



Flomsonekartprosjektet

Flomberegning for Dale i Bergsdalsvassdraget

Lars-Evan Pettersson

18
2002



D
O
K
U
M
E
N
T

Flomberegning for Dale i Bergsdalsvassdraget (061.Z)

Norges vassdrags- og energidirektorat

2002

Dokument nr 18 - 2002

Flomberegning for Dale i Bergsdalsvassdraget (061.Z)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Lars-Evan Pettersson

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 30

Forsidefoto: Fra Daleelvi. (Foto: Siss-May Edvardsen, NVE-RV)

ISSN: 1501-2840

Sammendrag: I forbindelse med Flomsonekartprosjektet i NVE er det som grunnlag for vannlinjeberegning og flomsonekartlegging utført flomberegning for et delprosjekt i Bergsdalsvassdraget i Hordaland. Flømvannføringer med forskjellige gjentaksintervall er beregnet for Daleelvi ved Dale kraftverks utløp.

Emneord: Flomberegning, flømvannføring, Bergsdalsvassdraget.

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

November 2002

Innhold

Forord	4
Sammendrag	5
1. Beskrivelse av oppgaven	6
2. Beskrivelse av vassdraget	6
3. Hydrometriske stasjoner	8
4. Flomdata	10
5. Beregning av flomverdier	11
6. Usikkerhet	15
Referanser	16

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 og flomvannstander beregnes. Grunnlaget for flomberegninger er NVEs omfattende database over observerte vannstander og vannføringer, og NVEs hydrologiske analyseprogrammer, for eksempel det som benyttes for flomfrekvensanalyser.

Denne rapporten gir resultatene av en flomberegning som er utført i forbindelse med flomsonekartlegging for tettstedet Dale i Bergsdalsvassdraget i Hordaland. Rapporten er utarbeidet av Lars-Evan Pettersson og kvalitetskontrollert av Erik Holmqvist.

Oslo, november 2002



Kjell Repp
avdelingsdirektør



Sverre Husebye
seksjonssjef

Sammendrag

Flomberegningen for Bergsdalsvassdraget gjelder et delprosjekt i NVEs Flomsonekartprosjekt: fs 061_1 Dale. Kulminasjonsvannføringer ved forskjellige gjentaksintervall er beregnet for Daleelvi ved Dale kraftverks utløp straks nedstrøms Dale sentrum. Det er noe mangelfullt med flomdata fra vassdraget. Beregningen er delvis basert på en simulert dataserie for uregulerte forhold i vassdraget. I tillegg finnes det flomdata fra en rekke målestasjoner ellers i området, hvorav noen av observasjonsseriene er meget lange.

Bergsdalsvassdraget er regulert og det er alltid vanskelig å ta hensyn til reguleringer slik at gjentaksintervallet på de beregnede flomverdiene blir riktig. Beregningen av hvor mye overføringene til vassdraget betyr er grov, det er bl.a. ikke tatt hensyn til gjeldende manøvreringsreglements bestemmelse at ”Bergsdalselvas flomvannføring må så vidt mulig ikke forøkes”. Resulterende flomverdier kan derfor karakteriseres som konservative. Resultatet av beregningen, kulminasjonsvannføringer i m^3/s , ble:

Q_M	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}
145	174	196	217	242	260	277	300

Vannføringsverdiene gjelder totalvannføringen ved Dale kraftverks utløp. Hvis kraftverket er i drift vil $43 m^3/s$ gå gjennom det, og vannføringen i elven blir tilsvarende mindre. Hvis kraftverket står, vil alt vann gå i elven.

Beregningsgrunnlaget er noe mangelfullt og beregningen kan av den grunn klassifiseres i klasse 2, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

1. Beskrivelse av oppgaven

Flomsonekart skal konstrueres for en strekning ved Dale sentrum i Bergsdalsvassdraget i Hordaland, delprosjekt fs_061.1 Dale i NVEs Flomsonekartprosjekt. Som grunnlag for flomsonekartkonstruksjonen skal midlere flom og flommer med gjentaksintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år beregnes for Daleelvi ved Dale kraftverks utløp i elven.

