



Flomsonekartprosjektet

# Flomberegning for Skienselva

*Lars-Evan Pettersson*

16  
2001



D  
O  
K  
U  
M  
E  
N  
T

# **Flomberegning for Skienselva (016.Z)**

Norges vassdrags- og energidirektorat

2001

## Dokument nr 16

### Flomberegning for Skienselva (016.Z)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Lars-Evan Pettersson

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 30

Forsidefoto: Skotfoss dam ved Norsjø's utløp (Foto: Lars-Evan Pettersson)

ISSN: 1501-2840

**Sammendrag:** I forbindelse med Flomsonekartprosjektet i NVE er det som grunnlag for vannlinjeberegning og flomsonekartlegging utført flomberegning for et delprosjekt i Skienselva. Vannføringer for flommer med forskjellige gjentaksintervall er beregnet for Skienselva fra utløpet av Norsjø til elvens utløp i fjorden.

**Emneord:** Flomberegning, flomvannføring, Skienselva.

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](http://www.nve.no)

September 2001

# Innhold

<b>Forord</b>	<b>4</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Beskrivelse av oppgaven</b>	<b>6</b>
<b>2. Beskrivelse av vassdraget</b>	<b>6</b>
<b>3. Hydrometriske stasjoner</b>	<b>11</b>
<b>4. Beregning av flomverdier</b>	<b>13</b>
4.1 Beregning av flomvannføringer ved Norsjøs utløp.....	13
4.2 Beregning av flomvannstander i Norsjø og Hjellevatn.....	16
4.3 Beregning av flomvannføringer i Skienselva.....	17
<b>5. Observerte flommer</b>	<b>18</b>
<b>6. Usikkerhet</b>	<b>19</b>
<b>Referanser</b>	<b>20</b>

# Forord

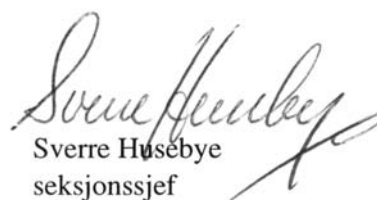
Flomsonekart er et viktig hjelpemiddel for arealdisponering langs vassdrag og for beredskapsplanlegging. NVE arbeider med å lage flomsonekart for flomutsatte elvestrekninger i Norge. Som et ledd i utarbeidelse av slike kart må flomvannføringer beregnes. Grunnlaget for flomberegninger er NVEs omfattende 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 av Skienselva i Telemark. Rapporten er utarbeidet av Lars-Evan Pettersson og kvalitetskontrollert av Erik Holmqvist.

Oslo, september 2001



Kjell Repp  
avdelingsdirektør



Sverre Husebye  
seksjonssjef

# Sammendrag

Flomberegningen for delprosjekt fs 016\_1 Skienselva omfatter flomvannføringer i Skienselva fra Norsjø's utløp til elvens utløp i fjorden. Beregningen er basert på frekvensanalyser av flomdata fra målestasjonen 16.153 Totalavløp Norsjø.

Et spesielt problem ved denne flomberegningen er at flomforholdene etter reguleringen ikke kan ventes gjelde også for store gjentaksintervall på flommer. Da vil flomforholdene bli mer lik forholdene som var før de store reguleringene i slutten av 1950-årene, fordi reguleringens flomdempende effekt etter hvert vil avta med økende gjentaksintervall på flommer.

I nedre delen av Skienselva er det bare bidraget fra Falkumelva som vurderes å være av betydning for flomvannføringene. Det er ikke regnet med noen forskjell på kulminasjonsvannføringene og døgnmiddelvannføringene. Resultatet av beregningen ble:

	$Q_M$ m <sup>3</sup> /s	$Q_5$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{10}$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{20}$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{50}$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{100}$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{200}$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{500}$ m <sup>3</sup> /s
Fra Norsjø til samløpet med Falkumelva	740	920	1070	1210	1400	2010	2200	2460
Fra Falkumelva til fjorden	790	970	1120	1260	1450	2060	2250	2510

## 1. BESKRIVELSE AV OPPGAVEN

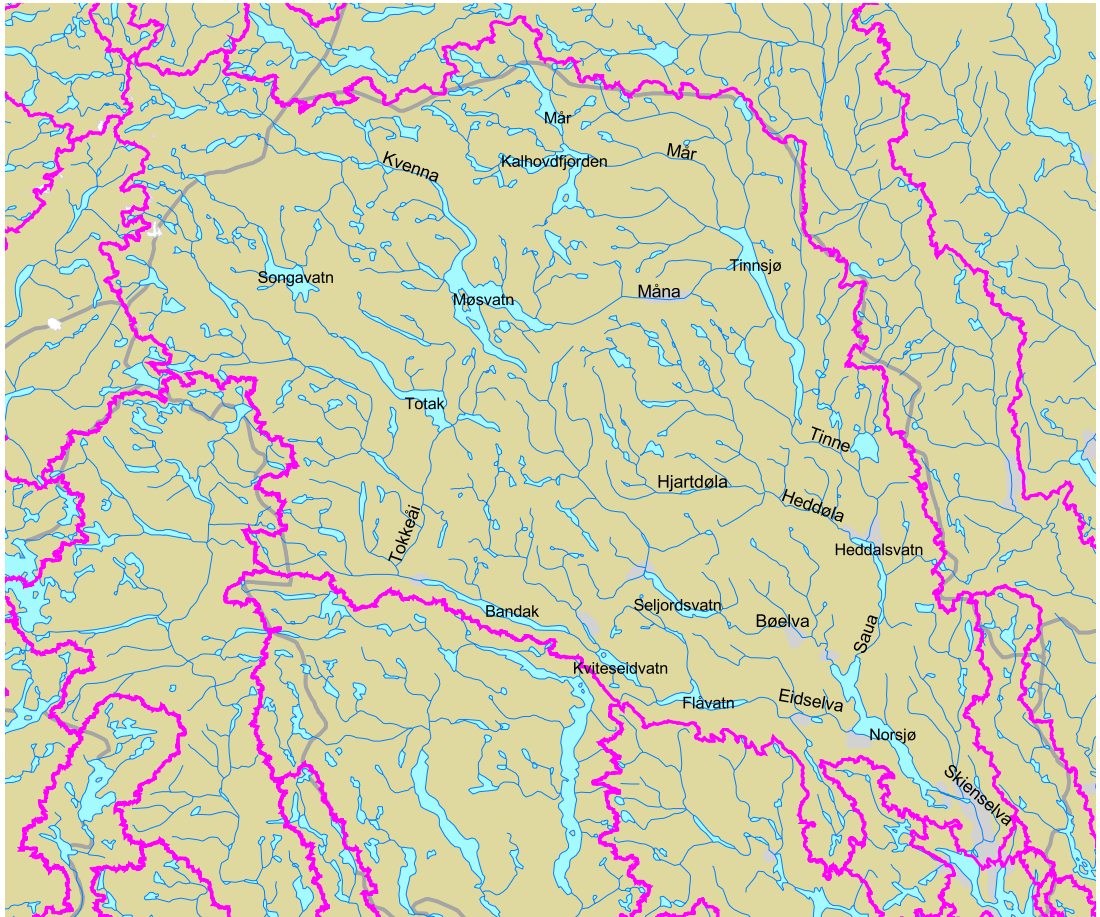
Flomsonekart skal konstrueres for Skienselva i Telemark, fra elvens utløp av Norsjø til fjorden, delprosjekt fs 016\_1 Skien i NVEs Flomsonekartprosjekt. Som grunnlag for flomsonekartkonstruksjonen skal midlere flom og flommer med gjentaksintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år beregnes for seks punkter i Skienselva: ved utløpet av Norsjø, oppstrøms og nedstrøms samløpet med Falkumelva, oppstrøms og nedstrøms samløpet med Leirkup og ved utløpet i fjorden.

