NVE

Flomsonekartprosjektet

# Flomberegning for Spjelkavikelva

*Lars-Evan Pettersson*

5
2007

DOKUMENT

# Flomberegning for Spjelkavikelva (101.5Z)

Norges vassdrags- og energidirektorat

2007

# Dokument nr 5 - 2007
# Flomberegning for Spjelkavikelva (101.5Z)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Lars-Evan Pettersson

Trykk: NVEs hustrykkeri
Opplag: 30
Forsidefoto: Utløpet av Litlevatnet (Foto: NVEs regionkontor i Førde)
ISSN: 1501-2840

Sammendrag: I forbindelse med Flomsonekartprosjektet i NVE er det som grunnlag for vannlinjeberegning og flomsonekartlegging utført flomberegning for et delprosjekt i Spjelkavikelva i Møre og Romsdal. Flomvannføringer med forskjellige gjentaksintervall er beregnet for tre punkter i vassdraget.

Emneord: Flomberegning, flomvannføring, Spjelkavikvassdraget.

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

Mars 2007

# Innhold


**Forord** 4

**Sammendrag** 5

**1. Beskrivelse av oppgaven** 6

**2. Beskrivelse av vassdraget** 6

**3. Hydrometriske stasjoner** 9

**4. Flomdata** 9

**5. Beregning av flomverdier** 13

**6. Usikkerhet** 20

**Referanser** 21

# Forord

Flomsonekart er et viktig hjelpemiddel for arealdisponering langs vassdrag og for beredskapsplanlegging. NVE arbeider med å lage flomsonekart for flomutsatte elvestrekninger i Norge. Som et ledd i utarbeidelse av slike kart må flomvannføringer beregnes. Grunnlaget for flomberegninger er NVEs omfattende database over observerte vannstander og vannføringer, og NVEs hydrologiske analyseprogrammer, for eksempel det som benyttes for flomfrekvensanalyser.

Denne rapporten gir resultatene av en flomberegning som er utført i forbindelse med flomsonekartlegging av Spjelkavikelva i Møre og Romsdal. Rapporten er utarbeidet av Lars-Evan Pettersson og kvalitetskontrollert av Erik Holmqvist.

Oslo, mars 2007

Morten Johnsrud
avdelingsdirektør

Sverre Husebye
seksjonssjef

# Sammendrag

Flomberegningen for Spjelkavikvassdraget gjelder delprosjekt fs 101_1 Spjelkavik i NVEs Flomsonekartprosjekt. Kulminasjonsvannføringer ved forskjellige gjentaksintervall er beregnet for tre punkter i Spjelkavikelva; utløpet av Brusdalsvatnet, utløpet av Litlevatnet og utløpet i fjorden. Det foreligger ikke vannføringsdata fra selve vassdraget, men fra et nærliggende vassdrag, som antas å ha lignenede flomforhold som Spjelkavikvassdraget. Beregningen baseres på en lang serie av tilløpsflommer i dette nærliggende vassdrag. Beregnede tilløpsflommer rutes gjennom Brusdalsvatnet for å ta hensyn til den store flomdempningen i vatnet. Avløpsflommenes størrelse er sterkt avhengig av initialvannstanden i vatnet. Det forutsettes at vannstanden ved flommens start er ca. 0.4 m under HRV, samt at damlukene er åpne. Resultatet av beregningen, i $m^3/s$, ble:

| Gjentaksintervall | Brusdalsvatnet | Litlevatnet | Utløp i fjorden |
|---|---|---|---|
| Midlere flom | 9.2 | 10.1 | 11.5 |
| 5 år | 10.0 | 10.9 | 12.5 |
| 10 år | 10.9 | 11.7 | 13.6 |
| 20 år | 11.7 | 12.7 | 14.6 |
| 50 år | 12.9 | 13.9 | 16.0 |
| 100 år | 14.3 | 15.3 | 17.1 |
| 200 år | 16.4 | 17.4 | 18.4 |
| 500 år | 19.2 | 20.5 | 21.6 |

100-årsflommen ut fra Brusdalsvatnet blir, som tabellen viser, 14.3 $m^3/s$ hvis initialvannstanden er ca. 0.4 m under HRV, som sies å være et vanlig nivå i Brusdalsvatnet. Hvis initialvannstanden er ca. 0.6 m under HRV blir 100-årsflommen bare 11.8 $m^3/s$, mens hvis den er på HRV blir 100-årsflommen 23.7 $m^3/s$.

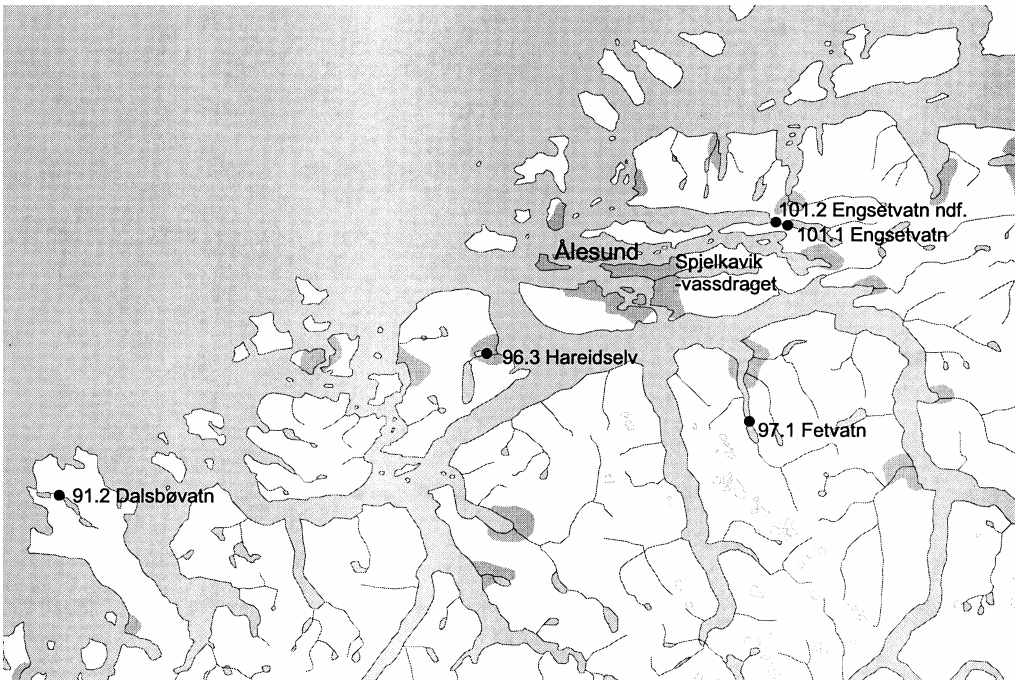
Datagrunnlaget er rimelig godt for å beregne tilløpsflommer til Brusdalsvatnet. Avløpsflommenes størrelse er imidlertid sterkt avhengig av vannstanden i vatnet ved flommens start, og det er en usikkerhet knyttet til det å bestemme initialvannstand, slik at tilløpsflom og avløpsflom får samme gjentaksintervall. Av denne grunn klassifiseres denne beregningen i klasse 3, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

