



Flomsonekartprosjektet
**Flomberegning
for Valldøla**

Thomas Væringstad

5
2005



D
O
K
U
M
E
N
T

Flomberegning for Valldøla (100.Z)

Norges vassdrags- og energidirektorat

2005

Dokument nr. 5 - 2005

Flomberegning for Valldøla (100.Z)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Thomas Væringstad

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 30

Forsidefoto: Valldøla (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 Valldøla i Møre og Romsdal. Kulminasjonsvannføringer for flommer med forskjellige gjentaksintervall er beregnet for ett punkt i vassdraget.

Emneord: Flomberegning, flomvannføring, Valldøla

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

Mai 2005

Innhold

Forord	4
Sammendrag	5
1. Beskrivelse av oppgaven	6
2. Beskrivelse av vassdraget	7
3. Hydrometriske stasjoner	10
4. Beregning av flomverdier	13
4.1. Flomfrekvensanalyser	13
4.2. Beregning av middelflom	15
4.3. Beregning av kulminasjonsvannføring	16
5. Usikkerhet	18
Referanser	19

Forord

Flomsonekartlegging er et viktig hjelpemiddel for arealdisponering langs vassdrag og for beredskapsplanlegging. NVE arbeider med å lage flomsonekart for flomutsatte elvestrekninger i Norge. Beregning av flomvannføringer på flomutsatte elvestrekninger er en del av dette arbeidet. Grunnlaget for flomberegninger er NVEs omfattende database over observerte vannstander og vannføringer, og NVEs hydrologiske analyseprogrammer som blant annet benyttes for flomfrekvensanalyser.

Denne rapporten gir resultatene av en flomberegning som er utført i forbindelse med flomsonekartlegging av flomutsatt elvestrekning i Valldøla i Møre og Romsdal. Rapporten er utarbeidet av Thomas Væringstad og kvalitetskontrollert av Lars-Evan Pettersson.

Oslo, mai 2005



Morten Johnsrud
avdelingsdirektør



Sverre Husebye
seksjonssjef

Sammendrag

Flomberegningen for Valldøla omfatter delprosjekt fs 100_2 Sylte i NVEs Flomsonekartprosjekt. Valldøla er et kystnært vassdrag i Møre og Romsdal i Norddal kommune og hvor elva munner ut i Tafjorden. Vassdraget faller inn under verneplan I og er vernet mot kraftutbygginger. Store flommer forekommer som oftest i vår- og høstsesongen. Flomepisoder er normalt forårsaket som kombinasjon av intens nedbør i form av regn og snøsmelting.

Det er én målestasjon for vannføringsdata i vassdraget. Flomberegningen er i hovedsak basert på måledata fra denne stasjonen. Resultatene er også sammenlignet med regionale flomformler og frekvensanalyser av observerte flommer ved målestasjoner i nærliggende vassdrag. Det er beregnet kulminasjonsvannføring for ulike gjentaksintervall ved utløpet i fjorden. Det er antatt at kulminasjonsvannføringen er 35 % større enn døgnmiddelvannføringen for alle gjentaksintervall. Resultatene av beregningene ble:

	Q_M m ³ /s	Q_5 m ³ /s	Q_{10} m ³ /s	Q_{20} m ³ /s	Q_{50} m ³ /s	Q_{100} m ³ /s	Q_{200} m ³ /s	Q_{500} m ³ /s
Valldøla ved utløpet i fjorden	200	250	290	320	380	410	450	500

Å kvantifisere usikkerheten i hydrologiske data er vanskelig, og det er mange faktorer som spiller inn. På grunn av noe mangelfullt datagrunnlag i Valldølas nedbørfelt for å beregne flommer, klassifiseres denne flomberegningen i klasse 2, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

1. Beskrivelse av oppgaven

Flomsonekart skal konstrueres for flomutsatt elvestrekning i Valldøla i Norddal kommune i Møre og Romsdal, delprosjekt fs 100_2 Sylte i NVEs Flomsonekartprosjekt. Som grunnlag for konstruksjon av flomsonekart skal kulminasjonsverdier av midlere flom og flommer med gjentaksintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år beregnes ved Valldølas utløp i fjorden. Den aktuelle strekningen som skal flomsonekartlegges strekker seg fra Muri bru til utløp i Tafjorden ved Sylte sentrum. Strekningen er på rundt 1 km. Kart over Valldølas nedbørfelt er vist i Figur 1 og strekning som skal flomsonekartlegges er tegnet inn med rødt.



Figur 1. Kart over Valldølas nedbørfelt. Strekningen som skal flomsonekartlegges er tegnet inn med rødt.

