.



Figur 14 Modellert strekning av Vismunda. Nummermarkering er i meter.



Figur 15 Utarbeidet terrengmodell med plassering av broer.



Figur 16 Terrengmodell med modellerte strekninger for Kragebergbekken og Brynstadbergbekken.

18.4. Hydrauliske strukturer

På den modellerte strekningen i Vismunda er det to broer med betydning for modelleringen. Disse er lagt inn i den hydrauliske modellen basert på brotegninger og data fra terrengmodell. Plassering av disse er vist i Figur 15 og i fotoene nedenfor. Brotegninger finnes i vedlegg 5.

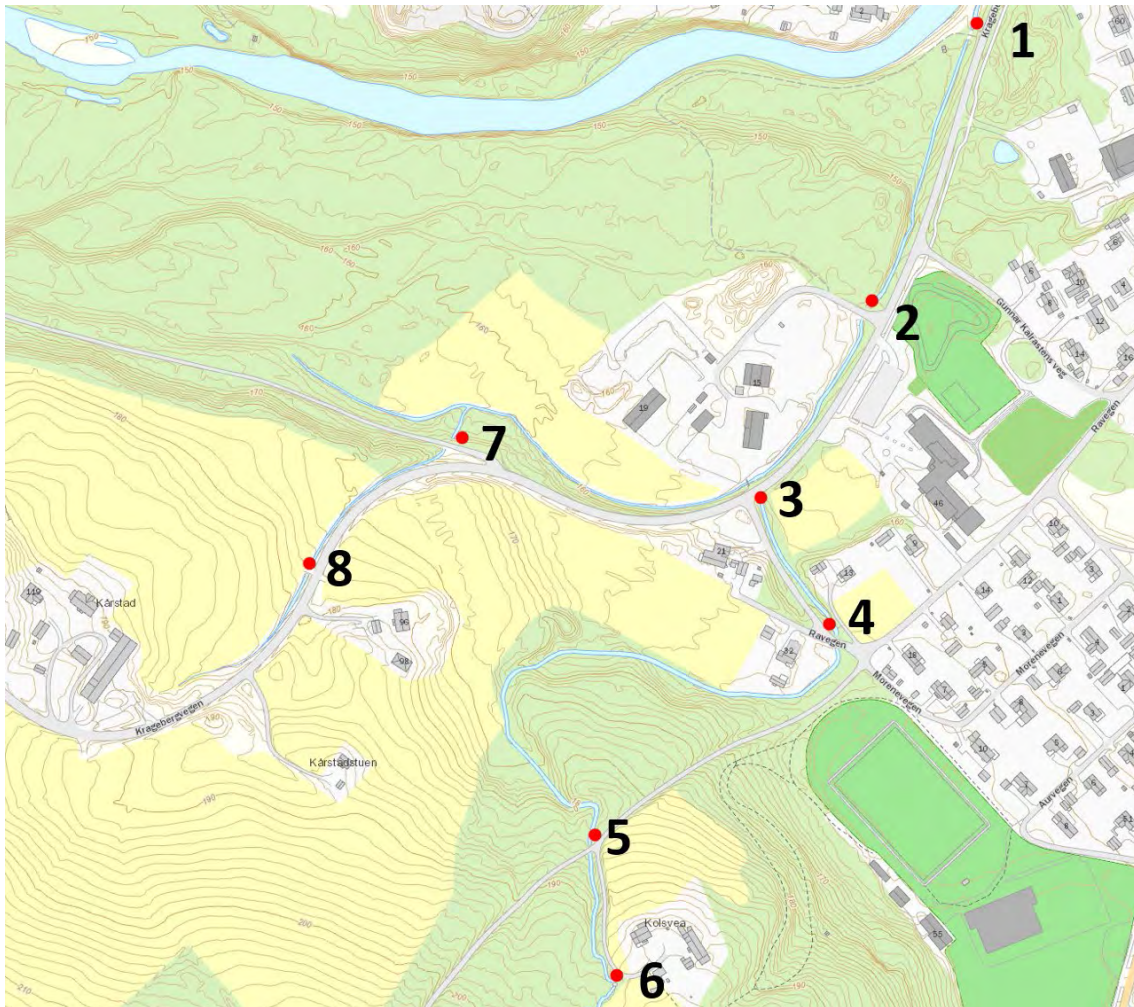


Figur 17 Bro 05-748 Vismunda bru over E6, Bilde fra oppstrøms side.



Figur 18 Bro Fv167 Vismunda, Bilde fra oppstrøms side.

På de modellerte strekningene i Kragebergbekken og Brynstadbergbekken er det ikke broer, men kulverter og rørgjennomføringer, som er av betydning for modelleringen. Plassering av disse er vist under i Figur 19 og i foto i xx til xx



Figur 19 Plassering av kulverter og rørgjennomføringer i Kragebergbekken og Brynstadbergbekken



Figur 20 Kulvert 1 (1,15 meter). Utløp og oppstrøms



Figur 21 Kulvert 2 - (0,8 og 1,0 meter). Innløp og utløp, og oppstrøms innløp



Figur 22 Kulvert 3 (1,0 meter og 0,6 meter)



Figur 23 Kulvert 4 (1,0 meter og 1,0 meter)



Figur 24 Kulvert 5 (1,45 meter)



Figur 25 Kulvert 6. Liten bru med bredde på 1,2 meter.



Figur 26 Kulvert 7 (1,0 meter)



Figur 27 Kulvert 8. (0,80 meter)

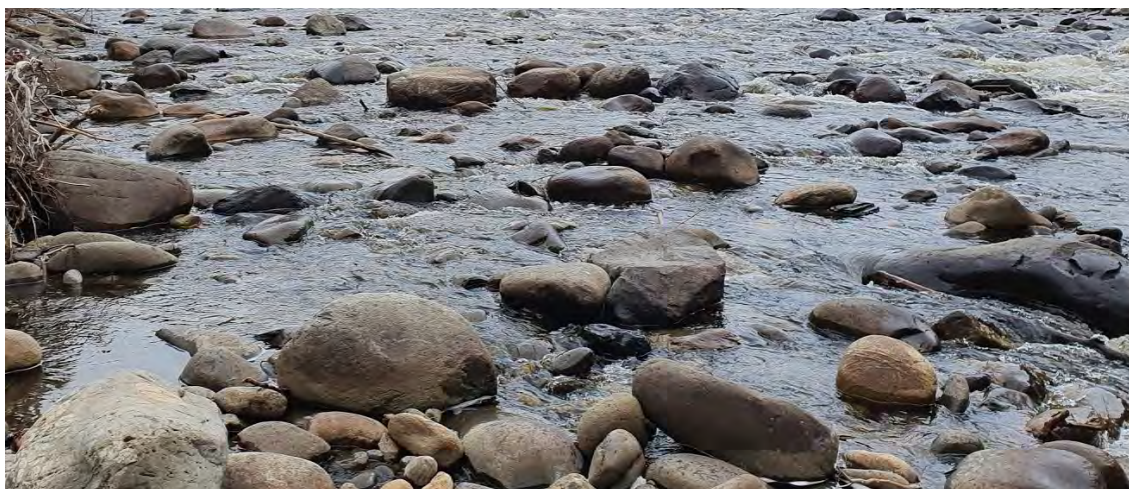
18.5. Ruhet

I beregningsmodellen må elvens og terrengets ruhet (strømningsmotstand) uttrykt ved Mannings koeffisient, n , benyttes.

Mannings n for elveleie og elvebunn er satt, basert på empiriske verdier som referert i Chow 1959.

Det er ikke foretatt direkte målinger av flomvannstand og flomvannføring i elven og modellen er derfor ikke kalibrert med hensyn på dette. Det kan ved en senere anledning gjøres innmålinger av sammenhengende vannføring og vannstand for å kunne forbedre modellresultatene.

For de oversvømte arealene av elvebredden over normalt flomnivå, er Manningstallet generelt satt til $n = 0.045$. Det er benyttet verdier i midtre del av normalområdet. Det er noe vegetasjon på breddene, men lite vegetasjon i elvebunnen. Elvebunnen er jevn og består hovedsakelig av slipt elvestein og grus og med lite holer og fordypninger som kan gir økt ruhet. Elveløpet er satt til 0,030.



Figur 28 Elvebunn på øvre del av strekningen.



Figur 29 Flyfoto nedre del av Vismunda, Bilder tatt 28.04.2021

18.6. Grensebetingelser

Resultatene fra flomberegningene er brukt som input for vannføring i den hydrauliske modellen. Det er kjørt modellberegninger med en rekke vannføringer som beskrevet tidligere; middelflom QM, Q20, Q200 og Q1000 med og uten klimapåslag.

Det er ikke utført vannføringsmålinger med tilhørende vannstandregistreringer som kan benyttes for å sette øvre grensebetingelse. Øverst på strekningen er derfor den naturlige helningen benyttet.

Nedre grensebetingelse for kjøring med Q200 er satt til Q200 vannstand i Mjøsa. Det samme er gjort for de høyere vannføringer, Q200 inkludert klimapåslag og Q1000 med og uten klimapåslag.

For kjøring med vannføringer med lavere gjentaksintervall enn Q200 er det benyttet en lavere vannstand som nedre grensebetingelse, tilsvarende det samme gjentaksintervallet for tilhørende vannstand i Mjøsa. Alle høyder er i NN2000.

Selected Boundary Condition Locations and Types				
River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
Vismunda	NedreDel	QM	Normal Depth $S = 0.04$	Known WS = 123.72
Vismunda	NedreDel	QM KLIMA	Normal Depth $S = 0.04$	Known WS = 123.72
Vismunda	NedreDel	Q20	Normal Depth $S = 0.04$	Known WS = 124.81
Vismunda	NedreDel	Q20 KLIMA	Normal Depth $S = 0.04$	Known WS = 124.81
Vismunda	NedreDel	Q200	Normal Depth $S = 0.04$	Known WS = 126.64
Vismunda	NedreDel	Q200 KLIMA	Normal Depth $S = 0.04$	Known WS = 126.64
Vismunda	NedreDel	Q1000	Normal Depth $S = 0.04$	Known WS = 126.64
Vismunda	NedreDel	Q1000 KLIMA	Normal Depth $S = 0.04$	Known WS = 126.64

Figur 30 Benyttede grensebetingelser i den hydrauliske modellen for Vismunda

18.7. Sensitivitetsanalyse

Sensitivitetsanalysen er gjort ved å variere ruheten i elveleiet og elvebreddene for å se hvordan dette påvirker beregnet vannlinje. Resultatene viser at det ved å variere Mannings $n \pm 25\%$ gir forholdsvis små endringer i vannstanden, i størrelsesorden ca. 15 cm. Størst forskjell vil det være der hvor det vil komme overganger mellom strykende og strømmende forhold i vassdraget (Froudetall² $< >1$).

18.8. Usikkerhet og sikkerhetsmargin

I Kapittel 18.2 nevnes beregnet flommer, elvas geometri og elvas ruhet som forutsetning og grunnlag for en vannlinjeberegning. Nøyaktigheten på denne informasjonen varierer, og skal vurderes når man fastsetter sikkerhetsmarginer.

Terrengmodellen som ligger til grunn, har meget gode laserdata. Terrengmodellen utenfor elveleiet anses som meget god. Tidspunktet for innmåling var godt, i en periode med lave vannføringer og for elveleiet anses modellen derfor også som god, men kan muligens forbedres noe ved ytterligere innmålinger av tverrprofiler i elven.

Sensitivitetsanalysen viser at ved å øke/reducere ruheten med 25 % vil dette kun føre til mindre endringer i vannstand. Modellens andre grensebetingelser er de forskjellige benyttede flomvannføringer, elvas helning øverst, vannstander i Mjøsa ved forskjellige gjentaksintervall.

Fra NVEs interne veileder for vannlinjeberegninger er det anbefalt en sikkerhetsmargin mellom 0.1 – 0.6 meter basert på usikkerheter i deler av underlagsmaterialet. For beregnede vannstander i Hjelmelandsåna anbefales det å legge til en sikkerhetsmargin på 30 cm basert på usikkerheten i inngangsparametrene.

19. Flomsonekart - Resultater av vannlinjeberegningene

Flomsonekartene presenterer de høyeste vannstandene for et gitt gjentaksintervall, uavhengig av om de skyldes flom i elva eller ekstremvannstand i Mjøsa nedstrøms. Flomsoneene er utarbeidet ved bruk av forskjellige verktøy i HECRAS og ArcMap. Resultatet er en digital flomsone som inneholder flater, med egenskaper som forteller om et areal er oversvømt eller lavpunkt presentert over et bakgrunnskart.