## 2. BESKRIVELSE AV VASSDRAGET

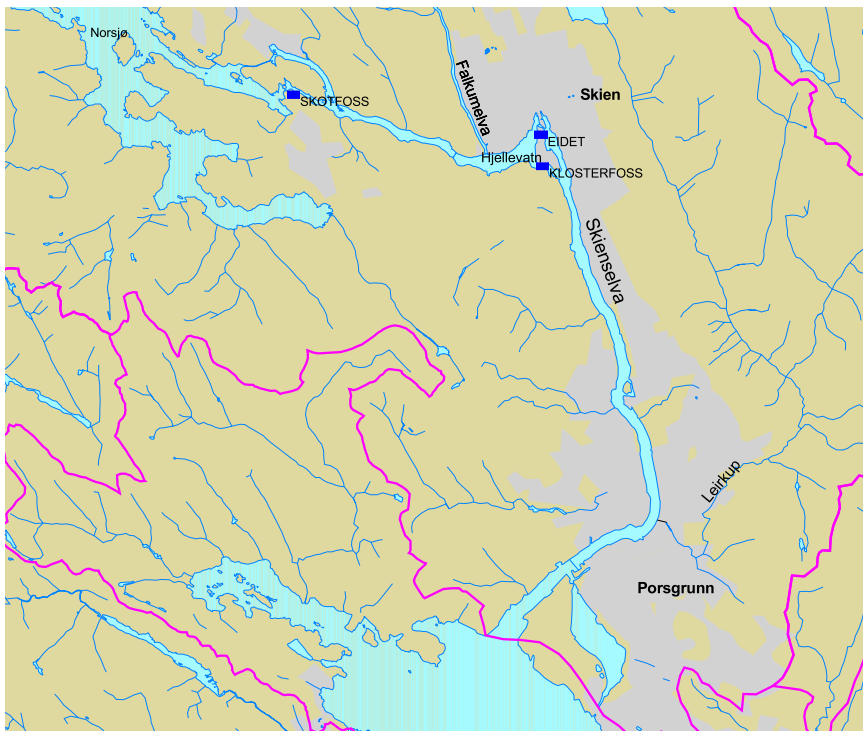
Skiensvassdraget består av fire sidevassdrag i tillegg til lokalfeltet til Norsjø og den nedre delen av vassdraget. Den nordligste delen er Måna/Tinnevassdraget med kilder på Hardangervidda, hvor Kvenna renner ut i Møsvatn. Fra Møsvatn renner Måna gjennom Rjukan og ut i Tinnsjø, som også får tilløp ved elven Mår fra magasinene Mår og Kalhovdfjorden. Fra Tinnsjø renner Tinne ned til Heddalsvatn ved Notodden. Neste sidevassdrag er Hjarthøla/Heddøla, som kommer fra fjell- og skogområdene mellom Møsvatn og Tinnsjø. Også Heddøla renner ut i Heddalsvatn. Fra Heddalsvatn renner elven Saua ned til Norsjø. Det tredje sidevassdraget er Bøelvassdraget, som kommer fra fjell- og skogområdene sørøst for Møsvatn. Bøelva renner fra Seljordsvatn til utløpet i Norsjø. Det sørligste sidevassdraget er Eidselvas vassdrag. Øverst i dette sidevassdrag ligger Tokkeåi med magasinene Songavatn og Totak. Tokkeåi renner ut i Bandak ved Dalen. Bandak, Kviteseidvatn og Flåvatn, de såkalte Vestvatna, har avløp gjennom Eidselva til Norsjø.

Fra Norsjø, som ligger ca. 15 m o.h., renner Skienselva ned til fjorden. Elven kalles også Farelva på strekningen ned til Hjellevatn i Skiens sentrum, som der også får tilløp ved Falkumelva. Nedenfor Skien er det bare den lille elven Leirkup som kommer til, før Skienselva renner ut i havet i Frierfjorden. Nedbørfeltets areal er ved Norsjø utløp 10381 km<sup>2</sup> og ved Skienselvas utløp i fjorden 10815 km<sup>2</sup>.

Avløpet fra Norsjø skjer på flere måter. I tillegg til det vann som renner ut i Skienselva over Skotfosdammen ved utløpet, er det like sør for dammen et inntak til Skotfoss kraftverk. En tunnel fører vannet til kraftverket, som ligger drøyt 100 meter nedstrøms dammen og har en fallhøyde på 10 meter. Driftsvannføringen er ca. 140 m<sup>3</sup>/s. I en sørlig vik av Norsjø er det også inntak til Rafnes og Porsgrunn fabrikker på tilsammen ca. 13 m<sup>3</sup>/s. Dette driftsvann begynte man å ta ut av Norsjø midt i 1970-årene.

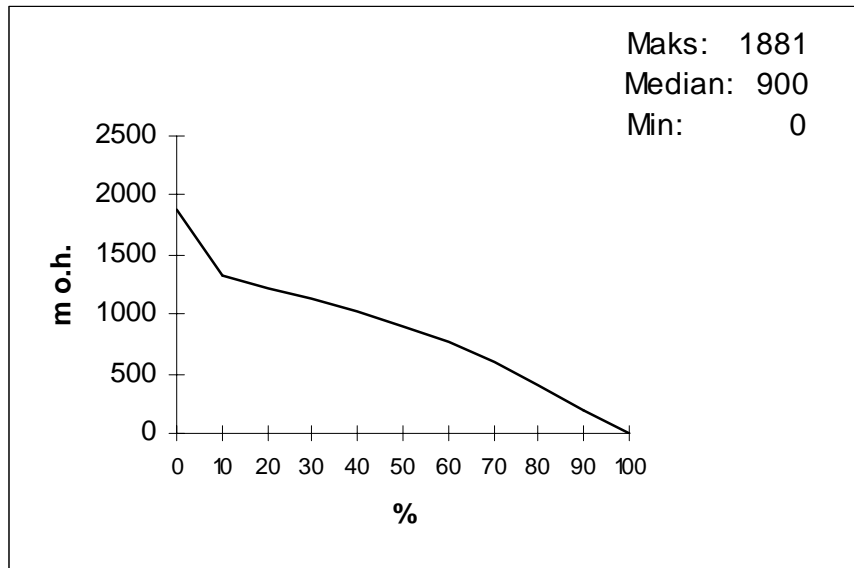


Figur 1. Kart over Skiensvassdraget.