2. Beskrivelse av vassdraget

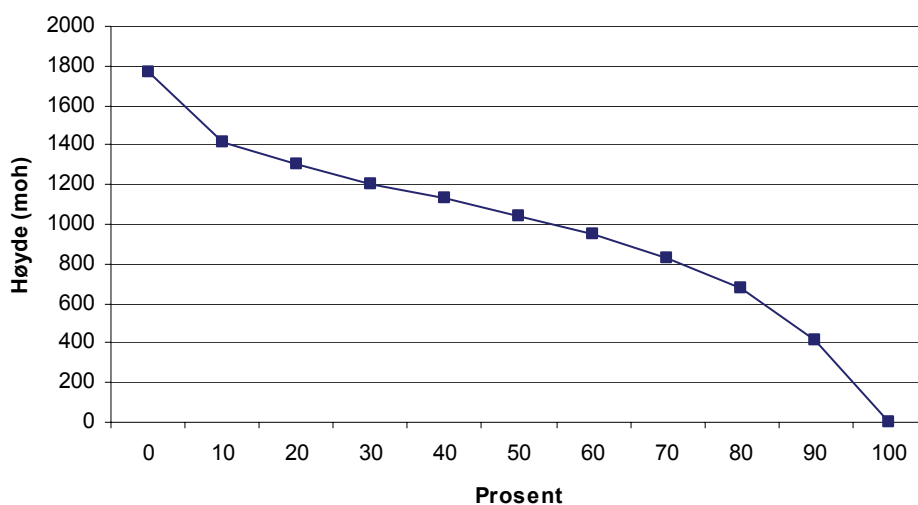
Valldøla ligger i Norddal kommune i Møre og Romsdal med utløp i Tafjorden ved Sylte sentrum. Nedbørfeltet drenerer hovedsakelig i vestlig retning og vassdraget består av en hovedgren, Valldøla, med tilløp fra flere små sideelver. Nedbørfeltet har et totalt areal på 360 km². Høydefordelingen strekker seg fra havnivå til opp i vel 1750 moh. Median høyde er på 1039 moh. og høyeste punkt i vassdraget er Muldalsegga på 1766 moh. Hypsografisk kurve for vassdraget er vist i Figur 2 og aktuelle feltparametere er oppsummert i Tabell 1.

Tabell 1. Feltparametere for Valldølas nedbørfelt.

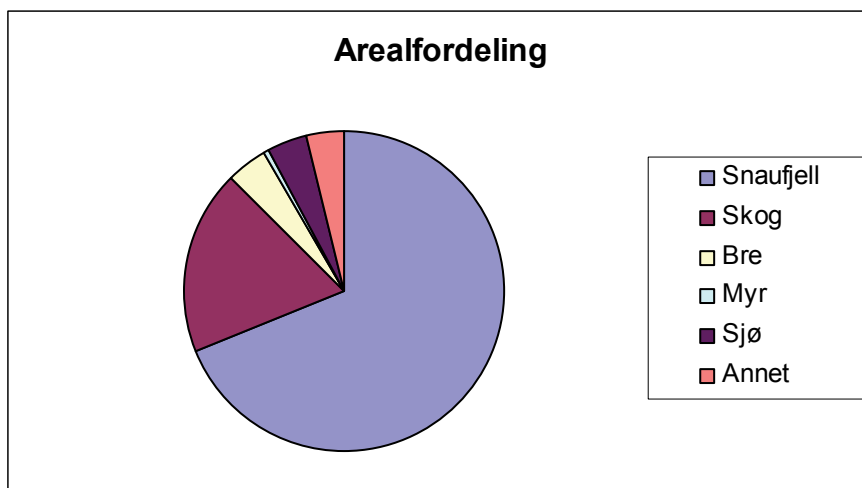
	Areal km ²	Eff. sjø %	Sjø %	Feltlengde km	Normalavløp, Q _N l/s·km ²
Valldøla	360	0.08	3.8	32.5	47

Vassdraget er tatt inn i verneplan 1, og er vernet mot kraftutbygging. Nedbørfeltet til Langvatnet på 17.6 km² helt øst i feltet er overført til Verma og Raumavassdraget. Overføringen er på maksimalt 1.2 m³/s og hvor overskuddsvann går i overløp til Valldøla. Det er noen mindre sjøer i de øvre deler av vassdraget og det er antatt at disse vil ha liten innvirkning på flommer.

Breprosenten i nedbørfeltet er ca 4.2 %. Normalavløpet for vassdraget er beregnet ut fra NVEs avrenningskart for perioden 1961-1990 (NVE, 2002) og gir en midlere spesifikk årlig avrenning på ca. 47 l/s·km². Avrenningen varierer fra rundt 15 l/s·km² i de lavereliggende områdene rundt fjorden til omkring 80 l/s·km² i de høyereliggende områdene. Avrenningskartet har en usikkerhet på ± 20 % og øker i alminnelighet for små arealer. Estimater for årlig middelaavrenning i vassdraget er noe usikkert, fordi kartet er basert på modellsimuleringer og ikke direkte er knyttet opp mot målinger i vassdraget. Det er imidlertid benyttet stasjoner i rimelig nærhet, som for eksempel 97.1 Fetvatn og 98.4 Øye ndf. (stasjonene er nærmere beskrevet i kapittel 3), til kalibrering og korrigering av modellresultatene simulert i forbindelse med avrenningskartet.

