

STUDIA FORESTALIA SUECICA

Nr 1

1963

Preparering av virkesavlägg på is

Preparation of timber landings on ice

av

BENGT H:SON AGER

SKOGSHÖGSKOLAN

STOCKHOLM

Ms mottaget 4 jan. 1963
Ms received Jan, 4 th, 1963

ESSELTE, STHLM 63

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid.
Några definitioner.....	6
Beteckningar	8
Förord.....	9
Kap. 1. Inledning.....	11
1.1 Orientering.....	11
1.2 Undersökningens syfte	12
1.3 Granskning och formulering av problemet	13
1.31 Allmänna förutsättningar	13
1.32 Val av effektivitetskriterium.....	13
1.33 Krav förenade med användningen av isavlägg	14
1.34 Alternativa metoder för iordningställandet	15
1.35 Faktorer som påverkar metodvalet.....	16
1.4 Andras undersökningar.....	19
1.5 Egna undersökningar	20
1.51 Undersökningarnas principiella uppläggning....	20
1.52 Kronologisk översikt över undersökningarna. . .	24
Kap. 2. Om isläggning, istillväxt och isens egenskaper	26
2.1 Isläggning och istillväxt.....	26
2.11 Isläggning.....	26
2.12 Istillväxt.....	26
2.13 Väderlekens betydelse för istillväxten.....	30
2.2 Olika typer av is.....	32
2.3 Isens täthet.....	33
2.4 Isens mekaniska egenskaper	35
2.5 Bärförmågan hos ett istäcke.....	37
Kap. 3. Vinterklimatet i Norrland, Dalarna och Värmland	43
Kap. 4. De naturliga isförhållandena i Norrland, Dalarna och Värmland	51
4.1 Beskrivning av materialet.....	51
4.2 Tidsseriernas homogenitet	53
4.3 Isförhållanden	54
Kap. 5. Erforderlig istjocklek	63
5.1 Virkeslaster	63
5.11 Virket läggs upp för torkning eller mätning. . .	63
5.12 Virket kan avlastas godtyckligt.....	70
5.2 Trafiklaster	72
5.3 Sammanfattande synpunkter.....	75

Kap. 6.	Beskrivning och studier av olika metoder för preparering av isavlägg	77
	6.1 Maskinell uppvattning	77
	6.11 Utrustning	77
	6.12 Vattnets spridning	79
	6.2 Uppvattning genom hålupptagning	82
	6.3 Snöpackning	83
	6.31 Framkomlighet	83
	6.32 Prestationsförmåga och packningsresultat	85
	6.33 Körsystem	89
	6.4 Snöröjning	91
Kap. 7.	Tidsstudier	92
	7.1 Maskinell uppvattning	92
	7.11 Tidsåtgång för olika arbetsmoment	92
	7.12 Den »optimala» pumptiden	94
	7.13 Tidsåtgång vid olika snödjup	99
	7.2 Hålupptagning	99
	7.3 Snöpackning	103
Kap. 8.	Driftsstatistik 1959—60	106
	8.1 Syfte och planläggning	106
	8.2 Materialets omfattning och bearbetning	108
	8.3 Tidsåtgång och kostnad för olika prepareringsmetoder	110
	8.31 Uppvattning	110
	8.32 Snöpackning	117
	8.33 Snöröjning	119
	8.4 Data för olika avläggstyper	120
	8.5 Underhåll	127
Kap. 9.	Val av huvudmetod	128
	9.1 Beräkning av istillväxten	128
	9.2 Kostnad för preparering av erforderlig istjocklek	131
	9.21 Uppskattning av åtgärdsåtgången med hjälp av en teoretisk modell	132
	9.22 Resultatens tillförlitlighet och räckvidd	134
	9.23 Inverkan av variationerna i väderleken	136
	9.24 Kostnadsjämförelser	139
	9.3 Säsongens längd	144
	9.31 Prepareringsmetodens snabbhet	144
	9.32 Avläggets bärighet och körbarhet under vårvintern	146
	9.33 Säsongens längd	147
	9.4 Transport- och arbetsförhållanden under säsongen	149
	9.41 Körbarhet	149
	9.42 Arbetssvårighet vid avlastning, uppläggning, mätning etc.	151
	9.5 Torkningstid för virket	151

9.6	Sammanfattning av jämförelserna mellan huvudmetoderna.....	152
Kap. 10.	Utrustning, metodik och organisation	158
10.1	Den första åtgärden	158
10.2	Maskinell uppvattning	163
10.3	Speciella metoder vid maskinell uppvattning.....	172
10.4	Uppvattning genom håluptagning	173
10.5	Snöpackning	174
10.6	Kombinationen snöpackning — maskinell uppvattning	176
10.7	Allmänna synpunkter på prepareringsarbetets organisation	179
Kap. 11.	Tidsåtgång och kostnader. Data för överslagsberäkningar ..	181
11.1	Förutsättningar.....	181
11.2	Utveckling inom drivningsprocessen	181
11.3	Tidsåtgång och kostnad för olika utrustning och metoder	182
11.4	Kostnad för olika avläggstyper	184
Kap. 12.	Sammanfattning	191
Referenser	196
Summary in English	199
Bilaga 1.	Förteckning över de mätplatser som använts i undersökningen över de naturliga isförhållandena.....	213
Bilaga 2.	Frekvensen av år med istjocklek överstigande olika kritiska gränser vid olika tidpunkter under nov.—jan.....	214
Bilaga 3.	Anvisningar vid transport och virkesavläggning på is utfärdade av Kungl. Domänstyrelsen inkl. tabell angivande den istjocklek, som erfordras för olika typer av trafik	219
Bilaga 4.	Uppgiftsblankett använd vid driftsstatistiken 1959—60....	221
Bilaga 5.	Frekvensen av olika prepareringsmetoder vid första åtgärden	223
Bilaga 6.	Genomsnittlig snötjocklek samt antal år (procentuellt) med snötjocklek överstigande 15 cm resp. 30 cm vid olika tidpunkter under förvintern.....	226

N Å G R A D E F I N I T I O N E R

Indelning av arbetstiden.

(Enl. Nordiska Skogsarbetsstudiernas Råd, under publicering. Se litteraturförteckning.)

1. Produktionstid: den tid som åtgår för utförande av viss arbetsuppgift. Produktionstid kan sammansättas av arbetsplatstid och till denna sidoordnade tider avseende förflyttningar (aktuell bostad — arbetsplats), förberedelser (morgon — kväll) och matraster:
- 1.1 Arbetsplatstid: den tid som på arbetsplatsen åtgår för arbetsuppgiftens lösande.
Arbetsplatstid uppdelas i verktid och spilltid:
- 1.11 Verktid: den tid som åtgår för på visst sätt avgränsat arbetsmoment vid arbetsuppgiftens *egentliga* lösande.
Verktiden uppdelas i huvudtid och bitid:
- 1.111 Huvudtid: den del av verktiden varunder det med arbetet avsedda ändamålet *omedelbart* befordras (förändring av arbetsobjektet till form, läge eller tillstånd).
- 1.112 Bitid: den del av verktiden varunder det med arbetet avsedda ändamålet endast *medelbart* befordras.
- 1.12 Spilltid: tid för avbrott som rubbar den kontinuerliga fortgången vid arbetsuppgiftens lösande.
- 1.2 Förflyttningstid: den tid som åtgår för daglig förflyttning fram och åter mellan den aktuella bostaden och arbetsplatsen.
- 1.3 Förberedelsetid: den tid som åtgår för förberedelse och avslutning av dagens arbete.
- 1.4 Matrasttid: den tid som åtgår för intagande av föda jämte därav förorsakad förflyttning.

Övriga definitioner.

- Avlägg: plats där virke lagras, antingen för omlastning eller i avvaktan på vidare transport.
- Isavlägg: lagringsplats på flytande is.
- Jordbruks(hjul)-traktor: tvåaxlig hjultraktor, vanligtvis bakhjulsdriven, konstruerad främst för dragarbeten i jordbruket.
- Kostnad: med kostnad menas den i penningar uttryckta, med verksamheten sammanhängande åtgången av produktionsmedel (arbete, maskiner, kapital).
- Landavlägg: lagringsplats (på land) ovan högvattenstånd. Virket måste i regel vältas ut för att komma på flott vatten.
- Maskinell uppvattnings-
ning: uppumpning av vatten, genom hål i isen, med motor-drivna pumpaggregat (uppvattningsaggregat).
- Mätning (av virke): bestämning av virkets stycketal och volym samt, i givna fall, virkets kvalitet.

Naturlig uppvattning:	uppträngning av stöpvatten genom sprickor i isen, orsakad av hög belastning av snötäcket på isen.
Preparering, iordningsställande, upptagning:	synonyma begrepp för alla åtgärder som syftar till att färdigställa ett avlägg eller en väg för trafiken eller virkesavläggningen.
Sjunkningsrisk:	sannolikhetstal, uttryckt i % eller ‰, som anger den andel (av volymen eller stycketalet) av ett visst virkesparti, som beräknas sjunka under vattentransporten till industrin.
Skogsbandtraktor:	bandföret fordon med flexibel bandvagn, konstruerad speciellt för virkestransporter i terräng.
Snöpackning:	mekanisk bearbetning, vanligen komprimering, av snön.
Snöröjning:	bortforsling av snön från (i detta fall) isens yta.
Snösörja:	blandning av snö och vatten.
Snötraktor:	bandföret fordon som konstruerats speciellt för förflyttning i djup snö.
Strandplan:	lagringsplats (på land) mellan hög- och lågvattenstånd. Virket föres i regel av vårfloden ut på flott vatten.
Stöpvatten:	vatten ovanpå ett istäcke.
Uppstöpning:	uppträngning av stöpvatten genom sprickor i isen orsakad av hög belastning på isen.
Uppvattningsaggregat:	motordriven pump för uppumpning av vatten på isen genom hål i istäcket.
Virkesvård:	åtgärder som vidtages för att förhindra förlust eller värdeförsämring av virket.

BETECKNINGAR

SYMBOLS

Följande beteckningar användes ibland utan förklarande text.

The following symbols are sometimes used without explanatory text.

\bar{x}	= aritmetiskt medelvärde arithmetic mean
\tilde{x}	= medianvärde median
$s(x)$	= standardavvikelse standard deviation $\sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$
$s(\bar{x})$	= medelfel error of mean $\frac{s(x)}{\sqrt{n}}$
r	= korrelationskoefficient coefficient of correlation
b	= regressionskoefficient coefficient of regression
R_{60}	= differensen mellan 8:e och 2:a decilen (innefattar 60 % av fördelningen) difference between 8th and 2nd decile (includes 60 % of the distribution)
R_{100}	= differensen mellan största och minsta värde difference between highest and lowest value
V	= variationskoefficient $\frac{s(x)}{\bar{x}} \cdot 100$ coefficient of variation
N	= del av himlen som är molntäckt, uttryckt i tiondelar $\left(\frac{N}{10}\right)$ part of the sky covered with clouds, expressed in tenths
t	= lufttemperatur, °C air temperature, °C
v	= vindstyrka, m/sek wind velocity, m/sec
f^3 (cu.f)	= kubikfot, fast mått, inom bark cubic foot, solid volume, under bark
m^3f (cu.m)	= kubikmeter, fast mått, inom bark cubic meter, solid volume, under bark
$cmin$	= hundraedels minut hundredth of a minute
SMHI	= Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut Swedish Meteorological and Hydrological Institute

FÖRORD

Föreliggande arbete har utförts med bidrag från f. d. Statens Skogsforskningsinstitut, Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien, Arméns Fältarbetsskola, National Research Council of Canada, Kungl. Vattenfallsstyrelsen, Indalsälvens och Faxälvens Vattenregleringsföretag, Forskningsstiftelsen SDA samt Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut. Dessutom har Domänverket och ett flertal skogsbolag bidragit med uppgifter rörande preparering och användning av virkesavlägg på is i praktisk drift.

Försöksverksamheten och datainsamlingen har med vissa avbrott pågått sedan vintern 1956—57. Resultaten har redovisats löpande med syfte att snabbt sprida kännedom om fakta av betydelse för den praktiska verksamheten. Denna avhandling är en sammanfattning och slutlig analys av undersökningsresultaten. Slutredovisningen har jag utfört såsom Kungl. Skogs- och Lantbruksakademins stipendiat vid institutionen för skogsteknik vid Skogshögskolan.

Vid fältundersökningarnas genomförande har samarbetet med Arméns Fältarbetsskola och det stöd jag erhållit av dess dåvarande chef, numera överste Tore Rahmqvist, varit av avgörande betydelse.

Min ettåriga vistelse vid National Research Council of Canada, Division of Building Research, Snow and Ice Section, var synnerligen inspirerande och värdefull. Ett välutrustat kölldlaboratorium, ett rikhaltigt bibliotek och kontakten med institutionens fackexperter bidrog framförallt härtill.

Bland dem som under avhandlingens tillkomst bidragit med värdefulla råd och synpunkter vill jag särskilt framhålla min chef, professor Ulf Sundberg, samt docent Tore Dalenius, byrådirektör Sven Fremling, docent Kjell Kilander och 1:e statshydrolog, fil. mag. Malin Sundberg-Falkenmark.

Jägmästare Åke Wiksten har svarat för den engelska översättningen.

Till nämnda institutioner och personer samt övriga som bidragit till detta arbete ber jag få framföra mitt varma tack.

Stockholm i januari 1963.

Bengt Ager

Kap. 1. Inledning

1.1 Orientering

Tidigare, då praktiskt taget all virkeskörning vintertid skedde med häst och då vattenföringen i våra älvar helt följde årstidernas växlingar, lade man som regel det tidigt på säsongen körda virket på strandplan, varifrån det oftast utan kostnad medfördes av vårfloden. Så snart isens bärighet medgav, körde man sedan ut virket på isen. Mot slutet av säsongen återgick man till strandplanen, när isarna blev för svaga. Hästen med sina förhållandevis små lass kunde köra på tämligen tunna isar, och virkesvården hade inte samma betydelse som idag, emedan virket var förhållandevis kärnrikt och lättflytande. Några åtgärder för att öka isens tjocklek gjordes sällan. Om så skedde, var snöpackning, med ett släplass eller en sladd efter hästen, även som upptagning av hål i isen med syfte att få snötäcket genomdränkt, de vanligaste metoderna.

Dagens bild av virkesutdrivningen är en helt annan. Allt större mängder frodvuxet virke, som kräver omsorgsfull uppläggning och goda torkningsförhållanden, kommer till avlägggen. Av flera skäl har vidare en förskjutning mot tyngre dragfordon och större virkesklass ägt rum. Kraven på isarnas bärighet har härigenom blivit större. Därtill kommer att vattenkraftsutbyggnaderna i betydande omfattning ändrat is- och avläggsförhållandena (*Karlén 1951, Virkeskommittén 1953, 1957*). Strandplanen har till stor del försvunnit, och is- och landavläggning har blivit huvudalternativen.

Höjningen av kraven på isarnas bärighet medförde behov av metoder för att öka isens bärighet. Under slutet av 1940-talet började man därför utveckla metoder och utrustning för preparering av isavlägggen. I vårt land var snöpackning den metod, som först blev allmänt utbredd. Det var den lätta, kanadensiska s. k. krigsvesslan, som huvudsakligen kom att användas för detta arbete. Ännu så sent som 1956 var snöpackning den vanligaste metoden (jfr sid. 24), men den maskinella uppvattningen har på senare år övertagit dominansen. Ingenjören *A. E. Ageborn*, vilken konstruerade det första uppvattningsaggregatet av den typ, som idag fått allmän användning, förtjänar

att betecknas som pionjären i detta utvecklingsarbete. Snöpackning förekommer emellertid fortfarande, bl. a. som hjälpåtgärd vid uppvattning. Snöröjning används endast lokalt och i mindre omfattning för preparering av isavlägg, men har hittills varit den dominerande metoden vid preparering av vägar på is.

Idag avlastas i vårt land uppskattningsvis omkring en tredjedel av allt flottgods eller 3—4 milj. m³f på is. Andelen minskar inom vissa områden — minskningen är kraftig i Dalarna och Värmland — och håller sig konstant eller t. o. m. ökar inom andra. För landet i dess helhet torde man för den närmaste framtiden få räkna med en svag minskning av den isavlagda kvantiteten.

Virkesavläggning på is förekommer i många länder på norra halvklotet. De största kvantiteterna återfinnes sannolikt i östra Kanada, där 10—15 milj. ton (motsvarar ungefär 13—19 milj. m³f rått virke) årligen avlastas på is enligt en uppskattning av *Rose och Silversides* (1958). Metoderna för preparering av avläggen är i princip desamma överallt, men det föreligger stora lokala olikheter, vad avser dels de relativa frekvenserna för olika metoder och dels detaljerna i prepareringstekniken. Sålunda använder man i östra Kanada, där huvudparten av isavläggen tar emot lastbilskört virke, på vissa håll snöpackning, på andra uppvattning eller snöröjning som huvudmetod för att åstadkomma för biltrafiken erforderlig tjocklek hos isen (*Collier och Silversides* 1954, *Duff* 1958, *Rose och Silversides* 1958).

För iordningställandet av isavläggen svarar i vårt land idag huvudsakligen vattenregleringsföretagen och skogsbolagen. De förstnämnda preparerar i regel de avlägg, som trafikeras av enskilda virkesdrivare. De förändringar, som kan emotses inom den närmaste framtiden beträffande denna verksamhet, är en successiv överflyttning av verksamheten från vattenregleringsföretagen till skogsbolagen och flottningssällskaperna.

1.2 Undersökningens syfte

Utvecklingen inom drivningstekniken har skärpt kravet på långsiktig planläggning av virkesdrivningarna. I områden, där långvägs-transporterna baseras på flottleder, spelar ofta avläggsförhållandena för virket en väsentlig roll. Behovet av kunskaper om de villkor och kostnader, som är förenade med olika avläggsalternativ, har därför ökat. Isavläggets egenskaper är i många avseenden beroende av den prepareringsmetod man väljer. Genomgripande analyser av olika prepareringsmetoders användbarhet eller effektivitet under olika förhållanden har dock tidigare ej utförts.

Emedan preparering av avlägg på flytande is är en förhållandevis nystartad verksamhet, finns vidare ett påtagligt behov av riktlinjer för arbetet i fält.

Den undersökning — eller serie av undersökningar — vars resultat presenteras och diskuteras här, har haft följande syfte:

1. Att kartlägga betingelser och redovisa fakta som kan påverka metodvalet vid preparering av avlägg på flytande is.
2. Att kritiskt granska effektiviteten hos olika metoder och redskap för preparering.
3. Att ge rekommendationer av generell natur beträffande metodvalet.

I.3 Granskning och formulering av problemet

I detta avsnitt göres en översiktlig granskning och formulering (jfr bl. a. *Churchman*, *Ackoff*, *Arnoff* 1958, *McKean* 1958, *Eriksson* 1959, *Dalenius* 1959) av det generella problemet — att i olika situationer välja den mest fördelaktiga, den mest effektiva prepareringsmetoden.

1.31 Allmänna förutsättningar

De frågor, som utredes i föreliggande avhandling, behandlas mot bakgrunden av rådande drivningstekniska förhållanden i Norrland, Dalarna och Värmland. I vissa särskilt angivna fall har hänsyn tagits till en väntad utveckling.

Det antages vidare, att avläggen iordningställes av skogsbolag, vattenregleringsföretag eller andra företag med motsvarande ekonomiska och organisatoriska resurser.

Avläggens antal och läge förutsättes vara givna.

Det virke, som kommer till varje avlägg, antages givet till kvantitet och sammansättning (sortiment, flytbarhet osv.).

1.32 Val av effektivitetskriterium

Valet av den mest effektiva prepareringsmetoden i olika situationer är beroende av vilket mål, som uppställs för verksamheten. Den mest allmängiltiga målsättningen inom skogsbruket är vanligtvis att maximera differensen mellan intäkter och kostnader, dvs. nettoavkastningen (jfr bl. a. *Samsøt* 1956 sid. 339). Skogsbrukets funktion som råvaruleverantör och dess begränsade möjligheter till produktval gör, att man inom en större skogsbruksenhet kan arbeta med målsättningen att »avverka och transportera en given virkeskvantitet till given industri till lägsta möjliga kostnad inom ramen för disponibla produktionsmedel» (*Kilander* 1962 sid. 13) utan att därmed göra nämnvärt

avkall på den allmängiltiga målsättningen (jfr även *Sundberg* 1952 sid. 2 och *Skogsbrukets Transportutredning* 1961 sid. 27). För den verksamhet, som granskas i föreliggande avhandling, och med de förutsättningar, som angivits i föregående avsnitt, har den ovan citerade målsättningen ansetts gälla.

Den i en given situation mest effektiva prepareringsmetoden är således den metod, som bidrager till att ge den lägsta kostnaden för *drivningsprocessen i dess helhet*.

1.33 *Krav förenade med användningen av isavlägg*

Isavlägget är vanligtvis lokaliserat till skarven mellan landtransport och flottning och dess huvudfunktion är att tjäna som lagringsplats mellan dessa transportformer. Avlägget tjänstgör dessutom i betydande utsträckning som en plats, där virket mätes och torkas. I mindre omfattning utföres även barkning samt annan bearbetning eller hantering av det virke, som lagts av på isavlägget.

Följande krav är i regel förenade med användningen av ett isavlägg. Här anges endast sådana krav, som är av betydelse för metodvalet vid preparering av avläggen.

- a. Isen på avlägget skall ha för trafiken erforderlig bärighet, vilket innebär, att risken för genomkörning skall vara praktiskt taget helt eliminerad.
- b. Avlägget måste uppfylla vissa krav med hänsyn till virkesvården. Virke, som redan vid avläggningstillfället har tillräcklig flytbarhet, får generellt tillfredsställande virkesvård på isavlägget (jfr bl. a. *Skogsbrukets Transportutredning* 1961, sid. 270). För virke, som kräver torkning, kan torkningstiden bli en kritisk faktor på isavlägget. Om isförhållandena är stabila eller om preparering utföres, anses helbarkat virke få tillfredsställande torkning på isavlägg (jfr bl. a. *Skogsbrukets Transportutredning* 1961, sid. 270, samt virkesmätningssföreningarnas avlastningsinstruktioner). Ett villkor är härvid, att isen har sådan bärighet, att virket inte under någon del av vintern dränks av vatten.
- c. Virke, som skall mätas (eller märkas eller uppräknas), måste vara åtkomligt för mätningen och får ej svalla ned före mätningstillfället. Mätningen ställer således krav på isens bärighet, på liknande sätt som virkesvården gör för det virke, som kräver torkning. En skillnad är dock, att virke, som enbart kräver mätning och som redan är torrt, ofta kan tillåtas svalla ned *efter* mätningen (jfr bl. a. *Skogsbrukets Transportutredning*, 1961, sid. 271).

Ej heller får virke, som skall bearbetas (exv. barkas) eller hanteras efter avläggningen, svalla ned före bearbetnings- eller hanteringstillfället.

De villkor, som är förenade med användningen av isavlägg, rör således samtliga isens bärighet. Föreskrifter och rekommendationer rörande erforderlig bärighet för viss last resp. högsta tillåtna last vid viss bärighet lämnas av de flesta skogsbolag vad avser trafiken och av virkesmättningsföreningarna och vissa skogsföretag vad avser virket. Emedan föreskrifterna företer väsentliga olikheter mellan skilda företag och då frågorna har stor praktisk betydelse, har det ansetts nödvändigt att underkasta dessa frågor en särskild granskning (se kapitel 5).

1.34 *Alternativa metoder för iordningställandet*

Det primära syftet vid prepareringen av ett isavlägg är att skapa erforderlig bärighet, därför att naturen ej alls eller ej tillräckligt snabbt åstadkommer detta. I ett system av tänkbara metoder att öka isens bärighet kan uppdelningen, om man endast tar hänsyn till metoder, som är praktiskt användbara idag, i första hand ske i

- a. metoder för att öka bärigheten hos ett befintligt istäcke genom armering av isen eller genom att någon form av ett viktfördelande skikt läggs ovanpå isen
- b. metoder för att öka isens tjocklek.

Metoder inom den förstnämnda gruppen har framförallt militärt intresse, emedan de är väsentligt snabbare än de metoder, med vilka man enbart ökar isens tjocklek. Armering med stålwire (*Bergman och Proskuriakov* 1943), glasfiber (*Kingery* 1960), rundvirke (*Tumakov* 1948, *Rose och Silversides* 1958), grus (*Tumakov* 1948), ris och halm (*Rose och Silversides* 1958) m. m. har provats eller använts praktiskt. Armering måste ofta kombineras med uppvattning för att man skall få armeringsmaterialet infruset i isen. Man kan också lägga plank eller rundvirke ovanpå isen (*Bergman och Proskuriakov* 1943). Såvitt författaren kunnat bedöma, kan emellertid dessa metoder vanligtvis inte konkurrera kostnadsmässigt med metoden att öka isens tjocklek, vid upptagning av skogsbrukets avlägg och vägar på is. De kan möjligen komma i åtanke vid preparering av starkt trafikerade utfarter till isavläggen, i fall där man exv. har begränsade möjligheter att åstadkomma tillräcklig bredd på utfartsvägen, eller vid preparering av kortare avsnitt över vattendrag på vintervägar med intensiv eller tung trafik. I sådana fall blir det troligen mest aktuellt

att använda armering såsom en komplementmetod, dvs. man preparerar isen till viss tjocklek men armerar dessutom. Effekten av sådana åtgärder är emellertid ofullständigt dokumenterad.

När man åstadkommer erforderlig bärighet genom att bygga upp isen till viss tjocklek, sker detta idag enligt endera av följande tre huvudmetoder:

1. Uppvattning = bevattning av istäcket. När ett snötäcke finnes på isen genomdränkes detta.
2. Snöpackning = komprimering av snön med syfte att öka dess värmeledningsförmåga.
3. Snöröjning = bortröjning av snön från istäckets yta.

Dessa huvudmetoder täcker, av allt att döma, alla tänkbara metoder, som kan väntas få praktisk användning inom den närmaste framtiden.

Alla tre metoderna används vid preparering av såväl avlägg som vägar. Under senare år har väsentliga förskjutningar i den relativa frekvensen av metoderna ägt rum (se avsnitt 1.1). Ehuru utvecklingen hos oss lett mot en stark dominans av vissa metoder, har det ansetts av värde att beakta alla tre alternativen vid granskningen av olika prepareringsmetoders effektivitet och inbördes företräden under olika betingelser. Varje huvudmetod rymmer ett flertal varianter. Redovisningen av dessa tas emellertid ej upp i denna översiktliga granskning utan förbehålles den detaljerade behandlingen av problemet.

1.35 Faktorer som påverkar metodvalet

Avsnitten 1.31—1.34 berör de förutsättningar, som skall ligga till grund för behandlingen av problemet. Nästa steg i granskningen blir

- att finna de faktorer, som väsentligt påverkar metodvalet
- att granska och rangordna dessa faktorer med avseende på deras kostnadsmässiga betydelse
- att undersöka på vad sätt inverkan av de olika faktorerna kan kvantifieras.

Vi har först några faktorer, som kan betraktas såsom *opåverkbara*, dvs. de förändras ej vid ändring av prepareringsmetoden. Dessa är

- väderleksförhållandena
- de naturliga isförhållandena.

Dessa faktorer är givetvis inbördes korrelerade, men det är mest ändamålsenligt vid problemlösningen att behandla dem var för sig.

a. **Väderleksförhållandena** spelar en mycket viktig roll vid metodvalet. Nederbördens (snöfallets) storlek påverkar direkt prestationen vid prepareringsarbetet och har avgörande betydelse för prepareringsmetodens effektivitet avseende de istillskott åtgärden ger. Övriga väderleksfaktorer påverkar i mindre grad arbetsprestationerna, men inverkar på isens tillväxt. Hur väderleksförhållandena mätes, behöver ej tas upp här.

b. **De naturliga isförhållandena** påverkar metodvalet vid den första åtgärden, dvs. när man påbörjar prepareringen. De påverkar vidare längden på den tid, som isarna är trafikabla. En kvantifiering av denna faktors inverkan på metodvalet kräver kännedom om isens tjocklek vid olika tidpunkter under vintern samt om förekomsten av snö och stöpvatten på isen.

De väsentligaste *påverkbara* faktorerna, dvs. sådana faktorer som förändras, om man varierar prepareringsmetoden, är följande:

- Prepareringskostnaden.
- Den för trafiken tillgängliga säsongen på avlägget.
- Transport- och arbetsförhållandena på avlägget under den tillgängliga säsongen.
- Betingelserna för virkesvärden.

En granskning av dessa faktorerers relevans och mätbarhet skall här ske. Redan denna översiktliga uppställning visar, att de olika faktorerna låter sig mätas i vitt skilda mått. Emedan vi valt kostnaden såsom slutgiltigt mått på effektiviteten, diskuteras här även möjligheterna att transformera de olika måtten till kostnader.

a. **Prepareringskostnaden.** Prepareringskostnaden är givetvis den faktor man i första hand intresserar sig för vid valet av prepareringsmetod. Den insats av produktionsmedel, som krävs för att iordningställa erforderlig istjocklek under olika förhållanden, kan mätas med hjälp av tidsstudier, driftsstatistik e. dyl. Med hjälp av löneavtal, kostnadskalkyler etc. kan sedan denna insats värderas (i en kostnad).

b. **Säsongens längd.** Säsongens längd är av väsentlig betydelse för metodvalet vid preparering av isavlägg. I Norrland kan virket på många avverkningsstrakter endast köras ut vintertid på snö eller frusen mark. Den för utkörningen tillgängliga säsongen blir därför ofta en kritisk faktor. Vägarna är vanligtvis körbara, innan man hunnit få isarna bäriga. Med hänsyn till att avläggsutrymmena på land eller strandplan ofta är begränsade och då avläggning på dessa platser i många fall medför högre totalkostnader för virket, jämfört med om avläggning sker på flytande is, är det i regel en fördel, att säsongen

är så lång som möjligt (jfr även *Rose och Silversides 1958*). Säsongens längd bestäms dels av *hur snabb prepareringsmetoden är*, och dels av *hur länge avlägget är bärigt* (med hänsyn till genombrott) och *körbart* (med hänsyn till fastkörning beroende på underlagets ytbeskaffenhet) under vårvintern. Tidsmåttet är det naturliga måttet på säsonglängden. Möjligheterna att värdera säsongens längd skall här beröras.

Om alternativa avläggsutrymmen (landavlägg eller strandplan) saknas eller är mycket begränsade, kan säsonglängden framförallt påverka kostnaderna för *transporten* till avlägget. Graden av påverkan bestäms av virkesmängden och de för transporten tillgängliga resurserna. Om man känner sambandet mellan transportkostnad och säsonglängd, kan givetvis säsongens längd värderas. Dylika värderingar kompliceras av att transportresurserna för en viss avverkningstrakt är beroende av resursfördelningen mellan olika avverkningstrakter. Säsonglängdens kostnadsmässiga betydelse varierar således starkt från fall till fall och låter sig svårigen belysas generellt, för det fall att alternativa avläggsutrymmen saknas eller är starkt begränsade.

Möjligheter att lägga virke på strandplan eller land finns emellertid i de flesta fall. Strandplanen är vanligtvis den ur kostnadssynpunkt mest gynnsamma platsen för virkesavläggning men finns endast i begränsad omfattning, framförallt under förvintern, när behovet av avläggsutrymmen på fast mark är störst. Virke, som körs ut under den period isen ej är körstark, blir därför oftast hänvisat till landavlägg. Virkesavläggning på land medför i regel högre totalkostnader för virket än avläggning på is. Om man känner kostnadsskillnaden mellan dessa två avläggningsalternativ, kan man således värdera säsonglängden på isavlägget. Möjligheter att bedöma denna kostnadsskillnad, åtminstone approximativt, torde ofta föreligga.

c. **Transport- och arbetsförhållandena under säsongen.** Med transportförhållanden avses framförallt avläggets *körbarhet*. Körbarheten är beroende av förekomsten av snöhinder eller av otillräcklig ytbarighet i underlaget. Körbarheten kan mätas på olika sätt och bl. a. uttryckas i markgrepps- och rullmotståndstal för olika typer av fordon. Möjligheten att värdera körbarheten förutsätter, att man bestämmer sambandet mellan dessa tal och graden av last- eller hastighetsbegränsning för transporten. Transformation till en kostnad kan ske antingen via graden av last- eller hastighetsbegränsning eller via de åtgärder, som krävs för att eliminera befintlig begränsning, dvs.

antingen via transportkostnaden eller via underhållskostnaderna. Undersökningar och beräkningar över denna fråga är mycket komplicerade.

Med arbetsförhållanden avses »*arbetssvårigheten*» vid exv. virkets avlastning, uppläggning, mätning e. dyl. Arbetssvårigheten är i detta fall sällan direkt mätbar. Med hjälp av prestationsmätningar i form av tidsstudier, driftsstatistik etc. kan emellertid samband mellan prestation och arbetssvårighet (enligt exv. en kvalitativ klassindelning) erhållas för de berörda arbetsmomenten och arbetssvårigheten kan därigenom värderas.

d. **Betingelserna för virkesvården.** I vad avser virkesvården på ett isavlägg är det i huvudsak endast sjunkningsrisken, som är en kritisk faktor. Såsom angavs i avsnittet 1.33 gäller i regel vissa minimikrav rörande dels istjockleken och dels virkets avläggning, för att virke, som bedömes ha otillräcklig flytbarhet, skall beredas möjlighet till erforderlig torkning. Även om dessa krav tillgodoses, är det emellertid en fördel, om virket kan beredas så goda torkningsbetingelser som möjligt, dvs. i stort sett så lång torkningstid som möjligt. Sjunkningsrisken fortsätter nämligen att minska även sedan minimikravet i torkningstid överskridits.

Sambandet mellan torkningstid och sjunkningsrisk kan fastställas genom experiment och beräkningar, som dock troligen måste bli relativt omfattande. Sjunkningsrisken kan uttryckas i en kostnad, genom att man vanligtvis kan bedöma värdet av det virke, som löper risken att sjunka.

Givetvis förekommer även andra faktorer (exv. arbetsledning och tillsyn, inbomning av virket), som påverkas av en variation i metodvalet, men dessa har bedömts vara av underordnad betydelse.

1.4 Andras undersökningar

Systematiska undersökningar eller analyser av det frågekomplex, som beskrivits i föregående avsnitt, har tidigare utförts endast i begränsad omfattning.

I arbetet »*Pulpwood Landings*» behandlar *Collier* och *Silversides* (1954 sid. 32—52) vissa frågor, som rör prepareringen och användningen av isavlägg. På basis av litteraturstudier och praktiska erfarenheter från kanadensiska drivningar ger dessa författare vissa metodrekommendationer vid resp. uppvattning, snöpackning och snöröjning. Data över prestationer och kostnader vid preparering av avlägg lämnas dock inte.

Senare har *Rose* och *Silversides* (1958) samt *Duff* (1958) redovisat

praktiska erfarenheter vid preparering av avlägg och vägar samt vid transport och virkesavläggning på is i Kanada. I dessa arbeten lämnas också vissa data över kostnader och prestationer vid preparering av avlägg ävensom data över virkesbeläggning etc.

Skogsbrukets Transportutredning belyser i kapitlet »Avläggskostnader» (1961 sid. 185) principerna för hur avläggskostnaderna skall behandlas vid kostnadsanalyser. Vissa data över kostnader och virkesbeläggning på isavlägg anges.

Dessutom föreligger några arbeten inom olika delar av frågekomplexet.

Renaud (1956) och *Hughes* (1960) diskuterar tekniken vid preparering av isavlägg, på basis av praktiska erfarenheter. *Söderlund* (1960) undersökte vintrarna 1956—57 och 1957—58 olika uppvattningsaggregat och kom därvid även in på metodfrågor vid maskinell uppvattning. Resultaten från en mindre studie över maskinell uppvattning har publicerats av *Rosseland* (1961 sid. 289—292). I Norge har dessutom försök utförts med kraftuttagsdrivna vältar för snöpackning på is (*Skogbrukets og Skogindustrienes Forskningsforening, Transportutvalget* 1958).

Korunov (1956), *Gold* (1960 och opubl.) och *Rosengren* (1961) har varit inne på frågor rörande isens bärighet vid virkestransport på is, medan *Fremling* (1957, stencil och 1962, stencil) och *Rosengren* (1961) diskuterat isens bärighet avseende virkeslasten.

Över frågor, som rör virkesvård, virkets torkning etc., har bl. a. institutionen för virkeslära vid Skogshögskolan och *Virkeskommittén* (1953, 1957) publicerat en serie undersökningar. De viktigaste resultaten av dessa arbeten har sammanfattats av *Skogsbrukets Transportutredning* (1961).

Ovan nämnda arbeten har alla mer eller mindre direkt berört skogsbrukets speciella problem inom detta område. Dessutom finns en omfattande litteratur, som behandlar grundläggande och generella frågor i samband med isbildning, istillväxt, isarnas bärighet osv. Berörd litteratur redovisas under resp. avsnitt i föreliggande arbete.

1.5 Egna undersökningar

1.51 Undersökningarnas principiella uppläggning

I detta avsnitt beröres planläggningen och insatsen av forskningsarbete vid behandlingen av olika delar av frågekomplexet.

a. **Väderleken.** Publicerade sammanställningar och kartor samt publicerade data från Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut

(SMHI) täckte behovet av data för författarens undersökning. Viss bearbetning krävdes dock i några fall för att få materialet redovisat i den form, som var önskvärd för detta arbete.

b. De naturliga isförhållandena. Tidigare undersökningar över de naturliga isförhållandena inom det berörda området avser endast tidpunkten för isläggning och islossning (*Eriksson 1920*). Underlag för en kartläggning av de data, som behövdes, fanns tillgängliga vid SMHI. Detta arbete krävde en förhållandevis stor insats (jfr kapitel 4).

c. Erforderlig istjocklek. Krav på en viss tjocklek hos isen ställes dels av trafiken och dels av virket, sedan det lagts av på isen. För dessa båda typer av last användes i fortsättningen begreppen trafiklast och virkeslast.

Inom det frågekomplex, som rör isens bärighet under *trafiklast*, har många undersökningar och teoretiska analyser redovisats, men många frågor återstår ännu att lösa eller belysa. År 1958 bildades i Sverige en samarbetsgrupp med huvudsyfte att studera isars bärighet under trafiklast. Representanter från Kungl. Armétygförvaltningen, Kungl. Vattenfallsstyrelsen, Kungl. Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen, Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut samt f. d. Statens Skogsforskningsinstitut kom att ingå i denna grupp. En serie fältförsök utfördes vintrarna 1958—59 och 1960—61. Vidare har gruppen samlat in rapporter över genomkörningsolyckor vid trafik på is. Vissa preliminära resultat har redovisats för intressenterna, men verksamheten är ännu ej avslutad. Den typ av försöksverksamhet, som är nödvändig för studium av hithörande frågor, är förhållandevis arbets- och kostnadskrävande. För skogsbrukets olika slag av transporter föreligger ett stort erfarenhetsunderlag vad avser kravet på istjocklek under olika förhållanden (*Korunov 1956, Duff 1958, Rose och Silversides 1958, Gold 1960* och opubl., *Rosengren 1961, Ager 1961 m. fl.*). Det ansågs därför, att egna försök rörande erforderlig istjocklek för trafiklast ej skulle företagas. Frågan kunde i tillfredsställande grad belysas på basis av befintligt erfarenhetsmaterial och befintlig litteratur. Resultaten av den hos samarbetsgruppen och i andra länder pågående försöksverksamheten av mer generell inriktning torde senare kunna möjliggöra en skärpning av problemlösningen på denna punkt.

När det gäller isens bärighet under *virkeslast*, intresserar oss framförallt frågan om att undvika nedsvallning av virke, som kräver mätning och torkning. De normer för avläggningen, som idag finns i virkesmätningens föreningarnas och skogsbolagens avlastningsinstruk-

tioner, är i regel empiriskt härledda. Erfarenheterna avser emellertid huvudsakligen naturligt bildad is och endast i mindre omfattning is, som erhållits genom exv. maskinell uppvattning. Isens förmåga att hålla lasten torr beror främst av isens flytförmåga, som i sin tur bestäms av isens tjocklek och dess täthet. Tillförlitliga data över tätheten saknades för vissa typer av is. Emedan erforderliga data bedömdes kunna införskaffas till låga kostnader och en ringa arbetsinsats, togs en kartläggning av tätheten för olika typer av is upp på försöksprogrammet.

d. **Kostnaden för att preparera erforderlig istjocklek.** Kostnaden för att på alternativa sätt preparera is av olika tjocklek kan beräknas, om man känner åtgången av produktionsmedel.

Information över dessa frågor införskaffas i princip genom *metodstudier* och *prestationsmätningar*. Metodstudierna är härvid grundläggande. De syftar till en granskning av och jämförelse emellan tänkbara handlingsätt avseende funktionsduglighet och användningsområden för olika slag av metoder och utrustning. Metodstudierna ger även underlag för bedömanden, huruvida befintliga metoder är tillräckligt effektiva eller om de kan göras mer effektiva.

Prestationsmätningar inom en verksamhet av det här aktuella slaget kan i princip ske dels genom tidsstudier i samband med arrangerade fältförsök och dels genom observationer av verksamheten i praktisk drift.

En faktor, som vägde mycket tungt vid beslutet över omfattningen och valet av försöksprogram på denna punkt, var den tekniska utvecklingen inom prepareringsverksamheten. Under perioden 1956—60, då praktiskt taget all försöksverksamhet genomfördes, förbättrades utrustningen för och tekniken vid preparering högst avsevärt. Detta gällde framförallt den maskinella uppvattningen. Det ansågs därför oriktigt att satsa på en noggrann kartläggning av prestationsidan. Istället lades den största vikten vid metodstudier av grundläggande art, huvudsakligen i form av arrangerade fältförsök. I samband med dessa kunde även vissa prestationsmätningar utföras. Mot slutet av undersökningsperioden kunde en stabilisering av metoder och utrustning skönjas. Det bedömdes då som lämpligt att utföra en uppgiftsinsamling över preparering i praktisk drift, dvs. driftsstatistik. Detta undersökningsled syftade även till att ge en bild av virkesavläggningen på isavlägggen.

Emedan metodbeskrivningar och -rekommendationer samt prestationsdata tidigare saknades praktiskt taget helt, kom detta undersökningsled att bli en central del i försöksprogrammet.

e. **Prepareringsmetodens snabbhet.** Den tid, som under olika förhållanden kan antagas åtgå för att iordningställa erforderlig istjocklek, kan fastställas med hjälp av

- driftsstatistik
- modellförsök i fält eller laboratorium
- teoretiska beräkningar.

De båda förstnämnda tillvägagångssätten ger sannolikt mer tillförlitliga resultat än det sistnämnda, men båda bedömdes kräva fleråriga undersökningar. Med hänsyn härtill valdes vägen över teoretiska beräkningar för att belysa snabbheten hos olika prepareringsmetoder. För detta erfordras kännedom om isens tillväxthastighet under olika förhållanden. På denna punkt bedömdes den befintliga litteraturen i stort sett täcka behovet av data. Tillfrysning av snösörja var den enda process, som ej diskuterats i litteraturen, såvitt författaren funnit. Tillfrysningshastigheten av en sörja av given sammansättning kan teoretiskt härledas. Vad som saknades var kunskaper om sörjans sammansättning under olika förhållanden. Fältförsöken över uppvattning gav goda möjligheter till observationer häröver. Det ansågs senare nödvändigt att utföra vissa enkla, laboratoriemässiga försök såsom komplement till den teoretiska analysen och fältobservationerna. Dessa försök krävde en ringa arbetsinsats och kostnad.

f. **Torkningstiden för virket.** Det bedömdes vara alltför arbetskrävande och kostsamt att kartlägga hur lång torkningstiden för virket blir vid olika sätt att preparera avlägget. En inbördes gradering av metoderna, baserad på en teoretisk analys, ansågs i detta fall vara tillfyllest. I samband med en undersökning över virkets torkning på land och på is gavs dessutom tillfälle att studera denna fråga i fält.

g. **Körbarheten.** I samband med studier över olika prepareringsmetoder utförda på områden, som senare utnyttjades för virkesavläggning, kunde vissa observationer över körbarheten hos olika underlag utföras. I övrigt ansågs befintlig litteratur samt författarens egna undersökningar över s. k. snöpackade vägar ge tillräckligt underlag för en bedömning av körbarhetens betydelse för valet av prepareringsmetod.

h. **Övriga frågor.** Det inflytande på metodvalet, som avläggets bärlighet under vårvintern samt arbetssvårigheten vid virkets mätning och hantering har, ansågs kunna bedömas i tillfredsställande grad med stöd av befintlig litteratur och praktiska erfarenheter. Egna undersökningar skulle sannolikt ha krävt insatser, som väsentligt överstigit värdet av de data, som kunnat införskaffas.

1.52 *Kronologisk översikt över undersökningarna*

Försöksverksamheten påbörjades vintern 1956—57. Den första åtgärden var att hos virkesmätningföreningarna i Norrland, Dalarna och Värmland begära uppgifter över vilka prepareringsmetoder, som användes inom resp. verksamhetsområden och även frekvensen för dessa metoder för olika avläggstyper och för vintervägar på is.

De första fältförsöken, som pågick kontinuerligt från december till maj vintern 1956—57, var av orienterande natur. De förlades till en lugnvattensdamm i Fjällsjöälvens gamla fåra. På denna damm fanns tre avlägg på flytande is. Prepareringsförsök utfördes på dessa avlägg löpande under vintern och effekten av åtgärderna studerades. Samtidigt utfördes tids- och metodstudier över olika utrustning för uppvattning och snöpackning. Kontakt hölls med Kungl. Vattenfallsstyrelsens lokalkontor¹ i Näsåker, som årligen preparerar ett stort antal avlägg åt virkesdrivarna i Ångermanälvens flodområde. Detta arbete följdes under kortare perioder med tidsstudier. I samarbete med institutionen för virkeslära vid Kungl. Skogshögskolan jämfördes virkets torkning på land och på is samt studerades torkningstiden på ytor på isen, som preparerats på olika sätt resp. lämnats opreparerade. I denna vinters undersökningar ingick även studier över isens hållfasthet och dess beteende under trafiklast. För dessa studier svarade fil. kand. B. Samuelsson. Huvudsyftet med denna vinters undersökningar var dels att grundligt lära känna prepareringsverksamheten och de frågor, som är förknippade med denna, samt dels att insamla så många data som möjligt.

Vintern 1957—58 utfördes vissa, mindre omfattande, kompletterande tids- och metodstudier över olika prepareringsmetoder. Dessa studier pågick under ett par veckor och utfördes inom Gimåns flodområde i samband med det ordinarie prepareringsarbete, som Kungl. Vattenfallsstyrelsens lokalkontor i Nordanede utförde åt virkesdrivarna. Dessutom studerades, i form av enkla modellförsök, istillväxten i vatten och i snösörja med varierande innehåll av snö.

Resultaten från ovan nämnda undersökningar redovisades av *Ager* och *Samuelsson* (1958) och *Ager* och *Peterson* (1957).

Vintern 1958—59 tids- och metodstuderades några nytillkomna uppvattningsaggregat och snöpackningsredskap. Studier utfördes även över tätheten hos olika typer av is. Dessa försök utfördes i Arvidsjaur i samarbete med försöksavdelningen vid Arméns Fältarbetskola. Försöksverksamheten pågick periodvis under tiden december

¹ Numera: Ångermanälvens Vattenregleringsföretags lokalkontor.

till maj. En mindre uppgiftsinsamling över preparering av isavlägg i praktisk drift utfördes med stöd av några skogs- och vattenregleringsföretag samma vinter.

En sammanfattning av de viktigaste resultaten samt vissa praktiska anvisningar redovisades hösten 1959 (*Ager 1959 a*).

Vintern 1959—60 utfördes en mer omfattande uppgiftsinsamling av typ driftsstatistik, bl. a. på grund av att en standardisering av metoder och utrustning då kunde skönjas. Detta undersökningsled utfördes med hjälp av ett flertal skogs- och vattenregleringsföretag. Samtidigt utfördes under några dagar kompletterande tids- och metodstudier över nytillkomna uppvattningsaggregat. Under 1959 och 1960 bearbetades också materialet över de naturliga isförhållandena i Norrland, Dalarna och Värmland.

Preliminära resultat från dessa undersökningar redovisades hösten 1960 (*Ager 1960, a, b, c*).

I samband med ett års tjänstgöring vid National Research Council, Division of Building Research, Snow and Ice Section, i Kanada, fick författaren tillfälle

- att i ett köldlaboratorium ytterligare studera isens täthet och variabler, som influerar tätheten
- att ytterligare tids- och metodstudera olika prepareringsmetoder i samband med jämförelser mellan svenska och kanadensiska metoder. Sistnämnda studier utförde författaren åt Abitibi Power and Paper Company Ltd på uppdrag av National Research Council
- att studera prepareringstekniken och den praktiska verksamheten på isavlägg i östra Kanada.

Resultaten från dessa försök och studier har redovisats (*Ager 1961 a och b, 1962*).

Kap. 2. Om isläggning, istillväxt och isens egenskaper

I detta kapitel ges kortfattat några generella och grundläggande fakta om isens uppkomst, tillväxt och dess egenskaper. Samtidigt redovisas mer ingående sådana grundläggande data, som är väsentliga för lösningen av de frågor, som behandlas i denna avhandling. Här beröres endast sådana fakta, som rör *sötvattenis*.

2.1 Isläggning och istillväxt

2.11 Isläggning

Vattnets täthet är störst vid $+4^{\circ}\text{C}$. I en stillastående vattensamling befinner sig under den varma delen av året varmt vatten i ytan och kallt vid botten («direkt» skiktning). När vattnet under loppet av hösten avkyles, sker denna avkylning från ytan. När ytvattnet blivit kallare än underliggande vatten, börjar en omlagring av vattenmassorna. Denna transport upphör, när hela vattenmassan har nått en temperatur av 4° . Därefter kyls ytvattnet ytterligare ned, och skiktningen förblir stabil («omvänd» skiktning). När ytvattnet nått en temperatur av något under 0°C , börjar is att bildas. Kunskapen om denna process förklarar, varför isläggningen sker senare, ju djupare vattensamlingen är.

I strömmande vatten försiggår kontinuerligt en blandning av vattenmassor med olika temperatur. Hela vattenmassan måste därför kylas ned till omkring 0°C , innan isläggning kan börja. Om vattnet strömmar mycket sakta, kan dock omvänd skiktning förekomma.

2.12 Istillväxt

För att is skall kunna bildas och fortsätta att tillväxa, sedan vattnet kylts till fryspunkten, måste stora värmemängder, 80 kalorier per gram vatten, föras bort via gränsskiktet mellan vattnet (isen) och den fria luften, dvs. en värmemängd som är 80 gånger större än vattnets specifika värme. Små värmeöverskott i en vattensamling har därför ringa betydelse för värmebalansen, sedan isbildningen kommit i gång. Under lika förutsättningar i övrigt blir därför istillväxten *ungefär* densamma i stillastående (eller mycket sakta ström-

mande) vatten med omvänd skiktning som i sakta strömmande, frys-kallt vatten (jfr bl. a. *Devik* 1931, *Persson* 1948, samt *Fremling* 1951, stencil). Isavläggen ligger som regel på platser där dessa betingelser råder.

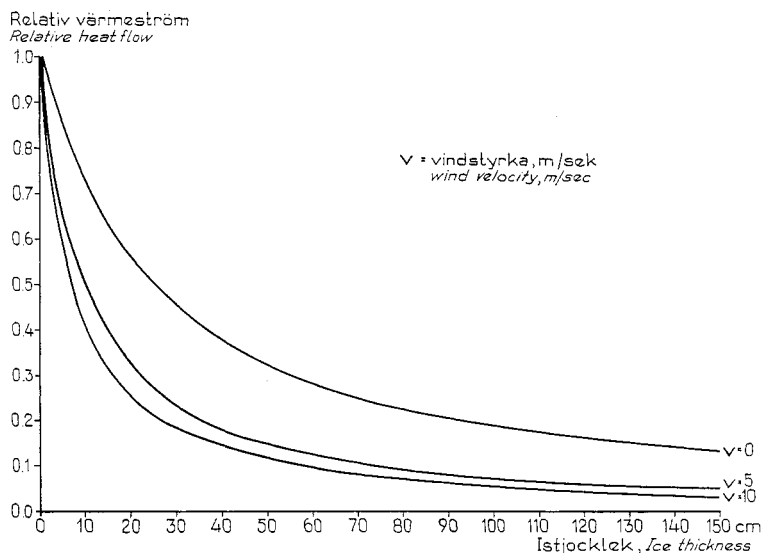


Fig. 1. Den relativa värmeströmmen från ett istäcke (efter *Devik* 1931).
Relative heat flow from an ice cover (after *Devik* 1931).

Istillväxten på undersidan av ett istäcke är direkt proportionell mot värmeströmmen från istäckets översida. *Devik* (1931, sid. 72) analyserade den »relativa värmeströmmen» från istäckets översida. Med »relativ värmeström» avses värmeströmmen under viss tid i förhållande till värmeströmmen från en nollgradig, lugn vattenyta. I fig. 1 återges *Deviks* fig. 22, ur vilken man kan utläsa den relativa värmeströmmen, som alltså är lika med den relativa istillväxten, som funktion av istjockleken, vid olika vindstyrkor (jfr även *Adams* m. fl. 1960). Övriga faktorer, exv. temperatur och molnighet, har föga betydelse för den relativa värmeströmmen (men väl för den absoluta).

Vid approximativa beräkningar över tillväxten för snötäckt is kan man beräkningsmässigt behandla snöskiktet såsom ett *ekvivalent* isskikt, dvs. ett isskikt som ger samma »köldisolering» som snöskiktet ifråga (*Devik* 1931, sid. 77, *Assur* 1956, sid. 15). Den mot snötäcket svarande istjockleken, den *ekvivalenta istjockleken*, h'_{is} , beräknas på följande sätt:

$$h'_{is} = \frac{k_{is}}{k_{snö}} \times h_{snö} \quad (1)$$

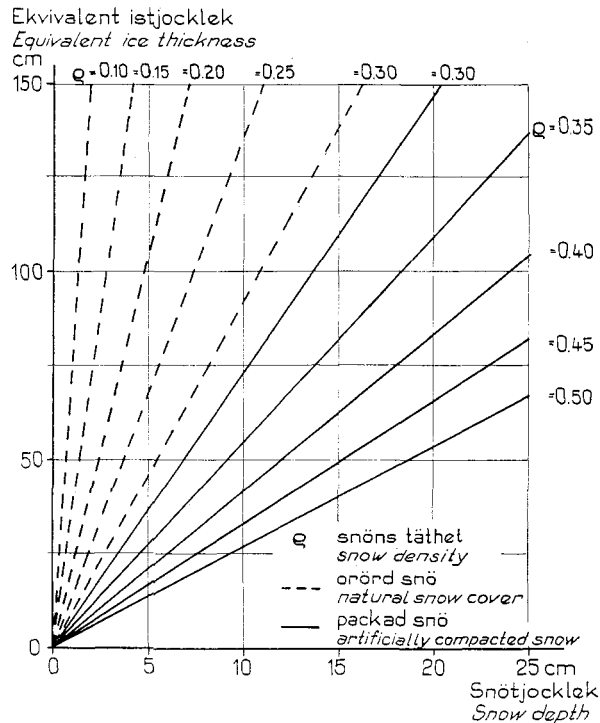


Fig. 2. Nomogram för beräkning av den ekvivalenta istjockleken för ett snötäcke med avseende på värmeledningen.

Nomogram for calculating the ice thickness equivalent to a snow cover with respect to heat conductivity.

där $k_{\text{snö}}$ = snöns värmeledningsförmåga

k_{is} = isens »

$h_{\text{snö}}$ = snöns djup

Värmeledningsförmågan hos ren is av tätheten 0,917 är enl. *Wold* (1957, stencil) 0,0057 kalorier per cm, sekund och grad (cal/cm sek grad). För stöpis, som ofta har en täthet inom intervallet 0,88—0,90, är värmeledningsförmågan 3—8 % lägre.

Värmeledningsförmågan hos snö varierar med snöns täthet och sammansättning (jfr bl. a. *Anisimov* 1961). För orörd snö har författaren valt *Abels'* (1892) 0,0068 ρ^2 cal/cm sek grad (där ρ = snöns täthet), som gäller för intervallet $\rho = 0,1—0,3$.

För artificiellt packad snö bör man enl. *Kondrat'eva* (1945) räkna med 0,0085 ρ^2 inom området $\rho = 0,3—0,6$.

I fig. 2 redovisas den ekvivalenta istjockleken för dels lös snö och dels packad snö av olika tjocklek och täthet.

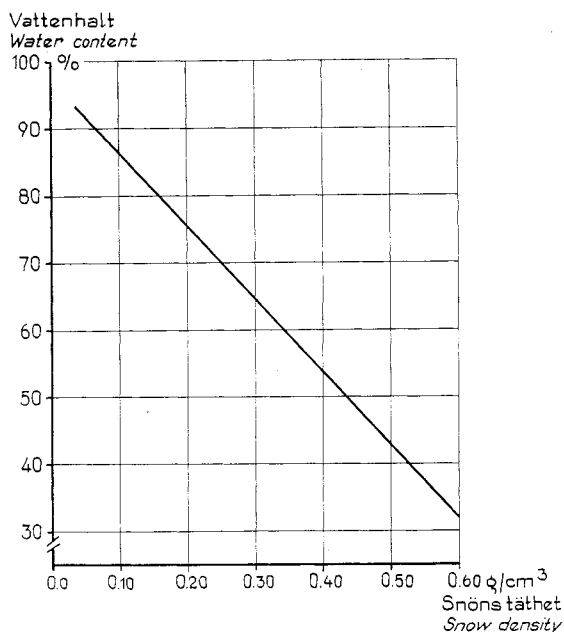


Fig. 3. Vattenhalten i vattenmättad snösörja vid olika täthet hos snön.
Water content of slush saturated with water, at different snow density.

Betr. *istillväxten i snöblandat vatten* skall följande synpunkter redovisas. Vid maskinell uppvattning har vattnet, som pumpas upp på isen, normalt en temperatur av 0 till +2° C (enl. egna mätningar). Istillväxten kommer sannolikt igång snabbare på snötäckt is än på snöfri, emedan vattnet snabbare kyls ned till 0° C, om isen täcks av snö. Denna skillnad saknar emellertid praktisk betydelse, emedan den värmemängd, som måste ledas bort, innan vattentemperaturen når fryspunkten, i detta fall är obetydlig i förhållande till isbildningsvärmets.

När sörjan fryser, är den värmemängd, som måste ledas bort, direkt proportionell mot vattenhalten i sörjan (jfr *Beskow* 1947). Approximativt gäller att även tidsåtgången för tillfrysning av ett skikt av given tjocklek är direkt proportionell mot vattenhalten (jfr *Fremling* 1962, stencil). Vattenhalten är i sin tur beroende av snöns täthet och av luftinnehållet i sörjan. Snösörjan innehåller ofta 1—5 % luftblåsor, oberoende av snöns täthet (*Ager* 1962). Om man räknar med ett genomsnitt på 3 %, erhålles det samband mellan snöns täthet och sörjans vattenhalt, som redovisas i fig. 3. Om ett snölager med tätheten 0,43 g/cm³ vattendränks, blir vattenhalten omkring 0,50

cm^3 per cm^3 sörja. Denna sörja fryser alltså dubbelt så snabbt som ett lika tjockt skikt av rent vatten. Ett sörjelager, i vilket snöns täthet är $0,20 \text{ g/cm}^3$ och där snön är jämnt fördelad i hela skiktet, skulle alltså frysa på $\frac{3}{4}$ av den tid, som det tar för ett lager av rent vatten av motsvarande tjocklek.

I vattendränkt snö strävar ispartiklarna i snön av sin egen flytkraft att stiga mot vattenytan. Snön vill härigenom packa sig samman i vattenytan. Graden av sammanpackning är huvudsakligen beroende av snöns ursprungliga täthet. Författaren observerade vid laboratorieförsök (snöfyllda plastcylindrar som sänktes ned i vatten. Jfr Ager 1962), att snö med en täthet av $0,10$ — $0,15$ packades till en täthet av omkring $0,30$, $0,15$ — $0,20$ packades till $0,30$ — $0,35$ och $0,30$ — $0,35$ till $0,35$ — $0,40$. För snö med en ursprunglig täthet av $0,40$ och däröver förekom ingen sammanpackning.

Vissa observationer över tillfrysning av sörja utfördes av författaren vintern 1957—58. Dessa bearbetades och redovisades av *Samuelsson* (Ager och Samuelsson 1958, sid. 453—456). Härvid mättes och redovisades endast snöns ursprungliga täthet. Den observerade relationen i tillfrysningshastighet mellan snösörja och vatten blev därför större än den teoretiska för en antagen täthet hos snön. Om snöns egenpackning i dessa försök antagits vara av ungefär den storleksordning, som författaren observerade vid ovannämnda laboratorieförsök, erhålles tillfredsställande överensstämmelse mellan observerade och teoretiska värden, avseende isens tillväxthastighet i sörja med varierande halt av snö.

2.13 Väderlekens betydelse för istillväxten

Isens tillväxt är beroende av väderleksförhållandena och av värmebalansen i vattnet. I lugnt vatten eller sakta strömmande, fryskallt vatten (jfr sid. 27) är värmetillförseln från vattnet av underordnad betydelse. *Devik* (1931) redovisar istillväxten vid olika *temperatur*, *molnighet* och *vindstyrka*. I tab. 1 återges *Deviks* tab. 18. Tillförlitligheten och den praktiska användbarheten av *Deviks* rekommendationer har verifierats av bl. a. *Persson* (1948) och *Simojoki* (1940). Den i tab. 1 redovisade istillväxten borde egentligen reduceras något med hänsyn till effekten av solstrålning och diffus himmelstrålning (*Devik* 1931). Reduktionen är emellertid försumbar under december och januari, under vilka månader huvudparten av avläggsprepareringen sker, inom det geografiska område, som behandlas i denna avhandling.

Nederbörden har den ojämförligt största betydelsen för istill-

Tab. 1. Tiden i timmar som åtgår för erhållande av angiven istjocklek vid olika molnighet (N), vindhastighet (v) och lufttemperatur (t). Efter Devik 1931.

Time required to produce varying ice thickness at different degrees of cloudiness (N), wind velocity (v), and air temperature (t); hours. After Devik 1931.

N 0—10	v m/sek m/sec	t °C	Tid i timmar vid istjocklek Time, hours, at ice thickness										
			2,5	5	10	20	30	50	70	100	130	160	
0	0	0	17	36	80	190	330	770	1 180	2 120	3 320		
		—10	10	22	47	112	190	400	680	1 200	1 870	2 680	
		—20	7	16	35	81	139	290	480	850	1 320	1 880	
		—30	6	13	28	65	111	230	380	660	1 020	1 440	
	5	0	17	38	95	260	510	1 220	2 230				
		—10	6	14	35	96	180	430	770	1 480	2 400	3 540	
		—20	4	9	23	62	117	270	480	910	1 460	2 150	
		—30	3	7	18	47	88	200	350	640	1 020	1 490	
	10	0	16	38	100	300	580	1 440	2 660				
		—10	5	12	32	92	185	440	810	1560	2 550	3 780	
		—20	3	8	20	58	111	260	480	930	1 510	2 230	
		—30	2	6	15	43	81	190	340	640	1 040	1 530	
5	0	0	30	64	142	340	580	1 240	2 110	3 800			
		—10	14	29	63	149	260	540	910	1 630	2 540	3 630	
		—20	9	19	43	100	170	360	600	1 060	1 650	2 370	
		—30	7	15	33	77	130	270	450	800	1 230	1 750	
	5	0	27	61	150	430	820	1 970	3 590				
		—10	7	16	41	113	214	500	910	1 750	2 840		
		—20	5	11	26	69	130	300	540	1 020	1 650	2 430	
		—30	4	8	19	51	95	215	380	710	1 140	1 860	
	10	0	25	59	156	460	910	2 240					
		—10	6	14	36	105	205	500	910	1 780	2 920	4 340	
		—20	4	9	22	63	120	290	530	1 020	1 660	2 470	
		—30	3	6	16	46	88	206	370	700	1 140	1 670	
10	0	0	120	255	570	1 350	2 340						
		—10	21	44	96	230	390	830	1 410	2 530			
		—20	12	25	55	130	220	470	790	1 410	2 190	3 140	
		—30	8	18	43	97	160	340	560	990	1 530	2 180	
	5	0	102	230	580	1 630	3 130						
		—10	9	20	49	136	260	610	1 110	2 140	3 490		
		—20	5	12	29	78	150	340	620	1 170	1 900	2 790	
		—30	4	9	21	57	105	240	430	800	1 280	1 870	
	10	0	55	130	350	1 040	2 060						
		—10	7	16	42	120	240	580	1 080	2 060			
		—20	4	9	24	69	130	320	590	1 130	1 840	2 730	
		—30	3	7	18	50	95	220	400	770	1 250	1 840	

växten. Dess effekt har redan belysts i föregående avsnitt. Ett centimetertjockt skikt av nysnö med tätheten 0,10 g/cm³ kan reducera istillväxten till 1/10 av tillväxten utan snö. Även om tätheten troligen ökar snabbt i ett sådant skikt, genom att temperaturgradienten och därmed metamorfosen i snön blir mycket kraftig, är det uppenbart, att även tunna snöskikt i det närmaste kan förhindra vidare istillväxt.

2.2 Olika typer av is

Is kan uppträda i ett flertal former. Istyperna kan systematiseras efter olika indelningsgrunder. Det saknas en allmänt accepterad systematik och terminologi på detta område. *Fremling* (1961, stencil) har i ett stencilerat utkast föreslagit — för de istyper, som är mest aktuella i detta sammanhang — indelning bl. a. efter genomskinlighet, skiktning och struktur. De aktuella avsnitten av *Fremlings* definitioner återges här:

»1. Genomskinlighet

- a) Klaris klar is; bildas dels då snöfritt vatten vid isläggning fryser, dels då ett istäcke tillväxer nedåt i rent vatten, och dels då ett snöfritt vattenskikt ovanpå ett istäcke tillfryser.
- b) Gråis
(snöis) gråaktig, mer eller mindre ogenomskinlig is; bildas då snösörja antingen ovanpå ett istäcke eller i öppet vatten fryser in i ett islager, eller då packad issörja på undersidan av ett istäcke fryser in i detta.

2. Skiktning

- a) Kärnis is som bildas vid jämn ytisläggning i sjöar och älvar och vid den därpå fortsatta istillväxten på det bildade istäckets undersida.
- b) Stöpis is som bildas, när ett stöpvattenlager ovanpå ett tidigare bildat islager, t. ex. kärnislageret, fryser; 'ovanpåis'.

3. Struktur

- a) Kolumnär is is uppbyggd av kristaller i form av lodräta stavar, i regel bredare nedtill än upptill i ett istäcke.
- b) Granulär is is uppbyggd av partiklar av grova snökorns storlek. Kristallerna saknar bestämd orientering.»

Den is, som bildas *naturligt*, tillväxer på i huvudsak två sätt; antingen på undersidan av ett befintligt istäcke eller genom tillfrysning av ett vattenskikt, som bildats ovanpå isen. På nämnda sätt erhålles enl. *Fremling* kärnis resp. stöpis. Kärnisen uppstår vanligtvis i »rent» vatten och blir då en klar is med kolumnär struktur. Den kvantitativt helt dominerande andelen av den naturligt bildade stöpisen uppstår genom att istäcket pressas ned i vattnet av snötäcket, som då helt eller delvis vattendränks, varefter den så erhållna sörjan fryser. Denna stöpis blir mestadels gråaktig med granulär struktur. Den kan ibland bli ganska klar.

Den is, som erhålles genom *preparering*, kan vara av olika typ. Snöpackning och snöröjning ger praktiskt taget alltid kärnis, som är klar och har kolumnär struktur. Snöpackning kan ge upphov till stöpis i sådana fall, där sörja finns i snötäcket, när åtgärden utföres. Vid maskinell uppvattning bildas såväl stöpis som kärnis; den sistnämnda sedan vatten- eller sörjeskiktet frusit. Om isen är snötäckt, vilket vanligtvis är fallet, erhålles övervägande gråaktig, granulär is. Om snön packas före vattningen, kan isen t. o. m. bli vitaktig. Om isen är snöfri, bildas klar is, som troligen har kolumnär struktur. För den stöpis, som bildas av snösörja, användes i denna avhandling beteckningen snöis.

2.3 Isens täthet

Tätheten hos luftfri is, som bildats vid tillfrysning av rent sötvatten, är vid 0° C normalt 0,9168 g/cm³ (*Seligman* 1950 m. fl.). Isens kubiska värmeutvidgning är omkring 150 · 10⁻⁶ cm³/°C (*Butkovitch* 1957 m. fl.). Hos flytande is på sjöar och älvar är temperaturen vid isens undersida 0° C. Om isens översida får en temperatur av — 40° C och om man förutsätter, att temperaturgradienten är linjär, blir isens täthet (medelvärde för hela istäcket) omkring 0,920. Sisthämnda värde kan i vårt klimat betraktas som ett övre gränsvärde för tätheten hos ett istäcke, som består av luftfri kärnis.

På *virkesavlägg* är isen praktiskt taget alltid snötäckt, särskilt inom områden där virket är lagrat och körningen avslutad, och således relativt väl köldisolerad. Som ett praktiskt riktvärde kan man därför räkna med att tätheten hos isen normalt *ej överstiger* 0,918 under förhållanden, som är aktuella på våra isavlägg. Vid beräkning av kritiska laster av virke, som ej får nås av vatten, kan man räkna med tätheten vid 0° C (med vederbörlig hänsyn till luftinnehållet), emedan isen alltid dränks av vatten, innan vattnet hotar virket.

Ovanstående uppgifter över tätheten förutsätter, att isen ej innehåller föroreningar i betydande mängd. Inom de delar av våra vattendrag, där virkesavläggning på is huvudsakligen äger rum, synes denna förutsättning råda (jfr *Arnborg* 1958).

