



Flomberegning for Hønefoss

Erik Holmqvist

13
2002



D
O
K
U
M
E
N
T

Flomberegning for Hønefoss (012.E0)

Norges vassdrags- og energidirektorat

2002

Dokument nr 13 – 2002.

Flomberegning for Hønefoss, 012.E0

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Erik Holmqvist

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 30

Forsidefoto: Storelva i Hønefoss 16 oktober 2000. Marit Astrup, NVE-HV.

ISSN: 1501-2840

Sammendrag: Det er utført flomberegninger for Storelva, Randselva og Ådalselva som grunnlag for vannlinjeberegning og flomsonekartlegging.

Emneord: Flomberegning, flomvannføring, flomsonekartprosjektet.

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

September 2002

Innhold

Forord	4
Sammendrag	5
1. Beskrivelse av oppgaven	6
2. Beskrivelse av vassdraget	7
2.1 Reguleringer.....	9
3. Hydrometriske stasjoner	12
4. Flomanalyser	15
4.1 Observerte flommer	15
4.2 Midlere flom	22
4.3 5- 500 års flom.....	25
4.4 Kulminasjonsverdier	33
4.5 Vannstander Tyrifjorden.....	35
4.6 Sammenligning med tidligere beregninger	39
5. Usikkerhet	40
Referanser	42

Forord

Flomsonekart er et viktig hjelpemiddel for arealdisponering langs vassdrag og for beredskapsplanlegging. NVE arbeider med å lage flomsonekart for flomutsatte elvestrekninger i Norge. Som et ledd i utarbeidelse av slike kart må flomvannføringer beregnes. Grunnlaget for flomberegninger er NVEs omfattende database over observerte vannstander og vannføringer, og NVEs hydrologiske analyseprogrammer, for eksempel det som benyttes for flomfrekvensanalyser.

Denne rapporten gir resultatene av en flomberegning som er utført i forbindelse med flomsonekartlegging for Storelva gjennom Hønefoss. Rapporten gir også en oversikt over de største observerte flommene i Ådalselva, Randselva og Storelva. Rapporten er utarbeidet av Erik Holmqvist og kvalitetskontrollert av Lars-Evan Pettersson.

Oslo, september 2002


Kjell Repp
avdelingsdirektør


Sverre Husebye
seksjonssjef

Sammendrag

Det er gjennomført flomanalyser for Ådalselva, Randselva og Storelva ned til utløpet i Tyrifjorden. Flomanalysene har vist at vårflommer i mai, juni er dominerende i hovedvassdragene. Men store flommer forekommer også senere på sommeren og utover høsten. Resultatene av analysene er sammenfattet i tabell 1. Alle vannføringer og vannstander i tabellen er avrundet til nærmeste 10 m³/s og 10 cm.

Vannkraftutbyggingen i Begnavassdraget har medført en betydelig reduksjon av flommene i Ådalselva og Storelva. For 50-års flom er reduksjonen beregnet til godt og vel 300 m³/s. For mer sjeldne flommer er det antatt at reguleringene har mindre innflytelse.

For Randselva har reguleringene hatt mindre betydning for flomforholdene. Flere år med data etter Dokka-utbyggingen, som kom på slutten av 1980-tallet, vil imidlertid kunne endre bildet noe.

Tabell 1

Flomvannføringer i Ådalselva, Randselva og Storelva og flomvannstander Tyrifjorden (HRV= 62.96 moh) med gjentakintervall opp til 500 år.

	QM	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500
	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, utløp Sperillen	350	440	500	550	600	960	1050	1170
Ådalselva ved samløp Randselva	380	480	540	590	650	1010	1100	1230
Randselva ved utløp Randsfjorden	250	320	350	390	430	460	490	530
Randselva ved samløp Ådalselva	250	320	360	400	440	480	510	550
Storelva ved samløp Ådalselva og Randselva	620	800	880	960	1040	1390	1480	1680
Storelva ved utløp i Tyrifjorden	620	800	890	960	1050	1390	1490	1680
Vannstand Tyrifjorden ved kulminasjon Storelva (moh)	64,0	64,5	64,7	64,9	65,0	65,4	65,4	65,7
	HM	H5	H10	H20	H50	H100	H200	H500
Vannstand Tyrifjorden (moh)	64,2	64,7	64,9	65,1	65,2	65,6	65,6	65,9
Vannføring Storelva ved kulminasjon Tyrifjorden (m ³ /s)	560	720	800	870	950	1250	1340	1520

I en klassifisering fra 1 til 3, hvor 1 tilsvarer beste klasse, vil disse beregningene gis klasse 1. Både i Ådalselva og Randselva har en mer enn 100 år med observasjoner av til dels god kvalitet. Det betyr likevel ikke at resultatene ikke er beheftet med usikkerhet. 20 % synes å være et rimelig anslag av usikkerheten i flomestimatene.

1. Beskrivelse av oppgaven

Flomsonekart skal konstrueres for Storelva fra Hønefoss sentrum til utløpet i Tyrifjorden. Ved Hønefoss løper de to elvene Ådalselva og Randselva sammen til Storelva. Delprosjektets nummer og navn i NVEs flomsonekartprosjekt er fs 012_4 Hønefoss. Som grunnlag for denne konstruksjon skal midlere flom og flommer med gjentaksintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år beregnes. Beregningene er gjort for følgende punkter:

- Ådalselva ved utløp av Sperillen
- Ådalselva ved samløp med Randselva
- Randselva ved utløp av Randsfjorden
- Randselva ved samløp med Ådalselva
- Storelva ved samløp Randselva og Ådalselva
- Storelva ved utløp i Tyrifjorden
- Tyrifjorden (vannstander)

2. Beskrivelse av vassdraget

Nedbørfeltet avgrenses i nord av Valdresflya og Jotunheimen og i nordvest av Fillefjell og Tyin. I øst grenser nedbørfeltet mot Mjøsas felt og langs vestsiden ligger Hallingdal. Nedbørfeltet utgjøres i hovedsak av to store dalfører, Valdres – Begnadalen og Etnedal, Land - Hadeland. I førstnevnte dalføre renner Begna gjennom en rekke innsjøer, blant annet Vangsmjøsa, Slidrefjorden og Sperillen. Nedenfor Sperillen kalles elva Ådalselva. I det andre dalføret renner elvene Etna og Dokka sammen ved innløpet til Randsfjorden. Nedenfor Randsfjorden kalles elva Randselva.

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. Nedstrøms samløpet får Storelva tilsig fra kun noen mindre bekker (totalt 36 km²). Storelvas nedbørfelt ved utløp i Tyrifjorden er 8666 km².

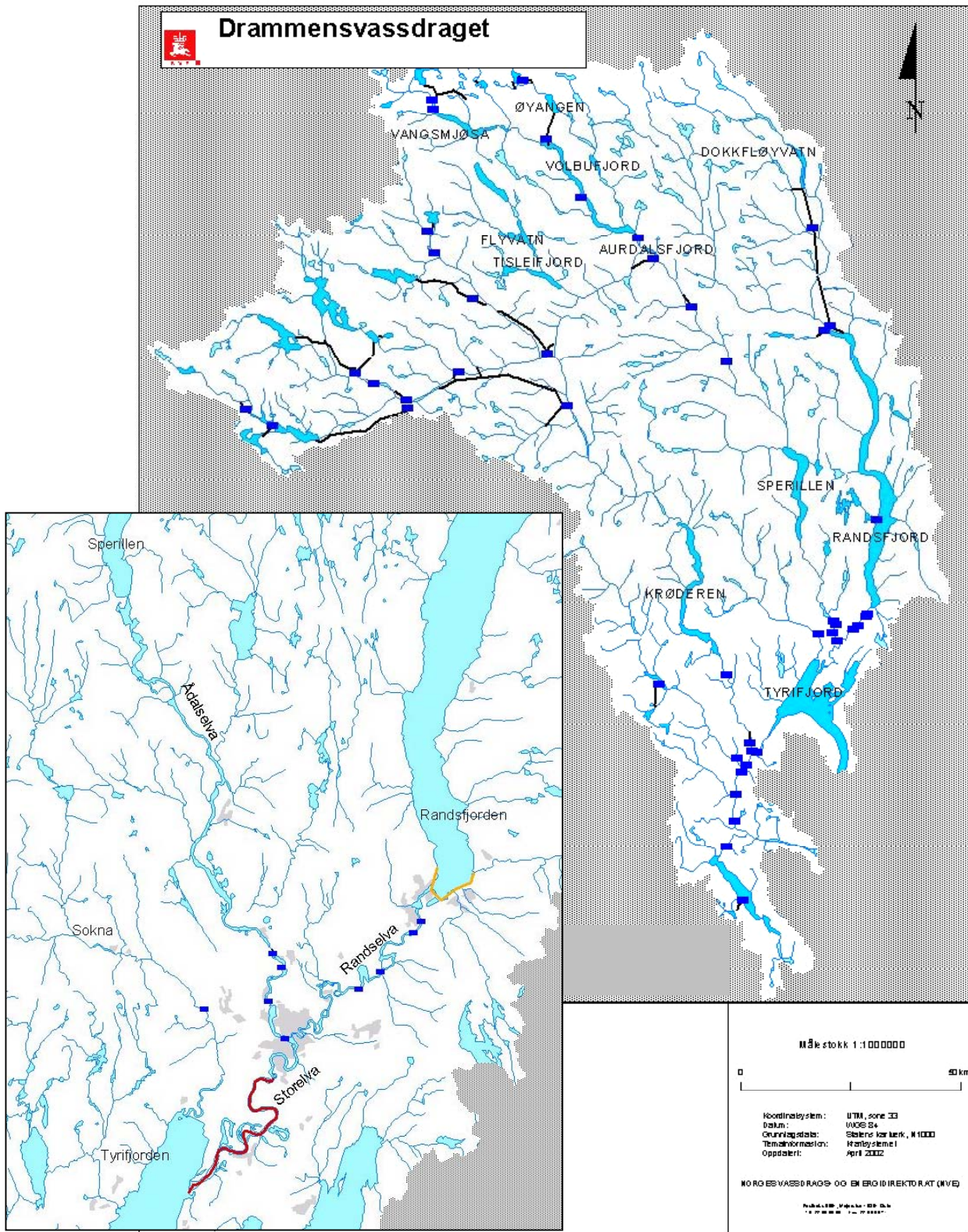
Storelva renner ut i Tyrifjordens nordvestre del, Nordfjorden. Her renner også Sokna ut med et nedbørfelt på 624 km². Totalt har Tyrifjorden et nedbørfelt på 9955 km². Tyrifjorden er ”delt” i to ved Sundvollen. Steinsfjorden i øst har et areal på 14 km², mens hele innsjøen har et areal på 137 km².

