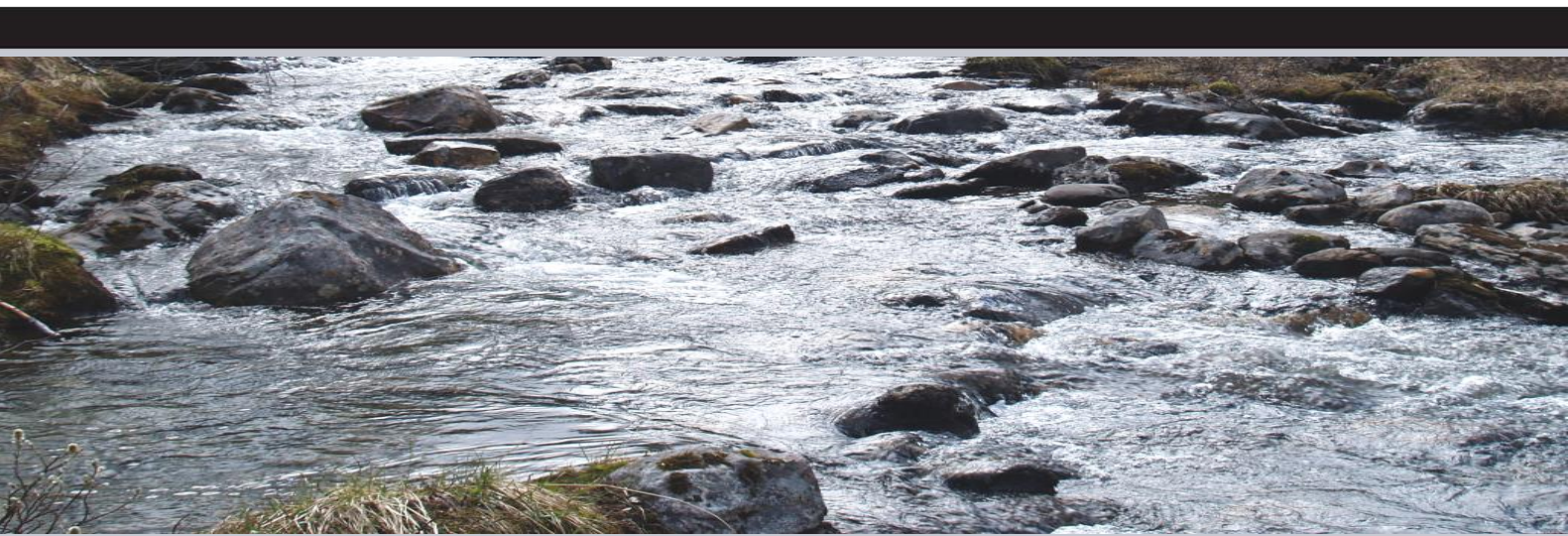


MiljøKraft Nordland AS



RABBEN KRAFTVERK

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

RAPPORT

Deres ref.:

Vår ref.:

Dato:

163002 - Hydrologi

23.04.2015

Til:

MiljøKraft Nordland AS

Fra:

Kjetil Sandsbråten

TEKNISK HYDROLOGI OG VURDERING AV HYDROLOGISKE KONSEKVENSER AV PLANLAGT TILTAK RABBen KRAFTVERK

1	Innledning	3
2	Områdebeskrivelse	3
3	Hydrologisk datagrunnlag	6
3.1	Hydrometri	6
4	Beregnete resultater	9
4.1	Tilslagsserie	9
4.2	Statistiske parametere	9
4.3	Lavvannskarakteristika for de enkelte delfelt	10
4.4	Årsmidler for tilslagsserien ved inntak til Rabben kraftverk	10
4.5	Persentiler for tilslagsserien ved inntak til Rabben kraftverk	11
4.6	Sesongmessige lavvannføringer for de naturlige delfeltene	12
4.7	Varighetskurve, slukeevne og sum lavere for tilslags til inntak Rabben kraftverk	17
5	Hydrologiske konsekvenser av planlagt tiltak	18
5.1	Konsekvenser for vannføringsforhold	18
6	Beregning av nyttbar vannmengde til produksjon ved hjelp av hydrologiske data	36
6.1	Omsøkt alternativ med maks slukeevne på 17,85 m ³ /s ved kraftverksinntak for Rabben kraftverk i Grønnfjellåga	36
7	Vanntemperatur, isforhold og lokalklima	36
8	Flom	36
8.1	Metodikk – beregning av flomstørrelser	37
8.2	Generell metodikk for flomberegning	37
8.3	Sesonginndeling	39
8.4	Beregning av flommens størrelse og forløp	39
8.5	Valg av analysemetodikk for flomvurdering ved inntak til Rabben kraftverk	40
9	Dagens flomforhold og effekter av tiltaket	41
10	Erosjon	42
11	Grunnvann	42
12	Ferskvannsressurser	42
13	Referanser	42
14	Vedlegg 1 – Flomfrekvensplott	43

1 INNLEDNING

SWECO Norge AS har etter forespørsel fra MiljøKraft Nordland AS utarbeidet tilsigsserie samt utvalgte nedbørsfelt- og hydrologiske parametere for planlagt regulert nedbørsfelt, med inntak i Grønnfjellåga og to overførte felt i samme vassdrag, og utløp i Grønnfjellåga oppstrøms Dunderforsen før innløp i Ranavassdraget.

Det er sett på ett alternativ, med inntak på dagens kote 173 og med utløp på kote 90. Utløpet i Ranavassdraget ligger på kote 60 og en betydelig del av fallet blir derfor ikke berørt av den planlagte utbyggingen. Nedstrøms utløpet vil vannføringen være som tidligere. Det planlegges ikke reguleringsmagasin i utbyggingen utover et noe større inntaksbasseng med planlagt HRV på 189 og vannføringen vil derfor ikke være synlig redistribuert i tid.

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

2 OMRÅDEBESKRIVELSE

Nedbørsfeltet er lokalisert i Rana kommune i Nordland fylke.

Kraftverket er planlagt i Grønnfjellåga som renner ned Grønnfjell dalen. Elven har utløp i Ranaelva ca. 5 km nord for Storforshei.

Planlagt regulert nedbørsfelt er beregnet til 168,74 km² ved inntak på 189 m.o.h.

Nedstrøms restfelt fra inntak ned til planlagt utløp ved kote 90 er på 4,75 km².

Generell skisse med plassering i Norge er vist i Figur 1.

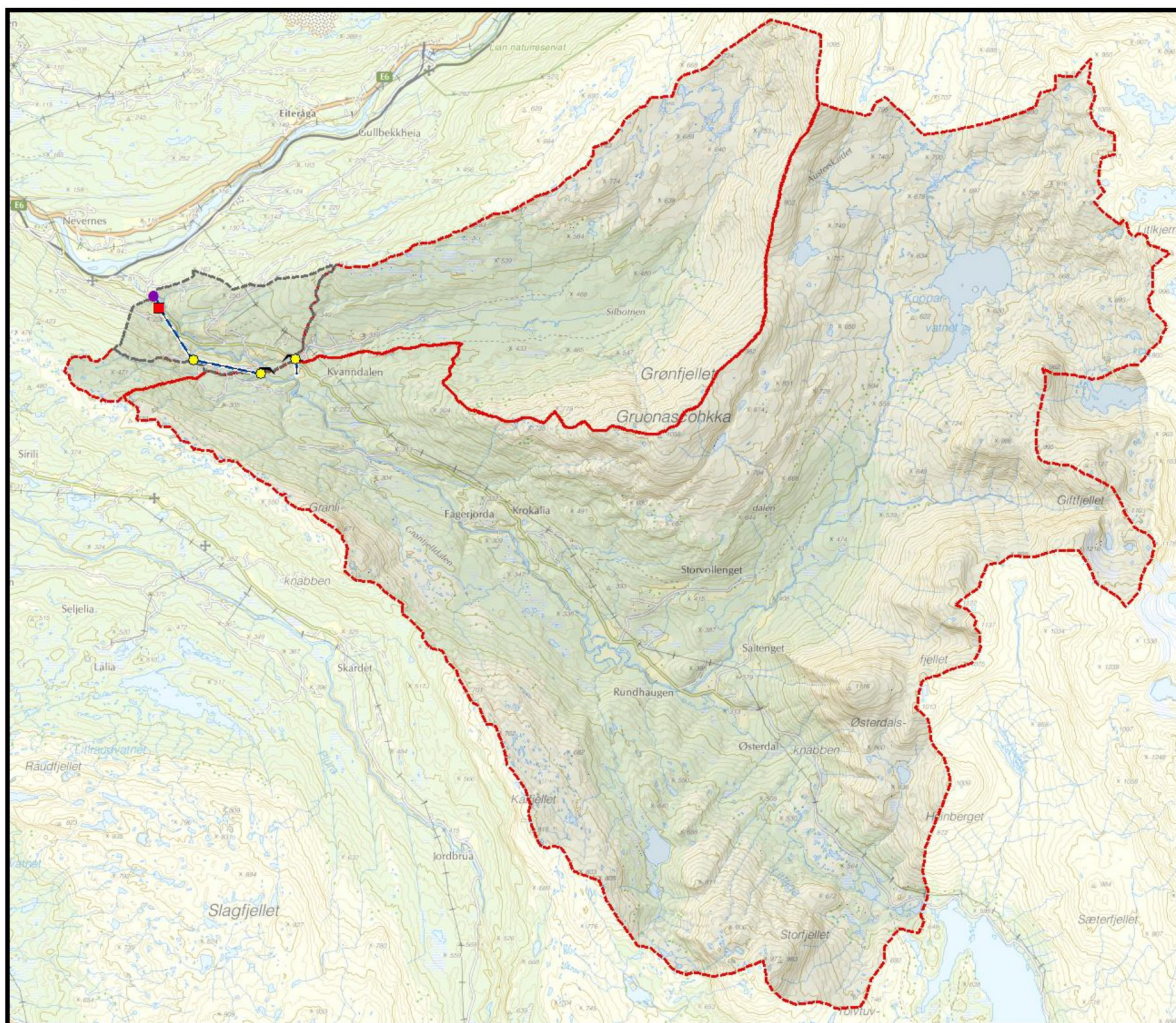
Nedbørsfeltet, med restfelter, er vist i større detalj i Figur 2.



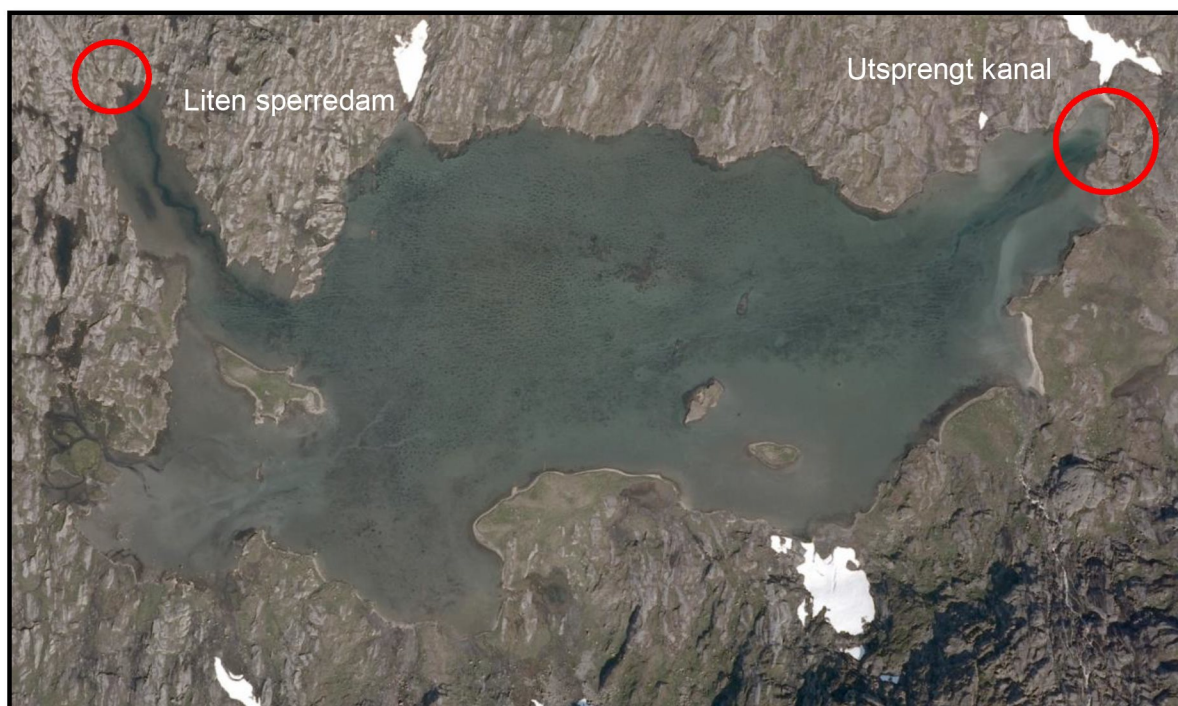
Figur 1 Plassering av prosjektet i Norge

Det er ingen spesiell usikkerhet knyttet til fastsettelse av nedbørsfeltgrenser. Feltet er tidligere regulert med en mindre overføring på 4 km² fra Grønnfjellåga mot Blerek (Kopparskardvatn) ut av feltet (se Figur 3).

Inntaksfeltene strekker seg mellom 189/1248 m.o.h. og restfeltet mellom inntak og utløp på mellom 90/460 m.o.h. Detaljer for de enkelte delfelter er beskrevet i tabellene nedenfor. Inntaksfeltet har enkelte mindre tjern, et større vann «Kopparsvatnet», lite myr og marginalt med bre. Vassdraget ligger hovedsakelig vendt nordvest.



Figur 2 Oversiktskart over planlagt prosjekt



Figur 3 Kopparskardvatn, som er overført mot Blerek.

Tabell 1 Nedbørfeltparametere

NAVN	Areal	Innsjø	Myr	Snaufjell	Skog	Minste Høyde	Midlere Høyde	Max Høyde
	km ²	%	%	%	%	(m.o.h.)	(m.o.h.)	(m.o.h.)
Inntaksfelt, Grønnfjellåga	134,0	1,9	1,2	47,9	38,1	189	610	1249
Inntaksfelt, Silåga	33,46	0,6	2,2	48,7	42,2	206	605	1090
Inntaksfelt, Rabben	1,28	0,8	0,3	-	90,3	207	448	521
Restfelt, mellom inntak og utløp	4,75	-	-	-	92,8	90	204	460

Tabell 2 Avrenningsparametere

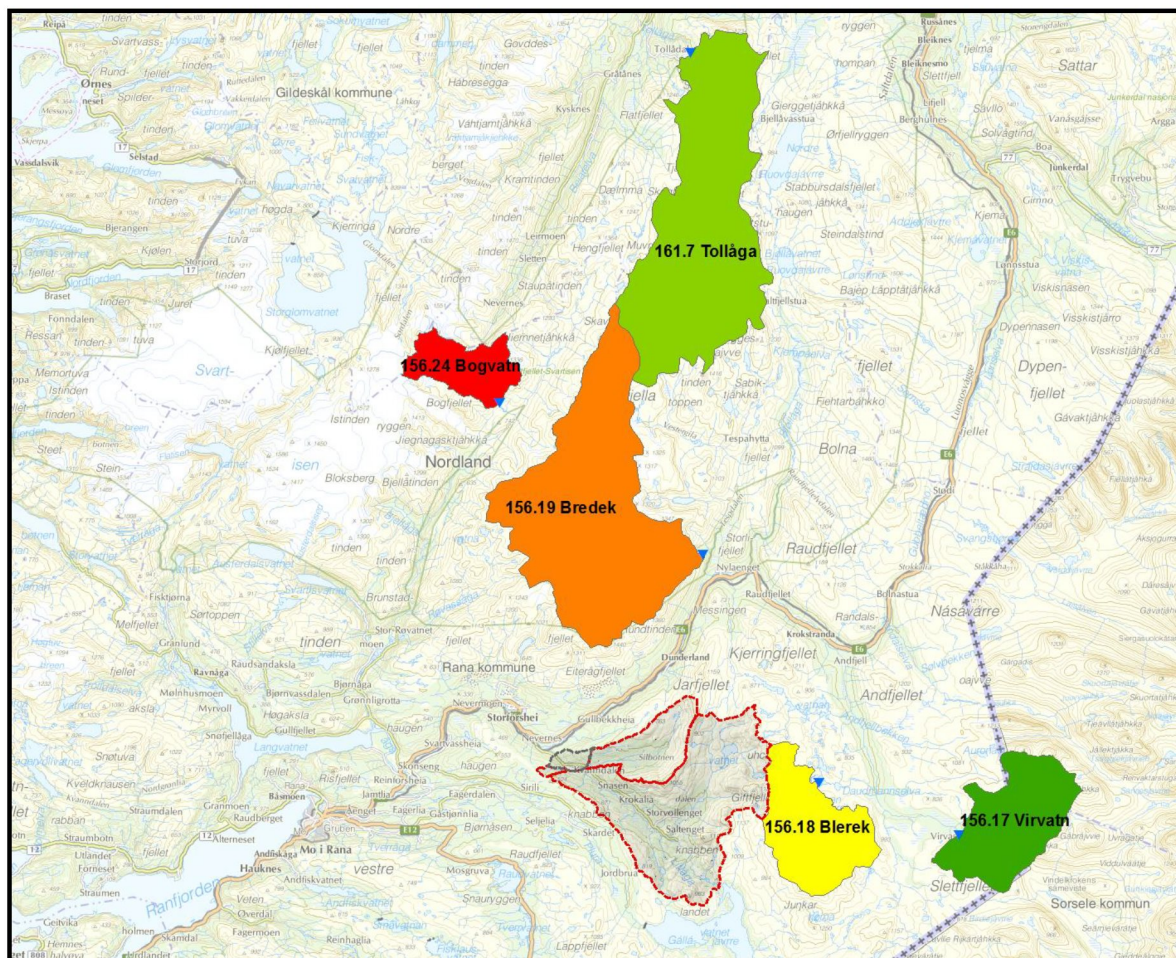
NAVN	Areal i km ²	Spesifikk avrenning 1961-1990 i l/s/km ² NVEs avrenningskart	Midlere avrenning i mm pr. år	Q _{mid} i m ³ /s 1961-1990
Inntaksfelt, Grønnfjellåga	134,0	34,14	1077	4,57
Inntaksfelt, Silåga	33,46	37,96	1198	1,27
Inntaksfelt, Rabben	1,28	29,91	944	0,04
Restfelt, mellom inntak og utløp	4,75	22,54	711	0,11

3 HYDROLOGISK DATAGRUNNLAG

3.1 Hydrometri

Det eksisterer ingen pågående observasjoner av avløpet i nedbørfeltet så 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.



Figur 4 Plassering av vurderte avløpsstasjoner i området.

Tabell 3 Stasjonsfeltparametere

Stasjons-nr	Navn	Feltstørrelse (km²)	Minste høyde i m.o.h.	Midlere høyde i m.o.h.	Max høyde i m.o.h.	Innsjø %	Skog %	Bre %	Snaufjell %	Uregulert Serielengde
	Rabben kr.verk	168,74	173	612	1249	1,6	39,2	-	47,7	-
156.17	Virvatn	79,06	642	833	1250	3,9	1,91	-	92,13	1967-2013
156.18	Blerek	78,41	675	839	1456	6,64	-	1,47	90,61	1967-1988
156.19	Bredek	228,79	270	905	1486	0,69	9,03	4,12	77,34	1967-2013
156.24	Bogvatn	37,3	660	985	1556	9,39	-	19,97	70,64	1971-2013
161.7	Tollåga	225,05	374	795	1411	2,05	12,09	0,11	71,87	1973-d.d ¹

¹ Et lengre hull i 2010

Fem stasjoner innen rimelig nærhet har vært vurdert som grunnlag for generering av tilsig til Rabben kraftverk og tilsiget fra restfeltet nedstrøms. Plassering av stasjonene er vist i figur 3 og ytterligere feltopplysninger finnes i Tabell 3.

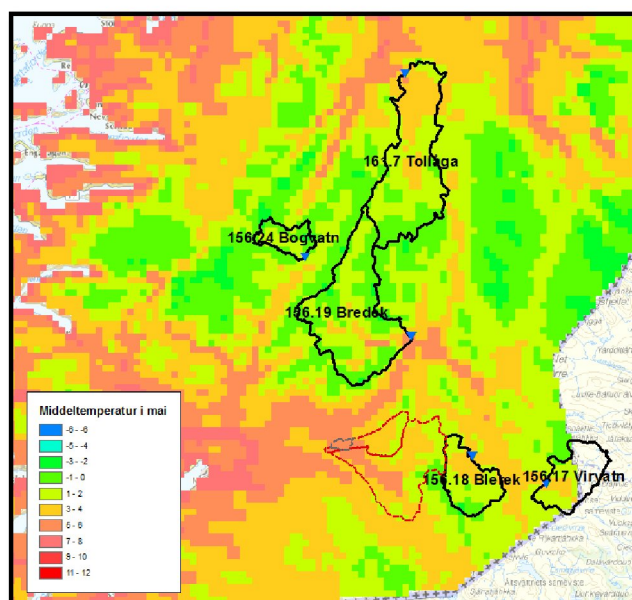
Relevant informasjon fra de tilgjengelige avløpsdataene som f.eks tidspunkt for snøsmelting, nedbørsmønster etc. er blant annet benyttet som grunnlag for vurdering av bruk som referansestasjoner.