För sötvattens is är luftinnehållet den faktor, som normalt bestämmer isens täthet. Isen är sällan fri från luft. När rent vatten fryser, torde frysningshastigheten och graden av turbulens i vattnet vara de variabler, som i huvudsak bestämmer luftinnehållet. *Anderson* och *Week* (1958), bland andra, anger att is, som fryser snabbt, och is, som fryser »under turbulent conditions», kan innehålla stora mängder luft. En grundläggande diskussion av dessa frågor av *Chalmers* (1959) ty-

der på att effekten av isens tillväxthastighet och vattnets turbulens ej är entydig.

Även klar *kärnis*, som är den dominerande kärnistypen, innehåller som regel luftblåsor i varierande mängd (*Eriksson* 1920, sid. 40, *Samuelsson* 1958, *Ager* 1960 b m. fl.). Luftblåsorna är vanligen avlånga och vertikalt orienterade. Observationer av olika författare (*Ager* 1960 b, 1962, *Wold* 1957, stencil, *Sundberg-Falkenmark* 1959, stencil, *Arnborg* 1958 m. fl.) tyder på att tätheten hos kärnis, som fritt kan tillväxa nedåt, ofta kan förväntas falla mellan 0,900 och 0,918.

Stöpisen har i regel högre luftinnehåll än kärnisen. Om vatten av en temperatur av 0° till +2° C sprids och får tillfrysa på snöfri is i ett lager, som är några centimeter tjockt (vilket sker vid maskinell uppvattnings på snöfri is), bildas klar is med ett större luftinnehåll än den som normalt finns hos klar kärnis. Värdet ända ned till 0,867 har uppmätts (*Ager* 1962). I Norrland, Värmland och Dalarna är den naturligt bildade stöpis vanligtvis snöis (se kapitel 4). Uppvattnings i samband med preparering av isavlägg ger även mestadels snöis. Luftblåsorna är i regel runda och deras placering helt oordnad. Utförda undersökningar och observationer tyder på att tätheten hos snöis ofta faller mellan 0,870 och 0,910, särskilt ofta inom intervallet 0,880 och 0,900 (*Ager* 1960 b och 1962, *Sundberg-Falkenmark* 1959, stencil, *Wold* 1957, stencil, *Arnborg* 1958). Observationer av *Butkovitch* (1954, 1955) och *Ager* (1962) visar, att värden ända ned till omkring 0,80 g/cm³ kan förekomma för snöis. Tätheten hos snöis synes i första hand bero på vattnets spridningshastighet i snön, snöns kornstorlek och isens tillväxthastighet (*Ager* 1962).

Den naturligt bildade isen innehåller i regel en viss andel stöpis. När isen når maximal tjocklek under vintern, består den i genomsnitt till ungefär en tredjedel av stöpis (*Ager* 1960 b). Vid uppvattnings i samband med preparering kommer istillskottet »uppåt», stöpis, att bestå av snöis eller relativt luftrik klar is. Om man vattnar endast en eller två gånger, bör andelen av stöpis mestadels bli av samma storleksordning som i det naturliga istäcket. Om uppvattnings sker ett flertal gånger, såsom vid iordningställande av avlägg för lastbilskörning, blir stöpisandelen större, ibland större än hälften (jfr bl. a. *Ager* 1961 b).

För *överslagsberäkningar* torde man kunna räkna med en täthet av 0,900 g/cm³, om prepareringen sker genom uppvattnings, och 0,915 om enbart snöpackning eller snöröjnings används som prepareringsmetod.

Om isens täthet skall läggas till grund för mera exakta beräkningar över isens flytförmåga under givna förhållanden, måste observationer

med erforderlig noggrannhet göras i varje särskilt fall. Om mätapparat saknas, kan tätheten approximativt beräknas på basis av en uppskattning av luftblåsornas frekvens och volym i olika skikt i isen.

2.4 Isens mekaniska egenskaper

Det ligger inte inom ramen för denna avhandling att närmare belysa och diskutera isens mekaniska egenskaper. Endast ett par frågor av allmänt och särskilt intresse tas här upp.

En allmän beskrivning av isens mekaniska egenskaper ges i ett kompendium av *Samuelsson och Sundberg-Falkenmark* (1959, stencil), som här citeras:

»Is är ett kristallint ämne, som i naturen förekommer vid temperaturer relativt nära smältpunkten. Detta är ett termiskt tillstånd jämförbart med det metaller befinner sig i under värmebehandling eller som råder i flertalet mineral på stort djup under jordytan.

Isens mekaniska egenskaper bestämmas huvudsakligen av den relativa svagheten hos vätebindningen samt av den geometriska karaktären hos den kristallina kärnan. Då is utsättes för en spänning, kan den liksom varje kristallint ämne uppföra sig som en elastisk, en plastisk eller en spröd kropp. De faktorer, som bestämma den slutliga formen av deformation, utgöras av storlek och slag av spänning, snabbheten varmed spänningen ändras, temperaturen och möjligen också i viss grad tidigare deformationer. Vid små spänningar och låga temperaturer överväga de elastiska och spröda egenskaperna; vid höga, långsamt varierande spänningar samt vid temperaturer nära smältpunkten överväger det plastiska uppträdandet.

Överfört till det atomära planet bli förhållandena följande: ju lägre temperaturen är, desto svårare kan omgruppering av atomer äga rum i den kristallina kärnan; desto stabilare blir därför denna kärna och desto tydligare yttra sig de elastiska och spröda egenskaperna. Vid en hög temperatur däremot äro atomernas värmerörelser häftigare, och det erfordras då mindre tillskott av energi för att rubba dem ur sina lägen i kärnan: isen blir alltmer plastisk.»

Genom att isen i naturligt tillstånd existerar nära smältpunkten, varierar dess mekaniska egenskaper mycket kraftigt inom det temperaturintervall, som normalt förekommer på våra breddgrader. Det återstår ännu mycken forskning, innan man kartlagt isens plastiska och elastiska uppförande och dess hållfasthetsegenskaper vid olika temperaturer, olika slag av påkänning, olika hastighet hos påkänningen etc.

Av omedelbart intresse för de problem, som behandlas i denna avhandling, är vissa forskningsresultat, som rör böjhållfastheten hos olika typer av is. De ur praktisk synpunkt mest värdefulla resultaten vid mätningar över isens böjhållfasthet erhålles sannolikt, om dessa

observationer utföras på stora (exv. $> 100 \times 20 \times$ istjockleken cm) tungor, utsågade med en sida kvar i istäcket (jfr bl. a. *Samuelsson* 1958, sid. 456), eller på stora, fria balkar (jfr bl. a. *Sundberg-Falkenmark* 1959, stencil). *Samuelsson* (1958) och *Sundberg-Falkenmark* (1959, stencil) har redovisat sammanlagt ett 40-tal försök med nämnda observationsteknik. Försöken utfördes på stöpis och kärnis samt av dessa båda typer sammansatt is. Medelvärdena för resp. istyper låg inom intervallet 6—8 kp/cm². Signifikanta skillnader mellan stöpis och kärnis förekom ej. *Frankenstein* (1959, 1961) erhöll ej heller några påtagliga skillnader mellan stöpis, kärnis och av stöpis och kärnis sammansatt is, vid försök med stora tungor. Medelvärdena för olika försök varierade mellan 4,2 och 6,5 kp/cm².

Tabata (1960) fann för havsis ett linjärt samband mellan böjhållfastheten och isens täthet vid försök med balkar av storleken $30 - 40 \times 5 \times 2$ cm. För tätheten 0,90 g/cm³ låg värdena kring 8 kp/cm² och avtog sedan till ungefär 4 kp/cm² vid 0,80 g/cm³. För varje 0,01 g/cm³ minskning i täthet minskade således böjhållfastheten med ungefär 5 % av hållfastheten vid tätheten 0,90.

Vid 283 försök med små ($20 \times 2 \times 2$ cm) balkar erhöll *Sundberg-Falkenmark* (1959, stencil) väsentligt högre böjhållfasthet för kärnis än för stöpis. För kärnis erhöles för 2 försöksperioder i medeltal resp. 23 och 15 kp/cm², för stöpis 8,5 resp. 10 kp/cm². För kärnisen var böjhållfastheten mycket högre än vid försöken med stora tungor och balkar, för stöpis endast obetydligt högre. En tänkbar förklaring till denna skillnad i resultatet mellan stora och små balkar kan vara följande. Hållfastheten hos en kropp avtar med ökande storlek hos kroppen, beroende på att antalet »felställen» ökar med kroppens storlek. Snöisen innehåller oftast en stor och relativt homogent fördelad mängd felställen i form av mycket små (ofta $< 0,5$ mm diameter) luftblåsor. Även i en mycket liten provkropp finns därför många felställen. I den relativt luftfattiga kärnisen torde däremot antalet felställen vara förhållandevis litet. På en liten provkropp blir skillnaden gentemot stöpis därför relativt stor. Skillnaden torde minska med ökande storlek hos kroppen, till dess man sannolikt når ett kritiskt värde, utöver vilket en ökning av kroppens storlek, dvs. antalet felställen, ej har någon större betydelse för differensen i hållfasthet.

Ovanstående försök talar för att böjhållfastheten i ett av stöpis och kärnis sammansatt istäcke, i vilket stöpis ej har en påtagligt låg täthet (exv. $< 0,87$ g/cm³), ej är avsevärt lägre än böjhållfastheten i ett istäcke, som helt består av kärnis, för de slag av belastningar, som diskuteras i denna avhandling.

Samtliga ovan redovisade data över böjhållfastheten avser is, som ej utsatts för kraftig solstrålning. Under vårvintern sjunker böjhållfastheten till en ringa del av ovan angivna värden (*Sundberg-Falckenmark* 1959, stencil, *Frankenstein* 1961). Detta beror främst på att värmestrålningen är så kraftig, att den orsakar smältning av fogarna mellan kristallerna, så att sammanhållningen mellan kristallerna försvagas.

2.5 Bärförmågan hos ett istäcke

När man utnyttjar flytande is för transport och virkesavläggning, är det framförallt två egenskaper hos isen, som man har att beakta, när det gäller isens bärförmåga:

1. Isens förmåga att hålla lasten över den fria vattenytan, dvs. dess förmåga att hålla lasten torr.
2. Isens förmåga att utstå en belastning utan att brista.

Den första problemställningen är aktuell, när man lägger virke, som kräver torkning eller som skall mätas, på flytande is. Virket får då ej »svalla ned», dvs. det får ej till någon del dränkas av vatten och frysa in. Om istäcket är helt, dvs. inte företer några sprickor eller hål, kan man jämföra dess bärförmåga med bärförmågan hos en flatbottnad båt (*Fremling* 1957, stencil). Emellertid måste man i de flesta fall räkna med risken, att vattnet kan tränga upp genom sprickor, s. k. varmvakar, borrhål etc. Isens bärförmåga blir då i första hand beroende av isens *flytkraft*, som i sin tur är beroende av isens tjocklek och täthet. Om vi betecknar dessa storheter med h_{is} cm resp. ρ_{is} g/cm³ kan isens flytkraft, P_f kp/m², beräknas enligt:

$$P_f = 10 \cdot (1 - \rho_{is}) \cdot h_{is} \quad (2)$$

Isens förmåga att bära laster utan att brista är avgörande vid den typ av belastning, som förekommer vid trafik på flytande is. Isens bärförmåga under trafiklast är bl. a. beroende av

- isens tjocklek
- isens hållfasthetsegenskaper
- förekomsten av sprickor i istäcket
- lastens storlek
- lastens hastighet
- lastytans storlek och geometri
- trafikens intensitet
- förekomsten av spänningar, andra än de som orsakas av trafiken, exv. av temperaturomslag.

I litteraturen redovisas ett flertal funktioner för beräkning av brottlasten hos is. Dessa funktioner innesluter i regel endast ett fåtal av de variabler, som är av betydelse för bärigheten hos ett istäcke. Övriga variabler låses till vissa förutsättningar eller lämnas helt utanför. En vanlig förutsättning är, att funktionen gäller för homogen kärnis, som är fri från spänningar. Denna förutsättning gäller emellertid sällan för ett istäcke på ett vattendrag. Normalt förekommande sprickor, initialspänningar, variationer i isens struktur etc. gör, att brott kan ske vid belastningar, som ligger väsentligt under den för homogen och spänningsfri is beräknade brottlasten. Den *teoretiskt* helt *riskfria* istjockleken är den tjocklek, som bär lasten, om den råkar komma på ett av genomgående sprickor begränsat flak, som precis omskriver lasten. Bärigheten bestäms då av isens flytförmåga (se ovan). Vid fastställande av den högsta tillåtna lasten vid given istjocklek tar man i regel hänsyn till nämnda risk genom att dividera brottlasten med ett tal, den s. k. säkerhetsfaktorn. Storleken hos säkerhetsfaktorn fastställs i regel på empirisk väg.

Den omfattande forskning rörande isens bärighet, som idag pågår på många håll i världen, kommer troligen att kunna medföra en skärpning av befintliga »isbärighetsformler» på sådant sätt, att man bättre kan taga hänsyn till olika mätbara faktorer, såsom temperatur, körningshastighet, trafikintensitet etc. Trots detta kommer emellertid alltid ett slumpmoment att kvarstå för istrafikanten, en risk att köra igenom på en is, som enligt beräkningarna borde vara säker. Beslutet ang. erforderlig istjocklek eller högsta tillåtna last måste i sista hand baseras på en bedömning av denna risk.

Den i vårt land mest använda funktionen för beräkning av brottlasten hos ett istäcke är den av *Persson* (1948) angivna:

$$P_{\text{brott}} = \frac{12,3 \cdot h^2}{1 - 0,62 \left(\frac{a}{l}\right)^{2/3}} \quad (3)$$

där P_{brott} = brottlast i kp

h = istjocklek i cm

a = lastytans radie i cm

l = styvhetstalet i cm, som beräknas enligt ett uttryck, som bl. a. innehåller isens elasticitetsmodul (se *Persson* 1948, sid. 412).

Formeln gäller för kärnis utan sprickor, initialspänningar etc.

Rosengren (1961) har, med utgångspunkt från *Perssons* formel och ett empiriskt underlag rörande främst virkestransporter på is, kom-

mit fram till följande uttryck (här något omarrangerat) för beräkning av *högsta tillåtna last*:

$$B = \frac{1}{S} \cdot D \cdot \left(\frac{R^2}{40} + \frac{2}{3} + \frac{4}{3} \cdot D \right) \quad (4)$$

»där B = högsta belastning i ton med 2- à 3-faldig säkerhet för gångtrafik och trafik med medfordon eller gummihjulsfordon.

D = isens tjocklek i decimeter.

R = belastningsradien (t. ex. halva hjulbasen) i meter.

S = korrektionsfaktorn $2/R + 1,6$ vid $R < 10$ m eller $8/R + 1$ vid $R > 10$ m.

Faktorn S är här alltså närmast uttryck för säkerhetsfaktorn» (*Rosengren* 1961).

Korunov (1956) rekommenderar följande formel för virkestransporter i Ryssland:

$$h = 10 \sqrt{P \cdot n} \quad (5)$$

där h = istjocklek i cm

P = tillåten last i ton

n = korrektionsfaktor som tar hänsyn till isens kvalitet.

Formeln uppges inkludera tillfredsställande säkerhet och gäller för enstaka fordon och temperaturer under fryspunkten. Korrektionsfaktorn har med ledning av *Korunovs* klassificeringssystem bedömts (av författaren) vara 1,0 för is, som sammansätts av stöpis och kärnis av normal kvalitet. Av exemplen i *Korunovs* arbete att döma synes formeln gälla för såväl lastbilar som bandtraktorer.

De vanligaste motoriserade transportekipagen vid virkestransport är treaxliga lastbilsekipage eller traktorer med efterfordon på medar (vintertid). Lastytan hos dessa ekipage har vanligtvis en diameter av 7—10 m. Lastytans diameter kan i dessa fall praktiskt sättas = diametern i den cirkel, som omskriver samtliga av ekipagets (fordon plus efterfordon) anläggningspunkter mot underlaget. För ett ekipage med en radie hos lastytan av 4 m, vilket alltså representerar ett vid virkestransport ofta använt ekipage, har i fig. 4 *Rosengrens* formel (4) jämförts med *Korunovs* (5), som ej tar hänsyn till lastytans radie. *Rosengrens* formel ger för de belastningar, som är mest aktuella, en större säkerhet än *Korunovs*.

Rosengrens formel — med den av honom föreslagna säkerhetsfaktorn, som avser *enkelriktad* trafik — har under ett flertal år använts

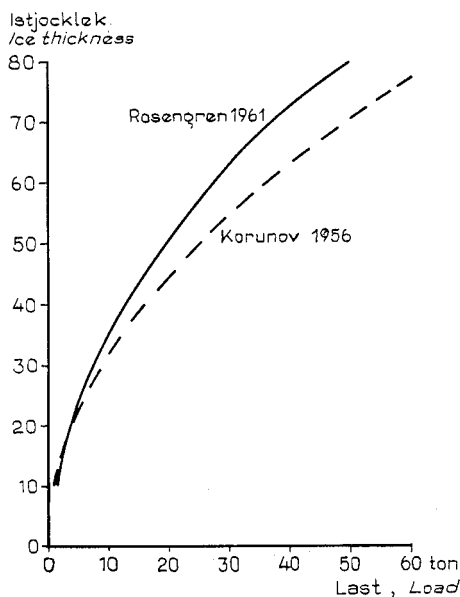


Fig. 4. Erforderlig istjocklek vid olika belastning när lastytans radie är 4 m enligt Rosengren (1961) och Korunov (1956).

Ice thickness required at different load when the radius of the loaded surface is 4 m according to Rosengren (1961) and Korunov (1956).

såsom underlag för bestämmelser ang. erforderlig istjocklek vid Marma-Långrörs AB virkestransporter på is. I de fall bestämmelserna (Marma-Långrörs AB instruktion »Virkesavläggning på is och land») följts, har inga genomkörningsolyckor förekommit (Rosengren 1962, muntlig uppgift).

I sådana fall, där man saknar empiriskt underlag för att bedöma högsta tillåtna last vid given istjocklek eller erforderlig istjocklek vid given last, kan av allt att döma Rosengrens formel (4) användas som grund vid bedömningen. Givetvis måste vederbörlig hänsyn tagas till omständigheterna i varje enskilt fall. I fig. 5 återges Rosengrens formel i form av ett nomogram, för 0—10 m radie hos lastytan. För större radier måste troligen andra beräkningsnormer tillämpas (jfr bl. a. Korunov 1956).

Man bör emellertid ha klart för sig, att risken för genomkörning ej är fullständigt eliminerad ens med den säkerhetsfaktor Rosengren tillämpar. Undersökningar av Gold (1960 och opubl., se även Ager 1961) visar på följande orsaker till genomkörning — vid virkestransporter i östra Kanada — som inkluderar många fall, där isen »borde ha hållit»:

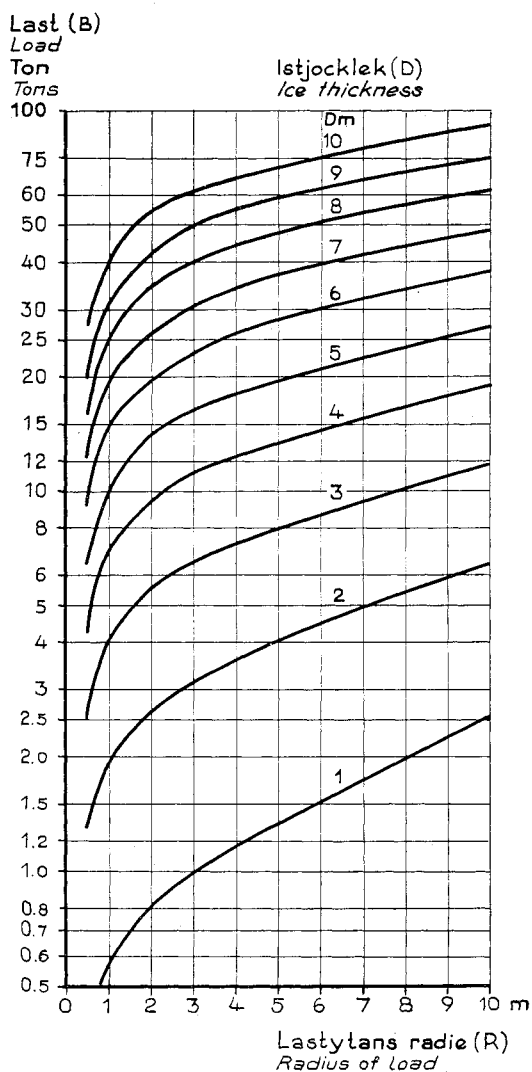


Fig. 5. Högsta tillräddiga belastning på god kärnis eller motsvarande som funktion av lastytans radie och istjockleken (efter Rosengren 1961).
 Maximum load advisable on good blue ice or equivalent vs radius of the loaded surface and ice thickness (after Rosengren 1961).

- isen var tidigare ej alls eller endast föga trafikerad
- för hög hastighet
- stark kyla
- parkering för länge med fullt lass
- utmattning av isen genom hög trafikintensitet

— förekomsten av vattenskikt i isen («dubbelisar»)

— upphängning av isen på stenar e. dyl.

Frågan om erforderlig istjocklek för olika slag av virkeslaster och trafiklaster diskuteras ytterligare i kapitel 5.

Kap. 3. Vinterklimatet i Norrland, Dalarna och Värmland

I detta kapitel redovisas några för utredningen erforderliga data över vinterklimatet inom det berörda området. Dyliga data behövs främst för beräkningar över istillväxten vid olika prepareringsmetoder. Emedan prepareringsarbetet normalt sker under perioden november—januari, med tyngdpunkten i december, har redovisningen begränsats till dessa månader.

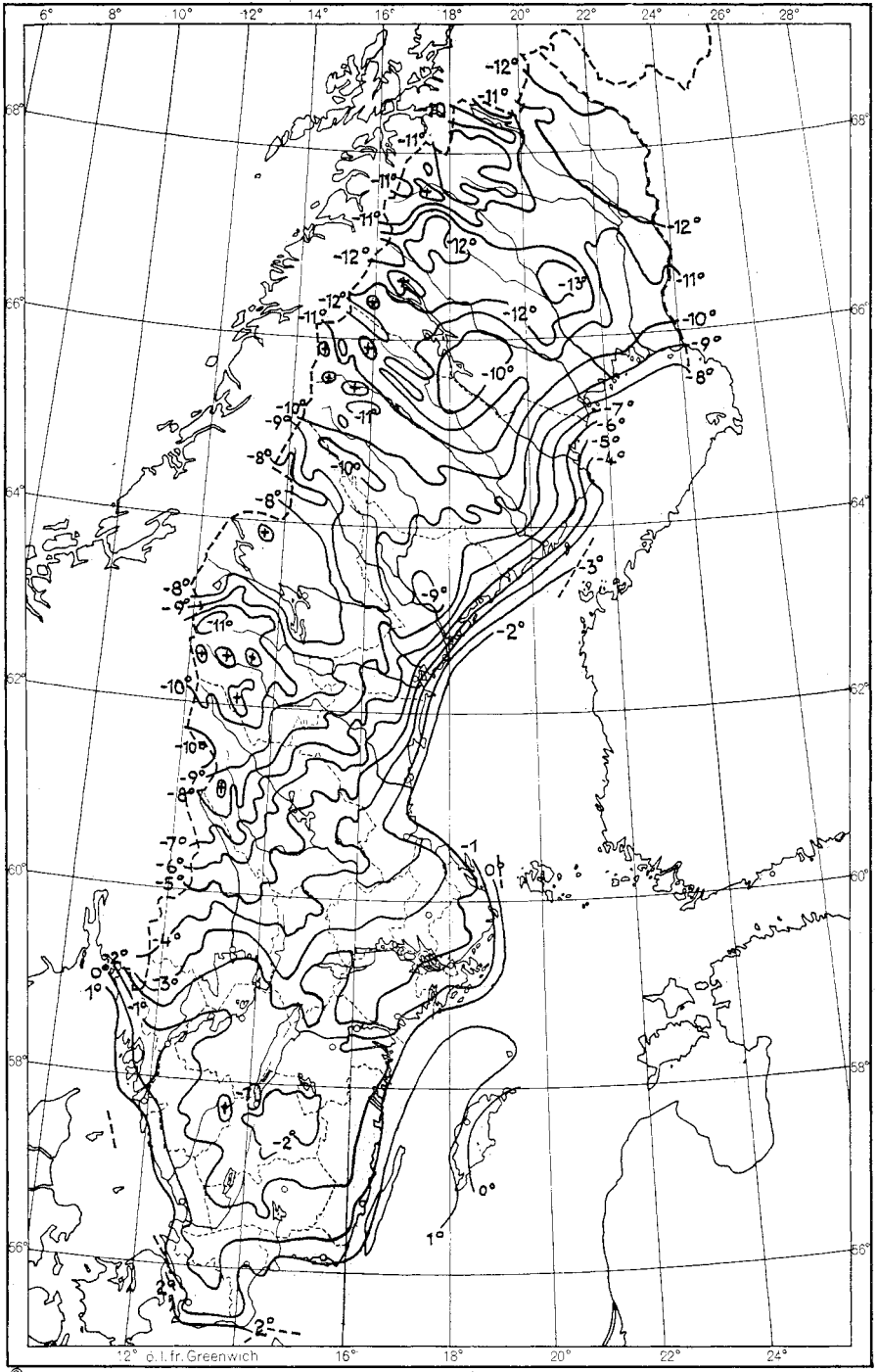
a. **Temperatur.** Månadsmedeltemperaturen i december framgår av isothermkartan i fig. 6, som i något modifierat skick hämtats ur »Atlas över Sverige». Den varierar i stort sett mellan -5° och -13° C och ligger för huvudparten av området mellan -7° och -10° C. Jämfört med månadsmedeltemperaturen i december ligger novembertemperaturen i genomsnitt $3-5^{\circ}$ högre och januaritemperaturen $1-2^{\circ}$ lägre.

Variationen från år till år framgår av de frekvensdiagram, som i fig. 7 redovisas för utvalda platser inom området och för 30-årsperioden 1931—60 (för Karlstad dock endast perioden 1931—50). Det aritmetiska medelvärdets läge har i varje diagram antyttts med en pil.

Fördelningarna är relativt flacka och företer genomgående en tendens till positiv snedhet, innebärande att frekvensen är högre på den »varma sidan» av medeltalet än på den »kalla sidan». Materialet visar, att sannolikheten att få en vinter, som är minst 3° C varmare än medeltalet, är av storleksordningen 15—25 %.

b. **Nederbörd.** Månadsmedelnederbörden i december framgår av kartan i fig. 8, som hämtats, i något modifierat skick, ur »Atlas över Sverige». Den varierar i stort sett mellan 30 och 50 mm och är för större delen av området omkring 40 mm. Variationen från år till år belyses med hjälp av frekvensdiagrammen i fig. 9 för utvalda platser och för 30-årsperioden 1931—60 (för Karlstad dock endast 1931—50).

Såsom framgår av fig. 9, varierar fördelningarnas karaktär avsevärt. Fördelningarna kan emellertid betecknas som flacka (undantag Karesuando). Ju högre medelnederbörden är, desto flackare synes fördelningen vara.



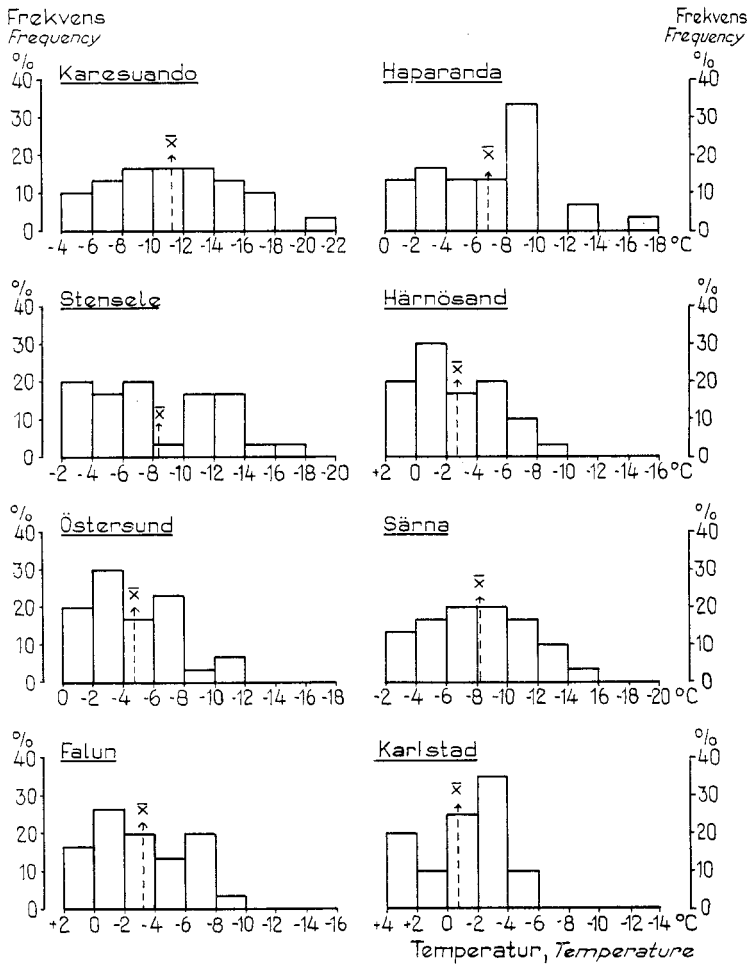
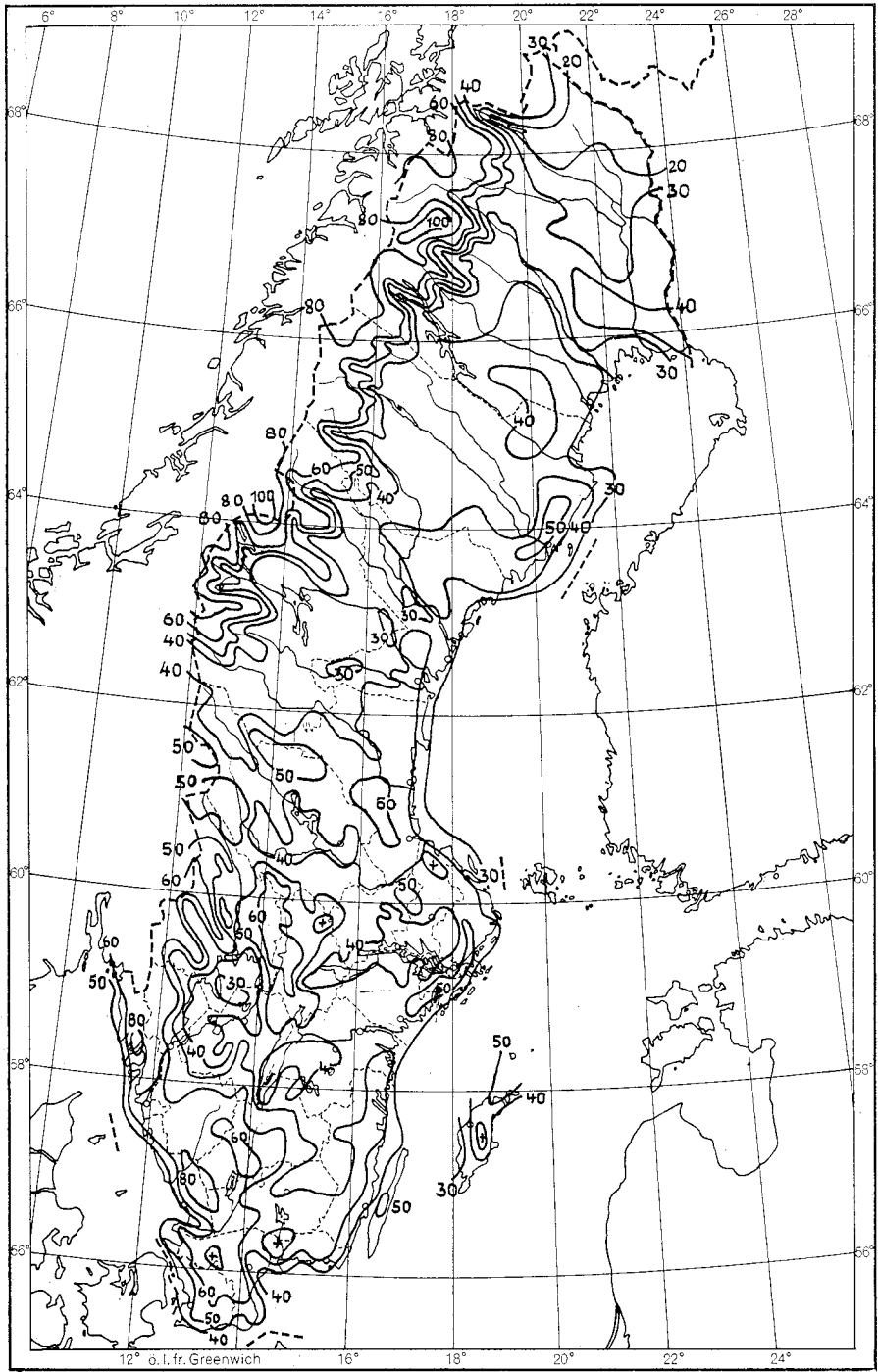


Fig. 7. Månadsmedeltemperaturens fördelning och medeltal (\bar{x}) för december åren 1931—60.

Distribution and mean (\bar{x}) of the monthly mean temperature for December during the years 1931—60.

Fig. 6. Medeltemperatur för december (efter »Atlas över Sverige»).
Mean temperature for December (after »Atlas över Sverige»).



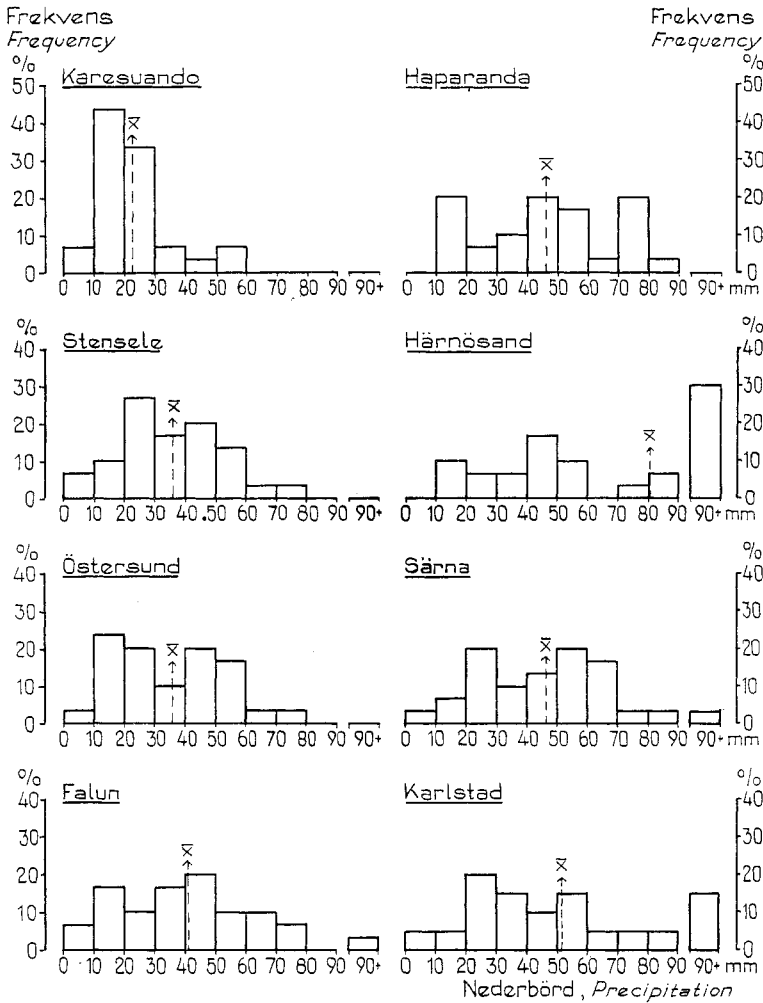


Fig. 9. Månadsmedelnederbördens fördelning och medeltal (\bar{x}) för december åren 1931—60.
Distribution and mean (\bar{x}) of the monthly mean precipitation for December during the years 1931—60.

Emedan nederbörden utövar särskilt stort inflytande på istillväxten, beroende på den avsevärda köldisolering som även tunna snöskikt ger, har frekvensen av nederbördsfria perioder av olika längd särskilt intresse. Denna fråga belyses genom fig. 10, som visar frekven-

Fig. 8. Medelnederbörd för december (efter »Atlas över Sverige»)
Mean precipitation for December (after »Atlas över Sverige»).

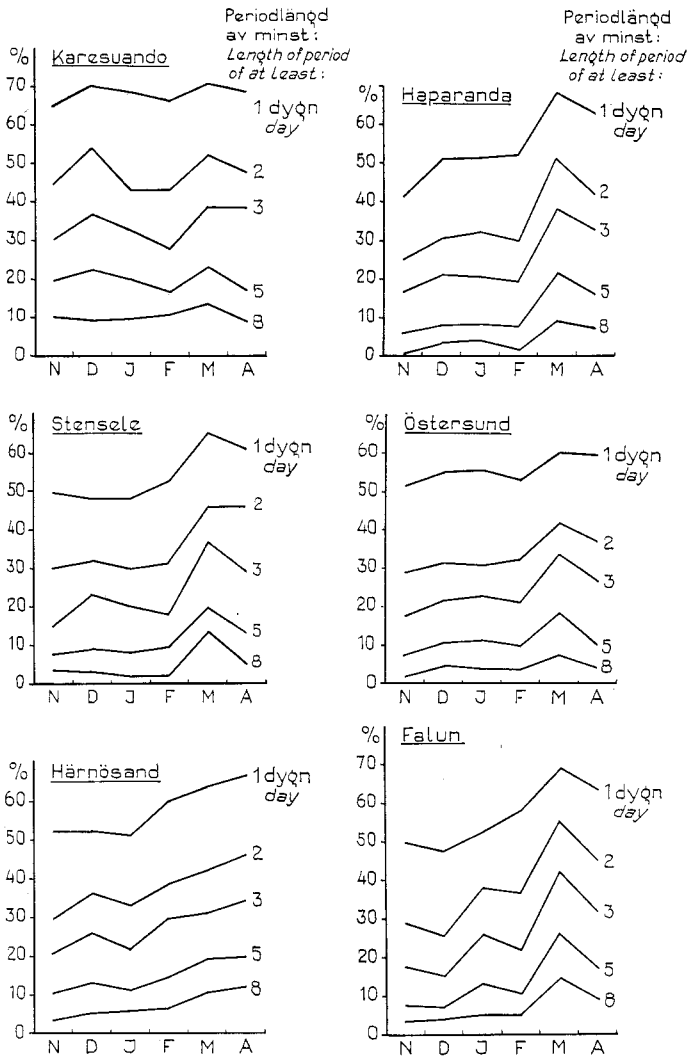


Fig. 10. Frekvens av dygn (per månad, %) som ingår i nederbördsfria perioder av olika längd. November—april 1931—50.

Frequency of 24-hr days (per month, %), included in periods of various lengths with no precipitation. November—April 1931—50.

sen av olika periodlängder av nederbördsfria dygn för utvalda platser inom området och för 20-årsperioden 1931—50. Periodlängder av dygn med mindre än 1,0 mm nederbörd, vilket svarar mot ungefär 1 cm snöfall (jfr bl. a. Potter 1960), har även tagits med i redovisningen (fig. 11).

Av fig. 10 och 11 framgår att omkring hälften av månadens dygn är helt nederbördsfria under november—januari och att 65—80 % av an-

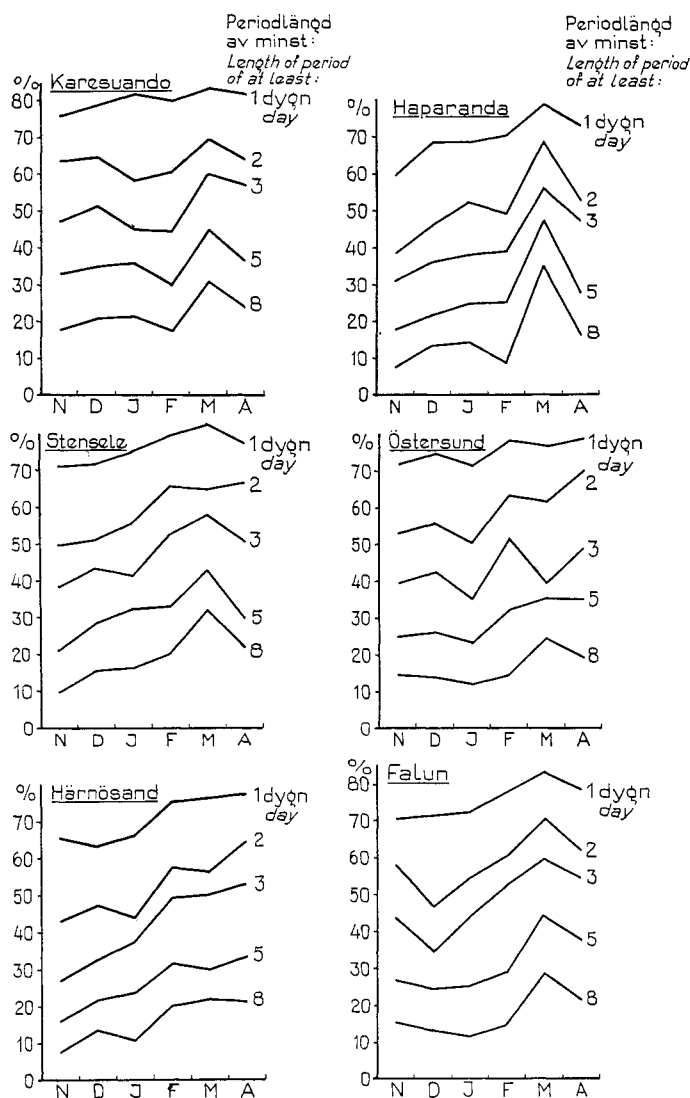


Fig. 11. Frekvens av dygn (per månad, %) som ingår i perioder av olika längd av dygn med mindre än 1,0 mm nederbörd. November—april 1931—50.

Frequency of 24-hr days (per month, %), included in periods of various lengths with precipitation less than 1,0 mm. November—April 1931—50.

talet dygn har mindre än 1,0 mm nederbörd. Nederbördsfria dygn med en periodlängd av *minst* två dygn förekommer 25—40 % av tiden, medan motsvarande andel för dygn med mindre än 1,0 mm är 45—60 %. För periodlängder av minst tre dygn erhålles 15—30 % resp. 30—45 % och av minst fem dygn 5—15 % resp. 20—35 %.

c. **Vindstyrka.** Med hänsyn dels till att vindstyrkan företer synnerligen starka lokala variationer och dels till att observationsnätet betr. vindstyrkan är mycket glest i inlandet, är det mycket vanskligt att ange generella uppgifter över vindstyrkan. Författaren har med ledning av opublicerade data, tillgängliga vid Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI), uppskattat, att medelvindstyrkan under förvintern på sjöar och älvar inom området ligger inom 1—3 m/sek på de flesta platserna.

d. **Molnighet.** Data över molnighet för perioden 1901—30 har publicerats av *Lindholm* (1955). *Lindholm* redovisar i kartform medelmolnigheten, uttryckt i molntäckt procent av himlen, månadsvis för 30-årsperioden. Det framgår, att medelmolnigheten för december i stort sett varierar mellan 60 och 75 % inom det berörda området. För november månad är molnigheten ungefär densamma, för januari 5—10 % lägre, jämfört med december.

Kap. 4. De naturliga isförhållandena i Norrland, Dalarna och Värmland

En kartläggning av de naturliga isförhållandena bedömdes vara en nödvändig förutsättning för en tillfredsställande behandling av frågekomplexet rörande preparering och användning av isavlägg. Tidigare har endast data över tidpunkten för isläggning och islossning och över istäckets varaktighet i vårt lands insjöar publicerats (*Eriksson 1920*). Av speciellt intresse i här berörda sammanhang är emellertid isens tjocklek samt snö- och stöpförhållandena vid olika tidpunkter under vintern. I det följande redovisas en utredning häröver för de delar av landet, där virkesavläggning på is framförallt är aktuell.

4.1 Beskrivning av materialet

Isavdelningen vid Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI) har under en längre följd av år observerat isförhållandena i ett flertal av våra sjöar och älvar. Mätningarna är i regel förlagda till platser, där vintervägar går över vattendragen. Observationerna sammanställs vid behov till s. k. istillväxtdiagram, som visar istjockleken och snödjupet på isen vid olika tidpunkter varje vinter, ävensom förekomsten av stöpvatten.

Vid varje mätplats utföres observationer i ett flertal mätpunkter utmed en linje, som exv. på älvsträckor går tvärs över vattendraget. Nämda istillväxtdiagram upprättas för en subjektivt vald punkt. Härvid söker man välja en för platsen representativ punkt, dvs. en punkt som exv. ej direkt påverkas av uppstöpning i strandsvackan. Dyliga observationer har på vissa mätplatser utförts sedan vintern 1939—40; för flertalet platser dock först sedan 1944—45. Med syfte att få en så enhetlig tidsperiod för materialet som möjligt valdes 15-årsperioden 1944-45—1958-59. För några mätplatser godtogs en kortare tidsperiod, dock med minst 12 vintrars observationer. 28 mätplatser utvaldes (jfr nedan) för bearbetning. Platsernas ungefärliga läge framgår av kartan i fig. 12. I bilaga 1 anges mätplatsens namn och nummerbeteckning enligt SMHI samt mätpunktens läge. Vissa flodområden måste lämnas utanför utredningen, emedan mätplatser med mångåriga observationer saknades.

Vid valet av mätplats ställdes kravet, att platsen skulle vara *representativ ur virkesavläggningssynpunkt*, dvs. att isförhållandena normalt skulle vara sådana, att virkesavläggning skulle kunna ske på platsen med uppfyllande av de krav, som angivits i avsnitt 1.33. I de

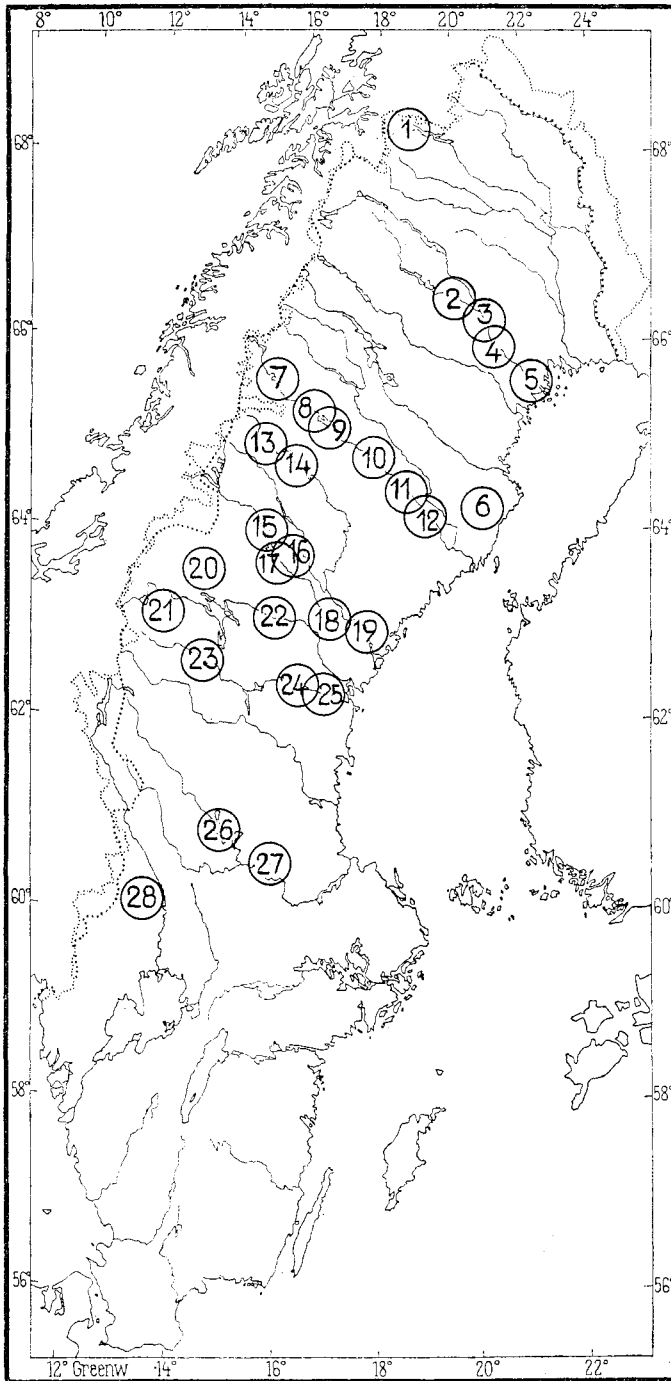


Fig. 12. Läget av de mätplatser som använts vid analysen av de naturliga isförhållandena.
Localities supplying data used in the analysis of the natural ice conditions.

flesta fall låg mätplatsen intill eller i närheten av områden, där virkesavläggning vanligen brukar ske. Dessutom krävdes det, att inga betydande ändringar av de hydrologiska förhållandena i form av exv. vattenregleringar förekommit. Urvalet av mätplatserna skedde i samråd med sakkunnig personal från SMHI. En kontroll av seriernas homogenitet har även utförts med hjälp av en statistisk analys (se nästa avsnitt).

Isens och snöns tjocklek mätes i fält på 1 cm när och kan i istillväxtdiagrammen avläsas på 1 cm när.

4.2 Tidsseriernas homogenitet

För att utröna om någon systematisk förändring av isförhållandena ägt rum under den tidsperiod, som blivit föremål för bearbetning, utfördes en granskning av följande variabler:

- datum för isläggning,
- datum för uppnående av 15 cm istjocklek,
- den maximala istjockleken per vinter.

Vid analysen behandlades nämnda variabler som tidsserier, med löpande år som oberoende variabel.

Tab. 2. Regressionskoefficienter (b) för utvalda mätplatser.
Oberoende variabel = löpande år.

Regression coefficients for selected localities.
Independent variable = current year.

Beroende variabel Dependent variable	Mätplats nr Locality no.	b	Hypotes b = 0 Hypothesis b = 0	Antal år No. years
Datum för isläggning Date of freeze-up	12	+ 0,64	accept.	13
	19	— 0,72	»	15
	22	— 1,12	»	15
	23	+ 0,60	»	15
	25	— 1,02	»	15
Datum för uppnående av 15 cm Date of reaching 15 cm ice thickness	8	+ 0,26	accept.	12
	12	+ 0,62	»	13
	17	+ 0,90	»	15
	19	— 0,47	»	15
	22	— 0,30	»	15
Maximal istjocklek cm Maximum ice thickness, cm	14	+ 1,12	förkast. reject.	15
	22	— 1,15	accept.	15
	8	+ 0,51	»	12
	11	+ 0,51	»	13
	23	+ 1,53	»	15

För var och en av samtliga mätplatser prövades med hjälp av ett »runtest» (jfr bl. a. *Hyrenius* 1959, sid. 570) hypotesen att variationen med tiden (löpande år) var slumpmässig (95 % konfidensnivå). Hypotesen kunde ej i något fall förkastas. För resp. variabler utvaldes därefter de fem mätplatser, som låg närmast den lägre signifikanspunkten, dvs. de platser som hade det minsta antalet runs, vilket skulle kunna indikera, att en trend, som det relativt grova runtestet ej förmått påvisa, förelåg i tidsserien. För varje utvald mätplats och variabel beräknades regressionskoefficienten för en rät linje samt testades hypotesen, att regressionskoefficienten var = 0 (95 % konfidensnivå). Resultaten redovisas i tab. 2.

Endast i ett fall av 15 kunde således hypotesen om slumpmässig variation förkastas, vilket man med hänsyn till den konfidensnivå som valts också kan förvänta, även om hypotesen i samtliga fall i verkligheten vore riktig. Analysen har sålunda inte kunnat påvisa heterogenitet hos någon av observationsserierna. Ett observandum bör dock ges för mätplats 22, Stugubyn—Eriksberg i Indalsälven. Denna mätplats förekommer i samtliga tre fall i tab. 2. Även om testet ej i något fall visat, att en signifikant trend föreligger, antyder nämnda omständighet, att en systematisk förändring kan ha ägt rum under perioden.

4.3 Isförhållanden

Observationsserierna är ej av den längd man normalt kräver (i regel 30 år) för att få representativa data vid klimatologiska undersökningar. De är emellertid tillräckligt långa för att ge en god bild av isförhållandena inom det berörda området.

Nätet av mätplatser är alltför glest, för att man skall kunna draga isolinjer för olika kriterier (exv. datum för isläggning). Resultaten redovisas därför endast i tabeller och diagram.

Betr. istjockleken gäller att i sådana fall, där istäcket bestått av två eller flera isskikt, endast tjockleken för det tjockaste isskiktet medräknats. Snötjockleken avser alltid den totala tjockleken och inkluderar således även ev. förekomst av stöpvatten.

I tab. 3 redovisas data rörande tidpunkten, när isläggning, islossning och största istjocklek resp. snötjocklek inträffar samt anges när olika istjocklekar nås. Redovisningen avser medianvärdet (\tilde{x}), den 60-procentiga variationsvidden (R_{60}), som innesluter medianen ± 30 % av fördelningen, samt den totala variationsvidden (R_{100}) under den observerade perioden.

Tab. 3. Tidpunkt för isläggning och islossning samt uppnående av maximal is- och snöjocklek och olika isjocklekar.
Date of freeze-up and break-up and date when reaching maximum ice thickness and various ice thicknesses.

Nr No.	Mätplats Locality	Beteckning enl. SMHI Denotation of SMHI	Datum samt R_{60} och R_{100} (dagar) för Date, R_{60} and R_{100} (days) for												Max. is- tjockl. ice thickn. cm	snö- djup snow depth cm			
			Is- lägg- up Freeze- up	Is- lossn. Break- up	Isjocklek, cm Ice thickness, cm						10	15	20	30			40	50	60
					10	15	20	30	40	50									
1	1-d	Torne träsk — Abisko	\tilde{x} R_{60} R_{100}	22/12 26 49	13/6 17 23	30/12 24 46	3/1 25 45	5/1 24 45	9/1 27 47	22/1 31 55	31/1 38 65	10/2 40 83	5/4 30 47	13/3 45 81					
2		Mattisuddselet	\tilde{x} R_{60} R_{100}	3/11 21 38	11/5 13 32	8/11 24 41	11/11 22 60	21/11 31 62	15/12 36 52	7/1 49 88	26/1 57 —	22/2 — —	30/3 46 86	11/5 13 32					
3		Finnselet	\tilde{x} R_{60} R_{100}	12/11 26 50	4/5 13 24	19/11 24 52	25/11 38 59	28/11 46 56	31/12 40 65	21/1 35 85	23/2 65 —	— — —	29/3 32 65	24/2 37 104					
4		Härads - - Svartlä	\tilde{x} R_{60} R_{100}	2/11 18 36	6/5 11 27	7/11 16 37	14/11 17 42	18/11 20 50	8/12 34 71	26/12 31 67	30/1 41 125	17/3 — —	15/3 31 65	28/2 39 67					
5		Råbäck — Avan	\tilde{x} R_{60} R_{100}	3/11 21 32	9/5 13 26	5/11 23 36	12/11 24 39	15/11 25 41	27/11 23 54	21/12 27 135	29/1 69 —	14/2 61 —	31/3 30 107	3/3 43 96					
6		24-h Stora Bygdeträsket	\tilde{x} R_{60} R_{100}	25/11 25 51	12/5 22 28	7/12 36 56	17/12 33 61	22/12 35 91	11/1 33 89	27/1 54 —	7/4 — —	— — —	5/4 31 85	6/3 34 84					
7		28-g Gäutajaura	\tilde{x} R_{60} R_{100}	13/11 26 42	27/5 13 31	18/11 34 48	25/11 28 53	5/12 25 59	26/12 25 59	16/1 55 —	9/3 — —	30/3 — —	8/4 46 156	28/2 64 118					
8		10 a Umnäs — Nordanäs	\tilde{x} R_{60} R_{100}	23/11 8 30	21/5 15 33	28/11 9 31	9/12 11 21	17/12 14 57	2/1 22 60	17/1 23 54	19/2 30 48	12/3 30 40	9/4 61 52	6/2 61 96					
9		12 n Blauken — Kaskeluokt	\tilde{x} R_{60} R_{100}	12/12 20 33	23/5 14 28	15/12 21 32	22/12 18 29	3/1 17 43	18/1 21 63	8/2 39 64	28/2 38 —	4/4 — —	15/4 29 61	24/2 29 77					
10		23 Åskilje by — Åskilje stn	\tilde{x} R_{60} R_{100}	19/11 24 56	5/5 13 55	27/11 21 52	2/12 29 50	13/12 27 49	3/1 22 76	28/1 28 88	10/3 50 —	— — —	8/4 35 66	19/2 37 102					

Tab. 3 forts.
cont'd.

Nr No.	Mätplats Locality	Beteckning enl. SMHI Denotation of SMHI	Datum samt R_{60} och R_{100} (dagar) för Date, R_{60} and R_{100} (days) for										Max.	
			Is- lägg. Freeze- up	Is- lossn. Break- up	Istjocklek, cm Ice thickness, cm						is- tjockl. ice thickn.	snö- djup snow depth		
					10	15	20	30	40	50			60	cm
11	37	Karonsbo — Tannbäckssudden	\bar{x} R_{60} R_{100}	11/11 14 37	2/5 11 32	21/11 21 37	26/11 21 39	29/11 26 69	21/12 19 63	12/1 17 112	6/2 43 85	30/3 — —	25/3 27 60	19/2 54 111
12	45	Strandåker — Avalund	\bar{x} R_{60} R_{100}	14/11 26 53	2/5 9 31	16/11 25 57	1/12 32 61	4/12 32 95	20/12 59 —	7/1 76 —	16/2 46 —	24/4 — —	19/3 35 60	22/2 34 85
13	4 j	Liden — Saxnäs	\bar{x} R_{60} R_{100}	13/11 20 35	27/5 14 33	19/11 21 35	27/11 22 36	17/12 32 65	5/1 25 —	29/1 34 —	12/2 52 —	7/3 — —	22/4 26 115	9/2 54 114
14	11 c	Strömnäs — Rekansjö	\bar{x} R_{60} R_{100}	12/12 17 39	18/5 14 28	22/12 22 39	3/1 30 63	11/1 31 56	27/1 35 97	16/2 55 —	13/3 — —	— — —	9/4 37 88	17/2 51 92
15	14 c	Postviken — Vedjeån	\bar{x} R_{60} R_{100}	12/12 11 39	16/5 16 37	20/12 17 33	30/12 17 45	7/1 22 50	25/1 22 66	12/2 20 72	21/3 — —	— — —	30/3 29 60	4/3 39 94
16	5	Vängel — Tjärnåset	\bar{x} R_{60} R_{100}	7/11 22 36	4/5 15 30	12/11 21 43	22/11 22 36	2/12 26 47	30/12 40 77	18/1 24 62	21/2 30 —	— — —	24/3 33 66	17/2 74 100
17	16 b	Storön — Boviken	\bar{x} R_{60} R_{100}	10/11 23 40	7/5 17 29	17/11 17 39	30/11 20 49	7/12 24 60	27/12 18 80	20/1 26 —	13/2 40 —	13/4 — —	22/3 55 93	11/2 59 103
18	25 a	Hampberget — Ledingån	\bar{x} R_{60} R_{100}	12/11 17 34	5/5 20 30	25/11 20 32	7/12 26 57	14/12 26 83	8/1 33 83	26/1 42 —	20/3 — —	— — —	30/3 22 82	25/2 43 80
19	65	Nyland — Sandslån	\bar{x} R_{60} R_{100}	1/12 24 32	23/4 19 29	6/12 22 34	8/12 21 37	12/12 19 41	29/12 23 79	20/1 35 —	22/2 — —	— — —	13/3 43 66	15/2 34 68
20	6	Enarsvedjan — Lien	\bar{x} R_{60} R_{100}	14/12 17 28	14/5 15 34	26/12 14 22	1/1 15 46	7/1 17 52	18/1 23 79	15/2 23 —	20/3 — —	— — —	1/4 21 51	27/2 50 100

Tab. 3 forts.
cont'd.

Nr No.	Mätplats Locality	Is- lägg. Freeze- up	Is- lösning. Break- up	Datum samt R_{60} och R_{100} (dagar) för Date, R_{60} and R_{100} (days) for												Max. is- tjockl. ice snow thickn. depth cm	
				Is-tjocklek, cm Ice thickness, cm						10	15	20	30	40	50		60
				\bar{x} R_{60} R_{100}	6/12	12/12	18/12	2/1	12/1								
21	1 b Ottsjöby — Torkil Olsnäset	18/11 21 34	14/5 21 43	6/12 28 47	12/12 32 42	18/12 21 43	2/1 23 58	12/1 29 66	31/1 23 55	1/3	13/2	21/3 37 74	13/2 54 123				
22	7 Stugubyn — Eriksberg	14/12 19 42	18/4 19 52	21/12 17 37	27/12 22 57	1/1 22 52	24/1 22 54	17/2	4/4	—	—	12/3 33 62	13/2 34 72				
23	Fotingen	1/11 16 28	10/5 19 34	10/11 20 41	18/11 22 40	3/12 26 55	17/12 31 72	8/1 39 69	13/2 59	11/3 66	1/4 28 46	12/2 58 106					
24	100 b Torps kyrka — Viken	18/11 19 32	29/4 22 34	20/11 20 31	30/11 21 37	10/12 14 44	27/12 19 62	13/1 29 49	11/2 42 99	24/3	25/3 24 48	21/2 46 76					
25	118 c Svedjan — Usland	8/12 16 39	4/5 16 28	11/12 16 38	20/12 20 45	24/12 22 41	12/1 24 42	27/1 38 79	2/3	—	26/3 21 42	6/2 45 99					
26	Fiskodlingsanstalten, Sollerön	2/12 23 43	25/4 20 33	30/12 24 46	10/1 47	20/1 24 42	30/1 33 62	4/3 43	—	—	26/3 19 25	15/2 44 67					
27	53-23 Runn	30/11 25 44	25/4 20 29	10/12 27 44	14/12 30 51	6/1 33 78	24/1 46 91	—	—	—	20/3 26 44	8/2 47 75					
28	Nedre Torsby	16/12 21 37	23/4 26 31	28/12 26 40	31/12 35 43	12/1 21 48	27/1 27 65	—	—	—	18/3 19 35	13/2 41 73					

I tab. 4 redovisas aritmetiskt medeltal och standardavvikelse för den maximala is- och snötjockleken samt för antalet dagar med is-tjocklek överstigande olika kritiska gränser.

Tab. 4. Maximal is- och snötjocklek samt antal dagar med istjocklek överstigande 30, 40, 50 och 60 cm.

Maximum ice thickness and snow depth and number of days with ice thickness exceeding 30, 40, 50 and 60 cm.

n = antal år. No. years.

Nr No.	Mätplats Locality Beteckning enl. SMHI Denotation of SMHI	Ant. år No. years		Max.		Antal dagar med istjocklek Number of days with ice thickness			
				is- tjockl. ice thickn. cm	snö- djup snow depth cm	> 30 cm	> 40 cm	> 50 cm	> 60 cm
1	1-d Torne träsk, Abisko	15	\bar{x}	82	17	141	129	114	90
			s	12	7	19	21	24	26
			n	—	—	15	15	15	15
2	Mattisuddselet	15	\bar{x}	67	40	139	112	82	50
			s	15	12	24	35	40	47
			n	—	—	15	15	14	11
3	FinNSElet	15	\bar{x}	57	45	124	88	49	12
			s	8	13	28	32	35	23
			n	—	—	15	15	13	5
4	Harads—Svartlå	14	\bar{x}	64	47	140	118	77	35
			s	10	15	24	23	40	44
			n	—	—	14	14	14	10
5	Råbäck—Avan	14	\bar{x}	69	42	149	121	78	59
			s	12	13	24	41	47	43
			n	—	—	14	14	12	12
6	24-h Stora Bygde- träsket	15	\bar{x}	55	43	108	76	34	17
			s	11	11	30	40	42	27
			n	—	—	15	14	9	7
7	28-g Gäutajaure	13	\bar{x}	60	48	131	92	53	33
			s	20	10	55	48	40	33
			n	—	—	13	13	11	9
8	10 a Umnäs — Nordanäs	12	\bar{x}	66	36	130	109	76	40
			s	4	12	25	23	16	27
			n	—	—	12	12	12	12
9	12 n Blaiken — Kaskeluokt	13	\bar{x}	63	31	115	87	58	30
			s	9	9	24	28	31	24
			n	—	—	13	13	12	10
10	23 Åskilje by — Åskilje stn	13	\bar{x}	57	38	113	81	44	9
			s	7	9	29	31	30	17
			n	—	—	13	13	11	6
11	37 Karonsbo — Tannbäckssudden	13	\bar{x}	61	43	122	99	62	20
			s	6	9	23	32	27	23
			n	—	—	13	13	13	7
12	45 Strandåker — Avalund	12	\bar{x}	58	49	105	82	58	16
			s	14	11	50	48	35	27
			n	—	—	12	11	11	7
13	4 j Liden — Saxnäs	14	\bar{x}	65	42	131	102	78	49
			s	16	8	41	35	38	41
			n	—	—	14	14	13	10

Tab. 4 forts.
cont'd.

Nr No.	Mätplats Locality Beteckning enl. SMHI Denotation of SMHI	Ant. år No. years		Max.		Antal dagar med istjocklek Number of days with ice thickness			
				is- tjockl. ice thickn. cm	snö- djup snow depth cm	> 30 cm	> 40 cm	> 50 cm	> 60 cm
14	11 c Strömnäs — Rekansjö	15	\bar{x} s n	54 10 —	34 6 —	93 38 15	71 38 14	37 31 11	7 13 6
15	14 c Postviken — Vedjeön	14	\bar{x} s n	55 6 —	31 7 —	96 29 14	72 22 14	30 25 10	5 12 3
16	5 Vängel — Tjärnnäset	14	\bar{x} s n	61 9 —	39 10 —	120 27 14	97 24 14	52 31 13	17 28 7
17	16 b Storön — Boviken	15	\bar{x} s n	58 11 —	32 7 —	118 29 15	85 32 14	55 32 13	22 26 8
18	25 a Hampberget — Ledingån	14	\bar{x} s n	55 11 —	37 9 —	102 37 14	80 36 13	41 37 11	11 20 4
19	65 Nyland — Sandslån	15	\bar{x} s n	56 9 —	34 9 —	108 25 15	77 33 14	40 31 12	11 7 6
20	6 Enarsvedjan — Lien	15	\bar{x} s n	55 11 —	28 8 —	99 28 15	65 36 15	30 32 12	10 27 5
21	1 b Ottsjöby — Torkil Olsnäset	15	\bar{x} s n	69 11 —	21 9 —	127 26 15	104 29 15	78 31 15	45 38 11
22	7 Stugubyn — Eriksberg	15	\bar{x} s n	53 13 —	27 6 —	71 24 15	44 29 12	18 27 8	8 17 4
23	Fotingen	15	\bar{x} s n	69 14 —	42 16 —	138 22 15	111 32 15	77 39 14	51 39 13
24	100 b Torps kyrka — Viken	15	\bar{x} s n	61 6 —	30 8 —	116 24 15	94 25 15	57 32 15	22 26 10
25	118 c Svedjan — Usland	15	\bar{x} s n	57 8 —	30 10 —	104 19 15	75 30 15	42 32 12	15 23 6
26	Fiskodlingsanstalten Sollerön	15	\bar{x} s n	48 10 —	26 11 —	73 28 15	36 31 13	11 20 6	4 14 1
27	53-23 Runn	15	\bar{x} s n	49 11 —	26 10 —	84 28 15	41 39 12	14 24 5	6 14 3
28	Nedre Torsby	15	\bar{x} s n	48 10 —	24 15 —	82 17 15	41 31 12	12 22 5	5 14 2

Tab. 5. Data över förekomsten av stöpvatten.

Data on the occurrence of slush.

Nr No.	Mätplats Locality Beteckning enl. SMHI Denotation of SMHI	Tidpunkt för 1:a upp- stöpning, p. g. a. snölast Date of first occur- rence of slush caused by weight of snow			Frekvens av stöpvattenförekomst Frequency of occurrence of slush		
		\tilde{x} datum date	R_{60} dagar days	R_{100} dagar days	\bar{x} per vinter \bar{x} per winter	på grund av caused by	
						snölast snow weight %	tö thaw %
1	1-d Torne träsk — Abisko	—	—	—	0,4	—	100
2	Mattisuddselet	23/12	40	—	2,3	63	37
3	Finnslet	26/12	46	—	2,1	89	11
4	Harads — Svartlå	12/12	74	—	2,3	77	23
5	Råbäck — Avan	10/1	—	—	1,9	56	44
6	24-h Stora Bygdeträsket	5/1	77	123	3,1	62	38
7	28-g Gäutajaure	19/12	43	—	3,5	64	36
8	10 a Umnäs — Nordanäs	3/1	—	—	1,8	78	22
9	12 n Blaiken — Kaskeluokt	24/1	—	—	1,7	70	30
10	23 Åskilje by — Åskilje stn	28/12	88	—	2,5	70	30
11	37 Karonsbo — Tannbäcks- udden	19/12	89	—	2,9	71	29
12	45 Strandåker — Avalund	30/12	77	—	2,1	76	24
13	4 j Liden — Saxnäs	5/12	35	142	3,3	76	24
14	11 c Strömnäs — Rekansjö	5/1	46	112	2,6	75	25
15	14 c Postviken — Vedjeön	3/1	65	—	2,5	73	27
16	5 Vängel — Tjärnåset	1/12	41	124	2,5	82	18
17	16 b Storön — Boviken	11/12	63	—	3,1	63	37
18	25 a Hampberget — Ledingån	12/12	42	—	2,6	72	28
19	65 Nyland — Sandslån	19/2	—	—	1,5	68	32
20	6 Enarsvedjan — Lien	29/12	57	—	2,2	45	55
21	1 b Ottsjöby — Torkil Olsnåset —	—	—	—	2,3	33	67
22	7 Stugubyn — Eriksberg	10/2	75	—	1,7	68	32
23	Fotingen	5/12	—	—	2,6	85	15
24	100 b Torps kyrka — Viken	3/1	—	—	2,0	65	35
25	118 c Svedjan — Usland	19/2	—	—	1,6	67	33
26	Fiskodlingsanstalten, Sollerön	11/2	—	—	1,1	75	25
27	53-23 Runn	20/1	—	—	1,7	73	27
28	Nedre Torsby	14/2	—	—	2,2	59	41

I tab. 5 redovisas data över förekomsten av stöpvatten på isen. Dels anges hur många gånger per vinter, som stöpvatten bildats, samt tidpunkten (\tilde{x} , R_{60} och R_{100}) för första uppstöpningen, som orsakas av belastningen av snön.

