

Til: Øyvind Ljung
Fra: Lisa Østvik Jørandli
Dato: 2018-02-19

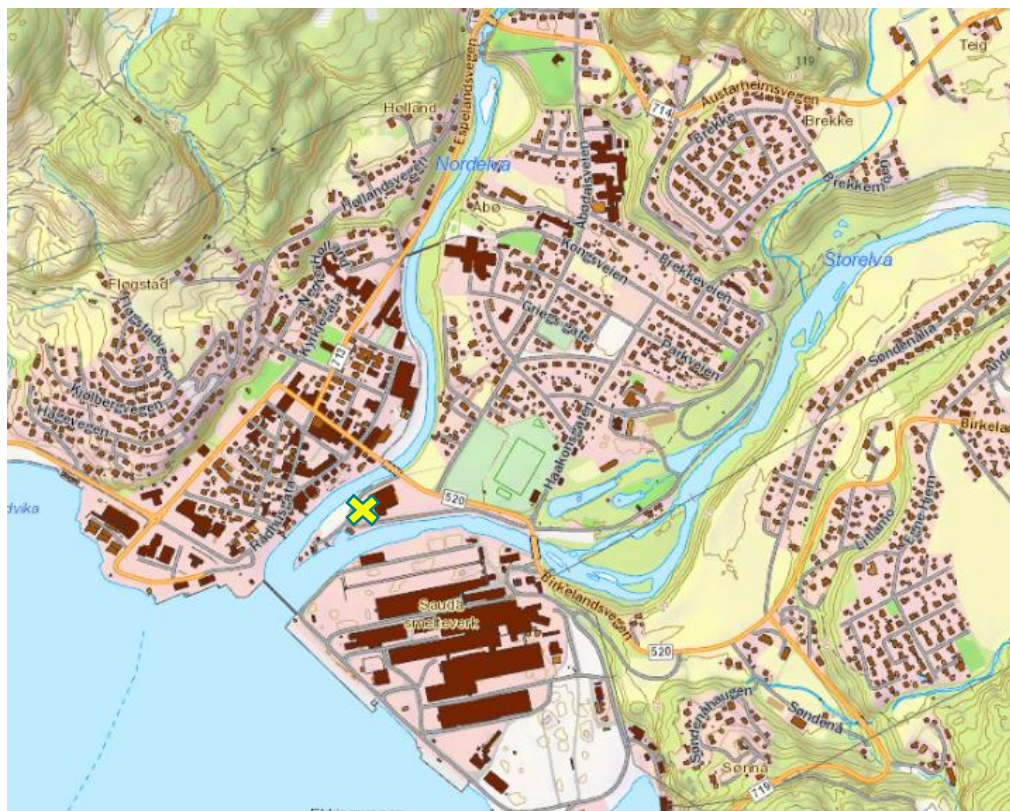
Oppdatering av flomberegning og flomsonekartlegging 200-årsflom - Sauda sentrum

1. Innledning

I forbindelse med bygging av Tangen Renseanlegg (sikkerhetsklasse F2) i Sauda sentrum er det utarbeidet flomsonekart for 200-årsflom med klimapåslag i Sauda sentrum. I den forbindelse er flomberegningen utført i av NVE i 2007 [1] oppdatert for Sauda. Siden renseanlegget er vurdert å ligge i sikkerhetsklasse F2 skal det dimensjoneres for 200-årsflom. Klimapåslag er hensyntatt.

Norconsult AS utførte i 2016 en flomsonekartlegging av 1000-årsflommen i Sauda sentrum [2]. Den samme modellen er benyttet her, men med endrede flomverdier som input. Mesteparten av beskrivelsen her er hentet fra [2].

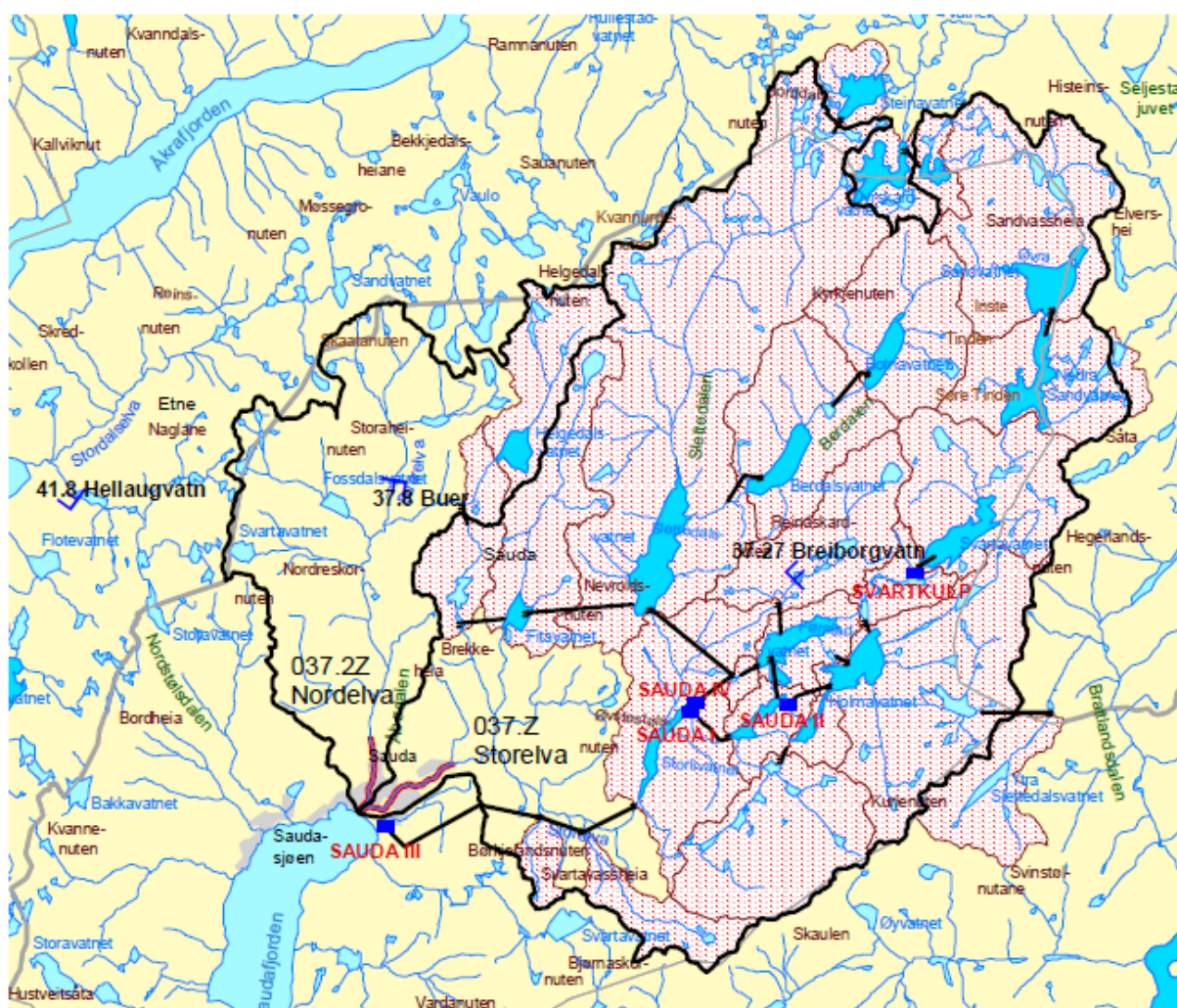
Tangen Renseanlegg skal plasseres mellom Storelva og Nordelva like oppstrøms samløpet mellom de to elvene (Se Figur 1), og oversvømt areal som beregnes er knyttet til flom i de to elvene. Vannstander i sidebekker/-elver beregnes ikke (jf. [1]). Det er primært oversvømmelse som følge av naturlig høy vannføring som skal kartlegges. Andre vassdragsrelaterte fenomener som erosjon og utrasing er ikke omfattet av dette notatet. Bunnkote for renseanlegget er planlagt anlagt på kote 3,4.



Figur 1 Nærbilde av Sauda sentrum. Plasseringen av renseanlegget er markert med gult kryss

2. Feltbeskrivelse

Vassdragene er kystnære og ligger i Sauda kommune i Rogaland. I forbindelse med NVEs Flomsonekartprosjekt er det kartlagt en strekning i Storelva i Saudavassdraget fra utløpet og ca 1 km oppover, og i Nordelva fra utløpet og ca 1,9 km oppover [3]. Elvene munner ut i Saudafjorden. I denne rapporten er det samme området kartlagt for 200-års flom med oppdaterte flomverdier. Kart over Storelvas og Nordelvas nedbørsfelter er vist i Figur 2, og strekningen som er flomsonekartlagt er tegnet inn med rødt. Som vi kan se er det flere overføringer og magasiner i de to vassdragene, og det er antatt at dette vil ha en dempende innvirkning på flommer, spesielt flommer med lave gjentaksintervall. Storelvas nedbør felt er sterkt påvirket av reguleringene, mens Nordelva vil ha mer karakter av uregulert felt enn hva som er tilfellet for Storelva. Aktuelle feltparametere for totalfeltene og de uregulerte delene av feltene er oppsummet i Tabell 1 og Tabell 2.



Figur 2 Oversiktskart over nedbørsfeltene til Storelva og Nordelva med inntegnet kraftstasjoner og overføringer. Det regulerte feltene er markert med rosa, og strekning som er flomsonekartlagt er vist i rødt [1].

