NORGES
VASSDRAGS- OG ELEKTRISITETSVESEN
HYDROLOGISK AVDELING
OSLO

REFERAT

FRA

2. NORDISKE HYDROLOGKONFERANSE

OSLO 26. – 30. AUGUST 1958

OSLO 1959

Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen
Hydrologisk avdeling
Oslo

Referat
fra
2. NORDISKE HYDROLOGKONFERANSE
i Oslo
26. - 30. august 1958

Den 1. Nordiske Hydrologkonferansen ble holdt i Stockholm 16. - 21. september 1955, etter innbydelse av Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut. Initiativet til konferansen ble tatt av byråsjef dr. R. Melin. På sluttmötet ble det vedtatt at konferansen skulle holdes hvert 3. år og avdelingsdirektör R. Sögnen innböd på vegne av Hydrologisk avdeling NVE, til neste konferanse i Oslo 1958. Denne ble holdt 26. - 30. august 1958.

Den 3. konferansen vil bli holdt i Viborg i slutten av august 1961 etter innbydelse av Det Danske Hedeselskab ved avdelingssjef Frode Ebert.

I forbindelse med konferansen som ble holdt i Oslo önsker innbyderne å rette en takk til alle som deltok. En særlig takk til alle bidragsytere og diskusjonsdeltakere.

Oslo 1959

R. Sögnen

F o r o r d

Ved redigering av innholdsfortegnelsen har innholdet av de behandlede emner vært bestemmende for rekkefölgen. Hovedavsnittene omfatter emner som gjensidig utfyller eller berörer hverandre og således hörer naturlig sammen. Rekkefölgen avviker derfor noe fra konferansens sakliste.

En del av bilagene omfatter emner som var oppfört på saklisten, men som på grunn av tidsmangel ikke ble behandlet. En har likevel tatt dem med, da de angår emner som utvilsomt har interesse.

Innholdet i referatet er framkommet ved en vurdering og til dels betydelig nedskjæring av det framlagte stoffet. Dette er forsökt gjort uten forandring av innholdet.

En del korte sammendrag er tatt direkte med i referatet slik de forelå fra innleggshaverne.

Hydrologisk avdeling
N V E

Referat

fra

2. NORDISKE HYDROLOGKONFERANSE

i Oslo

26. - 30. august 1958

D E L T A K E R E :

DANMARK:	
Afdelingsleder, civilingeniör Frode Ebert,	Det Danske Hedeselskab
Afdelingsingeniör " Jörgen Lundager Jensen	"
Ingeniör Julius Holtzmann	"
Professor J. M. Lyshede	Den Kgl. Veterinær- og Landbrugshöjskole
FINNLAND:	
Direktör, fil.dr. Heikki Simojoki	Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen
Hydrograf " Allan Sirén	"
Hydrograf fil.mag. Koroleff	"
Dipl.ing. Viljo Castrén	Statens Vattenkraftskommission
Fil. mag. V. K. Nietteinen	"
" K. Korpela	"
Dr. J. M. Angervo	Meteorologiska Centralanstalten.
ISLAND:	
Hydrolog Sigurdjón Rist	The State Electricity, Authority
SVERIGE:	
Dr. R. Melin	
Ingeniör L. B. Oskarsson	Kgl. Vattenfallstyrelsen
Överdirektör A. Nyberg	Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut
Byråsjef G. Nybrant	"
1.Statshydrolog S. Fremling	"
" O. Tryselius	"
Statshydrolog Malin Falkenmark	"
" S. Rosén	"

SVERIGE: (forts)

Statshydrolog A. Forsmann	Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut
Hydrolog Kristina Byrde	"
Byrådirektör B. Samuelsson	

NORGE:

Avdelingsdirektör R. Sögnen	Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen, Hydrologisk avdeling
Overingeniör J. Jerstad	"
" Edv. V. Kanavin	"
" H. Klæboe	"
Avdelingsingeniör Badendyck	"
Statshydrolog K. Berg	"
" S. Flatjord	"
" I. Hagen	"
" S. Roen	"
" K. Wold	"
" Ö. Aars	"
Avdelingssjef A. Jakhelln	Det Norske Meteorologiske Institutt
Statsmeteorolog E. Borvik	"
" P. Ögland	"
Dr. O. Devik	
Sivilingeniör E. Ræstad	

Fra Norge mötte dessuten representanter fra andre avdelinger innen Vassdragsvesenet og fra Regulerings- og Brukseierforeninger - ca. 40 stk. - men av disse var det bare direktör Bang fra Foreningen til Bægnavassdragets Regulering, ingeniör Lieungh fra Glommens og Laagens Brukseierforening og overingeniör Naas fra Vestfold Kraftselskap som deltok i diskusjonen.

I N N H O L D :

	Side
Åpning av konferansen	1
Innledning	1
ISDEKKET PÅ SJÖER (Möteleder Devik)	
Sprekkdannelse i og avsmeltning av landis på sjöer med stor reguleringshöyde	2
Sammenheng mellom islegging og middeldyp	3
Måling av istrykk	4
Råkdannelse på sjöer (Pressure ridges)	5
IS I OG PÅ ELVER (Möteleder Devik)	
Ismengdemålinger	5
Grunnvannets innvirkning på isdekket	9
DIVERSE (Möteleder Nybrant)	
Avsmelting og fordunstning fra snö, absorbsjon av nedbör samt kondensasjon på snö	10
Temperatur- og isforhold i vassdrag og basseng som nyttes til avkjöling ved dampkraftverk	14
Eventuelt nye erfaringer om trafikksikkerheten på is og metoder til forbedring av isvegene	15
Reguleringers innvirkning på isforholdene i sjöer, elver og havneområder	17
VANNTEMPERATUR (Möteleder Nybrant)	
Sammenhengen mellom strömhastighet og temperatur i råker	18
Varmehusholdningen i en regulert sjö	20
Temperaturforholdene i gjennomströmte sjöer	22
NEDBÖR OG AVLÖP (Möteleder Melin)	
Regnflommer, maksimalverdier, grunnens virkning på intensiteten ved flomvarsling på grunnlag av nedbör-prognoser og nedbörmålinger	34
Reguleringers virkning på flommene	37

	Side
Tidsforskyvning ved tapningsendringer	38
Variasjoner i vårflommene i et fjellvassdrag	39
Samordning av hydrologiske undersökelser i grense-vassdrag	41
Avströmning fra vegarealer	41
Vegetasjonens virkning på avlöpet (Möteleder Ebert)	53
Erosjon og materialtransport (Möteleder Ebert)	55
HYDROMETEOROLOGI (Möteleder Sirén)	
Fordunstning og kondensasjon (Möteleder Ebert)	25
Måling av snödekkets vannekvivalens ved radioaktiv stråling	48
Hydrologiske interesser i forbindelse med et felles-nordisk klimaatlas	49
Det hydrologiske år	49
Nedbörkartenes form	50
Klimatologiske kart og normalperioder	51
GRUNNVANN (Möteleder Ebert)	57
DIVERSE (Möteledere henholdsvis Ebert, Nyberg og Sögnen)	
Oppmåling av sjöer ved hjelp av ekkograf	57
Databehandlingsmaskiner	62
Utdannelse av hydrologer	64
Bruk av isotoper i hydrologien	66
Komité til neste konferanse	67

B I L A G :

Bilag	I	Falkenmark:	Undersökning av sambandet mellan isläggning och medeldjup i 21 Norrländska sjöar.
"	II	Kanavin:	Undersökelser av snödekket ved Mösvatn vinteren 1956/57.
"	III	Forsman:	Avsmältningen från ett snötacke.
"	IV	"	Uppskattning av avdunstningen i Finland sommaren 1956.
"	V	Flatjord:	Sammenhengen mellom strömhastighet og temperatur i råker.
"	VI	Byrde:	Varmehushållning i en årsreglerad sjö.
"	VII	Berg:	Temperaturforhold i gjennomströmte sjöer.
"	VIII	Wold:	Varmetransport gjennom isen.
"	IX	Tryselius:	Vattenhushållningsberäkningar och flödesprognoser genom multipel korrelation.

S ö g n e n önsket både utenlandske og innenlandske deltakere velkommen og rettet en særlig takk til generaldirektör Vogt, som var tilstede ved åpningen. Med önsket om at utbyttet måtte bli like rikt som i Sverige for tre år siden åpnet kan konferansen, som var tenkt å være et diskusjonsmöte, uformelt og uhöytidelig, slik at ingen måtte tie hvis han hadde noe på hjertet.

SNÖ OG IS

D e v i k innledet med en liten fysikalsk betraktning over det så interessante element - vannet - som i sine forskjellige faser beskjeftiget så sterkt både hydrologer, meteorologer og fysikere. Og som innledning til innleggene om isproblemene gå han så ordet til Kanavin.

K a n a v i n nevnte först at isundersökelsene i de norske vassdragene har vært et fast ledd i de hydrologiske undersökelsene fra 1950. Arbeidet ledes av en overingeniör med assistanse av to statshydrologer. Dessuten arbeidet for tiden en statshydrolog og en kontordame med lönn fra Det offentlige Isutvalg.

Han skilte mellom tre faser i arbeidet. Den förste fase er innsamling av observasjonsmateriale. Den annen fase er bearbeidelse og analyse av det innsamlede materialet og tredje fase gjelder prognose av isforholdene. Det meste arbeidet hittil er gjort i förste fase, både ved å lete frem eldre materiale i arkivet og ved å sette i gang nye observasjoner, etter at instrukser til observatörene var utarbeidet. I dag foregår det målinger i 13 forskjellige vassdrag, både regulerte og uregulerte på i alt 190 målesteder. Kontinuerlige vanntemperaturmålinger er igangsatt ved 60 faste stasjoner. Fra vinteren 1952-53 har iskontoret hvert år utgitt en vinteroversikt over snö- og isforholdene i våre vassdrag. Når det gjelder det analytiske stadiet mente Kanavin at det bare er tatt de förste skritt. Men etter som arbeidet her skrider frem, finner en at det stadig dukker opp problemer hvor det må settes i gang nye undersökelser for å löse. Siste fase, prognosene, er framtidsmål. Men Kanavin trodde nok han kunne si så mye at "vi har nöklene i lommen", og uten vassdragsvesenets innsamlede materiale ville det i alle fall neppe være trolig at en kunne klare å gi prognose f.eks. for en regulerings innflytelse på isforholdene.

Sprekkdannelse i og avsmeltning av landis på sjöer med stor reguleringshöyde.

N y b r a n t nevnte först hvorfor de i Sverige hadde funnet det nödvendig med undersökelser av sprekkdannelse i og avsmelting fra landis på sjöer med stor reguleringshöyde. De svenske reguleringsmagasinene ligger i bebodde strök (i Norrland) og isen nyttes mye som trafikkmiddel. Undersökelsene kom bl.a. i gang som et krav fra befolkningen, og foregikk stort sett helst om våren etter at snöen var smeltet av isen, da sprekkene på denne tiden er lettest å iaktta inngående. Begynte i 1956 i Borgasjöen i Lappland, hvor reguleringshöyden er 18 m, og undersökelsene omfattet bl.a. sprekkdannelse langs stranden og avsmelting av landisen. Vanntemperaturmålinger ble gjort under hele observasjonsperioden, og det ble foretatt daglige observasjoner i en og en halv måned. I følge Nybrant var avsmelting av landis i det hele mye diskutert i Sverige, og fortalte at blant andre hadde Fremling foretatt en del undersökelser om avsmelting i sjöen Siljan. De resultatene som skulle framlegges på konferansen skulle imidlertid framföres av fru Falkenmark.

F a l k e n m a r k fortalte at hele undersökelsesprogrammet, som var henlagt til Borgasjöen, var lagt opp etter to linjer: Dels sporadiske iakttakelser og fotograferinger, dels systematiske fotograferingsprogram. Valgte ut strandbredder med forskjellig hellinger og strandlinjeform, og for avsmelting også med forskjellig orientering i forhold til sola. For å få et begrep om arealet av den landisen som ble liggende igjen nevnte fru Falkenmark at ved övre reguleringsgrense utgjorde sjöens areal 16 km², ved nedre 10 km². Det ble foretatt systematiske fotograferinger hver 3.dag på i alt 14 fotosteder. Med hensyn til sprekkdannelse hadde en funnet at jo mindre helling jo större utbredelse i vertikalplanet av isblokken. I horisontal utbredelse var det strandlinjenes krumning som var bestemmende for blokkenes störrelse og sprekkenes tetthet. Sterk krumning ga liten blokk og liten avstand mellom sprekkene. Sprekkene viste seg ofte å bli bölgeformet uten at en har funnet noen forklaring.

Selv om avsmeltingen gikk fortest i sydskråningen, var det ikke alltid at den begynte her. Större avsmelting (hurtigere) på steder med mye sprekker. (Se forövrig bilag I).

F r e m l i n g: I forbindelse medproblem om isspörsmål kunne han nevne vintervegen på Siljan. Sjöen var regulert för (fra 1926, 1,5 - 2,0 m), men reguleringen var begjært utvidet med en ytterligere senkning på 0,85 m. En undersökte avsmelting av landis om våren, og kom fram til at spörsmålet stort sett sto om når de forskjellige lange, grunne partiene hvor isen lå på bunnen ble frie for is. Det var særlig en svært langgrunn vik,

Rättviken, hvor det var ca. 1 km hvor isen la seg på bunnen. Ved innlöpet og utlöpet til sjöen hadde en större vansker da ströndraget over en grunne forårsaket tynnere is. Det viste seg at isen smeltet bort her i islösningstida, så det ble en forholdsvis kort tid at strendene ble liggende bare, innen vannet begynte å stige igjen.

D e v i k nevnte at det var en populær oppfatning at landis som ble liggende igjen om våren på stranden kunne påvirke de klimatiske forhold. Det er i den forbindelse blitt gjort noen få undersökelser ved Tunnhovdfjord.

Sammenheng mellom islegging og middeldyp.

F a l k e n n a r k innledet med å fortelle at de svenske undersökelsene omfattet i alt 21 norrlandske sjöer. Kom videre med at Anders Holmsen delte innsjöene inn i grupper etter middeldyp og sammenliknet med isleggingstida, regnet fra den dagen lufttemperaturen gikk under 0°C:

middeldyp	isleggingstid
20-25 m	1-3 uker
til 100 m	4-8 "
over 100 m	10-12 "

I følge Holsen skulle det ikke være noen sammenheng mellom öking av middeltid og isleggingstid for sjöer over et visst dyp.

Mens det i finske undersökelser, som omfattet 50 sjöer og var utfört av Simojoki, ble regnet med tida for siste islegging, regnet en i de svenske undersökelsene med tida for förste islegging. Videre rakk Simojokis kurve for sammenheng mellom middeldyp og isleggingstid bare opp til sjöer med et middeldyp på 19 m. For de sjöene de svenske undersökelsene omfatter har middeldypet i alminnelighet ligget over 19 m, og en har derfor vært interessert i å utvide kurven. I denne forbindelsen er det gjort spesielle undersökelser, da det sambandet kurven gir uttrykk for er av stor interesse ved bedömmelsen av innvirkningen fra en planert demning i en sjö.

"Nullpunktpassasjen" er beregnet (som hos Simojoki) ved interpolasjon mellom månedsmidler av lufttemperaturen. Normal nullpunktpassasje er bestemt ved hjelp av en kurve etter A. Ångström (for perioden 1901-30). Etter Ångström avhenger månedsmidlet av både stedets bredde (φ) og höyde (h), samt av en konstant (anomalifaktor):

$$t = F(\varphi) - L(h) + a$$

Alle tider er regnet i dager fra kommende årsskifte. Senere er det regnet ut avviket fra normalen i Östersund for hvert år.

Normalen for sjöen x:

O_o er da antall dager fra årsskiftet, normalt.

År "i" ved Östersund:

Går ut fra at årsavviket fra normalen er lik over alt med det for Östersund ($_i^{\ddot{o}}$).

En grunn til stor spredning i framstillingen av forholdet mellom isleggingstid og middeldyp kan være vanskeligheter med å bestemme dypet for slike sjöer som senkes (tappes) under avkjölingsperioden.

B a n g spurte etter kuldesummen fra den dagen isleggingen begynner. En stor kuldesum i löpet av kort tid skulle kunne bevirke en raskere islegging.

F a l k e n m a r k svarte at hennes oppgave först og fremst var å utvide Simojokis kurve, men mente at bruk av kuldesummen nok ville gi mer.

B a n g nevnte lokalt klima som forklaring på at en del verdier fra samme ström viste forholdsvis liten spredning.

D e v i k framhevet betydningen av vindforholdene som omröringsfaktor og derigjennom innflytelse på isleggingstida.

F a l k e n m a r k nevnte også at beregningsmetodene for isleggingstida er noe usikker (anomali-faktoren).

Måling av istrykk.

N y b r a n t fortalte at når Sverige hadde satt opp dette emnet så var det for å höre hva de andre nordiske land hadde gjort på dette området. Han nevnte at så vidt han visste hadde en i Finland foretatt noen slike målinger.

D e v i k etterlyste målemetoder og nevnte samtidig at en viss störrelsesorden på istrykket må en kunne finne av det trykket som skal til for å knuse isen i de isryggene som oppstår på en del sjöer.

S i r é n fortalte at Hydrografiska Byrån ikke hadde gjort noen særlige undersökelser angående istrykk, men at kanskje de fra Vattenkraftkommisjonen hadde noe mer å fortelle om dette.

R æ s t a d etterlyste resultater av målinger av istrykk, særlig hvilke som foreskrives ved dankonstruksjoner. Han ba konferansen prövе å komme fram til resultater angående isbryтermålinger, da det har den störste betydning byggetekmisk.

S ö g n e n rettet et spörsmål til Finnland om de har noen metoder til måling av istrykk å anbefale.

C a s t r e n fortalte at de undersökelser som er gjort gjelder havis. Da har de brukt rent tekniske metoder som f.eks. ved bestemmelse av fasthet hos andre materialer som tre, og gått svært nye fram etter amerikanske mönstre.

Råkdannelse på sjöer (Pressure ridges).

R o e n viste noen bilder av sprekker (oppråker) fra Femund siste vinter. Isen var skjövet opp i rygger - opptil 2-3 m höye - og gikk både på tvers av og langsetter sjöen. Disse oppråkene er stort sett årvisse på Femund, men varierer i störrelse fra år til år. Han fortalte videre at liknende oppråker forekommer bl.a. på Rösvatn - og viste karteringsskjema over isforholdene med inntegnelse av sprekker som observatören der hadde satt opp.

D e v i k nevnte to grunner til sprekkdannelsen. Fordet förste temperaturvirkning, enten ved en sterk ökning av kulde eller omslag til mildvær, forutsatt vesentlig snöfri is. En annen årsak er stående svingninger, f.eks. på grensen mellom to bassenger med forskjellige svingetider vil isen kunne brekkes opp. Förstnevnte effekt er vel den som hyppigst gjör seg gjeldende. Sprekkene kan bli så store at mann og hest kan falle med i (Liningen og Mjösa). Men enkelte erfaringer med stående svingninger viser at også disse kan gi sprekker (Tessevatn). Etter storm bröt 0,5 m tykk is opp i en linje tvers over vannet. Mente dette måtte skyldes at det var to bassenger med forskjellig svingetid. Stående svingninger er målt en del i Tinnsjö, hvor en fant 20 min. periode, amplityde opp til 20 cm. Mens årsak nr. 1 særlig skulle være ansvarlig for trykk- og strekkspenninger, skulle årsak nr. 2 mer markere kritiske steder for sprekkdannelsen.

F r e n l i n g pekte på det fenomenet at en gjerne får en forsvakning med råker mellom to odder, altså i en innsnevring på en sjö. Isdekket utvider seg (ved nedtapping utover vinteren f.eks.) og bryter ved slike odder. Effekten beror også på hvordan strendene ser ut. Mens isen glir lettere opp over en slakk strand, vil den möte motstand hos en bratt, og derfor lettere brytes her.

Isnengdemålinger.

R o e n : De fleste ismålingene og observasjonene som foregår i vassdragene våre er hovedsakelig av kvalitativ karakter. Rett nok kan måling av istykkelse også utnyttes til en kvantitativ undersökelse, men for det meste blir

istykkelser brukt som mål for isens styrke og anvendelighet til trafikk. Dette er en naturlig følge av at ismålingene for en stor del har hatt som misjon å klarlegge trafikkmulighetene på isen og eventuelle forandringer i disse på grunn av reguleringer osv.

I flere vassdrag, spesielt på visse strekninger, kan det imidlertid være viktig også å få en kvantitativ kartlegging av isen. Slike kvantitative undersökelser av ismengden på spesielle strekninger begynte Vassdragsvesenet med i vinteren 1953/54. Denne vinteren var det spesiell höy vannstand i Glomma nedover fra Tolga, forbi Tynset og videre. Skjönnet som för der i mars 1954 ba da om at isforholdene ble undersökt rent kvantitativt på denne strekningen. I vintrene etterpå er det så foretatt ismengdemålinger på denne strekningen to ganger om vinteren, en i förste halvdel av desember og den andre i förste halvdel av mars. I Nea, 3 mil oppover fra Selbusjöen, er også slike systematiske ismengdemålinger i gang.

Måten en foretar disse ismengdemålingene er enkel nok. I faste måleprofil på karakteristiske steder på den aktuelle strekningen måles istykkelsen, både den faste isen og det mer eller mindre löse sarret under. Av målingene finner en så flateinnholdet av tverrsnittet og den gjennomsnittlige istykkelsen. Når en så avsetter istverrsnittet på lengdeprofilet, finner en den totale ismengde på den undersökte strekningen. Når en foretar målingene i profilet, måler og observerer vi selvsagt også snö på isen, overvann, råker, sprekker, ishöyde osv., og ofte har vi også saget ut et stykke is i hvert profil og fotografert det. Målingene blir foretatt i samme profil år etter år. Alle målingene og observasjonene blir satt opp i tabell. Disse tabellene pröver vi å få mest mulig oversiktlige - slik at vi lett kan sammenlikne målingene.

Flere data kan også med fordel settes opp grafisk, f.eks. gjennomsnittstykkelsen av isen på lengdeprofilet.

Av disse grafiske framstillingene kan en fort lese seg til flere ting, f.eks. den ulike fordelingen av sarret i elva fra sted til sted og fra tid til tid, utvasking av sarr osv.

Noen tall på ismengde:

Glomma:

11 - 13/3 1954	Lille-Tolneset - Tynset	ca 100.000 m³/km
13 - 16/12 "	Engerösten - Tynset	" 22.000 "
13 - 16/12 "	Engerösten - Kveberg	" 33.000 "
16 - 18/2 1955	Lille-Tolneset - Tynset	" 44.000 "
16 - 18/2 "	Lille-Tolneset - Kveberg	" 57.000 "

Nea:

Febr. 1955	Selbusjöen - Moslett bru	ca. 126.000 m³/km
20 - 23/12 1955	Selbusjöen - Stokkhölen	" 144.000 "
23 - 26/3 1956	Selbu - Flaknan	" 100.000 "
5 - 9/1 1957	Selbu - Stokkhölen	" 200.000 " Q = ca 55 m³s
12 - 13/1 1958	Selbu	" 130.000 m³/km

Ismengdemålingene kan gi en forklaring på forskjellige avlöpsforstyrrelser, samtidig som det gir verdifullt materiale til arbeidet med å finne fram til en mest mulig hensiktsmessig tapping fra ovf. liggende magasin.

Hittil har målingene blitt utfört bare av folk fra iskontoret. Grunnen er at det viser seg vanskelig å finne folk som kan ta det og som en kan regne med vil greie å måle nöyaktig nok - særlig sarret. Sarret blir målt med en stang med tverrplate nederst.

D e v i k framholdt den store verdi i disse ismengdemålingene. De gir nye mer av tallmessig og faktisk grunnlag for vurdering av elver som stadig veksler mellom stryk og stillere partier.

B a d e n d y c k nevnte at temmelig store steiner kan fryse fast i isen tidlig på vinteren. Når den nokså årvisse mildværsperiode (over hele Europa) setter inn i januar/februar, ofte med flom og isgang, vil disse steinene följe med, slik at profilene endres. Dette gjör at en ikke kan få faste profiler i Tröndelag-elvene i det hele tatt.

C a s t r é n viste på kurver fra Ulvelv (100 m³/s uregulert) hvordan vannstanden steg utover vinteren til tross for at vassföringen avtok. Dette skyldtes oppstuing på grunn av sarr i elveleiet og denne kan bli 2 m eller mer. Etter at elva er regulert er vassföringen vinterstid opp til 3-400 m³/sek. Men oppdemningen skjer nå på helt nye steder, og med tildels betraktelig större skadevirkning. Siden er det forsökt å undersöke hvordan isdammene avhenger av vassföringen. En fant at dammene ofte er större enn hva en kunne vente etter vassföringen (fra naturlige forhold). Dette forklares kanskje ved at den ökte strömhastigheten förer til ökt isproduksjon i nye råker og i de fallene som ikke kunne utbygges. Det er forsökt å böte på virkningene ved å legge ut lenser for å påskynne isleggingen. Dessuten blir tappingen forsökt holdt så jevn som mulig i isleggingstida. Det ideellle var jo etter Castrens mening å bygge ut alle fall, slik at en ikke fikk åpne elvepartier med sterk ström.

D e v i k kom inn på ökningen av elvevannets viskositet når det inneholdt mye is. Hurtigheten blir da nedsatt, og en får oppdemning. Refererte til sin avhandling til Baltiske hydrologiske konferanse i Tyskland i 1938 om beregning av vannstandsendringer ved isdannelse, både med fast isdekke og med sarr, bygget på analyse av målinger i Götaelv.

B a d e n d y c k fortalte om ansamlinger i sjöer i Tröndelag, som tjener som inntaksmagasin til kraftstasjoner. Hele sjöen kunne av og til være full av sarr, ved Hassel-elven Kraftstasjon nede ved kysten til og med årvist. Som bötemidler mot isdannelser er forsökt med elektrisk oppvarming av varegrindene, senere ved å gjöre inntaket lengre og å overbygge det.

D e v i k hadde også mange erfaringer med slike tilstoppinger av vannet på grunn av is, f.eks. ved vannverk. Bl.a. vil en spesiell ugunstig vind kunne forårsake at kaldt (underkjölt) overflatevann bringes ned og fremkaller isdannelse foran dypt-liggende inntaksrör. Ofte har en lagt ut lenser for å fremkalle et isdekke og bedre forholdene. Når det gjelder isvansker er det fysikalsk sett særlig to ting en må söke å unngå: For det förste for stor vannhastighet, for det andre ujevnt löp. Innlöpet til kraftstasjonen bör være så rommelig og strömlinjeformet at det blir minst mulig hvirveldannelse og ikke for stor vannhastighet.

Spurte tilslutt om de hadde noen erfaringer fra Sverige angående bruk av lenser.

N y b r a n t fortalte at de hadde forsökt med lenser av forskjellige slag. Hastigheten må ikke være for stor, ikke over ca. 0,6 m/sek.

D e v i k tok fram eksempler fra Namsen; hvor de bruker mye lenser.

S i r é n viste en del bilder om isvansker ved finske kraftstasjoner.

D e v i k bemerket at en ved hejlp av termistorer lett måtte kunne gjöre bruk av fjerntermometer, og på den måte följe temperaturens utvikling i de åpne inntaksbassengene. Særlig en viss tid för isen har lagt seg er det viktig å se når temperaturen kommer ned i 0,1 - 0,2°C. Da er det jo straks fare for sarrproduksjon. Det har vist seg å være praktisk å måle temperaturen ved kontakt på turbinröret, umiddelbart för turbinen og så korrigere for den lille temperaturforskjellen som var gjennom rörveggen. Mente at et meldeapparat ville kunne være av stor nytte.

Grunnvannets innvirkning på isdekket.

L i c u n g h fortalte om grunnvannsinnvirkninger på isdekker, særlig i Gudbrandsdalen. Det er snakk om svært lokale innvirkninger som f.eks. råker ved land. Målt opp til 6°C i grunnvannstilsig.

R i s t kunne fortelle at de på Island hadde helt spesielle vansker med grunnvannet. Överst i vassdraget ved breene var det is. Lenger nedover åpent på grunn av varme kilder fra lavafeltene, og nederst helt islagt igjen. Isproduksjonen skjer særlig ved slutten av et fall, nettopp hvor utlöpet av kraftstasjonene naturligst må ligge. Oppstuingen kunne være 10-20 m.

R æ s t a d mente at vannet burde föres i rör forbi det isproduserende stedet. Spurte også om ikke selve fallet - det som eventuelt skulle bygges ut - var det isproduserende parti i elva og om ikke isvanskene ville forsvinne når en fikk vannet inn i et lukket system, rör eller tunnel, fra det ovf. liggende stilleflytende parti og ned til kraftstasjonen. Han viste til forestående utbygging av Nea.

L i c u n g h fortalte om grunnvannets innflytelse på isforholdene og erosjonen i Ringebu og Kvam i Gudbrandsdalen. I Ringebu - i deltaområdet ved Fryas utlöp i lågen var det spesielt nær venstre elvebredd tydelig tilsig av varmere grunnvann + 1 til 1,5°C. På lokale steder opptil 2-3°C. Dette forårsaket svakere is i disse områdene, samtidig som det förte til at strömmen ble dirigert mere over dit for forårsaket större erosjon i elvebredden. På ett sted ble varmt grunnvann observert også midt ute mellom öyene.

Ved Kvam - ute på en 4-500 da. stor öy, Heringen, kom det opp en kilde midt på öya. Vannet var +6 til 7°C varmt, og ble karakteristisk nok kalt Kaldvassbekken av folk der oppe, fordi den holdt seg kald som sommeren. Han nevnte at det på et sted hadde vært tale om å drenere slik at en fikk bort grunnvannet på det spesielle området.

S ö g n e n spurte om disse vanskene med grunnvannet også eksisterte för reguleringen.

L i c u n g h svarte at böndene der oppe påsto at det ikke hadde vært liknende vansker för, men noe sikkert visste en ikke, da det ikke hadde vært foretatt målinger og observasjoner der för reguleringen.

N y b r a n t fortalte at liknende temperaturer på grunnvann hadde vært observert også i Sverige. På ett sted, ved en kraftstasjon, ble det observert grunnvann med temperaturer rundt 6,5°C. Mengder av grunnvannet ble bestemt ved temperaturmålinger ovenfor og nedenfor tilsiget. Da en kjente vassföringen kunne en beregne tilsiget, som viste seg å være ca 1,5 m³/sek.

R o e n syntes det var rart at ikke flere hadde noe å si om dette emnet, som etter hans mening var svært viktig. Han fortalte at på en befaring langs regulerte vassdrag ble det ofte klaget over at innvirkningen av grunnvannet på isforholdene var blitt större etter reguleringen. Når en ikke hadde observasjoner för reguleringen - var det svært vanskelig å ta standpunkt til en slik påstand. Det mest nærliggende er å tro at når mengden av grunnvann er den samme för og etter reguleringen, vil virkningen på isforholdene være mindre etter reguleringen fordi grunnvannet da blir blandet med större mengder elvevann. Men er dette tilfelle, må den sterkere innvirkningen av grunnvannet etter en regulering skyldes en ökning eller konsentrasjon av grunnvannet. En ökning på grunn av reguleringen kan vel tenkes i visse områder, spesielt på lengre, flate strekninger.

Ved siden av disse mer teoretiske betraktninger nevnte han noen spredte målinger fra Hallingdal.

L i e u n g h hadde observert at grunnvannet var mer sjenerende etter en våt höst og mindre avhengig av vannstand i elva. Mente at grunnvannet neppe kom direkte fra elva, og på den korte strekningen dette passerer f.eks. gjennom en öy skulle en ikke kunne få tilfört så store vannmengder. Hadde vanskelig for å forstå at grunnvannet har så store lokalvirkninger.

Avsmelting og fordunstning av snö, absorbsjon av nedbör, samt kondensasjon på snö.

K a n a v i n : De förste målingene fra en snöoverflate ble foretatt våren 1951, på Ski forsöksfelt og ved Vikstölvatn. Fra vinteren 1952/53 foregikk undersökelsene på Maridalsvatn, Sognsvatn og ved Skjennungstua (i Nordmarka). Fordunstningene ble til å begynne med målt med en spesiell målekasse av aluminium, med overflate 25-30 cm² og dybde 10 cm. Til kontroll av strålingsinnvirkningen ble det ved siden av plasert en rund beholder, 15 cm i diameter og 25 cm dyp. Vinteren 1953/54 ble det laget nye målekasser med overflate 20-30 cm² av hvitmalt ebonitt og med perforert lös bunn av aluminium til å skyve ut og inn. Under var det en beholder til oppsamling av smeltevann. Ved fylling med snö ble kassene klemt - uten bunn ned i snöen til denne buttet mot lokket og etterpå ble bunnen skjövet inn. Dette ble gjort uten å forandre snöens struktur vesentlig, og kassene ble så veiet med bismervekt, almindelig barnevekt og den siste vinteren med en balansevekt

med en nöyaktighet på ca 1 g.

Målingene ble foretatt i siste halvpart av vinteren og en fant at det foregår fordunstning når varmetilförselen er stor nok og når vanndamptrykket er större på snöoverflaten enn i lufta. Erfaringene som ble höstet fra ettervinteren 1957 viste at snöen er et svært vanskelig materiale å behandle, men undersökelsene var både interessante og innspirerende.

Et særskilt forsöksfelt ble opprettet 26/1 1957, ca 800 m ndf. Mösvatn-dammen, på sletta på vestsida av dalen. Feltet var temmelig flatt i et område av 500 mål, og utsatt både for sol og vind.

Ved siden av de direkte fordunstningsmålingene ble det foretatt en del meteorologiske observasjoner.

1. Lufttemperatur. Denne ble målt med minimumstermometer (0,1°C inndeling) og en termohygrograf. Målingene ble foretatt både ved snöoverflaten og 20 cm over.
2. Fuktighetsmålingene ble utfört i forskjellige höyder over snödekket, både med hårhygrometer og hårhygrograf.
3. Vindhastigheten ble målt i 2 m höyde med et anemometer.
4. Total innstråling ble registrert med en Robitzsch aktinograf, plasert 2 m over bakken.

Dessuten foregikk det registrering av lufttemperaturen og fuktighet med termohygrograf ved Mösvatn met.st.

Det ble foretatt i alt 116 fordunstningsmålinger i tida 27/1 - 5/5 og inntil 1/5 fikk en tilsammen en fordunstning på 100 mm, dvs. ca 26% av vanninnholdet i snöen. Verdiene stemte godt overens med direkte målinger av tapet av vanninnholdet i snöen like ved siden av forsöksfeltet. Av måleresultatene gikk det fram at det bare var ubetydelig fordunstning för 1/4, til sine tider var det tvert i mot en del kondensasjon. Etter 2/5 var det også lite fordunstning, da varmetilförselen vesentlig gikk til smelting. (Se bilag II)

N y b r a n t spurte etter materiale i kassene.

K a n a v i n svarte og viste bilder. Han understreket betydningen av snöoverflaten s karakter for fordunstningen.

J a k h e l l n forsto det slik at skal en komme noen veg med slike problem som fordunstning fra snöoverflaten så bör en ha et snöforskningslaboratorium. Det måtte utstyres tilstrekkelig, bla. med instrumentmaker, og forskjellige spesialister birde ha anledning til å arbeide sammen.

S ö g n e n ville vite om spörsmålet om et snöforskningsinstitutt har vært oppe i Sverige.

N y b r a n t sa at Sverige ikke hadde noe spesielt snöforskningsinstitutt, og han mente det kunne bli et for stort apparat.

N a a s spurte om de undersökelser som er gjort kan si noe om hvor stort tap i % en kan regne med på grunn av fordunstning. De snömålinger (med beregning av vanninnhold) som gjöres i nedslagsfeltet vil vel etter hvert gi en viss erfaring. Han spurte om det var interesse for at disse målingene sendes inn noe sted for videre bearbeidelse.

T r y s e l i u s var ikke særlig begeistret for snömålinger som middel til å beregne störrelsen av vårflommen. Grunnen er bl.a. vansker med å komme fram til distriktene, og da målingene ikke kan gjöres av hvem som helst, kan det også skorte på kvalifiserte observatörer. Etter de undersökelser som er gjort de senere årene viser det seg at en kommer fram til sikrere resultater med måling av nedbör. Disse målingene er dessuten både billige og lettere å organisere. Dette gjelder særlig nordre Sverige. Sör i landet vil en god del av nedbören ha rent vekk i löpet av vinteren. Her vil da direkte snömålinger ha langt större betydning. Dessuten er adkomsten vil feltene lettere her. Imidlertid er det så mange feilkilder her at disse dominerer langt mer enn fordunstningen.

S ö g n e n erklærte seg enig med Tryselius på mange punkter, bl.a. angående unöyaktigheten av de direkte snömålingene. En kunne med disse i höyfjellet under ugunstige forhold få så stor feil at resultatene nærmest var verdiløse. Han mente forövrig at for felter i lavlandet (Vestfold) vil snömålingene kunne gi relativt gode resultater. Uttalte videre at Hydrologisk avdeling er overmåte interessert i å få resultater av slike målinger og å diskutere målemetoder. Hva hensyn til tallet for vanntapet på grunn av fordunstning angår opplyste han at etter hans undersökelser vil en som et middeltall for hele snösmeltingen få opp til 20% vanntap. Dette betyr 20% av vinternedbören (altså snödekket) + nedbören under smelteprosessen, altså av den totale tilgang.

C a s t r é n anså fordunstningen fra snöoverflaten som et av de viktigeste problem i forbindelse med reguleringen. Så lenge en mangler direkte observasjoner regner en maksimal fordunstning. Får en imidlertid senere vite at fordunstningen har vært liten, så har en den mulighet å kunne tilgodese industrien med ekstra kraft i april og mai. Selv om det dreier seg om store ökonomiske verdier, er det ikke spörsmål om eksakte tall for fordunstning, men nærmest om det har vært ekstra stor, middels eller minimal fordunstning. Meteorologer og hydrologer samarbeider derfor (i april) for å kunne få et bilde av hvordan årets situasjon er (hvilke klasse året tilhörer).

T r y s e l i u s framhevet at nedbören er så mye större i de norsk-svenske fjelltraktene enn i svenske skogtrakter og i Finnland. Da fordunstningen derimot er betydelig mindre vil denne effekt i % være langt mer betydelig i Finnland og andre skogstrakter. Å få et absolutt-mål for snömengden, og av denne beregne riktig fordunstning, ved hjelp av de spredte målingene i kupert terreng er ikke godt, og egentlig heller ikke meningen. Det har nærmest vært for å få noen års erfaringer. Han nevnte at nedbören ikke hadde samme effekt om den kommer i den ene eller andre måneden. Bl.a. var julinedbörens innflytelse på avlöpet ikke mye å bry seg om.

S ö g n e n erklærte seg enig med Tryselius og mente at det er riktig at nedbören ikke har samme effekt som snösmelting. Det har han også forsökt å ta hensyn til i sine beregninger. Han var forövrig enig i at det gir bedre resultater å summere vinternedbören enn å foreta snötakseringer. Han ville likevel framholde nödvendigheten av snömålinger i felter hvor det egner seg.

S i r é n kompletterte Castren med hensyn til snömålingene. Vattendomstolen bestemmer tappingsvilkårene på grunnlag av snömålingene rundt i landet, hovedsakelig bearbeidet ved Hydrologiska Byrån, og det er bare tale om tre störrelsesordner, nemlig svært stort, middels eller lite vanninnhold i snöen. Refererte til innlegg som mag. Seppänen skulle ha hatt om de snömålingsmetoder som er utarbeidet i samarbeid mellom Vattenkraftindustrien og Hydrologiska Byrån. Det finske terrenget er helt annerledes enn det norske og svenske, da det er langt mer homogent. Målinger på forskjellige steder i landet bekrefter også dette. (Variasjoner på under 10%). Har til snömålingene anvendt spesielle snöfelt, som er nöye kartlagt, og med mange snömerker. Særlig er det undersökt hvordan snödybden på merkene ("peglarna") varierer med disses plasering i forhold til trær og busker i nærheten. Resultatene har gitt så lovende resultater at undersökelsene vil bli fortsatt og betydelig utvidet.

Snömerkene var plasert i "nett" med 10 m mellomrom. 6 trær pr. ar i gjennomsnitt på forsöksfeltet. Hvis en ökte antallet trær til 8 pr. ar, ville snösmeltingen på merkene endres ettersom hvor disse sto i forhold til trærne. Variasjonene dreier seg om opp til 6% til begge kanter. Målingene skulle bl.a. vise hvordan faste snömerker burde plaseres i forhold til trærne omkring for å gi representative målinger. (En fant f.eks. at refleksjon av varme fra et tre like ved framskyndet smeltingen i forhold til et tre som sto lengre unna).

S i m o j o k i kom inn på fordunstningen under snösmeltingen. Han framstilte forholdet mellom snödybde og total vannverdi grafisk og trakk fram de punktene som viste avvik fra regreasjonslinjen slik at de ga for liten

vannverdi i forhold til snödybden. For disse her skulle det ha vært större fordunstning enn normalt. Ser en på punktene med störst avvik, er det å bemerke at en ved disse observasjoner hadde hatt vær fra NW eller N, ganske kald, törr luft og klart vær. Solen vil da kunne bevirke en temperaturstigning i snöoverflaten slik at vanndamptrykket blir större her enn i lufta. Ved sterk turbolens i lufta skulle da situasjonen ligge til rette for fordunstning.

F o r s m a n hadde brukt spesielle målekasser, 1 m² store og med 5 cm höye kanter (hvitmalte plater) ; 2 cm grus på bunnen. Holta noe ned mot et hjörne, hvor smeltevannet ble tappet gjennom et rör opp i en beholder. Denne inneholdt en vanlig nedbörsmåler. Kassene ble lagt ut direkte på bakken om hösten. I alt 5 snömerker i nærheten. Snöens vanninnhold ble også regelmessig målt. Hadde i alt 10 kasser rundt i landet.