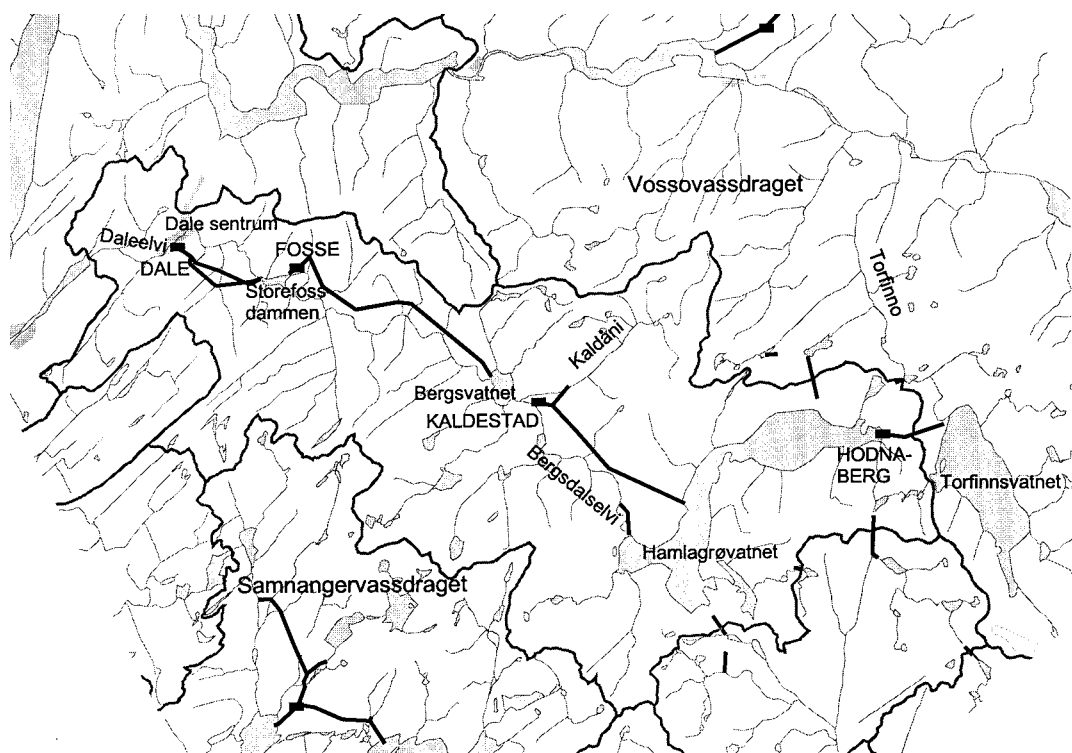
2. Beskrivelse av vassdraget

Bergsdalsvassdraget ligger til største delen i Vaksdal kommune i Hordaland. Nedbørfeltet er på 198 km². Høyeste punkt er på ca. 1200 moh., mens feltets midlere høyde er 740 moh. Bergsdalsvassdraget grenser mot Vossovassdraget i nordøst og mot Samnangervassdraget i sørvest, og har ellers mindre vassdrag rundt seg. Øverst i feltet ligger Hamlagrøvatnet, 587 moh. Fra utløpet i sørvestenden renner Bergsdalselvi mot nordvest 15-20 km til tettstedet Dale hvor elven dreier mot sørvest og snart faller ut i fjorden. Den nederste strekningen av elven kalles Daleelvi. Den eneste sideelven av noen størrelse er Kaldåni, som renner til fra nordøst 5 km nedstrøms Hamlagrøvatnets utløp.

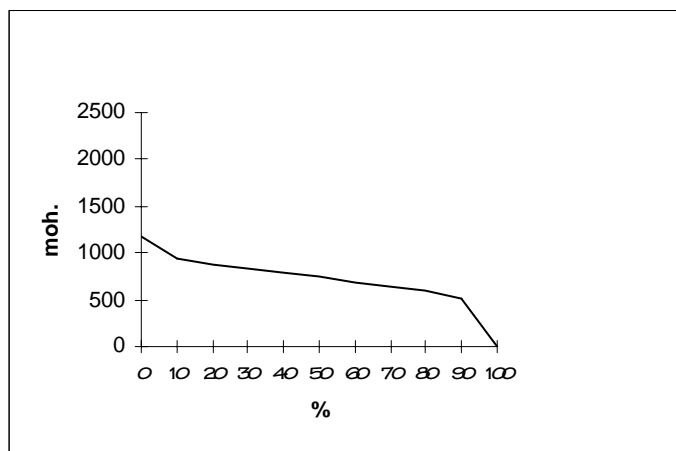
Bergsdalsvassdraget ble utbygd for kraftproduksjon i slutten av 1920-årene, da Dale kraftverk nederst i vassdraget ble anlagt. I 1932 ble et felt i Torfinno, en sideelv til Vosso, overført til Bergsdalsvassdraget. Denne overføringen, som også omfattet en regulering av Torfinnsvatnet, var den første store vassdragsoverføringen som det er gitt konsesjon på i Norge. Senere er flere, mindre felt overført fra nabovassdragene til Bergsdalsvassdraget oppstrøms Hamlagrøvatnet. Totalt er ca. 78 km² overført til Bergsdalsvassdraget.

Det er 4 kraftverk i vassdraget. Hodnaberg kraftverk ble bygd i 1950-årene og utnytter fallet fra Torfinnsvatnet til Hamlagrøvatnet. Hamlagrøvatnet, som ble regulert første gang i 1928, har et areal på 10.3 km² og et nedbørfelt på 69 km². Det er inntaksmagasin for Kaldestad kraftverk. Dette kraftverket ble satt i drift i 1964 og ligger 5 km nedstrøms magasinet. Like nedstrøms dette kraftverks utløp ligger Bergsvatnet, som er inntaksmagasin for Fosse kraftverk. Fra Bergsvatnet fører en drøyt 7 km lang driftstunnel til kraftverket, som ble bygd i første delen av 1950-årene. Litt nedenfor Fosse kraftverk ligger Storefosdammen ca. 400 moh. Den har et lite areal, 0.2 km², og er inntaksmagasin for Dale kraftverk. Dammen sto ferdig i 1948. Kraftverket, som ligger like nedstrøms Dale sentrum, utnytter et fall på om lag 370 m gjennom den 2.5 km lange driftstunnelen. De første aggregatene ble satt i drift i 1927, og senere har flere utvidelser funnet sted, de siste i slutten av 1980-årene. Da ble en ny kraftstasjon anlagt, noe som medførte større driftsvannføring. Før 1990 var maksimal driftsvannføring ca. 30 m³/s, men er nå 43 m³/s.

