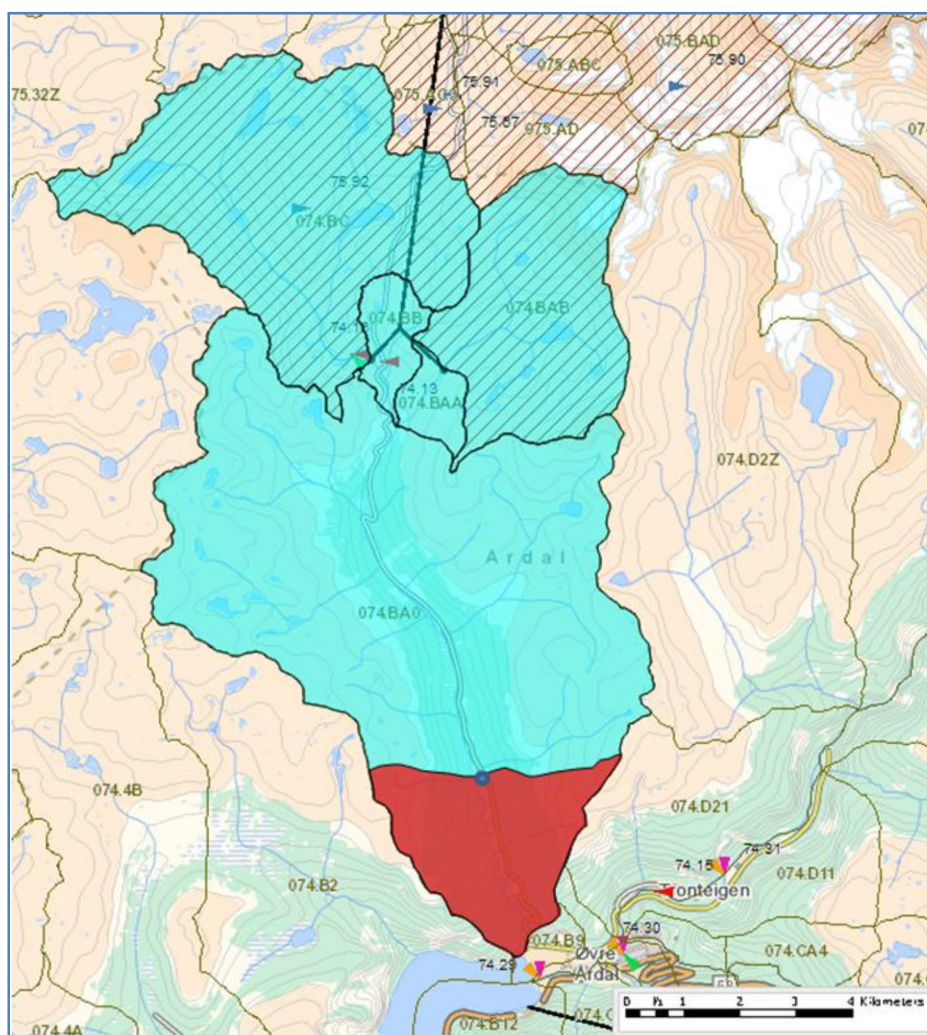


# Hydrologirapport

Hydrologiske beregninger for Fardalen kraftverk,  
Årdal kommune, Sogn og Fjordane  
(Vassdragsnummer 074.BA0)



HydraTeam AS  
Cort Adelers gt. 17, 0254 Oslo  
E-post: [post@hydratteam.no](mailto:post@hydratteam.no)  
Internett: [www.hydratteam.no](http://www.hydratteam.no)

**HydraTeam**

## INNHold

	<b>Forord</b>	<b>2</b>
<b>1.</b>	<b>Overflatehydrologiske forhold</b>	<b>3</b>
<b>1.1</b>	<b>Beskrivelse av kraftverkets nedbørfelt og valg av sammenligningsstasjon</b>	<b>3</b>
<b>1.1.1</b>	<b>Informasjon om kraftverkets nedbørfelt (sett kryss)</b>	<b>4</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Informasjon om sammenligningsstasjonen som skal benyttes som grunnlag for hydrologiske- og produksjonsmessige beregninger i konsesjonssøknaden.</b>	<b>4</b>
<b>1.1.3</b>	<b>Feltparametre for kraftverkets og sammenligningsstasjonens nedbørfelt</b>	<b>4</b>
<b>1.2</b>	<b>Vannføringsvariasjoner før og etter utbygging</b>	<b>6</b>
<b>1.3</b>	<b>Varighetskurve og beregning av nyttbar vannmengde</b>	<b>10</b>
<b>1.3.1</b>	<b>Kraftverkets største og minste slukeevne</b>	<b>11</b>
<b>1.3.2</b>	<b>Antall dager med vannføring større enn maksimal slukeevne og mindre enn minste slukeevne tillagt planlagt minstevannføring (se pkt. 1.2) i utvalgte år.</b>	<b>11</b>
<b>1.3.3</b>	<b>Beregning av nyttbar vannmengde til produksjon ved hjelp av hydrologiske data.</b>	<b>11</b>
<b>1.4</b>	<b>Restfelt</b>	<b>12</b>
<b>1.4.1</b>	<b>Informasjon om restfelt</b>	<b>12</b>
<b>1.5</b>	<b>Karakteristiske vannføringer i lavvannsperioden og minstevannføring</b>	<b>12</b>
<b>1.5.1</b>	<b>Karakteristiske vannføringer i lavvannsperioden og planlagt minstevannføring</b>	<b>12</b>
<b>1.6</b>	<b>Flomfrekvensanalyse</b>	<b>13</b>
<b>1.7</b>	<b>Tilleggssopplysninger</b>	<b>14</b>
	<b>Forklaringer / definisjoner</b>	<b>15</b>

## FORORD

HydraTeam AS har i henhold til bestilling fra Tyngdekraft AS fremskaffet hydrologiske data til bruk for planlegging av kraftverk i Fardalen. Tilgjengelige vannmengder er beregnet for nedbørfeltet som ønskes utredet.

Rapporten inneholder grunnlagsdata og statistikk for nedbørfeltet til Fardalen krv. basert på hydrologiske data fra databasen HYDRA II (NVE) og avrenningskart for området. Beregninger omfatter feltgrenser, feltareal, normalavløp, sesongvariasjoner, variasjoner i middelavløp (år til år), varighetskurver og alminnelig lavvannføring.

Usikkerheten i de hydrologiske beregningene følger av usikkerhet i kart, avrenningskart, bruk av måleserier. Etter vår faglige vurderinger oversendes de beste grunnlag som kan fremskaffes for planlegging av kraftverket.

Rapporten er basert på NVEs skjema for dokumentasjon av hydrologiske forhold for små kraftverk med konsesjonsplikt. De fleste plott og figurer er fra NVEs database.

Kai Fjelstad (HydraTeam) har vært ansvarlig for oppdraget. Geir Gautun har kvalitetskontrollert rapporten.