Vannmerkene 156.24 Bogvatn, 156.19 Bredek og 156.18 Blerek har en god del bretilsig og er mer høyereliggende slik at vannføringen vil være høyere på sommer og sensommer og ha en senere smeltestart på våren enn det som anses korrekt for tilsiget til Rabben kraftverk. 156.18 Blerek ble nedlagt i 1988 og avløpskurven for 156.19 Bredek er etter 2001 å anse som midlertidig og basert på få og dårlige målinger. Vannmerke 156.24 Bogvatn har data frem til og med 2013.

Vannmerket 156.17 Virvatn er også noe mer høyereliggende og har derfor også en senere smeltestart enn ønskelig. Den effektive sjøprosenten er også høyere i Virvatn enn tilfellet er i Rabben, og vil ha en mer utjevnnet vannføring. De har en lignende innsjøprosent men i Rabben ligger det største sjøarealet høyt oppe i fjellet og den dempende effekten er dermed mindre. Stasjonen har data frem til og med 2013 men med et lengre hull i serien i 2012.

Vannmerke 161.7 Tollåga har lignende feltareal og innsjøprosent og antatt lignende hydrologisk respons. Feltet er noe mer lavereliggende enn de andre mulige referansestasjonene i området og vil sammen med den nordlige eksponeringen gir et noe bedre bilde av smeltestart og avrenningsmønster. Stasjonen har data frem til sommeren 2014, men har en del hull i 2010.

Som vi imidlertid ser av middeltemperaturen i mai, som vist i Figur 5, er denne noe lavere ved vannmerket 161.7 Tollåga enn ved Rabben kraftverk og den utarbeidede tilsigsserien vil derfor sannsynligvis ha en noe senere smeltestart enn det som faktisk er tilfelle. Avløpsserien er ellers av tilfredsstillende lengde og er fortsatt pågående.



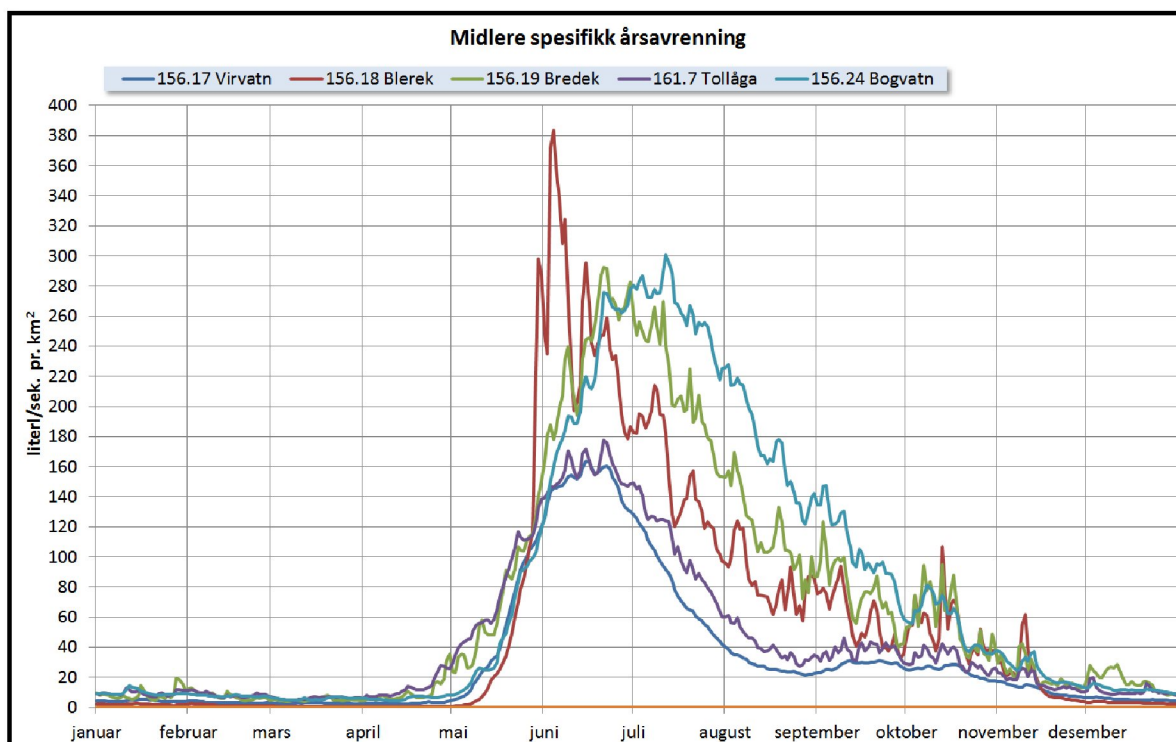
Figur 5 Middeltemperatur i mai måned (Data fra met.no)

Ingen negative bemerkninger er beskrevet for avløpsserien i Petterson (18/2005).

Midlere spesifikk årsavrenning for de vurderte stasjoner er vist i Figur 6.

Tilsiget til Rabben kraftverk og de respektive restfelt nedstrøms er derfor generert på bakgrunn av areal- og middelavløpsskalerte avløpsserier fra vannmerket VM 161.7 Tollåga. På bakgrunn av de ovenfor beskrevne vurderinger anses det skalerte avløpet fra denne målestasjonen å representere tilsiget til kraftverket på en akseptabel måte. Tidsserien i perioden 1973-2011 er benyttet.

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 betraktete området avtar.



Figur 6 Midlere spesifikk årsavrenning for de vurderte målestasjoner.

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

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>Rabben kr.verk</i>		34,87		
156.17	Virvatn	1967-2010	31,26	31,23	34,49
156.18	Blerek	1967-1988	55,02	57,40	-
156.19	Bredek	1967-2001	69,85	69,83	70,95
156.24	Bogvatn	1971-2011	75,23	74,31	82,66
161.7	Tollåga	1973-2011 ¹	39,59	41,19	44,89

¹Hulli 2010

Avløpet ved målestasjonene er beregnet fra observerte data og sammenlignet med NVEs normalavrenningskart. Etter 1990 ligger avløpet noe høyere enn avrenningskartet i disse områdene, om lag 10% .

Utover dette ses ingen spesiell trend utover dette til å være utpreget og det er derfor valgt å benytte verdien fra NVEs avrenningskart sammen med den observerte variasjonen i sammenligningsserien. Dette gir en økning i antatt avløp på om lag 13% i perioden etter 1990 sammenlignet med avrenningskartet.

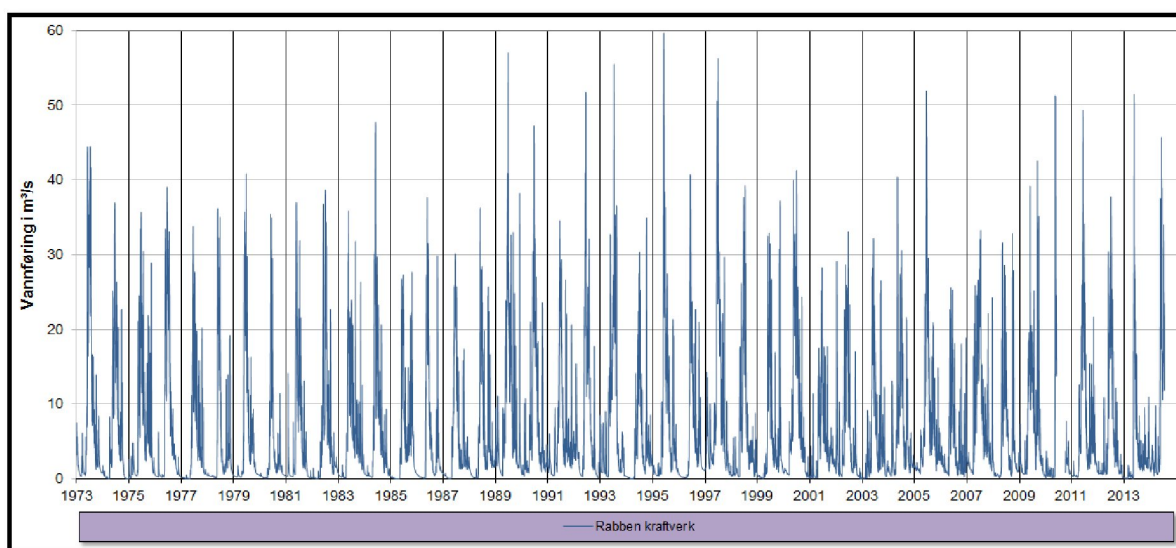
4 BEREGNED RESULTATER

4.1 Tilsigsserie

For tilsiget til det planlagte Rabben kraftverk er disse ovenfor beskrevne vurderinger lagt til grunn. En tilsigsserie er utarbeidet, vist i Figur 7.

Tidsserien består av generert avløp fra 1973 til og med 2013, totalt 41 år. Det er imidlertid en del manglende data for året 2010.

Tilsigsserien er utarbeidet med en begrensning i overføringen på maksimalt 3,2 m³/s samt slipp av minstevannføring på hhv. 280 og 17 l/s ved inntaket i Silåga. Det er senere bestemt at minstevannføringsslipet planlegges økt fra 17 l/s til 20 l/s.



Figur 7 Utarbeidet tilsigsserie, Rabben kraftverk

4.2 Statistiske parametere

Det er utarbeidet en del generell statistikk for tilsigsserien: som vist i tabell og figurer nedenfor.

Stasjon/nedbørfelt	Feltstørrelse (km ²)	Midlere spesifikk avrenning 1961-1990 (NVEs avrenningskart)	Midlere spesifikk avrenning 1973-2013 (Tilsigsserie)	Største tilgjengelige tilsig (m ³ /s)	Midlere tilgjengelig tilsig (m ³ /s)	Minste tilgjengelige tilsig (m ³ /s)
Inntaksfelt, Grønnfjellåga	134,0	34,14	36,78	55,68	4,93	~0,010
Inntaksfelt, Silåga	33,46	37,96	40,89	15,46	1,37	~0,010
Inntaksfelt, Rabben	1,28	29,91	32,22	0,47	0,04	~0,001
Rabben Kraftverk ⁽¹⁾ ₍₂₎	168,74	34,87	35,08 ²	71,61 59,35	6,34 5,92	~0,020 ~0,010

¹ Uten begrensninger i overføring fra Silåga eller slipp av minstevannføring ved dette inntaket. ² Med begrensninger i overføringen av Silåga - med planlagt minstevannføring på 280 (sommer) og 17 l/s (vinter) samt overføringskapasitet på 3,2 m³/s. Minstevannføring om vinteren er senere økt til 20 l/s.

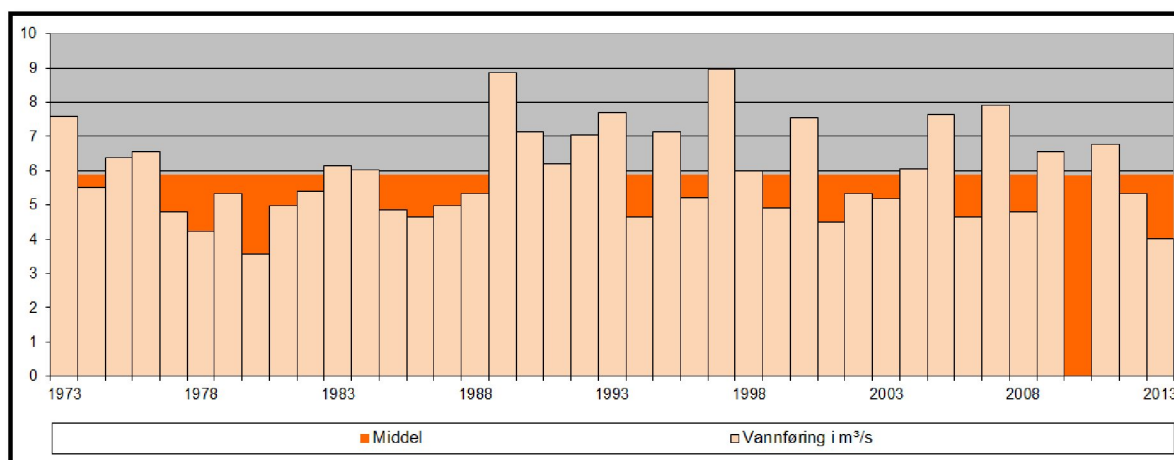
4.3 Lavvannskarakteristika for de enkelte delfelt

Stasjon/nedbørfelt	Felt-størrelse (km ²)	Minste tilgjengelige tilsig (m ³ /s)	Alminnelig lavvannføring ¹ (m ³ /s) (Verdier fra NVE-lavvannskart i kursiv)	5-Persentil for sommersesongen (1.5 – 30.9) (Verdier fra NVE-lavvannskart i kursiv)	5-Persentil for vintersesongen (1.10 – 30.4) (Verdier fra NVE-lavvannskart i kursiv)
Inntaksfelt, Grønnfjellåga	134,0	~0,010	0,107 (0,228)	1,004 (0,858)	0,068 (0,188)
Inntaksfelt, Silåga	33,46	~0,010	0,030 (0,067)	0,279 (0,168)	0,019 (0,054)
Inntaksfelt, Rabben	1,28	~0,001	0,001 (-)	0,008 (-)	0,001 (-)

(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, dvs. at det gjenspeiler avrenningen i perioden før overføringen av Kopparskardvatn til Blerik.

4.4 Årsmidler for tilsigsserien ved inntak til Rabben kraftverk

Det er også utarbeidet årsmiddeldiagram for beregnet serie, vist i Figur 8. Verdier er i m³/s.

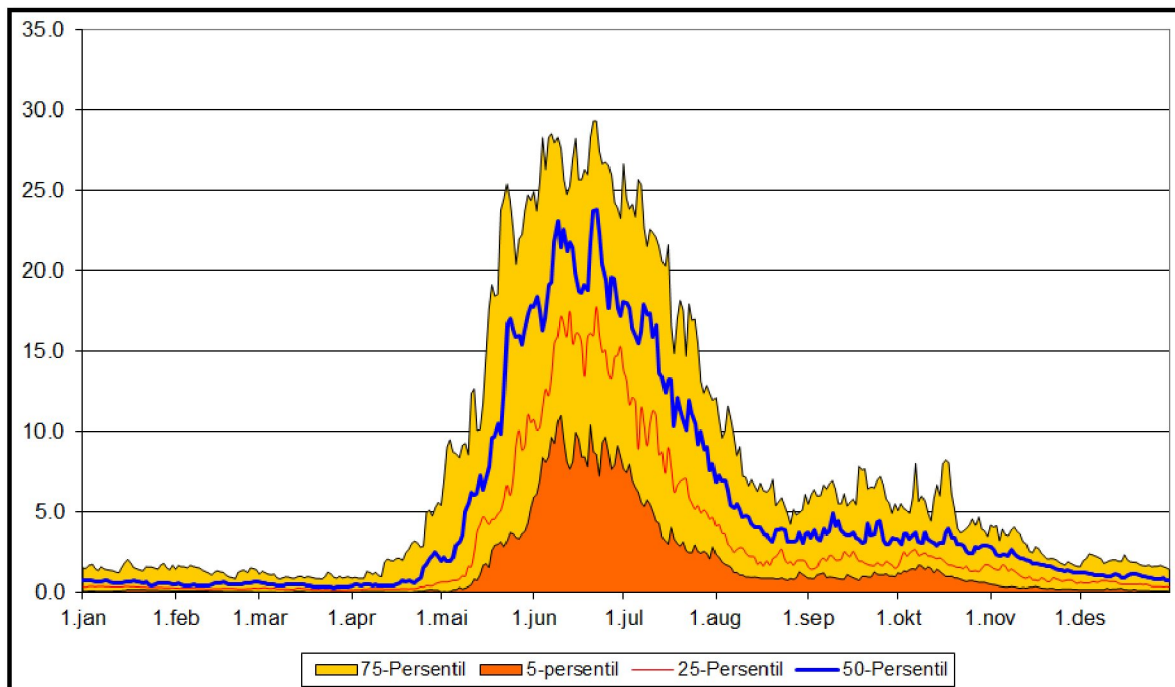


Figur 8 Årsmidler for perioden 1973-2013 for beregnet tilsigsserie.

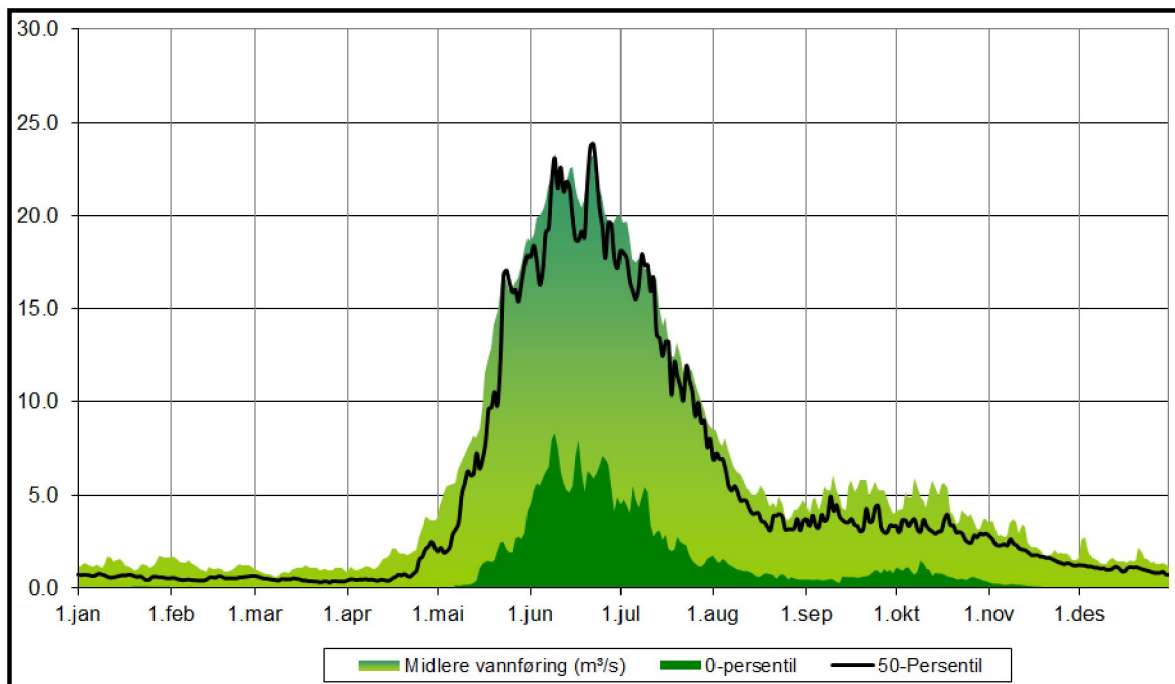
4.5 Persentiler for tilsigsserien ved inntak til Rabben kraftverk

Vassdraget er et høyfjellsfelt med høy avrenning i smeltesesongen på våren og forsommeren, en mindre høstflomseson og lav vintervannføring

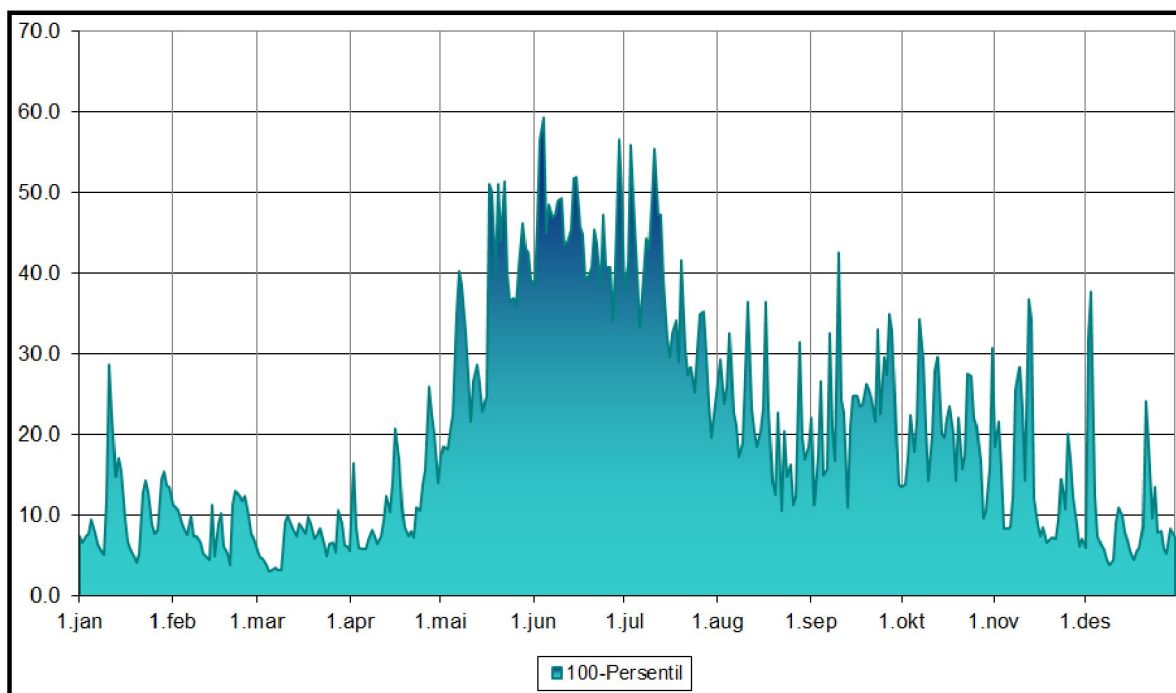
Typiske persentilplott er vist i Figur 9 til Figur 11.