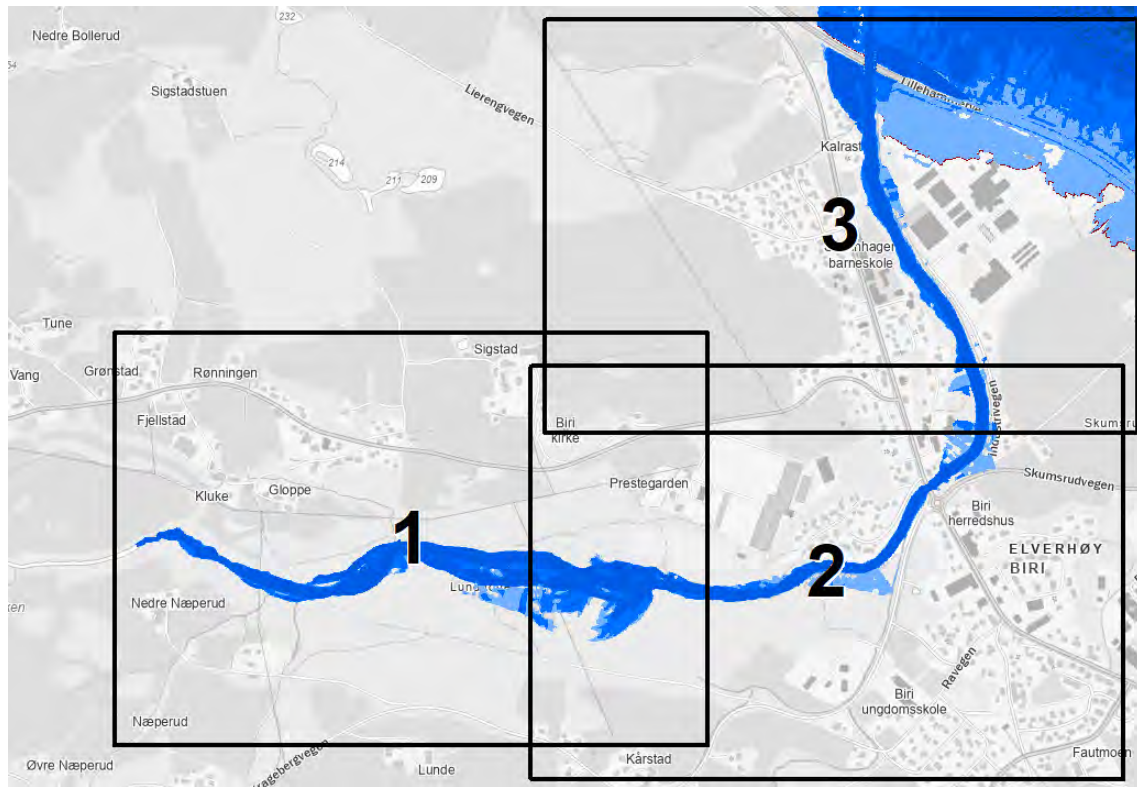
19.1. Vismunda

Under er flomsoneene for QM – middelflom, 200-årsflom, samt 200-årsflom med klimaendringer i år 2100, vist med et topografisk kartbakgrunn fra Geodata, 2021. Kartene ligger også som vedlegg.

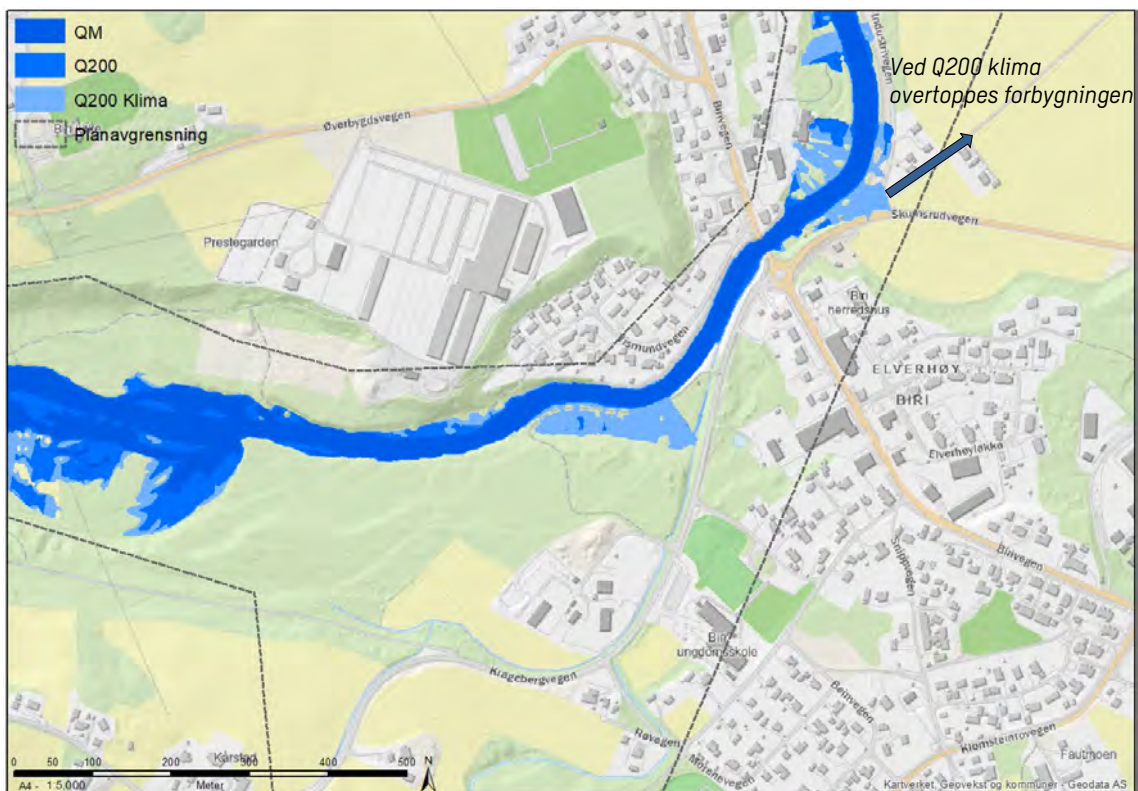
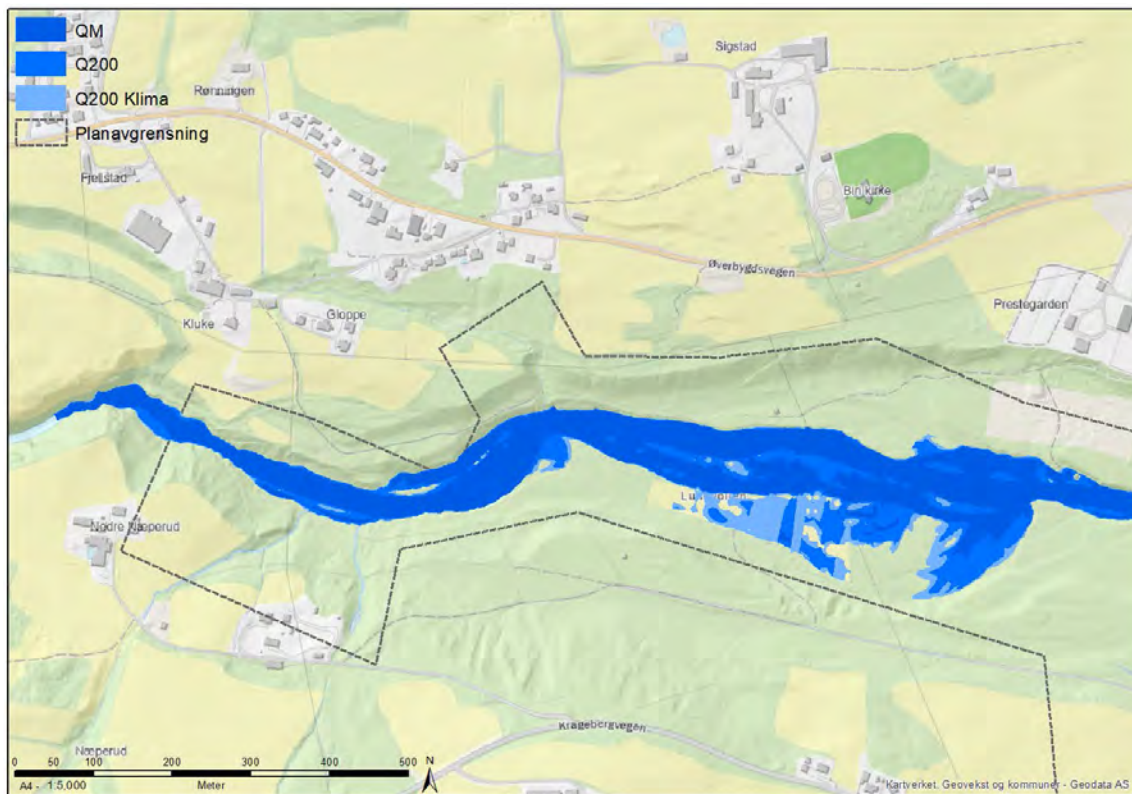
Ved 200-årsflom inkludert klimapåslag vil Vismunda overtoppe forbygningen i svingen nedenfor fylkesvegen (Birivegen) og vann vil renne nedover Skumsrudvegen. Litt lenger nedstrøms, rett nedenfor Moelven industrier, er det et sårbart punkt som også vil være utsatt ved en 200-årsflom også uten klimapåslag.

² Froude-tallet er en dimensjonsløs verdi som beskriver forskjellige strømningsregimer for åpen strømning. Froude-tallet er et forhold mellom treghet og tyngdekraft. Ved kritisk hastighet (Froude =1) vil forstyrrelser på overflaten forbli stasjonære. I subkritisk strømning (Froude < 1) styres strømmen fra et nedstrøms punkt og effekter overføres oppstrøms. Denne tilstanden fører til oppstuvning. Ved superkritisk strømning (Froude > 1) styres effekter ovenfra og forstyrrelser overføres nedstrøms i elven.

Det er laget tre kart over området, i 1:5.000. Oppdelingen er som vist i Figur 31 nedenfor og er vist i Figur 32 til Figur 34 og også i vedlegg 2.



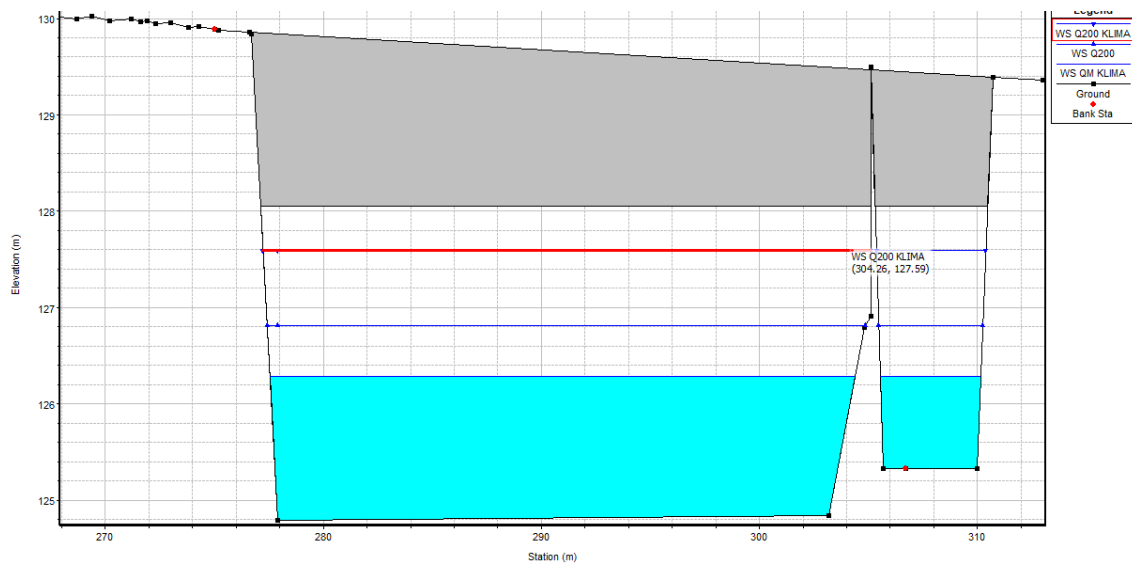
41 (72)



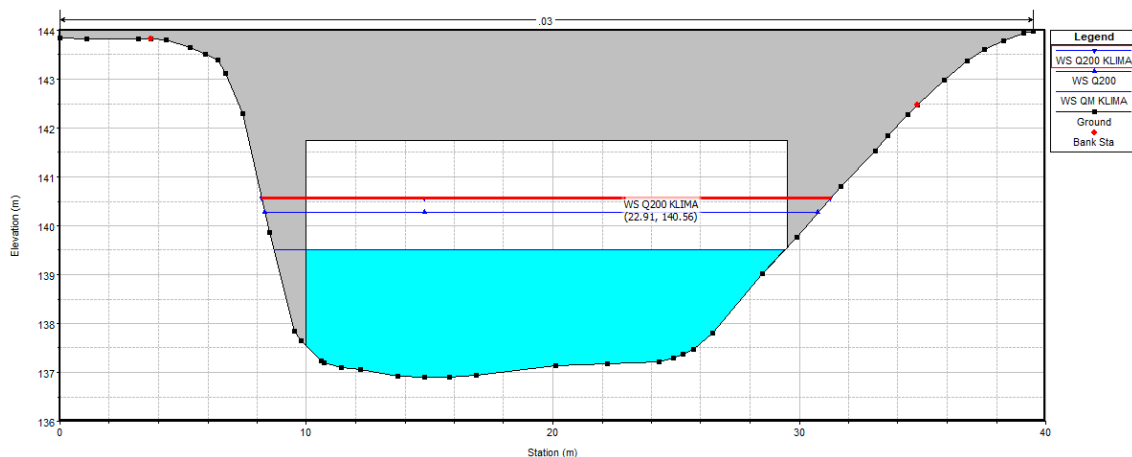


Figur 34 Flomsonekart 3 – Vismunda. Mjøsa med Q200 vannstand påvirker vesentlig i nedre del.

