Olaf Devik og Carl A. Boe

Om innflytelsen av Tokke-Vinjereguleringen på isforholdene i kanalen mellom Hogga dam og Ulefoss dam.

1. Innledning

Vår forrige betenkning for dette skjønn, "Om innflytelsen av Tokke-Vinje-reguleringen på isforholdene i Vestvannene mellom Lauvvik i Bandak og Hogga dam" trykt i februar d.å., omhandlet bl.a. endringer ved isforholdene i øvre del av kanalen, dvs. ovenfor Hogga dam. Vi vil i denne betenkning drøfte hvilken innflytelse vi mener reguleringen har hatt på isforholdene i den del av kanalen som ligger mellom dammene ved Hogga og Ulefoss.

Til bruk ved våre studier har NVE sendt oss et fyldig hydrologisk materiale, hvor vi særlig har hatt nytte av en rekke grafiske fremstillinger av vann-standsvariasjonene ved Kjeldal, Lunde, Vrangfoss og Ulefoss sluser. Vi har likeledes merket oss driftsbestyrer Talseths betenkning av 20. november d.å. angående vannstandsvariasjonene.

Når det gjelder isforholdene på den strekning som skal behandles her, har vi forstått partenes prosessfullmektiger derhen, at det er av særlig interesse å få en uttalelse om hvilke endringer vi mener har funnet sted på Nomevann og på flere avstengte evjer som delvis har vært brukt eller fremdeles er i bruk som isveier eller som tømmeropplagsplasser. Vi har derfor ved våre be-faringer først og fremst tatt evjene i øyesyn. Således hadde vi i august d.å. sammen med gårdbruker Paul Nordby som kjentmann, en befaring til Øster-åen, Grotevja, Nomevann, evjene ved Steinhaug, Tveitanevja og Barlaugevja. Vi hadde på denne befaring anledning til å tale med flere av grunneierne.

2. Oversikt

Vi kan i korthet beskrive kanalstrekningen Hogga-Ulefoss slik:

Strekning	Lengde (km)	Ca. høyde (m o.h.)	Karakteristikk (evjer o.a.)
Hogga-Kjeldal	1,8	65	Forholdsvis bred og rolig uten utpregede evjer.
Kjeldal-Lunde	2,7	62	Øvre del trang, nedre del bredere med bl.a. Grotevja like ved Lunde sluse.
Lunde-Vrangfoss	7,8	59	Bred og rolig bortsett fra Steinfoss og strekningen nedenfor Steinhaug. Foruten den store avsnøringen, Nomevann, også en rekke betydelige evjer. De viktigste av disse er Østeråen, Barlaugevja, Tveitanevja og buktene ved Steinhaug.
Vrangfoss-Eidsfoss	1,2	36	Trang, særlig i øvre del.
Eidsfoss-Ulefoss	3,0	26	Bred og rolig. Ingen utpregede evjer bortsett fra Heisholtevja.

Vi minner om at de endringer som fant sted i denne del av vassdraget som følge av Tokke-Vinjereguleringen, i hovedsaken kan tidfestes til igangsettelsen av de fire aggregatene ved Tokke 1, dvs. til tidsrommet august 1961-november 1962.

Tokke-Vinjereguleringen kan tenkes å ha påvirket isforholdene på kanalstrekningen ved endringer i:

1. Vannføring og strømforhold.
2. Vannstandsvariasjoner.
3. Vanntemperatur og varmemengde.

I de følgende avsnitt vil dette bli nærmere behandlet.

3. Forandring av vannføringen ved gjennomføring av Vestvannenes regulering (fra 1892) og av Tokkereguleringen (fra 1961).

I 1892 ble regulering gjennomført for Vestvannene med reguleringsdam og sluse ved Hogga. Referert til Strengen vannmerke ble reguleringsgrensene 72,00 og 70,00, svarende til et magasinvolum på 126 mill. m³ (jfr. Iskontorets rapport 2/68, s. 8). Før denne regulering var lavvassføringen ca. 8 m³/s og man

regnet med at etter reguleringen ville lavvannføringen normalt bli ca. 25 m³/s ved Strengen Vm (jfr. vår uttalelse av febr. 1968, s. 12). Skulle forskjellen, 17 m³/s, dekkes av magasinet ved jevn tapning ville 126 mill. m³ forbrukes i løpet av 86 døgn, eller praktisk talt i løpet av tre måneder.

