

## Notat

TIL: Øyvind Eidsgård  
 FRA: Kristian Grimstvedt  
 KOPI: Magne Wraa, Tone Gammelsæter  
 VÅR REF: Kristian Grimstvedt  
 DERES REF:  
 DATO: 15.09.2010  
 ANSVARLIG: Tone Gammelsæter

POSTADRESSE  
 Skagerak Kraft AS  
 Postboks 80  
 3901 Porsgrunn

Storgt. 159  
 3915 PORSGRUNN

SENTRALBORD  
 35 93 50 00

TELEFAX  
 35 55 97 50

INTERNETT  
[www.skagerakenergi.no](http://www.skagerakenergi.no)

E-POST  
[firmapost@skagerak.no](mailto:firmapost@skagerak.no)

ORG. NR.: 979 563 531 MVA

## Kraftproduksjon og betydningen av de ulike elementer av innspill fra kommunene

### 1. Innledning

I begjæring om revisjon er det fremsatt flere krav som kan påvirke kraftproduksjonen. Dette gjelder særlig følgende:

- krav om minstevannføring
- krav om ulike magasinrestriksjoner

FBR har utført produksjonsmodeller for perioden 1931-90 for å vise konsekvensene av disse kravene i utnyttelse av magasin og vann i nedslagsfeltet til Åbjøra.

Begrensningene er lagt inn i vassdragsmodellen Vansimtap hvor Åbjøra og Bagn kraftverker og reguleringene oppstrøms disse kraftverkene er modellert. Modellen beregner produksjon og flomtap. Hver restriksjon som det beregnes konsekvensen av, sammenlignes med dagens kjøremønster og manøvrering.

Konsekvenser for flom og produksjon nedstrøms Bagn er ikke vist i produksjonssimuleringene.

Generelt gir minstevannføringer og magasinrestriksjoner i Tisleifjord og Bløytjern størst konsekvenser for produksjonsgrunnlaget til Åbjøra kraftverk.

### 2. Foreslåtte restriksjoner – oversikt over scenarier

Kommunene har ikke tallfestet samtlige krav mht. minstevannføring m.m.. FBR har derfor gjort et utvalg av mulige vannføringsnivåer som kan illustrere konsekvensen av ulike restriksjoner. Der kommunene har tallfestet krav, er konsekvensene av disse beregnet. FBR har gjort følgende simuleringer:

- **Minstevannføring Åbjøra. Som eksempel er brukt 2 m<sup>3</sup>/s i hele året.**

- **Magasinrestriksjon i Tisleifjord som minimumsmagasin 1 meter under HRV i perioden 15.mars til 1.desember.**
- **Minstevannføring fra Tisleifjord . Som eksempel er brukt 2 m<sup>3</sup>/s fra 1. nov. – 1. jun og 3 m<sup>3</sup>/s på sommeren.**
- **Flyvatn, oppfylling til HRV innen 1. juni.**
- **Minstevannføring fra Flyvatn. Som eksempel er brukt 1 m<sup>3</sup>/s på vinter og 2 m<sup>3</sup>/s på sommer.**

### 3. Simulering av de enkelte krav

#### 3.1 Åbjøra minstevannføring.

Det er simulert på minstevannføring forbi Åbjøra kraftverk på 2 m<sup>3</sup>/s hele året.

Tabell 1 viser produksjonstap til Åbjøra kraftverk tilsvarende den energien som forbitapping av en slik minstevannføring ville gitt i Åbjøra kraftverk, på 60 GWh. Minstevannføringsstapet er inkludert i verdien for flom.

Tabell 1

Type	Enhet	Dagens	Bløytjern minvf.	Endring
Prod Åbjøra	GWh	533,1	472,4	-60,7
Prod Bagn	GWh	328,6	328	-0,6
Prod Åbjøra og Bagn	GWh	861,7	800,4	-61,3
Flom Bløytjern	Mm3	31,3	86,4	55,1
Flom Aurdalsfj.	Mm3	114,4	114,2	-0,2

#### 3.2. Tisleifjord magasinrestriksjon.

Magasinrestriksjon som er gitt av at vannstand skal holdes på HRV i perioden fra 15.mars til 1.desember, gir redusert utnyttelse av magasinet i Tisleifjorden med 37 % i gjennomsnitt over 60 år (1931 – 1990).

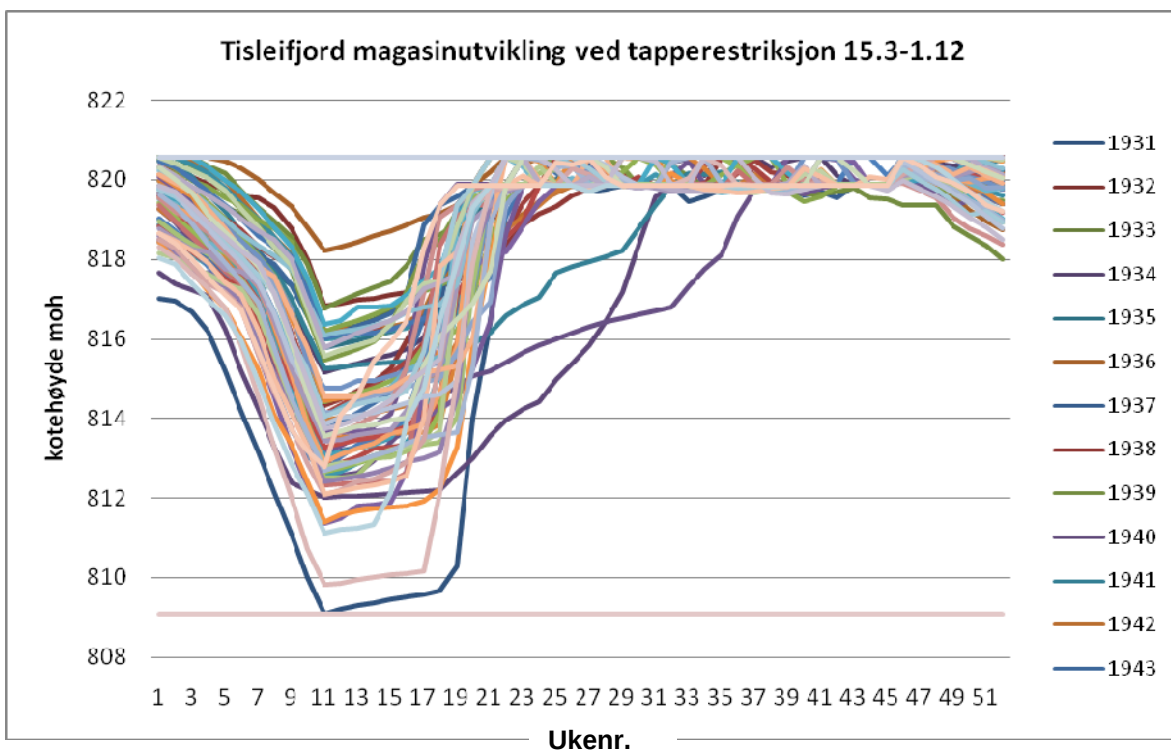
Pga at man i de fleste år ikke rekker å få tappet ned magasinet til LRV i tappesesongen, blir det økt flomtap i gjennomsnitt på 170 % i vårflomperioden. Videre vil man få en del flomtap ved å ha vannstanden på HRV i sommerhalvåret. Restriksjonen medfører økt flomtap som vist i tabell 2 på 22,9 Mm<sup>3</sup> i Åbjøra kraftverk, og 38,7 Mm<sup>3</sup> i Bagn kraftverk, tilsvarende et produksjonstap på 26,5 GWh i Åbjøra og 8,3 GWh i Bagn, totalt 34,8 GWh. Flomtapet i Bagn blir større enn i Åbjøra fordi restriksjonen medfører tvangsproduksjon i Åbjøra kraftverk i perioder med flom til Aurdalsfjord. Normalt kan man begrense produksjonen i Åbjøra i slike perioder p.g.a demping i Tisleifjord på våren.

Figur 1 viser at med foreslått restriksjon kan Tisleifjord ikke utnyttes til LRV de fleste årene. Figur 2 og 3 viser flomtapet over året hhv. med dagens regime og magasinrestriksjon fra 15.03 – 01.12., kurvene i de to figurene viser flomtopper (ukeverdi) på våren på 112 m<sup>3</sup>/s med foreslåtte restriksjon, mens man etter dagens manøvrering, får flomtopper på maks 50 m<sup>3</sup>/s for samme simuleringperiode.

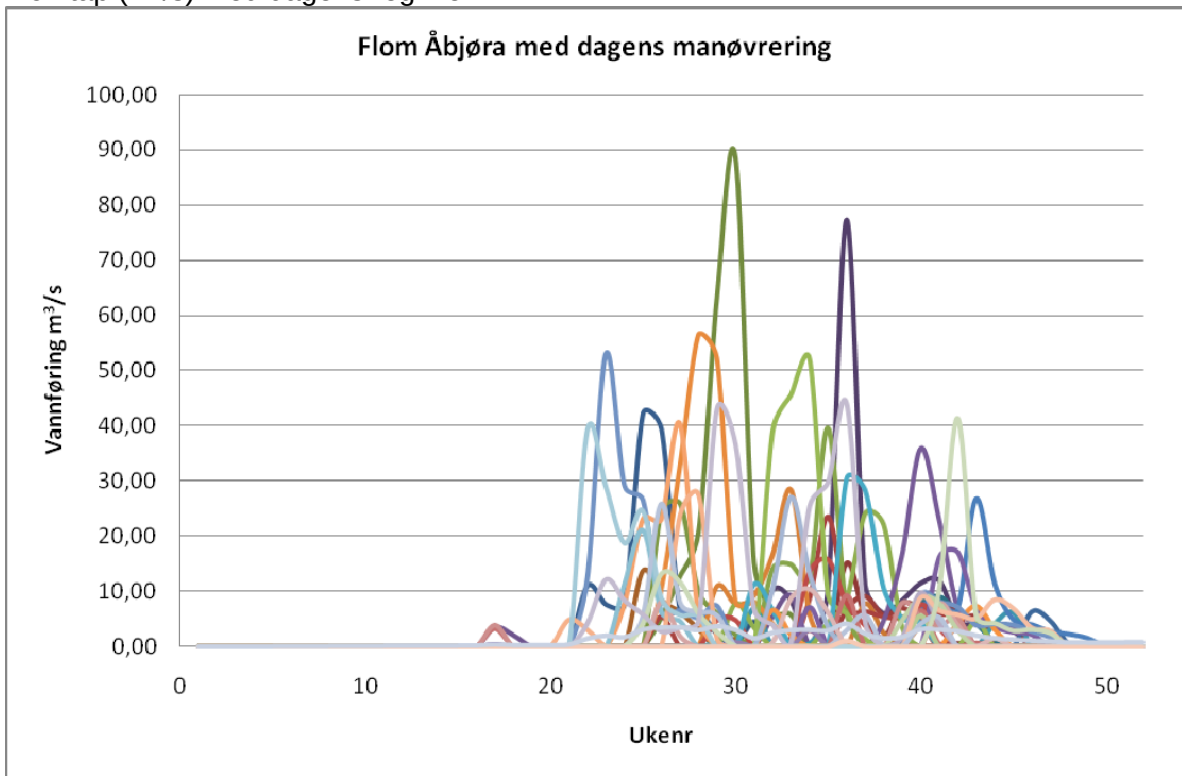
Tabell 2

Type	Enhet	Dagens	Tisleifj. Restr.	Endring
Prod Åbjøra	GWh	533,1	506,6	-26,5
Prod Bagn	GWh	328,6	320,3	-8,3
Prod Åbjøra og Bagn	GWh	861,7	826,9	-34,8
Flom Bløytjern	Mm <sup>3</sup>	31,3	54,2	22,9
Flom Aurdalsfj.	Mm <sup>3</sup>	114,4	153,1	38,7

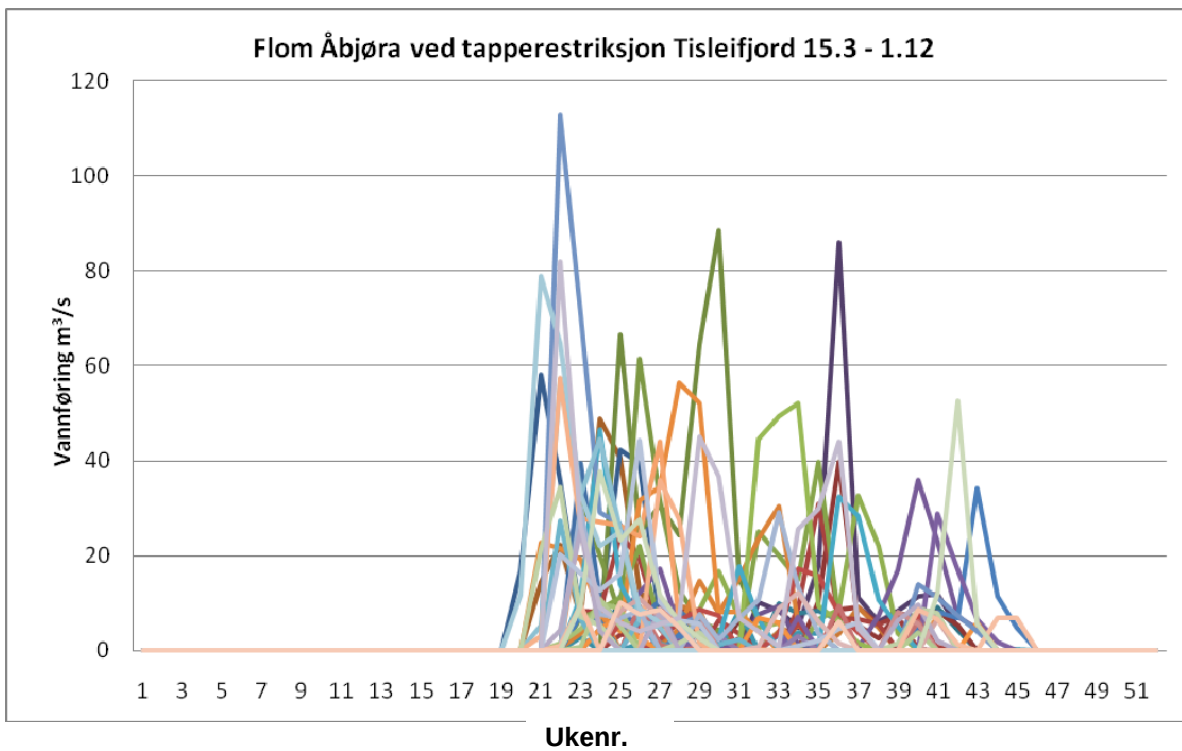
Figur 1.  
Tisleifjord magasinutvikling(moh) med restriksjon på utnyttelse 15.03 – 01.12



Figur 2  
Flomtap ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) med dagens regime



Figur 3  
Flomtap ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) med restriksjon på magasinet fra 15.03 – 01.12 (største flomtopp er vårflom i 1967)



### 3.3 Tisleifjord minstevannføring.

Minstevannføring fra Tisleifjord gir lite produksjonstap, fordi fallet mellom Tisleifjord og Ølsjøen ikke utnyttes. Restriksjonen medfører bedre demping i Tisleifjord før flomperioder på sommeren og høsten, når det ellers ikke ville være ønskelig å kjøre kraftverket.

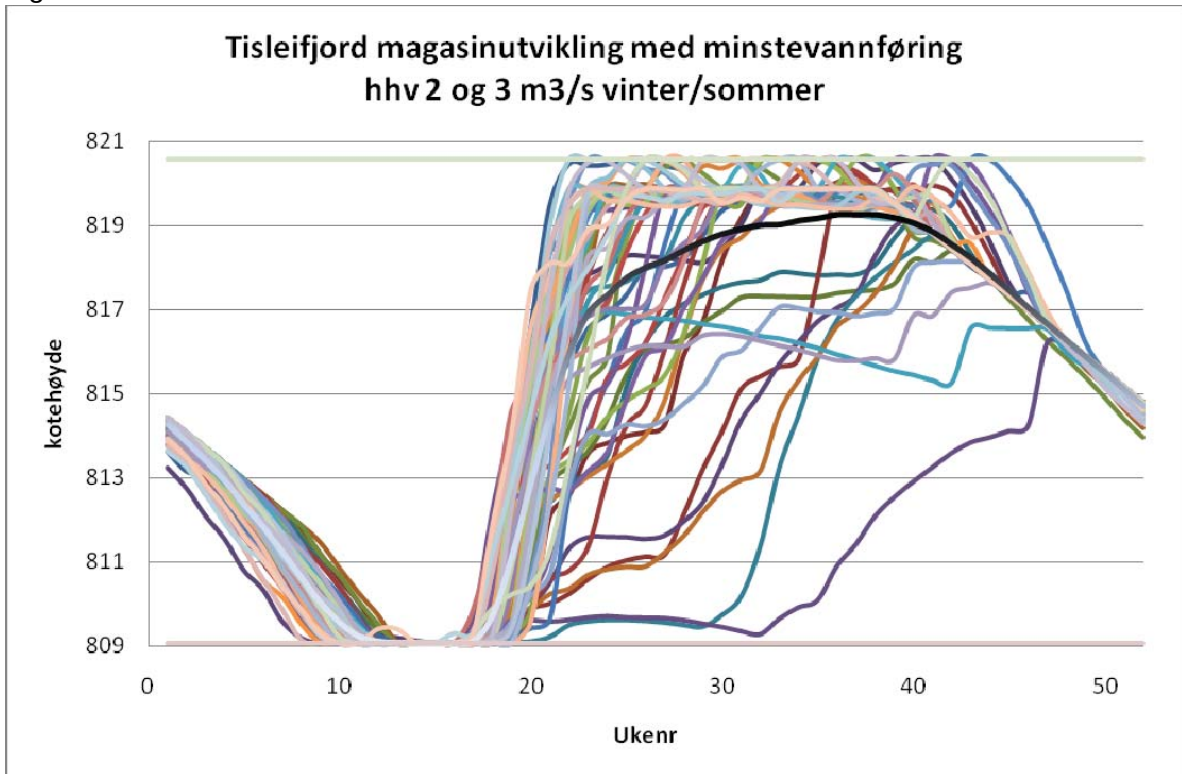
Produksjonssimuleringene ved sort kurve i figur 4 og 5, midlere vannstandsutvikling 1931 – 1990, viser at økt minstevannføring fra Tisleifjord vil medføre at man i gjennomsnitt får ca 30 cm lavere vannstand i sommerhalvåret, man vil likevel i de fleste årene holde vannstanden innenfor dagens gitte reguleringsgrenser.

Resultatet av produksjonssimuleringene på magasinutvikling for de 60 år som er simulert, vises i figur 4 og 5 nedenfor.

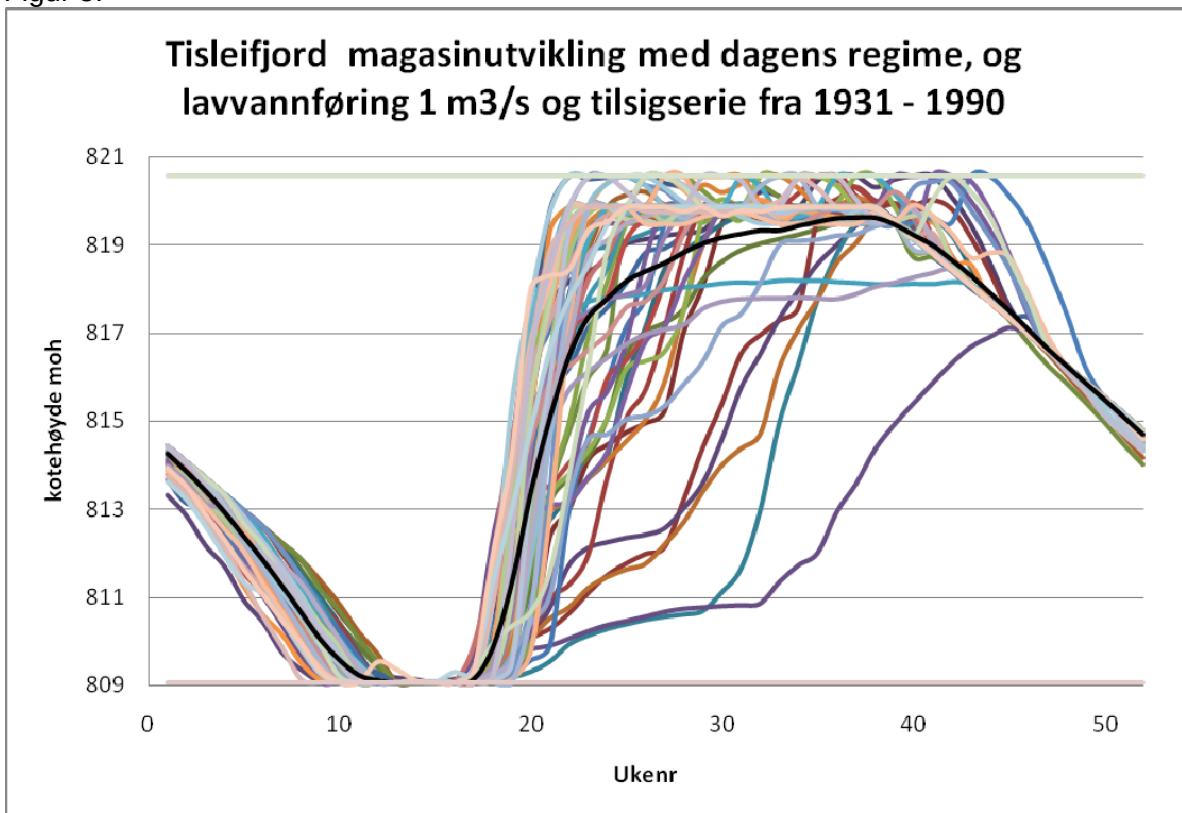
Tabell 3

Type	Enhet	Dagens	Tisleidfj minvf.	Endring
Prod Åbjøra	GWh	533,1	535	1,9
Prod Bagn	GWh	328,6	328,7	0,1
Prod Åbjøra og Bagn	GWh	861,7	863,7	2
Flom Bløytjern	Mm <sup>3</sup>	31,3	29,6	-1,7
Flom Aurdalsfj.	Mm <sup>3</sup>	114,4	114,6	0,2

Figur 4.



Figur 5.



### 3.4 Flyvatn minstevannføring.

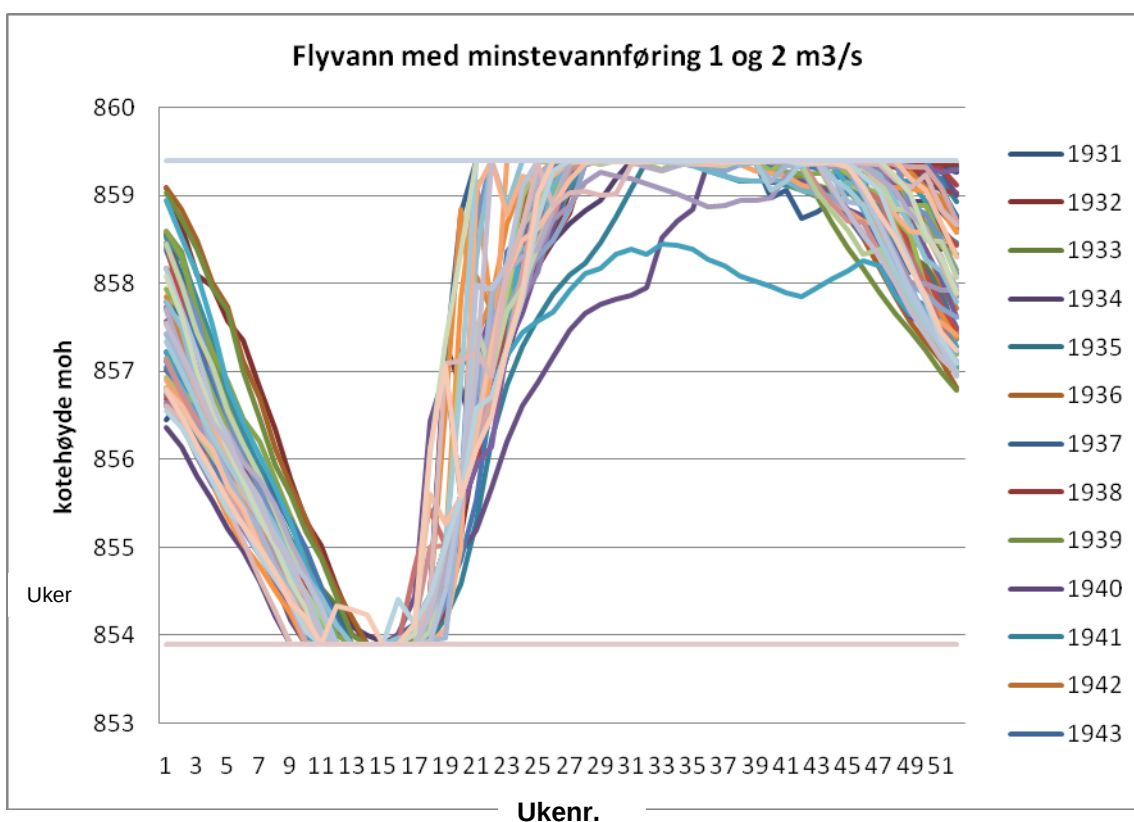
Økt minstevannføring fra Flyvatn fra alminnelig lavvannføring til hhv. 1 og 2 m<sup>3</sup>/s, hhv. vinter og sommer, medfører konsekvenser for vannstands nivået i Flyvatn for en del år på sommeren. Restriksjonen påvirker produksjonen i mindre grad, vist i tabell 4. Figur 6 viser hvordan minstevannføring vil påvirke magasinutvikling i Flyvatn gjennom året i ulike tilsigsår fra 1931 - 1990.

Tabell 4

Type	Enhet	Dagens	Flyvann min. vannføring	Endring
Prod Åbjøra	GWh	533,1	533,1	0
Prod Bagn	GWh	328,6	328,5	-0,1
Prod Åbjøra og Bagn	GWh	861,7	861,6	-0,1
Flom Bløytjern	Mm <sup>3</sup>	31,3	31,3	0
Flom Aurdalsfj.	Mm <sup>3</sup>	114,4	114,1	-0,3

Figur 6.

Flyvatn magasinutvikling (moh) 1931 – 1990 med gitt minstevannføring på vinter og sommer på hhv. 1 og 2 m<sup>3</sup>/s



### 3.5 Oppfyllingskrav 1.juni i Flyvatn

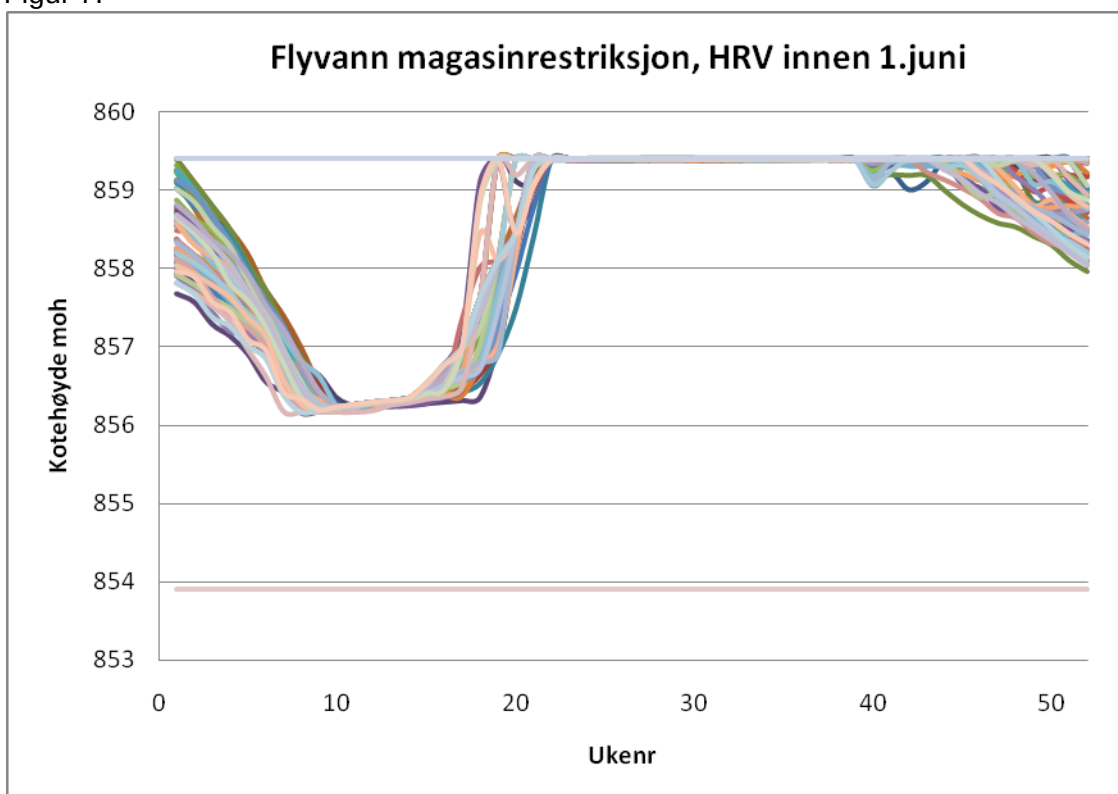
Krav til oppfylling av Flyvatn innen 1. juni gir mer flom i vassdraget. For å sikre oppfylling innen 1.juni, må man hvert år spare igjen ca 24 Mm<sup>3</sup> i magasinet, dette medfører 41 % dårligere utnyttelse av magasinet i forhold til dagens regime.

Vedlagte kurver viser at magasinet ikke kan utnyttes til LRV på vinteren, simuleringresultater i tabell 5 viser økt flom og tapt produksjon i Åbjøra og Bagn kraftverk. Tapt vann i form av flom kan bli større enn resultatene fra modellen, viser fordi modellen beregner nøyaktig. Når man skal ta høyde for usikkerhet i tilsig i praktisk manøvrering, så kan det medføre at man må spare enda mer vann i Flyvatn. Se figur 7. Av figur 8 ser vi at med økt minstevannføring og magasinrestriksjon på oppfylling innen 1.juni gir at modellen må spare enda mer vann på vinteren for å oppfylle restriksjonen.

Tabell 5

Type	Enhet	Dagens	Flyv. Minvst.1.6	Endring
Prod Åbjøra	GWh	533,1	521,8	-11,3
Prod Bagn	GWh	328,6	325,7	-2,9
Prod Åbjøra og Bagn	GWh	861,7	847,5	-14,2
Flom Bløytjern	Mm <sup>3</sup>	31,3	41,5	10,2
Flom Aurdalsfj.	Mm <sup>3</sup>	114,4	128	13,6

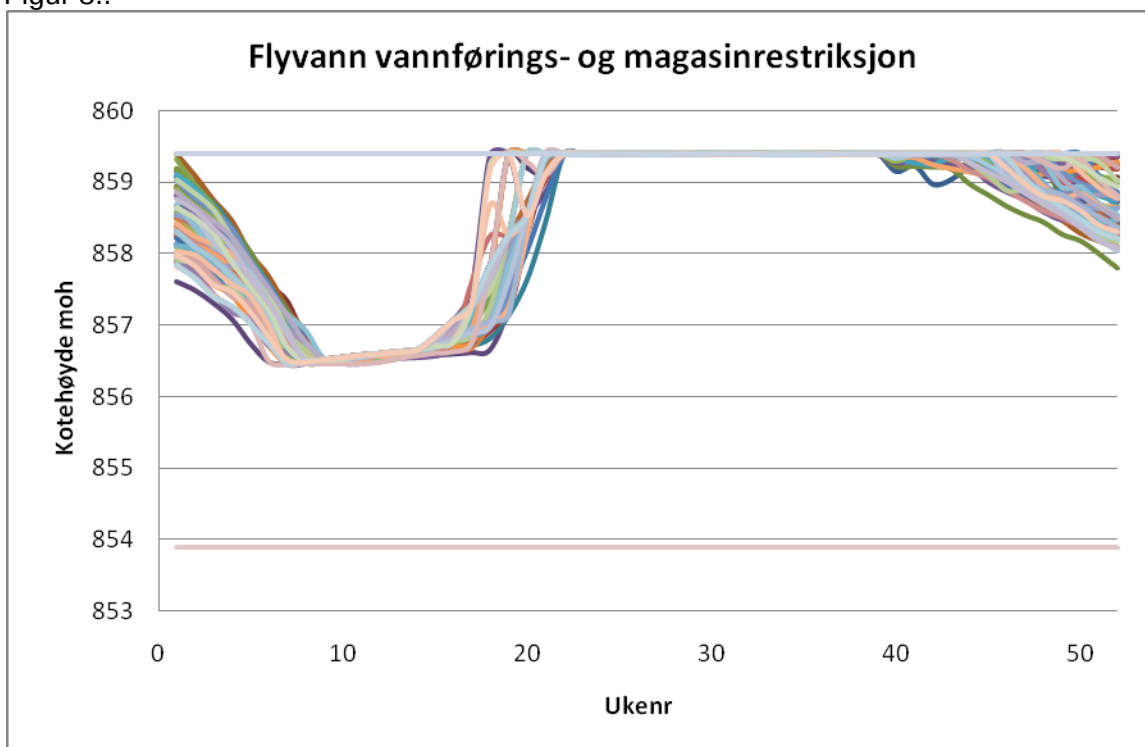
Figur 7.



Magasinutvikling Flyvann med oppfylling innen 1.juni og økt minstevannføring på 1 og 2 m<sup>3</sup>/s



Figur 8..



#### 4. Konsekvenser av foreslåtte restriksjoner for produksjonsgrunnlaget

Resultatene fra produksjonssimuleringene vises i tabeller nedenfor. Produksjon er gitt for Åbjøra og Bagn kraftverk, flømtap forbi Åbjøra fra Bløytjern, og forbi Bagn kraftverk fra Aurdalsfjorden. Resultatene er gitt av endringen nevnte restriksjoner gir i forhold til dagens manøvrering og produksjon. Det er kjørt simulering for hver enkelt restriksjon som er krevet eller forutsatt, for å se virkningen for produksjonen i Åbjøra og Bagn kraftverk. Alle foreslåtte begrensninger på manøvrering av magasiner og minstevannføringer lagt inn samlet i en modellsimulering, gir verdier tilsvarende et produksjonstap på 77,9 GWh i Åbjøra og 8,0 GWh i Bagn, totalt 85,9 GWh.

Restriksjonene simulert hver for seg, gir i sum et totalt produksjonstap på 108,4 GWh. Avviket på 22,5 GWh skyldes at restriksjonene påvirker hverandre gjensidig. Minstevannføringene gir lavere vannstand i respektive magasin og reduserer flømtap. Minimumsvannstandsrestriksjon uten økt minstevannføring gir mindre demping og mer flom.

Med en gjennomsnittlig kraftpris på 35 øre/kWh utgjør 85,9 GWh et årlig økonomisk tap på 30 mill. kr, men dette vil selvsagt variere ved at prisen ofte er lavere ved mye tilsig.

Produksjonstapet som konsekvens av de ulike innspill fra kommunene er gitt som følger:

- Åbjøra minstevannføring, gitt 2 m<sup>3</sup>/s over hele året, gir et produksjonstap i Åbjøra kraftverk på **60 GWh/år**
- Magasinrestriksjon i Tisleifjord som minimumsmagasin 1 meter under HRV i perioden 15. mars til 1. desember gir et produksjonstap i Åbjøra og Bagn kraftverk på **34,8 GWh/år**

- Minstevannføring fra Tilseifjord dam 2 m<sup>3</sup>/s fra 1.nov. – 1.jun og 3 m<sup>3</sup>/s på sommeren gir minimalt produksjonstap i Åbjøra kraftverk.
- Flyvatn, oppfylling til HRV innen 1.juni gir et produksjonstap i Åbjøra kraftverk på **11,3 GWh/år**
- Minstevannføring fra Flyvann på 1 m<sup>3</sup>/s vinter og 2 m<sup>3</sup>/s sommer gir et produksjonstap i Åbjøra kraftverk på **0,1 GWh/år**
- Totalt med alle foreslåtte restriksjoner får vi et beregnet produksjonstap på **85,9 GWh** for Åbjøra, Bagn kraftverk.

Tabell 6  
Minstevannføringer

Type	Enhet	Dagens	Bløytjern minvf.	Endring	Tisleifj minvf.	Endring	Flyvann min vf	Endring
Prod Åbjøra	GWh	533,1	472,4	-60,7	535	1,9	533,1	0
Prod Bagn	GWh	328,6	328	-0,6	328,7	0,1	328,5	-0,1
Prod Åbjøra og Bagn	GWh	861,7	800,4	-61,3	863,7	2	861,6	-0,1
Flom Bløytjern	Mm <sup>3</sup>	31,3	86,4	55,1	29,6	-1,7	31,3	0
Flom Aurdalsfj.	Mm <sup>3</sup>	114,4	114,2	-0,2	114,6	0,2	114,1	-0,3

Tabell 7  
Magasinrestriksjoner

Type		Dagens	Tisleifj restr	Endring	Flyv. Minvst.1.6	Endring
Prod Åbjøra	GWh	533,1	506,6	-26,5	521,8	-11,3
Prod Bagn	GWh	328,6	320,3	-8,3	325,7	-2,9
Prod Åbjøra og Bagn	GWh	861,7	826,9	-34,8	847,5	-14,2
Flom Bløytjern	Mm <sup>3</sup>	31,3	54,2	22,9	41,5	10,2
Flom Aurdalsfj.	Mm <sup>3</sup>	114,4	153,1	38,7	128	13,6

Tabell 8  
Resultatet av alle restriksjoner samlet

Type		Dagens	Alle restr.	Endring
Prod Åbjøra	GWh	533,1	455,2	-77,9
Prod Bagn	GWh	328,6	320,6	-8
Prod Åbjøra/Bagn	GWh	861,7	775,8	-85,9
Flom Bløytjern	Mm <sup>3</sup>	31,3	101,5	70,2
Flom Aurdalsfj.	Mm <sup>3</sup>	114,4	145,6	31,2

#### Forklaring til tabellene.

Prod Åbjøra GWh – er årsproduksjon for hver enkelt simulering

Prod Bagn GWh, Middel årsproduksjon Bagn 1931 - 1990

Flom Bløytjern Mm<sup>3</sup>, vann forbi Åbjøra kraftverk. Flom fra Bløytjern i middel pr år 1931 – 1990

Flom Aurdalsfjord, vann forbi Bagn kraftverk. Flom i middel pr år 1931 – 1990.

Prod Åbjøra/Bagn – Sum produksjon for Åbjøra og Bagn. Beregnet produksjonstap er økt flomtapp gitt av at foreslåtte restriksjoner er lagt inn i vassdragsmodellen.

Endring i restriksjoner i Åbjøra systemet gir endring i Flom som er vist i tabell.