Utover våren vil det etter hvert trenges et mindre temperaturtilskudd for å framkalle samme avsmelting. Det er da bl.a. innstrålingen som har ökt. På kurven for den kontinuerlige avsmeltingen finner en dögnlige maksima, noe fasеforskjövet i forhold til lufttemperaturens maksima. Men smeltemaksimaen kommer för lufttemperaturmaksimaen. Följer stort sett innstrålingen.

I forbindelse med absolutt verdi av avsmeltingen kan det nevnes at denne skjedde i samme takt i kassene som i naturlig felt på berggrunn. På gressgrunn derimot foregikk avsmeltingen fortere i bunnen enn omkring. (Se forövrig bilag)

Temperatur- og isforhold i vassdrag og bassenq som nyttes til avkjöling ved dampkraftverk.

N y b r a n t innledet med noen bemerkninger om hvordan temperaturökningen på grunn av avkjöling ved dampkraftverk ville komme til å fordele seg utover i avkjölingsbassenget. Det var nemlig dette som etter hans mening var hovedvanskeligheten og ikke hvor mye middeltemperaturen i bassenget ville stige.

B y r d e : Da dampkraftverket Västerås kraftverk ved Mälaren)kom i drift i april i år ble det samtidig satt i gang undersökelser av temperatur- og isforhold. Tok også en del temperaturmålinger i forbindelse med islösningen.

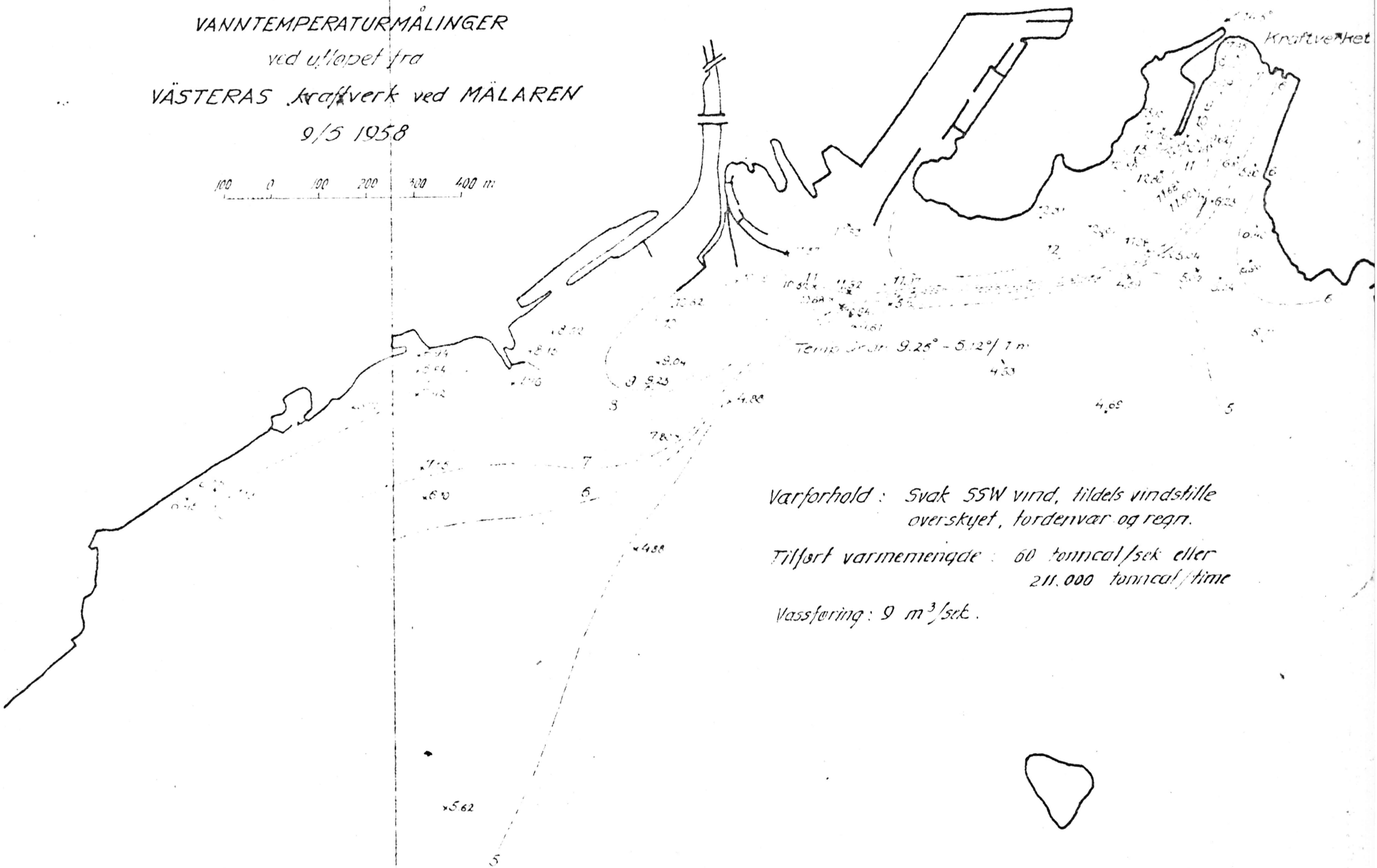
Ved fralandsvind forskjöv isfronten seg 2-300 m i löpet av ett dögn. Dette så ut til mest å skyldes vindens innvirkning, da isfronten bare forskjöv seg ca 5 m ett dögn med pålandsvind.

VANNTEMPERATURMÅLINGER

ved utløpet fra

VÄSTERAS kraftverk ved MÄLAREN

9/5 1958



Kraftverket startet med et vannforbruk på 8 - 10 m³/sek, mens sjöen var helt islagt. Oppvarming av kjölevannet, som ble tatt inn fra overflaten, var ca. 7,5°C.

Tok nöye temperaturmålinger i flere vertikalsnitt i et profil loddrett på utlöpsretningen for å få rede på hvordan skiktningen var, om den var homogen eller om det forekom noe sprangskikt. Det var östlig vind, og en fant en front på isotermkartet som nesten minnet om en værsituasjon. Det kalde vannet trengte opp til omtrent 1 m dyp. Temperaturen på bunnskiktet var 3-4°C, mens overflatetemperaturen var 10-11°C. Fra selve innlöpet kom varmvannet i en begrenset strön, hovedsakelig langs vestre land. Men en tynnere strön gikk utover mot en pir, rundet denne og ble tatt inn igjen i kraftstasjonen (se bilag III).

Tok også målinger av temperaturen i utlöpet, og målte i retning av varmtvannsströmmen, som ble lokalisert ved målinger fra motorbåt.

Gjorde videre undersökelser av hvordan temperaturen avtok med avstanden fra innlöpet. Målingene pågikk en time.

Til å begynne med trodde en at grunnen til at varmtvannsströmmen var så begrenset skyldtes iskanten. Det ble i den forbindelse foretatt nye målinger 14 dager senere, da sjöen var isfri. Men det viste seg at strömsituasjonen var akkurat den samme.

Ca. 1200 m fra innlöpet kunne en måle temperaturdifferens på ca. 4°C mellom to punkter som bare hadde en meters horisontal avstand. Så skarp var altså skildnaden mellom de to vanntypene.

Det er også gjort forsök på å beregne varmetransporten fra en vannflate ved hjelp av kjente formler, som tar hensyn til fordunstning, konveksjon og utstråling. Disse beregningene kunne senere kontrolleres da en kjente til störrelsen av de åpne partiet og avkjölingen ved kraftverket. Ved å bruke vanlige svenske beregningsmetoder for naturlige forhold kom en fram til for store verdier for det åpne partiet. Etter Thrones formler kom en imidlertid fram til betydelig bedre overensstemmelser. Disse bygger da også på forhold til en industrialisert sjö. (Fra tidsskriftet Power: "How to predict lake cooling action").

Eventuelt nye erfaringer om trafikksikkerheten på is og metoder til forbedring av isvegene.

N y b r a n t innledet med å nevne at i löpet av de siste 15 åra har tungtrafikken begynt å gjöre seg gjeldende på isen også. Det har derfor vært av interesse å undersöke isens bruddfasthet og metoder til å forberede isen on tungtrafikkveg.

S a m u e l s s o n fortalte at grunnen til at undersökelsene kom i gang var bl.a. at isen er av ökonomisk interesse, både som lagringssted for tömmer og som transportveg. I denne forbindelse måtte en finne metoder til forsterkning av isdekket, og til dette var det igjen nödvendig med nærmere undersökelser av isens fysikalske egenskaper. En kan dele kravene til disse undersökelsene inn i 4:

1. Tyngre trafikk (större lass)
2. Större tömmermengder
3. Mer tungtflytende tömmervirke
4. Utbygging av vassdragene

Undersökte innvirkningen av snödekket på istilveksten. Videre ble det gjort modellforsök med frysehastigheten av vanngjennomtrukket snö av forskjellig tetthet. Istilveksten skjedde omtrent dobbelt så hurtig i vanngjennomtrukket, pakket snö og omkring en og en kvart gang så hurtig i vanngjennomtrukket, lös snö som i rent vann. Forholdet (h/h_s) mellom oppnådd istykkelse i rent vann (h_i) og snöblandet vann (h_s) varierte fra 0,44 til 0,87, avhengig av snöens tetthet. Höyest verdi fikk en for störst tetthet (pakket snö).

For å kunne beregne isens bæreevne ble det gjort forsök med isens böyningsfasthet. Forsökene ble gjort ved at en istunge, utsaget på tre sider, ble presset opp (löftet) til brudd, og bruddkraften avlest på et manometer. Det ble gjort i alt 15 forsök, hvorav 3 med sörpeis (kunstig laget). Bruddkraften varierte mellom ca. 600 og 1200 kg, og verdien for isens böyningsfasthet σ lå mellom 4 og 12 kg/cm², med særlig mange verdier konsentrert mellom 4 og 5. Det bemerkes at verdiene for sörpeis var omtrent de samme som for stålis. Videre så det ut til at sprekker, selv om de var törre og smale, nedsetter isens bæreevne. En kan angi en "sprekkfaktor" på 2 for "våte", höyst 7 cm vide, ubetydelig utviklet og med trafikken gående på tvers. Verdien for kritisk påkjenning på et isdekke bör settes til 4 kg/cm² i stedet for tidligere 8 kg/cm².

Isens elastisitetsmodul ble bestemt ved to av böyningsfasthetforsökene til henholdsvis 25 000 og 26 000 kg/cm².

Isdekkets deformasjon ved forskjellig belastning ble også undersökt. Forsökene viste at et isdekke har utpreget elastiske egenskaper, men belastningene etterlater gjenstående deformasjon i isdekket. Videre vil nedsenkningen av isdekket ikke begrense seg til området omkring belastningsstedet, men kunne måles i en avstand av 8 a 12 m fra dette.

Ved undersökelser av vibrasjon i isdekket ved belte- og hjulkjöretöy kom det bl.a. fram at pakket snö i vegbanen syntes å medföre större vibrasjon i isen enn snöfri is, når denne trafikeres med beltekjöretöy. I alt kunne en si at livlig trafikk synes å nedsette isens bærestyrke til

omtrent halvparten av styrken til ikke trafikert is. Når vann trenger gjennom snödekt is vil kapillarkraften i snödekket forårsake en hevning av vannstandsnivået i snödekket. Dette kan höyst gå opp til $\frac{h}{1-r}$, der h = kapillarhöyden i cm og r = mengden av vann/volumenhet i det kapillare skiktet.

Med fotografering av ispröver i polarisert lys kunne en konstatere at i den nydannede ishinnen i en oppsaget råk var iskrystallaksene horisontale. Etter ishinnens tilvekst i tykkelse framtrådte så den sedvanlige vertikale orientering av krystallaksene.

W o l d framhevet at tilsvarende norske forsök med böyningsfasthet ble gjort ved at istungen ble brukket nedover, ikke oppover. Verdiene syntes forövrig å være tilsvarende de svenske. Ut fra 12 målinger fikk en $\sigma = 5{,}0 \pm 0{,}1$ kg/cm².

Reguleringers innvirkning på isforholdene i sjöer, elver og havneområder.

D e v i k kom inn på den stadig ökte utbygging med temmelig store vannmengder som slippes ut i våre fjordarmer har framtvunget en spesiell interesse for undersökelse i disse farvann. Det offentlige isutvalg har allerede en del is- og temperaturundersökelser i gang, bl.a. har en student valgt sitt hovedfagsstudium på dette problem.

B a n g kom inn på bruken av dynamitt til issprengning, og uttalte at de hadde gode erfaringer med dette i Begnavassdraget. De hadde en spesialutdannet patrulje som sprengte både bunnisdammer og sammenskjövede ismasser. Hadde også brukt Tyfon maskiner til å flytte sarret i elva. Til sprengningen brukes stort sett små ladninger.

F a l k e n m a r k : Studier av isbevegelser i sammenheng med sprekkdannelse langs strendene i en korttidsregulert sjö.

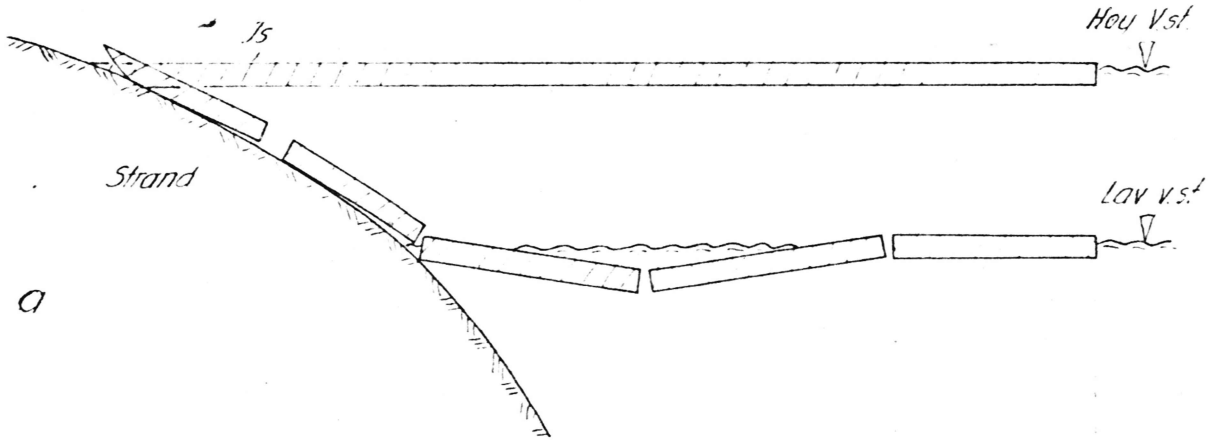
Et fast isdekke på en sjö utsettes i större eller mindre grad for temperaturvekslinger og isen underkastes avvekslende ekspansjon og kontraksjon. Da de sprekkene som oppstår som följe av dette fylles med vann eller snö og fryser til, medförer dette at isdekket gradvis öker i störrelse. Dette viser seg ved at isen skyves over strendene. Fenomenet kalles ofte "strandråk".

I 1918 gjorde svensken Axel Hamberg en nærmere undersökelse av sammenhengen mellom lufttemperaturvariasjoner og isforskyvningen inn over strendene på sjöen Sommen. Han fant at forskyvningene hovedsakelig fant sted om dagen, dvs. i samband med stigende lufttemperatur. Dette bekrefter

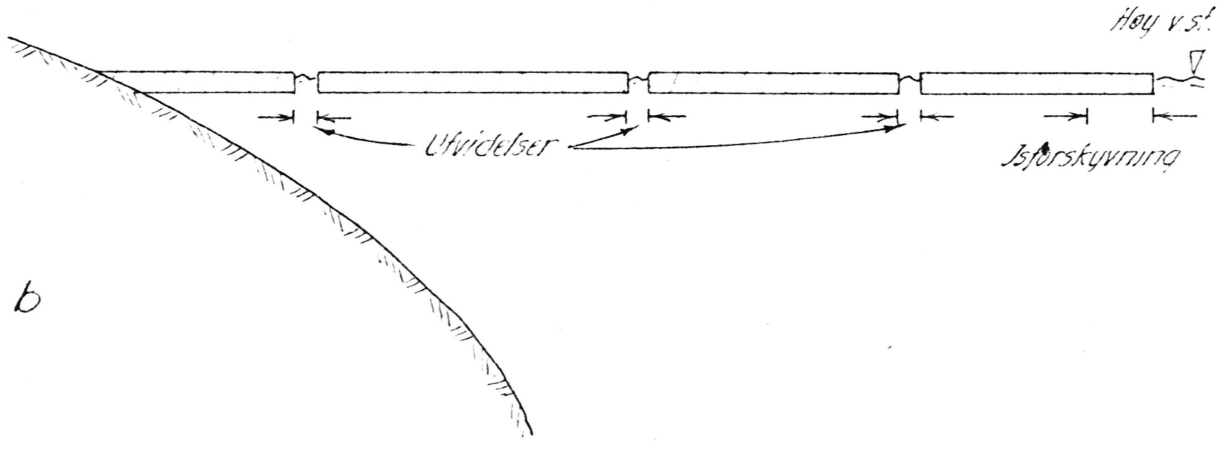
Fig 1

VANNSTANDSVARIASJONENES INNVIRKNING på ISDEKKET

— Skjematisk framstilling —



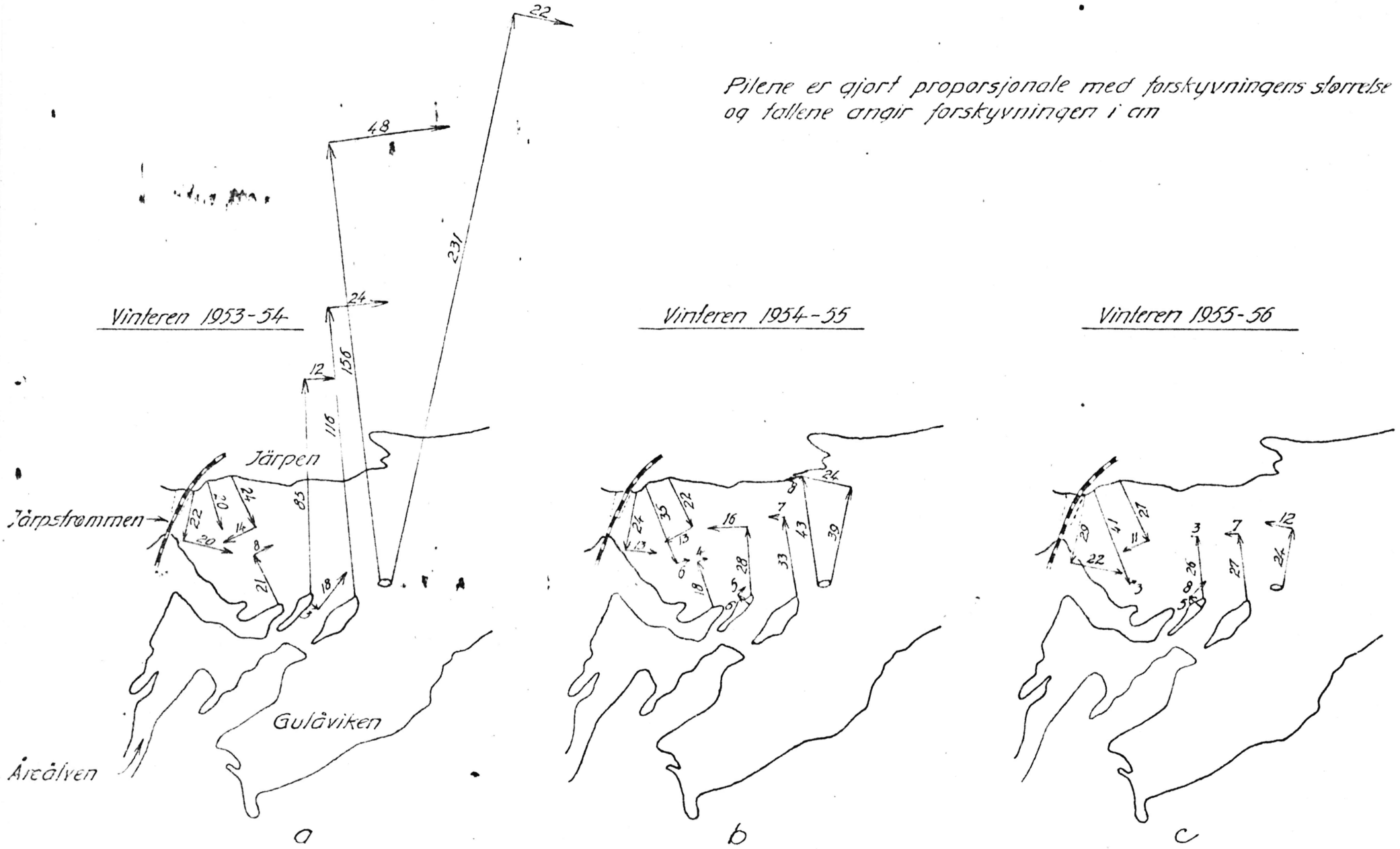
Når vannstanden faller oppstår det sprekker i isen langs land. Noen av disse sprekkene vil fylles med vann og begynne å fryse til



Når vannstanden heves igjen vil utvidelsene pga de gjenfrosne sprekkene forårsake en forskyvning av isdekket

ISFORSKYVNINGER loddrett på og parallelt med stranden i sjøen LITEN

Pilene er gjort proporsjonale med forskyvningens størrelse og tallene angir forskyvningen i cm



altså at de har oppstått som følge av at nattens sprekker har frosset til. I löpet av en 14-dagers periode målte han den totale forskyvning til 40 cm. Lufttemperaturen steg hele tiden fra -1 til 6°C, dvs. temperaturen i isen kunne da höyst stige 1°C (isen var snöfri). Da sjöen var 500 m bred, skulle temperaturekspansjonen etter beregningen ikke bli mer enn 2,5 cm. Om alle kontraksjonssprekkene i isoverflaten antas å fryse til og isen antas å være helt uelastisk, kan den totale longdeendringen i sjöens halve bredde beregnes til 79 cm. Den målte forskyvningen var altså hele 50% av den beregnede ekspansjon for helt uelastisk is.

Det er rimelig at også gjenfrysingen av andre slags sprekker bör gi opphav til analoge isbevegelser, som f.eks. strandsprekker, som oppstår ved korttidsregulering av en sjö. Undersökelser som ble gjort av SMHI i et par korttidsregulerte sjöer i Mellom-Sverige bekrefter denne teorien. Ved disse sjöene viste det seg imidlertid at isbevegelsene gjennomgående var rettet fra strendene, tydeligvis beroende på at begge sjöene hadde svakere isområder. Bevegelsene var störst der svakisområdene var mest utpreget og på enkelte steder av omtrent samme störrelse år etter år. Andre steder ble det iakttatt bevegelser forårsaket av temperaturendringer, særlig under den mest snöfattige av de tre observasjonsvintrene. Ved rette strender var det ubetydelig komponenter av bevegelsene parallelt med stranden. Hens bevegelsene parallelt med stranden tolkes som temperatur-bevegelser, har en funnet en visselig sammenheng mellom bevegelsene loddrätt på stranden og störrelsen av vannstandsvariasjonene.

Forklaring til vedlagte figurer:

Fig. 1 viser den effekten på isen som stadige vannstandsvariasjoner forårsaker, slik som undersökelsene viste det. Når vannstanden faller oppstår det sprekker langs stranden (a). Disse fylles med vann eller snö og sementeres igjen. Når vannstanden stiger igjen har isen derfor undergått en ekspansjon og følgen blir forskyvning av isdekket (b). I sjöen Liten kunne denne forskyvningen fra strendene finne sted på grunn av svakhetssoner i isdekket, som følge av strömdrag.

Fig. 2 viser observerte forskyvninger i sjöen Liten. En ser at bevegelsene förste vinteren gikk opp til 2,3 m, loddrett på stranden, men også parallelt med stranden er bevegelsene ganske store(a). Neste vinter (b) var snödybden på isen en del större.

Sammenhengen mellom strömhastighet og temperatur i råker.

F l a t j o r d innledet med å omtale de erfaringer man har, at store strömhastigheter kan tære åpne råker i isen, selv om vannets overtemperatur er meget liten, og selv ved sterk kulde. Han omtalte så de spesielle

målinger som var blitt foretatt i et par norske vassdrag, særlig i Nea, for å studere dette nærmere.

Det viser seg å være en nær sammenheng mellom strömhastighet og temperatur i råkene i en elv, og å bestemme denne sammenheng mest mulig nöyaktig har da vært et av hovedmålene for undersökelsene.

Vanntemperaturen ble målt med kvikksölvtermometer inndelt i 1/100°C. Strömhastigheten ble bestemt både med flygel og flytere.

Det viste seg å være særlig gunstig å foreta målingene i råkene i slutten av kuldeperioder, og på steder i vassdraget hvor isforholdene har stabilisert seg i kuldeperioden. Dessuten bör råkene ikke före sarr.

Noen eksempler på sammenhörende verdier av strömhastighet og temperatur i råkene vises i tabellen:

0,2 - 0,3	m/sek	0,20°C
0,4	"	0,06°C
0,6	"	0,02°C
over 0,8	"	0,01°C

(Se forövrig bilag V)

N y b r a n t mente resultatene av Flatjords undersökelse kunne nyttes til å få fram mange andre tall om vannet. Bl.a.skulle det være forholdsvis enkelt, ut fra de nöyaktige observasjonene å finne et matematisk uttrykk for sammenhengen mellom temperatur og strömhastighet i råker. Et spörsmål som en ofte stiller seg når en sysler med vann er i hvilken grad utvekslingskoeffisienten (turbulensen i vannet) avhenger av strömhastigheten. At vannet var åpent (råk), berodde vel dette på, som Flatjord påpekte, at den varmen som avgis fra vannet öker med strömhastigheten, eller ved at temperaturen stiger. Den vanlige formelen for varmeledning i vannet er $A \cdot \frac{\partial t}{\partial z}$ hvor $\frac{\partial t}{\partial z}$ er gradienten i det överste vannskiktet og A er utvekslingskoeffisienten avhengig av turbulensen, dvs. i siste hand hastighet. Dette kan da også skrives $f(v) \cdot (t_v - t_l)$ hvor f (v) er en hastighetsfunksjon og $t_v - t_l$ er differansen mellom temperaturen i vann og luft, i middeltall. Det skulle da være ganske enkelt på grunnlag av disse observerte verdiene å komme fram til de ukjente faktorer i de teoretiske uttrykkene. En kunne jo komme fram til den på forskjellige måter, men det ville være interessant å anvende disse observasjonene også.

K a n a v i n ga et lite resyme av de norske undersökelser og fortalte at det var lagt stor vekt på målinger av temperatur og strömhastighet i råker. Det er i alt samlet inn et betydelig materiale fra forskjellige vassdrag rundt i landet. Som ett av resultatene av disse undersökelsene kan nevnes at en har funnet en kritisk overflatehastighet 0,6 m/sek. Overstiges denne,

vil drivende sarr og mindre isbiter ikke feste seg til strandis eller isfront, men dukke under isen og forsvinne nedover. Utviklingen av isdekket blir altså forstyrret. Denne grensen er selvfölgelig ikke helt bestemt, den kan kanskje strekkes til 0,8 m/s. Men ved bedömmelse av reguleringens innvirkning på isforholdene er slike tall av stor betydning.

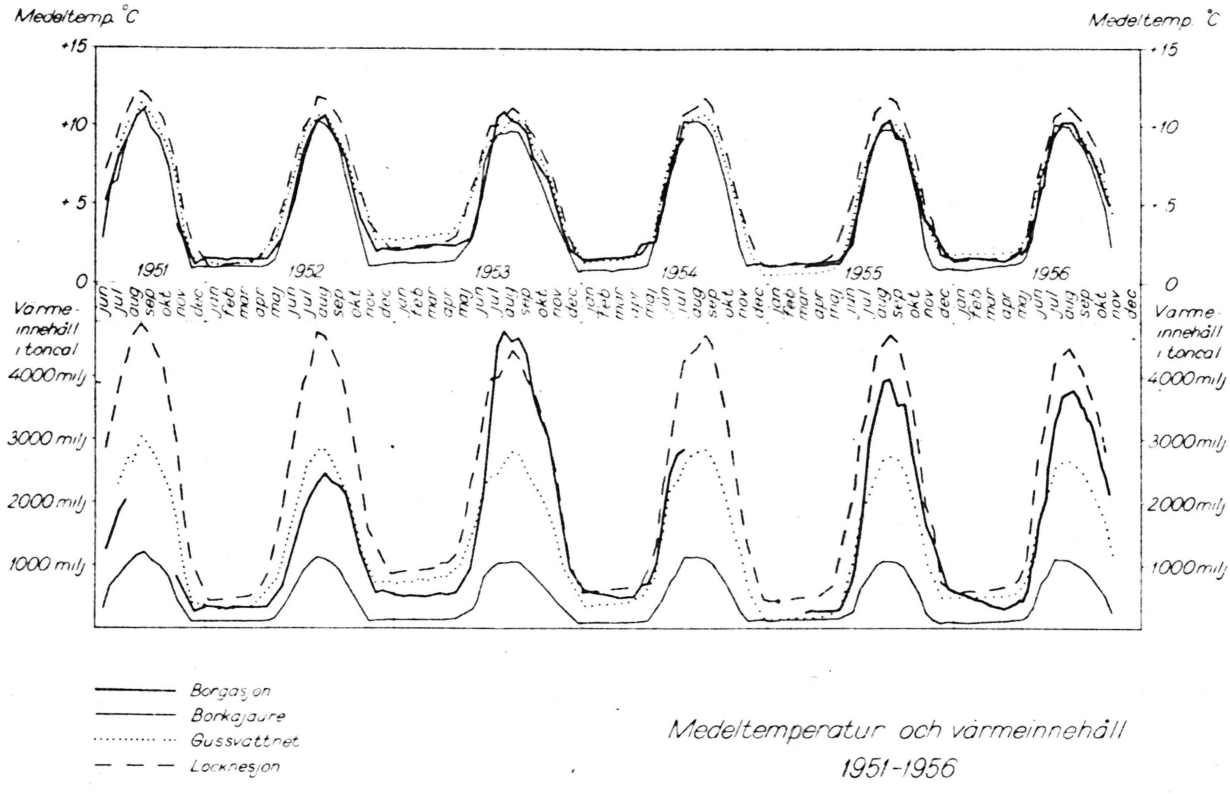
Et annet resultat av undersökelsene er på hvilken måte elvas evne til å tære på isen eller holde råk åpen i kaldt vær, er avhengig av vanntemperatur og strömhastighet. Det skal f.eks. bare et fall på ca. 8 m til for å varme opp 0 graders vann såpass at det kan tære på isen når strömhastigheten er stor. Våre elver, som er sammensatt av stille partier og stryk, går da også vekselvis åpne og islagte nedover. Observasjonene gir forklaring på dette fenomen, og dette stemmer igjen med teoretiske betraktninger. Fenomenenes komplisering sier oss at vi må ha nöyaktige målinger for å kunne bedömme reguleringens innvirkning på isforholdene, men i alle fall ligger nökkelen til disse prognoser i disse betraktninger og undersökelser. I alt kan vi si at vi i dag er bedre i stand til å gi slike prognoser enn for 2 år siden.

D e v i k framhevet at siden de små temperaturdifferanser mellom vann og is i höy grad avhenger av fallet, vil studiet av fallet, sammen med den vannhastigheten en kan vente, gi nökkelsen til våre prognoser for reguleringens virkning. Fallfordeling og hastighet er det förste vi ser etter når vi vil bedömme hvordan forholdene vil bli nedover et vassdrag.

Han var enig med Nybrant i at det er den nöyeste sammenheng mellom disse grenseverdier og utvekslingskoeffisenten for temperaturen. Vi har også en del andre målinger som viser dette, som cand.real. Berg har gjort i en grunn, gjennomströmmet sjö. Alt i alt kan det ikke være tvil om at det vil lönne seg å bearbeide dette videre og se det i sammenheng med den alminnelige konveksjon, altså studere varmeledningsevnen i turbulent vann.

Varmehusholdningen i en regulert sjö.

N y b r a n t nevnte at forbindelsen med de mange nye, tildels store, reguleringene i förtiårene kom det fram en del klager over at disse medförte en del ufordelaktige forandringer. Bl.a. nevnte en at isen ble forandret, og videre at temperaturen ville bli lavere i bassengene på grunn av fyllinger med kaldt vann om våren og forsommeren. Dette skulle så igjen innvirke bl.a. på klima og på fisket. Slike påstander kunne jo ikke slik uten videre avvises, og i begynnelsen av femtiårene satte en i gang med temperaturundersökelser i en sjö i Lappland, Borgasjö, som skulle reguleres senere. Ettersom klimaforholdene er forskjellige fra år til år fant en det nödvendig å foreta undersökelser i liknende sjöer i nærheten, som skulle forbli



Medeltemperatur och värmeinnehåll
1951-1956

uregulert. Temperaturen ble målt i et stort antall vertikaler, og en beregnet siden middeltemperaturen for hver sjö.

Av måleresultatene kan en ikke se at Borgasjöen's temperatur avviker særlig fra andre sjöer's, hverken för eller etter reguleringen, hverken på våren eller sommeren. I det hele vil i alle fall innvirkningen på temperaturen höyst komme opp i 0,5°C. Dette gjelder middeltemperaturen. Når det gjelder det totale varmeinnhold er det nok större virkning. Derimot vil overflatetemperaturen stort sett være uforandret. At middeltemperaturen stort sett må sies å være uforandret vil ikke si at det ikke kan forekomme lokale endringer i temperaturforholdene, som f.eks. i viker og ved strendene. Her avhenger jo som kjent temperaturforholdene mye av de topografiske (geografiske)forholdene og disse kan jo endres ved en oppdemning.

For å kunne följe temperaturforlöpet i en oppvarmingsperiode om våren i detalj, dvs. i mai og juni, ble det gjort inngående temperaturmålinger i Borgasjö for 2 år siden. Det ble målt hver eller annen hver dag over hele sjöen. Dessuten målte en temperaturen til innlöpsvannet. Samtidig ble det gjort en del meteorologiske observasjoner, og videre isundersökelser som fru Falkenmark har redegjort for. Spesialmålingene av temperatur skal fru Byrde legge fram.

B y r d e fortalte at for å få mer fullstendig bilde av temperaturforholdene ble det opprettet en fullstendig meteorologisk stasjon, med registrerende instrument for lufttemperatur, fuktighet, vindhastighet og -retning, samt innkommende, kortbölget stråling. Strålingen ble registrert dels med Robitzsch aktinograf, dels med et Moll-Gorzinsky-instrument, koplet til en Cambrigde-skriver.

Det sentrale ved undersökelsen var selve temperaturmålingene i sjöen og beregning av middeltemperaturen (for observasjonsperioden). Et bemerkelsesverdig ting er at etter at det var oppnådd fullstendig temperaturutjevning om våren gjorde selv en svært liten temperaturforhöyelse på et par hundredels grader seg gjeldende helt til bunns.

Under selve islösningen endret temperaturforholdene seg en hel del. Etter hvert som isfronten beveget seg nedover sjöen gikk temperaturfordelingen midlertidig tilbake til vinterskiktning. Dette skyldes den sterke turbulensen, forårsaket av kraftig vind (15 m/s). Temperaturen sank 1 til 2 grader C under iskanten. I alt var det både store og hurtige temperatursvingninger.

Mens sjöen var islagt viste innlöpsvannets temperatur seg å være lavere enn middeltemperaturen for sjöen. Etter islösningen (27/5) ble

utlöpstemperaturen også målt, og denne viste seg å være höyere. Sjöens middeltemperatur blir altså etter dette ikke senket ved oppdemning.

Et unntak hadde en imidlertid under en kort periode på 4-5 dager med varmebölge, da vanntemperaturen var lavere i utlöpet enn i innlöpet. Varmemengden fra tillöpene må jo ved en oppdemning fordeles på et mye större volum.

Vindretningen har også sin betydning for temperaturen i utlöpet. Mens forholdsvis mild, sydlig vind forårsaket en senkning av temperaturen, steg denne derimot under nordlig vind. I sistenevnte tilfelle ble altså det varme overflatevannet blåst ned mot utlöpet. Temperaturdifferansen kunne være opptil 1,7°C.

Da Borgasjön har 86 tillöp, var beregningen av innlöpstemperaturen en komplisert affære og det ble da valgt ut standard tillöp.

Med kjennskap til inn- og utkomne varmemengde (ved temperatur- og vannmengdemålinger) og sjöens middeltemperatur, hadde en altså materiale til en analyse av varmetransporten på grunnlag av de meteorologiske observasjonene og vanntemperaturmålinger. Målingene i vannet skulle da være facit for de teoretiske beregningene, og ble utfört annen hver dag. Atmosfærens samlede innflytelse ble regnet fram til hver måledag. Middeltemperaturen i vannet ble beregnet både på grunnlag av målinger i et vertikal (det dypeste) og 6 vertikaler. For de förste 10 dagene var den beregnete temperatur 0,11°C for höy etter de direkte målingene. De siste fem dagene steg feilen til 0,25°C. Dette mente en kunne skyldes at de teoretiske formelene for fordunstning og varmeledning ikke kunne gjöres gjeldende for forholdene under en sommervarmebölge, hvor en hadde en temperaturforskjell på 15-20°C mellom luft og vann. Stabiliteten blir da svært stor, og en mener at formelen stort sett gjelder for instabile eller indifferente forhold. I alt viser undersökelsene at de vesentlige faktorer var tatt med og at de teoretiske formler kan anvendes for fjelltraktene med relativt bra resultat. (Se forövrig bilag VI).

Temperaturforholdene i gjennomströmte sjöer.

W o l d nevnte at til vanntemperaturmålingene Iskontoret foretar blir det i det alt vesentlige brukt motstandstermometre med termistorer til fölere. Målingene ute blir stort sett begynt ovenfra (under isen) og blir tatt så tett som det er nödvendig for å kunne tegne opp en sammenhengende kurve for vertikalsnittet.

Den normale temperaturfordelingen i en strömfri, temperert innsjö er vel kjent. Når sjöen er helt islagt vil temperaturen i overflaten være 0°C, ved bunnen ca 4°C. (Avhengig av de lokale vindforhold kan bunntemperaturen bli en del lavere i enkelte sjöer). Som eksempel er vist et

temperaturvertikalsnitt fra nedre Langeidvatn i Telemark. (se fig. 1)

Ligger imidlertid en innsjö slik til i vassdraget at det skjer en viss gjennomströmning, f.eks. ved at en större elv renner gjennom sjöen, vil en få en blanding av elvevannet med vannmassene i de gjennomströmte lag i sjöen. Temperaturkurven blir da noe endret, f.eks. som vist på fig. 2 fra Sperillen i Begnavassdraget. Er gjennomströmningen sterkere, enten ved större vassföring eller ved at sjöen er smalere (med andre ord ökt strömhastighet av det gjennomströmende vannet), kan en få en mer markant innvirkning på temperaturforholdene. Det mest karakteristiske er et tydelig sprangskikt, som vist på eksemplet fra Bromma i Hallingdal (fig.3),

En kan altså si at det vannet som strömmer gjennom sjöen vasker ut en del av vannet som ellers ville ha ligget i ro her, og med dette reduserer varmemagasinet i sjöen (fig.4).

Ser en på temperaturfordelingen i en sterkt gjennomströmmet sjö, forteller den bl.a. også tilnærmet hvilken temperatur vannet har ved innlöpet i sjöen. Innlöpstemperaturen vil vise seg i den överste delen av kruven hvor temperaturgradienten er tilnærmet konstant. Den 26/3 1958 var f.eks. innlöpstemperaturen i Bromma ca 0,1 °C. På fig. 5, som viser temperaturfordelingen i Norefjord (dypeste parti målt 21/2 1958), ser en at innlöpstemperaturen var betraktelig höyere, noe over 1,5°C. I et slikt tilfelle vil de överste par metrene få en ganske stor temperaturgradient.

Å gi en eksakt framstilling av i hvilken grad ökt strömhastighet innvirker på temperaturforholdene er vanskelig. Det er imidlertid av interesse å referere målingene som viser hvordan ökt strömhastighet förer til at innvirkningen griper dypere ned i sjöen. I tabellen nedenfor er det beregnet den midlere hastighet i en del måleprofiler der målestedene er oppfört etter störrelsen av disse hastighetene:

Målested	Tilnærmet midl.ström-h.h. i m/s	Sprangskiktet begynner i dyp, m	Gradient i °C m i epilimnion
Bromma	0,004-0,006	13-23 (18)	0,00
Aurdalsfjord	0,004	17-19 (18)	0,01
Norefjord	0,003	12-21 (17)	0,00-0,01
Vinjevatn	0,001-0,002	6-15	0,00-0,05
Grungevatn	0,001	2-9 (7)	0,01-0,05
Strandefjord (ndf. Aksnes)		3,5-4,5	0,25
Slidrefjord		2-2,5	0,02-0,15

STRØMHASTIGHETENS INNVIRKNING på TEMPERATURFORDELINGEN i en ISLAGT INNSJØ

Nedre Longeidvatn, 885 m.o.h.

