



NORGES
VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT
BIBLIOTEK

Flomsonekartprosjektet

Flomberegning for Årosvassdraget

Erik Holmqvist

20
2001

D
O
K
U
M
E
N
T



Flomberegning for Årosvassdraget (009.Z)

Norges vassdrags- og energidirektorat

2001

556(05)

21.3

Dokument nr 20 - 2001
Flomberegning for Årosvassdraget (009.Z)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat – 2001

Forfatter: Erik Holmqvist

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 25

Forsidefoto: Skitthegga 12 oktober 2000. Marianne Skulstad, NVE.

ISSN: 1501-2840

Sammendrag: Det er utført flomberegninger for Årosvassdraget fra Røyken til Kistefosdammen. Beregningene danner grunnlag for vannlinjeberegninger og flomsonekartlegging.

Emneord: Årosvassdraget, Skitthegga, flomvannføring

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

Desember 2001

INNHALDSFORTEGNELSE

FORORD	4
SAMMENDRAG.....	5
1. BESKRIVELSE AV OPPGAVEN.....	6
2. BESKRIVELSE AV VASSDRAGET.....	6
3. MÅLESTASJONER	10
ÅROSVASSDRAGET	10
KORRELASJONSANALYSE	10
NABOSTASJONER.....	12
4. FLOMFREKVENSSANALYSER.....	14
MIDLERE FLOM (DØGNMIDLER).....	14
5 - 500 ÅRS FLOM (DØGNMIDLER).....	16
5. KULMINASJONSVANNFØRINGER.....	20
6. ROUTING SKITTHEGGA VED HEGGEDAL	22
MAGASINKURVE OG VANNFØRINGSKURVE HEGGEDAL	22
FLOMFØRLØP	23
VANNSTANDER VED KISTEFOSSDAMMEN.....	25
7. FORHOLD TIL TIDLIGERE FLOMBEREGNINGER.....	26
8. USIKKERHET	27
REFERANSER	28

FORORD

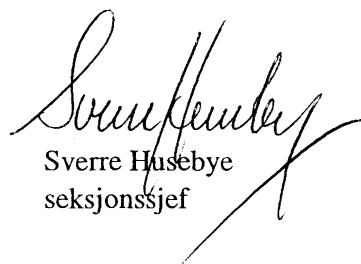
Flomsonekart er et viktig hjelpemiddel for arealdisponering langs vassdrag og for beredskapsplanlegging. NVE arbeider med å lage flomsonekart for flomutsatte elvestrekninger i Norge. Som et ledd i utarbeidelse av slike kart må flomvannføringer beregnes. Grunnlaget for flomberegninger er NVEs omfattende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

Oslo, desember 2001



Kjell Repp
avdelingsdirektør



Sverre Husebye
seksjonssjef

SAMMENDRAG

Det er beregnet flomvannføringer for Årosvassdraget fra Røyken til Kistefosdammen. Det er få hydrologiske observasjoner fra Årosvassdraget. Beregningene er derfor i stor grad basert på observasjoner fra nabovassdrag. Analysene viser at flommer kan opptre til alle tider av året.

For bestemmelse av flommer med gjentakintervall opp til 500 år er det utført frekvensanalyser på observerte flommer i nabovassdrag. I tillegg er regionale flomfrekvenskurver vurdert.

Årosvassdraget består av to hovedgrener oppstrøms Kistefosdammen, Skitthegga og Verkenselva/Gjellumvannet. Midlere flom i løpet av et døgn er beregnet til ca. 5 og 9 m³/s (250 l/s km²) for Skitthegga ved henholdsvis Røyken og Heggedal, ca. 6 m³/s (150 l/s km²) fra Gjellumvannet og ca. 15 m³/s (ca. 200 l/s km²) fra Kistefosdammen.

Kulminasjonsvannføringene er vesentlig større (se tabell 1). For eksempel er det antatt at for Gjellumvannet vil avløpet kulminere med en vannføring som er 40 % større enn døgnmiddelet. Og for Skitthegga ved Røyken er kulminasjonsvannføringen antatt å være 80 % større enn døgnmiddelet.

Ved flom er det imidlertid en del arealer langs Skitthegga fra Røyken til Heggedal som settes under vann. Oversvømte arealer vil redusere og forsinke flomtoppen i vassdraget. Virkningen er beregnet ved en forenklet routing av gitte flomforløp i Skitthegga. Resultatene fra routingen bør sammenholdes med senere vannlinjeberegninger hvor mer detaljerte beskrivelser av vassdraget vil bli lagt til grunn.

Resultatene av analysene er sammenfattet i tabell 1.

Tabell 1

Flomverdier for Årosvassdraget. Det er kulminasjonsvannføring som er gitt. For Skitthegga ved Heggedal er det tatt hensyn til at en del arealer langs elva settes under vann ved flom.

	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
Skitthegga ved Røyken	9	12	14	16	19	21	23	26
Skitthegga ved Heggedal	14	18	20	22	25	27	29	32
Bekk fra Gjellumvannet	9	11	13	14	17	19	21	24
Utløp Kistefosdammen	23	29	33	36	42	46	50	56

Ved en eventuell senkning og utvidelse av elveløpet i Skitthegga, som foreslått i 1989, vil faren for oversvømmelser langs Skitthegga avta. Samtidig vil en flomdempningen i Skitthegga bli mindre, slik at flomvannføringene lenger ned i vassdraget kan bli større.

Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er vanskelig. En må regne med at usikkerheten er minimum 20 – 30 % i de beregnede flomverdiene. Det er mange faktorer som spiller inn. Hvis disse beregningene skal klassifiseres i en skala fra 1 til 3, hvor 1 tilsvarer beste klasse, vil resultatene for Årosvassdraget få klasse 2.

1. BESKRIVELSE AV OPPGAVEN

Flomsonekart skal konstrueres for Årosvassdraget fra Røyken til Kistefossdammen nær Heggedal. Delprosjektets nummer og navn i NVE's Flomsonekartprosjekt er fs 009_1 Skitthegga. Skitthegga er en gren av Årosvassdraget. Som grunnlag for flomsonekartene er midlere flom og flommer med gjentakintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år beregnet.

Det skal gjennomføres flomberegninger for følgende punkter i vassdraget:

- Skitthegga ved Røyken
- Skitthegga ved Heggedal
- Gjellumvannet avløp
- Kistefossdammen (vannstand og avløp)

2. BESKRIVELSE AV VASSDRAGET

Årosvassdraget ligger i Lier og Røyken kommuner i Buskerud og Asker kommune i Akershus. Årosvassdraget består av to hovedgrener, Verkenselva og Skitthegga. Verkenselva kommer fra områdene i nord ved Lierskogen og Dikemark og renner ut i Gjellumvannet ved Heggedal. Skitthegga kommer fra områdene mot Røyken. Disse to grenene løper sammen nedstrøms Gjellumvannet og renner videre til Kistefossdammen, derfra utgjør de Grodalselva/ Åroselva. Nedbørfeltet er 113 km² ved utløp i Oslofjorden ved Åros. En oversikt over vassdraget er gitt i figur 1a og 1b.

Årosvassdraget strekker seg fra havets nivå til ca. 500 moh (figur 2). Hoveddelen av nedbørfeltet er skog- og friarealer (drøyt 70 %), det resterende er jordbruksarealer med ca 17 % (ca. 20 km²) og tettsteder med snaut 10 % (ca. 10 km²). Av større tettsteder finner vi Spikkestad, Røyken sentrum, Åros, Heggedal og Lierskogen (Jakobsen og Herfjord, 1990).