*Geir Gautun*

Geir Gautun  
Daglig leder

*Kai Fjelstad*

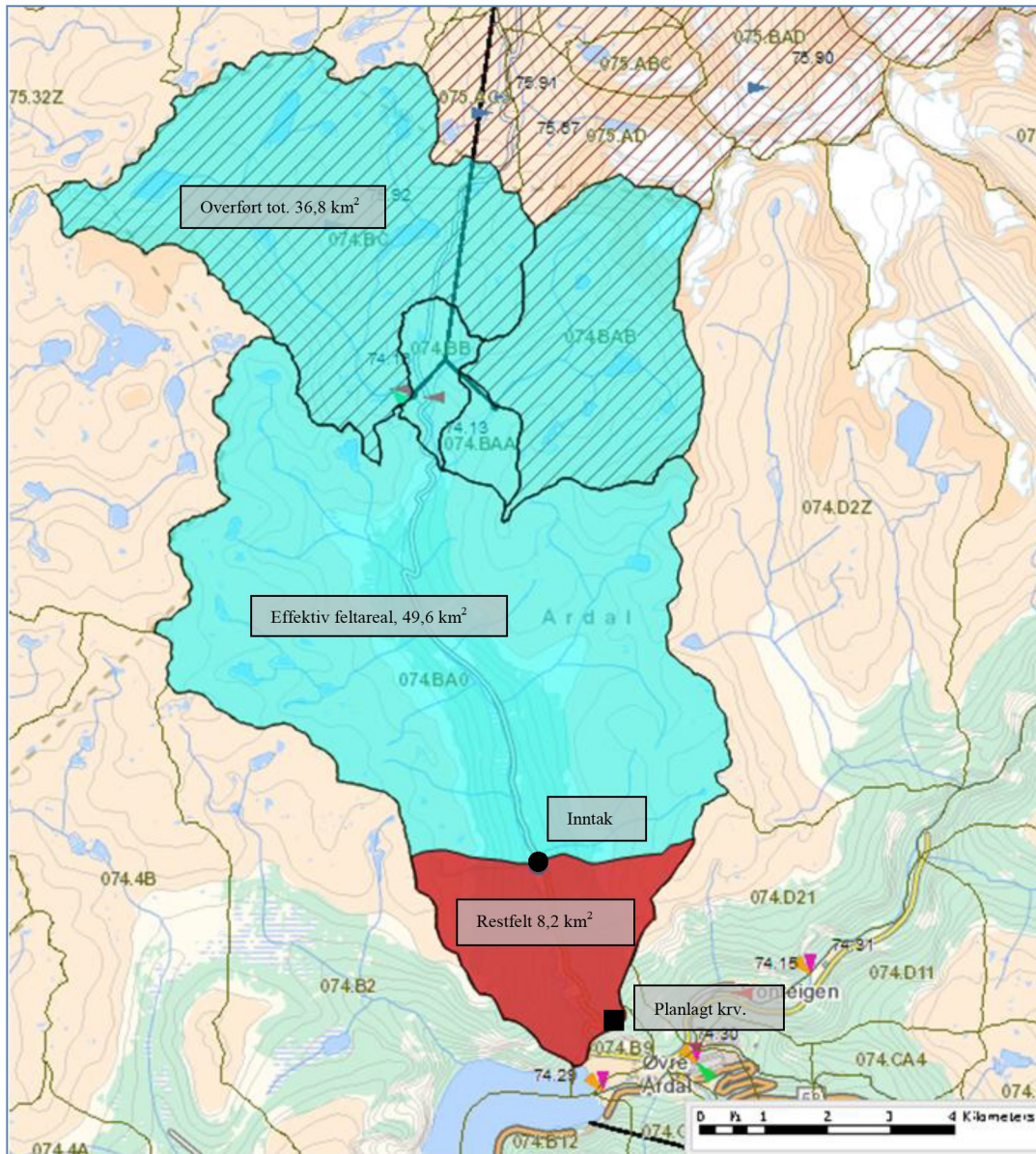
Kai Fjelstad  
Prosjektleder



## Dokumentasjon av hydrologiske forhold for Fardal kraftverk

### 1. Overflatehydrologiske forhold

#### 1.1 Beskrivelse av kraftverkets nedbørfelt og valg av sammenligningsstasjon



Figur 1. Kart som viser nedbørfeltet til kraftverkets inntakspunkt og planlagt kraftverk. Restfeltet er merket med rødt. Skraverte feltene er overført til nabovassdraget. (kilde: NVE-atlas).

### 1.1.1 Informasjon om kraftverkets nedbørfelt (sett kryss).

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

Nedbørfeltet til Fardalselvi er på totalt 94,97 km<sup>2</sup>, hvor to felt til sammen på 36,8 km<sup>2</sup> er overført til nabovassdraget for kraftproduksjon, se fig 1. De overførte feltene ligger helt øverst i vassdraget og vil kunne bidra med vann ved flom. Det er gjort 10 år med registrering av overløpvannet for det ene feltet (Langedalselvi) som viser at det i perioder går vann forbi inntakene, men disse dataene er svært usikre. Bidrag fra disse feltene er lite og tilfeldig pga. overføringen og er derfor ikke tatt hensyn til i beregningene. Det effektive feltet for inntakspunktet til Fardalene kraftverk er på 49,58 km<sup>2</sup>.

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

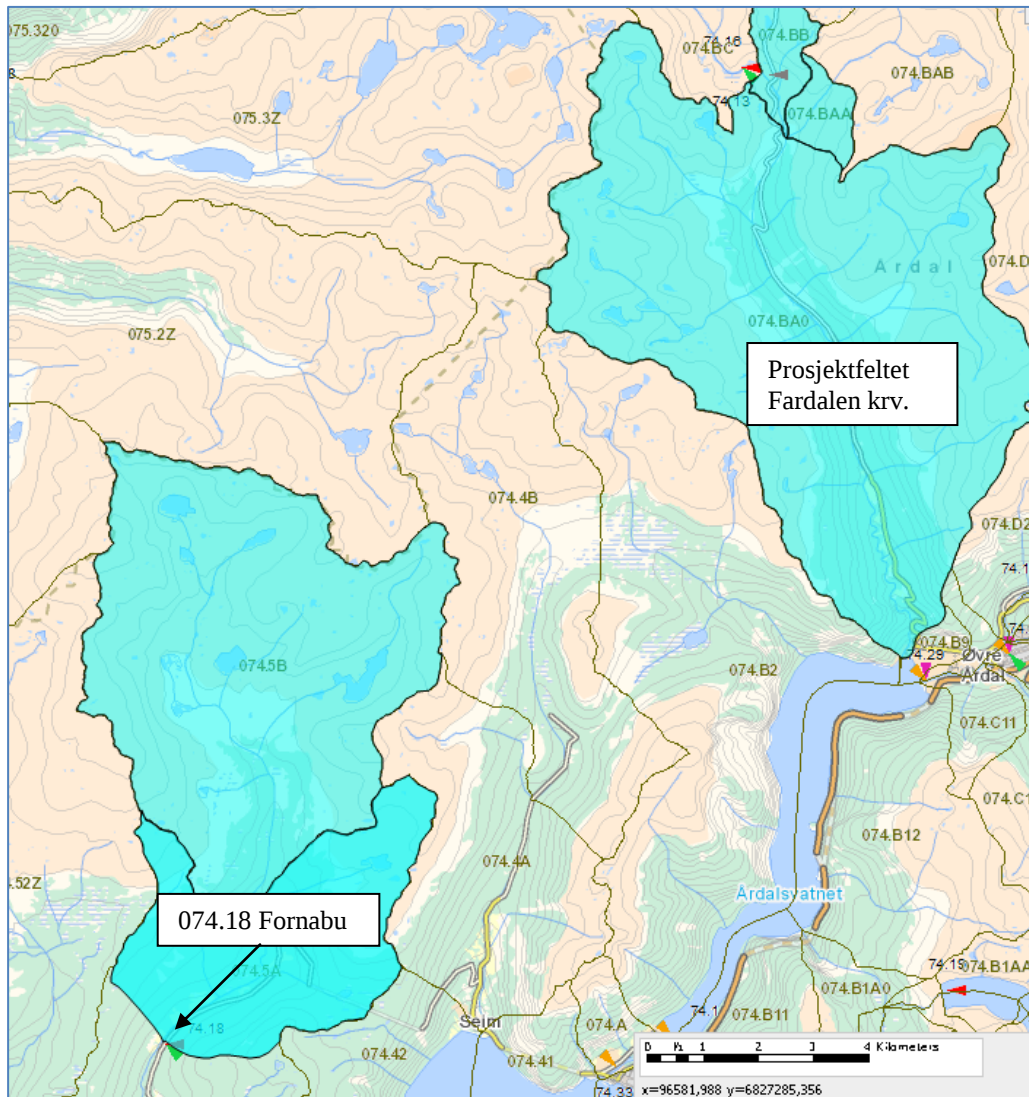
Stasjonsnummer og stasjonsnavn <sup>3</sup>	074.18 Fornabu
Skaleringsfaktor <sup>4</sup>	0,933
Periode med data som er benyttet	1990-2010
Totalt antall år med data	21

### 1.1.3 Feltparametre for kraftverkets og sammenligningsstasjonens nedbørfelt.

	Kraftverkets nedbørfelt ovenfor inntak		Sammenligningsstasjonens nedbørfelt <sup>6</sup>	
	Areal (km <sup>2</sup> )	49,58		53,13
Høyeste og laveste kote (moh)	1567	480	1450	402
Feltlengde km (inntak–fjerneste krok)	9,2		10,98	
Feltbredde km (feltareal/feltlengde)	5,4		4,84	
Myr %	0,85		0,62	
Sjø %	0,91		2,5	
Effektiv sjøprosent <sup>7</sup>	0,11		0,08	
Breandel (%)	0		0	
Skog %	16,1		27,48	
Snaujellandel (%) <sup>8</sup>	82		61,3	
Hydrologisk regime <sup>9</sup>	Flom – vår-høst/ lavvann - vinter		Flom – vår-høst/ lavvann - vinter	
Middelavrenning/ midlere årstilsig (1961-1990) fra avrenningskartet <sup>10</sup>	2,2	m <sup>3</sup> /s	2,4	m <sup>3</sup> /s
	44,5	l/s km <sup>2</sup>	45,3	l/s km <sup>2</sup>
	69,4	mill m <sup>3</sup>	75,7	mill m <sup>3</sup>
Middelavrenning (1990-2010) for Sammenligningsstasjonen Skalert <sup>11</sup>	1,98	m <sup>3</sup> /s	39,93	l/s km <sup>2</sup>

## Kort begrunnelse for valg av sammenligningsstasjon

Tilslagsserien 74.18 Fornabu er uregulert og ligger like vest for Fardalen. Feltegenskapene er mye det samme som prosjektfeltet. Det er 21 år med data og vannføringskurven anses å være middels god. Det burde ha vært utført flere høye målinger på flom og kurven har status midlertidig. Ellers er vannføringskurven veldig bra på normalområdet (25% – 75% persentil). Det er lite med andre sammenligningsstasjoner i området som ikke har bre i feltet eller er uregulert. Ut fra flere analysearbeid og sammenligning med andre målestasjoner, har vi kommet fram til at tilslagsserien 74.18 Fornabu gir best grunnlagsdata for beregningene i Fardalen.



Figur 2. Kart med inntegnet nedbørfelt (53,1 km<sup>2</sup>) til Fornabu målestasjon som benyttes som grunnlagsdata for hydrologiske beregninger. Målestasjonen ligger vest for Fardalvassdraget (kilde NVE-atlas).

