



Flomsonekartprosjektet

Flomberegning for Otta og Gudbrandsdalslågen

Turid-Anne Drageset

4
2000

D
O
K
U
M
E
N
T



**Flomberegning for
Otta (002.DHZ)
og
Gudbrandsdalslågen (002.DZ)**

Norges vassdrags- og energidirektorat

2000

Dokument nr 4

Flomberegning for Otta (002.DHZ) og Gudbrandsdalslågen (002.DZ)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Turid-Anne Drageset

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 50

Forsidefoto: Campingplass ved Dovre (Foto: K. Schult)

ISSN: 1501-2840

Sammendrag: Som grunnlag for vannlinjeberegning og flomsonekartlegging er det utført flomberegning for sju elvestrekninger i Otta og Gudbrandsdalslågen nord for Losna i forbindelse med Flomsonkartprosjektet i NVE. Kulminasjonsvannføringer for flommer med forskjellige gjentakintervall er beregnet for til sammen 27 punkter. Til kalibrering av hydraulisk modell er det også gjort beregninger av vannføring for observerte vannlinjer under flommen i 1995.

Emneord: Flomberegning, flomvannføring, Otta, Gudbrandsdalslågen

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

Februar 2000

Innhold

Tabeller og figurer	3
Forord	4
Sammendrag	5
1. Beskrivelse av oppgaven	7
1.1 Avgrensning av delprosjektene som skal kartlegges	7
2. Beskrivelse av vassdraget	9
2.1 Ottavassdraget	9
2.2. Gudbrandsdalslågen nord for Losna.....	10
3. Hydrometriske stasjoner	11
3.1. Hydrometriske stasjoner i Ottavassdraget	11
3.2. Hydrometriske stasjoner i Gudbrandsdalslågen	11
3.3. Karakteristiske vannføringsverdier og observerte flommer	12
4. Flomfrekvensanalyser	17
4.1 Flomfrekvensanalyser for Ottavassdraget.....	17
4.2 Flomfrekvensanalyser for Gudbrandsdalslågen.....	21
4.3 Regional analyse.....	24
5. Beregnede flomvannføringer	25
5.1 Døgnmiddelflommer i Ottavassdraget.....	25
5.2 Døgnmiddelflommer i Gudbrandsdalslågen.....	26
5.3 Kulminasjonsvannføringer i Ottavassdraget og Gudbrandsdalslågen.....	30
6. Kalibreringsdata til hydraulisk modell	34
7. Observerte flommer	37
8. Usikkerhet	39
Referanser	40

Tabeller

Tabell 1	De fem største flommene for målestasjonene Sælatunga, Lalm, Rosten og Losna	s.16
Tabell 2	Flomfrekvensanalyse på årsflommer for målestasjoner i Ottavassdraget, Q_T/Q_M	s.17
Tabell 3	Flomfrekvensanalyse på årsflommer for målestasjoner i Ottavassdraget, m^3/s	s.18
Tabell 4	Flomfrekvensanalyse på årsflommer for målestasjoner i Gudbrandsdalslågen, Q_T/Q_M	s.21
Tabell 5	Flomfrekvensanalyse på årsflommer for målestasjoner i Gudbrandsdalslågen, m^3/s	s.22
Tabell 6	Regional flomfrekvensanalyse på årsflommer, Q_T/Q_M	s.24
Tabell 7	Grunnlag for beregning av døgnmiddelflom i Ottavassdraget	s.25
Tabell 8	Flomvannføringer ved ulike punkter i Ottavassdraget, døgnmiddel i m^3/s	s.26
Tabell 9	Flomvannstander i Vågåvatn, døgnmiddel i meter	s.26
Tabell 10	Grunnlag for beregning av døgnmiddelflom i Gudbrandsdalslågen	s.28
Tabell 11	Flomvannføringer ved ulike punkter i Gudbrandsdalslågen, døgnmiddel i m^3/s	s.29
Tabell 12	Flomvannstander i Losna, døgnmiddel i meter	s.29
Tabell 13	Flomvannføringer i Gudbrandsdalslågen inkludert Ottavassdraget, kulminasjonsvannføringer i m^3/s	s.31
Tabell 14	Kulminasjonsvannstander (m) i Vågåvatn og Losna	s.31
Tabell 15	Samhørende verdier for vannføring i hovedelva ved kulminasjon i sideelvene	s.33
Tabell 16	Kulminasjonsvannføring (m^3/s) under flommen i 1995	s.35
Tabell 17	Kulminasjonsvannstander (m) under flommen i 1995	s.35

Figurer

Figur 1	Kartskisse over Otta og Gudbrandsdalslågen	s.8
Figur 2	Hypsografisk kurve for Ottavassdraget	s.9
Figur 3	Hypsografisk kurve for Gudbrandsdalslågen oppstrøms Losna	s.10
Figur 4	Karakteristiske hydrologiske data for Otta ved Lalm	s.13
Figur 5	Karakteristiske hydrologiske data for Lågen ved Rosten	s.13
Figur 6	Karakteristiske hydrologiske data for Lågen ved Losna	s.14
Figur 7	Vannføringen ved Lalm i 1994	s.14
Figur 8	Vannføringen ved Rosten i 1937	s.15
Figur 9	Vannføringen ved Losna i 1975	s.15
Figur 10	Flomfrekvensanalyse for målestasjon Lalm i Otta	s.18
Figur 11	Flomfrekvensanalyse for målestasjon Fredriksvatn i Otta	s.19
Figur 12	Flomfrekvensanalyse for målestasjon Akslen i Bøvra	s.19
Figur 13	Flomfrekvensanalyse for målestasjon Sælatunga i Finna	s.20
Figur 14	Flomfrekvensanalyse for målestasjon Tora i Tora	s.20
Figur 15	Flomfrekvensanalyse for målestasjon Losna i Gudbrandsdalslågen	s.22
Figur 16	Flomfrekvensanalyse for målestasjon Dombås i Jora	s.23
Figur 17	Flomfrekvensanalyse for målestasjon Rosten i Gudbrandsdalslågen	s.23
Figur 18	Flomforløp for 1938-flommen (døgnmiddelverdier) i forskjellige deler av vassdraget	s.38
Figur 19	Flomforløp for 1995-flommen (døgnmiddelverdier) i forskjellige deler av vassdraget	s.38

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 det som benyttes for flomfrekvensanalyser.

Denne rapporten gir resultatene av en flomberegning som er utført i forbindelse med flomsonekartlegging av flere elvestrekninger i Otta og Gudbrandsdalslågen. Rapporten er utarbeidet av Turid-Anne Drageset og kvalitetskontrollert av Lars Evan Pettersson.

Oslo, februar 2000

Kjell Repp
avdelingsdirektør

Sverre Husebye
seksjonssjef

Sammendrag

Flomberegningen for Gudbrandsdalslågen, inkludert Ottavassdraget, oppstrøms utløpet av Losna omfatter sju delprosjekter i Flomsonekartprosjektet i NVE. Disse er ved tettstedet Lom, ved tettstedet Vågåmo, ved tettstedet Otta, ved Lesjaleirene, ved Selsmyrene, ved Harpefossen-Hundorp og ved Frya-Losna. Flomberegningen for disse delprosjektene er basert på vannføringsobservasjoner fra målestasjonene Lalm, Fredriksvatn, Akslen, Sælatunga, Tora, Vågåvatn og Ofossen i Ottavassdraget og målestasjonene Losna, Harpefoss, Dombås (i Jora), Eide, Rudi (i Frya) og Rosten langs Lågen. Det er beregnet kulminasjonsvannføringer ved forskjellige gjentakintervall på flommer ved til sammen 27 punkter i Otta/Lågen. Resultatet av beregningene ble:

Del-prosjekt nr.		Q_M 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
fs 002_34	Otta i innløpet til Skim	419	594	671	771	846	923	1026
	Bøvra oppstrøms Lom sentrum	223	304	338	382	415	448	492
fs 002_33	Otta i utløpet av Vågåvatnet	621	815	898	1006	1088	1168	1275
	I Finna	132	194	220	254	280	306	339
	Otta nedstrøms samløp med Finna	659	865	953	1068	1154	1240	1352
fs 002_31	Otta før samløp med Lågen	684	898	990	1109	1198	1287	1404
fs 002_35	Lågen nedstrøms tilløp fra Lora	151	218	246	281	307	333	367
	Lågen ved Bottheim	196	283	318	364	398	431	476
fs 002_32	Lågen ved Nord-Sel bru	358	516	581	663	725	786	867
	Lågen oppstrøms tilløp fra Ula	376	542	610	697	761	826	911
fs 002_31	Lågen nedstrøms tilløp fra Ula	407	586	659	753	823	893	985
	Lågen oppstrøms samløpet med Otta	411	592	666	761	832	902	995
	Lågen nedstrøms samløpet med Otta	942	1280	1417	1591	1720	1849	2019
fs 002_30	Lågen ved Harpefoss	1154	1582	1765	2003	2182	2363	2605
	Lågen ved Hundorp bru	1161	1592	1776	2015	2195	2377	2621
fs 002_29	Lågen oppstrøms samløp med Frya	1179	1616	1804	2047	2230	2415	2662
	I Frya	86	124	139	159	174	189	209
	Lågen nedstrøms samløpet med Frya	1213	1663	1856	2106	2294	2484	2739
	Lågen oppstrøms samløpet med Våla	1216	1667	1860	2110	2299	2490	2745
	I Våla	86	125	140	160	175	190	210
	Lågen nedstrøms samløp med Våla	1227	1682	1877	2130	2320	2512	2770
	Lågen før samløp med Tromsa	1235	1694	1890	2145	2336	2530	2790
	I Tromsa	100	145	163	187	204	221	244
	Lågen etter samløp med Tromsa	1273	1745	1948	2210	2407	2607	2874
	Lågen ved utløpet av Losna	1301	1784	1991	2259	2460	2665	2938

Del-prosjekt nr.		V_M m	V_{10} m	V_{20} m	V_{50} m	V_{100} m	V_{200} m	V_{500} m
fs 002_34	Vågåvatn, SK-høyde	363,22	363,63	363,80	363,99	364,14	364,27	364,44
fs 002_29	Losna, SK-høyde	182,49	183,28	183,60	183,98	184,26	184,54	184,89

Sideelvene Bøvra og Finna til Otta og sideelvene Frya, Våla og Tromsa til Lågen kulminerer i forkant av kulminasjonen i hovedelven. Dette har betydning for beregning av flomvannføringer i hovedelva nedstrøms tilløp fra sideelvene. Beregning av vannføringen i hovedelva under kulminasjonen i de forskjellige sideelvene ga følgende resultat:

Del-prosjekt nr.		Q_M 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
fs 002_34	Bøvra oppstrøms Lom sentrum	223	304	338	382	415	448	492
	I Vågåvatn (vst., SK-høyder i m)	362,92	363,33	363,50	363,69	363,84	363,97	364,14
fs 002_33	I Finna	132	194	220	254	280	306	339
	Otta nedstrøms samløp med Finna	527	692	762	854	923	992	1082
fs 002_29	I Frya	86	124	139	159	174	189	209
	Lågen nedstrøms samløp med Frya	970	1330	1485	1684	1835	1987	2191
	I Våla	86	125	140	160	175	190	210
	Lågen nedstrøms samløp med Våla	981	1346	1502	1704	1856	2010	2216
	I Tromsa	100	145	163	187	204	221	244
	Lågen nedstrøms samløp med Tromsa	1018	1396	1558	1768	1926	2086	2299

1. Beskrivelse av oppgaven

Flomsonekart skal konstrueres for flomutsatte elvestrekninger langs Ottavassdraget og langs Gudbrandsdalslågen. I Ottavassdraget er det tre delprosjekter. Disse er ved Lom sentrum der Bøvra renner inn i Otta, ved Vågåmo der Finna tilløper Otta og ved Otta sentrum der Otta møter Gudbrandsdalslågen. I Gudbrandsdalslågen er det fem delprosjekter nord for Losna. Disse er ved Lesjaleirene, ved Selsmyrene, ved Otta sentrum der Otta tilløper Gudbrandsdalslågen og på strekningen mellom Harpefoss, Hundorp, Frya, Fåvang til innløpet i Losna. Strekningene er tegnet inn på figur 1. Nærmere beskrivelse av avgrensning av elvestrekningene i de ulike delprosjektene er gitt under.

Som grunnlag for denne konstruksjon skal midlere flom og flommer med gjentaksintervall 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år beregnes for de aktuelle elvestrekningene. Kalibreringsdata til hydraulisk modell skal fremskaffes for flommen i 1995.

1.1. Avgrensning av delprosjektene som skal kartlegges

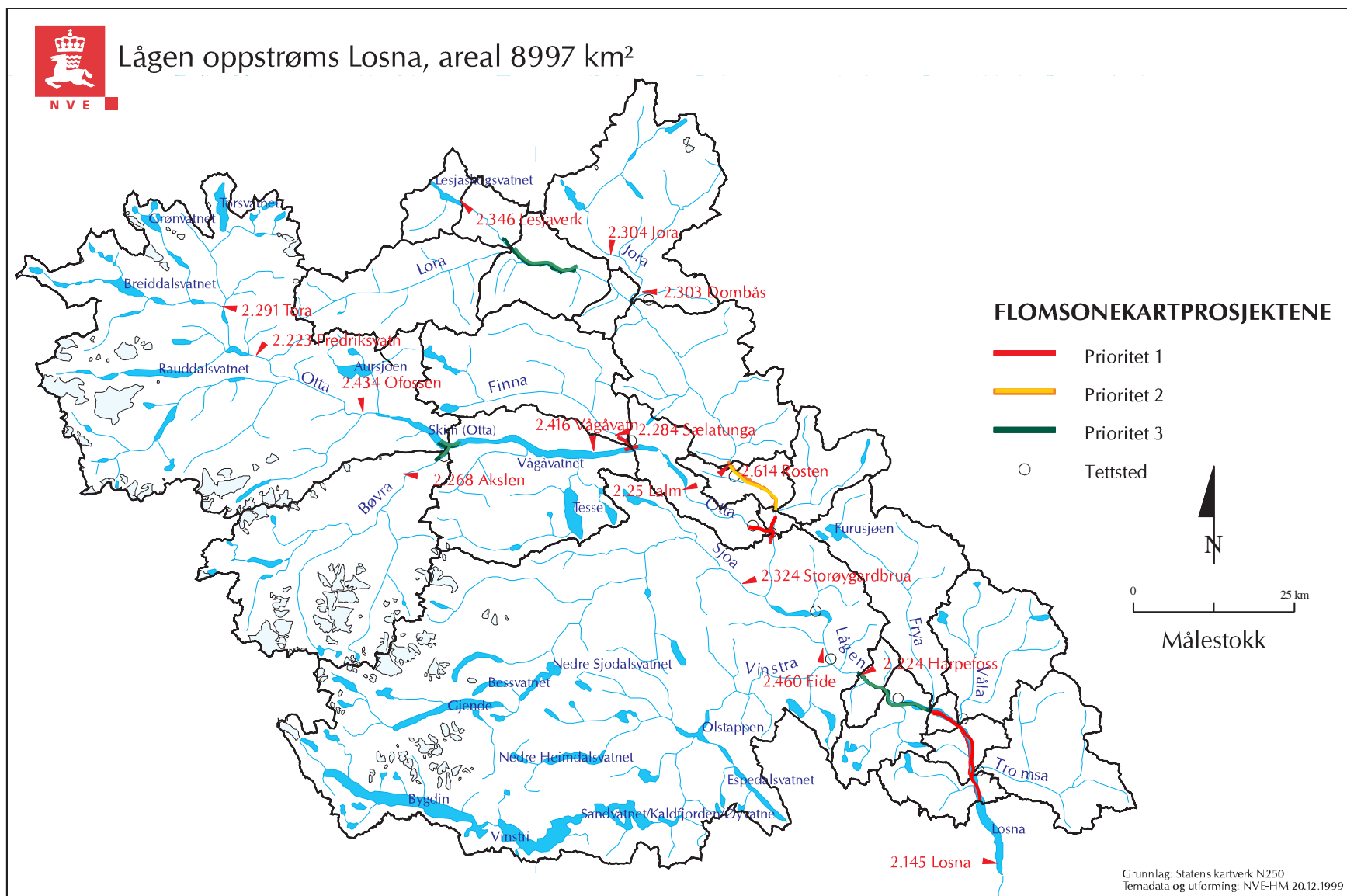
Ottavassdraget

- Delprosjekt 1. **Lom tettsted.** Oppstrøms avgrensning er ved Marstein i Bøvra og (fs 002_34) Otta (Skim) før samløpet med Bøvra. Nedre avgrensning er i Otta rett nedstrøms samløpet med Bøvra.
- Delprosjekt 2. **Vågåmo.** Oppstrøms avgrensning er ved utløpet av Vågåvatn og i (fs 002_33) Finna rett oppstrøms samløpet med Otta. Nedre avgrensning er rett nedstrøms samløpet med Finna.
- Delprosjekt 3. **Otta tettsted.** Avgrensning er i Otta rett oppstrøms samløpet med (fs 002_31) Gudbrandsdalslågen. Prosjektet henger sammen med prosjekt nr. 3 i Gudbrandsdalslågen.

