

**RAFORKUMÁLASTJÓRI
VATNAMÆLINGAR**

STATENS ELEKTRISITETSVESEN
Hydrologisk afdeling
Island



DEN 4. NORDISKE HYDROLOGKONFERANSE

REYKJAVÍK 10.-15. AUGUST 1964

BIND 2

Reykjavík 1965

**RAFORKUMÁLASTJÓRI
VATNAMÆLINGAR**

STATENS ELEKTRISITETSVESEN
Hydrologisk afdeling
Island



DEN 4. NORDISKE HYDROLOGKONFERANSE

REYKJAVÍK 10.-15. AUGUST 1964

BIND 2

Reykjavík 1965

I N N H O L D

BIND 2 :

- Foredrag : Emne 4. MEKANISERAT BEREKNING AV
HYDROLOGISKE DATA
- " 5. STATISTISKE METODER I
HYDROLOGIEN
- " 7. SNÖSMÄLTNING OCH AVRINNING
- " 8. ISBÄRIGHET
- " 9. DIVERSE

Emne: 4. MEKANISERAT BEREKNING AV HYDROLOGISKA DATA

- 4N1 Maskinell databehandling
ved hydrologisk avdeling
NVE : I. Hagen statshydrolog
- 4S1 Olika grader av
mekaniserat omhänder-
tagande av hydrologiska
observationer och
registreringar : L. Raab statshydrolog

Ivar Hagen.

MASKINELL DATABEHANDLING VED HYDROLOGISK
AVDELING, NVE.

Planlegging og målsetting for opplegg til maskinell databehandling tok til for alvor i begynnelsen av 1961 og med konsultativ assistanse fra Facit Electronics AB's kontor i Oslo. Senere har avdelingen fått ansatt egen programmerer som leder for vårt databehandlingskontor med 3 punchedamer til assistanse. Maskinparken er også etter hvert blitt utvidet. I dag har kontoret 5 stansesaggregater til disposisjon, hvorav 2 er Add-punchmaskiner. Maskinparken vil for fremtiden bli standardisert med denne maskintype.

Målet er i første rekke å opprette et hydrologisk dataarkiv på magnetbånd som omfatter de vannstandsobservasjoner avdelingen har samlet inn de siste 60 år, og å á jourføre dette med observasjoner etter hvert som de kommer inn.

Den historiske datamasse utgjør ca. 25 000 observasjonsår. Det vesentligste av disse observasjoner er trykt i årbøker og er direkte kopi av observatørens avlesninger. De eneste korrigeringer er eventuelle feil ved skalaens stilling. Det som utgjør vårt arkiv i dag, er altså primære data i den mest elementære form. Denne form for data er lite anvendbar for EDB med sikte på praktiske beregninger. Det planlagte hydrologiske arkiv forutsetter derfor primærdataene overført til en grunnenhet som er mer hensiktsmessig for EDB. Som grunnenhet har en valgt middelvassføringen pr. døgn uttrykt i m³/s.

For den praktiske og teoretiske anvendelse vil hydrologiske data tilrettelagt på denne måte by på mange fordeler, spesielt for programmereren som skal utforme programmene. Alle grunndata vil her være tilgjengelig ved hjelp av samme konvensjoner og kan lett omregnes.

Overføring av vår datamasse til arkiv på magnetbånd er imidlertid et meget omfattende arbeide som bare kan gjennomføres ved hjelp av elektroniske regnemaskiner, foruten en ikke ubetydelig manuell innsats. Dette arbeid vil det bli gjort rede for i det følgende, men

først en kort omtale av de forhold som har gjort denne omlegging nødvendig.

Den vesentligste årsak til omlegging var den ekspansjon innen utbyggingen av elektrisk kraft i vårt land. Behovet for elementære og bearbeidede data vokste tilsvarende. Manuell behandling var ikke lenger gjennomførlig. Dessuten var de konvensjonelle metoder lite tilfredsstillende med henblikk på moderne utnyttelse av våre data. Dette er forhold som også er vel kjent i våre naboland og skal ikke kommenteres nærmere. En vil her bare bemerke at overgangen er lagt slik an at maskinene gradvis overtar det mest rutinemessige arbeid og settes inn der hvor behovet er størst, og slik at programopplegget blir mest mulig rasjonelt i forhold til målsettingen. Eksempelvis kan nevnes at våre årbøker f. o. m. 1961 vil bli trykt på grunnlag av utskrift fra linjeskriver. Våre årbøker har hittil bare trykt vannstander. I fremtiden vil vannstandene bli erstattet med vassføringer med en overgangsperiode hvor det trykkes både vannstander og vassføringer.

Opplegget til hydrologisk dataarkiv på magnetbånd forutsetter at alt materiale skal vurderes og bearbeides på nytt etter bestemte retningslinjer. Opplegget kan deles i 2 grupper.

Gruppe 1.

Denne omfatter alle rutiner i forbindelse med avløpsmålinger og oppsetting av vassføringskurver på grunnlag av målt avløp.

Ved avløpsmålingene skal de primære data som vanddybde, omdreiningsantall for flygel, tidsintervall og nødvendige identifikasjoner sendes direkte til avdelingen for stansing, beregning og kontroll i forhold til tidligere målinger. Tjenestemannen får dermed disponibel tid for flere målinger under tjenestereisen hvilket er en vesentlig fordel.

Når tilfredsstillende antall målinger foreligger, beregnes den paraboliske funksjon som gir minste sum kvadratavvik i forhold til målingene. Funksjonen kan skrives:

$$q = k(h + \Delta h)^n$$

Her er q = vassføring i m^3/s og h = vannstand avlest på skala.

k , Δh og n er konstanter som skal bestemmes. Δh representerer salpunktets høyde i forhold til skala.

Foruten konstantene angir beregningsresultatet også korellasjonskoeffisienten og koeffisient for spredningen.

Ved første gangs beregning forutsettes det at hele variasjonsområdet for vannstandene kan uttrykkes ved en funksjon alene. Beregningsresultatet plottes inn på et dobbelt logaritmisk papir sammen med målingene. Det grafiske bilde analyseres. Er resultatet tilfredsstillende, godtas funksjonen som grunnlag for vassføringskurven. I de fleste tilfelle fører analysen til nye alternative beregninger. Resultaten plottes og analyseres etc.

Analysene vil som oftest føre til at den endelige vassføringskurve består av flere segmenter hvor hvert segment har sin bestemte funksjon. Erfaringsmessig har 2 segmenter vist seg å være tilstrekkelig for en god fremstilling av kurven. Ytterlig segmentering kan sikkert ha berettigelse i mange tilfelle, men det forutsetter en detaljert kjenskap til avløpsprofilens form hvilket ikke alltid foreligger.

Når vassføringskurven er fastlagt, d. v. s. når de nødvendige paraboliske funksjoner og deres gyldighetsområder er bestemt, beregnes den tilhørende vassføringstabell og en tabell som viser målingenes avvik i forhold til kurven. Resultatet stanses ut på papirtape til foreløpig arkivering og til bruk for eventuelle utskrifter.

Gruppe 2.

Gruppen omfatter alle rutiner for konvertering av vannstander til vassføringer på grunnlag av den fastlagte vassføringskurve og opplegg på magnetbånd.

Programmene som anvendes i dag forutsetter imidlertid at vannstandene er upåvirket av is. Dette gjelder bare de færreste av våre observasjoner. Hvor isreduksjon er påkrevet, må dette utføres etter våre gamle metoder. Dette er lite tilfredsstillende. En har derfor under utarbeidelse et program for isreduksjon av vannstander. Programmet bygger på anvendelse av korrelasjoner mellom avløp fra nedslagsfelter med samme hydrologiske karakter. Måle-

stasjoner hvis observasjoner er påvirket av is, korreleres med stasjoner hvor vannstandene er uoppstuvet vinterstid. Korrelasjonskoeffisientene bestemmes ved å betrakte avløpsforholdene under lavvannsperioder i sommerhalvåret. En har da stabile meteorologiske tilstander, og det er rimelig å anta at de hydrologiske forhold er homogene over større områder. Det er også rimelig å anta at forholdene under lavvannsperioder vinterstid kvalitativt er de samme slik at korrelasjonene gjelder uforandret. Dette kan imidlertid kontrolleres med direkte måling av koeffisienten vinterstid. Som indikator på en lavvannsperiodes begynnelse og slutt brukes vannstandsvariasjonene sammen med de respektive vassføringer og lufttemperaturen. Dette er i grove trekk de retningslinjer det arbeides etter.

Programmet vil også kunne brukes på andre områder, f. eks. ved utfylling av manglende observasjoner i en observasjonsrekke, ved kontroll av observasjonsrekker etc.

Programmet for isreduksjon blir uten sammenlikning det største og mest omfattende i den programkjede som er nødvendig for oppbyggingen av dataarkiv på magnetbånd. Det vil utvilsomt også gi muligheter for større anvendelse av meteorologiske data i de hydrologiske undersøkelser og vise versa.

Korrekt stansing av vannstander har vist seg å være et betydelig praktisk problem. Opprinnelig ble vannstandene stanset 2 ganger og av 2 forskjellige personer. Stansingen ble utført på en RLS-punchmaskin som sammenlikner første og andre gangs stansing automatisk. Et tall må således stanses feil 2 ganger på samme måte for ikke å bli oppdaget. I praksis har det vist seg at feilprosenten likevel ikke er blitt tilfredsstillende. Årsaken skyldes ikke bare manuelle feil, men det tekniske utstyr holder heller ikke det forventede mål.

En har derfor lagt om metodikken for kontroll av data. Alle kontroller utføres i størst mulig grad på den elektroniske regnemaskin på grunnlag av data stanset 2 ganger. Programmer for dette formål er utarbeidet av vår programmerer cand. mag. Arne Skavikeng. Når de stansede data på denne måte har gjennomgått en tilfredsstillende kontroll, konverteres vannstandene til vassføringer og legges

på magnetbånd i enheter som nevnt foran.

I de senere år har antall målestasjoner med limnigrafer økt betydelig. Dette er en følge av den voksende forståelse for hydrologien og for betydningen av mest mulig nøyaktige observasjoner. Registreringene fra limnigrafer fører imidlertid til mer kontorarbeide enn de øvrige observasjoner. Av skjemaene må en ta ut den vannstand som svarer til middelvassføring i hvert døgn. Dette er et tidkrevende arbeid som ligger vel til rette for automatisering. Avdelingen har derfor gått til anskaffelse av en automatisk kurvel Leser, eller såkalt "Pencil - follower". Betjeningen av apparatet er meget enkelt og krever bare at en følger kurven nøyaktig med en stift. Etter hvert som stiften føres langs vannstandskurven, stanses et bestemt antall vannstander pr. tidsenhet ut på papirtape. Hullremsen kan så brukes som inngangsdata på en elektronisk regnemaskin hvor vannstandene blir omregnet til vassføringer og lagt på bånd i overensstemmelse med gjeldende konvensjoner.

Med tilleggsutstyr kan også apparatet brukes som kurvetegner. Apparatet dirigeres da ved hjelp av data på hullremse.

Apparatet leveres av Dobbie McInnes (Electronics) LTD, Glasgow, Scotland.

Arkivet på magnetbånd vil også bli overført til binærstanset hullkort som sikkerhetsarkiv.

Det hydrologiske arkiv skal stå til disposisjon for alle nasjonale interesser som måtte ønske å bruke det.

For den hydrologiske avdeling vil arkivet ha stor betydning for all statistisk behandling av data. Avdelingen har allerede utarbeidet forslag til nytt tabellverk. Tabellene skal beregnes maskinelt og skrives ut på linjeskriver. Utskriftene skal igjen brukes for trykning av publikasjoner.

En tanke som kunne være verd å drøfte i denne forbindelse, var et tabellverk standardisert for de nordiske land. Tanken er nærliggende sett på bakgrunn av det forestående samarbeid i forbindelse med den hydrologiske dekadé.

Videre vil arkivet føre til en langt mer rasjonell og sikker saksbehandling ved avdelingen, som f. eks. beregning av regulert vass-

føring, magasiners effektivitet, flomtap ved overføring etc. Etterhvert som personellet frigjøres for kontormessig rutinearbeid, kan arbeidskraften i større grad settes inn i markundersøkelsene og effektiviseres for innsamling av nødvendige målinger.

Det er naturlig at de som arbeider med vannkraftprospekter, har vist stor interesse for den nye form for hydrologiske data. Selv om en i dag bare i forholdsvis beskjedne grad har maktet å imøtekomme disse interesser, er alle klar over hvilke enorme muligheter arkivet byr på både for tekniske og økonomiske analyser. Denne utvikling er logisk når en vet hvilke enorme summer som i dag satses på utbygging av kraftverk. Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen har da også tatt konsekvensen av dette og gått til anskaffelse av egen maskin. Den norske stat opererer med millionbudsjetter i forbindelse med sine vannkraftprosjekter. Grunnlaget for bedømmelse av prosjektets verdi og alle økonomiske vurderinger blir i første rekke bestemt ut fra det hydrologiske observasjoner kan fortelle. Det er derfor logisk og riktig at en i dag investerer for å kunne utnytte de hydrologiske data ved bruk av moderne hjelpemidler.

Hittil har avdelingen kjørt sine programmer på Meteorologisk Institutt maskin FACIT. En del av våre programmer er derfor skrevet i FA-6 kode. De øvrige er skrevet i ALGOL. En oversikt over programmene følger nedenfor.

Fra midten av dette år begynner installasjonen av den nye maskin, en dansk GIER, som skal plasseres i Vassdragsvesenets nye bygg i Oslo.

En ser derfor frem til en interessant og givende tid både når det gjelder arbeid med maskinell databehandling og muligheter for nye og betydningsfulle forskningsoppgaver innenfor de hydrologiske undersøkelser.

Oversikt over programmer i bruk ved hydrologisk avdeling
pr. 20/5 1964.

Samtlige programmer er utarbeidet for FACIT-EDB regnemaskin for midlertidig bruk. Programmene kan deles i to serier.

Serie 1.

Programmer for utarbeidelse av vassføringskurve og vassførings-
tabell på grunnlag av vassføringsmålinger. I denne serien
eksisterer følgende programmer:

1. program 01024-D2.
Beregner den vassføringskurve av formen $q=k \cdot (h+\Delta h)^n$
som gir best korrelasjon med det gitte sett målinger.
2. program 01024-D
Beregner den vassføringskurve av formen $q=k(h+\Delta h)^n$
som gir best korrelasjon med det gitte sett målinger
når Δh er gitt.
3. program 01024-8
Beregner sprang - eller knekkpunkt hvis vassføringskurven
er sammensatt av flere segmenter.
4. program 01024-2
Beregner vassføringstabell ut fra gitt vassføringskurve
og gir redigert utskrift av vassføringstabell.
5. program 01024-1.
Beregnet tabell over vassføringsmålingens avvik fra
akseptert vassføringskurve.

Serie 2.

Programmer for hydrologisk dataarkiv på magnetbånd med
sikkerhetsarkiv på binærstansete hullkort.

1. program VH-A1
Program for innlesning og kontroll av vannstander stanset
på papirtape i RLS-kode.

- Programmet er basert på at data stanses to ganger og sammenliknes for kontroll. Det blir gitt kontroll og feil-utskrifter hvis det er uoverensstemmelse mellom de to sett input data. Aksepterte data lagres på magnetbånd.
2. program VH-A1-1
Innlesning og kontroll av rettelser til vannstander på magnetbånd.
 3. program VH-A4
Redigert utskrift av vannstander fra magnetbånd. Denne utskrift kan også brukes som siste kontroll på at data er riktig overført til magnetbånd.
 4. program VH-A5
Overføring av vannstander fra magnetbånd til binærstansete hullkort med desimale identifikasjonsdata.
 5. program VH-A6
Innlesning og kontroll av vannstander fra binærstansete hullkort og overføring til magnetbånd.
 6. program VH-A8
Konvertering av vannstander på magnetbånd til vassføringer på magnetbånd på grunnlag av vassføringskurve.
 7. program VH-A2
Overføring av vassføringer fra magnetbånd til binærstansete hullkort med desimale identifikasjonsdata.
 8. program VH-A7
Innlesning og kontroll av vassføringer fra binærstansete hullkort og overføring til magnetbånd.
 9. program VH-A10
Utskrift av måneds- og årssummer for vassføringer.

I tillegg finnes det to programmer for kontrollerte vannstander på papirtape.

1. program 01022-B
Programmet oversetter kontrollerte vannstander på papirtape til vassføringer på magnetbånd på grunnlag av vassføringstabell.
2. program VH-A3
Overfører vannstander fra papirtape til binærstansete hullkort med desimale identifikasjonsdata.

Lars Raab

OLIKA GRADER AV MEKANISERAT OMHÄNDERTAGANDE AV HYDROLOGISKA
OBSERVATIONER OCH REGISTRERINGAR

Med nuvarande utveckling inom mät- och dataprosessteknik ökar möjligheterna nu snabbt för en genomgripande förändring av all geofysisk observationsverksamhet i riktning mot en allt högre grad av automatisering.

Detta gäller även för hydrologiska mätningar, vare sig det gäller specialobservationer inom en begränsad lokal eller insamling av likartade data från större områden.

Graden av automatisering som därvid är tänkbar framgår av följande lista på tänkbara alternativ att arrangera mätningar i en viss lokal eller visst område. I listan anges i vilken form materialet erhålles vid mätningen samt vilka åtgärder som krävs för att bringa materialet på en sådan form att databehandling kan appliceras direkt.

Metod	Mätförfarande på observationsplatsen	Det primära mätresultatet erhålles i form av	Manuellt översättningsarbete för utnyttjande i datamaskin av det primära mätresultatet
1	Avläsning på skala	Mätjournal	Stansning för hand
2	Registrering (linjeskrivare)	Registrerad kurva	Avsökning i utvärderingsapparat
3	Registrering (mekanisk stans)	18-kanals hållremsa	Avsökning i översättare
4	Digitalt datainsamlingssystem	5- eller 8-kanals hållremsa	---
5	Dataprocessor	Slutgiltigt protokoll (operandtabeller)	---

Metod 1. Avläsning (registrering) och stansning för hand

Det hydrologiska mätmaterial, som hittills flitigast utnyttjats i dataprocesser är vattenstånden. I Sverige har de vid SMHI tillgängliga journalerna över dagligt vattenstånd och vattenföring stansats för hand på hållremsa. Detta arbete har huvudsakligen utförts av Vattenfallsstyrelsen samt av Vattenkraft-

föreningen och dess medlemmar. På grundval av det så erhållna materialet har bl.a. kraftbalans- och regleringsberäkningar utförts av kraftföretagen, i vissa fall på egna datamaskiner.

Denna metod lämpar sig gott för dygnsvärden av enstaka faktorer samt om avståndet mellan mätplatserna är stort.

Metod 2. Registrering och avstansning i utvärderingsapparat

Finnes ett flertal mätpunkter vid varje mätplats och är mätbehovet flera värden per dygn blir det manuella arbetet med föregående metod tidsödande. Med avsökning av registreringskurvorna i en specialkonstruerad utvärderingsapparat underlättas arbetet. Avsökningen sker för hand och en hålremsa erhålles för fortsatta dataprocesser. (Utskrift av en dylik rå dataremsa se Tab. 4.) Remsan måste vanligtvis behandlas en gång i datamaskin innan en tabelluppställning erhålles som lättare anpassar sig till den fortsatta dataprocessen.

Vid SMHI har en utvärderingsanläggning tagits i bruk och med denna utvärderas nu rutinmässigt registreringar av vattentemperatur i Erken.

Metod 3. Registrering med mekanisk stans

För enstaka mätningar med behov av täta utvärderingar (ex. var timme eller tätare) eller om observatör saknas kan den batteri-drivna mekaniska remsstansen (fabrikat Fisher-Porter) lämpligen användas. Denna går lång tid med liten tillsyn och ger en hålremsa av speciell karaktär. Den översättes i ett särskilt aggregat för att dataprocessen skall kunna gå vidare.

SMHI har anskaffat ett antal stansar för vattenstånd samt ett översättningsaggregat som omvandlar den mekaniskt stansade remsan till ordinarie 5-kanals hålremsa. Den har en kapacitet motsvarande ca 2000 stansade peglar.

Metod 4. Digitalt datainsamlingssystem

För ett stort antal mätpunkter av olika slag och täta mätningar krävs på mätplatsen ett elektroniskt system, som direkt stansar mätresultatet från samtliga mätpunkter på en hålremsa. Utskriften av en dylik remsa liknar i stora drag exemplet i Tab. 4.

Ett sådant system för mätning av temperatur och salthalt m.m. är under uppbyggnad för SMHI:s station vid Marviken.

Metod 5. Dataprocessor på mätplatsen

Dataprocessorn är en liten datamaskin i första hand konstruerad för processtyrning. Dess egenskaper äro sådana att den också väl lämpar sig som datainsamlare, vilket är det första ledet i processtyrningen. Dataprocessorn lämpar sig främst där mätpunkterna är många och där vissa enkla beräkningar på mätmaterialet kan klaras av omedelbart. Exempel: vattenföring ur avbördningstabell, korrektion av strålningsfel, beräkning av samva-

riationer. Dataprocessorn ger direkt slutprodukten: operandtabellen (Tab. 1) i klartext och på hålremsa (ev. magnetband). Från dataprocessorn går man direkt till specialberäkningarna.

Operandtabellen

Det kan vara lämpligt att i detta sammanhang nämna något om slutprodukten i mätprocessen. Denna bör helst vara väl anpassad för de krav som ställs på fortsatta dataprocesser, arkivering, publicering och liknande.

Endast vid metod 5 ovan är detta fallet, vid övriga metoder erhålles hålremsor i en rå och obearbetad form (Tab. 4). Det är lämpligt att i dessa fall i mätprocessen inbegripa en körning på datamaskin där materialet bringas på en ändamålsenligare form innan specialberäkningar tager vid. Denna, för fortsatta dataprocesser lämpligare uppställning av mätmaterialet, benämnes operandtabell (Tab. 1) och betraktas som den egentliga slutprodukten av den mekaniserade utvärderingen. Operandtabellens viktigaste egenskap är att den skall underlätta återinmatning av data och programmering vid fortsatta dataprocesser. Den är endast i andra hand lämpad för publicering.

För framställning av operandtabeller samt vissa bearbetningar därå användes vid SMHI ett assembleringsprogram. Programmet har tagits i bruk för metod 2 ovan (Tab. 2 visar ett exempel över vattentemperaturen i sjön Erken, erhållet med datamaskinen BESK). Assembleringsprogrammet avses få en sådan utformning att det kan användas vid samtliga ovan beskrivna metoder.

Operandtabellens uppställning kan lämpligen utnyttjas också vid handstansning enligt metod 1 ovan. Tab. 3 över kiselhalten i Ransaren är ett exempel på detta.

MYNDIGHET, MYNDIGHET, MYNDIGHET, MYNDIGHET, MYNDIGHET.

VAR VAR VAR VAR. VAD VAD VAD VAD NÄR NÄR NÄR NÄR.
 STATIONSNUMMER. VAD INNEHÅLLER TAB? FRÅN KL 00 00 00
 HUVUDDISTRIKT: UTRUSTNING. DEN 00/00 0000.
 (EX. FLODOMR.) UTRUSTNING.
 DELDISTRIKT: UTRUSTNING. TILL KL 00 00 00
 (EX. BIFLODOMR.) KALIBRERING. DEN 00/00 0000.
 KOORDINATSYST.: KALIBRERING.
 XOXOXO. XXXXXX. KALIBRERING. TIDSINTERVALL.
 YOYOYO. YYYYYY. DEKLARATION AV VARIABEL.
 ZOZOZO. ZZZZZZ. ENHET. TABELLREDIGERING.

ANM ANM

KK:	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
DD	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ
DD	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ
DD	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ
DD	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ
DD	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ
DD	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ
DD	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ
DD	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ
DD	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ
DD	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ
DD	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ
DD	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ
DD	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ
DD	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ
DD	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ
DD	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ
DD	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ
DD	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ
DD	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ
DD	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ
DD	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ
DD	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ
DD	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ
DD	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ
DD	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ	QQQQ

SSSSSS SSSSSS SSSSSSS SSSSSSS SSSSSS SSSSSS
 SM SSSSSS SSSSSS SSSSSSS SSSSSSS SSSSSS SSSSSS
 MV MMMM MMMM MMMM MMMM MMMMM MMMMM MMMMM MMMMM MMMM MMMM MMMM MMMM
 TOTALSUMMA: SSSSSSS TABELLMEDELTA: MMMMM

BERÄKNAD: 00/00 0000, XXXXXXX NN.
 GRANSKAD: 00/00 0000, XXXXXXX NN.
 ANMÄRKNINGAR BETRÄFFANDE TABELLENS KVALITET.

TAB 2: EXEMPEL PÅ OPERANDTABELL. (Utmatad från BESK)

SMHI, HYDROLOGISKA BYRÅN, STH 12/UPPSALA UNIV, LIMN LAB, NORRTÄLJE.

MALMAÖN. VATTENTEMPERATUR. 1 9 6 3.
 58-1810 REGISTRERING. FRÅN KL 01 00 00
 FLODOMRÅDE: TERMISTOR OCH VOLTMETER. DEN 21/03 1963.
 BROSTRÖMMEN.
 VATTENDRAG: TILL KL 24 00 00
 ERKEN NORMALTERMOMETER 3175. DEN 31/03 1963.
 GREENWICH:
 E18,5 7500 M. TIMVÄRDEN.
 N59 50/60. 700 M. TW.
 11MÖH. -5 M. GRADER CELSIUS. DYGN/TIMMAR.

HR	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	0,99	0,97	0,99	1,02	1,04	1,04	0,97	1,07	1,02	1,10	1,02
2	0,97	1,02	1,07	1,07	1,04	1,07	0,99	1,02	1,07	1,07	0,99
3	0,99	1,04	1,02	0,99	1,02	1,04	0,99	1,02	1,04	1,07	0,99
4	0,99	1,04	1,04	1,04	1,10	1,04	0,99	1,02	1,04	1,04	1,07
5	0,99	1,02	1,04	1,02	1,04	1,04	1,02	1,04	1,07	1,04	1,10
6	0,97	1,02	1,07	1,04	1,04	1,02	1,02	1,04	1,07	1,07	1,07
7	0,97	0,99	1,04	1,04	1,04	1,04	1,02	0,99	1,02	1,07	1,04
8	0,97	0,99	1,02	1,02	1,07	1,07	0,92	0,99	1,04	1,04	1,10
9	0,94	0,97	0,97	0,99	1,07	1,04	1,02	1,02	1,10	1,12	0,99
10	1,02	0,99	0,99	1,04	1,04	1,02	0,99	0,99	1,04	1,12	1,12
11	1,02	1,04	0,99	1,02	1,07	1,04	0,99	0,99	1,04	1,10	1,04
12	0,99	1,02	1,02	0,99	1,04	1,02	1,02	1,04	1,07	1,10	1,04
13	0,97	1,04	0,99	1,02	1,07	0,99	0,97	1,02	1,04	1,07	1,07
14	0,99	0,99	0,99	1,02	1,10	1,02	0,99	1,04	1,04	1,07	1,07
15	0,97	1,04	0,99	1,07	1,07	0,99	0,99	1,07	1,07	1,10	1,12
16	0,99	1,04	0,97	1,02	1,07	1,02	1,02	1,04	1,02	1,10	1,10
17	0,99	1,02	1,02	1,02	1,07	1,02	1,02	1,04	1,07	1,04	1,10
18	0,97	0,99	0,99	1,04	1,10	1,02	1,02	1,04	1,07	1,07	1,07
19	1,04	0,99	1,02	1,07	1,07	1,02	0,99	1,04	1,07	1,04	1,10
20	1,02	1,04	0,99	1,04	1,10	1,04	1,02	1,07	1,07	1,10	1,12
21	0,99	1,02	1,02	1,04	1,10	1,02	1,02	1,04	1,10	1,04	1,12
22	1,04	0,99	0,99	1,04	1,07	1,02	1,04	1,10	1,10	1,10	1,12
23	1,02	1,02	1,04	1,07	1,07	1,02	1,02	1,07	1,04	1,07	1,10
24	1,02	1,07	0,99	0,99	1,07	1,02	0,99	1,02	1,04	1,02	1,07
SM	23,86		24,30		25,58		24,06		25,38		25,73
		24,40		24,77		24,72		24,87		25,76	
MV	0,99	1,02	1,01	1,03	1,07	1,03	1,00	1,04	1,06	1,07	1,07
TOTALSUMMA:	273,43						DEKADMEDELTAL: 1,04				

BERÄKNAD: 21/1 64, STH BESK LR.

GRANSKAD: 7/4 64, STH SMHI LR.

TABELLEN KRÄVER YTTERLIGARE GRANSKNING.

TAB 3. EXEMPEL PÅ OPERANDTABELL. (Handstansad)

UPPSALA UNIVERSITET, LIMNOLOGISKA INSTITUTIONEN, UPPSALA.

KULTSJÖN KISEL. 1 9 5 7.
 38-1631. MÄTNINGAR. FRÅN
 FLODOMRÅDE: DEN 12 JAN 1957.
 ÅNGERMANÄLVEN. VATTENDRAG: TILL
 KULTSJÖN. GREENWICH: DEN 29 OKT 1957.
 E15,2.
 N65,0.
 540 MÖH MILLIGRAM PER LITER LISTA/DATUM.

	LOKAL.	DJUP:	1M,	5 M,	10 M,	20 M.	BOTTEN.	DJUP (M)
12/1	1		0,97	0,90	0,87	0,88	0,89	41
13/5	1		0,71	1,00	0,94	0,92	0,94	41
11/6	1		0,87	0,88	0,87	0,89	0,89	40
23/6	1		0,80	0,81	0,81	NIL	0,82	40
6/7	2		0,85	NIL	0,84	0,85	0,87	40
8/7	1		0,77	NIL	NIL	0,77	0,82	40
24/7	1		0,70	0,72	0,76	0,79	0,83	41
8/8	1		0,65	NIL	0,73	NIL	0,83	40
12/8	2		0,87	NIL	0,81	0,75	0,75	38
24/8	1		0,69	0,71	0,71	0,76	0,82	40
9/9	2		0,84	NIL	0,83	0,89	0,94	36
11/9	1		0,74	NIL	0,74	0,75	0,85	40
29/10	1		0,85	NIL	NIL	0,86	0,87	41

STANSAT DEN 20 MARS 1964. KN.

TAB 4. DATAREMSA ERHÅLLEN FRÅN DIGITALVOLTMMETER.

400000000 9A82989A82 (MALMAÖN)

FRÅN DEN 11/4 1963 KL 01 00 00

INTERVALL: 01 00 00

ANTAL DAGAR: 10

+0015 +0112 +0209 +0306 +0404 +0501 +0598 +0695 +0792 +0889 +0986

0984	0090	0140	0015	0159	0280
0985	0091	0142	0015	0159	0280
0985	0089	0140	0014	0159	0280
0986	0090	0142	0015	0159	0280
0986	0089	0142	0016	0159	0280
0987	0089	0141	0016	0157	0280
0986	0089	0140	0015	0156	0279
0985	0092	0143	0016	0159	0280
0986	0093	0145	0014	0160	0283
0067	0092	0145	0015	0159	0281
0062	0089	0142	0015	0155	0279

Emne : 5. STATISTISKE METODER I HYDROLOGIEN

5F1 Elektroniska datamaskiner
och vårhögsvatten-
prognoserna i Finland : P. Mälkki bitr. hydrolog

5N1 Litt om maksimal-
flommer og statistisk
behandling av forskjellige
flomtyper : A. Tollan

Emne : 6. FORMIDLING AV HYDROLOGISKE DATA TIL
OFFENTLIGHETEN OG SPESIALISTER

Ikke noe foredrag fremlagt.

Hydrologiska byrån, Helsingfors

Pentti Mälkki:

ELEKTRONISKA DATAMASKINER OCH VÅRHÖGVATTENPROGNOSERNA I FINLAND

År 1961 började Hydrologiska byrån planera vårhögvattenprognoser med tillhjälp av flere variabler. Prognoser hade gjorts redan tidigare, men nu var möjligheterna tack vare tillgången till datamaskiner mycket bättre än förut.

Pregressionsanalys på basen av under årtionden samlade data har använts för att utvälja passande variabler och få tillfredställande prognosekvationer. Till dato har vi använt den lineära modellen för regressionsekvationen, ty observationsmaterialet har varit för heterogent för att få fram ett beroende av högre grad. Därtill ger enligt t. ex. amerikanska och ryska undersökningar den lineära modellen tillräckligt goda prognosresultat.

Den modell, enligt vilken räknearbetet utförts, har formen

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$$

Som grundmaterial har i allmänhet valts en så lång observationsserie som möjligt, mestadeles börjande år 1931, men ibland också ända från 1911. I de fall, då det varit möjligt, har man räknat både från 1911 och från 1931. Då har det varit möjligt att jämföra de erhållna ekvationerna med varandra. Räknearbetena har utförts först med IBM 1620 vid Helsingfors Universitet sedermera med Elliot 803. Vi har i båda fallen haft möjlighet att använda färdiga program, och kostnaderna har därför inte blivit stora.

Som beskrivande variabler har i räknearbetet framför allt använts nederbörds- och snövärden. Också andra variabler har i mindre grad kommit till användning, men resultaten har varit ganska varierande. De använda variablerna karakteriseras bl. a. av följande egenskaper:

Vinternederbörden har hittills visat sig vara den bästa av ifrågakommande förklarande variabler. Som enhet har använts millimeter vp, såväl för snötäckets vattenvärde och nederbördens månadssummor som för vattenmängden. Vintern har ansetts börja i några fall vid uppkomsten av ett bestående snötäcke, i andra fall i början av någon viss månad. Svårigheterna att bestämma tidpunkten för vinterns början har gjort att resultaten i det senare fallet icke utfallit sämre än i det förra. Därigenom har dessutom hopsamlandet av materialet underlättats. De prognoser, som baserats endast på vinternederbörden har varit tämligen goda, i synnerhet då man använt som variabler flera

enskilda stationers observationsserier.

Vid sidan av vinternederbörden är snötäckets vattenvärde en lika betydelsefull variabel. Detta värde har inte i alla fall kunnat användas, emedan linjemättningsnätet var tidigare ganska glest. I de fall, där man kunnat använda snötäckets vattenvärde som variabel, har resultaten varit goda.

Vårnederbördsvärdena har avskiljats från vinternederbörden till självständiga variabler. Därigenom har man haft möjligheten att utnyttja den fördel, som den progressiva regressionsanalysen erbjuder. Denna ger oss flera ekvationer av ett och samma observationsmaterial enligt följande schema:

$$y = a_0 + a_1x_1 \qquad r = r_1$$

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 \qquad r = r_2$$

$$y = c_0 + c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 \qquad r = r_3$$

Genom att välja en passande ekvation ur detta system har man möjligheten att ge prognoser under vårens lopp genom att använda alla förhandenvarande data. Anmärkningsvärt är att i några fall vårnederbörden betydde mer än vinternederbörden, i några andra fall var dess betydelse ringa.

Liksom vårnederbörden, var också höstnederbörden i regressionskvationerna av varierande betydelse. Oftast har vi använt ett vägt medeltal, i vilket de senare månaderna givits en större vikt. Inom några områden var höstnederbördens betydelse mycket stor.

Av användandet av andra variabler har vi ännu endast en kort tids erfarenhet. Resultaten har varierat ganska mycket. Om man emellertid av vårens nederbördsmängder medtar endast den mängd, som överstiger ett visst dagsvärde, ser man, att modellen blir mera lineär och att korrelationen blir bättre.

Då man som beskrivande variabler använder observationsvärden, som delvis är beroende av varandra, kan man få överraskande resultat. Regressionsmodellen baserar sig ju på principen av oberoende variabler, och därför är det inte alltid möjligt att i multipelregression söka en fysikalisk tolkning till regressionskoefficienterna. Som exempel av variabler, som icke är kompatibla kan man betrakta vattenmängden i Lappoälv vid Pappilankari och dess beroende av nederbördsvärden i Seinäjoki, Ähtäri och Kuortane. Av dessa gav Kuortane vid kalkyl med en enda variabel den bästa korrelationskoefficienten. Men då man vid försök med multipelregression lät datamaskinen meddels F-test slå ut en variabel, fick man det bästa resultatet, då Kuortane utelämnades.

Då regressionsanalysen kräver långa observationsserier, har detta begränsat möjligheten att använda arealvärden och tvingat till att använda de observationsvärden, som enskilda stationer ger. Detta har också försvårat försöken att utsträcka undersökningen till flera prognosområden, ty inom flertalet annars lämpliga områden är vattenföringen numera reglerad. Det syns, som om det inte mera vore möjligt att få nya områden för prognoser. Denerfarenhet som vi nu har fått, är dock så god, att arbetet kommer att fortsättas.

Maj 1964

A. Tollan:

LITT OM MAKSIMALFLOMMER OG STATISTISK BEHANDLING AV FORSKJELLIGE FLOMTYPER

En av de mest betydningsfulle oppgaver hydrologien må besvare er spørsmålene om maksimalflommer i vassdragene. Det skulle være unødvendig å understreke den avgjørende rolle flomberegninger spiller, eller burde spille, ved anlegg og bygg av alle slag der vannet i bekker og elver kan påvirke bygningsarbeidet og det ferdige byggverk. På alle trin, fra de minste stikkrenner til kjempe-messige dammer, fra avløpssluket i rennesteinen til brukonstruksjoner over store floder må den samvittighetsfulle planlegger beregne, eller i det minste foreta et skjønn av hvilke flommengder som kan ventes. Det er derfor ikke å undres over at formler for beregning av en maksimal påregnelig flom stadig ser dagens lys. Den direkte nytteverdien av slike beregninger går tydelig fram av det engelske uttrykket "design flood".

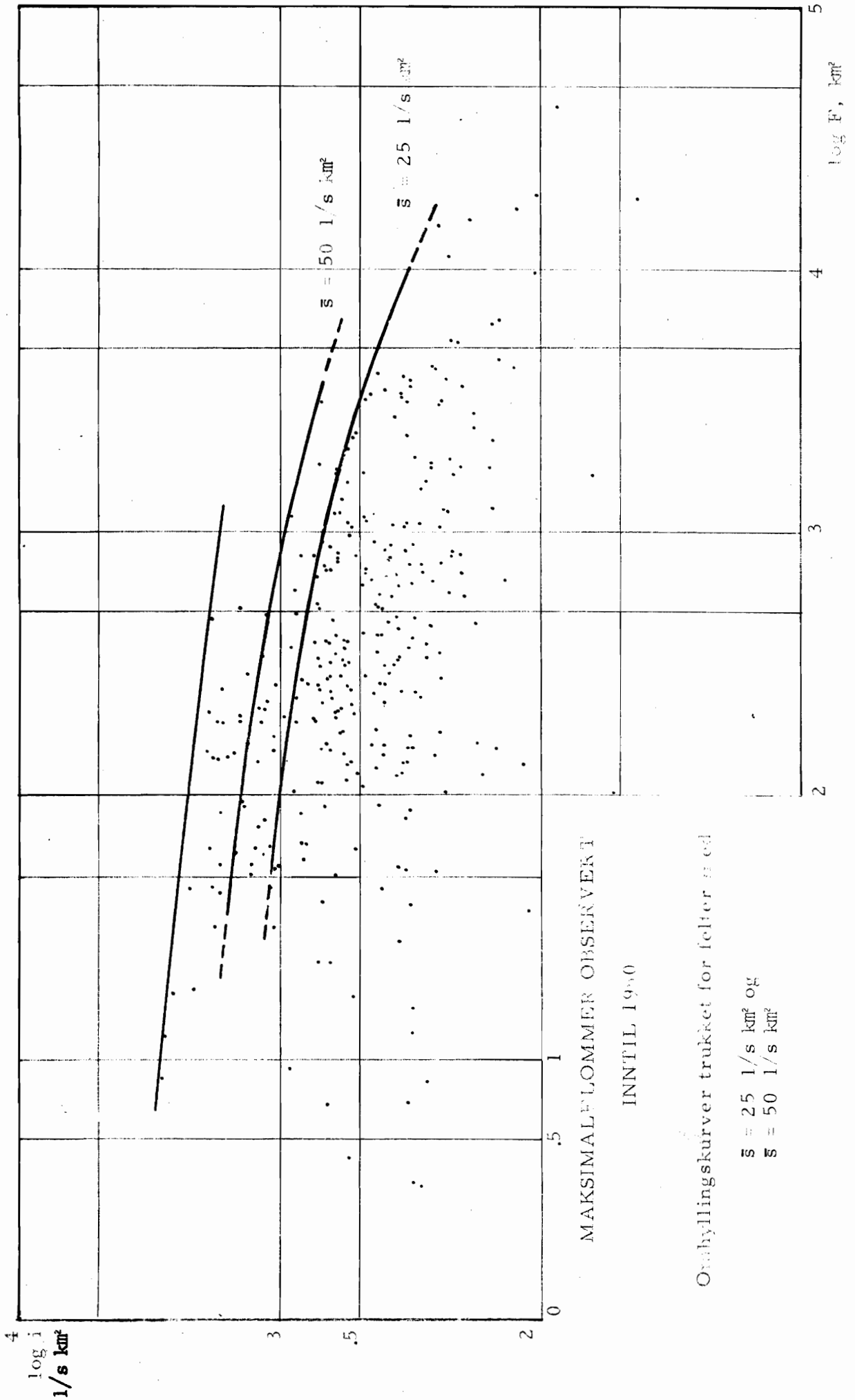
Det sammenlikningsgrunnlaget man benyttet i tidligere empiriske formler var ofte den maksimalt observerte flom. Den endelige formel var som oftest av formen

$$q = c \cdot f(F)$$

med nedbørfeltet, F , som eneste variabel. Konstanten c antok gjerne varierende verdier etter retningslinjer oppgitt av formelens forfatter. Felles for de fleste av disse formlene var at de gjaldt med god tilnærming for den region hvor de var utviklet, men var lite anvendelige i andre områder.

På fig. 1 er vist de maksimalt observerte flomintensiteter ($l/s \cdot km^2$) ved norske vannmerker som funksjon av nedbørfeltets størrelse (km^2). Materialet omfatter 329 vannmerker uten eller med meget moderate reguleringer i nedbørfeltene. Observasjonene er ført fram til 1960. På figuren er trukket en omhyllingskurve om de største flommene og sekundære omhyllingskurver om vannmerker med normalt spesifikt avløp under henholdsvis 25 og 50 $l/s \cdot km^2$. Materialet tillater ikke en nøyere atskillelse etter spesifikt avløp. Blant de høyeste flomobservasjonene som har vært bestemmende for opptrekkingen av den totale omhyllingskurven finnes felter med

Fig. 1



normalt spesifikt avløp fra ca. 75 til ca. 150 l/s. km². Likningene for omhyllingskurvene er ikke bestemt, men ser ut til å være av formen

$$i = a (F + b)^c$$

der i er flomintensiteten og a , b og c er konstanter.

En liknende undersøkelse av italienske flommer (MARCHETTI, 1954) førte til omhyllingskurver (for flommer med både høy og lav intensitet) med likninger

$$i = a \cdot F^{-\frac{2}{3}}$$

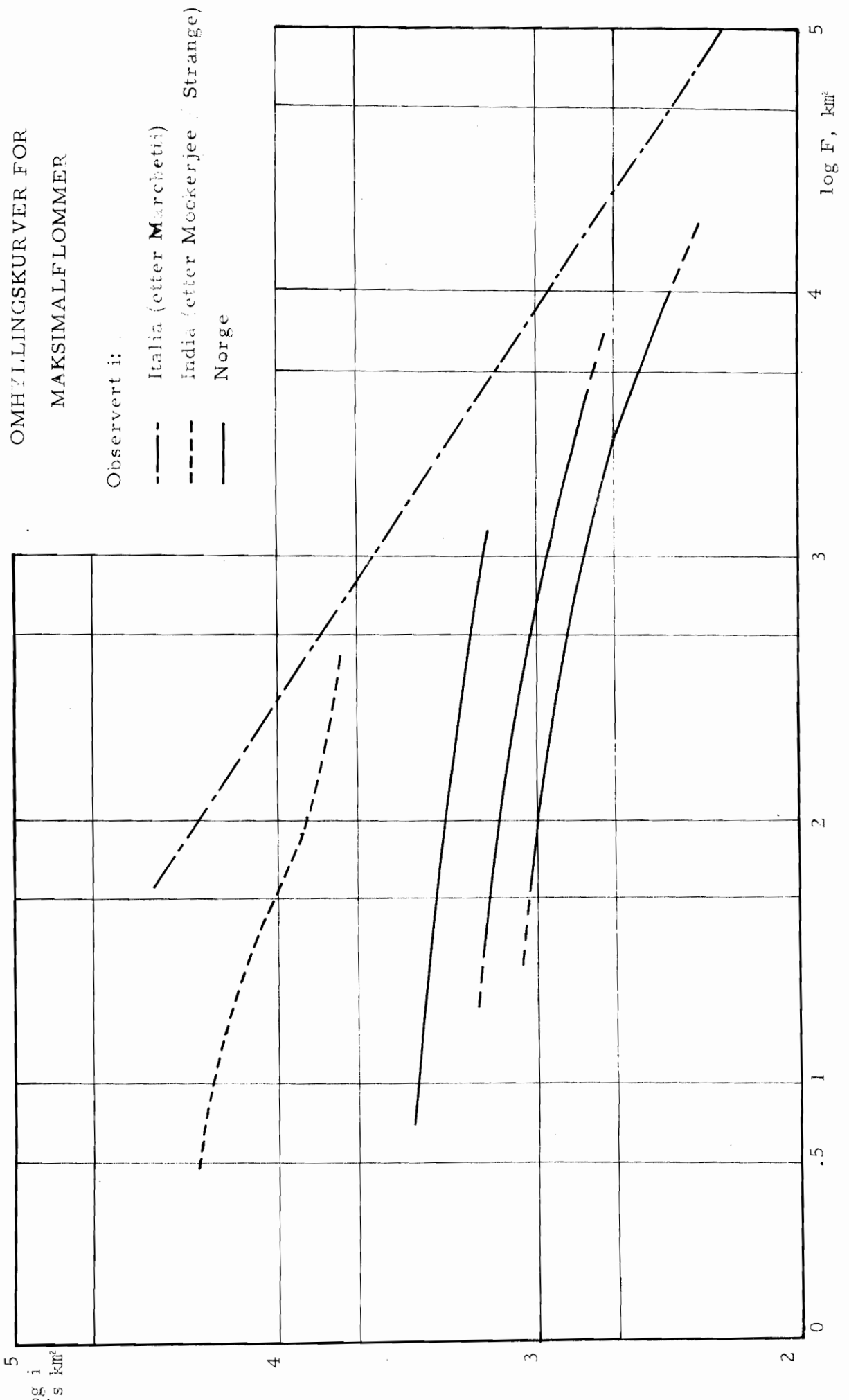
På fig. 2 er omhyllingskurvene for disse to undersøkelsene sammenholdt med en kurve trukket på grunnlag av empiriske verdier fra India (MOOKERJEE, 1951). De utenlandske kurvene viser tildels langt større flomintensitet enn i våre elver. Særlig gjelder dette små felter. De sekundære omhyllingskurvene viser også at nedbørmengden, eller bedre avløpet har betydning for flomintensiteten.

I Norge har empiriske formler lenge vært brukt til flomberegning. Avd. dir. R. Søgne utarbeidet i 1920-årene et formelverk basert på de inntil da observerte flommene, og med nedbørfeltets areal og lengde, normalt spesifikt avløp og effektiv sjøprosent som variable (SØGNEN, 1935). Disse formlene har i Norge vært brukt både av Hydrologisk avdeling og andre som har hatt bruk for beregning av en maksimal påregnelig flom. I de senere år har en parallelt med denne metoden anvendt sannsynlighetsregning. Dette må betraktes som en overlegen metode for bedømmelse av forventede flomstørrelser der observasjoner over en årrekke foreligger.

I det følgende blir omtalt noen enkle studier av flommer i norske Vestlands-vassdrag der anvendelsen av statistiske metoder blir skissert. Det tallmessige grunnlaget for undersøkelsen utgjøres av observerte døgnmiddelavløp. Dette medfører en begrensning i anvendelsen av eventuelle slutninger, idet det som regel er spørsmål etter hyppigheten av en kulminasjonsvannføring. I de fleste tilfeller er avløp ved observerte vannstand et bestemt klokkeslett oppfattet som døgnmiddel. Bare unntaksvis vil dette falle sammen med kulminerende vannføring som antas å være en mere representativ flomstørrelse.

Det er i flere arbeider vist at årlig maksimalflom for en årrekke

Fig. 2



av observasjoner i et vassdrag er logaritmisk normalfordelt med god tilnærming. Det vil si at sannsynlighetsfordelingen er gitt ved

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} s_x} e^{-\frac{(x - \bar{x})^2}{2s_x^2}}$$

der $x = \log q$, q f. eks. årlig maksimalflom, og s_x er standardavviket for x . Strek over de variable betegner middelveier.

Dersom forutsetningen om en logaritmisk normalfordeling er oppfylt kan den flomstørrelse som overskrides med en viss sannsynlighet, eller sagt med andre ord: den flomstørrelse som overskrides en gang i løpet av tiden t , finnes av likningen

$$\log q_t = \overline{\log q} + a \cdot s_x$$

Verdien av a avhenger av t og finnes i tabeller over normalfordelingen. Det har vist seg at årlig maksimal kulminasjonsvannføring er godt logaritmisk normalfordelt (f. eks. OLOFGÖRS, 1951). Dersom årlig maksimalt flomvolum brukes i beregningen viser det seg gjerne en skjevhet i fordelingen som det må tas hensyn til (SCHWARTZ, 1957, BEARD, 1962). En viss skjevhet vil alltid forekomme selv i godt normalfordelte mengder, og en nøyaktig flomanalyse tar hensyn til dette selv om beregningen gjelder kulminasjonsvannføringer. Det er utarbeidet en lang rekke tilnærmingsmetoder som tildels bygger på forskjellige matematiske uttrykk for skjevheten. Ved Hydrologisk avdeling har det vært vanlig å følge en metode som er foreslått av Grassberger (GRASSBERGER, 1936). Under den foreliggende undersøkelsen er det for å samle erfaringer brukt samme måte som U S Army Engineers anbefaler (BEARD, 1962). Når skjevheten, g , beregnes som tredje moment om middelveier

$$g = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$$

vil for en normalfordeling $g = 0$. Skjevheten er lett å beregne og man får raskt en oppfatning om hvor godt mengden av maksimalflommer er tilnærmet normalfordelingen.

Det er for disse studiene plukket ut 14 vannmerker på Sørlandet og Vestlandet med lange perioder, ca. 45-70 år, og disse er sammenliknet med en kontrollgruppe på 5 merker fra spredte deler av det

øvrige Norge. For hvert år i observasjonsperioden er det utskilt maksimalt døgnavløp om våren og for resten av året. Det fremkommer på det vis for hvert vannmerke to rekker av genetisk forskjellige flomvannføringer, en snøsmeltingsflom, eventuelt med nedbørtilskudd, og en overveiende regnflom. Disse to typene er i det følgende for enkelhets skyld kalt vår- og høstflom. Median kulminasjonsdato for vårflommene er på Sørlandet og Vestlandet i mai og juni unntatt de ytterste strøkene der flommene ofte har kulminert i april. Det har vist seg nødvendig å "tøye" våren noe i enkelte tilfeller for å få med store flommer senvinters eller midtsommers som sannsynligvis har inkludert betydelige smeltevannsmengder. Ellers er prisipielt april - juni definert som vårflomperiode.

En undersøkelse av nedbørmengdene i disse tre månedene viser at ved nedbørstasjoner i de 14 aktuelle feltene faller normalt bare 13-18 % av årsnedbøren om våren. I kontrollgruppens felter faller fra 10 til 23 %. Det er derfor å vente at Sør- og Vestlandets elver viser regnflommer høst og vinter som kan måle seg med vårflommen i størrelse. Vårflommen er ellers dominerende over størstedelen av landet.

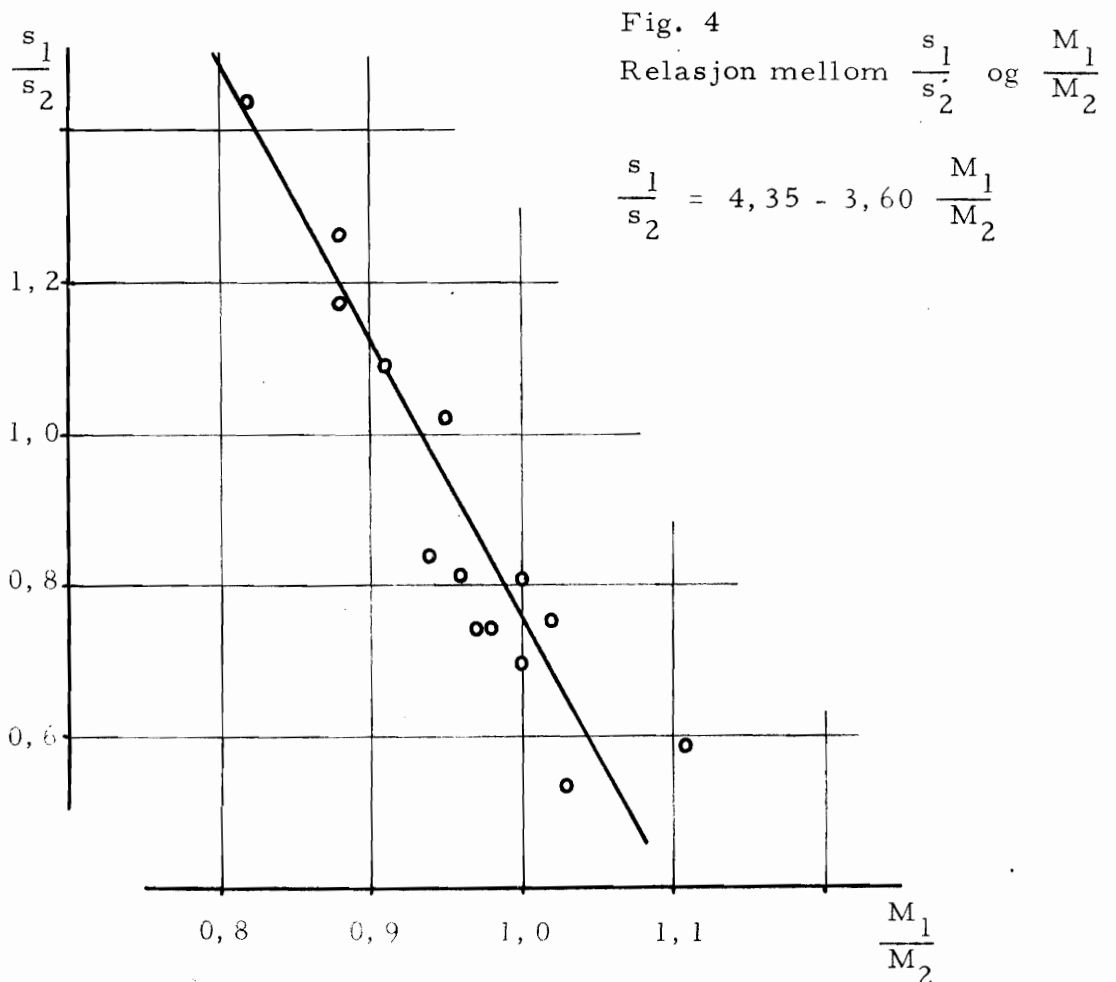
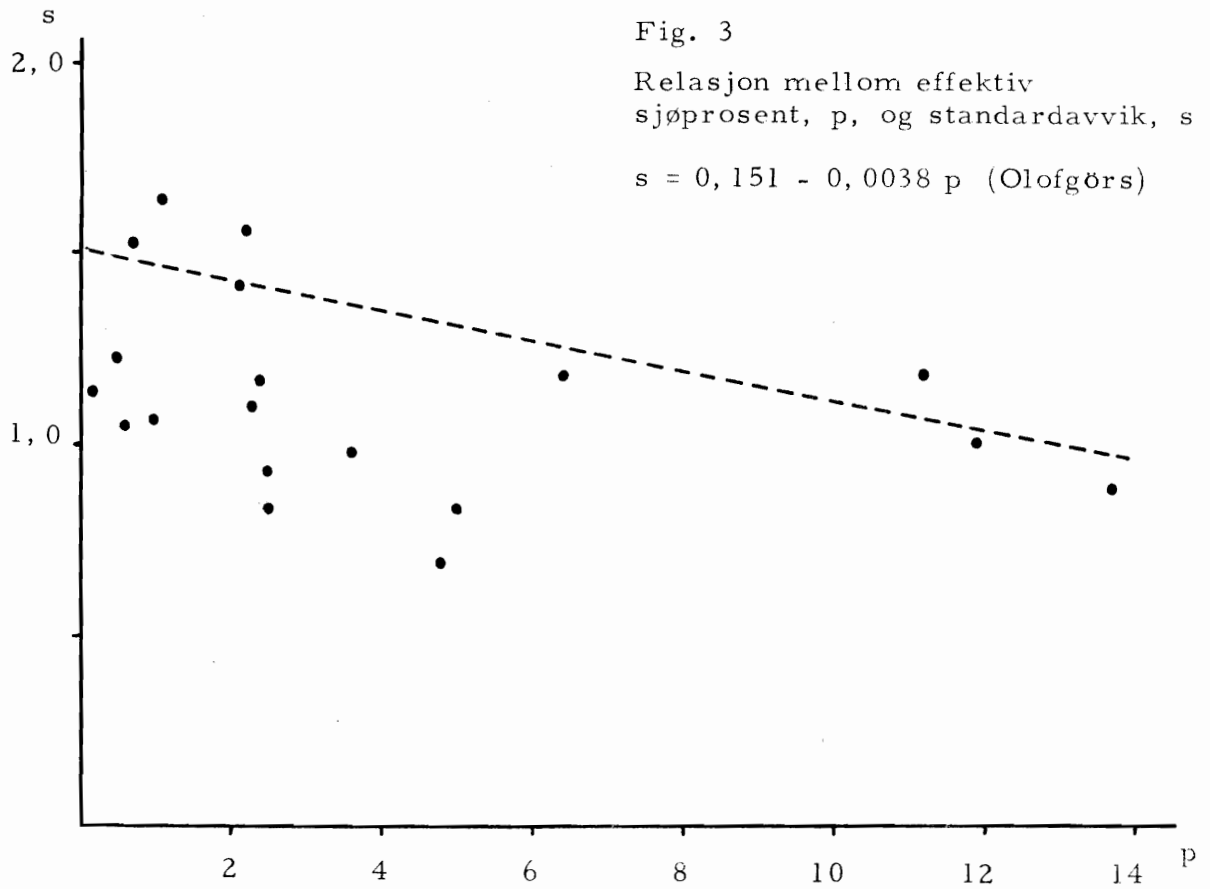
For hele observasjonsmaterialet er det beregnet middelerverdier, standardavvik og skjevheter for logaritmene til henholdsvis vårflommer, høstflommer og årlige maksimalflommer. De beregnede verdiene er satt opp i tabell 1. Middelerverdiene, M , standardavvikene, s , og skjevhetene, g , er gitt indekser 1, 2 og 3 for de respektive flomtyper i samme rekkefølge som ovenfor.

