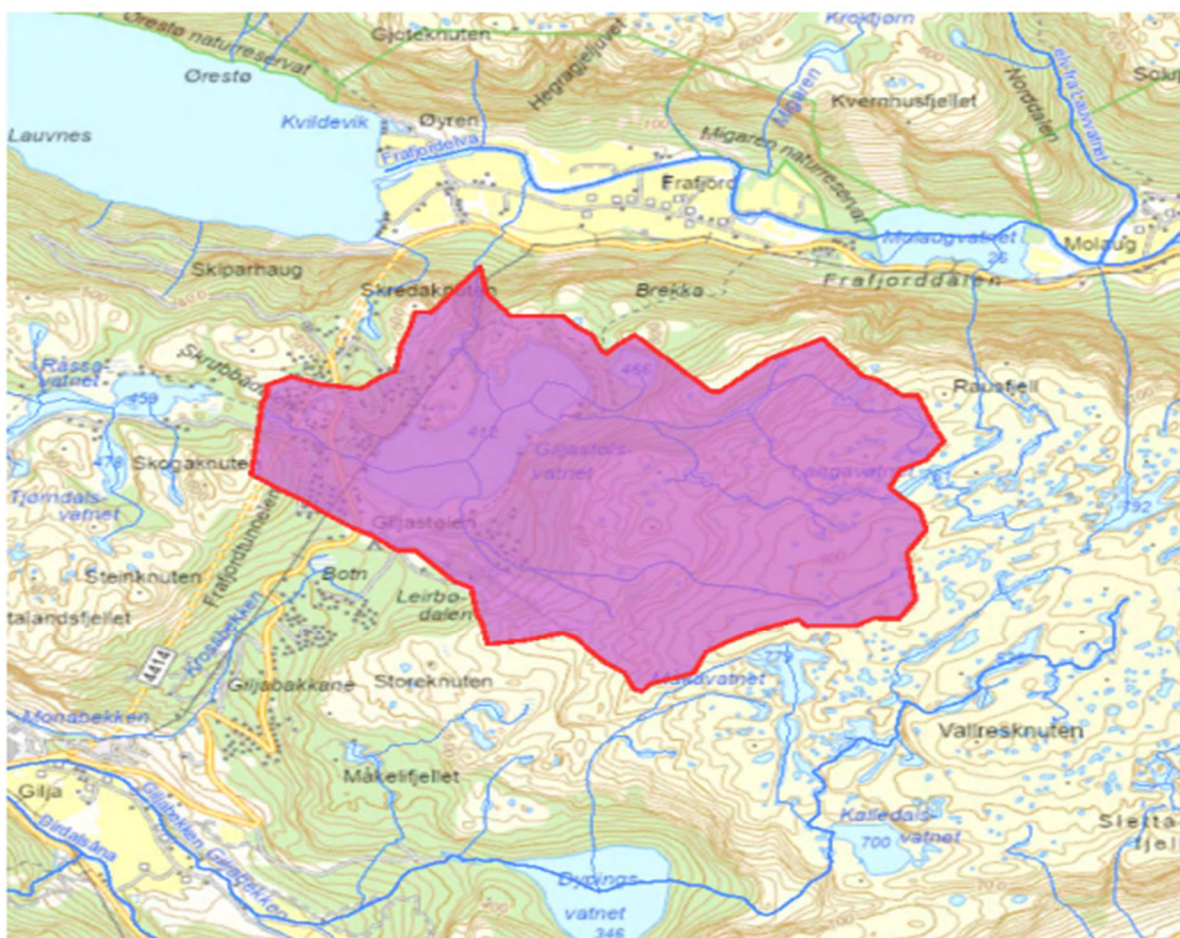


Hydrologiske data til bruk for planlegging av kraftverk i Kvednabekken (030.A1), Gjesdal kommune i Rogaland



Innhold

Beskrivelse av nedbørfeltet til planlagt inntakspunkt	3
Tilrettelegging av datagrunnlag for hydrologiske beregninger	4
Vurdering av avrenningskartet	5
Beskrivelse av aktuelle målestasjoner.....	5
Valg av representativ målestasjon og beregning av skaleringsfaktor.....	5
Variasjon i middelavløp fra år til år	6
Avløpets fordeling over året	7
Varighetskurve	8
Alminnelig lavvannføring	9
5 persentil sesongvannføring	9
Restvannføring.....	10
Usikkerhet.....	15
Vedlegg.....	15

Beskrivelse av nedbørfeltet til planlagt inntakspunkt

Vassdragsnummer (regime): 030.A1

Vernestatus: Vernet sidevassdrag i hht verneplan for vassdrag.

Feltareal ved inntak kote 159: ca. 5,96 km² (areal beregnet fra kart i målestokk 1:50 000), se figur 1.1

Høydeforskjell i feltet: 412 – 861 moh.

Effektiv sjøprosent (forklaring vedlegg 3): 10,1 %.

Snaufjellandel: 55 %.

Normalavløp og årsavløp: NVEs digitale avrenningskart for perioden 1961-1990 gir spesifikt normalavløp (definisjon vedlegg 3) i Giljastølsfeltet på 85 l/s·km², som tilsvarer estimert årlig middelavløp på 85 l/s·km² · 5,96 km² = 507 l/s = 0,51 m³/s. Dette tilsvarer et midlere årsavløp på 16,0 mill. m³/år. Avrenningskartet har en usikkerhet på opp mot ± 20 %, som i Giljastølsfeltet tilsvarer et intervall på ca. 405 l/s til 608 l/s.

Hydrologisk regime: Vassdraget har dominerende høst- og vinterflommer. Lavvannføringer inntreffer både om sommeren og vinteren.



Figur 1. Nedbørfeltet til Giljastølsvatnet.

Tilrettelegging av datagrunnlag for hydrologiske beregninger

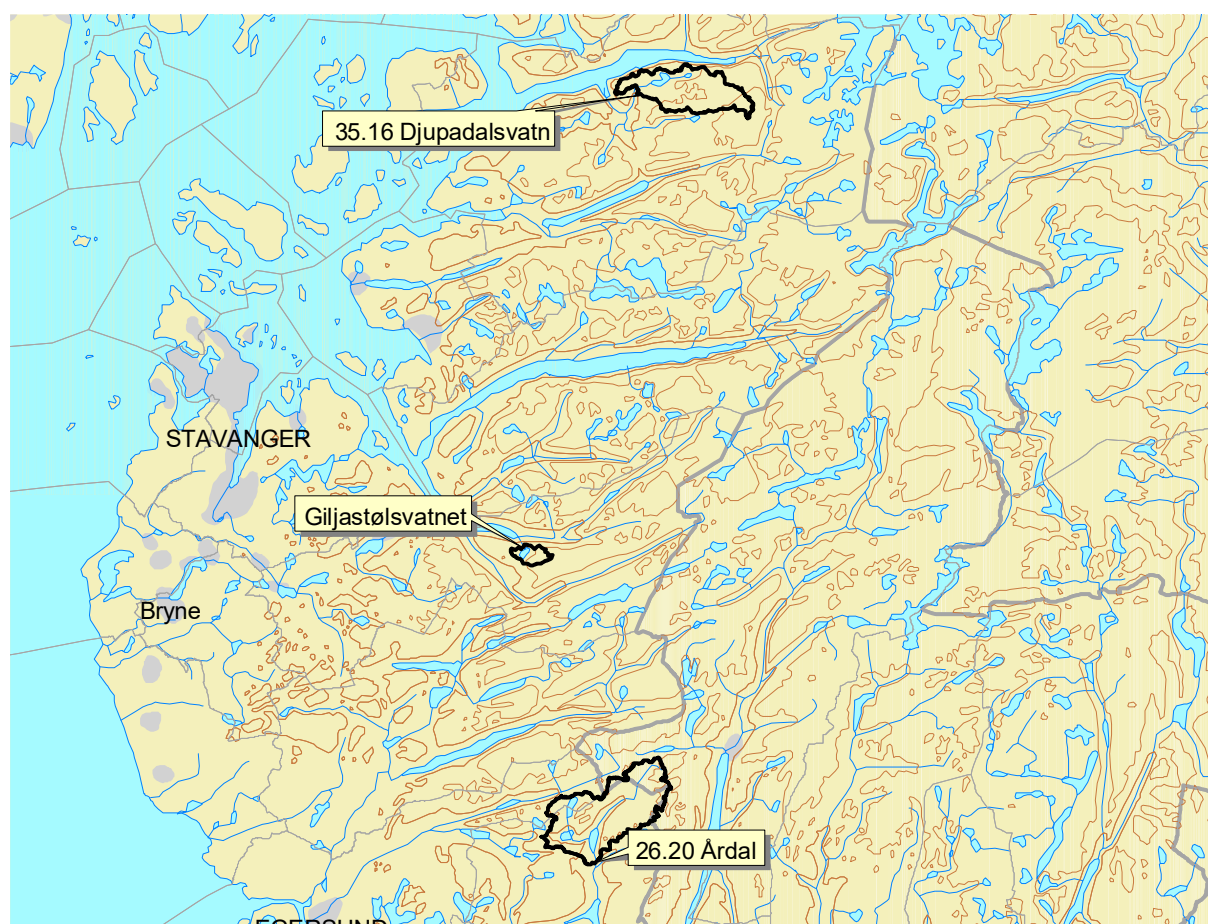
Grunnlaget for alle hydrologiske beregninger er tidsserier av vannføring over en lang årrekke. Det eksisterer i dag ingen måling av vannføring i det aktuelle vassdraget, så videre analyser må baseres på en sammenligning og skalering med tidsserier for avløp fra målestasjoner i nedbørfelt med lignende avløpsforhold. Det er to aktuelle målestasjoner i området. Nedbørfeltene til sammenligningsstasjonene er inntegnet på kart i figur 2 sammen med Giljastølsfeltet. Feltkarakteristika er vist i tabell 1.