Först skall några översiktliga data ges, och vissa typiska drag i utvecklingen av isförhållandena beröras. Isläggningen sker, för praktiskt taget samtliga stationer, inom intervallet 20 oktober—10 november, vilket i stort sett överensstämmer med *Eriksson* (1920). Några systematiska skillnader mellan olika delar av området förekommer inte

i materialet, vilket troligen sammanhänger med materialets ringa storlek. R_{60} varierar mellan 15 och 25 dagar. Den totala variationsvidden är av storleksordningen 30—50 dagar och företer inga påtagliga regionala variationer. Efter isläggningen blir isen i regel snötäckt efter ganska kort tid. Därefter tillväxer isen relativt långsamt, och snön når mestadels sådant djup, att belastningen av snön orsakar uppstöpning. Medeldatum för första uppstöpningsen (tab. 5) har varierat mellan 1/12 och 23/1 för mätplatserna inom den norra delen av området och mellan 4/12 och 13/2 inom den södra delen. Variationerna från år till år är mycket stora för huvudparten av mätplatserna. Vid uppstöpningsen genomvattnas snön helt eller delvis. Sörjan fryser sedan i regel, och ett nytt snötäcke ackumuleras på isen. I många fall leder detta till ytterligare en uppstöpning på grund av stor snölast. Denna sker då mestadels i februari eller mars. I mars—april smälter sedan snön, och isen får ligga snöfri 2—3 veckor fram till islossningen. Islossningen har i genomsnitt skett tiden 1—20 maj i de norra och mellersta delarna och 20 april—10 maj i de södra. Här föreligger en klar avvikelse från *Erikssons* (1920) värden, i det islossningen i det här redovisade materialet inträffar omkring 10 dagar tidigare, än vad *Eriksson* redovisar. Spridningen i islossningsdatum är låg, R_{60} är omkring 10—20 dagar, R_{100} mestadels 25—30 dagar.

Som en följd av den beskrivna utvecklingen får snödjupet i regel två toppar under vintern, och snön når aldrig samma djup på isen som på kringliggande fastmarksområde. Den sista toppen är i regel den största. Den nås under senare hälften av februari ($R_{60} \approx 30$ —60 dagar), oberoende av geografiskt läge i detta material, och är i genomsnitt 30—50 cm inom de norra delarna och 20—40 cm i de södra delarna av området.

Den maximala istjockleken — i genomsnitt av storleksordningen 55—70 cm i de norra och mellersta delarna, 45—50 för de tre mätplatserna i Dalarna och Värmland — uppnås för praktiskt taget samtliga mätplatser i medeltal under senare hälften av mars ($R_{60} \approx 20$ —35 dagar).

Av tab. 4 framgår att man i genomsnitt har 3—5 månader i de norra och mellersta delarna och 2—3 månader i de södra, med en istjocklek som överstiger 30 cm. Standardavvikelsen är av storleksordningen 20—35 dagar. Isen är tjockare än 40 cm under i genomsnitt 2—4 månader i de norra och mellersta delarna, 1—1½ i de södra (standardavvikelsen 20—40 dagar) men för några av mätplatserna, även i de norra och mellersta delarna, har denna istjocklek ej uppnåtts varje vinter under den tid undersökningen omfattar. Mer än 50 cm förekommer 1—2½ månad i de norra och mellersta delarna; om-

kring $\frac{1}{2}$ månad i de södra. Denna tjocklek har på endast fyra mätplatser nåtts under samtliga år. På drygt hälften av mätplatserna har is tjockare än 60 cm i genomsnitt förekommit kortare tid än 3 veckor.

I bil. 2 visas, för varje mätplats, hur många år (absolut och procentuellt) istjockleken överskridit olika kritiska gränser vid olika tidpunkter under månaderna november till januari. Dessa diagram ger underlag för bedömning, exv. av sannolikheten för att ett avlägg överhuvudtaget behöver prepareras, och av tidpunkten när preparering med viss sannolikhet kan påbörjas. Dessa diagram har redovisats främst för att tjäna som underlag vid lokala beräkningar (jfr *Ager* 1960 c).

Kap. 5. Erforderlig istjocklek

Emedan kravet på istjocklek är grundläggande för bedömningen dels av effektiviteten hos olika prepareringsmetoder och dels av kostnaderna för preparering av olika typer av avlägg, behandlas denna fråga här förhållandevis utförligt. Den erforderliga istjockleken för såväl virkeslaster som trafiklaster skall därvid beröras.

5.1 Virkeslaster

Vid virkesavläggning på is kan man skilja på två huvudfall, i vad avser kravet på istjocklek. Det ena är, att virket kräver torkning, mätning eller någon form av bearbetning eller hantering, sedan det lagts upp i samband med utkörningen. I regel kräver man då, att virket ej får svalla ned och frysa in. Detta krav är i huvudsak bestämmande för hur virket avlastas och läggs upp. I det andra fallet är virket flytbart och inmätt och skall ej bearbetas eller hanteras på avlägget. Virket kan då vanligtvis tillåtas svalla ned, och sättet för dess avlastning och uppläggning bestäms av andra faktorer.

5.11 Virket läggs upp för torkning eller mätning

Om isen är fri från sprickor och hål, kan den bära avsevärda laster. Författaren har iakttagit avlägg på flytande is med en beläggning av 125 000 f³/ha ($\approx 3\,500$ m³f/ha), motsvarande omkring 300 kp/m², på vilka virket legat torrt under hela vintern.

Om vattnet har möjlighet att tränga upp igenom isen, vilket ofta är fallet, blir isens förmåga att bära virkeslaster beroende av dess flytkraft och av förekomsten av andra laster än virkeslasten. Detta fall skall närmare analyseras i det följande.

Isens *flytkraft*, P_f kp/m², bestäms genom det tidigare visade uttrycket (2):

$$P_f = 10 \cdot (1 - \rho_{is}) \cdot h_{is}$$

där således ρ_{is} g/cm³ är isens täthet och h_{is} cm dess tjocklek.

Låt oss i denna diskussion räkna med en täthet hos isen av 0,90 g/cm³, som bedömts vara ett ungefärligt genomsnittsvärde för hela is-

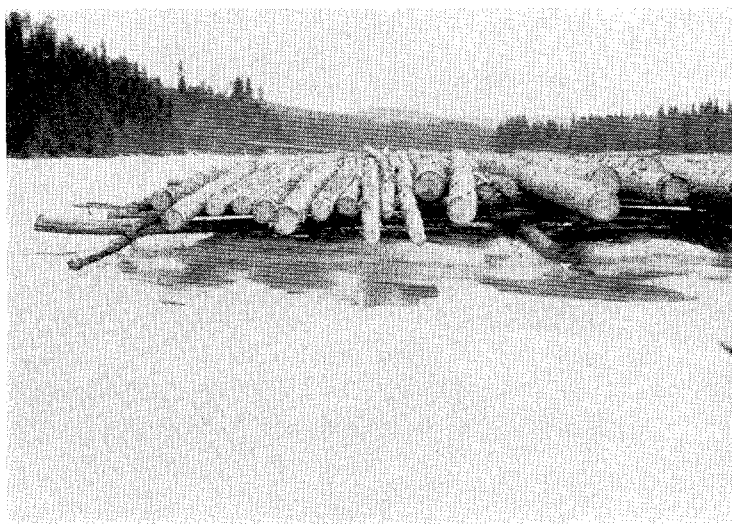


Foto förf.

Fig. 13. Virke som skall torka eller mätas läggs i regel upp i 1—2 varv på underlag.

For the purpose of seasoning or scaling, timber is usually kept in one or two tiers on crib work.

täcket, i fall där preparering sker genom maskinell uppvattning. Formeln (2) förenklas då till

$$P_f = h_{is} \text{ kp/m}^2 \quad (6)$$

vilket i ord innebär, att isen bär lika många kp per m², som den är tjock i centimeter.

Förutom virkeslaster har man i första hand att räkna med *snölast*er. Den genomsnittliga tätheten hos snötäcket på öppna ytor kan under för- och högvintern förväntas falla inom intervallet 0,15—0,30 g/cm³. Utländska undersökningar (*Rikhter 1945, Gold och Williams 1957 m. fl.*) samt egna, opublicerade mätningar ligger till grund för detta påstående. I diskussionen har valts att arbeta med tätheten 0,20. Varje decimeter snö med denna täthet belastar isen med 20 kp/m².

När vattenytan når upp i ett snötäcke på isen, förekommer ovan den fria vattenytan ett skikt av kapillärt hållet vatten, som belastar isytan (*Samuelsson 1958*). Enl. *Fremling (1962, stencil)* och författarens egna iakttagelser uppgår tjockleken av detta skikt ofta till 3—5 cm av orörda snötäcket. *Fremling (1962, stencil)* har uppskattat belastningen av varje cm kapillärt vatten till ca 4 kp/m².

Med de antagna förutsättningarna betr. isens och snöns täthet kan ett istäcke med tjockleken h_{is} cm bära ett snötäcke av högst $h_{is}/2$ cm, om vattenytan ej får nå högre än isens överyta. Om man har en 50

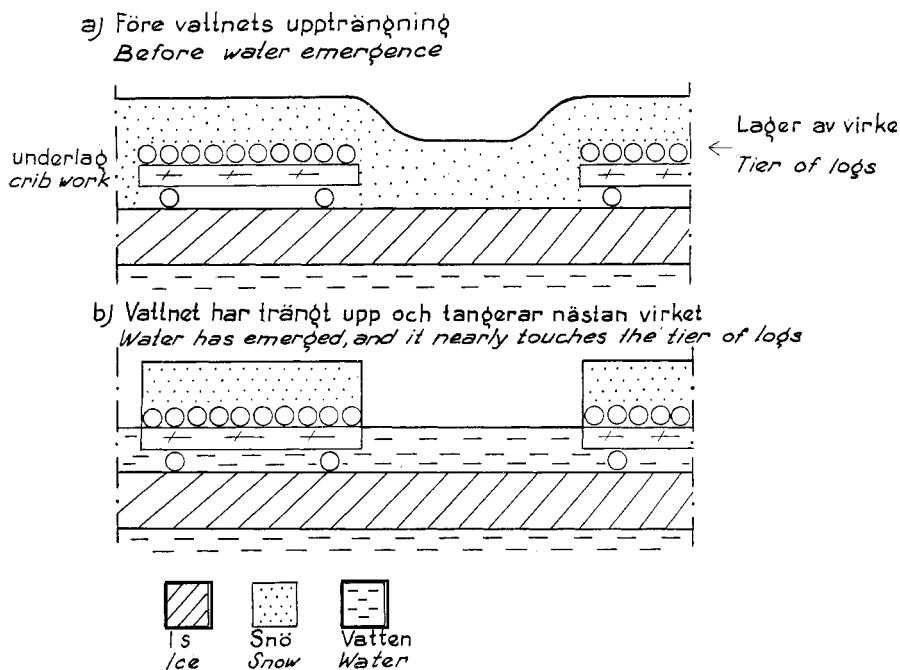


Fig. 14. Modell visande virkes- och snölastens tänkta läge och fördelning före (a) resp. efter (b) uppvattning.

Model showing the assumed position and distribution of the load of snow and of timber before (a) and after (b) water has emerged on to the ice.

cm tjock is, tränger således vatten upp på isen, om snötäcket är tjockare än 25 cm. Om man lade virke direkt på isen, skulle i ett sådant fall enbart snölasten under de flesta vintrar vara tillräckligt stor för att orsaka en nedsvallning av virket.

I praktiken är det emellertid brukligt (föreskrives i virkesmättningsföreningarnas instruktioner), att man lägger upp det virke, som skall mätas eller torka, på torra underlag och minst 25—40 cm ovan (fig. 13) isytan, mestadels 40 cm. I fig. 14 åskådliggöres i en modell schematiskt vad som kan ske i ett vanligt praktiskt fall (jfr även *Fremling 1957*, stencil). Emedan bearbetning eller hantering av virket, i form av barkning e. dyl., förekommer mycket sällan, koncentreras diskussionen till det fall att virket skall mätas eller torka. Det antages, att virket läggs upp på underlag och att vältorna ligger i rader med vägar mellan raderna. Därefter blir vältorna och vägarna täckta av snö. På grund av att snön ofta driver och därvid blåser bort från vältorna och samlar sig i vägarna, blir snöns tjocklek i regel större i vägarna än på vältorna (fig. 14 a). Det antages även, att snö ej finns under vält-

torna i sådan mängd, att snön når virket. I fig. 14 b visas tillståndet, när vatten har kunnat tränga upp på isen samt nått upp till och nästan tangerar virkets undersida. Om underlagens höjd är 40 cm eller däröver, är det troligt, att snön i vägarna i många fall sjunker samman och ned i vattnet, innan vattnet når virket. Belastningen av snön i vägarna bortfaller då. Samma effekt erhålles, om man packar snön i vägarna.

Vilka krafter har man då i jämviktsläge, när den fria vattenytan nästan tangerar virkets undersida? Snön i vägarna antages befinna sig helt under vattenytan. Någon belastning av kapillärt vatten finns inte, emedan ingen snö finns under vältorna eller ovanför vattenytan i vägarna. Kvar står alltså isens flytkraft samt belastningen av virket och av snön på virket. Dessa betecknas här med resp. P_f , P_v och $P_{snö}$. Då blir i jämviktsläget

$$P_v = P_f - P_{snö} \quad (7)$$

Om vidare

- den procent av den totala avläggsarealen, som täcks av virke — beläggningsgraden — betecknas med p ,
- lasten betraktas som homogent fördelad över hela avläggsarealen, vilket torde vara realistiskt under praktiska förhållanden, om man eftersträvar en jämn fördelning av virkesvältorna och om beläggningsgraden är minst 25 %,
- isens tjocklek är h_{is} cm och dess täthet $\rho_{is} = 0,90$ g/cm³,
- snöns tjocklek är $h_{snö}$ cm och dess täthet $\rho_{snö} = 0,20$ g/cm³

erhålles:

$$P_v = h_{is} - 2 \cdot h_{snö} \cdot \frac{p}{100} \text{ kp/m}^2 \quad (8)$$

I fig. 15 visas hur stort P_v blir vid olika värden på h_{is} , p och $h_{snö}$. Samtidigt anges den mot P_v svarande beläggningen i 1 000 f³/ha och i m³f/ha vid en volymvikt hos virket av 18, 22 och 26 kg/f³ samt 600, 700, 800, 900 och 1 000 kg/m³f.

Enligt *Virkeskommittén* (1957) har man vid avläggning på is i strölagd vältta i genomsnitt en beläggningsgrad på ca 50 % (varierande mellan 45 och 60 %) och en beläggning av 13 000 f³/ha (≈ 370 m³f/ha) för massaved och 18 000 f³/ha (≈ 510 m³f/ha) för timmer, per varv. Med normal fördelning mellan massaved och timmer erhålles ett genomsnitt av ungefär 15 000 f³ (≈ 425 m³f/ha) per hektar och varv.

När utkörning sker med häst, börjar man ofta vid 35 cm istjocklek. Om isen är snöfri, bär den nått och jämt ett varv massaved med ge-

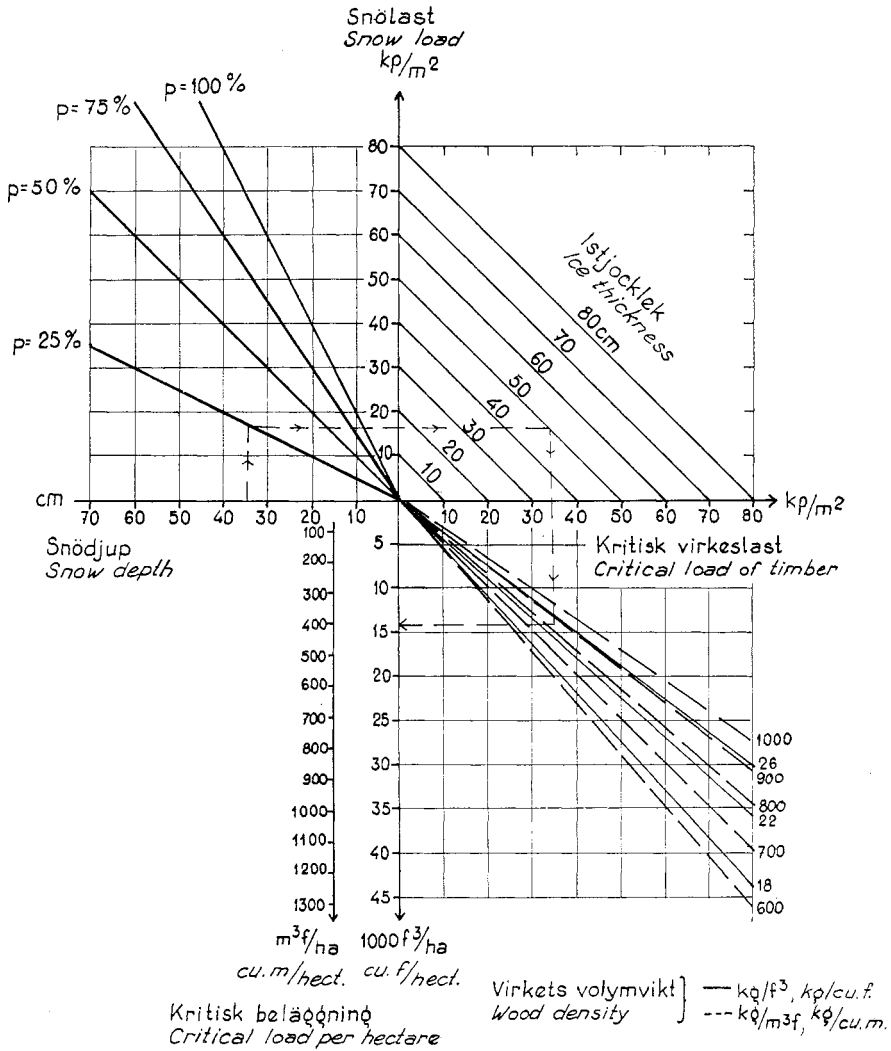


Fig. 15. Nomogram för beräkning av den kritiska lasten av virke som ej får dränkas av vatten.

Nomogram for calculating the critical load of timber which should not be exceeded to avoid soaking of timber.

Exempel (---→—): När snödjupet på vältorna är 35 cm, beläggingsgraden är 25 % och istjockleken 50 cm, blir den kritiska virkeslasten 35 kp/m². Detta motsvarar vid en volymvikt hos virket av 25 kg/f³ (ca 880 kg/m³f) en beläggning av ca 14 000 f³/ha (ca 400 m³f/ha).

Example (—→—): If the snow depth on the piles is 35 cm, the area covered with logs 25 % and the ice thickness 50 cm, the critical load of timber is 35 kp/m². At a wood density of 25 kg/cu.f (≈ 880 kg/cu.m) this value corresponds to a load of 14 000 cu.m per hectare.

nomsnittlig beläggning. Om man lägger »varannan vält» ($p = 25\%$), riskerar man att få virket nedsvallat, om snödjupet på vältorna överstiger 35 cm. Om istjockleken stannar vid 35 cm, skulle virket således med stor sannolikhet bli nedsvallat under vintern även med denna glesa beläggning. På traktor- och bilavläggen påbörjas körningen vanligen, när man har 50 cm is eller mer. Om man då lägger ut varannan vält i enkelt varv, är man relativt väl garderad mot nedsvallning, om man inte råkar ut för exceptionellt ogynnsamma nederbördsförhållanden.

Risken att få virket nedsvallat avtar givetvis, ju senare på vintern man kör ut virket. Dels blir den på vältorna ackumulerade snömängden mindre (kortare tid samt minskning av nederbörds mängden), dels blir isen i regel tjockare. För det virke, som körs ut under senvintern, saknar därför snölasten vanligen betydelse. Den snö, som då faller, tår normalt bort ganska snart. Isens bärförmåga blir då $P_v = h_{is}$ kp/m². 60 cm is, en tjocklek som antagligen nås på de flesta avläggen under senvintern, bär under dessa förutsättningar 21 000 f³/ha, om virket väger 25 kg/f³ (≈ 880 kg/m³f). Detta motsvarar ungefär ett varv timmer med beläggningsgraden ca 60 % och två varv massaved med beläggningsgraden 50 %, om massaveden är relativt klen. Visserligen minskar sedan istjockleken under vårvintern, men samtidigt minskar virkesvikten genom torkningen (jfr även *Rosengren* 1961).

Under praktiska förhållanden väljer man två vägar att undvika nedsvallning. Den ena är att lägga virket glest i början och att sedan successivt öka beläggningen, när isens tjocklek ökar; den andra att lägga redan flytbart virke (i regel massaved) i första varvet och det virke, som kräver torkning, ovanpå detta med strön emellan. Om vattnet når så högt, att det helt täcker ett varv flytbart virke med beläggningsgraden 50 %, får man ett tillskott av bärande kraft av storleksordningen 10—20 kp/m². Vidare kommer det torkningskrävande virket högre upp från isen med den sistnämnda avläggningsmetoden.

Om virket kräver *torkning*, bestäms den maximala beläggningen av den snöfria isens bärighet under senvintern (jfr även *Rosengren* 1961). Riskerna att någon gång få vatten upp genom isen är nämligen stora, emedan lagringstiden är lång. Vilken väg man skall välja för att gardera sig mot nedsvallning av det under för- och högvintern körda virket får bedömas från fall till fall.

För virke, som är flytbart och som skall *mätas*, är det betydligt vanskligare att ange kritiska värden för beläggningen. Det krävs endast, att virket ej får svalla ned mellan avläggnings- och mätningstillfället. Tidrymden mellan avläggning och mätning påverkas av ett fler-

tal faktorer och kan givetvis varieras. Om ansamlingen av snö på välborna blir så stor att risk för nedsvallning föreligger, kan mätningssarbetet organiseras med hänsyn härtill och tiden mellan avläggning och mätning förkortas. Avgörande för storleken på den beläggning, som kan tolereras vid olika istjocklek, blir risken att få upp vatten på isen ävensom hastigheten i uppvattningsprocessen. Om det slår upp en vak inom avlägget, kan virket inom ett stort område svallas ned på ett dygn, om isen är överbelastad. Om vattnet däremot tränger upp i en s. k. strandsvacka innanför avlägget, kan det dröja flera veckor, innan virket svallar ned (om isen är överbelastad). De lokala förhållandena blir därför helt avgörande. Vill man vara helt garderad, bör man förutsätta, dels att vatten snabbt kan tränga upp på isen och dels att 10—20 cm snö hinner samlas på välborna, innan virket hinner mätas (jfr fig. 15).

Föreskrifter rörande virkesavläggning på is lämnas av virkesmätningssöreningarna. I dessa föreskrivs vanligtvis att »befarat sjunkvirke», dvs. virke som kräver torkning, i första hand läggs i högst ett varv ovanpå redan flytbart virke, s. k. »lättflytande virke». Om flytbart virke ej finns att tillgå, tillåtes i regel uppläggning i ett varv på minst 25—40 cm höga underlag. Det brukar också anges, att »befarat sjunkvirke endast i undantagsfall får avlastas i två glesta, ströade varv». Om virket redan är flytbart och skall mätas, krävs det i regel, att virket läggs i ett eller två varv. Påbyggnad efter mätningen tillåts generellt av en del mätningssöreningar, endast i undantagsfall av andra.

Betr. erforderlig istjocklek finns i regel endast en generell anvisning om att avläggning ej får ske, om isen är tunnare än 20—30 cm (variationsgränser för olika föreningars bestämmelser) eller »på is av så ringa bärkraft, att fara för virkets nedsvallning förekommer».

För det virke, som kräver torkning, synes endast den sistnämnda bestämmelsen vara realistisk. Med den beläggning, som tillåtes, måste man ha en istjocklek av minst 40—60 cm (alltefter virkets grovlek) under vårvintern, om isen skall kunna bära enbart virket. Det är givetvis mycket vanskligt att generellt ange vilken minimitjocklek, som krävs vid avläggningens början. Diskussionen kring modellen ovan tyder på att 30—40 cm (alltefter virkets grovlek) bör vara ett minimum, om avläggningen påbörjas under förvintern. En generell anvisning, som tillåter läggning i ett, högst två, glesta lagda varv utan hänsyn till virkets grovlek, borde således föreskriva minst omkring 40 cm istjocklek (jfr *Marma-Långgrörs AB* instruktion »Virkesavläggning på is och land»). Det förutsätts då, att isen under vintern växer

till erforderliga 40—60 cm. Det är mycket sannolikt att så sker under de flesta vintrarna. Om så ej skulle ske, bör man kunna undvika nedsvallning av virket genom att packa snön mellan vältorna e. dyl.

Bearbetning eller hantering av virket, sedan det lagts av på isen, förekommer sällan. Maskinbarkning, som i varje enskilt fall kräver tillstånd av vattendomstolen, utföres i viss utsträckning men ersätts alltmer av en teknik, där man barkar virket på land och bär ut det på isen med lastningsmaskiner. Vilken istjocklek, som erfordras vid maskinbarkning e. dyl. på flytande is, är bl. a. beroende av hur virket läggs upp och kan därför ej anges generellt. Bedömning får ske från fall till fall. Den i detta avsnitt genomförda analysen torde därvid kunna tjäna som stöd.

Diskussionen rörande isens förmåga att bära virkeslaster, som ej får svalla ned, har delvis baserats på en modell för virkets uppläggning och för snölastens och vattnets uppträdande samt på vissa antagna förutsättningar rörande bl. a. virkets vikt samt isens och snöns täthet. Modellen återspeglar en vanlig praktisk situation och de ingångsdata, som använts i beräkningarna, kan betecknas såsom typiska. Beräkningstekniken och redovisade ingångsdata synes därför utgöra en tillfredsställande grund för realistiska bedömningar över den istjocklek, som erfordras för virke, som skall torka eller mätas.

Författaren vill framhålla att diskussionen ovan avsett ett istäcke, som består av kärnis och stöpis i en proportion som bedömts vara genomsnittlig för dagens isavlägg. Om isen består helt av kärnis, skall angivna kritiska beläggningar minskas med 10—15 % resp. angivna kritiska istjocklekar ökas med 10—15 %.

5.12 *Virket kan avlastas godtyckligt*

När virket inte kräver torkning eller mätning, har man i regel inga krav på att virket ej får svalla ned. Sättet för avlastningen och uppläggningsdikteras då av andra faktorer. Det är ett generellt önskemål att koncentrera virket så mycket, att kostnaderna för preparering, avlastning, uppläggning, inbomning av virke m. m. blir de minsta möjliga. Uppläggningssättet och beläggningen bestäms vidare av de tekniska möjligheterna för avlastning, som de virkeskörande ekipagen har. Sker virkeskörningen med häst eller traktor, är det exv. brukligt, att man av tekniska skäl lägger sådant virke i högst två till tre ströade varv. Vid bilkörning, och i ökande omfattning även vid traktorkörning, sker avlastningen på sådant sätt, att lasset ruslossas i en hög (fig. 16) eller, i givna fall, i buntform. Av intresse i detta sam-



Foto förf.

Fig. 16. Virke som redan är flytbart och inmätt kan ruslossas i hög eller bunt på avlägget.

Buoyant timber already scaled may be dumped in piles or bundles.

manhang är om avlastnings- och uppläggningssättet har någon påtaglig betydelse för kravet på istjocklek.

Ruslossning medför särskilda påkänningar på istäcket på två olika sätt. Det ena är, att virket med stor kraft slår i isen vid själva avlastningen; det andra är, att ruslossning möjliggör höga beläggningar.

Om isen är oskyddad och virkets fallkraft vid avstjälplingen ej dämpas, borde ruslossning rimligtvis orsaka påkänningar av sådan storlek, att risken för genomkörning av det virkeskörande fordonet ökar. Denna risk kan emellertid elimineras eller åtminstone starkt minskas. Det enklaste sättet är att lägga några stockar, som fördelar kraften vid nedslaget, på isens yta. Ett annat enkelt sätt är att åstadkomma ett lutande plan med hjälp av några stockar, som lutar mot fordonets ram (flak), på vilket virket får rulla eller glida ned på isen. Användningen av flyttbara fristående bockar för samma ändamål har blivit allt vanligare.

När virket ruslossas, blir beläggningarna ofta större än 100 000 f³/ha ($\approx 2\,800\text{ m}^3\text{f}/\text{ha}$) och kan uppgå till 200 000 f³/ha ($\approx 5\,700\text{ m}^3\text{f}/\text{ha}$). Vid sådana belastningar ($> 250\text{ kp}/\text{m}^2$) är det vanligt, att virket delvis vattendränks och att sprickor bildas i isen; ofta uppstår en kraftig spricka, som löper utmed vältraderna. Besvär av uppvattningen kan undvikas genom alternering av avlastningsplats inom avlägget. Av betydelse är då frågan, om det föreligger ett samband mellan beläggningen

och risken för nedkörning av det lastkörande fordonet, genom att en högre beläggning orsakar en kraftigare sprickbildning. Teoretiskt borde risken rimligtvis vara större, ju kraftigare sprickbildningen är. Några undersökningar direkt över detta problem har ej utförts. Vid de kanadensiska undersökningarna över transport och virkesavläggning på is (jfr *Ager* 1961 b) har virket praktiskt taget uteslutande ruslossats i bunt eller hög. Dessa undersökningar ger ingen antydning om att höga beläggningar är någon betydande orsak till genomkörningar (*Gold* 1960 och opubl.). Vid nämnda typ av undersökningar (statistik över genomkörningsolyckor) är det emellertid svårt att entydigt hänföra genomkörningen till en viss orsak. Författaren hade under tjänstgöring vid Graningeverkens skogsförvaltning (i mellersta Norrland) tillfälle konstatera, att under vintrarna 1957—58 och 1958—59 ca 1 000 billass (i regel treaxliga bilar med en totalvikt inkl. last av 15—20 ton) avlastades med en beläggning av 150 000—200 000 f³/ha, varvid ett enda tillbud inträffade, nämligen att isen brast under släpvagnen till en av lastbilarna. Istjockleken var mestadels 60—80 cm.

Underlag saknas för en bättre belysning av detta spörsmål. Man får nöja sig med att konstatera, att kravet på istjocklek för trafiken teoretiskt bör öka med ökande beläggning, om man vill bibehålla en viss risknivå för trafiken, men att tillgängligt erfarenhetsmaterial ej styrker förekomsten av ett sådant samband.

5.2 Trafiklaster

Det är vanskligt att generellt ange erforderlig istjocklek för olika typer av trafik vid virkesavläggning, emedan detta val i första hand måste grundas på en riskbedömning. Om man endast behövde ta hänsyn till de kostnader, som orsakas av genomkörningarna, och ställa dessa mot kostnaderna för att preparera isen till viss tjocklek, vore problemet förhållandevis enkelt. Emellertid är risken att förlora människoliv en tungt vägande faktor.

Riskfrågan diskuterades i avsnitt 2.5, men belyses här ytterligare genom ett exempel. Som exempel har en relativt vanligt förekommande trafiklast valts, nämligen en treaxlig bil med totalvikten 25 ton, belastningsradien 4 m och ekipagets totala horisontalprojicerade yta ca 25 m². Om erforderlig istjocklek beräknas, exv. enligt uttrycket (4) utan säkerhetsfaktor, får man den istjocklek, som erfordras, om isen vore en homogen kärnis utan sprickor, initialspänningar e. dyl. Med de angivna siffrorna för totalvikt och belastningsradie erhålles 39 cm.

Om formeln slår exakt rätt och om isen verkligen är en homogen kärnis, kommer man således med 100 % sannolikhet att köra genom isen, om tjockleken understiger 39 cm.

Den *teoretiskt helt* riskfria istjockleken är den tjocklek, som bär fordonet, om det råkar komma på ett av genomgående sprickor begränsat, fyrkantigt »flak» med ytan 25 m². Om isens täthet är 0,90 g/cm³, skulle det krävas en tjocklek av 1 000 cm.

Genomkörningsrisken minskar mycket snabbt inom intervallet 40—60 cm. Enligt den statistik, som *Gold* utförde på kanadensiska virkesavlägg vintern 1960—61, var genomkörningsfrekvensen 2,0 ‰ i klassen 40—49 cm, 0,33 ‰ i klassen 50—59 cm och 0,10 ‰ för 60 cm och däröver (*Gold* opubl., jfr *Ager* 1961). För trafikklaster av denna typ och storleksordning har enstaka genomkörningar rapporterats vid istjocklekar upp till 80—90 cm. *Empiriskt* kan man således konstatera, att risken är praktiskt taget 0 vid istjocklekar på 100 cm och däröver. Med skärpta bestämmelser för trafiken och med en noggrannare övervakning är det troligt, att genomkörningsrisken kan bli nästan helt eliminerad redan vid omkring 60 cm för den i exemplet valda typen av trafik. I östra Kanada, där huvudparten av virkestransporten på is sker med lastbil, börjar man i regel trafikera isen, när den nått 50—60 cm (*Rose* och *Silversides* 1958). Framhållas bör emellertid att övervakningen av trafiken och kontrollen av isarna vanligen är strängare, än vad som är brukligt i vårt land.

Föreskrifter rörande erforderlig istjocklek för olika slag av trafikklaster vid virkeskörning lämnas i regel endast av skogsbolagen. De flesta bolagen har hittills tillämpat *Kungl. Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsens* (V. o. V.) normer avseende allmänna vintervägar på flytande is (1948). Normerna inrymmer en mycket stor säkerhet, bl. a. med hänsyn till att man har dubbelriktad trafik. Enligt uppgift (Byrådir. N. E. *Trobrandt* V. o. V. 1962, muntlig uppgift) har inga genomkörningsolyckor rapporterats från de vintervägar, som skötts i *Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsens* regi, sedan bestämmelserna började tillämpas (1948). Vid beräkning av erforderlig istjocklek räknas i V. o. V.:s normer kärnis i hela dess tjocklek och mörk stöpis i hälften av dess verkliga tjocklek. Ljus stöpis medräknas ej alls.

V. o. V.:s normer torde ej vara realistiska för den typ av trafik, som förekommer vid skogsbrukets virkestransporter. Enkelriktad trafik, som kräver mindre istjocklek än dubbelriktad, förekommer som regel, och trafikintensiteten är vanligtvis väsentligt lägre än på de allmänna vintervägarna. Den kraftiga nedvärderingen av stöpisens bä-

righet synes ej heller vara motiverad (jfr avsnitt 2.4). Påpekas bör att man vid skogstransporterna i praktiken också i regel kör på tunnare is, än vad *V. o. V:s* normer föreskriver. Vissa företag meddelar numera instruktioner, som baseras på nya forskningsresultat och erfarenheter och som synes vara mera anpassade till skogsbrukets transporter. I bil. 3 visas den minimitjocklek för olika slag av trafiklaster, som föreskrives i *Kungl. Domänstyrelsens* instruktion för virkestransport på flytande is. Vidare tillämpar *Marma-Långrörs AB* en instruktion, som bygger direkt på den tidigare (sid. 38) nämnda *Rosengrens* formel (4). Vid upprättande av *Domänstyrelsens* normer har man utgått från att den ovan diskuterade typlasten kräver 60 cm istjocklek. Kravet på istjocklek för andra laster har sedan bestämts med utgångspunkt från att man ville ha ungefär samma risknivå (säkerhetsfaktor) för dessa som för typlasten. *Domänstyrelsens* normer innehåller något större säkerhet än *Marma-Långrörs AB*, men de skiljer sig i övrigt ej nämnvärt från varandra. I dessa normer tillgodoräknar man hela stöpisens tjocklek, men förutsätter att stöpisens skall vara av »god kvalitet». Detta innebär i praktiken, att man accepterar den is, som erhålles genom naturlig eller maskinell uppvattning, om inte uppvattningen på något sätt misslyckas (exv. genom att vattnet rinner tillbaka i borrhålen och snön därigenom ej är helt genomdränkt vid tillfrysningen av sörjan). Såsom tidigare (avsnitt 2.5) påpekats har *Marma-Långrörs AB* sedan 1958 tillämpat dessa bestämmelser, varvid inga genomkörningsolyckor rapporterats i sådana fall där bestämmelserna följts.

Vid den praktiska tillämpningen av normerna förutsättes givetvis, att vissa säkerhetsåtgärder iakttas vid körningen på isen (rörande hastighet, avstånd mellan fordon o. s. v.). I bil. 3 anges även de föreskrifter, som lämnas i *Domänstyrelsens* instruktion.

Av redovisade fakta och synpunkter framgår, att *Domänstyrelsens* och *Marma-Långrörs AB* normer angående erforderlig istjocklek vid trafik på is sannolikt är lämpliga ur risk- och kostnadssynpunkt för de olika slag av trafik, som i dag allmänt förekommer vid virkestransporter på is i vårt land. Dessa normer har därför i denna avhandling tjänat som grund vid bedömningar över erforderlig istjocklek för olika typer av trafik.

För de ekipage och totalvikter som i dag och inom den närmaste framtiden är mest aktuella för de olika huvudtyper av trafik, som förekommer vid virkestransport på is, torde man generellt kunna ange följande ungefärliga minimitjocklekar:

Typ av trafik	Lastytans radie m	Ungefärliga totalvikter ton	Erforderlig istjocklek cm
Lastbilskörning:	3,5—4,5	20—25	omkring 60
Traktorkörning:	3,5—4,5	10—15	45—50
Hästkörning:	3 —4	3— 6	30—35

Nämnda kritiska gränser har således erhållits huvudsakligen på empirisk väg och är därför representativa för sådan is, som förekommer på avläggen, dvs. mestadels en av stöpis och kärnis sammansatt is, i vilken kärnisandelen vanligtvis överväger (jfr *Ager* 1960 b och 1961 b). Huruvida man har anledning att räkna med lägre kritiska tjocklekar för is, som helt består av kärnis, är ännu ej tillräckligt kartlagt, vare sig empiriskt eller genom försök (jfr bl. a. *Samuelsson* 1958, sid. 451 och 465). Enligt tidigare (avsnitt 2.4) relaterade undersökningar över böjhållfastheten hos stora tungor och balkar, har inte några påtagliga skillnader erhållits mellan kärnis å ena sidan och en av kärnis och stöpis sammansatt is å andra sidan.

Vid beräkning av erforderlig istjocklek i de fall trafiken sker med ekipage, som har annan totalvikt och storlek på lastytan än de typfall, som redovisats här, kan man lämpligen utgå från *Rosengrens* formel (4). Hänsyn bör givetvis tagas till speciella omständigheter, såsom trafikintensiteten, temperaturen etc. i det aktuella trafikfallet.

5.3 Sammanfattande synpunkter

Den istjocklek, som erfordras i varje enskilt fall, bestäms, om flera krav föreligger, givetvis av det högst ställda kravet. En jämförelse mellan de krav, som virkets mätning och torkning resp. trafiken ställer, visar, att trafiken i regel har de högsta.

Om isen prepareras till den tjocklek, som erfordras för traktor- och bilkörning, dvs. 50—60 cm, torde fordringarna med hänsyn till ev. torkning och mätning vara uppfyllda. Om isen prepareras till den för hästkörning erforderliga tjockleken, 30—35 cm, uppfylls vanligtvis fordringarna för mätningen av virket, om virket läggs glest under förvintern. För virke, som kräver torkning, är emellertid denna tjocklek i många fall ej tillräcklig, om körningen börjar tidigt på vintern. För tidigt kört virke synes en tjocklek av 40—45 cm (beroende på isens täthet) erfordras vid körningens början, ävensom att man i början lägger virket glest och sedan ökar beläggningen successivt under vintern.

Sammanfattningsvis skulle således följande ungefärliga kritiska istjocklekar kunna anges för olika typiska trafik- och virkeslaster.

Typ av trafik	Virke	Erforderlig istjocklek
Lastbilskörning	Allt virke	60
Traktorkörning	» »	45—50
Hästkörning	Virke som kräver torkning	40—45
»	Övrigt virke	30—35

Författaren vill inskräpa, att angivna istjocklekar utgör *riktpunkter*, som bedömts vara representativa för dagens drivningstekniska förhållanden i Norrland.

Kap. 6. Beskrivning och studier av olika metoder för preparering av isavlägg

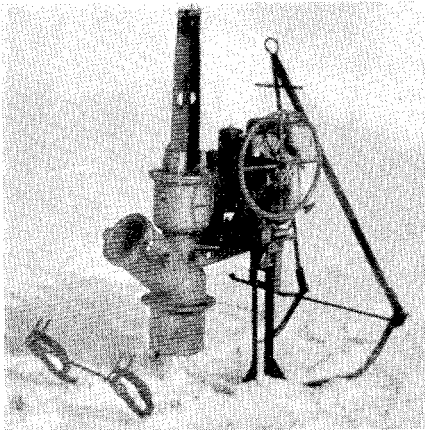
En stor del av metodstudierna har beskrivits i tidigare arbeten (Ager 1958, 1959 a). Här skall endast ett sammandrag och vissa kompletteringar redovisas. Studierna har koncentrerats till olika slag av snöpackning och uppvattning, då dessa metoder idag dominerar vid preparering av isavlägg. Snöröjning förekommer sällan vid preparering av avlägg men används i viss utsträckning vid preparering av vägar på flytande is. Några metodstudier häröver har ej utförts.

6.1 Maskinell uppvattning

6.11 Utrustning

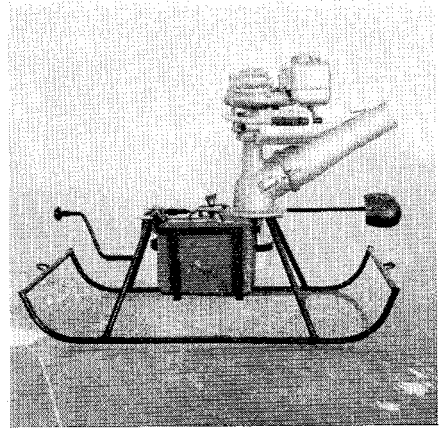
Maskinell uppvattning utföres i regel med motordrivna pumpar, s. k. uppvattningsaggregat. *Söderlund* (1960) har ingående beskrivit och granskat olika typer av uppvattningsaggregat. För detaljer i arbetssätt och teknisk utformning hänvisas till *Söderlunds* arbete samt tillverkarnas instruktioner. I föreliggande framställning ges blott en översikt.

Med avseende på sättet för uppföringen av vattnet kan de aggregat, som finns i marknaden idag, indelas i två huvudtyper, nämligen skruvpumpar och propellerpumpar. En annan indelningsgrund är sättet för håluptagningen. Vissa maskiner är utförda såsom kombinerade borrh- och pumpaggregat, varvid man med aggregatet kan utföra såväl håluptagning som pumpning maskinellt (fig. 17 a). Dessa aggregat är i regel inbyggda i och arbetar i en transportställning. De står vanligen stilla under pumpningen och kastar ut vattnet i en fixerad riktning. Andra maskiner fungerar endast som pumpaggregat (fig. 17 b och c) och håluptagningen sker separat, med handborr (fig. 17 b) eller motordriven borr (fig. 17 e). Dessa aggregat bäres mellan borrhålen eller förflyttas i separata transportkälkar. De roterar i regel under pumpningen. De kombinerade aggregaten dominerade tidigare marknaden. De har relativt hög kapacitet (8—12 m³/min), men de är tunga (75—200 kg), kräver 1—2 man för hanteringen och har hittills uppvisat en



a.

Foto förf.



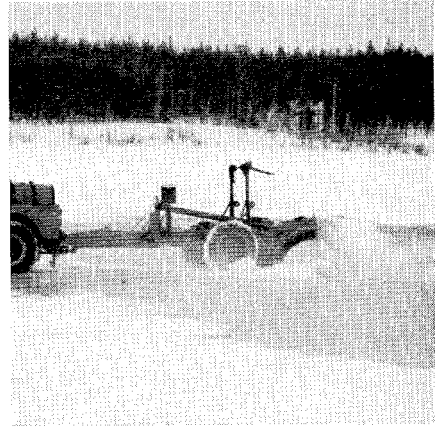
b.

Foto A. Ageborn.



c.

Foto A. Ageborn



d.

Foto T. Viotti.



e. Foto A. Ageborn

Fig. 17. Exempel på utrustning för uppvattning.
Different pieces of equipment for flooding.

- a. Kombinerat borrh- och pumpaggregat.
Combined ice auger and pump.
- b. Lätt pumpaggregat i transportkälke
med handborrh och bränsletank.
Light weight pump in transport carriage,
with manual ice auger and fuel tank.
- c. Lätt pumpaggregat under pumpning.
Flooding with light weight pump.
- d. Pumpaggregat som drivs från kraftut-
taget från en jeep eller en jordbruks-
traktor.
Pump powered from the power-take-off of
a jeep or a farm tractor.
- e. Motordriven isborrh.
Powered ice auger.

förhållandevis hög frekvens driftsavbrott. De lätta (10—25 kg) pumpaggregaten, som har lägre kapacitet (3—5 m³/min) men istället är konstruktivt enklare och därför i regel mer driftssäkra, dominerar numera helt. De kan som regel hanteras av 1 man.

En speciell typ av aggregat, som ännu bara finns i ett par exemplar på Marma-Långrörs AB skogsförvaltning, visas i fig. 17 d. Aggregatet är en skrupvpump, som drivs från kraftuttaget hos en jeep eller en jordbrukstraktor. Enligt uppgift har maskinen en kapacitet av omkring 30 m³/min.

Nämnas bör vidare att man i Kanada på vissa håll använder utombordsmotorer för uppvattning (*Hughes* 1960).

6.12 Vattnets spridning

Metodstudierna koncentrerades till en central och för olika aggregat-typer gemensam fråga, nämligen vattnets spridning under och efter uppvattningen.

Studier över vattnets spridning vid maskinell uppvattning har tidigare redovisats av *Ager* (1958) och *Söderlund* (1960).

Vid pumpning från ett och samma hål i isen sprids vattnet till en början huvudsakligen genom trycket från vattenstrålen. Ganska snart efter påbörjad pumpning deformeras isen kring aggregatet eller där vattenstrålen träffar isen, emedan vattentillförseln sker hastigare än frånrintningen. Om pumpningen får fortgå viss tid, kan sprickor uppstå i sådan omfattning, att vattnet rinner tillbaka genom isen. Avslutas pumpningen, innan isen får vattengenomsläppliga sprickor, fortsätter vattnet att sprida sig — om ett snötäcke finnes på isen (snöfri is förekom aldrig under försöken) —, till dess ett jämviktsläge inträder eller till dess sörjan fryser. Denna efterspridning orsakas troligen främst av horisontellt verkande kapillärkrafter i snön.

Förloppet i vattnets spridning och isens deformation är beroende av en mängd faktorer, såsom av pumpens kapacitet, sättet för vattenutkastet, isens tjocklek, snöns djup och konsistens, lufttemperaturen etc. En fullständig kartläggning av dessa faktorerers inverkan skulle sannolikt kräva en mycket omfattande och kostsam undersökning. Författaren valde därför att söka få siffermässig belysning endast för några typiska fall.

Vattnets spridning under uppvattningen har tidigare dokumenterats av *Söderlund* (1960) och författaren (*Ager* 1958). De viktigaste resultaten, som detta material ger, redovisas i avsnitt 7.12. Här redovisas endast vissa studier över vattnets spridning och isens deformation efter avslutad pumpning.

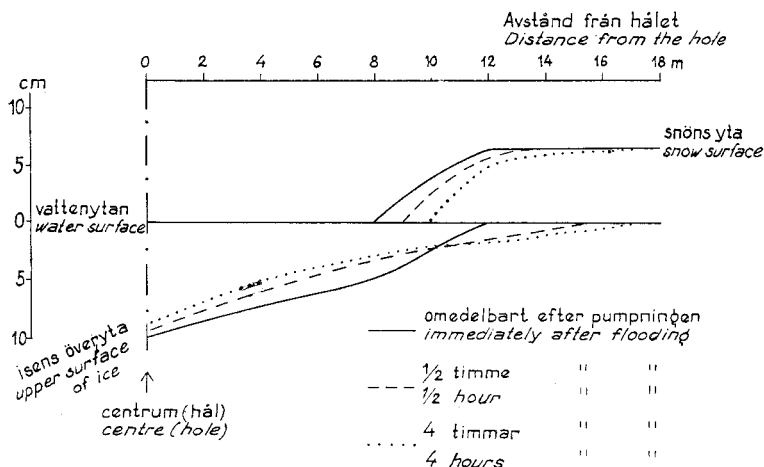


Fig. 18. Exempel på vattnets spridning vid maskinell uppvattning efter avslutad pumpning från en fristående uppställningsplats.

Example showing the spread of water after flooding with a pump from a single point.

Om snön är lös, erhålles efter avslutad pumpning — vid pumptider av storleksordningen 5—15 minuter — en vattenspridning och en deformation hos isen av ungefär den typ, som visas i fig. 18. Uppgifterna härrör från ett försök, där pumpning skedde med ett omkring 25 kg tungt, roterande aggregat med en nominell kapacitet av 4,5 m³/min, i 6,5 cm snödjup och på en 21 cm tjock is. Pumptiden var 5 minuter. Fig. 18 visar en tvärsektion omedelbart efter och resp. 1/2 och 4 timmar efter avslutad pumpning.

Av fig. 18 framgår att deformationen i centrum var 10 cm omedelbart efter pumpningens avslutande. En halvtimme senare hade den minskat till 9,5 cm, 4 timmar senare till 9,0 och efter ungefär ett dygn (ej redovisat i fig. 18) till 8,5 cm. I utkanten av det bevattnade området sjönk snön samman i vattnet. En halvtimme efter pumpningens avslutande var sörjans djup i periferin endast 3 cm och efter 4 timmar endast 2 cm. Sistnämnda djup bestod ända till dess sörjan frös.

Vid samma tillfälle uppmättes för 7, 10 och 15 minuters pumptid tillskottet i genomdränkt areal vid olika tidpunkter efter avslutad pumpning, och beräknades i procent av den areal, som var genomdränkt, när pumpningen avbröts. Resultaten visas i fig. 19, av vilken det framgår, att omkring hälften av det totala tillskottet av genomdränkt areal tillkom senare än två timmar efter pumpningens avslutande. Vid sista observationstillfället var sörjan genomfrusen i periferin av det bevattnade området. Spridningen skedde således relativt

långsamt. Några påtagliga skillnader mellan olika pumptider erhöles ej vid detta försök.

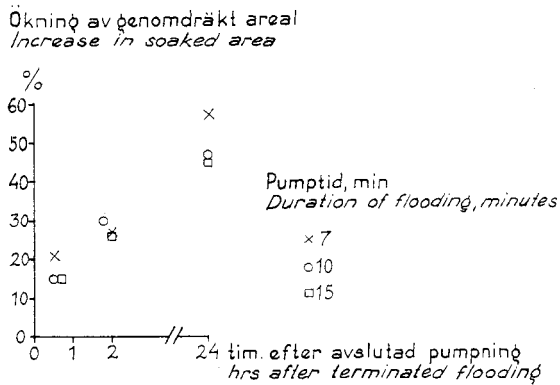


Fig. 19. Procentuell ökning i genomdräkt areal vid olika tidpunkter efter avslutad pumpning.

Increase in soaked area at different times after cessation of pumping, per cent.

Beskrivna generella förlopp i vattnets spridning, isens deformation och fördelningen av vattendjupen kunde konstateras i huvudparten av de försök, som gjordes med uppvattning från en fristående uppställningsplats i lös snö (se även *Söderlund* 1960, diagram 6 och 8). I praktiskt arbete låter man spridningsfigurerna från flera uppställningsplatser gå in i varandra, emedan man vill ha hela avläggsytan bevattnad. Deformations- och spridningsförloppet under dylika förutsättningar studerades i följande försök. Istjockleken var 21 cm och snödjupet 6 cm. Pumpning skedde med samma aggregat som i det nyss beskrivna försöket. Fem uppställningar gjordes, med 10—30 meter mellan uppställningsplatserna, och pumpning skedde 10 minuter från varje hål. Vattnet flöt ihop till ett sammanhängande område. Skillnaden mellan största och minsta vattendjup inom det bevattnade området var efter en halvtimme 3,0—12,0 cm och efter ungefär ett dygn 3,0—7,5 cm. Vid sistnämnda observationstillfälle var sörjan helt frusen på punkter, där sörjedjupet var 3,5 cm eller mindre.

Ovan relaterade försök utfördes vid en relativt ringa istjocklek och i orörd snö. Vid större istjocklekar resp. om snön var packad erhöles i regel mindre skillnad mellan största och minsta vattendjup.

Följande generella slutsatser har dragits av gjorda mätningar och iakttagelser.

- Omedelbart efter pumpningen förekommer avsevärda skillnader i vattendjup (sörjedjup) inom det bevattnade området.

- Dessa skillnader utjämnas relativt långsamt och ganska stora variationer i vattendjup (sörjedjup) kvarstår, ända till dess vattnet fryser, vilket normalt sker ett eller ett par dygn efter uppvattningen. Vid pumptider av storleksordningen 5—15 minuter blir det största kvarstående vattendjupet i regel lika stort eller något större än det ursprungliga snödjupet. Minimidjupet uppgår ofta till hälften av det ursprungliga snötäckets djup, om snön är lös.
- Vid uppvattning från en fristående uppställningsplats sker på snötäckt is en betydande ökning av den genomdränkta arealen även långt efter pumpningens avslutande. Denna ökning beror dels på att vattnet sprids, dels på att snön sjunker samman i vattnet, när detta tränger fram inuti snötäcket och på isytan.

Det faktum att efterspridningen sannolikt orsakas av kapillärkraften i snön förklarar, varför skillnaderna i deformation (största minus minsta vattendjup) blev mindre i packad snö än i orörd snö. Skillnaderna i kapillaritet mellan orörd och packad snö är nämligen mycket stora (jfr bl. a. *Ager* 1962, tab. III). Denna företeelse kanske också förklarar, varför vattenspridningen blev så mycket som 3—4 ggr större, om uppvattningen föregicks av packning, än om uppvattningen utfördes direkt i den orörda snön, vid de försök författaren utförde 1956—57 (*Ager* 1958, sid. 492—493). Försöken utfördes i 10—25 cm djup hos den orörda snön, och snödjupet reducerades vid packningen till omkring hälften av det ursprungliga. Om reduktionen i snödjup och ökningen av snöns täthet (om tätheten ökar, minskar den vattenmängd, som behövs för att dränka igenom snön) skulle ha svarat för hela den ökning i bevattnad areal, som erhöles genom snöpackning, skulle den bevattnade arealen i nämnda försök endast ha blivit något mer än dubbelt så stor på de packade ytorna. Det experimentella underlaget är emellertid alltför ringa för en noggrannare kvantifiering av denna företeelse.

6.2 Uppvattning genom hålupttagning

Endast *ett* försök har utförts över uppvattning genom hålupttagning, dvs. uppvattning med utnyttjande av belastningen av ett snötäcke på isen. Vid detta tillfälle förekom ett 55—60 cm tjockt snötäcke med en genomsnittlig täthet av omkring 0,25—0,30 g/cm³ på en 35 cm tjock is. Hålen togs upp med en borrh, vars diameter var 14 cm, på tre ytor med resp. 5, 10 och 20 meters hålförband. 19 timmar efter hålupttagningen var vattendjupet på isen 25—30 cm inklusive ett kapillärt skikt på ca 5 cm, och endast 5—10 cm av snötäckets översta lager var torrt. Någon

påtaglig skillnad mellan olika förband kunde ej konstateras. Efter ytterligare ett dygn hade vattnet trängt upp i snöns yta inom enstaka partier. Därefter började sörjan frysa, varför någon ytterligare genomdränkning av snön ej ägde rum. Den slutliga tjockleken av snö och sörja blev ungefär 30 cm.

6.3 Snöpackning

Snöpackning sker vanligen på följande olika sätt:

- »manuellt», med snöskor (fig. 20 a) eller skidor
- med häst eller ett fordon som dragare för ett packningsredskap e. dyl.
- med ett fordon enbart.

Metodstudierna koncentrerades till frågor rörande fordon och redskap för snöpackning.

De viktigaste metodfrågorna vid snöpackning på is rör

- framkomligheten, varmed avses fordonens förmåga att ta sig fram
- användbarheten hos olika fordon och redskap med hänsyn till prestationsförmågan och packningsresultatet (effekten av packningen)
- sättet att organisera körningen under packningsarbetet (kör-systemet).

6.31 Framkomlighet

De fordon, som vanligen är aktuella vid packning på is, är skogsbandtraktorer, jordbrukstraktorer (hjultraktorer), jeepar samt speciella snötraktorer (jfr sid. 7). Jordbrukstraktorerna kan alternativt utrustas med slirskydd, halvband eller helband. Bandutrustade fordon kan packa med banden enbart eller med ett tillkopplat redskap, hjulfordonen normalt endast med tillkopplade redskap.

Den kritiska faktorn för fordonens framkomlighet är i första hand snöns djup. Framkomligheten för olika typer av fordon och redskap studerades vintern 1956—57. Huvudresultaten har tidigare redovisats av författaren (*Ager 1958*, avsnitt A 3). I tab. 6 sammanfattas dessa resultat och anges det största snödjup, som olika fordon kan arbeta i med och utan redskap. Siffrorna gäller för relativt lös, torr snö. Bedömningen av framkomligheten för fordonen enbart (utan redskap) har baserats på ett arbete av *Malmberg (1959)* samt vissa egna, tidigare ej redovisade försök.

Tab. 6. Snödjup som begränsar framkomligheten för olika fordon med och utan packningsredskap i relativt lös, torr snö på ett istäcke.

Snow depths limiting the mobility of different vehicles with or without pulled light equipment for snow compaction in comparatively light, dry snow on an ice sheet.

Fordon Vehicle		Största snödjup, cm Greatest snow depth, cm	
		utan redskap without equipment	med redskap with pulled compaction equipment
Jeep, 1—1,5 ton, med snökedjor Jeep with snow chains		—	25—30
Jordbrukstraktor Farm tractor 1—2 ton	med snökedjor with snow chains	—	30—35
	med halvband with half tracks	50— 60	40—50
Jordbrukstraktor Farm tractor 2—3 ton	med snökedjor with snow chains	—	35—40
	med halvband with half tracks	60— 70	50—60
Skogsbandtraktor 2—3 ton Crawler tractor		80—100	60—70
Snötraktor, typ »Vesslan» Snow vehicle, Canadian War Weasel or similar		obegränsat unlimited	50—65

Om snön är hård efter vindpackning eller kraftiga töväder, blir de framkomlighetsbegränsande snödjupen normalt mindre än de som angivits i tab. 6. Denna reduktion är särskilt kraftig för hjulfordonen, påtaglig för halvbandutrustade fordon och kan ibland även förekomma för skogsbandtraktorer. För en jeep med packplåt exv. reduceras det kritiska snödjupet från 25—30 cm till 15—20 cm, om snön är vindpackad. För snötraktorerna ökar framkomligheten med ökande hårdhet hos snön.

Angivna kritiska gränser gäller för det fall att fordonen är utrustade med konventionella band eller slirskydd. Framkomligheten kan höjas, framförallt på hjulfordon och halvbandutrustade fordon, om slirskydden eller banden förses med s. k. isnabbar.

Förekomsten av stöpvatten i snön besvärar sällan hjulfordonen. Bandförsedda fordon kan däremot ha svårigheter, främst i form av bandavkrängningar eller bandsprängningar, om banden har delar av

järn. Den påfrysning av snösörja, som orsakar detta, synes vara mest besvärande i de fall snön innehåller endast små mängder stöpvatten.

6.32 *Prestationsförmåga och packningsresultat*

Vid snöpackning i samband med preparering av isavlägg används i mycket stor utsträckning den utrustning, som förekommer vid packning av vägar och avlägg på land (jfr bl. a. *Ager* 1959 b). Vid snöpackning på is ställs emellertid ofta speciella krav på utrustningen. I tidigare arbeten (*Ager* 1958, avsnitt A 1 och 2 och *Ager* 1959, sid. 5 och 6) har författaren redovisat synpunkter på denna fråga ävensom resultaten av de metodstudier, som utförts. Här sammanfattas några av de viktigaste synpunkterna och resultaten.

Om packning sker med *fordonet enbart*, kan endast bandförsedda fordon i regel komma i åtanke. En fördel med att använda endast fordonet, jämfört med kombinationen fordon—packningsredskap, är att man kan utnyttja lättillgängliga fordon (exv. en halvbandtraktor från en närbelägen gård) och få låga kostnader för transport av utrustning till och från arbetsplatsen. Prestationen på arbetsplatsen är emellertid mycket lägre. Vidare blir den packade ytan ojämn, vilket är en nackdel, om packningen följs av uppvattning.

De egenskaper, som bör beaktas vid val av *packningsredskap* för preparering av isavlägg — förutom kostnaden för tillverkning och användning —, är i stort sett följande:

- Kostnaderna för transport mellan arbetsplatserna.
- Arbetsbredden. Här utgör bestämmelserna ang. högsta tillåtna bredd på allmänna vägar en begränsning.
- Känsligheten för påfrysning. Vattenblandad snö ävensom »torr» snö, som är varmare än 2—3 minusgrader fryser lätt fast vid järn- och träföremål. Ett packningsredskap kan under ogynnsamma betingelser lätt bli så snö- eller sörjebemängt, att dragfordonet ej förmår förflytta det.
- Den packade ytans jämnhet. Om uppvattning sker efter packningen, sprids vattnet bättre, och tillfrysningen av sörjan sker snabbare, ju jämnare ytan är. En slät yta håller sig vidare lättare ren från snö vid snödrev.
- Marktrycket. Ju mer komprimerad snön är, desto större blir dess värmeledningsförmåga och därmed isens tillväxt, om snöpackningen används som huvudmetod. Ju högre marktrycket är, desto mer reduceras snödjupet och ökar därmed vattnets spridnings-



Foto B. Brattsell.

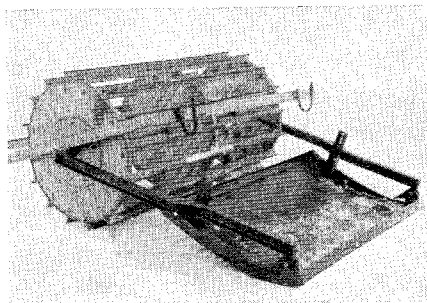
Fig. 20 a. Packning med snöskor.
Compaction by means of snow shoes.

Foto förf.

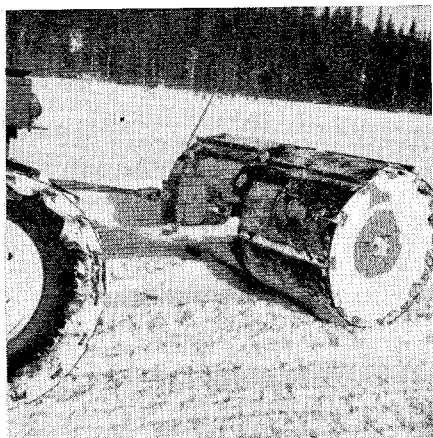
Fig. 20 c. Öppen vält med packplåt.
Open roller with packing pan.

Foto förf.

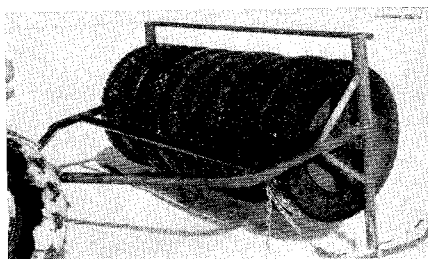
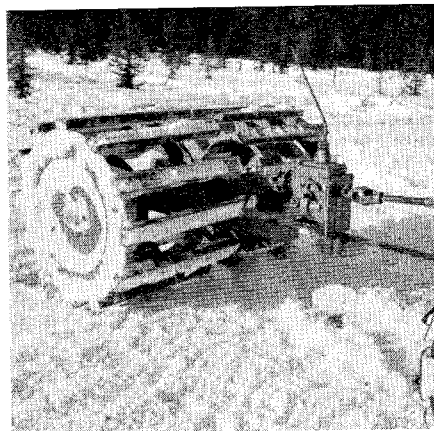
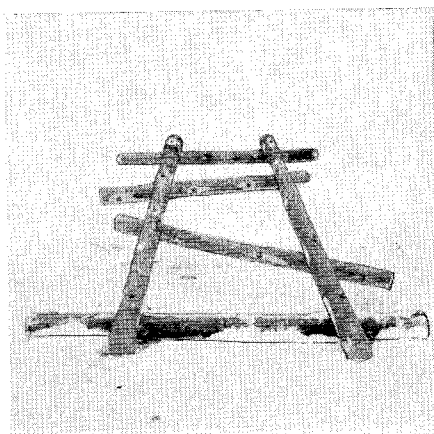
Fig. 20 e. Vält som i 20 d täckt med en gummiduk.
Roller in 20 d covered with a rubber cloth.Fig. 20 b. Gummidäckvält. Foto förf.
Rubber-tyred roller.

Foto förf.

Fig. 20 d. Kraftuttagsdriven vält av norsk-finsk typ.
Powered roller of Norwegian-Finnish type.Fig. 20 f. Sladd av rundvirke. Foto förf.
Drag made of logs.

hastighet, om snöpackningen åtföljes av maskinell uppvattning. Å andra sidan kan ett högt marktryck medföra, att packningsredskapet (framförallt om snön innehåller viss halt av stöpvatten) blir funktionsodugligt, genom att det skjuter snön framför sig.

- Redskapets förmåga att medföra last (bränsle, uppvattningsaggregat m. m.).
- Vikten. Emedan man ofta önskar påbörja prepareringarna så tidigt som möjligt, dvs. på så tunna isar som möjligt, är det önskvärt, att vikten hos redskapet är låg.
- Dragmotståndet. Ju mer lättdraget redskapet är, ju högre blir ekipagets (fordon med redskap) hastighet och framkomlighet.

Här skall egenskaperna hos några av de vanligaste redskapen kort beröras.

Gummidäckvälten (fig. 20 b) undgår helt påfrysning. Den packade ytan blir något spårig. Vid normalt förekommande vikt och dimension (ca 2 m bredd, 200—300 kg vikt och byggd av lastbildäck) ger välten god komprimering av snön. Vid packning av snö med mycket stöpvatten kan det inträffa, att välten skjuter snön framför sig.

S. k. öppna vältar av järn eller trä råkar lätt ut för påfrysning samt ger relativt dålig sammanpackning av snön och en ojämn yta. Kopplas en släpplåt e. dyl. efter (fig. 20 c), blir komprimeringen bättre och ytan jämn, frånsett de ryggar som normalt erhålles mellan varje enskilt spår, även om man vid körningen lappar över i tidigare spår (gäller praktiskt taget samtliga redskap).

Om de öppna vältarna förses med kraftuttagsdrift (jfr *Ager* 1959 b), minskas besvärerna med påfrysning en smula, genom att välten lättare kan köras ren från sörja. I Norge har man med gott resultat provat att klä in vältens mantelyta med en gummiduk för att slippa ifrån påfrysning (fig. 20 d och e).

Sladdar av trä (i enklaste fall en timmerstock) ger mindre god sammanpackning och ofta en relativt ojämn yta, om packning sker direkt i det orörda snötäcket. Sladdar av rundvirke (fig. 20 f) ger bättre komprimering än sladdar av fyrkantsvirke. De förra kan vidare ofta byggas av virke (exv. massaved), som finns tillgängligt på platsen, varvid problemet med transporten av ett redskap bortfaller.

Redskap, som piskar och rör om snön med roterande organ (exv. kättingar), har även provats (jfr även *Ager* 1959 b). Vid proven har dessa ej besvärats av påfrysning utan tvärtom visat sig fungera väl vid

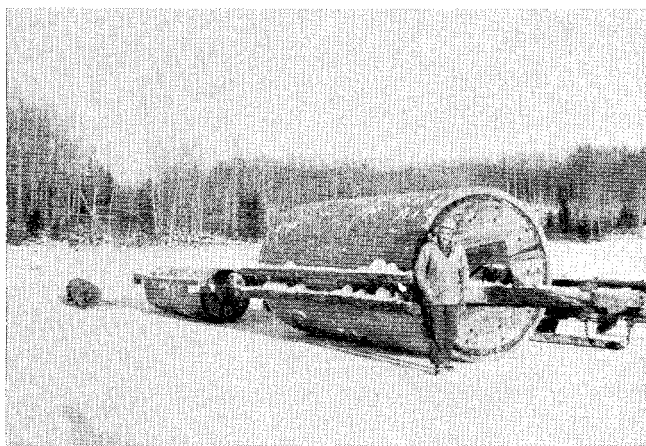
*Foto förf.*

Fig. 21. De vältar som används av Abitibibolaget i Iroquois Falls för snöpackning på isavlägg.

Rollers used by the Abitibi Power and Paper Company, Iroquois Falls Division to compact snow on ice landings.

packning i sörja. Kvaliteten hos den på detta sätt erhållna isen har ej studerats, men det är tänkbart, att isen blir så luftrik, att dess hållfasthet är avsevärt lägre än den »normala» stöpisens. För att snön skall bli väl komprimerad och jämn efter ett sådant redskap krävs, att det kombineras med en packplåt e. dyl.