Tabell 1 Feltparametere for Storelva og Nordelvas nedbørfelt

	Areal km ²	Eff. sjø %	Sjø %	Feltlengde km	Normalavløp, Q _N l/s•km ²
Storelva	354	0.9	8.9	29.7	100
Nordelva	81.9	0.2	3.9	16.0	119

Tabell 2 Feltparametre for uregulerte restfelter nedstrøms reguleringene i Storelva og Nordelva (hentet fra [1])

	Areal km ²	Eff. sjø %	Sjø %	Feltlengde km	Normalavløp, Q _N l/s•km ²
Storelva (ureg. restfelt)	38.6	0.0	0.4	15.2	71
Nordelva (ureg. restfelt)	67.7	0.1	1.8	9.5	115

3. Flomberegning

NVE utarbeidet i 2007 en flomberegning for Storelva og Nordelva [1]. Her er det beregnet flommer opp til 500-års gjentaksintervall. Siden denne flomberegningen er noen år gammel, og ikke inneholder klimapåslag, er det sett nødvendig å oppdatere denne med nye flomfrekvensanalyser, samt klimapåslag. Det er valgt å benytte de samme stasjonene for frekvensanalyse, og å gjøre frekvensanalysen på årsflommer (jf. [1]).

3.1 Flomberegning 2007

I Figur 3 er resultatene fra frekvensanalysen utført i 2007 vist. Pga. ukontrollerte data og kort observasjonsperiode ble ikke Hølland benyttet i analysene. For de tre stasjonene Brekkestøl, Buer og Breiborgvatn var observasjonsperioden så kort at kun middelflommen ble estimert. For hver av de andre stasjonene ble det tilpasset ulike fordelingsfunksjoner, og den frekvensfordelingen som ble vurdert best tilpasset de observerte årsflommene, ble valgt.

Vi kan se at fem av stasjonene var aktive i 2007, inkludert Breiborgvatn (som hadde kort serie i 2007), mens de resterende var nedlagt. Dette betyr at det i hovedsak vil være verdiene fra de aktive stasjonene som oppdateres i dette notatet. Det er likevel valgt å sjekke de nedlagte stasjonene, da valg av fordelingsfunksjon kan spille inn på valg av flomverdi.

I 2007 ble frekvensanalysen sammenlignet med regionale flomfrekvenskurver. I kystregionene er disse basert på årsflommer, og i Figur 3 er resultatene for region K2 oppgitt. Region K2 dekker områdene innenfor den ytterste kyststripen og omfatter mange fjorder og kystnære strøk. Storelva og Nordelva ligger innenfor denne regionen, og beregninger for denne regionen er derfor tatt med. Som representativ frekvensfordeling for Storelva og Nordelva ble det valgt regionale frekvensfaktorer fra K2-regionen avrundet til nærmeste 0,05 (pga usikkerhet i valg av kurve). Verdiene er litt høyere enn gjennomsnittet ved stasjonene, men det skiller ikke så mye.

Stasjon	Periode	Ant. år	Areal km ²	Q _M		Q ₅ / Q _M	Q ₁₀ / Q _M	Q ₂₀ / Q _M	Q ₅₀ / Q _M	Q ₁₀₀ / Q _M	Q ₂₀₀ / Q _M	Q ₅₀₀ / Q _M
				l/s•km ²	m ³ /s							
36.13 Grimsvatn	1973-d.d.	31	34.6	829	28.7	1.18	1.33	1.48	1.66	1.80	1.94	2.12
37.6 Brekkestøl	1948-56	8	14.4	854	12.3	-	-	-	-	-	-	-
37.7 Hølland	1983-89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37.8 Buer	1983-97	10	18.8	1074	20.2	-	-	-	-	-	-	-
37.27 Breiborgvatn	1996-d.d.	11	12.7	715	9.1	-	-	-	-	-	-	-
41.7 Blomstølvatn	1981-03	20	25.7	1249	32.1	1.24	1.43	1.61	1.85	2.03	2.21	2.44
41.8 Hellaugvatn	1981-d.d.	24	27.0	900	24.3	1.19	1.37	1.54	1.78	1.97	2.17	2.45
42.2 Djupevad	1963-d.d.	42	31.9	1034	33.0	1.20	1.37	1.53	1.75	1.91	2.08	2.29
42.5 Rullestadvatn	1967-81	14	105	1750	183.8	1.30	1.52	1.71	1.95	2.12	2.26	2.49
42.6 Baklihøl	1965-d.d.	23	19.9	1482	29.5	1.24	1.45	1.67	1.96	2.18	2.41	2.73
Storelva	-	-	-	-	-	1.25	1.45	1.60	1.85	2.05	2.25	2.50
Nordelva	-	-	-	-	-	1.25	1.45	1.60	1.85	2.05	2.25	2.50
Regional kurve K2	-	-	-	-	-	1.24	1.44	1.59	1.87	2.05	2.27	2.49

Figur 3 Flomfrekvensanalyse av årsflommer for aktuelle målestasjoner, sammen med regionale frekvenskurver for årsflommer, hentet fra [1].

3.1.1 Beregning av middelflom 2007

Ved beregning av absolutte flomstørrelser bør feltkarakteristika som effektiv sjøprosent og feltareal i større grad inngå i vurderingen av representative nedbørfelt enn i frekvensanalysen. Spesifikk middelflom antas å avta med økt størrelse på nedbørfeltet, ved at flomtoppene fra de ulike delfeltene vil nå hovedvassdraget til litt forskjellig tid. Spesifikk middelflom vil også avta med økt effektiv sjøprosent, ved at sjøer har en flomdempende effekt.

I 2007 ble spesifikk middelflom beregnet med følgende formel:

$$\text{Region K2: } \ln(Q_M) = 1.1524 \cdot \ln(Q_N) - 0.0463 \cdot A_{SE} + 1.57$$

Denne formelen baserer seg på årlig middelavrenning (1961-90) i l/s/km² (Q_N) og effektiv sjøprosent (A_{SE}). Spesifikk middelflom beregnet med formelen K2 for Storelva og Nordelva ble hhv. 930 l/s/km² og 1174 l/s/km². Tilsvarende verdier for uregulerte restfelter for Storelva og Nordelva gir henholdsvis 654 l/s/km² og 1139 l/s/km². Det er stor grunn til å anta at reguleringene i stor grad vil dempe flommene i vassdragene, og da i hovedsak for Storelva. Nordelva vil i mindre grad få dempet flommene, men også her vil de være litt redusert og da spesielt på flommer med lave gjentaksintervaller. Middelflom for vassdragene i uregulert tilstand er for Storelva og Nordelva antatt å være henholdsvis 900 l/s/km² og 1175 l/s/km². **Disse verdiene vil være uendret fra 2007 til i dag, siden de baserer seg på feltparametere som ikke er endret fra 2007.**

3.1.2 Kulminasjonsvannføring 2007

Flomverdiene som hittil er presentert representerer døgnmiddelvannføring. I små vassdrag vil kulminasjonsvannføring være atskillig større enn døgnmiddelvannføringen. Dette er spesielt karakteristisk i vassdrag hvor vannføringen kan stige raskt og flommene har et spisst forløp. Små

nedbørfelter med lav effektiv sjøprosent vil typisk ha et raskere og spissere flomforløp sammenlignet med større nedbørfelter med høyere effektiv sjøprosent. Storelva har et mellomstort nedbørfelt, mens Nordelva er forholdsvis lite. Det er ventet at det vil være forholdsvis stor flomdempning på grunn av mange magasiner i Storelva. For Nordelva vil flommene ha et spisst forløp.

I 2007 ble kulminasjonsvannføringen for de to feltene beregnet med følgende formler:

$$\text{Vår: } Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}} = 1.72 - 0.17 \cdot \log A - 0.125 \cdot A_{\text{SE}}^{0.5}$$

$$\text{Høst: } Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}} = 2.29 - 0.29 \cdot \log A - 0.270 \cdot A_{\text{SE}}^{0.5}$$

Formelen for høstflommer gav for uregulerte forhold i Storelva og Nordelva et forholdstall på henholdsvis 1.29 og 1.61, mens for restfeltene er forholdstallene henholdsvis 1.83 og 1.76. Nordelva er antatt å være et nedbørfelt med rask respons, så forholdstallet for uregulerte forhold er antatt å være 1.7. For Storelva benyttes verdiene fra formelen for høstflommer (1,29 og 1,83). **Disse verdiene vil være uendret fra 2007 til i dag, siden de baserer seg på feltparametere som ikke er endret fra 2007.**

3.2 Oppdatering av flomberegning 2018

Som beskrevet innledningsvis i kapittelet er det i denne oppdateringen valgt å benytte de samme stasjonene for frekvensanalyse, og å gjøre frekvensanalysen på årsflommer (jf. [1]). Det er i hovedsak verdiene fra de aktive stasjonene i Figur 3 som oppdateres i dette notatet. Det er likevel valgt å sjekke de nedlagte stasjonene, da valg av fordelingsfunksjon kan spille inn på valg av flomverdi. I Tabell 3 er de oppdaterte verdiene presentert på tilsvarende måte som i Figur 3. Det er valgt å kun presentere verdiene for Q_M og Q_{200} da det er disse vi er interessert i. Stasjon Hølland er fjernet fra tabellen, da denne ikke er benyttet. Det er også presentert verdien fra regional flomfrekvenskurve for region K2 (disse verdiene er hentet fra [7]).

Som i 2007 er resultatet fra den regionale flomfrekvenskurven valgt som representativ frekvensfordeling for Storelva og Nordelva. For Q_{200} er dette forholdet endret fra 2,25 til 2,30.