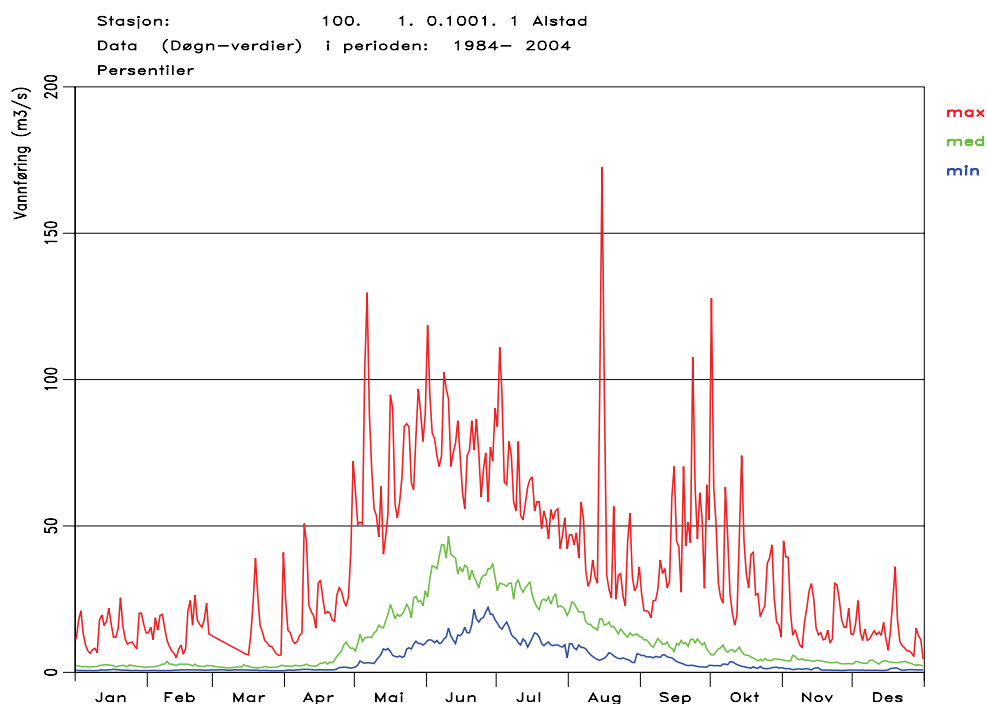


Figur 2. Hypsografisk kurve for Valldølas nedbørfelt. Kurven viser hvor stor prosentvis andel av det totale feltarealet som er over en gitt høyde.

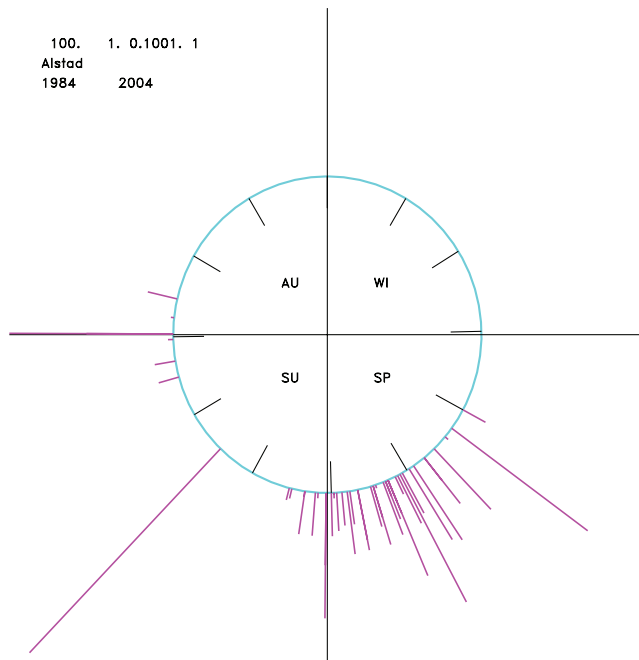


Figur 3. Arealfordeling for Valdølas nedbørfelt.

Sammenligning mellom avrenningskartet og observerte data for nevnte målestasjoner viser god overensstemmelse. 97.1 Fetvatn har observert årsmiddelavrenning for samme perioden på 88.4 l/s·km² (Astrup 2001), mens tilsvarende avrenning beregnet fra kartet er 89.3 l/s·km². 98.4 Øye ndf. har observert årsmiddelavrenning på 60.7 l/s·km². Beregninger fra avrenningskartet gir 61.5 l/s·km² ved Øye ndf. Målestasjon 100.1 Alstad, som ligger i nedbørfeltet til Valdøla, har observert avrenning i perioden 1984 – 2004 på ca 57.4 l/s·km², mens avrenningskartet gir 49 l/s·km². Observert vannføring er ikke korrigert for overføringen ut av feltet. For tilsvarende periode har Øye ndf. og Fetvatn en økning i avrenningen på henholdsvis ca 8 % og 0.1 % i forhold til normalperioden 1961-1990. Dette tilsier at avrenningskartet trolig underestimerer middelavrenningen for Valdølas nedbørfelt.



Figur 4. Karakteristiske vannføringer ved stasjon 100.1 Alstad. Figuren viser henholdsvis største, median og minste observerte døgnmiddelvannføring for hver enkelt dag i året for perioden 1984 – 2004.



Figur 5. Flommer observert ved målestasjon 100.1 Alstad i perioden 1984 – 2004. Sirkelen representerer året med 1. januar rett opp. Flommene er markert med når på året de inntreffer og med relativ størrelse.

Sesongvariasjonen i avrenningen for Valldøla vurderes ut fra representativ målestasjon for vassdraget. Figur 4 viser karakteristiske vannføringsverdier for 100.1 Alstad som antas å beskrive avrenningsmønsteret i Valldøla godt. Øverste kurve (max) i diagrammet viser største observerte døgnmiddelvannføring for hver enkelt dag i året. Nederste kurve (min) viser minste observerte vannføring i løpet av måleperioden og den midterste kurven (med) er mediankurven, dvs. at det er like mange observasjoner i løpet av referanseperioden som er større eller mindre enn denne.

Figur 5 viser relativ flomstørrelse og tidspunkt for flommer ved målestasjon 100.1 Alstad over en gitt terskelverdi, her på ca $62 \text{ m}^3/\text{s}$, noe som er rundt 67 % av middelflom ved vannmerket for perioden 1984 – 2004.

Ut fra Figur 4 og Figur 5 kan en se at store flommer ved målestasjon 100.1 Alstad som oftest inntreffer om våren og høsten. Nedbørfeltet til Alstad utgjør ca. $2/3$ av Valldølas nedbørfelt og det kan antas at Valldøla har lignende fordeling av flommer som ved denne målestasjonen.

3. Hydrometriske stasjoner

Det er én målestasjon for vannføring i Valldølas vassdrag. Andre nærliggende og lignende målestasjoner er også vurdert. Figur 6 viser beliggenheten til de nærliggende målestasjonene og feltparametrene er oppsummert i Tabell 2. Hypsografisk kurve for stasjonene er vist i Figur 7. Feltparametrene er fastlagt ved en ny beregning av Seksjon for geoinformasjon ved Vannressursavdelingen i NVE, og kan avvike noe fra det som er oppgitt i NVEs hydrologiske database.