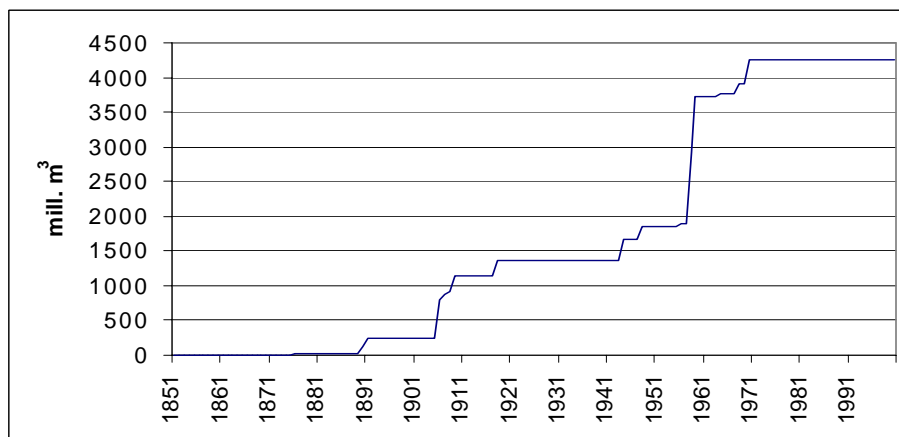
Figur 2. Kart over Skienelva.





Figur 3. Hypsografisk kurve for Skiensvassdraget.

Vassdraget ble tidlig regulert, og opp gjennom årene har flere innsjøer blitt regulert og kraftverk blitt satt i drift. Tabell 1 gir en oversikt over når reguleringen har funnet sted og hvilken størrelse reguleringen har. Det er alltid litt vanskelig å tidsfeste reguleringer, og tabellen kan derfor inneholde mindre feil. Figur 4 viser totalt regulert magasinivolum til ethvert tidspunkt. Reguleringsgraden, dvs. forholdet mellom totalt magasinivolum og midlere årlig tilsig, er drøyt 50 %.



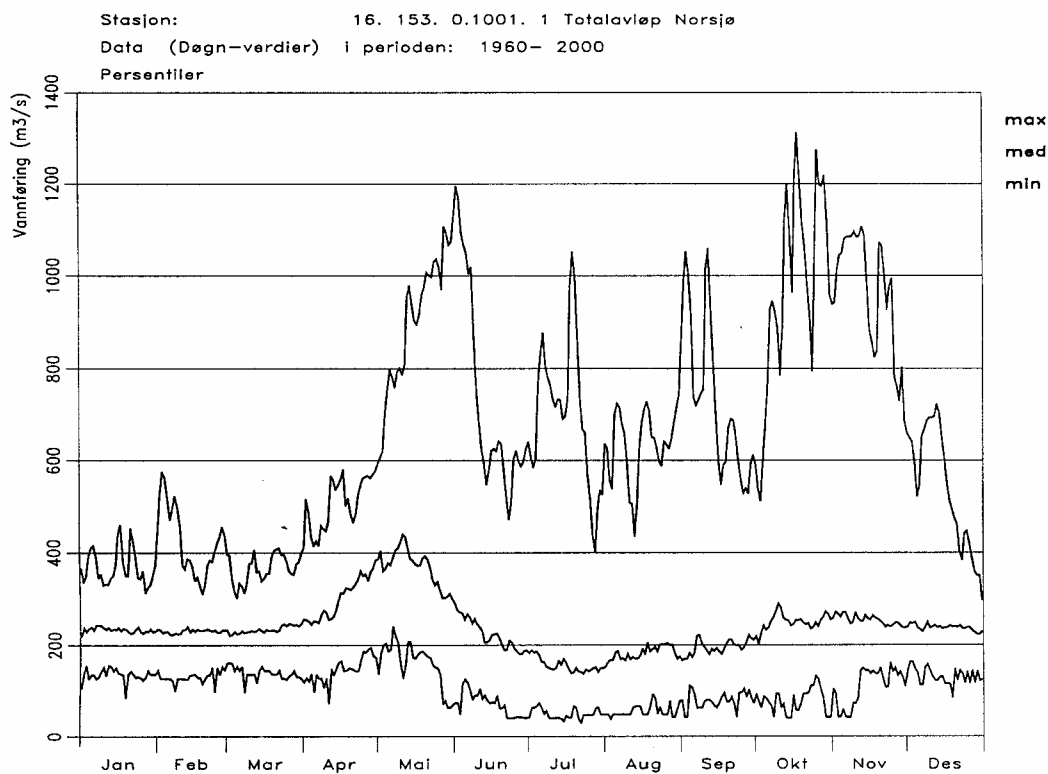
Figur 4. Utviklingen av totalt magasinivolum i Skiensvassdraget.

Tabell 1. Reguleringer i Skiensvassdraget.

År	Magasin	Magasin- volum	Totalt magasin- volum	Tinne	Hed- døla	Bø- elva	Eids- elva	Norsjø	Falkum- elva
		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1861	Norsjø	7	7					7	
1876	Norsjø, utvidelse	7	14					7	
1890	Tinnsjø	110	124	110					
1891	Vestvatna	125	249				125		
1906	Møsvatn	536	785	536					
1907	Tinnsjø, utvidelse	94	879	94					
1908	Falkumelva	33	912						33
1909	Møsvatn, utvidelse	233	1145	233					
1918	Mårvatn	129	1274	129					
1918	Kalhovdfjord	91	1365	91					
1944	Møsvatn, utvidelse	295	1660	295					
1944	Seljordvatn	9	1669			9			
1948	Mårvatn, utvidelse	17	1686	17					
1948	Kalhovdfj.-Gjøystv., utvid.	166	1852	166					
1948	Grottevatn	3	1855	3					
1956	Vinjevatn	11	1866				11		
1956	Langeidvatn	32	1898				32		
1958	Magasin i Øvre Vinjeelv	529	2427				529		
1958	Heddøla med tilløp	234	2661		234				
1958	Totak	258	2919				258		
1959	Mårvatn, utvidelse	175	3094	175					
1959	Songavatn	625	3719				625		
1964	Våmarvatn	26	3745				26		
1964	Venemo	23	3768				23		
1968	Byrtevatn	76	3844				76		
1968	Botndalsvatn	58	3902				58		
1970	Bitdalsvatn	125	4027				125		
1970	Sundsbarm	228	4255			228			
	Sum			1849	234	237	1888	14	33

