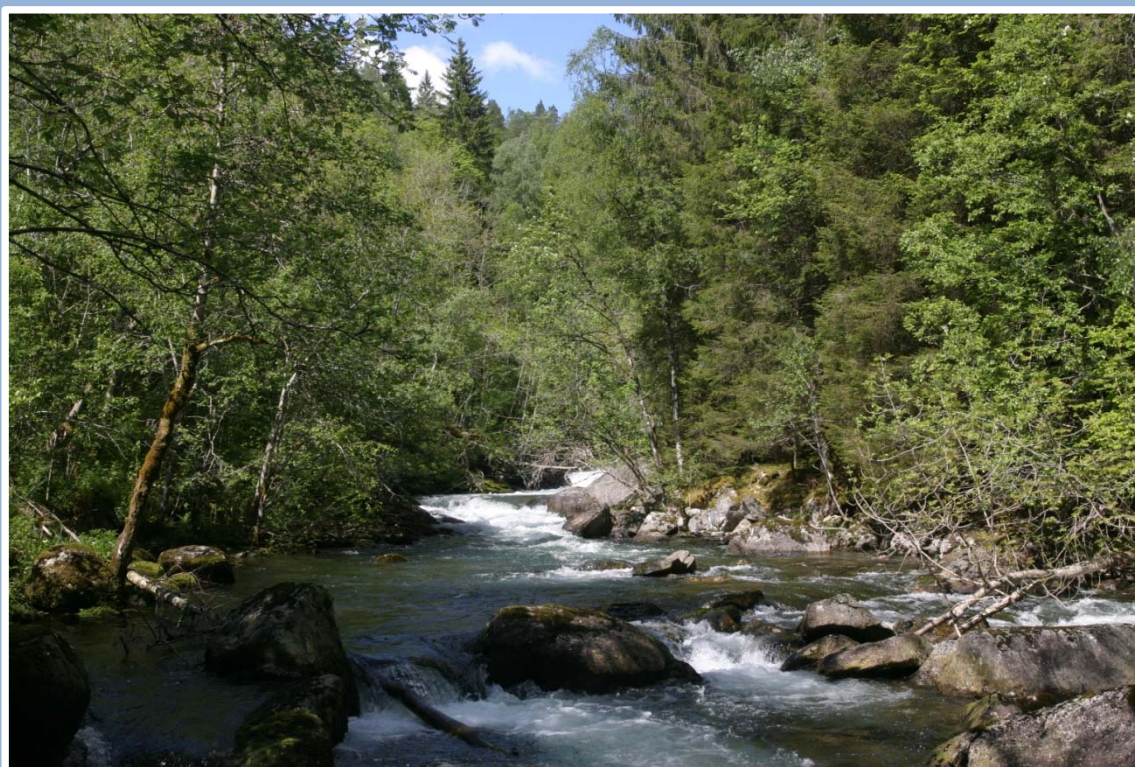


Øystese Kraft AS

Konsekvensutredning for Øystese kraftverk, Kvam herad.

Tema: Hydrologi



Utarbeidet av:



Januar 2012

FORORD

Utbygging av vannkraftverk med en årlig produksjon på over 40 GWh skal i henhold til plan- og bygningslovens kap. VII-a og tilhørende forskrift av 01.04.2005 alltid konsekvensutredes. Hensikten med en slik konsekvensutredning er å sørge for at hensynet til miljø, naturressurser og samfunn blir tatt i betraktning under forberedelsen av tiltaket, og når det tas stilling til om, og eventuelt på hvilke vilkår, tiltaket kan gjennomføres.

På oppdrag fra Øystese Kraft AS har Multiconsult AS utarbeidet en konsekvensutredning for temaet hydrologi. Hydrolog Irene Brox Nilsen og miljørådgiver Kjetil Mork har utarbeidet rapporten, mens siv.ing. Geir Helge Kiplesund har stått for kvalitetssikringen.

Rapporten skal sammen med de øvrige fagrapportene tjene som grunnlag for ansvarlige myndigheter når de skal fatte en beslutning på om det skal gis konsesjon, og eventuelt på hvilke vilkår. Rapportene skal også bidra til en best mulig utforming og lokalisering av anlegget dersom prosjektet blir realisert.

Vi vil takke de som har hjulpet til med å fremskaffe nødvendige opplysninger.

Alle fotografier, kartfigurer og illustrasjoner er utarbeidet av Multiconsult AS.

Skøyen, januar 2012

INNHOOLD

1	UTBYGGINGSPLANENE.....	1
2	METODE.....	3
2.1	Utredningsprogram	3
3	OVERFLATEHYDROLOGI	5
3.1	Hydrologiske grunnlagsdata	5
3.1.1	Generelt	5
3.1.2	Feltareal og avrenning ved Øysteseelva	5
3.2	Datagrunnlag og datakvalitet	5
3.3	Valg av representativ målestasjon	7
3.4	Vannføringsvariasjon og lavvannføringer	11
3.5	Alminnelig lavvannføring	14
3.6	Vannføringsendringer	15
3.6.1	Minstevannføring	15
3.6.2	Magasinkjøring	16
3.6.3	Planlagt vannføring gjennom overføringstunnelen	16
3.6.4	Restvannføring	16
4	PRODUKSJON, REGULERT VANNFØRING OG NAT.HK.....	21
4.1	Produksjonsberegninger	21
4.2	Beregning av regulert vannføring og nat.hk	21
5	GRUNNVANN.....	22
6	FLOM, EROSJON OG MASSETRANSPORT.....	24
6.1	Flommer.....	24
6.1.1	Områdebeskrivelse	24
6.1.2	Konsekvenser i vassdraget.....	26
6.2	Erosjon og massetransport	26
6.2.1	Fallforhold	26
6.2.2	Mekanismer for erosjon og transport	26
6.2.3	Kilder for erosjon langs Øysteseelva	30
6.2.4	Mulige konsekvenser i anleggsfasen	30
6.2.5	Mulige konsekvenser i driftsfasen.....	31
7	VANNTEMPERATUR, ISFORHOLD, SAMT LOKALKLIMA.....	31
7.1	Vanntemperatur	31
7.2	Isforhold	32
7.3	Lokalklimatiske forhold.....	32
7.4	Mulige konsekvenser	34
7.5	Mulige avbøtende tiltak	35
7.6	Oppfølgende undersøkelser	35

FIGURER, KART O.L.

Figur 1. Oversikt over utbyggingsplanene.	2
Figur 2. Oversikt over nedbørfeltet ved inntaket og restfeltene mellom inntak, kraftstasjon og Hardangerfjorden. Se også tabell 2	6
Figur 3. Aktuelle observasjonsstasjoner i området, jf. tabell 3.	8
Figur 4. Gjennomsnittlig månedlig avrenning ved Røykenes, Slondalsvatn og Svartavatn. Tre forskjellige hydrologiske regimer: dominerende høstflom (venstre), dominerende vårflom (i midten) og overgang til høstflom (høyre).	9
Figur 5. Vannføringsdata fra Øysteseelvi i perioden september 2010-oktober 2011. Vi ser to lavvannsperioder, om vinteren og sensommeren. Flommene opptrer om høsten/vinteren og i snøsmelteperioden/sommeren.	10
Figur 6. Utdrag av vannføringen i løpet av smeltesesongen. Vårflommen starter i midten av april og varer til midten av mai (her representert ved sinuskurver med en periode på ett døgn).	10
Figur 7. Vannføringens variasjon over året, middelerverdi, medianverdi og minimumsverdi, målt ved 62.18 Svartavatn og skalert til Øystese.	11
Figur 8. Vannføringens variasjon over året, maksimalverdi (flommer), målt ved 62.18 Svartavatn og skalert til Øystese.	12
Figur 9. Variasjon i middelvannføring fra år til år, målt ved 62.18 Svartavatn. Gjennomsnittet ved Svartavatn over disse årene var 8.1 m ³ /s. Gjennomsnittet i 1991 var ganske nær denne verdien. De røde søylene viser middelvannføringen skalert til Øystese.	12
Figur 10. Vannføringens variasjon over året, karakteristiske år, målt ved 62.18 Svartavatn og skalert til Øystese.	13
Figur 11. Vannføringens variasjon over året, statistiske verdier, målt ved 62.18 Svartavatn og skalert til Øystese. Slukeevnen er satt til 12 m ³ /s, noe som tilsvarer $2,5 \cdot Q_{mid}$	14
Figur 12. Varighetskurve for Øystese kraftverk basert på tall fra Svartavatn målestasjon.	15
Figur 13. Tilsig og restvannføring ved inntaket i et tørt år.	17
Figur 14. Tilsig og restvannføring ved inntaket i et middels år.	18
Figur 15. Tilsig og restvannføring ved inntaket i et vått år.	18
Figur 16. Tilsig og restvannføring oppstrøms kraftstasjonen i et tørt år.	19
Figur 17. Tilsig og restvannføring oppstrøms kraftstasjonen i et middels år.	19
Figur 18. Tilsig og restvannføring oppstrøms kraftstasjonen i et vått år.	20
Figur 19. Ortofoto som viser inntaksbassengets omtrentlige utstrekning.	23
Figur 20. Fordeling av årsflommer i observasjonspunktet Svartavatn.	25
Figur 21. Flomfrekvensanalyse for Øysteseelva, utført på data ved Svartavatn.	25
Figur 22. Konsentrasjon av uorganisk materiale.	27
Figur 23. Løsmasser langs Øysteseelva.	28
Figur 24. Øysteseelva omtrent midtveis mellom planlagt inntak og utløp.	29
Figur 25. Øysteseelva noen hundre meter ovenfor planlagt utløp. Den mektige breelvavsetningen kan sees i bakgrunnen.	29
Figur 26. I nedre del har Øysteseelva skåret seg dypt ned i breelvavsetningene. Det er imidlertid lite eller ingen erosjon i disse løsmassene i dag.	30
Figur 27. Vanntemperatur i Øysteseelva, samt lufttemperatur i Øystese, i perioden 29. april 2009 til 11. april 2010. Kilde: Egne målinger (vanntemperatur) og Meteorologisk institutt (lufttemperatur).	31
Figur 28. Kritisk vannhastighet for islegging på en vannflate.	32
Figur 29. Gjennomsnittlig nedbørmengde per måned ved nærmeste målestasjon (50080 Øystese). Kilde: Meteorologisk institutt.	33
Figur 30. Månedsmiddeltemperaturer ved nærmeste målestasjon (50105 Norheimsund). Kilde: Meteorologisk institutt.	34
Figur 31. Forklaring av figur 12. Modifisert fra Væringstad (2008).	36

TABELLER

Tabell 1. Nøkkeltall for det planlagte prosjektet i Øysteseelva.....	1
Tabell 2. Feltarealer og avrenning i de ulike delfeltene av Øysteseelva.	5
Tabell 3. Feltkarakteristikker i observasjonspunkter i nærheten av Øysteseelva.	7
Tabell 4. Oppsummering av figur 10, med skalerte verdier så de passer Øystese.	13
Tabell 5. Lavvannføringer beregnet for Svartavatn og Røykenes, skalert til Øysteseelva.	14
Tabell 6. 5-persentiler ved Svartavatn og Røykenes skalert til Øystese for å bestemme minstevannføring.	16
Tabell 7. Oppsummering av midlere vannføring gjennom kraftverket og i Øysteseelva.	16
Tabell 8. Dager med vannføring større enn største og mindre enn minste slukeevne.	17
Tabell 9. Antall dager per år med vannføring større enn og mindre enn eller lik foreslått minstevannføring.	20
Tabell 10. Produksjonsberegninger for Øystese kraftverk. Kolonne 1 angir slukeevne og evt. minstevannføring i vinter- og sommerhalvåret. Omsøkt alternativ er uthevet.	21
Tabell 11. Beregning av naturhesterkrefter for Øystese kraftverk.	22
Tabell 12. Flomfrekvensanalyse for 62.18 Svartavatn for perioden 1987-2010, årsflom, ingen sesonginndeling.	25
Tabell 13. Flomfrekvensanalyse ved Øystese kraftverk.	26

1 UTBYGGINGSPLANENE

Den planlagte utbyggingen innebærer bygging av dam og inntak i Øysteseelva mellom Ørredalsfossen og Fitjadalsvatnet. Dammen vil heve vannstanden i elva fra ca. kote 254 til ca. kote 260, og medføre at det dannes et inntaksbasseng på ca. 15 dekar (se figur 1). Inntaksdammen vil omfatte elvestrekningen fra ca. 300 m til ca. 575 m nedstrøms utløpet fra Fitjadalsvatnet.

Fra inntaket vil vannet bli ledet gjennom en bratt sjakt og ned på overføringstunnelen til kraftstasjonen. Det omsøkte alternativet innebærer kraftstasjonen i fjell på vestsida av elva, samt utløpstunnel ned mot det planlagte utløpet ved Laksehølen helt øverst på anadrom strekning.

Tabellen under viser nøkkeltall for utbyggingen, mens figur 1 viser utbyggingsplanene.

Tabell 1. Nøkkeltall for det planlagte prosjektet i Øysteseelva.

Nedbørfelt ved inntaket (km ²)	40,8
Restfelt mellom inntak og kraftstasjon (km ²)	2,1
Middelvannføring (m ³ /s) ved inntaket	4,8
Alminnelig lavvannføring (m ³ /s) ved inntaket	0,18
Inntak (kote)	260
Utløp (kote)	35
Brutto fallhøyde (m)	225
Slukeevne, maks. (m ³ /s)	12,0
Slukeevne, min (m ³ /s)	0,72
Installert effekt (MW)	23,4
Vannvei, lengde (m)	1950
Produksjon, vinter (1/10 – 30/4) (GWh)	29,1
Produksjon, sommer (1/5 – 30/9) (GWh)	34,0
Produksjon, årlig middel (GWh)	63,1
Utbyggingskostnad (mill.kr)	180,6
Utbyggingspris (kr/kWh)	2,86

Kraftstasjonen vil få en installert effekt på 23,4 MW. Den maksimale slukeevnen er satt til 2,5 ganger middelvannføringen, eller 12,0 m³/s. Produksjonen er beregnet til ca. 63,1 GWh pr år, fordelt på 29,1 GWh (46 %) i vinterhalvåret og 34,0 GWh (54 %) i sommerhalvåret. Start-stopp kjøring av kraftverket er ikke aktuelt av hensyn til anadrom fisk i nedre del av elva.

Kraftverket vil bli koblet til eksisterende transformatorstasjon ved vegkrysset mellom Stuve og Kjosås ved hjelp av en ca. 380 m lang 22 kV jordkabel. Videre vil det være behov for en ny 22 kV jordkabel/luftlinje opp til dammen. Denne blir ca. 1280 m lang, hvorav jordkabel utgjør ca. 1110 m mens luftlinje utgjør de resterende 170 m.

Deler av tunnelmassene fra fjellanlegget er tenkt deponert i søkket på vestsida av Øysteseelva, like nedenfor tunnelpåhugget. Dette er en gunstig lokalisering rent landskapsmessig, og vil bidra til at man kan utvide nærliggende jordbruksarealer og industriområde.

For å redusere konsekvensene av utbyggingen for bl.a. landskap, naturmiljø, fisk/

ferskvannsbiologi og friluftsliv legger Øystese Kraft AS opp til å opprettholde en viss minstevannføring på den berørte elvestrekningen. I konsesjonssøknaden har utbygger søkt om å slippe 400 l/s i sommerhalvåret og 150 l/s i vinterhalvåret. Dette tilsvarer 5-persentilene for sommer- og vinterhalvåret. Dette tiltaket ligger inne som en del av utbyggingsplanene.



Figur 1. Oversikt over utbyggingsplanene.

2 METODE

2.1 Utredningsprogram

Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE) sitt utredningsprogram, datert 11. mai 2011, sier følgende om temaene som behandles i denne rapporten:

Hydrologi

De hydrologiske tema som omtales nedenfor skal legges til grunn for de øvrige fagutredningene som skal gjennomføres som et ledd i konsekvensutredningsprosessen.

Overflatehydrologi

Grunnlagsdata, vannførings- og vannstandsendringer, restvannføringer, flomforhold mm. skal utredes og presenteres i samsvar med NVEs veileder 3/2010 om "Konsesjonsbehandling av vannkraftsaker" så langt det er relevant, jf. veilederens del IV, pkt. 3.7.

Vannføringen før og etter utbygging skal fremstilles på kurveform for "reelle år" ("vått", "middels" og "tørt") på relevante punkter for alle alternativene. Det angis hvor mange dager i året tilsiget er mindre enn minste slukeevne eller større enn største slukeevne.

Det skal redegjøres for alminnelig lavvannføring og 5-persentil verdien for sommer (1/5-30/9) og vinter (1/10-30/4) ved utløpet av Fitjadalsvatnet som grunnlag for å kunne bestemme minstevannføring.

Planlagt vannføring gjennom overføringstunellen beskrives.

Minstevannføring

Vurderingene bak eventuelle forslag til minstevannføring skal fremgå av KU. Det skal også begrunnes dersom det ikke foreslås å slippe minstevannføring.

Forslag til minstevannføring skal tas inn i alle relevante hydrologiske beregninger og kurver og legges til grunn for vurderingene av konsekvenser for de øvrige fagtemaene. Dette gjelder også beregningene i forbindelse med produksjon og prosjektets økonomi som inngår i prosjektbeskrivelsen. Samtidig skal det gå fram av beregningene hva minstevannføringen ville ha gitt dersom vannet hadde vært nytt til produksjon.

Det skal tas bilder av de ulike, berørte elvestrekningene på ulike tallfestede vannføringer. Reduksjonen i vannføringen i Ørredalsfossen som følge av tiltaket må visualiseres ved ulike vannføringsnivåer.

Driftsvannføring

Det skal gis en beskrivelse av forventede hydrologiske konsekvenser (vannføringsforhold med mer) ut fra det planlagte driftsopplegget (tappestrategi, ev. effektkjøring).

Flommer

Flomforholdene skal vurderes basert på beregnede og/eller observerte flommer og det skal gis en vurdering av om skadeflommer øker eller minker i forhold til dagens situasjon. Skadeflomvurderingene kan knyttes opp mot en flom med gjentaksintervall på 10 år (Q10)

dersom det reelle nivået for skadeflom i vassdraget er ukjent. Flomvurderingene skal også inneholde en beregning av middelflommen.

Vanntemperatur, isforhold og lokalklima

Dagens forhold i de berørte områdene skal beskrives.

Mulige endringer i isleggingsforhold, vanntemperatur og lokalklima skal vurderes for både anleggs- og driftsfasen.

Mulige avbøtende tiltak for de eventuelle negative konsekvensene som kommer fram skal vurderes, herunder eventuelle justeringer av tiltaket.

Grunnvann

Dagens forhold i de berørte områdene skal beskrives kort.

Det skal redegjøres for tiltakets virkninger for grunnvannet i de berørte nedbørfeltene i anleggs- og driftsfasen.

