



Flomsonekartprosjektet

Flomberegning for Vikja og Hopra i Sogn og Fjordane

Lars-Evan Pettersson

7
2005

D O K U M E N T



Flomberegning for Vikja og Hopra i Sogn og Fjordane (070.Z og 070.6Z)

Norges vassdrags- og energidirektorat
2005

Dokument nr 7 - 2005

Flomberegning for Vikja og Hopra i Sogn og Fjordane (070.Z og 070.6Z)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Lars-Evan Pettersson

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 30

Forsidefoto: Fra nedre del av Vikja (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 ved Vik i Sogn og Fjordane. Flomvannføringer med forskjellige gjentaksintervall er beregnet for fire steder i elvene Vikja og Hopra.

Emneord: Flomberegning, flomvannsføring, Vikja, Hopra

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	6
3. Hydrometriske stasjoner	8
4. Flomdata	10
5. Flomfrekvensanalyser	10
6. Beregning av flomverdier	11
7. 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 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 elvestrekninger ved Vik i Sogn og Fjordane. Rapporten er utarbeidet av Lars-Evan Pettersson og kvalitetskontrollert av Erik Holmqvist.

Oslo, mai 2005



Morten Johnsrød
avdelingsdirektør



Sverre Husebye
sekjonssjef

Sammendrag

Flomberegningen for Vikja og Hopra gjelder ett delprosjekt i NVEs Flomsonekart-prosjekt: fs 070_1 Viksøyri. Kulminasjonsvannføringer ved forskjellige gjentaksintervall er beregnet for fire steder i Vikja og Hopra ved Vik tettsted. Beregningen er basert på data fra målestasjoner i og nært vassdragene og formelverk for beregninger i umalte vassdrag. Vikvassdragene er kraftig regulert siden slutten av 1950-årene. Resultatet av flomberegningen ble:

	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
Vikja oppstrøms Vetlelvi	109.5	78	97	113	125	146	176	193	210
Vikja ved utløpet i fjorden	118.0	83	103	119	132	155	185	203	221
Vetlelvi ved samløpet med Vikja	7.3	8.9	11.0	12.8	14.1	16.6	18.2	20.2	22.1
Hopra ved utløpet i fjorden	31.0	21	27	31	34	40	44	49	53

Samtidig vannføring i Vikja ved flomkulminasjon i Vetlelvi er 27 m³/s ved alle gjentaksintervall på flommer.

På grunn av tynt datagrunnlag og usikkerhet knyttet til reguleringens innvirkning på store flommer klassifiseres flomberegningen i klasse 3, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

1. Beskrivelse av oppgaven

Flomsonekart skal konstrueres for de nedre delene av elvene Vikja og Hopra ved Vik i Sogn og Fjordane, delprosjekt fs 070_1 Viksøyri 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 Hopra ved utløpet i fjorden og for Vikja oppstrøms sideelven Vetleelvi og ved utløpet i fjorden, samt for Vetleelvi ved samløpet med Vikja.