Også eksisterende broer har tilstrekkelig kapasitet for å ta unna de beregnede flomstørrelser opp til Q200 inkludert klimapåslag. E6 bru tilfredsstiller imidlertid ikke kravene i Statens vegvesens håndbok N400, Bruprosjektering, om tilstrekkelig klaring mot overbygning på > 0,5 meter ved 200-årsflom inkludert klimapåslag.

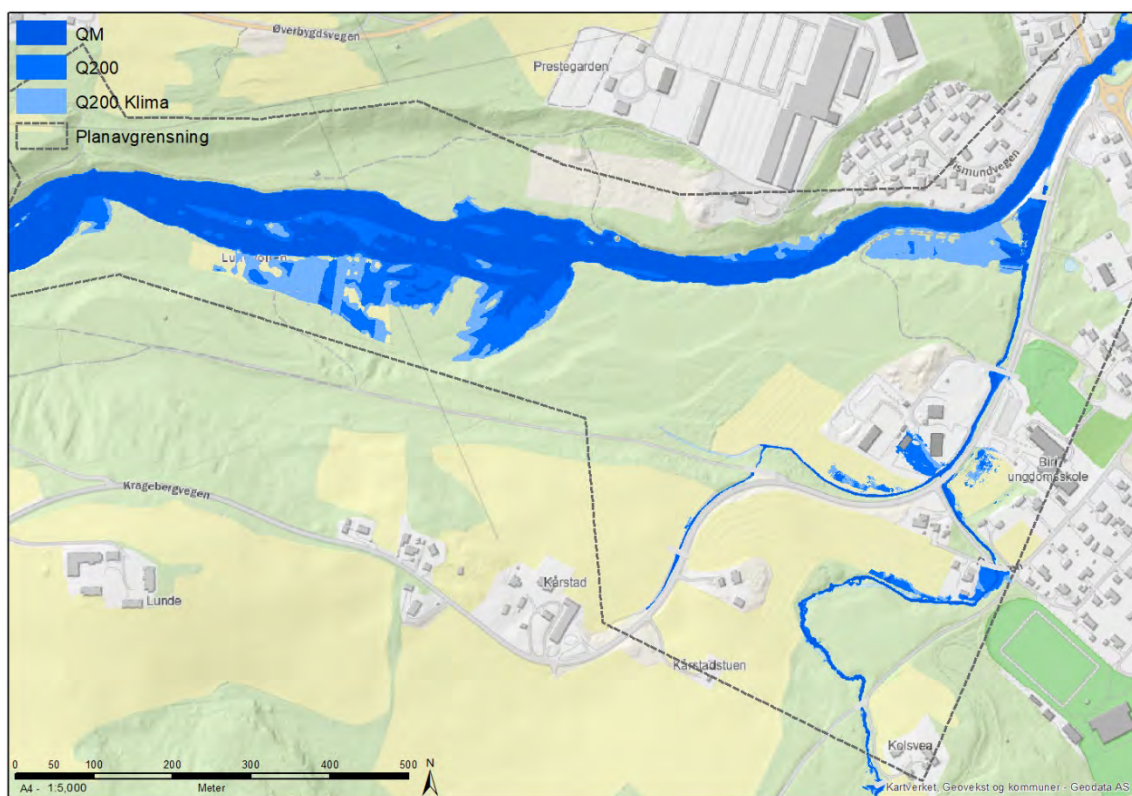


Figur 35 Beregnede vannstander ved bro E6.



Figur 36 Beregnede vannstander ved bro, fylkesveg, Birivegen.

19.2. Kragebergbekken og Brynstadbergbekken



Figur 37 Flomsonekart for Kragebergbekken og Brynstadbergbekken

Over er flomsone for QM – middelflom, 200-årsflom, samt 200-årsflom med klimaendringer i år 2100, vist med et topografisk kartbakgrunn fra Geodata, 2021. Kartet ligger også i Vedlegg 3.

Ved flommer større 20-årsflom inkludert klimapåslag vil Brynstadbergbekken overtoppe forbygningen på bekkeløpet på østsiden, rett før kryssingen av Kragebergvegen. Vann vil renne på høyre side av veien og ned i retning Biri ungdomsskole. Her vil vannet krysse tilbake og ned i bekken på venstre side av veien

igjen. Muligens kan det komme noe vann på parkeringsplassen nedenfor skolen. Husene på vestsiden av dette samløpet vil være utsatt ved vannføringer på nivå med 200-årsflom.

Noe lenger opp i Brynstadbergbekken ved kryssingen av Ravegen vil det på 200-årsflom inkludert klimapåslag overtoppe vei og kulvert og vann vil renne østover ned Ravegen. Punktene er vist i Figur 38



Figur 38 Overtopping av side på bekkeløp i Brynstadbergbekken.

Kulvert 7 er den eneste av kulvertene/ rørene med tilstrekkelig kapasitet for en 200-års flom.

20. Erosjon og risiko

Nedre del av Vismunda har gode forbygninger langs bredden som i hovedsak vil håndtere dagens og kommende ekstrem flommer. Flomsonekartene peker på enkelte punkter hvor forbygningene godt kan heves noe for fortsatt å kunne håndtere kommende store flommer innenfor elveleiet.

Nedstrøms E6 broen går elven inn i Svenesvollene naturreservat hvor elvens hydrogeomorfologiske prosesser er viktige. Elven tar med seg masser og vann som fordeles utover i det flate terrenget og er viktig både for dyr, planter, fisk og fugl i området.

Oppstrøms broen går elven i et forbygd elveleie, med jevn bunn og med enkelte mindre naturlige terskler som skaper hastighetsendringer og variasjon i elveleiet. Enkelte steder langs vestsiden («venstre side») av elveløpet på denne delstrekningen er det lett graving og erosjon i sidebankene. Hovedsakelig skyldes dette turbulens ved hastighetsoverganger og dannelse av bakevjer ved større vannføringer. Eksempel er vist i Figur 40.



Figur 39 Informasjonsskilt ved Svennesvollene naturreservat.



Figur 40 Sideerosjon i nedre del av Vismunda

Videre oppover mot Birivegen går elveleiet som sagt i et godt forbygd og velholdt elveleie som vist i Figur 41. Vegetasjon som vokser i forbygningen bør skjøttes så de ikke blir for store og gir angrepspunkt for vannet ved store vannføringer.



Figur 41 Vismunda, i godt forbygd elveleie.

Oppstrøms ved nybrott nedenfor planteskolen er det et kort område med ny forbygning som vist i Figur 42. Her det benyttet grove, rausede masser. På innsiden ser det ut til å være en fangdam for sedimenter for å motta lett-transportert materiale fra området med nybrott på nordsiden av elven.



Figur 42 Forbygning oppstrøms planteskole.

I overkant av dette området, omtrent der kraftledningen krysser, er det langt strekk med kraftig erosjon og bratte skrenter ned mot elven. Her graver og eroderer elven godt i en tidligere avsatt elveslette. Dette er normale prosesser da elven naturlig vil «vandre» frem og tilbake i dalbunnen. Det er ingen annen infrastruktur enn stien og erosjon her vil således ikke utgjøre et stort problem. Det vil imidlertid fungere som en sedimentkilde for videre transport nedover vassdraget.



Figur 43 Erosjon i elvesletteavsetninger.

På sørsiden av dette området, og litt oppstrøms, ligger imidlertid Lundvollen. Dette er per nå et jorde for gressproduksjon men er senere muligens tiltenkt annet formål.

Som det ses på bildet fra den andre bredden på samme sted, i Figur 44, graves det også der. Massene i siden gir klare indikasjoner på at dette er tidligere fluviale masser.



Figur 44 Erosjon i høyre bredd.

Videre oppover, forbi hytta på «Speiderbakken», finner vi flere punkter hvor bredden er i ferd med å rase ut, som vist i figuren under. Stedvis er det store samlinger med tiltransportert tømmer, «kvist og kvas» som ved neste flom vil fraktes videre nedover vassdraget. I store flommer kan dette utgjøre et problem ved at det fester seg i broåpninger eller andre trange passasjer og fører til oppstuvning av vannet i elven.



Figur 45 Erosjon på venstre bredd oppstrøms Speiderbakken.



Figur 46 Ansamling av tiltransportert tømmer, løse revne trær og busker.

Høyt oppe på strekningen, i svingen ovenfor jordet på Lundvollen, er det kraftig erosjon i yttersvingen på elven. Vannlinjeberegningene som ligger til grunn for flomsonekartleggingen beskrevet tidligere, viser at dette lave partiet nedstrøms svingen ikke oversvømmes ved dagens store flommer. Fortsetter erosjonen og gravingen i denne svingen kan imidlertid dette endre seg. Som man ser i Figur 48 er det blottlagt masser i elvebredden/-bunnen som består av siltige leirmasser som er mer utsatt for utvasking og erosjon. Skal området nedstrøms benyttes til annet enn landbruksvirksomhet bør denne svingen på sikt sikres mot ytterligere erosjon. I eventuelle planarbeider bør det derfor avsettes tilstrekkelig areal på elvebredden innenfor, slik at det er tilstrekkelig plass til senere å kunne gjennomføre erosjonssikring.



Figur 47 Erosjon i yttersving oppstrøms Lundvollen.

50 (72)

RAPPORT
06.05.2021



Figur 48 Siltig leire i bunn langs elveleie

21. Nødvendige tiltak for å oppnå flomsikkerhet, F2

For å gi tilstrekkelig kapasitet og sikkerhet for å unngå flomproblematikk ved en Q200 inkludert klimapåslag, er det behov for tiltak på flere steder. I tillegg vil det være tiltak på enkelte steder som kun gir forbedringer på strekninger og områder som i dag utgjøres av natur-/landbruksarealer hvor skadepotensialet er lavere.

For å oppnå tilstrekkelig sikring mot flommer av denne størrelsen er det en rekke tiltak man kan eller må iverksette. Det er ikke nødvendigvis bare et enkelt tiltak på stedet som kan iverksettes, men en kombinasjonen av løsninger som må til for å oppnå nødvendig sikring. Det kan også i tillegg være flere tiltakskombinasjoner enn den som er beskrevet her, som kan være en mulig løsning.

21.1. Kragebergbekken og Brynstadbergbekken

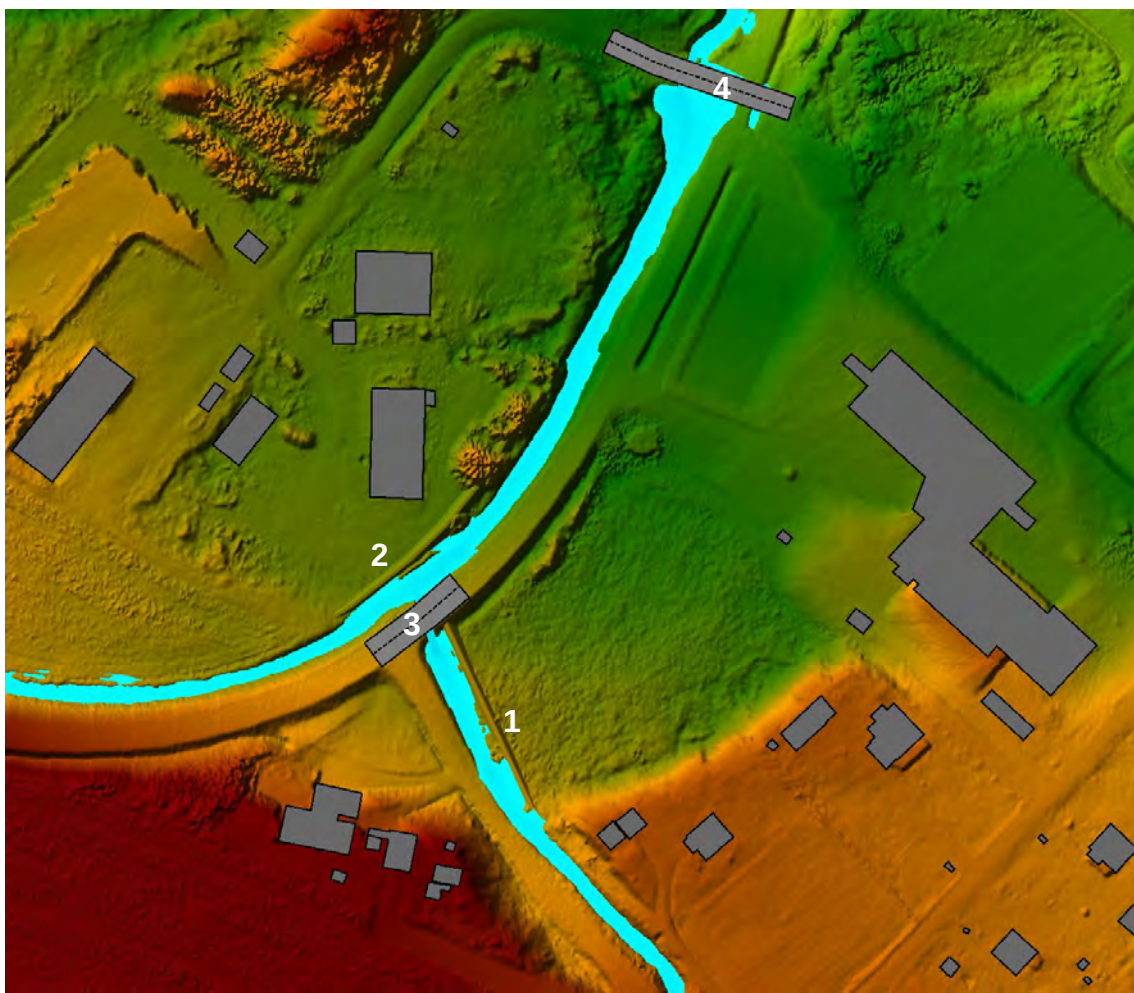
Området med størst mulighet for potensiell risiko er samløpet mellom Kragebergbekken og Brynstadbergbekken. Her er kulverten som krysser med Brynstadbergbekken under Kragebergveien utilstrekkelig under dagens forhold. Dette spesielt fordi bredden på østsiden av bekken oppstrøms vegkryssingen overtoppes ved store vannføringer og vann renner utover jordet og ned i retning skolen som vist i Figur 38. For å unngå dette er det en rekke tiltak man kan eller må iverksette. Det er som nevnt ikke bare et enkelt tiltak som kan iverksettes, men en kombinasjonen av løsninger som må til.