Gudbrandsdalslågen

- Delprosjekt 1. **Lesjaleirene.** Øvre avgrensning er i området der Lora tilløper (fs 002_35) Gudbrandsdalslågen. Nedre avgrensning er ved Bottheim.
- Delprosjekt 2. **Selsmyrene.** Øvre avgrensning er ved Nord-Sel, nedre avgrensning (fs 002_32) er ved Sel rett oppstrøms tilløpet fra Uladalen.
- Delprosjekt 3. **Otta tettsted.** Øvre avgrensning er ved Selsverket rett nedstrøms (fs 002_31) tilløpet fra Uladalen. Nedre avgrensning er ved Kringen rett nedstrøms tilløpet fra Otta. Prosjektet henger sammen med prosjekt nr. 3. i Ottavassdraget.
- Delprosjekt 4. **Hundorp.** Harpefossen til Hundorp. (fs 002_30)
- Delprosjekt 5. **Ringebu/Fåvang.** Hundorp til Losna. (fs 002_29)

Prosjektnummer i parentes refererer til delprosjektnummer i Flomsonekartprosjektet.



Figur 1. Kart over Otta og Gudbrandsdalslågen. Strekninger som skal flomsonekartlegges, og som det er gjort flomberegninger for, er inntegnet.

2. Beskrivelse av vassdraget

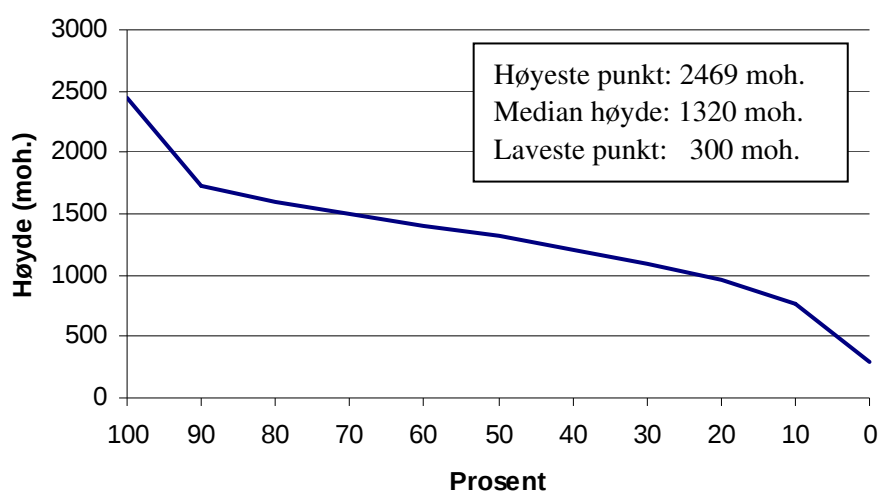
2.1. Ottavassdraget

Ottavassdraget er et sidevassdrag til Gudbrandsdalslågen, som videre er en del av Glommavassdraget. Det strekker seg i vest-østlig retning fra Strynefjellet på hovedvannskillet mot vest til tettstedet Otta i Gudbrandsdalen i øst. I sør er vassdraget avgrenset av Jotunheimen. Nedbørfeltet er på 4066 km², og er ca 123 km langt. Det er et høytliggende vassdrag med store høydeforskjeller. Bortimot 80 % av vassdraget ligger over 1000 moh. Høyeste punkt i vassdraget er Galdhøpiggen i Jotunheimen med 2469 moh., som har avrenning mot Bøvra i Bøverdalen. Laveste punkt er tettstedet Otta på ca. 300 moh., i samløpet mellom Otta og Gudbrandsdalslågen. Otta, som har sitt utspring på hovedvannskillet, og Bøvra, som har sitt opphav i Jotunheimen, drenerer begge inn i Skim. Finna tilløper Otta ved tettstedet Vågåmo nedenfor Vågåvatn. Herfra går dreneringen samlet via Lalm til tettstedet Otta. Videre blir benevnelsen Skim brukt om strekningen fra Ramstadstrondi til Lom. Vågåvatn strekker seg fra Garmo til Vågåmo.

Ottavassdraget har effektiv sjøprosent på 0,49 %, og snaufjellprosent på ca. 70 %.

Vassdraget er preget av vårflommer. Årlig middelavrenning i vassdraget er ca. 27 l/s*km² (ved Lalm 1961-1995), men variasjonene i årlig middelavrenning er store innenfor feltet. Den varierer fra 60 l/s*km² i de høytliggende områdene omkring Strynefjellet til ca. 13 l/s*km² i de laveste områdene omkring Otta. Vannføringen i Otta er liten på vinteren fra nov./des. til april. Siden store deler av feltet ligger over tregrensen og har stabile vinterforhold vil avrenningen øke kraftig i mai og juni i forbindelse med snøsmeltingen. Vanligvis opptrer alle store flommer i hovedelva i månedene juni, juli og august.

Otta er regulert. Det er fire reguleringsmagasin i vassdraget; Breiddalsvatn, Rauddalsvatn, Aursjøen og Tesse. Disse reguleringene har som regel mindre innvirkning på flombildet i hovedelva. Reguleringsprosenten i Ottavassdraget ved Eidefossen kraftverk er på 12,2 %.



Figur 2. Hypsografisk kurve for Ottavassdraget. Areal 4066 km².

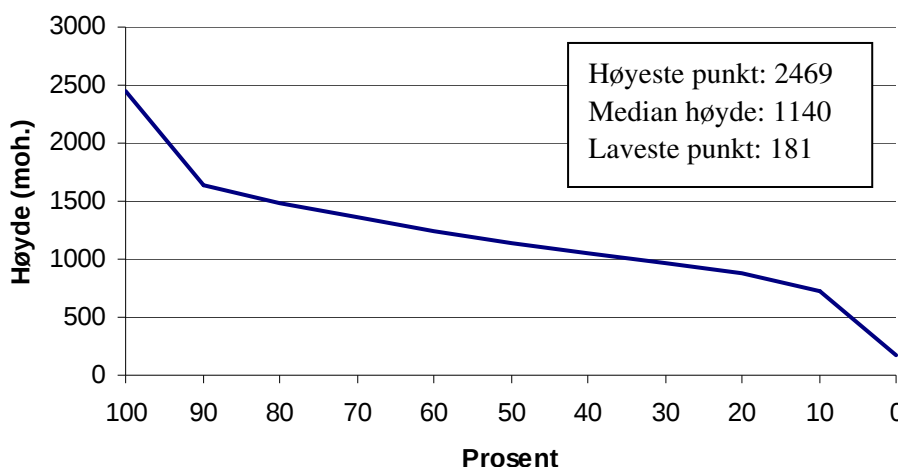
2.2. Gudbrandsdalslågen nord for Losna

Lågenvassdraget utgjør en del av Glommavassdraget. Ottavassdraget, som beskrevet i kap. 2.1, inngår i Lågenvassdraget. Lågenvassdraget strekker seg i nordvest-sørøstlig retning fra Strynefjell- og Dovrefjellsområdet på hovedvannskillet i nord, ned til Årnes i samløpet mellom Gudbrandsdalslågen og Glomma. Vassdraget avgrenses mot vest av Jotunheimen og mot øst av Dovrefjell og Rondane. Hele nedbørfeltet til Gudbrandsdalslågen er på 17294 km². I dette dokumentet skal strekningen fra utløpet av Losna og nordover flomberegnes. Denne delen av nedbørfeltet utgjør et areal på 11209 km², og er i luftlinje ca. 170 km langt. Høyeste punkt er Galdhøpiggen på 2469 moh., laveste punkt er ved Losna på ca. 181 moh. Gudbrandsdalslågen har utspring i Lesjaskogsvatn. Nord for Lesja tilløper Lora fra sørvest, og ved Dombås renner Jora inn i Lågen. Ved tettstedet Otta har Lågen samløp med elva Otta vestfra. Ottavassdraget utgjør bortimot 40 % av den delen av Lågenvassdraget som her skal flomberegnes. På strekningen mellom tettstedet Otta og Losna får Lågen bidrag fra flere større sideelver: Sjøa, Vinstra, Frya, Våla og Tromsa.

Gudbrandsdalslågen nord for Losna har en effektiv sjøprosent på 0,16 %, og en snaufjellprosent på 61 %.

Vassdraget er preget av vårflokker. Årlig middelavrenning er ca. 22 l/s*km² (ved Losna 1961-1995), og den årlige middelavrenningen varierer fra 60 l/s*km² i de høytliggende områdene omkring Strynefjellet til ca. 10 l/s*km² i de laveste områdene omkring Losna. I Gudbrandsdalslågen er det, i likhet med i Ottavassdraget, vårflokker som dominerer grunnet stor snøsmelting. Flomsituasjoner inntreffer vanligvis i månedene mai, juni og juli.

Gudbrandsdalslågen er regulert. Otta er regulert som beskrevet i kap.2.1. Videre er Vinstravassdraget regulert med følgende magasiner: Bygdin, Vinsteren, Kaldfjord, Øyangen, Olstappen og Heimdalsvatn. Reguleringsprosenten for Lågen ved Hunderfossen kraftverk nedstrøms Losna er 12,6 %. I tillegg er det flere reguleringer i Gudbrandsdalslågen sør for Losna, men disse beskrives ikke her. Basert på modellstudier av flommen i 1995 ved Losna i Gudbrandsdalslågen, har det vist seg at reguleringene i vassdraget har en viss flomdempende effekt (Wathne & Alfredsen 1998).



Figur 3. Hypsografisk kurve for Gudbrandsdalslågen oppstrøms Losna (inkludert Otta). Areal 11209 km².

3. Hydrometriske stasjoner

3.1. Hydrometriske stasjoner i Ottavassdraget

De viktigste hydrometriske stasjonene i Ottavassdraget er 2.25 Lalm, 2.223 Fredriksvatn, 2.268 Akslen, 2.284 Sælatunga, 2.291 Tora, 2.416 Vågåvatn og 2.434 Ofossen. Se figur 1 for lokalisering av målestasjonene.

2.25 Lalm er den målestasjonen som ligger lengst ned i hovedelva, med et nedbørfelt på 3942 km². Stasjonen har vært i drift siden 1914. Reguleringsprosenten er 12,2 %.

Vannføringskurven er god. Største vannføringsmåling er 868 m³/s. Dette tilsvarer ca. 126 % av middelflom.

2.223 Fredriksvatn ligger i Otta på strekningen mellom Heggebotvatn og Pollvatn.

Nedbørfeltet er 935 km². Målestasjonen har vært i drift siden 1933, men ble regulert i 1942.

Vannføringskurven er brukbar. Største vannføringsmåling er 124 m³/s. Dette utgjør ca. 63 % av middelflom. Stasjonen er påvirket av reguleringen i Breiddalsvatn og Rauddalsvatn.

2.268 Akslen ligger langt ned i Bøvra, ca. 6 km oppstrøms Lom sentrum. Nedbørfeltet er 791 km². Måleserien strekker seg over perioden 1934-1998, men før 1961 er den sammenkoblet med målestasjon 2.94 Marstein, som har dårlig vannføringskurve.

Måleperioden for 2.268 Akslen er derfor valgt å gjelde fra 1961. Feltet er uregulert.

Vannføringskurven regnes for å være god etter 1961. Største vannføringsmåling er 187 m³/s. Dette utgjør ca. 102 % av middelflom.

2.284 Sælatunga ligger langt ned i Finna, som tilløper Otta ved Vågåmo. Nedbørfeltet er 454 km². Målestasjonen har vært i drift siden 1966, med avbrudd i fem år i perioden 1974-1978.

Vannføringskurven er brukbar. Største vannføringsmåling er 58,7 m³/s. Dette utgjør ca. 56 % av middelflom. Stasjonen er ikke påvirket av reguleringer.

2.291 Tora ligger nederst i Tora etter tilløpet fra Føysa, og rett før samløpet med Otta.

Stasjonen har observasjoner siden 1966, og er uregulert. Nedbørfeltet er 260 km².

Vannføringskurven er brukbar. Største vannføringsmåling er 75,8 m³/s. Dette utgjør ca. 64 % av middelflom.

2.416 Vågåvatn ligger i Vågåvatn. Vannføringsmålinger gjøres i utløpet. Nedbørfeltet er

3415 km². Målinger har foregått siden 1978. Vannføringskurven er brukbar. Største vannføringsmåling er 312 m³/s. Dette utgjør ca. 53 % av middelflom. Stasjonen er påvirket av reguleringene i Breiddalsvatn, Rauddalsvatn, Aursjøen og Tesse.

2.434 Ofossen ligger i Otta ca. 3 km oppstrøms innløpet til Skim. Nedbørfeltet er 1576 km².

Målinger har foregått siden 1979. Vannføringskurven er brukbar. Største vannføringsmåling er 436 m³/s. Dette utgjør ca. 117 % av middelflom. Stasjonen er påvirket av reguleringene i Breiddalsvatn, Rauddalsvatn og Aursjøen.

3.2. Hydrometriske stasjoner i Gudbrandsdalslågen

De viktigste hydrometriske stasjonene langs Gudbrandsdalslågen er 2.145 Losna, 2.224

Harpefoss, 2.303 Dombås, 2.346 Lesjaskogsvatn, 2.460 Eide og 2.614 Rosten. Se figur 1 for lokalisering av målestasjonene.

2.145 Losna er plassert i Losna, et stykke sør for Fåvang. Nedbørfeltet er på 11209 km². Vannføringsmålinger gjøres i utløpet. Målinger har pågått i over hundre år siden 1896, og vannføringskurven regnes for å være god. Største vannføringsmåling er 1532 m³/s. Dette utgjør ca. 113 % av middelflom. Vassdraget inkluderer reguleringer både i Ottavassdraget og i Vinstravassdraget. Reguleringsprosenten er 12,6 %.

