



NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIVERK  
VASSDRAGSDIREKTORATET  
HYDROLOGISK AVDELING

**KLØVTVEIT KRAFTVERK  
KONSEKVENSER FOR VANNTEMPERATUR OG  
ISFORHOLD VED EN UTBYGGING**

**OPPDRAGSRAPPORT**

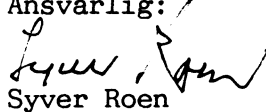
**3 - 89**

**NORGES  
VASSDRAGS- OG ENERGIVERK  
BIBLIOTEK**

# OPPDRAKS RAPPORT

3-89

Rapportens tittel:  <i>KLØVTVEIT KRAFTVERK. KONSEKVENSER FOR VANNTEMPÉRATUR OG ISFORHOLD VED EN UTBYGGING</i>	Dato: 1989-03-14  Rapporten er: Åpen  Opplag: 50
---	--

Saksbehandler/Forfatter:  Arve M. Tvede Iskontoret	Ansvarlig:  Syver Roen
---	---

Oppdragsgiver:  <i>BERGENSHALVØENS KOMMUNALE KRAFTSELSKAP</i>
---

<p>Sammendrag:</p> <p>Nåværende vanntemperaturforhold og isforhold i vassdraget og i Austgulfjorden er beskrevet. Tross sitt maritime klima har Austgulfjorden lett for å islegge seg når det inntreffer kulde, men isforholdene er svært variable pga. det ustabile vinterværet. Også isforholdene på Kløvtveitvatn er variable med variasjoner mellom en og seks måneders isperiode. Brukerinteressene er knyttet til ishindringer for båttrafikken til Oppdalsøyra og skiferdsel over Kløvtveitvatn, Austgulvatn og Transdalsvatn.</p> <p>Den foreslåtte utbyggingen vil kunne føre til noe større fluktasjoner i vanntemperaturen i de elver som får redusert vassføring. Disse elvene kan også bli islagt noe tidligere på forvinteren. Isforholdene på Kløvtveitvatn vil bli dårligere enn i dag, spesielt i vintre med tidlig islegging da det ikke kan regnes med brukbar is til skiferdsel. På Austgulvatn og Transdalsvatn ventes bare små endringer. Isforholdene i Austgulfjorden ventes i hovedsak å bli som i dag, bortsett fra i kalde, nedbørfattige vintre da det kan bli en tendens mot tykkere og sterkere is i ytre deler av fjorden. Utenfor kraftverket vil det holde seg et åpent område som i kalde perioder strekker seg ca. 200 m ut fra avløpstunnelen. I lengre mildværsperioder kan denne råka utvide seg noe og medvirke til at isen ellers i fjorden brytes raskere opp av vind og bølger.</p> <p style="text-align: center;"><b>NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIVERK BIBLIOTEK</b></p>
---

## FORORD

I forbindelse med at Bergenshalvøens Kommunale Kraftselskap planlegger kraftutbygging i området sør for Austgulfjorden i Gulen kommune, er Iskontoret ved Hydrologisk avdeling bedt om å vurdere mulige virkninger på vanntemperaturen og isforholdene i de berørte deler av vassdragene og i fjorden.

Foreliggende rapport bygger derfor dels på de tidligere vurderinger som er gjort om Kløvtveitprosjektet i "Samlet Plan". Kartlegginger av isforhold i fjorden er foretatt siden 1987. I rapporten er presentert resultater av disse målinger og materiale samlet under befaringer.

Rapporten inneholder en kort beskrivelse av vassdragene og oversikt over de utbyggingsplaner som ligger til grunn for vurderingen. De nåværende vanntemperatur- og isforhold er beskrevet og virkningen av den foreslåtte regulering på disse er vurdert.

Manuskriptet til rapporten er gjennomlest av Bergenshalvøens Kommunale Kraftselskap før trykkingen.

Mulige virkninger av vassdragsregulering på vanntemperatur- og isforhold i berørte vassdrag og tilstøtende fjorder er behandlet generelt i en egen rapport fra Iskontoret (VH 4-77), og det henvises til denne.

Oslo, mars 1989



Arne Tollan  
avdelingsdirektør

## INNHOOLD

	Side
1. UTBYGGINGSPLANENE	3
2. KLIMA OG HYDROLOGI	3
3. DAGENS VANNTEMPERATUR OG ISFORHOLD	6
3.1 Isforhold på Kløvtveitvatn og i elvene	6
3.2 Isforholdene på Austgulfjorden	11
3.3 Brukerinteresser knyttet til is	12
4. KONSEKVENSER AV EN EVENTUELL UTBYGGING	12
4.1 Vanntemperaturen i elvene	12
4.2 Isforholdene i elvene og på innsjøene	13
4.3 Isforholdene på Austgulfjorden	13

## 1. UTBYGGINGSPLANENE

Planene er skissert i fig. 1. Kløvtveitvatn blir hovedmagasinet, dette vatnet har normalvannstand (NV) på 406.5 m o.h. Utbyggeren tenker seg en permanent senkning av vatnet slik at høyeste regulerede vannstand (HRV) blir 398.5 m o.h. og med senkningsmuligheter ned til 360.0 m (LRV). Dette gir en reguleringshøyde på 38.5 m og et magasinvolument på ca.  $16 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Fra Kløvtveitvatn tas vannet inn i en tunnel på LRV like vest for det naturlige utløpet og føres horisontalt gjennom fjellet mot Austgulfjorden. Fra tunnelåpningen går vannet i rørgate ned til Kløvtveit kraftverk som blir liggende i dagen like ved Kløvtveitelas utløp i fjorden. Kraftverket får en installasjon på 7.6 MW og en slukeevne på ca.  $3.0 \text{ m}^3/\text{s}$ .