Nedenfor er det gjort en beskrivelse av aktuelle målestasjoner i nærheten av Valldølas nedbørfelt.

91.2 Dalsbøvatn ligger på Stadtlandet og har observasjoner siden 1934. Nedbørfeltets areal er 25.6 km² 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 m³/s, hvilket tilsvarer 180 % av midlere flom.

97.1 Fetvatn ligger i Velledalselva som drenerer til Sykkylvsfjorden i sørvest. Observasjoner finnes siden 1946. Frem til juli 1973 besto observasjonene av en daglig avlesning av vannstandsskalaen, fra den tid er stasjonen utstyrt med kontinuerlig registrerende instrument. Nedbørfeltets areal er 89.2 km². Største målte vannføring som grunnlag for etablering av vannføringskurve er 66.3 m³/s, hvilket er litt større enn middelflom. Dataserien er uten homogenitetsbrudd (Astrup 2000). Vassdraget er uregulert.



Figur 6. Oversikt over avløpstasjoner benyttet i beregningene. Nedbørfeltet til hver enkelt stasjon er inntegnet med svart strek.

98.4 Øye ndf. ligger i Stadheimselva (Bygdaelva) ved Hellesylt 45 km sørøst for Ørsta. Observasjoner finnes siden 1916. Nedbørfeltets areal er 138.8 km² og midlere felthøyde er 1014 moh. Den effektive sjøprosenten i feltet er 0.26 %. Største målte vannføring som grunnlag for etablering av vannføringskurve er 84 m³/s, hvilket tilsvarer 139 % av midlere flom.

100.1 Alstad ligger i Valldøla og har observasjoner siden 1984. Nedbørfeltets areal er 228 km². Største målte vannføring som grunnlag for etablering av vannføringskurve er 81.0 m³/s, hvilket tilsvarer ca 90 % av middelflom. Vannføringskurven underestimerer for denne målingen ca 6 %. Vannføringskurven anses som middels god på stor vannføring. Nedbørfeltet er relativt høytliggende og har rask respons. Vassdraget er regulert ved at en liten del av feltet overføres til Verma i Raumavassdraget. Overføringen er på maksimalt 1.2 m³/s og har liten betydning for flomstørrelsene ved Alstad.

101.1 Engsetvatn ligger like øst for Ålesund i Skodje kommune i Romsdal. Observasjoner finnes siden 1923. Nedbørfeltets areal er 39.9 km². Feltet har stor effektiv sjøprosent (tabell 2). Største målte vannføring som grunnlag for etablering av vannføringskurve er 10.2 m³/s, hvilket tilsvarer middelflom. Vannføringskurven er ekstrapolert ved hjelp av en hydraulisk modell (HEC2), og vannføringskurven anses som god på stor vannføring. Like nedenfor stasjonen lå 101.2 Engsetvatn ndf., men dataene fra 101.1 regnes for å være de beste. Stasjonen har signifikant homogenitetsbrudd i 1955 (Astrup 2000), uvisst av hvilken grunn. Vassdraget er uregulert.

104.23 Vistdal ligger ved Bergset bru i Visa, som drenerer til Langfjorden i Nesset kommune, og har observasjoner siden 1975. Nedbørfeltets areal er 66.4 km². Største målte vannføring som grunnlag for etablering av vannføringskurve er 27.0 m³/s, hvilket tilsvarer 73 % av middelflom. Vannføringskurven er ekstrapolert ved hjelp av en hydraulisk modell (HEC2), og vannføringskurven anses som god på stor vannføring. Nedbørfeltet er relativt høytliggende og har rask respons. Vassdraget er uregulert.

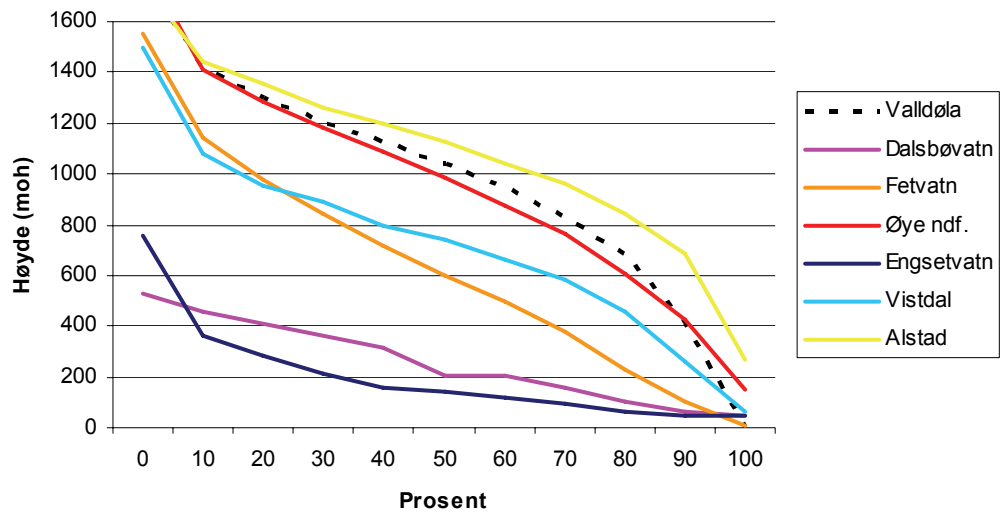
Tabell 2. Feltparametere for målestasjoner i Valldølas omegn.