2.224 Harpefoss lå ved Harpefossen kraftstasjon nord for tettstedet Harpefoss. Nedbørfeltet er 9647 km². Målinger foregikk i perioden 1933-1960. Vannføringskurvens kvalitet er usikker. Største vannføringsmåling er 1516 m³/s. Dette utgjør ca. 109 % av middelflom. I midten av 50-åra tilkom flere reguleringsmagasiner i Vinstravassdraget. Stasjonen er påvirket av reguleringene i Ottavassdraget og Vinstravassdraget.

2.303 Dombås ligger i Jora før samløpet med Gudbrandsdalslågen. Nedbørfeltet er 490 km². Målinger har pågått siden 1967, og stasjonen er ikke regulert. Vannføringskurven er brukbar. Største vannføringsmåling er 91,7 m³/s. Dette utgjør ca. 90 % av middelflom.

2.346 Lesjaskogvatn er plassert i østenden av Lesjaskogsvatn helt øverst i Gudbrandsdalslågen. Lesjaskogsvatn drenerer både vestover ut i Rauma og østover ut i Gudbrandsdalslågen. Det er dermed problematisk å bestemme feltarealet for den delen av nedbørfeltet som drenerer østover. Observasjoner har foregått siden 1972, og feltet er ikke regulert. Vannføringskurven er ikke spesielt god, pga. problematikken med toveis avrenning. Største vannføringsmåling er 5,04 m³/s. Dette utgjør ca. 60 % av middelflom.

2.460 Eide er plassert rett oppstrøms tettstedet Vinstra. Nedbørfeltet er 7826 km². Målinger har pågått siden 1984. Vannføringskurven antas å være brukbar. Største vannføringsmåling er 702 m³/s. Dette utgjør ca. 67 % av middelflom. Stasjonen er påvirket av reguleringene i Ottavassdraget.

2.614 Rosten ligger rett nord for Selsmyrene, før samløpet med Otta. Nedbørfeltet er 1824 km². Observasjoner har foregått helt siden 1917. Feltet er uregulert. Vannføringskurven er brukbar. Største vannføringsmåling er 370 m³/s. Dette utgjør ca. 119 % av middelflom.

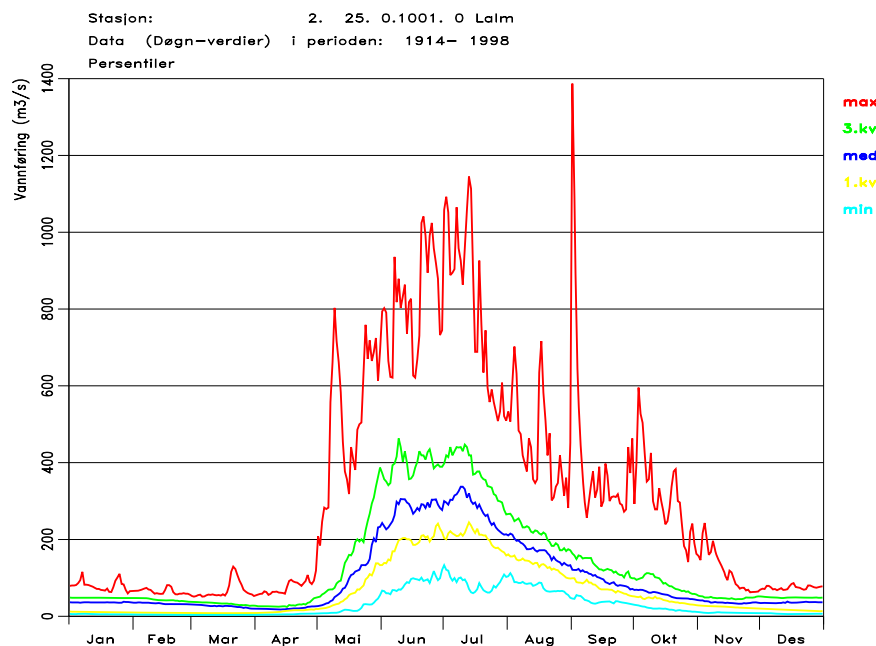
Benyttede feltareal er fastlagt ved nye beregninger av Seksjon for geoinformasjon (HG), og kan avvike noe fra de arealer som er oppgitt i Hydrologisk avdelings database, Hydra II.

3.3. Karakteristiske vannføringsverdier og observerte flommer

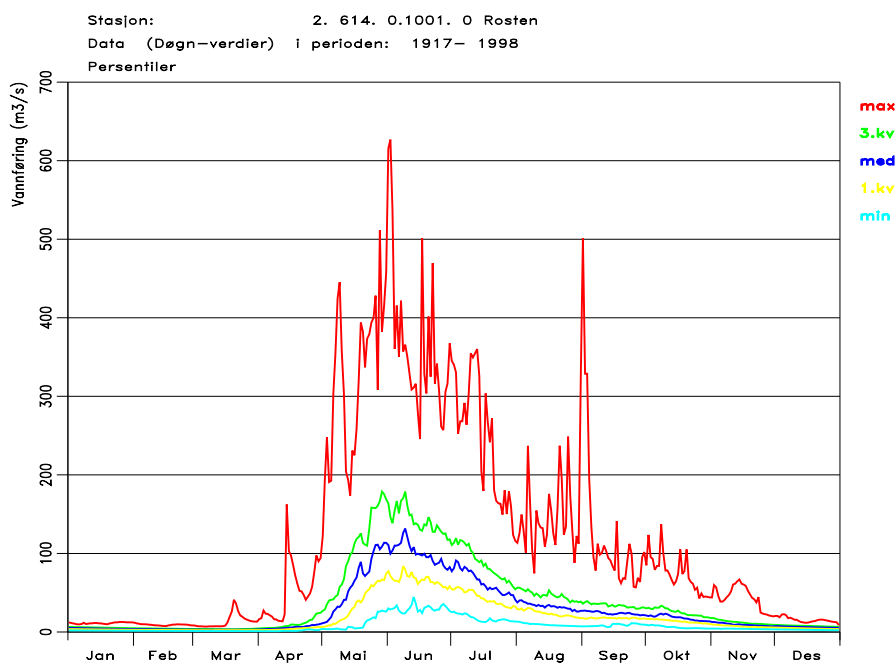
Figur 4-6 viser karakteristiske vannføringsverdier for hver dag i løpet av året for de viktigste målestasjonene i vassdraget som skal kartlegges, målestasjonen Lalm langt ned i Otta, Rosten i Lågen før samløpet med Otta og Losna lengst ned. Øverste kurve (max) viser største observerte vannføring og nederste kurve (min) viser minste observerte vannføring i løpet av måleperioden. Den midterste kurven (med) er mediankurven, dvs. det er like mange observasjoner i løpet av referanseperioden som er større og mindre enn denne. De øvrige kurvene (1.kv og 3.kv) viser henholdsvis 25- og 75-persentilen for observasjonene. Med 25-persentilen forstås at 25 % av observasjonene ligger under den vannføringen, og tilsvarende med 75-persentilen, 75 % av observasjonene ligger under.

Mediankurvene i figur 4-6 viser midlere vannføringsforhold over en lang årrekke, men illustrerer dårlig hvordan vannføringen faktisk varierer i et enkelt år. I figur 7-9 er vannføringen vist for de samme målestasjonene for år med omtrent normal årsvannføring.

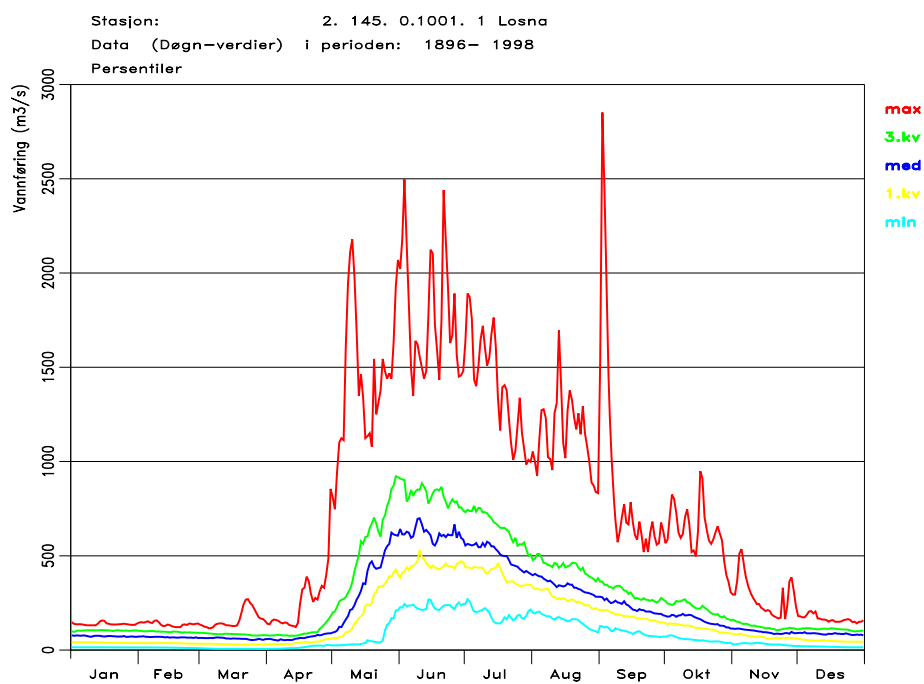
Tabell 1 gir en oversikt over døgnmiddelvannføringen ved de største flommene i observasjonsperioden for utvalgte målestasjoner i Otta og Gudbrandsdalslågen. Mer om observerte store flommer i Otta og Lågen i kap. 7.



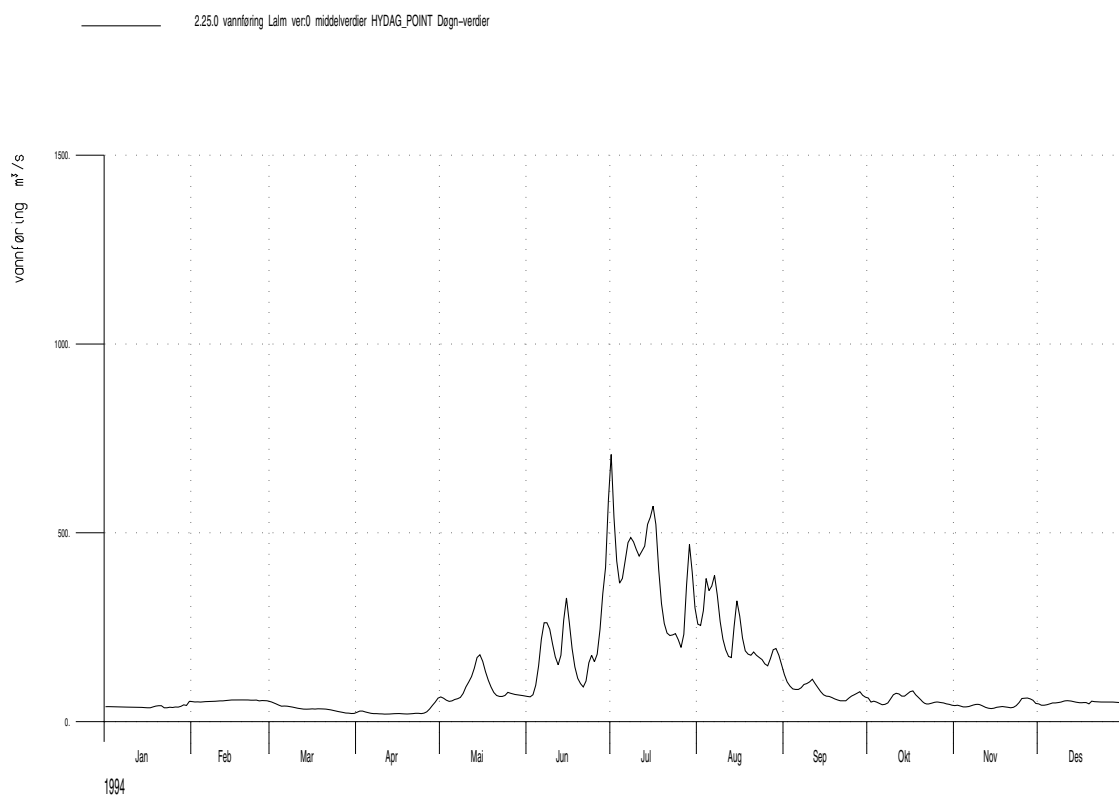
Figur 4. Karakteristiske hydrologiske data for Otta ved Lalm.



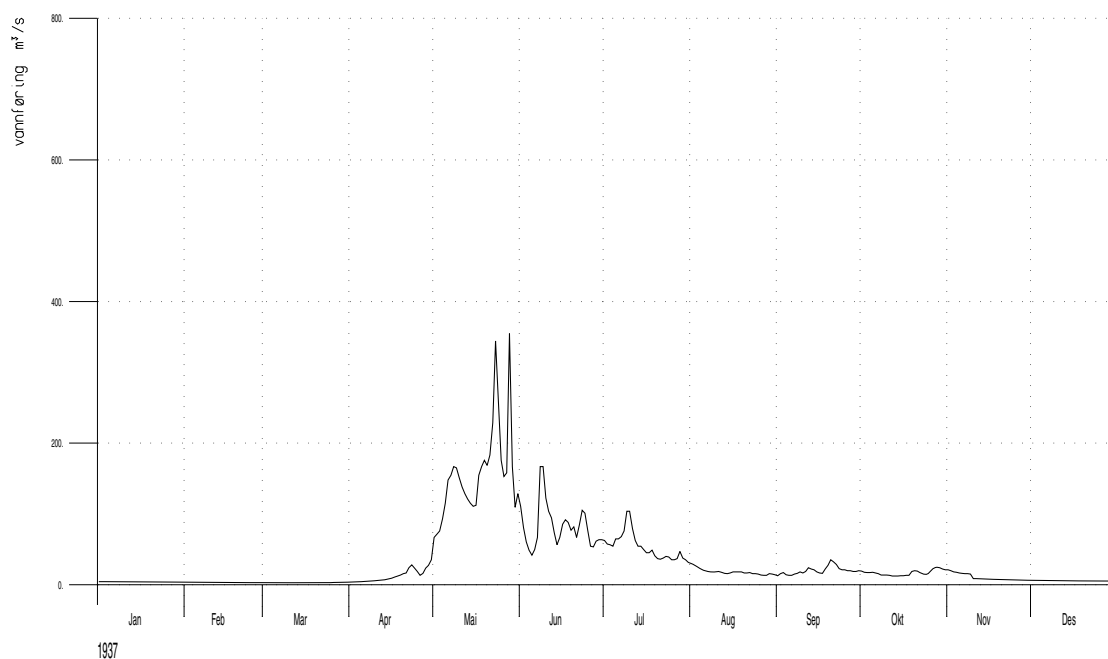
Figur 5. Karakteristiske hydrologiske data for Lågen ved Rosten.