Figur 9 5, 25, 50 og 75 persentilen (Verdier i m^3/s).



Figur 10 Midlere/median og minimumsvannføringer over dataperioden. Verdier i m^3/s .



Figur 11 Daglig maksimalvannføring i løpet av dataperioden. Verdier i m^3/s .

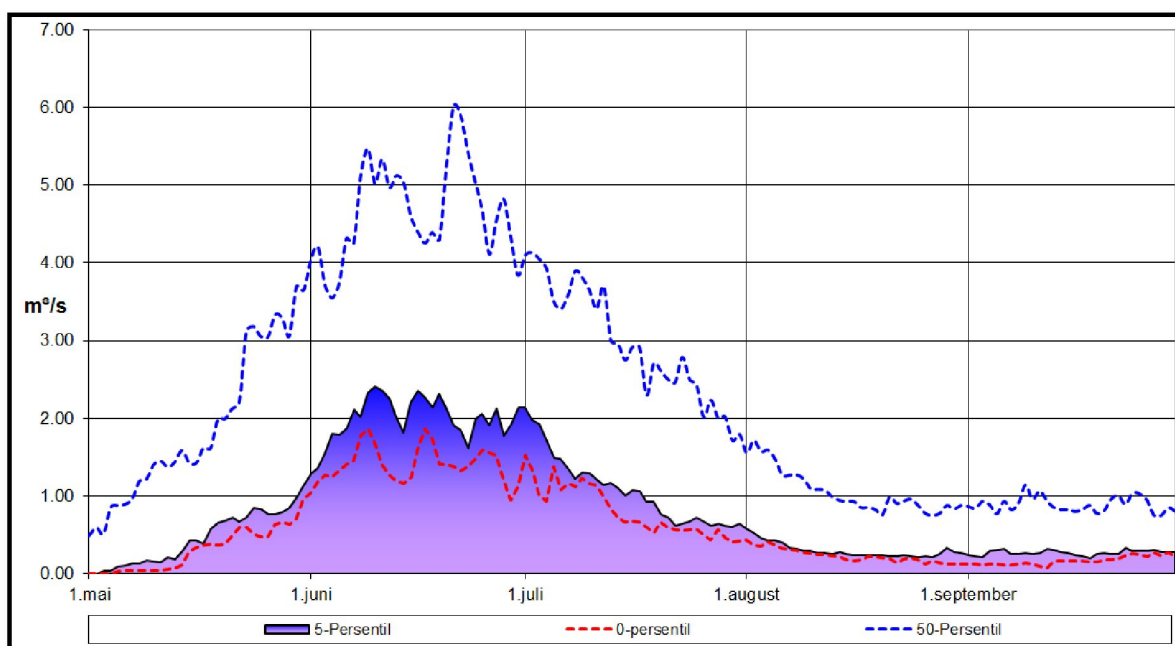
4.6 Sesongmessige lavvannføringer for de naturlige delfeltene

4.6.1 Delfelt Silåga

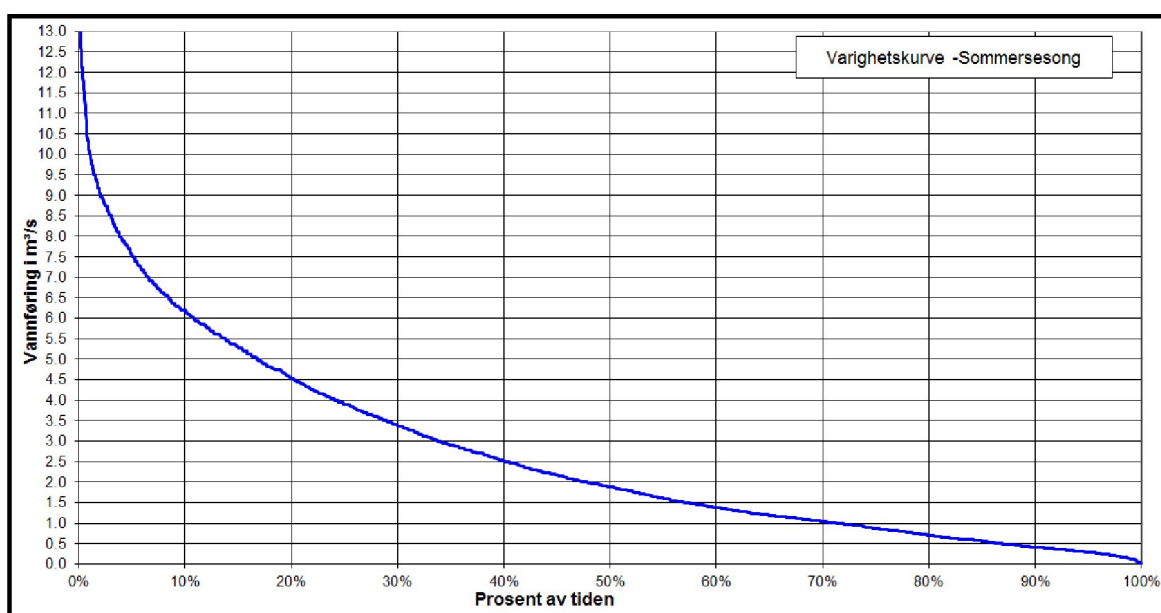
4.6.1.1 5-Persentil Sommersesong (1.5 – 30.9)

Midlere 5-Persentil for sommersesongen (1.5 – 30.9) er beregnet til $0,279 \text{ m}^3/\text{s}$. 5-Persentil er plottet over perioden, sammen med minimums- maksimums- og medianverdien i Figur 12.

Varighetskurve for sommersesongen er vist i Figur 13.



Figur 12 Persentiler for sommersesongen (1.5 - 30.9)

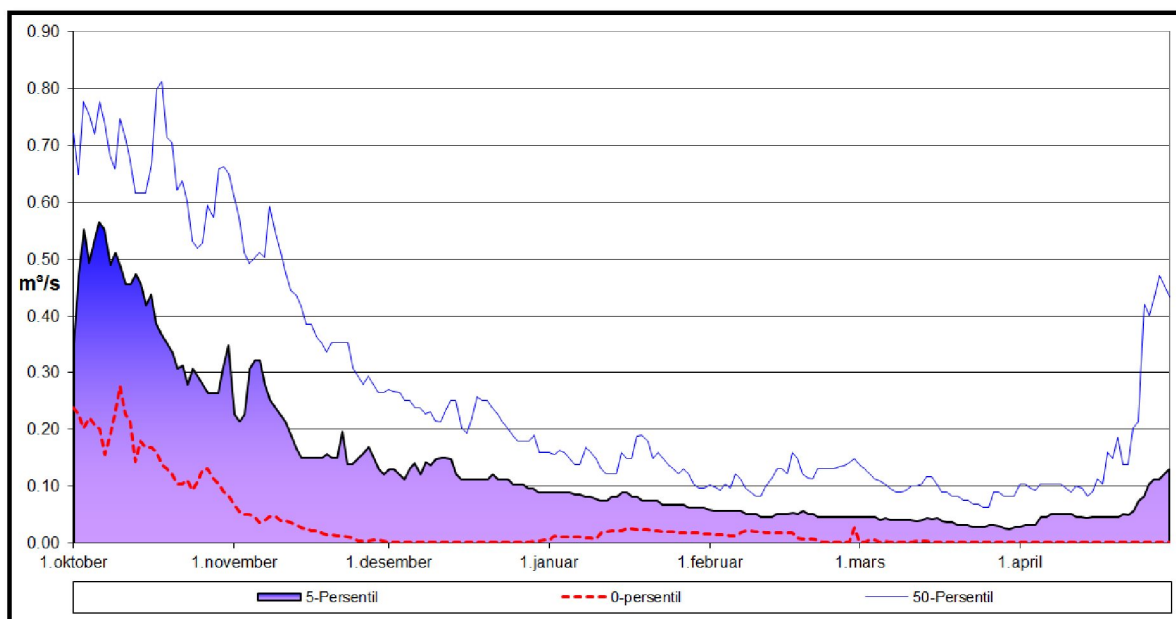


Figur 13 Varighetskurve for sommersesongen (1.5 - 30.9)

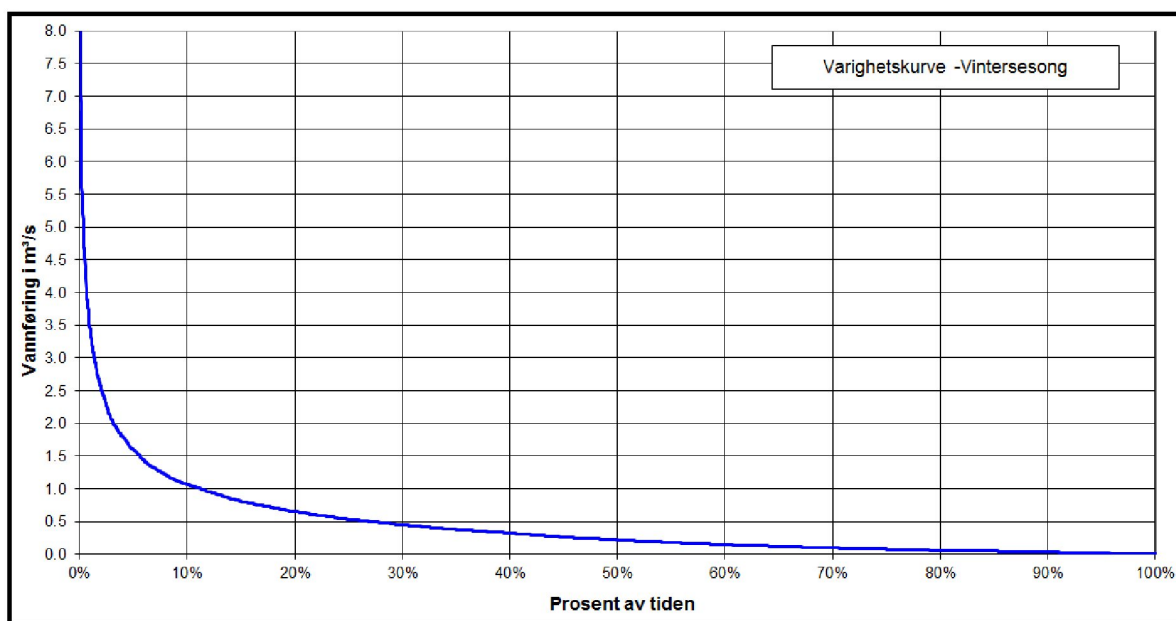
4.6.2 5-Persentil Vintersesong (1.10 - 30.4)

Midlere 5-Persentil for vintersesongen (1.10 - 30.4) er beregnet til 0,019 m³/s. 5-Persentil er plottet over perioden, sammen med minimums- maksimums- og medianverdien i Figur 14.

Varighetskurve for vintersesongen er vist i Figur 15.



Figur 14 Persentiler for vintersesongen (1.10 - 30.4)



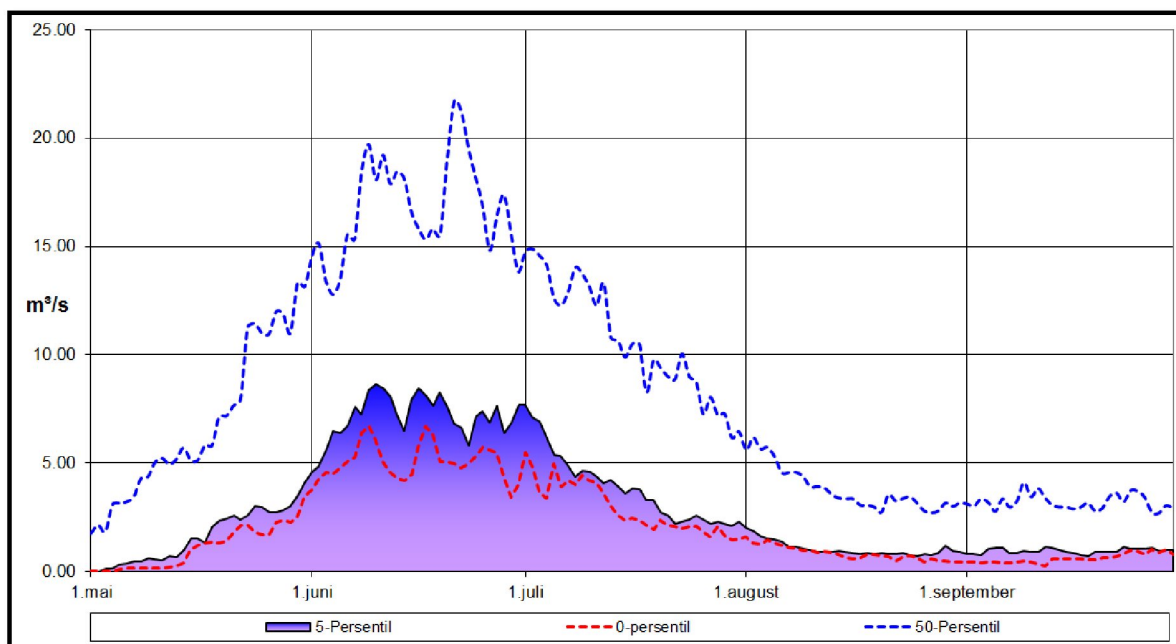
Figur 15 Varighetskurve for vintersesongen (1.10 - 30.4)

4.6.3 Delfelt Grønnfjellåga

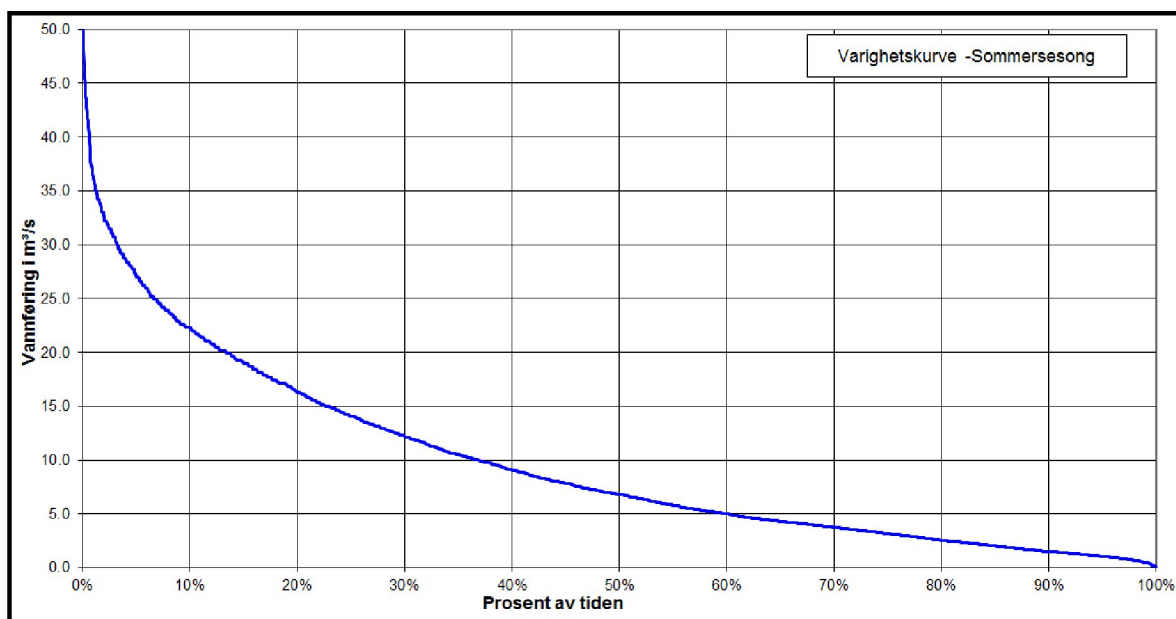
4.6.3.1 5-Persentil Sommersesong (1.5 - 30.9)

Midlere 5-Persentil for sommersesongen (1.5 - 30.9) er beregnet til 1,004 m³/s. 5-Persentil er plottet over perioden, sammen med minimums- maksimums- og medianverdien i Figur 16.

Varighetskurve for sommersesongen er vist i Figur 17.



Figur 16 Persentiler for sommersesongen (1.5 - 30.9)

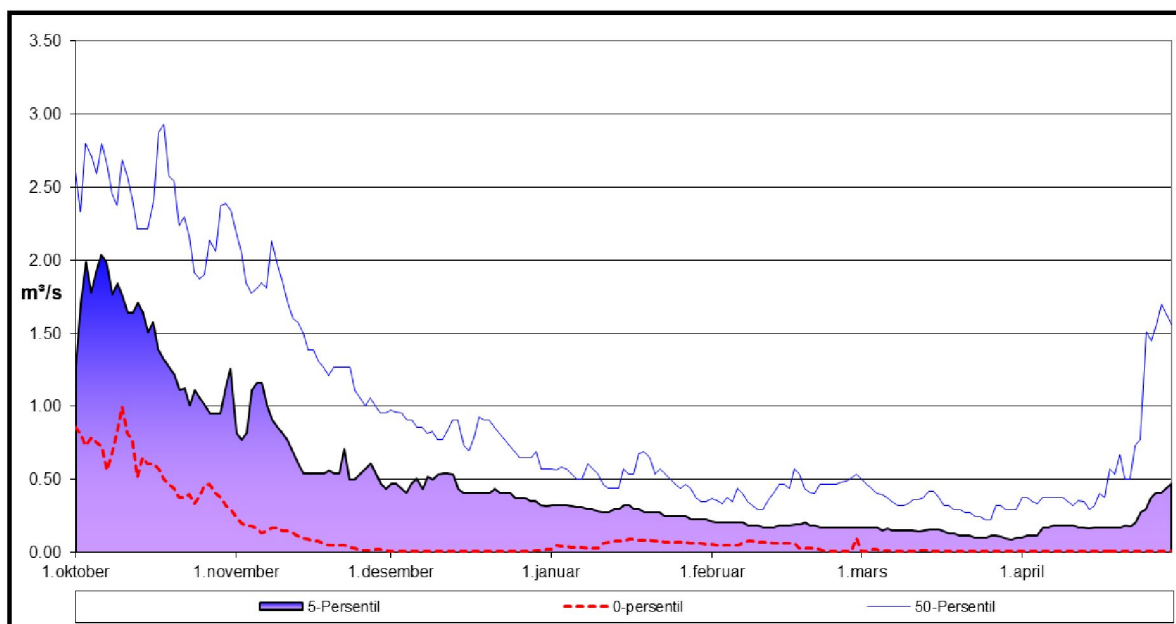


Figur 17 Varighetskurve for sommersesongen (1.5 - 30.9)

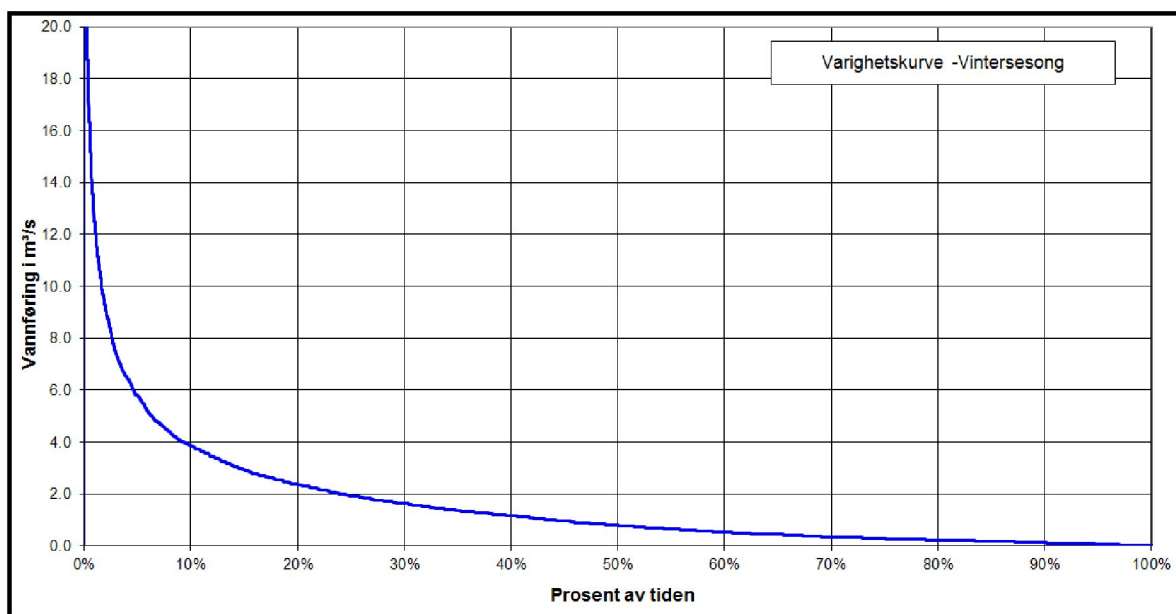
4.6.4 5-Persentil Vintersesong (1.10 - 30.4)

Midlere 5-Persentil for vintersesongen (1.10 - 30.4) er beregnet til 0,068 m³/s. 5-Persentil er plottet over perioden, sammen med minimums- maksimums- og medianverdien i Figur 18.