Tabell 1. Feltkarakteristika

Stasjon	Måle- periode	Feltareal (km ²)	Snaufj (%)	Eff. sjø (%)	Q _N (l/s·km ²)	Q _m (l/s·km ²)	Høydeint. (moh.)
35.16 Djupadalsvatn	1990-d.d.	45,4	46	3,5	70	65,6	338 - 1 128
26.20 Årdal	1970-d.d.	77,3	25	2,2	68	68,9	113 - 750
Giljastølsfeltet	-	5,96	55	10,1	85	-	412 - 861

Q_N betegner årsmiddellavrenningen i perioden 1961-90 beregnet fra NVEs avrenningskart.

Q_m betegner middellavrenningen beregnet for observasjonsperioden til målestasjonen



Figur 2. Oversikt over nedbørfeltene til sammenligningsfeltene og Giljastølsfeltet.

Vurdering av avrenningskartet

Middelavløpet ved målestasjonene er beregnet fra observerte data og sammenlignet med avrenningskartet. Som følge av at middelavløpet er beregnet for en annen periode enn avrenningskartets normalperiode fra 1961-1990 er ikke estimatene direkte sammenlignbare. Observerte normalavløp ved stasjonene stemmer noenlunde overens med avrenningskartet, selv om observerte avrenning er noe lavere enn estimert avrenning ved 35.16 Djupadalsvatn. Det er grunn til å anta at avrenningskartet gir et forholdsvis godt estimat for Kvednabekkens nedbørfelt (Giljastølsfeltet).

Beskrivelse av aktuelle målestasjoner

Målestasjon 35.16 Djupadalsvatn ligger ca. 50 km nord for Giljastølsvatnet. Feltareal er større, mens spesifikk avrenning og effektiv sjøprosent er lavere. Ellers stemmer feltegenskapene noenlunde overens. Dataserien er kort med målinger fra 1990. Selvreguleringsevnen antas å være noenlunde lik, da forskjellen i feltstørrelse og effektiv sjøprosent til dels oppveier hverandre for de to feltene.

Målestasjon 26.20 Årdal ligger ca. 30 km sør for Giljastølsvatnet. Feltareal er større, mens spesifikk avrenning og effektiv sjøprosent er lavere. Høydebeliggenheten er i snitt noe lavere for Årdal. Ellers stemmer feltegenskapene noenlunde overens. Dataserien har målinger fra 1970. Selvreguleringsevnen antas å være noenlunde lik, da forskjellen i feltstørrelse og effektiv sjøprosent til dels oppveier hverandre for de to feltene.

Valg av representativ målestasjon og beregning av skaleringsfaktor

På bakgrunn av de ulike stasjonenes feltegenskaper og datakvalitet er det antatt at Djupadalsvatn er mest representativ for forholdene i Giljastølsfeltet. Denne stasjonen er derfor benyttet videre i analysen.

Data som er presentert er tilpasset sitt nedbørfelt på 5,96 km² ved skalering med hensyn på feltareal og spesifikt normalavløp. Skaleringsfaktoren som er benyttet er:

$$(85 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2 / 65,6 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2) \cdot (5,96 \text{ km}^2 / 45,4 \text{ km}^2) = \underline{0,170}$$

Variasjon i middelavløp fra år til år

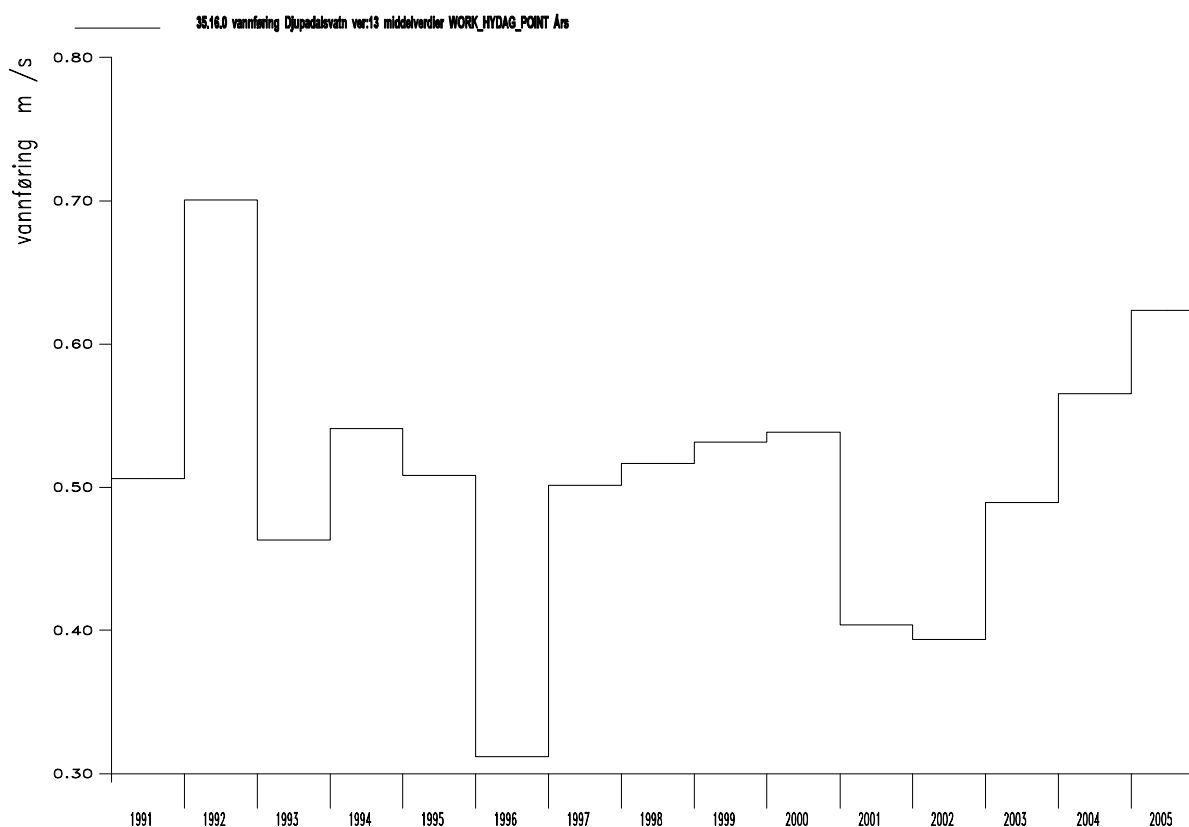
Variasjonene i middelavløpet fra år til år er relevant i forhold til årlige produksjons- og inntektsvariasjoner. Middelavløpet i enkeltår kan i stor grad avvike fra normalavløpet.

Med bakgrunn i skalert vannføringsserie for Djupadalsvatn i perioden 1991-2005, er variasjonene i middelavløpet fra år til år ved Giljastølsfeltet presentert i figur 3. Dataene i figuren foreligger i tabellform i vedlegg 1.

Det må regnes med en variasjon fra år til år rundt $\pm 40\%$ i forhold til normalavløpet.

Det er funnet at årsavløpet fra Giljastølsfeltet har variert mellom omtrent 0,31 og 0,70 m³/s. I perioden er 1996 det tørreste året og 1992 det mest vannrike året basert på årsvolumet.

Det presiseres at disse dataene har utgangspunkt i et annet nedbørfelt der data er omregnet for å representere Giljastølsfeltet, og at de reelle årsvariasjonene i Giljastølsfeltet kan avvike i større eller mindre grad fra dette.



Figur 3. Variasjon i avrenningen fra år til år fra Giljastølsfeltet.