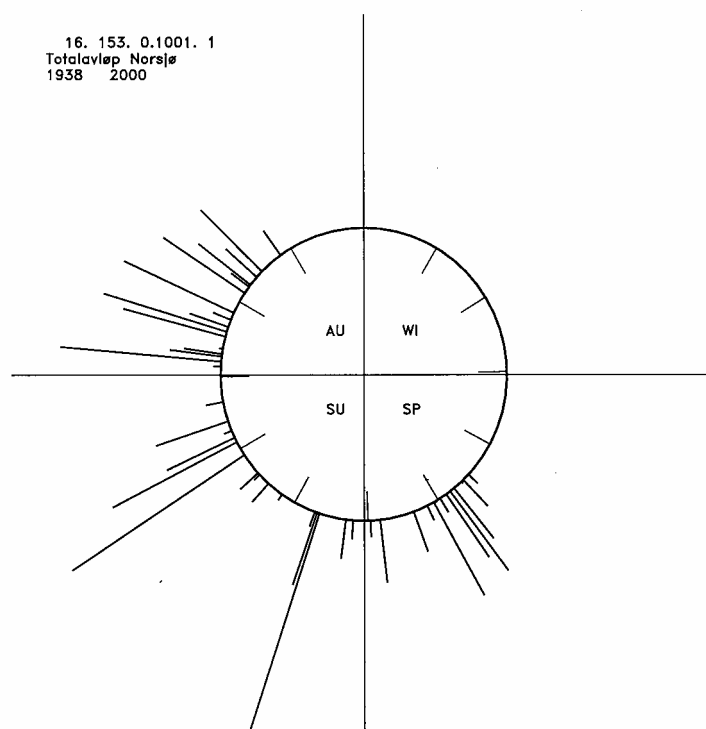
Avrenningen i vassdraget er drøyt 25 l/s•km<sup>2</sup> som årsmiddel. Den varierer fra ca. 80 l/s•km<sup>2</sup> i de vestligste delene til under 10 l/s•km<sup>2</sup> i områdene rundt Heddalsvatn og nordre delen av Norsjø. Midlere naturlig årsvannføring i Skienselva ved utløpet av Norsjø er 263 m<sup>3</sup>/s. På grunn av reguleringene er vannføringen i Skienselva utjevnet gjennom året. Det er bare i forbindelse med snøsmeltingen i april-mai, når vannføringen er større enn årsgjennomsnittet, og om sommeren fra slutten av juni til ut i september, når vannføringen er relativt liten, som vannføringen vanligvis avviker stort fra årsgjennomsnittet. Store flommer kan opptre både i forbindelse med snøsmeltingen om forsommeren og i forbindelse med nedbør om høsten. Dette var tilfelle også før reguleringene fant sted, men da dominerte vårflommene.

Figur 5 viser karakteristiske vannføringsverdier for hver dag i løpet av året i Skiens-elva etter de siste større reguleringene i slutten av 1950-årene. Øverste kurve (max) viser største observerte vannføring og nederste kurve (min) viser minste observerte vannføring. Den midterste kurven (med) er mediankurven, dvs. det er like mange observasjoner i løpet av referanseperioden som er større og mindre enn denne.



Figur 5. Karakteristiske vannføringer for avløpet fra Norsjø, perioden 1960-2000.

Figur 6 viser relativ størrelse og tidspunkt for flommer i Skienselva i perioden 1938-2000 over en gitt terskelverdi, i dette tilfelle ca. 700 m<sup>3</sup>/s.



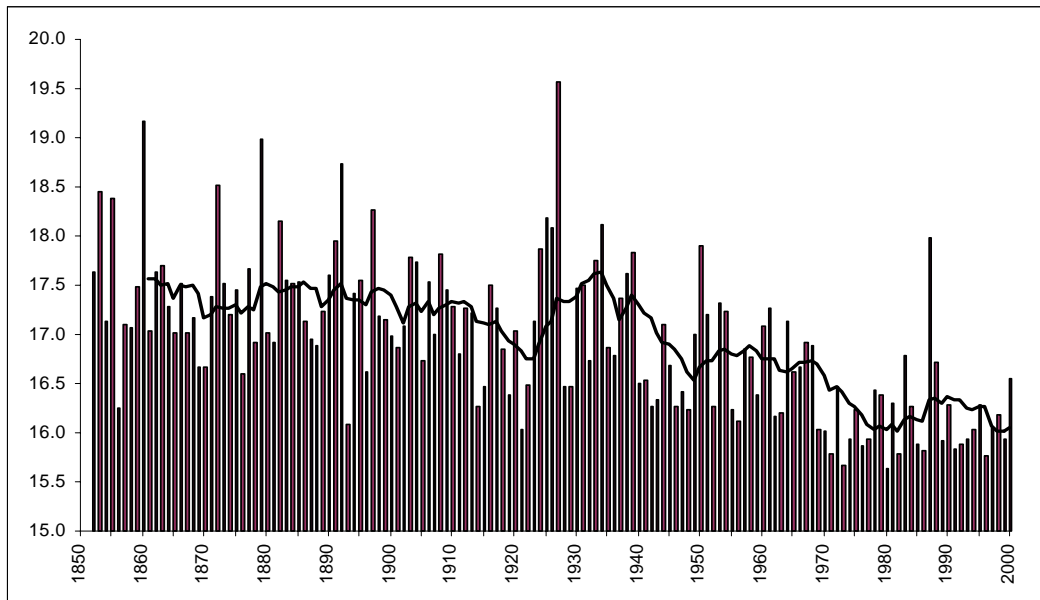
**Figur 6. Flommer i Skienselva, 1938-2000. Sirkelen representerer året med starten på året (1. januar) rett opp. Flommene er markert når på året de fant sted og med relativ størrelse.**

Figuren viser at store flommer opptrer fra midten av mai til og med november, og at de største flommene er om høsten. De to største flommene, i juli og august, var i henholdsvis 1939 og 1950, dvs. i en periode da vassdraget ikke var regulert i like stor grad som nå. Den aller største flommen etter at vassdraget ble regulert var i månedsskiftet juni-juli 1927.

### 3. HYDROMETRISKE STASJONER

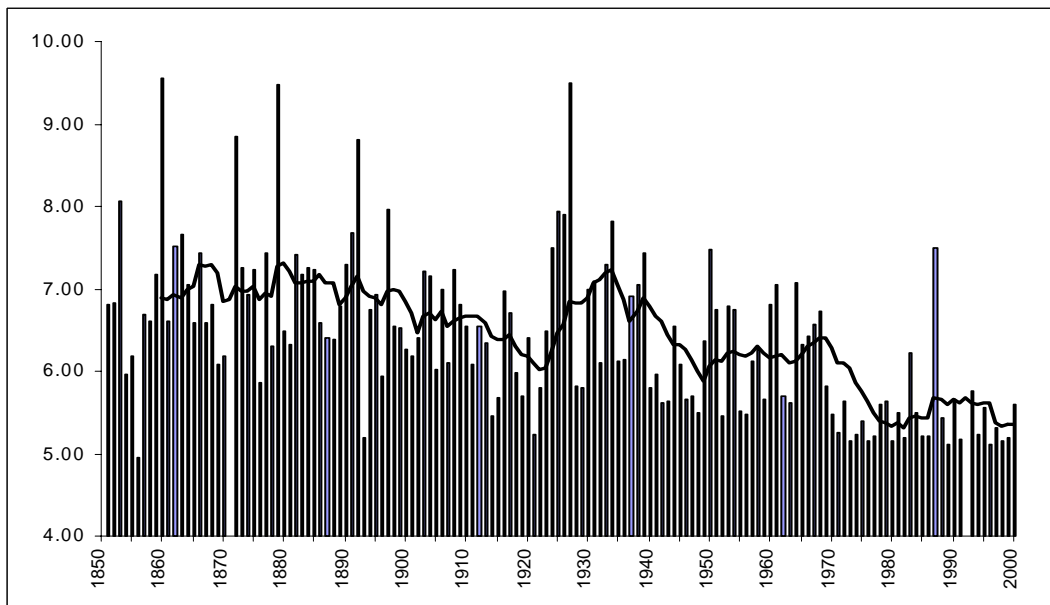
De i denne forbindelse viktigste hydrometriske stasjonene i vassdraget er 16.15 Løveid ovf., 16.17 Hjellevatn og 16.153 Totalavløp Norsjø.