Varighetskurve for vintersesongen er vist i Figur 19.



Figur 18 Persentiler for vintersesongen (1.10 - 30.4)



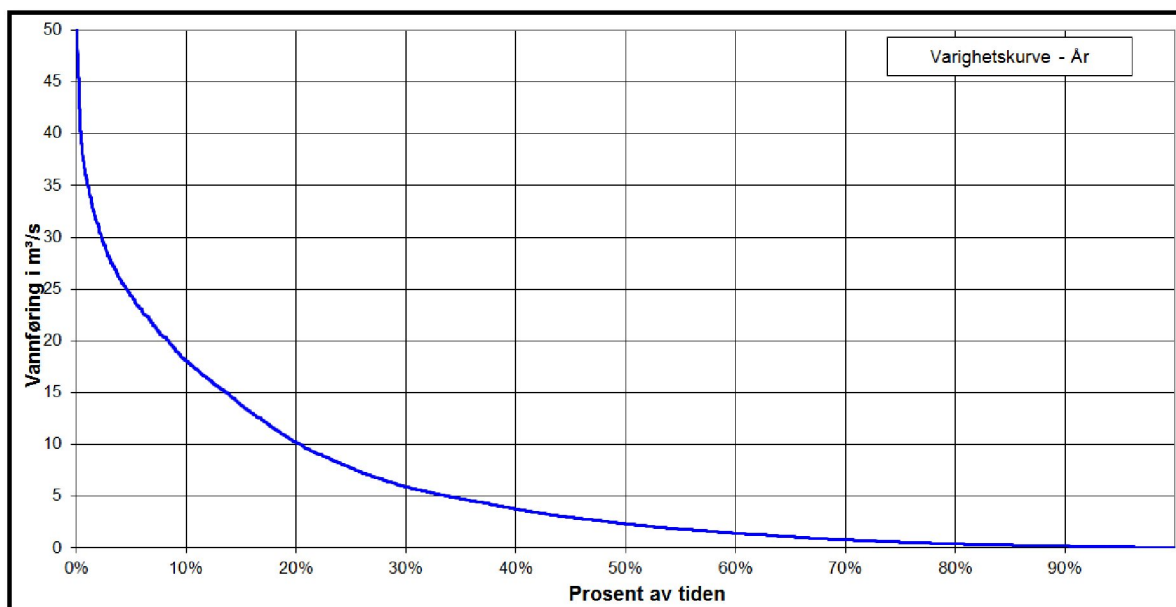
Figur 19 Varighetskurve for vintersesongen (1.10 - 30.4)

4.7 Varighetskurve, slukeevne og sum lavere for tilsig til inntak Rabben kraftverk

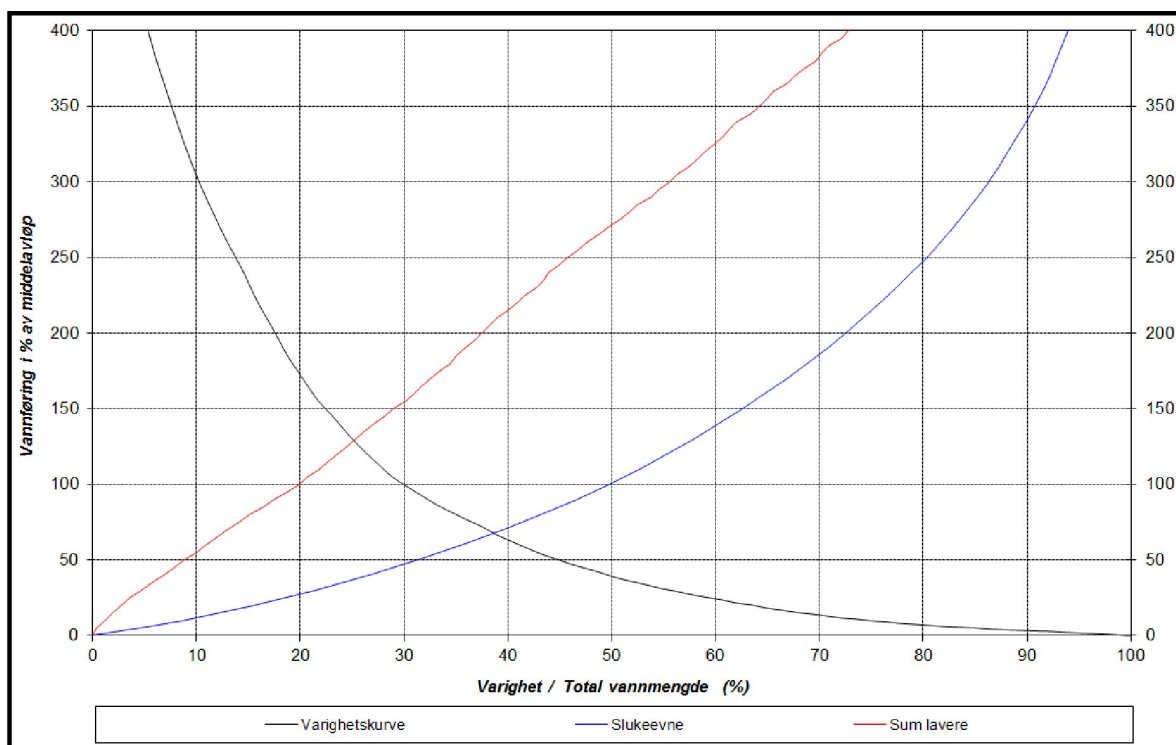
Varighetskurven er en sortering av vannføringene etter størrelse og angir hvor stor del av tiden, angitt i %, vannføringene har vært større enn en viss verdi.

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 underskrider lavest mulig driftsvannføring i kraftverket.



Figur 20 Varighet av vannføringer i prosent av tiden (verdier i m³/s)



Figur 21 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

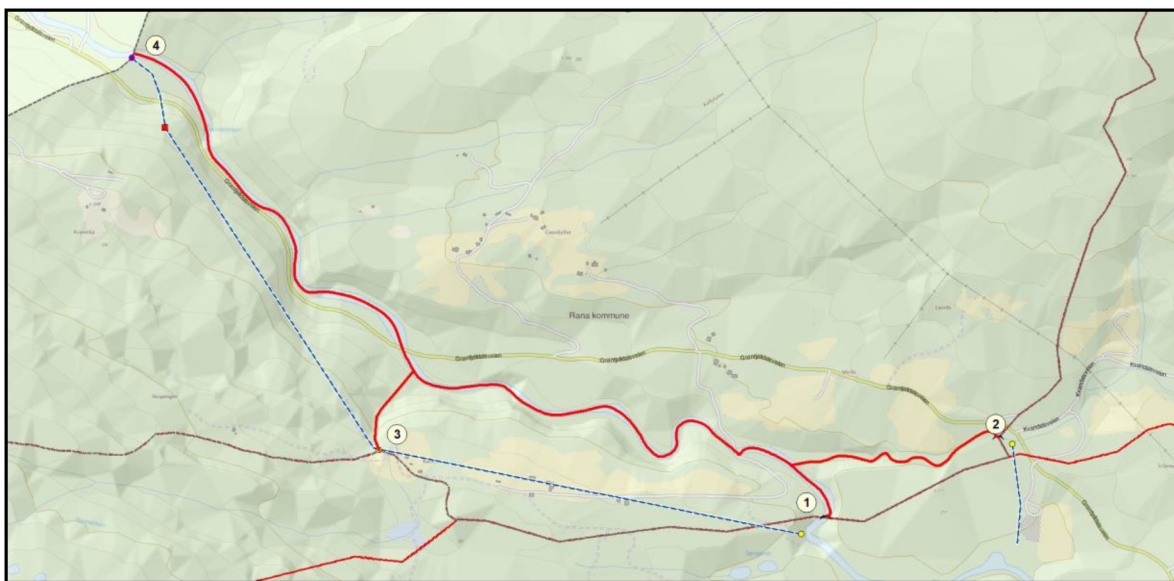
Vannføringen vil som en følge av tiltaket bli redusert på en om lag 2,8 km lang strekning i Grønnfjellåga, en 660 meter lang strekning i Silåga og 270 meter i «Rabbenbekken».

De hydrologiske konsekvensene blir vist for et punkt rett nedstrøms hovedinntaket i Grønnfjellåga (1), for et punkt rett nedstrøms overføringen fra Silåga (2), rett nedstrøms inntaket i «Rabbenbekken» (3) og rett oppstrøms utløpet av kraftverket (4).

Maksimal overføringskapasitet i overføringen fra Silåga er gitt til 3,2 m³/s. Bekkeinntaket i «Rabbenbekken» anses å ha kapasitet til å ta all vannføring. Planlagt maks slukeevne i kraftverket er oppgitt til 17,85 m³/s. Som minstevannføring er det i disse vurderingene benyttet nær 5 persentiler for sesongene, hhv. 1,0 m³/s i sommersesongen (1.5 - 30.9) og 60 l/s i vintersesongen (1.10 - 30.4) som slipp i Grønnfjellåga. Ved overføringsinntaket i Silåga er det benyttet hhv. 280 l/s og 17 l/s.

Planlagt minstevannføring er senere justert noe. I Grønnfjellåga er planlagt slipp justert til 70 l/s og i Silåga er minstevannføring justert til 20 l/s, begge i vintersesongen. Dette ville gitt marginal innflytelse på beregningene.

Inntaksmagasinet i Grønnfjellåga er av en slik størrelse at det i tørre perioder kan samles vann i dette og la kraftverket kjøre noen timer pr. dag og nedre grense på slukeevne kan derfor anses som 0. Det benyttes ikke magasin for langtidsregulering, og tilsiget er derfor ikke redistribuert i tid utover noen timer. Nedstrøms utløpet av kraftverket vil vassdraget være upåvirket av tiltaket.



Figur 22 Kartskisse over planlagt tiltak. Berørt elvestrekning er merket rød. Blå stiplet linje er tunneltrasé.

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)

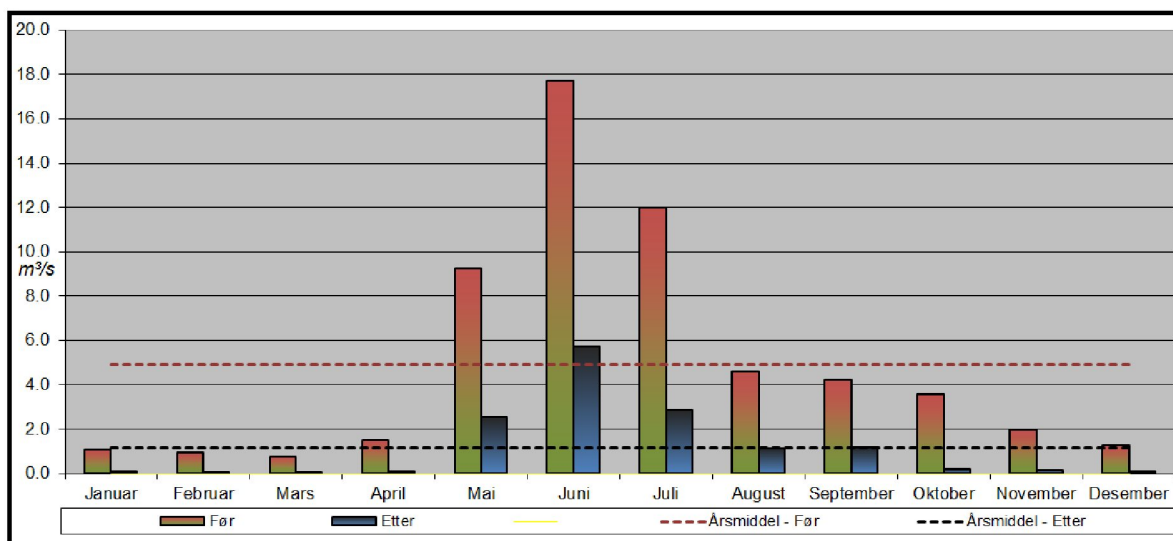
Det er plukket ut tre typiske år, et tørt år (1980), et år med midlere forhold (2004) og et vått år (1997). Det er viktig å være klar over at selv om for eksempel 1980 i sum var et tørt år, betyr ikke dette at det var lave vannføringer gjennom hele året, tilsvarende gjelder for "middelåret" 2004 og det våte året 1997.

5.1.1 Nedstrøms inntaket i Grønnfjellåga

Disse forutsetninger gir følgende resultater rett nedstrøms inntaket (punkt 1 i Figur 22): I snitt vil vannføringen bli redusert fra 4,90 m³/s til 1,17 m³/s, eller til 23,9 % av dagens vannføring. Størst volummessige reduksjon vil oppstå i perioden mai-juli. I Tabell 5 og Figur 23 er månedsmiddelvannføringene vist før og etter utbygging. Konsekvensene av tiltaket på minimums-, median- og maksimumsvannføringer er vist i Figur 24, mens Figur 25 viser forholdene i de tre typiske årene. Tabell 6 viser antall dager med vannføring større enn maksimal slukeevne og antall dager med mindre enn minste slukeevne tillagt planlagt minstevannføring.

Tabell 5 Grønnfjellåga nedstrøms inntak. Månedsmiddelvannføringer (1973-2013) i m³/s før og etter tiltak.

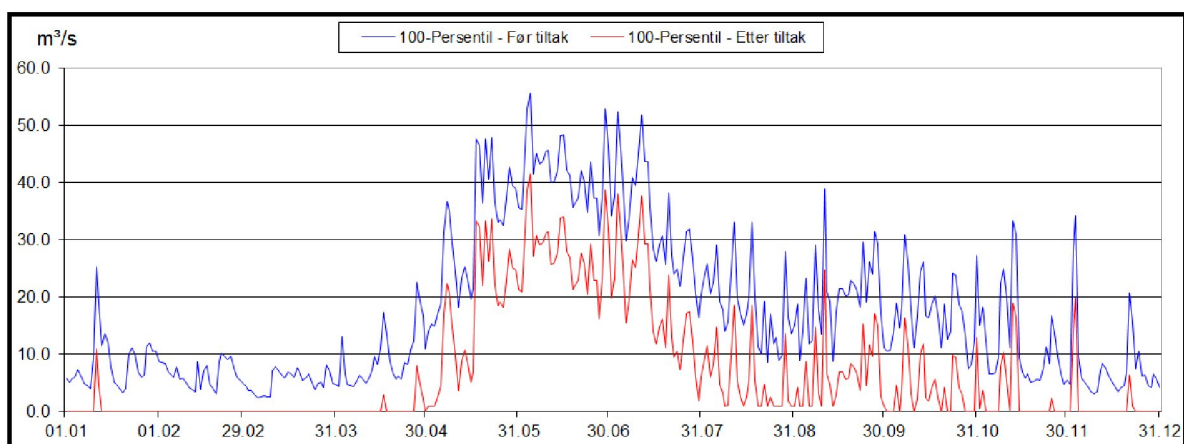
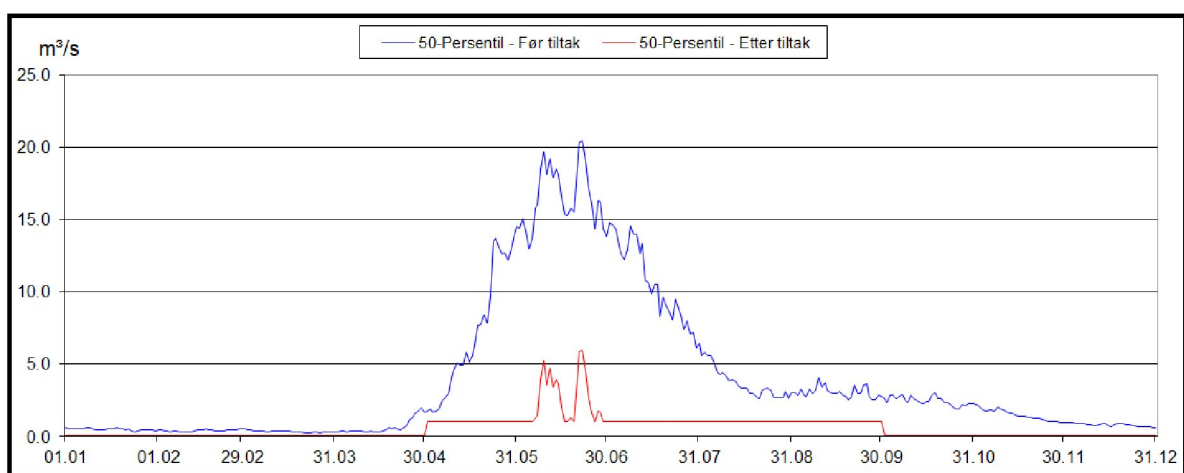
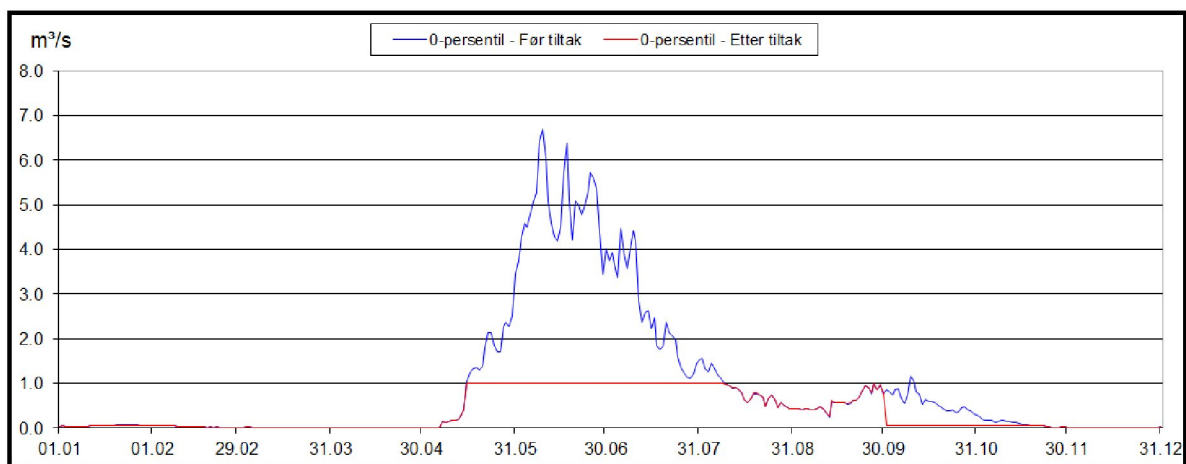
Måned	Før	Etter	% av eksisterende vannføring
Januar	1,05	0,07	6,7 %
Februar	0,94	0,06	6,4 %
Mars	0,75	0,06	8,0 %
April	1,49	0,07	4,7 %
Mai	9,24	2,51	27,2 %
Juni	17,68	5,73	32,4 %
Juli	11,95	2,84	23,8 %
August	4,60	1,11	24,1 %
September	4,22	1,17	27,7 %
Oktober	3,54	0,17	4,8 %
November	1,96	0,12	6,1 %
Desember	1,25	0,09	7,2 %
Middel	4,90	1,17	23,9 %



