
RAPPORT

Flom- og vannlinjeberegning Hølenelva

OPPDRAUGSGIVER

Statens Vegvesen

EMNE

Flom- og vannlinjeberegning

DATO / REVISJON: 06.sept 2022 / 02

DOKUMENTKODE: 10244079-01-RIVass-RAP-001



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAAG	Flom- og vannlinjeberegning Hølenelva	DOKUMENTKODE	10244079-01-RIVass-RAP-001
EMNE		TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Statens Vegvesen	OPPDRAAGSLEDER	Ingunn Weltzien
KONTAKTPERSON	Thormod Aasgaard	UTARBEIDET AV	Yann Masson og Graeme Carey
		ANSVARLIG ENHET	Multiconsult ASA

SAMMENDRAG

Multiconsult har utført flomberegninger og hydraulisk modellering for Såna ved Hølen i Vestby kommune. Beregningene er brukt til dimensjonering av erosjonssikring av elvesidene ved Hølen (nedstrøms fossen) der E6 krysser Såna. Etter ras/utglidninger i området har det vært utført geotekniske vurderinger som viser at det er behov for erosjonssikringstiltak på begge sider av elva.

Flomberegninger og dimensjonering av sikring er utført med bakgrunn i NVEs veiledere for flomberegninger og Sikringshåndboka. Flomberegningen er utført for to flomsituasjoner:

- 1) 200-årsflom** med klimapåslag **og middelvannstand i fjorden** (uten klimapåslag)
- 2) 200-års stormflo** med klimapåslag **og middelflom** med klimapåslag i fjorden

Frekvensanalyse av observerte flommer ved målestasjon Høgfoss, som ligger i nabovassdraget til Såna, og andre relevante målestasjoner i området rundt Oslofjorden, ga døgnverdier for middelflom og 200-årsflom på hhv. 270 og 600 og 270 l/s/km². Valgt kulminasjonsfaktor er 1,5. Det er lagt til et klimapåslag på 20 % og sikkerhetspåslag på 10 % som gir dimensjonerende flomverdier ved middelflom og 200-årsflom på hhv. 161 m³/s og 71 m³/s.

Hydraulisk modellering av Såna av middelflom og 200-årsflom sammen med hhv. 200-års stormflo (inkl. klimapåslag) og normal vannstand (med dagens klima) er utført med eksisterende geometri og med planlagt sikring. Resultatene viser at vannstanden ved planlagt strekning for sikring er høyere enn elveløpet ved begge flomsituasjonene. Iht. SVVs håndbok N200 og NVEs veiledere er det anbefalt å etablere erosjonssikring som sikrer mot 200-års gjentakintervall med klimapåslag, eller lavere gjentakintervall om det gir en sikring med større dimensjon. Beregningene viser at ved begge flomsituasjonene er vannstanden høyere enn elveløpet, og elvebreddene vil bli oversvømt.

Erosjonssikringen på begge sider av elveløpet er dimensjonert med hastigheter fra situasjon 1), som er høyere enn situasjon 2), og sikringen er avsluttet ved toppen av elveløpet, som er omtrent samme høyde som vannstanden ved flomsituasjon 2). Ved situasjon 1) er vannstanden høyere. Sikringen er derfor ikke dimensjonert for 200-årsflom, men tilpasset terrenget etter ønske fra SVV. Videre er anbefalt helning for sikringen 1:2, og maksimal helning 1:1,5, og tykkelsen er 1,0 m fra bunn og opp til normalvannstand. Over normalvannstand slankes gradvis sikringen ned til 0,5 m opp til topp sikring. Det anbefales å etablere en fotgrøft på minst 1,0 m, og gjerne opp mot 2,0 m, under eksisterende bunnivå i elva for å sikre mot undergraving av sikringen. Anleggsutførelse må tilpasses fisk i elva, og bør diskuteres med biolog, samt at anleggsutførelsen må detaljeres og følges tett opp under utførelsen pga. lav stabilitet i området.

Modellerte sikring, som etableres på terrenget uten å grave ut eksisterende terreng, gir smalere tverrsnitt og vannstandsøkning på inntil 33 cm. De største endringene er fra rett nedstrøms kulverten i Hølen til under E6. Det er generelt lave hastigheter langs modellert strekning (inn til 3 m/s). Hastighetene vil være omtrent de samme, eller noe lavere, før og etter etablering av planlagt sikring ned til E6 (tverrprofil 21). Nedstrøms E6 (tverrprofil 22-26) vil hastigheten øke med maks 0,8 m/s.

02	06.09.2022	Tredje utgave for godkjenning hos kunde	Yann Masson og Graeme Carey	Ingunn Weltzien og Jon Magnus Amundsen	Ingunn Weltzien
01	31.08.2022	Andre utgave for kommentarer fra kunde	Yann Masson og Graeme Carey	Ingunn Weltzien og Jon Magnus Amundsen	Ingunn Weltzien
00	11.07.2022	Første utgave for kommentarer fra kunde	Yann Masson	Ingunn Weltzien	Ingunn Weltzien
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
2	Flomberegning.....	5
2.1	Nedbørfelt	5
2.2	Flomfrekvensanalyse	6
2.2.1	Observerte flommer	8
2.2.2	Beregninger med RFFA_2018.....	9
2.2.3	Valg av flomverdier	9
2.3	Klimapåslag	10
2.4	Vurdering av sikkerhetspåslag	10
2.5	Resultater	10
3	Hydraulisk modellering	11
3.1	Høydedata	11
3.2	Modelloppsett	11
3.2.1	Bru.....	12
3.2.2	Kulvert.....	12
3.3	Sikring	12
3.4	Grensebetingelser	12
3.5	Ruhet	12
4	Resultater	13
5	Erosjonssikring.....	14
6	Vurderinger	15
7	Referanser	16
8	Vedlegg.....	17

1 Innledning

Multiconsult er tidligere engasjert av Statens Vegvesen (SVV) for å vurdere sikringstiltak av elvesidene ned mot og i elva Såna ved Hølen bruer (E6 og jernbanen) i Vestby kommune. I den forbindelse er det utført grunnundersøkelser, stabilitetsvurderinger og dimensjonering av erosjonssikringstiltak for å hindre erosjon og utrasing som tidligere har vært et problem (Multiconsult, 2021). Sikringstiltakene er foreløpig ikke godkjent av Vestby kommune og Statsforvalteren ettersom de påvirker strømmingen i elva. Vi har derfor utført flom- og vannlinjemodellering av strekningen forbi sikringsområdet for å vurdere hvordan tiltakene påvirker flomforholdene.

Området som skal erosjonssikres ligger ca. 2,5 km oppstrøms utløpet i Oslofjorden og vannstanden ved området vil derfor påvirkes av vannstanden i fjorden. Flom- og vannlinjeberegningene er derfor utført for to flomsituasjoner; stor flom med lav vannstand i fjorden som vil gi høye vannhastigheter, og middelflom med høy vannstand i sjøen som vil gi de høyeste vannstandene.

2 Flomberegning

Flomberegningen er utført for 200-årsflom med klimapåslag iht. SVVs Håndbok N200 (Statens Vegvesen, 2021) for følgende flomsituasjoner:

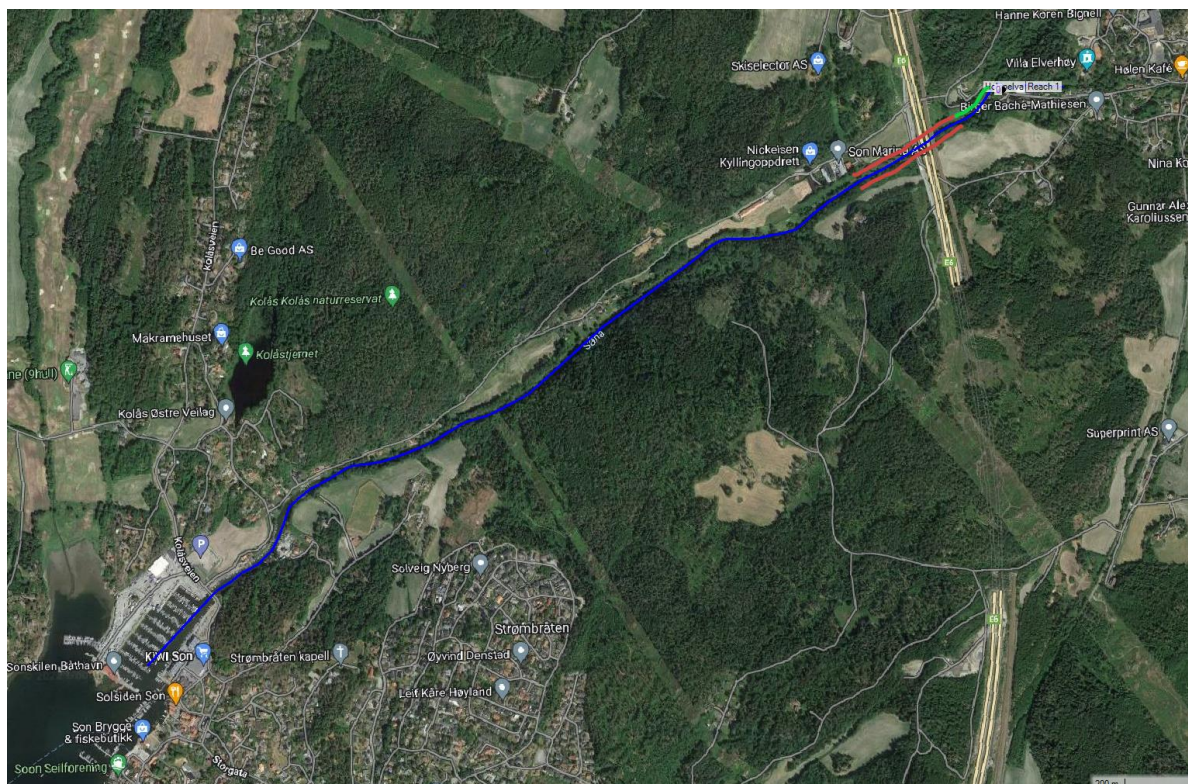
1) 200-årsflom med klimapåslag og middelvannstand i fjorden (uten klimapåslag)

2) 200-års stormflo med klimapåslag og middelflom med klimapåslag i fjorden

Flomberegningene er utført med bakgrunn i NVEs *Veileder for flomberegninger* (2). Veilederen presenterer flere metodikker for flomberegninger. Siden det er flere målestasjoner for vannføring i området med sammenlignbare feltegenskaper og relativt lang måleserie, har vi valgt å finne flomverdien ved 200- og middelflom vha. flomfrekvensanalyse. Det er benyttet flomfrekvensanalyse på både døgn- og findataserien for målestasjonene 3.22 Høgfoss, 8.2 Bjørnegårdssvingen og 12.192 Sundbyfoss, men også RFFA_2018 metoden for flomberegninger, som er gyldig for alle nedbørfeltstørrelser. Middelflom er gjennomsnittlig flomvannføring basert på observasjonsserien, og har normalt gjentaksintervall mellom 1 og 2 år.

2.1 Nedbørfelt

Nedbørfeltet til Såna der den krysser E6 er 135 km². Erosjonssikringen skal etableres nedstrøms brua til Store Strandgate. Flomberegningene er derfor utført for dette feltet som inkluderer Hølenelva som har samløp med Såna rett nord for planlagte sikringstiltak. I tillegg er det lagt til lokaltilsig ned til utløp i fjorden der feltarealet til Såna er 139 km².



Figur 2-1 Modellert strekning fra samløpet til Hølenelva og Såna og ned til utløpet i fjorden. Planlagt sikringstiltak SVV i rødt og planlagt sikringstiltak Vestby kommune i grønt.

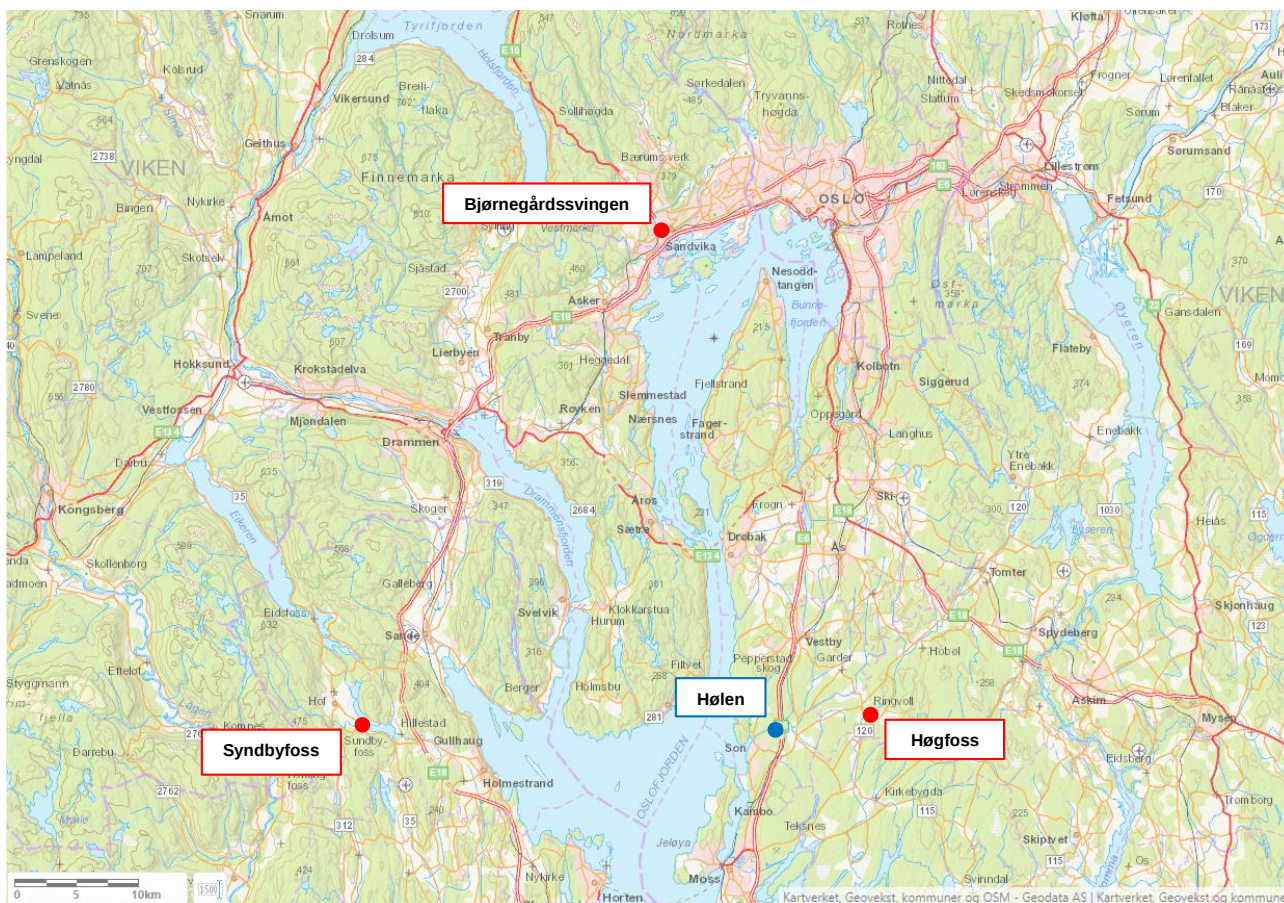
Karakteristiske feltparametere for Såna ved bru Store Strandgate er vist i Tabell 2-1, hentet fra NVEs nedbørfeltanalyseverktøy NEVINA (se vedlegg).

Tabell 2-1 Feltparametere til Såna.