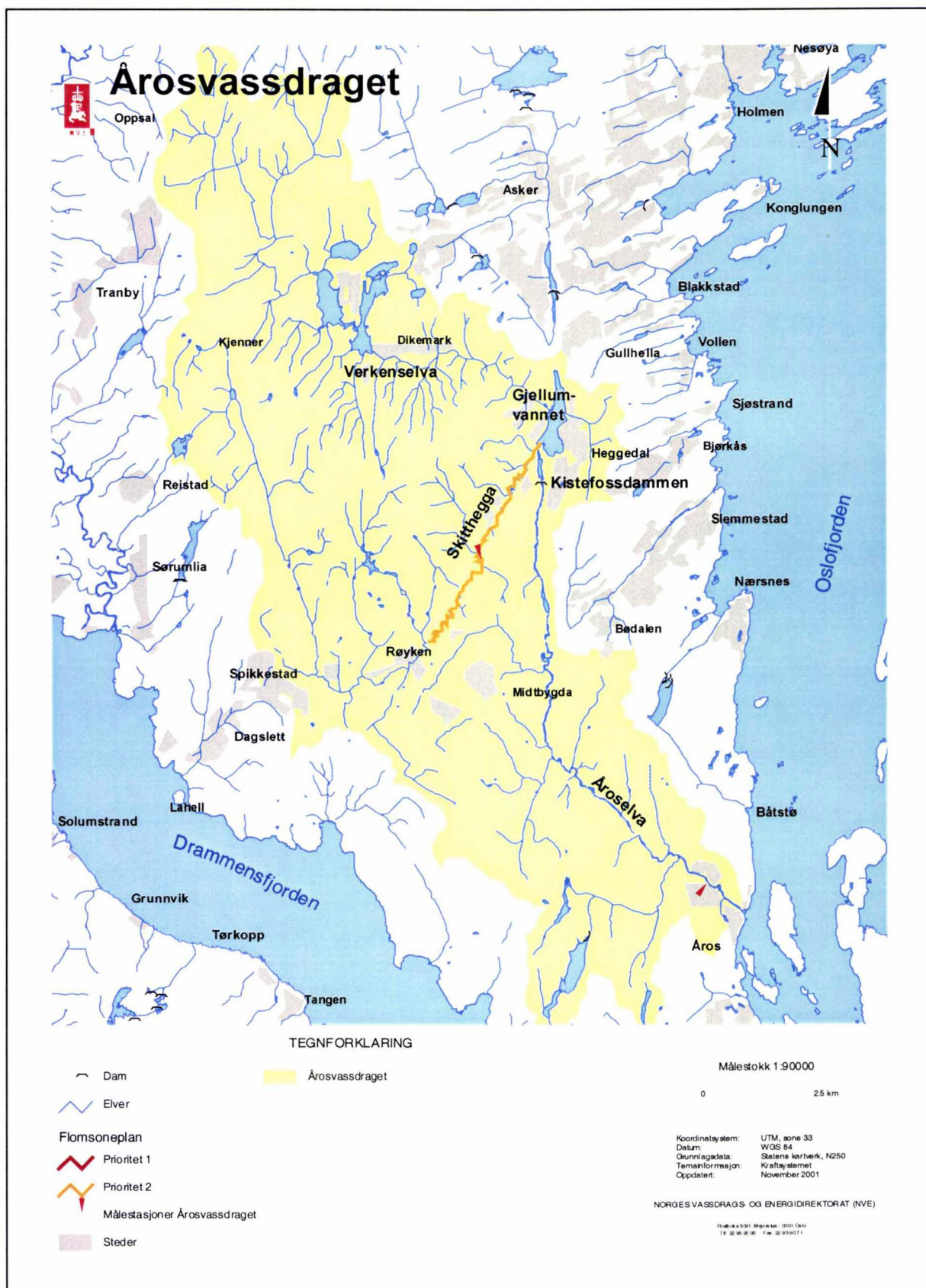
Midlere årlig avrenning i vassdraget er 17 – 18 l/s km², som tilsvarer 550 mm/ år. Normal årsnedbør er drøyt 700 mm, differansen mellom nedbør og avrenning går til plantenes vannforbruk og fordampning.

I Verkenselva er det enkelte innsjøer som innebærer en viss naturlig flomdempning. I tillegg har det vært vurdert å senke Verkensvannet både med tanke på økt flomdempning og økt lavvannføring i Verkenselva (Beheim, 1989). Slike senkningsarbeider er imidlertid ikke gjennomført. Fra Verkensvann har Oslo Kommune/ Dikemark sykehus regulerings- og uttaksrettigheter. I Skitthegga er det få innsjøer av betydning for flomforholdene. Det er en del arealer langs Skitthegga som blir oversvømt under flom. Flomtoppen kommer noe tidligere i Skitthegga enn i Verkenselva (Beheim, 1989).

Ved Kistefossdammen ble HRV senket fra kote 97.26 til kote 96.23 i 1995. Hensikten var å redusere vannstanden i Heggedalområdet under flom. På dammen er det to faste overløp på henholdsvis 6,6 m og 11,7 m. I tillegg er det en bunnluke på ca. kote 89,50 som benyttes til noe forhåndstapping når en venter flom (pers.med. Jan Rikard Eriksen, VTA - Asker kommune). Luka har et areal på ca. 1 m² (0,75 m x 1,5 m).

I tabell 2 er feltarealer og noen karakteristiske feltparametere for ulike punkter i Årosvassdraget gitt. Arealene er fastlagt ved en ny beregning av Seksjonen for Geoinformasjon (VG), og kan avvike noe fra de som er oppgitt i Hydrologisk avdelings database.

Analyser viser at det er god samvariasjon mellom vannføringene ved målestasjonene 9.7 Skitthegga og 6.10 Gryta i Maridalen (se kapittel 3). I figur 3 er relativ størrelse og tidspunkt for vannføringer over en gitt terskelverdi for Gryta vist. Figuren illustrerer at flommer kan opptre til alle tider av året. Men at de største flommene er registrert om høsten. Den tredje største flommen er imidlertid en vinterflom.



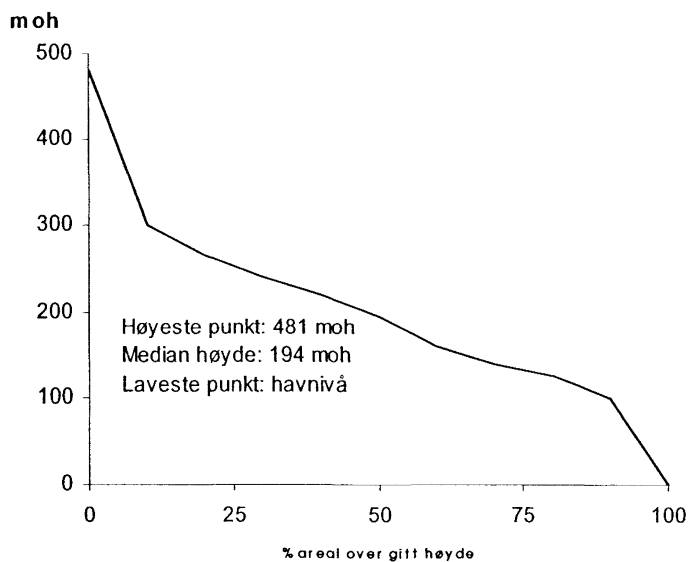
Figur 1a

Kart over Årsvassdraget



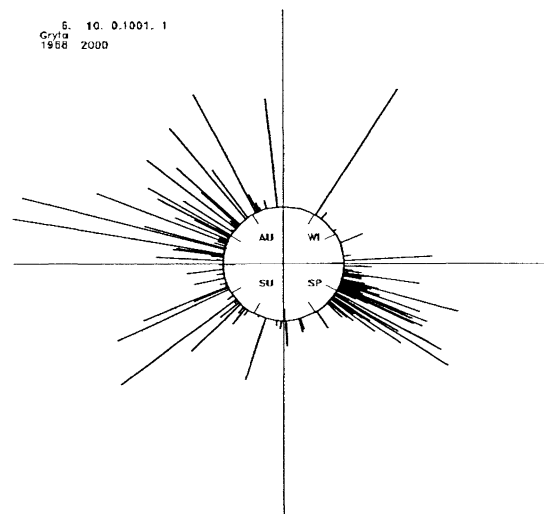
Figur 1b

Målestasjoner i og i nærheten av Årosvassdraget.



Figur 2

Hypsografisk kurve for Årosvassdraget.



Figur 3

Flommer ved sammenligningsstasjonen 6.10 Gryta i Maridalen, 1968 – 2000. Sirkelen representerer året med start rett opp. Flommene er markert når på året de opptrer og med relativ størrelse.

Tabell 2

Nedbørfelt i Årosvassdraget.

Felt	Areal km ²	Normal- avløp l/s km ²	Normal- avløp m ³ /s	Sjøprosent %	Effektiv sjøprosent %
Skithegga oppstrøms Røyken	17.1	17	0.3	1.0	0.05
Skithegga ved Røyken	20.6	17	0.4	0.8	0.04
Skithegga ved Heggedal	35.2	18	0.6	0.8	0.03
Verkenselva	36.6	18	0.7	3.4	2.0
Bekk fra Gjellumvannet	40.6	18	0.7	3.9	2.7
Utløp Kistefosdammen	76.1	18	1.4	2.8	0.8
Årosvassdraget ved utløp	112.9	17	2.0	2.2	0.4

3. MÅLESTASJONER

Årosvassdraget

Det er begrenset med hydrologiske observasjoner fra Årosvassdraget. Fra 1988 – 1990 er det imidlertid noen data fra målestasjonene 9.5 Åros og 9.7 Skitthegga. Vannføringen ved de to stasjonene er vist i figur 4.

Målestasjonen 9.5 Åros ble imidlertid opprettet i 1968, men data før 1988 er ikke tilgjengelig i vårt elektroniske arkiv. Dette skyldes sannsynligvis dårlig kvalitet på de eldste dataene, blant annet er dårlig kommunikasjon mellom limningraf og kum kommentert i eldre papirer. I løpet av måleperioden 1988-90 er største registrerte døgnmiddelvannføring 21 m³/s (1 februar 1990). Data med fin tidsoppløsning viser imidlertid at 21 m³/s er nådd flere ganger, og at ved denne vannføringen har flottøren møtt en fysisk sperre. Det betyr at de registrerte flomvannføringene ved stasjonen er for lave.

Ved målestasjonen 9.7 Skitthegga er det kun data fra april 1988 til april 1989. I løpet av måleperioden er største registrerte døgnmiddelvannføring 8 m³/s (23 august 1988). Data med fin tidsoppløsning er kun tilgjengelig for kortere tidsrom innen måleperioden, og dekker dessverre ikke hendelsen 23 august.

Under flommen i oktober 2000 ble det foretatt noen vannføringsmålinger i Årosvassdraget. For målestasjonen 9.7 Skitthegga ble det målt for vannføring opp til 10,7 m³/s. For aktuell vannstand gir vannføringskurven fra 1988 5 % mindre vannføring. Ved 9.5 Åros ble det samme dag målt 13,7 m³/s, her gir vannføringskurven 6 % større vannføring ved den aktuelle vannstanden. Avvikene er moderate.

