NVE

Flomsonekartprosjektet

Flomberegning for Numedalslågen ved Kongsberg

Turid-Anne Drageset

15
2001

DOKUMENT

Flomberegning for Numedalslågen ved Kongsberg (015.Z)

Norges vassdrags- og energidirektorat

2001

Dokument nr. 15 - 2001

Flomberegning for Numedalslågen ved Kongsberg (015.Z)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Turid-Anne Drageset

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 30

Forsidefoto: Numedalslågen ved Kongsberg 5. desember 2000. Foto: Erik Holmqvist

ISSN: 1501-2840

Sammendrag: I forbindelse med Flomsonekartprosjektet i NVE er det som grunnlag for vannlinjeberegning og flomsonekartlegging utført flomberegning for Numedalslågen ved Kongsberg. Kulminasjonsvannføringer for flommer med forskjellige gjentaksintervall er beregnet for Kongsberg sentrum.

Emneord: Flomberegning, flomvannføring, Numedalslågen, Kongsberg

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 2001

Innhold

Tabeller og figurer 4

Forord 5

Sammendrag 6

1. Beskrivelse av oppgaven 7

2. Beskrivelse av vassdraget 7

3. Hydrometriske stasjoner 11

3.1 Hydrometriske stasjoner i Numedalslågens vassdrag.....11

3.2 Karakteristiske vannføringsverdier.....12

4. Beregning av flomverdier 14

4.1 Frekvensanalyse på observerte og konstruerte data ved Kongsberg.....14

4.2 Kulminasjonsvannføring.....23

5. Observerte flommer 27

6. Usikkerhet 27

Referanser 29

Tabeller

Tabell 1	Feltarealer til delstrekninger i Numedalslågen.	s. 9
Tabell 2	Reguleringsmagasiner i Numedalslågen.	s.10
Tabell 3	Stasjonsopplysninger for målestasjoner i Numedalslågen.	s.11
Tabell 4	Registrerte vannføringsdata i kraftverk sammenlignet med direkte vannføringsmålinger med ADCP.	s.12
Tabell 5	De fem største flommene i løpet av observasjonsperioden ved Kongsberg og Fosserød.	s.13
Tabell 6	Flomfrekvensanalyse på årsflommer for målestasjoner i Numedalslågen, Q_T/Q_M.	s.17
Tabell 7	Resultat av flomfrekvensanalyse ved Kongsberg, døgnmiddelverdier (m^3/s) for årsflommer.	s.19
Tabell 8	Benyttede middelflomverdier (Q_M) og frekvensfaktorer (Q_T/Q_M) i Numedalslågen ved Kongsberg, årsflommer.	s.20
Tabell 9	Flomvannføring ved Kongsberg i Numedalslågen, kulminasjonsvannføring i m^3/s for årsflommer.	s.21

Figurer

Figur 1	Oversiktskart over Numedalslågen med inntegnet strekning som skal flomsonekartlegges.	s.8
Figur 2	Hypsografisk kurve for Numedalslågen.	s.9
Figur 3	Karakteristiske hydrologiske data ved Kongsberg for ulike perioder.	s.13
Figur 4	Flomvannføring i avløpsserien ved Kongsberg. Største årlige flomvannføring er plottet sammen med løpende 10-års middel.	s.16
Figur 5	Flomvannføring i tilsigsserien ved Kongsberg. Største årlige flomvannføring er plottet sammen med løpende 10-års middel.	s.16
Figur 6	Flomfrekvenskurve for 15.15 Kongsberg (årsflommer) for perioden 1913-1969 og 1970-2000.	s.18
Figur 7	Flomverdier for Kongsberg (årsflommer).	s.19

Forord

Flomsonekartlegging er et viktig hjelpemiddel i 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 programmet "Ekstrem" som benyttes for flomfrekvensanalyser.

Denne rapporten gir resultatene av en flomberegning som er utført i forbindelse med flomsonekartlegging av flomutsatt elvestrekning i Kongsbergområdet i Numedalslågen fra Bevergrenda i nord til Labru/Rud i sør. Rapporten er utarbeidet av Turid-Anne Drageset og kvalitetskontrollert av Lars Evan Pettersson.

Oslo, september 2001

Kjell Repp
avdelingsdirektør

Sverre Husebye
seksjonssjef

Sammendrag

Flomberegningen ved Kongsberg i Numedalslågen omfatter ett delprosjekt (fs 015_1) i Flomsonekartprosjektet i NVE. Numedalslågen er et stort østlandsvassdrag med hoveddelen av nedbørfeltet i Buskerud fylke. Vassdraget strekker seg i nordvest-sørøstlig retning fra høyfjellsområder på Hardangervidda ned til kysten, med utløp i Larvikfjorden. Delprosjektet omfatter elvestrekningen fra Bevergrenda i nord, forbi Kongsberg og ned til Labru/Rud.

Flomberegningene er i hovedsak basert på analyser av vannføringsdata fra vannmerket 15.15 Kongsberg, en sammensatt dataserie, som i perioder har vist seg å ha noe usikker datakvalitet. Av den grunn er det i tillegg benyttet flomdata fra andre hydrometriske stasjoner i vassdraget for sammenligning.

Vassdraget er regulert til kraftproduksjon, noe som gjør det komplisert å beregne flomverdier som skal representere flomforholdene i framtida. Flomforholdene slik de er i dag, etter at tilveksten av reguleringsmagasiner avtok fra 1960-tallet, kan ventes å være representative for flomforholdene ved mindre flommer. Ved større og mer sjeldne flomhendelser vil reguleringens flomdempende effekt avta med økende gjentaksintervall, slik at flomforholdene sannsynligvis blir mer lik uregulerte forhold.

På bakgrunn av dette er det beregnet kulminasjonsvannføringer på flommer ved forskjellige gjentaksintervall ved Kongsberg. Resultatet av beregningene ble:

	Q_M m^3/s	Q_5 m^3/s	Q_{10} m^3/s	Q_{20} m^3/s	Q_{50} m^3/s	Q_{100} m^3/s	Q_{200} m^3/s	Q_{500} m^3/s
Kongsberg	340	440	510	590	880	1230	1370	1570

1. Beskrivelse av oppgaven

Flomsonekart skal konstrueres for flomutsatt elvestrekning langs Numedalslågen i Buskerud ved Kongsberg, fra Bevergrenda til Labru/Rud, en strekning på 8-10 km i Kongsberg kommune. Strekningen omfatter ett delprosjekt i Flomsonekartprosjektet, med delprosjektnummer fs 015_1. Strekningen er tegnet inn på figur 1. Flomutsatt på strekningen er bl.a. tettbebyggelse, industriområder og renseanlegg.

Som grunnlag for konstruksjon av flomsonekart for denne strekningen skal midlere flom og flommer med gjentaksintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år beregnes.