Nedbørfelt	Areal [km ²]	Årlig avrenning [l/s/km ²]	H _{min} -H _{med} -H _{maks} [moh.]	A _{SE} [%]	Skog [%]	A _{SF} [%]	Dyrket mark [%]	Myr [%]
Hølenelva nedstrøms brua	135	16,51	5-78-148	0,0	56,7	0	31,7	0,4

2.2 Flomfrekvensanalyse

I nærheten av Såna er det flere målestasjoner som har blitt vurdert å bruke til frekvensanalyse. Etter en vurdering av feltegenskaper, lengde og kvalitet på måleserier har vi valgt å benytte 3.22 Høgfoss, som ligger i nabovassdraget til Såna, 12.192 Sundbyfoss og 8.2 Bjørnegårdssvingen til frekvensanalyse. Plassering av valgte stasjoner er vist i Figur 2-2 plassering av stasjonene benyttet i frekvensanalysen og feltegenskaper i Tabell 2-2. Høgfoss og Sundbyfoss har døgn- og findataserie fra 1976 – d.d. Bjørnegårdssvingen har døgn-og findataserie fra 1968 – d.d. 12.106 Vikevatn ble også vurdert i flomfrekvensanalysen, men er ikke brukt pga kort dataserie, og få sammenlignbare feltparametere ift. de andre stasjonene vi har valgt.



Figur 2-2 plassering av stasjonene benyttet i frekvensanalysen

Tabell 2-2 Feltparametere for stasjoner benyttet til flomfrekvensanalyse for døgndata og findata.

Stasjon	Periode	Antall år	Feltareal km ²	Spesifikk avrenning l/s/km ²	Snaufjell %	Eff. Sjø %	Høyde moh	Avstand km
3.22 Høgfoss	Døgn og fin: 1976-2021	Døgn, fin: 46	299,6	18,0	0	0,56	47-153- 347	7,5
8.2 Bjørnegårdssvingen	Døgn: 1968-2021 Fin: 1986-2021	Døgn: 54 Fin: 35	190,8	19,1	0	0,07	5-341-680	41
12.192 Sundbyfoss	Døgn: 1976-2021 Fin: 1986-2021	Døgn: 46 Fin: 36	74,8	18,5	0	0,42	54-194- 625	34

Høgfoss, Bjørnegårdssvingen og Sundbyfoss har relativt lang og god serie, også med findata tilgjengelig. NVEs veileder (2) anbefaler bruk av findata hvis dataserie er over 20 år. Vi benytter derfor de tilgjengelige findataserier fra NVEs database HYKVAL i HYDRA til frekvensanalyse. Bayesiansk GEV eller Bayesiansk Gumbelfordeling er brukt på findata for frekvensanalyse. Analysen gir kulminasjonsverdier, dvs. den høyeste observerte verdien i en flomhendelse. Analyse av døgndata er brukt for å bestemme kulminasjonsfaktoren og vurderingen for flomverdier. Tabell 2-3 viser resultater fra flomfrekvensanalyse på døgndata, og Tabell 2-4 på findataserie. Resultat og graf fra frekvensanalyse for målestasjonene finnes i vedlegg.

Tabell 2-3 Flomfrekvensanalyse på døgndataserie (l/s/km²).

Målestasjon	q _M	q ₂₀	q ₂₀₀
Høgfoss	148	256	362
Bjørnegårdssvingen	231	408	613
Sundbyfoss	277	525	955

Tabell 2-4 Flomfrekvensanalyse på findataserie (l/s/km²).

Målestasjon	q _M	q ₂₀	q ₂₀₀
Høgfoss	198	341	483
Bjørnegårdssvingen	410	684	910
Sundbyfoss	460	935	1479

2.2.1 Observerte flommer

De største observerte kulminasjons- og døg nflommene er oppsummert i Tabell 2-5, Tabell 2-6 og Tabell 2-7. Det er viktig å merke at findata ikke er validert eller korrigert, og derfor er usikre. Sundbyfoss har en flomverdi som er veldig høy i forhold til de andre. Den kan påvirke flomfrekvensanalysen.

Tabell 2-5 Største observerte døg nflommer – 3.22 Høgfoss

Dato	Q _{døg n} (m ³ /s)	q _{døg n} (l/s/km ²)
16.10.1987	101.7	339
16.01.2008	71.1	237
08.12.2006	66.1	221
07.09.2011	65.4	218
16.02.2014	63.7	212

Tabell 2-6 Største observerte døg nflommer – 8.2 Bjørnegårdssvingen

Dato	Q _{døg n} (m ³ /s)	q _{døg n} (l/s/km ²)
16.10.1987	120.2	630
04.07.2007	81.7	428
01.05.2002	71.7	376
11.10.2000	66.4	348
11.11.2018	65.5	343

Tabell 2-7 Største observerte døgnflommer – 12.192 Sundbyfoss

Dato	$Q_{døgn}$ (m^3/s)	$q_{døgn}$ ($l/s/km^2$)
23.10.1976	80.6	1078
02.09.2015	38.2	511
03.07.2007	36.8	492
06.05.1977	31.8	425
30.10.2000	31.4	420

2.2.2 Beregninger med RFFA_2018

NVE har utarbeidet to regionale formelverk som kan være et hjelpemiddel til å finne flomstørrelser; et for nedbørfeltet inntil 60 km² (NIFS), og en formel for nedbørfelt som er større enn 60 km² (RFFA_2018). Feltet vi ser på er 300 km² og er det RFFA_2018 som benyttes. Denne metoden brukes for å beregne medianflom, vekstkurver og forholdstallet mellom kulminasjonsflom og døgnmiddelflom.

Denne metoden gir følgende verdiene:

$$q_M, \text{ døgnmiddel} = 185 \text{ l/s/km}^2$$

$$q_M, \text{ kulminasjon} = 224 \text{ l/s/km}^2$$

$$q_{200}, \text{ døgnmiddel} = 437 \text{ l/s/km}^2$$

$$q_{200}, \text{ kulminasjon} = 530 \text{ l/s/km}^2$$

Momentanfaktoren – forhold mellom døgn- og kulminasjonsvannføringen, er beregnet med RFFA_2018 og er:

$$Q_{kulm}/Q_{døgn}=1,21$$

Denne verdien er lav i forhold til momentanfaktorene beregnet vha. frekvensanalyse (som vises i Tabell 2-8) og vi har derfor økt kulminasjonsfaktoren til 1,5 på bakgrunn av frekvensanalysen.

Tabell 2-8 Momentanfaktor beregnet vha. frekvensanalyse

Stasjon	Momentanfaktor
3.22 Høgfoss	1.21-1.66
8.2 Bjørnegårdssvingen	1.44-1.57

2.2.3 Valg av flomverdier

Beregning med RFFA_2018 ga en 200-års døgnverdi på 437 l/s/km². Flomfrekvensanalysen viser at feltarealet har parameter som ligner med Bjørnegårdssvingen som ga en døgnverdi ved 200-årsflom på 612 l/s/km². Etter vurdering av de tre feltene i frekvensanalysen ble det derfor valgt en høyere **døgnverdi** for Hølenelva enn RFFA_2018, og vi har i videre beregninger brukt **600 l/s/km²**, som tilsvarer **81 m³/s**. Med en kulminasjonsfaktor ($Q_{kulm}/Q_{døgn}$) på 1,50 får vi en **kulminasjonsverdi** for Hølenelva til **900 l/s/km²**, som tilsvarer **122 m³/s**. Til sammenligning ga frekvensanalysen på findata for Bjørnegårdssvingen 910 l/s/km² for 200-årsflom.

Middelflom for hhv. døgn og kulminasjon er **270 l/s/km²**, som tilsvarer **36 m³/s**, og **400 l/s/km²**, som tilsvarer **54 m³/s**.

2.3 Klimapåslag

Iht. N200 (1) skal det legges til klimafaktor for flomberegninger. Den har anbefalinger for fylker, for små og store nedbørfelt. I dette tilfellet er det et stort nedbørfelt i Østfold. Det anbefales en klimafaktor på 1,2. Dette anbefaler også NVE (2).

Basert på disse anbefalingene, benytter vi derfor 20% klimapåslag i flomberegningen.

Tabell 2-9 Flomverdier med klimapåslag (m^3/s).

	$Q_{200, \text{fin}}$	$Q_{200, \text{fin}}$ med klimafaktor	$Q_{M, \text{fin}}$	$Q_{M, \text{fin}}$ med klimafaktor
Hølenelva	122	146	54	65

2.4 Vurdering av sikkerhetspåslag

Iht. NVE sin veileder (se tabell 2-9) kan flomberegningen klassifiseres i **klasse 2**. Det er da vurdert å sette et sikkerhetspåslag på **10%**.

Tabell 2-10 Klassifisering av flomberegning (hentet fra (2)).

Klasse	Klassifiseringskriterier
1	Godt hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i vassdraget.
2	Brukbart hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i eller nært vassdraget.
3	Brukbart hydrologisk datagrunnlag, men store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området.
4	Begrenset hydrologisk datagrunnlag.
5	Begrenset hydrologisk datagrunnlag og store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området.

Tabell 2-11 Flomverdier med klimapåslag, og sikkerhetspåslag (m^3/s).

	$Q_{200, \text{fin}}$	$Q_{200, \text{fin}}$ med klimafaktor og sikkerhetspåslag	$Q_{M, \text{fin}}$	$Q_{M, \text{fin}}$ med klimafaktor og sikkerhetspåslag
Hølenelva	122	161	54	71

2.5 Resultater

Dimensjonerende flom og stormflonivå som benyttet til hydraulisk modellering tilsvarer følgende scenarioer:

Scenario 1: 200-årsflom med klimapåslag og middelvannstand uten klimapåslag

Scenario 2: Middelflom med klimapåslag og 200-års stormflo med klimapåslag

Alle dimensjonerende vannføringsverdier er med 10% sikkerhetspåslag.

Tabell 2-12 Dimensjonerende vannføringer og vannstand med sikkerhetspåslag

Flomsituasjon	Vannføring (m^3/s)	Vannstand (moh.)
Scenario 1	161	-0,03
Scenario 2	71	2,15

3 Hydraulisk modellering

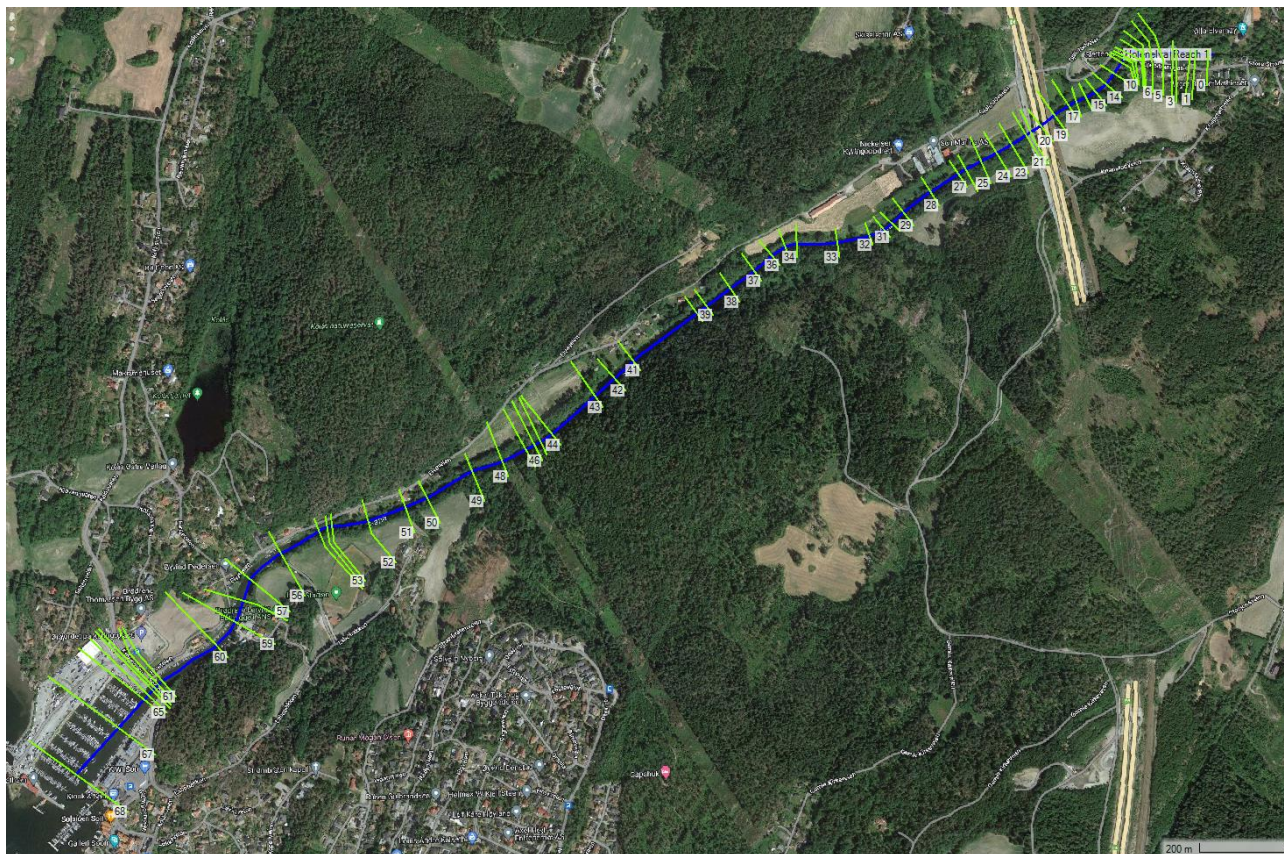
For å beregne vannstander og hastigheter må elvestrekningen modelleres. Det er valgt å benytte den hydrauliske modellen HEC-RAS v. 6.2, som er utviklet av U.S. Army Corps of Engineers (USACE). Programmet har blant annet muligheter for å modellere bruer, kulverter, dambruddsbølger, is og massetransport. Beregningene kan utføres enten i 1D, 2D eller en kombinasjon. Programmet benyttes blant annet av NVE ved utarbeiding av flomsoner og er fritt tilgjengelig og gratis å bruke. Beregningene for dette oppdraget er utført i 1D og alle høyder er oppgitt i NN2000 høydesystem.

3.1 Høydedata

Den hydrauliske modellen er basert på en digital terrengmodell (DTM) fra Kartverkets hjemmeside høydedata.no. Den er basert på laserdata fra prosjektet Follo som ble skannet med minimum 4 pkt. pr. m² oppløsning i 2014. På hjemmesiden finnes det informasjon om at laserscanning ble utført i 2021, men at tilgangen er *lukket* så vi har valgt å benytte DTM fra laserscanningen fra 2014. Det bør imidlertid undersøkes nærmere om det finnes en DTM basert på laserscanning fra 2021 som inkluderer endringer langs strekningen da den vil forbedre terrenggrunnlaget til den hydrauliske modellen.

3.2 Modelloppsett

Strekningen som er modellert er ca. 3,2 km lang mellom Hølen og utløpet i sjøen ved Son. Den er vist på Figur 3-1 under. Det er benyttet 68 tverrprofil for å beskrive elvas geometri. Modellen er kjørt med stasjonær vannføring.



Figur 3-1: Modellert strekning er ca. 3,2km lang og består av 68 tverrprofiler.

3.2.1 Bru

Det er lagt inn to bruer i modellen. Den første er brua for Store Strandgate rett nedstrøms Hølen. Den andre er bru FV 1356 i Son ved Sånas utløp i fjorden.

3.2.2 Kulvert

Kulverten ved bru Store Strandgate er lagt inn i modellen som «Pipe Arch»-kulvert med mål og høyder som oppgitt i Tabell 3-1.

Tabell 3-1: Mål og lengder for kulverten ved bru Store Strandgate

Topp oppstrøms (moh.)	Bunn oppstrøms (moh.)	Topp nedstrøms (moh.)	Bunn nedstrøms (moh.)	Høyde (m)	Bredde (m)	Lengde (m)
2.38	0.78	2.26	0.66	1,60	1.96	9.45

3.3 Sikring

I modellen er det lagt inn planlagt erosjonssikring for SVV på begge sider av elveløpet mellom tverrprofilene 18 og 26. Planlagt sikring for Vestby kommune er lagt inn mellom tverrprofilene 13 og 17 på begge sider av elveløpet.

Begge løsninger er satt opp med en tykkelse på 1,0 m fra bunn av elveløpet og opp til vannstanden ved normalvannføring (2,23 m³/s). Horisontal tykkelse er beregnet ved å benytte en gjennomsnittlig helning for elvekantene på 1:2, og blir da 2,24 m. Videre er sikringen gradvis smalnet av til 0,5 m ved middelflom og 200-års stormflo der den avsluttes mot terrenget. Vanligvis ville 200-årsflom og middelvannstand i fjorden være dimensjonerende for sikringen, men siden SVV ønsker å avslutte sikringen ved toppen av skråningen ned mot elvebreddene, er topp sikring lagt til ca. kote 3, som tilsvarer middelflom og 200-års stormflo i fjorden (flomsituasjon 1)).