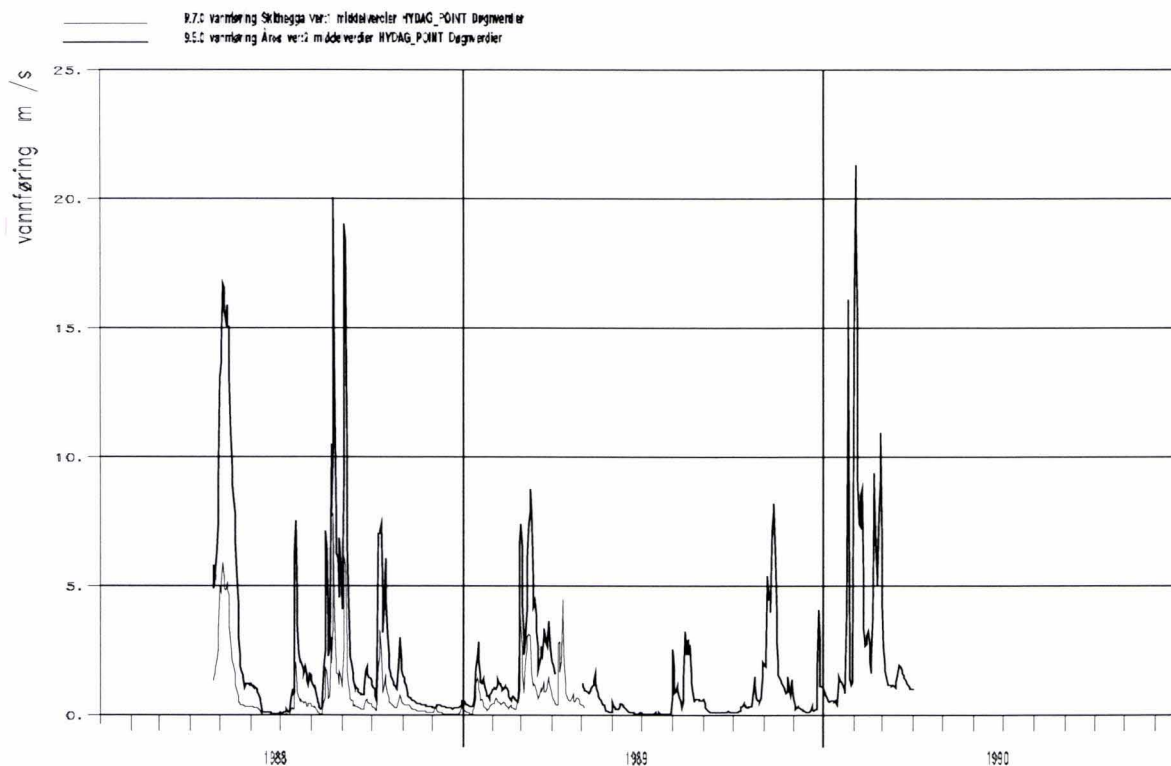
Korrelasjonsanalyse

Det er få data fra Årosvassdraget til flomanalyser. Derfor er det foretatt en korrelasjonsanalyse på døgndata fra Skitthegga mot andre sammenlignbare måleserier med lengere måleserier. Stasjonenes geografiske plassering er vist i figur 1b. Analysen er utført med enkel lineær korrelasjon og data fra samme dag, altså ingen tidsforskyvning mellom seriene. Noen sentrale feltkarakteristika og resultatene av analysene er gitt i tabell 3 og 4.

Tabell 3

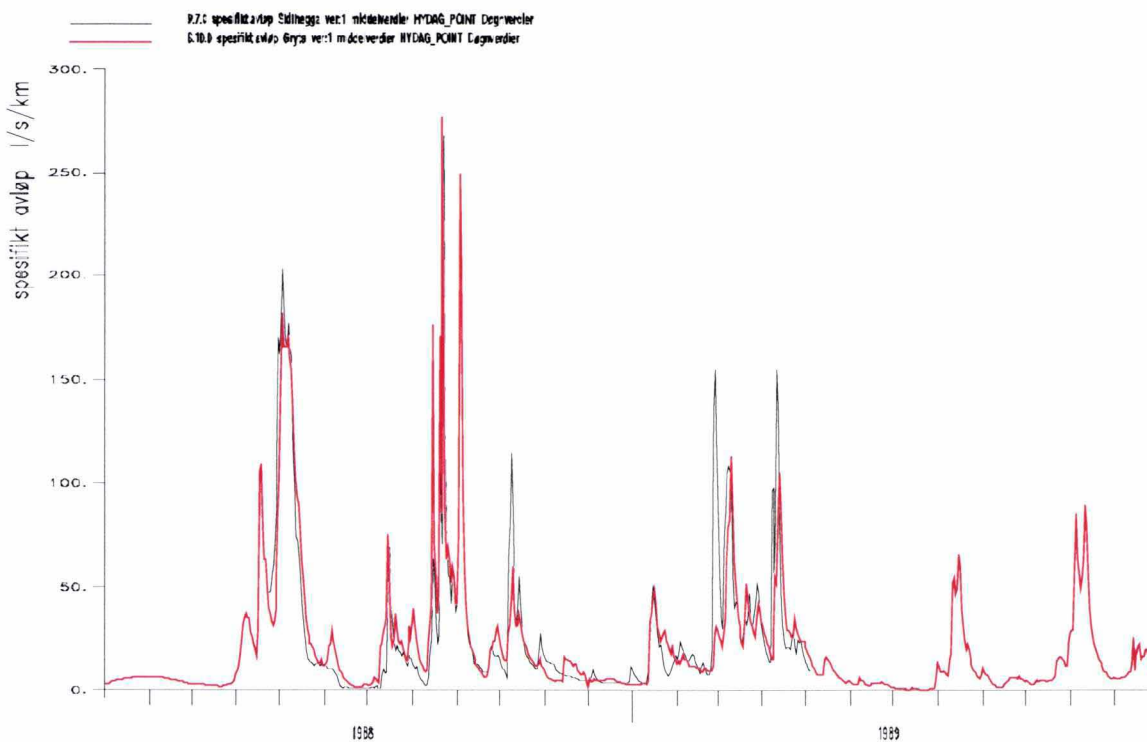
Feltparametere for stasjoner i Årosvassdraget og noen nabostasjoner.

Stasjon	Observasjons- periode	Areal (km ²)	Normalavløp 1961-90 (l/s km ²)	Min., median maks høyde (moh)	Effektiv Sjøprosent
9.5 Åros	1988-90	113	Ca.18	20 – 194 – 481	0.36 %
9.7 Skitthegga	1988-89	29,2	Ca.18	110 – ... – 249	0.04 %
3.22 Høgfoss	1976-dd	297	15,2	40 – 143 – 349	0,65 %
6.10 Gryta	1967-dd	7,63	20,3	163 – 304 – 440	0,49 %
8.2 Bjørnegårdsv.	1968-dd	193	19,3	15 – 315 – 682	0,05 %
8.6 Sæternbekken	1971-dd	6,32	16,8	105 – 242 – 423	0 %
11.6 Oppsal	1981-dd	222	-	40- 425 – 693	0,44 %
12.193 Fiskum	1976-dd	49,9	15,6	90 – 263 – 656	0,28 %
15.21 Jondalselv	1920-dd	126,3	22,8	175 – 554 - 922	0,18 %
15.74 Skorge	1982-dd	59,1	21,2	30 – 160 – 450	0,16 %



Figur 4

Vannføring i m³/s ved målestasjonene 9.5 Åros og 9.7 Skitthegga, det er døgnmidler som er vist.



Figur 5

Spesifikk vannføring (l/s km²) ved målestasjonene 9.7 Skitthegga (svart) og 6.10 Gryta (rød).

Tabell 4**Korrelasjon mellom stasjonen 9.7 Skitthegga og noen nabostasjoner.**

Stasjon	Korrelasjonskoeffisient	Stasjon	Korrelasjonskoeffisient
3.22 Høgfoss	0,73	11.6 Oppsal	0,65
6.10 Gryta	0,84	12.193 Fiskum	0,66
8.2 Bjørnegårdsv.	0,76	15.21 Jondalselv	0,48
8.6 Sæternbekken	0,74	15.74 Skorge	0,85

Stasjonene 6.10 Gryta i Maridalen og 15.74 Skorge i Vestfold har de høyeste korrelasjonene mot Skitthegga ($r^2 > 0,8$). I figur 5 er samvariasjonen mellom Skitthegga og Gryta illustrert. Også flere andre stasjoner har relativt høy korrelasjon mot Skitthegga. Det er derfor flere stasjoner å støtte seg til ved bestemmelse av flomstørrelsene i Årosvassdraget.

Nabostasjoner

Målestasjonen 3.22 Høgfoss ligger på østsiden av Oslofjorden i Hobøelva. Nedbørfeltet er på 297 km². Største vannføringsmåling er på hele 62 m³/s som tilsvarer omkring en 20 års flom. Denne flommålingen ga en vannføring som er 11 % større enn det gjeldende vannføringskurve gir for den aktuelle vannstanden.

Målestasjonen 6.10 Gryta ligger i Maridalen i Oslo. Nedbørfeltet til Gryta er kun 7,63 km², og effektiv sjøprosent er lav med 0,5 %. Ved stasjonen er det montert et 120° V-overløp. Det er kun 1 % avvik mellom største vannføringsmåling og gjeldende vannføringskurve. Men største vannføringsmåling er 0,81 m³/s eller ca. 60 % av midlere flom. Det betyr at flomverdiene er beregnet ut fra den ekstrapolerte delen av vannføringskurven. Flomvannføringene ved denne stasjonen antas å være noe underestimert (jmf. kommentarer nedenfor knyttet til Sæternbekken).