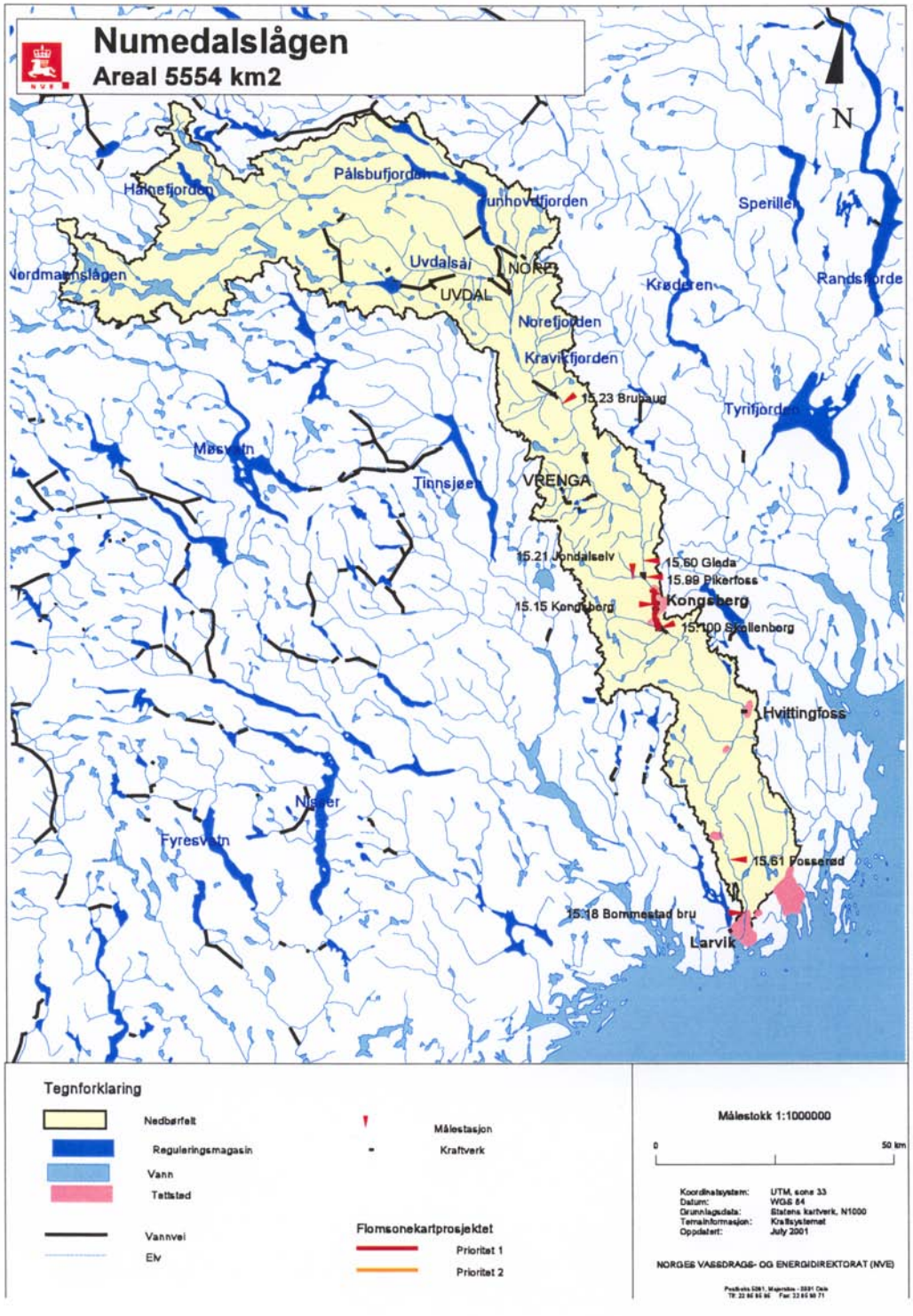
2. Beskrivelse av vassdraget

Nedbørfelt

Numedalslågen har sitt utspring på Hardangervidda fra vannet Nordmannslågen. Herfra renner elva først i østlig retning mot Tunhovdfjorden, og videre i sørøstlig retning gjennom Numedalen og løper ut i havet ved Larvik. Det samlede nedbørfeltet ved utløpet i fjorden er på 5554 km^2, og ved Kongsberg 4263 km^2. Størsteparten av vassdraget har beliggenhet i Buskerud fylke, de nedre deler fra omtrent Hvittingfoss ligger i Vestfold fylke. Nedbørfeltet avgrenses i nord av Hardangervidda, i sørvest av Skiensvassdragets nedbørfelt og i øst av Drammensvassdragets nedbørfelt.

Numedalslågen er et langstrakt vassdrag på vel 350 km. Vassdragets lange og smale form gjør at nedbørfeltet i stor grad utfylles av hoveddalføret på en slik måte at det er liten plass til større sidevassdrag. Tilløpene er relativt små og korte. Kun i øvre del, der vassdraget går gjennom flatere fjellpartier uten at det er dannet et markert dalføre, er det betydelige tilløp. I de høye fjellpartier karakteriseres vassdraget av mange og store innsjøer. Storparten av fallet i vassdraget ligger i denne delen, og utgjør nesten 1000 m på omtrent 140 km fra Nordmannslågen til utløpet i Norefjorden. Største sidevassdrag er Uvdalsåi med et nedbørfelt på noe over 900 km^2, som også har sitt utspring på Hardangervidda og tilløper Numedalslågen fra vest mellom Tunhovdfjorden og Norefjorden. Norefjorden/Kravikfjorden er de siste større innsjøer i vassdraget. Videre er nedbørfeltet smalt med flere mindre sidevassdrag. Fallet er bare 250 m på omtrent 180 km fra Kravikfjorden til utløpet i Larvikfjorden, men med en rekke mindre fosser og stryk.

Numedalslågens nedbørfelt omfatter alle typer østlandslandskap fra lavland til høyfjell. Hypsografisk kurve for hele Numedalslågens nedbørfelt (figur 2) illustrerer de store høydeforskjellene i det langstrakte vassdraget som når opp i over 1500 meters høyde. Nedbørnormaler for meteorologiske målestasjoner i feltet er 1050 mm ved 3000 Larvik (28 m o. h.), 800 mm ved 2836 Kongsberg (171 m o. h.), 566 mm ved 2931 Uvdal II (486 m o. h.) og 542 mm ved 2960 Tunnhovd (870 m o. h.) (Førland 1993).

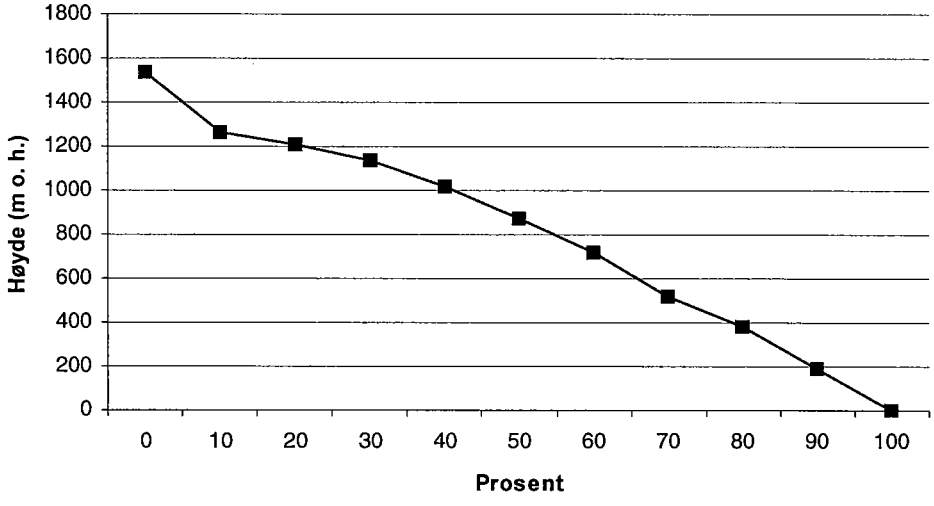


Figur 1. Oversiktskart over Numedalslågen. Strekningen som skal flomsonekartlegges, og som det er gjort flomberegninger for, er inntegnet med rødt.

NVEs isohydatkart (1987) gir en naturlig spesifikk årlig avrenning for perioden 1931-1960 på 21 l/skm^2 ved Kongsberg, men varierer innenfor vassdraget fra omkring 10 til omkring 40 l/skm^2. Avrenningen er minst i områder omkring Tunhovdfjorden og

Pålsbufjorden, mens det er størst avrenning øverst og lengst vest i vassdraget på Hardangervidda.

De største flommene i Numedalslågen oppstår vanligvis i månedene mai og juni i forbindelse med snøsmelting. Det forekommer også at kraftig regnvær om høsten fører til flomepisoder. Vinterstid er den naturlige avrenningen liten.



Figur 2. Hypsografisk kurve for Numedalslågen ved utløpet i fjorden. Areal 5554 km^2.

Tabell 1. Benyttede feltarealer til delvassdrag i Numedalslågen i henhold til data beregnet av NVE-VG april 2001 (der annet ikke er oppgitt).