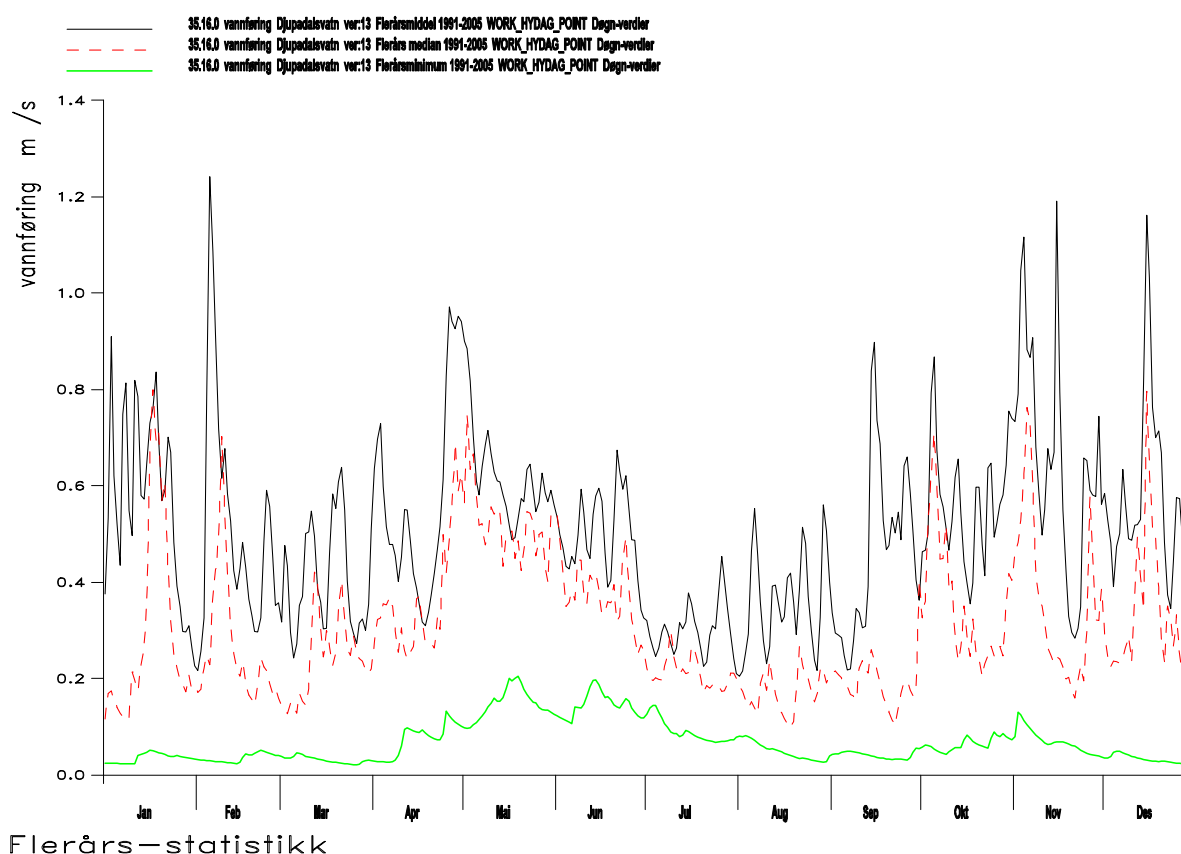
Avløpets fordeling over året

Avløpets sesongvariasjon fra Giljastølsfeltet antas å stemme noenlunde overens med sesongvariasjonene ved Djupadalsvatn, selv om det er mulig at Djupadalsvatn har noe mer snøsmelting om våren/sommeren sammenlignet med Giljastølsfeltet. Figur 4 viser middelvannføringen (flerårsmiddel), medianvannføringen (flerårsmedian) og minimumsvannføringen (flerårsminimum) i Giljastølsvatnet over året utarbeidet på grunnlag av observert vannføring ved Djupadalsvatn i perioden 1991-2005. Se vedlegg 3 for forklaring av begrepene flerårsmiddel, flerårsmedian og flerårsminimum. Data fra Djupadalsvatn er skalert som tidligere beskrevet.

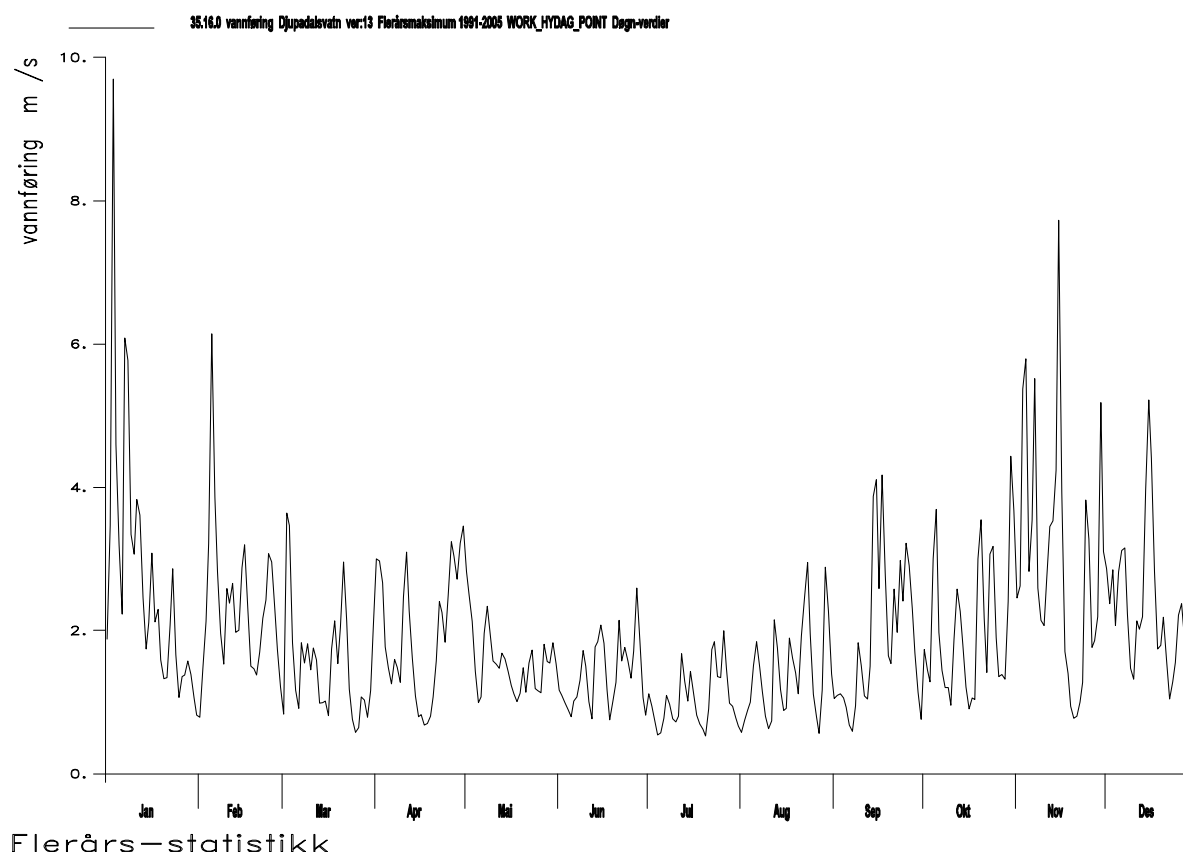
Både flerårsmiddel og flerårsmedian gir et bilde av midlere avløpsforhold. Ved bygging av små kraftverk antas det at mediankurven, som i de fleste tilfeller ligger lavere enn middelkurven, er best egnet til å gi et bilde av midlere avløpsforhold. Dette skyldes at små kraftverk ikke kan utnytte flomvannføringer. I middelkurven inngår flomvannføringene ved beregning av middelkurven, mens mediankurven ikke vektlegger flomvannføringer.

Den nederste kurven viser de laveste vannføringene som har forekommet i årrekka. Lavvannføringene inntreffer både om sommeren og vinteren.

Figur 5 viser hvordan maksimale flommer er fordelt over året. Høst- og vinterflommer er dominerende. Figuren viser døgnmiddelvannføringer. Kulminasjonsvannføringer er noe større.



Figur 4. Kurven viser sesongvariasjonen i vannføringen i m³/s fra Giljastølsfeltet basert på flerårs døgnverdier. Flerårsmiddel, flerårsmedian og flerårsminimum er presentert. Sesongvariasjonene er antatt å samsvare noenlunde med nedbørfeltet til målestasjon Djupadalsvatn.



Figur 5. Maksimale flommer som døgnmiddel i m³/s fra Giljastølsfeltet.