# 1. BESKRIVELSE AV OPPGAVEN

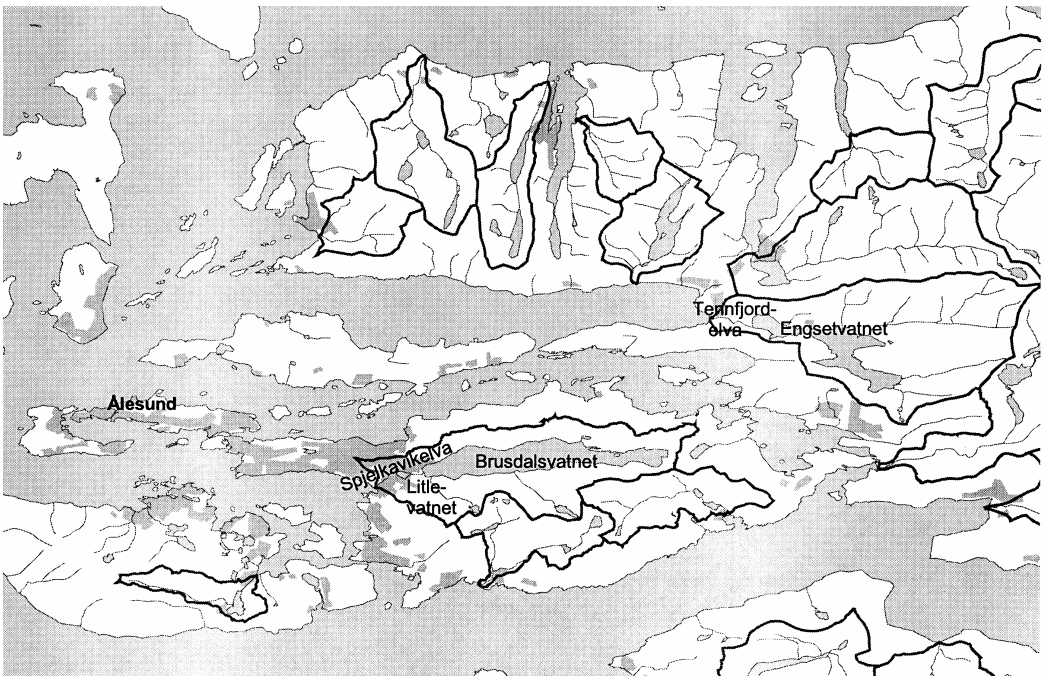
Flomsonekart skal konstrueres for Spjelkavikelva i Møre og Romsdal, delprosjekt fs 101_1 Spjelkavik i NVEs Flomsonekartprosjekt. Som grunnlag for flomsonekartkonstruksjonen skal midlere flom og flommer med gjentaksintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år beregnes for Spjelkavikelva nedstrøms Brusdalsvatnet.

# 2. BESKRIVELSE AV VASSDRAGET

Spjelkavikvassdraget ligger på Mørekysten, like øst for Ålesund. Høyeste punkt i nedbørfeltet er 561 moh. Vassdraget domineres av det nesten ti kilometer lange Brusdalsvatnet, som ligger 26 moh. Brusdalsvatnet er vannkilde for Ålesund vannverk og derfor regulert med en demning i utløpet. Fra utløpet går Spjelkavikelva et kort stykke før den danner Litlevatnet, som er 500 m langt og 200 m bredt. Fra Litlevatnet fortsetter elven en kilometer før den faller ut i Åsefjorden. Nedenfor Brusdalsvatnet er områdene langs elven stort sett bebygd. Nedbørfeltet er 27.9 $km^2$ ved utløpet av Brusdalsvatnet, 29.7 $km^2$ ved utløpet av Litlevatnet og 31.0 $km^2$ ved elvens utløp i fjorden. Sjøprosenten i vassdraget er 25.2 %, mens den effektive sjøprosenten er 22.2 %.

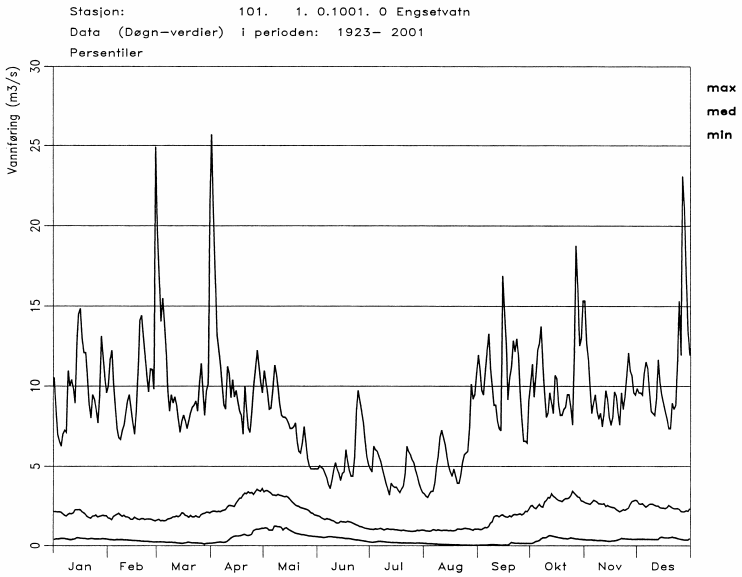



**Figur 1. Kart over Sunnmøre med aktuelle målestasjoner.**




**Figur 2. Kart over Spjelkavikvassdraget og området rundt.**

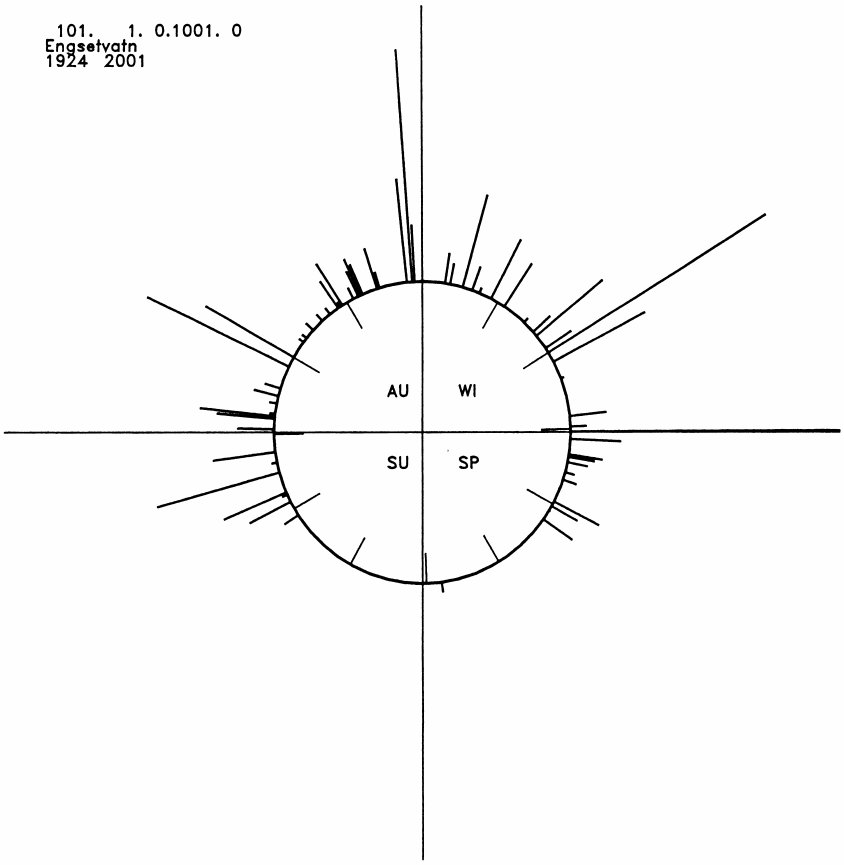
Ifølge NVEs avrenningskart for Norge fra 2002 er avrenningen i vassdraget drøyt 36 l/s•km$^2$ som årsmiddel i perioden 1961-1990. Dette tilsvarer en uregulert middelvannføring i Spjelkavikelva på 1.1 m$^3$/s. Uttaket til vannforsyningen reduserer imidlertid denne verdien.