Dersom tiltaket kan medføre endret grunnvannstand skal det vurderes om dette kan endre betingelsene for vegetasjon, jord- og skogbruk samt eventuelle grunnvannsuttak i området som blir berørt. Fare for drenering som følge av tunneldrift skal vurderes.

Mulige avbøtende tiltak for de eventuelle negative konsekvensene som kommer fram skal vurderes, herunder eventuelle justeringer av tiltaket.

3 OVERFLATEHYDROLOGI

3.1 Hydrologiske grunnlagsdata

3.1.1 Generelt

Øysteseelva, hvor Øystese kraftverk er tenkt bygget, ligger i Kvam herad i Hordaland. Nedbørfeltet er tegnet opp på et kart i målestokk 1:50 000 i figur 2, og feltarealet oppstrøms av inntaket er beregnet til 40,8 km². Totalt feltareal ved utløpet i Hardangerfjorden er på 44,7 km².

Regimeenhet:	052.Z
Areal ved inntaket:	40,8 km ²
Høydeforskjell:	256-1384 moh
Hydrologisk regime:	Høstflom, noe mindre vinterflom og sommerlavvann. Se figur 4.
Vernestatus:	Vurdert for vern, men ikke vernet.

3.1.2 Feltareal og avrenning ved Øysteseelva

Øysteseelva har per i dag ingen lang observasjonsserie av vannføringsdata, men vi kan estimere gjennomsnittsvannføringen ved å se på regionale avrenningskart. Dette er tilgjengelig på karttjenesten NVE-atlas. Måleperioden 1961-1990 er lagt til grunn for tallene.

Tabell 2. Feltarealer og avrenning i de ulike delfeltene av Øysteseelva.

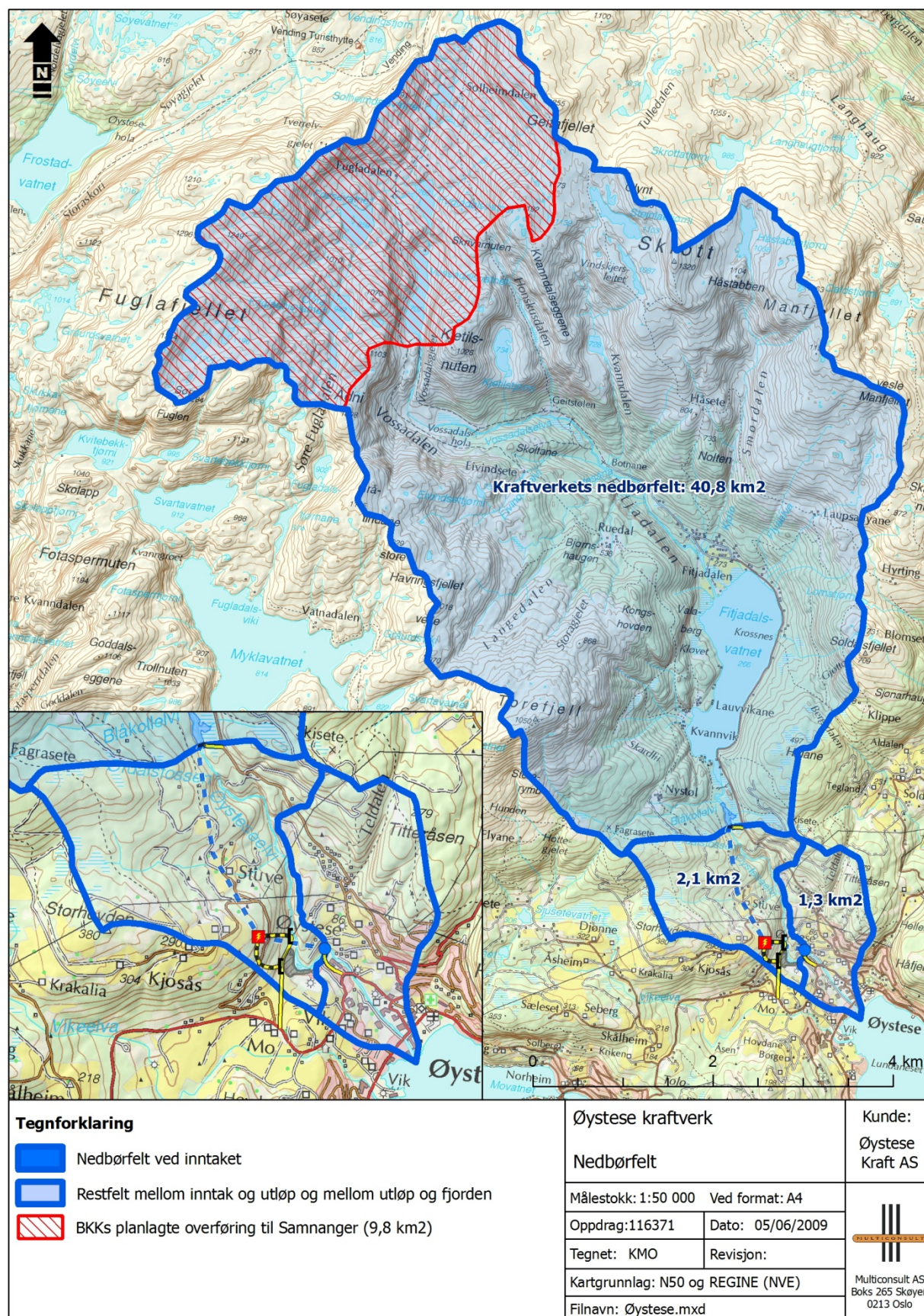
	Felt- størrelse (km ²)	Spesifikk avrenning 1961-90 (l/s/km ²)	Midlere vannføring 1961-90 (m ³ /s)	Midlere årlig tilsig 1961-90 (mill.m ³ /år)
Øysteseelva ved inntaket	40,8	117, 6	4,80	152
Restfelt; inntak – kraftstasjon	2,06	65,3	0,13	4,2
Restfelt; kraftstasjon – fjorden	1,33	50,2	0,07	2,1
Totalfelt Øysteseelva	44,2	113,2	5,00	158

Det er stor variasjon i vannføring gjennom året. Dette er vist i figur 7 og i påfølgende figurer.

3.2 Datagrunnlag og datakvalitet

Vurdering av hydrologien i Øysteseelva baserer seg på mindre enn åtte måneder med vannstandsdata fra Øysteseelva samt døgnvannføringer ved ulike målestasjoner i nærheten og avrenningskart.

Datagrunnlaget vurderes som brukbart (klasse 3) fordi det er store gradienter i spesifikk vannføring i området og fordi det er vanskelig å finne en godt representativ målestasjon. Det er noe usikkerhet knyttet til konsekvensvurderingene, og det skyldes særlig at måleperioden i Øysteseelva er veldig kort. Derfor er bl.a. midlere vannføring estimert ut fra avrenningskartet til NVE, som har en usikkerhetsmargin opptil 20 %. Usikkerheten ved den totale midlere vannføringen i elva blir derfor 5,0 ± 1,0 m³/s, dvs i intervallet 4,0 – 6,0 m³/s.



Figur 2. Oversikt over nedbørfeltet ved inntaket og restfeltene mellom inntak, kraftstasjon og Hardangerfjorden. Se også tabell 2

3.3 Valg av representativ målestasjon

Vannstandsmålingene i Øysteseelva ble startet i september 2010. Denne måleserien er så kort at den bare kan brukes til kontroll. Selve beregningene blir utført på en representativ målestasjon i området. Det finnes mange observasjonsserier i området med lignende avløpskarakteristikker som Øystesefeltet. En første sjekk for representativiteten er å sammenligne feltkarakteristikkene til de nærliggende observasjonsstasjonene med Øystesefeltet.

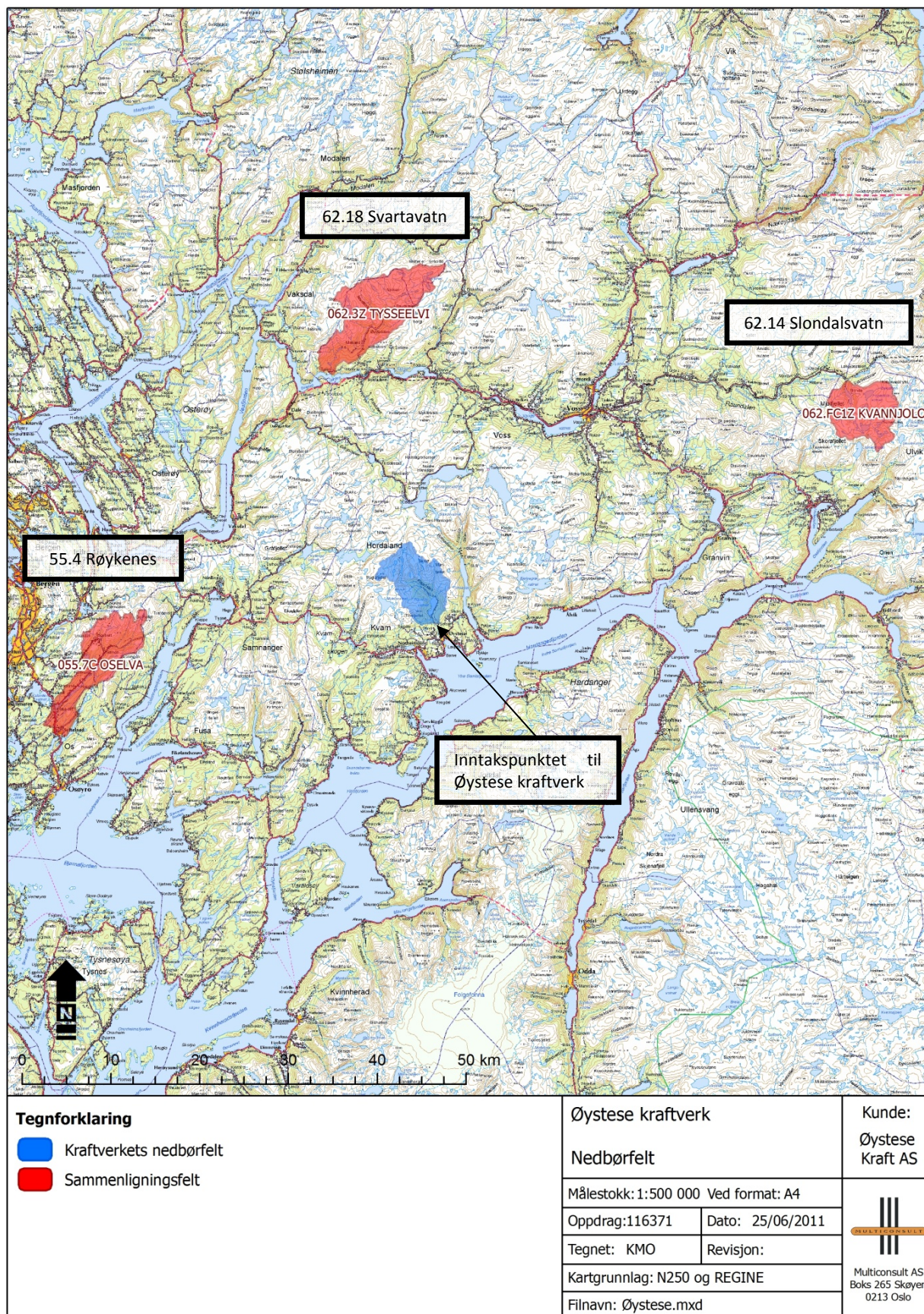
Tabellen under viser de mest aktuelle observasjonsseriene, valgt ut med tanke på feltareal og nærhet. Feltareal og landskapskarakteristikker er hentet fra NVE sin database Hysopp. Kart over de forskjellige nedbørfeltene er vist i figur 3.

Tabell 3. Feltkarakteristikker i observasjonspunkter i nærheten av Øysteseelva.

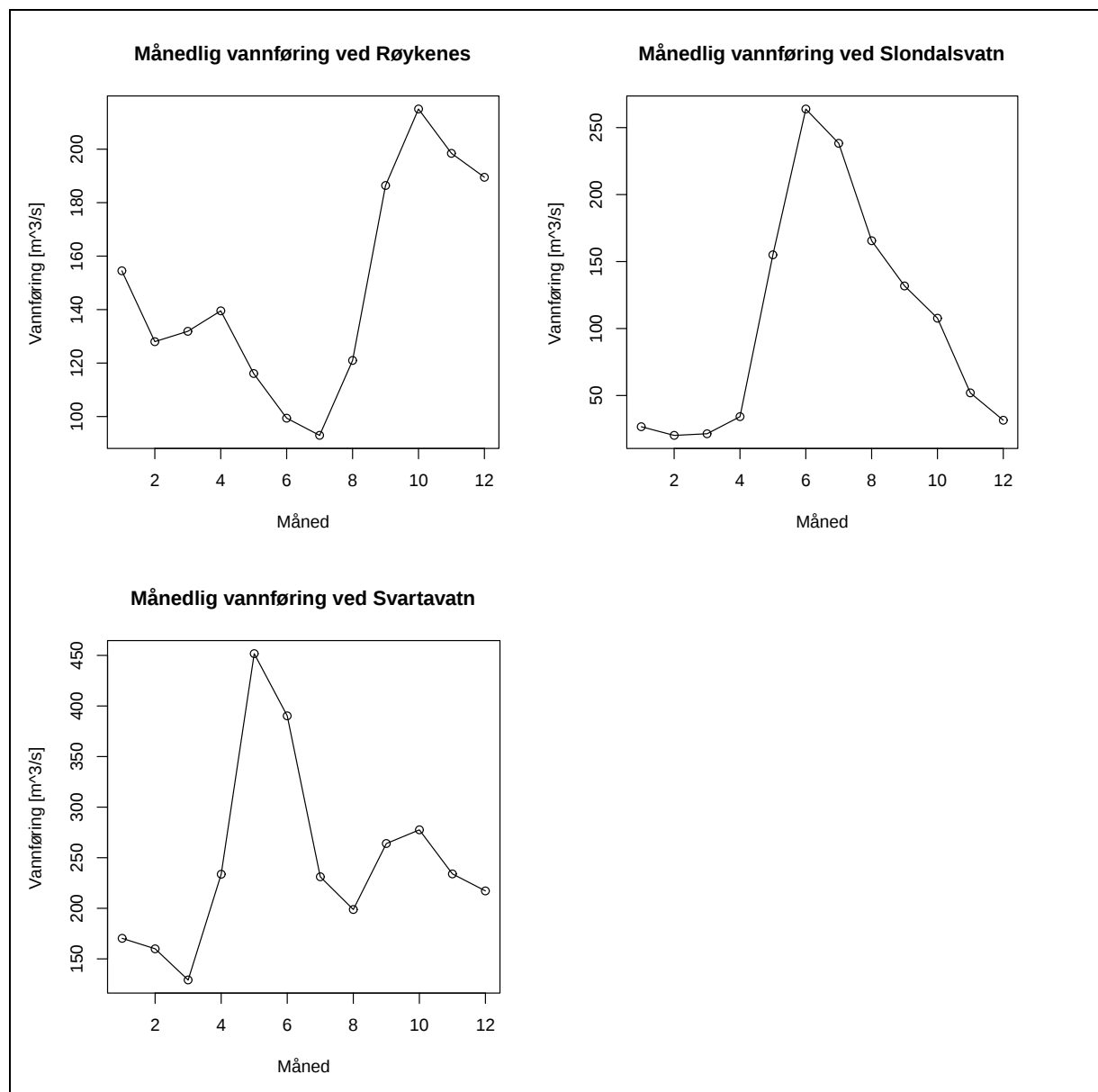
Nr	Navn	Måle- periode	Areal (km ²)	Eff. sjø (%)	Skog (%)	Snaufjell (%)	Q _N (l/s/km ²)	Høyde (moh)
62.18	Svartavatn	1987-d.d.	72,3	0,32	21,7	65,5	105,7	219-1109
62.14	Slondalsvatn	1983-d.d.	42,2	2,3	1,5	83,8	71,8	752-1602
55.4	Røykenes	1934-d.d.	50,0	2,3	52,2	31,7	107,8	53-960
46.7	Brakhaug	1973-d.d.	9,3	0,2	5,7	82,3	118,8	179-1280
55.7	Eikelandssosen	1980-d.d.	43,6	6,4	27,8	49,6	135,5	48-971
46.4	Bondhus	1963-d.d.	60,5	1,1	11,5	42,0	109,9	23-1649
62.10	Myrkdalsvatn	1964-d.d.	158,3	1,2	-	72,3	-	229-1431
63.12	Fjellanger	1994-d.d.	12,8	-	-	86,3	-	401-1206
	Øysteseelva	-	40,8	2,9	22,5	68,3	117,6	266-1296

De tre øverste feltene har veldig liknende avløpskarakteristikker som Øysteseelva. Feltene i rad 4-8 skal heller ikke utelukkes, men er av forskjellige grunner ikke like gode. Eikelandssosen er regulert fra 1985 og har derfor bare 5 år med uregulerte data, og Fjellanger har også en veldig kort tidsserie. Brakhaug, Bondhus og Myrkdalsvatn er heller ikke vurdert å være like gode som de tre første seriene.

Av de tre øverste seriene har Røykenes den lengste måleperioden, og det er derfor nærliggende å velge denne, men som figurene under viser ligger disse tre målestasjonene i helt forskjellige hydrologiske regimer.



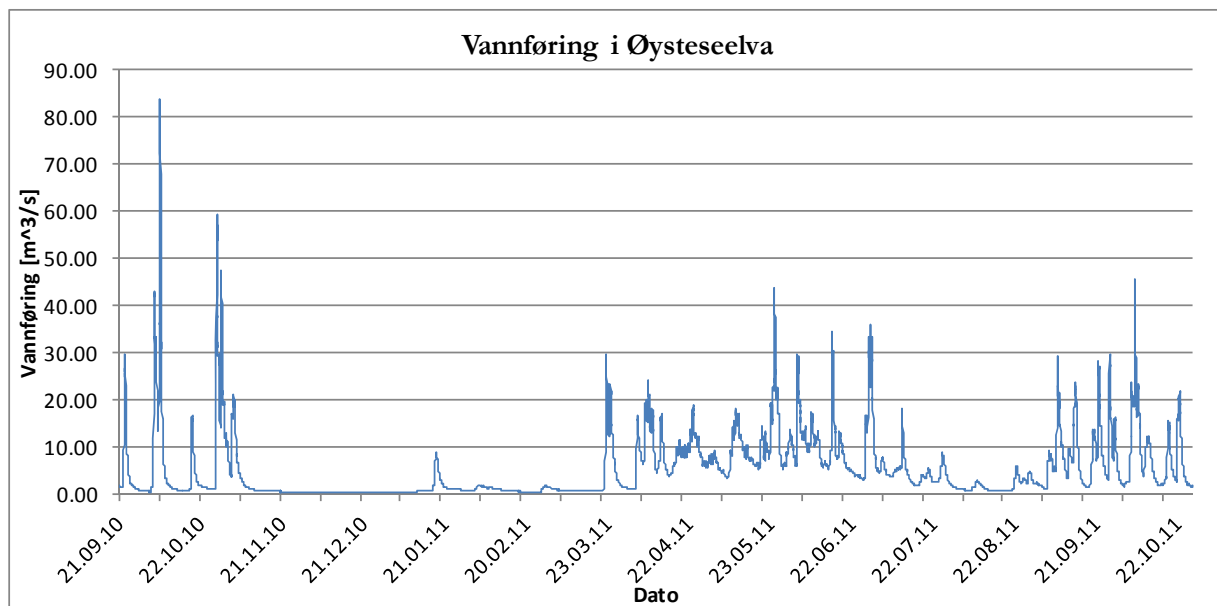
Figur 3. Aktuelle observasjonsstasjoner i området, jf. tabell 3.