Intressant är en speciell teknik och redskapstyp, som förekommer på vissa håll i östra Kanada. Fig. 21 visar den uppsättning vältar, med vilken Abitibibolaget i Iroquois Falls iordningställer huvudparten av ett 200 ha stort isavlägg. Vältarna har alla en bredd av ca 5 m. Den minsta välten är en 0,5 m vid trumma av korrugerad plåt. Den sätts in vid första åtgärden, medan isen ännu är tunn. Vartefter isen tillväxer, går man sedan via mellanvälten till den största välten, som väger 5 ton och har en diameter av 2,2 m. Enligt uppgift har man föga besvär med påfrysning, emedan vältkonstruktionerna har sådan flexibilitet, att mantelytan hela tiden »arbetar» och därigenom hindrar sörja och klabbsnö att fastna. Vältarna är relativt lättdragna. Den tyngsta välten kan dragas av en 1,5 ton tung bandtraktor i 15—20 cm snö (enligt författarens egna observationer).

Med syfte att få fram ett enkelt packningsredskap med mångsidig användbarhet konstruerade författaren i samband med metodstudierna den packplåt, som visas i fig. 22. Den har ställbar arbetsvinkel, vilket framför allt är av värde vid körning i sörja. Trycket på underlaget (vikten = 150—200 kg) kan regleras via arbetsvinkeln och extra be-

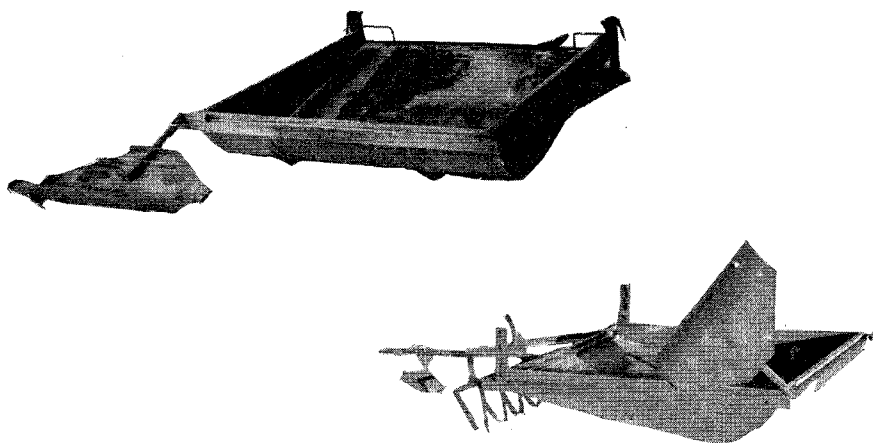


Fig. 22. Den packplåt som konstruerats i anslutning till metodförsöken.
The packing pan constructed as a result of the tests.

Foto förf.

lastning. Om plåten målas med en färg, som ger en hård och glansig yta, blir påfrysningsrisken mycket liten. Ännu bättre är det givetvis att använda vattenavstötande färg. En ställbar skarrivare finns för att luckra upp snön, om den är vindpackad och hård. Ryggarna mellan packspåren slätas till av en s. k. vallstrykare. Packplåten är försedd med medar och kan tjäna som transportredskap. Dess transportfunktion kan förbättras med en lätt monterbar hjultillsats (jfr *Ager* 1958).

Ytterligare synpunkter på metodik och utrustning lämnas i avsnitt 10.5.

6.33 Körssystem

Tidsåtgången per ytenhet vid snöpackning på is är för ett givet fordon beroende av det sätt, på vilket man organiserar körningen (jfr *Ager* 1958 samt *Fältarronderingskommittén* 1950). Valet av körssystem beror på ytans storlek och form. Systemet bör i princip utformas så

- att man i största möjliga utsträckning undviker dubbelpackning, dvs. att en och samma del av ytan packas flera gånger (om inte man direkt syftar härtill) och tomkörning, dvs. körning utanför den yta, som skall packas,
- att fordonet kan köras med så hög hastighet som möjligt. Långa körsträckor är önskvärda, och tvära svängar bör undvikas.

I fig. 23 a visas principmodellen till ett system, som ofta kan vara lämpligt och som påminner om s. k. tegkörning vid åkerbearbetning (*Fältarronderingskommittén* 1950). Den andel av ytan, som dubbel-

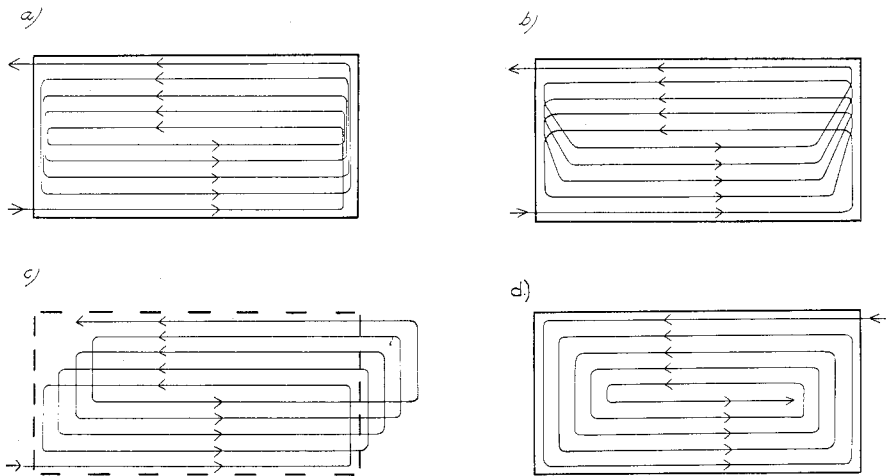


Fig. 23. Körsystem vid snöpackning.
Driving systems at snow compaction.

packas enl. detta system, är beroende av förhållandet mellan längd (L) och höjd (H) i rektangeln. Om $L : H = 1$, kommer 50 % av fordonets totala körsträcka att vara dubbelpackning. Om $L : H = 2$, erhålles 25 % och $L : H = 3$, 16,7 %. Systemet blir alltså effektivare, ju mer långsträckt ytan är. Systemet kan praktiskt modifieras på sätt, som schematiskt visas i fig. 23 b. Andelen dubbelpackning blir därigenom 5–10 % (räknat på den totala ytan) lägre än för principmodellen i fig. 23 a.

I ovanstående fall har det förutsatts att den areal, som skall packas, har en given yta, vars begränsningslinjer ej får överskridas. På ett isavlägg kan man ibland bortse från denna restriktion. Ovan beskrivna kör-system kan då modifieras enl. fig. 23 c, som ger ungefär samma areal men en osymmetrisk figur. För avläggsstorlekar på 0,5–3,0 ha och $L : H = 1–3$ blir andelen dubbelpackning 5–15 %.

Ovan nämnda system blir effektivare, ju mer långsträckt avläggsytan är. Under praktiska förhållanden är avläggen ofta långsträckt, emedan de läggs utmed stränder eller vägar. Om förhållandet $H : L$ är mindre än 1,5–2,0, kan det system, som visas i fig. 23 d och som tillämpas vid vältning av åkrar (*Fältarronderingskommittén* 1950), vara att föredraga. Dubbelpackningen blir mycket liten med detta system (storleksordningen 5 %), men de innersta slingorna torde bereda fordonen vändningssvårigheter och medföra en kraftig reduktion av hastigheten.

I systemet 23 b, c och d erhålles obearbetade partier i figurens diagonaler. Dessa partier blir störst i 23 d, minst i 23 b. Packningen av dessa (om så erfordras) kräver särskild körning i diagonalerna.

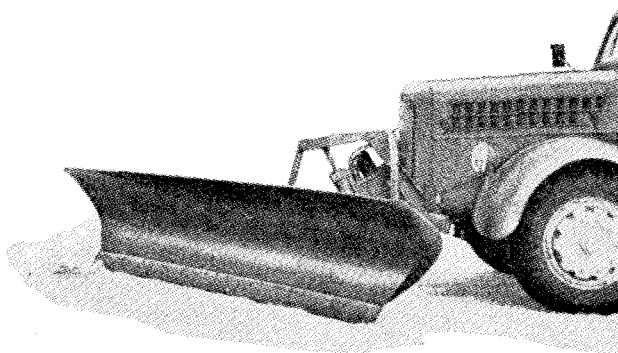


Fig. 24. Diagonalplogen är den vanligaste plogtypen vid röjning av stora ytor.
This type of plow is the one normally used for snow removal on large areas.

6.4 Snöröjning

Utrustningen och metoderna för snöröjning kan betecknas såsom väl utvecklade och stabiliserade. Möjligheterna till tekniska förbättringar och kostnadssänkningar torde vara mycket begränsade. Vid snöröjning av isavlägg är maskinell plogning sannolikt den mest effektiva metoden. Om snön ej är för djup eller hårdpackad, är hjulfordon att föredraga framför bandtraktorer. Jeepar och lastbilar används i regel för plogningsarbetena. För röjning av stora ytor är vanligtvis den s. k. diagonalplogen (fig. 24) att föredraga framför andra plogtyper (jfr bl. a. *Hubendick* 1961).

En utförlig redogörelse över olika utrustning och metoder för snöröjning ges av *Hubendick* (1961).

Kap. 7. Tidsstudier

Tidsstudierna syftade främst till att belysa tidsåtgången och dess variationer för vissa moment i prepareringsarbetet. Av skäl som tidigare nämnts eftersträvades endast ungefärliga data, varför tidsstudierna huvudsakligen utfördes i form av punktvisa studier i samband med arrangerade metodförsök i fält. Med hänsyn till studiernas ringa omfattning lades särskild vikt vid att fullgoda försökspersoner med vana i arbetet blev föremål för studium samt att arbetstakten var ungefär »normal» enl. en subjektiv bedömning. I några fall tidsstuderades även arbetslag i ordinarie arbete.

Betr. indelning och definition av arbetstiden hänvisas till sid. 6.

Det är ej möjligt att med tidsstudier av nämnda slag få något grepp om spilltidernas storlek och variationer. Därför anges i första hand verktiden vid redovisningen av tidsstudieresultatet. I vissa fall har emellertid tidsregistreringen varit så grov att den endast omfattat arbetsplatstiden.

7.1 Maskinell uppvattning

Tidsstudierna begränsades (jfr sid. 22) till att belysa följande frågor:

- tidsåtgången för olika arbetsmoment vid arbete med de vanligaste maskintyperna
- den »optimala» pumptiden, dvs. den tid man skall låta aggregatet pumpa vid varje uppställning, för att tidsåtgången per bevattnad ytenhet skall bli så låg som möjligt (se vidare avsnitt 7.12)
- snödjupets betydelse för prestationen.

7.11 *Tidsåtgång för olika arbetsmoment*

Tidsstudierna över olika arbetsmoment vid maskinell uppvattning syftade framförallt till att ge en uppfattning om den tid, som åtgår, från det pumpningen avbrytes vid en uppställning, till dess pumpningen påbörjas vid nästa uppställning. Denna tid påverkar nämligen den »optimala» pumptiden.

De större, kombinerade aggregaten tidstuderades vintrarna 1956—57 och 1957—58. Resultaten har tidigare redovisats av författaren (Ager 1958, sid. 486—490). Av dessa studier framgår att tidsåtgången »mellan» uppställningarna vid två mans betjäning och under genomsnittliga arbetsförhållanden är av storleksordningen 2—4 lagminuter verk-tid för dessa maskintyper.

När man arbetar med *lätta pumpaggregat*, måste håluptagningen ske med en handborr eller en maskindriven borr. Borrningen av nya hål sker i regel under det aggregatet pumpar och ingår därför normalt ej bland de arbetsmoment, som bestämmer storleken av den berörda tiden. Dessa utgöres istället av följande moment, om man utgår från att aggregatet transporteras på en kälke mellan uppställningsplatserna:

Symbol	Arbetsmoment
Symbol	Work element
G	Förflyttning mellan uppställningsplatserna. Moving between holes.
Sk	Bortskyffling av snön kring borrhålet. Removal of snow around the hole.
Ns	Nedsättning av aggregatet. Putting down pump.
Ut	Upptagning av aggregatet. Taking up pump.
Tä	Tätning av borrhålet. Covering the hole.

Tab. 7. Resultat av tidsstudier över arbete med ett lätt pumpaggregat med transportkälke.
Results from time studies of a light pump with sleigh carriage.

Arbetsmoment Work element	Tidsåtgång, cmin Time consumption, 1/100 min						
	Studie 1 Study no. 1			Studie 2 Study no. 2			
	<i>n</i>	\bar{x}	<i>s</i> (\bar{x})	<i>n</i>	\bar{x}	<i>s</i> (\bar{x})	
Studie 1. 12 cm packad och hårdfrusen snö. Avstånd mellan uppställningarna 30 m. <i>Study no. 1.</i> 12 cm of compacted, very hard snow. Distance between holes 30 m.	G.....	5	31,8	3,2	5	37,1	3,1
	Sk.....	6	35,9	1,7	6	16,4	1,0
	Ns.....	5	13,0	1,8	6	11,2	1,0
	Ut.....	6	24,2	3,3	6	19,5	1,7
	S:a Total		104,9			84,2	

I samband med försök vid Iroquois Falls i östra Kanada i januari 1961 arrangerades en studie, som omfattade de fyra förstnämnda

arbetsmomenten vid arbete med ett aggregat av den typ, som visas i fig. 17 b och c. En man hanterade aggregatet och förflyttningen skedde med en transportkälke (fig. 17 b). En temperatur av -15°C , svag vind och klart väder rådde under studien. Resultaten framgår av tab. 7.

Hanteringstiderna var relativt stabila och påverkades ej nämnvärt av variationen i arbetsförhållandena. Förflyttningstiden (inkl. bitider) var 1,1 cmin/m på det hårdpackade underlaget och 1,9 cmin/m i den 20 cm tjocka, lösa snön. Skottningsarbetet var särskilt tidskrävande på det hårdpackade underlaget.

Tätning av borrhålen förekom ej i denna studie. Tätningen utföres som regel på sådant sätt, att några skyfflar snö läggs över och omkring borrhålet och packas till. Om snö saknas, täcker man hålen med skivor av masonit eller annat material. Erfarenhetsmässigt hör detta moment ej taga mer än 30 cmin, om skivor och skyffel medföljer transportkälken.

Betingelserna vid ovan redovisade tidsstudie kan betecknas som något sämre än de genomsnittsförhållanden man arbetar under vid uppvattning, vad avser snöförhållandena. Uppvattning sker mestadels vid 0—10 cm snödjup, varvid i regel ingen snöskottning krävs.

Man kan på grundval av dessa enkla studier uppskatta att tidsåtgången »mellan» uppställningarna för de lätta pumpaggregaten är av storleksordningen 1 verkminut under genomsnittliga arbetsförhållanden och att den under ogynnsamma förhållanden kan uppgå till inemot $1\frac{1}{2}$ verkminut.

7.12 Den »optimala» pumptiden

Den »optimala» pumptiden definieras på följande sätt, varvid författaren delvis anknyter till *Söderlund* (1960):

Y = bevattnad areal

t_f = tiden »mellan» varje uppställning

t_p = pumptiden vid varje uppställning

A = bevattnad areal per tidsenhet under tiden $t_f + t_p$ = prestationen.

Betecknar vi den optimala pumptiden med t_{opt} , definieras t_{opt} enligt:

$$A_{max} = \frac{Y}{t_f + t_{opt}} \quad (9)$$

Studier och experiment över den optimala pumptiden har tidigare utförts av författaren (*Ager* 1958) och av *Söderlund* (1960). Den metodik, som använts vid nämnda försök och som även tillämpats i denna undersökning, har beskrivits i ovan nämnda arbeten.

Med stöd av erfarenheterna och allmänna överbäganden kan man antaga, att den optimala pumptiden påverkas av följande faktorer:

- Isens tjocklek.
- Snöns tjocklek och konsistens.
- Pumpaggregatets kapacitet.
- Sättet för vattenutkastet (höjd och riktning på utloppsporten, vattenstrålens rörlighet — fixerad eller roterande —, antalet utloppsportar etc.)

Med hänsyn till det stora antalet variabler skulle en detaljerad kartläggning av orsakssammanhangen kräva ett mycket omfattande material. Sammanlagt har ett 30-tal försök utförts av *Söderlund* och författaren, varvid varje försök avser pumpning ett visst antal minuter från en fristående uppställningsplats. En sammanställning av försöksresultaten gav vid handen, att materialet ej räckte till för en detaljerad analys. Försöken har emellertid utförts under varierande betingelser och bedömdes ge underlag till slutsatser av påtagligt praktiskt värde. Bearbetningen och analysen lades därför tillräta för sistnämnda syfte.

Både *Söderlund* och författaren har räknat fram den optimala pumptiden för varje enskilt försök med hjälp av grafisk utjämning av en serie punkter i ett diagram med prestationen A som ordinata och pumptiden t_p som abscissa. För att belysa vad en viss avvikelset från den optimala pumptiden innebär i prestationsminskning utfördes följande analys. Ett intervall kring den optimala pumptiden beräknades på sådant sätt att det inneslöt det intervall för pumptiden (t_p), som gav en prestation (Y), som ej understeg prestationen vid den optimala pumptiden med mer än 5 %. Detta intervall beräknades grafiskt och på 0,5 minuter när. För samtliga av *Söderlund* och författaren utförda försök redovisas i tab. 8 dels den optimala pumptiden och dels nämnda intervall. Vissa data angående maskinerna och de yttre förutsättningarna anges även. Till tabellen fogas följande kommentarer.

Vid de flesta av försöken har den optimala pumptiden och tillhörande intervall beräknats för vattnets spridning omedelbart efter pumpningen, vid de resterande för vattnets spridning en viss tid efter pumpningens avslutande.

Siffror inom parentes anger, att den övre gränsen för det fastställda intervalllet ligger utanför den längsta pumptid, som förekommit i försöket, och att den erhållits genom extrapolering.

Tab. 8. Sammanställning av observationerna över den »optimala» pumptiden (t_{opt}).Compilation of data on the "optimum" flooding time (t_{opt}).

Nr No.	Aggregat, Pump		Isstj. cm Ice thickness cm	Snöjtj. cm Snow depth cm	Tid i tim. mellan pumpn. och mätn. Time, hrs. between flooding and observation	t_{opt} min	Intervall t_p min för γ_{max} minus 5 % Interval t_p min for γ_{max} minus 5 %	Fast tid t_f min Fixed time t_f min	Försöket utfört av: Test carried out by:
	Ant. port. No. dis- charge pipes	Kapac. m ³ /min Capacity cu. m/min							
1	2	12	21	6	2—3	3,8	2,5—6,5	2	Ager
2	2	12	26	19	1	7 ¹	—	2	»
3	2	12	35	15	0	5,0	3,5—(6,5)	2	Söderlund
4	2	12	50	10	0	10,0	6—(15,5)	2	»
5	2	10,5	35	15	0	4,9	3,5—(6,5)	2	»
6	2	10,5	50	10	0	10,0	6,5—(14,5)	2	»
7	2	10	35	15	0	5,6	4—(6,5)	2	»
8	2	10	47	9 p	0	10,3	8—(15)	3	Ager
9	2	10	47	9 p	0	11,5	9—14	3	»
10	2	10	47	12 p	0	7,9	6,5—9,5	3	»
11	2	10	47	12 p	0	9,1	6—11,5	3	»
12	2	10	50	10	0	11,6	7,5—(14,5)	3	Söderlund
13	1	8	22	9	0,25	8,0	5—12	3	Ager
14	1	8	22	15	3	8,0	5—12	3	»
15	1	8	26	19	1—2	10,2	9—11	3	»
16	1	8	29	12	0,5	8,2	5,5—12,5	3	»
17	1	8	30	9 p	1	5,5	3,5—8,5	3	»
18	1	4—5	20	1,5	ca 3	2,3	1,5—3,5	1	»
19	1	4—5	20	6	0	2,5	1,5—7	1	»
20	1	4—5	21	5	2—3	6,8	6—8	1	»
21	1	4—5	22	8	2	6,2	5—7,5	1	»
22	1	4—5	22	15	2,5	10 ¹	—	1	»
23	1	4—5	29	17	0	>10	—	1	»
24	1	4—5	35	15	0	4,0	2,5—5,5	1	Söderlund
25	1	4—5	50	12	0	6,9	3,5—10,5	1	»
26	1	3—3,5	50	10	0	5,0	3—6	1	»
27	1	2,5	35	15	0	4,0	3—6	1	»
28	1	2,5	50	12	0	7,4	4—12	1	»
29	1	2,5	50	12	0	4,5	3—6	1	»
30	1	2,5	50	12	0	5,0	3—9	1	»

1 Vattnet nådde motorn varför pumpningen fick avbrytas.

Flooding was disrupted since water reached the engine.

p Snön var packad före uppvattningen.

Snow was packed before flooding.

Tidsåtgången »mellan» varje uppställning är den för dagens aggregat normala. Den har i dessa beräkningar behandlats som en fast tid, som alltså ej förändras med pumptiden. Förflyttningstiden är egentligen en rörlig tid, då den varierar med pumptiden. Felet blir emellertid litet, om den betraktas som en fast tid, vilket förenklar beräkningarna och diskussionen.

Tab. 8 ger anledning till följande slutsatser och reflexioner.

— I de 30 försöken varierar den optimala pumptiden mellan 2,3 och 11,6 minuter. 60 % av materialet ligger inom intervallet 5,0—10,0 minuter. Tiderna under 5 minuter hänför sig samtliga till roterande aggregat med en kapacitet understigande 5 m³/min. De allra kortaste tiderna, tre försök uppvisar 3,8 minuter eller mindre, erhöles för relativt tunna isar (20—21 cm) och små (1,5—6 cm) snödjup. Tre av fallen med tider överstigande 10 minuter avser stora aggregat och tjocka (47—50 cm) isar; två av fallen mindre istjocklekar (26 och 29 cm) och stora snödjup (17 och 19 cm).

— Prestationskurvorna (Y för olika t_p) har i regel ett relativt flackt förlopp kring maximivärdet. Intervallet för maximal prestation minus fem procent är oftast 3 till 6 minuter.

— I flertalet fall (ca 80 %) är den del av intervallet, som ligger över den optimala pumptiden, längre än den del, som ligger under. Ett överskridande av den optimala pumptiden medför således en mindre prestationsförlust än ett underskridande.

— Aggregat med stor kapacitet och fixerad riktning på vattenstrålen synes i regel ha högre optimal pumptid än roterande aggregat med lägre kapacitet.

— Om den optimala pumptiden beräknas för vattenspridningen omedelbart efter eller några timmar efter avslutad pumpning synes ej påtagligt påverka resultatet.

På grundval av resultaten kan man uppställa följande allmänna rekommendationer ang. valet av optimal pumptid, om man härvid endast tar hänsyn till vattnets spridning och förutsätter, att de fasta tiderna är ungefär av den storleksordning, som angivits i tab. 8.

— För de större aggregaten med högre kapacitet och fixerad vattenstråle synes en pumptid mellan 5 och 10 minuter vara lämplig vid istjocklekar mellan 20 och 40 cm. För tjockare isar torde 10 minuter eller något däröver kunna rekommenderas.

— För den i dag dominerande typen av aggregat, roterande maskiner med kapacitet 3—5 m³/min, synes man normalt kunna arbeta

inom intervallet 5—10 minuter, om isen är tjockare än 20 cm. Den nedre delen av intervallet bör användas vid små snödjup på tunna isar; den övre i övriga fall.

Enligt *Söderlund* (1960) förekommer vid maskinell uppvattning alltid en viss vattenförlust, som är större vid små istjocklekar och för aggregat med stor kapacitet. De i tab. 8 redovisade försöken har alla utförts vid istjocklekar överstigande 20 cm. Om man tillämpar eller något överskrider ovan rekommenderade optimala pumptider, synes, enligt författarens iakttagelser, vattenförluster på grund av sprickbildning ej ske i sådan omfattning, att det finns anledning att arbeta med reducerad kapacitet vid sådana istjocklekar, inom ramen för de kapaciteter som förekommit i undersökningen. Vid 10—15 cm istjocklek kan sprickbildningen enligt praktiska erfarenheter (*Bäckman*, *Indalsälvens och Faxälvens Vattenregleringsföretag*, muntlig uppgift, 1962) bli en kritisk faktor. Redan vid en kapacitet av 4—5 m³/min blir sprickbildningen så kraftig efter några minuters pumpning, att man riskerar, dels att vattnet till större delen rinner tillbaka, och dels att isen brister under aggregat och manskap. *Hughes* rekommenderar följande pumptider vid uppvattning med utombordsmotorer (*Hughes* 1960 samt korrespondens 1961) med kapaciteten ca 10 m³/min efter flera års praktiska erfarenheter.

Istjocklek cm	Pumptid min.
5—7,5	0,5
7,5—15	1—2
15—30	5—15
30—	10—30

Rekommendationerna gäller för snödjup inom intervallet 0—15 cm.

På isar tunnare än ca 20 cm kan det därför vara motiverat att köra aggregat, som har stor (8—12 m³/min) kapacitet, med reducerad kapacitet och att arbeta med pumptider på 1—5 minuter.

Genom tekniska förbättringar kan kanske de fasta tiderna vid maskinell uppvattning minskas. Om den fasta tiden för de större aggregaten minskar med en minut och för de mindre med en halv minut, minskar den optimala pumptiden i båda fallen med ungefär en minut.

Författaren vill än en gång betona, att diskussionen här avser den optimala pumptiden med hänsyn till vattnets spridningshastighet och den fasta tiden för ett enskilt aggregat. Valet av pumptid påverkas även av andra faktorer (se avsnitt 10.2).

7.13 Tidsåtgång vid olika snödjup

Studier utfördes för att belysa tidsåtgångens beroende av snödjupet. Nedan redovisade data erhöles vid en försöksserie över den optimala pumptiden.

Med ett roterande aggregat av den typ, som visas i fig. 17 b och c, med en nominell kapacitet av ca 4,5 m³/min utfördes pumpning vid 1½, 5, 8 och 15 cm snödjup och vid en istjocklek, som varierade mellan 20 och 22 cm. Snön hade en täthet av 0,10—0,15 g/cm³. Den optimala pumptiden i resp. fall var 2,3, 6,2, 6,8 och 10 min. I fig. 25 har tidsåtgången i verktygstimmar per hektar bevattnad areal beräknats dels vid optimal pumptid och dels vid 10 minuters pumptid. Därvid har den fasta tiden förutsatts vara 1 minut (per uppställning).

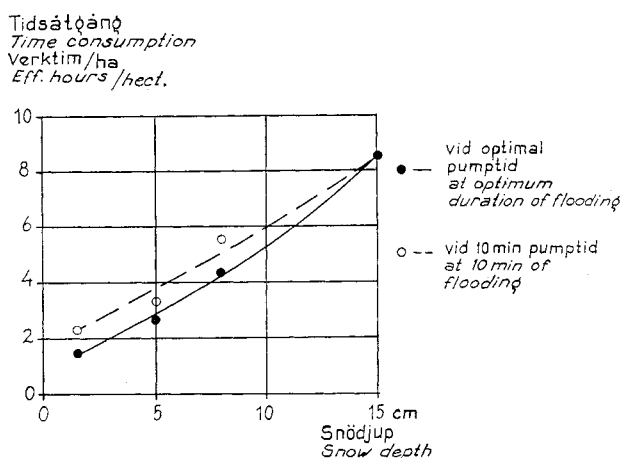


Fig. 25. Exempel på tidsåtgången (lagtimmar verktid) per hektar vid uppvattning i olika snödjup; enligt tidsstudier.

Example of the time consumption (effective time in crew hours), when flooding at different snow depths; according to time studies.

Kurvorna i fig. 25 erhöles genom grafisk utjämning. Påpekas bör att observationerna från ytterligare två försök med samma pump (året efter de ovan redovisade), ett vid 6 cm snödjup på 20 cm is och ett vid 17 cm snödjup på 29 cm is, gav mycket god anslutning till de samband, som redovisats i fig. 25.

7.2 Håluptagning

Håluptagning i isen utföres dels i kombination med maskinell uppvattning, dels som en särskild åtgärd för att dränka snötäcket i fall där man kan åstadkomma uppvattning genom utnyttjande av

snötäcket tyngd. I vårt land sker håluptagningen i regel med handborrar, men motordrivna borrar har börjat vinna utbredning.

En studie över *manuell håluptagning* utfördes vintern 1958—59. Två försökspersoner med vana i arbetet utvaldes. Vid försökstillfället var snödjupet 58 cm och istjockleken 42 cm. Vädret var blåsigt och kallt. Försökspersonen I tog upp hål i 5 meters förband, försökspersonen II i 10 meters. Borren var av standardtyp och hade en diameter av 10 cm. Tidsåtgången (verktiden) noterades för följande arbetsmoment (jfr tab. 9).

Symbol Arbetsmoment
Symbol Work element

G = Förflyttning.

Walking.

Sk = Bortskyffling av snö kring det blivande
borrhålet. Detta skedde med borrbladet.

Removal of snow.

Br = Borrning.

Drilling.

V = Vila.

Rest.

Tab. 9. Resultat av tidsstudier över manuell håluptagning vid 42 cm istjocklek och 58 cm snödjup.

Results from time studies of manual drilling at 42 cm ice thickness and 58 cm snow depth.

Arbetsmoment Work element	Tidsåtgång, cmin Time consumption, 1/100 min			
	Fp I (n = 12)		Fp II (n = 9)	
	\bar{x}	s (\bar{x})	\bar{x}	s (\bar{x})
G.....	33,9	3,9	34,7	1,6
Sk.....	60,0	6,4	52,9	6,6
Br.....	96,8	7,3	104,3	11,6
S:a Total	190,7	10,1	191,9	11,4
V.....	23,0		15,8	

Fp = försöksperson
test person
n = antal obs.
no. obs.

Studien indikerar, att man kan förvänta en tidsåtgång på ca 2 minuter verktid per hål vid upptagning av hål i 5—10 meters förband under de förhållanden, som rådde under studien. Tidsåtgången för

borrningsmomentet överensstämmer relativt väl med vad *Söderlund* anger (1960, sid. 314). Gångtiden (inkl. bitider) var omkring 7 cmin/m för försöksperson I och 3,5 cmin/m för försöksperson II.

Skogsförman Mellander i Graningeverkens AB noterade, på uppdrag av författaren, i januari 1958 tidsåtgången (arbetsplatstiden) och antalet borrarade hål för ett arbetslag om fyra man under en hel arbetsdag. Hålförbandet var mellan 10 och 15 meter. Man använde två typer av borr, två standardborrar och två »snabborrar» (skiljer sig betr. bladets utformning och slipningen), båda med 10 cm diameter. Arbetet utfördes på 25 cm is, som täcktes av 50 cm snö. Prestationen mättes, dels för det fall snöskottningen inkluderades i prestationen, och dels för det fall skottningen exkluderades och utfördes som en separat åtgärd före borrarningen.

Följande genomsnitt erhöles:

	Hålupptagning inkl. snöskottning	Hålupptagning exkl. snöskottning			
Snabborr	ca 45	ca 55	hål/tim	och	man
Standardborr	ca 35	ca 45	»	»	»

Normalt sker hålupptagningen i 10—15 meters förband, när upp-
vattning sker genom enbart hålupptagning. Ovanstående studier ävensom andra källor betr. gånghastigheten i snö (*Lundgren, Sundberg, Lindholm* 1955, *Heinonen, Karvonen, Ruosteenaja* 1959) och borrar-
ningshastigheten (*Söderlund* 1960, sid. 314) indikerar, att man under gynnsamma arbetsförhållanden — exv. 15 cm snö på 10 cm is — sannolikt kan påräkna en prestation av 100—120 hål per verktimme och under ogynnsamma — exv. 50 cm snö på 40 cm is — omkring 30 hål per verktimme. Sistnämnda gränsvärden skulle då motsvara en tidsåtgång av ungefär 1—3 verktim/ha vid 10 meters förband och 1/2—2 verktim/ha vid 15 meters förband, om arbetet sker med en borr av standardtyp. Om arbetet sker med en s. k. snabborr, som numera synes övertaga rollen av »standardborr» i handeln, blir tidsåtgången 10—20 % lägre.

Två studier över *hålupptagning med motordriven borr* skall här också redovisas. I båda fallen användes en motorborr av den typ, som visas i fig. 17 e, och som hade en motorstyrka av 3,5 hk, en vikt av 20 kg, och en borrdiameter av 15 cm. Försöket utfördes i Iroquois Falls med samma försöksperson och under samma tidpunkt och förhållanden, som vid den på sid. 93 redovisade tidsstudien. Försökspersonen hanterade och bar borren ensam. Tidsåtgången noterades för momenten »förflyttning» och »borrarning». Motorn startades, när för-

Tab. 10. Resultat av tidsstudier över borrhning med motorborr.
Results of time studies of drilling with powered ice auger.

Arbetsmoment Work element	Studie 1 Study no. 1			Studie 2 Study no. 2			<i>Studie 1.</i> 12 cm packad, hårdfrusen snö på 63 cm kärnis. Hålavstånd 30 m. <i>Study no. 1.</i> 12 cm of compacted, very hard snow on 63 cm of blue ice. Distance between holes 30 m. <i>Studie 2.</i> 20 cm snö på 38 cm kärnis + stöpis. Hålavstånd 20 m. <i>Study no. 2.</i> 20 cm of snow on 38 cm of blue ice + snow ice. Distance between holes 20 m.
	Tidsåtgång, cmin. Time consumption, $\frac{1}{100}$ min			Tidsåtgång, cmin. Time consumption, $\frac{1}{100}$ min			
	n	\bar{x}	s(\bar{x})	n	\bar{x}	s(\bar{x})	
Gång Moving	5	29,4	0,7	5	30,1	1,3	
Borrhning Drilling	6	150,0	23,3	6	41,8	9,3	
S:a Total		179,4			71,9		

söket började, och fick sedan gå i tomgång under förflyttningen mellan uppställningsplatserna. Resultaten framgår av tab. 10.

Temperaturen vid studien var -20° C och tiden närmast föregående studien omkring -25° till -30° C. Isen var därför kall och hård, särskilt i studie 2. Borrhningen kan därför ha gått långsammare än under genomsnittliga temperaturförhållanden.

Studie 2 representerar ett ytterlighetsfall, om man jämför med de förhållanden, under vilka hålupptagning normalt sker. Om hålupptagningen sker i samband med *maskinell uppvattning*, kommer man i regel att arbeta på 10—50 cm tjocka isar och i 0—10 cm djup snö. Studie 1 representerar den svårare delen av dessa förhållanden. Den totala verktiden blev 72 cmin per hål. Studien indikerar således, att tidsåtgången är av storleksordningen $\frac{1}{2}$ verkminut per hål under gynnsamma arbetsförhållanden och $\frac{3}{4}$ verkminuter per hål under ogynnsamma vid de 15—30 meters hålförband, som normalt förekommer vid maskinell uppvattning och för det fall hålupptagningen utföres separat.

Gångtiden (inkl. bitider) var 1 cmin/m i studie 1 och 1,5 cmin/m i studie 2.

Inom nämnda intervall $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ verkmin/hål — torde den sammanlagda verktiden för gång och borrhning ligga vid maskinell hålupptagning, även när *uppvattning sker enbart genom hålupptagning*, så länge både isens och snöns tjocklek understiger 30 cm. Om snödjupet är stort, blir emellertid arbetet mycket ansträngande, emedan ag-gregatet bäres. Då krävs sannolikt dels två man och dels att förflyttningen sker med skidor eller snöskor. Studier häröver har ej utförts.

Såsom tidigare nämnts, sker håluptagningen i dag huvudsakligen med handborrar. Maskinell borrhning har introducerats helt nyligen. Utrustningen för maskinell borrhning kan sannolikt förbättras. Borren kan exv. hängas upp i en kombinerad transport- och arbetsställning. Därigenom skulle arbetet underlättas väsentligt.

7.3 Snöpackning

För att få underlag för en bedömning av prestationen för olika fordon och redskap utfördes vintern 1956—57 vissa tidsstudier. Resultaten av dessa har redovisats av Ager (1958, sid. 484—486). I nedanstående uppställning återges den på grundval av tidsstudieresultaten bedömda tidsåtgången i maskintimmar per hektar för de fordon och redskap, som blev föremål för studium.

	Maskintim/ha
Jeep med packplåt	0,4 (endast i lös snö)
»Vesslan» band vid band	1,1
»Vesslan» med packplåt	0,5
»Vesslan» med timmerstock	0,3
Skogsbandtraktor (2,5 ton) »band vid band» (dvs. utan redskap)	2,2
Skogsbandtraktor (2,5 ton) med packplåt	1,0
Jordbrukstraktor (2 ton) med halvband, band vid band	1,2
Jordbrukstraktor (2 ton) med halvband, med packplåt	0,8

Tiderna hänför sig till packning av avlägg större än 1 hektar i 15—30 cm snödjup och med det körsystem, som visas i fig. 23 b.

Med syfte att få fram en enkel och snabb metod att uppskatta tidsåtgången vid avläggspackning undersöktes huruvida man med stöd av en uppmätning av körhastigheten skulle kunna utföra denna uppskattning på platsen. Tidsåtgången A tim/ha kan beräknas enligt:

$$A = \frac{1}{V} \times \frac{10}{B} \times C \quad (10)$$

där V = fordonets hastighet i km/tim.

B = arbetsbredden, dvs. redskapets arbetsbredd eller, för de fall packning sker band vid band, fordonets totala bandbredd, i meter.

C = korrektionsfaktor.

Tab. 11. Försök för beräkning av faktorn *C* i formeln

$$A = \frac{1}{V} \times \frac{10}{B} \times C \text{ tim/ha}$$

Experimental determination of the coefficient *C* in the formula

$$A = \frac{1}{V} \times \frac{10}{B} \times C \text{ hours/hectare}$$

Fordon Vehicle	Redskap Packn.metod Equipment Method	Snödjup cm Snow depth cm	Areal ha Area hectare	Arbets- bredd B m Swath B m	Hastighet V km/tim. Speed V km/ hours	Verktid A tim/ha Eff. time consumpti- on A hours/ hectare	C
Jeep	Rälsvält + packplåt Open roller + packing pan	16	1,0	2,0	16,7	0,38	1,27
Jeep	Rälsvält + packplåt Open roller + packing pan	16	1,0	2,0	16,5	0,35	1,16
Jeep	Timmerstock Log	16	1,0	4,5	19,0	0,17	1,45
»Vesslan» Canadian War Weasel	Band vid band Track to track	16	1,0	1,0	14,8	0,91	1,35
»Vesslan» Canadian War Weasel	Band vid band Track to track	16	1,0	1,0	20,6	0,61	1,26
»Vesslan» Canadian War Weasel	Timmerstock Log	16	1,0	4,5	9,7	0,35	1,53
»Vesslan» Canadian War Weasel	Rälsvält + packplåt Open roller + packing pan	16	1,0	2,0	19,4	0,37	1,44
Jordbrukstraktor (2 ton) med halv- band Farm tractor (2 tons) with half tracks	Band vid band Track to track	16	1,0	0,8	13,5	1,22	1,32
Skogsbandtraktor (2,5 ton) Crawler tractor (2,5 tons)	Packplåt Packing pan	58	0,8	2,0	2,3	3,10	1,43

Faktorn *C* är i första hand beroende av körsystemet och den därmed sammanhängande andelen »dubbelpackning» av den totala körsträc-
kan (jfr sid. 89—90). Dessutom förekommer ytterligare dubbelpack-

ning, genom att man i regel lappar över i tidigare packat spår för att med säkerhet täcka hela arealen. Denna överlappning bör normalt vara mindre än 10 %, när man packar med ett redskap, men kan bli något större, när packning sker band vid band. Andra faktorer, som troligen inverkar på storleken av faktorn C , är fordonets styrförmåga och framkomlighet samt snödjupet.

Storleken på faktorn C undersöktes i några fall genom observationer i fält. Detta tillgick så, att fordonets hastighet vid körning på raksträcka under packning av en yta observerades stickprovsvis. Vidare noterades den totala tidsåtgången för packning av ytan. Studierna utfördes på ca 1 ha stora och vanligen rektangulära ytor. Förhållandet mellan längd och bredd var praktiskt taget genomgående av storleksordningen 2:1. Det på sid. 90 (fig. 23 b) visade körsystemet användes genomgående. Detta innebär att fordonet i regel hade en raksträcka överstigande 100 m. Resultaten av dessa observationer har sammanställts i tab. 11.

Den i tab. 11 redovisade körhastigheten är i samtliga fall medeltal av minst tre observationer. Hastigheten mättes i regel på en 100 m lång raksträcka. Medeltalets medelfel [$s(\bar{x})$] var omkring ± 5 % för tre observationer.

Det aritmetiska medeltalet för koefficienten C är 1,35. Spridningen från försök till försök är relativt stor. Emedan man i regel hellre vill riskera att överskatta tidsåtgången än att underskatta den, föreslås $C = 1,4$ som en tumregel för praktiskt bruk. Tidsåtgången A tim/ha avser lagtimmar verktid. Oftast sammanfaller denna tid med maskintiden enligt de definitioner, som tillämpas i avhandlingen (sid. 6 och bil. 4).

Vid *vägupptagning* blir dels andelen dubbelpackning mindre och dels hastighetsreduktionen vid kurvkörning eliminerad. Faktorn C är uppskattningsvis omkring 1,1 vid vägupptagning. Tiderna per arealenhet blir då omkring 20 % lägre vid packning av vägar jämfört med packning av avlägg.

Kap. 8. Driftsstatistik 1959—60

För att till rimliga undersökningskostnader erhålla vissa data över prepareringsverksamheten och avläggens användning ansågs det lämpligt att insamla data från den praktiska verksamheten. Driftsstatistik utfördes vintern 1959—60 med hjälp av vissa skogsbolag och vattenkraftsföretag.

3.1 Syfte och planläggning

Syftet med driftsstatistiken var att få underlag för grova kostnadsberäkningar dels vid valet mellan olika prepareringsmetoder och dels vid bedömningen av kostnaden per enhet av avläggsarealen eller virkesvolymen för olika typer av avlägg. Följande frågor önskades belysta för detta ändamål:

- a) *Tidsåtgången per arealenhet* och dess beroende av olika faktorer *vid preparering* med olika utrustning. Driftsstatistiken avsågs på denna punkt kunna tjäna som ett nödvändigt komplement till tidsstudierna.
- b) Avläggens och virkesbeläggningarnas storlek, brådskan vid prepareringen, graden av utnyttjning av den preparerade arealen, etc. för olika *typer av avlägg*.

Den förstnämnda uppgiften var den primära.

Vid planläggningen av undersökningen fastställdes först vilka data, som erfordrades, och en blankett med tillhörande instruktion upprättades (se bil. 4). Härvid tjänade erfarenheterna från en mindre förundersökning från vintern 1958—59 som stöd. För att uppgiftslämnarna skulle orsakas så små kostnader och besvär som möjligt, var det önskvärt att avpassa antalet uppgifter och observationsnoggrannheten på sådant sätt, att en arbetsledare e. dyl. utan väsentligt merarbete utöver sin ordinarie verksamhet skulle kunna utföra erforderliga observationer.

Nästa steg var att besluta, hur undersökningen skulle genomföras och vilken omfattning den skulle få.

Vi skall först se på frågan »hur?» (jfr bl. a. *Karlsson, Dalenius*

m. fl. 1961). Uppgiften under a) gäller klarläggande av ett orsakssammanhang (tidsåtgångens beroende av olika faktorer) och skulle därför kräva en »experimentell» ansats. Uppgiften under b) avser upplysningar av beskrivande karaktär. En »survey»-ansats skulle därför i princip vara den rätta undersökningsformen för denna del av undersökningen. En förutsättning för att någon av dessa ansatser skall kunna tillämpas är, att urvalsenheterna kan väljas slumpmässigt med kända urvalssannolikheter. Ett sådant förfarande skulle emellertid i detta fall möta följande svårigheter:

- Det torde vara förenat med ett mycket omfattande arbete — och är för övrigt kanske ej möjligt — att konkret presentera en fullständig *ram för urvalet*, dvs. att göra den totala populationen tillgänglig för urvalet. Ramen skulle i detta fall vara samtliga avlägg, som skulle prepareras vintern 1959—60 av »skogsbolag, vattenregleringsföretag eller andra företag med motsvarande ekonomiska och organisatoriska resurser» (jfr avsnitt 1.31).
- Prepareringarna utföres under en tid på året, då brådskan är stor inom drivningsverksamheten. När valet av avlägg, och därmed i stor utsträckning även valet av observatör, sker slumpmässigt, är risken för *bortfall* mycket stor, ävensom risken att *noggrannheten vid observationerna* blir låg, beroende på att vissa observatörer dels inte är direkt intresserade av uppgiften och dels är pressade i sin ordinarie verksamhet.

Möjligheterna att till en rimlig insats få de förutsättningar uppfyllda, som krävs för erhållande av ett experimentellt material eller ett slumpvis uttaget survey-material, bedömdes därför som ytterst små.

Kravet på *materialets storlek* var förhållandevis svårt att precisera. Huvudönskemålet var att få med all viktigare utrustning för preparering, om möjligt vid arbete i olika snödjup, emedan snödjupet är den faktor, som framförallt påverkar tidsåtgången. Materialets värde måste därför bli beroende av väderleken under undersökningsvintern. Emedan endast *en* vinter stod till förfogande, ansågs det därför önskvärt att få ett relativt stort material; enligt författarens bedömning minst ett par hundra avlägg under en ur väderlekssynpunkt »normal» vinter. Vidare borde undersökningen geografiskt täcka hela det aktuella området, så att lokala metoder av intresse kunde infångas.

Ovanstående överväganden ledde till följande undersökningsplan.

Domänstyrelsen, Vattenfallsstyrelsen, Indalsälvens och Faxälvens Vattenregleringsföretag samt tio större skogsbolag i Norrland, Dalarna och Värmland tillskrevs med anhållan om att föra den för ändamålet upprättade uppgiftsblanketten under vinterns arbeten. Från centralförvaltningen inom företagen vidarebefordrades sedan denna förfrågan till reviren, förvaltningarna, lokalkontoren etc. och därifrån ytterligare till bevakningarna, skogvaktaredistriktet etc. Tillgång och intresse fick sedan bestämma uppgiftslämnandet. Vid valet av företag eftersträvades en så jämn geografisk fördelning som möjligt.

8.2 Materialets omfattning och bearbetning

Uppgifter erhöles från Domänverket, Vattenfallsverket, 10 skogsbolag och ett vattenregleringsföretag över sammanlagt 227 avlägg. Den geografiska fördelningen var följande: 75 avlägg i norra Norrland (Norrbottnen, Västerbottnen), 121 i mellersta (Ångermanland, Jämtland, Medelpad) och 31 i södra Norrland, Dalarna och Värmland. Den sammanlagda virkeskvantiteten var omkring 20 miljoner kubikfot verklig massa (ca 570 000 m³f), dvs. uppskattningsvis 15 % av den virkeskvantitet, som årligen avlastas på is inom det berörda området.

Materialet lades upp på hålkort i 2 serier.

Den första serien (nr 60.11.00 vid institutionen för skoglig matematisk statistik vid Skogshögskolan) upptog alla *prepareringsåtgärder*. Varje arbetsdag på resp. avlägg betraktades som en observation, för vilken åtgärden, istjockleken, snödjupet, tidsåtgången, den preparerade arealen m. m. noterades. Bearbetningen av detta material gav data över tidsåtgången för olika former av uppvattning, snöpackning och snöröjning under olika betingelser. Sammanlagt erhöles 703 observationer för maskinell uppvattning, 3 för uppvattning genom enbart hålupptagning, 106 för snöpackning och 10 för snöröjning.

I den andra serien (nr 60.11.01 vid institutionen för skoglig matematisk statistik vid Skogshögskolan) var *avlägget* enheten, varvid uppgifter över belagd areal, virkesmängd, virkets uppläggningssätt etc. noterades.

Såsom framgår av avsnitt 5.2 krävs det olika istjocklek vid olika typer av trafik på avlägget. Om virkestransporten sker med häst, erfordras i regel 30—35 cm tjock is; om den sker med traktor 45—50 cm och med lastbil omkring 60 cm. Transportmedlet ansågs därför vara en naturlig indelningsgrund vid klassificeringen av avläggen

och tillämpades redan vid primärbearbetningen av materialet. Antalet avlägg, där virket körts med enbart resp. lastbil, traktor eller häst, visade sig sedan vara så stort (sammanlagt ca $\frac{2}{3}$ av antalet avlägg) att dessa »renodlade» grupper ensamma kunde läggas till grund för en jämförelse mellan olika avläggstyper.

Virkesvolymen redovisas här i kubikfot (f^3) verklig volym inom bark. I fall där virket av uppgiftslämnarna angivits i topp — rotmätt volym, har denna ansetts vara lika med verklig volym. I övrigt har följande omräkningstal använts.

$$\begin{aligned} 1 f^3 \text{to.} &= 1,25 f^3 \\ 1 m^3 \text{t} &= 22 f^3 \text{ (barrvirke)} \end{aligned}$$

Med de på sid. 6 givna tidsdefinitionerna svarar tidsåtgången för manskapet i denna statistik ungefär mot summan av arbetsplats-, förberedelse- och förflyttningstiden. Hur maskintiden definieras framgår av bil. 4. Tidsangivelserna skedde i fält på $\frac{1}{4}$ timme när, medan arealen angavs på $\frac{1}{4}$ hektar när.

Kostnadsberäkningar har även utförts på basis av erhållna data över tidsåtgången. Därvid har följande kostnader per maskintimme tillämpats för de olika produktionsmedlen.

Uppvattningsaggregat:

Tyngre (75—200 kg), kombinerade borrh- och pumpaggregat 10 kr/tim
Lätta (10—25 kg) pumpaggregat 5 »

Fordon vid snöpackning och snöröjning:

Hjultraktorer, jeepar 10 kr/tim
Lätta (1—3 ton) skogsbandtraktorer samt snötraktorn
»Vesslan» 15 »
Medeltunga (> 3 ton) skogsbandtraktorer 20 »
Lastbilar 17,5 »
Bandtraktorer (4—6 ton) 35 »
Hästar 5 »

Redskap vid snöpackning:

För packningsredskapen, vilka i de flesta fall varit mycket enkla, har inga kostnader upptagits med undantag för kraftuttagsdrivna vältar, som beräknats kosta 5 kr/tim.

Manskap:

För manskapet har en arbetslön av 5 kr/tim använts.

De redovisade timkostnaderna utgör ungefär de medelkostnader

(jfr bl. a. *Kilander* 1962, sid. 42—45) för olika maskiner etc., som användes hos olika skogs- och vattenregleringsföretag år 1960. För några av de mest aktuella maskinerna skall här redovisas vilken årlig användningstid m. m., som ungefär svarar mot de angivna timkostnaderna.

- Lätt pumpaggregat: Inköpspris 1 000 kr, ekonomisk livslängd 3 år, räntefot 8 %, årlig användningstid 200 timmar.
- Jordbrukstraktor med vinsch och slirskydd men utan s. k. skogsutrustning: Inköpspris 20 000 kr, ekonomisk livslängd 6 år, räntefot 8 %, årlig användningstid 1 000 timmar.
- Skogsbandtraktor med vinsch men utan övrig skogsutrustning: Inköpspris 35 000 kr, ekonomisk livslängd 6 år, räntefot 8 %, årlig användningstid 1 000—1 500 timmar.

Såsom undersökningen lagts upp är materialet att hänföra till kategorin »icke-experimentellt». Hänsyn härtill bör givetvis tagas vid behandlingen och tolkningen av materialet. Vad avser tidsåtgången per arealenhet för olika prepareringsmetoder under olika förhållanden torde statistikmaterialets medeltal äga viss allmängiltighet, emedan arbetsmetoderna är relativt enhetliga och stabila (för en given utrustning). När det gäller de beskrivande uppgifterna över olika avläggstyper, krävs däremot stor försiktighet, om resultaten skall generaliseras.

8.3 Tidsåtgång och kostnad för olika prepareringsmetoder

8.31 Uppvattning.

Vid *maskinell uppvattning* förekom tre huvudtyper av aggregat nämligen:

- Typ I:* Äldre kombinerade borrh- och pumpaggregat med en kapacitet av ca 2,5 m³/min.
- Typ II:* Nyare kombinerade aggregat med en kapacitet av 8—11 m³/min. Omkring 85 % av dessa aggregat hade en kapacitet av 8 m³/min.
- Typ III:* Små separata aggregat med en kapacitet av 3—5 m³/min. Omkring 85 % av dessa aggregat hade en kapacitet av 4,5 m³/min.

Angiven kapacitet avser den nominella kapaciteten (jfr även *Söderlund* 1960).

Av de faktorer, som kan antagas påverka tidsåtgången per arealenhet, bedömdes snödjupet, avläggets areal och istjockleken vara de

viktigaste. Första steget i analysen av materialet var att undersöka graden av samvariation mellan dessa faktorer.

Beträffande arealuppgifterna bör följande påpekas. Varje observation i detta material omfattar den areal, som bevattnats av arbetslaget under den dag, för vilken observationen gäller. Av intresse i detta sammanhang är emellertid avläggsarealen, dvs. man vill veta sambandet mellan tidsåtgången och den areal, som *skall* bevattnas. Arealen påverkar tidsåtgången, framförallt om den är mindre än den areal man hinner bevattna under 1 dag med 1 aggregat, dvs. omkring 1—2 hektar med aggregat av typ II och 0,5—2 hektar med typ III. I materialet konstaterades att när den bevattnade arealen var 1,0 hektar eller mindre denna för 93 % av observationerna sammanföll med den totala avläggsareal, som preparerades. För avlägg på 2,0 hektar eller mindre var motsvarande tal 43 % och för 3,0 hektar eller större 21 %. Materialet ansågs därför vara användbart för ett studium av avläggsstorlekens betydelse för tidsåtgången.

Resultaten av prövningen av samvariationen redovisas i form av kontingenstabeller i tab. 12 och 13. I tabellerna anges den korrelationskoefficient (r) som erhållits genom beräkning av graden av linjärt samband hos det klassindelade materialet. Utgången av en prövning av hypotesen $r = 0$ redovisas även (95 % konfidensnivå). Endast aggregat av typ II och III har medtagits.

Av tab. 12 framgår att snödjupet och den bevattnade arealen samvarierade signifikant i materialet. Detta beror främst på att man hann vattna mindre yta, ju större snödjupet var. Dessutom är små avlägg ofta sämre belägna än stora, vilket innebär längre förflyttningstid. Små avlägg är också i stor utsträckning hästkörningsavlägg. Dessa har låg angelägenhetsgrad vid rangordningen av arbetsobjekten, vilket medför att större snömängder ackumuleras på sådana avlägg, innan man hinner dit för att preparera.

Tab. 13 visar, att snödjupet och istjockleken samvarierade signifikant för maskintyp II, medan för typ III en tendens till samvariation förelåg. Troligen beror detta främst på att nederbörden var betydligt större under förvintern (november—december), när man utförde de första åtgärderna och alltså arbetade på relativt tunna isar, än under högvintern (januari—februari).

Istjockleken och den bevattnade arealens storlek samvarierade ej signifikant enligt ovan beskrivna test.

I fig. 26 a och b visas tidsåtgången vid olika storlek hos den bevattnade arealen dels i maskintimmar per hektar och dels i mans-timmar per hektar för maskintyperna II och III och för två snödjups-

Tab. 12. Snödjupen fördelade efter bevattnad areal vid varje uppvattningsstillfälle.
Snow depths vs different sizes of area flooded at each flooding.

a) Maskintyp II.
Type of pump II.

Snödjup cm Snow depth cm	Antal observationer No. observations							S:a Total
	Areal, ha. Area, hectare							
	—5	6—10	11—15	16—20	21—30	31—40	41—	
0		7	13	16	9	11	3	59
1—4	3	6	7	8	11	5	4	44
5—8	11	17	14	17	11	5	7	82
9—12	23	34	23	11	7	1	1	100
13—16	6	5	7	2	3		2	25
S:a. Total	43	69	64	54	41	22	17	310

$r = -0,366$

Hypotes $r = 0$ förkastas

Hypothesis $r = 0$ rejected

b) Maskintyp III.
Type of pump III.

Snödjup cm Snow depth cm	Antal observationer No. observations							S:a Total
	Areal, ha. Area, hectare							
	—5	6—10	11—15	16—20	21—30	31—40	41—	
0	2	9	2	8	1	3		25
1—4		4	2	8	1	5	4	24
5—8	3	24	4	6	6		7	50
9—12	7	12	5	4		4	2	34
13—16	7	12	3	3	2		1	28
S:a. Total	19	61	16	29	10	12	14	161

$r = -0,231$

Hypotes $r = 0$ förkastas

Hypothesis $r = 0$ rejected

klasser. Tidsåtgången ökar mycket kraftigt vid en minskning av arealen under 1,0—1,5 hektar. Ökningen är särskilt kraftig för manstiden, vilket främst beror på att tiden för förflyttning och förberedelser ingår i manstiden. Därtill kommer att det sannolikt finns en samvaria-

Tab. 13. Snödjupen fördelade efter istjocklek vid varje uppvattningsstillfälle.
Snow depths vs different ice thickness at each flooding.

a) Maskintyp II.
Type of pump II.

Snödjup cm Snow depth cm	Antal observationer No. observations									
	Istjocklek, cm. Ice thickness, cm									S:a Total
	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	31—40	41—50	51—60	61—	
0			2	3	2	4	11	11	13	46
1—4		1	3	3	1	8	9	11	1	37
5—8	1	1	5	1	18	13	17	7	1	64
9—12		5	8	17	19	16	4	2		71
13—16		4	6	4	2	6		1		23
S:a. Total	1	11	24	28	42	47	41	32	15	241

$r = -0,535$

Hypotes $r = 0$ förkastas

Hypothesis $r = 0$ rejected

b) Maskintyp III.
Type of pump III.

Snödjup cm Snow depth cm	Antal observationer No. observations									
	Istjocklek, cm. Ice thickness, cm									S:a Total
	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	31—40	41—50	51—60	61—	
0	2	5	1	1	1	2	3	6	1	22
1—4	2	2	5		1	3	4	2	2	21
5—8	4		11	5	4	8	6	1		39
9—12	1	2	4	2	6	5	3	1		24
13—16	1	6	3	1	5	3		5		24
S:a. Total	10	15	24	9	17	21	16	15	3	130

$r = -0,091$

Hypotes $r = 0$ accepteras

Hypothesis $r = 0$ accepted

tion mellan arealens storlek och belägenheten, innebärande att förflyttningstiden även absolut sett är större på små avlägg. Det är svårare att finna en förklaring till att maskintiden per hektar ökar. Man pumpade uppenbarligen upp större vattenmängder vid ett givet snödjup

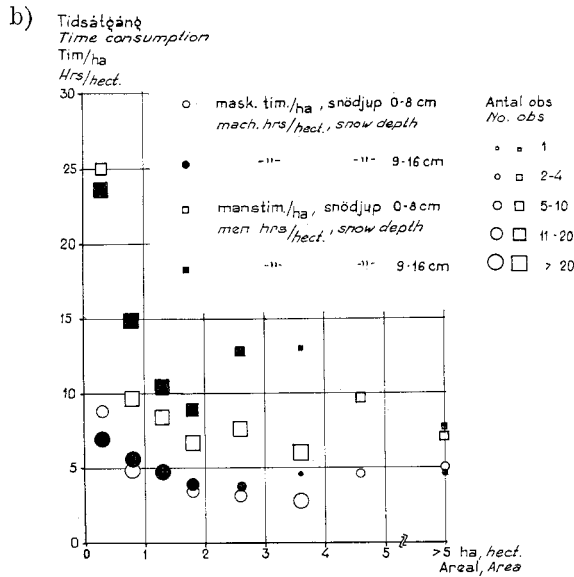
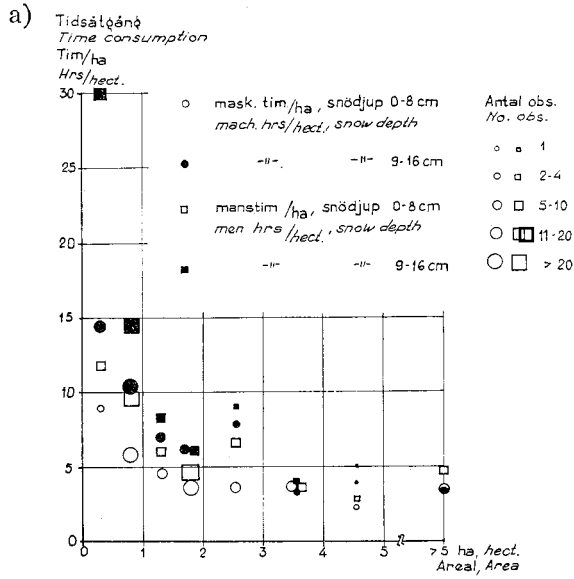


Fig. 26. Tidsåtgången vid maskinell uppvattning med maskintyp II (a) resp. III (b) som funktion av den bevattnade arealen; enligt driftsstatistiken 1959—60.
Time consumption vs area flooded by means of pumps of type II (a) and type III (b); according to the 1959—60 survey.

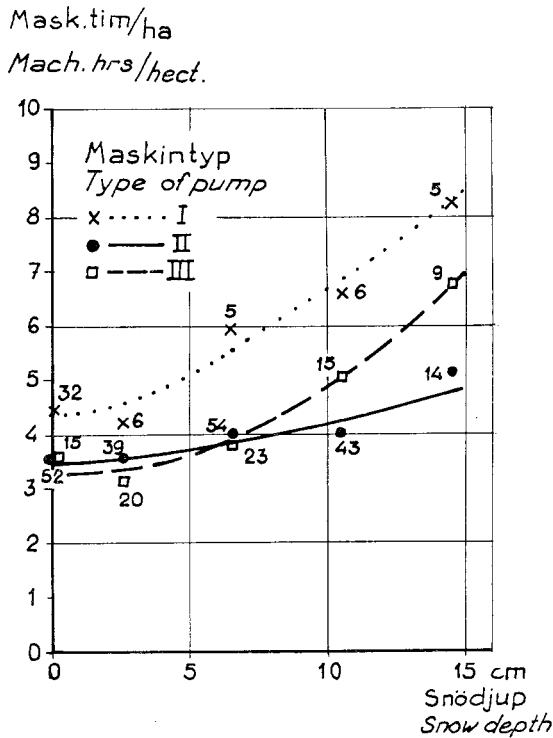


Fig. 27. Tidsåtgången (maskintid) vid maskinell uppvattning som funktion av snödjupet; enligt driftsstatistiken 1959—60.

Time consumption (machine time) vs snow depth; according to the 1959—60 survey.

på de små avläggerna än på de större. Detta kan delvis bero på att man vill utnyttja arbetsdagen, emedan man kanske ändå inte hinner utföra något annat arbete.

I fig. 27 återges maskintiden per hektar vid olika snödjup för alla tre aggregattyperna och för arealer överstigande 1,0 hektar. Inlagda symboler utgör aritmetiska klassmedeltal, och siffrorna anger antalet observationer. Som exempel på spridningen i materialet kan nämnas, att variationskoefficienten inom resp. klasser för typ III varierade mellan 30 och 50 %. Intressant är att skillnaden mellan typerna II och III är så liten, trots att kapacitetsskillnaden är förhållandevis stor. Intressant är också att tidsåtgången är praktiskt taget konstant vid snödjup understigande 5 cm. Orsaken härtill är sannolikt, att man avsiktligt eller oavsiktligt arbetat med pumptider, som är längre än den »optimala» (enl. definition på sid. 94). Kurvan för en konstant pumptid av 10 min enligt tidsstudieresultatet i fig. 25 visar ungefär

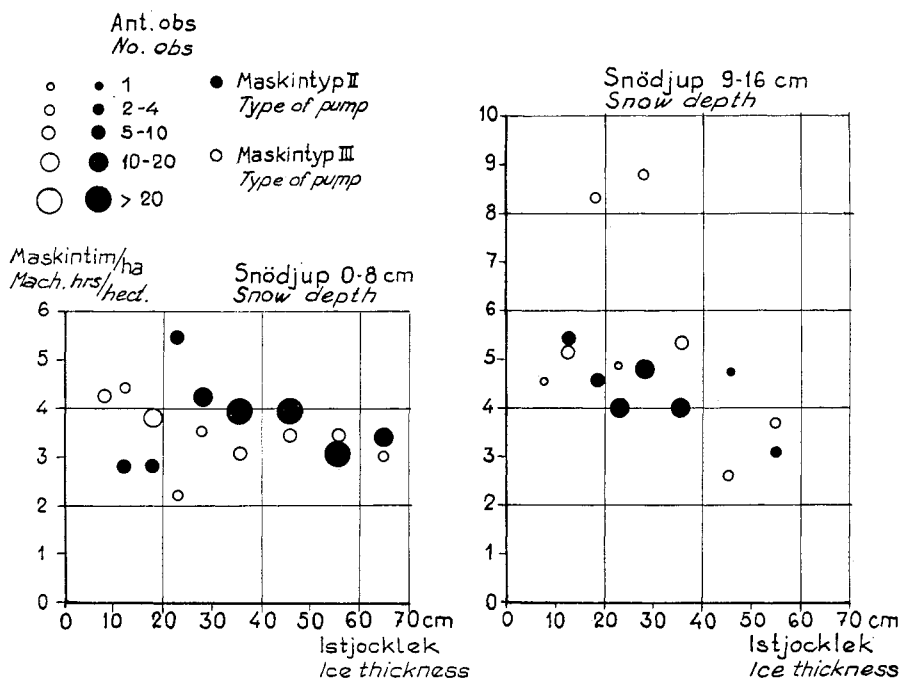


Fig. 28. Tidsåtgången (maskintid) vid maskinell uppvattning som funktion av istjockleken; enligt driftsstatistiken 1959—60.

Time consumption (machine time) vs ice thickness; according to the 1959—60 survey.

samma förlopp som statistikmaterialets kurva för motsvarande maskintyp (typ III).

I fig. 28 redovisas slutligen maskintiden per hektar vid olika istjocklek för maskintyp II och III och för två snödjupsklasser. Materialet indikerar, att prestationen ökar med ökande istjocklek. Ökningen är dock obetydlig vid de snödjup, som är mest aktuella vid uppvattning, 0—10 cm.

I nedanstående uppställning redovisas det genomsnittliga antalet manstimmar per maskintimme (för avlägg > 1,0 ha) och med ledning härav kostnaden för drift av maskinen 1 timme inkl. manskap.

Maskintyp	Antal obs.	Manstim/maskintim ¹	Kostnad kr/driftstim
I	54	2,3	21: 50
II	198	2,1	21: —
III	81	1,1	10: 50

Såsom tidigare nämnts ingår tiden för förflyttning och förberedelser i manstiden.

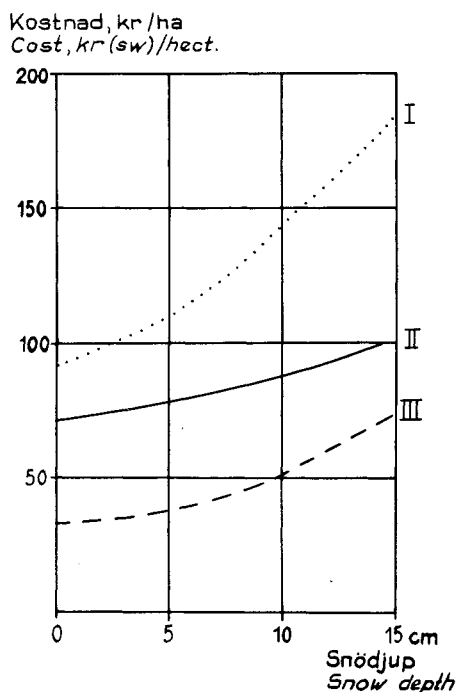


Fig. 29. Kostnaden vid maskinell uppvattning som funktion av snödjupet; enligt driftsstatistiken 1959—60.

Cost of flooding vs snow depth; according to the 1959—60 survey.

Med totalkostnaderna per driftstimme enligt uppställningen och de grafiskt utjämnade kurvorna i fig. 27 som underlag har kostnaderna per hektar för uppvattning med olika aggregattyper beräknats vid olika snödjup och redovisats i fig. 29. Diagrammet illustrerar väl de kostnadssänkningar, som ernåtts genom den snabba tekniska utvecklingen på detta område. Typ III uppvisade 60—70 % lägre kostnader än typ I och 30—50 % lägre kostnader än typ II, med de timkostnader för maskiner och manskap som förutsatts.

För uppvattning genom enbart *hålupptagning* erhöles så få observationer, att en redovisning saknade intresse.

8.32 Snöpackning.

Materialet för olika packningsmetoder var ej tillräckligt omfattande för att ge upplysning om tidsåtgångens beroende av olika faktorer. Den genomsnittliga maskintiden och den genomsnittliga kostnaden för maskin och manskap per hektar samt det snödjupsintervall, som förekom i de olika fallen, redovisas i tab. 14 för sådana alternativ, som

Tab. 14. Genomsnittlig (aritmetiskt medeltal) tidsåtgång och beräknad kostnad per hektar och åtgård för olika snöpackningsmetoder.

Average (arithmetic mean) time consumption and calculated cost per hectare for different compaction methods.

Metod Method Fordon, utrustning Vehicle, equipment	Antal obs. No. of obs.	Snödjups- intervall Range of snow depth, cm	Mask.tim/ha Mach.hrs/hect.	Kostnad kr/ha Cost kr(Sw)/hect.
Jordbrukstraktor med redskap..... Farm tractor with compaction equipment	12	10—20	0,7	12: —
Skogsbandtraktor (2—4 ton) utan redskap..... Crawler tractor (2—4 tons) without compaction equipment	14	10—25	2,5	53: —
Häst med redskap..... Horse with compaction equipment	8	10—30	2,0	22: —
»Vesslan» utan redskap..... Canadian War Weasel without compaction equipment	14	10—30	1,4	30: —
Skogsbandtraktor (1—2 ton) med driven vält..... Crawler tractor (1—2 tons) with powered roller	6	15—45	0,5	13: —

uppvisade mer än 5 observationer. Samtliga ytor som packades maskinellt var större än 1 hektar, medan huvudparten av de ytor, som packades med häst, var mindre än 1 hektar. Spridningarna i materialet var mycket stora. Variationskoefficienten för den genomsnittliga tidsåtgången var av storleksordningen 50 %. Medeltalen visar dock nöjaktig överensstämmelse med tidsstudieresultatet (jfr avsnitt 7.1). Vid beräkningen av kostnaderna har det antagits, att antalet manstimmar per maskintimme för samtliga alternativ uppgått till 1,2, vilket erhöles som genomsnitt för hela snöpackningsmaterialet (106 observationer).