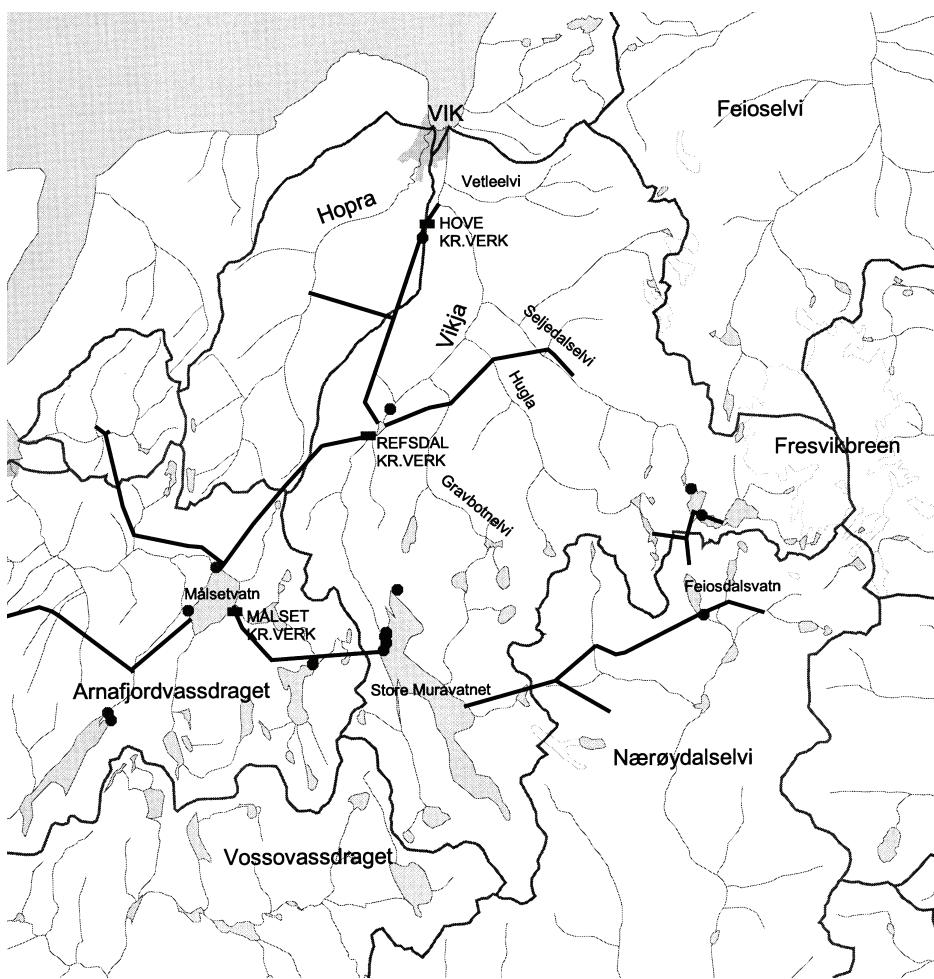
2. Beskrivelse av vassdraget

Ved tettstedet Vik, som ligger omrent midt på Sognefjordens sørside, faller de to elvene Vikja og Hopra ut i fjorden. Vikja eller Vikvassdraget har et nedbørfelt på 118 km², mens Hopras feltareal er 31 km².

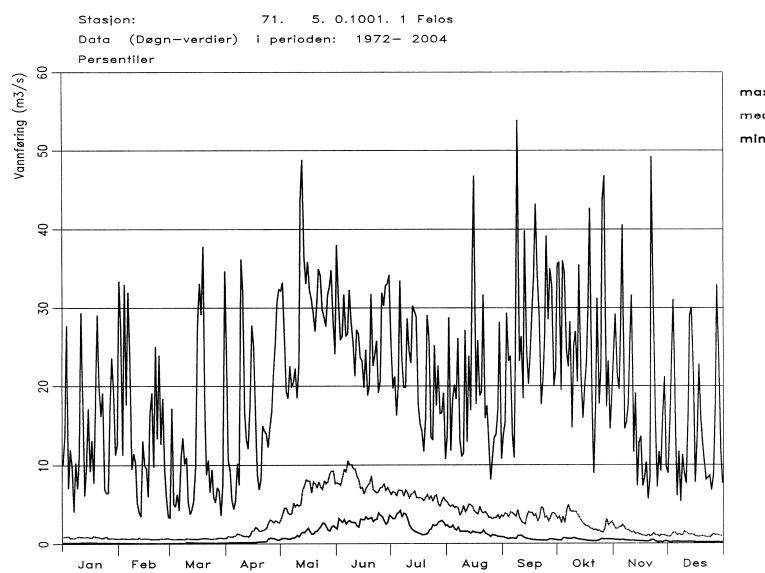
I øvre delen av Vikvassdraget ligger Store Muravatnet 1060 moh. med 500 meter høye fjelltopper rundt seg. Like sørvest for vatnet går vannskillet mot Vossovassdraget. Vikja renner nordover fra Store Muravatnet og får etter hvert flere tilløp fra sørøst: Gravbotnelvi eller Risflåg, Hugla og Seljedalselvi. Den sistnevnte elven er den største og den har sitt utspring i Fresvikbreen. På breens topplatå ligger også det høyeste punktet i vassdraget, 1648 moh. Drøyt tre kilometer nedstrøms samløpet med Seljedalselvi får Vikja tilløp ved den lille Vetleelvi fra øst. Den kalles også Stadeimselvi. Etter ytterligere en kilometer faller Vikja ut i fjorden. Vetleelvis nedbørfelt er 7.3 km² og Vikjas feltareal ved samløpet er 109.5 km².

Hopras nedbørfelt, som ligger like vest for Vikja, strekker seg bare opp til ca. 1150 moh. Det er meget lite innsjø ifeltet. Den nederste delen av Hopra renner parallelt med Vikja før den faller ut i fjorden.

