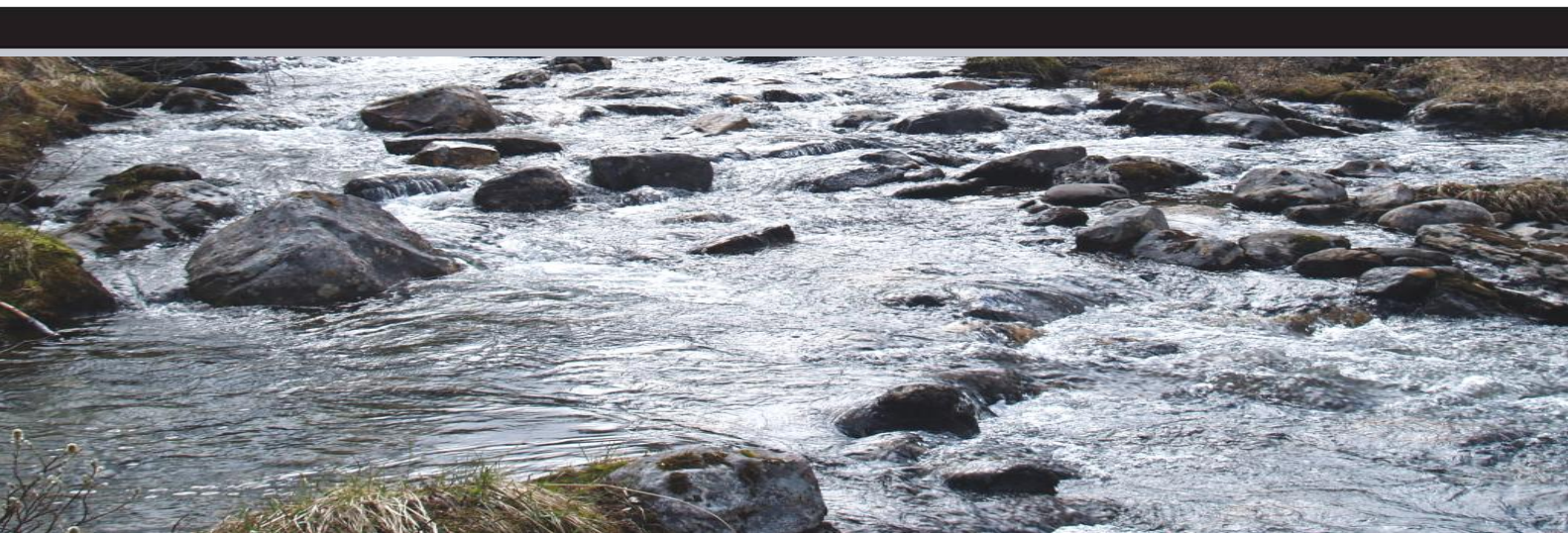


Østfold Energi



MØRKDØLA PUMPE

- **TEKNISK HYDROLOGI**
- **VURDERING AV HYDROLOGISKE
KONSEKVENSER
AV PLANLAGT TILTAK**

RAPPORT

Deres ref.:

Vår ref.:
167791 - Hydrologi

Dato:
23.4.2012

Til:
Østfold Energi

Fra:
Kjetil Sandsbråten

**TEKNISK HYDROLOGI OG KORT VURDERING AV
HYDROLOGISKE KONSEKVENSER AV PLANLAGT TILTAK**

MØRKDØLA PUMPE

1	Innledning	3
2	Områdebeskrivelse	3
3	Hydrologisk datagrunnlag	5
3.1	Hydrometri	5
4	Beregnete resultater	9
4.1	Tilslagsserie	9
4.2	Statistiske parametere	9
4.3	Årsmidler	10
4.4	Persentiler	10
4.5	Sesongmessige lavvannføringer	12
4.6	Varighetskurve, slukeevne og sum lavere	14
5	Hydrologiske konsekvenser av planlagt tiltak	15
5.1	Konsekvenser for vannføringsforhold	15
6	Overløp/flomtap fra oppstrøms magasin	32
7	Beregning av nyttbar vannmengde til produksjon ved hjelp av hydrologiske data	33
8	Vanntemperatur, isforhold og lokalklima	33
9	Grunnvann, flom og erosjon	33
10	Ferskvannsressurser	33
11	Referanser	34

1 INNLEDNING

SWECO Norge har på forespørsel utarbeidet hydrologisk grunnlag til planlegging av Mørkdøla pumpe og som grunnlag for vurdering av de hydrologiske konsekvensene av dette tiltaket. Mørkdøla pumpe er plassert i Mørkdølavassdraget, i de øvre deler av Lærdalsvassdraget. Det er vurdert ett alternativ for tiltaket med inntak på 839 m.o.h.

En 5,9 km lang elvestrekning, ned til Mørkdølas samløp med Smeddalselvi, vil bli påvirket av tiltaket. I tillegg vil det være noe påvirkning også nedstrøms dette samløpet men av beskjedne grad. Alle strekninger er imidlertid påvirket av vannkraftreguleringer i dag.

Notatet beskriver nødvendig hydrologi for teknisk planlegging og gir all hydrologisk informasjon etterspurt fra NVE i forbindelse med dokumentasjon av hydrologiske forhold for små kraftverk med konsesjonsplikt.

2 OMRÅDEBESKRIVELSE

Mørkdøla er lokalisert i Lærdal kommune i Sogn og Fjordane fylke. Det planlagt regulerte nedbørsfelt ned til planlagt inntak i Mørkdøla (alt.1) er beregnet til 38,73 km² ved planlagt inntak på 839 m.o.h.

Plasseringen av området i Sør-Norge er vist i Figur 1. Det totale tilsigsfeltet til Mørkdøla pumpe og restfeltet ned til samløp med Smeddalselvi er vist i Figur 2.

Det er ingen spesiell usikkerhet knyttet til fastsettelse av nedbørsfeltgrensene, Detaljer for tilsigs- og restfelt er beskrevet i Tabell 1 og Tabell 2 nedenfor.

Inntaksfeltet strekker seg mellom 839/1584 m.o.h. Hele området ligger på snaufjellet og har noen mindre vann. Vassdraget ligger hovedsakelig vendt nordvest.



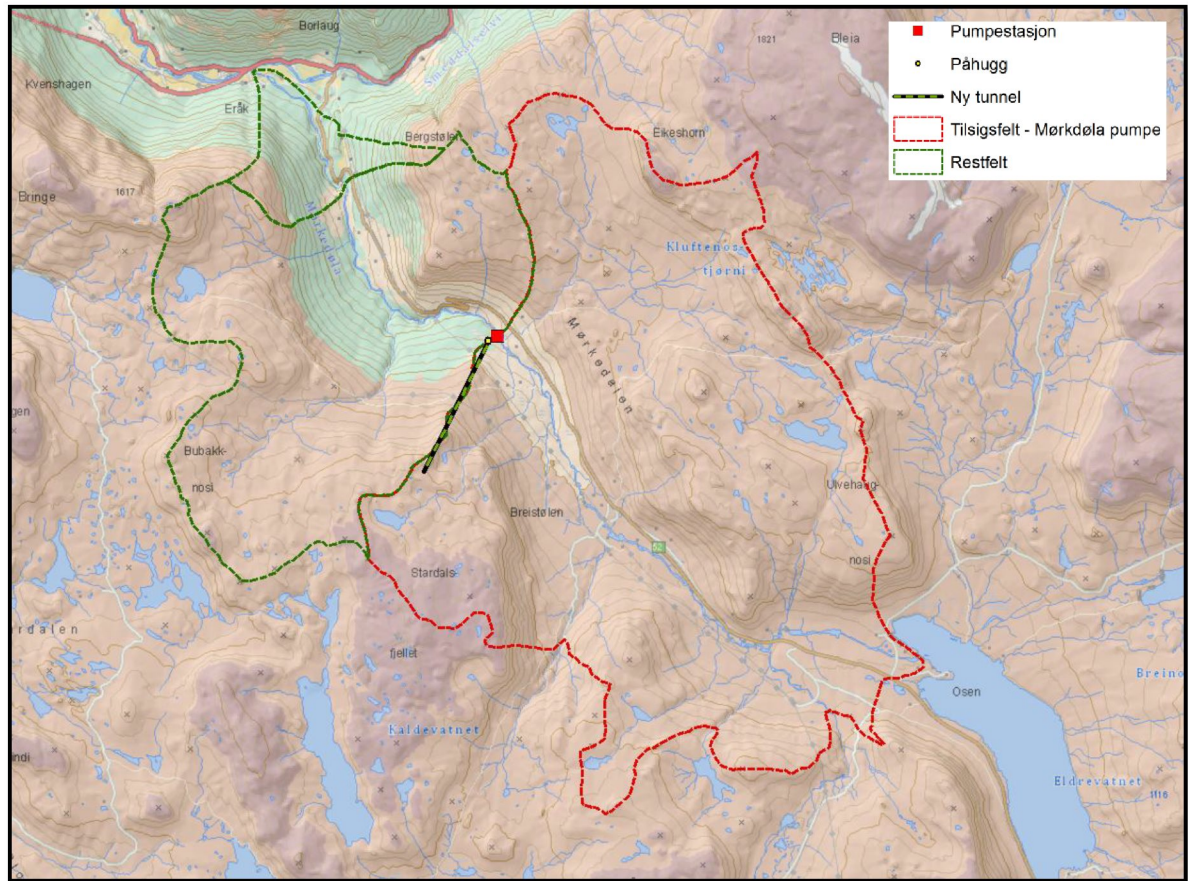
Figur 1 Mørkdøla pumpe

Tabell 1 Nedbørsfeltparametere

NAVN	Areal	Innsjø	Snaufjell	Minste Høyde	Midlere Høyde	Max Høyde
	km ²	%	%	(m.o.h.)	(m.o.h.)	(m.o.h.)
Tilsigsfelt til Mørkdøla pumpe	38,73	1,5	95	839	1260	1584

Tabell 2 Avrenningsparametere

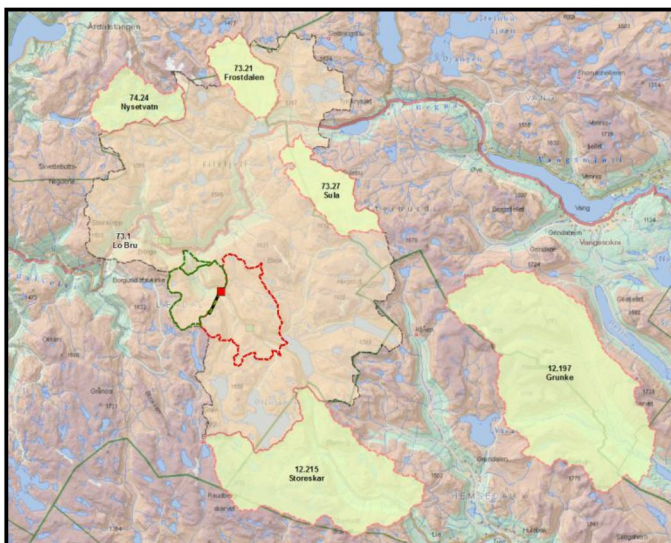
NAVN	Areal i km ²	Spesifikk avrenning 1961-1990 i l/s/km ² NVEs avrenningskart	Midlere avrenning i mm pr. år	Q _{mid} i m ³ /s 1961-1990
Tilsigsfelt til Mørkdøla pumpe	38,73	28,32	894	1,07



Figur 2 Planlagt tiltak i Mørkdøla.

3 HYDROLOGISK DATAGRUNNLAG

3.1 Hydrometri



Figur 3 Plassering av vurderte avløpsstasjoner i området.

Det eksisterer ingen observasjoner av uregulert avløp i det lokale nedbørfeltet. For beregning av tilsig til det planlagte tiltaket er det derfor nødvendig å benytte andre avløpsstasjoner for å beskrive vannføringen ved de ønskede steder i feltet.

I slike tilfeller er det flere kriterier som ønskes oppfylt. Lengst mulig uregulert måleserie, helst dekkende perioden 1961-1990 og løpende frem til d.d., nærliggende i avstand, lignende hydrofysiske forhold som feltstørrelse, gradient, sjø-, myr- og breandel og lignende.

Det kan mange steder i landet være vanskelig å finne måleserier som dekker alle disse krav og kompromisser er ofte derfor nødvendig.

8 vannmerker er lokalisert nær det planlagte tiltaket, og det planlagt regulerte nedbørfeltet inngår også som en del av avrenningen til flere vannmerker, som blant andre 73.6 Bergstølfoss, 73.1 Lo Bru samt 73.4 Sælthun ytterligere 11 km nedstrøms Lo bru.

Disse 6 målestasjonene er alle vurdert som mulig datagrunnlag. Plassering av stasjonene er vist i figur 3 og ytterligere feltopplysninger finnes i Tabell 3.

I tillegg gikk det en stasjon lenger nede i Mørkdøla, 73.6 Bergstølfoss, i perioden 1961 og frem til reguleringen i 1972.

Tabell 3 Stasjonsfeltparametere

Stasjons-nr	Navn	Feltstørrelse (km ²)	Minste høyde i m.o.h.	Midlere høyde i m.o.h.	Max høyde i m.o.h.	Innsjø %	Snauffjell %	Uregulert Serielengde
	Mørkdøla	38,73	839	1260	1584	1,5	95	
73.1	Lo Bru	560,85	409	1326	1918	7,8	78	1916-1971 ¹
73.4	Sælthun	788,71	188	1335	1917	6,7	78	1961 - 1971 ⁵
73.6	Bergstølfoss	202,62	604	1359	1917	10,6	83	1961-1971
73.21	Frostdalen	25,74	990	1324	1613	7,4	88	1967-2010 ²
73.27	Sula	30,44	1003	1350	1811	9,1	89	1967-2010 ³
74.24	Nysetvatn	29,42	1075	1381	1809	7,8	89	1990-2008 ⁴
12.197	Grunke	184,58	870	1307	1907	1,7	78	1977 – d.d.
12.215	Storeskar	120,27	895	1347	1814	3,5	81	1987 – d.d.

¹ I drift, ² Observasjonsbrudd i perioden 1981-1993, ³ Observasjonsbrudd i perioden 1982-1991, ⁴ Hull i observasjonsperioden, ⁵ Hull i 2009-2010

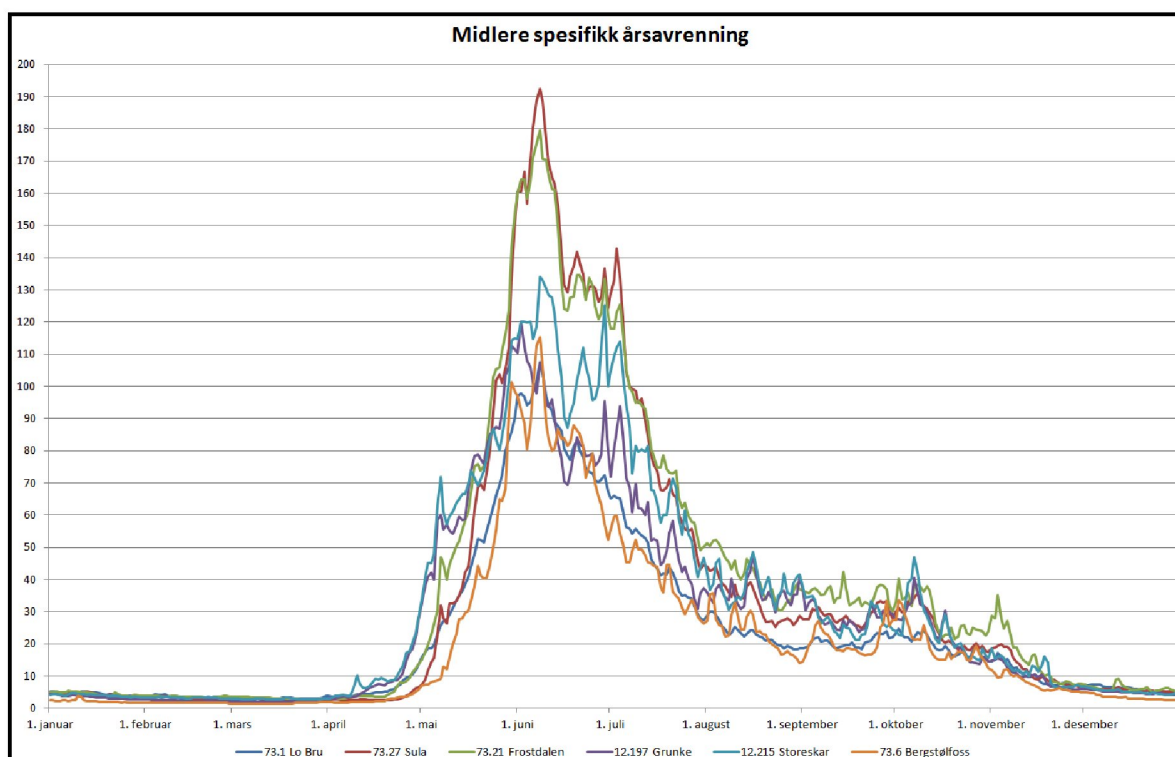
Alle stasjonene er rimelig nærliggende, fra 12-30 km unna, og alle har feltstørrelser i rimelig skala.