Målestasjonen 8.2 Bjørnegårdsvingen ligger i Sandvikselva. Nedbørfeltet til stasjonen er 193 km². Største vannføringsmåling er på hele 135 m³/s (16/10-87). Dette er drøyt 3 ganger større enn midlere flom (41 m³/s). Det er et ikke noe avvik mellom største vannføringsmåling og gjeldende vannføringskurve. For denne stasjonen antas derfor flomverdiene å være pålitelige.

Målestasjonen 8.6 Sæternbekken drenerer også til Sandvikselva. Nedbørfeltet til stasjonen er kun 6,315 km². Ved stasjonen er det montert et 120° V-overløp. Største vannføringsmåling er 0,78 m³/s, det tilsvarer snaut 50 % av midlere flom. Det er ikke noe avvik mellom største vannføringsmåling og gjeldende vannføringskurve. Det er kun et segment på vannføringskurven. Ved vannstander høyere enn overkant av V-overløpet, vil vannføringen underestimeres. I henhold til Hans Christian Udnæs (NVE-HV) har vannstanden vært godt over V-overløpet under flom.

Teoretiske kurver for V-overløp forutsetter også at vannet oppstrøms overløpet har tilnærmet null hastighet, det vil si at det er et stort basseng oppstrøms overløpet. Ved befaring (Knut Møen, NVE-HH) 3 oktober 2001 ble det observert mye jord og grus i tilløpskanalen, slik at vannhastigheten mot V-profilen blir for stor. Det er derfor grunn til å tro at flomvannføringene ved stasjonen er underestimert. De samme forhold, vannstand høyere enn overløpskant og problem med "null" hastighet oppstrøms overløpet, gjelder sannsynligvis også Gryta.

Målestasjonen 11.6 Oppsal ligger i Lierelva. Nedbørfeltet til stasjonen er 223 km². I nedbørfeltet er det et reguleringsmagasin, Glittrevatn. I tillegg overføres noe vann fra Drammensvassdraget (Holsfjorden) for å sikre minstevannføring i Lierelva i tørre perioder. Stasjonen Oppsal ble opprettet først og fremst for å kontrollere minstevannføringer. I november 2000 ble det foretatt vannføringsmåling under flom

som ga nesten 30 % større vannføring enn gjeldende vannføringskurve. Flomvannføringene ved denne stasjonen er svært usikre (pers. med. Per Lofsberg, NVE-HH). Data fra denne stasjonen er derfor ikke tillagt vekt i analysene.

Målestasjonen 12.193 Fiskum ligger oppstrøms Eikeren i Drammensvassdraget. Nedbørfeltet er 50 km². Det er støpt profil ved stasjonen. De to største vannføringsmålingene er på drøyt 10 m³/s, som er på nivå med midlere flom (9,9 m³/s). Det er lite avvik (+ 2 % og – 3 %) mellom disse målingene og gjeldende vannføringskurve. Flomverdiene ved denne stasjonen antas derfor å være godt bestemt.

Målestasjonen 15.21 Jondalselv ligger nordvest for Kongsberg og drenerer til Numedalslågen. Nedbørfeltet er 126 km². Jondalselv har den laveste korrelasjonen mot Skitthegga av de undersøkte stasjonene, men er likevel benyttet som støtte i de videre analysene, fordi observasjonsperioden (81 år) her er betydelig lengere enn for de øvrige stasjonene. Største vannføringsmåling er på 55,8 m³/s som er drøyt 70 % over midlere flom. Det er et ubetydelig avvik mellom største vannføringsmåling og gjeldende vannføringskurve.

Målestasjonen 15.74 Skorge ligger nordøst for Larvik og drenerer til nedre del av Numedalslågen. Nedbørfeltet er 59 km². Største vannføringsmåling er 22,3 m³/s og ble målt i november 2000. Det tilsvarer 50 % over midlere flom. Gjeldende vannføringskurve gir imidlertid kun 18,2 m³/s ved den aktuelle vannstanden, avviket er på ca. 20 %. Flomvannføringen ved Skorge påvirkes av innsjøen Goksjø som ligger nedstrøms. Høy vannstand i Goksjø virker oppstuvende på målestasjonen, i tillegg kan et brokar rett nedstrøms stasjonen også virke oppstuvende under flom. Flomverdiene ved denne stasjonen er derfor usikre (pers. med. Per Lofsberg, NVE-HH).

4. FLOMFREKVENSANALYSER

Midlere flom (døgnmidler)

Midlere flom for Årosvassdraget er beregnet med støtte i de korte måleseriene en har i vassdraget, nabostasjoner og regionale flomformler.

I perioden 1988-90 har en noen observasjoner fra Årosvassdraget. De tre største vannføringerne ved målestasjonen 9.5 Åros gir en "midlere flom" på ca. 170 l/s km², mens for 9.7 Skitthegga gir de to største observerte vannføringerne (kun to år med data) en "midlere flom" på ca. 230 l/s km². Flomverdiene for Åros er imidlertid for lave på grunn av fysiske begrensninger ved stasjonen (se side 11).

For de undersøkte nabostasjonene varierer midlere flom fra ca. 120 l/s km² til 260 l/s km² (tabell 5 og figur 6). Høgfoss har klart lavere flomverdi enn de øvrige feltene. Det skyldes at dette feltet både er størst og har høyest effektiv sjøprosent, to forhold som begge virker flomdempende. I tillegg tyder en vannføringsmåling under flom på at flomverdiene kan være underestimert.

For Sæternbekken mangler det observasjoner i 1987, 1988 og 1996. Ved hjelp av data fra Bjørnegårdsvingen og Gryta er flomverdier for disse årene estimert. Det medfører at midlere flom for Sæternbekken øker fra 253 l/s km² til 262 l/s km². Likevel er det grunn til å anta at beregnet midlere flom er noe lav på grunn av forhold ved stasjonen under flom (se kapittel 3).

Korrelasjonsanalysene viser at det er best sammenheng mellom vannføringsdata fra Skitthegga og observasjonene ved Skorge og Gryta. Midlere flom er 246 l/s km² ved Skorge og 186 l/s km² ved Gryta. Men begge disse middelverdiene er sannsynligvis noe underestimert (se kapittel 3).

Stasjonene som sannsynligvis har minst usikkerhet i beregnet midlere flom er Bjørnegårdsvingen (213 l/s km²), Fiskum 199 l/s km² og Jondalselv (255 l/s km²). Bjørnegårdsvingen har feltparametere som ligner mest på de en finner for Skitthegga (se tabell 3). Men feltarealet er betydelig større for Bjørnegårdsvingen (199 km²) enn for Skitthegga (29,2 km²). Det betyr at midlere flom for Skitthegga sannsynligvis er minst 213 l/s km². Avløpet fra Gjellumvannet er mer dempet, og midlere flom herifra ligger nok nærmere verdien som er funnet for Høgfoss.

Det er og forsøkt å benytte regionale flomformler. Slike formler er utledet for å estimere flom i felt med få eller ingen målinger. Formlene gir en sammenheng mellom ulike feltkarakteristika og midlere vår- og høstflom. Formlene er imidlertid basert på data fra nokså store felt, og må benyttes med stor forsiktighet for felt under 100 km². For felt under 50 km² advares det mot bruk av formlene.

Det finnes to ulike sett med slike formler (Wingård 1978 og Sælthun 1997). Det sistnevnte formelsettet gir imidlertid usannsynlig lave verdier for Årosvassdraget. Midlere høstflom blir i overkant av 80 l/s km². Midlere vårflom lar seg ikke beregne med det nyeste formelsettet, fordi formelen forutsetter at en har noe snaufjell i feltet.

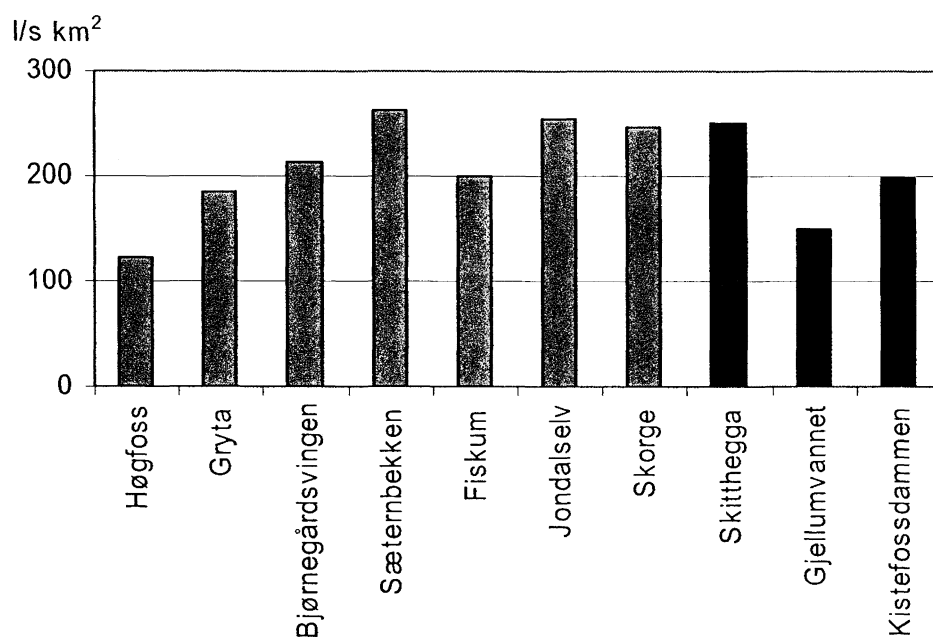
Det eldste formelsettet gir for Årosvassdraget (113 km²) midlere vår- og høstflom på ca. 110 l/s km² og 180 l/s km². Midlere flom for en sesong vil være noe lavere enn midlere årsflom. For Skitthegga ved Heggedal gir formlene en midlere høstflom på ca. 300 l/s km² og for utløp av Gjellumvannet ca. 140 l/s km². Nedbørfeltene til både Verkenselva/ Gjellumvannet og Skitthegga er imidlertid mindre enn 50 km².