Tabell 3 Oppdatert frekvensanalyse 2018

Stasjon	Periode	Ant.år	Areal (km ²)	Q _M		Q ₂₀₀ /Q _M
				l/s/km ²	m ³ /s	
36.13 Grimsvatn	1973 – 2017	41	34,6	951	32,9	2,21
37.6 Brekkestøl	1948 - 56	8	14,4	854	12,3	-
37.8 Buer	1983 – 97	10	18,8	1074	20,2	-
37.27 Breiborgvatn	1996 – 2017	21	12,7	764	9,7	2,18
41.7 Blomstølvatn	1981 – 03	20	25,7	1249	32,1	2,21
41.8 Hellaugvatn	1981 – 2017	35	27,0	944	25,5	2,02
42.2 Djupevad	1963 - 2016	52	31,9	1056	33,7	2,20
42.5 Rullestadvatn	1967 – 81	14	105	1746	183,8	2,46
42.6 Baklihøl	1965 - 2017	34	19,9	1337	26,6	2,37
Gjennomsnitt	-	-	<u>32,2</u>	<u>1108</u>	<u>41,87</u>	<u>2,24</u>

Stasjon	Periode	Ant.år	Areal (km ²)	Q _M		Q ₂₀₀ /Q _M
				l/s/km ²	m ³ /s	
Storelva	-	-	354			2,30
Nordelva	-	-	81,9			2,30
Regional kurve K2	-	-	-	-	-	2,30

3.2.1 Beregning av middelflom

Resultater fra flomfrekvensanalyse belyser ikke store endringer. Den spesifikke middelflommen er beholdt fra 2007, siden de baserer seg på feltparametere som ikke er endret fra 2007. I Tabell 4 er de oppdaterte 200-årsdøgnmiddelflommene for uregulerte forhold presentert, basert på den oppdaterte flomfrekvenskurven for region K2 i forrige kapittel.

Tabell 4 Beregnet middelflom (Q_M) og resulterende flomverdier ved ulike gjentakintervall i Storelva og Nordelva, døgnmiddelvannføringer.

Punkt i vassdraget	Areal (km ²)	Q _M		Q ₂₀₀ (m ³ /s)
		l/s/km ²	m ³ /s	
Storelva (uregulerte forhold)	354	900	319	734
Storelva (restfelt)	38,6	655	25	58
Nordelva (uregulerte forhold)	81,9	1175	96	221
Nordelva (restfelt)	67,6	1140	77	177

3.2.2 Kulminasjonsvannføring og klimapåslag

For dagens forhold er det ventet at reguleringene i vassdraget virker flomdempende, spesielt på flommer med lav gjentakstid. Siden det fins lite med observasjoner i vassdraget er flomforholdene i vassdragene også basert på flomberegninger utført etter retningslinjene for damsikkerhet [8]. Disse flomberegningene omfatter bl.a. beregning av flommer med gjentakintervall 10- og 1000 år (kulminasjonsverdier). Med bakgrunn i beregninger for aktuelle dammer, samt å ta hensyn til restfelt mellom inntak/dammer, er det estimert flommer for regulerte forhold i vassdragene. Dette er tilsvarende det som ble gjort i 2007, men det er benyttet en nyere flomberegning som inkluderer utbygging i området som ble gjennomført i 2012.

For større flommer i vassdraget er det antatt at betydningen av reguleringene vil avta og gå mot uregulerte forhold. I flomberegningene i 2007 (og dermed i oppdateringen) er det tatt hensyn til at flomverdiene gradvis går fra regulerte forhold til uregulerte forhold. I Storelva er det antatt at reguleringene har dominerende betydning frem t.o.m. flommer med gjentakintervall 50 år, mens forholdene gradvis går mot uregulerte forhold, og ved gjentakstid 500 år vil flommene i vassdraget være tilnærmet uregulerte. Nordelva er i mindre grad regulert, og samme overgangen er antatt å inntreffe fra regulerte forhold ved en 20 års flom til uregulerte forhold ved en 200 års flom. For Nordelva er det derfor her kun vist uregulert flomverdi. Resulterende kulminasjonsvannføringer beregnet i 2018 ved 200-årsflom i Storelva og Nordelva er vist i Tabell 5. Det er som beskrevet i kapittel 3.2.1 benyttet de samme kulminasjonsfaktorene som i 2007.

I henhold til retningslinjene for flomberegninger [7] skal det regnes med klimapåslag der dette er aktuelt. For området rundt Sauda er det i [5] estimert at vannføringen for 200-årsflommen vil øke med opp mot 20 %. Det er derfor valgt å legge til et klimapåslag på 20 % i beregningene her. Resultatene er oppsummert i Tabell 5.

Tabell 5 Flomverdier i Storelva og Nordelva ved utløpet til fjorden (kulminasjonsverdier) med og uten klimapåslag

Punkt i vassdraget	Areal (km ²)	Q _{mom} /Q _{mid}	Q ₂₀₀ (m ³ /s) – uten klimapåslag	Q ₂₀₀ (m ³ /s) – med 20 % klimapåslag
Storelva (uregulert)	354	1,29	947	1136
Storelva (restfelt)	38,6	1,83	106	127
Storelva (regulert del)	315	1,00	759	911
Nordelva (uregulert)	81,9	1,70	376	451
Storelva (regulert)	354	-	898	1078
Nordelva (regulert)	81,9	-	376	451

3.2.3 Flomverdier ved samløpet mellom Storelva og Nordelva

Nedstrøms samløpet mellom Storelva og Nordelva, vil flomvannføringene være dominert av bidraget fra Storelva. I tillegg kommer tilsig fra feltet til Nordelva. Det vil være urimelig å anta at begge elvene kulminerer samtidig. Det er ventet at det vil være forholdsvis stor flomdempning og forsinkelse i vassdraget på grunn av mange sjøer/magasiner i Storelva. For Nordelva vil flommene ha et spisst forløp og nedbørfeltet vil ha raskere respons sammenlignet med Storelva.

Det er som i 2007 antatt at maksimal vannføring for en flom av gitt gjentakstid nedstrøms samløpet mellom Storelva og Nordelva tilsvarer summen av tilsvarende kulminasjonsvannføring av flommen i Storelva, mens Nordelva bidrar med døgnmiddelvannføringen av samme flomstørrelse. 200-årsflomverdien nedstrøms samløpet med oppdatert frekvensanalyse blir da som vist i Tabell 6. Det er også vist resultat med 20 % klimapåslag.

Tabell 6 Flomverdi nedstrøms samløpet mellom Storelva og Nordelva, kulminasjonsverdi (kulminasjon i Storelva)

Punkt i vassdraget	Areal (km ²)	Q ₂₀₀ (m ³ /s) – uten klimapåslag	Q ₂₀₀ (m ³ /s) – med 20 % klimapåslag
Storelva og Nordelva (reg.)	436	1119	1343

3.3 Sammenligning av resultater flomberegning 2007 og 2018

I dette kapitlet er det gjort en sammenligning av 200-årsflommen (kulminasjon) mellom beregningene utført i 2007 og beregningene utført her. Som vi kan se av Tabell 7 og Tabell 8 er det en liten økning i flomverdiene.

Tabell 7 Sammenligning av kulminasjonsverdier i Storelva og Nordelva beregnet i 2007 og i 2018

Punkt i vassdraget	Areal (km ²)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)- 2007	Q ₂₀₀ (m ³ /s)- 2018
Storelva (uregulert)	354	925	947
Storelva (restfelt)	38,6	104	106

Punkt i vassdraget	Areal (km ²)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)- 2007	Q ₂₀₀ (m ³ /s)- 2018
Storelva (regulert del)	315	674	759
Nordelva (uregulert)	81,9	368	376
Storelva (i overgangen regulert/uregulert)	354	876	898
Nordelva (som uregulert tilstand)	81,9	368	376

Tabell 8 Sammenligning av kulminasjonsverdier nedstrøms samløpet mellom Storelva og Nordelva beregnet i 2007 og 2018.

Punkt i vassdraget	Q ₂₀₀ (m ³ /s) - 2007	Q ₂₀₀ (m ³ /s) - 2018
Storelva og Nordelva (reg.)	1093	1119

3.4 Usikkerhet i flomberegningen

Beskrivelsen av usikkerheten er hentet fra [1]. Datagrunnlaget for flomberegning i Storelva kan karakteriseres som noe mangelfullt. Det foreligger noe vannføringsdata fra vassdraget, men måleperioden er kort og vannføringskurven ved stasjonen er meget usikker på store vannføringer. Alle beregninger er basert på observasjoner fra målestasjoner i vassdraget og nærliggende vassdrag og regionalt formelverk. Det er relativt store variasjoner i både spesifikk middelflom og frekvensfaktorer mellom målestasjonene. Dette viser at Storelva ligger i et område med lokale forskjeller i flomregimet. I tillegg er feltene til alle målestasjonene mye mindre enn feltet til Storelva.

Det er knyttet opp til 20 % usikkerhet ved estimering av spesifikk avrenning fra avrenningskartet.

Det er også en hel del usikkerhet knyttet til frekvensanalyser av flomvannføringer. De observasjoner som foreligger er av vannstander. Disse omregnes ut fra en vannføringskurve til vannføringsverdier. Vannføringskurven er basert på observasjoner av vannstander og tilhørende målinger av vannføring i elven. Men disse direkte målinger er ofte ikke utført på store flommer. De største flomvannføringene er altså beregnet ut fra et ekstrapolert forhold mellom vannstander og vannføringer, dvs. også "observerte" flomvannføringer inneholder en stor grad av usikkerhet.

I tillegg er de eldste dataene i databasen basert på kun en daglig observasjon av vannstand inntil registrerende utstyr ble tatt i bruk.