Med packningsredskap har här avsetts dragna vältar, sladdar, släplass eller timmerstockar.

Av tab. 14 framgår att den genomsnittliga kostnaden för de flesta metoderna var av storleksordningen 10—30 kr/ha, med de timkostnader som här använts. Endast packning med skogsbandtraktor utan redskap uppvisar markerat avvikande, högre kostnad. Jordbrukshjultraktorn uppvisade de lägsta kostnaderna, beroende dels på att den vid små snödjup är betydligt snabbare än de övriga fordonen, dels på att hjultraktorn är billigare i drift än övriga fordon som redovisats här.

Tab. 15. Tidsåtgång och beräknad kostnad för snöröjning med olika fordon.
Time consumption and calculated cost of snow removal with different vehicles.

Fordon Vehicle	Snödjup, cm Snow depth, cm	Areal, ha Area, hect.	Ant.mask. tim No. ma- chine hrs	Mask. tim/ha Mach. hrs/hect.	Kostnad kr/ha kr(Sw)/ hect.
Lastbil..... Truck	10	4,0	4,0	1,0	24
»	12	3,8	5,5	1,5	35
Jeep.....	7	4,0	3,0	0,8	13
»	8	4,0	4,5	1,1	18
»	15	4,0	5,0	1,2	19
Skogsbandtraktor..... Crawler tractor	4	0,7	1,0	1,4	29
»	7	0,7	2,5	3,6	76
»	8	0,7	3,0	4,3	90
»	20	0,8	8,0	10,0	260
»	20	0,8	8,0	10,0	260

Packning med snöskor förekom inte på de avlägg, som fanns med i undersökningen. I den driftsstatistik av mindre omfattning, som utfördes vintern 1958—59, erhöles från Vattenfallsstyrelsens f. d. lokalkontor i Näsåker data över packning med kanadensiska snöskor (fig. 20 a). Man packade sammanlagt omkring 25 hektar med en tidsåtgång, som varierade mellan 10 och 15 timmar per hektar.

8.33 Snöröjning.

Snöröjning förekom mycket sparsamt i statistiken. De uppgifter, som erhöles, återges samtliga i tab. 15. Vid beräkning av kostnaderna har även i detta fall förutsatts att det går 1,2 manstimmar per maskintimme.

Tab. 15 visar, att snöröjning med hjulfordon kan utföras till en kostnad, som ligger i ungefär samma intervall, 10—30 kr/ha, som snöpackning, om snödjupet är mellan 0 och 15 cm. De fåtaliga uppgifterna indikerar också, att kostnaderna stiger kraftigt med ökande snödjup, vilket förefaller logiskt med hänsyn till arbetets karaktär.

8.4 Data för olika avläggstyper

Vid bedömningen av resultaten från driftsstatistiken 1959—60 är det viktigt, att hänsyn toges till de naturliga isförhållandena vid vinterns början och till väderleksbetingelserna. Förvintern var relativt mild och nederbördsrik. Isläggningen och den tidpunkt, när isen nådde 15 cm tjocklek på naturlig väg, inträffade därför ungefär 1—2 veckor senare denna vinter jämfört med de medeltal, som redovisas i tab. 4. Januari och februari var kallare än normalt och hade något mindre nederbörd än normalt, medan mars och april i stort sett var normala med hänsyn till temperatur och nederbörd.

På resp. 51, 34 och 64 avlägg förekom enbart resp. bil-, traktor- och hästkörning, medan på övriga avlägg minst två av dessa körningsformer förekom. Här redovisas endast data från de förstnämnda avläggen. Påpekas bör att vissa uppgifter saknades för flera av avläggen. Antalet avlägg i redovisningen blir därför ibland lägre än det ovan angivna antalet.

Huvudparten av redovisningen av materialet sker i fig. 30, där frekvensfördelningar för olika variabler redovisas i form av histogram och stapeldiagram. Aritmetiska medeltal har i några fall angivits.

I fig. 30 *a* och *b* visas för olika avläggstyper, vid vilken tidpunkt man påbörjade och avslutade prepareringarna; i fig. 30 *c* vid vilken istjocklek man började preparera och i fig. 30 *d* vilken istjocklek som nåddes, sedan prepareringen avslutats.

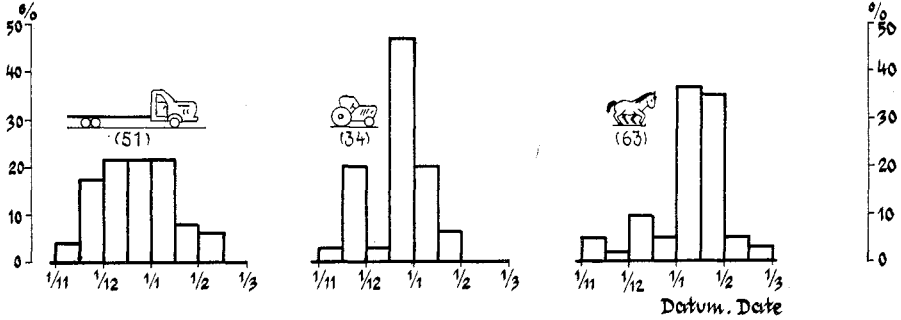
Ungefär 65 % av bilavläggen började prepareras i november och december, medan motsvarande siffror för traktor- och hästavläggen var 20—25 %. Detta visar att man haft mest bråttom med bilavläggen, men inte med alla, eftersom man på vissa bilavlägg satte igång så sent som i februari. Januari blev igångsättningsmånaden för ca $\frac{2}{3}$ av traktor- och hästavläggen.

Bilavläggen började också prepareras vid mindre istjocklekar jämfört med traktor- och hästavläggen. Medianvärdet återfinnes i klassen 15—20 cm för bilavläggen, 25—30 cm för traktoravläggen och 20—25 cm för hästavläggen. Vad sluttjockleken beträffar, har praktiskt taget samtliga bilavlägg preparerats till mer än 50 cm, traktoravläggen till mer än 40 cm och hästavläggen till mer än 30 cm. Medianvärdet ligger i klassen 61—70 cm för bilavläggen, 51—60 cm för traktoravläggen och 41—50 cm för hästavläggen.

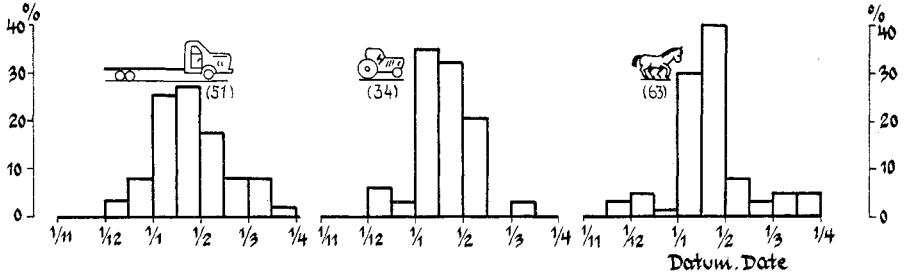
I fig. 30 *e* visas den per avlägg och åtgärd erhållna genomsnittliga istillväxten vid *uppvattning*. Medianvärdet ligger i klassen 13—15 cm för bilavläggen, i klassen 16—18 cm för traktor- och hästavläggen.

Symboler:  Bilkörningsavlägg  Traktorkörningsavlägg  Hästkörningsavlägg
 Symbols:  Truck landings  Tractor landings  Horse landings

a). Datum för första åtgärden
Date of first measure



b). Datum för sista åtgärden
Date of last measure



c). Istjocklek vid första åtgärden
Ice thickness at first measure

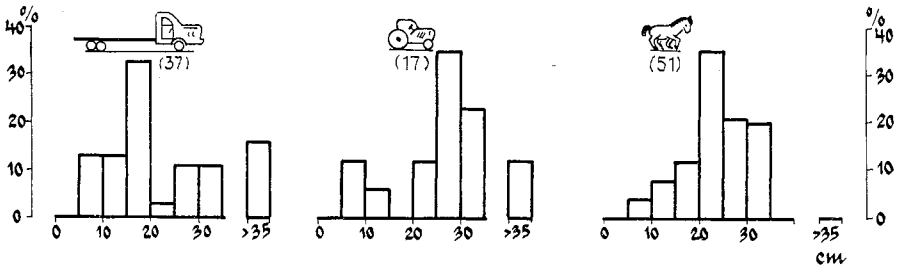
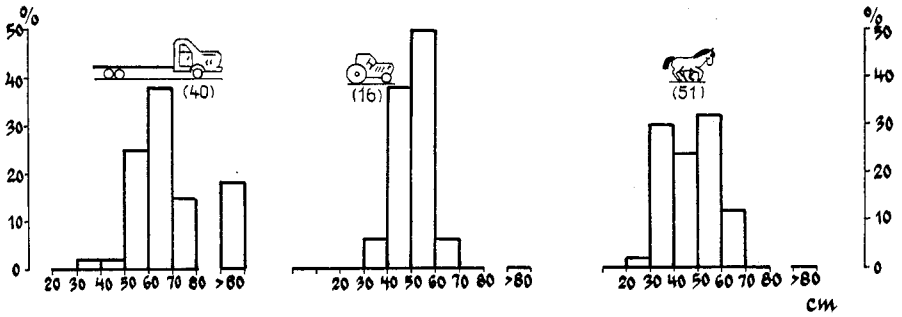


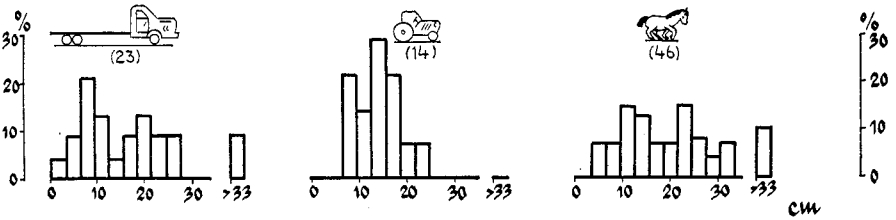
Fig. 30. Beskrivande uppgifter för olika avläggstyper; enligt driftsstatistiken 1959—60.
Data on different types of landings; according to the 1959—60 survey.

(00) = antal avlägg.
(00) = no. landings.

d). Istjockleken efter avslutad preparering
Ice thickness after completed preparation



e). Istillskott per åtgärd vid uppvattning, genomsnitt per avlägg
Growth of ice per flooding, average for each landing



f). Antal åtgärder, st.
Number of measures

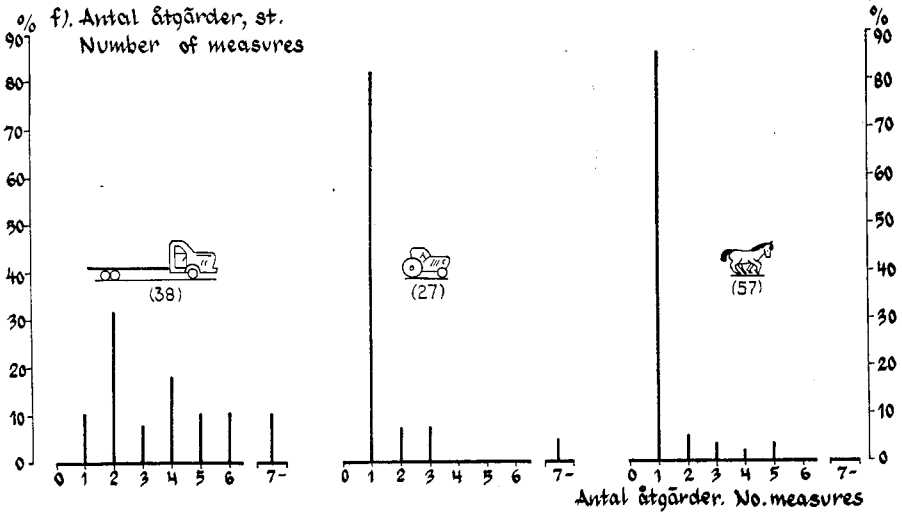
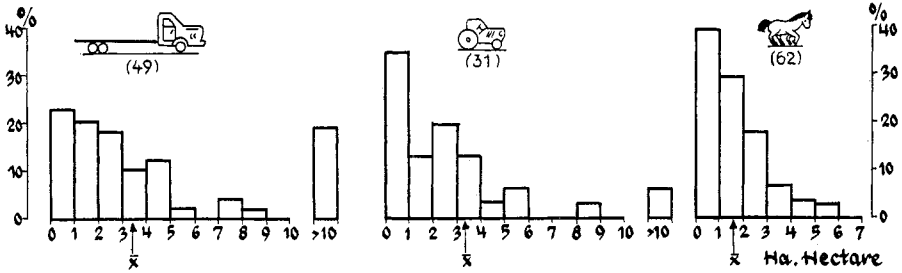
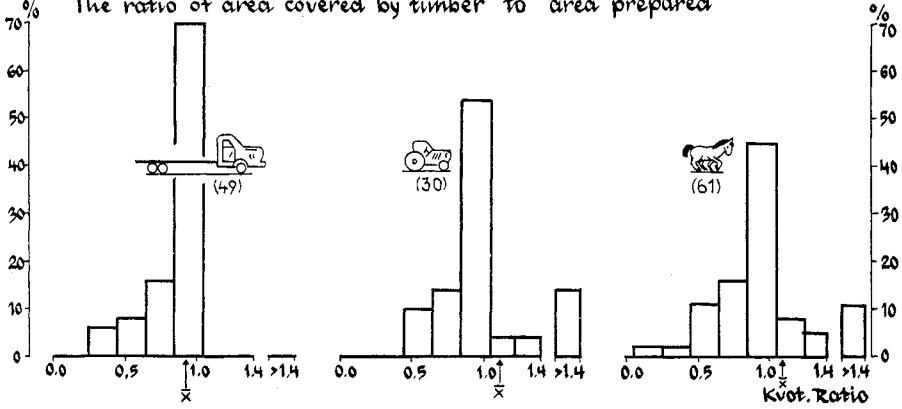


Fig. 30. forts.
cont'd

g). Preparerad areal
Area prepared



h). Förhållandet mellan belagd areal och preparerad areal
The ratio of area covered by timber to area prepared



i). Total virkesvolym
Total volume of timber

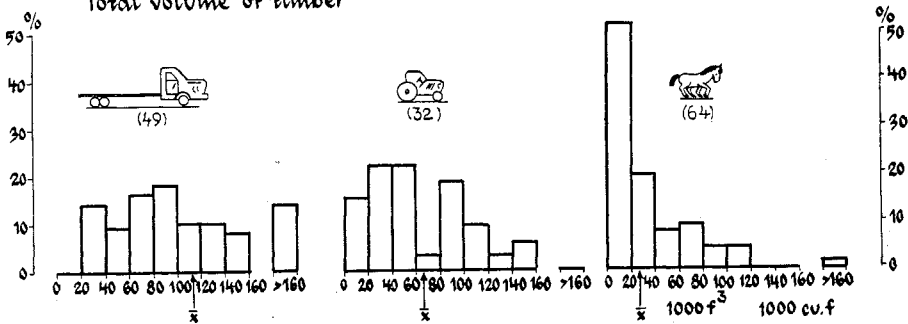
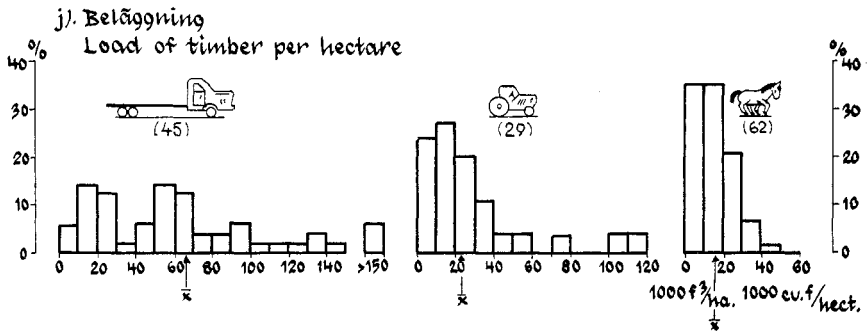
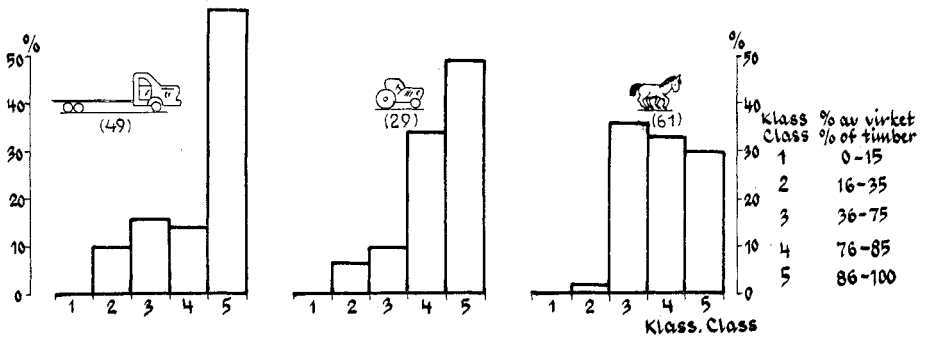


Fig. 30, forts.
cont'd



k). Andelen flytbart virke vid tidpunkten för avlastningen
Proportion of buoyant timber at time of unloading



l). Andelen virke som ruslossats i hög
Proportion of timber dumped into piles

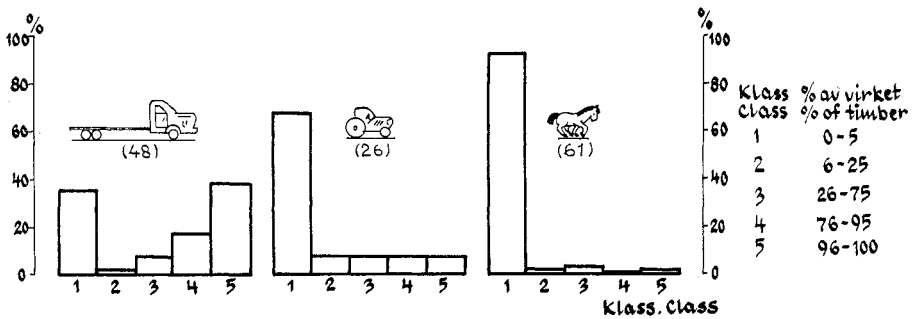


Fig. 30. forts.
cont'd

För 66 % av bilavläggen och 85 % av traktor- och hästavläggen var den genomsnittliga tillväxten 10 cm eller större. Skillnaden mellan å ena sidan bilavläggen och å andra sidan traktor- och hästavläggen beror troligen på att de senare preparerades bara en eller två gånger, ofta vid större snödjup och gynnsamma väderleksförhållanden. Därigenom erhöles ett relativt stort istillskott per åtgärd. Bilavläggen preparerades däremot ett flertal gånger, varvid man ofta satte in nästa uppvattning, så snart sörjan frusit efter den föregående, dvs. vid ett mindre snödjup och med mindre hänsyn till väderleken.

Det antal åtgärder som åtgått innan erforderlig istjocklek uppnåts visas i fig. 30 *f*. Det aritmetiska medeltalet var 3,9 för bilavläggen, 1,4 för traktoravläggen och 1,3 för hästavläggen.

Av fig. 30 *g*, som avser den preparerade arealens storlek, framgår, att frekvensen små arealer var väsentligt större hos hästavläggen, medan fördelningarna ej skiljer sig nämnvärt för bil- och traktoravläggen. Medeltalen var 3,5, 3,2 och 1,7 ha för resp. bil-, traktor- och hästavläggen.

För att belysa hur den preparerade arealen utnyttjades, beräknades för varje avlägg förhållandet mellan belagd och preparerad areal (fig. 30 *h*). På bilavläggen lade man uppenbarligen aldrig virke utanför den preparerade arealen, troligen beroende på att istjockleken ej varit tillfredsställande på opreparerad is. För traktor- och hästavläggen var det emellertid vanligt (22 % av traktoravläggen och 24 % av hästavläggen), att man lade virke utanför den preparerade arealen och att således den naturligt bildade isen under kortare eller längre tid var tillräckligt bärig vid sidan av den preparerade arealen.

Avläggens storlek med hänsyn till virkeskvantiteten belyses av fig. 30 *i*. Här förelåg avsevärda skillnader mellan de olika avläggstyperna. Sålunda hade hälften av hästavläggen 20 000 f^3 eller mindre, medan ej ett enda bilavlägg kom under nämnda gräns. Medeltalen var 116 000, 64 000 och 32 000 f^3 för resp. bil-, traktor- och hästavläggen.

Såsom tidigare framhållits bestäms sättet för virkets avlastning och uppläggning huvudsakligen av tre faktorer, nämligen virkets mätning, virkets flytbarhet och fordonets (eller efterfordonets) konstruktion och utrustning. Virke, som skall mätas på avlägget, ävensom virke, som kräver torkning för att bli flytbart, måste ströläggas i 1—2 varv på underlag. Inmätt och redan flytbart virke kan i regel avlastas godtyckligt, vilket innebär, att man kan ruslossa det i hög eller bara tippa av bunten, om virket skulle vara buntat. Sådan avlastning tillämpas ofta vid bilkörning. När virke kälkköres med häst eller traktor, har det hittills varit vanligt, att man i stor utsträckning lastar av

Tab. 16. Slutlig istjocklek fördelad efter beläggning.
Final ice thickness vs different load of timber.

Istjockl. eft. prep. cm Ice thickn. after prep. cm	Antal avlägg. No. landings							S:a Total	
	Beläggning 1 000 f ³ /ha Load of timber 1 000 cu.f/hect.								
	0— —10	11— —20	21— —30	31— —50	51— —70	71— —100	101— —150		151—
—60		3	2	1		3			9
61—70		3	1	1	4	1	2	2	14
71—80	2		1		1	1			5
81—100		1	1	1	1		2		6
101—					1				1
S:a. Total	2	7	5	3	7	5	4	2	35

$r = 0,067$

Hypotes $r = 0$ accepteras

Hypothesis $r = 0$ accepted

även flytbart och inmätt virke på underlag och strön. Orsaken är, att man vill rulla bort virket från lastredskapen, emedan dessa i regel har låg lasthöjd. Vid uppläggning i 1—2 varv erhålles normalt en beläggning av 10 000—40 000 f³/ha, medan man vid ruslossning i bunt eller hög kan nå upp till 200 000 f³/ha.

Fig. 30 *j* visar, att bilavläggen uppvisade en väsentligt högre beläggning än traktor- och hästavläggen. Endast ett fåtal av traktor- och hästavläggen hade mer än 40 000 f³/ha, medan omkring $\frac{2}{3}$ av bilavläggen hade en beläggning, som översteg nämnda gräns.

Fig. 30 *k* visar, att huvudparten av virket var flytbart för alla tre avläggstyperna.

Av fig. 30 *l* framgår att virket ruslossades på omkring hälften av bilavläggen, men på endast ett fåtal av traktor- och hästavläggen. Emedan andelen flytbart virke ej skilde sig nämnvärt de olika avläggstyperna emellan, skulle således orsaken till skillnaden i avlastnings sättet kunna vara, dels att virket på traktor- och hästavläggen i större utsträckning lagts upp för mätning, dels att man av tekniska skäl föredragit att ändå strölägga virket.

För bilavläggen befanns den genomsnittliga beläggningen vara 105 000 f³/ha (18 avlägg) på avlägg där minst 96 % av virket *ruslossats* i hög och 25 000 f³/ha (16 avlägg) där minst 95 % av allt virke lagts i *strölagd vält*.

För att se om man preparerade tjockare is på sådana avlägg, som

hade höga beläggningar, utförde författaren följande analys av materialet för bilavläggen. I tab. 16 redovisas fördelningen för istjockleken efter preparering vid olika beläggning. Graden av linjärt samband prövades på det klassindelade materialet. Någon trend kunde ej påvisas i materialet. Av detta kan man således antaga att virkesbeläggningen ej varit bestämmande för kravet på istjocklek.

8.5 Underhåll

I statistikmaterialet förekom endast ett fåtal uppgifter över utförda underhållsarbeten. Den sammanlagda kostnaden utgjorde endast ett par procent av kostnaderna för att iordningställa avläggen. Emellertid är det troligt, att uppgiftslämnarna (företagen) haft svårt att kontrollera omfattningen av dessa arbeten, som ofta utföres med det virkeskörande fordonet. Underhållet består i regel av snöröjning eller packning, som utföres sedan man nått för trafiken och virkesavläggningen tillfredsställande istjocklek.

Bestämmande för omfattningen av underhållet på isavläggen är framförallt nederbörden under hög- och senvintern. 1960 förekom något mindre nederbörd än normalt, varför underhållskostnaderna sannolikt var relativt låga denna vinter. Ännu snöfattigare var februari—april 1959, då isarna i stora delar av Norrland låg snöfria, och många isavlägg var helt underhållsfria. Omfattningen av underhållsarbetet på isavläggen varierar således ytterst starkt från år till år och kan därför ej fångas med en undersökning, som utföres under endast en vinter.

Kap. 9. Val av huvudmetod

I detta kapitel jämföres effektiviteten hos huvudmetoderna upp-
vattning, snöpackning och snöröjning under olika förhållanden.
Granskningen inledes med en beskrivning över principerna för be-
räkning av isens tillväxt i de olika fallen.

En viktig förutsättning vid jämförelsen är, att isavläggen antages
ligga på sådana platser, där de hydrologiska förhållandena är lämp-
liga. Detta innebär, att avlägget ligger, där vattnet vintertid antingen
är lugnt (eller strömmar mycket sakta) och har omvänd skiktning
eller strömmar sakta och är fryskallt (jfr sid. 26). Strömdrag eller
andra företeelser, som i betydande grad tär på isen, om en period
med höga temperaturer inträffar under för- och högvintern, antages
således ej förekomma.

Nämnda förutsättning är uppfylld på de allra flesta isavlägg, som
används idag. Beträffande lokaliseringen av isavlägg med hänsyn till
de hydrologiska förhållandena hänvisas bl. a. till *Virkeskommittén*
(1953).

9.1 Beräkning av istillväxten

I avsnitt 2.1 redogjordes för vissa grundläggande fakta och sam-
band rörande isens tillväxt under olika förhållanden. Här framföres
ytterligare synpunkter, som man har att ta hänsyn till vid beräk-
ningar över istillväxten under praktiska förhållanden.

Generellt gäller, att tab. 1, som hämtats ur *Deviks* (1931) arbete, ut-
gör basen för alla beräkningar över isens tillväxt.

Tillväxten för *snöröjd* is kan direkt erhållas med hjälp av tab. 1
eller, i givna fall, fig. 31, som konstruerats på basis av tab. 1.

Vid beräkning av tillväxten hos is, som täcks av *packad snö*, har
den mot snölagret svarande »ekvivalenta istjockleken» erhållits ur
fig. 2. Därefter har i första hand tab. 1 (fig. 31) tillämpats. När den
totala, beräknade istjockleken (verklig is plus ekvivalent is) överskri-
dit 70 cm, har nomogrammet i fig. 1, som anger den relativa värme-
strömmen = den relativa istillväxten på undersidan av ett istäcke vid
olika tjocklek hos isen, använts som stöd för extrapolering av fig 31.

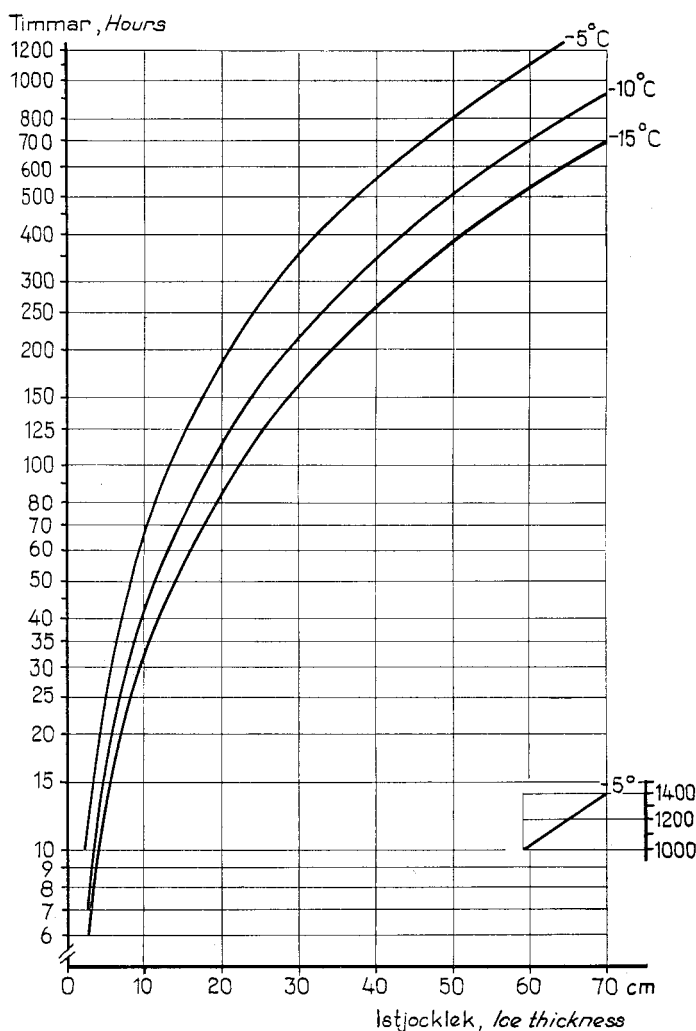


Fig. 31. Tid i timmar för erhållande av olika istjocklek vid 50 % molnighet, 5 m/sek vindstyrka och temperaturerna -5 , -10 och -15°C .

Time (hrs) required to produce ice of different thickness at 50 % cloudiness, 5 m/sec wind velocity and the temperatures -5 , -10 and -15°C .

När man för praktiska fall skall beräkna istillväxten efter *uppvattning* kan man stöta på vissa svårigheter. Så är det exv. vid *uppvattning genom enbart hållupptagning* vanligt, att snötäcket sjunker samman, ofta till inemot hälften av det ursprungliga snödjupet. Snöns täthet kan således efter uppvattningen bli dubbelt så stor, som den var före, emedan sannolikt endast en ringa del av snön smälter. Enligt SMHI:s istillväxtdiagram (jfr bl. a. *Fremling* 1962, stencil) och förfat-

tarens egna iakttagelser torde man i de flesta fall kunna räkna med en snötäthet av 0,30—0,40 g/cm³ och således en vattenhalt av 0,55—0,65 cm³ per cm³ sörja vid naturlig uppvattning.

Vid *maskinell uppvattning* är det ännu svårare att definiera betingelserna för istillväxten entydigt. Dessa spörsmål skall här diskuteras i anslutning till ett tänkt, praktiskt fall.

Det antages, att uppvattning sker i 5 cm orörd snö med en täthet av 0,15 g/cm³. Basisens tjocklek förutsättes vara variabel. Efter uppvattningen råder följande väderlek: —10° C, 50 % molnighet och 5 m/sek vindstyrka.

Inom de partier av det bevattnade området, där deformationen är störst, är isen ofta renspolad från snö, om uppvattningen sker i orörd snö. Med en pumptid på 5—10 min i 5 cm snödjup kan man kanske inom vissa partier få 6 cm djupt, rent vatten (jfr sid. 82). Under de antagna väderleksförhållandena blir tillfrysningstiden 24 timmar och istillskottet 6,6 cm på grund av den utvidgning, som sker vid vattnets frysning. Inom andra partier av det bevattnade området kommer vattnet kanske att stå i höjd med snöns övre yta. Om vi antar, att snön packar sig till tätheten 0,30 g/cm, erhålles ett 2,5 cm tjockt sörjeskikt i ytan och under detta ett 2,5 cm skikt av rent vatten. Tillfrysningen sker på 15 timmar för hela 5 cm-skiktet och resulterar i ca 5,4 cm is. Om snön istället varit homogent fördelad i skiktet, skulle tillfrysningstiden enligt samma grunder ha blivit 14,5 timmar. För 3—10 cm sörjeskikt, inom vilket intervall man vanligen ligger i praktiskt arbete, blir felet ur praktisk synvinkel försumbart, om man vid beräkning av istillväxten förutsätter, att snön är homogent fördelad i skiktet. Om vi har samma tillfrysningstid, som det 6 cm tjocka vattenskiktet behövde (24 tim), sker ytterligare istillväxt på basisens undersida. Vid en tjocklek hos basisen av 15 cm erhålles ett totalt tillskott av is (stöpis + kärnis) av 7 cm, vid 30 cm av 6,5 cm och vid 50 cm av 6 cm.

Inom sådana partier av det bevattnade området, där vattendjupet blir minst, antages att djupet blir 2,5 cm och att snön sjunker samman till detta djup. Sörjan fryser då på 5 timmar vid de väderleksförhållandena, som angavs ovan. Fortsatt istillväxt sker sedan på undersidan av basisen. På 15 timmar (jfr ovan) erhålles i detta fall följande totala istillskott (stöpis + kärnis) vid olika ursprunglig tjocklek hos isen: vid 15 cm ursprunglig tjocklek erhålles 4,3 cm, vid 30 cm — 3,8 cm och vid 50 cm — 3,2 cm. På 24 timmar (jfr ovan) blir tillskotten: vid 15 cm ursprunglig istjocklek — 5,5 cm, vid 30 cm — 4,5 cm och vid 50 cm — 4 cm.

Av exemplet framgår att storleken på istillskottet efter maskinell uppvattning blir olika inom olika delar av den bevattnade ytan. Skillnaderna i vatten- och sörjedjupet (deformationen hos isen) i exemplet hänför sig närmast till relativt tunn is (jfr avsnitt 6.2). Skillnaderna i deformation inom ett bevattnat område minskar med ökande istjocklek, vilket medför, att även skillnaderna i istillskott mellan olika delar av området blir mindre. För att på ett enkelt sätt erhålla ett approximativt mått på det genomsnittliga istillskottet inom ett område, som bevattnats maskinellt, har författaren valt att utgå från istillväxten i rent vatten av samma djup som det ursprungliga snödjupet. Denna approximation ger någorlunda tillförlitligt resultat för snödjup mellan 3 och 10—15 cm. Vid snödjup mindre än 3 cm blir vattendjupet troligen minst 3 cm oberoende av snödjupet (jfr bl. a. fig. 27 och *Rosseland* 1961). Vid snödjup större än 10—15 cm sjunker snön i regel samman i sådan grad, att sörjedjupet blir väsentligt mindre än det ursprungliga snödjupet.

När basisens ytlager är kallare än $\pm 0^{\circ}$ C fryser ett påfört vattenskikt även från basisen, genom att värme leds från vattnet till isen. I de fall isen är snötäckt vid uppvattningen, är det istillskott, som härigenom erhålles, praktiskt sett försumbart. Vid uppvattning på snöfri is och vid mycket låga temperaturer kan tillskottet från basisen bli av betydande storlek (jfr *Adams m. fl.* 1960).

9.2 Kostnad för preparering av erforderlig istjocklek

Kostnaden för att iordningställa erforderlig istjocklek kan beräknas, om man känner den insats av produktionsmedel som erfordras. Vi kan genom tidsstudierna och driftsstatistiken 1959—60 beräkna ungefär hur mycket det under olika förhållanden kostar per hektar varje gång, som vi utför en åtgärd i form av uppvattning, snöpackning eller snöröjning. Vad som ytterligare behövs är alltså kännedom om det antal åtgärder, som krävs, för att den erforderliga istjockleken skall uppnås. Åtgärdsåtgången för preparering av viss istjocklek är huvudsakligen beroende av väderleksförhållandena, graden av brådska för att nå erforderlig istjocklek samt i någon mån av de naturliga isförhållandena. Åtgärdsåtgången och dess variationer skulle givetvis kunna fastställas, exv. genom kontrollerade fältförsök eller med hjälp av driftsstatistik. Emedan åtgärdsåtgången varierar från år till år alltefter väderleks- och isförhållandena, skulle det sannolikt krävas fleråriga undersökningar. Författaren valde därför att söka beräkna åtgärdsåtgången med hjälp av en teoretisk modell av prepareringsverksamheten.

9.21 Uppskattning av åtgärdsåtgången med hjälp av en teoretisk modell.

Författaren fann det mest ändamålsenligt att välja en modell, i vilken man simulerade en serie av åtgärder under antagna is- och väderleksförhållanden och under antaget tidsintervall mellan åtgärderna, samt beräknade istillskottet efter varje åtgärd teoretiskt.

Tidsintervallet mellan åtgärderna är en påverkbar variabel. Vidare är principen för beräkningen av istillskottet oberoende av den typ av modell man väljer. Valet av modell kom därför att bero på vilket sätt väderleken och de naturliga isförhållandena kunde föras in i modellen. Därvid fanns tre huvudalternativ:

a) de *verkliga is- och väderleksförhållandena* år för år och åtgärd för åtgärd under en serie av gångna år,

b) *sannolikhetsfördelningar* för temperaturen, vindstyrkan, varaktigheten av nederbördsfria perioder av olika längd, varaktigheten av perioder med viss nederbördsintensitet osv.,

c) *genomsnittsvärden* för nederbörd, temperatur, vindstyrka osv.

De båda förstnämnda alternativen ger direkt fördelningar, som visar, hur åtgärdsåtgången för att åstadkomma viss istjocklek varierar från år till år. Dessa metoder är emellertid synnerligen arbetskrävande, emedan erforderliga data endast delvis finns tillgängliga i den form, som erfordras. En av svårigheterna, som berör båda metoderna, är vidare att bestämma värmeisoleringen hos tunna snöskikt.

Med hänsyn härtill valdes den sistnämnda typen av modell. Med denna modell kan endast åtgärdsåtgången vid genomsnittliga väderleksförhållanden uppskattas. Variationen från år till år kan dock belysas på så sätt, att man undersöker, vilken effekt avvikelser från den genomsnittliga väderleken har på åtgärdsåtgången.

Det förutsattes, att första åtgärden utföres, när isen blivit 15 cm tjock, vilket vanligtvis sker kring månadsskiftet november—december (jfr tab. 3). Det antages vidare, att isen då täcks av 10 cm snö med tätheten $0,15 \text{ g/cm}^3$, vilket uppskattats (med stöd av undersökningsmaterialet över de naturliga isförhållandena) vara ett ungefärligt genomsnitt i Norrland. Preparering utföres alternativt genom uppvattning, snöröjning eller snöpackning. Ingen nederbörd förekommer förrän efter $2\frac{1}{2}$ dag, då $\frac{1}{10}$ av månadsmedelnederbörden faller. Därefter faller $\frac{1}{10}$ av månadsmedelnederbörden var tredje dag, och det förutsattes, att det vid varje sådant tillfälle snöar ett halvt dygn, dvs. 12 timmar. Omedelbart efter varje snöfall utföres preparering alter-

nativt genom uppvattning, snöröjning eller snöpackning. Åtgärden antages alltid vara ögonblicklig, vilket innebär, att istillväxten börjar omedelbart efter snöfallet. Det antages vidare, att snön vid snöpackning packas till en täthet av 0,45 g/cm³.

Efter varje åtgärdstillfälle får isen tillväxa under 60 timmar. Under de 12 timmar varje snöfall varar, förutsättes ingen tillväxt ske. Vid maskinell uppvattning fryser först vattnet på isen och därefter, om ytterligare tid finnes före nästa snöfall, på undersidan av basisen.

Huvudparten av prepareringsverksamheten under praktiska förhållanden infaller normalt under december månad. Medelnederbörden för december i Norrland, Dalarna och Värmland varierar i regel mellan 30 och 50 mm (jfr fig. 9) och är vanligtvis omkring 40 mm, vilket omräknat i nysnö ger 40 cm enl. en ofta tillämpad tumregel, (jfr bl. a. Potter 1960). Varje nederbördstillfälle ger under denna förutsättning således 4,0 cm nysnö enl. den beskrivna modellen. Månadens medeltemperatur varierar i stort sett mellan -5° C och -13° C inom hela området och är -7° C till -10° C inom de områden, där virkesavläggning på is förekommer i större omfattning. Det förutsättes, att en molnighet på 50 % och en vindstyrka på 5 m/sek råder hela tiden. Beräkningarna utföres för tre olika temperaturer: -5° , -10° och -15° C. Den valda molnigheten är lägre än den verkliga för december (jfr sid. 50), med hänsyn till att tillväxten antages ske under den nederbördsfria perioden. Vindstyrkan 5 m/sek, som har valts med hänsyn till att tab. 1 (fig. 31) kan användas och därigenom ett mycket omfattande räknearbete besparas, är högre än den bedömda genomsnittliga vindstyrkan (jfr sid. 50). För att motverka den tendens till underskattning av åtgärdsbehovet, som detta medför, har nederbördstiden — omkring 120 timmar per månad i modellen — tagits till i överkant. Enligt opublicerade data, som finns tillgängliga vid Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut, ligger nederbördstiden för december huvudsakligen inom intervallet 50—100 timmar inom det berörda området.

Såsom framgår av ovanstående är *tidsintervallet* mellan åtgärderna 3 dagar och den nederbördsfria perioden efter varje tillfälle 2½ dagar. Detta val betingades av två skäl. Det ena var, att man i praktisk drift på grund av begränsade resurser sällan har möjlighet att arbeta med tätare intervall än 3 dagar. Det andra var, att modellen skulle bli mindre realistisk, om man arbetade med längre nederbördsfria perioder efter varje åtgärdstillfälle.

I fig. 32 visas hur många åtgärder, som krävs för uppnående av viss istjocklek, med olika prepareringsmetoder och vid olika temperaturer.

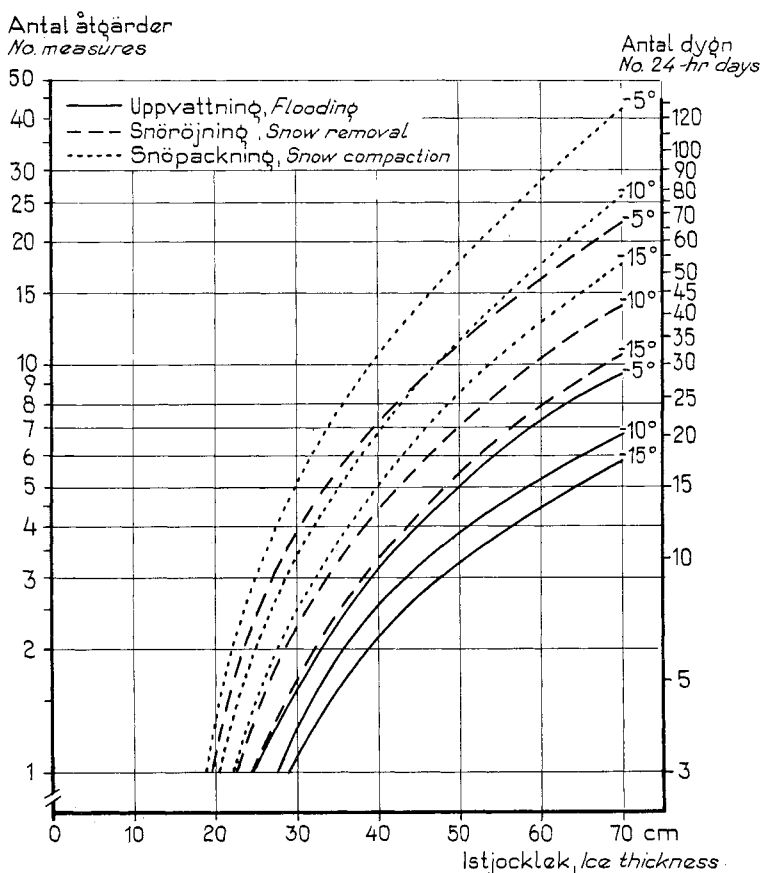


Fig. 32. Antal åtgärder och dagar som åtgår för preparering av viss istjocklek om första åtgärden sätts in vid 15 cm tjocklek; enligt en teoretisk modell.

Number of measures and days required to prepare a given ice thickness if the first measure is carried out at 15 cm thickness; according to a theoretical model.

Där anges också den tid, som åtgår, innan erforderlig tjocklek uppnås.

Fig. 32 kan sammanfattas i följande översiktliga uppställning, som visar åtgärdsåtgången inom det använda temperaturintervallet:

	30	40	50	60	70	cm istjocklek
uppvattning	1—2	2—3	4—5	5—7	6—9	åtgärder
snöröjning	2—4	4—7	6—11	9—15	12—21	»
snöpackning	3—6	5—11	9—18	13—28	18—42	»

9.22 Resultatens tillförlitlighet och räckvidd.

Tillförlitligheten och användbarheten av den teoretiskt härledda åtgärdsåtgången skall här diskuteras.

Med den modell, som valts, erhålles en uppskattning av åtgärdsåtgången under genomsnittliga väderleksförhållanden och vid ett tidsintervall mellan åtgärderna av 3 dagar.

Tidsintervallet mellan åtgärderna bestäms i praktisk drift idag främst av de tillgängliga resurserna av maskiner och manskap. Frågan om vilket intervall, som är kostnadsmässigt optimalt, är svår att belysa generellt (jfr även sid. 180). Graden av brådska att nå erforderlig istjocklek, maskinernas tidsmässiga utnyttning, väderleksförhållandena, avläggens storlek m. fl. faktorer inverkar på valet av tidsintervall. Som exempel kan nämnas att i östra Kanada, där avläggen är stora och där man fäster stor vikt vid att erforderlig istjocklek iordningsställes så snabbt som möjligt (*Rose och Silversides* 1958, sid. 101), man enligt författarens erfarenheter ofta arbetar med 2—4 dagars intervall vid maskinell uppvattning. I driftsstatistiken 1959—60 förekom ett genomsnittligt åtgärdsintervall per avlägg av 5 dagar eller mindre på endast omkring $\frac{1}{3}$ av bilavläggen (de flesta traktor- och hästavläggen preparerades bara en gång). Sedan 1959—60 har emellertid antalet uppvattningsaggregat i drift enl. uppgift från tillverkarna i det närmaste tredubblats. Det är därför troligt, att man idag har betydligt större möjlighet att arbeta med kortare tidsintervall, än man hade då.

Av detta översiktliga resonemang framgår att modellens tidsintervall är representativt för sådana fall, där man önskar nå erforderlig istjocklek snabbt.

Frågan är då, hur väl den beräknade åtgärdsåtgången överensstämmer med den verkliga under genomsnittliga väderleksförhållanden och i fall där man önskar nå erforderlig istjocklek snabbt.

Modellen ger vid -15°C för *uppvattning* en genomsnittlig istillväxt per åtgärd av omkring 9 cm vid preparering av 60 cm istjocklek. Vid -10°C är motsvarande genomsnitt 8—9 cm. Manitoba Paper Company i Pine Falls, Manitoba i östra Kanada, anger, att »usually 4 in. of new ice is made of a flooding». Man börjar vid 10 cm och slutar vid 60 cm istjocklek (*Rose och Silversides* 1958). Påpekas bör att medeltemperaturen är omkring -13°C och medelnederbörden omkring 25 mm för december inom det område, där detta företag arbetar. I driftsstatistiken 1959—60 återfanns vidare vid *uppvattning* den högsta frekvensen i klassen 7—9 cm istillväxt per avlägg och åtgärd och den näst högsta i klassen 10—12 cm för bilavläggen (fig 30 e).

I Iroquois Falls i Ontario i östra Kanada preparerar Abitibioloaget (Iroquois Falls Division) i regel en mindre del av varje avlägg genom maskinell uppvattning för att kunna börja utkörningen så fort som

möjligt och resten genom snöpackning, varvid snön packas efter varje snöfall. Båda metoderna påbörjas i stort sett samtidigt. Man har i december en medelnederbörd av omkring 45—50 mm och en medeltemperatur av omkring -14°C . Efter 10 års erfarenheter har man fått fram följande tumregler. Vid *uppvattning* uppnår man »normalt» (motsvarar i stort sett genomsnittliga is- och väderleksförhållanden) från 15 cm till 45 cm is på ca 4 uppvattningstillfällen och 2 veckor. Vid *snöpackning* når man normalt från 15 till 45 cm på ca 8 packningstillfällen och 4 veckor (*Mousseau* 1961, muntlig uppgift, *Larsson* 1962, korrespondens).

För att få uppgifter över åtgärdsåtgången vid plogning tog författaren kontakt med Kungl. Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen. Författaren blev därvid hänvisad till några av vägförvaltningarna i mellersta och norra Norrland och inom dessa till några av de vägmästare, som hade den längsta erfarenheten av vintervägar på is. Endast en av de kontaktade vägmästarna använde i huvudsak enbart plogning vid upptagningen av isvägar. På Storsjön i Jämtland används varje vinter ett flertal isvägar, som tas upp genom enbart plogning. Man plogar i regel efter varje snöfall. För att nå från 20 till 50 cm åtgår det normalt ca 10 plogtillfällen. Bakom detta erfarenhetstal ligger 10—15 års erfarenhet (*Olsson* 1962, muntlig uppgift). Inom det berörda området är månadsmedeltemperaturen omkring -5°C och månadsmedelnederbörden 30—40 mm för december.

I samtliga fall uppvisar erfarenhetstalen god överensstämmelse med de teoretiskt beräknade talen för åtgärdsåtgången (fig. 32). Vid jämförelsen måste man ta hänsyn till att temperaturen i fig. 32 avser den nederbördsfria tiden. Medeltemperaturen för den nederbördsfria tiden är uppskattningsvis ett par grader lägre än medeltemperaturen för hela tiden under en viss tidsperiod. Om man vill veta vilken åtgärdsåtgång modellen ger vid en månadsmedeltemperatur av -8°C bör man således gå in vid -10°C i fig. 32.

Lättillgängligt kontrollunderlag tyder således på att den enligt ovan teoretiskt härledda åtgärdsåtgången i tillfredsställande grad överensstämmer med den verkliga. Något behov av ytterligare och mer detaljerade kontroller ansågs därför ej föreligga.

9.23 Inverkan av variationerna i väderleken.

Vi har i modellen arbetat med genomsnittliga väderleksförhållanden. Hur inverkar då variationerna i väderleken på åtgärdsåtgången? Diskussionen koncentreras till de båda viktigaste väderleksfaktorerna, temperaturen och nederbörden.

Inverkan av en variation i *temperaturen* kan diskuteras med utgångspunkt från fig. 32. Av denna framgår att steget från -10°C till -5°C generellt medför en större avvikelse i åtgärdsåtgången än steget från -10°C till -15°C . Detta innebär, att det genomsnittliga antalet åtgärder för en serie åtgärder och en följd av år är större än antalet åtgärder vid genomsnittlig temperatur. Avvikelsen mellan dessa båda medeltal accentueras av att fördelningen för månadsmedeltemperaturen uppvisar positiv snedhet. Variationerna i temperatur medför således, att beräkningsmetoden ger en åtgärdsåtgång, som är lägre än den genomsnittliga. Differensen är av mindre betydelse för uppvattningsalternativet, men av påtaglig betydelse för snöröjnings- och snöpackningsalternativen.

För det fall att *nederbördsmängden* understiger den genomsnittliga, kan följande synpunkter anföras. Ringa nederbörd innebär, att de nederbördsfria perioderna är relativt långa och att snödjupen blir mycket små eller att snö helt saknas, när åtgärden utföres. Vid uppvattning blir därvid vattenskiktet på isen förhållandevis tunt och en större del av istillväxten kommer att ske på undersidan av basisen. När nederbördsmängden går mot 0, går antalet åtgärder för snöröjning och snöpackning mot 0. Skillnaden i åtgärdsåtgång mellan uppvattning och de båda övriga alternativen blir således mindre jämfört med det fall att nederbördsmängderna är normala.

Av större intresse är emellertid effekten av ogynnsamma nederbördsförhållanden.

Om nederbördsmängderna och nederbördens varaktighet är större än normalt, blir snödjupet vid varje åtgärdstillfälle större och de nederbördsfria perioderna relativt korta. Så länge sörjedjupet inte blir större och den nederbördsfria periodens längd inte blir kortare än att sörjan hinner frysa, gynnas uppvattningsalternativet *i förhållande till* snöpackning och snöröjning, vid ökande mängd och varaktighet hos nederbörden. Om sörjeskiktet inte hinner frysa, får man ett vattenlager mellan den nybildade isen och basisen. Om detta vattenskikt är tunt i förhållande till den nybildade isen, exv. $\frac{1}{2}$ —1 cm under ett 4 cm islager, påverkas det fortsatta arbetet och resultatet av åtgärden föga. Överisen bär manskap och utrustning vid nästa åtgärdstillfälle, och sannolikheten för att det resterande vattenskiktet kan tillfrysa någon gång senare är mycket stor. Blir det ofrusna vattenlagret större, kan emellertid arbetet vid nästa åtgärdstillfälle avsevärt försvåras, i högre grad ju tjockare vattenskiktet är. Dessutom ökar risken för att ett ofruset vattenlager blir kvar länge i isen.

Det är svårt att bedöma vilken mängd och varaktighet hos neder-

börden som är kritisk för uppvattningsmetoden. Enligt praktiska erfarenheter från Price Brothers & Company's virkesdrivningar i östra Quebec i Kanada, där månadsmedelnederbörden är omkring 70—80 mm för december, är maskinell uppvattning en fullt pålitlig och realistisk metod, även under dessa relativt ogynnsamma förhållanden (Hughes 1960 och korrespondens 1961 och 1962).

Om nederbörden överstiger den normala, blir vid snöpackning avvikelserna i åtgärdsåtgången, jämfört med åtgärdsåtgången vid genomsnittliga nederbördsförhållanden, större, än om nederbörden understiger den normala med samma mängd. Vid uppvattning är tendensen den motsatta, så länge sörjeskiktet ej blir tjockare, än att det hinner frysa, emedan en större del av istillskottet erhålles ovanpå basisen. Åtgärdsåtgången vid snöröjning påverkas endast av nederbördens varaktighet och är därvid direkt proportionell mot den nederbördsfria periodens längd mellan varje åtgärdsåtgång.

Om man jämför åtgärdsåtgången vid genomsnittliga väderleksförhållanden med den genomsnittliga åtgärdsåtgången för en följd av år, kan man på basis av ovanstående diskussion sammanfattningsvis hävda:

Vid *snöröjning* och vid *snöpackning* är den genomsnittliga åtgärdsåtgången högre än åtgärdsåtgången vid genomsnittliga väderleksförhållanden. För snöröjningen synes dock denna skillnad vara ganska liten. Vid *uppvattning* avviker dessa båda genomsnitt ej avsevärt från varandra.

Som ytterligare stöd för denna slutsats kan följande anföras:

— Enligt erfarenheterna från Abitibi-bolaget i Iroquois Falls kan man under en ogynnsam vinter komma upp i mer än tre gånger så många packningstillfällen, som de 8 gånger man räknar med under genomsnittliga förhållanden för att nå erforderlig istjocklek (Larsson 1962, korrespondens).

— Vid Indalsälvens och Faxälvens Vattenregleringsföretag¹ (lokalavdelningen i Strömsund), som utfört uppvattningar i relativt stor omfattning under de senaste 5 åren, preparerar man bilavläggen 4 ggr under en normal vinter, 5 ggr under en ogynnsam och 3 ggr under en gynnsam vinter (Bäckman 1962, muntlig uppgift). Vid Ångermanälvens Vattenregleringsföretag¹ (lokalavdelningen i Näsåker) har man liknande erfarenheter. Bilavläggen uppges kräva 4—5 åtgärder under en normal vinter, 5—6 under en ogynnsam och 3—4 under en gynnsam vinter (Johansson 1962, muntlig uppgift).

¹ Författaren vände sig i första hand till dessa båda företag, emedan de har särskilt lång och omfattande erfarenhet på detta område.

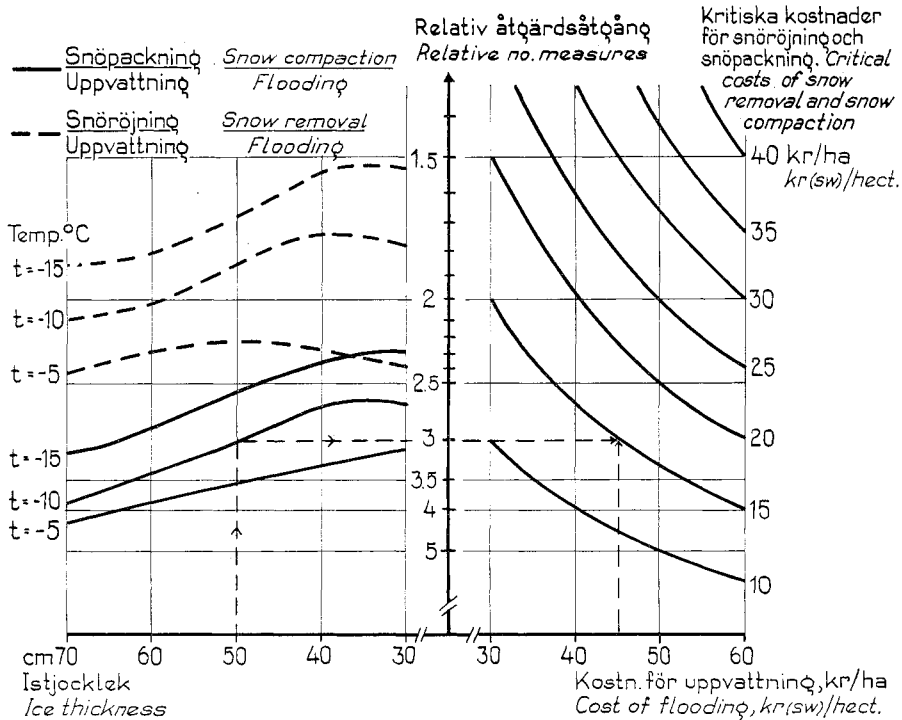


Fig. 33. Nomogram för kostnadsjämförelser mellan huvudmetoderna uppvattning, snöröjning och snöpackning (baserat på fig. 32).

Nomogram facilitating cost comparisons between flooding, snow removal and snow compaction (based on fig 32).

Exemplet (— — —>—): Om 50 cm is skall prepareras, temperaturen är -10°C och maskinell uppvattning kostar 45 kr per hektar och åtgärd, får snöpackning kosta högst 15 kr per hektar och åtgärd, om snöpackning skall bli billigare än maskinell uppvattning.

Example (— — —>—): When 50 cm ice thickness is to be prepared; temperature being -10°C , and cost of flooding 45 kr (Sw.) per hectare and measure, the critical cost of snow compaction is 15 kr (Sw.) per hectare and measure.

— På sid. 136 angavs att man på isvägarna på Storsjön behövde ploga ca 10 ggr för att nå från 20 till 50 cm istjocklek. Samma källa (Olsson 1962, muntlig uppgift) anger, att det under en ogynnsam vinter krävs ca 20 plogtillfällen och under en gynnsam ca 5.

9.24 Kostnadsjämförelser.

Med kännedom om det antal åtgärder, som krävs för att iordningställa viss istjocklek, och om kostnaden per åtgärd för olika metoder kan kostnadsjämförelser mellan de tre huvudmetoderna utföras.

I fig. 33 redovisas ett nomogram, där man i vänstra halvan kan avläsa en kvot, som anger åtgärdsåtgången vid snöpackning och snöröj-

ning i *förhållande till* åtgärdsåtgången för maskinell uppvattning (enl. fig. 32). Denna kvot benämnes i fig. 33 den »relativa åtgärdsåtgången». I den högra halvan anges de kritiska kostnaderna för snöröjning och snöpackning vid olika kostnader för uppvattning, allt räknat i kronor per hektar och åtgärd. Den kritiska kostnaden = det belopp som snöröjning och snöpackning högst får kosta, om kostnaden för att åstadkomma en viss istjocklek ej skall överstiga kostnaden vid uppvattning.

Vid en kostnadsjämförelse mellan olika prepareringsmetoder är det av väsentlig betydelse, hur timkostnaden för olika maskiner beräknas. Härvid kan man befinna sig i framförallt följande kalkylsituationer:

a) När man står inför ett maskinköp och har att välja mellan olika maskintyper, är det brukligt, att man räknar med *medelkostnaden*, som utgör summan av maskinens »rörliga» och »fasta» kostnader (jfr bl. a. *Kilander* 1962, sid. 43 och 44).

b) När en maskin, som redan finns i företaget, har alternativa sys-selsättningsmöjligheter, kan det vara lämpligt att ta hänsyn till *alternativkostnaden*. Denna kan definieras såsom värdet av det arbete maskinen alternativt skulle kunna utföra. Situationen är aktuell, exv. när man anser sig nödsakad att använda en traktor, som kör virke, till att preparera ett avlägg.

c) När en maskin, som redan finns i företaget, saknar alternativa sys-selsättningsmöjligheter, kan det vara lämpligt att använda *marginalkostnaden*. Marginalkostnaden upptar endast sådana kostnader, som orsakas av det arbete maskinen används för, dvs. vanligtvis endast maskinens rörliga kostnader.

I denna generella kostnadsjämförelse mellan de tre huvudmetoderna har det ansetts mest ändamålsenligt att använda medelkostnaden för olika maskiner. Därvid har de kostnader som angivits på sid. 109 i avsnitt 8.2 använts. Kostnaderna avser 1960 års kostnadsnivå. Redovisningen av kostnadsjämförelsen mellan prepareringsmetoderna har emellertid skett på sådant sätt (jfr exv. fig. 32 och 33), att andra kostnader lätt kan föras in vid jämförelsen.

Enligt driftsstatistiken 1959—60 (fig. 29, typ III) kunde maskinell uppvattning utföras till en kostnad av omkring 50 kr/ha vid 10 cm snödjup och 35—40 kr/ha vid 4 cm snödjup, dvs. vid de snödjup som antagits förekomma i modellen vid första åtgärdstillfället resp. vid efterföljande åtgärdstillfällen. Kostnaderna för maskinell snöpackning med redskap varierade mellan 10 och 30 kr/ha vid snödjup understigande 20 cm (tab. 14). Dessa gränsvärden gäller i stort sett även för modellens snödjup, emedan tidsåtgången vid packning vanligen

påverkas föga av snödjupet, så länge detta understiger 20 cm. För maskinell snöröjning kan man enligt tab. 15 vid dessa snödjup påräkna i stort sett samma kostnadsintervall som vid snöpackning.

Av fig. 33 framgår att snöröjning och uppvattning vid -10°C och -15°C ger samma kostnad för preparering av viss istjocklek, om uppvattningen kostar i genomsnitt 40 kr/ha och snöröjningen 20—25 kr/ha. För snöröjningen kan en sådan kostnad nås, om arbetet utföres med ett hjulfordon med lämplig utrustning. Snöröjningen kan konkurrera kostnadsmissigt med uppvattning även vid -5°C .

Snöpackningen kan konkurrera med uppvattningen (40 kr/ha) vid -10°C och -15°C , endast om packningen kan utföras till en kostnad understigande 12—17 kr/ha, vilket innebär, att arbetet måste ske med snabba fordon med lämpliga packningsredskap. Vid -5°C måste snöpackningen kosta mindre än 10—12 kr/ha för att kunna konkurrera med uppvattningen.

Av fig. 33 framgår också att uppvattningen praktiskt taget genomgående blir fördelaktigare, ju tjockare is som prepareras.

Ovanstående kostnadsjämförelse baseras på bl. a. följande förutsättningar:

- Kostnaderna avser summan av »arbetsplatskostnaderna» för manskap och maskiner (= kostnaderna för arbetsplatstiden resp. för maskintiden på arbetsplatsen) och kostnaderna för den tid manskapet förflyttas och utför förberedande arbeten, enligt driftstatistiken 1959—60.
- Kostnaderna har beräknats gälla för genomsnittliga väderleksförhållanden.
- Tidsintervallet mellan åtgärderna är 3 dagar.

I det följande diskuteras i vad mån avvikelser från dessa förutsättningar påverkar kostnadsrelationerna mellan huvudmetoderna.

Beträffande kostnaden för att preparera erforderlig istjocklek är man vanligtvis mer intresserad av att känna *genomsnittskostnaden för en följd av år* än kostnaden vid genomsnittliga väderleksförhållanden, om dessa medeltal avviker från varandra. Skillnader kan antagas föreligga beträffande såväl åtgärdsåtgången som genomsnittskostnaden per åtgärd.

Kostnaden per åtgärd påverkas framförallt av snödjupet vid varje åtgärdstillfälle. Förutsättningen att genomsnittliga väderleksförhållanden råder innebär i modellen, att *snödjupet* är 4 cm vid varje åtgärdstillfälle (utom vid första åtgärdstillfället). I verkligheten varierar givetvis snödjupet från gång till gång. För snöpackning är kost-

naden i stort oberoende av snödjupet inom det snödjupsintervall, som är aktuellt. För uppvattning och snöröjning ökar däremot tidsåtgången och kostnaderna i accelererad takt med ökat snödjup, redan vid relativt små snödjup. Genomsnittskostnaden blir därför ej densamma som kostnaden vid det genomsnittliga snödjupet. Med syfte att belysa skillnaden mellan dessa båda medeltal utfördes följande bearbetning. För tre platser — Stensele, Östersund och Särna — beräknades den genomsnittliga frekvensen av olika nederbördsmängder (i mm vatten) som ackumulerats under tredagarsperioder tiden 15/11—15/1, 20-årsperioden 1941—60. Vidare antogs att 1 mm vattennederbörd motsvarar 1 cm snötäcke. Med stöd av den streckade kurvan i fig. 29, som visar kostnaden vid olika snödjup vid uppvattning med den idag dominerande aggregattypen (typ III), beräknades sedan den med snödjupet vägda, relativa kostnaden. Kostnaden vid det genomsnittliga snödjupet sattes = 100. Resultatet framgår av följande uppställning:

Station	Genomsnittligt beräknat snödjup för tredagarsperioder, 15/11—15/1	Relativ kostnad vid genomsnittligt snödjup	Med snödjupet vägd relativ kostnad
Stensele	3,7 cm	100	99,9
Östersund	3,7 »	100	103,8
Särna	4,5 »	100	101,6

Resultaten tyder på att kostnaden vid det genomsnittliga snödjupet inte är nämnvärt lägre än den med snödjupet vägda genomsnittskostnaden, vid uppvattning med 3 dagars intervall.

Huruvida den genomsnittliga *åtgärdsåtgången* för en följd av år avviker från åtgärdsåtgången under genomsnittliga väderleksförhållanden har redan belysts i avsnitt 9.23.

Resultaten av den förda diskussionen stöder följande slutsatser:

- Vid uppvattning avviker genomsnittskostnaden (aritmetisk medelkostnad) för en följd av år inte nämnvärt från kostnaden vid genomsnittliga väderleksförhållanden.
- Vid snöröjning och snöpackning blir genomsnittskostnaden för en följd av år något högre än kostnaden vid genomsnittliga väderleksförhållanden.

I vilken grad kostnaderna påverkas, om *åtgärdsintervallet* avviker från modellens intervall av 3 dagar, är svårare att belysa. Om vi först ser på *uppvattningen*, kan följande resonemang ge visst stöd för en slutsats. På grund av begränsade maskinella resurser är det relativt

vanligt (i vårt land), att man arbetar med åtgärdsintervall på 4—6 dagar, även på avlägg där man har relativt bråttom. Enligt uppgift från bl. a. Faxälvens Vattenregleringsföretags lokalavdelning i Strömsund (Bäckman 1962, muntlig uppgift) och Ångermanälvens Vattenregleringsföretags lokalavdelning i Näsåker (Johansson 1962, muntlig uppgift) behöver man i genomsnitt omkring 4—5 åtgärder för att nå från 10—20 cm till 60—70 cm (bilavlägg) med nämnda åtgärdsintervall. Medelsnödjupet per åtgärdsstillfälle blir omkring 7—8 cm vid 5—6 dagars intervall och en månadsmedelnederbörd av 40 mm. Den teoretiska modellen ger för detta geografiska område, som uppskattningsvis har en månadsmedeltemperatur av omkring -10°C under den nederbördsfria tiden, ca 6 åtgärder (fig. 32). Genomsnittskostnaden för att nå erforderlig istjocklek torde bli ungefär densamma, om man jämför 6 uppvattningstillfällen i 4 cm snödjup med 4—5 uppvattningstillfällen i 7—8 cm snödjup.

Vid *snöröjning* medför en ökning av åtgärdsintervallet att istillskottet per åtgärd ökar. Samtidigt ökar kostnaden per åtgärd. Vid en måttlig ökning av åtgärdsintervallet (till exv. en vecka) och vid normala väderleksförhållanden synes varken istillskottet eller kostnaden per åtgärd förändras i sådan grad, att totalkostnaden för att nå erforderlig istjocklek förändras nämnvärt.

Vid *snöpackning* är det däremot uppenbart, att en ökning av åtgärdsintervallet måste leda till ökade kostnader. Kostnaderna per åtgärd påverkas visserligen föga, men istället hinner det packade snölagret bli så tjockt och istillväxten per åtgärd så låg, att det krävs betydligt fler åtgärder, innan man når erforderlig istjocklek.

Ovanstående resonemang ger sammanfattningsvis stöd för slutsatsen, att en måttlig ökning av åtgärdsintervallet vid uppvattning och snöröjning inte medför några avsevärda ändringar i kostnaderna för att iordningställa erforderlig istjocklek. Vid snöpackning erhålles däremot sannolikt en ökning av kostnaden.

