NVE

Flomsonekartprosjektet

Flomberegning for Måna ved Rjukan

Turid-Anne Drageset

5
2004

DOKUMENT

Flomberegning for Måna ved Rjukan (016.HZ)

Flomsonekartprosjektet

Norges vassdrags- og energidirektorat
2004

Dokument nr 5 - 2004

Flomberegning for Måna ved Rjukan (016.HZ)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfatter: Turid-Anne Drageset

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 25

Forsidefoto: Ødelagt vegstrekning nedstrøms Miland bru etter flommen i oktober 1987. Foto: Tor Andreas Engell, Norsk Hydro Rjukan.

Sammendrag: I forbindelse med Flomsonekartprosjektet i NVE er det som grunnlag for vannlinjeberegning og flomsonekartlegging utført flomberegning for Måna ved Rjukan. Kulminasjonsvannføringer for flommer med forskjellige gjentaksintervall er beregnet for flere sentrale punkt i Måna på elvestrekningen mellom utløpet fra Møsvatn til innløpet i Tinnsjøen.

Emneord: Flomberegning, flomvannføring, Måna, Rjukan

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 2004

Innhold

Forord 4

Sammendrag 5

1. Beskrivelse av oppgaven 7

2. Beskrivelse av vassdraget 7

3. Hydrometriske stasjoner 17

4. Tidligere utførte flomvurderinger 18

5. Beregning av flomverdier 20

5.1 Flomfrekvensanalyse 21

5.2 Beregning av kulminasjonsvannføring 31

6. Kalibreringsdata 33

7. Observerte flommer 35

8. Usikkerhet 36

Referanser 38

Forord

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

Denne rapporten gir resultatene av en flomberegning som er utført i forbindelse med flomsonekartlegging av flomutsatt elvestrekning langs den sterkt regulerte Måna ved Rjukan i Tinn kommune i Telemark. Rapporten er utarbeidet av Turid-Anne Drageset og kvalitetskontrollert av Lars- Evan Pettersson (NVE). Rapporten er også gjennomlest av driftspersonell ved Norsk Hydro på Rjukan.

Oslo, mai 2004

Kjell Repp
avdelingsdirektør

Sverre Husebye
seksjonssjef

Sammendrag

Flomberegningen i Måna nedstrøms Møsvatn i Tinn kommune i Telemark omfatter ett delprosjekt (fs 016_5) i Flomsonekartprosjektet i NVE. Nedbørfeltet har opphav i høyfjellsområder på Hardangervidda og har utløp i Tinnsjøen, og elva har stort fall. Den flomutsatte elvestrekningen som skal flomsonekartlegges, fra Rjukan sentrum til utløpet i Tinnsjøen, er sterkt regulert.

Flomberegningene er i hovedsak basert på frekvensanalyser av en serie som representerer totalavløpet fra reguleringsmagasinet Møsvatn, en tilsigsserie beregnet på bakgrunn av denne som skal representere uregulert tilsig til Møsvatn og tidligere flomberegninger for damdimensjoneringsformål. Vassdraget er preget av et typisk innlandsregime med flommer som hyppigst opptrer om våren, men store flommer kan også opptre om høsten. Sammenligning av tilsig og avløp viser at reguleringsmagasinet har stor flomdempende effekt. Store avløpsflommer nedstrøms Møsvatn forekommer hyppigst fra juli/august, mens tilsiget er stort allerede fra mai/juni. Mye av tilsiget til Møsvatn om våren går med til å fylle opp magasinet.

Vassdraget har siden 1909 vært sterkt regulert til kraftproduksjon, noe som gjør det komplisert å beregne flomverdier som skal representere flomforholdene i framtida. Flomforholdene slik de er i dag, beregnet for det regulerte avløpet fra Møsvatn etter at magasinet var utvidet i flere omganger, kan ventes å være representative for flomforholdene ved mindre flommer. Ved større og mer sjeldne flomhendelser vil reguleringens flomdempende effekt avta med økende gjentaksintervall, slik at flomforholdene sannsynligvis blir mer lik uregulerte forhold beregnet fra tilsigserien. Det er valgt å la dimensjonerende avløpsflom beregnet av Grøner (januar 1997) være styrende for hvordan den flomdempende effekten avtar ved større gjentaksintervall.

I tillegg til det omfattende reguleringsmagasinet Møsvatn har også kraftverksdriften i de fem kraftverkene nede i Vestfjorddalen innvirkning på flomforholdene i Måna.

På bakgrunn av dette er det beregnet kulminasjonsvannføringer på flommer ved forskjellige gjentaksintervall i sentrale punkter i Måna nedstrøms Møsvatn ved to ulike tilstander for kraftverkssystemet, total driftsstans og maksimal drift av alle kraftverk. Resultatene av beregningene ble:

Total driftsstans i alle kraftverk	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
Måna ved utløp Møsvatn	108	154	195	235	289	350	410	480
Måna oppstrøms Skarsfossmagasinet	115	164	206	248	303	366	427	498
Dam Skarsfoss	120	169	212	255	312	374	436	509
Måna oppstrøms Dam Mæland	152	210	260	309	373	442	509	589
Dam Mæland	152	210	260	309	374	442	510	590
Måna nedstrøms Dam Mæland	153	211	261	310	374	443	511	591
Måna oppstrøms Dam Dale	160	220	272	322	388	458	527	609
Dam Dale	160	220	272	322	389	459	528	609
Måna nedstrøms Dam Dale	160	221	272	323	389	459	528	610
Måna ved utløp Tinnsjøen	180	246	301	356	427	500	573	658

Maksimal drift i alle kraftverk	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
Måna ved utløp Møsvatn	18	64	105	145	199	260	320	390
Måna oppstrøms Skarsfossmagasinet	25	74	116	158	213	276	337	408
Dam Skarsfoss	44	93	136	179	236	298	360	433
Måna oppstrøms Dam Mæland	76	134	184	233	297	366	433	513
Dam Mæland	152	210	260	309	374	442	510	590
Måna nedstrøms Dam Mæland	77	135	185	234	298	367	435	515
Måna oppstrøms Dam Dale	84	144	196	246	312	382	451	533
Dam Dale	187	247	299	349	416	486	555	636
Måna nedstrøms Dam Dale	87	148	199	250	316	386	455	537
Måna ved utløp Tinnsjøen	107	173	228	283	354	427	500	585

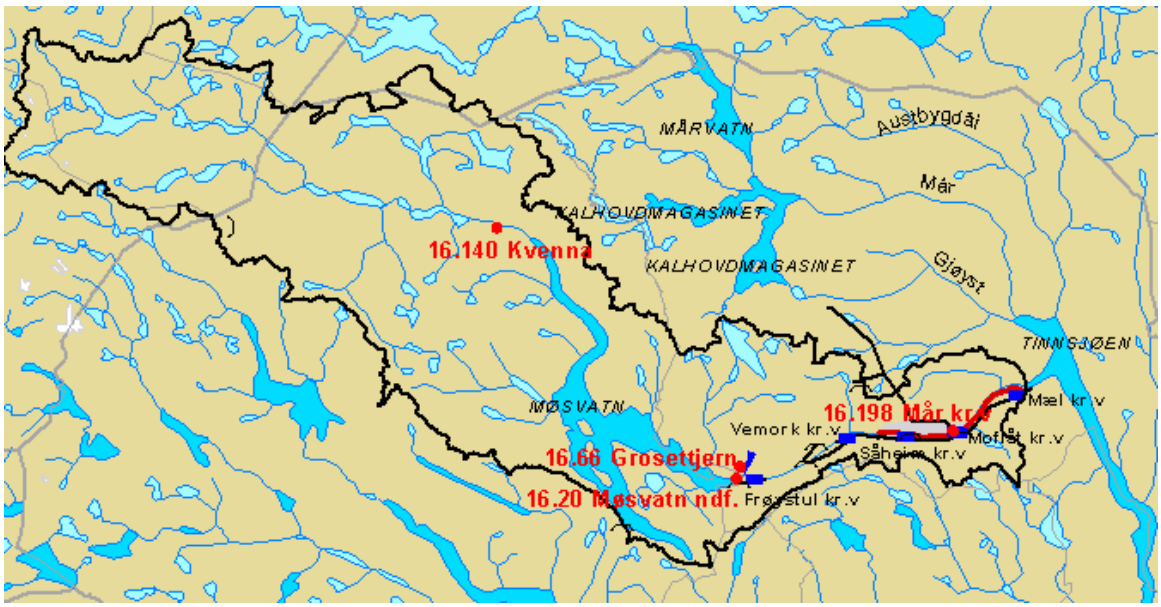
Det presiseres at gjentaksintervallet på flommene ikke er forskjellig avhengig av kraftverksdrift eller ikke, slik tabellene antyder. Vannføringen er den samme, men noe vann tar veg utenom Månas elveløp når kraftverkene er i drift.

Tross stor usikkerhet i beregningene, spesielt på sjeldne gjentaksintervall, er flomverdiene presentert med en nøyaktighet på 1 m^3/s. Dette er gjort av praktiske årsaker.

Med bakgrunn i et rimelig bra datagrunnlaget, men usikkerhet knyttet til datakvalitet og reguleringenes påvirkning av flomforholdene, spesielt ved store gjentaksintervall, 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 strekning langs Måna fra Rjukan sentrum og ned til utløpet i Tinnsjøen, til sammen en strekning på ca. 16 km, i Tinn kommune i Telemark, delprosjekt fs 016_5 Rjukan i NVEs Flomsonekartprosjekt. Som grunnlag for flomsonekartkonstruksjon skal midlere flom og flommer med gjentaksintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år beregnes for vannføringen i flere punkt i Måna. Strekningen som skal flomsonekartlegges er tegnet inn med rødt på figur 1, som gir oversikt over Månas nedbørfelt. Flomutsatt på strekningen er blant annet tettbebyggelse, industri og to riksveger (rv37 og rv 364). Figur 2 viser oversiktskart over Skiensvassdragets nedbørfelt, som Måna er en del av.

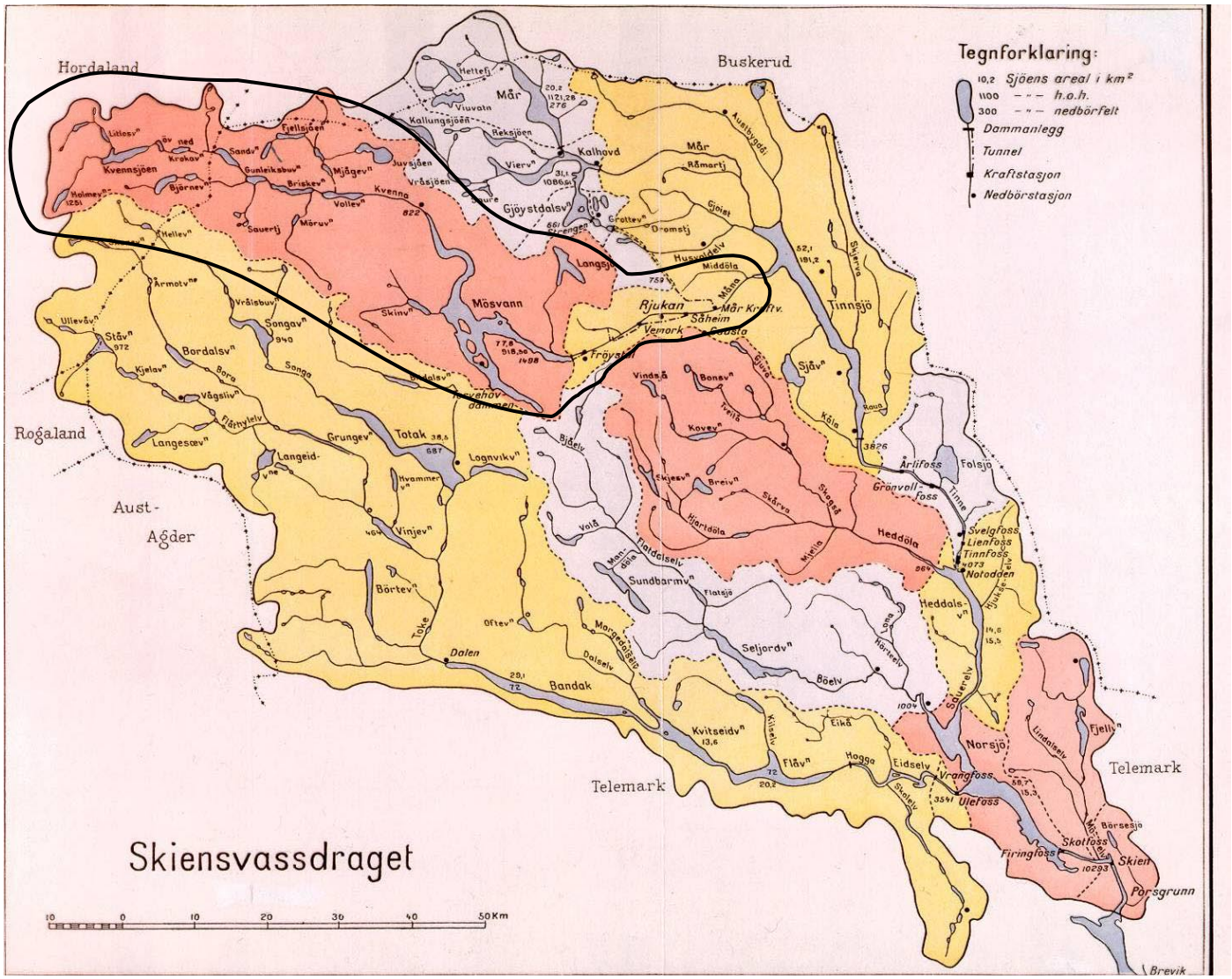


Figur 1. Kart over Månas nedbørfelt.

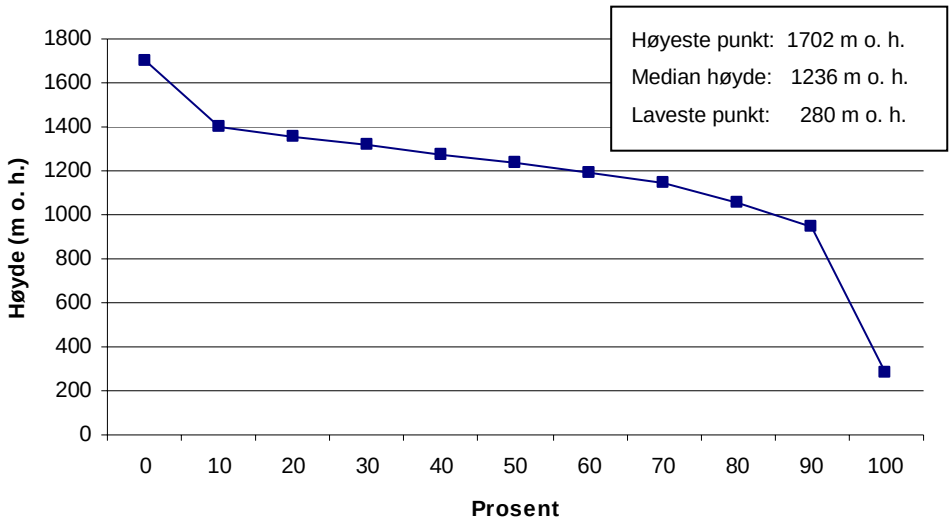
2. Beskrivelse av vassdraget

Tinne, som drenerer ut av Tinnsjøen i sør, utgjør én av Skiensvassdragets fire hovedgrener. Måna utgjør en del av Tinnes nedbørfelt, og er én av fire større tilløpselver til Tinnsjøen. De tre andre er Gjøyst, Mår og Austbygdåi lenger nord (figur 2). I tillegg har Tinnsjøen tilløp fra flere mindre elver fra øst og fra vest. Det samlede nedbørfeltet ved utløpet av Tinnsjøen er 3758 km^2. Fra Tinnsjøen renner Tinne til Heddalsvatn ved Notodden, videre til Norsjø, ut i Skienselv og har deretter utløp i Frierfjorden ved Porsgrunn.

Månas nedbørfelt er langstrakt med ca 12 mil i øst-vestlig retning. Vassdragets totale nedbørfelt er 1778 km^2. Nedbørfeltet strekker seg fra høyfjell til lavereliggende dalbunn, og de store høydeforskjellene gjør vassdraget godt egnet til kraftproduksjon. Hypsografisk kurve for Månas nedbørfelt (figur 3) illustrerer høydeforskjellene i det langstrakte vassdraget med høyeste punkt på 1702 moh., laveste punkt på 280 moh., og en høydeforskjell på ca. 1400 m. Måna drenerer inn i nordlige deler av Tinnsjøen fra vest, og har sitt utspring fra bekker og små vann i 1200-



Figur 2. Kart over Skiensvassdraget med Månas nedbørfelt innringet. Kilde: Øst-Telemarken brukseierforening.



Figur 3. Hypsografisk kurve for Månas nedbørfelt ved Rjukan sentrum (1666 km^2).