**Figur 3. Karakteristiske vannføringer ved 101.1 Engsetvatn, perioden 1923-2001.**

Det finnes ingen hydrometrisk stasjon i Spjelkavikvassdraget, men 15 km nordøst for Spjelkavikelva ligger målestasjonen 101.1 Engsetvatn i Tennfjordelva. Figur 3 viser karakteristiske vannføringsverdier for hver dag i løpet av året ved 101.1 Engsetvatn, hvor avrenningsforholdene kan antas å være forholdsvis like de i Spjelkavikelva. Øverste kurve (max) i figuren viser største observerte vannføring og nederste kurve (min) viser minste observerte vannføring. Den midterste kurven (med) er median-kurven, dvs. det er like mange observasjoner i løpet av referanseperioden som er større og mindre enn denne.

Figur 4 viser relativ størrelse og tidspunkt for flommer i Engsetvatn over en gitt terskelverdi, i dette tilfelle 9 $m^3/s$, hvilket er noe under midlere flom. De største flommene i Engsetvatn har vært om høsten og vinteren, mens flommer på våren og sommeren oftest er små. Flomforholdene i Spjelkavikelva kan antas å være like de i Engsetvatn.




**Figur 4. Flommer ved 101.1 Engsetvatn, 1924-2001. Sirkelen representerer året med starten på året (1. januar) rett opp. Flommene er markert når på året de fant sted og med relativ størrelse.**

# 3. HYDROMETRISKE STASJONER

Det har ikke vært noen hydrologiske målestasjoner i Spjelkavikvassdraget. I området rundt finnes det vannstands-/vannføringsdata fra flere stasjoner med til dels lange observasjonsserier. Se figur 1 for stasjonenes beliggenhet. Feltarealene er fastlagt ved en ny beregning av Seksjonen for Geoinformasjon ved Vannressursavdelingen, og kan avvike noe fra det som er oppgitt i NVEs hydrologiske database.

91.2 Dalsbøvatn ligger på Stadtlandet og har observasjoner siden 1934. Nedbørfeltets areal er 25.6 $km^2$ og midlere felthøyde er 259 moh. Den effektive sjøprosenten i feltet er relativt stor, 4.94 %. Største målte vannføring som grunnlag for etablering av vannføringskurve er 19.3 $m^3/s$, hvilket tilsvarer 180 % av midlere flom.

96.3 Hareidselv ligger på Hareidlandet ca. 20 km sørvest for Spjelkavikelva. Observasjoner finnes siden 1985. Nedbørfeltets areal er 40.2 $km^2$. Den effektive sjøprosenten i feltet er relativt stor, 4.63 %.

97.1 Fetvatn ligger i Velledalselva som renner ut i Sykkylvsfjorden ca. 15 km sørøst for Spjelkavikelva. Observasjoner finnes siden 1946. Frem til juli 1973 besto observasjonene av en daglig avlesing av vannstandsskalaen, fra den tid er stasjonen utstyrt med kontinuerlig registrerende instrument. Nedbørfeltets areal er 89.2 $km^2$ og midlere felthøyde er 601 moh. Den effektive sjøprosenten i feltet er 1.16 %. Vannføringskurven er kontrollert mot vannføringsmålinger opp til 63.5 $m^3/s$, hvilket tilsvarer 85 % av midlere flom.

101.1 Engsetvatn ligger ca. 15 km nordøst for Spjelkavikelva. Observasjoner finnes siden 1923. Nedbørfeltets areal er 39.9 $km^2$ og midlere felthøyde er 161 moh. Den effektive sjøprosenten i feltet er stor, 10.44 %. Største målte vannføring som grunnlag for etablering av vannføringskurve er 10.2 $m^3/s$, hvilket tilsvarer midlere flom. Like nedenfor denne stasjonen lå 101.2 Engsetvatn ndf., men dataene fra 101.1 regnes for å være de beste.

# 4. FLOMDATA

De største flommene som er observert ved 101.1 Engsetvatn er flommen 1. april 1997 på 25.7 $m^3/s$, flommen 28. februar 1943 på 24.9 $m^3/s$ og flommen 27. desember 1975 på 23.1 $m^3/s$. En kan anta at det var store flommer også i Spjelkavikelva ved disse

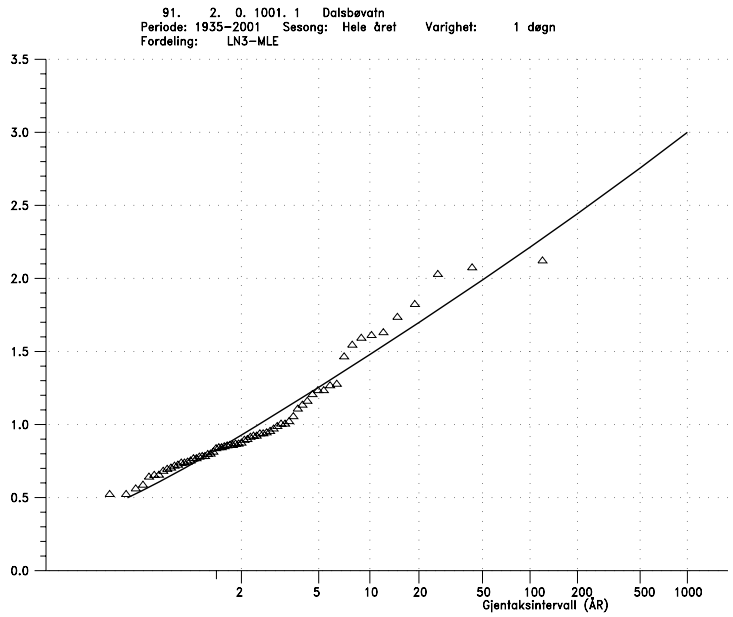
tilfeller. I hvert fall er flommen i månedsskiftet mars-april 1997 den største som er observert også ved 96.3 Hareidselv, hvor observasjonene går tilbake til 1985.