Vikvassdraget ble regulert i senere delen av 1950-årene. Refsdal kraftverk var det første kraftverket og det ble satt i drift i 1958. I 1967 kom Målset kraftverk og i 1969 Hove kraftverk. Den nåværende reguleringen er relativt komplisert. Fra magasiner øverst i Seljedalselvi og Hugla overføres vann til Feiosdalsvatn, et magasin øverst i Nærøydalselvi. Denne elven har utløp i Sognefjorden mye lenger inn i fjorden enn hva Vikvassdraget har. Fra Feiosdalsvatn og fra en rekke bekkeinntak overføres vann til Store Muravatnet med en maksimal kapasitet på 15-17 m³/s avhengig av tilsigsforholdene (Erichsen & Holmqvist, 1996). Opprinnelig var her fire vann, som ved anlegg av en høy dam i Endredalen ble oppdemt til ett stort magasin, Store Muravatnet. Det er nå inntaksmagasin for Målset kraftverk, som har en driftsvannføring på maksimalt ca. 14 m³/s. Utløpet fra Målset kraftverk går i Målsetvatn som ligger i Arnafjordvassdraget sørvest for Vikja og Hopra. Det overføres vann fra flere bekker og elver til Målsetvatn, som er inntaksmagasin for Refsdal kraftverk. Det ligger i Vikja og har en driftsvannføring på maksimalt ca. 21 m³/s. Utløpet fra Refsdal kraftverk går ut i det lille inntaksmagasinet for Hove kraftverk. Hit overføres også vann fra bekkeinntak i sideelvene til Vikja og fra et inntak i Hopra. Hove kraftverk har en driftsvannføring på maksimalt ca. 23 m³/s og har utløp i Vikja litt oppstrøms samløpet med Vetleelvi.



Figur 1. Kart over Vikja og Hopra og nærliggende områder.



Figur 2. Karakteristiske vannføringer ved målestasjonen 71.5 Feios (75.2 km^2).

Den naturlige middelvannføringen ved Vikjas utløp i fjorden er $6.6 \text{ m}^3/\text{s}$ og ved Hopras utløp $1.2 \text{ m}^3/\text{s}$ i følge ”Avrenningskart for Norge 1961-1990”. Dette tilsvarer årlige avrenninger på hhv. 55.9 og $38.4 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$. Innen Vikjas nedbørfelt varierer avrenningen mellom 20 og $80 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$.

Figur 2 viser karakteristiske vannføringsverdier for hver dag i løpet av året ved målestasjonen 71.5 Feios, som ligger litt øst for Vikvassdraget, og der man kan anta at avrenningsforholdene er ganske like de naturlige forholdene i Vikja og Hopra. Den øverste kurven (max) i grafen viser største observerte vannføring og den nederste kurven (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.

Vi ser at vannføringen vanligvis er størst i forbindelse med snøsmeltingen i mai-juni (mediankurven) og minst om vinteren. Figuren viser imidlertid også at flommer forekommer hele året, men at de største forekommer hyppigst om høsten.

3. Hydrometriske stasjoner

Flere hydrometriske stasjoner i og nært Vikja og Hopra er vurdert i flomberegningen.

Målestasjonen 70.8 Målset ligger like ovenfor Målsetvatn i Arnafjordvassdraget 870 moh. Den ble etablert i 1968, men mangler observasjoner i en periode fra 1971 til 1987. Etter det har den vært i drift i alle år.

70.7 Tistel lå i Hopra og ble etablert i 1969. Etter noen år med helt eller delvis manglende data ble den nedlagt i 1989. Observasjonene var ikke påvirket av reguleringer. Målestasjonens nedbørfelt utgjorde omtrent halve Hopras areal.