For å kunne utnytte magasinkapasiteten i Kløvtveitvatn overføres avløpet fra Transdalsvatn og Austgulvatn til Kløvtveitvatn. Transdalsvatn får NV = HRV i Kløvtveitvatn og avløpet kan gå i en tilnærmet horisontal tunnel fra nordenden av vatnet. Austgulvatn ligger lavere enn HRV i Kløvtveitvatn og må derfor pumpes gjennom en tunnel med inntak i vestenden av vatnet. Pumpingen krever at Austgulvatn kan reguleres mellom 385.3 og 384.3 m o.h. Transdalsvatn og Austgulvatn drenerer naturlig til Yndesdalsvassdraget som har avløp til Fensfjorden. De overførte feltene har et areal på  $7.0 \text{ km}^2$  slik at det totale utnyttete feltet blir  $11.4 \text{ km}^2$ . Den gode magasinmuligheten i Kløvtveitvatn og den jevne fordelingen av avrenningen over året tilsier at kraftstasjonen kan kjøres jevnt hele året forutsatt at nedbøren er noenlunde normal. Austgulfjorden har et naturlig dreneringsområde på ca.  $53 \text{ km}^2$  regnet ut til Livresundet. Etter utbygging vil dreneringsarealet øke til ca.  $60 \text{ km}^2$ , men fortsatt vil ca. 80 % av dette arealet være uregulert.

## 2. KLIMA OG HYDROLOGI

Klimaforholdene i utbyggingsområdet er preget av den kystnære beliggenheten med milde vintrer og stor nedbør. Det er ingen klimastasjoner ved Austgulfjorden, den nærmeste stasjon i drift er i Takle ca. 5 km nordøst for Austgulen. Stasjonen ligger 39 m o.h. I tabell 1 er tatt ut en del lufttemperaturdata fra Takle og fra Modalen, 104 m o.h., sistnevnte stasjon ligger ca. 35 km øst for Austgulfjorden. Normalverdiene viser at vinteren er 3-4 °C kaldere i Modalen enn i Takle, sannsynligvis beskrives vinterklimaet ved Austgulfjorden best ved å anta verdier som ligger et sted mellom de to stasjonene. For å analysere isforholdene ved fjorden hadde det også vært nyttig å hatt vindmålinger tilgjengelig. Utsagn fra lokalfolk antyder at det ofte blåser østavind, dvs. ut Austgulfjorden, i kaldværsituasjoner. Den dominerende vindretningen er imidlertid fra vest.

Verdier for lufttemperaturen fra vinteren 1987-88 er også tatt med i tabell 1. Denne vinteren var preget av temperaturer over det normale i alle vintermånedene, mens november og mars var litt kaldere enn normalt. Spesielt var januar mild og det var nesten ikke temperaturer under frysepunktet. Vinterens laveste temperatur kom så sent som midt i mars.