## Kommentarer

Tilslagsserien 74.16 Langdalen målestasjon ligger øverst i feltet i prosjektområdet og ville vært naturlig å bruke som grunnlagsdata for Fardalen kraftverk. Målestasjonen er likevel ikke vakt som grunnlagsdata, da målestasjonen ligger høyt i fjellet og får mindre avrenning om vinteren. Feltet ligger også skjermet for vær-systemer som kommer sørvest og bidrar derfor til mindre nedbør. Spesifikk avløp fra observasjonsperioden gir 51,28 l/s\*km<sup>2</sup>. NVEs isohydatkartet for perioden 1961 – 90 gir 59,3 l/s\*km<sup>2</sup> – ca 16,5 % forskjell.



## 1.2 Vannføringsvariasjoner før og etter utbygging <sup>12</sup>

### Dataserier - beskrivelser

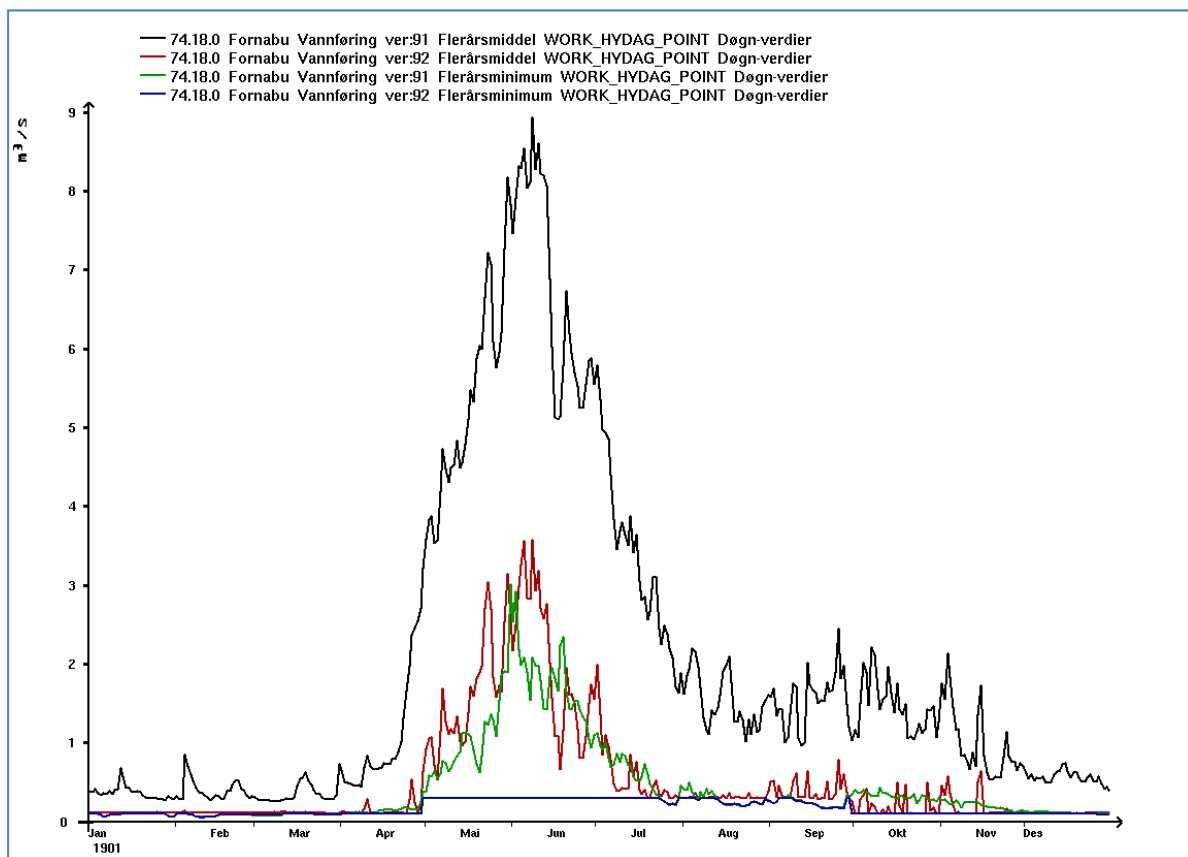
74.18.0.1001.91: Data fra målestasjon 74.18.0.1001.1 Fornabu i NVEs database som er skalert med faktoren 0,933 (skaleringsfaktor). Serien beskriver avrenningsforhold ved inntaket til planlagt kraftverk i Fardalselvi.

74.18.0.1001.92: Restvannføring like nedenfor inntak. Vann som slippes forbi dam. Inkluderer minstevannføring, flomtap og vanntap ved vannføring lavere enn laveste slukeevne. Brukes for beregning av vannføring ndf inntak etter utbygging.

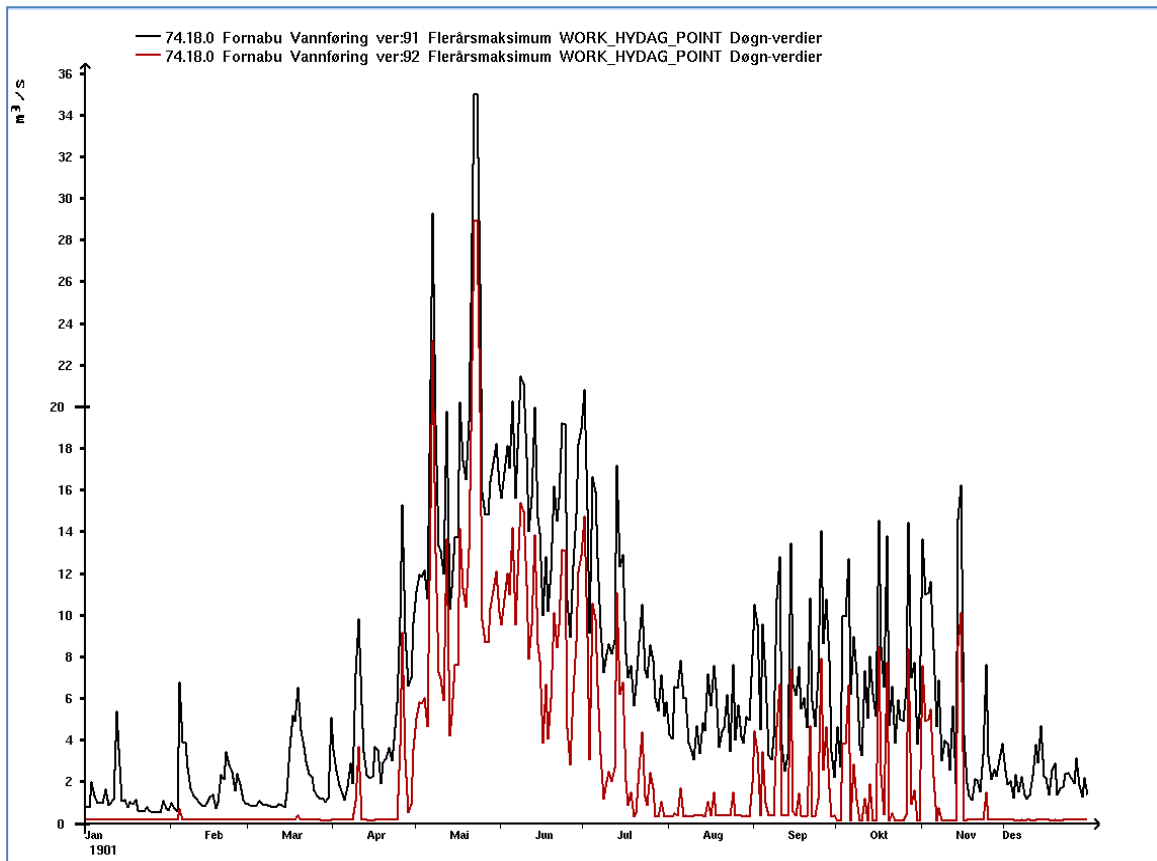
74.18.0.1001.93: Totalvannføringen (74.18.0.1001.91) minus minstevannføring. Serien brukes til varighetskurve uten minstevannføring (tilgjengelig vann).

74.18.0.1001.94: Data fra målestasjon 74.18.0.1001.1 Fornabu i NVEs database som er skalert med faktoren 1,055 (skaleringsfaktor). Serien beskriver avrenningsforhold like ovenfor stasjons alternativ 1.