4. Flomsonekartlegging

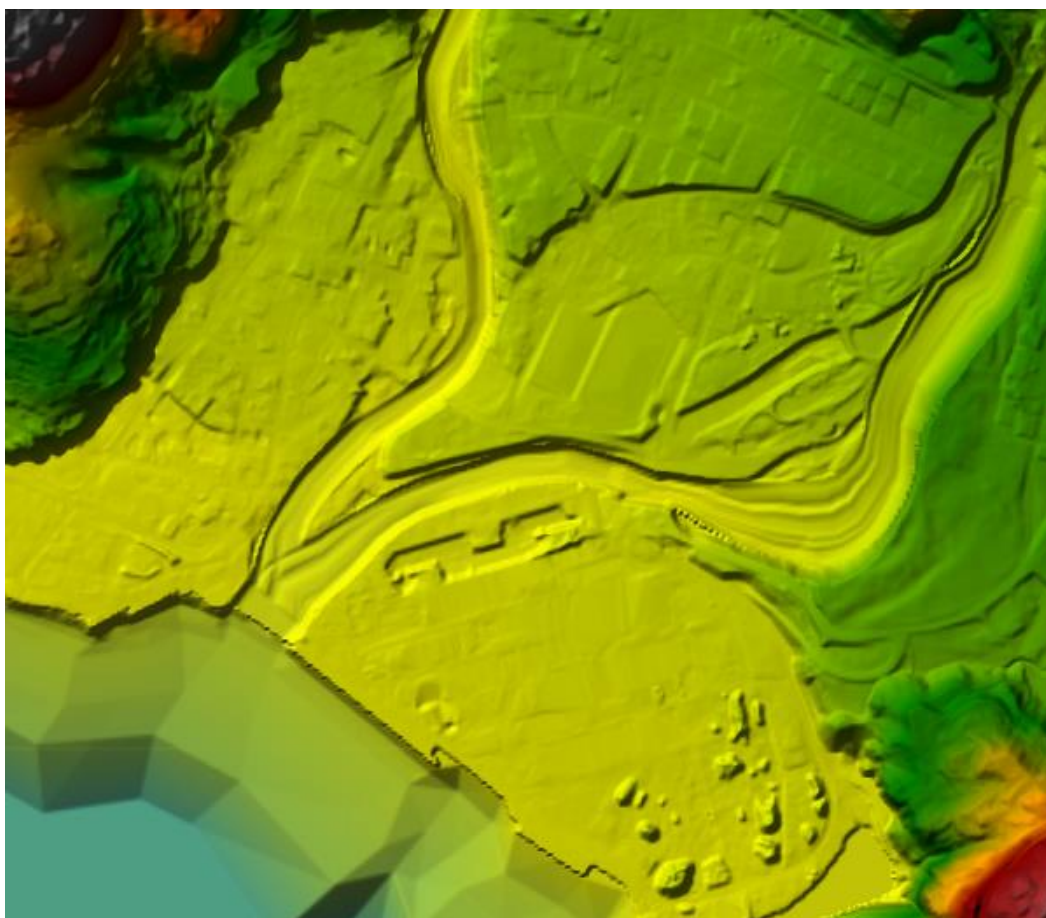
4.1 Hydrauliske beregninger

Det er benyttet HEC-RAS 2D verktøy for de hydrauliske beregningene. Når vannet strømmer ut av elveløpet er det vanskelig å forutse hvordan vannet vil finne veien til fjorden, fordi vannet vil spre seg ut og renner i forskjellige retninger langs veier. Dette kan ikke representeres tilstrekkelig i en 1-D modell, og en 2-D modell er derfor brukt for å simulere oversvømt område. For å få elvebunnsgeometrien riktig er det benyttet en HEC-RAS 1D modell utarbeidet av NVE i forbindelse med Flomsonekartprosjektet [3]. 1D-modellen har høydegrunnlag NN1954, og det er brukt skjønn for å justere disse til å stemme med 2D modellen. I Sauda har terrenget sunket med 5 til 10 cm siden 1954, noe som tilsvarer at forskjellen mellom NN1954 og NN2000 på mellom -5 til -10 cm.

4.1.1 Terrengmodell

Det er utarbeidet en terrengmodell for reguleringsområdet basert på laserdata. Laserdataene består av skypunkter. Skypunktene inneholder prosessert XYZ-data for bakkenivå (der infrastruktur som bygninger og bruer er fratrasket) og XYZ-data for alt (inkludert vegetasjon og bygninger). Langs elven / fjorden gir skypunktene kun vannstanden ettersom laserskanningen ikke klarer å penetrere gjennom vann. Ved bruk av skypunktene for bakkenivå er det generert en terrengmodell (DEM) av området med en gridoppløsning på 1×1 m (Figur 4).

For å presentere elvebunnen er det benyttet tverrsnittsdata. Tverrsnittene er tilsvarende de som er benyttet i NVEs 1D-modell. For mer informasjon om disse se [3].



Figur 4 Terrengmodellen benyttet i beregningene

4.1.2 Friksjonsforhold

Det er ikke utført befarings i området, og friksjonsforholdene er derfor vurdert ut fra kart og arealbruk. Området som er kartlagt er i hovedsak urbant, og elvebunnen består i hovedsak av store steiner. Basert på dette, i tillegg til vannlinjeberegningene utført i forbindelse med [3], er friksjonsfaktoren satt til 0,046. Det er valgt å sette den samme faktoren for hele området, da det ikke er veldig mye vann som går utenfor elven.

4.1.3 Grensebetingelser

Nedstrøms grensebetingelse er satt til 1-årsstormflo og 200-årsstormflo (Tabell 10) i forhold til NN2000 [6]. Når det gjelder oppstrøms grensebetingelser er to ulike senarioer kjørt.

- 1) 200-års døgnmiddelvannføring i Nordelva og 200-års kulminasjonsvannføring i Storelva.
- 2) 200-års døgnmiddelvannføring i Storelva og 200-års kulminasjonsvannføring i Nordelva.

Det er antatt som lite sannsynlig at begge elvene kulminerer samtidig, så dette senarioet er sett bort fra i beregningene her, basert på antakelser i [1]. I [3] er det for beregningen med stormflo antatt sammenfall mellom en 200 års vannstand i sjøen og en 200 års vannføring. I og med at det ikke er statistisk sammenfall mellom disse hendelsene i sjø og elv så kan dette betraktes som en helt ekstrem hendelse ($1/100 * 1/100 * 1/365 = 1/3\ 650\ 000$). Flommene kommer ofte sammen med lavtrykk med nedbør og regn. Det vil si at sannsynligheten for sammenfall er større enn betraktningen overfor tilsier. Det vil være uendelig mange kombinasjoner av store flommer og høye sjøvannstander som gir høye vannstander i utløpsområdet. Tilsvarende vil flommer som kommer ved lav vannstand i sjøen bidra til å senke vannstandene nederst [3]. Det er derfor her valgt å kjøre senarioer med både 1-års og 200-årsstormflo i sjøen, for å se hvordan dette påvirker området hvor renseanlegget skal bygges.

I henhold til NVEs retningslinjer for flom- og skredfare i arealplaner [4] og TEK17, må det regnes med klimapåslag når det skal utarbeides reguleringsplaner. Det er derfor valgt å legge til et klimapåslag på 20 % i beregningene her (ref. kapittel 3.2.2). Det er også lagt til forventet stigning i havnivå på ekstremvannstandene. På kartverket sine sider [6] kan man se at forventet midlere havnivåstigning ved høyt utslipp (RCP8.5) er på 40 cm ved Sauda (for år 2100). Denne stigningen er derfor lagt til 1-års stormflo. DSB anbefaler at man ved arealplanlegging legger til grunn en vannstandsøkning på 0,61 m for 200-års returnivå for stormflo [6].

Vannføring settes konstant i en time, og modellen kjøres i en time. Vi har kontrollert om oversvømt område øker om modellen kjøres lenger (4 timer). Dette var ikke tilfellet.

Tabell 9 Øvre grensebetingelse benyttet i modellen

Elvestrekning	Q ₂₀₀ (m ³ /s) døgnmiddel	Q ₂₀₀ (m ³ /s) kulminert	Q ₂₀₀ (m ³ /s) døgnmiddel med 20 % klimapåslag	Q ₂₀₀ (m ³ /s) kulminert med 20 % klimapåslag
Storelva	696	898	835	1078
Nordelva	221	376	265	451

Tabell 10 Nedre grensebetingelse benyttet i modellen

Gjentaksintervall	Klimapåslag	1 år	200 år
Vannstand NN2000	-	0,72	1,07
	0,40/0,61 m	1,12	1,68

4.1.4 Bruer

Det er seks bruer på elvestrekningene som er kartlagt. 4 av de krysser Nordelva og en av de krysser Storelva, mens den siste befinner seg etter samløpet, nærme sjøen. Det er valgt å kun legge inn broen etter samløpet, da dette er den broen som eventuelt vil ha innvirkning på området der det skal

bygges renseanlegg. Bruen er lagt inn som en struktur ved bruk av 2D area connection. Bruen er modellert som overløp og luker, da det per i dag ikke er mulig å modellere bruer i HEC-RAS 2D.