# KLØVTVEIT KRAFTVERK

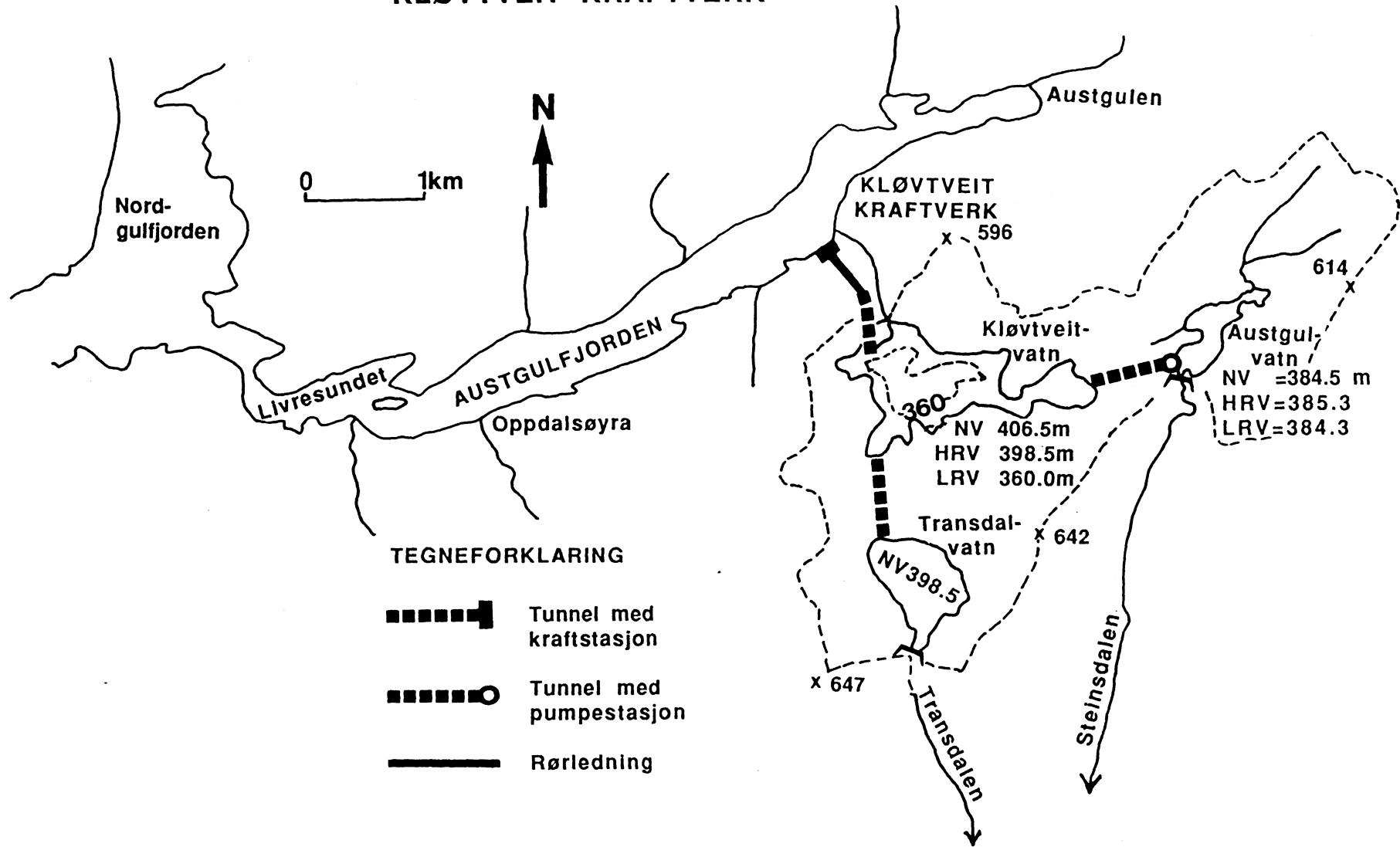


Fig. 1. Kart som viser utbyggingsplanen og navn det ellers refereres til i rapporten.

Lufttemperaturer

	Nov.	Des.	Jan.	Febr.	Mars
Takle, normal	5.2	2.9	1.1	0.9	2.4
Takle, middel 1987-88	4.5	3.5	3.4	2.4	1.1
Takle, kaldest 1987-88	-2.7 (27.)	-4.5 (8.)	-3.7 (25.)	-5.7 (26.)	-7.2 (17.)
Modalen, normal	2.6	0.1	-2.1	-2.4	0.2
Modalen, middel 1987-88	2.2	-0.4	1.4	0.1	-1.2
Modalen, kaldest 1987-88	-6.8 (27.)	-10.3 (8.)	-5.2 (8.)	-11.6 (26.)	-13.8 (17.)

Tabell 1.

Som nevnt er nedbøren stor i dette området. Avrenningen fra Kløv-  
tveitvatn er målt siden 1922 og tallene fra avløpsstasjonen viser  
en normal avrenning på 134 l/s km<sup>2</sup>. Dette tilsvarer en nedbørhøyde  
på 4166 mm. Avrenningskartet fra NVE, Hydrologisk avdeling antyder  
at normalavrenningen fra hele feltet til Austgulfjorden er ca.  
115 l/s km<sup>2</sup>. Ut fra dette er det i tabell 2 beregnet månedsmiddel-  
verdier for tilsiget til fjorden.

Normale vassføringer i m<sup>3</sup>/s

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Fra Kløvtveitvatn, uregulert	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	0.4	0.5	0.8	0.8	0.8	0.7
Til Austgulfjorden, uregulert	6.3	5.2	5.2	6.3	6.3	5.2	4.3	5.2	8.6	8.6	8.6	7.4
Fra kraftstasjonen, regulert	1.9	1.7	1.5	1.5	1.3	1.0	1.0	1.0	1.2	1.7	1.9	2.0

Tabell 2.

Det er også i tabell 2 tatt med verdier for avløpet fra kraft-  
stasjonen. Disse verdiene er tatt ut fra de driftssimuleringene ut-  
byggeren har foretatt. Det regulerte avløpet fra kraftstasjonen er  
i alle månedene langt mindre enn det uregulerte tilsiget fra rest-  
feltet og utgjør på det meste 25 % av totaltilsiget til Austgul-  
fjorden. Det må imidlertid understrekes at dette er månedsmiddel-  
verdier og at dette forholdstallet kan variere meget ved kortere  
tidsintervaller.

Utbyggeren har simulert driften av kraftverket i tre hydrologisk ulike år. Kurvene er gjengitt i fig. 2-4 og viser bl.a. at driften i vintermånedene ikke vil variere særlig mye fra år til år, de største variasjonene ser ut til å ville kunne komme om sommeren.

I fig. 5 er tatt med avrenningen fra Kløvtveitvatn i 1987 og 1988. Det er verdt å merke seg at avrenningen var stor i desember 1987 og i januar 1988, mens den var liten i februar og mars.

### 3. DAGENS VANNTEMPERATUR OG ISFORHOLD

Det ble satt i gang kartlegging av isforholdene i Austgulfjorden i november 1987. Fra Kløvtveitvatn finnes det noen notater om datoer for islegging og isløsning i perioden 1950-1970. Ellers er isforholdene beskrevet ut fra observasjoner i sammenliknbare vassdrag og opplysninger gitt av lokalfolk. Det er ikke funnet påkrevd å sette i gang vanntemperaturmålinger i forbindelse med de foreliggende utbyggingsplaner. Vanntemperaturen i elvene fra Kløvtveitvatn, Transdalsvatn og Austgulvatn antas å være likeartet. Vintertemperaturen vil ligge nær frysepunktet fra desember til mars og stiger deretter utover våren og forsommeren til et maksimum på 13-17 °C i juli/august. Deretter synker temperaturen igjen utover høsten.

#### 3.1 Isforhold på Kløvtveitvatn og i elvene

Isnotatene fra vannstandsøkene fra Kløvtveitvatn er gjengitt i tabell 3. Mediandato for helt islagt vatn var 1. januar og tilsvarende dato for isfritt vatn 12. mai. Det er imidlertid store variasjoner fra år til år, korteste islagte periode var i 1956-57 med litt over en måned, mens det vinteren 1969-70 var islagt i 6 måneder. Dette viser at isforholdene på Kløvtveitvatn er variable og at det ikke kan regnes med farbar is hver vinter. I vintrer med stabilt og kaldt vær kan en imidlertid regne med god is fra årsskiftet til ut april. Isforholdene på Transdalsvatn og Austgulvatn kan en regne med er omtrent som på Kløvtveitvatn, muligens med litt tidligere islegging pga. mindre vanddyp.

Isforholdene i elvene fra de ovennevnte vatn vil være enda mer variable enn på vatna. Det ustabile vinterklimaet vil føre til en veksling mellom kuldeperioder og mildvær og det kan normalt ikke regnes med noe stabilt isdekke i elvene unntatt på rolige, stilleflytende partier. Det er ikke mottatt opplysninger om at isganger i elvene forårsaker noen skader eller ulemper.



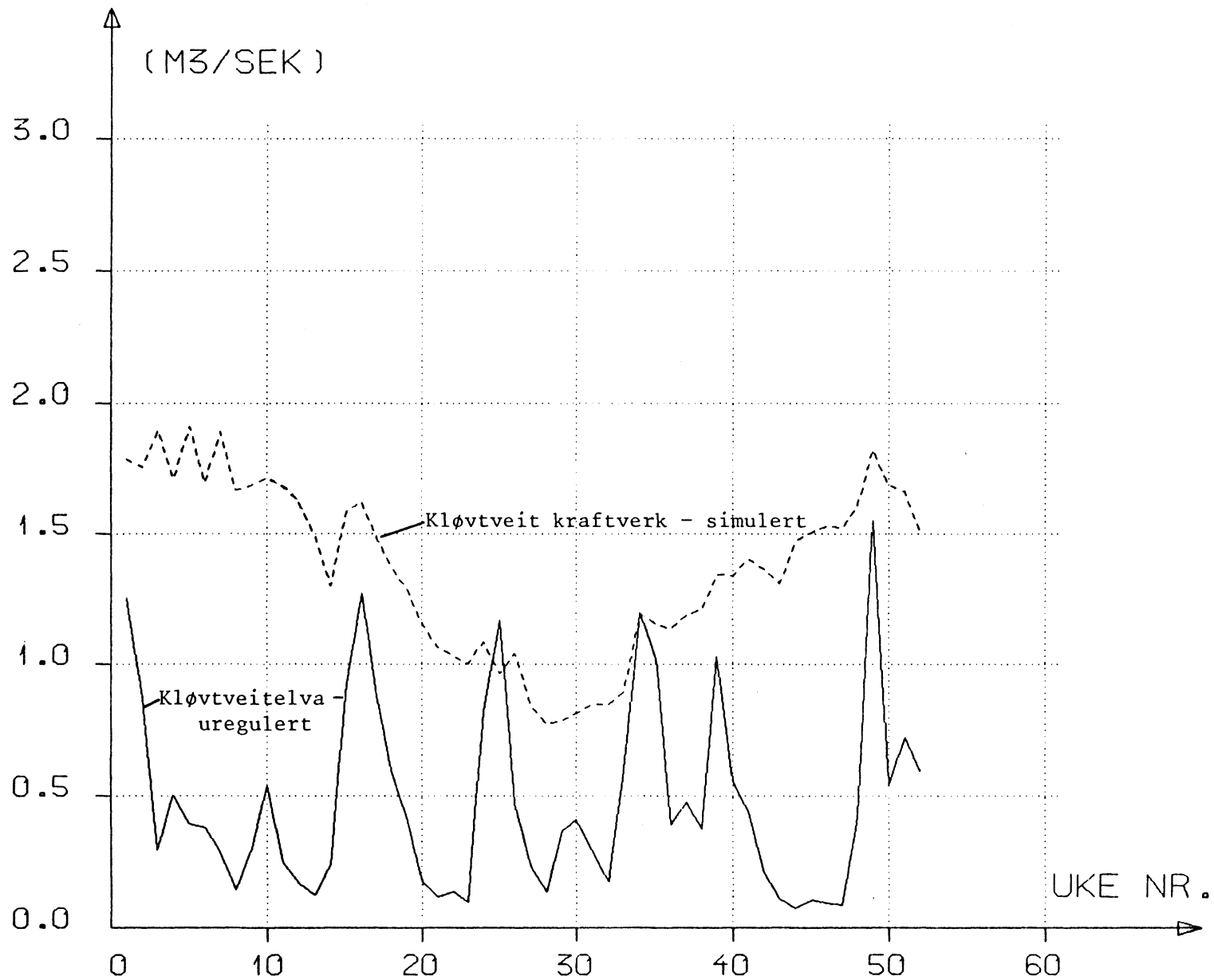


Fig. 2. Ukesmiddelavløp til Austgulfjorden i et vannfattig år (1960) fra uregulert Kløvtveitelva (heltrukket) og fra simulert drift av Kløvtveit kraftverk (stiplet). Figuren er utarbeidet av utbyggeren.

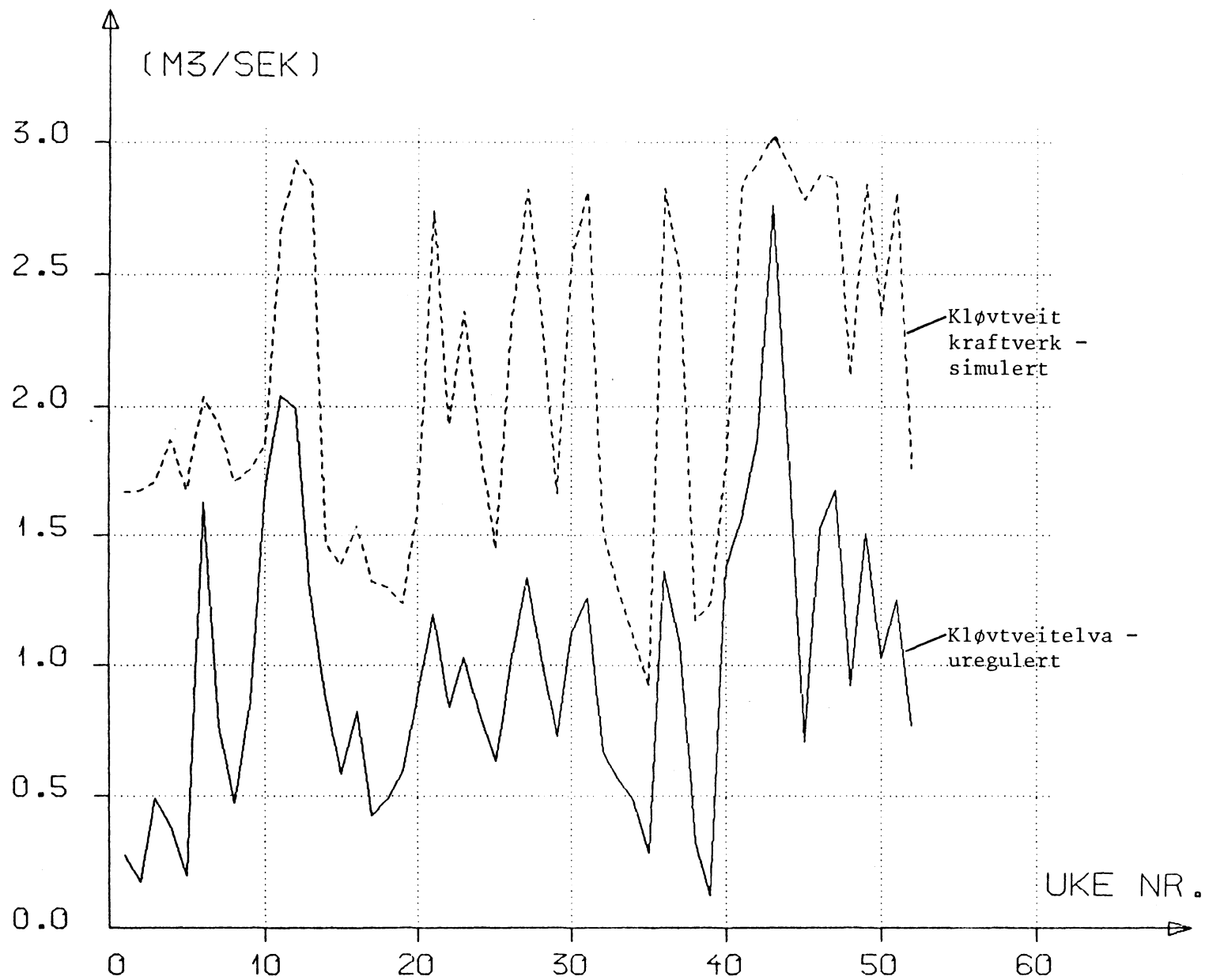


Fig. 3. Ukesmiddelavløp til Austgulfjorden i et vannrikt år (1967) fra uregulert Kløvtveitelva (heltrukket) og fra simulert drift av Kløvtveit kraftverk (stiplet). Figuren er utarbeidet av utbyggeren.