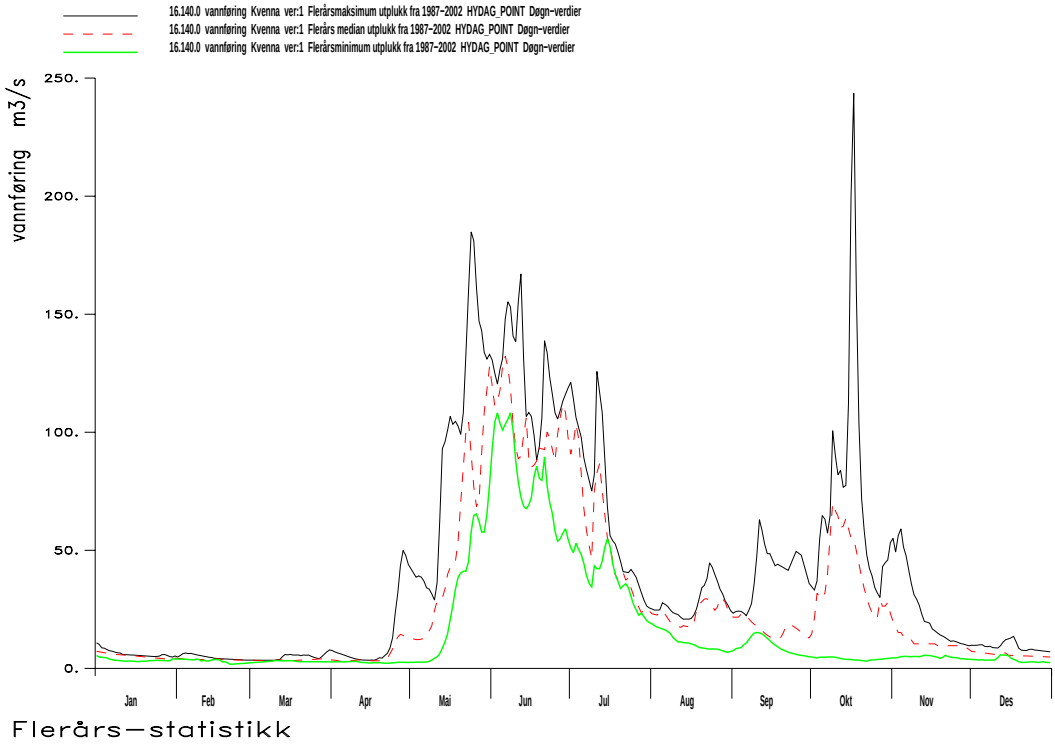
1300 meters høyde i traktene ved Litlos sentralt på Hardangervidda, sør for Hårteigen. Herfra skjer dreneringen østover i Kvennavassdraget gjennom en rekke mindre fjellvatn som er atskilt av korte elvestrekninger med stryk og små fossefall før utløpet i Møsvatn. Kvenna tilhører Hardangervidda nasjonalpark og er vernet mot kraftutbygging. Møsvatn ligger omtrent 900 moh., og fungerer som et reguleringsmagasin for kraftproduksjon. Fra Møsvatn faller elva Måna ca 700 m gjennom den 30 km lange og trange Vestfjorddalen ned i Tinnsjøen. På denne strekningen er det flere store fossefall som utnyttes til kraftproduksjon, deriblant Frøystulfossen, Skarsfossen, Kvitingfossen, Kvernhusfossen og Rjukanfossen. Av tilløp til Måna mellom Møsvatn og Rjukan er Hjerdøla og Våerbekken de to største. Hjerdøla, som danner avløpet fra Hjerdalen, har sitt naturlige utløp i Måna på ca 820 moh. et par kilometer nedenfor Dam Skarsfoss. Siden 1949 er den regulert gjennom en tunnel inn i Vemork kraftstasjons inntaksbasseng (Dam Skarsfoss). Våerbekken tilløper Måna ved Våer i en høyde på ca. 350 moh, omtrent 4 km nedenfor Hjerdølas tilløp. På strekningen mellom tilløpet fra Hjerdøla og Våerbekken har Måna et bratt og stritt løp, og passerer blant annet Rjukanfossen med et fall på 105 m. Siden 1950 er øvre del av Våerbekkens nedbørfelt trukket inn under Mår-/Gjøystreguleringen. Videre nedover til Rjukan er fallet mindre stritt. På den resterende ca. 15 km lange strekningen Rjukan-Tinnsjø er fallet snaue 100 m, og fordeler seg nokså jevnt. På denne strekningen tilløper enkelte små sidebekker. Kvitåi fra høydedragene nedenfor Gaustaråen som munner ut ved Bruflåt, og Middøla fra den trange Håkadalen som munner ut ved Miland, er de største. Måna er sterkt regulert. Reguleringene er nærmere beskrevet på side 12.

Størsteparten av Månas nedbørfelt ligger i Telemark fylke, men den vestligste delen på Hardangervidda strekker seg inn i Hordaland. I Telemark dekkes vassdraget i hovedsak av Tinn og Vinje kommuner. Den delen som strekker seg inn i Hordaland ligger i hovedsak i Ullensvang kommune. Nedbørfeltet avgrenses hovedsaklig av Mår-/Gjøystvassdraget og de øvre deler av Numedalslågen i nord og av Heddølas nedbørfelt og Tokkevassdraget i sør.

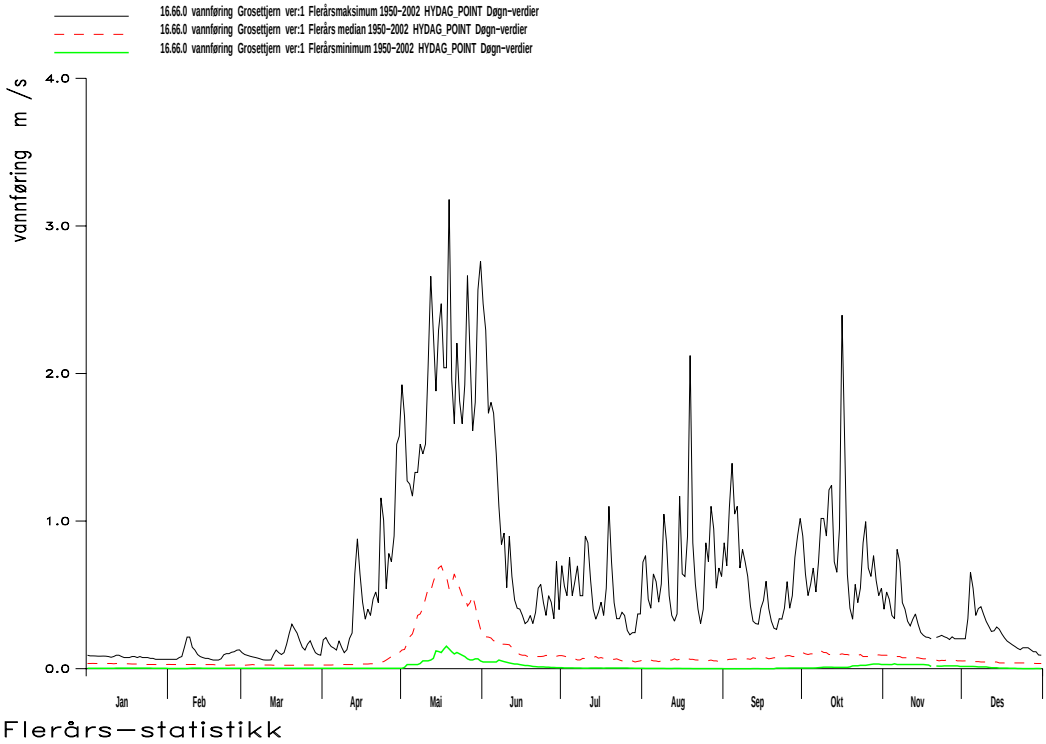
Nedbørnormaler for noen meteorologiske målestasjoner i området er 960 mm ved nedbørstasjon 3158 Møsvatn (920 moh.) og 834 mm ved 3141 Rjukan (300 moh.)(Førland 1993). NVEs avrenningskart (2002) gir en naturlig spesifikk årlig avrenning for perioden 1961-1990 på 33 $l/s \cdot km^2$ for Månas totale nedbørfelt, noe som tilsvarer 1831 mill. m^3 pr. år og 1030 mm pr. år. Innenfor nedbørfeltet varierer avrenningen fra 10-20 $l/s \cdot km^2$ i dalføret fra Rjukan ned til Tinnsjøen til 40 $l/s \cdot km^2$ i de høyereliggende områdene inne på Hardangervidda.

Det finnes ikke observerte data for de naturlige avrenningsforholdene i Måna nedstrøms Møsvatn før regulering. De uregulerte delene av Månavassdraget, i Kvenna (figur 4) oppstrøms Møsvatn og i mindre sidebekker (figur 5) til Måna, er preget av typisk innlandsregime med flommer som hyppigst opptrer om våren i månedene april, mai, juni og til dels juli, og sekundær flomsesong om høsten i august, september og oktober. Den naturlige avrenningen er liten om vinteren. En beregnet tilsigsserie til Møsvatn (figur 6), der Møsvatnets reguleringseffekt er fjernet, viser noenlunde samme mønster i avrenningen. Reguleringene har ført til en utjevning av vannføringen i Måna over året, med større vintervannføring og lavere sommervannføring. I Måna nedstrøms Møsvatn (figur 7), som er sterkt regulert, er flomregimet forskjøvet én til to måneders tid om våren p.g.a. oppfylling av magasinet, med størst avrenning i juli og august. Figurene 4-7 viser karakteristiske vannføringsverdier for hver dag i løpet av året i observert periode for de fire nevnte dataseriene i Månavassdraget, de uregulerte feltene Kvenna og Grosettjern, tilsigsserie til Møsvatn og i Måna nedstrøms det regulerte Møsvatn. Øverste kurve (maksimum) i diagrammet viser største observerte vannføring og nederste kurve (minimum) viser minste observerte vannføring i løpet av måleperioden. Den midterste kurven er

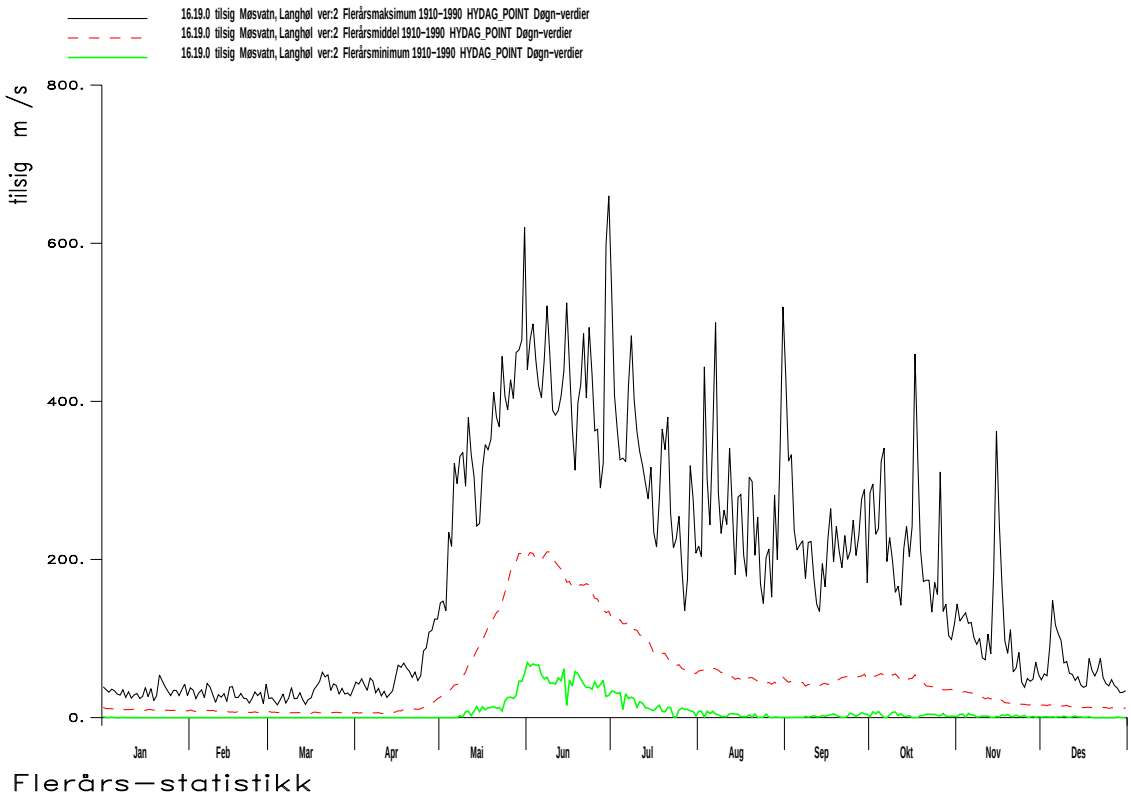
mediankurven, dvs. at det er like mange observasjoner i løpet av referanseperioden som er større eller mindre enn denne.



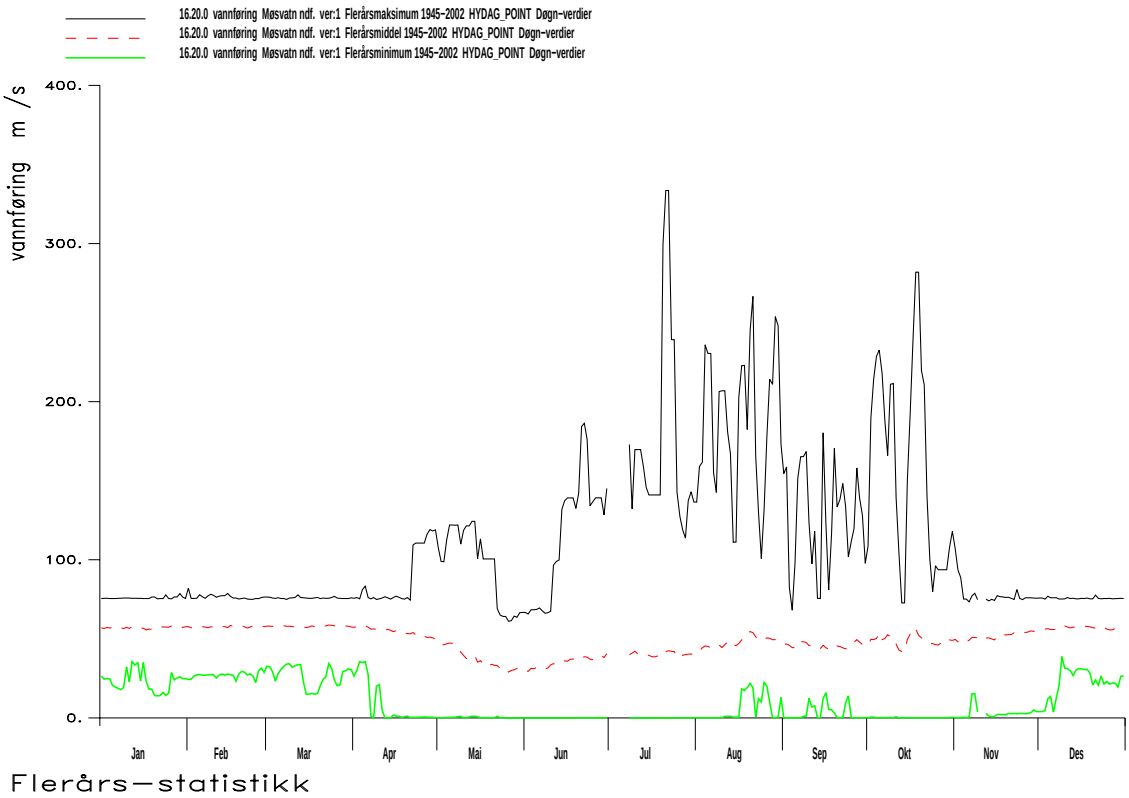
Figur 4. Karakteristiske vannføringsverdier ved målestasjon 16.140 Kvenna i Kvenna oppstrøms Møsvatn. Kvenna har målinger i kun tre år (1987 og 2001-2002). Diagrammet viser største, median og minste observerte vannføring i disse årene.



Figur 5. Karakteristiske vannføringsverdier ved målestasjon 16.66 Grosettjern i perioden 1950-2002. Diagrammet viser største, median og minste observerte vannføring i disse årene.



Figur 6. Karakteristiske vannføringsverdier for beregnet uregulert tilsigsserie 16.19 Møsvatn Langhøl i perioden 1910-1990. Diagrammet viser største, median og minste observerte vannføring i disse årene.



Figur 7. Karakteristiske vannføringsverdier for regulert avløp fra Møsvatn ved målestasjon 16.20 Møsvatn ndf i perioden 1945-2002, som er den perioden som best beskriver dagens regulerte flomforhold. Diagrammet viser største, median og minste observerte vannføring i disse årene.

Regulerings- og kraftverkssystemet i Måna

De store høydeforskjellene i Månas nedbørfelt gjør vassdraget godt egnet til kraftproduksjon. På strekningen fra Møsvatn til Tinnsjøen utnyttes fallet i fem kraftverk, Frøystul, Vemork, Såheim, Moflåt (Rjukan III) og Mæl (Rjukan IV). I Vestfjorddalen ligger også Mår kraftverk, som utnytter vann som overføres fra Mår-/Gjøystvassdraget, og som føres ut i Måna ved Dale 5 km nedenfor Såheim kraftstasjon (figur 1).

Reguleringene i Tinne-vassdraget, som Måna er en del av, foreståes av Øst-Telemarken Brukseierforening på Notodden.