Felt	Areal (km^2)	Kommentar
15.23 Bruhaug	3410	Areal hentet fra Hydra2
15.60 Gleda	4070	
15.99 Pikerfoss	4089	
15.21 Jondalselv	127	
Jondalselvs nedbørfelt	157	
15.15 Kongsberg	4263	
15.100 Skollenborg	4287	
15.61 Fosserød	5197	Areal hentet fra Hydra2
Numedalslågens nedbørfelt	5554	

Reguleringer

Numedalslågen har stor betydning i kraftproduksjonssammenheng. Utnyttelse av vassdragets magasiner til kraftproduksjon har skjedd gradvis siden begynnelsen av 1900-tallet. Det startet med reguleringen av Tunhovdfjorden og Pålsbufjorden i 1920-åra. Tabell 2 gir en oversikt over de viktigste reguleringsmagasinene i vassdraget. Siden slutten av 1960 tallet er det kun Vrenga-utbyggingen (Hoppestadvatn m.fl.) i et sidevassdrag til Lågen ved Flesberg som har kommet til.

Tabell 2. Reguleringsmagasiner i Numedalslågen og årstall for driftstart.

Målestasjon/Reguleringsmagasin			Årstall
15	56	Sønstevatn	1966
15	9	Tunnhovdfjorden	1919
15	8	Pålsbufjorden	1924
15	35	Halnefjorden	1940
15	29	Rødungen	1918
15	28	Kjørkjevatn	1960
15	30	Fiskeløysvatn	1960
15	26	Hanavatn	1960
15	16	Hoppestadvatn	1960
15	17	Mjåvatn	1960
15	24	Våtvatn	1960
15	27	Sandvatn	1960

Reguleringene i de ulike delvassdragene skjøttes av flere ulike institusjoner. Noreverkene og Halnefjorden reguleres av Statkraft, Uvdalsverkene og Vrengareguleringen reguleres av Asker og Bærum kraftselskap.

Reguleringsmagasinene i Numedalslågen har en total lagringskapasitet på noe over 930 mill m^3. Dette tilsvarer ca. 30 % av midlere årlig tilsig. Reguleringer har vanligvis flomdempende effekt. Flommer som kommer om høsten er som regel de mest kritiske pga. fulle magasiner og en vannstand (HRV) i sjøene som da gjerne ligger over den naturlige vannstanden.

3. Hydrometriske stasjoner

3.1 Hydrometriske stasjoner i Numedalslågens vassdrag

Det finnes en rekke målestasjoner for vannstand/vannføring i nedbørfeltet til Numedalslågen. Det viktigste vannmerket i tilknytning til strekningen ved Kongsberg som skal flomberegnes er 15.15 Kongsberg, som er en sammensatt dataserie. Dette vannmerket, som hadde beliggenhet ved Gamlebrua i Kongsberg, ble opprettet i 1912, og nedlagt i 1969 pga. byggingen av Gamlebrofoss kraftstasjon, som førte til oppstuving av vannstanden ved vannmerket. Som erstatning for vannmerket ved Gamlebrua ble Gleda vannmerke opprettet i 1969 for fortsatt å kunne følge vannstand/vannføringsutvikling i Kongsbergområdet. Gleda ble nedlagt i 1982 som følge av byggingen av Pikerfoss kraftverk rett nedstrøms som forstyrret måleprofilet ved vannmerket. Dataserien ved Kongsberg som er benyttet i videre analyser består av direkte observerte data ved Gamlebrua (15.15 Kongsberg) i perioden 1912-1969, og er siden 1969 og frem til i dag sammensatt av flere vannmerker/kraftverk ved skalering mhp. arealforhold og spesifikk avrenning; 15.60 Gleda (1969-1982), 15.61 Fosserød (1982-1983) og 15.100 Skollenborg (1984- d.d.). Datakvaliteten på den sammensatte dataserien er usikker. Det gamle vannmerket 15.15 Kongsberg hadde måleprofil på en terskel og en godt oppmålt vannføringskurve. Dataene antas derfor å være av bra kvalitet. Observasjonene ved 15.60 Gleda er vurdert til ikke spesielt bra grunnet måleprofil i løsmasser og stadige profilendringer. 15.61 Fosserød lenger ned i Lågen er vurdert til å ha bra datakvalitet. Målingene foretas i fjellprofil og vannføringskurven

antas å være bra. Dataserien 15.100 Skollenborg består av kraftverksdata, og kvaliteten er usikker.

Tabell 3. Stasjonsopplysninger for målestasjoner i nedre deler av Numedalslågen.

Stasjon	Felt-areal (km^2)	Observ.-periode	QM (m^3/s)	QM (l/skm^2)	Qmax målt (m^3/s)	Qmax i % av QM	Stasjonskommentarer:
15.15 Kongsberg	4263	1912-1969	421	98,8	987	234	
15.18 Bommestad bru	5513	1879-1927	631	114	546	87	
15.21 Jondalselv	157	1919-dags dato	32,2	254	18,8	58	
15.23 Bruhaug	3410	1926-dags dato	321	94,1	1028	320	Hull i observasjonsserien i 1940-1964.
15.60 Gleda	4070	1969-1982	256	62,8	323	126	
15.61 Fosserød	5197	1970-dags dato	422	81,2	395	94	
15.99 Pikerfoss	4089	1986- ?	309	75,7			Kraftverksdata
15.100 Skollenborg	4287	1984-dags dato	308	71,9			Kraftverksdata

QM: Middelflom for hele observasjonsperioden. **Qmax målt**: Største målte vannføringsmåling som inngår i vannføringskurven. **Qmax i % av QM**: Største vannføringsmåling som inngår i vannføringskurven i % av middelflom.

Dataserien ved Kongsberg er viktig da den over en lang periode gir total avrenning for strekningen som skal flomberegnes. I og med at denne serien er sammensatt av observasjoner fra vannmerker med ulik datakvalitet som beskrevet over og i tabell 3, benyttes 15.61 Fosserød lenger ned i Numedalslågen, og 15.99 Pikerfoss (kraftverksdata) og 15.23 Bruhaug lenger opp til sammenligning. Dataseriene 15.100 Skollenborg og 15.99 Pikerfoss er sammensatte dataserier av driftsvannføring i kraftverkene og overløp ved dam/luker. Erfaringer viser at estimert vannføring med utgangspunkt i kraftverksdata ofte er usikker. Dette skyldes i hovedsak at omregningen fra produksjon til driftsvannføring gjøres via virkningsgradskurven for kraftverket, som normalt kun er etablert én gang da kraftverket ble satt i drift, og at unøyaktigheter i lukesystemet kan føre til at overløpet feilestimeres. Vannføringsmålinger ved Skollenborg med ADCP foretatt av NVE under høstflommen 2000 gir en indikasjon på usikkerheten i kraftverksdataene (tabell 4). Tabellen viser at vannføringen beregnet fra kraftverksdata ved Skollenborg stemmer rimelig bra overens med den direkte vannføringsmålingen. Tilsvarende ble det under samme flomepisode foretatt ADCP-målinger ved Fosserød, for å kunne gjøre en sammenligning med registreringer ved vannmerket. Tabell 4 viser at det er avvik i dataene. Dette skyldes at det aldri tidligere er målt vannføring av denne

størrelsesorden ved Fosserød, og at vannføringskurven derfor foreløpig er ekstrapolert til dette nivået.

Målestasjonen 15.23 Bruhaug antas å ha god datakvalitet. Homogenitetstesting viser at Bruhaug har sannsynlig brudd i 1977 (Astrup 2000), usikkert av hvilken årsak. Dataserien mangler observasjoner i perioden 1940-1964.

Målestasjonen 15.21 Jondalselv har vært i drift siden 1919, men ble flyttet i 1994 på grunn av profilforandringer. Profilforandringene har ført til dårlig datakvalitet.

Tabell 4. Registrerte vannføringsdata i kraftverk (summen av driftsvannføring og overløp) sammenlignet med direkte vannføringsmålinger med ADCP.