Stasjon	Feltareal km ²	Eff. sjø %	Normalavløp, Q _N l/s·km ²	Høydeintervall moh.	Median høyde moh.
91.2 Dalsbøvatn	25.6	5.47	65.5	47-528	203
97.1 Fetvatn	89.2	1.52	88.4	7-1551	600
98.4 Øye ndf.	139	0.26	60.7	147-1848	982
100.1 Alstad	228	0.12	49*	271-1758	1125
101.1 Engsetvatn	39.9	11.0	54.5	45-760	440
104.23 Vistdal	66.4	0.14	59*	60-1498	740
Valldøla	360	0.08	47*	0-1766	1039

* Normalavløp funnet fra avrenningskartet for perioden 1961 – 1990.

Nedbørfeltene til målestasjonene Dalsbøvatn og Engsetvatn har relativt høy effektiv sjøprosent, noe som generelt medfører flomdempning. Flomepisodene og frekvensanalysene for avløpsserien ved disse stasjonene er dermed ikke direkte sammenlignbare med flommer i

Valldøla, som har lav effektiv sjøprosent. Responsen i vannføringen på nedbør i Valldøla vil trolig være rask med spisst forløp.



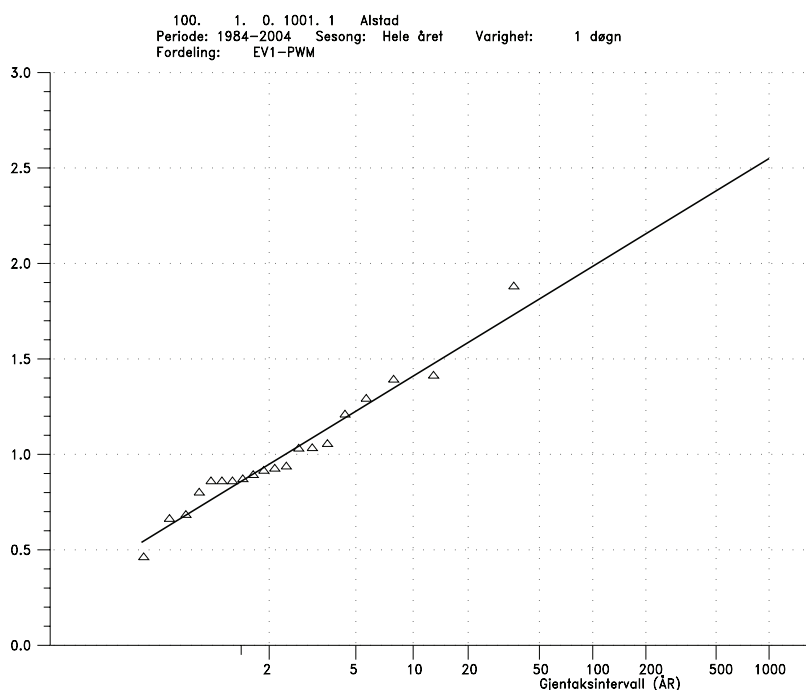
Figur 7. Hypsografiske kurver for nedbørfeltene til Valldøla og utvalgte nabostasjoner. Kurven viser hvor stor prosentvis andel av det totale feltarealet som ligger over en gitt høyde.

4. Beregning av flomverdier

Grunnlaget for flomsonkartleggingen er flomvannføringer for gitte gjentaksintervall som beskrevet i kapitel 1. Siden det finnes observasjoner av vannføring et stykke opp i Valldøla er utgangspunktet for flomfrekvensanalysen observasjonsserie av vannføring, samt en sammenligning med nærliggende vassdrag og regionale flomfrekvenskurver (Sælthun *et al.*, 1997).

4.1. Flomfrekvensanalyser

En skiller gjerne mellom vårflokker og høstflokker. Store vårflokker er ofte en kombinasjon av snøsmelting og regn. Høstflokker kommer som regel fra en ren regnhendelse. De underliggende mekanismene er forskjellige og kan ha ulike fordelinger. Vårflokker er årvisse og stiger generelt moderat mot høye gjentaksintervall. Høstflokker kan være små eller mangle helt enkelte år, men stiger ofte raskere for sjeldne hendelser. I vassdrag med klart definert sesongskille er regionale kurver derfor lagd separat for vårflokker og høstflokker. I kystnære og relativt lavtliggende vestlandsvassdrag vil milde perioder i kombinasjon med nedbør i form av regn kunne gi flokker om vinteren. Det vil derfor være fare for flom gjennom store deler av året og det er ikke noe klart sesongskille. Regionale kurver i slike vassdrag er derfor basert på årsflokker.

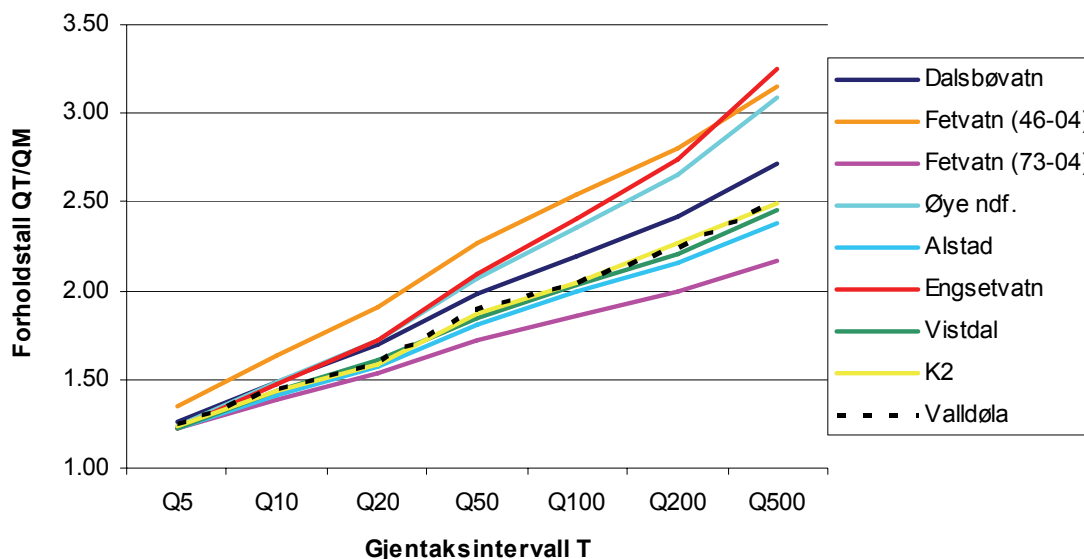


Figur 8. Tilpasset fordelingsfunksjon til årsflokker (døgnmiddel) ved stasjon 100.1 Alstad. Vannføringen på Y-aksen er gitt som forholdet Q_T/Q_M .