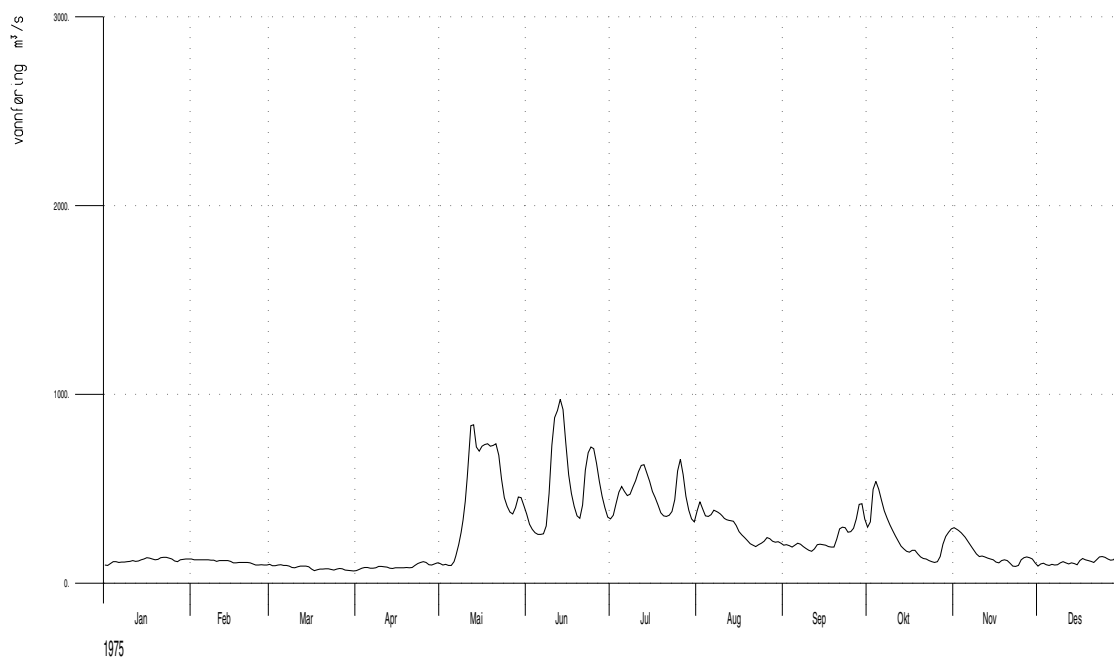
Figur 6. Karakteristiske hydrologiske data for Gudbrandsdalslågen ved Losna.



Figur 7. Vannføringen ved Lalm i 1994.



Figur 8. Vannføringen ved Rosten i 1937.



Figur 9. Vannføringen ved Losna i 1975.

Tabell 1. De fem største flommene i løpet av observasjonsperioden for målestasjonene Sælatunga, Lalm, Rosten og Losna.

Stasjon	Observasjons- periode	År	Dato	Døgnmiddel- vannføring, m ³ /s
2.25 Lalm	1914-1998	1938	01.09.	1387
		1923	13.07.	1145
		1958	02.07.	1093
		1914	07.07.	1065
		1968	04.07.	1051
2.145 Losna	1896-1998	1938	02.09.	2852
		1995	03.06.	2497
		1939	21.06.	2440
		1934	10.05.	2178
		1910	15.06.	2124
2.284 Sælatunga	1966-1997	1995	02.06.	211
		1972	07.06.	167
		1980	31.05.	156
		1973	01.06.	148
		1997	02.07.	147
2.614 Rosten	1917-1997	1995	02.06.	627
		1973	01.06.	616
		1921	28.05.	512
		1938	01.09.	501
		1935	17.06.	501

4. Flomfrekvensanalyser

Flomfrekvensanalysene som er utført både i Otta og i Lågen er utført på årsflommer, dvs. at frekvensanalysene er basert på de høyeste observerte døgnmiddelvanntføringene hvert år. I disse vassdragene er vårflom dominerende, men det er gjennomgående observert én stor høstflom ved de fleste målestasjonene som får betydning for frekvensanalysen, flommen i begynnelsen av september i 1938. Denne flomepisoden inngår i frekvensanalysene.

4.1. Flomfrekvensanalyse for Ottavassdraget

De fleste store flommer ved de hydrometriske stasjonene i Ottavassdraget opptrer i månedene mai - juli, og er primært forårsaket av snøsmelting. Enkelte store høstflommer har forekommet. Den største observerte flommen ved Lalm var den 1. september 1938 med en døgnmiddelverdi på 1387 m³/s (352 l/skm²). Tilsvarende flomepisode er også registrert som den høyest målte ved Losna lenger ned i Gudbrandsdalslågen. Reguleringene i Ottavassdraget kan i noen tilfeller ha en viss innvirkning på flomvannføringene.

Det er utført flomfrekvensanalyse på årsflommer for sju målestasjoner i Ottavassdraget. Resultatet er vist i tabell 2, med midlere flom (Q_M) i spesifikke verdier og flommer med forskjellig gjentaksintervall (Q_T) som en faktor i forhold til midlere flom. For stasjoner som er påvirket av regulering er kun data etter siste større regulering benyttet. Disse dataene kan forutsettes å være representative for flomforholdene som kan ventes i fremtiden. Resultatet av frekvensanalysen for målestasjonene Lalm, Fredriksvatn, Akslen, Sælatunga og Tora er illustrert i figur 10-14. I tabell 1 i kapittel 3.3 er de største flommene som inngår i analysen for de viktigste stasjonene presentert.

Tabell 2. Flomfrekvensanalyse på årsflommer for målestasjoner i Ottavassdraget, Q_T/Q_M

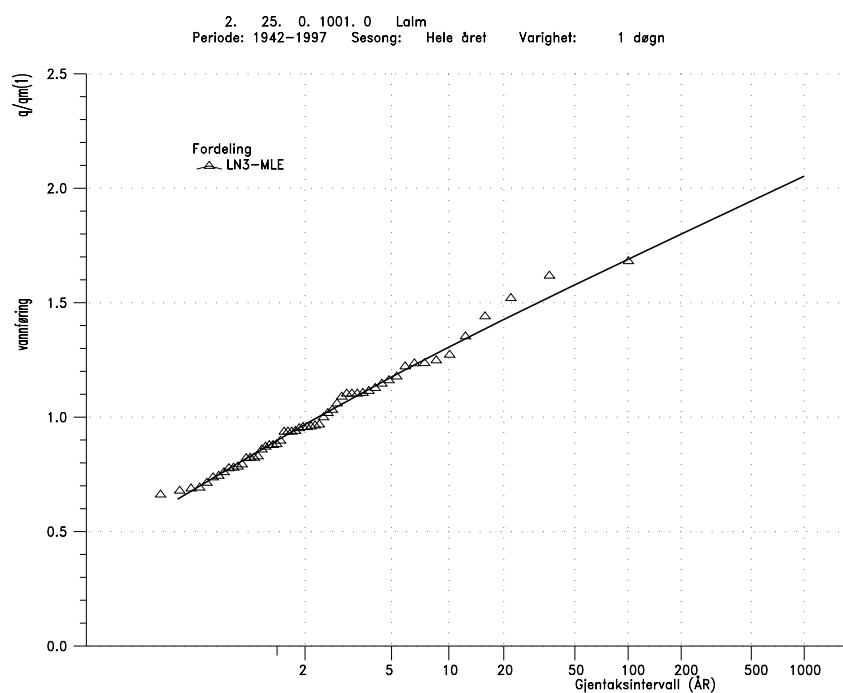
Stasjon	Antall år	Varighet døgn	Q_M l/s*km ²	Q_{10}/Q_M	Q_{20}/Q_M	Q_{50}/Q_M	Q_{100}/Q_M	Q_{200}/Q_M	Q_{500}/Q_M
2.25 Lalm	56	1	165	1,31	1,45	1,62	1,75	1,88	2,05
2.223 Fredriksvatn	55	1	203	1,41	1,61	1,87	2,09	2,31	2,61
2.268 Akslen	35	1	233	1,37	1,52	1,72	1,86	2,01	2,21
2.284 Sælatunga	26	1	232	1,47	1,67	1,93	2,12	2,31	2,57
2.291 Tora	31	1	457	1,44	1,62	1,84	2,01	2,18	2,41
2.416 Vågåvatn	20	1	175	1,28	1,40	1,57	1,69	1,82	2,00
2.434 Ofossen	19	1	237	1,39	1,51	1,65	1,74	1,81	1,90

Store forskjeller i spesifikk midlere flom mellom enkelte av stasjonene skyldes store forskjeller i nedbørfeltes utstrekning. Spesifikke flomverdier er normalt adskillig lavere i store enn i små nedbørfelt.

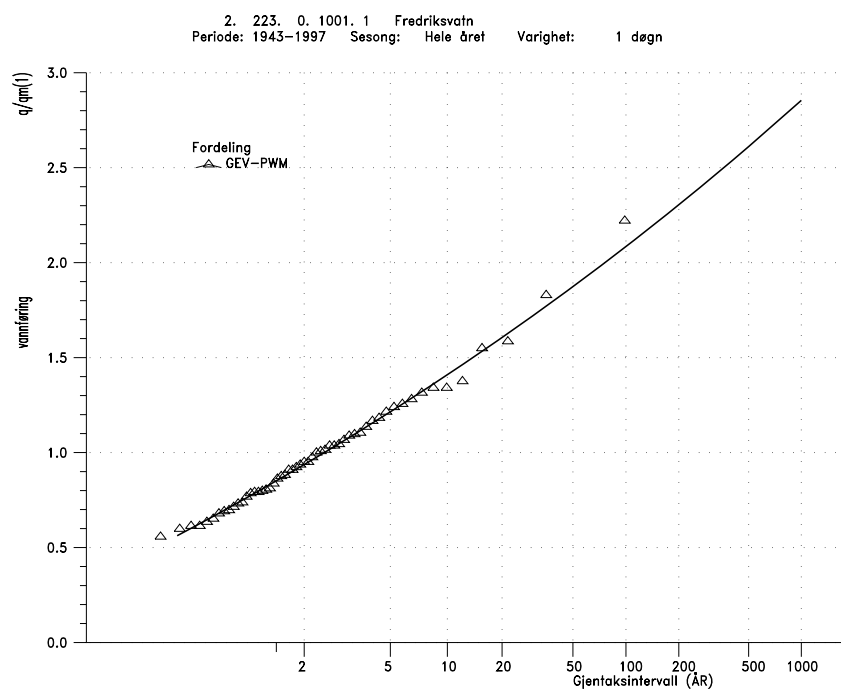
I tabell 3 er resultatene for de ulike målestasjonene presentert med midlere flom i absolutte verdier, Q_M , og flommer med forskjellige gjentaksintervall, Q_T , for varighet ett døgn.

Tabell 3. Flomfrekvensanalyse på årsflommer for målestasjoner i Ottavassdraget, m³/s.

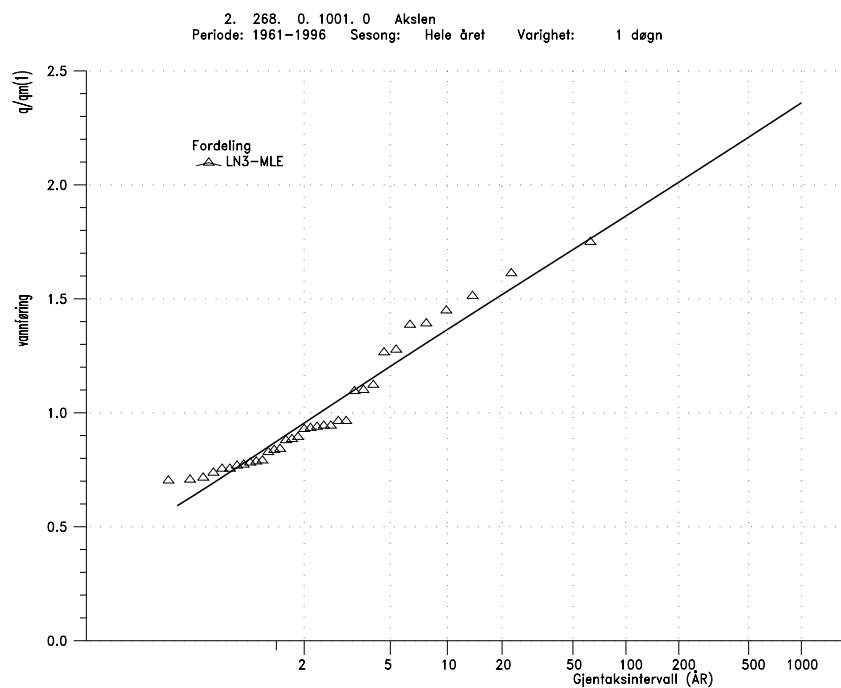
Stasjon	Antall år	Varighet døgn	Q _M m ³ /s	Q ₁₀ m ³ /s	Q ₂₀ m ³ /s	Q ₅₀ m ³ /s	Q ₁₀₀ m ³ /s	Q ₂₀₀ m ³ /s	Q ₅₀₀ m ³ /s
2.25 Lalm	56	1	650	853	941	1054	1139	1223	1334
2.223 Fredriksvatn	55	1	196	276	315	367	409	452	512
2.268 Akslen	35	1	184	252	280	317	344	371	407
2.284 Sælatunga	26	1	105	154	176	203	223	244	271
2.291 Tora	31	1	119	170	192	219	239	259	286
2.416 Vågåvatn	20	1	597	762	836	935	1011	1089	1194
2.434 Ofossen	19	1	374	520	565	616	649	678	712



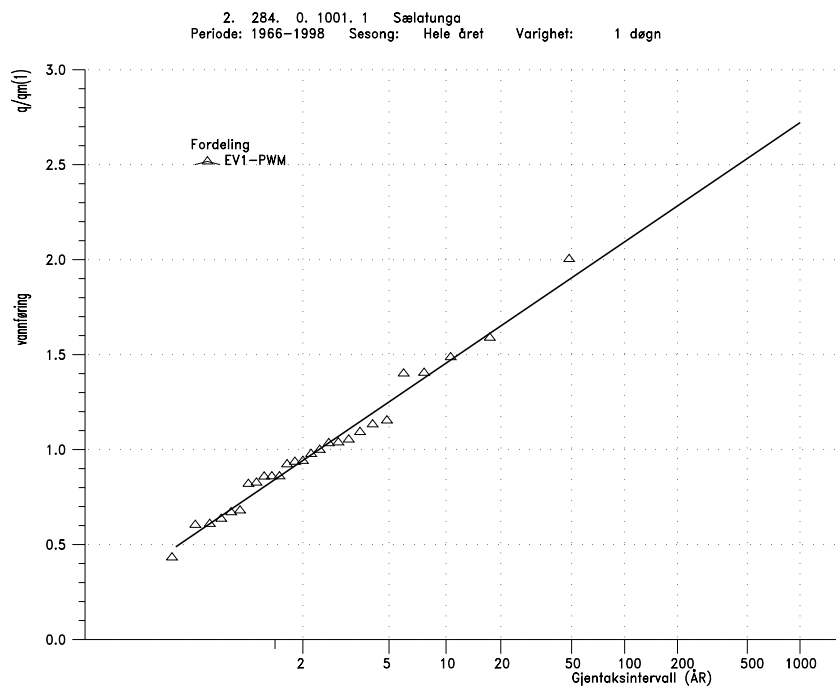
Figur 10. Flomfrekvensanalyse for målestasjon Lalm i Otta.