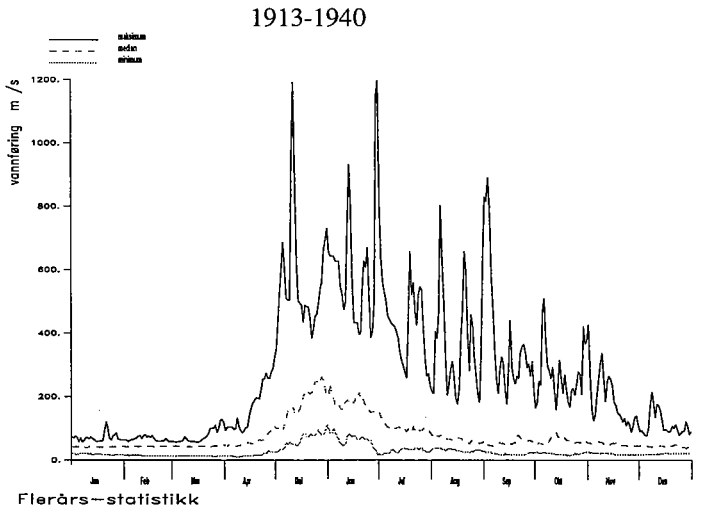
Målestasjon	Dato og klokkeslett	Vannføring målt med ADCP (m^3/s)	Vannføring registrert i kraftverket/vannmerket (m^3/s)	Differanse (m^3/s)	Differanse (%)
15.100 Skollenborg	13/10-2000 10:30	515	525	10	2
15.61 Fosserød	13/10-2000 13:00	697	782	85	12

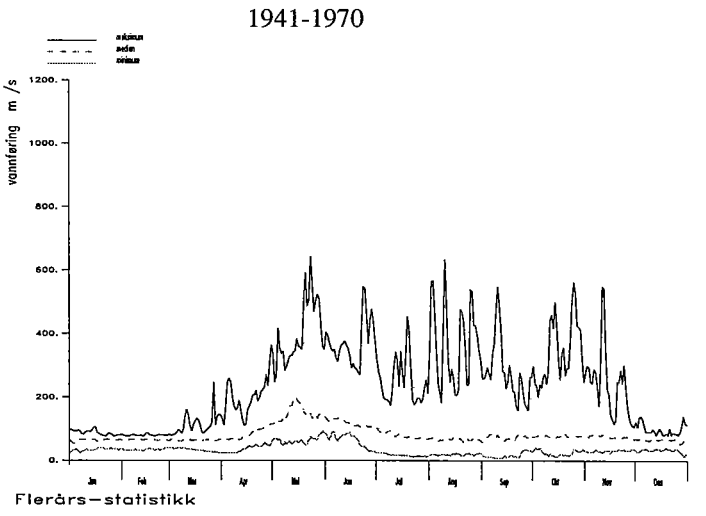
Benyttede feltareal er fastlagt ved nye beregninger av Seksjon for geoinformasjon (VG), og kan avvike noe fra de arealer som er oppgitt i Hydrologisk avdelings database, Hydra2. I de videre beregningene har det i noen tilfeller forekommet at feltarealer fra Hydra2-databasen er benyttet. Dette fremgår av tabell 1.

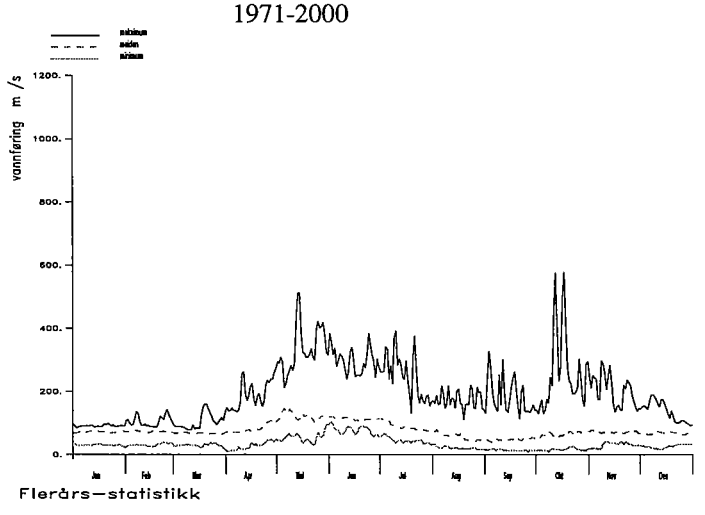
3.2. Karakteristiske vannføringsverdier

Vannføringsforholdene i Numedalslågen er endret opp gjennom årene på grunn av tilveksten av reguleringsmagasiner. De fleste reguleringsmagasinene, deriblant de som har størst innvirkning på vannføringsforholdene i Numedalslågen, har beliggenhet i den nordlige delen av vassdraget over 700 m o. h. De største reguleringsmagasinene Tunhovdfjorden og Pålsbufjorden kom allerede på 1920-tallet. I 1940 ble Halnefjorden, det tredje av de fire store magasinene i vassdraget, utbygd.
Figur 3 viser karakteristiske vannføringsverdier for hver dag i løpet av året for målestasjonen 15.15 Kongsberg i Numedalslågen i tre 30-års perioder, 1913-1940 (27 år), 1941-1970 og 1971-2000. De største endringer i vassdraget mhp. reguleringsmagasiner skjedde frem til 1960. Etter begynnelsen av 1960-tallet har det ikke kommet til nye reguleringsmagasiner. Øverste kurve (maksimum) i diagrammet viser største observerte vannføring og nederste kurve (minimum) viser minste observerte vannføring i løpet av måleperioden. Den midterste kurven er mediankurven, dvs. at det er like mange observasjoner i løpet av referanseperioden som er større eller mindre enn denne.

I tabell 5 er de største flommene ved Kongsberg og Fosserød presentert.







Figur 3. Karakteristiske hydrologiske data ved Kongsberg for ulike perioder. Diagrammene viser største, median og minste vannføring i angitt periode.

Tabell 5. De fem største flommene i løpet av observasjonsperioden ved Kongsberg og Fosserød. Hentet fra NVEs dataarkiv Hydra2.

Stasjon		Observasjons -periode	År	Dato	Døgnmiddel-vannføring, m^3/s
15.15	Kongsberg	1912-2000	1927	30/6	1198
			1916	11/5	1192
			1926	13/6	932
			1934	3/9	891
			1917	31/5	731
15.15	Kongsberg	1970-2000	1987	17/10	578
			2000	12/10	576
			1983	14/5	513
			1978	25/5	423
			1990	24/6	386
15.61	Fosserød	1970-2000	1987	17/10	943
			2000	13/10	757
			1983	14/5	634
			1994	11/9	629
			1995	2/6	544

4. Beregning av flomverdier

Flomsonekart skal konstrueres for elvestrekningen fra Bevergrenda, sørover gjennom Kongsberg til Labru/Rud. På denne strekningen er det kun tilløp fra små sidebekker som relativt sett gir lite bidrag til Numedalslågen ved flom. Derfor beregnes det kun flomverdier på ett punkt, ved Kongsberg, for hele elvestrekningen.

Flomforholdene i Numedalslågen er forandret opp gjennom årene på grunn av økende reguleringsgrad. Det er åpenbart at de større magasinene i øvre deler av vassdraget har betydning for flomforholdene i Numedalslågen. Store deler av nedbørfeltet til Numedalslågen, sidevassdragene fra Norefjorden og sørover, er imidlertid uregulert. Flomstørrelsene er bestemt av en kombinasjon av de naturlige flomvannføringene og reguleringenes innvirkning på flomforholdene. Opplysninger om driftstart for de ulike magasinene er gitt i tabell 2.

I et slikt regulert vassdrag er det vanskelig å utføre flomfrekvensanalyser slik at flomstørrelsene blir representative for dagens forhold. Med økende flomstørrelse vil sannsynligvis reguleringenes flomdempende effekt avta, slik at flomstørrelsene ved store gjentaksintervall nærmer seg naturlige (uregulerte) forhold.

Utgangspunktet for denne flomberegningen er som tidligere nevnt en lengre sammensatt dataserie for vannføring ved Kongsberg.

4.1. Frekvensanalyse på observerte og konstruerte data ved Kongsberg

Flommer generert av snøsmelting og flommer som er resultat av nedbørepisoder tilhører to forskjellige populasjoner. Vårflommene er årvisse, har ofte stort volum og lang varighet, og stiger moderat mot høyere gjentaksintervall. Høstflommene kan være små eller mangle mange år, har ofte et spissere flomforløp med mindre volum og kortere varighet, og stiger ofte raskere mot høye gjentaksintervall. I store østlandsvassdrag som Numedalslågen er det stort sett vårflommer som er dominerende pga. stor snøsmelting ofte i kombinasjon med regn, men det forekommer også at årets største flom inntrer om høsten pga. intenst regnvær, ofte i kombinasjon med snøsmelting og relativt fulle reguleringsmagasiner. Fire av de 20 største årsflommene ved Kongsberg inntrer om høsten, i september og oktober, og rangeres som den 4., 15., 16. og 20. største flommen. Totalt sett over hele observasjonsperioden ved Kongsberg inntrer omtrent 80 % av de største flommene hvert år i månedene april – august, mens 20 % inntrer i månedene september-oktober.