16.15 Løveid ovf. ligger i Norsjø og har vannstandsobservasjoner siden 1852. På grunn av dammen og kraftverket er det ikke et entydig sammenheng mellom vannstander i Norsjø og vannføring i Skienselva, og det har aldri eksistert noen vannføringskurve for målestasjonen. Vannstandsobservasjonene er ikke komplette alle år, men man kan regne med at høyeste flomvannstand alle år er registrert. Figur 7 viser høyeste flomvannstand hvert år og et glidende 10-årsmiddel for høyeste vannstand. Vannstandene er oppgitt i Statens kartverks høydesystem, hvor data i NVEs database er korrigert med + 0.29 m.



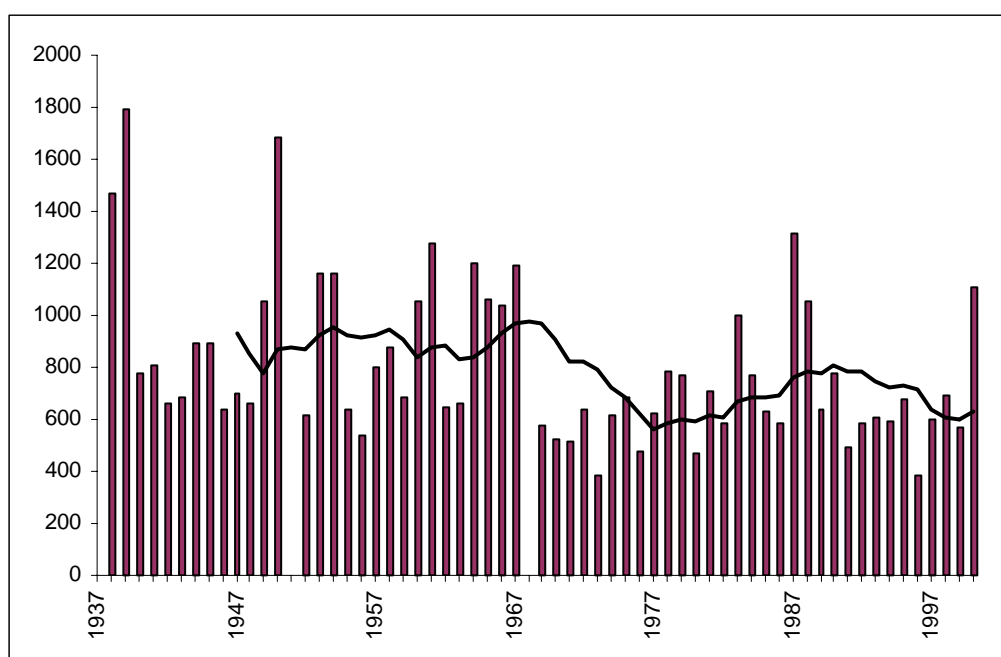
Figur 7. Flomvannstander i Norsjø, m o.h.

16.17 Hjellevatn ligger på Klosterøya midt i Skiens sentrum. Stasjonen har vannstandsobservasjoner siden 1851. Hjellevatn har to utløp, Damfossen og Klosterfossen. Ved disse fossene ligger to mindre kraftverk, Eidet og Klosterfossen kraftverk, med 5 meters fallhøyde. Det har heller ikke her eksistert noen vannføringskurve for målestasjonen. Vannstandsobservasjonene er ikke komplette alle år, men man kan regne med at høyeste flomvannstand alle år er registrert, unntatt årene 1871 og 1992, som det ikke finnes noen data for. Figur 8 viser høyeste flomvannstand hvert år og et glidende 10-årsmiddel for høyeste vannstand. Vannstandene er oppgitt i lokal høyde, og det er usikkert hvilket nivå dette representerer i Statens kartverks høydesystem.



Figur 8. Flomvannstander i Hjellevatn, m.

16.153 Totalavløp Norsjø er en stasjon hvor observasjonene består av vannføringsobservasjoner i Skienselva og driftsvannføring til Rafnes og Porsgrunn fabrikker. Vannføringen i Skienselva er før 1999 beregnet ved hjelp av den såkalte to-skalametoden ved 16.58 Ranneberg-Rørås. Ved bruk av to-skalametoden beregnes vannføring både ut fra vannstander ved en stasjon og elvens helning mellom to stasjoner. Fra og med 1999 beregnes vannføringen i Skienselva ved målestasjonen 16.133 Skotfoss som summen av kraftverkets driftsvannføring og overløp/tapping ved dammen. Driftsvannføringen ved Rafnes og Porsgrunn fabrikker registreres ved målestasjonene 16.151 og 16.152. 16.153 har observasjoner siden 1937, men det mangler data i noen år, blant annet i hele 1968. Figur 9 viser største flomvannføring hvert år og glidende 10-årsmiddel for største vannføring i m<sup>3</sup>/s.



Figur 9. Flomvannføringer ved Norsjø's utløp, m<sup>3</sup>/s.

## 4. BEREGNING AV FLOMVERDIER

### 4.1 Beregning av flomvannføringer ved Norsjø's utløp

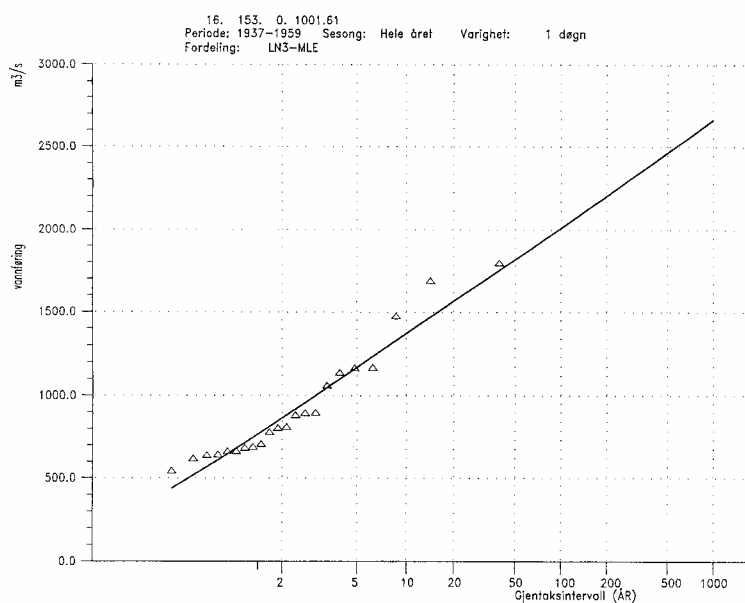
I et slikt gjennomregulert vassdrag som Skiensvassdraget er det vanskelig å bestemme flomvannføringer med gitte gjentakintervall. Flomstørrelsene er en kombinasjon av de naturlige flomvannføringene og reguleringens innvirkning på flomforholdene. Som figurene 7-9 viser, har flommene i vassdraget stort sett blitt gradvis redusert opp gjennom årene. Enkelte store flommer, som i 1927 og 1987, "forstyrrer" dette generelle bilde. Etter slutten av 1950-årene har det ikke kommet til nye reguleringer av betydning, slik at flomdata fra og med ca. 1960 kan antas å representere flomforholdene

som vi har idag og gjelde for flommer opp til ca. 50 års gjentaksintervall. Ved sjeldnere flommer, med større gjentaksintervall, vil effekten av reguleringene sannsynligvis avta, og flomstørrelsene nærmer seg etter hvert de som var representative for uregulerte eller mindre regulerte forhold. Hvor stor denne gradvise reduksjonen av reguleringseffekten er, er umulig å kvantifisere eksakt.