Varighetskurve

Med bakgrunn i den skalerte dataserien fra Djupadalsvatn er det for Giljastølsfeltet utarbeidet varighetskurver samt andre kurver til hjelp for å dimensjonere kraftverket. Forklaring til og eksempel på bruk av kurvene er gitt i vedlegg 3 og varighetskurver for Giljastølsfeltet er vist i vedlegg 2. Disse er beregnet på bakgrunn av observerte data for Djupadalsvatn i perioden 1991-2005 og skalert som tidligere beskrevet.

Sesongkurvene viser vannføringen i % av middelavløp *for sesongen*. Ved bruk av kurvene trengs dermed sesongverdier for middelavløpet fra Giljastølsfeltet. Disse er beregnet på bakgrunn av observerte data for Djupadalsvatn i perioden 1991-2005 og skalert som tidligere beskrevet. Middelavløpet for året er 0,51 m³/s. For sommer- og vintersesongen er middelavløpet på henholdsvis 0,45 og 0,55 m³/s.

Den benyttede målestasjonen (Djupadalsvatn) antas å noenlunde lik selvreguleringsevne med Giljastølsvatnet som følge av at forskjellene i feltareal og effektiv sjøprosent antas å oppveie hverandre. Det betyr at varighetskurven og slukeevne ved Djupadalsvatn trolig gir et noenlunde riktig bilde på utnyttbar vannmengde sett i forhold til Giljastølsfeltets nedbørfelt. Dette gjenspeiles også i kurvene for slukeevne og sum lavere. Sammenligningsfeltet ligger i et annet vassdrag, og større eller mindre avvik må forventes.

Tallene som er brukt i forklaringene til kurvene i vedlegg 3 er eksempler, og er kun ment til å forklare bruken av kurvene. Eksemplene forutsetter at vassdraget er uregulert. Valg av gunstig maskinstørrelse bør gjøres av konsulent med erfaring på området.

Alminnelig lavvannføring

Det er etter vannressursloven krav til minstevannføring tilsvarende alminnelig lavvannføring (se definisjon i vedlegg 3) for tiltak som ikke krever konsesjon.

Alminnelig lavvannføring for Giljastølsfeltet er beregnet på objektivt grunnlag ved hjelp av regresjon mot feltegenskaper og resultatet er sammenlignet med alminnelig lavvannføring beregnet på bakgrunn av observerte data ved Djupadalsvatn i tabell 1.

Alminnelig lavvannføring for Giljastølsfeltet, beregnet på bakgrunn av feltparametere med programmet LAVVANN, er $6,9 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$. I programmet har Giljastølsfeltet tilhørighet til region 2, og har følgende feltparametere: feltareal $5,96 \text{ km}^2$, feltakse $3,3 \text{ km}$, feltbredde ($5,96 \text{ km}^2/3,3 \text{ km}$) $1,8 \text{ km}$, maksimal høydeforskjell 449 m , effektiv sjøprosent $10,1 \%$, andel snaufjell 55% og spesifikt avløp $85 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$.

Estimert alminnelig lavvannføring ved målestasjonen Djupadalsvatn er $5,8 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$. Alminnelig lavvannføring øker normalt med bl.a. økende feltstørrelse, innsjøprosent og økende spesifikk avrenning.

Alminnelig lavvannføring Giljastølsfeltet er med bakgrunn i dette antatt å være i størrelsesorden $6,0 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$ som tilsvarer rundt 36 l/s .

5 persentil sesongvannføring

5 persentil for vannføring (se definisjon, vedlegg 3) i perioden 1.5 – 30.9 (sommerhalvåret) og i perioden 1.10 – 30.4 (vinterhalvåret) er for Giljastølsfeltet estimert med utgangspunkt i målestasjon Djupadalsvatn. Beregnet 5 persentil for sommer- og vintersesong er for Djupadalsvatn er henholdsvis $7,6 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$ og $6,0 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$.

Med utgangspunkt i dette, og vurderingene gjort ved beregning av alminnelig lavvannføring, er 5 persentilen ved inntaket til kraftverket i Kvednabekken anslått til å være:

- Sommersesongen (1/5 – 30/9): $7,5 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$ eller ca. 45 l/s
- Vintersesongen (1/10 – 30/4): $6,0 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$ eller ca. 36 l/s

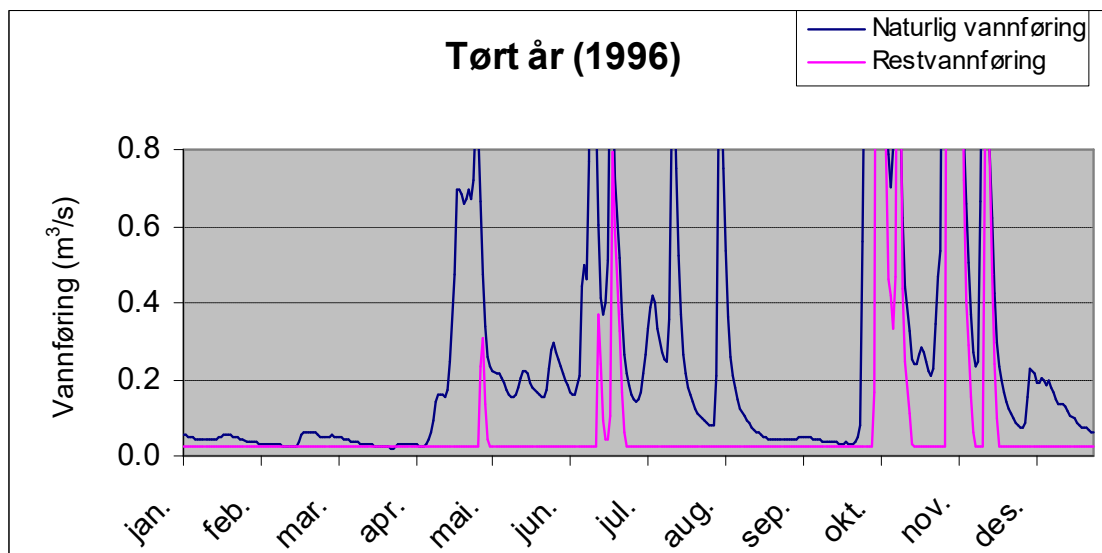
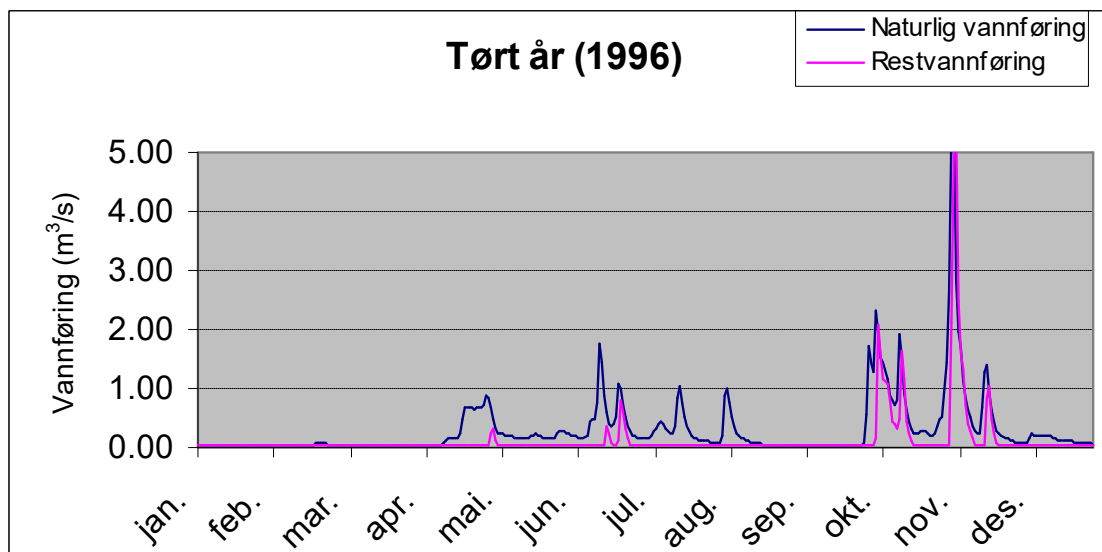
Restvannføring

For å bestemme restvannføringen for et punkt rett nedstrøms inntaket for kraftverket er det laget en modell, hvor observert daglig skalert vannføring for målestasjon Djupadalsvatn i perioden 1991-2005 er utgangspunktet.