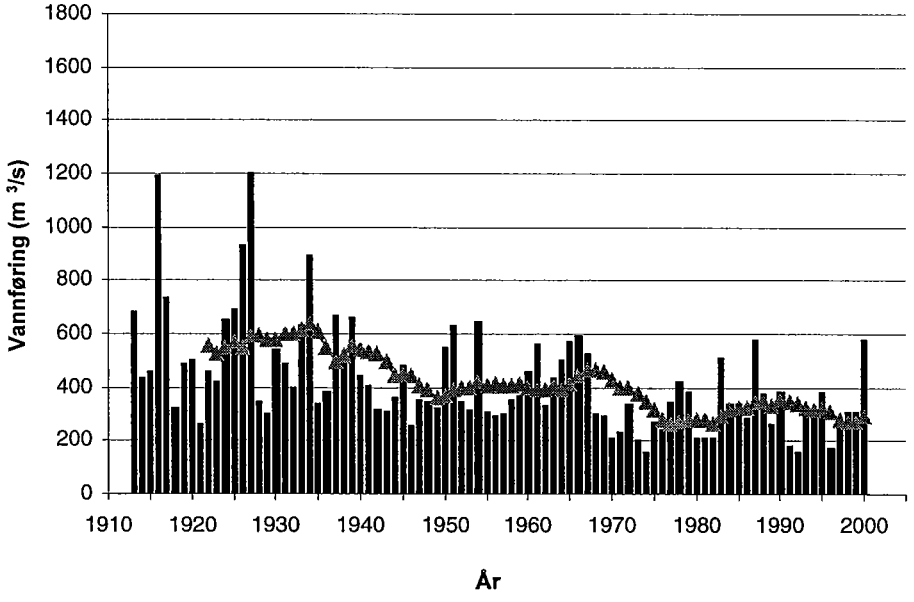
Til tross for at høstflommene i vassdraget stort sett er mindre enn vårflommene, er det ikke uvanlig med stor vannføring om høsten. I vassdrag med hyppighet av både høst- og vårflommer er det vanlig å utføre separate analyser av vår- og høstflommene, og ekstrapolere hver for seg (Sælthun 1997). I flomberegninger i flomsonkartsammenheng utføres analysene kun på årsflommer (Pettersson 2000), dvs. at frekvensanalysen er basert på de høyeste observerte døgnmiddelvannføringene hvert år. Bakgrunnen for dette er at en flomepisode, enten den inntreffer vår eller høst, vanligvis har oppstått som en kombinasjon av både snøsmelting og regn, og tilhører

derfor nødvendigvis ikke to forskjellige populasjoner. Når analysen gjøres kun mhp. årsflommer kan en risikere at andre store flommer i et år kan være større enn den største flommen i et annet år. For eksempel kan det skje at høstflommen ett år ikke kommer med i analysegrunnlaget, fordi denne er lavere enn vårflommen samme år, til tross for at den er større enn største flom i et annet år.

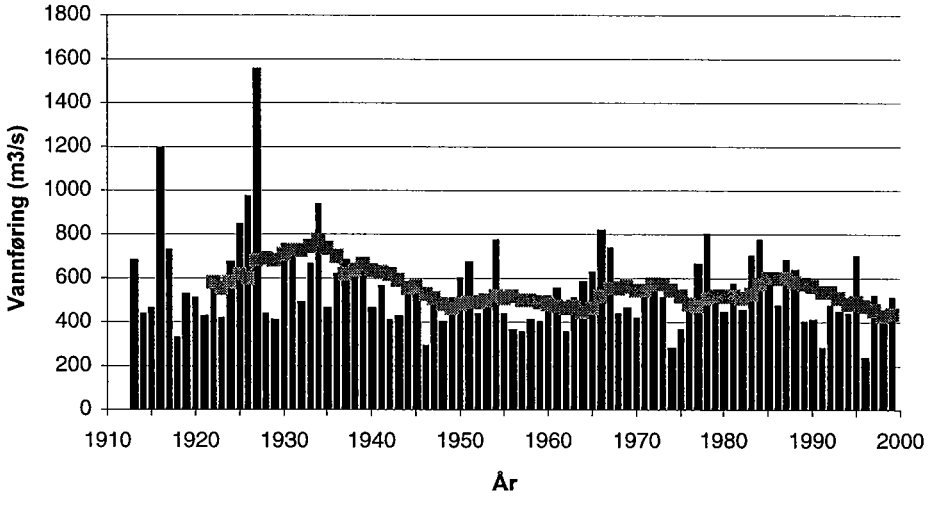
For å få et inntrykk av endringer av flomforholdene i Numedalslågen ved Kongsberg som følge av reguleringer oppstrøms, er største årlige flomvannføring for avløpsserien ved Kongsberg siden 1913 vist sammen med løpende 10-års middel i figur 4. Figuren viser at det før 1940 var betydelig større flomvannføringer sammenlignet med perioden etter 1940. Fra omtrent 1970 er det på ny en markert nedgang i størrelser på flommer. For å få et inntrykk av hvorvidt disse endringene har årsak i tilvekst av reguleringsmagasiner, er tilsvarende vist for beregnet tilsigsserie ved Kongsberg i figur 5. Tilsigsserien tar utgangspunkt i avløpsserien, som korrigeres for reguleringer og overføringer slik at serien beskriver avløpsforholdene slik de ville ha vært dersom vassdraget var uregulert. Sammenligning av figur 4 og 5 viser at trenden med reduksjon i flomstørrelser fra perioden før 1940 til perioden etter 1940 ikke kun er betinget av reguleringstilveksten. Dette betyr at klimatiske forhold også har virket inn. Reduksjonen i flomstørrelser på 1970-tallet fanges ikke opp i tilsigsserien og skyldes sannsynligvis reguleringer.

Med bakgrunn i dette er det valgt å gjøre frekvensanalyse på dataserien ved Kongsberg for ulike perioder. En sammenligning av middelflom og frekvensfaktorer for disse periodene vil gi en indikasjon på de endrede flomforholdene (tabell 6). Etter 1970-tallet er det ikke kommet til nye reguleringsmagasiner. Flomverdier beregnet for perioden etter 1970 bør derfor være representative for flomforholdene som kan ventes i framtida ved lave gjentaksintervall. Eventuell flomdempning som følge av reguleringene blir det da direkte tatt hensyn til i beregningene. Figur 3 viser at minimumskurven for vannføring i perioden etter 1970, og også i perioden 1941-1970 ligger høyere, spesielt vinterstid, enn for perioden før 1940. Maksimumskurven ligger lavere. Dette er naturlige konsekvenser av økt reguleringsgrad.

Dataserien for vannføring ved Kongsberg er som tidligere beskrevet (kap. 3.1) en sammensatt dataserie av både direkte observerte data, kraftverksdata og data fra serier med ulik kvalitet. For perioden 1970-2000, da dataene i denne serien antas å være mest usikre, sammenlignes beregnede frekvensfaktorer med tilsvarende analyse ved vannmerket Fosserød nedstrøms og vannmerket Bruhaug oppstrøms, som begge antas å ha god datakvalitet. Det framgår av tabell 6 at frekvensfaktorene ved de ulike gjentaksintervall ved Kongsberg stemmer bra overens med de to andre, og spesielt med Fosserød. På bakgrunn av dette kan det antas at frekvensfaktorene beregnet direkte fra dataserien ved Kongsberg er representative for strekningen.



Figur 4. Flomvannføring i avløpsserien ved Kongsberg. Største årlige flomvannføring er plottet sammen med løpende 10-års middel.



Figur 5. Flomvannføring i tilløpsserien ved Kongsberg. Største årlige flomvannføring er plottet sammen med løpende 10-års middel.