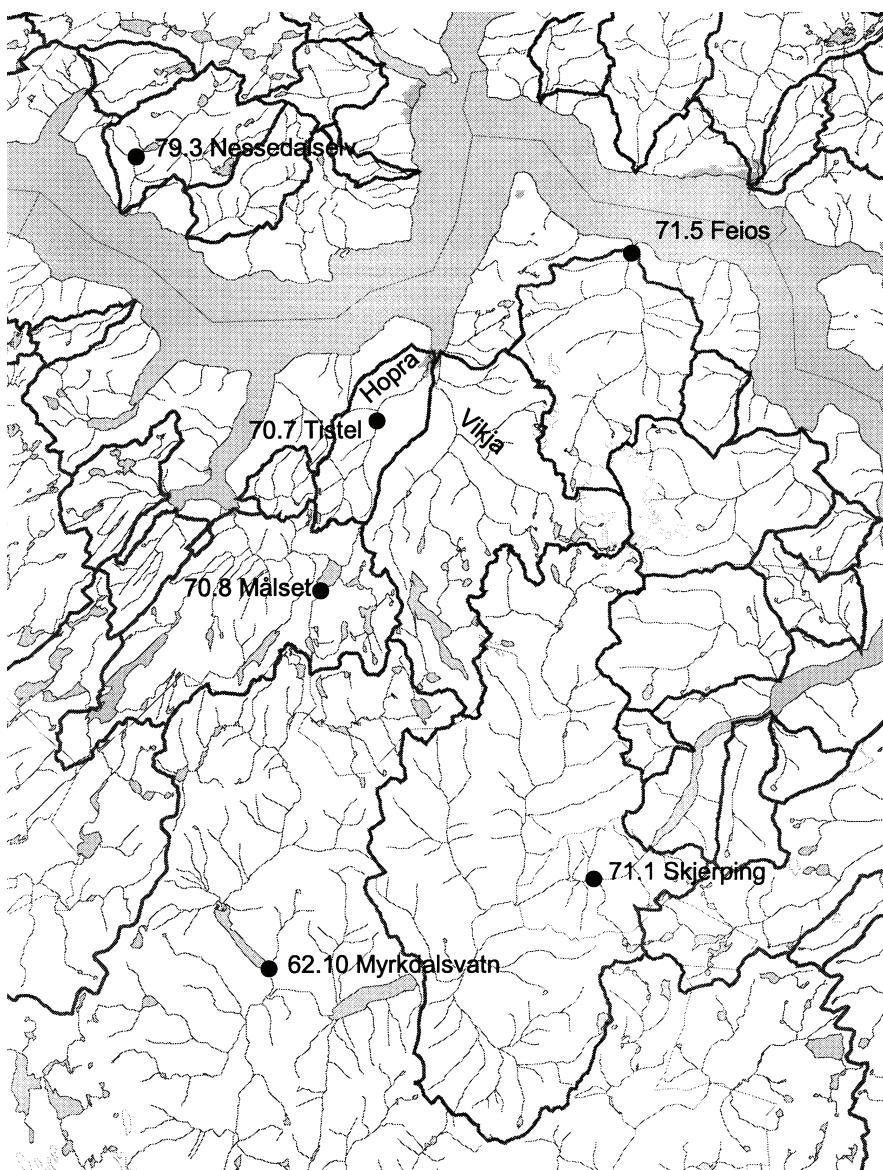
71.5 Feios ligger like øst for Vikja. Målestasjonen ble etablert i 1972 og er fortsatt i drift.

71.1 Skjerping ligger i Nærøydalen sørøst for Vikja/Hopra. Vannføringsdata finnes for perioden 1908-1938. Etter den tid finnes en hel del vannstandsdata, men det er foreløpig ikke mulig å omregne de til vannføringer. I 1972 ble en liten del av nedbørfeltet overført mot Vikvassdraget.

79.3 Nessedalselv ligger på nordsiden av Sognefjorden litt vest for Vik. Målestasjonen ble etablert i 1983 og er fortsatt i drift.

62.10 Myrkdalsvatn ligger i en sideelv i Vossovassdraget like sør for Vikvassdraget. Stasjonen ble etablert i 1964 og er fortsatt i drift. Det har tidligere vært to andre stasjoner i denne delen av Vossovassdraget: 62.13 Årmot og 62.12 Hielva. De stasjonene ble nedlagt bl.a. fordi flomdata fra stasjonene var meget dårlige. Dataene vurderes derfor ikke i denne flomberegningen.

I figur 3 er stasjonenes beliggenhet vist og i tabell 1 er enkelte data for stasjonene sammenfattet. Alle stasjonene er uregulerte i de aktuelle observasjonsperiodene.



Figur 3. Hydrometriske stasjoner.

Tabell 1. Aktuelle vannføringsstasjoner i og nært Vikja og Hopra.

Nr.	Navn	Beliggenhet	Feltareal km ²	Midlere felthøyde moh.	Observasjons- periode	Normalavløp (1961-1990) l/s·km ²
70.8	Målset	Arnafjordvassdraget	7.57	1079	1968 -	72.9
70.7	Tistel	Hopra	15.9	838	1969 - 1989	47.8
71.5	Feios	Feioselvi	75.2	938	1972 -	53.9
71.1	Skjerping	Nærøydalselvi	268	970	1908 - 1938	54.4
79.3	Nessedalselv	Nesselvi	30.1	820	1983 -	63.4
62.10	Myrkdalsvatn	Vosso, Myrkdalselv	159	976	1964 -	76.4

Normalavløpene er hentet fra Avrenningskart for Norge 1961-1990 og er beregnet med nedbør-avløpsmodell for det naturlige nedbørfeltet. Feltarealet gjelder også for det naturlige feltet.

4. Flomdata

I nedre delen av Vikja var det vannstandsobservasjoner ved målestasjonen 70.2 Vange bru i en periode fra sommeren 1963 til sommeren 1971. De klart høyeste vannstandene i den perioden var sommeren og høsten 1969, med høyeste kulminasjon 29. september.