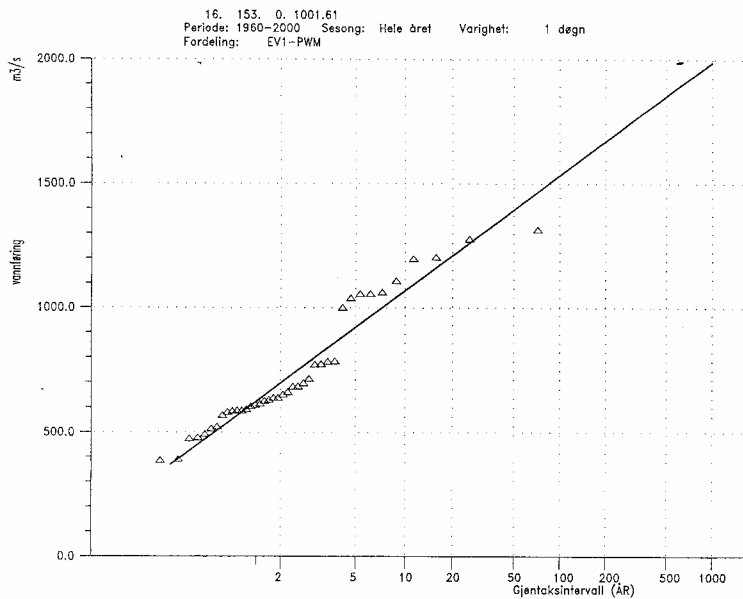
Det er valgt å utføre frekvensanalyser for det totale avløpet fra Norsjø for periodene før og etter 1960. Resultatet for midlere flom,  $Q_M$ , og flommer med forskjellige gjentaksintervall,  $Q_T$ , er vist i tabell 2 og figurene 10 og 11.

**Tabell 2. Flomfrekvensanalyser for 16.153 Totalavløp Norsjø, døgnmiddel av årsflommer.**

Periode	Antall år	$Q_M$ m <sup>3</sup> /s	$Q_5$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{10}$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{20}$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{50}$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{100}$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{200}$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{500}$ m <sup>3</sup> /s
1937-1959	22	924	1169	1371	1565	1818	2010	2203	2463
1960-2000	40	739	921	1069	1211	1396	1534	1671	1852



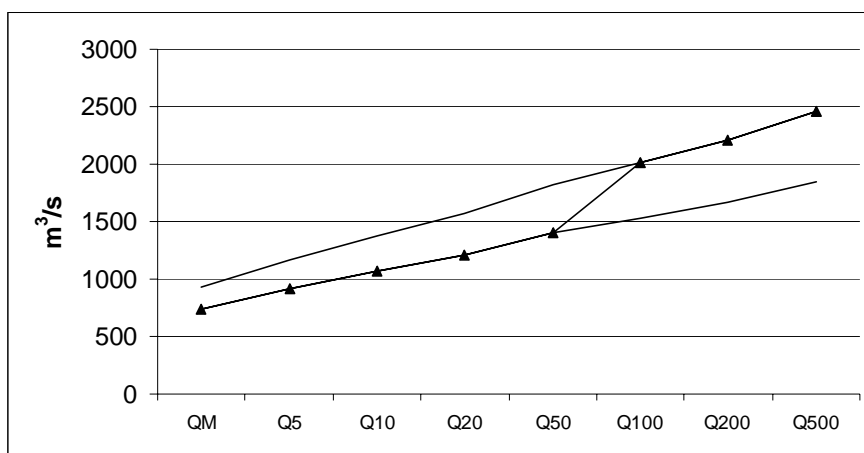
**Figur 10. Flomfrekvensanalyser for 16.153 Totalavløp Norsjø, døgnmiddel av årsflommer, for den mindre regulerte perioden 1937-1959.**



**Figur 11. Flomfrekvensanalyser for 16.153 Totalavløp Norsjø, døgnmiddel av årsflommer, for perioden med nåværende regulering, 1960-2000.**

Flomverdiene ut fra frekvensanalysen for perioden 1960-2000 antas å representere flommer opp til 50 år, mens flomverdiene ut fra frekvensanalysen for perioden 1937-1959 antas å representere flommer med gjentakintervall 100-500 år. Dette er allikevel lavere flomverdier enn hva man kunne ventet seg å få hvis det hadde vært data tilgjengelig for å utføre flomfrekvensanalyse for helt uregulerte forhold. Flomvannstandene i Norsjø og Hjellevatn viser nemlig at det tidligere var adskillig større flommer i vassdraget.

Den antatte økningen av flommer ved store gjentakintervall er vist i figur 12. Den øverste kurven viser resultatet av flomfrekvensanalysen for perioden 1937-1959, den nederste kurven for perioden 1960-2000 og den midterste kurven, markert med symboler, er antatte flomverdier for dagens forhold med antagelsen om avtagende reguleringseffekt ved gjentakintervall fra 100 år og oppover.



**Figur 12. Flomverdier for Skienselva ved Norsjøs utløp.**



## 4.2 Beregning av flomvannstander i Norsjø og Hjellevatn

Det er utført frekvensanalyser av høyeste årlige flomvannstander i Norsjø (Løveid ovf.) og Hjellevatn for tre forskjellige perioder. Den første perioden, til og med 1906, antas å representere helt uregulerte forhold selv om Norsjø var regulert og den første reguleringen i Tinnsjø var trått i kraft i slutten av perioden. Den andre perioden er fra 1907 til og med 1959 og representerer mindre regulerte forhold, mens perioden fra og med 1960 representerer de fullt regulerte forholdene som er idag. Se figur 4 for utviklingen av magasinivolum i vassdraget. For den første perioden er det utført frekvensanalyser også for høstflommer. I tillegg er det utført frekvensanalyser også for perioden 1937-1959, som sammenfaller med perioden da det finnes vannføringsdata fra Skienselva. Resultatet for midlere flom,  $H_M$ , og flommer med forskjellige gjentaksintervall,  $H_T$ , er vist i tabell 3.