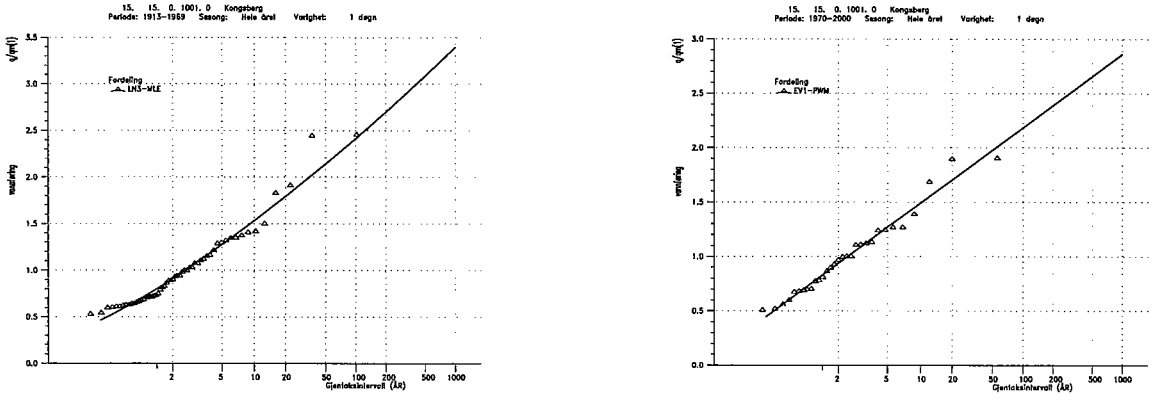
Tabell 6. Flomfrekvensanalyse på årsflommer for målestasjoner i Numedalslågen, Q_T/Q_M

Stasjon		Periode	Ant. år	Varighet døgn	Q_M l/s*km^2	Q_M	Q_5/Q_M	Q_{10}/Q_M	Q_{20}/Q_M	Q_{50}/Q_M	Q_{100}/Q_M	Q_{200}/Q_M	Q_{500}/Q_M
Observerte data:													
15.15	Kongsberg	1912-1999	87	1	98,8	421	1,30	1,57	1,83	2,18	2,44	2,72	3,09
		1913-1940	28	1	134,3	573	1,29	1,53	1,76	2,07	2,31	2,54	2,86
		1913-1969	57	1	114,4	488	1,28	1,53	1,79	2,14	2,41	2,70	3,09
		1970-2000	31	1	71,3	304	1,27	1,49	1,70	1,98	2,18	2,39	2,66
		1986-1996	11	1	72,0	307	1,31	1,55	1,77	2,05	2,26	2,46	2,71
15.23	Bruhaug	1926-1999	47	1	94,1	321	Hull i data i perioden 1940-1964, dårlig frekvenstilpasning						
		1970-1999	29	1	70,6	241	1,25	1,45	1,64	1,89	2,08	2,26	2,51
15.60	Gleda	1969-1982	12	1	62,8	256	1,23	1,41	1,57	1,78	1,93	2,08	2,27
15.61	Fosserød	1970-2000	30	1	81,2	422	1,26	1,48	1,69	1,95	2,15	2,35	2,61
15.99	Pikerfoss	1986-1996	11	1	75,7	309	1,32	1,55	1,75	2,01	2,19	2,36	2,58
15.100	Skollenborg	1984-1999	16	1	71,9	308	1,25	1,43	1,59	1,80	1,95	2,10	2,29
		1986-1996	11	1	72,0	309	1,31	1,55	1,77	2,05	2,26	2,46	2,71
Konstruerte data:													
Alt. 1	Kongsberg	1986-1996	11	1	77,8	332	1,31	1,53	1,73	1,97	2,14	2,31	2,52
Alt. 2	Kongsberg	1986-1996	10	1	77,9	332	1,29	1,51	1,72	1,98	2,17	2,36	2,60
Alt. 3	Kongsberg	1970-1982	12	1	63,7	271	1,23	1,39	1,55	1,74	1,88	2,02	2,21

For beregning av middelflom ved Kongsberg er det som sammenligningsgrunnlag for dataserien ved Kongsberg laget alternative dataserier ved å benytte en kombinasjon av målestasjonene 15.21 Jondalselv, 15.99 Pikerfoss, 15.60 Gleda og 15.23 Bruhaug. Det er å bemerke til disse alternative dataseriene ved Kongsberg at disse også er usikre mhp. datakvalitet (se kap. 3.1). Tre alternative dataserier for Kongsberg er laget ved addisjon av døgnmiddelvannføringen ved hver av målestasjonene Gleda, Pikerfoss og Bruhaug med døgnmiddelvannføringen ved Jondalselv i den felles observasjonsperioden, 1986-1996. For å inkludere avrenningen fra de mellomliggende arealene (delfeltene) mellom målestasjonene i Numedalslågen og i Jondalselv ned til Kongsberg, er det foretatt en skalering av dataseriene før og etter addisjon. Skaleringen består i at observerte data er skalert mhp. arealforhold. Det antas da at den spesifikke avrenningen er den samme i delfeltene som det skaleres opp for. Beregnet middelflom i de ulike seriene fremgår av tabell 6. Tabellen viser at middelflom ved Kongsberg beregnet fra de alternative dataseriene i perioden 1986-1996 er i overkant av det som er beregnet direkte fra dataseriene ved Kongsberg og Skollenborg for samme periode. Middelflom på 330 m^3/s antas representativt ved Kongsberg med bakgrunn i en sammenligning med middelflom ved Fosserød, som har god datakvalitet. Oppskalering av middelflom på 330 m^3/s ved Kongsberg med forskjell i arealforhold ned til Fosserød, gir middelflom ved Fosserød som er omtrent lik middelflom beregnet fra observert dataserie.

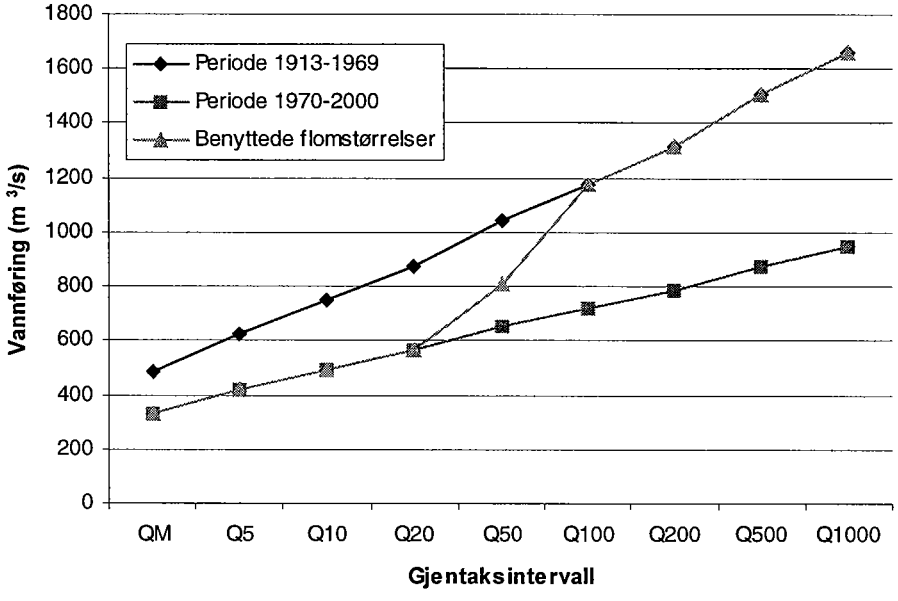
Ved små gjentaksintervall har reguleringene i vassdraget betydelig innvirkning på flomstørrelsene ved Kongsberg. Frekvensanalyse for små gjentaksintervall er derfor