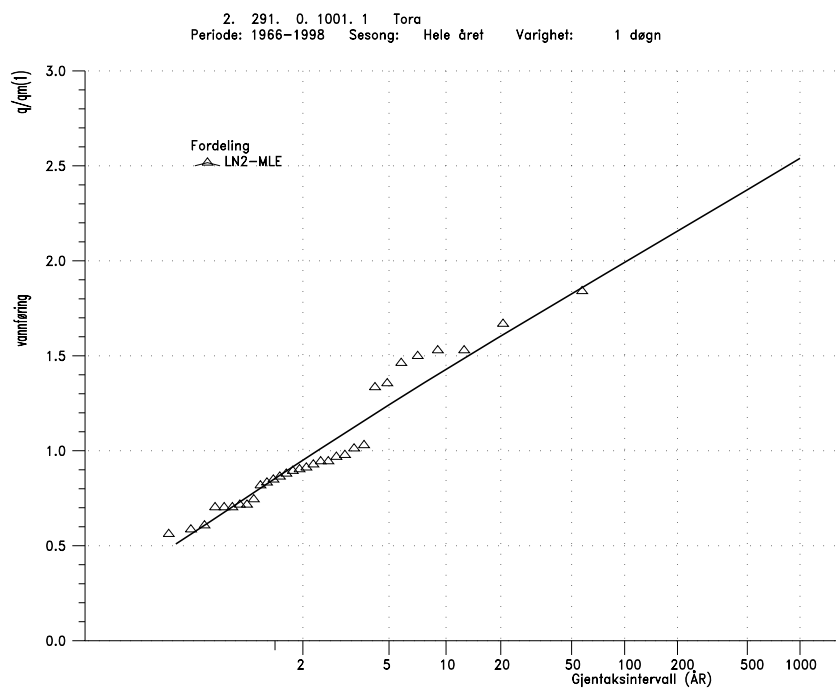
Figur 11. Flomfrekvensanalyse for målestasjon Fredriksvatn i Otta.



Figur 12. Flomfrekvensanalyse for målestasjon Akslen i Bøvra.



Figur 13. Flomfrekvensanalyse for målestasjon Sælatunga i Finna.



Figur 14. Flomfrekvensanalyse for målestasjonen Tora i Tora.

4.2. Flomfrekvensanalyser for Gudbrandsdalslågen

De fleste store flommer ved de hydrometriske stasjonene i Gudbrandsdalslågen opptrer i månedene mai-juni, og er primært forårsaket av snøsmelting, men også her forekommer store høstflommer. Den største observerte flommen ved målestasjonen Rosten, et stykke nord for Otta, opptrådte den 2. juni 1995, med en døgnmiddelverdi på $627 \text{ m}^3/\text{s}$ (357 l/skm^2). Lenger ned i Gudbrandsdalslågen, ved målestasjonen Losna, er den største observerte flommen registrert 2. september 1938 med en døgnmiddelverdi på $2852 \text{ m}^3/\text{s}$ (257 l/skm^2).

Det er utført flomfrekvensanalyse på årsflommer for fem målestasjoner langs Gudbrandsdalslågen og for én konstruert serie. Resultatet er vist i tabell 4, med midlere flom (Q_M) i spesifikke verdier og flommer med forskjellig gjentakintervall (Q_T) som en faktor i forhold til midlere flom. For stasjoner som er påvirket av regulering er kun data etter siste større regulering med i analysen, med unntak av Harpefoss (se kap. 5.2). Disse dataene kan forutsettes å være representative for flomforholdene som kan ventes i fremtiden. Resultatet av frekvensanalysen for Losna, Dombås og Rosten er illustrert i figur 15-17. I tabell 1 i kapittel 3.3 er de største flommene som inngår i analysen for de viktigste stasjonene presentert.

Tabell 4. Flomfrekvensanalyse på årsflommer for målestasjoner i Gudbrandsdalslågen, Q_T/Q_M

Stasjon	Antall år	Varighet døgn	Q_M l/s*km^2	Q_{10}/Q_M	Q_{20}/Q_M	Q_{50}/Q_M	Q_{100}/Q_M	Q_{200}/Q_M	Q_{500}/Q_M
2.145 Losna	36	1	112	1,37	1,53	1,74	1,89	2,05	2,26
2.224 Harpefoss	27	1	145	1,47	1,68	1,94	2,14	2,33	2,60
2.303 Dombås	30	1	209	1,44	1,63	1,86	2,03	2,21	2,43
2.460 Eide	14	1	134	1,48	1,69	1,95	2,15	2,35	2,61
2.614 Rosten	80	1	170	1,44	1,62	1,85	2,03	2,20	2,42
Konstruert serie	37	1	146	1,35	1,48	1,64	1,76	1,88	2,03
Midlet serie				1,36	1,50	1,69	1,83	1,96	2,14

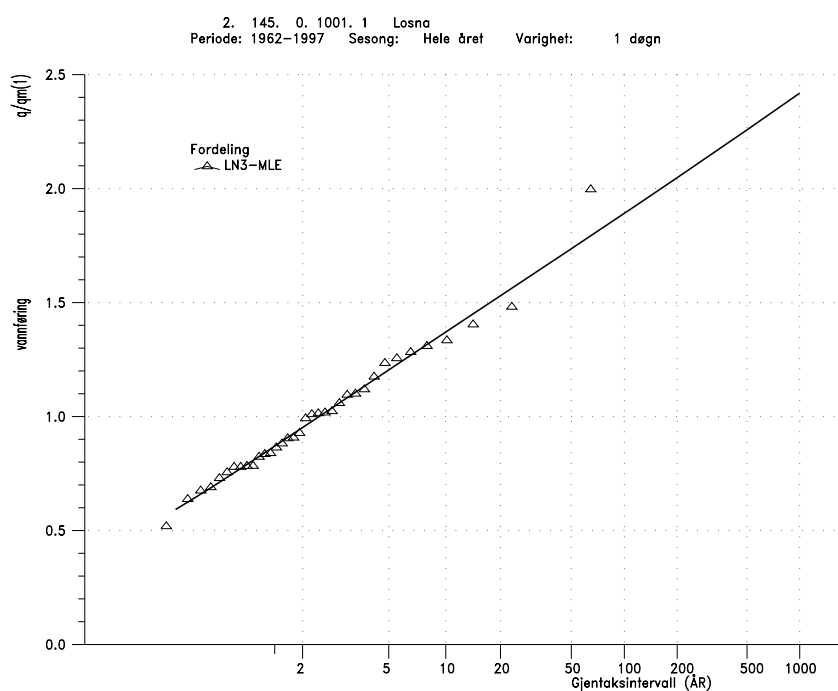
Den konstruerte serien er representativ for Lågen rett nedstrøms samløpet mellom Lågen og Otta, dvs. nedstrøms tettstedet Otta. Serien er laget på bakgrunn av serien 2.25 Lalm i Ottavassdraget og serien 2.614 Rosten i Lågen et stykke oppstrøms tettstedet Otta. Disse seriene er skalert opp med en skaleringsfaktor som representerer økning i feltareal mellom målestasjonene og samløpet. Deretter er døgnverdiene i disse seriene addert, og gir en estimert vannføringsserie nedstrøms samløpet.

Frekvensanalysen for den konstruerte serien nedstrøms samløpet mellom Lågen og Otta gir lave verdier, spesielt på store gjentakintervall, i forhold til frekvensanalysen ved Losna. De lave faktorene på høye gjentakintervall er styrt av én flomepisode, der frekvensfaktoren virker noe lav sammenliknet med frekvensfaktorer på lavere gjentakintervall. Dersom denne flomepisoden hadde vært utelatt fra frekvensanalysen, ville det sannsynligvis vært valgt en annen frekvensfordeling der faktorene hadde avviket i mindre grad fra analysen ved Losna. Rett nedstrøms samløpet benyttes derfor en frekvensanalyse som representerer middelet av frekvensanalysen for Losna og den konstruerte serien, se Midlet serie i tabell 4.

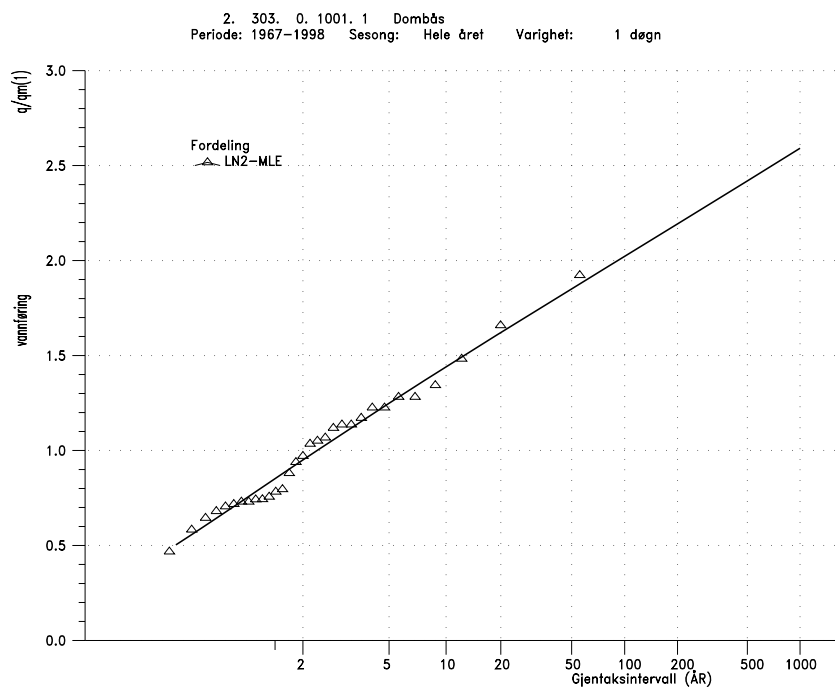
I tabell 5 er resultatene for de ulike målestasjonene presentert med midlere flom i absolutte verdier, Q_M , og flommer med forskjellige gjentakintervall, Q_T , for varighet ett døgn.

Tabell 5. Flomfrekvensanalyse på årsflommer for målestasjoner i Gudbrandsdalslågen, m^3/s .

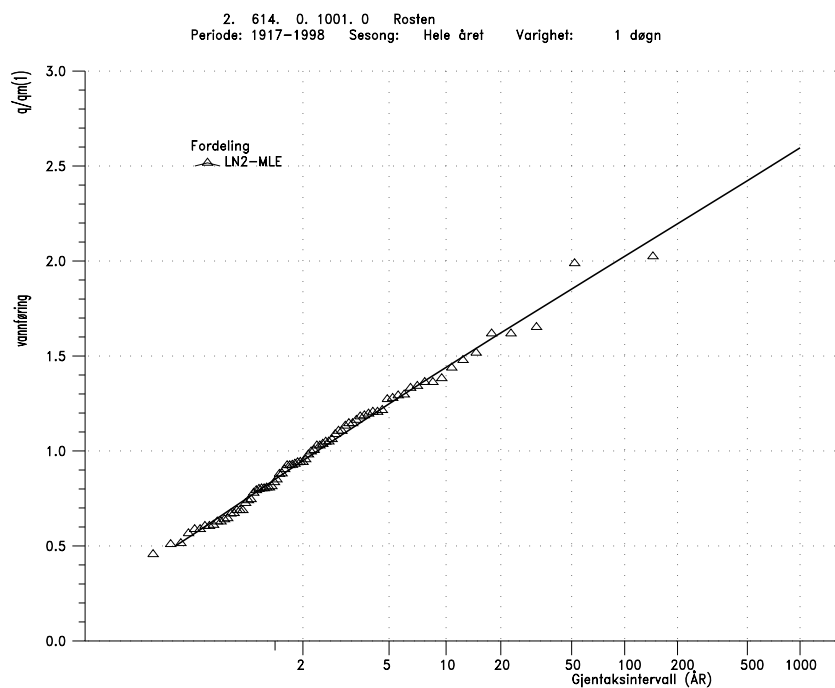
Stasjon	Antall år	Varighet døgn	Q_M m^3/s	Q_{10} m^3/s	Q_{20} m^3/s	Q_{50} m^3/s	Q_{100} m^3/s	Q_{200} m^3/s	Q_{500} m^3/s
2.145 Losna	36	1	1251	1715	1914	2172	2366	2562	2825
2.224 Harpefoss	27	1	1395	2055	2338	2705	2980	3256	3626
2.303 Dombås	30	1	102	148	167	191	208	226	249
2.460 Eide	14	1	1050	1553	1769	2050	2260	2469	2745
2.614 Rosten	80	1	311	448	504	576	630	683	753
Konstruert serie	37	1	897	1207	1326	1473	1581	1685	1821



Figur 15. Flomfrekvensanalyse for målestasjonen Losna i Gudbrandsdalslågen.



Figur 16. Flomfrekvensanalyse for målestasjonen Dombås i Jora.



Figur 17. Flomfrekvensanalyse for målestasjonen Rosten i Gudbrandsdalslågen.

4.3. Regional analyse

Det er også utført en alternativ flomfrekvensanalyse for hele nedbørfeltet nord for Losna, der de tre målestasjonene i feltet med lange observasjonsserier, Lalm, Rosten og Losna, inngår. Analysen er kjørt på hele observasjonsperioden for stasjonene, og tar ikke hensyn til reguleringer i vassdraget. Resultatet av denne analysen er vist i tabell 6. Som det fremgår av tabellene 2 og 4 er det betydelige forskjeller i frekvensfaktorene for de ulike målestasjonene i vassdraget. Denne regionale analysen er dermed ikke benyttet i flomberegningene for Otta og Lågen, siden det synes mer korrekt å variere frekvensfordelingene i ulike deler av feltet, slik det fremgår i kap. 5.1 og 5.2.

Tabell 6. Regional flomfrekvensanalyse, årsflommer, Q/Q_M

Varighet døgn	Q_{10}/Q_M	Q_{20}/Q_M	Q_{50}/Q_M	Q_{100}/Q_M	Q_{200}/Q_M	Q_{500}/Q_M
1	1,40	1,57	1,78	1,94	2,11	2,32

5. Beregnede flomvannføringer

5.1 Døgnmiddelflommer i Ottavassdraget

Midlere flom og flommer med gjentaksintervall 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år er beregnet for sju punkter langs elva Otta. Punktene er valgt på bakgrunn av strekningene som skal flomsonekartlegges, beskrevet i kap. 1.1. Resultatene er vist i tabell 7, 8 og 9. Feltarealene er beregnet av Seksjonen for Geoinformasjon (HG).

Grunnlaget for beregning av døgnmidlet for flommer med forskjellige gjentaksintervall for hvert punkt er presentert i tabell 7. Som det fremgår av tabellen er ulike kombinasjoner av frekvensfaktorer, Q_T/Q_M , benyttet i forskjellige deler av vassdraget. I innløpet til Skim er den endelige frekvensfordelingen som er valgt beregnet som et middel av de fire målestasjonene Fredriksvatn, Akslen, Sælatunga og Tora, men med spesifikk middelflom som i Ofossen. I Bøvra oppstrøms Lom sentrum er spesifikk middelflom og frekvensanalysen for Akslen benyttet. I Finna oppstrøms Vågåmo er spesifikk middelflom og frekvensanalysen for Sælatunga benyttet. I Otta på strekningen fra utløpet av Vågåvatn til oppstrøms samløpet med Gudbrandsdalslågen er frekvensanalysen fra Lalm benyttet. Oppstrøms samløpet med Finna, i utløpet av Vågåvatn, er spesifikk middelflom fra målestasjonene Vågåvatn benyttet. Nedstrøms samløpet er samme spesifikke middelflom som i Lalm benyttet. I flomepisoder antas vannspeilet i Skim og Vågåvatn å være like høyt. Hele strekningen mellom Skim og utløpet av Vågåvatn regnes derfor å utgjøre én sammenhengende innsjø ved flom. Vannstanden i Skim/Vågåvatn ved de ulike gjentaksintervallene er beregnet ved å benytte frekvensanalysen for Lalm til å finne flomvannføringene. Via vannføringskurven for målestasjonen i Vågåvatn beregnes de tilsvarende flomvannstandene ved ulike gjentaksintervall.