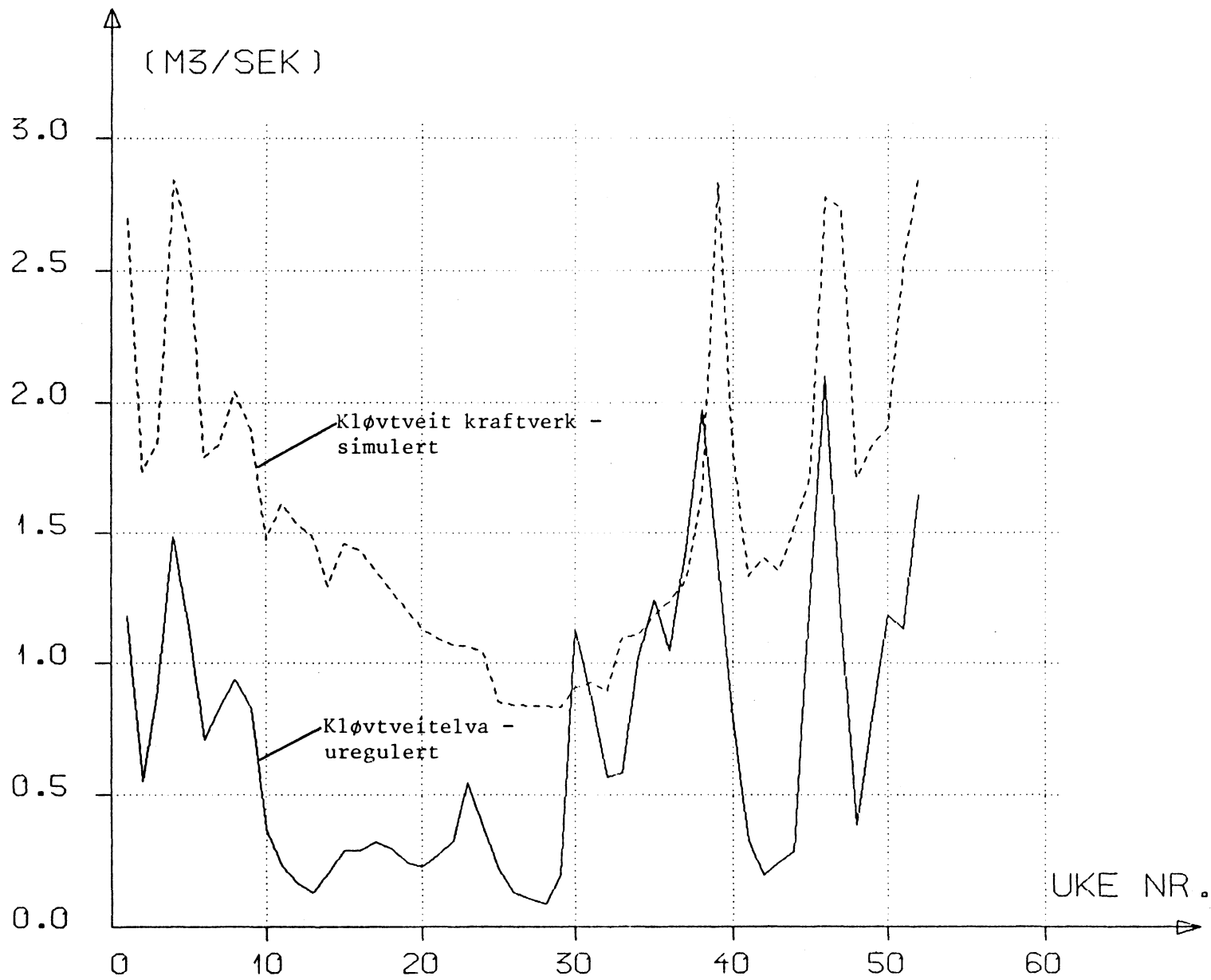


Fig. 4. Ukesmiddelavløp til Austgulfjorden i et "normalår" (1974) fra uregulert Kløvtveitelv (heltrukket) og fra simulert drift av Kløvtveit kraftverk (stiplet). Figuren er utarbeidet av utbyggeren.

VANNFØRINGSDATA (UKESMIDLER) FOR STNR: 603-0 KLØVTVEITVATN

ÅR: 1987:  1988: 