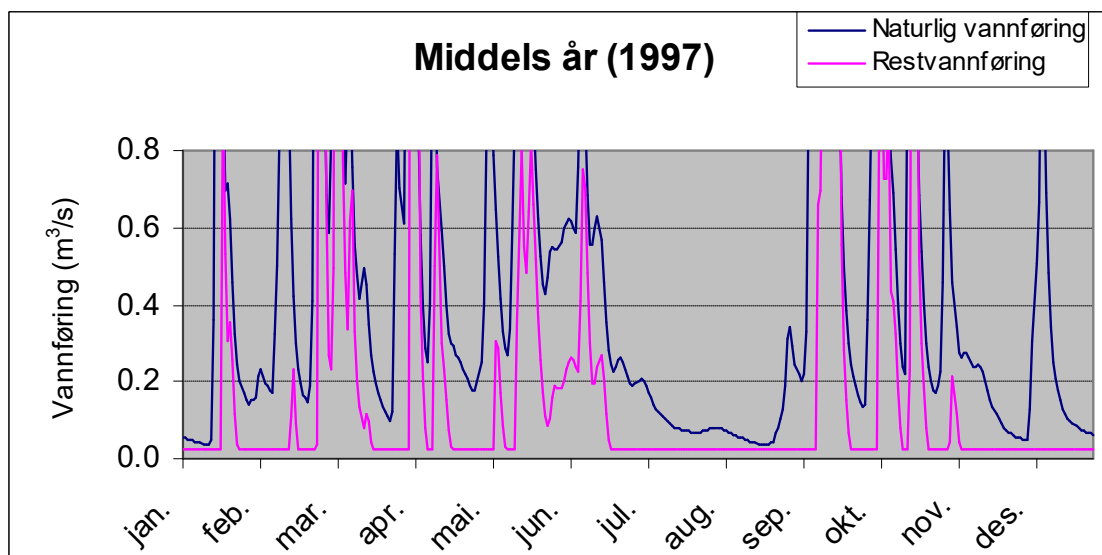
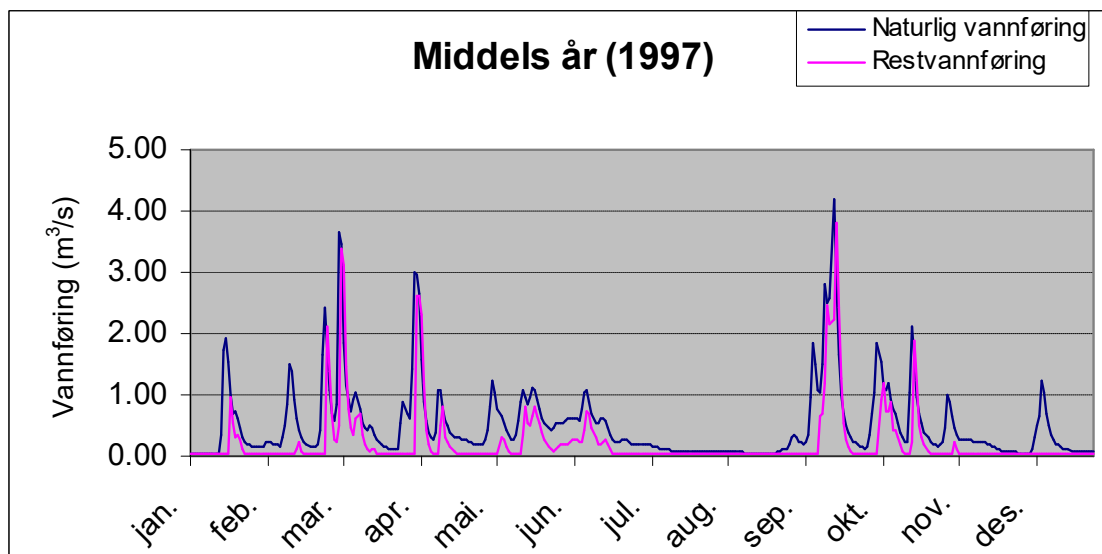
I modellen er det lagt inn følgende forutsetninger:

- Største slukeevne for turbinen: $0,360 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Minste slukeevne for turbinen: $0,018 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Minstevannføring (1/1-31/12): $0,026 \text{ m}^3/\text{s}$

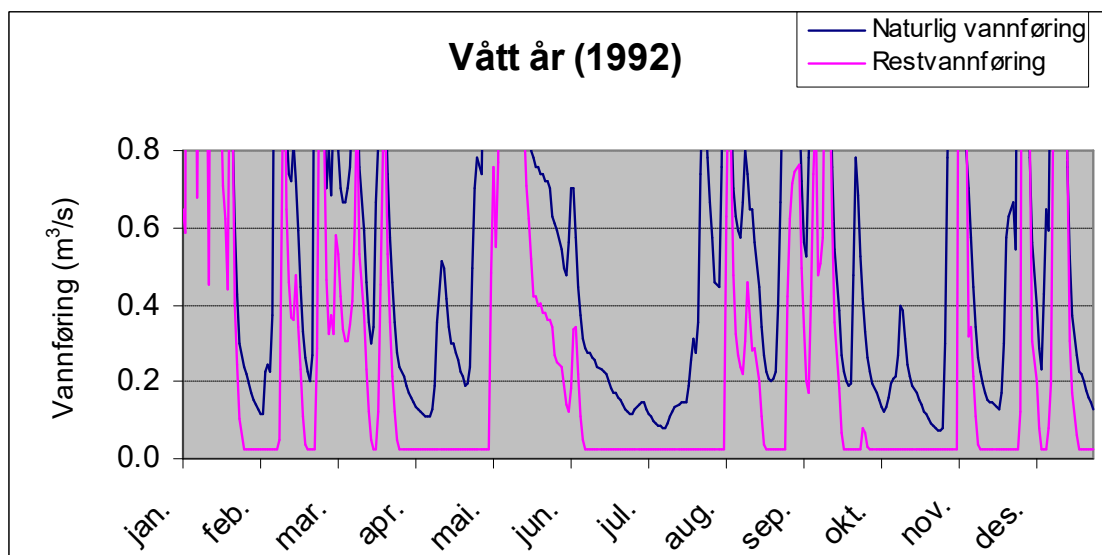
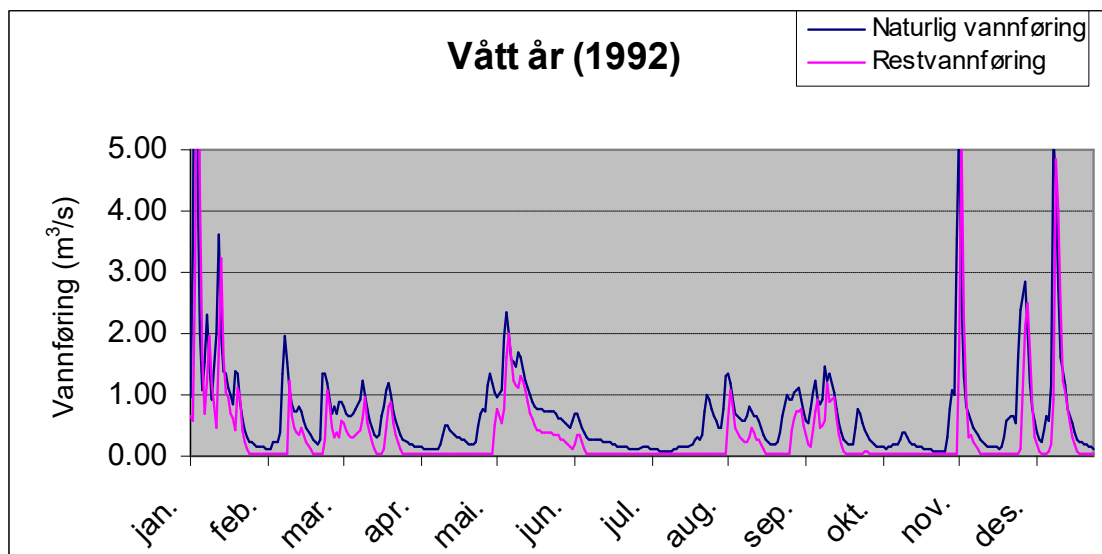
Giljastølsvatnet er selvregulert mellom kote 412,0 moh. og 412,5 moh. Selvreguleringsvolumet er på ca. $300\,000 \text{ m}^3$ og utgjør en selvreguleringsprosent på 1,9 %.