Tabell 7. Grunnlag for beregning av døgnmiddelflom i Ottavassdraget. Delprosjekt nr. angir i hvilket delprosjekt i Flomsonekartprosjektet de ulike punktene på elvestrekningen inngår.

Del-prosjekt nr.		Felt-areal km ²	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
			l/s*km ²	m ³ /s						
fs 002_34	Otta i innløpet til Skim	1576	237	374	1,42	1,60	1,84	2,02	2,20	2,45
	Bøvra oppstrøms Lom sentrum	838	233	195	1,37	1,52	1,72	1,86	2,01	2,21
fs 002_33	Otta i utløpet av Vågåvatnet	3415	175	597	1,31	1,45	1,62	1,75	1,88	2,05
	I Finna	463	232	107	1,47	1,67	1,93	2,12	2,31	2,57
	Otta nedstrøms samløpet med Finna	3878	165	639	1,31	1,45	1,62	1,75	1,88	2,05
fs 002_31	Otta før samløpet med Lågen	4066	165	670	1,31	1,45	1,62	1,75	1,88	2,05

I tabell 8 er midlere flom, Q_M , og flommer med forskjellig gjentaksintervall, Q_T , for varighet ett døgn presentert. I tabell 9 er midlere flomvannstand i Vågåvatn, V_M , ved forskjellige gjentaksintervall presentert.

Tabell 8. Flomvannføringer ved ulike punkter i Ottavassdraget, døgnmiddel i m³/s.

Del-prosjekt nr.		Q _M 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
fs 002_34	Otta i innløpet til Skim	374	531	599	688	756	824	916
	Bøvra oppstrøms Lom sentrum	195	267	297	335	364	393	432
fs 002_33	Otta i utløpet av Vågåvatnet	597	784	864	968	1046	1123	1226
	I Finna	107	157	179	207	228	249	276
	Otta nedstrøms samløp med Finna	639	840	925	1037	1120	1203	1313
fs 002_31	Otta før samløp med Lågen	670	880	970	1087	1175	1262	1376

Tabell 9. Flomvannstander i Vågåvatn, døgnmiddel i meter.

Del-prosjekt nr.		V _M m	V ₁₀ m	V ₂₀ m	V ₅₀ m	V ₁₀₀ m	V ₂₀₀ m	V ₅₀₀ m
fs 002_34	Vågåvatn, SK-høyde	363,16	363,57	363,73	364,02	364,06	364,19	364,36

Tabell 9 viser flomvannstander i Vågåvatn ved ulike gjentakintervall. Som beskrevet over er flomvannstandene beregnet vha. representativ frekvensanalyse på vannføringer ved utløpet av Vågåvatn, som deretter er omregnet til vannstandsverdier via nåværende vannføringskurve. Vannføringskurven for målestasjonen i Vågåvatn har ett segment, og er gitt på formen: $Q = 50,8773 (h-359,8)^{2,1839}$, $359,8 < h < 369,8$. De tilsvarende flomvannstander er også beregnet på alternativ måte ved å utføre flomfrekvensanalyse direkte på vannstandserien ved målestasjonen i Vågåvatn. Dette ga lavere flomvannføring ved lave gjentakintervall og høyere flomvannføring ved høyt gjentakintervall (500 års gjentakintervall). Største differanse var på 7 cm i forhold til valgt metode ved 10 års gjentakintervall. Forskjellen avtok med økende gjentakintervall, og ved 200 års gjentakintervall ga analysene lik vannstand i Vågåvatn. Ved 500 års gjentakintervall var forskjellen 4 cm. Årsaken til at flomfrekvensanalysen fra målestasjonen Lalm er valgt benyttet som representativ ved utløpet av Vågåvatn, er at Lalm har en lengre måleserie. Måleserien i Vågåvatn er ideelt sett for kort til å kunne utføre flomfrekvensanalyse direkte på serien.

5.2 Døgnmiddelflommer i Gudbrandsdalslågen

Midlere flom og flommer med gjentakintervall 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år er beregnet for tjue punkter langs Lågen. Punktene er valgt på bakgrunn av strekningene som skal flomsonekartlegges, beskrevet i kap. 1.1. Resultatene er vist i tabell 10. Feltarealene er beregnet av Seksjonen for Geoinformasjon (HG).

Grunnlaget for beregning av døgnmidlet for flommer med forskjellige gjentakintervall for hvert punkt er presentert i tabell 10. Som det fremgår av tabellen er ulike kombinasjoner av frekvensfaktorer, Q_T/Q_M , benyttet i forskjellige deler av vassdraget.

En sammenlikning av frekvensanalysen for Dombås og Rosten viser at avviket, i lokal skala, for de ulike gjentakintervallene er svært små. En sammenlikning i regional skala viser at den midlere frekvensanalysen for både Dombås og Rosten også er svært lik frekvensanalysen brukt i innløpet til Skim i Ottavassdraget. I Lågen nord for tettstedet Otta synes derfor frekvensanalysen for Rosten å være representativ langs hovedelva for hele nedbørfeltet.

Nedstrøms samløpet mellom Otta og Lågen er en midlet frekvensanalyse mellom konstruert serie og Losna benyttet, som beskrevet i kap. 4.2. På elvestrekningen mellom Harpefoss og Losna regnes frekvensanalyse for Losna å være representativ.

I Frya, Tromsa og Våla finnes ingen målestasjoner med serielengder som gjør det mulig med separate frekvensanalyser. I disse mindre sidevassdragene til Lågen benyttes samme frekvensanalyse som for Dombås. Frya, Tromsa, Våla og nedbørfeltet til målestasjonen Dombås har noenlunde like feltarealer og årsmiddelavrenning som ikke avviker i vesentlig grad. Isohydatkart viser at Frya, Tromsa og Våla har årsmiddelavrenning på 16-18 l/skm², mens det samme kartet gir 20,1 l/skm² for målestasjonen Dombås. Middelflommen i Frya er beregnet på bakgrunn av målestasjonen 2.63 Rudi, som er lokalisert langt ned i Frya. Rudi har en observasjonsserie på årlige maksimums døgnverdier på 8-9 år (1987-1998), men med enkelte hull, bl.a. hele året 1995. Siden 1995 er året med desidert høyeste døgnmiddelvannføring i Frya, er høyeste døgnmiddel i 1995 viktig i bestemmelsen av middelflommen i dette området. Dette er løst ved å benytte antatte høyeste observerte døgnmiddel i 1995 ved stasjonen 2.473 Frya i beregningen av middelflommen ved Rudi. Middelflommen i de to sidevassdragene Våla og Tromsa er beregnet som en prosentandel av middelflommen i Frya. Prosentandelen er fremkommet ved beregning av middelflom i hvert av de tre vassdragene Frya, Tromsa og Våla vha. flomformel. Flomformelen gir estimert middelflom ut fra hovedelvas gradient, effektiv sjøprosent, snaufjellprosent, største høydeforskjell i nedbørfeltet og årsmiddelavrenning i de ulike feltene (Wingård 1978). Flomformelen ga noe høyt estimat for middelflom i Frya sammenlignet med middelflom beregnet som beskrevet over. Antar derfor at middelflommen beregnet vha. flomformler i Våla og Tromsa også er noe høyt, men at den prosentvise forskjellen mellom de tre sidevassdragene er den samme. I Moksa, som også er et sidevassdrag til Lågen med tilløp sør for Losna, finnes en målestasjon 2.615 Moksa med observasjonsperiode på 47 år. Nedbørfeltet til Moksa er i samme størrelsesorden som for de uregulerte feltene til Våla og Tromsa. Observasjoner fra Moksa kunne vært benyttet til en sammenlikning av beregnet middelflom i de tre ovenforliggende uregulerte sidevassdragene, men reguleringene i Moksa gjør en slik sammenlikning vanskelig.

Valgt frekvensanalyse for ulike punkter langs Gudbrandsdalslågen fremgår av tabell 10.

Tabell 10. Grunnlag for beregning av døgnmiddelflom i Gudbrandsdalslågen. Delprosjekt nr. angir i hvilket delprosjekt i Flomsonekartprosjektet de ulike punktene på elvestrekningen inngår.

Del-prosjekt nr.		Feltareal km ²	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
			l/s*km ²	m ³ /s						
fs 002_35	Lågen nedstrøms tilløp fra Lora	523	239	125	1,44	1,62	1,85	2,03	2,20	2,42
	Lågen ved Bottheim	828	199	165	1,44	1,62	1,85	2,03	2,20	2,42
fs 002_32	Lågen ved Nord-Sel bru	1826	170	311	1,44	1,62	1,85	2,03	2,20	2,42
	Lågen oppstrøms tilløp fra Ula	1918	170	327	1,44	1,62	1,85	2,03	2,20	2,42
fs 002_31	Lågen nedstrøms tilløp fra Ula	2074	170	354	1,44	1,62	1,85	2,03	2,20	2,42
	Lågen oppstrøms samløpet med Otta	2096	170	357	1,44	1,62	1,85	2,03	2,20	2,42
	Lågen nedstrøms samløpet med Otta	6153	146	897	1,36	1,50	1,69	1,83	1,96	2,14
fs 002_30	Lågen ved Harpefoss	9647	115	1109	1,37	1,53	1,74	1,89	2,05	2,26
	Lågen ved Hundorp bru	9706	115	1116	1,37	1,53	1,74	1,89	2,05	2,26
fs 002_29	Lågen oppstrøms samløp med Frya	9858	115	1134	1,37	1,53	1,74	1,89	2,05	2,26
	I Frya	372	189	70	1,44	1,63	1,86	2,03	2,21	2,43
	Lågen nedstrøms samløpet med Frya	10230	114	1166	1,37	1,53	1,74	1,89	2,05	2,26
	Lågen oppstrøms samløpet med Våla	10253	114	1169	1,37	1,53	1,74	1,89	2,05	2,26
	I Våla	316	215	68	1,44	1,63	1,86	2,03	2,21	2,43
	Lågen nedstrøms samløp med Våla	10569	112	1180	1,37	1,53	1,74	1,89	2,05	2,26
	Lågen før samløp med Tromsa	10644	112	1188	1,37	1,53	1,74	1,89	2,05	2,26
	I Tromsa	323	241	78	1,44	1,63	1,86	2,03	2,21	2,43
	Lågen etter samløp med Tromsa	10967	112	1224	1,37	1,53	1,74	1,89	2,05	2,26
	Lågen ved utløpet av Losna	11209	112	1251	1,37	1,53	1,74	1,89	2,05	2,26

Middelflom øverst i Lågen, oppstrøms og nedstrøms tilløpet fra Lora, ble forsøkt beregnet vha. feltparametre. Dette ga urealistiske verdier antaglig pga. problematikken med at Lesjaskogsvatn har toveis drenering, både mot vest og øst, som førte til vanskeligheter i bestemmelse av feltparametre. I stedet ble middelflommen i dette punktet beregnet på bakgrunn av målestasjonen Jora i elva Jora. Isohydatkart viser at Jora har omtrent samme årsmiddelavrenning (23,4 l/skm²) som i Lågen nedstrøms samløpet med Lora (20-25 l/skm²). Antar at spesifikk middelflom også er i samme størrelsesorden i disse punktene. I Lågen nedstrøms samløpet med Lora brukes dermed samme spesifikke middelflom som ved målestasjonen Jora. Basert på observasjonsperioden på 18 år, ble middelflom beregnet til 239 l/skm².

Ved Bottheim, i vestenden av Lesjaleirene, er middelflom beregnet vha. flomformel basert på feltparametrene hovedelvas gradient, effektiv sjøprosent, snaufjellprosent, største høydeforskjell i nedbørfeltet og årsmiddelavrenning. På strekningen fra Nord-Sel bru i nordenden av Selsmyrene, rett nedstrøms målestasjonen Rosten, til oppstrøms samløpet med Otta, regnes samme spesifikke middelflom som ved Rosten å være representativ. Nedstrøms samløpet med Otta er spesifikk middelflom beregnet ved analyse av den konstruerte serien beskrevet i kap. 4.2.

Målestasjonen ved Harpefoss ga urealistisk høy verdi for spesifikk middelflom. I løpet av de 27 åra målestasjonen har vært i drift er det foretatt reguleringer i Vinstavassdraget flere ganger i midten av 50-åra. De fleste største flommene ved målestasjonen opptrådte i årene før disse reguleringene, og analyse på hele måleperioden (27 år) gir dermed naturlig nok for høyt estimat på dagens middelflom ved stasjonen. På strekningen mellom Harpefoss og Losna er middelflom derfor bestemt etter en skjønnsmessig vurdering med utgangspunkt i middelflommen ved Eide og ved Losna. På strekningen mellom målestasjonen Eide oppstrøms tettstedet Vinstra til målestasjonen ved Harpefoss antas middelflommen å avta fra 134 l/skm² til 115 l/skm². Såpass stor reduksjon i spesifikk middelflom på denne strekningen, sammenlignet med andre strekninger lengre nedstrøms, skyldes tilløpet fra elva Vinstra med et betydelig nedbørfeltareal. På strekningen fra Harpefoss til oppstrøms samløpet med Frya antas spesifikk middelflom å være konstant, dvs. at vannføringen øker med samme forhold som feltarealet. Dette antas også å være tilfellet på strekningen fra nedstrøms samløpet med Frya til oppstrøms Våla, og fra nedstrøms Våla til Losna.

I tabell 11 er midlere flom, Q_M , og flommer med forskjellig gjentaksintervall, Q_T , for varighet ett døgn presentert.

Tabell 11. Flomvannføringer ved ulike punkter i Gudbrandsdalslågen, døgnmiddel i m³/s.

Del-prosjekt nr.		Q_M 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
fs 002_35	Lågen nedstrøms tilløp fra Lora	125	180	203	232	253	275	303
	Lågen ved Bottheim	165	238	268	306	334	362	400
fs 002_32	Lågen ved Nord-Sel bru	311	448	505	577	630	683	754
	Lågen oppstrøms tilløp fra Ula	327	471	530	606	662	718	792
fs 002_31	Lågen nedstrøms tilløp fra Ula	354	509	573	655	716	776	857
	Lågen oppstrøms samløpet med Otta	357	515	579	662	723	785	866
fs 002_30	Lågen nedstrøms samløpet med Otta	897	1219	1349	1515	1638	1761	1923
	Lågen ved Harpefoss	1109	1521	1697	1926	2098	2272	2505
fs 002_29	Lågen ved Hundorp bru	1116	1530	1708	1938	2111	2286	2520
	Lågen oppstrøms samløp med Frya	1134	1554	1735	1968	2144	2322	2560
	I Frya	70	102	114	131	143	155	171
	Lågen nedstrøms samløpet med Frya	1166	1599	1784	2025	2205	2388	2633
	Lågen oppstrøms samløpet med Våla	1169	1602	1788	2029	2210	2394	2639
	I Våla	68	98	110	126	138	150	165
	Lågen nedstrøms samløp med Våla	1180	1617	1805	2048	2231	2416	2663
	Lågen før samløp med Tromsa	1188	1629	1818	2062	2246	2433	2682
	I Tromsa	78	112	127	145	158	172	189
	Lågen etter samløp med Tromsa	1224	1678	1873	2125	2315	2507	2764
	Lågen ved utløpet av Losna	1251	1715	1914	2172	2366	2562	2825

Tabell 12. Flomvannstander i Losna, døgnmiddel i meter.

Del-prosjekt nr.		V_M m	V_{10} m	V_{20} m	V_{50} m	V_{100} m	V_{200} m	V_{500} m
fs 002_29	Losna, SK-høyde	182,40	183,18	183,48	183,86	184,13	184,40	184,74

Tabell 12 viser flomvannstander i Losna ved ulike gjentakintervall. Vannstandsverdiene er beregnet vha. representativ frekvensanalyse på vannføringer ved utløpet av Losna, som deretter er omregnet til vannstandsverdier via den nåværende vannføringskurven. Vannføringskurven for målestasjonen i Losna har to segment. Segment nr. 2 gjelder for vannstander større enn 180,22 m og er gitt på formen: $Q = 138,4618 (h-178,67)^{1,6716}$, 180,22 < h < 190,0. Flomvannstander for Losna er ikke beregnet på alternativ måte ved å utføre flomfrekvensanalyse direkte på vannstandserien, slik det er gjort i Vågåvatn.

5.3. Kulminasjonsvannføringer i Ottavassdraget og Gudbrandsdalslågen

Kulminasjonsvannføringen kan være adskillig større enn døgnmiddelvannføringen. Dette er spesielt karakteristisk for små vassdrag med rask flomstigning og spisse flomforløp. I større vassdrag er situasjonen ofte slik at avløp fra forskjellige deler av feltet ankommer et og samme punkt i hovedvassdraget på forskjellige tidspunkt. Dermed er forholdstallet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring ofte lave. Smelteflommer, som er dominerende i disse områdene, har relativt lang varighet og stort volum. Dette gir et dempet avløp, og svært ofte et moderat avvik mellom momentan- og døgnmiddelflommen.

Kulminasjonsvannføringen anslås ved å analysere de største flommene i vassdraget. Forholdstallet ($Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$) mellom observert kulminasjonsvannføring (momentanvannføringen) og døgnmiddelvannføring er beregnet for én eller flere av de største flommene ved forskjellige målestasjoner i vassdragene, avhengig av hvor og når det finnes data med fin tidsoppløsning (timesverdier). Resultatet av analysen viser at forholdet $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$ beregnet ut fra observerte data ved enkelte stasjoner der data med timesverdier er tilgjengelig, varierer fra 20-25 % og helt ned i 3-4%. Tilsvarende er også beregnet på de samme flommene vha. formler, som uttrykker en sammenheng mellom forholdet $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$ og feltkarakteristika (feltareal og effektiv sjøprosent) (Sælthun 1997). I de øvre deler av vassdraget, i Ottavassdraget og i Lågen nord for tettstedet Otta, ga resultatet fra formlene godt samsvar med tilsvarende forhold beregnet ut fra de observerte dataene. I disse områdene er kulminasjonsvannføringer derfor beregnet ved formler i punkter der observasjoner mangler. I Lågen sør for tettstedet Otta er finoppløselige data under flomepisoder kun tilgjengelig for målestasjonen Eide oppstrøms tettstedet Vinstra. Observerte forholdstall er her 3-4 % ved tre forskjellige flomepisoder, mens formelen kun gir 1 %. Ved Losna eksisterer ikke finoppløselige data omkring kulminasjonstidspunktet for noen av de største flommene, men observasjoner innkommet på flomvarslingskontoret under flommen i 1995 gir informasjon om kulminasjonsvannføringen. Kulminasjonsvannføringen var da ca. 0,6 % større enn døgnmiddelet, mens formelen gir et forholdstall mindre enn 1. Dette viser at formelen kan gi urealistiske verdier for store nedbørfelt. På strekningen fra Harpefoss ned til Losna er det derfor valgt å legge vekt på observasjonene ved målestasjonen Eide, der kulminasjonsvannføringen ved gjentatte flomvannføringer er omkring 4 % større enn døgnmiddelet. Benyttede $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$ -faktorer og tilsvarende kulminasjonsvannføringer ved ulike gjentakintervall er presentert i tabell 13.

Kulminasjonsvannstander i Vågåvatn og i Losna er beregnet ved omregning av kulminasjonsvannføringer i utløpet av Vågåvatn og Losna (tabell 13) til

kulminasjonsvannstander via vannføringskurvene. Tabell 14 viser beregnede kulminasjonsvannstander i Vågåvatn og Losna ved ulike gjentaksintervall.

Tabell 13. Flomvannføringer i Gudbrandsdalslågen inkludert Ottavassdraget, kulminasjonsvannføring i m³/s.

Del-prosjekt nr.		$\frac{Q_{\text{mom}}}{Q_{\text{mid}}}$	Q_M m³/s	Q_{10} m³/s	Q_{20} m³/s	Q_{50} m³/s	Q_{100} m³/s	Q_{200} m³/s	Q_{500} m³/s
fs 002_34	Otta i innløpet til Skim	1,12	419	594	671	771	846	923	1026
	Bøvra oppstrøms Lom sentrum	1,14	223	304	338	382	415	448	492
fs 002_33	Otta i utløpet av Vågåvatnet	1,04	621	815	898	1006	1088	1168	1275
	I Finna	1,23	132	194	220	254	280	306	339
	Otta nedstrøms samløp med Finna	1,03	659	865	953	1068	1154	1240	1352
fs 002_31	Otta før samløp med Lågen	1,02	684	898	990	1109	1198	1287	1404
fs 002_35	Lågen nedstrøms tilløp fra Lora	1,21	151	218	246	281	307	333	367
	Lågen ved Bottheim	1,19	196	283	318	364	398	431	476
fs 002_32	Lågen ved Nord-Sel bru	1,15	358	516	581	663	725	786	867
	Lågen oppstrøms tilløp fra Ula	1,15	376	542	610	697	761	826	911
fs 002_31	Lågen nedstrøms tilløp fra Ula	1,15	407	586	659	753	823	893	985
	Lågen oppstrøms samløpet med Otta	1,15	411	592	666	761	832	902	995
	Lågen nedstrøms samløpet med Otta	1,05	942	1280	1417	1591	1720	1849	2019
fs 002_30	Lågen ved Harpefoss	1,04	1154	1582	1765	2003	2182	2363	2605
	Lågen ved Hundorp bru	1,04	1161	1592	1776	2015	2195	2377	2621
fs 002_29	Lågen oppstrøms samløp med Frya	1,04	1179	1616	1804	2047	2230	2415	2662
	I Frya	1,22	86	124	139	159	174	189	209
	Lågen nedstrøms samløpet med Frya	1,04	1213	1663	1856	2106	2294	2484	2739
	Lågen oppstrøms samløpet med Våla	1,04	1216	1667	1860	2110	2299	2490	2745
	I Våla	1,27	86	125	140	160	175	190	210
	Lågen nedstrøms samløp med Våla	1,04	1227	1682	1877	2130	2320	2512	2770
	Lågen før samløp med Tromsa	1,04	1235	1694	1890	2145	2336	2530	2790
	I Tromsa	1,29	100	145	163	187	204	221	244
	Lågen etter samløp med Tromsa	1,04	1273	1745	1948	2210	2407	2607	2874
	Lågen ved utløpet av Losna	1,04	1301	1784	1991	2259	2460	2665	2938

Tabell 14. Kulminasjonsvannstander (m) i Vågåvatn og Losna.

Del-prosjekt nr.		V_M m	V_{10} m	V_{20} m	V_{50} m	V_{100} m	V_{200} m	V_{500} m
fs 002_34	Vågåvatn, SK-høyde	363,22	363,63	363,80	363,99	364,14	364,27	364,44
fs 002_29	Losna, SK-høyde	182,49	183,28	183,60	183,98	184,26	184,54	184,89

De høyeste områdene i Ottavassdraget, Jotunheimen, har større høyder enn høytliggende områder nord i Lågen, Dovrefjell og Rondane. Dette gir større snømagasin og senere snøsmelting i Ottavassdraget enn i Lågen. Det er dermed naturlig å anta at flomtopper fra Lågen nord for Otta har passert og er på retur når flomtopper fra Ottavassdraget når Lågen. I

tillegg har lokalfeltet til Lågen nord for Otta lite innsjøer slik at flomdempningen i feltet er liten. I Ottavassdraget gir Vågåvatn større flomdempning. Dette bidrar også til forsinket flomvannføring i Otta sammenlignet med Lågen. Konsekvensen av dette er stor vannføring i Lågen nedstrøms samløpet over et langt tidsrom inntil flommene fra begge delvassdragene har passert. Dermed blir døgnmiddelvannføringen omkring kulminasjonen stor, og forholdet mellom kulminasjonsvannføringen og døgnmiddelet lite. Dette er årsaken til en betydelig reduksjon i $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$ -verdiene i Lågen fra oppstrøms til nedstrøms samløpet med Otta.

Stor økning i vannføring på høye gjentakintervall fra nedstrøms samløpet med Otta til Harpefoss skyldes at både Sjøa og Vinstra, med et feltareal på til sammen 3115 km², tilløper Gudbrandsdalslågen på denne strekningen. Årsaken til at forskjellen i vannføringen på denne elvestrekningen øker med økende gjentakintervall er at større deler av delfeltet bidrar til flomøkning ved store flommer.

Samløpsproblematikk:

Ofte er det tilfellet at det er flom i ei sideelv i et vassdrag uten at det er flomvannføring i selve hovedelva, eller at flommer kulminerer tidligere i sideelver slik at hovedbidraget fra en sideelv under en flomepisode har passert hovedelva før flomvannføringen i selve hovedelva kulminerer. I hydrauliske modeller for vannlinjeberegninger er det nødvendig å beregne vannføringen i hovedelva når flomvannføringen kulminerer i sideelva. Generelt er det i slike tilfeller nødvendig å beregne vannføringen for hver av greinene i samløpet, som regel to elver inn og én ut.

Flommer i de mindre sidevassdragene Finna og Bøvra i Ottavassdraget og Frya, Tromsa og Våla langs Lågen kulminerer stort sett tidligere enn kulminasjonen i hovedelva ved samme flomepisode, på grunn av adskillig mindre nedbørfelt. I hovedelva nedstrøms tilløpet fra sideelvene vil vannføringen avhenge både av flomvannføring i sideelva og vannføringen i hovedelva. Fremgangsmåten ved beregningene for disse sidevassdragene, der flommer kulminerer ett eller flere døgn før hovedelva, er som følger: På grunn av mangel på data med fin tidsoppløsning (timesverdier) er døgnmiddelvannføringen i hovedelva (etter samløpet) samme døgn som flomepisoden i sideelva kulminerer benyttet til å beregne den prosentvise reduksjonen av døgnmiddelvannføringen i hovedelva ved kulminasjon ved samme flomepisode. Antar at samme reduksjon også er representativ for kulminasjonsvannføringer. Vannføringen i den andre elvgreinen inn mot samløpet er så beregnet som differansen mellom beregnet vannføring nedstrøms samløpet ved ulike gjentakintervall og vannføringen i den flomførende sideelva ved tilsvarende gjentakintervall. Ved de fire største flommene i Finna kulminerer hovedelva døgnet etter kulminasjonen i Finna. Da flommene i 1995, 1980 og 1973 kulminerte i Finna var døgnmiddelvannføringen i Otta ved Lalm ca. 80 % av døgnmiddelvannføringen ved kulminasjonen ved Lalm døgnet etter. I Bøvra antas kulminasjon ett døgn før vannstanden i Vågåvatn kulminerer. Dette er basert kun på én flomepisode, flommen i 1995, som er den 7. største ved Akslen i Bøvra. Kulminasjonsvannstanden i Vågåvatn var da 30 cm høyere enn døgnmiddelvannstanden i Vågåvatn dagen før da vannføringen i Bøvra kulminerte. For de tre sideelevene til Lågen, Frya, Våla og Tromsa, er det kun i Frya det finnes observasjoner av vannføring. I Frya kulminerer flommer 1-2 dager før flommen i hovedelva. Tatt i betraktning de fem største flommene i Frya i observasjonsperioden 1987-1998 er døgnmiddelvannføringen både ved

Losna og ved Eide, samme døgn som Frya kulminerer, i gjennomsnitt ca. 80 % av døgnmiddelvannføringen ved kulminasjonen 1-2 døgn etter. Antar at dette er tilfellet på hele elvestrekningen mellom Eide og Losna. Antar også at samme prosentandel er representativ for Våla og Tromsa. Resulterende vannføringer ved samløpet er vist i tabell 15.

I samløpet mellom Otta og Lågen er det benyttet en litt annen fremgangsmåte for tilsvarende samløpsproblematikk. Årsaken til dette er at vannføringen ofte kulminerer innenfor samme døgn ved Rosten i Lågen og ved Lalm i Otta. Siden det ikke eksisterer timesverdier for vannføringen under kulminasjon er det dermed ikke mulig å beregne en tilsvarende prosentvis reduksjon av kulminasjonsvannføringen etter samløpet når en av elvene inn mot samløpet kulminerer. I stedet er det her antatt at flomvannføringen etter samløpet har samme gjentaksintervall som i den flomførende elva inn mot samløpet, slik at flomvannføringene i flomførende elv inn mot samløpet og nedstrøms samløpet kan leses direkte ut fra tabell 13 ved de ulike gjentaksintervallene. Vannføringen i den andre elvegreinen inn mot samløpet er så beregnet som differansen mellom vannføringen etter samløpet ved et gitt gjentaksintervall og vannføringen i den flomførende elva inn mot samløpet for det samme gjentaksintervallet. I samløpet mellom Otta og Lågen er denne problematikken beregnet begge veier, i den ene omgang med Lågen som flomførende elv, i den andre med flom i Otta.

Tabell 15. Samhørende verdier for vannføring i hovedelva ved kulminasjon i sideelvene.

Del-prosjekt nr.		Q_M 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
fs 002_34	Bøvra oppstrøms Lom sentrum	223	304	338	382	415	448	492
	I Vågåvatn (vst., SK-høyder i m)	362,92	363,33	363,50	363,69	363,84	363,97	364,14
fs 002_33	I Finna	132	194	220	254	280	306	339
	Otta oppstrøms samløpet med Finna	395	498	542	600	643	686	742
	Otta nedstrøms samløp med Finna	527	692	762	854	923	992	1082
fs_002_31	Otta oppstrøms samløpet med Lågen	684	898	990	1109	1198	1287	1404
	Lågen oppstrøms samløpet med Otta	258	382	427	482	522	562	615
	Lågen nedstrøms samløpet med Otta	942	1280	1417	1591	1720	1849	2019
	Lågen oppstrøms samløpet med Otta	411	592	666	761	832	902	995
	Otta oppstrøms samløpet med Lågen	531	687	750	829	888	947	1024
	Lågen nedstrøms samløpet med Otta	942	1280	1417	1591	1720	1849	2019
fs 002_29	I Frya	86	124	139	159	174	189	209
	Lågen oppstrøms samløpet med Frya	885	1206	1345	1525	1661	1798	1982
	Lågen nedstrøms samløp med Frya	970	1330	1485	1684	1835	1987	2191
	I Våla	86	125	140	160	175	190	210
	Lågen oppstrøms samløp med Våla	895	1221	1361	1543	1681	1820	2006
	Lågen nedstrøms samløp med Våla	981	1346	1502	1704	1856	2010	2216
	I Tromsa	100	145	163	187	204	221	244
	Lågen oppstrøms samløp med Tromsa	918	1251	1395	1581	1722	1864	2055
	Lågen nedstrøms samløp med Tromsa	1018	1396	1558	1768	1926	2086	2299

6. Kalibreringsdata til hydraulisk modell

Til kalibrering av hydraulisk modell for de utvalgte elvestrekningene i Otta og Lågen ned til Losna foreligger observerte vannlinjer fra flommen i begynnelsen av juni 1995. Basert på observasjoner av vannstand ved de hydrometriske stasjonene i vassdraget er kulminasjonsvannføringen for denne flomepisoden anslått på utvalgte punkter.