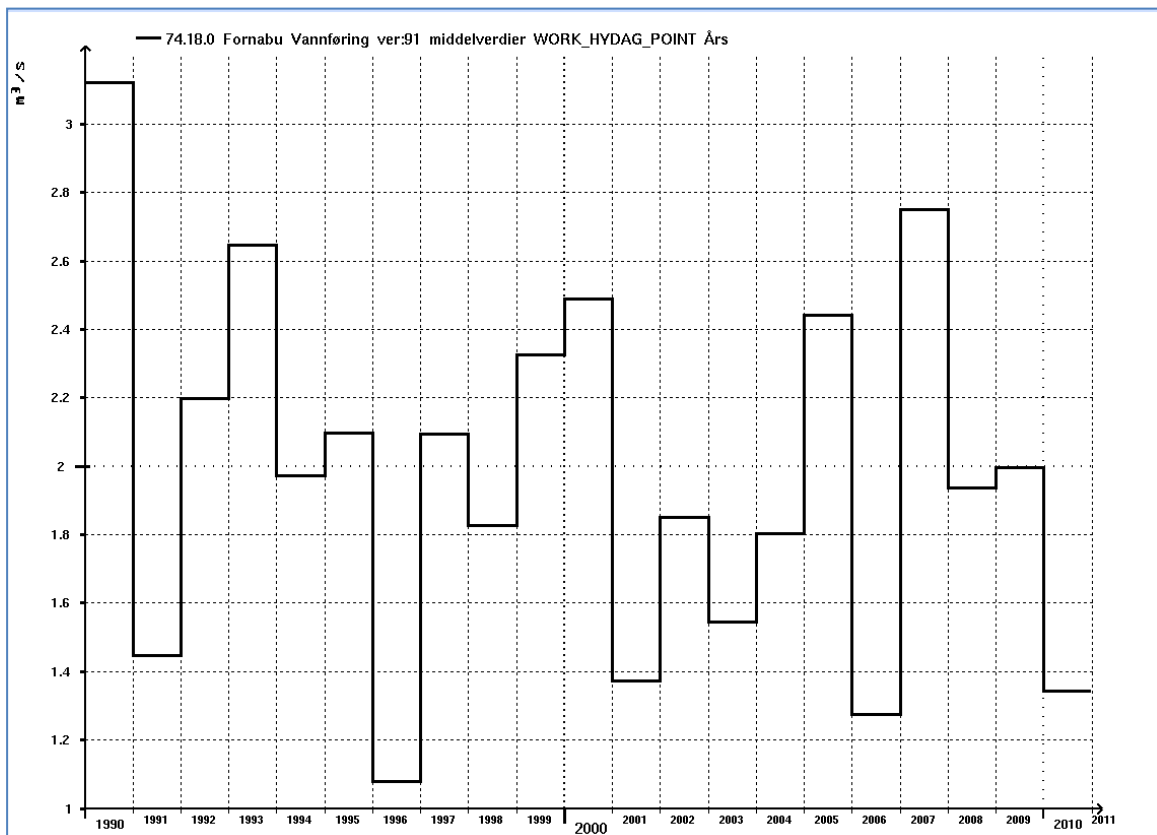
74.18.0.1001.95: Restvannføring like ovenfor uttak kraftstasjon. Vann fra restfeltet og vann som slippes forbi dam. Inkluderer minstevannføring, flomtap og vanntap ved vannføring lavere enn laveste slukeevne. Brukes for beregning av vannføring like ovenfor uttak alternativ 1 etter utbygging.



Figur 3. Flerårs middel- og minimumsvannføringer like ndf. inntaket – før/etter utbygging (døgndata) <sup>13</sup>

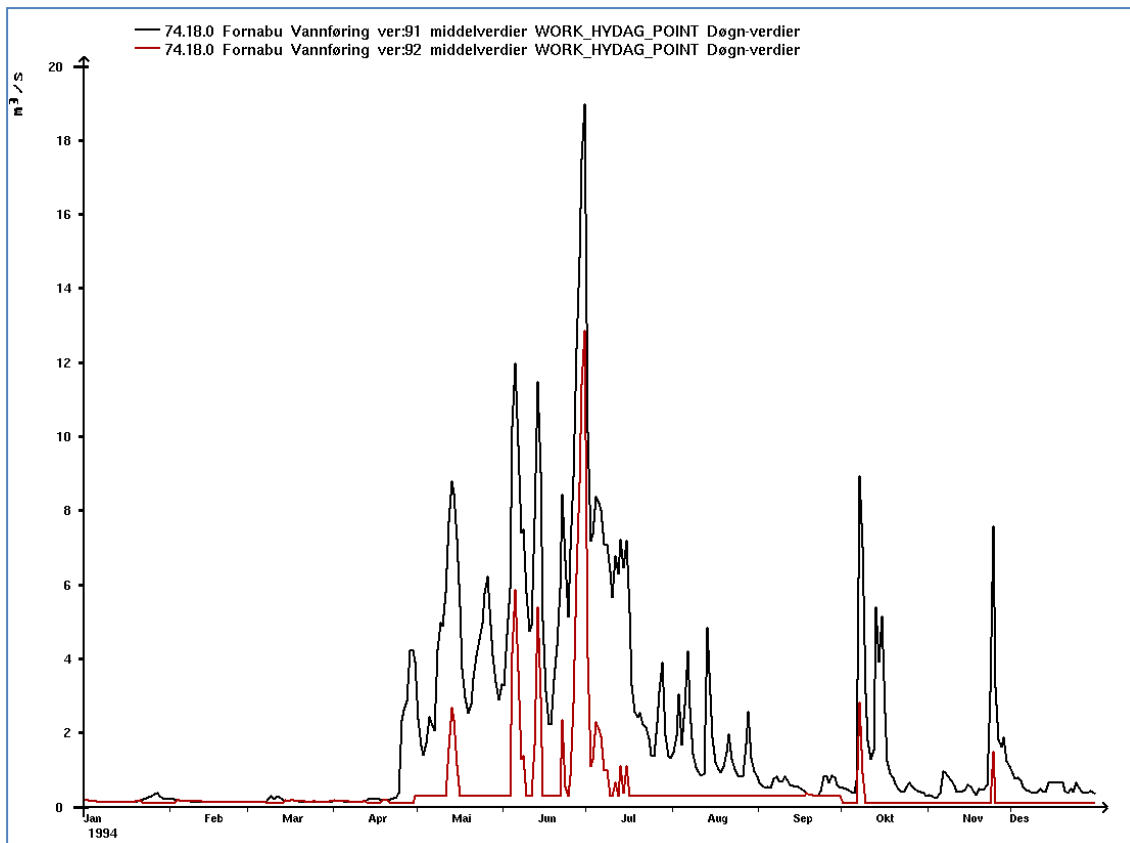


Figur 4. Flerårs maksimumsvannføringer like ndf. inntaket – før/etter utbygging (døgndata)<sup>14</sup>

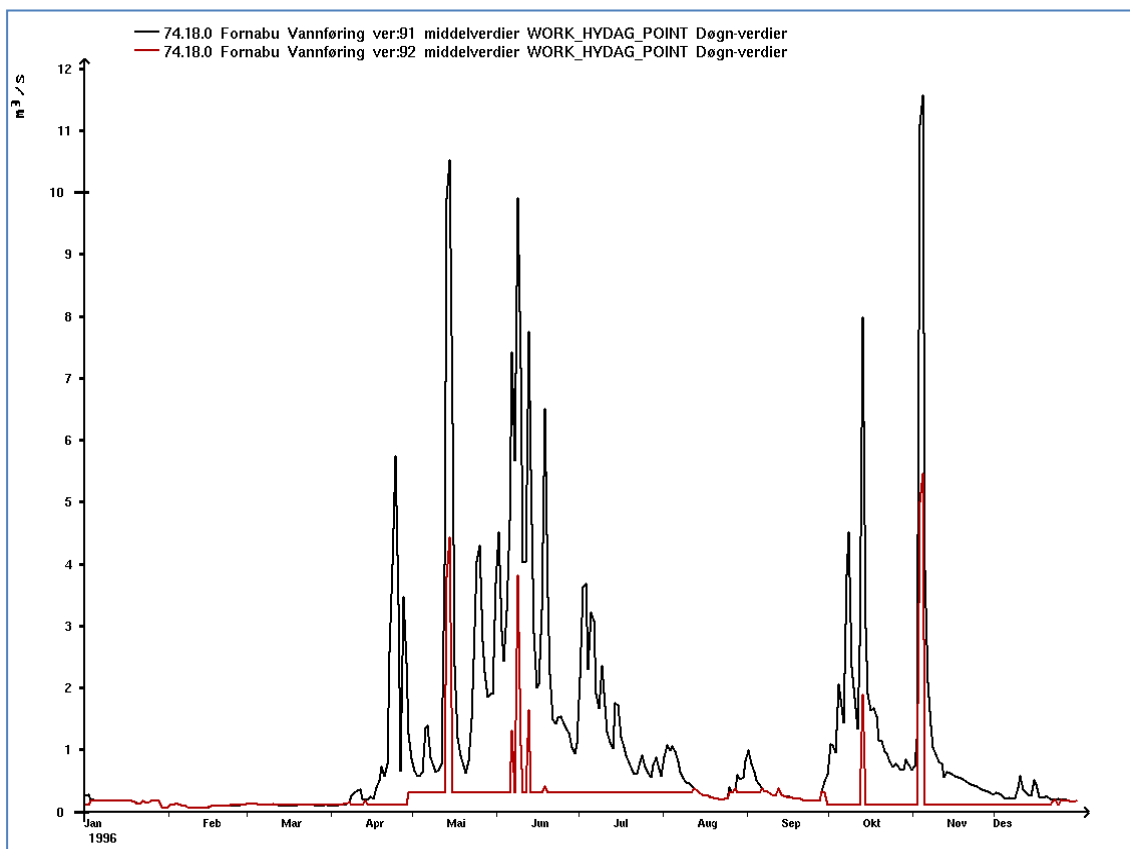


Figur 5. Variasjoner i vannføring fra år til år<sup>15</sup> (skalerte verdier)