3.4 Grensebetingelser

Det er satt opp to flomscenarier i modellen, med to forskjellige grensebetingelser hentet fra flomberegningen (se Tabell 2-12). For begge scenarier er oppstrøms grensebetingelse normal dybde, og satt til helningen på kanalen. Den er beregnet vha. terrengmodellen til 0.005.

3.5 Ruhet

Falltapene er modellert med Manning's n i modellen og er basert på n-verdier fra HEC RAS Hydraulic Reference Manual (4). Benyttede Manning's n er vist i Tabell 3-2.

Tabell 3-2 Benyttede Manning's n.

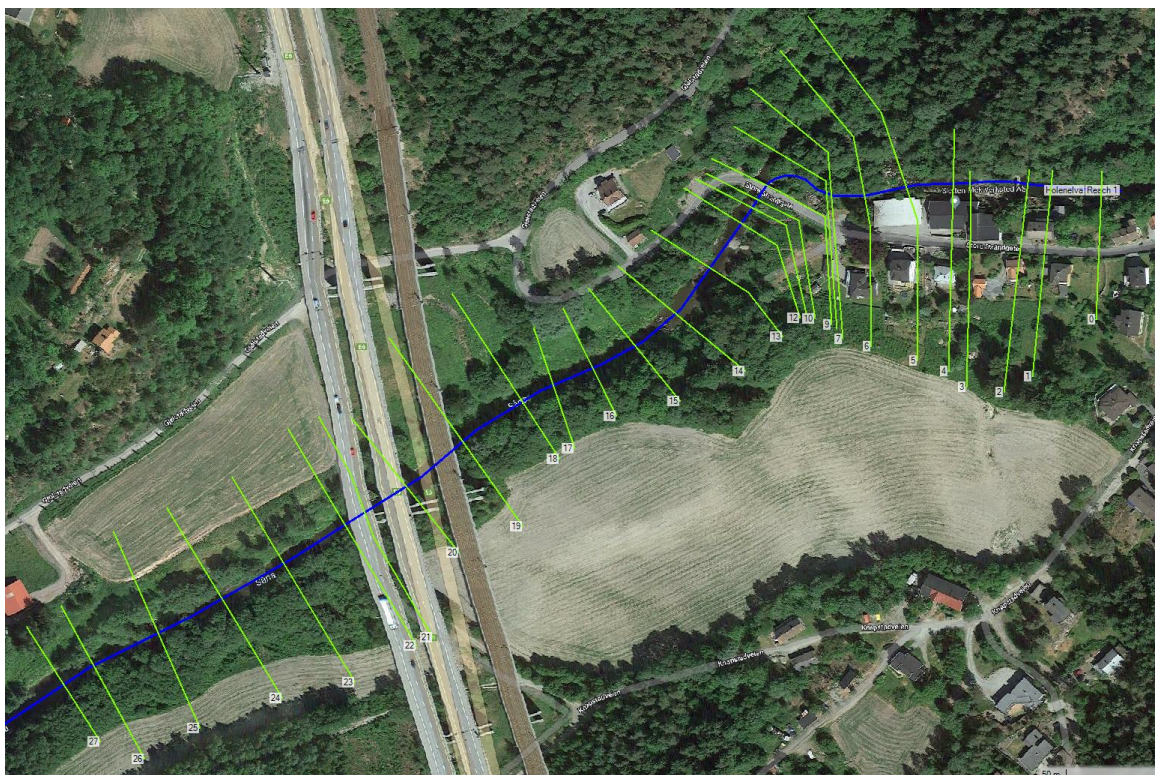
Område	Mannings n
Elv oppstrøms Store Strandgate brua (steinete kanal)	0,04
Elv nedstrøms Store Strandgate brua (fint og jevnt)	0,03
Elvekantene (skog og hus)	0,08
Sikring (stein)	0.05

4 Resultater

Resultatene for er presentert i Tabell 4-1 for begge scenarioene, med og uten sikring. De viser endringer i vannstand og hastighet for de tverrprofilene som har endringer i vannstand og hastighet som følge av planlagte sikringstiltak.

Modellerte sikring, som etableres på terrenget uten å grave ut eksisterende terreng, gir smalere tverrsnitt (se tverrprofiler i vedlegg). De største endringene er fra rett nedstrøms kulverten og til under E6. På denne strekningen er vannstandsøkningen på inntil 33 cm som følge av planlagte sikringstiltak.

Det er generelt lave hastigheter langs modellert strekning (mindre enn 3 m/s). Hastighetene vil være omtrent de samme, eller noe lavere, før og etter etablering av planlagt sikring ned til E6 (tverrprofil 21). Nedstrøms E6 (tverrprofil 22-26) vil hastigheten øke med maks 0,8 m/s.



Figur 4-1 Tverrprofilene ved sikringen

Tabell 4-1: Resultater for HEC-RAS simulering, med og uten sikring.

	Q200_kf, middelvst		Q200_kf, middelvst		QM_kf, 200vst_kf		QM_kf, 200vst_kf	
	Eksisterende ter.		Med sikring		Eksisterende ter.		Med sikring	
Tverrprofil	Vst.	Hastighet	Vst.	Hastighet	Vst.	Hastighet	Vst.	Hastighet
	(moh.)	(m/s)	(moh.)	(m/s)	(moh.)	(m/s)	(moh.)	(m/s)
11	4.03	1.79	4.31	1.72	2.80	1.39	3.12	1.21
12	4.07	1.31	4.35	1.13	2.82	0.94	3.15	0.78
13	4.07	1.20	4.35	1.03	2.83	0.74	3.14	0.70
14	4.02	1.49	4.30	1.36	2.80	0.96	3.11	0.96
15	3.85	2.31	4.14	2.11	2.73	1.45	3.03	1.49
16	3.90	1.76	4.19	1.59	2.76	1.07	3.04	1.12
17	3.94	1.33	4.20	1.38	2.77	0.78	3.05	0.90
18	3.85	1.79	4.09	1.89	2.74	1.09	3.00	1.28
19	3.84	1.72	4.08	1.74	2.73	1.05	2.99	1.16
20	3.70	2.29	3.91	2.35	2.68	1.33	2.87	1.71
21	3.58	2.60	3.84	2.43	2.64	1.50	2.89	1.39
22	3.66	1.99	3.73	2.74	2.66	1.20	2.77	1.93
23	3.63	2.06	3.67	2.55	2.64	1.24	2.67	2.02
24	3.62	1.95	3.68	2.04	2.63	1.19	2.66	1.60
25	3.59	1.94	3.57	2.22	2.62	1.17	2.58	1.73
26	3.58	1.84	3.56	1.94	2.62	1.04	2.60	1.25
27	3.53	2.06	3.53	2.06	2.59	1.24	2.59	1.24
28	3.49	1.95	3.49	1.95	2.58	1.13	2.58	1.13

5 Erosjonssikring

Stabil steinstørrelse i sikringslaget ble vurdert med Maynords formel:

$$D_{30} = S_f C_s C_v C_t y_0 \left[\left(\frac{1}{s-1} \right)^{0,5} \frac{U}{\sqrt{K_1 g y_0}} \right]^{2,5}$$

Der parameterne er:

D_{30} = stabil steinstørrelse (m)

S_f = sikkerhetsfaktor = 1,5

C_s = stabilitetskoeffisient = 0,3

C_v = koeffisient for vertical hastighetsfordeling = 1,0

C_t = koeffisient for sikringstykkelse = 1

y_0 = vanndybde samme sted som U (m) = 3,0 – 4,0

s = steinens spesifikke tetthet (kg/m^3) = 2600

U = lokal hastighet midlet over dybden (m/s) = 2,2 – 2,6

K_1 = koeffisient for skråningshelling

g = tyngdens akselerasjon (m/s^2) = 9,81

Resultatene fra det hydrauliske modelleringen var brukt i beregningen. D_{50} er beregnet til 0,25 m (250 mm). Sikringslag foreslås bygd med samfengt stein (typ fraksjon 0 – 300 mm) som et «ordna steinlag» som beskrevet i NVE *sikringshåndboka* (NVE, 2022), der laget fungerer som sikring og filter i et (de groveste massene legges ytterst mot vannet).

Sikringen bør bygges med en helning 1:2, med maksimal tillatt helning 1:1,5.

Det anbefales et lag tykkelse på 1 m i bunnen for å riktig oppfylle sikringens funksjon, dersom tykkelse må være minimum $3 \cdot D_{50}$ og det er også et krav med en sikkerhetsmargin for utlegging under vann (NVE, 2009). Over normalvannstand kan laget slankes inn til 50 cm tykkelse opp til topp sikringen.

Det anbefales å etablere en fotgrøft på minst 1,0 m, og gjerne opp mot 2,0 m, under eksisterende bunnivå i elva for å sikre mot undergraving av sikringen (NVE, 2022). På grunn av lav lokalstabilitet i elva skal fotgrøfta graves ut og etableres i smale seksjoner på maksimal 3 m bredde av gangen og tilbakefylles før neste grøft graves ut. Ingen grøfter skal stå åpne når arbeidet avsluttes for dagen.

Massene forblendes med vekstmasser ned til normalvannstand (ev. stedlige elvemasser under vann). Anleggsutførelse må tilpasses fisk i elva, og anleggsutførelse og miljøtiltak bør diskuteres med biolog.

6 Vurderinger

Dimensjoner på sikringen avviker noe fra tidligere dimensjoner og steinstørrelse som var basert på enkle vurderinger av flomvannføring og hastighet. Flomberegning og hydraulisk modellering viser at vannhastigheten i elva er inntil 2,6 m/s ved 200-årsflom (situasjon 1)) og 1,6 m/s ved middelflom (situasjon 2)). Hastighet 2,2-2,6 er brukt til dimensjonering av sikringen. Tidligere beregning av steinstørrelse og tykkelse på sikringen var basert på hastighet 1,3-1,8 m/s.

7 Referanser

Multiconsult. (2021). *Sikringstiltak Hølendalen bruer*. Multiconsult.

NVE. (2009). *Veileder nr 4/2009. Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

NVE. (2011). *Retningslinjer for flomberegninger. Rapport 4-2011*. Oslo: NVE.

NVE. (2015). *Veileder nr 7 - 2015 Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

NVE. (2016). *Rapport nr 81-2016 Klimaendring og framtidige flommer i Norge*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

NVE. (2020). *Lokal og regional flomfrekvensanalyse Rapport 10-2020*. Oslo: NVE.

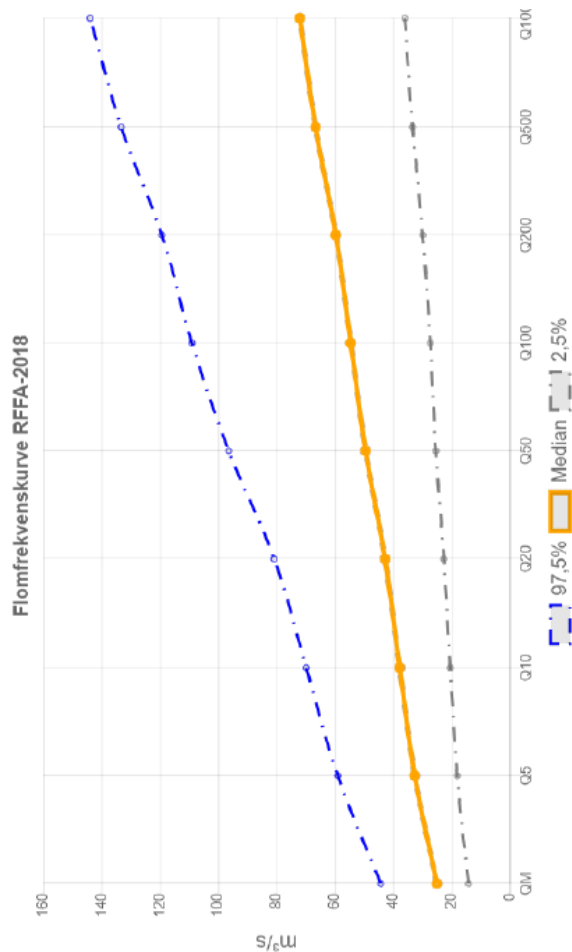
NVE. (2022, februar 09). *Modul F2.201: Ordna steinlag, sidesikring - Prosjektering*. (Norges vassdrags- og energidirektorat) Hentet fra nve.no: <https://sikringshandboka.nve.no/moduler/modul-f2-201-ordna-steinlag-sidesikring-prosjektering/>

Statens Vegvesen. (2015). *Håndbok N400 Bruprosjektering*. Oslo: Statens Vegvesen.

Statens Vegvesen. (2021). *Håndbok N200 Vegbygging*. Oslo: Statens Vegvesen.

8 Vedlegg

NEVINA



Regional flomberegning

Vassdragsnr.: 004.A0
Kommune.: Vestby
Fylke.: Viken
Vassdrag.: Hølenelva
Nedbørfeltareal: 135 km²

Flomestimer er beregnet basert på «Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)». Om nedbørfeltet er mindre enn 60 km², er det alternativt beregnet kulminasjonsflommer basert på NIFS-formelverk (2015).
Anbefalinger om klimapåslag er gitt i NVE rapport nr. 81-2016 og klimaprofiler for fylker (se www.klimaservicesenter.no).
Hvordan bruke resultatene fra rapporten, se her.

RFFA-2018			RFFA-2018 (døgnmiddel)											NIFS (kulminasjon)										
Tidsoppløsning	Døgn	-	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q _{200-klima}												
Indeksflom (QM): Medianflom	185	l/s*km²	1	1.30	1.51	1.71	1.98	2.18	2.39	2.67	2.88	-												
Klimapåslag	20	%	25.0	32.6	37.7	42.8	49.4	54.5	59.7	66.6	72.0	71.6												
Kulminasjonsfaktor	1.21	-	44.2	59.0	69.8	80.8	96.4	109	119	133	144	-												
NIFS-2015			14.1	18	20.4	22.6	25.3	27.3	29.8	33.3	36.0	-												
Tidsoppløsning			Ikke beregnet pga. areal større enn 60km²																					
Indeksflom (QM): Middelflom	-	l/s*km²																						
Klimapåslag	-	%																						
Annet																								
Tilførsflom	Nei	-																						

Flomverdier er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres. Verdiene kan ikke benyttes direkte, men må sammenlignes med andre metoder, sammenligningsstasjoner og/eller egne data.

Feltparametere		
Areal (A)	135 km²	
Effektiv sjø (A _{SE})	0.01 %	
Elveleigde (E _L)	23.6 km	
Elvegradient (E _G)	4.4 m/km	
Elvegradient 1085 (E _{G,1085})	4.0 m/km	
Helning	3.7 ‰	
Dreneringstetthet (D _T)	1.1 km ⁻¹	
Feitlengde (F _L)	16.9 km	

Hypsografisk kurve		
Høyde _{MIN}	5 m	
Høyde ₁₀	47 m	
Høyde ₂₅	60 m	
Høyde ₅₀	78 m	
Høyde ₇₅	94 m	
Høyde _{MAX}	148 m	

Klima- /hydrologiske parametere		
Avrenning 1961-90 (Q _N)	16.5 l/s*km²	
Nedbør juni	68 mm	
Nedbør juli	79 mm	
Regn og snøsmelting mai	65 mm	
Regn og snøsmelting juni	72 mm	
Regn og snøsmelting årlig 4d	74 mm	
Regn og snøsmelting november	81 mm	
Temperatur februar	-4.8 °C	
Temperatur mars	-1.2 °C	

Arealklasse		
Bre (A _{BRE})	0 %	
Dyrket mark (A _{JORD})	31.7 %	
Myr (A _{MYR})	0.4 %	
Leire (A _{LERE})	55.0 %	
Skog (A _{SKOG})	56.7 %	
Sjø (A _{SJO})	0.1 %	
Snaufjell (A _{SF})	0 %	
Urban (A _U)	4.0 %	
UKlassifisert areal (A _{REST})	7.1 %	



Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn.punkt: 258334 E
6607782 N

Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil.
Resultatene må kvalitetssikres.