I flomsonekartprosjektet legges frekvensanalyse av årsflommer til grunn for beregningene (NVE, 2000). Det vil si at frekvensanalysen er basert på en serie som består av den største observerte døgnmiddelvannføringen for hvert år.

Med bakgrunn i dette er det utført flomfrekvensanalyser av årsflommer ved målestasjonene beskrevet i kapittel 3. For hver stasjon tilpasses ulike fordelingsfunksjoner, og den frekvensfordelingen som vurderes best tilpasset de observerte årsflommene velges. Figur 8 viser fordelingsfunksjonen som synes å være best tilpasset de observerte årsflommene ved Alstad. Valgt frekvensfordeling for de forskjellige stasjonene er sammenfattet i Tabell 3. Midlere flom (Q_M) er oppgitt i absolutte og spesifikke verdier og flommer for ulike gjentaksintervall (Q_T) som forholdstallet (flomfrekvensfaktor) til midlere flom (Q_T/Q_M). Flomfrekvensfaktorene er også illustrert i Figur 9. Det er stor variasjon i de valgte frekvensfaktorene ved målestasjonene. Dataserien ved Fetvatn (hele observasjonsperioden) har vist seg å gi for høye verdier, fordi døgnmiddelflommene består av en blanding av kulminasjonsverdier og reelle døgngjennomsnitt. Dette er nærmere beskrevet i Pettersson (2002). Flomfrekvensanalyser er derfor utført for perioden 1973-2004 ved denne stasjonen. Variasjonen i frekvensfaktorene for de ulike målestasjonene er stor og forholdstallet Q_{500}/Q_M ligger eksempelvis fra 2.17 ved Fetvatn (1973-2004) til 3.25 ved Engsetvatn.

Det er også foretatt en sammenligning med regionale flomfrekvenskurver (Sælthun *et al.*, 1997). I kystregionene er disse basert på årsflommer, og i Tabell 3 er flomfrekvensfaktorene for region K2 gitt. Region K2 dekker områdene innenfor den ytterste kyststripen og omfatter mange fjorder og kystnære strøk. Valldøla ligger i denne regionen, og beregninger for denne regionen er derfor tatt med. De regionale kurvene er basert på avløpsfelt i størrelsesorden fra 20 km² og oppover. I så måte er størrelsen på nedbørfeltet til Valldøla innenfor grunnlaget av hva de regionale kurvene dekker.



Figur 9. Flomfrekvensfaktorer (Q_T/Q_M) av årsflommer (døgnmiddel), for aktuelle målestasjoner, sammen med regionale frekvenskurver for årsflommer (Sælthun *et al.*, 1997).

Flomforholdene i et nedbørfelt påvirkes både av klimatiske og fysiografiske forhold. Ved valg av representativ frekvensfordeling for umålte felt, er det antatt at klimatiske forhold har størst betydning. Målestasjonene Dalsbøvatn og Engsetvatn har lavere høydefordeling og ligger litt lenger ut mot kysten. Valldøla vil derfor ha senere og lengre snøsmelting enn disse feltene. De skiller seg også fra Valldølas nedbørfelt ved en langt høyere effektiv sjøprosent, men hvilken betydning dette har for frekvensfaktorene Q_T/Q_M er mer usikkert. Vistdals og Fetvatns nedbørfelter ligger henholdsvis litt lenger nord og vest enn Valldøla. Begge nedbørfeltene til målestasjonene ligger lavere og er preget av dominerende høstflom og sekundær vårflo. Flomfrekvensfaktorene for de regionale kurvene (K2) ligger i underkant av gjennomsnittet for alle målestasjonene i Tabell 3. Flomfrekvensfaktorene ved Alstad er litt lavere enn for K2-regionen.

Som representativ frekvensfordeling for Valldøla er det valgt å bruke de regionale frekvensfaktorene funnet i K2-regionen avrundet til nærmeste 0.05 pga usikkerheten i valg av kurve. Verdiene er litt høyere enn flomfrekvensfaktorene funnet ved Alstad, noe som kan virke rimelig sammenlignet med resten av målestasjonene som er undersøkt.

Tabell 3. Flomfrekvensanalyser av årsflommer for aktuelle målestasjoner, sammen med regionale frekvenskurver for årsflommer (Sælothun et al., 1997).