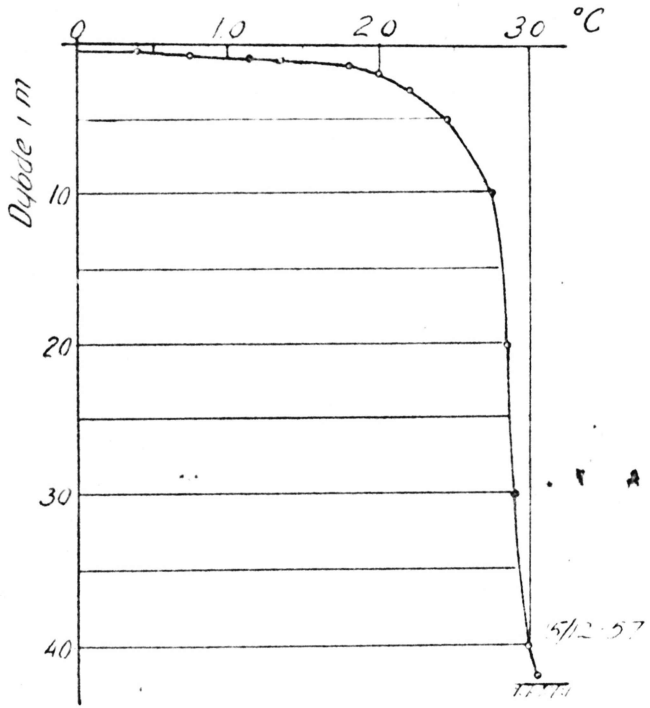


Fig 1

Sperillen, 150 m.o.h.

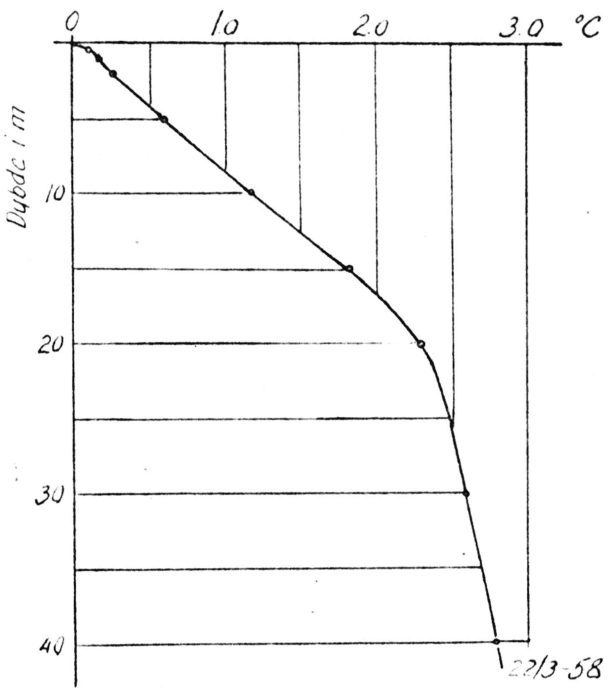


Fig. 2

Bromma i Hallingdal, 146 m.o.h.

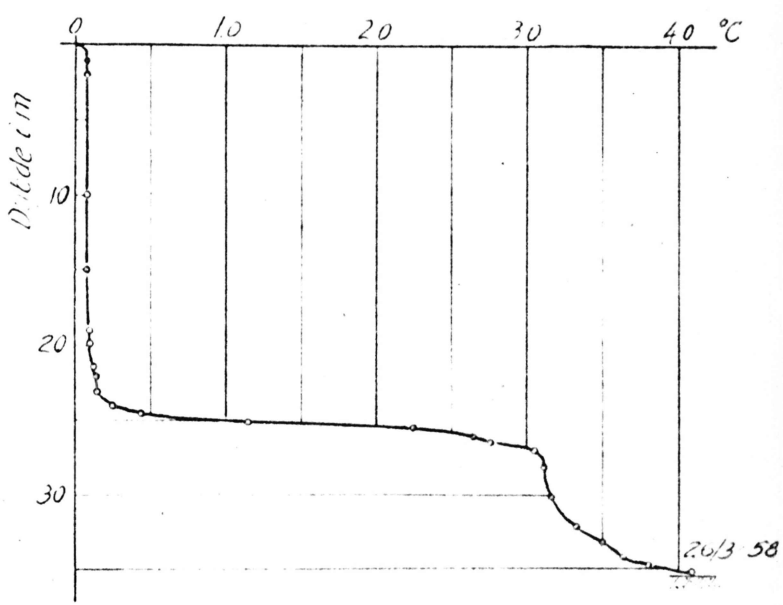


Fig 3

Redusering av varmemagasin p.g.a. gjennomstrømning

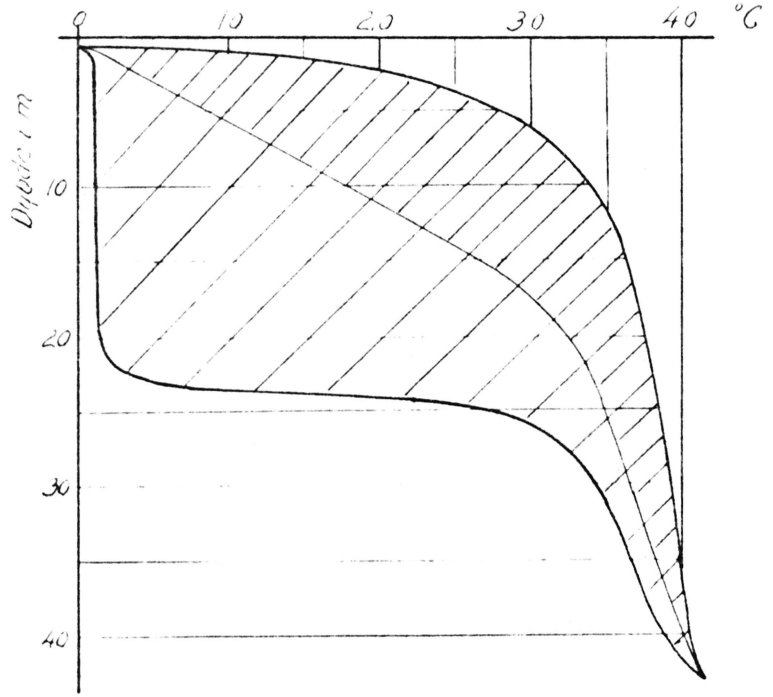


Fig 4

Norefjord 265 m.o.h. i Numedal, dypeste parti

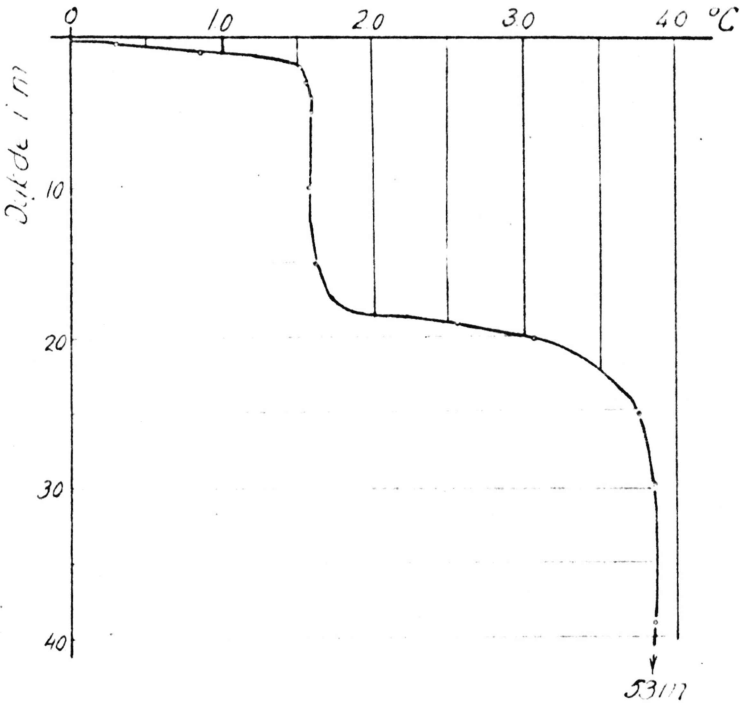
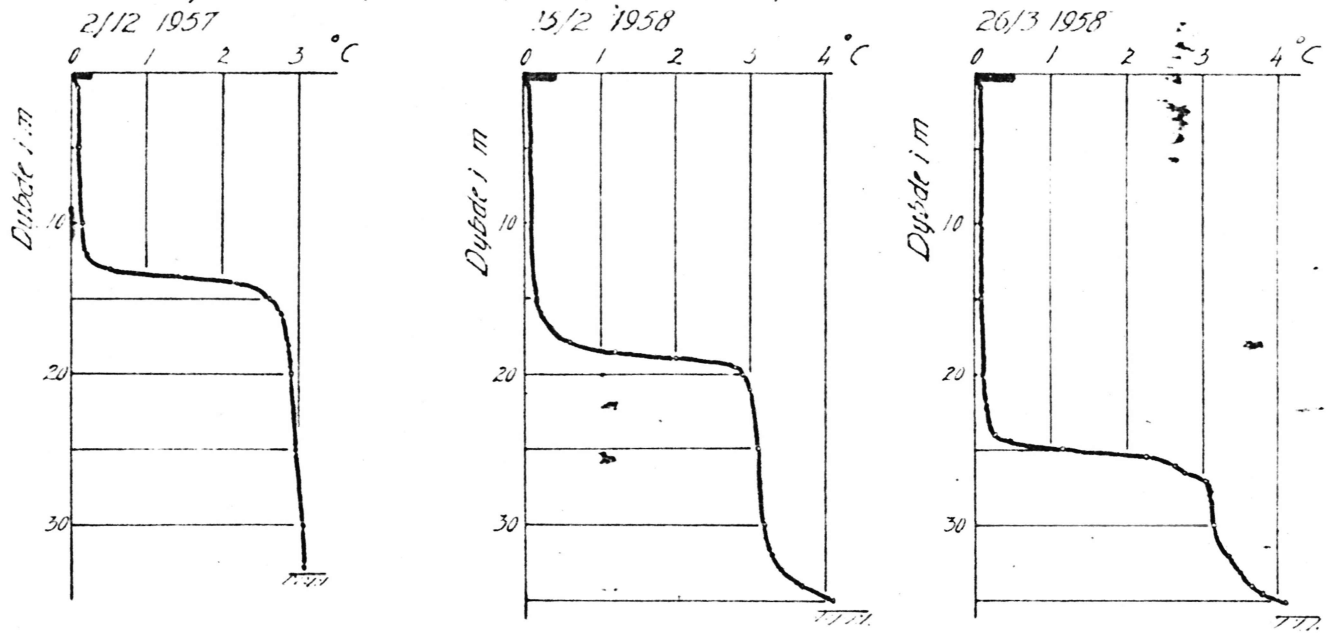


Fig 5

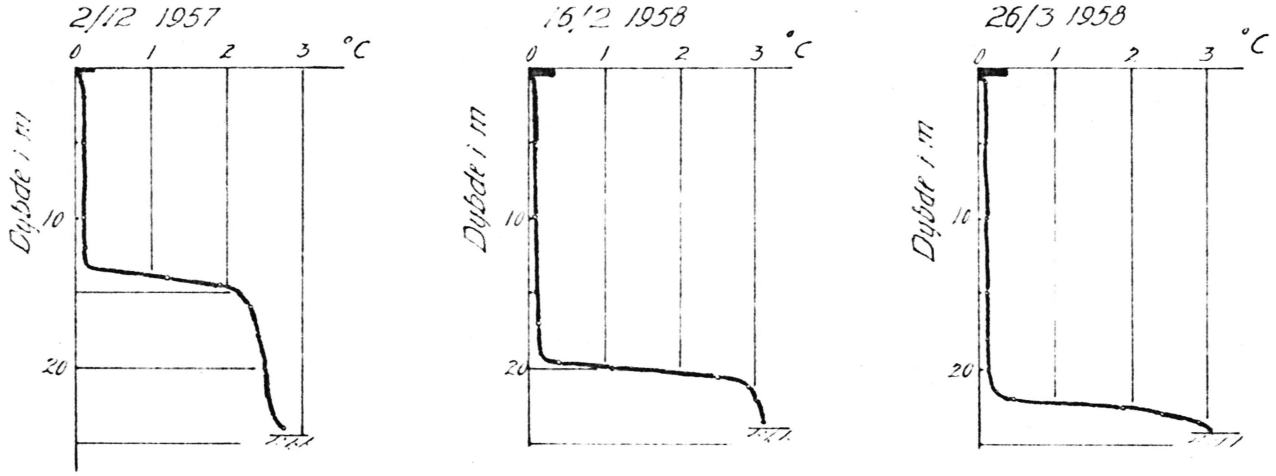
TEMPERATURFORHOLD i HALLINGDALSELV (Bromma) vinteren 1957-58

Reg. vassføring 50 - 60 m³/sek

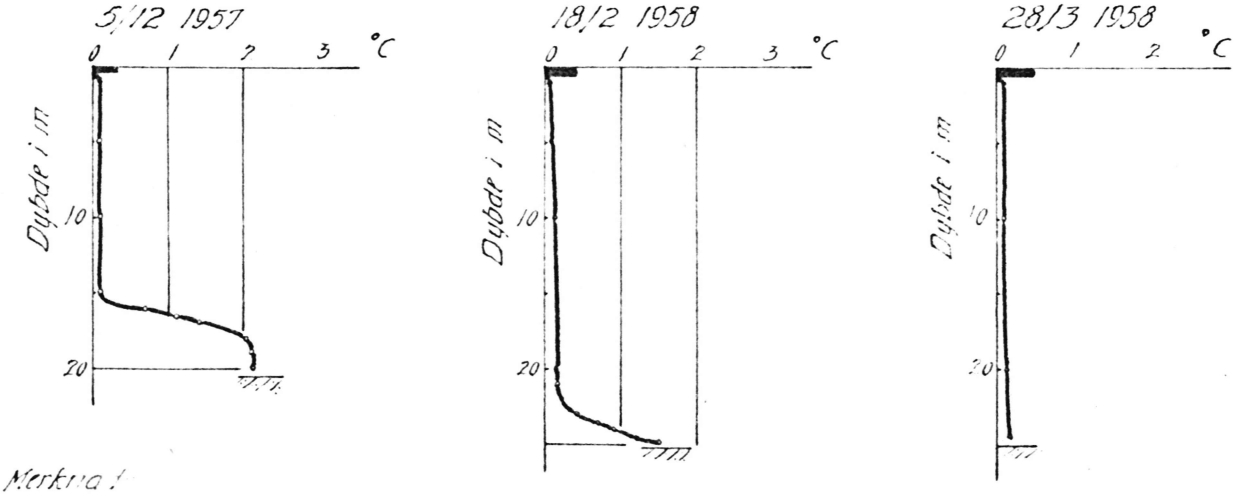
VIKEN, ca 2 km ndf. Husemo, målepunkt 200 m fra v. br



SANDVIKEN, ca 6 km ndf. Husemo, målepunkt 100 m fra v. br



Mellom GEITSUND og BERGHEIM, ca 11 km ndf. Husemo, målepunk 200 m fra v. br



Merknad:

Temperaturer målt med termistor og spesiell målebru

I 2. rekke er oppfört i hvilket dyp sprangskiktet begynner, og i 3. rekke temperaturgradienten i skiktet ovenfor dette (epilimion). Som en ser av tabellen heves spragskiktet etter som strömhastigheten avtar. Dessuten öker temperaturgradienten i epilimnion.

I tillegg til disse sammenlikninger som er nevnt kan det også være av interesse å se på et par andre fenomener. For det förste vil sprangskiktet senkes etter hvert som en kommer lenger fra innlöpsoset til sjöen (se fig. 6, målestedene Viken, Sandeviken og ovf. Bergheim i Bromma). For det andre flytter sprangskiktet seg nedover med tida, utover vinteren.

NEDBÖR OG AVLÖP

Fordunstning og kondensasjon.

N y b e r g nevnte en metode til beregning av fordunstning som blir brukt i Nord-Amerika og i England. Den bygger på meteorlogiske målinger. En studerer den vanndampen som strömmer inn og ut i et område, og når nedbören er kjent kan en så få et mål på fordunstningen.

Dette er nettopp samme slags metode som når fordunstningen beregnes som forskjellen mellom nedbör og avrenning. Her kommer da en korreksjonsfaktor til, nemlig lagringen av vann som grunnvann eller overflatevann innen området. Han mente derfor at den såkalte "hydrologiske metode" gir de beste resultater når den navendes over lengre tidsrom, kanskje flere år.

Den meteorlogiske metoden er brukt på et område i Finnland mellom 60°N og 65°N og 20°E og 30°E (fa. Greenwich). De synoptiske kartene gir opplysninger om vind og fuktighet i de forskjellige höyder ved områdets begrensningsflater. Den samlede fuktighetstransport gjennom begrensningsflater mellom bakken og 400 mb. flaten beregnes av disse opplysninger. (I 400 mb. flatens höyde antas fuktighetsinnholdet i luften å være omlag null).

Metoden inneholder endel feilkilder. I radiosondeoppstigningene som nyttes til höydekartene, vil det forekomme feil. Videre er antallet av radiosondestasjoner rundt undersökelsesområdet meget begrenset. En av de större feilkilder skyldes nedböriakttakelsene, disse vil alltid være noe usikre, uten at det kan sies noe bestemt om graden av usikkerhet. Noe vil den variere med årstiden.

Fuktighetsinnholdet i luftvolumet over undersökelsesområdet vil variere, men dette kan kontrolleres ved radiosondeoppstigningene. Oppsamling av vann på marken som grunnvann eller overflatevann vil ikke gi noe korreksjonsledd. Han viste följende resultat av beregning over fordunstningen:

juni 1956 = 78 mm
nov. " = 10 "
feb. 1957 = 16 "
jan-mai " = 33 "

Han hadde gått ut fra at disse verdiene skulle være spesifikke for en viss årstid, integrert og fått en årsavdunstning på 300-400 mm, hvilket stemte godt med den tidligere metode. Han nevnte at det var meningene å avnende denne metoden på mindre områder i Sör-Sverige. For Nord-Sverige mente han at metoden ikke passet da en ikke visste hvordan luftströmmen fordelte seg på

grunn av fjellryggene.

Nyberg opplyste forövrig at en redegjörelse for hele forsöket skulle trykkes i det finske tidsskrift "Geofysica" kort tid etter konferansen.

F o r s m a n hadde gjennomfört fordunstningsberegningen ved en annen metode, nemlig gjennom visse meteorologiske og hydrologiske observasjoner. Det var i det vesentlige temperaturens innflytelse som ble undersökt. Beregningene omfattet de samme landområdene som de tidligere beregninger, men han hadde også tatt med sjöområdene.

Han gikk ut fra vannhusholdningens grunnlikning som sier at nedbören er lik fordunstning + avlöp + en viss magasinendring. Magasinendringen er delt opp i forandring i sjömagasineringen og forandring i markfuktigheten.

Den störste vanskelighet er å bestemme forandringen i sjömagasineringen, og han oppga en usikkerhet i resultatet av beregningene grunnet dette med $\pm$ 8 mm

Han påpekte at hvis beregningene skulle gjöres for en så kort periode som 1 mnd. var det störste problemet markfuktigheten i rotsonen, altså den fuktigheten som er tilgjengelig for vekstenes transpirasjon.

I sine undersökelser hadde han regnet med den höyst mulige fordunstning beroende på meteorologiske faktorer. Dette var imidlertid en approksimasjon. Det fantes visse formler for slik bedömmelse og han nevnte bl.a. Penmans halvempiriske formel som bygger på temperatur, vindstyrke og fuktighet. Han hadde i stedet anvendt den helempiriske formel til Thornthwaite som bygger bare på lufttemperaturen. En må i dette tilfelle innföre en korreksjon for dagens og månedens lengde.

Han viste så en formel for den potensielle evapotranspirasjon fra en bevokst overflate. Denne hadde den forutsetning at det alltid er tilgjengelig fuktighet i rotsonen, da det jo er gjennom vekstenes transpirasjon at den störste del av markfuktigheten fordunster.

Formelen kan angis $Ap = 1{,}6 \left(\frac{10\ t}{I}\right)^a$

Hvor Ap er den potensielle fordunstning.

Varmeindeksen I beregnes ved hjelp av den normale månedstemperatur for hele året. Han gikk så gjennom noen regneeksempler og viste gangen i beregningene over sommermånedene 1956.

Han kom under dette inn på den höyst mulige fordunstningen for de forskjellige månedene. I mai er det sterk snösmelting og han kunne der ikke angi noen övre grense for vanntilförselen, men han antok at den lå over den potensielle fordunstningen.

Det störste problemet var markfuktigheten, og der hadde han gjort den antakelse at den störste forandrningen i markfuktigheten skulle være 100 mm i gjennomsnitt, men som en kontroll hadde han også brukt både större og

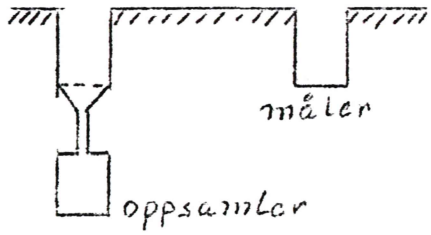
mindre verdier, 160 mm og 40 mm. Han hadde videre satt tilskuddet til markfuktigheten lik nedbör minu tillöp, og påpekte at når det er tilstrekkelig med fuktighet, stiger den virkelige fordunstningen til den höyst mulige.

I juni er tilskuddet veldig lite, fuktigheten blir da tatt fra bakken og markfuktigheten har i denne måned sunket til 30 mm, altså en fordunsting på 70 mm.

Han viste så noen resultater av slike beregninger som sammenliknet med beregningen av andre, f.eks. Sirén viste seg å ligge 10-15% höyere. Se forøvrig bilag IV.

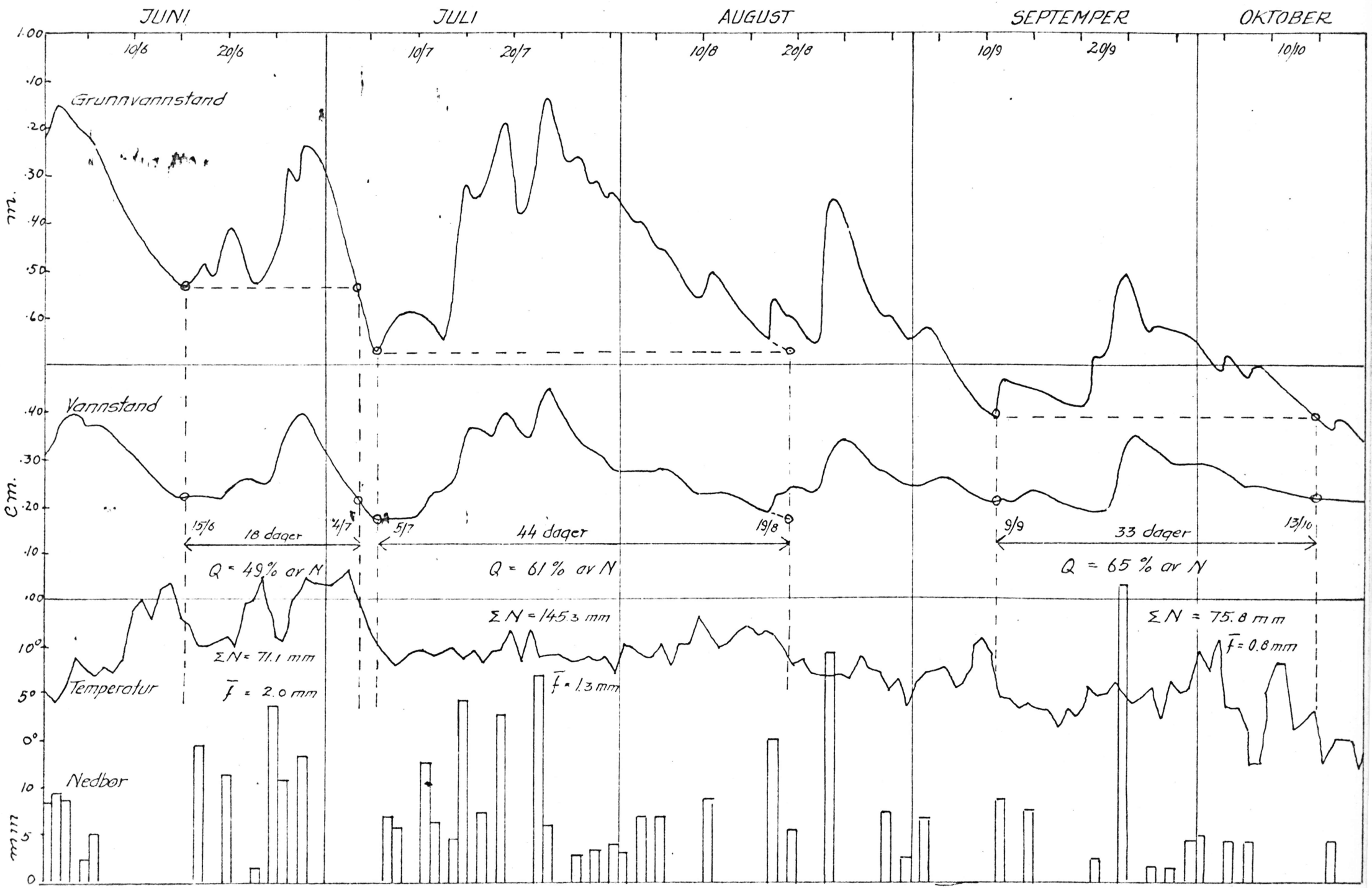
R æ s t a d omtalte noen undersökelser over fordunstning utført uavhengig av hverandre i Norge, Sverige og Finnland. Resultatene viste meget god overensstemmelse, idet de beregnede isolinjer i de tre land kunne bindes sammen uten noen påfallende diskontinuitet. I Norge följer isolinjene östsiden av Langfjellene sörover og svinger så nordover langs vestsiden eller vestkysten. Isolinjene viser således et bilde analogt med det termiske bilde av lufttemperaturårsmiddel. I følge den finske undersökelse (Sirén) er fordunstningen direkte proporsjonal med middeltemperaturen for året. En må derfor tro at isolinjebildet for Vestlandet i Norge også er riktig selv om meningene her er divergerende. Overensstemmelsen mellom disse tre av hverandre uavhengige undersökelser er et bevis på betydningen av hydrologiske samarbeide over landegrensene, understrekte Ræstad og anbefalte at omtalte undersökelser fortsetter.

S i r é n fortalte at i Finnland hadde det vært i bruk en fordunstningsmåler av amerikansk konstruksjon (klasse A). Disse målere ga ikke riktig bilde av den virkelige fordunstning, men materialet kunne kanskje anvendes til en mer generell sammenlikning verden over. Sommeren 1953 ble det derimot satt i gang målinger etter en russisk metode. En hadde foreløpig bare noen måneders erfaring, men Sirén trodde at en ville komme problemets lösning nærmere med denne metode. Metoden er enkel og apparatet er billig. Det består av 2 regnmålere nedsenket i jorden slik at sylinderens överste kant er jevn med jordoverflaten. En av disse sylindrene hviler på en trakt som förer til en oppsamler. Den andre sylindren måler mengden av vann etter at fordunstning har gjort seg gjeldende en viss tid.



H a g e n hadde beregnet fordunstningen ut fra ligningen $N = F + Q + \Delta S + \Delta G$, hvor N = nedbör, Q = avlöp, ΔS = endring i sjömagasin og ΔG = endring i grunnvannsmagasin. Beregningen bygget på målinger i Grosetfeltet, et lite forsöksfelt, 5,9 km², i et högfjellsområde ca. 1000 m.o.h. Feltet

GROSETFELTET 953 J.H.



var uregulert og avlöpet ble bestemt ved limnigraf. Nedbören ble registrert ved 3 nedbörstasjoner innen feltet med målere av standard type, og grunnvannstanden i en grunnvannsbrönn.

Han betraktet perioden definert ved betingelsene S = 0 og G = 0, altså samme tilstand i sjömagasin og grunnvannsmagasin ved periodens begynnelse og slutt. Slike perioder ble bestemt ved en grafisk framstilling av vannstand og grunnvannstand. Skissen viser en grafisk framstilling av vannstand, grunnvannstand, temperatur og nedbör i tiden 1/6 - 1/11.53. Her er det tatt ut 3 perioder, 18 dögn, 44 dögn og 33 dögn som tilfredsstiller betingelsene. Den midlere fordunstning pr. dögn i disse perioder var henholdsvis 2,0 mm, 1,3 mm og 0,8 mm. I förste periode var fordunstningen 51%, i andre 40% og tredje 35 % av nedbören. Middeltemperaturen i de tre perioder var henholdsvis 14°C, 10°C og 4°C.

L y s h e d e omtalte et forsök utfört i Danmark for beregning av den aktuelle fordampning. I dette forsöket tok man hensyn til samtlige ledd i balanselikningen, og kom fram til en verdi på godt 350 mm i året, hvilket var i den beste overensstemmelse med det en har funnet for Skåne.

I Jylland var fordunstningen noe mindre, hvilket han mente ikke stemte med den oppfatning en hadde i Norge av samme problem, at fordunstningen skulle være större i Vest-Norge enn i Öst-Norge. (Dette er ikke den alminnelige oppfatning i Norge).

Han kom så inn på de forskjellige innlegg og framhevet den store betydning energi-balansen har. Han gjenga en formel som innlederen hadde anvendt i sitt innlegg, og mente at denne stemte godt med Ennmans formel.

I forbindelse med Nybergs innlegg mente han det var tatt for lite hensyn til vanskene med å bestemme magasineringen. Han kom så inn på oppstillingen av hele vannbalanselikningen, som Forsman hadde vært inne på, og nevnte noen tilsvarende undersökelser i Nord-Sjælland. Störrelsesordenen kunne nok være riktig fra år til år for disse undersökelser og han påpekte at bestemmelsen av magasineringen hadde vært det störste problem. Han tvilte imidlertid på hvor mye en kunne stole på enkeltmålingers verdi.

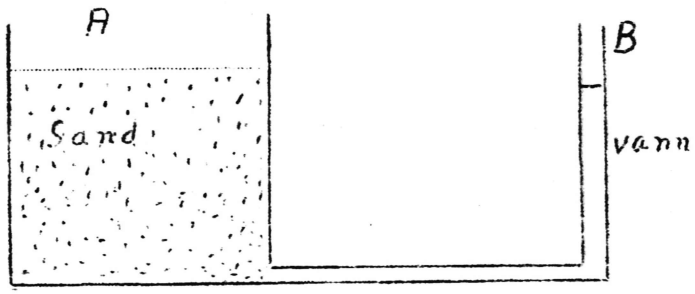
I samme forbindelse nevnte han Hagens innlegg og påpekte at han hadde gått et skritt videre og tatt hensyn til grunnvannsmagasineringen i likningen:

Nedbören = fordunstningen + avlöp + endring i overflatemagasin + endring i övre jordlag + endring i grunnvannsinnhold.

Han föyde så til likningen enda et ledd som han betegnet q_u og som representerer undergrunnsavlöpet, hvorpå han hevdet at Hagens måte å eliminere endringene i grunnvannet på kanskje kunne være fullt tillatelig i

det spesialle tilfelle der det dreiet seg om et fjellområde.

I denne forbindelse kom han inn på et forsök utfört av en professor ved Landbrukshöyskolen i Danmark. Se tegning -



Ved å blåse varmluft over A ville vannstanden i B synke, mens vanninnholdet i A grunnet kapillariteten er det samme. En endring i vannstanden i B betinger altså ikke en endring i fuktigheten ved A. Han konkluderte med at en skulle være forsiktig med å slutte at samme grunnvannstand skulle svare til et entydig vanninnhold i jorden, særlig der det var store jordmengder.

Som innvending mot forsöket pekte han på at en i naturen ikke hadde slike ekstreme forhold som forsöket er utfört under.

Resultatene fra forsöket mente han kunne være sannsynlige, men en hadde liten mulighet til å bedömme nöyaktigheten av dem.

Han kom inn på at Ennmanns og Thorntwaiths formler hadde blitt nevnt som eksempler på de forskjellige metoder som legges til grunn for forskjellige fordampningsberegninger. Ennmans formel forutsatte måling av solstråling og fordunstning og kunne derfor i de fleste tilfelle vanskelig la seg anvende, mens Thorntwaiths formel bare bygget på temperaturobservasjoner som var lett tilgjengelige.

Temperaturen var en konservativ störrelse overfor små forandringer i innstråling og fordunstning. Men en kunne alltid være sikker på at en stor forandring i temperaturen var betinget av en stor forandring i innstrålingen.

Han var i tvil om hvilken formel ga det beste resultat. Personlig var han tilhenger av den framgangsmåte som Ennman hadde brukt da denne gikk mer direkte inn på de fysiske forhold. Men han mente likevel at formelen var tvilsom da den bygget på den forutsetningen at overföringskonstanten for varme i praksis er den samme som overföringskonstanten for stoff og dermed for vanndamp. Han hadde undersökt den faglige begrunnelse for denne antakelsen og kommet til at den var svært spinkel. Formelen hadde i praksis likevel gitt gode overensstemmelser og han etterlyste liknende vurderinger av dette forholdet og nevnte spesielt noen russiske undersökelser som skulle ha vært foretatt på dette feltet, men som han ikke hadde kunnet skaffe noen beskrivelse av.

M e l i n sammenfattet innledningsvis den historiske utvikling av målemetoden fra åpne kar med vann til lysimetermetoden og nevnte spesielt den beregningsmetoden som bygger på hydrologiske og meteorologiske data.

Den hydrologiske metode mente han var den mest vanlige og sikreste til bestemmelse av fordunstningen, spesielt til bestemmelse av den midlere fordunstning over större områder.

Som et resultat av disse undersökelser var en kommet fram til fordunstningens variasjoner i året.

Den störste feilen lå ikke, etter hans mening, i avlöpsmålingene, som Forsman hadde vært inne på, men i nedbörsmålingene. Han nevnte i denne forbindelse spesielt vanskelighetene med nedbörsmålingene i höyere strök og spurte om undersökelsene i Norge i 1000 m.o.h., hvis resultat var vist i Hagens innlegg, var utfört i snaufjell eller skogsområde.

H a g e n opplyste at det var vanlig höyfjellsområde med og uten vegetasjon. Nedbören ble målt med nedbörsmålere av den type som anvendes ved Meteorologisk Institutt.

M e l i n hevdet at nedbörsmålingene er svært upålitelige der hvor nedbörsmålerne i fjellet står ubeskyttet av vegetasjon.

I Sverige hadde de forsökt å unngå denne vanske ved om vinteren å måle nedbören som kom direkte til bakken på et mindre område f.eks. i form av snö.

Om sommeren hadde de målt nedbören med nedbörsamlere ved siden av konvensjonelle nedbörmålere. På denne måten hadde de fått et mål for fordunstningen i höyfjellet som han anga til 150 mm i året.

Han hevdet at dette passet godt med den verdi som finnes for de övre skogområdene, og at nedbören i fjellene således kan bestemmes ved först å bestemme avlöpet og siden legge på fordunstningen.

Videre påpekte han at en i de måleresultatene som det var redegjort for fikk fram summen av fordunstning og grunnvannsendring og at vansken ved denne metode var å skille de to störrelsene fra hverandre.

Melin kom også inn på den metode som Nyberg nevnte, hvordan fordunstningen ble bestemt ved meteorologiske elementer og energibalanse, og mente at dette var en ny og god måte å angripe dette problem på.

Han ville imidlertid påpeke at når en anvender en empirisk formel som den oppstilt av Thorntwaith så gjelder den for et visst intervall og at det derfor var farlig å ekstrapolere en slik formel til et område, hvor det forekommer andre verdier for de klimatologiske data.

R æ s t a d viste til et foredrag holdt i Ingeniörforeningen av professor Libby fra American Atomic Energy Commission, der det ble fortalt at det var gjort

utbredte undersökelser over fuktighetstransport over det amerikanske kontinent ved hjelp av trittiuminnholdet i fuktigheten. De foretok blant annet undersökelser av dyp-grunnvannet som ikke kunne være berört av de siste bombeforsökene og av trittiuminnholdet i luftmassene over land, samt av avlöpsvannet, og var kommet fram til en interessant konklusjon vedrörende "Continental Waterbalance". Avhandlingen publisert i Geochimica et Cosmochimica acta vol 12 p. 277-296.

Ræstad kom også inn på studiet av radioaktivt nedfall og mente at dette innen Skandinavien nok kunne samordnes med en hydrologisk undersökelse.

N y b e r g tilföyet at dosent Bolin ved Meteorologisk Institutt ved Högskolen i Stockholm hadde bearbeidet visse undersökelser for publisering. Dette arbeidet skulle gå noe lenger enn det Ræstad omtalte.

M e l i n viste til Ræstads innlegg og påpekte at de "karta" som han hadde tatt fra Hellströms kompendium, grunner seg på de undersökelser som er gjort ved Hydrologiska Byrån. Han kom inn på at en i de senere undersökelser også tar hensyn til temperaturen, hvilket ikke ble gjort tidligere. Da resonnerte man som så at når det er varmt så regner det lite og blir lite vann og av denne grunn en begrenset fordunstning, og omvendt, når det regner er det kaldt og av den grunn liten fordunstning. Han mente at den tidligere antakelse at fordunstningen er relativt konstant er tilnærmet riktig.

C a s t r é n fortalte at man innen finsk hydrologi fant det fordelaktig å nytte ulike arter av hydrologiske prognoser, blant annet sannsynlighetskalkyler over tilsiget q_t i et område. I Finnland utförte man slike sannsynlighetskalkyler hver vår i mai for et år framover, siden for hver måned og hver annen uke. De tok bort ekstremverdien og bearbeidet et sannsynlighetsområde fra f.eks. 20% av maksimalverdien til 80% av minimumsverdien, eller andre grenser. Ved siden av dette sammenstilles de meteorologiske og hydrologiske prgnoser med andre verdier f.eks. nedbören = Σ m eller summen Σqt = m-f, tillöpets verdi for vedkommende periode. Punktene definerte da en regresjonslinje. De ekstreme punktene tas ikke hensyn til. Han hevdet at om man gjennomförte dette med sannsynlighetskalkyler så kunne man bestemme et sannsynlighetsområde i likhet med hva man fikk ved matematiske prognoser. Dette ga nok ulike sannsynlighetsverdier, men man kunne begrense områdene for minimumsprognoser og maksimumsprognoser, og trekke opp linjene for minimumsprognosene og for maksimumsprognosene. De hadde da funnet at det i hvert fall ga en bedre ovensstemmelse enn ventet og bedre enn om de hadde brukt en beregnet matematisk sannsynlighetsverdi.

Han mente at metoden passet best for kortere perioder og nevnte spesielt korrelasjon mellom tillöpet i oktober, november og vintermånedene fram til mai, hvor man hadde funnet meget store korrelasjonskoeffisienter og ganske små amplituder for sannsynlighetsverdiene.

Vanskeligste periode for korrelasjonsregningen var tiden for vårflommer, da fordunstningen fra snöoverflaten gjorde seg gjeldende.

T r y s e l i u s viste bl.a. en korrelasjonsregning for Kvarnbergvatnet som han betegnet som et "typ-eksempel". I eksemplet var det beregninger fra hösten og til etterfölgende vår, men begynnelsen kunne forskyves til f.eks. november, desember, januar og slutten til hvilket som helst önskelig tidspunkt. Han viste i denne forbindelse noen karakteristiske tallberegninger over korrelasjonen mellom nedbören i perioden oktober-mars og tilsiget oktober-juli og hevdet at denne ga mulighet for så tidlig som i april å prognosere tilsiget til og med juli måned.

Han kom også inn på anvendelsen av elektroniske regnemaskiner og deres store anvendbarhet ved disse beregninger, og viste talleksempler fra et beregningsmateriale for Gäddede og Leipikvattn, hvor det var utfört vårflomprognoser med hjelp av nedbören.

Beregningene som omfattet 43 år betegnet han som "fingerade prognoser". Han viste så ved hjelp av diagramparir hvordan prognosene og observasjonene fulgtes og hvordan spredningen avtok med ökt nedbörmengde (i dette tilfelle over 1400 mm). I beregningsmaterialet var alle observasjonsverdier medtatt. Det vises i denne forbindelse til sammendraget av Tryselius's innlegg.

Han kom inn på effektiviteten av den elektroniske regnemaskin og påpekte at det forberedende arbeid og selve matingen av maskin tok en stor del av tiden. Selve maskinarbeidet tok for 10 ulike kombinasjoner og med 10 multiple korrelasjoner for 10 variable eksempelvis 20-25 min.

Han kom så inn på den fare det ligger i å oppfatte en korrelasjonsregning som en prognose for områder hvor man ikke har materiale, og hevdet at man ikke kan ekstrapolere en sambandlinje. Hvis en ville vise fram riktig fine resultater så skulle man ta tilstrekkelig mange nedbörstasjoner. En kunne plukke ut hvilken faktor en önsket og en ville erfare at når en kom derhen at faktorenes antall nærmet seg antallet av observerte tilfeller så fikk man den beste korrelasjon (ca 1). Det framkomne resultat er vel snarere en statistisk lek og ikke anvendbart til prognoser.

Han nevnte forskjellige formler som anvendes til korrelasjonsberegninger, men hadde særlig heftet seg ved en formel angitt av Lyshede: $\sqrt{\frac{1}{n-p}\Sigma\Delta^2}$ hvor p er antall variable. Denne formelen mente han eliminerte den fare for tilsynelatende god korrelasjon en får ved å innföre en masse variable i en kort observasjonsrekke.

Det ble siden vist noen tabeller fra Gäddede hvor det var gjort en pröve på fra hvilket tidspunkt om hösten det var gunstigst å begynne prognoseperiodene. Differansen mellom det prognoserte tillöp og det virkelige var også tatt med i tabellen sammen med andre sideregninger. Det framgikk av de forskjellige eksempler at det var ganske store muligheter i visse trakter for alt tidlig på vinteren å gjöre en prognose over tillöpet resten av vinteren. Han viste så noen eksempler på stasjoner hvor korrelasjonen mellom det prognoserte og virkelige tillöp var höy og nevnte spesielt en nedbörstasjon Leipikvattnet, som hadde vist seg representativ for större distrikt som lå langt borte, både i nord og syd.

Det hadde vært foretatt en liten korrelasjonsregning i forbindelse med Leipikvatn alene. I stedet for å variere stasjonene hadde han henfört den partielle korrelasjon mellom nedbören og tillöp fra november og fram til og med juli.