Høsten 1995 var det en stor flom i Vikvassdraget, som medførte skader flere steder. Den kulminerte 27. oktober. NVE og Statkraft Engineering as utførte i lag en analyse av denne flommen (Erichsen & Holmqvist, 1996). Analysen konkluderte med at flomtoppen i den nedre delen av Vikja ble redusert i forhold til naturlig tilstand med ca. $40 \text{ m}^3/\text{s}$ til ca. $130 \text{ m}^3/\text{s}$. Denne vannføringen stemte rimelig godt overens med et grovt anslag som ble gjort etter flommen ut fra oppmålinger av tverrsnitt og antagelser om vannhastigheter, hvor maksimalvannføringen ble anslått til $100 - 150 \text{ m}^3/\text{s}$ (Lund, 1995).

I tillegg finnes det noen spredte vannføringsobservasjoner fra Vikvassdraget, men det er ikke mulig å gjøre noen vurderinger om flomforhold ut fra de.

I Hopra, ved 70.7 Tistel, var flommen 29. september 1969 relativt stor, $6.8 \text{ m}^3/\text{s}$ som døgnmiddel, men langt fra en av de største i observasjonsperioden 1969-1988, hvor det mangler data i årene 1983, 1984, 1986 og 1987. De to største flommene ved Tistel var 4. september 1973 på $10.7 \text{ m}^3/\text{s}$ og 2. november 1971 på $9.2 \text{ m}^3/\text{s}$, begge verdiene døgnmidler.

Ved 70.8 Målset var flommen høsten 1969 ikke spesielt stor. De to største her var 26. oktober 1995 på $6.2 \text{ m}^3/\text{s}$ og 20. juni 1999 på $6.1 \text{ m}^3/\text{s}$, begge verdiene døgnmidler.

Ved målestasjonene 71.5 Feios og 62.10 Myrkdalsvatn er flommen i oktober 1995 en av de større, men ikke den største. Ved Feios er det flommen 9. september 1982 som er den største, mens ved Myrkdalsvatn er det flommen 3. november 1971 som er den klart største.

5. Flomfrekvensanalyser

Det er utført frekvensanalyser på årsflommer for de av de tidligere nevnte vannføringsstasjonene som har tilstrekkelig lang serie. Resultatene er vist i tabell 2, hvor midlere flom, Q_M , og forholdstallene Q_T/Q_M presenteres. Midlere flom er også beregnet for de stasjoner som har for kort serie for flomfrekvensanalyse.

Tabell 2. Flomfrekvensanalyser, døgnmiddel av årsflommer.

Vannføringsstasjon	Areal km ²	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
62.10 Myrkdalsvatn	159	41	82.2	517	1.21	1.37	1.54	1.74	1.90	2.05	2.26
70.7 Tistel	15.9	15	6.67	419							
70.8 Målset	7.57	18	4.55	601							
71.1 Skjerping	268	30	147.6	550	1.23	1.43	1.64	1.91	2.12	2.34	2.65
71.5 Feios	75.2	27	36.0	479	1.18	1.31	1.42	1.56	1.66	1.75	1.88
79.3 Nessedalselv	30.1	20	16.4	547							

I tabell 3 vises forholdstall Q_T/Q_M som er hentet fra prosjekthåndboken for flomsonekart-prosjektet (NVE, 2000), som igjen er utledet i en regional flomfrekvensanalyse fra 1997 (Sælthun m.fl., 1997).

Tabell 3. Regionale flomfrekvensfaktorer.

Flomregime/region	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
Høstflommer, H1	1.33	1.59	1.86	2.21	2.48	2.79	3.23
Høstflommer, H2	1.33	1.68	1.95	2.39	2.70	3.05	3.58
Årsflommer, K2	1.24	1.44	1.59	1.87	2.05	2.27	2.49

6. Beregning av flomverdier

Det skal beregnes flomverdier for Vikja oppstrøms samløpet med Vetleelvi og ved utløpet i fjorden, for Vetleelvi ved samløpet med Vikja og for Hopra ved utløpet i fjorden.

Reguleringene i vassdraget kan sannsynligvis virke flomdempende ved mindre flommer ved at vann overføres ut av et felt gjennom bekkeinntak eller at reguleringsmagasinene har plass for vann uten at det fører til overløp. Men ved store flommer kan man regne med at det er så mye vann i vassdraget at slike effekter forsvinner eller blir minimale. Man må isteden kanskje forutsette verste mulige tilfelle, nemlig at vann overføres inn i et felt fra nabofelt. I Vikvassdraget er det særlig overføringen inn til Store Muravatn fra Feiosdalsvatn og bekkeinntak, samt overføringen inn gjennom Refsdal kraftverk som må vurderes.

I første omgang beregnes flomverdier for feltene som om de er uregulerte, men med den forskjellen at Store Muravatnet regnes å ha det nåværende sjøarealet ved HRV og ikke det sammenlagte arealet som de uregulerte innsjøene hadde. Det gjør at effektiv sjøprosent blir større for Vikja enn den var ved helt uregulerte forhold.

