

DESEMBER 2024
RINGERIKE KOMMUNE

TEMANOTAT - FLOMANALYSE

VEDLEGG TIL SCHJONGSLUNDEN REGULERINGSPLAN

OPPDRAGSNR.

A248099

DOKUMENTNR.

NOT-HYD-001

VERSION

1.0

UTGIVELSESDATO

17.12.2024

BESKRIVELSE

Flomanalyse

UTARBEIDET

Stefan Perzyna

KONTROLLERT

Erik Mølmann

GODKJENT

BSEN

INNHold

1	Sammendrag	1
2	Krav til flomberegninger	2
2.1	Lowverket	2
2.2	Flom	2
3	Feltbeskrivelse	4
4	Flomberegninger	5
4.1	Metode	5
4.2	Datagrunnlag for flomberegninger og frekvensanalyse	5
4.3	Observerte flommer	7
4.4	Flomfrekvensanalyse	9
4.5	Justering av flomverdier i forhold til ventede klimaendringer	14
4.6	Dimensjonerende flom	14
4.7	Flommen Hans	14
5	Oppbygging av modellen i HEC-RAS	16
5.1	Nedstrøms grensebetingelse	16
5.2	Ruhet	16
5.3	Topografiske data	16
5.4	Avgrensning av prosjektet	16
5.5	Kalibrering av modellen mot flommen Hans 11.08. 2023	18
5.6	Usikkerhet ved beregninger	20
6	Resultater	21
6.1	Erosjonsfare	23
7	Endringer i forhold til tidligere NVE-kart	24
8	Kilder	25
9	Vedlegg	25

1 Sammendrag

I forbindelse med utarbeiding av ny reguleringsplan for Schjongslunden, er COWI blitt bedt om å utføre en hydraulisk analyse i Storelva.

NVE utarbeidet et flomsonekart for Hønefoss i 2003. Som utgangspunkt for denne rapporten er disse flomberegningene oppdatert med nyere flommålinger benyttet. Videre er en hydraulisk modell utarbeidet for beregning av flomvannstander og vannhastigheter rundt det undersøkte området. Beregningen baserer seg på en terrengmodell etablert ved hjelp av laserscannede data (LIDAR) og bunnmålinger utført med ekolodd.

Flomberegningene ble utført ved bruk av lokal flomfrekvensanalyse på observerte flomdata (FFA) ved bruk av måldata fra perioden 1880-2023. De hydrauliske beregningene er utført ved bruk av programvaren HEC-RAS i 1D og 2D. Modellen er kalibrert mot flyfoto tatt den 11.08.2023 ved flommen Hans, som ble estimert til en Q100 flom.

Dimensjonerende flom Q200 er $1620 \text{ m}^3/\text{s}$. Det er brukt 0 % klimapåslag og 10 % sikkerhetsfaktor. Analysen viser en mulig vannstandstigning i Storelva med opp til 6 m over normalvannstand. Nesten hele Schjongslunden er flomutsatt. Ved en Q200 + sikkerhetsmargin flomhendelse vil vannet ha en dybde på opp til 2 m over land.



Figur 1-1- Flomkart for Q200 + 10 % sikkerhetsmargin.

2 Krav til flomberegninger

2.1 Lovverket

Plan- og bygningsloven § 28-1 stiller krav for nybygg om tilstrekkelig sikkerhet mot fare som følge av natur -eller miljøforhold:

«Grunn kan bare bebygges, eller eiendom opprettes eller endres, dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold. Det samme gjelder for grunn som utsettes for fare eller vesentlig ulempe som følge av tiltak.»

2.2 Flom

Krav til sikkerhet mot flom og stormflo er beskrevet i TEK17 § 7-2 (Direktoratet for byggkvalitet, 2017). Bestemmelsene gjelder sikkerhet mot saktevoksende flommer som normalt ikke medfører fare for menneskeliv. Byggverk plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom som vist i Tabell 2-1.

Tabell 2-1-Sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område.

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
F1	Liten	1/20
F2	Middels	1/200
F3	Stor	1/1000

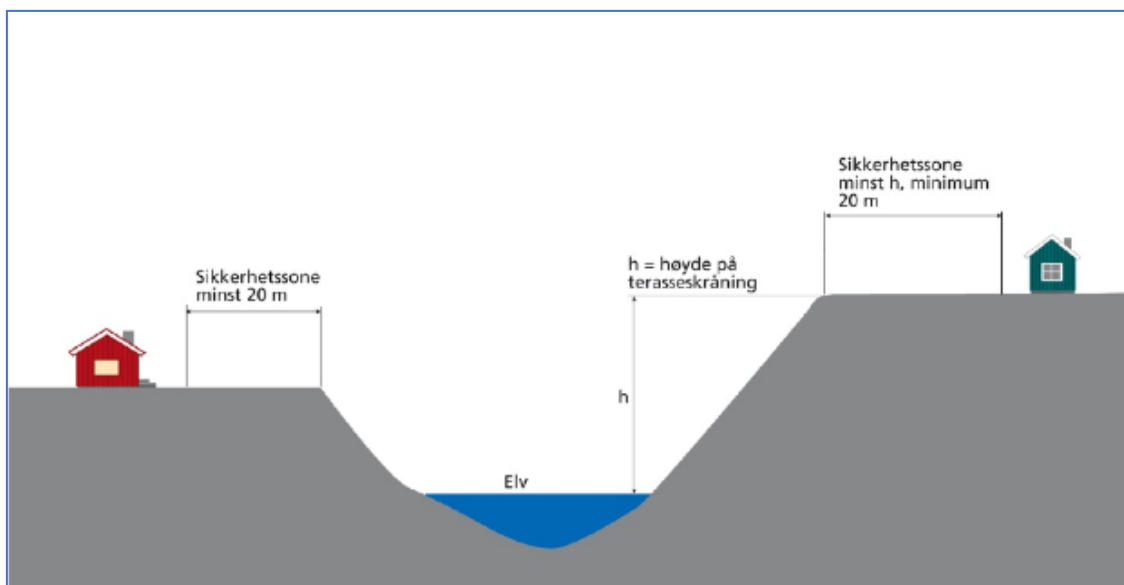
Bestemmelsen om flom omfatter også stormflo. Det betyr at de samme sikkerhetsnivåene gjelder.

Sikkerhetsklasse F1 omfatter byggverk med lite personopphold og små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Eksempel på byggverk i denne sikkerhetsklassen er garasjer og lagerbygninger med lite personopphold.

Sikkerhetsklasse F2 byggverk tiltak de fleste byggverk beregnet for personopphold. Eksempel på byggverk i denne sikkerhetsklassen er bolighus, hytter, kontorer, skoler, industribygg og barnehager. Det kan tillates større økonomiske konsekvenser, men kritiske samfunnsfunksjoner skal ikke påvirkes. Ved store flomdybder (>2m) og vannhastigheter (>2m/s) hvor produktet av dybde og vannhastighet er større en 2m²/s anbefales sikkerhetsklasse F3.

Sikkerhetsklasse F3 omfatter byggverk for sårbare samfunnsfunksjoner og byggverk der oversvømmelse kan gi stor forurensning på omgivelsene. Eksempel på byggverk i denne sikkerhetsklassen er sykehus og bygninger med beredskapsfunksjoner.

I paragrafens fjerde ledd er det angitt premisser for sikker plassering av bygg mot erosjon. Avstanden til erosjonsutsatt elvekant bør være minst like stor som høyden på elvekanten og ikke under 20 meter. Dersom vassdraget sikres mot erosjon, kan avstanden være mindre. Illustrasjon av dette er vist i Figur 2-1.



Figur 2-1. Sikkerhetssone mot erosjon

2.2.1 Aktuelle krav for området

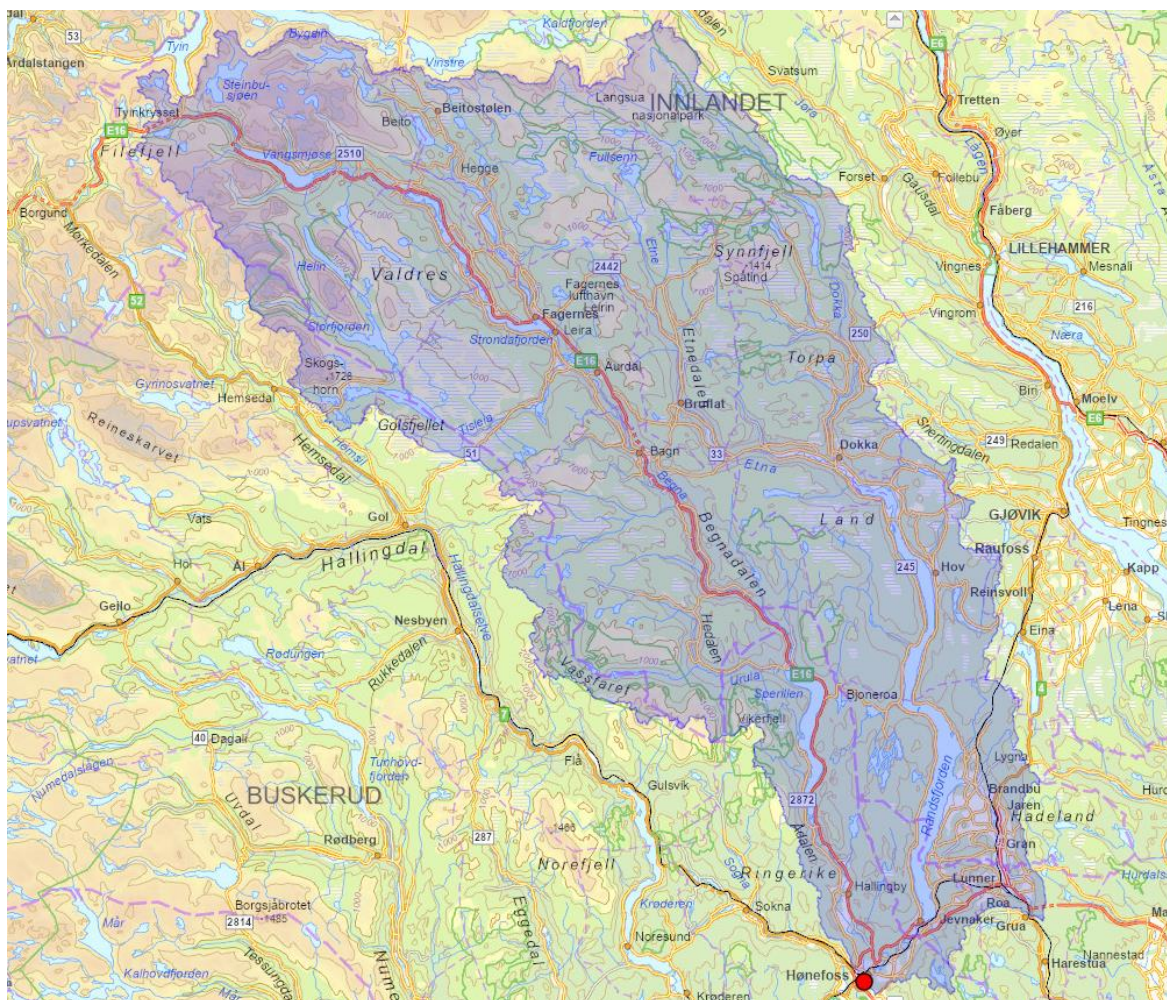
Sikkerhetsklasse for bygninger i det aktuelle området vurderes til å være sikkerhetsklasse F2.

3 Feltbeskrivelse

Randselva og Ådalselva møtes i Hønefoss og elven kalles Storelva herfra og ned til Tyrifjorden. Ved samløpet har Ådalselva et nedbørfelt på 4859 km², mens Randselva har et nedbørfelt på 3771 km². Storelvas nedbørfelt ned til analyseområdet er 8649 km². Det er ikke foretatt feltbefaringer for å kartlegge dreneringsveiene og feltgrensene, så disse baserer seg på analyser i webtjenestene NEVINA og Scalgo, samt ulike kartstudier (Figur 3-1).