Stasjon	Periode	Ant. år	Areal km ²	Q _M		Q ₅ /Q _M	Q ₁₀ /Q _M	Q ₂₀ /Q _M	Q ₅₀ /Q _M	Q ₁₀₀ /Q _M	Q ₂₀₀ /Q _M	Q ₅₀₀ /Q _M
				l/s·km ²	m ³ /s							
91.2 Dalsbøvatn	34-04	70	25.6	426	10.9	1.26	1.48	1.69	1.98	2.20	2.42	2.72
97.1 Fetvatn	46-04	57	89.2	825	73.6	1.35	1.64	1.91	2.27	2.54	2.80	3.15
97.1 Fetvatn	73-04	31	89.2	694	61.9	1.22	1.38	1.53	1.72	1.86	1.99	2.17
98.4 Øye ndf	16-03	86	139	430	59.8	1.24	1.48	1.72	2.07	2.35	2.66	3.09
100.1 Alstad	84-04	20	228	403	91.9	1.23	1.41	1.57	1.81	1.99	2.16	2.38
101.1 Engsetvatn	24-02	79	39.9	257	10.3	1.23	1.47	1.72	2.09	2.40	2.74	3.25
104.23 Vistdal	75-03	26	66.4	554	36.8	1.23	1.43	1.61	1.85	2.03	2.21	2.45
Valldøla	-	-	360	410	148	1.25	1.45	1.60	1.90	2.05	2.25	2.50
Regional kurve K2	-	-	-	-	-	1.24	1.44	1.59	1.87	2.05	2.27	2.49

4.2. Beregning av middelflom

Ved beregning av absolutte flomstørrelser bør feltkarakteristika som effektiv sjøprosent og feltareal i større grad inngå i vurderingen av representative nedbørfelt enn i frekvensanalysen. Spesifikk middelflom antas å avta med økt størrelse på nedbørfeltet, ved at flomtoppene fra ulike delfelter vil nå hovedvassdraget til litt forskjellig tid. Spesifikk middelflom vil også avta med økt effektiv sjøprosent, ved at sjøer har flomdempende effekt.

Spesifikk middelflom varierer relativt mye for stasjonene i området (Tabell 3) og ligger i størrelsesorden fra 257 l/s·km² til 825 l/s·km². Som nevnt tidligere vurderes flomdata for 97.1 Fetvatn for å gi for høye estimer pga en blanding av døgnmiddel- og kulminasjonsverdier i datagrunnlaget. Spesifikk middelflom etter at det ble montert kontinuerlig registrerende utstyr

ved stasjonen, i perioden 1973 – 2004, er 694 l/s·km². Dalsbøvatn og Engsetvatn har alle langt høyere effektiv sjøprosent enn Valldøla. Høy effektiv sjøprosent har som nevnt en reduserende effekt på flommer.

I Sælthun *et al.* (1997) er det utarbeidet regionale flomformler for beregning av spesifikk middelflom som bygger på regresjon mot feltparametere. For Valldølas nedbørfelt er følgende formel aktuell:

$$\text{Region K2: } \ln(Q_M) = 1.1524 \cdot \ln(Q_N) - 0.0463 \cdot A_{SE} + 1.57$$

Spesifikk middelflom beregnes med bakgrunn i årlig middelavrenning i l/s·km² (Q_N) og effektiv sjøprosent (A_{SE}). Spesifikk middelflom beregnet med formelen for K2 gir 405 l/s·km². Verdien ligger et stykke under det som er funnet ved Fetvatn og Vistdal, men er i samme størrelsesorden som for Alstad og Øye ndf. Det antas at den regionale formelen for spesifikk middelflom stemmer noenlunde godt.

Med bakgrunn i dette antas en spesifikk middelflom i Valldøla å ligge i størrelsesorden 410 l/s·km². Med valgt verdi for middelflom, og flomfrekvensfordelingen som antas representativ for Valldøla (tabell 3), blir de resulterende flomverdiene som vist i tabell 4.

Tabell 4. Beregnet middelflom (Q_M) og resulterende flomverdier ved ulike gjentaksintervall i Valldøla, døgnmiddelvannføringer.

Punkt i vassdraget	Areal km ²	Q _M		Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Valldøla	360	410	148	185	214	236	280	303	332	369

4.3. Beregning av kulminasjonsvannføring

Flomverdiene som hittil er presentert representerer døgnmiddelvannføring. I små vassdrag vil kulminasjonsvannføring være atskillig større enn døgnmiddelvannføringen. Dette er spesielt karakteristisk i vassdrag hvor vannføringen kan stige raskt og flommene har et spisst forløp. Små nedbørfelter med lav effektiv sjøprosent vil typisk ha et raskere og spissere flomforløp sammenlignet med større nedbørfelter med høyere effektiv sjøprosent. Valldøla har et mellomstort nedbørfelt og lav effektiv sjøprosent.

Forholdet mellom kulminasjonsvannføring (momentanvannføring) og døgnmiddelvannføring (Q_{mom}/Q_{mid}) anslås fortrinnsvis ved å analysere de største observerte flommene i vassdraget. Forholdstallet beregnes da for én eller flere av de større flommene ved målestasjoner i vassdraget, og/eller eventuelt i nærliggende vassdrag, avhengig av hvor og når det finnes data med fin tidsoppløsning. Forholdet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring i Valldøla er vurdert med bakgrunn i observerte data ved Alstad og regionale formler (Sælthun *et al.*, 1997). Forholdstallet Q_{mom}/Q_{mid} for Valldøla er dermed utelukkende beregnet med utgangspunkt i målestasjon 100.1 Alstad, og beregnede forholdstall fra eksisterende formelverk.

For Alstad er fem flommer (døgnmiddel) sammenlignet med tilhørende kulminasjonsvannføringer. Tabell 5 viser kulminasjonsvannføring, døgnmiddelvannføring og forholdstallet,

$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$, mellom disse. Kulminasjonsvannføringen er i gjennomsnitt ca 20 % større enn døgnmiddelvannføringen for vår- og høstflommer. Den største registrerte flommen ved målestasjonen er en høstflom og har forholdstall 1.31.

Tabell 5. Kulminasjons- og døgnmiddelvannføringer ved Alstad.