utført for perioden etter siste regulering, slik at flomstørrelsene blir representative for dagens forhold. Etter 1970 har det ikke kommet til nye reguleringsmagasiner i Numedalslågen, og frekvensanalyse for perioden 1970-2000 (fig. 6) regnes som egnet for beregning av flomstørrelser som er representative for dagens regulerte forhold. Med økende flomstørrelse vil sannsynligvis reguleringenes flomdempende effekt avta, slik at flomstørrelsene ved store gjentaksintervall nærmer seg naturlige (uregulerte) forhold. Frekvensanalyse skulle derfor ideellt sett vært utført for en lengre periode før tilveksten av reguleringer tok til, og benyttet en tilnærming til denne frekvenskurven ved store gjentaksintervall. Tilveksten av magasiner i Numedalslågen startet imidlertid bare seks til sju år etter observasjonsperiodens begynnelse ved Kongsberg. Observasjonsserien ved Kongsberg før regulering blir derfor for kort til å kunne gjøre frekvensanalyse på uregulerte forhold. Ved Bommestad bru helt nederst i Numedalslågen, rett oppstrøms Larvik, finnes en 40 år lang observasjonsserie i perioden før vassdraget på noen som helst måte ble regulert, i 1879-1917. Denne serien var i utgangspunktet tenkt benyttet til å representere flomforholdene ved høye gjentaksintervall. Frekvensanalysen viser imidlertid at flomstørrelsene på høye gjentaksintervall blir for lave sammenlignet med observerte flomstørrelser ved Kongsberg. Sammenligning av høyeste årlige observerte flom ved Bommestad bru og Kongsberg i år der observasjonsseriene er overlappende (1913, 1916, 1917) viser at døgnmiddelvannføringen er lavere ved Bommestad bru enn ved Kongsberg ved samme flomepisode til tross for at Bommestad bru har 30 % større nedbørfelt enn Kongsberg. De gamle dataene ved Bommestad bru virker derfor upålitelige. I stedet for å benytte uregulert serie ved Bommestad bru, er det gjort frekvensanalyse på observasjonsserien ved Kongsberg i perioden 1913-1969 (fig. 6), og en overgang til denne ved store gjentaksintervall, se figur 7. I figur 7 er frekvenskurvene for observasjonsperioden før 1969 og for perioden etter 1970 inntegnet sammen med kurven for hvordan reguleringseffekten antas å reduseres med økende gjentaksintervall. Med bakgrunn i den 30 år lange dataserien som representerer dagens forhold, kan det anslås flomstørrelser ved gjentaksintervall på opp mot 40-50 år med god nøyaktighet. Fra gjentaksintervall 50 år og større antas det, som det fremgår av figuren, at den flomdempende effekten avtar gradvis. Ved 100 års gjentaksintervall er det antatt at denne effekten har avtatt i så stor grad at frekvensanalysen som er foretatt på observasjonsserien før 1969 er representativ for flomstørrelsene. Ved hvilken



Figur 6. Flomfrekvenskurve for 15.15 Kongsberg (årsflommer) for perioden 1913-1969 (til venstre) og 1970-2000 (til høyre).

flomstørrelse reguleringseffekten på flomforholdene begynner å avta er imidlertid vanskelig å anslå. Beregnede flomverdier er derfor meget usikre ved store gjentaksintervall. I tabell 7 er flomverdiene ved de ulike gjentaksintervall angitt for observasjonsperioden 1913-1969, for perioden etter at tilveksten av reguleringer avtok (1970-2000) og for flomforholdene slik de antas å være i framtida ved store og lave gjentaksintervall (representative flomstørrelser). Med utgangspunkt i de benyttede flomverdiene er det foretatt en omregning til frekvensfaktorer, Q_T/Q_M, med Q_M på 330 m^3/s, som tidligere beskrevet.



Figur 7. Flomverdier for Kongsberg (årsflommer). Øverste kurve viser flomstørrelsene beregnet ved frekvensanalyse for observasjonsperioden 1913-1969. Nederste kurve viser flomstørrelser beregnet ved frekvensanalyse for perioden 1970-2000, som regnes som representative for dagens regulerte forhold. Midterste kurve antas representere regulerte fornold ved store gjentaksintervall.

Tabell 7. Resultat av flomfrekvensanalyse ved Kongsberg, døgnmiddelverdier (m^3/s) for årsflommer.

	Periode	Varighet	QM	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500
Årsflommer:										
15.15 Kongsberg	1913-1969	1	488	622	748	874	1044	1178	1316	1507
15.15 Kongsberg	1970-2000	1	330	419	492	562	652	720	788	877
Representativ flomstørrelse			330	419	492	562	848	1178	1316	1507
Frekvensfaktorer, Q_T/Q_M				1,27	1,49	1,70	2,57	3,57	3,99	4,57

De omregnede frekvensfaktorene Q_T/Q_M og "representativ flomstørrelse", som angir flommer med forskjellige gjentaksintervall, Q_T, og varighet ett døgn, fra tabell 7 antas som representative ved Kongsberg. Middelflomverdier, frekvensfaktorer og flomstørrelser ved Kongsberg er oppsummert i tabell 8.

Tabell 8. Benyttede middelflomverdier (Q_M) og frekvensfaktorer (Q_T/Q_M) i Numedalslågen ved Kongsberg, årsflommer. Flomvannføringene er døgnmidler og avrundet til nærmeste 10 m^3/s.

Stasjon	Areal	Varighet døgn	Q_M $l/s*km^2$	Q_M	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}
Frekvensfaktorer: (Q_T/Q_M)											
Kongsberg	4263	1	77,4	330	1,27	1,49	1,70	2,57	3,57	3,99	4,57
Flomstørrelser: (Q_T, m^3/s)											
Kongsberg	4263	1	77,4	330	420	490	560	850	1180	1320	1510

4.2. Kulminasjonsvannføring

Flomverdiene som hittil er presentert representerer døgnmidler. Kulminasjonsvannføringen kan være adskillig større enn døgnmiddelvannføringen. Dette er spesielt karakteristisk for små vassdrag med rask flomstigning og spisse flomforløp. I større vassdrag som Numedalslågen er situasjonen ofte slik at avløp fra forskjellige deler av feltet ankommer ett og samme punkt i hovedvassdraget på forskjellige tidspunkt. Som følge av dette er vannføringen i slike vassdrag ofte stor i flere påfølgende døgn. Dermed er forholdstallet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring ofte lavt.

Kulminasjonsvannføringen anslås fortrinnsvis ved å analysere de største observerte flommene i vassdraget. Forholdstallet (Q_{mom}/Q_{mid}) mellom observert kulminasjonsvannføring (momentanvannføringen) og døgnmiddelvannføring beregnes da for én eller flere av de større flommene ved målestasjoner i vassdraget, og/eller eventuelt i nærliggende vassdrag, avhengig av hvor og når det finnes data med fin tidsoppløsning (timesverdier). Grunnlaget for å anslå forholdet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring i Numedalslågen ved Kongsberg er noe tynt. Ved vannmerket ved Kongsberg finnes ikke data med fin tidsoppløsning. Forholdet Q_{mom}/Q_{mid} ved Kongsberg må derfor baseres på data fra sammenlignbare målestasjoner i nærheten der data med fin tidsoppløsning er tilgjengelig. Ved Fosserød lenger ned i vassdraget finnes finoppløselige data for noen av de største registrerte flommene. Ved Bruhaug lenger opp i vassdraget finnes det også finoppløselige data, men ikke for de største registrerte flommene. Ved 15.61 Fosserød varierer Q_{mom}/Q_{mid} mellom 1,02 og 1,04 for fire flommer med gjentaksintervall opp mot 20-50 år. Ved 15.23 Bruhaug varierer Q_{mom}/Q_{mid} mellom 1,02 og 1,13 for tre flommer med gjentaksintervall i størrelsesorden middelflom til 5-10-årsflom. Ellers er det begrenset med data med tidsoppløsning finere enn døgnverdier i området.

Tilsvarende forholdstall kan også estimeres vha. formler, som uttrykker en sammenheng mellom forholdet Q_{mom}/Q_{mid} og feltkarakteristika (feltareal og effektiv sjøprosent) (Sælthun 1997). Resultatet ga lavere verdier enn de direkte observerte, 1,01 ved Fosserød og 1,00 ved Bruhaug og Kongsberg.

Med bakgrunn i det observerte datagrunnlaget for forholdet Q_{mom}/Q_{mid} er det grunn til å anta at forholdet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring ved Kongsberg ikke er større enn 3-5 %. Alle observerte forholdstall er under 1,05 både ved Bruhaug og Fosserød, men ett unntak ved Bruhaug der forholdstallet var 1,13. Det er valgt et forholdstall på 1,04 ved Kongsberg. Usikkerheten i dette anslaget betyr lite siden usikkerheten i de allerede beregnede flomstørrelsene som representerer døgnmidler er minst like usikre. Kulminasjonsvannføringen ved Kongsberg ved ulike gjentaksintervall er presentert i tabell 9.