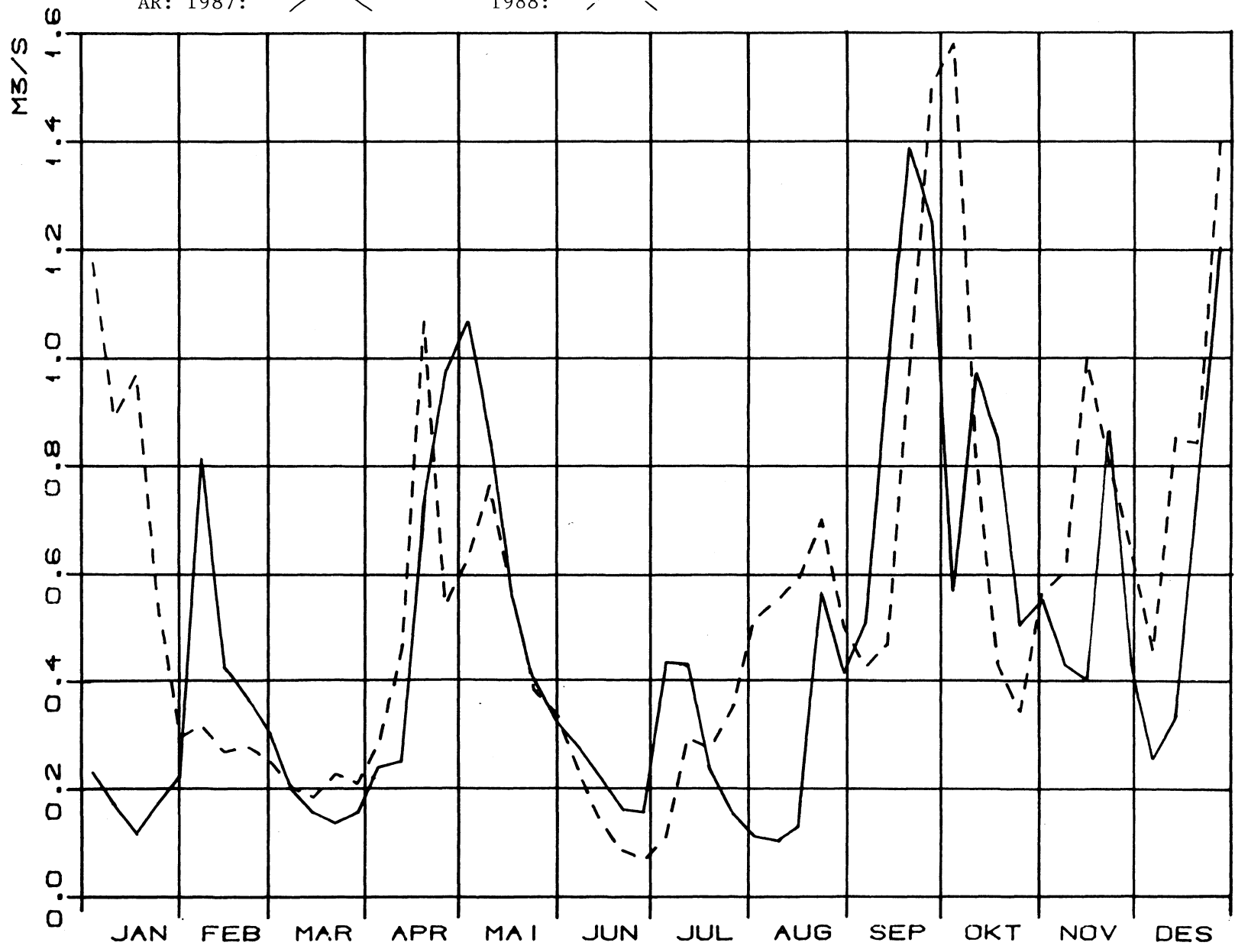


Fig. 5. Målt ukemiddelavløp fra Kløvtveitvatn i 1987 og 1988.

Kløvtveitvatn  
Oversikt over isforhold

Vinteren	Isdannelse Dato	Islagt Dato	Isløsning Dato	Isfritt Dato
1950-51	-	01.01.	-	26.05.
51-52	17.01.	-	-	25.04.
52-53	22.01.	-	-	20.05.
53-54	16.01.	17.01.	10.05.	14.05.
54-55	-	25.12.	17.05.	23.05.
55-56	16.12.	01.01.	04.05.	08.05.
56-57	21.12.	Fl. isleg. 20.03.	07.04.	23.04.
57-58	08.12.	Fl. isleg. 01.01.	-	09.05.
58-59	09.12.	Fl. isleg. 03.03.	03.04.	14.04.
59-60	06.12.	Fl. isleg. 01.02.	01.04.	25.04.
1960-61	-	05.12.	16.03.	25.03.
61-62	-	18.12.	11.05.	07.06.
62-63	-	06.12.	04.05.	12.05.
63-64	-	22.01.isl. 23.01.isf.	03.03. 11.04.	14.04.
64-65	17.01.	18.01.	30.04.	11.05.
65-66	15.11.	19.11.	18.05.	28.05.
66-67	07.12.	12.12.	03.03.	19.03.
67-68	-	17.01.	25.05.	28.05.
68-69	24.12.	Fl. isleg. 13.02.	10.05.	20.05.
69-70	-	20.11.	06.06.	10.06.
1970-71	-	26.12.	05.05.	12.05.
Tidligste	15.11.	19.11.	03.03.	19.03.
Øvre kvartil	08.12.	12.12.	05.04.	24.04.
Median	18.12.	01.01.	04.05.	12.05.
Nederste kvartil	16.01.	01.02.	14.05.	24.05.
Seneste	22.01.	20.03.	06.06.	10.06.

Tabell 3.

### 3.2 Isforholdene på Austgulfjorden

Utsagn fra lokalfolk tyder på at Austgulfjorden normalt er islagt en periode hver vinter, men at det er store variasjoner fra vinter til vinter. I kalde, stabile vintre kan isen ligge ut til Livresundet fra november til mars, mens det i vintre med ustabil vær vil være flere isperioder. Austgulfjorden har mer is enn andre fjorder i Nordhordland, dette må tilskrives en kombinasjon av stort ferskvannstilsig og det trange utløpet mot den åpne Gulafjorden. Det trange Livresundet vil bidra til at ferskvannet holder seg lenger i overflatelaget. Dessuten vil bølger og vind ikke så lett kunne bryte opp et etablert isdekke som i en åpen fjord.

Isforholdene vinteren 1987-88 er kartlagt. Som nevnt i kap. 2 var dette en mildere vinter enn normalt og det må antas at det var mindre is enn normalt. Det er på neste side satt opp en oversikt

over isperiodene i tre områder i fjorden (se fig. 1).

#### Perioder med islagt fjord vinteren 1987-88

Til Livresundet	Til Oppdalsøyra	Til Kløvtveit
16.-18.12.	24.11.-07.12.	23. -29.11.
24.-30.01.	16. -18.12.	16. -18.12.
07.-08.02.	24. -30.01.	24. -30.01.
24.-28.02.	07. -27.02.	07.02.-02.03.
		15. -22.03.
i alt 17 døgn	i alt 44 døgn	i alt 48 døgn

Det var altså 4-5 isperioder denne vinteren avbrutt av lengre isfrie perioder. I de korte periodene med is først på vinteren var isen tynn og ble lett brutt i stykker, i februar og mars ble isen tykkere og ble derfor mer motstandsdyktig. Tross den milde vinteren var det likevel en del is i Austgulfjorden. Dette bekrefter utsagnene om at denne fjorden har lett for å islegge seg så snart lufttemperaturen kommer under frysepunktet og det er lite vind.

Vinteren 1988-89 har så langt (mars) vært enda mildere enn foregående vinter og det har vært en særdeles urolig værtype med hyppige stormer fra vest. I november var det likevel noen roligere dager og Gulafjorden frøs til allerede 02.11. Isen gikk fort opp igjen, men også 19.-23.11. og 01.12.-07.12. var det is i fjorden. Mellom 08.12. og 17.02. var fjorden isfri, mens det var tynn is 17.-18.02.