Alt i juni er korrelasjonen temmelig liten, og i juli hadde en funnet den så lav som 0,08. Likevel hevdet han at juli måtte tas med da det ikke alltid er slutt på vårflommen i juni. Men innflytelsen av julinedbören er liten.

Totalkorrelasjonen, når en sammenliknet måned for måned, hadde han beregnet til 0,97, noe lavere enn om en anvender de 9 stasjonene.

Han kom så inn på grunnen til at prognosen ikke stemmer, og de hadde i denne forbindelse prövd å finne en sammenheng mellom middeltemperaturen og nedbören, altså konstatere fordunstningens innflytelse. Men han kunne bare bekrefte det som Melin hadde hevdet, at fordunstningens totalsum er så lav ved disse stasjonene at det skulle være ytterst gunstige omstendigheter hvis man skulle kunne konstatere en differens i den ved denne metode. Han ville imidlertid tolke den lave juliverdien slik at julinedbören ikke kommer med noen stor effekt, den kommer som et lite tillegg eller der fordunster.

Tryselius hadde tabellert de konstaterte avvik og hadde satt opp en fordelingskurve hvor prognosen kunne tas ut med ulike prosent sannsynlighet.

Han nevnte så en annen stasjon, Leringen, hvor det var mere skogsområder. Her tok man med avlöpet bare under vårflommen.

Han viste i denne forbindelse til at Melin hadde gjort liknende beregninger for Norrlands skogselver.

Til slutt kom han så inn på prognosering av toppen på vårflommen og ville påpeke at det i Umeälv var en stor sammenheng mellom flomvolum og flomtopp, og at det var lett å prognosere denne. I andre undersökte svenske vassdrag var sambandet svakt. (Se förövrig bilag IX).

L y s h e d e diskuterte som följe av Tryselius's innlegg julinedbörens betydning. Ved årets begynnelse er jorden vannfyllt og overskuddet renner av. Nedbören gir et positivt bidrag, fordampningen et negativt. Ut på sommeren når for-

dampningen er större enn nedbören, vil vanninnholdet i jorden avta. Men hvor meget vanninnholdet avtar, det avhenger nettopp av nedbören i denne periode, altså særlig julinedbören. Julinedbören får følgelig på grunna av magasinering i jorden betydning for avströmningen senere på året.

T r y s e l i u s svarte at stort sett var de nok enige. Men julinedbören har mindre betydning enn de övrige måneders nedbör på grunn av den sterke fordampning i juli. Regner det meget, fordamper det også meget.

Forövrig gjaldt hans beregninger fjelltrakter.

S ö g n e n nevnte at han som middeltall for enkelte vassdrag hadde regnet ut en avlöpskoeffisient på 0,3 i juli måned. Senere på året ökte denne til ca 0,9.

I følge M e l i n blir de svenske vårflomprognoser utarbeidet på grunnlag av verdier fra nedbörstasjonene. Han ville gjerne vite om man i Norge utarbeider prognoser på grunnlag av snömålinger.

Til dette svarte S ö g n e n at vi gjör dette der hvor vi har brukbare snömålinger. I mange höyfjellstrakter der vi ikke har slike snömålinger regnes snömagasinet ut på grunnlag av nedbörstasjoner, og så stilles prognoser på dette grunnlag. Han nevnte et eksempel fra Aura et enkelt år, der bruk av nedbörobservasjoner förte til et meget bedre flomvarsel enn bruk av snömålinger, uten at han dermed mente at snömålingene i sin alminnelighet burde slöyfes.

Regnflommer, maksimalverdier, grunnens virkning på intensiteten, flomvarsling på grunnlag av nedbörprognoser og nedbörmålinger.

C a s t r é n kom i sitt innlegg inn på regnsummen fra en bestemt dato, i Finnland den 1/6, og fram til angjeldende dag, og mente at denne var den beste indikator for flommen sommer og höst.

Når denne nedbörsummen på en bestemt dato om hösten overstiger en viss sum kan en vente flom, og i Finnland var denne indikator lovbestemt og er tatt med i de senere reguleringsbestemmelsene.

Han viste så noen grafiske kurver over regnsummen fra 1/6 og året ut. Fra disse kunne det tas ut datobestemte intervaller hvor nedbörsummen ikke måtte overstige bestemte verdier uten at en forhåndssenkning av magasinene ble satt i verk. Den 1. oktober er denne sum f.eks. 260 mm og stigende med tiden.

Alt i september kan en være nödt til å begynne en slik tapping på enkelte steder i Finnland.

R æ s t a d etterlyste i sitt innlegg en metode til å beregne den maksimale flomintensiteten ut fra kortere hydrologiske observasjonsperioder på f.eks. 20-40 år, og nevnte at når gjentakelsesintervallet for slike flommer er större enn observasjonsperioden en har til rådighet, blir en ekstrapolasjon usikker eller umulig. Han nevnte i denne forbindelse at amerikanske hydrologer er kommet til at en ekstrapolasjon av et forholdsvis begrenset materiale som ofte brukes ved bestemmelse av hyppige flommer, ikke er anvendelig for beregning av maksimale flommer, som f.eks. er bestemmende for våre damkonstruksjoner med flomlöp.

Han påpekte at dammene med flomlöp ikke kunne bygges etter prinsippet den optimalt ökonomiske lösning, da det som regel er menneskeliv som står på spill.

Det var gjort en del i Norge på privat basis, men det var altfor smått til å trekke noen vidtrekkende konklusjon av. Han nevnte i denne forbindelse Helsens formel i sammenlikning med Hellströms formel for beregning av ikke målte höyflommer i 1938 $\frac{1}{T} = \frac{n}{N+1}$ hvor n er ordenstallet og N antall år. Settes inn n = 1, N = 50 år får en T = $\frac{50+1}{1}$ = 50+1 = 51 år.

Han påpekte i denne forbindelse det resultat en kommer til når en anvender denne formelen på forskjellig observasjonsmateriale. Hvis det er observert en toppflom på 500 m³/sek og den neste 490 m³/sek og med ordenstall 2, så får jo den siste langt större vekt enn den på 500 m³/s som har ordenstallet 1.

Dette kom etter hans mening ikke til uttrykk ved den måte materialet ble "plottet" ut på sannsynlighetspapiret. Den rette linje en får her er det fristende å trekke for langt, ekstrapolere. Sannsynligheten vokser oppover til 99% og nedover mot 1,0 - 0,1%.

1% sannsynlighet gir 100 årsflommen, men med en aldri så liten forlengelse av kurven kan man også få 1000 årsflommen med 0,1% sannsynlighet. Han stilte så spörsmålet: "Har vi lov til å stoppe ved 1000 årsflommen, er det den som skal være den karakteristiske flom som vi skal dimensjonere vårflommen for, eller er det 10000 årsflommen?". Hans egne undersökelser i norske vassdrag konkluderte med at den största skadeflommen i Glommavassdraget, Storofsen i 1789, syntes å være av störrelse som en 1000 årsflom.

Han kom så inn på forholdet mellom middelflommen (50% sannsynlighet) og 1000 årsflommen (0,1% sannsynlighet). For Glomma var dette ved Elverum 1,9, for Otta ved Lalm 1,9 og ved Aursunden 2,4. Han viste i denne forbindelse til at tilsvarende tall etter Bo Hellström for Umeå var 2,9, for Snowy Mountains i Australia 15,1 og Perak på Malakka hadde forholdet 6,6. Han stilte så spörsmålet: "Er de ekstreme flommer et fenomen som opptrer innenfor den statistiske befolkningsgruppe som vårt observasjonsmateriale representerer?" og hevdet at en fikk en god χ-kvadrat-test på vår hypotese

om at de tilhörer den og den statistiske fordelingskurve.

Han mente imidlertid at det for öyeblikket ikke fantes noen annen måte å bestemme disse flommene. Ingen kunne i dag si at det og det fenomen ikke tilhörte befolkningen av vårt observasjonsmateriale.

Metoden hadde en tendens til å gi for lave flomverdier og Ræstad antydet at kanskje skulle kurven for höyere verdier slett ikke være rettlinjet, men krummet. Hvilken retning krumningen skal ha vet en ikke i dag.

Han etterlyste til slutt beregninger grunnet på et rikholdigere materiale enn de få observasjonene det var mulig å studere her til lands.

M e l i n etterlyste forslag om den vannföring dammen blir konstruert for.

T r y s e l i u s redegjorde for hvordan dette gjöres i Sverige (referat mangler).

M e l i n henviste til en avhandling av Olav Ters, publisert i Hydrologiska Assosiasjonens forhandlinger i Brüssel 1952. Han har slått sammen flere serier observasjoner av störste flom og således fått en lengere serie hvorav han så har beregnet den störste flom for hvert observasjonssted.

L y s h e d e mente at det er ingen betingelse at det grafiske bilde skal bli en rett linje. Erfaringsmessig vet man at verdien for nedre grense tenderer mot null. Hvis den lå på en rett linje, måtte den tendere mot $\div$. En undersökelse av de danske vannavlöpsmaksimalverdier ga i flere tilfeller en rett linje. I andre tilfeller hadde linjen en knekk. Dette synes å peke på to forskjellige former for avrenning. Enten er det tale om nedbörsoverskudd, som ikke kan absorberes, eller nedbörsoverskudd som ikke kan komme i jorden fordi den er frosset. Ellers forekommer det ofte overganger som er vanskelig å skille fra hverandre.

R æ s t a d var enig med Lyshede i at den rette linje ikke var riktig. Han viste til kurver fra Aursunden for tillöp og en for avlöp for å få et begrep om sjöens flomdempende virkning. For Aursunden var verdiene $\frac{q_{0,1}}{q_{50}}$ = 2,4 for tillöp og 1,8 for avlöp. Kurven har her en utflatning mot det övre parti. Med den rette linje kommer en ned til en min. verdi for årets höyeste flom på 0,7 - 0,66 i forhold til gjennomsnittflommen. Han mente likevel at disse sannsynlighetskurvene var det beste en hadde i dag for dette formålet medmindre meteorologene kunne gi grunnlaget for en beregning av de övre verdier av den maksimale tenkelige nedbör.

R o s e n kommenterte Tryselius med å si at metoden som var omtalt ble anvendt der avlöpet ikke var kjent.

Der de hadde observasjonsmateriale benyttet de seg av dette og han mente at Ræstad hadde rett i at dette var det beste vi hadde.

Han fortalte videre at i Sverige la de ca 20% på den höyeste observerte verdi, hvilket skulle tilsvare en sannsynlighet på ca 50%. Men han viste til at skulle metoden gi noe så måtte det forekomme en normal variasjon i årsvassföringen med en temmelig pålitelig topp hvert år. Dette var ikke tilfelle i Skandinavia. Forholdstallet mellom ekstraordinære flommer (0,1% sannsynlighet) og medianverdien i observasjonsserien var for Nord-Sverige 1,3 og for Syd-Sverige, Dalaelv og Klaraelv, henholdsvis 2,3 og 2,5.

Han kom så inn på Ræstads innlegg om vanskene ved å tillempe en formel for å finne sannsynligheten av en flomstörrelse. Han antydet en måte å bestemme sannsynligheten av en flom på i områder hvor f.eks. snösmeltingen var årsak til flommer.

Hvert år skulle en holde rede på hvor stort snödekket hadde vært i året. Videre måtte en kjenne temperaturen og nedbören m.m. De forskjellige år kunne bli plasert etter sin störrelse under hver av disse faktorer. Hvis året for den höyeste flom lå i toppen av de tre serier så måtte den flommen være stor.

En flom som er plasert på tredjeplass i alle serier var eh vanligere flom osv.

S ö g n e n kunne fortelle at i Norge legger de 20% til en flom som er beregnet etter en empirisk formel for de höyeste flommene. Formelen grunner seg på ca 50 års observasjonsperiode og det hadde vist seg i praksis at det er berettiget å legge på de 20%.

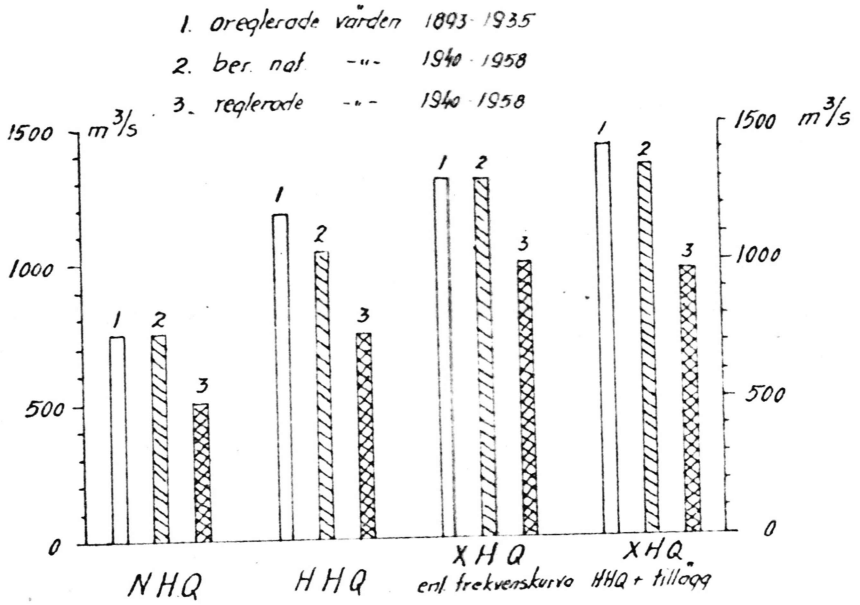
Sjöregleringarnas inverkan på höga flöden.

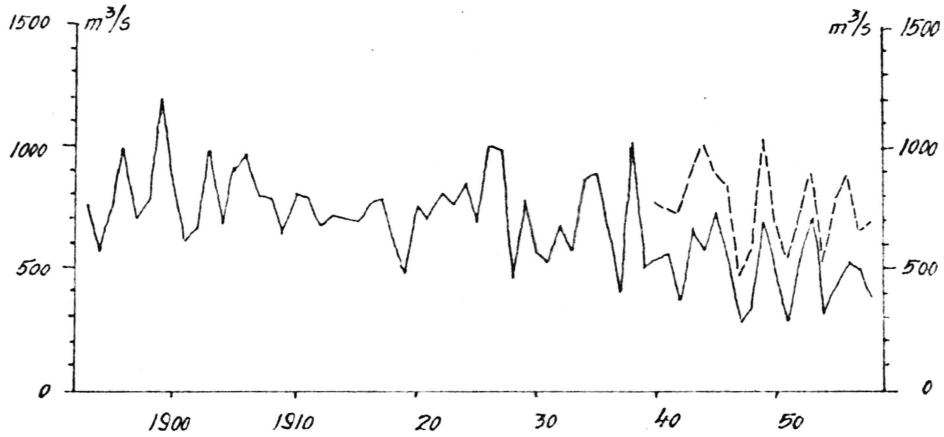
R o s é n : Kännedom om den exceptionella högvattenföringens storlek är aktuell vid allt byggande i vatten. Ett svårt problem är att ur tillgängligt observationsmaterial extrapolera fram den exceptionella högvattenföringen. Bedömningsmetoden där till HHQ läggas en i regel 20%-ig marginal. Olofgörs metod där exceptionella högvattenföringen antages variera med normal högvattenföring, sjöprocent och periodlängd. Hellströms metod där värdena extrapoleras statistiskt.

Vid Lulejaure ha flödena sänkts efter regleringarna, vid Leringen äro de oförändrade och vid Sommen ha de höjts. För Storsjöns del analyseras flödena mera ingående. Exceptionella högvattenföringen beräknas enligt bedömningsmetoden och en förenklad statistisk metod. Regleringarna sänka de högsta flödena med ca 300 m³/s.

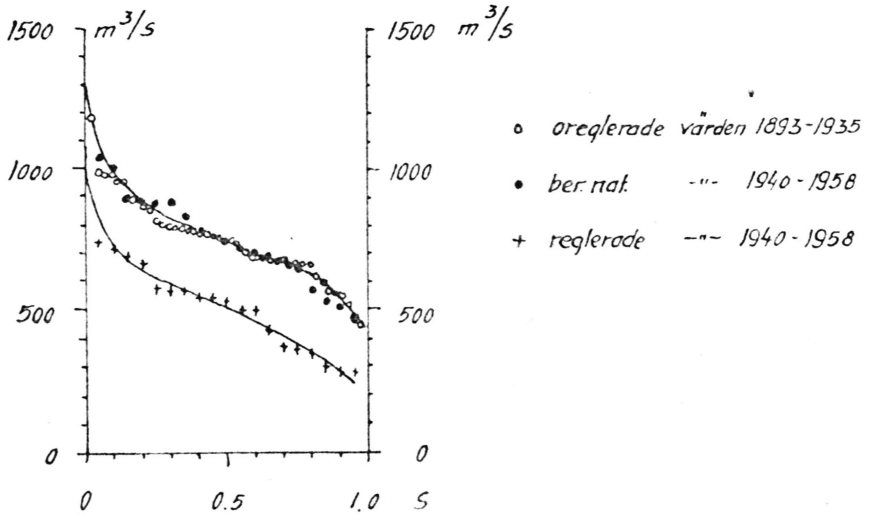
Reglerade flöden bli lägre än de naturliga om magasinen äro mycket stora eller obegränsad överdämningsrätt föreligger.

STORSJÖNS FLODEN.





JÄMFÖRELSE av FREKVENSEN hos ULIKA PERIODER.



R æ s t a d omtalte i denne forbindelse de norske bestemmelser angående höyeste reguleringsgrense. Han mente at ordlyden var selvmotsigende. Når höyeste reguleringsgrense er nådd, må tilsiget slippes samtidig som en ved manövreringen av dammen skal ha for öye at de naturlige flomforhold ikke forverres. Han mente at ubegrenset overdemningsrett ville være mer hensiktsmessig enn den nåværende ordning med et begrenset dempningsmagasin. I förste tilfelle ville skaden bli lettere å taksere i motsetning til det å taksere den kapitaliserte skadeverdi som skal betales grunneieren för damarbeidet settes i gang.

K l æ b o e uttalte at for vårflommens vedkommende forsökte en å senke denne i overensstemmelse med de resultater målt snömagasin hadde fört til. Höstflommen derimot böd på större vanskeligheter og her hendte det ofte at flommen ble forökt. Forholdet i Norge var ikke så enkelt som i Finnland, mente Klæboe, hvor en fastsatte tidspunktet for forhåndstapping på grunnlag av en bestemt nedbörstörrelse (260 mm). Her i Norge var forholdet slik at flommen kom nesten samtidig med regnet.

Tidsforskyvning ved tappingsendringer.

K l æ b o e omtalte kulminasjonsbölgens hastighet ved to flommer i norske vassdrag, nemlig storflommen i Ottadalen 1938 og en flom i Glomma forårsaket av gjennombruddet av reguleringstunnelen ved Aursunden i 1923. I det förstnevnte tilfelle hadde flombölgen en hastighet på ca. 150 km på 36 timer, i det siste ca. 200 km på 3 dögn.

T r y s e l i u s mente en måtte skille mellom to slag forsinkelser etter en tappingsendring, nemlig den en fikk på strekninger med uregulerte magasin, og den en fikk på elvestrekninger der det ikke var magasin.

C a s t r é n fortalte at det ofte lönte seg å dele elva opp i flere deler og behandle hver del for seg som små magasin og bruke vanlige avrenningskurver. Han mente at San Venenske (2) formel ga for stor hastighet.

S ö g n e n hadde med tildels godt resultat forsökt samme oppdeling, men de fleste norske elver var for små for en slik metode.

Sammenfatning.

M e l i n bemerket at i Sverige som i Norge hadde en bestemmelsen om fikserte demningsgrenser. Hydrologiska Byrån hadde alltid gått mot dette systemet, da de mente at det ikke var noen regulering som frivillig ville holde et

buffermagasin under den högste demningsgrense. Man har nå innfört en glidende demningsgrense, slik at når vannstanden i magasinet har nådd en viss höyde må tappingen ökes suksessivt.

I andre tilfelle praktiseres det å gi regulanten en overdemningsrett i et visst antall dögn pr. år. Det skapes altså et buffermagasin som reguleringshaveren må forsöke å utnytte for flomdemping.

Han pekte videre på at når et magasin er fyllt til demningsgrensen på grunn av feilaktig manövrering, og det kommer stort tilsig, vil det som regel medföre mindre skade å foreta en overdemning i stedet for en sterk tapping som kan ödelegge mye nedenfor i vassdraget.

Hvis det er mange större sjöer ndf. er det imidlertid liten sjanse til stor skade ved tapping.

K l æ b o e viste til at i Norge lå buffermagasinet som regel under höyeste reguleringsgrense. Det medförte den ulempe at magasinet ikke alltid ble fyllt igjen, og spurte om de i Sverige eller Finnland hadde noen erfaring om effektiviteten og om etterfyllingen.

M e l i n svarte at de hadde den erfaring at en reguleringsherre har store vanskeligheter for å motså fristelsen til å höyne demningsgrensen til den övre grense.

S ö g n e n kom inn på de to motstridende bestemmelser i manövreringsreglementet om at reguleringsgrensen ikke skal overskrides og at flommen ikke skal forhöyes, og påpekte at det var nettopp derfor det i senere tid blir forlangt dempningsmagasin. Det beste vil da være om dempningsmagasinet lå över höyeste reguleringsgrense.

Variationerna i vårflödet i ett fjällvattendrag.

F o r s m a n : Variationerna i vårflödet till sjön Äcklingen har studerats i avsikt att finna en metod att förutsäga tillrinningen under snösmältningstiden med hjälp av temperaturprognoser för exempelvis 10-dagarsperioder.

Äcklingen ligger i Jämtland några mil från gränsen till Norge. Tillrinningsområdet omfattar 149 km² huvudsakligen fjällområde. Högsta toppen är på höjden 1200 m.ö.h. medan sjön Äcklingen ligger 400 m.ö.h.

Sambandet mellan positiva temperatursummor u uttryckta i dygnsgrader och den ackumulerade tillrinningen Σ T i mm vattenpelare har sökts på två sätt.

1. Temperatursummor för den fria atmosfären enligt radiosondderingar på Frösön vid Östersund har beräknats ur de positiva temperaturerna på 500 resp. 1000 m:s höjd, varvid den förra tillagts dubbel vikt med hänsyn till höjdförhållandena inom Äcklingens tillrinningsområde.

$$u = \frac{1}{3} (2u_{500} + u_{1000})$$

Resultat: $\Sigma T = (2,4 \times u + \text{konst.})$ mm vattenpelare.

2. Summorna av de positiva temperaturerna,t, vid den meteorologiska stationen Björkedet har bildats på följande sätt:

$$u = \frac{1}{10,2} \left[5 \Sigma t - 2 \Sigma (t-1) - 3 \Sigma (t-2) - 0,2 \Sigma (t-3)\right]$$

Med hänsyn till normalt temperaturavtagande med höjden har temperaturen t minskats med 1,2, resp 3 grader för att erhålla värden representativa för de högre nivåerna inom tillrinningsområdet. Koefficienterna är proportionella mot resp. delområdes storlek.

Resultat: $\Sigma T = (c \times u + \text{konst.})$ mm vattenpelare,
där värdet på c under den huvudsakliga avsmältningsperioden i maj varierar mellan 2,3 och 3,7 under en 10-års period.

Den senare metoden har prövats för ett antal år. Under förutsättning av kända 10-dagars medeltal av temperaturerna har tillrinningen beräknats. Vissa år uppvisar en god överensstämmelse med de verkliga förhållandena, andra år ger sämre resultat.

M e l i n mente at vannhusholdningen på de små feltene gir oss en bedre opplysning om avløpsforholdene enn de andre større områdene, da nedslagsfeltene blir mer ensartet.

Han ville gjerne vite hva som ble gjort i den forbindelse i de forskjellige land.

L y s h e d e svarte at "i Danmark gjör vi ikke noe annet", men han stilte spörsmålet om grunnen til at det ble store uoverensstemmelser mellom prognose og resultat, og hevdet at en vel måtte söke årsaken til dette i den magasinering som foregår i jorden.

F o r s m a n medga at grunnvatnet var en av årsakene.

S ö g n e n opplyste at det var gjort lite i Norge i denne forbindelse og de spredte undersökelser som er gjort viser ingen sammenheng mellom temperatursummen og avsmeltingen og han trodde at en tilla temperaturen for stor vekt.

R æ s t a d mente at etter de erfaringer han hadde gjort så hadde det överste jordsmonns fuktighetstilstand under snöleggingen en stor betydning for sammenheng mellom temperatur og avlöp i smelteperioden. Bakken kan være sterkt frosset under snösmeltingen og det meste av vannet går da direkte til vassdraget, og kan gi stort tillöp sett i forhold til temperatursummen.

Samordning av hydrologiske undersökelser i grensevassdrag.

Dette punkt var diskutert under hånden og utgikk etter at S i r é n i et kort innlegg hadde bedt landene söke å samarbeide det hydrologiske materiale för trykning for å unngå diskontinuiteter ved grensene.

Avströmning fra vegarealer.

E b e r t : Jeg skal blot göre opmærksom på, at vi i Danmark er begynt at undersöge afströmningen fra vejarealer med vandtæt vejbane (betonveje, asfaltveje o.l.)

Grunnen hertil er den, at vi i Danmark i 1949 fik en ny vandlöbslov med en paragraf, efter hvilken der åbnes mulighed for at pålægge et vejareal bidrag til regulering og vedligeholdelse af et vandlöb, der optager vejvandet, såfremt vejen medförer en föröget afströmning.

Da spörgsmålet har betydning for både reguleringsarbejders og for vejanlægs ökonomi, blev der nedsat et udvalg, hvori såvel Det danske Hedeselskab som Den danske vejinspektörforening er repræsenteret.Det er Hedeselskabet, der forestår målingerne.

Den afströmning, som en vejstrækning vil afgive for en given nedbör, må foruden af nedbörens intensitet og varighed forventes at ville afhænge af talrige lokale forhold, hvoraf her blot skal nævnes: jordbundens karakter; grundvandstanden; vejarealets sammensætning af körebane, rabatter, gröfter og skråninger; vejens længdeprofil samt gröftemes og rabatternes vedligeholdelse. Det er derfor næppe muligt at nå til almengyldige tal for afströmningen alene som funktion af nedbörens intensitet og varighed.

Dertil kommer, at de störste afströmninger fra vejarealer ikke i almindelighed vil optræde samtidig med de störste afströmninger fra landbrugsarealer, og medens de sidstnævnte afströmninger ofte kan optræde med maksimale eller meget nær maksimale værdier i et eller flere dögn, vil den maksimale afströmning fra vejarealerne have en ganske kortvarig karakter. De herhen hörende problemer kan karakteriseres som spörgsmålet om de to afströmningsarters varighed og samtidighed.

Kendskabet til den naturlige afströmning, dvs. afströmningen fra et område, der enten henligger i naturtilstand eller er almindeligt landbrugsmæssigt udnyttet, er opbygget på de af Hedeselskabet foretagne systematiske undersögelser over vandföringen i större og mindre vandlöb, suppleret med projekterende afvandingsteknikeres erfaringer fra lokale områder. Maksimalafströmningerne, som danner grundlag for dimensionering, er af störrelsesorden 1 l/sec.ha, og ligger - alt efter de lokale forhold - mellom ca. 0,5 l/sec.ha og ca. 3 l/sec.ha.

Ved kloakprojekter regner man derimod med afströmninger, der i princippet beregnes som en reduceret værdi af en dimensionsgivende nedbörintensitet, som oftest 130 l/sec.ha. Reduktionsfaktoren φ sættes for helt tætte overflader i reglen lig med 1,0 og som gennemsnitstal for bebyggede arealer til tal mellom ca. 0,15 og 1,0 afhængig af bebyggelsestæthed m.v. Der er således overordentlig stor forskel på maksimalafströmningerne for landbrugsmæssige afvandingsanlæg og kloakanlæg; men det må ved en sammenligning tages i betragtning, at kloakafströmningernes maksimalværdi har en betydelig mindre varighed.

For en vejafvanding, til hvilken der ikke udelukkende anvendes lukkede ledninger, kan man ikke på forhånd fastsætte maksimalafströmning efter kloakdimensioneringens regler. Der vil nemlig under vandets passage over rabatten og i gröften dels kunne ske nogen nedsivning, dels midlertidigt tilbageholdes en del af nedbören, således at man ved at anstille en kloakteknisk betragtning må regne med, at φ er mindre end 1, og at der også opstår en vis forsinkelse. Ingen af disse fænomener synes nærmere tilgængelig for beregning, og udvalget har derfor stillet sig som opgave ved direkte målinger i vejgröfter at bestemme afströmningen fra bestemte udvalgte vejarealer under de nedbörsforhold, der normalt lægges til grund for dimensionering af kloakanlæg, dvs. en nedbörsintensitet på 130 l/sec. ha. med en varighed af 10 minutter.

Der blev i förste omgang udpeget 3 vejstrækninger, der var af så forskellig karakter, at man umiddelbart ville vente meget store forskelle i deres bidrag til afströmningen. Især måtte det forventes at de to af målestationerne, hvor grundvandet altid står höjt, med vandspejlet omtrent i höjde med gröftebunden, ville vise store afströmninger, og at der ved den tredie station, hvor grundvandspejlet ligger dybt, selv for kraftig nedbör kun sjældent ville blive nogen afströmning. Resultaterne har da også fuldt ud bekræftet disse forhåndsantagelser.

Jeg skal ikke her komme nærmere ind på, hvorledes vi arrangerede målestationerne, jeg skal bare nevne, at målingerne foregik ved opstilling af trekantoverflad eller Parshall Flume med registrerende vandstandsmålere, medens nedbören registreredes ved Pluviometer opstillet umiddelbart ved den pågældende vejstrækning.

Tiden tillader heller ikke at komme ind på, hvorledes vi har behandlet målematerialet. Jeg skal blot nævne, at vi ved de 2 målestationer enten direkte eller ved beregning er kommet til, at regnbyger på 130 l/sec. på 10 minutter (svarende til 7,8 m/m på 10 min.) gav en maksimal afströmningsværdi på ca. 40 l/sec. fra de vandtætte vejbaner, altså en reduktion på ca 60% fra de 130 l/sec. Reduktionen skyldes nedsivning i rabatter og gröfter ovenfor målestedet. Ved begge disse målesteder var faldet relativt stort (ca 40 o/oo) og grundvandet lå höjt, så gröftebunden altid var tör.

Ved den 3. station, hvor faldet var ringe (0,5 - 6,0 o/oo) og hvor jordbunnen var sandet, og grundvandet lå dypt, konstateredes praktisk talt ingen afströmning selv ved nedbörsintensiteter på 130 l/sec. pr. ha i 10 minutter (7,8 m/m i 10 min.). Det forsvandt altsammen i banketter og gröfter.

Vi er ved at udarbejde vor 1. rapport. Og jeg vil spörge her, om man kunne önske at få nogle eksemplarer tilsendt til vore 4 nordiske brödrelande, så skal jeg gerne göre dette.

B a d e n d y c k hevdet at vi har de samme problem i byene.

S ö g n e n fortalte at Oslo kommune hadde meget, men ubearbeidet, materiale om regnflommer i gatene.

L y s h e d e viste til at "De nordiske jordbruksforskeres forening" interesserer seg meget for avrenning fra små områder, områder av störrelsesorden 0,5-1000 hektar. I det han nevnte noen undersökelser som er påbegynt ved landbrukshöyskolen på Ås etterlyste han andre institusjoner som kan gi opplysninger om avströmning fra små områder.

N y b r a n t svarte at den svenske landbrukshöyskolen i samarbeid med SMHI har planlagt å undersöke 20 svenske områder, alle av störrelse under 1 km².

T r y s e l i u s fortalte, uten at han kunne huske titelen, at "Kommunenes Bygnadsförening" har utgitt en publikasjon som omhandler meget små områder der det er fast bebyggelse.

S ö g n e n tilföyde at Hydrologisk avdeling hadde tre slike felter (ca. 3-6 km²). Materialet var imidlertid ikke bearbeidet grunnet manglende vassförings-kurver. Det hadde heller ikke i den tiden observasjonene hadde pågått vært större flommer.

K l æ b o e opplyste at det hadde vært flom i feltene i Nord-Norge.

S i m o j o k i fortalte at de som syslet med dette i Finnland sorterte under landbruksministeriet, og de hadde ingen representanter ved denne konferansen. Han mente de hadde en del slike observasjoner.

M e l i n syntes det var tydelig at det innen dette område forelå mer undersökelser enn man trodde. Han påpekte imidlertid at det faktisk var vanskeligere å bestemme nöyaktig nok avrenning fra småfelter enn fra större felter, da det var vanskeligere å måle en vassföring på f.eks. 0,1 m³/s enn en på 1000 m³/s.

Hydrometeorologi.

N y b e r g ga en kort oversikt over det internasjonale samarbeidet i hydrometeorologien, både det som har vært - og det kommende. Han fortalte at fra å være en liten biting som meteorologene fra först av tok hånd om, har interessen for hydrologi stadig ökat. Hydrologien står fremdeles under WMO (den meteorologiske verdensorganisasjon) - för krigen IMO - men alt för krigen var hydrologien skilt i egen kommisjon. De siste år har også FN-organisasjoner stadig blitt mer og mer interessert i det hydrologiske arbeide og spesielt FAO og helseorganisasjonen i FN får stadig större behov for hydrologiske data i sitt arbeide. FN har derfor forlangt at WMO skal ta opp hydrologiske problem. Dette er under behandling. Innenfor WMO er det en oppdeling i regioner - og en av disse er den europeiske. I denne regionen er det alt startet en arbeidsgruppe som skal komme sammen i Warszawa i midten av september. Hvordan ordningen blir, er ikke godt å si, en del, spesielt de hydrometeorologiske problem, blir sikkert tatt opp i WMO, mens andre mer ingeniörmessige problem innen hydrologien trolig blir overlatt andre sammenslutninger. Det er ihvertfall tydelig at det samarbeide som er kommet i gang her i Norden vil bli utvidet til et verdensomfattende samarbeid i nær framtid.

A n g e r v o kom inn på nedbörkart og de diskontinuitetene som kan opptre ved landegrensene. Han nevnte at grunnen til disse diskontinuitetene kan ligge i ulike nedbörmålere eller ulik behandling av observasjonsmaterialet. Han foreslo at alle typer av nedbörsmålere som var i bruk i de nordiske land skulle stilles opp på samme sted for å få en sammenlikning mellom disse.

N y b e r g nevnte at innen WMO hadde de tatt et skritt på veg mot en slik sammenlikning, idet de hadde valgt ut en engelsk måler til Standard-måler, og foreslått at alle land skulle kjöpe inn et visst antall til oppsetting innen en del områder og sammenlikne med sine egne målere, for på den måten å komme over til sammenlignbare observasjoner hele verden over.

J a k h e l l n refererte fra Den nordiske klimatologkonferansen i Oslo om referansenedbörmålere, der det var gitt uttrykk for at en internasjonal referansenedbörmåler hadde liten interesse for de nordiske land og nedbörskartene der, både fordi det var vanskelig å få en sammenlikning ved de stasjonene som var brukt og fordi de lokale differansene mange steder ved grensen sikkert var langt större enn differansen som skyldes forskjellig nedbörsmålere.

S i r é n nevnte at i Finnland la de stor vekt på snömålinger som nedbörmålinger, fordi nedbörsmålere ikke alltid ga så gode resultat vinterstid.

R i s t fortalte om et nett nedbörsmålere i et nedbörsfelt på 34 km² mellom 350-750 m.o.h. der også avrenning til en sjö som dekket 10% av feltet ble målt ved hjelp av en limnigraf.

På spörsmål fra S ö g n e n om grunnen til de store variasjonene i observert nedbör - om det skyldes at de ligger i forskjellige höyder eller at den ene ligger mere utsatt til enn en annen - og om en kan stole på resultatene fra hver stasjon, svarte R i s t at höyden spilte nok inn samtidig som fjellströket på den ene siden fikk mer nedbör enn den andre (lå mer mot sydöstsiden).

T r y s e l i u s poengterte verdien av nedbörsmålinger og sa at for Sveriges vedkommende var disse viktigere enn snömålingene. Han fortalte også at i mange tilfelle hadde de funnet at nedbörsmålingene var mer nöyaktige enn meteorologene selv hadde gitt uttrykk for.

N y b e r g spurte hvilken oppfatning hydrologene hadde av nedbörmålingenes kvalitet. Han mente videre at det er delte meninger om hva som er mest nöyaktig av nedbör- og avrenningsmålinger og at det ville være av stor interesse å få vite hvor stor overensstemmelse det forlanges mellom disse to metodene for at hydrologene regner det for bra.

S ö g n e n kom inn på korrelasjon mellom nedbörmålinger og avlöpsmålinger i Norge og nevnte at en hadde avlöpskoeffisienter fra 0,6 - 2,0 og at man hadde stor nytte av nedbörmålinger da det viste seg at det var en forbausende stor overensstemmelse mellom de relative tallverdiene.

M e l i n var tilböyelig til å foretrekke avrenningsmålinger. Rett nok hadde han inntrykk av at de fleste nedbörstasjonene var bra, men det hendte likevel at en av og til fant stasjoner som opplagt ga feil resultat.

J a k h e l l n sa at meteorologene visste at nedbörsmålerne ikke målte rett og at de ikke var representative. De visste at målere i lavlandet i beskyttede strök ga bra resultat, sommer som vinter, mens målere i ubeskyttede områder lokalt ga for lite. Forsök i Sveits i vindkanaler viste at når vindhastigheten f.eks. kom opp i 15 m/sek. så ga nedbörsmålere, selv ved den beste skjerming, for lite nedbör - bare ca 40%. I Norge er bare en liten del av nedbörsmålerne representative fordi de ligger i bebygde strök. Han påpekte at de meteorologiske stasjonene i storparten av Norge ikke var

representative for området i sin helhet. De ligger i daler og beskyttet mot visse vindretninger. Han mente at disse likevel kunne være meget godt anvendelige, hvis en bare brukte den rette kombinasjonsmåte. Han pekte på at en måling en viss dag ved stasjonen i dalen ville ha samme prosent i forhold til normalnedbören som nedbören på fjellet til sin normal. "Hvis vi kan kombinere stasjonen med forskjellige posisjoner så kan vi komme fram til en riktig tolkning av resultatet". Snöakkumuleringskartene ble til på dette grunnlag og de skulle etter hans oppfatning gi rimelige relativtall for det store höyfjellsplatået i Norge, selv om vi ikke kjente til den absolutte nedbör.

T r y s e l i u s kom inn på de to synsmåter en legger til grunn for å bedömme om en nedbörstasjon måler riktig eller er representativ, og påpekte at når en gjör beregninger over avlöp og nedbör så kan en ikke bestemme hvorfra en eventuell feil skriver seg uten ved et detaljstudium.

L y s h e d e hevdet at hydrologene ville ha vanskelig for å svare på hvor gode nedbörstasjonene kan være for hydrologien fordi nedbörstasjonene ikke alltid tilfredsstiller kravene til hydrologiske formål. Han viste til at han hadde arbeidet en hel del med korrelasjonsregning. Med hensyn til korrelasjonsregningens anvendelse på prognoser er det ikke avgjörende om nedbörstasjonen er god eller dårlig med hensyn til den absolutte nedbör, men langt mer om variasjonene er riktige.

Han kom så inn på den "totale balanse" i et område og påpekte at hydrologene var interessert i den aller störste nöyaktighet for nedbörmålere.

Hydrologene var derfor sterkt interessert i en forbedring av nedbörstasjonene, men han pekte på at det ville avskjære hydrologene for prognosering i lang tid framover.

S i r é n sammenfattet ved å sitere Melins ord om at hydrologene er de störste kunder på nedbörsverdier. Hydrologene er medvitende om at nedbörmålingenes nöyaktighet er av störste interesse, og at nedbörstasjonene i dag ikke kan plaseres slik at den "hydrologiske nedbör" kan beregnes direkte uten at det anföres en reservasjon.

J a k h e l l n redegjorde for hvor langt de nå var kommet med hensyn til radarmålinger av nedbör. I Amerika hadde de nå en radarskjerm som dekket 200 miles i omkrets og de hadde under utbygging et nett radarstasjoner som skulle dekke hele Amerika.

Han viste til at i de fleste nordiske land hadde man nå tatt radarutstyr i bruk for værvarslingsformål og påpekte den betydning dette hadde ved kartlegging av den öyeblikkelige nedbör. Observatörene i området kunne

varsles pr. telefon, og kvantiteten av det en så på radarskjermen ble så bestemt. Radarskjermen ble kalibrert på denne måten.

Han mente at det ekko en fikk på skjermen var avhengig av nedbörens intensitet.

Ved "timelaps"-fotografering av radarskjermer f.eks. hvert 10. min. forsökte man nå å före radarmålinger av nedbören framtil kvantitative målinger ved hjelp av fotoelektrisk bedömmelse.

Man brukte også mörke, belagte "Exposure"-fotografier, som han hadde forstått ble eksponert flere ganger. Svertingsgraden ga da uttrykk for intensiteten.

Han fortalte at de amerikanske prosjektene tok sikte på bestemmelse av de voldsomme regnfall. Han mente imidlertid at den störste betydning ville de få ved kvantitative bestemmelser av snöfall.

Han kom så inn på de forskjellige metoder ved anvendelse av radarskjermen og påpekte at ved anvendelse av "eksponeringsmetoden" kunne en greie seg med ikke-registrerende måler for kalibrering. Men da fikk vi ikke tak i selve intensiteten, men derimot total-nedbören i et bestemt område. Det var således i Amerika påvist at areal-nedbören lot seg bestemme nöyaktigere på denne måten enn selv ved et tett nett nedbörstasjoner. Han viste tilslutt et prosjekt som var gjennomfört av "Agricultural and Mechanical College of Texas, Department of Oceanography and Meteorology" i samarbeid med Weatherbureau. Titelen på artikkelen var: "The use of Radar in severe storm detections. Hydrology and climatology".