Tabell 2

Nedbørfelt.

	Areal km ²
Ådalselva ved utløp av Sperillen	4605
Ådalselva ved samløp med Randselva	4859
Randselva ved utløp av Randsfjorden	3702
Randselva ved samløp med Ådalselva	3771
Storelva ved samløp Randselva og Ådalselva	8630
Storelva ved utløp i Tyrifjorden	8666
Tyrifjorden	9955

Avrenningen i vassdraget varierer fra omkring 1500 mm/ år i de vestligste fjellstrøkene til ca 250 mm/ år i områdene nær Tyrifjorden. Middelvannføringen i Ådalselva er ca. 88 m³/s tilsvarende en avrenning på omkring 600 mm/år. For Randselva er middelvannføringen ca. 58 m³/s som tilsvarer en avrenning på nesten 500 mm/ år.



Figur 1

Oversiktskart over Drammensvassdraget. Kraftverk er markert med blå firkanter. Strekingen som omfattes av flomsonekartprosjektet for Hønefoss er merket med rødt.

2.1 Reguleringer

Kraftutbyggingen i denne delen av Drammensvassdraget har skjedd gradvis fra begynnelsen av forrige århundre. En oversikt over magasinutviklingen i vassdraget er gitt i figur 2.

Begnavassdraget

I Begnavassdraget ble Sperillen regulert i 1904 (87 mill m³). Arealet av Sperillen er 37 km². I 1916 kom det til nye reguleringer i Valdres med blant annet regulering av Strandefjord, Volbufjord og Øyangen, totalt 116 mill m³.

De største kraftutbyggingene i vassdraget kom omkring 1947, da kraftverkene Ylja og Åbjøra ble satt i drift. Ylja kraftverk med magasinet Steinbusjøen (214 mill m³) ligger nordvest i Begnavassdraget. Noen kilometer nedstrøms Ylja kraftverk renner vannet ut i Vangsmjøsa.

Åbjøra kraftverk får tilsig fra områdene i vest mot Hallingdal og har avløp til Aurdalsfjord. Til dette kraftverket hører det med flere relativt store magasiner, blant annet Tisleifjorden og Flyvatn. Totalt reguleringsvolum for Åbjøra kraftverk er 221 mill m³.

I perioden 1947-67 ble det foretatt flere reguleringer i vassdraget med regulering av Vangsmjøsa (54 mill m³) og Slidrefjord (38 mill m³) som de største inngrepene i hovedvassdraget. I tillegg ble blant annet Kalvedalen kraftverk med totalt reguleringsvolum på 119 mill m³ etablert i den nordøstre delen av vassdraget.

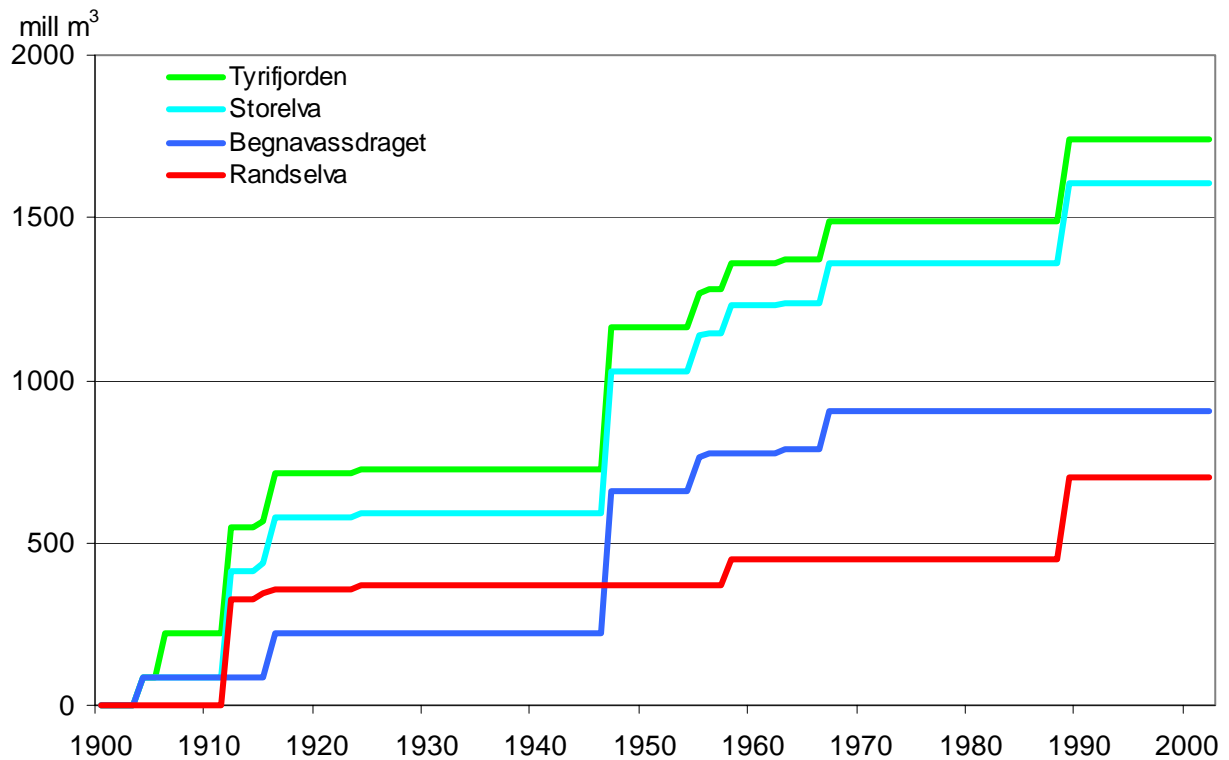
Randselva

Randselva har vært påvirket av regulering siden 1912 da Randsfjorden ble regulert (327 mill m³). Arealet av Randsfjorden er 140 km². Reguleringen av Randsfjorden ble øket på slutten av 1950-tallet. Før 1920 ble det foretatt noen mindre reguleringer i sidevassdrag til Randsfjorden.

Siste større inngrep i vassdraget er utbyggingen av Dokka. Den øvre delen av Dokka magasineres i Dokkfløyvatn og utnyttes i kraftverkene Torpa og Dokka. Kraftverkene ble satt i drift i 1989. Nedbørfeltet til Dokkfløyvatn inklusive overføringer er 600 km², og regulerbart volum er 250 mill m³.

Storelva

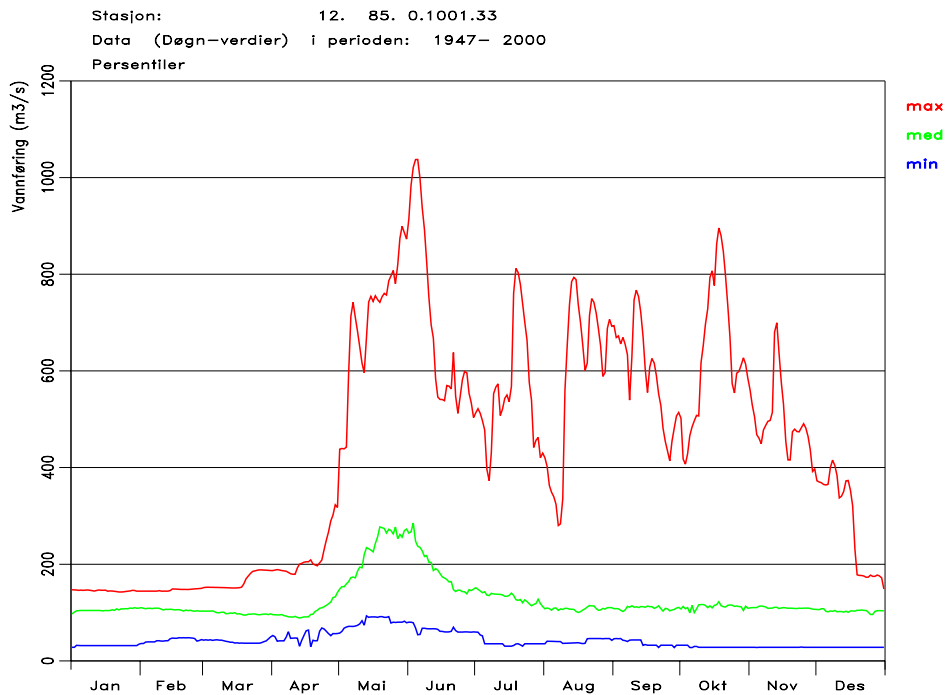
Reguleringsmagasinene oppstrøms Storelva har en total lagringskapasitet på noe over 1700 mill m³. Det tilsvarer drøyt 30 % av midlere årlig tilsig i Storelva. Storelva renner ut i Tyrifjorden som ble regulert i 1906. Tyrifjorden har et magasinivolum på 134 mill m³.



Figur 2

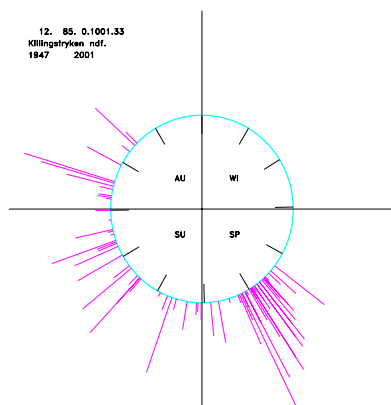
Kurven viser totalt regulerbart magasinvolument i de ulike grenene av vassdraget. Kurven for Storelva tilsvarer sum Randsfjorden og Begnavassdraget, mens kurven for Tyrifjorden tilsvarer Storelva pluss magasin Tyrifjorden.

På grunn av reguleringene i vassdraget er vintervannføringene relativt stor. Vannføringen er vanligvis størst i mai og begynnelsen av juni i forbindelse med snøsmelting. De største flommen opptrer enten som en følge av regn og snøsmelting om våren eller som en følge av kraftig regnvær om høsten. Figur 3 viser karakteristiske vannføringer for hver dag i løpet av året i "Storelva", beregnet som sum avløp fra Randsfjorden og Sperillen. Figur 4 viser relativ størrelse og tidspunkt for flommer i "Storelva" over en gitt terskelverdi, i dette tilfelle 440 m³/s.



Figur 3

Karakteristiske hydrologiske data for "Storelva" (sum avløp Randsfjorden og Sperillen). De tre kurvene viser henholdsvis største, median og minste observerte vannføring fra 1947 til 2000.



Figur 4

Flommer i Storelva 1947-2001. Sirkelen representerer året med start rett opp. Vannføringer større enn 440 m³/s er markert når på året de opptrer og med relativ størrelse.

3. Hydrometriske stasjoner

Målestasjoner i Begnavassdraget.

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. Målingen ble gjort i september 1934.

12.15 Strømsjøa 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. Målingen ble gjort i juni 1995.

Det er relativt liten forskjell mellom arealet til nedbørfeltene til Hen, Killingstryken og Strømsjøa. 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 (se nedenfor).

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. Målingen ble gjort i oktober 2000.

12.114 Garhammerfoss lå i Sokna. Stasjonen har data fra 1937-79. Nedbørfeltet er 490 km², det er dominert av skog og strekker seg fra omkring 100 – 700 moh. Ved Garhammerfoss er det foretatt vannføringsmålinger for vannføringer opp til 92 m³/s.

Ved flomanalysene antas at denne stasjonen gir representative avrenningsverdier for arealene nedstrøms Sperillen og Randsfjorden (359 km²). Også dette er skogkledde områder, som ligger i omtrent samme høydenivå (60 – 600 moh).

Tabell 3

Feltparametere for undersøkte stasjoner.

Stasjon	Periode	Areal (km ²)	Normalavløp (l/s km ²)	Merknad
12.85 Killingstryken	1905-dd	4618	-	
12.15 Strømstøa	1983-dd	4636	19,0	
12.3 Hen	1864-1905	4843	-	Enkelte år mangler.
12.69 Randsfjord	1869-1915	3692	-	Flomdata før 1880 er svært usikre.
12.228 Kistefoss	1916-dd	3704	15,6	
12.114 Gardhammerfoss	1936-79	490,4	18,7	

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

- Ådalselva (1864-2001)

12.85.0.1001.29 = 12.3.0.1001.1 (1864-1905) og 12.85.0.1001.0 (1905-1999) og 12.15.1001.1 (2000-2001 sanntid)

- Randselva (1869- 2001)

12.228.0.1001.29 = 12.69.0.1001.1 (1869-1915) og 12.228.0.1001.1 (1916-2001)

- ”Storelva” = Avløp Randsfjorden og Sperillen (1869- 2001)

12.85.0.1001.33 = 12.85.0.1001.29 + 12.228.0.1001.29

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

For perioden 1937 – 79 er det laget serier hvor også tilsig fra lokalfeltene er tatt med. Bidraget fra lokalfeltene er beregnet ved å skalere observasjonene ved stasjonen 12.114 Garhammerfoss med forholdet mellom lokalt areal og arealet til målestasjonen.

- Ådalselva ved samløp med Randselva (1937-79)

$$12.85.0.1001.30 = 12.85.0.1001.1 + (254 \text{ km}^2 / 490 \text{ km}^2) * 12.114.0.1001.1$$

- Randselva ved samløp Ådalselva (1937-79)

$$12.228.0.1001.30 = 12.228.0.1001.1 + (69 \text{ km}^2 / 490 \text{ km}^2) * 12.114.0.1001.1$$

- Storelva ved samløp Randselva og Ådalselva (1937-79)

$$12.85.0.1001.31 = 12.85.0.1001.30 + 12.228.0.1001.30$$

- Storelva ved utløp i Tyrifjorden (1937-79)

$$12.85.0.1001.32 = 12.85.0.1001.31 + (36 \text{ km}^2 / 490 \text{ km}^2) * 12.114.0.1001.1$$

4. Flomanalyser

4.1 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 flomvannføringerne i Ådalselva. I Randselva er endringene mindre.

På side 20 og 21 er det vist enkelte bilder fra vassdraget under flommen høsten 2000.

Ådalselva/ Begnavassdraget

Vi har data for Ådalselva fra 1864 til 2001. Figur 5 viser største vannføring hvert år sammen med glidende 10-års middel og magasinutviklingen i vassdraget. Frem til slutten av 1940-tallet varierte 10-års middelet mellom ca. 400 m³/s og 600 m³/s. De store kraftutbyggingene i Begnavassdraget i perioden etter 1947 medførte en reduksjon av flommene, slik at 10-års middelet de senere årene stort sett har variert mellom 300 og 400 m³/s.

De største flommene i Ådalselva har stort sett vært i mai og juni. Den største registrerte flommen er 31 mai 1879 med 925 m³/s. Tidligste kulminasjonsdato for vårflo er 4 mai i 1894 da vannføringen kulminerte med 470 m³/s. Ved flommen i juni 1860 skal vannstanden i Sperillen ha vært omkring 2 m høyere enn hva som ble registrert ved de store flommene senere på 1800-tallet. Vannføringen i Ådalselva må da ha vært godt over 1000 m³/s.

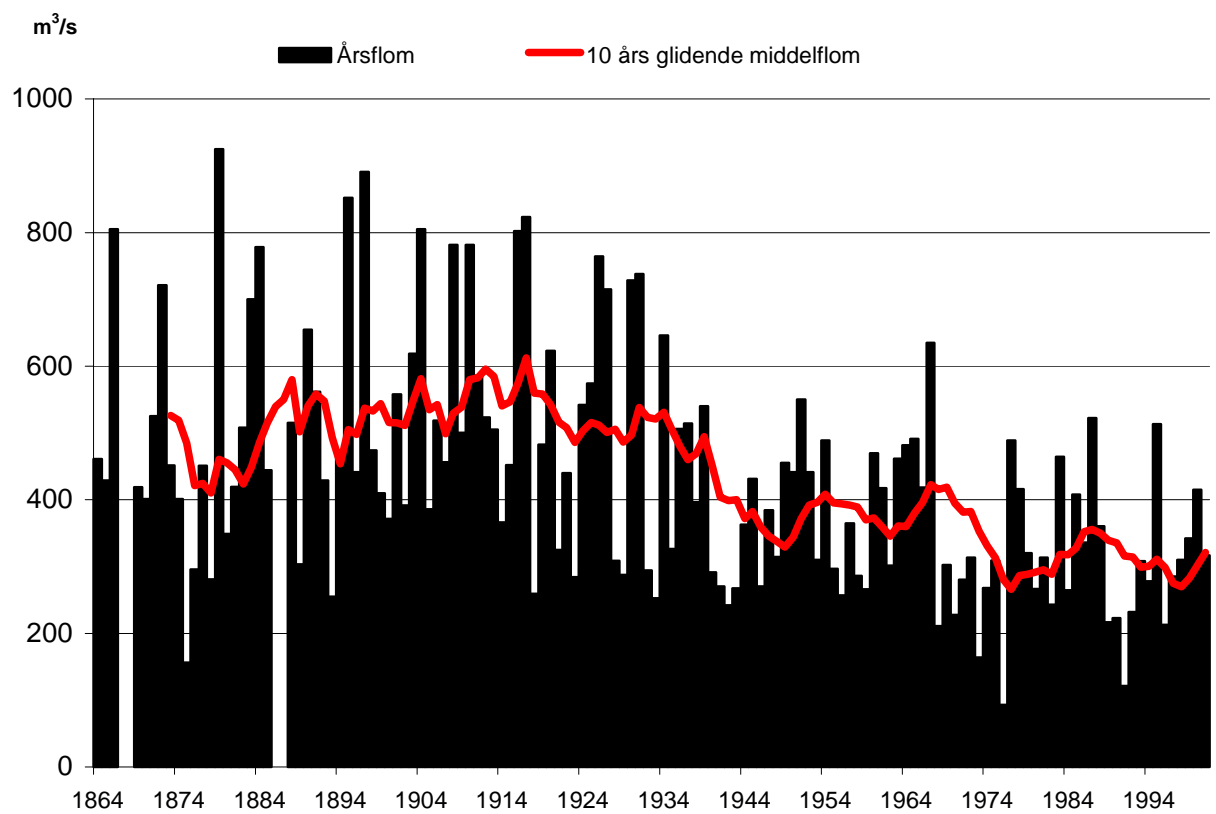
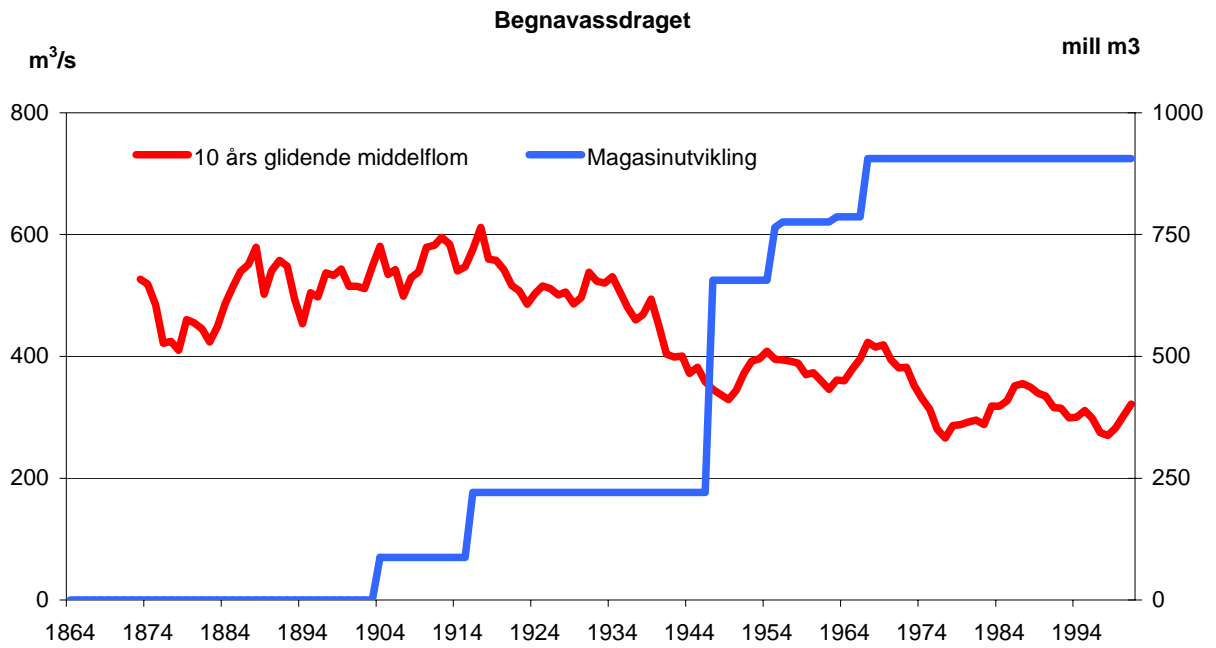
Men det har også vært flere tilfeller av flomvannføringer på over 600 m³/s i månedene juli til september. Største høstflo er 17 september 1866 med 805 m³/s, dette året var det også en stor vårflo med nesten 700 m³/s.

I tabell 4 er det gitt en oversikt over de fem største registrerte flommene i Ådalselva i periodene 1864-1946 og 1947-2001.

Tabell 4

De fem største flommene i periodene 1864-1946 og 1947-2001 i Ådalselva.

31 mai 1879	925 m ³ /s	4 juni 1967	635 m ³ /s
2 juni 1897	890 m ³ /s	29 mai 1951	550 m ³ /s
18 mai 1895	852 m ³ /s	14 august 1951	530 m ³ /s
1 juni 1917	823 m ³ /s	18 oktober 1987	523 m ³ /s
17 september 1866	805 m ³ /s	3 juni 1995	513 m ³ /s



Figur 5

Flommer i Ådalselva fra 1864 til 2001.

Randselva

Vi har data for Randselva fra 1869 til 2001, men som nevnt tidligere er dataene før 1880 svært usikre.

Figur 6 viser største døgnmiddelvannføring hvert år i perioden 1869 – 2001 sammen med et glidende 10-års middel. 10-års middelet har i hovedsak variert mellom 200 og 300 m³/s. Det kan synes som flomverdiene er redusert de siste årene, dette kan skyldes utbyggingen av Dokka på slutten av 1980-tallet, men også en opphopning av år med små flommer.

Dokkfløyvatn har et stort reguleringsvolum, og får tilsig fra ca. 16 % av nedbørfeltet til Randsfjorden. Men det er nokså få år med data etter Dokka-utbyggingen, og en tilsvarende nedgang i 10-års middelet som en ser de siste årene, var det også på 1970-tallet som følge av flere år med små flommer. I flomanalysene er det derfor valgt å benytte hele perioden 1880-2001 for Randselva. Reguleringenes virkning på flomforholdene i vassdraget er da inkludert i observasjonene.

De største flommene i Randselva har stort sett vært i mai og juni. Den største registrerte flommen i Randselva er 25 mai 1910 med 488 m³/s. Tidligste kulminasjons-datoer for vårfloer er 7 mai 1894 med 244 m³/s og 8 mai 1952 med 301 m³/s.

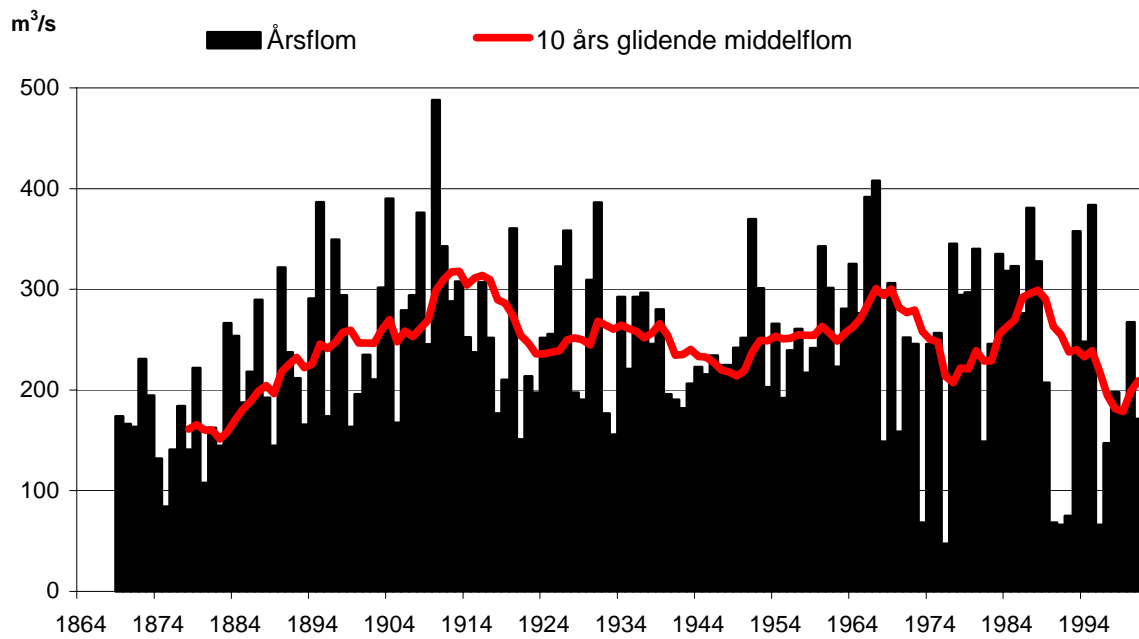
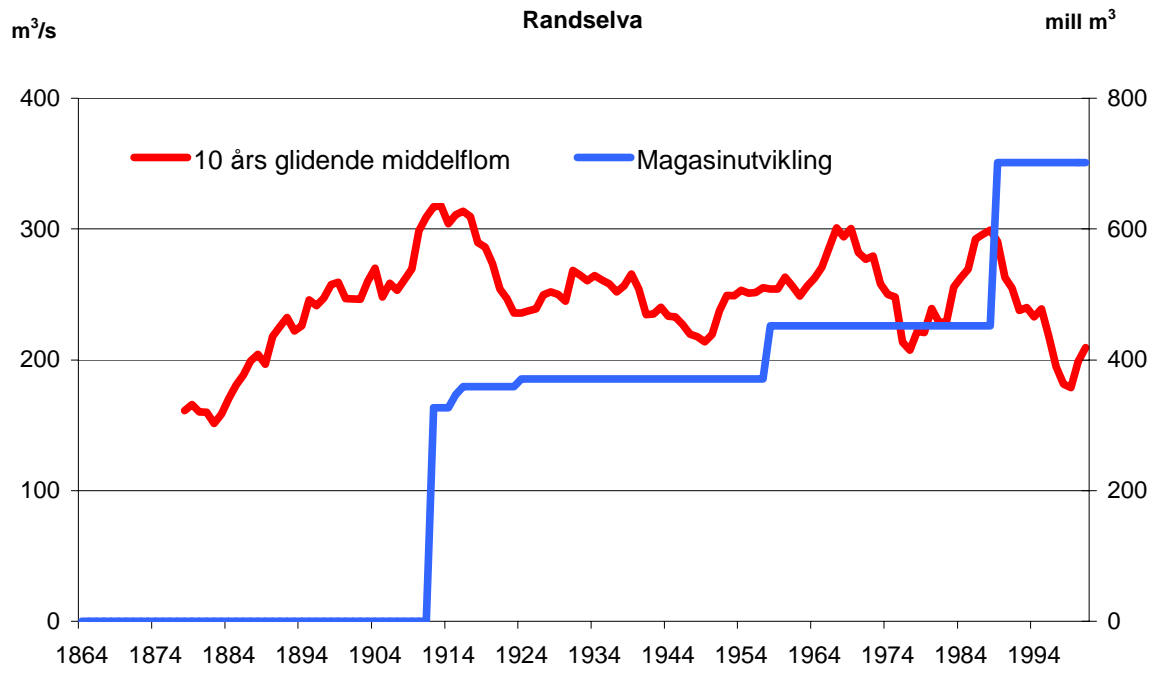
Men det har også vært flere tilfeller av vannføringer på 300 m³/s eller mer i alle månedene fra juli til november. Største høstfloer er 18 oktober 1987 med 373 m³/s, dette året var det også en stor vårfloer med 381 m³/s. I tabell 5 er det gitt en oversikt over de 10 største registrerte flommene i Randselva.

For årene 1859-1866 finnes det vannstandsdata fra Bergerfoss vannmerke i Randselva. Blant annet ut fra dette er det grunn til å tro at det i juni 1860 var en større floer i vassdraget enn hva som senere er registrert og at det i september 1866 også var en betydelig høstfloer. For Bergerfoss er det dessverre ikke noen vannføringskurve.

Tabell 5

De ti største flommene i Randselva fra 1880 til 2001.

25 mai 1910	488 m ³ /s	28 mai 1931	386 m ³ /s
5 juni 1967	408 m ³ /s	3 juni 1995	384 m ³ /s
25 mai 1966	392 m ³ /s	21 juni 1987	381 m ³ /s
7 juni 1904	390 m ³ /s	2 juni 1908	376 m ³ /s
19 mai 1895	387 m ³ /s	18 oktober 1987	373 m ³ /s



Figur 6

Flommer i Randselva fra 1869 til 2001.

Storelva

Seriene for Randselva og Ådalselva er satt sammen til en lang serie for "Storelva" for perioden 1880 til 2001.

For Storelva, som for Ådalselva, benyttes perioden fram til 1946 for å vurdere flomforholdene i et lite regulert vassdrag, og data etter den tid for å vurdere flomforholdene slik de er i dag.

De største flommene i Storelva har stort sett forekommet i mai og juni. Største beregnede flom er 25 mai 1910 med 1269 m³/s. Tidligste kulminasjonsdatoer er som for Ådalselva 4 mai 1894 med 701 m³/s og 8 mai 1952 med 742 m³/s. Ved flommen i 1860, som vi dessverre ikke har detaljerte data for, var sannsynligvis vannføringen i Storelva betydelig større enn ved flommen i 1910.

Men det har også vært flere tilfeller av vannføringer på 700 m³/s eller mer i alle månedene fra juli til november. De største høstflommene er 5 september 1934 med 920 m³/s og 18 oktober 1987 med 896 m³/s. Begge disse årene var det også relativt store vårflokker. I tabell 6 er det gitt en oversikt over de fem største flommene i Storelva i periodene 1880-1946 og 1947-2001.

Tabell 6

De fem største flommene i periodene 1880-1946 og 1947-2001 i Storelva.

25 mai 1910	1269 m ³ /s	5 juni 1967	1037 m ³ /s
2 juni 1897	1239 m ³ /s	29 mai 1951	899 m ³ /s
18 mai 1895	1212 m ³ /s	3 juni 1995	897 m ³ /s
6 juni 1904	1183 m ³ /s	18 oktober 1987	896 m ³ /s
2 juni 1908	1158 m ³ /s	29 mai 1977	831 m ³ /s



Bilde 1

Utløpet av Sperillen 16 oktober 2000, vannføringen i Ådalselva ved målestasjonene 12.15 Strømstøa var ca. 370 m³/s (Marit Astrup, NVE -HV).



Bilde 2

Utløp av Randsfjorden ved Bergerfoss kraftverk 16 oktober 2000. Vannføringen i Randselva ved 12.228 Kistefoss var ca. 270 m³/s (Marit Astrup, NVE - HV).



Bilde 3

Storelva i Hønefoss 16 oktober 2000, vannføringen var ca. 650 m³/s (Marit Astrup, NVE-HV).