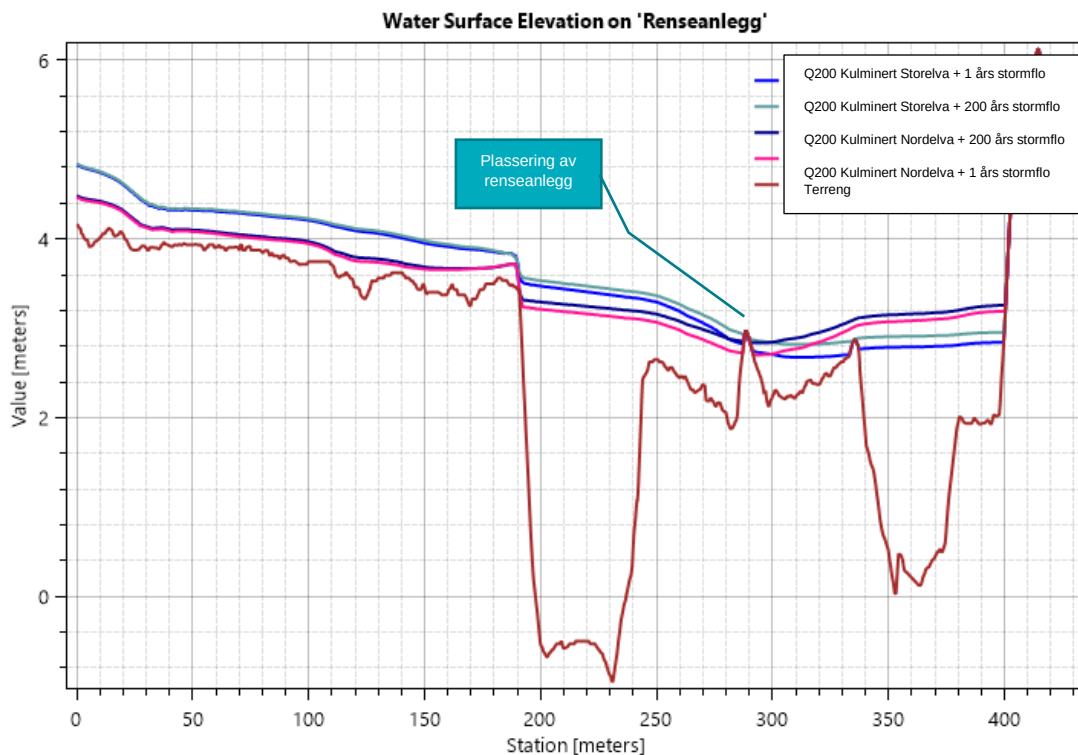
5 Resultater og flomsonekart

Vannets utbredelse, dybde og kotehøyde ved 200-års flom for fire ulike senarioer (pluss senarioer med klimapåslag) er beregnet for Sauda sentrum. Det er ved 200-års kulminasjonsvannføring i Storelva og 200-årsstormflo i sjøen at vannstanden ved det planlagte renseanlegget blir høyest. Vannstanden ved 200-års kulminasjonsvannføring i Nordelva og 200-årsstormflo gir neste like høy vannstand. Resultatene er vist i Tabell 11, Figur 5 og Figur 6. Vedlagt er kart over senarioet som gir høyest vannstand. Det er også vedlagt kart med klimapåslag for det tilsvarende senarioet. I disse kartene er det vist plasseringen av tverrsnittet (Figur 5 og Figur 6) hvor vannstandene er hentet fra.

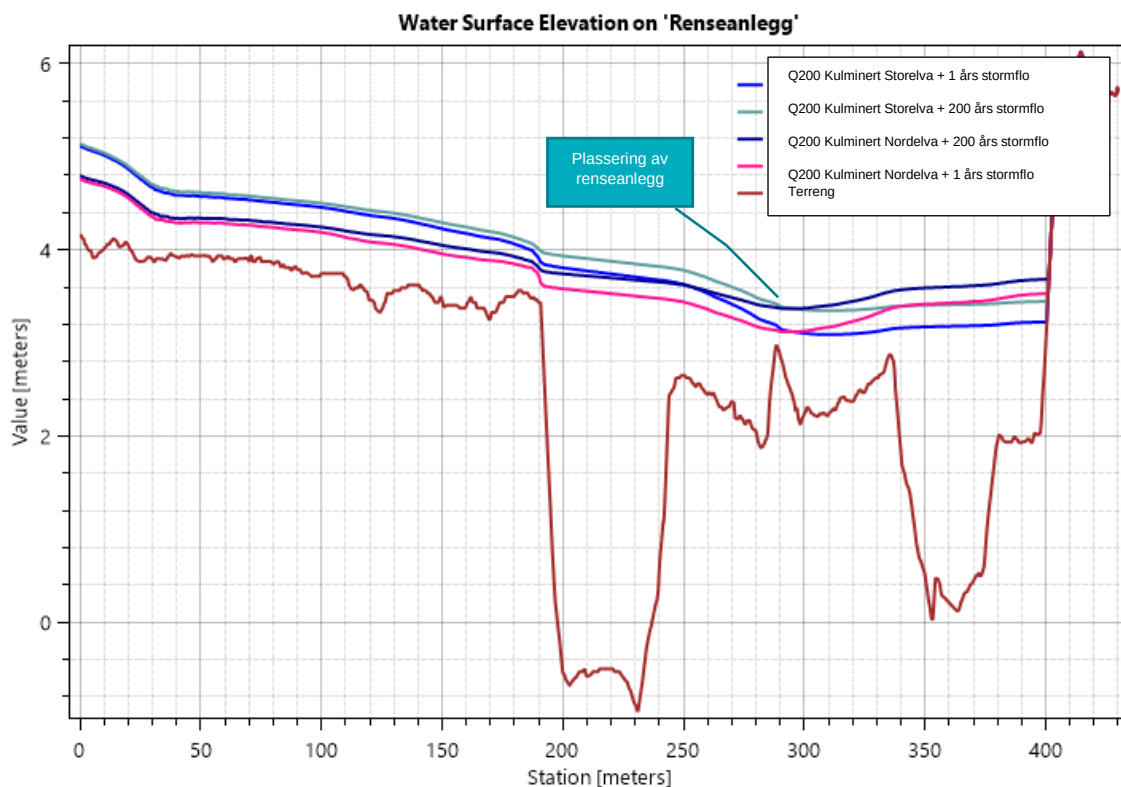
Ved dagens situasjon vil vannstanden være lavere enn kote 3,4. For fremtidig situasjon tillegges et klimapåslag på 20 %, samt en økning i ekstremvannstand i havet på 0,61 m (200-årsstormflo). I dette tilfelle vil vannstanden ved renseanlegget ligge mellom ca. kote 3,2 og 3,80, og terrenget der renseanlegget er planlagt oversvømmes med opp til 0,8 m. Det anbefales i tillegg et påslag på 0,3 – 0,5 m [4] på de beregnede vannstander for å dekke opp usikre faktorer i beregningen. Dette tillegget er ikke tatt med i flomsonekartene. Basert på resultatene her anbefales det at renseanlegget legges på ca. kote 4,2.

Tabell 11 Resultater vannstander (m o.h.) ved renseanlegget for de ulike senarioene

Senario	Vannstand (m o.h.)
Q200 Kulminasjon Storelva + 1 års stormflo	2,68 – 3,28
Q200 Kulminasjon Storelva + 200 års stormflo	2,84 – 3,37
Q200 Kulminasjon Nordelva + 1 års stormflo	2,66 – 3,08
Q200 Kulminasjon Nordelva + 200 års stormflo	2,84 – 3,18
Q200 Kulminasjon Storelva + 1 års stormflo (20 % klimapåslag)	3,09 – 3,64
Q200 Kulminasjon Storelva + 200 års stormflo (20 % klimapåslag)	3,35 - 3,80
Q200 Kulminasjon Nordelva + 1 års stormflo (20 % klimapåslag)	3,12 – 3,46
Q200 Kulminasjon Nordelva + 200 års stormflo (20 % klimapåslag)	3,37 – 3,64



Figur 5 Tverrprofil ved planlagt renseanlegg som viser vannstanden ved 200-årsflom (sett medstrøms).



Figur 6 Tverrprofil ved planlagt renseanlegg som viser vannstanden ved 200-årsflom inkludert 20 % klimapåslag (sett medstrøms)

Ved oversiktsplanlegging kan flomsonekartene brukes direkte for å identifisere områder som ikke bør bebygges uten nærmere vurdering av flomskader og mulige tiltak. Ved detaljplanlegging bør det tas hensyn til at flomsonekartene har begrenset nøyaktighet. Det skal tas utgangspunkt i beregnede vannstander og kontrollere terrenghøyden i feltet opp mot disse. I disse beregningene er terrengmodellen basert på laserscannede skypunkter med en usikkerhet på +/- 10 cm og er dermed av god kvalitet.

Det er i midlertid knyttet usikkerhet valg av Mannings n (friksjonskoeffisient). Her er Mannings n valgt fra [3], hvor den er basert på erfaring og litteratur, da det ikke var mulig å framskaffe kalibreringsdata for vannlinjeberegningen. Kvaliteten på vannlinjeberegningene er avhengig av godt kalibrert vannlinjeberegningsmodell. Det er ikke foretatt beregninger for å se hvordan ruheten i elva og på elveslettene innvirker på de beregnede vannstandene, men det vises til [3], der dette er testet med en økning på 20 %. Her konkluderes det med at en slik endring i ruhet fører til at usikkerheten ligger innenfor +/-0,25 m for storparten av strekningen. Det er rimelig å anta at det vil være tilfellet også her.

Erosjon og masseavlagring kan påvirke de beregnede vannstandene betydelig. Størst usikkerhet er det i nærhet av broene der masseavlagring og drivgods kan føre til kapasitetsreduksjon og flomstigning oppstrøms dersom vannet når opp i brubjelken.

Det er også knyttet usikkerhet til elveprofilene, da disse stammer fra høydesystem NN1954, mens terrengmodellen stammer fra NN2000. Det er brukt skjønn for å tilpasse profilene til NN2000. I Sauda har terrenget sunket mellom 5 til 10 cm siden 1954, og forskjellen mellom de to høydesystemene er på -5 til -10 cm. Som nevnt i kapittel 3.4 er det også usikkerheter knyttet til flomberegningen.

Alle faktorer som er nevnt ovenfor (og i kapittel 3.4) vil sammen påvirke usikkerheten i sluttresultatet, dvs. utbredelsen av flomsoner på kartet. Dette må tas hensyn til ved praktisk bruk, jf. Kap. 7 i [3].