Tabell 8-1: Resultater for frekvensanalyse – Bjørnegårdssvingen, findata

8.2.0.1001.1 (Vannføring) Bjørnegårdssvingen Gjennomsnitt 01.01.1986 12:00-31.12.2021 23:30 HYKVAL Knekkpkt

Gjennomsnittelig maksimalverdi (middelflow): 78,186

Gumbel (Bayesiansk): $f(x)=(1/\alpha)\exp(-(x-u)/\alpha)\exp(-(x-u)/\alpha)$ $\alpha=24,3 \quad +3,1 \quad u=64,9 \quad +4,5 \quad P(\text{modell})= 77,5\%$

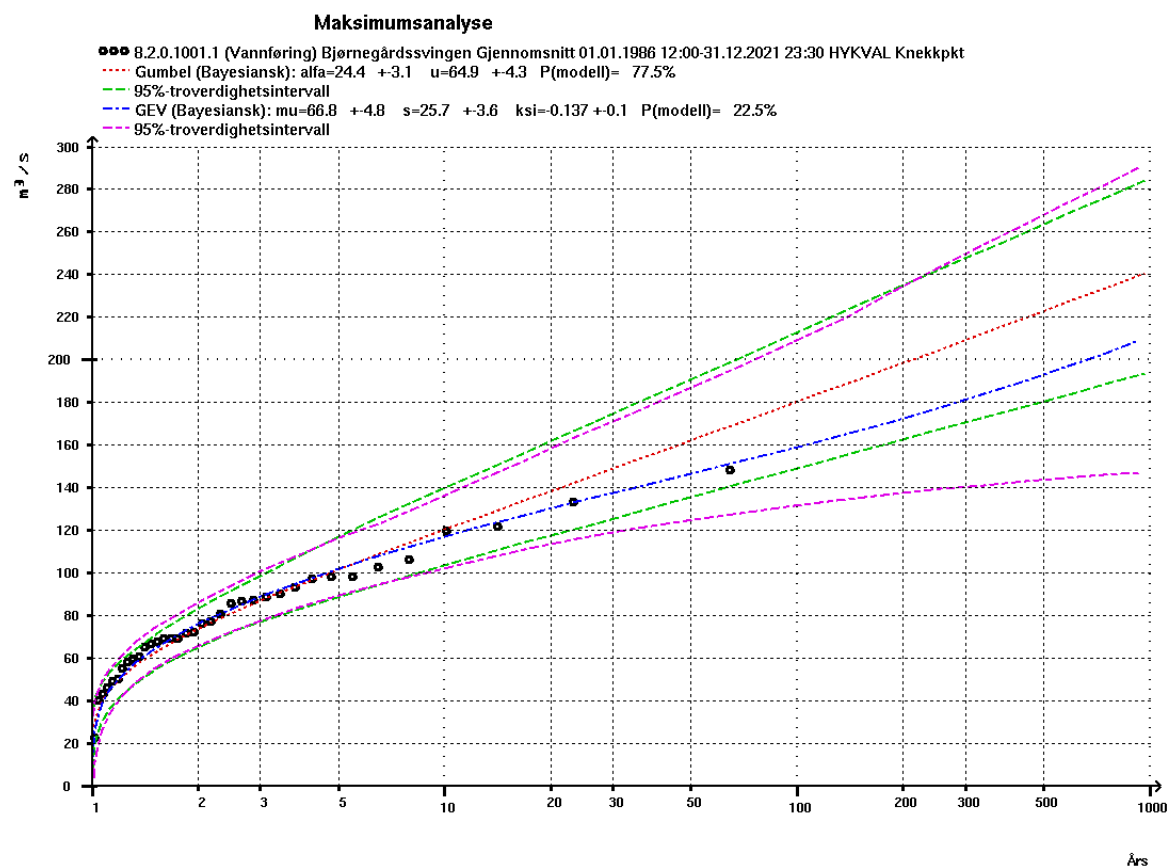
Maksimums-kvantiler:

Gjentaksintervall (år)	Måle-verdier	Relative måle-verdier	Øvre estimat	Nedre estimat
2	73,70	0,943	64,48	83,45
5	101,52	1,298	88,20	117,11
10	120,24	1,538	103,23	140,39
20	138,44	1,771	117,21	163,11
50	162,28	2,076	135,37	191,87
100	180,33	2,306	149,23	213,85
200	198,50	2,533	162,80	235,79
500	222,77	2,843	180,82	264,44
1000	241,40	3,088	194,40	286,52

GEV (Bayesiansk): $f(x)=1/s (1,0+(ksi(x-\mu)/s))^{-(1/ksi-1)} \exp(-(1,0+(ksi(x-\mu)/s))^{-(1/ksi)})$ $\mu=66,7 \quad +4,8 \quad s=25,5 \quad +3,4 \quad ksi=-0,129 \quad +0,1 \quad P(\text{modell})= 22,5\%$

Maksimums-kvantiler:

Gjentaksintervall (år)	Måle-verdier	Relative måle-verdier	Øvre estimat	Nedre estimat
2	75,71	0,968	66,27	85,98
5	101,66	1,300	90,17	114,21
10	117,07	1,497	103,35	134,51
20	130,58	1,670	114,55	154,75
50	147,08	1,881	125,79	183,98
100	159,81	2,044	132,63	208,48
200	173,60	2,220	138,57	232,31
500	194,12	2,483	144,26	273,30
1000	212,03	2,712	146,99	307,56



Tabell 8-2 Resultater for frekvensanalyse – Sundbyfoss, findata

12.192.0.1001.1 (Vannføring) Sundbyfoss Gjennomsnitt 01.01.1986 00:01-31.12.2021 23:59 HYKVAL Knekkpkt

Gjennomsnittelig maksimalverdi (middelflow): 34,425

Gumbel (Bayesiansk): $f(x)=(1/\alpha)\exp(-(x-u)/\alpha)\exp(-(x-u)/\alpha)$ $\alpha=13,8$ $+1,7$ $u=26,2$ $+2,4$ $P(\text{modell})= 93,1\%$

Maksimums-kvantiler:

Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier	Øvre estimat	Nedre estimat
2	31,27	0,908	26,16	36,87
5	46,99	1,365	40,01	55,53
10	57,48	1,670	48,20	68,66
20	67,78	1,969	56,20	81,17
50	81,33	2,363	66,45	97,30
100	91,43	2,656	74,10	109,30
200	101,56	2,950	81,70	121,57
500	115,51	3,355	91,70	137,84
1000	126,00	3,660	99,27	150,05

GEV (Bayesiansk): $f(x)=1/s (1,0+(ksi(x-\mu)/s))^{-(1/ksi-1)} \exp(-(1,0+(ksi(x-\mu)/s))^{-(1/ksi)})$ $\mu=26,1$ $+2,5$ $s=14$ $+1,8$ $ksi=0,0227$ $+0,075$ $P(\text{modell})= 6,9\%$

Maksimums-kvantiler:

Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier	Øvre estimat	Nedre estimat
2	31,23	0,907	26,11	37,02
5	47,65	1,384	40,20	56,65
10	58,83	1,709	49,22	71,30
20	69,88	2,030	57,64	87,96
50	84,80	2,463	67,73	114,58
100	97,16	2,822	74,66	137,17
200	110,61	3,213	81,29	163,39
500	130,97	3,804	89,38	206,41
1000	149,22	4,335	95,08	242,13

Maksimumsanalyse

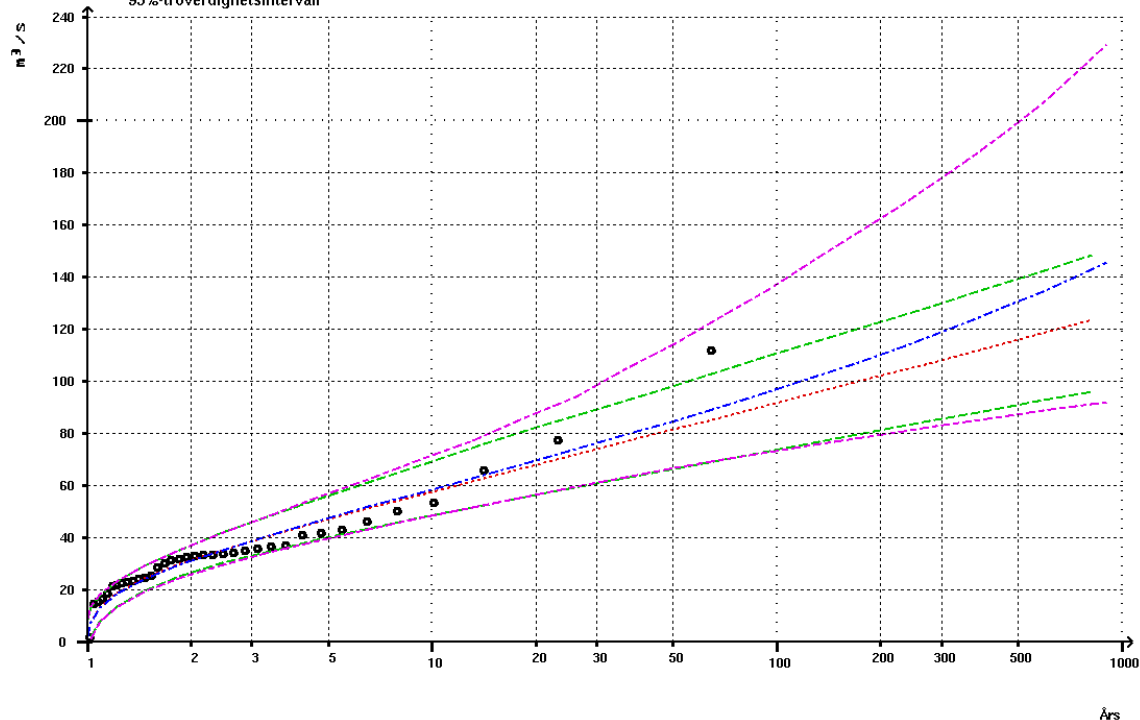
12.192.0.1001.1 (Vannføring) Sundbyfoss Gjennomsnitt 01.01.1986 00:01-31.12.2021 23:59 HYKVAL Knekkpkt

Gumbel (Bayesiansk): $\alpha=13,8$ $+1,8$ $u=26,2$ $+2,4$ $P(\text{modell})= 93,1\%$

95%-troverdighetsintervall

GEV (Bayesiansk): $\mu=25,9$ $+2,7$ $s=14$ $+1,9$ $ksi=0,0222$ $+0,076$ $P(\text{modell})= 6,91\%$

95%-troverdighetsintervall



Tabell 8-3 Resultater for frekvensanalyse – Høgfoss, findata

3,22,0,1001,1 (Vannføring) Høgfoss Gjennomsnitt 22.09.1976 14:00-31.12.2021 23:00 HYKVAL Knekkpkt

Gjennomsnittelig maksimalverdi (middelflow): 59,362

Gumbel (Bayesiansk): $f(x)=(1/\alpha)\exp(-(x-u)/\alpha)\exp(-(x-u)/\alpha)$ $\alpha=17.4$ $+2.1$ $u=49.6$ $+2.7$ $P(\text{modell})= 86.6\%$

Maksimums-kvantiler:

Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier	Øvre estimat	Nedre estimat
2	55,88	0,941	50,65	62,19
5	75,83	1,277	67,62	85,52
10	89,14	1,502	78,33	101,44
20	102,05	1,719	88,48	116,92
50	118,95	2,004	100,89	137,15
100	131,74	2,219	110,44	152,38
200	144,60	2,436	120,35	167,78
500	161,73	2,725	133,68	187,43
1000	174,80	2,945	143,30	202,64

GEV (Bayesiansk): $f(x)=1/s \cdot (1.0+(ksi(x-\mu)/s))^{-1/ksi-1} \exp(-(1.0+(ksi(x-\mu)/s))^{-1/ksi})$ $\mu=50$ $+3.1$ $s=18.2$ $+2.4$ $ksi=-0.0337+0.13$ $P(\text{modell})= 13.4\%$

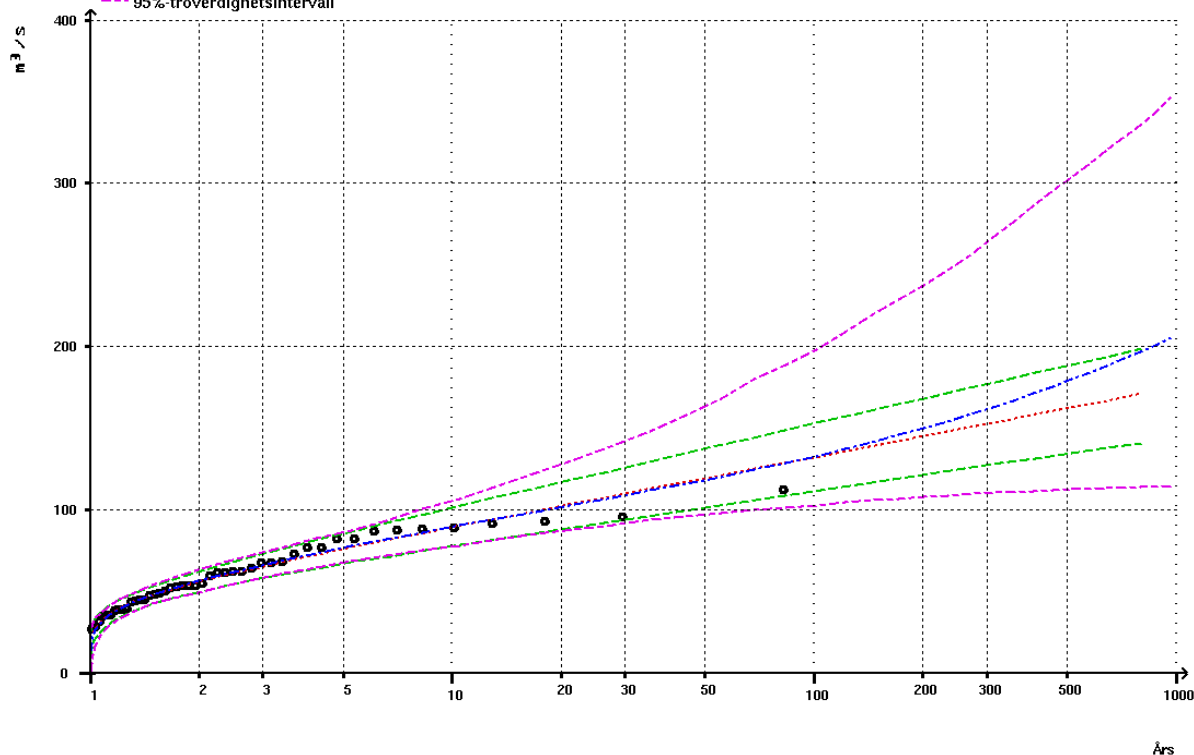
Maksimums-kvantiler:

Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier	Øvre estimat	Nedre estimat
2	56,52	0,952	50,32	63,62
5	76,67	1,292	68,19	87,30
10	89,52	1,508	78,91	107,38
20	101,83	1,715	87,84	130,21
50	118,88	2,003	96,51	168,75
100	133,78	2,254	102,03	202,16
200	151,62	2,554	106,18	246,46
500	181,22	3,053	110,93	309,66
1000	209,56	3,530	113,98	372,86

Maksimumsanalyse

3,22,0,1001,1 (Vannføring) Høgfoss Gjennomsnitt 22.09.1976 14:00-31.12.2021 23:00 HYKVAL Knekkpkt
 Gumbel (Bayesiansk): $\alpha=17.5$ $+2.1$ $u=49.6$ $+2.8$ $P(\text{modell})= 86.6\%$

95%-troverdighetsintervall
 GEV (Bayesiansk): $\mu=49.8$ $+3.1$ $s=18.2$ $+2.5$ $ksi=-0.0368+0.14$ $P(\text{modell})= 13.4\%$
 95%-troverdighetsintervall