Bilde 4

Utløp av Tyrifjorden 16 oktober 2000 ved vannstand 64,2 moh eller ca. 1,2 m over HRV (Marit Astrup, NVE-HV).

4.2 Midlere flom

Til bestemmelse av midlere flom er i hovedsak observasjoner fra Ådalselva og Randselva benyttet. Her er det så lange observasjonsserier og med rimelig god kvalitet at det ikke er funnet grunn til å beregne midlere flom ved hjelp av andre indirekte metoder.

For å vurdere størrelsen av lokaltilsiget nedstrøms Sperillen og Randsfjorden under flom i hovedelvene er data fra målestasjonen 12.114 Garhammerfoss i Sokna benyttet. Denne stasjonen har observasjoner fra 1937-79, og denne perioden er derfor analysert i tillegg til de lengre tidsrommene hvor en har data fra Ådalselva og Randselva. Resultatene av analysene er gitt i tabell 7.

Tabell 7

Midlere flom.

Punkt i vassdraget	Serienummer	1864/1880-1946	1947-2001	1937-79
		m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Ådalselva ved utløp Sperillen	12.85.0.1001.29	495	343	361
Ådalselva ved samløp Randselva	12.85.0.1001.30	-	-	386
Randselva ved utløp Randsfjorden	12.228.0.1001.29	248		249
Randselva ved samløp Ådalselva	12.228.0.1001.30	-	-	256
”Storelva” (avløp Randsfjorden og Sperillen)	12.85.0.1001.33	739	580	602
Storelva ved samløp Ådalselva og Randselva	12.85.0.1001.31	-	-	633
Storelva ved utløp i Tyrifjorden	12.85.0.1001.32	-	-	637

Ådalselva/ Begnavassdraget

Fram til 1946 er det antatt at reguleringene i Begnavassdraget har hatt relativt liten betydning for flomforholdene i Ådalselva. Perioden 1864-1946 er derfor benyttet for å vurdere flomforholdene i et uregulert eller lite regulert vassdrag. For denne perioden er midlere flom ved utløp av Sperillen 495 m³/s (tabell 7).

Perioden 1947 – 2001 er benyttet for å vurdere forholdene slik de er i dag med diverse reguleringer i vassdraget. For denne perioden er midlere flom 343 m³/s. Reguleringene i Begnavassdraget har altså ført til en reduksjon av midlere flom med omkring 150 m³/s eller omkring 30 %.

For perioden 1937-79 er det konstruert en serie for Ådalselva ved samløp med Randselva. Disse dataene viser at midlere flom i Ådalselva øker med ca. 25 m³/s fra utløp av Sperillen til samløp med Randselva. Tilsiget kommer fra et område på 254 km² og tilsvarer en avrenning på ca. 100 l/s km². I dette området ligger blant annet Samsjøen som ble regulert omkring 1955. Det antas at denne reguleringen har liten innflytelse på flomforholdene i Ådalselva.

Randselva

For Randselva er det som tidligere nevnt valgt å ikke dele dataene i en periode før og en etter regulering. Midlere flom for årene 1880 – 2001 ved utløp av Randsfjorden er 248 m³/s (tabell 7).

For perioden 1937-79 er det konstruert en serie for Randselva ved samløp med Ådalselva. Disse dataene viser at midlere flom i Randselva øker med ca. 7 m³/s fra utløp av Sperillen til samløp med Randselva. Tilsiget kommer fra et område på 69 km² og tilsvarer en avrenning på ca. 100 l/s km².

Storelva

For "Storelva" er vannføringen fra Randselva og Ådalselva summert. Det gir en midlere flom på 739 m³/s for perioden 1880 - 1946. Dette er bare 4 m³/s mindre enn om en summerer midlere flom fra de to seriene direkte. At reduksjonen ikke blir større, skyldes at både Randsfjorden og Sperillen fører til et utjevnet flomforløp slik at flommene i begge vassdrag kulminerer omtrent samtidig.

For perioden 1947-2001 er midlere flom 580 m³/s, eller redusert med nesten 160 m³/s. Flomreduksjonen er noe større enn den som er beregnet for Ådalselva. Dette skyldes både at det er litt forskjellige perioder som ligger til grunn for beregningene, og at serien for Storelva også påvirkes av flomforholdene i Randselva.

For perioden 1937-79 er det konstruert to serier for Storelva, henholdsvis ved samløpet mellom Randselva og Ådalselva og ved utløp i Tyrifjorden. Disse dataene viser at midlere flom øker med 31 m³/s ned til samløpet og ytterligere 4 m³/s ned til utløpet i Tyrifjorden. Tilsiget kommer fra et område på til sammen 359 km² og tilsvarer en avrenning på ca. 100 l/s km².

Resultatene av analysene for de ulike punktene i vassdraget er sammenfattet i tabell 8.

Tabell 8

Midlere flom .

	Areal	Før/ lite regulert	Etter regulering	Før/ lite regulert	Etter regulering
Punkt i vassdraget	km ²	m ³ /s	m ³ /s	l/s km ²	l/s km ²
Ådalselva, utløp Sperillen	4605	495	343	107	74
Ådalselva ved samløp med Randselva	4859	520	368	107	76
Randselva, utløp Randsfjorden	3702	248		67	
Randselva ved samløp med Ådalselva	3771	255		67	
”Storelva” (avløp Randsfjorden og Sperillen)	8307	739	580	89	70
Storelva ved samløp Ådalselva og Randselva	8630	771	612	89	71
Storelva ved utløp i Tyrifjorden	8666	775	616	89	71

4.3 5- 500 års flom

Å fastsette ”korrekte” flomverdier i regulerte vassdrag er komplisert. Størrelsen av flomvannføringene er et resultat av både naturlige prosesser og menneskelige inngrep. Det er vanligvis de litt mindre flommene som blir mest redusert, mens store flommer har man mindre mulighet til å påvirke.

For bestemmelse av flommer med gjentakintervall opp til 500 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 gjentakintervall opp til 50 år er det vurdert som mest korrekt å benytte data fra perioden 1947 – 2001 for Ådalselva og Storelva . For 100 og 200 års gjentakintervall benyttes alle tilgjengelige data, mens for 500- års gjentakintervall benyttes kun data fram til 1946. For Randselva benyttes som tidligere nevnt data for hele perioden 1880 – 2001 for å fastsette ulike flomstørrelser.

Ved beregning av middelflom for de ulike periodene er alle år med data benyttet. Men 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. En ser fra figur 5 og 6 at disse årene skiller seg ut.

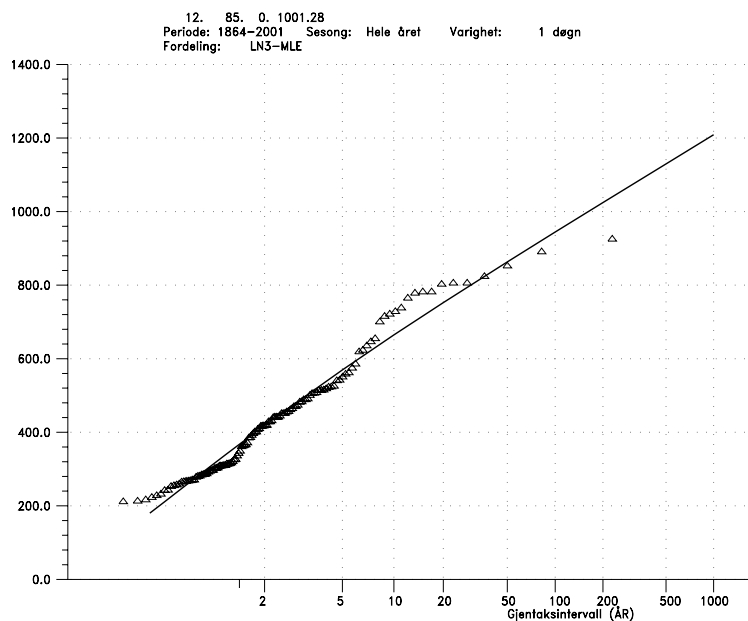
Ådalselva

I figur 7 er det vist et eksempel på en av frekvensanalysene for Ådalselva for perioden 1864 - 2001. For alle periodene er det valgt å benytte log-normal 3-fordelingen. Resultatene er sammenfattet i tabell 9 og figur 8.

En ser av figur 7 at den valgte frekvensfordelingen avviker en del fra begge de to største flommene. Hvis en imidlertid hadde hatt med 1860-flommen i datamaterialet, som sannsynligvis var over 1000 m³/s i Ådalselva, ville tilpasningen til kurven vært langt bedre.

Analysene viser videre at reguleringene i vassdraget har medført en betydelig flomdemping. Midlere flom er redusert med omkring 150 m³/s, mens 50 års flommen er redusert med hele 330 m³/s. For gjentakintervall større enn 50 år regnes det med betydelig mindre flomdemping enn dataene fra de siste årene skulle tilsi. Dette skyldes blant annet den store usikkerhet det ligger i reguleringenes flomdempende effekt ved store flommer.

Verdiene som benyttes videre i dette prosjektet er angitt i tabell 9 med fet skrift og i figur 8 vist med svart stiplet linje.



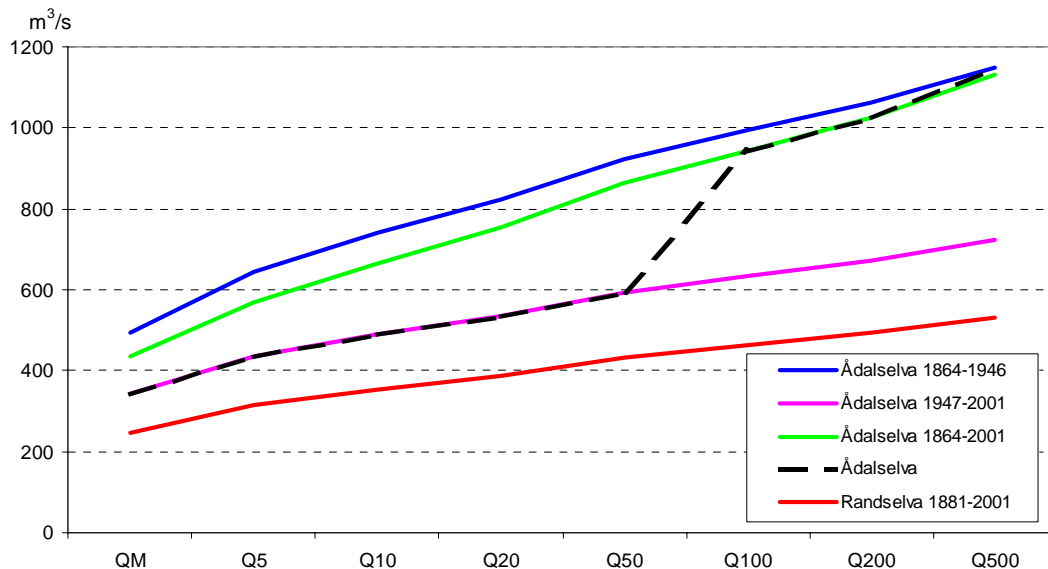
Figur 7

Ådalselva, flomfrekvensanalyse for årene 1864-2001.