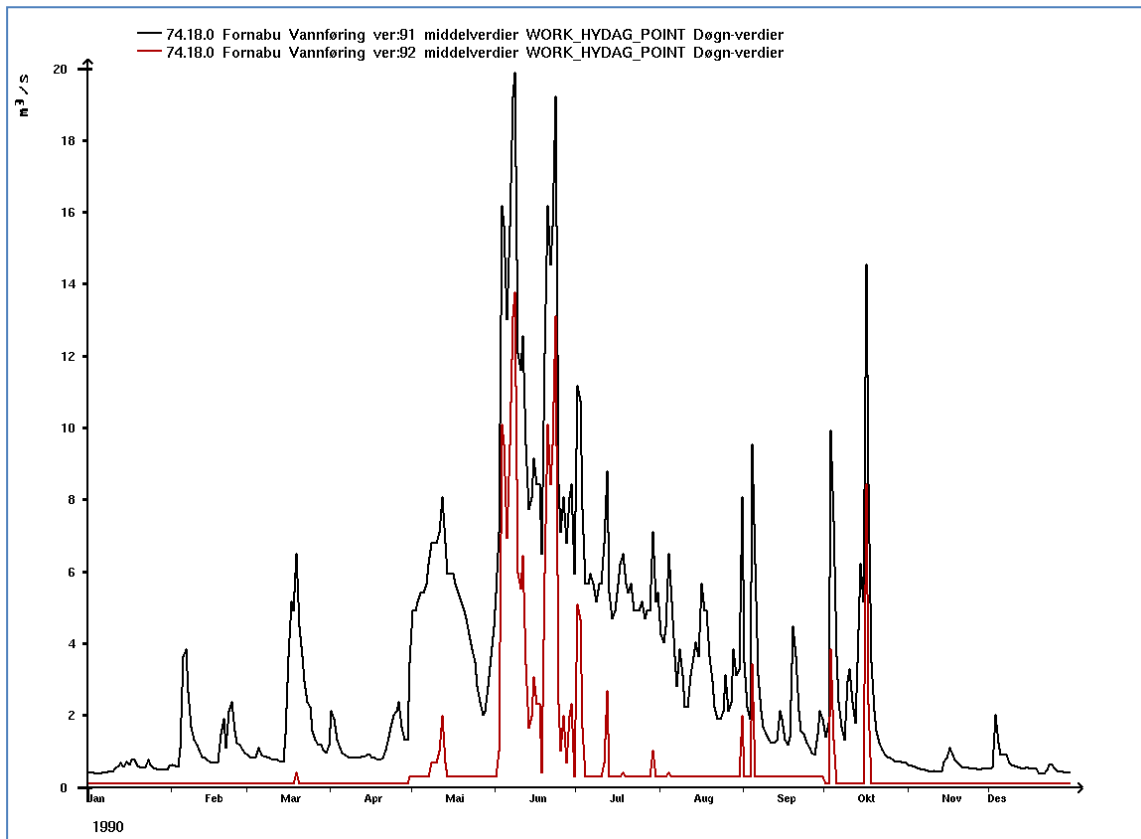




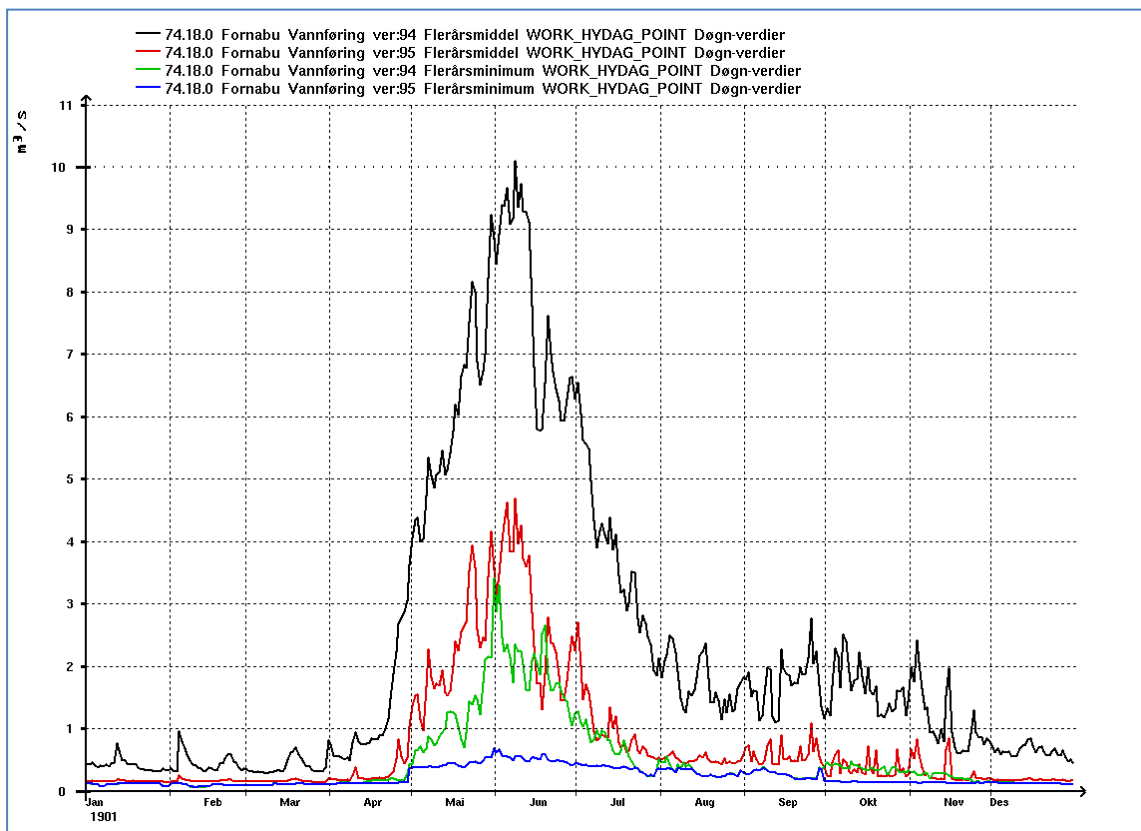
Figur 6. Vannføringsvariasjoner like ndf. inntaket i et middels (1994) år (før og etter utbygging).<sup>16</sup>



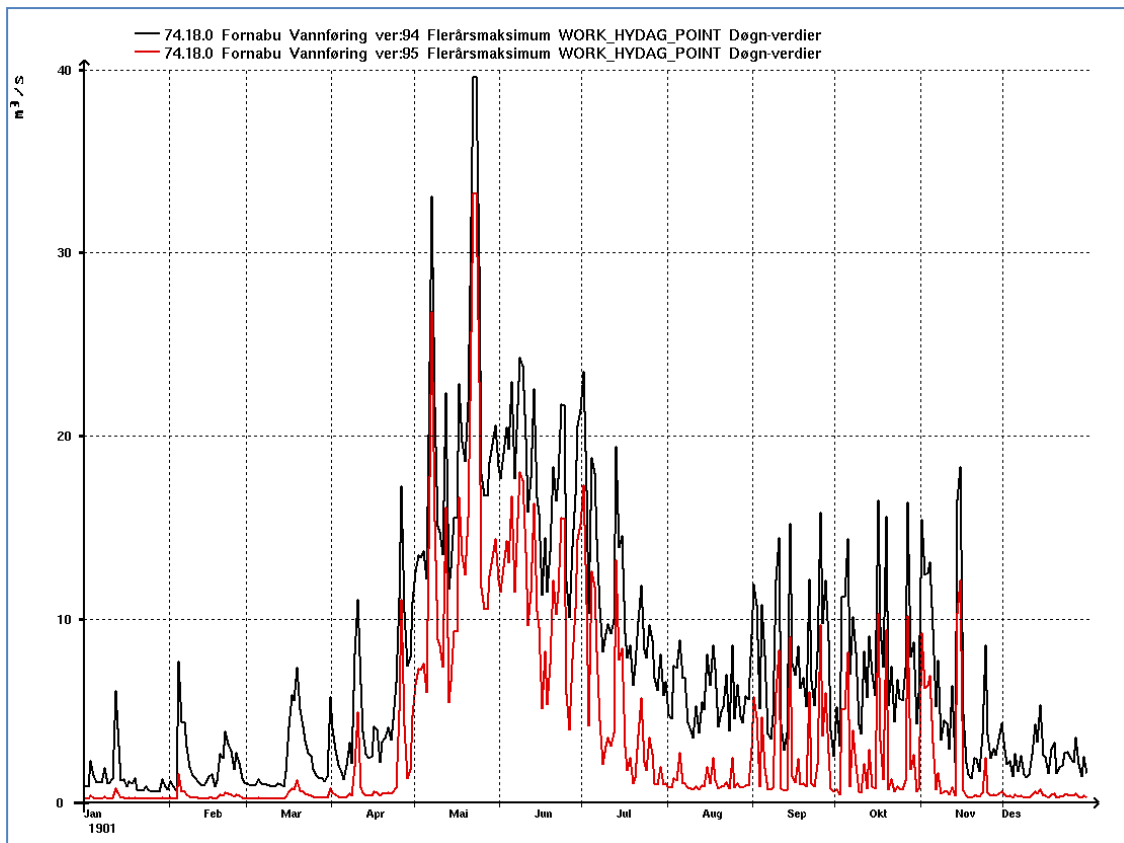
Figur 7. Vannføringsvariasjoner like ndf. inntaket i et tørt (1996) år (før og etter utbygging).<sup>17</sup>



