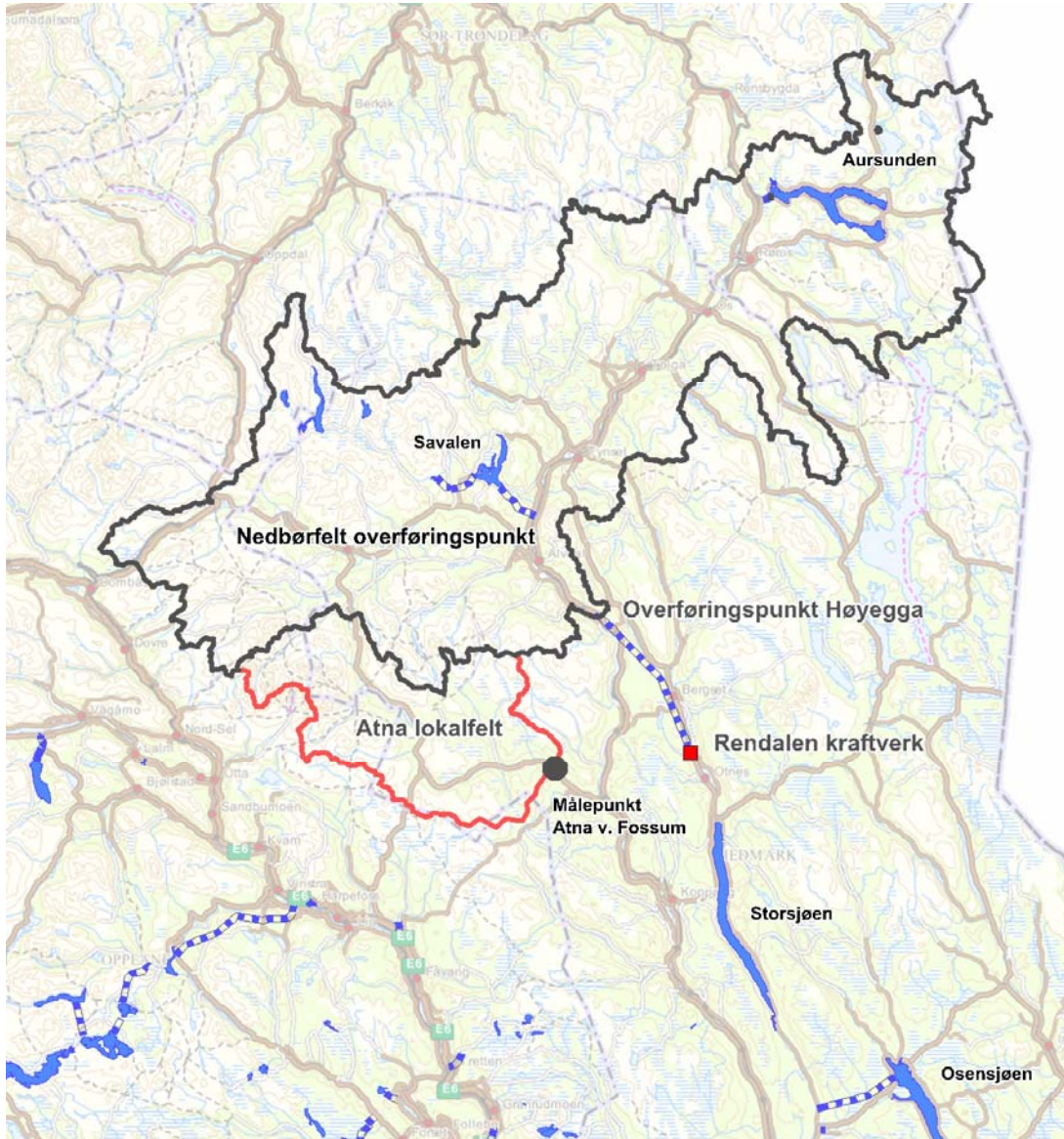


Hydrologisk utredning for konsesjonssøknad om utvidet slukeevne i Rendalen kraftverk og økt overføring fra Glomma til Rena



Dokumentasjon av hydrologiske forhold ved økt overføring fra Glomma ved Høyegga til Rena

Hensikten med denne utredningen er å dokumentere grunnleggende hydrologiske forhold knyttet til konsesjonssøknad om økt overføring fra Glomma til Rena og økt slukeevne i Rendalen kraftverk.. Utredningen skal sikre at søknaden inneholder alle relevante opplysninger innen hydrologi slik at utbygger, høringsinstanser og myndigheter gjør sine vurderinger og uttalelser på et best mulig grunnlag. Korrekt informasjon er vesentlig i forhold til å vurdere tiltakets miljøeffekter slik at berørte brukergrupper kan imøtekommes på best mulig måte.

Etter avtale med NVE er ”Skjema for dokumentasjon av hydrologiske forhold for små kraftverk med konsesjonsplikt” benyttet som mal for å beskrive hydrologiske forhold i forbindelse med søknaden. Skjemaets innhold er noe utvidet i forhold til malen.

1 Overflatehydrologiske forhold

Bakgrunn. Det presenteres hydrologiske utredninger i forbindelse med at utnyttelse av eksisterende kapasitet i Rendalen kraftverk søkes utvidet med 5 m³/s fra 55 m³/s til 60 m³/s. Dette innebærer at det vil bli overført 5 m³/s mer vann fra Glomma til Rena elv i perioder med rikelig med vann i Glomma.

Som et miljømessig kompensasjonstiltak for periodevis økt overføring til Rena, foreslås det å slippe mer vann i Glomma forbi Høyegga i tørre perioder om sommeren. I søknaden er det beskrevet to ulike alternativer for nytt minstevannføringskrav i Glomma nedstrøms Høyegga. Samtidig foreslås det en driftsmessig forenkling rundt minstevannføringskravet om sommeren ved at målepunktet for minstevannføring flyttes nærmere dammen ved Høyegga. I dagens manøvreringsreglement har minstevannføringsbestemmelsen følgende ordlyd:

”Fra lågvassperiodens slutt til 1.september slippes tilstrekkelig vatn forbi inntaksdammen ved Høyegga til å opprettholde en minste vassføring ved Stai vassmerke på 40 m³/s. I den øvrige tid av året skal det slippes forbi 10 m³/s”

Dette søkes endret til følgende:

“I perioden fra lavvannsperiodens slutt til 1.september skal summen av forbitappingen fra Høyegga og vannføringen i Atna ved Fossum bru minimum være 40/45 m³/s. I perioden fra 1. september til lavvannsperiodens slutt kan overføringen til Rena økes gradvis fra 55 m³/s til maksimal overføring på 60 m³/s når vannføringen ved Høyegga øker fra 70 m³/s til 75 m³/s. Det skal til enhver tid slippes minst 10 m³/s forbi dammen på Høyegga.”

Begge alternativene for ny minstevannføringsbestemmelse vil gi vesentlig økt tapping i Glomma (økt minstevannføring) i tørre perioder sammenlignet med dagens praksis. Per i dag blir forbitappingen ved Høyegga gradvis økt utover 10 m³/s når vannføringen overskrider full kjøring på 55 m³/s i kraftverket (65 m³/s ved Høyegga). I den nye bestemmelsen for minstevannføring er det lagt inn at økning i overføring utover 55 m³/s først kan skje når det er vann nok til å kjøre med full kapasitet på 60 m³/s (dvs 70 m³/s ved Høyegga). Forbitappingen vil da bli som før inntil vannføringen ved Høyegga er 70 m³/s, og opptrappingen i overføring fra 55 m³/s til 60 m³/s vil skje i takt med at vannføringen ved Høyegga øker fra 70 til 75 m³/s. Ny minstevannføringsbestemmelse for perioden fra 1. september til lavvannsperiodens slutt vil dermed gi lavere minstevannføring i Glomma fra Høyegga først når

vannføringen ved Høyegga overskrider 70 m³/s. Dette må påregnes en del år i perioder i september og oktober, og enkelte år i november og første halvdel av desember. Resten av vintersesongen vil vannføringen ved Høyegga bare unntaksvis overskride 70 m³/s og minstevannføringen i Glomma denne delen av året vil være uforandret sammenliknet med dagens situasjon.

Ønsket om endret minstevannføringskrav sommerstid har dels bakgrunn i at det er krevende å manøvrere vassdraget i tørre perioder på en slik måte at det opprettholdes 40 m³/s ved Stai uten å tape vann. I tillegg er det av miljøhensyn behov for økt minstetapping i tørre perioder (estetisk, fisk og bunndyr, rekreasjon). Det er et stort lokalfelt (2326 km²) mellom reguleringspunktet ved Høyegga dam og Stai der lokaltilsiget skal beregnes, og tidsforsinkelsen mellom Høyegga og Stai er 24-30 timer. Tidsforsinkelsen er enda større dersom det må tappes magasin vann fra Savalen (6-8 timer til Høyegga) eller Aursunden (ca 2 døgn til Høyegga) for å opprettholde minstevannføring på Stai samtidig som Rendalen kraftverk kjøres med redusert produksjon. Dette betyr i praksis at dersom det beregnes feil lokaltilsig til Stai og det blir for liten/stor vannføring ved Stai i henhold til kravet, vil det ta 1-2 døgn før endringer i tapping oppstrøms når fram til Stai. Balansegangen mellom å unngå å tape vann og å overholde konsesjonskravet er vanskelig.

De hydrologiske endringene i forbindelse med utvidet utnyttelse av slukeevne i Rendalen kraftverk til 60 m³/s og samtidig 2 alternativer for endrede minstevannføringsbetingelser i Glomma sommerstid belyses i de følgende avsnittene.

1.1 Beskrivelse av kraftverkets nedbørfelt og valg av sammenligningsstasjon

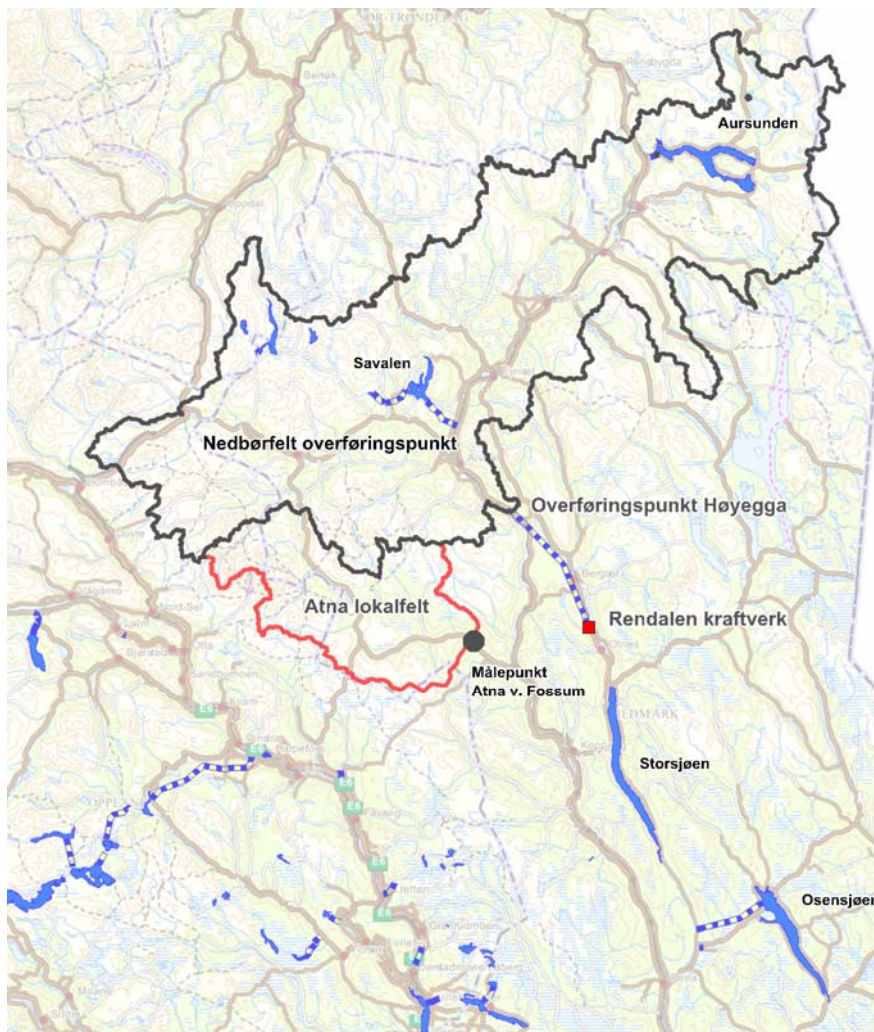
Kart over tiltaksområdet er vist i figur 1.