S ö g n e n ville vite hvor stort område radarskjermen ved Meteorologisk Institutt i Norge dekket.

J a k h e l l n fortalte at den hadde en dekningsradius på ca. 10 mil, forutsatt flatt terreng.

S i r é n ville vite om disse radarskjermene innen ökonomiske, rimelige grenser kunne tas i bruk i de skandinaviske land.

J a k h e l l n mente de ennå var for dyre ved innkjöp, men påpekte at det militære nok solgte brukte skjermer til rimelige priser.

På spörsmål fra S i r é n om prisen (radar) svarte J a k h e l l n at det de hadde her i Oslo hadde en verdi av ca 1 mill. kr. Meteorologisk Institutt hadde bare betalt et nominelt beløp.

Måling av snödekkets vannekvivalent ved radioaktiv stråling.

J a k h e l l n opplyste at prinsippet for denne målingen var enkel, en radioaktiv kilde på bakken og en strålingsdetektor, gjerne en geigerteller, i en viss höyde over bakken. Etter som snöen öker svekkes den radioaktive strålingen. Det måles bare fra ett enkelt punkt, og spörsmålet blir da om dette er nok og om det kan benyttes på ubeboddе steder. Han refererte fra en rapport om et slikt prosjekt, som U.S.Army, South Pac.Div. har hatt i samarbeid med Weather Bureau,i California i Sierra Nevada. Strålingskilden de brukte var γ-stråling fra kobolt 60, som har en halveringstid på 5,3 år og gir en γ-stråling på 1,7-1,33 mill. elektronvolt. Det mest kompliserte er å få brakt strålingskilden på plass. Den må fraktes i en blybeholder som absorberer unyttig og farlig utstråling og som hindrer en eventuell ionisasjon av snödekket. Strålingsdetektoren må kalibreres etter at alt er kommet på plass, og strålingskilden må ikke röres etterpå. Maks. snödybde som kunne måles ble funnet å svare til 125 cm vann. Bakgrunnsstrålingen - den kosmiske stråling og naturlig radioaktiv stråling - kompliserer målingen og setter en grense for nöyaktigheten. Overföringen skjer over en ultrakortbölge - radiosender. Hele undersökelsen kom på ca. 35000 dollar, storparten av app. ca. 10 000 dollar. Jakhelln föyde til at i Norge var det stort sett liten interesse for en punktobservasjon, men i avsmeltningsperioden kunne den kanskje med fordel brukes ved at en gikk ut fra at avsmeltningen stort sett var den samme for större områder og således kunne finne hvor mye en kunne trekke fra i snömagasinet fra dag til dag.

På spörsmål fra L y s h e d e svarte J a k h e l l n at det sto i rapporten at den sekundære strålingen hadde liten betydning.

S i r é n konstaterte at det var en kostbar metode og at ihvertfall Finnland måtte vente på at metoden ble utprövd i rikere land.

D e v i k nevnte at flyfotografering måtte kunne brukes til beregning av snömagasinets variasjon og etterlyste forsök på slike beregninger.

T r y s e l i u s sa at tanken kunne virke tiltalende, men problemene meldte seg når en skulle ta ut absoluttverdiene på grunnlag av slike foto. Han nevnte eksempler på slike problemer, bl.a. at fotograferingen måtte utföres fra samme höyde, snöskavler som ble dannet, militær sensur av fotoene, slik at tidsfaktoren også kom vesentlig inn i bildet. Metoden kunne muligens være brukbar i avsmeltningsperioden til grove overslag, mente han.

R æ s t a d nevnte et forsök fra California hvor en i 20 år fra 3 forskjellige fikserte stillinger hadde fotografert landskapet i forskjellige nedbörsområder og planimetrert de hvite områder. Rutetallet ble påfört hvert bilde sammen med magasinstörrelsen den dato bildet ble tatt. (Magasinet etterberegnet etter at all snöen var smeltet). Bildet ble så arkivert etter fallende störrelsesorden på snömagasinene. Ved sammenlikning med aktuelle fotos kunne en så bestemme snömagasinets störrelse. Materialet var enda ikke publisert da det manglet en del variasjonsfaktorer.

T r y s e l i u s sa at det var gjort et liknende forsök i Sverige for 5-6 år siden. Han mente at et polariod-kamera ville være godt egnet. Det var ellers tiden for framkalling av filmen som var det store problem.

Hydrologiske interesser i forbindelse med fellesnordisk klimaatlas og årlig nedbörkart.

J a k h e l l n referte fra Nordisk klimatologkonferanse 10.-12. april 1958 i Oslo. Referat utgitt av Det Norske Meteorologiske Institutt.

Det hydrologiske år.

K l æ b o e sa at en i Norge hadde valgt 1. sept. som begynnelse på det hydrologiske år, da en ved dette tidspunkt regnet med at snösmeltingen var slutt og ny magasinering begynte. Andre tidspunkter ville medföre vanskelige korreksjoner i mange tilfeller.

L y s h e d e nevnte at en i Danmark regnet det hydrologiske år fra 1. juni. Han hadde gjordt noen korrelasjonsberegninger for å se om tidspunktet fra meteorologisk synspunkt var gunstig valgt, og funnet at dette var så gunstig som mulig. Det hadde vært på tale å bruke 1. april av hensyn til vekstsesongen som tar til omkring dette tidspunkt. For Danmark ville det være uheldig å legge årsskiftet for det hydrologiske år til hösten, mente Lyshede.

S ö g n e n hevdet at 1. april ikke passet for norske forhold. Snösmeltingen tar först ut i april, enkelte steder först i mai.

T r y s e l i u s uttalte at forholdene i nordre og midtre Sverige stort sett var som i Norge, men i Syd-Sverige som i Danmark. I Sverige velger man derfor det hydrologiske år for hvert tilfelle.

B a d e n d y c k nevnte at USA brukte 1. oktober. Dette mente han måtte være upraktisk inndeling, for i de höyere fjellområder var det sikkert falt snö ved dette tidspunkt.

S i r é n sa at Finnland tidligere hadde 1. november - 31. oktober, men av hensyn til de nordligste områdene var en gått over til et tidligere tidspunkt (sa ikke hvilket). Han mente forövrig at det ville bli vanskelig å finne en periode for det hydrologiske år som passet for alle nordiske land.

R i s t sa at på Island brukte en perioden 1. september - 31. august.

S i r é n forsto Lyshede slik at Danmark begynner det hydrologiske år om våren, og ville gjerne höre motiveringen.

L y s h e d e framholdt at inndelingen i Danmark skyldes at magasineringen i jorden der er en avgjörende hydrologisk faktor. Det bekvemmeste delingstidspunktet er i begynnelsen av juni, da er vårflommen avsluttet og jorden ennå ikke uttörket. Ved en deling 1. september kan vi fra år til annet ha vidt forskjellige mengder vann i jorden.

J a k h e l l n spurte om hydrologene er interessert i et årsnedbörkart under forutsetning av at det faller sammen med det hydrologiske år.

S ö g n e n og L y s h e d e svarte at hydrologene absolutt var interessert.

S i r é n : I sin sammenfatning påpekte han at behovet i de forskjellige nordiske land tydeligvis peker hen på forskjellig hydrologisk inndeling.

Nedbörkartenes form.

S i r é n omtalte ganske kort de svenske og finske isohyetkart og de norske prosentkart. I en viss utstrekning er anvendelsen av prosentkart etter hydrologiske syn av stor interesse. Han kom inn på at de nordiske land brukte forskjellige metoder, Danmark-Norge en, og Sverige-Finnland en annen.

S i m o j o k i hevdet at dateringsmetoden nå er fastsatt av WMO. Den korrekte metode er den som blir brukt i Sverige-Finnland.

J a k h e l l n innrömmet dette, men kunne ikke si om eller når Norge ville gå over til den anbefalte metode (hvor målinger om morgenen henföres til forrige dögns nedbör). Av hensyn til normalperioden 1931-60 ville det i hvertfall ikke bli gjort noen endring för utgangen av 1960.

Klimatologiske kart og normalperiode.

S i r é n la fram spörsmålet om en hydrologisk normalperiode. Meteorologene regner med en 30-års periode, og på dette grunnlag er de klimatologiske kart utarbeidet.

Ved forrige hydrologiske konferanse gikk det fram at det hydrologiske materialet ikke alltid passer for en 30-års periode. Han reiste spörsmålet om i hvilken grad hydrologene skal följge de anvisninger som kommer fra internasjonale meteorologiske instanser.

B a d e n d y c k mente vi i Norge burde skaffe oss en 50-års periode.

S ö g n e n innvendte at vi ikke har observasjoner nok til å utarbeide en pålitelig normalperiode fra 1901-50.

M o l i n pekte på at Vattenfallindustrien i Sverige anvendte den hydrologiske perioden 1925-55 fordi det hydrologiske materialet er forholdsvis godt i denne periode, og fordi den ikke vil gå for langt tilbake i tiden da klimaet gjennomgår kontinuerlige endringer. Han hevdet at 30 år er en tilstrekkelig lang periode for å få normale verdier og normal spredning i materialet.

J a k h e l l n ville gjöre oppmerksom på at WMO har forskjellige normalperioder av 30 års lengde. Alle normalperioder skal være 30 år og begynner med årstall som ender på 1, 1901 og 1911 osv. Disse kalles for klimatologiske normalperioder, men de klimatologiske standardnormalperioder er 1901-30 og den neste 1931-60 osv.

Ved hjelp av hullkortmaskin kan vi i dag lettvint regne ut flere mellomliggende normalperioder og han trodde at i framtiden ville meteorologene regne ut normalperioder hvert 10.år, men at periodenes lengde ikke ville bli endret.

B a d e n d y c k hevdet at etter 1931 hadde vi vært inne i en ekstrem periode og etter hans mening skulle det være en fordel om normalperioden var så lang som mulig og hevdet at en 50-års normal kunne la seg beregne i Norge nå.

S ö g n e n trodde at erfaringen i Norge viste at 30-års perioden var for kort.

K l æ b o e var enig med Sögnen og Badendyck og hevdet at i Norge hadde en 40-års periode passet best for prognosering av de bygde kraftverk. Han nevnte f.eks. prognosering av Nore Kraftverk som bygde på perioden 1901-40. De dårlige årene etter 1940 bidro til at den regulerte vassföring måtte reduseres betraktelig. Dette tydet etter Klæboes mening på at en 30-års periode enkel-

te ganger kan bli for kort, og han erklærte seg enig med Badendyck i at en normalperiode på 50 år snart måtte utarbeides.

J a k h e l l n påpekte at en "regnet ikke med normalt vær i det hele tatt". Normalverdiene skal være referansetall, og han mente at det var best å referere til en periode som ikke lå så langt tilbake i tiden at en ikke hadde föling med hvordan det var den gangen. "Uansett hvor mye en enn forlenger en slik periode kommer en ikke den bakenliggende sannhet nærmere".

Han kom så inn på hyppighetsstatistikken og hevdet at den jo kunne baseres på lengere perioder enn de som ligger til grunn for de normaler som stilles opp, og mente at noe liknende også måtte la seg gjöre i hydrologien.

B a d e n d y c k viste til Klæboes betraktning over prognoseringen for Nore Kraftverk og mente at en kunne få forståelsen av at det var perioden i seg selv som foranlediget forandringene, men det var jo de dårlige årene en måtte ta hensyn til.

T r y s e l i u s viste til at når en har holdt seg til 30-års perioden så er årsaken den at man har gått ut fra teorien om rytmiske 30-års perioder.

Han påpekte at 30-års perioden burde beregnes slik i forhold til det ulike artede materiale at man slapp å gå tilbake til en tid da kravene til hydrologiske målingers nöyaktighet ikke var så store.

Når det var spörsmål om de nåværende verdier så må en ha 30-års periode, men da utnytte alt materialet.

B a d e n d y c k viste til noen sammenlikninger han hadde gjort over vassföringer angitt som månedsmiddel for svenske elver, hvor perioden var 130 år, og de tilsvarende tall for norske vassdrag i perioden 1901-50 (40 år). Han fant da at verdiene i den norske periode på 40 år utgjorde 97-98% av 130-års periodens verdier.

S i r é n sammenfattet diskusjonen ved å påvise at behovet for en og samme periode for hydrologiske data er önskelig, og at en burde bli stående ved en slik.

Den burde etter hans mening bli det som en kaller den minste felles divisor og det var den 30-årige periode.

Han pekte videre på at det hadde kommet fram önsker om lengre perioder og mente at de som hadde muligheten for å beregne normaler for lengre perioder kunne fritt gjöre det og publisere den også. Han syntes imidlertid at en burde bli enige om en felles normalperiode og foreslo at en da kunne följe de anvisninger som var gitt fra meteorologisk hold.

J a k h e l l n opplyste at rapporten fra klimatologkonferansen i Oslo 1950 var å få på Meteorologisk Institutt.

Eventuelt.

S i r é n kom inn på at det var litt flytende enda hva som kom inn under betegnelsen hydrometeorologi.

N y b e r g var ikke i tvil om at meteorologien kom til å få en bredere plass innen hydrologien i nærmeste framtid. Han tenkte da först og fremst på forskjellige slag prognoser. Spesielt trodde han at flomprognoser bygget på meteorologiske observasjoner ville kunne være nyttige. Ikke vårflommer kanskje, men andre. Han nevnte kort at i Sverige hadde Meteorologiska Institutet drevet med prognoser over isdannelse i Botnhavet, og liknende prognoser kunne sikkert utnyttes i hydrologien også. Vattenfallsstyrelsen hadde da også alt begynt å gjöre seg nytte av liknende data fra meteorologene. Han kom også inn på forslaget fra Det nordiske råd - om et felles nordisk prognoseinstitutt for langtidsvarsler på 1 måned. De amerikanske langtidsvarslene hadde ikke stemt så særlig godt for de nordiske land, men slike varsler måtte kunne bli brukbare når en bare fikk bygget systemet ut. Forutsetningen for slike prognoser er imidlertid at det foreligger et behov blant de som eventuelt skal benytte seg av dem, f.eks. Vasskraftindustrien; og det ville påskynde utviklingen at disse gjorde et påtrykk på meteorologene.

S i r é n trodde en ikke behövde være redd for at hydrologene ikke var interesserte.

Vegetasjonens virkning på avlöpet.

H o l t z m a n n redegjorde for vannstands- og vassföringsmålinger i Gudenåen (164 km², fall 0,5 °/oo). Han viste kurver for vannstand för og etter klipping av vegetasjonen, osv. I stille vassdrag brukte de flere vassföringskurver - svarende til forskjellige tider på året.

L y s h e d e redegjorde for noen undersökelser som nettopp var avsluttet om vegetasjonens innflytelse på vassföringen. En kan tenke seg at oppstuingen kommer av större friksjon i vannet. Dersom en derfor bruker formlen $Q = F.R^{2/3} J^{1/2} M$ der R = hydr. radius og M = friksjonsfaktor så ser en at en kan bruke formelen ved bare å forandre M. Det er derfor gjort forsök på å finne variasjonen i denne konstanten M gjennom året. I denne anskuelsen regner en med at bunnen ligger fast - at det ikke er noen forandring i höyden på bunnen. Men det er også en annen anskuelse - den at

IV

bunnen forandrer seg - i dette tilfelle at bunnen hever seg om sommeren når det er vegetasjon, og vi får et innskrenket profil.

Undersökelsene viste at M forandret seg meget - at det var stor forskjell vinter og sommer.

En annen ting som han syntes var merkelig var at på et sted hvor planteveksten ble skåret ned, sank ikke vannstanden noe vesentlig. Det viste seg altså at stubbene av de avkappete trådene bevirket en like stor friksjon som hele plantene.

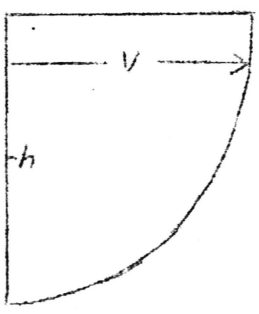
S ö g n e n nevnte at i Norge var det svært lite av slike vansker. I ett vassdrag var imidlertid vegetasjonen så sterk at det måtte tas hensyn til den, men det ble gjort ved å ha en vassföringskurve for rent profil og en annen for full vegetasjon - og så interpolere mellom disse.

T r y s e l i u s fortalte at selv om Skåne hadde liknende forhold som Danmark, var det likevel ikke i Sverige lagt ned noe större arbeid på dette feltet.

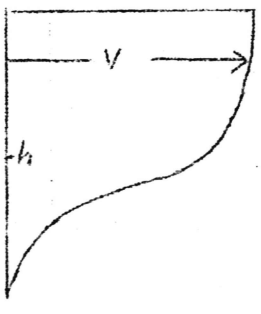
K o r o l e f f spurte Lyshede om det var gjort noen sammenlikning mellom overflatehastigheten og middelhastigheten i vassdragene i de forskjellige tilfelle.

L y s h e d e svarte at under vassföringsmålingene foretok en de vanlige vertikalmålingene og da fikk en automatisk dette forhold. Han tegnet på tavlen

Vanlig teoretisk hastighetsvertikal



Hastighetsvertikal med vegetasjon i bunnen



S ö g n e n spurte om disse undersökelser ble publisert i årsberetning fra Hedeselskabet.

E b e r t svarte at det ble de ikke, men om de hydrologiske undersökelsene som blir gjort blir det sendt ut en beretning hvert 5.år.

Erosjon og materialtransport.

E b e r t : I Danmark har Hedeselskabet just afsluttet projekteringen af et afvandingsanlæg i Vestjylland omfattende afvanding af et areal på 3900 ha. til en bekostning af 20,5 mill. kr. Det drejer sig bl.a. om udretning og inddigning af et stærkt serpentineret vandlöb, Skjern å, der er Danmarks mest vandrige vandlöb og vel nok også det mest materialförende vandlöb, idet det gennem tillöbene fra den jydske hede modtager en masse sand, som transporteres med vandlöbet ud i recipienten Ringköbing fjord. Det drejer sig om 8000 m³ årlig.

Det har været overordentlig vigtigt for os at blive klar over, hvilket profil - såvel tvær- som længdeprofil - vi kunne give Skjern å, for at de 8000 m³ stadig må blive fört med vandlöbet ud i fjorden, men heller ikke mere, idet det også for at undgå: nedbrytning af vandlöbskanterne, langs hvilke der opföres diger, må projekteres sådan, at der ikke kunne ventes erosion.

Afdelingsingeniör Lundager Jensen og overingeniör Niels Venov, Hedeselskabet, har medvirket ved denne opgaves lösning.

L u n d a g e r J e n s e n hadde bistått Ebert med dette prosjekt og la fram de undersökelser som ble gjort i denne forbindelse. Problemet bestod i at den vann- og sandmengde som kom fram til den regulerte elvestrekning, skulle kunne mottas og föres videre ut i fjorden som för. Han presiserte at det her bare var tale om sand, ikke smått slam som föres ut i svevende tilstand. De foretok först en analyse over forholdene som de var, og siden hadde de gjort teoretiske beregninger for å finne den frantidige transport i det nye vannlöp med valgte dimensjoner.

Han viste et apparat som var blitt brukt til å bestemme sandtransporten. Det bestod av en avlang kasse som var utstyrt med noen tverrgående og langsgående finner på utsiden. De tverrgående finnene ble presset ned i sanden og hindret derved sandtransport under kassen. De langsgående finner skulle bidra til å före sanden parallelt med kassens longderetning. Kassen var traktformig og bredest unnaströms for ikke å forstyrre vannhastigheten. I bakre del var der anbragt en skuff hvori den avleirete sand la seg.

Kassen ble plasert på bunnen ved hjelp av en stang og avleiringstiden var som regel ca 10 min. Kassen ble da tatt opp og innholdet undersökt med hensyn til vekt og kornstörrelse.

Transportmengden var naturligvis forskjellig på de forskjellige steder i profilet, målingene ble derfor gjentatt på flere steder i profilet.

Prövene viste at materialet som ble oppfanget var nokså ensartet finkornet. Mesteparten av den avleirete masse hadde en kornstörrelse mellom 0,2 mm og 1,0 mm. Diameteren inngår ved beregning av transportevnen i den parameter, som av de fleste forfattere blir kalt den kritiske slepekraft, eller den kritiske tangentialspenning.

Ved siden av disse målinger ble det også tatt vassföringsmålinger. Han påpekte at vassföringsmålingen i forbindelse med måling av vannspeilets fall og vannlöpets dimensjoner ga muligheter til bestemmelse av ruheten av målestrekningen, f.eks. uttrykt som koeffisienten M i likningen $V = MR^{2/3} J^{1/2}$. M kalles Manningtallet og har en verdi av ca. 37 og 47 ved en minste- og störstevassföring på henholdsvis 18 og 47 m³/s.

Han påpekte at det var en sammenheng mellom Manningtallet M og korndiameteren som uttrykk for ujevnhetene på bunnen, og etter disse forhold skulle verdien for Manningtallet ligge omkring 100, men det viste seg at den bare er halvparten.

Dette beror på at ujevnheten ikke er uttrykt ved korndiameteren alene, men også er avhengig av bunnens lokale lengdeprofil.

Han hevdet at den særlige betydning ved oppgavene var at forholdet mellom det Manningtall en skulle vente å få etter korndiameteren og det Manningtall man faktisk har konstatert er et uttrykk for materialtransportens intensitet.

R i s t viste til at på Island hadde slike målinger hatt betydning for kraftverkutbygging og geologiske undersökelser. De tok pröver en gang i måneden over materialtransporten og noe sjeldnere en kjemisk analyse av vannet.

De forsökte å komme fram til en sammenheng mellom vannstand og materialtransport pr. m³, hvilket de også fant, men slaminnholdet var ikke alltid det samme ved samme vassföring. Förste dögnet i flomtida var det mest, men unntakelser forekom også her. De tok altså flere pröver i dögnet og kom fram til en dögnkurve for materialtransporten og siden en årskurve. Det viser seg at det dreier seg om millioner av m³ i året.

For slamundersökelsene viste han til at de fortrinnsvis tok disse der turbulensen var stor for å unngå ulik fordeling av slamföringen i profilet.

Han fortalte at på ca 10 km lengde av elven kan bunnen heves og senkes med opptil 1 m i året, og påpekte vanskene ved vannmerkene på slike steder.

Kraftverkene hadde ulemper på grunn av slamföringen, da magasinet ble fyllt av sand og slam. De hadde i lengere tid benyttet flasker til slike undersökelser, men de var ikke helt tilfredse med det og de prövde seg nå fram til nye beholdere, som skal vise riktigere resultat. De anvender nå större beholdere ute i ströket sammen med de mindre flasker og finner på den

måte en forbindelse mellom innholdet i flasken og beholderen. Flaskene kunne ved en omregning av observasjonene anvendes der det var for tungvint å anvende de store beholderene.

Han siterte forövrig professor Hjulström slik: "De islandske elver er merkelige. De går mot alle regler", og han mente at dette kunne tyde på at de regler man kjente til för, ikke passet i virkeligheten, og en kunne vente nyheter på dette område når professor Hjulströms undersökelse på Island var ferdigbehandlet.

R o e n fortalte om slammålinger, foretatt i breelver like ved utlöpet av breer. Målingene viste at slamprosenten varierte sterkt og ikke alltid i takt med vassföringen. Han hadde kommet fram til den konklusjon at slamföringen var störst når ökningen i vassföringen var störst og også avhengig av hvor lenge det var siden vassföringen var like stor. Han nevnte også at på grunn av de store variasjonene i slamföringen i hver enkelt elv "var det liten eller ingen verdi i spredte målinger når en skulle sammenlikne slamföringen i forskjellige vassdrag".

E b e r t kommenterte Rist med å vise til at de i forbindelse med Skjern-elv-prosjektet planla et kraftverk, men ikke turde sette dette arbeide i gang grunnet oppfylling av magasinene.

Oppmåling av sjöer ved hjelp av ekkograf.

R i s t fortalte at på Island hadde de skaffet seg en ekkograf, og de var meget tilfredse med den. Han redegjorde videre for metodene de brukte ved fastsettelse av måleprofilene ogberegning av avstand.

M e l i n nevnte at Vattenfallsstyrelsen også hadde kjöpt inn et ekkolodd (Atlas, ca kr. 60.000).

R o e n meddelte at ekkolodd også var tatt i bruk i Norge.

Grunnvann.

R i s t mente det var vanskelig å måle grunnvannstanden i dypet, f.eks. i 50 m dyp med större nöyaktighet enn 4-5 cm. Han etterlyste enkle regler eller instrumenter til måling av grunnvannstand.

S i r é n kom inn på forholdene i Finnland. Grunnvannsvariasjonene spiller der en stor rolle ved de langsomme vannstandsvariasjonene som följer i lange tider etter nedbören.

1939-40 var en meget regnfattig periode i Finnland. Siren hadde i den forbindelse gjort noen undersökelser fra mellomste Finnland. Normalt synker vannstanden til omkring 1. april, stiger med vårflommen og synker så igjen, for kanskje å få et sekundært maksimum om hösten. Denne kurve gjentar seg år etter år med maksima avhengig av nedbören, og gir grunnlag for en prognosering av flommene. I det angjeldende område er den midlere årsnedbör 550-600 mm, hvorav det i middel fordamper 300-350 mm.

I 1940 sank nedbörsummen til 400 mm, og i 1941 var den bare ca. 300 mm. Idet det kunne regnes med en relativt stor fordampning skulle dette före til en meget liten vårflom i 1940 og slett ingen flom i 1941. Elvene skulle tvert i mot törke ut. Om nedbören hadde gitt den eneste tilförsel av vann hadde Kymmenälv törket ut alt i 1940. I stedet kom en relativt betydelig avrenning, tilsvarende ca 100 mm nedbör.

Den rimeligste måte å forklare dette på er at grunnvannet kan gi et betydelig tilsig gjennom tildels lange tidsrom, flere år. Dette er den finske konklusjon på problemet. Dessverre hadde de ikke andre grunnvannsmålinger enn opplysninger fra distriktene om brönner som ble törre.

L y s h e d e behandlet avströmningsforholdene i Danmark. Det skjer en utstrakt utveksling mellom overflatevann og grunnvann, det kan vanskelig skilles mellom disse unntatt under smelteperioden. Det er ellers slik at all tilförsel til vassdragene må regnes å foregå i mer eller mindre dype jordlag. Den avrenning som måles og trykkes i årbökene er derfor vesentlig bestemt av grunnvannet.

At vannet skal gjennom jorden bevirker en forsinkelse, så endel danske vassdrag har vannföring om sommeren enda nedbörbalansen skulle tilsi at de var törre. Om vinteren er grunnvannsinnholdet i jorden vesentlig fordi det avgjör hvor stor avströmning en gitt nedbörmengde vil forårsake.

K l æ b o e spurte hvilke tall for årsvariasjonene i grunnvannstand man regnet med i Danmark, Finnland og Sverige.

Til det svarte S i r é n at noen lang observasjonsperiode hadde de ikke, men etter 1950 hadde de målt variasjoner i morenemark på noe over 2 m.

L y s h e d e gikk så nærmere inn på det område hvorfra Köbenhavn får sitt vann. Overflaten består av morenemateriale, under er det et krittlag. Det er fra dette krittlaget Köbenhavn henter det meste av sitt vann, etter hvert har man bredd seg utover en fjerdedel av Sjælland. Her observerer man grunnvannet.

La oss först gjöre det klart hva vi forstår med grunnvann. I dette tilfelle vil man med grunnvannstand forstå den höyde som vannet fra krittlaget presses opp i, f.eks. i et borehull. Hvis vi skulle tegne en kurve for grunnvannstanden, altså en potensialfordelingskurve, så ville det bli en kurve som synker etterhvert som vi går utover, og den vil visstnok komme ut der hvor krittlaget har forbindelse med havet, og följelig der være 0. Hvis trykket av de nedsivende vannmasser blir mindre blir trykket i det vannförende lag mindre. Variasjonen vil avhenge meget av höyden over nullnivået. Etter en törr sommer kan vi f.eks. et sted få en variasjon på et par meter, mens det i en boring nær et vannlöp kan være en variasjon på noen ganske få cm.

I följge T r y s e l i u s var grunnvannsproblemet av meget varierende karakter for de forskjellige deler av Sverige. I fjelltraktene var problemet lite.

I Sverige er det Sveriges Geologiska Undersökning som har ansvaret for grunnvannsundersökelsene. Nylig ble det startet et samarbeide mellom SMHI, SGU og et par privatinteresserte med sikte på grunnvannsundersökelser i Skåne bl.a. med hjelp av dypboringer. Problemene er her de samme som i Danmark.

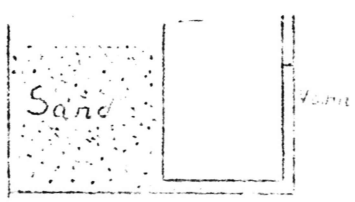
Variasjonene i grunnvannstand kan være store, men svært ulike for ulike områder.

K l æ b o e fortalte at ved våre to forsöksfelt var grunnvannsbrönnene plasert i grus. Vannstanden i brönnene reagerer meget raskt på nedbören. Han ville gjerne ha Lyshedes uttalelse om plasering av brönnene.

I sitt svar påpekte L y s h e d e at de danske forhold var svært forskjellige fra de norske. På Sjælland siver vannet ned gjennom store morenelag med forsinkelser på fra 14 dager til 1 - 2 måneder.

Danskene har utfört boringer på en liten öy nesten uten overflatevann nær Köbenhavn. Öya har krittlag og höyden er ca 1 m o.h. Etter at regnvær stiger grunnvannstanden omgående, for så å synke til samme nivå som för. Her er ingen tilsvarende endring i grunnvannsinnholdet, forklaringen ligger i följende fenomen, som også er berört tidligere.

La oss se på et lite forsök. Vi har et kar med sand og i forbindelse med det et trangt rör med meget lite areal sammenliknet med karets. Så fyller vi vann til overkant av sanden og blåser varmluft over karet. Væskeoverflaten blir nå hengende mellom sandkornene, overflatespenningen i vannet bevirker undertrykk umiddelbart under overflaten, og vann strömmer til fra sidene. Följen er



at væsken i röret faller til likevekt inntreffer igjen.

På den lille öya er det derfor som nevnt bare tale om små endringer i vannmengde for en gitt endring i grunnvannstand.

Om dette er den riktige betraktningsmåte avhenger av hva materialet skal nyttes til. Den er adekvat for trykkforholdene, men sier svært lite om mengdeforholdene i jorden.

Forberedende undersökelser i Skåne av Tryselius viste at en der har flere ulike skikt av grunnvann.

Under overflateskiktet finner man i kanskje 15 m dyp et skikt med variasjoner på ca 2 m, de följende följer ganske raskt etter nedbören. Så kan det være en grunnvannstand i 60-70 m dyp, og ytterligere en tredje under der igjen. Her opptrer selvsagt ganske andre tidsforskyvninger.

K l æ b o e viste variasjonskurver fra de to norske forsöksfeltene som var omtalt. Fjellfeltet varierte med ca 2 m, lavlandsfeltet med ca 1,5 m og noe mer uregelmessig. På spörsmål opplyste han at brönnene var 4 m dype.

L y s h e d e omtalte hvordan grunnvann måles. Målinger i slike lag som storbyene henter vannet sitt fra er uten store problemer. Disse lag er vannrike med nokså konstant trykk, og likevekstilstanden innstiller seg raskt.

Måling av grunnvannets stilling har imidlertid betydning også på mange andre områder, spesielt landbrukshold, der man kan være interessert i å vite fordelingen av grunnvannet innen et större område.

La oss betrakte et landskap med noen ugjennomtrengelige lag i dypet. Ved bakketoppene siver vannet ned, og som nevnt skal vi et stykke ned under overflaten för vi igjen har fått normalt trykk. Jorden vil nå være vannfyllt et stykke over det ugjennomtrengelige lag. I mellomskiktet, til noe under overflaten, er det likevekt med kapillarkreftene. Borer vi nå et hull, trenger vannet fram når det vannförende lag er nådd. Utströmningshastighet og hvor meget vann som trenger fram avhenger av permeabiliteten i vedkommende lag.

Går vi dypere ned med boringen, trenger vann ut fra flere lag. Det er av stor interesse å kjenne trykkfordelingen ned gjennom disse lag.

Professor Dahl ved Den kongelige Veterinær- og Landbrukshöjskole har en undersökelse i gang med sikte på konstruksjon av et apparat som kan måle trykket i dypet på ganske bestemte steder. Apparatet må ikke forstyrre likevektsforholdene, så han har forsökt med et overtrykk, betraktet trykkendringene og interpolert til 0-nivået.

Det er viktig at man kan måle trykket punkt for punkt. Det förste punkt av interesse er det hvor grunnvannet akkurat kommer frem og som man med en viss rett kan si ligger i grunnvannets overflate. Men hvis vi så

går dypere ned, så vil trykket derfra ikke kunne presse vannet i et rör helt opp i den höyde der vi förste gang fant grunnvannet. Borer vi videre ned vil vannet stå enda lavere. Altså, den höyde vannet står i vil avta nedetter.

Noe vann fra et meget vannförende lag vil alltid trenge opp. Hvis vi undersöker potensialflaten rundt et vannlöp vil vi finne at den nettopp tangerer vannlöpets overflate. Undersöker vi derimot trykket i et punkt i det meget vannförende lag, så kan den tilsvarende potensialflate komme höyere. Det er på denne måten, gjennom den dype undergrunnen, at vi må forestille oss at tilströmningen til vannlöpene i Danmark foregår.

Derfor er spörsmålet om grunnvannstanden alltid et spörsmål om hva man skal bruke disse målinger til. Önsker man å bestemme retningen av grunnvannströmmen er det meget viktig at man bestemmer trykket punkt for punkt for å kunne se i hvilken retning vannet ville bevege seg under innflytelse av de krefter det er utsatt for.

R æ s t a d nevnte et bygningsteknisk foretakende ved Tyrifjorden. En hadde der gravet brönner i forskjellig avstand fra fjorden, fra 200 m til 500 m. Grunnen var for det meste lag av fin sand. Hensikten med brönnene var å kontrollere at de bygningstekniske arbeider ble fundamentert uten noen som helst variasjon i byggets stilling. I denne forbindelse etterlyste han liknende undersökelser fra andre steder for å få en kontroll på om observasjonene ved Tyrifjorden var rimelige.

L i e u n g h sa at i forbindelse med reguleringsmagasinene i Ottadalen og Gudbrandsdalen ble det utfört en serie målinger av grunnvannstanden. Undersökelsen gjaldt virkningen av reduserte flommer på grunn av reguleringen. I disse områder kulminerer snösmeltingen omkring St.Hans. Denne flomtoppen har ganske stor betydning for vegetasjonen. Undersökelsen viste at det var tydelig samspill mellom vannstand i elva og grunnvannstanden, men i det vesentligste var det vann fra dalsidene som ble suget opp og ble bestemmende for grunnvannstanden. En hadde så mange avlesninger og så mange grunnvannsrör satt ned at en hadde kunnet följe grunnvannets nivå i en rekke profiler ved varierende nedbör og forskjellige flommer.

S ö g n e n nevnte Vassdragsvesenets undersökelser av grunnvannstanden nedover langs elver i forbindelse med regulering og påståtte skader. Observasjonene var ikke ved dette tidspunkt behandlet, så resultatene var ikke kjent.

K l æ b o e nevnte at de störste vanskelighetene oppsto ved senkning av magasiner, et forhold som forekom ofte i Norge. Det viste seg da at de omkringliggende gårdsbruk mistet sin vannforsyning hvis den var fra brönn.

I forbindelse med reguleringen av Aursunden hadde en hatt slike tilfeller. Der hadde det vært utbetalt större belöp til grunneierene for påförte skader som följe av senkning av sjöer. Det var forövrig klart, sa han, at ved store senkninger hvor sjöene var omgitt av stor fastboende befolkning, kunne dette bli ganske store ulemper.

E b e r t gjorde rede for de tilsvarende problem i Danmark og omtalte forholdene för og etter 1949 da den nye vannlöpslov ble innfört. För 1949 ble det ikke ytet erstatning når en sjö ble senket. Etter den nye lov av 1949 måtte en betale erstatning hvis en senkning foregikk ved pumping, ellers ble problemet avgjort ved skjönn. Han henviste tilslutt til en artikkel av Lyshede som omhandler dette problem.

Databehandlingsmaskiner.

N y b e r g sa innledningsvis at i de senere år hadde det foregått en stor utvikling med h.t. maskinell behandling av observasjonsdata. Innenfor meteorologien var en i stor utstrekning gått i gang med hullkort og i forbindelse med publisering av data var prognoseringen lagt opp slik at en kunne gå direkte fra hullkort til trykking av årböker. Med h.t. bruk av elektroniske maskiner var en kommet så langt at en i store trekk kunne beregne utviklingen av værsituasjoner like bra som en erfaren meteorolog. Maskinene hadde også fått anvendelse innenfor hydrologien og han nevnte i denne forbindelse utarbeidelse av prognoser for vårflommen, basert på et utvalg av pålitelige stasjoner.

O s c a r s o n gjorde så rede for bruk av databehandlingsmaskiner i Svenska Vattenfallstyrelsen. Etter en oversikt over utviklingen og en omtale av de typer maskiner som ble brukt, ga han en oversikt over de områder innenfor hydrologien hvor databehandlingsmaskinen ble anvendt.

1. Tilsigsberegninger, dvs. beregninger av nyttbart tilsig til et eller en serie reguleringsmaskiner.
2. Beregning av tappingsplan for året for reguleringsmaskiner hvorved såvel vannhusholdningen i magasinet som vannföringen i nedenforliggende elvestrekning ble beregnet.
3. Beregning av vannstandsvariasjoner ved korttidsreguleringer såvel i korttidsmagasinet som nedströms. Beregning av flombölge ved hastig tappingsendring i en kraftstasjon. (Her er "svallvagen" oversatt med flombölge). Beregning av falltap i tillöps- og avlöpskanaler og innenfor demningsområdene.

Beregning av forholdet mellom vannstanden i et vassdrag generelt og vannstanden i nærliggende brönner i overensstemmelse med gjengse statistiske formler.

Han sa at den vesentligste fordel ved bruk av maskinell bearbeidelse var dels en enorm tidsvinning og dels forbedret regneresultat ved at beregningene kunne gjöre mer detaljert og ved at feil grunnet den menneskelige faktor ble redusert.

R i s t ga en oversikt over bruken av databehandlingsmaskiner på Island.

B o r v i k gjorde rede for hvordan nedbörobservasjonene ved Det Norske Meteorologiske Institutt ble bearbeidet maskinelt:

Det Norske Meteorologiske Institutts Nedböravdeling har fra og med 1957 gått over til å bearbeide nedbörmaterialet hullkortmessig. Det brukes et kort pr. dögn uansett om det har vært nedbör eller ikke. Observasjoner av nedbör over et dögn vil bare fylle den förste tredjedel av kortet, og for å utnytte dette bedre er de siste to tredjedeler benyttet til et dögnkort hvor de opplysningene som står i kortets observasjonsdel, blir klassifisert. Opplysningene i observasjonsdelen inkludert sted- og tidfesting av observasjonen blir punchet manuelt, mens klassifiseringen på dögnkortsiden blir punchet maskinelt. I dögnkortet blir nedbörhöyden gruppert i klasser större eller lik en oppgitt verdi og det skilles mellom

a) nedbör uansett nedbörslag
b) nedbör som rent regn over hele dögnet
c) nedbör som snö og/ eller sludd over hele dögnet.

I dögnkortet er det også gitt plass for markering av forekomst av regn, snö, sludd, yr, spröhagl, hagl, dugg, rim og torden.

Dögnkortene danner i förste rekke grunnlaget for den maskinelle opptelling av månedsstatistikken over nedbören, og ved overgangen til hullkort er denne statistikk blitt betydelig utvidet ved Nedböravdelingen. Det må også framheves at hullkortene åpner mulighetene for en langt videre bearbeidelse av materialet f.eks. i undersökelser over "dry spells" og "wet spells".

S i r é n sa at databehandlingsmaskiner hittil ikke var blitt brukt i Finnland, men at en hadde planer om å gå til anvendelse av slike maskiner. En databehandlingsmaskin var under bygging i Helsingfors.

E b e r t trodde ikke at databehandlingsmaskiner ble brukt til de omtalte formål i Danmark.

N y b e r g konkluderte med at de som begynte med hullkortbehandling av hydrologiske data, fant det fordelaktig. En fikk utført arbeide en ellers ikke ville makte. Det neste skritt i utviklingen ville utvilsomt bli overgangen til hullbånd og magnetbånd, men hullkortsystemet ville likevel bli brukt i lang tid framover. Begge systemer hadde sine fordeler og kom til å bli brukt parallelt også i framtiden.

Utdannelse av hydrologene.

N y b r a n t redegjorde for utdannelse av hydrologer i Sverige. Tidligere var hydrologene blitt rekruttert blant sivilingeniører og akademikere med matematisk-naturvitenskapelig utdannelse og med geografi eller meteorologi som hovedfag.