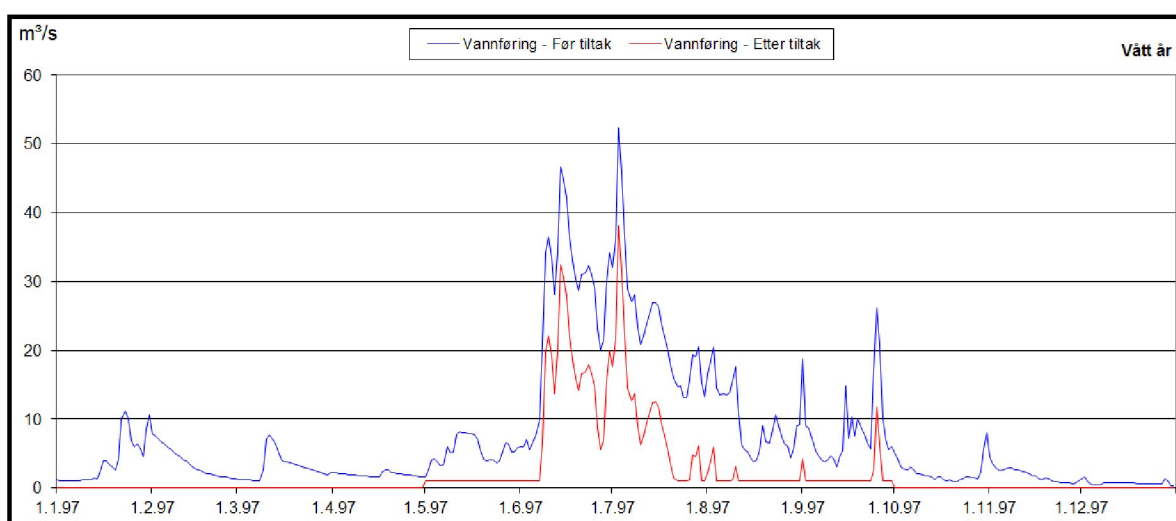
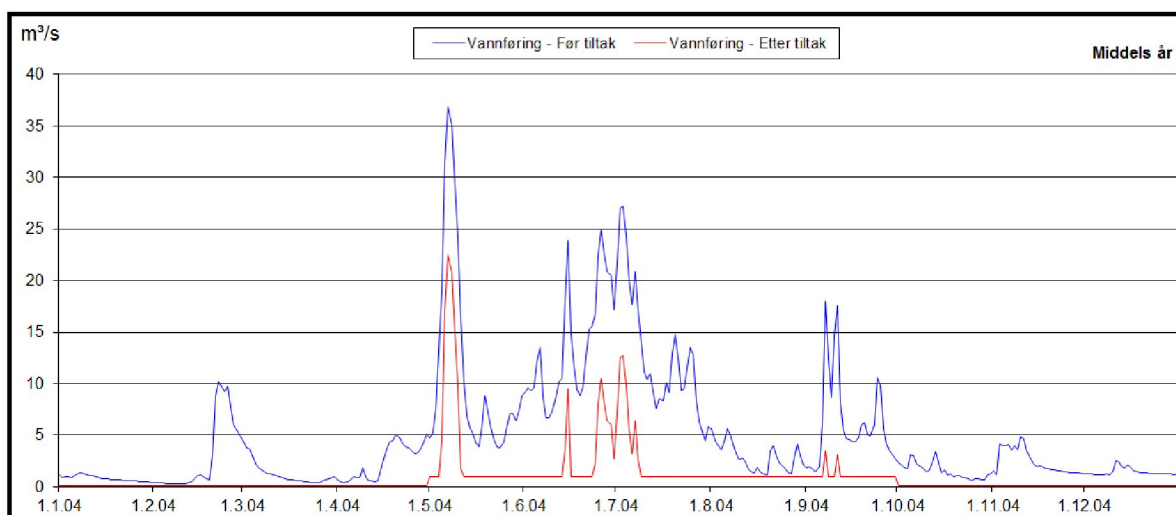
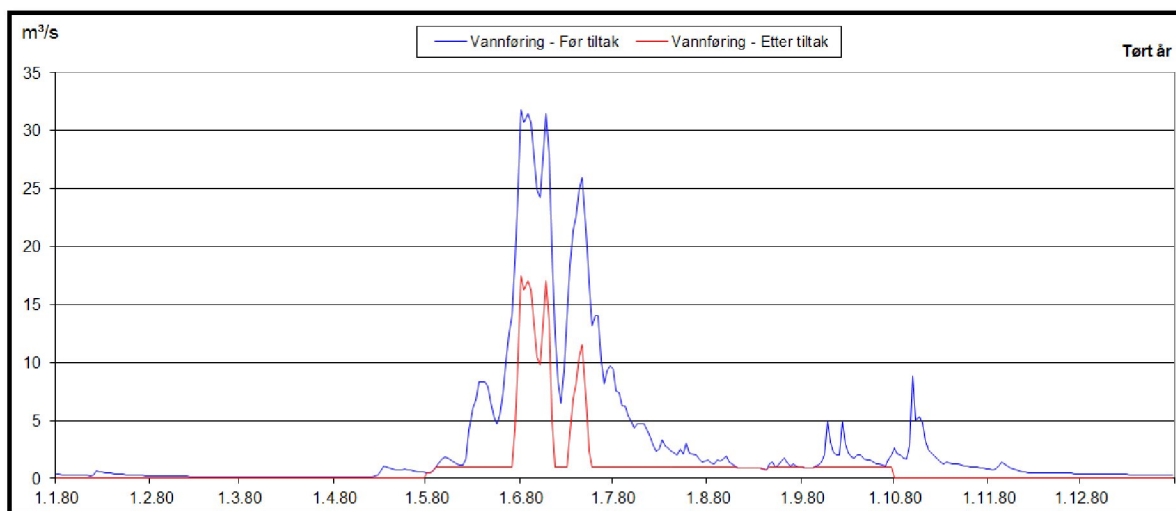
Figur 23 Månedsmiddelvannføringer (1973-2013) i m³/s før og etter tiltak.

Tabell 6 Antall dager med tilsig større enn maksimal slukeevne og mindre enn minste slukeevne tillagt planlagt minstevannføring. Tilsiget er her med overføringen fra Silåga.

	Tørt år (1980)	Middels år (2004)	Vått år (1997)
Antall dager med vannføring > maksimal slukeevne	20	31	62
Antall dager med vannføring < planlagt minstevannføring + minste slukeevne	17	0	0

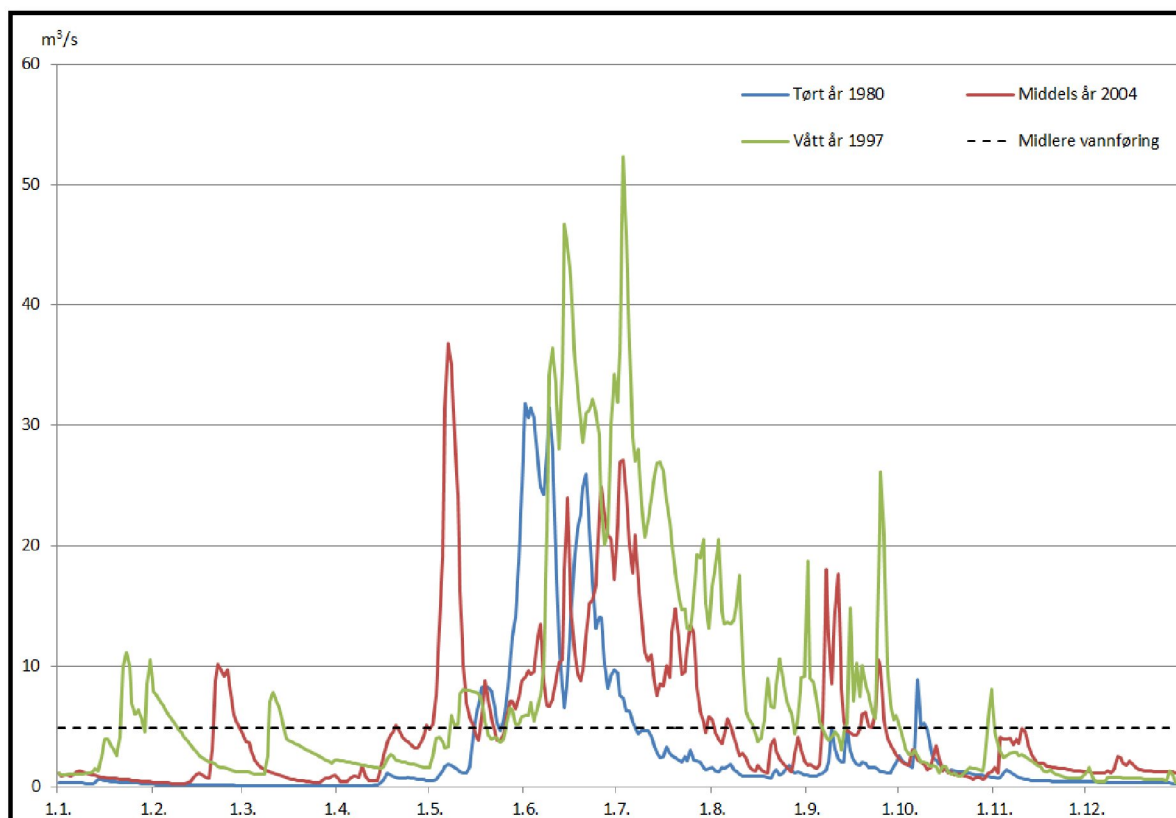


Figur 24 Vannføringen i Grønnfjellåga, rett nedstrøms inntak (1973-2013), daglige verdier før og etter utbygging. Minimumsvannføringer (0-persentil) øverst, medianvannføringer i midten og maksimumsvannføringer (100-persentil) nederst.



Figur 25 Beregnet vannføring før og etter utbygging, rett nedstrøms inntak, i et tørt år (1980), et "middels" år (2004) og et vått år (1997).

Figur 26 viser vannføringen i de valgte årene og Tabell 7 viser middelveiden i prosent av normalvannføringen før og etter tiltak.



Figur 26 Vannføring i Grønnfjellåga i de valgte år

Tabell 7 Middelveidi i prosent av normalvannføring for de valgte år – før og etter tiltak

		Middelveidi i prosent av normalen	
		Før tiltak	Etter tiltak
Tørt år	1980	61,2 %	19,8 %
Middels år	2004	100,8 %	19,7 %
Vått år	1997	154,1 %	47,2 %

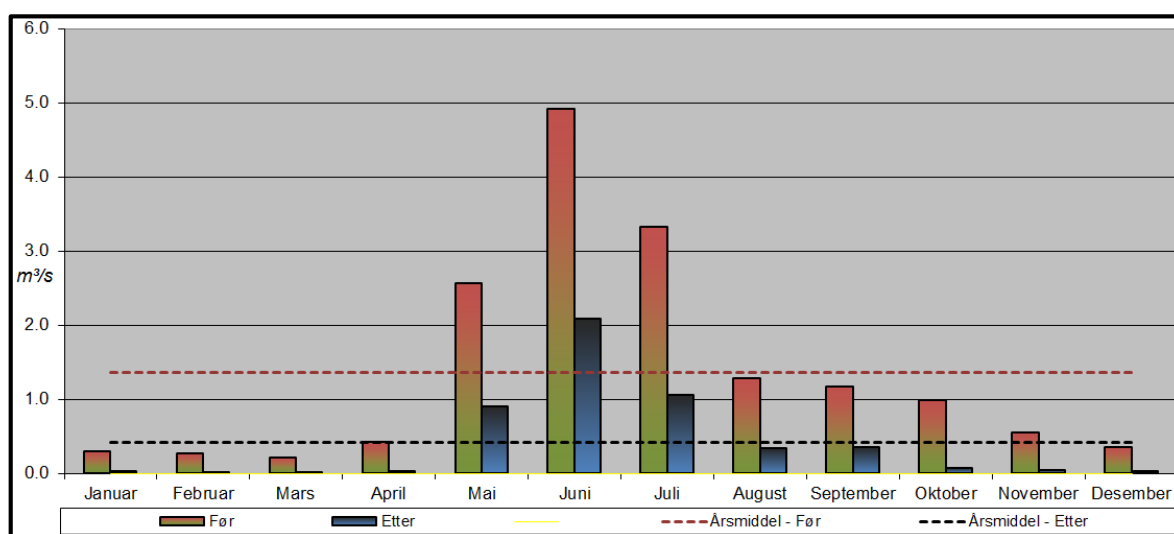
5.1.2 Inntak for overføring fra Silåga, punkt 2

Disse forutsetninger gir følgende resultater ved inntak for overføring fra Silåga (punkt 2 i Figur 22):

I snitt vil vannføringen bli redusert fra 1,36 m³/s til 0,41 m³/s, eller til 30,4% av dagens vannføring. Størst volummessige reduksjon vil oppstå i perioden mai til juli. I Tabell 8 og Figur 27 er månedsmiddelvannføringene vist før og etter utbygging. Konsekvensene av tiltaket på minimums-, median- og maksimumsvannføringer er vist i Figur 28, mens Figur 29 viser forholdene i de tre typiske årene.

Tabell 8 Silåga ved beregningspunkt 2. Månedsmiddelvannføringer (1973-2013) i m³/s før og etter tiltak.

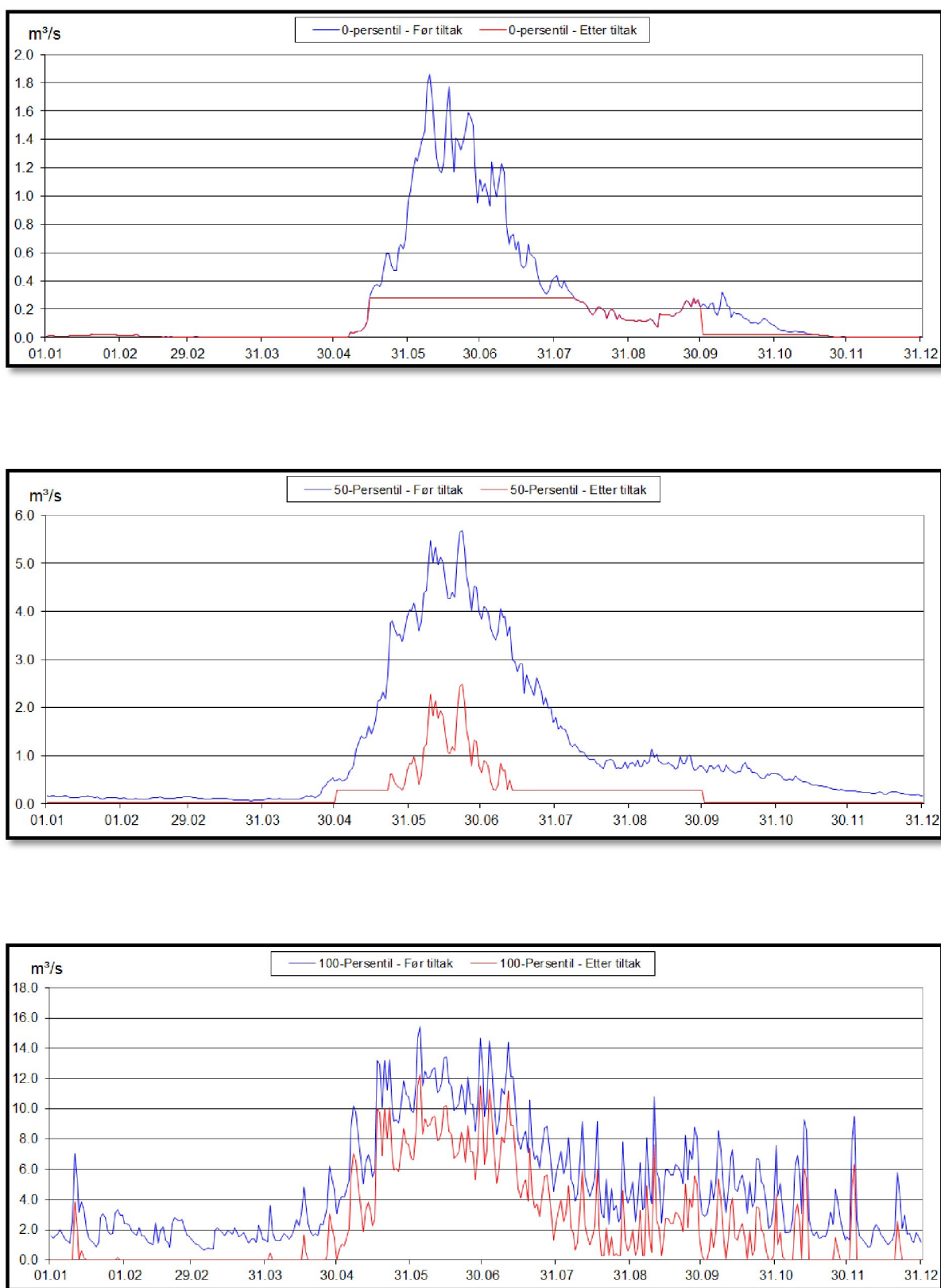
Måned	Før	Etter	% av eksisterende vannføring
Januar	0,29	0,02	7,6 %
Februar	0,26	0,02	6,4 %
Mars	0,21	0,02	7,7 %
April	0,41	0,02	6,0 %
Mai	2,56	0,90	35,1 %
Juni	4,91	2,08	42,5 %
Juli	3,32	1,06	32,0 %
August	1,28	0,34	26,5 %
September	1,17	0,36	30,3 %
Oktober	0,98	0,07	7,6 %
November	0,54	0,04	7,5 %
Desember	0,35	0,03	8,2 %
Middel	1,36	0,41	30,4 %



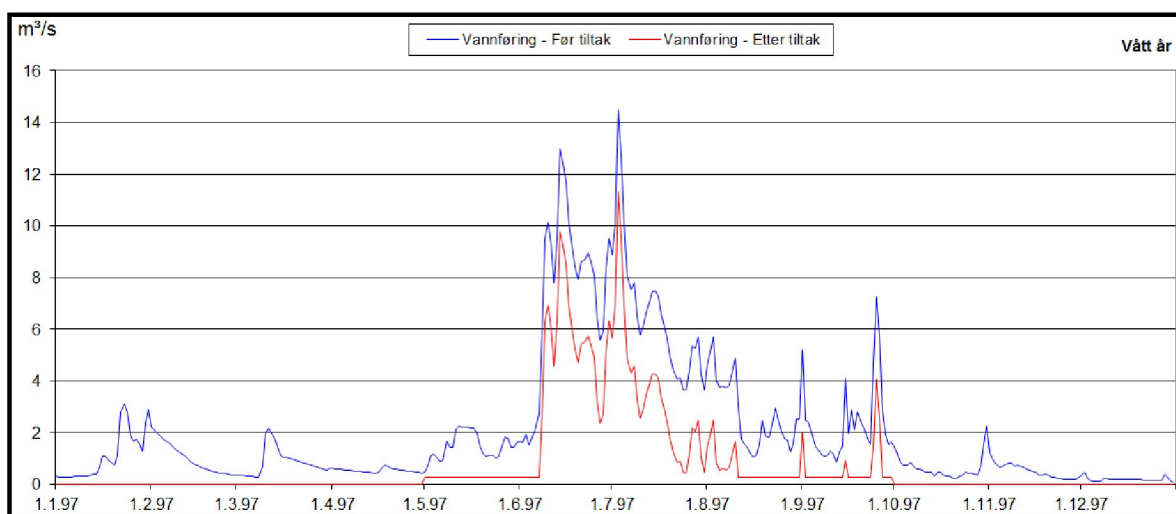
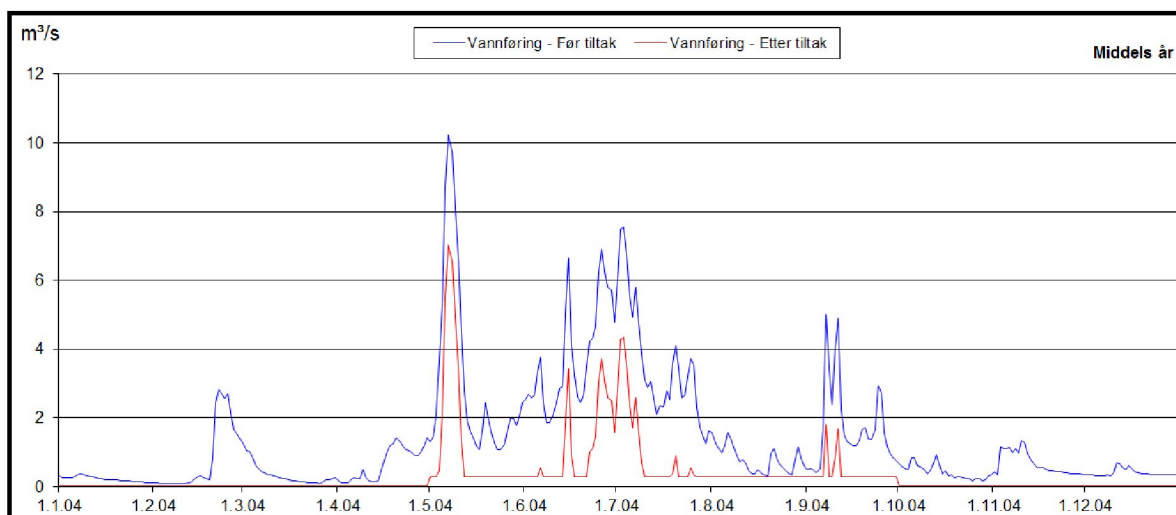
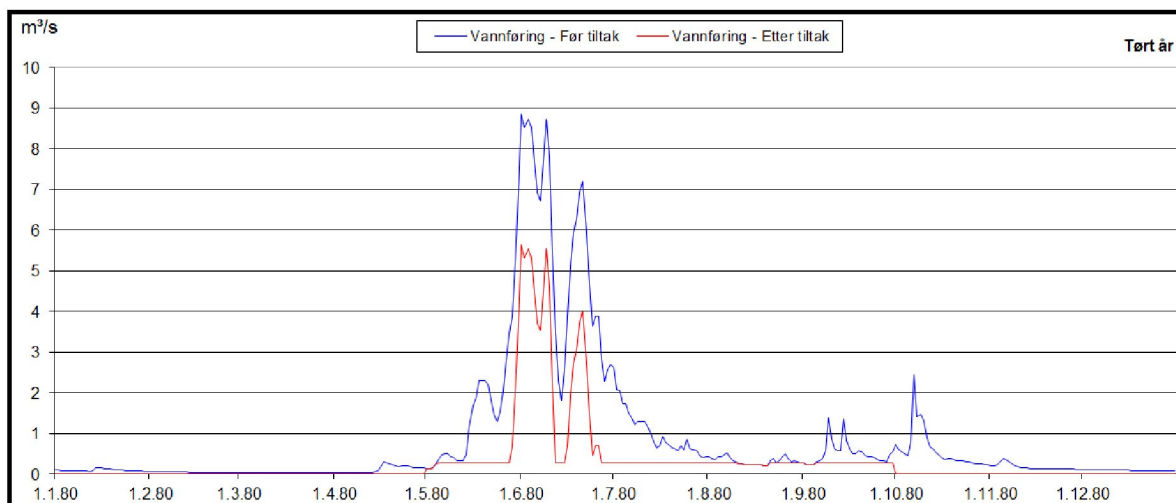
Figur 27 Månedsmiddelvannføringer (1973-2013) i m³/s før og etter tiltak.