1.1.1 Informasjon om kraftverkets nedbørfelt (sett kryss).

	Ja	Nei
Er det usikkerhet knyttet til feltgrensene? ¹		x
Er det i dag vannforsyningsanlegg eller andre reguleringer inklusive overføringer inn/ut av kraftverkets naturlige nedbørfelt? ²	x	

Kommentar:

I nedbørfeltet til Rendalen kraftverk er det flere reguleringsanlegg. Av nedbørfeltets areal (6576.5 km²) ved inntakspunktet ved Høyegga, er 13 % (849 km²) regulert gjennom magasinet Aursunden øverst i Glomma, med kraftverkene Kuråsfossen, Ormhaugfossen og Røstefossen nedstrøms. Ca 10 % (673 km²) er regulert gjennom magasinene Elgsjø, Marsjø og Fundin i Einunna med overføring av store deler av vannet til Savalen (noe vann forbi overføringspunktet og ut i Folla ved flom), med utnyttelse i Einunna kraftverk og Savalen kraftverk. Resterende 77 % (5064 km²) av inntakspunktets nedbørfelt er uregulert. Det er ingen overføring av vann ut av Rendalen kraftverks nedbørfelt. Alle reguleringsanlegg oppstrøms har vært i drift siden før idriftsettelsen av Rendalen kraftverk i 1971.



Figur 1. Kart som viser nedbørfeltet til kraftverkets inntakspunkt (overføringspunkt Høyegga). Kraftverket og inntakspunkt er tegnet inn. Atnas nedbørfelt ved Fossum bru er inntegnet med rødt.

1.1.2 Informasjon om et eventuelt reguleringsmagasin.

Magasinvolum (mill m ³) i inntaksbasseng	1,1 mill.m ³	
Normalvannstand (moh)	465,50	
Laveste og høyeste vannstand etter regulering (moh)	462,00	465,5
Planlegges effektkjøring av magasinet?	nei	

Kommentar:

Det er ingen reguleringsmagasin med oppdemningsmuligheter over tid knyttet til Rendalen kraftverk. Et lite inntaksbasseng ved Høyegga på 1,1 mill.m³ utnyttes til å jevne ut virkningen av døgnregulert kjøring i Savalen kraftverk. Magasinet tappes normalt ned i forkant av større revisjoner/driftsstans. Ved stor tilløpsøkning vinterstid er det vurdert som mindre kritisk å heve overvannet over HRV midlertidig enn å tappe store mengder vann over Høyegga dam og nedover i en islagt Glomma med fare for isgang.

Informasjon om sammenligningsstasjonen som skal benyttes som grunnlag for hydrologiske- og produksjonsmessige beregninger i konsesjonssøknaden.

Stasjonsnummer og stasjonsnavn ³	Driftsvf. (VFD) + forbitapping (VFF) Høyegga	2.457 Fossum bru
Skaleringsfaktor ⁴	ingen	ingen
Periode med data som er benyttet	1.1.1978-31.12.2010	1.1.1985-31.12.2010
Totalt antall år med data	32	25
Er sammenligningsstasjonen uregulert? ⁵	nei	ja

Kommentar:

Rendalen kraftverk har vært i drift siden 1971. Det eksisterer kontinuerlige serier for produksjonsvannføring og forbitapping i kraftverket siden 1978. Som grunnlag for de hydrologiske beregningene brukes totalvannføringen, dvs produksjonsvannføring og forbitapping summert, som representativ for tilløpet til inntakspunktet ved Høyegga. Ingen skalering.

Målestasjon 2.457 Fossum bru i det uregulerte nedbørfeltet Atna, som tilløper midt på strekningen mellom Høyegga og Stai, er sentral i ønsket om endrede minstevannføringsvilkår. Stasjonen har vært i drift siden 1985. Måleserien for vannstand/vannføring er nøye kvalitetssikret gjennom korrigering av vannstandsserien etter manuelle kontrollmålinger og isreduksjon. Stasjonen er i stor grad påvirket av isoppstuvning og er usikre vinterstid. Sommerstid anses måledataene for å være av god kvalitet.

1.1.3 Feltparametre for kraftverkets nedbørfelt og for nedbørfeltet til uregulert felt i Atna ved Fossum bru.

	Kraftverkets nedbørfelt ved inntak: VFD+VFF Høyegga		2.457 Fossum bru	
Areal (km ²)	6576,5		1136	
Høyeste og laveste kote (moh)	460	1852	422	2169
Effektiv sjøprosent ⁶	0,12		0,19	
Breandel (%)	0		0	
Snaufjellandel (%) ⁷	37		54	
Hydrologisk regime ⁸	vårflom/vinterlavvann		vårflom/vinterlavvann	
Middelavrenning/ midlere årstilsig (1961-1990) fra avrenningskartet ⁹	92,9 m ³ /s		25,0 m ³ /s	
	14,1 l/s km ²		21,5 l/s km ²	
	2928,6 mill m ³		679,2 mill m ³	
Middelavrenning (Høyegga:1978- 2010, Fossum bru: 1985-2010) beregnet i observasjonsperioden ¹⁰	100,2 m ³ /s 3160 mill m ³	15,2 l/s/km ²	20,4 m ³ /s 643,3 mill m ³	18,0 l/s/km ²
Kort begrunnelse for valg av sammenligningsstasjon	Se kommentar til punkt 1.1.3			

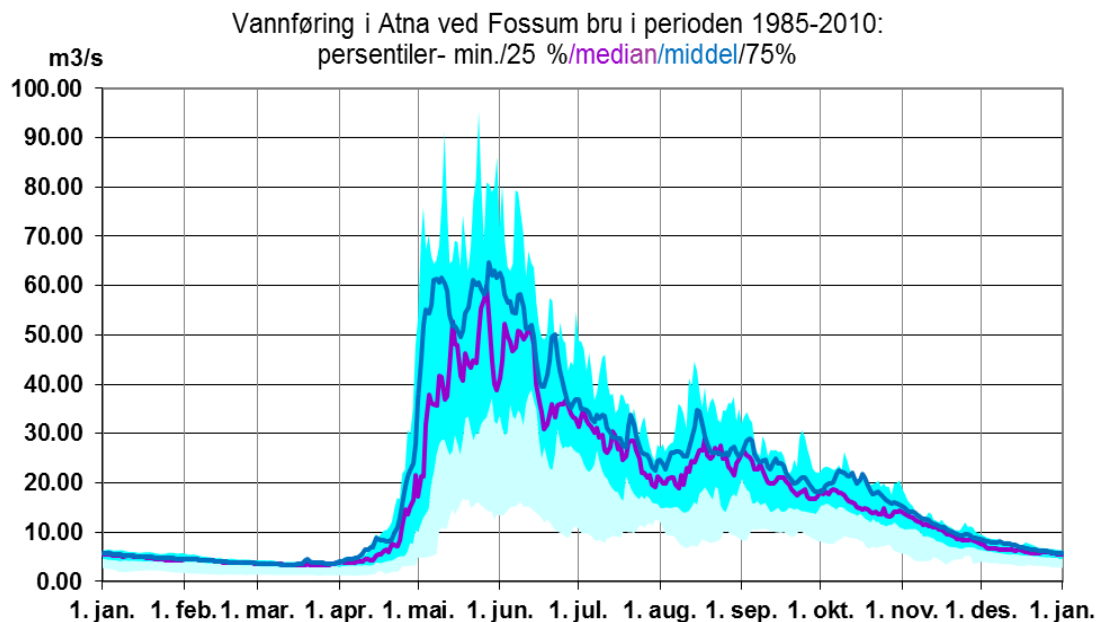
Kommentar:

Nedbørfeltens areal og avrenning for normalperioden 1961-90 er hentet fra NVE-Atlas.

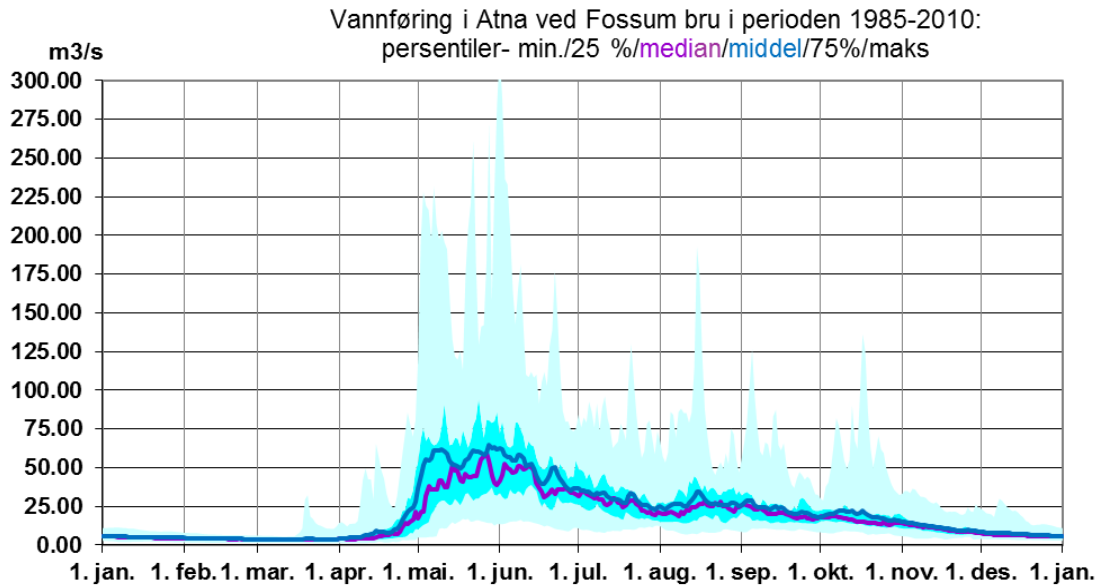
Feltparametre er hentet fra Hysopp i Start-systemet for stasjon 2.227 Barkaldfoss, som har beliggenhet rett nedstrøms dammen på Høyegga, og for stasjonen 2.457 Fossum bru.

1.2 Vannføringsvariasjoner før og etter utbygging¹¹

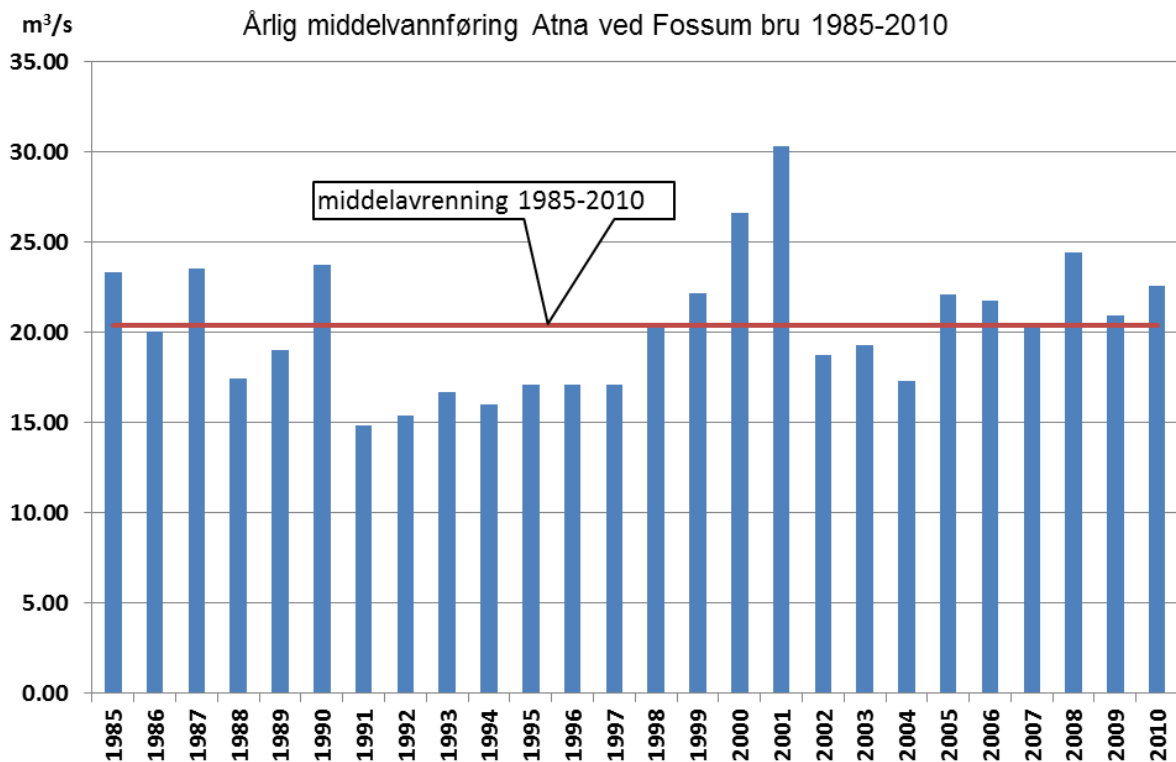
Siden det uregulerte feltet Atna ved Fossum bru er sentralt i forbindelse med eventuelle endrede minstevannføringsvilkår, presenteres karakteristiske hydrologiske data for måleserien (1985-2010) ved Fossum bru. Vannføringen i dette feltet blir ikke endret med utvidet utbygging/vilkår, men tappingen til Glomma fra Høyegga er tenkt tilpasset endringene i vannføringen i Atna. I figurene 2-5 presenteres karakteristiske vannføringer for observert måleserie i Atna ved Fossum bru. Det framgår av figur 2 og figur 5 at vannføringen sjelden og kun i korte perioder underskrider 10 m³/s i perioden da minstevannføringsvilkår skal oppfylles fra mai til september.