Et nærliggende spørsmål å undersøke er sammenhengen mellom spredningen av flommene målt ved standardavviket og flomdempende parametre i nedbørfeltene. Som en forholdsvis enkel målbar størrelse er valgt feltenes sjøprosent. I stedet for total sjøprosent er det i Norge vanlig å benytte "effektiv sjøprosent", dvs. at sjøenes areal reduseres med forholdet mellom partielt og totalt feltareal. Fig. 3 viser hvordan denne relasjonen arter seg for årlig maksimalflom. Av figuren går det uten videre fram at effektiv sjøprosent alene ikke er tilstrekkelig til å karakterisere spredningen i flommenes fordeling. Olofgørs fant i sine studier av Norrlands-vassdrag en lineær relasjon mellom standardavvik og total sjø-

Tabell 1.

Middelverdi, M, standardavvik, s og skjevhet, g,
for logaritmene til vårflom (1), høstflom (2) og årlig maksimalflom (3).

Vm	M ₁	M ₂	M ₃	s ₁	s ₂	s ₃	g ₁	g ₂	g ₃
Flaksvatn	2,42	2,52	2,60	,183	,226	,153	,259	-,804	,220
Refsti	1,49	1,82	1,83	,192	,134	,117	-,374	-,623	-,510
Lundevatn	2,53	2,57	2,64	,119	,161	,110	,229	-,191	,268
Tveid	2,22	2,36	2,39	,139	,166	,141	-,538	,100	,394
Suldalset	2,59	2,52	2,64	,085	,162	,083	,096	-,085	-,302
Stordalsvatn	1,63	1,85	1,86	,145	,124	,119	-,603	,818	,885
Bulken	2,43	2,44	2,50	,097	,139	,107	-,145	-,084	-,314
Nese	2,20	2,31	2,33	,112	,110	,105	,055	,534	,519
Fossevatn	1,49	1,64	1,66	,127	,116	,093	-,830	-,102	,725
Vassbygdvatn	2,44	2,20	2,45	,125	,213	,123	,100	-,352	,014
Veitesstrandvatn	1,96	1,96	2,04	,126	,157	,069	-1,173	-2,810	,261
Jølstervatn	1,92	1,97	2,03	,121	,164	,119	-1,096	-,315	-,280
Norddal	1,67	1,90	1,92	,153	,121	,098	-,183	-,922	-,166
Hornindalsvatn	1,75	1,71	1,80	,106	,141	,089	-,620	-,578	-,751
Kontrollgruppe:									
Femundsenden	1,84	1,50	1,84	,103	,199	,101	-,261	-,670	-,232
Totak	2,24	1,79	2,24	,083	,216	,083	,753	-,851	,753
Eikesdalsvatn	2,37	1,86	2,37	,156	,219	,156	-,273	-,192	-,273
Haga bru	2,79	2,62	2,84	,172	,239	,164	-,165	,268	,094
Nevernes	2,84	2,54	2,87	,101	,241	,114	,269	,911	,653



prosent i feltene, $s = 0,151 - 0,0034 p$, og denne linjen er trukket opp på figuren. Som det er rimelig å vente gir denne linjen høyere verdier for standardavviket for samme prosent enn punktmengden antyder. Også andre feltparametre enn sjøarealet må tas i betraktning når den naturlige reguleringssevnen skal vurderes. Av slike parametre nevnes feltets form, stigningsforhold, vegetasjon og jordbunn. En betydelig magasinerings finner også sted i myrer og sumper der slike finnes. Flere av disse medvirkende faktorene er det vanskelig å finne tallmessige uttrykk for.

En kan så spørre seg hvordan spredningen varierer for de to flomtypene som er utskilt ved de sør-vestnorske vannmerkene. En overflatisk betraktning av standardavvikene for logaritmene kan tyde på at høstflommene er mest spredd idet s_2 overstiger både s_1 og s_3 ved de fleste stedene (tabell 1). For å studere dette nøyere er beregnet forholdene

$$\frac{M_1}{M_2} \text{ og } \frac{s_1}{s_2}, \text{ dvs. forholdene mellom middelverdiene av de to}$$

flomvannføringerens logaritmer og mellom deres standardavvik. Sammenhørende verdier er stilt sammen i fig. 4 og de viser en klar lineær sammenheng. Linjens likning er ved enkel regresjonsregning funnet lik:

$$\frac{s_1}{s_2} = 4,35 - 3,60 \frac{M_1}{M_2}$$

Jo større den ene av flomtypene gjennomsnittlig er enn den andre, jo mindre er forholdet mellom spredningene av de samme. Derimot finnes det ingen sammenheng mellom de absolutte verdiene for flomstørrelse og standardavvik. Et poeng som er verdt å legge merke til er at linjen ikke går gjennom $(1,0 ; 1,0)$. Om vår- og høstflommer ved et vannmerke har like store middelverdier er det høstflommene som viser den største spredningen. Dette viser at snømagasinet i nedbørfeltene har en utjevneende virkning på vår-avløpet fra år til år. Særlig er dette å vente i de vårtørre sørvestnorske nedbørfeltene, der snømagasinets tilskudd til vårflommen er en forholdsvis stor andel av totalavløpet. Dette særtrekket ved snøsmeltingsflommer understrekes ytterligere av hydrogrammets ("hydrograph"-ens) form under typiske flommer av de to typene, idet

flommer med vesentlig tilskudd av smeltevann som kjent er langt jevnere i sitt forløp enn de som følger etter kraftige regnskyll.

Den påviste lineære relasjon er på langt nær så klar i kontrollgruppen selv om tendensen er til stede. Årsaken er at 3 av de 5 vannmerkene i denne gruppen enkelte år praktisk talt mangler høstflom. I slike tilfeller svikter naturligvis grunnlaget for beregningen.

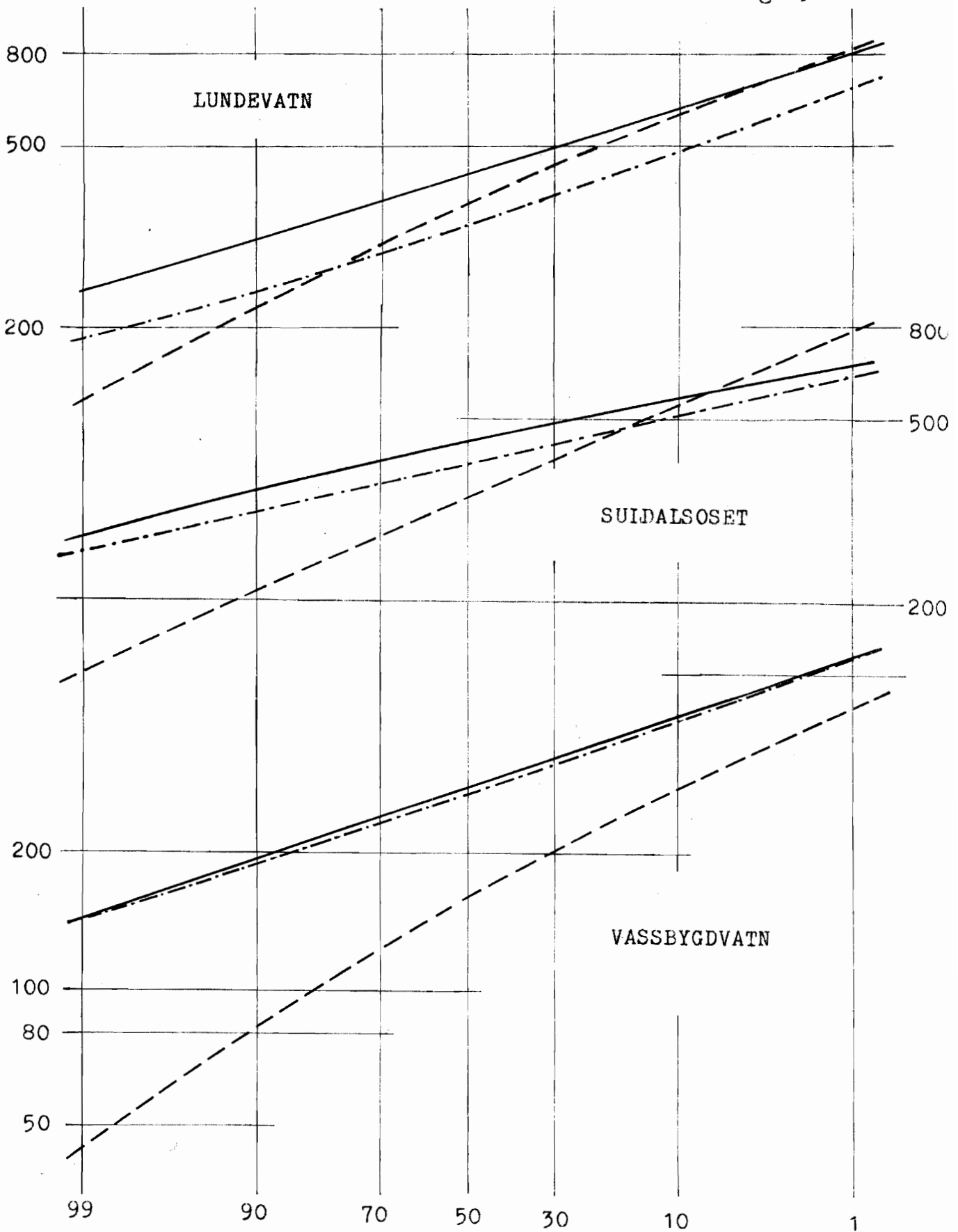
Skjevhetene, g , i flomverdiene ser ikke ut til å vise noen regelmessige regionale variasjoner. Fortegn skifter og absoluttverdier svinger mye over korte avstander. Blant vår- og høstflommene later det til å være en overvekt av negative skjevheter, idet 9 av 19 vannmerker viser både $g_1 < 0$ og $g_2 < 0$. Bare to av vannmerkene har både $g_1 > 0$ og $g_2 > 0$. Årlig maksimalflom er derimot overveiende positivt skjevt fordelt. Dersom er ser bort fra de tilfellene der høstflommer praktisk talt ikke forekommer utjevnes tallene noe, men fremdeles har majoriteten av vår- og høstflommer negativ skjevhet og årlig maksimalflom positiv. Materialet er for lite til at en kan trekke definitive slutninger.

I denne sammenheng bør nevnes at ifølge upubliserte undersøkelser av Otnes over flommene i Glomma avtar skjevheten etter regulering i vassdraget samtidig som spredningen ser ut til å øke noe.

Det er nevnt ovenfor at størrelsen av g kan tas som et mål på hvor god tilnærmelsen til den normale fordelingen er. Uten at det er matematisk bevist, antyder de lave g -verdiene (med få unntak) at forutsetningen er tilfredsstillt. Således er medianverdiene av g henholdsvis $-0,18$, $-0,19$ og $+0,09$.

En grafisk avbildning av den kumulative sannsynlighetsfordelingen av flommene er en god støtte og kontroll for beregningen, da de forskjellige vannføringenes avvik fra utjevningsskurven tydelig fremgår. Etter plotting får man ofte det inntrykk at flomvannføringene opptrer i grupper av punkter som ligger ordnet trinvis. En slik gruppering ville indikere at flomvannføringene ikke forekom uavhengig av hverandre, og det ville igjen rokke ved teorien om normalfordeling. Et forhold som imidlertid må vurderes før en slik slutning trekkes er avlesningsusikkerheten.

Fig. 5



Sannsynlighetskurver for ulike flomtyper. Abscissen gir % sannsynlighet for at en flomvannføring skal overskrides.

- Årlig maksimalflom
- · - · - Vårflom
- - - - - Höstflom

Denne er spesielt undersøkt ved en enkel analyse av sifferfrekvensen i en av de foreliggende observasjonsrekkene. Det viser seg at ved dette vannmerket (Bulken) er det en klar tendens til favorisering av 0 og 5 i siste avlesningssiffer. Relativ hyppighet for flomobservasjonene ($n = 144$) er henholdsvis 37 og 16 %. De øvrige sifre har alle hyppigheter under 10 %, med særlig lave tall for 1 og 9. Det viste seg videre at samme favoriseringstendens var til stede, men mindre utpreget på lave vannstander, og i omlag like stor grad for tre forskjellige observatører. Dette uheldige forholdet er merkbart ved svært mange vannmerker og kan være en påminnelse om at man viser stor omhu ved plasingen av målesteder. Da 0- og 5-favoriseringen særlig rammer flomobservasjonene p. g. a. urolig og raskt skiftende vannstand, er det klart at det kan introduseres en falsk gruppering i beregningsdataene. I de tilfellene hvor det er undersøkt, er en vesentlig del av den tilsynelatende grupperingen eliminert ved å ta hensyn til den store hyppighet av enkelte sifre. Noen stor unøyaktighet i beregningsresultatene trenger en ikke å vente da de nærmeste sifrene både over og under 0 og 5 synes å være like utsatt for å bli underrepresenterte.

Fig. 5 viser noen eksempler på beregnete sannsynlighetskurver for årlig maksimalflom og de to andre flomtypene. En svakhet ved metoden er straks åpenbar da det forekommer at sesongkurver med stort standardavvik overstiger årlig maksimum på det høyeste området. Dette er en følge av at usikkerheten i kurvenes beliggenhet øker raskt utover fra middelflommen. Man må derfor være svært varsom med ekstrapolering. En utvei er å beregne og eventuelt tegne inn spesifiserte usikkerhetsintervaller omkring kurvene, men dette øker arbeidsmengden atskillig.

Litteratur:

- Fork.: AIHS: Association Internationale d'Hydrologie Scientifique.
 Beard, L. R. (1962): Statistical methods in hydrology. U S Army Corps of Engineers, (62 s.).

- Marchetti, G. (1954): Etudes sur les plus fortes crues qui se sont produites sur les cours d'eau italiens jusqu'a la fin de 1953. AIHS Rome, Tome III (pp. 424-9).
- Mookerjee, D. (1951): Empirical formulae for the estimation of maximum flood runoff. AIHS Bruxelles, Tome IV (pp. 98-103).
- Olofgörs, G. (1951): Probability of high floods. AIHS Bruxelles, Tome IV (pp. 158-67).
- Schwartz, H. E. (1957): Determination of flood frequencies in a major drainage basin. AIHS Toronto, Tome III (pp. 174-87).
- Søgnen, R. (1942): Beregning av sjøers naturlige regulerings-
evne og flommer i norske vassdrag.
Oslo, (58 s.).

Emne : 7. SNÖSMÄLTNING OCH AVRINNING

- 7F1 Snötäcket i skogsgläntor
av olika storlek : Dr. M. Seppänen hydrolog
- 7F2 Snöackumulation och
avrinning inom Peerajärv
fjällområde : Dr. A. Sirén statshydrolog
- 7N1 Snöens akkumulasjon på
Ålfotbreen 1963- 64 : V. Karlén og G. Östrem
- 7S1 Undersökningar över
snösmältning och av-
rinning : A. Forsman statshydrolog
- 7S2 Mätning av snötäcket
med radiometriska
metoder : Å. Fleetwood civilingenjör

Hydrologiska byrån, Helsingfors

M. Seppänen:

SNÖTÄCKET I SKOGSGLÄNTOR AV OLIKA STORLEK

Inledning

I skogsgläntor samlas i allmänhet mera snö än på öppna fält. Den huvudsakliga orsaken härtill kan man anse vara att luftvirvlar uppstå i en skogsglänta vid blåst. Existensen av sådana virvlar har Pfeiffer (1935) med tillhjälp av rökexperiment påvisat. Vid skogsgläntan uppstår en nedåtgående luftström.

I början av vintern inträffar det ofta, att varma vindar förorsaka att snö delvis smälter. Den kalla luften skingras dock långsammare från skogen och från skogsgläntorna än från öppna fält (Rakhmanov 1957), och snön smälter i högre grad på öppna fält än i skogsgläntor. Förhållandet mellan snömängderna i skogsgläntor å ena sidan och den på öppna fält å andra sidan tilltar härvid.

Anhopning av snö är olika i skogsgläntor av olika storlek. Detta torde bl. a. bero på följande orsaker: I en liten skogsglänta uppstår annorlunda luftvirvlar än i en större. Då en varm luftström sätter in dröjer den kalla luften längre kvar i en mindre glänta än i en större. Per ytenhet faller vindstötarna mera snö från träden i en mindre glänta än i en större.

Snön avtar om våren långsammare i skogsgläntor än på öppna fält bl. a. av den orsaken, att under soliga dagar kall luft från skogen strömmar in mot skogsgläntorna.

Den hastighet med vilken snön minskas är olika i skogsgläntor av olika storlek. Detta kan föräntas dels därav, att under en solig dag relativt sett mera kall luft strömmar från skogen till en liten skogsglänta än till en större, och dels därav, att trädens skuggor täcker procentuellt en större del av ytan i en mindre glänta än i en större.

Det har konstaterats, att de sista snöfläckarna om våren i allmänhet påträffas i skogsgläntor, vars diameter är ungefär lika stor som trädens höjd.

I denna uppsats anför jag en del resultat av mina undersökningar, vilka gjorts i avsikt att ytterligare klarlägga snöns anhopning och minskning i skogsgläntor av olika storlek.

Observationsmaterialet

Undersökningen baserar sig på resultat av hydrologiska byråns snömätningstationers linjemätningar under åren 1952-62. Under dessa år hade byrån

i medeltal ungefär 100 linjemätningstationer verksamma. Mätningarna utfördes den 16. under vintermånaderna. Mätlinjerna gick över öppna fält, skogsgläntor av olika storlek, skogar av olika slag samt kärrmark. Linjens längd var i allmänhet 4 km, och på denna sträcka uppmättes snödjupet i 80 och snöns täthet i 8 observationspunkter.

Observatörerna strävade till att utföra sina mätningar med regelbundna avstånd. Då observationspunkten råkade inträffa i en skogsglänta, värderade observatören gläntans diameter. (I sådana fall då gläntans längd och bredd uppgivits, har i denna undersökning tagits medeltal av dessa som gläntans diameter). Observationspunkterna ha i allmänhet inte råkade mitt i gläntan utan i olika punkter av densamma. Skogarnas beskaffenhet har inte tagits i beaktande vid undersökningen.

Snöanhopningen

Vid början av vintern fås ett bestående snötäcke i Lappland i allmänhet ungefär en månad tidigare än i södra Finland. Snöns vattenvärde uppnår i allmänhet sitt maximivärde i Lappland i april, i södra Finland i mars. Åren 1952-62 hade hela landet den 16. januari ett bestående snötäcke, och snösmältningen hade ej påbörjats före den 16. februari. Av dessa orsaker har i denna undersökning sammanslagits observationerna gjorda den 16. januari och den 16. februari för alla linjemätningstationer.

Snöns djup, täthet och vattenvärde har i detta arbete uppgetts i procent av de motsvarande värdena på öppna fält.

Tabell 1. Snödjup (h), täthet (ρ) och vattenvärde (w) i skogsgläntor av olika storlek i medeltal den 16. januari och den 16. februari åren 1952-62 i procent av motsvarande värden på öppna fält, d = skogsgläntans diameter i meter.

d (m)	10	15	20	30	40	60	80	100
h (%)	107 ± 3	112 ± 4	110 ± 3	110 ± 3	112 ± 4	111 ± 4	108 ± 3	105 ± 3
ρ (%)	97 ± 2	97 ± 2	97 ± 1	97 ± 1	98 ± 1	98 ± 1	98 ± 2	99 ± 1
w (%)	104 ± 2	109 ± 4	108 ± 3	107 ± 3	109 ± 3	108 ± 2	106 ± 3	104 ± 2

På öppna fält var motsvarande värdena i medeltal: $h = 47 \pm 7$ cm, $\rho = 0.20 \pm 0.01$ g/cm³ och $w = 95 \pm 17$ mm.

Ur tabell 1 ser man, att snöns djup och vattenvärde i skogsgläntor i allmänhet var större, men snöns täthet mindre än på öppna fält. Man kan även observera, att snöns djup och vattenvärde i medeltal var störst i sådana skogs-

gläntor vars diameter var 15 m och 40 m. Det ser ut som en orsak till maximivärden i skogsgläntorna med 15-meters diameter vore snön, vilken lossnar från träden vid vindstötarna, och att luftvirvlarnas inverkan på snöns anhopning kanske i medeltal är störst i gläntor, vilkas diameter är 40 m.

Snöminskningen

Snön minskar snabbare på öppna fält än i skogsgläntor. Av denna orsak växer förhållandet mellan snömängderna i skogsgläntor och på öppna fält i den mån snösmältningen framskrider uppnående värdet ∞ då snön försvinner från öppna fält. Nämnade förhållande är till sin storlek beroende av den kvantitet snömängden på öppna fält minskat och av skogsgläntornas diameter.

I det följande beaktas de fall, då snötäckets vattenvärde på öppna fält uppnått ett ungefärligt maximivärde i medlet av mars, och vid vilka företagits linjemätningar den 16. mars och den 16. april.

Betecknas

$$w = \frac{k_1 \times \Delta w_a + k_2}{(d+10)(100 - \Delta w_a)} + 100, \quad (1)$$

där w = snöns vattenvärde i skogsgläntor den 16. april i procent av motsvarande värde på öppna fält, w_a = minskningen av snöns vattenvärde på öppna fält under tiden 16. III - 16. IV (%) och d = skogsgläntans diameter (m). k_1 och k_2 är konstanter.

Sedan konstanternas värden beräknats fås formel (1) i formen:

$$w = \frac{1370 \times \Delta w_a + 65700}{(d+10)(100 - \Delta w_a)} + 100. \quad (2)$$

Tabellen 2 innehåller några med tillhjälp av formel (2) beräknade vattenvärden i skogsgläntor av olika storlek i procent av de motsvarande värdena på öppna fält i olika skeden av snömängdens avtagande på öppna fält.

Tabell 2. Snöns vattenvärde (w) i skogsgläntor av olika storlek den 16. april åren 1952-62 i procent av motsvarande värden på öppna fält vid sådana fall då snöns vattenvärde på öppna fält uppnått ett ungefärligt maximivärde i medlet av mars. Δw_a är minskningen av snöns vattenvärde på öppna fält under tiden 16.III - 16.IV (%) och d är skogsgläntans diameter.

Δw_a (%)	$d =$	20 m	40 m	60 m	80 m	100 m	160 m
		w (%)					
0		122	113	109	107	106	104
10		129	118	113	110	108	105
20		139	123	117	113	111	107
30		151	131	122	117	114	109
40		167	140	129	122	118	112
50		190	154	139	130	124	116
60		224	172	153	141	134	122
70		280	207	177	160	149	132
80		393	276	226	198	180	152
90		732	479	370	311	272	212
100		∞	∞	∞	∞	∞	∞

Man observerar, att förhållandet mellan snöns vattenvärde i skogsgläntor och på öppna fält växer asymptotiskt mot det oändliga värdet allt efter som snömängden avtar på fält, i små gläntor snabbare än i större.

Tabell 3 åskådliggör huru snömängden i skogsgläntor avtar i förhållande till samtidigt skeende minskning av snömängden på öppna fält.

Tabell 3. Samtidig, procentuell minskning av snöns vattenvärde i skogsgläntor av olika storlek (Δw) och på öppna fält (Δw_a). Minskningen är beräknad från den tidpunkt, då snöns vattenvärde på öppna fält var som störst.

Δw_a (%)	$d =$	20 m	40 m	60 m	80 m	100 m	160 m
		Δw (%)					
10		5	6	7	8	8	9
20		9	13	15	16	17	18
30		13	19	22	24	25	26
40		18	26	29	32	33	35
50		22	32	37	39	41	44
60		27	40	44	47	50	53
70		31	45	51	55	58	62
80		36	51	59	63	66	71
90		40	58	66	71	74	80
100		45	64	74	79	83	89

Man ser till exempel, att hastigheten av snömängdens minskning på öppna fält i medeltal var över två gånger så stor som i skogsgläntor, vars diameter var 20 m.

Ehuru talen i tabellerna 2 och 3 är beräknade värden, torde de tämligen väl åskådliggöra snöns samtidiga minskning i skogsgläntor av olika storlek och på öppna fält.

Hydrologiska byrån, Helsingfors

Allan Sirén:

SNÖACKUMULATION OCH AVRINNING INOM PEERAJÄRVI FJÄLLOMRÅDE

Läge, storlek och höjdförhållanden

Peerajärvi-området ligger i nordligaste delen av Torne-Muonioälvs flodområde. Området avvattnas av Tschattamasjoki som utfaller i Peerajärvi sjö, varifrån en några hundra meter lång ström leder till Könkämäeno (Muonioälvs översta lopp). Nederbördsområdets storlek räknat till Peerajärvi utlopp är 102 km^2 . Vid utloppet befinner vi oss endast en knapp km från Sverige och områdets nordligaste punkt ligger 5 km från Norge. Områdets hydrologi kan sålunda anses ha ett allmänt skandinaviskt intresse. Peerajärvi sjö, vars areal är c:a 2 km^2 ligger 460 m över havet, områdets högsta punkt reser sig upp till 950 m:s höjd. Norr om Peerajärvi höjer sig Pahkavaara, Ailakasvaara och Terbmisvaara fjällryggar, i öster Virdnisselkä och inom själva området har vi Peeravaara fjälltopp 930 m över havet. Större delen av området utgöres av en kitteldal kring Ailakasjärvi sjö, höjd över havet 670 m.

Observationerna

I Peerajärvi nära utloppet byggdes våren 1959 en registrerande pegel, som året runt är i funktion. Vattenföringen bestämmes ur en avbördningskurva uppgjord på basen av ett stort antal vattenföringsmätningar, utförda i en särskilt byggd mätprofil. Isdämning förekommer icke. På grund av att området helt saknar bosättning har nederbörden bestämts meddels 4 totalisator-nederbördsräknare. En av dem tömmes månatligen året runt, medan de övriga, som placerats längre in i området, endast sommartid tömmes månatligen medan nederbörden oktober-maj samlas och mätes i ett. Snötaxeringar har utförts varje vår under april månad. Taxeringen verkställes som linjemätning med i medeltal 200 snödjupbestämningar och ett 20-tal täthetsmätningar. Linjerna ha upplagts så att de möjligast väl representera hela området. Mätpunkternas medelhöjd är något så när densamma som hela områdets medelhöjd. Vid mätningarna, som utförts av Imatran Voimas personal, har helikopter använts för transport av mätgrupperna till områdets inre delar. Temperaturen registreras meddels termograf i närheten av limnigrafen.

Nederbörd och snö

Nederbördsfördelningen över området är svår att fastställa på basen av det tillgängliga observations materialet. En tydlig ökning av nederbörden med höjden framgår dock ur totalisatorobservationerna ehuru observationernas noggrannhet som sådan är diskutabel (tabell 1).

Tabell 1. Nederbördsvärden enligt totalisatorerna inom Peerajärvi-området

	höjd	Nederbörd mm								
		1962			1962-63			1963		
		VII	VIII	IX	X-V	VI	VII	VIII	IX	Σ
Totalisator I	460 m	19	29	35	227	6	43	43	50	452
" II	510 "	18	34	39	225	6	42	42	48	454
" III	630 "	22	40	45	580	14	43	60	50	854
" IV	670 "	22	40	45	560	5	43	55	50	820

Snötaxeringarna giva värden som vida överstiga nederbördsvärdena för okt. -april bestämda enl. totalisator 1 (tabell 2).

Tabell 2. Snötäcketts vattenvärde inom Peerajärvi-området och vinternederbörden enl. totalisator I (mm)

	Snöns vattenvärde	Nederbörd okt. -april
1959	285	
1960	156	141
1961	194	121
1962	181	123
1963	296	174
1964	300	152

Vi observerar att förhållandet mellan snöns vattenvärde och vinternederbörden enl. totalisator I är ungefär lika stort som förhållandet mellan nederbördstalen för totalisatorerna I och II å ena sidan och totalisatorerna III och IV å andra sidan, ett faktum, som kanske i någon mån uppmuntrar till fortsatt användning av totalisatorer i ödemarken.

Snömängdens stora variationer från år till år är iögonfallande. Åren 1963 och 1964 ger 190 resp. 192 % av 1960-års värde. Mätningresultaten förefalla dock trovärdiga, för Enare-området på samma breddgrad var motsvarande procenttal också omkring 200.

Forhållandet mellan snöackumulation och avrinning

Enligt vattenståndsobservationerna och avbördningskurvan var årsavrinningen åren 1960-63 i medeltal $13.4 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. Värdet förefaller plausibelt och stöder antagandet att kurvan är tillförlitlig.

För bedömandet av förhållandet snömängd:avrinning anföres en del värden i tabellerna 3 och 4.

Tabell 3. Snötäckets vattenvärde MV , nederbörden under maj P_V och juni P_{VI} samt avrinning maj-juni A_{V-VI} i mm för Peerajärvi-området. Månadsmedeltal av lufttemperaturen t_V och t_{VI} , av maximilufttemperaturen t_{max} och av minimitemperaturen t_{min} för maj och juni enl. termografobservationer.

		1959	1960	1961	1962	1963	1964
MV	mm	285	156	194	181	296	300
P_V	"	54	24	11	17	46	8
P_{VI}	"	23	42	72	32	6	
$\Sigma MV + P_V + P_{VI}$	"	362	222	277	230	348	
A_{V-VI}	"	337	211	232	207	268	
$\Sigma - A_{V-VI}$	"	25	11	45	23	80	
t_V ($^{\circ}\text{C}$)		3.1	4.1	0.8	1.6	7.5	3.2
t_{VI}		6.2	8.3	9.2	7.0	7.9	
t_{max} i maj		6.1	8.2	4.0	4.3	12.3	6.0
t_{max} i juni		12.4	11.6	13.4	10.6	11.4	
t_{min} i maj		-0.1	-2.7	-2.5	-1.9	1.7	0.0
t_{min} i juni		3.3	3.3	3.8	2.8	4.0	

Tabell 4. Högsta avrinning Hq ($\text{l/s} \cdot \text{km}^2$) och medellufttemperatur 5 dagar före högfloden t_{Hq} inom Peerajärvi-område 1959-64

År	datum för Hq	Hq	t_{Hq}
1959	10.6	216 $\text{l/s} \cdot \text{km}^2$	10.8 $^{\circ}\text{C}$
1960	28.5	188	10.5
1961	4.6	274	12.5
1962	10.6	110	6.1
1963	13.5	184	7.8
1964	28.5	138	6.6

Man fäster sig vid de åtminstone för finländska förhållandena rätt höga Hq-värdena, vilkas samband med vinterns snömängd synes vara ganska svagt. En jämförelse med temperatur-registreringarna ger vid handen att toppvärdet är i högre grad beroende av temperaturen under dagarna närmast före högflodsdagen än av snömängden vid snösmältningens början. T. ex. åren 1961 och 1962 var snömängderna nära lika stora, men Hq-värdet var år 1961 c:a 2 1/2 så stort som år 1962. Medellufttemperaturen var under 5 dagar före Hq-dagen i det förra fallet 12.5 C° i det senare 6.1 C°. Tagna för hela vårflödesperioden (maj-juni) erhålles däremot för vattenföringen värden proportionella mot vinterns snömängd.

Ur tabell 3 framgår att den i snötäcket ackumulerade vinternederbörden ökad med nederbörden under maj och juni i stort sett avrinner under maj-juni. Skillnaden $\Sigma(MV+P_V+P_{VI}) - A_{V-VI}$ varierar mellan 11 mm år 1960 och 80 mm år 1963. Värdena äro osäkra, speciellt äro arealvärden av nederbörden för maj och juni svårbestämbara, men då en analys av vattenföringens årskurvor ger vid handen att en nämnvärd magasinering icke förekommer inom området, kan värdena $\Sigma - A_{V-VI}$ dock anses giva en uppfattning om storleksordningen av avdunstningen under våren i ett område som detta. Önskar man finna en förklaring på nyssnämnda stora variationer kan man peka på skillnaden i junivärdena för nederbörden 1960 och 1963, vilken gör att en något större del av värdet för $\Sigma - A_{V-VI}$ avrinner först efter juni månads utgång år 1960 än år 1963. Vidare torde den högre maj-temperaturen år 1963 resultera i att avdunstningsvärdena detta år verkligen äro högre än år 1960.

Vattenföringen i Muonioälvs källområden

Peerajärviundersökningen igångsattes som ett led i bestämmandet av vattenföringen i översta delen av Torne-Muonioälvs flodområde, varom en viss osäkerhet rått. Nu tillbudstående värden stöda de värden som tidigare framräknats för Könkämäeno t. ex. för Naimakkajärvi och Kelottijärvi, nederbördsområden 1880 resp. 2500 km². Hydrologiska byrån kommer att fortsätta undersökningarna, icke enbart för att få ett stöd för vattenföringsberäkningarna för Torneälv utan främst för att vi skall få ett säkert grepp på de hydrologiska förhållandena i ett fjällgebit inom ett i många avseenden intressant område i Skandinavien.

Vibjørn Karlén og Gunnar Østrem

SNØENS AKKUMULASJON PÅ ÅLFOTBREEN 1963-64.

Innledning.

I de senere år har det vært en økende etterspørsel etter hydrologiske data for bredekkede områder i Norge. Dette er en følge av at stadig flere bredekkede nedslagsfelt blir trukket inn under kraftverkens interesseområder, og derfor må man skaffe inngående opplysninger om brefeltens hydrologi.

Breene kan sammenlignes med store flerårsmagasiner, idet de kan lagre snønedbør fra ett år til et annet år. I kalde sommere smelter ikke all vintersnøen bort fra breen, og en viss andel av årsnedbøren holdes tilbake fra det nedenfor liggende vassdrag - mens samtidig breens masse øker tilsvarende. I varme sommere smelter all vintersnøen på breen, og dertil kanskje dessuten en del av breen selv. Slike år gir breen et ekstra tilskudd av smeltevann som kommer det nedenfor liggende vassdrag tilgode i form av vassføringer som er større enn hva som egentlig skulle betinges av nedbøren. Samtidig minker naturligvis breens masse, og vi sier populært at "breen går tilbake"!

De mer en 3000 km² store breområdene i Norge (Liestøl 1962) - over 1 % av hele landets areal - utgjør således betydelige magasiner der imidlertid menneskets regulerende evne er satt ut av spillet. Vi kan registrere breens variasjoner, men vi kan ikke regulere dem.

For de hydrologiske forhold spiller breene en betydelig rolle, og for planlegging og drift av kraftverk er det naturligvis viktig å vite noe om de innvirkninger breene har på vannføringens variasjoner.

Derfor er det i de siste år utført et intenst arbeide i Norge for å måle materialomsetningen på endel utvalgte breer. Vi måler breens "inntekter" (akkumulasjon) om vinteren og dens "utgifter" (ablasjon) om sommeren.

Når det glaciologiske år er avsluttet (normalt omkring midten av september) beregnes breens materialbalanse. Den kan være positiv eller negativ alt ettersom hvordan vinternedbøren og sommer-temperaturen har vært.

Det kan nevnes at i 1962 hadde Sør-Norges breer en sterkt positiv materialbalanse og store vannmengder ble bundet i breene. I 1963 viste regnskapene et negativt resultat for Sør-Norge mens breene i Nord-Norge hadde et balansert budsjett. (Østrem og Liestøl 1962.)

For inneværende år foreligger selvsagt ikke resultatene ennå, da ablasjonen (avsmeltingen) ikke er avsluttet. Men for akkumulasjonen foreligger endel resultater, og vi skal i denne redegjørelse se litt på akkumulasjonens utvikling i løpet av vinteren 1963-64 for en utvalgt bre.

Metoder.

Måling av snøakkumulasjonen på en bre kan ikke utføres på samme måte som snømålinger i skog og fjellterreng eller med instrumenter som brukes ved slike målinger (Klæboe 1937, Tryselius 1940).

Snøen på breene er nemlig i alminnelighet så hardt pakket at det vanlige snømåleutstyret er ubrukelig. Dessuten har man på breens høyestliggende deler ingen fast flate å måle ned til - der ligger bare en diskontinuitetsflate mellom årets snø og eldre snø (firn). Denne flate kan være vanskelig å bestemme, og som regel må man grave seg ned og fastslå overgangen til firnen ved hjelp av helt spesielle metoder.

Vannverdien av snølaget bestemmes ved å veie snøprøver tatt kontinuerlig fra overflaten og nedover i sjakter som graves ned til forrige års sommerflate, mens tykkelsen av snølaget kan bestemmes ved sonderinger og ved boringer. (For nærmere detaljer henvises til Østrem og Karlén 1962).

Man kan også måle den voksende snømengden på staker som plasseres ut på breen før vinteren setter inn. Men det har dessverre vist seg at kombinasjonen mellom kraftig, tung rimfrost og sterk vind lett kan ødelegge stakene. Vinteren 1963-64 ble i ett tilfelle over 50 % av alle utsatte staker på Folgefonna bøyd ned og begravet av snø i løpet av noen uker. På breene i landets nedbørrikeste områder faller det dessuten så veldige snømengder at de vanlige 5-m stakene ikke er lange nok for å registrere hele vinterens akkumulasjon. I slike tilfelle må man besøke breen flere ganger i løpet av vinteren og skjøte stakene etter hvert som de snør ned. Men på grunn av

risikoen for vindskader med påfølgende nedbøyning og begravning i snøen, kan stakene ikke forlenges mer enn 1 - 2 m ad gangen. I praksis vil dette si at breene bør besøkes med 4 - 8 ukers intervall i løpet av vinteren - noe som dog dessverre ikke alltid er gjennomførbart.

Ved de kontroller av stakenettet som foretas på vinteren måles samtidig snødyp og tetthet, og vi får derved en viss oppfatning om snødekkets utvikling i løpet av snøakkumulasjonssesongen. Etter hvert besøk på breen beregnes den totale akkumulasjon frem til besøksdagen, vanligvis ved at man konstruerer et såkalt akkumulasjonskart over breen. Noen eksempler på slike kart er vist i figurene 1 og 2.

Ved planimetrering av alle områder med samme akkumulasjon innenfor hvert enkelt høydeintervall (se eksemplet i Tabell 1) kan man regne ut den totale akkumulasjon på breen. Ved divisjon med brearealet får man så den gjennomsnittlige akkumulasjon for hele det undersøkte breområdet. Dette tall, angitt i cm vannverdi (nedbørhøyde) er brukt i det følgende ved sammenlikninger mellom breene og de meteorologiske stasjonene.

Resultater.

For Ålfotbreen foreligger det ialt 4 akkumulasjonsmålinger foretatt i løpet av vinteren 1963-64. Den midlere akkumulasjon, regnet i cm vannverdi fra foregående års sommerflate var:

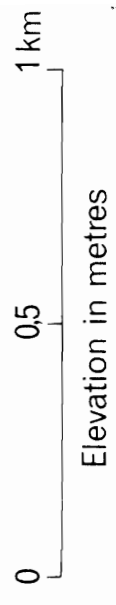
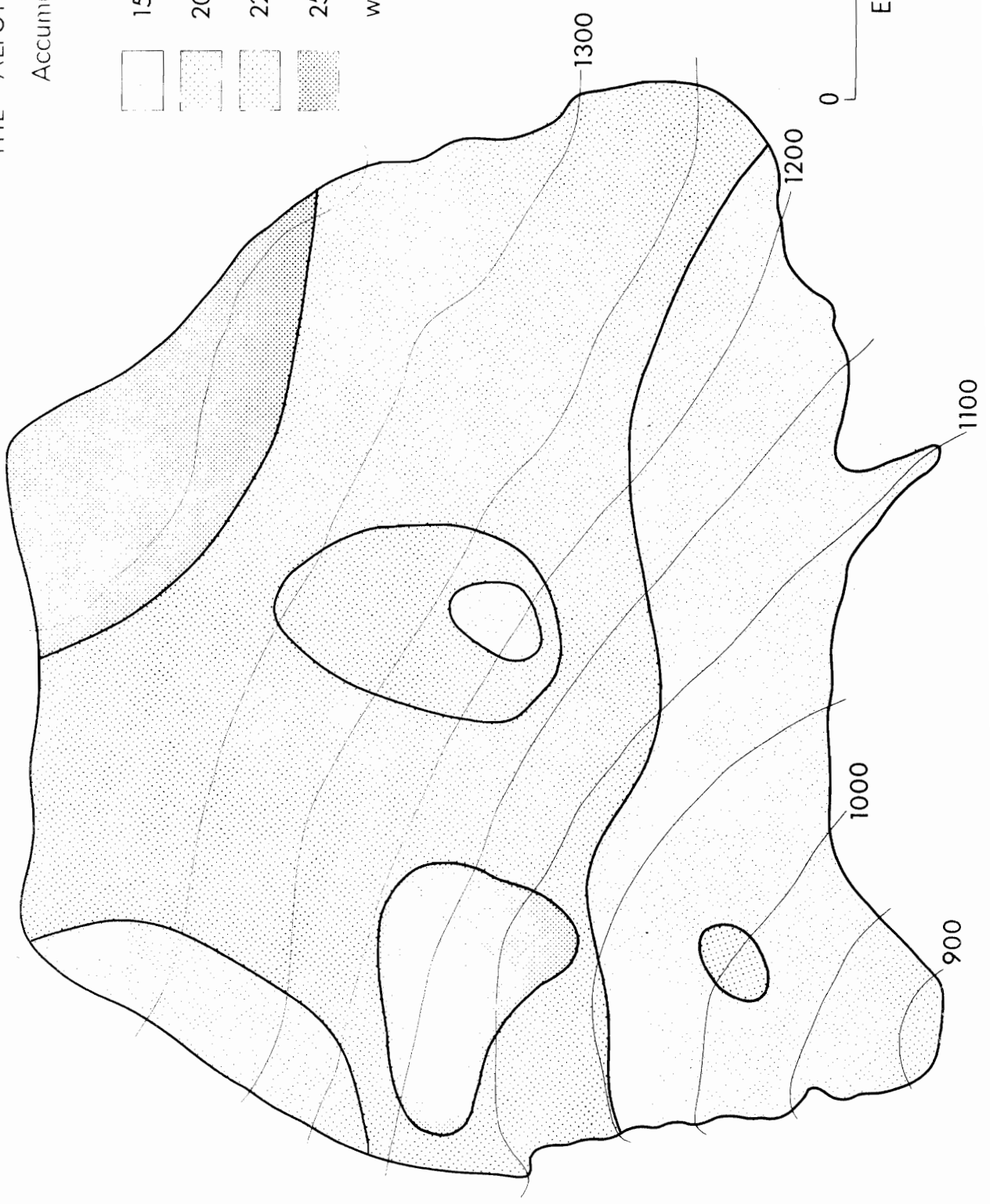
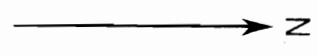
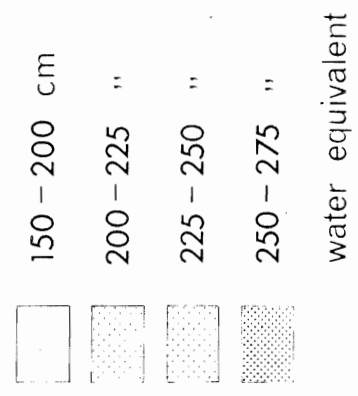
22 oktober	1963:	68 cm
16 desember	1963:	82 "
5 mars	1964:	235 "
27 april	1964:	269 "

(Ved den siste målingen hadde avsmeltning begynt på breens laveste deler, mens man på de høyeste ennå vil få noen ytterligere akkumulasjon i mai)

Tiden for akkumulasjonens begynnelse er ikke blitt direkte observert, men ved utgivelse av sine snøakkumulasjonskart (se Jakhelln 1951) foretar Det Norske Meteorologiske Institutt en beregning av tidspunktet for akkumulasjonens begynnelse. Høsten 1963 ble denne dato fastlagt til den 29. september for 1200-meternivået.

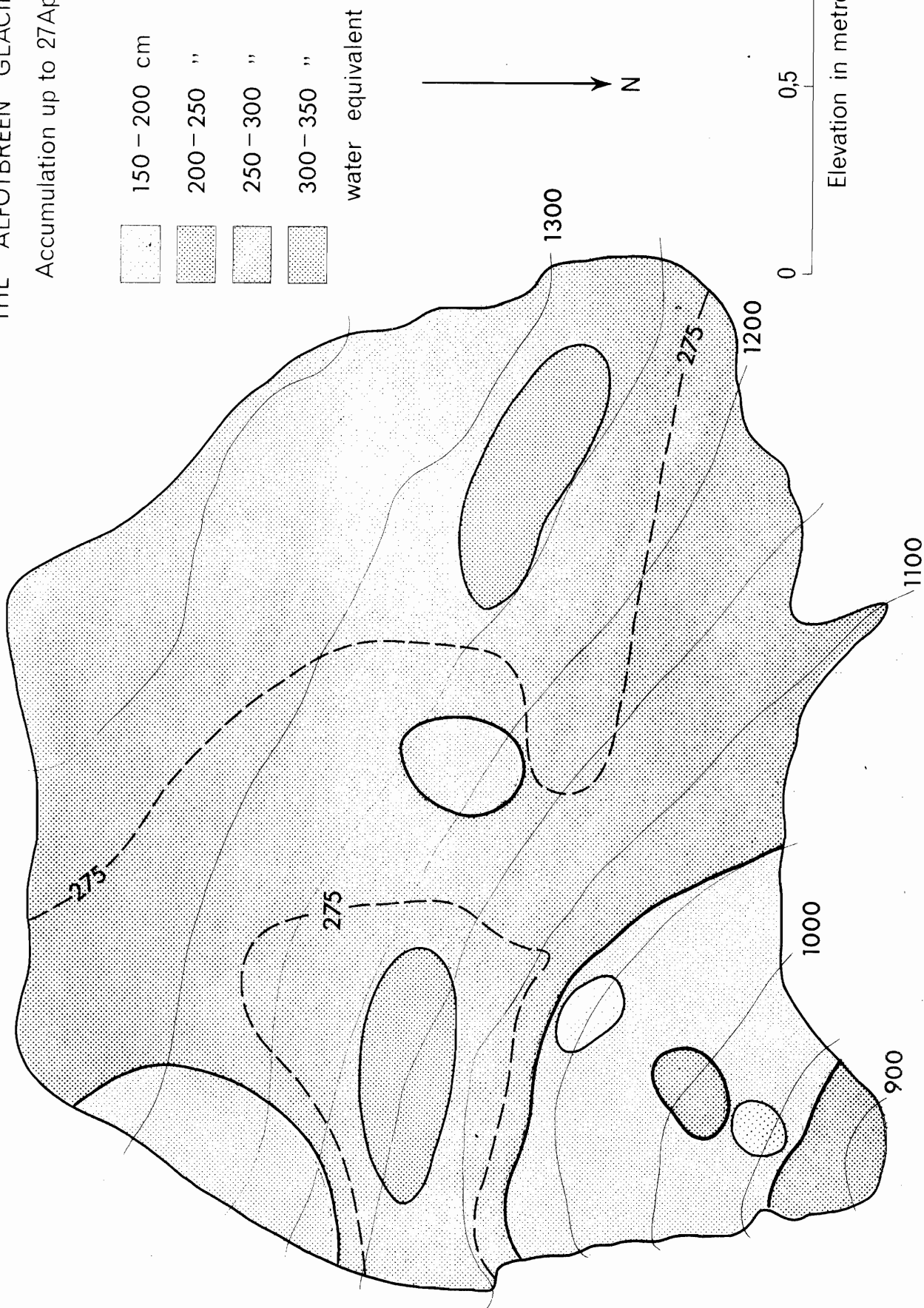
THE ÄLFOTBREEN GLACIER 1964

Accumulation up to 6 March



THE ÄLFOTBREEN GLACIER 1964

Accumulation up to 27April



TABELL I. Ålfotbreen, akkumulasjon pr. 27. april 1964

Høyde- intervall m. o. h.	150 - 200cm vannverdi km ² mill. m ³ vann		200 - 250cm vannverdi km ² mill. m ³ vann		250 - 275cm vannverdi km ² mill. m ³ vann		275 - 300cm vannverdi km ² mill. m ³ vann		300 - 350cm vannverdi km ² mill. m ³ vann		Bre- areal i km ²	Akkumulasjon i mill. m ³ vann
	km ²	m ³	km ²	m ³	km ²	m ³	km ²	m ³	km ²	m ³		
900 - 950			0,02	0,05	0,09	0,24					0,11	0,29
950 - 1000	0,01	0,02	0,13	0,29	0,02	0,05					0,16	0,36
1000 - 1050	0,01	0,02	0,29	0,65	0,01	0,03					0,31	0,70
1050 - 1100	0,01	0,02	0,10	0,22	0,23	0,60	0,06	0,17			0,40	1,01
1100 - 1150					0,31	0,81	0,13	0,37	0,06	0,20	0,50	1,38
1150 - 1200			0,04	0,09	0,25	0,66	0,15	0,43	0,07	0,23	0,51	1,41
1200 - 1250			0,09	0,20	0,21	0,55	0,34	0,98			0,64	1,73
1250 - 1300			0,09	0,20	0,29	0,76	0,31	0,89	0,15	0,49	0,84	2,34
1300 - 1350			0,03	0,07	0,35	0,92	0,64	1,84			1,02	2,83
1350 - 1400							0,26	0,75			0,26	0,75
Areal km ²	0,03	-	0,79	-	1,76	-	1,89	-	0,28	-	4,75	
Akkum. mill. m ³	-	0,06	-	1,77	-	4,62	-	5,43	-	0,92	-	<u>12,80</u>

Jevnt fordelt blir dette et 269 cm vannlag på breen

Hvis denne dato skal ansees representativ for hele Ålfotbreen (ca. 900 - 1100 m. o. h.) så betyr dette at de først observerte 68 cm akkumulasjon på breen falt i tiden 29/9 - 22/10 1963.

For å få en oppfatning om dette kan være rimelig og for dessuten å få en jevnførelse mellom observerte verdier på breen og målt nedbør ved noen meteorologiske stasjoner, er de ovenfor nevnte verdier satt inn i et diagram sammen med kumulativ nedbør ved 3 nærliggende stasjoner. For alle kurver er den 29. september 1963 satt som begynnelsepunkt, slik at all nedbør etter denne dato er summert for de 3 stasjoner. Breens akkumulasjon er som nevnt målt 4 ganger, og summasjonen for de 3 nedbørstasjoner er ført fram til de samme 4 tidspunkter.

Resultatet vises i fig. 3.

Av figuren ser man at akkumulasjonen på Ålfotbreen, som ventet er større enn nedbøren i tilsvarende perioder ved nedbørstasjonene som ligger ved havets nivå. Man ser også at når den samlede akkumulasjon øker, så foregår det en sterkere økning i de høye nivåer (d. v. s. på breen).

Dette forhold kan belyses i følgende tabell:

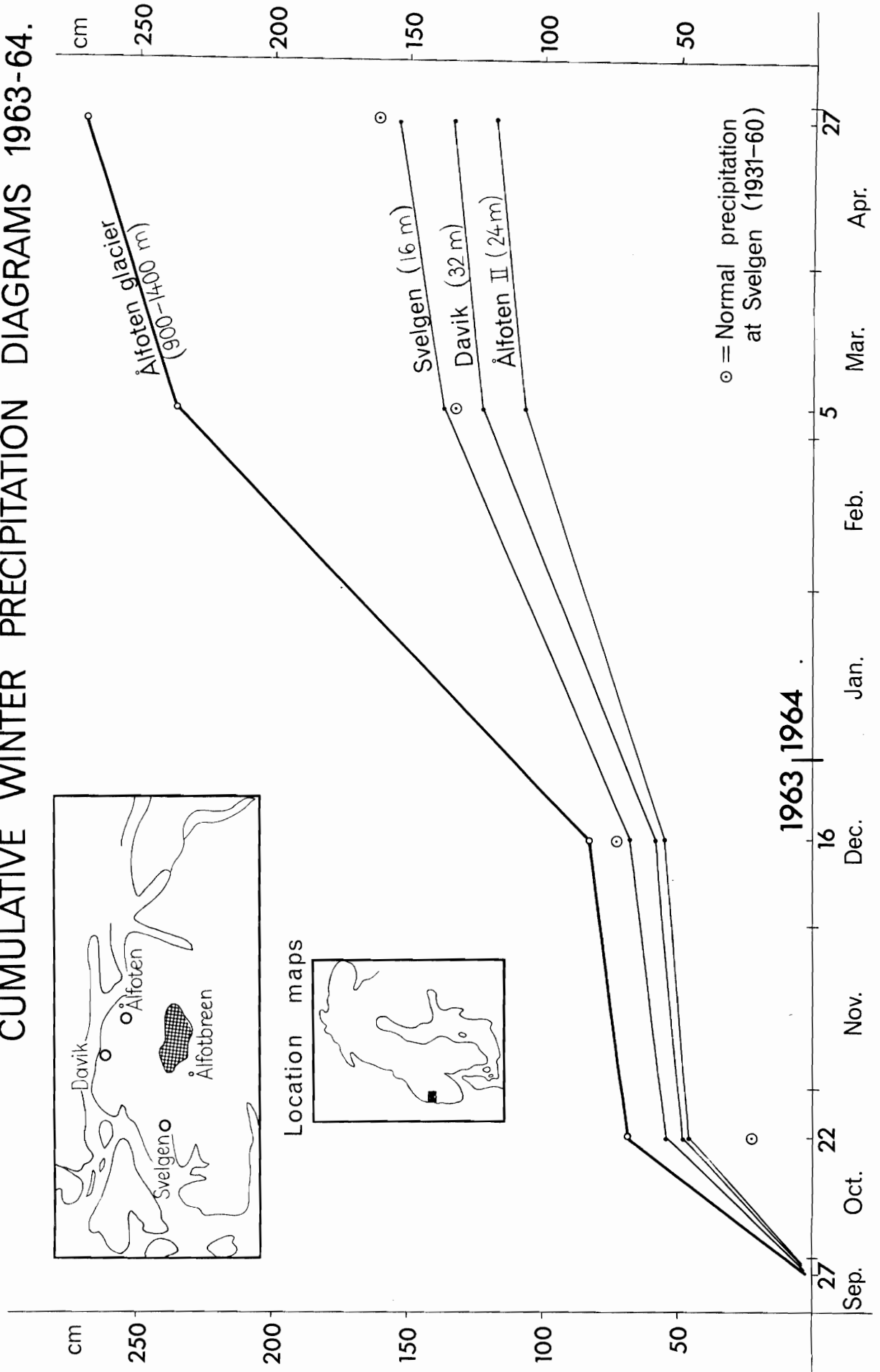
Tabell 2

Kumulativ nedbør, resp. snøakkumulasjon,
regnet fra 29. sept. 1963.

Dato	SVELGEN		DAVIK		ÅLFOTEN		ÅLFOTBREEN	
	kumul. cm	økning %	kumul. cm	økning %	kumul. cm	økning %	kumul. cm	økning %
22/10-63	54,4	-	47,4	-	47,1	-	68	-
16/12-63	67,3	24	54,8	16	54,8	16	82	21
5/3 -64	136,6	103	122,2	116	106,5	94	235	187
27/4 -64	154,0	13	134,1	10	118,5	11	269	15

Som man ser av tabellen er den prosentuelle økning på breen hele 187 % i tiden 16. des. - 5. mars, mens den for de tre nedbørstasjonene holder seg omkring 100. Selv om det foreliggende materiale er lite, har vi allikevel forsøkt å framstille ovennevnte forhold grafisk.

CUMULATIVE WINTER PRECIPITATION DIAGRAMS 1963-64.



Middeltallet for den prosentuelle nedbørsøkning for de 3 meteorologiske stasjoner regnes langs x-aksen, mens den prosentuelle økning i akkumulasjonen på breen regnes langs y-aksen. Sammenhørende verdier, d. v. s. verdier gjeldende for samme tidspunkt er deretter avsatt som punkter i diagrammet. Se fig. 4.

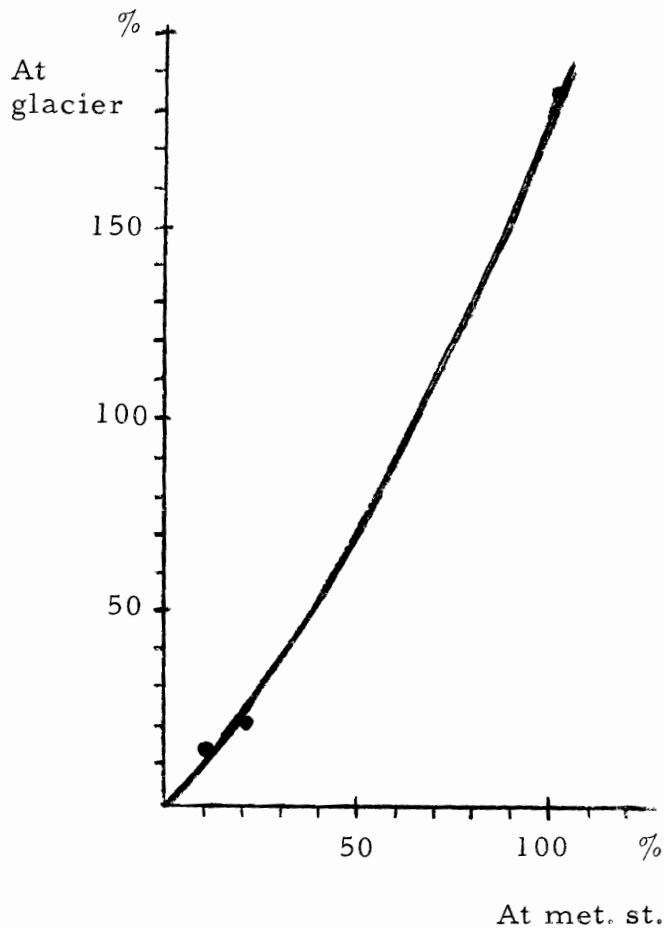


Fig. 4. Accumulation increase (in %) in selected time intervals.

De tre punkter kan, sammen med origo, ligge på en kurve (antydnet i figuren) som i så fall skulle vise at tilveksten i akkumulasjon skjer sterkere i de høye nivåer enn i de lave (der nedbørmålingene foretas).

Først når man har flere målinger, enten fra samme bre eller fra flere forskjellige breer, kan vi dog trekke noen generelle slutninger.

I samband med kontroll av stakene er det derfor viktig å måle hele akkumulasjonen på breene flere ganger i løpet av vinteren; spesielt gjelder dette for breer i kyststrøkene der vi får den største akkumulasjon.

LIT T E R A T U R

- Jakhelln, A. 1961: Maps of snow accumulation - a meteorological aid to hydrology.
Ass. Int. d'Hydr. Scient. Ass. Générale de Bruxelles 1951. Tome 1, p. 270 - 276.
- Klæboe, H. 1937: Litt om snemålinger.
Norsk geogr. tidsskr. 6(1936 - 1937)p. 337 - 341.
- Liestøl, O. 1962: Areas and number of the glaciers and the snowfields. In: "Glaciers and snowfields in Norway" by A. Hoel and W. Werenskiold.
Norsk Polarinstitut. Skrifter nr. 114, p. 28 - 54.
- Tryselius, O. 1940: A short comparison between the Finnish and the Swedish snow samplers.
Geografiska Annaler 22, p. 182 - 187.
- Østrem, G. og Karlén, V. 1962: Nigardsbreens hydrologi 1962.
Norsk geogr. tidsskr. 18 (1961 - 1962) p. 156 - 202.
(Trykt 1963).
- Østrem, G. og Liestøl, O. 1962: Glasiologiske undersøkelser i Norge 1963.
Norsk geogr. tidsskr. 18 (1961 - 1962) p. 281 - 340.
(Trykt 1964)

SUMMARY

The development of the snow cover on a glacier.

As a result of requests from water power authorities, glacier mass balance studies have been started on several Norwegian glaciers during recent years.

As the glaciers have considerable influence on hydrology of rivers draining glaciated areas, it is of importance to obtain knowledge of the behavior of the glaciers, i. e. their mass balance. It is obvious that glaciers act as long-term reservoirs. During cold summers some of the winter snow will remain on the glacier, thus increasing its mass. During warm summers, however, all the winter snow will melt and in addition a part of the glacier also melts, thus decreasing the mass of the glacier. As more than 3000 km² of Norway is glacier covered (a little more than 1 % of the total country, figures according to Liestøl 1962), the study of glacier mass balance has proved to be important.

For the study of the mass balance, the total accumulation and the total ablation are measured on a selection of Norwegian glaciers. As soon as the glaciological year has terminated (generally at the middle of September), the mass balance is calculated for each glacier. In 1962 the mass budgets were strongly positive, in 1963 negative.

For 1964 no results are as yet available, but the accumulation has been recorded by field measurements during the winter 1963-64. Some results of these studies are stated in this preliminary report.

The methods and instruments used for glacier accumulation measurements are different from those used for Scandinavian snow inventories (Tryselius 1940) as the snow normally is more hard packed on the glaciers. (The methods used on the glaciers are fully described in Østrem & Karlén 1962). When stakes are used for accumulation recordings, it is necessary to extend their lengths in the course of the accumulation season, at least on the glaciers situated in the western part of Norway, where heavy precipitation occurs. In some cases the stakes have to be extended several times during the winter, as the snow cover may exceed 10 metres on the highest parts of some of the glaciers. At the same time as the stakes are extended, the

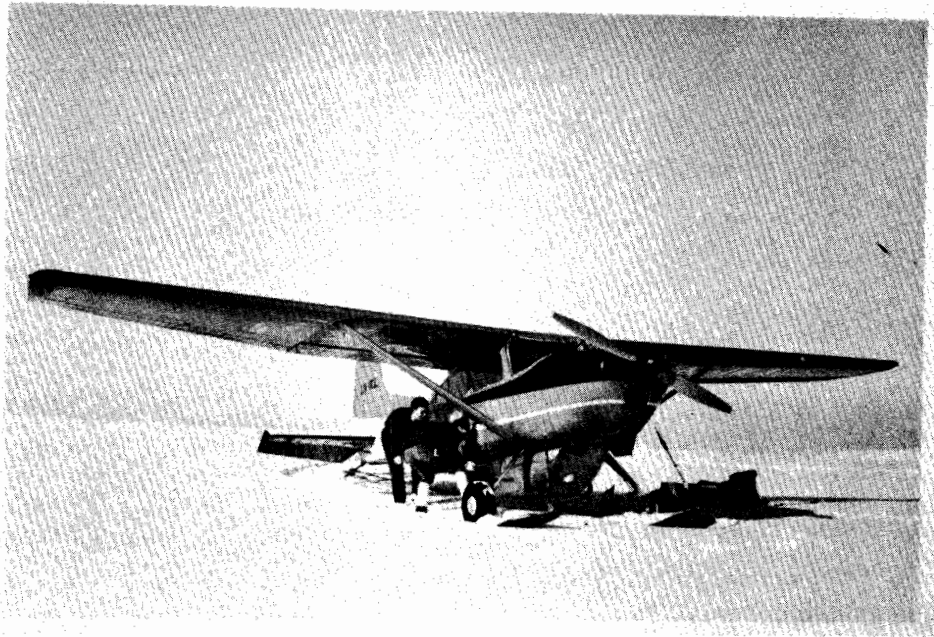
accumulation is measured, thus making possible - at least to some extent - following of the development of the snow cover on the glaciers. Accumulation maps are compiled, showing the situation at different times during the winter. See, for example, the maps shown on figs. 1 - 2.

By measuring the different areas on these maps, the accumulation distribution within each elevation interval can be tabulated, see Table 1. The total accumulation on the glacier is found, and by dividing by its area the average is computed. This figure, giving the water equivalent in centimetres, will be used in the following, when comparisons between glacier accumulation and recorded precipitation at the meteorological stations are made. From the Ålfotbreen glacier 4 accumulation measurements are available for the winter of 1963-64. As the beginning of the accumulation season was not directly observed in the field, a calculation has been made by the Norwegian Meteorological Institute (in connection with the preparation of snow accumulation maps, see Jakhelln 1951) giving the date 29 September 1963 as the first day of snow accumulation for the altitude 1200 m. a. s. l. From that day (29. sept.) the cumulative precipitation at 3 different meteorological stations situated near the glacier has been computed. The figures are placed in a diagram together with the accumulation measurement results, see Fig. 3.

Naturally, the accumulation on the glacier is larger than the precipitation measured at the meteorological stations situated near the sea level, but also the rate of accumulation increase seems to be larger on the glacier. As an example, the precipitation from 16. December to 5. March may be considered. At the meteorological stations, the increase in cumulative precipitation is about 100 % in this time interval, whereas the accumulation increases 187 % on the glacier in the same time.

In spite of the small number of observations, an attempt has been made to demonstrate this peculiarity in a diagram, see Fig. 4. From the graph, which may be drawn based on the 3 points (and origin), it is likely that the accumulation rate increases with altitude.

It is obvious however, that a large number of observations must be made before more general conclusions can be drawn.



Øverst: Fra akkumulasjonsmålingene i mars 1964 da et fly for første gang landet på Ålfotbreen.
Nederst: Akkumulasjonsstakene skjøtes. Merk termistor-kabler som er festet til staken. Den tynne staven er en stålsonde (for måling av mindre snødyp)

Arne Forsman:

UNDERSÖKNINGAR ÖVER SNOSMÄLTNING OCH AVRINNING

Smältvattenmätningarna och snöbrickorna

Under åren 1956-63 har detaljerade snöundersökningar pågått på skilda försöksfält, huvudsakligen i Norrlands skogsområde i norra Sverige.

Syftet har varit,

- att i detalj studera avsmältningen från ett snötäcke och dess orsaker samt därav alstrad avrinning,
- att i samband därmed utprova ett nytt mätinstrument och etablera en lämplig mätmetodik och
- att på grundval av insamlade data pröva vissa teoretiska och empiriska formler.

Undersökningarnas utförande har

- huvudsakligen ägt rum på 3 försöksfält inom Norrlands skogsområde,
- varvid följande mätningar utförts vid samtliga:
Uppmätning av smältvattenmängderna, med för ändamålet konstruerade brickor med en yta av 1 m², vilka lagts ut på marken om hösten i gläntor i skogen före första snöfallet,
snötaxeringar och
meteorologiska observationer,
vartill kom på vissa försöksfält:
uppmätning av avrinningen och
grundvattenståndet.

Mätningarnas omfattning framgår av följande uppställning.

Försöks- fält	Belägenhet	Observations- period	Antal säsonger	Antal brickor	Vatten- föring	Grund- vatten
Råbäcken	mellersta Ångermanland	1958/59-1962/63	5	3	x	x
Bjurbäcken	vid nedre Luleälven	1957/58-1961/62	5	3	x	-
Messaure	polcirkeln vid Luleälven	1957/58-1961/62	5	2	-	-

För uppmätning av de smältvattenmängder som lämnar snötäcket har en snöbricka konstruerats. Den är tillverkad av galvaniserad plåt med en bottenyta av 1 m^2 och är försedd med ca 6 cm höga kanter. I ena hörnet är ett avloppsrör anbragt med diameter 19 mm och längd ca 30 cm. Brickorna och röret är vitmålade för att minska strålningsabsorptionen. Till röret är ansluten en slang, som leder ned smältvattnet genom ett litet hål i ett lock till en uppsamlingshink, som rymmer 25 l. I röret eller slangen finns några hål, så att salt kan införas för att förhindra tillfrysning.

Ytan är en m^2 .

Smältvattnet uppmättes i ett mätglas graderat i centiliter.

Uppmätningen har i regel utförts kl 7 och 19 varje dygn, då tö förekommit. Under ett par dagar varje säsong har mätning skett var eller varannan timme.

Smältvattnets avrinnande underlättas av att brickorna lutar något, ca 3 %, mot avloppet. Avloppsröret lutar mer än 3 % och slangen leder tämligen lodrätt ned i uppsamlingskärlet.

Brickorna har lagts ut i sina lägen på hösten innan första snöfallet. De har i regel placerats på en liten upphöjning (ett par cm) inom ett plant område, så att smältvatten inte kan rinna in på brickan. Botten har täckts av en ljusbrun matta av sjögräsväv, vilken antages efterlikna de naturliga förhållandena i avseende på strålning. Utsidan av brickornas kanter har beklätts med mossa. En yttre uppsamlingshink har grävts ned, så att den kommit väl under brickans nivå och isolerats i gropen med träull el. dyl. för att förhindra fastfrysning. I hinken placerades det inre uppsamlingskärlet, vilket består av en vanlig nederbördsmätare försedd med pip och handtag. Gummislangen från avloppsröret har ledits genom ett hål i locket på det yttre kärlet ned i det inre.

Diskussion av felkällor.

De olika osäkerhetsmomenten i smältvattenmätningarna kan sägas sammanhänga med följande förhållanden:

brickans storlek,
 strålningsabsorptionen,
 hinder för fri avrinning,
 brickans inverkan på snöns struktur,
 felkällor i volymmätningen,
 osäkerheten i tidsangivelserna och
 åverkan.

Det skulle varit mycket intressant om man kunnat göra jämförande mätningar med brickor i olika storlek. Det har visat sig en tydlig randeffekt vid snödjup under ca 1 dm, då hörnen och kanterna smälter fram först. Vid större snödjup däremot kan man inte konstatera någon sådan effekt.

Denna randeffekt hänger uppenbarligen samman med en högre strålningsabsorption i brickans kanter. Genom att lägga upp mossa utmed ytterkanterna kan den nedbringas. Sjögräsmattan på brickans botten sörjer för att strålningsabsorptionen där vid tunt snötäcke i stort motsvarar omgivningens.

Genom hela systemets lutning är det väl sörjt för effektiv dränering; möjligen kan man fråga sig hur mycket vattendränkt snö som bildas i det lägsta hörnet vid avloppet. En överslagsberäkning visar dock att den maximala tillrinningen från brickan 3,6 mm vp/tim, motsvarande 0,001 l/s, lätt avbördas av avtappningsröret, vars lutning är mer än 3 %. Har röret ej proppats igen sker således ingen uppdamning.

Har brickan någon inverkan på snöns struktur?

Det kan säkert förutsättas att energitransporten mellan mark och snö inte påverkas av brickan som helhet med sjögräsväven. Däremot hindras utbyte av luft mellan marken och snön på brickan. Det är dock intressant, att detta förhållande har någon betydelse.

Volymmätningen av smältvattnet med hjälp av mätglas erbjuder i princip ingen svårighet. Mätnoggrannheten är mycket stor. Drivsnö kan stundom blåsa in i både yttre och inre mätkärlet och på så sätt fiktivt öka smältvattenmängderna. I regel ser dock observatörerna till att alla springor tätas.

Eftersom ytterhinken är täckt med lock, behöver man inte räkna med avdunstningsförluster i mätkärlet.

Smältvattnets fördröjning på brickan och i rör och slang torde vara obetydlig jämfört med fördröjningen inom snötäcket.

Vissa ingrepp har observatörerna varit tvungna att göra för att rensa upp slang och röret och för att gräva fram hinken. Effekten av dessa ingrepp är svårbedömlig. Men jag föreställer mig, att den är liten, så länge snödjupet är mer än 1 dm.

Avsikten med snömätningarna har varit att utföra smältvattenmätningar i vissa punkter, så valda att de skulle vara representativa för större områden.

Vid försöksfält med mätdammar skulle sålunda smältvattenmätningarna vara representativa för respektive damms dräneringsområde. Även de samhöriga meteorologiska observationerna skulle vara representativa för motsvarande områden.

Som väntat var det svårt att finna representativa lägen i barrskogen, där snön lägger sig så ojämnt beroende på olikheter i trädens slag, ålder, täthet och växtsätt m. m. Mitt i gläntor eller i mycket gles skog, de ställen där snötäcket ligger jämnast, påverkas smältningen i mycket varierande grad av instrålning - direkt samt reflekterad och emitterad från träden. Dessutom är utstrålningen större där än i skog av normal täthet. Lösningen till detta dilemma var att om möjligt lägga ut minst tre brickor på plan mark vid varje försöksfält - en i tät skog under kronorna, en i tämligen soligt läge mitt i en glänta och en i en glänta skyddad mot direkt solstrålning.

Detta visade sig svårt att genomföra i praktiken.

Men jag ville också undersöka smältningen under extrema förhållanden: i solig söderslutning, i skuggad norrslutning, under tät gran och i soligt läge med svärtad snöyta.

De första installationerna var mer eller mindre experimentbetonade - för att se om och hur brickorna fungerade. De gav också värdefulla erfarenheter för de fortsatta mätningarna.

Snöns avsmältning som funktion av meteorologiska parametrar

Snösmältningen innebär fysikaliskt en förändring i aggregationstillståndet - iskristallerna övergår till flytande vatten. För denna fasförändring fordras tillförsel av energi, närmare bestämt 80 cal för smältning av varje gram nollgradig snö. Smältningen äger huvudsakligen rum vid snötäckets yta och omedelbart under. Dess intensitet bestäms av intensiteten i energiutbytet med omgivningen.

Detta äger rum genom:

- strålningsutbyte,
- konvektivt energiutbyte med luften,
- kondensations- resp. avdunstningsprocesser vid snöytan,
- regn och
- energiutbyte med underliggande mark.

Till att börja med åtgår det producerade vattnet till att mätta snötäcket med kapillärt bundet vatten. De energikvantiteter, som åtgår under denna "mognad", beror på snöns termiska kvalité vid processens början och på snötäckets maximala vattenhållande förmåga. Denna motsvarar i regel ca 4 % vatten. Innan dräneringen börjar från botten av snötäcket erfordras ytterligare ca 4 % fritt vatten på väg ned genom snön. Först därefter kan snön avge nämnvärda smältvattenmängder. I och med att en viss del av det vattenmättade snötäcket smälter frigörs inte bara vattenmängder motsvarande de tillförda energibeloppen, utan det tillkommer också det kapillärt bundna vattnet, vilket frigörs. Detta innebär att det blir en tidsförskjutning mellan energitillförsel och smältvattenavrinning. Fördröjningen är givetvis varierande beroende på omständigheterna i de speciella fallen.

Medelst multipelkorrelation har regressionsekvationer beräknats över sambandet mellan smältvattenmängder såsom beroende variabel och 1-4 oberoende variabler, vilka fungerat som index på de olika processerna i snötäckets energihushållning.

Avsikten har varit att finna en så god beskrivning som möjligt på snösmältningen med utgångspunkt från tillgängliga meteorologiska observationer och därav härledda index.

De smältvattenmängder, som uppmäts på brickorna, beror delvis på snöns egenskaper, dess mognad m. m., men under den egentliga avsmältningstiden, då snön har mognat och är mättad med kapillärt vatten, kan man anse smältningen enbart beroende på de meteorologiska faktorerna. Svårast att bortse ifrån här torde vara ändringar i snöytans albedo.

För att kunna utföras med framgång har därför korrelationsräkningarna genomförts endast för dagar, då snösmältningen kommit igång på allvar, och de har avslutats då snötäcket på brickorna gått ned till 1 dm. Alla dygn med regn har uteslutits. Dagar med snöblandat regn har medtagits om snödjupet på brickorna varit större än 50 cm. Dagar med enbart snöfall har inte uteslutits.

I korrelationsräkningarna har de dagliga uppmätta smältvattenmängderna ingått som beroende variabel X_1 , och som oberoende de positiva dygnsgraderna (beräknade ur timvärden på termogrammen), dygnets minimitemperatur, ett strålningsindex: $S \cdot \sin h \cdot (1 - 0,5N)$, där S är maximal solskenstid i tim, h största solhöjden och N molnigheten, och ett kondensationsindex: $v \cdot (6,11 - e)$, där v är uppskattad vindstyrka i beaufort och e luftens fuktighetstryck i mb.

De olika indices har valts så att de skall representera de skilda processerna i snötäckets energihushållning under snösmältningen.

Korrelationsräkningarna har utförts dels individuellt för några brickor, dels för medelvärden av uppgifter från flera brickor. Beräkningarna har omfattat samtliga säsonger med tillförlitliga observationer. De omfattar härigenom 35-40 dygn sammanlagt för varje bricka. Beräkningsperioderna omfattar dagar utan regn men med relativt intensiv avsmältning.

Beteckningar samt gränser mellan vilka variablerna i regel varierar under snösmältningen:

X_1 = smältvatten, mm vattenhöjd	0, 0-20, 0
X_2 = positiva dygnsgrader	0, 0-12, 0
X_3 = negativ minimitemp. (pos. minimitemp sättes = 0)	0, 0-10, 0
X_4 = strålningsindex, $S \cdot \sin h (1 - 0,5N)$	2, 0-12, 0
X_5 = kondensationsindex, $v (4,6 - e)$: e i mm Hg v i beaufort	-4, 0-+4, 0

Resultat; Regressionsekvationer:
Råbäcken, bricka 2, 40 dygn under 4 sä-
songer.

Restvarian-
sens reduktion

$X_1=1,25 X_2+0,75 X_3+0,18 X_4+2,38;$	$R_{1.234}=0,879$	78 %
$X_1=1,24 X_2+0,54 X_3-0,31 X_5+3,35;$	$R_{1.235}=0,880$	77 %
$X_1=1,33 X_2+0,65 X_3+3,03;$	$R_{1.23} =0,878$	77 %
$X_1=1,63 X_2+0,13;$	$r_{12} =0,849$	72 %
$r_{13} =0,67 \quad r_{14} =0,18 \quad r_{15} =-0,75 \quad R_{1.24} =0,86 \quad R_{1.25} =0,87$		

Råbäcken, bricka 1, 35 dygn under 4 sä-
songer.

$X_1=1,36 X_2+0,73 X_3-0,04 X_4+3,54;$	$R_{1.234}=0,858$	75 %
$X_1=1,33 X_2+0,75 X_3+3,44;$	$R_{1.23} =0,858$	75 %
$X_1=1,59 X_2+1,30;$	$r_{12} =0,826$	68 %
$r_{13} =0,62 \quad r_{14} =0,39$	$R_{1.24} =0,84$	

Råbäcken, bricka 3, 42 dygn under 4 sä-
songer.

$X_1=0,96 X_2+0,99 X_3-0,34 X_4+5,1;$	$R_{1.234}=0,73^{\pm}0,07$	54 %
$X_1=1,07 X_2+0,34 X_3+6,6;$	$R_{1.23} =0,73$	
$X_1=1,43 X_2+3,2;$	$r_{12} =0,68$	
$r_{13} =0,59 \quad r_{14} =0,09$	$R_{1.24} =0,68$	

Bjurbäcken, bricka 3, 31 dygn under 3 sä-
songer.

$X_1=1,26 X_2+0,25 X_3-0,68 X_4+8,19;$	$R_{1.234}=0,76^{\pm}0,07$	59 %
$X_1=1,07 X_2+0,52 X_3+4,72;$	$R_{1.23} =0,75$	
$X_1=1,30 X_2+2,55;$	$r_{12} =0,71$	
$r_{13} =0,54 \quad r_{14} =-0,12$	$R_{1.24} =0,76$	

Bjurbäcken, bricka 2, 32 dygn under 3 säsonger.

$$\begin{array}{ll}
 X_1=1,19 & X_2+0,60 & X_3+0,06 & X_4+4,01; & R_{1.234}=0,76 \pm 0,08 \\
 X_1=0,73 & X_2+0,37 & X_3-0,66 & X_5+6,19; & R_{1.235}=0,79 \pm 0,07 \quad 62 \% \\
 X_1=1,20 & X_2+0,58 & X_3+4,31; & & R_{1.23} = 0,76 \\
 X_1=1,45 & X_2+1,96; & & & r_{12} = 0,72 \\
 r_{13} = 0,54 & r_{14} = 0,01 & r_{15} = -0,74 & R_{1.24} = 0,73 & R_{1.25} = 0,78
 \end{array}$$

Det framgår av de enkla korrelationsfaktorerna r , att de positiva dygnsgraderna är den enskilda faktor, som utan tvekan har det bästa sambandet med snösmältningen. Därefter i betydelse kommer kondensationsindex och minimitemperaturen.

Vill man söka beskriva snösmältningen med två oberoende variabler, bör man ta med de positiva dygnsgraderna plus en av de övriga variablerna. Vilken har mindre betydelse för de ger ungefär lika gott samband. Minimitemperaturen är dock att föredra, därför att den är enklare att observera.

Vid beskrivning med tre variabler, med ytterligare en utöver de båda temperaturvariablerna, är det tveksamt om de här definierade kondensations- resp. strålningsindex har någon egentlig inverkan. Strålningsindex ingår ju t. o. m. med olika tecken i regressionsekvationerna.

Utöver bristande mätnoggrannhet och representativitet torde kvarstående skillnader mellan beräknad och observerad avsmältning huvudsakligen bero på snöns egenskaper, vilka varierar under avsmältningen.

Vid en jämförelse mellan de olika regressionsekvationerna är det frapperande hur lika koefficienterna är. Detta tar jag som en bekräftelse på att brickorna, lika väl som de meteorologiska observationerna, är tämligen representativa.

Det kan inte vara någon tillfällighet att överensstämmelsen är så god mellan brickor i skilda delar av Norrlands skogsområde, och jag anser det därför berättigat att betrakta regressionssekvationerna i stora drag, liksom ovannämnda slutsatser, som generellt giltiga för avsmältningen i Norrlands skogsområde i allmänhet, och för mindre gläntor i äldre barrskog i synnerhet.

Men att man får iaktta en viss försiktighet vid tillämpningen visar resultaten från Messaure, där brickorna låg i gläntor i ung gles tallskog.

Messaure, bricka 2, 31 dygn under 4 säsonger.

$$X_1=2,22 \quad X_2=0,05 \quad X_3=1,12 \quad X_4=7,79; \quad R_{1.234}=0,85 \pm 0,05 \quad 73 \%$$

$$X_1=2,08 \quad X_2=0,42 \quad X_3=1,27; \quad R_{1.23} = 0,83$$

$$X_1=2,29 \quad X_2=0,21; \quad r_{12} = 0,82$$

$$R_{1.24} = 0,85 \quad R_{1.34} = 0,55 \quad r_{13} = 0,55 \quad r_{14} = -0,34 \quad r_{23} = 0,56$$

$$r_{24} = -0,16 \quad r_{34} = -0,53 \quad r_{13.2} = 0,21 \quad r_{14.2} = -0,36$$

Koefficienten för pos. dygnsgraderna är här ca 50 % större än vid Råbäcken och Bjurbäcken. Orsaken till detta kan vara, att vinden är starkare i den låga glesa tallskogen i Messaure, och att därigenom det konvektiva utbytet blir intensivare. Tänkbar anledning skulle också kunna vara, att instrålningen är större, på grund av att träden skuggar mindre. Men detta förefaller mindre troligt eftersom både r_{14} och $r_{14.2}$ är negativa. Högt instrålningsindex svarar sålunda mot låg avsmältning. Orsaken till detta är att söka i att energiförlusterna genom långvågsstrålning ökar vid sådana väderlekssituationer (klart väder), som betingar hög instrålning. Nettoresultatet av detta beror bl. a. på trädskronornas konfigurationer i närheten av brickorna.

Snösmältningens dagliga gång

Genom de uppmätningar av avsmältningen, som utförts var eller varannan timme under dagar med intensiv snösmältning, har tillfälle givits, att närmare studera smältningens dagliga gång. I följande tabell samt i fig 11 redovisas observationerna under några typiska dygn.

Messaure, bricka 1, 1959. Avsmältningens dagliga gång.

26 april				27 april			
Tidsintervall	Solhöjd grader	Smältv. mm vp	Tempera- tur °C	Molnig- het 1/10	Smältv. mm vp	Tempera- tur °C	Molnig- het 1/10
7				5			1
8	28		+ 6,0		(2, 3)	+ 6,8	
8-9			+ 8,0		0,2	+ 8,7	
9-10	35		+ 9,0		1,2	+10,4	
10-11		(12,4)	+ 9,8		2,3	+12,0	
11-12	33		+10,0		2,6	+12,8	
12-13		1,1	+ 9,8	10	<u>3,6</u>	+13,0	0
13-14	35	1,7	+10,2		2,2	+13,8	
14-15		<u>1,9</u>	<u>+10,5</u>		2,8	+14,4	
15-16	28	1,2	+10,2		<u>2,9</u>	<u>+14,6</u>	
16-17			+10,0		2,2	+14,2	
17-18	18	1,9	+ 9,4		1,7	+11,9	
18-19			+ 8,3	10	0,9	+10,4	5
19-20	10		+ 7,6			+ 8,8	
20-21		1,3	+ 6,8			+ 6,8	

Snösmältningens dagliga gång följer tydligen temperatur och instrålning. I Messaure den 26.4 1959 var det helmulet, och avsmältningen från bricka 1 följer mycket nära temperaturens gång med maximivärden mellan kl 14 och 15, då också temperaturen är högst. Under natten är minimitemperaturen -1° , och avsmältningen avstannar aldrig helt. Påföljande dag är det klart till kl 13, varefter molnigheten tilltar till omkring halvklart kl 19. Temperaturen stiger till maximivärdet $+15^{\circ}$ mellan kl 15 och 16, och smältningen får här ett intressant förlopp. Den har ett absolut max. mellan kl 12 och 13 (3,6 mm vp/tim) betingad av instrålningen, och ett sekundärt temperaturbetingat max kl 15-16 (2,9 mm vp/tim). Avsmältningen har således sitt intensitetsmax ca 3 tim innan temperaturen uppnår sitt maximala dygnsvärde.

Ett något annat förlopp visas på fig. 11, som avser smältningen från den orörda brickan vid Messaure 23-25/4 1958. Under dessa dagar rådde klart väder med köldgrader (-6° till -10°) på nätterna och plusgrader på dagarna ($+3^{\circ}$ till $+5^{\circ}$). Tempmax inträffade i regel bara en

å två timmar efter kl 12, och avsmältningstoppen inträffade också omkring kl 14. Den egentliga avsmältningen kom inte igång förrän omkring kl 9-10 på morgonen och den pågick endast i 7 till 9 timmar till 17-18-tiden på e. m.

De här anförda exemplen är typiska för avsmältningen i relativt öppna lägen. Men även i skuggigare lägen är gången densamma, fast instrålningens verkan är något dämpad.

Genom att uppmätning av smältvattnet i allmänhet skett varje morgon och kväll kan skillnaderna i avsmältning mellan dag och natt undersökas närmare. Mätningarna har oftast gjorts omkring kl 08 och 17, vilket innebär att dagavsmältningen avser ca 9 timmar och nattavsmältningen ca 15 timmar.

I nedanstående uppställning ges exempel på några typiska situationer utvalda från följande perioder och ställen:

1. Messaure, bricka 2; 10-11/5 1962, två dygn med hög nattlig avsmältning.
2. Råbäcken, medelvärde av bricka 1, 2 och 3; 22-27/4 1960, 6 dygn med hög nattlig avsmältning.
3. Råbäcken, medelvärde av bricka 1 och 3; 21-26/4 1961, 5 dygn med stor skillnad mellan dag- och nattavsmältning.
4. Bjurbäcken, bricka 1; 20-30/4 1960, 11 dygn med likartade variationer.

	Smältvatten S mm vp	Pos. tempsumma U dygnsgrader	Minimitemp t_n °C	Molnighet
1. dag	12	2,8		nästan mulet
natt	7	4,0	+2,4	
diff	5	-1,2		
2. dag	7	4		halvklart
natt	4	3	-1	
diff	3	1		
3. dag	9	4,5		klart
natt	2,5	2,5	-1,5	
diff	6,5	2		

4. dag	4	2,5		halvklart
natt	0,5	0,7	-3,5	till mulet
diff	3,5	1,3		

Här illustreras hur hög nattemperatur ger hög nattlig avsmältning. (1. och 2.). Stora skillnader mellan dag- och nattavsmältning betingas av klart väder med stor instrålning (3), samt relativt låg minimitemperatur. Bidragande är givetvis också skillnaden i pos. tempsumma mellan dag och natt.

Fall 4. är exempel på en ovanligt lång period (11 dygn) med tämligen regelbundna dygnsvariationer, vilka beror på en kombination av olika orsaker: skillnad i pos. tempsumma mellan dag och natt, negativa minimitemperaturer varje natt samt strålningens dygnsvariationer.

De här anförda värdena utgör avrundade medeltal för hela de angivna perioderna.

Sammanfattningsvis kan sägas att avsmältningen från ett moget snötäcke vid mulen väderlek eller i skuggiga lägen mycket nära följer temperaturens dagliga gång, under förutsättning av plusgrader. I soliga lägen vid klar himmel förekommer ofta två intensitetsmaxima i avsmältningen; det ena i samband med instrålningsmaximum och det andra i samband med temperaturmaximum. Det av instrålningen betingade inträffar i regel omkring kl 12 och det av temperaturen betingade någon gång mellan kl 13 och 16. Det förekommer också att de bägge maxima sammanfaller. Stora dygnsvariationer i avsmältningen förekommer framförallt vid högtrycksituationer med klart väder och plusgrader på dagarna och en eller två minusgrader på nätterna.

Påskyndning av avsmältningen på konstlad väg

Vad händer om man svärtar snöytan, så att dess albedo minskar?

För att undersöka detta, lade jag ut två snöbrickor hösten 1957 vid Messaure bredvid varandra i samma läge i en glänta i skogen. Den ena lämnades orörd, medan den andra svärtades med kimirök. Ca 3 g per m² spriddes ut efter varje snöfall, sammanlagt

ett tiotal gånger under avsmältningstiden. Ett område i terrängen runt den svärtade brickan besprutades likaledes med kimrök. Genom svärtningen kan man räkna med att praktiskt taget all strålningsenergi absorberas.

Resultatet blev att snön smälte bort 3 veckor tidigare från brickan med kimrök. Denna blev snöfri den 6/4 mot 27/4 1958 för den orörda. Då brickan med kimrök blev bar, hade sammanlagt 59,0 mm vatten smält bort från den, men från den orörda endast 7,4 mm. För smältningen, som försiggått under 8 dagar, hade det då således åtgått 413 cal/cm² mer på kimröksbrickan, vilket innebär att denna hade tillgodogjort sig 51,6 cal/cm² och dygn mer än den orörda brickan.

Snödjupet på den orörda brickan var den 6.4 24 cm och spec. vikten enligt mätningar vid snöpeglarna inom det icke kimröksbelagda området 0,235, varav vattenvärdet beräknas till 56,4 mm vp. En kontroll på detta värde erhålles genom att minska den totalt uppmätta smältvattenvolymer 89,0 mm vp med uppmätt nederbörd under tiden 7.4-27.4, vilken utgjorde 32,4 mm vp. Skillnaden blir 56,6 mm vp vilket stämmer väl med vattenvärdet den 6.4: 56,4 mm vp. Under tiden 6.4-27.4 var dock fuktighetstrycket högre än 6,11 mb, varför kondensation förekom. Den totalt uppmätta smältvattenvolymer bör därför ökas med ett okänt belopp. Det torde emellertid vara relativt litet, och vattenvärdet den 6.4 (56,4 mm vp) kan anses i stort sett bestyrkt.

Nederbörden från den dag på hösten då permanent snötäcke bildades till den 6.4 är lika med vattenvärdet 56,4 mm vp på den orörda brickan den 6.4 ökat med avsmältningen 7,4 mm vp från denna och även ökat med avdunstningen från samma bricka. För brickan med kimrök gäller motsvarande men med avsmältningen lika med 59,0 mm vp och vattenvärdet den 6.4 lika med noll. Under förutsättning att nederbörden varit densamma på båda brickorna, vilket man ej har anledning betvivla, erhålles en skillnad på ca 5 mm vp i avdunstning mellan kimröksbrickan och den orörda. Differensen är naturligtvis osäker, men den indikerar att avdunstningen skulle varit något större från kimröksbrickan, vilket stämmer med teorin. Kimröksbrickan har ju under avsmältningen varit nollgradig under en längre tid än den orörda brickan.

Under större delen av avsmältningstiden för kimröksbrickan var fuktighetstrycket lägre än 6, 11 mb, varför avdunstning försiggått. Dessa 5 mm vp i ökad avdunstning kräver ett energitillskott på ca 337 cal/cm².

Om man godtar detta värde, framgår det att den svärtade snön absorberat ca 750 cal/cm² mer än den orörda. Ca 60 % av detta skulle då ha gått till ökad avsmältning och ca 40 % till ökad avdunstning.

Maximal snösmältning och smältvattenavrinning.

Det högsta dygnsvärdet på avsmältningen, 29 mm vp, uppmättes på bricka 1 vid Messaure den 30. 4 1959 vid en dygnsmedeltemperatur på 9 grader. Några dagar senare uppmättes 27 mm vp/dygn på bricka 2. Dessa två brickor - men särskilt nr 1 - låg i mera öppna lägen än brickorna vid Bjurbäcken och Råbäcken. Men även vid dessa försöksfält uppmättes höga dygnsvärden: 24 mm vp vid Bjurbäcken 1959 och 23 mm vp vid Råbäcken samma år. Högsta timvärdet uppmättes vid bricka 1 i Messaure den 27. 4 mellan kl 12 och 13 med 3, 6 mm vp. Lufttemperaturen var då 13 grader och solen sken.

Det insamlade observationsmaterialet är måhända väl magert för beräkning av maximal punktavsmältning under olika tidsintervall. Materialet omfattar endast 14 säsonger (Messaure, Bjurbäcken och Råbäcken vardera 4 samt Bromma 2), men en sammanställning ger följande resultat:

Tidsintervall	Max. avsmältning, i mm vp
1 tim	3, 6
2 "	6, 2
4 "	11
6 "	16
12 "	25
1 dygn	29
2 "	54
4 "	103
7 "	119
10 "	159
14 "	186

Exempel på andra höga observerade värden på snöavsmältning.

	Avsmältning	motsvarar	
		mm vp per tim	per dygn
Sokolovsky (1948): max avsmältning i Ryssland			
åker	109 mm vp per dygn	4,9	109
trädgård	150 " " " "	6,3	150
"	9,7 " " " tim	9,7	
Kaitera (1943): max avsmältning i Finland			
skog	170 mm vp per 5 dygn	1,4	34
"	220 " " " 10 "	0,9	22
"	284 " " " 15 "	0,8	19
Miller (1955): hög avsmältning i Sierra Nevada, Californien			
öppen mark	38 mm vp per dygn	1,6	38
barrskog	25 " " " "	1,0	25

Genom uppmätningar eller ur meteorologiska observationer kan snösmältningens maximala intensitet i en punkt bestämmas. Smältvattenavrinningens maximalvärde från en liten ytenhet är lika med denna snösmältningensintensitet minskad med infiltrationsintensiteten. Allteftersom avrinningsområdet yta ökar reduceras den maximala intensiteten.

Detta kan beskrivas med en reduktionsformel av följande typ:

$$A = f(S - i) ;$$

där A är avrinningen, S smältvattnet, som avges från snötäcket undersida, i infiltrationen och f en reduktionsfaktor.

Bl. a. Sokolovsky (1948, 1956) har använt följande uttryck på reduktionsfaktorn:

$$f = \frac{a}{(N + 1)^n} ;$$

Här är N dräneringsområdets area. Om N går mot 0, går f mot 1, vilket stämmer med förutsättningarna. Om N går mot oändligheten, går f mot $1/N^n$.

För sjö- och myrlösa skogsområden i Ryssland har Sokolovsky empiriskt bestämt följande värden på konstanterna:

$a = 0,278$ och $n = 0,25$, om A , S och i anges i mm vp/tim och N i km^2 . Här tas även hänsyn till dygnsvariationen i S .

Vid Råbäcken var den maximala avsmältningen ca 1,25 mm vp/tim både 1959 och 1962 och vattenföringens maximivärde samma dagar 130 resp. 152 l/s, vilket svarar mot 0,47 resp. 0,54 mm vp/tim.

Tillämpas Sokolovskys formel under antagande att infiltrationen är så liten att den kan försummas erhålles:

$$Q_{\max} = 0,278 \cdot 1,25 \cdot \frac{1}{\sqrt[4]{1+1}} = 0,413 \text{ mm vp/tim} = 120 \text{ l/s};$$

vilket ger en god överensstämmelse med de observerade värdena, ehuru något i underkant.

En avsmältningstopp på 3,6 mm vp/tim motsvarande den maximala uppmätta vid de representativa snöbrickorna skulle ge:

$$Q_{\max} = 1,2 \text{ mm vp/tim} = 330 \text{ l/s},$$

vilket inte är ett orimligt värde på maximalt snösmältningsflöde i Råbäcken.

Vid Bjurbäcken var det högsta timvärdet 1,4 mm/tim, och det uppmättes den 7.5 1962. Om motsvarande kalkyl utföres för Bjurbäcken med utgångspunkt från detta värde samt det antagna högsta timvärdet 3,6 mm vp erhålles följande:

$$S_{\max} = 1,4 \text{ mm vp ger } A_{\max} = 0,093 \text{ mm vp} = 310 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$$

$$\text{vilket motsvarar } Q_{\max} = 1,16 \text{ mm vp/tim} = 3,9 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S_{\max} = 3,6 \text{ mm vp ger } A_{\max} = 0,24 \text{ mm vp} = 800 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$$

$$\text{vilket motsvarar } Q_{\max} = 3,0 \text{ mm vp/t} = 10 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dessa värden är uppenbart för höga - de bör reduceras med åtminstone 50 %. Från flödestoppen i början av maj 1962 saknas visserligen observationer, men av de observationer som finns framgår, att vattenföringen endast obetydligt kunnat överstiga 1 m^3/s .

Hallgren och Olseni (1960) har utfört avrinningsmätningar från små områden. De uppger den maximala momentana avrinningen orsakad av snösmältning till värden motsvarande $300 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ från $0,9 \text{ km}^2$ åker vid Ultuna, och till $500 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ från $0,09 \text{ km}^2$ åker vid Rödbäcksdalen i Norrlands kustområde. Omräknade till vattenhöjd motsvarar detta 1,1 resp. 1,8 mm vp/tim.

Tillämpas Sokolovskys formel så att den maximala avsmältningen beräknas ur maximala avrinningsvärden erhålles följande resultat:

max. avsmältning vid Ultuna:	4,7 mm vp/tim
" " " Rödbäcksliden:	6,5 " " "

Värdet för Ultuna är visserligen högt, men kan betecknas som rimligt, särskilt med hänsyn till att området består av åker, där vindstyrka och solstrålning är högre än vid mina snöbrickor i norrländska skogsområdet. Däremot kan säkerligen värdet för Rödbäcksliden anses för högt.

En sammanställning av tillgängligt observationsmaterial ger sålunda vid handen, att Sokolovskys reduktionsformel synes vara tillämplig på svenska förhållanden endast för dräneringsområden på omkring 1 km^2 . För större områden ger formeln för hög maximal momentanvattenföring och för områden väsentligt mindre än 1 km^2 synes den ge för låga värden.

Detta tyder på att ett högre värde på exponenten n borde provas än det av Sokolovsky använda ($n = 0,25$), t. ex. $n = 1/3$.

Recessionsanalys.

Smältningen - d. v. s. fasomvandlingen från is till vatten - inom snötäcket bestäms av dess energihushållning. Denna process betecknas här med S (mm vp).

De smältvattenmängder, som lämnar snötäcket vid dess undersida och som delvis infiltreras, delvis dräneras under snötäcket till ytvattendrag, kallas här genererad avrinning och betecknas med G (mm vp). Avrinningen i ytvattendrag - d. v. s. vattenföringen dividerad med dräneringsområdets area - betecknas med A ($\text{l/s} \cdot \text{km}^2$ eller mm vp). I samband med snösmältningen gäller:

$$S \rightarrow G \rightarrow A$$

Det sker emellertid en tidsförskjutning mellan de olika leden genom magasineringar och fördröjningar av olika slag. I princip är $S = G = A$, men vissa förluster sker genom avdunstning och ibland även genom grundvattenavrinning under ytvattendraget. Genom infiltration av smältvattnet till grundvattnet sker en utpräglad fördröjning, på grund av grundvattnets långsamma rörelse till ytvattendragen. Genom regn under snösmältningen kan ytterligare vattenkvantiteter tillföras.

Av de tre här nämnda storheterna kan A , avrinningen, uppmätas från ett dräneringsområde genom t. ex. vattenföringsmätningar. G , genererad smältvattenavrinning, kan uppmätas med snöbrickor i enskilda punkter. S , den egentliga smältningen, kan beräknas ur meteorologiska observationer och gäller då för stora områden. Det erbjuder vissa svårigheter att jämföra den punktvis uppmätta genererade avrinningen, G , med smältning, S , och avrinning, A , från större områden.

Möjlighet finns emellertid att ur observerad avrinning, A , beräkna genererad avsmältning, G , dag för dag medelst recessionsanalys. Olika metoder för detta föreligger. Gemensamt är, att man först bestämmer recessionskurvan, d. v. s. den kurva som anger avrinningens avtagande med tiden, när allt tillskott (i form av regn och smältvatten) har upphört. All avrinning härrör då från skilda vattenmagasin, som så småningom urtömmes med avtagande hastighet. Magasinen kan bestå av sjöar, sankmarker, små temporära vattenpussar och grundvatten, men även vatten i rörelse såsom sjunkvatten i marken och i snötäcket, och vatten, som rinner i etablerade kanaler under snön, och slutligen det som rinner i åar och bäckar uppströms mätsektionen. Urtömningen av de olika magasinen sker i allmänhet efter skilda lagar.

Parametrarna i recessionskurvan är lokala och beror på dräneringsområdets storlek och karaktär: lutningsförhållanden, ytans beskaffenhet, jordarter, vegetation, dräneringsmönster, grundvattenförhållande, sjöar m. m. Dessutom beror recessionen på avdunstningen: ju högre avdunstningsintensitet desto snabbare avtagande av avrinningen.

Man kan inte förutsätta samma recessionsförlopp under snösmältningen som vid regn. Under snösmältningen är marken mer eller

mindre tjälad, vilket nedsätter infiltrationen, vidare bromsas och magasineras vatten inom snötäcket. I dräneringskanalerna under snön sker även ytavrinningen på ett annat sätt. Det är troligt att avrinningsförloppet varierar mer vid olika tillfällen under snösmältningen än vid regnflöden beroende bl. a. på snöns struktur, temporär dämning av snö, återfrysning m. m.

Under förutsättning av att recessionskurvan är känd, kan den varje enskild dag genererade avrinningen, G , beräknas om avrinningen i vattendraget är känd.

Vattenföringen vid Råbäcken har bearbetats medelst recessionsanalys under snösmältningsperioderna i huvudsak enligt den grafiska metoden. Härigenom har dagliga värden kunnat erhållas på den genererade smältvattenavrinningen inom hela tillrinningsområdet.

Den funna recessionskurvan för Råbäcken gäller givetvis endast snösmältning. Den förutsätter endast en parameter vid varje given vattenföring. Man kan således varken ta hänsyn till olika fyllnadsgrad i grundvattenmagasinet eller i tjärnen eller till olikheter i nattlig återfrysning.

Dåvarande förste statshydrologen Rosén vid SMHI har beräknat recessionskurvan för Råbäcken efter regnflöden under sommaren. Han tillämpade därvid Mashukovs (1960) metod på sju regnlösa perioder. Resultatet, vilket framlades på 3:e Nordiska Hydrologkonferensen i Viborg 1961 av byrådirektör Sprinchorn, SMHI, blev:

$$Q_n = 2,5Q_1 (0,9^n - 0,5^n) - 2,5Q_0 (0,5 \cdot 0,9^n - 0,9 \cdot 0,5^n);$$

Q är dygnsmedeltal av vattenföringen i l/s och n dygnets ordningstal. Här utgår man från två vattenföringsvärden, Q_0 och Q_1 , vilket innebär att man tar hänsyn till t. ex. grundvattenmagasinet fyllnadsgrad. För jämförelse med vinterrecessionen har jag beräknat sommarrecessionen enligt ovanstående formel för ett typiskt fall, då Q_0 var 60,5 l/s och Q_1 43,6 l/s efter ett regnväder. Recessionsfaktorn för dygnsmedeltal blev då för $Q = 50$ l/s: $K = 0,72$. Omräkning till 2-timmarsvärde, k , sker enligt formeln $K = k^{12}$, varur erhålles $k = 0,97$ för 2-timmarsvärden. Motsvarande recessionsfaktorer för snösmältning vid samma vattenföring:

$k = 0,912$ och $K = 0,912^{12} = 0,33$. Vattenföringen sjunker således avsevärt snabbare under vintern. Avrinningen går fortare, sannolikt beroende på att tjälen nedsätter infiltrationen. Under sommaren kommer en del av de under flödena infiltrerade vattenmängderna så småningom vattendraget tillgodo i form av grundvattentillrinning, vilket betingar ett långsamt avtagande i det lägre registret under torrperioder.

Resultat

Av följande sammanställning framgår de viktigare resultaten av hittills utförda bearbetningar:

- (1.) Snöbrickorna med tillbehör har visat sig vara väl lämpade för smältvattenmätningar. Genom viss omsorg vid utläggningen kan representativa värden erhållas för barrskogsområden.
- (2.) Av korrelationsräkningarna framgår att den positiva temperatursumman är av avgörande betydelse för avsmältningen, men även de negativa minimitemperaturerna har visst inflytande. Däremot är det tveksamt huruvida de använda strålnings- resp. kondensationsindex har någon egentlig inverkan vid sidan av de båda temperaturfunktionerna.
- (3.) Den positiva temperatursumman har visat sig beskriva avsmältningen bättre, eller åtminstone lika bra, som andra temperaturvariabler eller därav härledda funktioner.
- (4.) Överensstämmelsen i regressionskoefficienterna mellan brickor i skilda delar av Norrlands skogsområde är så stor, att den bekräftar regressionsekvationernas generella giltighet för ifrågavarande område och i viss mån ersätter en - givetvis önskvärd - kontroll på nytt observationsmaterial.
- (5.) Lights ekvation, vare sig med eller utan strålningstermer, lämpar sig ej särskilt väl för beräkning av avsmältningen från skogsområden.
- (6.) Avsmältningens dagliga gång från ett moget snötäcke följer mycket nära instrålningen och temperaturen vid plusgrader. Vid klar himmel och i öppna lägen förekommer i regel ett avsmältningsex i samband med solens kulmination och ett annat på e. m. i samband med temperaturmaximum. Vid mulen väderlek och i skuggiga lägen förekommer endast ett dygnsmaximum.

- (7.) Högsta uppmätta dygnsavsmältning uppgick till 29 mm vp ett regnfritt dygn med nästan mulen himmel och pos. temp-summa $+9^{\circ}$. Högsta timvärde utgjorde 3,6 mm vp vid klar väderlek och $+13^{\circ}$.
- (8.) Avdunstning från snön hänger samman med relativt låg temperatur, och kondensation på snön med hög temperatur. Vid en och samma temperatur ger högre instrålning högre snöavdunstning. Under snösmältningsperioderna förekom avdunstning under 65 % av antalet dygn.
- (9.) Snötäckets avsmältning kan påskyndas väsentligt med tämligen enkla medel (t. ex. svärtning med kimrök).
- (10.) Den första avsmältningen i öppna sydsluttningar har praktiskt taget ingen inverkan på avrinningen från vattendrag, som avvattnar skogsområden.
- (11.) Tidsförskjutningen i Råbäcken (dräneringsområde 1 km²) mellan avsmältningsmax och avrinningsmax utgör vanligen 5-6 timmar. Endast när värmen sätter in intensivt och oförmedlat innan snötäcket ännu mognat, kan tidsförskjutningen bli väsentligt större (upp till 18 timmar).
- (12.) Infiltrationen är i allmänhet liten vid Råbäcken under snösmältningen. Men vid ofrusen mark under snön blir den stor och reducerar vårflödet väsentligt. (Detta inträffade 1960.)
- (13.) Vattenföringen i Råbäcken har en betydligt snabbare recession vintertid än sommartid på grund av att tjälen nedsätter infiltrationskapaciteten.

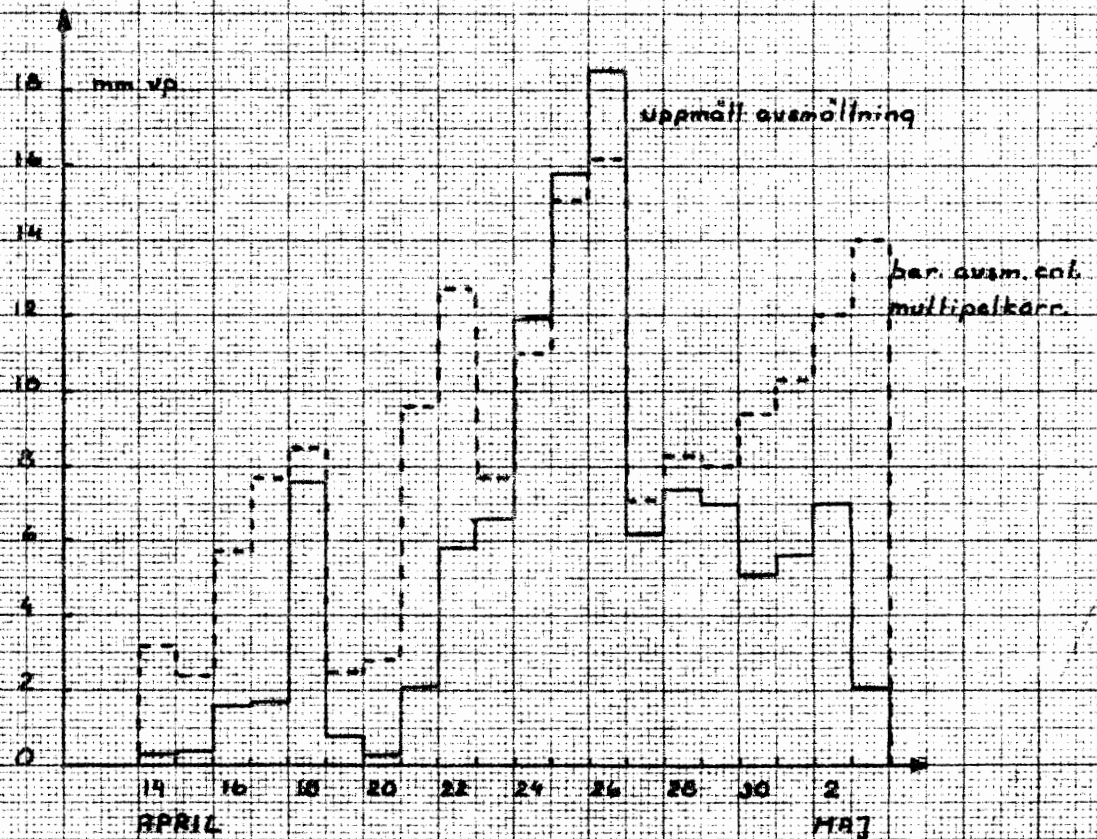
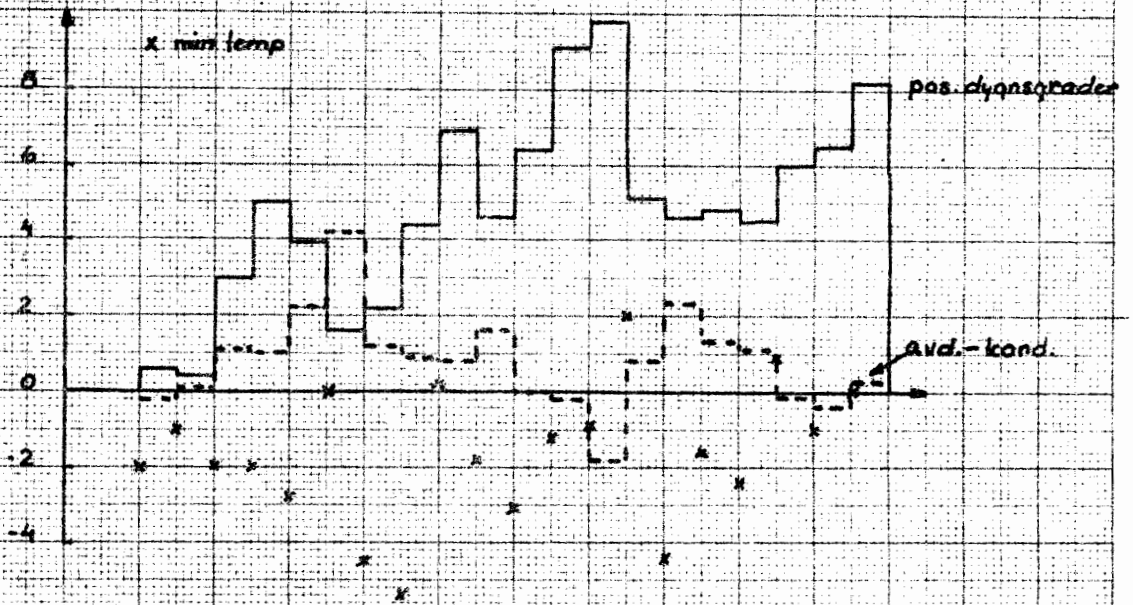
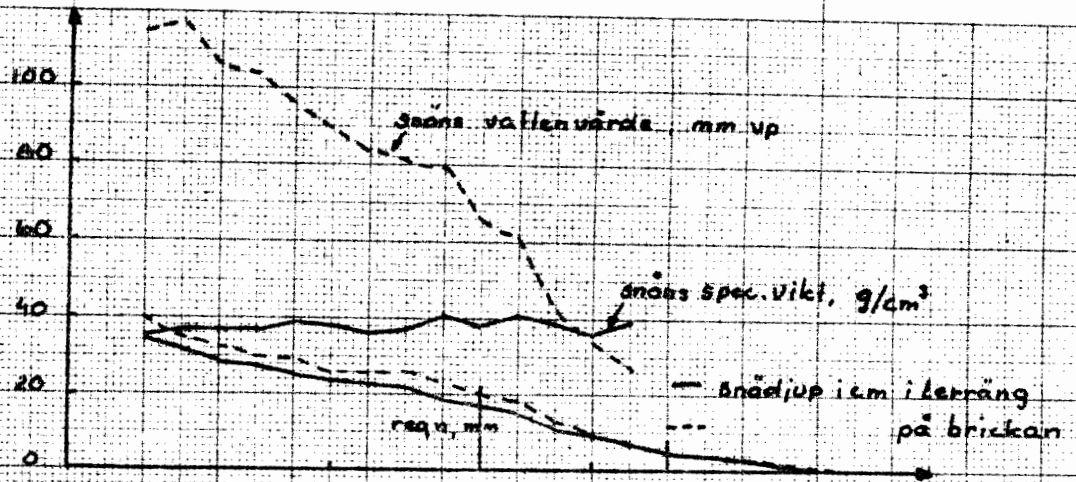
Figurer

På fig. 8 visas uppmätt avsmältning dag för dag från bricka 2 vid Råbäcken år 1961. Beräknad avsmältning med utgångspunkt från kända meteorologiska parametrar och en regressionsekvation är även inlagd. I början, innan snön uppnått full mognad, är den beräknade avsmältningen större än den observerade, vilket är att vänta. Under den intensivaste avsmältningen är, helt enligt teorin, den verkliga avsmältningendäremot något större än den beräknade. Vid slutet av smältperioden minskar den verkliga avsmältningen, därför att snön håller på att ta slut.

Fig. 13 och 15 visar vattenhushållning och avrinning i Bjurbäcken och Råbäcken.