Midlere flom kan beregnes ut fra formelverk basert på feltparametrer (Sælthun m.fl., 1997 og NVE, 2000). Tre formler kan være aktuelle i dette tilfellet fordi Vikvassdraget ligger i overgangssonen der formlene for Høstflom H1 og Høstflom H2 gjelder. I tillegg finnes en formel for årsflommer.

$$\text{Høstflom, H1: } \ln Q_M = 1.2805 \cdot \ln Q_N - 0.2267 \cdot \ln(A/L_F) - 0.0664 \cdot A_{SE} + 0.0053 \cdot S_T + 1.00$$

$$\text{Høstflom, H2: } \ln Q_M = 1.2910 \cdot \ln Q_N - 0.1602 \cdot \ln(A/L_F) - 0.0508 \cdot A_{SE} + 0.0065 \cdot S_T + 0.65$$

$$\text{Årsflom, K2: } \ln Q_M = 1.1524 \cdot \ln Q_N - 0.0463 \cdot A_{SE} + 1.57$$

der Q_M er midlere spesifikk flom, Q_N er midlere spesifikt årsavløp, A er nedbørfeltets areal, L_F er feltaksens lengde, A_{SE} er effektiv sjøprosent og S_T er hovedelvas gradient.

Tabell 4 viser beregning av midlere spesifikk flom ved bruk av disse flomformler.

Tabell 4. Beregning av midlere spesifikk flom.

	Vikja oppstrøms Vetleelvi	Vikja ved utløpet i fjorden	Vetleelvi	Hopra
A, km^2	109.5	118.0	7.3	31.0
$A_{SE}, \%$	0.801	0.690	0.001	0.006
$Q_N, \text{l/s}\cdot\text{km}^2$	57.1	55.9	45.0	38.4
L_F, km	17.4	18.8	5.0	11.0
$S_T, \text{m/km}$	60.0	57.3	282.4	92.7
$Q_M, \text{Høstflom H1, l/s}\cdot\text{km}^2$	415	401	1459	375
$Q_M, \text{Høstflom H2, l/s}\cdot\text{km}^2$	375	361	1540	329
$Q_M, \text{Årsflom K2, l/s}\cdot\text{km}^2$	490	481	386	322

Resultatene i tabell 4 sammenlignes med observerte verdier for midlere flom i tabell 2.

For Vikja vurderes flomverdiene beregnet med formler for Årsflom K2 som rimeligst, hhv. 490 og 481 $\text{l/s}\cdot\text{km}^2$ oppstrøms Vetleelvi og ved utløpet i fjorden. Det er i samme størrelsesorden som midlere spesifikk flom ved 71.5 Feios i nabovassdraget i nordøst, og noe mindre enn hva det er for 62.10 Myrkdalsvatn i Vossovasdraget i sør. Reduksjonen i spesifikk flom fra oppstrøms Vetleelvi til utløpet i fjorden tilsvarer et bidrag fra mellomliggende felt på 360 $\text{l/s}\cdot\text{km}^2$, noe som vurderes som rimelig.

For Hopra vurderes flomverdiene beregnet med formler for Høstflom H1 som rimeligst. Ved 70.7 Tistel, som lå i Hopra et godt stykke oppstrøms fjorden, er midlere spesifikk flom 419 $\text{l/s}\cdot\text{km}^2$. Reduksjonen i spesifikk flom i Hopra fra Tistel til utløpet i fjorden, 375 $\text{l/s}\cdot\text{km}^2$, tilsvarer et bidrag fra mellomliggende felt på 329 $\text{l/s}\cdot\text{km}^2$, noe som vurderes som rimelig.

For Vetleelvi er flomverdiene funnet ved formler for høstflommer urealistiske.

Meteorologisk institutt har laget et kart som viser nedbørverdier (24-timer) med 5 års gjentaksintervall, såkalt M5-verdier (Førland, 1992). For Vikområdet er M5-verdien 80 - 60 mm. Hvis en antar at M5 i Vetleelvi er 70 mm/døgn, tilsvarer det en avrenning Q_5 på ett døgn på 810 $\text{l/s}\cdot\text{km}^2$, og med en faktor på 1.24 (tabell 3, årsflommer, K2) for Q_5/Q_M

blir midlere spesifikk flom Q_M maksimalt 653 l/s·km². All nedbør i ett døgn renner ikke vekk i løpet av det samme døgnet, og selv om det er avrenning generert foregående døgn igjen i vassdraget, må man anta at midlere spesifikk flom er en del lavere enn 653 l/s·km². Representativ verdi for Vetleelvi anslås til 600 l/s·km², dvs. omtrent som observert ved 70.8 Målset. Den målestasjonen ligger ikke så langt unna Vetleelvi i luftlinje, men i et fjellstrøk med større nedbør, dvs. med sannsynligvis potensielt større spesifikke flommer. Feltet er imidlertid mindre bratt enn Vetleelvis og har innsjøer. De forholdene skulle indikere lavere spesifikke flomverdier enn Vetleelvi, men oppveies av de større nedbørmengdene.