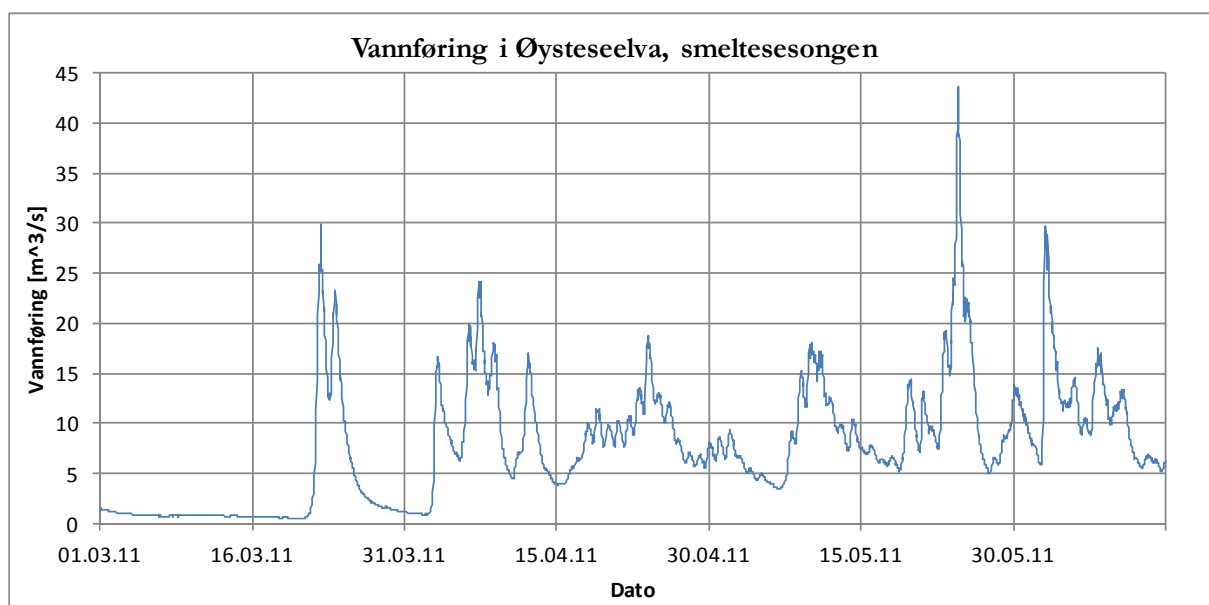
Figur 4. Gjennomsnittlig månedlig avrenning ved Røykenes, Slondalsvatn og Svartavatn. Tre forskjellige hydrologiske regimer: dominerende høstflom (oppe til venstre), dominerende vårflo (oppe til høyre) og overgang til høstflom (nede til venstre).

Røykenes ligger noe nærmere kysten enn Øysteseelva, og har det høyeste månedsavløpet om høsten/vinteren. Vårflommen er lav, så det er rimelig å anta at det ikke legger seg så mye snø i feltet. Slondalsvatn, et felt helt øst i Voss, er dominert av vårflo og vinterlavvann. Svartavatn har en dominerende vårflo, men høstflom er også vanlig. Vi har antatt at Svartavatn representerer de klimatiske forholdene i Øysteseelva best av de tre.

Dessverre er effektiv innsjøprosent ved Svartavatn veldig lav, og ingen av de valgte målestasjonene er egentlig særlig representative for Øystese. Liten magasineringsevne ved Svartavatn kan bidra til å underestimere vintervannføringen.



Figur 5. Vannføringssdata fra Øysteseelvi i perioden september 2010-oktober 2011. Vi ser to lavvannsperioder, om vinteren og sensommeren. Flommene opptrer om høsten/vinteren og i snøsmelteperioden/sommeren.



Figur 6. Utdrag av vannføringen i løpet av smeltesesongen. Vårflommen starter i midten av april og varer til midten av mai (her representert ved sinuskurver med en periode på ett døgn).

For å korrigere for avvik i feltareal og normalavrenning multipliseres dataene ved Svartavatn med en skaleringsfaktor.

$$\text{Skaleringsfaktor} = \frac{Q_{N,\text{Øystese}}}{Q_{m,\text{obs.}}} \cdot \frac{A_{\text{Øystese}}}{A_{\text{obs.}}}$$

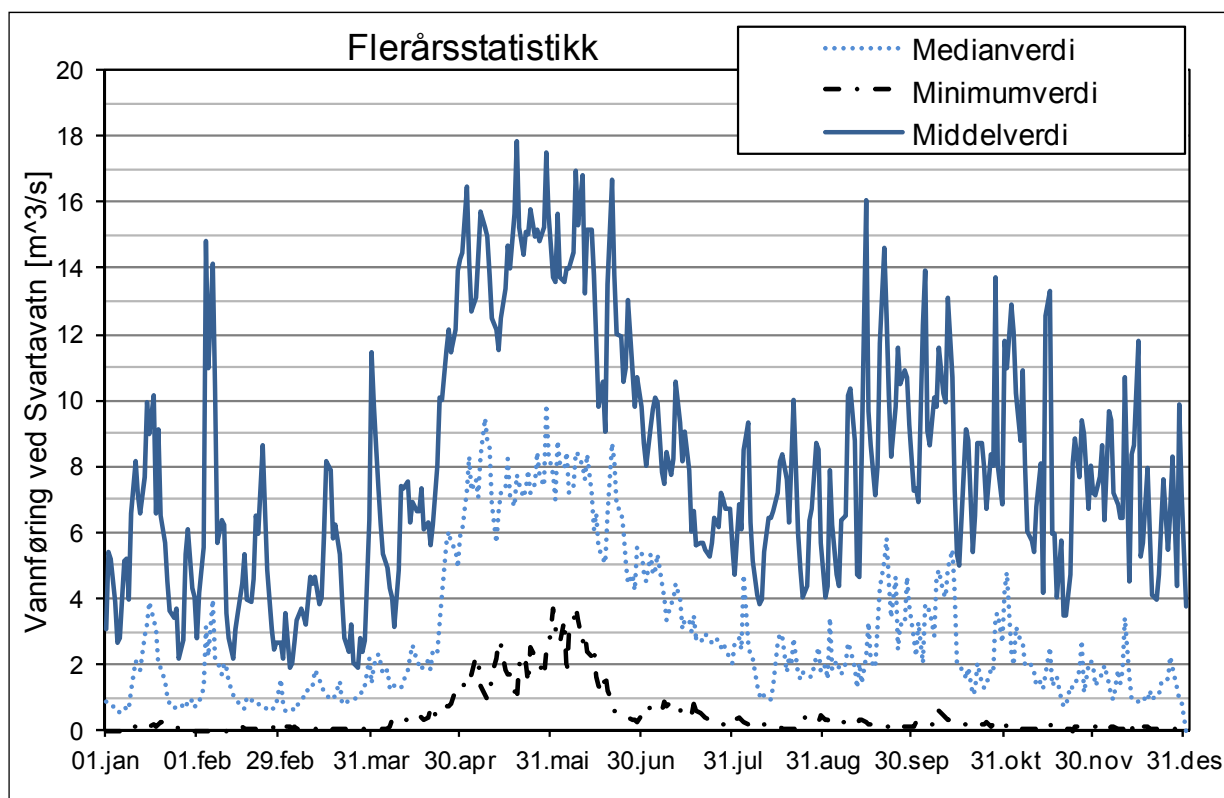
Den observerte middelavrenningen ved Svartvatn $Q_{m,\text{obs}}$ er 111,9 l/s/km², beregnet som et gjennomsnitt av observasjonsserien. Skaleringsfaktoren blir dermed 0,57.

$$= \frac{113,3}{111,9} \cdot \frac{40,8}{72,3} = 0,57$$

3.4 Vannføringsvariasjon og lavvannføringer

Det er store variasjoner i vannføringen ved Svartavatn gjennom året (se figur 7 og påfølgende figurer). Den første figuren er framkommet ved å beregne gjennomsnitt av alle observasjoner for 1. januar, gjennomsnitt for 2. januar osv. gjennom hele året. Median og minimumsverdi er funnet på samme måte. Merk at medianverdien er den midterste verdien når observasjonene sorteres fra størst til minst.

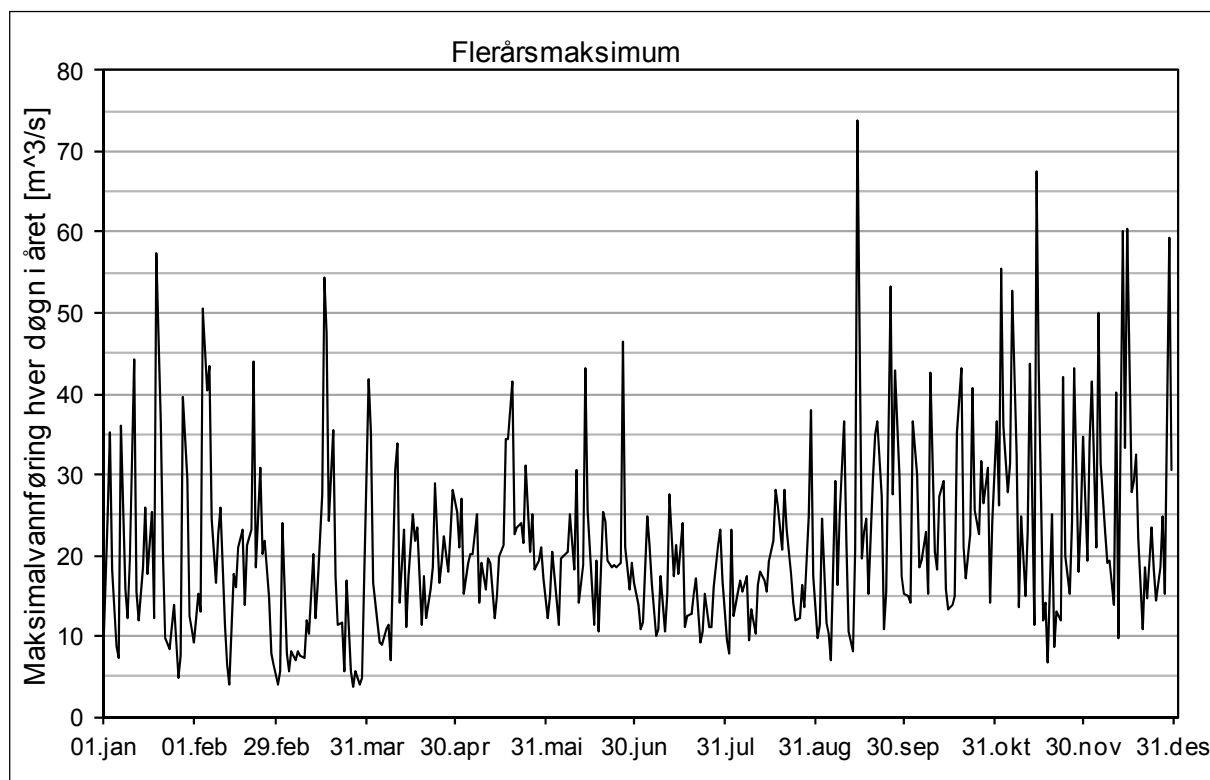
Gjennomsnittsvannføringen er størst i snøsmelteperioden (mai/juni)¹ og i denne perioden har vannføringen sjelden vært lavere enn 2 m³/s. Fra august til mars kan det være null vannføring i elva (noe mer vann om høsten enn vinteren). Dette tyder på at det er lite magasinering i grunnvann, innsjøer og myrer i feltet til Svartavatn; vannføringen domineres av nedbør og snøsmelting. Øystese har større selvreguleringsevne enn Svartavatn ($A_{SE} = 2,9$), så på dette punktet er ikke Svartavatn representativ.



Figur 7. Vannføringens variasjon over året, middelverdi, medianverdi og minimumsverdi, målt ved 62.18 Svartavatn og skalert til Øystese.

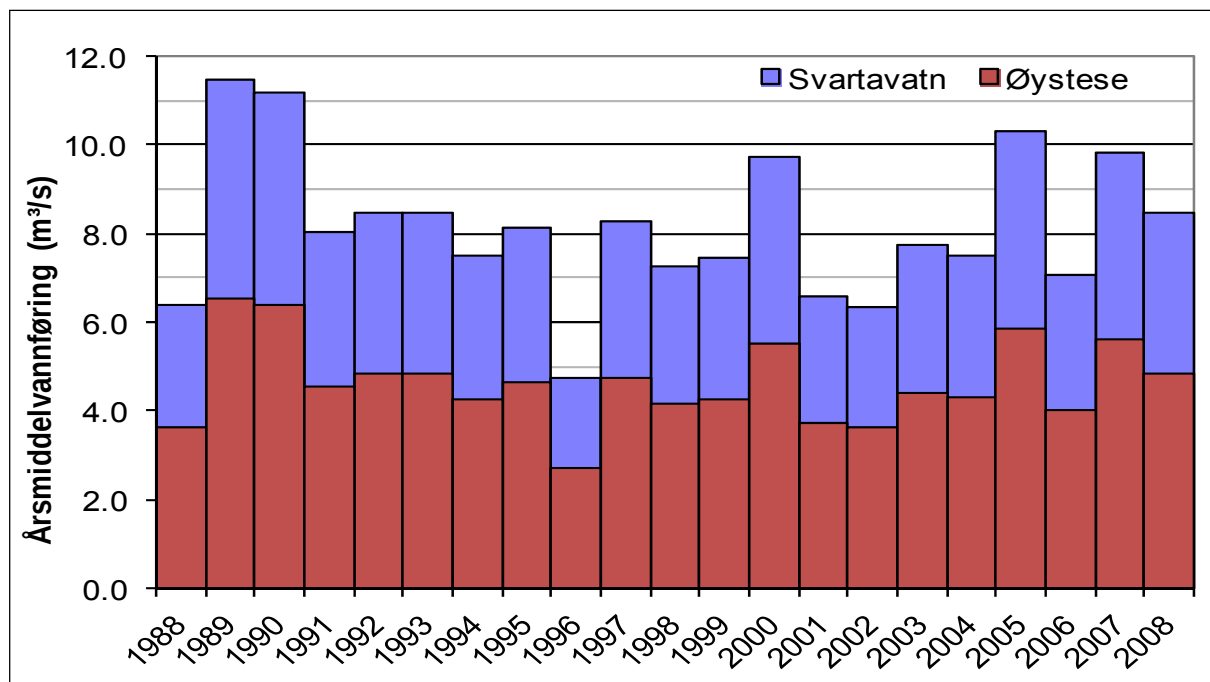
Neste figur viser maksimalvannføringen hver dato i hele året. Den er framkommet på samme måte, men er lagt i en egen figur fordi verdiene er mye høyere. Her er det tydelig at høstflommene dominerer. I snøsmelteperioden er flommene lavere pga mindre intens nedbør om våren. I tillegg er feltet såpass lite at det ikke akkumuleres store mengder smeltevann. På disse punktene burde Svartavatn være representativ for Øystese.

¹ Vi har sett at høstflommene kan være mer dramatiske enn vårflokkene, men dette slår ikke ut på gjennomsnittet fordi de virkelig høye høstflommene opptrer så sjelden. I en måleserie med 30 år med data kan vi forvente oss middels høye verdier for f.eks. 31. mai i alle år, og gjennomsnittet av disse blir middels høyt. Den høyeste observerte flommen ved Svartavatn var 129.4 m³/s i 14. september 2005. Gjennomsnittsvannføringen for 14. september er likevel bare 16 m³/s fordi de fleste årene ikke opplevde flom denne dato.



Figur 8. Vannføringens variasjon over året, maksimalverdi (flommer), målt ved 62.18 Svartavatn og skalert til Øystese.

Vannføringen varierer ikke bare innad i året, men også fra år til år, som vist i figur 9. Det våteste året er 1989, og det tørreste året er 1996. 1991 representerer et år med gjennomsnittlig årsvannføring.

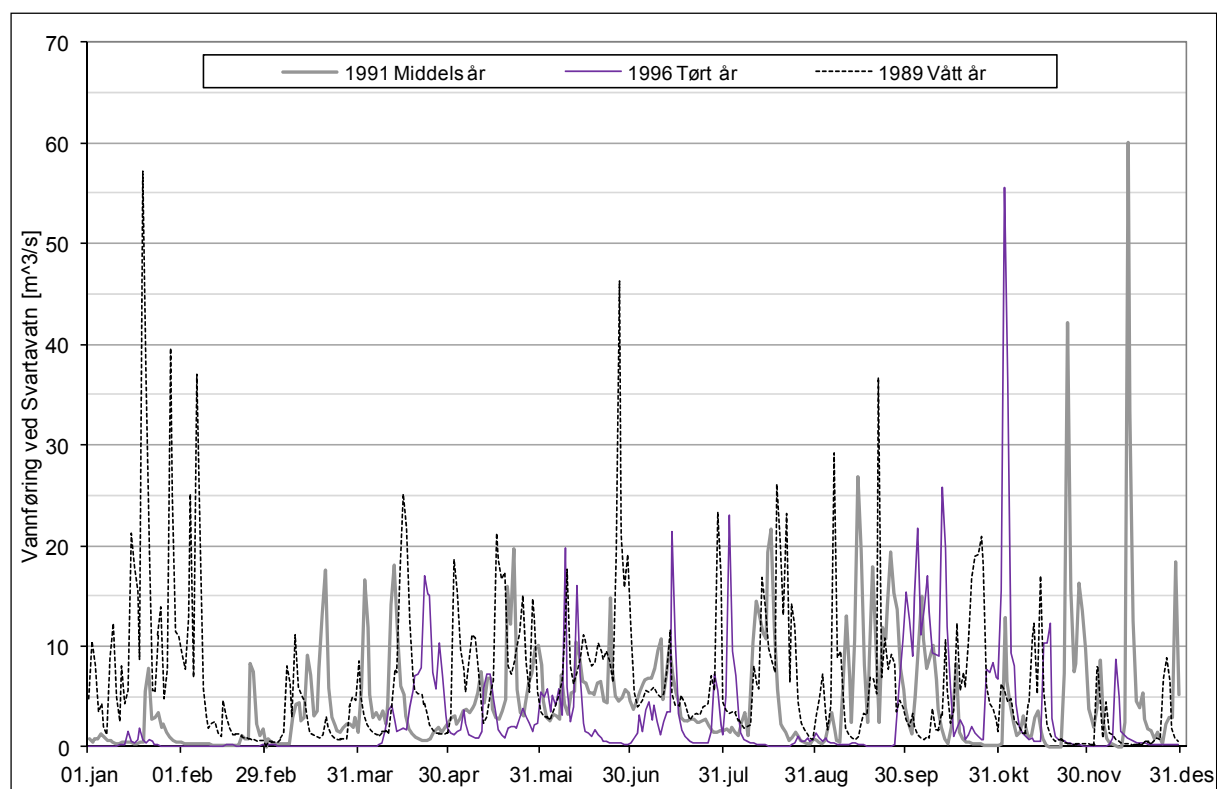


Figur 9. Variasjon i middelvannføring fra år til år, målt ved 62.18 Svartavatn. Gjennomsnittet ved Svartavatn over disse årene var $8.1 \text{ m}^3/\text{s}$. Gjennomsnittet i 1991 var ganske nær denne verdien. De røde søylene viser middelvannføringen skalert til Øystese.