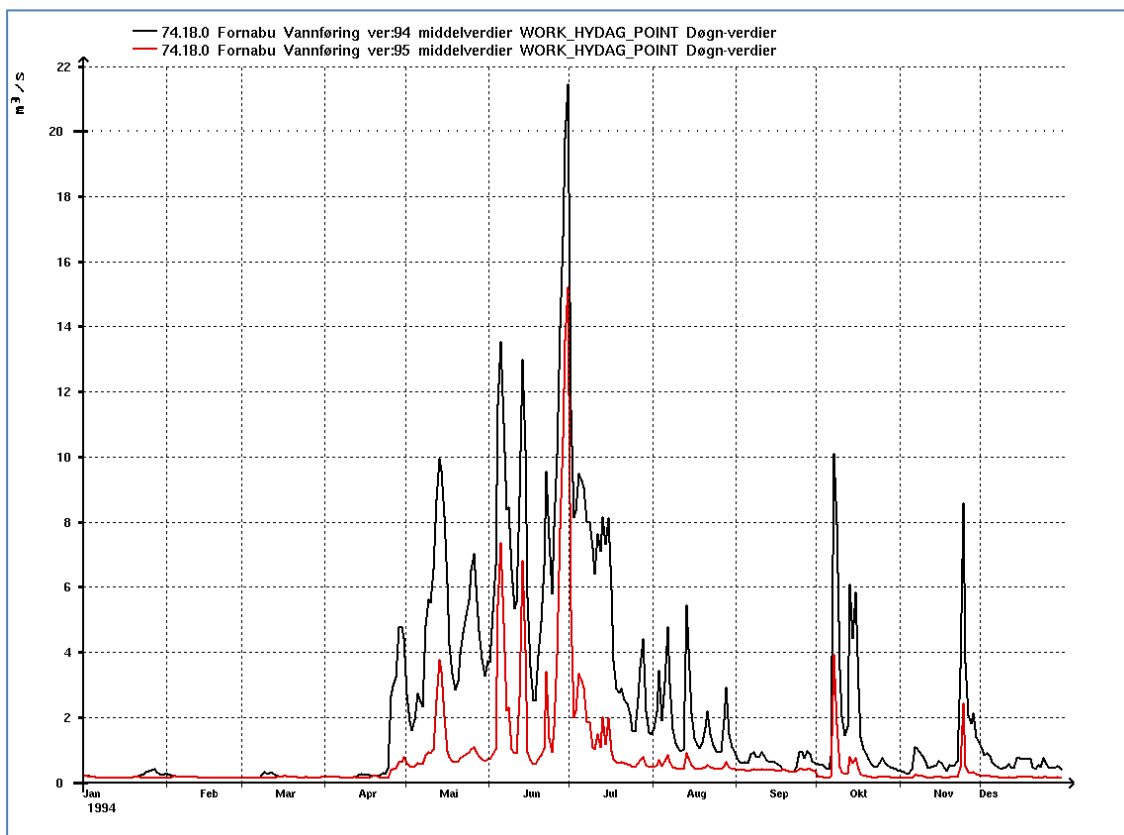
Figur 8. Vannføringsvariasjoner like ndf. inntaket i et vått (1990) år (før og etter utbygging).<sup>18</sup>



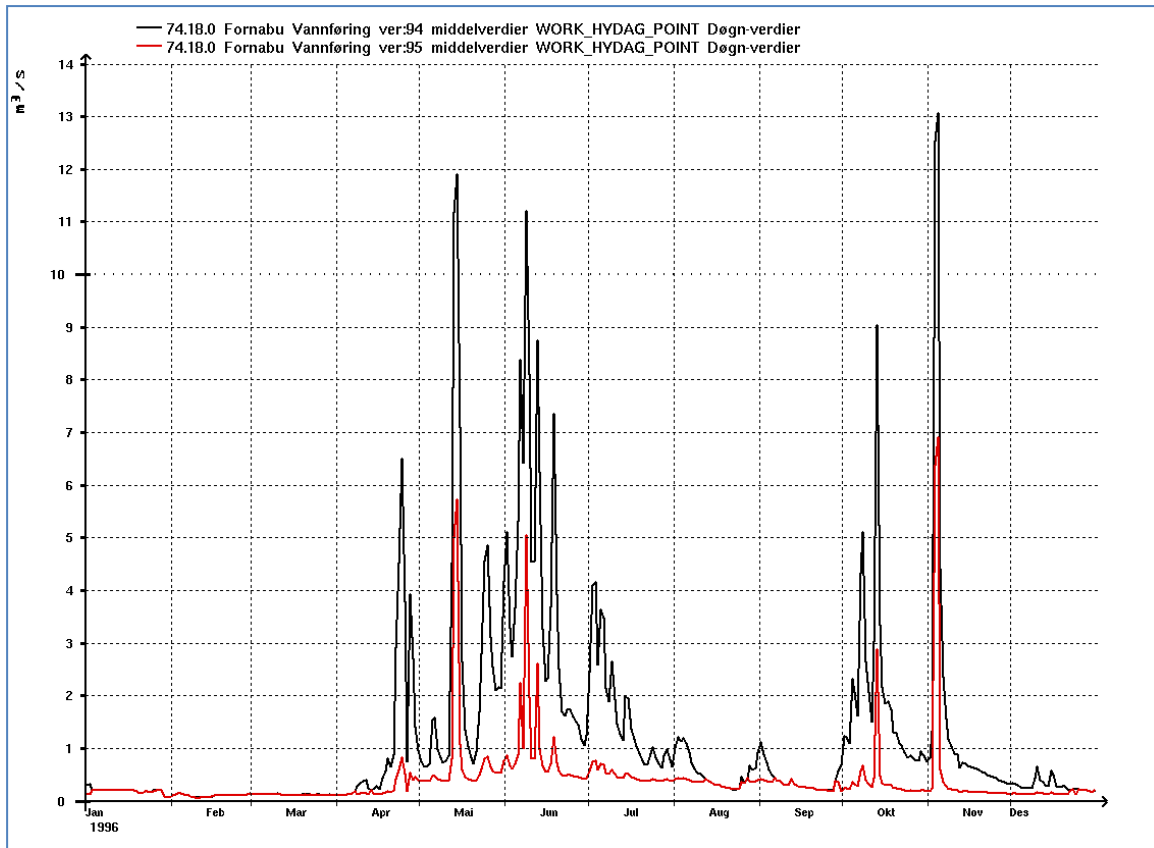
Figur 9. Flerårs middel- og minimumsvannføringer like ovf. stasjonsalternativ 1 – før/etter utbygging (døgndata)<sup>13</sup>



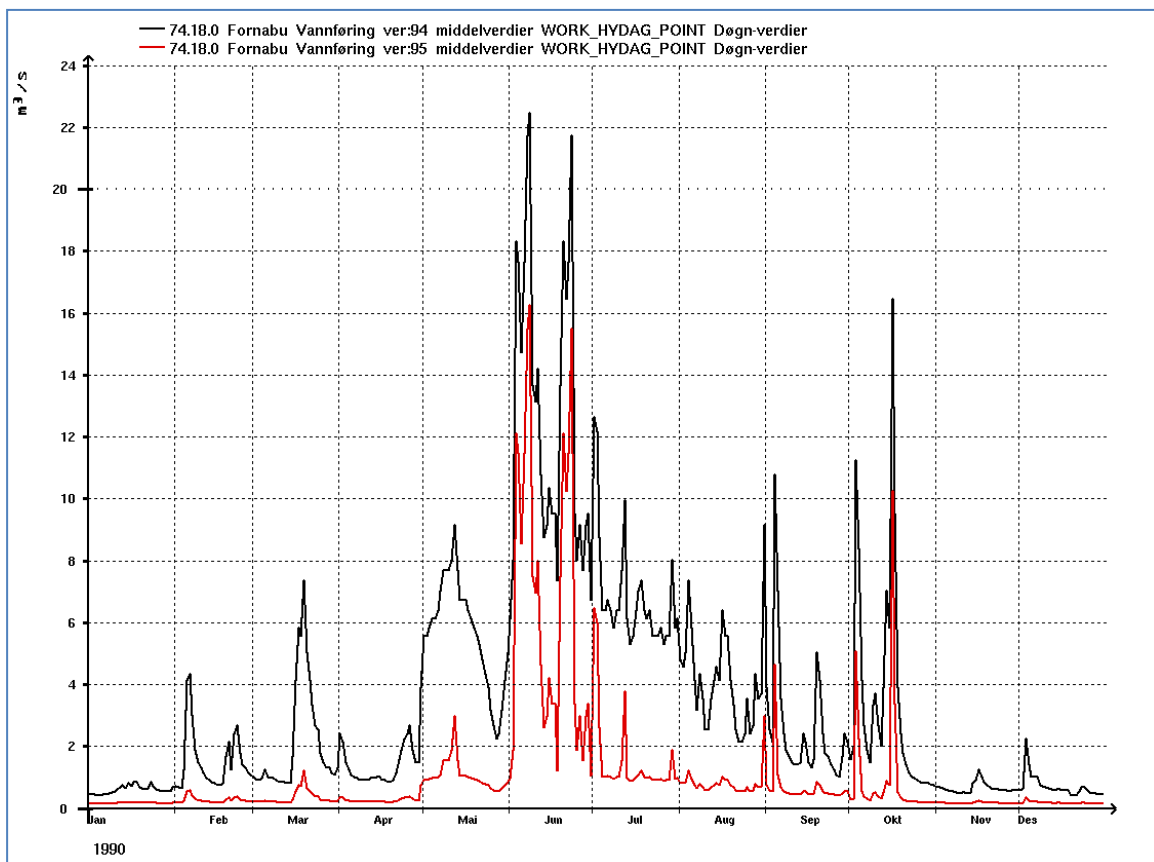
Figur 10. Flerårs maksimumsvannføringer like ovf. stasjonsalternativ 1 – før/etter utbygging (døgn-data)<sup>14</sup>