Mørkdøla utgjør en del av nedbørfeltet til vannmerke 73.1 Lo bru. Denne stasjonen var frem til september 1972 uregulert men er fortsatt i drift. Vann overføres inn i feltet fra sørlige deler av vassdraget og siden 1988 overføres vann også ut gjennom Stuvane

kraftverk. I fiskesesongen kan det også forekomme tapping fra oppstrøms magasin. 73. 4 Sælthun ligger ytterligere 11 km nedstrøms Lo bru.

73.6 Bergstølfoss lå noe lenger ned i Mørkdøla og registrerte vannføring frem til reguleringen i 1972. Begge disse seriene er frem til 1972 benyttet som noe av grunnlaget for vurdering av valg av måleserier til utarbeidelse av tilsig til Mørkdøla.

Begge seriene representerer imidlertid, i den uregulerte perioden, større nedbørfelt med mye innsjøer og påfølgende demping av avløpet. Tilsigsfeltet til pumpen i Mørkdøla er høytliggende, nordvestliggende og med lav innsjøandel og det har derfor vært behov for å finne avløpsstasjoner med lignende feltkarakteristika for å beskrive avløpet fra denne type nedbørfelt. De viktigste elementene fra måleserien spesielt fra 73.6 Bergstølfoss har vært å treffe start på smeltesesongen samt samhörighet i nedbørperioder.



Figur 4 Midlere spesifikk årsavrenning for alle vurderte målestasjoner, for alle år med data.

Den midlere spesifikke årsavrenningen for alle vurderte målestasjoner er vist i Figur 4 og med bakgrunn i dette, samt feltinformasjonen gitt i Tabell 3, viser de første vurderinger at samhörigheten i det generelle årsforløpet er rimelig bra.

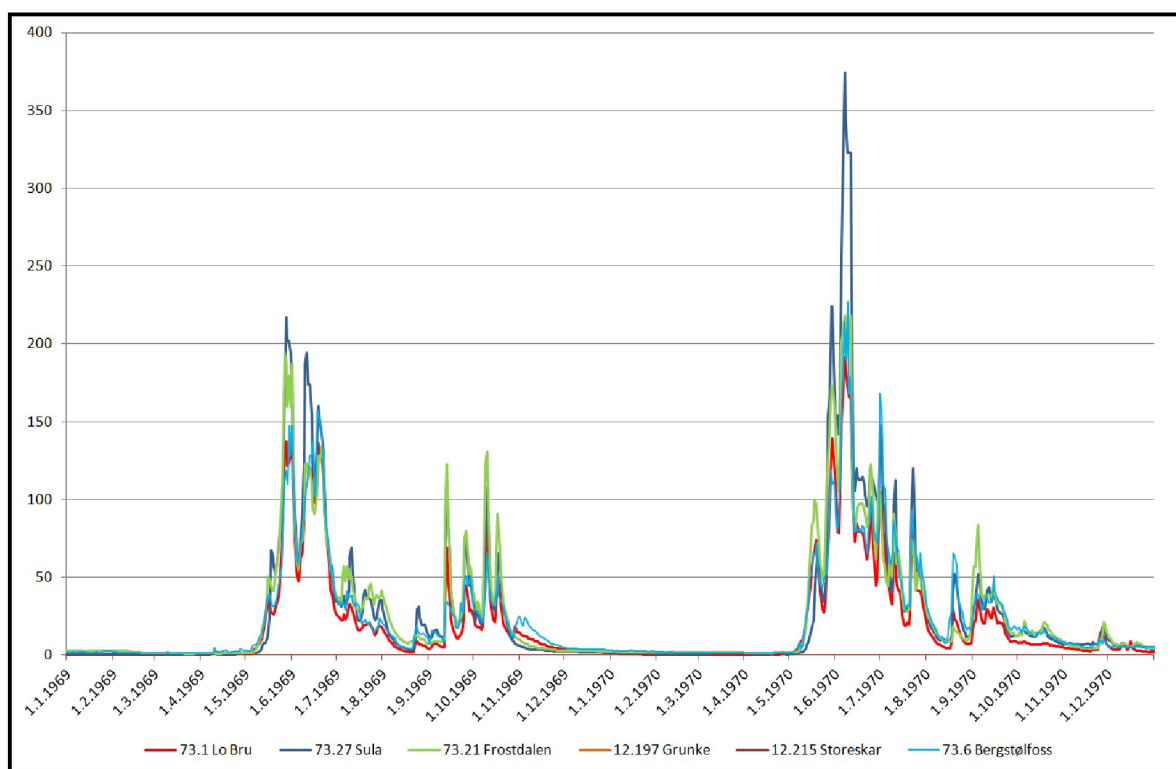
Felt med noe større andel av lavereliggende deler har naturlig nok tidligere start og tidligere slutt på smeltesesongen. Ser vi på enkeltår som vist i Figur 5 har de fleste seriene tilnærmet sammenfallende smeltestart med unntak av 73.27 Sula som starter noe senere. Dette vannmerket har også noe større fordeling i høyde enn ønskelig noe som sammen med litt mindre løsmasser og vegetasjon gjenspeiler seg i noe mer utdragen smeltesesong og med noe skarpere topper og dynamikk i avrenningen. Særlig eksposisjon bidrar også til dette.

Generelt sett kunne flere av stasjonene ha vært benyttet, da dynamikk og samhörighet er godt sammenfallende. Lo bru og Bergstølfoss er naturlig nok ikke vurdert benyttet da disse er regulert, Storeskar og Grunke anses å ha litt for rask smelteslutt og med plassering noe for langt øst.

Av de gjenværende stasjoner ser 73.21 Frostdalen ut til å være mest aktuell. Stasjonen har flere av de ønskede egenskapene som lignende feltstørrelse, passelig høydefordeling og lignende vegetasjons- og løsmassedekke basert på visuelle studier av flybilder. Stasjonen har dog et brudd i observasjonsperioden mellom 1981-1993, men er pågående i dag og har gode data. Totalt gir stasjonen 30 år med data som kan benyttes for beregningene.

På bakgrunn av disse vurderinger anses skalert avløp fra vannmerke 73.21 Frostdalen å representere avløpet i Mørkdøla pumpes nedbørfelt på en akseptabel måte.

Tidsserien i perioden 1968 – 2010 er benyttet med unntak av perioden 1981-1993.



Figur 5 Spesifikk avrenning for 6 av de vurderte måleserier i 1969-1970.

I følge (Beldring, S., Roald, L.A. & Voksø, A., 2002) vil usikkerheten i avrenningskartet variere fra område til område avhengig av tettheten av stasjonene som måler nedbør og avrenning og usikkerheten i de observerte dataene.

Usikkerheten antas å variere fra $\pm 5\%$ til $\pm 20\%$ og i enkelte områder helt opp mot 30% . Usikkerheten vil i alminnelighet øke når størrelsen av det betraktede området avtar.

Beregnes middelavløpet for tilsigsfeltet til Mørkdøla Pumpe og de vurderte avløpsstasjonene, ved hjelp av NVEs digitale avrenningskart, blir verdiene for perioden 1961-1990 som gitt i Tabell 4.

Avløpet ved målestasjonene er beregnet fra observerte data og sammenlignet med NVEs normalavrenningskart. For stasjonene er observert middelavløp ved stasjonene både før og etter 1990 rimelig nære verdiene fra avrenningskartet. Det er derfor valgt å benytte verdien fra avrenningskartet da det ikke er noen annen tydelig trend i dataene i området.

Tabell 4 Beregnet spesifikk middelavrenning fra NVEs digitale avrenningskart for vurderte avløpsstasjoner

Stasjonsnummer	Stasjonsnavn	Uregulert serielengde	Spesifikt middeltilsig 1961-1990 Beregnet fra NVEs digitale avrenningskart	Observert Spesifikt Middeltilsig "frem til 1990"	Observert Spesifikt Middeltilsig "etter 1990"
	<i>Mørkdøla</i>		28,32		
73.1	Lo Bru	1916-1971 ¹	31,00	27,37 ⁴	
73.21	Frostdalen	1967-2010 ²	34,65	38,08	32,49
73.27	Sula	1967-2010 ³	33,64	33,33	35,26
12.197	Grunke	1977 – d.d.	29,67	27,58	28,02
12.215	Storeskar	1987 – d.d.	30,22	34,37	31,17
73.6	Bergstølfoss	1961-1971	30,69	29,77 ⁴	

¹ I drift , ² Observasjonsbrudd i perioden 1982-1993 , ³ Observasjonsbrudd i perioden 1982-1991, ⁴ Data frem til 1972

En utplassering av vannstandslogger kombinert med vannføringsmålinger i vassdraget vil imidlertid være med til å redusere usikkerheten i estimatet ved en senere optimalisering av kraftverksinstallasjonen.

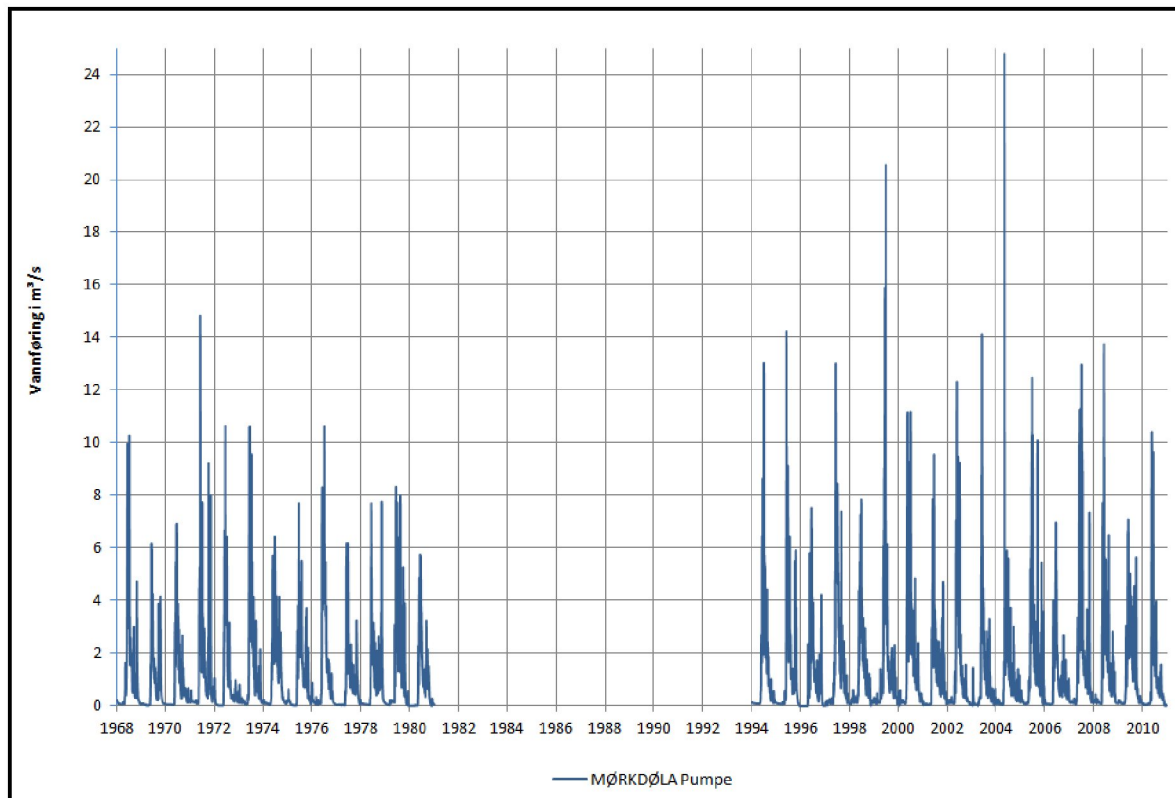
Det er også viktig å påpeke at en slik utplassering bør foretas raskest mulig for å få en tilstrekkelig lang tidsserie for analyse.

4 BEREGNEDE RESULTATER

4.1 Tilsigsserie

For tilsiget til planlagt Mørkdøla pumpe er disse ovenfor beskrevne vurderinger lagt til grunn. En tilsigsserie er utarbeidet. Når det gjelder årsfordelingen av avløpet gir analyser av de tilgjengelige dataserier indikasjoner på at VM 73.21 Frostdalen best ivaretar denne.

Tidsserien i perioden 1968 – 2010 er benyttet med unntak av perioden 1981-1993, totalt 30 år.



Figur 6 Utarbeidet tilsigsserie

4.2 Statistiske parametere

Det er utarbeidet en del generell statistikk for tilsigsseriene og de naturlige feltene: som vist i tabell og figurer nedenfor.

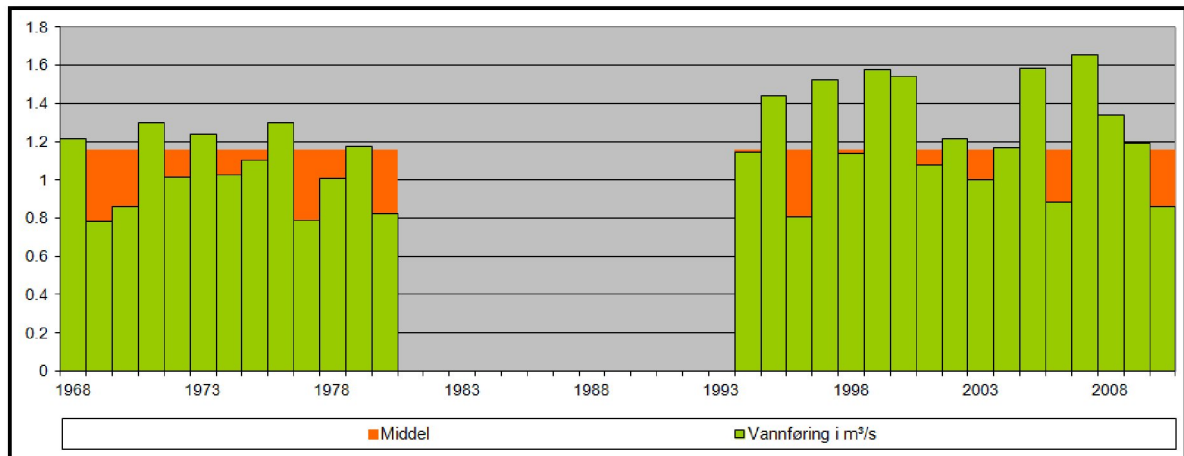
Stasjon/nedbørfelt	Midlere spesifikk avrenning 1979-2009 (Tilsigsserie)	Feltstørrelse (km ²)	Største tilgjengelige tilsig (m ³ /s)	Midlere tilgjengelig tilsig (m ³ /s)	Minste tilgjengelige tilsig (m ³ /s)	Alminnelig lavvannføring (m ³ /s) ¹
Mørkdøla pumpe	28,32	38,73	24,30	1,16	0,006	0,049

(1) Alminnelig lavvannføring blir beregnet ved først å sortere hvert enkelte års vannføringsverdier. Fra den sorterte årsserie blir vannføring nummer 350 tatt ut. Disse vannføringene danner en ny serie som igjen sorteres. Av denne serien blir den laveste tredjedelen fjernet, og alminnelig lavvannføring er den laveste gjenværende verdien. Alminnelig lavvannføring beregnes kun for naturlige nedbørfelt.