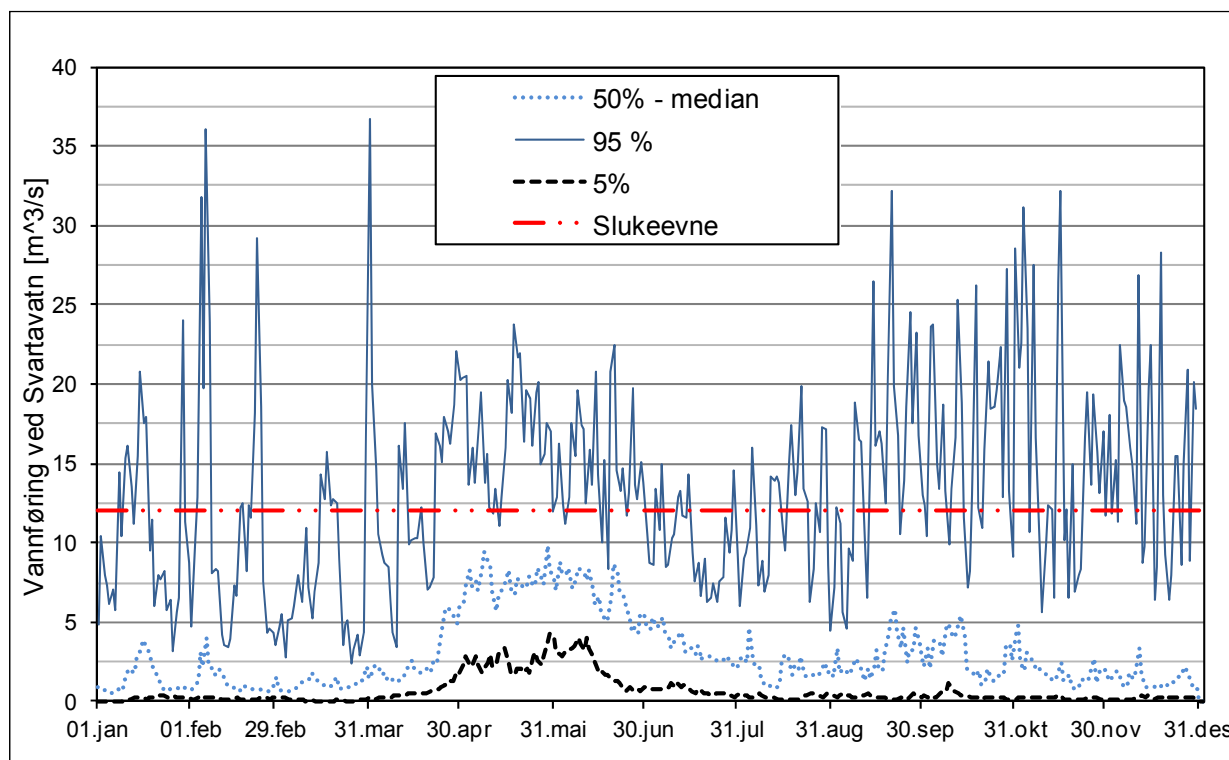
Figur 10 viser Svartavatn sin vannføring over året for tre utvalgte år: Et vått år (1989), et middels vått (1991) og et tørt år (1996). De mest markante flommene kom om høsten alle årene, og i det våteste året var det også kraftig regnvær utover vinteren (dette er sjekket mot værkart på senorge.no for å utelukke at toppene skyldes isoppstuvning). I det tørre året er vinteren og august/september særlig tørr. En oppsummering finnes i tabell 4.

Tabell 4. Oppsummering av figur 10, med skalerte verdier så de passer Øystese.

	År	Årsmiddelvannføring ved Øystese	Laveste vannføring [m ³ /s]	Høyeste vannføring [m ³ /s]
Tørt år	1996	2,7	0,01	55,5
Middels vått år	1991	4,6	0,02	60,1
Vått år	1989	6,5	0,2	57,3



Figur 10. Vannføringens variasjon over året, karakteristiske år, målt ved 62.18 Svartavatn og skalert til Øystese.



Figur 11. Vannføringen variasjon over året, statistiske verdier, målt ved 62.18 Svartavatn og skalert til Øystese. Slukeevnen er satt til $12 \text{ m}^3/\text{s}$, noe som tilsvarer $2,5 \cdot Q_{\text{mid}}$.

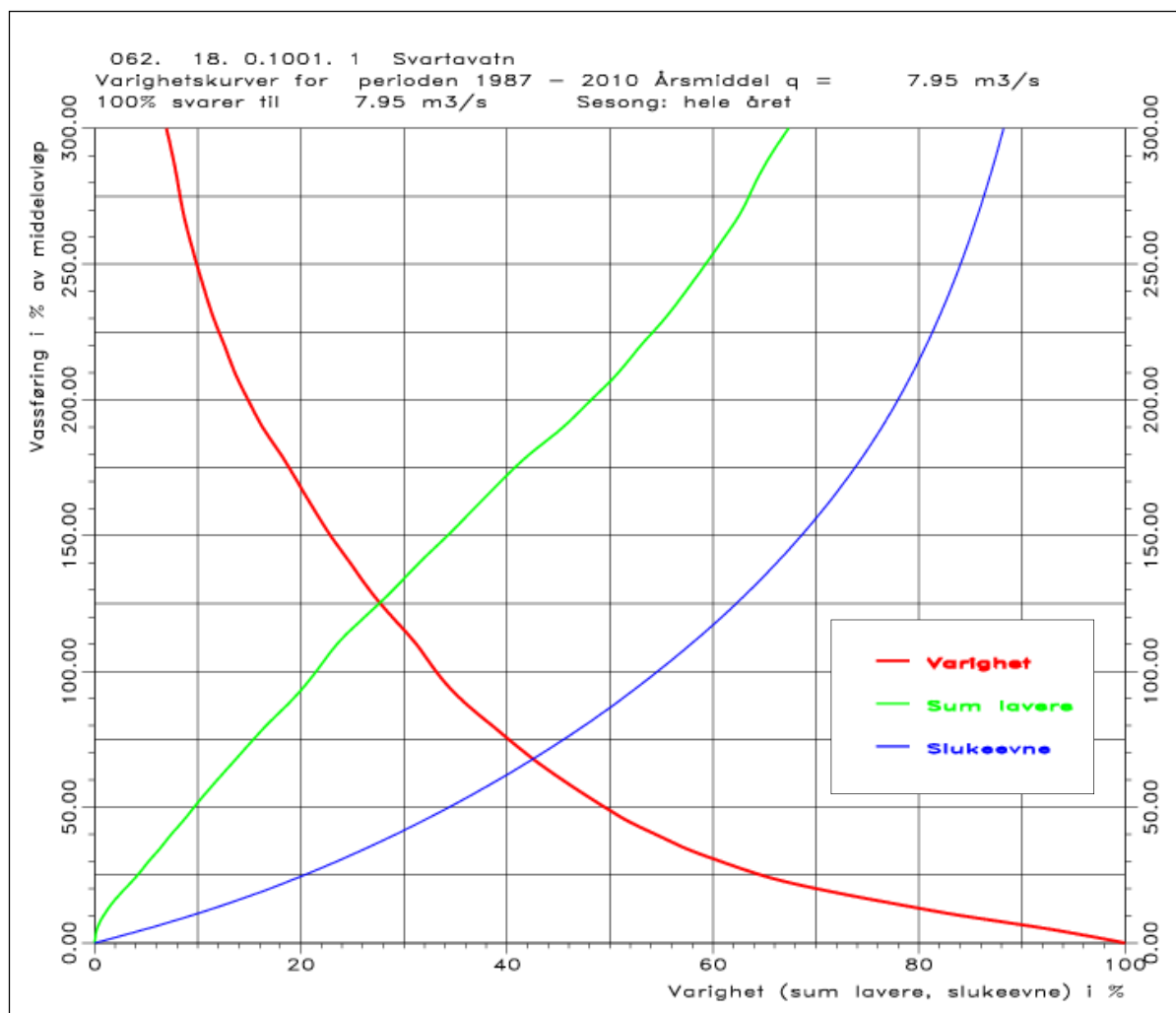
3.5 Alminnelig lavvannføring

I meldingen ble alminnelig lavvannføring oppgitt til $0,19 \text{ m}^3/\text{s}$. Denne verdien er beregnet fra data ved Svartavatn og er deretter skalert til Øysteseelva med skaleringsfaktoren 0,57. Som nevnt i avsnitt 3.1.3 er magasineringsevnen ved Svartavatn liten, og derfor er vintervannføringen ved Svartavatn trolig for lav for Øystese. Tabellen viser tilsvarende tall for Svartavatn, der vintervannføringen er noe høyere. Sannsynligvis ligger den reelle vintervannføringen i Øystese et sted imellom, men det er vanskelig å anslå. Derfor benyttes verdien $0,18 \text{ m}^3/\text{s}$ i de videre beregningene.

Tabell 5. Lavvannføringer beregnet for Svartavatn og Røykenes, skalert til Øysteseelva.

Parameter		62.18 Svartavatn	Skalert til Øystese	55.4 Røykenes	Skalert til Øystese
Midlere årlig vannføring	m^3/s	8,1	4,8	4,7	4,80
Alminnelig lavvannføring	m^3/s	0,31	0,18	0,27	0,28

Alminnelig lavvannføring kan estimeres for felt uten målinger ved hjelp av regresjonsligninger. Dette er gjort ved hjelp av NVE-programmet Lavvann, som ga en alminnelig lavvannføring på $0,50 \text{ m}^3/\text{s}$ for Øystese. Dette tilsvarer $12,3 \text{ l/s/km}^2$, som virker veldig høyt. Spesifikke verdier for lavvannføringen ved Røykenes og Svartavatn er til sammenligning 5,6 og $2,6 \text{ l/s/km}^2$. Avviket er veldig stort og det er vanskelig å vurdere lavvannføringen uten representative data. Vi velger å holde oss til verdien vi fant i meldingen, dvs lavvannføringen ved Svartavatn.



Figur 12. Varighetskurve for Øystese kraftverk basert på tall fra Svartavatn målestasjon.

Den foregående figuren viser varighetskurven samt slukeevne og sum lavere for Øystese kraftverk, basert på vannmerke 62.18 Svartavatn for perioden 1987-2010. Figuren er forklart i vedlegg 1.

Figuren kan gi et anslag over hvor ofte vi kan forvente at kraftverket må stoppe som følge av flom og lavvann. Hvis vi antar at minimal og maksimal driftsvannføring i turbinene er slik de ble forespeilet i forhåndsmeldingen, altså hhv 0,72 og 12 m³/s (tilsvarer 0,15·Q_{mid} og 2,5·Q_{mid}), blir flomtapet 16 % og lavvannstapet blir neglisjerbart.

3.6 Vannføringsendringer

3.6.1 Minstevannføring

Tabell 6 viser beregnet 5-persentil for Svartavatn og Røykenes. I meldingen ble skalerte verdier fra Svartavatn benyttet. Det viser seg nå at Røykenes er mer representativ med hensyn til magasinering, men to viktige hensyn gjør det fornuftig å holde seg til foreslått minstevannføring på hhv 400 l/s og 150 l/s: landskap-/opplevelseskvaliteter og biologisk mangfold (fossesprøyt-sone) knyttet til Ørredalsfossen. Øystese Kraft AS foreslår altså en noe høyere minstevannføring om sommeren (1. mai – 30. september) mot at minstevannføringen om vinteren (1. oktober – 30. april) justeres noe ned.

Tabell 6. 5-persentiler ved Svartavatn og Røykenes skalert til Øystese for å bestemme minstevannføring.

Parameter		62.18 Svartavatn	Skalert til Øystese	55.4 Røykenes	Skalert til Øystese
Midlere årlig vannføring	m ³ /s	8,14	4,80	4,69	4,80
5-persentil år	m ³ /s	0,34	0,20	0,28	0,29
5-persentil sommer (mai-sept)	m ³ /s	0,67	0,40	0,30	0,31
5-persentil vinter (okt-apr)	m ³ /s	0,25	0,15	0,25	0,26

Foreslått minstevannføring settes altså til 0,40 m³/s om sommeren og 0,15 m³/s om vinteren.

3.6.2 Magasinkjøring

Det er ikke noe reguleringsmagasin av størrelse knyttet til prosjektet. Det vil kun være et minimalt inntaksmagasin, for kontroll av bunnsedimenter, som ikke tillater effektkjøring eller start-stoppkjøring for å redusere vanntap i perioder med lite tilsig. Kraftverket kjøres bare med den tilgjengelige vannmengden i elva og det er derfor ikke utarbeidet kapasitetskurver, da disse beskriver magasineringen i feltet.

3.6.3 Planlagt vannføring gjennom overføringstunnelen

Maksimal slukeevne er satt til 12 m³/s, dvs 2,5·Q_{mid}. Når vannføringen overstiger dette går den overskytende vannføringen i overløp over dammen.

Minste slukeevne er satt til 0,72 m³/s, dvs 0,15·Q_{mid}. Ved vannføring under dette stoppes kraftstasjonen og vannet går da i overløp over dammen.

Tabell 7. Oppsummering av midlere vannføring gjennom kraftverket og i Øysteseelva.

Delfelt	Feltareal	Spesifikt avløp	Midlere vannføring	Midlere årlig tilsig
	km ²	l/(s·km ²)	m ³ /s	mill. m ³ /år
DAGENS SITUASJON				
Kraftverksfelt (tilsig til inntak)	40,8	117,6	4,80	152
Restfelt	2,1	65,3	0,13	4
Kraftverksfelt og restfelt	1,3	50,2	0,07	2
ETTER UTBYGGING (UTEN MINSTEVANNFØRING)				
Slukt i kraftverket	-	-	3,9	123
Forbi kraftverket	-	-	0,9	29
Restfelt	-	-	1,2	37
Kraftverksfelt og restfelt	-	-	1,4	44
ETTER UTBYGGING (MED FORESLÅTT MINSTEVANNFØRING på 0,15 / 0,40 m³/s)				
Slukt i kraftverket	-	-	3,7	116
Forbi kraftverket	-	-	1,1	36
Restfelt	-	-	1,4	43
Kraftverksfelt og restfelt	-	-	1,5	49

3.6.4 Restvannføring

Tabellen under viser antall dager med vannføring større enn største og mindre enn minste slukeevne på kraftverket for de forskjellige årene.

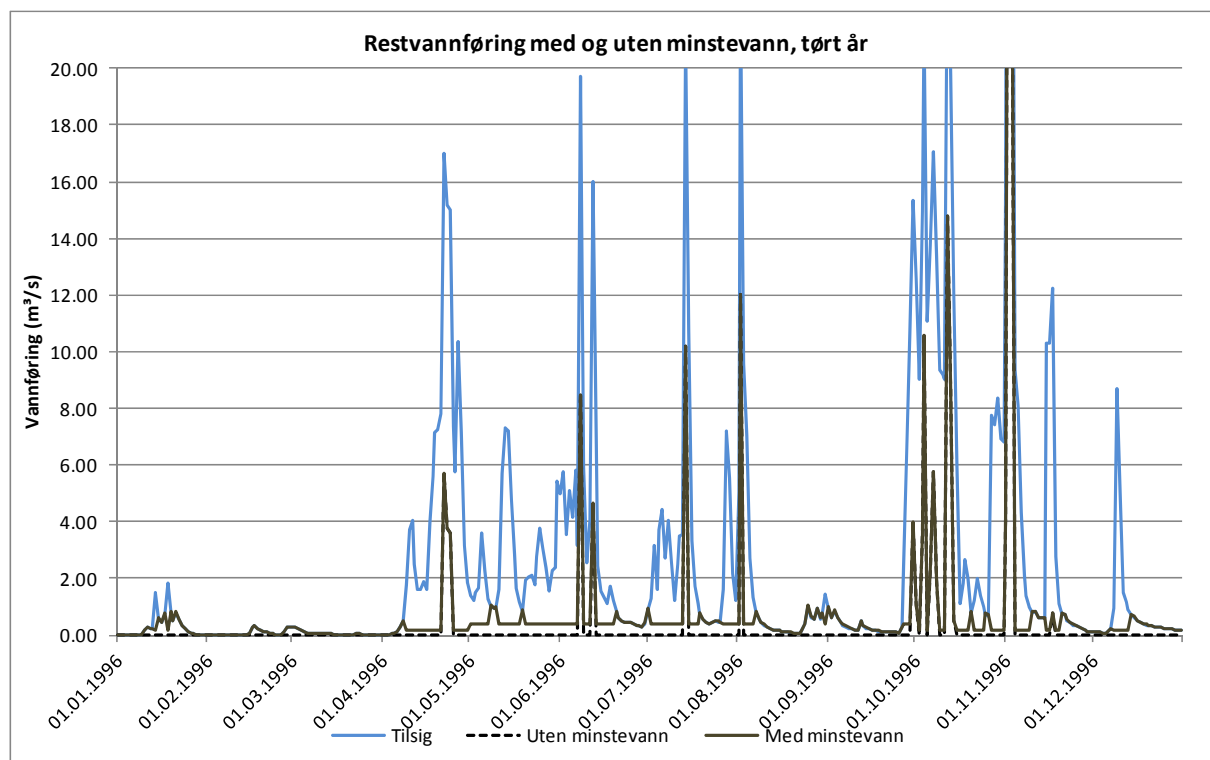
Tabell 8. Dager med vannføring større enn største og mindre enn minste slukeevne.