Tabell 8-4 Resultater for frekvensanalyse – Sundbyfoss, døgndata

12.192.0.1001.1 (Vannføring) Sundbyfoss 1976-2021 HYDAG Døgn

Gjennomsnittelig maksimalverdi (middelflom): 20,693

Gumbel (Bayesiansk): $f(x) = (1/\alpha) \exp(-(x-u)/\alpha) \exp(-(x-u)/\alpha)$ $\alpha = 6.42$ ± 0.8 $u = 16.6$ ± 0.98 $P(\text{modell}) = 55.5\%$

Maksimums-kvantiler:

Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier	Øvre estimat	Nedre estimat
2	19.03	0.920	16.93	21.17
5	26.47	1.279	23.17	29.97
10	31.31	1.513	27.03	36.16
20	36.05	1.742	30.81	41.96
50	42.33	2.046	35.59	49.48
100	47.05	2.274	39.11	55.17
200	51.95	2.510	42.63	60.96
500	58.22	2.814	47.28	68.51
1000	63.19	3.054	50.80	74.23

GEV (Bayesiansk): $f(x) = 1/s \cdot (1.0 + (ksi(x-\mu)/s))^{-(1/ksi-1)} \exp(-(1.0 + (ksi(x-\mu)/s))^{-(1/ksi)})$ $\mu = 16.1$ ± 0.98 $s = 5.91$ ± 0.79 $ksi = 0.17$ ± 0.087 $P(\text{modell}) = 44.5\%$

Maksimums-kvantiler:

Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier	Øvre estimat	Nedre estimat
2	18.41	0.890	16.29	20.71
5	26.40	1.276	22.70	30.80
10	32.48	1.570	27.27	40.35
20	39.24	1.896	32.00	52.15
50	49.91	2.412	38.34	72.73
100	59.74	2.887	42.99	93.94
200	71.44	3.452	48.05	120.68
500	91.26	4.410	54.59	166.67
1000	110.71	5.350	59.76	212.99

Maksimumsanalyse

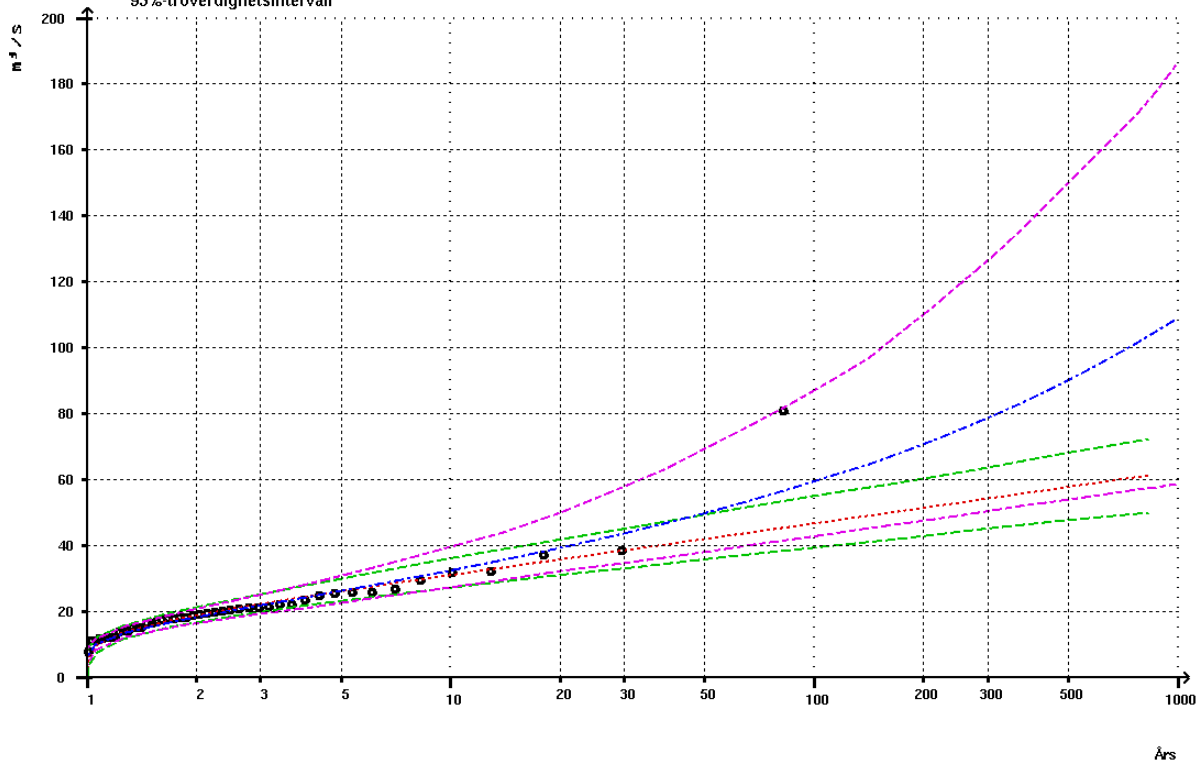
12.192.0.1001.1 (Vannføring) Sundbyfoss 1976-2021 HYDAG Døgn

Gumbel (Bayesiansk): $\alpha = 6.35$ ± 0.79 $u = 16.6$ ± 1 $P(\text{modell}) = 55.5\%$

95%-troverdighetsintervall

GEV (Bayesiansk): $\mu = 16.1$ ± 0.98 $s = 5.93$ ± 0.79 $ksi = 0.167$ ± 0.088 $P(\text{modell}) = 44.5\%$

95%-troverdighetsintervall



Tabell 8-5 Resultater for frekvensanalyse – Bjørnegårdssvingen, døgndata

8.2.0.1001.1 (Vannføring) Bjørnegårdssvingen 1968-2021 HYDAG Døgn

Gjennomsnittelig maksimalverdi (middelfløy): 44,086

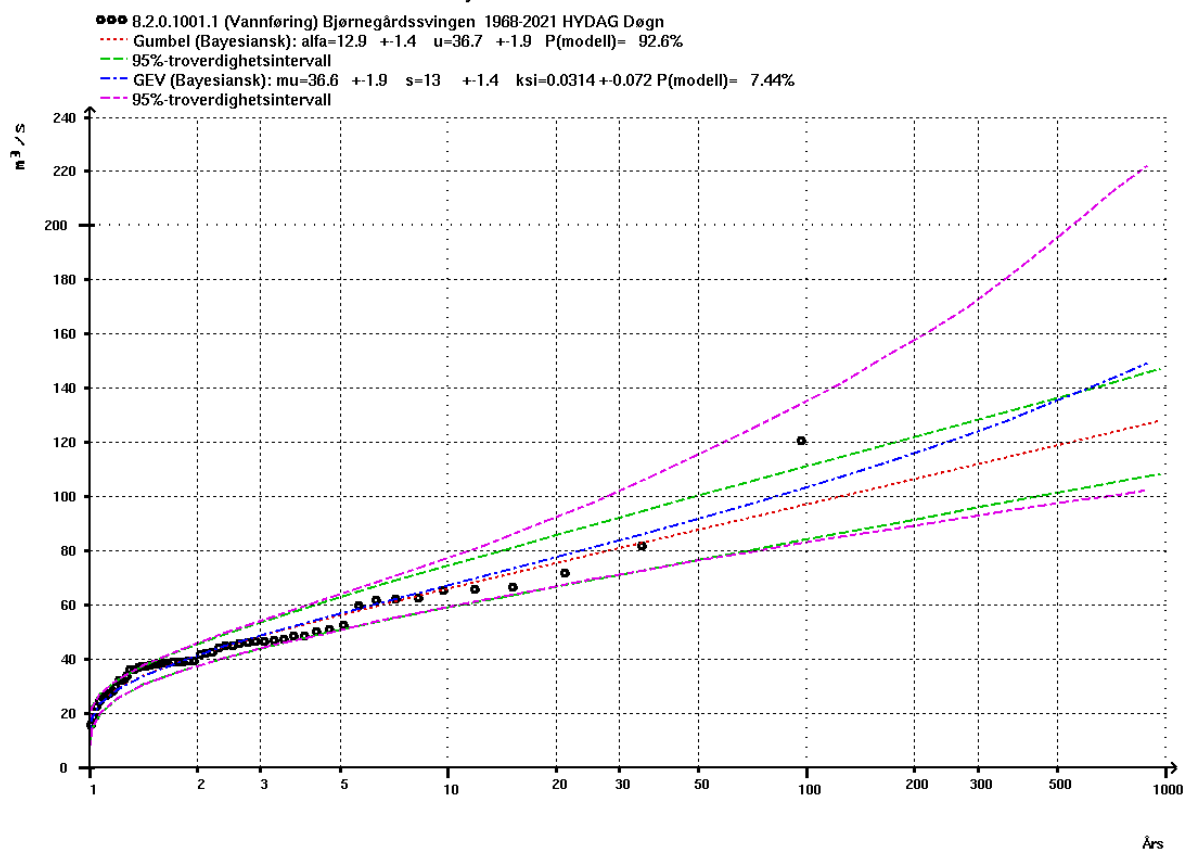
Gumbel (Bayesiansk): $f(x)=(1/\alpha)\exp(-(x-u)/\alpha)\exp(-(x-u)/\alpha)$ $\alpha=12,8$ $+1,3$ $u=36,8$ $+1,9$ $P(\text{modell})= 92,6\%$
Maksimums-kvantiler:

Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier	Øvre estimat	Nedre estimat
2	41,56	0,943	37,45	45,66
5	56,26	1,276	50,92	62,22
10	65,97	1,496	59,24	74,07
20	75,43	1,711	67,14	85,31
50	87,89	1,994	77,16	99,71
100	97,05	2,201	84,56	110,74
200	106,51	2,416	92,10	121,57
500	118,99	2,639	101,86	135,86
1000	128,33	2,911	109,54	146,66

GEV (Bayesiansk): $f(x)=1/s \cdot (1.0+(ksi(x-\mu)/s))^{-(1/ksi-1)} \exp(-(1.0+(ksi(x-\mu)/s))^{-(1/ksi-1)})$ $\mu=36,6$ $+1,9$ $s=13$ $+1,4$ $ksi=0,0354$ $+0,075$ $P(\text{modell})= 7,42\%$
Maksimums-kvantiler:

Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier	Øvre estimat	Nedre estimat
2	41,41	0,939	37,24	45,68
5	56,76	1,288	50,76	63,19
10	67,28	1,526	59,24	77,30
20	77,75	1,764	67,17	92,35
50	92,04	2,088	76,90	116,13
100	103,97	2,358	83,42	137,88
200	116,87	2,651	89,59	163,68
500	136,71	3,101	97,67	200,40
1000	154,25	3,499	103,54	235,35

Maksimumsanalyse



Tabell 8-6 Resultater for frekvensanalyse – Høgfoss, døgndata

3.22.0.1001.1 (Vannføring) Høgfoss 1976-2021 HYDAG Døgn

Gjennomsnittelig maksimalverdi (middelflow): 44,405

Gumbel (Bayesiansk): $f(x)=(1/\alpha)\exp(-(x-u)/\alpha)\exp(-(x-u)/\alpha)$ $\alpha=13$ $+1,5$ $u=37,3$ $+2$ $P(\text{modell})= 90,6\%$

Maksimums-kvantiler:

Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier	Øvre estimat	Nedre estimat
2	42,07	0,947	37,88	46,61
5	57,03	1,284	50,47	64,20
10	67,03	1,509	58,49	76,33
20	76,59	1,725	66,26	88,12
50	89,22	2,009	76,35	103,52
100	98,88	2,227	83,97	114,68
200	108,54	2,444	91,39	125,85
500	121,35	2,733	100,83	140,77
1000	131,04	2,951	108,24	152,23

GEV (Bayesiansk): $f(x)=1/s (1,0+(\text{ksi}(x-\mu)/s))^{(-1/\text{ksi}-1)} \exp(-(1,0+(\text{ksi}(x-\mu)/s))^{(-1/\text{ksi})})$ $\mu=37,6$ $+2,2$ $s=13,4$ $+1,6$ $\text{ksi}=-0,0119+-0,095$ $P(\text{modell})= 9,45\%$

Maksimums-kvantiler:

Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier	Øvre estimat	Nedre estimat
2	42,42	0,955	37,83	47,25
5	57,66	1,299	51,27	65,28
10	67,58	1,522	59,44	79,26
20	77,17	1,738	66,68	95,45
50	90,23	2,032	74,76	121,64
100	100,93	2,273	80,25	144,05
200	112,93	2,543	85,20	169,42
500	131,73	2,967	90,80	204,56
1000	149,26	3,361	94,44	237,16

Maksimumsanalyse

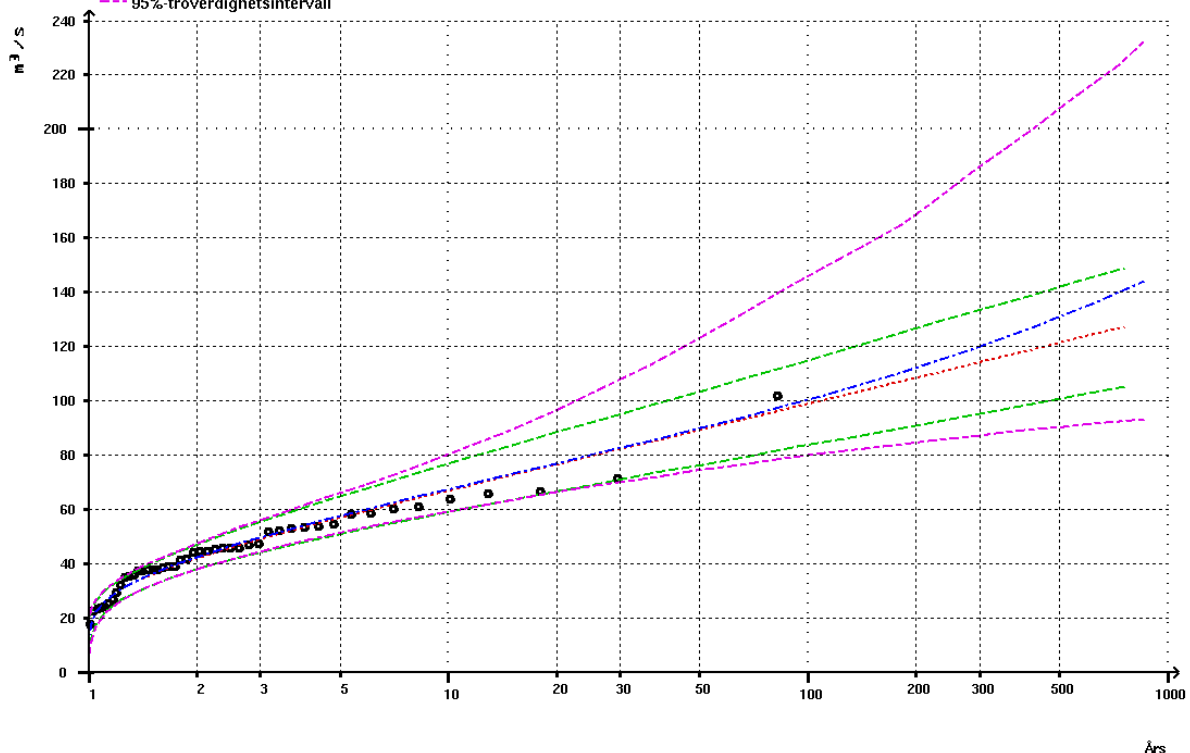
3.22.0.1001.1 (Vannføring) Høgfoss 1976-2021 HYDAG Døgn