5. Referanser

1. NVE (2007). Flomberegning for Storelva og Nordelva. Rapport 14-2007.
http://publikasjoner.nve.no/dokument/2007/dokument2007_14.pdf
2. Norconsult AS (2016.) Flomsonekartlegging Sauda sentrum – 1000-årsflom
3. NVE (2007), Flomsonekart, Delprosjekt Sauda. Rapport 8-2007.
http://publikasjoner.nve.no/flomsonekart/2007/flomsonekart2007_08.pdf
4. NVE (2011), Flaum- og skredfare i arealplanar (rev. 2014). Rapport 2-2011.
http://publikasjoner.nve.no/retningslinjer/2011/retningslinjer2011_02.pdf
5. NVE (2016), Klimaendring og framtidige flommer i Norge. Rapport 81-2016.
http://publikasjoner.nve.no/rapport/2016/rapport2016_81.pdf
6. Kartverket (2016), Framskrivinger av havnivå for forskjellige scenarioer.
<http://www.kartverket.no/sehavniva/sehavniva-lokasjonside/?cityid=51826&city=Sauda>
7. NVE (2011). Retningslinjer for flomberegninger. Rapport 04-2011
http://publikasjoner.nve.no/retningslinjer/2011/retningslinjer2011_04.pdf
8. Sweco (2012). Storelv – vassdraget i Sauda. Flomberegninger.

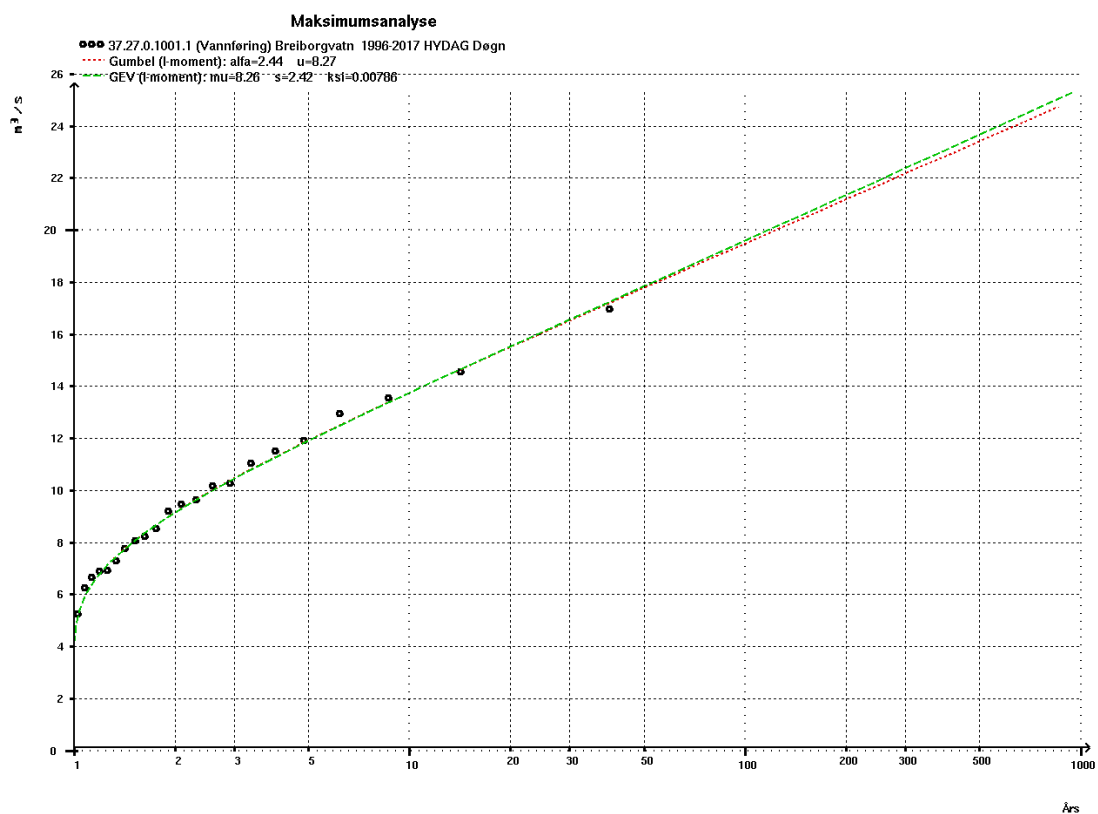
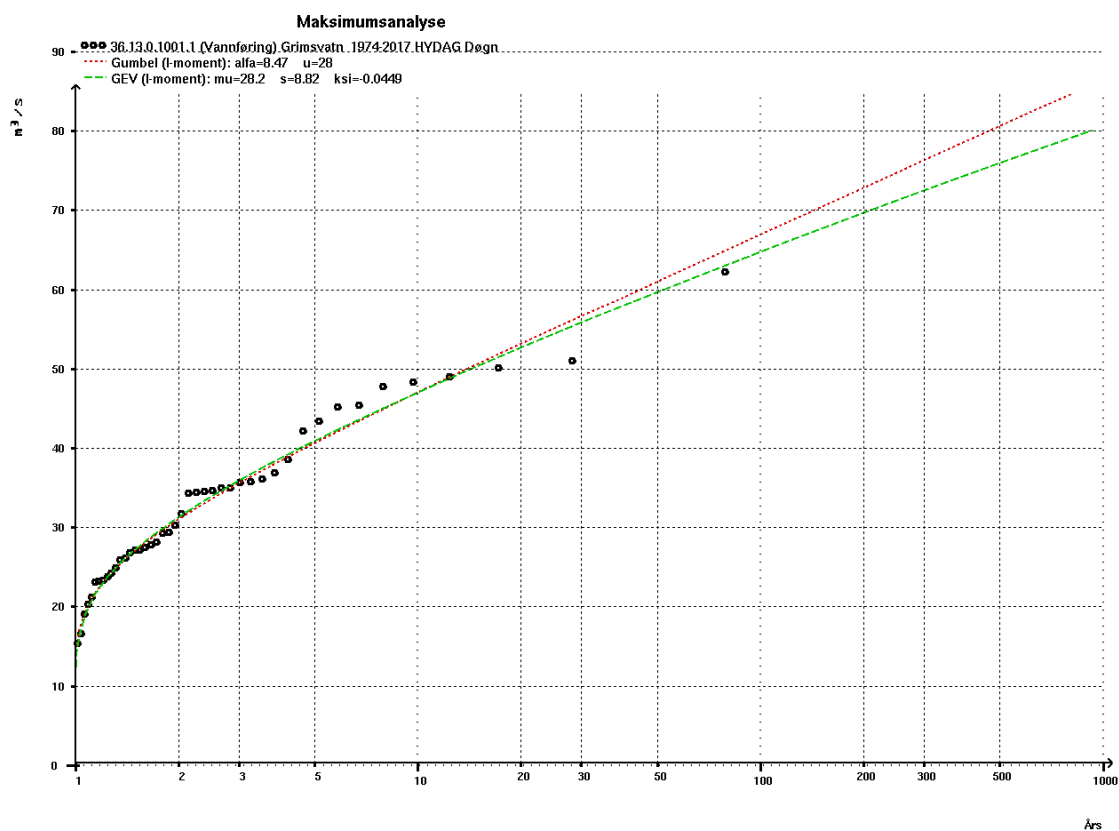
6. Vedlegg