### 3.3 Brukerinteresser knyttet til is

Kjøpmannen i Oppdalsøyra får omtrent hver 14. dag forsyninger av kraftfôr med lastebåt til kaia på Oppdalsøyra. Denne båten kan ikke gå inn i fjorden dersom isen er tykkere enn 2-3 cm. Lasten må da tas av båten i Guløy og kjøres med bil til Oppdalsøyra. Når isen er sikker nyttes den til fritidsaktiviteter.

På ettervinteren er det en del skiløpere som nytter isen på Kløvtveitvatn, Transdalsvatn og Austgulvatn. Friluftssinteressene har tegnet inn de vanligste løypetraseene på et kart. Dette kartet viser bl.a. en løype som går på isen langs sørsiden av Kløvtveitvatn.

## 4. KONSEKVENSER AV EN EVENTUELL UTBYGGING

### 4.1 Vanntemperaturen i elvene

Både Kløvtveitelva og elvene fra Austgulvatn og Transdalsvatn vil få sterkt redusert vassføring hele året. Dette vil kunne gi større

fluktuasjoner i vanntemperaturen enn i dag. Fluktuasjonene vil følge fluktuasjonene i værforholdene tettere, slik at maksimums-temperaturene kan bli høyere i godværsituasjoner og minimums-temperaturene kan bli lavere i kalde netter. Fordi den utjevne effekten av innsjøene forsvinner vil også temperaturen kunne synke noe raskere utover høsten.

#### 4.2 Isforholdene i elvene og på innsjøene

Alle elvene som får redusert vassføring vil kunne islegge seg noe tidligere på høsten og isforholdene vil kunne bli mer stabile pga. mindre vassføringsvariasjoner, men fortsatt vil isen kunne komme og gå med vekslende værforhold. Dersom det bygges terskler i disse elvene vil terskelbassengene få stabile isforhold det meste av vinteren og isen kan ligge lenger utover våren enn den gjør i dag på samme elvestrekning.

Korttidsregulering av Austgulvatn under perioder med pumping over til Kløvtveitvatn vil kunne medføre noe svekking av isen i strandsonene og oppvatning når vannstanden stiger igjen. I området nær pumpestasjonen kan isen svekkes noe og tidvis kan det bli en råk. Dette området bør sikres for å unngå at skiløpere går gjennom isen. På Transdalsvatn vil det også kunne bli en råk ved tunnelinntaket som bør sikres, ellers ventes ingen endringer på dette vatnet.

Isforholdene på Kløvtveitvatn vil endres en del pga. den kraftige reguleringen som er foreslått. Ved alle tunnelåpninger blir det områder med svak is og til dels åpent vann. I det trange sundet som deler Kløvtveitvatn i en østre og en vestre del må en også regne med svekket is og delvis åpent når det pumpes fra Austgulvatn. Ved full nedtapping av Kløvtveitvatn vil det bare være igjen et lite område i vestre delen av vatnet som er vanddekket, se fig. 1. Dersom isen har lagt seg på en høy vannstand vil det kunne bli en brei sone med oppsprukket is etter hvert som vannstanden senkes. Dersom isen først legger seg på en lav vannstand så vil sonen med oppsprukket is bli smalere. Som beskrevet i kap. 3.1 er også de naturlige isforholdene meget variable fra vinter til vinter. I hovedsak må en regne med at isforholdene på Kløvtveitvatn ikke vil bli gode nok for evt. ferdsel på ettervinteren i vintre med tidlig islegging. I vintre med sein islegging kan det fortsatt bli mulig å krysse vatnet på ski dersom en unngår de områdene med svekket is som er nevnt ovenfor. Det ustabile vinterværet vil de fleste vintre gi perioder med midlertidig stigning i vannstanden og under slike perioder vil isen bli landløs og ferdsel ikke mulig.

#### 4.3 Isforholdene på Austgulfjorden

Som påpekt tidligere i kap. 2 vil det aller meste av tilsiget til Austgulfjorden fortsatt være uregulert også etter utbyggingen. Det ser også ut som det ikke er ferskvannsmengden som i dag begrenser isleggingen, men heller værforholdene og da spesielt mangel på kulde. Er det kaldt nok ser det ut til at fjorden lett fryser til. Det tilskuddet som utbyggingen vil gi av ferskvann ventes derfor ikke å ville gi noen større endringer i de generelle isforhold i

Austgulfjorden eller i Nordgulfjorden. Det vil fortsatt være værforholdene som styrer isleggingen og isløsningen. En mulig reservasjon må gjøres for seinvinteren i år med svært lite uregulert tilsig. Dette vil vanligvis være vintrer med kaldt vær. I slike situasjoner kan det bli en tendens mot tykkere og sterkere is i området fra Kløvtveit og ut til Oppdalsøyra.

Avløpsvannet fra kraftverket vil holde en temperatur på 1-3 °C det meste av vinteren. Utenfor kraftverket vil det bli en åpen råk hvor avløpsvannet avkjøles. Størrelsen på denne råka vil varierer en del avhengig av værforhold, vassføring og temperaturen på driftsvannet og fjordisens tykkelse. I kalde perioder, f.eks. ved -10 °C og stille vær hvor fjorden ellers er stabilt islagt, ventes det åpne området utenfor kraftstasjonen å strekke seg ca. 200 m utover fra land og få en bredde på 50-100 m, forutsatt at kraftverket kjøres med ca. 2 m<sup>3</sup>/s. Dette betyr at råka vil strekke seg over halve fjordbredden. Under lengre mildvær kan råka etter hvert utvide seg og det kan bli et åpent område tvers over fjorden. Dette vil igjen kunne føre til tidligere isløsning i området utenfor Kløvtveit fordi vind og bølger vil kunne bryte opp isen i råkanten.