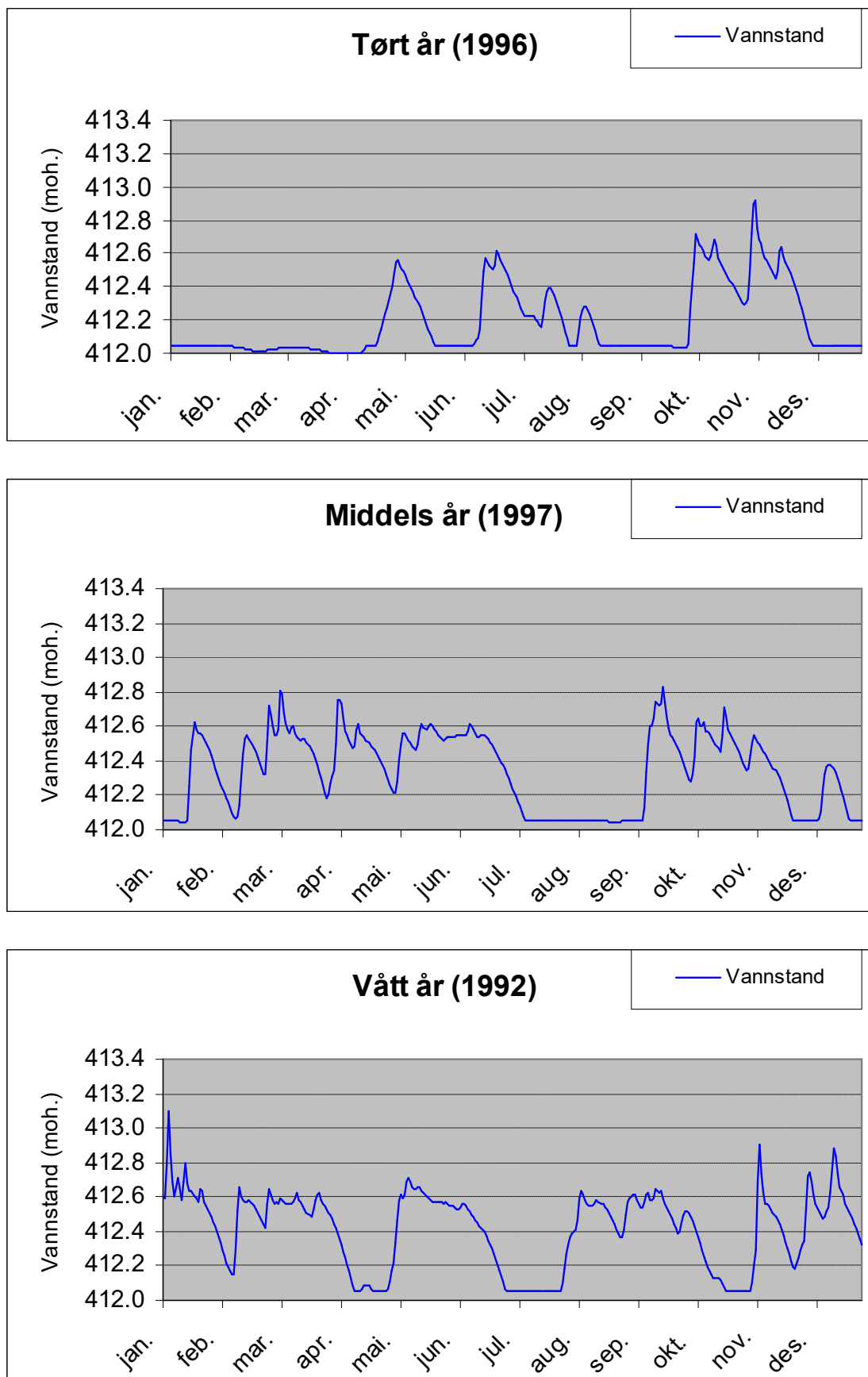
Figur 6. Restvannføringen fra inntaket i Kvednabekken i et tørt år (1996) med en årsavrenning på 0,31 m^3/s . I 0 dager av året er naturlig vannføring mindre enn laveste slukeevne (0,018 m^3/s). I 81 dager er vannføringen større enn største slukeevne (0,360 m^3/s).



Figur 7. Restvannføringen fra inntaket i Kvednabekken i et middels år (1997) med en årsavrenning på $0,50 \text{ m}^3/\text{s}$. I 0 dager av året er naturlig vannføring mindre enn laveste slukeevne ($0,018 \text{ m}^3/\text{s}$). I 148 dager er vannføringen større enn største slukeevne ($0,360 \text{ m}^3/\text{s}$).



Figur 8. Restvannføringen fra inntaket i Kvednabekken i et vått år (1992) med en årsavrenning på 0,70 m³/s. I 0 dager av året er naturlig vannføring mindre enn laveste slukeevne (0,018 m³/s). I 204 dager er vannføringen større enn største slukeevne (0,360 m³/s).



Figur 9. Vannstanden i Giljastølsvatnet i et tørt (1996), middels (1997) og vått (1992) år.

Usikkerhet

Feltstørrelsen er litt større enn vedlagte beregninger og visualiseringer idet alle beregningene baseres på beregninger i utløpet av Giljastølsvatn.

Spesifikt normalavløp er beregnet med bakgrunn i NVEs avrenningskart for perioden 1961-1990. Avrenningskartet har en usikkerhet på opp mot $\pm 20\%$. Usikkerheten øker for små nedbørfelt.

Alle beregninger på basis av andre målte vassdrag vil ved skalering til det aktuelle vassdrag være beheftet med feilkilder. Feilkildene er minimalisert ved å vurdere vassdragets feltegenskaper for deretter å velge en representativ serie som ivaretar disse egenskapene. Det er bare målinger over flere år i de aktuelle vassdrag som vil kunne redusere usikkerheten i avløpstall for vassdraget.

Varighetskurvene gir trolig et noenlunde riktig bilde av utnyttbar vannmengde.

Vedlegg

Vedlegg 1: Årsmiddelvannføringer i Giljastølsvatnet

Vedlegg 2: Varighetskurver

Vedlegg 3: Definisjoner



VEDLEGG 1: Årsmiddelvannføringer

(Observerte avrenning ved Djupadalsvatn er skalert for å gi representativ avrenning i Giljastølsvatnet)

DAGUT - utskrift fra WORK_HYDAG_POINT foretatt:22/11/2006 12:14

Arbeidsdata for: 35.16.0

Parameter....: vannføring

Versjon.....: 13

Års - middelerdier

Enhet:m³/s

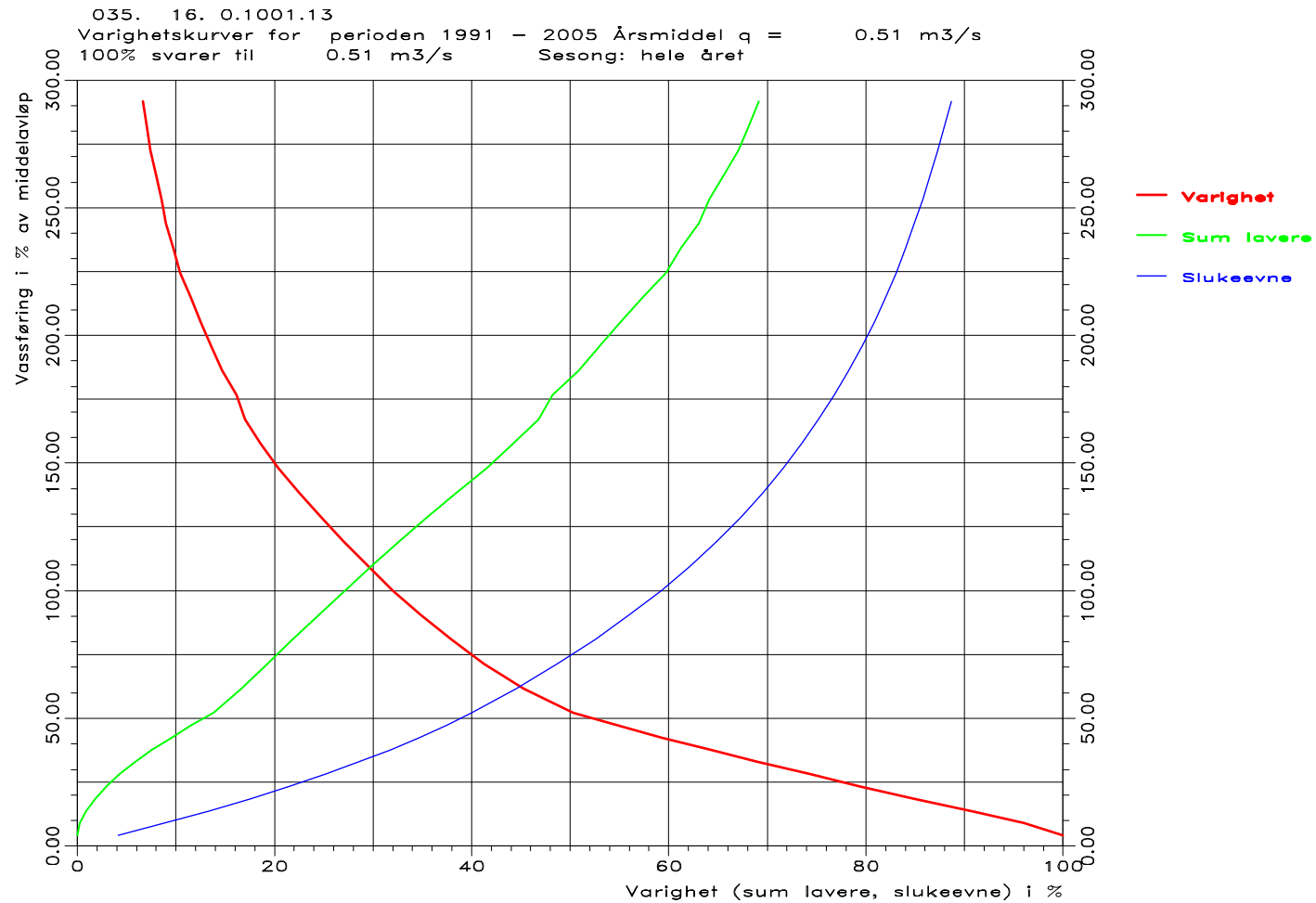
1

1991	0.51
1992	0.70
1993	0.46
1994	0.54
1995	0.51
1996	0.31
1997	0.50
1998	0.52
1999	0.53
2000	0.54
2001	0.40
2002	0.39
2003	0.49
2004	0.57
2005	0.62