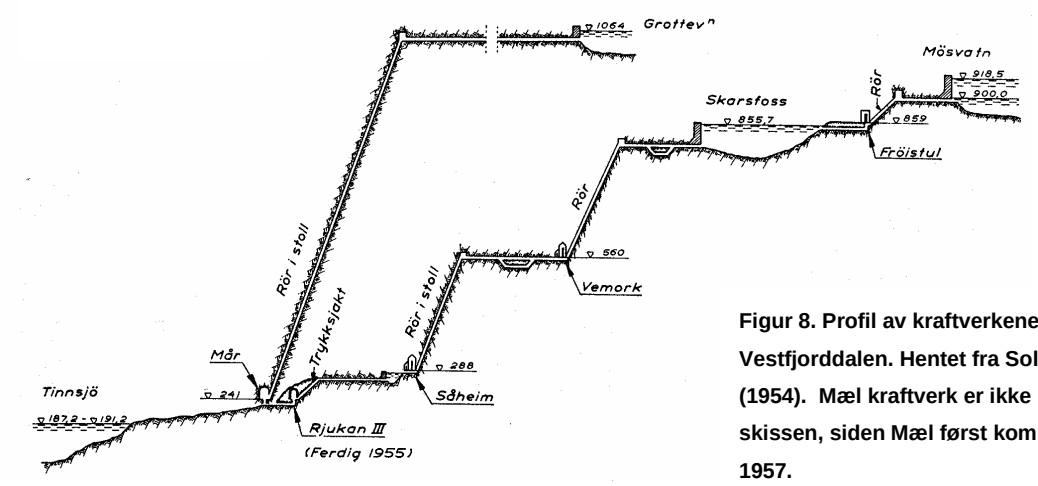
Månas nedbørfelt er gjennomregulert. Reguleringsmagasinene i Månas nedbørfelt har en total lagringskapasitet på 1645 mill. m^3. Dette tilsvarer omtrent 90 % av midlere årstilsig. Stor reguleringsgrad medfører at vannføringen i Måna er utjevnet gjennom året. Reguleringene har stor flomdempende effekt.

Figur 8 og 9 viser profil og prinsippskisse av kraftverkssystemet i Måna. Tall i parentes i teksten er henvisning til delfelt i figur 10 og tabell 1.

Reguleringsmagasin Møsvatn:
Møsvatn (1+2+3, tabell 1) er inntaksmagasin til Frøystul kraftverk. Den første dam ved Møsvatn ble bygd i 1903 til 1906 av Skiens brukseierforening med et magasinvolum på 536 mill. m^3. Denne reguleringen er utvidet med økt reguleringshøyde i to omganger, i 1909 (233 mill. m^3) og siste gang i 1942-43 (295 mill. m^3) som følge av en rekke vannrike år i 1920- og 1930-årene. Magasinet er nå 1064 mill.m^3 mellom kote 900,00 (LRV) og 918,50 (HRV). Arealet av Møsvatn ved laveste vannstand er 29,0 km^2 og ved øverste reguleringsgrense 77,8 km^2. I tilfelle avstengning av Frøystul kraftverk slippes flomvann og eventuelt driftsvann gjennom dammen. Tappelukene på Dam Møsvatn har så stor kapasitet at det hittil ikke er registrert overløp over dammen (ref. Thor Helge Gjøystdal, Norsk Hydro, Rjukan). Overløp skjer når vannstanden i Møsvatn er høyere enn HRV. Ved HRV er maksimal tappekapasitet 740 m^3/s, fordelt på til sammen 475 m^3/s i fire tappetunneler, 175 m^3/s i flomluken (klappeluken) og 90 m^3/s gjennom Frøystul kraftverk.

Tapping fra Dam Møsvatn forbi Frøystul kraftverk registreres på en vannmerkeskala, serie 16.19 Møsvatn Langhøl i NVEs hydrologiske database. Et mindre lokalfelt mellom dammen og vannmerket bidrar også til vannføringen som måles her. I perioden fra begynnelsen av 1970-tallet og frem til 1995 var det stadig forbitapping fra Dam Møsvatn. Årsaken til dette var differansen i maksimal driftsvannføring mellom Frøystul og Vemork kraftverk i denne perioden. For å kunne fóre Vemork kraftverk med en driftsvannføring på 74-76 m^3/s (fra 1971), måtte det tappes vann fra Dam Møsvatn forbi Frøystul kraftverk, fordi Frøystul hadde maksimal driftsvannføring på kun 52 m^3/s frem til 1995. Både driftsvann fra kraftverket og tappet vann fra Dam Møsvatn renner inn i Skarsfossmagasinet, som er inntaksmagasin for Vemork kraftverk (5).

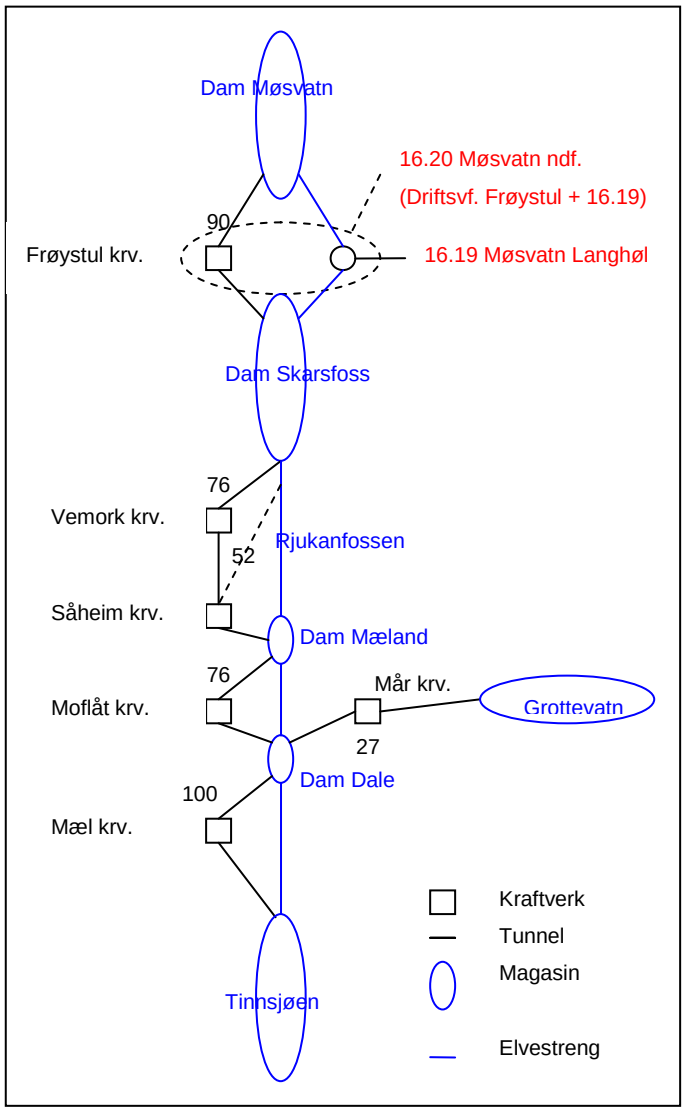
Frøystul kraftverk:
Det øverste kraftverket i Måna er Frøystul kraftverk rett nedstrøms Møsvatn. Verket har inntak i Møsvatn, og hadde frem til 1995 en maksimal kapasitet på 52 m^3/s. I 1995 ble kraftverket utvidet til å ta 90 m^3/s. Kraftverket utnytter et fall på 44-62,5 m mellom Møsvatn og Skarsfossmagasinet. Kraftverket har vært i drift siden 1926, og eies av Norsk Hydro. Avløpstunnelen fører ut i Skarsfossmagasinet.



Figur 8. Profil av kraftverkene i Vestfjorddalen. Hentet fra Solem m.fl. (1954). Mæl kraftverk er ikke med på skissen, siden Mæl først kom i drift i 1957.

Driftsvannføringen i Frøystul pluss forbitappingen som registreres ved vannmerket Langhøl gir total tapping fra Møsvatn inn i Skarsfossmagasinet. Totalavløpet fra Møsvatn er registrert i serie 16.20 Møsvatn ndf. i NVEs hydrologiske database.

Vemork kraftverk:
Skarsfossmagasinet, som i 1908-11 ble bygd på toppen av Skarsfossen ca. 8 km nedenfor Dam Møsvatn, fungerer som inntaksbasseng for Vemork kraftverk. Kraftverket har også flere bekkeinntak; Hjerdøla (4), Månelibekken (7) og flere mindre bekker på sørsiden av Måna (6, 8, 9). Kraftverk kom i drift i 1911, og eies av Norsk Hydro. I perioden 1911-1971 hadde kraftverket en maksimal driftsvannføring på 52 m^3/s, fra 1971 til 1993 74 m^3/s og fra 1993 til dags dato 76 m^3/s. Verket har en fallhøyde på 300 m. Avløp fra Vemork kraftverk føres direkte inn i tilløpstunnel til Såheim kraftverk. Dersom det er driftsstans i Vemork kan noe vann tas inn i Såheim kraftverk gjennom Krokantunnelen (figur 9), maksimal kapasitet på 52 m^3/s, rett nedenfor Skarsfossmagasinet. Inntaket ligger noen hundre meter ovenfor Rjukanfossen.



Figur 9. Prinsippskisse av reguleringssystemet i Måna. Tall angir maksimal driftsvannføring i kraftverket.

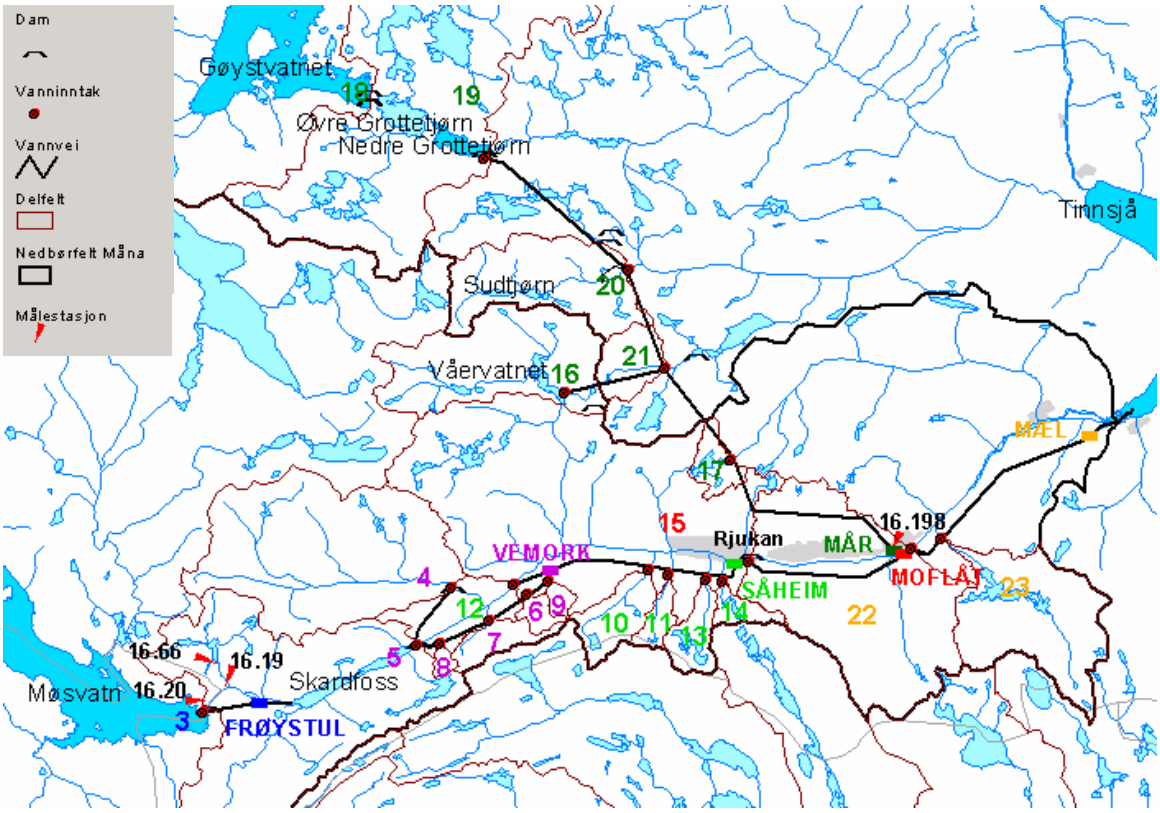
Dersom vannføringen gjennom Vemork er mindre enn total tapping fra Møsvatn (Langhøl pluss Frøystul) blir det overløp på Dam Skarsfoss, det vil si at Rjukanfossen går i all sin prakt. Det er overløpet ved Skarsfoss som bestemmer vannføringen i Måna nede ved Rjukan, dersom Vemork ikke har driftsstans. Ved driftsstans i Vemork, kan det tas inn noe vann i Krokantunnelen nedenfor Skarsfoss, og da er det overløp ved Skarsfoss fratrukket driftsvannføringen i Såheim som bestemmer vannføringen nede ved Rjukan.

Såheim kraftverk:
Kraftverket kom i drift i 1916, og eies også av Norsk Hydro. Når Vemork er i drift får Såheim kraftverk tilløp direkte fra Vemorks avløpstunnel, og har samme maksimale driftsvannføring som Vemork. Dette kraftverket har også flere bekkeinntak; lokaltilsig til Måna mellom Dam Skarsfoss og toppen av Rjukanfossen (12), Klokksåi (10), Leivdalsåi (11), Homtjerna (13) og Mælandstjern (14). Det utnytter et fall på 273 m. Ved driftstans i Vemork kan vannet føres forbi inntaket til denne stasjonen, og føres direkte til Såheims hovedtunnel gjennom Krokantunnelen med inntak noen hundre meter ovenfor Rjukanfossen og maksimal vannføring på 52 m^3/s. Avløpsvannet fra Såheim føres ut i Måna 300-400 m oppstrøms Mæland dam i Rjukan. Vannet renner herfra i Månas elveløp ned til dammen, som er inntak for Moflåt kraftverk.

Moflåt kraftverk (Rjukan III):
I drift siden 1955, og eies av Norsk Hydro. Kraftverk har inntak i en lav dam (Mæland dam), uten betydelig lagringskapasitet, i elveløpet 300-400 m nedstrøms avløpskanalen fra Såheim kraftstasjon i Rjukan sentrum. Inn i inntaksbassenget drenerer lokaltilsiget til Måna fra Rjukanfossen og ned til inntaksdammen for Moflåt kraftverk i Rjukan sentrum (15) (unntatt de bekker som tas inn på hovedtunnelen mellom Vemork og Såheim kraftverk, 10, 11, 13 og 14, og i hovedtunnelen til Mår, 16 og 17). Det er ingen bekkeinntak på tunnelen mellom inntaksdammen ved Rjukan sentrum og Moflåt kraftverk. Kraftverket har en maksimal driftsvannføring på 76 m^3/s. Avløpet føres direkte ut i Måna i inntaksbassenget til Mæl kraftverk (Dam Dale). Fallet er 47,5 m. Dersom det er driftsstans i Moflåt, vil vannet renne i Måna de 4,5-5 kilometerne fra Dam Mæland og ned til Dam Dale. Er også Mæl ute av drift, vil vannet fortsette å renne i Måna til utløpet i Tinnsjøen.

Mår kraftverk:
I drift siden 1948, og eies av Staten. Kraftverket utnytter vann fra Mår-/Gøyst-reguleringen (nedbørfelt 765 km^2). Nedbørfeltet til Mår ovenfor Kalhovddammen og nedbørfeltet til Gøyst ovenfor Nedre Grottevatn overføres til Mår kraftverk. Nedre Grottevatn (19) i Gøystvassdraget fungerer som inntaksbasseng. Noen bekker som passeres innføres i hovedtunnelen, og nyttiggjør på denne måten ytterligere 35 km^2 nedbørfelt. Dette er Våervatnet (16) som ellers renner ut i Måna via Våerbekken, Middøltjern (17) øverst i Middøla som renner ut i Måna ved Miland, Kalvetjern (21) og Berbuåi (20) som ellers drenerer til Husvollåi og videre til Gøyst. Reguleringene har foregått i flere trinn. Mårvatn og Kalhovdfjorden ble regulert i 1921. Kalhovdfjorden ble utvidet i 1943-48 og i 1959. Frem til 1946 gikk avløpet fra Mårvatn og Kalhovdfjorden i Mårelva. I 1946 ble det laget en kanal mellom Kalhovdfjorden og Gøyst, samtidig som det ble bygget en dam ved Nedre Strengetjørn, slik at disse vatnene nå utgjør et samlet magasin. Fra denne dammen tappes vannet til Nedre Grottevatn før det tas inn i tunnelen til Mår kraftverk. Kraftverket har beliggenhet på den andre siden av elva for Moflåt, og har en driftsvannføring på 27,4 m^3/s. Avløpet fra Mår kraftverk føres ut i Dam Dale, som er inntaksbassenget for Mæl kraftverk.

Mæl kraftverk (Rjukan IV):
I drift siden 1957. Dette er det nederste kraftverket i Måna, og eies av Norsk Hydro. Kraftverket



Figur 10. Kartet viser kraftverkssystemet i Måna og Mår/Gøyst, med de ulike delfeltene som tas inn i de forskjellige kraftverkene. Nummerering henviser til delfelt som er nærmere beskrevet i tabell 1.

Tabell 1. Oversikt over delfelt som tas inn i de ulike kraftverkene langs Måna. Opplysningene er hentet fra NVEs digitale kartsystem Kartulf.