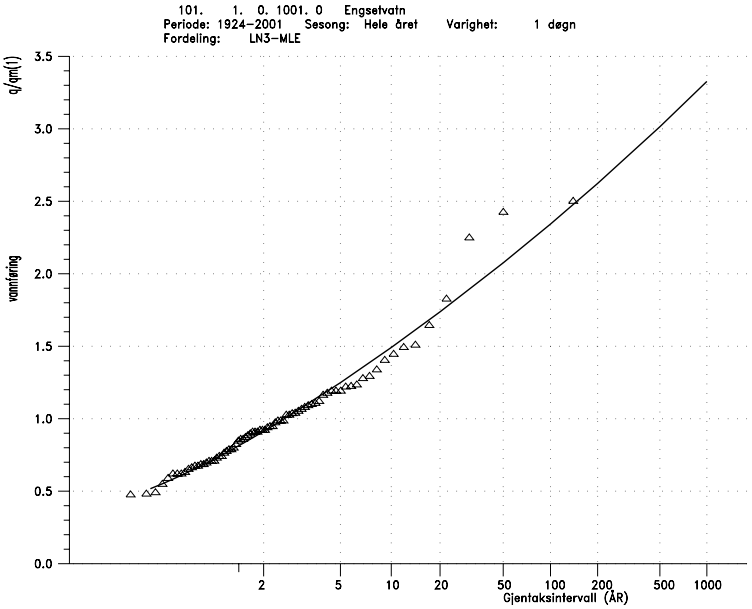
Det er utført flomfrekvensanalyser på årsflommer ved målestasjoner i området for å finne midlere flom, $Q_M$, og frekvensfaktorene $Q_T/Q_M$. Resultatet er sammenfattet i tabell 1, og i figur 5 er flomfrekvensanalysene for Dalsbøvatn og Engsetvatn vist. I tillegg viser tabellen frekvensfaktorene fra de to regionale flomfrekvensanalyser som finnes. Faktorene for Å1-området er hentet fra "Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag" av 1978, og for K2-området fra "Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag" av 1997.

**Tabell 1. Flomfrekvensanalyser for aktuelle målestasjoner, døgnmiddel av årsflommer.**

| | Periode | Antall år | Areal $km^2$ | $Q_M$ $m^3/s$ | $Q_M$ l/ s•$km^2$ | $Q_5/Q_M$ | $Q_{10}/Q_M$ | $Q_{20}/Q_M$ | $Q_{50}/Q_M$ | $Q_{100}/Q_M$ | $Q_{200}/Q_M$ | $Q_{500}/Q_M$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 91.2 Dalsbøvatn | 35-01 | 67 | 25.6 | 10.8 | 423 | 1.26 | 1.48 | 1.70 | 1.99 | 2.21 | 2.44 | 2.76 |
| 96.3 Hareidselv | 86-00 | 15 | 40.2 | 14.3 | 355 | | | | | | | |
| 97.1 Fetvatn | 47-00 | 53 | 89.2 | 74.3 | 833 | 1.35 | 1.67 | 1.97 | 2.35 | 2.63 | 2.90 | 3.25 |
| 101.1 Engsetvatn | 24-01 | 78 | 39.9 | 10.3 | 258 | 1.25 | 1.49 | 1.74 | 2.08 | 2.34 | 2.62 | 3.01 |
| Å1-område | | | | | | | | | | 2.16 | 2.44 | 2.83 |
| K2-område | | | | | | 1.23 | 1.40 | 1.63 | 1.88 | 2.08 | 2.26 | 2.50 |
| **Spjelkavik-vassdraget** | | | | | | **1.26** | **1.49** | **1.72** | **2.04** | **2.28** | **2.53** | **2.89** |

Flomdata fra de lange observasjonsseriene er ikke homogene, selv om datakvaliteten og vannføringskurvene er gode. Dette beror på at de eldste dataene er fra én daglig vannstandsobservasjon, som antas å representere døgnmidlet. I mange tilfeller er det imidlertid kulminasjonsvannstanden som er observert og derved kulminasjonsvann-føringen som blir registrert som et døgnmiddel. Det viser seg for eksempel ved 97.1 Fetvatn at det er "døgnmiddelflommer" over 100 $m^3/s$ i 12 av de 26 årene i perioden 1947-1972, mens det etter 1973, da målestasjonen ble utstyrt med registrerende instrument og døgnmidlet beregnes som et reelt gjennomsnitt, ikke har vært en eneste flom over 100 $m^3/s$. Midlere flom og forholdstallet $Q_{100}/Q_M$ i perioden 1947-1972 er hhv. 982 l/s•$km^2$ og 2.66, og i perioden 1973-2000 hhv. 690 l/s•$km^2$ og 1.94.




**Figur 5. Flomfrekvensanalyse $Q_T/Q_M$ for 91.2 Dalsbøvatn og 101.1 Engsetvatn, døgnmiddel av årsflommer.**

Ved målestasjonene 91.2 Dalsbøvatn og 101.1 Engsetvatn, som begge har stor sjø-prosent, varierer vannføringen ikke like mye i døgnet som ved Fetvatn. Det antas derfor at observerte vannføringer tilsvarer riktig døgnmiddel bedre ved disse stasjonene enn ved Fetvatn, slik at flomfrekvenskurvene er representative for hele perioden uten den inhomogenitet som man finner ved Fetvatn. Begge disse stasjoner har lange serier, og av de 10 største flommene har hhv. 5 ved Dalsbøvatn og 6 ved Engsetvatn funnet sted etter 1970. Som representativ frekvensfordeling for denne del av Nordvestlandet, og for Spjelkavikvassdraget, er det derfor valgt gjennomsnittet av fordelingene ved de to målestasjonene. Se nederste rad i tabell 1.

Flomstørrelsene i Spjelkavikelva vil i meget høy grad være avhengig av flomdempningen i det store Brusdalsvatnet, og man kan ikke forutsette at spesifikk midlere avløpsflom fra Brusdalsvatnet er lik den ved målestasjonen 101.1 Engsetvatn, selv om nedbørfeltene ligger nært hverandre og begge har stor innsjødekning. Derimot er det rimelig å anta at tilløpsflommene til Brusdalsvatnet og Engsetvatnet er relativt like i spesifikke tall, dvs. avrenning per arealenhet. Det er derfor utført beregning av tilløpet til Engsetvatn, ved at det døgnlige avløpet korrigeres med det tillegg eller fratrekk som den daglige volumforandringen i vatnet tilsvarer. Målestasjonen 101.1, som står i Engsetvatn, fungerer som både avløpsstasjon og magasinstasjon ved denne tilløpsberegning. Det er tatt utgangspunkt i et innsjøareal for Engsetvatn på 4.40 $km^2$. En slik tilløpsberegning, som resulterer i daglige vannføringsverdier, kan gi enkelte uheldige resultater. Særlig ved store vannstandstigninger kan tilløpet beregnes for stort. Dette vil kunne gi store utslag på flomfrekvensfordelingene og det er derfor ikke utført frekvensanalyser på de beregnede tilløpsflommene til Engsetvatn. Tilløpsserien er benyttet for å beregne midlere spesifikk flom for forskjellige varigheter opp til fem døgn.