For 2 år siden ble det stadig vanskeligere å skaffe aspiranter til hydrologisk arbeide. Etterspørselen på markedet etter veg- og vannbyggere, sivilingeniører og universitetsutdannede folk ble större. For å motvirke dette ble kvinnelige akademikere oppfordret til å gå inn i hydrologisk tjeneste. Imidlertid kreves det ikke bare kontormessig arbeide av hydrologer. De skal ut i marken og må derfor ha en relativt god fysikk. En regnet derfor ikke med å löse problemet bare ved hjelp av kvinnelig arbeidshjelp. På Meteorologiska Byrån hadde en for noen år siden et tilsvarende problem. Der begynte en med hurtigutdannelse av meteorologer på instituttet. Som grunnleggende kunnskaper ble det forlangt studenteksamen. Det lå da nær for den hydrologiske etat å gå en liknende veg og forrige år begynte det förste kurs for utdannelse av hydrologer. Undervisningen förte ikke så langt at de som ble utdannet kunne erstatte hydrologer med höyere utdannelse. Hensikten var å få folk som kunne avlaste disse for spesielle sorter arbeide. Hydrologer med denne hurtigutdannelsen kalles i Sverige tjenestehydrologer og eksamen for tjenestehydrologeksamen. Utdannelsen strekker seg over 2 år. Betingelsen for opptakelse er foruten studenteksamen et forberedende kurs på 1/3 til 1/2 år. Kurset er et repetisjonskurs av tidligere erhvervede kunnskaper i matematikk og fysikk foruten ytterligere komplettering av kunnskaper i disse fag, slik at en deltaker ved begynnelsen av det förste år skal ha solide kunnskaper på dette område. Det inngår også mindre kurser i meteorologi og en del hydrologi, likeså praktisk opplæring i vannföringsmåling. Er en deltaker etter å ha gjennomgått det forberedende kurs blitt godtatt, kan vedkommende begynne på det alminnelige utdannelseskurs.

Förste leseår gjennomgås matematikk og fysikk. Videre inngår det

en del hjelpefag som statistikk som kompletteres med spesiell hydrologisk statistikk. Videre inngår oseanografi, vannrett, termometri, et stort pensum om hydrologisk termodynamikk, vannhusholdning, klimatologi, hydrometri, karttegning, et kort kurs i erosjon og sedimentasjon og grunnvann. Vannhusholdningen behandles for en del förste året, men behandles i langt större utstrekning andre året. Videre gjennomgås emner som avdunstning, infiltrasjon, avrenning, observasjon og bearbeidelse. Sist går en gjennom emner om is og isundersökelser. Tilslutt inngår også et mindre kurs i anvendelse av data-behandlingsmaskiner. Etter endt kurs får deltakerene ansettelse som tjenestehydrologer, eller om noen skulle ha interesse for det er det anledning til å fortsette ved högskoler eller universitet for ytterlig utdannelse.

Hittil har det vært slik at de som har begynt ved instituttet, ikke har hatt noen videre grundige kunnskaper i hydrologi i begynnelsen, men har måttet lære seg det etterhvert under tjenesten. De som utdannes ved nevnte kurs, har ikke bare fått teoretiske kunnskaper, men også praktiske kunnskaper som gjör det mulig å anvende dem direkte til hydrologisk arbeide - og en stiller store forhåpninger til dem. Det er også mulig at det vil bli gjennomfört en slik ordning ved universitetet at det vil bli anledning til å avlegge akademisk eksamen i hydrologi. Kursplanene er utarbeidet, men ennå ikke godkjent av universitetskansleren. Det er derimot meget sannsynlig at de godkjennes, og det vil da bli anledning til å ta hydrologi som fag ved embedseksamen.

E b e r t ville vite hvem som underviste på kurset, om det ble henlagt til instituttet eller andre steder og om det var heldagskurs.

N y b r a n t svarte at i de tilfeller en kunne få lærere utenfra ble dette gjort da det ellers ville gå ut over arbeidet ved instituttet. Han nevnte at universitetslærere underviste i matematikk og fysikk. I hydrologi nyttet en tjenestemenn som lærere. Dette gjaldt overflatehydrologi og is. Kurset ble tildels finansiert av Vattenfallsstyrelsen og til dels av den private vattenkraftsindustrien. Kommende år håpet en å få tilskudd av staten. Förste kurs omfattet 4 elever, foruten andre interesserte. Elevene hadde en del lönnn i lesetiden og tok også jobber i ferietider.

E b e r t sa at de hadde ikke noe tilsvarende i Danmark og han antok at en i framtiden fortsatt kom til å rekruttere hydrologer blant teknikere og ingeniörer.

S i r é n sa at Finnland ikke hadde en slik ordning som Sverige, men det var anledning til spesialutdannelse ved högskole og universitet. Behovet for

hydrologer med höyere utdannelse var imidlertid ikke så stort. Derimot var det stort behov for hydrologer med mer alminnelig utdannelse. Han trodde det ville bli vanskelig å komme dit hen som i Sverige.

R i s t sa at en ikke hadde spesiell utdannelse av hydrologer på Island. Islendingene ville gjerne få komme til opplæring i Skandinavia.

S ö g n e n fortalte at i Norge var det heller ingen spesielle tiltak med hensyn til opplæring. Det blir ansatt folk, og opplæringen i praktisk hydrologi foregår på avdelingen litt etter litt. Det avhenger da mye av vedkommendes energi og interesse om han skal bli en dyktig hydrolog. Gjennom Det offentlige isutvalg er det likevel en viss mulighet for å hjelpe interesserte hovedfagstudenter.

N y b e r g var enig med Rist i at det burde kunne være en mulighet for en felles utdannelse, og at i tilfelle så var Sverige interessert ikke i bare elever, men også i lærere fra de andre nordiske land. Alt nå trodde han det var anledning til at noen få fra de andre nordiske land kunne delta i undervisningen slik den nå er.

S ö g n e n takket Nyberg for muligheten av å kunne delta i kurset og ville gjerne komme tilbake til dette punktet senere.

Eventuelt.

S ö g n e n spurte om det var mulig å få en liten redegjörelse for bruken av isotoper i hydrologien i Sverige.

N y b r a n t fortalte at isotoper ble brukt til å undersöke strömningen i sjöer, noe som en tidligere forsökte å klarlegge ved hjelp av nöyaktige temperaturmålinger, og til å undersöke spredningen av avfallsvann i et vassdrag.

F a l k e n m a r k redegjorde for en måling med isotoper i sjöen Hokren oppe i de Jämtlandske fjelltraktene. Ved tidligere målinger av avfallsvann osv. var det utelukkende spredningen - og ikke konsentrasjonen som ble målt. Med isotoper ville en pröve å måle også konsentrasjonen. Som sporemne ble brukt isotoper Brom 82, som har en halveringstid på 36 timer. Det ble sluppet en curie i tillöpet til sjöen slik at det var god blanding för vannet nådde sjöen. Konsentrasjonsmålingene ble utfört med seks scintillasjonsdetektorer fra båter i sjöen. Posisjonen til båtene ble bestemt ved hjelp av liner med flottörer i sjöen. I Hokren var strömningen meget stor i den övre, smale delen. Vassföringen var 35 m³/sek. Etter 5

minutter var konsentrasjonen av isotoper så liten at vannet var tillatt som drikkevann, så raskt redusertes radioaktiviteten. Sjöens volum er 7 megam^3. Etter 4 timer dukket radioaktiviteten opp ved utlöpet 3 km nedenfor innlöpet.

Isotopene er vanskelig å arbeide med - selv ved en liten mengde som en curie. Det ble brukt 2 m lange stenger og plexiglass til beskyttelse mot β-stråling.

R i s t understreket betydningen av isotoper i hydrologien. Hen nevnte at spesielt ved grunnboringer og undersökelser vedrörende varmt vann og grunnvann i det hele er isotopene til stor hjelp. Island ville gjerne bygge et isotopinstitutt - men det er forelöpig for dyrt. Prövene blir nå sendt til U.S.A.

N y b r a nt fortalte om et forsök i Mälaren på å holde isfri en ca 12 mil lang råk ved hjelp av trykkluft. Sirkulasjonen ble undersökt ved hjelp av temperaturmålinger. Interesserte kunne få nærmere greie på undersökelsene ved henvendelse til instituttet.

Komite til neste konferanse.

N y b e r g kom inn på vanskene med å samle inn og samordne de forskjellige lands forslag til emner på konferansen. Han mente det ville være en fordel om det ble satt ned en komite der flere av deltakerlandene var representert. Som komite til neste konferanse foreslo han Ebert, Sögnen og Nyberg. Forslaget ble enstemmig vedtatt.

Malin Falkenmark Bilag I

UNDERSÖKNING AV SAMBANDET MELLAN ISLÄGGING OCH MEDELDJUP I 21 NORRLANDSKA SJÖAR

Innledning.

Då bedömmning skulle göras av ev. påverkan av isläggingen i Borgasjön genom sjöns årsreglering, användes metoden med "jämförelse med närliggande sjö", varvid jämförts med sjöarna Raukajaure och Kultsjön. Det tillgängliga materialet, som emellertid endast omfattade 6 oreglerade och 5 resp. 4 reglerade år, visade därvid inte någon tydlig isläggnings-försening av Borgasjön, trots dämningar vid denna tid på ca 6, 9, 12, 13 resp. 14 m.

Intresset riktades då på det ofta relaterade sambandet mellan isläggingstidpunkt och medeldjup i sjön, som visats gälla i finska insjöar (Simojoki, 1940[1]). Att ett sådant samband bör existera är ochså rimligt med hänsyn till att det värme, som måste borttransporteras är prop. mot sjövolymen, men att hastigheten, varmed värmatransporten kan ske är prop. mot sjöytan.

De av Simojoki undersökta 48 sjöarna ha ett största medeldjup av 19 m, under det att de svenska fjällsjöarna som regel äro betydligt djupare. För att få en uppfattning om Borgasjöns läge i förhållande till andra sjöar med samma djup har därför Simojokis kurva kompletterats med hjälp av ett antal svenska sjöar, för vilka volymsberäkningar gjorts, så att tilförlitliga medeldjup kunnat beräknas.

Beräkning av isläggingstid.

Som mått på isläggingen har använts isläggningstiden, dvs. antalet dagar från 0° -isotermens passage till helt islagd sjö. 0° -isotermen har liksom av Simojoki beräknats genom interpolation mellan månedsmedia; helt islagd sjö satte han = sjön slutgiltigt helt islagd, här har i stället i regel använts den dag då sjön varit helt islagd första gången, emedan denna fas ansetts representera en tidspunkt, då tillräckligt med värme avgått för att sjön skall kunna islägga. Og den senare åter går upp, bör bero på vindförhållandena efter isläggningen.

De isläggningsserier, som använts ha varit av synnerligen varierande sammansättning, som framgår av diagram, bil. 1. Någon reduktion till jämförbara serier, som Simojoki gjort på sitt material, har av tidsskäl icke gjorts.

För att förenkla bearbetningen i största möjliga mån har 0°-isotermpassagen (nedan benämnd O_i och uttryckt i antal dagar före årsskiftet) icke framräknats för varje enskild sjö varje enskilt år; i stället har följande metodik använts:

1. Normal 0°-isotermpassage (O_o dagar före årsskiftet) har framräknats för de olika sjöarna genom interpolering mellan månedsvärden, beräknade enligt den av Ångström (Ångström 1938[2]) angivna formeln

   $$t = F(\varphi) - J(h) + a$$

   där φ = breddgrad, h = höjd over havet, a = empirisk anomali.

   Tabeller över $F(\varphi)$ och $J(h)$ samt kartor över a återfinnas i samma verk.

2. Avvikelsen varje enskilt år $\Delta_i = O_i - O_o$ har framräknats endast för Östersundsstationen, varefter antagits att avvikelsen varit konstant över hela det betraktade sjödistriktet (approximation)

3. Om isläggningen i en viss sjö ett enskilt år skett A_i dagar före årsskiftet, blir isläggningstiden Z_i för sjön ifråga $Z_i = O_i - A_i$. Medelvärdet på isläggingstiden i varje sjö, som egentligen är

   $$Z_m = \frac{\Sigma Z_i}{n} = \frac{\Sigma (O_i - A_i)}{n}$$

   har beräknats enligt formeln

   $$Z_m = O_o - \frac{\Sigma A_i}{n} + \Delta_m$$

   där $$\Delta_m = \frac{\Sigma O_i}{n} - O_o$$

   Enligt (2) ovan har Δ_m antagits $= \Delta_m$, Östersund.

Erhållet samband mellan isläggingstida och medeldjup.

Data ang. de undersökta sjöarna, seriernas längd, beräknade isläggningstider etc. framgå av tabell, bil. 2. Sambandet mellan isläggningstiden Z_m och medeldjupet framgår av diagram, bil. 3. Enligt Holmsen (referens 3) bör isläggningstiden ha ett max. värde på ca 12 veckor = 84 dagar. Sambandskurvan har dragits med hänsyn till detta värde.

Större avvikelser.

En del större avvikelser kunna noteras. Endast en sjö, Kallsjön, visar dock ovanligt sen isläggning i förhållande till medeldjupet, trots att detta angivits för just det sist isläggande djupbäckent utanför Beljom. Detta bör ha samband med att djupbäckenet med sin stora yta ligger starkt vindutsatt, varigenom isläggningen försvåras.

Övriga större avvikelser visa istället ovanligt tidig isläggning i förhållande till medeldjupet, nämligen

Tabell 1. Sjöar med tidig isläggning (avvikelse från "normalkurvan">10 dgr)

Sjö	Seriens längd	Medelvärdets stand. avvikelse σ_{Z_m}	Avvikelse från appr. kurva	Anomalins bidrag	Resterande avvikelse
St. Blåsjön	17 år	2,4 dgr	12 dgr	8 dgr	4 dgr
L. "	31 "	1,5 "	13 "	8 "	5 "
L. Jormsjön	29 "	2,0 "	13 "	7 "	6 "
Borgasjön	26 "	2,0 "	14 "	7 "	7 "
Ankarvattnet	33 "	1,5 "	13 "	8 "	5 "

Följande synpunkter anföras rörande dessa avvikelser

1. Samtliga avvikelser äro större än $3\,\sigma_{Z_m}$, vilket innebär att de kunna anses signifikanta (0,13 % chans att Z_m slumpmässigt skall ge så stor avvikelse).

2. Eftersom samtliga dessa sjöar ligga väl koncentrerade inom gränsområdet mellan Fjällsjöälvens och Faxälvens källsjöar, kan förklaringen vara ett systematiskt fel, infört genom tillämpandet av Ångströms anomalikurvor: dessa ge nämligen särskilt höga anomalivärden inom ifrågavarande område, men grunda sig enligt Hovmöller och Modén endast på de två stationerna Gäddede och Tärnaby och få därför anses relativt osäkra.

3. Den använda beräkningsmetoden har därför kontrollerats genom tillämpning på den senare inom området tillkomna meteorologiska stationen Klimpfjäll vid Kultsjön. Det visar sig då, att metoden för perioden 1945-55 icke ger större avvikelse från medeltalet av de verkliga månadsmedelvärderna vid Klimpfjäll än vid stationen Gäddede. Avvikelsen ger sålunda vid båda stationerna ett fel i beräknad nollisotermpassage om endast 1-2 dagar, vilket får anses vara ett gott resultat. Att metoden är tillämplig för Kultsjön framgår ochså därav att denna sjö intar en "normal" placering på medeldjupskurvan.

4. Försök har vidare gjorts till kontroll av metodens tillförlitlighet vid Jormsjöarna genom jämförelse med min. temperaturstationen Jormlien vid L. Jormsjön.

För perioden 1947-56 visar därvid Jormlien en medeltemperatur kl. 07 som är ca 1° högre än i Gäddede. Med den i undersökningen använda beräkningsmetoden skulle erhållas en skillnad mellan månadsmedia för de två stationerna om enast 0,3°. Om man kan anta att skillnaden i månadsmedia är approx. lika stor som skillnaden i medeltemperaturen kl. 07, skulle beräkningsmetoden ha givit en ca 5 dagar för kort isläggingstida vid L. Jormsjön. Jämförelsen är dock synnerligen otillförlitlig, eftersom det vid den enda inspektion av stationen 1955 framgick, att sprittermometern visade 0,6° för lågt, vilket fel är tillräckligt för att förklara den erhållna avvikelsen från det beräknade värdet. (0,6° ~ 1,0° - 0,3°).

Jämförelsen visar således att det är möjligt att nollisotermen passerat ca 5 dagar tidigare än beräkningsmetoden visat, men att detta alls icke är säkert. Även om isläggningstiden antas vara 5 dagar längre än det beräknade värdet, kvarstår dock en avvikelse från kurvan om 8 dagar för L. Jormsjön.

5. Normal nollisotermpassage vid Blåsjöarna och Ankarvattnet har beräknats till 23,10, vid Borgasjön till 22,10. Utan hänsyn till anomalierna erhölles i stället motsvarande tidpunkt till 15,10 vid samtliga sjöarna. De erhållna avvikelserna från medeldjupjurvan skulle då reduceras till 4-5 resp. 7 dagar, vilket dock är att anse som undre gränser, eftersom det knappast är sannolikt att anomalierna inom denna del av området bör reduceras ända till 0°.

6. Sammanfattningsvis verkar det följaktligen som om isläggningen i de aktuella sjöarna verkligen skulle ske relativt tidigt i förhållande till sjöarnas medeldjup. Anledningen kan knappast vara att de omfattande västvindarna under höstmånaderna - vilka just förorsaka de positiva temperaturanomalierna - genom av vattnet underlätta avkylningen i sjöarna ned till +4°. I så fall borde nämligen också Kvarnbergsvattnet, som ligger omvittnat västvindsutsatt, islägga tidigt; denna sjö islägger emellertid "normalt" liksom de två närmast uppströms belägna Kycklingvattnet och St. Jormsjön.

Anledningen kan i stället vara den rakt motsatta, nämligen att de aktuella sjöarna av fjällkedjor ligga väl skyddade för de under oktober och november förhärskande västliga vindarna, så att isläggning kan inträffa snabbt, så snart omvänd skiktning inträffat.

Innverkan på isläggingen av dämning i en sjö.

För sjön Torrön finnes en 18-årig serie isläggingsdata sedan sjön blev årsreglerad, varför en bedömning har kunnat göras av dämningens inverkan på isläggningstidpunkten. Svårigheter uppträda emellertid vid beräkning av sjöns medeldjup under isläggningstiden, sjön har nämligen vid avkylningstidens början i allmänhet legat maximalt uppdämd, medan vattenståndet hunnit sjunka upp till 7 m innan sjön varit helt islagd. Två medeldjup ha därför beräknats, nämligen dels medeldjupet vid dämningsgränsen + 16,25 m, dels medeldjupet motsvarande isläggningsdagens medelvattenstånd, + 11,4 m. I bil. 3 representeras den reglerade serien av en streckad linje mellan nämnda två medeldjup.

Isläggningstidens förlängning visar seg i detta fall vara 3 dagar; medeldjupsökningen från tidigare MW till nuvarande DG 2,7 m, till nuvarande isläggningsvattenstånd endast 0,5 m. Om man antar att det utslagsgivande medeldjupet ligger ungefär mitt emellan dessa ytterlighetsvärden, motsvarande en ökning om 1,6 m, blir dämningens innverkan 2 dagar per meters ökning av medeldjupet. "Normalkurvans" lutning i det aktuella djupintervallet motsvarar ca. 1 dag per meter.

Slutsynpunkter.

Såväl för att vinna klarhet i de funna avvikelserna i fjällsjöområdet som för att få flera värden att bygga "normalkurvan" på, vore det värdefullt om undersökningen kunde fortsättas genom utvidgning av isläggningsmaterialet; detta särskilt som frågan har stor principiell betydelse vid bedömningar av dämningars inverkan på isläggningen.

Stockholm den 14. februari 1957

H. Falkenmark
(sign)
tf. statshydrolog.

Referenser:

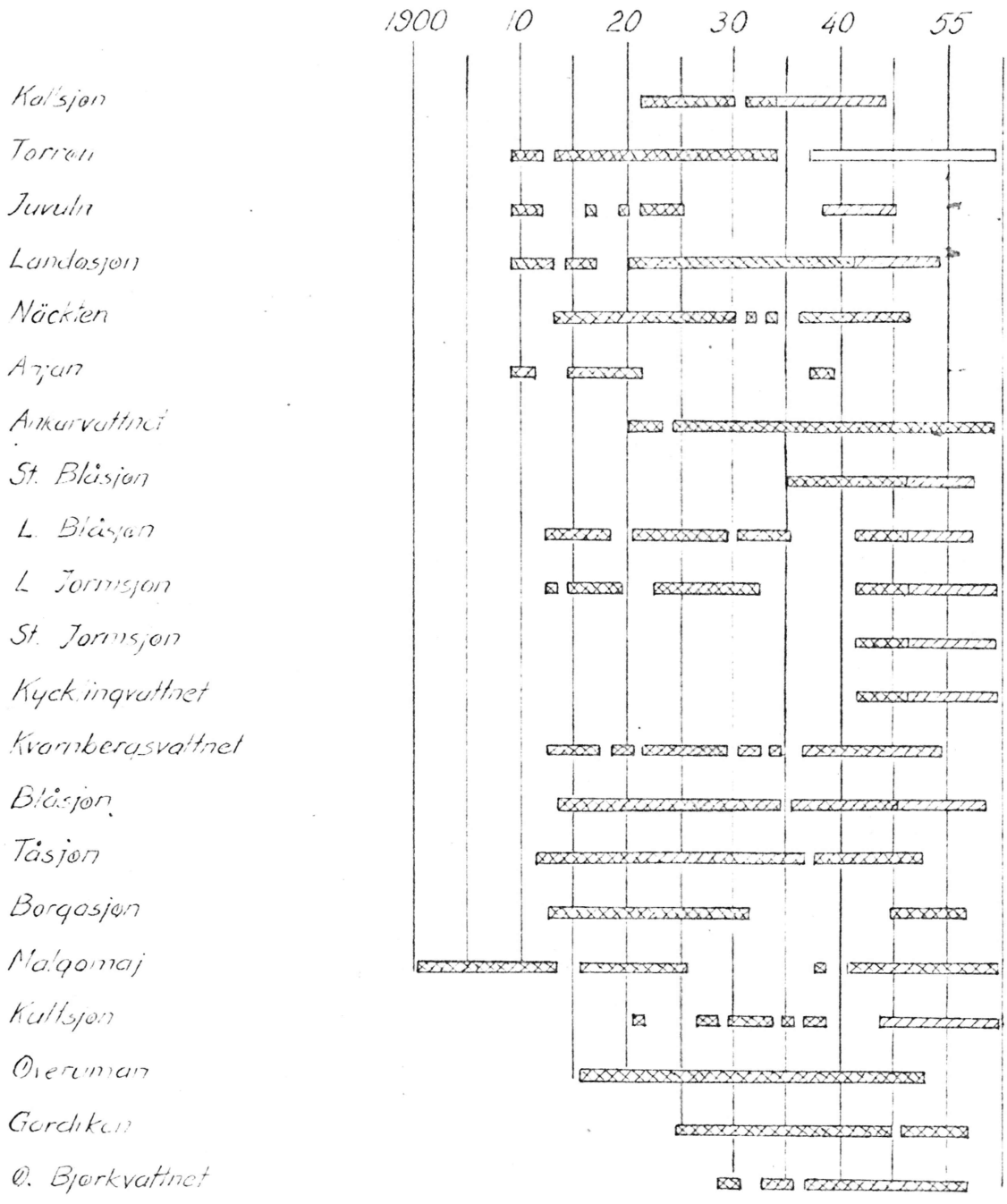
1) Simojoki: Über die Eisverhältnisse der Binnenseen Finlands, Ann. acad. scient. femiane, Ser. A, L II:6

2) Ångström: Lufttemperatur och temperaturanomalier i Sverige 1901-30, SMHI medd. bd 7, no 2.

3) Holmsen: Isförhållandena ved de norske indsjöer, Videnskabsselskabets Skrifter, Math.-nat.vet. Klasse 1901, No. 4.

Bilag 1

ISLEGGINGSSERIENES SAMMENSETNING



De årene det er oppgaver over isleggingstida.

uregulert sjø

regulert, men med lav oppdemming i avkjølingsperioden (< 3 m)

regulert, med høy oppdemming i avkjølingsperioden

Tabell 1. Data ang. de undersökta sjöarna. Bilag 2

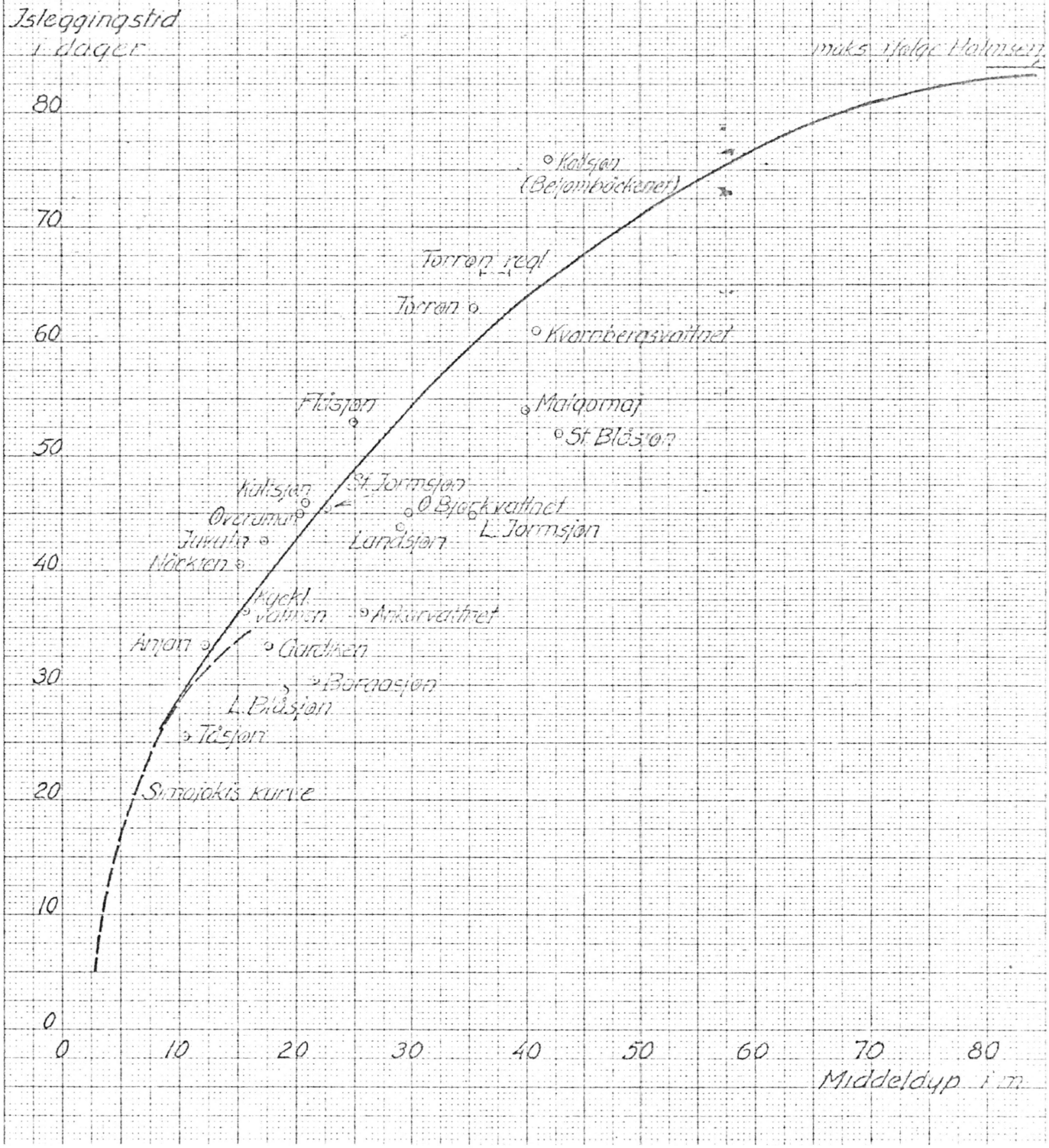
I de sjöar för vilka två isläggningsuppgifter givas, avser den översta endast oreglerade år, under det att i den understa även medräknats år med sådan reglering, att dämningen under avkylningstiden varit relativt obetydlig (max. 3 m). I diagram 2 har i dessa fall medtagits medelvärdet för den längre serien (Gäller ej Torrön).

Sjö	Höjd över havet	φ	Seriens längd	Volym	Yta	Medel-djup	Max. djup	A_m	△	O_o	Z_m
Kallsjön	381	63,6°	12[1]	6138,0	153,5	40,0[9]	136	14,1	-1	23,10	82
			22					11,1	-4		76
Torrön	410	63,8°	24	3380,0	95,2	35,5	121	24,12	-2	20,10	63
			2)								
			18 regl.					31,12	-5		67
Juvuln	393	63,7°	9[3]	667,0	37,9	17,6	73	30,11	0	23,10	38
			16					5,12	-1		42
Landösjön	318	63,6°	28	1328,0	45,5	29,2	76	12,12	-3	27,10	43
			36[4]					14,12	-4		44
Näckten	324	62,7°	29	1361,0	87,8	15,5	45	5,12	-3	23,10	40
Anjan	420	63,7°	11	327,2	26,4	12,6	52	29,11	-4	23,10	33
Ankarvattnet	448	64,8°	33	247,0	9,339	26,4	75	2,12	-4	23,10	36
St.Blåsjön	435	64,8°	11	1337,0	31,1	43	142	23,12	-7	23,10	54
			17[5]					20,12	-6		52
L. Blåsjön	435	64,7°	25	173,3	8,9	19,5	46	26,11	-4	23,10	30
			31[5]					26,11	-5		29
L. Jormsjön	345	64,7°	21	720,5	19,9	36,2	92	10,12	-4	25,10	42
			29[6]					13,12	-5		45
St. Jormsjön	344	64,7°	5	358,2	15,43	23	76	15,12	-6	25,10	45
			13[6]					14,12	-5		45
Kyckling-vattnet	344	64,6°	5	139,4	8,52	16	48	9,12	-6	25,10	39
			13[6]					5,12	-5		36
Kvarnbergs-vattnet	310	64,6°	21[7]	1360,0	33,17	41	100	2,1		26,10	
			32[8]					3,1	-6		61
Flåsjön	266	64,1°	39	2878,0	114,4	25,2	94	21,12	-5	24,10	53
Tåsjön	248	64,3°	37	473,0	41,9	11,3	48	22,11	-4	24,10	25
Borgasjön	451	64,8°	26	230	10,9	22	69	24,11	-3	22,10	30
Malgomaj	341	64,8°	38	3117,0	77,4	40	111	14,12	-3	18,10	54
Kultsjön	539	65,0°	21	1177,0	55,4	21	130	9,12	-6	18,10	46
Överuman	520	66,0°	33	1544,0	75,0	20,6	79	3,12	-5	14,10	45
Gardiken	377	65,5°	26	240,6	13,2	18,2	61	27,11	-5	20,10	33
Ö.Björkvatt-net	394	65,6°	20	878,0	29,1	30,2	65	11,12	-8	19,10	45

1) inkl. 1935-44 då △ W ≤ 2,75 m under hösten
2) 18 regl. år 1938-55 med △ W ≤ 6 m under hösten
3) inkl. 1939-45 då △ W ≤ 3 m under hösten
4) " 1942-49 " " ≤ 2 " " "
5) " 1947-52 " " ≤ 2 " " "
6) inkl. 1947-54 då △ W ≤ 2 m under hösten
7) " -49 " " ≤ 1,5 "
8) " 1946-53 " " ≤ 1 m "
9) medeldjup för sist isläggande delen (Beljombäckenet)= 42 m

Bilaga 3

SAMMANHÄNG mellan ISLÄGGNINGSTID och MEDELDJUP



Edvigs V. Kanavin Bilag II

UNDERSÖKELSER AV SNÖDEKKET VED HÖSVATN VINTEREN 1956-57

Snöakkumulasjon og avsmelting i löpet av vinteren.

Varig snölegging begynte i midten av november. Det ble målt 10-15 cm tele i bakken og 14 cm snö i feltet ved utgangen av måneden. I slutten av desember var snödybden i feltet inntil 60 cm. Snöen var lös og lett.

Det var vekslende værforhold i januar med usedvanlig varme dager, særlig den 8. og 9. januar, og snöen falt en del sammen. Snömålinger i slutten av januar viste at det ble dannet flere tynne skarelag i snöen i en dybde mellom 30 og 50 cm. Den 25/1 falt det ca. 10 cm nysnö og snödybden var 60 cm.

I tida 2. - 10/2 var det forholdsvis mildt med en rekke snöbyger, dels med vindstyrke opp til stiv kuling. Snödybden på feltet tiltok ca. 12 cm. Også i tida fra 12. - 21/2 var det skiftende værforhold med snö og snöbyger hver dag, og snödybden ökte til 76 cm. Fra 22/2 var det for det meste klart og kaldt vær med litt tåke om nettene. Laveste registrerte temperatur var 33,5°C, (24. og 25/2) og det ble observert sterkt rimlag på snö og trær. Den 26/2 tett snöfall hele dagen. Snödybden vokste opp til 95 cm.

I de förste dagene av mars var det varierende værforhold med snöbyger og vind. Snöen ble presset sammen og den 4/3 var snödybden 83 cm. Den 4. og 5. mars klarvær med svak vind fra N. Natten til 6/3 sank lufttemperaturen over snöflaten til 30,7°C. Det ble igjen dannet stort rimlag på snö og trær. I tida til 11/3 sydlig luftströmning med litt nedbör hver dag. Störste målte snödybde den 12/3 var 90 cm. Den 13/3 disig og mildt og den 14/3 kom det 2,5 mm nedbör i form av regn. Snöen på feltet falt fort sammen og det ble konstatert flere islag i snölaget. Ved bekken dannet det seg et lag av våt, kornet snö. Den 15. og 16/3 sterk NE vind og kaldt vær og et tykt skarelag dekket snöoverflaten. I tida fra 17. - 27/3 var det for det meste vestlig vind og snöbyger nesten hver dag. Det kom i alt ca. 35 cm nysnö. Undersökelser av snölaget viste at snöens konsistens var blitt mer grovkornet, men det var fremdeles tört i det gamle skiktet.

Ved bakken var det et islag på inntil 3 cm. Snödybden avtok stadig, og i slutten av måneden begynte snöen å bli mer og mer fuktig.

Fra 29/3 var det mange klare dager med svak vind, hovedsakelig fra vest og nord. Det dannet seg skarelag om nettene som om dagen ble löst opp igjen av solen. I aller överste snölag dannet det seg et tynt, speilende islag. Snöen under dette ble svært porös. De underste lagene

bestø av våt, kornet snö. Mellomliggende islag gikk delvis i opplösning.

Fra 10. til 12/4 var det for det meste skyet vær med enkelte snöbyger, men fra 12/4 ble det igjen klarvær med vind for det meste fra N. Den 15/4 enkelte snöbyger igjen og i tida til 19/4 mildt, mer skyet vær med vind fra vest eller sydvest.

Fra 21/4 for det meste klart eller lettskyet vær med svak vind fra skiftende retninger. Vinden som kom fra vest og nordvest hadde föhnkarakter (mandelskyer). Om natten dannet det seg skare på snöoverflaten, som om dagen ble opplöst av solen. Snöoverflaten ble meget hullet. Snöen falt hurtig sammen, særlig etter 25/4. Ved utgangen av måneden var snödybden på feltet sunket til 50 cm. Det forekom en rekke mer eller mindre faste skikt, som det var vanskelig å skille. I slutten av april ble snöen fuktig tvers igjennom og smeltingen var kommet i gang i hele Groset-feltet.

En grafisk framstilling av snöavlagringen på forsöksfeltet er vist på fig. 1.

Undersökelsene av snöakkumuleringen ble supplert med en del målinger av vanninnhold i snöen. Måleresultatene er samlet i följende tabell:

Målinger av vanninnhold i snöen
på forsöksfeltet ved Mösvatn dam vinteren 1956 - 57.

Dato	Snödybde i cm		Snöens vekt i kg	Vann-innhold %	Akk. omregnet til mm nedbörshöyde
	i feltet	målested			
30/1	57	57	1,40	25	140
27/2	93	91	2,08	23	208
14/3	70	69	2,32	34	232
22/3	88	89	2,48	28	248
25/3	87	87	2,43	28	243
8/4	68	69	2,46	36	246
20/4	68	67	2,42	36	242
2/5	50	50	1,85	37	185
4/5	46	46	1,69	37	169
10/5	41	41	1,17	29	117
14/5	25	24	0,72	29	72

I tida fra 27.1. til 4.5. ble det foretatt i alt 46 målinger av snöens lagdeling.

Som en ser av vannstandsvariasjoner i Grosetbekken (se fig. 2) var det tre mildværsperioder i löpet av vinteren för våravsmeltingen av snöen begynte. Den förste inntraff i midten av desember. Den andre begynte 8/1. og varte 2 dögn. Den tredje kom 12/3 og varte 4 dögn. I denne tida falt det noe nedbör i form av regn og det foregikk noe snösmelting, antakelig fra dd brattaste sörhellinger. I målefeltet ble avsmelting fra snöoverflaten konstatert förste gang den 4/4.

Akkumulering av smeltevann i snöen ble observert helt til slutten av april. Snöens tetthet var meget höy - ca. 0,40 g/cm³. Den 2/5 var snöen om dagen blitt helt "råtten" og bar ikke en mann på ski. Snöen ved bakken var nærmest som sörpe. Fram til den 9/5 var det kuldegrader om nettene og overflatelaget frös til, antakelig bl.a. på grunn av sterk utstråling om nettene. Det faste islaget over bakken ble opplöst den 10/5 da snödybden var 40 cm. Grunnen til opplösningen var sannsynligvis at strålingen begynte å trenge igjennom helt ned til bakken. Den 10/5. var feltet nærmest snöbart.

Målinger av fordunsting fra snöoverflaten
(et sammendrag av måleresultatene)

I tida 27/1 - 5/5 1957 ble det i alt foretatt 116 fordunstningsmålinger. En samling av måleresultatene er gitt i följende tabell:

Uke	Snödybde i cm	Vanninnhold i snöen i mm	Kondensasjon + eller fordunstning (-) i g +	-	Merknad
28/1-3/2	61	140	9	0	
4/2-10/2	70	173			Snöver
11/2-17/2	76	189	4	0	Ofte snöbyger
18/2-24/2	79	(195)	11	0	
25/2-3/3	95	208	7	7	
4/3-10/3	83	(215)	9	13	
11/3-17/3	76	232	(12)	42	Litt smeltevann 13/3. Den 14/3 tykt rimlag 182 g.
18/3-24/3	94	248	0	19	
25/3-31/3	86	248	14	31	
1/4-7/4	72	246	13	113	Smeltevann fra 4/4 - 6/4.
8/4-14/4	69	242	4	146	
15/4-21/4	70	242	2	224	Fra 17/4 nye smeltevann.
22/4-28/4	52	(200)	0	1693	
29/4-2/5				1695	Fra 2/5 sterk avsmelting.
3/5-5/5	47	169	0	216	
			73	4199 dvs. 70 mm	

eller ca. 28% av vanninnholdet i snöen 1/4.

Som en ser av måleresultatene, var det ubetydelig fordunstning inntil ca. 1/4. Etterpå økte fordunstningen og nådde maksimum i slutten av april. Inntil 4/5 fikk en tilsammen et tap av vanninnhold i snöen på 70 mm. Tapet av vanninnholdet i snöen etter direkte målinger 246 - 169 = 77 mm.

Det var til å begynne med god overensstemmelse mellom resultatene fra de to kassene, meldte observatören. Men fra 19/4 var det anderledes, nemlig:

Måling	I kasse	II kasse
19/4 kl. 18^{15}	- 62 (302)	-174 (138)
21/4 " 15^{45}	- 17 (468)	-135 (384)
22/4 " 16^{25}	-336 (189)	- 56 (440)
23/4 " 17^{15}	-220 (389)	-475 (140)
25/4 " 15^{40}	-182 (438)	- 82 (587)
26/4 " 6^{45}	-167 (0)	- 11 (89)
26/4 " 15^{40}	-205 (568)	- 37 (613)
27/4 " 6^{00}	-129 (0)	- 42 (0)
27/4 " 15^{08}	-380 (362)	-450 (185)
28/4 " 9^{40}	-174 (0)	-207 (0)
28/4 " 16^{25}	-672 (294)	-400 (518)
29/4 " 9^{40}	-137 (0)	- 5 (0)
29/4 " 18^{25}	-705 (323)	-882 (30)
30/4 " 15^{40}	-165 (171)	-367 (1)
1/5 " 6^{35}	- 35 (0)	- 11 (0)
1/5 " 17^{50}	- 69 (545)	-380 (221)
2/5 " 17^{15}	- 35 (792)	-596 (250)
3/5 " 6^{25}	- 10 (0)	- 75 (0)
3/5 " 20^{08}	-184 (221)	-118 (281)
4/5 " 19^{05}	- 65 (278)	- 92 (241)

Tallene betyr fordunstning i gr. I parentes - smeltevann i gr.

Nærmere undersökelse viste at snöoverflaten i feltet var svært ujevn og for det meste hullet. Det ble konstatert at snöens tetthet spilte en stor rolle for både fordunstning og avsmelting, og på en slik måte at fordunstningen var sterkest når tettheten var minst.

Noen betraktninger over måleresultatene.

Avsmeltingen foregår sikkert ikke like raskt over et större område. Sörhellingen vil tidlig få bare flekker og smeltingen påskynnes. Dessuten forårsaker vekslende terrengforhold og ujevnt fordelt vegetasjon en ujevn snöakkumulasjon, slik at det fra först av er mer snö som skal smelte på ett sted enn på et annet. Likeledes vil forholdene over myrterreng og på store felter med ujevne snöoverflater være annerledes og mer lite representative. Grunnet dette er det helt nödvendig å följe avsmeltingen på flere steder i et större felt for å få et helhetsbilde.

Målingene viser at fordunstningen fra snöoverflaten var ubetydelig inntil begynnelsen av april. I den kalde perioden om vinteren dominerte kondensasjon på snöoverflaten, men hvorvidt den fuktigheten luften tar opp ett sted blir frigitt et annet sted, var ikke godt å si. Fordunstningen ökte gradvis med öket varmetilförsel, men störrelsen av de enkelte varmebidrag var vanskelig å fastslå.

Snöens avsmelting på forsöksfeltet foregikk delvis på islagt bunn og derfor er antakelig måleresultatene ikke helt representative for större områder.