Vassdraget er regulert, noe som vil ha stor innvirkning på flommer. Normalavløpet for vassdraget er beregnet ut fra NVEs avrenningskart for perioden 1961-1990 og gir en midlere spesifikk årlig avrenning på 17.2 l/s/km².

Feltet har en lav gjennomsnittlig helning på 0.011 %. Høyden i nedbørfeltet strekker seg fra 68 til 1904 moh., som gir en høydeforskjell på 1836 m. Øvrige feltparametere er vist i Tabell 3-1. Feltet har mye skog (58.4 %), og en del snaufjell (14.9 %).



Figur 3-1 Nedbørsfeltet til Storelva ned til analyseområdet.

Tabell 3-1 Feltparametere

Navn	AREAL	Qn Nevina	(ASE)	(FL)	HMIN	HMAX	Skog	Snaufjell	Bre
	km ²	l/s/km ²	%	km	m	m	%	%	%
Storelva	8649	17.2	1.05	169	68	1904	58.4	14.9	0

4 Flomberegninger

I 2002 i forbindelse med delprosjekt Hønefoss (NVE) ble det utført flomberegning for Storelva. Disse beregningene oppdateres med nye data fra perioden 2002-2023, med størst fokus på flommen Hans fra 2023.

4.1 Metode

For Storelva benyttes det frekvensanalyser fra vannføringsstasjoner i vassdraget.

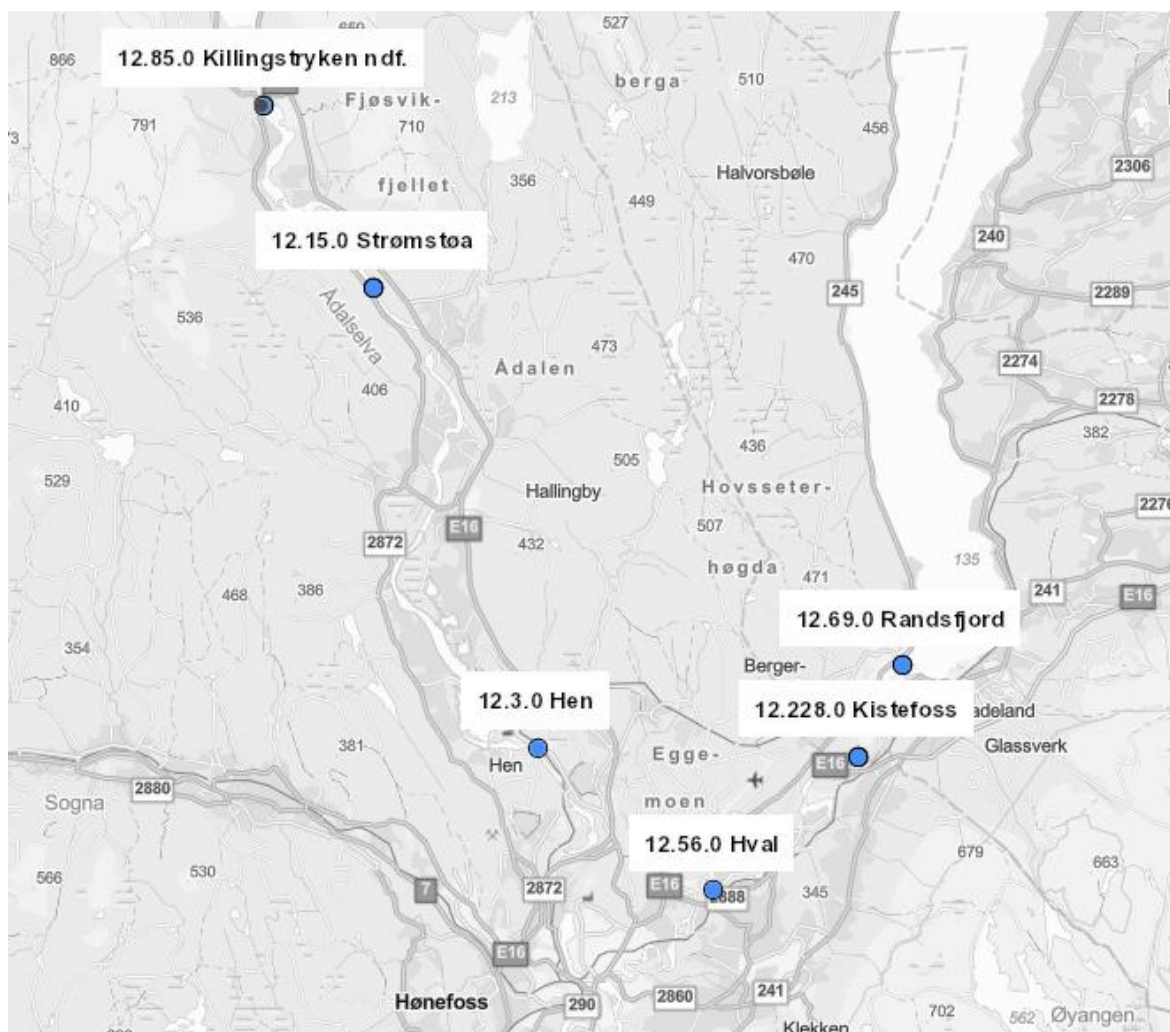
For de lokale frekvensanalysene har alle tidsseriene mer enn 50 år med data. Det er derfor benyttet en GEV (I-moment) [1] fordeling. Dette er i tråd med gjeldende anbefalinger (Veileder for flomberegninger, 2022).

I tidligere beregninger ble det brukt log-normal 3-fordeling. Denne er ikke brukt lengre. For sammenligning av endringer i resultatene for FFA på data målt til 2002 mot data målt til 2023 er det brukt GEV (I-moment) fordeling i alle tilfeller.

4.2 Datagrunnlag for flomberegninger og frekvensanalyse

4.2.1 Utvalgte målestasjoner

En oversikt over karakteristika til nedbørfeltene til de aktuelle stasjonene i området er gitt i Tabell 4-1.



Figur 4-1: Benyttede stasjoner.

Tabell 4-1 Feltkarakteristikker for representative nedbørfelt

Nr	Navn	Vassdrag	Start	Areal
12.85	Kyllingstryken	Ådalselva	1905-1983	4620
12.15	Strømstoa	Ådalselva	1964-dd	4649
12.3	Hen	Ådalselva	1864-1905	4855
12.228	Kistefoss	Randselva	1916-dd	3702
12.69	Randsfjord	Randselva	1869-1915	3670

4.2.2 Målestasjoner i Ådalselva

12.3 Hen lå i Ådalselva noen kilometer oppstrøms samløpet med Randselva. Bortsett fra vintermånedene og årene 1867-68 og 1886-87, har en registrert vannføring her fra 1864 til 1905. Det er utført vannføringsmålinger for vannføringer opp til 650 m³/s. Flomverdiene virker sannsynlige.

12.85 Killingstryken ligger i Ådalselva nedstrøms Sperillen. Stasjonen har vært i drift fra 1905. Elveprofilen ved stasjonen har vært ustabil, men dette har først og fremst påvirket lavvannføringer. Data fra Killingstryken er benyttet for perioden 1905 – 1983 og for 1989. Det er utført vannføringsmålinger for vannføringer opp til 666 m³/s. Den største målingen ble gjort i september 1934.

12.15 Strømsstøa ligger nedstrøms Killingstryken, men et stykke oppstrøms der stasjonen 12.3 Hen lå. Stasjonen ble opprettet i 1968, men har flere lange observasjonsbrudd fram til 1983. Også for 1989 er det observasjonsbrudd. Data fra denne stasjonen er benyttet for periodene 1984 – 88 og 1990-dd. Det er utført vannføringsmålinger for vannføringer opp til 451 m³/s. Den største målingen ble gjort i juni 1995.

Det er relativt liten forskjell mellom arealet til nedbørfeltene til Hen, Killingstryken og Strømsstøa. Ved flom i Ådalselva betyr tilsiget fra lokalfeltet til Ådalselva relativt lite i forhold til avløpet fra Sperillen. Disse tre seriene er derfor satt sammen til en lang Ådalselv-serie uten noen skalering av vannføringene.

4.2.3 Målestasjoner i Randselva.

12.69 Randsfjord lå i utløpet av Randsfjorden og ble opprettet i 1869. Bortsett fra for vintermånedene har en data ved denne stasjonen fram til Randsfjorden ble regulert i 1916. I 1895 ble det under flom gjort vannføringsmåling på nesten 400 m³/s. De eldste flomverdiene er imidlertid svært lave. Det kan skyldes usikkerhet vedrørende nullpunkt for vannføringskurven. I 1880 gikk en over fra å registrere vannstanden i fot til meter. De eldste flomdataene fra Randselva og Ådalselva er sammenlignet. En finner da en bedre samvariasjon etter 1880 enn før. For Randselva er derfor ikke data før 1880 benyttet som grunnlag i flomanalysene.

12.228 Kistefoss ligger i Randselva. Stasjonen ble opprettet i 1916 og har komplette data til og med 1999. Det er antatt at kvaliteten på data fra denne stasjonen er brukbar, og at flomverdiene er relativt pålitelige. Det er utført vannføringsmålinger for vannføringer opp til 291 m³/s. Den største målingen ble gjort i oktober 2000.

4.2.4 Arbeidsserier

Det er laget flere arbeidsseirer for analyse av flomforholdene i de aktuelle områdene. Følgende er benyttet:

1. Ådalselva (1864-2023) = 12.3 (1864-1905), 12.85 (1905-1999) og 12.15 (2000-2023)
2. Randselva (1869- 2023) = 12.69.(1869-1915) og 12.228 (1916-2023)
3. Storelva = Avløp Randsfjorden og Sperillen (1869- 2023) = Ådalselva (1869-2023) + Randselva (1869- 2023)

Når notasjonen Storelva benyttes i teksten videre, menes sum avløp fra Sperillen og Randsfjorden. Tilsig fra lokalfeltene nedstrøms innsjøene er da ikke medregnet.

4.3 Observerte flommer

Som regel er det snøsmelting og regn i mai og juni som har gitt de største flommene i Randselva, Ådalselva og Storelva. Men store flommer forekommer også senere på sommeren og om høsten. Reguleringene i vassdraget har medført en merkbar reduksjon av flomvannføringene i Ådalselva. I Randselva er endringene mindre.

I tabellen under er det gitt oversikt over fem største registrerte flommer i Ådalselva i periodene 1864-1946 og 1947-2023 som er perioden før og etter den store utbyggingen av magasinene i vassdraget.

Tabell 4-2- Observerte flommer i Ådalselva.

Perioden 1864-1946	Observert flom [m ³ /s]	Perioden 1947-2023	Observert flom [m ³ /s]
31.05.1879	925	11.08.2023	847
02.06.1897	890	04.06.1967	639

18.05.1895	852	25.05.2013	590
01.06.1917	823	29.05.1951	554
17.09.1866	805	12.07.2007	554

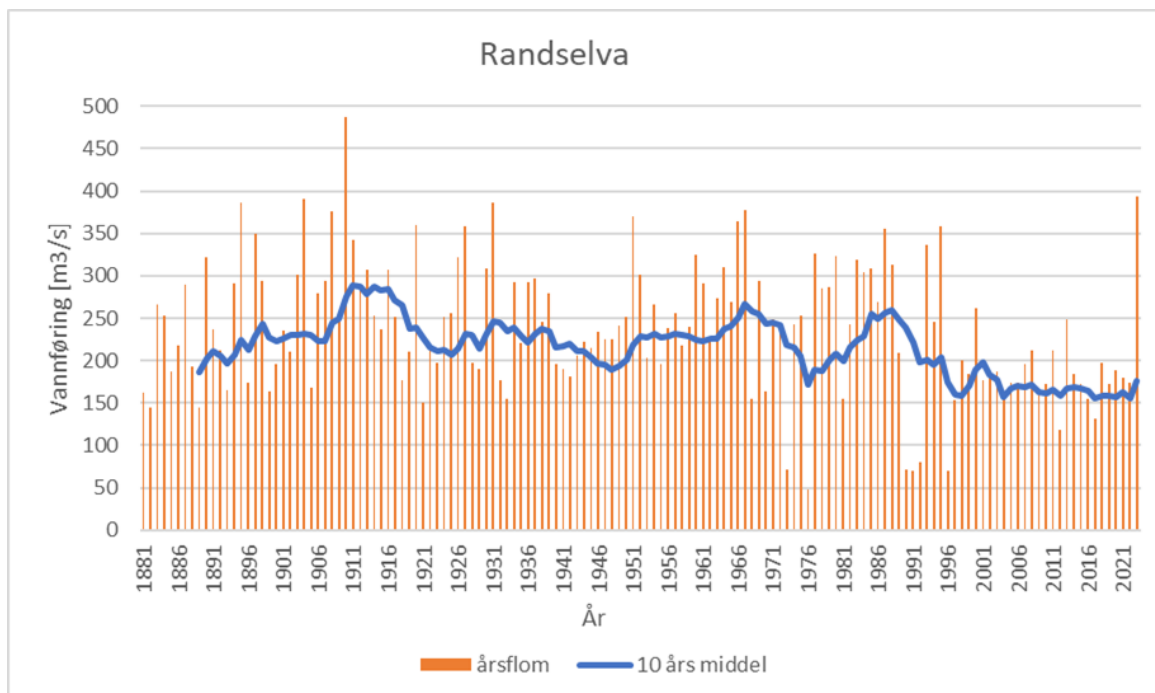
Figur 4-2-Observerte flommer i Ådalselva med 10 års middel.

Figur 4-2 viser tydelig endring i observerte flommene etter utbyggingene som skjedde på 40 og 70 tallet. Flommen Hans (2023) er en av de største flommene og i størrelse med flommene som ble observert før utbyggingen.

I tabellen under er det gitt oversikt over de ti største registrerte flommene i Randselva.

Tabell 4-3- Observerte flommer i Randselva.

25.05.1910	488	05.06.1967	378
11.08.2023	395	02.06.1908	376
07.06.1904	390	03.06.1951	370
19.05.1895	386	25.05.1966	364
28.05.1931	386	29.05.1920	361



Figur 4-3- Observerte flommer i Randselva med 10 års middel.

4.4 Flomfrekvensanalyse

For bestemmelse av flommer med gjentaksintervall opptil 1000 år er det utført analyser av de lange seriene en har for både Randselva, Ådalselva og Storelva. Som grunnlag for konstruksjon av flomsonekart for flommer med gjentaksintervall opp til 50 år er det vurdert som mest korrekt å benytte data fra perioden 1947 – 2023 for Ådalselva og Storelva. For flommer opp til 1000 års gjentaksintervall benyttes alle tilgjengelige data.

For Randselva benyttes som tidligere nevnt data for hele perioden 1880 – 2023 for å fastsette ulike flomstørrelser.

For å unngå at år uten eller med svært liten flom skulle forstyrre tilpasningen av de ulike frekvenskurvene er slike år utelatt fra analysene. For Ådalselva gjelder det 1875, 1973, 1976 og 1991, for Randselva 1880, 1973, 1976, 1990, 1991, 1992 og 1996 og for Storelva 1973, 1976, 1990, 1991, 1992 og 1996.

4.4.1 Ådalselva

Flomfrekvensanalysen er gjennomført på årsdata. Fordelingen som er brukt er GEV (I-moment). Resultater fra flomfrekvensanalyse for årsflommer med varighet et døgn er vist i Tabell 4-4. For Ådalselva er det brukt data fra perioden 1946-2023 for flommer opp til 50 år gjentaksintervall, dette tilsvarer årene etter den store magasinutbyggingen. For større flommer er hele perioden 1881-2023 brukt. Det er gjort også en lik analyse for kortere periode opp til år 2001, for å sammenligne resultatene med tidligere flomberegninger fra NVE.

For Ådalselva er årene 1875, 1973, 1976 og 1991 utelatt fra analysen.

Tabell 4-4-Flomfrekvensanalyse for Ådalselva, døgnverdier, periode 1846-2023.

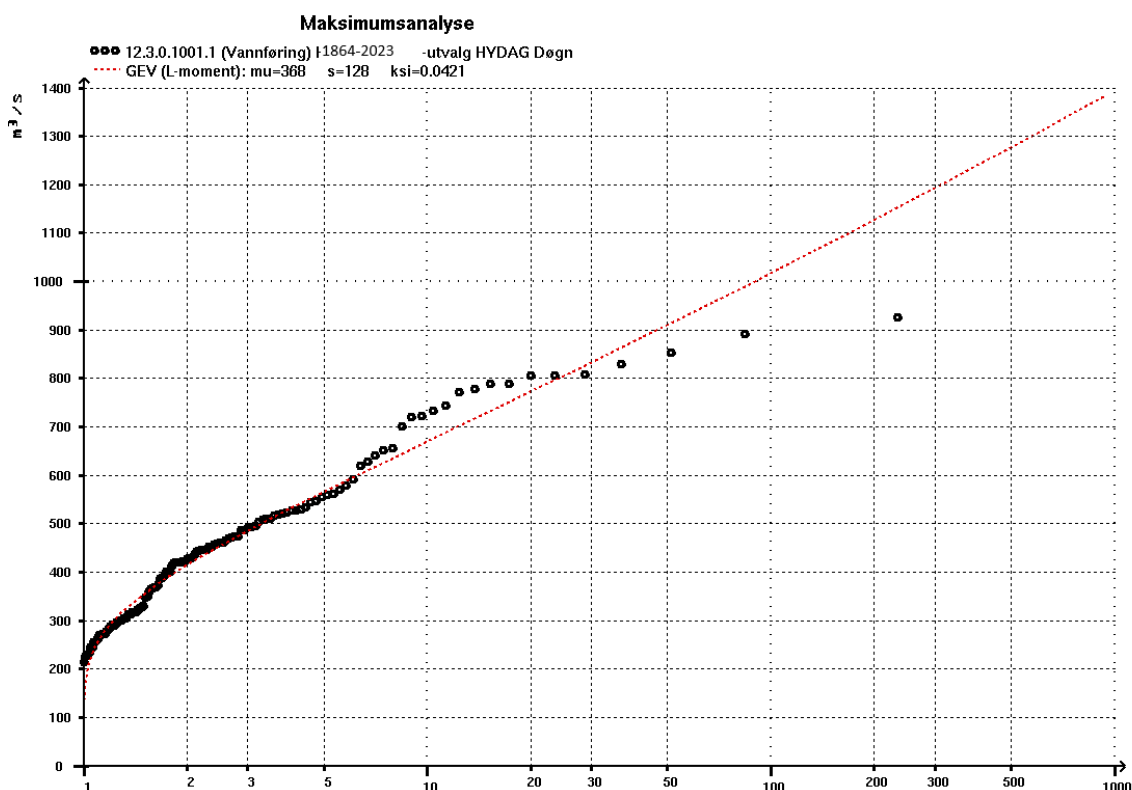
Periode	Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000	Fordeling
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	
1946-2023	360	441	512	582	675					GEV (l-mom)
1881-2023						1013	1128	1288	1415	GEV (l-mom)

Tabell 4-5-Flomfrekvensanalyse for Ådalselva, døgnverdier, periode 1846-2001.

Periode	Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000	Fordeling
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	
1946-2001	360	438	500	556	627					GEV (l-mom)
1881-2001						1018	1127	1277	1394	GEV (l-mom)
NVE 2002	343	436	489	536	593	944	1025	1149	-	log-normal 3-

Sammenligning av resultater fra Tabell 4-4 og Tabell 4-5 gir en indikasjon på kilden til endringer i beregnede flomstørrelser, Hans. Det er en liten forskjell mellom resultatene fra periode opp til 2001 og 2023, med kun økning i beregnede flomstørrelser opp til 50 års gjentaksintervall. Dette skyldes trolig den store flommen som opptrår i 2023. For større flommer er endringen betydelig mindre.

Ved å sammenligne de nye resultatene både opp til 2001 og 2023 med tidligere fra NVE ser vi en betydelig endring for de store flommene over 100 år, som øker med større gjentaksintervall. Dette skyldes forskjellig fordeling brukt for beregning av flomstørrelser. Bruk av GEV fordeling er i tråd med gjeldene retningslinjer og derfor vurdert som mer riktig. Dette vil også gjelde for flomfrekvensanalyse utført for Randselva og Storelva.



Figur 4-4- Flomfrekvensanalyse- konstruert serie for Ådalselva 1964- 2023, GEV (l-moment).

4.4.2 Randselva

Flomfrekvensanalysen er gjennomført på årsdata. Fordelingen som er brukt er GEV (l-moment). Resultater fra flomfrekvensanalyse for årsflommer med varighet et døgn er vist i Tabell 4-6. For Randselva er det brukt data fra perioden 1880-2023 for flommer med returperiode opptil 1000 år. Det er gjort også en lik analyse for en kortere periode opp til år 2001, for å sammenligne resultatene med tidligere flomberegninger fra NVE.

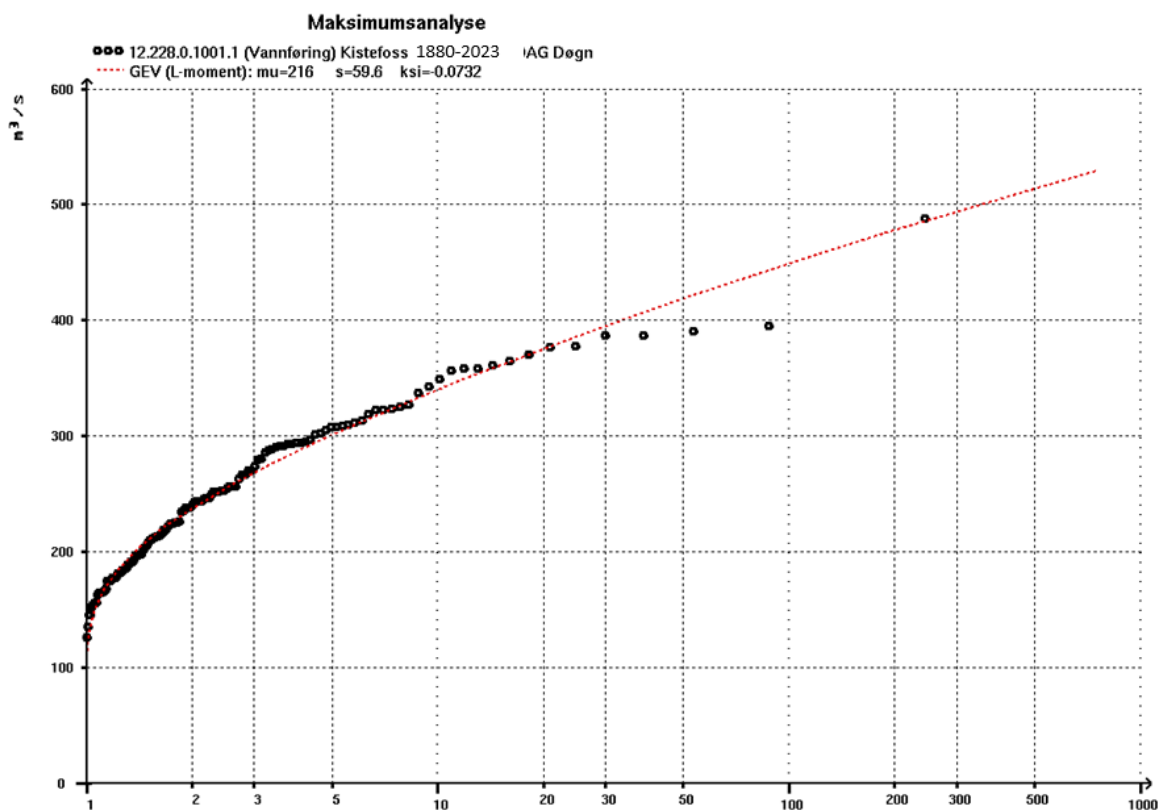
For Randselva er årene 1880, 1973, 1976, 1990, 1991, 1992 og 1996 uttatt fra analysen.

Tabell 4-6-Flomfrekvensanalyse for Randselva, døgnverdier.

Periode	Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000	Fordeling
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	
1880-2023	247	301	340	375	419	449	478	514	540	GEV (l-mom)
1880-2001	256	311	347	377	412	435	455	480	497	GEV (l-mom)
NVE 2002	248	315	354	389	432	463	493	531	-	log-pearson 3-

Resultatene gitt i tabellen overfor gir en indikasjon på kilden til endringer i beregnet flomstørrelser. Det er en liten forskjell mellom resultatene fra periode opp til 2001 og 2023. For flommer større enn Q100 ser vi en del økning i flomstørrelser.

Bruk av GEV-fordelingen på data fra perioden 1880-2001 gir lavere resultater enn flomstørrelser beregnet av NVE med log-pearson 3 fordeling. Flomfrekvensanalyse med GEV fordeling beregnet for data fra perioden 1880-2023 gir en del økning av flomstørrelser sammenlignet med 1880-2001 perioden. Endelige resultater for Randselva (GEV 1880- 2023) er tilnærmet lik de beregnet av NVE i 2002.



Figur 4-5-Flomfrekvensanalyse- konstruert serie Randselva 1880- 2023, GEV (l-moment).

4.4.3 Storelva - Samlet vannføring og fra Ådalselva og Randelva ved samløpet.

For Storelva er vannføringen fra Randselva og Ådalselva summert. Dette er mulig siden begge vassdrag kulminerer omtrent samtidig. Flomfrekvensanalysen er gjennomført på årsdata. Fordelingen som er brukt er GEV (full lokal + regional). Resultater fra flomfrekvensanalyse for årsflommer med varighet et døgn er vist i Tabell 4-7. For flommer opp til 50 år gjentakintervall er det brukt data fra perioden 1946-2023, dette tilsvarer årene etter den store magasinutbyggingen og forutsetter dempning av flommene i vassdraget. For større flommer er hele perioden 1881-2023 brukt, dette tar med de store flommene før reguleringen. Det er gjort også en lik analyse for kortere periode opp til år 2001, for å sammenligne resultatene med tidligere flomberegninger fra NVE. For Storelva er årene 1973, 1976, 1990, 1991, 1992 og 1996 utelatt fra analysen.

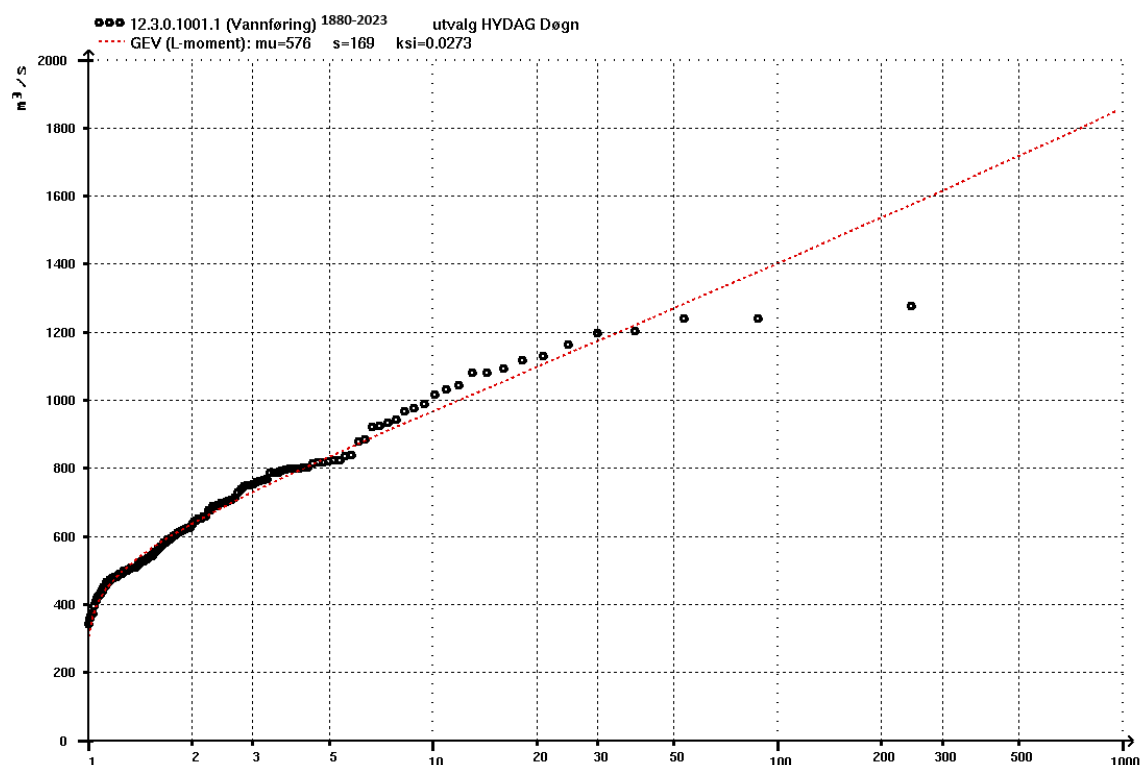
Tabell 4-7-Flomfrekvensanalyse for Storelva, døgnverdier. Periode 1946-2023 og 1881- 2023.

Periode	Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000	Fordeling
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	
1946-2023	600	725	823	915	1032					GEV (l-mom)
1881-2023						1402	1537	1718	1858	GEV (l-mom)

Tabell 4-8-Flomfrekvensanalyse for Storelva, døgnverdier, Periode 1946-2001 og 1881- 2001.

Periode	Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000	Fordeling
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	
1946-2001	624	749	830	901	983					GEV (l-mom)
1881-2001						1397	1520	1682	1805	GEV (l-mom)
NVE 2002	580	748	826	895	976	1308	1401	1584	-	log-normal 3-

Tabell 4-9- Flomfrekvensanalyse for Storelva, døgnverdier.



4.4.4 Tilsig fra lokalfelt nedstrøms fra målestasjoner ned til samløp

Ved midlere flom er det regnet med et tilsig på 100 l/s km² fra lokalfeltene nedstrøms målestasjonene og ned til samløpet til Ådalselva og Randselva.

For flommer med gjentakintervall opptil 500 år er tilsiget fra dette området beregnet ved en forenklet metode. Basert på frekvensfaktorer bestemt av hele observasjonsseriene fra Randselva og Sperillen er forholdstall bestemt. Dette medfører at tilsiget ved en 100-års flom øker til ca. 200 l/s km². I tabell 12 er resulterende lokaltilsig i m³/s for de ulike punktene langs vassdraget gitt. En ser at bidragene fra disse feltene er relativt små sammenlignet med avløpet fra innsjøene oppstrøms. Verdiene er hentet fra tidligere NVE flomberegninger.

Tabell 4-10- Tilsig fra lokalfelt nedstrøms Sperillen og Randsfjorden ved flom i hovedvassdragene.

Vannføring i hovedvassdraget		Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000
Tilsig lokal	Km2	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Lokalfelt Ådalselva	254	25	32	37	41	46	50	54	59	65
Lokalfelt Randselva	69	7	9	10	11	12	14	15	16	18

Resultatene av flomanalysene for Ådalselva, Randselva og Storelva er sammenfattet i Tabell 4-11.

Tabell 4-11- Flomverdier for Ådalselva, Randselva og Storelva, døgnverdier.

Periode	Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Ådalselva samløp Randselva	385	473	549	623	721	1063	1182	1347	1480
Randselva samløp Ådalselva	254	310	350	386	431	463	493	530	558
Storelva samløp Ådalselva Randselva	632	766	870	967	1090	1466	1606	1793	1941

4.4.5 Kulminasjonsflom

I Ådalselva, Randselva og Storelva er det ikke stor forskjell mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring. Det skyldes først og fremst de store innsjøene Sperillen (37 km²) og Randsfjorden (140 km²) som virker utjevne på flomforløpet.

Forholdstallet mellom momentanflom og døgnmiddelflom er beregnet ut fra formler og ved å sammenligne de største flommene registret som døgn- og findata. Verdiene for forholdstall er hentet ut fra tidligere NVE-rapport.

For Ådalselva antas et forholdstall på 1,02 mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring å være representativt. For Randselva antas det et forholdstall på 1,00 mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring å være representativt. For Storelva antas et forholdstall på 1,01 mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring å være representativt.

Tabell 4-12- Flomverdier i Ådalselva, Randselva og Storelva. Kulminasjonsverdier.

Periode	Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Ådalselva samløp Randselva	393	482	560	635	735	1084	1206	1374	1510
Randselva samløp Ådalselva	254	310	350	386	431	463	493	530	558
Storelva samløp Ådalselva Randselva	638	774	879	977	1101	1481	1622	1811	1960

4.5 Justering av flomverdier i forhold til ventede klimaendringer

I NVEs rapport 81-2016 "Klimaendring og framtidige flommer i Norge" [2] er det gitt anbefalinger om hvordan man skal ta hensyn til ventet klimautvikling frem til år 2100 ved beregning av flommer med forskjellige gjentaksintervall. Ut fra anbefalingen for området dekket av flomsonekart Hønefoss, velger vi her å bruke 0% klimapåslag.

4.6 Dimensjonerende flom

Dimensjonerende flomverdier for Ådalselva, Randselva og Storelva er vist i Tabell 4-13. Verdiene er avrundet til nærmeste 5 m³/s. I Tabell 4-14 er det vist flomverdier beregnet av NVE i 2001. Det er en moderat økning av flomverdier opp til 50 års gjentaksintervall, dette skyldes trolig den siste flommen som opptrådte i 2023. For større flommer øker forskjellen mer betydelig. Dette skyldes i størst grad bruk av GEV fordeling, som gir høyere flomverdiene for større flommer enn tidligere brukt log-normal 3 fordeling.

Tabell 4-13- Flomverdier i Ådalselva, Randselva og Storelva. Kulminasjonsverdier. Avrundet til nærmeste 5 m³/s.

Periode	Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Ådalselva samløp Randselva	390	480	560	635	735	1085	1205	1375	1510
Randselva samløp Ådalselva	255	310	350	385	430	465	495	530	560
Storelva samløp Ådalselva Randselva	640	775	880	980	1100	1480	1620	1810	1960

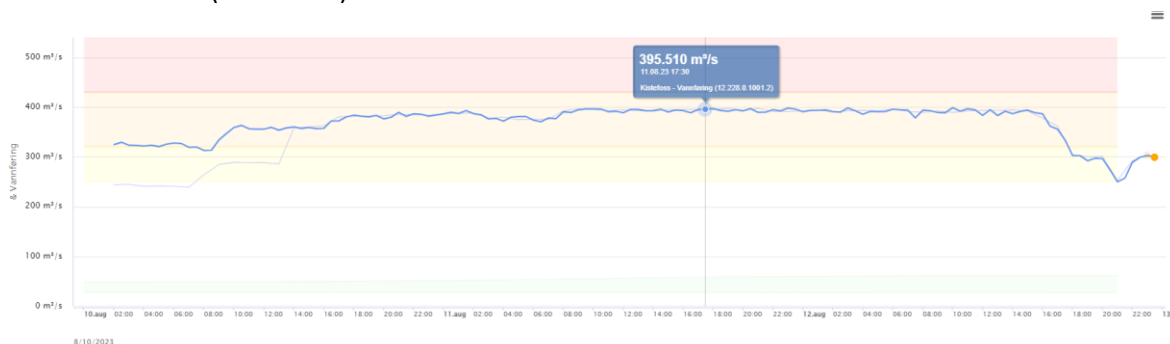
Tabell 4-14- Tidligere flomverdier fra NVE (2002) Ådalselva, Randselva og Storelva. Kulminasjonsverdier.

Periode	Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Ådalselva samløp Randselva	380	480	540	590	650	1010	1100	11230	-
Randselva samløp Ådalselva	250	320	360	400	440	480	510	550	-
Storelva samløp Ådalselva Randselva	620	800	880	960	1040	1390	1490	1680	-

4.7 Flommen Hans

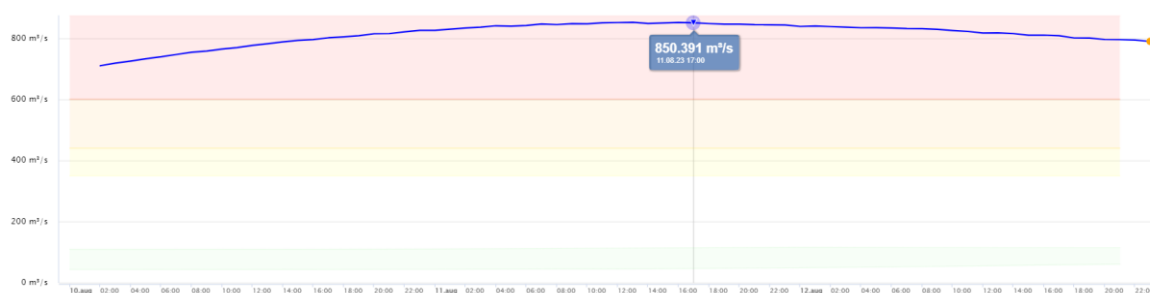
Flommen kulminerte rundt 11.08.2023 kl. 17 samtidig i Randselva og Ådalselva.

12.228 Kistefoss (Randselva)



Etter den ajourførte flomberegningen tilsvarer dette en flom med mellom 20 og 50 års gjentaksintervall i Randselva.

12.15 Strømstøa (Ådalselva)



Etter den ajourførte flomberegningen tilsvaret dette en flom mellom 50 -100 år gjentakintervall i Ådalselva.

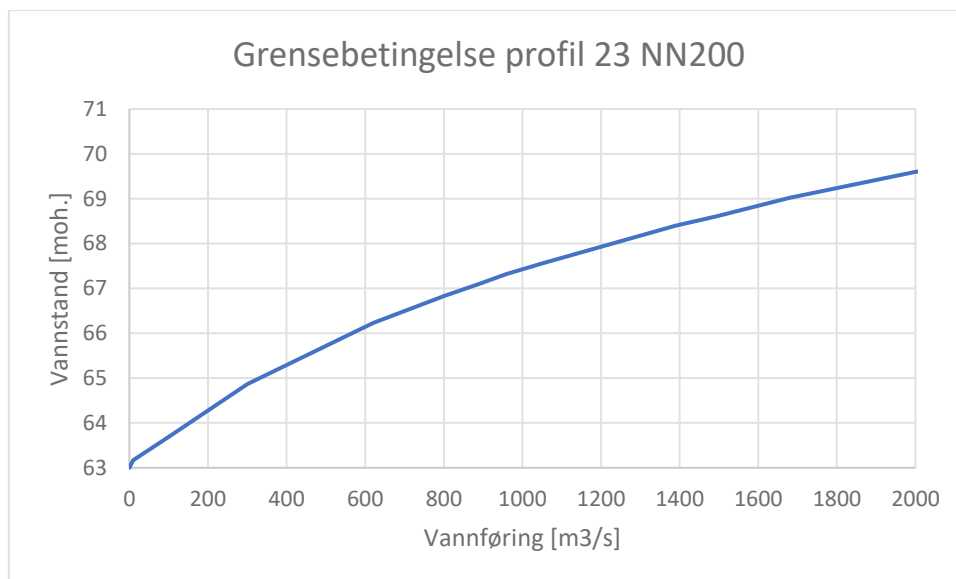
Samlet vannføring fra de to elvene justert med avrenningen fra feltene som ligger nedstrøms gir en samlet vannføring lik ca. 1310 m^3/s . Dette tilsvaret en flom i Storelva med mellom 50 -100 års gjentakintervall.

5 Oppbygging av modellen i HEC-RAS

Vannlinjeberegningene er gjennomført ved bruk av dataprogrammet HEC-RAS 6.5. Modellen er kjørt i 2D med full momentum. Modellen og alle inputdata er oppgitt i høydedatumet NN2000. Inngangsdata i modellen er terrengdata samt friksjonstall i elveløpet og på elveslettene.

5.1 Nedstrøms grensebetingelse

Vannstanden i Storelva ned til Tyrifjorden ble i 2003 beregnet med bruk av 1D modell utarbeidet av NVE. Ut fra resultatene er det konstruert en vannføringskurve i profil 23 (1D) som er brukt i 2D modellen som nedstrøms grensebetingelse. HRV i Tyrifjorden er kt. 63 m.



Tabell 5-1- Vannføringskurve hentet ut fra 1D modell fra profil 23.

5.2 Ruhet

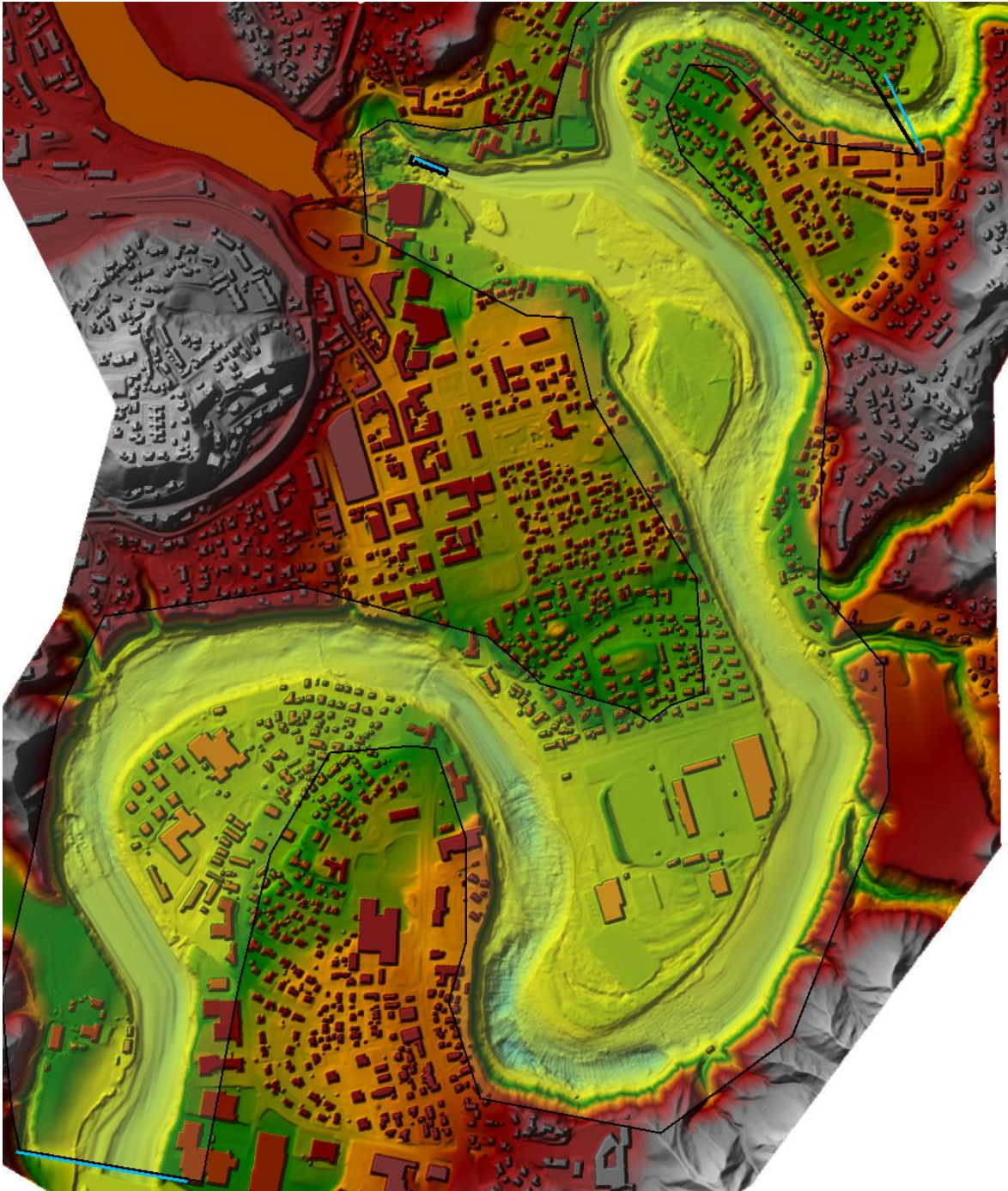
Modellens ruhet er kalibrert mot flybilder tatt ved flommen Hans den 11.08.2023. Ruheten er satt til $n=0.022$ for elveløpet og 0.035 elvesidene.

5.3 Topografiske data

I prosjektet er det brukt vertikalt datum: NN2000, horisontalt datum: EUREF89, projeksjon: UTM32N. Beregningen baserer seg på en terrengmodell etablert ved hjelp av laserscannede data (LIDAR), ekkoloddmålinger av bunnen og tidligere tverrprofilmålinger.

5.4 Avgrensning av prosjektet

Prosjektet omhandler Schjongslunden. Flommen i Storelva er modellert på en ca. 4500 m lang strekning.



Figur 5-1- Analyseområdet i 2D modellen.

5.5 Kalibrering av modellen mot flommen Hans 11.08. 2023

Modellens ruhet er kalibrert mot flybilder tatt ved flommen Hans den 11.08.2023. Det er brukt vannføring fra målestasjonene og det er lagt til avrenning for feltene som ligger nedstrøms målestasjonene ned til samløpet. Dette gir vannføring i Storelva lik $Q = 1310 \text{ m}^3/\text{s}$ som tilsvarer en Q100 flom.

Modellen gir resultater med avvik mellom 10 – 30 cm, hentet ut for punkter ut fra terrengmodellen. Figurene nedenfor viser den modellerte flommen (blå linje) mot flommen Hans på flyfoto i utvalgte lokaliteter.

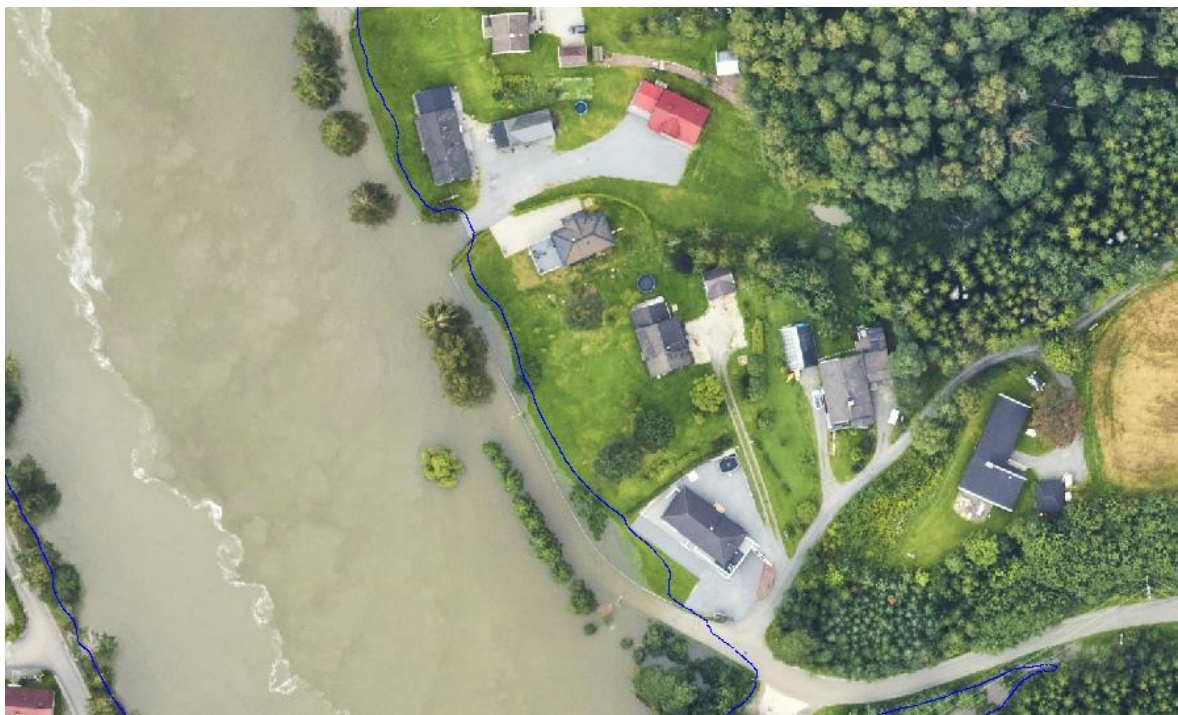


Figur 5-2-Kalibrering av modellen mot flyfoto 11.08.2023

Flyfoto av Schjongslunden området viser en vannstandstigning til ca. kt. 68.8 m.



Figur 5-3 Kalibrering av modellen mot flyfoto 11.08.2023



Figur 5-4-Kalibrering av modellen mot flyfoto 11.08.2023

5.6 Usikkerhet ved beregninger

Usikkerheten i resultatene er knyttet til følgende parametere:

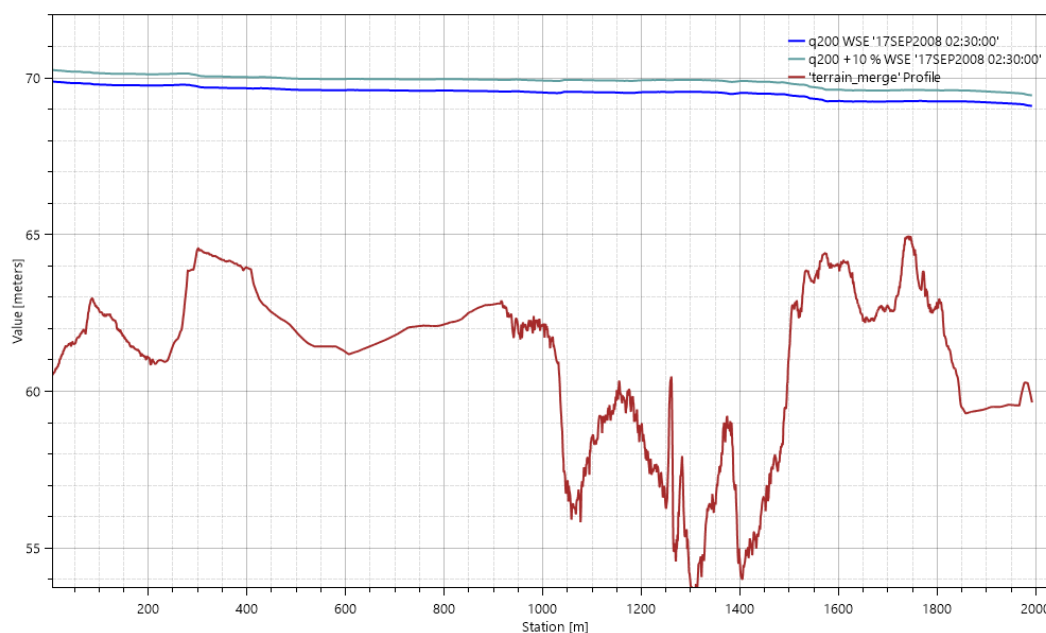
1. Terrengmodell. Det tas hensyn til vanddybde i elven, elvebatymetrien er gjenskapt over hele den modellerte strekningen ved bruk av måledata. Denne usikkerheten er derfor lav.
2. Flomberegninger, flomforløp og kulminasjonsverdi for store flommer kan være en usikker størrelse. Det hydrologiske grunnlaget vurderes som svært bra med observasjoner i vassdraget. Flomberegninger er klassifisert som klasse 1.
3. Begrensninger/usikkerhet knyttet til beregningsmetoden i HEC-RAS. Modellen er kalibrert mot en målt vannføring som tilsvarer en ca. 100 års flom. Avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak mellom 10 og 30 cm. Den hydrauliske modellen er klassifisert som klasse B.

Klassifisering av hydraulisk modell, tabell 10-1	Klasse E	40 %	45 %	50 %	60 %
	Klasse D	20 %	30 %	40 %	50 %
	Klasse C	15 %	20 %	30 %	40 %
	Klasse B	10 %	15 %	20 %	30 %
	Klasse A	5 %	10 %	15 %	25 %
		Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4 og 5

Klassifisering av flomberegning, tabell 10-2

Tabell 5-2-Grunnlag for å beregne et sikkerhetspåslag som inkluderes som et prosentvis påslag på flommen, hentet fra NVE [6].

Sikkerhetsmarginen er bestemt i samsvar med kapittel 10 i NVEs veileder for sikkerhet mot flom [6]. Modellen er klassifisert som klasse B. Flomberegningene er klassifisert som klasse 1. Basert på Tabell 5-2 er det brukt en 10% økning i vannføringen noe som tilsvarer en økning på ca. 30- 35 centimeter i beregnet vannstand for Storelva langs analyseområdet. Dette er vist i Figur 5-5. Det endelige flomkartet vises med inkludert sikkerhetsmargin.



Figur 5-5- Endring i flomlinjen, Vannføring Q + 10 %

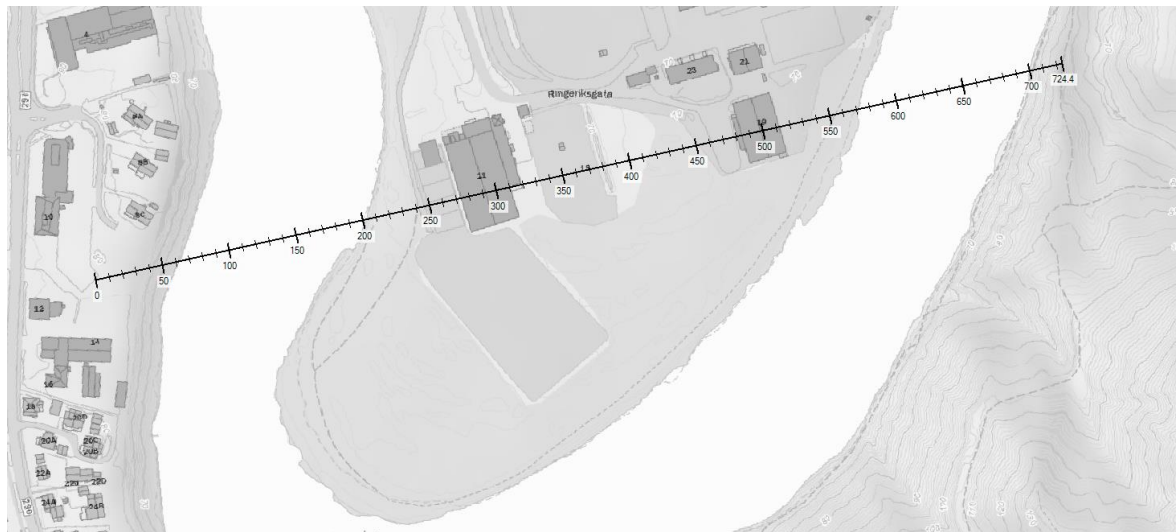
6 Resultater

Analysen viser en mulig vannstandstigning i Storelva med opptil 6 over normalvannstand. Nesten hele Schjongslunden flomutsatt. Ved en Q200 + sikkerhetsmargin flomhendelse vil vannet stå med en dybde på 2 m over land.

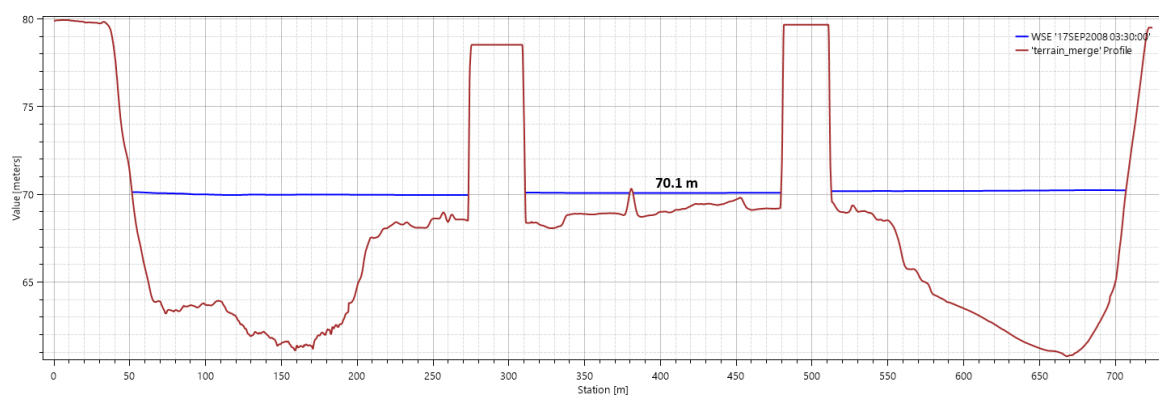


Figur 6-1- Resultater for beregnet Qdim med 10% sikkerhetsmargin.

I Figur 6-3 er det vist beregnet vannstand for dimensjonerende flom Q200+ sikkerhetsmargin langs profilet som er vist i Figur 6-2.



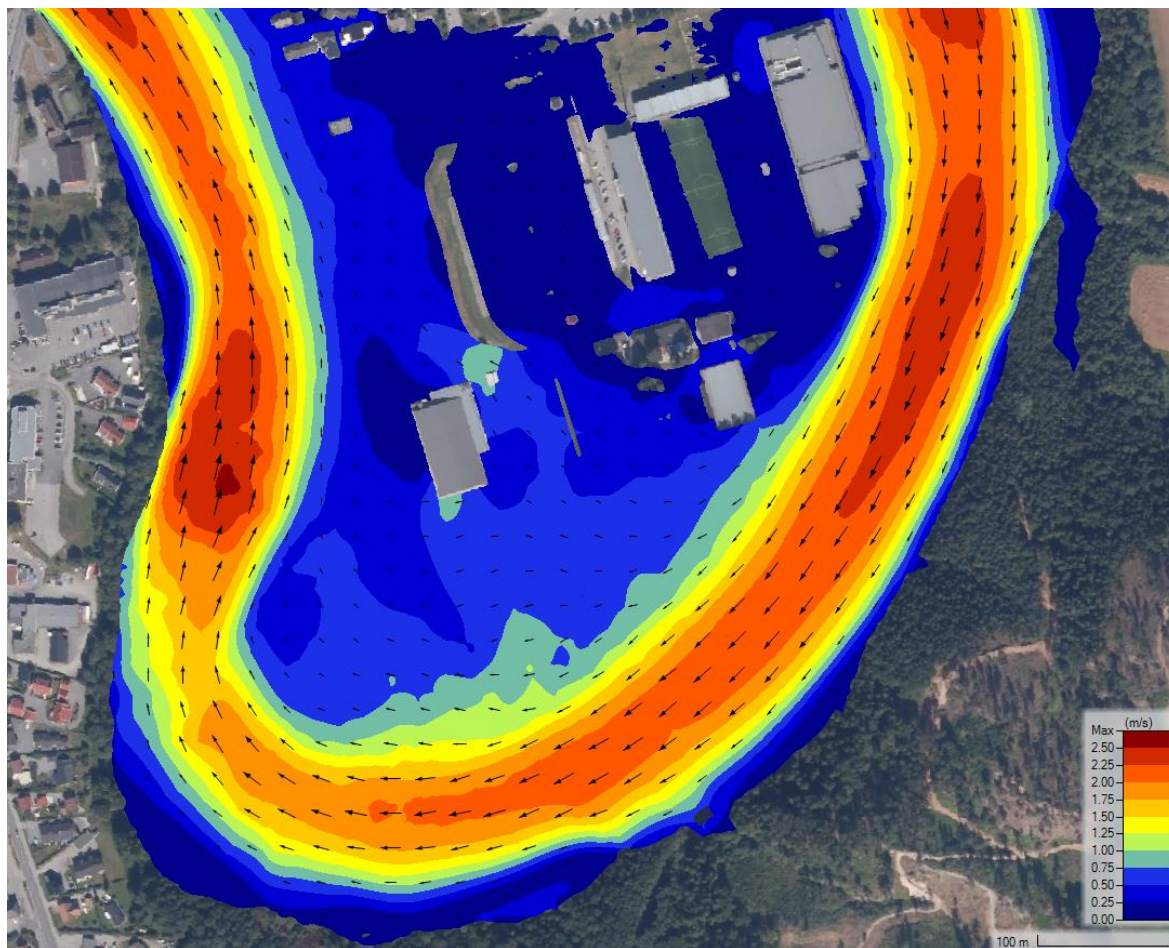
Figur 6-2-Profil over Schjonglungden.



Figur 6-3-Beregnet vannstand i elveprofil, Qdim+ sikkerhetsmargin.

6.1 Erosjonsfare

Kartet i Figur 6-4 viser at hastigheten i elveløpet ved flom er opp mot 2.5 m/s. Vannet som vil strømme gjennom Schjongslunden er derimot forventet å ha en lav hastighet, under 0.75 m/s. Elvekanten er bra sikret fra før. Det er ikke forventet noe fare relatert til erosjon i reguleringsområdet.



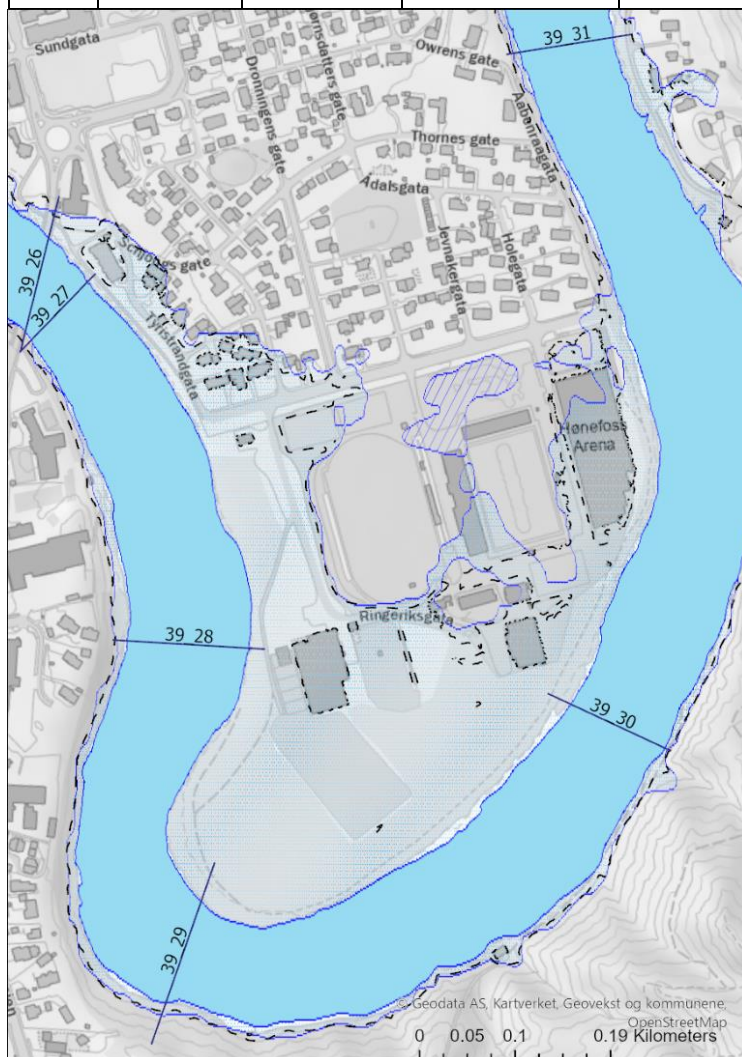
Figur 6-4- Beregnet hastighet i elva. Q200 flom med klimapåslag og sikkerhetsmargin.

7 Endringer i forhold til tidligere NVE-kart

Tidligere verdier fra NVE (2003) er under justert med +16 cm fra NN54 til NN2000. For det nye flomkartet gjort med 2D modell er det gitt verdier for punkter i elvesiden langs Schjongslunden i utvalgte profiler. Verdiene varierer i profilet og vil bli mindre i innersvingen av elva. Det tidligere kartet basert på 1D-modellen gir gjennomsnittshøyde for hele profilet.

Det nye flomkartet (COWI 2024) gir ca. 10–15 cm høyere resultater enn tidligere kart fra NVE (2003). Dette gjelder for beregnet flomvannstand langs elvekanten. For selve Schjongslunden gir det like og i noen områder lavere verdier.

	Q200 flom (NN200)		Sikkerhetsmargin +0.3 m	Sikkerhetsmargin +10% Q
Profil	2003 NVE	2024 COWI	2003 NVE	2024 COWI
31	69.68	69.9	69.98	70.5
30	69.39	69.6	69.69	70.25
29	69.33	69.5	69.63	70.2
28	69.23	69.35	69.53	69.9
27	69.02	69.2	69.32	69.8



Figur 7-1- Q200 flom. Tidligere flomkart (NVE 2003) vist med blå linje, nytt flomkart (COWI 2024) vist med stiptet linje.

8 Kilder

- [1] NVE Retningslinjer 01-2022: Veileder for flomberegninger
- [2] Lawrence, Deborah 2016. Klimaendring og framtidige flommer i Norge. NVErapport 81 2016.
- [3] HEC-USACE, 2016: HEC-RAS River Analysis System, Hydraulic Reference Manual, US, Army Corps of Engineers, Hydraulic Engineering Center (HEC), Davis, CA, USA.
- [4] NVE Veileder 3/2023: Sikkerhet mot flom. Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak
- [5] NVE Delprosjekt Hønefoss 2003

9 Vedlegg

12.15.0.1001.0 (Vannføring) Strømstøa 1881-2023		
Gjennomsnittelig maksimalverdi (middelflow): 434,189		
GEV (L-moment): $f(x)=1/s (1.0+(ksi(x-\mu)/s)^{-1/ksi-1} \exp(-(1.0+(ksi(x-\mu)/s))^{-1/ksi}))$ $\mu=355$ $s=125$ $ksi=0,0578$		
Maksimums-kvantiler:		
Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier
2	400,80	0,923
5	550,31	1,267
10	654,84	1,508
20	759,45	1,749
50	901,49	2,076
100	1013,07	2,333
200	1128,80	2,600
500	1288,79	2,968
1000	1415,47	3,260

Figur 9-1- Flomfrekvensanalyse Storelva 1881-2023

12.3.0.1001.1 (Vannføring) Hen 1881-2001 HYDAG Døgn		
Gjennomsnittelig maksimalverdi (middelflow): 447,337		
GEV (L-moment): $f(x)=1/s (1.0+(ksi(x-\mu)/s)^{-1/ksi-1} \exp(-(1.0+(ksi(x-\mu)/s))^{-1/ksi}))$ $\mu=368$ $s=128$ $ksi=0,0421$		
Maksimums-kvantiler:		
Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier
2	415,18	0,928
5	566,11	1,266
10	670,08	1,498
20	772,95	1,728
50	910,81	2,036
100	1017,73	2,275
200	1127,43	2,520
500	1277,16	2,855
1000	1394,23	3,117

Figur 9-2- Flomfrekvensanalyse Storelva 1881-2001

12.228.0.1001.1 (Vannføring) **Adalselva 1846-2023**

Gjennomsnittelig maksimalverdi (middelflom): 359,624

GEV (L-moment): $f(x)=1/s \cdot (1.0+(ksi(x-\mu)/s)^{-1/ksi-1} \exp(-(1.0+(ksi(x-\mu)/s))^{-1/ksi}))$ $\mu=305$ $s=87,6$ $ksi=0,0401$
Maksimums-kvantiler:

Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier
2	337,80	0,939
5	440,86	1,226
10	511,72	1,423
20	581,73	1,618
50	675,40	1,878
100	747,93	2,080
200	822,24	2,286
500	923,51	2,568
1000	1002,55	2,788

Figur 9-3- Flomfrekvensanalyse Ådalselva 1846-2023

12.228.0.1001.1 (Vannføring) **Adalselva 1846-2001**

Gjennomsnittelig maksimalverdi (middelflom): 359,765

GEV (L-moment): $f(x)=1/s \cdot (1.0+(ksi(x-\mu)/s)^{-1/ksi-1} \exp(-(1.0+(ksi(x-\mu)/s))^{-1/ksi}))$ $\mu=313$ $s=85,7$ $ksi=-0,0317$
Maksimums-kvantiler:

Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier
2	344,14	0,957
5	438,41	1,219
10	498,99	1,387
20	555,76	1,545
50	627,34	1,744
100	679,61	1,889
200	730,55	2,031
500	796,07	2,213
1000	844,33	2,347

Figur 9-4- Flomfrekvensanalyse Ådalselva 1846-2001

GEV (L-moment): $f(x)=1/s \cdot (1.0+(ksi(x-\mu)/s)^{-1/ksi-1} \exp(-(1.0+(ksi(x-\mu)/s))^{-1/ksi}))$ $\mu=576$ $s=169$ $ksi=0,0273$
Maksimums-kvantiler:

Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier	1881-2023
2	638,11	0,941	
5	834,25	1,230	
10	967,48	1,427	
20	1097,88	1,619	
50	1270,52	1,874	
100	1402,80	2,069	
200	1537,12	2,267	
500	1718,29	2,534	
1000	1858,26	2,741	

Figur 9-5- Flomfrekvensanalyse <Storelva> 1881- 2023

12.3.0.1001.1 (Vannføring) Hen 11881-2001utvalg HYDAG Døgn

Gjennomsnittelig maksimalverdi (middelflom): 702,651

GEV (L-moment): $f(x)=1/s (1.0+(ksi(x-\mu)/s)^{-1/ksi-1} \exp(-(1.0+(ksi(x-\mu)/s))^{-1/ksi}))$ $\mu=603$ $s=170$ $ksi=0,00742$
Maksimums-kvantiler:

Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier
2	665,75	0,947
5	859,32	1,223
10	988,38	1,407
20	1112,85	1,584
50	1274,97	1,815
100	1397,18	1,988
200	1519,59	2,163
500	1682,04	2,394
1000	1805,56	2,570

Figur 9-6- Flomfrekvensanalyse <Storelva> 1881- 2001

12.3.0.1001.1 (Vannføring) Storelva 1946-2023

Gjennomsnittelig maksimalverdi (middelflom): 600,518

GEV (L-moment): $f(x)=1/s (1.0+(ksi(x-\mu)/s)^{-1/ksi-1} \exp(-(1.0+(ksi(x-\mu)/s))^{-1/ksi}))$ $\mu=525$ $s=136$ $ksi=-0,0236$
Maksimums-kvantiler:

Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier
2	574,74	0,957
5	725,59	1,208
10	823,26	1,371
20	915,34	1,524
50	1032,24	1,719
100	1118,17	1,862
200	1202,39	2,002
500	1311,41	2,184
1000	1392,25	2,318

Figur 9-7- Flomfrekvensanalyse <Storelva> 1946-2023

12.228.0.1001.1 (Vannføring) Storelva 1946-2001

Gjennomsnittelig maksimalverdi (middelflom): 624,980

GEV (L-moment): $f(x)=1/s (1.0+(ksi(x-\mu)/s)^{-1/ksi-1} \exp(-(1.0+(ksi(x-\mu)/s))^{-1/ksi}))$ $\mu=561$ $s=138$ $ksi=-0,13$
Maksimums-kvantiler:

Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier
2	610,59	0,977
5	749,28	1,199
10	830,50	1,329
20	901,30	1,442
50	983,65	1,574
100	1039,15	1,663
200	1089,66	1,744
500	1149,69	1,840
1000	1190,54	1,905

Figur 9-8- Flomfrekvensanalyse <Storelva> 1946-2001

Tabell 2.3 Oppmålt vannstand for flomperiode i 2000

Vannstander ved ulike flommer (moh)			
Profilnummer:	Flom 13.10.2000 vannføring 700m ³ /s	Flom 14.10.2000 vannføring 720m ³ /s	Flom 25.10.2000 vannføring 530m ³ /s
7		64,53	64,48
10		64,53	64,50
13		64,72	64,69
14			64,72
15		64,82	64,72
18		65,31	64,95
18.5		65,57	65,2
19		65,66	65,27
22		66,28	65,76
23		66,33	65,9
24	66,47		66,07
25	66,54		66,1
27	66,71		66,22
28	66,76		66,26
29	66,81		66,32
31	67,16		66,62
32	67,31		66,75
33	67,43		66,83
34	67,47		66,87

Figur 9-9- Målinger flom 2000 hentet fra delprosjekt Hønefoss (NVE 2003)

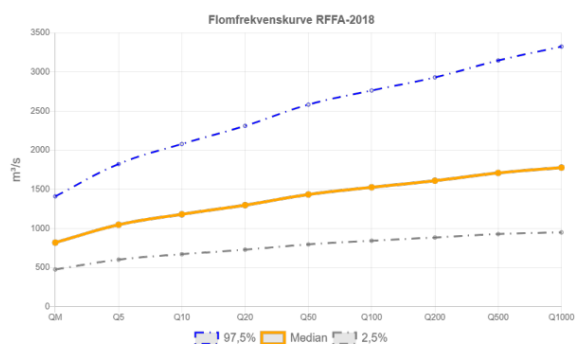
Regional flomberegning

Vassdragsnr.: 012.E0
 Kommune.: Ringerike
 Fylke.: Buskerud
 Vassdrag.: Drammensvassdraget
 Nedbørfeltareal: 8649 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.