For alle beregningspunkter antas flomfrekvensfaktorene som er gitt i tabell 3 for årsflommer å være representative. Faktorene for Q_{200}/Q_M og Q_{500}/Q_M er henholdsvis 2.27 og 2.49. Dette tilsvarer omtrent midlet av frekvensfaktorene ved de to lengste seriene i tabell 2. Det er noe lavere enn frekvensfaktorene som er funnet for den 110 år lange tilløpsserien til Vangsvatnet ved Voss (Holmqvist, 2003) hvor tilsvarende frekvensfaktorer er 2.01 og 2.22. Som grunnlag for den lange tilløpsserien er data fra 62.5 Bulken ved Vangsvatnets utløp. Dette nedbørfeltet har et areal på 1094 km².

Resulterende flomverdier med forskjellige gjentaksintervall for uregulerte forhold ved de aktuelle beregningspunktene er vist i tabell 5.

Tabell 5. Uregulerte flomverdier for beregningspunkter i Vikja og Hopra, døgnmiddelvannføringer.

	Q_M l/s·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
Q_T/Q_M			1.24	1.44	1.59	1.87	2.05	2.27	2.49
Vikja oppstrøms Vetleelvi	490	54	67	77	85	100	110	122	134
Vikja ved utløpet i fjorden	481	57	70	82	90	106	116	129	141
Vetleelvi	600	4.4	5.4	6.3	7.0	8.2	9.0	9.9	10.9
Hopra	375	11.6	14.4	16.7	18.5	21.7	23.8	26.4	28.9

De presenterte flomverdiene så langt representerer døgnmiddelverdier. Kulminasjonsvannføringen kan være atskillig større enn døgnmiddelvannføringen ved store flommer. Det er utarbeidet ligninger basert på feltparametarer som kan benyttes for å beregne forholdstallet mellom kulminasjonsvannføring (momentanvannføring) og døgnmiddelvannføring. Formelen for høstflommer, som sannsynligvis er de største i de aktuelle elvestrekningene, er:

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

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

Tabell 6 viser resultatene som er fremkommet ved bruk av formlene for høstflommer for de fire beregningspunktene.

Tabell 6. Forhold mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføringer ut fra formler for høstflommer.

	$Q_{momentan}/Q_{middel}$
Vikja oppstrøms Vetleelvi	1.46
Vikja ved utløpet i fjorden	1.46
Vetleelvi	2.03
Hopra	1.84

Ved utarbeidelsen av formelen (Sælthun m.fl., 1997) ble bl.a. data fra 70.7 Tistel brukt. Det observerte midlet for forholdet mellom momentanvannføring og døgnmiddelvannføring var her 1.96 ved høstflommer.

For de aktuelle beregningspunktene antas forholdstallene som er funnet ved bruk av formel å være representative.

Resulterende kulminasjonsvannføringer er vist i tabell 7.

Tabell 7. Uregulerte flomverdier for beregningspunkter i Vikja og Hopra, kulminasjonsvannføringer.

	$Q_{momentan}/Q_{middel}$	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
Vikja oppstrøms Vetleelvi	1.46	78	97	113	125	146	161	178	195
Vikja ved utløpet i fjorden	1.46	83	103	119	132	155	170	188	206
Vetleelvi	2.03	8.9	11.0	12.8	14.1	16.6	18.2	20.2	22.1
Hopra	1.84	21	27	31	34	40	44	49	53

Det forutsettes at Refsdal og Hove kraftverk ikke kjøres når flommen i Vikja er på vei å kulminere, dvs. det overføres ikke inn noe vann gjennom kraftverkene under flomkulminasjonen. Overføringen fra Feiosdalsvatn og noen bekkeinntak i Nærøydalselvi vil sannsynligvis være åpen i en flomsituasjon. Noe vann overføres samtidig ut fra Vikjas felt fra de små magasinene vest for Fresvikbreen til Feiosdalsvatn. Overført vann til Vikja vil delvis magasineres i Store Muravatnet.

Det er ikke mulig å si hvordan reguleringen påvirker store flommer, det er bare mulig å gjøre antagelser. Det antas at flommer i Vikja opp til og med Q_{50} ikke økes i forhold til naturlig tilstand. Sannsynligvis kan det derimot være mulig å redusere små flommer i forhold til naturlig tilstand. Ved de store flommene i Vikja antas det at totalt $15 \text{ m}^3/\text{s}$ overføres inn i vassdraget, dvs. flomverdiene i Vikja for Q_{100} , Q_{200} og Q_{500} adderes med denne verdien. I Hopra og Vetleelvi antas uregulerte forhold råde under store flommer. Resulterende flomverdier blir som vist i tabell 8.