Den naturlige middelvannføringen i Daleelvi ved utløpet i fjorden er ca. 20 m³/s, noe som tilsvarer en spesifikk avrenning på 102 l/s•km². Dette er beregnede verdier hentet fra NVEs avrenningskart for perioden 1961-1990. I tillegg kommer vann fra de overførte arealene. Bergsdalsvassdraget ligger så nært kysten at det er utsatt for regnvær



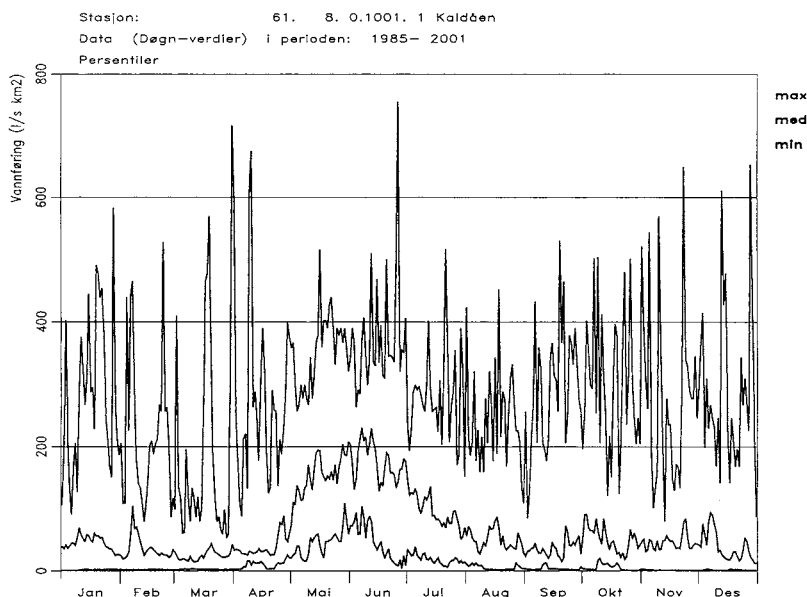
Figur 1. Kart over Bergsdalsvassdraget.



Figur 2. Hypsografisk kurve for Bergsdalsvassdraget. Kurven viser hvor stor prosent av det totale feltarealet som ligger over en gitt høyde.

og flom så å si hele året. Flommene i vassdraget er meget raske og intense på grunn av få innsjøer i den nedre delen av vassdraget. Hamlagrøvatnet demper ofte flombidraget fra den øvre delen av vassdraget, inklusive overføringene, men ofte kan magasinet være oppfylt, slik at dempningseffekten er liten. Data fra sideelven Kaldåni kan illustrere avrenningsforholdene i vassdraget. Figur 3 viser karakteristiske, spesifikke vannføringsverdier for hver dag i løpet av året for målestasjonen 61.8 Kaldåen. Øverste kurve (max) viser største observerte vannføring og nederste kurve (min) viser minste observerte vannføring. Den midterste kurven (med) er mediankurven, dvs. det

er like mange observasjoner i løpet av referanseperioden som er større og mindre enn denne.



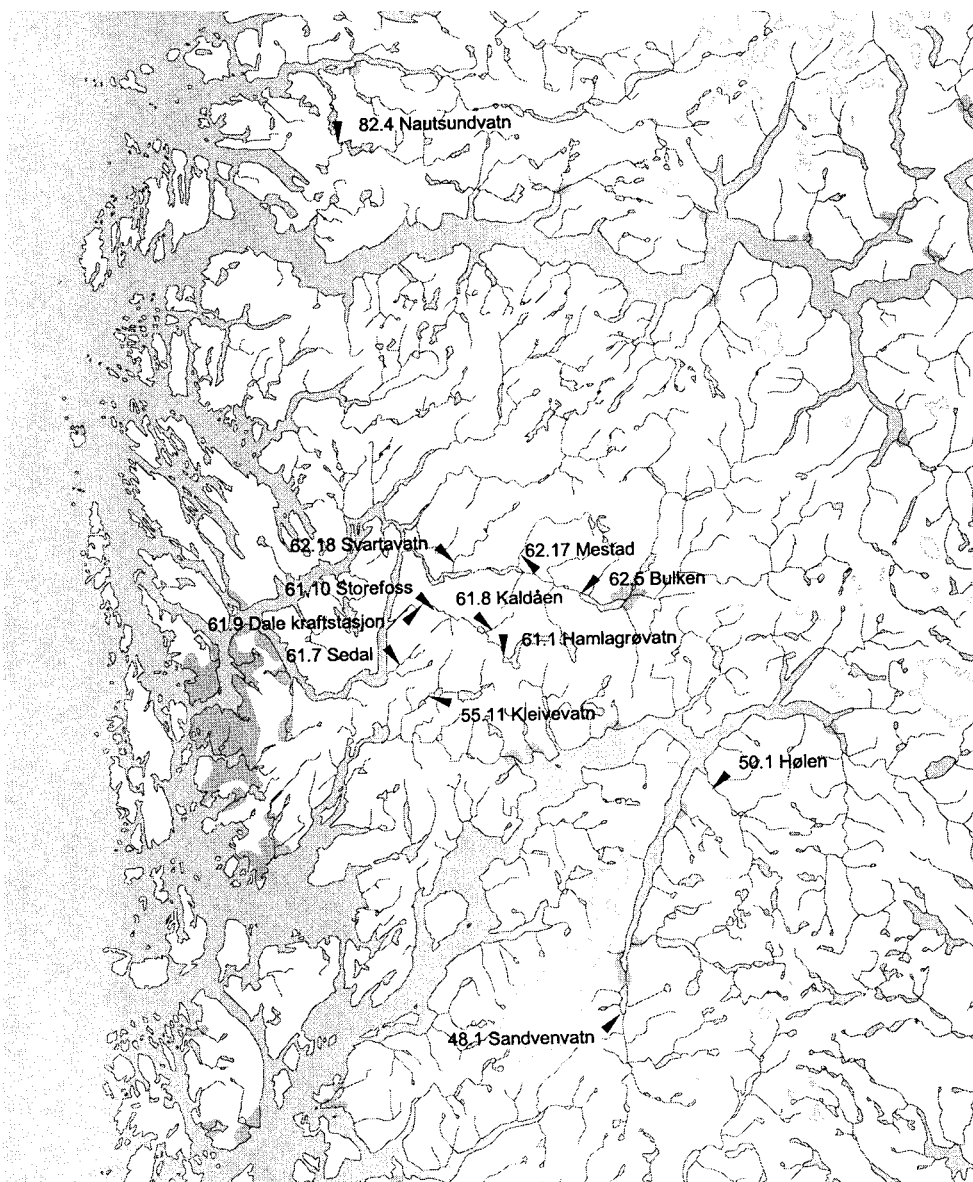
Figur 3. Karakteristiske vannføringer i Kaldåni i Bergsdalsvassdraget, perioden 1987-2001. Vannføringsverdier årene 1985 og 1986 mangler pga. ikke komplette data de årene.