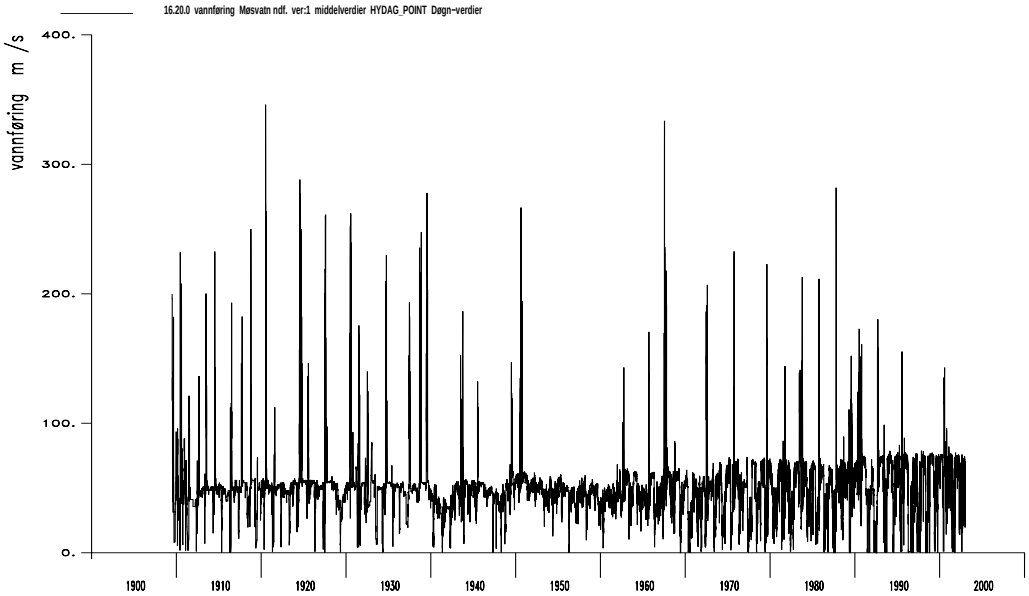
	Delfeltnr	Delfeltnav	Vannkvnr	Vannkvnavn	Areal_km2	Aartilsig_mill.m3.pr.aar
1	1171	BRISKEVATN	100	FRØYSTUL	594,018	703,953
2	2268	SKVETTA	100	FRØYSTUL	156,924	157,556
3	1944	MØSVATN	100	FRØYSTUL	758,826	711,295
4	2944	HJERDØLA	493	VEMORK	28,79	30,218
5	2626	VEMORK	493	VEMORK	39,194	37,219
6	3170	BEKK TIL RJUKANFOSSEN	493	VEMORK	0,987	0,992
7	3171	MÅNELIBEKKEN	493	VEMORK	2,389	2,496
8	3172	BEKK TIL GJERMUNDROE	493	VEMORK	0,457	0,465
9	3169	BEKK TIL RØRGATE	493	VEMORK	0,674	0,701
10	2945	KLOKKSÅI	429	SÅHEIM	3,888	4,277
11	2946	LEIVDALSÅI	429	SÅHEIM	1,442	1,686
12	2467	SÅHEIM	429	SÅHEIM	5,302	4,427
13	2947	HOMTJERNAN	429	SÅHEIM	2,741	3,124
14	2948	MÆLANDSTJERN	429	SÅHEIM	1,5	1,542
15	1911	MOFLÅT	273	MOFLÅT	49,006	48,486
16	2687	VÅERVATN	288	MÅR	16,653	20,024
17	2950	MIDDØLTJERN	288	MÅR	2,156	2,481
18	1669	KALHOVDMAGASINET	288	MÅR	388,753	313,936
19	1449	GROTTEVATN	288	MÅR	59,019	64,411
20	1896	MIDDØLA/HUSVOLLÅ	288	MÅR	12,467	15,113
21	2949	KALVETJERN	288	MÅR	3,557	4,368
22	1938	MÆL	284	MÆL	29,303	28,92
23	1756	KVITÅVATN	284	MÆL	14,832	15,93

benytter avløpet fra Moflåt og Mår som samles i en inntaksdam (Dam Dale) i elveløpet rett nedenfor utløpet fra Moflåt (kote 236 moh.). Inntaksdammen har i tillegg tilsig fra lokalfeltet mellom Dam Mæland (inntakspunktet til Moflåt) og Dam Dale (inntaksbassenget til Mæl (22)). Vannet føres i en tunnel (6,5 km lang) med maksimal kapasitet på 100-110 m^3/s fra inntaksbassenget til Mæl ved Tinnsjøen. Undervegs tas Kvitåi (23) inn. Avløpsvannet føres i åpen kanal og ender rett ut i Tinnsjøen.

Reguleringsmagasin Tinnsjø:
Tinnsjøen er også regulert, første gang i 1889. Denne reguleringen ble utvidet i 1905-07. Magasinet er 204 mill.m^3 mellom kote 187,20 og 191,20. Arealet av Tinnsjøen ved laveste vannstand er drøye 50 km^2.

Slukeevnen i kraftverkene langs Måna er i stor grad harmonisert, slik at de alle maksimalt tar 76 m^3/s (unntatt Frøystul med maksimal driftsvannføring på 90 m^3/s og Mæl 100 m^3/s). Dette innebærer at dersom alle kraftverkene kjøres for fullt (unntatt Frøystul) påvirkes ikke vannføringen i Månas elveløp av kraftverkskjøringen annet enn at vannføringen reduseres like mye på hele strekningen. Dette kommer av at avløpet fra ett kraftverk går direkte inn i inntaksdammen til neste kraftverk, og avløpet tilsvarer driftsvannføringen i neste kraftverk. Dersom ett eller flere kraftverk har driftsstans vil vannet gå i overløp i det aktuelle kraftverks inntaksmagasin og renne i elveløpet ned til inntaksdammen for neste kraftverk. Dersom totalavløpet (driftsvannføring og tapping) fra Møsvatn er større enn 76 m^3/s vil det være et overløp over Dam Skarsfoss, som tilsvarer differansen mellom totalavløpet fra Møsvatn og slukeevnen i Vemork. Overløpt vann vil normalt renne i Månas elveløp helt ned til utløpet i Tinnsjøen, fordi ingen av kraftverkene har mulighet til å ta inn mer enn de 76 m^3/s (unntatt Mæl).

Avløpet fra Møsvatn er tydelig endret siden begynnelsen av 1970-tallet som følge av økt kapasitet i kraftverkene og dermed økt tapping fra Møsvatn. Dette er illustret i figur 11. Vemork ble utvidet fra å kunne ta 52 m^3/s til å kunne ta 74 m^3/s i 1971 og 76 m^3/s fra 1993. Frøystul ble i 1995 utvidet fra å ta maksimalt 52 m^3/s til å ta 90 m^3/s. I perioden 1971 til 1995 var det stor forbitapping ved Frøystul, dvs. stor vannføring ved 16.19 Møsvatn Langhøl, på grunn av den økte kapasiteten i Vemork kraftverk.



Figur 11. Døgnmiddelvannføring ved 16.20 Møsvatn ndf. Figuren viser at avløpet har ligget på et jevnt større nivå etter begynnelsen av 1970-tallet.

3. Hydrometriske stasjoner

På elvestrekningen som skal flomsonekartlegges, fra Rjukan sentrum til utløpet i Tinnsjø, finnes ingen målte vannføringsdata i NVEs database. Det er få målestasjoner for vannføring i Månas nedbørfelt. De viktigste er 16.140 Kvenna, 16.66 Grosettjern, 16.20 Møsvatn ndf., 16.19 Møsvatn Langhøl og 16.198 Mår kraftverk (figur 1). Kvenna og Grosettjern er ikke påvirket av reguleringer. 16.20 Møsvatn ndf. er en lang vannføringsserie som beskriver det regulerte totalavløpet fra Møsvatn. Denne serien er sentral i beregningene. Det finnes imidlertid ingen observert vannføringsserie som beskriver flomforholdene i Måna nedstrøms Møsvatn før vassdraget ble regulert ved den omfattende Møsvatnreguleringen. En beregnet tilsigsserie (16.19 Møsvatn Langhøl) som skal representere uregulerte forhold er benyttet i denne sammenheng.

16.20 Møsvatn ndf. består av observert regulert vannføring i Måna rett nedstrøms Møsvatn, og representerer totalavløpet fra Møsvatn. Møsvatn ble regulert i 1906, og vannføringsserien har data siden 1910. Dataserien gir total tapping fra Møsvatn inn i Skarsfossmagasinet, og består av summen av driftsvannføringen i 16.367 Frøystul kraftverk og tapping fra Møsvatn som er registrert i serien 16.19 Møsvatn Langhøl. Vannføringsdataene som er registrert i NVEs database for disse tre separate seriene (16.20, 16.367 og 16.19) stemmer imidlertid ikke overens med hverandre. Ved stort døgnmiddelavløp i totalavløpsserien 16.20, bør det som er registrert i serien ved Langhøl (16.19) tilsvare totalavløpet fratrukket driftsvannføringen i serien 16.367. Her er det i mange tilfeller store avvik. Data som er registrert i 16.20 skal være kvalitetskontrollert av Norsk Hydro Rjukan før oversendelse til NVE, og er etter anbefaling fra Norsk Hydro Rjukan (ed T. H. Gøystdal) og NVEs felthydrolog Erlend Moe benyttet i flomberegningen.

Når kraftverkssystemet er i drift er totalavløpet fra Møsvatn ikke direkte representativt for vannføringen i Månas naturlige elveløp nede ved Rjukan. Dette skyldes at mye vann tas inn som produksjonsvann i flere kraftverk i Vestfjorddalen, slik at vannet renner i tunneler så og si sammenhengende mellom Skarsfossmagasinet og Tinnsjøen.

Erfaringer viser at estimert vannføring med utgangspunkt i kraftverksdata ofte er usikker. Dette skyldes i hovedsak at omregningen fra produksjon til driftsvannføring gjøres via virkningsgradskurven for kraftverket, som normalt kun er etablert én gang da kraftverket ble satt i drift, og at unøyaktigheter i lukesystemet kan føre til at tapping/overløp feilestimeres.

Stasjonens nedbørfelt utgjør 1509 km^2. Feltet ligger i høydenivå fra 920 – 1700 moh. Effektiv sjøprosent er 5,5 %. Andelen snaufjell utgjør 75-80 %.

16.19 Møsvatn Langhøl er en målestasjon i Måna nedstrøms Møsvatn, der tapping fra Dam Møsvatn forbi Frøystul kraftverk er registrert på en vannmerkeskala i perioden 1909-1990. Et mindre lokalfelt mellom dammen og vannmerket bidrar også til vannføringen som måles her. Denne serien sammen med driftsvannføringen i Frøystul kraftverk utgjør totalavløpet fra Møsvatn. Slik serien er registrert i NVEs database stemmer den ikke overens med det som er registrert i serien for driftsvannføring og totalavløp fra Møsvatn, se beskrivelse av målestasjon 16.20 Møsvatn ndf.

16.19 Møsvatn Langhøl (tilsigsserie) er en beregnet serie for uregulert tilsig til Møsvatn. Med utgangspunkt i serien for regulert avløp fra Møsvatn, 16.20 Møsvatn ndf (parameter 1001), og en serie for magasinvolum i Møsvatn, 16.18 Møsvatn (parameter 1004), er det beregnet en tilsigsserie for Møsvatn. Tilsigsserien som korrigerer for Møsvatnets reguleringseffekt, både

menneskeskapt regulering og naturlig selvregulering, beskriver tilsig/avrenningsforhold slik de ville ha vært dersom Møsvatn ikke hadde vært tilstede i vassdraget.

Tilsigsserien er beregnet ved å korrigere avløpet på en gitt dag for endringen av magasinvolumet i Møsvatn. Magasinendringen kan bestemmes som differansen i volum mellom den aktuelle dagen og den foregående dag (usentrerte differanser) eller som midlere differanser over to dager (sentrerte differanser). I NVEs dataarkiv ligger det tilsigsserier beregnet med begge metoder. Serien beregnet med usentrerte differanser er beregnet for perioden 1909-1992, og serien med sentrerte differanser for perioden 1909-2003. Når tilsigsdata skal benyttes i flomanalyser er det vanlig å bruke usentrerte differanser, for at flommene ikke skal bli for dempet.

16.140 Kvenna måler avrenningen fra store deler av det uregulerte området som har innløp i Møsvatn. Nedbørfeltet har et areal på 822 km^2. Stasjonen ble opprettet i 1983, men har data i kun tre år, i 1987 og i årene 2001-2002. På grunn av kort og usikker dataserie blir denne serien i liten grad benyttet i videre beregninger. NVEs avrenningskart for perioden 1961-1990 gir estimert årsmiddelavrenning i Kvennas nedbørfelt på 36 $l/s \cdot km^2$.

16.66 Grosettjern måler avrenningen fra Grosetåi, et lite uregulert felt på 6,5 km^2 som tilløper Måna nordfra rett nedstrøms Dam Møsvatn. Stasjonen ble opprettet i 1949. Feltet ligger i høyde fra ca. 940 til 1060 moh., og har en effektiv sjøandel på omtrent 3,1 %. Midlere årsavløp er på omtrent 29 $l/s \cdot km^2$. Dataserien har homogenitetstbrudd i 1972-1973 (Astrup 2000) pga. at det ble laget ny måledam med V-overløp som i etterkant forårsaket utgravinger i elveløpet.

16.198 Mår kraftverk består av driftsvannføringen i Mår kraftverk i perioden 1988-2002.

4. Tidligere utførte flomvurderinger

Fra begynnelsen av 1980-årene til i dag er det utført en rekke beregninger/vurderinger av dimensjonerende flom (DF) og påregnelig maksimal flom (PMF) i Tinnsjøens nedbørfelt. Det forligger minst 10 rapporter og notater om flom- og vannstandsforhold. Flertallet av rapportene gjelder Dam Møsvatn i forbindelse med utført ombygging av dammen og Frøystul kraftverk, som ble satt i drift i 1995. Kun én av de tidligere utførte vurderingene behandler flomspørsmålet ved inntaksdammene i Måna nedstrøms Møsvatn (Grøner, januar 1997).

Felles for alle de tidligere vurderingene er i stor grad at beregningene er gjort i forbindelse med damdimensjoneringsformål. Slike beregninger skal belyse dammen(e)s sikkerhet, og det settes strenge og ugunstige krav til initialtilstander i vassdraget. Beregningene forutsetter blant annet at eventuelle manøvrerbare konstruksjoner i overføringssystemet kan være ute av drift, og at vannstanden ved flommens begynnelse antas å være ved HRV.

De rapportene som foreligger er utført etter 1984, og her er en oversikt over noen av dem i kronologisk rekkefølge.

1. En undersøkelse av flommer i Tinnsjøens nedbørfelt. NVE, Hydrologisk avdeling, oppdragsrapport nr 1-84, 29.02.1984.

   Naturlig tilsigsflom er konstruert på bakgrunn av en avløpsserie bestående av registrert produksjonsvann og overløp over dammen. Avløpsserien er korrigert for fortløpende endringer i magasinvolum. Dimensjonerende tilsigsflom ble beregnet til 770 m^3/s. Avløpsflommen for Møsvatn ble funnet til å holde seg innenfor maksimal tappekapasitet på 400 + 54 m^3/s (avhengig av drift i Frøystul kraftverk eller ikke).

Resultatene er fremkommet ved frekvensanalyse og konstruksjon av et 1000-års flomforløp som er rutet gjennom Møsvatn. Møsvatnsdammen var utstyrt med to tappetunneler med en kapasitet på 400 m^3/s i tillegg til kraftverkets kapasitet på 54 m^3/s. Det er forutsatt full tapping under hele flomforløpet.

2. Om flommer i Tinnsjøen nedbørfelt. Grøner, desember 1984.

   Denne rapporten diskuterer bl.a. vannføringskurvene og manøvreringsforutsetningene lagt til grunn i rapporten av 29.02.1984, og foreslår et samarbeid med Øst-Telemarken Brukseierforening om vannføringskurver og manøvreringsforutsetninger spesielt når det gjelder Dam Møsvatn og Dam Tinnoset.

3. Flomberegninger for Tinnsjø og Møsvatn. NVE, Hydrologisk avdeling, oppdragsrapport nr. 10-89, 01.08.1989.

   Flomberegninger etter bestemmelsene i ”Forskrifter for dammer” utført for Tinnsjø og Møsvatn. Rapporten konkluderer med at DF for Møsvatn er sterkt avhengig av hvilke forutsetninger som legges til grunn for magasinfylling og avledningsorganer. Tappekapasitet fra Møsvatn er 465 m^3/s, og den kritiske faktoren er hvor lenge tilsigsflommen er større enn dette. Det er forutsatt full tapping under hele flomforløpet. Startvannstand er satt til HRV. Dimensjonerende avløpsflom fra Møsvatn er anslått til 470 m^3/s.

4. Dimensjonerende flom for Møsvatn. NVE, HD-notat 05/91, 22.02.1991.

   Notatet gjengir resultatene av en fullstendig flomforløpsberegning for 1000-års vår- og høstflom for Møsvatn med tappestrategi som samsvarer med tappestrategien som brukseierforeningen den gang fulgte (ikke full tapping under hele flomforløpet som i rapport 10-89, men noe gradvis økt tapping). Startvannstand ved HRV. Maksimal dimensjonerende avløpsflom ble beregnet til 496 m^3/s for vårflom. Dataene gjelder det gamle flomavledningsarrangementet.

5. Øst-Telemarken brukseierforening. Møsvannsreguleringen, flommer og damsikkerhet. Grøner 03.06.1991.

   Rapporten belyser tre alternativer for ombygging av flomavledningsarrangement ved Møsvatn, og angir avløpsflommer og flomvannstander i Møsvatn for de undersøkte ombyggingsalternativene og ulike forutsetninger for manøvrering og startvannstand.

   Flomavledningsarrangement er nå ombygget i henhold til rapportens alt. B, som har fast overløp av lengde 48 m med krone kote 918,50 (HRV) og 1 stk. lang klappeluke med terskel kote 915,80 (HRV – 2,7 m). De to stk. eksisterende tappe-/bunntunnelene ved Møsvatn holdes intakte som reservetappemulighet. Det er senere besluttet at den gamle betongdammen skal rives slik at det ikke oppstår fall i vannspeilet mellom Møsvatn og steinfyllingsdammen.