Figur 49 viser tiltakene som må utføres for å unngå avrenning av vann på østsiden av Morenevegen og i retning av skolen. Tiltakene er markert fra 1-4 og alle må utføres for å oppnå tilstrekkelig sikring.

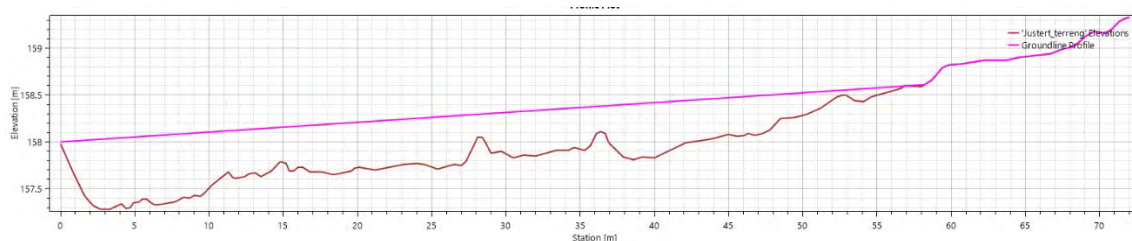
Tiltak 1. Ved å etablere en 60 meter lang flomvoll på østsiden av bekken, langs jordet, med en topp høyde fra 158.60 og ned til kote 158 ved Kragebergveien hindres overløp østover på jordet. Figur 50 viser lengdesnittet langs denne flomvollen. I snitt må toppen av flomvollen kun være ca. 50 cm høyere enn omkringliggende terreng. Dette tiltaket må kombineres med;

Tiltak 2. Ca. 60 meter flomvoll på nordsiden av Kragebergveien med høyde fra kote 157.50 øverst til 157.20 nederst på strekningen med flomvoll. Dette hindrer flomstigning og påvirkning av husene på innsiden. Uten flomvoll vil disse berøres av flomvannstanden ved en 200 års flom. Figur 51 viser lengdeprofilen langs denne flomvollen. Også her vil flomvollen være av en beskjeden høyde og dermed også beskjeden utstrekning.

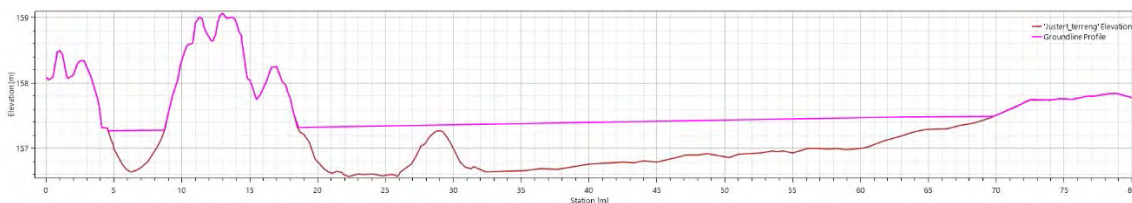
Tiltak 3. Et større tiltak vil være å skifte ut kulvert/rør i kryssingen under Kragebergveien. Det oppnås ikke tilstrekkelig kapasitet for flomvannføringer tilsvarende Q200 med klimapåslag uten dette. Det er behov for å skifte disse to kulvertene, som i dag er på hhv. 1000 og 600 mm. Disse må byttes med to nye på 1200 mm hver seg. Innløpet til kulvertene bør også senkes med ca. 30 cm. Dette gir tilstrekkelig kapasitet i kryssingen for å unngå uheldig oppstuvning oppstrøms.



Figur 49 Mulige tiltak ved samløp Kragebergbekken / Brynstadbergbekken. Tiltak merket 1-4. Avmerket vanndekt areal er for flomstørrelse Q200Klima.



Figur 50 Lengdeprofil ved flomvoll 1

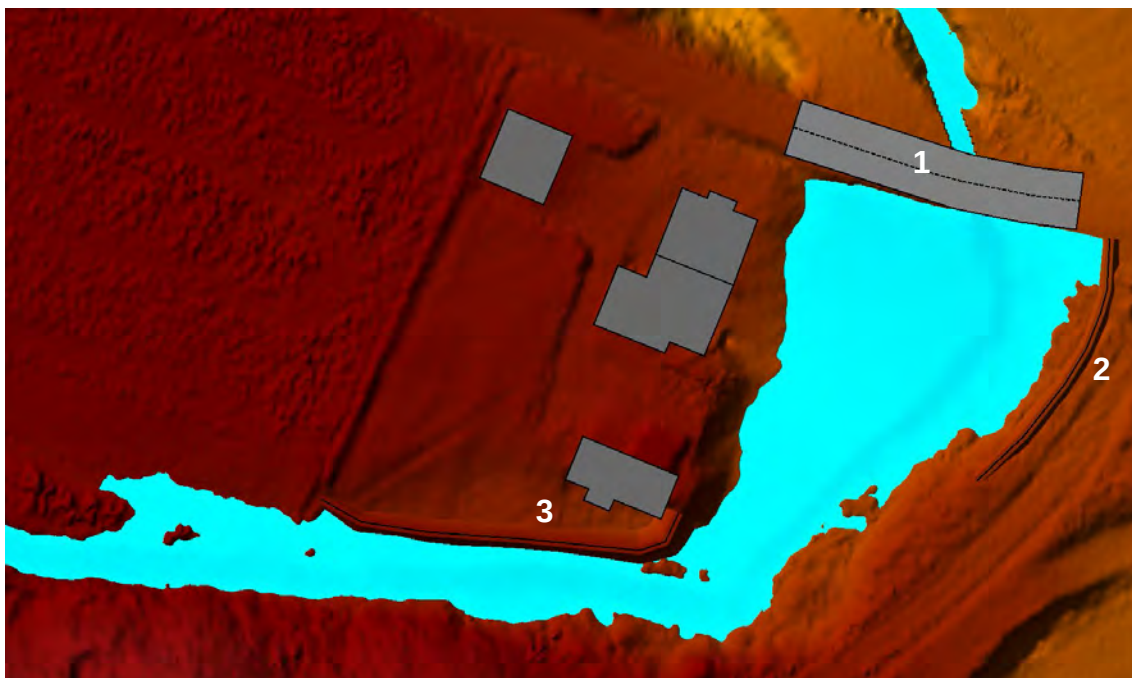


Figur 51 Lengdeprofil ved flomvoll 2

Tiltak 4. Bytte av kulverter fra dagens 1000 og 800 mm til 2 x 1200 mm. Dette gjøres delvis for å hindre oppstuvning oppstrøms mot kulvert 3 og for å hindre overtopping av stikkvei inn mot Kragebergveien 15 og også drenering ut mot hovedveien.

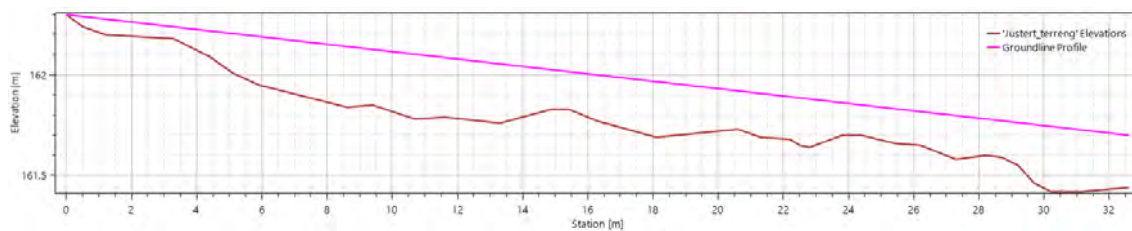
Kulvert 4 har også, som vist i Figur 38, utilstrekkelig kapasitet for en 200 års flom inkludert klimapåslag. I dag består denne kulverten under Ravegen av 2 x 1000 mm som vist i Figur 23. For å oppnå tilstrekkelig kapasitet må denne økes til en kulvert på 1400 mm og en på 1200 mm (Tiltak 1 i Figur 52). I tillegg må terrenget heves noe, eller at det bygges en mindre flomvoll (2) på østsiden oppstrøms veikryssingen. Rett oppstrøms i svingen, bør det etableres en mindre flomvoll (3) for å unngå flomvann inn mot bygningen rett nordenfor, Ravegen 32.

Nummerering henviser til tiltak markert på Figur 52 nedenfor.



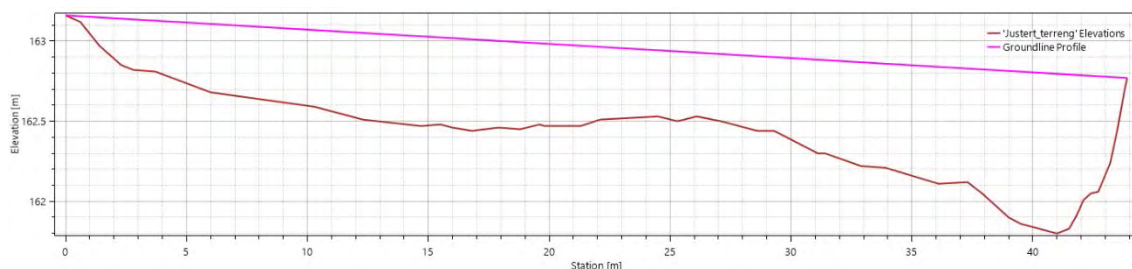
Figur 52 Tiltak ved kryssing Brynstadbergbekken og Ravegen. Tiltak markert 1-3.

Lengdeprofil av flomvollen (2) er vist i Figur 53. Den er kun 30 cm høy med kotehøyde topp fra 162,30 og ned til kote 161,70 ved møte av veg.

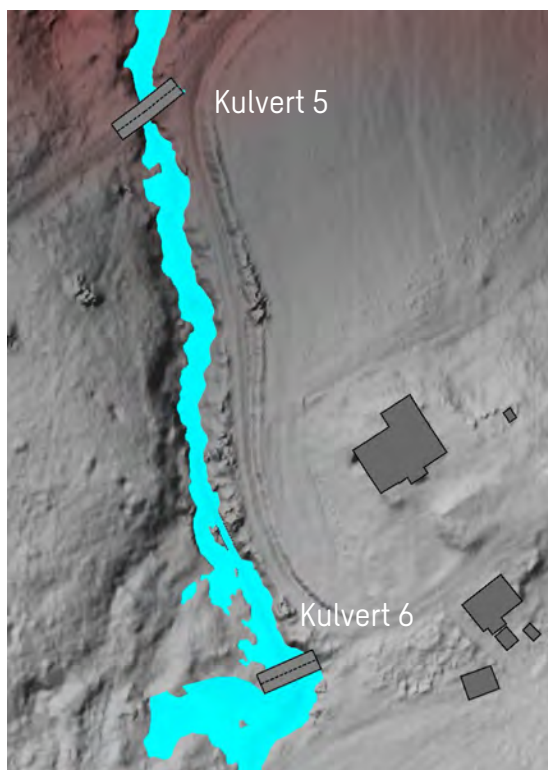


Figur 53 Lengdeprofil av flomvoll på østsiden, oppstrøms Ravegen

Lengdeprofil av flomvoll merket (3) er vist i Figur 54. Kotehøyde ved starten av flomvollen er 163,20 og går ned mot kote 162,75. Denne vil være tilstrekkelig for å beskytte bygningen mot flomvannstand ved Q200 inkludert klimapåslag gitt at tiltakene ved vegen nedstrøms gjennomføres. Stedvis vil denne flomvollen være ca. 1 meter høy.



Figur 54 Lengdeprofil av flomvoll oppstrøms Ravegen (3).



Figur 55 Flomsone Q200 Klima, ved kulvert 5 og 6

Kulvert 5 i Brynstadbergbekken vil i utgangspunktet ha akkurat tilstrekkelig kapasitet for en flom på størrelse med Q200 med klimapåslag.