¹ Alminnelig lavvannføring beregnes på grunnlag av arealet til det naturlige nedbørfeltet

4.3 Årsmidler

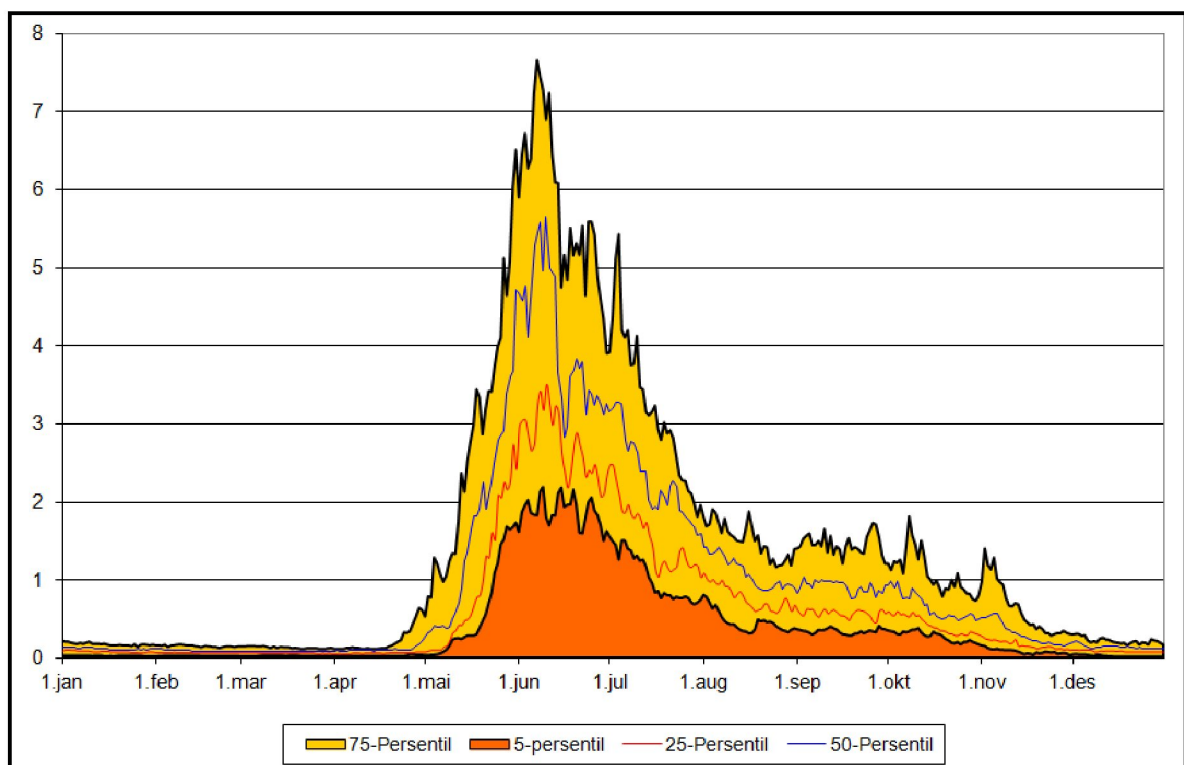
Det er også utarbeidet årsmiddeldiagram for beregnet serie, vist i Figur 7. Verdier er i m^3/s .



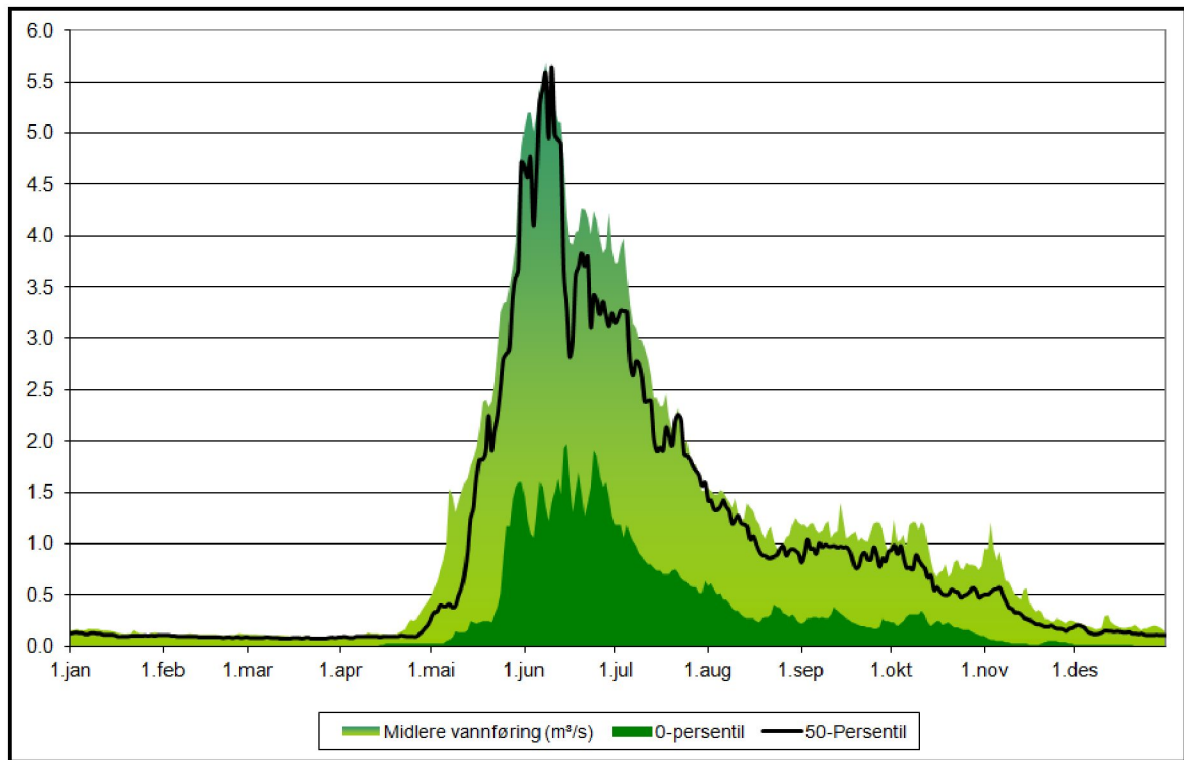
Figur 7 Årsmidler for perioden 1968 - 2010 for beregnet tilsigsserie.

4.4 Persentiler

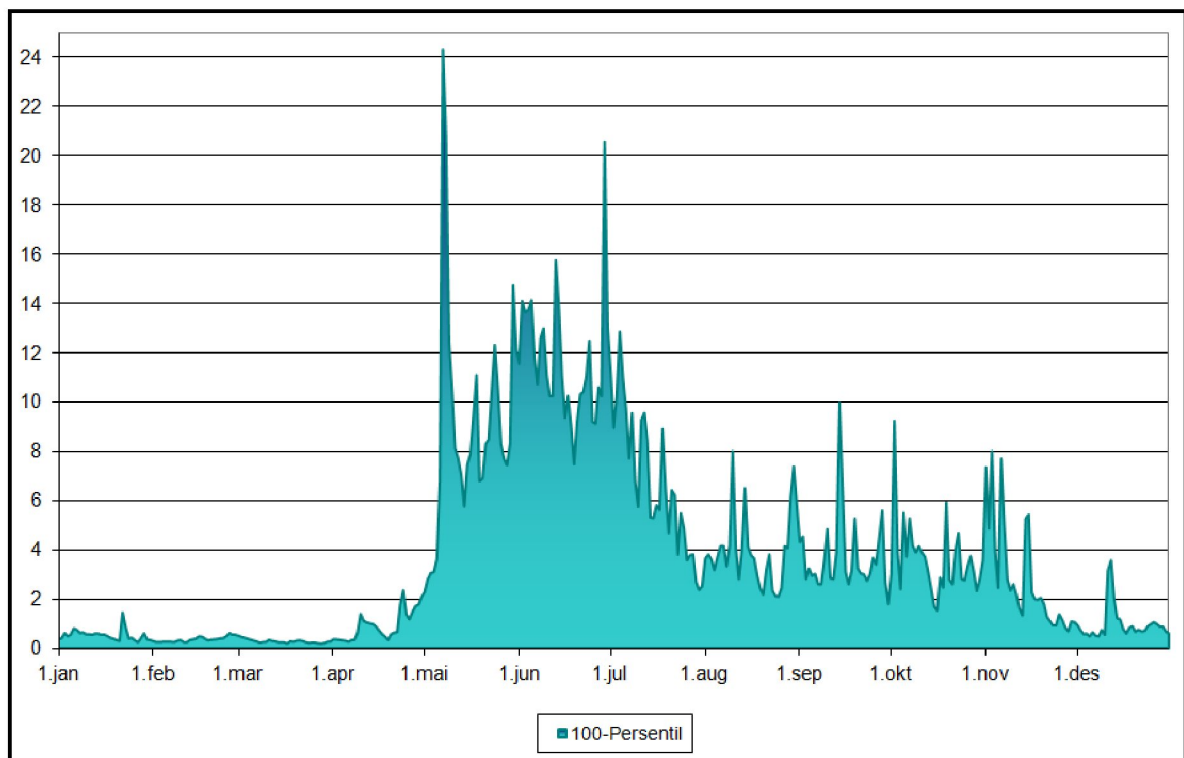
Vassdraget er et mindre vestlandsfelt med høy avrenning i smeltesesongen på våren og utover sommeren og høstflommer. Typiske persentilplott er vist i Figur 8 til Figur 10.



Figur 8 5, 25, 50 og 75 persentilen (Verdier i m^3/s).



Figur 9 Midlere/median og minimumsvannføringer over dataperioden. Verdier i m^3/s .



Figur 10 Daglig maksimalvannføring i løpet av dataperioden. Verdier i m^3/s .

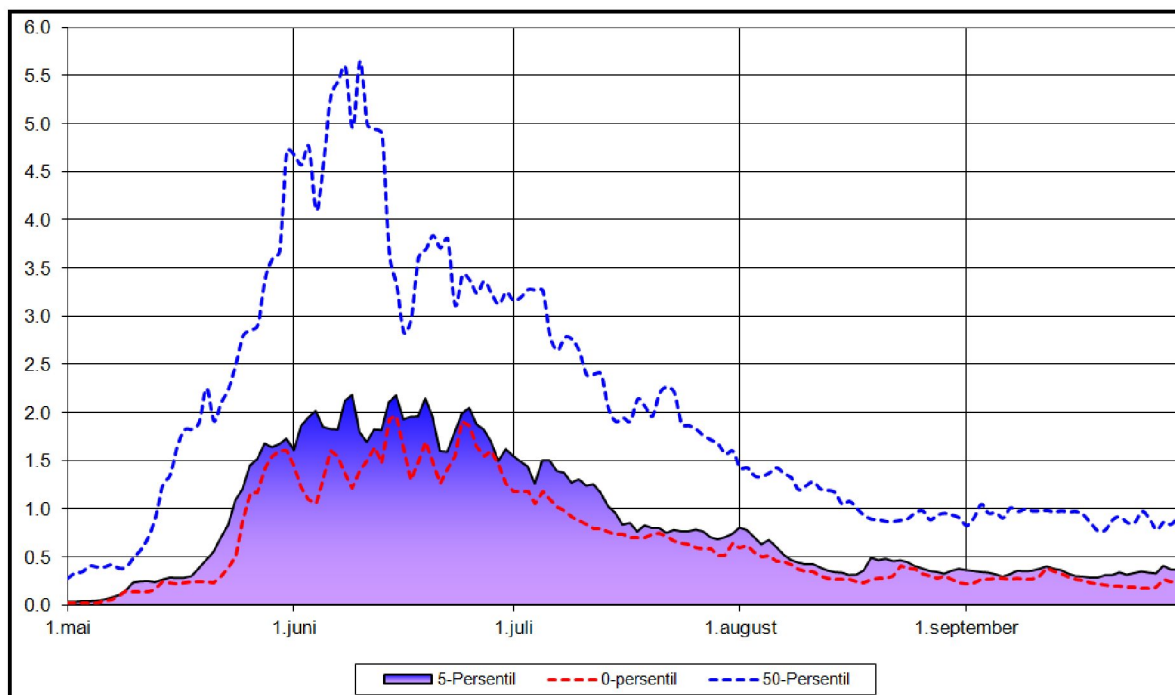
4.5 Sesongmessige lavvannføringer

4.5.1 5-Persentil Sommersesong (1.5 – 30.9)

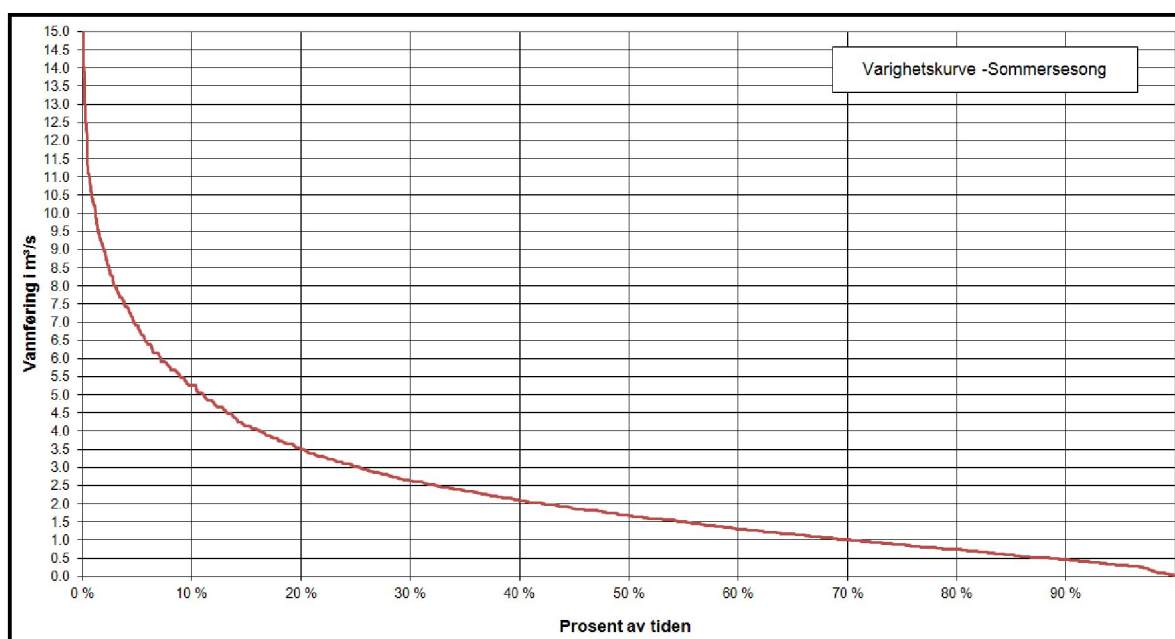
5-Persentil for sommersesongen (1.5 – 30.9) er beregnet til 0,320 m³/s.

5-Persentil er plottet over perioden, sammen med minimums- og medianverdien i Figur 11.

Varighetskurve for sommersesongen er vist i Figur 12.



Figur 11 Persentiler for sommersesongen (1.5 - 30.9)

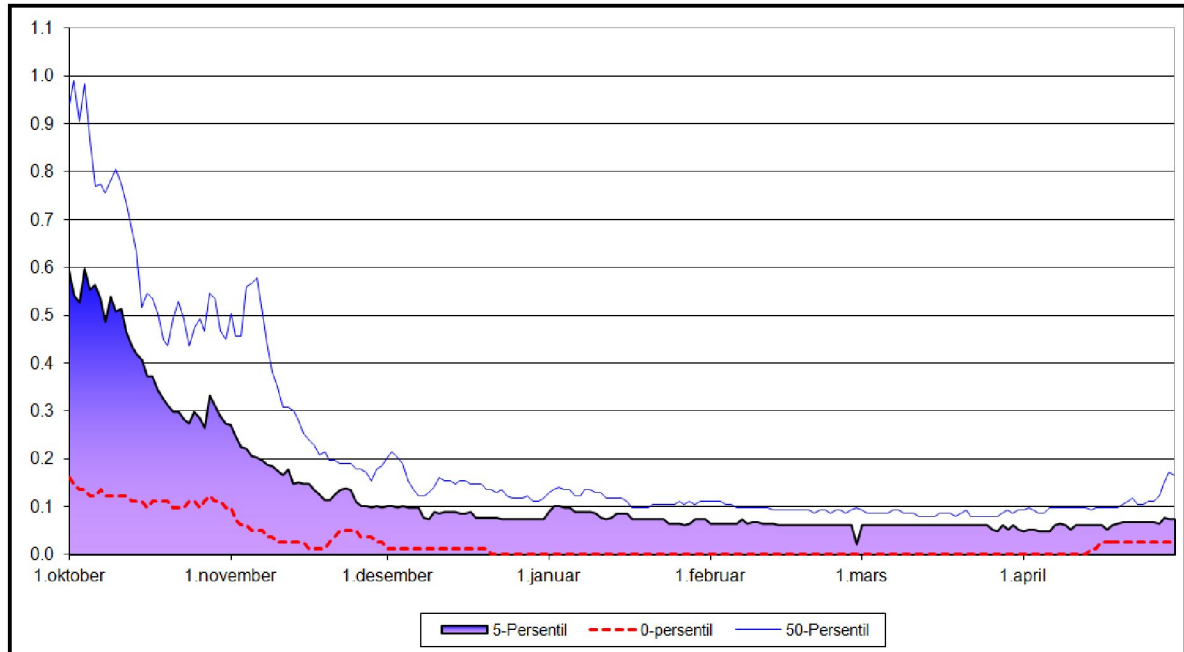


Figur 12 Varighetskurve for sommersesongen (1.5 – 30.9)

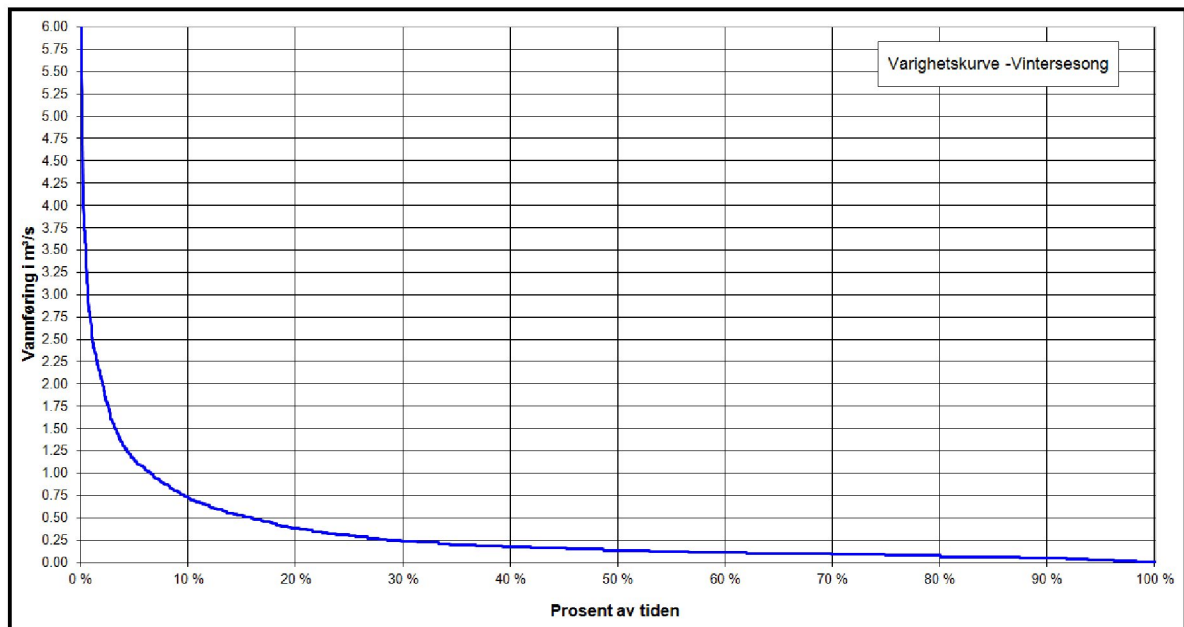
4.5.2 5-Persentil Vintersesong (1.10 – 30.4)

5-Persentil for vintersesongen (1.10 – 30.4) er beregnet til 0,025 m³/s. 5-Persentil er plottet over perioden, sammen med minimums- og medianverdien i Figur 13.

Varighetskurve for vintersesongen er vist i Figur 14.



Figur 13 Persentiler for vintersesongen (1.10 - 30.4)



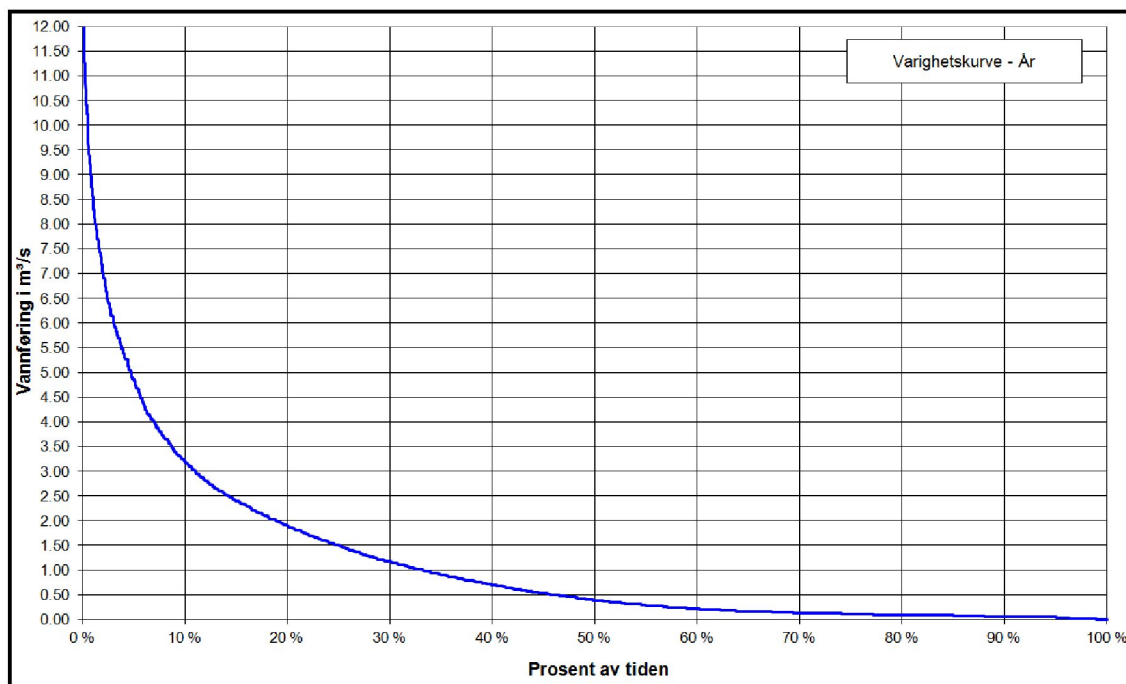
Figur 14 Varighetskurve for vintersesongen (1.10 – 30.4)

4.6 Varighetskurve, slukeevne og sum lavere

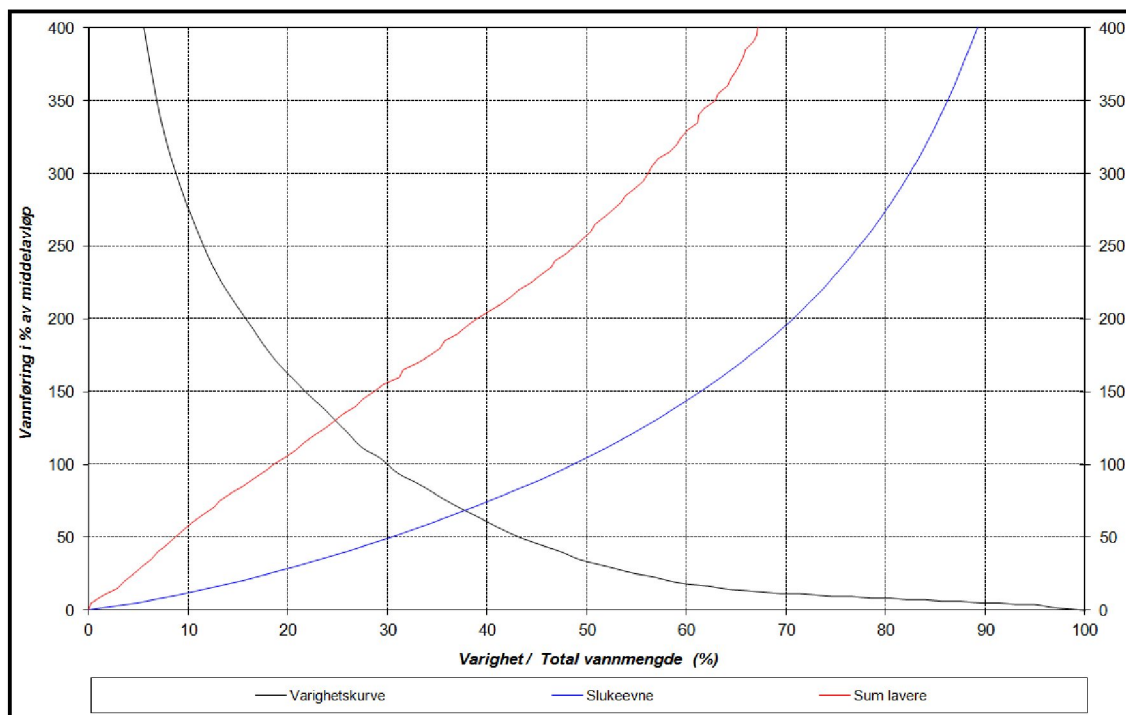
Varighetskurven er en sortering av vannføringene etter størrelse og angir hvor stor del av tiden, angitt i %, vannføringene har vært større enn en viss verdi.

Kurven for "slukeevne" viser hvor stor del av den totale vannmengde (angitt i prosent) kraftverket kan utnytte, avhengig av den maksimale kapasiteten i turbinen (i prosent av middelavløpet).

Kurven for "sum lavere", viser hvor stor del av vannmengden (angitt i prosent) som vil gå tapt når vannføringen underskider lavest mulig driftsvannføring i kraftverket.



Figur 15 Varighet av vannføringer i prosent av tiden (verdier i m³/s)



Figur 16 Varighet av vannføringer i prosent av tiden (verdier i % av middelavløp), verdier for slukeevne og sum lavere er gitt i % av total vannmengde.

5 HYDROLOGISKE KONSEKVENSER AV PLANLAGT TILTAK

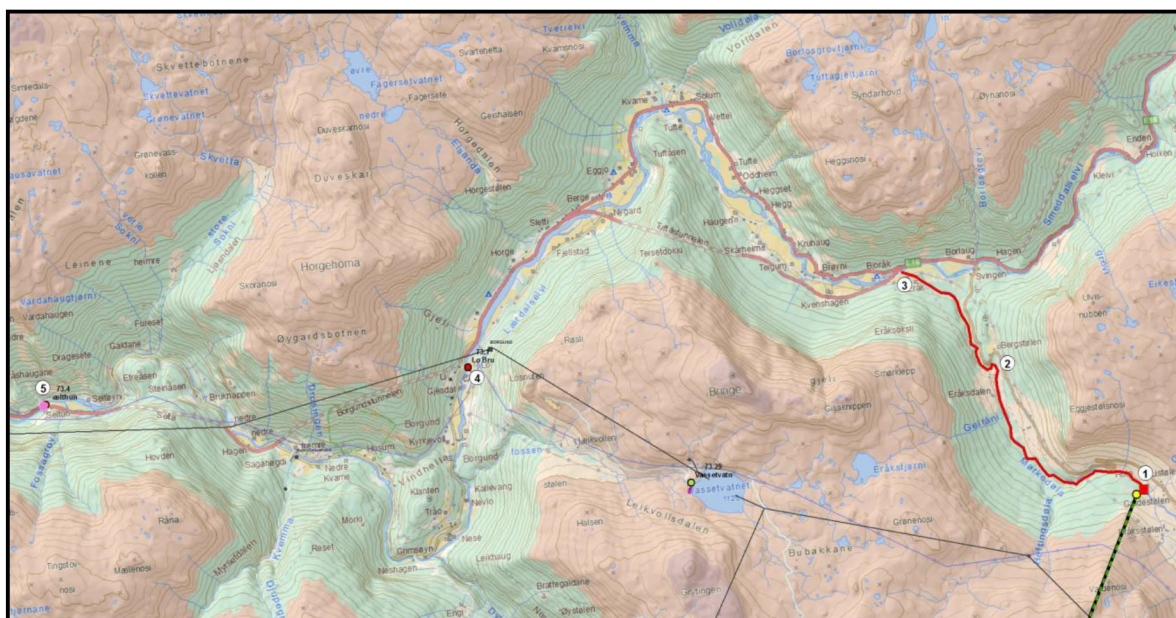
5.1 Konsekvenser for vannføringsforhold

En 5,9 km lang elvestrekning, ned til Mørkdølas samløp med Smeddalselvi (som vist i Figur 17), vil bli påvirket av tiltaket. I tillegg vil det være noe påvirkning også nedstrøms dette samløpet men av mer beskjeden grad. Alle strekninger er imidlertid påvirket av vannkraftreguleringer i dag.

De hydrologiske konsekvensene blir vist for følgende punkter:

- rett nedstrøms inntaket (Punkt 1)
- ved Bergstølfossen, halvveis mellom tiltaket og samløpet med Smeddalselvi (Punkt 2)
- rett før samløp med Smeddalselvi (Punkt 3)
- ved Lo bru 10 km nedstrøms samløpet (Punkt 4).
- Ved Seltun 22 km nedstrøms samløpet (Punkt 5)

Nedstrøms de to siste punktene anses endringene å være ubetydelige.



Figur 17 Kartskisse over planlagt tiltak. Berørt elvestrekning i Mørkdøla er merket rød.

Planlagt maksimal slukeevne i pumpen(e) er oppgitt til 2 m³/s. Det er ikke en nedre grense for slukeevne.

Som minstevannføring er det i disse vurderingene benyttet 5 persentiler for sesongene, hhv. 320 l/s i sommersesongen (1.5 - 30.9) og 25 l/s i vintersesongen (1.10 - 30.4). Det benyttes ikke magasin for regulering, og tilsiget er derfor ikke redistribuert i tid.

For å beskrive vannføringsforholdene er måneds- og årsmiddelverdier oppgitt. Videre er karakteristiske verdier vist i diagrammer på døgnbasis.

De karakteristiske verdiene er:	
	100 % (største verdi)
50 %	(Median, 50 % av verdiene er større og 50 % er mindre)
	0 % (minste verdi)

Det er plukket ut tre typiske år, et tørt år (1996), et år med midlere forhold (1994) og et vått år (2007). Det er viktig å være klar over at selv om for eksempel 1996 i sum var et tørt år, betyr ikke dette at det var lave vannføringer gjennom hele året, tilsvarende gjelder for "middelåret" 1994 og det våte året 2007.



Figur 18 Mørkdøla rett nedstrøms planlagt inntak.

Foto: Ragnhild Heimstad, Sweco

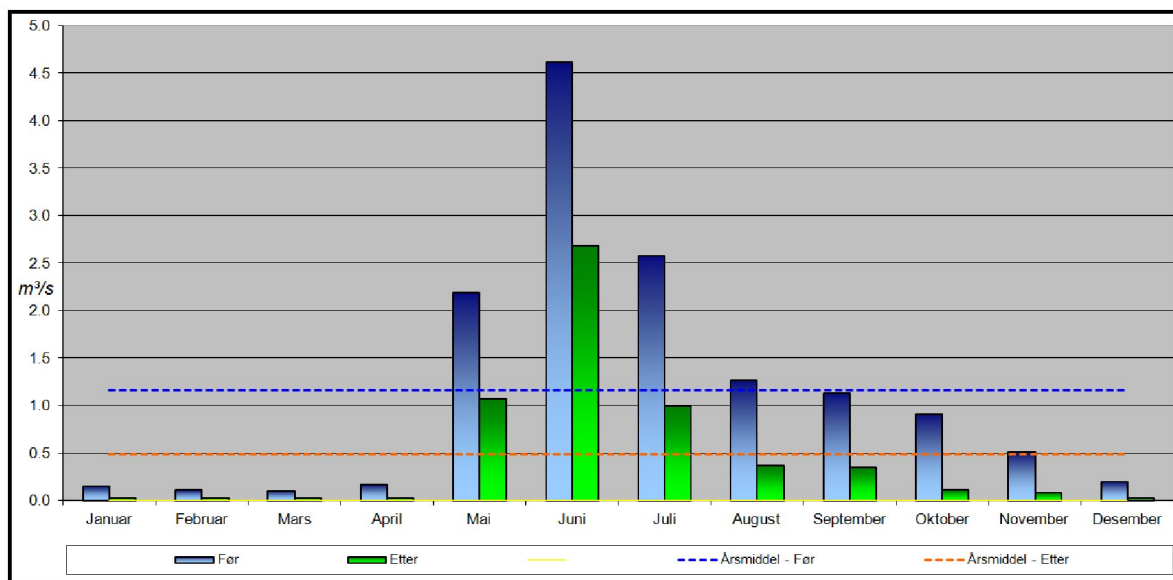
5.1.1 Nedstrøms inntaket i Mørkdøla (Punkt 1)

Disse forutsetninger gir følgende resultater rett nedstrøms inntaket (punkt 1 i Figur 17):

I snitt vil vannføringen bli redusert fra 1,16 m³/s til 0,48 m³/s, eller til 41,5 % av dagens vannføring. Størst volummessige reduksjon vil oppstå i perioder på vår/sommer og sen høst. I Tabell 5 og Figur 19 er månedsmiddelvannføringene vist før og etter utbygging. Konsekvensene av tiltaket på minimums-, median- og maksimumsvannføringer er vist i Figur 20, mens Figur 21 viser forholdene i de tre typiske årene. Tabell 6 viser antall dager med vannføring større enn maksimal slukeevne for pumpen(e) og antall dager med vannføring mindre planlagt minstevannføring.

Tabell 5 Mørkdøla nedstrøms inntak. Månedsmiddelvannføringer (1968-2010) i m³/s før og etter tiltak.

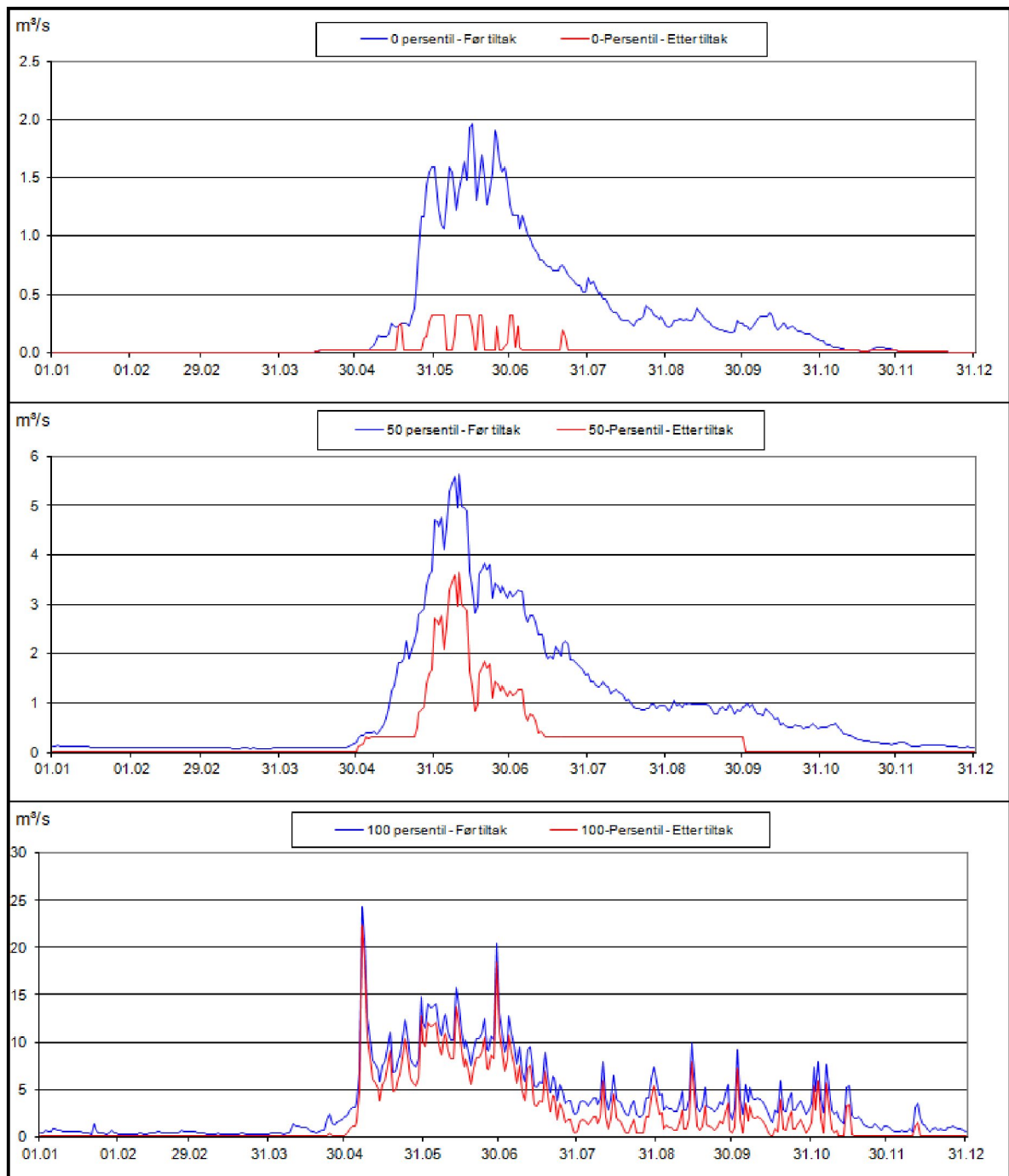
Måned	Før	Etter	% av eksisterende vannføring
Januar	0,14	0,02	16,5 %
Februar	0,11	0,02	21,0 %
Mars	0,10	0,02	24,2 %
April	0,17	0,02	14,8 %
Mai	2,19	1,07	49,1 %
Juni	4,61	2,68	58,2 %
Juli	2,58	1,00	38,7 %
August	1,26	0,37	29,3 %
September	1,13	0,35	31,2 %
Oktober	0,91	0,11	12,2 %
November	0,51	0,08	15,1 %
Desember	0,20	0,03	13,5 %
Middel	1,16	0,48	41,5 %



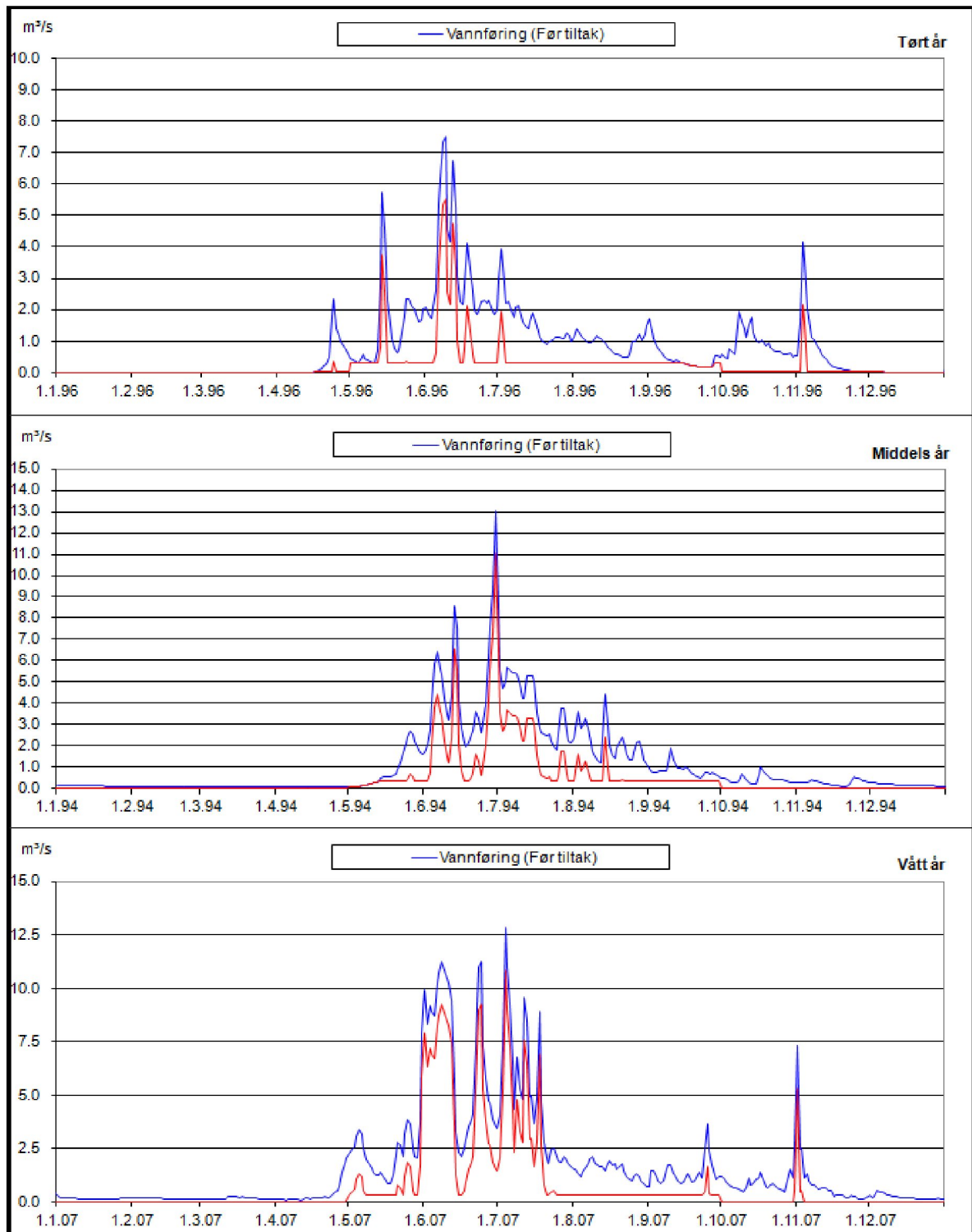
Figur 19 Månedsmiddelvannføringer (1968-2010) i m³/s før og etter tiltak.

Tabell 6 Antall dager med tilsig større enn maksimal slukeevne og mindre enn planlagt minstevannføring

	Tørt år (1996)	Middels år (1994)	Vått år (2007)
Antall dager med vannføring > maksimal slukeevne	45	78	85
Antall dager med vannføring < planlagt minstevannføring	155	12	0



Figur 20 Vannføringen i Mørkdøla, rett nedstrøms inntak (1968-2010), daglige verdier før og etter utbygging. Minimumsvannføringer (0-persentil) øverst, medianvannføringer i midten og maksimumsvannføringer (100-persentil) nederst.



Figur 21 Beregnet vannføring før og etter utbygging, rett nedstrøms inntak, i et tørt år (1996), et "middels" år (1994) og et vått år (2007).

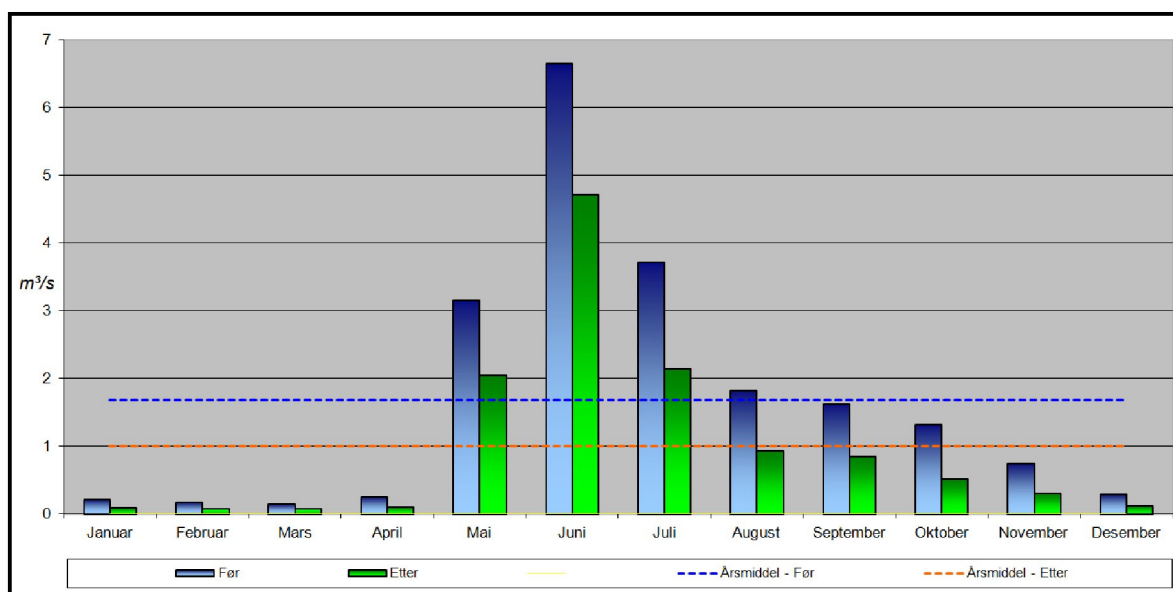
5.1.2 Ved Bergstølfossen i Mørkdøla (Punkt 2)

Disse forutsetninger gir følgende resultater ved Bergstølfossen (punkt 2 i Figur 17):

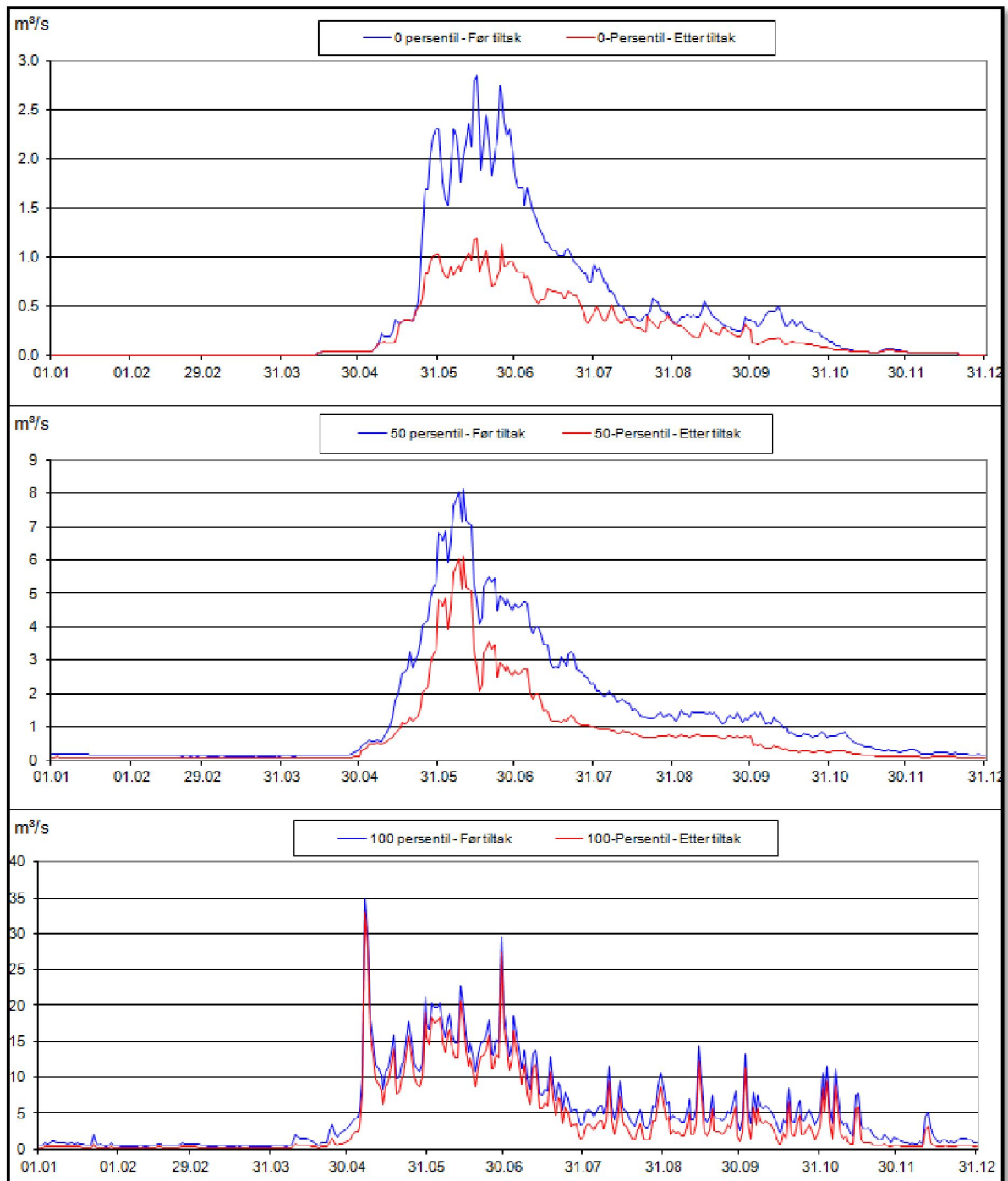
I snitt vil vannføringen bli redusert fra 1,67 m³/s til 1,0 m³/s, eller til 59,4 % av dagens vannføring. Størst volummessige reduksjon vil oppstå i perioder på vår/sommer og sen høst. I Tabell 7 og Figur 22 er månedsmiddelvannføringene vist før og etter utbygging. Konsekvensene av tiltaket på minimums-, median- og maksimumsvannføringer er vist i Figur 23, mens Figur 24 viser forholdene i de tre typiske årene.

Tabell 7 Mørkdøla ved Bergstølfossen. Månedsmiddelvannføringer (1968-2010) i m³/s før og etter tiltak.

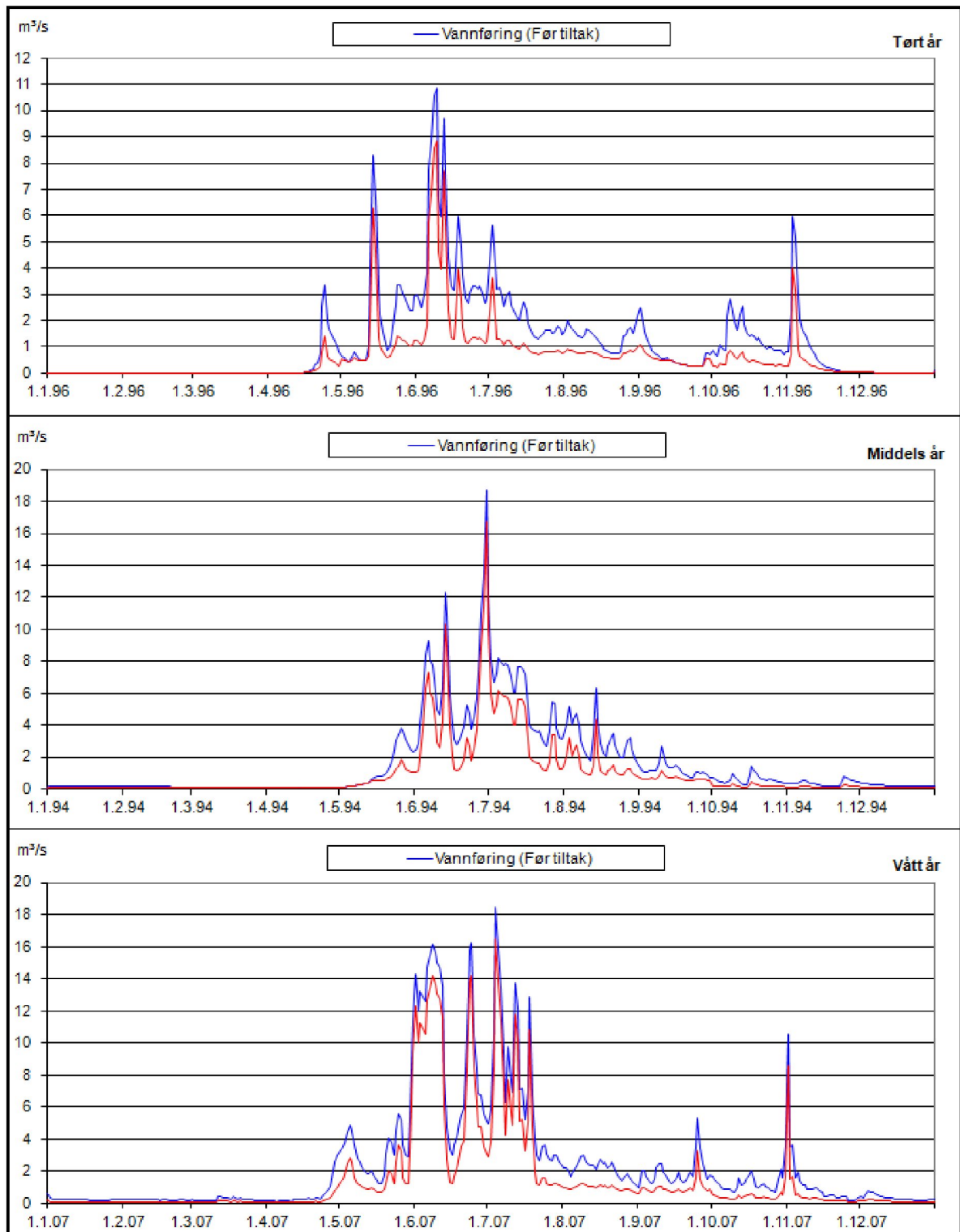
Måned	Før	Etter	% av eksisterende vannføring
Januar	0,21	0,09	42,1 %
Februar	0,16	0,07	45,2 %
Mars	0,14	0,07	47,4 %
April	0,24	0,10	40,9 %
Mai	3,15	2,04	64,7 %
Juni	6,64	4,72	71,0 %
Juli	3,71	2,13	57,5 %
August	1,82	0,93	50,9 %
September	1,63	0,85	52,3 %
Oktober	1,31	0,51	39,1 %
November	0,74	0,30	41,1 %
Desember	0,29	0,11	40,0 %
Middel	1,67	1,00	59,4 %



Figur 22 Månedsmiddelvannføringer (1968-2010) i m³/s før og etter tiltak.



Figur 23 Vannføringen i Mørkdøla, ved Bergstølfossen (1968-2010), daglige verdier før og etter utbygging. Minimumsvannføringer (0-persentil) øverst, medianvannføringer i midten og maksimumsvannføringer (100-persentil) nederst.



Figur 24 Vannføringen i Mørkdøla, ved Bergstølfossen i et tørt år (1996), et "middels" år (1994) og et vått år (2007).

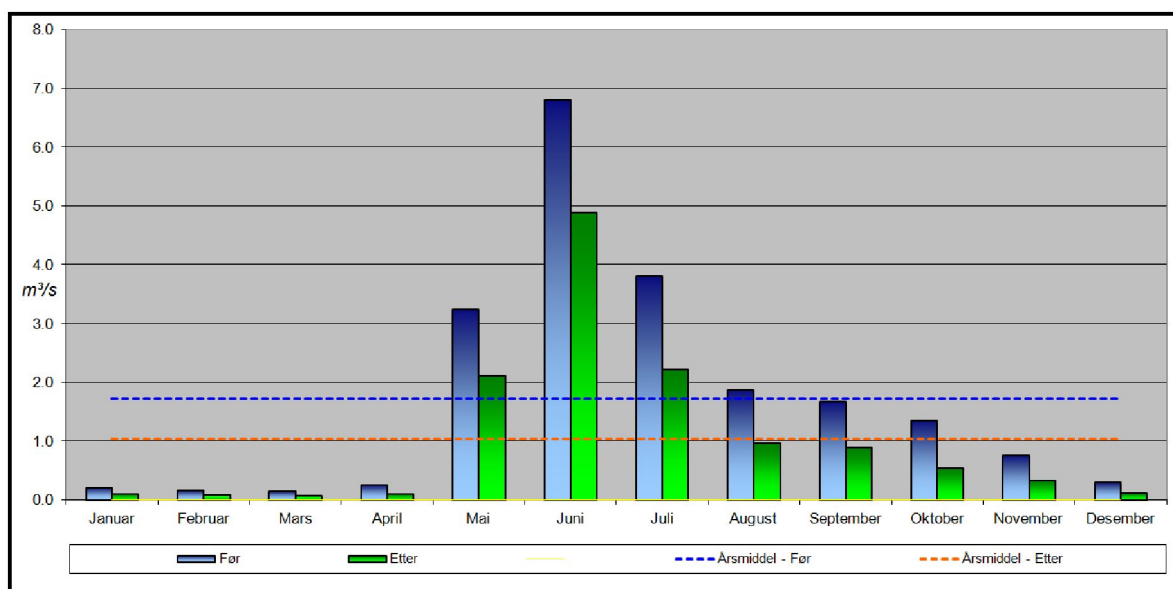
5.1.3 Mørkdøla, rett før samløp med Smedselvi (Punkt 3)

Disse forutsetninger gir følgende resultater rett før samløp med Smedselvi (punkt 3 i Figur 17):

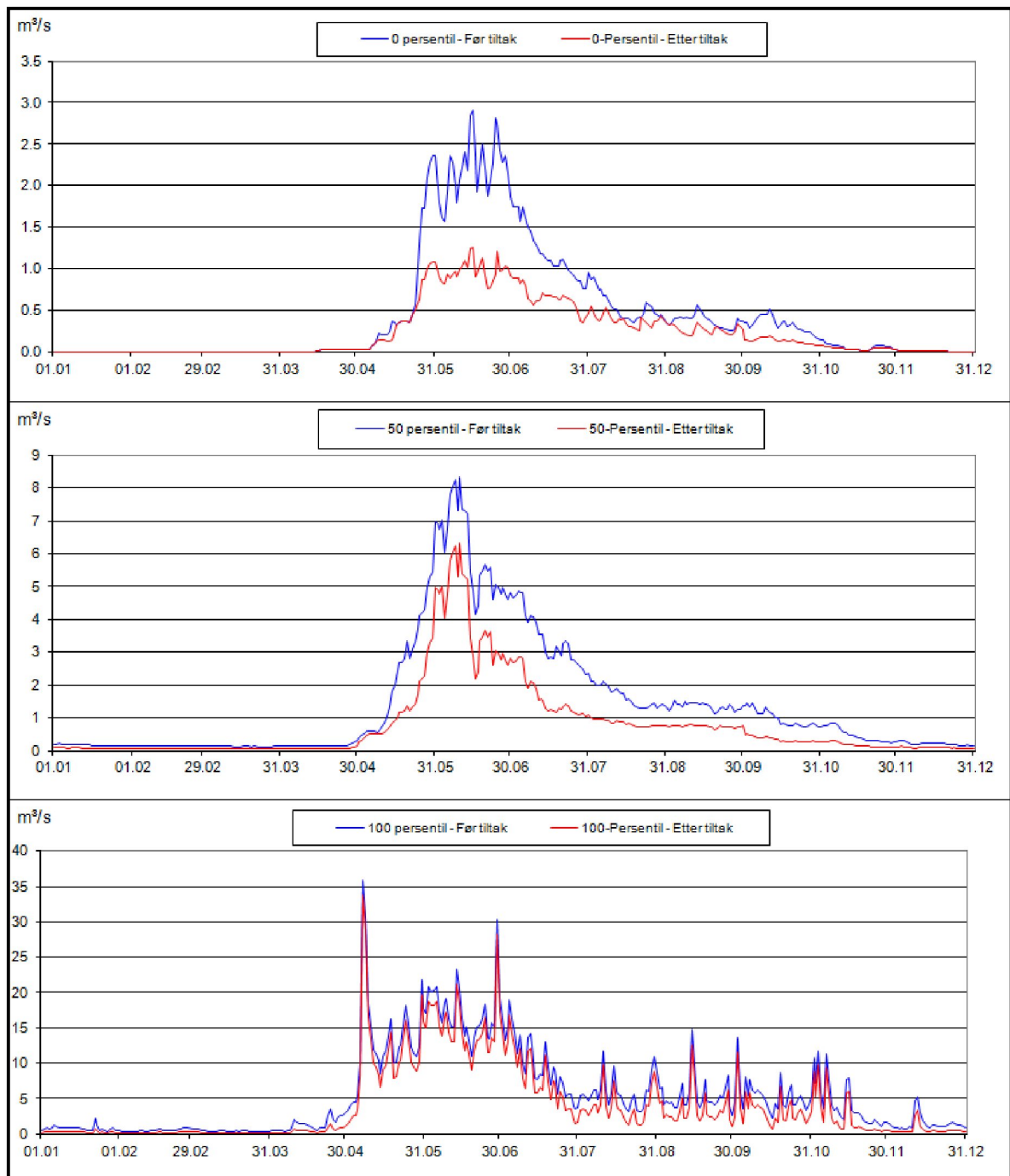
I snitt vil vannføringen bli redusert fra 1,71 m³/s til 1,04 m³/s, eller til 60,4 % av dagens vannføring. Størst volummessige reduksjon vil oppstå i perioder på vår/sommer og sen høst. I Tabell 8 og Figur 25 er månedsmiddelvannføringene vist før og etter utbygging. Konsekvensene av tiltaket på minimums-, median- og maksimumsvannføringer er vist i Figur 26, mens Figur 27 viser forholdene i de tre typiske årene.

Tabell 8 Mørkdøla rett før samløp med Smedselvi. Månedsmiddelvannføringer (1968-2010) i m³/s før og etter tiltak.

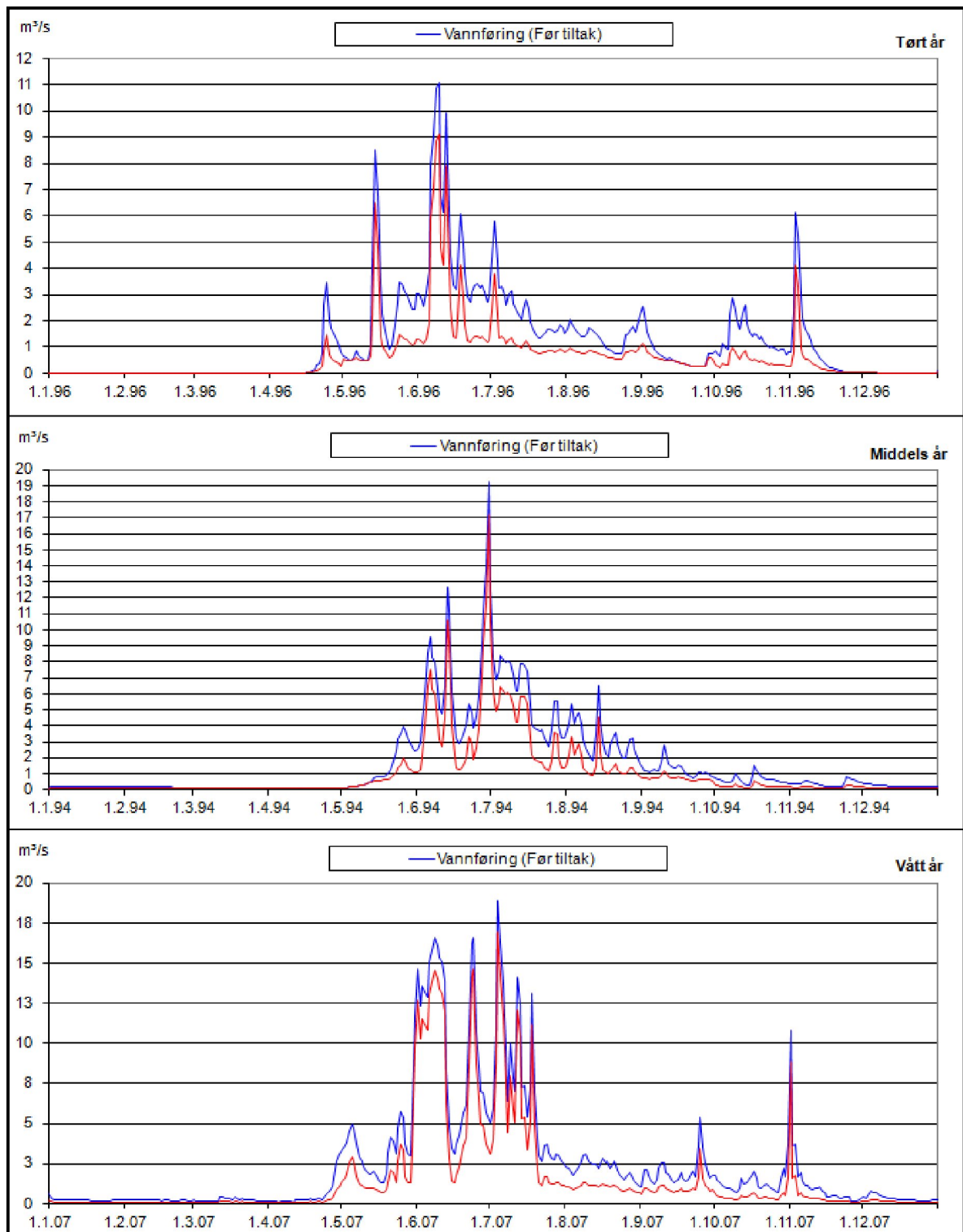
Måned	Før	Etter	% av eksisterende vannføring
Januar	0.21	0.09	43.5 %
Februar	0.17	0.08	46.5 %
Mars	0.15	0.07	48.7 %
April	0.25	0.11	42.3 %
Mai	3.23	2.12	65.5 %
Juni	6.80	4.88	71.7 %
Juli	3.80	2.22	58.5 %
August	1.86	0.97	52.1 %
September	1.66	0.89	53.4 %
Oktober	1.34	0.54	40.5 %
November	0.75	0.32	42.5 %
Desember	0.29	0.12	41.4 %
Middel	1.71	1.04	60.4 %



Figur 25 Månedsmiddelvannføringer (1968-2010) i m³/s før og etter tiltak.



Figur 26 Vannføringen i Mørkdøla, rett før samløp med Smedselvi (1968-2010), daglige verdier før og etter utbygging. Minimumsvannføringer (0-persentil) øverst, medianvannføringer i midten og maksimumsvannføringer (100-persentil) nederst.



Figur 27 Vannføringen i Mørkdøla, rett før samløp med Smedselvi i et tørt år (1996), et "middels" år (1994) og et vått år (2007).

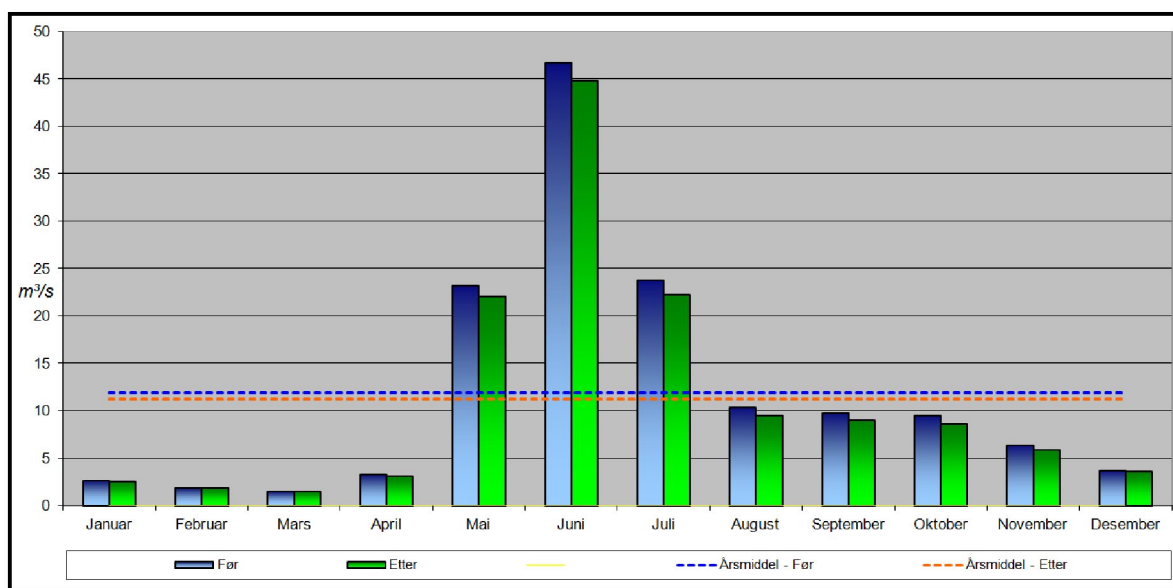
5.1.4 Ved Lo bru i Lærdalselva (Punkt 4)

Disse forutsetninger gir følgende resultater ved Lo Bru i Lærdalselva (punkt 4 i Figur 17):

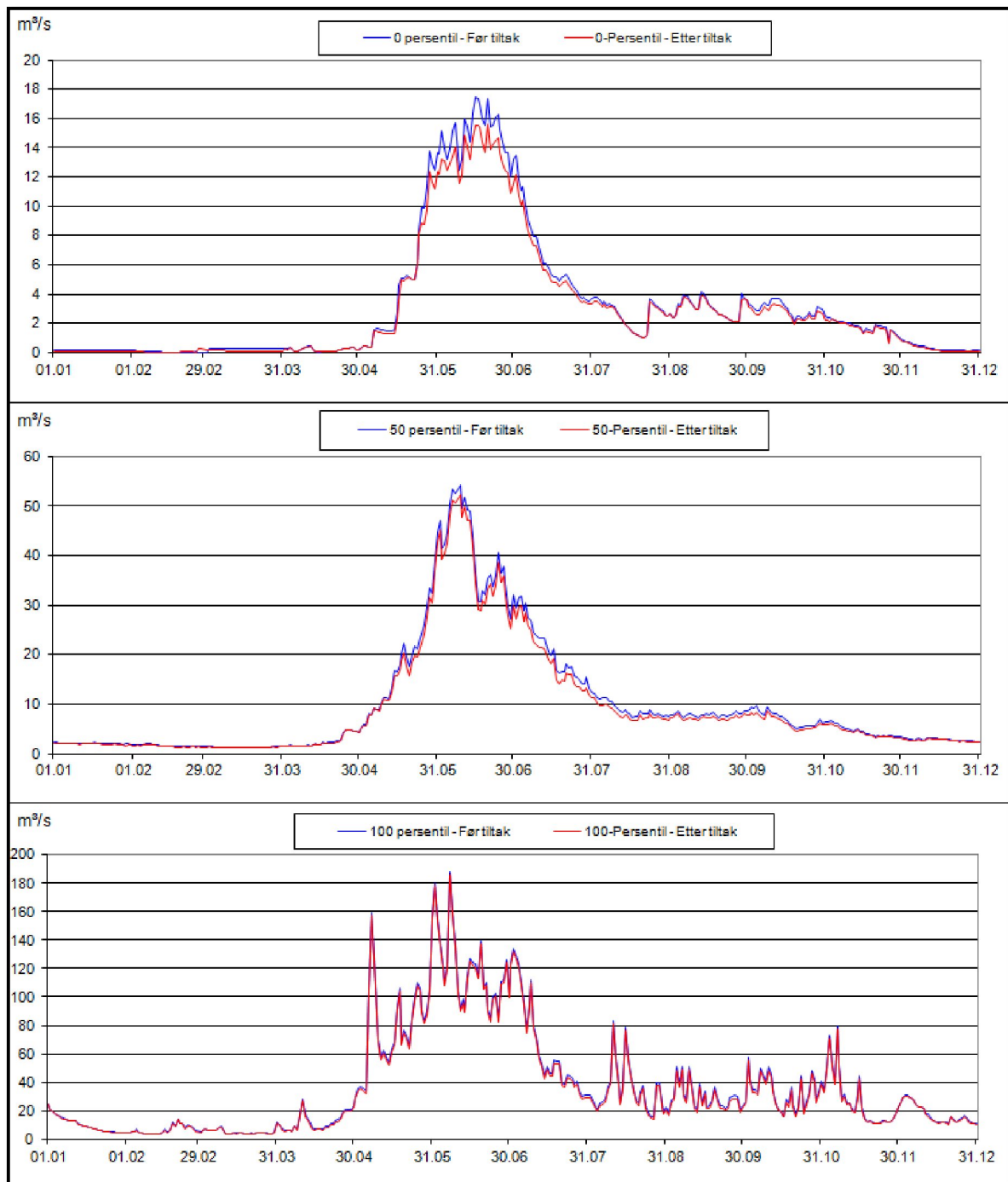
I snitt vil vannføringen bli redusert fra 11.9 m³/s til 11.22 m³/s, eller til 94,3 % av dagens vannføring. Størst volummessige reduksjon vil oppstå i perioder på vår/sommer og sen høst. I Tabell 9 og Figur 28 er månedsmiddelvannføringene vist før og etter utbygging. Konsekvensene av tiltaket på minimums-, median- og maksimumsvannføringer er vist i Figur 29, mens Figur 30 viser forholdene i de tre typiske årene.

Tabell 9 Ved Lo bru i Lærdalselva. Månedsmiddelvannføringer (1968-2010) i m³/s før og etter tiltak.

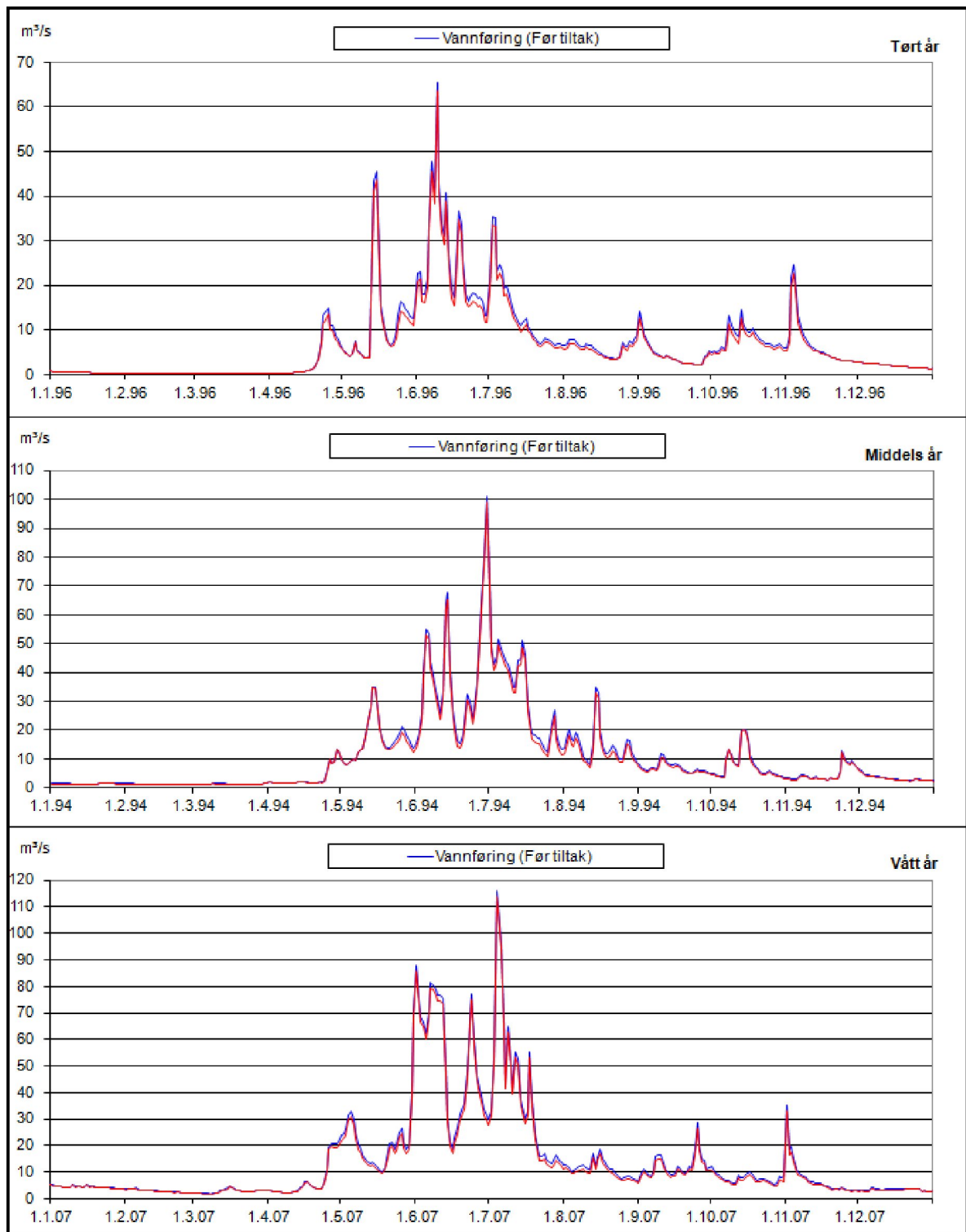
Måned	Før	Etter	% av eksisterende vannføring
Januar	2,60	2,48	95,4 %
Februar	1,90	1,82	95,3 %
Mars	1,51	1,48	98,3 %
April	3,24	3,10	95,6 %
Mai	23,18	22,06	95,2 %
Juni	46,74	44,82	95,9 %
Juli	23,79	22,21	93,4 %
August	10,35	9,45	91,4 %
September	9,75	8,97	92,0 %
Oktober	9,46	8,66	91,6 %
November	6,29	5,85	93,1 %
Desember	3,70	3,53	95,4 %
Middel	11,90	11,22	94,3 %



Figur 28 Månedsmiddelvannføringer (1968-2010) i m³/s før og etter tiltak.



Figur 29 Vannføringen i Lærdalselva, ved Lo bru (1968-2010), daglige verdier før og etter utbygging. Minimumsvannføringer (0-persentil) øverst, medianvannføringer i midten og maksimumsvannføringer (100-persentil) nederst.



Figur 30 Vannføringen i Lærdalselva, ved Lo bru i et tørt år (1996), et "middels" år (1994) og et vått år (2007).

5.1.5 Ved Seltun i Lærdalselva (Punkt 5)

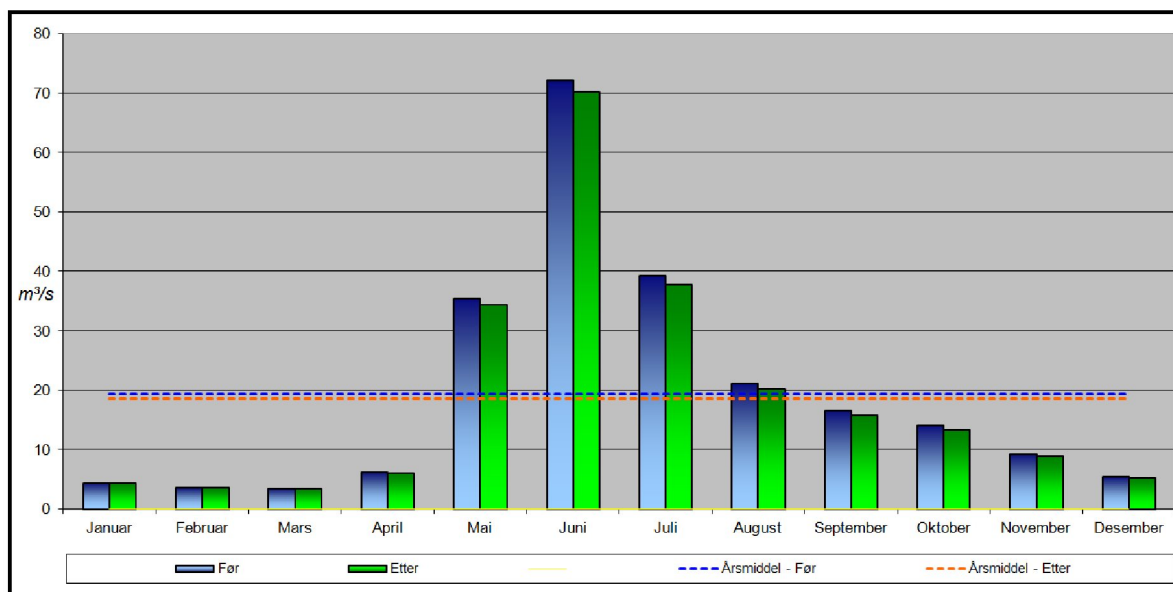
Disse forutsetninger gir følgende resultater ved Seltun i Lærdalselva (punkt 5 i Figur 17):

I snitt vil vannføringen bli redusert fra 19,29 m³/s til 18,61 m³/s, eller til 96,5 % av dagens vannføring. Størst volummessige reduksjon vil oppstå i perioder på vår/sommer og sen høst. I Tabell 9 og Figur 28 er månedsmiddelvannføringene vist før og etter utbygging. Konsekvensene av tiltaket på minimums-, median- og maksimumsvannføringer er vist i Figur 29, mens Figur 30 viser forholdene i de tre typiske årene.