En bør merke seg at ved en slik regulering vil årsavløpet, regnet på grunnlag av en lengere årrekke, være det samme som før reguleringen, men fordelingen innenfor året er forandret - vintervannføringen er økt på bekostning av vannføringen i resten av året. (En hensiktsmessig årsperiode er det såkalte hydrologiske år, 1. sept. - 31. aug.).

Ved reguleringen av 1892 ble således Tokkevassdraget delvis regulert, og vintervannføringen ble på forhånd beregnet til ca. 25 m³/s ved Strengen Vm.

Til sammenlikning foreligger nå beregninger som er utført av NVE's hydrologiske avdeling over vannføringen ved Strengen Vm, basert på vannstandsobservasjoner i perioden 1910-50. I vår uttalelse av februar 1968 er gjengitt på fig. 4 både de beregnede middelvannstander og de beregnede middelvannføringer pr. døgn i månederne januar-juli.

> På fig. 4 viser vannstandskurven for årene 1910-50 at Vestvannenes magasin bare delvis ble utnyttet. I januar-mars sank middelvannstanden fra 71,60 til 70,55, svarende til et magasin på ca. 66 mill. m³, og en tapning på 8,5 m³/s ved Strengen. Tapningsstrømmen ville øke fra null ved Dalen til ca. 3,7 m³/s ved Bandaks utløp, 6,4 m³/s ved utløpet av Kviteseidvann, og til 8,5 m³/s ved utløpet av Flåvann (Strengen). Hertil kommer så tilløpet. For tiden før 1892 ble tilløpet for lavvannsperioden oppgitt til ca. 8 m³/s. For Strengen ville det bli 16,5 m³/s. Når man på forhånd regnet med ca. 25 m³/s, var det antakelig regnet med fullt magasin 126 mill. m³, tappet i løpet av ca. 3 måneder.

Vannstanden målt ved Strengen korresponderer med vannstanden i Flåvann og angir dermed riktig størrelse av det magasin som Vestvannene har på det tidspunkt. Hvis det er isoppstuing i strømløpet forbi og nedenfor Strengen Vm må vannstanden korrigeres for isoppstuing når vannføringen skal bestemmes. Men om isoppstuingen foreligger det ikke direkte opplysninger.

> De registrerkurver, opptatt med limnigraf, og som ble gjengitt i vår uttalelse av februar 1968, og den analyse som ble gitt der på s. 12-13, viser at vannstanden ved Strengen påvirkes sterkt av profilet i det nokså smale elveparti mellom Saltevja og Hogga, når vannføringen er moderat. Det er da klart at også isforholdene nedenfor Strengen kan bevirke isoppstuing for vannmerket ved Strengen.

De foreliggende beregninger av middelvannføringen har ikke kunnet baseres på nogen detaljert beregning av isoppstuingen ved Strengen vannmerke. Middelkurven for vannføring i perioden 1910-50 er gjengitt på fig. 4 i vår utredning av februar 1968, og vi avleser for januar-mars et gjennomsnitt på

ca. 37 m³/s, som må ligge adskillig over den rette verdi.

I vår uttalelse av februar 1968, s. 8 og s. 10, er notert følgende om isforholdene i strømmene:
"Islegging av Straumene mellom Bandak og Kviteseidvann var praktisk talt årviss tidligere. De fleste vintrene var isen også kjørbar en viss tid!"
"Fjågesund la seg ganske ofte i tidligere vintrer, men isleggingen var ikke årviss. Isen var av og til kjørbar i kortere perioder!"
"I kanalen mellom Flåvann og Hogga dam har det alltid vært lite is. Dog hendte det tidligere at den la seg for kortere perioder. I streng kulde har det også hendt at den har vært kjørbar over de bredeste og mest strømstille partier!"

Dette viser at vannet som kom ut fra Bandak hadde liten overtemperatur, det samme var tilfellet i Fjågesund, og vanntemperaturen var kanskje ubetydelig høyere i utløpet av Flåvann. De åpne elvestrømmene i utløpet av vannene er utsatt for en effektiv avkjøling, og isproduksjon vil starte et stykke nedenfor utløpet med vekst av strandis.