Dato	Kulminasjon m ³ /s	Døgnmiddel m ³ /s	$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$
15.08.2003	225.8	172.6	1.31
07.05.2004	137.6	129.7	1.06
17.05.2000	123.8	94.8	1.31
23.05.2002	81.6	73.4	1.11
29.06.1999	74.2	62.7	1.18

I Sælthun *et al.* (1997) er det utarbeidet ligninger som uttrykker en sammenheng mellom forholdet $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$ og feltkarakteristika for vår- og høstsesong. For vårflokker gjelder formelen:

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

mens formelen for høstflokker er:

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

hvor A er feltareal og A_{SE} er effektiv sjøprosent. I Valldøla vil flommer kunne inntreffe både om våren og høsten. Formelene for vår- og høstflokker gav et forholdstall på henholdsvis 1.25 og 1.47.

Siden flommer i Valldøla kan inntreffe både om våren og høsten, antas det ut fra observasjoner ved Alstad og regionalt formelverk at et forholdstall på 1.35 er gjeldende for Valldøla. Dette tilsvarer en verdi rundt gjennomsnittet av forholdstallene fra de regionale formlene for vår- og høstflokker og den største observerte flommen.

Resulterende kulminasjonsvannføringer ved flommer med forskjellige gjentaksintervall i Valldøla er vist i Tabell 6. Flomverdiene er på grunn av usikkerheter i analysene avrundet til nærmeste 10 m³/s.

Tabell 6. Flomverdier i Valldøla ved utløpet i fjorden, kulminasjonsvannføringer.

Punkt i vassdraget	Areal km ²	$Q_{\text{mom}}/$ Q_{mid}	Q_M m ³ /s	Q_5 m ³ /s	Q_{10} m ³ /s	Q_{20} m ³ /s	Q_{50} m ³ /s	Q_{100} m ³ /s	Q_{200} m ³ /s	Q_{500} m ³ /s
Valldøla ved utløpet i fjorden	360	1.35	200	250	290	320	380	410	450	500

For en mulig kalibrering av en hydraulisk modell i forbindelse med vannlinjeberegninger i Valldøla, er det ønske om flomvannføring ved større flommer. En oversikt over noen flommer ved målestasjon 100.1 Alstad er gitt i Tabell 5. Observerte flomverdier ved Alstad kan skaleres med en arealfaktor på 1.58 (360/228) for å representere flomverdier i Valldøla ved utløpet i fjorden. Ved skaleringen tas det kun hensyn til forskjellen i arealet.

5. Usikkerhet

Datagrunnlaget for flomberegning i Valldøla kan karakteriseres som noe mangelfullt. Det foreligger noe vannføringsdata fra vassdraget, men måleperioden er kort og vannmerket ligger ett stykke opp i vassdraget. Alle beregninger er basert på observasjoner fra målestasjoner i vassdraget og nærliggende vassdrag og regionalt formelverk. Det er relativt store variasjoner i både spesifikk middelflom og frekvensfaktorer mellom målestasjonene. Dette viser at Valldøla ligger i et område med lokale forskjeller i flomregimet.

Det er knyttet opp til $\pm 20\%$ usikkerhet ved estimering av spesifikk avrenning fra avrenningskartet. Usikkerheten vil i alminnelighet øke for avtakende feltstørrelse (Beldring *et al.*, 2002). Observert avrenning ved Alstad er større enn hva avrenningskartet gir, men observasjonsperioden er avvikende fra normalperioden 1961-1990. Det er ikke korrigert for overføringen ut av feltet. Trolig underestimerer avrenningskartet årlig middelaavrenning noe for Valldøla.

Det er også en hel 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 observasjoner av vannstander og tilhørende målinger av vannføring i elven. Men disse direkte målinger er ofte ikke utført på store flommer. De største flomvannføringene er altså beregnet ut fra et ekstrapolert forhold mellom vannstander og vannføringer, dvs. også ”observerte” flomvannføringer inneholder en stor grad av usikkerhet.

Hydrologisk avdelings database er basert på døgnmiddelverdier knyttet til kalenderdøgn. I prinsippet er alle flomvannføringer derfor noe underestimerte, fordi største 24-timersmiddel alltid vil være større eller lik største kalenderdøgnmiddel.

En annen faktor som fører til usikkerhet i data, er at de eldste dataene i databasen er basert på én 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 døgnmiddelet.

I tillegg er dataene med fin tidsoppløsning 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 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. Med basis i usikkerhetsmomentene nevnt ovenfor kan datagrunnlaget for beregningene karakteriseres som noe mangelfullt. Flomberegningen klassifiseres derfor i klasse 2, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

Referanser

Astrup, M. 2001: Avløpsnormaler. Normalperioden 1961-1990. NVE Rapport nr. 2 – 2001.

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

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

NVE 2002: Avrenningskart for Norge 1961 – 1990, 1:500 000. Hydrologisk avdeling.

NVE 2000: Prosjekthåndbok - Flomsonekartprosjektet. 5.B: Retningslinjer for flomberegninger.

Pettersson, L. E. 2002: Flomberegning for Ørstavassdraget. NVE Dokument 9 – 2002.
Flomsonekartprosjektet.

Sælthun, N. R., Tveito, O. E., Bønsnes, T. E. og Roald, L. A. 1997: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. NVE Rapport nr. 14 – 1997.

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

Utgitt i Dokumentserien i 2005

- Nr. 1 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Eidfjordvassdraget. Flomsonekartprosjektet (20 s.)
- Nr. 2 Eirik Traae: Program for økt sikkerhet mot leirskred. Risiko for kvikkleireskred Bragernes, Drammen
Forslag til tiltak (21 s.)
- Nr. 3 Inger Sætrang: Statistikk over tariffer i regional- og distribusjonsnettet 2005 (55 s.)
- Nr. 4 Turid-Anne Drageset, Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Fjellhammarelva/Sagelva (26 s.)
- Nr. 5 Thomas Væringstad: Flomberegning for Valldøla (19 s.)