Tabell 9

Flomvannføringer beregnet for ulike perioder i Ådalselva ved utløp av Sperillen. Verdiene som er benyttet videre for flomsonekartprosjektet er markert med fet skrift.

Periode	QM	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1864-1946	495	645	739	822	923	994	1062	1149
1947-2001	343	436	489	536	593	634	672	722
1864-2001	434	570	665	753	863	944	1025	1130



Figur 8

Den røde kurven viser beregnet flomvannføring i Randselva ved utløp av Randsfjorden ved ulike gjentaksintervall.

De øvrige kurvene gjelder Ådalselva ved utløp av Sperillen, hvor den blå viser til et uregulert eller lite regulert vassdrag, den lilla er basert på data etter regulering. Den grønne kurven er basert på hele observasjonsperioden, mens den stiplede viser valgte verdier for bruk i flomsonekartprosjektet.

Randselva

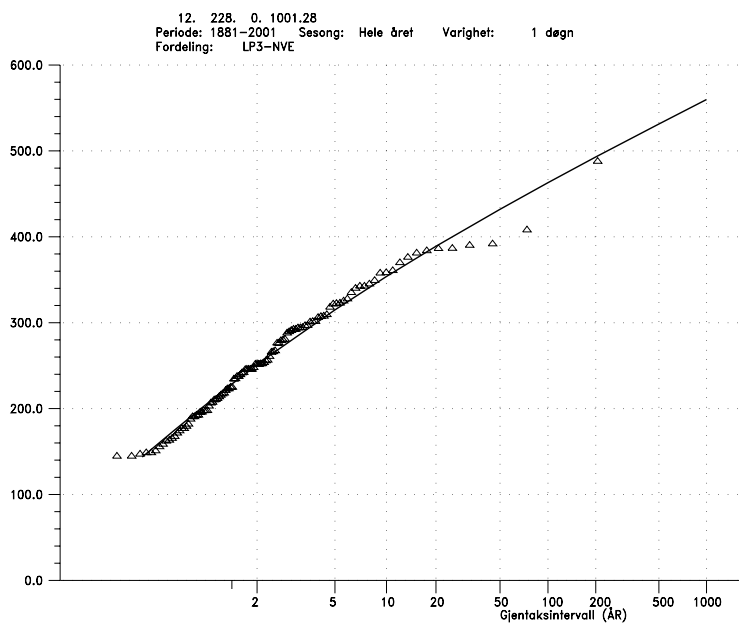
I figur 9 er frekvensanalysen for Randselva vist. Her var det log-Pearson type 3 som ga best tilpasning til de observerte flommene. Resultatene er sammenfattet i tabell 10. I figur 8 er de resulterende vannføringene plottet sammen med vannføringen fra Ådalselva.

Tabell 10

Flomvannføringer for Randselva ved utløp av Randsfjorden.

Periode	QM	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1880-2001	248	315	354	389	432	463	493	531

En ser at Randselva bidrar forholdsvis mindre til flomvannføring i Storelva enn Ådalselva, spesielt gjelder dette ved de mer sjeldne flommene. For eksempel er 200-års flommen i Randselva snaut 500 m³/s, mens den for Ådalselva er beregnet til drøyt 1000 m³/s.



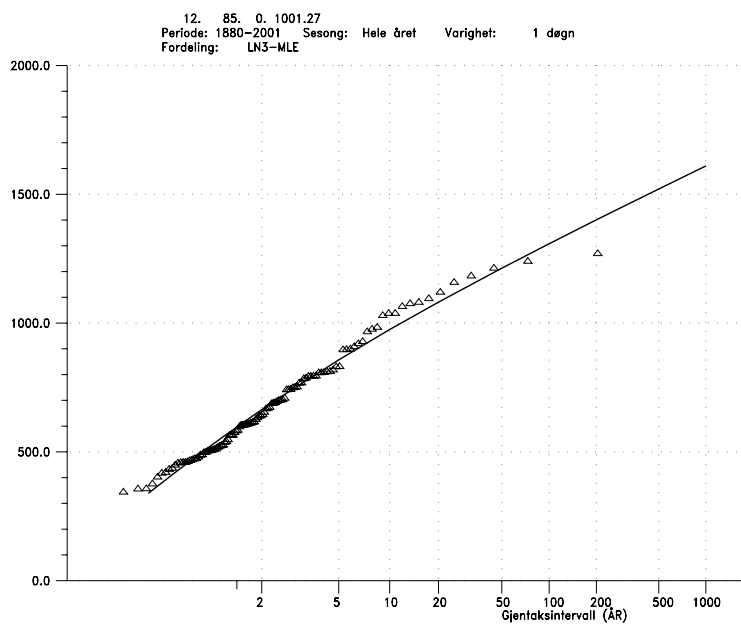
Figur 9

Randselva, flomfrekvensanalyse for årene 1881- 2001.

”Storelva”

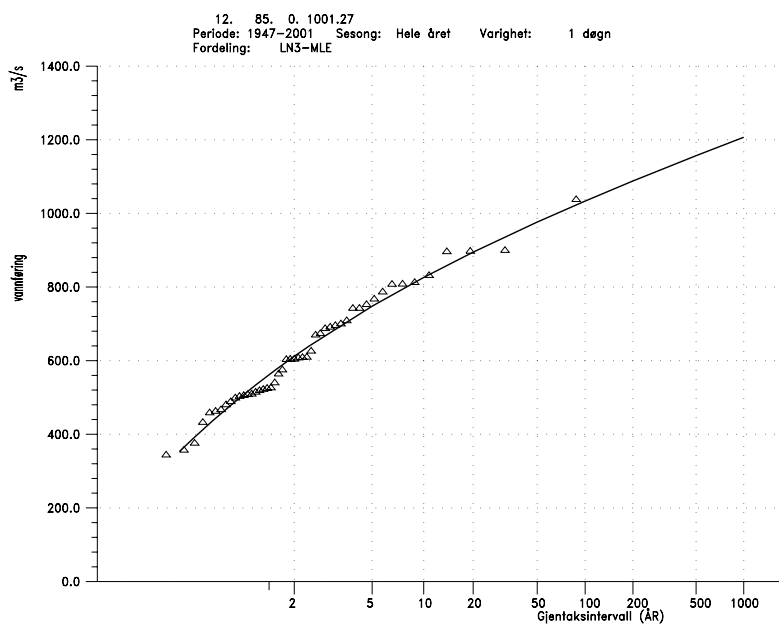
I figur 10 og 11 er frekvensanalyser for ”Storelva” vist. Som for Ådalselva var det log-normal 3-fordelingen som ga best tilpasning til de observerte flommene. Resultatene er sammenfattet i tabell 11 og figur 12. Verdiene som benyttes videre i dette prosjektet er merket med fet skrift i tabell 11 og svart stiplet strek i figur 12.

Beregnet 200-års flom for ”Storelva” er ca 1400 m³/s, mens samtidige 200-års flommer i både Randselva og Ådalselva gir nesten 1500 m³/s. Dette virker rimelig.



Figur 10

”Storelva”, flomfrekvensanalyse for årene 1880-2001.



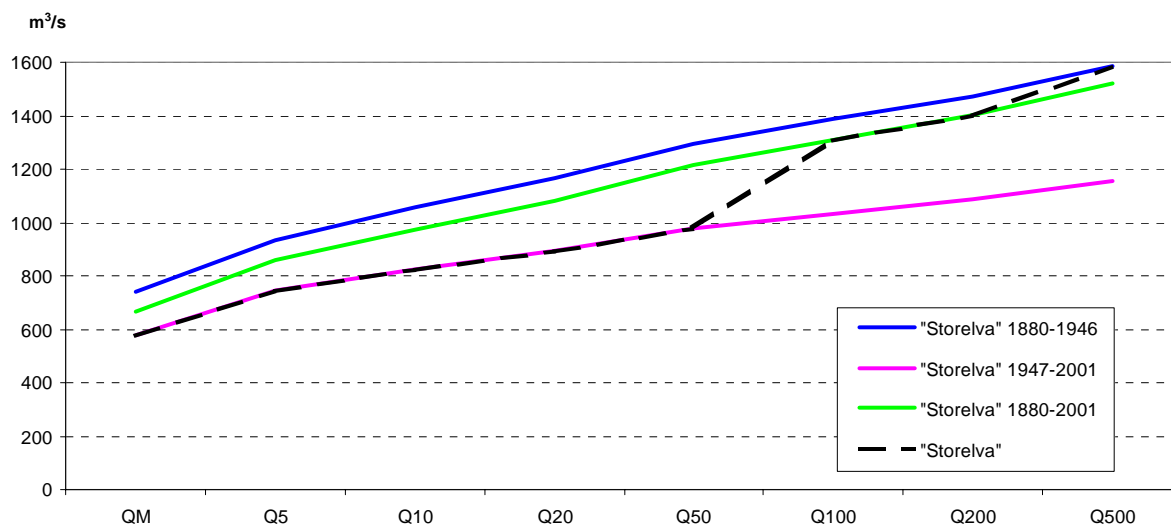
Figur 11

”Storelva”, flomfrekvensanalyse for årene 1947 – 2001, som er perioden etter de store kraftutbyggingene i Begnavassdraget.

Tabell 11

Flomvannføringer for ulike perioder i "Storelva". Beregningene er basert på avløpet fra Randsfjorden og Sperillen. Verdiene som er benyttet videre for flomsonekartprosjektet er markert med fet skrift.

Periode	QM	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1880-1946	739	933	1057	1165	1295	1387	1474	1584
1947-2001	580	748	826	895	976	1034	1088	1157
1880-2001	666	857	975	1081	1213	1308	1401	1521



Figur 12

Flomvannføringer i "Storelva". Den blå kurven representerer et uregulert eller lite regulert vassdrag, den lilla er basert på data etter regulering. Den grønne kurven benytter data fra hele observasjonsperioden, mens den stiplede viser valgte verdier for bruk i flomsonekartprosjektet.