Gumbel (Bayesiansk): $\alpha=13$ $+1,6$ $u=37,3$ $+2$ $P(\text{modell})= 90,6\%$

95%-troverdighetsintervall

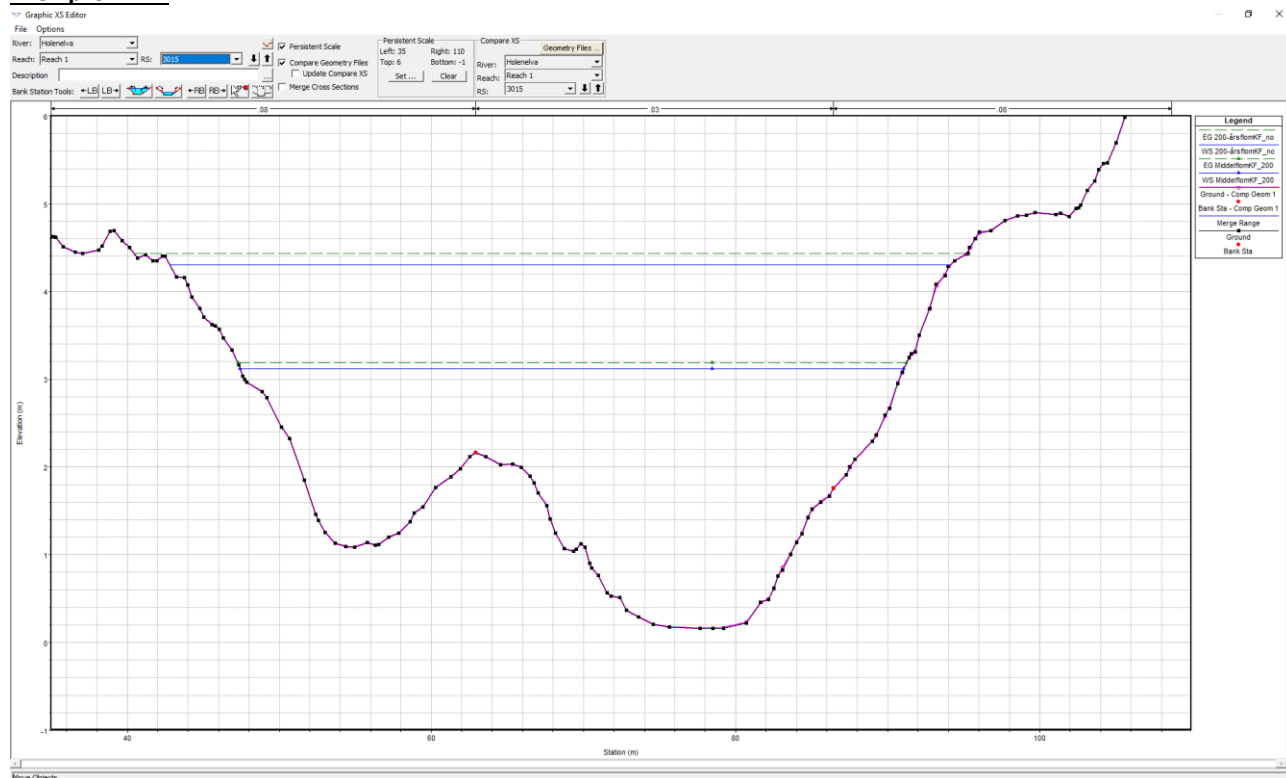
GEV (Bayesiansk): $\mu=37,6$ $+2,3$ $s=13,4$ $+1,7$ $\text{ksi}=-0,0165+-0,094$ $P(\text{modell})= 9,43\%$

95%-troverdighetsintervall

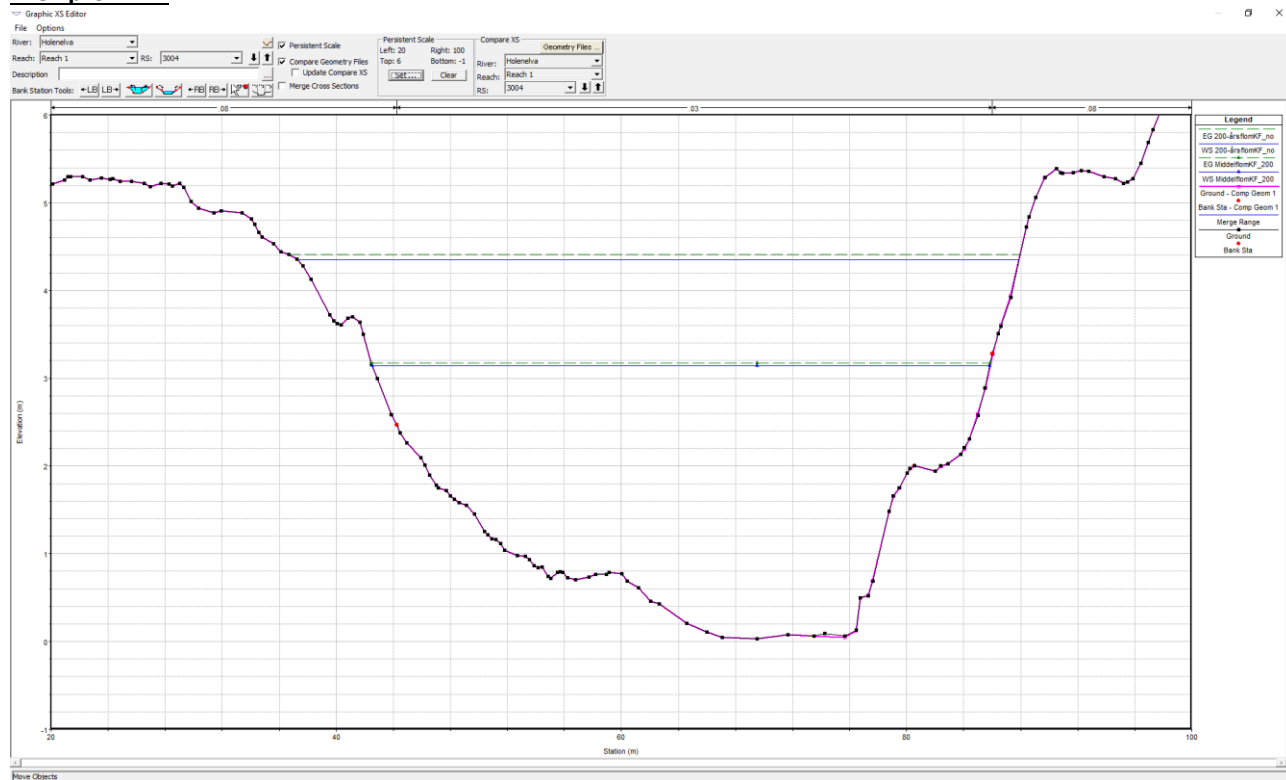


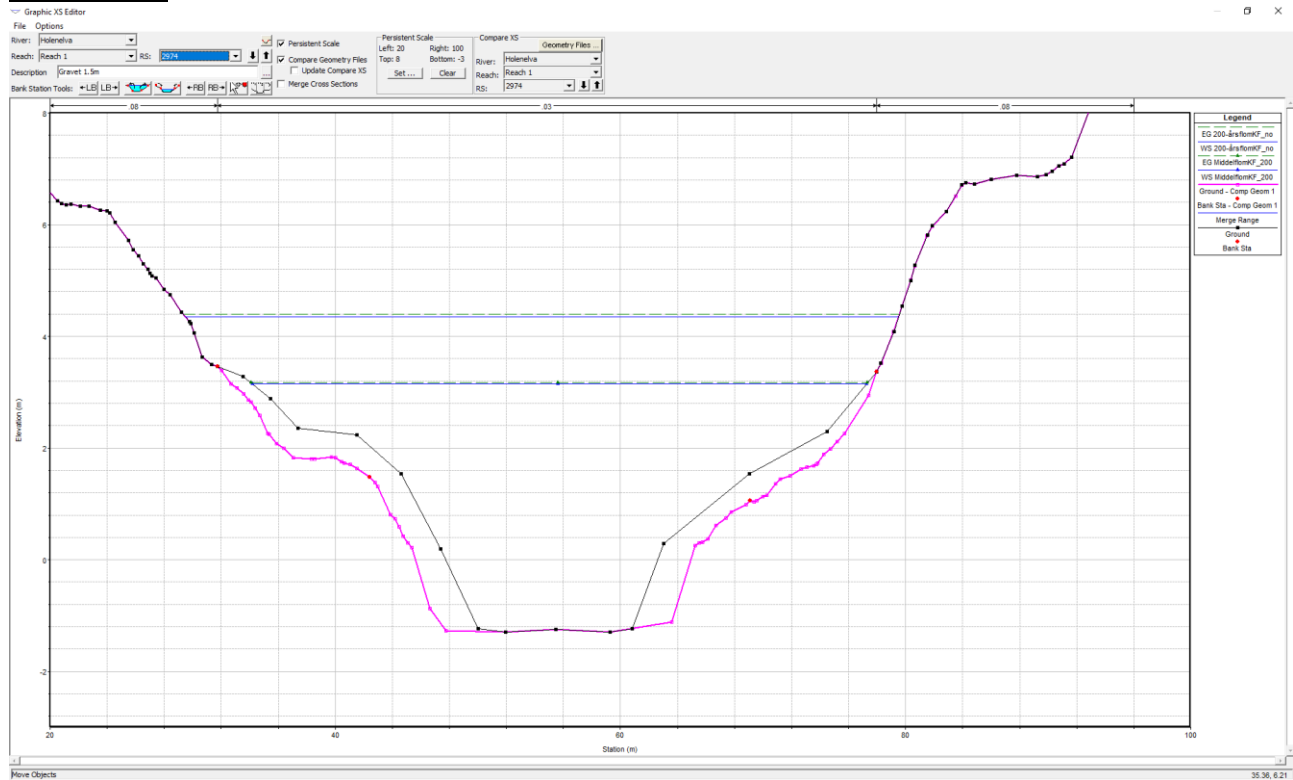
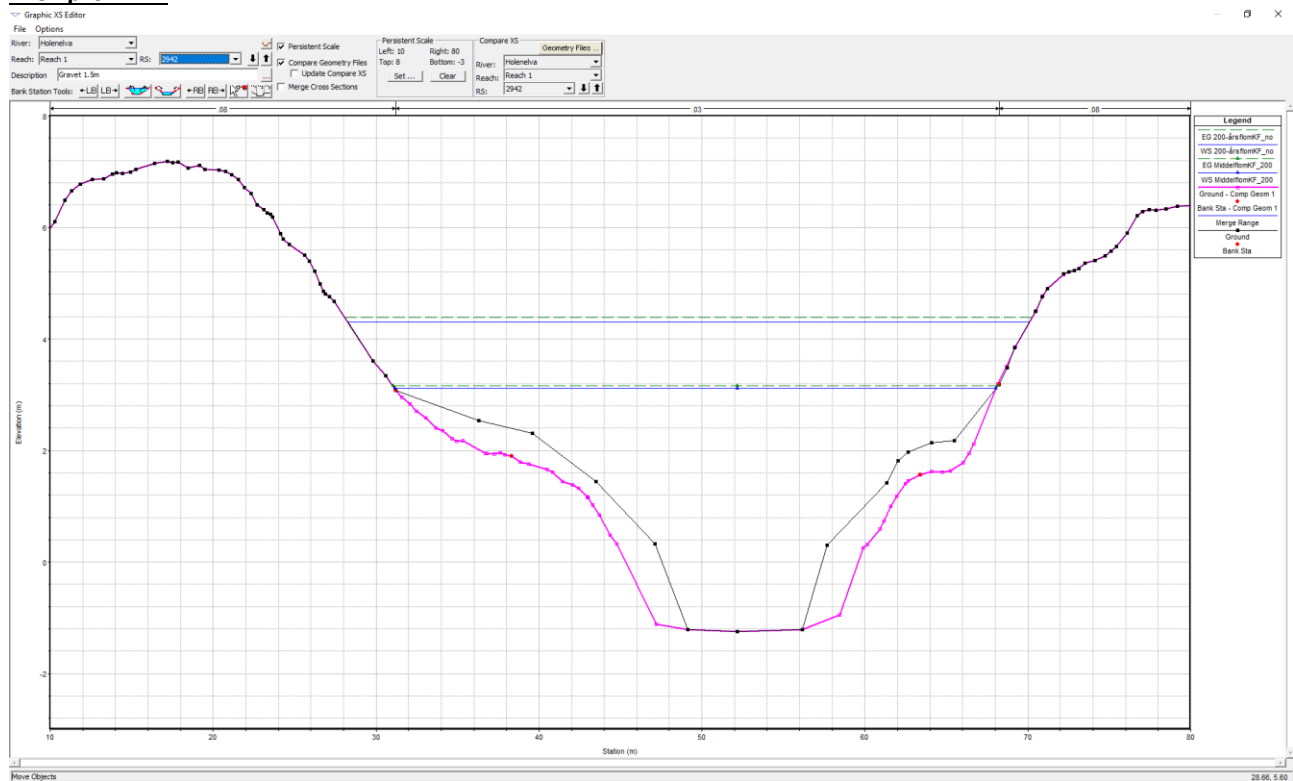
Tverrprofiler for strekningen med endret geometri som viser vannstand ved 200-årsflom med klimapåslag.

Tverrprofil 11:

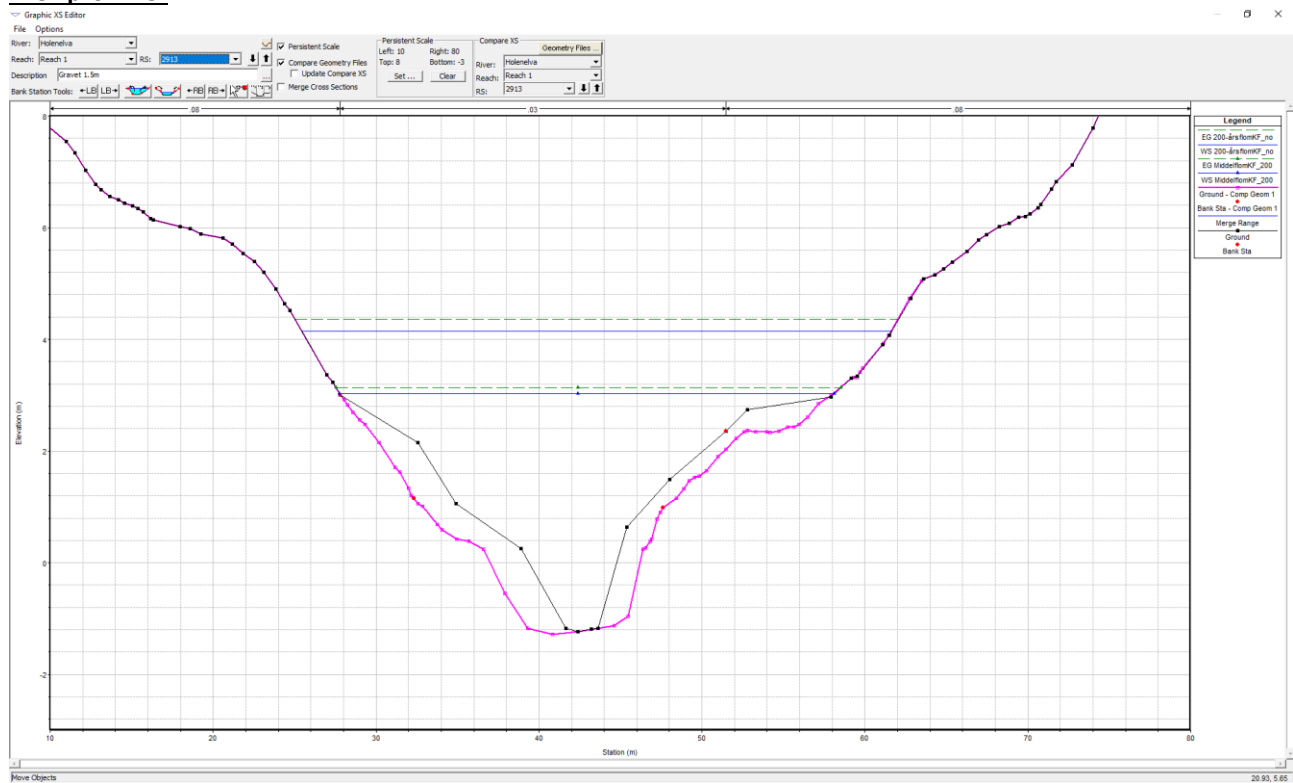


Tverrprofil 12:

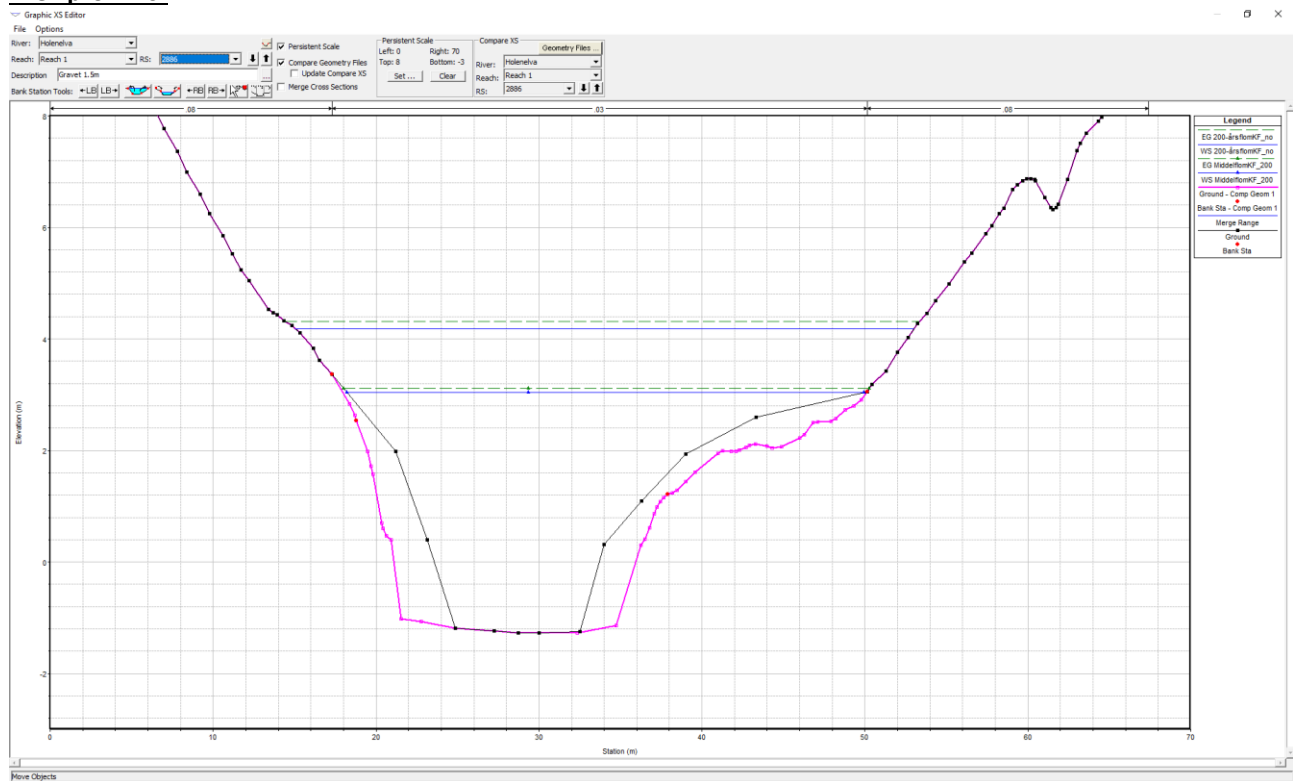


Tverrprofil 13:**Tverrprofil 14:**

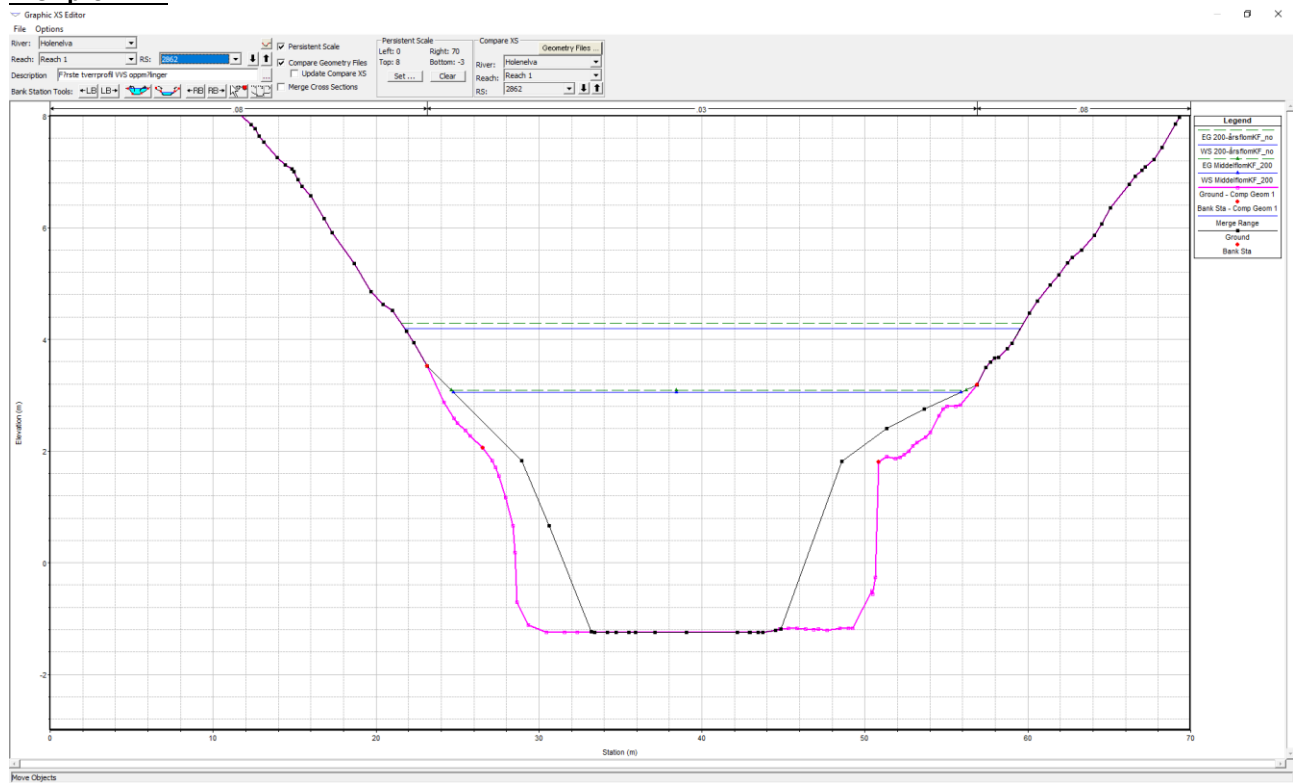
Tverrprofil 15:



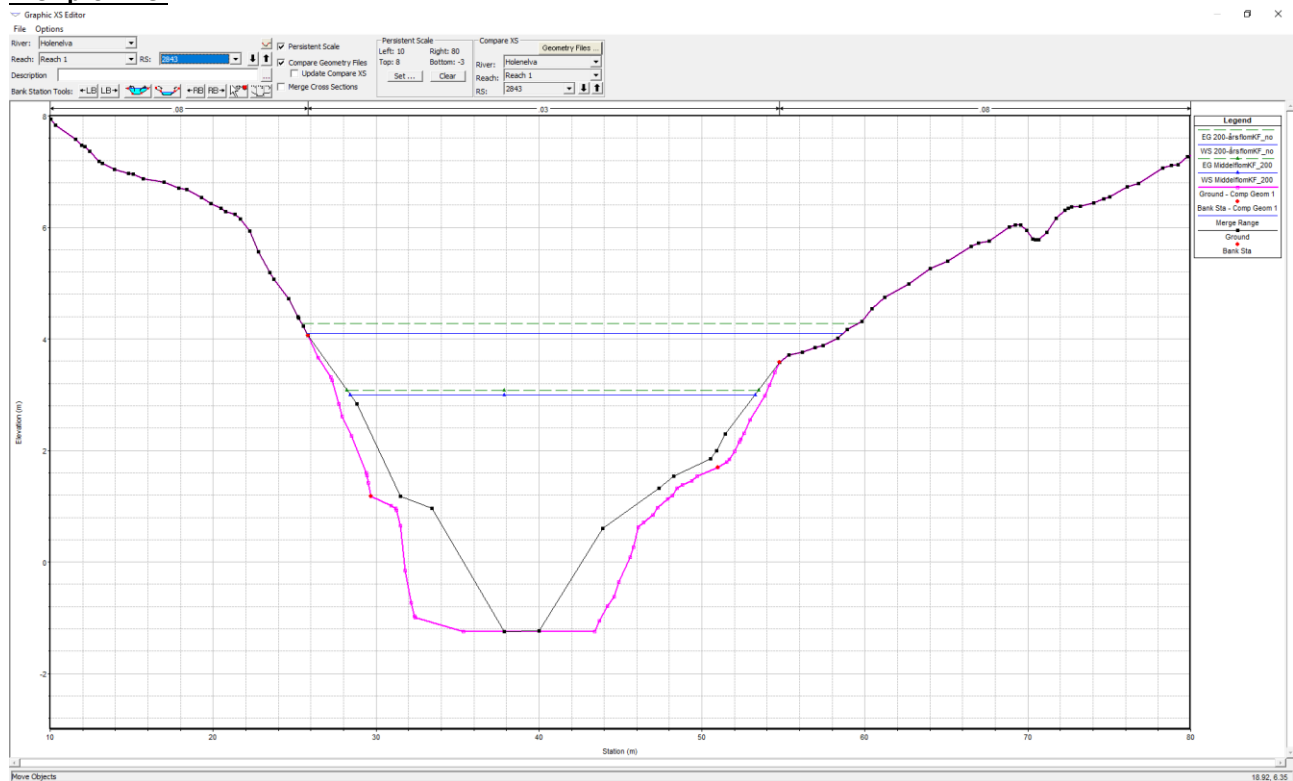
Tverrprofil 16:



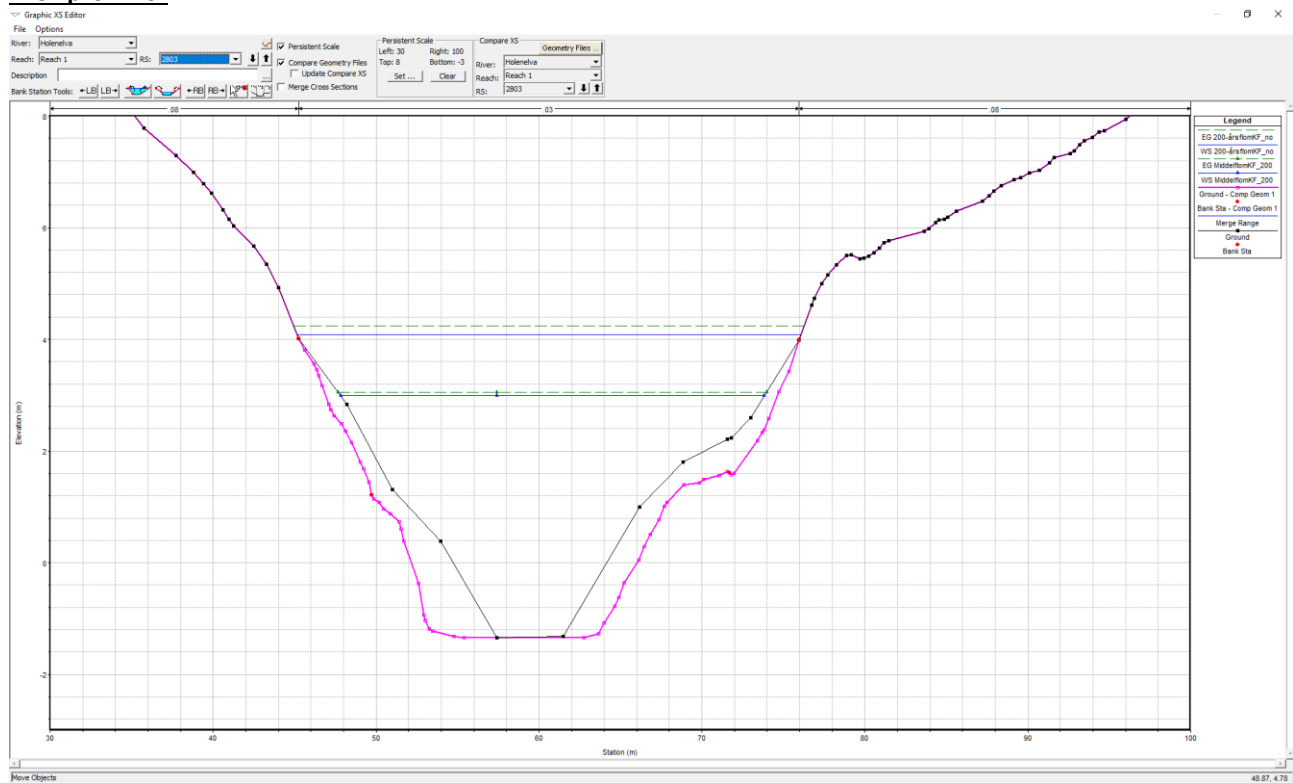
Tverrprofil 17:



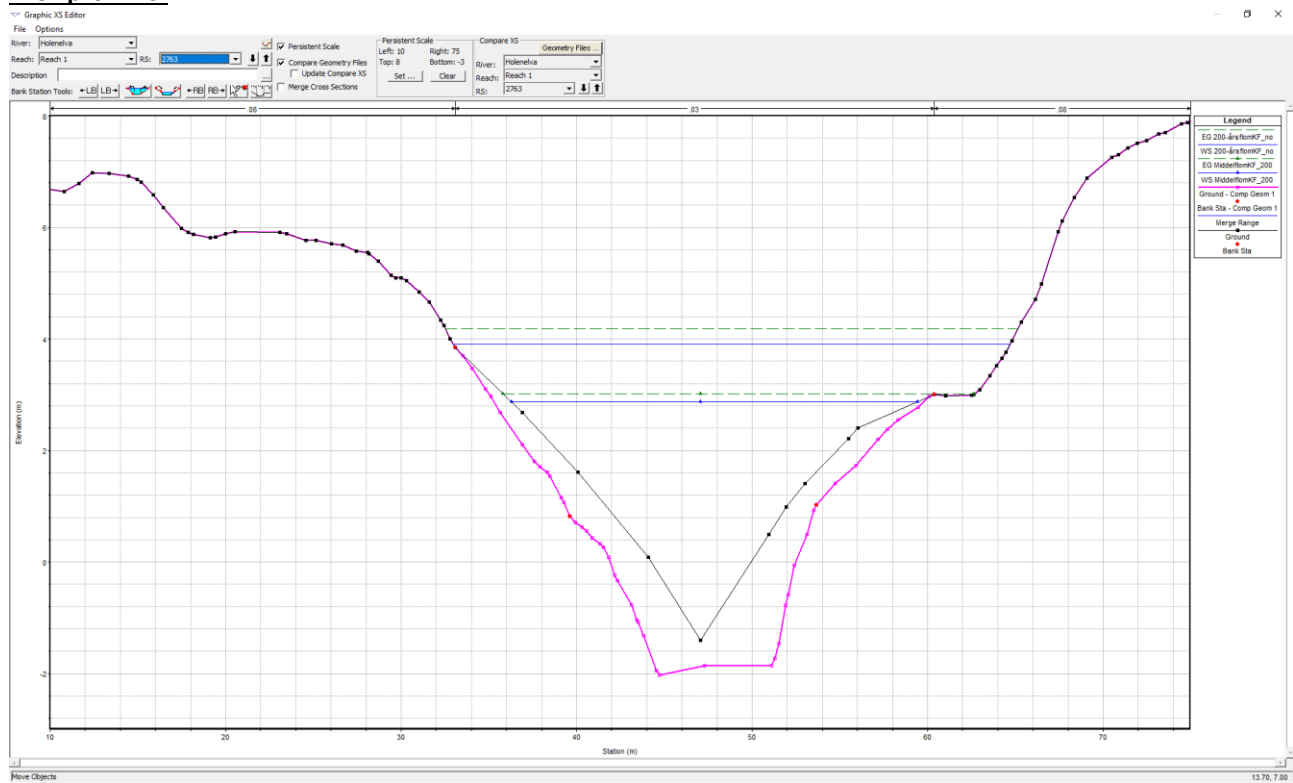
Tverrprofil 18:



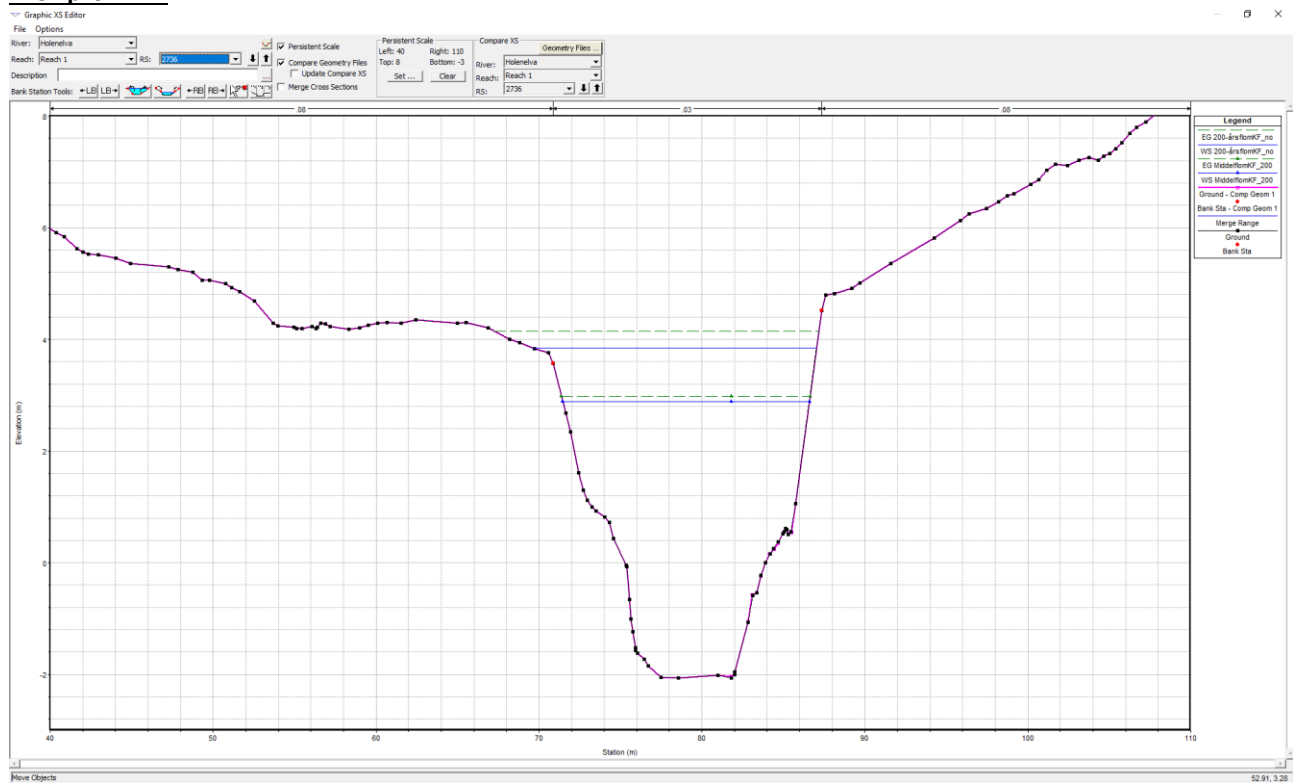
Tverrprofil 19:



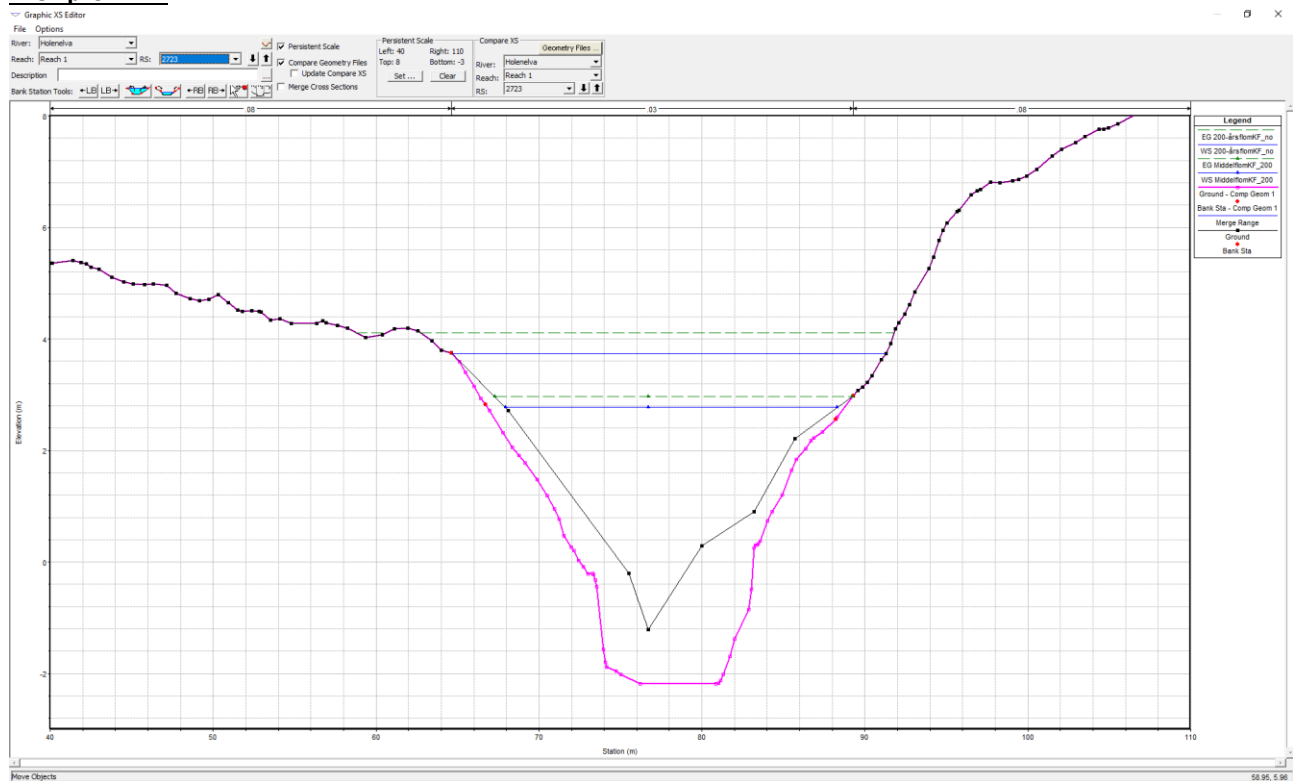
Tverrprofil 20:



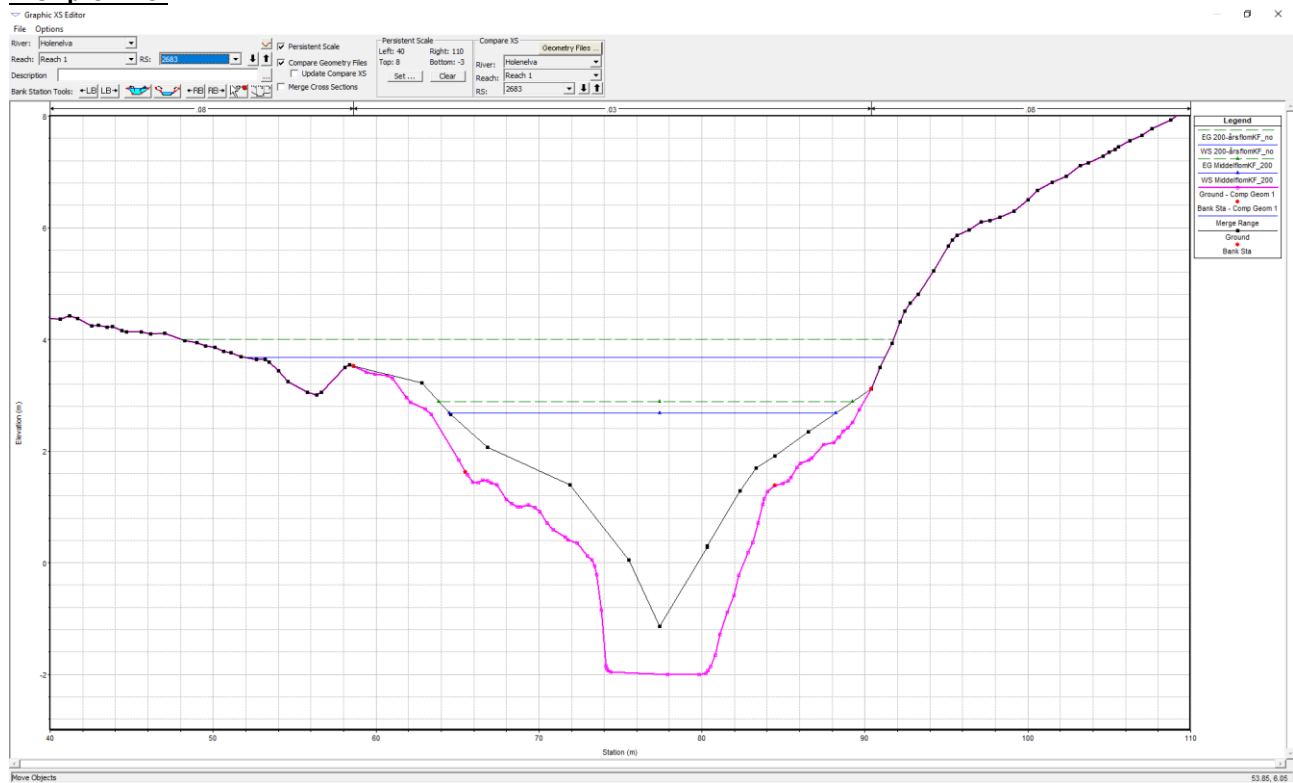
Tverrprofil 21:



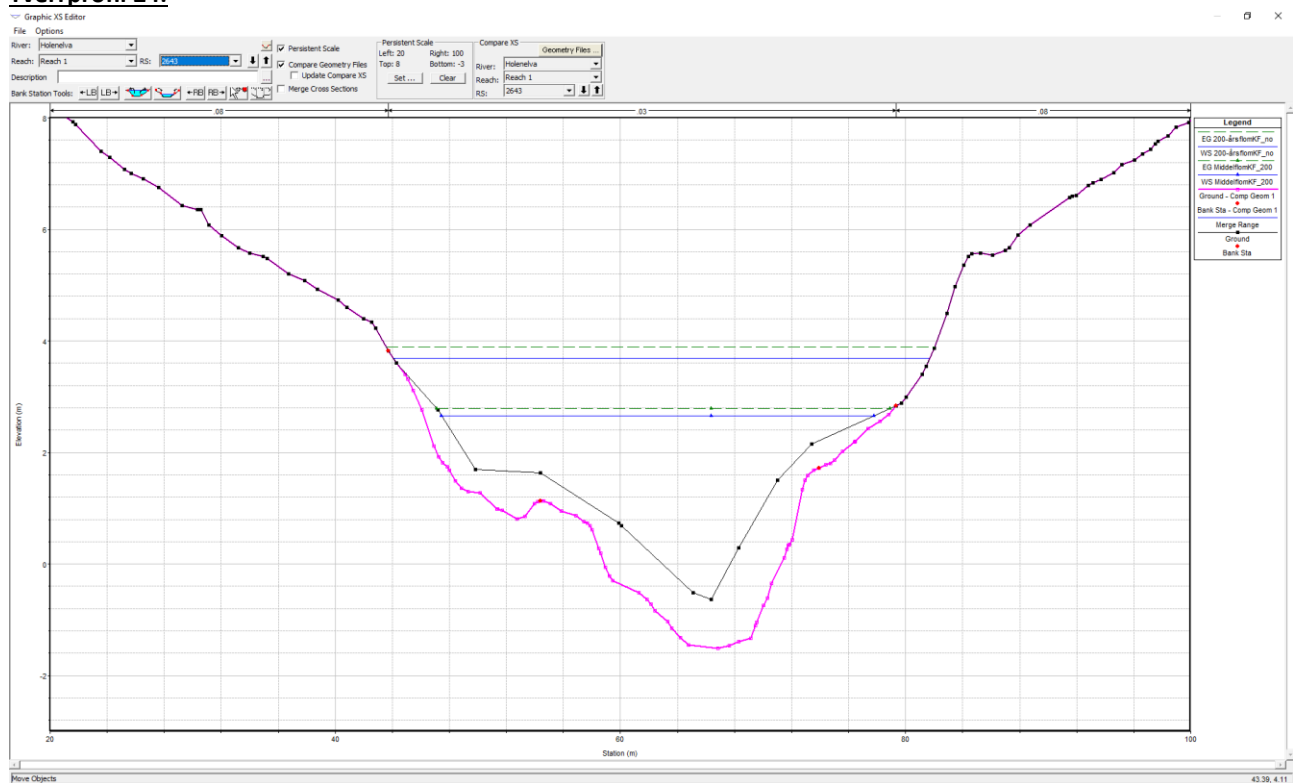
Tverrprofil 22:



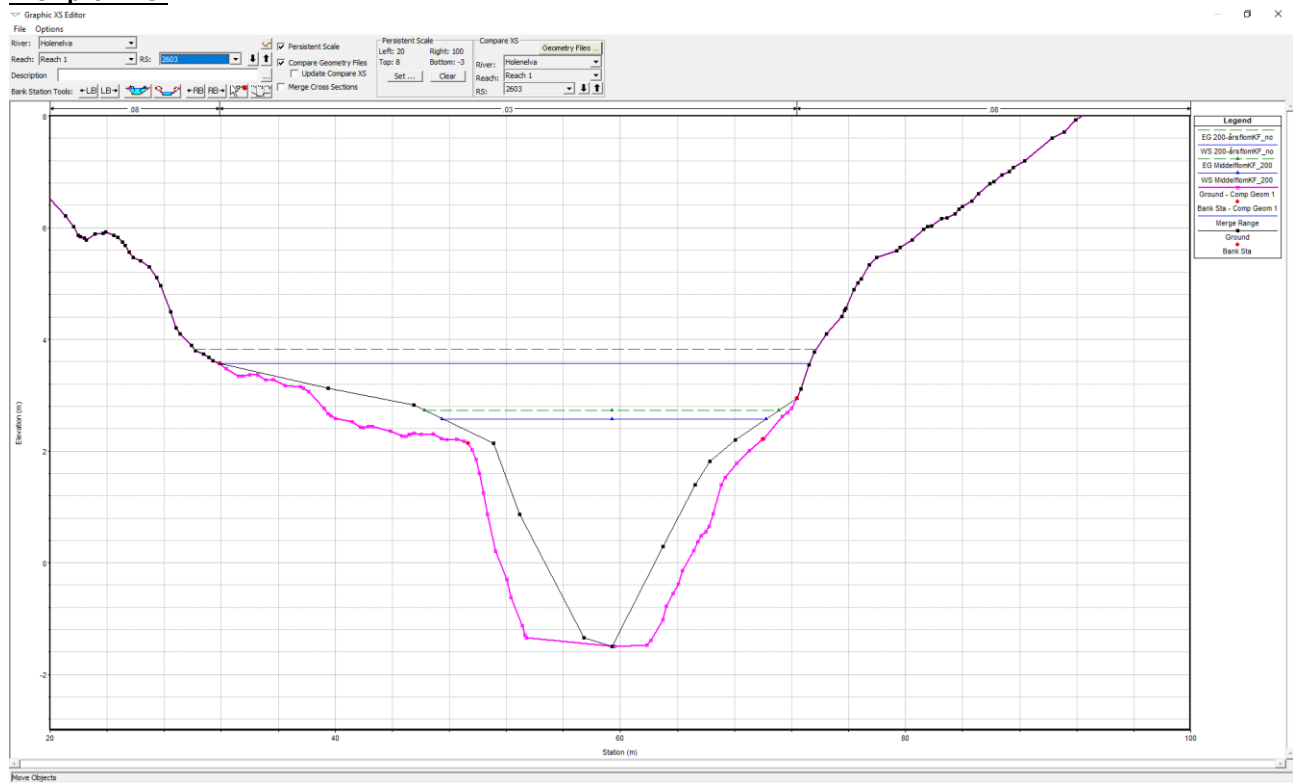
Tverrprofil 23:



Tverrprofil 24:



Tverrprofil 25:



Tverrprofil 26:

