



**SVERIGES  
LANTBRUKSUNIVERSITET**

## **Frosthävningens inverkan på dräneringsledning**

**Influence on drain pipes by frost-heaving**

**Gösta Berglund**

---

**Institutionen för markvetenskap  
Avd. f. lantbrukets hydroteknik**

**Swedish University of Agricultural Sciences  
Dept. of Soil Sciences  
Division of Agricultural Hydrotechnics**

**Rapport 116  
Report**

**Uppsala 1978**

ISSN 0348-1816

ISBN 91-576-0087-2

---





**SVERIGES  
LANTBRUKSUNIVERSITET**

## **Frosthävningens inverkan på dräneringsledning**

Influence on drain pipes by frost-heaving

**Gösta Berglund**

---

**Institutionen för markvetenskap  
Avd. f. lantbrukets hydroteknik  
Swedish University of Agricultural Sciences  
Dept. of Soil Sciences  
Division of Agricultural Hydrotechnics**

**Rapport 116  
Report**

**Uppsala 1978**

ISSN 0348-1816

ISBN 91-576-0087-2

---



### Förord

Denna sammanställning är resultatet av ett lagarbete. Jag tackar alla som på olika sätt deltagit. Rolf Eriksson, Hovra och Edvin Strömberg, Korskrogen har medverkat vid insamlandet av mätdata. Av försöksavdelningens egen personal vill jag nämna Sven-Erik Karlsson som utfört bearbetningen av materialet, Hans Johansson som ritat diagram och figurer och Margareta Lundahl som redigerat och gjort utskriften.

Uppsala i mars 1979

Gösta Berglund

## Innehållsförteckning

	sid.
Inledning	3
Mätstationernas uppbyggnad	3
Kommentarer till resultatredovisningen	5
Resultat av enskilda försök	8
Uppsala län	
1. Söderby	8
2. Väsby	14
Kopparbergs län	
3. Gråbergs	17
4. Hesse	20
Gävleborgs län	
5. Färiå	23
6. Korskrogen	26
7. Hovra	31
Västerbottens län	
8. Röbbäcksdalen	45
Diskussion av undersökningsresultatet	54
Sammanfattning	58
Litteraturförteckning	59

## Inledning

Vad händer med en dräneringsledning som delvis ligger i tjälad och delvis i otjälad mark? Den situationen uppkommer exempelvis när man drar en tillfällig vinterväg över ett täckdiket fält. Tjälen kommer då att gå djupare ner under vägbanan än där snön ligger orörd. Ledningen kan då utsättas för påfrestningar genom sträckning och hoptryckning i samband med frosthävning. Om sedan fast material slammas in i ledningen avsätts detta lätt i veck och böjar, vilket så småningom kan leda till att dräneringsledningens funktion äventyras. För att belysa dessa problem anlades på 60-talet ett antal försök på platser med skiftande jordartsförhållanden. Försöken placerades i orter från Uppland i söder till Västerbotten i norr. På samtliga platser sattes anordningar ut för att mäta frosthävningen vid markytan och på olika djup under markytan. Vid vissa platser lades även dräneringsledningar på olika djup i marken. På samtliga platser uppmättes snödjup och tjäldjup på snöfri och snötäckt mark.

Vid tre försöksplatser har mätningar utförts under hela året, medan man på övriga platser har gjort mätningar ett par gånger under vinterhalvåret.

## Mätstationernas uppbyggnad

För att inom ett begränsat område ha tillgång till både mätning av frosthävning på snöfri och snötäckt mark anordnades försöken i anslutning till någon oanvänd hölada. Dräneringsledningarna lades så att de kom att ligga dels under ladan och dels i fältet utanför. Erforderliga mätningar av tjäldjup utfördes sedan inne i och utanför ladorna. Utgångspunkter för mätning av markytans och dikesbottens höjning och sänkning erhöles genom att slå ner fixrör. Dessa var försedda med hullingar (fig. 1 sid. 4), vilka förankrade rören på frostfritt djup. På två platser (Korskrogen och Hovra) sattes fixrör både inne i och utanför ladorna, medan det på övriga platser endast fanns fixrör inuti ladorna. Utanpå rören anbringades ett grövre rör i vars ände en järnplatta av storleken 10 x 20 cm var fastsvetsad. Denna platta följde med markens höjning och sänkning på den nivå där plattan placerades och dessa variationer i höjd registrerades genom att mäta avståndet  $a$  (fig. 1 sid. 4) mellan fixrörets topp och överkanten på mätplattans rör. För att undvika friktion mellan mätplattans rör och marken sattes ett foderrör av plast utanpå. Vidare var samtliga metalldelar insmorda med vattenfast fett.

För att registrera markytans höjning och sänkning lades en järnplatta på markytan bredvid fixröret och avståndet  $b$  (fig. 1) mellan plattan och fixrörets topp uppmättes. Avläsning av markytans rörelse skedde också på några punkter en bit ifrån fixrören och avläsningen gjordes då genom avvägning mot något av fixrören.

I god tid före en ny mätningssäsong, innan marken frusit, uppmättes utgångsläget för de olika mätpunkterna. Detta utfördes vanligtvis genom avvägning med instrument. Vid kontroll av fixrörens lägen i förhållande till varandra visade det sig att dessa ej i något fall förändrats. På de ställen, där markytans rörelse inte registrerades mot en fix i direkt anslutning till mätpunkten, gjordes mätningarna alltid med avvägningsinstrument. Avläsningen av dikesbottens respektive markytans rörelser i förhållande till en fix utfördes med tumstock.

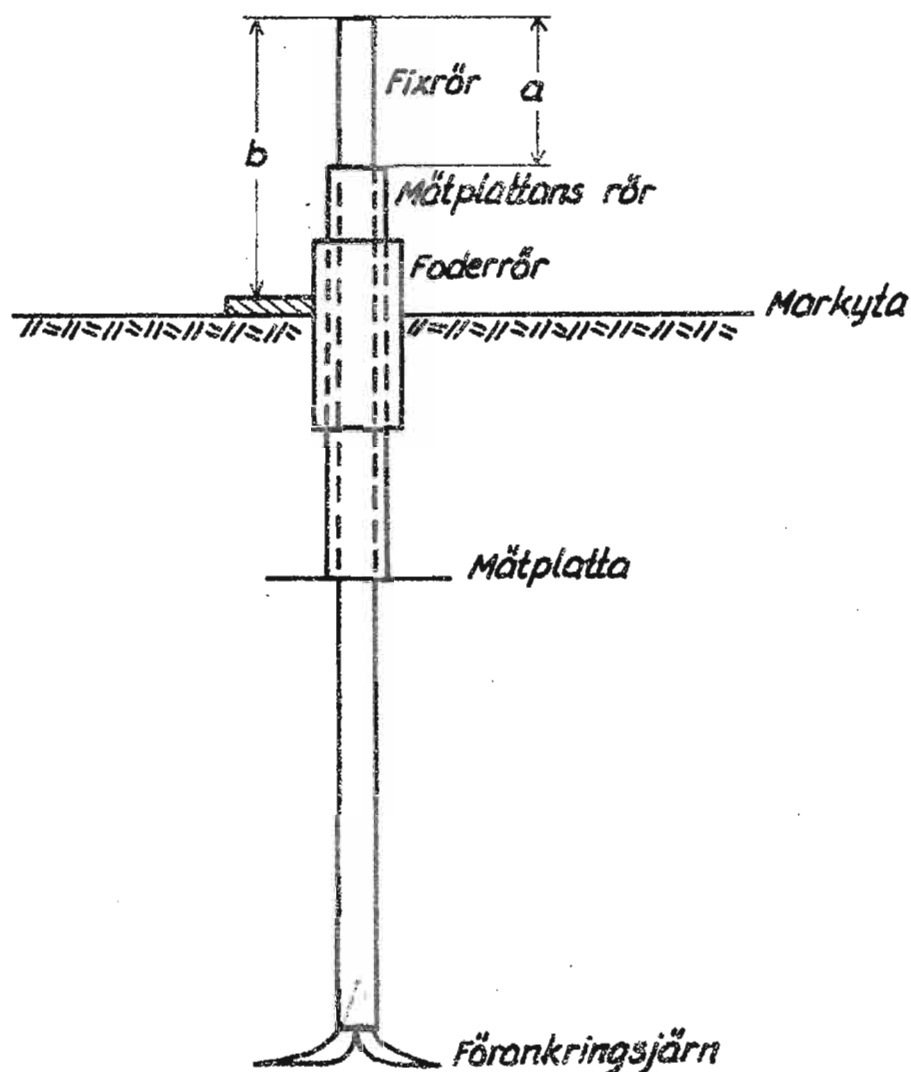


Fig. 1. Fixrör med mätplatta.

Mätning av tjäldjup. De mätare som använts vid mätning av tjäldjup är i princip konstruerade som visas i fig. 2. Mätroret består av ett graderat plexigumrör. Inuti detta rör sitter en latexslang spänd. Mellan mätrorets innersida och latexslangen uppkommer en ca 1 mm bred cirkulär spalt. Denna är fylld med destillerat vatten, vilket färgats med metylenblått. När tjäle bildas, fryser vattnet i mätaren och isen avfärgas. Vid avläsningen dras mätroret upp och gränsen mellan is och vatten noteras. Det finns även en variant av tjäldjupsmätaren där spalten förutom vatten innehåller en liten mängd luft och ca en kubikcentimeter kvicksilver. När mätaren står i marken kommer luftbubblan att befinna sig i rörets övre ände och kvicksilvret ligger på botten. Vid tjäle bildas en iszon i röret. Vid avläsning tar man upp röret och vänder det upp och ned. Luftbubblan flyter då upp mot den ena isytan och kvicksilvret sjunker ned mot den andra.