Lokalfelt nedstrøms Sperillen og Randsfjorden

Ved midlere flom er det regnet med et tilsig på 100 l/s km² fra lokalfeltene nedstrøms Randsfjorden og Sperillen. Det er totalt et areal på 359 km² som kommer til før Storelvas utløp i Tyrifjorden.

For flommer med gjentakintervall opp til 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.

Beregnet tilsig fra lokalfeltene er lavere enn hva en kan forvente at flomverdier i disse områdene. Det skyldes at flom i de mindre bekkene og elvene i dette området ikke kulminerer samtidig med flommer i hovedelvene. I naboelven Sokna er for eksempel midlere flom nesten 200 l/s km² og 100-års flom ca. 400 l/s km² (ref. 12.114.0 Garhammerfoss).

Tabell 12

Tilsig fra lokalfelt nedstrøms Sperillen og Randsfjorden ved flom i hovedvassdragene.

Vannføring i hovedvassdrag →		QM	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500
Tilsig lokalfelt	km ²	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
Lokalfelt Randselva	69	7	9	10	11	12	14	15	16
Lokalfelt Storelva	36	4	5	5	6	7	7	8	8
Sum	359	36	45	52	57	65	71	76	83

Resultatene av flomanalysene for Ådalselva, Randselva og Storelva er sammenfattet i tabell 13. Det kan synes som det er noen mindre avvik mellom tabell 12 og 13, for eksempel er 5-års flom for lokalfelt Storelva 5 m³/s (tabell 12), mens vannføringen i Storelva øker kun fra 789 m³/s til 793 m³/s fra samløpet mellom Ådalselva og Randselva til utløp i Tyrifjorden. ”Avviket” skyldes at det ikke er benyttet desimaler i tabellene, men disse er tatt med i mellomregningene.

Tabell 13**Flomverdier for Ådalselva, Randselva og Storelva . Det er døgnmidler som er gitt.**

	QM	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500
	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, utløp Sperillen	343	436	489	536	593	944	1025	1149
Ådalselva ved samløp Randselva	368	468	526	577	639	994	1079	1208
Randselva ved utløp Randsfjorden	248	315	354	389	432	463	493	531
Randselva ved samløp Ådalselva	255	324	364	400	444	477	508	547
”Storelva” (avløp Randsfjorden og Sperillen)	580	748	826	895	976	1308	1401	1584
Storelva ved samløp Ådalselva og Randselva	612	789	873	947	1034	1371	1469	1658
Storelva ved utløp i Tyrifjorden	616	793	878	952	1041	1379	1477	1667

4.4 Kulminasjonsverdier

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.

I retningslinjene for flomberegninger for flomsonekart er det gitt følgende formler for beregning av forholdstallet mellom momentanflom og døgnmiddelflom:

$$\text{Vårflom: } Q_{\text{momentan}}/Q_{\text{døgn}} = 1.72 - 0.17 \log A - 0.125 A_{\text{SE}}^{0.5}$$

$$\text{Høstflom: } Q_{\text{momentan}}/Q_{\text{døgn}} = 2.29 - 0.29 \log A - 0.270 A_{\text{SE}}^{0.5}$$

hvor A er feltareal og A_{SE} er effektiv sjøprosent.

For Randselva og Ådalselva gir disse formlene et forholdstall på 1,00 for både vår- og høstflom.

For Randselva er det ikke tilgjengelige data med finere tidsoppløsning enn døgn, slik at for Randselva antas kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring å være lik.

For Ådalselva viser data med fin tidsoppløsning at høstflommen i 1987 kulminerte med 529 m³/s, mens døgnmiddelet er beregnet til 523 m³/s. Forskjellen er på 1 %. I 1995 kulminerte vårflommen med 522 m³/s, mens døgnmiddelet da var 513 m³/s. Forskjellen er 2 %. Dette er de to største flommene i Ådalselva med tilgjengelige "fin-data". For Ådalselva antas derfor et forholdstall på 1,02 mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring.

For Storelva antas et forholdstall på 1,01 mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring å være representativt. De resulterende kulminasjonsverdiene er presentert i tabell 14. Verdiene er avrundet til nærmeste 10 m³/s, men nøyaktigheten i verdiene er mindre.

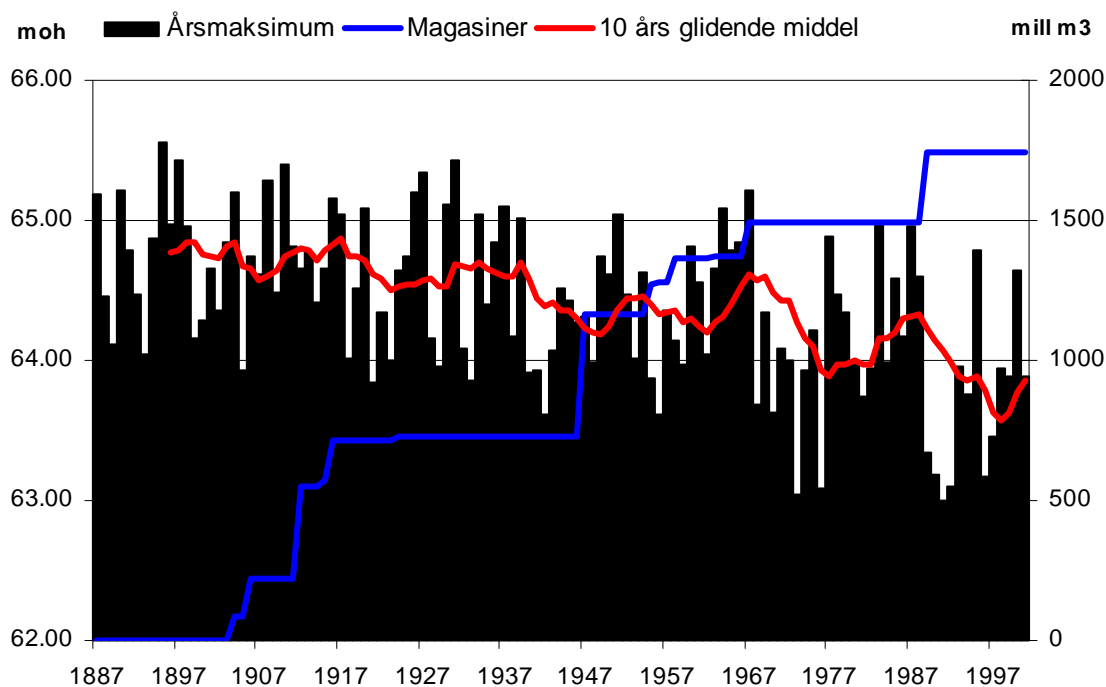
Tabell 14

Flomverdier i Ådalselva, Randselva og Storelva . Det er kulminasjonsverdier avrundet til nærmeste 10 m³/s som er gitt.

	QM	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500
	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, utløp Sperillen	350	440	500	550	600	960	1050	1170
Ådalselva ved samløp Randselva	380	480	540	590	650	1010	1100	1230
Randselva ved utløp Randsfjorden	250	320	350	390	430	460	490	530
Randselva ved samløp Ådalselva	250	320	360	400	440	480	510	550
”Storelva” (avløp Randsfjorden og Sperillen)	590	760	830	920	990	1320	1420	1600
Storelva ved samløp Ådalselva og Randselva	620	800	880	960	1040	1390	1480	1680
Storelva ved utløp i Tyrifjorden	620	800	890	960	1050	1390	1490	1680

4.5 Vannstander Tyrifjorden

I Tyrifjorden er vannstand observert siden 1887 ved målestasjonen 12. 65 Skjerdal. Stasjonen ligger ved Tyristrand på vestsiden av Tyrifjorden. Observasjonene inneholder enkelte brudd, men disse har sannsynligvis ikke vært i flomperioder. Alle år er derfor benyttet i analysene. I figur 13 er årlig maksimal vannstand i Tyrifjorden vist sammen med 10-års glidende middel og en kurve som viser endring av regulerbart volum i vassdraget.



Figur 13

De svarte søylene viser årlig maksimal vannstand i Tyrifjorden fra 1887 – 2001, den røde kurven viser 10-års glidende middel av disse og den blå kurven viser totalt reguleringsvolum i Drammensvassdraget oppstrøms utløp av Tyrifjorden.

Vannstanden på målestasjonen registreres på en lokal skala. Høyeste regulerede vannstand (HRV) tilsvarer lokal vannstand 4,07 m eller 62,96 moh (Statens Kartverk). Fra tidligere finnes det og såkalte NVE-høyder, i dette systemet tilsvarer HRV 62,75 m. Videre benyttes kun SK-høyde.

I utløpet av Tyrifjorden er det en luke (se bilde 4 side 21). Luka har begrenset kapasitet, og den benyttes først og fremst til manøvrering av vinteravløpet. Når vannstanden i Tyrifjorden når HRV åpnes luka helt. Under flom er bestemmende profil omkring to hundre meter oppstrøms luka, det vil si under brua over Tyrifjorden i Vikersund (Trond Bjertnes, RSD). Det betyr at ved flom er Tyrifjorden å regne som en uregulert innsjø.

Men flomvannstanden i Tyrifjorden er påvirket av reguleringene oppstrøms. I flom-analysene for Tyrifjorden er det valgt å benytte samme periodeinndeling som for Ådalselva og Storelva. Det vil si at observasjoner fra 1947 – 2002 er benyttet for å bestemme flomvannstander opp til 50- års gjentaksintervall, hele perioden 1887 – 2002 er benyttet til beregning av 100 og 200- års flomvannstand, mens data før 1947 benyttes for bestemmelse av 500-års flomvannstand. I tabell 15 er de fem høyest observerte vannstandene i Tyrifjorden i periodene 1887 – 1946 og 1947 - 2001 oppgitt.

Tabell 15

De fem høyeste vannstandene i periodene 1887-1946 og 1947-2001 i Tyrifjorden.

20 mai 1895	65.56 moh	7 juni 1967	65.21
5 juni 1897	65.43 moh	19 oktober 1964	65.09
30 mai 1931	65.43 moh	6 juni 1951	65.04
27 mai 1910	65.40 moh	25 mai 1983	64.97
2 juli 1927	65.34 moh	21 oktober 1987	64.95

For å se på samvariasjonen mellom flomvannføring i Storelva og vannstand i Tyrifjorden er forholdene ved de største vannføringene i ”Storelva” (jmf. tabell 6) og de høyeste vannstandene Tyrifjorden (jmf. tabell 15) undersøkt (tabell 16). Dette viser at vannføringen i Storelva har kulminert 1 - 8 dager før vannstanden i Tyrifjorden. Videre at vannstanden i Tyrifjorden ved kulminasjon i Storelva har vært fra 2 til nesten 60 cm lavere enn kulminasjonsvannstanden i Tyrifjorden, med en gjennomsnittlig forskjell på 20 cm. Forholdene er ikke vesentlig forskjellig før og etter 1947, og det er heller ingen entydige endringer som funksjon av flommens størrelse.