RÅBÄCKEN 1961
snösmältning br. 2

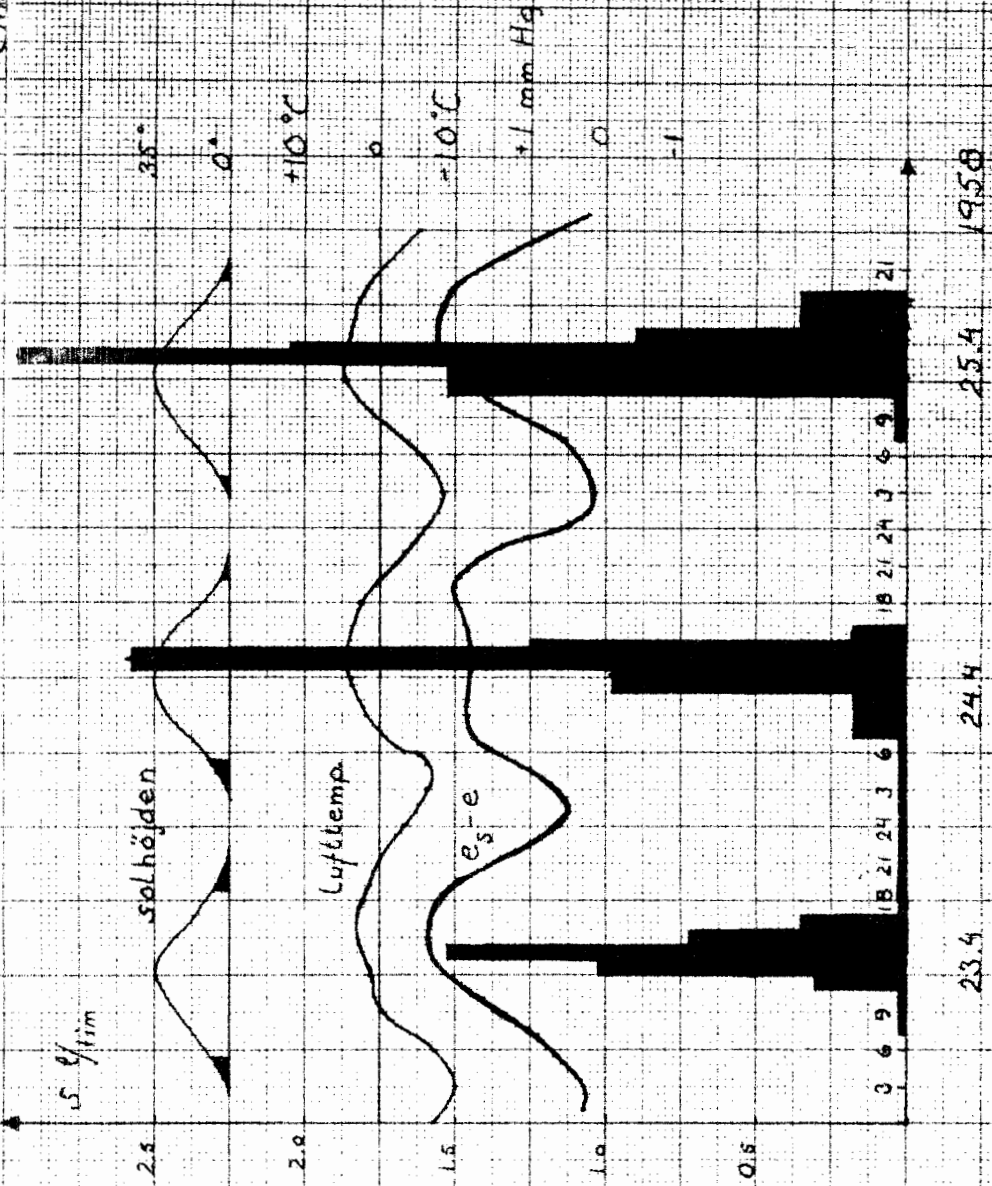
Fig. 8



MESSAURE 1958
 Dygnsvariation i avsmältning

Fig 11

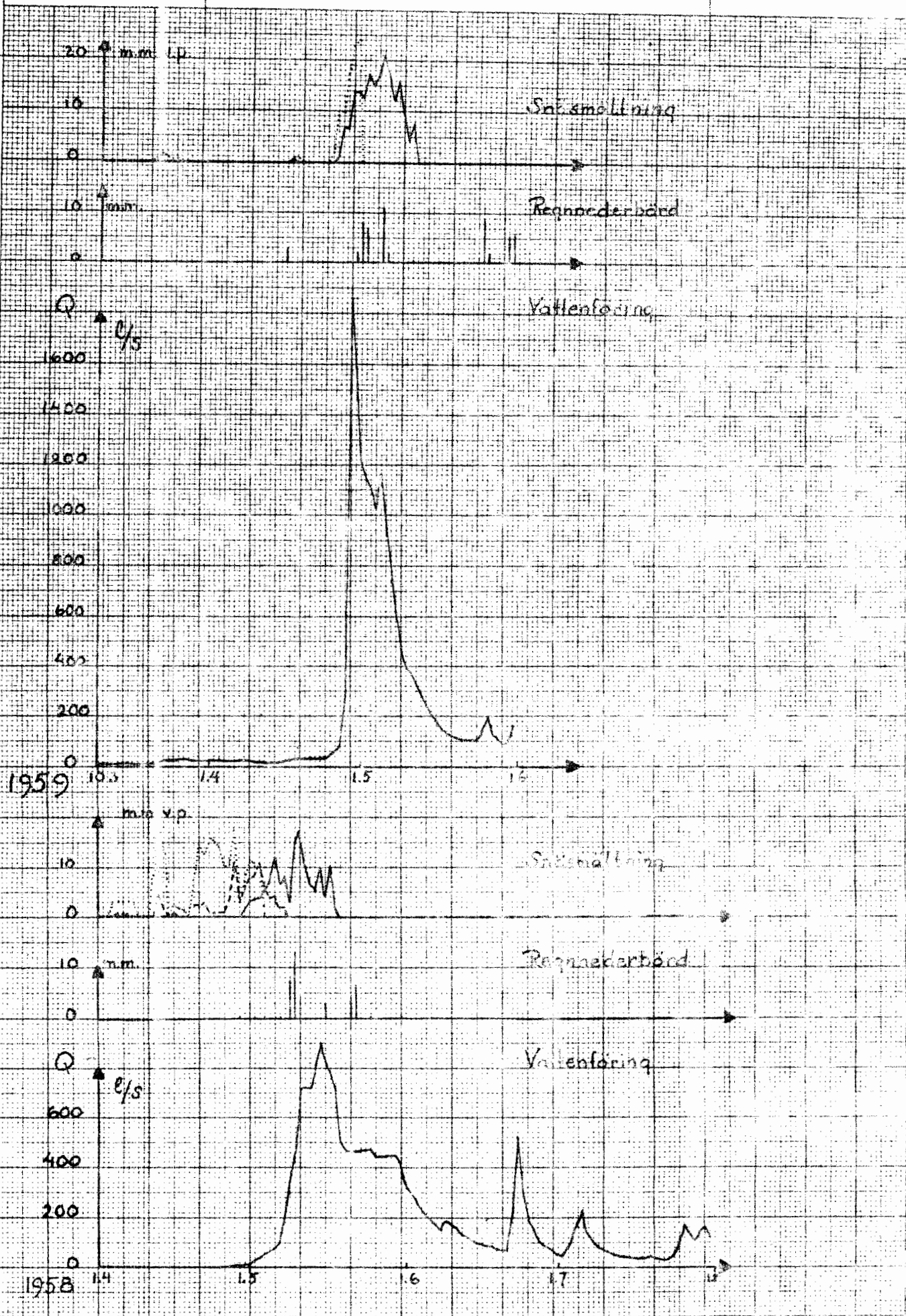
Snödjupet 45-55 cm



BJURBÄCKEN

Vattenhushållning 1958 och 1959

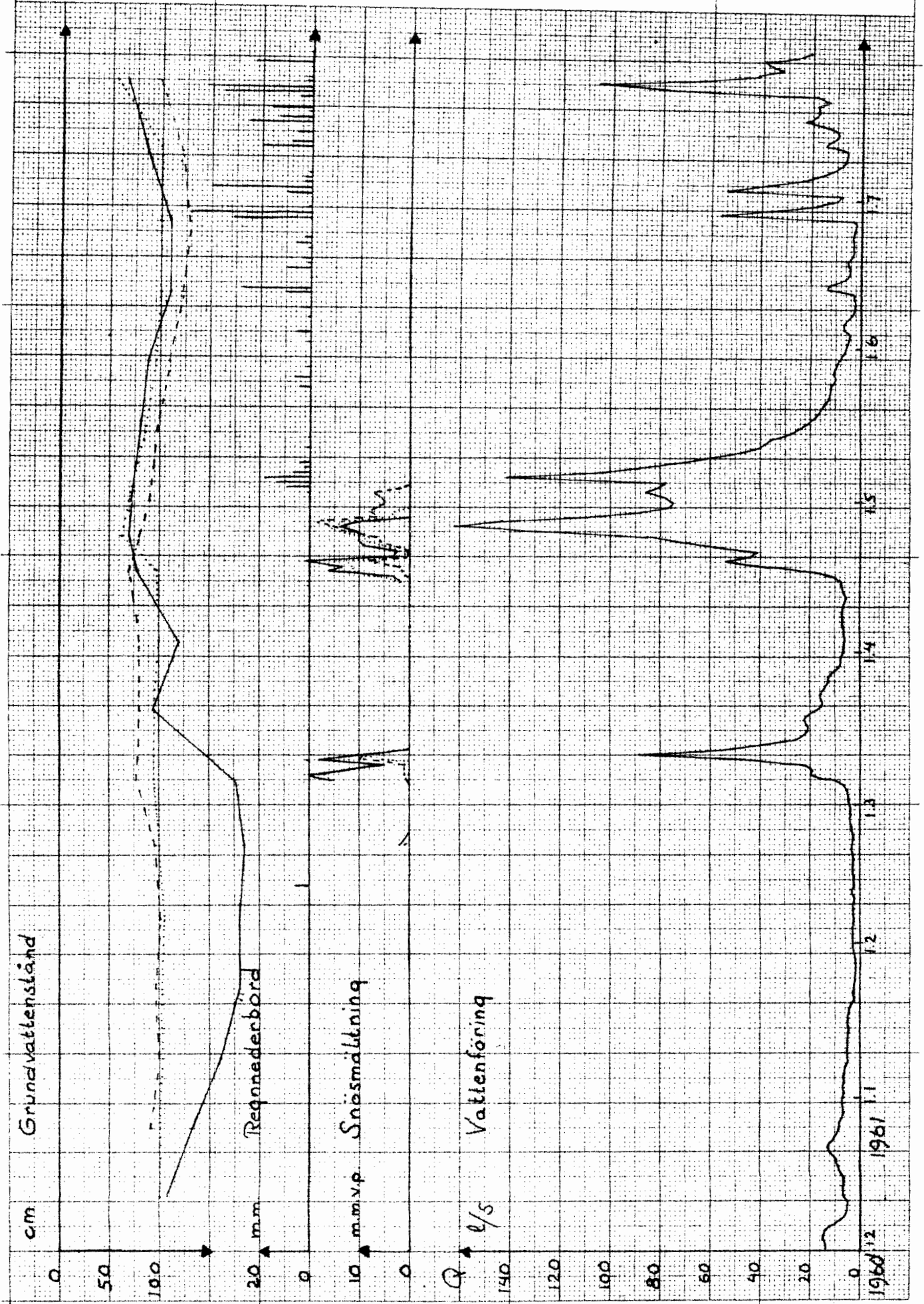
Fig. 13



RÅBÄCKEN

Vattenhushållning 1960/61

Fig 15



MÄTNING AV SNÖTÄTHET MED RADIOMETRISKA METODER.

Radiometriska metoder, d.v.s. i detta fall genom användandet av ett inneslutet radioaktivt preparat som strålkälla, kan utnyttjas för bestämning av volymvikt eller vattenhalt, begrepp som när det gäller snö är synonyma.

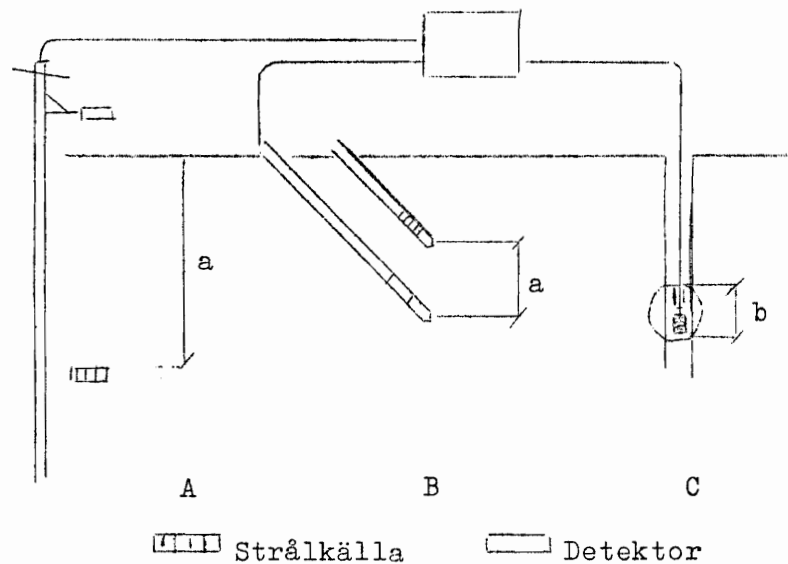


Fig 1. Schematisk sammanställning av olika arrangemang vid täthetsmätning av snö med kärnfysikalisk utrustning. A och B visar transmissionsmätning, C återspridningsmätning. a representerar den mätta snö-tjockleken, b representerar diametern på mätvolymen.

Volymbestämning med γ -strålning.A. Transmissionsmetoder.

Vid passage genom materia absorberas γ -strålningen, och den efter passagen resterande intensiteten blir mindre än den ingående. Formeln för γ -strålningens absorption, som är helt analog med absorptionen av ljusstrålning lyder

$$I = I_0 \cdot e^{-\frac{\mu}{\rho} \cdot \rho^x}$$

där I är intensiteten efter och I_0 intensiteten före passagen, μ adsorptionskoefficienten, ρ volymvikten och x tjockleken hos materialet.

Kvoten $\frac{\mu}{\rho}$ är i stort konstant för γ -strålning av bestämd energi och oberoende av absorbatormaterialet.

Av detta framgår att det är procenten av absorbatormaterialets volymvikt

och gångvägen i absorbatoren som bestämmer intensitetsnedsättningen.

Detta ger således möjlighet att bestämma exempelvis tjockleken hos ett material där ρ är konstant eller volymvikten när tjockleken x är konstant. (fig. 1A och B.)

Eftersom det ofta är vattenförrådet som sökes, kan vi således genom att placera en lämplig detektor på snöytan och med en sond placera ett radioaktivt preparat på önskat djup, direkt mäta den absorberade strålningen och således det sökta vattenförrådet. Metoden har emellertid begränsningar - för att exempelvis mäta ett snötäcke med en medeltäthet av $0,5 \text{ g/cm}^3$ och en tjocklek av 2 meter erfordras en strålkälla med relativt stor energi för att få en tillfredställande noggrannhet och en kraftigare strålkälla är praktiskt ohanterlig i fält på grund av det nödvändiga strålskyddet.

Som exempel på mätningar utförda med utnyttjande av transmissionsmetoden visas diagram I.

Mätningarna utfördes med CO_{60} som strålkälla och en scintillationsdetektor. Vissa apparatbesvär förelåg vid mätningarna och medelfelet överstiger 10 %. Med mera lämpad utrustning torde noggrannheten kunna ökas avsevärt.

Ett annat problem som är av intresse att lösa vid snöstudier är att volymviktbestämma de tätt på varandra följande snölager som ofta förekommer. Det är praktiskt svårt att göra detta med konventionella metoder, det går exempelvis knappast att utföra tillräckligt tunna "snöskivor" för mätning enligt kubmetoden.

Diagram 2 visar en mätning av snötäthetsfördelningen inom ett 70 cm tjockt snölager. Mätningen utfördes så att ett schakt grävdes, preparatet infördes horisontellt i snön, och detektorn placerades vid snöväggen. Mätningarna utfördes på varje 2,5 centimetersnivå och avståndet mellan det radioaktiva materialet och detektorn har varierats från 25-40 cm. På två nivåer framgår tydligt hur ett snölager med en täthet understigande $0,25 \text{ g/cm}^3$ uppträder på nivåerna 155 och 177,5 cm. Dessa tunna lager kunde ej konstateras vid snösondering från ytan men uppträdde däremot som naturliga sprickytor vid kubbestämning. Kurvan för täthetsbestämning enligt återspridningsmetoden med neutroner finnes också inlagd i diagrammet.

Ytterligare en metod att utnyttja γ -transmissionen för täthetsmätningar

föreligger. Metoden bygger på att den radioaktiva källan placeras i ett borrhål under det att detektorn placeras i ett annat borrhål drivet parallellt med det föregående. (fig. 1 B) Metoden bör ge god noggrannhet men det ställer sig praktiskt svårt att driva borrhål till större djup som verkligen är parallella.

B. Återspridningsmetod.

γ -strålningen kan också utnyttjas för mätning enligt återspridningsmetoden, (fig 1 C). Genom bl.s. Comptoneffekten kommer en viss del av den från det radioaktiva materialet utgående strålningens energi att återvända mot strålningens utgångspunkt. Intensiviteten hos denna strålning är beroende av volymvikten och atomnumret hos det omgivande materialet. Om inget material omger källan sker teoretiskt ingen återspridning alls under det att återspridningen för täta material minskar med ökande täthet. Olyckligtvis befinner sig kurvan just på sin topp vid aktuella snötätheter och den utrustning som funnits tillgänglig, (se diagram 3) och metoden har ej utnyttjats.

Volymbestämning med neutronmetoden.

Om ett α -strålande preparat blandas med pulver av beryllium utlöser α -strålningen en kärnreaktion i berylliet och fria neutroner bildas. Dessa neutroner utsändes med höga energier s.k. snabba neutroner. Neutronerna bromsas vid kollisioner och kommer efter ca 20 stötar i termisk jämvikt med omgivningen, dvs. rör sig med samma genomsnittliga hastighets som materiens atomer. Vätekärnan, protonen, har ungefär samma massa som neutronen och är därför den effektivaste neutronbromsen som existerar. Även andra partiklar kan fungera som broms men när det gäller snömätningar kan dessa försummas.

Som detektor utnyttjas ett räknerör innehållande gasen bortrifluorid, BF_3 som är helt okänslig för snabba neutroner och vi har således en möjlighet att genom att räkna antalet återkommande långsamma neutroner bestämma vätehalten eller i detta fall snötätheten.

Mätningar har utförts med Nuclear Chicagos utrustning typ P19 försedd med en radioaktiv källa Ra-Be på ca 4 mc. (fig. 1 C) Eftersom mätningen kommer att ske inom en sfär med ungefär 25 cm radie, kan sonden ej urskilja tunna lager med avvikande vattenhalt utan en integrering sker inom hela mätsfären, se fig. 2 samt diagram 2.

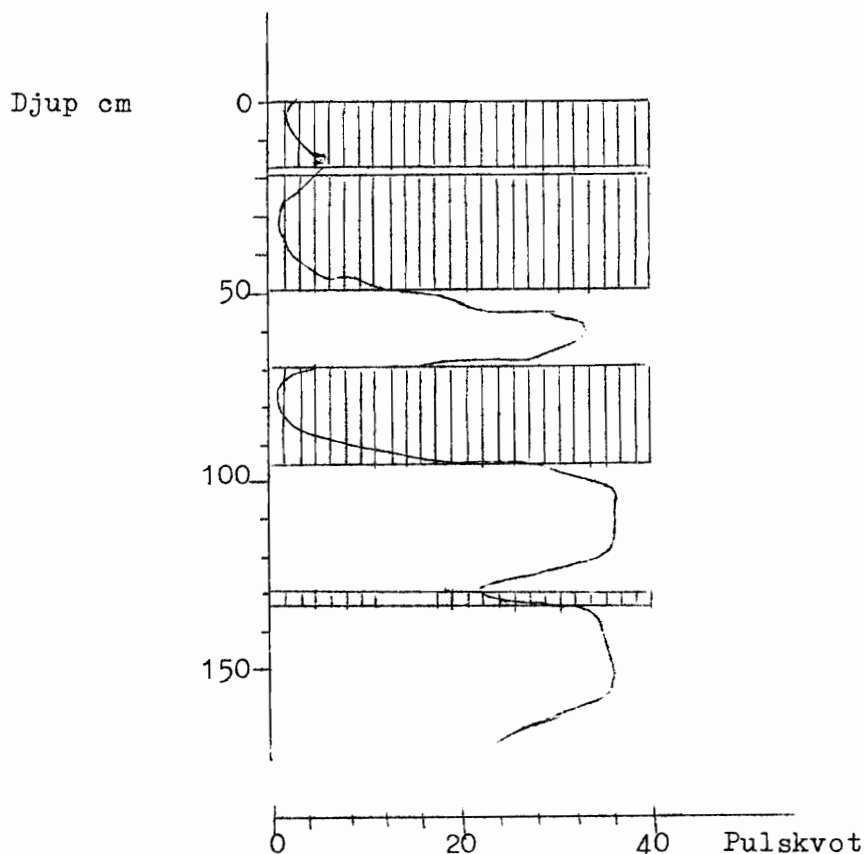


Fig. 2. Mätning med P19 för att undersöka dess upplösningsförmåga. Streckade vattenlager ha en vattenhalt av 0 volymprocent, övriga 100. (Efter MC Henry 1963.)

Utrustningen ger således möjligheter att bestämma vattenförrådet över en större profil. Ett exempel på täthetsmätning med P 19 jämfört med volymviktsbestämning enligt kubmetoden visas i diagram 4. Vid kalibreringsmätningar enligt nämnd metod har god noggrannhet erhållits och en jämförelse mellan metoderna visas i nedanstående tabell.

Provgrop	Glaciär	Glaciär	Firnomr.	Station
Nivå	20-140	30-130	20-175	25-65 cm
Block met	0,4015	0,4013	0,4260	0,4159 g/cm ³
P19	0,4066	0,3946	0,4239	0,4185 g/cm ³
Antal mät.	13	11	11	8

En av mätmetodens praktiska svårigheter är att åstadkomma ett borrhål som ej genom upprepade passager av borrhårustningen blir skadat (koniskt) utan håller parallella väggar. Om kalibreringen utföres i ett hål av motsvarande storleksordning vad beträffar snötäthetsfördelning och längd kan dock denna felkälla för praktiska mätningar elimineras.

En jämförelse mellan arbetskraftsåtgång vid schaktgrävning och täthetsmätning å ena sidan och mätning med P19 å den andra beror givetvis på aktuella snödjup. Om tre dagsverken för en fyrametersgrop kan anses normalt vid konventionell mätning bör för motsvarande bestämning med P19 endast krävas ett halvt dagsverke - en relation som ställer sig gynnsammare för P19 desto större snödjup det är fråga om. Dessutom ställer sig mätning med P19 fördelaktigare ut arbetssynpunkt då man slipper utföra vägningar och andra precisionsarbeten ute i fält,

Samtliga fältmätningar är utförda vid Tarfalastationen i samarbete med Doc Valter Schytt.

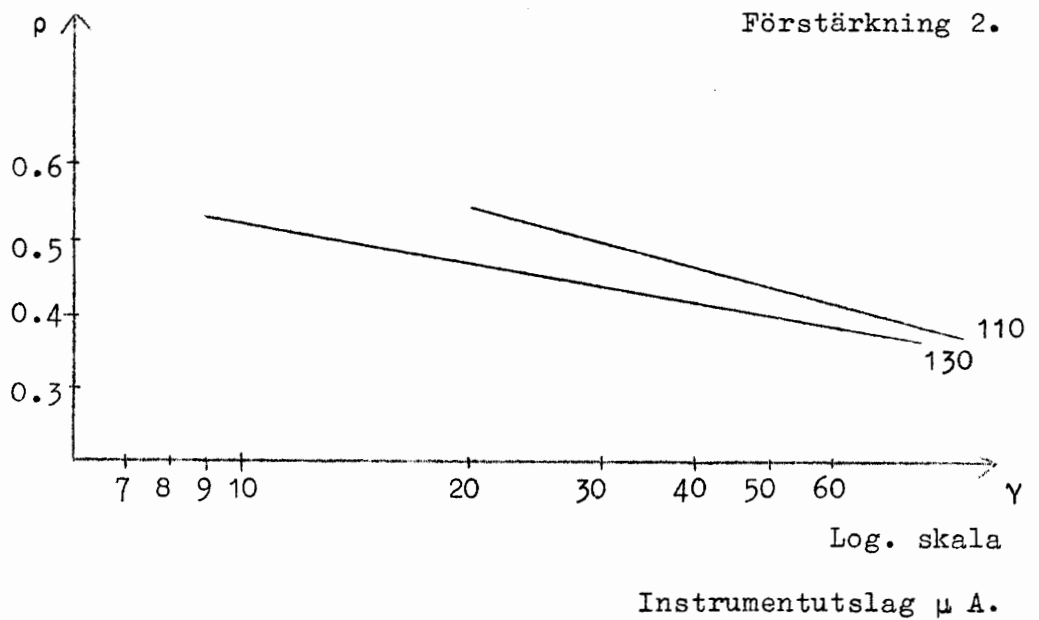
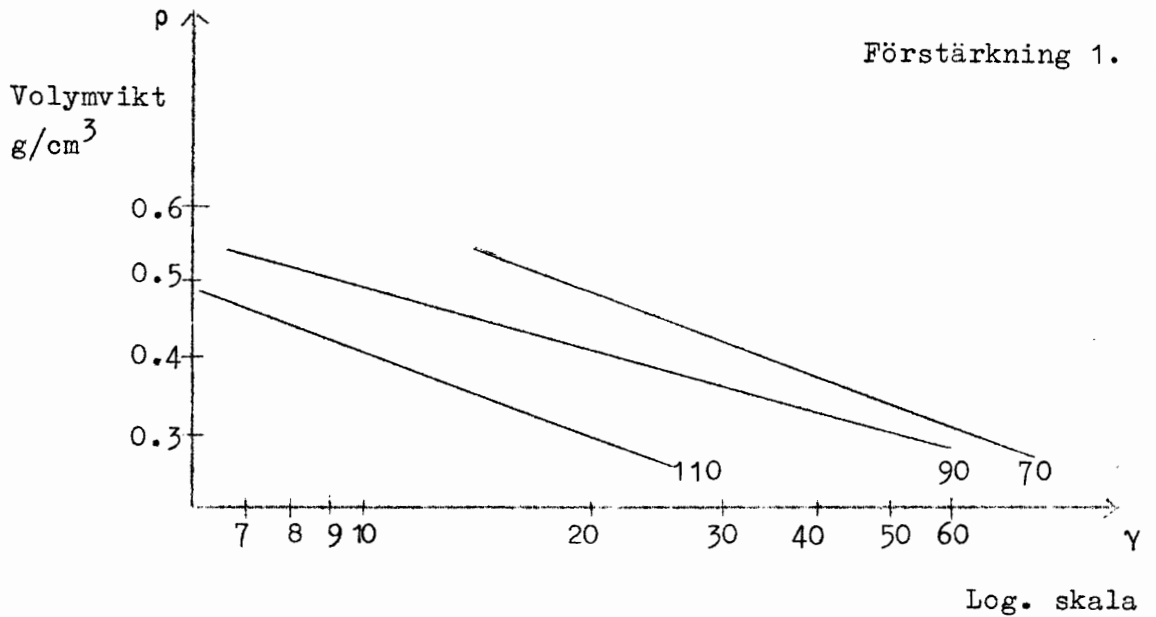
Diagram 1.

Diagram 2.

P 19

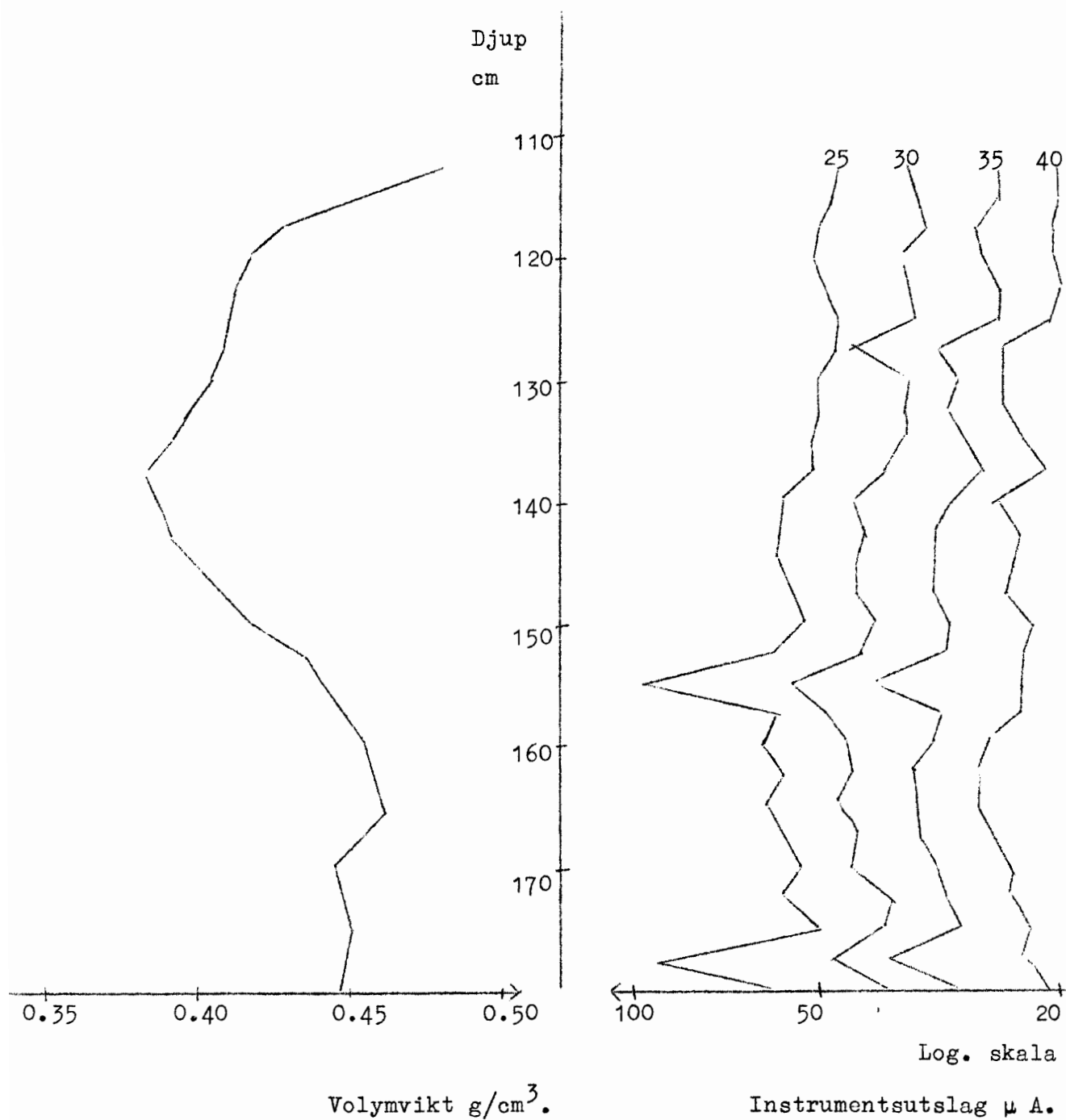


Diagram 3.

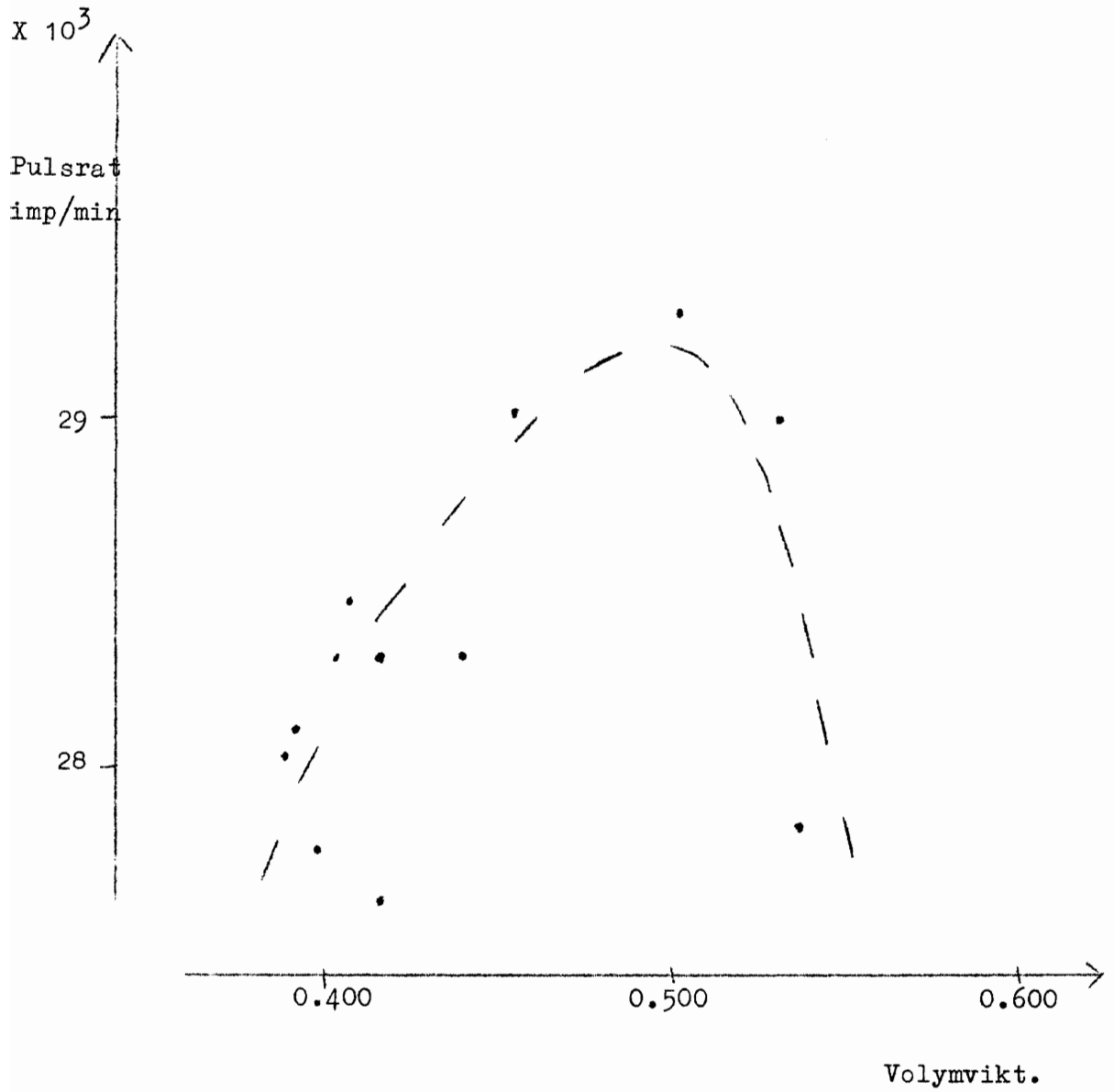
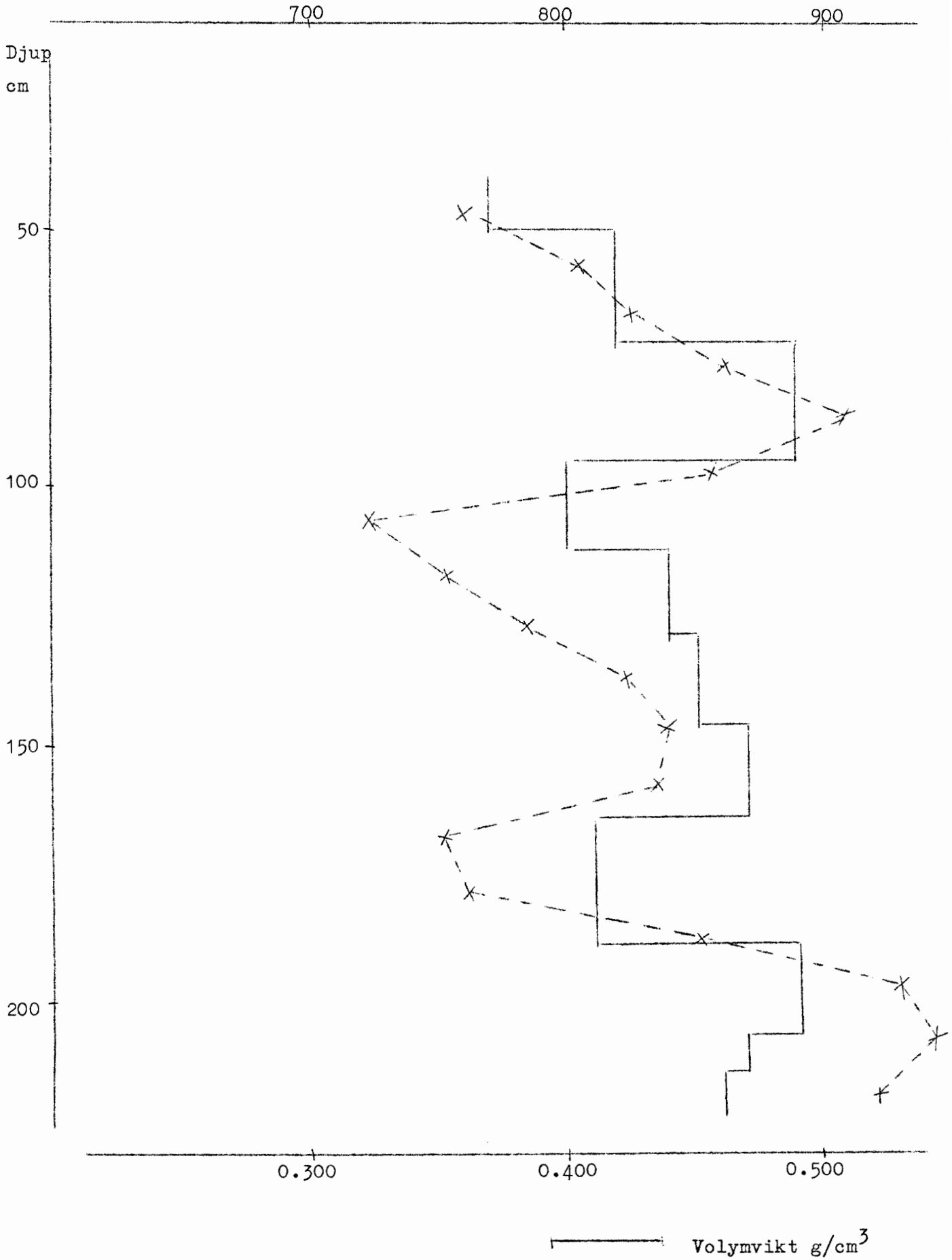


Diagram 4.

* - - - * Pulsrat imp/min



Emne: 8. ISBÄRIGHET

8S1 Svenska isbärighets-
undersökningar
1959-1963 :

M. Falkenmark
byrådirektör

8S2 Om genomkörnings-
olyckor på is :

S. Fremling
byrådirektör

Falkenmark:SVENSKA ISBÄRIGHETSUNDERSÖKNINGAR 1959 - 63 ¹⁾Inledning

För estimerandet av ett istäckes bärighet figurerar ett stort antal formler varav flertalet är uppbyggda efter principen

$$P = A \cdot h^2 \quad (1)$$

där P är maximilasten, h istjockleken samt A en proportionalitetsfaktor. Som exempel kan nämnas, att de regler som tillämpas av Väg och Vattenbyggnadsstyrelsen i Sverige för vintervägar över is motsvarar ett värde på faktorn A av 4 - 5 kp/cm². Emellertid föreligger därvid viss säkerhetsmarginal. Då intresset på senare år inriktats mot allt tyngre laster, t. ex. inom skogshanteringen, har frågan uppkommit om eventuella gränser för regelns extrapolation, liksom även om storleken av den säkerhetsmarginal man i olika situationer har att röra sig med. Gistnämnda fråga är självfallet av yttersta intresse ur militär synvinkel.

Detta var anledningen till att det i Sverige år 1958 efter initiativ från militärt håll bildades en arbetsgrupp för isbärighetsförsök. Avsikten med gruppens verksamhet - vilken ännu icke är avslutad - är att inhämta grundligare kännedom om isars bärighet och om hur olika faktorer såsom sprickor, salthalt, trafik m. m. inverkar på densamma. Gruppen har under två vintrar bedrivit belastningsförsök på is; försöken genomfördes vintrarna 1958/59 och 1960/61 på Kungsgårdsviken i Storsjön. Jag skall här i korthet dels ge en överblick över några av de teoretiska modeller, på vilka bärighetsformler baserats, dels redovisa resultaten av dessa försök, vilka hittills inskränkts till studier av isens deformationsprofil under statisk resp. dynamisk last samt av den belastning som i olika situationer medför genombrott. Vissa erfarenheter ha vunnits beträffande inverkan på bärigheten av förtrafikering, pålastningshastighet, stöpushalt m. m.

1) Uppsatsen är ett sammandrag av utredningen "Om isbärighet. Resultat av belastningsförsök på is, utförda av Samarbetsgruppen för isbärighetsförsök 1959-61", SMHI. Notiser och preliminära rapporter. Serie Hydrologi, nr 1, Stockholm 1963.

Relevanta fysikaliska egenskaper

Belastning av ett istäcke leder till deformation av detsamma i form av en nedböjning, centrerad rakt under lasten. Nedböjningen medför ett ökat uppträck; vid istäckets böjning uppkommer böjspänningar i isen. Så snart spänningen någonstades uppnår isens brottgräns uppstår sprickbildning, småningom ledande till genombrott. Bärigheten bestämmes därför av sambandet mellan belastningen P och materialets gränsspänning σ_{gr} . Teoretiskt nalkas man bärighetsproblemet genom att betrakta istäcket som en tunn platta, vilande på elastiskt underlag. Antagandet att underlaget är elastiskt bygger på det faktum, att uppträcket är direkt proportionellt mot deflektionen. Jämviktsbetraktelser för denna platta leder till ett samband mellan lasten P och maximala böjmomentet i plattan M_{max} . För M_{max} gäller att det maximalt kan nå upp till värdet

$$\sigma_{gr} h^2 / n \quad (2)$$

där värdet på n bestäms av formen på sambandet spänning-töjning (σ/ϵ -sambandet) för ismaterialet vid motsvarande temperatur och belastningshastighet. Storheten n antar ett värde mellan 4 vid idealplastiskt uppträdande och 6 vid elastiskt uppträdande.

Litteraturen rörande isens viskoelastiska beteende visar att

- isen deformerar momentant elastiskt, retarderat elastiskt och plastiskt
- krypningen hos polykristallin is är koncentrerad till kristallgränserna
- is sammansatt av mindre kristaller har en lägre elasticitetsmodul vid i övrigt lika förhållanden än storkristallin is
- sambandet spänning-töjning beror av belastningshastigheten och av belastningens varaktighet
- snabb spänningsökning leder till lineära och branta σ/ϵ kurvor, långsam till nonlineara och mindre branta
- vid vilken spänningsökning gränsen mellan lineära och nonlineara intervallen ligger beror av temperatur och kristallstorlek. Gränsen $0,5 \text{ kp/cm}^2$ torde i allmänhet ligga på säkra sidan om linearitet eftersträvas.

Många författare ha redovisat böjhållfasthetsmätningar. Sammanställning av dessa (fig 1) visar att

- böjhållfastheten ökar med avtagande istemperatur
- böjhållfastheten avtar vid ökande tvärsnittsarea hos provkroppen
- detta avtagande är mindre accentuerat för den granulära stöpis än för den kolumnära kärnisen med dess större kristaller
- kärnisens böjbrottgräns överskrider därför stöpisens desto mera ju mindre provkroppens tvärsnittsarea är. Vid höga areavärden framträder icke någon skillnad i böjhållfasthet mellan kärnis och stöpis.

Vid ökande areavärde närmar sig böjbrottgränsen för nollgradig is asymptotiskt något värde nära 6 kp/cm^2 . Eftersom brottarean längs den cirkulära spricka, som förebådar istäckets kollaps, är stor, torde värdet 6 kp/cm^2 vara ett realistiskt värde på isens böjbrottgräns vid 0°C .

Deformationsmodeller

Vid kontinuerligt ökande belastning från en statisk last genomgår ett idealt istäcke en följd av olika deformationsskeden. De olika modeller som därvid tillämpas är följande:

- deformationsskede 1: oändligt utbredd, elastisk platta
- deformationsskede 2: oändligt utbredd, radiellt sönderskuren elastisk eller elastoplastisk platta
- deformationsskede 3: av en cirkulär spricka begränsad, radiellt uppskuren platta, elastisk eller elastoplastisk.

Skede 1 slutar med att radiella sprickor börjar slå upp på istäckets undersida, utgående från en punkt rakt under belastningscentrum. Denna sprickbildning är emellertid icke kritisk, därför att tryckspänningarna i isytan icke samtidigt överskrider brottgränsen, som nämligen är högre i tryck än i dragning. Skede 2 slutar med att en cirkulär spricka slår upp i isytan på visst avstånd från lasten: ringsprickan. Under skede 3 slår successivt nya ringsprickor upp med allt mindre radie, varefter slutligen en skjvspricka slår upp runt lasten, varvid genombrott sker. På dålig is blir denna spricka icke cirkulär utan tar form efter belastningen.

Gränslastformler

Flertalet modeller för istäckets deformation leder fram till en gränslastformel med den karakteristiska formen

$$M_{\max}/P = k = f(a/L) \quad (3)$$

k är här en storhet vars värde varierar med relativa belastningsradien a/L , där a är belastningsradien och L är en styvhetsparameter, i den följande framställningen kallad verkningsradie. Denna parameter är i sin tur en funktion av i första hand istjockleken h och elasticitetsmodulen E .

$$L = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12 \rho g (1 - \nu^2)}} \quad (4)$$

ρ anger här vattnets täthet samt ν Poissons tal för plattmaterialet.

Som exempel kan nämnas att vid 45 cm tjock is och elasticitetsmodulen 30 000 kp/cm² är L ca 7 m. I fig. 2 visas sambanden mellan k och a/L för följande belastningsmodeller:

Wymans: oändligt utbredd, elastisk platta

$$k = \frac{(1 + \nu) \operatorname{kei}' \frac{a}{L}}{2\sqrt{\pi} \frac{a}{L}} \quad (5)$$

Nevel: oändligt utbredd, radiellt uppsprucken elastisk platta

(uttryck för k finns ej angivet)

Meyerhof: oändligt utbredd, radiellt uppsprucken elastisk platta

$$k = \frac{1 - \left(\frac{2a}{3L}\right)^{0.6}}{2\sqrt{\pi}} \quad (6)$$

Meyerhof: oändligt utbredd, radiellt uppsprucken idealplastisk platta

$$k = \frac{1 - \frac{a}{2L}}{4\sqrt{\pi}} \quad (7)$$

Persson: oändligt utbredd, radiellt uppsprucken elastisk platta

$$k = \frac{(1 + \nu) \left[1 - 0.62 \left(\frac{a}{L}\right)^{2/3}\right]}{4\sqrt{\pi}} \quad (8)$$

Meyerhof: oändligt utbredd idealplastisk platta

$$k = \frac{1}{3,3\sqrt{\pi} \left(1 + \frac{3a}{2L}\right)} \quad (9)$$

Assur: oändligt utbredd, radiellt uppsprucken elastisk eller plastisk platta

$$k = \frac{1 - \frac{1}{3} \sqrt{\frac{\sqrt{\pi}}{2} \left(\frac{a}{L}\right)^2}}{4\sqrt{\pi}} \quad (10)$$

Ersättes nu i formel (3) M_{\max} med uttrycket (2) får man för gränslasten sambandet

$$P = \frac{6gr}{nk} h^2 = A \cdot h^2 \quad (11)$$

Vid snabb pålastning sker deformationen elastiskt och σ_{gr} motsvarar brottgränsen σ_B ; n antar då värdet 6. Vid långsam pålastning deformerar isen plastiskt; σ_{gr} motsvarar därför kryppgränsen σ_c och n antar värdet 4. Härav framgår att den inledningsvis omnämnda proportionalitetsfaktorn A beror bl. a. av belastningshastigheten, lastens utbredning och gränsspänningen. Formeln kan även tolkas så att kvoten $\frac{P}{h^2}$, som i fortsättningen benämnes belastningsvärdet, antar ett värde A , bestämt av belastningsvillkoren:

$$\frac{P}{h^2} = A = \frac{\sigma_{gr}}{n \cdot k} \quad (12)$$

Långvarig last

För isens deformation under en långvarig, konstant last har Kerr utarbetat en modell, baserad på antagandet att endast vertikala skjuvspänningar medverka till deformationen, samt att krypningen följer Newtons lag för visköst flöde. För ett oändligt utbrett istäcke erhålles då deflektionen w under formen

$$w(r, t) = G \cdot P \cdot f(t) \cdot K_0(\lambda r) \quad (13)$$

där G är en konstant, $f(t)$ en tidsfunktion och $K_0(\lambda r)$ en modifierad Besselfunktion. λ är en styvhetsparameter, och r anger avståndet från belastningscentrum. Tidsfunktionen $f(t)$ har, beroende på om krypningen sker retarderande eller accelererande, någondera av de två formerna $(1 - e^{-k^2 t})$ eller $(e^{k^2 t} - 1)$ där k^2 är en tidskonstant.

Rörlig last

Då en last rör sig med viss hastighet över ett istäcke, fungerar sänkningstratten under lasten som en rörlig störning i vattenmassan. Därvid alstras en våg i vattnet, vars hastighet bestäms av bl. a. vattendjupet. Vid resonans mellan böjvågen i isen och vattenvågen under isen fås en extremt stark vågrörelse i isen, ledande till upp till 2,5 gångers förstoring av maximispänningen i isen. Den kritiska hastighet v_c , vid vilken resonans råder, beror av istjockleken h , isens elasticitetsmodul E samt vattendjupet H :

$$v_c^2 = \frac{1,76 L \cdot g}{\coth 0,80 \frac{H}{L} + 0,80 \frac{\rho_i}{\rho} \cdot \frac{h}{L}} \quad (14)$$

ρ_i anger isens, och ρ vattnets täthet. L är verkningsradien och g tyngdaccelerationen.

Som exempel kan nämnas ^{att} γ_c vid elasticitetsmodulen $70\,000\text{ kp/cm}^2$ antar följande värden:

istjocklek	bottendjup			
	3m	5m	10m	20m
25 cm	22 km/h	28 km/h	34 km/h	36 km/h
50 "	23 "	29 "	38 "	45 "
75 "	23 "	29 "	40 "	49 "

Icke ideala faktorer

De formler för isbärigheten, som de olika modellerna leda fram till, förutsätta att isen har vissa ideala egenskaper, som dock saknar. Isen har exempelvis förutsatts homogen och isotrop, d. v. s. hänsyn har icke tagits till att de mekaniska egenskaperna variera med temperaturen i isen och med istypen, att isen kan innehålla sprickor etc. Här skall i största korthet nämnas något om vissa komplicerande faktorer.

Stöpishalten: Ovan har nämnts, att stöpisen har en lägre elasticitetsmodul än kärnisen, samt att hållfasthetsmätningar på små provkroppar visat lägre brottgräns hos stöpis än hos kärnis. Sådana förhållanden har lett till, att den praxis kommit att utbildas, att man vid beräkning av bärigheten endast medräknat stöpisens tjocklek till halva dess verkliga värde. Det berättigade häri har dock diskuterats.

Initialspänningar: Vid förekomst av t. ex. temperaturspänningar i isen sker, om isen uppträder elastiskt, en direkt supersposition av de genom belastningen uppkomna spänningarna och de termiska initialspänningarna. Redan mycket måttliga temperaturändringar kan i själva verket bringa spänningarna i isytan upp till brottgränsvärdet. Man har därför anledning räkna med en sänkning av gränslasten i samband med häftiga temperaturfall, särskilt då isen ligger fri från snö.

Sprickor: Särskilt nedsättande på bärigheten verkar breda, genomgående sprickor. Man kan räkna med att gränslasten vid kantbelastning av ett elastiskt istäcke är endast 40 % av gränslasten vid central belastning. Vid hörnbelastning av en issektor invid ortogonala sprickor ligger gränslasten vid ca 25 % av samma värde. Hur mindre, icke genomgående sprickor inverkar, beror på hur de ligger i förhållande

till lasten.

Dubbla istäcken: Av sammanställningar av genomkörningsolyckor på is framgår att många sådana inträffat då istäcket icke varit genomfruset, utan bestått av ett överistäcke, skilt från underisen genom ett lager av mellanvatten eller stöp. I detta fall böjes nämligen isskikten mer eller mindre var för sig, d. v. s. istäcket uppträder som om dess styvhet vore reducerad. De därav följande större töjningarna leder till spänningar, större än vid genomfruset istäcke under samma last. Det kan lätt visas att kantböjspänningen vid tudelning av en homogen platta stegras till det dubbla.

Uteblivet eller reducerat upptryck: Många genomkörningsolyckor som inträffa i närheten av en strand sammanhånga med att fullt upptryck icke råder. Eftersom upptrycket från vattnet ger en kraft, som verkar i motsatt riktning mot belastningen på isen, blir effekten av hängis el. dyl. sänkt gränslast.

Belastningsförsöken

1959 års försök genomfördes på nollgradig snöfri is. Isen var 37-45 cm tjock och bestod till 36-56 % av stöpis. Belastningsförsök utfördes dels med stående last, dels med rörlig last. I förra fallet användes belastningspontoner, som vattenfylldes med en hastighet av 0,6-1,7 ton/min. Varje ponton vägde tom 3,2 ton och full 18,2 ton. Flytförmåga i vattenfyllt tillstånd uppnåddes genom att flytkroppar av cellplast fastmonterats på pontontaken. Varje ponton var indelad i tre fack med 5 m³ volym vardera; facken var utrustade med ståndrör ned till olika nivåer, vilket gav en möjlighet bestämma till vilken nivå påfyllning skett. Pontonen (-erna) var upplagd (-a) på ett medunderlag, motsvarande belastningsradien 1,75 m. Under de statiska försöken bestämdes isens nedböjning på fotogrammetrisk väg i ett antal punkter på olika avstånd från belastningscentrum. Påfyllningen skedde etappvis på sådant sätt, att deformationsändringen följdes dels under pågående fyllning, dels under kortare perioder av konstant last. Sedan genom brott skett tömdes pontonerna med tryckluft, varefter bortbogsring skedde med hjälp av bandtraktor. Förutom dessa genomlastningsförsök med ökande last genomfördes också några försök med konstant last (plasticitetsförsök). Belastningsdiagram återgivande samtliga statiska försök 1959 såväl som 1961 visas i fig. 3.

Genomlastningsförsöken utfördes efter förtrafikering av varierande omfattning: upp till 150 passager dagarna före belastningsförsöket. I samband med trafikeringsförsöken utfördes dessutom vissa vibrationsmätningar.

Försöken med rörlig last utfördes med ett 8,5 tons bandfordon, som framfördes med hastigheter inom intervallet 15 - 45 km/h. Deformationsmätningar genomfördes på fotogrammetrisk väg i punkter på olika avstånd från bacentrum.

Försöken genomfördes under tre olika försöksperioder för att försöka belägga förekommande årstidsvariation. Jämsides med dessa storskaliga belastningsförsök utfördes ett antal fysikaliska försök i mindre skala, genom vilka vissa av isens fysikaliska karakteristika bestämdes: täthet, temperaturfördelning i istäcket, isens kristalluppbyggnad, isens hållfasthet och viskoelastiska konstanter.

1961 års försök var i huvudsak upplagda efter samma riktlinjer och omfattade statiska genomlastnings- och plasticitetsförsök samt dynamiska försök med rörlig last. Tursamt nog var isen även denna vinter snöfri och nollgradig. Istjockleken var något större (46-50 cm), stöpushalten lägre (15-26 %). Större tonvikt lades vid plasticitetsförsöken, där deformationens ändring med tiden följdes i ett antal olika fall och vid olika stora laster. Deformationsmätningen utfördes nu i en enda mätpunkt på 3 à 5 m avstånd från belastningscentrum. För att undvika alltför långsam pålastning vid dessa försök fylldes pontonerna på visst avstånd från belastningsplatsen och frambogserades därefter till denna. Efter viss tid (ca 20 min) transporterades lasten vidare, varefter återgången i isen följdes. Deformationsmätningarna utfördes denna gång på elektrisk väg med utnyttjande av en i isen fästad potentiometertrissa, kring vilken löpte en i ena änden fjäderbelastad wire, vars andra ände var förankrad i sjöbotten. Potentiometern var inkopplad i en elektrisk krets, varefter spänningsändringarna över densamma registrerades på en tolvpunktsskrivare.

För de dynamiska försöken användes två olika hjulfordon om 3,8 resp. 7,7 ton. Deformationsmätningen utfördes här på mekanisk väg via en hävstång, vars ena ände stod i kontakt med en i botten förankrad stång och vars andra ände var förbunden med en registreringsanordning.

Bearbetning

1959 års fotogrammetriska deflektionsdata bearbetades i stereokomparator, varvid deflektionen relativt begynnelsenivån bestämdes för de olika mätpunkterna. Deflektionen erhöles vid dessa mätningar med en noggrannhet av ca ± 1 mm. I fig. 4 a-b visas deflektionsprofilerna för en följd av olika belastningsökningar under ett av försöken med ökande last. I fig. 5 visas profiler för några av försöken med konstant last. I diagrammets ytterändar har genom streck angivits nollnivån för varje belastningsintervall. Uppenbart är att istäcket undergått nivåförändringar mellan successiva mättillfällen. Vid 1961 års kontinuerliga registreringar, då isnivån samtidigt registrerades vid belastningsplatsen och vid ett antal obelastade platser framgick att det var fråga om periodiska svängningar, sannolikt härrörande från seicher i den underliggande vattenmassan (fig. 6). Vid de statiska försöken detta år kunde därför korrektion enkelt göras för dessa nivåförändringar. 1959 års deformationsdata har däremot icke kunnat nivåkorrigeras och därför endast kunnat utnyttjas för att studera deformationsprofilernas form.

1961 års deformationsmätningar under de statiska försöken var behäftade med ganska grova fel, härrörande främst från potentiometerns tröghet. De har skattats till upp till ± 8 mm i maximala deflektionen vid försöken med konstant last samt upp till ± 18 mm för genomlastningsförsöken.

Resultat

Försöken med ökande last

Deformationsprofiler

På basis av de noggranna deformationsprofilerna från 1959 års försök har de teoretiska modellernas profiler testats. I fig. 7 visas några elastiska modellers deformationsprofiler under en last, motsvarande den aktuella (Wymans o Nevels profiler). En jämförelse med dessa visar, att isens deformation sker i tre huvudskeden. Wymans modell ger vid låg last god anpassning till de uppmätta profilerna, verkningsradien L har därvid beräknats ur istjockleken samt det vid de fysikaliska försöken erhållna värdet på elasticitetsmodulen. I ett senare skede deformeras isen som en delvis radiellt uppskuren platta av elastiskt material. Isprofilen antar då en form motsvarande Nevels profil nära

lasten (där de radiella sprickorna slagit upp) och Wymans profil på större avstånd. Verkningsradien är i detta skede oförändrad. Senare deformeras isen till en profil svarande mot Nevelprofilen för en ^{radiellt} sönderskuren platta med alltmer avtagande styvhet: verkningsradien blir successivt lägre då lasten ökar, beroende på flytning vid stora spänningar. I senare delen av detta skede uppkomma överhöjningar, medförande att den vertikala kraftjämvikten upphör: resultanten blir därigenom nedåtriktad och genombrott förestår.