Tabell 9 Antall dager med tilsig større enn maksimal overføringskapasitet og mindre enn planlagt minstevannføring.

	Tørt år (1980)	Middels år (2004)	Vått år (1997)
Antall dager med vannføring > maksimal slukeevne	27	42	69
Antall dager med vannføring < planlagt minstevannføring	20	0	0

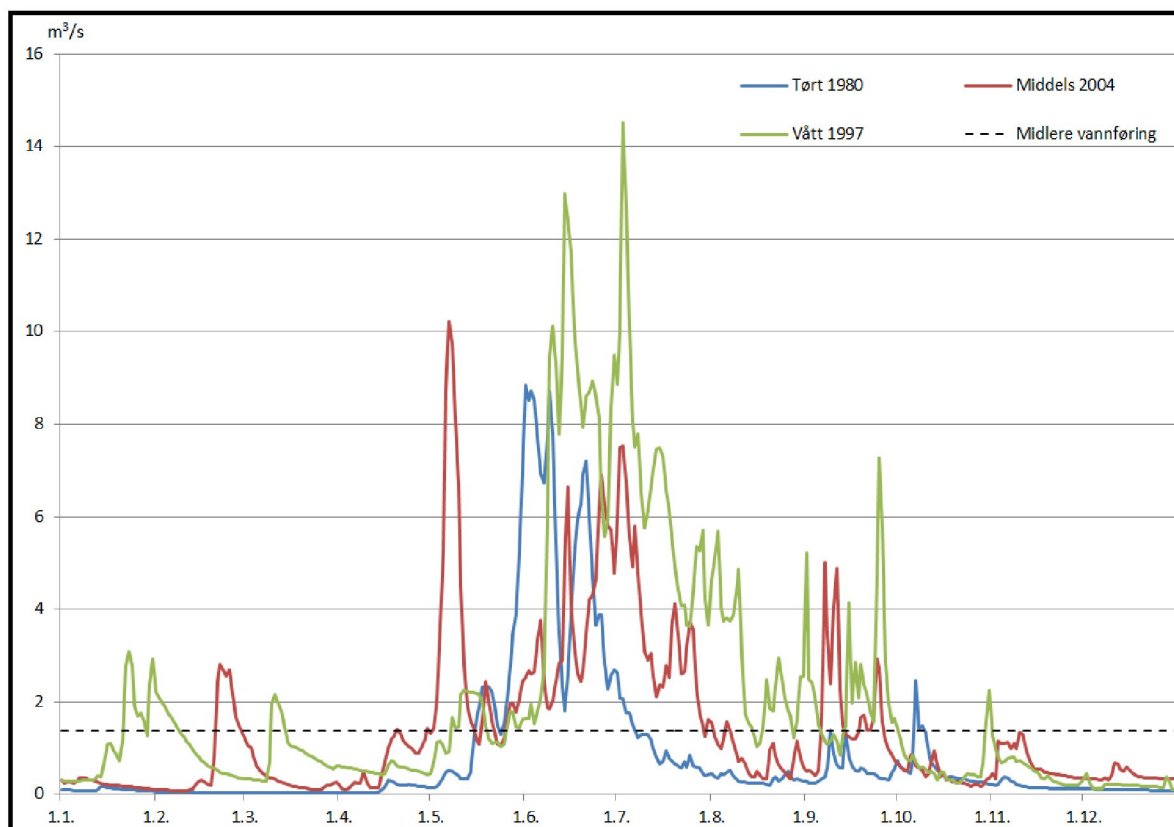


Figur 28 Vannføringen i Silåga, ved beregningspunkt 2 (1973-2013), daglige verdier før og etter utbygging. Minimumsvannføringer (0-persentil) øverst, medianvannføringer i midten og maksimumsvannføringer (100-persentil) nederst.



Figur 29 Beregnet vannføring før og etter utbygging, ved beregningspunkt 2, i et tørt år (1980), et "middels" år (2004) og et vått år (1997).

Figur 26 viser vannføringen i de valgte årene og Tabell 7 viser middelveiden i prosent av normalvannføringen før og etter tiltak.



Figur 30 Vannføring i Silåga i de valgte år

Tabell 10 Middelveidi i prosent av normalvannføring for de valgte år – før og etter tiltak

		Middelveidi i prosent av normalen	
		Før tiltak	Etter tiltak
Tørt år	1980	61,2 %	23,5 %
Middels år	2004	100,8 %	25,0 %
Vått år	1997	154,1 %	57,4 %

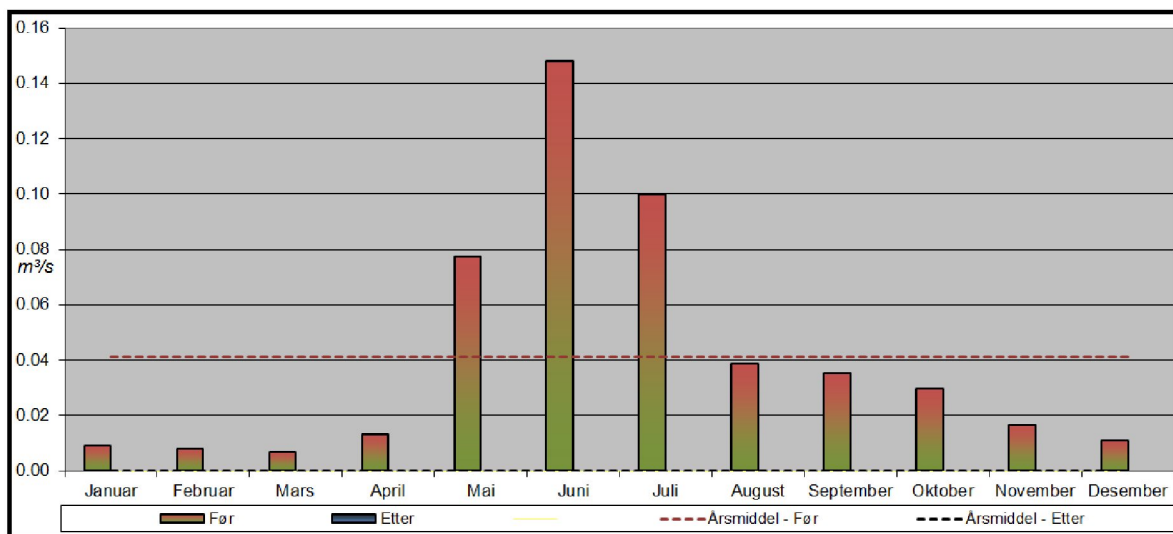
5.1.3 Rett nedstrøms inntak i «Rabbenbekken», punkt 3

Disse forutsetninger gir følgende resultater rett nedstrøms inntaket (punkt 3 i Figur 22):

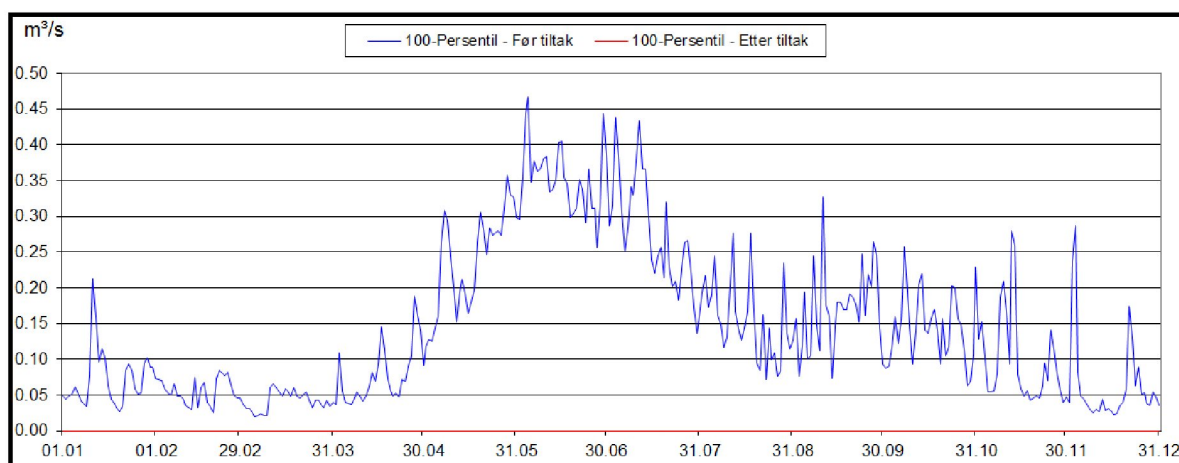
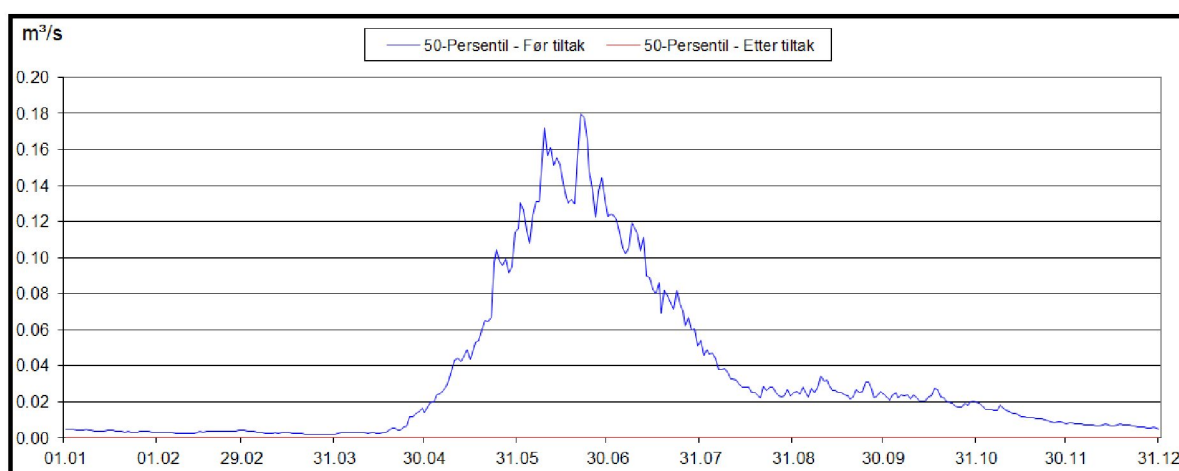
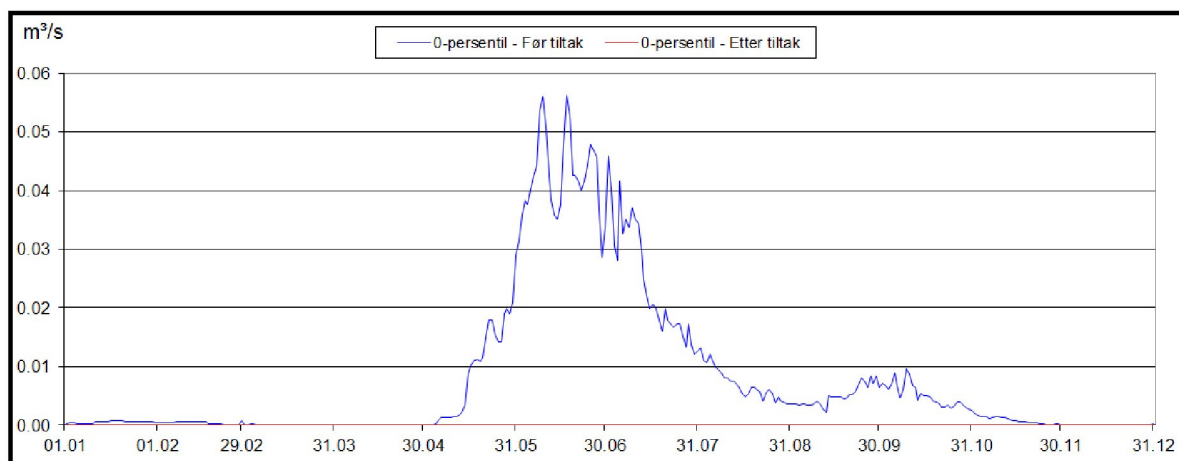
I snitt vil vannføringen bli redusert fra 0,04 m³/s til 0 m³/s. I Tabell 8 og Figur 27 er månedsmiddelvannføringene vist før og etter utbygging. Konsekvensene av tiltaket på minimums-, median- og maksimumsvannføringer er vist i Figur 28, mens Figur 29 viser forholdene i de tre typiske årene.

Tabell 11 Rabbenbekken nedstrøms inntak. Månedsmiddelvannføringer (1973-2013) i m³/s før og etter tiltak.

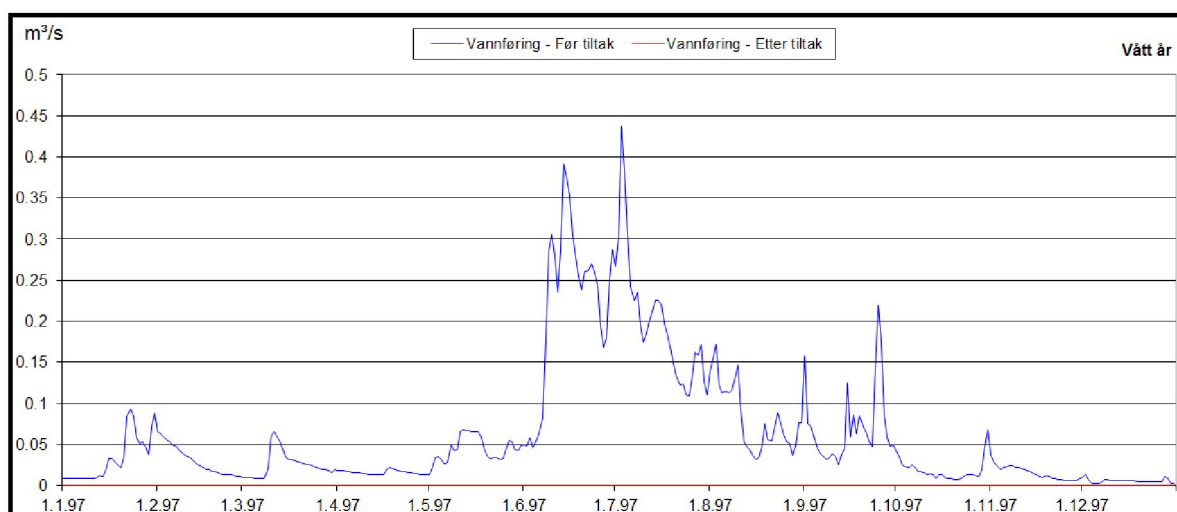
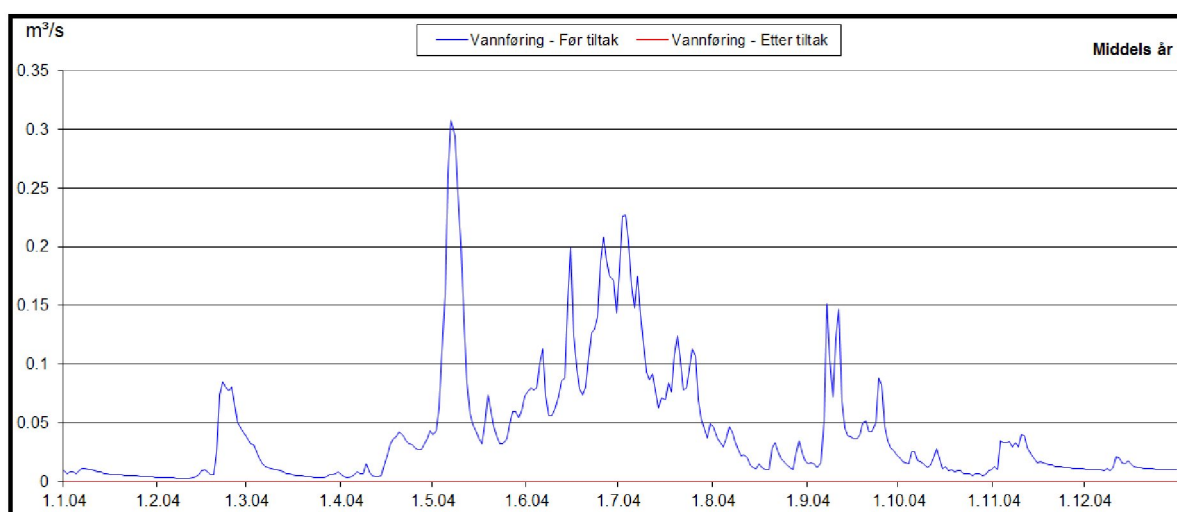
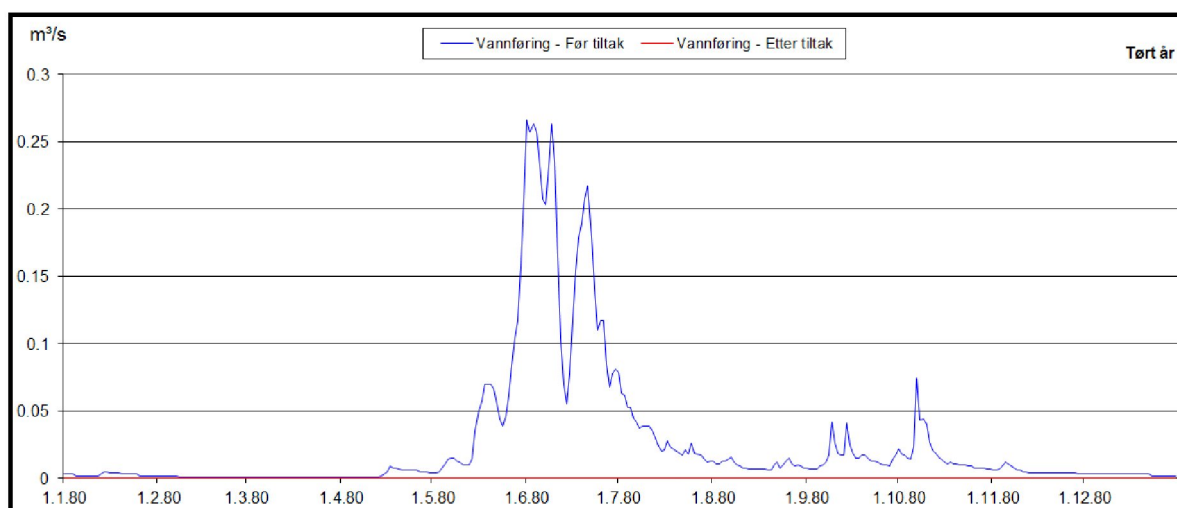
Måned	Før	Etter	% av eksisterende vannføring
Januar	0,009	0	
Februar	0,008	0	
Mars	0,007	0	
April	0,013	0	
Mai	0,077	0	
Juni	0,148	0	
Juli	0,100	0	
August	0,038	0	
September	0,035	0	
Oktober	0,030	0	
November	0,016	0	
Desember	0,011	0	
Middel	0,041	0	



Figur 31 Månedsmiddelvannføringer (1973-2013) i m³/s før og etter tiltak.

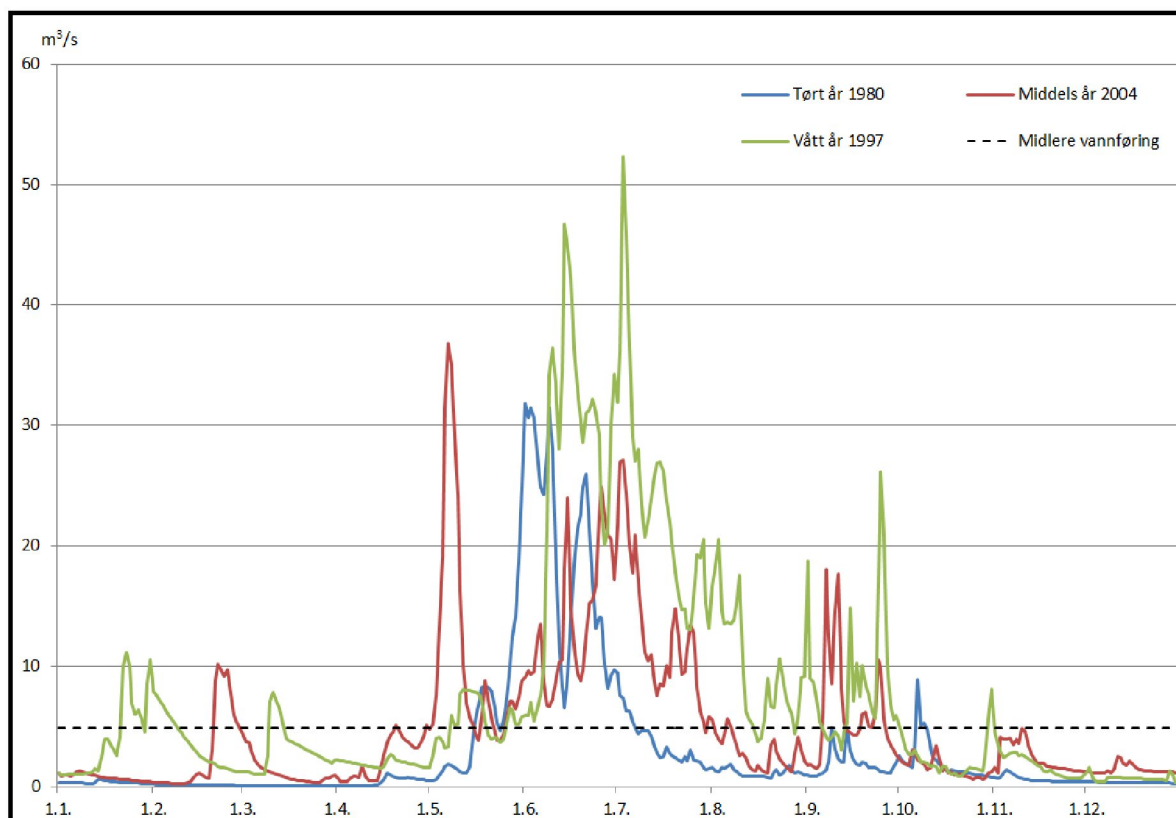


Figur 32 Vannføringen i Rabbenbekken, rett oppstrøms utløp (1973-2013), daglige verdier før og etter utbygging. Minimumsvannføringer (0-persentil) øverst, medianvannføringer i midten og maksimumsvannføringer (100-persentil) nederst.