6. Norsk Hydro, Frøystulprosjektet Møsvatn. Supplerende flomberegninger. Grøner 17.11.1993.

   Rapporten gjelder det nye flomavledningsarrangementet ved Møsvatn, og vurderer

hvilke innvirkninger det får på avløpsflommer og flomvannstander dersom den gamle betongdammen rives eller alternativt blir stående med alle lukeløp og nålestengselet åpent.

Ved DF er startvannstanden satt til HRV – 2,0 m, og avløpsflom og vannstand er beregnet for 2 alternative manøvreringsforutsetninger; bare det faste overløpet og klappeluken er i funksjon, og det faste overløpet, klappeluken og tappetunnel I (venstre tunnel) er i funksjon.

7. Øst-Telemarken Brukseierforening. Måna og Tinne, flomanalyse. Grøner, januar 1997.

   Supplerende flomberegninger for DF og PMF for alle dammene i Måna og Tinne. Beregningene er gjort med forutsetning om at betongdammen ved Møsvatn blir fjernet slik at det ikke oppstår fall mellom Møsvatn og flomavledningssystemet. Tilløpsflommer er benyttet som i NVEs oppdragsrapport 10-89. Startvannstanden er satt til HRV ved høstflom, for vårflom er det beregnet tre alternativer for startvannstand (alt. 1: HRV, alt 2: HRV – 6,5 m og alt 3: HRV – 10 m), med bakgrunn i at HRV anses som en urealistisk høy startvannstand for vårflom. Det forutsettes at bunntunnelene ikke tas i bruk for flomavledning, flomluken (klappeluken) åpnes først ved HRV, Frøystul kraftverk regnes med å være i drift ved beregning av vannføring i Måna.

   Dimensjonerende høstflom ved Møsvatn er beregnet til 410 m^3/s inkludert 80 m^3/s i Frøystul kraftverk (431 m^3/s ved Dam Skarsfoss, 452 m^3/s ved Dam Mæland og 494 m^3/s ved Dam Dale). Dimensjonerende vårflom ved Møsvatn er beregnet til 548 m^3/s (alt. 1) ved driftsstans i Frøystul, og 0 m^3/s for alt. 2 og alt. 3. For alternativ 1 er vannføringen beregnet til 576 m^3/s ved Dam Skarsfoss, 598 m^3/s ved Dam Mæland og 642 m^3/s ved Dam Dale. For alternativ 2 og 3 er flomvannføringen beregnet til 41 m^3/s ved Dam Skarsfoss, 74 m^3/s ved Dam Mæland og 125 m^3/s ved Dam Dale.

   Det er sett bort fra den teoretiske muligheten at bunntunnelene kan bli åpnet i løpet av flommen. Dette vil i verste fall øke avløpsflommen fra Møsvatn med ca. 500 m^3/s.

5. Beregning av flomverdier

Flomsonekart skal konstrueres for den sterkt regulerte elva Måna, fra Rjukan sentrum til utløpet i Tinnsjøen. På strekningen tilløper flere mindre uregulerte sidebekker og det tilføres vann fra nabovassdrag via Mår kraftverk. Grunnet det omfattende kraftverkssystemet nedstrøms Møsvatn, med flere kraftverk og dammer, er det valgt å beregne flomverdier i flere punkter langs Måna på hele strekningen fra rett nedstrøms Møsvatn til utløpet i Tinnsjøen, selv om denne strekningen er noe lenger enn den som skal flomsonekartlegges. På den måten kan flomverdiene beregnet fra avløpet ved Møsvatn systematisk korrigeres for eventuelle driftsvannføringer/driftsstans og lokaltilsig.

Utgangspunktet for flomberegningen er i hovedsak dataserien 16.20 Møsvatn ndf. som beskriver regulerte flomforhold i Måna nedstrøms Møsvatn, tilsigserien 16.19 Møsvatn Langhøl som beskriver uregulerte forhold oppstrøms Møsvatn og serien 16.66 Grosettjern som gir en indikasjon på avrenningen fra uregulert lokalfelt til Måna nedstrøms Møsvatn.

I flomsonekartsammenheng analyseres flommer opp til 500 års gjentaksintervall. I denne beregningen er det valgt å presentere også 1000-års gjentaksintervall i tabeller, fordi tidligere

beregnet dimensjonerende flom er lagt til grunn for vurdering av flomstørrelser på store gjentaksintervall.

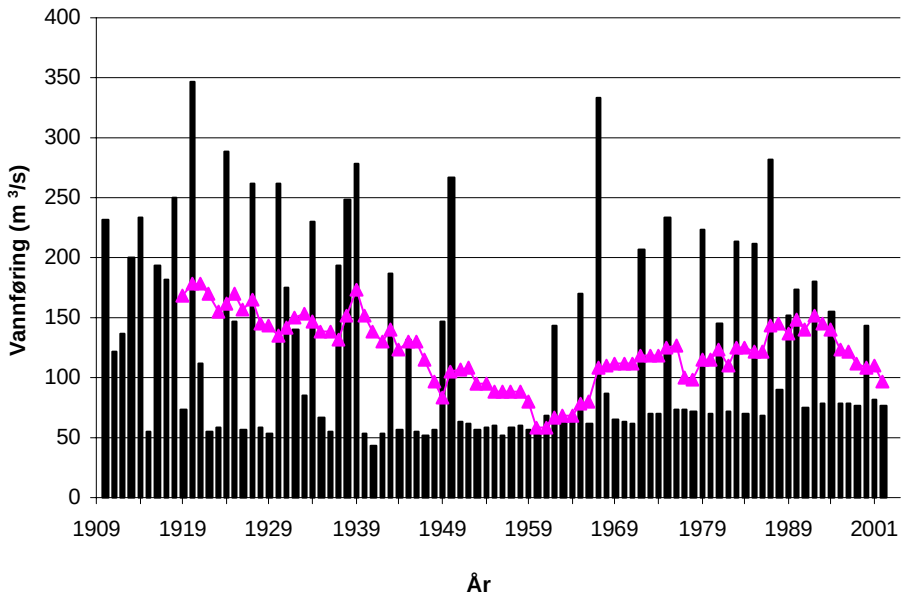
5.1 Flomfrekvensanalyse

Flommer generert av snøsmelting og flommer som er resultat av nedbørepisoder tilhører to forskjellige populasjoner. Vårflommene er normalt årvisse, har ofte stort volum og lang varighet, og stiger moderat mot høyere gjentaksintervall. Høstflommene kan være små eller mangle mange år, har ofte et spissere flomforløp med mindre volum og kortere varighet, og stiger ofte raskere mot høye gjentaksintervall. I høytliggende innlandsvassdrag som Måna er vårflommene normalt de dominerende. Dette er tilfellet for det estimerte uregulerte tilsiget til Møsvatn, der så å si alle flommene siden 1909 er beregnet til mai og juni. Nedstrøms Møsvatn er flombildet annerledes pga. Møsvatnets store lagringskapasitet. Om våren er magasinet normalt nedtappet og store vårflommer i mai og juni er sjeldne ut av Møsvatn. Den hyppigste flommåneden er i juli da magasinet kan være fylt opp, og kombinasjonen av snøsmelting og regn kan gi stor flom. Store flommer opptrer også om høsten og vinteren i forbindelse med regn og/eller snøsmelting kombinert med liten lagringskapasitet i magasinet, med oktober og januar som de to nest hyppigste flommånedene. Totalt sett i hele observasjonsperioden for regulert avløp fra Møsvatn opptrer omtrent 28 % av de største årsflommene i juli og august og til sammen 29 % i oktober og januar. De resterende 43 % av årsflommene er fordelt på resten av året.

I vassdrag med hyppighet av både høst- og vårflommer er det vanlig å utføre separate analyser av vår- og høstflommene, og ekstrapolere hver for seg (Sælthun 1997). I flomberegninger i flomsonekartsammenheng utføres analysene kun på årsflommer (NVE 2000), dvs. at frekvensanalysen er basert på de største observerte døgnmiddelvannføringene hvert år. Bakgrunnen for dette er at en flomepisode, enten den inntreffer vår eller høst, vanligvis har oppstått som en kombinasjon av både snøsmelting og regn, og tilhører derfor nødvendigvis ikke en av to forskjellige populasjoner. Dette er sannsynligvis tilfellet for mange av flommene i Måna. Når analysen gjøres kun mhp. årsflommer kan en risikere at det skjer en blanding av rene regnflommer og rene snøsmelteflommer i analysegrunnlaget. En risikerer også at andre store flommer i et år kan være større enn den største flommen i et annet år. For eksempel kan det skje at vårflommen ett år ikke kommer med i analysegrunnlaget, fordi denne er lavere enn høstflommen samme år, til tross for at den er større enn største flom i et annet år. Dette kan være et problem med analysene i Måna, siden høstflommen i flere tilfeller er den største samtidig med at vårflommen også kan kulminere ved relativt stor vannføring.

Det er åpenbart at flomforholdene i Måna har endret seg opp gjennom årene på grunn av økende reguleringsgrad. Flomstørrelsene ved Rjukan er betydelig redusert etter hvert som kraftverkssystemet er utbygd, både på grunn av flomdemping i vassdragets magasiner og at en stor del av vannføringen går gjennom kraftverkene og føres rett ut i Tinnsjøen. For å få et inntrykk av endringer av flomforholdene i Måna som følge av reguleringen av Møsvatn, er største årlige flomvannføring siden 1909 vist sammen med løpende 10-års middel i figur 12. Det fremgår av figuren at flomvannføringen i vassdraget gradvis har avtatt frem mot 1960-tallet, som et resultat av utvidelsen av Møsvatnsreguleringen i tre steg frem til 1942-43. På 1950-tallet var det en flomfattig 10-års-periode, som i fremstilling gir inntrykk av at flommene igjen har økt gradvis fra 1960 frem mot 1990-tallet. Den flomfattige perioden kan ha oppstått av naturlige årsaker, og den tilsynelatende trenden i økning i flomstørrelser i 1960-90 trenger ikke å ha årsak i reguleringene.

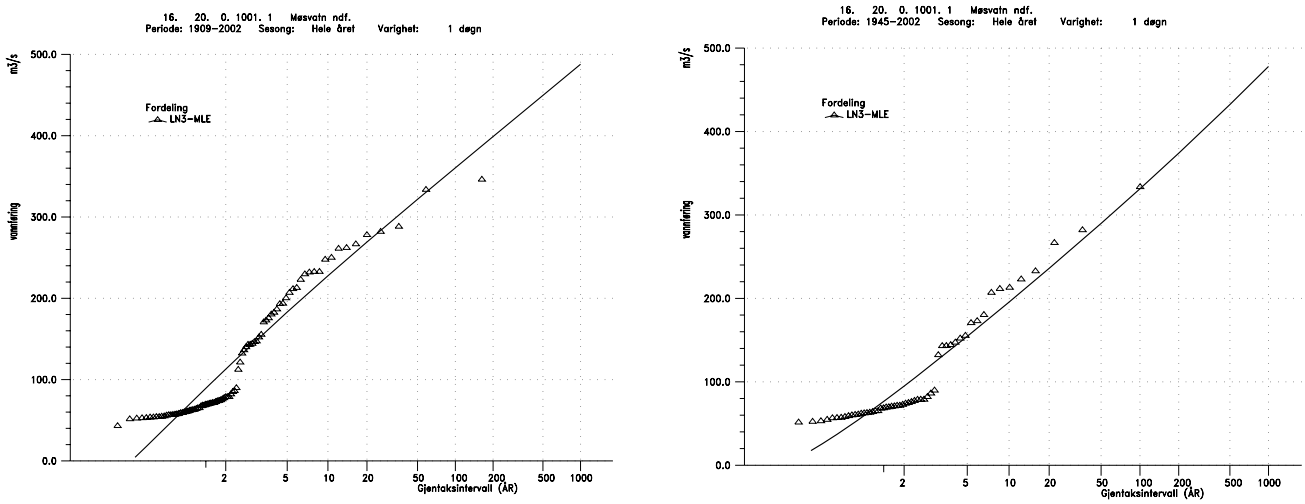
I et slikt gjennomregulert vassdrag som Måna er det vanskelig å bestemme flomstørrelser som blir representative for dagens forhold. Flomstørrelsene er en kombinasjon av de naturlige flomvannføringene og reguleringens innvirkning på flomforholdene. Med økende flomstørrelse vil sannsynligvis reguleringenes flomdempende effekt avta, slik at flomstørrelsene ved sjeldne



Figur 12. Flomvannføringer ved 16.20 Møsvatn ndf., m^3/s. Største årlige flomvannføring er plottet sammen med løpende 10-års middel.

gjentaksintervall nærmer seg naturlige (uregulerte) forhold. Dersom ett eller flere av kraftverkene i tillegg faller ut, vil det bli overløp i det/de aktuelle kraftverkers inntaksmagasin, hvilket vil medføre kraftig økning av flomvannføringen i Måna, under forutsetning av at magasinene er fylt eller fylles raskt opp. Disse effektene av reguleringssystemet kan ikke knyttes til bestemte gjentaksintervall.

Ved små gjentaksintervall har reguleringene i vassdraget betydelig innvirkning på flomstørrelsene. For å beskrive flomforholdene i regulert tilstand er det valgt å gjøre frekvensanalyse på serien 16.20 Møsvatn ndf. for hele observasjonsperioden, og for perioden etter 1945 (etter siste større utvidelse av Møsvatnsreguleringen). Serien har data siden 1909, men siden avløpet frem mot 1950 ser ut til å være påvirket av at reguleringssystemet er utvidet og fornyet i flere omganger, benyttes data for de siste 56 år (1945-2002), etter siste utvidelse av magasinet, som representative for flomforholdene som kan ventes i framtida ved små gjentaksintervall. Eventuell flomdempning som følge av reguleringene blir det da direkte tatt hensyn til i beregningene. En sammenligning av middelflom og frekvensfaktorer for disse periodene vil gi en indikasjon på de endrede flomforholdene (tabell 2) med et utvidet reguleringssystem. Tabell 3 viser at flomstørrelsene reduseres med mellom 15 og 4 % når de to periodene sammenlignes, og forskjellen avtar med økende gjentaksintervall. Resultatene av flomfrekvensanalysen på serien 16.20 Møsvatn ndf. i perioden 1909-2002 og 1945-2002 er vist i figur 13.

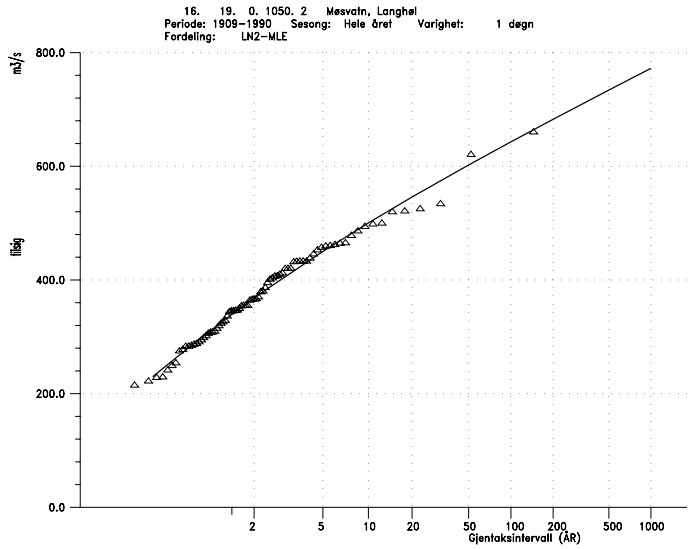


Figur 13. Frekvensanalyse for regulert avløpsserie 16.20 Møsvatn ndf. i perioden 1909-2002 (venstre) og 1945-2002 (høyre), døgnmidler av årsflommer.

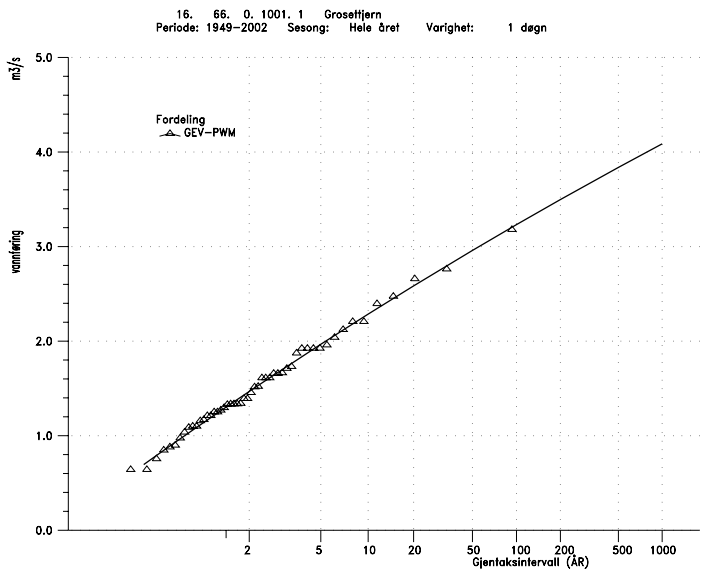
Dataserien som beskriver regulert avløp fra Møsvatn består i stor grad av kraftverksdata og er derfor som tidligere beskrevet noe usikker (kapittel 3), men er det beste datagrunnlaget som finnes for å beskrive de regulerte flomforholdene i Måna.