Figur 11. Vannføringsvariasjoner like ovf. stasjonsalternativ 1 i et middels (1994) år (før og etter utbygging).<sup>16</sup>



Figur 12. Vannføringsvariasjoner like ovf. stasjonsalternativ 1 i et tørt (1996) år (før og etter utbygging).<sup>17</sup>

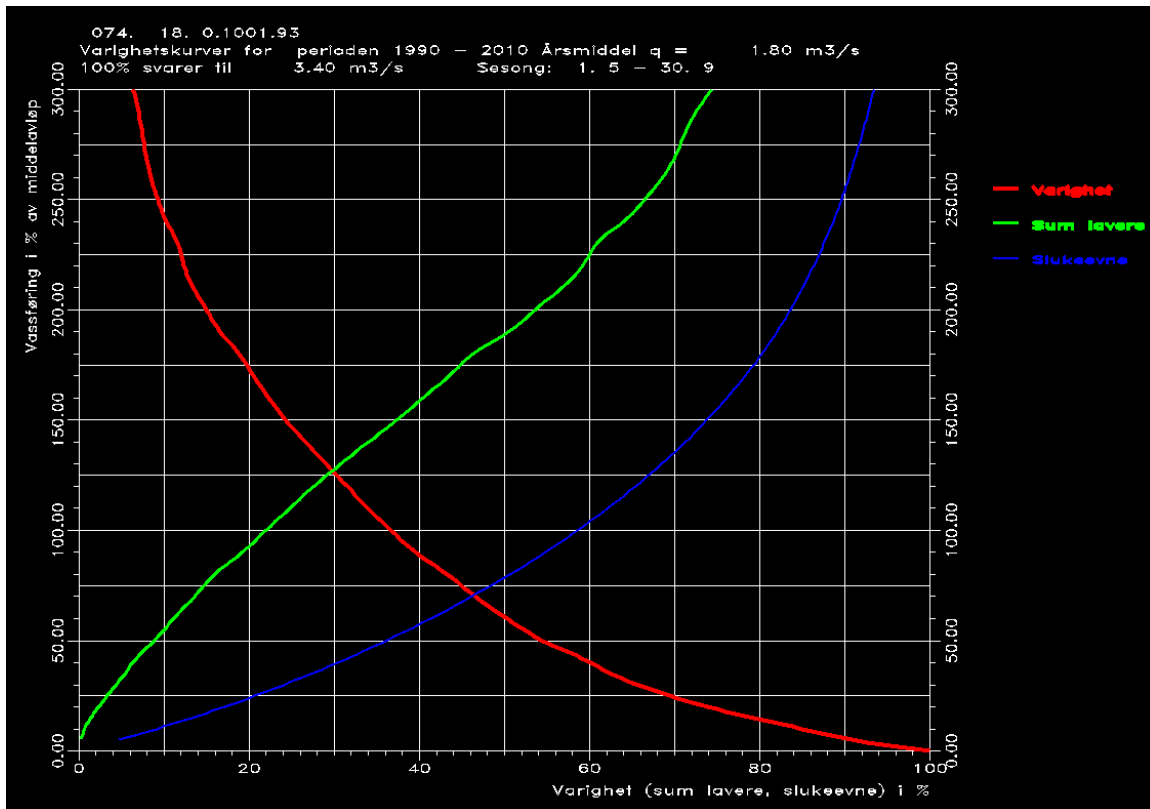


Figur 13. Vannføringsvariasjoner like ovf. stasjonsalternativ 1 i et vått (1990) år (før og etter utbygging).<sup>18</sup>

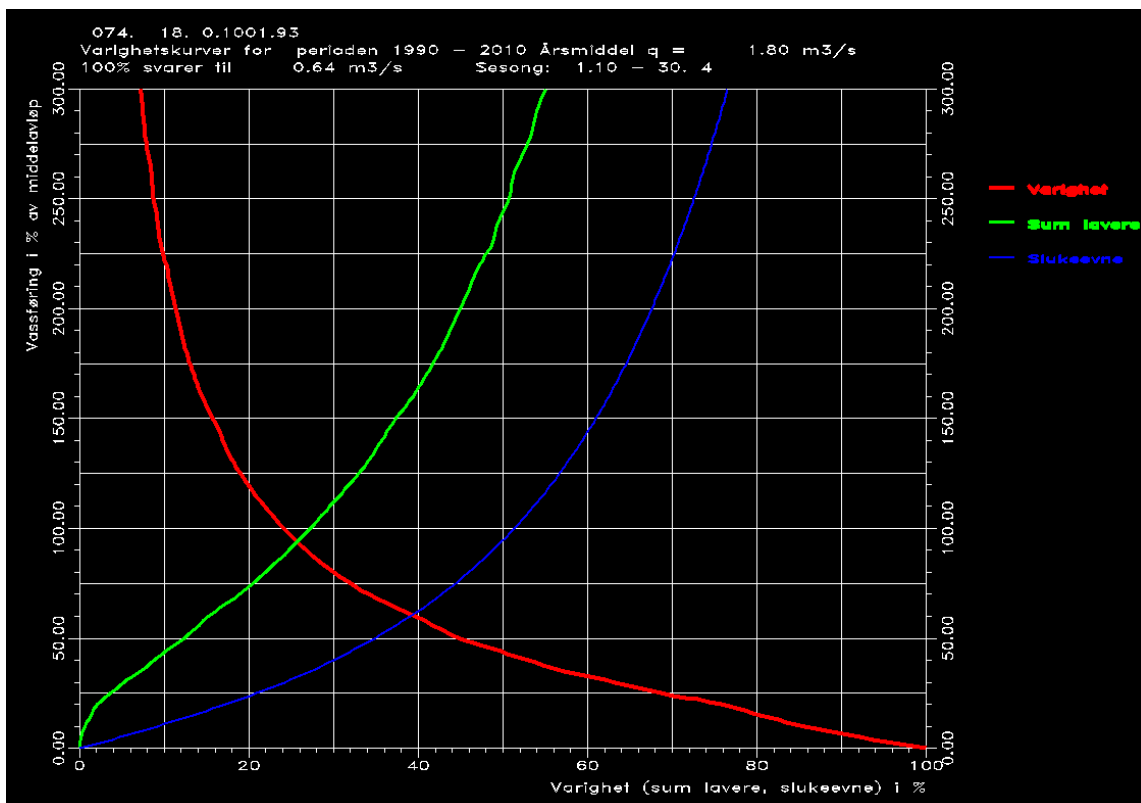




### 1.3 Varighetskurve<sup>19</sup> og beregning av nyttbar vannmengde



Figur 9. Varighetskurve for sommersesongen (1/5 – 30/9), skalerte verdier hvor minstevannføringen er trukket fra.



Figur 10. Varighetskurve for vintersesongen (1/10 – 30/4), skalerte verdier hvor minstevannføringen er trukket fra.

### 1.3.1 Kraftverkets største og minste slukeevne

	Maks	Min
Kraftverkets slukeevne (m <sup>3</sup> /s)	6,1	0,1

### 1.3.2 Antall dager med vannføring større enn maksimal slukeevne og mindre enn minste slukeevne tillagt planlagt minstevannføring (se pkt. 1.2) i utvalgte år.

	Tørt år	Middels år	Vått år
Antall dager med vannføring > maksimal slukeevne	10	35	49
Antall dager med vannføring < planlagt minstevannføring + minste slukeevne	144	93	0

### 1.3.3 Beregning av nyttbar vannmengde til produksjon ved hjelp av hydrologiske data.

Tilgjengelig vannmengde mill. m <sup>3</sup> pr. år <sup>20</sup>	62,5
Beregnet vanntap fordi vannføringen er større enn maks slukeevne (% av middelvannføring)	15,2
Beregnet vanntap fordi vannføringen er mindre enn min slukeevne (% av middelvannføring)	0,3
Beregnet vanntap på grunn av slipp av minstevannføring (% av middelvannføring)	9,3
Nyttbar vannmengde til produksjon mill. m <sup>3</sup> pr. år	47

## 1.4 Restfeltet<sup>21</sup>

### 1.4.1 Informasjon om restfelt.

Inntaket og kraftverkets høyde (moh)	480	5
Lengde på elva mellom inntak og kraftverk <sup>22</sup> (m)	4100	
Restfeltets areal alternativ 1 (km <sup>2</sup> )	8,2	
Tilslig fra restfeltet utløp alternativ 1 (m <sup>3</sup> /s)	0,248	

## 1.5 Karakteristiske vannføringer i lavvannsperioden og minstevannføring.

### 1.5.1 Karakteristiske vannføringer i lavvannsperioden og planlagt minstevannføring.

	Vannføring (m <sup>3</sup> /s)
Alminnelig lavvannføring/5-persentil <sup>23</sup> – Hele året	0,130/0,140
5-persentil <sup>23</sup> – Sommer/vinter	0,360/0,120
Planlagt minstevannføring – Sommer/vinter	0,300/0,100

### Kommentarer

Alminnelig lavvannføring ved 74.18 Fornabu (1990-2010) er beregnet med NVEs program E-TABELL til 2,62 l/s·km<sup>2</sup> – som gir 0,130 m<sup>3</sup>/s ved planlagt inntak i Fardalen. Beregnet 5-persentil for hele året ved planlagt inntak gir 0,140 m<sup>3</sup>/s, ca 7 % forskjell. Det er foreslått en sesongfordeling på minstevannføring på henholdsvis 0,300 m<sup>3</sup>/s om sommeren (1/5 – 30/9) og 0,100 på vinteren (1/10 – 30/4).