Figur 2. Plott som viser middel/median- og minimumsvannføringer (døgndata) i uregulert felt Atna ved Fossum bru.¹²

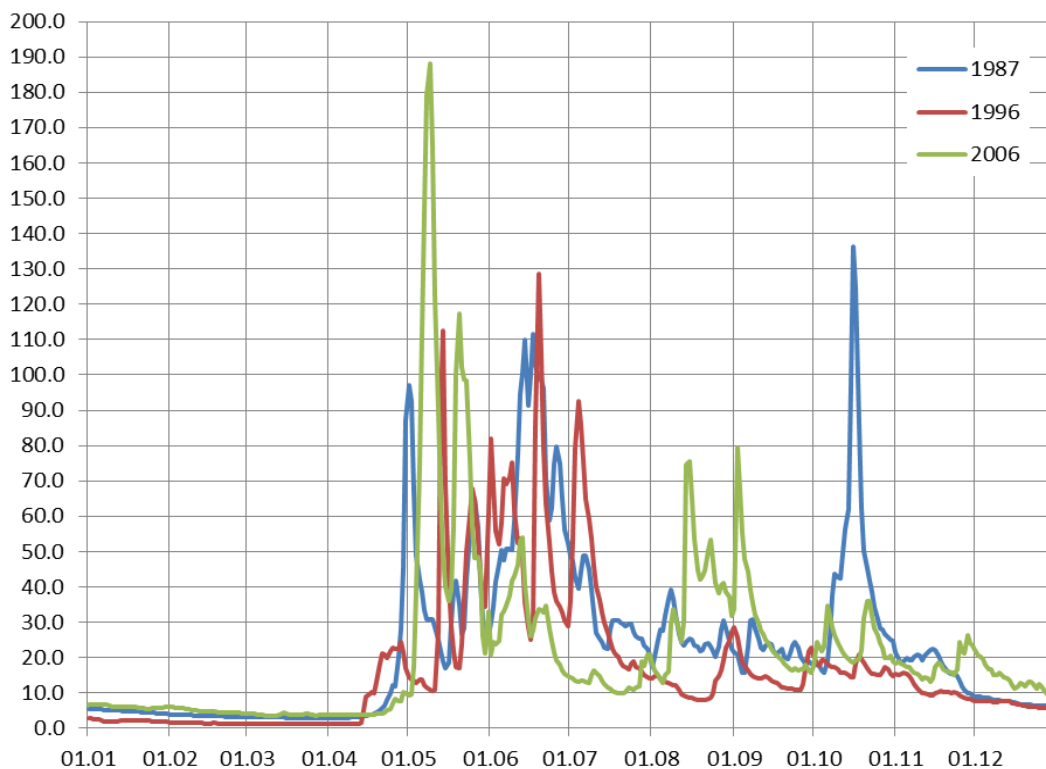


Figur 3. Plott som viser observerte maksimumsvannføringer (døgndata).¹³



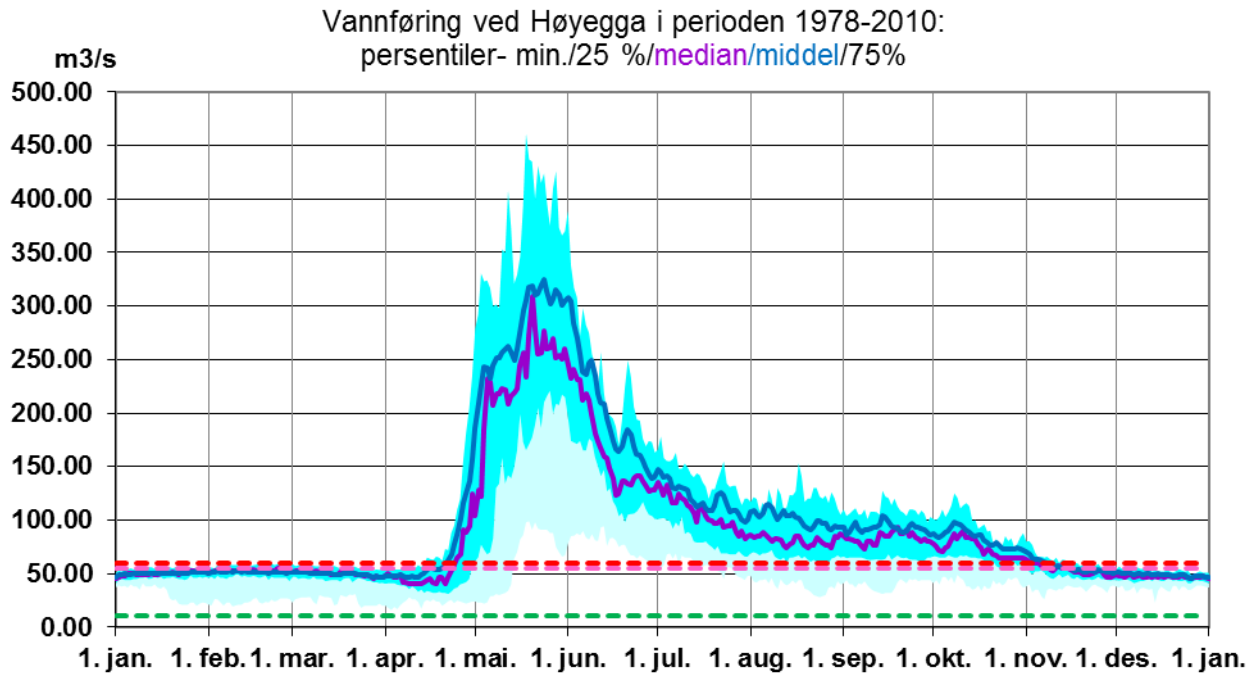
Figur 4. Plott som viser observerte variasjoner i middelvannføring fra år til år.¹⁴

Vannføring i tørt/middels/vått hhv. 1996/2006/1987
i Atna ved Fossum bru 1985-2010

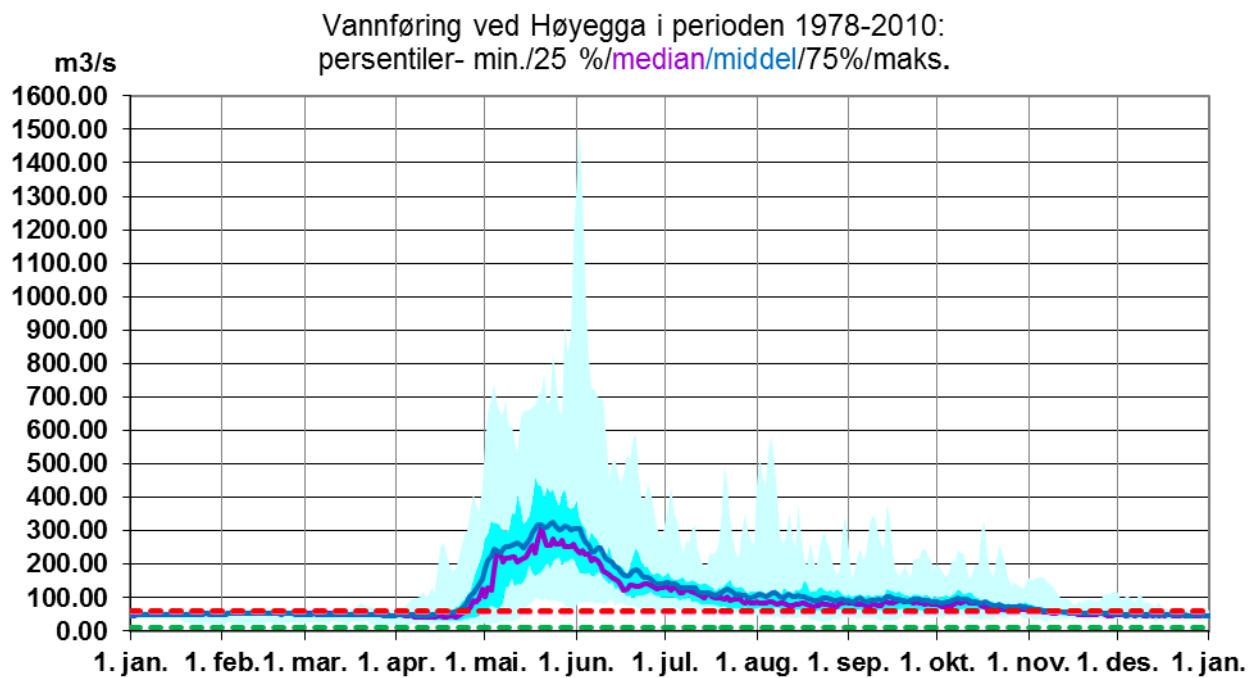


Figur 5. Plott som viser vannføringsvariasjoner i et tørt (1996), middels (2006) og vått (1987) år.¹⁵

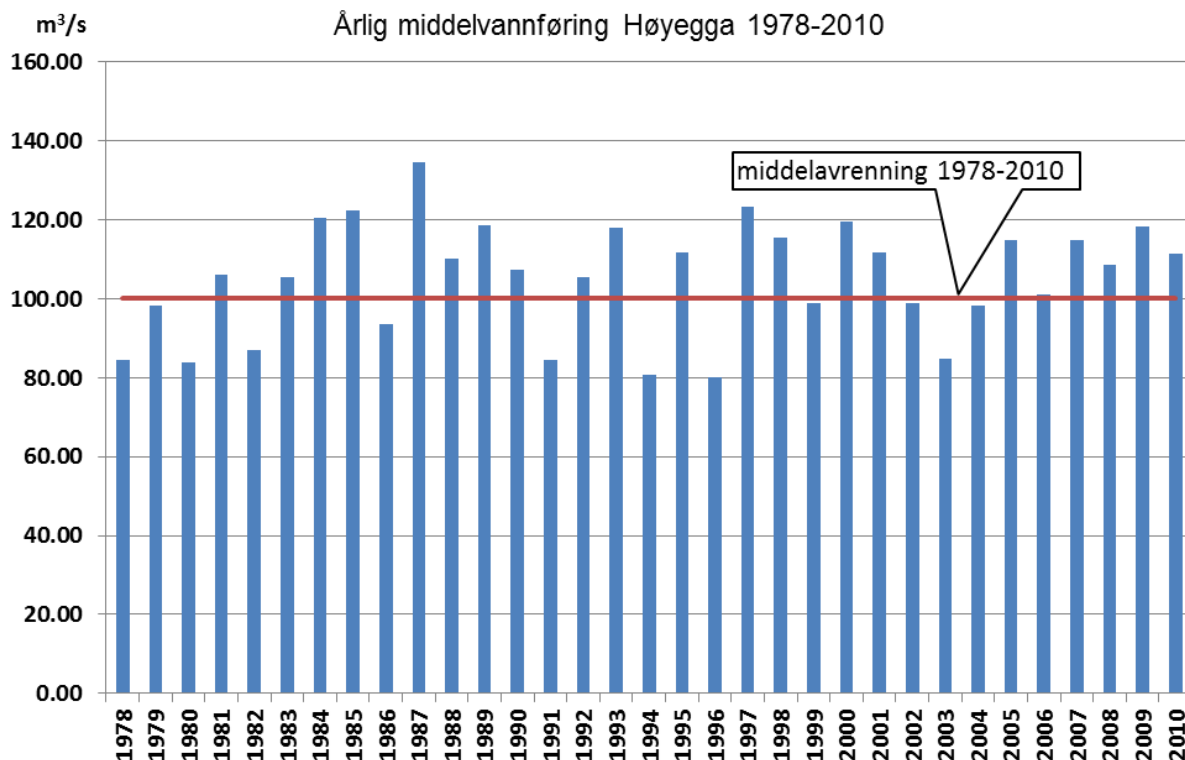
Observert totalvannføring (driftsvannføring og forbitapping summert) ved Høyegga viser i figur 6 at det gjennomsnittlig er lavere vannføring ved Høyegga i perioden medio november til medio april enn slukeevnen i kraftverket. I denne perioden er det normalt redusert produksjon i kraftverket. Sommerstid, fra ultimo april til medio november, er vannføringen normalt større enn slukeevnen i kraftverket, og det er normalt full produksjon. Figuren viser også at det periodevis om sommeren/høsten (slutten av juli til oktober) er så tørt at slukeevnen underskrives (minste observerte vannføring/lyseblå skravur). I disse tørre periodene er det at nåværende minstevannføringskrav om minimum 40 m³/s Stai inntreer, og produksjonen i kraftverket ofte må reduseres for å oppnå nødvendig forbitapping slik at kravet om 40 m³/s ved Stai opprettholdes.



Figur 6. Plott som viser middel/median- og minimumsvannføringer (døgndata).¹⁶ Minstetapping (grønn strek) og slukeevne (nåværende 55 m³/s og ønsket 60 m³/s) er inntegnet.



Figur 7. Plott som viser observerte maksimumsvannføringer (døgndata).¹⁷



Figur 8. Plott som viser observerte variasjoner i vannføring fra år til år.¹⁸

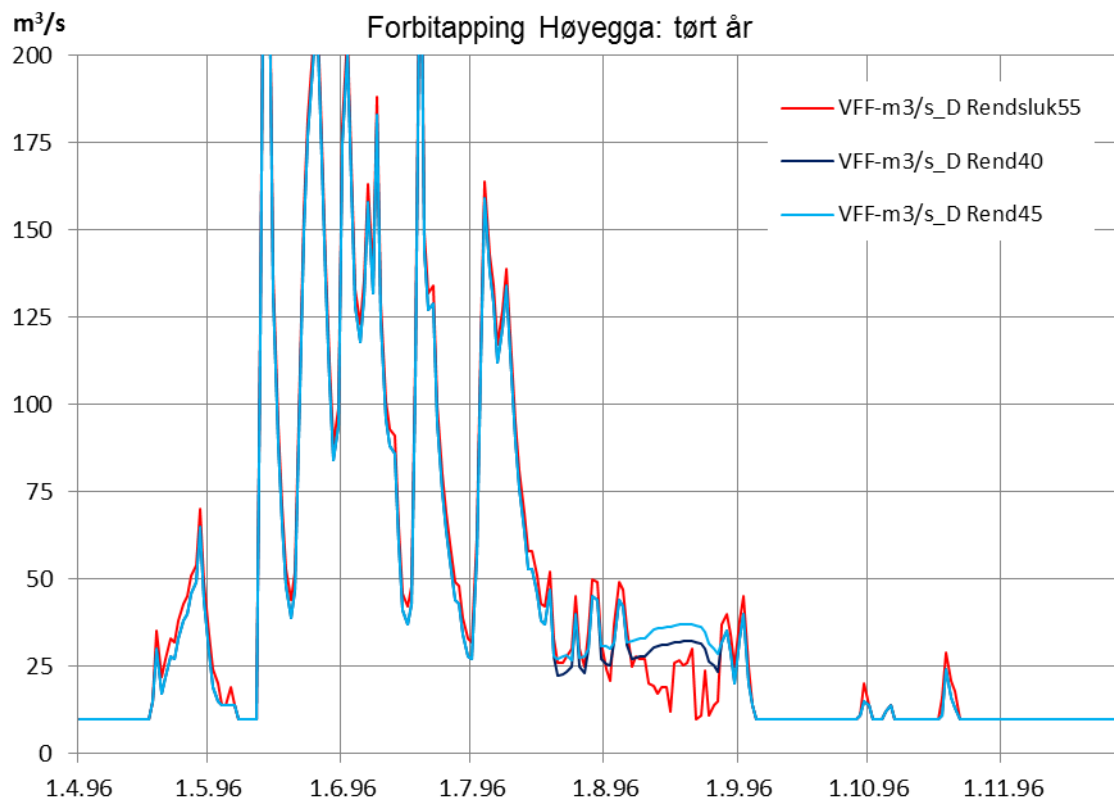
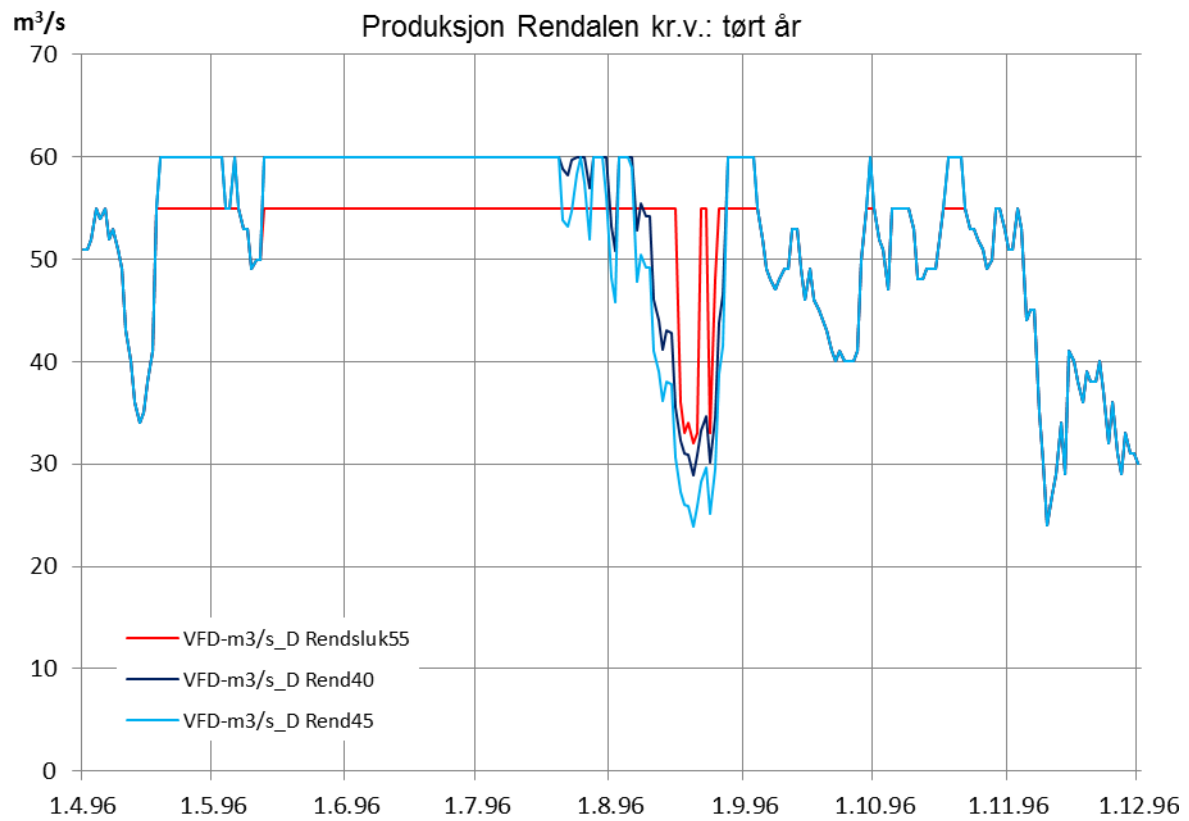
For å beskrive endringene i produksjon i kraftverket (overført vannmengde fra Glomma til Rena) og forbitapping til Glomma ved Høyegga med økt slukeevne i kraftverket til 60 m³/s og i tillegg de to ulike alternativene for minstetapping (summen av tapping ved Høyegga og vannføringen ved Atna-Fossum bru er 40/45 m³/s) ved Høyegga, er det laget tidsserier for perioden 1978-2010 for begge alternativene. Det er sammenlignet med dagens situasjon med slukeevne 55 m³/s og minstetappingskrav på 40 m³/s ved Stai. For enklere å kunne sammenligne endringene som følge av utvidelse og endrede forbitappinger med dagens situasjon, er det laget serier med ideell produksjon og ideell forbitapping, dvs perioder med revisjoner (stans i kraftverket på grunn av vedlikeholdsarbeid) er fjernet og kraftverket kjøres ideelt på 55 og 60 m³/s (i praksis kjøres kraftverket variabelt og litt redusert) og minstetappingen i dagens situasjon er tilpasset 40 m³/s ved Stai.

De to plottene i figur 9,10 og 11 viser produksjonen og forbitappingen i et tørt, middels og vått år med dagens betingelser (Rendsluk55, 40 m³/s ved Stai) og med endrede betingelser i to alternativer (Rend40, Rend45, begge disse med 60 m³/s i slukeevne). Tørt, middels og vått år er valgt på bakgrunn av årsmiddelvannføringen fra figur 8.

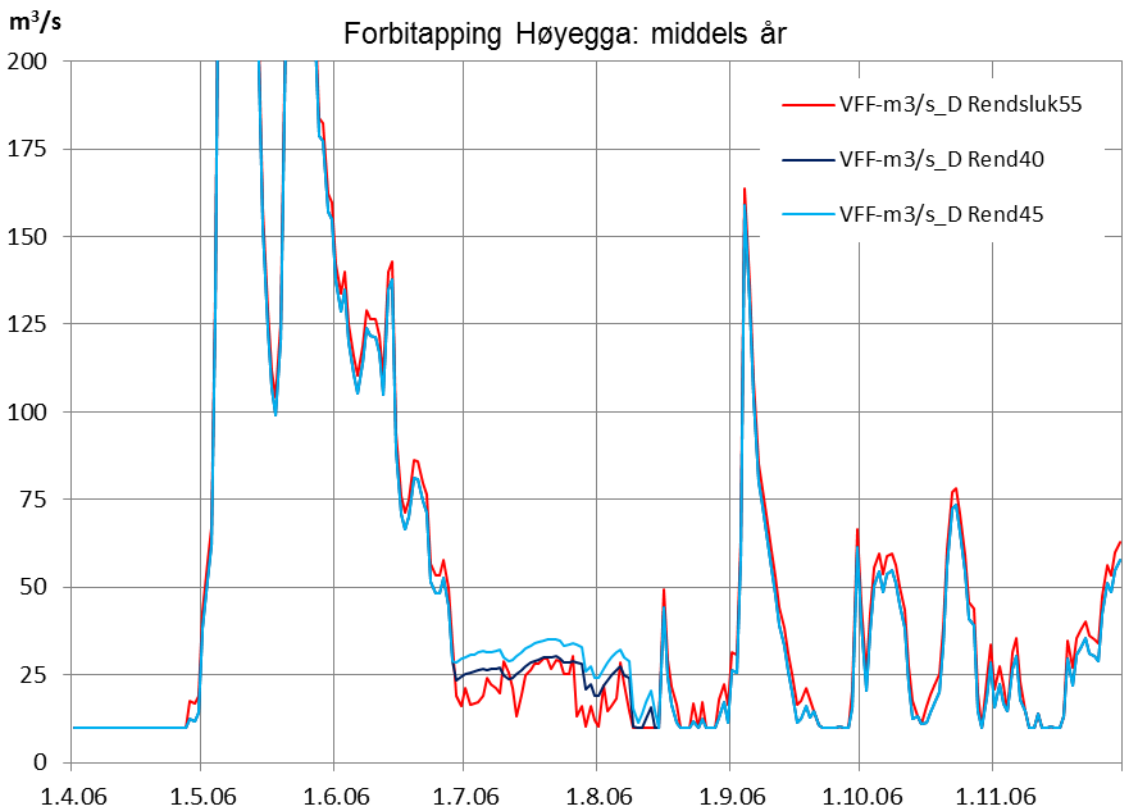
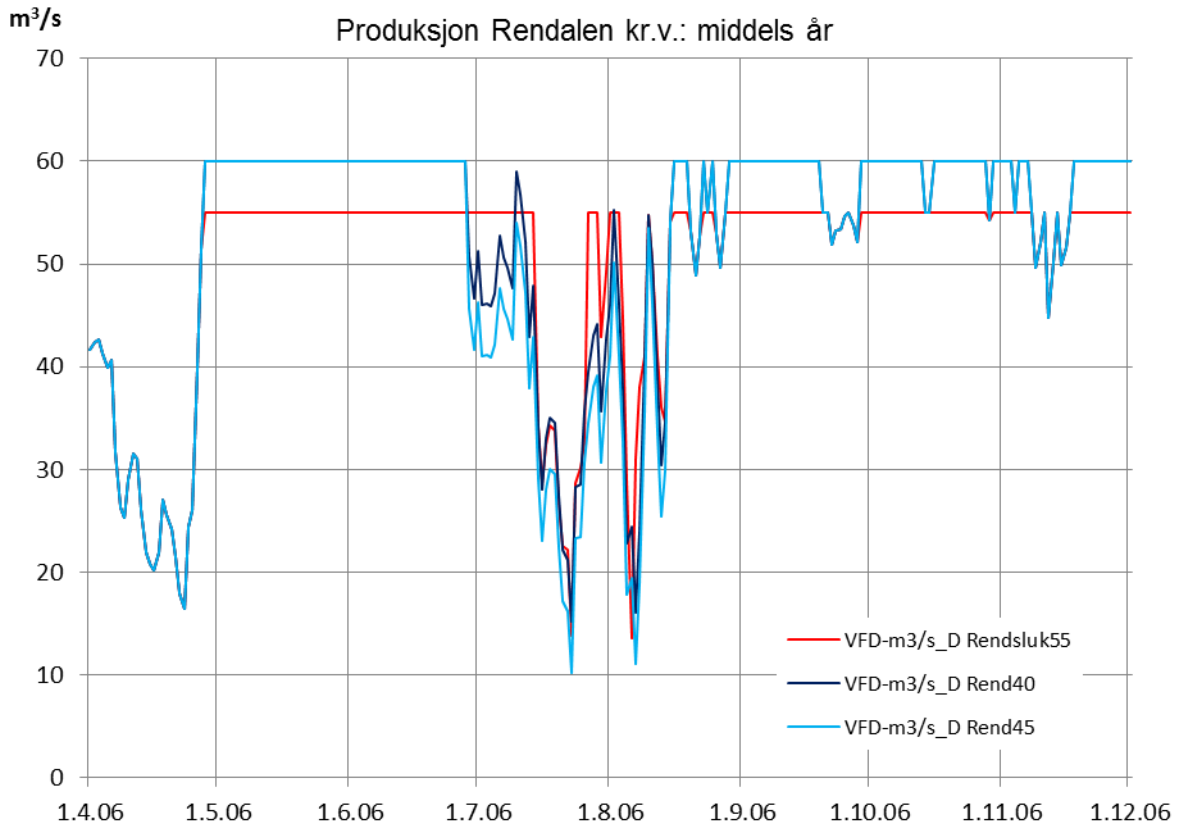
I tørre år (figur 9) og middels år (figur 10) er det i en periode på ettersommeren nødvendig å redusere produksjonen i kraftverket for å opprettholde minstevannføringskrav. I tørt år må produksjonen reduseres mer med begge alternativene (60 m³/s, sum Høyegga og Atna 40/45) enn ved dagens minstevannføringskrav, og reduksjonen er større suksessivt med størrelsen på minstevannføringskravet. Med sum forbitapping på 40/45 m³/s vil produksjonen måtte reduseres med inntil 30/35 m³/s noen uker i et ideelt 1996-år i forhold til full kjøring med 60 m³/s. Store deler av sommeren, da tilløpet er stort, er produksjonen 5 m³/s større enn med dagens slukeevne. I samme periode som produksjonen reduseres økes forbitappingen tilsvarende ved de ulike alternativene.

I vått år (figur 11) er produksjonen 5 m³/s større gjennom hele sommeren, og tilløpet så stort gjennom hele sommeren at summen av forbitappingen og vannføring i Atna til enhver tid overskrider

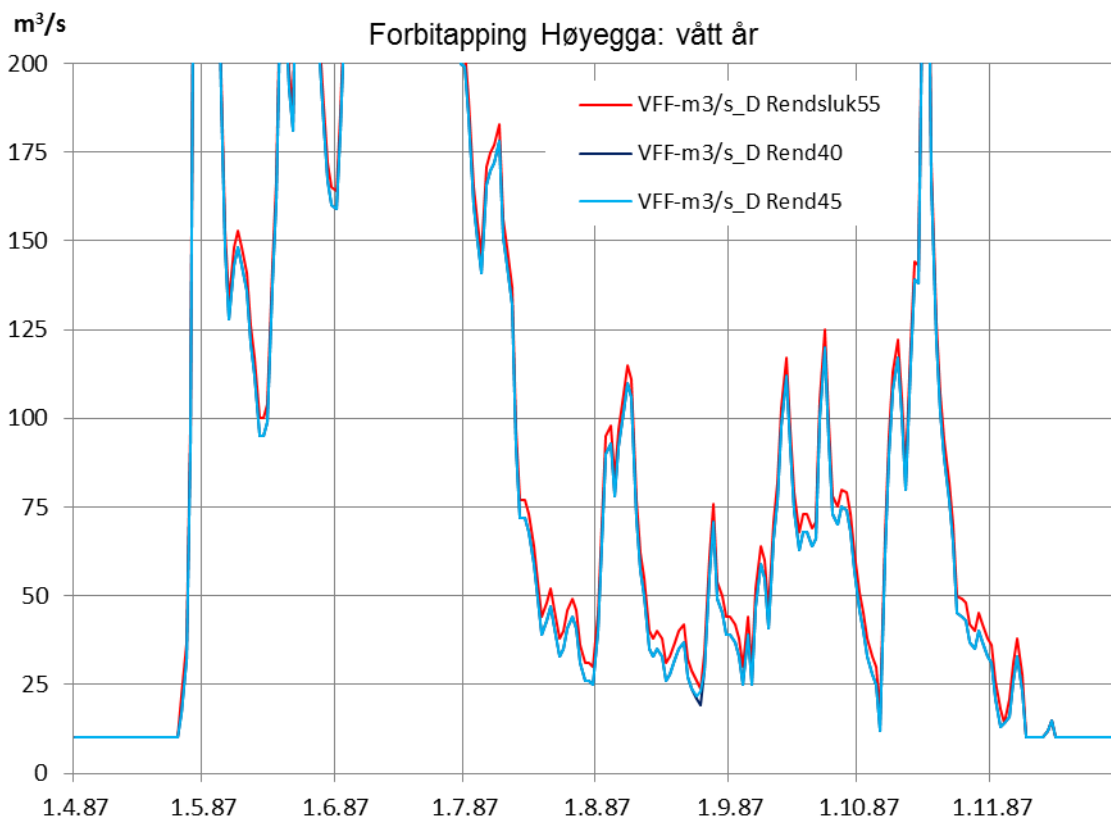
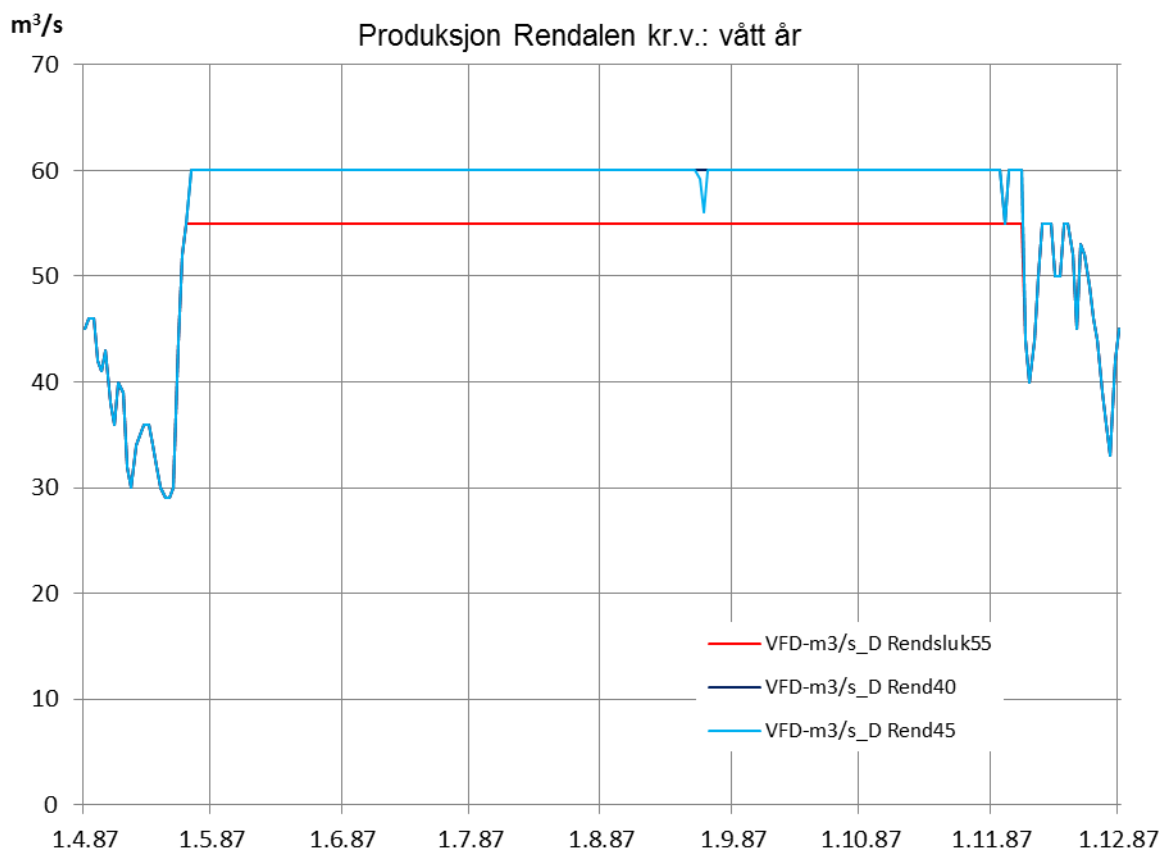
minstevannføringskravet i begge alternativ med full produksjon i kraftverket. Tappingen over Høyegga dam vil da være 10 m³/s. Lokaltilsiget mellom Høyegga og samløpet med Atna vil da være stort, slik at vannføringen raskt vil tilta i lokalfeltet og strekningen med 10 m³/s vil være kort.



Figur 9. Plott som viser vannføringsvariasjoner i et tørt (1996) år (før og etter utbygging).¹⁹



Figur 10. Plott som viser vannføringsvariasjoner i et middels (2006) år (før og etter utbygging).²⁰



Figur 11. Plott som viser vannføringsvariasjoner i et vått (1987) år (før og etter utbygging).²¹

I 16 av de siste 32 år (1978-2010) har tilløpet om sensommeren/høsten vært så stort at det ikke har vært nødvendig med mertapping over Høyegga dam for å overholde kravet om 40 m³/s ved Stai. I de resterende 14 årene har det vært så tørt på sensommeren/høsten at det i kortere eller lengre perioder har vært nødvendig med aktiv mertapping utover de 10 m³/s over Høyegga dam. I 8 av disse 16 årene har det i en lengre periode (omkring en måned) vært nødvendig med mertapping. For disse åtte årene er det beregnet bl.a. hvor mye det gjennomsnittlig er tappet over Høyegga dam (Rendalen VFF) observert og ideelt med dagens betingelser og med nye betingelser, produksjonen (Rendalen VFD) observert og ideelt med dagens betingelser og med nye betingelser i de samme perioder, og hva gjennomsnittlig vannføring i Atna ved Fossum bru og ved Stai har vært i disse periodene. Resultatet er gitt i tabell.