Det blir isoppstuing også om det er et åpent strømfar i elven med strandis på begge sider, altså før isen "la seg!" Etter det opplyste må det da i perioden 1910-50 ofte ha vært isoppstuing ved Strengen Vm, og den korrigerte vannføring har antakelig vært mellom 20 m³/s og 30 m³/s.

Etter at Tokkereguleringen ble gjennomført og Tokke I satt i drift (fra 1961-62) er vintervannføringen øket sterkt som vist på fig. 4 for perioden 1961-66. I januar-mars var den beregnede middelvannføring i gjennomsnitt ca. 63 m³/s. Om isforholdene i straumene mellom vannene er det opplyst følgende:

"Etter reguleringen har Straumane enten vært isfrie hele vinteren eller bare hatt kortvarige perioder med ufarbar is!"

"Etter reguleringen legger isen seg sjelden i Fjågesund og er aldrig nyttbar!"

"Etter igangsettelsen av Tokke I har kanalen (mellom Strengen og Hogga) vært åpen hver vinter!"

Dette tyder på at vannet som kommer fra Bandak, Kviteseidvann og Flåvann har litt høyere temperatur enn tilfellet var før reguleringen. Sammen med den sterkt økte vintervannføring betyr det mindre is og mer åpent vann i strømmen forbi Strengen, og følgelig mindre isoppstuing enn tidligere. Den korrigerte middelvannføring i januar-mars har antakelig vært mellom 50 m³/s og 60 m³/s.

(Vi kommer tilbake til spørsmålet om vanntemperaturen i avsnitt 5).

Denne analyse gjelder midlere vannføring i månederne januar-mars. Fig. 4 viser at for perioden 1910-50 øket vannføringen sterkt i mai i forbindelse med vårløsningen. For perioden 1961-66, etter Tokkereguleringen, var derimot økningen i mai meget mindre.

> Fig. 5 med kurver for minimum av vannføringen viser at Tokkereguleringen omtrent fordoblet minimumsvannføringen i januar-mars og ga enda sterkere økning i april-mai.
> Fig. 6 med kurver for maksimum av vannføringen viser liten forskjell i januar-mars, men Tokkereguleringen reduserte flomtoppen sterkt under vårløsningen.
> Kort uttrykt kan man si at Tokkereguleringen demper ned de store avvikelser fra middelvannføringen som minima og maksima representerer.

Vi kommer etter dette frem til følgende resultat:
I det tidsrom av vinteren da isforholdene har trafikkmessig betydning kan vi regne med at Tokkereguleringen praktisk talt har fordoblet vintervannføringen mellom Hogga og Ulefoss, sammenliknet med årene 1892-1960.

Dette får virkning både på vannstand og vannhastighet på strekningen Hogga-Ulefoss. Hvor elveløpet er forholdsvis smalt med steile kanter vil en fordobling av vannføringen øke vannstanden, og vannhastigheten vil økes med ca. 40 %. Disse strekninger hvor hastigheten er betydelig, er lite aktuelle for istrafikk. For brede elvepartier av større utstrekning (hvor vannhastigheten er moderat) blir vannstanden lite forandret. Der vil fordobling av vannføringen gi praktisk talt dobbelt så stor gjennomsnittshastighet i strømtverrsnittet.

På hele elvestrekningen Hogga-Ulefoss har økningen av vannhastigheten gitt omrøring og dette har gitt åpent vann flere steder hvor det tidligere var lite eller dårlig is, og gjort isen usikker der den tidligere lot seg trafikere.

På Nomevann eller evjene har neppe vannføringsøkningen i Eidselven påvirket isen, bortsett fra en viss tæring på områder der svake strømsetninger når inn fra elven.

4. Vannstandsvariasjoner.

I våre tidligere betenkninger har vi kommet en del inn på den virkning variasjoner i vannstanden kan ha på isforholdene, særlig ved vekslende hevninger og senkninger av vannstanden, så det kan bli isbrekk langs land og innsig av overvann fra kantene.

Særlig vises til vår uttalelse av februar 1968, hvor konklusjonen på s. 15 og 16 omhandler virkningen av døgnregulering og ukesregulering av Tokke I.