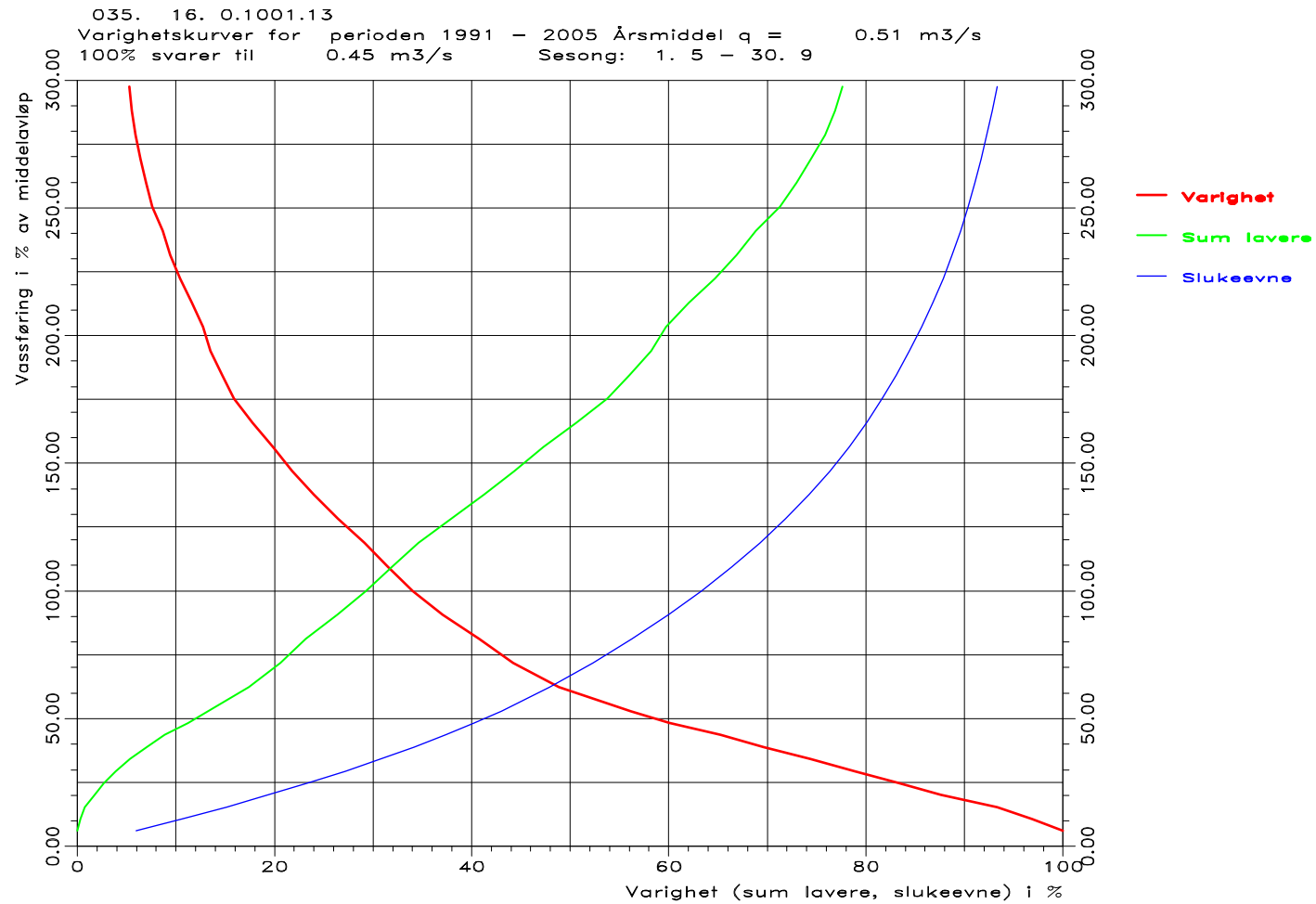
VEDLEGG 2: Varighetskurver

Varighetskurve for hele året. Kurven er basert på skalerte data fra målestasjonen Djupadalsvatn.





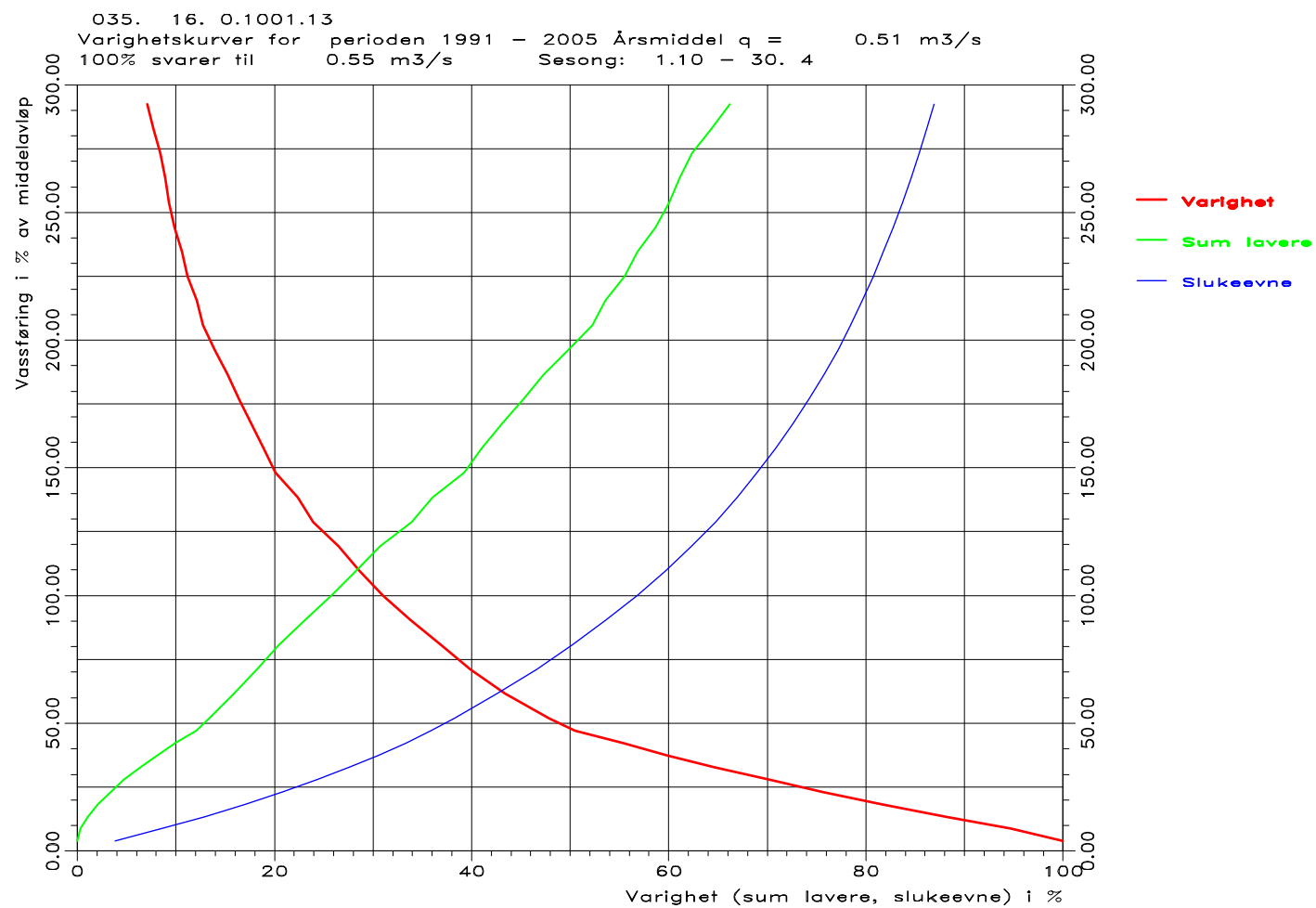
Kurven er basert på skalerte data fra målestasjonen Djupadalsvatn. Ved bruk av kurven må middelveidien for sesongen benyttes.