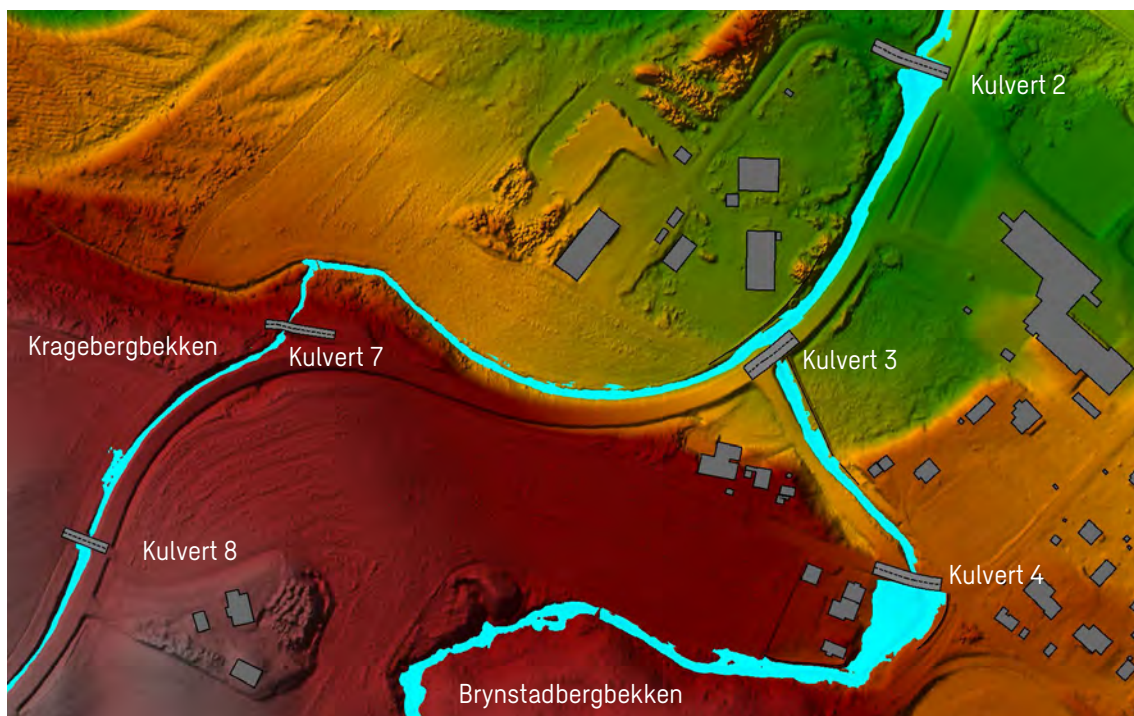
Ved eventuell tilstopping og redusert kapasitet kan imidlertid kulverten overtoppes, og det er en risiko for noe avløp nordøstover nedover langs Ravegen. Dette vannet vil imidlertid føres tilbake til bekken 175 meter lenger nede i vegen før neste kulvert.

Kulvert 6, ved Ravegen 22, har ikke tilstrekkelig kapasitet, men dette er en mindre traktor-/jordbruks-kryssing hvor det ikke er krav om sikkerhet for Q200 og hvor kapasitetsmangelen ikke fører til følgeskader nedstrøms.

Det vil kun være en mindre oppstuvning oppstrøms kryssingen som vist i Figur 55 ved siden av.

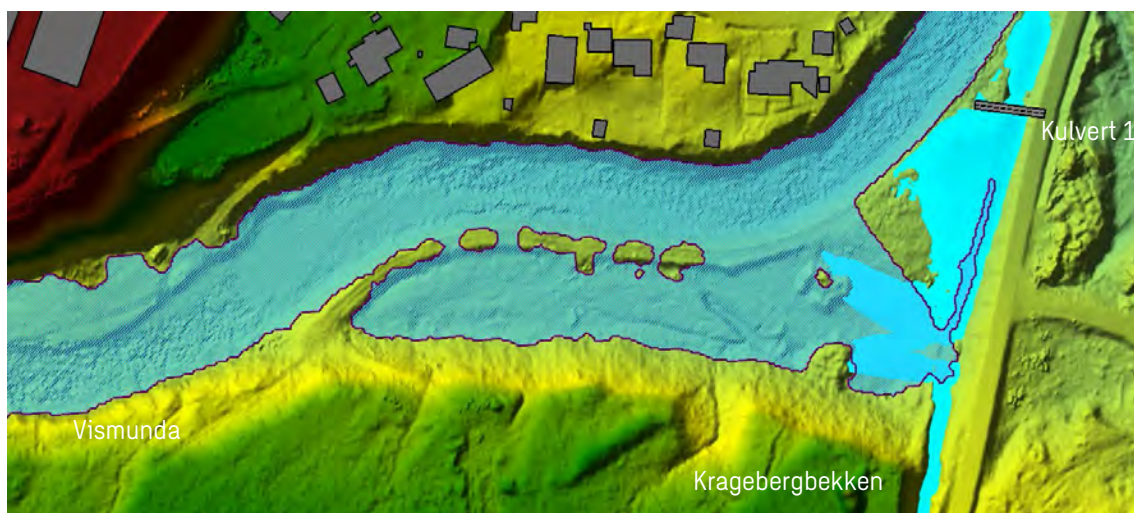
Kulvert 7 i Kragebergbekken har tilstrekkelig kapasitet til å ta unna flommer med Q200 inkludert klimapåslag. For kulvert 8 er kapasiteten noe for lav og kulverten overtoppes ved denne flomstørrelsen. Overtoppingen skjer imidlertid uten å uten å forårsake avrenning ut på hovedvegen. Selve kryssingen er en jordbrukskryssing for tilgang til landbruksarealer og har ikke krav om sikring for denne flomstørrelsen.

Kulvertplassering og flomsoneer for Q200 inkludert klimapåslag, for disse bekkestrekningene, etter utførte tiltak er vist i Figur 56 nedenfor.



Figur 56 Kulverter og flomsonekart for Q200 inkludert klimapåslag etter tiltak i øvre deler av Kragebergbekken og Brynstadbergbekken.

I den nederste delen av Kragebergbekken, ned mot samløp med Vismunda, vil flomvannstanden i elven og bekken ved Q200 klima flomforløp, møtes før kulvert 1 nederst som vist i Figur 57.



Figur 57 Flomsonekart Q200 inkludert klimapåslag ved samløp Kragebergbekken / Vismunda.

Kapasiteten i denne kulverten overskrides men vannet overtopper kulverten og vegkryssingen men renner av mot Vismunda og berører ikke Kragebergveien eller annet nedstrøms. Vegkryssingen er også kun en mindre traktorvei / turvei og er ikke underlagt krav om sikkerhet mot 200 års flom.

21.2. Vismunda

Som beskrevet i 19.1 vil de to eksisterende broer langs Vismunda ha tilstrekkelig kapasitet for å ta unna de beregnede flomstørrelser opp til Q200 inkludert klimapåslag. E6 bru, nederst, tilfredsstiller imidlertid ikke Statens vegvesens krav om tilstrekkelig klaring mot overbygning.

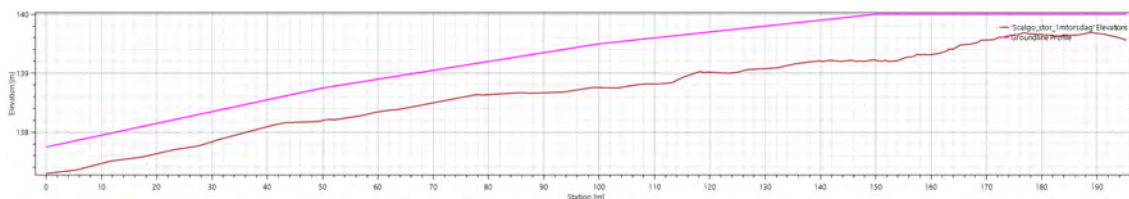
Denne strekningen av E6, fra Mjøsbrua til Øyer, skal oppgraderes til fire felts veg og det antas at denne problemstillingen adresseres i forbindelse med dette.

Ved en 200-årsflom inkludert klimapåslag vil Vismunda som beskrevet tidligere overtoppe forbygningen i svingen nedenfor fylkesvegen (Birivegen) og vann vil renne nedover Skumsrudvegen. På nordsiden av elven vil flomvannstanden gå nær bygninger i Møllerstuvegen 3 men ikke berøre disse. Disse bygningene ser også ut til å være driftsbygninger av noe slag, klassifisert som «Annen industribygning», byggtyp 219 i FKB kartdata. Dette kan tilsi at kravet om sikkerhetsklasse F2 ikke er gjeldende.

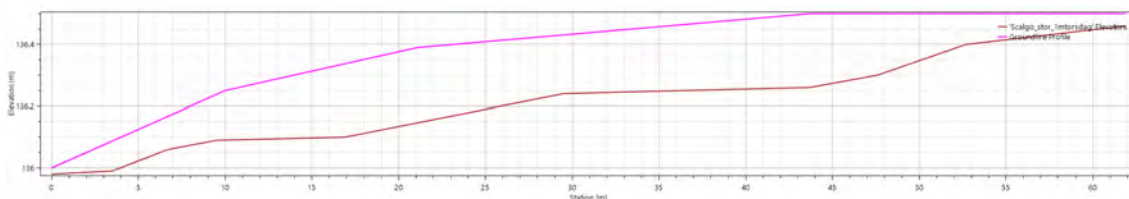
Litt lenger nedstrøms, rett nedenfor Moelven industrier, er det et sårbart punkt som også vil være utsatt ved en 200-årsflom også uten klimapåslag.

Langs denne delen av elven er det allerede en forbygning / flomvoll. Denne kan med enkle grep heves på de nødvendige delstrekke nedover mot E6 Brua. Det er behov for heving av vollen på fire delstrekninger nedover, markert 1 – 4 på flomsonekart i Figur 59. Lengdesnitt på tiltakene er vist i Figur 58 og Figur 60. Tiltakene innebærer heving av vollen i snitt fra 0,5 til 1 meter på delstrekningene 1- 3 med en samlet lengde på om lag 300 meter. Den nederste strekningen må heves noe mer, 1-2 meter, på en strekning på om lag 400 meter.

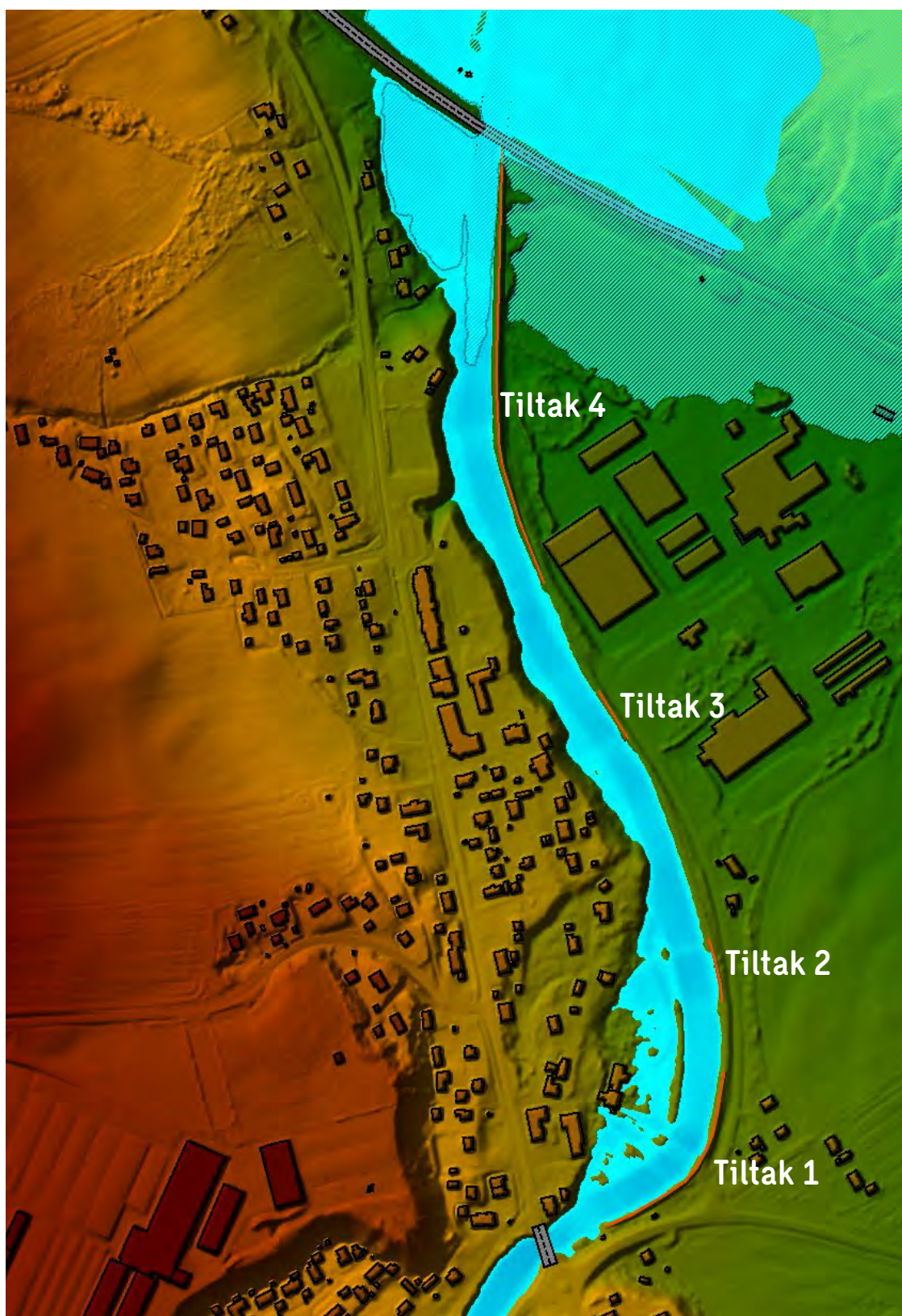
Tiltak 1 ~ 200 meters lengde



Tiltak 2 ~ 60 meters lengde

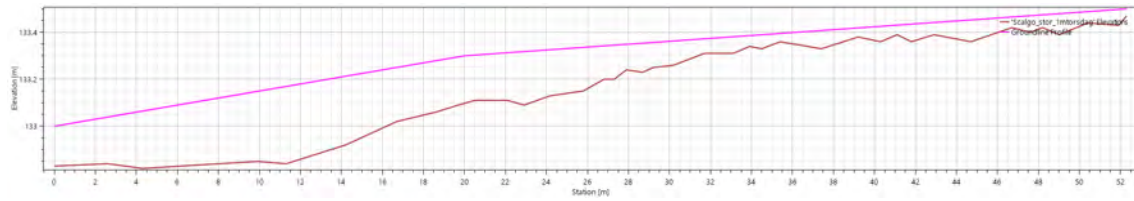


Figur 58 Lengdesnitt tiltak 1 og 2 i nedre del av Vismunda

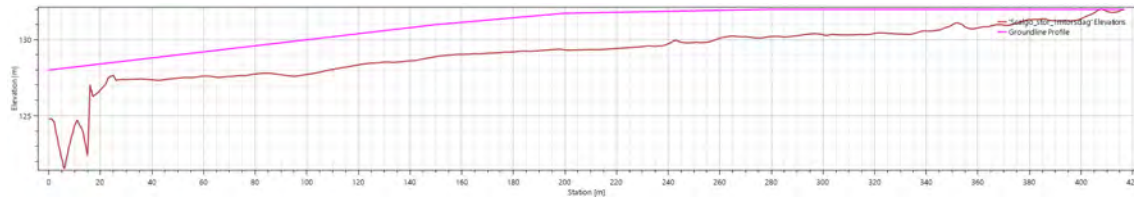


Figur 59 Flomsonekart Q200 inkludert klimapåslag etter tiltak i Vismundas nedre del. Tiltak markert med 1-4.