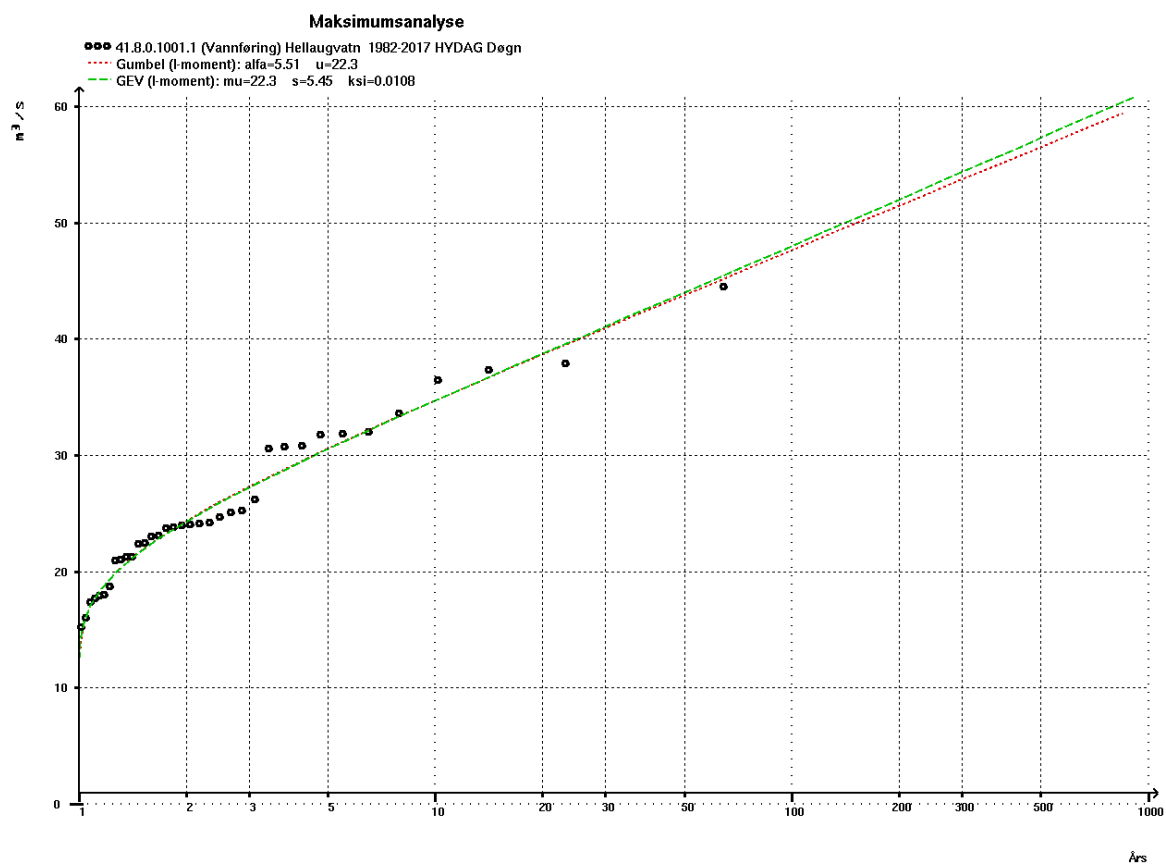
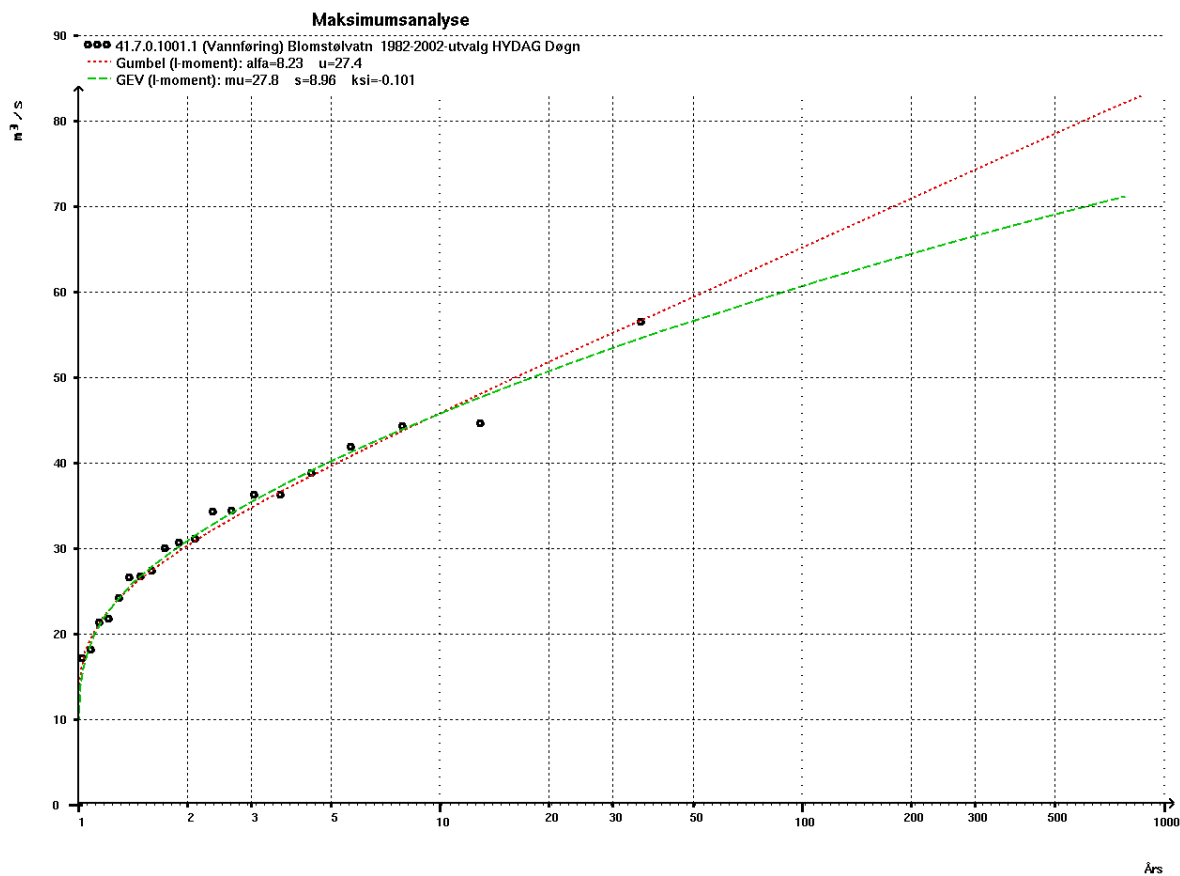
1. Frekvensanalyse
2. Flomsonekart 200-årsflom – dagens og fremtidig situasjon (kulminasjon i Storelva og 200-årsstormflo)

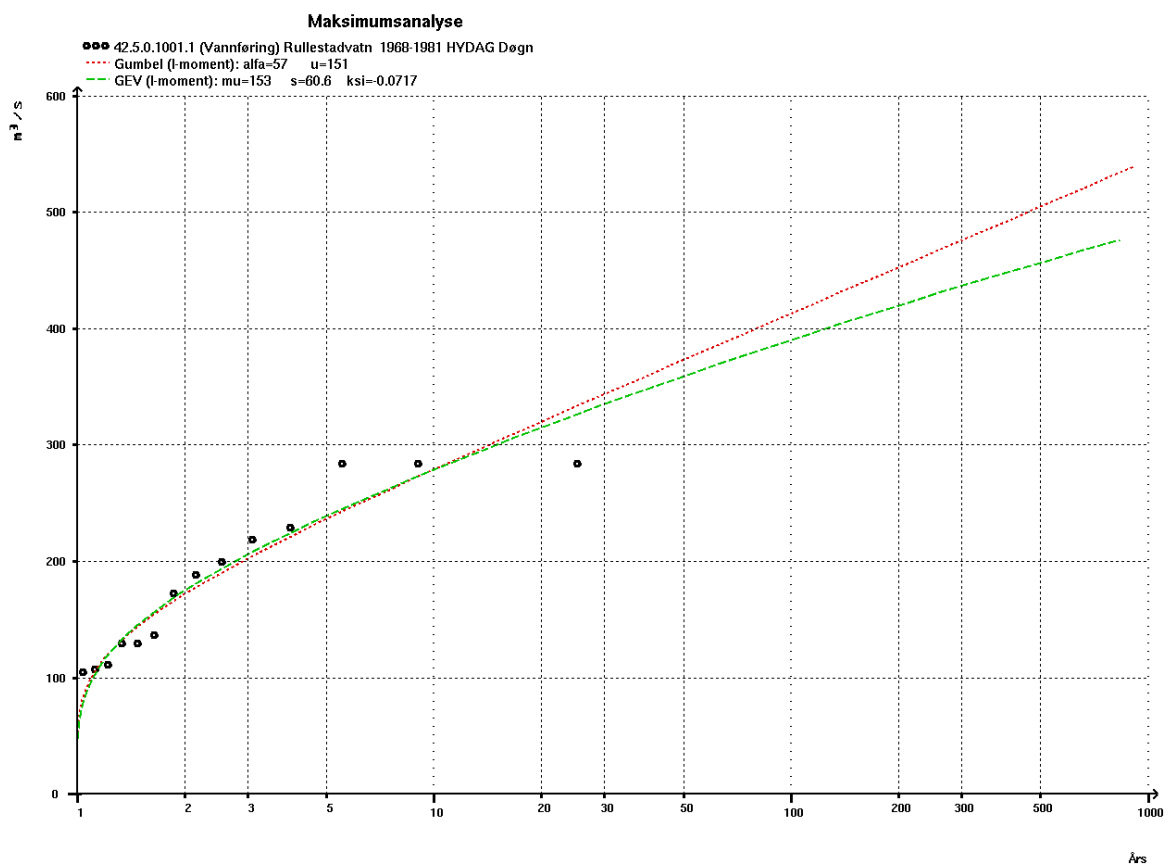
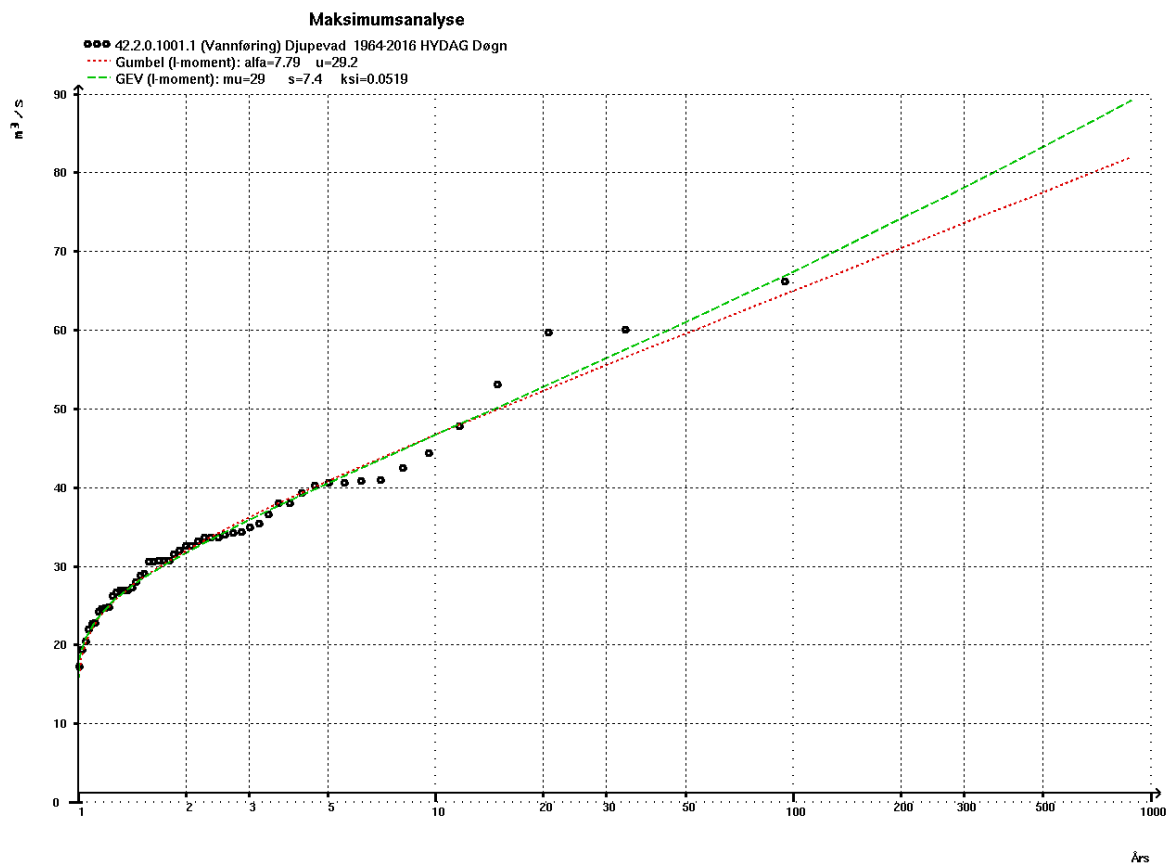
D01	2018-02-19	Til godkjenning hos oppdragsgiver	Lisa Ø. Jørandli	Carolina F. Uribe	Arne Espeland
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