Vannføring i m ³ /s	1978	1982	1983	1992	1994	1997	2003	2006	Snitt:
Periode	21/7-15/8	24/7-31/8	11/8-1/9	30/6-27/7	21/7-13/8	3/8-26/8	24/7-12/8	30/6-5/8	
Ant. døgn	26	40	22	27	24	24	20	38	28
Rendalen obs VFD 55/40 Stai	35.8	27.9	22.9	40.7	37.3	36.9	29.1	41.9	34.1
Rendalen est VFD 55/40 Stai	37.0	30.2	27.8	48.7	37.5	43.0	30.8	44.9	37.5
Rendalen VFD 60/40 ny	28.9	27.3	31.6	36.2	30.5	37.2	23.7	40.5	32.0
Rendalen VFD 60/45 ny	23.9	22.7	27.5	31.2	25.5	32.2	18.7	35.5	27.1
Rendalen obs VFF 55/40 Stai	15.5	25.0	31.4	25.1	18.0	28.9	20.4	24.1	23.5
Rendalen est VFF 55/40 Stai	13.1	21.6	25.4	16.9	18.6	22.6	17.4	21.2	19.6
Rendalen VFF 60/40 ny	22.4	25.6	22.9	29.6	24.8	28.6	25.8	26.3	25.7
Rendalen VFF 60/45 ny	27.4	30.2	26.9	34.6	29.8	33.6	30.8	31.3	30.6
Atna-Fossum	17.6	13.2	13.5	10.4	15.2	11.4	14.2	13.7	13.7
Stai vm	42.3	41.9	43.6	41.3	39.3	40.7	42.1	41.9	41.7
Stai lok.tils.	30.1	17.3	12.0	16.1	21.4	12.0	22.6	17.8	18.7

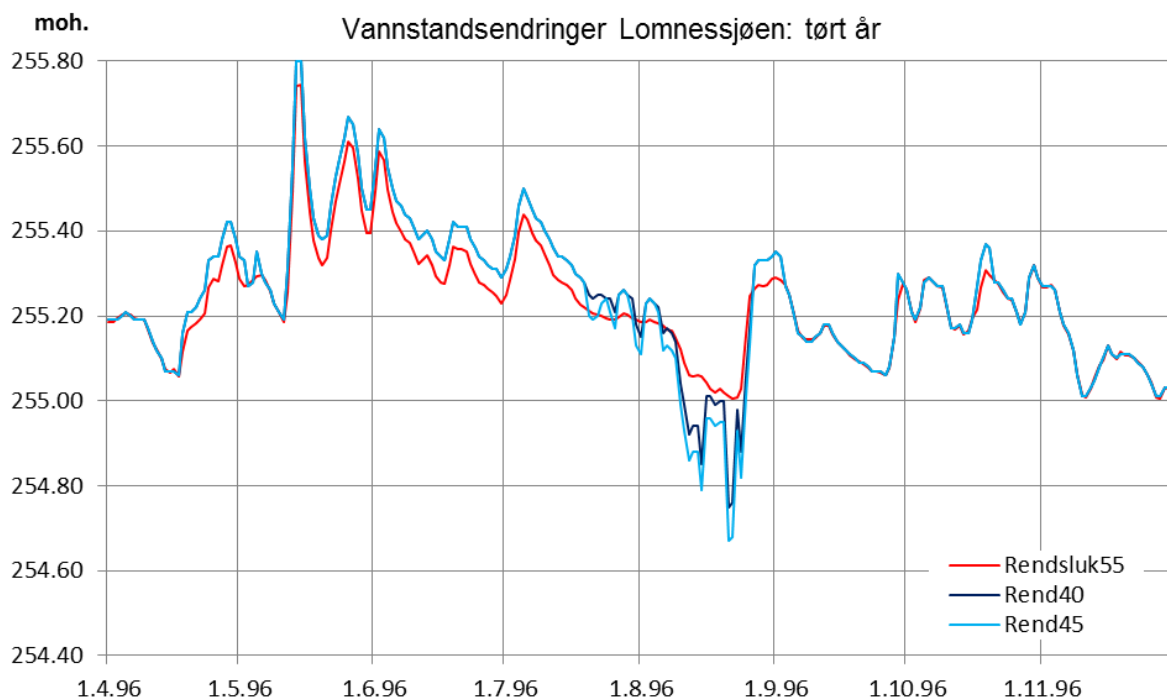
Forklaring til seriene:

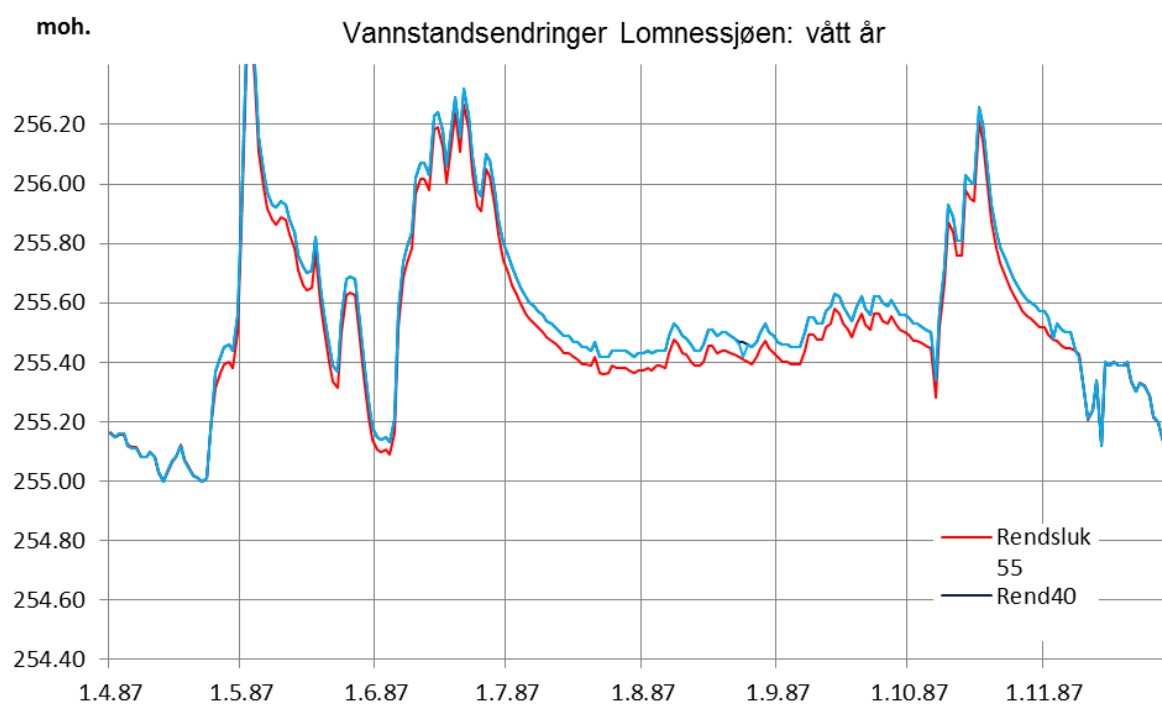
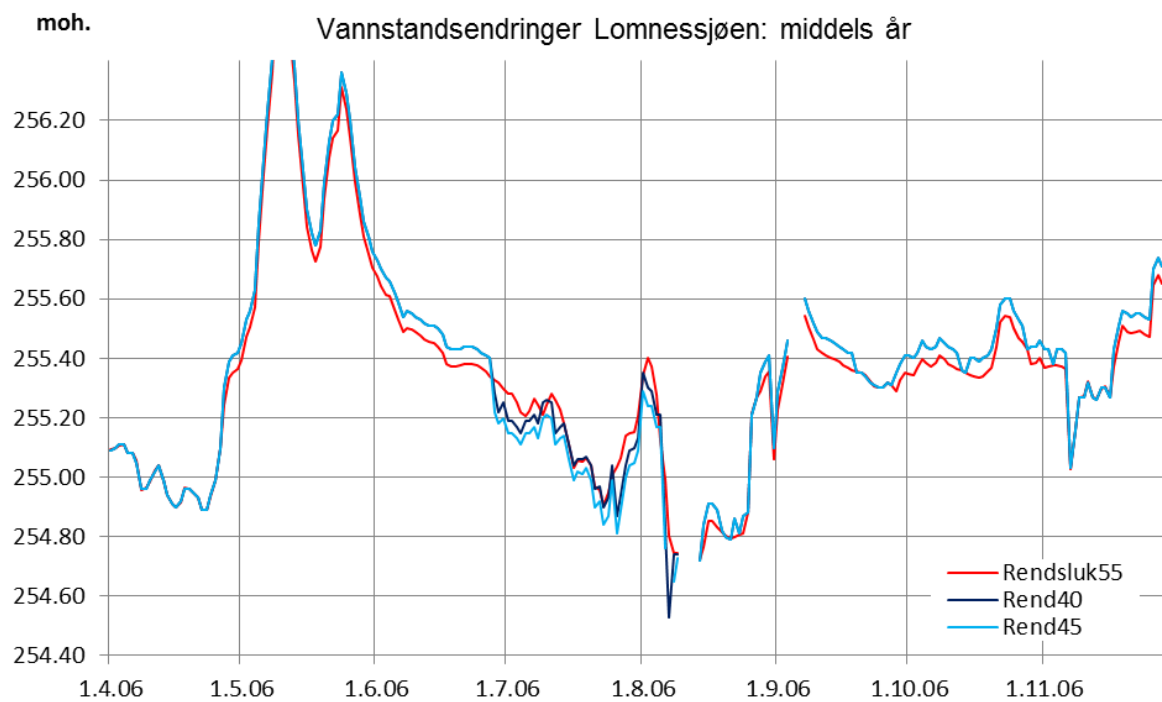
Rendalen obs VFD 55/40 Stai	Observert driftsvannføring i kr.v. med dagens slukeevne og minstevannf 40 m ³ /s ved Stai fra lavvannsperiodens slutt til 1.sept.
Rendalen est VFD 55/40 Stai	Ideell (estimert) driftsvannføring (55 m ³ /s og uten revisjoner) i kr.v.med dagens slukeevne og minstevannf 40 m ³ /s ved Stai fra lavvannsperiodens slutt til 1.sept.
Rendalen VFD 60/40 ny	Beregnet driftsvannføring i kr.v med slukeevne 60 m ³ /s og minstetapping slik at summen av tapping og vannf Atna-Fossum bru er 40 m ³ /s fra lavvannsperiodens slutt til 1.sept.
Rendalen VFD 60/45 ny	Beregnet driftsvannføring i kr.v med slukeevne 60 m ³ /s og minstetapping slik at summen av tapping og vannf Atna-Fossum bru er 45 m ³ /s fra lavvannsperiodens slutt til 1.sept.
Rendalen obs VFF 55/40 Stai	Observert forbitapping ved Høyegga med dagens slukeevne og minstevannf 40 m ³ /s ved Stai fra lavvannsperiodens slutt til 1.sept.
Rendalen est VFF 55/40 Stai	Ideell (estimert) forbitapping (55 m ³ /s og uten revisjoner) ved Høyegga med dagens slukeevne og minstevannf 40 m ³ /s ved Stai fra lavvannsperiodens slutt til 1.sept.
Rendalen VFF 60/40 ny	Beregnet forbitapping ved Høyegga med slukeevne 60 m ³ /s og minstetapping slik at summen av tapping og vannf Atna-Fossum bru er 40 m ³ /s fra lavvannsperiodens slutt til 1.sept.
Rendalen VFF 60/45 ny	Beregnet forbitapping ved Høyegga med slukeevne 60 m ³ /s og minstetapping slik at summen av tapping og vannf Atna-Fossum bru er 45 m ³ /s fra lavvannsperiodens slutt til 1.sept.

I perioden 1978-2010 har Rendalen kraftverk hatt en gjennomsnittlig produksjon på 653 GWh (gjennomsnittlig driftsvannføring 42,2 m³/s, energiekvivalent 0,49 kWh/år). Med ideell kjøring og uten revisjoner hadde produksjonen vært 717 GWh. Med slukeevne 60 m³/s og summert minstetapping (forbitapping pluss vannføring i Atna) ved Høyegga på 40/45 m³/s ville ideell produksjon vært 740/735 GWh. Sammenlignet med dagens betingelser og ideell produksjon (slukeevne 55 m³/s, 40 m³/s ved Stai) gir de nye betingelser gevinst på hhv 24/18 GWh/år med slukeevne 60 m³/s og 40/45 m³/s i summert minstevannføring (forbitapping Høyegga og Atna-Fossum bru summert). Gjennomsnittlig for hele perioden 1978-2010 gir merproduksjonen som følge av økning med 5 m³/s i våte perioder større gevinst enn tapet som følge av større forbitapping i tørre perioder. I tillegg til økt produksjon og gevinst i Rendalen kraftverk blir det økt produksjon også i Løpet kraftverk. Løpet har ca 19,3 fallmeter mot Rendalen 210, så økningen i Løpet kraftverk vil bli ca 9 %. Løpet har i perioden 1978-2010 hatt gjennomsnittlig produksjon på 138 GWh (gjennomsnittlig driftsvannføring 99,3 m³/s, 0,044 kWh/år). Med slukeevne 60 m³/s i Rendalen og summert

minstetapping (forbitapping pluss vannføring i Atna) ved Høyegga på 40/45 m³/s vil produksjonen øke med 2,2/1,6 GWh.