For alle gjentaksintervall er det derfor antatt at vannstanden i Tyrifjorden ved kulminasjon i Storelva er 20 cm lavere enn beregnet kulminasjonsvannstand i Tyrifjorden. Vannstandene er så avrundet til nærmeste 10 cm. Avrundingen fører til at vannstanden ved 100 og 200 års flom blir like (tabell 17).

Tabell 16

Vannstand i Tyrifjorden og vannføring i ”Storelva” ved de største flommene i periodene 1880-1946 og 1947-2001.

Dato Q _{maks}	Dato Vst maks	Forsink -else	Q _{maks}	Q ved Vst _{maks}	Relativ endring Q	Vst ved Q _{maks}	Vst _{maks}	Forskjell vst
1880-1946		Døgn	m ³ /s	m ³ /s	%	moh	moh	Cm
25.5.1910	27.5	2	1269	1195	94	65.32	65.40	8
2.6.1897	5.6	3	1239	1091	88	65.09	65.43	34
18.5.1895	20.5	2	1212	1128	93	65.34	65.56	22
6.6.1904	8.6	2	1183	1106	93	64.97	65.20	23
2.6.1908	6.6	4	1158	1011	87	65.05	65.28	23
27.5.1931	30.5	3	1119	1059	95	65.33	65.43	10
1.7.1927	2.7	1	1064	1057	99	65.32	65.34	2
1947-2001								
5.6.1967	7.6	2	1037	938	90	65.17	65.21	4
29.5.1951	6.6	8	899	871	97	64.88	65.04	16
3.6.1995	11.6	8	897	695	77	64.20	64.79	59
18.10.1987	21.10	3	896	797	89	64.72	64.95	23
29.5.1977	1.6	3	831	745	90	64.74	64.88	14
16.10.1964	19.10	3	807	661	82	64.72	65.09	37
23.5.1983	25.5	2	786	763	97	64.93	64.97	4

Likeledes ser en at vannføringen i ”Storelva” når vannstanden i Tyrifjorden kulminerer har vært mellom 77 og 99 % av kulminasjonsvannføringen. Heller ikke her gir data før og etter 1947 vesentlig forskjellig resultat. Ut fra foreliggende materiale antas at vannføringen i Storelva er 90 % av kulminasjonsvannføringen når vannstanden i Tyrifjorden kulminerer. Resultatene av analysene er sammenfattet i tabell 17 og 18.

Tabell 17

Samhørende flomvannføringer i Storelva og vannstander i Tyrifjorden. HRV = 62,96 moh.

	QM	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500
Vannføring Storelva (m ³ /s)	620	800	890	960	1050	1390	1490	1680
Vannstand Tyrifjorden ved kulminasjon Storelva (moh)	64,0	64,5	64,7	64,9	65,0	65,4	65,4	65,7

Tabell 18

Samhørende flomvannstander (moh) Tyrifjorden og vannføring Storelva. HRV = 62,96 moh.

	HM	H5	H10	H20	H50	H100	H200	H500
Vannstand Tyrifjorden (moh)	64,2	64,7	64,9	65,1	65,2	65,6	65,6	65,9
Vannføring Storelva ved kulminasjon Tyrifjorden (m ³ /s)	560	720	800	870	950	1250	1340	1520

4.6 Sammenligning med tidligere beregninger

Dimensjonerende flom, eller 1000-års flom for Sperillen er beregnet av Berdal Strømme i 1995 til 1220 m³/s og ved Hønefoss kraftverk, rett før Ådalselvas samtløp med Randselva til 1300 m³/s. I denne rapporten er 500-års flom ved utløp av Sperillen beregnet til 1170 m³/s og i Ådalselva ved samtløp Randselva 1230 m³/s. Det er godt samsvar mellom beregningene.

For Randselva er 1000-års flom i 1987 beregnet av Hafslund til 572 m³/s (NVK, 1998). I denne rapporten er 500-års flom ved utløp av Randsfjorden beregnet til 530 m³/s. Det er godt samsvar mellom beregningene.

For Tyrifjorden avviker de beregnede flomvannstandene opp til 20 cm fra tilsvarende beregninger dokumentert i NVEs oppdragsrapport 7-2000. Avvikene skyldes at det da ble benyttet en kortere periode (1973-1998) for beregning av flomvannstander opp til 50 år.

5. Usikkerhet

Selv om en har over 100 år med observasjoner fra både Ådalselva, Randselva og Tyrifjorden er det betydelig usikkerhet i de beregnede flomverdiene.

Usikkerheten skyldes en rekke forhold. For det første er det usikkerhet knyttet til ”observert vannføring”. Vannstander observeres, deretter omregnes disse ut fra en vannføringskurve til vannføringsverdier. Vannføringskurven er basert på et antall samtidige observasjoner av vannstand og fysiske målinger av vannføring ute i elven. Ofte er de største flomvannføringene beregnet ut fra et ekstrapolert samband mellom vannstander og vannføringer.

For eksempel er største registrerte vannføring i Ådalselva 925 m³/s, mens største vannføringsmåling er på 666 m³/s. For de benyttede stasjonene er avvikene mellom vannføringskurven og de høyeste vannføringsmålingene omkring 5 %, det må sies å være bra.

I mange vassdrag er det knyttet usikkerhet til data på grunn av tidsoppløsningen i registreringene. Her betyr dette mindre fordi flommene blir dempet gjennom Sperillen og Randsfjorden.

Tidsserien for Ådalselva inneholder noe unøyaktigheter ved at den er satt sammen av serier fra ulike punkter i vassdraget. Serien er konstruert uten noen skalering av verdiene. Nedbørfeltet til 12.3 Hen er 5 % større enn feltet til 12.85 Killingstryken. Men ved flom i Ådalselva, vil avløp fra Sperillen være det vesentligste bidraget.

Fra utløp av Sperillen og Randsfjorden til Storelvas utløp i Tyrifjorden kommer det tilsig fra et 369 km² stort areal. Fra dette området er det ingen observerte vannføringer, og bidraget herifra er derfor basert på skalering av observasjoner i naboelven Sokna. Slik skalering bidrar til usikkerhet i flomestimatene.

For frekvensverdiene er det forsøkt å kvantifisere usikkerheten ved såkalt ”bootstrapping”. Til dette er 128 år med data for Ådalselva benyttet og 115 år med data fra Randselva benyttet. Metoden kan illustreres ved at de 128 flomverdiene for Ådalselva puttes i en hatt. Deretter trekkes det 128 tilfeldige flomverdier fra hatten, alle verdier som er trukket puttes opp i hatten igjen. Den resulterende serien utføres det så frekvensanalyse på. Dette er gjentatt 100 ganger, spredningen av de 100 frekvenskurvene gir da et estimat på usikkerheten. Det ga en usikkerhet på 5 – 10 % for 100 og 200 års flom for både Ådalselva og Randselva.

De omfattende reguleringene i vassdraget har påvirket flomforholdene. For beregning av flommer med gjentakintervall opp til 50 år er flomverdier fra tiden etter de største reguleringene lagt til grunn. For sjeldnere flommer er det mer usikkert hva som er mest korrekt. I beregningene er det antatt at reguleringenes flomdempende effekt er vesentlig mindre for flommer med gjentakintervall på 100 år eller mer.

Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn. Anslagsvis må en regne med en usikkerhet på i størrelsesorden 20 % i de beregnede flomverdiene. Hvis disse flomberegningene skal klassifiseres i en skala fra 1 til 3, hvor 1 tilsvarer beste klasse, vil disse gis klasse 1.

Referanser

Prosjekthåndbok – flomsonekartprosjektet. 5 B: Retningslinjer for flomberegninger. NVE, 2000.

Drageset, Turid Anne, 2001: – Flomberegning for Drammenselva. Flomsonekartprosjektet, Dokument 8-2001, NVE.

Holmqvist, Erik, 2001: Flomberegninger i Hallingdalsvassdraget. Hemsedal, Gol og Nesbyen. Flomsonekartprosjektet, Dokument 14-2001, NVE.

Holmqvist Erik, 2000: Analyse av flomvannstander og tørrårstilsig i Tyrifjorden. Oppdragsrapport 7-2000, NVE.

Vandstandsiagttagelser Bind III. Vandstandsiagttagelser i Drammenselven indtil 1907. Hydrologiske meddelelser for kongeriget Norge, 1909.

Berdal Strømme, 1995. Flomberegning. Foreningen til Bægnavassdragets regulering, revidert rapport mai 1995.

Norsk Vannbygningskontor, 1998. Viulfoss kraftstasjon, dam Viulfoss, revurdering, 11 desember 1998.

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Dokumentserien i 2002

- Nr. 1 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Moisåna ved Moi (026.BZ). Flomsonekartprosjektet (28 s.)
- Nr. 2 Stein Beldring, Lars A. Roald, Astrid Voksø: Avrenningskart for Norge. Årsmiddelverdier for avrenning 1961-1990 (49 s.)
- Nr. 3 Inger Sætrang: Statistikk over tariffer i regional- og distribusjonsnettet 2002 (60 s.)
- Nr. 4 Bjarne Kjølmoen, Hans Chr. Olsen: Langfjordjøkelen i Vest-Finnmark. Glasiohydrologiske undersøkelser (35 s.)
- Nr. 5 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Skoltefossen i Neidenvassdraget (026.BZ). Flomsonekartprosjektet (16 s.)
- Nr. 6 Erik Holmqvist: Flomberegning for Reisavassdraget (208.Z). Flomsonekartprosjektet (28 s.)
- Nr. 7 Inger Sætrang: Oversikt over vedtak. Tariffer og vilkår for overføring av kraft i 2001 (18 s.)
- Nr. 8 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Tanavassdraget. Flomsonekartprosjektet (22 s.)
- Nr. 9 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Ørstavassdraget. Flomsonekartprosjektet (18 s.)
- Nr. 10 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Orkla ved Meldal og Orkanger (121.Z). Flomsonekartprosjektet (23 s.)
- Nr. 11 Asgeir Petersen-Øverleir: Årsrapporter 2001 for de urbanhydrologiske målestasjonene i Norge (200 s.)
- Nr. 12 Supplering av Verneplan for vassdrag. Høringsdokument (323 s.)
- Nr. 13 Erik Holmqvist: Flomberegning for Hønefoss. Flomsonekartprosjektet (42 s.)