Tiltak 3 ~ 50 meters lengde



Tiltak 4 ~ 400 meters lengde



Figur 60 Lengdesnitt tiltak 3 og 4 i nedre del av Vismunda

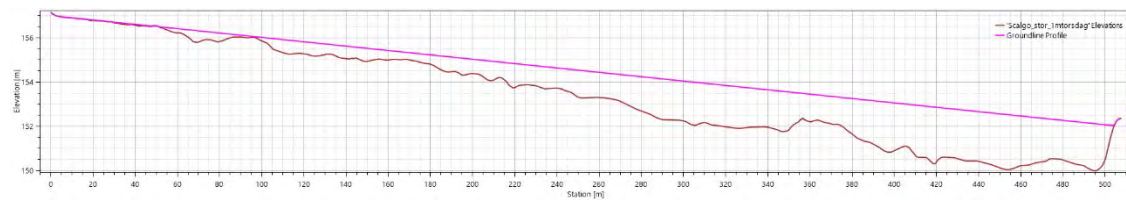
Helt øverst i planområdet, ved jordet på Lundvollen, vil store deler av dette jordet være oversvømmet ved en 200-årsflom med klimapåslag som vist i utsnittet i Figur 61 nedenfor. Også ved en 200-årsflom uten klimapåslag vil deler av dette området stå under vann. Det er også enkelte forsenkninger/groper i området som vil være vannfylte selv om de ikke står i direkte kontakt med elven utenfor.

Skal dette arealet benyttes til, næringsvirksomhet må terrenget langs elven heves. Det anbefales ikke kun flomvoll men heller oppfylling av terrenget for å sikre mot stående vannsamlinger på innsiden av flomvollen.

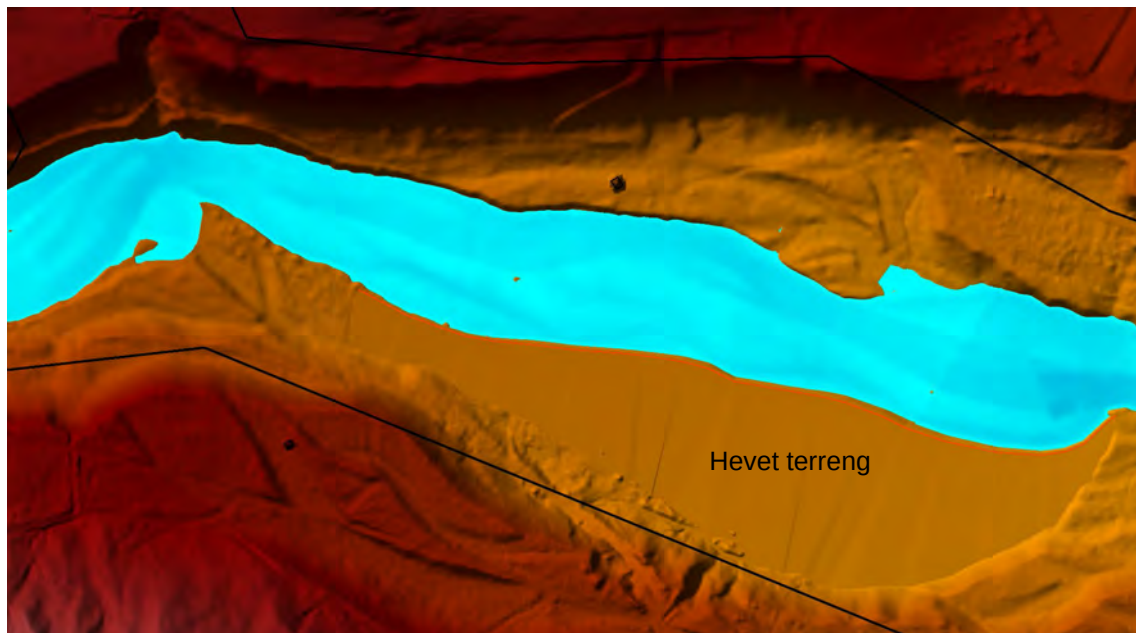


Figur 61 Flomsonekart Q200 inkludert klimapåslag i Vismunda ved Lundvollen.

I Figur 63 vises beregnet flomsone på samme sted etter eventuell terrengheving. Terrenget heves i plan fra kote 157 øverst på strekningen til kote 152 nederst. Strekningen er i underkant av 500 meters lengde. Lengdesnittet er vist i Figur 62.



Figur 62 Lengdesnitt langs planlagt tiltak ved Lundvollen



Figur 63 Flomsonekart Q200 inkludert klimapåslag i Vismunda ved Lundvollen etter tiltak. Plangrensar med svart linje.

22. Referanser og litteratur

Chow, V.T., 1959, Open-channel hydraulics.

Fergus et.al. 2010 Vassdragshåndboka. Håndbok i vassdragsteknikk.

Førland, E.J., Mamen, J., Dyrddal, A.V., Grinde, L. og Myrabø, S., 2015: Dimensjonerende korttidsnedbør. MET rapport 24-2015 (NVE rapport nr 134-2015).

Glad, P.A., Reitan, T. og Stenius, S. 2015 Nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt. Revisjon av rapport 62-2014. NVE rapport 13/2015.

Hanssen-Bauer I., E. J. Førland, I. Haddeland, H. Hisdal, S. Mayer, A. Nesje, J.E.Ø. Nilsen, S. Sandven, A.S. Sandø, A. Sorteberg og B. Ådlandsvik (2015): Klima i Norge 2100.

Lawrence, D. 2016 Klimaendring og framtidige flommer i Norge. Rapport NVE 81/2016.

Lindholm, Oddvar, et al. 2008. Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering, Norsk Vann Rapport 162/2008.

NCCS 2019 Klimapåslag for korttidsnedbør, anbefalte verdier for Norge. Rapport 5/2019.

NVE 2002 Avrenningskart for Norge. Årsmiddelavrenning for avrenning 1961-1990. NVE rapport 2/2002.

NVE 2011 Retningslinjer for flomberegninger. NVE Retningslinjer 04/2011.

NVE 07/2011 «Preliminary flood risk assessment in Norway: an example of a methodology based on a GISapproach» (kap. 6).

NVE 2014. Aktive vannføringsstasjoner i Norge. Rapport nr. 71 – 2014

NVE 2020 Lokal og regional flomfrekvensanalyse. NVE Rapport 10/2020.

Petterson, L.E. 2000 *Flomberegning for Mjøsa og Vorma (002.DZ)*. Oslo, NVE.

Statens vegvesen 2018 *Vegbygging*. Håndbok N200.

Statens vegvesen 2015 *Bruprosjektering*. Håndbok N400.

Terratec 2018 Laserskanning for nasjonal detaljert høydemodell.

23. Vedlegg 1 Vannlinjeberegninger

Ordforklaring:

Tverrprofil – tverrprofilene er nummerert ovenfra og nedover

Flomstørrelse – beregnet flomstørrelse

Q total - beregnet vannmengde under en gitt flomstørrelse

Minste høyde i tverrprofilen – laveste punkt i bekkeleiet

Beregnet vannstand – Beregnet kotehøyde for vannspeilet for gitt vannføring

Vannhastighet – Gjennomsnittlig hastighet ved hvert tverrprofil

Froude – karakteriserer strømningsmønsteret:

o $Fr < 1$ subkritisk strømning

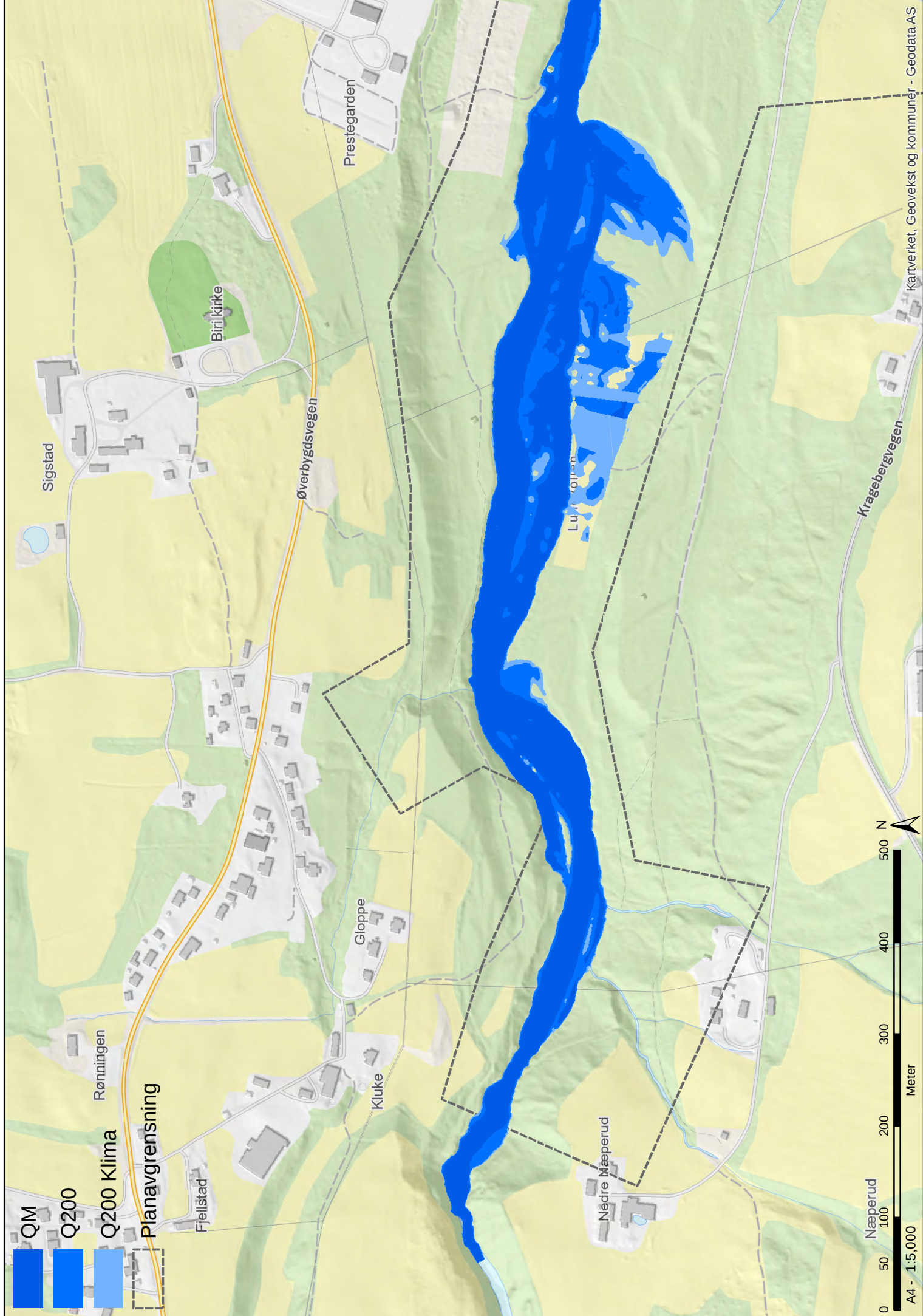
o $Fr > 1$ superkritisk strømning

o $Fr = 1$ kritisk strømning

24. Vedlegg 2 Flomsonekart Vismunda

62 (72)