I Renaelva oppstrøms og nedstrøms Storsjøen vil det bli endringer i vannstand/vannføring som følge av økt produksjon i Rendalen kr.v. i våte perioder og redusert produksjon i Rendalen kr.v i tørre perioder. Lomnessjøen vil få økt vannstand med ca 5 cm i perioder da produksjonen økes med 5 m³/s, og redusert vannstand i tørre perioder da produksjonsvann må avgis til Glomma for å opprettholde 40/45 m³/s i summert vannføring over Høyegga og vannføring i Atna. Reduksjonen i vannstand er avhengig av alternativ for summert tapping i Glomma. Vannstandsendringene i Lomnessjøen i tørt, middels og vått år for de ulike alternativene for summert tapping er presentert i figur 12. I tørt år kan det forventes redusert vannstand med ca 20/30 cm i korte perioder for alternativ 40/45 m³/s i Glomma. I vått år vil produksjonen økes med 5 m³/s hele sommeren, og vannstanden vil være ca 5 cm høyere enn med dagens produksjon hele sommeren.

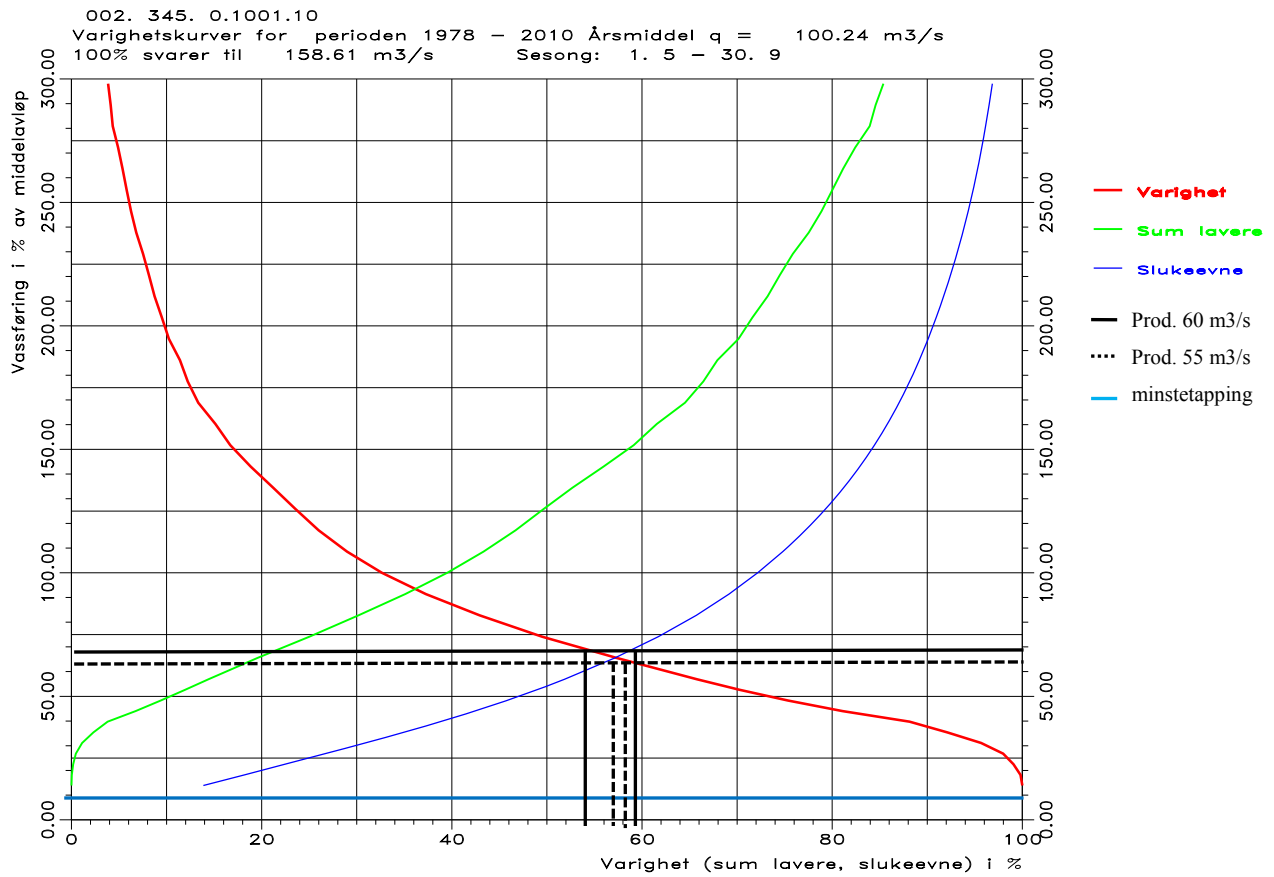




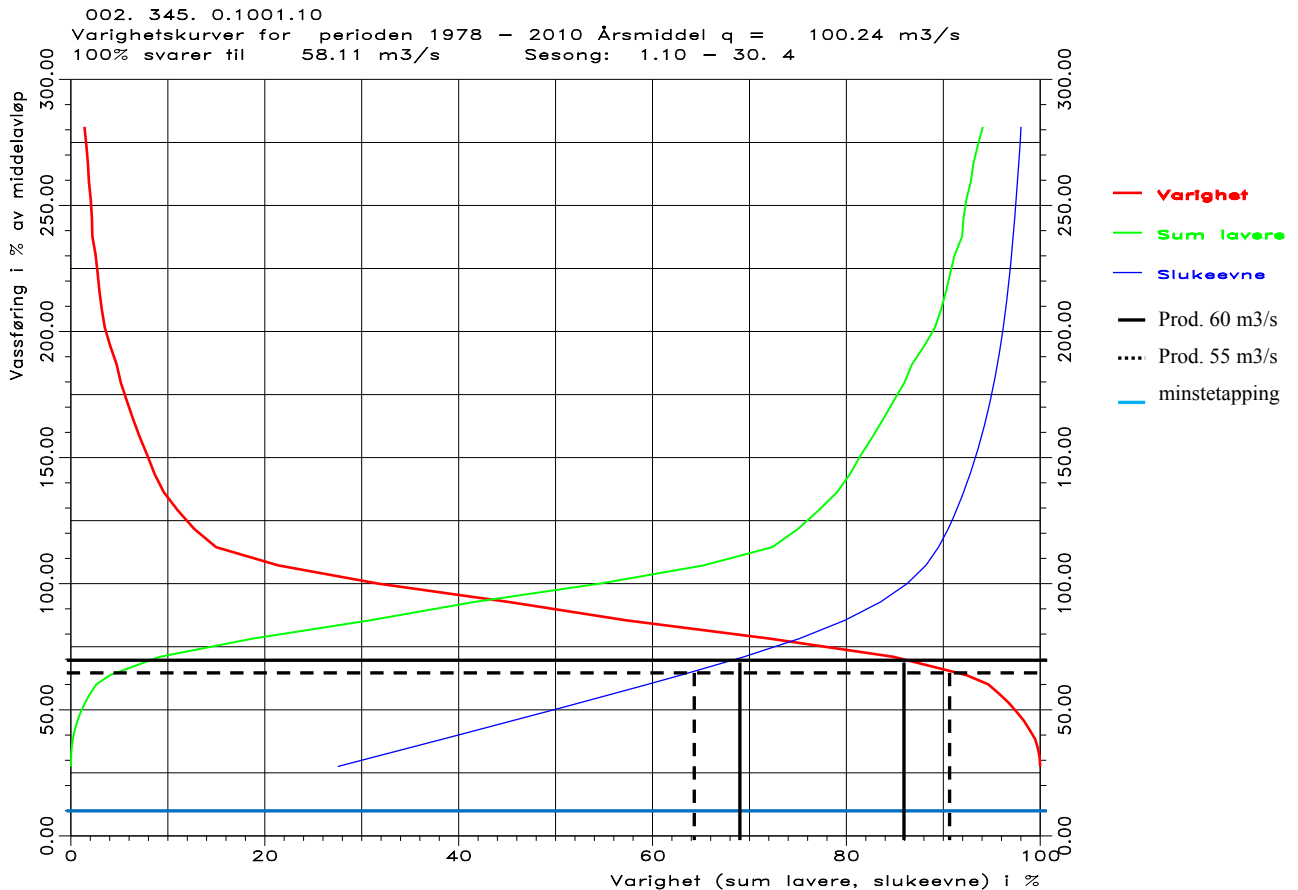
Figur 12. Plott som viser vannstandsendringer i Lomnessjøen som følge av endret produksjon i kraftverket med økt slukeevne og endrede minstetappingsvilkår.

I den godt regulerte Storsjøen blir det ikke vesentlige endringer i vannstand i perioder med økt tapping, siden reglementet tilsier at produksjonen i Rendalen kraftverk skal tappes uhindret gjennom sjøen. I perioder med redusert produksjon vil vannstanden i Storsjøen bli litt redusert.

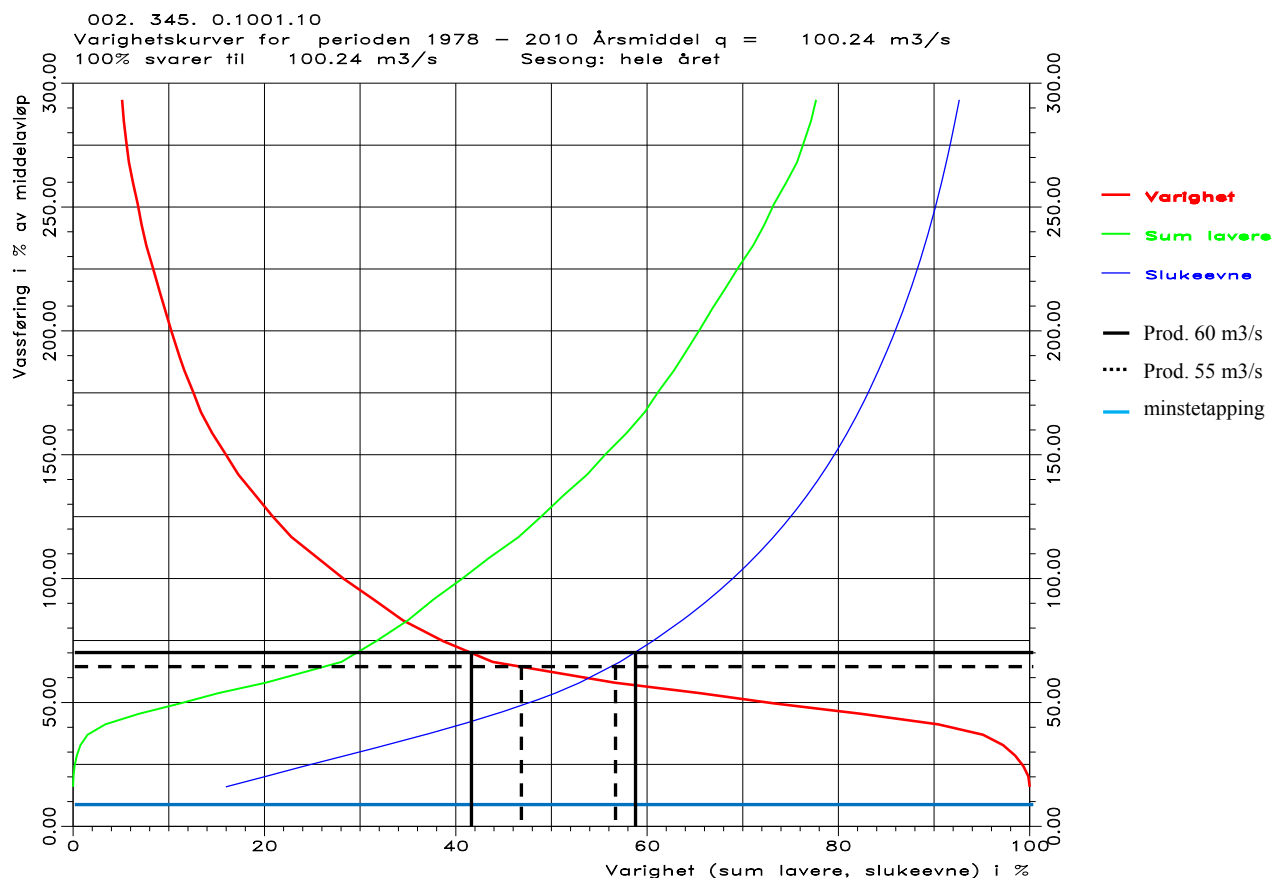
1.3 Varighetskurve²² og beregning av nyttbar vannmengde



Figur 14. Varighetskurve for sommersesongen (1/5 – 30/9).