3. Hydrometriske stasjoner

Aktuelle målestasjoner for vannstand og vannføring i og nært Bergsdalsvassdraget er vist i tabell 1 og figur 4.

Tabell 1. Hydrometriske stasjoner i og nært Bergsdalsvassdraget.

Nr.	Navn	Feltareal, km ²	Obs.periode	Vst.	Vf.	Merknad
61.1	Hamlagrøvatn	69.0	1923-	x		Regulert i 1928
61.8	Kaldåen	16.1	1985-	x	x	Uregulert
61.9	Dale kraftstasjon		1963-1989		x	Driftsvannføring
61.10	Storefoss	171	1965-	x		Regulert hele perioden
55.11	Kleivevatn	99.8	1912-1949	x	x	Regulert hele perioden
61.7	Sedal	11.4	1944-1978	x	x	Uregulert
62.5	Bulken	1094	1892-	x	x	Ubetydelig regulert
62.17	Mestad	139	1985-	x	x	Regulert hele perioden
62.18	Svartavatn	72.1	1987-	x	x	Uregulert
48.1	Sandvenvatn	470	1908-	x	x	Uregulert
50.1	Hølen	232	1923-	x	x	Ubetydelig regulert
82.4	Nautsundvatn	196	1908-	x	x	Uregulert



Figur 4. Hydrometriske stasjoner i og nært Bergsdalsvassdraget.

Vannstandene i Storefossdammen, som er observert ved målestasjon 61.10, kan omregnes til vannføring, dvs. flomtap over det faste overløpet, ved bruk av overløpsformelen. Disse vannføringer vil sammen med driftsvannføringen, målt ved 61.9, representere den totale vannføringen ved Storefossen. Det er imidlertid en del usikkerhet knyttet til disse data. Det er usikkert om de observerte vannstandene er momentanverdier eller døgnmidler, og det er noe usikkert om den teoretiske overløpsformelen gir riktig vannføringskurve. Overløpsformelen er beregnet ut fra terskelverdien 402 moh., som er HRV for Storefossdammen, overløpslengden 45 m og overløpskoeffisienten 2.0.

Ved den eneste uregulerte målestasjonen i Bergsdalsvassdraget, 61.8 Kaldåen, er det et fast bestemmende profil og vannføringskurven er beregnet teoretisk uten kontrollmålinger ved store vannføringer.

55.11 Kleivevatn lå i Samnangervassdraget like sør for Bergsdalsvassdraget. Nedbørfeltet var regulert i hele stasjonens observasjonsperiode. Også de største flommene må man regne med var påvirket av reguleringen og dempet i forhold til naturlig tilstand.

61.7 Sedal lå i Vaksdalsvassdraget like sørvest for Bergsdalsvassdraget, mens 62.18 Svartavatn ligger i Tysselvi, som faller ut i Bolstadjorden litt utenfor Vossovassdragets utløp i samme fjord. Disse stasjoner er ikke påvirket av regulering.

62.17 Mestad er en regulert stasjon, som ligger i Teigdalselvi, en sideelv i Vossovassdraget som faller ut i Evangervatnet.

Flomdata fra de sistnevnte fire stasjonene må betraktes som temmelig usikre, fordi største vannføringsmåling som er utført ved de er bare på 20-25 % av midlere flom. Vannføringskurvene er derfor ekstrapolert relativt langt ut over det tilgjengelige grunnlagsmaterialet.

62.5 Bulken ligger i Vangsvatnet i Vossovassdraget og har en meget lang observasjonsserie der flomdata regnes å være av god kvalitet.

Tre litt mer fjerntliggende stasjoner, med lange observasjonsserier og hvor flomdata antas å ha god kvalitet, er tatt med. De er 48.1 Sandvenvatn, som ligger i Opo sør for Sørfjorden i Hardanger, 50.1 Hølen, som ligger i Kinso i Hardanger og 82.4 Nautsundvatn, som ligger i Guddalsvassdraget litt nord for ytre Sognefjorden.