Figur 33 Beregnet vannføring før og etter utbygging, rett oppstrøms utløp, i et tørt år (1980), et "middels" år (2004) og et vått år (1997).

Figur 26 viser vannføringen i de valgte årene og Tabell 7 viser middelveiden i prosent av normalvannføringen før og etter tiltak.



Figur 34 Vannføring i Rabbenbekken i de valgte år

Tabell 12 Middelveidi i prosent av normalvannføring for de valgte år – før og etter tiltak

		Middelveidi i prosent av normalen	
		Før tiltak	Etter tiltak
Tørt år	1980	61,2 %	
Middels år	2004	100,8 %	
Vått år	1997	154,1 %	

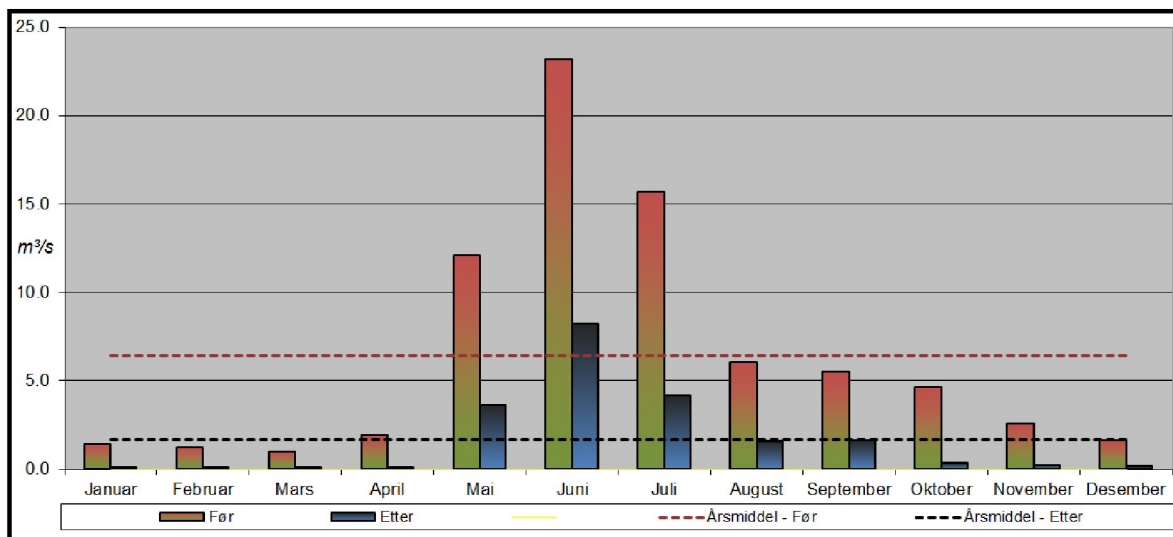
5.1.4 Rett oppstrøms utløpet av kraftverket, punkt 4

Disse forutsetninger gir følgende resultater rett oppstrøms utløpet av kraftverket (punkt 4 i Figur 22):

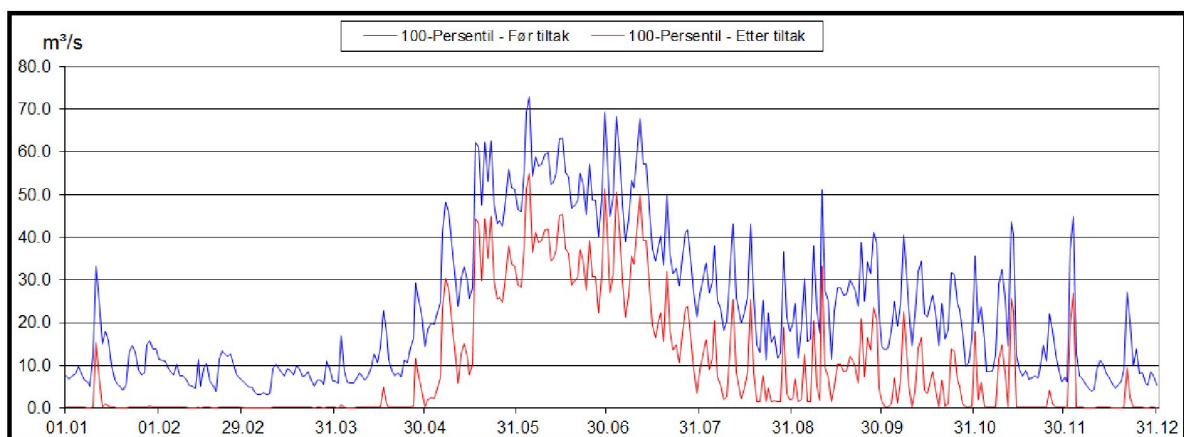
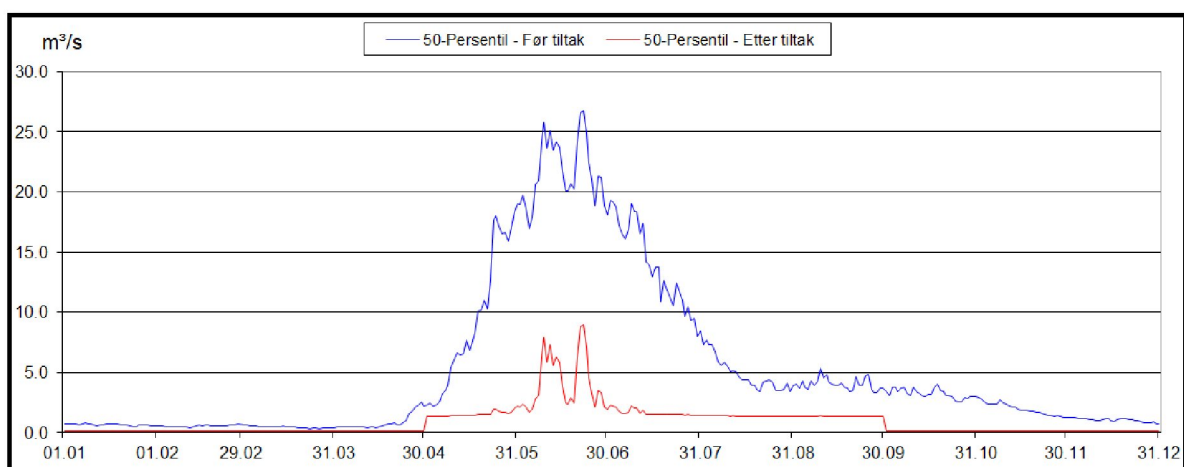
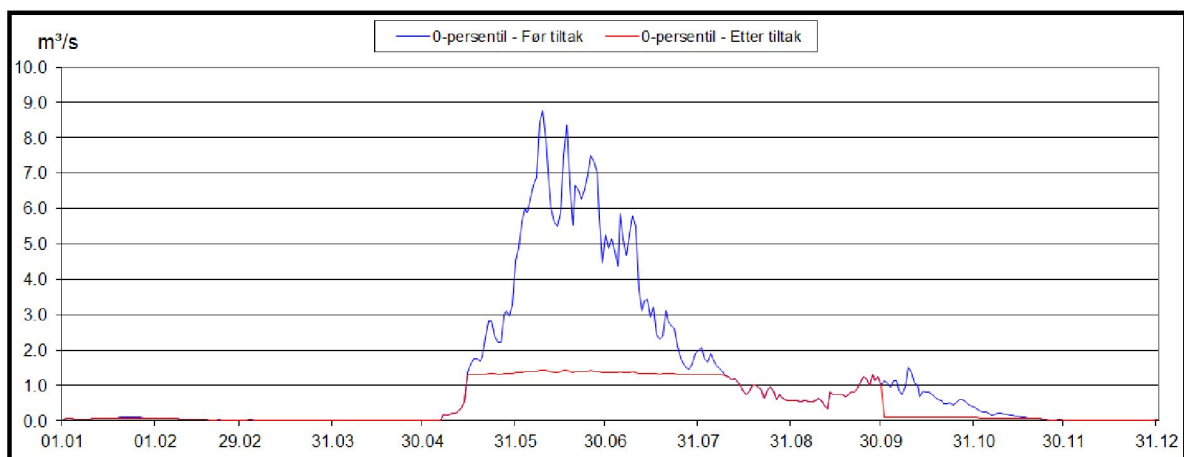
I snitt vil vannføringen bli redusert fra 6,42 m³/s til 1,70 m³/s, eller til 26,4 % av dagens vannføring. Størst volummessige reduksjon vil oppstå i perioden mai til juli. I Tabell 13 og Figur 35 er månedsmiddelvannføringene vist før og etter utbygging. Konsekvensene av tiltaket på minimums-, median- og maksimumsvannføringer er vist i Figur 36, mens Figur 37 viser forholdene i de tre typiske årene.

Tabell 13 Grønnfjellåga rett oppstrøms utløp av planlagt kraftverk, ved beregningspunkt 4. Månedsmiddelvannføringer (1973-2013) i m³/s før og etter tiltak.

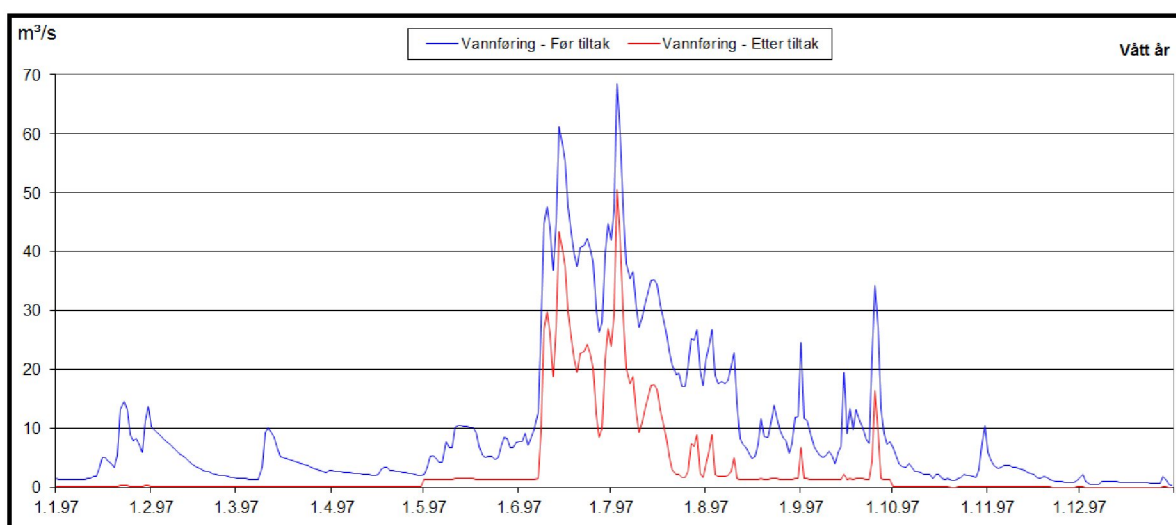
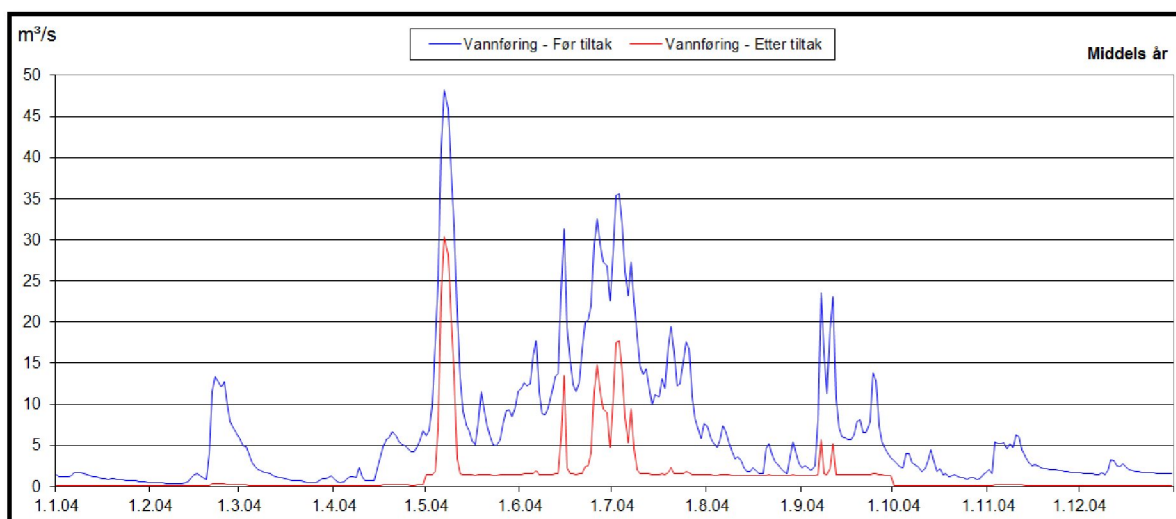
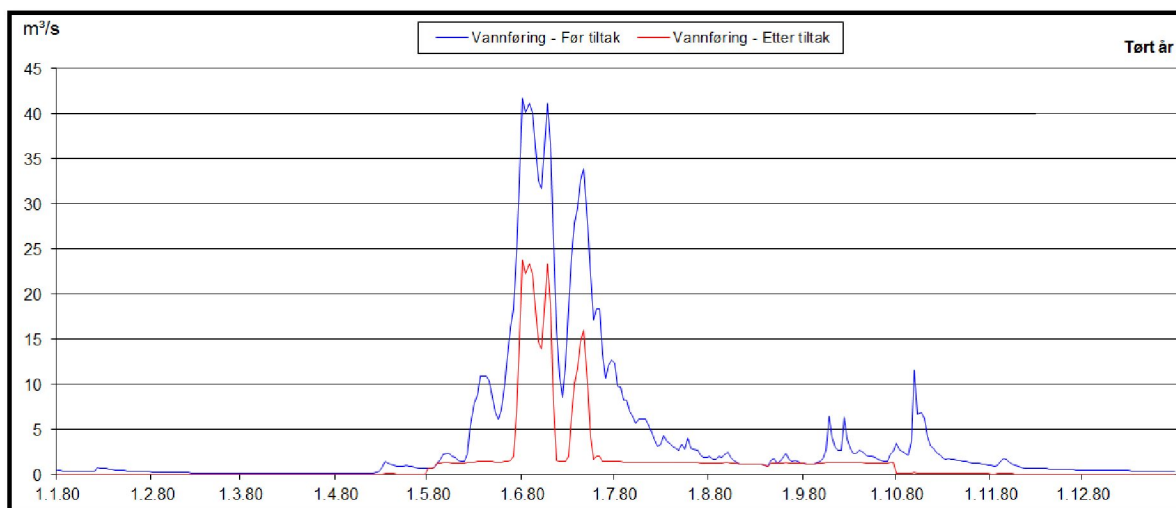
Måned	Før	Etter	% av eksisterende vannføring
Januar	1,37	0,12	8,6 %
Februar	1,23	0,10	7,9 %
Mars	0,98	0,09	9,2 %
April	1,95	0,13	6,7 %
Mai	12,10	3,63	30,0 %
Juni	23,15	8,23	35,5 %
Juli	15,64	4,18	26,7 %
August	6,02	1,56	25,9 %
September	5,53	1,62	29,3 %
Oktober	4,64	0,33	7,0 %
November	2,57	0,20	7,9 %
Desember	1,63	0,15	9,0 %
Middel	6,42	1,70	26,4 %



Figur 35 Månedsmiddelvannføringer (1973-2013) i m³/s før og etter tiltak.

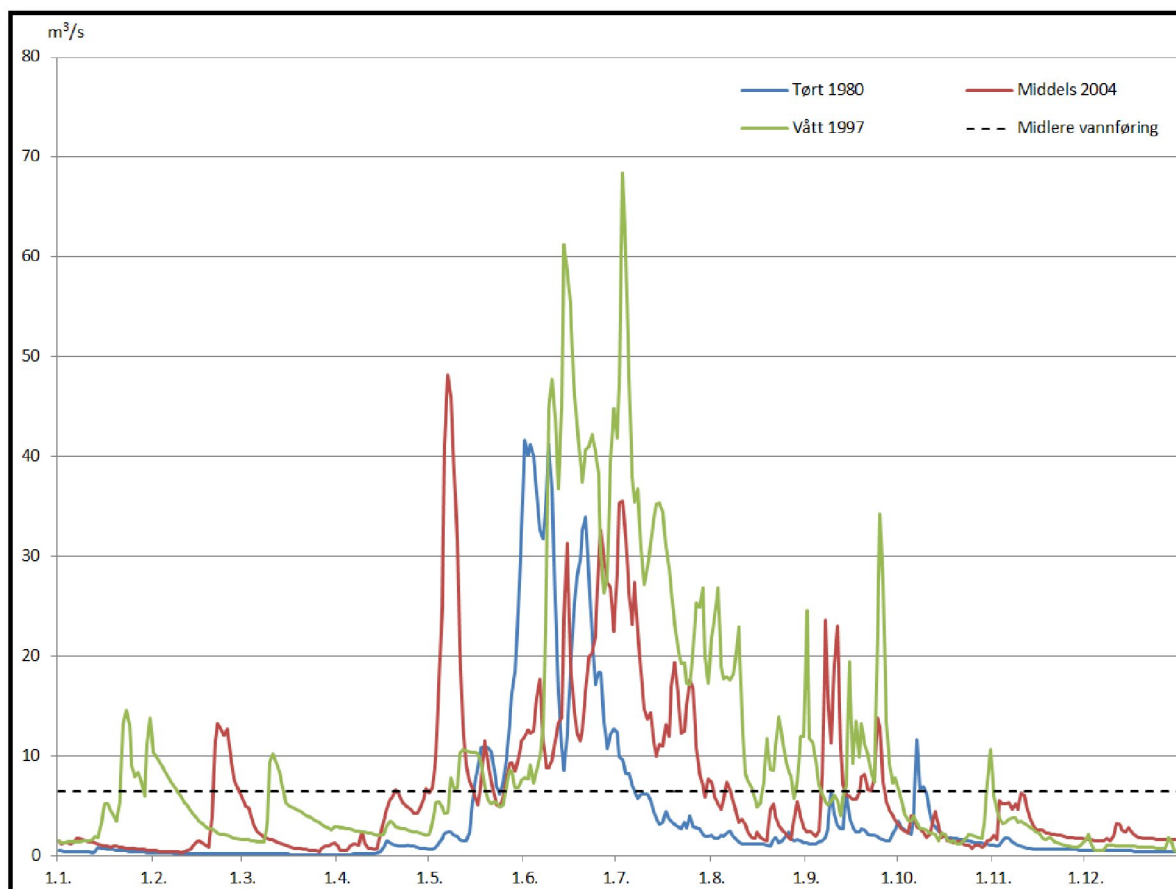


Figur 36 Vannføringen i Grønnfjellåga, ved beregningspunkt 4 (1973-2013), daglige verdier før og etter utbygging. Minimumsvannføringer (0-persentil) øverst, medianvannføringer i midten og maksimumsvannføringer (100-persentil) nederst.



Figur 37 Beregnet vannføring før og etter utbygging, ved beregningspunkt 4, i et tørt år (1980), et "middels" år (2004) og et vått år (1997).

Figur 26 viser vannføringen i de valgte årene og Tabell 7 viser middelveiden i prosent av normalvannføringen før og etter tiltak.



Figur 38 Vannføring i Grønnfjellåg, rett oppstrøms utløp, i de valgte år

Tabell 14 Middelveidi i prosent av normalvannføring for de valgte år – før og etter tiltak

		Middelveidi i prosent av normalen	
		Før tiltak	Etter tiltak
Tørt år	1980	61,2 %	21,2 %
Middels år	2004	100,8 %	22,1 %
Vått år	1997	154,1 %	50,9 %

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

6.1 Omsøkt alternativ med maks slukeevne på 17,85 m³/s ved kraftverksinntak for Rabben kraftverk i Grønnfjellåga

Ved bruk av omsøkt alternativ på maksimal slukeevne på 17,85 m³/s og minimum slukeevne på 0.