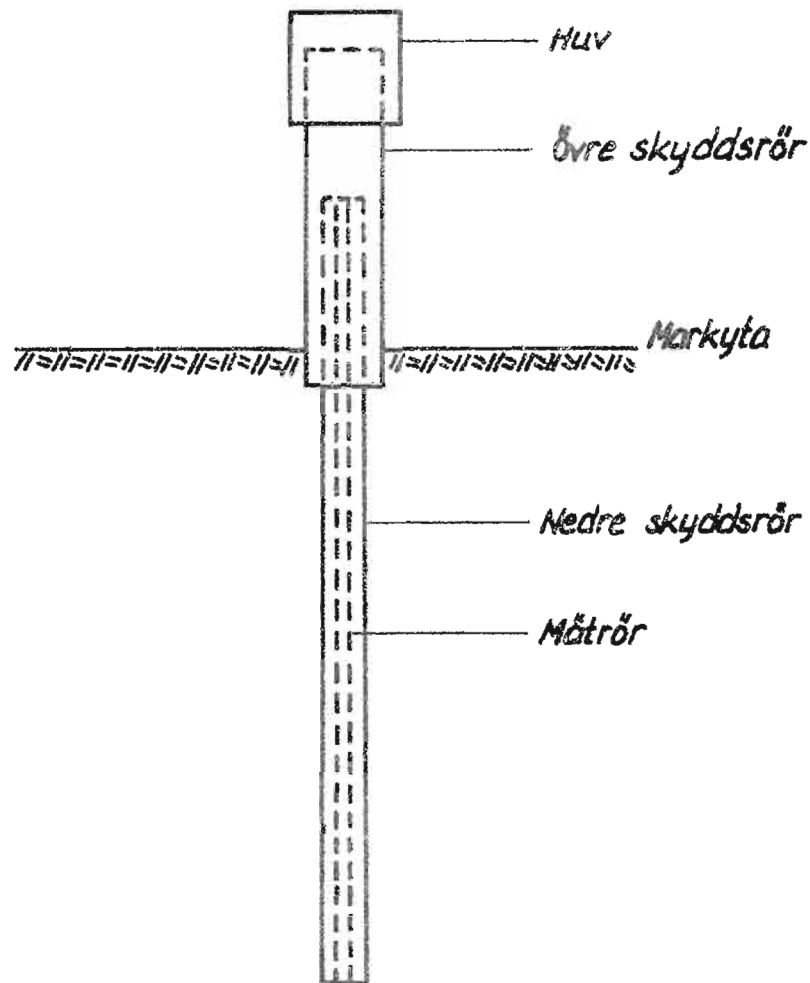


Fig. 2. Tjäldjupsmätare

#### Kommentarer till resultatredovisningen

Försökens geografiska lägen. Försöksplatsernas geografiska lägen anges bl.a. med två koordinater vilka hänför sig till rikets nätsystem 2,5° W Stockholm. Rikets nät finns angivet på den topografiska kartan över Sverige med svarta koordinatvärden i kartramen. De för försöksplatserna upptagna koordinatvärdena anger mitten av försöksplatsen med en noggrannhet av ca 100 m.

Jordarten har bestämts genom slammingsanalys. Mullhalten har erhållits ur glödningsförlusten efter korrektion för vattenbortgång enl. Ekström.

Diagram och tabeller. För de stationer där registrering av snödjup och tjäle utförts vid 1-3 tillfällen per vinter har stapeldiagram och tabeller upprättats. Detta har gjorts eftersom materialet inte varit tillräckligt omfattande för en sammanställning i form av de mer sammanhängande tjäldjupsdiagrammen. Ytterligare kommentarer till diagram och tabeller ges i direkt anslutning till resultatredovisningen av varje försöksplats.

De enskilda försöksplatserna är som tidigare nämnts utplacerade från Uppland i söder till Västerbotten i norr. Fig. 3 sid. 7 ger en översiktlig bild av var försöksplatserna är belägna. Mera exakta lägesangivelser ges i samband med redovisningen av de enskilda försöksplatserna.

Försöken har placerats inom områden där problemen kan tänkas uppstå, samtidigt som platserna representerar mera betydande jordartsområden eller jordbruksbygder.

Fig. 3. Försöksplatsernas lägen



### 1. Söderby, Uppsala län

Försöket är beläget ca 1 mil öster om Uppsala. Lägeskoordinaterna är 663375/160965. Hur försöket har utformats framgår av fig. 1:1.

Jordart. Matjorden utgöres av måttligt mulihaltig styv lera och alven av styv lera.

Tabell 1:1. Kornstorlekssammansättning och mulihalt.

	Mulihalt	Ler	Mjåla	Mo	Sand
Mtj	6	52	29	12	1
Alv	2	57	29	-	-

Resultat. Kontinuerlig avläsning av stationen har gjorts under 4 vintrar. Diagrammen i figurerna 1:2-5 visar snödjup, markens rörelse, tjälkropp i snötäckt och i snöfri mark samt markskiktens rörelse på 50 och 80 cm djup åren 1967-71.

Tabell 1:2. Söderby, Uppsala län. Högsta uppmätta värden på tjäldjup och nivåförändringar i marken respektive vinter på snöfri mark.

	Tjäldjup	Höjning av markskiktet vid 50 cm	Höjning av markskiktet vid 80 cm	Höjning av markytan
1967/68	67 cm	2 cm	0 cm	1 cm
68/69	75 "	1 "	0 "	4 "
69/70	88 "	2 "	2 "	2 "
70/71	45 "	0 "	0 "	1 "

Vid mätstationen har det funnits två fixrör på snöfri mark inne i ladan och två mätplattor på 50 respektive 80 cm djup i anslutning till dessa. Vid dessa fixpunkter och på ytterligare två ställen har markytans rörelse noterats. Tjäldjupet på snöfri och på snötäckt mark samt snödjup har uppmätts.