Jämförelsen visar, att isen uppträder som om den vore elastisk trots den aktuella låga pålastningshastigheten, som svarar mot ca 20 min till brott. Med så låg pålastningshastighet uppträder ismaterialet emellertid med säkerhet delvis plastiskt; förklaringen till överensstämmelsen torde vara att det är formen av σ/ϵ kurvan som är relevant och icke deformationens reversibilitet, dvs om den försvinner efter upphörande belastning eller icke.

Deformationsprofilerna från samma belastningsförsök har testats även mot Meyerhofs teoretiska profil för en belastad oändlig idealplastisk platta. Det visar sig att profilerna är logaritmiskt lineära nästan upp till genombrottslasten i överensstämmelse med Meyerhofs modell. Radien för inverkningsområdet var upp till ca 60 % av denna last konstant ca 16 m och sjönk därefter till ca 10 m. Eftersom inverkningsradien enligt denna teori förutsättes motsvara ca 4 L, medför detta att denna modell ger riktig profil om verkningsradien är ca 4 m i första belastningsskedet samt därefter ca 2,5 m.

Ringsprickor

Som tidigare nämnts gjordes vidare dels vissa observationer avseende sprickbildningen i isen under pågående belastning, dels ett antal bestämningar av genombrottslastens storlek.

Ringsprickornas utseende vid några försök framgår av fig. 8, liksom förekommande sprickor före belastningen. Största ringsprickeradien låg för vinterförsöken i intervallet 11-14 m; för två försök på våris var de däremot endast 5-7 m. Sänkningen beror uppenbarligen på en tilltagande böjlighet i istäcket som följd av upplösningen i kristallfogarna.

Genomsnittligt gränsbelastningsvärde

Belastningsvärdet P/h^2 vid de olika sprickbildningsstadierna varierade för vinterförsöken inom följande intervall (index på P avser de olika brottsstadierna U = underkantssprickor, R = ringspricka, G = genombrott)

- radiella underkantssprickor	$\frac{P_U}{h^2} = 5 - 12 \text{ kp/cm}^2$	
- första ringspricka	$\frac{P_R}{h^2} = 10 - 16 \text{ ''}$	medelvärde 11,9 kp/cm ²
- slutligt genombrott	$\frac{P_G}{h^2} = 11 - 20 \text{ ''}$	medelvärde 15,2 kp/cm ²

Vårisförsöken gav avsevärt lägre gränslaster: slutligt genombrott uppkom redan vid belastningsvärdena 3,8 - 9,5 kp/cm².

Jämföres vinterförsökens genomsnittliga gränsbelastningsvärden för de två första brottsstadierna med på basis av bärighetsformlerna (5)-(10) beräknade gränsbelastningsvärden föreligger överensstämmelse med följande modeller:

- radiella underkantssprickor Wymans modell (oänd. elast. platta)
- första ringspricka Nevels modell eller Meyerhofs för samma plattyp (radiellt spr. elast. platta)

Meyerhofs idealplastiska platta ger dock överensstämmelse med genomsnittsvärdet på ringsprickelasten först om kryppgränsen antas ligga vid ca 40 % av det brottgränsvärde 6,5 kp/cm², som bestämts ur de fysikaliska försöken, och vilket utnyttjats vid ovannämnda jämförelse. Att så är fallet förefaller inte orimligt med hänsyn till den låga pålastningshastigheten, som bör ha medfört avsteg från ett lineärt σ/ϵ -förlopp vid lägre spänning än brottgränsen.

Att ägna alltför mycket intresse åt att studera genomsnittsvärdets överensstämmelse med formelvärden torde dock löna sig föga med hänsyn till att tydliga inflytanden på gränsbelastningsvärdet motsvarande genombrott kan konstateras, då man närmare studerar värdenas samvariation med andra försöksfaktorer.

Inverkan av pålastningstid

Bl. a. studerades hur försöksvärdena anslöt sig till det samband mellan gränsbelastningsvärden och belastningens varaktighet som Assur påvisat (fig. 9). Assurs kurva visar egentligen sambandet mellan tillåtna parkeringstiden (tiden från lastens anbringande till första ringspricka. resp. genombrott) och belastningsvärdet. Som tidsparameter vid vår jämförelse användes en ekvivalent belastningstid, definierad såsom

$$t_{\text{ekv}} = \frac{\int_0^T P(t) dt}{P_G} \quad (15)$$

där $P(t)$ anger den verkliga tidsvarierande lasten, P_G genombrottslasten och T totala belastningstiden. Att en sådan parameterövergång är meningsfull bekräftades av krypförsöken, vilka visade att krypningen sker på sådant sätt att deformationshastigheten är direkt proportionell mot lasten. En belastning med konstant last P_G under tiden t_{ekv} resp. med en belastning som lineärt ökar från 0 vid tiden $t = 0$ till P_G vid tiden T ger nämligen i så fall samma totala slutdeformation genom krypning.

Försöksvärdenas lägen i Assurs diagram återges i fig. 9. Därav framgår att:

- flertalet vinterförsök med 0^o-ig is ligga samlade längs en med Assurs kurva parallell sådan, belägen ca 2 kp/cm² under densamma
- fyra försök ur samma kategori (S 200, S 100, S 80, S 60) bilda en grupp för sig med lägre gränsbelastningsvärden
- vinterförsök med is under 0^oC (1:3, 2:6) visa gränslastvärden avsevärt över Assurs kurva
- vårisförsöken (S 300, S 320, S 340) bilda en separat grupp med särskilt låga gränsvärden.

Inverkan av förtrafikering

De närmare förutsättningarna för försöken i den avvikande gruppen av vinterförsök med 0^o-ig is framgår av följande tablå. Med "normalkurvan" avses där den ovannämnda, 2 kp/cm² under Assurs kurva belägna kurvan för 0^o-ig, obetydligt förtrafikerad vinteris.

Försök	Avvikelse från "normalkurvan" (kp/cm ²)	Stöpisandel %	Omfattning av förtrafik (ant. pass.)
S 200	- 5	0, 38	100
S 100	- 5	0, 53	150
S 80	- 9	0, 52	150
S 60	- 4	0, 56	12

Det visar sig att samtliga försök med hög förtrafikering ligga representerade i denna grupp. Det sista försöket, vid vilken förtrafikeringen var relativt ringa, kan emellertid förklaras på annat sätt. Vid detta försök observerades nämligen efter genombrottet, att brott inträffat i fogen mellan kärnisen och stöpis, så att kärnisflak och stöpisflak förekom separat i vaken. En sänkning av gränslastvärdet torde därför i detta fall föreligga som följd av dålig fog mellan de två isskikten (se vidare nedan).

Vårisförsöken visa också ett med ökande belastningstid avtagande gränslastvärde. Emellertid kan en del av gränslastvärdets avtagande här bero på den successivt försämrade iskvaliteten mellan försökstillfällena, som framgick av de fysikaliska hållfasthetsmätningarna.

Ovannämnda analys har visat att lågt gränslastvärde förelegat i samtliga de fall, då antalet passager varit 100 eller flera; däremot kunde ingen inverkan konstateras i det fall då 21 passager eller därunder förekommit.

Inverkan av stöpishalt

Att stöpisandelen har betydelse för bärigheten har, som tidigare nämnts, ofta förutsatts och har tagit sig uttryck i praxis att medräkna stöpisens tjocklek till endast halva dess verkliga värde. Såväl hållfasthetsmätningarna i anslutning till denna undersökning som de i litteraturen redovisade, tyda emellertid på att någon signifikant skillnad i hållfasthet icke föreligger, då det provbelastade tvärsnittet är stort ($> 10^3$ cm²). Det finnes således ingen anledning att på basis av hållfasthetsförhållanden tro att något stöpisberoende skall föreligga. Däremot skulle ett sådant beroende uppträda såvida stöpis och kärnisen hade olika deformationsegenskaper. Att de båda is typerna ha olika elasticitetsmodul har tidigare nämnts och bekräftades

också genom de fysikaliska försöken. Ett istäcke, sammansatt av två lager med olika E -modul, får en spänningsfördelning över en sektion, olik fördelningen vid enhetligt material; böjspänningen i gränsen mellan kärnis och stöpis dominerar vid låga stöpisandelar över kantböjspänningen i stöpis. Vidare blir tryckspänningen vid kärnisens underyta då större än vad den skulle varit i ren kärnis. Det förefaller därför inte uteslutet att närvaro av ett stöpis-skikt kan skapa förutsättning för att brottet i sektionen startar som ett tryckbrott vid istäckets undersida i stället för som ett dragbrott vid dess yta. För att kunna avgöra förutsättningarna härför krävs emellertid bättre kännedom om isens tryckhållfasthet vid de sektionsareor som här äro aktuella. Utan kännedom om relationen mellan draghållfasthet och tryckhållfasthet är det inte möjligt att sluta sig till beroendet mellan gränslastvärdet vid brott och stöpisandelen i istäcket.

Att stöpishalten vid de utförda försöken haft någon nämnvärd effekt på gränslastvärdet har icke kunnat påvisas. Emellertid förelåg en oavsiktlig samvariation mellan stöpisvärde och förtrafikering, så att hög stöpishalt endast förekom i kombination med hög förtrafikering och vice versa.

Speciella svårigheter uppkommer dock då stöpisandelen är så hög att skjuvspänningen i sektionen får sitt maximum nära fogen mellan stöpis- och kärnisskikten. Den höga skjuvspänningen medför nämligen risk för glidning mellan skikten, varigenom gränslastvärdet kan reduceras, såsom också visats vara fallet i ett av försöken (S 60).

Försöken med konstant last

Analys av de vid krypförsöken med varaktig konstant last erhållna deflektionsprofilerna, som återges i fig. 5, visade att de innanför ca 10 m radie från belastningscentrum kunde approximeras med profiler enligt såväl Meyerhofs som Kerrs modeller. Utanför denna radie förekom i verkligheten i vissa fall överhöjningar, vilka saknas i båda modellerna.

För styvhetsparametern λ i Kerrs modell, erhöles värden inom intervallet $0,02 < \lambda < 0,30 \text{ m}^{-1}$ och med medelvärdet $0,15 \text{ m}^{-1}$. λ -värdena, som är mått på isplattans styvhet (ju större λ desto böj-

ligare platta), är jämförbara med λ -värden enligt ryska krypförsök ($0,004 \leq \lambda \leq 0,19 \text{ m}^{-1}$; medelvärde $0,1 \text{ m}^{-1}$).

Tidsmässigt var krypförloppen från deformationsskedena 1 och 2 retarderande, från skede 3 fortgående mot genombrott (jfr fig. 10).

Krypförsöken leda till slutsatsen att isen under konstant last deformeras som om flytning sker i kristallgränserna i en utsträckning, som motsvarar viskositetskoefficientvärdet $2 \cdot 10^{10}$ poise. Vid de fysikaliska försöken erhöles λ -värden av storleksordningen 10^{13} poise. I detta fall var utvärderingen dock baserad på formler för ren böjning, d. v. s. deformation genom skjuvspänningar hade helt försumrats. Viskositetskoefficienterna är därför icke jämförbara.

Stor variation förelåg i λ -värdena mellan olika mätplatser; detta medför att olika krypförlopp blev sinsemellan mycket olika, såsom framgår av fig. 10, där krypförloppen visas för varje belastning för sig; krypdeformationen är angiven per ton belastning. Uppenbart är att skillnaden mellan olika försök vid samma last är större än skillnaden mellan olika belastningar: efter 20 minuters krypning var deformationen 0,5 - 2 mm/ton oberoende av belastningen. Undantag utgör visserligen 6,4-tonsförsöken, där i stället 2-4 mm/ton kunnat iakttagas, men avvikelserna är endast skenbar och beror på belastningssättet. (Maxfelet ± 8 mm i deformationsvärdena vid plasticitetsförsöken torde icke påverka nämnda slutsats, emedan större delen av detta fel torde återfinnas i den elastiska, här ej studerade delen av deformationen).

Försöken med rörlig last

Deflektionsprofilen från några försök med rörlig last visas i fig. 11. Därav framgår att isen erhåller en amplitudförstoring genom resonans. Maximiamplitudens variation med fordonshastigheten återges i fig. 12. Resonanshastigheten överensstämmer med den på basis av djup och istjocklek beräknade. Verkningsradien L visade sig vid rörlig last anta ett högre värde än vid statisk last. Detta var väntat emedan sambandet spänning-töjning har ett brantare förlopp vid snabb belastningshastighet. Elasticitetsmodulen har genom anpassning av resonanskurvorna till teoretiskt beräknade sådana uppskattats till mellan 50 000 och 90 000 kp/cm².

För att studera huruvida någon successiv amplitudtillväxt skulle komma till stånd genom utmattning genomfördes en serie strömtrafikförsök, varvid 24 st passager företogs i snabb följd. Med hänsyn till banans läge och till att försöken verkställdes med ett och samma fordon, kom varannan passage att ske in mot stranden, d. v. s. mot grundare vatten, och varannan mot djupare. Försöken visade ingen amplitudförstoring men däremot en tydlig skillnad i vågbild vid trafik mot grundare resp. djupare områden. Amplituden mellan bogvågens topp och belastningstratten var densamma men aktervågen hade större amplitud vid trafik mot stranden. Detta innebär, att viss risk för snabbare utmattning av isen bör föreligga vid upprepade passager in mot stranden än vid trafik endast i motsatt riktning.

Belastningsvärdena vid trafikeringsförsöken 1961 uppgick till 1,6 resp. 3,3 kp/cm². Vid de dynamiska försöken 1959 var motsvarande värde 4,2 kp/cm². Tillämpar man Nevells kriterium för att estimeras den förväntade sprickbildningslasten (motsvarande ringsprickor vid statisk last) och baserar sig på brottgränsvärdet enligt de fysikaliska försöken, 6,5 kp/cm² samt på E-värdet 70 000 kp/cm², finner man att vid långsamt rörlig last sprickbildning kunde befaras ske vid ca 10 kp/cm² belastningsvärde. Tages därefter hänsyn till en spänningsförstoring motsvarande 2,5 ggr vid resonans, är det förväntade belastningsvärdet för sprickbildning ca 4 kp/cm². Det visade sig också att vid trafikeringsförsöken 1959, då belastningsvärdet som ovan nämnts var 4,2 kp/cm², sprickor slog upp framför fordonet, då detta framfördes med hastigheten ca 40 km/h. Denna hastighet ligger något över den kritiska, som uppskattats till ca 30 km/h. Påpekas bör att denna sprickbildning dock icke var kritisk, eftersom fordonet efter sprickbildningen genomförde ytterligare ett tiotal passager på samma bana.

Slutord

Resultaten av de svenska belastningsförsöken på Storsjön ha i det föregående redovisats under diskussion av de statiska resp. dynamiska försöken var för sig. Försöker man nu inordna dem i ett gemensamt sammanhang framstår följande helhetsbild. Tre olika typer av brott kunna särskiljas: elastiskt brott av statisk typ, elastiskt brott av dynamisk typ samt plastiskt brott. Det som bestämmer huruvida brottet i ett enskilt fall blir elastiskt eller plastiskt är pålastningshastigheten, d. v. s. med vilken snabbhet spänningen bringas att stiga upp till brottgränsen. Hur stor belastning som ett istäcke kan utsättas för bestäm-

mes således förutom av istjocklek, belastningsradie och brotthållfasthet också av pålastningshastigheten: maximalt gränsbelastningsvärde erhålles då gränsmomentet är plastiskt ($M_{\max} = \sigma_c h^2 / 4$) men pålastningshastigheten och därför kryppgränsen σ_c ännu hög och ungefär motsvarande brottgränsen vid snabb belastning σ_B . När en belastning väl anbragts på istäcket uppkommer fråga huru länge den utan risk för genombrott kan stå parkerad på isen. Detta beror av krypningen i istäcket under lasten; kryphastigheten är enligt vad som framgått proportionell mot belastningen. Parkeringstiden bör följaktligen vara längre ju lägre belastningsvärdet är, d. v. s. en funktion av belastningsvärdet. Av stort intresse är givetvis om denna funktion har någon undre gräns, under vilken parkeringstiden är oberoende av belastningsvärdet. Flertalet av de svenska krypförsöken ... uppvisade retarderande krypförlopp. De ha dock icke fortgått tillräckligt lång tid för att säkert ge svar på denna fråga. Slutligen kan nämnas att olika samband torde gälla mellan parkeringstid och belastningsvärde vid olika istemperatur, eftersom krypförloppet är temperaturberoende.

Schematiskt kan man tydligen återgiva de olika brottstyperna i ett diagram av det slag som antytts i fig. 13. Gränslastvärdet P_R/h^2 återgives där som funktion av pålastningstiden, för vilken valts en logaritmisk skala. De kortaste pålastningstiderna närmast origo motsvara de snabbaste fordonshastigheterna: vid fordonshastigheter över den kritiska hastigheten upphör resonansfenomenet; det elastiska brottet bör där vara aktuellt. Vid ökande pålastningstid nås den kritiska hastigheten med samtidig maximal spänningsförstoring genom resonans med den underliggande vattenvågen. Gränslasten sjunker härigenom till ca $1/4$ av det "elastiska värdet". Vid ökande pålastningstid når man småningom ett värde, motsvarande spänningsökningen $0,5 \text{ kp/cm}^2$, vid vilken övergång antas ske från elastiskt till plastiskt brott, medförande en stegring av gränslastvärdet med 50 % p. g. a. att det elastiska böjmomentet ersättes av ett plastiskt. Samtidigt sker också byte av deformationsmodell från elastisk till plastisk, vilket medför en ytterligare stegring av gränslastvärdet: vid relativa belastningsradien $0,25$ stegras det exempelvis från den elastiska modellens värde ca 10 kp/cm^2 till plastiska modellens värde ca 21 kp/cm^2 . Vid därutöver ytterligare ökande pålastningstid sjunker rimligen kryppgränsen och därför också gränslastvärdet ned till

säg $1/4$ av maximala plastiska värdet. (I det här beskrivna schematiska sambandet mellan gränslastvärde och pålastningstid har icke beaktats, att verkningsradien också varierar med belastningshastigheten.)

De statiska genomlastningsförsöken på Storsjön motsvara en pålastningstid av ca 30 min. och ligga enligt vad undersökningen givit vid handen på den plastiska delen av kurvan. De dynamiska försöken motsvara resonansintervallet. Genom att krypning i så stor utsträckning tilläts ske i samband med de statiska försöken såväl under som efter avslutad pålastning ha dessa försök kunnat diskuteras såsom krypförsök. Därvid har visats att mellan ekvivalenta belastningstiden råder analogt samband med gränslastvärdet som Assur påvisat mellan parkeringstid och belastningsvärde.

Samarbetsgruppen planerar att fortsätta sin verksamhet. Därvid har följande frågor ansetts vara av väsentlig betydelse för det praktiska utnyttjandet av ett istäckes bärighet och därför kräva fortsatta undersökningar:

- förtrafikeringens bärighetsnedsättande effekt
- fordonshastighetens bärighetsnedsättande effekt
- parkeringstidens beroende av belastningsvärdet
- belastningsutbredningens betydelse för bärigheten
- temperaturens betydelse för bärigheten
- sprickhaltens betydelse för bärigheten
- salthaltens betydelse för bärigheten

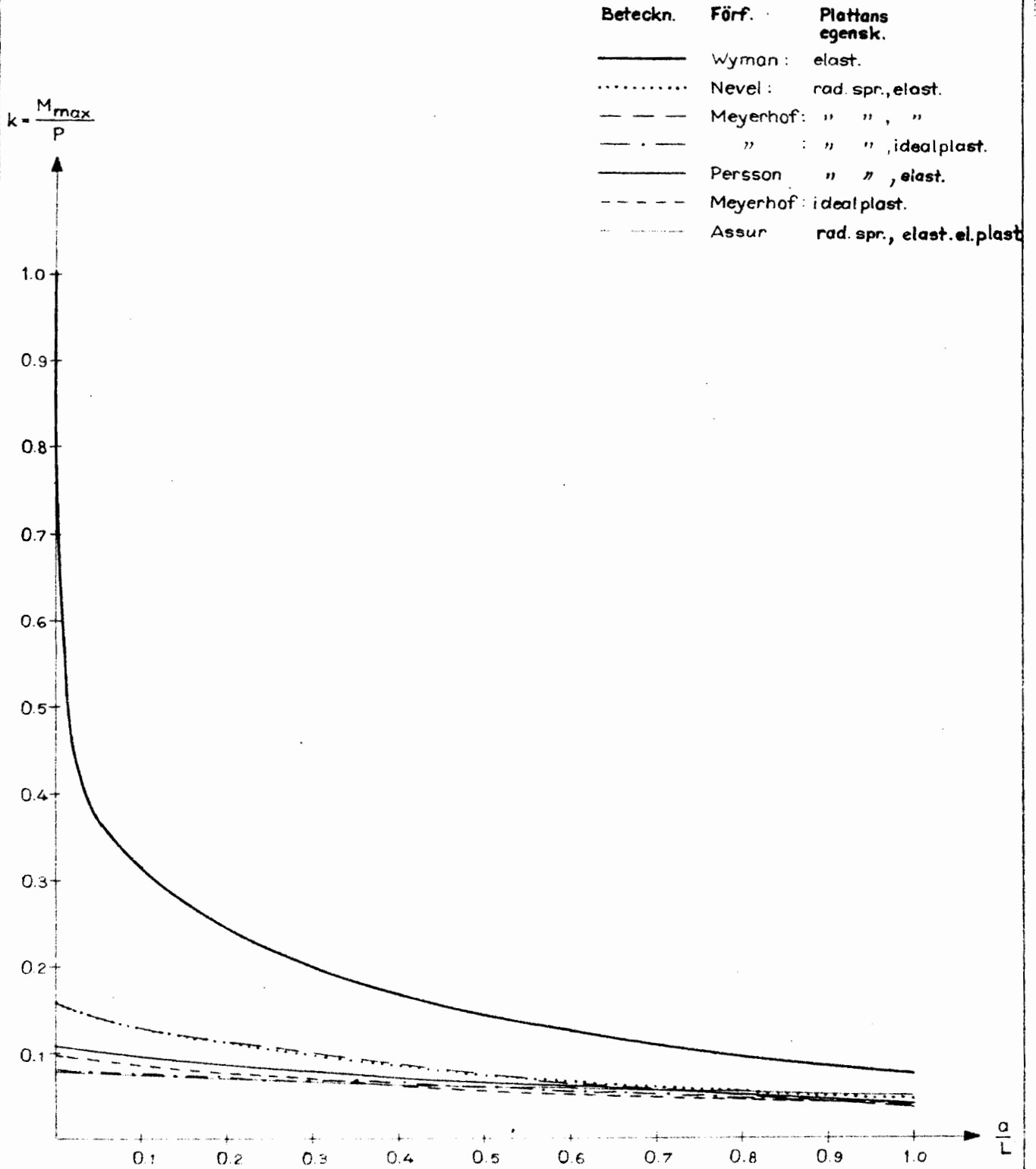
S M H I
H B F

Gränsmomentets variation med belastningsradien enligt olika modeller (platta på elastiskt underlag)

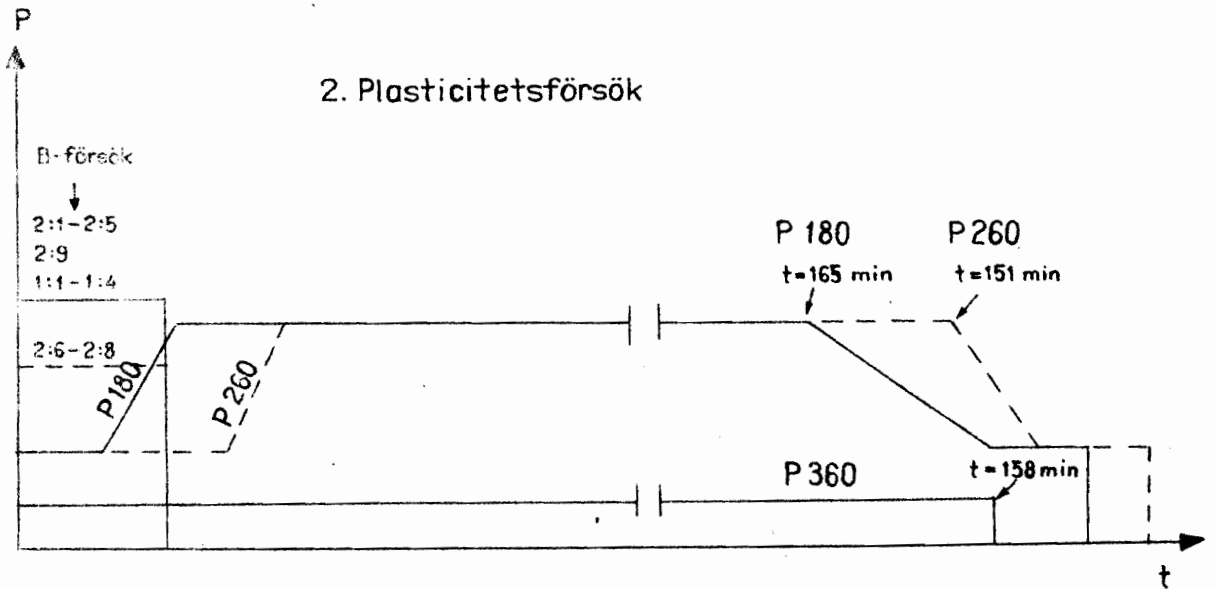
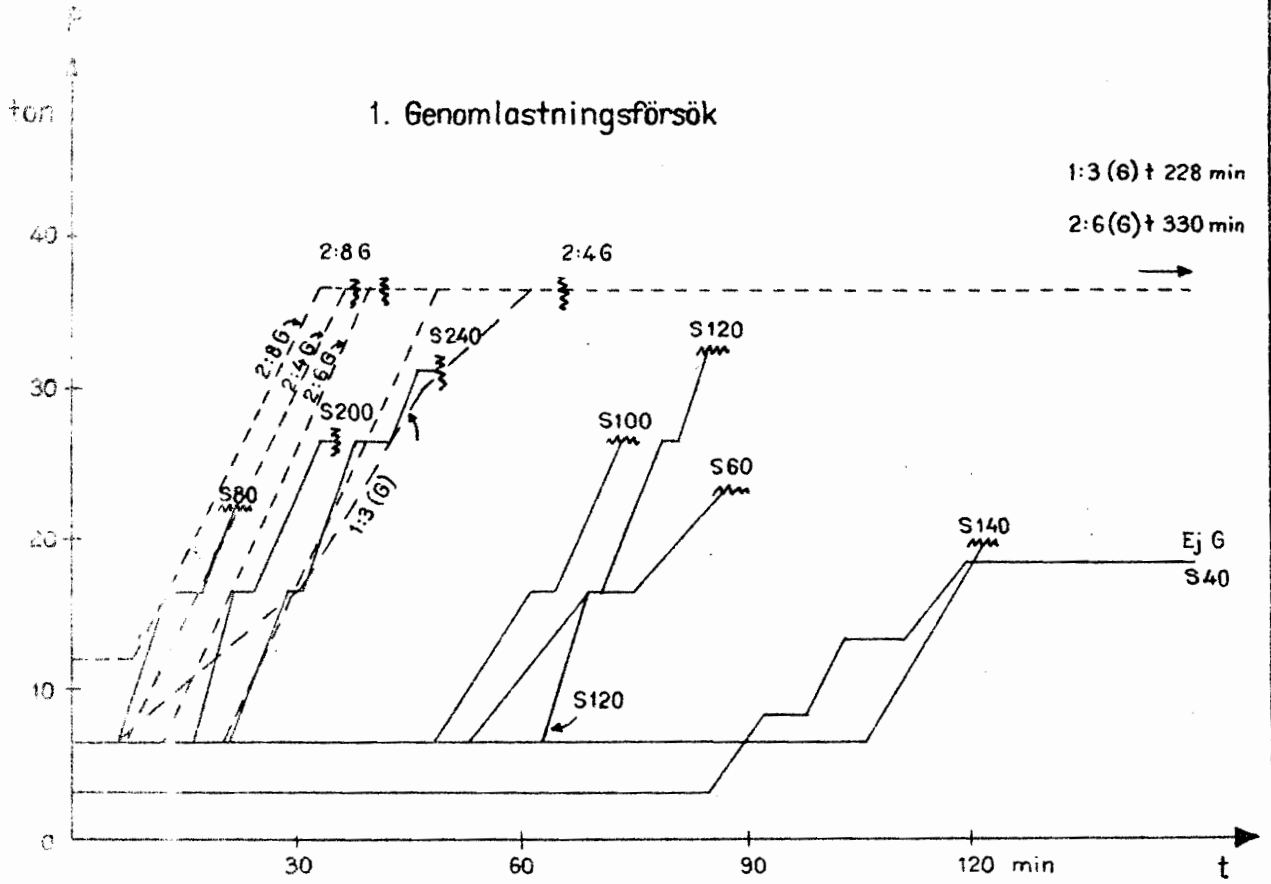
Fig. 2

Svenska isbärighetsundersökningar

år 1959-63



ww anger genombrott



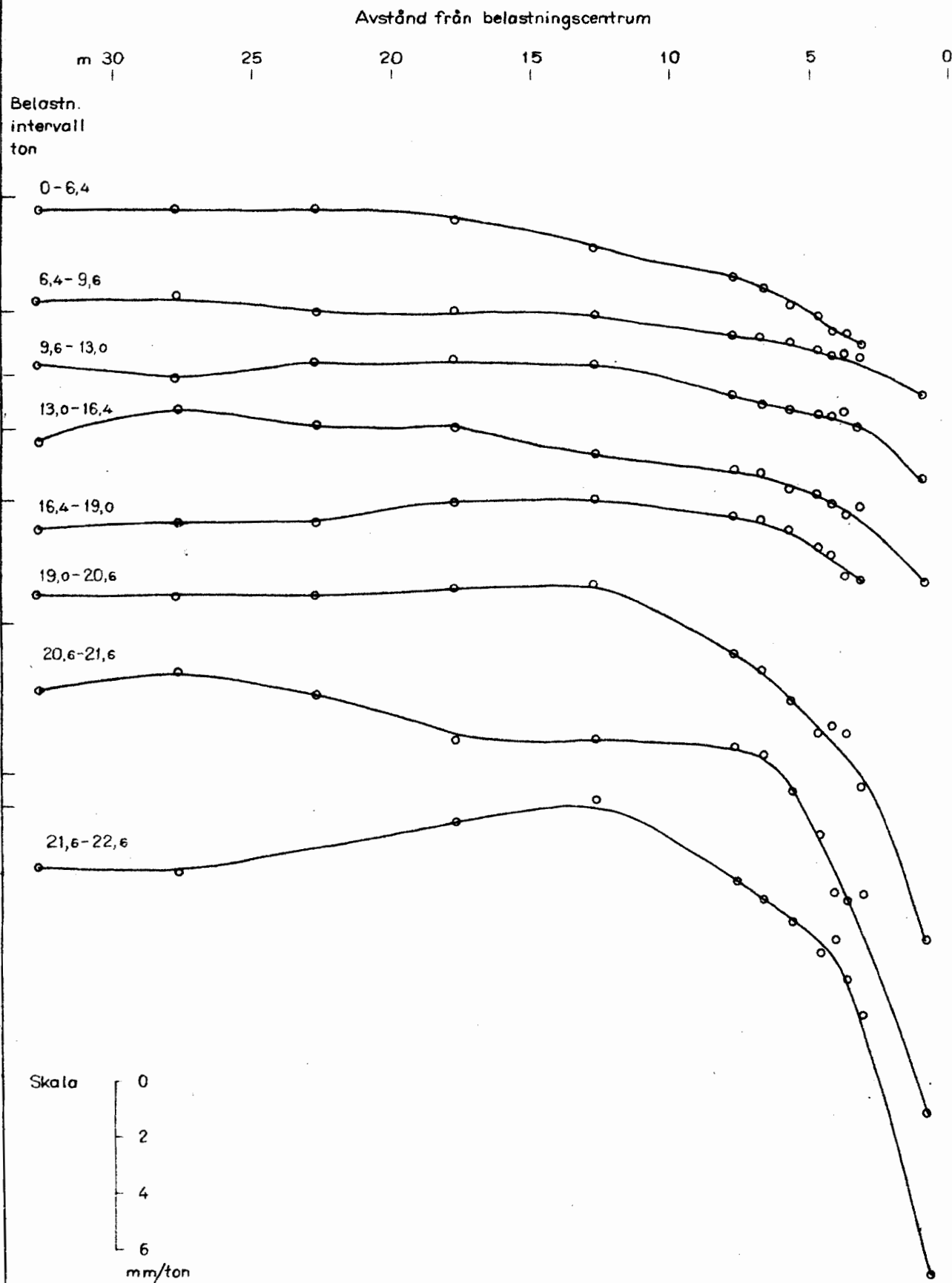
S M H I
H B F

Istäckets deflektionsprofil i
olika belastningsintervall
(kontinuerligt ökande last)
Försök S 200

Fig. 4a

Svenska isbäring-
hetsundersökning

år 1959-63



S N H I
H B F

Istäckets deflektionsprofil i
olika belastningsintervall
(kontinuerligt ökande last)
Försök S 200

Fig. 4b

Svenska isbäring-
hetsundersökning-

år 1959-63

Avstånd från belastningscentrum

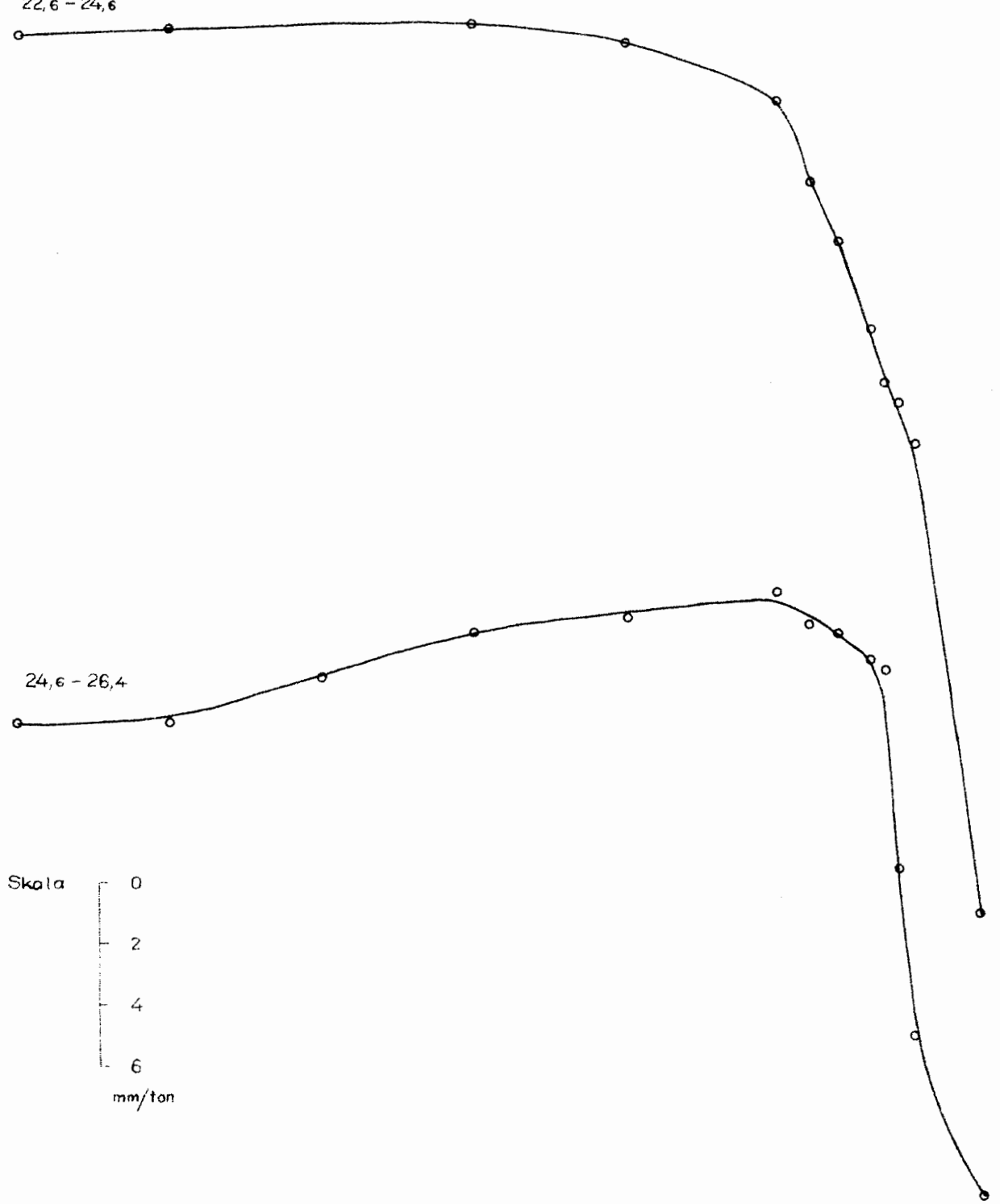
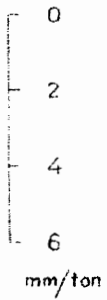
m 30 | 25 | 20 | 15 | 10 | 5 | 0

Belastn.
intervall
ton

22,6 - 24,6

24,6 - 26,4

Skala

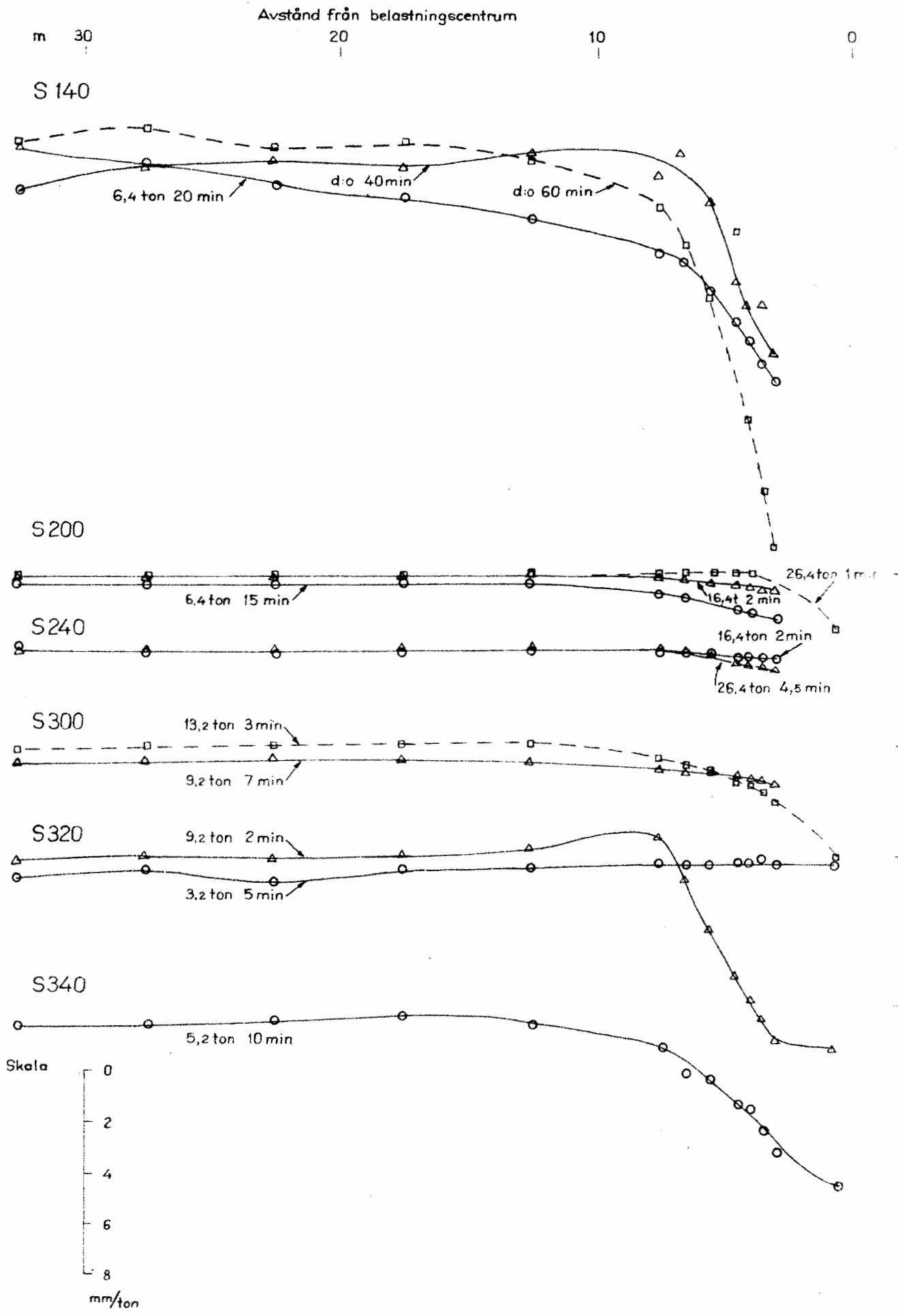


S M H I
H B F

Istäckets deflektionsprofil
(statisk last)

Fig. 5

Svenska isbäring-
hetsundersökning-
ar 1959-63



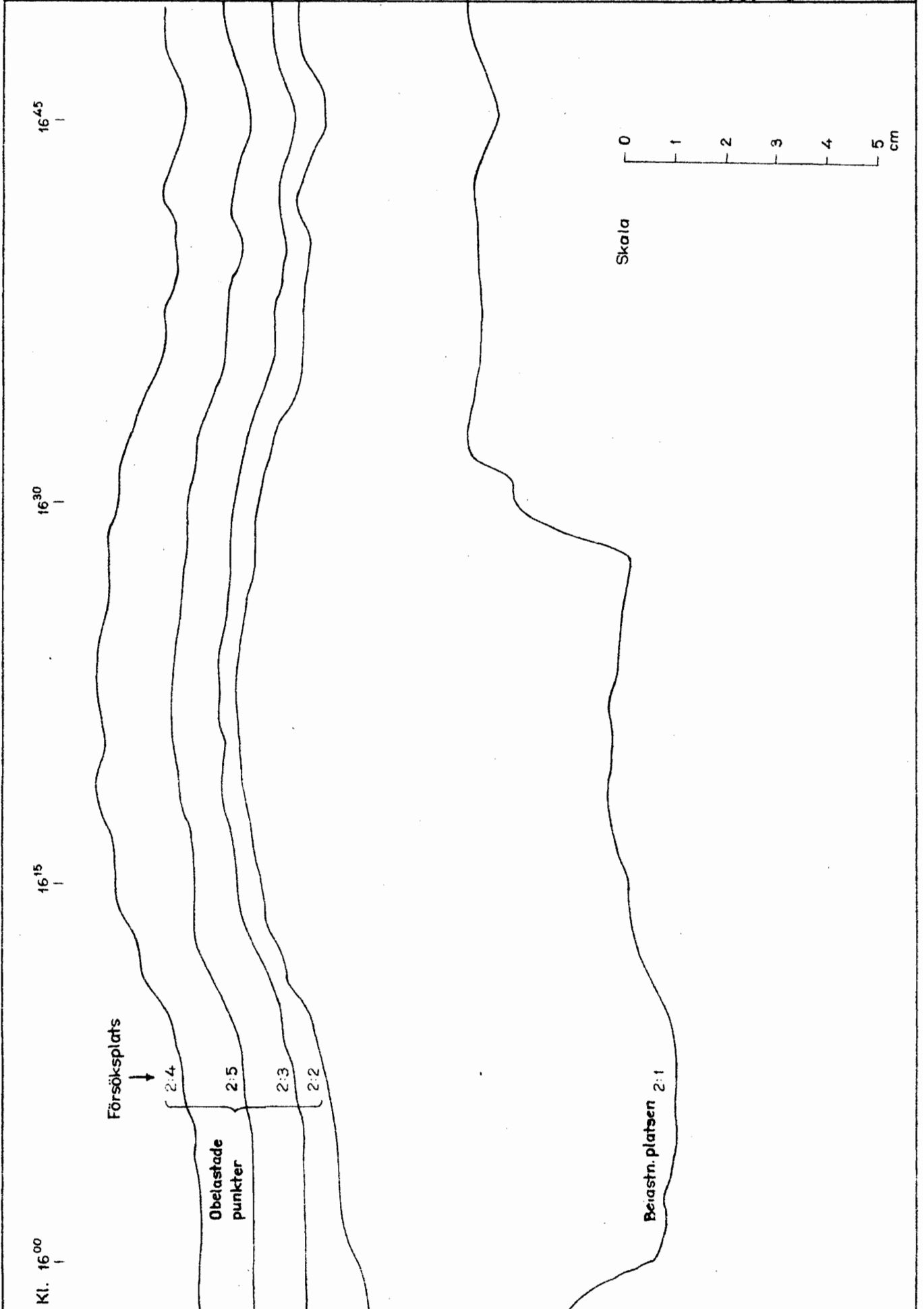
S M H I
H B F

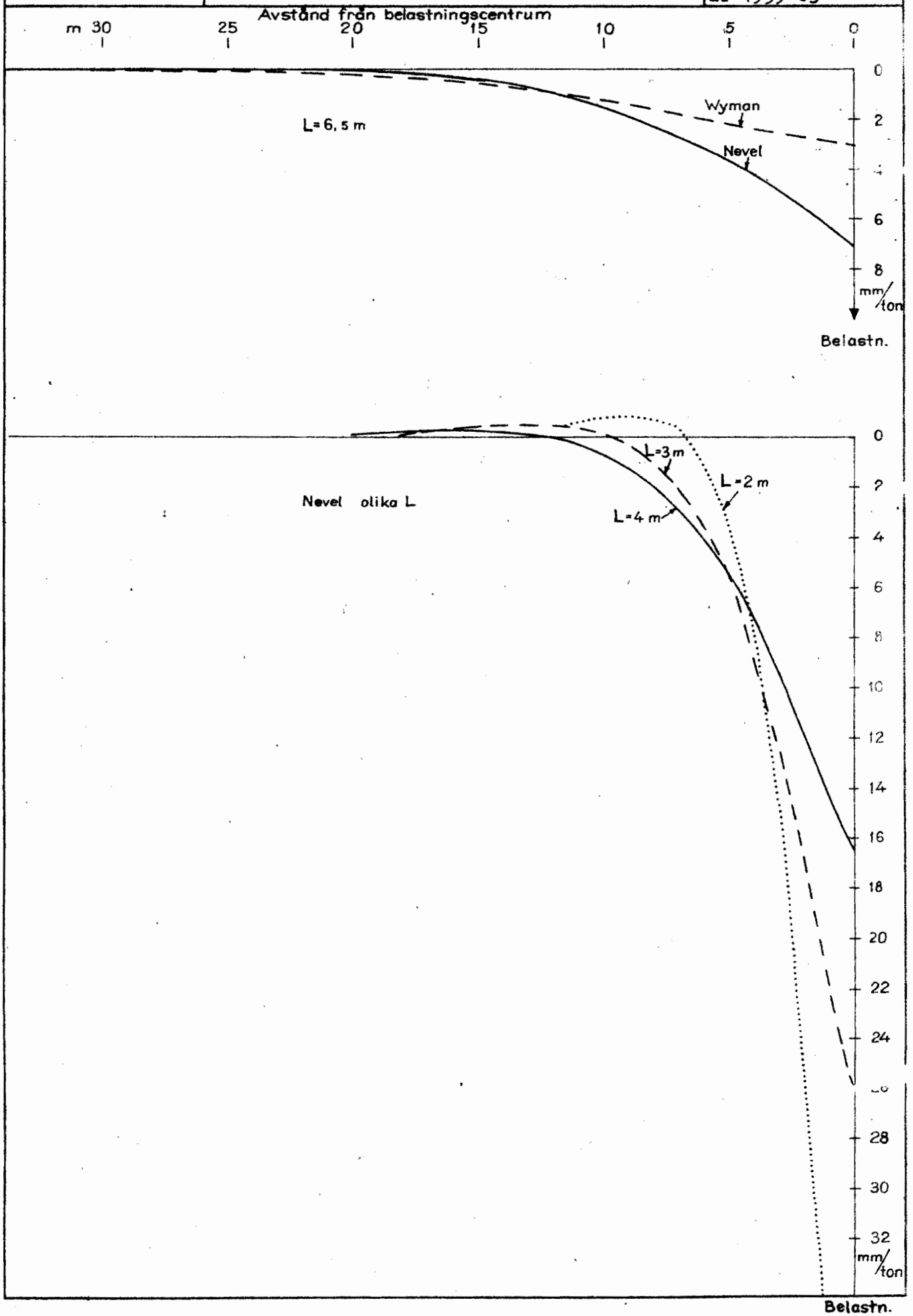
Isens egensvängningar
Försök 2:1 B

Fig. 6

Svenska isbäring-
hetsundersökningar

1959-63





Sprickor och ringsprickor vid belastningsplatserna 1961

Fig. 8
Svenska isbäring-
hetsundersökning-
ar 1959-63

(Romerska siffror vid ringsprickorna
ange kronologisk ordning för dessas
uppkomst.)



18/2
2:5 före
belastn



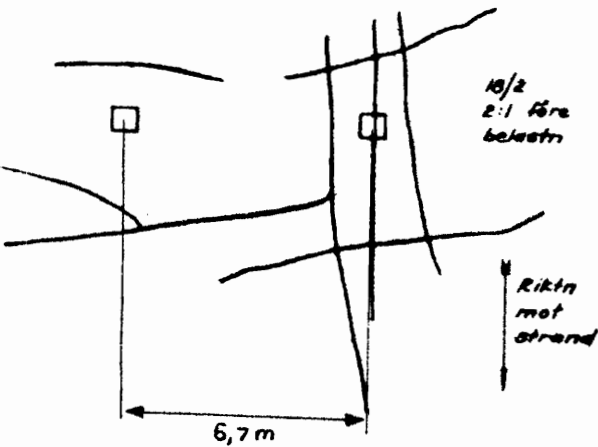
18/2
2:4 före
belastn



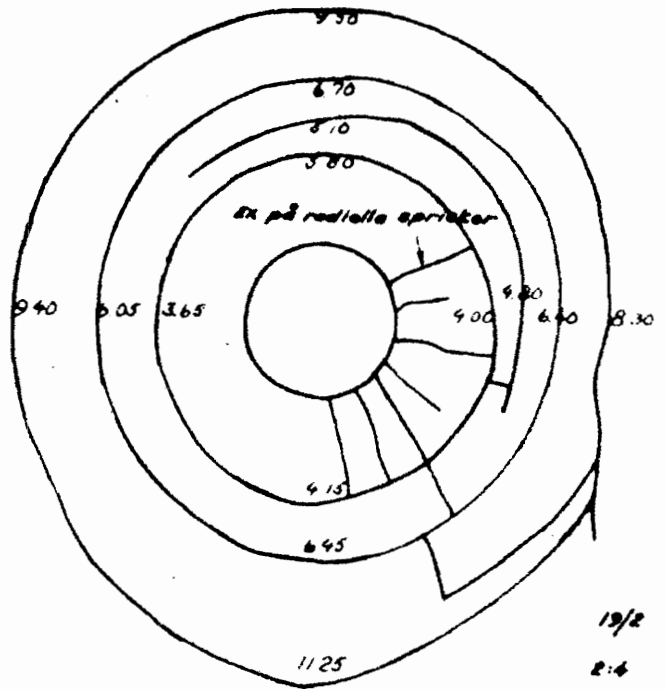
18/2
2:3 före
belastn



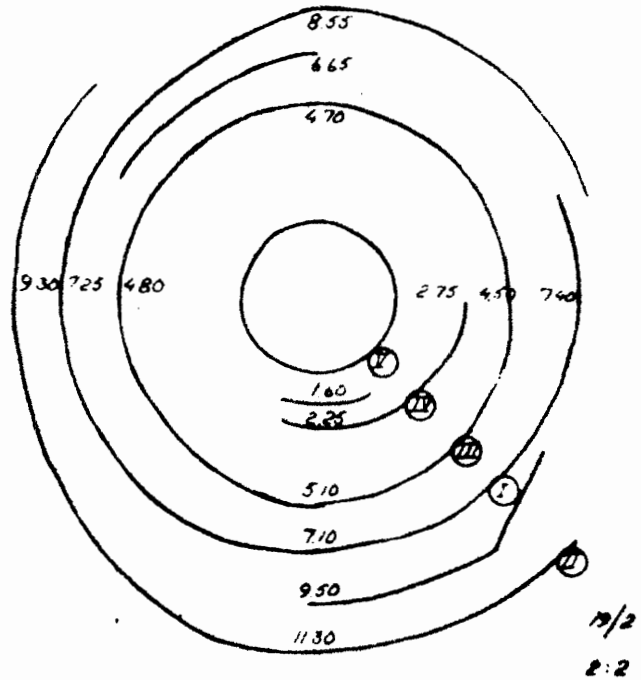
18/2
2:2 före
belastn



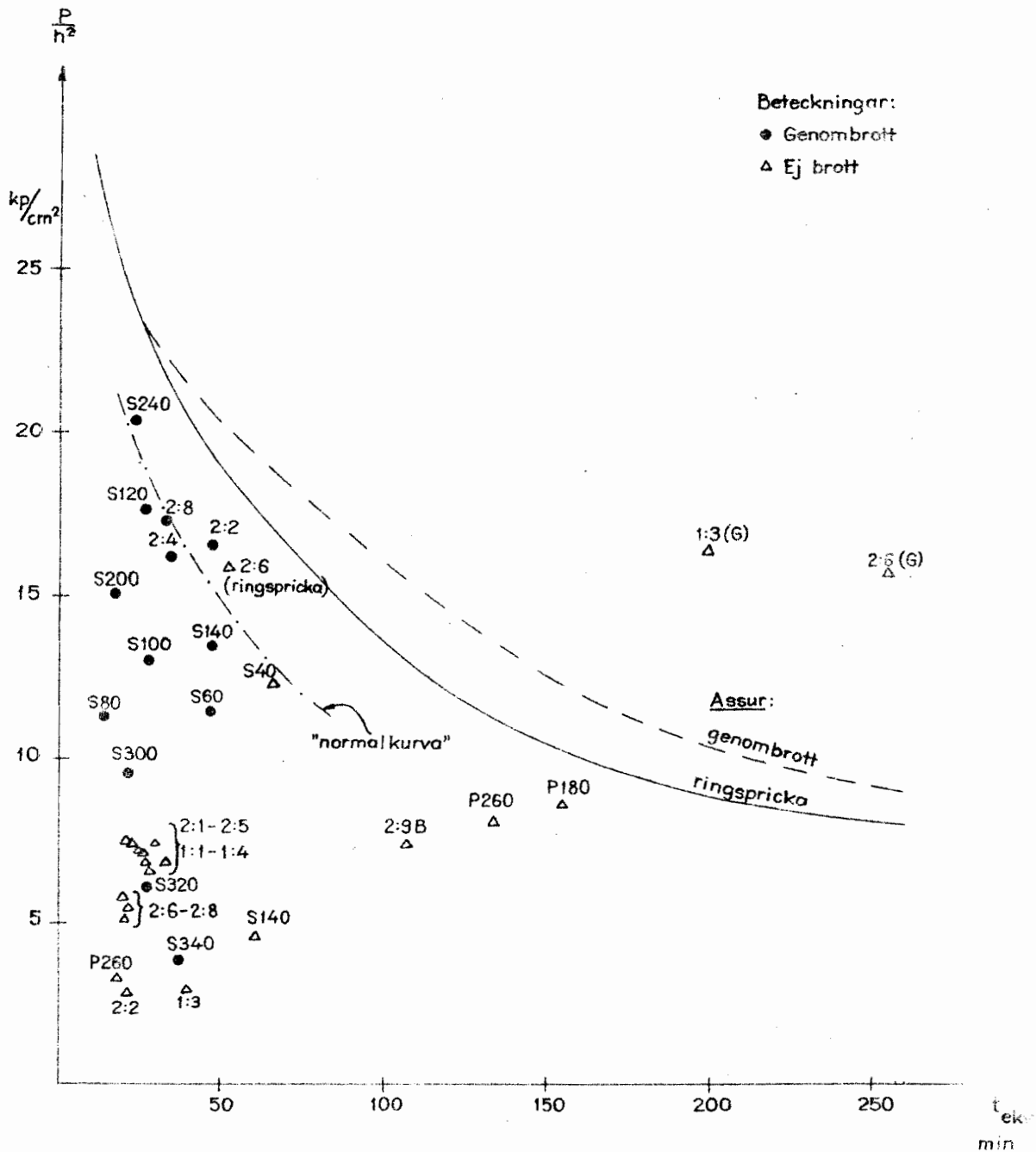
18/2
2:1 före
belastn



Pentternes
ytttermått
5.30 x 5.00 m



De inritade kurvorna avse sambandet
belastningsvärde - parkeringstid
enligt Assur samt "normalkurvan" för
de svenska försöken.