	% av middelvannføringen	Mill.m ³
Tilgjengelig vannmengde¹	100 %	186,8 (hvorav 30,3 fra Silåga 1,3 fra Rabben)
Beregnet vanntap fordi vannføringen er større enn maks slukeevne	12,4 %	23,0 (+ 9,26 i Silåga)
Beregnet vanntap fordi vannføringen er mindre enn min slukeevne	0 %	0
Beregnet vanntap på grunn av slipp av minstevannføring	7,4 %	13,8 (+ 3,90 i Silåga)
Nyttbar vannmengde til produksjon	80,4 %	150,0

I tillegg vil det være en tilgjengelig vannmengde på 13,16 mill.m³ som vil gå som vanntap ved inntaket i Silåga grunnet begrensninger i overføringskapasitet og slipp av minstevannføring på dette stedet.

7 VANNTEMPERATUR, ISFORHOLD OG LOKALKLIMA

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

Vanntemperaturen nedstrøms inntakene vil være marginalt lavere vinterstid og noe høyere om sommeren fordi den reduserte vannføringen på strekningen raskere vil tilpasses temperaturen i omgivelsene. De berørte strekningene er imidlertid korte og virkningen på temperaturen vil derfor være marginal.

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

8 FLOM

Det er gjort en vurdering av ekstremflommer i vassdraget til benyttelse for dimensjonering av dam og overløp i ved inntaket til Rabben kraftverk i Grønnfjellåga. Vurderingene er gjort med hensyn til de begrensninger som ligger i overføringen fra Silåga.

Det foreligger ikke noe klassifisering av planlagt dam ved inntaket, men det har ved vurderingen vært antatt en mulig damklasse opp til konsekvensklasse 2. Kravet til

¹ Normalavløp 1961-1990 (eller forventet gjennomsnittlig årlig avløp).

flomberegning for dammer av denne klasse er i henhold til damsikkerhetsforskriften, beregning av dimensjonerende flom Q_{1000} og ulykkesflom $1,5 \cdot Q_{1000}$.

Da dammen ikke ennå er i detaljplanlegging er det her bare vurdert mulige flomstørrelser og ikke noe vannstandsstigning i «magasinet». «Magasinet» kommer også til å være av så vidt beskjedne størrelse og uten dempingsmuligheter slik at flommen ikke behøver å rutes gjennom dette og tilløpsflommen kan derfor settes lik avløpsflommen.

8.1 Metodikk – beregning av flomstørrelser

Det er de klimatiske og fysiografiske forholdene i vassdraget som påvirker flomforholdene.

Som en hovedregel er det regn som skaper flom, og da særlig høye intensiteter med varigheter som tilsvarer konsentrasjonstiden til vassdraget. Dette varierer fra noen minutter i urbane områder til uker i store vassdrag som Glomma eller i innsjøer med trange utløp.

Det er likevel ikke en entydig sammenheng mellom store nedbørmengder og flom. Hvert år gir snøsmelting flommer mange steder i landet, men når skadeflommer oppstår, er det stort sett forårsaket av regn eller en kombinasjon av regn og snøsmelting.

De største flommene oppstår derfor som regel når nedbør kombineres med andre ugunstige forhold, som snøsmelting, mett mark på grunn av tidligere nedbør, eller frossen mark.

Størrelsen på nedbør og de tilhørende flommer varierer stort i Norge. Det samme gjør også årstiden for de største flommene. I kyststrøkene er det høst- og vinterflommer som dominerer og i innlandsstrøkene er det ofte våren og forsommeren som er kritisk, med stor snøsmelting kombinert med regn, og høstmånedene, med regn på mett mark.

Store og små vassdrag opptrer også forskjellig. Store vassdrag har som regel mindre spesifikke flommer enn små vassdrag. Det vil si at volumet kan være stort men avrenningen pr. arealenhet er lavere.

Små vassdrag, og særlig felt med høy grad av urbanisering, er ofte karakterisert ved rask flomstigning og spisse flomforløp. I slike felt opptrer flommer gjerne i forbindelse med intens nedbør. Større felt reagerer vanligvis ikke på slike situasjoner da arealutbredelsen av nedbøren ofte er liten og at nedbørfeltene ofte har et større markvannsunderskudd på sommeren.

Høydefordelingen og helningsforholdene i nedbørfeltet kan også ha avgjørende betydning for flomutviklingen i et vassdrag. Normalt inntreffer ikke snøsmeltingen samtidig i høyfjellet og lavlandet, men i felt med liten høydeforskjell kan snøsmeltingen være omtrent like intens i hele feltet samtidig.

I bratte felt vil flomvannet samles raskere i hovedvassdraget enn i flate felt. Det samme gjelder felt med et godt utviklet dreneringsnett i forhold til felt med få bekker og elver. Forekomsten og plasseringen av innsjøer i et nedbørfelt har også stor betydning for flomutviklingen. Innsjøer virker flomdempende, særlig store innsjøer og innsjøer langt nede i vassdraget. (NVE, 2011).

8.2 Generell metodikk for flomberegning

Metodikk for beregning av flom kan hovedsakelig deles inn i to hovedgrupper:

- Flomfrekvensanalyser

- nedbør-avløpsmodellering

Flomfrekvensmetoden er hovedsakelig basert på analyser av målte avløpsserier. Nedbør-avløpsmetoden er basert på frekvensanalyser av nedbørdata, hvor nedbør- og eventuelt snøsmelteverdier overføres til flomverdier ved hjelp av hydrologiske modeller. Den rasjonelle formel kan anses som en enkel slik modell.

Vanligvis skal flomfrekvensmetoden benyttes for beregning av tilløpsflommer med gitte gjentaksintervall. For små vassdrag og i områder med dårlig datagrunnlag kan det være nødvendig å benytte nedbør-avløpsmetoden for flomberegningen. I slike tilfeller må resultatet likevel vurderes mot observerte flomdata eller erfaringstall for flomstørrelser.

For veldig små nedbørfelt (i størrelsesorden 2-5 km²) kan den rasjonelle formel benyttes. Blir vassdragene særlige større enn dette kan imidlertid denne formelen gi store usikkerheter. For store nedbørfelt, dvs. felt større enn 100 km² kan det også vurderes å benytte regionale flomfrekvensformler. Disse er imidlertid svært sårbare for andelen fjell i feltet og bør ikke benyttes for rene lavlandsfelt med vårflokker.

8.2.1 Flomfrekvensanalyse

Flomfrekvensanalyse baserer seg på en antakelse om at den største flommen hvert år er en tilfeldig hendelse eller observasjon av en underliggende prosess med konstante og enhetlige egenskaper. Vi forutsetter at disse egenskapene kan beskrives av en fordelingsfunksjon som kan tilpasses til en kjent matematisk funksjon ut fra observasjonene og så fra dette ekstrapolere til flommer med svært lave sannsynligheter.

Flomfrekvensanalyser utføres som regel på basis av enkeltserier, men kan også analyseres i en regional sammenheng.

Ved flomfrekvensanalyser velges vanligvis den fordeling som gir best tilpasning til data, særlig de store flommene, ut fra en vurdering av tilpasning for flere fordelinger.

Det vil alltid være nødvendig å utføre flomfrekvensanalyser for flere stasjoner i området, både for å kontrollere at enkeltserier ikke gir ekstreme fordelinger, og for å få et bilde av det regionale mønstret når det gjelder frekvensfordelinger. Ofte velger man et middel av beste fordeling for flere målestasjoner med lange serier i området som mest representativt.

Resultater fra flomfrekvensanalyser må vurderes grundig, særlig hvis det forekommer spesielt store flomverdier i dataserien, som kan antas å ha et vesentlig større gjentaksintervall enn seriens lengde.

Man skal være også være oppmerksom på at også de minste flommene i dataserien er med på å styre den øvre delen av frekvenskurven. Hvis det forekommer enkelte flommer som er mye mindre enn de øvrige, kan det føre til underestimering av flommer med store gjentaksintervall. Dette gjelder særlig vårflokker. For høstflokker gjelder at det ofte er mange relativt små flommer, og noen få relativt store flommer. Dette gir en bratt frekvenskurve, som kan føre til overestimering av flommer med store gjentaksintervall.

Flomfrekvensanalyser utføres med bruk av NVEs programvare for flomfrekvensanalyse, EKSTREM. Vannføringsserier fra aktuell avløpsstasjoner hentes fra NVEs database.

SWECO har direkte forbindelse til denne basen og disse verktøyene.

8.2.2 Nedbør-avløpsmetoden

En alternativ metode for å beregne en tilløpsfloms størrelse og forløp, er å bruke en nedbøravløpsmodell. Det er flere typer nedbør-avløpsmodeller som kan brukes. Uansett valg av nedbøravløpsmodell bør så vidt mulig modellparametere fastsettes ved kalibrering mot store flomepisoder.

Blant de enklere modellene er enhetshydrogrammet og blant de mer kompliserte er begrepsmessige feltmodeller som HBV-modellen. En hydrologisk modell spesielt for flomberegninger, PQRUT, er blitt utviklet ved Hydrologisk avdeling i NVE. Hensikten med utviklingen av denne flommodellen har vært å gi en best mulig dynamisk beskrivelse av flomforløpet uten at antall modellparametere blir altfor stort.

Hensikten med en nedbør-avløpsmodell er at et fastlagt nedbørforløp, og eventuelt snøsmelteforløp, skal omregnes til vannføring, dvs. flom i et gitt felt.

I prinsippet simuleres en flom, QT, på grunnlag av et nedbørforløp med T års gjentakintervall, PT, ved hjelp av en nedbør-avløpsmodell for feltet.

Et problem ved slike beregninger er imidlertid at sannsynligheten til flommen ofte endres. Det er nemlig ikke sikkert at for eksempel P_{1000} gir Q_{1000} . Nedbøren kan for eksempel komme som snø, eller den kan komme på sterkt uttørket felt, som gir redusert avløp. På den andre siden kan den også tenkes å være kombinert med snøsmelting. Det er vanskelig å veie disse sannsynlighetene mot hverandre.

Metoden egner seg best for relativt små felt der regnflommer er de kritiske. Ved bruk av nedbør-avløpsmetoden for beregning av tilløpsflommer med gitte gjentakintervall, må resultatet alltid vurderes mot flomstørrelser beregnet ut fra flomfrekvensmetoden, observerte flomdata eller erfaringstall for flomstørrelser. Det kan ofte være nødvendig å justere inngangsdata eller initialtilstander i nedbør-avløpsmodellen for å oppnå en rimelig overensstemmelse.

8.3 Sesonginndeling

For store deler av landet skilles det hovedsakelig mellom to forskjellige typer flommer, vårflokker og sommer/høstflokker. Disse må derfor statistisk behandles adskilt.

Sesonginndelingen i vår- og sommer/høstflokker velges ut fra feltets beliggenhet. I enkelte deler av landet, for eksempel langs kysten, vil det være umulig å skille mellom de to flomtypene, slik at årsflokker må behandles.

Ut fra observerte flommer i eller i nærheten av feltet kan den flomskapende sesongen fastlegges og derved også hvilke ekstreme nedbørverdier som skal ligge til grunn for eventuell beregning ved en hydrologisk modell.

Hvis det er store flommer både vår og høst i et område, kan det være fare for at man undervurderer de store flommene ved å utføre separate analyser for vår- og høstsesongen. I slike tilfeller bør man utføre flomfrekvensanalyse uten sesonginndeling, dvs. på årsflokker.

8.4 Beregning av flommens størrelse og forløp

Som oftest er det flommens kulminasjonsstørrelse som er av interesse, men i flomberegninger for reguleringsmagasiner og andre innsjøer kan ofte flommens varighet

og forløp også være av interesse. Er dempingen i innsjøen/magasinet liten er kulminasjonsvannføringen viktigst og er dempingen stor er flommens volum av større betydning.

Hvis flomverdien er beregnet som døgnmiddelverdier, må også kulminasjonsverdien estimeres. Hvis data foreligger anbefales det at flomfrekvensanalysen utføres på momentanflommer (kulminasjonsvannføringer). Alternativt kan forholdet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelflom ved de største flommene i vassdraget eller i sammenlignbare felt benyttes.

Hvis data ikke foreligger anbefales det å benytte de formler, basert på feltparametere, for å beregne forholdet mellom momentanflom og døgnmiddelflom. NVEs veileder for flomberegning (NVE 2011) presenterer slike observerte forholdstall mellom momentanflom og døgnmiddelflom for en rekke målestasjoner.

For enkelte små felt eller felt med svært liten naturlig demping er det funnet faktorer opp mot ca. 3,0.

8.5 Valg av analysemetodikk for flomvurdering ved inntak til Rabben kraftverk

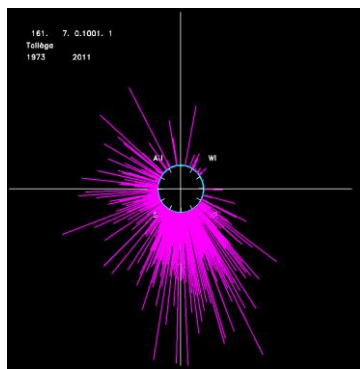
Størrelsen på nedbørfeltet til elva ved inntaket til Rabben kraftverk overstiger de grenseverdier som anses som fornuftige for bruk med enkle flommodeller som bl.a. den rasjonelle formel.

Området er også under den størrelse som anbefales ved bruk av regionale flomformler.

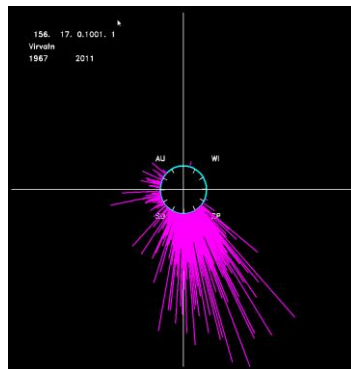
Det er derfor valgt å benytte flomfrekvensanalyse for beregning av flomverdier.

Analyse av nærliggende avløpsstasjoner tilsier at det benyttes årsverdier istedenfor sesong.

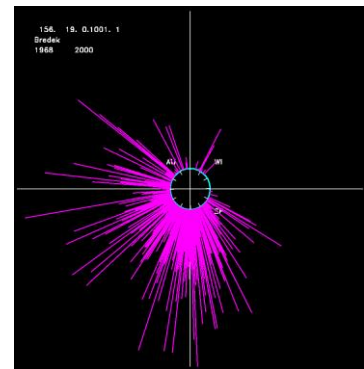
På bakgrunn av en vurdering av de vurderte vannmerkene i Kapittel 3 finner vi at flommer, med unntak av områder lengst øst, kan opptre hele året om enn sjeldnere vinterstid. Dette vises i flomrosene i figurene nedenfor.



Figur 39 Flomrose - 161.7
Tollåga



Figur 40 Flomrose – 156.17
Virvatn



Figur 41 Flomrose – 156.19
Bredek

Plassering av stasjonene er vist i Figur 4 og detaljer for de enkelte feltene er nærmere vist i Tabell 15.

Det ble gjort flomfrekvensanalyse med NVEs program EKSTREM for disse tre stasjonene. For de utvalgte avløpsstasjonene er resultater fra flomfrekvensanalysen for årsflommer av 1 døgns varighet som vist i Tabell 15. Frekvensplottene er vist i Vedlegg 1.

Tabell 15 Resultater fra flomfrekvensanalysen, årsverdier av 1 døgns varighet

Nr	Navn	Areal km ²	Dataperiode		Q _M (l/s·km ²)	Q ₁₀ (l/s·km ²)	Q ₅₀ (l/s·km ²)	Q ₂₀₀ (l/s·km ²)	Q ₁₀₀₀ (l/s·km ²)
				Frekvensfordeling /Antall døgn	1	1	1	1	1
161.7	Tollåga	225,05	1973 – d.d.	General Extreme Value (GEV)	306	406	470	510	544
156.19	Bredek	228,9	1967-2001	Gauss	634	802	902	964	1011
156.17	Virvatn	79,04	1967-2010	Gauss	265	354	407	441	467

De beregnede verdier viser meget stor spredning i dette området og selv med konservative estimater har stasjonene lave flomverdier. NVEs erfaringstall for området, for Q₁₀₀₀ i middels store felt (50 - 500 km²), viser også stor variasjon. I Nordland og Troms finnes eksempler på flomverdier på over 2000 l/s pr. km² i kystnære felt på opp mot 100 km². I indre strøk av Nordland og Troms er flomverdiene under 1000 l/s pr. km² og ned mot 700 l/s pr. km² (NVE 4/2011). Frekvensanalysen stemmer i så måte rimelig med disse erfaringer.

Den mest nærliggende stasjonen er 156.19 Bredek og selv om den ikke er vurdert å gi de beste resultatene med hensyn på tilsligssituasjonen i nedbørfeltene til Rabben kraftverk, anses den å gjenspeile flomforholdene under ekstremisituasjoner bedre. Det er derfor vurdert som rimelig å benytte denne og dermed de høyeste estimatene fra analysen.

Siden denne flomverdien er beregnet som døgnmiddelverdi, må også kulminasjonsverdien estimeres. Her foreligger det imidlertid data med finere tidsoppløsning ved dette vannmerket, 156.19 Bredek som kan benyttes til dette.

Forholdet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelverdi ved de største flommene i vassdraget er beregnet til 1,10 - 1,16. Nedbørfeltet til Rabben er noe mindre i størrelse og dermed mindre dempet, og som konservativt estimat er det valgt en faktor på 1,20.

Når det gjelder antatte klimatiske endringer og dermed eventuell økning i flomstørrelse anbefaler NVE 5/2011 en 20 % økning i flomstørrelse på nedbørfelt < 100 km² i dette området. Dette er generelle anbefalinger som bes tatt til vurdering, men er ikke inkorporert i verdiene i tabellen nedenfor.

Beregnete verdier for flomvannføring ved inntaket for Rabben kraftverk i Grønnfjellåga er vist Tabell 16.

Tabell 16 Beregnede flomverdier for til inntaket for Rabben kraftverk i Grønnfjellåga.

Nedbørfelt / Sidebekk	Areal i km ²	Q _M (m ³ /s)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q ₅₀₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀₀ (m ³ /s)	1,5 · Q ₁₀₀₀ (m ³ /s)
Grønnfjellåga	138,1	105,1	159,8	164,8	167,5	251,2
Overføring fra Silåga	33,46	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
Totalt for inntak – Rabben kraftverk		108,3	163,0	168,0	170,7	254,4

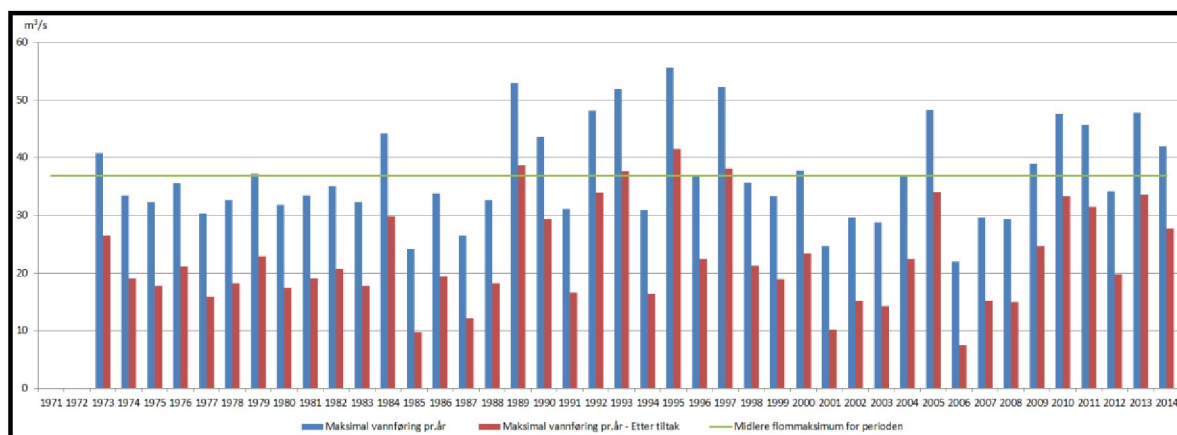
9 DAGENS FLOMFORHOLD OG EFFEKTER AV TILTAKET

Dagens flomvannføringer er i dag marginalt redusert som følge av overføringen av Kopparskardvatnet til Blerek.

Etter utbygging vil forholdene på den utbygde strekningen, mellom inntak og utløp, bli ytterligere redusert med opptil 17,85 m³/s som følge av at noe av vannføringen tas inn til kraftverket.

Etter utløpet av kraftverket vil flomforholdene være uendret.

I Figur 42 er maksimal flomvannføringer og middelflom i vassdraget vist for perioden 1973-2014.



Figur 42 Maksimal flomvannføring pr.år og middelflom ved utløpet av Rabben kraftverk.

10 EROSJON

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

11 GRUNNVANN

Det planlagte tiltaket anses ikke å ha noen varig effekt på forhold tilknyttet grunnvannsforhold.

12 FERSKVANNRESSURSER

Vassdraget er i dag allerede en utnyttet ressurs. Nedbørfeltet har en mindre overføring over til Blerek som videre blir utnyttet i Rana kraftverk.

13 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.

NVE 2011 *Retningslinje for flomberegninger*. Retningslinjer 4/2011

NVE 2011 *Hydrological projections for floods in Norway under a future climate*. Report5/2011

Pettersen, L-E. 2005 *Vannføringsstasjoner i Midt- og Nord-Norge*, NVE Oppdragsrapport 18/2005. 34 s.

14 VEDLEGG 1 – FLOMFREKVENSPLOTT