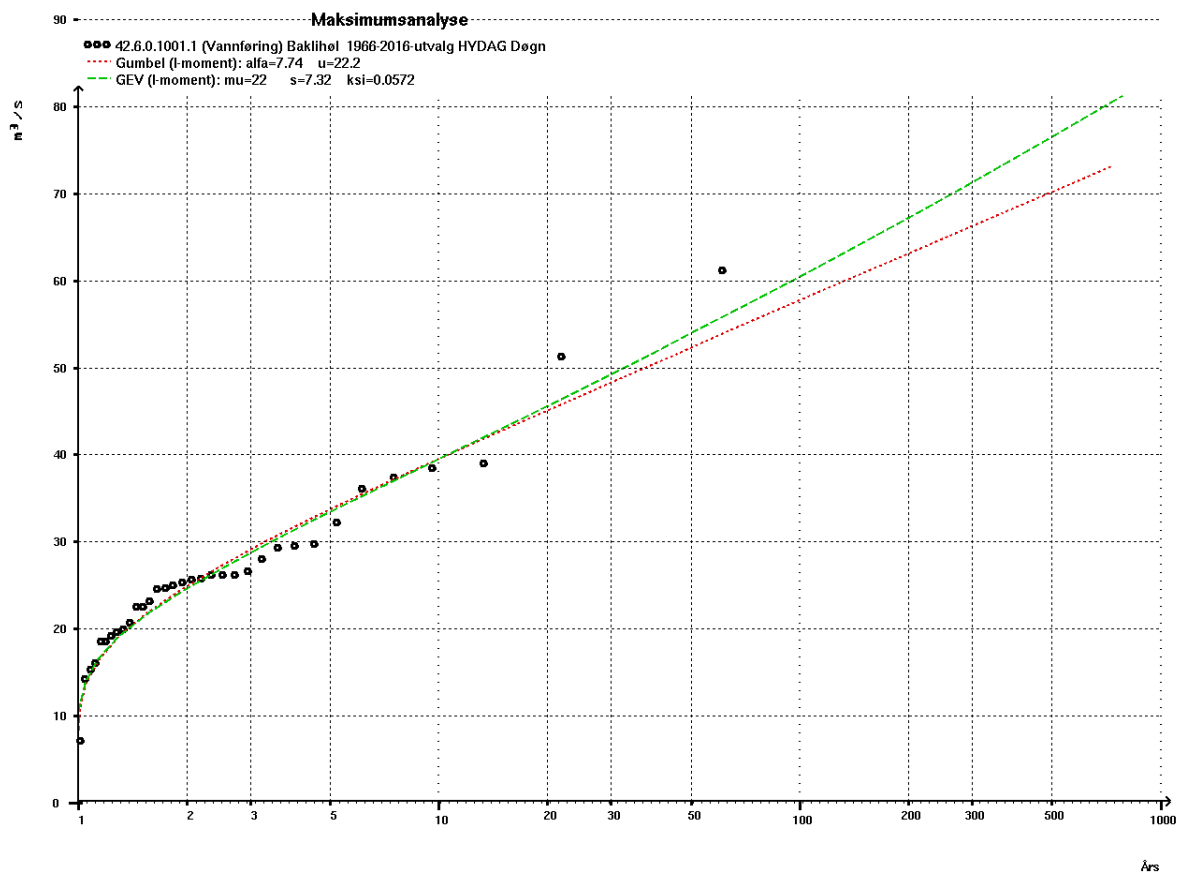
Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Vedlegg 1: Frekvensanalyse









TEGNFORKLARING

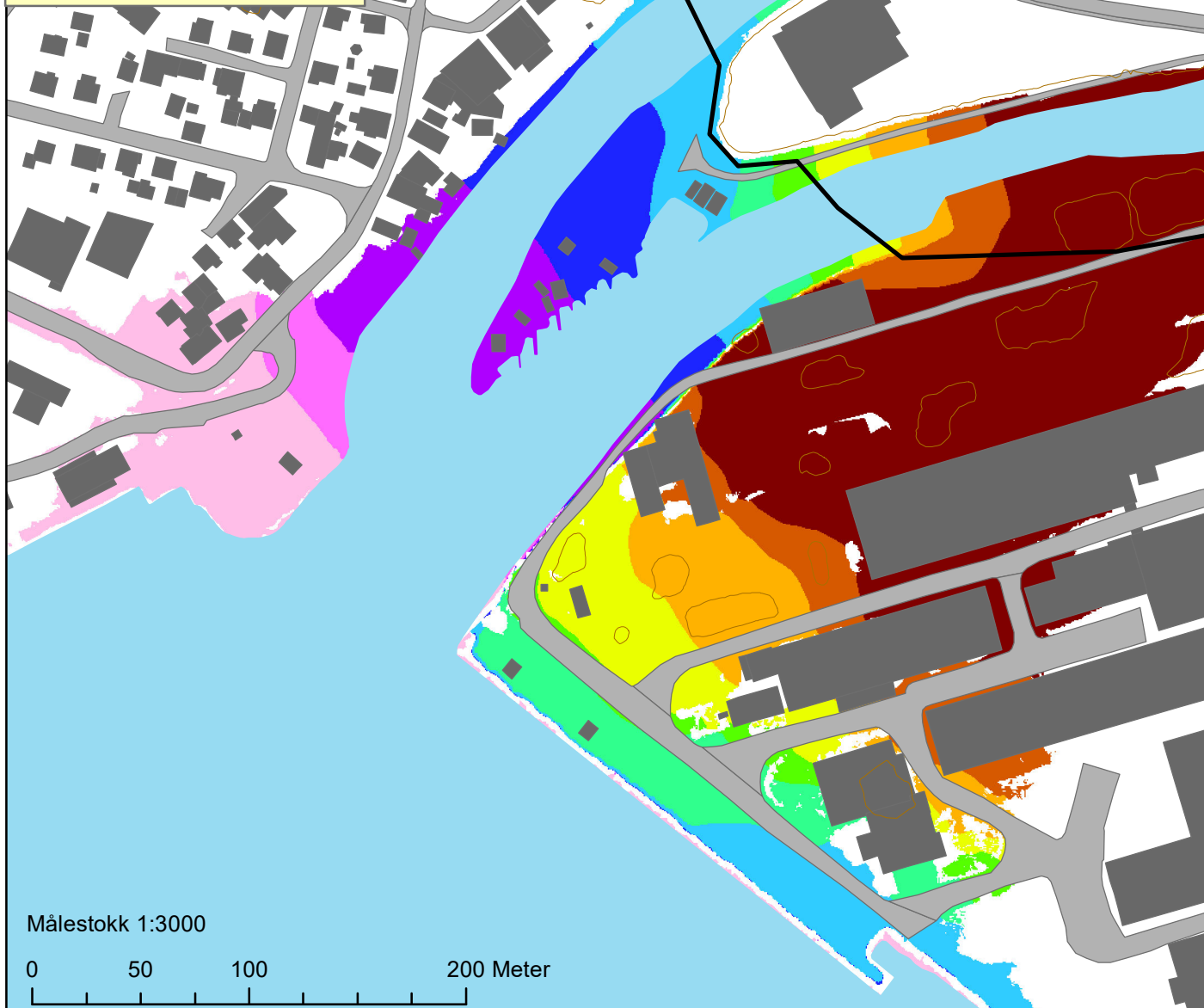
Flomsonekart Sauda sentrum
Kuliminert 200-årsflom Storelva
Oppdrag 5177685
Februar 2018

- Tverrsnitt_rensesanlegg
- Høydekote 5m
- Vann
- veg
- Bygg

Vannstand 200-årsflom (m o.h.)

- < 2.21
- 2.2 - 2.4
- 2.4 - 2.6
- 2.6 - 2.8
- 2.8 - 3
- 3 - 3.2
- 3.2 - 3.4
- 3.4 - 3.6
- 3.6 - 3.8
- 3.8 - 4
- > 4

Norconsult



TEGNFORKLARING

Flomsonekart Sauda sentrum
Kulminert 200-årsflom Storelva
med 20 % klimapåslag
Oppdrag 5177685
Februar 2018

- Tverrsnitt_rensesanlegg
- Høydekote 5m
- Vann
- veg
- Bygg

Vannstand 200-årsflom (m o.h.) med 20 % klimapåslag

- < 2.21
- 2.2 - 2.4
- 2.4 - 2.6
- 2.6 - 2.8
- 2.8 - 3
- 3 - 3.2
- 3.2 - 3.4
- 3.4 - 3.6
- 3.6 - 3.8
- 3.8 - 4
- > 4

Norconsult