Det antas at gjennomsnittet av frekvensfordelingene for 101.1 Engsetvatn, dvs. avløpet, og 91.2 Dalsbøvatn er representativt for Spjelkavikvassdraget, for flommer med varighet opp til fem døgn, som det er gjort for flommer med varighet ett døgn. I tabell 2 er resultatene av flomfrekvensanalyser for ulike varigheter ved Engsetvatn og Dalsbøvatn vist, sammen med midlere flom for tilløpet til Engsetvatn.

Tabellen viser også de frekvensfordelingsverdiene som antas å være representative for Spjelkavikvassdraget, dvs. Brusdalsvatnet, ved ulike varigheter, og de spesifikke verdier for midlere flom, $Q_M$, som antas å være representative for tilløpet til Brusdalsvatnet.

**Tabell 2. Flomfrekvensanalyser for aktuelle målestasjoner, ett- og flerdøgnsmiddel av årsflommer.**

| | Periode | Antall år | Areal | Varig-het | $Q_M$ | $Q_M$ | $Q_5/Q_M$ | $Q_{10}/Q_M$ | $Q_{20}/Q_M$ | $Q_{50}/Q_M$ | $Q_{100}/Q_M$ | $Q_{200}/Q_M$ | $Q_{500}/Q_M$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $km^2$ | døgn | $m^3/s$ | l/s•$km^2$ | | | | | | | |
| 91.2 Dalsbøvatn | 35-01 | 67 | 25.6 | 1 | 10.8 | 423 | 1.26 | 1.48 | 1.70 | 1.99 | 2.21 | 2.44 | 2.76 |
| ” | | | | 2 | 9.6 | 374 | 1.23 | 1.43 | 1.62 | 1.88 | 2.07 | 2.27 | 2.54 |
| ” | | | | 3 | 8.6 | 335 | 1.22 | 1.40 | 1.57 | 1.79 | 1.96 | 2.13 | 2.36 |
| ” | | | | 5 | 7.3 | 284 | 1.20 | 1.35 | 1.49 | 1.67 | 1.81 | 1.94 | 2.11 |
| 101.1 Engsetvatn, avløp | 24-01 | 78 | 39.9 | 1 | 10.3 | 258 | 1.25 | 1.49 | 1.74 | 2.08 | 2.34 | 2.62 | 3.01 |
| ” | | | | 2 | 9.8 | 246 | 1.24 | 1.47 | 1.71 | 2.02 | 2.26 | 2.52 | 2.87 |
| ” | | | | 3 | 9.4 | 236 | 1.24 | 1.46 | 1.68 | 1.98 | 2.21 | 2.45 | 2.79 |
| ” | | | | 5 | 8.7 | 218 | 1.23 | 1.43 | 1.62 | 1.88 | 2.08 | 2.28 | 2.56 |
| 101.1 Engsetvatn, tilløp | 24-01 | 73 | 39.9 | 1 | 25.4 | 636 | | | | | | | |
| ” | | | | 2 | 20.2 | 506 | | | | | | | |
| ” | | | | 3 | 16.4 | 412 | | | | | | | |
| ” | | | | 5 | 12.9 | 323 | | | | | | | |
| **Brusdalsvatnet, tilløp** | | | **27.9** | **1** | | **636** | **1.26** | **1.49** | **1.72** | **2.04** | **2.28** | **2.53** | **2.89** |
| **”** | | | | **2** | | **506** | **1.24** | **1.45** | **1.67** | **1.95** | **2.17** | **2.40** | **2.71** |
| **”** | | | | **3** | | **412** | **1.23** | **1.43** | **1.63** | **1.89** | **2.09** | **2.29** | **2.58** |
| **”** | | | | **5** | | **323** | **1.22** | **1.39** | **1.56** | **1.78** | **1.95** | **2.11** | **2.34** |

# 5. BEREGNING AV FLOMVERDIER

Flomverdier skal bestemmes for Spjelkavikelva nedstrøms Brusdalsvatnet. De beregnes ved at tilløpsflommer rutes gjennom Brusdalsvatnet, noe som resulterer i avløpsflommer fra vatnet. Tabell 3 viser de vannføringsverdier som antas å være representative for tilløpet til Brusdalsvatnet for forskjellige gjentaksintervall og varigheter. Brusdalsvatnet har et nedbørfeltareal på 27.9 $km^2$, inklusive innsjøens eget areal.

**Tabell 3. Flomverdier for tilløpet til Brusdalsvatnet, ett- og flerdøgnsmiddel.**

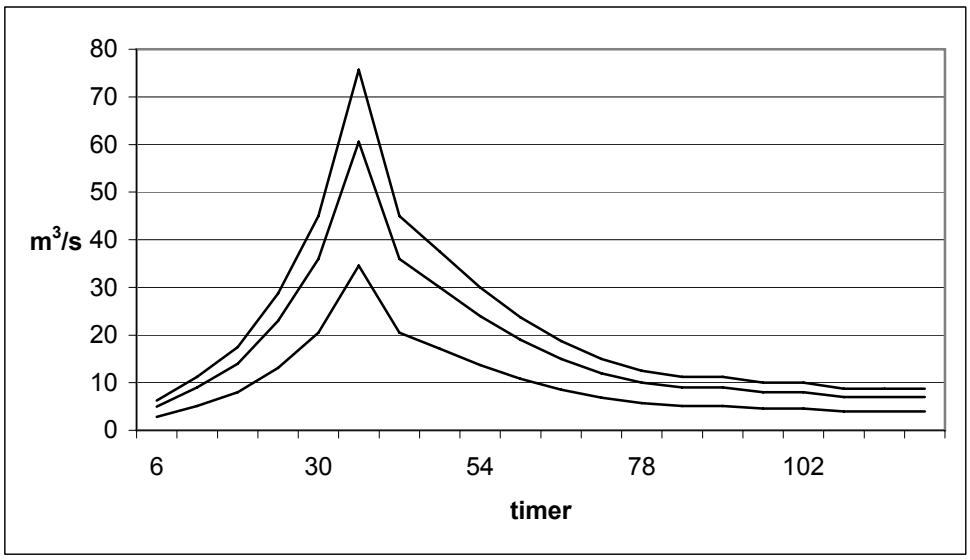
| Varighet | $Q_M$ | $Q_5$ | $Q_{10}$ | $Q_{20}$ | $Q_{50}$ | $Q_{100}$ | $Q_{200}$ | $Q_{500}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| døgn | $m^3/s$ | $m^3/s$ | $m^3/s$ | $m^3/s$ | $m^3/s$ | $m^3/s$ | $m^3/s$ | $m^3/s$ |
| 1 | 17.8 | 22.3 | 26.4 | 30.5 | 36.1 | 40.4 | 44.9 | 51.2 |
| 2 | 14.1 | 17.4 | 20.5 | 23.5 | 27.5 | 30.5 | 33.8 | 38.2 |
| 3 | 11.5 | 14.1 | 16.4 | 18.7 | 21.7 | 24.0 | 26.3 | 29.6 |
| 5 | 9.0 | 11.0 | 12.5 | 14.0 | 16.0 | 17.5 | 19.0 | 21.0 |