Som nevnt vil sannsynligvis reguleringenes flomdempende effekt avta med økende flomstørrelse slik at vassdraget nærmer seg uregulert tilstand ved store gjentaksintervall. Frekvensanalyse skulle derfor ideelt sett vært utført på avløpsdata fra Møsvatn for en lengre periode før magasinet ble regulert, og benyttet en tilnærming til denne frekvenskurven ved sjeldne gjentaksintervall. Registreringen av avløpet fra Møsvatn startet imidlertid samtidig med driften av magasinet, og det finnes ikke registrering av uregulerte avløpsdata fra Møsvatn. For å vurdere flomforholdene i Måna i uregulert tilstand er en konstruert tilsigsserie for Møsvatn benyttet. Tilsigsserien 16.19 Møsvatn Langhøl i NVEs dataarkiv beskriver avløpet fra Møsvatn slik det ville ha vært dersom vassdraget var helt uregulert, dvs. at det er korrigert for både den menneskeskapte regulering og den naturlige selvreguleringen i Møsvatn. Figur 14 viser valgt frekvenskurve, og tabell 2 og 3 viser resultatet av flomfrekvensanalysen for tilsigsserien i perioden 1909-1990. Hele dataserien (81 år) er benyttet siden tilsiget er korrigert for reguleringer. I flomanalyser er det vanlig å beregne tilsigsserien med usentrerte differanser, dvs. at magasinendringen bestemmes som differansen i volum fra dag til dag, i motsetning til sentrerte differanser der endringene midles over to døgn. Sistnevnte vil gi for stor demping. Tilsigsserien beregnet med usentrerte differanser ble laget i 1990, og er ikke utvidet frem til 2002.

Tabell 2 og 3 viser også resultatet av frekvensanalyse på observerte data i Grosetåi, som er et lite lokalt tilsigsfelt som tilløper Måna fra nord rett nedstrøms Møsvatn. Figur 15 viser frekvenstilpasningen til årsflommene som er registrert i Grosettjern i perioden 1949-2002. Observert vannføringsserie ved målestasjon 16.66 Grosettjern er benyttet i analysene for å beregne flombidraget fra uregulert lokalt tilsigsfelt nedstrøms Møsvatn.



Figur 14. Frekvensanalyse for uregulert tilsigsserie 16.19 Møsvatn Langhøl i perioden 1909-1990 (usentrerte differanser), døgnmidler av årsflommer.



Figur 15. Frekvensanalyse for avløpsserie i det uregulerte lokalfeltet Grosetåi, døgnmidler av årsflommer.

Tabell 2. Resultat av flomfrekvensanalyse for regulerte og uregulerte årsflommer ved utløpet av Møsvatn (Q_T/Q_M).

Stasjon		Periode	Ant. år	Varig-het døgn	Q_M l/s·km²	Q_M m³/s	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	Q_{1000}/Q_M
Regulert avløp:														
16.20	Møsvatn ndf.	1909-2002	91	1	82	124	1,48	1,83	2,17	2,59	2,90	3,21	3,62	3,93
16.20	Møsvatn ndf.	1945-2002	56	1	72	108	1,43	1,81	2,18	2,68	3,06	3,45	3,99	4,42
Uregulert avløp/tilsig:														
16.19	Møsvatn Langhøl	1909-1990 [1)]	81	1	251	378	1,19	1,32	1,44	1,59	1,70	1,81	1,94	2,04
16.19	Møsvatn Langhøl	1909-2002 [2)]	93	1	230	348	1,19	1,31	1,43	1,57	1,67	1,77	1,90	2,00
16.66	Grosettjern	1949-2002	52	1	238	1,5	1,27	1,48	1,67	1,91	2,09	2,26	2,48	2,64

[1)] Tilsigsserie beregnet med usentrerte differanser

[2)] Tilsigsserie beregnet med sentrerte differanser

Tabell 3. Resultat av flomfrekvensanalyse for regulerte og uregulerte årsflommer ved utløpet av Møsvatn, flomverdier i m³/s.

Stasjon		Periode	Ant. år	Varig-het døgn	Q_M l/s·km²	Q_M m³/s	Q_5 m³/s	Q_{10} m³/s	Q_{20} m³/s	Q_{50} m³/s	Q_{100} m³/s	Q_{200} m³/s	Q_{500} m³/s	Q_{1000} m³/s
Regulert avløp:														
16.20	Møsvatn ndf.	1909-2002	91	1	82	124	183	227	269	321	360	398	449	487
16.20	Møsvatn ndf.	1945-2002	56	1	72	108	154	195	235	289	331	373	431	477
Uregulert avløp/tilsig:														
16.19	Møsvatn Langhøl	1909-1990 [1)]	81	1	251	378	450	500	545	602	643	682	733	772
16.19	Møsvatn Langhøl	1909-2002 [2)]	93	1	230	348	412	457	497	547	583	617	662	696
16.66	Grosettjern	1949-2002	52	1	238	1,5	2,0	2,3	2,6	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1

[1)] Tilsigsserie beregnet med usentrerte differanser

[2)] Tilsigsserie beregnet med sentrerte differanser

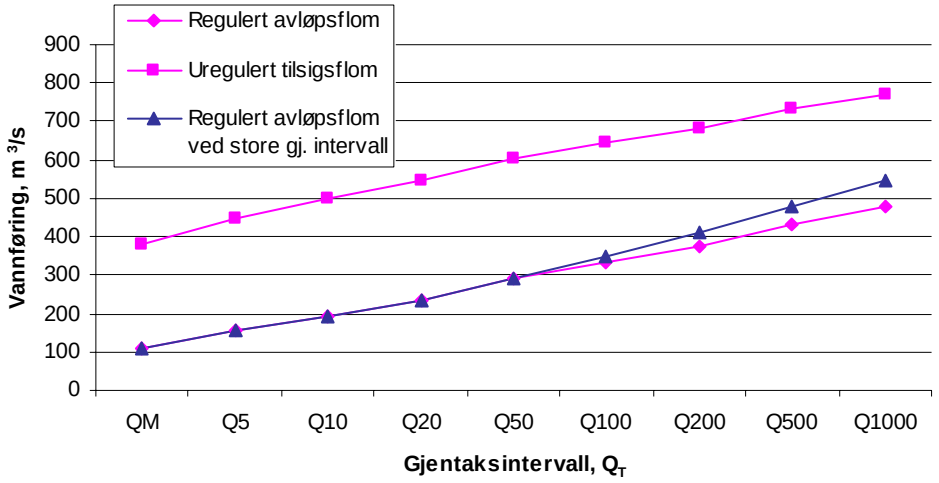
Tappekapasiteten ved dam Møsvatn er stor, maksimalt 740 m³/s ved HRV (inkludert driftsvann til Frøystul). Tabell 3 viser at en 500-års tilsigsflom er beregnet til å kulminere ved en døgnmiddelvannføring på 733 m³/s, omtrent tilsvarende den maksimale tappekapasiteten i dammen. Dette innebærer at selv når Møsvatn er full ved starten av en 500-års flomepisode er det nok kapasitet i dammen til å tappe ut like mye vann som det som kommer i tilsig til dammen. Flomstigning i Møsvatn, overløp og tapping er med andre ord helt avhengig av hvordan dammen manøvreres. I tilfeller der vannstanden er ved HRV ved flommens start, vil flommen ikke dempes i særlig grad i Møsvatn dersom tapping = tilsig. Verste tilfellet i Måna nedstrøms Møsvatn ved en 500-årsflom er altså at magasinet er fullt ved starten av perioden, og

at avløpet tilsvarer tilsiget på omtrent 740 m^3/s. I de aller fleste tilfeller vil Møsvatn være noe nedtappet ved starten av flomepisoder, og muligheten til å dempe flommene i Møsvatn er tilstede (tapping < tilsig). Sannsynligheten for at Møsvatn er full ved starten av flomepisoden er størst om sommeren eller om høsten. For å vurdere sannsynlig magasinfylling ved vårflommens start, er det tidligere (intern referanse NVE 200204476-5) gjort et arbeid med å ta ut data for magasinvannstand tre dager før tilsigets kulminasjon og sammenlignet med HRV for 9 flomepisoder. Dette viste at tre dager før tilløpet har kulminert har vannstanden for disse flomepisodene ikke vært høyere enn noe over 3 m under HRV. Møsvatnets flomdempende effekt er helt avhengig av manøvreringen av dammen i forkant og under flommen, og kan ikke knyttes opp mot gjentaksintervall. En sammenligning av beregnet tilsigs- og avløpsflom ved ulike gjentaksintervall i tabell 3 viser at regulerte avløpsflommer er redusert betraktelig sammenlignet med uregulerte tilsigsflommer. Som det fremgår av tabellen er avløpets middelflom (Q_M) redusert til 34 %, Q_{100} til 52 % og Q_{500} til 59 % av uregulert tilsigsflom. Dette viser at gjennomsnittlig tilsigsflom dempes i Møsvatn. Dette gjør det komplisert å anta flomstørrelser ved sjeldne gjentaksintervall. Ut fra den 56 år lange dataserien som er ment å beskrive dagens regulerte forhold kan det anslås flomstørrelser ved gjentaksintervall på 50-60 år med god nøyaktighet, men etter hvert vil reguleringenes flomdempende effekt avta slik at den beregnede flomfrekvenskurven neppe kan antas gjelde for store gjentaksintervall. Sannsynligvis vil frekvenskurven etter hvert stige slik at flomverdiene nærmer seg de uregulerte flomverdiene. For en 500-årsflom kan det for eksempel antas at flommene nærmer seg flomstørrelsen for den ugunstige situasjonen med fullt magasin og en tapping på 740 m^3/s. Det er imidlertid noe urealistisk at all tappekapasitet benyttes, og det er vanskelig å anslå i hvilken grad reguleringseffekten avtar. Dette er helt avhengig av reguleringsmagasinets tilstand ved inngangen til en flomepisode og hvordan dammen manøvreres. I den seneste flomberegning for Møsvatn, beregnet av Grøner (januar 1997), er dimensjonerende avløpsflom for Møsvatn beregnet til 548 m^3/s (vårflom) og 410 m^3/s (høstflom), som er resultatet av at en dimensjonerende tilsigsflom er rutet gjennom Møsvatn med visse forutsetninger for manøvrering og kraftverksdrift (se kap. 4), og der det er tatt hensyn til at den gamle betongdammen, som nå er under riving, er fjernet. Det er imidlertid et spørsmål om disse forutsetningene er realistiske og de best egnede med et formål å lage flomsonekart. Forutsetningene som ligger til grunn for beregningene gjort av Grøner i 1997 er ikke i tråd med retningslinjene gitt i ”Retningslinje for flomberegninger til § 4-5 i forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg” (NVE 2002), og beregningene skal revideres i løpet av høsten 2004.

I og med at de fleste tilsigsflommer til Møsvatn dempes som følge av et noe nedtappet Møsvatn ved flommens start er det misvisende å benytte frekvensanalyse på tilsigsserien direkte ved sjeldne gjentaksintervall, fordi vatnets flomdempende effekt da er helt fjernet. Men selv ved en kombinasjon av fullt reguleringsmagasin og maksimal tapping, slik at vassdraget er tilnærmet uregulert, vil Møsvatn med sin utstrekning ha en naturlig flomdempende effekt som ikke er gjenskapt i tilsigsserien. Dersom en antar et relativt fullt magasin ved inngangen til en sjelden tilsigsflom vil flomstørrelsen nærme seg flomstørrelsen beregnet for uregulerte forhold, som beskrevet over.

I figur 16 er frekvenskurvene for uregulerte og regulerte flommer inntegnet sammen med en kurve for reguleringseffektens antatte avtagende betydning med økende gjentaksintervall. Ved hvilken flomstørrelse reguleringseffekten på flomforholdene begynner å avta, og i hvilken grad reguleringseffekten avtar, er som nevnt vanskelig å anslå. Beregnede flomverdier er derfor meget usikre ved store gjentaksintervall. Det er valgt å benytte tidligere største dimensjonerte

avløpsflom på 548 m^3/s (Grøner, januar 1997) som styrende for hvordan reguleringseffekten avtar på store gjentaksintervall. I tabell 4 er flomverdier ved ulike gjentaksintervall angitt for antatte uregulerte tilløpsflommer, regulerte avløpsflommer og for flomforholdene slik de antas å være i framtida med dagens reguleringsforhold ved store og lave gjentaksintervall (representativ regulert flom).



Figur 16. Flomverdier for avløpet fra Møsvatn. Øverste kurve viser uregulerte forhold beskrevet ved en beregnet tilsigsserie til Møsvatn, nederste kurve viser regulerte forhold beskrevet ved en avløpsserie fra Møsvatn, midtre kurve antas representere reguleringenes avtagende effekt ved økende gjentaksintervall.

Tabell 4. Flomstørrelser (døgnmiddel) (Q_T) som er antatt å representere dagens regulerte forhold nedstrøms Møsvatn.

	Periode	Varighet 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_{1000} m^3/s
Uregulert tilsigsflom	1909-1990	1	378	450	500	545	602	643	682	733	772
Regulert avløpsflom	1945-2002	1	108	154	195	235	289	331	373	431	477
Representativ regulert flom		**1**	**108**	**154**	**195**	**235**	**289**	**350**	**410**	**480**	**548**

Resultatene i tabell 4 viser at representativ regulert 500-års avløpsflom tilsvarer uregulert 5-10-års tilsigsflom, og at representativ 100-årsflom tilsvarer uregulert avløp lavere enn middelflom. Tabell 5 viser hvor mye de representative regulerte årsflommene ut av Møsvatn er redusert i forhold til uregulert tilsigsflom.

Tabell 5. Anslåtte flomvannføringer for representative regulerte årsflommer i totalavløpet for Møsvatn, døgnmiddelverdier, samt antatt flomreduksjon i forhold til uregulert tilstand.

	Repr. regulerte årsflommer	Flomreduksjon	
	m^3/s	m^3/s	%
Q_M	108	270	71
Q_5	154	296	66
Q_{10}	195	305	61
Q_{20}	235	310	57
Q_{50}	289	313	52
Q_{100}	350	293	46
Q_{200}	410	272	40
Q_{500}	480	253	53
Q_{1000}	548	224	41

I forbindelse med flomsonekartleggingen er det nødvendig å beregne flomstørrelser i Måna fra Rjukan sentrum til utløpet i Tinnsjøen. Flomvannføringen i Måna nedstrøms Møsvatn er avhengig av hvordan kraftverkssystemet driftes i enhver flomsituasjon. Vannføringen kan variere mye over korte strekninger på grunn av at vann tas inn i kraftverkene for så å slippes ut i elveløpet lenger nede i vassdraget. På lange strekninger vil det derfor være betydelig redusert vannføring, samtidig som en kan oppleve brå vannføringsendringer på elvestrekningen som følge av utslipp av driftsvann. Dersom alle kraftverkene er i full drift når det er flom i vassdraget vil flomvannføringen på lange strekninger være redusert tilsvarende driftsvannføringen i de enkelte kraftverk. Ved verst tenkelig tilfelle kan det være driftstans i alle kraftverk samtidig. Da vil flommen i Måna forløpe naturlig i Månas elveløp, og flomstørrelsene vil tilsvare det som er fremkommet i frekvensanalysen for totalavløpet fra Møsvatn, men skalert opp for lokaltilsiget. I de videre beregningene er flomstørrelsene beregnet ved to tilstander for kraftverkssystemet, maksimal drift av alle kraftverk eller driftsstans i alle kraftverk. Disse tilstandene representerer beste og verste tenkelige situasjon med hensyn på flomstørrelsene i Måna. I mange tilfeller kan det være at bare ett eller flere kraftverk står, men det lar seg ikke gjøre å presentere alle tenkelig tilstander.

Siden kraftverkssystemet er relativt omfattende i Måna nedstrøms Møsvatn, er det valgt å beregne flomstørrelser i flere punkt mellom Møsvatn og utløpet i Tinnsjøen, for å få med alle vannføringsendringer som skyldes inntak og utslipp fra kraftverk. For avløpsflommene fra Møsvatn antas flomstørrelsene fremkommet i tabell 4 å være representative. For hele lokalfeltet mellom Dam Møsvatn og Tinnsjøen antas frekvensanalysen beregnet for den 52 år lange serien fra den uregulerte Grosetåi å være representative. I lokalt tilsigsfelt mellom Dam Møsvatn og Dam Mæland, som er utslippspunkt for Såheim kraftverk/inntaksdam for Moflåt kraftverk, antas samme spesifikke avrenning ved middelflom som i Grosetåi, 238 $l/s \cdot km^2$ (tabell 3). Bakgrunnen for å anta samme avrenning pr. arealenhet er at store deler av lokalfeltet ned til Mæland dam har tilsig fra høytliggende områder slik at en relativt sett like stor andel av nedbørfeltet bidrar til avrenning ved flom som fra Grosetåis nedbørfelt. Spesifikk middelflom i Grosetåi er omtrent lik spesifikk middelflom for uregulert tilsigsflom til Møsvatn (250 $l/s \cdot km^2$). Det antas at flommen fra lokalfeltet kulminerer samtidig som i Måna. I mange tilfeller, spesielt ved små flommer, kan dette gi et noe for overestimert bilde av flomstørrelsene i Måna, siden flommer i hovedvassdraget ofte dempes og forsinkes i Møsvatnmagasinet. Ved store flommer da tappingen fra Møsvatn er stor er denne antagelsen derimot rimelig. Den eventuelle feilen som

gjøres ved disse antagelsene medfører liten praktisk betydning for de beregnede flomstørrelsene, fordi delfeltene representerer en beskjeden del av totalavrenningen på det enkelte sted. Eksempelvis er Q_M i Måna ved Mæland dam beregnet på følgende måte:

$Q_{M\ Mæland\ dam}$ (m^3/s) = $Q_{M\ avløp\ Møsvatn}$ (m^3/s) + (238 l/s·km^2 * (1664-1509) km^2/1000 l/m^3)

Det er da antatt at alle kraftverk i nedbørfeltet står, slik at all avrenning skjer i Månas naturlige elveløp.