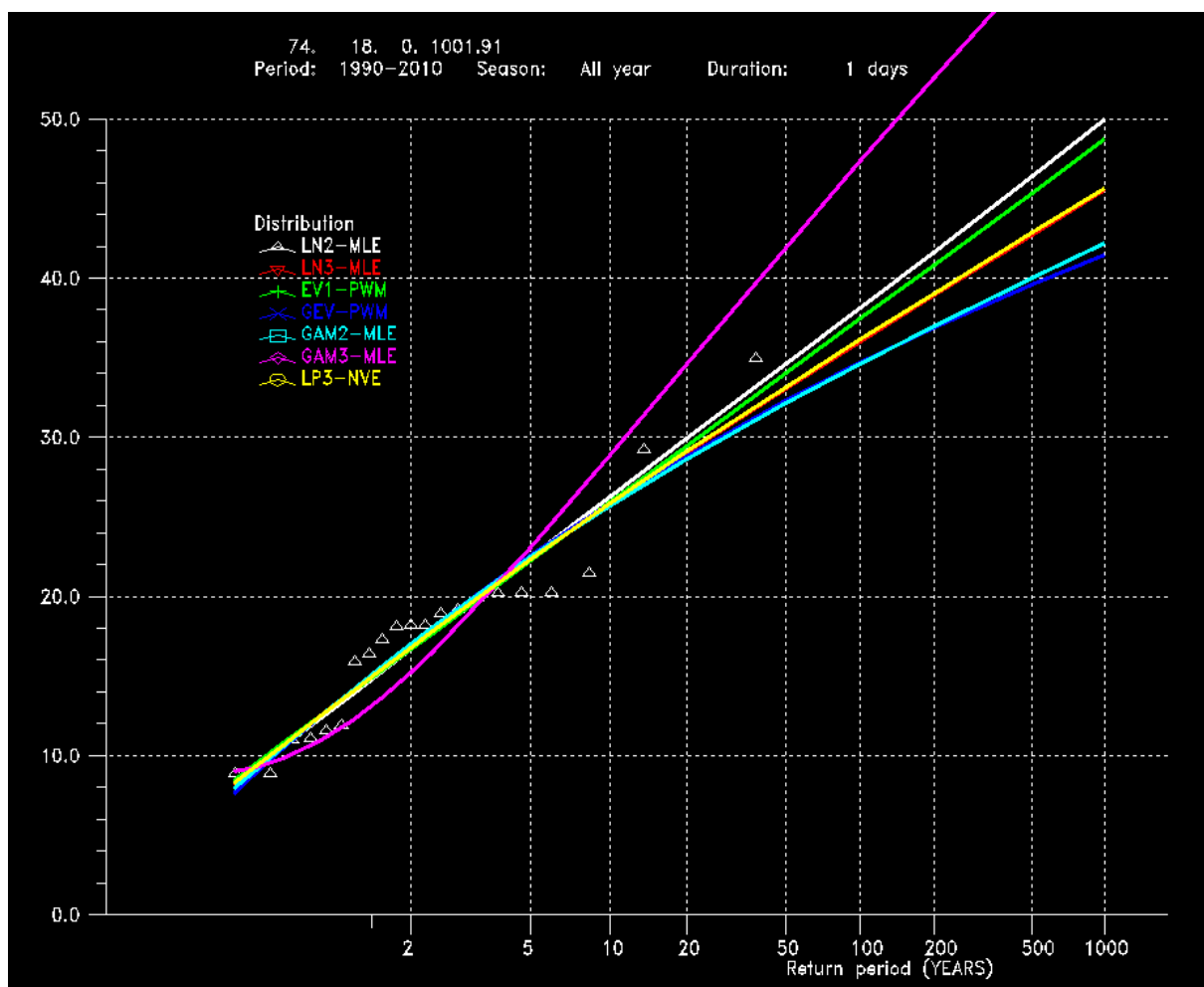


## 1.6 Flomfrekvensanalyse

### Datagrunnlag – flom:

Programmet EKSTREM i NVEs database HYDRA II er benyttet til flomfrekvensanalyse i rapporten. Skalerte døgndata fra Fornabu målestasjon er brukt som grunnlagsdata for Fardalen Kraftverk. Flomfrekvensanalyse er vist i tabell under. Tabellen viser 7 forskjellige fordelingsfunksjoner med tilhørende vannføring for de ulike gjentakintervaller. Fordelingene er også vist grafisk i figuren under og alle ligger samlet med unntak av en. Snittet av de samkjørte fordelingene gir en 50-årsflom på 33,4 m<sup>3</sup>/s og en 200-årsflom på 39,3 m<sup>3</sup>/s. Middelflomvannføring er på 17,6 m<sup>3</sup>/s. Alle vannføringer er døgnmiddel.

Flomkvantiler (absolutte verdier)							
Gjentaksint.	Fordelingsfunksjon						
	LN2-MLE	LN3-MLE	EV1-PWM	GEV-PWM	GAM2-MLE	GAM3-MLE	LP3-NVE
5	22.49	22.38	22.22	22.57	22.47	22.91	22.38
10	26.39	25.85	25.95	25.89	25.79	28.40	25.94
20	30.11	29.05	29.53	28.82	28.76	33.75	29.23
50	34.93	33.06	34.17	32.27	32.35	40.64	33.35
100	38.56	35.99	37.64	34.64	34.89	45.72	36.36
200	42.22	38.87	41.10	36.81	37.32	50.66	39.31
500	47.11	42.64	45.67	39.43	40.39	56.98	43.14
1000	50.88	45.47	49.12	41.24	42.64	61.59	46.02



Figur 11. Flomfrekvensanalyse for perioden 1990-2010

### 1.7 Tilleggsopplysninger

**Vassdragsnummer (NVE-regine): 074.BA0**

**Vernestatus:** Ingen kjente vernestatus som er i nedslagsfeltet til planlagt kraftverk i Fardalen

## Forklaringer / definisjoner

- 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 Feltparametere for sammenligningsstasjon kan leses fra NVEs database Hydra 2 ved bruk av programmet HYSOPP.
- 7 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:  $100 \sum (A_i * a_i) / A^2$  der  $a_i$  er innsjø  $i$ 's overflateareal ( $\text{km}^2$ ) og  $A_i$  er tilsigsarealet til samme innsjø ( $\text{km}^2$ ), mens  $A$  er arealet til hele nedbørfeltet ( $\text{km}^2$ ). 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.
- 8 Snaufjellandel. Andel snaufjell beregnes som arealandel over skoggrensen fratrukket eventuelle breer, sjøer og myrer over skoggrensen.
- 9 På hvilken tid av året (vår, sommer, høst, vinter) inntreffer hhv flom og lavvann?
- 10 Middelvrenning i normalperioden 1961-1990. Inneholder usikkerhet på i størrelsesorden  $\pm 20\%$ .
- 11 Beregnet for sammenligningsstasjonen i observasjonsperioden eller den perioden som ligger til grunn for beregningen.
- 12 For tilsiget til kraftverkets inntakspunkt.
- 13 For hver dag gjennom året (døgnverdi: januar-desember) plottes hhv middel/median-og minimumsvannføringen over en lang årrekke (helst 20-30 år med døgndata).
- 14 For hver dag gjennom året (døgnverdi: januar-desember) plottes maksimumsvannføringen over en lang årrekke (helst 20-30 år med døgndata).
- 15 Årsmiddel for hvert år i observasjonsperioden.
- 16 Tørt år må angis (f.eks året i observasjonsperioden med laveste årsvolum). Vannføringsvariasjoner (døgnmiddel) før og etter inngrep vises i samme diagram (januar – desember).
- 17 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).
- 18 Vått år må angis (f.eks året i observasjonsperioden med høyest årsvolum). Vannføringsvariasjoner (døgnmiddel) før og etter vises i samme diagram (januar – desember).
- 19 Varighetskurve skal angi hvor stor del av tiden (angitt i %) vannføringen er større enn en viss verdi (angitt i % av middelvannføringen). Alle døgnvannføringene 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.
- 20 Normalavløp 1961-1990 (eller forventet gjennomsnittlig årlig avløp).
- 21 Med restfelt menes arealet mellom inntakspunkt og kraftverk.
- 22 Lengde i opprinnelig elveløp og *ikke* korteste avstand.
- 23 Den vannføringen som underskrides 5% av tiden.