Kulminasjonsvannføringen i et lite nedbørfelt som Brusdalsvatnets kan være adskillig større enn døgnmiddelvannføringen, og det antas at tilløpsflommen kulminerer på en vannføring som er 50 % større enn døgnmidlet, ved alle gjentaksintervall. På grunn av stor flomdempning i vatnet vil ikke størrelsen av tilløpsflommens kulminasjonsvannføring ha noen innvirkning på avløpsflommens kulminasjon.

Tilløpsflommers forløp over 5 døgn, med tidsskritt 6 timer, konstrueres for alle gjentaksintervall basert på flomverdiene i tabell 3. Forløpene er vist i tabell 4 og for tre flommer i figur 6.

**Tabell 4. Forløp av tilløpsflommer til Brusdalsvatnet, $m^3/s$.**

| Timer | $Q_M$ | $Q_5$ | $Q_{10}$ | $Q_{20}$ | $Q_{50}$ | $Q_{100}$ | $Q_{200}$ | $Q_{500}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 12 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 18 | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 14 | 15 | 17 |
| 24 | 11 | 13 | 15 | 18 | 21 | 23 | 25 | 29 |
| 30 | 17 | 21 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 45 |
| 36 | 28 | 35 | 41 | 47 | 55 | 61 | 67 | 76 |
| 42 | 17 | 21 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 45 |
| 48 | 14 | 17 | 20 | 23 | 27 | 30 | 33 | 37 |
| 54 | 11 | 14 | 16 | 18 | 22 | 24 | 27 | 30 |
| 60 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 | 24 |
| 66 | 7 | 9 | 10 | 12 | 14 | 15 | 17 | 19 |
| 72 | 6 | 7 | 8 | 9 | 11 | 12 | 13 | 15 |
| 78 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 84 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 90 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 96 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 102 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 108 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 114 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 120 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |




**Figur 6. Forløp av tilløpsflommer til Brusdalsvatnet med gjentaksintervall 5, 100 og 500 år.**

Flomdempningen er avhengig av utløpets form, dvs. Brusdalsvatnets avløpskurve, og av vatnets areal, som er 7.52 $km^2$. I utløpet er det en demning med damkrona på HRV, som er 25.91 moh. I demningen er det tre luker samt et fast åpent flomløp. I tabell 5 er de damkarakteristika som er lagt til grunn for beregningen av avløpskurven listet opp. Opplysningene er hentet fra en damtegning fra Ålesund vannverk.

**Tabell 5. Karakteristika for dam Brusdalsvatnet.**

| | Luker | Flomløp | Damkrone 1 | Damkrone 2 | |
|---|---|---|---|---|---|
| Terskel, moh. | 24.56 | 25.00 | 25.91 | 26.15 | |
| Lengde, m | 5.40 | 1.00 | 36.00 | 21.00 | |
| Overløpskoeff. | 1.40 | 1.70 | 1.40 | 1.40 | |
| | | | | | Sum vannføring |
| Vannstand, moh. | $m^3/s$ | $m^3/s$ | $m^3/s$ | $m^3/s$ | $m^3/s$ |
| 25.50 | 6.9 | 0.6 | | | 7.5 |
| 25.70 | 9.2 | 1.0 | | | 10.2 |
| 25.90 | 11.7 | 1.5 | | | 13.2 |
| 26.00 | 12.9 | 1.7 | 1.3 | | 15.9 |
| 26.10 | 13.8 | 2.0 | 4.2 | | 20.0 |

Ut fra dataene i tabell 5 er følgende avløpskurve for dam Brusdalsvatnet beregnet:

$Q = 8.2473 \cdot (H - 24.56)^{1.5703}$ $\quad 24.56 < H < 25.91$

$Q = 4.7050 \cdot (H - 24.56)^{3.4088}$ $\quad 25.92 < H < 26.18$

Underkanten av lukene vil ved åpen stilling være i nivå med HRV, dvs. 25.91 moh. På grunn av falltap gjennom lukene, i dette tilfelle beregnet som 1/5 av lukeåpningen 1.35 m, blir lukeløpet ikke dykket før ved vannstand 26.18 moh.

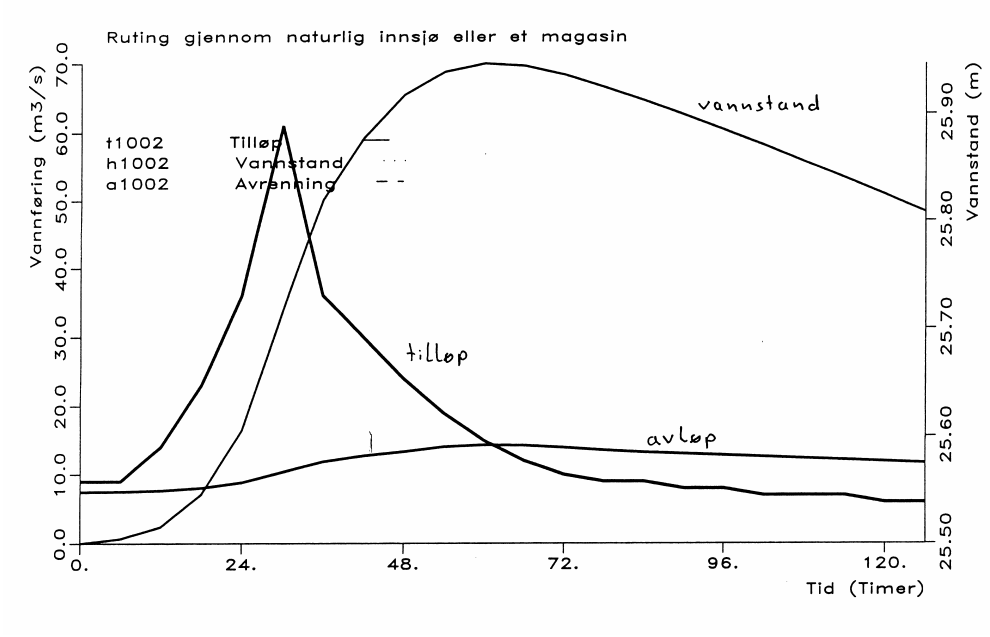
Avløpsflommen er også avhengig av det nivå som Brusdalsvatnet kan antas ligge på når flommen kommer. Flommene dempes mye så lenge avløpet bare går i luker og fast flomløp, men når vannstanden stiger over HRV vil avløpsflommen gå over en meget lang del av damkronen, hvilket medfører liten vannstandstandsstigning og liten flomdempning.