Parameter	Tørt år (1996)	Middels år (1991)	Vått år (1989)
Antall dager større enn største slukeevne	21	34	56
Antall dager mindre enn minste slukeevne + minste vannføring	215	95	51

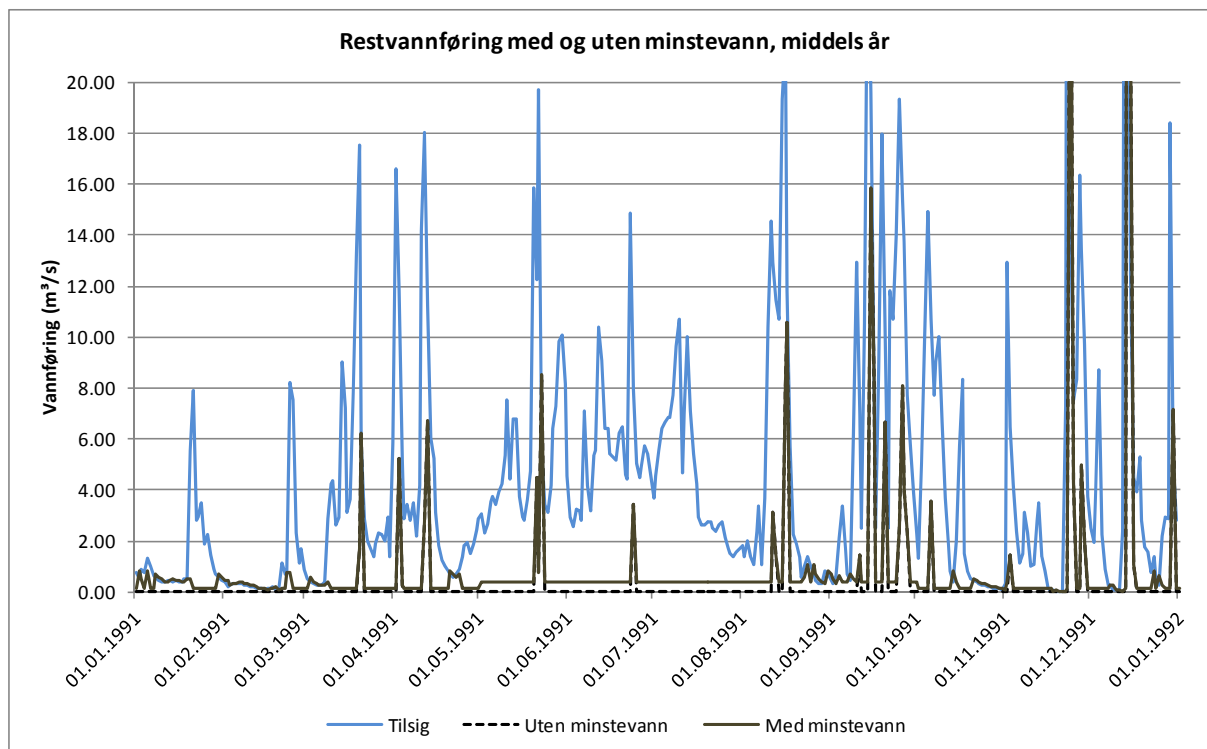
De neste figurene viser vannføring i Øysteseelva nedstrøms kraftstasjonen før og etter utbygging. Her vises tilsiget til inntaket (før) og restvannføringen nedstrøms inntaket (etter) for tre ulike år, med og uten minste vannføring. Av praktiske hensyn er vannføringsaksen kuttet ved 20 m³/s (de største flommene er rundt 60 m³/s).

I et tørt år viser den brune kurven at en stort sett kun vil ha minste vannføring i elva nedstrøms inntaket, med unntak av noen flomepisoder (dette vannet blir ikke utnyttet i kraftstasjonen, og kalles flomtap). Den svarte stiplede kurven viser vannstanden slik den ville ha vært uten minste vannføring.

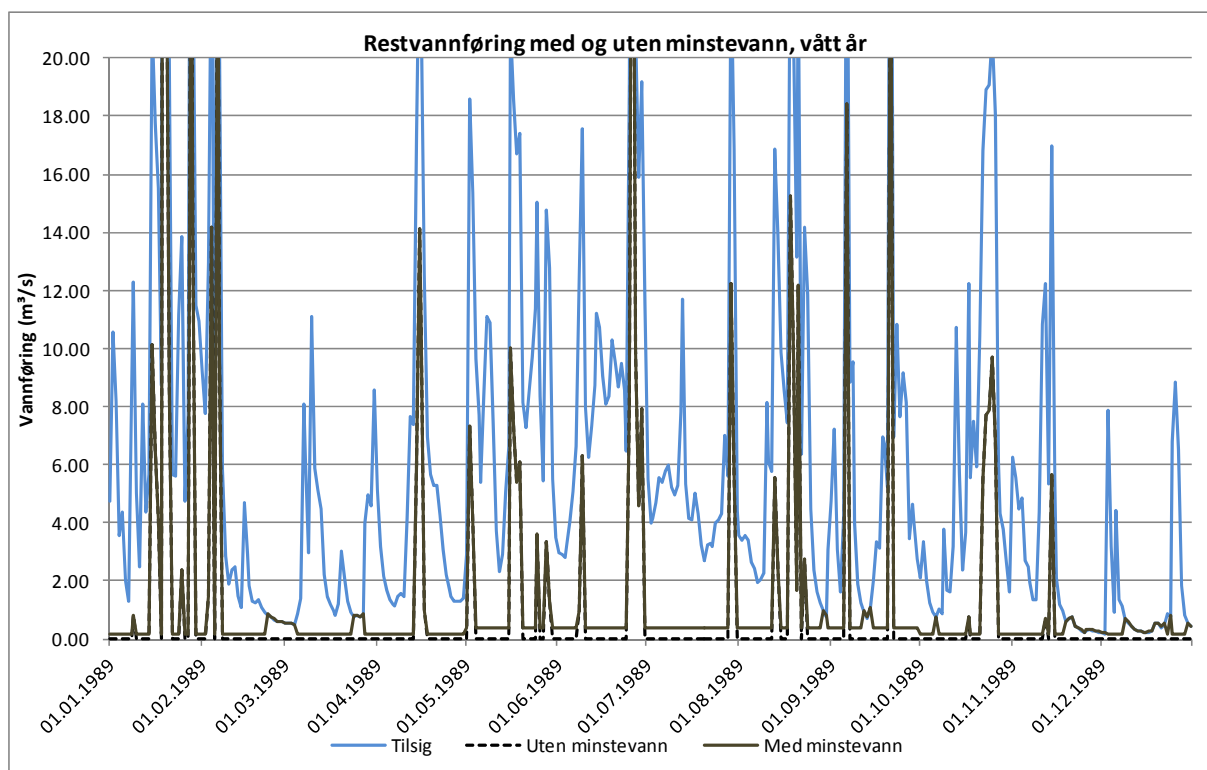
I et vått år vil en ha overløp over dammen i flere flomperioder, men også her utgjør minste vannføringen hele vannføringen i elva i lange perioder.



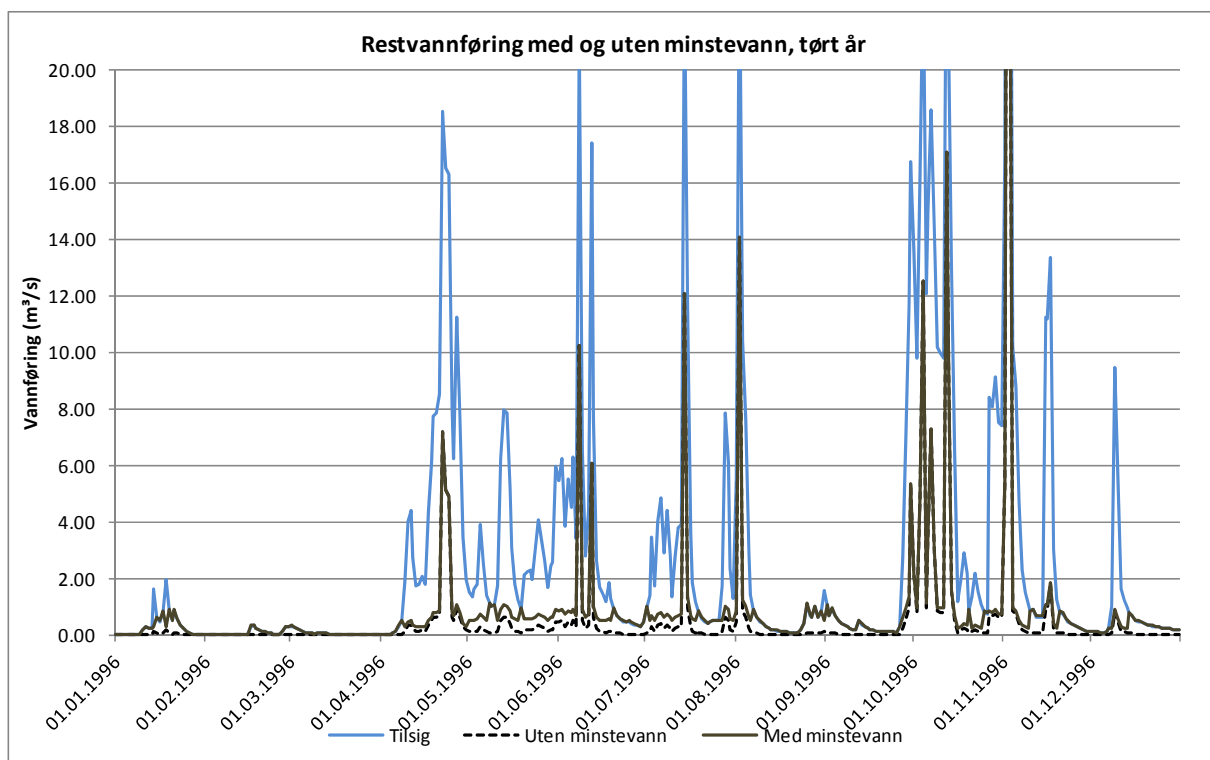
Figur 13. Tilsig og restvannføring ved inntaket i et tørt år.



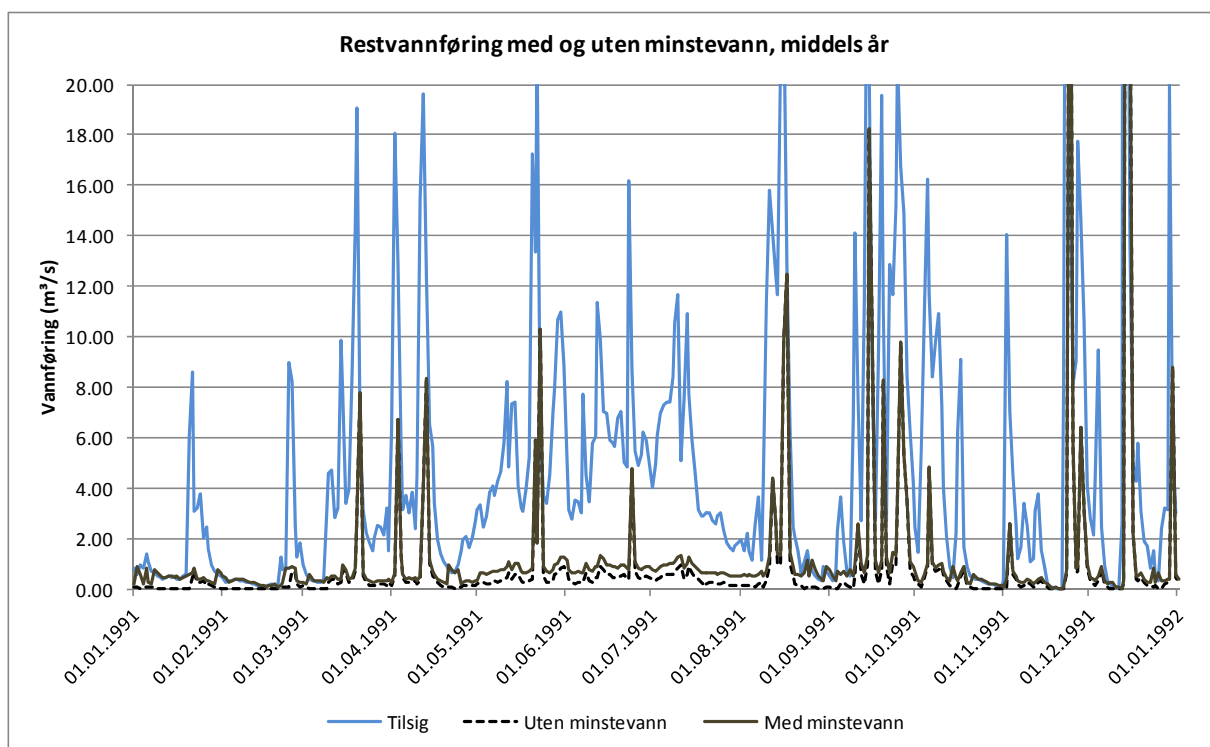
Figur 14. Tilsgit og restvannføring ved inntaket i et middels år.



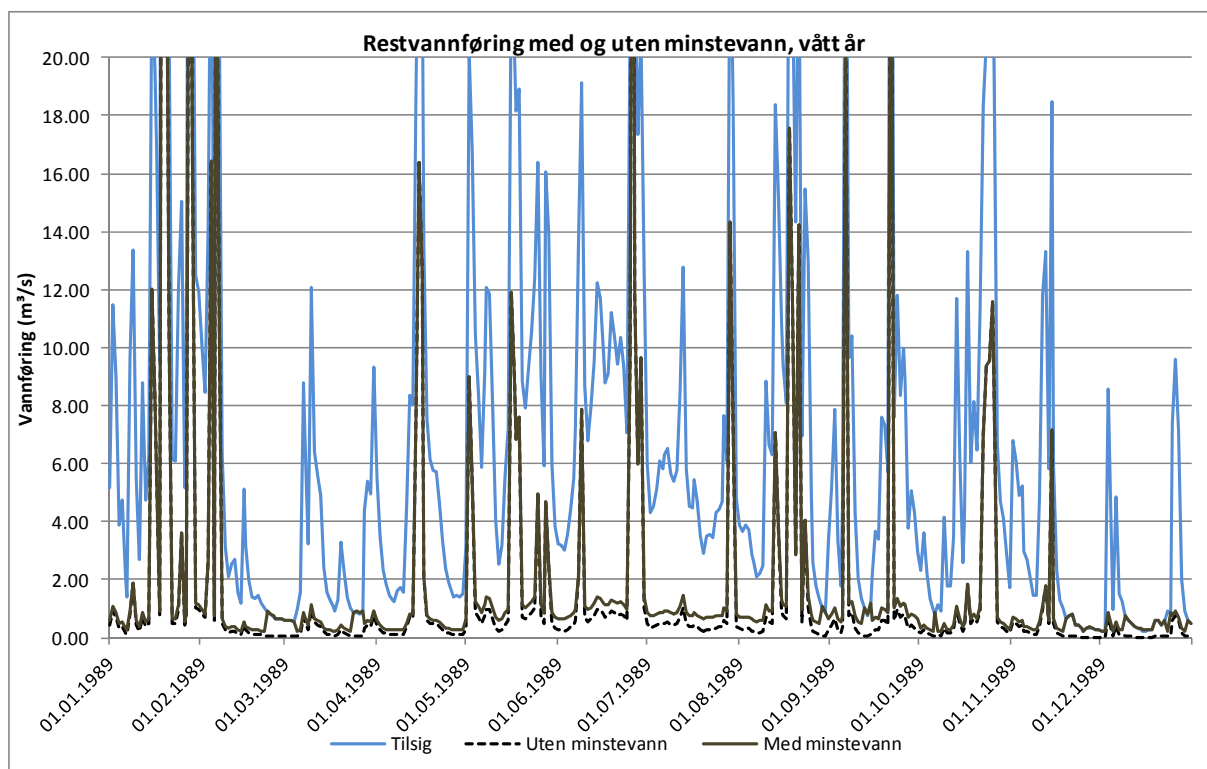
Figur 15. Tilsgit og restvannføring ved inntaket i et vått år.



Figur 16. Tilslig og restvannføring oppstrøms kraftstasjonen i et tørt år.



Figur 17. Tilslig og restvannføring oppstrøms kraftstasjonen i et middels år.



Figur 18. Tilsig og restvannføring oppstrøms kraftstasjonen i et vått år.

Figur 16 til figur 18 viser vannføring i Øysteseelva like oppstrøms utløpet av kraftstasjonen før og etter utbygging. Disse kurvene skiller seg fra de foregående ved at tilsiget fra restfeltet er lagt til. Restfeltet er lite (utgjør 5 % av totalfeltet) og har ikke stor innvirkning på restvannføringen om høsten og vinteren. Om sommeren er tilsiget fra restfeltet noe større enn minstevannføringen.

Tabellen under viser gjennomsnittlig antall dager med vannføring mindre enn eller lik foreslått minstevannføring samt antall dager med vannføring større enn foreslått minstevannføring, før og etter utbygging. Etter utbygging kan vi forvente 227 døgn per år med en vannføring lik foreslått minstevannføring. I tillegg kommer 19 døgn med vannføring under foreslått minstevannføring (kraftverket stoppes og alt vannet slippes da forbi inntaket), slik at det totalt blir 246 døgn med vannføring mindre enn eller lik foreslått minstevannføring etter en eventuell utbygging. Tilsvarende blir det 119 døgn med vannføring større enn foreslått minstevannføring (som følge av overløp).

Tabell 9. Antall dager per år med vannføring større enn og mindre enn eller lik foreslått minstevannføring.

	≤ Foreslått minstevannføring		> Foreslått minstevannføring	
	Før utbygging	Etter utbygging	Før utbygging	Etter utbygging
Antall dager	19	246	346	119
Andel av tida	5,2 %	67,4 %	94,8 %	32,6 %

4 PRODUKSJON, REGULERT VANNFØRING OG NAT.HK.

4.1 Produksjonsberegninger

Det er gjennomført produksjonsberegninger for flere alternative minstevannføringer og slukeevner. Når det gjelder minstevannføring inneholder tabellen under følgende alternativer:

- ✓ Ingen krav til minstevannføring.
- ✓ Minstevannføring iht. forhåndsmeldingen, dvs. 0,15 m³/s i vinterhalvåret og 0,40 m³/s i sommerhalvåret (basert på Svartavatn).
- ✓ Minstevannføring på 0,26 m³/s i vinterhalvåret og 0,31 m³/s i sommerhalvåret (basert på Røykenes).

Når det gjelder slukeevne er det gjort produksjonsberegninger for 7,2 og 9,6 og 12 m³/s (1,5, 2,0 og 2,5 ganger Q_{mid}). Tabell 10 oppsummerer resultatene. Differanse angir forskjellen i produksjon mellom aktuelt alternativ og det omsøkte alternativet.

Tabell 10. Produksjonsberegninger for Øystese kraftverk. Kolonne 1 angir slukeevne og evt. minstevannføring i vinter- og sommerhalvåret. Omsøkt alternativ er uthøvet.