**Tabell 3. Resultat av flomfrekvensanalyser for vannstander i Norsjø og Hjellevatn. Vannstander i Norsjø er i SK-høyder (m o.h.), vannstander i Hjellevatn er i lokal høyde (m).**

16.15 Løveid ovf. (Norsjø)									
Periode	Antall år	$H_M$	$H_5$	$H_{10}$	$H_{20}$	$H_{50}$	$H_{100}$	$H_{200}$	$H_{500}$
1853-1906, år	54	17.39	17.86	18.23	18.58	19.03	19.36	19.68	20.10
1852-1906, høst	55	16.72	17.22	17.58	17.91	18.32	18.61	18.90	19.28
1907-1959, år	53	17.03	17.54	17.94	18.31	18.78	19.13	19.47	19.90
1937-1959, år	23	16.80	17.22	17.56	17.89	18.32	18.64	18.95	19.37
1960-1999, år	40	16.27	16.64	16.94	17.22	17.59	17.87	18.14	18.50
16.17 Hjellevatn									
Periode	Antall år	$H_M$	$H_5$	$H_{10}$	$H_{20}$	$H_{50}$	$H_{100}$	$H_{200}$	$H_{500}$
1852-1906, år	54	6.92	7.56	8.08	8.57	9.22	9.70	10.18	10.82
1852-1906, høst	55	6.01	6.72	7.22	7.67	8.23	8.63	9.02	9.53
1907-1959, år	53	6.43	7.02	7.50	7.95	8.54	8.99	9.43	10.03
1937-1959, år	23	6.20	6.69	7.09	7.48	7.97	8.35	8.72	9.21
1960-1999, år	37	5.71	6.17	6.55	6.92	7.40	7.76	8.13	8.62

Hvis en velger flomverdier for Norsjø og Hjellevatn beregnet for samme perioder som for totalavløpet fra Norsjø som representative flomvannstander ved forskjellige gjentaksintervall ved dagens forhold i vassdraget, blir resultatet som vist i tabell 4.

**Tabell 4. Flomverdier representative for dagens forhold.**

Skienselva ved Norsjø's utløp	$Q_M$ m <sup>3</sup> /s	$Q_5$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{10}$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{20}$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{50}$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{100}$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{200}$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{500}$ m <sup>3</sup> /s
	739	921	1069	1211	1396	2010	2203	2463
Norsjø	$H_M$ m o.h.	$H_5$ m o.h.	$H_{10}$ m o.h.	$H_{20}$ m o.h.	$H_{50}$ m o.h.	$H_{100}$ m o.h.	$H_{200}$ m o.h.	$H_{500}$ m o.h.
	16.27	16.64	16.94	17.22	17.59	18.64	18.95	19.37
Hjellevatn	$H_M$ m	$H_5$ m	$H_{10}$ m	$H_{20}$ m	$H_{50}$ m	$H_{100}$ m	$H_{200}$ m	$H_{500}$ m
	5.71	6.17	6.55	6.92	7.40	8.35	8.72	9.21

Det er ikke et entydig sammenheng mellom vannstander i hhv. Norsjø og Hjellevatn og vannføring i Skienselva. Ved flommen i 1987 kulminerte vannstanden i Norsjø på 17.98 m o.h. mens vannføringen ut fra Norsjø kulminerte på 1313 m<sup>3</sup>/s. Ved flommene i hhv. 1950 og 1939 kulminerte vannstanden i Norsjø noe lavere, på hhv. 17.90 og 17.84 m o.h., mens vannføringen i Skienselva kulminerte på hhv. 1686 og 1794 m<sup>3</sup>/s, dvs. flomvannføringene de årene var betydelig større enn i 1987. Ved flommene de nevnte årene kulminerte vannstanden i Hjellevatn mellom 7.50 og 7.43 m.

Ut fra de beregnede flomverdiene i tabell 4 var flommen i 2000 på 1106 m<sup>3</sup>/s litt over en 10-årsflom i Skienselva, mens den samtidige flomvannstanden i Norsjø på 16.55 m o.h. bare tilsvarer drøyt midlere flom og flomvannstanden i Hjellevatn på 5.60 m var under midlere flom.

Som tidligere nevnt antas frekvensanalysen for flommer i Skienselva etter 1960 å gi representative flomverdier under dagens forhold for flommer opp til og med gjentaksintervall 50 år. For større flommer kan det være rimelig å anta at uregulerte vårflokker blir dempet på grunn av reguleringene, mens uregulerte sommer- og høstflokker ikke blir det. Resultatene i tabell 3 for Norsjø viser at høstflokkene i perioden 1852-1906 gir god overensstemmelse med årsflokkene i perioden 1937-1959. Det betyr at man kan anta at dette sammenheng også gjelder for flomvannføringer i Skienselva, dvs. de beregnede årsflokkene for perioden 1937-1959 i tabell 2 kan antas å være rimelig like de flomverdier som gjelder for uregulerte høstflokker i elven.

De beregnede flomverdiene for Skienselva i tabell 4 antas derfor å representere flomverdier for forskjellige gjentaksintervall under dagens forhold. Flomverdiene for Norsjø og Hjellevatn trenger imidlertid en grundigere analyse før endelige tall fastlegges.

### 4.3 Beregning av flomvannføringer i Skienselva

De beregnede flomvannføringene ut av Norsjø er fremkommet ved analyse av døgnmiddelvannføringer for totalavløpet, dvs. også driftsvannføring til Rafnes og Porsgrunn fabrikker inngår. Den totale driftsvannføringen er bare ca. 13 m<sup>3</sup>/s og er neglisjerbar i forhold til vannføringen i Skienselva. For beregning av flomverdier nedover Skienselva antas alt vann gå i elven, dvs. driftstunnelen til Rafnes og Porsgrunn fabrikker antas å være lukket. Nedstrøms Norsjø kan man også anta at kulminasjonsvannføringen i døgnet neppe avviker særlig fra døgnmidlet, og det regnes altså ikke med noe ekstra tillegg for døgnvariasjon ved flommens kulminasjon.

Nedbørfeltet øker med 434 km<sup>2</sup> fra Norsjø til fjorden, hvorav Falkumelva bidrar med 306 km<sup>2</sup> og Leirkup med 70 km<sup>2</sup>. Ved de største flommene i Skienselva, vanligvis høstflokker, har det vært varierende forhold i Falkumelva, observert ved målestasjonen 16.56 Ås, som har et nedbørfelt på drøyt 200 km<sup>2</sup>. Flommen i Falkumelva har vært på retur når flommen har kulminert i Skienselva. Ved mange tilfeller har det vært liten vannføring, under 10 m<sup>3</sup>/s, andre ganger har det vært over 30 m<sup>3</sup>/s og opp

mot 60 m<sup>3</sup>/s. Det er ikke noe sammenheng mellom de største flommene i Skienselva og i Falkumelva, slik at det vurderes å være rimelig å regne med samme bidrag fra Falkumelva ved flommer med forskjellig gjentakintervall i Skienselva. Det er valgt å regne med et bidrag på 50 m<sup>3</sup>/s, hvilket er noe under midlere flom i Falkumelva. Bidraget fra de øvrige delfeltene nederst i Skienselva kan antas å være mye mindre relativt sett. Her regnes det med et bidrag tilsvarende midlere vannføring om høsten, som er ca. 2 ganger årsmiddelvannføringen. Normalavrenningen er i følge "Avrenningskart over Norge" fra 1987 ca. 18 l/s•km<sup>2</sup> i den nedre delen av vassdraget. Det betyr et bidrag på bare noen få m<sup>3</sup>/s fra denne delen av vassdraget og er neglisjerbart. Resultatet av flomberegningen for Skienselva er sammenfattet i tabell 5. Flomverdiene er utjevnet til nærmeste hele 10 m<sup>3</sup>/s.