For flommen i 1995 finnes observerte kulminasjonsvannføringer ved målestasjonene Losna, Lalm, Rosten, Dombås, Lesjaverk og Vågåvatn. Ved målestasjonene Ofossen, Akslen, Sælatunga, Eide og Frya finnes kun døgnmiddelverdi for kulminasjonen. I Ottavassdraget kulminerte flommen den 3.juni, med unntak av sidevassdragene Bøvra og Finna som kulminerte 2.juni. Med unntak av i Finna var flomvannføringen i Ottavassdraget liten i forhold til i Lågen. I Lågen nord for samløpet med Otta kulminerte flommen den 2.juni, mens den lenger sør ved Eide og Losna kulminerte den 3.juni. Ved Losna kulminerte vannføringen på formiddagen ved 11-12-tiden (3.juni). Ved Rosten var tilsvarende ved 16-tiden (2.juni).

Ved beregning av kulminasjonsvannføringer for flommen i 1995 i de ulike punktene nedover vassdraget er det tatt utgangspunkt i observerte kulminasjonsvannføringer ved de ulike målestasjonene som nevnt over. Kulminasjonsvannføringene er så beregnet ved de øvrige punktene enten ved å skalere opp for forskjell i feltareal, eller ved å finne gjentaksintervall for 95-flommen for de observerte kulminasjonsvannføringene og dermed bruke tilsvarende gjentaksintervall for punkter i nærheten.

Kulminasjonsvannføringen ved Lesjaverk utgjorde en 5-10 års flom. I Lora og i Lågen ned til samløpet med Jora var det ikke store vannføringer sammenlignet med forholdene lenger sørover. Det antas 10-års flom ved Lesjaleirene.

I Frya, Våla og Tromsa kulminerte flommen den 1. juni (konferert med områdeingeniør K. Schult). Det kan dermed antas at flomtoppene i disse mindre sidevassdragene hadde passert hovedelva før flomtoppen fra hovedvassdraget ankom. Ifølge K. Schult var vannføringen i disse sidevassdragene stor i en lengre periode, slik at tilløpet fra disse sideelvene bidro til å øke flomtoppen i hovedelva. Observert døgnmiddelvannføring ved målestasjonen Frya er omregnet til kulminasjonsvannføring, som gir flom med 100 års gjentaksintervall. Samme gjentaksintervall antas også i Våla og Tromsa.

Kulminasjonsverdier i ulike punkter i vassdraget under flommen i 1995 er presentert i tabell 16 og 17.

Tabell 16. Kulminasjonsvannføring (m^3/s) under flommen i 1995.

Del-prosjekt nr.		Q_{kulm} (m^3/s)	Dag for kulminasjon
fs 002_34	Otta i innløpet til Skim	430	3.juni (Ofossen)
	Bøvra oppstrøms Lom sentrum	285	2.juni (Akslen)
fs 002_33	Otta i utløpet av Vågåvatnet	675	3.juni (Vågåvatn)
	I Finna	265	2.juni (Sælatunga)
	Otta nedstrøms samløp med Finna	720	
fs 002_31	Otta før samløp med Lågen	750	3.juni (Lalm)
fs 002_35	Lågen nedstrøms tilløp fra Lora	220	
	Lågen ved Bottheim	285	
fs 002_32	Lågen ved Nord-Sel bru	765	
	Lågen oppstrøms tilløp fra Ula	805	
fs 002_31	Lågen nedstrøms tilløp fra Ula	870	
	Lågen oppstrøms samløpet med Otta	880	2.juni (Rosten)
	Lågen nedstrøms samløpet med Otta	1360	3.juni (konstruert serie)
fs 002_30	Lågen ved Harpefoss	2216	3.juni (Eide)
	Lågen ved Hundorp bru	2285	
	Lågen oppstrøms samløp med Frya	2325	
	I Frya	175	31.mai-1.juni (Frya)
fs 002_29	Lågen nedstrøms samløpet med Frya	2390	
	Lågen oppstrøms samløpet med Våla	2395	
	I Våla	175	
	Lågen nedstrøms samløp med Våla	2415	
	Lågen før samløp med Tromsa	2435	
	I Tromsa	205	
	Lågen etter samløp med Tromsa	2460	
	Lågen ved utløpet av Losna	2510	3.juni (Losna)

Tabell 17. Kulminasjonsvannstander (m) under flommen i 1995

Del-prosjekt nr.		V_{kulm} (m)
fs 002_34	Vågåvatn, SK-høyde	363,34
fs 002_29	Losna, SK-høyde	184,33

Tabell 16 viser at økningen i kulminasjonsvannføring på strekningen fra nedstrøms samløpet mellom Otta og Lågen til Harpefoss er på omkring $850 m^3/s$. På denne strekningen tilløper Sjoa, Vinstra og noen andre mindre sideelver. 2/3 av økningen skjer imidlertid på strekningen ned til målestasjonen Eide oppstrøms tilløpet fra Vinstra, der beregnet kulminasjonsvannføring er $1950 m^3/s$ (GLB). Sjoa (som kulminerte 2.juni) har en døgnmiddelvannføring på $276 m^3/s$ den 3.juni da Lågen (nedstrøms tettstedet Otta) kulminerte. En økning i kulminasjonsvannføring på $600 m^3/s$ på denne strekningen den 3.juni, der Sjoa gir det største bidraget, virker derfor mye. Videre er det en økning i

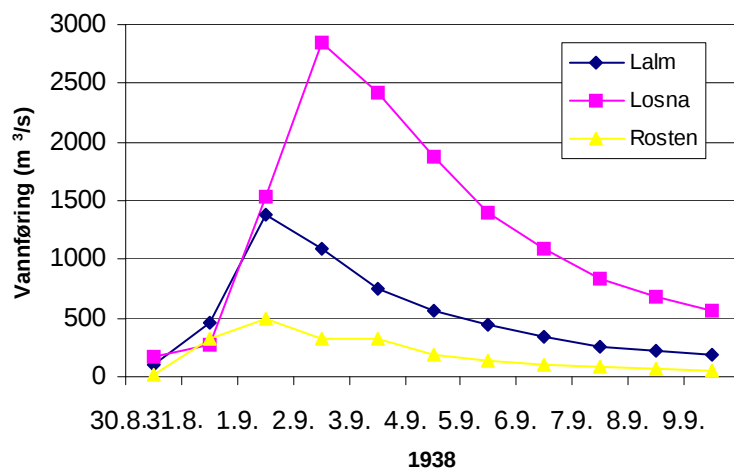
kulminasjonsvannføring på strekningen fra Eide til Harpefoss (kulm. 2216 m³/s jfr. Vannkraft Øst, Lillehammer) på omkring 260 m³/s. Driftsvannføringen i Vinstra utgjorde ca. 130 m³/s (GLB) da Lågen kulminerte. Fremkommede kulminasjonsvannføringer synes å være beregnet på best mulige måte. Bedre estimerer på kulminasjonsvannføringer på denne strekningen lar seg vanskelig gjøre da det er sparsomt med observerte kulminasjonsvannføringer til sammenligning. Beregninger av kulminasjonsvannføringer på denne strekningen er utført på følgende måte; Nedstrøms samløpet mellom Otta og Lågen er det i beregningen tatt utgangspunkt i døgnmiddelvannføringen for den konstruerte serien under kulminasjonen den 3.juni. Døgnmiddelvannføringen er skalert opp med faktoren som fremkommer i tabell 13. Kulminasjonsvannføringen ved målestasjonen Eide er beregnet av GLB. Kulminasjonsvannføringen ved Harpefoss er opplyst av Vannkraft Øst på Lillehammer.

7. Observerte flommer

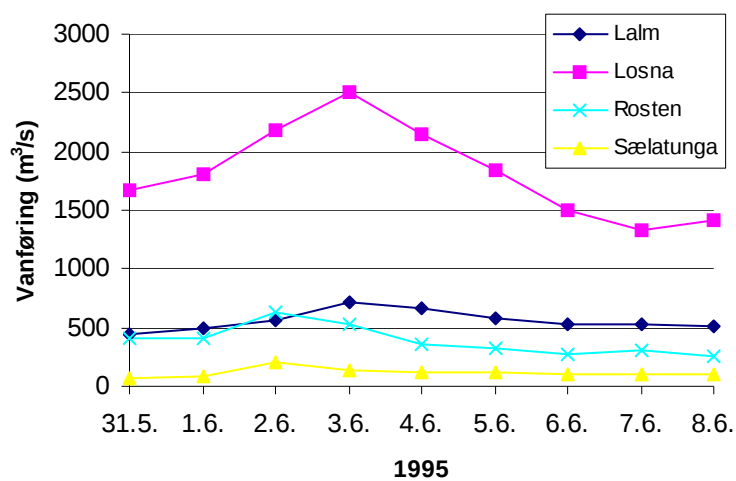
De største observerte flommene i vassdraget er vist i tabell 1. Gjentakintervall på flommer er avhengig av hvilken varighet som betraktes. Ved en observert flom kan kulminasjonsvannføringen ha ett gjentakintervall mens døgnmiddelvannføringen kan ha et annet.

Den største observerte flommen i Ottavassdraget og i Gudbrandsdalslågen på strekningen mellom tilløpet fra Otta og Losna var en regnflom i begynnelsen av september 1938. Døgnmiddelvannføringen var da på $1387 \text{ m}^3/\text{s}$ ved Lalm i Otta og $2852 \text{ m}^3/\text{s}$ ved Losna i Lågen. Dette tilsvarer i overkant av en 500-års flom både ved Lalm og ved Losna. I Lågen nord for tilløpet fra Otta, ved Rosten, var dette den fjerde største flommen som er observert, med en døgnmiddelvannføring på $501 \text{ m}^3/\text{s}$, hvilket tilsvarer en 20-års flom. Figur 18. viser plot av forløpet under 1938-flommen for målestasjonene. Det spesifikke døgnmidlet for flommen 2. september 1938 minket nedover vassdraget fra 352 l/skm^2 ved Lalm og 275 l/skm^2 ved Rosten til 254 l/skm^2 ved Losna. Langt oppe i Lågen, ved Rosten nord for tilløpet fra Otta, er 95-flommen den størst observerte, med en døgnmiddelvannføring på $627 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette tilsvarer en 100-års flom.

Den nest største observerte flommen i Lågen ved Losna var smelte- og regnflommen i begynnelsen av juni 1995. Denne flomepisoden gjorde seg mest gjeldende i de østlige sidevassdragene til Lågen, og tilførselen av vann til hovedelva gjorde at denne også svømmet over sine bredder. Flommen kulminerte ved Losna om ettermiddagen den 3. juni på en døgnmiddelvannføring på $2497 \text{ m}^3/\text{s}$, hvilket tilsvarer omtrent en 180-års flom. Fra de regulerte elvene Otta og Vinstra var bidragene mer moderate. I Otta ved Lalm kulminerte flommen på en døgnmiddelvannføring i overkant av middelflom. Figur 19. viser plot av forløpet under 1995-flommen ved disse målestasjonene. Det spesifikke døgnmidlet for flommen 2. og 3. juni 1995 var 184 l/skm^2 ved Lalm, 344 l/skm^2 ved Rosten og 225 l/skm^2 ved Losna. Kulminasjonsvannføringer for tilsvarende flomepisode ved de samme målestasjonene var som følger; Ved Losna ble det observert en kulminasjonsvannstand på 6,07 m, som via den da gjeldende vannføringskurven tilsvarer en vannføring på $2512 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette tilsvarer ca. 180-års flom. Ved Rosten var kulminasjonsvannstanden 5,53 m som tilsvarer $765 \text{ m}^3/\text{s}$. Ved Lalm var observert kulminasjonsvannstand 4,89 m, som ved omregning gir $729 \text{ m}^3/\text{s}$. Sammenligning av flomstørrelsene mhp. gjentakintervall for flommen i 1995 viser at døgnmiddelvannføringen ikke avviker i stor grad fra kulminasjonsvannføringene.



Figur 18. Flomforløp for 1938-flommen (døgnmiddelverdier) i forskjellige deler av vassdraget.



Figur 19. Flomforløp for 1995-flommen (døgnmiddelverdier) i forskjellige steder i vassdraget.

8. Usikkerhet

Datagrunnlaget for flomberegning i Gudbrandsdalslågen nord for Losna, inkludert Ottavassdraget, kan stort sett karakteriseres som bra. Det foreligger lange observasjonsserier av vannføring både ved Lalm, nederst i Otta, ved Rosten i Lågen nord for tettstedet Otta og ved Losna nederst på strekningen som er analysert. I tillegg finnes flere gode vannmerker, men med noe kortere observasjonsperioder, som er benyttet i analysen. På enkelte elvestrekninger er det allikevel usikkerheter i beregningene pga. få målestasjoner og usikkerhet i kvaliteten på de observerte dataene som finnes. Dette er spesielt tilfellet på strekningen fra Vinstra til Harpefoss og videre ned til Ringebu, og i de mindre sidevassdragene Frya, Tromsa og Våla. Ellers har reguleringene som regel mindre innvirkning på flomvannføringer med store gjentakintervall (reguleringsprosent er ca. 12 %). De uavhengige flomfrekvensanalyser som er utført viser et godt samsvar, slik at den regionale frekvensfordelingen er godt bestemt. Stor usikkerhet ligger i de beregnede kulminasjonsvannføringene ved de ulike gjentakintervall, da det var sparsomt med data med fin tidsoppløsning (timesverdier) i store deler av vassdraget. Dette gjorde det vanskelig å få sammenlignet døgnmiddelverdier med momentanverdier ved kulminasjon.

Allikevel er det en hel del usikkerheter knyttet til slike flomberegninger. De observasjoner som foreligger er av vannstander. Disse omregnes ut fra en vannføringskurve til vannføringsverdier. Vannføringskurven er basert på et antall samtidige observasjoner av vannstand og målinger av vannføring i elven. Men disse direkte målinger er ikke utført på ekstreme flommer. De største flomvannføringene er altså beregnet ut fra et ekstrapolert samband mellom vannstander og vannføringer, dvs. også "observerte" flomvannføringer kan derfor inneholde en stor grad av usikkerhet.

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 høyeste 24-timersmiddel alltid vil være mer eller mindre større enn høyeste 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.

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 godt, og beregningen kan ut fra dette kriterie klassifiseres i klasse 1, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

Referanser

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

Wathne, M. & Alfredsen, K. 1998: Modellstudie av reguleringens flomdempende effekt i Gudbrandsdalslågen. HYDRA-rapport nr. F03, SINTEF.

Wingård, B. 1978: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. Rapport nr. 2-78, NVE.

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

Utgitt i Dokumentserien i 2000

- Nr. 1 Rune V. Engeset (red.): NOSIT - utvikling av NVEs operasjonelle snøinformasjonstjeneste (77 s)
- Nr. 2 Inger Sætrang (red):Statistikk over overføringstariffer (nettleie) i Regional- og distribusjonsnettet 2000 (55 s.)
- Nr. 3 Bjarne Kjøllmoen, Hans Christian Olsen og Roger Sværd: Langfjordjøkelen i Vest-Finnmark
Glasiohydrologiske undersøkelser (56 s.)
- Nr. 4 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Otta og Gudbrandsdalslågen
-Flomsonekartprosjektet (40 s.)