Ifølge Bjørn Skulstad ved Ålesund vannverk er det vanlig å holde vannstanden i Brusdalsvatnet ca. 0.40 m under HRV, selv om den i vannrike perioder ofte kan stige opp mot HRV. En storflom som kommer når vannstanden allerede er på HRV vil føre til en meget stor flom i Spjelkavikelva. Det er meget usikkert hvilken initialvannstand som sammen med tilløpsflom med gitt gjentaksintervall vil føre til en flom i Spjelkavikelva med samme gjentaksintervall.

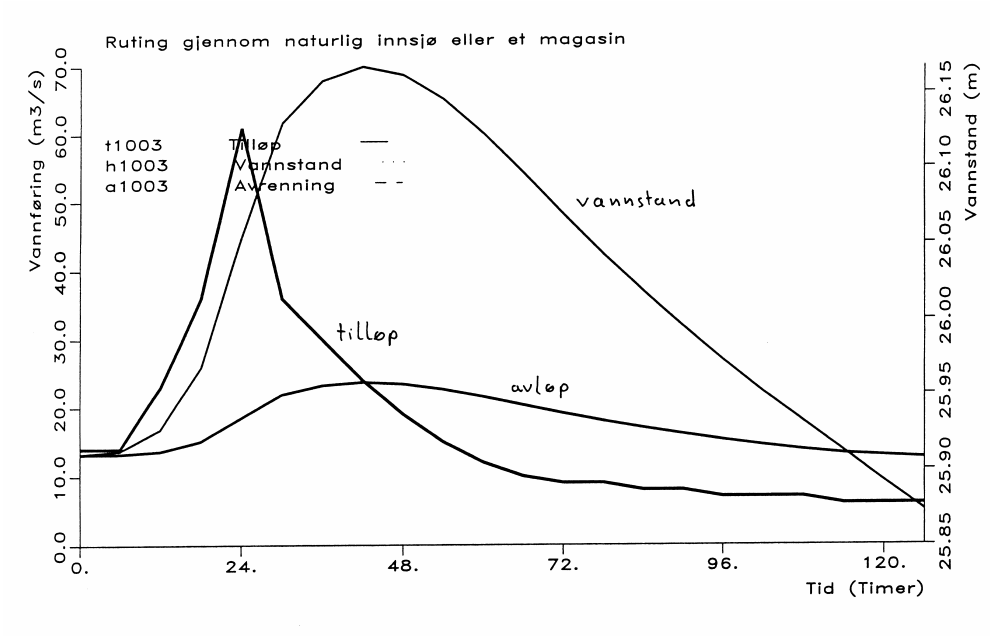
Det er gjort avløpsflomberegning for tilløpsflom med gjentaksintervall 100 år og ulike initialvannstander i Brusdalsvatnet for å illustrere betydningen av initialvannstanden. Resultatene av de beregningene er vist i tabell 6. Figurene 7 og 8 viser avløpsflomberegningen når initialvannstanden er henholdsvis 25.50 og 25.91 moh. Figurene viser at flomdempningen alltid er meget stor pga. Brusdalsvatnets store areal, men at avløpsflommen allikevel blir ca. 50 % større om initialvannstanden er på HRV, enn om den er ca. 0.40 m lavere.

**Tabell 6. Avløpsflom i Brusdalsvatnet ved tilløpsflom med gjentaksintervall 100 år og forskjellig initialvannstand.**

| Initialvannstand, moh. | Avløpsflom, $m^3/s$ | Flomvannstand, moh. | Flomstigning, m |
|---|---|---|---|
| 24.97 | 8.8 | 25.60 | 0.63 |
| 25.30 | 11.8 | 25.82 | 0.52 |
| 25.50 | 14.3 | 25.95 | 0.45 |
| 25.70 | 18.7 | 26.06 | 0.36 |
| 25.91 | 23.7 | 26.17 | 0.26 |




**Figur 7. Avløpsflom og flomvannstand i Brusdalsvatnet ved tilløpsflom med gjentaksintervall 100 år og initialvannstand 25.50 moh.**




**Figur 8. Avløpsflom og flomvannstand i Brusdalsvatnet ved tilløpsflom med gjentaksintervall 100 år og initialvannstand 25.91 moh.**

Det forutsettes at det er en initialvannstand på 25.50 moh. som gir avløpsflom med samme gjentaksintervall som tilløpsflommen er på. Tilløpsflommer fra midlere flom opp til og med 500-årsflom er rutet gjennom Brusdalsvatnet. Resultatene av de flomrutingene er sammenfattet i tabell 7.

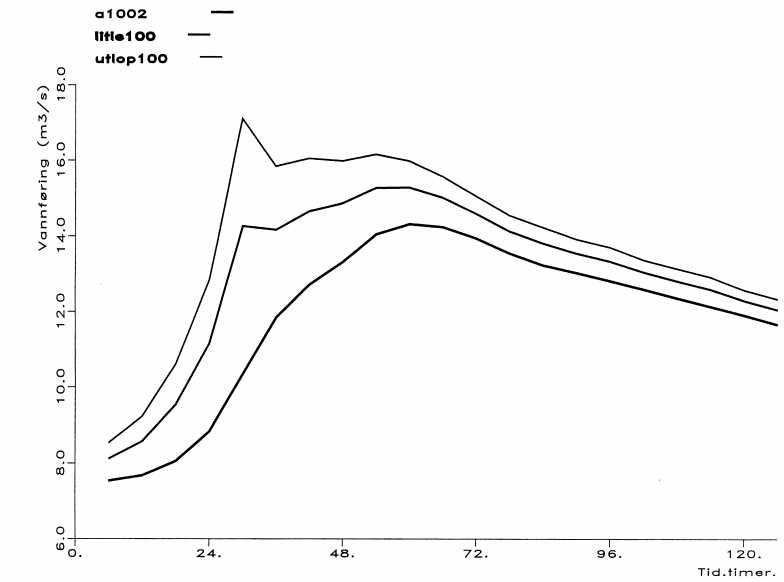
**Tabell 7. Flommer i Brusdalsvatnet med forskjellig gjentaksintervall og med initialvannstand 25.50 moh. Kulminasjonsverdier.**

| Gjentaksintervall på tilløpsflom | Avløpsflom, $m^3/s$ | Flomvannstand, moh. | Flomstigning, m |
|---|---|---|---|
| Midlere flom | 9.2 | 25.63 | 0.13 |
| 5 år | 10.0 | 25.69 | 0.19 |
| 10 år | 10.9 | 25.75 | 0.25 |
| 20 år | 11.7 | 25.81 | 0.31 |
| 50 år | 12.9 | 25.89 | 0.39 |
| 100 år | 14.3 | 25.95 | 0.45 |
| 200 år | 16.4 | 26.00 | 0.50 |
| 500 år | 19.2 | 26.07 | 0.57 |