I alle lokale tilsigsfelt mellom Mæland dam og utløpet ved Tinnsjøen antas noe lavere spesifikk avrenning ved middelflom enn beregnet fra tilsigsflommen til Møsvatn, med bakgrunn i at store deler av avrenningen fra dette nedbørfelt antas å være over når flommen ankommer fra hovedfeltet, både på grunn av kortere dreneringsveg og lavereliggende områder som antas å være avsmeltet på et tidligere tidspunkt. Spesifikk middelflom beregnet for Grosetåi (238 l/s·km^2), som antas å være representativ for lokalfeltet nedstrøms Dam Møsvatn til Mæland dam, er skalert med forskjellen i normalavløpet beregnet fra avrenningskart mellom dette lokalfeltet (33 l/s·km^2) og lokalfeltet fra Mæland dam ned til Tinnsjøen (ca 28 l/s·km^2), som tilsvarer en faktor på ca 0,85. Eksemplevis er Q_M i Måna ved utløpet i Tinnsjøen dermed beregnet på følgende måte:

$Q_{M\ Tinnsjøen}$ (m^3/s) = $Q_{M\ Mæland\ dam}$ (m^3/s) + (238 l/s·km^2 *(28 /33) l/s·km^2 *(1778-1664) km^2/1000 l/m^3)

Det er da antatt at alle kraftverk i nedbørfeltet står, slik at all avrenning skjer i Månas naturlige elveløp.

Beregnede middelflomverdier og frekvensfaktorer i avløpet fra Møsvatn og i lokale tilsigsfelt til Måna nedstrøms Møsvatn er oppsummert i tabell 6. Tabell 7 viser beregnede flomstørrelser for ulike gjentaksintervall. Flomstørrelsene i tabellen forutsetter at det er driftstans i kraftverkene slik at all avrenning skjer i Månas naturlige elveløp.

Tabell 6. Benyttede middelflomverdier (Q_M) og frekvensfaktorer (Q_T/Q_M) i ulike delfelt som bidrar til avrenning i Måna nedstrøms Møsvatn, årsflommer. Feltarealene er grovt beregnet i NVEs digitale kartsystem Kartulf.

	Areal km^2	Q_M l/s·km^2	Q_M m^3/s	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	Q_{1000}/Q_M
Delfelt til Måna oppstrøms Skarsfossmagasinet	26	238	6,2	1,27	1,48	1,67	1,91	2,09	2,26	2,48	2,64
Delfelt til Dam Skarsfoss	15	238	3,6	1,27	1,48	1,67	1,91	2,09	2,26	2,48	2,64
Delfelt til Måna oppstrøms utløp Såheim	113	238	26,9	1,27	1,48	1,67	1,91	2,09	2,26	2,48	2,64
Delfelt til Måna ved Dam Mæland	1,0	238	0,2	1,27	1,48	1,67	1,91	2,09	2,26	2,48	2,64
Delfelt til Måna nedstrøms Dam Mæland	1,0	238	0,2	1,27	1,48	1,67	1,91	2,09	2,26	2,48	2,64
Delfelt til Måna oppstrøms avløp Moflåt	30	202	6,1	1,27	1,48	1,67	1,91	2,09	2,26	2,48	2,64
Delfelt til Måna ved Dam Dale	1,0	202	0,2	1,27	1,48	1,67	1,91	2,09	2,26	2,48	2,64
Delfelt til Måna nedstrøms Dam Dale	1,0	202	0,2	1,27	1,48	1,67	1,91	2,09	2,26	2,48	2,64
Delfelt til Måna ved utløp Tinnsjøen	81	202	16,4	1,27	1,48	1,67	1,91	2,09	2,26	2,48	2,64

Tabell 7. Beregnede flomstørrelser ved ulike gjentaksintervall (Q_T) i sentrale punkt i Måna, årsflommer. Flomverdiene forutsetter at det er driftsstans i kraftverkene slik at all avrenning skjer i Månas naturlige elveløp. Feltarealene er grovt beregnet i NVEs digitale kartsystem Kartulf.

	Areal km^2	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_{1000} m^3/s
Måna ved utløp Møsvatn	1509	72	108	154	195	235	289	350	410	480	548
Måna oppstrøms Skarsfossmagasinet	1535	74	114	162	204	246	301	363	424	495	564
Dam Skarsfoss	1550	76	118	167	209	252	308	370	432	504	574
Måna oppstrøms Dam Mæland	1663	87	145	201	249	297	359	427	493	571	645
Dam Mæland	1664	87	145	201	250	297	360	427	493	571	645
Måna nedstrøms Dam Mæland	1665	87	145	201	250	297	360	428	494	572	646
Måna oppstrøms Dam Dale	1695	89	151	209	259	308	372	440	508	587	662
Dam Dale	1696	89	151	209	259	308	372	441	508	588	663
Måna nedstrøms Dam Dale	1697	89	152	210	259	308	372	441	509	588	663
Måna ved utløp Tinnsjøen	1778	95	168	230	284	336	404	475	545	629	706

Flomverdiene for 1000-års gjentaksintervall ved de ulike dammene nedover i Måna avviker noe i forhold til de beregningene som er gjort av Grøner (januar 1997) ved de tilsvarende dammer. Avvikene er ikke store, og har som tidligere nevnt mindre betydning da bidraget fra delfeltene er lite for den totale avrenningen. Avvikene har i første rekke ti årsaker; 1) Grøner antar at alle bekkeinntak er intakte og har tilstrekkelig kapasitet til at alt tilsig blir overført til de respektive magasiner, mens det i denne beregningen er antatt at alle bekkeintak er stengt. Det blir dermed avvik i hvilke arealer som bidrar til avrenning i de ulike dammene, og 2) Grøners beregninger er basert på at spesifikke tilløpsflommer i delfeltene til Måna nedenfor Møsvatn er som for nedbørfeltet til Møsvatn, mens det i denne beregningen er antatt at avrenningen fra delfeltene dels samsvarer med avrenningen i det uregulerte delfeltet til Grosettjern, men med en viss korreksjon for tidligere og raskere flomavrenning i de lavereliggende områdene.

Det er sjelden driftsstans i alle kraftverkene samtidig, men det har skjedd. Et eksempel var under flommen i 1987, da stor sedimenttransport førte til at det ene kraftverket etter det andre ble satt ut av drift. Men selv ved sjeldne gjentaksintervall kan ett eller flere kraftverk være i drift, og ved små flomepisoder er sannsynligheten stor for at alle kraftverk er i drift. Dersom alle kraftverk er i drift og kjøres med maksimal kapasitet, må maksimal driftsvannføring trekkes ifra flomverdiene på de strekningene der driftsvannet går i tunneler. Tabell 8 viser flomstørrelsene ved de utvalgte punktene i Måna ved forskjellige gjentaksintervall når det er tatt hensyn til at kraftverkene kjøres med maksimal driftsvannføring. Tabellens siste kolonne viser hvilke driftsvannføringer som er fratrukket flomverdiene som er fremkommet ved antagelse om full driftsstans i tabell 7. På strekningen fra utløp Møsvatn til Måna oppstrøms Skarsfossmagasinet er flomvannføringen redusert med 90 m^3/s ved alle gjentaksintervall, som tilsvarer driftsvannføringen i Frøystul som har inntak i Møsvatn. Vemork og Såheim har inntak i Skarsfossmagasinet, så fra overløp Dam Skarsfoss til rett oppstrøms avløpet fra Vemork og Såheim er maksimal driftsvannføring i Vemork og Såheim på 76 m^3/s fratrukket. I Måna fra avløpet fra Vemork og Såheim 300-400 m oppstrøms Mæland dam og ned til dammen renner alt vann i elveløpet. Moflåt har inntak i Mæland dam, og nedstrøms dammen til rett oppstrøms avløpsdammen fra Moflåt er det fratrukket 76 m^3/s. Avløpsdammen fra Moflåt tilføres også avløp fra Mår kraftverk (maksimal driftsvannføring 27 m^3/s) og fungerer i tillegg som

inntaksdam for Mæl kraftverk. I dammen er derfor flomvannføringen tillagt en vannføring på 27 m^3/s. I Måna nedstrøms inntaksdammen til Mæl er vannføringen også tillagt de 27 m^3/s fra Mår, men fratrukket 100 m^3/s som er maksimal driftsvannføring i Mæl. Mæl har utløp direkte i Tinnsjøen.

Tallene for flom i Måna i tabell 7 forutsetter som nevnt full drift av kraftverkene. Flomstørrelsene forutsetter i tillegg at maksimal kapasitet tas fra kraftverkets inntaksdam, og at bekkeinntakene er stengt. Bakgrunnen for dette er at lokaltilsig fra de ulike uregulerte delfeltene er beregnet for hele delfeltets areal og er ikke fratrukket eller tillagt de areal som dekkes av bekkeinntakene. Eksempelvis er Våervatnets nedbørfelt (delfelt 16 figur 10), som har naturlig avrenning til Måna oppstrøms Rjukan, ikke fratrukket ved beregning av lokaltilsiget til Måna ved punkt oppstrøms avløp fra Såheim. Dersom bekkeinntaket hadde vært åpnet ville vann fra Våervatnets nedbørfelt være ført inn på hovedtunnelen til Mår kraftverk og blitt tilført Måna først helt nede ved inntaksdammen til Mæl, og på den måten ikke bidratt til lokaltilsiget til punkt oppstrøms avløpet fra Såheim.

Tabell 8. Beregnede flomstørrelser ved ulike gjentaksintervall (Q_T) i sentrale punkt i Måna, årsflommer. Flomverdiene forutsetter blant annet at kraftverkene kjøres med maksimal kapasitet, slik at vannføringen i Månas naturlige elveløp er redusert med maksimal driftsvannføring på strekninger der driftsvannet går i tunneler. Feltarealene er grovt beregnet i NVEs digitale kartsystem Kartulf.

	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	Q_{1000} m^3/s	**Drifts-vf.**
Måna ved utløp Møsvatn	1509	18	64	105	145	199	260	320	390	458	-90
Måna oppstrøms Skarsfossmagasinet	1535	24	72	114	156	211	273	334	405	474	-90
Dam Skarsfoss	1550	42	91	133	176	232	294	356	428	498	-76
Måna oppstrøms Dam Mæland	1663	69	125	173	221	283	351	417	495	569	-76
Dam Mæland	1664	145	201	250	297	360	427	493	571	645	ingen
Måna nedstrøms Dam Mæland	1665	69	125	174	221	284	352	418	496	570	-76
Måna oppstrøms Dam Dale	1695	75	133	183	232	296	364	432	511	586	-76
Dam Dale	1696	178	236	286	335	399	468	535	615	690	+27
Måna nedstrøms Dam Dale	1697	79	137	186	235	299	368	436	515	590	+27-100
Måna ved utløp Tinnsjøen	1778	95	157	211	263	331	402	472	556	633	+27-100

Det presiseres at gjentaksintervallet på flommene i de ulike punktene ikke endres avhengig av drift eller ikke i kraftverkene, slik tabellene kan antyde. Vannføringen i ett punkt i Måna er i utgangspunktet den samme ved samme gjentaksintervall, men noe av vannet tar veg utenom Månas naturlige elveløp når kraftverkene er i drift. Det er allikevel valgt å presentere tallene slik, for å gi et bilde av vannføringen i Måna avhengig av driftsstans i kraftverk eller ikke.

5.2 Beregning av kulminasjonsvannføring

Flomverdiene som hittil er presentert representerer døgnmidler. For å beregne kulminasjonsvannføring er det nødvendig å kjenne forholdet mellom kulminasjonsvannføringen og døgnmiddelvannføringen i de punktene som skal flomberegnes.

Kulminasjonsvannføringen kan være atskillig større enn døgnmiddelvannføringen. Dette er spesielt karakteristisk for små vassdrag med rask flomstigning og spisse flomforløp. I større

vassdrag er vannføringen ofte stor i flere påfølgende døgn. Forholdstallet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring er i slike vassdrag lavt.

I og med at tappekapasiteten fra Dam Møsvatn er så stor at avløpet fullstendig kan styres av hvordan dammen manøvreres, antas det at avløpet fra dammen er konstant over døgnet i en flomsituasjon, det vil si ingen forskjell mellom momentanvannføringen og døgnmiddelvannføringen ved kulminasjon. For det uregulerte lokaltilsiget til Måna nedstrøms Dam Møsvatn er det sannsynlig at momentan kulminasjon er noe større enn døgnmiddelvannføringen. I slike tilfeller anslås kulminasjonsvannføringen fortrinnsvis ved å analysere de største observerte flommene i vassdraget. Forholdstallet (Q_{mom}/Q_{mid}) mellom observert kulminasjonsvannføring (momentanvannføringen) og døgnmiddelvannføring 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 (timesverdier). Grunnlaget for å anslå forholdet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring for det uregulerte tilsiget til Måna nedstrøms Dam Møsvatn er noe tynt. Det finnes kun data med fin tidsoppløsning i det lille nedbørfeltet til Grosettjern, der observert Q_{mom}/Q_{mid} gjennomsnittlig er omtrent 1,2 (hentet fra datagrunnlaget til "Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag" (Sælthun 1997)). Det antas at forholdstallet fra Grosettjerns nedbørfelt er representativt for nedbørfeltet nedstrøms Møsvatn. Eksempelvis er Q_M i Måna ved Mæland dam og ved Tinnsjøen beregnet på følgende måte:

$Q_{M\ Mæland\ dam}$ (m^3/s) = $Q_{M\ avløp\ Møsvatn}$ (m^3/s) + (238 $l/s \cdot km^2$ *1,2* (1664-1509) $km^2/1000\ l/m^3$)

$Q_{M\ Tinnsjøen}$ (m^3/s) = $Q_{M\ Mæland\ dam}$ (m^3/s) + (238 $l/s \cdot km^2$ *1,2* (28 /33) $l/s \cdot km^2$ *(1778-1664) $km^2/1000\ l/m^3$)

Beregnet kulminasjonsvannføring ved ulike gjentaksintervall i de ulike punktene i Måna i de to situasjonene med enten full driftstans eller full drift av kraftverkssystemet er presentert i tabell 9 og 10.

Tabell 9. Beregnede kulminasjonsvannføringer ved ulike gjentaksintervall (Q_T) i sentrale punkt i Måna, årsflommer. Forholdstallet Q_{mom}/Q_{mid} representerer lokaltilsiget nedstrøms Møsvatn, ikke det regulerte avløpet fra Møsvatn. Flomverdiene forutsetter at det er driftsstans i kraftverkene slik at all avrenning skjer i Månas naturlige elveløp. Feltarealene er grovt beregnet i NVEs digitale kartsystem Kartulf.

	Areal km^2	Q_{mom}/Q_{mid}:	Q_M $l/s \cdot km^2$	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_{1000} m^3/s
Måna ved utløp Møsvatn	1509	1,0	72	108	154	195	235	289	350	410	480	548
Måna oppstrøms Skarsfossmagasinet	1535	1,2	75	115	164	206	248	303	366	427	498	568
Dam Skarsfoss	1550	1,2	77	120	169	212	255	312	374	436	509	579
Måna oppstrøms Dam Mæland	1663	1,2	91	152	210	260	309	373	442	509	589	664
Dam Mæland	1664	1,2	92	152	210	260	309	374	442	510	590	665
Måna nedstrøms Dam Mæland	1665	1,2	92	153	211	261	310	374	443	511	591	666
Måna oppstrøms Dam Dale	1695	1,2	94	160	220	272	322	388	458	527	609	685
Dam Dale	1696	1,2	94	160	220	272	322	389	459	528	609	686
Måna nedstrøms Dam Dale	1697	1,2	95	160	221	272	323	389	459	528	610	686
Måna ved utløp Tinnsjøen	1778	1,2	101	180	246	301	356	427	500	573	658	738

Tabell 10. Beregnede kulminasjonsvannføringer ved ulike gjentaksintervall (Q_T) i sentrale punkt i Måna, årsflommer. Flomverdiene forutsetter at kraftverkene kjøres med maksimal kapasitet, slik at vannføringen i Månas naturlige elveløp er redusert med maksimal driftsvannføring på strekninger der driftsvannet går i tunneler. Feltarealene er grovt beregnet i NVEs digitale kartsystem Kartulf.