4. Flomdata

Vannføringsobservasjoner ved målestasjonene viser at de største flommene i området vanligvis opptrer om høsten, men at det enkelte år kan være vårfloppen som er den største. Ved den mer enn 100 år lange observasjonsserien ved 62.5 Bulken fant tre av de fem største flommene sted i oktober-november og to i juni. Ved den uregulerte målestasjonen 61.8 Kaldåen i Bergsdalsvassdraget er de seks største flommene fordelt på mars, april, juni, oktober, november og desember.

Den lengste observasjonsserien i nedre del av Bergsdalsvassdraget, som finnes i NVEs hydrologiske database, er vannstander ved 61.10 Storefoss. Også her dominerer høstfloppene i oktober-november. Den høyeste flomvannstanden som er registrert i databasen er 403.80 m 28. november 1971. Dette er sannsynligvis en feilregistrering. Noen enkeltopplysninger som finnes om vannføring over Storefossdammen sier at det ikke var særlig stor vannføring i slutten av november, men større vannføring flere andre perioder i løpet av det året. Observasjonene ved Bulken viser at floppen i begynnelsen av november var den største det året, og den er i tillegg den femte største i hele observasjonsperioden.

Den høyeste observerte flomvannstanden ved Storefosdammen er rapportert av regulanten som 403.56 m på kvelden 26. oktober 1995. I følge regulanten tilsvarer det en vannføring på 181 m³/s, og i tillegg var det driftsvannføring gjennom kraftverket på ca. 43 m³/s. Den nest høyeste observerte flomvannstanden er rapportert som 403.39 m på morgenen 13. juni 2000. Vannføringen over overløpet er oppgitt til 140 m³/s, og i tillegg var det driftsvannføring gjennom kraftverket på ca. 43 m³/s. Disse flomvannstander er momentanverdier ved kulminasjon. I databasen finnes det ytterligere fem flomverdier over 403.30 m. Disse er sannsynligvis også momentanverdier, men det er usikkert om de er observert ved kulminasjon eller ved et fast klokkeslett.

Disse flommer var;

10.01.1971 403.35 m

27.10.1983 403.33 m

11.11.1986 403.33 m

28.01.1989 403.31 m

27.10.1967 403.30 m

Vannføringen var under disse flommer stort sett 160-170 m³/s, hvorav ca. 30 m³/s gikk i kraftverket.

De største observerte flommene ved 61.8 Kaldåen er 12.10.1985 på 13.6 m³/s og 26.06.1989 på 11.7 m³/s. Flommen i oktober 1985 var ikke særlig stor ved Storefosdammen, men i juni 1989 steg vannstanden med nesten 3.5 m på to dager til 403.01 m. Samtidig var flommen 27. juni på 551 m³/s ved Bulken. Dette er den nest største observerte i Vosso, etter flommen 10. oktober 1918, som var på 598 m³/s.

5. Beregning av flomverdier

Det er utført flomfrekvensanalyser på årsflommer for aktuelle vannføringsstasjoner, se tabell 1. I tillegg er analyser utført for den beregnede serien for Storefoss, hvor overløpet er beregnet ut fra vannstander og en overløpsformel tillagt driftsvannføringen, som den er observert ved 61.9 Dale kraftstasjon, samt for simulerte data-serier for 62.5 Bulken og for Bergsdalsvassdraget.

De simulerte seriene for Bulken og Bergsdalsvassdraget er fremkommet ved bruk av den nedbør-avløpsmodell, som har ligget til grunn for beregning av nytt vannbalanse-kart (Avrenningskart for Norge, NVE-dokument 2-2002). Modellen gir daglige vannføringsverdier for de to feltene for perioden 1961-1990. Simuleringen for Bergsdalsvassdraget gir vannføringsverdier som er representative for uregulerte forhold.

Resultatet av flomfrekvensanalysene er vist i tabell 2, hvor midlere flom, Q_M , og forholdstallene Q_T / Q_M presenteres.

Tabell 2. Flomfrekvensanalyser, døgnmiddel av årsflommer.

	Areal km ²	Periode	Antall år	Q _M m ³ /s	Q _M l/s•km ²	Q ₅ / Q _M	Q ₁₀ / Q _M	Q ₂₀ / Q _M	Q ₅₀ / Q _M	Q ₁₀₀ / Q _M	Q ₂₀₀ / Q _M	Q ₅₀₀ / Q _M
61.10 Storefoss	171	1965-1989	23	106	617	1.26	1.47	1.68	1.94	2.14	2.33	2.59
Bergsdalsvassdraget	193	1965-1989	25	88.8	460	1.16	1.27	1.36	1.48	1.56	1.64	1.74
Bergsdalsvassdraget	193	1961-1990	30	88.5	459	1.16	1.26	1.35	1.46	1.54	1.61	1.71
62.5 Bulken	1094	1965-1989	25	354	323	1.19	1.33	1.46	1.61	1.73	1.84	1.98
Bulken, simulert	1094	1965-1989	25	303	277	1.14	1.26	1.37	1.51	1.62	1.72	1.86
62.5 Bulken	1094	1892-2001	110	339	310	1.20	1.33	1.45	1.58	1.68	1.76	1.87
61.8 Kaldåen	16.1	1985-2001	15	9.26	575	1.14	1.24	1.32	1.42	1.49	1.55	1.64
62.18 Svartavatn	72.1	1988-2001	14	82.5	1144	1.21	1.35	1.46	1.60	1.70	1.80	1.91
62.17 Mestad	139	1986-2000	15	84.1	607	1.18	1.30	1.40	1.51	1.59	1.67	1.77
55.11 Kleivevatn	99.8	1912-1948	37	84.6	848	1.32	1.55	1.75	2.00	2.18	2.35	2.57
61.7 Sedal	11.4	1944-1978	35	20.8	1824	1.42	1.71	1.96	2.26	2.48	2.69	2.95
48.1 Sandvenvatn	470	1909-2000	92	284	605	1.24	1.44	1.64	1.89	2.09	2.29	2.56
50.1 Hølen	232	1923-2001	79	74.8	322	1.20	1.37	1.53	1.73	1.89	2.04	2.24
82.4 Nautsundvatn	196	1909-2001	93	208	1059	1.28	1.51	1.73	2.01	2.23	2.45	2.74
Årsflom, K2, 1997						1.24	1.44	1.62	1.87	2.07	2.25	2.50