Ut fra analysene over antas 250 l/s km² som en sannsynlig verdi for midlere årsflom i Skitthegga. For døgnmidler benyttes samme intensitet for alle punkter langs Skitthegga. Avløpet fra Gjellumvannet er imidlertid mindre intenst på grunn av demping i både denne og ovenforliggende innsjøer. Midlere årsflom for utløp av Gjellumvannet anslås til 150 l/s km², det vil si noe større enn det som er beregnet for målestasjonen Høgfoss, som også har betydelig demping i ovenforliggende vann.

Tabell 5

Midlere flom (døgnmidler) for en del målestasjoner i og i nærheten av Årosvassdraget.

Målestasjon	Periode	Areal (km ²)	Middel-flom (m ³ /s)	Spesifikk middelflom (l/s km ²)	Merknad
9.5 Åros	1988-90	113	19	172	Ikke fullstendige år. Observerte flommer er underestimert.
9.7 Skitthegga	1988-89	29,2	7	236	Ikke fullstendige år.
3.22 Høgfoss	1977-2000	297	37	123	Høy effektiv sjø%. Usikker kurve på flom, flomverdier underestimert?
6.10 Gryta	1968-2000	7.63	1.4	186	Usikker kurve på flom, flomverdier underestimert?
8.2 Bjørnegårdsvingen	1969-2000	193	41	213	God kurve på flom.
8.6 Sæternbekken	1972-2000	6.315	1.7	262*	Flommene i -87, 88 og 96 er estimert v.h.a Gryta og Bjørnegårdsv. Usikker kurve på flom, flomverdier underestimert?
12.193 Fiskum	1977-2000	49.9	9.9	199	God kurve på flom.
15.21 Jondalselv	1920-2000	126.3	32	255	God kurve på flom
15.74 Skorge	1982-2000	59.1	14.6	246	Oppstuing nedstrøms, flomverdier underestimert?



Figur 6

Midlere flom (døgnmidler) i Årosvassdraget og for noen nærliggende målestasjoner.

Tabell 6

Midlere flom i Årosvassdraget. Det er døgnmidler som er gitt.

Felt	Areal km ²	Midlere flom l/s km ²	Midlere flom m ³ /s
Skitthegga oppstrøms Røyken	17.1	250	4.3
Skitthegga ved Røyken	20.6	250	5.2
Skitthegga ved Heggedal	35.2	250	8.8
Bekk fra Gjellumvannet	40.6	150	6.1
Utløp Kistefossdammen	76.1	197	15.0

For Kistefossdammen antas at avløpet tilsvarer summen av vannføring ut av Gjellumvannet, i Skitthegga og et lite lokaltlig. Det medfører at midlere årsflom ved Kistefossdammen blir bortimot 200 l/s km².

5 - 500 års flom (døgnmidler)

For bestemmelse av flommer i Årosvassdraget med gjentakintervall opp til 500 år er det utført frekvensanalyser på flomdata fra nabovassdrag. I tillegg er regionale flomfrekvenskurver vurdert (Sælthun 1997 og Wingård 1978).

Fra figur 7 og tabell 7 ser en at for store gjentakintervall varierer frekvensfaktorene for de ulike stasjonene relativt mye. Med unntak av Jondalselv, hvor en har 81 år med observasjoner, er seriene korte (20-30 år) for flomanalyser. For sjeldne flommer (50 – 500 års gjentakintervall), må derfor resultatene fra de korte seriene benyttes med forsiktighet.

Skorge skiller seg ut med de klart laveste frekvensfaktorene. Dette skyldes oppstuvningen ved stasjonen som medfører upålitelige flomanalyser. Resultatene fra denne stasjonen blir derfor tillagt liten vekt. Videre ser en at opp til omkring 50 – 100 års flom er frekvensfaktorene for Gryta og Sæternbekken noe større enn for de øvrige stasjonene. Dette skyldes sannsynligvis at dette er svært små felt (mindre enn 10 km²), noe som medfører at frekvenskurvene blir brattere på grunn av større variabilitet (Thomas Skaugen, NVE-HV). For større gjentakintervall er analysene mer usikre som nevnt over.

Av stasjonene med de antatt mest pålitelige flomdataene, Bjørnegårdsvingen, Jondalselv og Fiskum, gir frekvensanalysene nesten samme forholdstall for gjentakintervall opp til 50 år. For større gjentakintervall øker spredningen.

For Årosvassdraget er det valgt å benytte frekvensfaktorer som ligger nær til de en har funnet for Jondalselv. Men fordi Jondalselv har et noe større felt enn de delfeltene som skal analyseres i Årosvassdraget er faktorene økt noe, spesielt gjelder dette for gjentakintervall over 50 år. Det er ikke funnet grunnlag for å variere frekvensfaktorene for de ulike delene av vassdraget.

I forhold til de regionale kurvene (figur 8), ser en at de valgte verdiene ligger mellom kurvene "Vår1" og "Høst3" (Sælthun 1997). Det virker rimelig. Men samtidig er de noe mindre enn de tidligere regionale kurvene, "V1" og "H1" (Wingård 1978). Hvis de regionale kurvene hadde fortalt "sannheten", burde for eksempel "Vår1" og "V1" vært tilnærmet identiske. Figur 8 illustrerer at regionalisering av flomdata er vanskelig, og at de valgte verdiene for Årosvassdraget ikke er urimelige.

I tabell 8 er spesifikk flomverdier for de analyserte stasjonene oppgitt. En ser igjen at det er et stort spenn for de ulike stasjonene. For eksempel varierer 50-års flommen fra i underkant av 250 l/s km² (Høgfoss) til nesten 600 l/s km² (Sæternbekken). Hovedårsaken til den store variasjonen er ulike feltegenskaper, men også usikkerhet knyttet til vannføringskurver og i valg av statistisk fordelingsfunksjon ved frekvensanalysene. For Skitthezza er beregnet 50-års flom 500 l/s km², mens den for avløp fra Gjellumvannet er beregnet til 300 l/s km² (tabell 9). Øvrige flomverdier for Årosvassdraget er gitt i tabell 10.

Tabell 7

Forholdstall mellom flommer med ulike gjentaksintervall og midlere flom for målestasjoner i nærheten av Årosvassdraget. Det er årsflommer (døgnmidler) som er analysert.

Stasjon	Antall år	Frekvensfordeling	Q5/ QM	Q10/ QM	Q20/ QM	Q50/ QM	Q100/ QM	Q200/ QM	Q500/ QM
3.22 Høgfoss	24	ev1	1.26	1.47	1.7	1.9	2.1	2.3	2.6
6.10 Gryta	33	gev	1.32	1.57	1.8	2.1	2.4	2.6	2.9
8.2 Bjørnegårdsv.	32	ln3	1.24	1.48	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9
8.6 Sæternbekken	26	ln2	1.32	1.60	1.9	2.2	2.5	2.8	3.2
12.193 Fiskum	23	gev	1.28	1.48	1.7	1.9	2.1	2.2	2.4
15.21 Jondalselv	81	ev1	1.27	1.49	1.7	2.0	2.2	2.4	2.6
15.74 Skorge	19	Gam2	1.22	1.36	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0
Regionale verdier	H1						2.70	3.10	3.60
	V1						2.30	2.55	2.90
	Høst 3		1.25	1.60	2.00	2.40	3.00	3.40	4.10
	Vår 1		1.25	1.40	1.60	1.85	2.00	2.20	2.45
Valgte verdier for Årosvassdraget			1.3	1.5	1.7	2.0	2.25	2.5	2.8

Tabell 8

Flomverdier for målestasjoner i nærheten av Årosvassdraget. Det er døgnmidler som er gitt.