Tabell 8. Flomverdier for beregningspunkter i Vikja og Hopra, kulminasjonsvannføringer.

	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
Vikja oppstrøms Vetleelvi	78	97	113	125	146	176	193	210
Vikja ved utløpet i fjorden	83	103	119	132	155	185	203	221
Vetleelvi	8.9	11.0	12.8	14.1	16.6	18.2	20.2	22.1
Hopra	21	27	31	34	40	44	49	53

Når flommen kulminerer i nedre delen av Vikja vil flommen i Vetleelvi være på retur fordi flommen kulminerer mye raskere i den lille elven. Flommen med et gitt gjentaksintervall i Vetleelvi vil tilsvarende kulminere når vannføringen ennå er relativt liten i Vikja, eller den kan komme på et annet tidspunkt enn når det er stor flom i Vikja. Hvilk vannføring i Vikja som kan knyttes til et gitt gjentaksintervall for flommer i Vetleelvi er umulig å bestemme. Det finnes ikke datagrunnlag for å anslå denne vannføringen, og det er heller ikke sannsynlig at det er et gitt samband. Det antas at den samtidige vannføringen i Vikja, når flommen kulminerer i Vetleelvi er halvparten av døgnmiddelvannføringen ved midlere flom i Vikja oppstrøms samløpet med Vetleelvi. Siden midlere flom er $54 \text{ m}^3/\text{s}$, tabell 5, vil vannføringen ut fra denne antagelsen være $27 \text{ m}^3/\text{s}$ i Vikja ved flomkulminasjon i Vetleelvi. Dette er noe mer enn maksimal driftsvannføring i Hove kraftverk, $23 \text{ m}^3/\text{s}$. Den vannføringen antas være i Vikja ved alle gjentaksintervall på flommer i Vetleelvi.

7. Usikkerhet

Datagrunnlaget for flomberegning i Vikja og Hopra er relativt tynt, særlig i Vikja/Vetleelvi.

Selv der det finnes data er det 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 vannstand og måling av vannføring i elven. Men disse direkte målinger er ikke alltid 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 grad av usikkerhet.

En faktor som fører til usikkerhet i flomdata er at NVEs hydrologiske database er basert på døgnmiddelverdier knyttet til kalenderdøgn. I prinsippet er alle flomvannføringer derfor noe underestimerte, fordi største 24-timersmiddel alltid vil være mer eller mindre større enn største kalenderdøgnmiddel.

I tillegg er de eldste dataene i databasen basert på 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 virkelige døgnmidlet.

Dataene med fin tidsoppløsning er ikke kontrollerte på samme måte som døgndataene og er ikke kompletterte i tilfelle observasjonsbrudd. Det foreligger heller ikke data med fin tidsoppløsning på databasen lenger enn ca. 20 år tilbake. Det er derfor ikke mulig å utføre flomfrekvensanalyser direkte på kulminasjonsvannføringer.

En annen stor usikkerhetskilde i denne flomberegningen enn det tynne datagrunnlaget er reguleringene i vassdragene. Det er vanskelig å knytte effekter av reguleringene til gjentaksintervall.

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 beregningen er at datagrunnlaget er relativt tynt og at det er usikkerhet knyttet

til reguleringens effekt på store flommer, og beregningen klassifiseres derfor 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. 2-2002.
- Erichsen, B., Holmqvist, E., 1996: Flommen i Vik i Sogn, uke 43, NVE-rapport nr. 11-1996.
- Førland, E. J., 1992: Manual for beregning av påregnelige ekstreme nedbørverdier, DNMI-Klima Rapport nr. 21/92.
- Holmqvist, E., 2003: Flomberegninger i Vosso – Flomsonekartprosjektet. NVE-dokument nr. 1-2003.
- Lund, R., 1995: Flaumen i Vik veke 43/95. Notat Statkraft SF.
- NVE, 2000: Prosjekthåndbok – Flomsonekartprosjektet. 5.B: Retningslinjer for flomberegninger.
- NVE, 2002: Avrenningskart for Norge 1961-1990.
- Sælthun, N. R., Tveito, O. E., Bønsnes, T. E., 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 leirkred. 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 Væringsstad: Flomberegning for Valldøla (19 s.)
- Nr. 6 Inger Sætrang: Oversikt over vedtak og utvalgte saker. Tariffer og vilkår for overføring av kraft i 2004 (s.)
- Nr. 7 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Vikja og Hopra i Sogn og Fjordane. Flomsonekartprosjektet (16 s.)