Kostnaderna för transport av personal och materiel till arbetsplatsen är av betydelse även vid en generell jämförelse mellan de olika metoderna. Uppvattningsaggregaten och till dessa hörande utrustning kan i regel transporteras samtidigt med personalen i persontransportfordon, dvs. i stort sett kostnadsfritt. Utrustning för snöpackning och snöröjning kräver däremot normalt separata transporter. Bandfordon och specialredskap för snöpackning måste ofta transporteras med lastbil eller jeep med trailer. För medelstora och små avlägg (jfr fig. 30 g) kan kostnaden för transporter ibland nå upp till mer än hälften av de totala kostnaderna för åtgärden. Värltar av den typ och storlek,

som visas i fig. 21 och som ger en mycket låg arbetsplatskostnad, kan på grund av transportkostnaderna och -svårigheterna endast få en mycket begränsad användning i vårt land. Generellt gäller att transportkostnaderna ofta medför en stark kostnadsbelastning för snöpacknings- och snöröjningsalternativen.

Emedan framtida förhållanden är av intresse vid kostnadsjämförelsen mellan de olika metoderna, spelar möjligheterna till kostnadssänkningar ävensom den framtida kostnadsutvecklingen en viss roll.

Ser vi först på *möjligheterna till kostnadssänkningar* inom den närmaste framtiden, förefaller dessa att vara tämligen begränsade vad snöröjning angår. Introduktionen av lätta maskiner, som ersätter den manuella snöpackningen (på svaga isar), samt en ökad utbredning av effektiva packningsredskap kommer sannolikt att medföra sänkta kostnader för snöpackning. För uppvattningsarbetet har en reduktion av manstiden per maskintimme ägt rum sedan 1960, för vilket år de här använda kostnadsuppgifterna gäller, och det torde finnas rum för ytterligare kostnadssänkningar.

Kostnadsutvecklingen är olika för maskinellt och för manuellt arbete (jfr bl. a. Nilsson 1960). I driftsstatistiken 1959—60 var den manuella kostnadsandelen i medeltal 50—60 % för uppvattningsarbetet med de idag vanligaste aggregaten och omkring 35—40 % för snöpackning och snöröjning. Utvecklingen tyder på att den manuella kostnadsandelen vid uppvattning har reducerats och kommer att reduceras ytterligare. Några väsentliga skillnader mellan olika huvudmetoder med hänsyn till kostnadsutvecklingen torde därför ej vara att vänta.

9.3 Säsongens längd

Inledningsvis konstaterades att längden på den för trafiken tillgängliga säsongen är av väsentlig betydelse för metodvalet. Säsonglängden är beroende av hur snabb prepareringsmetoden är och hur länge avlägget är bärigt och körbart under senvintern. I det följande jämföres de tre huvudmetoderna i dessa avseenden.

9.31 Prepareringsmetodens snabbhet.

I fig. 32 kan man utläsa det antal dagar som beräknats åtgå, om man snabbt vill nå erforderlig istjocklek. Vi erinrar här om att det i den teoretiska modellen förutsattes, att den första åtgården sätts in, när isen är 15 cm tjock, och att åtgårdsintervallet är 3 dagar.

En direkt jämförelse mellan metoderna illustreras i fig. 34, som visar tidsåtgången för snöröjning och snöpackning i förhållande till

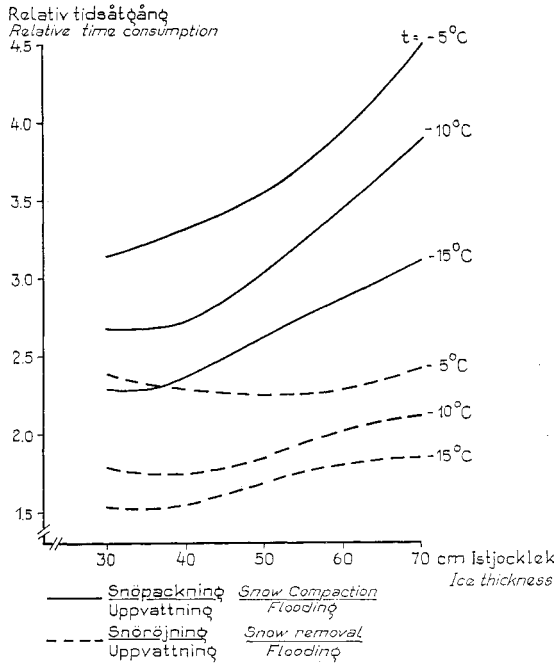


Fig. 34. Den tid som erfordras för att preparera viss istjocklek vid snöröjning resp. snöpackning i förhållande till motsvarande tid vid uppvattning (relativ tidsåtgång), vid olika temperaturer (baserad på fig. 32).

Time required to prepare a given ice thickness at snow removal and snow compaction resp. relative to time required when flooding (relative time consumption), at different temperatures (based on fig. 32).

tidsåtgången vid uppvattning (benämnes i figuren »relativ tidsåtgång») vid olika temperaturer.

Fig. 32 och fig. 34 ger anledning till följande kommentarer och slutsatser.

Snöröjning kräver 1,5—2,5 ggr längre tid och snöpackning 2—5 ggr längre tid än uppvattning. Inom nämnda intervall ökar den relativa tidsåtgången med stigande temperatur och ökande istjocklek.

Med uppvattning kan man åstadkomma de 60 cm is, som normalt behövs för bilkörning, på omkring tre veckor, även om medeltemperaturen är så låg som -5°C . Med snöröjning krävs det 6 veckor och med snöpackning ca 14 veckor. Traktoravlägg, som vanligtvis kräver 50 cm, kan vid -5°C iordningställas på 2, 4 och 6 veckor med resp. uppvattning, snöröjning och snöpackning. För ett hästavlägg, som kräver 40 cm, tar det vid samma temperatur resp. $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$ och 4 veckor med de olika metoderna i nyssnämnd ordning. Tar man hänsyn dels till att månadsmedeltemperaturen under vart fjärde till vart sjätte

år kan vara minst 3° C högre än den genomsnittliga och dels till att frekvensen av förvintrar med ogynnsamma nederbördsförhållanden är förhållandevis hög, kan följande generella slutsatser dragas.

Uppvattning är under ogynnsamma vintrar ännu mer än under normalvintern överlägsen i snabbhet. Snöröjning kan troligen tillämpas över hela istjockleks- och väderleksregistret, men tidsåtgången för att nå 60—70 cm is torde under ogynnsamma vintrar kunna uppgå till omkring två månader. Med snöpackning riskerar man att under ogynnsamma vintrar aldrig nå erforderlig istjocklek, om det krävs 50 cm eller mera. Snöpackningens praktiska användbarhet som huvudmetod reduceras därför till avlägg, för vilka det krävs mindre än 50 cm is och som är belägna inom de kallare delarna av landet.

Av viss betydelse för metodens snabbhet är även metodens *beredskap*. Härmed avses möjligheten att utnyttja lämplig väderlek med hänsyn till de maskinella resurserna och konkurrensen med andra arbetsobjekt. Ibland kan väderleksförhållandena under en längre tid vara så ogynnsamma, att prepareringar ej kan utföras. Det kan då vara av stort värde, att man kan arbeta på många avlägg samtidigt, om en kortvarig period med lämplig väderlek inträffar. Uppvattningsalternativet är i detta fall överlägset övriga alternativ, emedan man använder ett förhållandevis stort antal små maskin enheter, som helt kan sättas in på isavläggen. För snöpackning och snöröjning anlitas maskiner, som visserligen har högre kapacitet men som finns tillgängliga i ett betydligt mindre antal och dessutom i den beskrivna situationen ofta måste sättas in även på andra arbeten (vägar och avlägg i skogen). Snöröjning är från beredskapssynpunkt troligen aningen fördelaktigare än snöpackning, emedan snöröjningen i större utsträckning sker med hjulfordon, som snabbt och för egen maskin kan förflytta sig mellan arbetsobjekten.

9.32 *Avläggets bärighet och körbarhet under vårvintern.*

Säsonglängden på isavlägget under vårvintern har särskild betydelse i sådana fall, där man av olika skäl kommer i tidsnöd vid utkörningen av virket, och andra avläggsutrymmen än isavlägget saknas eller redan är belagda.

Bärigheten under senvintern beror dels på hur tjock isen är och dels på istäckets förmåga att motstå den destruktiva effekten av solstrålningen. Emedan tjockleken förutsatts vara lika för alla tre metoderna, kan diskussionen koncentreras till den sistnämnda faktorn. Det är ett känt faktum (jfr bl. a. *Sundberg-Falkenmark* 1959, stencil), att kärnisen blir pipig och att dess hållfasthet minskar mycket snabbt,

om den direkt utsätts för vårsolen. Om isen täcks av packad snö eller om dess översta skikt består av snöis, reflekteras huvudparten av strålningen, och den underliggande isen bevarar sin hållfasthet mycket längre, än om den är exponerad. Uppvattnings- och snöpackningsalternativen är i detta fall överlägsna snöröjningen. Att generellt särskilja mellan de båda förstnämnda metoderna är vanskligt. Packad snö reflekterar strålningen bättre än snöis, men den smälter i gengäld fortare.

Körbarheten är i första hand beroende av ytlagrets beskaffenhet och av fordonstypen. En lastbil har vanligtvis högre krav på underlagets körbarhet än en traktor eller en häst. Emedan framförallt packad snö, men även snöis, blir lös och moddig i ytan snabbare än kärnis, är snöröjning sannolikt fördelaktigare, om trafiken sker med lastbil eller hjultraktor. För bandfordon och hästar har denna skillnad mellan olika typer av underlag mindre betydelse.

9.33 Säsongens längd

För att få ett begrepp om säsongens längd under olika förhållanden utfördes följande överslagsberäkningar.

Ur materialet över de naturliga isförhållandena (jfr kapitel 4) hämtades för varje mätplats och år det antal dagar som förflutit mellan tidpunkten, när 15 cm nåddes, och tidpunkten för islossningen. Från varje sådan observation över dagantalet drogs sedan 30 dagar. Det antogs nämligen, att trafiken kunde fortgå intill 30 dagar före islossningen, oavsett istjocklek och prepareringsmetod. På detta sätt erhöles en uppskattning av säsonglängden inklusive den tid, som åtgår för att preparera avlägget. I tab. 17 redovisas för olika mätplatser den genomsnittliga säsonglängden samt den längsta resp. kortaste säsong, beräknad på nyss beskrivna sätt, som förekommit under observationsperioden.

För de 14 nordligaste mätplatserna var den genomsnittliga säsongen (inkl. tid för preparering) 133 (116—154) dagar, den längsta i genomsnitt 161 (141—181) dagar och den kortaste 98 (65—132) dagar. Siffrorna inom parentes anger lägsta och högsta siffra inom varje grupp av mätplatser. För mätplatserna i mellersta Norrland är motsvarande siffror resp. 117 (77—143), 146 (108—176) och 80 (31—103) och för de tre sydligaste mätplatserna resp. 87 (78—100), 121 (113—132) och 56 (49—66).

Om man från dessa tal drar den tid, som åtgår för prepareringen, får man således en uppskattning av den verkliga säsonglängden för trafiken.

Tab. 17. Beräknad säsonglängd, inkl. tiden för preparering, för olika mätplatser.
 Calculated length of season, incl. time for preparation, for different localities.

Mätplats, nr Locality, no.	Säsonglängd, dagar Length of season, days		
	Medeltal Mean	Längsta Longest	Kortaste Shortest
1	134	157	99
2	144	174	89
3	129	157	82
4	142	166	113
5	144	168	119
6	118	159	74
7	154	181	126
8	135	166	111
9	121	141	99
10	116	149	67
11	131	158	106
12	123	150	86
13	152	176	132
14	114	145	65
Medeltal Mean	133	161	98
15	105	135	76
16	131	162	101
17	130	152	92
18	119	156	70
19	106	133	81
20	103	123	67
21	128	166	102
22	77	108	31
23	143	176	103
24	131	151	73
25	110	147	87
Medeltal Mean	117	146	80
26	78	117	49
27	100	132	66
28	84	113	52
Medeltal Mean	87	121	56
Totalmedeltal Mean of total	122	151	86

Om man utgår från att genomsnittstemperaturen under den nederbördsfria tiden är -10° till -15° i norra Norrland, omkring -10° i mellersta och -5° till -10° i södra Norrland, får man enl. fig. 32 följande *ungefärliga* tidsåtgång vid preparering av olika istjocklek under genomsnittliga väderleksförhållanden.

Erforderlig istjocklek cm	Ungefärlig tidsåtgång, dagar, vid								
	uppvattning			snöröjning			snöpackning		
	n.N.	m.N.	s.N.	n.N.	m.N.	s.N.	n.N.	m.N.	s.N.
30	4	4	5	6	7	9	9	10	12
40	7	8	9	11	13	17	17	20	25
50	11	12	14	18	21	27	30	35	42
60	14	16	18	27	31	36	45	52	65
70	18	20	24	37	42	50	65	78	100

Om man preparerar avlägget genom uppvattning, kan man således för bilavlägg, som prepareras till 60 cm istjocklek, räkna med en säsong av ungefär 4 månader i norra Norrland, drygt 3 månader i mellersta och drygt 2 månader i södra Norrland under en vinter med genomsnittliga väderleksförhållanden. Vid snöröjning är säsongen genomgående ungefär 2 veckor kortare och vid snöpackning 1—1½ månad kortare. Under ogynnsamma vintrar kan säsongen, även om man använder sig av uppvattning, bli så kort som 2½ månad i norra, 2 månader i mellersta och 1 månad i södra Norrland.

Beträffande det schablonmässiga avdraget på 30 dagar kan följande anföras. Enligt praktiska erfarenheter kan trafiken i regel pågå intill 2—5 veckor före tidpunkten för islossningen, om inga speciella åtgärder vidtagas för att skydda isen mot solstrålningen (täckning med sågspån e. dyl.). För att vara på den säkrare sidan valde författaren 30 dagar. En differentiering med hänsyn till typen av trafik, prepareringsmetoden och den ursprungliga istjockleken är mycket vanskelig att utföra. Emedan isen, när vårsolen sätter in, förlorar sin bärighet snabbt oavsett tjocklek och sammansättning, blir skillnaderna mellan olika fall så små, att de saknar betydelse i dessa överslagsberäkningar.

9.4 Transport- och arbetsförhållanden under säsongen

Inledningsvis konstaterades att körbarheten vägde tyngst bland de variabler, som bestämmer transport- och arbetsförhållandena på avlägget, men att även arbetssvårigheten bör beaktas.

9.41 Körbarhet.

Såsom tidigare nämnts är körbarheten främst beroende av underlagets ytbeskaffenhet. Vid uppvattning och snöröjning har man normalt inga begränsningar vad avser körbarheten, emedan båda metoderna ger snöfri is. Dock kan det ibland efter uppvattning inträffa, att

sörjeskiktet efter någon av de senast utförda uppvattningarna ej är helt genomfruset, när trafiken släpps på. Ett fordon kan därvid bryta igenom överisen och köra fast. En detalj, som förtjänar att påpekas, är vidare, att den genom uppvattning erhållna isen under den närmaste tiden efter prepareringen erbjuder en mycket glatt yta. Detta kan orsaka att hjulen hos ett fordon börjar spinna, exv. när man skall börja köra efter avslutad avlastning, och att fordonet svarvar ned sig en bit i isen och därigenom sätter sig fast (*Ager* 1958).

Vid snöpackning kan körbarheten vara en kritisk faktor för vissa typer av trafik, emedan det packade snölagret kan ha otillräcklig hållfasthet, vilket i sin tur kan orsaka fastkörning. Denna fråga kan belysas med hjälp av de arbeten *Leijonhufvud* (1955), *Samset* (1956), *Putkisto* (1957), författaren (jfr bl. a. *Ager* 1961) m. fl. utfört över snöpackning av vägar på fastmark och myr.

I de fall trafiken sker med häst samt hel- och halvbandtraktorer, torde en engångspackning (det orörda snötäcket bearbetas endast en gång) med enkla vältrar, packplåtar e. dyl. normalt ge tillfredsställande körbarhet. När trafiken sker med hjultraktor eller bil, är nämnda teknik däremot i regel ej tillräcklig. För hjultraktortrafik kan erforderlig körbarhet normalt uppnås med hjälp av nämnda enkla redskap, om man packar avlägget 2—3 ggr i omedelbar följd och ser till att varje del av hela arealen bearbetas med traktorbanden e. dyl. Ett annat sätt är att »bottenpacka», vilket innebär, att man med enkla vältrar e. dyl. packar den första snön, som faller, och upprepar packningen efter varje större snöfall. När snöpackningen används som huvudmetod, blir det i princip alltid fråga om bottenpackning. Bottenpackningen ger i regel en körbarhet, som räcker till för hjultraktortrafik, även om förhållandena är ogynnsamma (exv. vid blidväder). Betr. lastbilstrafik kan följande exempel anföras. I Iroquois Falls i Kanada packar, såsom tidigare nämnts, Abitibibolaget sina bilavlägg med de stora vältrar, som visas i fig. 21. Man packar avlägget med täta mellanrum under hela vintern, i samband med såväl preparering som underhåll. Om temperaturen en längre tid är omkring eller omedelbart under 0° C, blir körbarheten i den packade snön otillräcklig (i otrafikerade delar), och bilarna börjar skära igenom (*Mousseau* 1961, muntlig uppgift). Man brukar då hyvla bort snön i vägarna på avlägget för att inte riskera avbrott i den intensiva trafiken. Packningsalternativet kan därför ställa sig tveksamt för svenska förhållanden, när det gäller bilkörningsavlägg, emedan man sällan har möjlighet att med kort varsel sätta in en väghyvel e. dyl. på ett flertal avlägg.

Den packade snön kan temporärt förlora sin körbarhet även på ett

annat sätt, nämligen om självuppvattning sker under vintern på grund av stora snö- och virkeslaster. T. o. m. hästar kan ha svårigheter att ta sig fram, om vattnet står ett par decimeter djupt i 3—4 dm packad snö. Ofta har man emellertid möjlighet att i sådana situationer flytta avläggningen till en punkt på avlägget, där denna olägenhet ej förekommer, och återkomma när stöpvattnet frusit.

9.42 *Arbetssvårighet vid avlastning, uppläggning, mätning etc.*

Arbetssvårigheten vid virkets avlastning, uppläggning, mätning etc. påverkar framförallt metodvalet vid underhållet och insatsen av underhållsarbete. I någon mån påverkas emellertid även valet av prepareringsmetod. Den egenskap, som härvid skiljer prepareringsmetoderna åt, sammanhänger med risken att erhålla självuppvattning på avlägget. Förekomsten av vatten på isen kan framförallt påverka mätningens arbetet.

Uppvattning är i regel den mest fördelaktiga metoden, emedan dels befintlig snö förvandlas till bärande underlag och dels åtgärden delvis ger stöpis, som har högre flytförmåga än kärnisen. Vid snöröjning får man i bästa fall snön koncentrerad i strängar utanför avläggsområdet, ofta också inom. Snövallarna kan ge upphov till uppvattningar, som sedan sprider sig in över avläggsområdet resp. från punkter inom avlägget. Om prepareringen sker genom packning, fortsätter snön att verka som belastning på isen, och uppstöpning kan därför ske snabbare på ett sådant avlägg än på ett som preparerats genom uppvattning.

9.5 **Torkningstid för virket**

Såsom framhölls inledningsvis är det ur kostnadssynpunkt en fördel, om torkningstiden blir så lång som möjligt för sådant virke, som har otillräcklig flytförmåga, när det läggs upp på isen.

Liksom säsongens utsträckning för trafiken under vårvintern är torkningstiden beroende av isens tjocklek och av isens förmåga att motstå solstrålningen. För virke, som ligger på flytande is med en från början tillräcklig tjocklek, avbryts torkningen, antingen när isen blivit så tunn, att den pressas under vattenytan av virkeslasten, eller när isens brotthållfasthet nedsatts i sådan grad, att isen brister under virket. Sålunda kan enligt författarens iakttagelser torkningen hos envarvsvältor av massaved (≈ 40 kp/m²) avbrytas på det sistnämnda sättet, när isen är 30—40 cm tjock.

Av samma skäl som i trafikfallet (sid. 147) synes snöröjningen vara klart underlägsen de båda andra metoderna.

Vid de jämförelser mellan snöpackade och uppvattnade ytor, som utfördes vintern 1956—57 (jfr *Ager* och *Peterson* 1958), kunde inga skillnader i torkningstid påvisas mellan dessa båda alternativ. Emellertid kan man antaga, att snölasten bidrager till att självuppvattning lättare sker på ett snöpackat avlägg än på ett som preparerats genom uppvattning. Härigenom löper virket större risk att svalla ned på ett snöpackat avlägg. Om det packade snölagret fryser efter självuppvattningen, vilket ofta är fallet och vilket skedde vid nyssnämnda försök, erhålles stöpis. I sådana fall kan man tydligen ej påräkna några skillnader mellan uppvattnade och snöpackade avlägg vad avser torkningstiden för virket.

En fråga av intresse i detta sammanhang är, huruvida prepareringen överhuvudtaget förlänger torkningstiden. Vid de nyss nämnda försöken jämfördes även torkningstiden för virket på preparerade resp. opreparerade ytor. Någon skillnad i torkningstid erhöles icke, troligen beroende på att den opreparerade isen på naturlig väg (genom självuppvattning) blev i det närmaste lika tjock som den preparerade. Emellertid är det mycket troligt, att man genom preparering får längre torkningstid sådana vintrar, som isen på naturlig väg endast når ringa tjocklek.

9.6 Sammanfattning av jämförelserna mellan huvudmetoderna

I detta avsnitt sammanfattas jämförelsen mellan de tre huvudmetoderna med hänsyn till de olika faktorer, som är av betydelse för metodvalet.

Det har antagits, att de olika metoderna ej avviker från varandra beträffande de krav, som ställs *på isens tjocklek* med hänsyn till trafiken och till virkets mätning och torkning. De kritiska gränser som valts beträffande erforderlig istjocklek avser i första hand is, som är sammansatt av både kärnis och stöpis, dvs. sådan is som normalt erhålles, om avlägget prepareras genom uppvattning. Det finns idag ej tillräckligt med fakta, för att man skall kunna avgöra, om en mindre istjocklek krävs för viss *trafiklast*, om man använder metoder, som ger enbart kärnis, dvs. snöröjning och snöpackning. Däremot är det påvisat, att uppvattning ger is med högre flytförmåga (*Ager* 1962). Sådan is bär därför större *virkeslast*. Detta är emellertid av underordnad betydelse, emedan trafiken mestadels är den faktor, som bestämmer kravet på istjocklek.

Om framtida forskning och erfarenheter visar, att det föreligger en påtaglig skillnad mellan kärnis och den av stöpis och kärnis sammansatta isen, vad avser förmågan att bära trafiklast, kan här

framlagda resultat utan större svårighet korrigeras med hänsyn härtill. En skillnad kan nämligen mätas i åtgärdsåtgång, exv. med hjälp av fig. 32.

Kostnaderna för att iordningsställa erforderlig istjocklek har diskuterats i avsnitt 9.2. Uppvattning blir ofta den billigaste metoden. Den är särskilt effektiv inom områden med hög medeltemperatur, samt när det krävs tjocka isar. Snöröjning kan konkurrera kostnadsmässigt för samtliga avläggstyper, framförallt inom områden med -10°C eller lägre månadsmedeltemperatur. Arbetet bör då utföras med relativt snabba fordon och lämplig utrustning, och kostnaderna för transport av utrustningen till och från arbetsplatsen bör ej överstiga 5—15 kr/ha. Inom områden med mildare klimat är snöröjningens konkurrenskraft mer begränsad. Snöpackning har som huvudmetod konkurrenskraft blott inom de kallaste områdena av landet och där huvudsakligen endast vid preparering av avlägg, för vilka det fordras 30—40 cm is.

För *säsonglängden* för trafiken är prepareringsmetodens snabbhet den avgörande faktorn. I fig. 32 anges den tid det tar att nå is av olika tjocklek, för det fall att man snabbt vill nå erforderlig tjocklek. Av fig. 34 framgår att prepareringen normalt (vid genomsnittliga väderleksförhållanden) tar 1,5—2,5 ggr så lång tid vid snöröjning och 2—5 ggr så lång tid vid snöpackning som vid uppvattning.

Emedan säsonglängden har särskilt stor vikt vid metodialet, skall här ett försök göras att belysa, vad en skillnad i säsonglängd kostar. Inledningsvis påpekades att vägarna ofta är körbara, innan isavlägget är iordningställt, och att man då tvingas lägga virket på en plats, som är mindre förmånlig från kostnadssynpunkt än isavlägget. Låt oss antaga,

- att virket läggs på landavlägg, innan isen blir körstark,
- att landavläggningen totalt sett kostar mer än isavläggningen,
- att vi vill veta, hur mycket en skillnad i snabbhet, mätt i dagar, mellan olika prepareringsmetoder kostar.

Kostnaden per dag är beroende av virkestillströmningen och av kostnadsskillnaden mellan de båda avläggningssätten. I fig. 35 visas hur stor denna kostnad, som här benämnts »väntekostnad», blir för varje dags tidsskillnad eller väntetid, vid olika storlek på kostnadsdifferensen (per volymenhet virke) mellan land- och isavläggning och för olika storlek på den dagliga virkestillströmningen till avlägget.

En kostnadsjämförelse mellan is- och landavläggning är ytterst komplicerad och man måste bl. a. taga hänsyn till

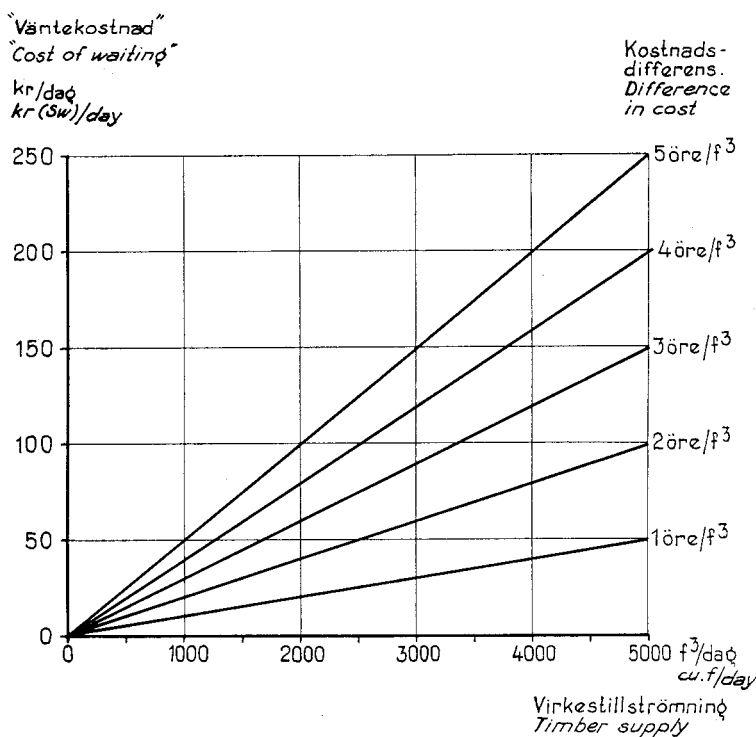


Fig. 35. »Väntekostnaden» som funktion av kostnadsdifferensen per volymenhet virke och virkestillströmningen per dag.

»Cost of waiting» vs cost difference per unit of timber volume and daily timber supply.

- kostnaden för virkestransporten till resp. avlägg (ofta föreligger exv. en skillnad i körväglängden),
- kostnaderna för anläggning, upptagning och underhåll av resp. avlägg,
- kostnaderna för avlastning, uppläggning, mätning och utvältning av virket,
- olika riskmoment, såsom exv. risken att få virket nedsvallat på isavlägget,
- en värdering av förändringen i flottningskostnad med en förändring av proportionen mellan isavlagt och landavlagt virke.

Om man jämför kostnaderna för de båda avläggsalternativen, *exkl.* kostnaderna för utvältning av virket, blir isavläggning erfarenhetsmässigt i de flesta fall inte dyrare än landavläggning, om isförhållandena är lämpade för isavläggning. Kostnadsskillnaden skulle då bestå i *minst* kostnaden för utvältning. Denna kostnadspost uppgår enligt

Skogsbrukets Transportutredning (1961) till 3—8 öre/f³. En kostnad av 2 öre/f³ uppges kunna nås vid utvältning med traktor.

En häst kör vanligtvis fram 200—500 f³/dag, en traktor 600—1 200 f³/dag och en lastbil 1 000—1 500 f³/dag. Ofta kör två eller flera ekipage till samma avlägg. På ett större avlägg kan den dagliga virkestillströmningen nå 5 000 f³ eller mer. Som en randanmärkning kan påpekas, att det på de största kanadensiska avläggen i genomsnitt kommer omkring 200 000 f³/dag till avlägget. Detta är troligen den främsta orsaken till att kanadensarna tillmäter metodens snabbhet avgörande vikt (jfr bl. a. *Rose och Silversides* 1958).

Väntekostnadens betydelse skall exemplifieras för ett vanligt fall. Det antages, att två traktorer kör till samma avlägg och att de tillsammans kör ut 2 000 f³/dag. Marginalkostnaden (eftersom det endast rör sig om en större eller mindre ändring av den kvantitet, som skall vältras ut) för utvältning antages vara 2 öre/f³. Väntekostnaden blir då 40 kr/dag. Låt oss vidare antaga, att 50 cm is erfordras, att avläggsstorleken är 3 hektar och att medeltemperaturen är — 15° C. Om man använder de i avsnitt 9.2 angivna kostnaderna för olika åtgärder och de i fig. 32 angivna uppgifterna över det antal åtgärder och dagar, som går åt för att nå 50 cm is, kan nedanstående kostnadsjämförelse göras.

	Upp- vattning	Snö- röjning	Snö- packning
Kostnad per åtgärd, kr/ha (exkl. kostnad för transport av utrustning)	40	10—30	10—30
Åtgärdsåtgång, st	4	6	9
Prepareringskostnad, kr/ha	160	60—180	90—270
Tot. prep. kostn. för 3 ha, kr	480	180—540	270—810
Väntetid vid snöröjning och snöpackning, dagar	—	6	16
Väntekostnad, kr	—	240	640
Prepareringskostn. + väntekostnad, kr	480	420—780	910—1 450

Om man vidare tar hänsyn till

- att kostnaderna för transport av utrustning till och från avlägget vanligen är väsentligt lägre vid uppvattning än vid snöröjning och snöpackning,
- att de i exemplet valda klimatförhållandena är särskilt gynnsamma för snöpackning och snöröjning,
- att uppvattning blir allt fördelaktigare gentemot snöpackning och snöröjning, ju tjockare is som erfordras,

vågar man påstå, att uppvattningen som huvudmetod vanligtvis är kostnadsmässigt väsentligt mer fördelaktig än snöpackning och snöröjning, om virkestransporten måste börja, innan isen blir körstark, och om de alternativa avläggningsmöjligheterna kostar mer än isavläggning. Dessa förutsättningar torde vara vanliga, när virket körs med bil eller traktor, mindre vanliga däremot vid hästkörning. I sådana fall, där hästkörning sker till avlägg vid flottled, är det nämligen alltjämt mycket vanligt, att körningen kommer igång först efter årsskiftet. Ofta kan isen på naturlig väg ha nått erforderlig tjocklek vid denna tidpunkt (jfr bil. 2). Om inte, kan prepareringen kanske utföras på förhållandevis enkelt sätt och till relativt låga kostnader. Väntekostnaderna har därför mindre betydelse för hästavläggningen.

Påpekas bör att en beräkning av väntekostnaden på här angivet sätt även är aktuell, när man för en given prepareringsmetod vill väga kostnaden för att forcera prepareringsarbetet mot den vinst man gör, genom att isavlägget blir fortare färdigt.

Övriga faktorer, som påverkar metodvalet och som diskuterats i avsnitten 9.3—9.5, kan även de på ett eller annat sätt värderas (jfr avsnitt 1.35). Med hänsyn till svårigheten att utföra dessa värderingar och till dessa faktorerers kostnadsmässiga betydelse har författaren avstått härifrån. Det ansågs fullt tillfredsställande att utföra en effektivitetsgradering av huvudmetoderna genom att rangordna metoderna för varje faktor. Detta har skett i nedanstående uppställning.

	Uppvattning	Snöröjning	Snöpackning
1. Avläggets körbarhet under säsongen	2	1	3
2. Torkningstiden för virket	1	3	2
3. Säsonglängden för trafiken under vårvintern	1	3	2
4. Arbetssvårigheten vid avlastning, mätning m. m.	1	3	2

Bedömer man den samlade effekten av dessa faktorer, är uppvattning den mest gynnsamma metoden, medan snöröjning och snöpackning i stort sett är likvärdiga.

Uppvattningsalternativet är således i de allra flesta fall den mest effektiva huvudmetoden, om man syftar till att iordningsställa ett virkesavlägg på is till lägsta möjliga kostnad för drivningsprocessen i dess helhet. Alternativen snöröjning och snöpackning kan endast konkurrera

- i sådana fall där metodens snabbhet är av mindre betydelse,
- inom områden med för våra förhållanden kalla och stabila vintrar,
- för avlägg, som kräver ringa istjocklek, dvs. framförallt häst- och i mindre utsträckning traktoravlägg.

Möjligheten att *kombinera huvudmetoderna* skall kortfattat beröras. Vi bortser här från sådana kombinationer, som innebär att en metod är en hjälpmetod åt en annan, såsom exv. när man packar före maskinell uppvattning med syfte att reducera snödjupet.

Av fig. 33 och 34 framgår att snöpackning och snöröjning är förhållandevis effektiva, när prepareringen sker på tunna isar. Den kombination, som alltså i princip skulle kunna vara aktuell, är att börja med snöpackning eller snöröjning och att övergå till uppvattning när isen nått viss tjocklek. Emellertid är det mindre vanligt, att man har tillgång till maskinell utrustning för snöpackning och snöröjning, som är tillräckligt lätt för att kunna sättas in vid första åtgärden, om denna utföres, när isen exv. är 15 cm tjock. Därför kan istället den omvända ordningen bli aktuell, nämligen att börja med uppvattning i sådana fall där man funnit att snöpackning eller snöröjning är effektivare som huvudmetod.

En kombination av olika huvudmetoder kan vara lämplig även i vissa andra fall. Så kan det exv. vid sträng kyla vara svårt att utföra maskinell uppvattning. Om isen i en sådan situation täcks av snö, kan det vara lämpligt att tillgripa snöpackning eller snöröjning, särskilt som dessa metoder är förhållandevis effektiva vid låga temperaturer.

Kap. 10. Utrustning, metodik och organisation

I kapitel 9 diskuterades generella frågor rörande metodvalet. En jämförelse mellan huvudmetoderna uppvattning, snöpackning och snöröjning utfördes. I följande avsnitt belyses vissa detaljfrågor vid valet av utrustning och metod samt organisationen av prepareringsverksamheten. Diskussionen koncentreras till den huvudmetod, som är mest aktuell vid preparering av avlägg, nämligen *uppvattning*.

Beträffande detaljer i förfarings sättet, när snöröjning och snöpackning används som huvudmetod, hänvisas bl. a. till *Collier och Silversides* (1954), *Rose och Silversides* (1958), *Hubendick* (1961) och *Ager* (1959 b och 1961).

10.1 Den första åtgärden

Vid den första åtgärden är man vid valet av utrustning och metod ofta beroende av förhållandena på isen. Detta beror huvudsakligen på att man kräver viss istjocklek för att kunna börja arbeta på isen. Sedan den första åtgärden utförts, kan man i regel komma ut på isen, när man vill, och därför bättre behärska metodvalet, så att man exv. kan vattna, innan snödjupet når 10—15 cm, eller först packa med fordon och redskap och sedan vattna, om man finner detta lämpligare.

När man iordningställer avlägg för bil- och traktorkörning, har man ofta bråttom att komma igång med prepareringen, för att man så snabbt som möjligt skall nå erforderlig istjocklek. Den första åtgärden är därvid kritisk och har därför underkastats en särskild granskning.

I tab. 18 visas vilket metodval, som under olika förhållanden bedömes vara mest effektivt (jfr avsnitt 1.32), om man använder uppvattning som huvudmetod och snöpackning som hjälpmetod. Hänsyn har därvid tagits till de restriktioner, som gäller vid användningen av den utrustning för ispreparering, som idag står till buds, exv. kravet på istjocklek (jfr även avsnitten 10.4—7).

Med hjälp av SMHI:s istillväxtdiagram (se avsnitt 4.1) simulerades åtgärder enligt A—F för de mätplatser, som angivits i bil. 1, och för de årsserier, som fanns tillgängliga. Simuleringen innebar i detta fall, att det för varje mätplats och år fastställdes vilken metod A—F, som

Tab. 18. Lämplig metod vid ispreparering vid olika istjocklek, snö- och stöpvattendjup.
Method of preparation suggested at different ice thicknesses, snow depths and slush depths.

Förutsättning Condition			Lämplig metod med hänsyn till is- förhållandena Suggested method	Beteckning Code
Istjocklek cm Ice thickness cm	Snödjup cm Snow depth cm	Stöpvattendjup Depth of slush		
> 15 cm	≤ 15 cm	< 1/3 av det totala snödjupet < 1/3 of the total snow depth	Maskinell uppvattning Flooding with pumps	A
> 25	16—30	< 1/3 av det totala snödjupet < 1/3 of the total snow depth	Packning och maski- nell uppvattning Compaction followed by flooding with pumps	B
11—25	> istjockleken i cm > ice thickness, cm	< 2/3 av det totala snödjupet < 2/3 of the total snow depth	Hålupptagning och, om snön ej genomvattnas helt, packning manu- ellt eller med lätta fordon Drilling holes in the ice followed by compaction if the snow does not wet completely	C
> 25	> istjockleken i cm > ice thickness, cm	< 1/3 av det totala snödjupet < 1/3 of the total snow depth	Hålupptagning och maskinell packning Drilling holes in the ice followed by compaction	D
> 25	> 15	> 1/3 av det totala snödjupet > 1/3 of the total snow depth	Packning Compaction	E
11—25	> istjockleken i cm > ice thickness, cm	> 2/3 av det totala snödjupet > 2/3 of the total snow depth	Packning Compaction	F

skulle ha valts med hänsyn till rådande förhållanden på isen. Det bör observeras, att schemat i tab. 18 ej täcker alla tänkbara kombinationer av istjocklek, snödjup och stöpvattendjup. För det fåtal situationer, där förhållandena fallit utanför schemat, har åtgärd enligt A—F bedömts från fall till fall.

I första hand utfördes simuleringen med förutsättningen att en åtgärd sattes in, så fort istjockleken tillät. Detta innebär enligt tab. 18, — att manskap kunde börja, när istjockleken översteg 10 cm, och utföra hålupptagning och/eller snöpackning med snöskor e. dyl.,

- att maskinell uppvattning kunde sättas in, när isens tjocklek översteg 15 cm,
- att maskinell packning med konventionell utrustning — 2—3 ton tunga fordon med packningsredskap — kunde påbörjas, när isen var mer än 25 cm tjock.

Stor säkerhet med hänsyn till olycksfallsrisken har tillämpats vid valet av minimitjocklek.

I tab. 19 redovisas resultaten av den beskrivna simuleringen. De relativa frekvenserna för resp. metoder anges dels för varje mätplats och dels i form av medeltal för tre olika geografiska regioner och för hela området. Metoden A, maskinell uppvattning, dominerar och har en frekvens av 50—93 %. Därefter följer metod C, håluptagning eventuellt kombinerad med packning, med en frekvens mellan 7 och 38 %. Enbart packning, (metod F) — med sådan utrustning som kan användas vid 11—25 cm istjocklek — förekommer i mindre omfattning för ett 10-tal mätplatser. Övriga metoder, som inkluderar maskinell packning med konventionell utrustning, har aldrig blivit aktuella, beroende på att fordonen kräver relativt tjocka isar.

Frekvensen för maskinell uppvattning avtar från söder till norr, samtidigt som metod C tilltar. Behovet av redskap för håluptagning samt packning på tunna isar är således störst inom de norra delarna. Man får sannolikt räkna med att snötäcket i många fall inte genomvattnas helt genom enbart håluptagning (jfr *Fremling* 1962, stencil), i de fall metod C är lämplig, och att snöpackning blir nödvändig som komplementåtgärd. Packning med snöskor är en fullt användbar metod, men den är relativt dyrbar och tidskrävande. Detta faktum och den höga frekvensen av metod C tyder på att man skulle kunna uppnå väsentliga kostnadsminskningar med lätta maskiner för snöpackning samt att ett påtagligt behov av sådan utrustning finnes.

Emellertid sätter man av olika skäl inte alltid in den första åtgärden så snart isen är tillräckligt tjock. Av driftsstatistiken 1959—60 framgick (fig. 30 a) att den första åtgärden på många avlägg utfördes så sent som i januari och februari, på enstaka avlägg t. o. m. i mars. Ehuru utvecklingen inom drivningsprocessen medför ökade krav på tidig start för prepareringarna och trots att den pågående ökningen av de maskinella resurserna för ispreparering medför förbättrade möjligheter härtill, kommer alltid vissa avlägg att påbörjas relativt sent, särskilt hästavlägg. Det ansågs därför av intresse att belysa metodfrekvensen för den första åtgärden även vid olika tidpunkter. I bil. 5 redovisas resultatet av en sådan analys i form av stapeldiagram. Fall,

Tab. 19. Genomsnittlig frekvens av olika prepareringsmetoder (första åtgärden), om åtgärden utföres så fort istjockleken tillåter.

Average frequency of different methods (first measure), if preparation starts as soon as the ice is thick enough.

Mätplats nr Locality, no.	Procentuell fördelning på olika metoder Distribution by different methods, per cent					
	A	B	C	D	E	F
1	93		7			
2	73		27			
3	67		27			6
4	71		29			
5	79		21			
6	60		27			13
7	67		33			
8	58		25			17
9	77		23			
10	62		38			
11	84		8			8
12	62		38			
13	67		33			
14	53		47			
Medeltal Mean	69,5		27,4			3,1
15	57		36			7
16	50		36			14
17	73		27			
18	64		29			7
19	80		20			
20	67		20			13
21	80		20			
22	73		20			7
23	73		20			7
24	73		27			
25	87		13			
Medeltal Mean	70,6		24,4			5
26	87		13			
27	87		13			
28	86		7			7
Medeltal Mean	86,7		11			2,3
Totalmedeltal Mean of total	71,8		24,4			3,8

där istjockleken ansetts vara för liten — < 11 cm för manskap och < 16 cm för maskinell uppvattning — för att ispreparering skulle ha kunnat ske, har markerats med 0. Redovisningen i bil. 5 har avsetts tjäna som underlag för lokala beslut angående val av metod och utrustning. I tab. 20 visas en sammanfattning av resultaten. Där anges den genomsnittliga frekvensen (ovägda medeltal) för olika metoder i procent av det totala antalet, för dels tiden 15/11—1/2, dels tiden 15/11—1/1 och med uppdelning på tre geografiska regioner.

Om vi först ser på perioden 15/11—1/1, under vilken tid den första åtgärden normalt utföres, framgår av tab. 20, att enbart maskinell uppvattning (A) har den högsta relativa frekvensen för alla mätplatser. Den genomsnittliga andelen för samtliga mätplatser var 68 %. Kombinationen av packning och maskinell uppvattning (B) samt kombinationen av hålupptagning och packning vid istjocklekar mindre än 25 cm (C), var de närmast vanligaste metoderna; båda med en relativ frekvens av ca 14 %. Övriga metoder (D—F) förekom praktiskt taget endast i norra Norrland (mätplatserna 1—14), där de svarade för ca 8 % av den totala frekvensen. Metod A var vanligast även för perioden 15/11—1/2 för samtliga mätplatser utom tre, för vilka kombinationen av packning och maskinell uppvattning (B) dominerade. Metod B ökade betydligt jämfört med perioden 15/11—1/1, medan A och C minskade. Metoderna D—F blev under januari aktuella även inom den södra och mellersta delen av området och fick där en andel av 3—5 % av den totala frekvensen för perioden 15/11—1/2.

Man kan i materialet iakttaga en minskning av metod A från söder mot norr, medan samtliga övriga metoder ökar. Denna form av analys bekräftar således, att behovet av specialutrustning för hålupptagning och för packning av snö, som innehåller stöpvatten, är väsentligt större i de norra delarna av landet.

Sedan den första åtgärden utförts, kan (om man väljer uppvattning som huvudmetod) resterande åtgärder utföras i form av enbart maskinell uppvattning (A) eller genom packning och maskinell uppvattning (B) i sådana fall, där snödjupet hinner bli för stort.

10.2 Maskinell uppvattning

Så sent som vintern 1959—60 dominerade de kombinerade borrh och pumpaggregaten (fig. 17 a). Idag har de lätta pumpaggregaten (fig. 17 b och c) helt övertagit dominansen. Emedan den sistnämnda maskintypen väntas dominera även inom den närmaste framtiden koncentreras diskussionen till denna.

De faktorer, som har väsentlig betydelse för effektiviteten vid maskinell uppvattning och som i första hand är påverkbara, är

- lagstorleken och lagsammansättningen,
- valet mellan manuell och maskinell håilupptagning,
- pumptiden vid varje enskild uppställning,
- »hålförbandet».

Dessa frågor diskuteras i det följande först med utgångspunkt från att målet för verksamheten är att *minimera kostnaderna på arbetsplatsen (avlägget) för en enskild åtgärd*. Huruvida resultaten av denna analys överensstämmer med det mer allmängiltiga målet att minimera kostnaderna för drivningsprocessen diskuteras senare.

Om målet är att minimera arbetsplatskostnaden för en enskild åtgärd, bör tillämpningen av den *pumptid* vid varje uppställning, som i avsnitt 7.12 benämnts den »optimala», stå i god samklang med detta mål, så länge man har bara ett aggregat. För man in antalet aggregat och antalet man som variabler, kan det emellertid vara optimalt ur kostnadssynpunkt att arbeta med andra pumptider. Den optimala kombinationen av manskap och aggregat liksom pumptidens längd skall belysas med hjälp av några exempel.

Det förutsättes, att arbetet sker med roterande aggregat och att vattnet sprids cirkulärt kring aggregaten. Den första frågan är då, vilket *hålförband* som vid given pumptid per uppställning medger den snabbaste bevattningen av en yta, som kräver många uppställningar för att täckas. Det kan visas, att ett förband, i vilket uppställningsplatserna (hålen) bildar hörnen i liksidiga trianglar, är det mest effektiva. Med ett sådant förband (fig. 36) täcker man en ca 30 % större yta, än man gör med ett kvadratisk förband vid given pumptid (cirkelyta) och vid givet antal uppställningar. I praktiskt arbete blir skillnaden mellan dessa båda slag av förband mindre, bl. a. genom att spridningsfigurerna i verkligheten sällan blir helt regelbundna samt att det troligen är lättare att hålla avstånden i förbandet, om man arbetar med kvadratförband. Som regel torde emellertid det triangulära förbandet vara överlägset. Såvitt författaren vet är kvadratförbandet det vanligaste i praktisk drift idag.

Lagsammansättningen diskuteras först för det fall, att *håilupptagningen* sker *manuellt*. Om håilupptagningen vid maskinell uppvattning utföres manuellt, är det brukligt och i regel praktiskt, att samme man tar upp hålen och flyttar aggregaten. Håltagningen sker, medan aggregatet pumpas. Under normala arbetsförhållanden (0—10 cm snödjup) blir hålavståndet 20—30 m. Vi utgår i följande exempel från ett medelavstånd av 25 m.

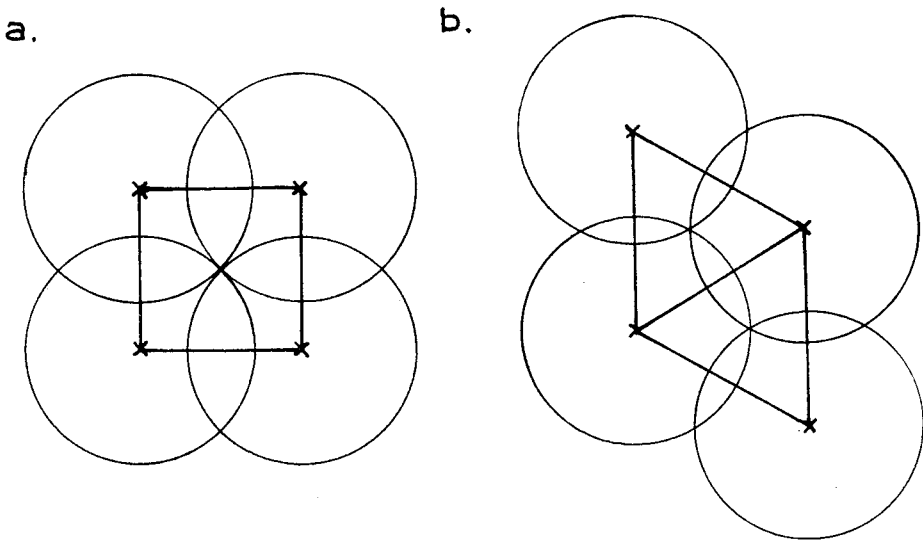


Fig. 36. Kvadratisk (a) och triangulärt (b) förband vid maskinell uppvattning med roterande aggregat.
 Quadratic (a) and triangular (b) spacing of holes at flooding by means of rotating pumps.

Tidsåtgången för arbetet beräknas enligt följande. Gång samt förflyttning av pump- eller borrhöggregat i intill 10 cm snödjup beräknas taga $1\frac{1}{2}$ cmin/m förflyttningsträcka och borrhning 3 cmin/cm is (jfr avsnitt 7.11). Tidsåtgången för nedsättning och upptagning av aggregatet samt tätning av hålet antages vara sammanlagt 1 minut (se sid. 93—94). I nämnda tider beräknas personspiltider ingå.

Arbetet antages ske med triangulärt hålförband enligt den modell, som exemplifieras i fig. 37 för det fall att tre aggregat användes och som bedömts vara den mest lämpliga av olika tänkbara modeller. Vid arbetets början antages aggregaten a, b och c vara placerade i punkterna A_1 , B_1 och C_1 . Maskinskötaren borrar först ett hål vid A_1 och sätter ned maskin a. Han förflyttar sig sedan till B_1 , tar upp hål och sätter maskin b i arbete och gör sedan detsamma med c. Därefter går han till A_2 och tar där upp nästa hål, varefter han lämnar borren, går till A_1 , där han tar upp aggregatet, tätar hålet och förflyttar aggregatet till A_2 , där han sätter det i arbete. Nästa steg blir gång med borren till B_2 , hålupptagning, gång till B_1 , upptagning av aggregatet, tätning av hålet och förflyttning med b till B_2 , där han sätter b i arbete. Samma procedur upprepas med C. Därefter sker förflyttning till A_3 och den beskrivna arbetscykeln upprepas.

När man skall minimera arbetsplatskostnaden, blir tidsåtgången för arbetscykeln en kritisk faktor, då den påverkar pumptiden för varje

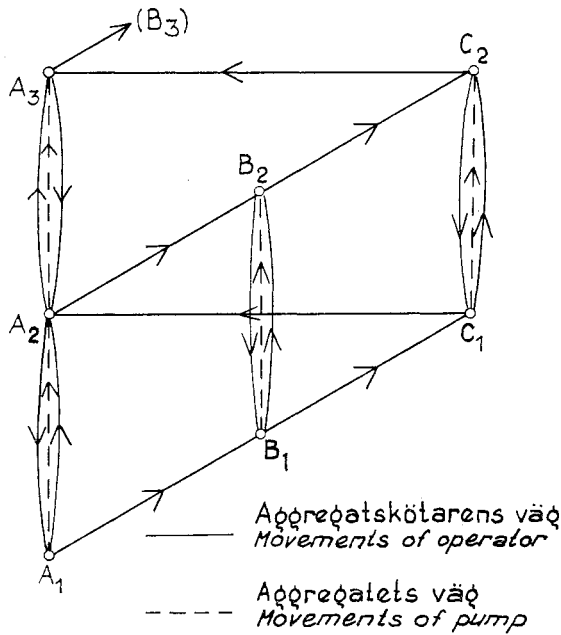


Fig. 37. Lämpligt förflyttningsschema för aggregatskötaren och aggregaten vid maskinell uppvattning, om hålupptagningen utföres manuellt av aggregatskötaren.

Proper pattern of moving for the operator and the pumps at flooding if the holes are drilled manually by the pump operator at the same time.

aggregat. Tidsåtgången för arbetscykeln är beroende av antalet aggregat. Genom att öka antalet aggregat per man slår man ut manskostnaden på ett större antal aggregat, men samtidigt ökar tidsåtgången per bevattnad ytenhet, ju mer man avlägsnar sig från den »optimala» pumptiden.

Vid 0—10 cm snö på 20 cm is blir pumptiden 1,4 min för ett aggregat, 3,1 min för två aggregat, 7,2 min för tre aggregat och ökar sedan med ungefär 3 min för varje tillkommande aggregat, om man låter pumptiden helt bestämmas av den tid arbetscykeln tar. Med tre aggregat kommer man närmast och överskrider troligen något den »optimala» pumptiden. Ökas antalet aggregat till fyra, minskas kostnaden (maskin- och manskostnaden per aggregat) med 6,3 %, om man använder de kostnader, som tidigare angivits (aggregat 5 kr/tim, manskap 5 kr/tim). Steget från fyra till fem aggregat innebär en kostnadsminskning med 4 %. Av tab. 8 framgår att prestationen ofta minskar med 5 %, om den »optimala» pumptiden överskrides med 1—2 min. Detta innebär, att redan steget från tre till fyra aggregat kan vara tveksamt från kostnadssynpunkt, under de förutsättningar som gäller för detta exempel.

Vi har i exemplet använt den genomsnittliga tidsåtgången. Emellertid varierar tidsåtgången för arbetscykeln, samtidigt som prestationsminskningen accelererar, ju mer man överskrider den »optimala» pumptiden. Detta innebär, att den kostnadsökning, som orsakas av att man överskrider den »optimala» pumptiden, är större i verkligheten än den på den genomsnittliga tidsåtgången beräknade. Därför synes tre aggregat per man i detta fall vara det »optimala» antalet.

Om man istället har 5—10 cm snö på 50 cm is, blir den »optimala» pumptiden större, men samtidigt ökar tidsåtgången för arbetscykeln med 0,9 min per aggregat. För två aggregat erhålles då en pumptid av 5,9 min, för tre 9,9 min och för fyra 13,9 min. Man kommer även här närmast den »optimala» pumptiden med tre aggregat, och man kan med samma resonemang som ovan visa, att även i detta fall en ökning utöver tre aggregat är tveksam från kostnadssynpunkt.

Den tidsåtgång vid borrning, som använts i exemplet, 3 cmin/cm is, är troligen en alltför låg siffra på tjocka isar. När isen är tjockare än 35—40 cm, blir borrhingsarbetet av sådan omfattning, att dels slits borrharna förhållandevis snabbt, och dels ökar tidsåtgången för borrhingsmomentet i accelererad takt, på grund av att vilobehovet blir större, ju längre borrhningen pågår. Detta kan leda till att arbetsmannskapet väsentligt överskrider den »optimala» pumptiden i syfte att reducera behovet av borrning. Man kan sannolikt minska en del av en sådan effekt genom att ge varje arbetslag tillgång till ett flertal skärpta borrar per man. Trots detta är det emellertid troligt, att borrhingsarbetet verkar begränsande för det antal aggregat, som 1 man kan sköta, om isen är tjockare än 35—40 cm och borrhningen sker manuellt.

Om man istället utför håilupptagningen *maskinellt*, kan man såsom ett tänkbart alternativ arbeta efter den modell, som ovan redovisats för manuell håilupptagning. Med den utrustning, som finns idag (jfr fig. 17 e samt *Rosseland* 1961), ger den maskinella håilupptagningen en tidsvinst, som blir av väsentlig betydelse, först när isen är ganska tjock. Själva borrhningen går väsentligt snabbare, men tiden för hantering och förflyttning är istället större än vid manuell håilupptagning. Om vi utgår från att motorborren kostar ungefär lika mycket per timme som uppvattningsaggregatet, innebär en ökning från tre till fyra aggregat en kostnadsminskning av ca 11 % och en ökning från fyra till fem drygt 7 %. Det är därför troligt, att det kostnadsmässigt optimala antalet är fyra aggregat, men att en ökning från fyra till fem aggregat på basis av samma resonemang, som förts ovan, är tveksam från kostnadssynpunkt under de antagna förutsättningarna.

Det kan av praktiska skäl ibland vara lämpligare att låta en man

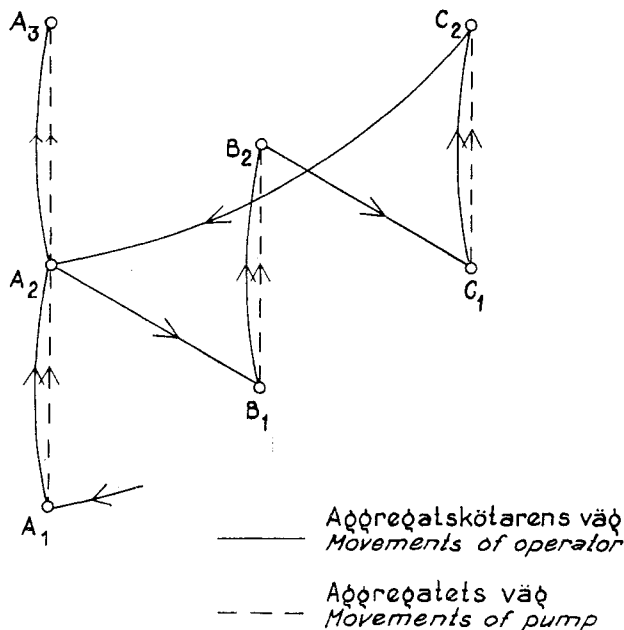


Fig. 38. Förflyttningsschema för aggregatskötaren och aggregaten vid maskinell uppvaltning om hålupptagningen utförts separat och i förväg.

Proper pattern of moving for the operator and the pumps at flooding if the holes have been drilled separately and in advance.

utföra hålupptagningen separat, om den sker maskinellt. Den givna delen av arbetslaget blir då 2 man och 1 motorborr (i stället för 1 man och 1 motorborr enligt nyssnämnda modell). En ökning från tre till fyra aggregat i laget medför en kostnadsminskning av ca 12 %, steget från fyra till fem 9 %, från fem till sex 6 %, osv. Arbetet antages ske enligt modellen i fig. 38. Hålen har i förväg tagits upp med motorborren. Aggregaten a, b och c antages stå och pumpa i A_1 , B_1 och C_1 . Aggregatskötaren är på väg från C_1 till A_1 . När han kommer till A_1 , tar han upp aggregat a, tätar hålet samt går till A_2 och sätter ned maskinen. Därefter går han till B_1 , tar upp maskin b, tätar hålet och går till B_2 , där han sätter b i arbete. Samma procedur upprepas med maskin c, varefter förflyttning sker till A_2 och nästa arbetscykel börjar. Om arbetet sker enligt modellen i fig. 38, blir den genomsnittliga pumptiden 2,2 min vid två aggregat och ökar sedan med ungefär 2,2 min för varje tillkommande aggregat. Detta medger 3—5 aggregat, utan att den »optimala» pumptiden nämnvärt överskrides. Om man, såsom förutsatts i detta resonemang, endast tar hänsyn till arbetsplatskostnaderna, skulle kanske det optimala antalet aggregat i laget återfinnas inom intervallet 5—7 aggregat under genomsnittliga

arbetsförhållanden. Maskinborrens kapacitet kan då tänkas bli en kritisk faktor. Ett antal av 5—7 uppvattningsaggregat avverkar sammanlagt högst omkring 30 hål i timmen, om arbetet sker enligt här gjorda antaganden. En sådan kapacitet bör kunna nås även under ogynnsamma förhållanden med den utrustning för maskinell borrar som finns idag.

I det följande skall kortfattat beröras i vad mån lagsammansättningen och arbetets organisation påverkas av andra faktorer än de ovan behandlade.

Olycksfallsrisken påverkar lagsammansättningen. Det är brukligt, att man inte låter någon arbeta ensam på isen, vilket alltså innebär, att två man normalt är minimistyrkan i laget.

Arbetstygnden kan, såsom tidigare påpekats, bli kritisk, när håluptagningen sker manuellt vid tjocka isar. Det bör framhållas, att inte bara håluptagningen utan även hanteringen av aggregaten samt förflyttningen i snö och snösörja är relativt tunga arbeten. (Jfr bl. a. *Heinonen, Karvonen och Ruosteenaja* 1959.) Arbetstygnden kan därför under vissa förhållanden motivera en reduktion av antalet aggregat per man.

Vidare bör framhållas att ovan redovisade exempel på den mest lämpliga sammansättningen av manskap och aggregat ej gäller, då isarna är tunna, dvs. 10—15 cm. Emedan pumpning på tunn is ofta kan ske endast 2—3 min vid varje uppställning (jfr avsnitt 7.13), hinner 1 man i regel endast sköta 1 aggregat, om han själv tar upp hålen.

Om man räknar med den tidsåtgång för olika arbetsmoment som ovan förutsatts, blir maskinell uppvattning ej alls eller endast obetydligt billigare, om den manuella borrar ersätts med maskinell. Om man vid manuell borrar på grund av arbetstygnden väsentligt överskrider den »optimala» pumptiden (se föregående sida), torde emellertid kostnadssänkningar kunna uppnås med maskinell borrar.

Vid ovan redovisade diskussion kring lagsammansättningen har det förutsatts, att man önskar erhålla lägsta möjliga arbetsplatskostnad per åtgärd och bevattnad ytenhet. Detta syfte står ofta i god samklang med det mer allmängiltiga syftet att preparera *erforderlig istjocklek för ett givet avlägg till lägsta kostnad*. Undantag finns emellertid. Författaren har i beräkningarna utgått ifrån den »optimala» pumptiden med hänsyn endast till vattnets spridning. Målet har varit att bevattna en given, större yta så snabbt som möjligt. De i avsnitt 7.13 redovisade försöken indikerade, att den »optimala» pumptiden blir särskilt låg vid små snödjup. En kort pumptid ger vid små snödjup

små vattendjup. Om väderleksförhållandena efter åtgärden väntas bli ogynnsamma för sörjans tillfrysning, kan det vara lämpligt att arbeta med tunna vattenskikt. Om frysningsbetingelserna väntas bli måttliga—gynnsamma, är det däremot effektivare att arbeta med längre pumptid och därmed tjockare vattenskikt. Istillskottet blir då större, emedan en större del av tillskottet sker ovanpå basisen. Resultaten av driftsstatistiken 1959—60 tyder också på att man i genomsnitt pumpade upp samma vattenmängd per hektar oavsett snödjupet, när detta understeg ca 5 cm (fig. 27). Arbetsplatskostnaden per åtgärd blir då högre än vad den blir, om man enbart strävar efter att bevattna ett område till lägsta kostnad, och det optimala antalet aggregat per man något större.

Om målet är att preparera *erforderlig istjocklek* till lägsta möjliga *arbetsplatskostnad*, kan man *sammanfattningsvis* rekommendera *ungefär* följande teknik och lagenheter under olika förhållanden:

<i>Isjocklek</i>	<i>Lämplig teknik och lagenhet</i>
< 15—20 cm	1 aggregat per man. Manuell borring.
15—20 till 40 cm	2 aggregat per man. Manuell borring.
> 40 cm	4—6 aggregat och en motorborr per två man. Den ene tar upp hålen och den andre flyttar aggregaten och tätar hålen.

Vi har i ovanstående diskussion förutsatt, att aggregaten roterar under pumpningen. Vid visst djup och viss konsistens hos snön bildas vid denna teknik en vall av sörja några meter från aggregatet. Denna vall hindrar delvis vattnet från att rinna ut. En effektivare teknik är då att låta aggregatet först pumpa viss tid i en bestämd riktning och sedan vrida det 180° och pumpa ytterligare tid. Enligt författarens observationer får man i regel ungefär samma »optimala» pumptid i *vardera* riktningen som när aggregatet roterar. I övrigt skall denna teknik ej närmare analyseras här.

Om vi till slut förutsätter, att målet vid val av metod och lagsammansättning är att preparera *erforderlig istjocklek på en serie av avlägg* på sådant sätt att *lägsta kostnad för hela drivningsprocessen* erhålles, måste man ta hänsyn till ytterligare några faktorer.

Antalet arbetsobjekt, objektens storlek och inbördes avstånd samt *kravet på hur snabbt avlägget skall vara färdigställt* synes vara de

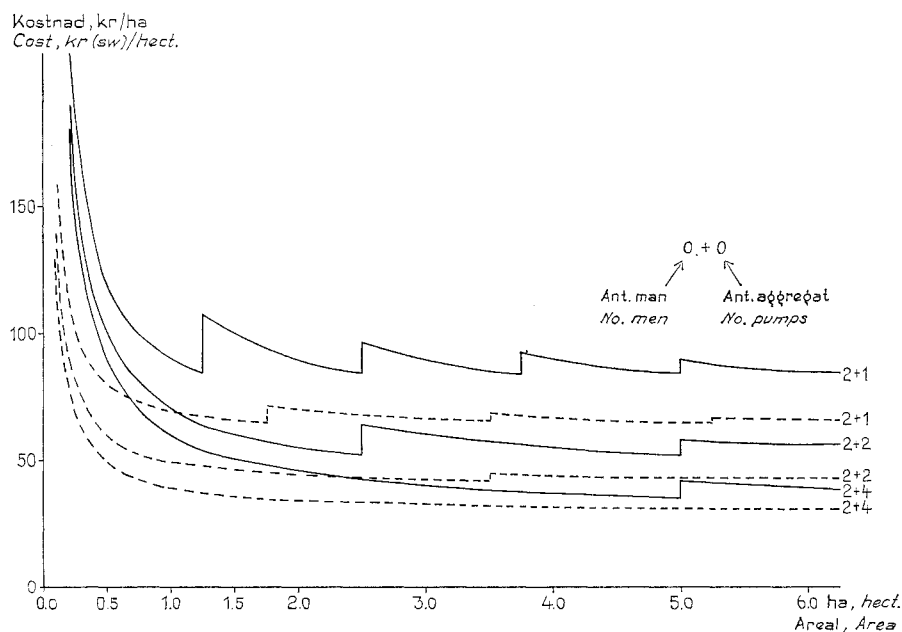


Fig. 39. Kostnaden per hektar vid maskinell uppvattning som funktion av avläggets storlek, om förflyttnings- och förberedelsetiden är 1 tim (---) resp. 3 tim (—).

Cost per hectare of flooding by means of pump vs size of landing if the time of moving and preparing for work is 1 hour (---) and 3 hours (—) resp.

viktigaste. Om exv. en skogsbevakning har ett fåtal isavlägg, som ligger långt från varandra, skaffar man sig sannolikt endast ett mindre antal uppvattningsaggregat. Emedan man ofta vill arbeta på flera avlägg samtidigt, sätts det kanske bara in en eller två maskiner på varje avlägg. För en skogsförvaltning, flottningsförening e. dyl., som har många avlägg att preparera och ej har alltför stora avstånd mellan dem, kan det däremot vara lämpligt att organisera arbetslag enl. exv. ovan givna rekommendationer och fara från avlägg till avlägg.

Inverkan av avläggets storlek och kostnaderna för förberedelser och förflyttning har redan belysts vid redovisningen av resultaten från driftsstatistiken (sid. 112—115 och fig. 26). Här skall denna fråga ytterligare belysas.

Av en 8-timmars arbetsdag får man erfarenhetsmässigt mestadels en arbetsplatstid av 6 timmar eller något däröver, medan resten utgör förflyttning samt förberedande och avslutande arbeten (tankning, smörjning m. m.). I fig. 39 redovisas sambandet mellan kostnaderna och avläggets areal vid varierande lagsammansättning, om tidsåtgången för förflyttning och förberedelser antages vara 1 resp. 3 timmar

per dag eller avlägg och den totala arbetstiden per dag 8 timmar. I övrigt gäller följande förutsättningar:

- uppvattningen antages ske med ett aggregat, som kostar 5 kr/tim och avverkar 1 hektar per 4 timmar,
- kostnaderna för förberedelser och förflyttning avser endast kostnaderna för den *tid* manskapet har denna sysselsättning och inkluderar således *icke* kostnader för fordon e. dyl.,
- manskapet antages kosta 5 kr/tim.

Av fig. 39 framgår följande.

För det välbelägna avlägget verkar förflyttnings- och förberedelse-tiden (1 tim) starkt förhöjande på totalkostnaden vid avläggsstorlekar under 0,5 ha, men har mindre betydelse för avlägg större än 1,0 ha. För det sämre belägna avlägget är motsvarande kritiska gränser ungefär $< 1,0$, resp. $> 2,0$ ha.

Lagsammansättningen 1 man och 1 aggregat ger lägsta kostnad vid avläggsstorlekar under 0,5 ha för det välbelägna avlägget och under 1,0 ha för det sämre belägna. Laget 2 man och 4 aggregat ger lägsta kostnad, om storleken överskrider nämnda gränser.

Kravet på hur snabbt avläggen skall vara iordningställda väger tungt, när man skall fastställa det totala behovet av utrustning och manskap vid ett givet prepareringsbehov. Ju flera aggregat man har, ju tätare åtgärdsintervall kan man ha, och därför bygga upp erforderlig istjocklek snabbare. Man får väga kostnadsminskningen på grund av tidsvinsten mot den kostnadsökning, som erhålles på grund av att varje aggregat får en kortare användningstid (jfr sid. 155).

Ytterligare synpunkter rörande betydelsen av de sist nämnda faktorerna lämnas i avsnitt 10.7.