Stasjon	qM	q5	q10	q20	q50	q100	Q200	q500
	l/s km ²	l/s km ²	l/s km ²	l/s km ²	l/s km ²	l/s km ²	l/s km ²	l/s km ²
3.22 Høgfoss	123	155	182	207	239	263	287	319
6.10 Gryta	186	245	292	337	394	436	478	533
8.2 Bjørnegårdsv.	213	265	315	365	435	489	546	626
8.6 Sæternbekken	262	346	418	488	583	655	729	830
12.193 Fiskum	199	254	295	332	379	413	445	487
15.21 Jondalselv	255	324	379	433	502	554	605	673
15.74 Skorge	246	300	336	367	404	430	455	486

Tabell 9

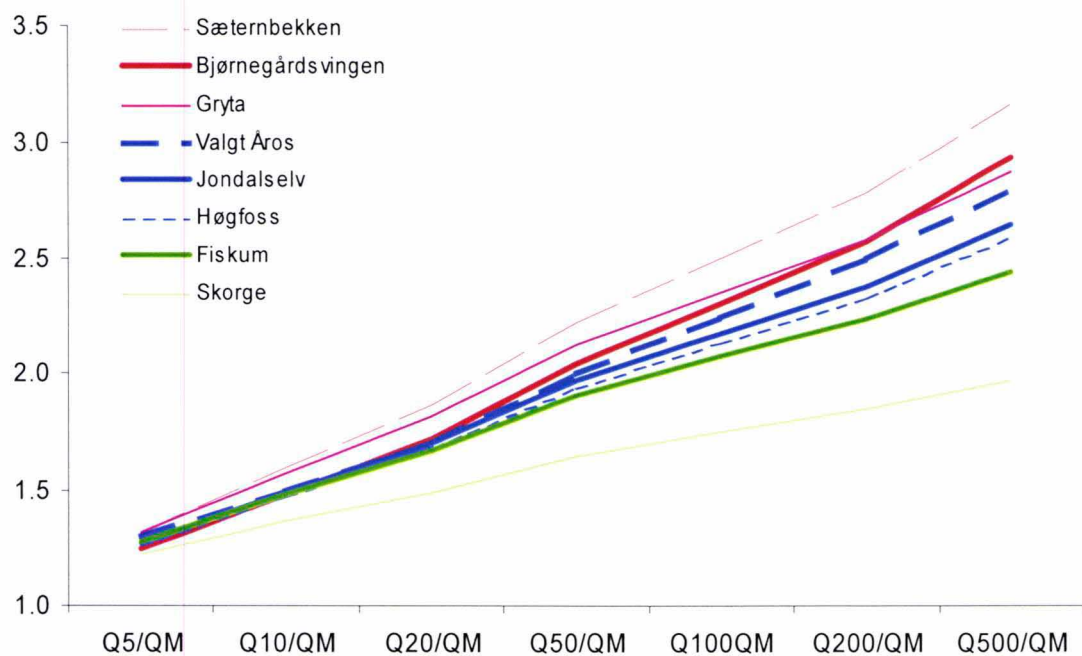
Spesifikke flomverdier for Årosvassdraget. Det er døgnmidler som er gitt.

	qM	q5	q10	q20	q50	q100	q200	q500
	l/s km ²	l/s km ²	l/s km ²	l/s km ²	l/s km ²	l/s km ²	l/s km ²	l/s km ²
Skitthegga ved Røyken	250	325	375	425	500	563	625	700
Skitthegga ved Heggedal	250	325	375	425	500	563	625	700
Bekk fra Gjellumvannet	150	195	225	255	300	338	375	420
Utløp Kistefosdammen	197	256	295	334	393	442	492	551

Tabell 10

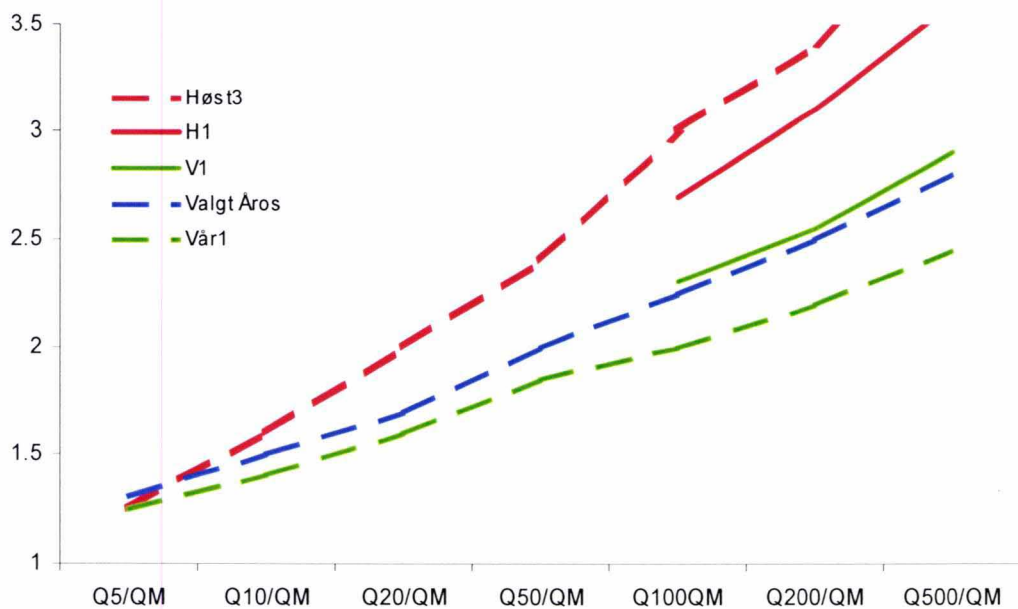
Flomverdier for Årosvassdraget. Det er døgnmidler som er gitt.

	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
Skitthegga ved Røyken	5.2	6.7	7.7	8.8	10.3	11.6	12.9	14.4
Skitthegga ved Heggedal	8.8	11.4	13.2	15.0	17.6	19.8	22.0	24.6
Bekk fra Gjellumvannet	6.1	7.9	9.1	10.4	12.2	13.7	15.2	17.1
Utløp Kistefosdammen	15.0	19.5	22.4	25.4	29.9	33.7	37.4	41.9



Figur 7

Valgt flomfrekvenskurve for Årosvassdraget og beregnede kurver for noen stasjoner i nærheten.



Figur 8

Valgt flomfrekvenskurve for Årosvassdraget og regionale kurver fra henholdsvis Sælthun 1997 (Vår 1 og Høst3) og Wingård 1978 (V1 og H1).

5. KULMINASJONSVANNFØRINGER

Kulminasjonsvannføringen kan være adskillig større enn døgnmiddelvannføringen. Det er derfor bestemt et forholdstall mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring for de ulike punktene i vassdraget.

Slike forholdstall er tidligere analysert (Bønsnes og Roald 1994) for enkelte av målestasjonene som er benyttet i denne rapporten. Nevnte analyse dannet grunnlag for beregning av regresjonsligninger hvor forholdstallet mellom kulminasjonsvannføring (momentanvannføring) og døgnmiddelvannføring kan beregnes ut fra feltparametrer. Formelen for vårflokker er:

$$Q_{\text{momentan}}/Q_{\text{middel}} = 1.72 - 0.17 \cdot \log A - 0.125 \cdot A_{SE}^{0.5},$$

mens formelen for høstflokker er:

$$Q_{\text{momentan}}/Q_{\text{middel}} = 2.29 - 0.29 \cdot \log A - 0.270 \cdot A_{SE}^{0.5},$$

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

I tabell 11 er midlere observerte og beregnede forholdstall mellom momentanflom og døgnmiddelflom gitt for noen av målestasjonene som ligger nær Årosvassdraget. En ser av tabellen at for Bjørnegårdsvingen og for vårflokker i Jondalselv er det godt samsvar mellom observerte og beregnede forholdstall, mens for de øvrige gir observasjonene vesentlig lavere forholdstall enn de beregnede.

Tabell 11

Observerte og beregnede forholdstall mellom momentanflom og døgnmiddelflom. De observerte verdiene er gjennomsnitt for en årrekke.

	Målestasjon	Areal	Eff. Sjø %	Q _{mom} /Q _{døgn} – vår		Q _{mom} /Q _{døgn} – høst	
				Observerte	Beregnet	Observerte	Beregnet
3.22	Høgfoss	297	0.65	-	1.20	1.19	1.36
6.10	Gryta	7.63	0.49	1.20	1.48	1.42	1.85
8.2	Bjørnegårdsvingen	193	0.05	1.33	1.30	1.62	1.57
12.193	Fiskum	49.9	0.28	1.15	1.37	1.32	1.65
15.21	Jondalselv	126	0.18	1.25	1.31	1.27	1.57

For Bjørnegårdsvingen er også forholdstall for enkelte store flokker undersøkt spesielt (tabell 12). Dette viser at en kan ha svært store kulminasjonsverdier uten at døgnmiddelet er tilsvarende stort. For eksempel kulminerte vannføringen 7 oktober 2001 på 104 m³/s, mens døgnmiddelet var 48 m³/s. Dette var den største kulminasjonsvannføringen siden 1987, men døgnmiddelet var kun det 5 største.

Tabell 12

De tre største observerte døgnmiddelvannføringene og de tre største observerte kulminasjonsvannføringene ved målestasjonen 8.2 Bjørnegårdsvingen i løpet av årene 1987-2001.

Tre største døgnmidler				Tre største kulminasjonsverdier			
Dato	Døgnmiddel (m ³ /s)	Kulminasjon (m ³ /s)	Q _{mom} /Q _{døgn}	Dato	Døgnmiddel (m ³ /s)	Kulminasjon (m ³ /s)	Q _{mom} /Q _{døgn}
16/10-1987	101	135	1.33	16/10-1987	101	135	1.33
11/10-2000	65	83	1.27	7/10-2001	48	104	2.19
3/12-1992	64	82	1.27	31/10-2000	55	102	1.85

Som nevnt tidligere er det svært begrenset med hydrologiske data fra Årosvassdraget. Men for enkelte episoder er både kulminasjonsvannføringer og døgnmidler tilgjengelig. Men hverken for 9.5 Åros eller 9.7 Skitthegga har en slike data ved de største registrerte vannføringer. For Åros er det beregnet forholdstall som varierer fra 1,1 til 1,5 ved relativt moderate vannføringer (kulminasjonsverdier fra 9 til 19 m³/s). For Skitthegga er det beregnet forholdstall som varierer fra 1,2 til 1,8 ved kulminasjonsverdier fra 3 til 7 m³/s.