**Tabell 5. Flomverdier for Skienselva.**

	Q <sub>M</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>5</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>10</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>20</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>50</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>100</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>200</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>500</sub> m <sup>3</sup> /s
Fra Norsjø til samløpet med Falkumelva	740	920	1070	1210	1400	2010	2200	2460
Fra Falkumelva til fjorden	790	970	1120	1260	1450	2060	2250	2510

## 5. OBSERVERTE FLOMMER

De største observerte flommene i og ut fra Norsjø og i Hjellevatn er listet i tabell 6.

**Tabell 6. Observerte flommer i nedre del av Skiensvassdraget.**

16.153 Totalavløp Norsjø,

observasjonsperiode 1937-2000

20.07.1939 1794 m<sup>3</sup>/s

28.08.1950 1686 m<sup>3</sup>/s

06.10.1938 1471 m<sup>3</sup>/s

18.10.1987 1313 m<sup>3</sup>/s

26.10.1961 1275 m<sup>3</sup>/s

16.15 Norsjø,

observasjonsperiode 1852-2000

30.06.1927 19.57 m o.h.

21.06.1860 19.17 m o.h.

01.06.1879 18.98 m o.h.

09.10.1892 18.73 m o.h.

14.06.1872 18.51 m o.h.

16.17 Hjellevatn,

observasjonsperiode 1851-2000

21.06.1860 9.56 m

30.06.1927 9.50 m

01.06.1879 9.47 m

13.06.1872 8.84 m

09.10.1892 8.80 m

Det finnes anslag på at storflommen i Skienselva i 1927 hadde en vannføring på over 3000 m<sup>3</sup>/s. Det samme gjelder flommene i 1860 og 1879.

Den største flommen i senere år var i 2000, da vannføringen ut fra Norsjø kulminerte 14. november på 1106 m<sup>3</sup>/s. Vannstanden i Norsjø kulminerte allerede 5. november på 16.59 m o.h., mens den i Hjellevatn kulminerte 14. november på 5.60 m. Flommen i 2000 var spesiell fordi vannstanden var høy og vannføringen stor hele november og det var flere topper, både rundt den 5., den 14. og den 25. i måneden.

## 6. USIKKERHET

Datagrunnlaget for flomberegning i Skienselva kan karakteriseres som rimelig godt. Det foreligger rimelig lang dataserie for totalavløpet ut fra Norsjø og meget lange dataserier for vannstander i Norsjø og Hjellevatn. Det er allikevel en hel del usikkerhet knyttet til frekvensanalyser av flomvannføringer. De observasjoner som foreligger er av vannstander. Disse omregnes ut fra en vannføringskurve til vannføringsverdier, i Skienselvas tilfelle ved den såkalte toskalametoden. Vannføringskurven er basert på et antall samtidige observasjoner av vannstander og målinger av vannføring i elven. Men disse direkte målinger er ikke utført på ekstreme flommer. De største flomvannføringene er altså beregnet ut fra et ekstrapolert samband mellom vannstander og vannføringer, dvs. også ”observerte” flomvannføringer kan derfor inneholde en stor grad av usikkerhet.

Den største usikkerheten i flomberegningen er imidlertid knyttet til at vassdraget er gjennomregulert og de problemer dette medfører for å anslå sjeldne flommer, fordi reguleringens flomdempende effekt etter hvert vil avta.

Det skal nevnes at forutsetningene ved flomberegning for flomsonekartlegging er forskjellig fra de som legges til grunn for flomberegning for damsikkerhetsformål. Ved beregning av dimensjonerende flom for en dam legges vanligvis de strengeste mulige forutsetningene vedrørende reguleringene til grunn, blant annet at magasinene ligger på HRV ved flommens begynnelse. Ved beregning for flomsonekartlegging legges vanligvis observerte flomvannføringer til grunn, hvor ofte reguleringene har virket dempende på flommer, nedtappede magasin osv. Det kan derfor av og til oppleves som om f.eks. en 500-årsflom beregnet for flomsonekartlegging er uforholdsmessig mye mindre enn dimensjonerende flom (1000-årsflom) i samme vassdrag.

Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er meget vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn, særlig for å anslå usikkerhet i ekstreme vannføringsdata. Konklusjonen for denne beregning er kun den at datagrunnlaget er rimelig godt, men at de store reguleringene i vassdraget fører til stor usikkerhet ved flomvannføringer med store gjentakintervall, over 50 år, og beregningen kan ut fra dette kriterie klassifiseres i klasse 2, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

## Referanser

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

NVE, 1987: Avrenningskart over Norge.

Lars-Evan Pettersson, 1998: Flomforhold rundt Heddalsvatn. NVE-dokument nr. 6-1998.

Lars-Evan Pettersson, 2000: Flomberegning for Tokkeåi ved Dalen. NVE-dokument nr. 16-2000.

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

### **Utgitt i Dokumentserien i 2001**

- Nr. 1 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Jostedøla (076.Z). Flomsonekartprosjektet (42 s.)
- Nr. 2 Hilleborg K. Sorteberg: Operasjonell snøinformasjon (40 s.)
- Nr. 3 Ola Kjeldsen (red.): Sikkerhet ved hydrologisk arbeid (61 s.)
- Nr. 4 Erik Holmqvist: Flomberegning for Hornindalsvassdraget. Flomsonekartprosjektet (19 s.)
- Nr. 5 Lars Evan Pettersson: Flomberegning for Nea-Nidelvassdraget. Flomsonekartprosjektet (26 s.)
- Nr. 6 Inger Sætrang: Statistikk over tariffer i regional- og distribusjonsnettet 2001 (54 s.)
- Nr. 7 Trond Taugbøl, Jan Henning L'Abée-Lund: Physical habitat restoration in canalised watercourses – possibilities and constraints (90 s.)
- Nr. 8 Turid-Anne Drageset: Flomsonekartprosjektet. Flomberegning for Drammenselva (012.Z) (29 s.)
- Nr. 9 Inger Sætrang: Oversikt over vedtak og utvalgte saker. Tariffer og vilkår for overføring av kraft i 2000 (16 s.)
- Nr. 10 Truls Erik Bønsnes, Jim Bogen: Sedimenttransporten i Gråelva i perioden 1991-2000 (21 s.)
- Nr. 11 Arne Hamarsland, Knut Reistad, Kari Svelle: Tilstandskartlegging i Glommas strandsone nedenfor Sarpsfossen. Arbeidsrapport 1 (53 s.)
- Nr. 12 Arne Hamarsland, Knut Reistad, Kari Svelle: Tilstandskartlegging i Glommas strandsone nedenfor Sarpsfossen. Arbeidsrapport 2 (187 s.)
- Nr. 13 Lars Evan Pettersson: Flomberegning for Etnevassdraget. Flomsonekartprosjektet (18 s.)
- Nr. 14 Erik Holmqvist: Flomberegninger i Hallingdalsvassdraget. Hemsedal, Gol og Nesbyen (012.CZ) (46 s.)
- Nr. 15 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Numedalslågen ved Kongsberg. Flomsonekartprosjektet (24 s.)
- Nr. 16 Lars Evan Pettersson: Flomberegning for Skienselva. Flomsonekartprosjektet (20 s.)