Figur 15. Varighetskurve for vintersesongen (1/10 – 30/4).



Figur 16. Varighetskurve, kurve for flomtap og for tap av vann i lavvannperioden (år).

Varighetskurve, flomtap og lavvannstap for observert serie av totalvannføringen ved Høyegga (driftsvannføring og forbitapping summert) er plottet for sommersesongen, vintersesongen og for hele året. Minstetappingen er i diagrammene framstilt med 10 m³/s hele året. Dette blir noe misvisende sommerstid, da minstetappingsvilkåret er minst 40 m³/s ved Stai og tappingen tilpasses dette i tørre år, men uansett minst 10 m³/s over Høyegga dam. Minstetapping er derfor variabel over året i tørre år og varierer fra år til år. I beregningen av nyttbar vannmengde er det brukt minstetapping på 10 m³/s hele året, men er i praksis større enn dette i tørre år.

1.3.1 Kraftverkets største og minste slukeevne

	Maks	Min
Kraftverkets slukeevne (m ³ /s)	60/55	10-15 m ³ /s

Kommentarer:

Høyeste tillatte driftsvannføring i Rendalen kraftverk er 55 m³/s. Det søkes nå om å øke til 60 m³/s. I det videre presenteres tall både med slukeevne 60 m³/s og 55 m³/s for å belyse forskjeller i hydrologiske forhold. Varighetskurvene (figur 14-16) viser forskjellene i varighet og nyttbare vannmengder med 60 m³/s (heltrukne linjer) kontra 55 m³/s (stiplede linjer) i slukeevne. Minstevannføringskravet er variabelt over året, om vinteren 10 m³/s over Høyegga dam, om sommeren variabelt, og er med dagens vilkår tilpasset 40 m³/s ved Stai, i endrede vilkår tilpasset lokaltilsiget i Atna (40/45 m³/s summert for tapping Høyegga og vannføring i Atna ved Fossum bru).

Eidsiva vannkraft (A.G. Kraabøl) opplyser at minste driftsvannføring i kraftverket er 4 m³/s, kraftverket går da på tomgang, i praksis kjøres ikke kraftverket ved lavere vannføring enn 10-15 m³/s. I området 20-26 m³/s oppstår det kavitasjon på turbinene ved vanlig døgnkontinuerlig drift, så i praksis blir det da døgnvariabel produksjon ved å utnytte magasinet ved Høyegga.

1.3.2 Antall dager med vannføring større enn maksimal slukeevne og mindre enn minste slukeevne tillagt planlagt minstevannføring (se pkt. 1.1.5) i utvalgte år.

	Tørt år (1996)	Middels år (2006)	Vått år (1987)
Antall dager med vannføring > maksimal slukeevne (60/55) + 10m ³ /s	123/136	166/190	196/199
Antall dager med vannføring < planlagt minstevannføring (10 m ³ /s) + minste slukeevne (15 m ³ /s)	29	0	0

1.3.3 Beregning av nyttbar vannmengde (på årsbasis) til produksjon ved hjelp av hydrologiske data.

Slukeevne 60 m³/s:

Tilgjengelig vannmengde ²³ (1978-2010)	100 % (100,2 m ³ /s)
Beregnet vanntap fordi vannføringen er større enn maks slukeevne (% av middelvannføring), NB! inkludert minstetapping på 10 %	41 % (41 m ³ /s)
Beregnet vanntap fordi vannføringen er mindre enn min slukeevne (% av middelvannføring)	0 %
Beregnet vanntap på grunn av slipp av minstevannføring (% av middelvannføring)	10 % (10 m ³ /s)
Nyttbar vannmengde til produksjon	49% (49 m ³ /s)

Dagens slukeevne 55 m³/s:

Tilgjengelig vannmengde ²⁴ (1978-2010)	100 % (100,2 m ³ /s)
Beregnet vanntap fordi vannføringen er større enn maks slukeevne (% av middelvannføring), NB! inkludert minstetapping på 10 %	44 % (44 m ³ /s)
Beregnet vanntap fordi vannføringen er mindre enn min slukeevne (% av middelvannføring)	0 %
Beregnet vanntap på grunn av slipp av minstevannføring (% av middelvannføring)	10 % (10 m ³ /s)
Nyttbar vannmengde til produksjon	46 % (46 m ³ /s)

1.4 Restfeltet²⁵

Produksjonsvannet i Rendalen kraftverk overføres i tunnel fra Glomma ved Høyegga til Rena elv med utløp ved Lomnessjøen. I perioden 1978-2010 er det i gjennomsnitt blitt overført 42,2 m³/s (46,4 m³/s ideelt) fra Glomma til Rena pr år. Med økt slukeevne til 60 m³/s vil tilsvarende ideelt være 47,9/47,6 m³/s med de to alternativene for summert minstetapping på 40/45 m³/s. Restfelt med fraført vannføring blir hele Glommas nedbørfelt gjennom Stor-Elvdal fra Høyegga til samløpet med Rena elv ved Rena der overført vann kommer tilbake i Glomma, dog via det regulerte magasinet Storsjøen i Rena. Overført vann fra Glomma til Rena elv nyttiggjøres også i Løpet kraftverk.

1.4.1 Informasjon om restfelt.

Inntaket og kraftverkets høyde (moh)	465,50	255,1
Lengde på elva mellom inntak og kraftverk ²⁶ (m)	-	-
Restfeltets areal	-	-
Tilslig fra restfeltet ved kraftverket (m ³ /s)	-	-

1.5 Karakteristiske vannføringer i lavvannsperioden og minstevannføring.

1.5.1 Karakteristiske vannføringer i lavvannsperioden og planlagt minstevannføring.

Det er laget en naturlig avløpsserie ved Høyegga der effekten av reguleringene oppstrøms er fjernet slik at serien gjenspeiler uregulert vannføring ved Høyegga. Alminnelig lavvannføring er beregnet for denne serien. For samme serie er det laget varighetskurve for år, sommersesong og vintersesong for beregning av 5-persentilen.

	År	Sommer (1/5 – 30/9)	Vinter (1/10 – 30/4)
Alminnelig lavvannføring (m ³ /s)	12,6	-----	-----
5-persentil ²⁷ (m ³ /s)	13,1	45,1	11,6
Planlagt minstevannføring (m ³ /s)	-	40/45 (10)	10

Dagens minstevannføringkrav om sommeren er relatert til vannmerket på Stai med et stort lokalfelt opp til reguleringspunktet ved Høyegga. Om sommeren skal det til enhver tid slippes tilstrekkelig med vann over Høyegga dam til at vannføringen ved Stai er 40 m³/s. Det er ofte utfordringer med å tilpasse tappingen over dammen til tilløpet fra det store lokalfeltet slik at summen blir 40 m³/s ved Stai. For å forenkle dette driftsmessig er det ønskelig å endre minstevannføringskravet slik at summen av tappingen over Høyegga dam og vannføringen ved Fossum bru i Atna (som har beliggenhet i og er representativt for lokalfeltet mellom Høyegga og Stai) til enhver tid er alternativt 40 m³/s eller 45 m³/s. Det skal allikevel til enhver tid tappes minst 10 m³/s over Høyegga dam. Konsekvensene av dette på overført/produisert vannmengde til Rena elv og forbitappet vannmengde til Glomma er beskrevet tidligere i rapporten i sammenheng med økt slukeevne fra 55 m³/s til 60 m³/s i kraftverket. Vinterstid er dagens minstevannføringskrav at det alltid skal gå minst 10 m³/s over Høyegga dam, dette vil bli uforandret.

-
- ¹ Hvis ja; hva slags? (eks: bre, myr, innsjø med flere utløp).
- ² Hvis ja skal dette tegnes inn på kartet i figur 1.
- ³ I hht NVEs stasjonsnett.
- ⁴ En konstant som multipliseres med dataserien ved sammenligningsstasjonen for å lage en serie som beskriver variasjoner i vannføringen i kraftverkets nedbørfelt.
- ⁵ Med reguleringer menes her regulering av innsjø eller overføring inn/ut av naturlig nedbørfelt.
- ⁶ Effektiv sjøprosent tar hensyn til innsjøer beliggenhet i nedbørfeltet. Dette er viktig parameter for vurdering av både flom- og lavvannføringer. Definisjonen av effektiv sjøprosent er: $100\sum(A_i \cdot a_i)/A^2$ der a_i er innsjø i's overflateareal (km²) og A_i er tilsigsarealet til samme innsjø (km²), mens A er arealet til hele nedbørfeltet (km²). Innsjøer langt ned i vassdraget får dermed størst vekt, mens innsjøer nær vannskillet betyr lite. Små innsjøer nær vannskillet kan ofte neglisjeres ved beregning av effektiv sjøprosent.
- ⁷ Snaufjellandel. Andel snaufjell beregnes som arealandel over skoggrensen fratrukket eventuelle breer, sjøer og myrer over skoggrensen.
- ⁸ På hvilken tid av året (vår, sommer, høst, vinter) inntreffer hhv flom og lavvann?
- ⁹ Middellavrenning i normalperioden 1961-1990. Inneholder usikkerhet på i størrelsesorden $\pm 20\%$.
- ¹⁰ Beregnet for sammenligningsstasjonen i observasjonsperioden eller den perioden som ligger til grunn for beregningen.
- ¹¹ For tilsiget til kraftverkets inntakspunkt
- ¹² For hver dag gjennom året (døgnverdi: januar-desember) plottes hhv middel/median- og minimumsvannføringen over en lang årrekke (helst 20-30 år med døgndata).
- ¹³ For hver dag gjennom året (døgnverdi: januar-desember) plottes maksimumsvannføringen over en lang årrekke (helst 20-30 år med døgndata).
- ¹⁴ Årsmiddel for hvert år i observasjonsperioden.
- ¹⁵ Tørt år må angis (f.eks året i observasjonsperioden med laveste årsvolum). Vannføringsvariasjoner (døgnmiddel) før og etter inngrep vises i samme diagram (januar – desember).
- ¹⁶ For hver dag gjennom året (døgnverdi: januar-desember) plottes hhv middel/median- og minimumsvannføringen over en lang årrekke (helst 20-30 år med døgndata).
- ¹⁷ For hver dag gjennom året (døgnverdi: januar-desember) plottes maksimumsvannføringen over en lang årrekke (helst 20-30 år med døgndata).
- ¹⁸ Årsmiddel for hvert år i observasjonsperioden.
- ¹⁹ Tørt år må angis (f.eks året i observasjonsperioden med laveste årsvolum). Vannføringsvariasjoner (døgnmiddel) før og etter inngrep vises i samme diagram (januar – desember).
- ²⁰ Middels år må angis (f.eks året i observasjonsperioden med årsvolum nær middelet i observasjonsperioden). Vannføringsvariasjoner (døgnmiddel) før og etter vises i samme diagram (januar – desember).
- ²¹ Vått år må angis (f.eks året i observasjonsperioden med høyest årsvolum). Vannføringsvariasjoner (døgnmiddel) før og etter vises i samme diagram (januar – desember).
- ²² Varighetskurve skal angi hvor stor del av tiden (angitt i %) vannføringen er større enn en viss verdi (angitt i % av middelvannføringen). Alle døgnavannføringene i observasjonsperioden sorteres etter størrelse før kurven genereres. Varighetskurven skal ligge til grunn for å estimere flomtap som følge av at vannføringen er høyere enn maks slukeevne (kurve for slukeevne) og tap i lavvannsperioden som følge av at vannføringen er lavere enn min slukeevne (kurve for sum lavere). Kurvene kan vises i samme diagram.
- ²³ Normalavløp 1961-1990 (eller forventet gjennomsnittlig årlig avløp).
- ²⁴ Normalavløp 1961-1990 (eller forventet gjennomsnittlig årlig avløp).
- ²⁵ Med restfelt menes arealet mellom inntakspunkt og kraftverk.
- ²⁶ Lengde i opprinnelig elveløp og *ikke* korteste avstand.
- ²⁷ Den vannføringen som underskrides 5% av tiden.