Anvendt på Årosvassdraget gir ligningene over forholdstall for høstflommer som varierer fra ca. 1.4 til 1.8, mens for vårflokker fra 1.2 til 1.5 (tabell 13). Sammenholdt med analysene over ansees ligningene å gi rimelige resultater i Årosvassdraget.

For Skitthegga multipliseres derfor døgnmiddelvannføringene med en faktor på 1,8 for å få kulminasjonsverdiene. Det forutsettes da at arealene som settes under vann langs Skitthegga ikke har betydning for flomtoppen ved Heggedal. Dette er mer utførlig behandlet i neste kapittel.

Med bakgrunn i nevnte ligninger, multipliseres avløpet fra Gjellumvannet med 1,4 og avløpet ved Kistefosdammen med 1,5. Tabell 11 viser at det er stor usikkerhet knyttet til denne form for skalering.

Tabell 13

Beregnete forholdstall mellom momentanflom og døgnmiddelflom for Årosvassdraget.

	Areal	Eff. Sjø %	$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}} - \text{vår}$	$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}} - \text{høst}$
Skitthegga ved Røyken	20.6	0.04	1.47	1.85
Skitthegga ved Heggedal	35.2	0.03	1.44	1.79
Bekk fra Gjellumv.	40.6	2.7	1.24	1.38
Utløp Kistefosdammen	76.1	0.78	1.29	1.51

Tidspunktet for kulminasjon er antatt å være noe senere fra Verkenselva/ Gjellumvannet enn fra Skitthegga på grunn av innsjøene i denne grenen. Det er videre antatt at avløpet ved Kistefosdammen og i Skitthegga kulminerer samtidig, differansen mellom disse tilsvarer da avløpet fra Gjellumvannet. Lokaltilsiget til Kistefosdammen nedstrøms samløpet mellom Skitthegga og elven fra Gjellumvannet er ubetydelig. En får da følgende flomverdier i Årosvassdraget:

Tabell 14

Kulminasjonsvannføringer i Årosvassdraget. For Skitthegga er det antatt at oversvømte arealer ikke har betydning for flomtoppen ved Heggedal.

	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
Skitthegga ved Røyken	9	12	14	16	19	21	23	26
Skitthegga ved Heggedal	16	21	24	27	32	36	40	44
Bidrag fra Gjellumvannet*	6	8	10	11	13	15	16	19
Utløp Kistefosdammen	22	29	34	38	45	51	56	63
Gjellumvannet	9	11	13	14	17	19	21	24

* Bidrag fra Gjellumvannet ved kulminasjon i Skitthegga og ved Kistefosdammen. Dette er mindre enn kulminasjonsvannføringene fra Gjellumvannet (nederste linje).

6. ROUTING SKITTHEGGA VED HEGGEDAL

Magasinkurve og vannføringskurve Heggedal

Ved flom vil en del arealer langs Skitthegga settes under vann. Oversvømte arealer vil redusere og forsinke flomtappen i vassdraget. Virkningen av dette er forsøkt beregnet ved en forenklet routing av det udempede tilsiget til Skitthegga ved Heggedal.

Basert på 5 tverrprofiler fra Skitthegga (Beheim 1989, tegning 30106) er det beregnet hvor store arealer som settes under vann langs Skitthegga ved ulike vannstander og hvilke volum dette tilsvarer. Profilene viser at hvis vannstanden øker fra 1,5 m til 2,5 m, vil elvas bredde øke fra drøyt 10 til nesten 90 m. Samtidig øker vanndekket areal med ca. 0,6 km² og lagret vannvolum med omkring 300.000 m³ (tabell 15).

Tabell 15

Vannstand i Skitthegga fra Røyken til Heggedal, gjennomsnittlig elvebredde, vanndekket areal og lagret vannvolum.

Vannstand (m)	Bredde av elv (m)	Vanndekket areal (km ²)	Magasinvolum (mill m ³)
1.0	7	0.06	0.02
1.5	12	0.1	0.06
2.0	28	0.2	0.14
2.5	87	0.7	0.37
3.0	116	0.9	0.78
3.5	131	1.0	1.27
3.7	135	1.1	1.49

Basert på vannlinjeberegninger er det og beregnet en vannføringskurve for Skitthegga ved Heggedal (Beheim 1989, tegning 30104 b). Kurven representerer "nåværende forhold" i 1989. Kapasiteten kan ha blitt litt bedre fordi overløpet på Kistefossdammen ble senket med ca. 1 m i 1995. Oppstuvningen i nedre del av Skitthegga kan derfor ha blitt noe mindre. Men virkningen ved Heggedal er sannsynligvis marginal og kurven er derfor benyttet som den er. Følgende formel er beregnet:

$$Q = 6.2 \cdot (H+0.1)^{1.6}$$

hvor Q er vannføring i m³/s og H er lokal vannstand i m. Samhørende vannstander og vannføringer er også gitt i tabell 16.

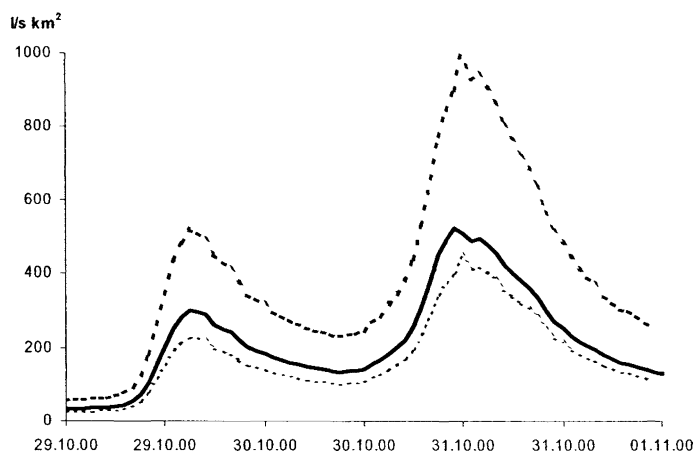
Tabell 16

Vannstand og vannføring i Skitthegga ved Heggedal.

Vannstand (m)	Vannføring (m ³ /s)
1.0	7
1.5	13
2.0	20
2.5	29
3.0	38
3.5	48
3.7	52

Flomforløp

Videre er det laget et flomforløp for Skitthegga ved Heggedal uten dempning på grunn av oversvømmelse av oppstrøms arealer. Nedenfor er dette benevnt som tilløpsflommen til Heggedal. Flomforløpet er basert på observert vannføring i oktober 2000 ved målestasjonen 8.2 Bjørnegårdsvingen i Sandvikselva. I figur 9 er observert vannføring i Sandvikselva og beregnet midlere og 100-års tilløpsflom til Heggedal vist.



Figur 9

Heltrukken linje viser observert vannføring i l/s km^2 ved målestasjonen 8.2 Bjørnegårdsvingen i slutten av oktober 2000. De stiplede linjene viser midlere og 100-års tilløpsflom til Heggedal.

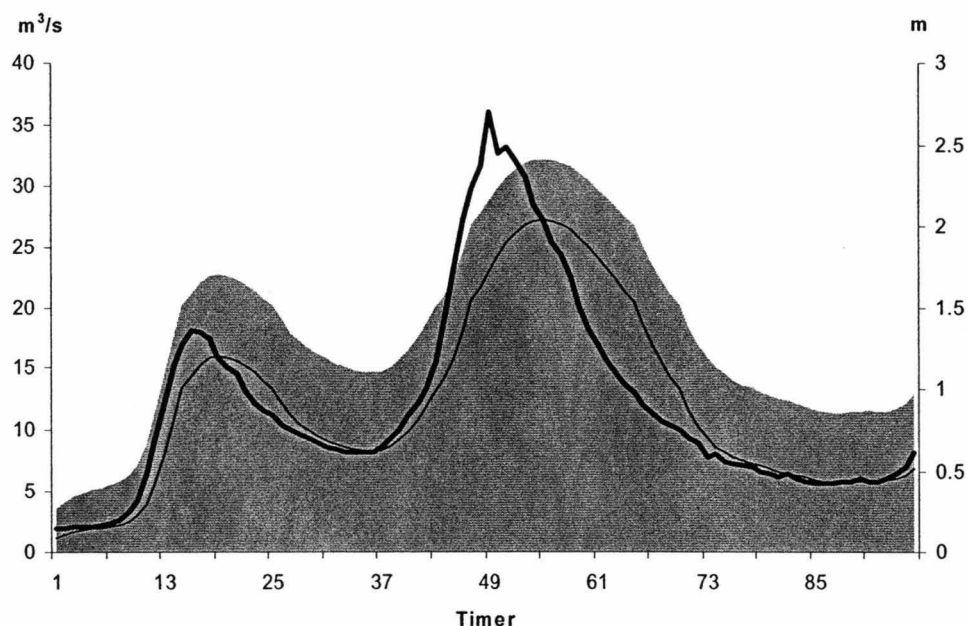
Flomforløpet er konstruert slik at beregnet kulminasjonsvannføring overensstemmer med beregningene i kapittel 5. Videre er det foretatt frekvensanalyse av flommer med varighet på 2 og 3 døgn ved målestasjonen 15.21 Jondalselv, for å sikre at det valgte forløpet gir realistiske volumer også for varigheter større enn 1 døgn. I tabell 17 er resulterende flomvolum for 1-3 døgn for Jondalselv og Skitthegga gitt. For 1 døgn gir det valgte forløpet verdier for Skitthegga som er nær identiske med de flomverdiene som er beregnet tidligere (se tabell 9 side 18).