Noen av frekvensanalysene er gjort spesielt for perioden 1965-1989, fordi det er den perioden som totalvannføringen ved Storefoss kan beregnes. Dog mangler det verdier i 1969 og 1970.

Analysene for flere stasjoner gir et forholdstall for Q_{200} / Q_M på 1.6-1.8, blant annet den lange serien for Bulken. Den analysen er hentet fra en flomberegningsrapport i Flomsonekartprosjektet for Vosso (under utarbeidelse). Også den simulerte serien for Bergsdalsvassdraget gir et forholdstall i den størrelsesordenen. Analyser for flere andre stasjoner gir imidlertid tilsvarende forholdstall på 2.2-2.4, både noen av de lange dataseriene og også den observerte dataserien for Storefoss. Frekvensfaktorene for årsflomområdet K2 i ”Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag” fra 1997 er også av denne størrelsesorden. Det er derfor ikke entydig hva som vil være de mest representative frekvensfaktorene for Bergsdalsvassdraget. Det velges å legge midlet av frekvensfaktorene for Bulken og for Sandvenvatn til grunn for de videre beregningene i Bergsdalsvassdraget.

Sammenligning med observerte data viser at midlere flom for Bulken blir underestimert i den simulerte serien med ca. 14 % ($303/354 = 0.86$). Også frekvensfaktorene blir noe underestimert. Allikevel vil i mange tilfeller slike simulerte serier være et meget godt grunnlag for å anslå midlere flom i et felt hvor vannføringsdata mangler eller er sparsomme.

Spesifikk midlere flom varierer stort i området, fra rundt 300 l/s•km² i Bulkens store felt til over 1800 l/s•km² i det lille Sedalfeltet, som ligger langt vest i området.

Hvis en antar at simuleringen for Bergsdalsvassdraget, perioden 1961-1990, har underestimert flommene like mye som de ble ved Bulken, 14 %, blir midlere flom for uregulerte forhold i vassdraget 523 l/s•km² ($1.14 \cdot 459$). Dette vurderes å være i

rimelig samsvar med middelflomverdien for delfeltet 61.8 Kaldåen i vassdraget, som er på 575 l/s•km².

Den observerte, spesifikke verdien for midlere flom ved 61.10 Storefoss på 617 l/s•km² er påvirket av de overføringer til feltet som har funnet sted under flomepisoder. Arealet som har bidratt til flommene har altså vært større enn det naturlige. Den spesifikke verdien for midlere flom skal altså være noe mindre enn 617 l/s•km². I tillegg er flomdataene usikre, fordi man vet ikke om flomvannstandene i Storefossdammen representerer døgnmidler eller momentanverdier, og i slike tilfeller om de er kulminasjonsvannstander eller ikke. Også ut fra dette vurderes 523 l/s•km² som et rimelig anslag for midlere flom for Bergsdalsvassdraget i uregulert tilstand.

Flomberegningen skal utføres for Bergsdalsvassdraget ved Dale sentrum der kanalen fra Dale kraftverk har utløp i elven. Nedbørfeltets areal er der 183 km², det øker med i underkant av 12 km² fra Storefossdammen. Midlere flom er derfor 183 • 0.523 = 96 m³/s.

Det finnes ikke noe grunnlag fra vassdraget for å vurdere hvor mye større kulminasjonsvannføringen er enn døgnmiddelvannføringen ved Dale sentrum. Det anslaget må isteden baseres på de ligninger basert på feltparametere som er utledet i ”Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag” av 1997 for å beregne dette forholdstallet mellom kulminasjonsvannføring (momentanvannføring) og døgnmidelvannføring. Formelen for vårflokker er:

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

mens formelen for høstflokker er:

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

hvor A er feltareal og A_{SE} er effektiv sjøprosent. For Bergsdalsvassdraget benyttes formelen for høstflokker, dvs. da nedbøren er den dominerende årsaken til flommene. Med feltareal 183 km² og effektiv sjøprosent 2.56 % blir forholdstallet 1.20.

Resulterende kulminasjonsvannføringer ved flokker med forskjellige gjentaksintervall for uregulerte forhold i Bergsdalsvassdraget er vist i tabell 3.

Tabell 3. Flomverdier for Bergsdalsvassdraget for uregulerte forhold.