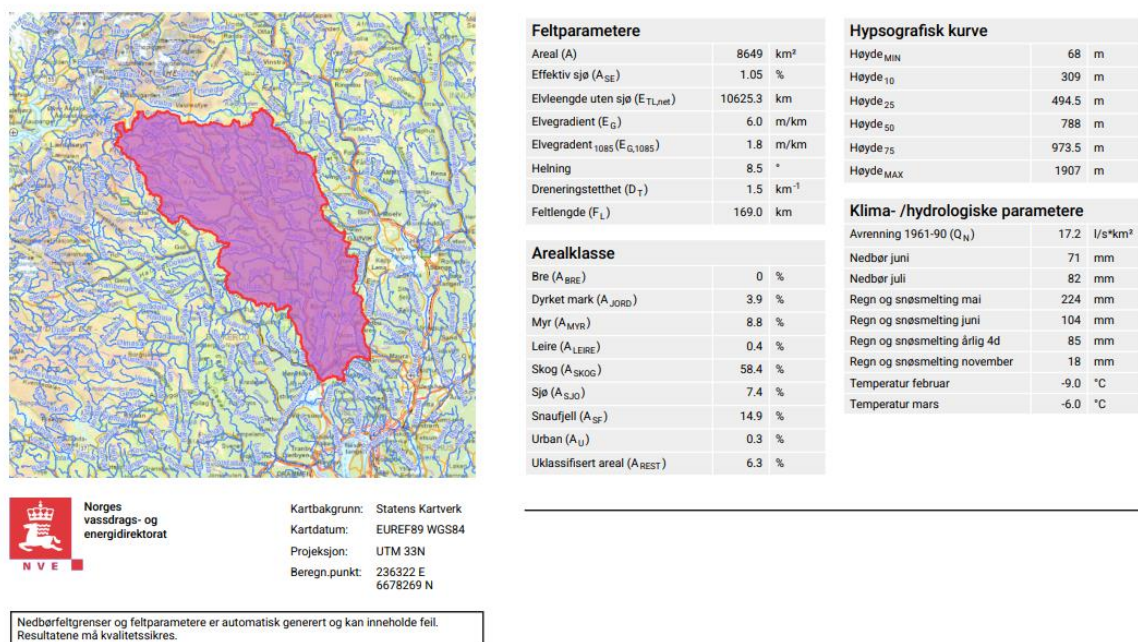


RFFA-2018		
Tidsoppløsning	Døgn	-
Indeksflom (QM): Medianflom	95	l/s*km ²
Klimapåslag	0	%
Kulminasjonsfaktor	1.02	-
NIFS-2015		
Tidsoppløsning	Kulminasjon	-
Indeksflom (QM): Middelflom	-	l/s*km ²
Klimapåslag	-	%
Annet		
Tilførselsflom	Nei	-

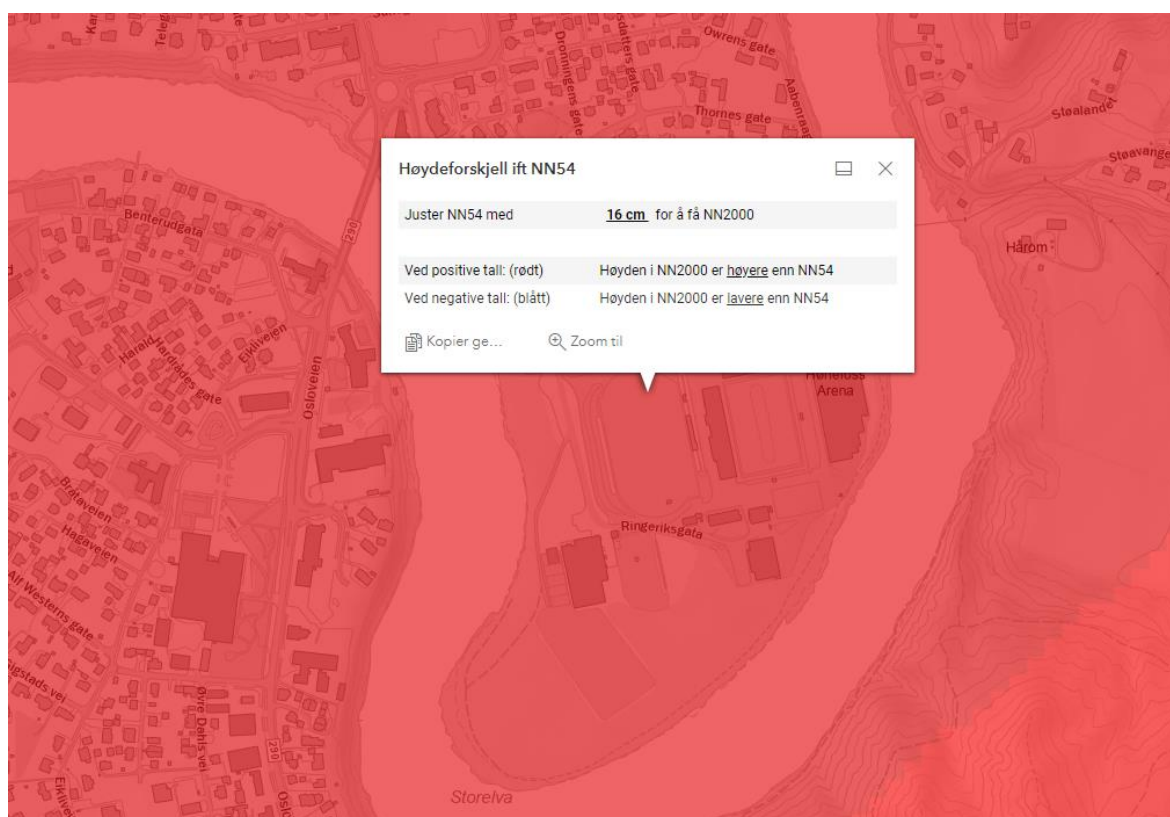
RFFA-2018 (døgnmiddel)										
	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q _{200-klima}
Flomfrekvensfaktor (Q _T / Q _M)	1	1.28	1.44	1.58	1.75	1.86	1.96	2.09	2.17	-
Flomverdier, m ³ /s	820	1048	1182	1299	1435	1527	1610	1710	1778	1610
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s	1411	1824	2080	2312	2583	2763	2931	3147	3325	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s	477	602	672	730	797	843	885	929	951	-
NIFS (kulminasjon)										
Flomfrekvensfaktor (Q _T / Q _M)										
Flomverdier, m ³ /s										
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s										
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s										

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.

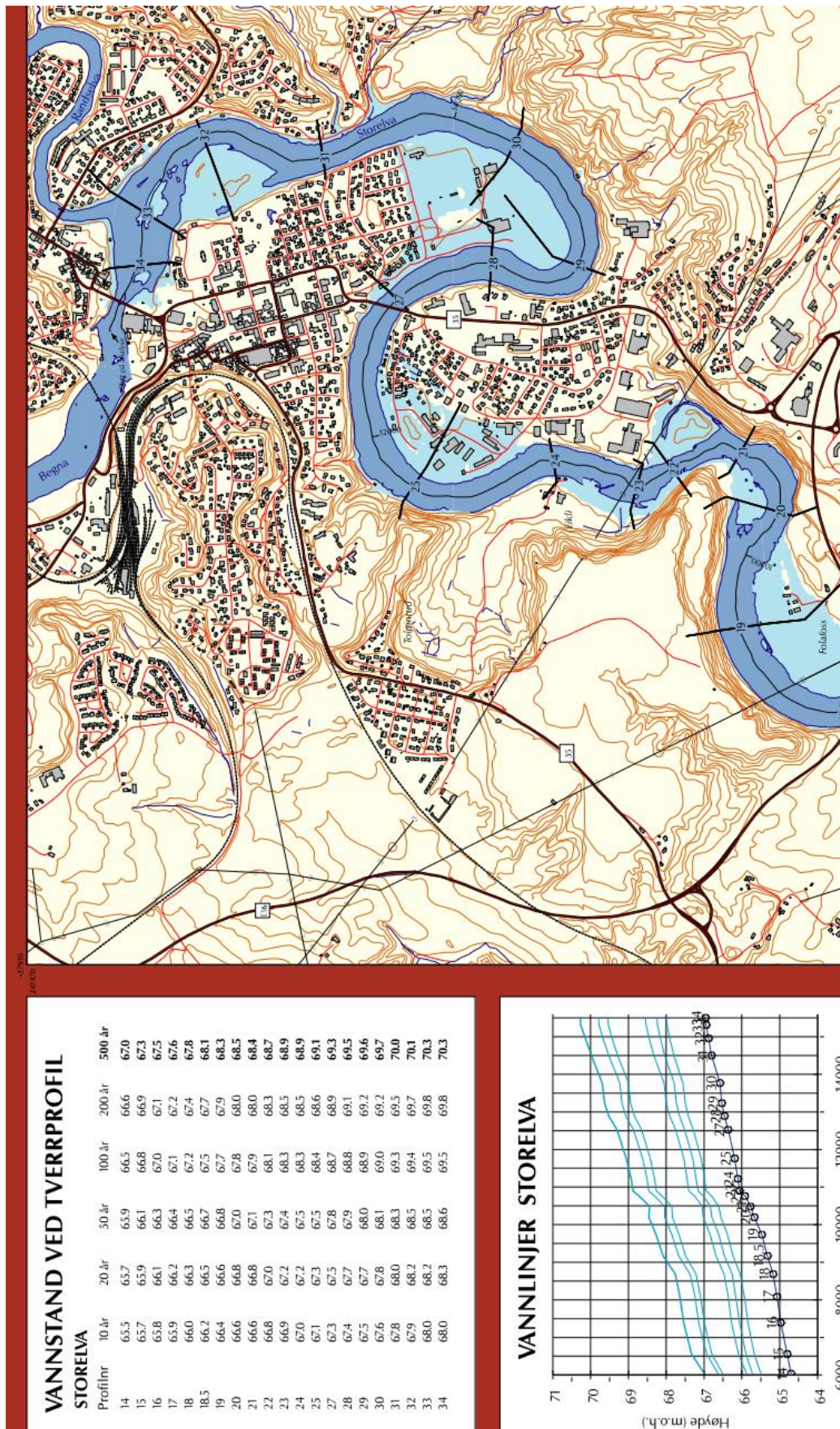
Figur 9-10- RFFA for <Storelva> hentet fra NEVINA



Figur 9-11- Nedbørfelt egenskaper <Storelva> , hentet fra NEVINA



Figur 9-12-Forskjell mellom NN54 og N2000



Figur 9-13- Flomkart fra NVE (NN54)