S M H I
H B F

Deformationsändring under statisk last
(krypförlopp)

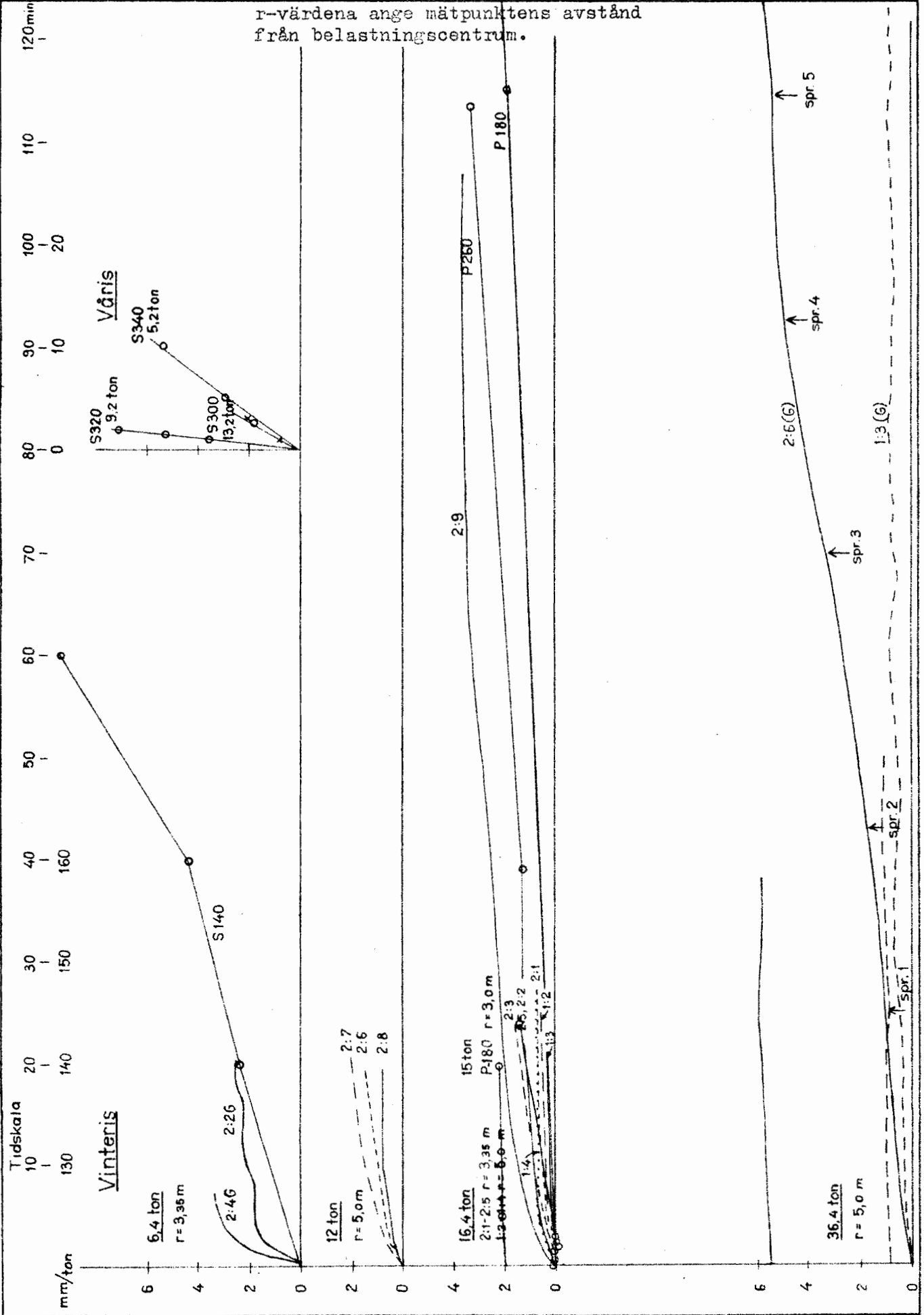
S140 o. P260-kurvorna baserade på enstaka (utritade) observationer av lastens nivåändring, övriga kurvor registrerade.

r-värdena ange mätpunkters avstånd från belastningscentrum.

Fig. 10

Svenska isbäring-
hetsundersökningar

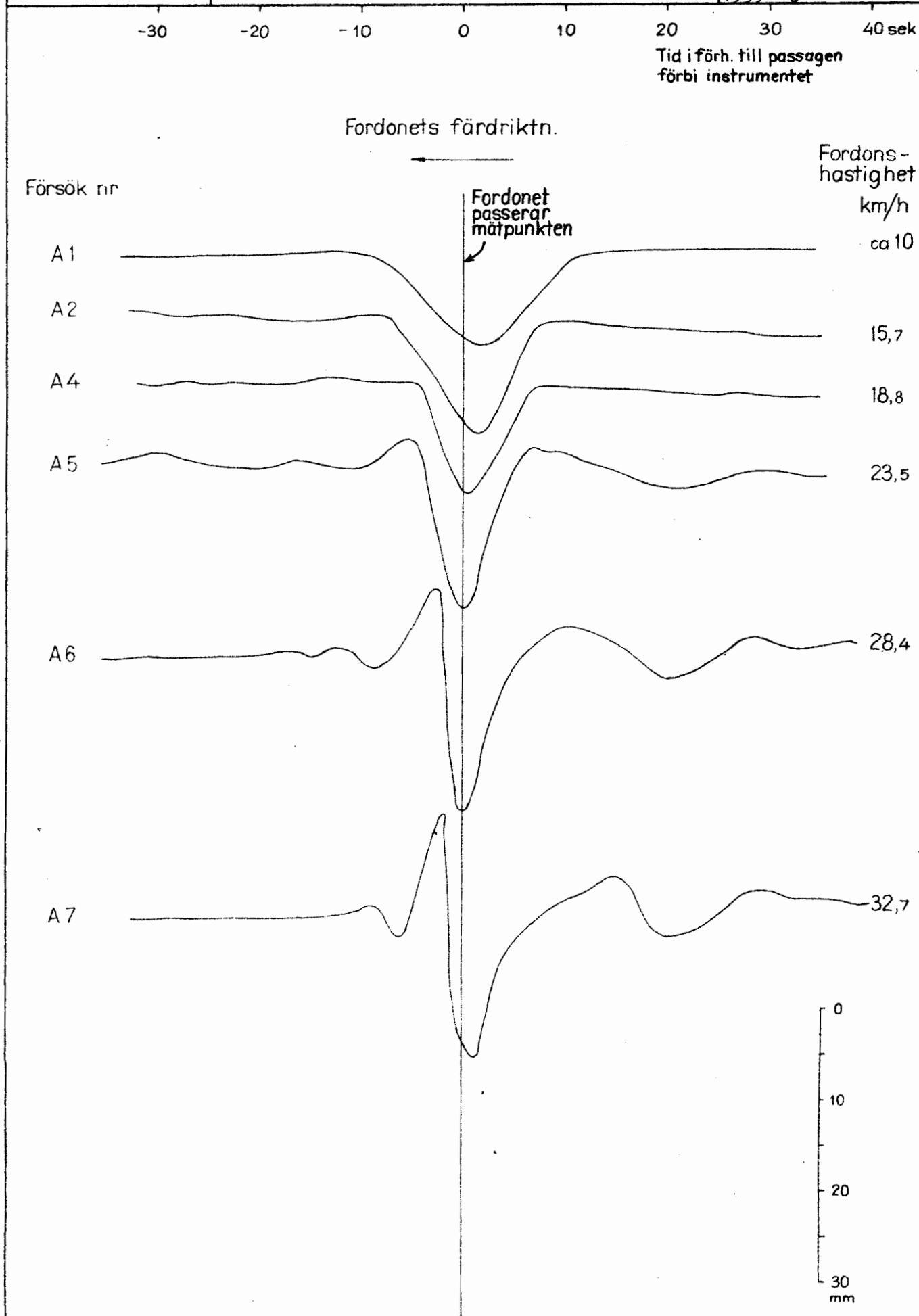
1959-63



S M H I
H P F

Istäckets deflektion under rörlig last
Serie A: Bana T1 i norrut
Fordonsvikt 7,7 ton
Mätpunkt 6 m från bancentrum

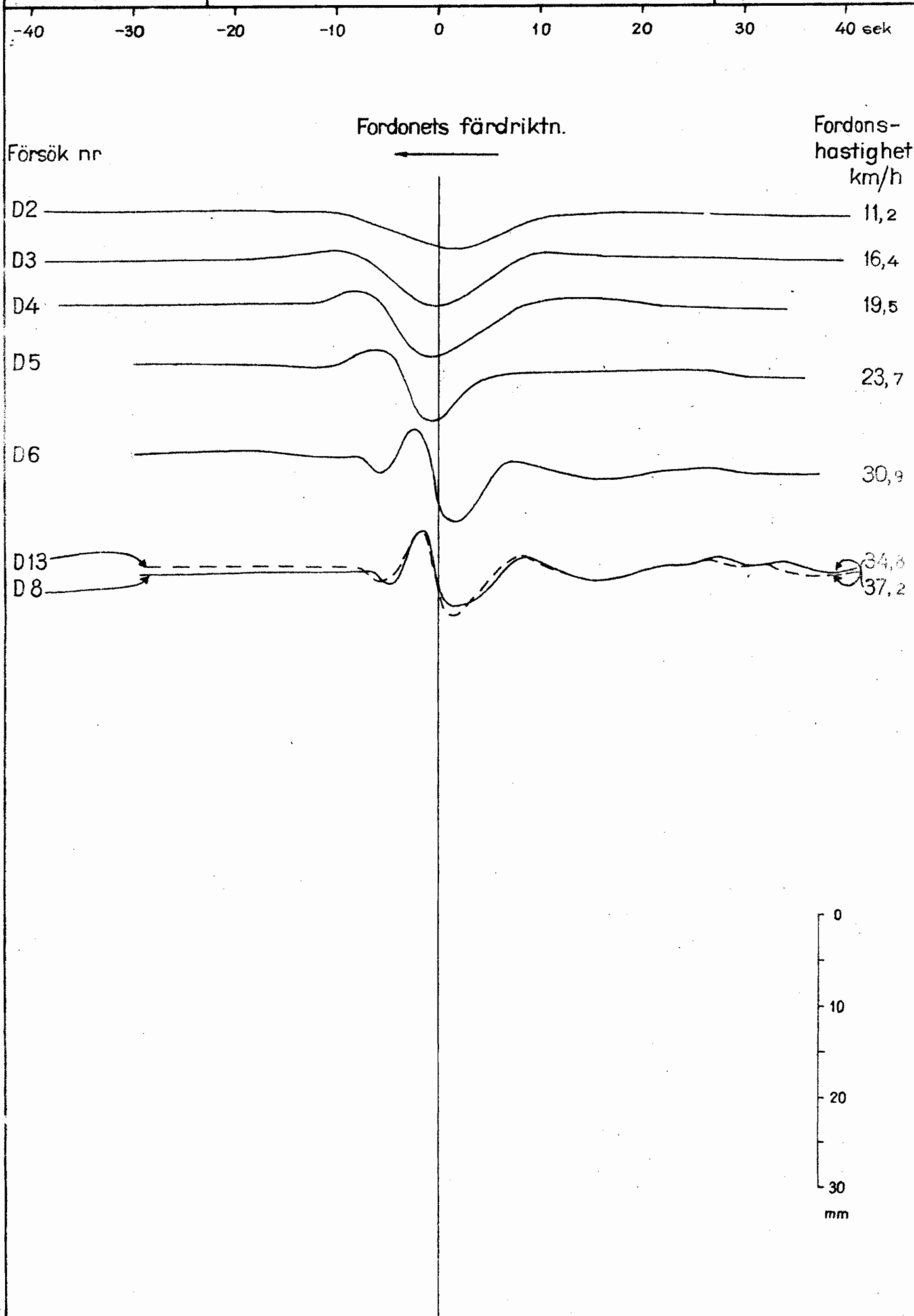
Fig. 11a
Svenska isbäring-
hetsundersökningar
1959-63



S M H I
H B F

Istäckets deflektion under rörlig last
Serie D: Bana T1 i söderut
Fordonsvikt 3,5 ton
Mätpunkt 6 m från banchentrum

Fig. 11b
Svenska isbäring-
hetsundersökningar
1959-63



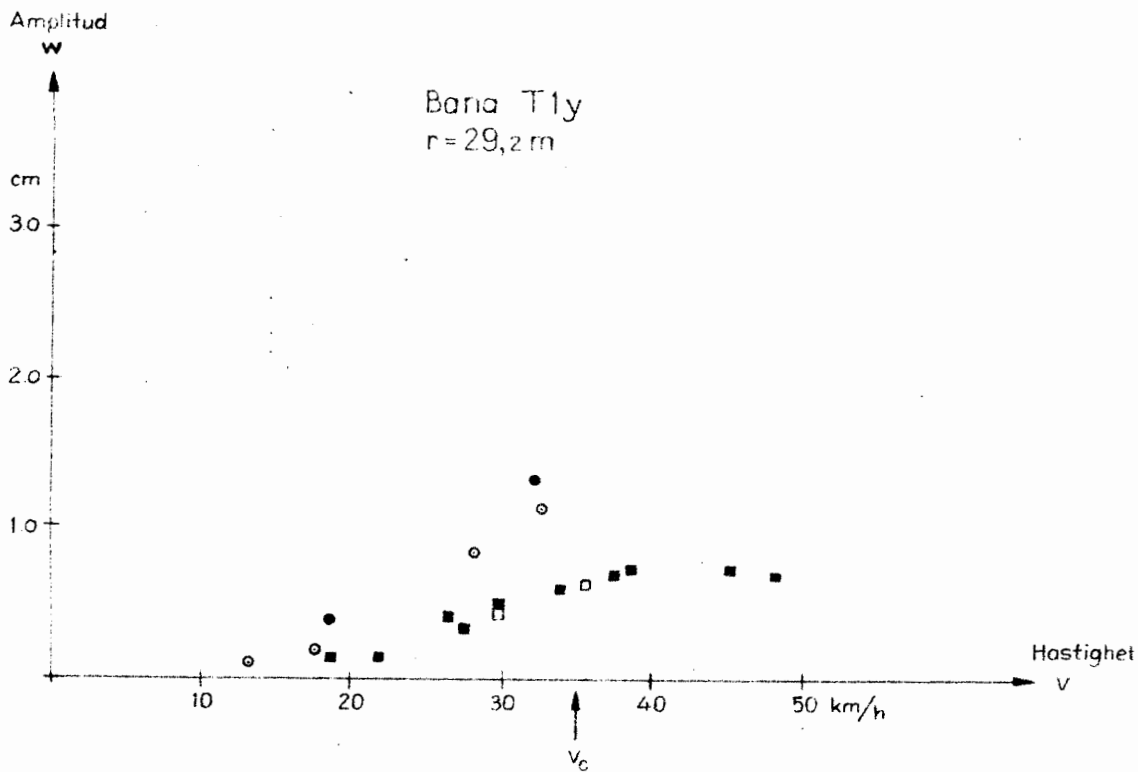
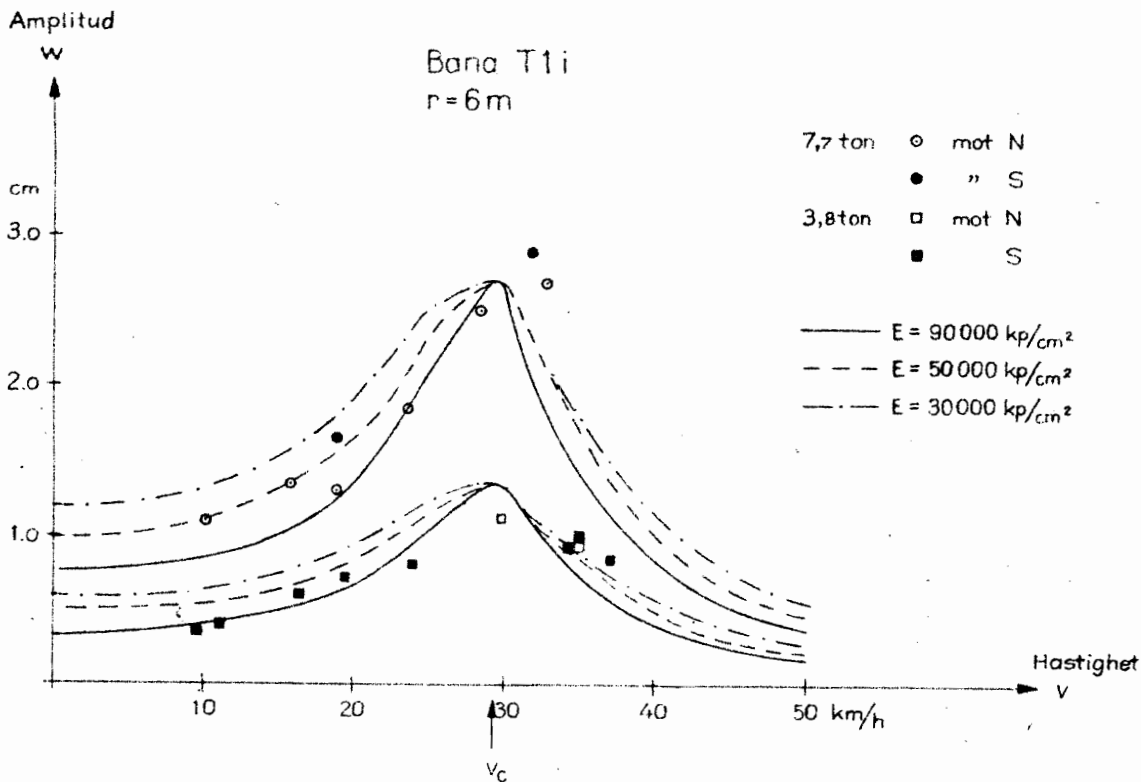
S M H I
H B F

Observerade amplituder för istäckets deflektion under rörlig last vid olika fordonshastighet.
Beräknade resonanskurvor för olika värden på elasticitetsmodulen.

Fig. 12

Svenska isbäring-
hetsundersökningar

1959-63



Belastningsvärde
(ringspricka)

P_R/h^2

kp/cm²
25 -

20 -

15 -

10 -

elastisk modell

plastisk modell

5 -

Meyerhof ekv. 18
plastiskt gränsmoment

$$\sigma_c = \sigma_B$$

Kurvans form bestämd av
samb. σ_c / pålastn.tid.

Meyerhof ekv. 18
elast. gränsmoment

resonans

$$\sigma_c = \frac{1}{4} \sigma_B$$

0.01

Kritiska
hastigh.
Storsjön
Dyn. förs.

0.1 ↑
0.5 kp/cm².sek
~ hast. 5 km/h.
Storsjön

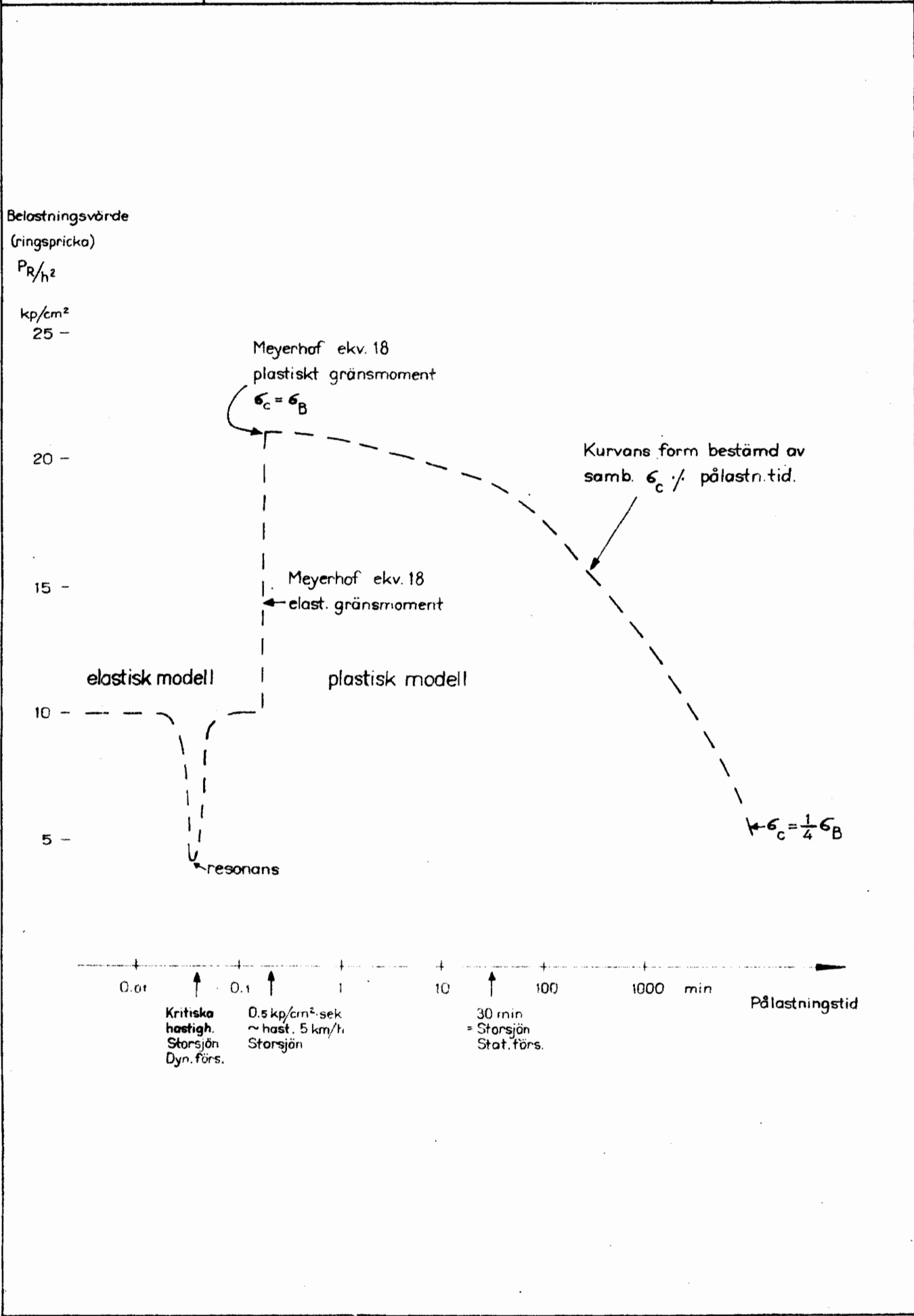
1

10 ↑
30 min
= Storsjön
Stat. förs.

100

1000 min

Pålastningstid



OM GENOMKÖRNINGSOLYCKOR PÅ IS

Saken

Inom den samarbetsgrupp med representanter från Kungl. Armétygförvaltningen (KATF), Kungl. Vattenfallsstyrelsen (KVS), Kungl. Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen (VoV), Skogsforskningsinstitutet (SFI) och Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI), som bildats för att studera isars bärighet, har som ett led i undersökningarna insamlats rapporter ang. genomkörningsolyckor på is. Avsikten med denna bearbetning är att söka få fram de vanligaste orsakerna till isgenomkörningarna.

Med anledning av att SMHI i vattenmål verkställer utredningar ang. isar och vintervägar och institutet härför skapat en omfattande organisation med f. n. 16 st fältassistenter och många hundra observatörer, har uppgiften att insamla och bearbeta rapporter om genomkörningsolyckor närmast kommit att åvila SMHI.

Observationsmaterialets införskaffande

Vid Kungl. Armétygförvaltningen pågick år 1954 en utredning om isars bärighet speciellt med hänsyn till tyngre fordon, varvid även sammanställdes uppgifter om isgenomkörningar. Man sökte i landsortspressen efter notiser, med ledning av vilka hänvändelser gjordes till olika landsfiskalsdistrikt med begäran om kortfattade redogörelser. De rapporter, som därvid år 1954 inkom, har av KATF ställts till vårt förfogande.

Inom samarbetsgruppen diskuterades tillvägagångssättet för uppgifternas införskaffande och iordningställdes en blankett, se bil. 2. Sammanlagt över 2000 blanketter utsändes, bl. a. till Kungl. Domänstyrelsen, avd. för Arbets- och Maskinteknik för vidare distribution; likaså till Svenska Cellulosa AB, Sundsvall, och en rad andra skogsbolag; vidare genom Kungl. Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen till olika vägförvaltningar; genom Kungl. Vattenfallsstyrelsen till olika lokalkontor; till Indals-

älvens Vattenregleringsföretag; till 17 st regementschefer, till SMHI:s fältassistenter och senare även till statspolisen i Falun.

Från Kungl. Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen utgick via vägförvaltningarna till olika vägmästaredistrikt förfrågan om isgenomkörningar, och svaren har delgivits oss. Det kan förtjäna nämnas, att landsfogden i Kopparbergs län utfärdade en cirkulärskrivelse, i vilken länets polischefer anmodades att i samtliga fall av nedkörning med häst- eller motorfordon genom is i fortsättningen lämna uppgifter till oss.

Vid SMHI anställda fältassistenter har bestämda distrikt, inom vilka de handhar institutets isobservationer, och de skall enl. sin arbetsordning "vid olyckshändelse på isarna inom eller i närheten av sina observationsdistrikt uppsöka olycksplatsen och undersöka isförhållandena".

Cirkulärskrivelse och blanketter har sänts till 6 st försäkringsbolag, vilket bl. a. ledde till kontakt med Arbetsgivarnas Ömsesidiga Ansvarsförsäkringsbolag, AÖA. Hos bolaget fanns ett 40-tal akter rörande genomkörningsolyckor. Vi erhöll tillstånd att på bolagets kontor genomgå akterna och ta ut uppgifter, som kunde vara av värde för vår undersökning. Detta gjordes i sept. 1960.

Materialets omfattning och förvaring

177 rapporter har erhållits; genom SMHI:s fältassistenter 58, genom AÖA (Arbetsgivarnas Ömsesidiga Ansvarsförsäkringsbolag) ca 45, genom andra försäkringsbolag ca 20, genom polismyndigheten (huvudsakligen genom KATF) ca 20, genom vägförvaltningarna ca 10, genom domänverket, vattenfallsstyrelsen, SCA, vardera ca 5 och dessutom ett mindre antal från militären och några skogsföretag.

Det bästa materialet är det som införskaffats genom SMHI:s fältassistenter. Dessa besitter goda iskunskaper och förmår iakta vad som är väsentligt och kan därefter ge tämligen tillförlitliga bedömningar av orsakerna till genomkörningarna. Det närmast viktigaste materialet är det, som erhållits genom Polismyndigheten. I många fall har därvid förhållandena vid genomkörningarna

utretts noga och detaljerade isuppgifter erhållits, som dessutom kompletterats med protokoll från polisförhör.

Det förhållandevis rikhaltiga material, som erhållits genom AÖA och övriga försäkringsbolag, har ofta den nackdelen att uppgifterna är knapphändiga, varför orsakerna till isgenombrotten ofta inte blir tillräckligt belysta. Man bör kanske också hålla i minnet, att den som vänder sig till ett försäkringsbolag för att få ut en försäkring har ett intresse av att visa, att "ren olyckshändelse" och inte vårdslöshet föreligger.

Det införskaffade rapportmaterialet jämte skrivelser med anledning av den bedrivna verksamheten förvaras på SMHI:s isavdelning och är arkivförtecknat där. Rapporterna har satts in i pärmar årsvis samt älvvis med början norrifrån från lägre till högre älvnummer. På översiktskartor över hela landet har inprickats olycksställena, en karta för varje år.

Vi har också uppgjort en förteckning över namn och adress på uppgiftslämnarna och ordnat dessa älvvis.

Allmänt om bedömningen av olycksorsakerna

Det kan förtjäna nämnas, att isförhållandena kan variera mycket från en plats till en annan på samma sjö och att en isgenomkörning medför stora förändringar på genomkörningsstället, breda sprickor bildas, isflak bryts loss och vatten kastas upp kring den bildade vaken. Undersökningen på olycksstället görs sedan i bästa fall samma dag, för det mesta dagen efter men ofta senare. Isförhållandena vid undersökningstillfället kan därför te sig ganska olika dem vid genomkörningen.

Det rapportmaterial som föreligger från genomkörningar är av högst skiftande kvalitet, en del rapporter är mycket utförligt skrivna jämte ett uttalande om orsakerna till olyckan, andra är ytterst knapphändigt gjorda, kanske bara med uppgift om en last och en istjocklek. För det mesta är det tämligen oklart vad som föranledde olyckan, och man måste vid behandlingen av rapporterna i första hand söka utesluta vissa orsaker för att sedan gissa

på andra.

I regel finnes en uppgift om istäckets tjocklek, och man frågar sig om denna istjocklek normalt borde ha varit tillräcklig eller inte. Vid de grova överslagsberäkningar som gjorts, har antagits, att det vid väl sammanfrusen sprickfri hård is finnes följande ungefärliga samband mellan brottlast, P kg, och istjocklek, h cm,

$$P_{\text{brott}} = 15 \cdot h^2$$

dvs. om t. ex. $h = 40$ cm, så är $P_{\text{brott}} = 15 \cdot 40 \cdot 40 = 24000$ kg = 24 ton.

Om sålunda en lastbil, vägande exempelvis 10 ton, gått genom den 40 cm tjocka isen, har antagits att istäcket av någon anledning har försvagats. I regel frågar man sig då, om någon bred, genomgående spricka iakttagits. Man kan överslagsmässigt räkna med, att bärigheten invid en öppen, genomgående spricka nedsättes till 40%, dvs. till något under halva värdet, i vårt exempel sålunda till $24 \cdot 0,4$ ton = 9,6 ton. Om det kan anses sannolikt, att en sådan spricka förefanns redan före genomkörningen, skulle olyckan vara förklarad. Sprickor i istäcket uppstår allmänt till följd av spänningar i isen, som orsakas i första hand av krympning av isen vid temperatursänkning, men även av utvidgning vid kraftig temperaturstigning. Det kan förtjäna nämnas, att temperaturen i isen kan stiga också till följd av ett snöfall; snön minskar nämligen värmeförlusterna från isen starkt.

För bedömning av sannolikheten för temperatursprickor behöver man ha tillgång till lufttemperatur- och nederbördsuppgifter. Vi har vid vår bedömning utnyttjat diagram, som vid isavdelningen fortlöpande uppritas över lufttemperatur och nederbörd från 25 st väderleksstationer.

Även andra orsaker till sprickor kan förefinnas än temperaturändringar. Sålunda kan före olycksfordonet ha gått andra tunga fordon, som åstadkommit en mängd småsprickor och sålunda "utmattat" isen; särskilt om de framförts med "kritisk" hastighet

och om trafiken gått fram på en smal väg, eller om relativt tunga fordon samkört eller mötts under hög hastighet.

En starkt bärighetsnedsättande faktor, som sannolikt förbises många gånger, är "mellanvatten". I regel inträffar uppvattning på isarna minst en gång varje vinter till följd av snötryck; snön trycker ned isen under vattenytan och, om hål eller sprickor finnes, tränger vatten upp i snön, samtidigt som isen sjunker ned i vattnet. Därefter fryser det uppstöpta vattnet från ytan, varvid vi får en överis och en underis med stöpvatten och snösörja emellan. Om som i vårt tidigare exempel istäckets hela tjocklek är 40 cm och vi har 15 cm överis, 5 cm mellanvatten och 20 cm underis, då torde vi överslagsmässigt kunna räkna bärigheten för vardera islagret sålunda:

$$P_{\text{brott}} = 15 \cdot 15 \cdot 15 = 3375 \text{ kg för överisen}$$

$$P_{\text{brott}} = 15 \cdot 20 \cdot 20 = 6000 \text{ kg för underisen}$$

Vid samverkan mellan de båda lagren ligger brottlasten nära summan av resp. brottlaster eller vid ca 9,5 ton. Men om sprickor finns i överisen, så att denna brister vid belastningen, eller om mellanvattnet på någon plats är djupt, så att överisen får ringa stöd av underisen och därför brister, sjunker värdet på brottlasten, överslagsmässigt till 6 ton eller värdet för underisen; alltså från ursprungligen beräknat 24 ton för 40 cm sprickfri, fullgod is ned till 6 ton. Mellanlagret bestående av snösörja och stöpvatten har temperaturen $\pm 0^{\circ}\text{C}$ liksom undersidan av underisen. Om ett islager länge ligger vid smältpunkten, föreligger den möjligheten, att isen luckras upp något, dvs. att sammanhållningen mellan kristallerna blir svagare. Ibland lämnas den uppgiften, sedan istäcket genomborrats med vanlig isborr, att underisen varit lös. Bärigheten är då nedsatt på ett i stort sett okontrollerbart sätt.

Vid studiet av isförhållandena har man stor nytta av att ha tillgång till bl. a. de "istillväxtdiagram för normalpunkter", som fortlöpande uppritas vid SMHI:s isavdelning, 35 st till antal och belägna från Torneträsk till Ringsjön i Skåne. Man kan ibland med

ledning av dessa t. ex. göra den bedömningen, att det är sannolikt att isens bärighet i ett visst fall varit nedsatt till följd av förekomst av mellanvatten, utan att mellanvattnet har av observatören iakttagits och rapporterats.

På våren sedan snötäcket smält bort, tränger sol- och himmelsstrålning ned i isen. Därvid smälter is, framför allt i kristallfogarna, varvid istäcket luckras upp. En solig vårdag kan sålunda isen i gryningen efter nattfrost vara bärkraftig men, sedan dagsmejan verkat under halva dagen, kanske inte ens bära en gående. Vårisen är därför förrädisk och dess bärighet svårbedömd.

Ett istäckes förmåga att bära upp en last hänger samman med att istäcket flyter på vattnet; isen har i viss mån samma funktion som skrovet i en båt eller pråm. När belastningen sker nära en strand, kan isen invid stranden inte böjas ned av lasten lika följsamt som ute på flytande is och blir då utsatt för kraftig brytning. Bristningar i isen uppstår därvid. Särskilt gäller detta, om stranden är brant, stenig eller ojämn, om många uddar eller vikar finnes, om stenbryggor eller pirar skjuter ut från strand. Hänger isen över enstaka stora stenar eller mellan flera storstenar brister isen ofta redan av sin egen tyngd. Vattenståndet i vattendragen ändrar sig under en vinter, varvid isen i regel brytes och strandparallella sprickor bildas.

Av vad som ovan anförts torde kanske framgå, att bedömningar av genomkörningsolyckor ofta måste bli mycket osäkra och beroende av bedömaren, som arbetar in sina synpunkter och anger vad han anser sannolikt med ledning av de sakupplysningar, ofta fåtaliga som föreligger. En annan bearbetare av här föreliggande material skulle med andra ord få fram en annorlunda statistik. Föreliggande bearbetning torde trots osäkerheten vid bedömningen ändå ge de vanligaste orsakerna till isgenomkörningar.

Resultatredovisningen

Vid genomgång av rapporterna har en del standarduppgifter, såsom fordonsvikt, hastighet, avstånd från strand, istjocklek m. m. tagits ut eller bedömts och införts i tabell, se bil. 5, 7 blad.

Därjämte har några korta anmärkningar gjorts i tabeller under Anm. -kolumnen, varav bedömarens uppfattning om huvudorsakerna till olika isgenomkörningar i regel torde framgå.

En sammanfattning som ungefärligt anger frekvensen av olika genomkörningsorsaker, framlägges i nedanstående tabell.

Orsaker till isgenomkörningar enl. tabellerna i bil. 5

<u>'Hängis' och dystränder (s)</u>		<u>Iskvalitet (i)</u>	
1. Strandspricka, strandstenar, stembrygga ("hängis")	39	1. Våris (2 fall vid strand)	17
2. Dy (is på dy; grunt vatten o. dyl.)	6	2. Lucker is (1 fall vid strand)	8
3. Grund	2	3. Mellanvatten	33
	47 (23, 7%)		58 (29, 3%)
<u>Strömdrag (d) (1 fall vid strand)</u>		19(9, 6%)	<u>Sprickor m. m. (x)</u> (ej strandsprickor)
<u>Mynning (m)</u>			1. Temeraturesprickor
1. Bäck (vid strand)	4		30
2. Källa	4	2. Fordonssprickor (hög hast., samkörning av fordon m. m.)	14
3. Myrvatten (vid strand)	2		44 (22, 2%)
	10 (5, 1%)		
<u>Öppningar i isen ()</u>			<u>Snöanhopning (z)</u>
Isen uppsågad i rännor m. m.	6 (3, 0%)		1. Plogvallar
			6
			2. Drivor
			4
			3. Snötipp (vid strand)
			1
			4. Vindvak (av snötryck)
			3
			14 (7, 1%)
		Total summa	193 <u> </u> (100%)

Dessutom har istjockleks- och belastningsvärden från tabellerna i bil. 5 inprickats i diagram bil. 4. Här ges dels istäckets tjocklek (ev. mellanvatten frånräknat) på passerad plats där isen bar, alltså före olyckan, dels istäckets tjocklek på olycksplatsen. Men om på olycksplatsen funnits mellanvatten, har för istjockleken angivits endast ett lager, vilket bedömts som det starkaste men som genombrutits. I diagrammet har punkterna sammanbundits med linjer. I många fall finnes endast en istjockleksuppgift och det framgår ofta inte om uppgiften är från passerad plats där isen bar eller från svagaste punkt, där isen brast.

Längst till vänster i diagrammet har genomkörningens ordningsnummer i tabellen angivits.

I ett diagram, bil. 3, har antalet isgenomkörningar fördelats på olika vintermånader. Första kvartilen ligger på 7 jan., medianen på 1 febr. och andra kvartilen på 1 mars. Olycksfrekvensen är något högre under januari än under februari, vilka månader svarar för mer än hälften av olycksfallen.

Bearbetningen omfattar 177 isgenomkörningar. I de flesta fall har en enda faktor utpekats som huvudorsak till genomkörningen, men i en del fall har angivits två och i några fall 3 st faktorer. Antalet faktorer i ovanstående tabell blir därvid 193, alltså 21 större än antalet behandlade fall.

Vid studiet av tabellen lägger man märke till det stora antal genomkörningar, som har samband med "hängis" och dystränder, 47 st (23,7%). Förmodligen är frekvensen genombrott invid stränderna procentuellt mycket större än vad som framgår av vårt material. Många sådana genombrott torde nämligen inte rapporteras, eftersom bärgningen ofta klaras snabbt och utan större kostnader, särskilt invid grunda stränder. Utöver de ovan nämnda 47 fallen har ytterligare 11 st fall inträffat nära stränder, men orsaken har varit bl. a. bäckmynningar, våris, snö-tipp m. m. Inalles har sålunda nära 1/3 av samtliga fall inträffat invid eller nära stränder.

Man bärgar ett fordon lättare om det kört i genom nära en strand än ute på en sjö, men risken att köra i genom torde i regel vara avsevärt större nära stranden.

Överraskande kanske kan vara den stora frekvensen av "mellanvatten" i tabellen, 33 st fall (16,7%). Möjligen har risken att råka ut för mellanvatten ökat i och med att bevattningar av avlägg och av vägar blivit vanliga. På enstaka ställen kan nämligen stöpvattendjupet därvid bli stort och sammanfrysningen av över- och underis på sådana ställen bli försenad.

Att det varje år uppstår ett mycket stort antal sprickor i ett istäcke är allmänt känt och kan lätt konstateras på våren, när isen blivit snöfri. På våren brukar dock flertalet sprickor vara hopläkta.

Betydelsen av sprickförekomsten för en genomkörning är ofta svår att klarlägga. Vid bedömningen av en genomkörning utesluter man ofta den ena orsaken efter den andra, t. ex. "mellanvatten", "källa", "hängis" osv. och hittar ingen annan förklaring än sprickor eller sådana temperaturspänningar, vilka man misstänker skulle kunna leda fram till breda genomgående sprickor. Antalet fall av temperatursprickor har i vår undersökning enl. tabellen blivit 30 st (15,1%).

Som närmast betydelsefull orsak till genomkörning kan kanske anges "våris + uppluckrad is", enl. tabellen 17 + 8 = 25 st fall (12,6%). Att isens bärighet nedsättes under våren och vid långvariga blidväder torde de trafikerande ha klart för sig, men hur mycket, det måste alltid vara svårt eller omöjligt att bedöma, särskilt som lokala försämringar kan tillstöta, beroende bl. a. på tidigare ojämnheter i snöfördelning, uppvattning m. m.

Åtskilliga genomkörningar hänger samman med, att de trafikerande inte känt till lokala strömdrag, enl. tabellen 19 st fall (9,6%) eller bäck- eller källmyningar, 10 st fall (5,1%). Troligen utgör källmyningar eller grundvattenutflöden en vanligare orsak till genomkörningar eller genomtramp än som framgår av vårt

insamlade material. Dylika torde mest inträffa i strandkanterna vid hästkörslor och då närmast drabba hästen. Oftast blir hästen därvid inte allvarligare skadad, varför sådana genomtramp sällan rapporteras.

I tabellen har upptagits "hastighetsprickor" (hög hast., samkörning av fordon m. m.) i 14 st fall (7, 1%). Huruvida den höga hastigheten i kombination med tungt lastad bil eller en samkörning av flera fordon utgjort en så stor påfrestning av isen, att detta är den väsentliga olycksorsaken, kan givetvis inte avgöras med någon större säkerhet, men man kan kanske säga att det finns skäl att misstänka att så varit fallet i de angivna fallen.

Kommentar

I anslutning till ovanstående resultatredovisning kanske man kan göra den kommentaren, att man vid färd på is i regel räknar med stora säkerhetsmarginaler för att slippa råka ut för isgenombrott. Då sådana ändå inträffar, har den trafikerande råkat komma på en plats med grovt defekta isförhållanden, hängis, mellanvatten, våris, strömdrag, plogvallar, is liggande på dybottnar, grund o. dyl. Förhållandevis ringa betydelse torde i detta sammanhang tillmätas sådana bärighetsskillnader som ev. kunna finnas mellan hård stöpis och kärnis. Då det gäller den vanliga istrafiken, är det de grova isdefekterna eller misstagen det främst gäller att undvika.

Sammanfattning

Den genomförda bearbetningen har lett till vissa frekvenstal, som emellertid framkommit genom grova skattningar och ibland skönsmässig bedömning.

Av isgenomkörningarna skedde nära 1/3 invid eller nära stränderna, därav ca 25% till följd av hängis och dystränder, vidare ca 17% till följd av "mellanvatten" (stöpvatten + snösörja); ca 15% till följd av temperatursprickor ute på isen; ca 13% till följd av våris eller uppluckrad is; ca 10% till följd av strömdrag och ca 15% till följd av andra orsaker.

En bearbetning av detta slag kan kanske ge anvisningar dels om vad som är av vikt för en istrafikant att iaktta och dels om vilka problem som bör studeras vid undersökningar av isars bärighet.

De kunskaper om isars bärighet, som erhålles genom studium av isgenomkörningar, är av mycket allmän karaktär och saknar den precision, som arrangerade genomlastningsförsök eller fysikaliska experiment kan skänka.

S. Fremling

S. Fremling

Bilagor

1. Anteckningar från genomkörningar jämte några kommentarer
2. Rapportblankett "Genomkörningsolycka på is"
3. Isgenomkörningarna fördelade på olika månader
4. Diagram över belastning och istjocklek i olika fall
5. Sammanfattningstabeller till rapporterna

ANTECKNINGAR FRÅN GENOMKÖRNINGAR, JAMTE NÅGRA
KOMMENTARER

1. Ur rapport om genomkörning med traktor 28/12 1959

Rapportens framsida har avskrivits och kopierats, bil. 2.

Vid utkörning av virke till isavläggsplats iakttog traktorföraren en ca 8 cm bred spricka, som han bedömde vara igenfrusen. Han körde över, avlastade virket på avläggsplatsen och körde tillbaka utan lass mot stranden. Traktorn gick då igenom vid sprickan, som tydligen gått upp då lasset tidigare passerade. Tydligt hade även ett isflak brutits loss.

2. Ur rapport om genomkörning med snövessla och släpsläde 19 dec. 1961

Vessleföraren vek av från den ordinarie vägen, då stöpvatten trängt upp i vägbanan. Han råkade därvid köra längs med en spricka, ej synlig under snön. Ett isflak bröts loss ur den 18 cm tjocka isen och tippade vid snedbelastning. Vesslan gick därvid omedelbart igenom isen.

Man kan göra den reflektionen:

Om fordonet varit försett med "utliggare" (t. ex. av långa slanor), skulle genomkörningen ha fördröjts tillräckligt mycket för att samtliga passagerare skulle ha kunnat rädda sig.

3. Ur rapport om timmerlastad bil, som körde genom isen 18 mars 1955

Till följd av stort snötryck hade uppvattning inträffat under slutet av februari och nära tidigare avlagt virke torde stöpvattendjupet ha blivit stort.

1/3 1955 manglades ett område nära det tidigare virkesbelagda området med tank (tung bandtraktor), samtidigt som vägar plogades upp. Vatten samlades i vägarna. Vid sidan av dessa, där snö och vatten var sammanpackade, skedde tillfrysningen fortare än i vägarna, där det var rent vatten.

18/3 1955 skedde genomkörning, orsak mellanvatten. Den 19 mars

uppmättes ca 3 m framför genomkörningsvaken 8 cm mellanvatten och kunde konstateras att mellanvatten fanns på ytterligare några platser i vägarna. SMHI:s fältassistent har antecknat, att isen kändes lös under mellanvattnet.

4. Ur rapport om genomkörning på en sjö av bandtraktor 3 febr. 1960

Avsikten var att ploga en vägslinga på isen för manöverprov med bilar. Före påbörjandet av plogningen företogs undersökning av polisman. Han fann istjockleken tillräcklig. SMHI:s fältassistent angav emellertid efter olyckan, att mellanvatten fanns i alla uppmätta punkter. Uppenbarligen hade förundersökaren ingen kännedom om att isbärigheten nedsattes av mellanvatten. Han mätte endast totala tjockleken av samtliga lager.

5. Ur rapport från isgenomkörning av grävmaskin å väg i ordningställd för allmän trafik 4 jan. 1955

Transporten utgjordes av en på trailer lastad grävmaskin, som bogserades av en lastbil med ca 3 tons barlast. Den sammanlagda vikten för last och fordon beräknades till ca 30 ton (vägen upplåten för 12 tons fordonsvikt).

Vägen hade förstärkts genom att snö skottats på vägbanan och bevattnats. Istjockleken var 57 cm på olycksplatsen, stöpis alltigenom. Trailerns dubbla däck skar ned i den ganska lösa stöpis och djupa spår erhöles, innan trailern gick igenom isen och blev stående på botten, 1,20 m under isytan. Lastbilen gick ej igenom. En stor "släde" ca 4 m bred, med 3 st 7-8 m långa medar (av tallar) gjordes i ordning, varefter grävskopan baxades över på denna. Färden fortsattes sedan och isen höll.

Alltså: Stöpis krossades, då lasten var koncentrerad till trailerns däck, men höll, då lasten blev väl fördelad på medar över en större yta.

6. Ur rapport från isgenomkörning av helbandtraktor 30/12 1959

Istjocklek 20 cm; därunder 30 cm vatten och dybotten. Först gick ena bandet på traktorn igenom. Den kronojägare, som lämnat

rapporten, skriver att han anser att traktorförarens försök att köra sig upp, utan att först ha surrat fast stockar vid traktorn, var felaktigt. Traktorn sjönk nämligen djupt i dyn. Rapportören ansåg, att en släpwire alltid bör vara förankrad i en traktor som kör på osäkra isar. Han tänker sig också, att man som säkerhet lägger fast 2-3 kraftiga slanor under traktorn, längs denna.

7. Ur rapport ang. nedfartsspricka

Isförhållandena goda, ca 60 cm is i vägbanan. Tung lastbil körde med god fart mot strand för att klara motlutet vid uppfarten. En bred spricka bildades vid stranden.

Eftersom lastbilen pressar ned isen och driver en vattenvåg framför sig, så bör fordonet ha mycket låg hastighet vid färd in mot strand för att skona isen i strandkanten, speciellt vid sträng ky- la då isen är utsatt för temperaturspänningar.

8. Ur rapport om genomkörning med lastbil 8 dec. 1956

Istäckets tjocklek varierade mellan ca 32 och 35 cm kärnis. I den upplogade vägen till avlägget var isen något tjockare, ca 35-40 cm. Tre tunga lass virke hade körts 120 m ut på sjön. Olycksbilen, totalvikt ca 20 ton, uppges ha kört med hög hastighet fram till avlägget. Då bilen var nära avlägget, brast isen plötsligt. De två män som fanns i förarhytten hann inte hoppa ur trots att de hade bildörrarna öppna.

Vår fältassistent iakttog (tre dagar efter olyckan), att istäcket i vägbanan var genomkorsat av "otaliga" små issprickor, som gick i alla riktningar (både vertikalt och horisontalt). Sprickorna var i regel så små, att de knappt var synliga. Någon större spricka, som vanligen uppstår till följd av köldkrympning, iaktogs ej. Alltså: De fordon, som färdats före olycksbilen, hade troligen försämrats eller utmattat isen så mycket, att isen vid den fjärde körningen brast.

9. Ur rapport om genomkörning med lastbil 1 febr. 1963

Isens tjocklek i nyupptagen väg längs stranden var 35-38 cm,

vattendjup ca 2 m. Det sjunde timmerlasset, vägande minst 15 ton, gick igenom med bakpartiet. Det sjätte billasset hade känt en sättning i isen, men ej reflekterat häröver, sex tunga lass torde sålunda ha utmattat isen och sålunda förberett den sjundes genomkörning.

10. Ur rapport om genomkörning med vessla 25 mars 1963

Sex personer befann sig inuti en snow-trac. Föraren stannade, då han märkte att högra bärbandet började skära ned. Passagerarna gick ut. Ena sidan började sjunka, då föraren försökte vända fordonet. Föraren hoppade ut och vesslan sjönk. Strömdrag hade försvagat isen. Vesslan nådde märkvärdigt långt ut på den svaga isen, ända till en punkt där istäcket utgjordes av endast 6 cm stöpis. Passerade punkter där isen bar (Mellan punkterna ca 80m Stöpvatten fanns i samtliga punkter) stöpis; kärnis 1) 11; 21, 2) 9; 0, 3) 10; 2, 4) 11; 2, 5) 14; 2, 6) 11, 0, 7) 5 stöpis, 4 'mellanvatten', 7 kärnis.

11. Ur rapport om genomkörning av personbil 7 jan. 1963

Föraren meddelar: Olyckan har lärt mig att en personbil sjunker mycket långsamt, om dörrarna hålles stängda. Det tog 2-3 minuter, innan framänden tog botten (1,5 m djup). Därför riktar jag en maning till alla som kommer i samma situation: Öppna inte dörrarna utan försök utrymma vagnen genom fönstren. Skulle sidorutorna bli blockerade, är det troligt att bakrutan kan sparkas ut.

12. Ur rapport ang. nedkörning i isveck (råk) med personbil 18 jan. 1963

Istäcket utgjordes på en stor sjö av i stort sett enbart kärnis, 35-50 cm tjock. Isen var till större delen täckt av upp till 10 cm hårt packad snö. Lufttemperaturen steg mer än 25°C på drygt ett dygn. Istäcket utvidgade sig därvid och isveck (upp- och nedråkar) bildades på många platser. Det visade sig därvid att snöplogkanterna, trots att dessa voro låga, utgjorde sprickanvisningar. I svecken utbildades på sjön företrädesvis i plogkanterna. De blev på många ställen meterdjupa. De kraftiga sprickorna från

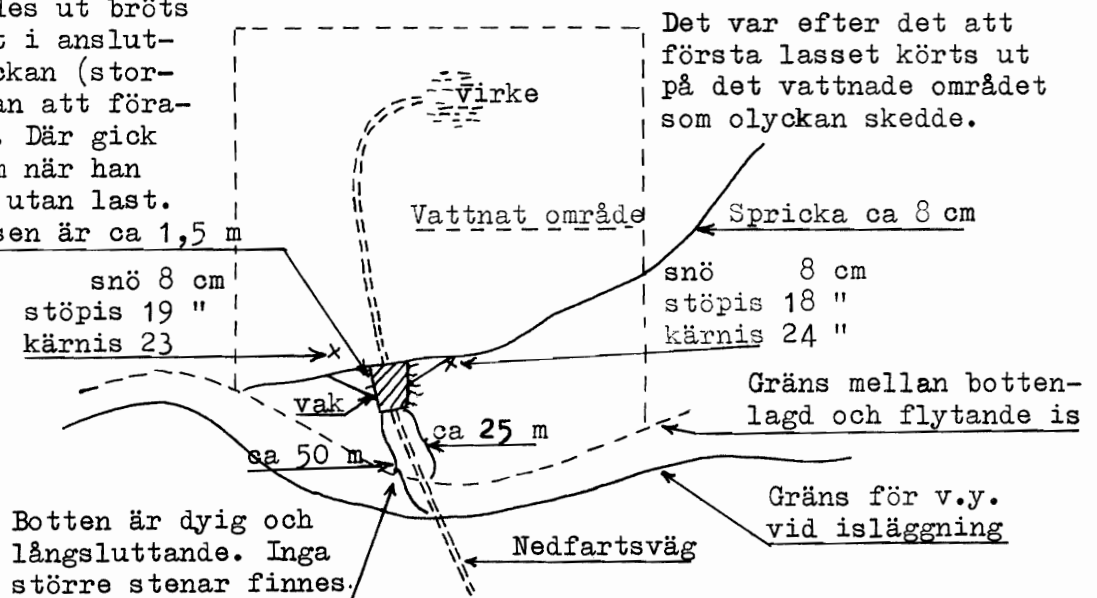
isveckan gick på en del platser även in över själva vägbanan. På ett ställe gled en personbil på ett något snedställt isflak ned i det meterdjupa vattnet i ett isveck.

Olycksplats V. Ormsjö (avl. 43)				Sjö/älv 38 Ormsjö			
Olyckstidpunkt: 1959 28/12		Klockan: omkr. 14.00		Mättidpunkt 29/12 kl. 15.00		Olycksplatsen	
Fordonstyp traktor				Isen		Passerad plats där isen bar	
Fordon		Släp		Ford.+Sl.		Olycksvägen var	
Vikt utan last i ton		3 t.		tillfällig			
Vikt med last i ton		9 t.		ordinarie			
Hjulbas i m				plögad			
Spårvidd i m		2 m		packad			
Axlar, antal				vattnad		<input checked="" type="checkbox"/>	
Olyckan skedde		Olyckan skedde		Olycksstranden			
<input type="checkbox"/> med stillastående fordon		<input type="checkbox"/> på djupvatten		<input type="checkbox"/> brant			
<input type="checkbox"/> vid inbromsning		<input type="checkbox"/> vid stranden		<input checked="" type="checkbox"/> långsluttande			
<input type="checkbox"/> vid växling		<input type="checkbox"/> vid grund		<input type="checkbox"/> jämn och fast			
<input checked="" type="checkbox"/> under fart med ungefärlig hastighet av 10 km/tim		<input type="checkbox"/> i snövall		<input type="checkbox"/> gropig/stenig			
		<input type="checkbox"/> i strömdrag		<input checked="" type="checkbox"/> dyg			
				<input checked="" type="checkbox"/> i strandkant			
				<input type="checkbox"/> över storstenar			
				Vaken på olycksplatsen blev			
				<input type="checkbox"/> rektangulär			
				<input type="checkbox"/> cirkulär			
				<input checked="" type="checkbox"/> kilformig			
				Mätptk nr (se skiss)			
				1			
				2			
				3			
				4			
				Avst. fr. närmaste strand			
				ca 40 m			
				snö			
				stöpatten			
				överis			
				mellanvatten			
				mellanis			
				mellanvatten			
				stöpis (gråis)			
				18			
				kärnis (klar)is			
				24			
				avst. fr. isens överyta till dess underyta			
				42			
				Bottendjup			
				m			

Olycksbeskrivning (Beskriv händelseförloppet i ord och skiss; om fordonet sjönk helt eller delvis; om det blev hängande över iskanten; hur bärgningen tillgick. Meddela vattendjup, strömförhållanden, vakar, kalkällor, sprickförekomst, lufttemperaturen och ändringar i denna före olyckan. Ge Er mening om orsaken till olyckan! Fortsätt på blankettens baksida, om utrymmet här nedan ej är tillfyllest.)

Sprickan observerades av traktorföraren före utfärden, men den verkade igenfrusen och det syntes ej att isen sjönk vid sprickkanten när han körde över. Troligen var den dock ej frusen på djupet, och möjligen var det spänningar i isen, då det verkar som den höjt sig en aning vid sprickan.

När lasset kördes ut bröts ett isflak löst i anslutning till sprickan (storlek 5x15 m) utan att föraren märkte det. Där gick traktorn igenom när han körde tillbaka utan last. Djupet på platsen är ca 1,5 m



Det var efter det att första lasset körts ut på det vattnade området som olyckan skedde.

Botten är dygig och långsluttande. Inga större stenar finnes.