10.3 Speciella metoder vid maskinell uppvattning

Hughes har inom det företag, i vilket han tjänstgör i östra Kanada (Price Brothers & Company), lanserat uppvattning med utombordsmotorer. Han beskriver tekniken i ett arbete 1960 (*Hughes* 1960) men har sedan utvecklat den ytterligare (*Hughes* 1961 och 1962, korrespondens). Man utför första åtgärden redan vid omkring 5 cm is och börjar vattna närmast stranden. Huvudavsikten med de första 2—3 åtgärderna är att kyla ned vattnet. Enl. *Hughes* har vattnet ofta en temperatur av flera plusgrader under ganska lång tid efter isläggningen (även relativt nära isens undersida) i de vattendrag, vars isar man utnyttjar för virkesavläggning. Vid uppvattningen låter man då vattnet rinna tillbaka i borrhålen. De följande åtgärderna syftar direkt till att

öka istjockleken. Hålen tas upp med motorsåg i 25—45 m förband. Uppvattning sker i 3—4 riktningar från varje hål och omkring 10 minuter per riktning, när isen överstiger 15 cm. Genom att aggregatet har hög kapacitet och kastar ut vattnet långt, samlas vattnet relativt långt från aggregatet och rinner vanligtvis inte tillbaka i hålen, som därför ej behöver tätas. Istället håller man i största möjliga utsträckning hålen öppna och använder samma hål även vid efterföljande åtgärder intill dess erforderlig istjocklek uppnåts. Enligt *Hughes* får man, trots att vattnet anhopas fläckvis vid denna teknik, en obetydlig variation i istjocklek på det färdigställda avlägget.

En annan utrustning och teknik av särskilt intresse är den som utvecklats hos Marma-Långrörs AB. Uppvattningsaggregatet är en skrupump, som drivs från kraftuttaget hos en jeep eller en jordbrukstraktor (fig. 17 d). Maskinen har två utloppsportar, mellan vilka vinkeln är 60—70°, och enl. uppgift en kapacitet av omkring 30 m³/min. Arbetstekniken är följande (*Thor* 1962, muntlig uppgift).

Man börjar prepareringen vid omkring 20 cm istjocklek. Hålen tas upp med motorsåg i 30—40 meters förband. Därvid sågas hålen på sådant sätt, att man erhåller en stympad pyramid med toppen nedåt. Tätningen av borrhålet tillgår sedan så, att ispyramiden sätts tillbaka i hålet. Jeepen eller traktorn flyttar aggregatet från hål till hål, och man arbetar i regel med pumptider på 5—6 min. Åtgärdsintervallet bestäms av nederbördsintensiteten. Man väntar i regel, till dess man har 5—15 cm snö på isen och packar snön med packplåt eller däckvält före uppvattningen. Vanligtvis når man 60 cm is på 4—5 åtgärder.

I båda fallen synes den utrustning och teknik, som används, vara mycket effektiv och värd all uppmärksamhet. Några möjligheter att göra några jämförelser med den utrustning och teknik, som granskats i föregående avsnitt och som kan betecknas som konventionell i vårt land, har ej kunnat utföras, emedan de beskrivna metoderna kom fram efter det författarens fältundersökningar avslutats.

10.4 Uppvattning genom håluptagning

Håluptagning som separat åtgärd kan endast användas i sådana fall, där snöns belastning på isen är tillräckligt stor för att åstadkomma uppvattning. Åtgärden är mest aktuell som första åtgärd vid istjocklekar på 10—25 cm och snötjocklekar, som överstiger istjockleken (metod C, tab. 18). Det har här förutsatts, att åtgärden tillgripes, när snöns tjocklek överstiger isens. Uppvattning kan i många fall åstadkommas, även när snön är hälften så tjock som isen (jfr avsnitt 5.1), men det krävs en viss snabbhet och omfattning i uppvattnings-

processen, för att åtgärden skall vara effektiv från praktisk synpunkt. Valet av kritisk gräns har i detta fall skett uppskattningsvis.

I vårt land sker detta arbete idag huvudsakligen manuellt. Om motorborr skall användas för håluptagningen, bör den vara försedd med en transportställning på medar. Arbetet blir nämligen mycket ansträngande, om aggregatet måste bäras, emedan förflyttningen vanligen sker i snödjup, som är besvärande. Vid istjocklekar på 10—25 cm och 10 meters hålförband utgör borrarngen 60—75 % av verktiden, om arbetet utföres manuellt samt om tidsåtgången för gång antages vara 1,5—2,5 cmin/m och för borrarng 3 cmin/cm. Med motorborr kan huvudtiden för borrarng reduceras med 50—75 %. Den totala verktiden kan då reduceras med 30—55 %, *under förutsättning* dock att borren hängs upp i transportställningen på sådant sätt, att bitiderna (hantering o. dyl.) för borrarngen ej blir större än vid manuell borrarng. Emedan timkostnaden för man och borr är ungefär dubbelt så stor vid maskinell borrarng som vid manuell, blir motorborrens användning sällan motiverad, om man endast tar hänsyn till kostnaden för håluptagningen. Om man vinner något på att få arbetet snabbt utfört, kan den maskinella borrarngen ev. bli lönsam. Arbetstyngden vid manuell borrarng kan i vissa fall även motivera maskinell borrarng.

Användningen av traktordrivna och traktorburna motorborrar (jfr bl. a. Vidal 1959) blir sällan aktuell med hänsyn till de ringa istjocklekar, som i regel förekommer, när uppvattning genom håluptagning användes.

10.5 Snöpackning

Man har i regel något av följande två huvudsyften med snöpackning, när denna användes som hjälpåtgärd till uppvattning:

1. Att reducera snödjupet före en maskinell uppvattning med syfte dels att reducera totalkostnaden för åtgärden, dels att minska risken för att sörjeskiktet ej blir genomfruset (metod B enl. tab. 18).

2. Att pressa ned snön i ett befintligt eller genom håluptagning erhållet vattenskikt (metod C—F enl. tab. 18).

Rangordningen mellan dessa alternativ vid *första åtgärden* framgår av tab. 19 och 20. För efterföljande åtgärder blir praktiskt taget endast det förstnämnda alternativet aktuellt och blir därför det i sin helhet vanligaste.

I det följande diskuteras valet av utrustning för snöpackning med hänsyn till den grad, i vilken nämnda mål eller syften uppfylles. Denna

diskussion utgör ett komplement till analysen av olika fordon och utrustning i avsnitt 6.3.

Kravet på *istjocklek* har stor betydelse vid valet av utrustning. Sålunda är 20—25 cm i regel minimitjockleken för de traktorer, som i första hand är tillgängliga för snöpackning (jordbrukstraktorer, skogsbandtraktorer). För lätta jordbrukstraktorer och jeepar kan man eventuellt gå ned till 15—20 cm is.

Ett annat krav är, att fordonet har tillräcklig *framkomlighet* med hänsyn till snödjupet och i vissa fall förekomsten av stöpvatten.

Olika fordons framkomlighet i snö redovisades i avsnittet 6.3. I bil. 6 visas dels det genomsnittliga snödjupet och dels frekvensen (i procent) av år, som snödjupet överstigit 15 resp. 30 cm vid olika tidpunkter under vintern under naturliga förhållanden.

Av bil. 6 framgår att snödjupet sällan överstiger 30 cm, under den tid huvudparten av prepareringarna utföres. Jämför man tab. 7 och bil. 6 finner man, att hel- och halvbandutrustade fordon av konventionell typ ytterst sällan behöver möta framkomlighetsbegränsande snödjup. Även en jordbrukstraktor utrustad med slirskydd har i regel tillräcklig framkomlighet, om vikten hos packningsredskapet ej avsevärt överstiger 200—300 kg. Jeepens användning blir mer begränsad, emedan dess framkomlighet är relativt låg, särskilt om snön blivit hård genom vindpackning eller tö, men det torde ändå finnas talrika användningstillfällen för densamma.

Såsom dragfordon bör man principiellt föredraga hjulfordon — exv. jeepar eller lätta jordbrukstraktorer — då dessa är driftsbilligare, snabbare, lättare samt mindre känsliga för påfrysning vid körning i sörja jämfört med bandfordon av olika slag.

När isen bär fordon, kan man generellt påstå, att packning med ett särskilt packningsredskap (vält, packplåt e. dyl.) ger den lägsta arbetsplatskostnaden och i regel den bästa effekten av åtgärden (jfr avsnitt 6.3).

Den på grundval av metodstudierna konstruerade packplåten (fig. 22) samt däckvälten (fig. 20 b) synes vara de mest effektiva redskapen, när snöpackning utföres såsom hjälpåtgärd till uppvattning. Den förre är i regel överlägsen när packning sker före maskinell uppvattning, den senare när man packar snö, som innehåller stöpvatten. Motiven härför framgår av avsnittet 6.3.

Såsom framgår av tab. 19 och 20 har packning på relativt svaga isar en betydande frekvens (metod C och F) vid den första åtgärden. Isen är ofta för svag för packning med konventionella fordon. Packning med snöskor e. dyl. kan då tillgripas. Åtgärden är emellertid mycket

dyrbar — kostar i regel 50—75 kr/ha —, varför det på stora avlägg kan vara lämpligt att på detta sätt packa endast en mindre del av avlägget, så att man kan komma igång med trafiken, och avvakta utvecklingen inom den resterande delen av avlägget. Emedan den manuella packningen är dyr, har det spekulerats en hel del kring möjligheterna att finna en metod för detta arbete. Svenska Cellulosa AB provade vintern 1958—59 metoden att vinscha en packplåt fram och tillbaka på isen (Ager 1959 a). Under vintern 1961—62 har ingenjör A. E. Ageborn försett den i fig. 22 visade packplåten med hjul, som drivs av en motor på packplåten och som kan styras av en man, som sitter i plåten. Ekipaget får enligt uppgift en totalvikt av ca 500 kg. Ångermanälvens Vattenregleringsföretag har vintern 1961—62 med framgång provat ett lätt luftpropellerdrivet amfibiefordon (Johansson 1962, muntlig uppgift). Troligen kommer vi inom kort att ha tillgång till maskinella metoder, som även kostnadsmässigt är tillfredsställande, för packning på svaga isar.

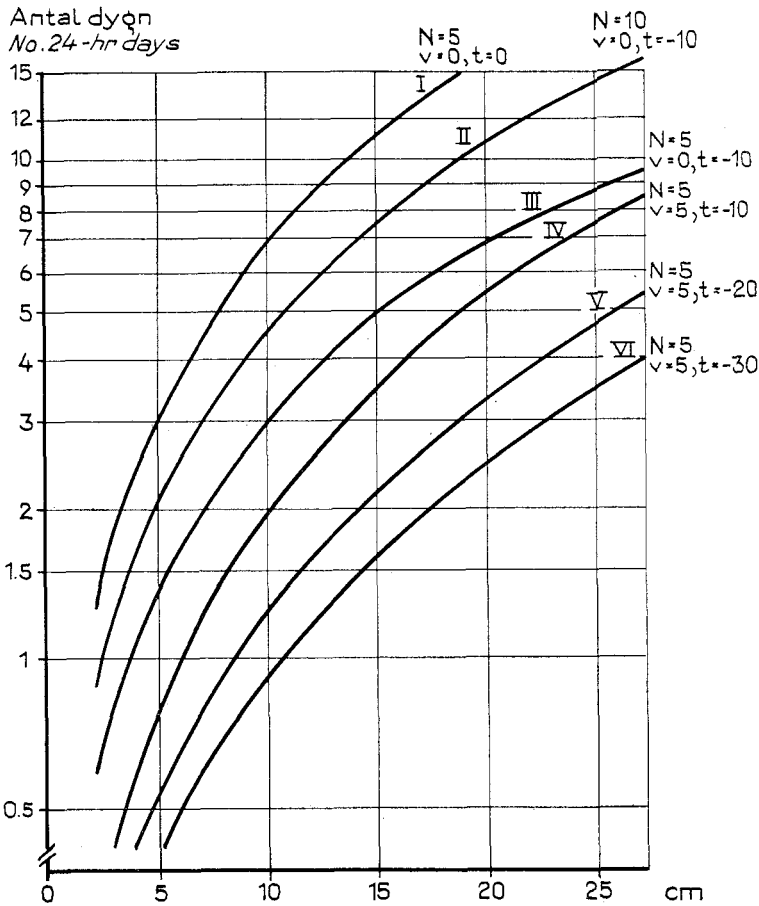
10.6 Kombinationen snöpackning—maskinell uppvattning

Vid maskinell uppvattning är snödjupet en viktig faktor med hänsyn såväl till resultatet av åtgärden som till kostnaderna för arbetet. Kostnaderna ävensom risken för att sörjan inte hinner frysa, innan isolerande nysnö lägger sig ovanpå, stiger starkt med ökande snödjup.

Risken för att sörjeskiktet inte skulle kunna tillfrysa samt konsekvenserna härav berördes i avsnittet 9.23. Här skall denna fråga diskuteras ytterligare.

I fig. 40 (baserad på tab. 1) visas hur lång tid tillfrysningen tar — vid olika väderleksförhållanden — för olika tjocka skikt av nollgradigt, lugnt vatten, under förutsättning att ingen snö faller på isen. Fig. 40 gäller i stort sett de förhållanden, som råder vid tillfrysningen av snöfria partier i ett vattenskikt som erhållits vid maskinell uppvattning. Kurvorna III och IV representerar ungefär de genomsnittsförhållanden man kan påräkna i december i stora delar av Norrland. Kurvorna I och II representerar »ogynnsamma» väderleksförhållanden, medan V och VI exemplifierar »gynnsamma».

Under *ett* nederbördsfritt dygn hinner 2—3 cm vatten frysa under ogynnsamma betingelser, 4—6 under genomsnittliga och 8—11 under gynnsamma. Under *två* nederbördsfria dygn hinner resp. 4—6 cm, 7—10 cm och 15—18 cm frysa och under *tre* dygn resp. 5—7 cm, 10—15 cm och 18—22 cm. Nämnade siffror gäller för rent vatten. För en blandning av vatten och orörd snö kan motsvarande data erhållas med god approximation, om de för rent vatten angivna värdena mul-



Vattenskiktets tjocklek Thickness of water layer

Fig. 40. Den tid som erfordras för tillfrysning av olika tjocka vattenskikt vid vissa kombinationer av molnighet (N), temperatur (t°C) och vindstyrka (v m/sek).

Time required to freeze water layers of different thickness at various combinations of cloudiness (N), temperature (t°C), and wind velocity (v m/sec).

tipliceras med faktorn 1,3. För en blandning av vatten och packad snö användes på motsvarande sätt faktorn 1,7.

I praktiskt arbete söker man ofta undvika att arbeta under snöfall och före väntade snöfall. Även om man gör så, kan man endast i mindretalet fall (jfr fig. 10) påräkna mer än tre dygns nederbördsuppehåll. Vid bevattning av lös snö är det som ovan nämnts normalt, att man får snöfria vattenområden, där vattenstrålen träffar isen, varför man alltså bör räkna med tillfrysningstiden för rent vatten. Man kan på grundval av fig. 10 och fig. 40 då dra den slutsatsen, att man generellt bör undvika att utföra uppvattning i snödjup överstigande

10—15 cm, om inte utsikterna till långvarigt nederbördsuppehåll eller i övrigt gynnsamma frysningssvårigheter är goda. Vid större snödjup bör packning ske före vattningen. Om man har begränsade möjligheter att välja lämplig väderlek, bör man vattna i högst 7—10 cm snödjup.

Om man i kritiska situationer har mycket att vinna på att utnyttja en väntad, nederbördsfri period maximalt, kan man förslagsvis *vattna under pågående snöfall och packa omedelbart efter det snöfallet upphört*. Denna teknik har — såvitt författaren vet — ej tidigare tillämpats, åtminstone inte systematiskt. En sådan åtgärd blir sannolikt dyrare, jämfört med om packningen föregår uppvattningen, emedan uppvattningen sker vid ett större snödjup. Om man planerat att packa efter uppvattningen är det emellertid inte nödvändigt att vattna igenom *hela* snölagret, eftersom snön vid packningen pressas ned i vattnet.

Den kostnadsmässiga fördelen av att packa före vattningen har diskuterats av författaren i ett tidigare arbete (Ager 1958), för det fall att större, *kombinerade borrh- och pumpaggregat* används vid vattningen. Kostnaderna för transport av packningsutrustningen samt avläggets storlek är förutom snödjupet de faktorer, som i huvudsak bestämmer valet mellan enbart uppvattning och kombinationen av packning och uppvattning. Med det sifferunderlag, som redovisas av Ager (1958), torde den kritiska gränsen för snödjupet i flertalet praktiska fall återfinnas inom intervallet 10—20 cm för de stora aggregaten.

För de *lätta pumpaggregaten* (fig. 17 b och c) kan man göra följande överslagsberäkningar. Det förutsättes, att snödjupet vid packningen reduceras till hälften och att tidsåtgången och kostnaden därvid förändras enligt det samband mellan tidsåtgång och snödjup resp. kostnad och snödjup som redovisats i fig. 27 och 29 (typ III). Om snödjupet reduceras från 10 till 5 cm, reduceras tidsåtgången med omkring 1½ timme per hektar, och uppvattningen blir 15—20 kr/ha billigare. En sådan kostnad kan erhållas för packning, om arbetet sker med en jordbrukstraktor eller en jeep (med packningsredskap) och om transportkostnaden ej överstiger 5 kr/ha. Om snödjupet reduceras från 15 till 7,5 cm, minskar tidsåtgången med 3—4 tim/ha, och kostar uppvattningen 30—40 kronor mindre per hektar; en kostnad som kan erhållas vid packning med skogsbandtraktor och redskap, om transportkostnaden ej överstiger 15—20 kr/ha. Det bör inskräpas, att de kostnadssänkningar för uppvattningsarbetet som här angivits troligen får betraktas som minimibelopp (jfr avsnitt 6.22, sid. 82).

För att belysa *behovet av snöpackning såsom hjälpåtgärd vid uppvattning* gjordes följande bearbetning. För tre platser — Stensele, Ös-

Tab. 21. Fördelningen för den ackumulerande nederbördsmängden (mm) vid olika periodlängd tiden 15/11—15/1; medeltal för vintrarna 1940—41 till 1959—60.

The distribution of the accumulated amount of precipitation (mm) at different period lengths during Nov. 15 to Jan. 15; averages for the winters 1940—41 to 1959—60.

Station Locality	Period- längd, dagar Length of period, days	Procent i olika nederbördsklasser (mm) Per cent in different precipitation classes (mm)														S:a Sum
		0	0,1- 2,0	2,1- 4,0	4,1- 6,0	6,1- 8,0	8,1- 10,0	10,1- 12,0	12,1- 14,0	14,1- 16,0	16,1- 18,0	18,1- 20,0	20,1- 22,0	22,1- 24,0	24,1-	
Stensele	1	47,9	33,3	9,7	3,9	2,8	1,3	0,7	0,2	0,1			0,1			100
	3	19,4	34,4	14,9	10,0	7,3	5,4	4,1	0,7	1,7	1,2		0,2	0,5	0,2	100
	5	6,6	28,7	17,2	11,5	7,8	5,7	4,9	6,6	4,5	2,5	1,6		0,4	2,0	100
	7	3,9	21,2	13,3	11,7	7,8	9,4	7,2	7,2	6,1	4,4	2,8	1,7	1,1	2,2	100
Östersund	1	50,2	32,4	8,4	3,8	1,9	0,9	1,1	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	100
	3	20,2	35,6	15,4	8,1	5,4	4,2	2,4	2,9	2,4	1,7		1,0	0,7		100
	5	7,5	30,4	15,4	10,0	12,6	5,8	2,9	4,2	1,7	3,3	0,8	0,8	0,4	4,2	100
	7	2,8	16,6	17,7	13,9	13,3	5,6	6,7	5,6	3,3	2,2	1,1	1,7	1,7	7,8	100
Särna	1	46,8	31,7	10,7	3,5	3,2	2,1	0,7	0,7	0,2	0,3				0,1	100
	3	20,5	30,0	13,7	8,8	6,8	5,6	3,7	4,1	2,9	1,2	1,0	0,2	0,5	1,0	100
	5	10,4	22,5	15,4	10,8	9,2	5,4	3,8	5,4	2,9	3,8	2,9	1,3	1,7	4,5	100
	7	2,8	17,8	11,7	10,6	9,4	10,0	3,9	8,3	3,9	5,6	4,4	1,1	1,1	9,4	100

tersund och Särna — beräknades den genomsnittliga frekvensen av olika nederbördsmängder, som ackumulerats vid olika periodlängd (1, 3, 5 och 7 dagar) tiden 15/11—15/1 för 20-årsperioden 1941—60. Resultaten visas i tab. 21. Om man antar, att 1 mm vatten ger 1 cm snö, visar tabellen exv., att sannolikheten att få snödjup överstigande 12 cm är ungefär 5—10 %, om man vattnar upp med 3 dagars intervall, och 25—35 % vid 7 dagars intervall.

10.7 Allmänna synpunkter på prepareringsarbetets organisation

Förvintern är en mycket bråd tid i Norrland — vägar och avlägg måste iordningställas, för att vinteravverkningen skall kunna komma igång. Då resurserna för preparering av vägar och avlägg är begränsade, är en *rangordning av arbetsobjekten* av vikt, om man syftar till att få så stor nytta som möjligt av befintliga resurser. För isavläggen hör den erforderliga istjockleken och »väntekostnaden» (jfr avsnitt 9.6) till de faktorer, som väger tyngst vid rangordningen. Bilavläggen blir i regel förstahandsobjekt, dels emedan virkestillströmningen är stor och dels emedan det krävs tjocka isar. Risken för att ogynnsamma väderleksförhållanden skall orsaka höga kostnader på grund av att säsongen blir kort är större för bilavläggen än för övriga avläggstyper. Enligt detta principresonemang kommer traktoravläggen i andra och

hästavläggen i sista hand. Speciella omständigheter kan i enstaka fall givetvis motivera omkastningar i denna rangordning.

Avläggens storlek och belägenhet har också viss betydelse vid angelägenhetsgraderingen av objektet. Preparering av små och dåligt belägna avlägg blir kostnadskrävande inte bara på grund av höga transportkostnader, utan även beroende på att de maskinella resurserna utnyttjas dåligt, emedan förflyttningstidens andel av arbetstiden blir stor. På sådana avlägg bör man därför i så stor utsträckning som möjligt arbeta med enkla metoder, såsom uppvattning genom hålupp-tagning, packning med på trakten tillgänglig traktor eller häst med släplass e. dyl.

Det kan vidare vara lämpligt att även på stora och välbelägna avlägg endast preparera en så stor del av avlägget, som behövs under den första delen av avläggets användningstid. Arbetet kan då spridas ut på flera avlägg i säsongstarten, varigenom körningen kan komma igång snabbare på ett större antal avlägg. Man vinner också, att det totala prepareringsarbetet kan fördelas över en längre tid. Vidare hinner i regel naturen åstadkomma viss istillväxt på de delar av avlägget som sparats och som beräknas trafikeras först senare under vintern. Samtidigt har man emellertid risken, att arbetssvårigheten på de sparade delarna av avlägget blir hög och att prepareringen blir kostsam.

En fråga av betydelse vid organisationen av uppvattningsarbetet är valet av tidsintervall mellan åtgärder. Frågan har tidigare berörts (jfr bl. a. sid. 142 och 172). Ytterligare synpunkter skall här ges. Den övre gränsen för intervallet bestäms framförallt av nederbördsintensiteten. Om man syftar till att nå erforderlig istjocklek så snabbt som möjligt, kan man därför påstå, att intervallet bör vara mindre än 5—7 dagar. Sannolikheten att under december få minst 1 cm nysnö inom de närmaste 5 dagarna efter åtgärden är 70—80 % och inom de närmaste 7 dagarna 85—90 % (jfr fig. 11). En ökning utöver 7 dagar ger i genomsnitt ett ringa istillskott, samtidigt som kostnaderna och risken för ett »misslyckande» ökar starkt, genom att snödjupet per åtgärdstillfälle ökar (jfr tab. 21). Den undre gränsen för intervallet är troligen 1—2 dagar. För att tillämpa kortare intervall måste man arbeta med tunna vattenskikt, om sörjan skall ha möjlighet att frysa mellan åtgärdstillfällena. Man kommer då in på en teknik, som *Adams* m. fl. (1960) benämner »short cycle flooding» och analyserar med hänsyn till användbarheten i arktiska områden. Denna metod är emellertid av allt att döma föga konkurrenskraftig hos oss med den utrustning vi idag har och under de väderleksbetingelser och arbetsförhållanden (arbetsobjektens antal och spridning m. m.), som råder hos oss.

Kap. 11. Tidsåtgång och kostnader. Data för överslagsberäkningar

11.1 Förutsättningar

Tidsåtgången och kostnaderna för olika prepareringsmetoder även-
som kostnaderna för att preparera is av olika tjocklek har berörts i olika
sammanhang i avhandlingen. I detta kapitel sammanfattas dessa data
och redovisas i form av en prognos. Hänsyn har därvid tagits till utveck-
lingen inom prepareringsverksamheten och inom drivningsprocessen.

För tids- och kostnadsuppgifterna gäller följande förutsättningar:

1. *Tidsåtgången* avser för manskap arbetsplatstiden plus förflytt-
nings- och förberedelsetiden. Arbetsledning och tillsyn ingår ej.
Vad maskintiden omfattar framgår av bil. 4 sid. 222.
2. *Kostnaderna* baseras på 1960 års kostnadsnivå. För manskap har
en timlön av 5 kronor använts, och kostnaderna gäller för den
tid, som anges under punkt 1. För olika maskiner har de timkost-
nader använts, som anges i avsnitt 8.2. De avses vara approxima-
tiva medelkostnader.
3. *Avläggerna* förutsättes vara minst 1,0 ha stora.
4. De *hydrologiska betingelserna* antages vara lämpliga för isav-
läggning (jfr sid. 128).

I övrigt gäller de allmänna förutsättningar som angivits i avsnitt
1.31.

11.2 Utveckling inom drivningsprocessen

I detta avsnitt ges en koncentrerad bild av den pågående och vän-
tade utvecklingen inom drivningsprocessen på sådana punkter, som
har betydelse för tidsåtgången och kostnaden för att iordningställa
isavlägg.

- Avverkningarna koncentreras mer och mer, vilket innebär, att
avläggerna blir färre och större.
- Vissa biflottleder läggs ned och ersätts av vägar. Detta medför,
att stora virkesmängder koncentreras till punkter, där sådana

vägar ansluter till huvudflottleden. Härigenom ersätts en mängd små avlägg av ett fåtal stora.

- Andelen frodvuxet, tungflytande virke ökar, vilket innebär en ökning av andelen virke, som kräver torkning och uppläggning härför. Denna tendens leder mot en minskad beläggning och därmed mot ökade avläggsarealer.
- Virkets mätning och även virkets torkning flyttas i allt större utsträckning från avlägget och närmare avverkningsplatsen. En större andel av virket kan därmed ur denna synpunkt ruslossas i hög eller bunt, vilket i sin tur medför högre beläggningar och minskade avläggsarealer.
- Totalvikterna hos de virkeskörande ekipagen ökar, framförallt vid traktorkörning. Detta innebär ökade krav på istjocklek.
- Körningssäsongens längd ökar. Detta innebär, att kraven på att komma ut tidigt på isarna ökar. Denna trend har betydelse framförallt för traktor- och hästavläggen, i mindre grad för bilavläggen.
- Genom tekniska förbättringar av transportutrustningen kan virket i ökande utsträckning ruslossas i hög eller bunt; en faktor som har betydelse huvudsakligen för traktorkört virke. Härigenom kan andelen rusavlastat virke och därmed beläggningen öka, vilket i sin tur leder till en minskning av arealerna.

Sammanfattningsvis kan man urskilja en trend mot färre och större avlägg samt större virkesbeläggningar.

11.3 Tidsåtgång och kostnad för olika utrustning och metoder

Uppgifter lämnas för maskinell uppvattning, uppvattning genom hålupptagning samt snöpackning (såsom hjälpåtgärd vid uppvattning), dvs. de metoder som är mest effektiva vid preparering av avlägg.

Man kan på goda grunder antaga, att de lätta pumpaggregaten, som kräver separat borrhning, kommer att bli allmänna vid *maskinell uppvattning* under de närmaste åren. Den för närvarande (1963) dominerande typen har en kapacitet av 4,5—5 m³/min. Maskintiden per hektar vid olika snödjup för denna maskintyp har kunnat belysas genom tidsstudier (fig. 25) och driftsstatistik (fig. 27). Om maskinell uppvattning utföres rationellt, kommer detta arbete mestadels att ske vid snödjup mellan 0 och 10 cm. Driftsstatistiken 1959—60 indikerar en maskintid av 3,5—4 tim/ha vid 5 cm snödjup. Om man tar hänsyn till

- att sambandet mellan tidsåtgång och snödjup ej är linjärt, och
- att uppvattningen i viss utsträckning föregås av snöpackning, om snödjupet är större än 10—15 cm,

är det troligt, att den genomsnittliga tidsåtgången vid maskinell uppvattning med nämnda maskintyp kommer att vara omkring 4 maskintim/ha. Emedan arbetsplatstiden per dag normalt utgör 6—7 timmar, kan man vid överslagsberäkningar räkna med att dessa aggregat avverkar 1½ hektar per 8-timmars arbetsdag.

I driftsstatistiken 1959—60 var antalet manstimmar per maskintimme 1,1. Antalet aggregat i drift har enligt uppgift från tillverkarna sedan dess omkring tredubblats, och man kan förvänta en fortsatt spridning av aggregaten. Då antalet avlägg samtidigt minskar och avläggsstorleken ökar, kommer manstiden per maskintimme att bli lägre än 1959—60. Högst 1 manstim/maskintim förefaller vara en realistisk genomsnittssiffra för den närmast förestående tiden.

Under nämnda förutsättningar och med en maskinkostnad av 5 kr/tim och en manskostnad av 5 kr/tim torde man vid överslagsberäkningar kunna räkna med en genomsnittlig kostnad för maskinell uppvattning av omkring 40 kr/ha.

Uppvattning genom håilupptagning är mest aktuell för snödjup mellan 15 och 30 cm och istjocklekar mellan 10 och 25 cm. Enligt försök och praktiska erfarenheter synes det lämpligt att arbeta med 10—15 m hålförband. Om håilupptagningen sker *manuellt*, är arbetsplatstiden 1—2 tim/ha. Inberäknar man dessutom en normal tidsåtgång för förberedelser och förflyttning, blir kostnaden omkring 5—15 kr/ha. För *maskinell* håilupptagning är befintligt material otillräckligt för en prognos.

För *manuell snöpackning* är snöskor av kanadensisk typ de mest effektiva. Arbetet torde knappast kunna rationaliseras, och man kan därför för detta arbete även i fortsättningen räkna med en arbetsplatstid av omkring 10—15 tim/ha. Inberäknas normal tidsåtgång för förberedelser och förflyttning erhålles en kostnad av ungefär 55—90 kr/ha.

Maskinell snöpackning kostar mellan 10 och 50 kr/ha för de olika fordon och slag av utrustning, som normalt användes. Vid statistiken 1959—60 utfördes en tredjedel av packningsarbetet med bandfordon utan redskap till en kostnad av 30—55 kr/ha och två tredjedelar med häst eller motorfordon med redskap till en kostnad av 10—30 kr/ha. Andelen av packning med redskap kommer troligen att öka. Konventionella jordbrukstraktorer och skogsbandtraktorer torde även i fort-

sättningen dominera som dragfordon i detta arbete. Man kan dock förvänta en ökning av de driftsbilliga och snabba hjulfordonen. För jeepar och jordbrukstraktorer synes en tidsåtgång av 0,5—0,8 maskintim/ha och för mindre skogsbandtraktorer 1—1,5 maskintim/ha vara realistiska genomsnittsvärden. Härvid avses maskintiden vid packning med redskap i 10—30 cm snödjup. Emedan fordonen normalt är enmansbetjänade, är de 1,2 manstim/maskintim, som erhöles vid driftsstatistiken 1959—60, av allt att döma en representativ siffra även i denna prognos.

Den genomsnittliga kostnaden för maskinell snöpackning kan förväntas ligga i intervallet 15—25 kr/ha för nämnda fordon och under de angivna betingelserna.

Sammanfattningsvis synes man kunna räkna med följande ungefärliga kostnader för olika metoder:

Uppvattning, maskinell	omkring 40 kr/ha	
» genom håilupptagning	5—15	»
Snöpackning, maskinell	15—25	»
» manuell	55—90	»

Såsom framgår av förutsättningarna är dessa kostnader beräknade medelkostnader. Författaren vill erinra om att det i vissa kalkylsituationer kan vara aktuellt att istället räkna med marginal- eller alternativkostnaden (jfr sid. 140).

11.4 Kostnad för olika avläggstyper

Såsom underlag för en prognos över kostnaderna har den modell som redovisats i avsnitt 9.2 använts för beräkning av åtgärdsåtgången. Med denna modell synes man kunna förutsäga den verkliga åtgärdsåtgången med en tillförlitlighet, som är acceptabel i detta sammanhang. Den åtgärdsåtgång, som erhålles på detta sätt, gäller för det fall att man vill iordningställa erforderlig istjocklek relativt snabbt. Åtgärdsintervallet i modellen är 3 dagar. Kostnaderna för att preparera viss istjocklek torde inte nämnvärt förändras, om man ökar åtgärdsintervallet till 5—6 dagar (jfr sid. 143). Av driftsstatistiken 1959—60 framgick att åtgärdsintervallet på de flesta avläggen var större än 5—6 dagar. Sedan dess har emellertid situationen väsentligt förändrats. Genom främst ökningen av antalet aggregat och trenden mot större avlägg bedömer författaren det såsom troligt, att huvudparten av alla bil- och traktoravlägg kom-

mer att prepareras med ett genomsnittligt åtgärdsintervall av högst 5—6 dagar inom den närmaste framtiden. För hästavläggen är det dock troligt, att snabbheten vid prepareringen även i fortsättningen kommer att vara av underordnad betydelse.

Det kommer alltid att finnas en viss andel av avläggen, för vilka man inte har någon brådska med prepareringen. På sådana avlägg kan kostnaden för preparering bli 0, vilket sker, när isen på naturlig väg når erforderlig tjocklek. De kostnader för olika avläggstyper, som framräknas i det följande och som baseras på förutsättningen, att man vill nå erforderlig istjocklek snabbt, kan betecknas såsom *typiska*. De är större än den aritmetiska eller den med kubikmassan vägda medelkostnaden för samtliga avlägg (för en given avläggstyp). För bil- och traktoravläggen torde skillnaden mellan de typiska kostnaderna och sistnämnda medeltal ej bli av betydande storlek.

Vid beräkningarna har det förutsatts, att de maskinella resurserna är begränsade och att därför en viss angelägenhetsgradering måste ske. Detta medför, att åtgärdsintervallet måste differentieras med avseende på avläggstypen.

Vi skall först se på kostnaderna *per iordningställd arealenhet*.

Av fig. 32 framgår att det under genomsnittliga (för Norrland) temperaturförhållanden behövs 5—6 åtgärder, innan man når de 60 cm is, som vanligen krävs för *bilavlägg*. Med hänsyn dels till att åtgärdsintervallet blir något större i verkligheten än i modellen — kanske 3—5 dagar — och dels till att man i genomsnitt preparerar något tjockare is än de 60 cm, som fordras, har 5—6 åtgärder bedömts vara ett realistiskt genomsnitt.

För att få grepp om den genomsnittliga kostnaden per åtgärd gjordes följande analys. Det förutsattes, att

- kostnaden för maskinell uppvattning vid olika snödjup följer kurvan för typ III i fig. 29, enl. driftsstatistiken 1959—60,
- att snöpackning kostar 20 kr/ha och sätts in som hjälpåtgärd, när snödjupet överstiger 14 cm, samt att snödjupet därvid reduceras till hälften av det ursprungliga. Sambandet i fig. 29 antogs gälla även för packad snö.

På basis av dessa förutsättningar och de i tab. 21 beräknade snödjupsfrekvenserna vid olika intervall mellan åtgärderna beräknades därefter den förväntade genomsnittskostnaden vid olika intervall. Resultaten framgår av följande uppställning:

Beräknad genomsnittskostnad, kr/ha, vid olika åtgärdsintervall, dagar.

Mätplats	1	3	5	7 dagar
Stensele	33	38	45	49 kr/ha
Östersund	34	39	46	51 »
Särna	34	40	46	53 »

För 3—5 dagars åtgärdsintervall blir den genomsnittliga kostnaden enligt uppställningen 40—45 kr/ha. Med hänsyn dels till att kostnaden är större för den första åtgärden än för efterföljande åtgärder (jfr sid. 140 och tab. 19) och dels till att kostnaderna för maskinell uppvattning kan förväntas bli lägre, än de var i driftsstatistiken 1959—60, valde författaren 40—45 kr/ha som genomsnittskostnad per åtgärd. Kostnaden för att iordningställa bilavlägg, för vilka det fordras 60 cm, blir således omkring 225—250 kr/ha.

För bilavlägg, som kräver 70 cm is, erfordras i genomsnitt $6\frac{1}{2}$ — $7\frac{1}{2}$ åtgärder och en kostnad av 275—325 kr/ha, om man tillämpar samma beräkningsgrund.

Traktoravläggen, som bedöms kräva omkring 50 cm is, kommer i allmänhet att ha något lägre angelägenhetsgrad än bilavläggen. Starten torde därför i genomsnitt ske vid något tjockare is än de 15 cm, som förutsatts i modellen i avsnitt 9.2 och som tillämpats för bilavläggen. Dessutom torde åtgärdsintervallet bli något större, kanske 4—6 dagar. Åtgärdsbehovet uppskattas därför till 3—4 gånger. Genomsnittskostnaden per åtgärd uppskattas med stöd av uppställningen ovan till 45—50 kr/ha. Genomsnittskostnaden för att iordningställa 50 cm is blir då omkring 150—175 kr/ha.

För *hästavläggen* är det betydligt vanskligare att uppskatta prepareringskostnaden, även när man förutsätter, att erforderlig istjocklek skall nås snabbt, beroende på att hästavläggen normalt kommer sist i angelägenhetsgrad. Finns ett tidskrav, torde det vanligtvis räcka med 1 åtgärd, om det bara krävs 30—35 cm is. I enstaka fall kanske det behövs 2 åtgärder. Med stöd av de i tab. 20 angivna frekvenserna för olika metoder vid första åtgärden har kostnaderna för preparering av 30 cm is för hästkörning bedömts falla inom intervallet 50—100 kr/ha. På hästavlägg, där virket kräver torkning och där det behövs 40 cm is, bedömes åtgärdsbehovet till i genomsnitt 2 gånger. Åtgärdsintervallet kommer uppskattningsvis att ligga inom intervallet 5—10 dagar. Den genomsnittliga kostnaden per åtgärd blir då omkring 50—75 kr/ha, om man dessutom beaktar, att hästavläggen ofta är mindre välbelägna (jfr fig. 39). Genomsnittskostnaden blir då omkring 100—150 kr/ha.

Sammanfattningsvis skulle man alltså kunna räkna med ungefär följande typiska tal för åtgärdsåtgången och kostnaden per iordningställd hektar för olika avläggstyper:

Avlägg för	Erforderlig istjocklek cm	Antal åtgärder	Ungefärlig kostnad kr/ha
Bil	70	6 $\frac{1}{2}$ —7 $\frac{1}{2}$	275—325
»	60	5—6	225—250
Traktor	50	3—4	150—175
Häst	40	2	100—150
»	30	1—(2)	50—100

Nämnda kostnader har bedömts gälla för de genomsnittliga väderleksförhållandena inom området och kan därför i stort sett sägas representera ett totalmedeltal för hela Norrland. Fig. 32 ger viss möjlighet att differentiera kostnaden med avseende på olika temperaturregioner. Inom områdets kallaste delar synes kostnaden kunna bli 10—20 % lägre och inom de mildaste delarna 15—25 % högre än de för genomsnittstemperaturen angivna.

Kostnaderna *per volymenhet virke* är givetvis helt beroende av beläggningen. Om virket måste läggas i strölagd vålta för torkning, mätning eller av andra skäl, blir beläggningen i genomsnitt 15 000 f³/ha (ca 430 m³f/ha) per varv. Uppläggning i mer än 3 varv sker endast undantagsvis vid avläggning på flytande is. Om virket är flytbart och inmätt och således kan ruslossas i hög eller bunt, kan beläggningen uppgå till 200 000 f³/ha (ca 5 700 m³f/ha). Medeltalet i driftsstatistiken 1959—60 var 105 000 f³/ha (ca 3 000 m³f/ha) för bilkört virke som avlastats på detta sätt. En kanadensisk tumregel (*Rose och Silbersides* 1958) anger omkring 100 000 f³/ha (ca 2 900 m³f/ha) för bilkört virke, som ruslossas i hög. För överslagsberäkningar föreslås den sistnämnda siffran för bilkört virke i första hand. Vid traktorkörning har man hittills haft begränsade möjligheter att ruslossa hela lasset. Det är emellertid troligt, att det genom tekniska förbättringar blir möjligt att inom en snar framtid ruslossa det traktorkörda virket i praktiskt taget samma utsträckning som det bilkörda och att således nå beläggningar av samma storleksordning. Vid hästkörning kommer virket av tekniska skäl (jfr sid. 125) sannolikt även i fortsättningen att läggas upp i en- eller tvåvarvsvältor, även om det är flytbart och inmätt.

I fig. 41 visas ett diagram, ur vilket man kan läsa kostnaden i öre/f³ vid olika beläggning samt olika kostnader i kr/ha. Diagrammet gäller

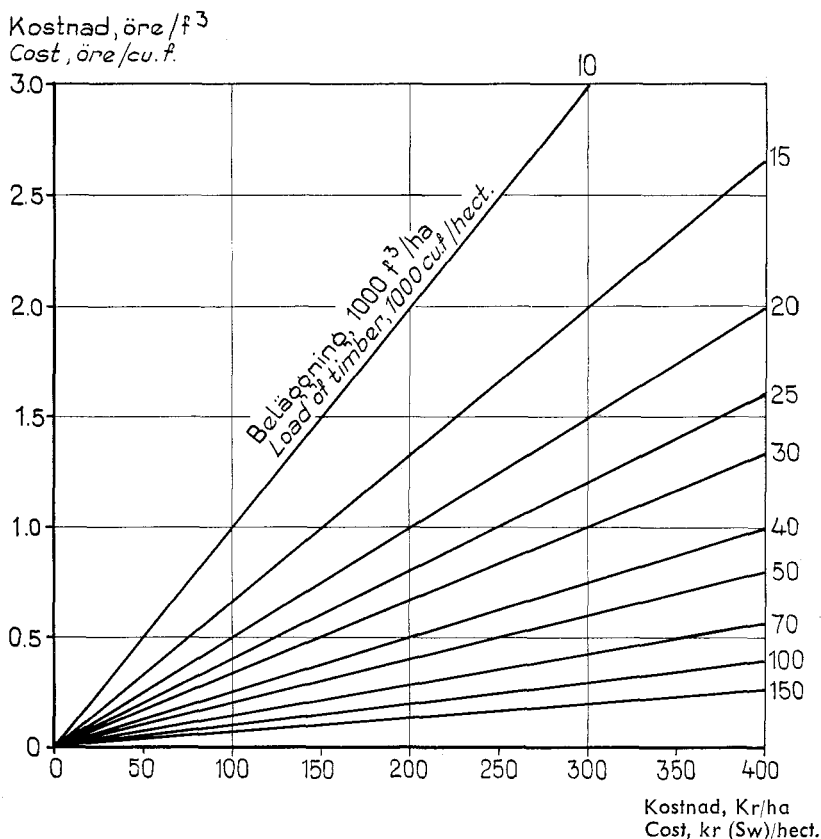


Fig. 41. Kostnaden per f^3 virke som funktion av kostnaden per hektar och beläggningen, om preparerad och belagd areal sammanfaller.

Cost per cu. f vs cost per hectare and load of timber if the prepared area equals that covered with timber (1 öre = $\frac{1}{100}$ Sw kr).

under förutsättning att den preparerade arealen är densamma som den belagda. Driftsstatistiken 1959—60 (fig. 30 h) visade emellertid, att man på bilavläggen i genomsnitt endast utnyttjade något mer än 90 % av den preparerade arealen samt att man inte på något av bilavläggen lade virke utanför den preparerade arealen. För traktor- och hästavläggen lade man på $\frac{1}{5}$ av avläggen virke utanför den preparerade arealen. Genom att det kommer att krävas tjockare is för traktoravläggen än som var fallet 1959—60, är det troligt, att man i större utsträckning än tidigare kommer att preparera hela den areal, som beräknas bli belagd med virke, även för traktoravläggen. Det synes vidare vara realistiskt att räkna med att man preparerar en viss areal ut-

över den som beräknas bli belagd. I dessa beräkningar har det förutsetts, att man för samtliga avläggstyper preparerar 10 % större areal än den som beräknas bli belagd (jfr även *Renaud* 1956). Om man utgår från de kostnader per iordningställd hektar, som erhöles för olika avläggstyper i föregående avsnitt, erhålles följande genomsnittskostnader per volymenhet virke vid olika uppläggningssätt och beläggning:

Uppläggningsätt	Beläggning 1 000 f ³ /ha	Kostnad i öre/f ³ för avlägg för				
		bil	bil	traktor	häst	häst
		70	60	50	40	30
		cm istjocklek				
Ett varv	15	2,0—2,4	1,7—1,9	1,1—1,3	0,7—1,1	0,3—0,7
Två varv	30	1,0—1,2	0,8—0,9	0,5—0,6	0,3—0,5	0,2—0,3
Tre varv	45	0,7—0,8	0,6	0,4	0,3	0,1—0,2
Ruslossat i hög	100	0,3—0,4	0,2—0,3	0,2	(0,1)	(0,1)

De i uppställningen angivna kostnaderna representerar ungefärliga totalmedeltal för hela området. Såsom tidigare påpekats bör man räkna med 10—20 % lägre kostnader inom landets kallaste delar och 15—25 % högre kostnader inom de mildaste delarna inom området.

Vid dessa kostnadsberäkningar har det tagits för givet, att man exv. skall preparera ett hästavlägg, som skall beläggas med virke, som kräver torkning, till 40 cm. Man kan då fråga, om det inte lönar sig att preparera tjockare is och därigenom öka beläggningen. Denna fråga skall belysas på ett mycket enkelt sätt. Exemplet 40 cm is antages kosta 100—150 kr/ha och bära en virkeslast av högst 16 000 f³/ha (jfr fig. 15), vilket ger 0,6—1,0 öre/f³. För att åstadkomma ytterligare 10 cm is krävs det enligt fig. 32 vid -10° C ytterligare 1,4 åtgärder. Denna tjockleksökning möjliggör en ökning av beläggningen med 4 000 f³/ha. Emedan prepareringen sannolikt kostar 40—50 kr/ha och åtgärd, blir marginalkostnaden för att möjliggöra denna ökning 1,4—1,8 öre/f³, dvs. väsentligt högre än genomsnittskostnaden för att preparera 40 cm is. Det skulle alltså inte löna sig att preparera tjockare is, än vad som bedömes vara minimikravet. I denna kostnadsjämförelse bör man även beakta, att betingelserna för virkesvärden ävensom transport- och arbetsförhållandena förbättras, ju tjockare is man preparerar. Den kostnadsmissiga fördelen härav är dock sannolikt inte så stor, att nyssnämnda slutsats påverkas; särskilt om man betänker, att kostnaden för att preparera ett visst marginaltillskott is ökar med ökande istjocklek (jfr fig. 32).

När de ovan angivna kostnaderna skall korrigeras till annan kostnadsnivå än 1960 års, erinras om att kostnaden per driftstimme ovan förutsatts vara 10 kronor vid maskinell uppvattning, varav hälften är manskostnad och hälften maskinkostnad.

Data över *underhållskostnaderna* på isavlägg saknas f. n. Driftsstatistiken 1959—60 gav inget underlag för en uppskattning av dessa kostnader (jfr avsnitt 8.5). För att ändå ge någon ledning vill författaren på grundval av intervjuer och egna erfarenheter rekommendera tumregeln *underhållskostnaden* = $1/2 \times$ *prepareringskostnaden* vid överlagsberäkningar, intill dess bättre uppgifter kommer fram.

Kap. 12. Sammanfattning

Kraven på isavläggens standard och användbarhet har under senare år ökat starkt, bl. a. på grund av att frekvensen av tunga transportekipage tilltagit, drivningssäsongens längd ökat och virkesvärden intensifierats. Vidare har utvecklingen inom drivningstekniken och de av vattenkraftsutbyggnaden orsakade förändringarna i våra vattendrag skärpt kravet på långsiktig planläggning av virkesdrivningarna. Ett behov av kunskap över de möjligheter, villkor och kostnader, som är förenade med användningen av olika slag av avlägg, föreligger därför. Isavläggets användbarhet är till stor del beroende av den prepareringsmetod man använder. Metodvalet och med detta sammanhängande frågor är huvudtemat i föreliggande avhandling.

Isens tillväxt och bärighet. Isavläggen ligger i regel på sådana platser, där vattnet är lugnt eller svagt strömmande och, åtminstone under för- och högvintern, är fryskallt i ytan. Man undviker normalt platser, där varmare vatten genom strömdrag e. dyl. kan tära på isen i betydande grad. De av *Devik* (1931) härledda värdena för isens tillväxt i nollgradigt lugnt vatten under olika väderleksförhållanden har därför förutsatts vara en tillförlitlig grund vid beräkningar över isens tillväxt vid preparering av isavlägg (tab. 1 och fig. 31). I de fall isen är snötäckt, kan man med stöd av fig. 2 beräkna, hur tjock is som har samma värmeledningsförmåga som snötäcket i fråga, och sedan tillämpa tab. 1 eller fig. 31.

Tidsåtgången för tillfrysning av ett vattenmättat sörjeskikt (snövattenblandning) av given tjocklek är approximativt direkt proportionell mot vattenhalten (fig. 3).

Isens täthet har väsentlig betydelse för isens förmåga att bära virke, som är avlastat på isen och som ej får svalla ned. På ett isavlägg, som prepareras med hjälp av uppvattning, blir den genomsnittliga tätheten för hela istäcket ofta omkring $0,90 \text{ g/cm}^3$. Om avlägget prepareras genom snöpackning eller snöröjning, synes $0,915 \text{ g/cm}^3$ vara ett realistiskt genomsnittsvärde.

Några av de i litteraturen redovisade formlerna för beräkning av

kritiska trafiklaster på flytande is diskuteras. *Rosengrens* (1961) formel som härletts ur *Perssons* (1948) formel och modifierats med stöd av empiriska data synes vara lämplig att använda för de typer av trafiklaster, som är vanliga inom skogsbruket i Sverige idag (fig. 4—5).

Data över vinterklimatet. Huvudparten av prepareringsarbetet utförs under november—januari. Där isavlägg används, varierar månadsmedeltemperaturen för december huvudsakligen mellan -7° och -12° C och månadsmedelnederbörden mellan 30 och 50 mm vatten (fig. 6 och 8) mellan olika lokaler inom området (enl. Atlas över Sverige). Månadsmedeltemperaturens resp. månadsmedelnederbördens variation från år till år belyses av fig. 7 och 9.

Omkring hälften av månadens dygn är nederbördsfria under förvintern, medan 65—85 % av antalet dygn har mindre än 1,0 mm nederbörd. Nederbördsfria dygn med en periodlängd av minst 2 dygn förekommer 25—40 % av tiden, medan motsvarande andel för dygn med mindre än 1,0 mm nederbörd är 45—60 % (fig. 10 och 11).

De naturliga isförhållandena. Isens tjocklek ävensom djupet hos förekommande snö och stöpvatten etc. har av SMHI under flera år observerats på ett flertal mätplatser inom landet. För 28 mätplatser i Norrland, Dalarna och Värmland analyserades sådana data, som bedömdes vara av betydelse för detta arbete. Mätplatsernas läge har noggrant beskrivits (bil. 1), för att redovisade data (tab. 3—5, bil. 2, 5 och 6) skall kunna tjäna som grund för lokala bedömningar. Av undersökningens mera översiktliga resultat må följande nämnas.

Isläggningen sker normalt under senare hälften av oktober och tidigare hälften av november. Ganska snart efter isläggningen blir isen snötäckt, och dess tillväxt hämmas kraftigt. Snön når sedan i regel sådan tjocklek, att snölasten orsakar uppvattning, vilket i genomsnitt sker kring årsskiftet för huvudparten av mätplatserna. Härigenom erhålles i de flesta fall ett stort tillskott av stöpis. Ibland kan uppvattning på grund av stora snölaster ske ytterligare en gång under vintern.

Isen når sin maximala tjocklek — i genomsnitt 55—70 cm i Norrland — under senare hälften av mars (tab. 3 och 4).

Varaktigheten av en istjocklek överstigande 50 cm är i Norrland i genomsnitt 1—2½ månad (tab. 4).

Erforderlig istjocklek. Isavlägget måste uppfylla vissa minimikrav med hänsyn till trafiken och till verkets torkning och mätning (sid. 14—

15). Dessa krav gäller framför allt isens bärighet (tjocklek). Isens bärighet under virkeslaster (avser endast det avlastade och på isen vilande virket) och trafiklasters analyseras.

För virke, som körs ut tidigt under vintern och som kräver torkning, bör isen med hänsyn till risken för nedsvallning prepareras till minst 40 cm tjocklek, innan avläggning sker, om man tillämpar de bestämmelser rörande virkesavläggning, som gäller på de flesta håll idag, och om risk för uppvattning föreligger på avlägget ifråga. Virket bör dessutom läggas glest under förvintern.

För de vanligaste typerna av trafiklasters i skogsbrukets virkestransporter bör ungefär följande minimitjocklekar tillämpas:

Trafik med	Totalvikt, ton	Erforderlig istjocklek, cm
Lastbil	20—25	ca 60
Traktor	10—15	45—50
Häst	3— 6	30—35

Dessa siffror är baserade på ett empiriskt underlag och gäller därför i huvudsak för en av stöpis och kärnis sammansatt is. Huruvida man kan räkna med mindre kritiska tjocklekar, om isen helt består av kärnis, är ännu ej i tillräcklig grad styrkt.

Beträffande mer detaljerade anvisningar hänvisas bl. a. till bil. 4.

Jämförelse mellan uppvattning, snöpackning och snöröjning. Effektiviteten hos huvudmetoderna uppvattning, snöpackning och snöröjning har granskats och jämförts.

I fig. 32 visas hur många gånger man måste preparera ett avlägg för att nå erforderlig istjocklek och hur många dagar det tar, om man sätter in första åtgärden, när isen är 15 cm tjock. Åtgärdsåtgången i fig. 32 gäller för genomsnittliga väderleksförhållanden och förutsätter att man önskar nå erforderlig istjocklek snabbt; ett önskemål som får allt större vikt i den praktiska verksamheten.

Jämför man kostnaden för att iordningställa erforderlig istjocklek, synes uppvattning vara den mest fördelaktiga och snöpackning den minst fördelaktiga i vårt klimat. Ju lägre temperaturen är, och ju mindre nederbördsmängden är, desto större möjlighet har snöröjning och snöpackning att hävda sig kostnadsmässigt jämfört med uppvattning (fig. 33).

Den snabbhet, med vilken erforderlig istjocklek uppnås, är väsentligt olika för olika metoder. Så kan man exv. under genomsnittliga väderleksförhållanden i mellersta Norrland enl. fig. 32 vid uppvattning iordningställa 40 cm is på ca 1½ vecka och 60 cm is på ca 2½ veckor.

Vid snöröjning tar det ungefär dubbelt så lång tid och vid snöpackning omkring 3 gånger så lång tid (fig. 34).

Metodens snabbhet är av avgörande betydelse för hur lång tid avlägget är användbart under vintern. Med stöd av SMHI:s observationsmaterial har säsonglängden för olika mätplatser uppskattats (tab. 17). Som exempel kan nämnas att man på avlägg, som prepareras till 50—60 cm tjocklek (traktor- och bilavlägg), kan påräkna en genomsnittlig säsong av ungefär 4 månader i norra Norrland, 3 månader i mellersta och 2 månader i södra Norrland. Under en ogynnsam vinter kan säsonglängden kortas ned till resp. $2\frac{1}{2}$, 2 och $1\frac{1}{2}$ månader.

Om man även tar hänsyn till andra faktorer, som påverkar metodvalet, såsom

- avläggets körbarhet under säsongen
- torkningstiden för virket
- säsongutsträckningen för trafiken under våren
- arbetssvårigheten vid avlastning, mätning m. m.,

visar det sig, att uppvattning i de flesta fall är den klart mest effektiva metoden vid preparering av isavlägg. Snöröjning och snöpackning kan endast konkurrera

- i sådana fall där metodens snabbhet är av mindre betydelse
- inom områden med för våra förhållanden kalla och nederbördsfattiga vintrar
- för avlägg som kräver ringa istjocklek.

Det material och det analysförfarande som redovisats vid jämförelsen mellan olika huvudmetoder kan användas även vid val av metod för preparering av *vägar* på flytande is.

Utrustning och metoder för preparering. Vid *maskinell uppvattning* har de lätta pumpaggregaten (fig. 17 b och c), för vilka hålen borraras separat med hand- eller motorborr, visat sig vara överlägsna (jfr bl. a. fig. 29) de tyngre, kombinerade borrh- och pumpaggregaten (fig. 17 a). De lätta pumpaggregaten dominerar idag helt i den praktiska verksamheten. Vid uppvattning med dessa aggregat är det triangulära förbandet vanligtvis mer effektivt än det kvadratiske (fig. 37). Rekommendationer beträffande lagsammansättningen under olika förhållanden ges på sid. 170.

Snöpackning är mest aktuell som hjälpåtgärd vid uppvattning, vanligtvis med endera av följande två huvudsyften, nämligen

- att packa ett snötäcke som ej är helt genomdränkt efter naturlig uppvattning eller uppvattning genom håilupptagning,
- att reducera snödjupet före maskinell uppvattning.

Ett lätt (1—2 ton) hjulfordon med en däckvält (fig. 20 b) eller med den typ av packplåt som konstruerats för detta ändamål (fig. 22) utgör i de flesta fall den mest effektiva utrustningen för nämnda arbeten.

Det körsystem, som visas i fig. 23 b, är vanligtvis det mest effektiva vid maskinell snöpackning.

Packning före maskinell uppvattning bör i regel utföras, när snödjupet överstiger 10—15 cm.

Vid den *första åtgärden* är man vid metodvalet ofta beroende av förhållandena på isarna. Frekvensen av olika metoder (tab. 18) belyses i tab. 19 och 20 samt bil. 5. Maskinell uppvattning kan tillämpas i flertalet fall. Ett påtagligt behov av en effektiv utrustning för packning på relativt svaga isar föreligger emellertid.

Kostnader. Vid överslagsberäkningar synes man kunna arbeta med följande approximativa kostnader per åtgärd för olika prepareringsmetoder:

Uppvattning med lätta pumpaggregat	40 kr/ha
Uppvattning genom enbart hålupptagning	5—15 »
Snöpackning med fordon och redskap	15—25 »
Snöpackning med snöskor	55—90 »

Dessa kostnader (1960 års kostnadsnivå) gäller för den tid och de timkostnader, som anges på sid. 109. Vidare förutsättes att avläggen är minst 1,0 ha stora och att de ligger på platser, där de hydrologiska betingelserna är lämpliga för användning av isavlägg.

Under samma förutsättningar kan följande kostnader för preparering av erforderlig istjocklek för olika avläggstyper betraktas som *typiska* (jfr avsnitt 11.4):

Avlägg för	Erforderlig istjocklek cm	Approximativ kostnad kr/ha
Bil	70	280—320
»	60	220—270
Traktor	50	150—175
Häst	40	100—120
»	30	50—100

Kostnaden per volymenhet virke blir sedan beroende av virkesbetygningen (fig. 41 och sid. 189).

REFERENSER

REFERENCES

Publicerade källor

Published references

- ABELS, 1892: Beobachtungen der täglicher Periode der Temperatur im Schnee und Bestimmung des Wärmeleitvermögens des Schnees als Funktion der Dichte, Rep. Meteor. Petersburg, 1: 31—32.
- ADAMS, C. M. JR, FRENCH, D. N. och KINGERY, W. D., 1960: Solidification of sea ice. — *Journal of Glaciology*, Vol. 3, No. 28.
- AGER, B. H:SON, 1956: Packad snö som transportunderlag. — NST, 1956: III. SDA:s medd. nr 56.
- och PETERSON, O., 1957: Hel- och randbarkad massaveds torkning på land och is, ett jämförande försök. — Kungl. Skogshögskolan, Institutionen för virkeslära, uppsats nr 13.
- och SAMUELSSON, B., 1958: Isens egenskaper och preparering av is för virkesavläggning. — NST, 1958: IV.
- 1959 a: Preparering av is för virkesavläggning. — Statens Skogsforskningsinstitut, Uppsatser nr 77, 1959. »Skogen» nr 21, 1959.
- 1959 b: Virkestransport på snöpackat underlag. — »Skogen» nr 23 och 24, 1959.
- 1960 a: Ispreparering och virkesavläggning på is vintern 1959/60. — Statens Skogsforskningsinstitut, Avdelningen för arbetslära, rapport nr 8.
- 1960 b: Studier över tätheten hos några typer av is. — Statens Skogsforskningsinstitut, Avdelningen för arbetslära, rapport nr 9.
- 1960 c: Studier över isförhållandena i Norrland, Dalarna och Värmland. — Statens Skogsforskningsinstitut, Avdelningen för arbetslära, rapport nr 10.
- 1961 a: Snow roads and ice landings. — *Pulp and Paper Magazine of Canada*, Vol. 62, No. 10.
- 1961 b: Lastbilskörning på flytande is. Några undersökningsresultat och praktiska erfarenheter från Kanada. — »Skogen» nr 21, 1961.
- 1961 c: Snöbearbetning. Vägupptagning med olika fordon och redskap. — SDA:s redog. nr 1, 1961.
- 1962: Studies on the density of naturally and artificially formed fresh-water ice. — *Journal of Glaciology*, Vol. 4, No. 32.
- ANDERSON, D. L. och WEEK, W. F., 1958: A theoretical analysis of sea-ice strength. — *Transactions, American Geophysical Union*, Vol. 39, No. 4.
- ANISIMOV, M. I., 1961: Approximativ värdering av formler för snöns värmeledningsförmåga (övers. fr. ryska). — SMHI. Stencil.
- ARNBORG, L., 1958: Nedre Ångermanälven. Del. I. Utlåtande angående vattenregleringarnas inverkan på erosionsformer och fluviala processer inom vissa laxfiskeområden. — Avhandling från Geografiska Institutionen vid Uppsala Universitet. Naturgeografi Nr 1, Uppsala.
- ASSUR, A., 1956: Airfields on floating ice sheets for routine and emergency operations. — SIPRE. Report 36.
- ATLAS ÖVER SVERIGE: Utgiven av Svenska Sällskapet för Antropologi och Geografi. — Stockholm.
- BERGMAN, G. R. och PROSKURIAKOV, B. V., 1943: Ice crossings. — Övers. från ryska utförd vid »Arctic Construction and Frost Effects Laboratory», Boston, Mass. Oct, 1954.
- BESKOW, G., 1947: Scandinavian soil frost research of the past decade. — *Proceedings, 27th Annual Meeting, Highway Research Board*, sid. 372—383.
- BUTKOVITCH, T. R., 1954: Ultimate strength of ice. — SIPRE. Research Paper 11.
- 1955: Crushing strength of lake ice. — SIPRE. Research Paper 15.
- 1957: Linear thermal expansion of ice. — SIPRE. Research Report 40.
- CHALMERS, B., 1959: How water freezes. — *Scientific American*. Vol. 200. No. 2.
- CHURCHMAN, C. W., ACKOFF, R. L. och ARNOFF, E. L., 1958: Introduction to operations research. — New York.

- COLLIER, R. D. och SILVERSIDES, C. R., 1954: Pulpwood landings. — Pulp and Paper Research Institute of Canada. Woodlands Research. Index No. 94 (B-8-a), 1954.
- DALENIUS, T., 1959: Operationsanalys. — Ekonomisk revy, häfte 4—5.
- DEVIK, O., 1931: Termische und dynamische Bedingungen der Eisbildung in Wasserläufen. — Geofysiske Publikasjoner, Vol. IX No. 1, Oslo.
- DUFF, C. H., 1958: Ice landings. — Transactions, Engineering Institute of Canada, Vol. 2, No. 3. Ottawa.
- ERIKSSON, J. V., 1920: Isläggning och islossning i Sveriges insjöar. — Medd. från Statens Meteorologisk-Hydrografiska Anstalt. Band 1, No. 2. Uppsala.
- ERIKSSON, R., 1959: OA i VoV. — Byggnadsindustrin nr 16/1959.
- FRANKENSTEIN, G. E., 1959: Strength data on lake ice. — SIPRE. Technical Report 59.
- 1961: Strength data on lake ice. — SIPRE. Technical Report 80.
- FÄLTARRONDERINGSKOMMITTÉN, 1950: Undersökning rörande brukskostnadernas samband med åkerfältens storlek, form och beskaffenhet. — SOU (Statens offentliga utredningar) 1950: 20. Jordbruksdepartementet.
- GOLD, L. W., 1960: Field study on the load bearing capacity of ice covers. — Pulp and Paper Magazine of Canada. Vol. 61, No. 5.
- och WILLIAMS, G. P., 1957: Some results of the snow survey of Canada. — National Research Council, Research Paper No. 38 of the Division of Building Research, Ottawa.
- HEINONEN, A. O., KARVONEN, M. J. och RUOSTEENAJA, R., 1959: The energy expenditure of walking in snow at various depths. — Ergonomics, Vol. 2, No. 4.
- HUBENDICK, P.-E., 1961: Vinterväghållning. — Stockholm.
- HUGHES, J. R., 1960: The outboard motor — the new ice-making machine. — Pulp and Paper Magazine of Canada, Vol. 61, No. 2.
- HYRENIUS, H., 1959: Statistiska metoder. — Göteborg.
- KARLÉN, A., 1951: Synpunkter på hur virkesavläggningsbör omorganiserar i samband med att ett flodsystem regleras. — Flottledsförbundets årsbok 1951.
- KARLSSON, G., DALENIUS, T. m. fl., 1961: Sociologiska metoder. — Stockholm.
- KILANDER, K., 1962: Principiella synpunkter på analysen av skogsbrukets avverkningskostnader. — SDA:s medd. nr 77.
- KINGERY, W. D., 1960: Applied glaciology — the utilization of ice and snow in arctic operations. — Journal of Glaciology, Vol. 3, No. 27.
- KONDRAT'eva, A. S., 1945: Thermal conductivity of the snow cover and physical processes caused by the temperature gradient. — SIPRE. Translation 22.
- KORUNOV, M. M., 1956: Om isbärligheten vid timmertransporter (övers. fr. ryska). — SMHI. Stencil.
- LEIJONHUFVUD, A., C:SON, 1955: Den snöpackade vägen III. — SST 1955: 4. SDA:s medd. nr 55.
- LINDHOLM, A., 1955: Sunshine and cloudiness. — SMHI. Medd. nr 11, serie B.
- LUNDGREN, N., SUNDBERG, U. och LINDHOLM, A., 1955: En undersökning av arbetstygden vid användning av motorsågar i skogen. — Medd. fr. Statens Skogsforskningsinstitut, band 45, nr 10.
- MALMBERG, C. E., 1959: Olika fordons framkomlighet och användbarhet i snö eller på därmed jämförliga underlag. — NST, 1959: I. SDA:s medd. nr 62.
- McKEAN, R. N., 1958: Efficiency in government through systems analysis. — New York.
- NILSSON, B., 1960: Skogsbrukets Transporter. Del 2. Kostnadsprognoser för några utvalda transportalternativ. — Stockholm.
- NORDISKA SKOGSARBETSTUDIERNAS RÅD (under publ.): Skoglig arbetsstudienomenklatur i Danmark, Finland, Norge och Sverige.
- PERSSON, B. O., 1948: Isbildning och istillväxt på fria vattensamlingar. — Svenska Vägföreningens Tidskrift 1948 nr 8.
- 1948: Beständighet och bärlighet hos ett istäcke. — Svenska Vägföreningens Tidskrift 1948 nr 10.
- POTTER, J. G., 1960: Density of freshly fallen snow. — Proc. Eastern Snow Conf. 6, 141—147.
- PUTKISTO, K., 1957: Snow as road-building material (övers. fr. finska). — National Research Council of Canada. Techn. Translation 822. Ottawa.
- RENAUD, H., 1956: Ice landing preparation. — Pulp and Paper Magazine of Canada. Vol. 57. No. 1.

- RIKHTER, G. D., 1945: Snow cover, its formation and properties (övers. fr. ryska). — SIPRE. Translation No. 6.
- ROSE, L. B. och SILVERSIDES, C. R., 1958: The preparation of ice landings by pulp and paper companies in eastern Canada. — Transactions, Engineering Institute of Canada, Vol. 2, No. 3. Ottawa.
- ROSENGREN, S., 1961: Isens bärförmåga — praktiska överslagsberäkningar. — »Skogen» nr 6, 1961.
- ROSSELAND, S., 1961: Kabelkranlunning for vassdragslevering på høst- og vintertid. — Tidsskrift for skogbruk nr IV 1961.
- SAMSET, I., 1956: Tømmertransport med hest og traktor på snepakke veier. — Medd. fra Det Norske Skogforsøksvesen, Bind XIII, Hefte 4. Vollebakk.
- SAMUELSSON, B. och AGER, B. H:SON, 1958: Isens egenskaper och preparering av is för virkesavläggning. — NST, 1958: IV.
- SELIGMAN, G., 1950: The specific gravity of ice. — Journal of Glaciology, Vol. 1, No. 8.
- SIMOJOKI, H., 1940: Über die Eisverhältnisse der Binnenseen Finnlands. — Helsinki.
- SKOGBRUKETS OG SKOGINDUSTRIENES FORSKNINGSFÖRENING (SSFF), 1958: Kardang-drevet snopakkevelt. — Informasjon fra Transportutvalget, Nr 75, Vollebakk.
- SKOGSBRUKETS TRANSPORTUTREDNING, 1961: Skogsbrukets Transporter, Del 1. Transportutredningen 1955—60. — Stockholm.
- SUNDBERG, U., 1953: Studier i skogsbrukets transporter. — SST, 1952: 4, 1953: 1. SDA:s medd. nr 48.
- SÖDERLUND, J. A., 1960: Undersökning av uppvattningsaggregat för ispreparering. — NST 1960: III.
- TABATA, T., 1960: Studies on mechanical properties of sea ice. V. Low Temperature Science, Ser. A, Vol. 19, p. 187—201.
- TUMAKOV, V. I., 1948: Winter automobile roads (övers. fr. ryska t. eng., tillgänglig vid National Research Council of Canada).
- VIDAL, E., 1959: Vidal power ice auger. — Canadian Pulp and Paper Association, Woodlands Section. Index No. 1843.
- VIRKESKOMMITTÉN, 1953: Vattenkraft och virkesavläggning, kap. I och II. — Stockholm. — 1957: Vattenkraft och virkesavläggning, kap. III och IV. — Stockholm.
- Samt diverse avlastningsinstruktioner utgivna av virkesmätningssällningar och skogsbolag.