For kanalstrekningen har vi fått tilsendt 8 vannstandsdiagrammer, TK-2018..., 2025, som dekker daglige målinger ved de fleste slusene fra en årrekke før og etter igangsettelsen av Tokke I. For å få en samlet oversikt over vannstandsvariasjonene på de strekninger som har størst interesse for bruk av isen, har vi ut fra vannstandsdiagrammene tegnet opp sammenhengende vannstandskurver for vintermånederne desember-april som vist på fig. 1, se vedlegg.

Kurvene omfatter vintrene 1954-55 til 1967-68 for Kjeldal undervann-Lunde overvann og Lunde undervann- Vrangfoss overvann samt Ulefoss overvann. - Måleseriene for Lunde har flere avbrudd, samtidig som mye tyder på at målestangen der er nivellert feil inn eller av annen grunn plassert for høyt, jfr. stort falltap mellom Kjeldal og Lunde, samt tildels lavere vannstand over lengre tidsrom ved Lunde enn ved Vrangfoss.

Etter fig. 1 å dømme var vannstandsvariasjonene mellom Kjeldal og Lunde tidligere med få unntak 5-10 cm vinterstid. Man sporer av og til en kortvarig ukentlig vannstandssenkning, formodentlig i forbindelse med helgene. Etter reguleringen er vannstandsendringene blitt færre og mindre eller til dels helt borte.

Mellom Lunde og Vrangfoss hadde vannstanden tidligere et urolig preg, men vannstandsendringene var stort sett bare av størrelsesorden 5-10 cm. Samtidig med igangsettelsen av Tokke 1 ble det foretatt en ombygging av dammen og kraftverket på Vrangfoss. F.o.m. vinteren 1962-63 fikk vannstanden også på denne strekningen et rolig preg med få og små eller til dels ingen endringer vinterstid.

Mellom Eidsfoss og Ulefoss har vi vært henvist til å la vannstanden være karakterisert ved Ulefoss overvann alene. Kurvene derfra hadde tidligere hva driftsbestyrer Talseth kaller, et "nervøst forløp," hvilket skyldtes manøvreringer av hensyn til brukene. Det var døgnvariasjoner, men også hyppigere vannstandsendringer. Størrelsesordenen var 5-20 cm, unntaksvis 30-50 cm. Etter bygging av ny dam, utbygging av kraftstasjonen og tilkopling til samkjøringen i årene 1962 og 1963 ble det mulig å holde så å si helt jevn vannstand også ved Ulefoss. Tokkereguleringen alene ser ikke ut til å ha hatt innflytelse i noen retning på vannstandsvariasjonene på denne strekningen, jfr. vannstandskurven for Ulefoss første del av vinteren 1962-63.

Som det fremgår av fig. 1 og forøvrig av de 8 vannstandsdiagrammene, TK-2018,...,1025, var det bare mellom Eidsfoss og Ulefoss at det tidligere var vedvarende vannstandsvariasjoner av betydning vinterstid. Tokke-Vinje-reguleringen synes hverken å ha forverret eller forberedt dette forhold ved noen direkte virkning. På den annen side kan man neppe se bort fra at nett-opp denne reguleringen la forholdene til rette for en utbygging av kraft-verkene ved Vrangfoss og Ulefoss og en tilknytting av disse til samkjørings-nettet, - tiltak som i sin tur førte til at de hyppige vannstandsvariasjon-ene ble borte.

Mellom Hogga og Eidsfoss har nok overvann, og i noen grad også isbrekk, forekommet tidligere, uten at det vanligvis har vært sjenerende. Mellom Eidsfoss og Ulefoss var vannstandsvariasjoner av en slik størrelsesorden at der nok var overvann, og muligens også mindre isbrekk, en eller flere ganger hver vinter. - Overvann og isbrekk som skriver seg fra vannstandsvaria-sjoner forårsaket av Tokke-Vinjereguleringen synes man imidlertid etter det foregående å kunne se bort fra.

5. Vanntemperatur. Varmemengde.

Vi har allerede i avsnitt 3 omtalt forhold som tyder på at vanntemperaturen i avsnittet Strengen-Ulefoss er blitt noe høyere vinterstid enn før, på grunn av Tokkereguleringen. Men for en nærmere analyse er det mange forhold å ta i betraktning.