Midlere avløpsflom, beregnet som døgnmiddel, er 9.17 $m^3/s$ eller 329 $l/s \bullet km^2$. Den spesifikke verdien 329 $l/s \bullet km^2$ samsvarer rimelig godt med tilsvarende verdier for målestasjonene 96.3 Hareidselv, 355 $l/s \bullet km^2$, og 101.1 Engsetvatn, 258 $l/s \bullet km^2$, se tabell 1. Man kunne kanskje ventet seg at Brusdalsvatnet ville ha en lavere verdi enn Engsetvatn, siden sjøprosenten er klart større i Brusdalsvatnets felt. Den relativt lave middelflomverdien for 101.1 Engsetvatn skyldes imidlertid at kapasiteten i utløpet er liten, noe som fører til stor flomdempning og liten spesifikk avløpsflom. Utløpet av Brusdalsvatnet har derimot relativt stor kapasitet. Ut fra denne sammenligningen kan man anta at initialvannstanden på 25.50 moh. for flommer i Brusdalsvatnet er rimelig å forutsette ved beregning av avløpsflommer med et gitt gjentaksintervall.

Området rundt Spjelkavikelva nedstrøms Brusdalsvatnet er til stor del dekket av bebyggelse. Dette medfører at avrenningen sannsynligvis er noe raskere og altså at de spesifikke flomvannføringene er større i dette området enn i Brusdalsvatnets nedbørfelt. Samtidig kan man imidlertid anta at en stor del av flomvannet fra dette området opptas av det kommunale avløpsnettet. Ved denne beregningen forutsettes det at de spesifikke flomverdiene for Spjelkavikelvas nedbørfelt nedstrøms Brusdalsvatnet er de samme som i Brusdalsvatnets lokalfelt. De største flomvannføringene i Spjelkavikelva vil da ikke nødvendigvis finne sted når avløpsflommen fra Brusdalsvatnet kulminerer, men når tilløpsflommen i lokalfeltet kulminerer, samtidig som

avløpet fra Brusdalsvatnet ennå er økende mot kulminasjonen noen timer senere. Ved små flommer dominerer lokalfeltets flom, mens ved store flommer, 200- og 500-årsflom, finner kulminasjonen sted i hele elven like før eller samtidig med kulminasjonen ut av Brusdalsvatnet. Figur 9 viser forholdene ved 100-årsflom. Den første flomkulminasjonen, når flommen i lokalfeltet kulminerer, er størst bare nederst i vassdraget. Ved Litlevatnet er det den andre flomkulminasjonen som er størst, dvs. når avløpet fra Brusdalsvatnet kulminerer. Resultatene for flomberegningen er sammenfattet i tabell 8.




**Figur 9. Flommer i Spjelkavikelva, gjentaksintervall 100 år. Nederste kurven viser forløpet ved Brusdalsvatnets utløp, midterste kurven ved Litlevatnet og øverste kurven ved Spjelkavikelvas utløp i fjorden.**

**Tabell 8. Flommer i Spjelkavikelva med forskjellig gjentaksintervall, kulminasjonsvannføring i $m^3/s$.**

| Gjentaksintervall | Brusdalsvatnet | Litlevatnet | Utløp i fjorden |
|---|---|---|---|
| Midlere flom | 9.2 | 10.1 | 11.5 |
| 5 år | 10.0 | 10.9 | 12.5 |
| 10 år | 10.9 | 11.7 | 13.6 |
| 20 år | 11.7 | 12.7 | 14.6 |
| 50 år | 12.9 | 13.9 | 16.0 |
| 100 år | 14.3 | 15.3 | 17.1 |
| 200 år | 16.4 | 17.4 | 18.4 |
| 500 år | 19.2 | 20.5 | 21.6 |

# 6. USIKKERHET

Datagrunnlaget for flomberegning i Spjelkavikvassdraget kan karakteriseres som rimelig bra, selv om det ikke finnes data fra selve vassdraget. Det finnes en lang dataserie fra det nærliggende feltet Engsetvatnet, hvor tilløpsforholdene kan antas tilsvare de til Brusdalsvatnet i Spjelkavikvassdraget.

Det er imidlertid en del usikkerhet knyttet til frekvensanalyser av flomvannføringer. De observasjoner som foreligger er av vannstander. Disse omregnes ut fra en vannføringskurve til vannføringsverdier. Vannføringskurven er basert på et antall samtidige observasjoner av vannstander og målinger av vannføring i elven. Men disse direkte målinger er ikke utført på ekstreme flommer. De største flomvannføringene er altså beregnet ut fra et ekstrapolert samband mellom vannstander og vannføringer, dvs. også ”observerte” flomvannføringer kan derfor inneholde en stor grad av usikkerhet. I dette tilfelle er i tillegg flomvannføringene ut fra en innsjø omregnet til flomvannføringer inn i innsjøen, hvilket innfører en ekstra usikkerhet.

En annen faktor som fører til usikkerhet er at dataene ved de eldste målestasjonene er basert på én daglig observasjon av vannstand. Disse daglige vannstandsavlesninger betraktes å representere et døgnmiddel, men kan selvfølgelig avvike i større eller mindre grad fra det virkelige døgnmidlet.

Flomstørrelsene i Spjelkavikvassdraget er ikke bare avhengig av størrelsen av tilløpsflommene til Brusdalsvatnet, men også av initialvannstanden i innsjøen når flommen kommer. Valget av denne initialvannstanden ved beregningen av flomdempningen i innsjøen innfører også en ekstra usikkerhet.

Av regnemessige årsaker er det et lite avvik mellom de anslåtte flomverdiene i tabell 3 og de som faktisk er blitt brukt, i tabell 4 og ved flomrutingen. Dette avvik er neglisjerbart sammenlignet med andre usikkerheter i en slik flomberegning.

Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er meget vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn, særlig for å anslå usikkerhet i ekstreme vannføringsdata. I dette tilfellet er datagrunnlaget rimelig godt for å beregne tilløpsflommer til Brusdalsvatnet. Avløpsflommenes størrelse er imidlertid sterkt avhengig av vannstanden i vatnet ved flommens start, og det er en usikkerhet knyttet til det å bestemme initialvannstand, slik at tilløpsflom og avløpsflom får samme gjentaksintervall. Av denne grunn klassifiseres denne beregningen i klasse 3, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

# Referanser

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

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.

NVE, 2002: Avrenningskart for Norge 1961-1990

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

## Utgitt i Dokumentserien i 2007

Nr. 1 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Steinkjerelva og Ogna. Flomsonekartprosjektet (16 s.)
Nr. 2 Erik Holmqvist: Flomberegning for Seljord. Flomsonekartprosjektet (18 s.)
Nr. 3 Lars Olav Fosse: Forretningsprosesser i kraftmarkedet (25 s.)
Nr. 4 Inger Sætrang: Statistikk over nettleie i regional- og distribusjonsnettet 2007 (54 s.)
Nr. 5 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Spjelkavikelva. Flomsonekartprosjektet (21 s.)