Opublicerade källor

Unpublished references

- FREMLING, S., 1951: Grundläggande erfarenheter om is i sjöar och älvar. — SMHI. Stencil.
- 1957: Om isens förmåga att bära virke och snö. — SMHI. Stencil.
- 1961: Nomenklatur för is i sjöar och älvar. — SMHI. Stencil.
- 1962: Om stöpvattendjupet på ett flytande snötyngt istäcke. — SMHI. Stencil.
- KUNGL. VÄG- OCH VATTENBYGGNADSTYRELSEN, 1956: Anvisningar rörande vintervägar över is m. m. utfärdade den 18 oktober 1948. — Stencil.
- SAMUELSSON, B. och SUNDBERG-FALKENMARK, M., 1959: Isens och snöns fysikaliska egenskaper. — Kompendium för hydrologisk tjänsteexamen vid SMHI. Stencil.
- SUNDBERG-FALKENMARK, M., 1959: Rapport rörande försök över isars bärighet under trafiklast. Meteorologiska observationer och fysikaliska mätningar. — SMHI. Stencil.
- WOLD, K., 1957: Temperaturförhold i snö og is og beregning av varmeledningsevnen i og varmetransporten gjennom isen. — Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen, Hydrologisk afdeling. Stencil. Oslo 1957.
- Samt intervjuer och korrespondens.

Förkortningar

Abbreviations

- NST: Norrlands Skogsvårdsförbunds Tidskrift
- SST: Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift
- SDA: Forskningsstiftelsen SDA
- SMHI: Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut
- SIPRE: Snow, Ice and Permafrost Research Establishment, numera U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory.

SUMMARY

Chapter 1. INTRODUCTION

- 1.1 General information
- 1.2 Object of the investigation
- 1.3 Scrutiny and formulation of the problem
 - 1.31 General conditions
 - 1.32 Choice of criterion of effectiveness
 - 1.33 Conditions associated with the use of ice landings
 - 1.34 Alternative methods of preparation
 - 1.35 Factors affecting the choice of method
- 1.4 Other investigations
- 1.5 Present investigations
 - 1.51 Principle lay-out of the investigations
 - 1.52 Chronologic survey of the investigations

a) **Background.** In the past when practically all haulage of timber in winter was made by horse-logging and when the water flow in the Swedish rivers closely fluctuated with the seasons, timber hauled early in the season was generally placed on a shore flat below the high-water-level. As soon as the carrying capacity of the ice admitted, timber was then placed on the ice. Toward the end of the season when the ice became too weak, the shore flats were again utilized. A horse pulling rather small loads could haul on relatively thin ice and the storage of timber was then not so particular as it is to-day, the timber being rather high in heartwood content and buoyant. Attempts at increasing the ice thickness were seldom made.

The conditions of timber haulage to-day are quite different. Increasingly large amounts of fast-grown timber that require careful piling and good seasoning conditions are hauled to the landings. For several reasons a change toward heavier carriers and bigger loads of timber has also taken place. Hence, the demand for ice of greater carrying capacity has increased. Moreover, the construction of hydroelectric power stations has largely changed the conditions pertaining to ice and landings (*Virkeskommittén* 1953 and 1957). The shore flats are mostly lost while landings above the high-water-level and landings on ice have become the principal alternatives.

Raised requirements concerning the carrying capacity of ice brought demands for methods of increasing the strength of ice. In the late 40's methods and equipment for preparation of ice landings were explored. Compaction of snow was the method first applied generally and the light-weight Canadian "War weasel" was the vehicle mainly used in this type

of work. As late as 1956 snow compaction was the method most commonly used, but flooding by means of pumps has recently gained dominance. However, snow compaction still occurs e.g. as an auxiliary measure at flooding. Snow removal is only used locally and to a minor extent at the preparation of ice landings.

Roughly a third of all timber transported on the Swedish rivers to-day, i.e. 3—4 mill. cu.m. solid volume, is unloaded on to ice. In the future a slow decrease in this quantity may be expected, however.

Timber storage on ice landings is practiced in many countries on the northern hemisphere. The greatest quantities are likely found in eastern Canada where 10—15 mill. tons (equivalent to approx. 13—19 mill cu.m. green timber) are annually stored on ice according to an estimate by *Rose and Silversides* (1958). The methods of preparing the landings are principally the same everywhere, but there are local differences partly pertaining to the frequencies of various methods and partly to details in the equipment and methods used.

The investigations initiated in Sweden in the winter 1956—1957 were justified for two reasons, one of which was that studies of methods had not been carried out previously. Studies of this kind were considered of great significance in practice. The other reason was that the development of logging techniques has increased the need for long-term planning of the logging operations. The matter of landings is then of relatively great importance at the choice and lay-out of the method of logging. An investigation of the conditions, possibilities and costs that are associated with the use of landings on floating ice was considered of great value.

Preliminary results from the investigations have been reported (*Ager and Peterson* 1957, *Ager and Samuelsson* 1958, *Ager* 1959 a, 1960 a, b, c, 1961 a, and 1962). This treatise is a summary and a final analysis of the results.

b) Problem. The selection of the method that contributes to produce the lowest cost for the process of logging as a whole has been considered the main aim in the choice of method of preparation. The extent to which this object is attained is thus a measure of the effectiveness of the method.

The present treatise is an investigation of the effectiveness of various methods of preparation and it gives a basis for a judgement of effectiveness. The investigation has been made against the background of current conditions concerning logging technology in northern Sweden and the following other conditions:

- Timber companies, water regulation enterprises, or other enterprises having corresponding resources with respect to economy and organization are assumed to prepare the landings.
- The number and sites of the landings are assumed to be given.
- The timber hauled to each landing is assumed to be fixed with respect to quantity and composition (assortments, buoyancy, etc.).

A judgement of the effectiveness of various methods of preparation must be based on a knowledge of *the requirements associated with the use of ice landings*. Usually situated in the joint between land transport and floating, an ice landing is mainly intended to serve as a place of storage be-

tween these two phases of transport. The landing also serves as a place where timber is seasoned and scaled.

The landing must normally meet the following specifications:

- 1) The ice at a landing must have a bearing strength sufficient to carry traffic, which means that the risk of break-through must be eliminated almost completely.
- 2) Timber with unsatisfactory buoyancy must be given time needed for seasoning which means that the timber must be prevented from being flooded and iced over in winter and from being submerged in water too early in spring.
- 3) Timber must be accessible for scaling and for this reason it must not be allowed to flood and ice over prior to scaling.

Apparently, the specifications mainly concern the carrying capacity of the ice. Instructions regarding the carrying capacity required for a given load and for maximum load allowable are given by the authorized timber scaling associations and by the timber companies. Since the regulations show essential discrepancies and since the matters are of great practical importance, a special scrutiny of the conditions has been considered necessary (chapter 5).

The prime object of the preparation of an ice landing is to produce the carrying capacity required when the natural conditions not at all, or too slowly, will provide ice of this strength. In a system of potential methods of increasing the carrying capacity of ice, the following division can primarily be applied if only the methods practically useful at present are considered:

- 1) Methods of increasing the carrying capacity of an existing ice cover by enforcements or by means of some kind of weight distributing layer placed on the ice.
- 2) Methods of increasing the ice thickness.

According to the author's judgement, the methods mentioned in point 1) can usually not compete with the method of increasing the ice thickness on a cost basis when timber landings on ice in forestry are considered. They may possibly be considered for the preparation of approaches to ice landings where traffic is heavy and where the possibilities to provide for sufficient width of the approach are limited.

When the carrying capacity required is achieved by producing ice of a certain thickness, one of the following three principally different methods can be used:

- flooding
- snow compaction
- snow removal

These principal methods apparently cover all the possibilities that can be expected to gain practical importance in the near future.

All three methods are used for preparation of landings as well as roads. Although development trends toward a heavy dominance of flooding, it

has been judged of value to consider all three alternatives when scrutinizing the effectiveness of various methods of preparation and their mutual advantages under different conditions.

Beside weather and natural ice conditions, which are uncontrollable, the most important factors that affect the choice of method are:

Cost of preparation, i.e. the cost of producing the ice thickness required, is the factor of prime interest.

Length of season which is determined partly by the expediency of method of preparation and partly by the durability (with respect to break-through) and the trafficability (with respect to bogging-down due to surface conditions) of the landing in late winter. The length of the season is of great importance.

Conditions of transport and work during the season. The usefulness of the landing during the season affects the costs of logging to the landing and the costs of maintenance. The work conditions affect the costs of unloading, piling, scaling, etc.

Conditions of timber seasoning. Even if the landing meets the minimum requirements with respect to seasoning conditions, it is advantageous from the point of costs if these conditions are improved since the risk of sinkage will then be reduced.

The possibilities to measure the factors mentioned as well as the possibilities to express various measures in terms of costs are discussed.

Chapter 2. FREEZE-UP, ICE GROWTH AND ICE PROPERTIES

2.1 Freeze-up and ice growth

2.11 Freeze-up

2.12 Ice growth (figs. 1—3)

2.13 Influence of weather on ice growth (table 1)

2.2 Different types of ice

2.3 Density of ice

2.4 Mechanical properties of ice

2.5 Carrying capacity of an ice sheet (figs. 4—5).

Computing the growth of ice for various climatic conditions, the author has chosen to work with *Devik's* (1931) recommendations. In cases when the ice is covered with snow, the snow cover has been computationally treated as an ice cover ("equivalent ice thickness") with the same heat conductivity as the snow cover concerned (fig. 2). Thus, $0.0068 \rho^2 \text{ cal/cm sec } ^\circ\text{C}$ (*Abels* 1892) for loose snow, $0.0085 \rho^2 \text{ cal/cm sec } ^\circ\text{C}$ for artificially compacted snow (*Kondrat'eva* 1945), and $0.0057 \text{ cal/cm sec } ^\circ\text{C}$ (*Wold* 1957, stencil) for ice have been applied ($\rho =$ density of snow, g/cm^3).

Time required for freezing a water saturated layer of slush of a given thickness has been assumed directly proportional to the water content (fig. 3).

Density of ice is of essential importance for the capacity of ice to prevent

loads of timber from being flooded and iced over. On an ice landing which is prepared by flooding, the average density of ice is probably about 0.90 g/cm^3 . If the landing is prepared by snow compaction or by snow removal, 0.915 g/cm^3 seems to be a realistic mean value.

Some of the formulas presented in literature for computation of critical loads of traffic on floating ice are discussed. The formula of *Rosengren* (1961) derived from the formula of *Persson* (1948) and modified by means of empirical data seems to be suitably used for the types of traffic loads common in Swedish forestry of to-day (fig. 5).

Chapter 3. WINTER CLIMATE IN NORTHERN SWEDEN AND IN THE PROVINCES OF DALARNA AND VÄRMLAND (figs. 6—11).

The main part of the work of preparation is carried out in the period November—January. Where ice landings are used, the monthly mean temperature of December mostly varies between -7°C and -12°C and the mean monthly precipitation ranges between 30 mm and 50 mm of water (figs. 6 and 8). The annual fluctuation of the mean monthly temperature and that of the mean monthly precipitation are elucidated by figs. 7 and 9.

About half of the days of the month are free of precipitation during early winter while 65—85 % of the number of days have less than 1.0 mm precipitation. Periods without precipitation lasting at least 2 days occur during 25 %—40 % of the time while the corresponding portion of days with less than 1.0 mm precipitation is 45 %—60 % (figs. 10 and 11).

Chapter 4. NATURAL ICE CONDITIONS IN NORTHERN SWEDEN AND IN THE PROVINCES OF DALARNA AND VÄRMLAND.

4.1 Description of the material (fig. 12, appendix 1)

4.2 Homogeneity of the time series (table 2)

4.3 Ice conditions (tables 3—5, appendix 2)

Ice thickness as well as depth of snow and slush etc. have been observed by SMHI on a large number of localities in the country for several years. Certain localities were selected and those data were analyzed which were considered of significance in this work. Three conditions were set at the choice.

- The ice conditions of the place of observation should be suitable for ice landings.
- The hydrologic conditions should be stable during the time of observation (table 2).
- The series of observations should be of sufficient length, at least 12 years.

The requirements mentioned were met by 28 localities (fig. 12 and appendix 1).

Freeze-up normally occurs in the latter half of October or in the first half of November. Rather soon after freeze-up the ice becomes covered with snow. The snow cover then increases to such a thickness as to cause

flooding, which generally occurs in most of the localities at the turn of the year. Additional flooding due to heavy loads of snow can also occur later in the winter.

The ice attains its maximum thickness, average 55 cm—70 cm in the northern and middle localities, 45 cm—50 cm in the southern localities, during the latter half of March (tables 3 and 4).

The average durability of ice with thickness exceeding 50 cm is 1—2½ months in the northern and middle localities, about half a month in the southern localities (table 4).

The occurrence of slush on the ice is mostly caused by flooding due to heavy load of snow (table 5).

Chapter 5. ICE THICKNESS REQUIRED

5.1 Loads of timber

5.11 Timber is piled for seasoning or scaling (figs. 13—15)

5.12 Timber is unloaded optionally (fig. 16)

5.2 Loads of traffic (appendix 3)

5.3 Summarizing viewpoints

The ice thickness required at an ice landing is primarily determined by two conditions. The ice must have such a strength as to make the risk of break-through in traffic practically nil while timber for scaling or seasoning is prevented from becoming flooded and iced over.

Timber for scaling or seasoning is usually kept in 1—2 tiers on crib work of at least 40 cm height (fig. 13). To facilitate computations of the critical loads of timber for various conditions, the author has worked with the model shown in fig. 14. It represents a typical case in practice. The timber is assumed to be kept in piles on crib work of 40 cm height and in rows lining the roads. At flooding, which is caused by the weight of timber and snow and which occurs through cracks etc. in the ice, the snow cover in the roads is assumed to sink into water. It may also be packed down into water artificially.

Assuming that

— the ice thickness is h_{is} and the density of ice is 0.90 g/cm³

— the portion of area covered with timber amounts to p per cent

— the depth of snow (on the piles) is $h_{sn\ddot{o}}$ and the density of the snow is 0.20 g/cm³

— the load of timber, P_v , is considered evenly distributed over the entire area of landings which seems to be realistic when $p > 25$ per cent,

we can compute the critical load of timber according to

$$P_v = h_{is} - 2 \frac{p}{100} \cdot h_{sn\ddot{o}} \text{ kp/m}^2 \quad (8)$$

Fig. 15 shows the value of P_v for different values of h_{is} , p , and $h_{sn\ddot{o}}$. Simultaneously is given the volume of timber equivalent to various wood density values.

The ice thickness required for loads of traffic must primarily be based on an evaluation of risk. It is possible to state mainly on the basis of Canadian (*Gold* 1960 and unpubl.) and Swedish experiences (*Rosengren* 1961 etc.) that the following values of ice thickness can be considered as "safe" for different types of traffic:

Traffic	Radius of loaded surface m	Total weight tons	Ice thickness required cm
Truck	3.5—4.5	20—25	about 60
Tractor	3.5—4.5	10—15	45—50
Horse	3—4	3—6	30—35

These figures are based on empirical data and they mainly pertain to ice composed of snow-ice and blue-ice. Whether it is advisable to count on lower values of ice thickness required when the ice entirely consists of blue-ice is not yet sufficiently evidenced in literature.

The analysis indicates for the case when the ice thickness required for traffic is prepared that the requirements with respect to the scaling and seasoning of timber are also met with.

Chapter 6. DESCRIPTION AND STUDIES OF VARIOUS METHODS OF PREPARING ICE LANDINGS.

6.1 Flooding by means of pumps

6.11 Equipment (fig. 17)

6.12 Spread of water (figs. 18—19)

6.2 Flooding by making holes

6.3 Snow compaction

6.31 Mobility (table 6)

6.32 Effectiveness of equipment (figs. 20—22)

6.33 Systems of driving (fig. 23)

6.4 Snow removal (fig. 24)

Previously, *flooding* by pumping was primarily carried out by means of combined units (auger and pump) with a capacity of 8—11 m³ of water per minute (fig. 17 a). These units are relatively heavy (75—200 kg) and they usually require 2 men for moving and operation. To an increasing extent they have been replaced by light-weight (10—25 kg) pumps having a capacity of 3—5 m³/min (figs. 17 b and 17 c). These units can be moved and operated by one man. The holes are made manually (fig. 17 b) or by means of powered augers (fig. 17 c).

Studies of the spread of water at flooding by pumping (figs. 18 and 19) have shown that considerable differences occur with respect to depth of water in the flooded area after cessation of flooding, and that rather great variations remain until water freezes.

Snow compaction is mostly carried out by means of vehicles and pulled

equipment. Packing by using the tracks only also occurs as well as packing by means of snow shoes (figs. 20, 21, and 22).

Pulling vehicles are mostly 2—3 tons crawler tractors and 1—3 tons farm tractors, the latter ones often being equipped with half-tracks.

The snow depth mostly inhibiting the mobility of various vehicles with or without attachment of equipment for compaction is reported in table 6. The figures are applicable to rather loose, dry snow. If the snow is hard, the inhibiting snow depth is essentially less in the case of farm tractors and slightly less for vehicles equipped with half-tracks while the mobility of full-track vehicles is affected to a small degree by the hardness of the snow.

Advantages and disadvantages of different types of equipment for snow compaction are discussed.

The output at snow compaction depends on the system of driving applied. Fig. 23 presents various potential systems used at present. The system in fig. 23 b is most common and it is probably the most effective system for the sizes and forms of landings most frequently used in Sweden.

Snow removal on landings is usually carried out by means of ploughs of the type shown in fig. 24. No studies of methods of snow removal were carried out by the author since the present methods were considered rather well developed and studied.

Chapter 7. TIME STUDIES

7.1 Flooding by means of pumps.

7.11 Time consumption for various work elements (table 7)

7.12 Optimum time of pumping (table 8)

7.13 Time consumption at varying depth of snow (fig. 25)

7.2 Making holes (tables 9—10)

7.3 Snow compaction

The time studies concerning flooding by means of pumps were primarily intended to elucidate time elapsed between each position, i.e. from the moment when pumping is finished at one position (hole) to the moment when flooding is started at the next position. The time studies show (p. 94, table 17, and Ager 1958) that the effective time elapsed between the positions is about 2—4 minutes in the case when combined units (auger and pump) are used and about 1 minute when light-weight pumps are used.

At flooding by pumping the increase in flooded area per unit of time decreases the longer pumping is continued. To arrive at a concept of time needed for pumping at each position when an area requiring several positions is to be flooded as soon as possible, the notion of "optimum time of pumping" was introduced. If

Y = area flooded

t_f = time lapse between the positions

t_p = time of pumping at each position

$$A = \frac{Y}{t_f + t_p} = \text{flooded area per unit of time of } t_f + t_p,$$

the optimum time of pumping is the time of pumping which produces maximum A.

Studies of the optimum time of pumping have been carried out by *Söderlund* (1960) and by the author (1958). The results of these experiments have been summarized in table 8. The majority of the experiments have been carried out for ice of thickness varying between 20 cm and 50 cm and for snow depth varying between 0—15 cm. Apparently, the optimum time of pumping under these conditions usually ranges between 5 minutes and 10 minutes. When the ice thickness is less than 15—20 cm, practical experiences (*Hughes* 1961, personal communication, and *Bäckman* 1962, personal communication) seem to indicate that considerably shorter times of pumping are suitable, viz. 1—2 minutes.

A rotating pump of the type shown in figs. 17 b and 17 c having a nominal capacity of about 4.5 m³/min was used for flooding at 1½ cm, 5 cm, 8 cm, and 15 cm depth of snow and for ice varying in thickness between 20 cm and 22 cm. The snow showed a density of 0.10—0.15 g/cm³. The optimum time of pumping was 2.3 min, 6.2 min, 6.8 min, and 10 min, respectively. In fig. 25 the effective time required per hectare of flooded area has been computed for both optimum time of pumping and for a pumping time of 10 min. The fixed time has been set at 1 min.

Tables 9 and 10 show the results of some time studies when the holes are made manually and by means of powered augers respectively. The meaning of the denotations used is explained on p. 100.

Results concerning studies of time required per hectare at snow compaction by means of different vehicles and types of equipment are reported in table 11 and *Ager* (1958).

Chapter 8. SURVEY OF 1959—60

8.1 Object and planning

8.2 Material and processing (appendix 4)

8.3 Time consumption and cost of various methods of preparation

8.31 Flooding (figs. 26—29, tables 12—13)

8.32 Snow compaction (table 14)

8.33 Snow removal (table 15)

8.4 Data on different types of landings (fig. 30, table 16)

8.5 Maintenance

To obtain at reasonable costs of investigation certain data on the ice preparation activity and on the use of landings, a survey was made in the winter 1959—60. Data were supplied by Forest Service, virtually all the major timber companies within the area and by some water regulation enterprises. The material represents the entire geographic area where ice landings occur. Data were obtained from 227 landings with a timber quantity estimated at about 15 % of the volume annually stored on ice in the area concerned. The sample was not taken at random since it was considered impossible with reasonable work to fill the requirements that are wanted

to obtain an experimental material or a randomized material of survey. Great caution must therefore be taken at the interpretation of the results.

Time consumption with respect to labour pertains to the time at the place of work plus time of moving to and from the place of work as well as time of preparing for and finishing work. Breaks for meals are not included. Concerning equipment, machine time is defined to be the time the engines are running at the place of work save for time of warming the engine.

The following hourly costs have been used in the calculations:

Labour	5 kr (Sw)
Pumps of the types I and II (cf. below)	10 »
Pumps of type III (cf. below)	5 »
Jeeps and farm tractors (1—2 tons)	10 »
Forestry tractors of crawler type (1—3 tons)	15 »

At flooding by pumping three main types of pumps occurred, viz.

- Type I. Old type combined auger and pump unit with a capacity of about 2.5 m³/min
- Type II. New type combined unit with a capacity of 8—11 m³/min; 85 per cent of these units having a capacity of 8 m³/min
- Type III. Light-weight pumps with a capacity of 3—5 m³/min; about 85 per cent of these units having a capacity of 4.5 m³/min

The capacity values quoted pertain to the nominal capacity (cf. *Söderlund* 1960).

Size of the landing and snow depth largely influence on the time consumption while ice thickness is of minor importance (figs. 26—28).

The average number of men hours per machine hour was 2.1—2.3 hrs for units of the types I and II, 1.1 hr for units of type III (ice landings > 1.0 hectare).

Fig. 29, which shows the cost per hectare flooded for labour and machines at varying depth of snow (landings > 1.0 hectare), indicates that the light-weight pumps (type III) are clearly more advantageous than other types with respect to costs.

Time consumption and costs per hectare at snow compaction and snow removal are reported in the tables 14 and 15.

Specified data on various types of landings have been reported in fig. 30.

Concerning the costs of maintenance the material was too scanty to provide any information.

Chapter 9. CHOICE OF PRINCIPAL METHOD

9.1 Calculation of ice growth (fig. 31)

9.2 Cost of preparing the ice thickness required

9.21 Estimate of the number of measures required by means of a theoretical model (fig. 32)

- 9.22 Validity of the results
- 9.23 Influence of the weather fluctuations
- 9.24 Cost comparisons (fig. 33)
- 9.3 Length of season
 - 9.31 Expediency of the method of preparation (fig. 34)
 - 9.32 Carrying capacity and trafficability of the landing in late winter
 - 9.33 Length of season (table 17)
- 9.4 Conditions of transport and work during the season
 - 9.41 Trafficability
 - 9.42 Work difficulty at unloading, piling, scaling, etc.
- 9.5 Length of seasoning of timber
- 9.6 Other viewpoints
- 9.7 Summary of comparisons between the principal methods (fig. 35)

To calculate *the cost of preparing the ice thickness required*, it is necessary to know both the cost per measure and the number of measures required. The cost per measure of various methods of preparation has been elucidated by means of time studies and the survey of 1959—60. To obtain an idea of the number of measures required, the author chose to work with a theoretical model. The model has the following design.

It is assumed that the first measure is applied when the ice has reached a thickness of 15 cm (snow cover then = 10 cm). Preparation is alternatively carried out by flooding, snow removal or snow compaction. No precipitation is assumed to occur until after 2½ days, when one tenth of the monthly mean precipitation is recorded. Subsequently is recorded one tenth of the monthly mean precipitation every three days and it is assumed for each such occasion that snow falls for 12 hours. Immediately after each snow fall, preparation is done alternatively by flooding, snow removal or snow compaction. The measure applied is always assumed to be instantaneous which means that ice growth starts immediately after snow fall.

After each measure the ice is left to grow for 60 hours. During a snow fall no growth of ice is assumed to occur. At flooding water on the ice is first frozen and then, if there is additional time before the next snow fall, further growth of ice occurs on the bottom of the base ice. As shown previously, depth of the water layer varies within the area flooded (by pumping). The best approximation of the average ice growth after flooding is obtained in this case if it is assumed that flooding produces a layer of pure water of the same depth as that of the snow cover at the time of flooding. It is assumed at snow compaction that the snow is packed to a density of 0.45 g/cm³. The growth of ice in various cases has been calculated by means of fig. 31 (which is obtained from table 1) and figs. 1 and 2.

Calculations of the number of measures required according to the model described have been carried out for the temperature values —5° C, —10° C,

and -15°C while other weather characteristics have been kept constant and about the average conditions of northern Sweden.

As shown above, the interval between the measures in the model is three days. In practice this time corresponds to cases when the ice thickness required is wanted relatively soon.

The results of the calculations are shown in fig. 32 where is also shown time required to attain ice covers of different thickness if preparation is started at an ice thickness of 15 cm.

Easily available control data obtained from practice indicate that the theoretically derived number of measures well concurs with the actual number.

The method of calculation reflects the number of measures required at average weather conditions. The influences of weather fluctuations are discussed. The fluctuations cause the mean (arithmetic) number of measures for a series of years to be slightly higher than the number of measures at average weather conditions for snow compaction and snow removal. At flooding these two mean values largely seem to concur.

Fig. 33 presents the number of measures at snow compaction and snow removal in relation to the number of measures required at flooding (in fig. 33 called the relative number of measures) and in consequence the critical cost of snow compaction and snow removal at different costs of flooding. This relationship indicates how much snow compaction and snow removal may cost per measure if the cost of flooding at the preparation of a given ice thickness is not to be exceeded.

If the costs of different methods of preparation in section 8 are applied, flooding and snow removal seem to be superior to snow compaction in the climatic conditions prevailing in Sweden. If the costs of transporting the equipment to and from the place of work are also introduced, flooding mostly becomes more advantageous than snow removal.

Fig. 32 has been utilized to show time required at snow compaction and snow removal to attain ice of a given thickness in relation to time required at flooding (in fig. 34 called relative time consumption). Time required at snow removal is 1.5—2.5 times longer and at snow compaction 2—5 times longer than that at flooding according to the theoretical model. A time difference between various methods of preparation can be evaluated if both the difference in cost between storage on ice and storage on the place where the timber must be kept before the ice becomes trafficable, and the supply of timber during the time of "waiting" are known (fig. 35).

Table 17 shows the approximate time available for various localities (cf. fig. 12) from the date when the ice attains a thickness of 15 cm to 30 days prior to break-up. If the time required for preparation according to e. g. fig. 32 is subtracted from the time mentioned above, an estimate is obtained concerning the time during which the landing can be used. For a truck landing where 60 cm ice thickness is required, a length of season of 4 months in northern Sweden, 3 months in middle North Sweden and 2 months in southern North Sweden is obtained under average weather conditions, if preparation is done by flooding.

The effectiveness of the various methods of preparation concerning the

other factors mentioned on p. 202 are summarized below, the methods being ranked with respect to each factor:

	Flooding	Snow removal	Snow compaction
1. Trafficability of the landing during season	2	1	3
2. Length of timber seasoning	1	3	2
3. Length of season for traffic in late winter	1	3	2
4. Work difficulty at unloading, scaling etc.	1	3	2

Chapter 10. EQUIPMENT, METHODS, AND ORGANIZATION

10.1 The first measure (tables 18—20, appendix 5)

10.2 Flooding by means of pumps (figs. 36—39)

10.3 Special methods at flooding by pumping

10.4 Flooding by making holes

10.5 Snow compaction (appendix 6)

10.6 Combination of snow compaction and flooding by pumping (fig. 40, table 21)

10.7 General viewpoints on the organization of the work of preparation

Details in the choice of method are discussed in this section. The discussion is concentrated on the subject of flooding, which is usually the most effective principal method, and on snow compaction as an auxiliary measure at flooding.

At the *first measure* the choice of equipment and method often depends on the conditions prevailing on the ice. Table 18 shows the methods which may be suitable in various conditions. On the basis of the SMHI observations (cf. chapter 4) measures were simulated according to A—F in table 18 for various localities and for the annual series available. The frequencies of various methods are shown in table 19 for the case when the first measure is applied as soon as the ice is thick enough to carry the equipment and in table 20 for the case when the first measure is applied at different times during the winter (cf. appendix 5).

When *flooding* is done by means of the type of machines predominant at present (1963), light-weight rotating pumps, a triangular spacing of the positions is usually more efficient than a quadratic spacing (fig. 36). If the ice is thinner than 15—20 cm, it may be suitable from the point of costs to work with one man per pump unit and to drill the holes manually. For an ice thickness varying from 15—20 cm to 40 cm it is recommended to use two units per men doing manual drilling. For ice of greater thickness, it may be suitable to apply powered drilling and to work with two men, one powered auger and 4—6 pumps. One of the men drills the holes in advance.

At *snow compaction* it is advantageous from the point of costs to use wheel vehicles that are cheap in operation and fast such as farm tractors or jeeps. The limitation of these vehicles is in the mobility (cf. table 6).

However, an investigation of the frequency of snow covers of different depth on the ice during early winter shows that a snow depth that is critical with respect to the mobility of these wheel vehicles occurs rather unfrequently (cf. appendix 6). When snow packing is used as an auxiliary measure at flooding, the packing pan designed on the basis of the experiments (fig. 22) and the deck roller (fig. 20 b) are the most effective implements.

Considering both the risk of slush from flooding not freezing in time (fig. 40) and the cost of preparation, it is often advantageous to compact the snow before flooding when the snow depth exceeds 10—15 cm. The frequency of times when it may be suitable to apply snow compaction before flooding may be judged partly on the basis of table 21, which shows accumulated amounts of precipitation (mm water) at various intervals of time between the measures, and partly on the assumption that 1 mm precipitation of water corresponds to 1 cm of snow.

The organization of the activity of preparations usually requires a ranking of the work objects. Normally, truck landings are then primary, tractor landings secondary, and horse landings tertiary.

Chapter 11. TIME REQUIRED AND COSTS. DATA FOR GENERAL ESTIMATES

11.1 Conditions

11.2 Development of the logging process

11.3 Time consumption and costs of different equipment and methods

11.4 Costs of different types of landings (fig. 41)

General estimates may be made on the basis of the following approximate costs per measure for different methods of preparation:

Flooding by means of light-weight pumps	40 kr/ha
Flooding by making holes only	5—15 »
Snow compaction by means of vehicles and tools	15—25 »
Snow compaction by means of snow shoes	55—90 »

These costs apply to time and the costs of time reported on p. 208. It is further assumed that the landings are at least 1.0 hectare in size and that they are situated on places where the hydrologic conditions are suitable.

Under the same conditions the following number of measures and costs when preparing ice thickness required for different types of landings may be considered typical (standard):

Landings for	Ice thickness required, cm	No. of measures	Approximate cost kr(Sw)/hect.
Trucks	70	7	280—320
»	60	5—6	220—270
Tractors	50	3—4	150—175
Horses	40	2	100—120
»	30	1	50—100

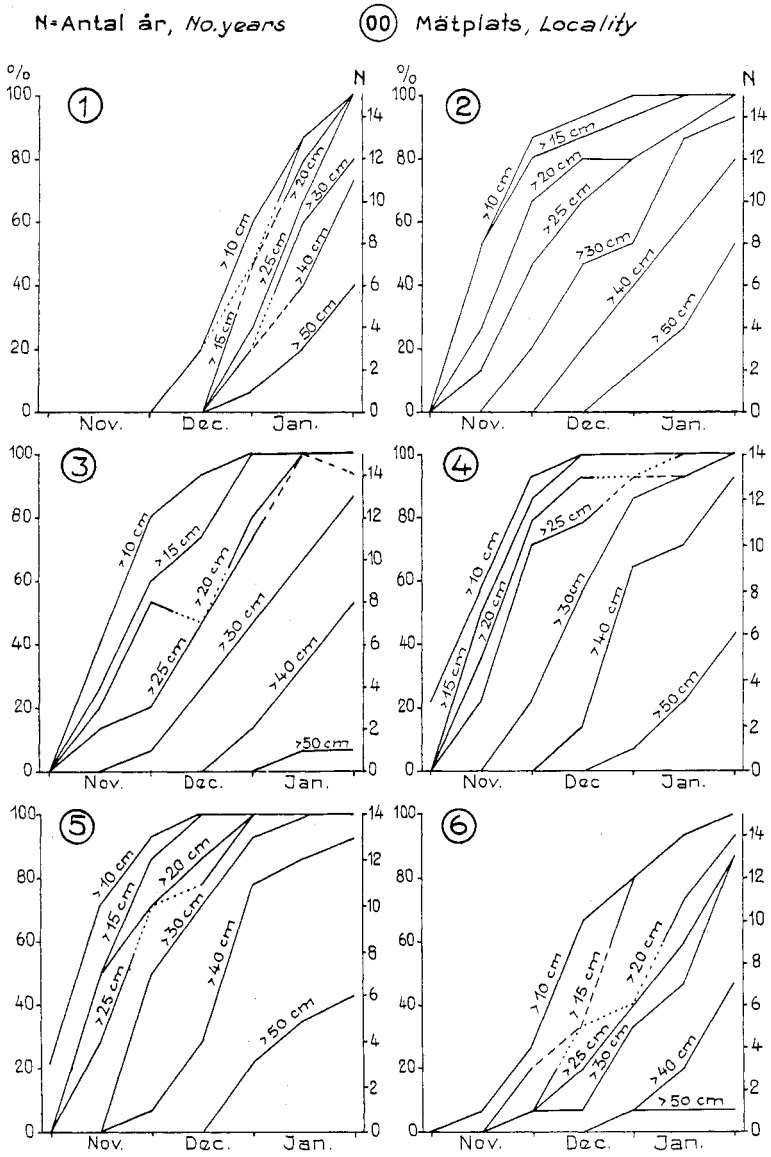
The cost per volume unit of timber then becomes dependent on the amount of timber (fig. 41).

Bilaga 1.
Appendix 1.

Förteckning över de mätplatser som använts i undersökningen över de naturliga isförhållandena.

Localities used for examination of the natural ice conditions.

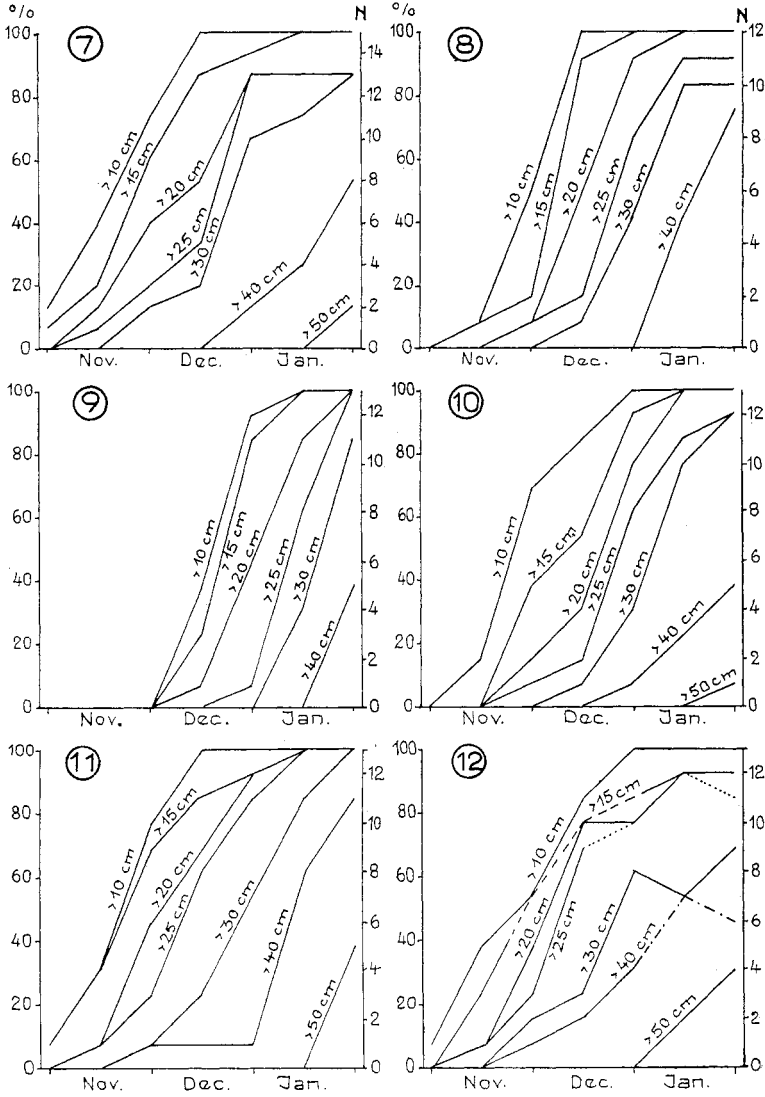
Mätplats nr Locality no.	Älv, sjö River, lake	Beteckning enligt SMHI (alt. älvavsnitt) Denotation of SMHI (alt. river section)	Mätpunktens läge Position of point of measurement
1	Torne älv	1-d Torne träsk, Abisko	ca 500 m från stranden
2	Lilla Lule älv	Mattisuddselet	—
3	Stora Luleälven	Finnselet	—
4	Stora Luleälven	Harads—Svartlå	—
5	Stora Luleälven	Råbäck—Avan	—
6	Rickleån, Stora Bygdeträsket	24-h Stora Bygde- träsket	sjöns södra del ca 50 m fr. str.
7	Ume älv, Gäutajaure	28-g Gäutajaure	Bäcknäs ca 250 m fr. str.
8	Ume älv, Umnässjön	10 a Umnäs—Nordanäs	550 m fr. höger str.
9	Ume älv, Storuman	12 n Blaiken — Kaskeluokt	2 500 m fr. höger str.
10	Ume älv	Pauselet 23 Åskilje by—Åskilje stn	350 m fr. vänster str.
11	Ume älv	Tannselet 37 Karonsbo—Tann- bäcksudden	160 m fr. vänster str.
12	Ume älv	Gransöselet 45 Strandåker—Ava- lund	225 m fr. vänster str.
13	Ångermanälven, Kultsjön	4 j Liden—Saxnäs	1 000 m fr. höger str.
14	Ångermanälven, Malgomaj	11 c Strömnäs— Rekansjö	1 200 m fr. södra str.
15	Faxälven, Ströms Vattudal	14 c Postviken— Vedjeön	850 m fr. vänster str.
16	Vängelälven	5 Vängel—Tjärnnäset	280 m fr. norra str.
17	Faxälven, Sporrssjön	16 b Storön—Boviken	400 m fr. vänster str.
18	Faxälven, Helgumsjön	25 a Hampberget— Ledingån	280 m fr. vänster str.
19	Ångermanälven	65 Nyland—Sandslån	850 m fr. höger str.
20	Indalsälven, Landösjön	6 Enarsvedjan—Lien	650 m fr. norra str.
21	Indalsälven, Ottsjön	1 b Ottsjöby—Torkil Olsnäset	650 m fr. norra str.
22	Indalsälven	7 Stugubyn—Eriksberg	170—200 m fr. höger str.
23	Ljungan, Fotingen	Fotingen	Fotingen 100 m fr. norra str.
24	Ljungan, Torpsjön	100 b Torps kyrka— Viken	400 m fr. vänster str.
25	Ljungan, Stödesjön	118 c Svedjan—Usland	600 m fr. vänster str.
26	Dalälven, Vinäsfjärden i Siljan	Fiskodlingsanstalten Sollerön	250 m fr. str. NV
27	Runn	53—23 Runn	NV ändan av sjön ca 200 m fr. str.
28	Övre Fryken	Nedre Torsby	Oleby brygga ca 50 m fr. str.



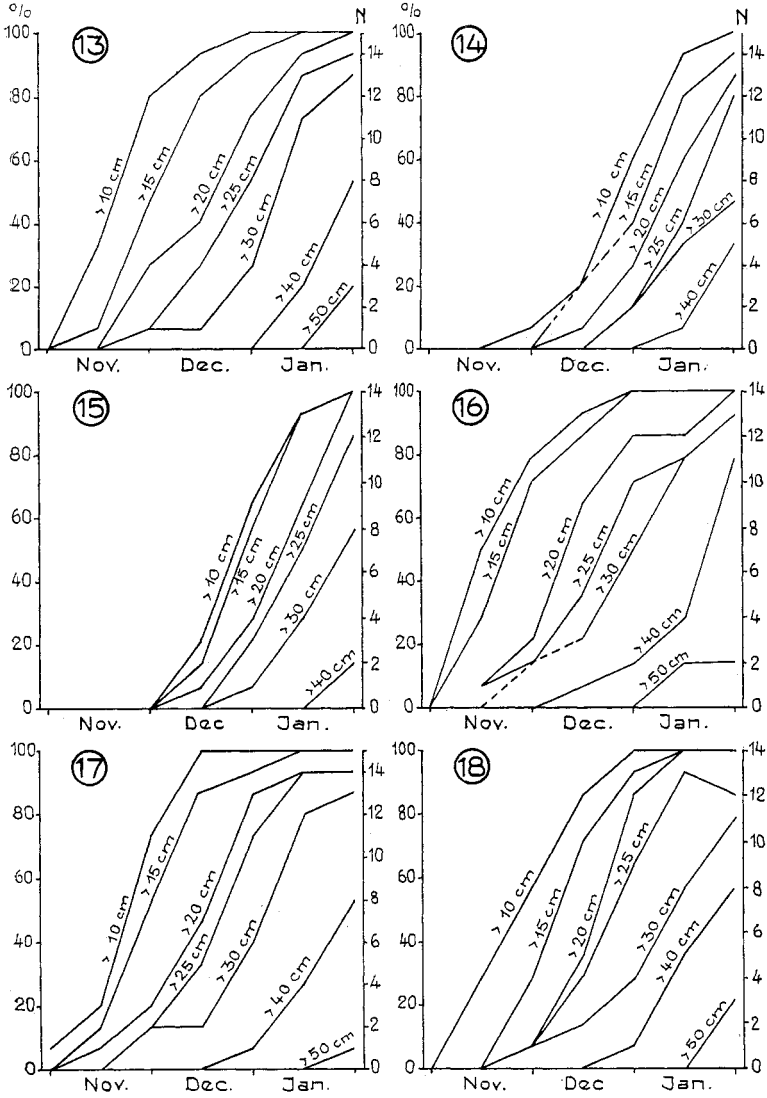
Frekvensen av år med istjocklek överstigande olika kritiska gränser, vid olika tidpunkter under nov.—jan.

Frequency of years with ice thickness exceeding various critical values at different times during Nov. to Jan.

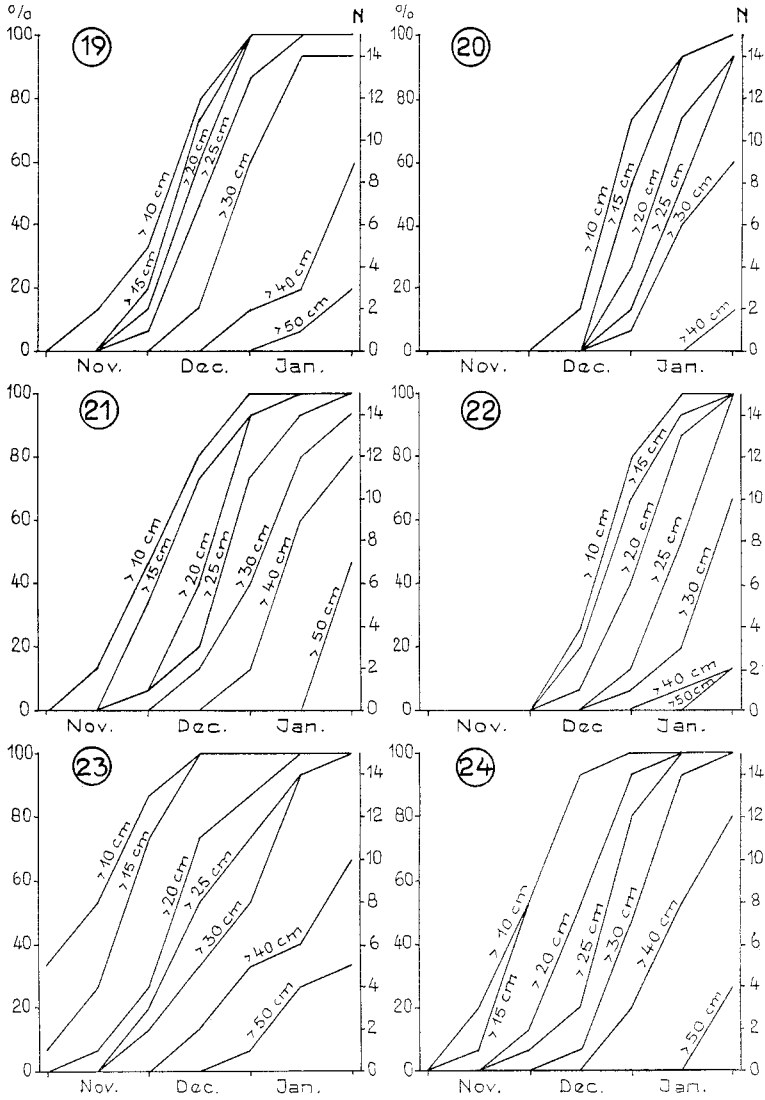
Bil 2, forts.
App. 2, cont'd.



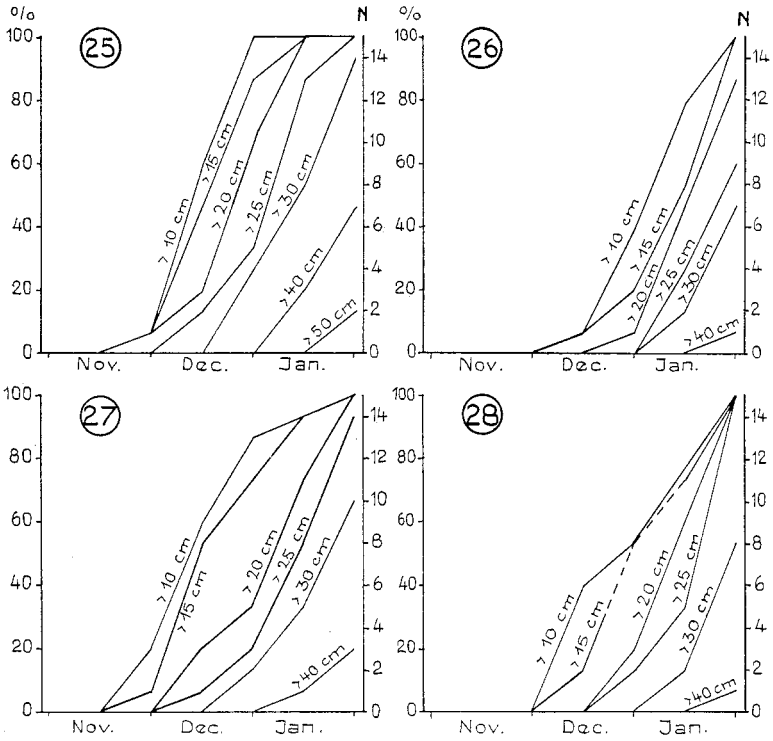
Bil. 2, forts.
App. 2, cont'd.



Bil. 2, forts.
App. 2, cont'd.



Bil. 2, forts.
App. 2, cont'd.



TRAFIKEN

8

Under inkörningsperioden dvs körningens första 2—5 dagar, (beroende på trafikintensiteten) bör trafiken på avlägget hela tiden alterneras på och mellan vägar och utfarter, så att hela det beräknade avlägget trafikeras. Under inkörningsperioden får hastigheten vara högst 8 km/tim, och avlägget bör ej trafikeras med fulla lass.

15

Efter inkörningsperioden kan fulla lass tagas och hastigheten ökas till högst 15 km/tim.

Omkörning eller möte på enkel körbana får ske om endast ena fordonet är lastat. Passagen måste ske på största möjliga avstånd i sidled, med det tomma fordonet stillastående.

Avståndet mellan lastade fordon skall vid körning vara minst 100 m och vid avlastning minst 50 m. Högst 10 fordon per 8-tim skift får gå fram i samma hjulspår. Därefter flyttas trafiken minst en fordonsbredd på samma väg

eller dirigeras över till annan väg.

Parkering med last måste alltid reduceras till kortast möjliga tid.

Vid trafik med stelbandsutrustade traktorer måste mycket stor försiktighet iakttagas. En sådan traktor får absolut ej köra upprepade gånger i samma spår. Den enligt tabellen erforderliga isjockleken bör för stelbandade traktorer ökas med 5 cm.

Obs! Vid häftiga temperaturfall uppstår sprickor, och vid mycket låga temperaturer blir isen spröd. Risken för genomkörning är under sådana förhållanden stor, varför *särskild försiktighet* bör iakttagas beträffande hastigheter, upprepade körningar i samma spår etc.

Körning och virkesavläggning på reglerade vattendrag får endast utföras i samråd med regleringsföretaget.

VIRKES- TRANSPORT OCH AVLÄGG PÅ IS



IORDNINGSTALLANDE AV AVLÄGG, UTFARTER OCH TILLFARTSVÄGAR

Trånga vikar, bäckutflöden, sund och strömdrag samt för virket eller trafiken i övrigt riskabla ställen undvikas.

Metodvalet och arbetsgången vid preparering av isar för virkesavläggning och transport belyses i Skogsforskningsinstitutets uppsats nr 77 "Preparering av is för virkesavläggning" (av B. H:son Ager) publicerad i Skogen nr 21/59. Uppsatsen kan rekvideras från Skogshögskolan, Stockholm 51.



Hela den tilltänkta avläggsarealen skall prepareras till erforderlig minimitjocklek enligt vidstående tabell. Prepareringen måste utföras så att fullständig genomfrysning erhålles. Tvåskiktad is får ej förekomma.

Obs: Vid uppvattning med uppvattningsaggregat skall borrhålen noggrant tätas.

Erforderlig istjocklek

(Kärnis el kärnis + stöpis av god kvalitet.)

Fordon	Normalbruttovikt ton	Minimitjocklek cm	Minimitjocklek i cm om bruttovikten överstiger den normala och räknat i ton uppgår till:								
			10	15	20	25	30	35	40	50	
Ej lastför. traktor	—3	25									
" " " "	3—5	30									
Häst + släplass	3	30	40	—	—	—	—	—	—	—	—
Häst + basväglass	6	35	40	—	—	—	—	—	—	—	—
Trakt. + 1 släp	12	45	—	50	57	64	70	—	—	—	—
" + 2 "	20	53	—	—	59	64	70	74	—	—	—
Lastbil 2 axl. "	18	55	—	—	58	65	71	—	—	—	—
" 3 " "	25	60	—	—	—	66	71	76	—	—	—
" 4 " "	30	65	—	—	—	—	69	74	83	—	—
" 5 " "	35	65	—	—	—	—	—	70	78	—	—

Noggrann kontroll av istjockleken måste ske före avläggets öppnande för trafik och beläggning, samt därefter med jämna mellanrum. Provmätningarna bör vara utspridda över hela avlägget och den minsta uppmätta istjockleken bestämmande för belastningen.



Obs! Genomgående sprickor reducerar isens bärighet med 50—75 %.

Om sprickbildningen i utfarter, tillfartsvägar eller huvudvägar inom avlägget är kraftig kan vägarna lagas genom uppvattning. Borrhålen tas därvid upp nära vägkanten och endast små vattenmängder pumpas upp. Risken att erhålla besvärande självuppvattning bör beaktas innan en sådan åtgärd sätts in.

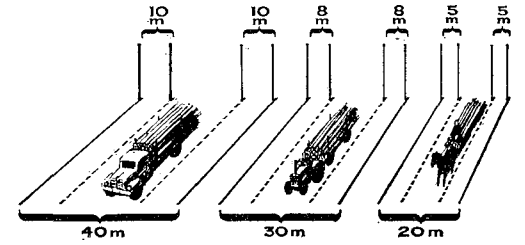
Utfarter samt vägar på avlägget

Utfarten skall i strandzonen förläggas eller iordningställas så, att risk för hängis ej uppstår och prepareras så att betryggande säkerhetsmarginal erhålles.

Sker virkestransporten med lastbil eller med traktor vars totalvikt överstiger 15 ton skall utfarter och tillfartsvägar på flytande is prepareras till en bredd av 40 m, varav en 10 m bred kantzon på varje sida ej får trafikeras.

Sker trafiken med traktor med en totalvikt understigande 15 ton skall den preparerade vägbredden vara minst 30 m varav en 8 m bred kantzon ej får trafikeras. Vid hästrafik skall bredden vara minst 20 m och den trafikfria zonen 5 m. Huvudvägarna inom avlägget skall underhållas (plogas, packas etc) till en bredd av minst 10 m vid bil- och traktorkörning.

Trafikfri kantzon



Preparerad bredd

Anv. på blankettens baksida

Iordningställande och underhåll av isavlägg 1959/60.

Företag Förvaltning Bevakning/Distrikt

Avläggets nr och namn.....				Belägenhet (sjö, älvsträcka)									
Datum	Is- tjockl. cm	Orörda snöns djup, cm		Åtgärd	Utrustning lagsammansättn.	Areal ha	Maskin- tid tim	Mans- tid tim	Snö- djup efter packn.	Transporter till arbetsplatsen			Omdöme om åtgärden
		total	varav sörja							manskap utrustn.	transpor- terad med	S:a km	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Avläggets färdiga areal ha. Slutlig istjocklek cm. Tot. kubikmassa f³tr/to och m³t. Belagd areal ha. Av den tot. kubikmassan: Bilkört %, traktorkört % och hästkört %. Flytbart virke % «frodvuxet» %. Andel frodvuxet virke som nedsvallats %. Rustippat i kloss %, upplagt i strölagd vält %.

Anteckningar
Statens skogsforskningsinstitut, avd. för arbetslära

Uppgiftsblankett, använd vid driftsstatistiken 1959—60, med tillhörande anvisningar.
Inquiry, used at the survey of 1959—60, with instructions.

PREPARERING AV VIRKESAVLÄGG PÅ IS

Kolumn nr

ANVISNINGAR

1	Om samma åtgärd ex.vis berör tidigare preparerat område med viss is- och snötjocklek och ett tidigare ej preparerat område med annan snö- och istjocklek bör om möjligt skilda uppgifter lämnas för dessa områden.
2, 3, 4	Ett flertal mätpunkter över hela den areal åtgärden berör.
5	Ex.vis: packning + uppvattning manuell håltagning packning med snöskor För alla underhållsåtgärder antecknas enl. underhåll — plogning underhåll — packning
6	Maskinernas typbeteckning bör anges så noga som möjligt enl. följande exempel 1 st. Tyfon MB-3D + 2 man 2 st Kaskad M/-58 + 3 man 1 st BM 36 m. halv.
7	Arealen anges på $\frac{1}{4}$ ha när
8	Maskintiden noteras enl. följande, på $\frac{1}{4}$ tim. när: <i>Packning med fordon:</i> Den tid motorn är igång under packningsarbetet på avlägget exkl. tid för varmkörning. <i>Uppvattningsaggregat:</i> Den tid aggregaten går i uppvattningsarbete på avlägget inkl. förflyttning mellan borrhålen, borring, tätning m. m. d. v. s. tiden från första till sista uppställning med avdrag för mat- och kafferaster. Om ex.vis 2 st aggregat går 6 tim erhålles $2 \times 6 = 12$ maskintim.
9	Manstid = summa arbetstid för manskapet, som orsakas av resp. packning, uppvattning, håltagning m. m. Tiden anges på $\frac{1}{4}$ tim. när. <i>OBS.</i> Om andra tidsangivelser än de här önskade noteras, bör detta anges.
11, 12, 13	Ex.vis: uppv. aggr. jeep + trailer 18 km manskap uppv. VW-buss 31 km
14	Här beskrives framförallt om metodvalet var olämpligt i något avseende och anges orsakerna härtill.
Övr.	Kvantitetsuppgifterna kan baseras på preliminära beräkningar. Om dessa väsentligt ($\pm 5\%$) avviker från kvantiteterna enl. senare erhållet slutmätbesked emotses tacksamt uppgift om de rätta kvantiteterna till avd. för arbetslära, Statens skogsforskningsinstitut, <i>Stockholm 51.</i>

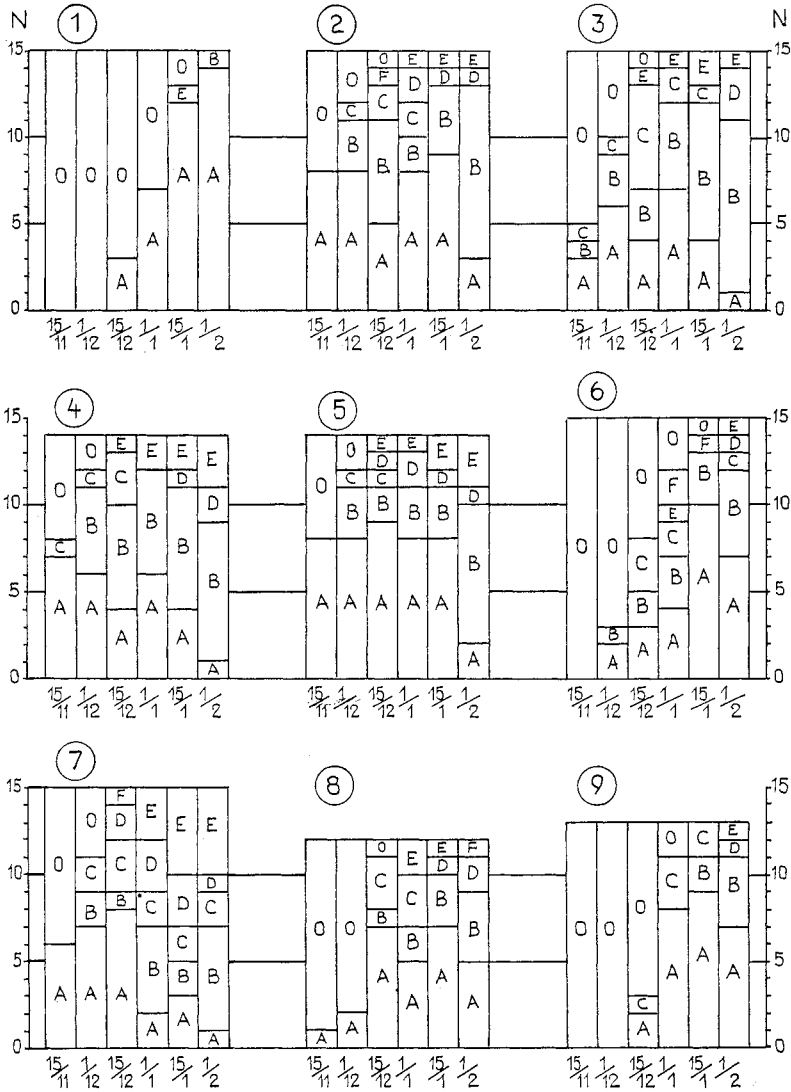
Förfrågningar kan ställas till

Stockholm den 29 oktober 1959.
Bengt Ager

Bilaga 5.
Appendix 5.

N = Antal år. *No. years*

⊙ Mätplats. *Locality*

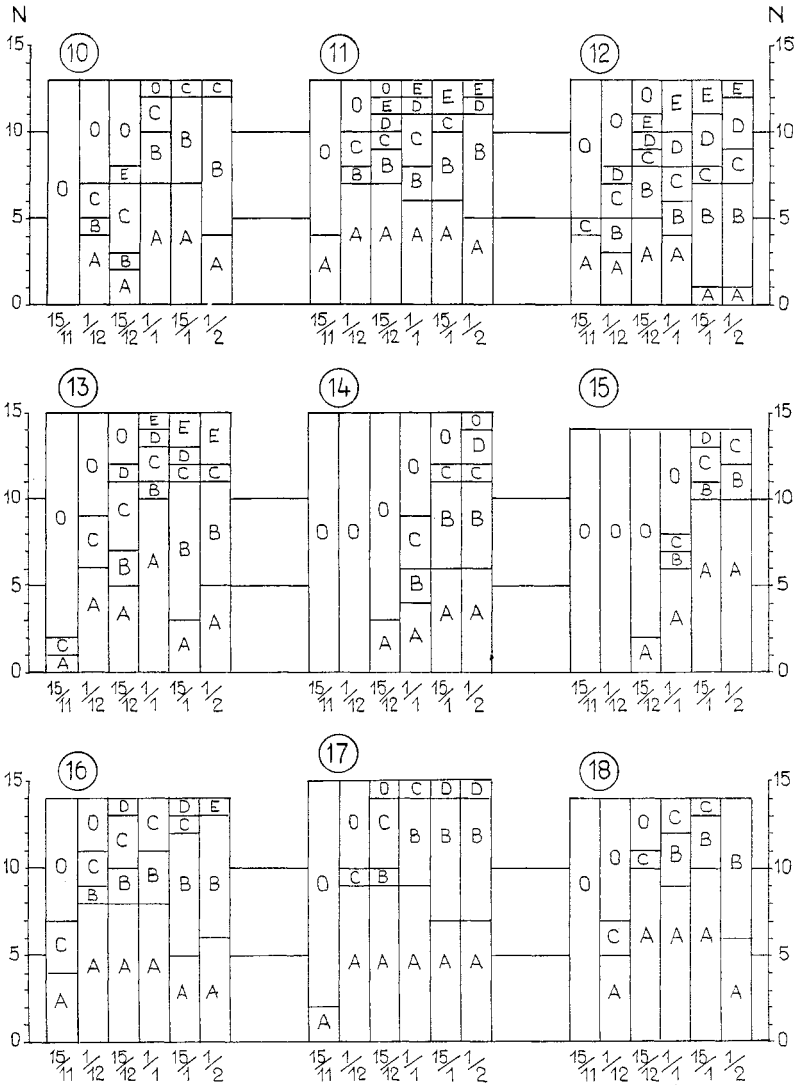


Datum. *Date*

Frekvensen av olika prepareringsmetoder enl. tab. 18 (första åtgärden) vid olika tidpunkter under förvintern.

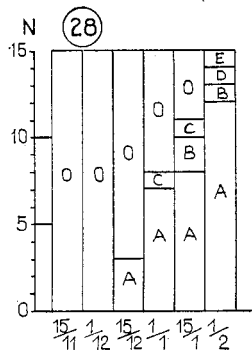
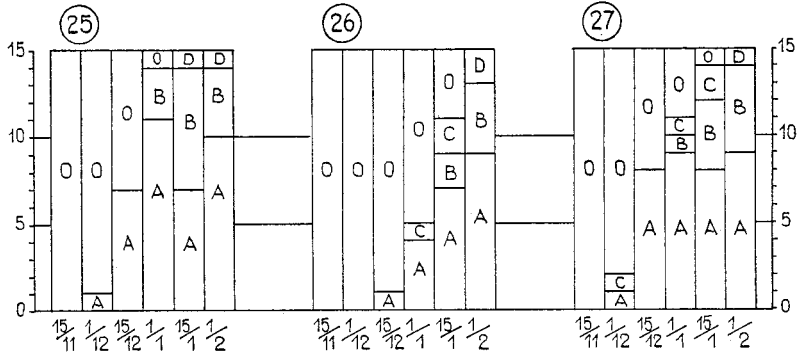
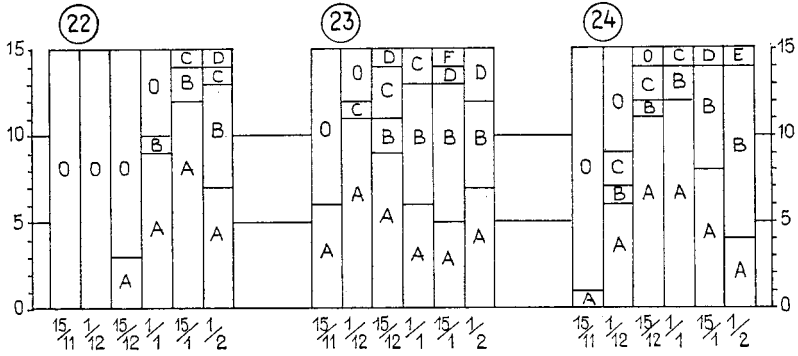
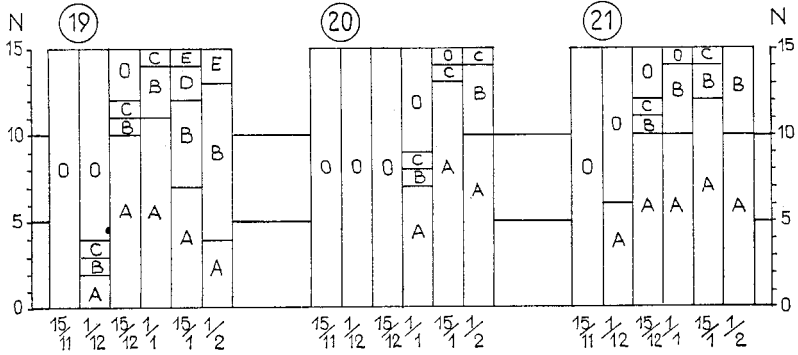
Frequency of different methods of preparation according to table 18 (first measure) at different times during early winter.

Bil. 5, forts.
App. 5, cont'd.



Datum, Date

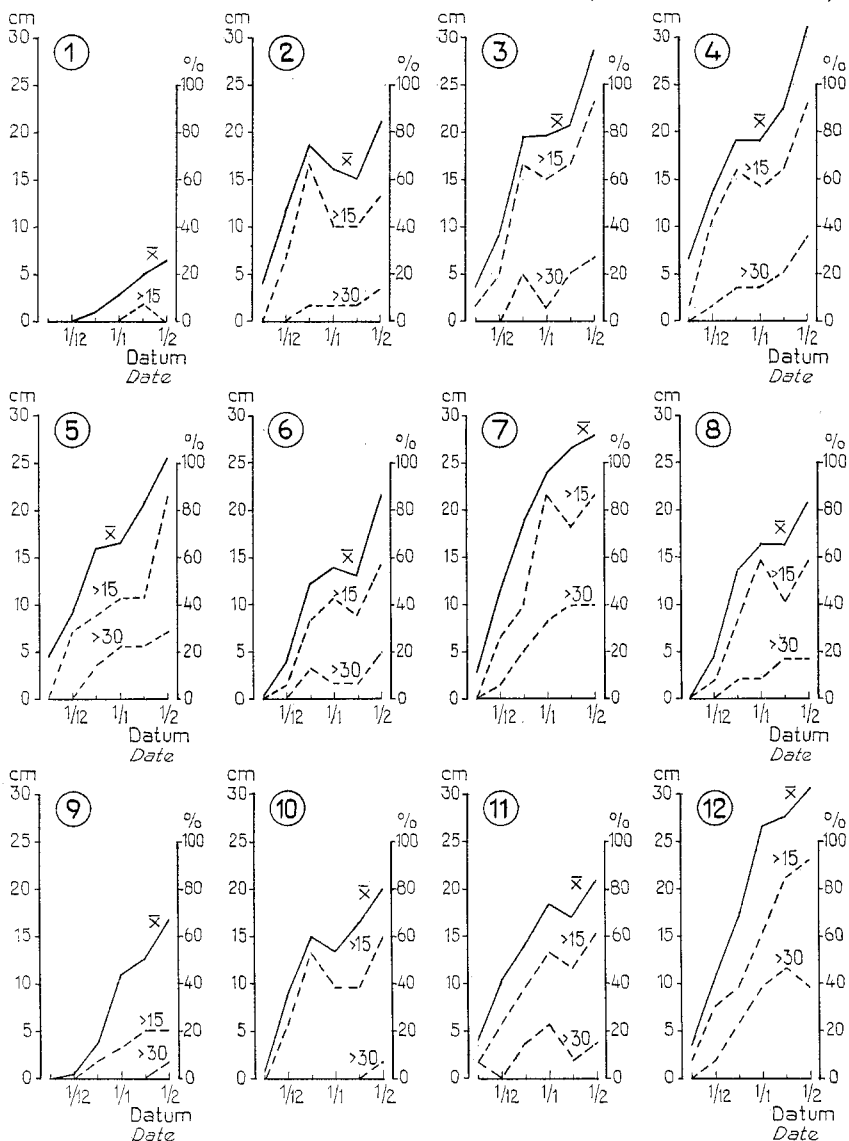
Bll. 5, forts.
App. 5, cont'd.



Datum. Date

⊙ Mätplats, *Locality*
— Genomsnittlig snötjocklek
Average snow depth

---- Procentuellt antal år med snö-
tjocklek överstigande 15 resp. 30 cm.
Frequency of years with snow depth
exceeding 15 and 30 cm resp., %



Genomsnittlig snötjocklek (\bar{x} cm) samt antal år (procentuellt) med snötjocklek överstigande 15 cm resp. 30 cm vid olika tidpunkter under förvintern.

Average snow depth (\bar{x} cm) and number of years (in per cent) with snow depth exceeding 15 cm and 30 cm resp. at various times during early winter.

Bil. 6, forts.
App. 6, cont'd.