RAPPORT
06.05.2021



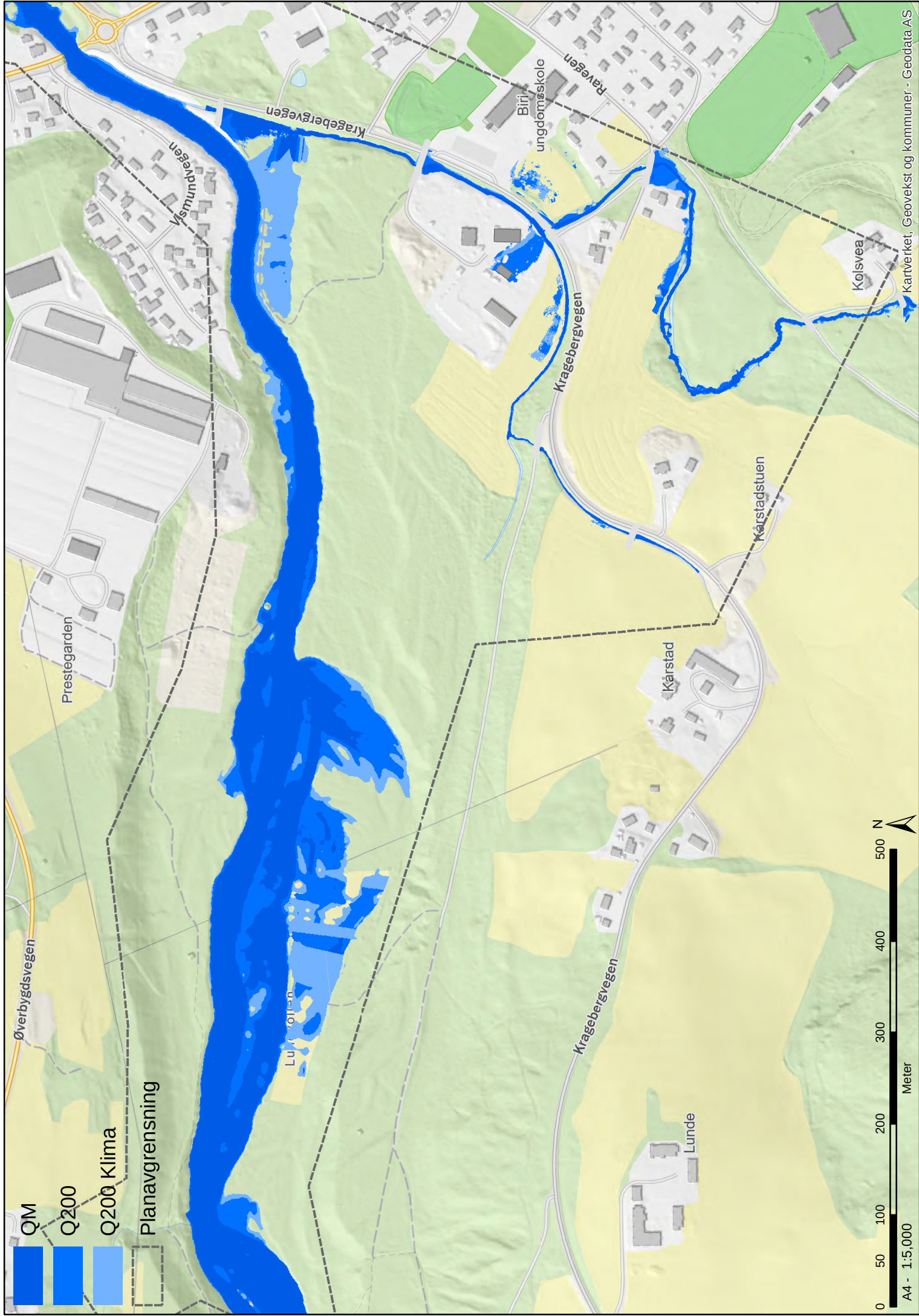




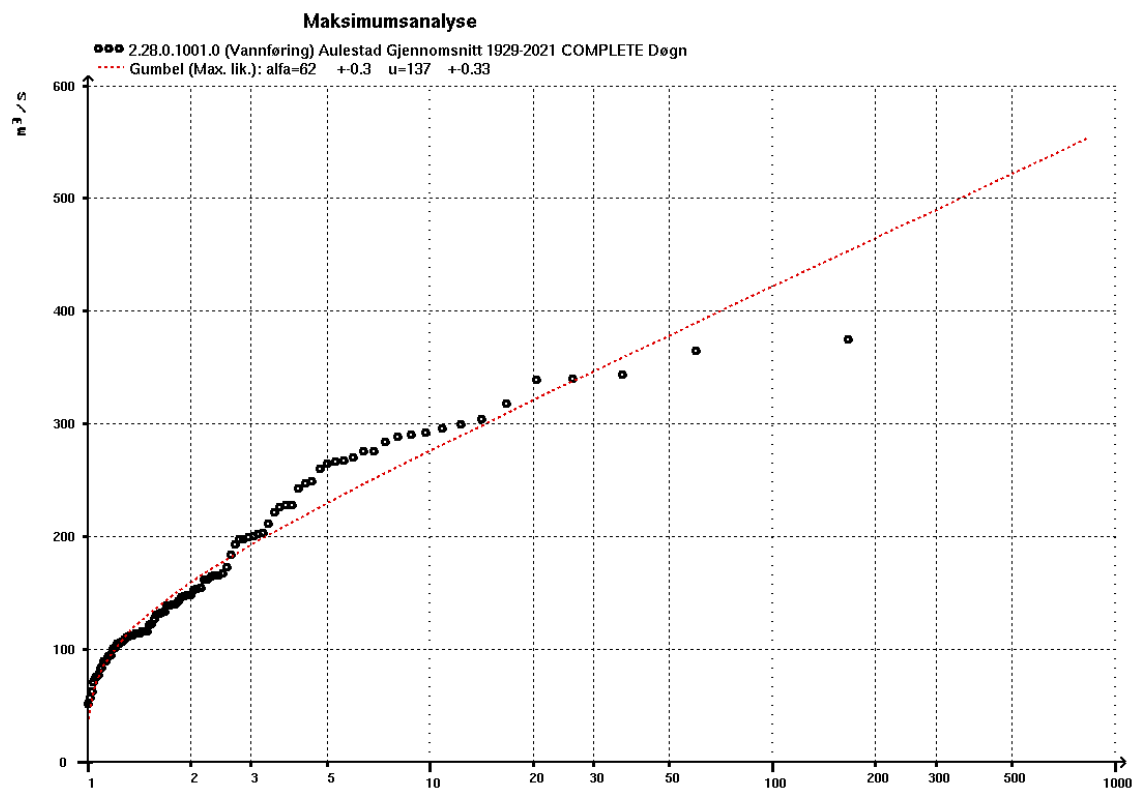
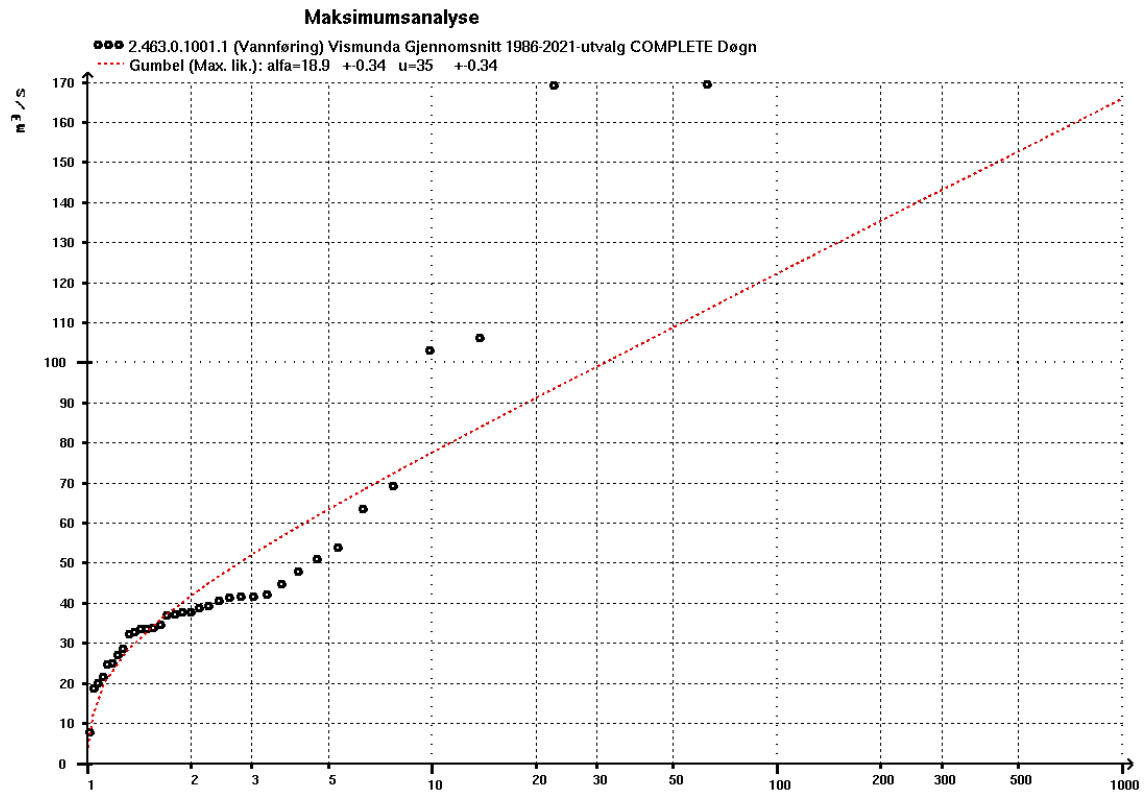
25. Vedlegg 3 Flomsonekart Kragebergbekken og Brynstadbergbekken

66 (72)

RAPPORT
06.05.2021

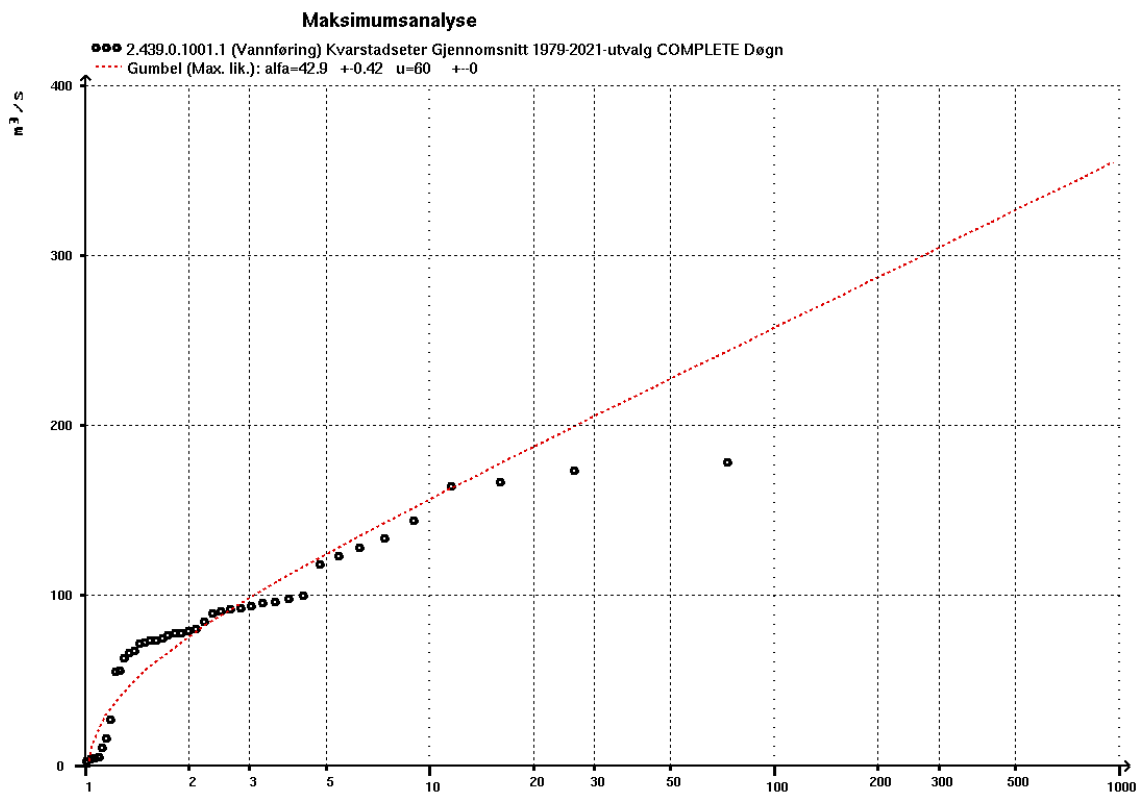
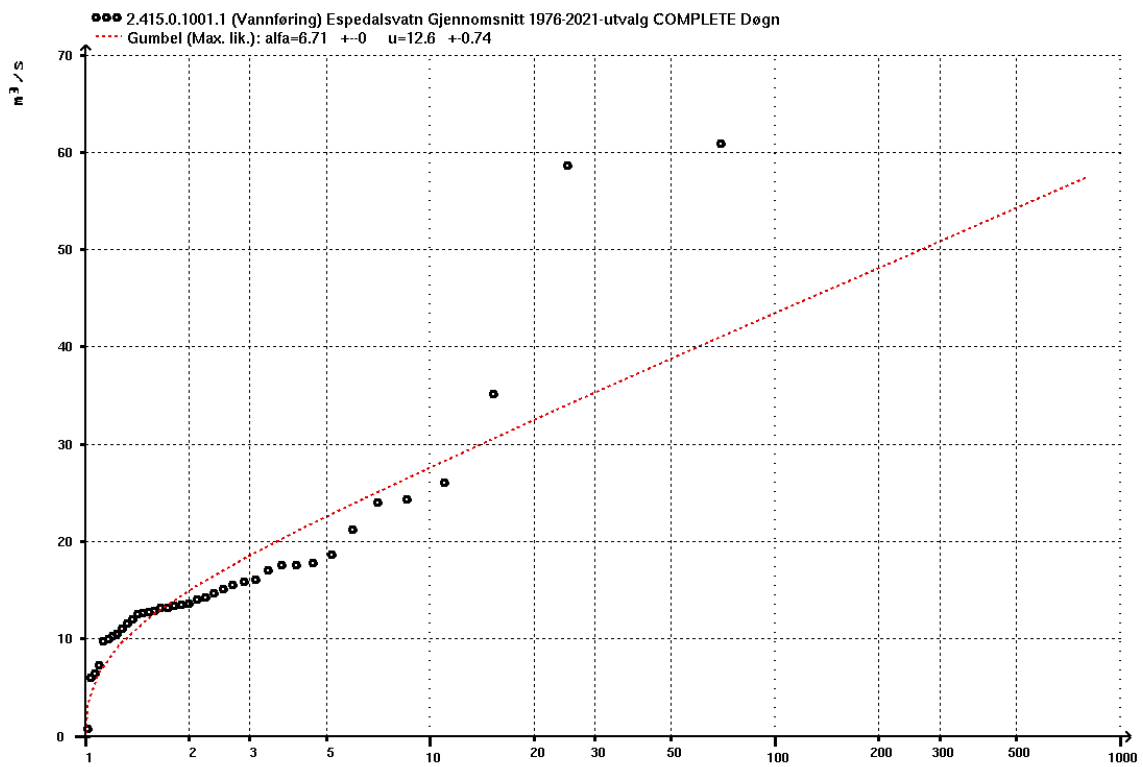