For å begynne med Tokke I så har vi å regne med at avløpet fra kraftstasjonen i vintertiden har en overtemperatur som kan ligge mellom 1° og $2\ ^{\circ}C$, og den store vintervannføring representerer da tilførsel til Bandak av en stor varmemengde. Til gjengjeld er varmetapet betydelig i den øvre delen av Bandak, hvor det er mye åpent vann og tæring av isen.

Lenger nedover i Bandak vil den økte gjennomstrømning langsomt føre vann oppover fra de dypere og varmere vannlag. Noe kommer opp mot isdekket, men mesteparten føres videre med strømmen.

Iskontorets rapport 2/68 har på s. 78, fig. D-1[1] kurver for vanntemperatur som viser karakteristiske trekk fra vinteren 1966-67. Vi tar som eksempel februar 1967 (gjennomsnitt for måneden):

Avløp Tokke I, vanntemperatur	nær	1,0 °C	
Utløp Bandak ved Sandodd	"	1,7 "	1,5
Innløp Kviteseidvatn (Spjotsodd)	"	1,7 "	1,4

I Fjågesund	nær	1,8 °C
Utløp av Flåvatn (Strengen)	"	1,2 "
Ulefoss, innløp til Norsjø,	"	0,8 "

Disse målingene viser at dypere vannlag med høyere temperatur må være satt i bevegelse, og resultatet er blitt at avløpet fra Strengen er noe varmere enn før, på grunn av Tokkereguleringen.

Målingene ved Ulefoss viser også at det skjer en merkbar avkjøling på kanalstrekningen, slik det også sees av kurvene på fig. D-1[1] i Iskontorets rapport 2/68. Sammenlikner man med kurvene for lufttemperatur på fig. D-1[2] ser man at ved Ulefoss følger vanntemperaturen (s. 78) svingningene i lufttemperatur (s. 79). For det annet ser vi at vanntemperaturen midtvinters synker omkring en halv grad på den overveiende isfrie strekningen fra Strengen til Ulefoss.

Da selve vannføringen også er større enn før, blir varmemengden ytterligere forøket. Dette får betydning for strømforholdene på kanalstrekningen, da den turbulente strømmen -- med større hastighet enn før -- også er istand til å føre relativt store varmemengder inn over områder der det tidligere var mer eller mindre strømstille. På områder der det før var noe strøm ved liten vannføring, kan det nå også bli tæring av isen i utkanten av disse.

K o n k l u s j o n

Vi har i det foranstående betraktet mulige endringer i vannføring, strømforhold, vannstandsvariasjoner, vanntemperatur og varmemengde som avgjørende for Tokke-Vinjereguleringens innflytelse på isforholdene på kanalstrekningen mellom Hogga og Ulefoss.

Etter våre befaringer i marken og studiet av innsamlet materiale er vi kommet til følgende:

På selve elvestrekningen vil det holde seg isfritt langs strømfaret. På steder der det før delvis var is, vil is nå forekomme meget sjelden. Der isen tidligere var brukbar, må den nå betraktes som usikker. Det vil være umulig eller meget usikkert å trafikkere elva på tvers, selv i kuldeperioder. På rolige og brede partier der det kan legge seg is, vil det under og etter stort snøfall være særlig risikabelt å ferdes på isen.

På Nomevann og evjene vil isen være svekket nær elvestrømmen. Særlig utsatt er buktene ved Steinhaug. Disse ligger med bred åpning nær til elva og vil få åpent vann eller meget usikker is. Likeledes vil f.eks. isveien over Grotevja være usikker, særlig etter snøfall, da isveien går svært nær elva. Strømsetningene fra elva når ikke indre deler av evjene, og siden vannstandsvariasjonene nå er mindre enn før, må de øvrige evjene og Nomevann antas å ha like gode isforhold nå som før reguleringen.

Oslo/Bodø, januar 1969.

Olaf Devik

Carl A. Boe.