Alternativ	Installasjon				Produksjon			Differanse (GWh)
	Slukevne	Bruttofall	Falltap	Effekt	Sommer	Vinter	Årsmiddel	
	[m ³ /s]	HRV [m]	[m]	[MW]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	
1,5 · Q_{mid}	7,2	225	0,90	14,10	29,6	25,0	54,6	-8,6
2,0 · Q_{mid}	9,6	225	1,22	18,78	33,9	28,2	62,0	-1,1
2,5 · Q_{mid}	12,0	225	1,62	23,43	36,4	30,4	66,8	3,7
1,5 · Q_{mid} , 0,15 / 0,40 m ³ /s	7,2	225	0,90	14,10	27,7	23,8	51,5	-11,6
2,0 · Q_{mid} , 0,15 / 0,40 m ³ /s	9,6	225	1,22	18,78	31,7	26,9	58,6	-4,5
2,5 · Q_{mid}, 0,15 / 0,40 m³/s	12,0	225	1,62	23,43	34,0	29,1	63,1	0,0
1,5 · Q_{mid} , 0,26 / 0,31 m ³ /s	7,2	225	0,90	14,10	28,1	23,1	51,2	-12,0
2,0 · Q_{mid} , 0,26 / 0,31 m ³ /s	9,6	225	1,22	18,78	32,1	26,1	58,3	-4,9
2,5 · Q_{mid} , 0,26 / 0,31 m ³ /s	12,0	225	1,62	23,43	34,5	28,3	62,8	-0,3

4.2 Beregning av regulert vannføring og nat.hk.

For å vurdere eventuelle konsekvenser for kommuneøkonomien er det gjort en beregning av regulert vannføring og naturhestekrefter for anlegget, resultatene er vist i tabellen nedenfor. Det er kun utført en beregning etter Industriconsesjonslovens bestemmelser da anlegget er uregulert og Vassdragsreguleringslovens bestemmelser ikke kommer til anvendelse.

Tallene i tabellen refererer til beregnet avrenning for normalperioden 1961-1990 (fra NVE-Atlas) da dette normalt skal være beregningsgrunnlaget for konsesjonsavgifter etc. Endelig beregning av naturhestekrefter vil bli utført av NVE etter at anlegget er satt i drift.

Tabell 11. Beregning av naturhesterkrefter for Øystese kraftverk.

Parameter		Magasin	Restfelt inntak	Totalt
Midlere tilsig	m ³ /s	0,00	4,80	4,80
	Mill. m ³	0,0	151,4	151,4
Magasinvolum	Mill. m ³	0,00		
Reguleringsprosent	%	0,0 %		
HRV inntak	M			260
LRV inntak	M			260
UV	M			35
Bruttofall	M			225
Median årsregulert vannføring	% m ³ /s	0,0 % 0,000		0,237
Median lavvannføring	% m ³ /s		4,9 % 0,237	0,237
Minstevannføring	m ³ /s			0,254
Nedskalert minstevannføring	m ³ /s			0,013
Omsøkt alternativ	nat.hk			674
Redusert utbygging	nat.hk.			498

5 GRUNNVANN

På strekningen like oppstrøms planlagt damsted er det stedvis noe myr inntil elva (se figur 19). Den planlagte dammen vil heve vannstanden fra kote 254 til kote 260, og medføre at det dannes et lite inntaksbasseng. Det er ikke planlagt noe start-stopp kjøring av kraftverket, så vannstanden vil forbli stabil på rundt kote 260. Rundt dette bassenget vil grunnvannstanden derfor heves i forhold til dagens situasjon, noe som kan medføre en viss forsumping av tilgrensende mark. Området er imidlertid allerede preget av høy grunnvannstand (myr), og området er i svært liten grad brukt til friluftsliv, beite eller lignende. Konsekvensene av en eventuell forsumping av tilgrensende arealer vil derfor være små.

På hele elvestrekningen mellom planlagt damsted og utløp fra kraftstasjonen går elva sterkt nedskåret i terrenget. I midtre og øvre del har elva skåret seg dypt ned i berggrunnen, mens den i nedre del har skåret seg ned i de mektige løsmasseforekomstene. Elva fungerer derfor som tilstrømningsområde for grunnvann fra liene rundt. Bekkekløftens profil og fraværet av løsmasser i midtre og øvre del av elva tilsier at det ikke forekommer grunnvannsmagasiner av betydning på denne strekningen. De mektige breelvavsetningene ovenfor Øystese sentrum har mye større potensial med tanke på grunnvannsressurser, og det antas at Øysteseelva mater grunnvannsreservoaret i disse løsmassene. Det er imidlertid ikke noe uttak av grunnvann i øvre del av dette området i dag, og høydeforskjellen mellom jordbruksarealet og elva tilsier at landbruket i området ikke vil bli skadelidende dersom grunnvannstanden i disse løsmassene mot formodning skulle bli påvirket av en eventuell utbygging.

Som vist i figur 23 er det svært lite løsmasser, ingen myrområder/tjern og generelt god overdekning langs hele overføringstunnelen. Løsmassemektheten er som regel tynn med noen desimeter av forvittringsmateriale eller morene, og løsmassene over tunnelen har derfor svært lite potensial med tanke på grunnvann. Den geologiske befaringen i området viste at bergmassen er generelt mye oppsprukket langs bergets skifrihet/lagdeling i overflaten, men fjellets permeabilitet videre nedover er usikker. Dersom fjellet skulle vise seg å være

oppsprukket, og bygging av tunnelen medfører noe innlekkasje av grunnvann, er det ingen viktige grunnvannsressurser, myrer/våtmarker, tjern eller jord-/skogarealer som vil bli vesentlig berørt i anleggsfasen. I driftsfasen vil tunnelen være vannfylt og dette er derfor ingen relevant problemstilling i denne fasen.



Figur 19. Ortofoto som viser inntaksbassengets omtrentlige utstrekning.

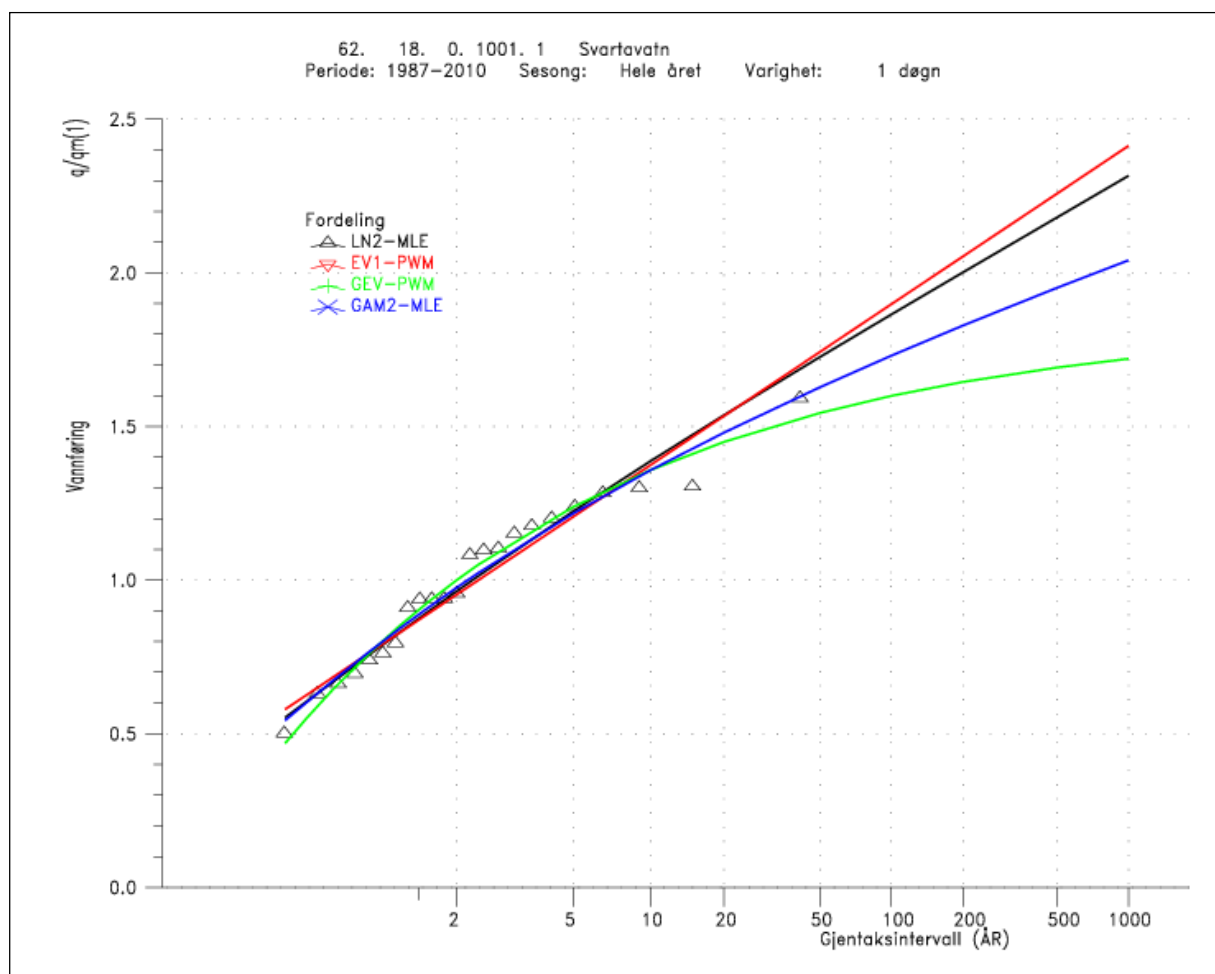
6 FLOM, EROSJON OG MASSETRANSPORT

6.1 Flommer

6.1.1 Områdebeskrivelse

Hvis det stemmer at Svartavatn er representativ for Øysteseelva tilhører elva et innlandsregime med dominerende vårflo og sekundær høstflo. Svartavatn er den mest representative stasjonen med tanke på hydrologisk regime, men serien er ganske kort, noe som betyr at flomfrekvensanalysen kan inneholde betydelig usikkerhet.

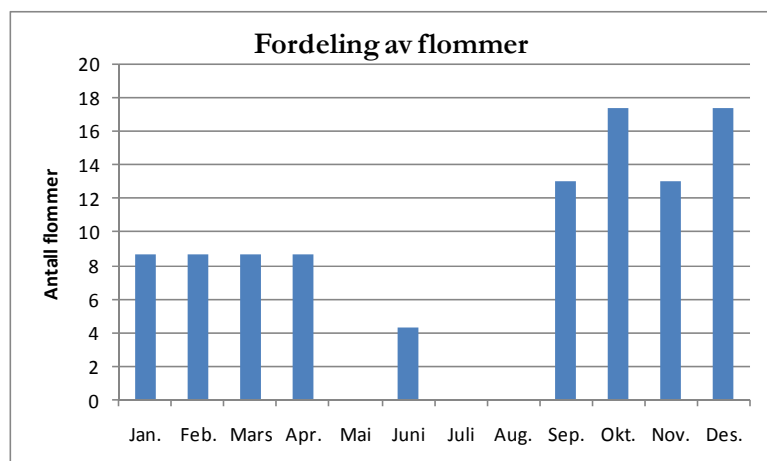
Største observerte vannføring ved Svartavatn er 129,4 m³/s og middelflommen er 79,1 m³/s. Figur 20 viser fordeling av årsflommer, dvs hvor stor andel av måleperioden største flom inntraff i de ulike månedene.



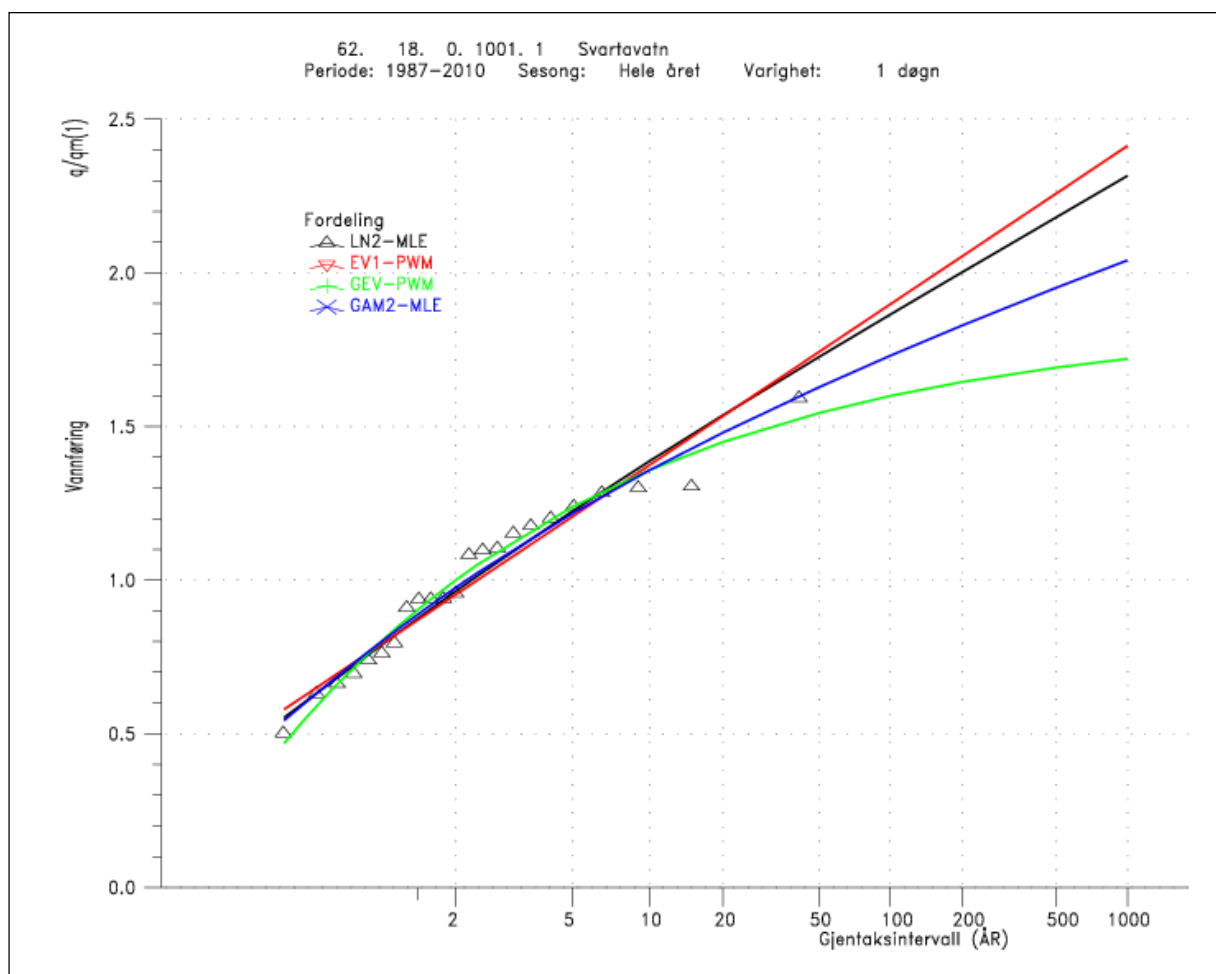
Tabell 12 viser resultatet av flomfrekvensanalysen for vassdraget. Det er få data, og endel spredning i det øvre sjiktet. Dette gjør det vanskelig å velge fordelingsfunksjon, men teoretisk sett er en to-parameterfordeling best egnet til å beskrive et såpass lite datasett. Både gumbelfordelingen EV1 og gammafordelingen brukes i beregningene. Bruk av EV1 kan føre til noe overestimering av flommene, men det er bedre å gi et konservativt estimat enn for lave flommer.

Tabell 12. Flomfrekvensanalyse for 62.18 Svartavatn for perioden 1987-2010, årsflom, ingen sesonginndeling.

Fordeling	QM		Q ₁₀ , døgnmiddel		Q ₁₀₀ , døgnmiddel		Q ₁₀₀₀ , døgnmiddel	
	m³/s	l/s/km²	m³/s	l/s/km²	m³/s	l/s/km²	m³/s	l/s/km²
EV1	79	1094	109	1503	150	2077	191	2 641
GEV	79	1094	107	1485	137	1894	161	2 233



Figur 20. Fordeling av årsflommer i observasjonspunktet Svartavatn.



Figur 21. Flomfrekvensanalyse for Øysteseelva, utført på data ved Svartavatn.

For å bestemme flomstørrelser ved inntaket til Øystese kraftverk har vi benyttet skalerte verdier for vannmerke 62.18 Svartavatn. Det er antatt at spesifikk flom ved inntaket til Øystese er $1100 \text{ l/(s} \cdot \text{km}^2)$, basert på estimatet for høstflomregion H1. Flomfrekvensanalyse er utført på årsflommer.

I forbindelse med eventuell prosjektering av anlegget bør det utføres en mer detaljert flomanalyse for å bestemme dimensjonerende flom for anlegget. Tabellen under viser skalerte verdier for inntak og kraftstasjonsområde til Øystese kraftverk. Momentanverdiene (markert med "mom") baserer seg på en antakelse om at kulminasjonsverdi er 20 % over døgnmiddelverdi.

Tabell 13. Flomfrekvensanalyse for Øystese kraftverk.

Fordeling	Nedbør- felt	Middel- vannføring	Middel- flom	QM mom	Q10	Q10 mom	Q100	Q100 mom	Q1000	Q1000 mom
	km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
EV1	40,8	4,8	45	54	62	74	85	102	97	117
GAM	40,8	4,8	45	54	61	73	78	93	116	139

Kommentar til flomfrekvensanalysen:

100-årsflommen ved Øystese er rundt $85 \text{ m}^3/\text{s}$. Tidligere flomberegning for Øysteseelvi ble utført av NVE i 2009, basert på målinger fra 41.8 Hellhaugvatn. Rapporten inneholder bl.a. en oversikt over frekvensfaktorene ved de forskjellige målestasjonene i området (Flomberegning for Øysteseelvi, dokument 15/2009, figur 7, s. 13). Fra den figuren ser det ut til at bruk av data fra Svartavatn underestimerer flommen noe. Resultatet av flomberegningen fra 2009 viser en tiårsflom på $94 \text{ m}^3/\text{s}$ (kulminasjonsvannføring) og en hundreårsflom på $142 \text{ m}^3/\text{s}$. Tilsvarende verdier i denne beregningen er hhv 74 og $102 \text{ m}^3/\text{s}$ (kulminasjonsvannføringer).

6.1.2 Konsekvenser i vassdraget

En utbygging av Øystese kraftverk vil ha liten innvirkning på flomsituasjonen i vassdraget siden det er planlagt med et minimalt inntaksmagasin. Det vil bli en reduksjon på inntil $12 \text{ m}^3/\text{s}$ for de fleste flommene på strekningen mellom inntak og kraftstasjon, da denne andelen av vannføringen normalt vil gå gjennom kraftverket i stedet for i elva. Ved store flommer vil kraftverket ofte stå og da vil vannføringen gå som i dag.

Utbyggingen vil ikke ha nevneverdige konsekvenser på skadeflommer i vassdraget da disse er vesentlig større enn slukeevnen til kraftverket og utbyggingen ikke innebærer bygging av reguleringsmagasiner. I tillegg ligger det meste av bebyggelse og infrastruktur nedstrøms planlagt utløp, hvor vannføringen etter utbygging ikke endres i forhold til dagens situasjon.

6.2 Erosjon og massetransport

6.2.1 Fallforhold

Øysteseelva har et fall på ca. 219 m på den 2,1 km lange strekningen fra inntaket og ned til planlagt utløp fra kraftstasjonen, noe som tilsvarer et snitt på ca. 10,4 %. Fallet er moderat de første par hundre meterne, før elva stuper utfor den ca. 50 m høye Ørredalsfossen. Fra Ørredalsfossen og ned til planlagt utløp er elva preget av stryk og enkelte mindre fosser.

6.2.2 Mekanismer for erosjon og transport

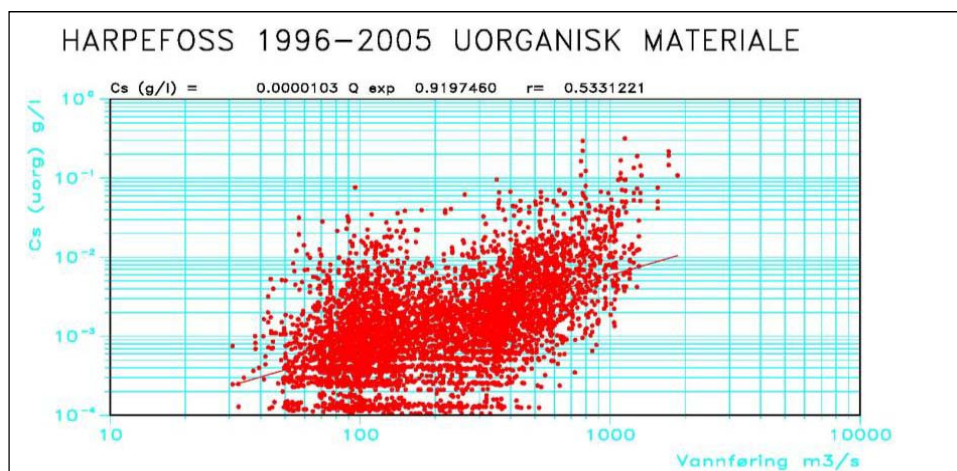
Erosjon og sedimenttransport opptrer når vannmassene river med seg stein, sand og finere partikler fra terrenget. Når partiklene først er på vandring, kan transporten klassifiseres i to hovedgrupper, nemlig transport som skjer ved at steiner av forskjellig størrelse ruller på

bunnen (bunntransport) og ved at finere partikler greier å holde seg oppløst i vannmassene (suspensjon). Måling av bunntransport krever et måleopplegg med installasjoner på bunnen, og kan være krevende å gjennomføre. Måling av suspendert materiale måles via vannprøver, og er enklere å gjennomføre.

Det er gjennomført en studie av erosjon og massetransport (kun suspendert materiale) i Atna-vassdraget i Østerdalen. Uten å ta stilling til hvor representativt Atna-området er i dette tilfellet har vi oppsummert de viktigste resultatene fra Atna-studien under. Det vises til artikkelen *Erosion and sediment yield in the Atna basin* skrevet av Jim Bogen, NVE (1993) for ytterligere informasjon.

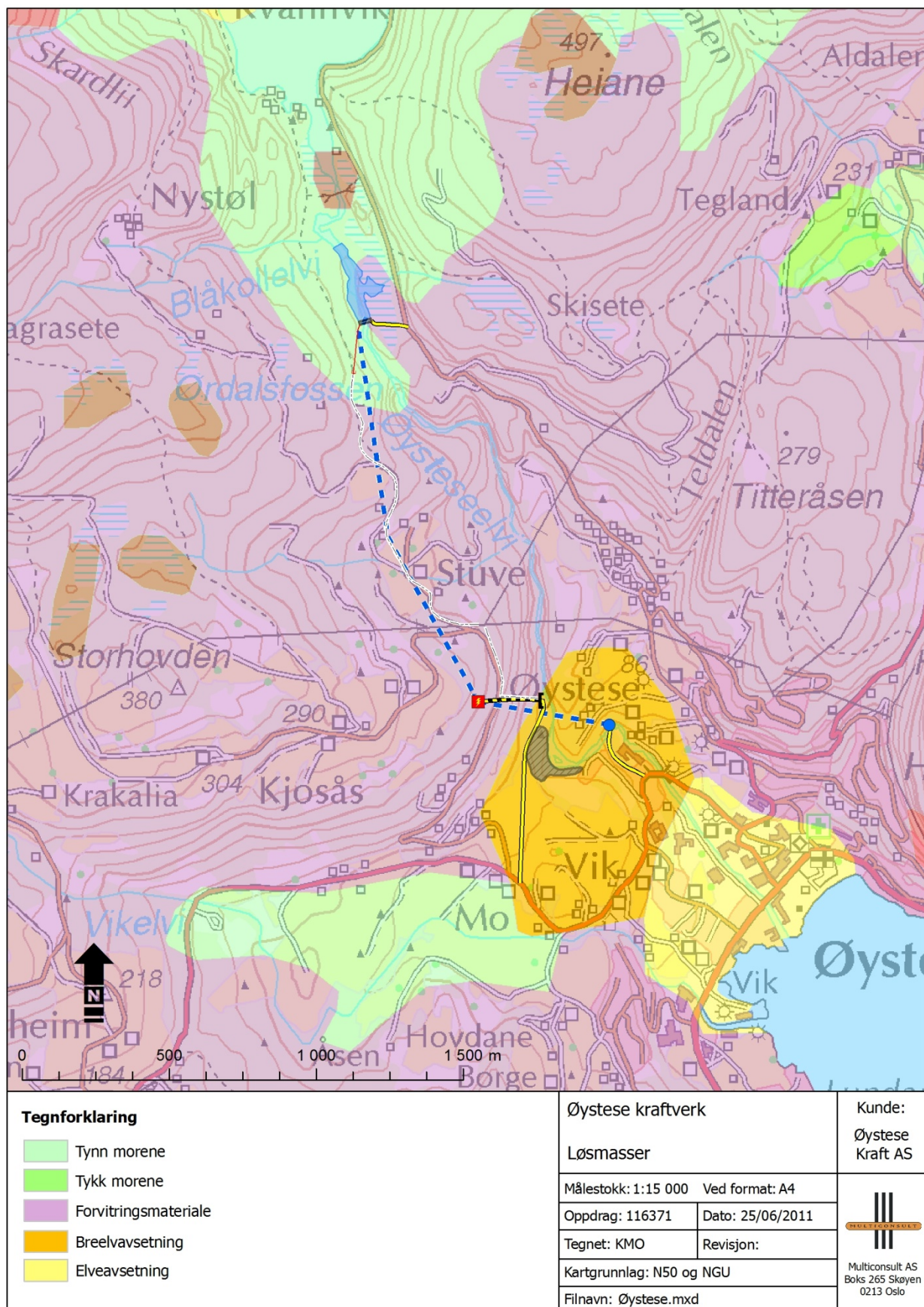
- For det første finner man at det ikke er noen direkte sammenheng mellom vannføring og sedimentinnhold i vannet.
- Det synes ganske klart at store flommer initierer prosesser som forårsaker økt erosjon og sedimenttransport de nærmeste år.
- Det er store variasjoner i suspendert sedimenttransport, både i et korttidsperspektiv (timer og dager) og over lang tid (fra år til år).
- Variasjonene tilskrives endring i tilgang til eroderbare masser, og ikke endring i vannføring.
- Eroderbare masser skaffes til veie ved at bekken/elva undergraver morener og glasifluviale avsetninger.
- Langtidsmønster for erosjon og massetransport henger sammen med at elveløpet flytter seg som følge av påkjenningene under store flommer.

Det fremgår av dette at tilgangen på masser som lar seg erodere er en svært viktig parameter for å bestemme fremtidig massetransport.



Figur 22. Konsentrasjon av uorganisk materiale.

Som en illustrasjon på at det kan være vanskelig å finne en direkte sammenheng mellom vannføring og sedimentinnhold i vannet, vises det til data fra en målestasjon i Gudbrandsdalslågen (figur 22). Korrelasjonskoeffisienten er på 0,53. På godt norsk betyr vel dette noe sånt som "en svak forbindelse" mellom målt konsentrasjon og vannføring. Figuren gir klare indikasjon på at det er vanskelig å forsøke å beregne fremtidig massetransport i et vassdrag kun på bakgrunn av vannføringsdata.



Figur 23. Løsmasser langs Øysteseelva.



Figur 24. Øysteseelva omtrent midtveis mellom planlagt inntak og utløp.



Figur 25. Øysteseelva noen hundre meter ovenfor planlagt utløp. Den mektige breelvavsetningen kan sees i bakgrunnen.



Figur 26. I nedre del har Øysteseelva skåret seg dypt ned i breelvavsetningene. Det er imidlertid lite eller ingen erosjon i disse løsmassene i dag.

6.2.3 Kilder for erosjon langs Øysteseelva

Fitjadalsvatnet, som ligger like oppstrøms planlagt inntak, fungerer som en effektiv "sedimentfelle" for løsmasser som fraktes nedover elvene i øvre del av nedbørfeltet. Kun de fineste partiklene, som ikke sedimenteres i Fitjadalsvatnet, føres videre nedover vassdraget.

Det er svært lite løsmasser langs det meste av den aktuelle elvestrekningen. Fra inntaket og ned til det øvre av de to alternative tunnelpåhuggene er det mye bart fjell og stedvis et tynt lag med forvitningsmateriale (se figur 25). Det er med andre ord ingen eroderbare løsmasser i dette området.

Fra øvre tunnelpåhugg og videre ned mot Øystese sentrum ligger til dels mektige breelv- og elveavsetninger (se figur 23 og 26). I øvre del har Øysteseelva gravd seg dypt ned i denne løsmasseavsetningen, men det er tilsynelatende lite eller ingen erosjon i disse løsmassene i dag. Det er et stabilt vegetasjonsdekke langs elvebredden og på "holmen" ute i elva.

6.2.4 Mulige konsekvenser i anleggsfasen

Anleggsarbeidet rundt det planlagte inntaket og i kraftstasjonsområdet vil kunne medføre noe tilførsler av stein, mold og til en viss grad noe sprengsteinestøv (tiltak for å unngå dette bør iverksettes). Hvis dette skjer i perioder med høy vannføring som følge av snøsmelting eller mye nedbør vil tilførslene være forholdsvis lite merkbare. Skjer det derimot i perioder med liten vannføring vil en viss synlig tilslamming av elven nedstrøms inntaket kunne skje.

Utover dette vil ikke erosjonsforholdene og massetransporten endre seg i anleggsfasen.

6.2.5 Mulige konsekvenser i driftsfasen

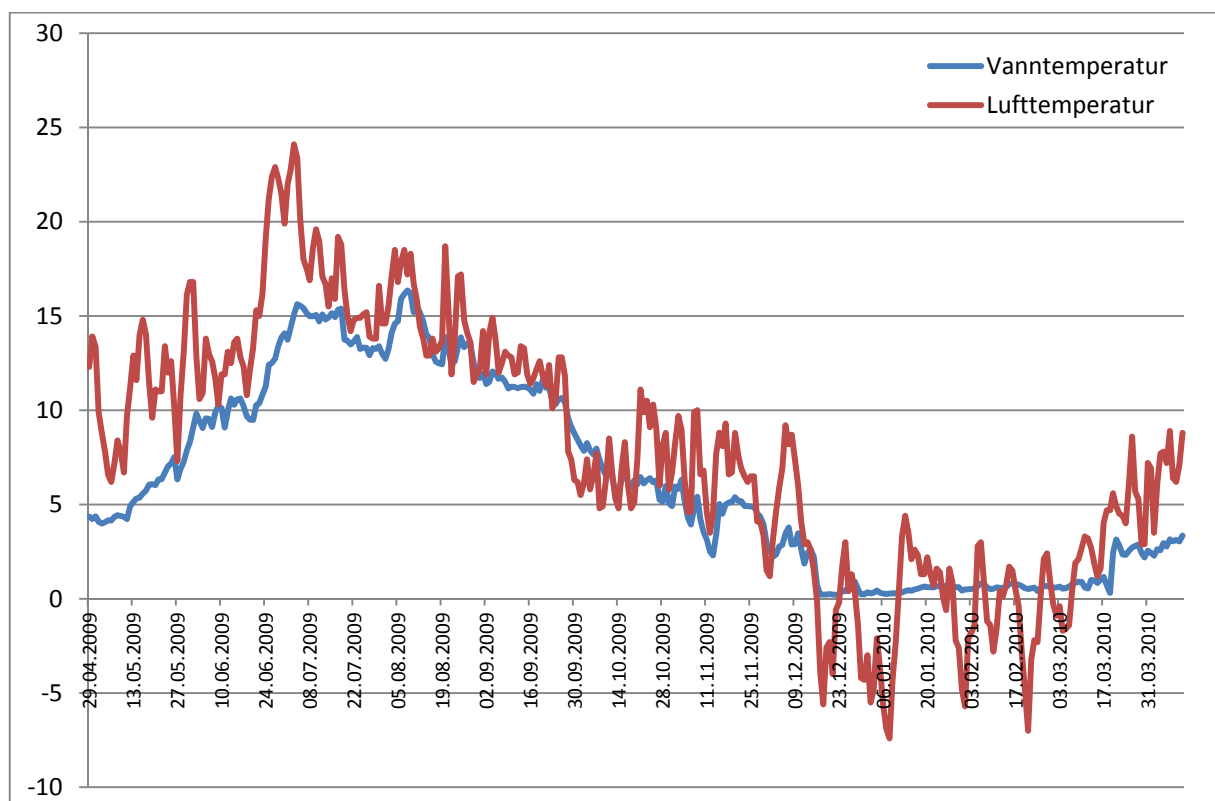
I driftsfasen vil inntaksdammen fungere som en sedimentfelle hvor bunntransportert materiale vil stoppe opp, mens suspendert materiale vil føres videre inn på tunnelen eller i overløp. Dette medfører at inntaksmagasinet vil få noe tilførsler av materiale. Materialtransporten oppe ved inntaksområdet vurderes imidlertid som svært liten pga av nærheten til Fitjadalsvatnet. Ved utformingen av dam og inntak vil det imidlertid bli lagt til rette for utspyling av sedimentert materiale. Disse sedimentene vil bli ført videre nedover Øysteseelva ved neste flom.

På strekningen mellom inntak og utløp fra kraftstasjonen vil erosjonsforholdene i liten grad endre seg, siden det er svært liten tilgang på eroderbare masser på denne strekningen.

7 VANNTEMPERATUR, ISFORHOLD, SAMT LOKALKLIMA

7.1 Vanntemperatur

Det er gjennomført egne temperaturmålinger i Øysteseelva i perioden mai 2009 til og med juli 2011. Resultatene for deler av perioden er vist i figuren under.



Figur 27. Vanntemperatur i Øysteseelva, samt lufttemperatur i Øystese, i perioden 29. april 2009 til 11. april 2010. Kilde: Egne målinger (vanntemperatur) og Meteorologisk institutt (lufttemperatur).

Øysteseelva følger det normale mønsteret i temperaturutvikling for de fleste elver på Vestlandet. Gjennom vinteren er vanntemperaturen i lange perioder like over frysepunktet. I løpet av mai stiger temperaturen raskt og holder seg mellom 10 og 20 °C gjennom sommeren. Maksimumstemperaturene i 2009 og 2010 var henholdsvis 16 og 18 °C. I varme og tørre somre kan vanntemperaturen bli høyere. Temperaturen faller markert fra månedsskiftet august/september og når igjen stabile vintertemperaturer i løpet av oktober/november.

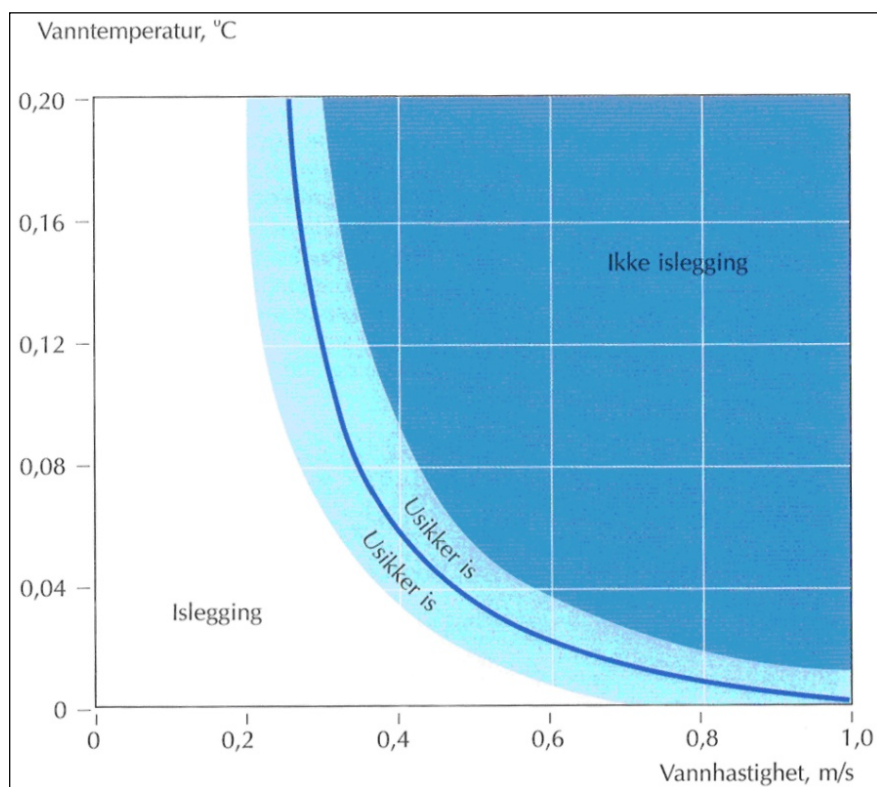
Temperaturen kan variere mye gjennom døgnet på våren og sommeren i forbindelse med godvær. De laveste temperaturene er tidlig om morgenen etter en natt med lave temperaturer grunnet stort varmetap fra utstråling, mens de høyeste er på kvelden etter en lang og solrik dag. Størst døgnvariasjon har en i perioder med lav vannføring på sommeren. Denne variasjonen kommer ikke frem i figur 27, som viser middeltemperatur gjennom døgnet basert på målinger med 1,5 timers mellomrom.

7.2 Isforhold

Hvorvidt isen legger seg på vannflaten eller ikke, vil være avhengig av strømnings situasjonen (laminær eller turbulent) og på temperaturen i vannet og i luften. I *Nasjonalatlas for Norge* er det gjengitt en figur som illustrerer forholdene ved islegging i vassdragene (se figur 28).