Et meget interessant fenomen var at fra 19/4 var det dårlig overensstemmelse mellom måleresultatene fra de to kassene som ble brukt til fordunstningsundersökelser. Nærmere undersökelser viste at snöoverflaten i feltet var svært ujevn og for det meste hullet. Det ble konstatert at snöens tetthet spilte en stor rolle for både fordunstning og avsmelting.

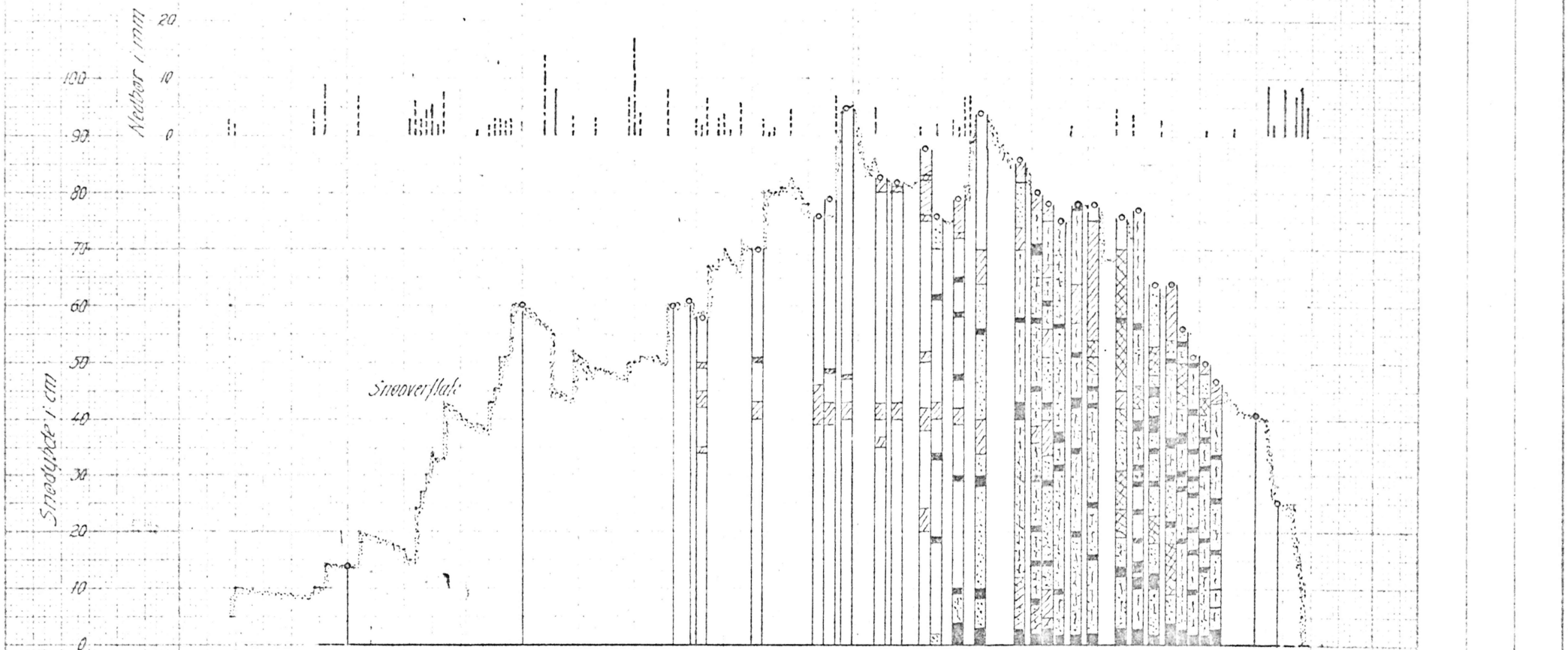
Fra 2/5 forandret forholdene seg vesentlig. Nesten all varmetilförsel som snöen fikk ble brukt til avsmelting, og meget lite til fordunstning.

Erfaringene som ble höstet av de foretatte undersökelser viste at metoden med små beholdere bare kan brukes til en relativ betraktning av prosessen. En mer fullstendig kvantitativ undersökelse av avsmelting og fordunstning fra snöen og isen må bygges på et annet grunnlag, f.eks. på undersökelser med större kasser eller snöfelter.

Det enkleste og sikreste til en betraktning av mer kvantitativ karakter er etter min mening direkte målinger av vanninnholdet i snöen. Dette kan gjöres på följende måte: En velger bestemte småfelter i et större område hvor snöavsmelting skal undersökes. På feltene fortsettes målingene av vanninnhold i snöen etter at hovedmålingene er avsluttet. Vanninnhold i snöen bör måles minst hver uke eller oftere, avhengig av værforholdene, til avsmeltingen begynner. Måleresultatene vil gi god orientering om tapet i snöens vannmagasin. Utförte målinger bekrefter dette.

SNØAVLAGRINGEN på FORSØKSFELTET ved MØSVATN DAM
vinteren 1956-57

Fig 1

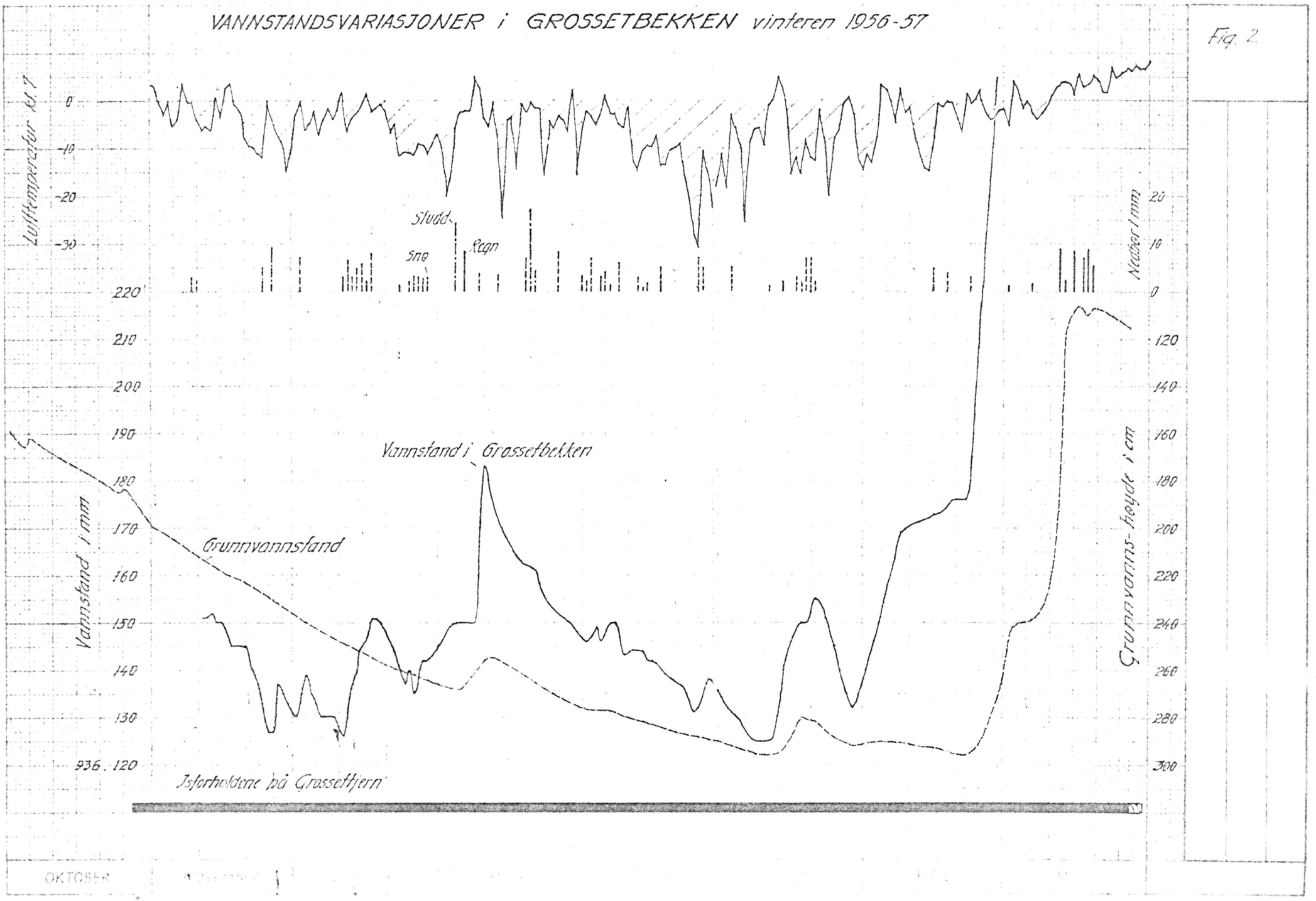


Statens Regnskapskontorgrafisk 1955 2000 Pris
52-0594

NVE Hydrologisk avd.

VANNSTANDSVARIASJONER i GROSSETBEKKEN vinteren 1956-57

Fig. 2



OKTOBER

A. Forsman Bilag III

AVSMÄLTNINGEN FRÅN ETT SNÖTÄCKE

Ett klarläggande av hur olika meteorologiska faktorer inverkar på avsmältningen från ett snötäcke i olika terrängtyper och i sluttninger mot olika väderstreck är av stort interesse. Under vilka väderleksförhållanden börjar avrinningen och vilka mängder kan avrinna på ett dygn? För att kunne besvara sådana frågor fordras vissa meteorologiska observationer, främst över lufttemperatur, stråling och molnighet, men även av vind, nederbörd och fuktighet, tillsammans med undersökningar av snötäcket och avsmältningen.

Smältvattenbrickan.

För att få ett direkt mått på hur väderleken påverkar snösmältningen har jag konstruerat en enkel mätapparat för uppmätning av smältvattenmängderna utan fördröjning genom infiltration och magasinering, som annars vidlåder de vanliga hydrologiska avrinningsmätningarna.

Utplaceringen av brickorna.

Redan våren 1957 gjordes vissa förberedande uppmätningar av smältningen med en snöbricka vid Bromma i Stockholm.

Under den gångna vinteren och våren har ett utökat mätprogram pågått. Förutom vid Bromma har mätbrickor bl.a.placerats vid Messaure och Bjurbäcken vid Luleälven i norra Sverige. Vid Messaure har två brickor placerats invid verandra i en gläntа i skogen på plan mark. Den ena brickan har lämnats orörd hela tiden, men den andra har beströtts med kimrök efter varje ymnigare snöfall. Vid Bjurbäcken har 3 brickor utlagts i olika lägen: en i öppet läge i södersluttning, en i en norrесluttning och en på en plan mark i skogen skuggad av granar. I en närbelägen bäck, Bjurbäcken, finns en mätdamm, där vattenföringen kan bestämmas. Bjurbäcken avvattnar ca 12 km² skog.

Orsakerna till snösmältningen.

Snösmältningen är det kombinerade resultatet av flera olika processer. Den beror framförallt på värmtillförseln till snötäcket, men även snöns egenskaper har stor betydelse, dess kvalitè - dvs. innehåll av flytande vatten - och snöytans reflexionsförmåga.

Varmetillförseln sker genom: instrålning, värmetillförsel från luften, kondensationsvärme, när vattenånga utfalls på snötäcket, varmeledning från marken, regnvatten.

De två första posterna har största betydelsen. Lufttemperaturen kan anses vara ett index på både dessa processer. Men det är givet att strålingen har en stor inverkan utöver vad som ger sig tillkänna i temperaturvariationerna.

Mätresultat.

Bearbetningen av årets mätresultat har inte slutförts ännu. De beräkningar som foreligger färdiga har i första hand tagit sikte på att klarlägga temperaturens inverkan och några preliminära resultat skall framläggas här.

Jag har gjort forsök att få fram ett samband mellan smältvattenmängderna og temperatursummorna. Då har jag bara summerat de positiva temperaturerna. På det diagrammet, som visar förhållande ved Messaure og Bjurbäcken, har jag lagt in smältvattenmängderna som funktion av temperatursumman. Tidskalan har också markerats.

För de 3 brickorna vid Bjurbäcken vid Luleälven i norra Sverige erhölls följande samband, där u är uttryckt i dygnsgrader över nollo. S i mm vattenpelare. Jämförelse gjordes även med vattenföringen i Bjurbäcken, uppmätt i mätdamm.

	Läge	Period	Ekvation
Bricka 1	öppet i södersluttning	10-27/4	S=6,7 u-83
" 2	i barrskog på plan mark	25/4-3/5	S=2,4 u-58
" 3	öppet i norrsluttning	4-9/5	S=2,2 u-114
Bjurbäcken	ca 12 km² skog (naturlig vassdrag)	5/5-	S=1,5 u-103

I Messaure har två brickor placerats i samma linje i en glänta i barrskogen. Den ene har beströtts med kimrök. Från denna bricka smälte snön bort 3 veckor tidligare än från den orörda. Sambandet med temperatursumman blev

Bricka m. kimrök glänta i plan skog 25/3-5/4 S= 5,9 u-1,2

Den orörda brickan visade inget lineart samband med temperatursumman.

En bricka i öppet läge på en liten bergknalle vid Bromma i Stockholm gav våren 1957 sambandet S= 4,8 u-15

I år erhölls för 4 brickor i olika lägen: S/u = 4,0 med små variationer mellan de skilda brickorna.

För Fyrisån vid Uvlunge (ca 100 km norr om stockholm) (tillrinningsomr. 263 km²) har erhållits sambandet: S= 4,1 u-7,1.

A. Forsman Bilag IV

UPPSKATTNING AV AVDUNSTNINGEN I FINLAND SOMMAREN 1956

Överdirektör Alf Nyberg (1958) har beräknat avdunstningen från Finland under vissa månader med en metod, som grundar sig på aerologiska data. Själv har jag som en jänförelse med Nybergs beräkningar gjort ett försök att beräkna avdunstningen i Finland under sommarmånaderna 1956. Metoden grundar sig på hydrologiska och vissa meteorologiska observationer. Beräkningarna omfattar samma landområde som Nybergs dvs. Finland söder om 65° N - dvs. ungefär söder om Torneå. Beräkningarna gör inte anspråk på någon större noggrannhet. Det är snarast fråga om en överslagsberäkning.

Jag har skrivit vattenhushållningens grundekvation på det här sättet:

$N = Av + Q + S + \Delta M$

nederbörden = avdunstningen + avrinningen + sjömagasineringen + förändringen i markfuktigheten.

Grundvattnet har försummats.

Avrinningen Q plus sjömagasineringen S är lika med tillrinningen T. Ekvationen blir då: $N = A+T+\Delta M$ eller $N-T=A+\Delta M$

Här kan nederbörden anses väl känd och tilrinningen från hela området kan ungefärligen beräknas ur hydrologiska observationern - i princip i varje fall. Förändringarna i markfuktigheten däremot är en okänd storhet, som måste bestämmas, og man skall kunna få avdunstningen för så korta perioder som en månad. Den största möjliga avdunstningen eller dvs. den som skulle äga rum om det inte var någon brist på fuktigheten - den potentiella avdunstningen - kan anses vara beroende enbart på meteorologiska faktorer. Penman har ställt upp en formel för beräkning av den potentiella avdunstningen. I hans formel - den är halvempirisk - ingår observationer över temperatur, molnighet, vindstyrka och fuktighet. Thorntwaite däremot har ställt upp en rent empirisk formel för, som han kallar den potentiella evapotranspirationen. I hans formel ingår bara lufttemperaturen. Men korrektioner måste göras för dagens och månadens längd. Formeln gäller för avdunstningen från en vegetationsklädd markyta, där fuktighet finns tillgänglig inom rotzonen hela tiden. Det är genom växternas transpiration till allra största delen, som markfuktighet bringas att avdunsta.

Thornthwaites formel är ganska otymplig, men med hjälp av nomogram kan räknearbetet förenklas.

Avdunstningen i mm under en 30 dagar period är:

$$A_p = 1{,}6 \left(\frac{10\,t}{I}\right)^a$$

där t är medeltemperaturen i grader C och I är ett värmeindex. Det är summan av de 12 månadernas värmeindex i = $(\frac{t^1}{5})^{1,514}$ där t^1 är månadens normala medeltemperatur. A är en tredjegradsfunktion av värmeindex.

Enligt denna formel har den potentiella avdunstningen beräknats. Temperaturen har tagits som ett medelvärde av temperaturerna i Helsingfors, Åbo, Villmanstrand, Tammerfors, Jyväskylä, Joensuu, Kuopio, Vasa, Kajvani och Uleåborg.

Avdunstningen från landområdena mellan 20° och 32°E och 60° och 65°N

1956

	A	M	I	I	A	S	O	N
Potentiell evapotranspiration, Ap mm	-	70	119	120	82	69	30	-
Nederbörd-avrinning-sjömagasinering, (N-T)mm	x	x	19	47	86	25	60	10
Förändring i markfuktighet, M mm	±0	±0	-40	±0	+4	-4	+30	
Verklig avdunstning, Amm	-	70	59	47	82	29	30	-
Markfuktighet, M mm	40	40	0	0	4	0	30	
Förändring i markfuktighet, M mm	±0	±0	-100	±0	+4	-4	+30	
Verklig avdunstning, Amm	-	70	119	47	82	29	30	-
Markfuktighet, M mm	100	100	0	0	4	0	30	
Förändring i markfuktighet, M mm	±0	±0	-100	-60	+4	-4	+30	
Verklig avdunstning, Amm	-	70	119	107	82	29	30	-
Markfuktighet, M mm	160	160	60	0	4	0	30	

A (maj-okt 1956) = 317 mm (Mmax = 40 mm)
= 377 " (" = 100 ")
= 437 " (" = 160 ")

x under april och maj förekommer snösmältning och N-T+ snösmältningen kan antas vara större än den potentiella avdunstningen.

Jag skall inte uppta tiden med att redogöra för beräkningen av tillrinningen T. Men jag kan nämna att avrinningen Q, kan anses vara tämligen väl bestämd genom uppgifter lämnade av Hydrologiska Byrån i Helsingfors. - Det kommer med en liten bit av Sverige också, förresten. Sjömagasineringen däremot är svårare att bestämma och tillrinningsvärdena blir därför endast ungefärliga. De får nog anses behäftade med en osäkerhet på ± 8 mm. Osäkerheten i tillrinningsvärdena beror givetvis också på hur stor del av det totala området, som upptas av vattenföringsstationernas

tillrinningsområden och avbördningskurvornas tillförlitlighet. Jag är säker på att de finska hydrologerna här kan beräkna tillrinningen noggrannare.

Beträffande markfuktigheten antar jag att jorden i rotzonen är mättad med fuktighet under april och maj.

För påföljande månader har en beräkning utförts över variationerna i markfuktighet. Den potentiella avdunstningen har räknats som förlust och skillnaden mellan nederbörd och tillrinning som tillskott. Den största möjliga magasinerade fuktighetsmängden i marken är en okänd storhet. Här har jag räknat med att en fuktighetsmängd motsvarande 100 mm vattenpelare kan magasineras i rotzonen. För att belysa hur andra värden på den maximala markfuktigheten inverkar, har jag genomfört beräkningarna för 40 och 160 mm:s maximala markfuktighet.

Jag skall visa en bild som belyser beräkningens gång. Bilden hänför sig tyvärr endast till preliminära värden för södra Finland. Men principen är densamma.

Så länge fuktighet finns tillgänglig uppgår den verkliga avdunstningen till den potentiella, men när den interäcker till reduceras den verkliga avdunstningen i samma mån. Tillgänglig fuktighet utgöres av markfuktigheten + nederbörden - tillrinningen. När nederbörden minus tillrinningen är större än den potentiella avdunstningen får marken ett tillskott i fuktighet.

På så sätt har avdunstningen räknats fram under sommarmånaderna 1956.

Någon korrektion för sjöprocent har inte utförts.

Det här är givetvis en grov förenkling av de verkliga förhållandena. Bl.a. är ju markens gradvisa uttorkande förenat med ett ökat motstånd mot avdunstningen genom växternas transpiration.

Avdunstningen under juli månad - för att återgå till Nybergs beräkning - kan således innestängas mellan två gränser: minst 47 mm och högst 107 mm. Det sannolikaste värdet är nog det som hänför sig till 100 mm:s max. markfuktighet, nämligen 47 mm. Å andra sidan förefaller den totala beräknade avdunstningen under sommarmånaderna för hög. En korrektion borde anbringas.

Temperaturen under juli 1956 var 1,2° lägre än normalt, men för hela sommarhalvåret maj-oktober var temperaturen endast 0°,3 lägre än normalt och nederbörden 27 mm lägre än normalt. Det innebär att normal avdunstning under sommarhalvåret minst borde uppgå till 377 mm (eller åtminstone 317 om maximala markfuktigheten sättes så lågt som 40 mm).

Jämför man så med Sirens karta över normal årsavdunstning i Finland, ser man att den normala årsavdunstningen från det här undersökta området bör ligga mellan 300 och 250 mm.

Den metod som jag använt här tycks således - i detta fall åtminstone - ge för höga värden - uppskattningsvis 10-15% för högt.

Om nu värdena på den potentiella avdunstningen minskas med 10% erhålles ett annat resultat för juliavdunstningen. Genom att juni-avdunstningen minskas från 119 till 107 mm står en större mängd markfuktighet till förfogande under juli. Den potentiella avdunstningen minskas där - under juli - från 120 till 108 mm, men den verkliga korrigerade avdunstningen under juli blir då 59 mm.

Och det skulle vara slutresultatet av den här undersökningen.

1956

	M	I	I	A	S	O	M-O
Korrigerade värden							
Mmax: 100 m							
Pot. avd. mm	63	107	108	74	62	27	441
N-T "	x	19	47	86	25	60	
M "	0	-88	-12	+12	-12	-33	
A "	63	107	59	74	37	27	367
M "	100	100	12	0	12	0	33

Referanser:

Nyberg (1958)

Penman (1948) Natural evaporation from open Wates, bare soil and grass. Proc. Roy. Soc. A. 193.

Thornthwaite (1948) An approach toward a rational classification of Climate. Geogr. Rev. 38.

Siren (1954) Avrinningens normalvärden i Finland. Kraft och Ljus Nr. 3 Mars 1954, Helsingfors.

Sammanfattning.

I och för jämförelse med vissa avdunstningsberäkningar för Finland utförda av överdirektör Alf Nyberg och grundade på aerologiska observationer har avdunstningen i Finland beräknats för sommaren 1956 enligt en metod, som bygger på hydrologiska och vissa meteorologiska observationer. Beräkningarna stöder sig dels på den vanliga hydrologiska metoden och dels på en formel för den potentiella avdunstningen, uppställd av Thornthwaite.

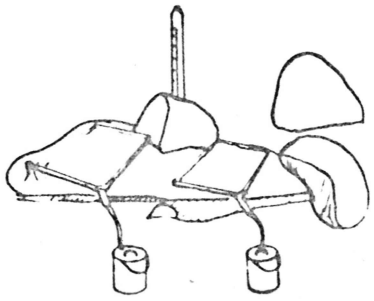
Beräkningarna hänför sig till Finland söder om 65° N, dvs. i stort sett söder om Torneå.

Under förutsättning av en maximal markfuktighet motsvarande 100 m vattenpelare i rotzonen erhålles följande resultat, där samtliga storheter är uttryckta i mm vattenpelare.

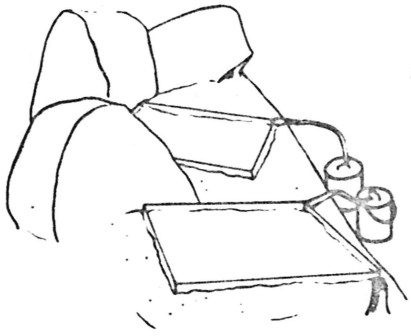
1956

Ursprungliga värden		M	J	J	A	S	O	maj-okt.
Potentiell avdunstning,	Ap	70	119	120	82	69	30	490
Nederbörd-tillrinning	(N-T)	x	19	47	86	25	60	
Förändr. i markfuktighet,	M	0	-100	0	+4	-4	+30	-70
Markfuktigheten,	M	100	100	0	0	4	0	30
Verklig avdunstning,	Av	70	119	47	82	29	30	377
Korrigerade värden								
	Ap	63	107	108	74	62	27	441
	(N-T)	x	19	47	86	25	60	
	M	0	-88	-12	+12	-12	+33	-67
	M	100	100	12	0	12	0	33
Slutresultat	Av	63	107	59	74	37	27	367

SMHI

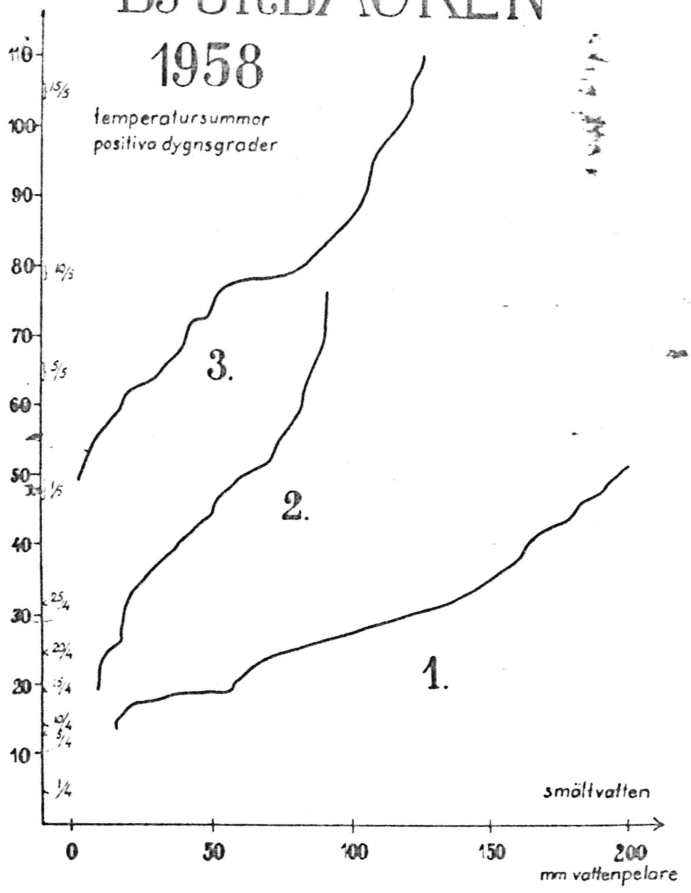


Snöbrickorna vid Messaure sedda mot norr.

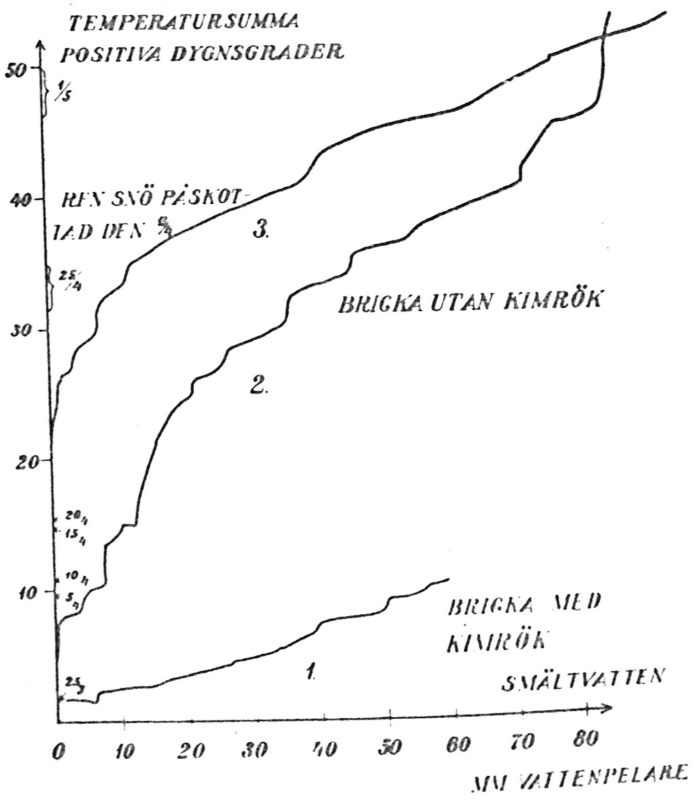


Snöbrickorna vid Messaure sedda mot öster.

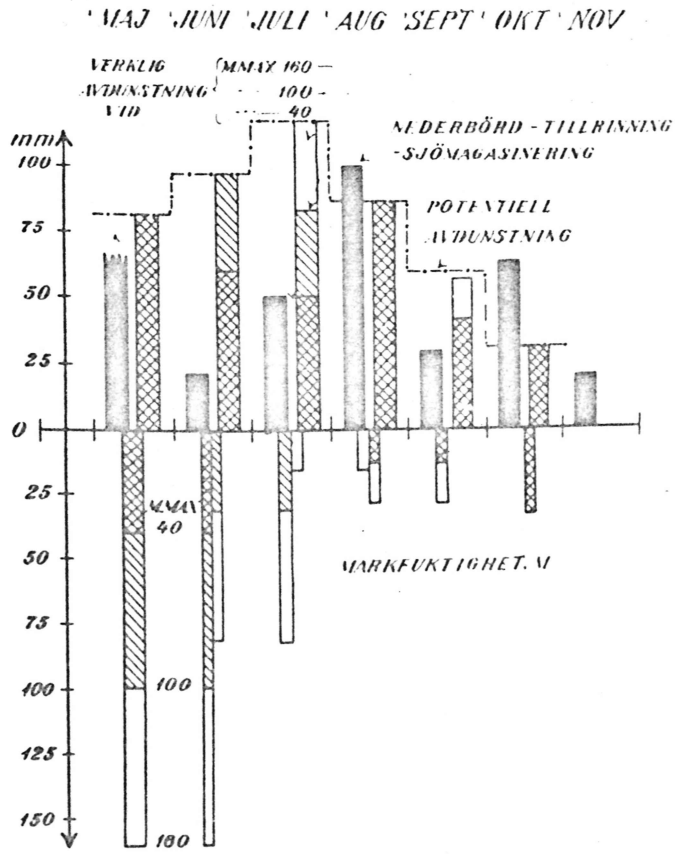
BJURBÄCKEN



MESSAURE 1958



AVDUNSTNINGEN I FINLAND 1956
Söder om 62.5 N



S. Flatjord Bilag V

SAMMENHENG MELLOM VANNTEMPERATUR OG VANNHASTIGHET I RÅKER I ET ISDEKKE

I stille vann eller på steder hvor hastigheten er liten kan en vintertid finne råker som aldri islegges, eller som i strenge kuldeperioder nok kan overtrekkes med et tynt isdekke, men som åpner seg igjen så snart mildværet setter inn. Måles vanntemperaturen i slike råker, er dette ofte lett forståelig. Det er ikke uvanlig at vanntemperaturen kan være mellom 1/2°C og 2°C. Det kan sies at her er vanntemperaturen den dominerende faktor for hvorvidt det skal danne seg et varig isdekke eller ikke.

Noe annerledes blir forholdet der det oppstår råker i isdekke på elver med större vannhastigheter. Måles vanntemperaturen i slike råker, finner en temperaturer nær 0°C og under det. Vanntemperaturen er på slike steder ikke alene bestemmende for utvikling av isdekke. Undersökelsen viser at vanntemperaturen i råker med forskjellig vannhastighet varierer med hastigheten.

Det viste seg i det hele å være en nöye sammenheng mellom ström-hastighet og temperatur i råkene, og disse störrelsene må betraktes som variable av samme funksjon. Å bestemme denne funksjonen mest mulig nöyaktig har da vært et av hovedmålene for disse undersökelsene.

Undersökelsene som er gjort på dette området foregikk den förste vinteren i Nea i Sör-Tröndelag. Isforholdene er den största del av vinteren ustabile i dette vassdraget, og opplegget til lösningen av oppgaven er preget av slike forhold.

Måleinstrument.

Til bestemmelser av vanntemperaturen ble benyttet et sörpetermometer med eller uten beholder, alt etter omstendighetene.

På steder der det var overflatesarr, og om våren under stark sol-stråling, var det en fordel å anvende sörpe-termometeret med beholder. Midt-vinters kunne det imidlertid by på fordeler å måle med termometeret uten beholder, særlig i elver med vanntemperatur nær 0°C, der det hadde lett for å danne seg is på kvikksölvkolben inne i beholderen. Hvor det var höyere vanntemperatur, forekom det også skiktning av vannet fra iskanten og ut i råken, og på slike steder måtte skiktningen observeres för en bestemte hvor i råken vanntemperaturen skulle måles. Dette forutsatte anvendelse av et meget följsomt termometer, et termometer uten beholder. Det böd ellers på den store fordel at innstillingstiden kunne reduseres. Tiden for oppholdet

på usikker is langs råkkanten kunne således forkortes betraktelig.

Vannhastigheten ble forsökt målt på forskjellig vis.

I mildværsperioder og i moderat kulde ble det målt med flygel. Den enkleste og mest anvendbare metode var å lage et siktediagram inne på land, ved hjelp av fire stikningsstenger. En kunne på denne måten måle vannhastigheten med tilstrekkelig nöyaktighet til noe over midten av elvens bredde. Vannhastigheten ble bestemt i en avstand fra 5-20 cm fra iskanten.

Framgangsmåte.

En elv islegges ved at det i förstningen danner seg is omkring steiner og andre gjenstander som stikker opp av vannflaten i stillere partier inne ved land, og vokser utover mot områder med större vannhastigheter. Dette pågår så lenge en kuldeperiode varer. Setter det imidlertid inn med mildvær, trekker iskanten seg tilbake, råken utvider seg. Det skulle da være naturlig å anta en kunne finne den sökte sammenheng i en råk som har tendens til å följe det ovenfor anförte i sin utvikling.

Da isforholdene i Nea har vanskelig for å stabilisere seg, kunne dette ikke la seg gjennomföre. Strömforholdene i råkene kunne variere fra dag til dag, grunnet sammenhengende oppstuing og nedskjæring, særlig i isleggingstida. Råkene kunne også plustelig bli fyllt av sarr og drivis. Det ble således forsökt noen slike målinger ved Moslet bru, men målingene ble avbrutt da råkene ble igjenkorket av ismasser.

Jeg bestemte meg for å måle störrelsene vannhastighet og vanntemperatur i de råkene som oppsto i isdekket og å notere de meteorologiske forhold under målingen. Ved hver måling ble det også notert forskjellige faktorer som kunne tenkes å ha innflytelse på resultatet som f.eks. strömforhold (jevn ström ——→ , skvalpende ström ∿∿→ og sarröring i råker ⁂→).

Selve vannhastigheten ble bestemt som et middel av flere målinger. Förste året ble målingene tatt i Nea, men da det ble behov for målinger i andre vanntemperaturområder enn det en hadde konstatert her, ble det gjort målinger også i Hallingdalselv, Glomma og Akerselva. Enkelte målinger ble også gjort i Finnmark (Lakselv, Tana og Pasvikelv).

En del målinger er imidlertid tatt under forhold som gjör at de faktisk ikke hörer hjemme blant de målinger hvorved kurven bör bestemmes. Det stiltes derfor följende krav til målingene som skulle bestemme den nöyaktige sammenheng mellom vanntemperatur og vannhastighet i råker:

Målingene skulle være foretatt:

1. I en avstand av ca 5-20 cm fra iskanten i råkens lengderetning.
2. I slutten av kuldeperioder i råker hvor vanntemperaturen skifter raskt med lufttemperaturen.

Vanntemperaturen har da innstilt seg, og iskanten har fått tid til å vokse ut mot det hastighetsområde i råken hvor istilveksten slutter eller er avtatt til en minimum.

Dette er jo ikke tilfelle i begynnelsen av en kuldeperiode og i overgangen fra kuldeperioden til mildværsperioden. Vanntemperaturen skifter da så raskt at iskanten blir liggende langt etter i sin tilbaketrekning eller framvekst. Målinger foretatt under slike forhold blir da henholdsvis maksimale og minimale. Slike forhold finnes i råker der större mengder grunnvann kommer fram. Landråker oppstår oftest på denne måten om våren. Samme forhold finnes også straks nedenfor kraftstasjoner med f.eks. dögnregulering.

3. I slutten av en kuldeperiode eller i begynnelsen av en mildværsperiode der vanntemperaturen skifter sent med lufttemperaturen.

I slike råker er det sökte forhold mellom vanntemperatur og vannhastighet til stede i lenger tid, og er absolutt de gunstigste råker å måle i.

4. I råker hvor det er jevn ström og bölgebevegelser, men stor vannhastighet.

Ved den valgte målemetode er det vannhastigheten langs iskanten som måles, og under forhold som nevnt er denne hastighetskomponent den dominerende. Den vertikale komponent gjör seg sterkest gjeldende ved små vannhastigheter og kan i enkelte tilfelle ble större enn den horisontale. Den er således bestemmende for om det skal være råk eller ikke.

5. På steder i vassdraget hvor isforholdene i en kuldeperiode har stabilisert seg.

Den stadige oppstuing og nedskjæring fremme ved isfronten under islegging gjör at vassföringen og dermed vannhastigheten selv på steder i större avstander fra isfronten varierer flere ganger i dögnet. Helt tilsvarende forhold får man straks nedenfor reguleringsbassenger, kraftstasjoner osv.

6. I råker hvor det ikke föres sarr.

For å begrunne dette anföres följende tabell fig. 1.

Dato	kl.	Observasjonsstad	Vann-hastigh.	Differens i cm/sek	Anmerkning
21/1	11^{15}	Libekken (1)	0,56	10	Ikke sarrföring
20/1	12^{15}	"	0,46		Sarrföring
21/1	12^{00}	Libekken (2)	0,84	13	Ikke sarrföring
20/1	13^{00}	"	0,71		Sarrföring
25/2	8^{15}	Nobbengård ndf.	0,70	7	Ikke sarrföring
25/2	"	"	0,63		Sarrföring.

7. Under strenge kuldeperioder og til tider da den direkte og diffuse stråling er liten.

Som begrunnelse vises nedenstående tabell fig. 2.

Temperaturforandringer i elvevannet i löpet av dagen grunnet diffus og direkte stråling.

Dato	kl.	Observasjonssted	Vanntemperatur
15/4	6^{30}	Alvdal	0,015°C
"	9^{00}	"	0,025 "
"	16^{00}	"	0,045 "
"	19^{00}	"	0,019 "
16/4	5^{30}	Tolga	0,009 "
"	8^{45}	"	0,020 "
"	11^{00}	"	0,030 "
19/4	9^{45}	Barkald	0,034 "
"	10^{45}	"	0,040 "
"	14^{00}	"	0,045 "

Det går tydelig fram av tabellen at det kan være vanskelig å finne det rette forhold under sterk diffus og direkte solstråling.

8. Under andre forhold i et område av den sökte kurven hvor det er lite målinger.

Målingene tillegges da en annen vekt. Målingene blir da å betrakte som et holdepunkt for opptrekking av kurven da en som regel vet på hvilken side av kurven punktene må ligge.

Gjöres et slikt utvalg får en tilbake målingene angitt i tabellen fig. 4, og som gir kurven fig. 5, avsatt i et rettvinklet koordinasystem. Settes punktene av på et dobbeltsidig logaritmisk papir, vil punktene ligge på en rett linje. Sammenliknes målinger fra forskjellige vassdrag på denne måten finner en at kurvene omlag dekker hverandre. Spesielt interessant er kurven for målingene i Hallingdal og Finnmark, fig. 6. De tre målingene i Finnmark definerer alene den samme kurve som en er kommet fram til ved hjelp av middelverdier for målinger i Hallingdal. En skulle jo også vente dette da Finnmark nok kan oppvise mer stabile vinterforhold enn Hallingdal.

Utvalgte målinger for samtlige vassdrag.