Tabell 17

Flomverdier for Heggedal og Jondalselv midlet over 1, 2 og 3 døgn.

	qM	q5	q10	q20	Q50	q100	q200	q500
	l/s km^2	l/s km^2	l/s km^2	l/s km^2	l/s km^2	l/s km^2	l/s km^2	l/s km^2
Tilløpsflom Heggedal, fra konstruert flomforløp.								
1 døgn	251	326	376	426	501	564	626	702
2 døgn	210	272	314	356	419	471	524	587
3 døgn	178	232	268	303	357	401	446	500
15.21 Jondalselv, fra frekvensanalyse.								
1 døgn	255	324	379	433	502	554	605	673
2 døgn	213	264	307	347	398	437	475	526
3 døgn	189	234	270	304	350	382	416	461

Tilløpsflommen til Heggedal er deretter routet gjennom et tenkt magasin og med en avløpskurve som beskrevet over. Forløpet av en 100-års flom er vist i figur 10. Resultatene fra routingen er gitt i tabell 18.



Figur 10

Heltrukne kurver viser 100-års tilløps og avløpsflom ved Heggedal. Vannstandsvariasjonene er vist med grått. Avløpsflommen er beregnet ved hjelp av et tenkt magasin ved Heggedal som representerer de oversvømte arealene langs Skitthegga.

Tabell 18

Enkel routing av flom i Skitthegga ved Heggedal. Avløpsflommene er beregnet ved hjelp av et tenkt magasin ved Heggedal som representerer de oversvømte arealene langs Skitthegga. Det er kulminasjonsvannføringer som er gitt.

	Middel	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500
Tilløp (m³/s)	16	21	24	27	32	36	40	44
Avløp (m³/s)	14	18	20	22	25	27	29	32
Vannstand (m)	1.6	1.8	2.0	2.1	2.3	2.4	2.5	2.7

Gitt disse forutsetningene, medfører oversvømmelsene langs Skitthegga at flomtoppen ved Heggedal ved en 100-års flom dempes med 25 %. Beregnet vannstand ved 100-års flom tilsvarer at elvas bredde øker til 70 – 80 m på hele strekningen fra Heggedal til Røyken. Dette fører også til at flomtoppen forsinkes noen timer, slik at i dette tilfelle er det rimelig å anta vannføringen kulminerer samtidig fra Skitthegga og Gjellumvannet. En får da følgende flomverdier i Årosvassdraget (tabell 19).

Tabell 19

Flomverdier for Årosvassdraget. Det er kulminasjonsvannføring som er gitt. For Skitthegga ved Heggedal er det tatt hensyn til at en del arealer langs elva settes under vann ved flom.

	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
Skitthegga ved Røyken	9	12	14	16	19	21	23	26
Skitthegga ved Heggedal	14	18	20	22	25	27	29	32
Bekk fra Gjellumvannet	9	11	13	14	17	19	21	24
Utløp Kistefossdammen	23	29	33	36	42	46	50	56

For Kistefossdammen betyr det at for de mest sjeldne flommene, hvor virkningen av oversvømte arealer langs Skitthegga er størst, blir kulminasjonsvannføringene noe mindre enn når en ikke tar hensyn til denne effekten. For eksempel reduseres 100-års flommen fra 51 m³/s (tabell 14) til 46 m³/s (tabell 19). For middelflom til 10-års flom er det marginale endringer.

Vannstander ved Kistefossdammen

Ved Kistefossdammen er det to faste overløp på henholdsvis 6,6 m og 11,7 m. Disse ligger på kote 96.23. Overløpets kapasitet er ikke kjent i detalj. For disse beregningene er følgende benyttet:

$$\text{Overløp: } Q = 1,8 \cdot b \cdot (H-96,23)^{1,5}$$

$$\text{eller } H = 10^{2/3 \cdot \log(Q/1,8 \cdot b)}$$

hvor Q er vannføring i m³/s, b er lengden av overløpet (18,3 m) og H vannstand i meter. I tillegg er det en bunnluke med senter på ca. kote 89,50. Luka får dermed et vanntrykk på 7 – 8 m for de aktuelle vannstandene. Luka har et areal på ca. 1 m² (0,75 m x 1,5 m) (Jan Rikard Eriksen, VTA - Asker kommune). Lukas kapasitet er beregnet til ca. 7 m³/s, ut fra følgende ligning.

$$\text{Luka: } Q = 0,7 \cdot A \cdot (2g \cdot (H-89,5))^{0,5}$$

Hvor Q er vannføring i m³/s, A er lukas areal i m², g er tyngdens akselerasjon (9,81 m/s²) og h er vannstand.

Hvis bunnluke ikke benyttes vil vannstanden ved midlere flom stå ca. 80 cm over det faste overløpet økende til ca. 130 cm ved en 100-års flom (tabell 20). Hvis bunnluke benyttes, blir vannstandene ca. 10 cm lavere.

Tabell 20

Vannstander (moh) ved Kistefossdammen uten bruk av bunnluke. Det faste overløpet ligger på kote 96.23.

HM	H5	H10	H20	H50	H100	H200	H500
97.0	97.1	97.2	97.3	97.4	97.5	97.6	97.7

7. FORHOLD TIL TIDLIGERE FLOMBEREGNINGER

I forbindelse med utarbeidelse av vannbruksplan for Årosvassdraget ble det foretatt flomberegninger (Beheim 1989). De beregningene er i hovedsak basert på analyse av nedbørverdier, og ved hjelp av en forenklet nedbør-avløpsmodell er det beregnet vannføringer på ulike punkter i vassdraget. Modellen lot seg ikke kalibrere da det var for få observasjoner av vannføring i vassdraget.

For Skitthegga ved Røyken og for avløpet fra Gjellumvannet er resultatene fra 1989 nesten identiske med de som er gitt i denne rapporten. For eksempel ble i 1989 100-års flom ved både Røyken og ut av Gjellumvannet beregnet til 20 m³/s. I denne rapporten er de beregnet til henholdsvis 21 og 19 m³/s. For Skitthegga ved Heggedal er tidligere 100-års flom beregnet til 24 m³/s, mens den nå er beregnet til 27 m³/s. Forskjellen er godt innenfor den usikkerhet som ligger i slike beregninger.

Ved en eventuell senkning og utvidelse av elveløpet i Skitthegga, som foreslått i 1989, vil faren for oversvømmelser langs Skitthegga avta. Samtidig vil flomdempningen i Skitthegga bli mindre, slik at flomvannføringene nedover i vassdraget kan bli større.

8. USIKKERHET

Det er betydelig usikkerhet i de beregnede flomverdiene. Dette skyldes flere forhold. For det første at en har få observasjoner fra Årosvassdraget. Flomverdiene i dette vassdraget er derfor i hovedsak beregnet med støtte i observasjoner fra andre vassdrag. For umålte felt benyttes ofte regionale flomformler, men de er ikke gyldige for små felt ($<50 \text{ km}^2$).

Men også ”observert vannføring” i andre vassdrag inneholder usikkerhet. 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. Stasjonen 8.2 Bjørnegårdsvingen er imidlertid et eksempel på en stasjon hvor en har vannføringsmåling ved svært stor vannføring. Her ble det under høstflommen i 1987 utført en vannføringsmåling ved en vannføring som var ca 3 ganger større enn midlere flom. Dette er og den største observerte vannføring ved målestedet. Ved for eksempel en annen sentral målestasjon, 6.10 Gryta, er største vannføringsmåling langt mindre enn midlere flom ved stasjonen.

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.

Denne usikkerheten i grunnlagsdataene tar en med seg i de videre analysene. I tillegg kommer usikkerhet knyttet til frekvensfordeling og til forholdet mellom momentanverdier og døgnmidler.

En må regne med at det er en usikkerhet i både de beregnede middelflommene og frekvensfaktorene på minst 10-20 %. I tillegg kommer usikkerhet i omregningen fra døgnmidler til kulminasjonsverdier. Totalt må en derfor regne med en usikkerhet på minimum 20 - 30 % i de beregnede flomverdiene.

Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn. Hvis disse flomberegningene skal klassifiseres i en skala fra 1 til 3, hvor 1 tilsvarer beste klasse, vil disse gis klasse 2.

REFERANSER

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

Beheim, Einar 1989: Flomsikring og forbygning. Vannbruksplan for Årosvassdraget. Notat V-07, NVE.

Bønsnes, Truls og Roald, Lars 1994: Regional flomfrekvensanalyse. Sambandet mellom momentanflom og døgnmiddelflom. Rapport 1-1994, NVE.

Jakobsen, Børre og Herfjord, Torsten 1990: Vannbruksplan for Årosvassdraget. Publikasjon nr V25, NVE.

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

Wingård, Bo 1978: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. Rapport nr. 2-78, 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. Flomsonekartprosjektet (24 s.)
- Nr. 16 Lars Evan Pettersson: Flomberegning for Skienselva. Flomsonekartprosjektet (20 s.)
- Nr. 17 Even Gillebo, Eva Klausen, Tor Simon Pedersen: Kontroll av serier i Hydra II (47 s.)
- Nr. 18 Halvor Halvorsen: Energifaglig analyse og rådgivning i NVE (33 s.)
- Nr. 19 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Kvina ved Liknes. Flomsonekartprosjektet (25 s.)
- Nr. 20 Erik Holmqvist: Flomberegning for Årosvassdraget (009.Z). Flomsonekartprosjektet (28 s.)