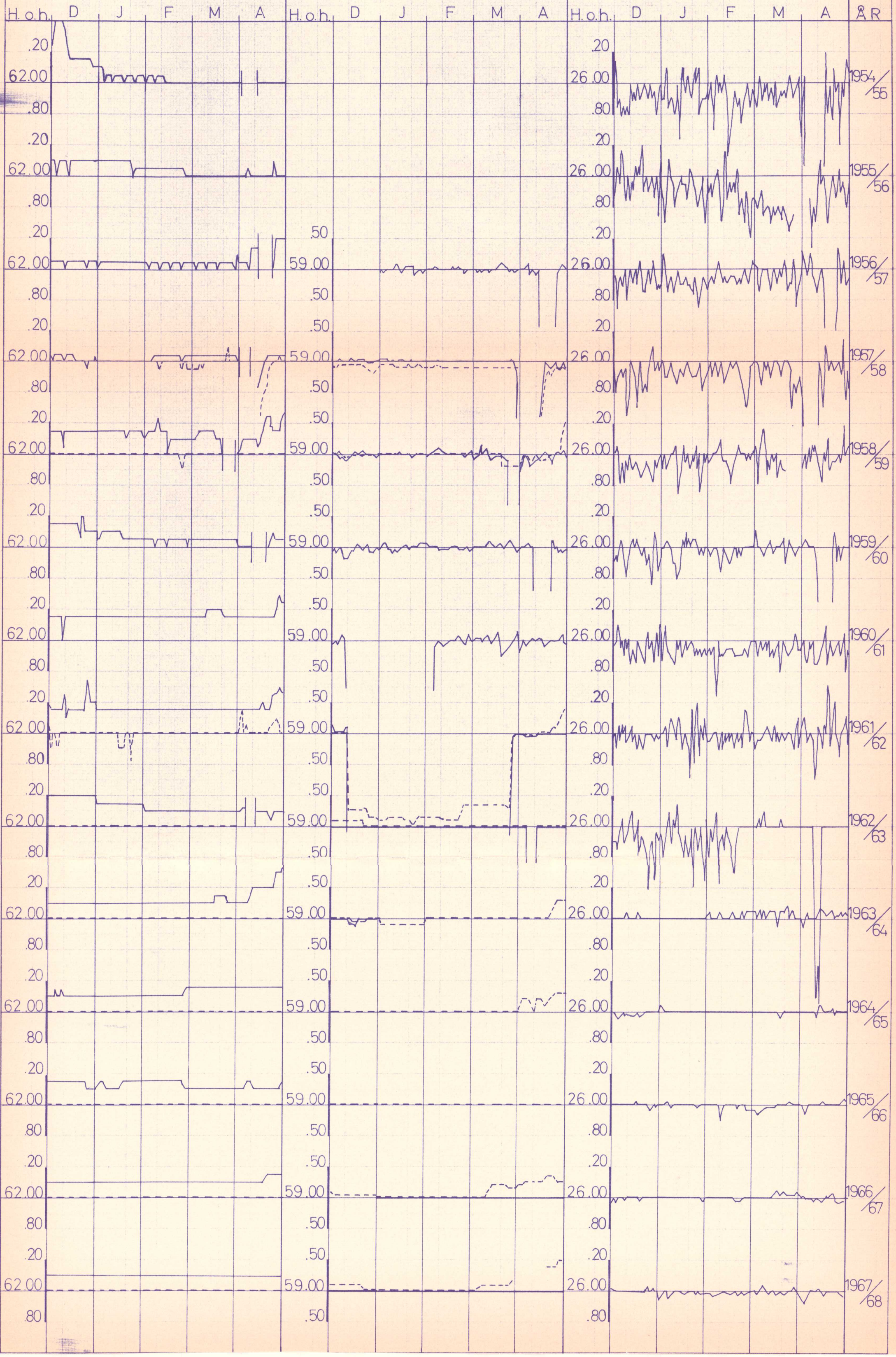
Vedlegg: Fig. 1.

Fig. 1 Tokke-Vinjevassdraget

VANNSTANDSVARIASJONER 1954-68

D+B/68

Kjeldal undervann ——
Lunde overvann ----
(etter TK-2018)

Lunde undervann ----
Vrangfoss overvann——
(etter TK-2024)

Ulefoss overvann
(etter TK-2021 og 2020a)