	Areal km ²	Kulm./ døgn	Q _M m ³ /s	Q ₅ m ³ /s	Q ₁₀ m ³ /s	Q ₂₀ m ³ /s	Q ₅₀ m ³ /s	Q ₁₀₀ m ³ /s	Q ₂₀₀ m ³ /s	Q ₅₀₀ m ³ /s
Q _T /Q _M			1.00	1.22	1.39	1.55	1.74	1.89	2.03	2.22
Dale, døgnmiddel	183		96	117	133	148	166	180	194	212
Dale, kulminasjon	183	1.20	115	140	159	177	199	216	233	254

Flomverdiene i tabell 3 representerer flokker i det uregulerte vassdraget. Hamlagrøvatnet er oppfattet som en uregulert innsjø, mens i virkeligheten kan sannsynligvis flommene derfra delvis dempes ved manøvrering. I tillegg kommer vann som overføres til Bergsdalsvassdraget.

Tabell 4 gir en oversikt over overføringene til Bergsdalsvassdraget, både overført areal og maksimal kapasitet på overføringen. Opplysningene om overføringskapasiteter er hentet fra en flomberegneringsrapport, som er utført av Glommens og Laagens Brukseiereforening i forbindelse med vurdering av damsikkerhet ved Torfinnsvatn og Storefossen.

Tabell 4. Overføringer til Bergsdalsvassdraget

Overført felt	Overført areal, km ²	Overføringskapasitet, m ³ /s
Torfinnsvatn (Hodnaberg kr.v.)	46.9	12.0
Torfinnstjern, lokalfelt	7.1	18.0
Breisetjern	6.6	6.5
Songrøvatn	11.2	10.5
Løkjedalstjern	1.3	6.5
Holmevatn	5.0	7.0

Fra Torfinnstjern forutsettes det at det bare overføres vann fra lokalfeltet, dvs. ikke noe fra eventuelt overløp fra Torfinnsvatn. Det forutsettes at Hodnaberg kraftverk er i drift. Dette gir en total overføring fra Torfinnsvatn/Torfinnstjern på 16-21 m³/s, dvs. omtrent det samme som ville blitt overført hvis man forutsatte Hodnaberg kraftverk ute av drift, men full overføringskapasitet fra Torfinnstjern, 18 m³/s.

Vannføringen ved overføringspunktene beregnes ut fra en antatt midlere flom på 575 l/s•km². Dette tilsvarer midlere flom ved målestasjonen 62.8 Kaldåen. Vannføringen ved økende gjentaksintervall på flommene i disse felt antas øke på samme måte som flommene i Bergsdalsvassdraget, dvs. med samme forholdstall Q_T/Q_M som i tabell 3. Overføringene regnes å tilsvare vannføringen døgnmiddelveid ved overføringspunktet, begrenset av overføringskapasiteten. Resulterende overføringer er vist i tabell 5.

Tabell 5. Overføringer til Bergsdalsvassdraget

	Areal km ²	Q _M m ³ /s	Q ₅ m ³ /s	Q ₁₀ m ³ /s	Q ₂₀ m ³ /s	Q ₅₀ m ³ /s	Q ₁₀₀ m ³ /s	Q ₂₀₀ m ³ /s	Q ₅₀₀ m ³ /s
Hodnaberg kr.v.	46.9	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Torfinnstjern	7.1	4.1	5.0	5.7	6.3	7.1	7.7	8.3	9.0
Breisetjern	6.6	3.8	4.6	5.3	5.9	6.5	6.5	6.5	6.5
Songrøvatn	11.2	6.4	7.9	8.9	10.0	10.5	10.5	10.5	10.5
Løkjedalstjern	1.3	0.7	0.9	1.0	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7
Holmevatn	5.0	2.9	3.5	4.0	4.4	5.0	5.4	5.8	6.4
Totalt	78.1	29.9	33.9	36.9	39.7	42.4	43.5	44.6	46.1

Den vannføringen som teoretisk kan overføres til Bergsdalsvassdraget øker altså fra 30 m³/s ved midlere flom til 46 m³/s ved flom med gjentaksintervall 500 år.

I følge regulanten (Bergenshalvøens kommunale kraftselskap) lukker man vanligvis overføringene ved store flommer. Dette skjer stort sett ved at mannskap manuelt

stenger luker ved overføringsstedet. Ved meget store flommer kan man forutsette at dette vanskelig lar seg gjøre, først og fremst fordi adkomsten til overføringsstedene sannsynligvis blir begrenset.

Ved denne beregningen legges den strenge forutsetningen til grunn at overføringene ikke kan lukkes ved noen flomstørrelser. Det antas at overføringene tilsvarer et direkte bidrag til flomvannføringene nedover vassdraget, dvs. uten noen dempning eller forsinkelse i Hamlagrøvatnet. I tabell 6 er de beregnede flomverdiene for Bergsdalsvassdraget ved Dale kraftverk sammenfattet. Hvis kraftverket er i drift, vil 43 m³/s gå gjennom det, og resterende vannføring gå i elven. Hvis kraftverket står, vil alt vann gå i elven.

Tabell 6. Flomverdier for Bergsdalsvassdraget ved Dale kraftverks utløp, kulminasjonsvannføring i m³/s.

Q_M	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}
145	174	196	217	242	260	277	300

De største flommene i senere år, i oktober 1995 med kulminasjonsvannføring på totalt 224 m³/s, og i juni 2000 på totalt 183 m³/s, var i følge foreliggende beregning hhv. en ca. 30-årsflom og en ca. 8-årsflom.