Tabell 9. Flomvannføringer ved Kongsberg i Numedalslågen, kulminasjonsvannføring i m^3/s for årsflommer, avrundet til nærmeste 10 m^3/s.

Stasjon	Areal	Q_{mom}/Q_{mid}	Q_M m^3/s	Q_5 m^3/s	Q_{10} m^3/s	Q_{20} m^3/s	Q_{50} m^3/s	Q_{100} m^3/s	Q_{200} m^3/s	Q_{500} m^3/s
Kongsberg	4263	1,04	340	440	510	590	880	1230	1370	1570

I en tidligere flomberegning for Numedalslågen, foretatt av Berdal Strømme i mars 1991, ble dimensjonerende avløpsflom (kulminasjon) ved Gamlebrofoss i Kongsberg beregnet til 1440 m^3/s ved ruting av tilløpsflommen gjennom ovenforliggende magasiner. Foreliggende beregning gir Q_{1000} (kulminasjon) ved Kongsberg på ca. 1710 m^3/s (Q_M = 330 m^3/s, Q_{1000}/Q_M = 5,02, Q_{mom}/Q_{mid} = 1,04), som er nært 20 % høyere enn den tidligere beregningen. Årsaker til denne forskjellen kan være at de tidligere beregningene blant annet tok utgangspunkt i tilsigsserier med sentrerte differanser ved Kongsberg og Nore 1, som fører til reduksjon av flomtoppene, og at lengre dataserier og andre fremgangsmåter ved beregningene gir andre flomstørrelser.

I et brev fra NVE til Statens vegvesen datert 28.03.1980 er det antydet følgende flomstørrelser ved Kongsberg; QM: 350 m^3/s, Q5: 540 m^3/s, Q10: 670 m^3/s, Q20: 800 m^3/s, Q50: 1040 m^3/s, Q100: 1200 m^3/s og Q1000: 1650 m^3/s. En sammenligning med flomstørrelsene i tabell 13 viser at de foreliggende beregningene gir resultater som er langt lavere enn i beregningene fra 1980 på alle gjentaksintervall opp til Q100, derfra stemmer de bra overens. Årsakene til disse store forskjellene vites ikke, da datagrunnlag og fremgangsmåte for beregningene i 1980 ikke fremgår i brevet. Grunnlaget for de foreliggende beregningene bør være langt bedre enn i 1980, siden store datamengder er samlet inn siden den gang.

5. Observerte flommer

De største flommene som er registrert i Numedalslågen ved Kongsberg opptrådte i løpet av de første 30 år av observasjonsperioden fra 1913-2000. De 10 største registrerte flommene opptrådte alle før 1940. De fem største flommene ved Kongsberg er listet opp i tabell 5. Åtte av de ti største flommene var vårflommer som opptrådte i mai og juni, to er høstflommer i slutten av august og september. De to største flommene, i slutten av juni 1927 og i midten av mai 1916, hadde

døgnmiddelvannføring på henholdsvis 1198 m^3/s og 1192 m^3/s. Tabell 8 viser at disse flommene er estimert til ca. 100-årsflommer.

Ved Labru og Bommestad bru (rett oppstrøms Larvik) har det vært foretatt vannstandsobservasjoner siden hhv. 1873 og 1879 til på 1920-tallet (NVE, Vassdragsdirektøren 1911). Største flom i denne perioden var i i begynnelsen av juni 1879 da vannføringen ved Bommestad bru ifølge de gamle observasjonene (som antas å ikke være pålitelige) var på 1150 m^3/s.

6. Usikkerhet

Datagrunnlaget for flomberegning i Numedalslågen ved Kongsberg kan karakteriseres som rimelig bra. Lang dataserie med vannføring finnes på selve strekningen som skal flomberegnes. Dette er en sammensatt dataserie av observert vannføring ved Kongsberg og målestasjoner i nærheten, og kraftverksdata bestående av driftsvannføring og overløp. Dataene har varierende kvalitet. Sammenligning av direkte vannføringsmålinger (ADCP-målinger) med kraftverksdata ved Skollenborg ved flom kan tyde på at kraftverksdataene er brukbare. Det er begrensede opplysninger om forholdet mellom døgnmiddelvannføring og kulminasjonsvannføring på strekningen. Det er ingen større tilløp fra sideelver.

I tillegg til usikkerhetene som beskrevet over er det en hel del andre usikkerheter knyttet til slike flomberegninger. Ved hydrometriske foretas vannstandsobservasjoner. Disse omregnes ut fra en vannføringskurve til vannføringsverdier. Vannføringskurven er basert på et antall samtidige observasjoner av vannstand og målinger av vannføring i elva. 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.

En annen faktor som fører til usikkerhet i data, er at Hydrologisk avdelings database er basert på døgnmiddelverdier knyttet til kalenderdøgn. I prinsippet er alle flomvannføringer derfor noe underestimerte, fordi største 24-timersmiddel alltid vil være mer eller mindre større enn største kalenderdøgnmiddel.

I tillegg er de eldste dataene i databasen basert på en daglig observasjon av vannstand inntil registrerende utstyr ble tatt i bruk. Disse daglige vannstandsavlesninger betraktes å representere et døgnmiddel, men kan selvfølgelig avvike i større eller mindre grad fra det reelle døgnmidlet.

Dataene med fin tidsoppløsning er ikke kontrollerte på samme måte som døgndataene og er ikke kompletterte i tilfelle observasjonsbrudd. Det foreligger heller ikke data med fin tidsoppløsning på databasen lenger enn cirka 10 –15 år tilbake. Det er derfor ikke mulig å utføre flomberegninger direkte på kulminasjonsvannføringer.

I Numedalslågen er det i tillegg kompliserte forhold når det gjelder vassdragsreguleringenes påvirkning på flomforholdene. Dette medfører usikkerhet i

hvilken observasjonsperiode som skal legges til grunn for beregning av dagens flomforhold og til hvilket gjentaksintervall for flommer dette kan antas å være representativt. Flomvannføringer og flomvannstander er til dels også avhengig av regulantenes manøvrering av dammer og drift av kraftverk, noe som ikke kan knyttes til bestemte gjentaksintervall. I beregningene er det antatt at perioden fra 1970, ca. 30 år med data ved Kongsberg, er representativ for dagens forhold, siden tilveksten av reguleringsmagasiner etter den tid har vært ubetydelig. I flomberegninger i forbindelse med flomsonekartlegging er praksis at flomverdier for større gjentaksintervall antas å nærme seg flomverdier beregnet for en uregulert periode. I beregningene for Kongsberg er flomverdiene for store gjentaksintervall antatt å tilsvare flomverdiene beregnet for observasjonsperioden 1913-1969 (57 år), siden vassdraget er regulert fra observasjonsperiodens begynnelse ved Kongsberg. Observerte data ved Bommestad bru i den uregulerte perioden 1879-1917 antas å ikke være pålitelige. Dette medfører stor usikkerhet i flomverdier, spesielt på store gjentaksintervall.

Det 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 reguleringene ofte 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 sett 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 bra, men beheftet med usikkerhet mhp. datakvalitet og reguleringenes påvirkning av flomforholdene. Beregningen kan ut fra dette kriterie klassifiseres i klasse 2, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

Referanser

Astrup, M.2000: Homogenitetstest av hydrologiske data. Rapport nr. 7-2000, NVE.

Førland, E. J.1993: Nedbørnormaler, normalperiode 1961-1990. DNMI-rapport nr. 39/93 Klima.

NVE, Hydrologisk avdeling 1987: Avrenningkart over Norge (1930-1960), 1:500 000.

Pettersson, L.E. 2000: Prosjekthåndbok for Flomsonekartprosjektet. Retningslinjer for flomberegninger. Versjon 1.0, NVE.

Sælthun, N. R. 1997: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. Rapport nr. 14-97, NVE.

Vassdragsdirektøren 1911: Beskrivelse av Numedalslaagen. Beskrivelse av norske vassdrag, bind 3, NVE.

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-Nidelvvassdraget. 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 (24 s.)