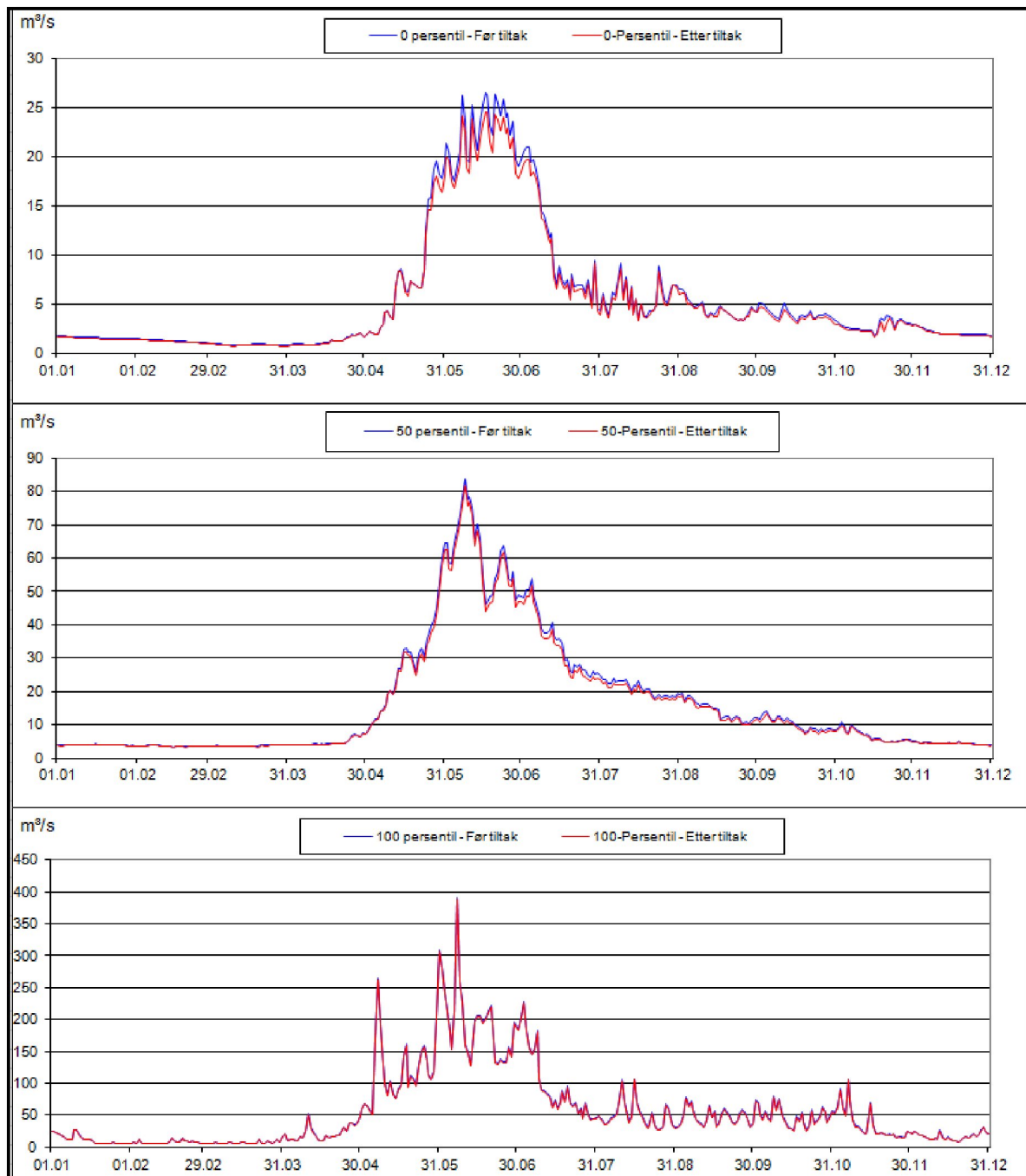
Tabell 10 Seltun i Lærdalselva. Månedsmiddelvannføringer (1968-2010)¹ i m³/s før og etter tiltak.

Måned	Før	Etter	% av eksisterende vannføring
Januar	4.39	4.27	97.2 %
Februar	3.66	3.57	97.5 %
Mars	3.50	3.43	97.8 %
April	6.18	6.04	97.7 %
Mai	35.38	34.29	96.9 %
Juni	72.09	70.17	97.3 %
Juli	39.25	37.68	96.0 %
August	21.03	20.16	95.9 %
September	16.59	15.84	95.5 %
Oktober	14.15	13.33	94.2 %
November	9.29	8.85	95.3 %
Desember	5.45	5.28	96.8 %
Middel	19.29	18.61	96.5 %

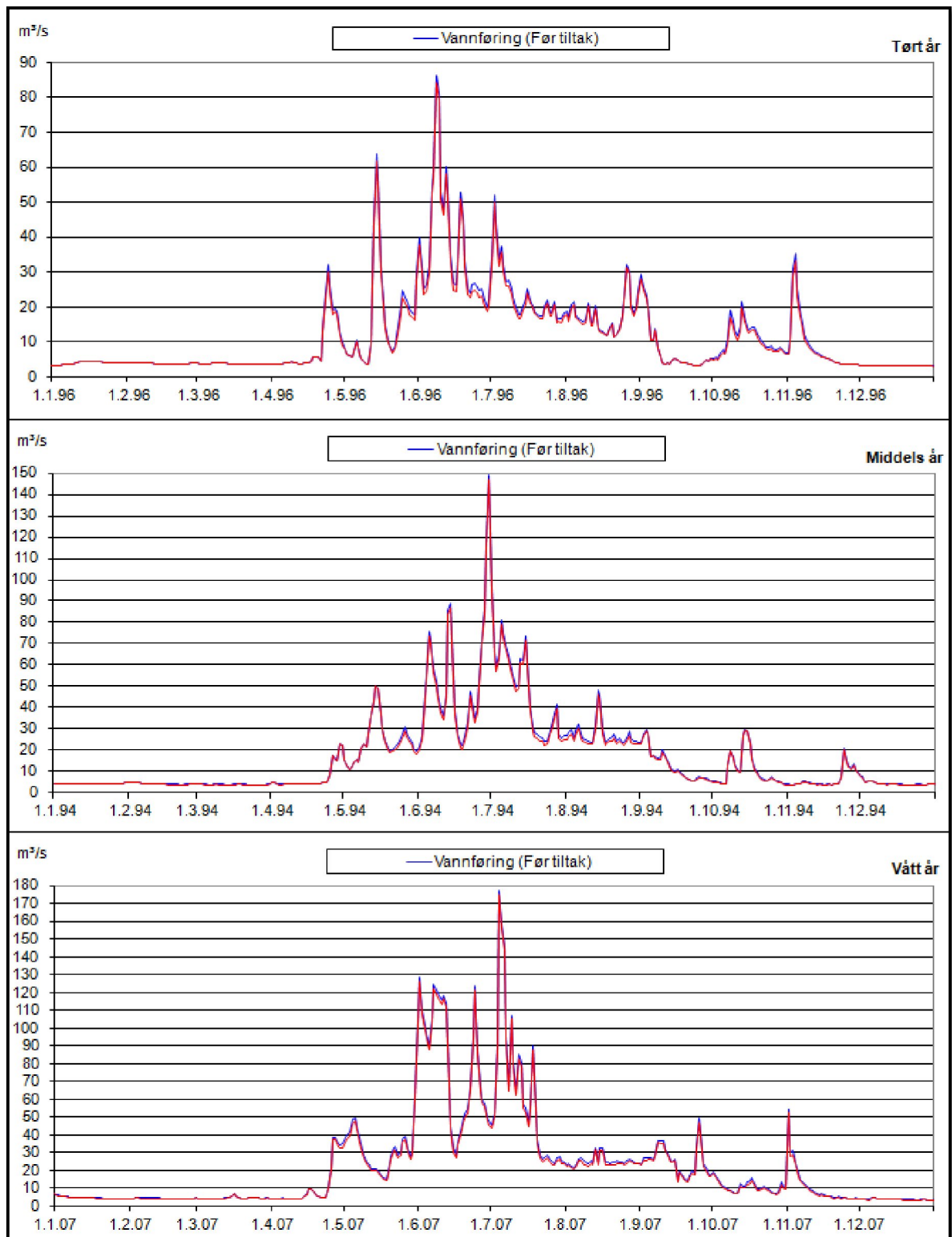
¹ Hull i dataserien fra 73.4 Sæltun i årene 2009-2010



Figur 31 Månedsmiddelvannføringer (1968-2010) i m³/s før og etter tiltak.



Figur 32 Vannføringen i Lærdalselva, ved Seltun (1968-2010), daglige verdier før og etter utbygging. Minimumsvannføringer (0-persentil) øverst, medianvannføringer i midten og maksimumsvannføringer (100-persentil) nederst.

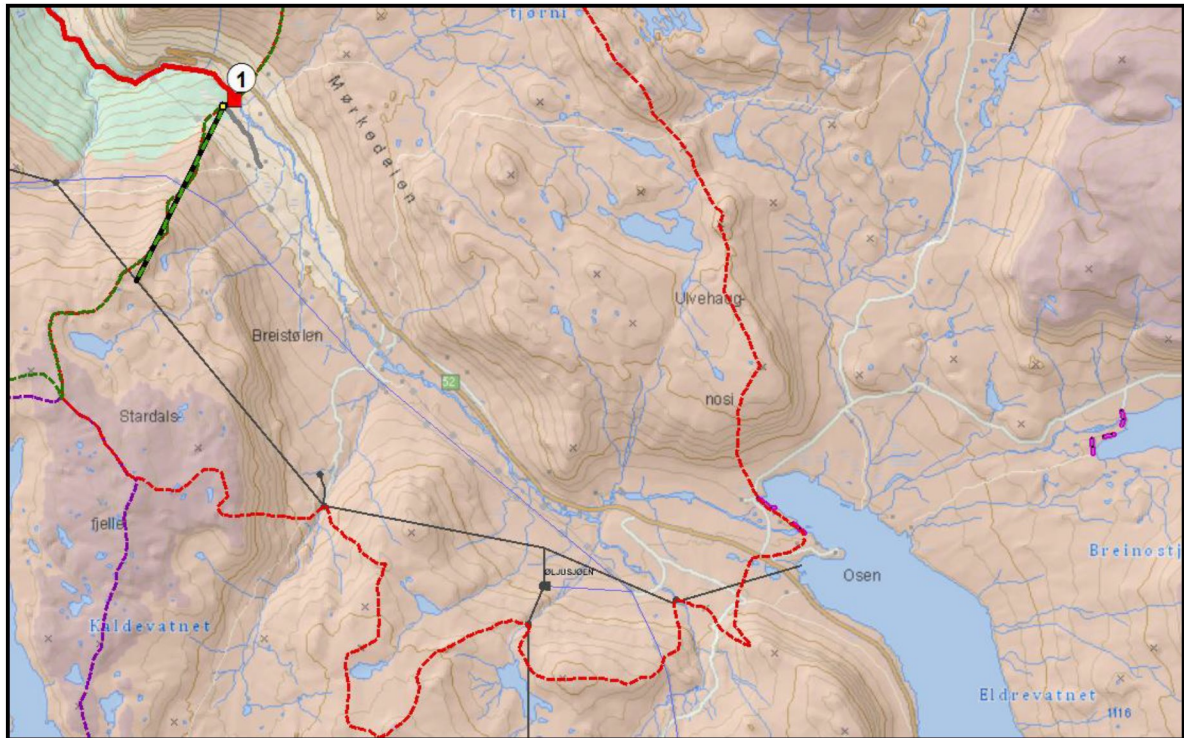


Figur 33 Vannføringen i Lærdalselva, ved Seltun i et tørt år (1996), et "middels" år (1994) og et vått år (2007).

6 OVERLØP/FLOMTAP FRA OPPSTRØMS MAGASIN

Deler av nedbørfeltet til inntaket til Mørkdøla pumpe er som nevnt tidligere regulert.

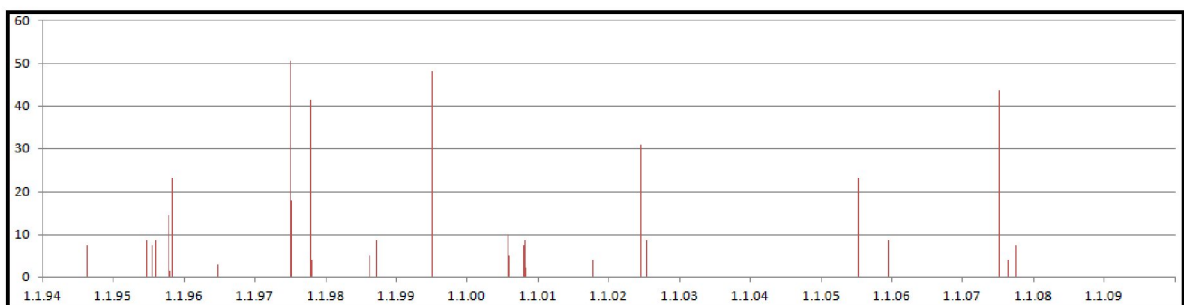
Inntakene i sidevassdragene Kjølåa, Stardøla og bekken fra Nordre Halsatjørni (se Figur 34) har så stor kapasitet at det aldri vil være overløp fra disse.



Figur 34 Reguleringer i de øvre deler av nedbørfeltet.

Fra Eldrevatn kan det sporadisk, og ikke i alle år, være overløp når magasinet når over HRV. Slike flomtap er imidlertid lite ønskelige og søkes unngått.

I Figur 35 vises registreringer av overløp fra 1994 og frem til ut 2009. Dette vannet vil komme som tillegg til de vannmengder beskrevet tidligere.



Figur 35 Overløp fra Eldrevatn. Verdier i m^3/s .

7 BEREGNING AV NYTTBAR VANNMENGDE TIL PRODUKSJON VED HJELP AV HYDROLOGISKE DATA

Ved bruk av maksimal slukeevne på 2 m³/s og ingen nedre grense og omsøkt minstevannføring på 320 l/s sommerstid og 25 l/s vinterstid.

	% av middelvannføringen	Mill.m ³
Tilgjengelig vannmengde ²	100 %	36.64
Beregnet vanntap fordi vannføringen er større enn maks slukeevne	30 %	11.02
Beregnet vanntap fordi vannføringen er mindre enn min slukeevne	0 %	0.00
Beregnet vanntap på grunn av slipp av minstevannføring	11 %	4.20
Nyttbar vannmengde til produksjon	58 %	21.42

8 VANNTEMPERATUR, ISFORHOLD OG LOKALKLIMA

Vanntemperatur og lokalklima anses ikke å bli endret i særlig negativ grad av det planlagte tiltaket.

Vanntemperaturen nedstrøms inntaket vil være marginalt lavere vinterstid og noe høyere om sommeren fordi den reduserte vannføringen på strekningen raskere vil tilpasses temperaturen i omgivelsene.

Tiltaket anses heller ikke å ha synderlig påvirkning på lokalklimaet, da endringene vil være små.

9 GRUNNVANN, FLOM OG EROSJON

Tiltaket vil ikke føre til forverrede flomforhold. Flomforholdene på strekningen med fraført vann vil derimot bli noe redusert, mens flomforhold oppstrøms inntakene ikke vil bli påvirket.

Det planlagte tiltaket anses ikke å ha noen varig effekt på forhold tilknyttet erosjon og sedimenttransport utover byggeperioden.

10 FERSKVANNSRESSURSER

Mørkdøla er i dag allerede en utnyttet ressurs. Nedbørfeltet er regulert til kraftverksdrift og har overføringer ut av det naturlige nedbørfeltet.

² Normalavløp 1961-1990 (eller forventet gjennomsnittlig årlig avløp).

11 REFERANSER

Beldring, S., Roald, L.A. & Voksø, A., 2002 *Avrenningskart for Norge*, NVE Rapport 2 – 2002, 49s.

NVE 2007, Skjema for dokumentasjon av hydrologiske forhold for små kraftverk med konsesjonsplikt, 5s.