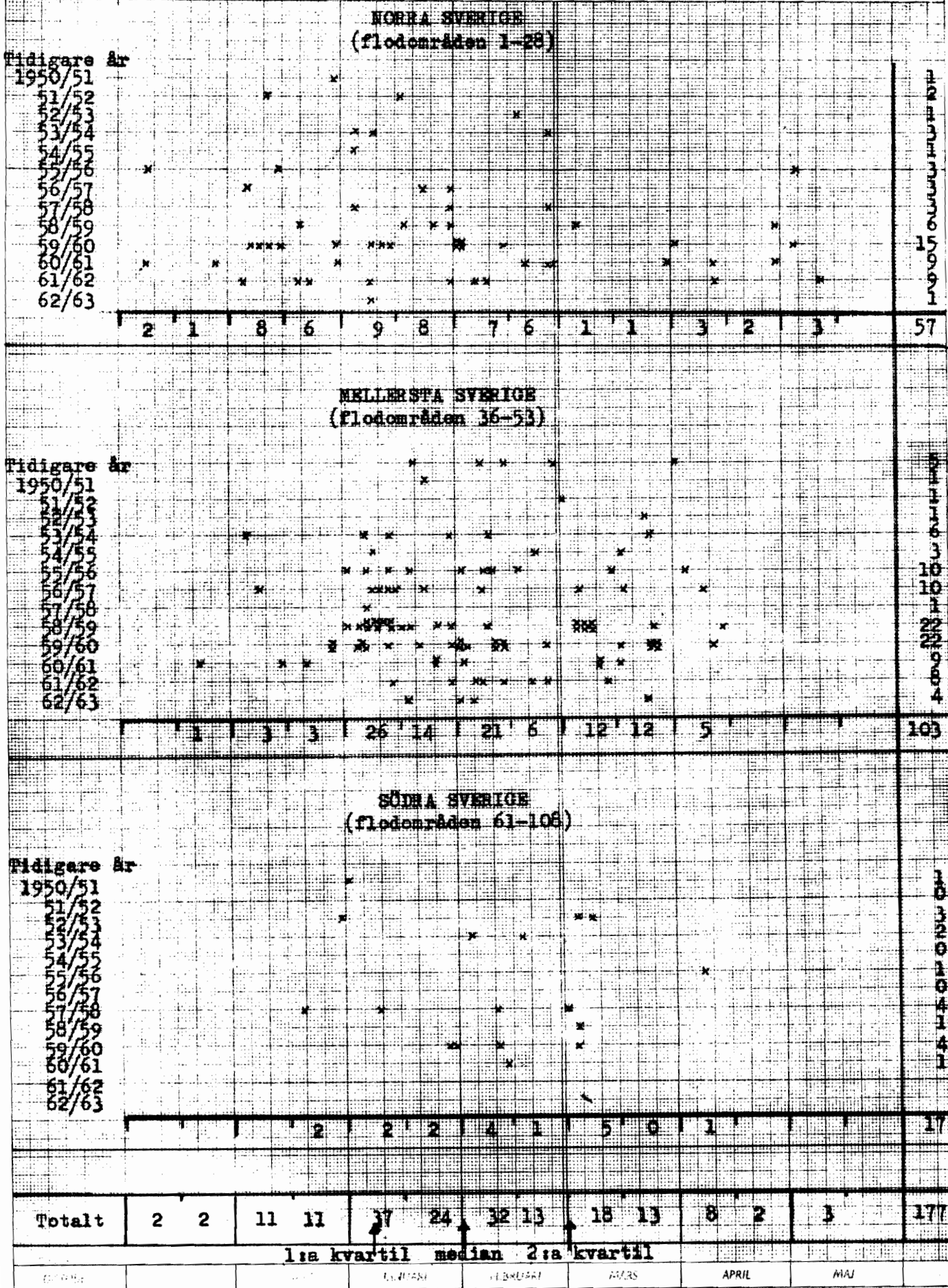
Gräns mellan bottenlagd och flytande is

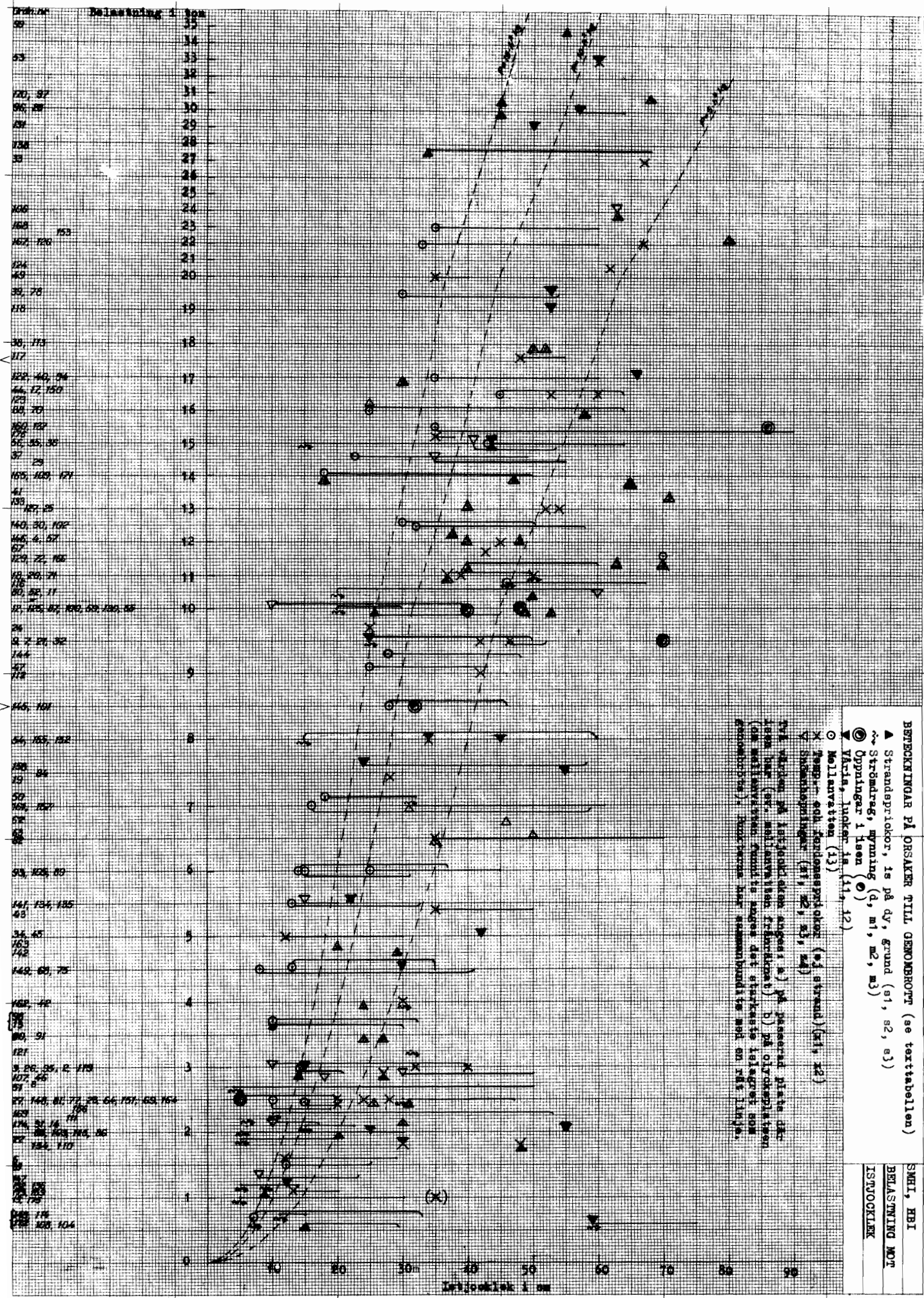
Gräns för v.y. vid isläggning

Nedfartsväg

HBI

GENOMKÖRNINGSOLYCKOR PÅ IS
FÖRDELDE PÅ OLIKA VINTERMÅNADER





Drift nr
 59
 53
 120, 87
 96, 28
 134
 138
 33
 100
 168
 167, 120
 124
 49
 30, 76
 118
 38, 113
 117
 122, 40, 24
 44, 17, 150
 123
 68, 70
 160, 127
 72
 51, 35, 30
 37
 23
 169, 169, 171
 41
 133
 127, 25
 140, 30, 102
 146, 4, 57
 67
 129, 72, 166
 10, 20, 71
 116
 80, 52, 11
 17, 145, 87, 100, 53, 130, 56
 26
 8, 7, 21, 32
 144
 67
 118
 145, 101
 54, 163, 132
 130
 19
 50
 166, 167
 57
 63
 68
 93, 168, 80
 147, 134, 135
 43
 34, 45
 163
 142
 140, 60, 70
 162, 42
 94
 80, 91
 121
 9, 26, 35, 2, 113
 107, 66
 97
 27, 140, 81, 77, 28, 66, 107, 65, 164
 163
 174, 37, 16
 128, 103, 105, 96
 12, 134, 117
 6
 167
 168
 169
 170
 171
 172
 173
 174
 175
 176
 177
 178
 179
 180
 181
 182
 183
 184
 185
 186
 187
 188
 189
 190
 191
 192
 193
 194
 195
 196
 197
 198
 199
 200

BETEGNINGAR PÅ ORSAKER TILL GEMEDBORT (se texttabellen)

- ▲ Strandprielkor, is på dy, grund (s1, s2, s3)
- ~ Strömdrag, öppning (d, m1, m2, m3)
- Öppningar i isen (e)
- ▼ Värta, lucker (11, 12)
- Mellanvatten (13)
- × Tjapp och frysansspjälkor (s1 ströml) (r1, r2)
- ▽ Snöskapningar (r1, r2, r3, r4)

En värde på isjockleken anges i a) på respektive rita där isen har (s1, mellansvatten fraktör) b) på övre delen (om mellansvatten) c) om det starkaste islaget som gemedboras; bottenen har sammanförande med en rät linje.

Bilaga 4
 SMIL, HBI
 BELASTNING MOT
 ISJOCKLEK

GENOMKÖRNINGSOLYCKOR PÅ IS

Bilaga 5:1

Ordnr	Älv	Sjö	Tidpunkt	Fordonstyp	Fordonsvikt i ton last	För-donsvikt + ton last	För-donsvikt tim.	Km/körn.	Genomkörn. avst. från str.	Passerad plats, där isen bar		Olycksplatsen		Olycksdagens temp. °C	Anmärkning	Be-teckning
										hela is-översikten	hela stöpis mellan övanpå is-översikten	hela stöpis mellan övanpå is-översikten	stärkaste is-översikten			
1	40	Älv	(1/4)-43	Lb Volvo	3	4	15	30	30	0	0			-15	Underisen (hård) avtjärd av strömdrag. Ytisen ruten (vårs).	d 11
2	40	sjö	27/2-44	Lb m. framplog	(~3)	(~3)		200	10	32	10			-15	Ute på sjön, plogad väg. Temp. omslag +7° till -28°C. Sprickbildning.	x1
3	41	sjö	(7/2)-47	Tr m.plog	3	3	3	30	50	40	50	10		-20	Plogning; svag is över vindvak. Stort snöttryck och uppvattning genom hål el. spricka	z4
4	38	sjö	1949/50	Lb m. släpvagn	12	12		80	4	45	16			-18	Två parallella köldsprickor på ett avst. av 4 m.	x1
5	40	Älv	14/2-50 20/1-50	Amfibietank (militär)				20	10	20	12			-5	Strömdrag av "varmvatten" fr. Storsjön. Ingen is-uppgift fr. olycksplatsen.	d
6	9	sjö	1950/51 29/12-50	Jeep m.plog	1,6	1,6		2000	(~10)	29	17			-25	Temp. omslag -5° till -28°C. Troligen sprickor. (Mellanvatten?)	x1
7	38	Älv	22/1-51	Lb Scania Vabis	~5,3	9,5		25	0	42				-23	Vägen renplogad, temp. omslag -3 till -33°C. Sprickor.	x1
8	108	sjö	1/1-51	Lb m.plog	2,8	2,8		>20		18				-15	Under snövall runt bandybana tunnare is och sprickor. Brott v.körning över vallen (stöt?).	z1
9	1	sjö	1951/52 16/1-52	Lb Volvo	4,6	9,5		20	0	50				-15	Plogad väg. Myrvatten runnit ut. Isen "vatten-bemängd", uppluckrad.	m3 12
10	9	sjö	11/12-51	Lb Scania Vabis bräddlast	5,6	9,6								-4	Sjötullopp, strömdrag.	d
11	40	sjö	1/3-52	Lb Volvo, vedlast	5,3	10,4	25	125	0	60	10			-4	Passage av plogvall (2x0,4 m). 4 cm bred spricka mitt under.	z1
12	28	Älv	1952/53 17/2-53	Lb Scania Vabis m.plog	8	10		(5)	20	40	20			-5	Lokal försravn.nära kaj med snötipp. (kloakut-lopp?)	z3
13	48	sjö	23/3-53	Lb, 6 personer på fiaket	3,6	3,6			0	30	20			-4	Tidig vår. Ytlaget våris, underisen 10 cm, det bärande lagret.	11
14	61	sjö	31/12-52	Lb Volvo m.plog	1,8	2,1			40	25				-4	Plog. av isbana, isförsavn. vid bäckmyrne, vak 6-7 m fr. platsen.	m1
15	67	sjö	4/3-53	Pb, Opel Olympia, 2 personer	1	1			(30)					+4	Isförsavn. vid bäckmyrne.	m1
16	108/131	grund	8/3-53	Pb Ford, 3 vuxna 3 barn	3	3			50	3				+5	Sund mellan två sjöar. Strömdrag. Långvarigt blidvader, stark isförsavn.	d
17	9	sjö	1953/54 9/1-54	Lb m. 10 m ³ björksläp m. 8 m	6,5	10+	hög	30	(10)	53				-20	Enbart kärnis. Mörker och kyla, bred spricka i vägganten. Troligen hög hastighet.	x1 x2
18	20	sjö	27/2-54	Lb Volvo+släp- kalkar m. 3 ton	~6	11	~30		50	50				-12	Trafik dag och natt i 2 veckor, isen försavad över stengrund 2 m under v.y. Trol. kritisk hast. +2° ett dygn tidigare. Vattendjup 10 m. Ingen spricka, inget strömdrag. Trol. kritisk hastighet.	s3 x2
19	24	sjö	4/1-54	Lb Scania Vabis	~5,4	7,4	~30	20-30	(5)	(39)	0			-10-12	Kärnis; upprepade temp.-växlingar, nyfallen snö, sprickor. 3 st. lastbilar körde tillsammans.	x2
20	37	sjö	13/1-54	Lb m. timmerlast	11	11		150	0	52	0			-10-12	Flera snabba temp.-omslag, nybildad mittspricka och överhållning i vägen. Hastighetsminskning.	x1 x2
21	40	sjö	25/3-54	Lb Volvo m. virkeslast	5,3	9,5	30		0	24	0			-6	Bil natttid ur kurs mot strömdrag vid udd.	d
22	40	sjö	6/1-54	Pb Ford, 4 pers.	1,6	1,9			0	~20	0			-3	Flera temp.-omslag, snöfritt, 2 cm spricka tvärs över vägen och vid sidan av vägen. Möjligen sprick-kil.	x1
23	40	Älv	5/12-53	Tr	~2,5	~2,5			0	24	0			-3		x1

() = uppgift finnes ej i rapporten
s1 = strandspricka, strandstenar,
s2 = stenbrygga ("hängis")
s3 = dy (is på dy; grunt vatten o.dy)
s4 = grund

Lb = lastbil
Pb = personbil
Tr = traktor

d = strömdrag
m1 = bäck
m2 = källa
m3 = myrvatten

o = öppningar i isen
11 = våris
12 = lucker is
13 = mellanvatten

x1 = temperatursprickor
x2 = fordonsprickor
("hög" hast., samkörning av fordon m.m.)
z1 = plogvallar
z2 = driver
z3 = snötipp
z4 = vindvak (av snöttryck)

GEMENSKAPSSOLLYCKOR PÅ IS

Ordnr	Älv nr	Sjö el. älv	Tidpunkt	Fordonstyp	Fordonsvikt i ton	Hast km/tim.	Genomkörn. avst. från str.	Passerad plats, där isen bar		Olycksplatsen		Olyckedagens temp. °C	Anmärkning	Be-teck-ning
								hela is-täck-ningen	hela stöpis-ovannpå-överis	hela stöpis-ovannpå-överis	mel-lan-der-is			
24	42	sjö	29/1-54	Lb	5,7	9,7	50	25	0			-10	Tät trafik, sprickor i och omkring vägen. Flera x1 temp.-omslag, lite snö.	x1
25	50	sjö	10/2-54	Lb Scania Vabis	13		(10)	54				-10	Fjärd i havets nivå; storm; sprickbildning och uppvattning. "Skrutvis"	x1
26	76	sjö	3/2-54	Tr Volvo T 43+ snöplög	3		16	21	7	(0,5?)	(14?)	-10	Efter plogning körning mot land, 16 m fr. land igenom. (Strandspriicka?, mellanvatten)	s1 i3
27	61	sjö	febr.-54	Tr	(2,5)			(~20)					Nedkörning i icke ruskat område, där is tagits upp.	0
28	28	sjö	1954/55 4/1-55	Lb m.3 t.bar-lest+trailer m. grävmaskin	10+20		100	64	~40			-27	Vägen preparerad med snö och vatten. De dubbla däckerna på trailern skar sönder stöpis. Isen av för dålig beskaffenhet. Trycket hade behövits fördelas på större yta. Trailern igenom isen ej lb.	12
29	38	sjö	22/2-55	Lb Volvo Titan m.plog	6,5	14,5	40	55	~25			-20	Plogade med fullt lass ny väg utanför preparerat område, tunn is, där snön var djup.	z2
30	38	sjö	18/3-55	Lb Volvo	12-13		250	58	28	4-8	32	-10	1/3 packning av avlägg och plogning av vägar, mellanvatten i väg, underisen troligen lös.	i3
31	53	sjö	9/1-55	Snövevsla	1,9	2,1	200	17	5			-10	Istjockleken ojämn, troligen beroende på ojämn snöfördelning. Tunn is.	z2
32	1	sjö	1955/56 4/5-56	Lb Volvo	9-10			70-90				+7,3	Tippning av sten i vak. Flak bröts loss, bak-hjulen ner; kärnisen täckt med sågsån.	0
33	9	sjö	14/12-55	Lb+2-axlig släpvagn	15+12			67	8-20			-42	Vägbredd 15 m, plogad, mittspricka längs hela vägen, småsprickor; släpvagnens vänstra fram-hjul sjönk ned, av farten upp; isen sönder, släpvagn på sidan genom isen. Vattendjup 11,5 m. Kraftigt temp.-fall. (Hög hast.? Sprickbildn.?)	x1 x2
34	28	älv	9/11-55	Lb	5		150	12-19	1	(5)	12	-6	Lävlåg trafik, gående och personbilar, en lastbil passerat; olycksbil gick 150 m till spricka (uppråk).	x1
35	38	älv	13/1-56	Lb Volvo Titan	(~7)	(~15)		65	5	3	9	-7	Körde utanför preparerat område, kom på för tunn is.	z2
36	40	sjö	4/4-56	Lb m. släpvagn+lest	(10+5?)		~15	59	51	44	2	-4	Mellanvatten, lös stöpis, "vårsis". Lastbilens bakhjul och släpvagnens ena hjul i botten nära strand.	s1 i3
37	40	sjö	2/2-56	Lb	7,5	14,6	50	49	32	0	49	-30x	Dagen före. Färd på is ca 1 km, 49 om is; avlägget vattnat, helt fruset utom på olycksplatsen. Mellanvatten, sprickor i överisen. Snabb temp.-stigning.	i1
38	41	vid kusten	18/2-56	Lb Scania Vabis +släpvagn	7	18	(2)	50				-12	Plogad väg i strandkant, isen lutade, "hängis"	s1
39	42	sjö	8/2-56	Lb Scania Vabis +släpvagn	8,5	19,5		54	21	(~4?)	(~30)	-15	Avlägget bevattnat 30/12; isen då 31 cm. (Mellanvatten inom litet område?)	i3
40	42	sjö	10/2-56	Lb Scania Vabis +släpvagn	7,5	17		60	(20)	(5)	(35)	-15	Väg och isavlägg bevattnade. (Mellanvatten?)	i3
41	42	sjö	2/1-56	Lb Soania Vabis	7,6	13,5	0-3	71	26			-3	Liknande timmerlass gått under en vecka; spricka eller hängis vid strand.	s1
42	48	sjö	7/1-56	Tr	4		70	30	(~10)			-18	Plogning. Ej mellanvatten, ej temp.ändr. Källa? Korsande sprickor?	m2 x1
43	48	sjö	19/1-56	Tr 2 st.	5,4		20	50	12,5	(35-40)	(~10)	-15	I vägen 50 cm is; tidigare trafik m. timmerlass. Vid plogning fastnade en traktor, annan till hjälj, båda igenom. Korsande sprickor i strandkanten? Häftiga ryck?	x1 x2

Ordnr	Älv nr	Sjö el. älv	Tidpunkt	Fordonstyp	For- dons vikt i ton + last	Hast km/tim.	Genom körn. avst. från str.	Passerad plats, där isen bar		Olycksplatsen		Olycks- dagens temp. °C	Anmärkning	Be- teck- ning
								hela is- täc- ket	snö	hela stöpis mellan vat- ten	största kaste lagret (Bedömt)			
44	48	sjö	15/3-56	Lb Scania Vabis +släpvagn	7,9 16,5			64-67	29	64 (15)	~45	- 3	Preparerat avlägg; ett lass tippat; nästa bil igenom isen; mellanvatten och sprickor.	i3
45	108	sjö	8/4 -56	Tr +släpv.m. vedlass	2,5 5	~6		42			~45	+ 4	I vasskanten isen uppluckrad av solen, snö- störja 10-14 cm, våris.	i1
46	1	sjö	1956/57 31/1-57	Tr m. plogblad	2,9 2,9			(30)	(20)	(15)	30	-10	Timmertransporter tidigare; plogn. efter snöfall. (Under plogvall tunnare is och sprickor?)	z1
47	9	älv	6/12-56	Lb	6,4 9,1	200		25 43	18	(43)	25	-10	Preparerat avlägg, plogad väg; spricka; påspol- ning 18 cm; mellanvatten? (HD-dom)	i3
48	9	sjö	23/1-57	Lb				(20)	(15)			-10	Fastkörning i vattensamling, backade av vägen, bakjul i vindvak, orsakad av spricka och upp- vattning av plogvall?	z1 z4
49	38	sjö	8/12-56	Lb+släpvagn	7 20	högg	120	0 40	0	0 35		-12	Renplogad väg till avlägg. Tre lass tidigare körda. Virket lög nära ol.pl. "Otaliga små is- sprickor i alla riktningar" av tunga fordon. (Ej köldsprickor). Hög hastighet.	x2
50	40	älv	9/1-57	Tr m. släpvagn+ last	3,6 7	0	150	10 32	14	10 32	18	+ 7	Stöpisflak och kärnisflak flöt isär efter ge- nombrott, mellanvatten.	i3
51	40	sjö	15/1-57	Tr Fordson Major	2,7		800	(~5) 50-60	(~10)	(~5)	4	- 7	Snöyra, bort från vägen ca 20 m, tunn is över grund.	d
52	40	sjö	6/3-57	Lb	10,5			50	(~10)			- 2	Utkörning till avlägg; hängis i strandkanten.	s1
53	42	sjö	9/4-57	Tr, 3 st. m. släpvagnar	3x5 3x11			60 10	10			± 0	3 st. traktorer m. släppl. i sällskap. Den sista gick igenom. Våris? Samkörning?	i1 x2
54	42	sjö	18/3-57	Lb+släpvagn	(~8)			0 60-70		15		-12	Lb kom utanför prep. avlägg, över strömdrag med svag is.	d
55	42	sjö	23/1-57	Lb m. reduc. last	(~10)			53		15		- 3	Hängis i strandkanten.	s1
56	42	sjö	12/1-57	Tr+släpvagn	2,7 1,5			(~5) 40-60	(~15)			± 0	Svag is över "källdrag" eller dylikt.	m2
57	48	sjö	10/1-57	Lb	5,6 12,2		(0-5)	48				-10	På avlägg; sjön avsaknt; 2 storstenar under v.y. på vilka isen hängde.	s1
58	48	myr	8/2-57	Lb Scania Vabis								-10	Körde igenom på en provisorisk väg, vattenfylld fördjupning i marken.	—
59	4	sjö	1957/58 4/1-58	Lb Scania Vabis	6,7 10,0		15	48		36		-28	Tippning av makadam i vak; bakvagn bröt loss i s- flak.	0
60	9	älv	31/1-58	Lb m. timmersläp								-16	Nyplogad "tomkörningsväg" i strandsavacka. (Rättta vägen 80 cm is).	s1
61	9	bäck	27/2-58	Tr								-15	Traktor genom tunn is på bäck vid myr. Sjönk till 5 m djup.	m3
62	38	sjö	7/1-58	Lb	6,8		(0-5)	46				-10	Sprickor och hängis över sten i strandkant.	s1
63	61	sjö	10/1-58	Lb Scania Vabis	6,7 6,7		(~3)	50				-13	Vändplats på isen. Lb igenom i strandkanten.	s2
64	67	sjö	11/2-58	Tr Volvo	2,5 2,5		0-2	(~26)	(~15)			-15	Dybotten, 1 m djupt. Snöplöjning av flera tr och tyngre lb. Tr igenom vid brant strand.	s1
65	98	sjö	1/3-58	Tr David Brown	2,0 2,0		8	(~15) 30-35				± 0	Snöplöjning; strömdrag m. svagare is 8 m fr. land. Överfart på morgonen över bäck, på e.m. efter blödväder igenom.	m1
66	108	bäck	20/12-57	Tr								+ 8	Förställd m. renplogad väg. Väg för v. bruttovikt 2 ton. Kraftig kyla före 20/12. Frol. sprickor.	x1
67	4	sjö	1958/59 20/12-58	Tr	5,7 11,7			0 43	(~10)			-25	Nära udd, stark instrålning. Våris. Packning av snö och stöpvatten nära strand, "kallkälldrag", försvagad is.	m2
68	9	sjö	29/4-59	Tr-källike	2,7 4,5	15	(5-10?)	0 30				+ 5		i1
69	9	sjö	17/1-59	Tr Olliver	(~2,5) (6,5)			(~30)				-40		m2

GENOMKÖRNINGSOLYCKOR PÅ IS

Ordn nr	Älv nr	Sjö el. älv	Tidpunkt	Fordonstyp	For-dons vikt i ton	For-Hast km/tim.	Genom-körn. avst. från str.	Passerad snö	hela is-täcket över isen	Passerad plats, där isen bar	hela is-övans på is-täcket över isen	snö-täcket över isen	Olyckspplatsen	stär-kaste is-lagret (Bedömt)	Olyckedagens temp. °C	Anmärkning	Be-teck-ning
70	12	sjö	5/3-59	Lb Scania 6	6,0	16	5	0	58	15	0	58	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	+ 5	Timmerbil, tövåder, sprickor; "vägen för nära strand. Möjliggen kallkälla".	s1	
71	13	vid kus-ten	26/1-59	Lb Scania Vabis	6,7	11		0	50	(~20)	0	50	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	- 2	På virkesavlägget ung. 50 cm is, basvägen nära strömdrag. Temp.-stign. Bakhjul igenom, spricka.	d x1	
72	18	älv	31/1-59	Lb	7,5	11,5		0	63	15	0	63	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	+ 3	Vägen preparerad; första timmerbil; igenom i strandkanten; blött efter kyla.	s1	
73	38	sjö	7/1-59	Häat		4,5	hög	450	35	15	8	35	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	-15	Förrådiska isar, mellanvatten, uppluckrad under is.	i3	
74	38	sjö	9/1-59	Tr				450	35	15	8	35	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	-12	Förrådiska isar, mellanvatten, uppluckrad under is.	i3	
75	38	sjö	12/1-59	Tr m. snöskopa		4,5	hög	450	35	15	8	35	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	- 4	Sladdad smal väg, 35 cm is, bred 2,5-3 m. Girade vid god fart av vägen och kom på svag is, mellan-vatten.	i3	
76	38	älv	15/4-59	Tr m. timmersläp	2,5	2,5		~100	~20	~20	~40	~40	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	-12	Väris. Packning av snö och stöpvatten för avlägg. 5 m djupt. Spricka?	i1	
77	40	sjö	9/1-59	Tr m. kättingeläp	8,5	19,5		(~100)	0	53	38	0	53	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	+ 4	Onormalt blött lång tid, början till "väris", sprickor i ytan av nattfroster.	i1
78	40	sjö	4/3-59	Lb m. släpvagn	7,5	17,0		15	50-70	(25)	20-25	20-25	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	- 6	Myr manglad m. tryk kavlade och risad på svaga pkr. Strömdrag vid norra stranden, isförsvagning.	-	
79	40	myr	6/3-59	Lb Scania Vabis	5,5	10,5	låg	30	20-25	(~30)	~20	30	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	-10	Sladdning för avlägg, troligen mellanvatten.	i3	
80	40	sund	6/3-59	Tr Volvo T-35	2,5	2,5		30	20-25	(~30)	~20	30	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	-20	I vägen ung. 70 cm is, ena bandet igenom. Isförsvagning över "kallkälla"? Spricka?	m2 x1	
81	42	älv	15/1-59	Tr Volvo T-35	~6,5	~6,5		(~10)	(~70)	(~30)	~20	35	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	+ 0	Virkestransport över myr, förstärkt m. risbåddar. Väris och sprickbildning i ytan.	-	
82	42	sjö	9/2-59	Tr International	~6,5	~6,5		(~10)	(~70)	(~30)	~20	35	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	+ 2	Tr-kälke m. virke förat igenom. Långa blidvåder, väris och sprickbildning i ytan.	i1	
83	42	myr	7/3-59	Lb+släpvagn	~5	~6		0	(~55)	(~20)	0	(~55)	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	-15	Snöpackning för avlägg, troligen mellanvatten.	i3	
84	44	sjö	5/3-59	Tr BM + kälke	2,5	~7,5		0	(~55)	(~20)	0	(~55)	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	+ 8	Väris, osedvanligt tidigt.	i1	
85	45	sjö	5/1-59	Pb Land Rover	1,5	1,5		(~20)	25-30	(~30)	0	26	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	- 7	tillfället istjocklek 26 cm.	s1	
86	47	sjö	26/3-59	Tr Ferguson	(2)	(2)		10	11	~19	26	26	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	+ 0	Troligen mellanvatten. Bevattnade vägar, 15 m breda för virkestransport.	i3	
87	48	älv	7/1-59	Lb m. massaved	2,5	~6		10	11	~19	26	26	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	- 4	Körning av massaved under en vecka. Sprickor? Mellanvatten? Temp.-stigning.	i3	
88	48	krv. damm	6/3-59	Lb Scania Vabis +släpvagn	2,5	~6		10	11	~19	26	26	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	- 4	Körning av massaved under en vecka. Sprickor? Mellanvatten? Temp.-stigning.	s1	
89	48	sjö	29/1-59	Tr	2,5	~6		10	11	~19	26	26	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	- 4	Körning av massaved under en vecka. Sprickor? Mellanvatten? Temp.-stigning.	s1	
90	48	sjö	2/1-59	Tr Bamse	~3,5	~3,5		3	24	24	45	45	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	- 4	Körning av massaved under en vecka. Sprickor? Mellanvatten? Temp.-stigning.	s1	
91	48	sjö	2/1-59	Tr Bamse	~3,5	~3,5		10	27-33	34-36	45	45	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	- 4	Körning av massaved under en vecka. Sprickor? Mellanvatten? Temp.-stigning.	s1	
92	53	sjö	12/1-59	Tr Volvo+släp-kälke	2,4	?	0	0,5	34-36	37-46	15	15	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	-10	Hängis el. spricka vid strand?	s1	
93	53	sjö	17/1-59	Väghyvel	6	6		0	66	(32)	0	66	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	-18	Röjning av travbana. Mellanvatten vid sidan av banan. (Polisutredning).	i3	
94	53	sjö	9/3-59	Lb	8	17		0	66	(32)	0	66	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	- 1	Snöfritt, långt blidvåder. Väris.	i1	
95	74	sjö	5/3-59	Tr Volvo+släp.	1,5	(3)		sörja	15	15	0	15	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	+ 0	Lastning av timmersläp på is. Blidvåder. Väris	i1	
96	4	älv	8/1-60	Lb Volvo Titan + 2 axel-släp	12	30	5	5	0	45-50	~10	45-50	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	-15	Isbrott över städjekant invid strand.	s1	
97	4	älv	1/2-60	Lb Scania Vabis + 2 axel-släp	11,5	31	10	6	68	28	0	68	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	-19	Isbrott invid strand.	s1	
98	7	sjö	14/1-60	Tr Bamse	3,7	3,7	10	30	50	12	20	20	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	-20	(Flera-is och vattenlager). Underisen något uppluckrad. Först vid 3:e tramp. av vägen brast isen.	i3	
99	9	sjö	1/2-60	Lb Volvo+2 axel-släp	13,5	35	15	~5	0	55	10	55	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	-22	Upplogad väg, delvis på bottenliggande is. Isbrott i strandkant.	s1	
100	9	vid kust	3/2-60	Lastmaskin Hough-58	10	10	0	60	40	(15)	40	40	hela stöps is-övans på is-täcket över isen	-10	Lastning av isblock vid vakkant.	e	

Ordnr	Älv nr	Sjö elv	Tidpunkt	Fordonstyp	Fordonsvikt i ton	Fördonsvikt + last	Hast km/tim.	Genomkörn. avst. från str.	Passerad plats, där isen bar			Olycksplatsen			Olycksdagens temp. °C	Anmärkning	Be-teck-ning
									hela is-täck- ket	snö	hela is-täck- ket	stöpis is- övanpå is- överis	mel- lan- vat- ten	un- der- is- lagret (bedömt)			
101	9	Vid käll- en sjö	11/12-59	Pb Austin	8,5	8,5	40		32							0	
102	13	sjö	14/12-59	Tr m.kalkar	3,1	12,5	7	15	10	38				-10	Bilen körde ned i råk (smal öppen vak). Isen (38 cm) avtjärd över större mosstuva nära strand, bottendjup 1,5 m.	s2	
103	13	sjö	30/12-59	Tr Bamse	2	2	10	~30	(15)	20				-20	Snötrampning. Vid återfärd igenom helt. Några dm vatten mellan isen och slambotten. Isen i vägbanan upprätt. Strömdrag vid sjöns utlopp, på morgonen körning på uppströmsidan av vägen på e.m.på svaga nedströmsidan.Väris.	s2	
104	20	sjö	3/5-60	Häst m.slåde		0,6	~200		75					+8	Plogning av rundbana m.lb och tr. Lb stannade då det fanns vatten ovanpå isen. Tr igenom isen ca 35 m fr lb. Lb och tr hade vid ett tillfälle stått tätt intill varandra; mellanvatten.	d i1	
105	28	sjö	3/2-60	Tr m.plog + Lb Scania Vabis 75 m.plog	5,8 11,7	~6 ~12	2-5	75	20	36	20	5	11	-28	Plogning av isväg. Släpvagnens ena sida igenom, 8 m fr. strand i vindvak vid plogvall.	i3	
106	28	sjö	14/2-60	Lb Volvo+släp- vagn	10	24	15	~8	(~20)	63	(~20)		~7	-20	Brott i strandkanten, vst sjunkit. Hög hast. Luft. Vid övergången fr.strand till flott is, bröts isen; strandlutt. 20%. "Städjekant".	s1 z1	
107	28	älv	8/12-59	Tr	2,9	2,9	25	1	5	27	10			-25	Strand, tvärbant och storstenig; ishöjd ovan v.y. 30 cm. Hängis. Hög hastighet.	s1 x2	
108	28	älv	7/12-59	Häst m.slåde		0,6		1	7	29	19			-25	Brott i strandkanten, tunn is där isen hängde i luften.	s1	
109	28	älv	11/1-60	Grävmaskin m. band.	14	14	1	10	17	47	37			-15	Körning mot strand; igenom i strandkanten, ojämn botten.	s1	
110	28	älv	1/4-60	Tr Fiat 25	1,8	1,8	30	1	12	48	(30)			-10	Tr.m.lass (9 ton). Körde över spricka, ihopfrusen i ytan. Vid återfärd utan lass, 3 ton, igenom isen.	x1	
111	37a	älv	7/1-60	Tr Volvo T 31		2,2	10	1	10	30				-25	Körning längs strand (6-10 m ut) ca 2 m utanför stenvägg. Körning i ytan. Vid återfärd utan lass, 3 ton, igenom isen.	s1	
112	38	sjö	28/12-59	Tr	3	9	10	50	8	42	18			-17	Körning mot strand; igenom i strandkanten, ojämn botten.	s1	
113	38	sjö	13/2-60	Lb m.släpvagn	8,1	18	10	7	8	52	24			-28	Tr.m.lass (9 ton). Körde över spricka, ihopfrusen i ytan. Vid återfärd utan lass, 3 ton, igenom isen.	x1	
114	38	sjö	28/12-59	Häst m.kälke		0,75		200	12	15	9			-5	Körning i skift.Lb m.lass ställdes parallellt Strömdrag. Köraren varnad för svag is.	d	
115	38	sjö	11/4-60	Tr Ferguson	2	2	20	50	0	25	(~10)	12	8	+6	Svagt strömdrag, isen bar tidigt på morgonen, kl. 10 igenom. Väris.	i1	
116	38	sjö	17/3-60	Lb	6,8	10,8	20	4	19	79	31	12	36	0	Virkestransport å landliggande is.Framför bäck- myne,mellanvatten.Brott i strandkanten.	m1 i3	
117	38	krv hamn	29/1-60	Lb Scania Vabis L 71 m.släp	7,6	17,6		150	0	55	25		(25)	-25	Körning i skift.Lb m.lass ställdes parallellt m.spricka.Släpv.och bakvägn igenom.Temp.-fall.	x1	
118	38	sjö	26/3-60	Lb Scania Vabis 75	9	19	5-10	85	3	53	10			+8	Dagsmeja och nattfrosto; sprickor i ytan. Annan lb körde ut strax före. Väris.	i1	
119	40	sjö	11/2-60	Tr BMI 350 HB	2,6	3		900	(10)	(40)	(10)			-15	Omslag från blidväder till kyla.Spricka över hela sjön. Ny väg nära intill en gammal väg. Vid körning över myr,brast isen och tr sjönk ned i myren.	x1	
120	40	myr	4/1-60	Tr										-5	Lokal isförsvagning av strömvirvar, först bak- hjul ned, så backning och hela tr.igenom.	-	
121	40	älv	28/3-60	Ejul-tr (Munktejl) +lastskopa	2,5	3-		30	0	31-50				+3	Isen på dybottea.Bottenfruset.	s2	
122	42	sjö	5/1-60	Lb+släpvagn	5,8	17	10- 15		30		25			+0	Isen på dybottea.Bottenfruset.	s2	
123	42	sjö	13/1-60	Lb+släpvagn	7,5	16,3			25		62			-18	Isen på dybotten. Bottenfruset.	s2	
124	42	sjö	12/2-60	Lb Volvo Viking m.boggie	7,5	20,5	10		62	25				-30	Temp.-fall. Sprickor. Kälformigt flak; stort överhäng och stort tryck på bakaxeln, som gick igenom.	x1	
125	42	älv	28/3-60	Tr	9	10	10	300	5	67				+1	Strömdrag. Genom isstockning mycket ojämn is.	d	
126	42	sjö	13/2-60	Lb		22	15		5	67				-20	Stark kyla efter blidväder, sprickor, livlig trafik dag och natt.	x1	

Ordn nr	Älv nr	Sjö el. älv	Tidpunkt	Fordonstyp	Fordonens vikt i ton	För- och last	Hast km/tim.	Genom körn. avst. från str.	Passerad plats, där isen bar		Olycksplatsen		Olycksdagens temp. °C	Anmärkning	Be-teck-ning
									hela is-täck-ningen	hela stöpis-överis-ten	snö-överis-ten	un-der-is-ten			
127	42	sjö	21/1-60	Lb Scania Vabis m. boggie	7	13	10-15	16	3	52	30		-30	Avlägget preparerat genom vattning; stark kyla, sprickor.	x1
128	42	myr	26/2-60	Lb m. last		(~10)							-3	Trafik över myrmark, vägen manglad, högra sidan genom isen i myren.	—
129	42	sjö	1/2-60	Lb+släpvagn	5,9	11,4	5	2-5	0	60	35	40	-15	Isen brast i strandkanten vid nedkörning till isen, dy och ej tjälät.	s2
130	48	sjö	2/2-60	Lb Volvo Starke	4,7	10	10			48-62	5		-17	Isen hängande över sten nära stranden.	s3
131	52	sjö	28/3-60	Lb Scania Vabis m. släpvagn	9,4	29	0	~60	0	50	10		+4	Mattfrost och dagsmeja. Inverkan av solstrålning i bark på isen. Vårs	i1
132	53	sjö	2/2-60	Pb+3 personer	1	1,2	35	500	2	14	0	5	-15	Strömdrag vid älvmyning i sjö.	d
133	61	sjö	4/3-60	Lb Scania Vabis	8,1	13,2		4		40		(10)	+3	Lastning av sågtimmer, nära strand. Vid startning av bilen igenom isen.	s1
134	61	sjö	30/1-60	Tr SL 35 A	5,5	5,5	10	58	7	20-30	(~5)		-18	Vid 5:e plogningsvarvet igenom, där var snön något djupare och isen tunnare.	s2
135	86	sjö	11/2-60	Tr SL (lastm.)	5	5,5	3	(10)	0	22	12		-4	Isen lös i ytan av tidigare blidvåder.	12
136	87	sjö	31/1-60	Volksvagen, Kleinbus	1,1	1,2	4-5	80	2	11	3,5		-9-20	Isen lös i ytan av blidvåder den 23-29 januari.	12
137	4	sjö	1960/61 11/4-61	Grävmaskin, Lendsverk		15,5	0	~150	0	86	42		-2	Metallsidans medar (0,5x5 m) placerade på ömse sidor om 2,5 m bred uppsågd ränna. Grävning i botten. Vibrationer, någon uppluckring av isen i ytan, snedbelastn., möjl. vatten på isen invid medarna.	o
138	9	älv	30/12-60	Lb Volvo m. släpvagn	12,7	27,7	7	2-6	0	68	44	4	-8	Isen förstärkt t. minst 60 cm, dock för smal sträng; nära denna 34, 35, 37 cm is.	s1
139	20	sjö	29/4-61	Pb Peugeot 54		1,2							+2	Vid sjöutlopp, isförsvagning och vak nära grund. Vårs.	d i1
140	20	älv	20/2-61	Lb Scania Vabis + 1 axl. släp	6,6	12,6	10	~10	0	70	20	30	+2	Mellanvatten, isen slambemängd, issörja, is av dålig kvalitet.	i3
141	20	sjö	29/3-61	Tr	5	5,5	10	4	5	45	27	38	-6	Överisen bärig i väg, men ej vid sidan, där snö-djupet större; mellanvatten.	i3
142	20	sjö	8/11-60	Tr Fiat OMA		4,8		2	4	29			-10	Tr igenom vid stranden vid mynningen av en väg-trumma.	s1
143	28	älv	27/11-60	Hästfordon		0,7	5	20	0	35	6	2	-4	Vatten i vägen. Vid sidan av vägen överis och mellanvatten och tunn underis.	i3
144	28	älv	27/2-61	Lb Volvo, Viking	6,3	9,3	10	20	0	57	28	11	-7	Flera mellanvattenlager, lågre blidvåder uppluckrat isen.	i3
145	28	älv	28/2-61	Tr m. släp	4	8,5	8	15	0	58	30	17	-5	Igenom vid återfärd sedan lasten (4,5 ton) lossats; mellanvatten, uppluckrad is.	i3
146	36	hav	25/1-61	Lb Scania Vabis	8,7	12,2	5	5	5	40			-15	Körning längs strandpricka, brant strand.	s1
147	38	sjö	21/12-60	Snövesla	1,0	1,3	10	800	30	23		25	-18	Packning av snö; inom litet område svag is; vindvak.	z4
148	38	sjö	15/12-60	Snövesla m. packplåt	1,9	2,5	15	50	10	32	9	16	-7	Packning av snö; flera varv gjorda. Djupt mellanvatten; isen uppluckrad.	i3
149	38	sjö	3/2-61	Tr m. skopa		4,5	0	200	12	48	18	7	-6	Plogning av travbana, först m. lätt tr, sedan tr m. skopa; mellanvatten, ruttan is.	i3
150	38	älv	25/1-61	Lb Scania Vabis	9,3	16,5	50	20-30	0	60	15	22	-25	Strandspricka? Stor belastning och hög hast. sprickorsak?	x2
151	40	sjö	22/11-60	Tr	2,5	2,5		2-5	10	28	14	1	-10	Strandiabrott av vattenståndsrindringar.	x1
152	48	dam	10/3-61	Tr m släp	(~4)	(~8)		100	0	45	30		+7	Natttid utanför preparerat område; stöpis och kärnis åtskilda, uppluckrad stöpis.	12
153	48	sjö	17/3-61	Lb m. semitrailer	0,5	22,5		0	0	80			+5	Prep. isväg, nära strand, hängia, stöpis uppluckrad.	s1
154	48	sjö	11/3-61	Jeep	1,5	1,8	40	150	0	30.	~10		+6	Uppluckrad is, hög hastighet.	x2 i2

GENOMKÖRNINGSOLYCKOR PÅ IS

Bilaga 5:7

Ordn. nr	Älv nr	Sjö el. älvs	Sjö el. älvs	Tidpunkt	Fordonstyp	För- dons- vikt i ton	För- dons- vikt + last	Hast km/ tim.	Genom- körn. avst. från str.	Passerad plats, där isen bar		Olycksplatsen		Olycks- dagens temp. °C	Anmärkning	Be- teck- ning
										hela is- täck- ket	snö	hela is- täck- ket	överis- vat- ten			
155	74	sjö	14/2-61	Tr Fordson Ma- jor m. släp	3,7 (~8)	15	15-20	0	34	hela is- täck- ket	snö	hela is- täck- ket	överis- vat- ten	+ 4	Värlande temp. och snöfritt; sprickor? Avtagan- de istjocklek, uppluckring av isen.	x1 i2
156	9	sjö	1961/62 19/12-61	Snövessla m. släpkåle	2	2,4	20	550	18	20	hela is- täck- ket	snö	hela is- täck- ket	+ 0	Temp.-stign. fr. -25°; spricka, stöpvatten i väg; x1 kört från väg, därvid längs sprickan.	x1
157	9	älvs	31/1-62	Tr Allic-Chal- mers HD5	7	7	2	2	20	61 (~20)	hela is- täck- ket	snö	hela is- täck- ket	- 2	Lokalt strömdrag försvagat under isen. Mellanvat- ten, lokalt i strandsvacka, brant strand.	d s1
158	9	sjö	9/2-62	Lb m. plog	6,7	7,6	10	4	10	58	hela is- täck- ket	snö	hela is- täck- ket	- 6	Plogning av väg, tidigare vattnad; vid vändning utanför vägen, där mellanvattnen.	i2
159	Botten- viken	sjö	22/12-61	Pb Saab 93 B	0,9	1,1	25	20	20	20	hela is- täck- ket	snö	hela is- täck- ket	- 8	Omalag fr. blickväder t. kyla. Sprickbildning tro- ligt öppen ränna?	x1
160	18	sjö	12/4-62	Lb Volvo L	7,5	15,2	0,5	30	0	90	hela is- täck- ket	snö	hela is- täck- ket	-18	(Från Bygdeträsk). I vägen mellanvattnen? Över- isen uppluckrad och sprickig?	i3
161	20	sjö	6/2-62	Tr m. baklastare	7	7	10	200	0	59	hela is- täck- ket	snö	hela is- täck- ket	- 8	Nytt område skulle prepareras. Där flera mellan- vattenlager.	i3
162	20	sjö	8/1-62	Tr BM 35	4	4	5	3	4	43	hela is- täck- ket	snö	hela is- täck- ket	- 20	Tr körde på landliggande is, kom ut i strand- brottet i inbuktning i strand.	s1
163	20	sjö	4/12-61	Tr Fergusson 35	2,1	4,9	4	4	4	12	hela is- täck- ket	snö	hela is- täck- ket	+ 5	Körde på isen i strandkanten, isen upphängd mel- lan stenar.	s1
164	28	sjö	11/5-62	Vessla, band- fordon	1,5	2,5	10	5	5	50	hela is- täck- ket	snö	hela is- täck- ket	+ 3	Isen brast i strandkanten, hängis; botten brant s1 sluttande.	s1 i3
165	38	sjö	31/1-62	Tr BM 35	6	14	10	4	4	19	hela is- täck- ket	snö	hela is- täck- ket	-10	Mellan virke i högar och strand; utanför prepa- rerat område, flera mellanvattenlager.	s1 i3
166	40	älvs	14/2-62	Lb Volvo Titan	7	11,5	5	3	3	70	hela is- täck- ket	snö	hela is- täck- ket	-6	Transport av grus till strandskydd; mellanvattnen? s1 i3	s1 i3
167	42	sjö	26/2-62	Lb m. släpvagn	10	22	10	45	4	60	hela is- täck- ket	snö	hela is- täck- ket	- 6	Preparerat avlägg, men fanns inom ett område mel- lanvattnen.	i3
168	42	sjö	21/2-62	Lb m. boggie + släp	11	23	5	100	60	40	hela is- täck- ket	snö	hela is- täck- ket	- 6	Preparerat avlägg, men fanns inom ett område mel- lanvattnen.	i3
169	48	älvs	6/2-62	Tr Mercedes	2,3	2,3	10	10	10	53	hela is- täck- ket	snö	hela is- täck- ket	-10	Strömdrag.	d
170	52	sjö	15/1-62	Lb Volvo Titan	9,8	30,7	10-30	5	0	45	hela is- täck- ket	snö	hela is- täck- ket	-10	Isen hängande över mindre sten vid strand; vat fallit något.	s1
171	52	sjö	7/2-62	Lb Scania Vabis	2,4	13,9	5-10	2-10	2	~40	hela is- täck- ket	snö	hela is- täck- ket	-15	Släpvagnens ena sida igenom, varvid släplasset tippade; spricka.	s1
172	53	sjö	14/3-62	Häst m. kälkar	0,6	0,7	10	10	35	hela is- täck- ket	snö	hela is- täck- ket	-20	Starkt strömdrag.	d	
173	28	sjö	1962/63 7/1-63	Pb Opel Rekord	1	1,1	4	4	2	~40	hela is- täck- ket	snö	hela is- täck- ket	-12	Strömdrag nära stranden.	d s1
174	38	sjö	25/3-63	Snövessla, Snow Trac, 6 pers.	1,8	2,1	0-5	35	kraftig is	0	hela is- täck- ket	snö	hela is- täck- ket	-4	Strömdrag. Vesslan passerade 10 m; 17 cm stöpis; d 20 m; 11 cm stöpis; 35 m; 6 cm stöpis; stannade och gick strax igenom.	d
175	40	sjö	18/1-63	Pb Volkswagen	1	1	20	1000	0	35	hela is- täck- ket	snö	hela is- täck- ket	-4	Lufttemp. steg på 1 dygn ca 25°C. Vattenfylt is-x1 veck i plogkant bildades vari bil hamnade i mörkret tidigt på morgonen (ej igenom isen).	x1
176	40	sjö	1/2-63	Lb Scania Vabis, boggie, timmer	~8	>15	10-15	10	19	38	hela is- täck- ket	snö	hela is- täck- ket	-18	Sjunde billasset igenom. Sätte kända sättning i isen. Körning längs strand.	x2
177	48	sjö	5/2-63	Lb Volvo L timmerlass	~8	>15	10-15	150	150	38	hela is- täck- ket	snö	hela is- täck- ket	-18	Bilen anvisad ny väg; körde över snöplagkant, varvid draghjulens slog igenom.	z1

Emne : 9. DIVERSE

- | | | |
|-----|---|---------------------------|
| 9N1 | Geohydrologisk aktivitet
ved forskjellige
institusjoner i Norge : | Ö. Aars statshydrolog |
| 9N2 | Om bestemmelse av
netto snömagasin i
norske nedbørsfelt : | A. Jakhelln avdelingssjef |
| 9N3 | Hydrologi -
kulturteknikk : | E. Harildstad dosent |

Øystein Aars.GEOHYDROLOGISK AKTIVITET VED FORSKJELLIGE INSTITUSJONER
I NORGE.Det norske myrselskap.

Selskapet har utført grøfteforsøk på myr i en rekke år. Likeledes er synkningsundersøkelser foretatt. Noen mere direkte grunnvannsforskning blir ikke drevet.

Resultatet av de utførte forsøk er publisert i følgende meldinger:
10, 11, 14, 15, 28, 29, 30, 31, 32.

Det norske skogforsøksvesen.

D. N. S. foretar endel observasjoner av grunnvann i forbindelse med sine mikrometeorologiske undersøkelser. Vannhusholdningen spesielt i jordens rotsone (det øverste jordlag) analyseres, grunnvannet blir ikke gjenstand for nærmere undersøkelser. Resultatene vil bli publisert.

Forsvarets forskningsinstitutt.

F. F. I. har ikke grunnvannsforskning på sitt arbeidsprogram. Instituttet er interessert i grunnvannets betydning i drikkevannsforsyningen.

Norges geologiske undersøkelse.

Arbeidet med grunnvann ble tatt opp av N. G. U. i begynnelsen av 1920 - årene, ved J. Rekstad og G. Holmsen. Da boring etter vann i fjell ble alminnelig etter krigen ble et eget vannboringsarkiv startet (P. Holmsen, publ. 23). I dette arkiv blir de innsamlete opplysninger om borebrønner såvel i fjell som i løsavleiringer tegnet inn på geologiske og topografiske kart med angivelse av vannføring, dybde m. m. Alle resultater blir ført på arkivkort. Pr. 1/1 - 1964 var ca. 6000 borebrønner registrert.

Undersøkelser av grunnvann i løsavleiringer krever grunnboringer, pumpeforsøk og laboratorieundersøkelser. N. G. U. har det nødvendige utstyr til slike undersøkelser.

Innsamling av opplysninger skjer først og fremst gjennom borefirmaer og lokale planleggere (herredsagronomer, kommuneingeniører etc.).

N. G. U's hydrogeologiske seksjon med vannboringsarkivet er i gang med utarbeidelsen av hydrogeologiske kart for fjell og løsavleiringer. Seksjonen har forøvrig angitt følgende gruppering av de hydrogeologiske forhold i Norge.

I. Fjell.

1. Geologiske formasjoner og grunnvannsprovinser.
2. Tektonikkens innflytelse.

II. Løsavleiringer.

1. Inndeling av løsavleiringene, grunnvannsprovinser og magasin.
2. Forholdet: grunnvann-vassdrag.
3. Forholdet: grunnvann-jord- og skogbruk.

III. Vannkvalitet.

1. De geologiske formasjoners innflytelse på vannkvaliteten.
2. Salte kilder og brønner i løsavleiringer og fjell (avstengt grunnvann i forbindelse med landhevingen etter siste istid).

Resultater av seksjonens arbeide fremgår av publikasjoner utgitt av vannboringsarkivet eller av geologene der: 9, 12, 13, 18, 19, 21, 22, 23, 25, 36, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56.

Geologene ved NGU's hydrogeologiske seksjon har vært nyttet som sakkyndige ved rettsaker og skjønn.

Norges geotekniske institutt.

N. G. I. arbeider på oppdragsbasis. I forbindelse med oppdragene er endel undersøkelser av grunnvannsforhold foretatt. Instituttet grupperer dem slik.

1. Undersøkelser av grunnvannsnivå og poretrykk (f. eks. i forbindelse med sedimenters stabilitet ved anleggsvirksomhet).

2. Undersøkelser av permeabilitet (f. eks. ved damanlegg).
3. Undersøkelse av grunnvannets aggressivitet.

Litteratur: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 27, 34, 38, 39, 40.

Norges landbrukshøyskole.

Ved Institutt for kulturteknikk foretas grunnvannsobservasjoner i forbindelse med forsøk med avlingskontroll. Forsøkene utføres som oppdrag i forbindelse med vassdragsreguleringer. For tiden (nyttår 1964) utføres slike forsøk på i alt 6 steder i Sør-Norge. De er satt i gang i tiden fra 1957 til i dag. Stedene er Åsskard på Nordmøre, Fortun, Vik og Lærdal - Borgund i Sogn, Dalen-Vinje-Rauland samt Flatdal i Telemark.

Videre blir grunnvannsobservasjoner foretatt i forbindelse med grøftingsforsøk.

N. L. H. har et professorat i geologi. Herunder hører forskning i området grunnvann i løsavleiringer, den utføres i samarbeide med Norges Geologiske Undersøkelse.

Norges statsbaner.

N. S. B. har interesser innen to spesielle felt av geohydrologien. Det ene gjelder utnyttelsen av grunnvann til drikkevann og til teknisk bruk, det annet felt er grunnvannsproblemer ved anleggsdrift, f. eks. ved tunneldrift, og ved vedlikehold og drift av jernbanene.

Grunnvannets forekomst og løp behandles ved Geoteknisk kontor, analyser foretas ved Det kjemiske laboratorium.

Utenom den oppgitte litteratur er det publisert artikler om teleproblemer.

Oppgitte publikasjoner: 16, 34, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47.

Norges tekniske høyskole.

Det drives for tiden ingen forskning i geohydrologi ved N. T. H. Forelesninger i emnet hører som del av hydrologien inn under et dosentur i vann- og kloakkteknikk. Det kan senere bli aktuelt å gi spesielle

studieoppgaver innen emnet geohydrologi, da i samråd med NVE's hydrologiske avdeling.

Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen.

Ved vassdragsvesenets hydrologiske avdeling har siden nyttår 1963 et eget kontor for grunnvannsundersøkelser vært i drift. Slike undersøkelser har forøvrig stått på avdelingens program siden høsten 1961.

Vassdragsvesenets interesseområde er grunnvannets samspill med elvenes vannføring. Herunder kommer spørsmålet om grunnvannets bidrag til elvenes minstevannføring, likeledes spørsmålet om vassdragsreguleringers innflytelse på grunnvannsforholdene langs de vassdrag som reguleringene berører.

Etter oppdrag fra kraftverksinteresser er grunnvannsundersøkelser satt i drift i Stor-Elvdal og Rendal, i Stjørdal og i Lærdal. Videre foretas observasjoner på Otta, og observasjoner er planlagt i Drivdalen. En enkel kartskisse viser hvor observasjoner foretas i dag.

Utenom en stensilert rapport om undersøkelsene i Østerdalen (1963) refereres til følgende litteratur: 35, 57.

Hydrologer fra NVE's hydrologiske avdeling har vært nyttet som sakkyndige ved vassdragsskjønn.

Norsk institutt for vannforskning.

Ved instituttet drives ikke geohydrologisk forskning. Det hender instituttet møter geohydrologiske problemer i sammenheng med vannforsyning o.l. Undersøkelser i denne forbindelse har hittil vært begrenset til analyser av vannet.

Rådet for jordbruksforsk.

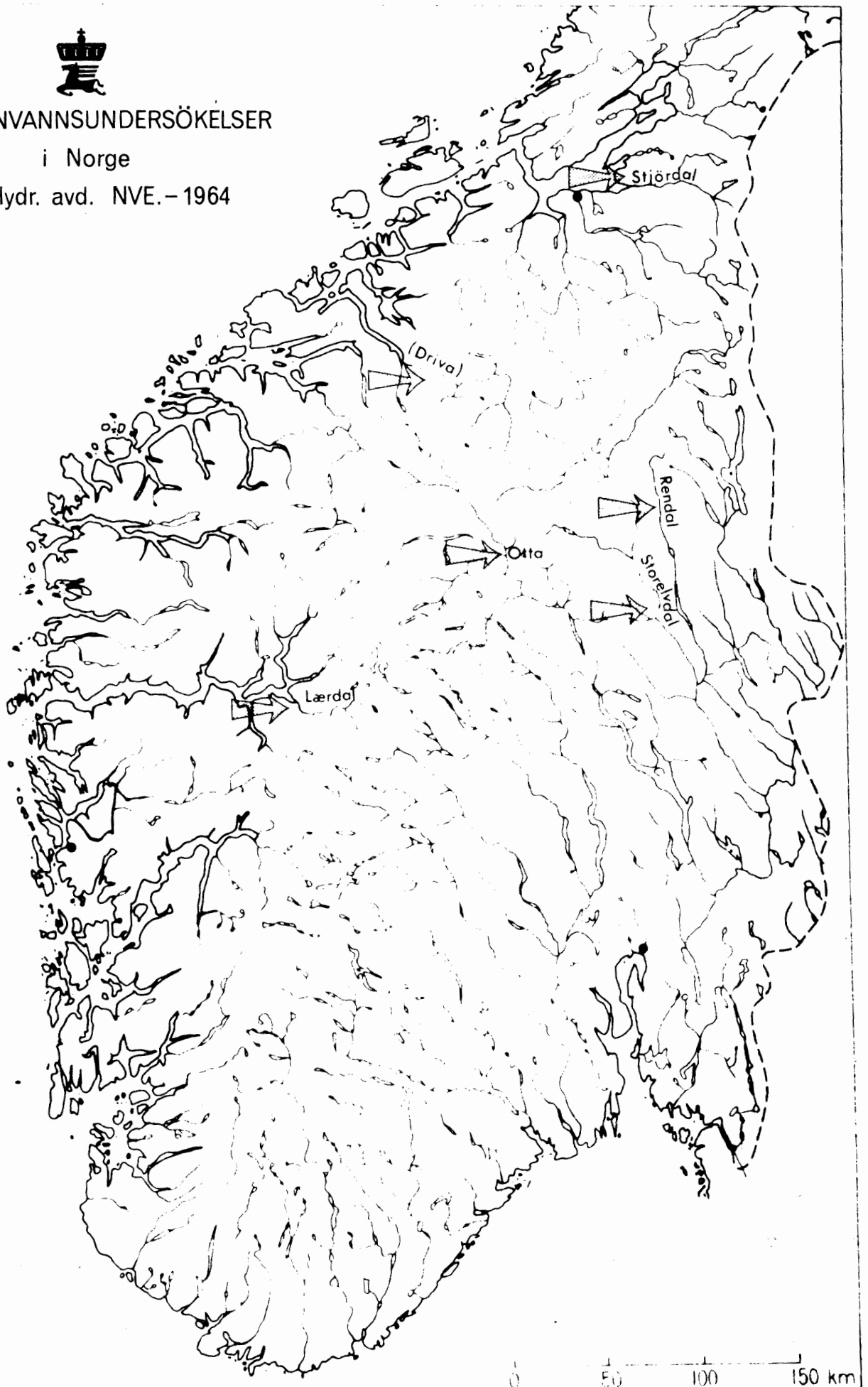
Rådet utfører selv ingen undersøkelser vedrørende grunnvann. Det henvises til Institutt for kulturteknikk, N. L. H.



GRUNNVANNSUNDERSÖKELSER

i Norge

ved Hydr. avd. NVE.-1964



Universitetet i Bergen.

Ved geofysisk institutt blir det ikke utført grunnvannsundersøkelser.

Ved geologisk institutt blir heller ingen organisert forskning på dette felt utført. Imidlertid har instituttet i en rekke tilfelle gitt veiledning vedrørende muligheter for vannforsyning fra grunnen.

Publ. : 48.

Universitetet i Oslo.

Universitetet i Oslo har ikke grunnvannsforskning på sitt arbeidsprogram. Noen få av forelesningene i hydrologi omhandler spesielt emnet geohydrologi.

Vegdirektoratet.

Systematisk grunnvannsforskning utføres ikke. Direktoratets laboratorium utfører målinger av poretrykk og grunnvannstand i forbindelse med fundamenteringsarbeider og bærelagsundersøkelser.

Bibliografi.

Forkortelser.

ETH - VWE Mitt.:	Eidgenössische technische Hochschule, Zürich. Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau. Mitteilungen.
Medd. fra DNM :	Meddelelser fra Det norske myrselskap.
Medd. fra Vannb. ark. :	Meddelelse fra Vannboringsarkivet (NGU)
Meld. fra NLH :	Meldinger fra Norges landbrukshøgskole.
Meld. nr. - fra DNM's f. st. :	Melding nr. - fra Det norske myrselskaps forsøksstasjon.
N. Geogr. T. :	Norsk geografisk tidsskrift.
NGI Publ. :	Norges geotekniske institutt. Publikasjon.
NGU :	Norges geologiske undersøkelse.
NSB - TM :	Tekniske meddelelser NSB.
Proc. :	Proceedings.
TT. :	Teknisk tidsskrift.
TU. :	Teknisk ukeblad.

Bibliografi.

1. Bastiansen, R., J. Moum og I. T. Rosenqvist.
Bidrag til belysning av visse bygningstekniske problemer ved
Osloområdets alunskifere.
Oslo. 69p. 1957 (NGI Publ. 22)
2. Bjerrum, L., H. Huggler og R. Sevaldson
Messung der Porenwasserspannungen in Bodenproben während
des Schervorganges.
Schweizer Archiv, Vol.18, Nr.12, p.391-394 1952
(ETH - VWE Mitt. 24.)
3. Bjerrum, L.
Porenwasser-Spannungen beim Bau von Erddämmen
Schweizerische Bauzeitung, Vol.71, Nr.8, p.108-110 1953
(NGI Publ. 3 ETH - VWE Mitt. 25)
4. Bjerrum, L.
Stability and deformation of slopes, earth and groundwater
problems, general report.
Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng., 3. Zürich.Proc.
Vol.2, p.362-371 1953
5. Bjerrum, L.
Correspondence on: Penman, A.D. A field piezometer apparatus
Geotechnique, Vol.6, Nr.3, p.137-138 1956
6. Bjerrum, L. og J. Huder.
Measurement of the permeability of compacted clays.
Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng., 4. London. Proc.
Vol.1 p.6-8 1957
7. Bjerrum, L.
Discussion on: Lowe, J. and Karafiath, L. Stability of earth
dams upon drawdown.
Panam. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng. I. Mexico.
D.F. Proc. Vol.2. p.553-555. 1959.

8. Bjerrum, L. og I. Johannessen.
Pore pressures resulting from driving piles in soft clay.
Pore pressure and Suction in Soil Conf. London, p. 108-111. 1960
(NGI Publ. 41)
9. Bryn, Knut Ørn. 1961
Grunnvann øst for Oslofeltet.
Medd. fra Vannb. ark. nr. 10. Oslo 1961
(NGU nr. 213 p. 5-19)
10. Glærum, O.
Avgrøftningsforsøk
Meld. nr. 1 fra DNM's f. st. 1908
11. Glærum, O.
Forskjellig avgrøftning til kunsteng på myr.
Meld. nr. 2 fra DNM's f. st. 1909
12. Hagemann, Fredrik
Vannboring i øst- og midt- Finnmark.
Medd. fra Vannb. ark. nr. 9 Oslo 1959
(NGU nr. 205 p. 84-89)
13. Hagemann, Fredrik
Grunnvann i Vestfold.
Medd. fra Vannb. ark. nr. 11 Oslo 1961
(NGU nr. 213 p. 29-48)
14. Hagerup, Hans
Forsøk med ulik sterk grøfting av myrjord.
Meld. nr. 25 fra DNM's f. st. 1936
15. Hagerup, Hans
Forsøk med ulik sterk grøfting av myrjord.
Forskning og forsøk i landbruket - 1953
(Meld. nr. 37 fra DNM's f. st.)

16. Hartmark, H.
Setninger i myr som følge av grunnvannssenkning.
Medd. fra DNM. nr. 4 - 1958
17. Helland, A.
Fiskeværernes forsyning med vand.
N. Fiskeritidende, h. 4 1898
18. Holmsen, Gunnar
Grundvandet i vore leravsetninger.
NGU nr. 135 Oslo 1930
19. Holmsen, Gunnar
Grunnvannsbrønner.
NGU's småskrifter nr. 4 Oslo 1940
20. Grunnvannet, dets forekomst i våre løse avleiringer og
dets utnyttelse.
I " Vannverk på landsbygda ", publ. av Norsk landbruksteknisk
forening, p. 5-18 Hamar 1951
21. Holmsen, Gunnar
Erfaringer om jordskade ved vassdragsreguleringer.
NGU. nr. 218 Oslo 1963
22. Holmsen, Per
Dypboring i fjell som løsning av vannspørsmålet.
I " Vannverk på landsbygda ", publ. av Norsk landbruksteknisk
forening Hamar 1951
23. Holmsen, Per
En orientering om arkivets arbeidsgrunnlag. Om samarbeide
med boringsfirmaene. Den viktigste fennoskandiske faglitteratur.
Medd. fra Vannb. ark. nr. 1 Oslo 1953
(NGU nr. 184 p. 5-22)

24. Holmsen, Per
Om norske bergarters hydrologi.
Kommunalt tidsskrift 40, p. 208-13
(nr. 9 1953)
25. Holmsen, Per
Oppsprekning, topografi og vannføring i massive dypbergarter.
Medd. fra Vannb. ark. nr. 4 Oslo 1956
(NGU nr. 195 p. 37-42)
26. Huseby, Fredrik
Borebrønner i fjell.
NSB - TM nr. 3 - 1961
27. Janbu, N.
Modellforsøk og teoretiske analyser av filterbrønners virkning
for reguleringsdam.
TU V. 104, nr. 47, 48 p. 1059-1065, 1093-1099. 1957
(NGI Publ. 27)
28. Lende - Njaa, Jon
Avgrøftningsforsøk.
Meld. nr. 3 fra DNM's f. st. 1910
29. Lende - Njaa, Jon
Avgrøftningsforsøk
Meld. nr. 4 fra DNM's f. st. 1911
30. Lende - Njaa, Jon
Avgrøftningsforsøkene på Tveit og Mæresmyren 1912
Meld. nr. 5 fra DNM's f. st. 1912
31. Lende - Njaa, Jon
Avgrøftningsforsøk
Meld. nr. 7 fra DNM's f. st. 1914

32. Løddesøl, Aasulv
Orientering om synkningsproblemer på myr.
Medd. fra DNM, hft. 1 1955
33. Låg, J. og O. Einevoll
Preliminary studies on the water permeability of raw humus
in podzol profiles in the western part of Norway.
Meld. fra NLH 34 nr. 6 p. 525-32 1954
34. Norges geotekniske institutt.
Drenering av bygninger.
Bygg, Vol. 8, nr. 10, p. 237-243 1960
(NGI publ. 39)
35. Otnes, Jacob
Uregulerte elvers vassføring i tørrværsperioder.
N. Geogr. T. V. XIV. nr. 1-4 p. 210-220 Oslo 1953
36. Rekstad, J.
Grunnvatnet.
NGU. nr. 92 p. 1-30 Kristiania 1922
37. Rognerud, Bengt
Målemetoder for tilgjengeligheten av vatn i jorda og litt om
den betydning dette har for vatning i praksis.
Frukt og Bær, nr. 13, p. 52-60 1960
38. Rosenqvist, I. T.
Måling av jords korrosivitet.
TT. Vol. 86, nr. 11. p. 229-231 1956
39. Rosenqvist, I. T.
Hydrauliske gradienter og saltvandring i betong.
Nordisk betong, Vol. 3, nr. 3 p. 220-225 1959

40. Simons, N. E.
Sanddren ved den nye rullebane for Fornebu flyplass.
NGI. publ. 40, p. 25-27 Oslo 1961
41. Skaven-Haug, Sv.
Grusballast og det økende linjevedlikehold.
NSB - TM nr. 1 - 1953
42. Skaven - Haug, Sv.
Dyp drenering mot televansker på vei og jernbane.
NSB - TM. nr. 1 - 1954
43. Skaven - Haug, Sv.
Drenasje av kjellermurer.
Bygg nr. 9 - 1954
44. Skaven - Haug, Sv. og L. Saxegaard.
Elektrisk måling av grunnvannstanden
NSB - TM. nr. 1 - 1954
45. Skaven - Haug, Sv.
Sanddrener og fasthetsøkning i leire.
NSB - TM. nr. 2 - 1956
46. Skaven - Haug, Sv.
Vann gjennom linjen.
NSB - TM. nr. 1 - 1959
47. Skaven - Haug, Sv.
Linjens drenering.
NSB - TM nr. 3 - 1960
48. Skjerlie, Finn J.
Vannboring i Leikanger, Indre Sogn.
NGT. Vol. 37, nr. 2, p. 280-282 1957

49. Skjeseth, Steinar
Vannboring utført i traktene omkring Mjøsa og Randsfjorden
1950-1952.
Medd. fra Vannb. ark. nr. 2 Oslo 1953
(NGU nr. 184 p. 5-22)
50. Skjeseth, Steinar
Geologi og vannboring. Kambro - silurbergartenes hydrogeologi
i Mjøstraktene.
Medd. fra Vannb. ark. nr. 3 Oslo 1956
(NGU nr. 195 p. 15-36)
51. Skjeseth, Steinar
Kvaliteten av grunnvann.
Medd. fra Vannb. ark. nr. 5 Oslo 1957
(NGU nr. 200 p. 55-67)
52. Skjeseth, Steinar
Vann i grus og sand.
Medd. fra Vannb. ark. nr. 6 Oslo 1958
(NGU nr. 203 p. 80-87)
53. Skjeseth, Steinar
Norske kilder.
Medd. fra Vannb. ark. nr. 7 Oslo 1958
(NGU nr. 203 p. 88-89)
54. Skjeseth, Steinar
Rørbrønner ved Rena og Elverum.
Medd. fra Vannb. ark. nr. 8 Oslo 1959
(NGU nr. 205 p. 160-170)
55. Skjeseth, Steinar
Grunnvannsanlegg.
Kommunalteknikk nr. 48 p. 109 1961

56. Skjeseth, Steinar og Tidemann Klemetsrud.

Rørbrønner.

Med. fra Vannb.ark. nr. 12 Oslo 1963
(NGU nr. 213 p. 87-100)

57. Aars, Øystein

Geohydrologi, et aktuelt felt innen vassdragsvesenets interesse-
område.

N. Geogr. T. (V. XIX, i trykk 1964)

Anton Jakhelln.

OM BESTEMMELSE AV NETTO SNØMAGASIN I NORSKE NEDBØRFELT.

1. Innledning.

Kjennskap til størrelsen av netto snømagasin i et vassdrags nedbørfelt har betydning for varsling av vårflommens størrelse og for riktig disponering av vannmagasinene for driften av vannkraftverkene i vassdraget. Når vi i Norge har større behov for å finne frem til indirekte metoder for bestemmelse av snømagasinets størrelse enn kanskje i noe annet land der snø spiller noen vesentlig rolle, henger det sammen med landets relieff og klima. For det første blir direkte snømålinger mindre pålitelige i våre fjellstrøks åpne lende, sterkt utsatt for snødrift som det er, enn i skogkledd terreng hvor snøen blir liggende der den faller. For det annet er nedbørmålingene på våre meteorologiske stasjoner meget lite representative for terrenget omkring. Dette siste forhold er det naturlig å omtale litt nærmere fordi det ofte viser seg å bli misforstått.

2. Nedbørmålingenes representativitet. Relativ nedbør.

Nedbørmålingenes manglende representativitet har gitt opphav til forestillingen om det "hydrologiske paradoks" at avløpet i Norge for det meste er større enn den målte nedbør (fig. 1). Det har hendt at selv presumptivt vel informerte hydrologer har tolket dette forhold som bevis for at nedbørmålingene er gale og derfor ubrukbare. Det skyldes at man overser at nedbørmålingene for det meste foretas på steder som ligger lavt i landskapet. Siden nedbøren generelt tiltar med høyden må det falle mindre nedbør på målestedet enn gjennomsnittsnedbøren i terrenget omkring. Hvor meget mindre vil avhenge av høydefordelingen i området. Men det betyr ikke at målingene ikke er brukbare for hydrologiske formål.

Stort sett utgjør Norges overflate et platå som skråner fra vest mot øst. I platået er det skåret ned fjorder og daler, men arealmessig utgjør disse lavereliggende områder bare en liten del. Det er de lavtliggende områder som er bebodd og det er der det er mulig å få målt nedbøren. De for kraftproduksjonen viktigste nedbørfelt ligger i platåets høytliggende, vestlige deler, d. v. s. over skoggrensen, med lang snøvinter og uten annen fast bosetning enn i forbindelse med bevoktede dammer, jernbaner o. l., men selv disse steder ligger i forsenkninger i landskapet. I fig. 2 er gitt en hypsometrisk kurve hvis form er karakteristisk for større norske nedbørfelt. Hvis nedbøren måles ved damstedet f. eks., er det naturlig at avløpet fra nedbørfeltet blir større enn "nedbøren", siden den årlige fordunstningen i disse nivåer er liten.

Nedbørmåling ved totalisator eller ved hjelp av automatikk på steder uten daglig tilsyn vil ikke være mulig på fjellviddene så lenge man ikke kan lage en nedbørmåler som kan skjelne mellom fallende snø og drivsnø.

Over et litt lengere tidsrom vil imidlertid forholdstallet mellom den nedbør som måles på to steder som ligger nær hverandre være tilnærmet konstant selv om det er stor høydeforskjell mellom dem og dermed stor forskjell i nedbøren. Dette under forutsetning av at stedene ikke er alt for ulikt eksponert i forhold til de vindretninger som gir nedbør. Uttrykt i prosent av normalnedbøren (gjennomsnittet for en 30 årsperiode) har derfor nedbøren en temmelig jevn fordeling. Dette forhold kan vi benytte oss av for beregning av et nedbørfelts arealnedbør ved hjelp av den målte nedbør på stasjonene i og omkring feltet.

3. Indirekte bestemmelse av snømagasinet.

I snøakkumuleringssesongen vil snømagasinet S i et nedbørfelt til enhver tid være lik differansen mellom den samlede nedbør P over feltet regnet fra snøakkumuleringens begynnelse og det avløp som skrives seg fra denne nedbør enten det dreier seg om 1) snøsmelting, 2) nedbør i form av regn eller 3) snø som faller på islagte sjøer og presser en tilsvarende vektmenge vann ut i vass-

draget. For korthets skyld omtaler vi dette avløpet R_s som smeltevannsavløp i det følgende.

$$S = P - R_s \quad (1)$$

Vi ser her bort fra fordunstning som i vintertiden blir helt uvesentlig.

P kan vi bestemme på den måten som er antydnet under forrige punkt, og som vil bli nærmere behandlet under punkt 4.

R_s vil være differansen mellom brutto avløp R fra feltet i vedkommende tidsrom og det avløp R_g som skriver seg fra nedbør før snøakkumuleringens begynnelse, og som kommer som grunnvannsavløp eller forsinket overflateavløp.

$$R_s = R - R_g \quad (2)$$

Brutto avløp R blir målt i alle vassdrag med regulær hydrologisk observasjonstjeneste. Hvordan vi kan bestemme R_g , som for korthets skyld nedenfor blir omtalt som grunnvannsavløpet, blir det gjort rede for under punkt 5.

4. Bestemmelse av totalnedbøren over et nedbørfelt.

Totalnedbøren over et nedbørfelt kan vi - som omtalt i innledningen - ikke bestemme ved hjelp av direkte målinger, men vi kan gjøre det indirekte ved å gå omveien om feltets normale årsnedbør \bar{P}_y , som må være lik summen av normalt årlig avløp \bar{R}_y og normalt årlig fordunstningstap \bar{E}_y .

$$\bar{P}_y = \bar{R}_y + \bar{E}_y \quad (3)$$

For fordunstningens størrelse i Norge foreligger det ikke brukbare, direkte målte data. På hydrologisk grunnlag har imidlertid R. Søgne bestemt den gjennomsnittlige årlige fordunstning indirekte for enkelte sentrale nedbørfelt i Sør-Norge. Med rimelig sikkerhet vil hans resultater kunne anvendes for andre nedbørfelt med tilsvarende høyde- og klimaforhold, sålenge det dreier seg om områder med stor årsnedbør sammenlignet med fordunstningen. De av Søgne funne tall ligger omkring 200 mm. Om det da er 20-25% feil i tallet vil det jo f. eks. bare utgjøre omkring 5% av en årsnedbør på 1000 mm, og dette er en feil som kan tolereres.

For nedbørfelt med årsnedbør på bare ca. 400 mm som f. eks. på Finnmarksvidda, vil det derimot bli adskillig usikrere. Det er dessuten langt tvilsommere å bruke tall fra Sør-Norges fjellstrøk deroppe, hvor særlig strålingsklimaet i sommertiden blir et helt annet. Det behøves derfor flere undersøkelser av for-dunstningen for at man skal kunne bruke lign. (3) med rimelig sikkerhet for hele landet.

Hvis vi nå imidlertid forutsetter at lign. (3) kan brukes, og ved hjelp av de målte nedbørhøyder på stasjonene har bestemt den relative nedbør over feltet i et gitt tidsrom som p % av normal årsnedbør vil arealnedbøren over feltet være

$$P = \frac{p}{100} \overline{P}_y \quad (4)$$

hvor \overline{P}_y er gitt ved (3).

Av ligningene (1), (2) og (4) får vi da følgende endelige ligning til bestemmelse av snømagasinet

$$S = \frac{p}{100} \overline{P}_y - R + R_g \quad (5)$$

hvor nedbørprosenten p bestemmes på grunnlag av Meteorologisk Institutt's kart over nedbøren i den forløpne del av snøakkumulerings-sesongen og R er brutto avløp og R_g grunnvannsavløpet i samme tidsrom.

Den punktnedbør som måles på stasjonene vil som omtalt i innledningskapitlet ikke være representativ, fordi stasjonene ligger forsenket i landskapet. Uttrykt i relativt mål - som prosent av stasjonens normalnedbør (f. eks. for året) - vil denne punktnedbøren tilnærmet være representativ, idet nivåhøydens innflytelse i det vesentligste faller bort. Imidlertid vil stasjonens eksposisjon i forhold til de nedbørproduserende luftstrømmer spille inn. En stasjon i en eksponert dal vil få forholdsvis mer nedbør ved vind langs dalen enn ved vind på tvers. Hvis nedbøren i en periode er kommet fra en annen kant enn den vanligvis gjør, vil den nedbør som faller på målestedet i dalen kunne avvike vesentlig fra den som faller over det åpne fjellterrenget omkring, selv når nedbøren gis som prosent av normalnedbøren. Dette vil resultere i at en kartfremstilling av den relative nedbør blir svært ujevn, og under tegningen av et slikt kart vil det ofte ikke

være mulig å gi de ekstreme verdier av relativ nedbør som vil forekomme på enkelte stasjoner, så liten innflytelse på kartbildet som vedkommende stasjons lokale eksposisjon skulle tilsi, idet dalens utstrekning på tvers kanskje bare skulle ha strektykkelsens dimensjon på kartet. Selv om man kunne representere hver enkelt stasjon så smått på kartet som dens lokale forhold skulle tilsi, ville man være like langt kommet m. h. t. hvordan kartet skulle tegnes over det høyereliggende terreng omkring, som ingen stasjoner har. Hvis man derimot på passende måte grupperer stasjonene slik at hver gruppe omfatter stasjoner med forskjellig eksposisjon, og bruker den midlere nedbørhøyde for gruppen som grunnlag for prosentberegningen og kartframstillingen, vil man få et riktigere uttrykk for nedbørforholdene slik de arter seg over nedbørfeltene høyereliggende og tilnærmet jevne terreng. Det er på denne måten Det Norske Meteorologiske Instituttets kart over nedbøren i snøakkumuleringssesongen er laget.

Stasjoner med liten nedbør vil ha større variabilitet enn de med mye nedbør. For ikke å la de førstnevnte stasjoner få for stor innflytelse på gruppemidlet dannes dette ikke som midlet av enkeltstasjonenes nedbørprosent, men som summen av den observerte nedbør på gruppens stasjoner i prosent av summen av stasjonenes normalnedbør

$$p = 100 \frac{P_A + P_B + \dots + P_N}{\bar{P}_A + \bar{P}_B + \dots + \bar{P}_N} \quad (6)$$

hvor P_A, P_B, \dots, P_N er nedbøren på stasjonene A, B, N og $\bar{P}_A, \bar{P}_B, \dots, \bar{P}_N$ de tilsvarende normaltall.

For den gruppering som f. t. brukes for Instituttets kart, har man ikke hatt anledning til inngående gransking av de enkelte stasjoner for å få et allsidig utvalg av stasjoner med forskjellig eksposisjon i hver gruppe. Dette kan ha ført til at kartene i visse områder ikke blir så gode som en kunne ønske. Det er et fremtidig mål å kunne foreta en omgruppering på basis av et mer inngående studium av stasjonenes eksposisjon. Det kan tenkes at denne omgruppering kan skje på grunnlag av omfattende korrelasjonsundersøkelser. Av nabostasjoner kunne man da gruppere sammen

de stasjoner som viste lavest innbyrdes korrelasjon.

I Meteorologisk Institutts kart, som utgis ved utløpet av månedene januar - april, er nedbøren gitt i prosent av den normale nedbøren i snøakkumuleringssesongen frem til kartets dato. Dette er gjort for at de skal få større anvendelsesmulighet for generelle formål. I strøk hvor mildværsperioder med avsmeltning eller med nedbør i form av regn sjelden forekommer - noe som passer for de indre høyfjellsstrøk - vil kartets nedbørprosent med stor tilnærmelse gi netto snømagasin i prosent av normalt. I strøk og høydenivåer med mildere vinterklima vil kartene ikke ha noen verdi for bedømmelse av netto snømagasin. Instituttet overveier å gå over til å gi nedbøren i prosent av normal årsnedbør. De vil da miste en del av sin anskuelighet, men blir lettere å anvende for sitt egentlige hydrologiske formål.

Slik kartene nå er må nedbørprosenten multipliseres med forholdstallet mellom normalnedbøren i snøakkumuleringssesongen og årets normalnedbør for å gi den i lign. (4) angitte prosent p. Dette konstante forholdstalls verdi i de tre standardnivåer er fremstilt på kart som Meteorologisk Institutt har utgitt.

I tilfelle den nevnte endring blir foretatt må det divideres med dette forholdstallet for å komme frem til de anskuelige prosenttall som er knyttet til sesongen, og som det alminnelige publikum er mest interessert i.

5. Bestemmelse av grunnvannsavløpet.

For å bestemme det i lign. (2) med R_g betegnede avløp som skyldes nedbør før snøakkumuleringens begynnelse, og som ytrer seg i form av grunnvannsavløp eller forsinket overflateavløp, må vi på en eller annen måte finne ut hvordan dette avløpet (i det følgende for korthets skyld omtalt som "grunnvannsavløpet") forløper i vintertiden. Det vil arte seg forskjellig for forskjellige vassdrag og vil nærmest følge en eksponensialkurve (fig. 3), men lar seg for norske nedbørfelt visstnok best bestemme ved at en for hvert nedbørfelt bestemmer de enkelte deler av kurven på grunnlag av observerte avløp i perioder med maksimal minskning av avløpet. I et ikke publisert arbeid har R. Søgner vist en hensiktsmessig frem-

gangsmåte for å finne kurven på denne måten. Han peker på at kurven rimeligvis vil bli en annen om vinteren enn om sommeren, idet grunnvannsforholdene da vil være annerledes. Man kan forsåvidt tenke seg at man i vintre med mye barfrost og dermed dyp tele vil få en lavere vannføring i nedbørfrie frostperioder enn man får i mildere vintre, fordi de naturlige grunnvannskanaler da i sterkere grad vil være sperret av tele. Søgnens fremgangsmåte til bestemmelse av grunnvannskurven er grafisk, men vil lett kunne overføres til en numerisk fremgangsmåte som tillater maskinell databehandling av observasjonsmaterialet for dette formål. Istedenfor grunnvannskurven vil man forøvrig kunne stille opp en tabell som gir det samlede grunnvannsavløp fra et gitt begynnelses-tidspunkt frem til et hvilket som helst annet tidspunkt når avløpet ved førstnevnte tidspunkt er kjent.

Begynnelsetidspunktet for beregningen av dette samlede grunnvannsavløp må man velge ved slutten av en nedbørfri periode i hvilken avløpet får tid til å innstille seg som rent grunnvannsavløp. For å kunne bruke det funne grunnvannsavløp i beregningen av netto snømagasin må dette tidspunktet ligge forut for snøakkumuleringens begynnelse, d. v. s. før det overhodet er kommet snø av betydning i nedbørfeltet. Som regel vil det ha dannet seg tele før den snøen som blir liggende, er kommet. På denne årstid vil det nemlig oftest være vesentlig kaldere i nedbørfri perioder enn i nedbørperioder fordi det i de førstnevnte perioder gjerne opptrer klarvær med stor utstråling om natten. Er det tele i bakken vil overflateavløpet raskt avta og vannføringen innstille seg på grunnvannsavløp.

6. Bestemmelse av tidspunkt for snøakkumuleringens begynnelse.

Som nevnt ovenfor må grunnvannsavløpet R_g i lign. (2) regnes fra en nedbørfri periode før snø av betydning legger seg i nedbørfeltet, og fra samme tidspunkt må nedbøren P regnes. Dette tidspunkt bør være så sent som mulig for at det skal bli minst mulig nedbør i form av regn i nedbørfeltet i den således definerte snøakkumuleringssesong. I beregningen av netto snømagasin inngår jo nedbør, brutto avløp og grunnvannsavløp, og jo større disse enkeltstørrelsene er dess større blir den feil de er beheftet med, og dermed også feilen i netto snømagasin. For et nedbørfelt med

vesentlige arealer i høyere nivå vil det være nødvendig å regne fra et tidligere tidspunkt enn for et nedbørfelt som for det aller meste omfatter arealer i lavere nivå. Meteorologisk Institutt har tatt hensyn til dette og gir ut kart særskilt for hvert av de tre standardnivåene 400, 800 og 1200 m, hvor nedbøren regnes fra det tidspunkt snøakkumuleringen begynte i vedkommende nivå.

Vanligvis vil det foreligge meget ufullkomne direkte observasjoner av når snøen legger seg i fjellet. En observatør nede i dalen kan nok se hvor langt ned i fjellsiden det ligger snø, men kan vanligvis slett ikke bedømme om hele det siste nedbørfallet kom som snø så langt ned. For de mange nedbørfelt ville det være ugjørlig å etablere en direkte observasjonstjeneste som kunne gi et bedre grunnlag for å bestemme snøakkumuleringens begynnelse enn den indirekte som baseres på de meteorologiske observasjoner og som brukes for Meteorologisk Institutts kart over nedbøren i snøakkumuleringstiden.

Som grunnlag for bestemmelsen av tidspunktet for snøakkumuleringens begynnelse tegnes det diagrammer (fig. 4) for ca. 50 meteorologiske stasjoner som fortrinnsvis representerer temperaturforholdene i fritt eksponert og helst høytliggende terreng. Lufttemperaturen kl. 19 føres inn på diagrammet for hver dag fra og med september med tiden som abscisse og temperaturen som ordinat. Det trekkes horisontale linjer i temperaturdiagrammet for de temperaturer på vedkommende stasjon som svarer til en temperatur av 0°C i 400, 800 og 1200 meters nivå. Vi regner da med at temperaturen avtar med $0,6^{\circ}\text{C}$ pr. 100 m. For en stasjon som f. eks. ligger i 550 meters høyde, vil linjen for 400 m svare til $-0,9^{\circ}$, for 800 m $1,5^{\circ}$ og for 1200 m $3,9^{\circ}\text{C}$. Man ser da lett når temperaturen er under frysepunktet i vedkommende nivå.

På diagrammet innføres videre for hver dag nedbørhøyden og snødybden for en rekke nedbørstasjoner i samme distrikt. Nedbørhøyden er på de originale diagrammer innført med forskjellig farge etter som den falt som regn, snø eller sludd. Når dessuten nedbørstasjonens høyde er angitt vil dette vise i hvilke nivåer nedbøren falt som snø under de forskjellige nedbørperioder, men dette gjelder selvfølgelig bare de nivåer der det finnes stasjoner.

Ofte kan bedømmelsen av diagrammet by på vanskeligheter. Det er særlig når store snøfall om høsten etterfølges av langvarig mildvær eller sterkt regn eller begge deler. Det kan da oppstå tvil om det kanskje ble liggende igjen så meget av snøen at akkumuleringen bør regnes fra det tidligere tidspunkt eller om det aller vesentligste av den gikk slik at man kan regne med senere begynnelse. Man må herunder skjønnsmessig vurdere hvor meget av smeltevannet eller regnet som snødekket har vært istand til å holde på inntil en etterfølgende frostperiode kunne binde vannet varig. Snøens evne til å holde på vannet varierer meget. Finkornet snø holder langt bedre på vannet enn grovkornet gammel snø. Det er noe uvisst hvor stor denne evnen er, idet forskjellige forskere oppgir forskjellige tall. Vann som siver langsomt igjennom et finkornet snødekke i en svak skråning vil lett kunne bindes ved frysing. Her er man i nokså stor grad henvist til skjønnsmessig vurdering.

Når denne metoden for beregning av snømagasinet skal brukes i praksis for et bestemt nedbørfelt, er det, som tidligere nevnt, viktig at begynnelsestidspunktet for beregningene er valgt så tidlig at det ikke i noe høyereliggende terreng allerede ligger vesentlige snømengder som ikke inngår i beregningen av nedbøren P (lign. 1). Det er da bedre at det er valgt et tidligere tidspunkt selv om det etter dette tidspunkt er kommet større mengder nedbør som regn i feltets lavere nivåer.

Det vil iblant hende at et stort snøfall over store områder etterfølges av avsmeltning som i noen områder tar all snøen mens det i naboområder blir liggende vesentlige snømengder igjen. Man kan da være nødt til å velge markert forskjellig begynnelsestidspunkt i de to naboområder med det resultat at man får en diskontinuitet i den nedbørprosent som kartet fremstiller. Slik diskontinuitet markeres på kartene, men hvis den skjærer tvers gjennom et nedbørfelt blir jo kartet vanskelig å bruke for vedkommende felt.

7. Sentralisert beregning av snømagasinet.

Meteorologisk Institutt's kart over nedbøren i snøakkumulerings-

sesongen sendes ut til et par hundre mottagere hvorav de fleste har vannkraftinteresser eller av andre grunner har bruk for å kunne beregne snømagasinet i sitt nedbørfelt. Det er bare rent unntagelsesvis at disse mottagere har utdannede hydrologer i sin tjeneste, og vanligvis vil det antagelig volde dem vanskeligheter å foreta beregning av snømagasinet slik den her beskrevne metoden forutsetter. Det er derfor grunn til å tro at mange av dem faktisk bare bruker kartene som om de ga netto snømagasin, dog uten å tillegge dem vesentlig betydning for sine disposisjoner. Det er derfor klart at det ville være ønskelig om kartene hadde kunnet gi netto snømagasin istedenfor bare nedbøren. Av forskjellige grunner som det vil føre for langt å gjøre rede for her, er imidlertid kartmessig fremstilling av netto snømagasin ikke mulig.

Beregningene som ligger til grunn for Meteorologisk Institutts kart, blir utført på elektronisk regnemaskin med den samlede masse av daglige nedbørobservasjoner som grunnlag. De beregninger som måtte til for å komme frem til netto snømagasin etter lign. (5) skulle lett kunne gjøres på maskinen, når man hadde til disposisjon de daglige vannstandsobservasjoner og det nødvendige grunnlagsmateriale forøvrig (normalt årsavløp, grunnvannskurve). Disse beregningene ville for et enkelt nedbørfelt være bagatellmessige sammenlignet med en elektronisk databehandlingsmaskins kapasitet, og selv for et stort antall nedbørfelt skulle det ikke bli noen uoverkommelig oppgave å beregne snømagasinet.

Med støtte av fondsmidler er det nå satt i gang et forskningsprosjekt med det formål å komme frem til best mulig bestemmelse av netto snømagasin. Det primære mål er å kunne beregne netto snømagasin for hvert enkelt nedbørfelt med sikte på en tjeneste som skaffer interessentene slike oppgaver regelmessig eller på bestilling. Det vil være lett å velge det best mulige begynnelses-tidspunkt for beregningene for hvert enkelt nedbørfelt når også de hydrologiske observasjonsdata står til disposisjon. Derved vil man unngå noen av de under forrige punkt omtalte vanskeligheter.

Den enkelte vassdragsinteressent kan imidlertid ønske å vite mer om sitt snømagasin enn bare hvor stort det er i hele nedbørfeltet under ett. Hvis han visste hvor meget snø det lå i de forskjellige

deler av feltet ville han vite mer om hvordan avsmeltningen kunne ventes å fordele seg. Sekundært tar forskningsprosjektet sikte på å nå frem til en kvantitativ forståelse av hvordan de forskjellige meteorologiske parametre influerer på den spesifikke avsmeltning, d. v. s. avsmeltningen pr. tids- og arealenhet. En omfattende korrelasjonsanalyse vil bli forsøkt med dette formål. Hvis spesifikk avsmeltning kan bestemmes tilstrekkelig nøyaktig på denne måten vil man ved integrasjon kunne bestemme den samlede avsmeltning som så kan verifiseres mot det av lign. (2) bestemte smeltevannsavløp, og korrigeres.

Forskningsprosjektet er forutsatt å strekke seg over et par år.

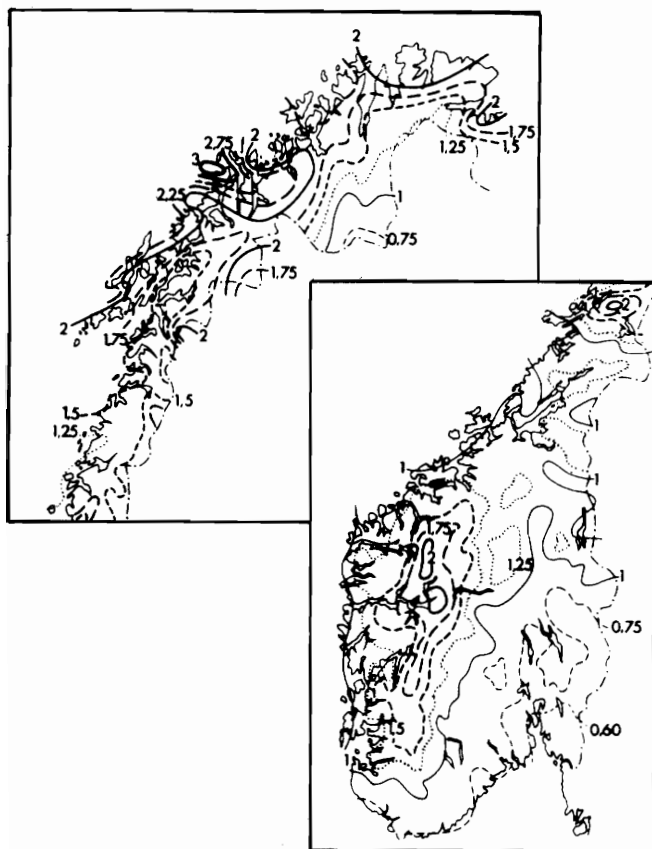


Fig. 1. The "hydrological paradox". The ratio runoff/precipitation exceeds unit in large parts of Norway when precipitation is taken as it is measured at the meteorological stations.

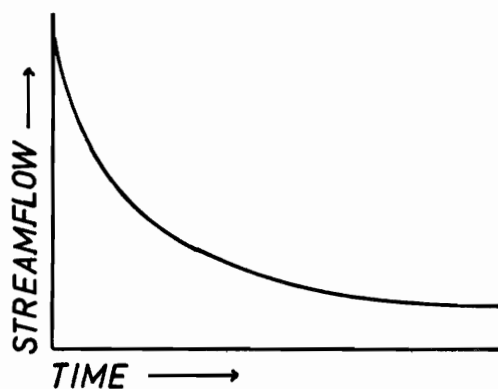


Fig. 3. Runoff from groundwater.

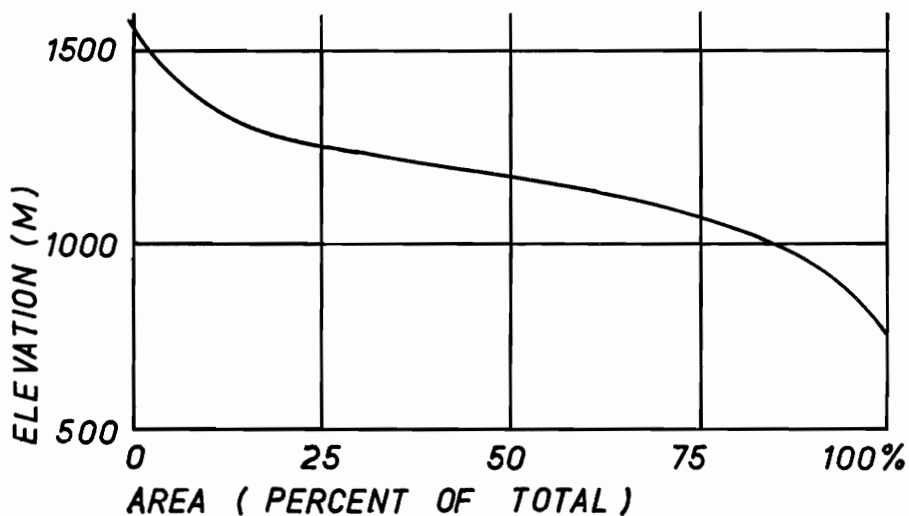


Fig. 2. Hypsometric curve typical for larger river basins in Central Southern Norway. River Numedalslågen (at Tunhovd).

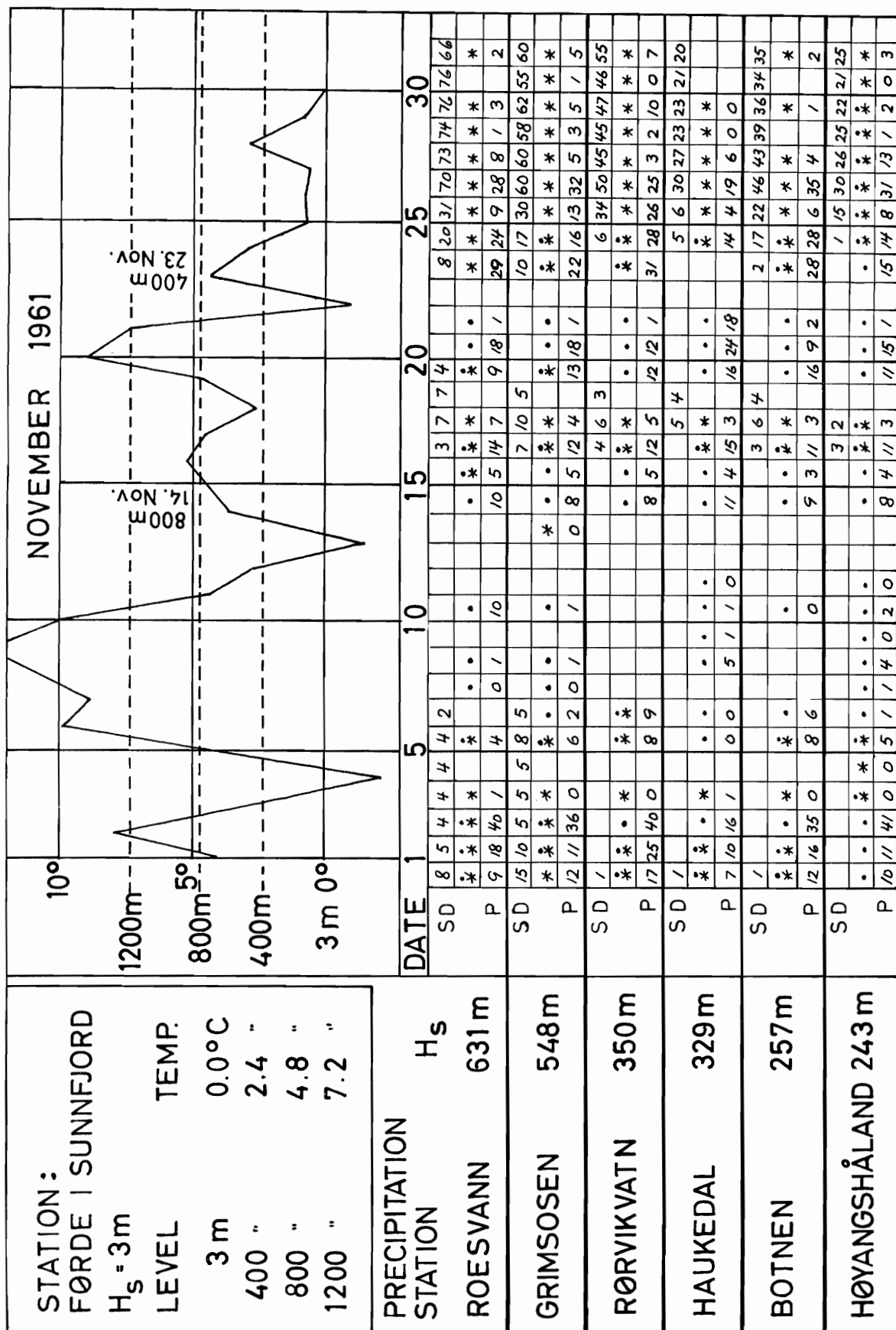


Fig. 4. Auxiliary diagram for estimating the beginning of the snow accumulation period. (SD = snow depth in cm, P = precipitation in mm).

Erling Harildstad:

HYDROLOGI - KULTURTEKNIKK

Kulturteknikk i Norge

Betegnelsen kulturteknikk ser ut til å kunne lokaliseres til den germanske språkgruppe, idet fagbetegnelsen kulturteknikk i dag nyttes f.eks. i Tyskland, Østerrike, Sveits, Nederland, Belgia, samt i de nordiske land.

Det sies med rette at ordet er lite betegnende. Det omfatter ikke presis de samme arbeider og problem i nevnte land. De ulike fag-deler tillegges forskjellig vekt.

Begrepet hydrologi kan defineres på flere måter. En meget vid definisjon er følgende: "Hydrologi er vitenskapen om vatnet på jordkloden, dets forekomst, sirkulasjon og fordeling, dets fysiske og kjemiske egenskaper, samt dets gjensidig fysiske og biologiske virkning på omgivelsene, herunder også avhengighet av menneskelig virksomhet". Hydrologiens fagområde omfatter således hele vatnets kretsløp.

Med utgangspunkt i denne definisjon kan vi si at fagområdet kulturteknikk i Norge omfatter en del av hydrologien, nemlig den del som befatter seg med regulering av vatnet på og i jorden med tanke på optimale voksevilkår for vegetasjon, i særdeleshet for de dyrkede landbruksvekster. Denne delen av hydrologien blir av og til kalt agrohydrologi (f.eks. i Nederland) eller landbrukshydrologi.

Kulturteknikk som studiefag og forskningsområde har en fast lærestol i Norge, nemlig dosentur ved Norges Landbrukshøgskole, og den lokale institusjon samme sted er Institutt for kulturteknikk under Jordbruksavdelingen. Nevnte lærestol ble opprettet i 1950, og Institutt for kulturteknikk kan regnes fra omtrent samme tid. Dette institutt har hele landet som forskningsområde. På grunn av manglende laboratorier har vi de første 12 årene vært henvist til bare feltforskning og -undersøkelser, hvilket også gjenspeiler seg i de sparsomme publikasjoner, idet samtlige forskningsarbeider er av langsiktig natur. Dette vil framgå av følgende oversikt vedrørende forskning, forsøk og undersøkelser som for tiden drives ved Institutt for kulturteknikk.

1. Hydrometriske undersøkelser i mindre vassdrag.

Hydrografiske undersøkelser i Norge ser ut til å ha begynt i 1820 årene, som vasstandsobservasjoner i enkelte større vassdrag over det østlige og sørlige del av landet, men det mer planmessige og omfattende arbeid kom i gang i 1890 - 1895 årene i forbindelse med spørsmålet om vasskraftens utnyttelse. Det har i alle år stort sett vært utført av Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen. I årenes løp kommer nye felter til og gamle går ut. Publikasjonene viser at størrelsen på nedslagsfeltene varierer fra vel 41000 km² til ca 3 km², men det er meget få mindre enn 10 km².

Når man skal dimensjonere avløpet (elv, bekk, kanal, rørledning) fra et visst område, er man nødt til å ta utgangspunkt i flommene, og i de fleste tilfelle blir det tale om vurdering av størrelsen, idet man ytterst sjelden har råd til å regne med ekstrem flom.

Størrelsen av flommen og avrenninger reguleres mer og mindre ad naturlig vei i feltene. I et stort nedslagsfelt vil en mest alltid ha flere og sterkere virkende faktorer for naturlig regulering enn i et lite felt. Dette ser en tydelig om en sammenlikner felter med så liten forskjell i størrelse som f.eks. 2500 og 100 hektar. Den siste størrelsen er meget aktuell i våre dagers mekaniserte jordbruk, som foretrekker å få flest mulig av åpne grøfter og bekker gjenlagt med rørledning.

Avrenningstallene for store felter viser seg å være lite direkte brukbare som dimensjoneringsgrunnlag for mindre kanaler og rørledninger. Dette er bakgrunnen for den relativt store interesse som en på kulturteknisk hold har for avrenningsundersøkelser i små nedslagsfelter. Her kan nevnes at dette tema har vært behandlet av Kulturteknisk seksjon innen Nordiske Jordbruksforskernes Forening på kongressen 1956 (Stockholm), 1959 (Oslo) og 1963 (Helsingfors).

Ved Institutt for kulturteknikk ble arbeidet med avrenningsundersøkelser i mindre vassdrag startet i 1952, og i første omgang som vasstandsobservasjoner. I små vassdrag går vasstandsendingene så fort at vi anser det for nødvendig å nytte limnigraf, som da er montert ved alle observasjonsstedene, med tilsyn minst en gang pr. veke.

For de feltene som ble først anlagt, blir observasjonene utført ved forekommende og såvidt mulig permanent tverrprofil (fjellprofil, stikkrenne, brogjennomløp). Dermed har en bedre tid til de direkte vassføringsmålingene.

Imidlertid har det vist seg at det er meget vanskelig å unngå isdemming om våren. I kalde vintrer fryser små vassdrag like i botnen, og om våren forsvinner så det meste av vårflommen før observasjonsprofilen er fritt for temporær demming.

For å minske ulempene med denslags har vi siden 1954 nyttet måledammer i større utstrekning. Problemet er som regel å finne steder hvor den nødvendige demming kan tåles og således gi en viss terskelhøyde og sikkerhet for fritt overfall under flommene.

Måledammene lages som regel av $1\frac{1}{2}$ " planker, pløgde og trykkimpregnerte, slått ned som spuntvegg, hvilket betinger jordart med lite stein. Overfallsåpningen gjøres trekantet, men på steder hvor vi kan vente større vassføring enn 500 liter/sek., lages åpningen trapesformet. Overfallet gjøres skapkantet med beslag av 2 mm tykk og 15 cm bred strimmel av sinkplate.

Bruk av måledam har ellers den store fordel at de i det hele gir bedre oversikt over vassføringene og dermed avrenningens størrelse og variasjon fra starten av observasjonene. Vassføring kan i stor utstrekning beregnes ved hjelp av ferdige formler og den observerte høyde. Men da det i praksis er vanskelig å tilfredsstille en formels krav, vil det være nødvendig med en del direkte vassføringsmålinger.

For tiden har vi observasjoner fra 14 vassdrag uten måledam, tilhørende nedslagsfelter er fra 3 til ca 25 km², og fra 25 felter med måledam. I siste tilfelle er nedslagsfeltene stort sett fra 20 til 200 hektar, et enkelt felt bare 4 hektar. Storparten av disse feltene ligger over den sørlige og østlige del av landet, i de bedre jordbruksstrøk mellom 59. og 61. breddegrad. Bare 3 felt ligger så langt nord som ved 67. gr. nordlig bredde.

2. Vatningsforsøk.

Nedbøren i Norge veksler sterkt, i strøk med jordbruk fra mindre enn 300 til mer enn 2000 mm pr. år. I enkelte strøk regner en med årvisst vatnings-

behov (eks. Vågå, Lom, Skjåk, Lærdal), i andre strøk blir det helst tale om mer tilfeldig supplering av den naturlige nedbør i veksttiden (suppleringsvatning).

Vatningsforsøk ble startet i 1955. Et vatningsanlegg representerer en betydelig investering for en eiendom, og vatningens økonomi er derfor en viktig sak. Her er det to forhold som spiller hovedrollen, nemlig vekstenes reaksjon på vatning, avlingsøkningen, og arbeidsbehovet. Vatningsforsøkene tar særlig sikte på å belyse virkningen på avlingene, både kvantitativt og kvalitativt. Forsøkene gjelder de fleste jordbruksvekster (også noen hagevekster) og er dels ett-årige, dels flerårige på samme felt.

Vatningsforsøkene gjelder ikke bare ferskvatn, men også bruken av saltvatn (sjøvatn med 2,5 - 2,75 % salt).

Her kan ellers nevnes at det i den senere tid er blitt aktuelt å undersøke effekten av vatn i avløp som inneholder betydelige mengder syntetiske vaskemidler.

3. Dreneringsforsøk.

I perioden 1958-1962 ble det gjennomsnittlig drenert 16000 hektar pr. år, hvilket representerer en årlig investering i drenering på ca 52 mill. kr. Derfor vil forsøk vedrørende dreneringsproblem spille en viss rolle.

I jordbruksdreneringen går det mer og mer i retning av systematisk drenering, dvs. opplegg av system med parallelle drenledninger. Forsøkene befatter seg særlig med spørsmålet nødvendig avstand mellom ledningene, samt dreneringsdjup. Dette er forsøk som alltid blir feltforsøk. De krever relativt store arealer med ensartet terreng og jordbonitet. Institutt for kulturteknikk startet slike forsøk i 1957, men denslags forsøk på myr har vært drevet i mange år av Det norske Myrselskap.

4. Varighetsforsøk med betong-drenrør.

I 1920 årene ble betongrør nyttet noe til drenering, men i mange tilfelle med dårlig resultat, idet man etter relativt kort tid fant igjen bare en grusstreng i jorda. I mange jordarter kommer en ikke utenom korrosjonsproblemet.

Fra 1950 og utover var det hos oss stor mangel på teglrør, og betongrør som også erstattet trevirket, er fram til i dag brukt i store mengder, særlig i strøk som ikke har teglverk.

Varigheten av drenrør er en meget viktig faktor. Det spiller stor rolle for den årlige driftskostnad om et dreneringsanlegg varer 10 eller 50 år.

Varighetsforsøk ble anlagt 1955-57, i mojord, fin sand og mose. Dels er det nyttet rør av vanlig handelskvalitet, dels dreier det seg om spesiell behandling av rørene.

5. Forsøk med dekkmateriale for drenledninger.

Det hender meget ofte at et relativt nytt dreneringssystem må repareres eller fornyes helt etter 10-15 års forløp. I de fleste tilfelle er årsaken tette ledninger på grunn av at de er fylt med fin sand og slam.

Bruk av dekkmateriale som filter er av særlig betydning i enkelte jordarter, f.eks. fin sandjord og mojord. Forsøk med bruk av 10-12 forskjellige dekkmaterialer ble anlagt som feltforsøk i 1955. Arbeidet er senere utvidet med ytterligere 2 felter. Ved siden av feltforsøkene drives en også laboratorieforsøk, særlig vedrørende bruken av steinull - eller glasvattmatte.

6. Forsøk og prøving av plast-drenrør.

Dette er en ganske ny type drenrør som i Norge ble laget og nyttet i dreneringsforsøk (feltforsøk) i 1961. I tiden som er gått hittil, er det anlagt 7 forsøksfelte ute. Her blir plast-drenrør sammenliknet med dels teglrør, dels betongrør, eller begge deler. Av hvert slags rør blir det anlagt like store system, slik at ledningene i de forskjellige system er fordelt over hele feltet. Feltforsøk blir imidlertid langsiktige, og det har derfor vært nødvendig med betydelige laboratorieundersøkelser ved siden av, undersøkelser som f.eks. gjelder rørstyrke, slagfasthet og perforering. Men den hydrologiske side av disse forsøkene gjelder vatnets mulighet for å komme inn i og ut av ledningene, dvs. avrenningene, og dette er i alle tilfelle et arbeid på lang sikt.

7. Forsøk over spørsmålet drenrør med eller uten muffe.

I forbindelse med bruken av betong-drenrør har det vært nyttet rør med muffe i stor utstrekning. Imidlertid er mufferør betydelig dyrere i innkjøp, likeså dyrere å transportere på grunn av større vekt. Visse praktiske fordeler ved rørlagging er hevdet i muffenes favor. Feltforsøk ble anlagt 1961 og 1962. Tidsstudier og arbeidsforbruk er her av de viktigste momenter ved de forskjellige del-arbeider.

8. Avrenning av sigevatn og grunnvatn.

I samtlige forsøk med dreneringsrør er det kontinuerlig registrering av avrenning. Et forsøksfelt dekker som regel ca 1,5 hektar, som blir delt på 3 atskilte dreneringssystem. Vatnet ledes gjennom målekar med kalibrerte avlopsåpninger, og vasstanden i karet registreres ved hjelp av limnigrafer med utveksling 1:1.

9. Grunnvasstandsobservasjoner og forsøk.

I forbindelse med vassdragsreguleringer følger ofte endring i en risipients vassføring og/eller vasstand. Når en får høyere vassnivå enn før på grunn av oppdemming, blir det spørsmål om forsumpning. Den mer moderne form for regulering, nemlig overføring av vatn fra et vassdrag til et annet gjennom tunnel i fjell, kan bevirke tørkeskade langs det vassdrag som blir helt eller delvis tørrlagt.

Virkingen av at grunnvatnet blir eliminert som vekstfaktor vil bl.a. være avhengig av den naturlige nedbør. Forsøk i denne forbindelse ble startet i 1957 på 2 steder. På det ene sted er årsnedbøren ca 500 mm, på det annet sted nærmere 1500 mm. Det er dog ikke presis samme jordart, men i begge tilfelle relativt tørkesvak jord. I distrikt med 390-460 mm årsnedbør ble det 1963 anlagt grunnvasstands- og vatningsforsøk. I forbindelse med de egentlige forsøk må en da ha observasjoner av grunnvasstanden.

10. Undersøkelser over jordartenes fuktforhold.

Dette arbeidet foregår dels i felt, dels på laboratoriet. I feltet følges variasjonen i jordartens fuktinnhold ved hjelp av tensiometre, og i laboratoriet bestemmes jordartens fuktinnhold, uttrykt i volumprosent vatn,

ved forskjellig tørrhetsgrad. På det grunnlag konstruerer man den såkalte pF-kurve for en ensartet jordart, eller for de forskjellige sjikt i en lagvis oppbygd jordart.

Ved hjelp av pF-kurven kan man for en viss jordart ta ut antall mm vatn som kan regnes å være disponibelt for vegetasjonen. Dette gjelder som regel disponibelt vatn i rotsonen og nærmeste 10-40 cm sjikt under den. Dermed har en data for å bestemme det antall mm vatn som kan gis f.eks. hver gang man skal vatne, uten å risikere tap av vatn til undergrunnen. Ved hjelp av tensiometre, montert i vatningsfeltet, kan man lese av når det er nødvendig å begynne vatningen, og hvor lenge den må foregå hver gang.

11. Lysimeterforsøk.

Våren 1964 ble lysimeterforsøk startet. Dette er i prinsippet karforsøk, men en har stadig kontroll av jordens fuktforhold ved hjelp av tensiometer, samt kontroll av vatnets tilførsel og avrenning.

Hensikten er under gitte forhold å få mål på vegetasjonens forbruk av vatn, dvs. den aktuelle evapotranspirasjon. Parallelt går observasjoner over den potensielle evapotranspirasjon ved hjelp av enkle evaporimetre): en tønne med vatn, men vassflaten skjermet med netting. Denne typen av evaporimetre nyttes f.eks. mye i Danmark.