	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	Q_{1000} m^3/s	Drifts-vf.
Måna ved utløp Møsvatn	1509	18	64	105	145	199	260	320	390	458	-90
Måna oppstrøms Skarsfossmagasinet	1535	25	74	116	158	213	276	337	408	478	-90
Dam Skarsfoss	1550	44	93	136	179	236	298	360	433	503	-76
Måna oppstrøms Dam Mæland	1663	76	134	184	233	297	366	433	513	588	-76
Dam Mæland	1664	152	210	260	309	374	442	510	590	665	ingen
Måna nedstrøms Dam Mæland	1665	77	135	185	234	298	367	435	515	590	-76
Måna oppstrøms Dam Dale	1695	84	144	196	246	312	382	451	533	609	-76
Dam Dale	1696	187	247	299	349	416	486	555	636	713	+27
Måna nedstrøms Dam Dale	1697	87	148	199	250	316	386	455	537	613	+27-100
Måna ved utløp Tinnsjøen	1778	107	173	228	283	354	427	500	585	665	+27-100

6. Kalibreringsdata

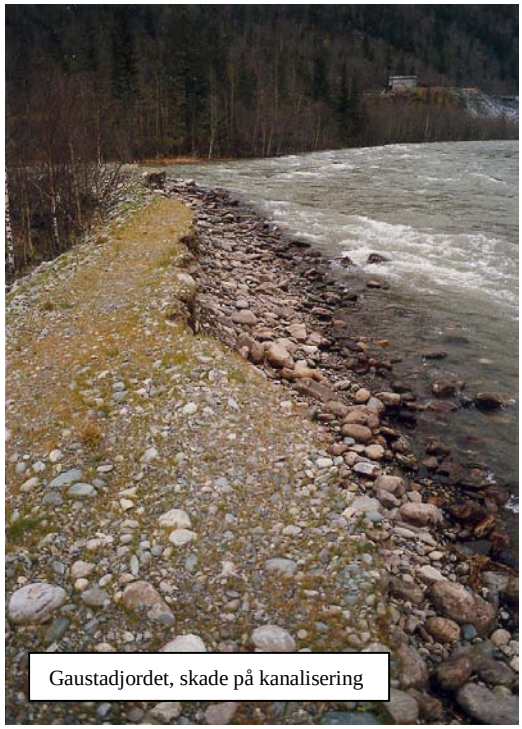
Til kalibrering av hydraulisk modell for Måna foreligger vannstandsobservasjoner den 18. oktober 1987. NVEs kvalitetskontrollerte dataarkiv viser at totalavløpet fra Møsvatn ved kulminasjon var 282 m^3/s i døgnmiddelvannføring. Opplysninger fra Norsk Hydro Rjukan (ved Thor Helge Gjøystdal) sier at store deler av kraftverkssystemet var ute av drift pga. stor sedimenttransport og gjentetting av inntak til kraftverkene. Tabell 9 viser at denne flommen hadde tilnærmet 50-års gjentaksintervall i avløpet fra Møsvatn. Tabellen viser også beregnet kulminasjonsvannføring for 50-årsflom ved de ulike punktene nedover i Måna når alle kraftverk er ute av drift, og er gjengitt i tabell 11. Det antas at flommen kulminerte ved samme gjentaksintervall på hele strekningen fra Møsvatn til utløpet i Tinnsjøen.

	Q_{50} m^3/s
Måna ved utløp Møsvatn	289
Måna oppstrøms Skarsfossmagasinet	303
Overløp dam Skarsfoss	312
Måna oppstrøms utløp Såheim	373
Måna ved Mæland dam	374
Måna nedstrøms Mæland dam	374
Måna oppstrøms avløp Moflåt	388
Måna ved dam utslipp Moflåt/inntak Mæl	389
Måna nedstrøms inntak Mæl	389
Måna ved utløp Tinnsjøen	427

Tabell 11. Beregnede kulminasjonsvannføringer i sentrale punkt i Måna for flommen i oktober 1987, som kulminerte ved 50-års gjentaksintervall beregnet for totalavløpet fra Møsvatn.

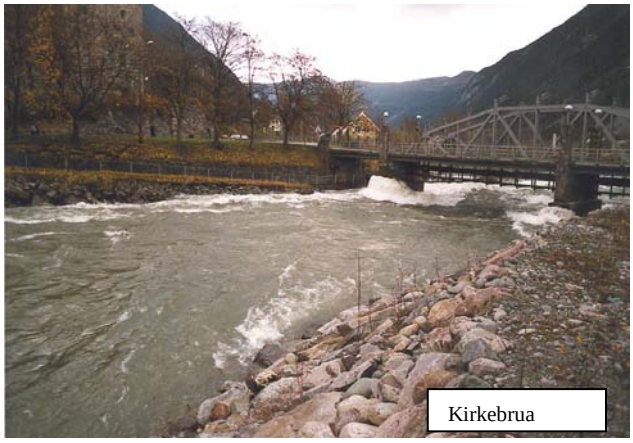
Norsk Hydro Rjukan tok bilder under flommen i 1987, se neste side. Bildene er tatt 16.-17. oktober av Tor Andreas Engell og Tor Alvseike. Nærmere tidsangivelse for når bildene ble tatt er ukjent.

Gaustadjordet, bru til renseanlegg

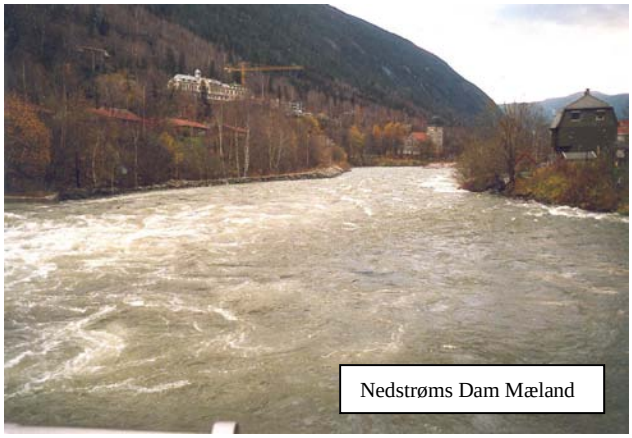


Gaustadjordet, skade på kanalisering

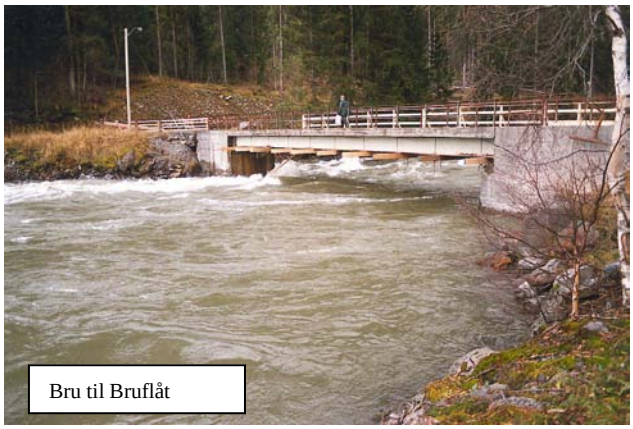
Brovold



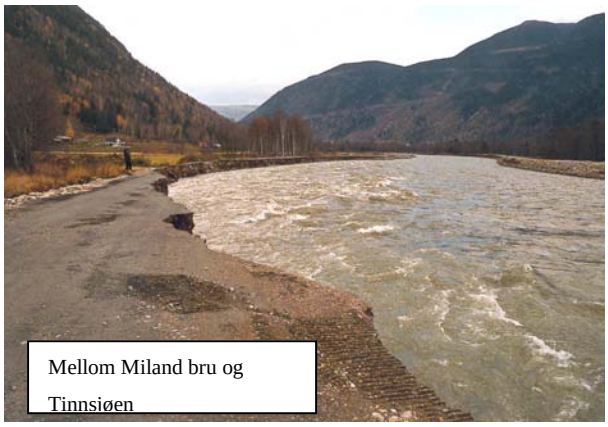
Kirkebrua



Nedstrøms Dam Mæland

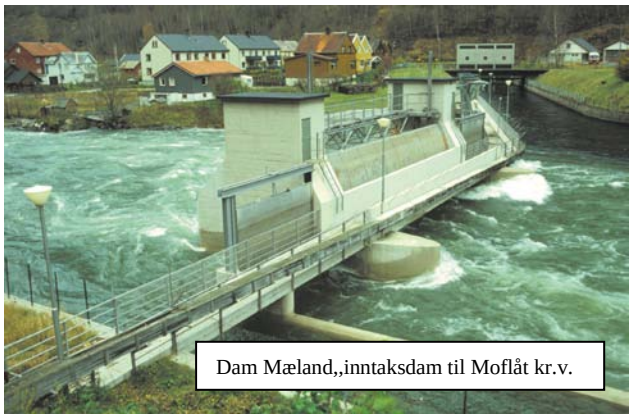


Bru til Bruflåt



Mellom Miland bru og Tinnsjøen

Ved Bjørtuftsgardene, 1 km ovf. Miland


Dam Mæland,,inntaksdam til Moflåt kr.v.

7. Observerte flommer

Flomforholdene i Måna slik de oppleves nedstrøms Møsvatn beskrives best av den regulerte avløpsserien fra Møsvatn. De fem største observerte døgnmiddelflommene i perioden 1909-2002 i den regulerte avløpsserien 16.20 Møsvatn ndf. er presentert i tabell 12. Av disse skiller flommen i juli 1920 og i juli 1967 seg ut som de desidert største med døgnmiddelvannføring på henholdsvis 346 og 334 m^3/s. Tabell 7 viser at disse to flommene er estimert til omtrent 100-årsflommer med dagens damkonstruksjon og flomavledningssystem. Tilsynelatende har det dermed vært to relativt store flommer i løpet av en 50-årsperiode. Det er imidlertid viktig å være klar over at forutsetningene for å avlede og dempe flommene har endret seg i løpet av disse årene. Under flommen i 1920 var kapasiteten i dammen mindre, og denne flommen ville sannsynligvis vært mindre med dagens flomavledningssystem. Fire av de fem største årsflommene var vår-/sommerflommer i juli, én er høstflom i oktober. Det finnes ikke observasjoner av kulminasjonsvannføring for disse flommene.

Flomstørrelsene nedstrøms Møsvatn er helt avhengig av magasinvannstanden i Møsvatn i det flommen setter inn. En tilsigsflom med stort volum trenger ikke nødvendigvis å gi spesielt stor flom nedstrøms Møsvatn dersom magasinet er godt nedtappet når flommen setter inn. Et godt eksempel er storflommen i 1927.

Nedstrøms Møsvatn kulminerte 1927-flommen ved en døgnmiddelvannføring på 261 m^3/s den 4. august, og er den åttende største døgnmiddelvannføringen som er observert nedstrøms Møsvatn. I den beregnede tilsigsserien til Møsvatn, som beskriver uregulerte forhold, er 1927-flommen den klart største (tabell 12). Årsaken til denne forskjellige rangeringen av tilsigs- og avløpsflommen i 1927 er at Møsvatn var godt nedtappet til LRV da flommen startet slik at avløpsflommen i stor grad ble dempet. Selv om flommen ble sterkt dempet i Møsvatn og avløpsflommen ikke på langt nær er den største som er observert, refereres denne flommen som ekstremt stor og den største i manns minne i Måna. Dette vitner om at lokaltilsiget fra nedbørfeltet nedstrøms Møsvatn var stort. Stort lokaltilsig hadde årsak i at flommen var forårsaket av ekstremt kraftig nedbør som hadde maksimalsone over Gaustadområdet og Vestfjordalen (Roald 1984). Det kom på det meste 130 mm på et døgn den 29. juni, som sammenfalt med slutten på snøsmelteperioden, som var uvanlig sen dette året (Einung 1943). Vinteren hadde vært uvanlig kald og nedbørrik, og det lå fortsatt store snømengder nedover i åssidene i juni. Flommen og de omfattende utrasningene betegnes som en naturkatastrofe og resulterte i store skader på hus og hjem, tap av seks menneskeliv og økonomisk ruin for mange. Store utrasninger av jord i dalsidene førte blant annet til stor transport av sedimenter, trær og

lignende i Måna slik at inntaket til flere kraftverk ble tettet igjen og medførte driftstans i flere av kraftverkene.

Flomforholdene for det uregulerte tilsiget til Møsvatn beskrives best av den beregnede tilsigsserien til Møsvatn. De fem største observerte døgnmiddelflommene i perioden 1909-1990 i tilsigsserien 16.19 Møsvatn Langhøl er presentert i tabell 12.

Tabell 12. De fem største årsflommene for uregulert tilsig og regulert avløp fra Møsvatn i løpet av observasjonsperioden. Hentet fra NVEs dataarkiv Hydrall.

Stasjon		Observasjons-periode	År	Dato	Døgnmiddel-vannføring, m^3/s	Døgnmiddel-vannføring, $l/s \cdot km^2$
16.20	Møsvatn ndf. (regulert avløp)	1909-2002	1920	8/7	346	229
			1967	21/7	334	221
			1924	22/7	288	191
			1987	18/10	282	187
			1939	21/7	278	184
16.19	Møsvatn Langhøl (uregulert tilsig)	1909-1990	1927	30/6	660	437
			1988	31/5	620	410
			1971	31/5	534	354
			1910	15/6	525	348
			1972	8/6	521	345

8. Usikkerhet

Datagrunnlaget for flomberegning i Måna kan karakteriseres som noe tynt. Det foreligger lang dataserie som beskriver det regulerte avløpet fra Møsvatn, og basert på denne en lang tilsigsserie som beskriver estimert uregulert tilsig til Møsvatn. Det er knyttet usikkerhet til disse dataene, fordi utgangspunktet for datamaterialet er kraftverkdata bestående av driftsvannføring og tappedata. Erfaringer tilsier at kraftverksdata er usikre. Det ligger også en stor usikkerhet i bidraget fra lokalfeltet nedstrøms Møsvatn ved flom, da det finnes lite vannføringsdata som representerer dette lokaltilsiget. Det er svært begrensede opplysninger om forholdet mellom døgnmiddelvannføring og kulminasjonsvannføring ved flomepisoder i alle punkter der flomverdier skal beregnes. Dette gjør estimatet av kulminasjonsvannføring svært usikkert.

Den største usikkerheten i flomberegningen er knyttet til vassdragsreguleringenes effekt på flomforholdene. Det er problematisk å anslå flomstørrelser for sjeldne gjentaksintervall, fordi reguleringenes flomdempende effekt etter hvert vil avta, men i hvilken grad og ved hvilke gjentaksintervall reguleringseffekten vil avta er det vanskelig å anslå. Dette medfører usikkerhet i hvilke data som skal legges til grunn for beregning av dagens regulerte flomforhold. Det foreligger ikke observerte data i Måna fra perioden før Møsvatnreguleringen fant sted. Uregulerte flomverdier er beregnet basert på analyser av en estimert tilsigsserie til Møsvatn som det også er knyttet usikkerhet til. I tillegg er det antatt at regulerte flomverdier nærmer seg disse usikre data når gjentaksintervallet øker, uten at det finnes god metodikk for å anslå denne tilnærming. Flomvannføringer og flomvannstander er svært avhengig av regulantenes

manøvrering av dammer og drift av kraftverk, noe som ikke kan knyttes til bestemte gjentaksintervall. I denne beregningen er 1000-års flom (dimensjonerende flom) beregnet av Grøner (1997) benyttet som styrende for hvordan reguleringens flomdempende effekt vil avta ved gjentaksintervall større enn 50-års flom. Siden forutsetningene som ligger til grunn for beregningene gjort av Grøner i 1997 avviker fra retningslinjene gitt i "Retningslinje for flomberegninger til § 4-5 i forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg" (NVE 2002), og beregningene skal revideres i løpet av høsten 2004, ligger det også her en viss usikkerhet i de flomtall som er presentert for gjentaksintervall større enn 50-årsflom. Dersom nye beregninger gir dimensjonerende flom som avviker i stor grad fra beregningene gjort av Grøner (1997), vil dette også ha konsekvenser for 100-, 200- og 500-årsflommen som er beregnet i denne rapporten.

Det nevnes at forutsetningene ved flomberegning for flomsonekartlegging er forskjellig fra de som legges til grunn for flomberegning for damsikkerhetsformål. Ved beregning av dimensjonerende flom for en dam legges vanligvis de strengeste mulige forutsetningene vedrørende reguleringene til grunn, blant annet at magasinene ligger på HRV ved flommens begynnelse. Ved beregning for flomsonekartlegging legges vanligvis observerte flomvannføringer til grunn, hvor reguleringene ofte har virket dempende på flommer, nedtappede magasin osv. Det kan derfor av og til oppleves som om f.eks. en 500-årsflom beregnet for flomsonekartlegging er uforholdsmessig sett mye mindre enn dimensjonerende flom i samme vassdrag. I denne rapporten er imidlertid dimensjonerende flom valgt som styrende for flomstørrelsene på store gjentaksintervall

Tross store usikkerheter i flomberegningene er alle flomtall presentert med en nøyaktighet på 1 m^3/s. Dette er gjort av praktiske grunner. I og med at flomtall er presentert for flere punkter i vassdraget og for flere gjetnaksintervall, vil en større utjevning kunne gi uoverensstemmelse i dataene.

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 rimelig bra, men beheftet med usikkerhet mhp. datakvalitet og reguleringenes påvirkning av flomforholdene, spesielt ved store gjentaksintervall. Beregningen kan ut fra dette kriterie klassifiseres i klasse 2, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

Referanser

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

Einung, H.H. 1943: Storflommen i Tinn 27. og 28.juni 1927. Tinn kommunes forlag.

Grøner, januar 1997: Øst-Telemarken brukseierforening. Måna og Tinne, flomanalyse.

Førland, E. J. 1993: Nedbørnormaler, normalperiode 1961-1990. DNMI-rapport nr. 39/93 Klima.

NVE 2002: Avrenningkart for Norge 1961-1990, 1:500 000. Hydrologisk avdeling. (Beldring, S., Roald, L. A., Voksø, A. 2002: Avrenningskart for Norge. Årsmiddelverdier for avrenning 1961-1990. Dokument nr. 2-2002, NVE)

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

Roald L. A. 1984: En undersøkelse av flommer i Tinnsjøens nedbørfelt. Oppdragsrapport nr. 1-84, NVE.

Solem A., Heggstad R., Raabe A. 1954: Norske kraftverker, Bind I. Teknisk Ukeblads Forlag.

Sælthun, N. R. 1989: Flomberegning for Tinnsjø og Møsvatn. Rapport nr. 10-89, NVE.

Sælthun, N. R. 1997: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. Oppdragsrapport nr. 10-89, NVE.

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

Utgitt i Dokumentserien i 2004

Nr. 1 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Ranelva. Flomsonekartprosjektet (17 s.)

Nr. 2 Inger Sætrang: Statistikk over tariffer i reginal- og distribusjonsnettet 2003 (52 s.)

Nr. 3 Frode Trengereid: Leveringskvalitet i kraftsystemet. Forslag til forskrift (80 s)

Nr. 4 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Vefsna og Skjerva. Flomsonekartprosjektet (22 s.)

Nr. 5 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Måna ved Rjukan (016.HZ). Flomsonekartprosjektet (38 s.)