6. USIKKERHET

Datagrunnlaget for flomberegning i Bergsdalsvassdraget kan karakteriseres som noe mangelfullt. Det foreligger noe flomdata fra vassdraget i NVEs hydrologiske database. Det er imidlertid usikkert hva vannstandsdataene ved Storefossen tilsvarer, døgnmidler eller momentanverdier. Det er også noe usikkert hva som er korrekt vannføringskurve for Storefossdammen, og altså hva som er korrekte vannføringsverdier ved de observerte flommene.

Andre momenter som fører til usikkerhet ved foreliggende beregning er at det er forholdsvis store gradienter i avrennings- og flomforholdene i denne delen av Vestlandet, at det kan være store forskjeller på kulminasjons- og døgnmiddelvannføring i slike raskt reagerende felt og at det er overføringer til vassdraget fra nabovassdrag.

Usikkerheten er altså relativt stor i beregningen av de flomverdier som antas å representere uregulerte forhold i vassdraget. Av den grunn har vi tillatt oss å behandle overføringene til vassdraget noe grovt. Siden alle overføringer er oppstrøms Hamlagrøvatnet, kan man egentlig forutsette at overført vann under en flomsituasjon sannsynligvis dempes noe i magasinet. Det er vanskelig å ta hensyn til flomdempningen i Hamlagrøvatnet på en korrekt måte. I denne beregningen er overføringene ikke regnet

å dempes i Hamlagrøvatnet, og flomverdiene for Bergsdalsvassdraget kan av den grunn karakteriseres som konservative.

Gjeldende manøvreringsreglement for Bergsdalsvassdraget, datert 14. juni 1991, sier at "Bergsdalselvas flomvannføring må så vidt mulig ikke forøkes". Denne bestemmelsen betyr i grove trekk at det under flom skal manøvreres slik at det ikke går mer vann ut av Hamlagrøvatnet enn hva det ville ha gått i uregulert tilstand. I praksis betyr det også at regulanten sørger for at overføringene til vassdraget lukkes. Hvorvidt regulanten alltid klarer å tilfredsstille denne bestemmelsen er noe som ikke kan inkluderes i beregning av flommer med gitte gjentaksintervall. Også av den grunn er overføringene til Bergsdalsvassdraget behandlet noe grovt, og flomverdiene i denne beregningen konservative.

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 noe mangelfullt, og at beregningen ut fra dette kriterie kan klassifiseres i klasse 2, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

Referanser

Beldring, S., Roald, L.A., Voksø, A., 2002: Avrenningskart for Norge, 1961-1990. Dokument nr. 2.

Holmqvist, E., 2002: Flomberegninger i Vosso (under arbeid)

Lundquist, D., 1997: Bergsdalsvassdraget. Flomberegning. Glommens og Laagens Brukseierforening 24.11.97.

NVE, 1978: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. Rapport nr. 2.

NVE, 1997: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. Rapport nr. 14.

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

Solem, A., 1954: Norske kraftverker, bind I. Teknisk ukeblads forlag.

Vogt, F., Solem, A., 1966: Norske kraftverker, bind II. Teknisk ukeblads forlag.

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

Utgitt i Dokumentserien i 2002

- Nr. 1 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Moisåna ved Moi (026.BZ).
Flomsonekartprosjektet (28 s.)
- Nr. 2 Stein Beldring, Lars A. Roald, Astrid Voksø: Avrenningskart for Norge
Årsmiddelverdier for avrenning 1961-1990 (49 s.)
- Nr. 3 Inger Sætrang: Statistikk over tariffer i regional- og distribusjonsnettet 2002 (60 s.)
- Nr. 4 Bjarne Kjøllmoen, Hans Chr. Olsen: Langfjordjøkelen i Vest-Finnmark. Glasiohydrologiske
undersøkelser (35 s.)
- Nr. 5 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Skoltefossen i Neidenvassdraget (026.BZ).
Flomsonekartprosjektet (16 s.)
- Nr. 6 Erik Holmqvist: Flomberegning for Reisavassdraget (208.Z).
Flomsonekartprosjektet (28 s.)
- Nr. 7 Inger Sætrang: Oversikt over vedtak. Tariffer og vilkår for overføring av kraft i 2001 (18 s.)
- Nr. 8 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Tanavassdraget
Flomsonekartprosjektet (22 s.)
- Nr. 9 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Ørstavassdraget
Flomsonekartprosjektet (18 s.)
- Nr. 10 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Orkla ved Meldal og Orkanger (121.Z)
Flomsonekartprosjektet (23 s.)
- Nr. 11 Asgeir Petersen-Øverleir: Årsrapporter 2001 for de urbanhydrologiske målestasjonene i Norge
(200 s.)
- Nr. 12 Supplering av Verneplan for vassdrag. Høringsdokument (323 s.)
- Nr. 13 Erik Holmqvist: Flomberegning for Hønefoss
Flomsonekartprosjektet (42 s.)
- Nr. 14 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Røssåga
Flomsonekartprosjektet (23 s.)
- Nr. 15 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Nedre Glomma
Flomsonekartprosjektet (34 s.)
- Nr. 16 Erik Holmqvist: Flomberegning for Søgneelva (022.1Z)
Flomsonekartprosjektet (21 s.)
- Nr. 18 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Verdalselv
Flomsonekartprosjektet (25 s.)
- Nr. 18 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Dale i Bergsdalsvassdraget.
Flomsonekartprosjektet (16 s.)