Varighetskurve for vintersesongen (1/10 - 30/4)

Kurven er basert på skalerte data fra målestasjonen Djupadalsvatn. Ved bruk av kurven må middelveirdien for sesongen benyttes.





Vedlegg 3: Definisjoner

Effektiv sjøprosent: beskriver sjøandelen i nedbørfeltet ved at sjøene tillegges vekt etter både innsjøareal og tilsigsareal. Store innsjøer og sjøer langt ned i nedbørfeltet gis størst vekt.

Spesifikk avrenning: avrenning pr. arealenhet, slik at virkning av ulik feltstørrelse elimineres ved sammenligning av avrenning for ulike vassdrag. Spesifikt normalavløp: Gjennomsnittlig avrenning pr. arealenhet over en 30-årsperiode, fortrinnsvis perioden 1961-90.

Flerårs middel: For hver dag i året beregnes gjennomsnittet av alle observerte døgnmiddelvanntføringer i en periode på flere år.

Flerårs median: Medianverdi er den midterste av verdiene når disse er ordnet i stigende rekkefølge. I dette tilfellet: for hver dag i året er den døgnmiddelvanntføringen tatt ut der halvparten av døgnmiddelvanntføringene i årrekka er større enn og halvparten mindre enn denne verdien.

Flerårs minimum: For hver dag i året er den laveste døgnmiddelvanntføringen i en periode på flere år tatt ut.

Alminnelig lavvanntføring blir beregnet ved først å sortere hvert enkelt års vanntføringsverdier (døgnmidler) i en uregulert serie fra størst til minst. Fra den sorterte årsserien blir vanntføring nummer 350 tatt ut. For hvert år i observasjonsserien tas på denne måten vanntføring nummer 350 ut. Disse vanntføringene danner en ny serie som igjen blir sortert. Alminnelig lavvanntføring er da den laveste verdien i denne tallrekken etter at den laveste tredjedelen av observasjonene er fjernet. Programmet E-tabell i NVEs databasesystem HydraII gir alminnelig lavvanntføring for en angitt avløpsstasjon.

Det er utviklet metodikk for å estimere alminnelig lavvanntføring på bakgrunn av feltegenskaper i nedbørfelt uten vanntføringsmålinger. Programmet LAVVANN i NVEs databasesystem HydraII gir alminnelig lavvanntføring for umålte felt.

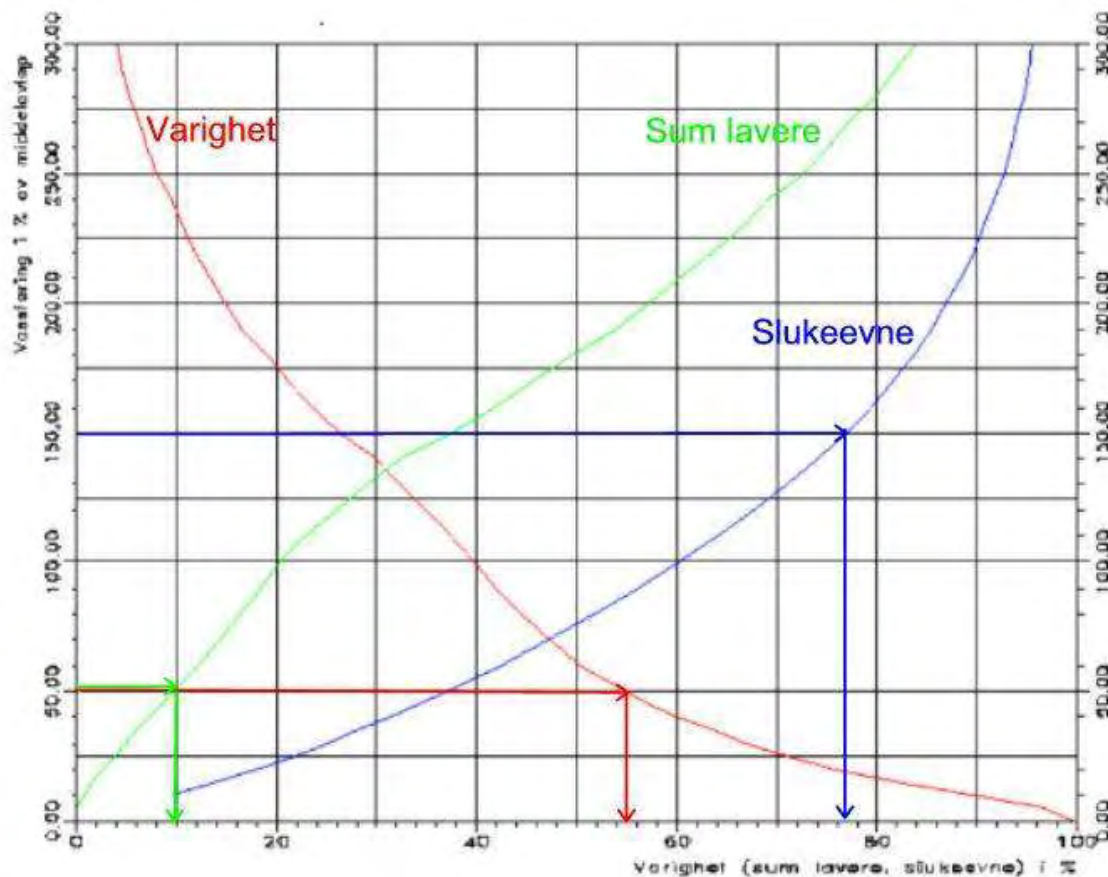
Det understrekes at lavvanntskarakteristikken alminnelig lavvanntføring er svært følsom for vassdragets feltegenskaper. Vassdragets selvreguleringsevne er av stor betydning. Selvreguleringsevnen øker med økende feltstørrelse, økende effektiv sjøandel, økende spesifikk avrenning og økende grunnvannttilsig, og avtar med økende andel snaufjell og økende helning i nedbørfeltet. Breandel har mindre betydning, siden alminnelig lavvanntføring da er en vinterverdi.

Persentiler: Bestemmes ut fra varighetskurven til vanntføringsserien. En varighetskurve representerer variabiliteten i vanntføringen i et nedbørfelt. Både små og store vanntføringer beskrives. For eksempel er 5-persentilen (Q_5) den vanntføringen som underskrides 5 prosent av tiden i observasjonsperioden. Denne vanntføringen vil typisk være en karakteristisk lavvanntsverdi for nedbørfeltet. Persentiler kan beregnes for ulike sesonger.

Varighetskurve (rød kurve i figur) viser en sortering av vannføringene etter størrelse, og angir hvor stor del av tiden (angitt i %) vannføringen har vært større enn en viss verdi (angitt i % av middelvannføringen) når det er naturlig avrenning i vassdraget.

Eksempel (se figur): kurven viser at vannføringen har vært større enn 50 % av middelvannføringen i ca. 55 % av tiden. Likeledes ser man at vannføringen har overskredet 150 % av middelvannføringen i ca. 26 % av tiden.

Figuren inneholder også en blå kurve kalt "slukeevne". Denne viser hvor stor del av den totale vannmengde verket kan utnytte, avhengig av den maksimale vannføringen turbinen/ledningen kan benytte. Eksempelvis vil en turbin som er dimensjonert for å kunne utnytte 150 % av middelvannføringen ved inntaket kunne utnytte ca. 77 % av tilgjengelig vannmengde til kraftproduksjon i gjennomsnitt over året. De resterende 23 % vil gå tapt ved flommer. Imidlertid forutsetter dette at man kan kjøre verket uansett hvor lav vannføringen blir. Dette er som oftest ikke tilfelle. Verdien må korrigeres for tapt vann i den tiden turbinen må stå på grunn av for lite tilsig. Til dette kan man benytte kurven som viser "sum lavere".





Den grønne linjen, kalt "sum lavere", viser hvor stor del av vannmengden som vil gå tapt når vannføringen underskrider lavest mulig driftsvannføring i kraftverket/vannverket. Eksempelvis vil ca. 10 % av vannet gå tapt dersom verket må stanses når vannføringen underskrider 50 % av middelvannføringen.

Med de eksemplene gitt vil verket kunne nyttiggjøre seg 66 % av den totale vannmengde (23 % flomtap og 10 % "lavvannstap"). Eventuell pålagt minstevannføring er ikke medregnet og må også trekkes fra.