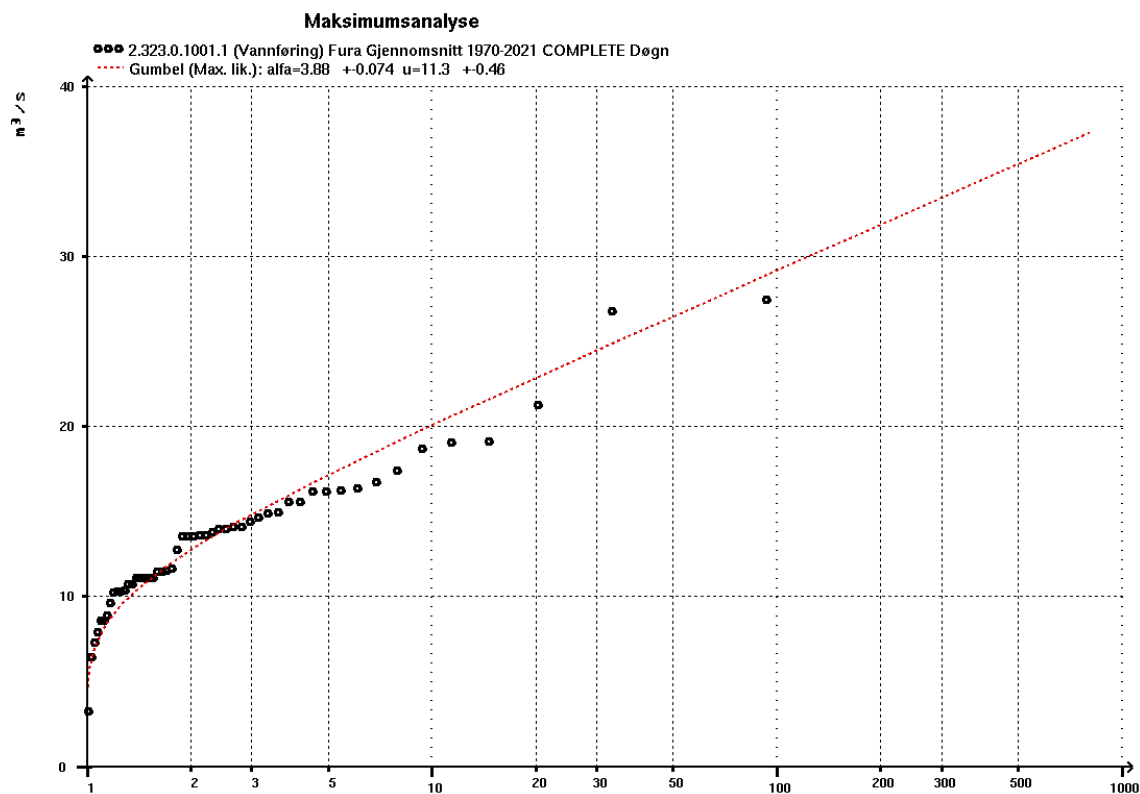
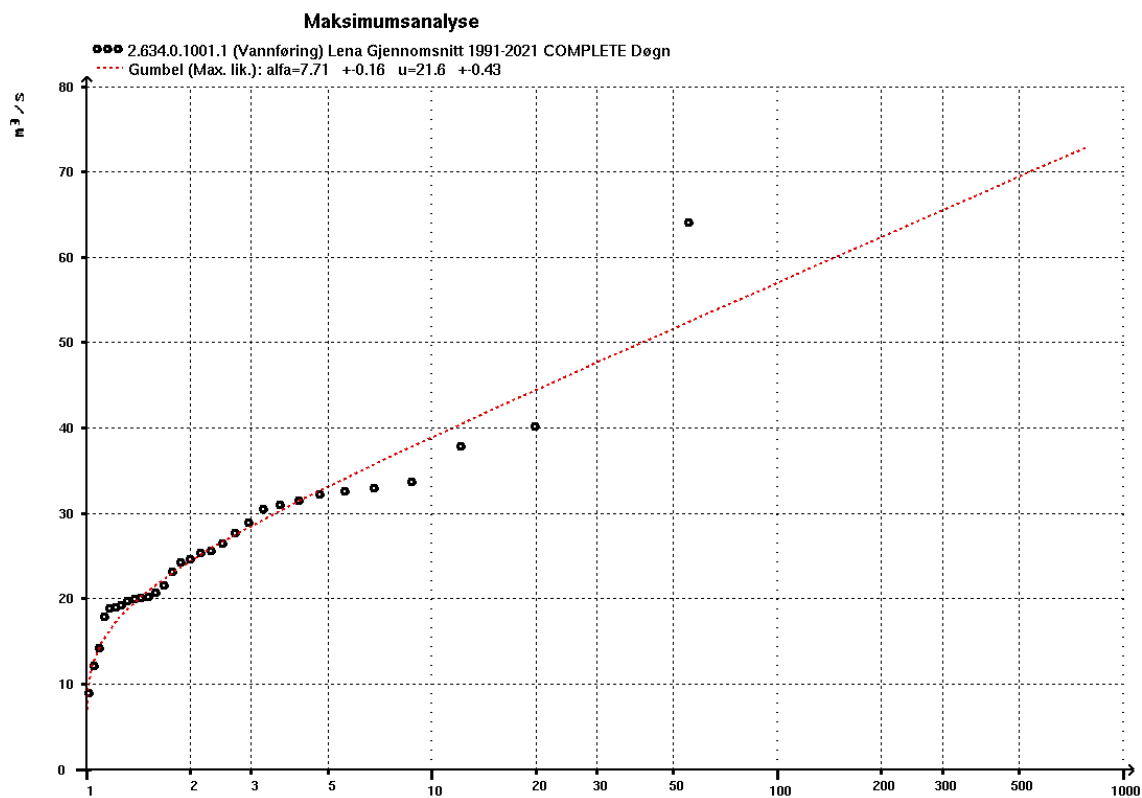
26. Vedlegg 4 - Flomfrekvensplott



68 (72)

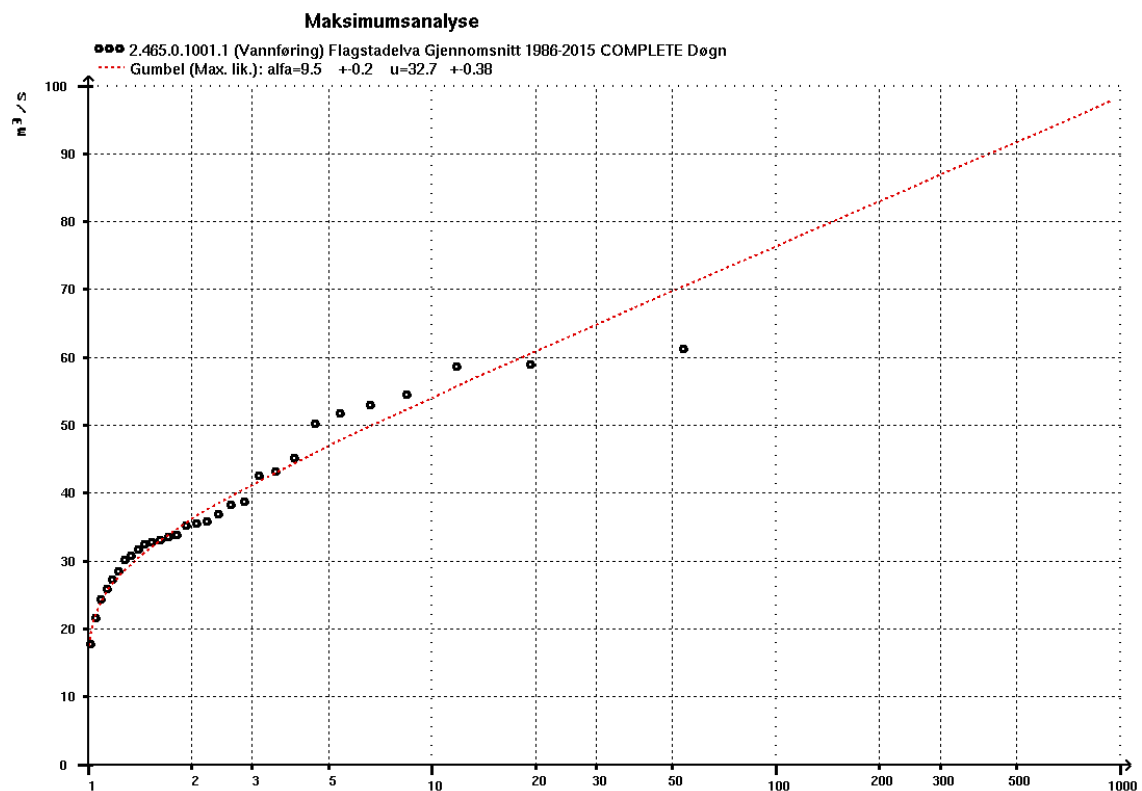
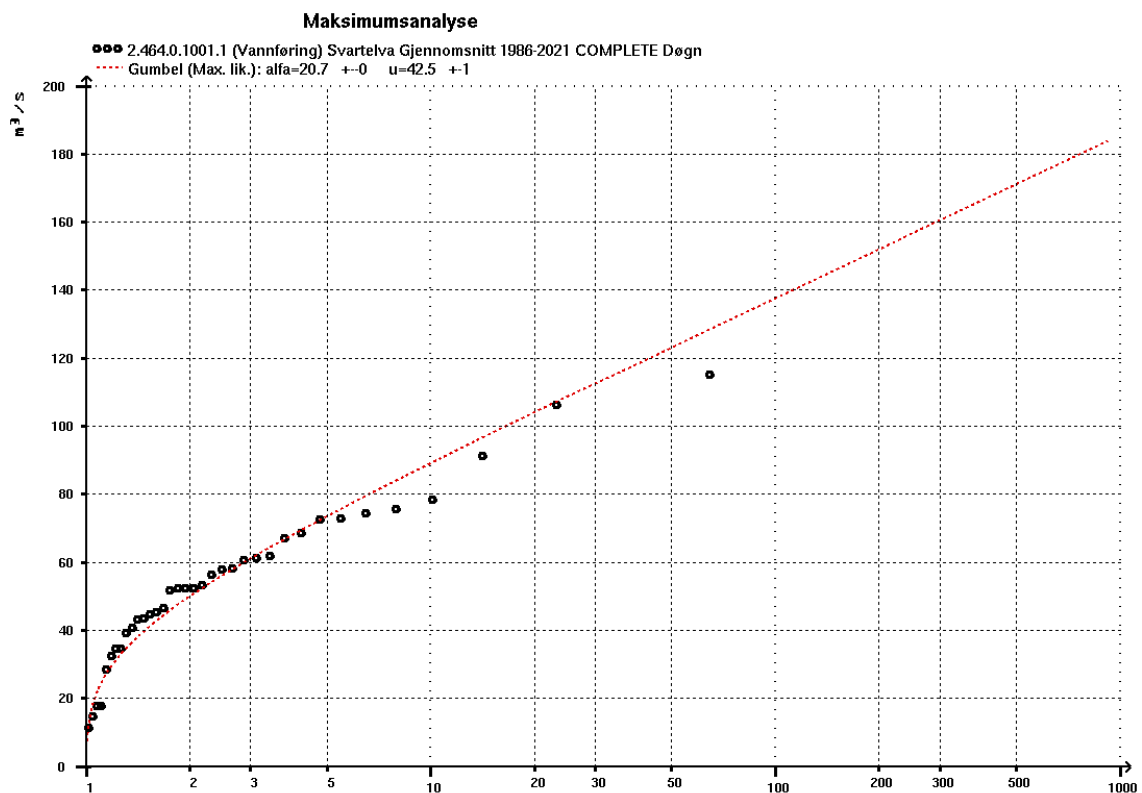
RAPPORT
06.05.2021





70 (72)

RAPPORT
06.05.2021



Vismunda bru – E6

72 (72)

RAPPORT
06.05.2021