Fig 4

Vassdrag	-0.009 - 0.000			0.000 - 0.009			0.010 - 0.019			0.020 - 0.029			0.030 - 0.039			0.040 - 0.049			0.050 - 0.059			0.060 - 0.069			0.070 - 0.079			0.080 - 0.089		
	Antall	Σ Tv	Σ V	Antall	Σ Tv	Σ V	Antall	Σ Tv	Σ V	Antall	Σ Tv	Σ V	Antall	Σ Tv	Σ V	Antall	Σ Tv	Σ V	Antall	Σ Tv	Σ V	Antall	Σ Tv	Σ V	Antall	Σ Tv	Σ V	Antall	Σ Tv	Σ V
Nea 1954-55	2	-0.010	2.87	29	0.131	27.70	8	0.090	6.13	3	0.062	1.77	2	0.060	0.96	2	0.083	0.87	1	0.050	0.41	1	0.060	0.48				2	0.170	0.63
" 1955-56				7	0.040	6.97	7	0.096	4.25	2	0.041	1.20	1	0.035	0.55				1	0.054	0.41									
Maridalselv										2	0.048	1.09	4	0.132	1.84							1	0.069	0.35	1	0.071	0.35			
Glomma				7	0.051	7.00	5	0.069	3.42																					
Hallingdalselv							8	0.091	6.83	1	0.022	0.57				2	0.088	0.99	1	0.050	0.42									
Totalsum:	2	-0.010	2.87	43	0.222	41.67	28	0.346	20.63	8	0.173	4.63	7	0.227	3.35	4	0.171	1.86	3	0.154	1.24	2	0.129	0.83	1	0.071	0.35	2	0.170	0.63
Middel		-0.005	1.44		0.005	0.97		0.012	0.74		0.022	0.58		0.033	0.48		0.043	0.47		0.051	0.41		0.065	0.41		0.071	0.35		0.085	0.31

Vassdrag	0.040 - 0.044			0.100 - 0.109			0.110 - 0.114			0.120 - 0.129			0.130 - 0.139			0.140 - 0.149			0.150 - 0.159			0.160 - 0.169			0.170 - 0.179			0.180 - 0.189		
	Antall	Σ Tv	Σ V	Antall	Σ Tv	Σ V	Antall	Σ Tv	Σ V	Antall	Σ Tv	Σ V	Antall	Σ Tv	Σ V	Antall	Σ Tv	Σ V	Antall	Σ Tv	Σ V	Antall	Σ Tv	Σ V	Antall	Σ Tv	Σ V	Antall	Σ Tv	Σ V
Nea 1954-55	1	0.040	0.34																											
Nea 1955-56	1	0.093	0.37																											
Maridalselv	1	0.091	0.43	1	0.104	0.34				2	0.245	0.68	1	0.138	0.30	1	0.149	0.29							1	0.178	0.30	1	0.180	0.24
Glomma													1	0.134	0.26				1	0.154	0.25	1	0.165	0.27						
Hallingdals																														
Totalsum	3	2.74	1.14	1	0.104	0.34				2	0.245	0.68	2	0.272	0.56	1	0.149	0.24	1	0.154	0.25	1	0.165	0.27	1	0.178	0.30	1	0.180	0.24
Middel		0.041	0.38		0.104	0.34					0.123	0.34		0.136	0.28		0.149	0.24		0.154	0.25		0.165	0.27		0.178	0.30		0.180	0.24

Vassdrag	0.190 - 0.199			0.220 - 0.229			0.240 - 0.249			0.260 - 0.269			0.270 - 0.22		
	Antall	Σ Tv	Σ V	Antall	Σ Tv	Σ V	Antall	Σ Tv	Σ V	Antall	Σ Tv	Σ V	Antall	Σ Tv	Σ V
Nea 1954-55	2	0.385	0.57	1	0.220	0.26									
Nea 1955-56															
Maridalselv	4	0.774	1.06	3	0.644	0.78	3	0.718	0.67	4	1.021	0.82			
Glomma															
Hallingdalselv													1	0.270	0.22
Totalsum	6	1.159	1.63	4	0.864	1.04	3	0.718	0.67	4	1.021	0.82	1	0.270	0.22
Middel		0.193	0.27		0.216	0.26		0.24	0.22		0.26	0.21		0.270	0.22

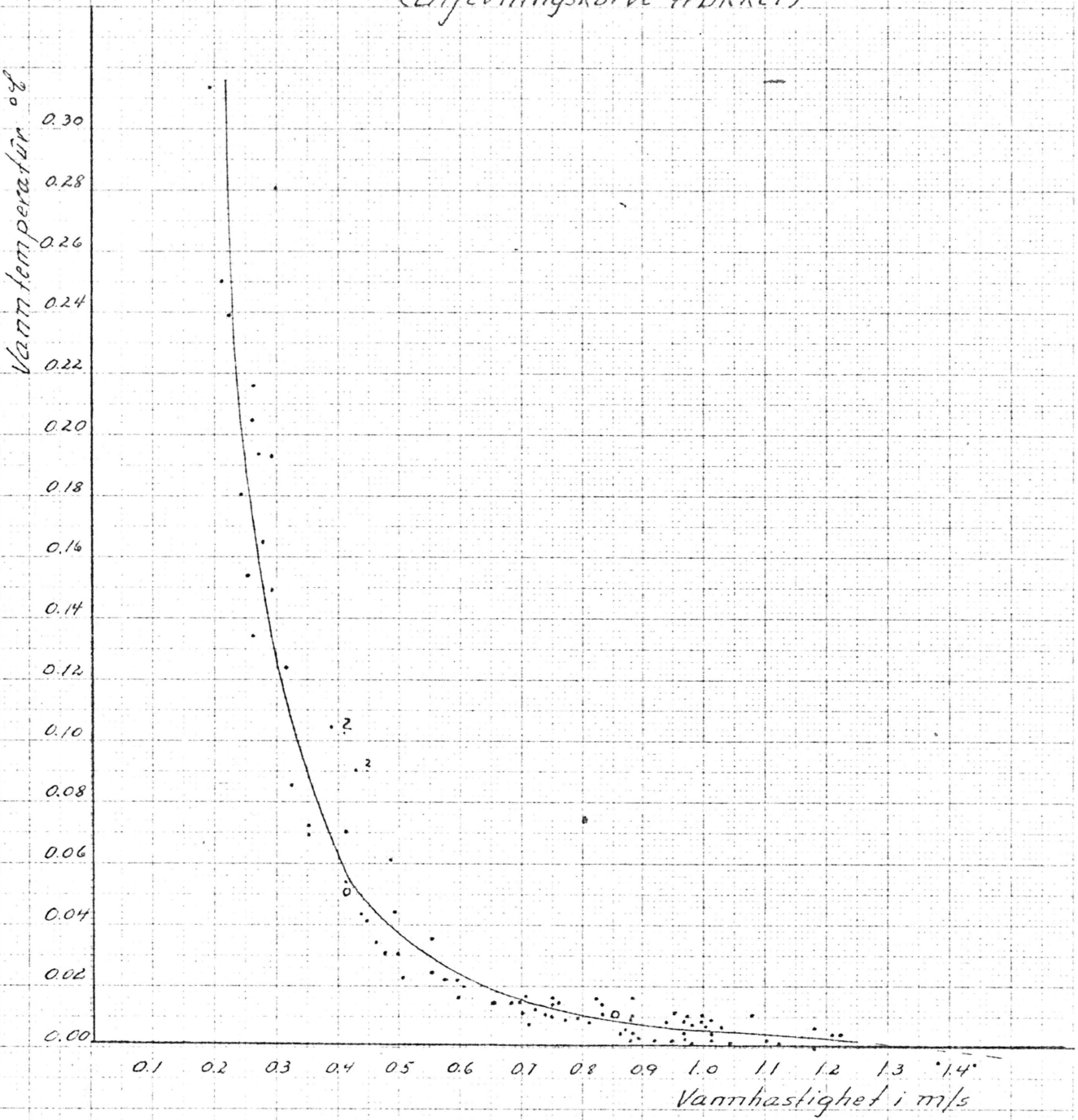
Anmerkning

Σ Tv ; sum av vanntemperatur i de enkelte klasser

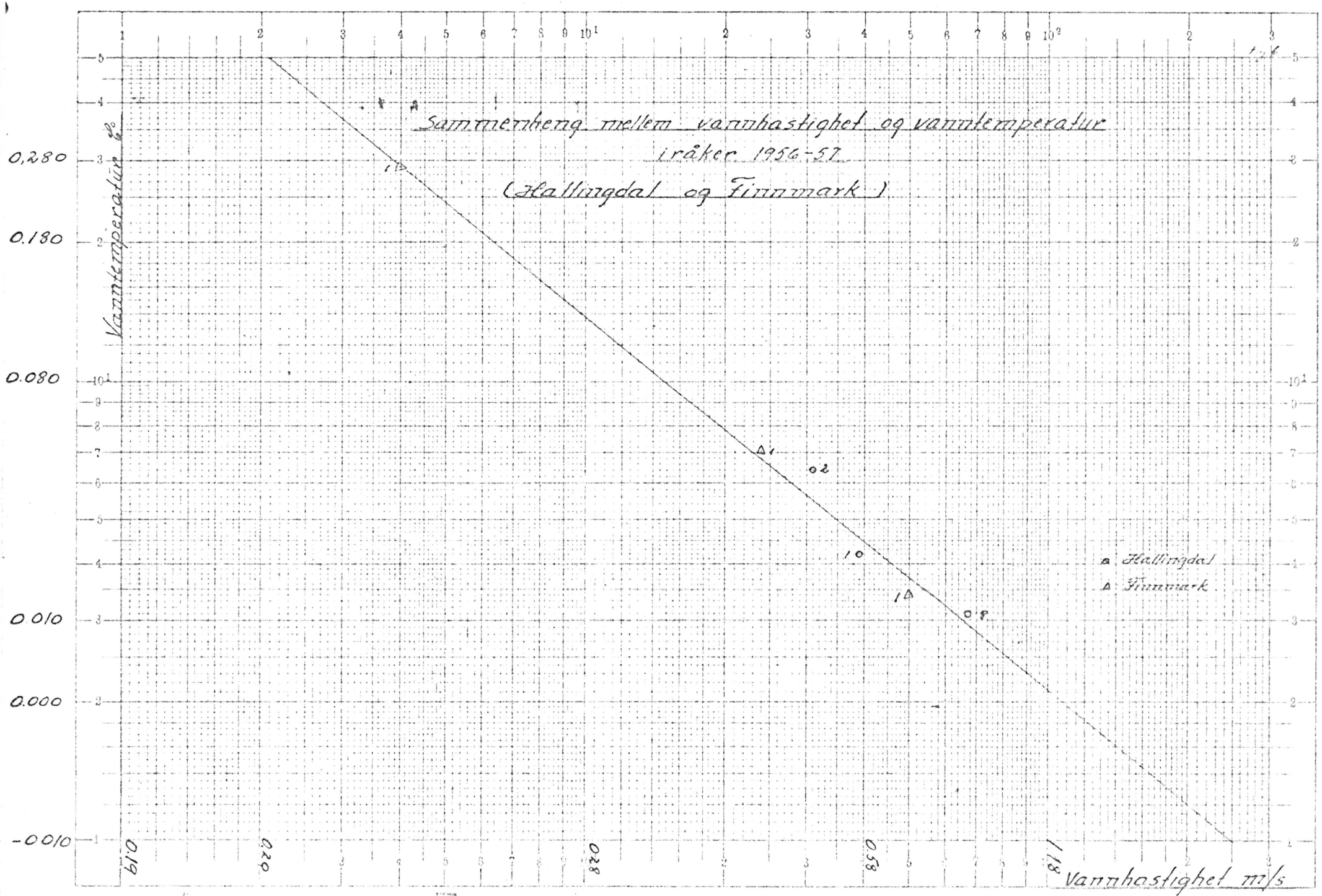
Σ V ; " " vannhastighet i " " "

Se forøvrig tabellene for de enkelte vassdrag fig

Enkeltpunkter for samtlige utvalgte målinger
(Utjevningskurve trukket)



o : flere målinger


Sammenheng mellem vannhastighet og vanntemperatur
i råker 1956-57
(Hallingdal og Finnmark)
Vanntemperatur °C
0,280
0.180
0.080
0.010
0.000
-0.010
Hallingdal
Finnmark
0.19
0.20
0.28
0.38
1.18
Vannhastighet m/s

Kristina Byrde Bilag VI

VÄRMEHUSHÅLLNING I EN ÅRSREGLERAD SJÖ

Undersökning i Borgasjön våren 1956.

I och för komplettering av tidligare undersökningar rörande årsregleringens inverkan på is och vattentemperatur i en sjö genomfördes våren 1956 en specialundersökning i Borgasjön, där maximala årliga variationen uppgår till 18 m. Undersökningen omfattade flera olika områden, bl.a. temperaturförhållandena, och för ändamålet arrangerades på platsen en meteorologisk station, omfattande instrument för mätning av instrålning, lufttemperatur och fuktighet, vindhastighet och vindriktning. Kontinuerliga temperaturmätningar genomfördes under hela förfallsperioden. På basis av de resultat som erhållits, har följande kunnat studeras:

sambandet mellan tillflödenas temperatur, sjöns medeltemperatur och avrinnande vattnets temperatur under uppvärmningssäsongen;

temperaturfördelningen i sjön och dess ändringar under förfallsperioden;

Sjöns värmebalans, varvid beräknade värden på värmeutbytet med atmosfären jämförts med de verkliga ändringarna i sjöns medeltemperatur enligt vattentemperaturmätningar. Sistnämnda problem har kunnat isoleras genom att "tillrinnande" och "avrinnande värmemängd" beräknats, och sjön alltså under hela tiden kan betraktas som en sluten bassäng.

För beräkning av värmetransporten ha följande formler kommit till användning:

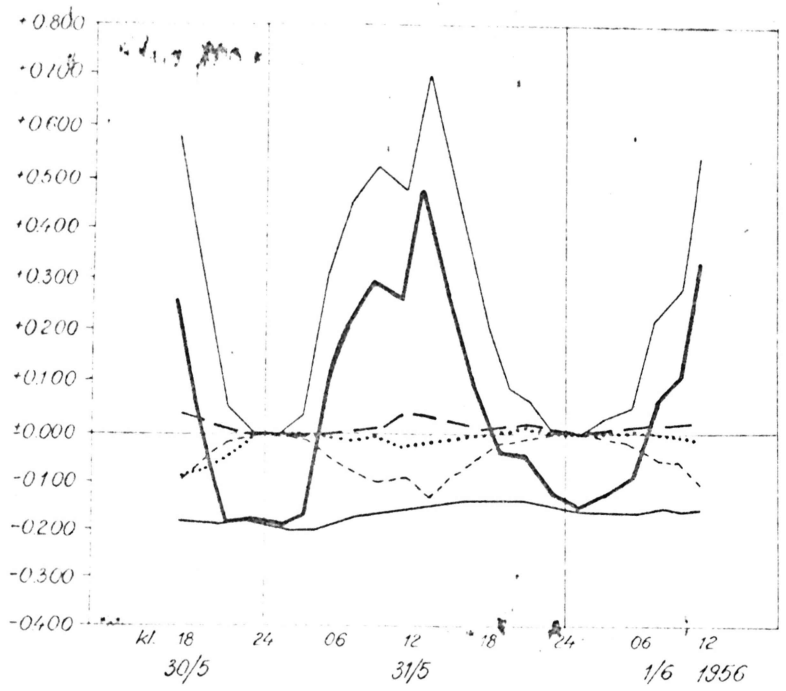
Utstrålning	$R = \delta \left[T^4 - (0{,}44 + 0{,}08\sqrt{e})\, T^4\right]\left[1 - 0{,}08\, M\right]$	(BRUNT)
Avdunstning	$E = -0{,}0056 V^{0{,}8}(e_T - e_T)$	(JONSSON)
Avdunstning	$E = -0{,}0104\ (1{,}0 + 0{,}6V)\ (e_T - e_T)$	(THRONE)
Konvektion	$Q = 0{,}0031\ V^{0{,}8}\ (T - T)$	(JONSSON)
Konvektion	$Q = 0{,}00534\ (1{,}0 + 0{,}6\ V)(T - T)$	(THRONE)

Analysen har genomförts för perioden 30/5 - 14/6. Jämförelse har därefter kunnat ske mellan uppmätt och beräknad värmemagasinering enligt följande:

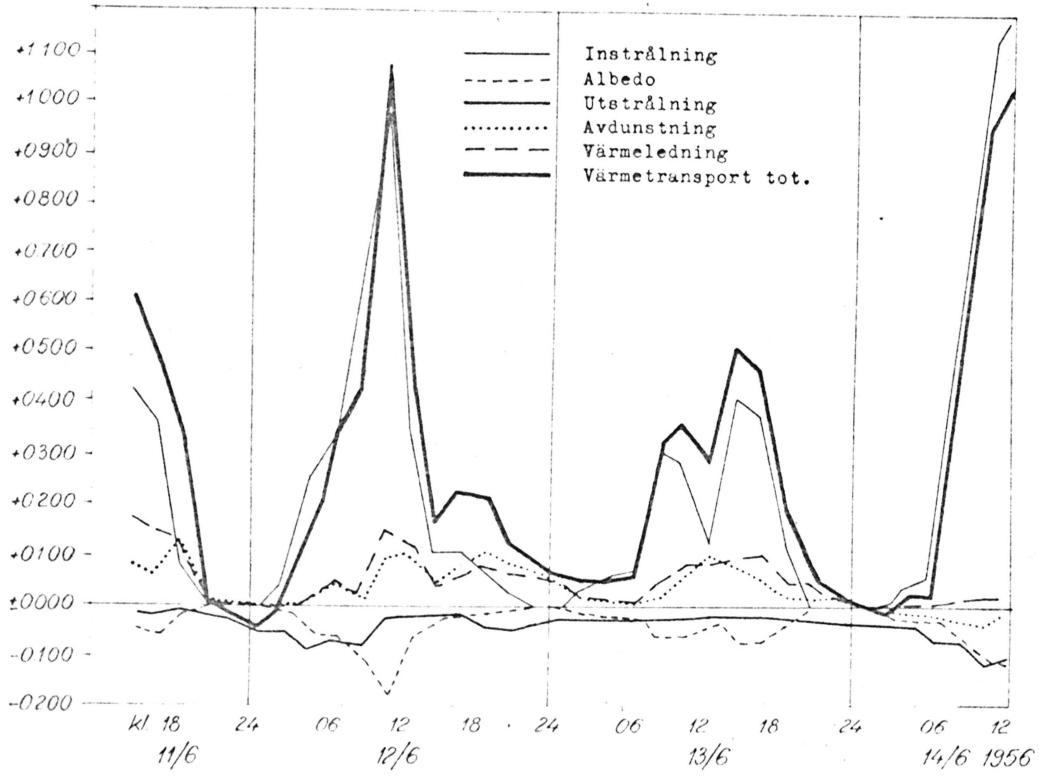
	Enl. vattentemperaturmätningar i en vertikal	i 6 vertikaler	Enl. teoretiska beräkningar
30/5	3,22	3,32	-
1/6	3,32	3,45	3,36
2/6	3,36	3,55	3,52
4/6	3,73	4,01	3,81
6/6	3,81	3,97	3,85
9/6	4,42	4,36	4,53
11/6	4,64	4,65	4,95
14/6	5,12	5,23	5,37

VARMEBILANS og VARMEMAGASINERING i BORGASJOEN

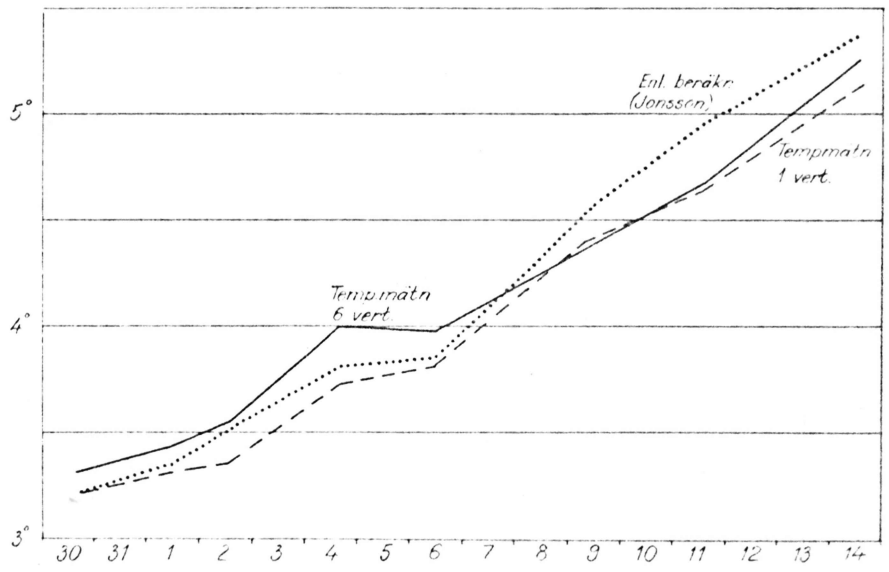
30/5 – 14/6 1956



Varmebilans



Varmemagasinering efter sjöens middeltemperatur



Kåre Berg Bilag VII

TEMPERATURFORHOLD I GJENNOMSTRÖMTE SJÖER

I forbindelse med gjennomströmningen av innsjöer kan jeg nevne at jeg har gjort noen målinger av hvorledes vanntemperaturen avtar nedover en grunn, islagt , gjennomströmmet innsjö. Målingene ble foretatt i Strandefjorden og i et grunt strömfar i Hovsfjorden. Hovsfjorden og Strandefjorden ligger i Hallingdal i en höyde av h.h.vis 589 og 444 m.o.h. De blir gjennomströmmet av en elv som hovedsakelig får sitt vann fra Ruud Kraftverk. Elvestrekningen fra kraftstasjonen til Hovsfjorden og Strandefjorden er henholdsvis 2 km og 16 km.

Strandefjorden er ca 5 km lang og 3-400 m bred. Det er en meget grunn innsjö. Oslo Lysverker har loddet opp fjorden. Den midlere verdi av dybden for den samlede gjennomströmmende vannmengde var under målingene, i februar og mars 1950, ca 1/2 m på hele strekningen nedover. Den midlere verdi av strömhastigheten for den samlede gjennomströmmende vannmengde var i den övre del av Strandefjorden ca. 0,25 m/sek og i den nedre del ca 0,15 m/sek. Strömhastigheten i Strandefjorden fant jeg ved å gjöre bruk av dybdemålingene i fjorden samtidig som jeg fikk oppgitt avlöpet fra Ruud Kraftverk og vannföringen i en bielv til elven. Dessuten foretok jeg også strömhastighetsmålinger på noen målesteder i Strandefjorden og i det grunne strömfar i Hovsfjorden. Den midlere dybde og strömhastighet i det grunne strömfar i Hovsfjorden var henholdsvis 0,8 m og 0,06 m/sek. Både i Strandefjorden og det grunne strömfar i Hovsfjorden var det sandbunn.

Jeg målte istykkelsen og vanntemperaturen ved forskjellige profiler i Strandefjorden, som lå i en avstand av 500 til 1300 m fra hverandre. Foruten de nevnte is- og temperaturmålinger foretok jeg også målinger av vanntemperaturen i forskjellige höyder over bunnen. Målingene ble hovedsakelig foretatt på forskjellige målesteder i det grunne strömfaret i Hovsfjorden. Temperaturmålingene ble foretatt med en termosöyle. På grunnlag av disse målinger fant jeg å kunne stille opp en eksponentiell ligning for hvorledes vanntemperaturen avtok nedover en grunn islagt innsjö. Denne ligning kom jeg også fram til ved turbulensteorien. Ligningen er följende: $t_x = t_o \cdot e^{-k \cdot x}$ der t_o er vanntemperaturen ved begynnelsen av en strekning x, t_x vanntemperaturen ved slutten av samme strekning, e grunntallet i den naturlige logaritme og k en koeffisient.

For en turbulent, islagt vannström kan en stille opp följende ligning for varmeledningen mot isdekket: $Q = B \cdot dt/dy$, der dt/dy er den vertikale temperaturgradient, B den virtuelle varmeledningskoeffisient og Q den ledete varmemengde. Det er den samme ligning som blir brukt i den vanlige varmeledningsteori. En erstatter bare den molekylære varme-

ledningskoeffisient med en virtuell varmeledningskoeffisient når strömmen er i turbulent bevegelse. Ved ligningen ovenfor og ved resultatet av de is- og temperaturmålinger som er omtalt foran, fant jeg verdien av B i Strandefjorden.

På grunnlag av de nevnte målinger i Strandefjorden og det grunne strömfar i Hovsfjorden, kom jeg fram til följende resultat: Verdien av k i ligningen: $t_x = t_o \cdot e^{-k.x}$ kan for Strandefjorden med de dybde- og strömforhold som er nevnt foran settes til ca. $7 \cdot 10^{-4} m^{-1}$. Dette vil si at selv med en overtemperatur på ca. $1,0^{\circ}C$ ved innlöpet til fjorden, vil vannet være blitt avkjölet til ca. $0,03^{\circ}$ för det når utlöpet. I avstandene 1,2 og 4 og 5 km fra övre os, vil temperaturen være henholdsvis ca. 0,50 - 0,25 - 0,06 og $0,03^{\circ}C$.

Når vanntemperaturen avtar så raskt nedover fjorden skyldes det störrelsen av den virtuelle varmeledningsevne og at fjorden er så grunn. Jeg fant således at den midlere virtuelle varmeledningskoeffisient i den övre del av Strandefjorden var ca. 1200 ganger större enn den molekylære eller laminære varmeledningskoeffisient. I strömfaret i den övre del av Strandefjorden var den virtuelle varmeledningskoeffisient ca. 2200 ganger större enn den laminære varmeledningskoeffisient. I den nedre del av Strandefjord fant jeg at den midlere virtuelle varmeledningskoeffisient var ca. 700 ganger större enn den laminære. Det er önskelig med flere målinger for å kunne finne verdien av k og B med större nöyaktighet.

Jeg har forövrig, ved å gjöre bruk av turbulensteorien, kommet fram til ligninger for k, B og $\frac{dt}{dy}$.

Knut Wold Bilag VIII

VARMETRANSPORT GJENNOM ISEN

På grunnlag av døgnmiddeltemperaturen i isen kan en beregne den gjennomsnittlige temperaturgradienten for døgnet. Varmetransporten pr. flateenhet kan så finnes av

$$\frac{dQ}{dt} = k. \frac{d\Theta}{dz}$$

eller

$$Q = -k \int_0^t \frac{d\Theta}{dz} \cdot dt$$

Varmemengde pr. døgn pr. cm² gjennom et skikt av tykkelse I, uttrykt i calorier blir

$$Q_d = 0{,}0057 \cdot 86400 \left(\frac{\Delta\Theta}{\Delta z}\right) m = -492 \left(\frac{\Delta\Theta}{\Delta z}\right) m$$

hvor da $\left(\frac{\Delta\Theta}{\Delta z}\right) m$ er gjennomsnittlig temperaturgradient for døgnet.

Ut fra temperaturmålinger som ble gjort i isen vintrene 1954-55 og 1955-56 er da varmetransporten gjennom snøfri og snødekt is beregnet etter det utledete uttrykket. (Verdiene er framstilt grafisk på fig. 1 og 2). Feilen i beregningene er anslått til å ligge mellom 5 og 20%. Størst er feilen ved små verdier for døgnmidlene (milde døgn eller i snødekt is) da feilen bestemmes av $\frac{\Delta\Theta_m}{\Theta_m}$.

I tidsrommet fra 7/2 til 11/3 1955 økte istykkelsen i snøfritt felt med ca. 25,5 cm. Når istykkelsen øker med 1 cm, frigis det ca. 80,09 cal/cm². Frysing av 25,5 cm is må da føre til frigivning av ca. 1870 cal/cm². Summeres den døgnlige varmetransport gjennom snøfri is i samme periode, får en ca 2100 cal/cm², dvs. ca 10% mer enn beregnet foran. Men dette er jo innenfor feilgrensen ved beregning av varmetransporten gjennom isdekket.

Ved mer detaljert betraktning av varmetransporten fra skikt til skikt fra isens underkant og oppover, finner en at det må forekomme en magasinering (subsidiert "uttapping") av varme i (fra) isen. Etter de beregningene som er gjort fant en at det ble "uttappet" opptil 90 cal/cm² i løpet av et døgn. Døgnmidlet av lufttemperaturen var da -16°C. Største verdi for magasinering var 40 cal/cm². Det var i løpet av et døgn med lufttemperaturmiddel 0°C. Isens tykkelse var ca 60 cm.

VARMETRANSPORT gjennom ISEN. 1955

Fig. 1

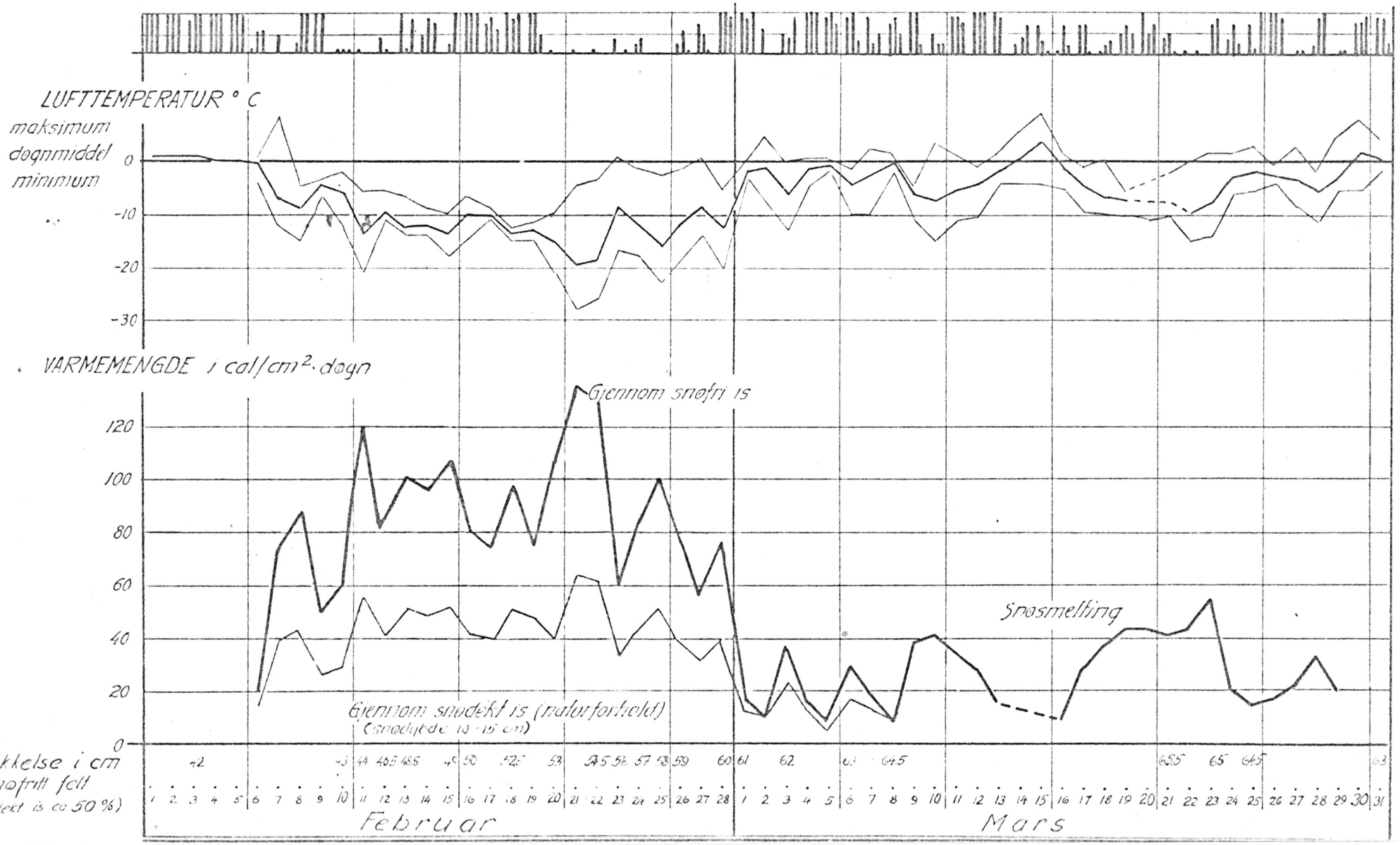
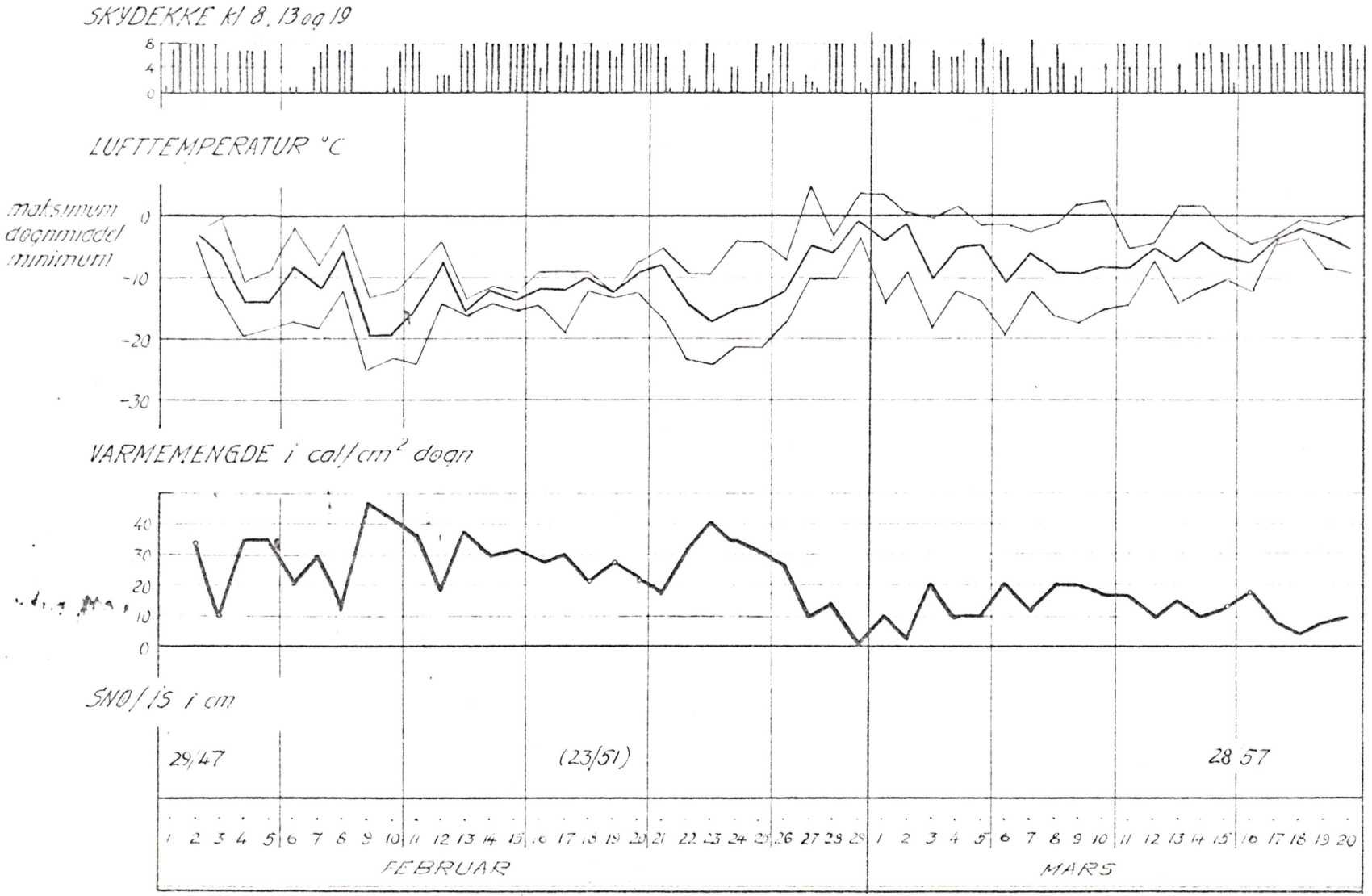


Fig. 2

VARMETRANSPORT gjennom SNØDEKT IS vinteren 1956



O. Tryselius

Bilag IX

VATTENHUSHÅLLNINGSBERÄKNINGAR OCH FLÖDESPROGNOSER GENOM MULTIPEL KORRELATION

Sammanfattning.

Sedan hydrologkonferansen i Stockholm 1955 ha arbetena med vattenhushållningsberäkningar för flödesprognoser fortsatts. Redan tidigare användes multipel korrelation men sådana beräkningar ha kunnat göras avsevärt mera omfattande tack vare att elektronisk räknemaskin kunnat utnyttjas. Kodifieringen har utförts av fil.lic. Lars Raab, som dock alltjämt arbetar med att åstadkomma vissa förbättringar. Hydrologassistenten Stig Wallin står för detaljarbetena.

Främst korreleras nederbördssummorna med upp til 9 nederbördsstationer under vintern och våren med tillrinningen i stort sett samma tid. Dylika undersökningar jämte prognoser över vårflödesvolymen ha i år gjorts för ett 20-tal sjöar. Som typexempel användes här Kvarnbergsvattnet i övre Faxälven. Bl.a. följande resultat ha erhållits.

Tab. 1

9 N-stationer

T	N	R	D	S	Tm
nov.-juli	nov.-juli	0,979	27	34	746
dec.- "	" "	0,976	28	35	710
Jan.- "	" "	0,968	30	39	679
febr. "	" "	0,959	33	42	657
mars- "	" "	0,955	34	42	636
apr.- "	" "	0,955	30	38	611

Tab. 2

9 N-stasjoner

nov.-juli	nov.-jan.	0,642	101	129	746
" "	" -febr.	0,813	77	98	746
" "	" -mars	0,945	43	55	746
" "	" -apr.	0,963	38	45	746
" "	" -maj	0,970	33	41	746
" "	" -juni	0,979	27	34	746
" "	" -juli	0,965	35	44	746

Tab. 3

1 N-station (Leipikvattnet)

T	N	R	D	S	Tm	b	k
nov-juli	nov.-jan	0,555	106	140	746	1,05	465
" "	" febr	0,761	84	109	746	1,14	349
" "	" mars	0,914	55	68	746	1,15	257
" "	" april	0,943	43	56	746	1,04	247
" "	" mai	0,951	37	52	746	0,96	245
" "	" juni	0,966	30	44	746	0,98	162
" "	" juli	0,945	41	55	746	0,98	87

Tab. 4

N-station Leipikvattnet

	nov.	dec.	jan.	febr.	mars	apr.	maj	juni	juli
r (ung)	0,56	0,68	0,84	0,77	0,85	0,69	0,47	0,61	0,08

R = 0,970

Tab. 1 visar att T under vintern bör beaktas. Genom olika körningar har konstaterats bästa sambanden om såväl N som T räknas f.o.m. november samt att T bör räknas t.o.m. juli. Tab. 2 visar bl.a. prognossäkerheten vid olika tidpunkter. Det kan nämnas, att räknamaskinen direkt ger regressionsekvationer, medeltal, skillnad mellan prognoserad och observerad T år för år m.m. Tab. 3 visar korrelationen, om enbart N-stationen Leipikvattnet användes. Denna station har visat sig mycket representativ, vilket f.ö. också är fallet med Norska Namskogen. Sålunda blir korrelationen nästan lika bra som med alla 9 n-stationerna. Därför har, tab. 4, kunnat prövas att i stället särskilja månaderna. N under juli är tydligen nära betydelseslös.

Medeltemperaturen under månaderna maj-juli visar ej samband med N samma tid enligt inprickning på diagrampapper, ej heller med prognosavvikelserna. Tab. 5 ger r för sambanden mellan T och N under vissa månader.

Tab. 5

juli	aug	sept	okt	nov	dec
0,41	0,91	0,90	0,94	0,76	0,68

Det framgår, att man redan på tidigt stadium kan göra relativt tillförlitliga prognoser över vårflödesvolymen på kända nederbördsuppgifter. Om nederbördsprognoser stå till buds, ge dessa givitvis ökade möjligheter till skärpning, men träffprocenten eller korrelationskoefficienten måste vara känd, så att viktning kan ske. För att meteorologiska prognoser skola få märkbart inflytande måste de - även vid stor tillförlitlighet -

avse minst en månad. Av tab. 5 framgår, att man augusti, september och oktober har gott samband mellan N och T. För denna tid skulle meteorologiska långtidsprognoser bäst komma till sin rätt för att förutsäga flödesvolym. Vårflödesprognoserna i år ha givits med procentuell sannolikhet för att minst viss T skall uppnås, beräknad enligt formeln $\frac{n}{N+1}$, där N är antalet år och n det tabulerade årets nummer. I tab. 6 ges som exempel en årets prognos, lämnad 7. mars. Resultatet blev 591 mm. Högsta observerade T mars-juli under åren 1914-56 var 1067 (enl. progn. 1001) mm, lägsta 422 (enl.progn. 512) mm.

Tab. 6

T Kvarnbergsvattnet mars-juli 1958

Sannolikhet %	T, mm	T.mill m³
98	573 - 176 = 397	1024
90	573 - 121 = 452	1166
80	573 - 88 = 485	1251
70	573 - 70 = 503	1298
60	573 - 46 = 527	1360
50	573 - 11 = 562	1450
40	573 + 12 = 585	1509
30	573 + 35 = 608	1569
20	573 + 63 = 636	1641
10	573 + 174 = 747	1927
2	573 + 289 = 862	2224

Tab. 7

Leringen

5 N-stationer

T					
okt-juni	okt-juni	0,810	32	40	208
" -juli	" "	0,843	30	38	237
nov-juni	" "	0,864	24	30	187
dec-juni	" "	0,896	19	23	168
Jan- "	" "	0,908	17	20	151
febr- "	" "	0,907	16	19	138
mars- "	" "	0,905	15	19	128
apr.- "	" "	0,904	15	18	118

Tab. 8

Leringen

5 N-stationer

T	N	R	D	S	Tm
apr.-juli	nov-jan	0,768	24	30	147
" "	" febr	0,765	25	30	"
" "	" mars	0,724	27	33	"
" "	" april	0,771	26	30	"
" "	" maj	0,872	18	23	"
maj	okt-mars	0,743	12	16	53
"	nov- "	0,729	12	16	"
"	dec- "	0,723	14	16	"

Tab. 7 visar att för Leringen (Gimån) T vintertid ej skall beaktas i motsats till Kvarnbergsvattnet. Skillnaden beror antagligen på de stabilare vintrarna i skogområdet. I år gjordes f.ö. prognos över T under enbart maj; jmfr. tab. 8. Prognos i april gav 26 och värdet blev 32. Tidigare lägsta observerade var 21 och högsta 121.

Prognoser över flödestopparna i Umeälv ha gjorts på sätt som berördes 1955. I år spåddes 550 $\pm$ 200. Det blev 670. Tidigare lägsta observerade var 361 och högsta 1233, och medeltalet för perioden var 712.

Sambandet mellan T på hösten och efterföljande vinter berördes också 1955. Dylika beräkningar ske nu utan nämnvärt merarbete samtidigt med beräkningar för vårflödesvolymer. Exempelvis ger för Sveg i Ljusnan T nov korrelationen 0,86 med T dec-mars.

Teckenförklaring till vattenhushållningsberäkningar och flödesprognoser enligt skrivelse H 255 den 19/2 1958.

N = nederbörd i mm
T = nyttig tillrinning i mm på resp. nederbördsområde
Tm= nyttig tillrinning, medeltal för serien
M = magasineringen i mm på resp. nederbörsområde
r = partiell korrelationskoefficient
R = multipel korrelationskoefficient
b = multiplikationskonstant i en regressionsekvation
k = additionskonstant i en regressionsekvation
D = medeltalet av avvikelsernas numeriska belopp
S = medelavvikelsen enligt formeln

$$\sqrt{\frac{1}{n} \Sigma \Delta^2}$$