Av figuren ser man at det finnes en slags kritisk hastighet for islegging: Selv om vanntemperaturen er nær null, må vannhastigheten være lavere enn ca. 1 m/s for at et isdekket skal kunne dannes på overflaten. For at dette isdekket skal kunne bli stabilt og noenlunde sikkert å ferdes på, må vannhastigheten være lavere enn 0,7 m/s. Dette forholdet vil gjelde ved laminær strømnings, og i dette konkrete tilfellet i inntaksbassenget (siden det ikke er noen stilleflytende strekninger mellom planlagt inntak og utløp).

Der hvor turbulensnivået er høyt, dvs. på hele strekningen mellom inntaket og utløpet fra kraftstasjonen, vil dannelse av sarr og bunnis være fremtredende mekanismer. Dette skjer når avkjølingen er så kraftig at hele vannmassen avkjøles til frysepunktet.



Figur 28. Kritisk vannhastighet for islegging på en vannflate.

I Øysteseelva nedstrøms Fitjadalsvatnet legger isen seg normalt i januar. For at isen skal legge seg er man avhenge av en relativt lang kuldeperiode, noe som normalt inntreffer først i januar. Isen ligger da ganske stabilt, med unntak av mildeværsperioder hvor noe oppbrudd og isgang kan inntreffe i nedre del (ikke årvisst), frem til mars/april. I nedre del av elva går isen normalt i slutten av mars, mens øvre del blir isfri i begynnelsen av april.

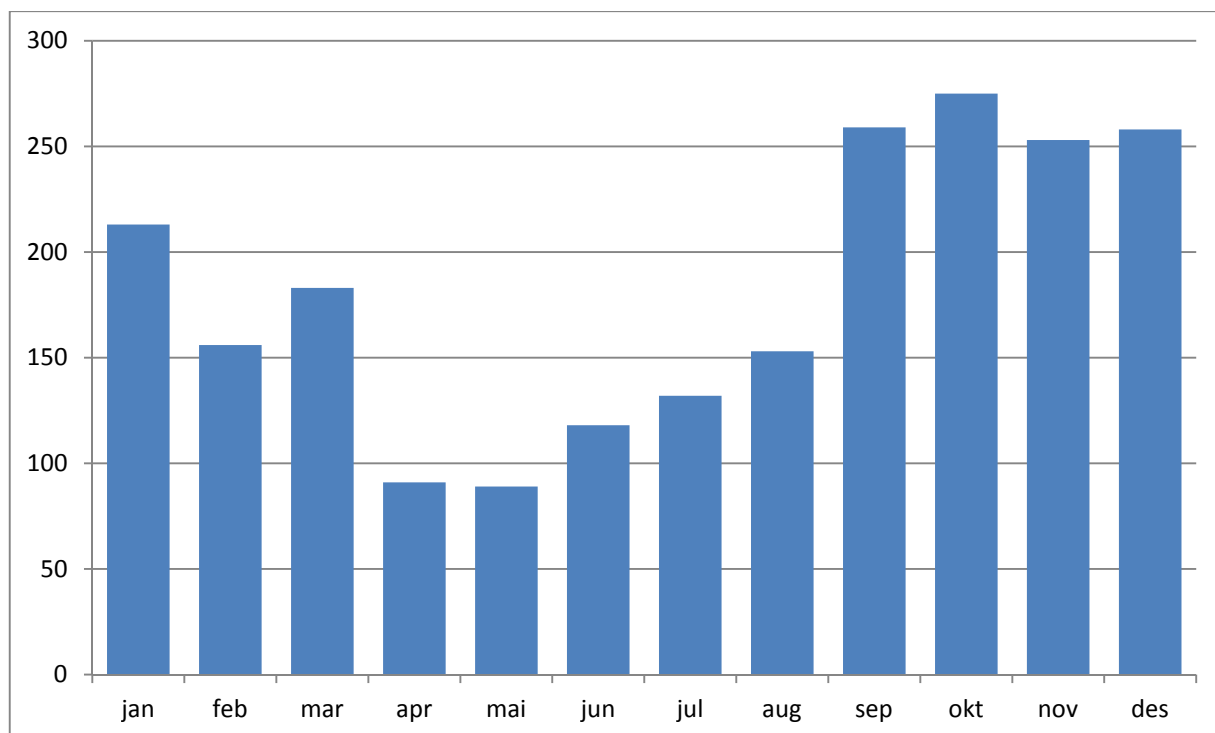
Når det gjelder Fitjadalsvatnet, så begynner isleggingen vanligvis i begynnelsen av desember. Oppe ved Soget (naustene) er det en terskel i vannet, og nedenfor denne terskelen fryser vannet til noe senere (i midten til slutten av desember). Isen på Fitjadalsvatnet går vanligvis i begynnelsen av mai (i 2011 gikk den 10. mai). Ved store nedbørsmengder om vinteren kan det legge seg en god del vann på isen, men isen brytes ikke opp. Neste kuldeperiode fryser dette vannet og danner et nytt lag med is på Fitjadalsvatnet.

7.3 Lokalklimatiske forhold

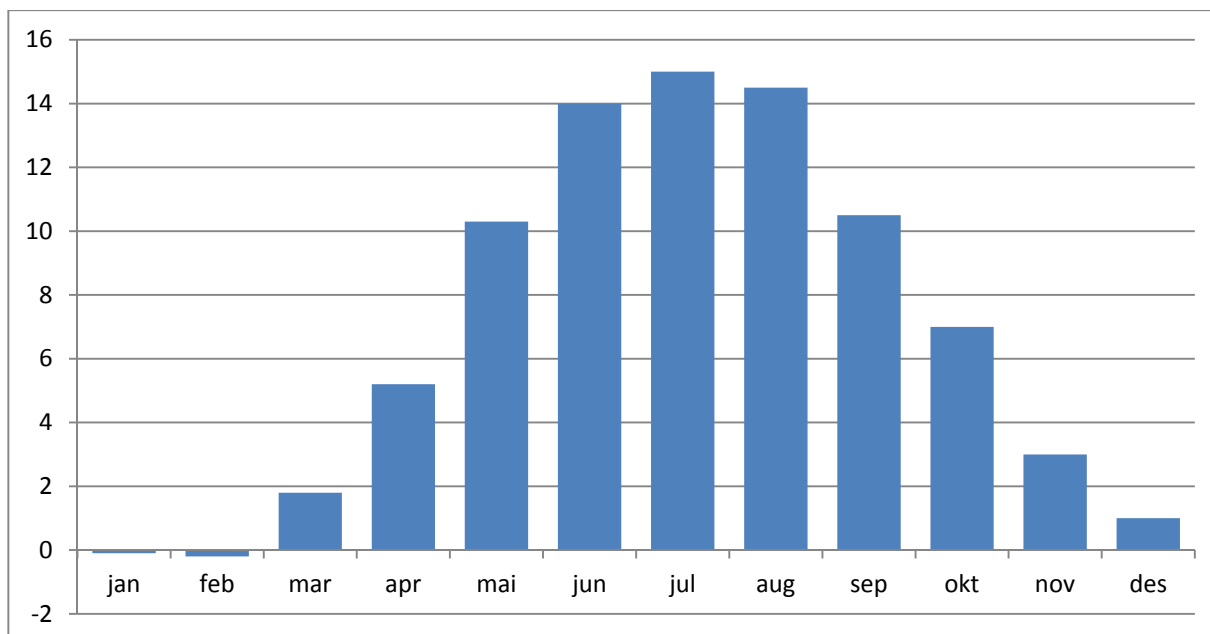
Ved målestasjonen i Øystese er årsmiddelnedbøren i perioden 1980-2011 målt til 2180 mm. Erfaringsmessig mottar høyereliggende områder mer nedbør enn områdene langs fjorden, og Meteorologisk institutt sitt landsdekkende grid for årsmiddelnedbør angir ca. 3130 mm i området rundt Fuglefjellet nordvest i nedbørfeltet. Mest nedbør faller i månedene september til januar (213-275 mm), mens april og mai er de tørreste månedene (rundt 90 mm).

Årsmiddeltemperaturen i nedbørfeltet varierer i følge Meteorologisk Institutt fra rundt +1°C i øvre del til +6,8°C nede ved fjorden. Juli (+15,0°C) er den varmeste måneden, mens februar (-0,2°C) er den kaldeste.

I sommerhalvåret er vanntemperaturen i Øysteseelva i følge figur 27 normalt noe lavere enn lufttemperaturen, og elva vil ha en viss nedkjølende effekt på omgivelsene i umiddelbar nærhet til vassdraget. Om vinteren (desember – februar) er situasjonen den motsatte: Vassdraget holder normalt noe høyere temperatur enn lufta, og vil kunne ha en svakt oppvarmende effekt på omgivelsene dersom vassdraget ikke er isdekt (men effekten er sannsynligvis svært lokal, og vassdraget er også ofte dekket av is og snø).



Figur 29. Gjennomsnittlig nedbørmengde per måned ved nærmeste målestasjon (50080 Øystese). Kilde: Meteorologisk institutt.



Figur 30. Månedsmiddeltemperaturer ved nærmeste målestasjon (50105 Norheimsund). Kilde: Meteorologisk institutt.

7.4 Mulige konsekvenser

En utbygging i Øysteseelva vil sannsynligvis medføre relativt små endringer i vanntemperatur på strekningen mellom inntaket og utløpet. Siden det tilsynelatende er marginale tilførsler av grunnvann på den aktuelle strekningen, er det naturlig å anta at vanntemperaturen i vinterhalvåret vil bli noe lavere pga redusert vannføring og økt eksponering for kaldluft. I sommerhalvåret vil redusert vannføring og lengre oppholdstid kunne føre til noe høyere vanntemperatur, men det meste av elvestrekningen ligger i en dyp bekkekløft og er lite eksponert for solinnstråling.

Temperaturen i avløpsvannet vinterstid antas å bli marginalt høyere enn hva som er tilfellet i dag. Dette skyldes redusert nedkjøling på grunn av at driftsvannet skjermes mot nedkjøling inne i tunnelen. I tillegg kommer effekten av at driftsvannet mottar noe varme fra omgivelsene i tunnel og kraftstasjon samt fra hydrauliske tap i turbinene.

Når det gjelder isforhold vil forholdene nedstrøms dammen raskt stabilisere seg, med dannelse av en relativt smal strømningskanal med turbulent strømning der det dannes bunnis og sarr. Det vil sannsynligvis bli noe mindre isproduksjon i elveleiet etter en utbygging enn i dag.

Under gunstige betingelser vil isen kunne legge seg noe tidligere på inntaksdammen enn hva som skjer i elveleiet i dag. Dette begrunnes med at isdannelsen starter ved noe høyere vanntemperatur dersom vannhastigheten blir redusert. Tidlig islegging av inntaksmagasinet regnes som en fordel, både med tanke på stabile driftsforhold ved inntaket til kraftverket og med tanke på mindre dannelse av lokal frostrøyk.

Det er ikke ventet vesentlige endringer i de lokalklimatiske forholdene langs vassdraget. Endringene vil sannsynligvis bli små og svært lokale, og knapt merkbare for de som bor i området. Lavere vannføring mellom inntaket og utløpet vil i teorien kunne medføre noe høyere lufttemperatur langs vassdraget i sommerhalvåret, men store deler av elva renner gjennom en trang bekkekløft med lite solinnstråling. I vinterhalvåret, når vanntemperaturen normalt er noe høyere enn lufttemperaturen, vil redusert vannføring kunne ha en viss

nedkjølende effekt dersom vassdraget ikke er isdekt (noe det normalt er i perioden januar-mars). Frostrøyk/frostskodde er ikke noe problem langs Øysteseelva per i dag, og vil heller ikke bli det ved en eventuell utbygging.

7.5 Mulige avbøtende tiltak

Effekten av en utbygging på isforhold, vanntemperatur og lokalklima er så små at det ikke er foreslått avbøtende tiltak utover det som er skissert i de andre fagrapportene (minstevannføring m.m.).

7.6 Oppfølgende undersøkelser

Det er ikke foreslått oppfølgende undersøkelser.

VEDLEGG 1 – VARIGHETSKURVER, SLUKEEVNE OG SUM LAVERE.

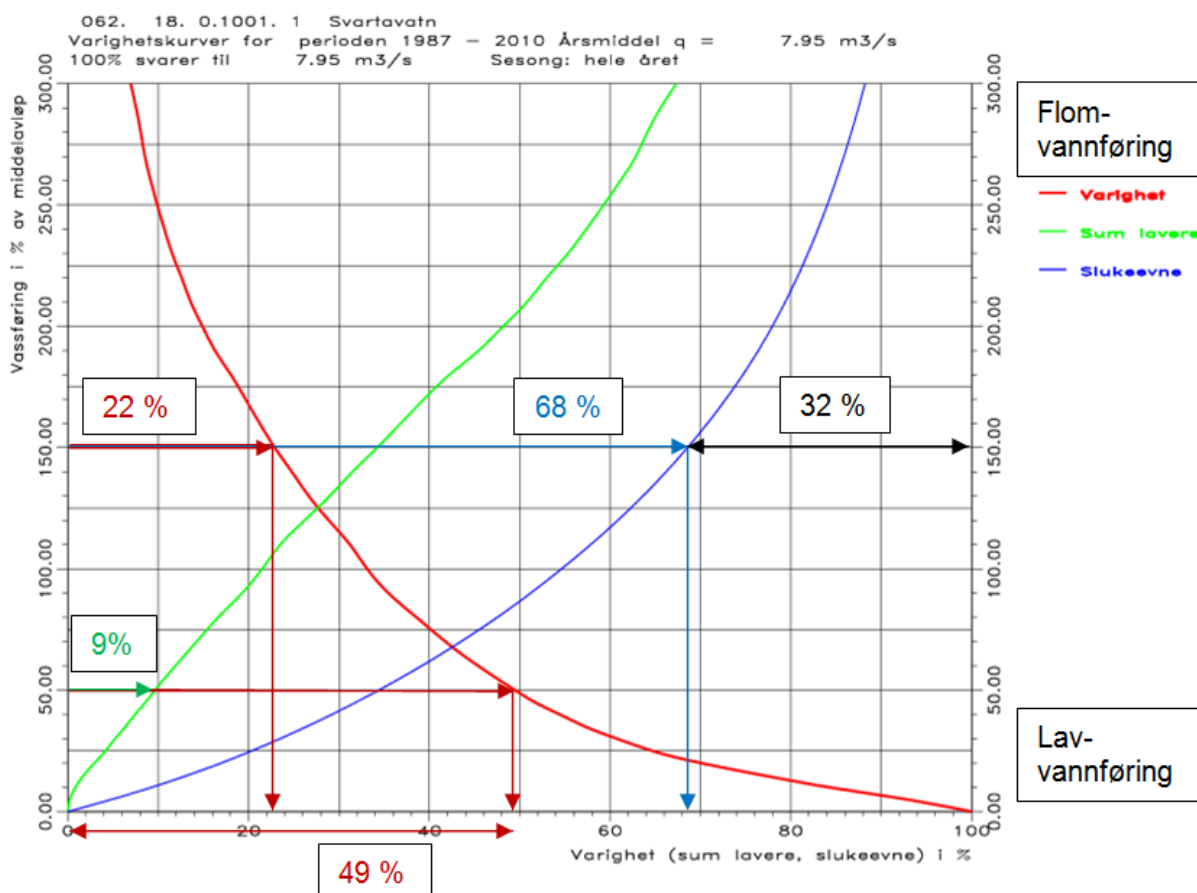
Varighetskurve – forventet driftstid (rød kurve)

Angir hvor stor andel av tiden (i prosent) en vannføring overskrides ved naturlig avrenning i elva (tas ikke hensyn til magasinering). Framkommer ved å sortere vannføringene etter størrelse og tilordne en sannsynlighet for overskridelse basert på hvor ofte verdien har blitt overskridt i fortiden.

Her viser x-aksen varighet i tid i prosent.

Vannføringen (y-aksen) er oppgitt i prosent av feltets middelavløp.

Hvis minste driftsvannføring er $0,5 \cdot Q_{\text{mid}}$ (50 % av middelavløpet) og største driftsvannføring er $1,5 \cdot Q_{\text{mid}}$ (150 % av middelavløpet) er kraftverkets gangtid 49 % av tiden (så lenge vannføringen er større enn $0,5 \cdot Q_{\text{mid}}$). I dette tilfellet kan kraftverket være i full drift i 22 % av tiden, dvs så lenge vannføringen er større enn $1,5 \cdot Q_{\text{mid}}$.



Figur 31. Forklaring av figur 12. Modifisert fra Væringstad (2008).

Slukeevne – forventet flomtap (blå kurve)

Viser hvor stor andel av middelavløpet kraftverket kan utnytte, avhengig av maksimal kapasitet i turbinen. Hvis en turbin er dimensjonert for å utnytte $1,5 \cdot Q_{\text{mid}}$ kan denne turbinen over et år utnytte 68 % av vannet (i gjennomsnitt). 32 % går da til flomtap.

For denne kurven viser x-aksen total vannmengde i prosent.

Kurven slukeevnen tar ikke hensyn til at verket ikke kan kjøres hvis vannføringen er for lav, derfor tegner vi også den grønne kurven.

Sum lavere – forventet lavvannstap (grønn kurve)

Den grønne kurven viser hvor stor andel av vannmengden som vil gå tapt når vannføringen underskrider lavest mulig driftsvannføring i kraftverket.

For denne kurven viser x-aksen også total vannmengde i prosent.

Hvis verket må stoppes ved vannføringer lavere enn $0,5 \cdot Q_{\text{mid}}$ går 9 % av vannet til lavvannstap. Slipp av minstevannføring inngår ikke, og må trekkes fra.

Årlig nyttbar vannmengde

Årlig nyttbar vannmengde =
potensiell tilgjengelig vannmengde (100 %)
– flomtap (32 %)
– (lavvannstap (9 %) + alm.lavvf. (5 %))

= 53 % av feltets normalavløp

REFERANSER

Bogen, J. 1993. Erosion and sediment yield in the Atna river basin. Hydrobiologia, Volume 521. S. 35-47.

Væringstad, T. 2008. "Hvordan beregne hydrologisk grunnlag for småkraftprosjekter?" Presentasjon i regi av NVE 20.november 2008. Tilgjengelig online: <http://dok.ebl-kompetanse.no/Foredrag2008/Hydrologi/Vaeringstad.pdf>

Væringstad, T. 2007. "Hydrologiske data til bruk for planlegging av kraftverk i Sildrebekken (042.Z), Storfallet kommune i Hordaland".

Væringstad, T. 2009. "Flomberegning for Øysteseelvi (052.6Z)". NVE-dokument 15/2009. Tilgjengelig online: <http://www.nve.no/Global/Publikasjoner/Publikasjoner%202009/Dokument%202009/dokument15-09.pdf>

Multiconsult AS
Postboks 265 Skøyen
0213 Oslo