Tjälkroppen smälter både från markytan och underifrån, därav tjälkroppens "toffelliknande" utseende. Snödjupet skall i diagrammet avläsas från markytans nollnivå, vilket medför att snödjupet ibland synes ligga under markytan.

En viss uppfrysning av matjorden förekommer. Små variationer vid de olika markskikten kan iakttas, men dessa bör inte påverka eventuella dräneringsrör i någon nämnvärd omfattning. För att undvika ledningsskador bör ett täckdikningsdjup på 80 cm vara tillräckligt.

Fig. 1:1 Söderby

Försöksplan

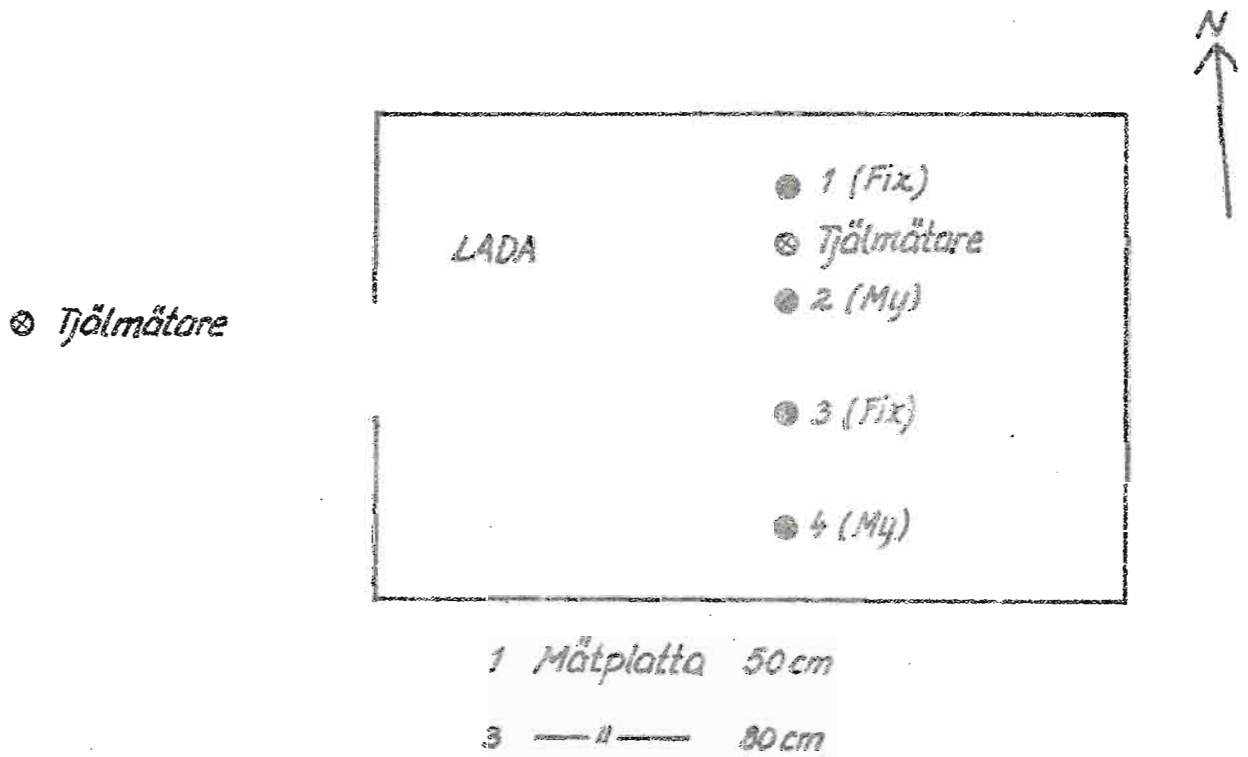


Fig. 1:2

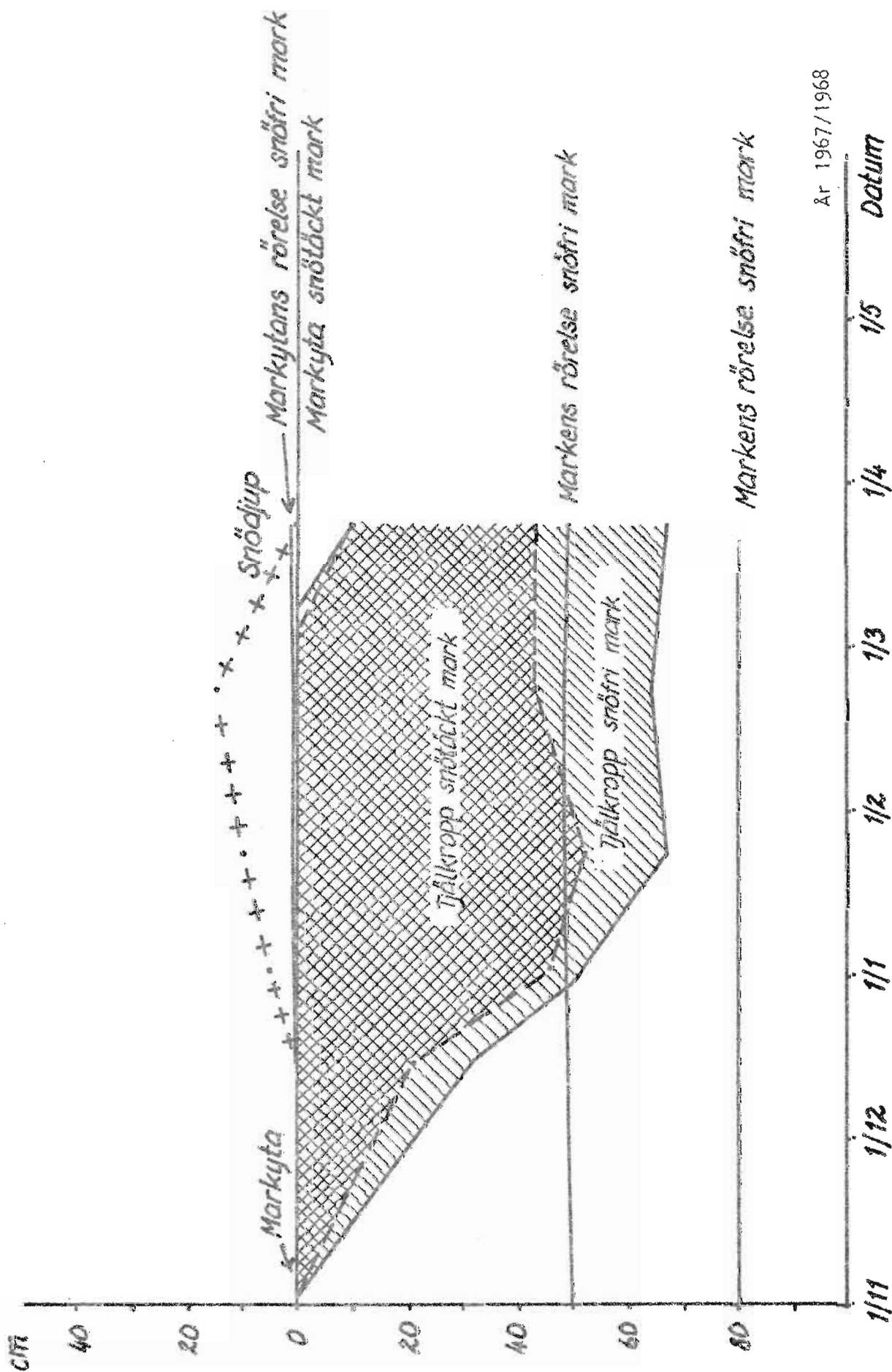
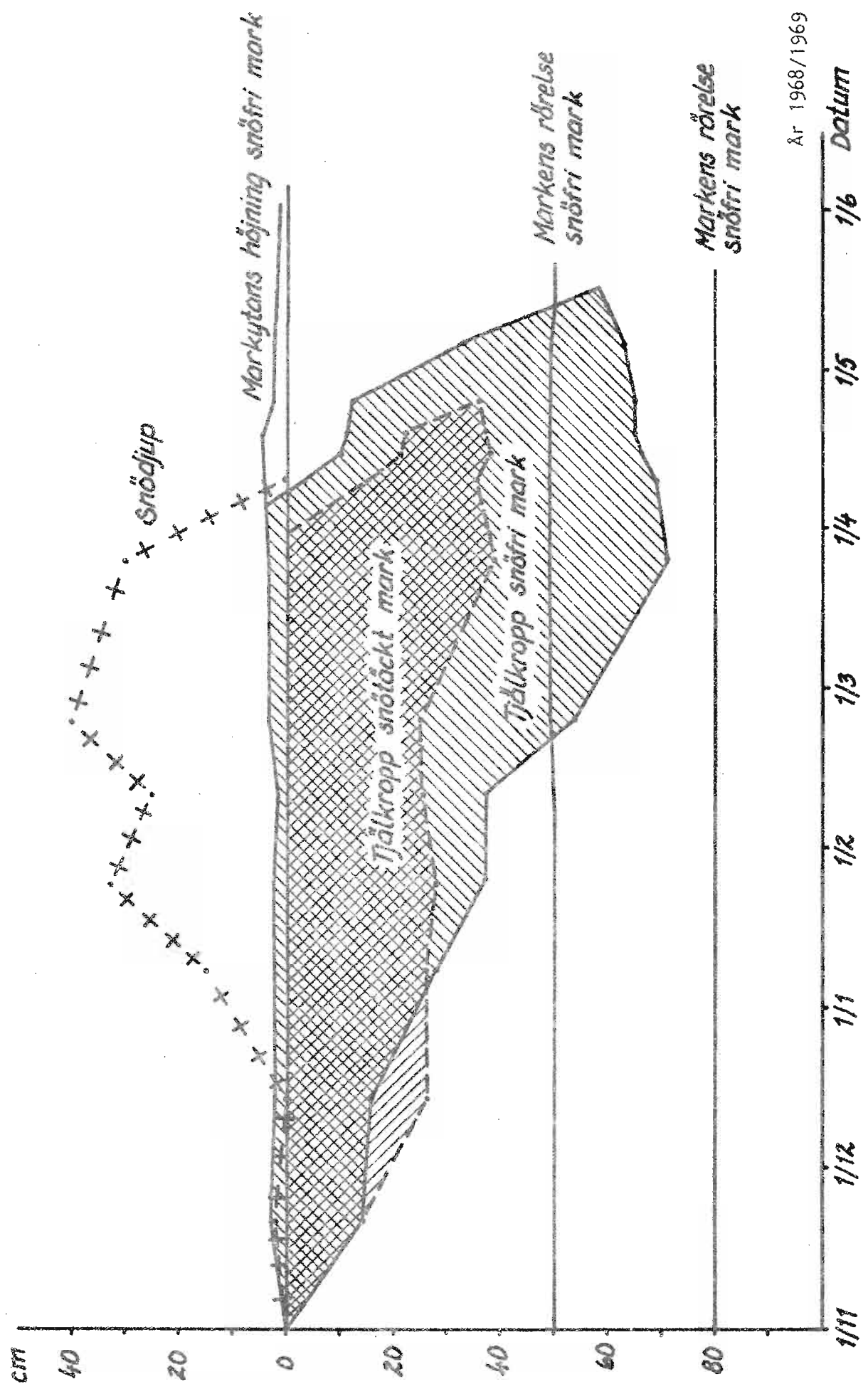


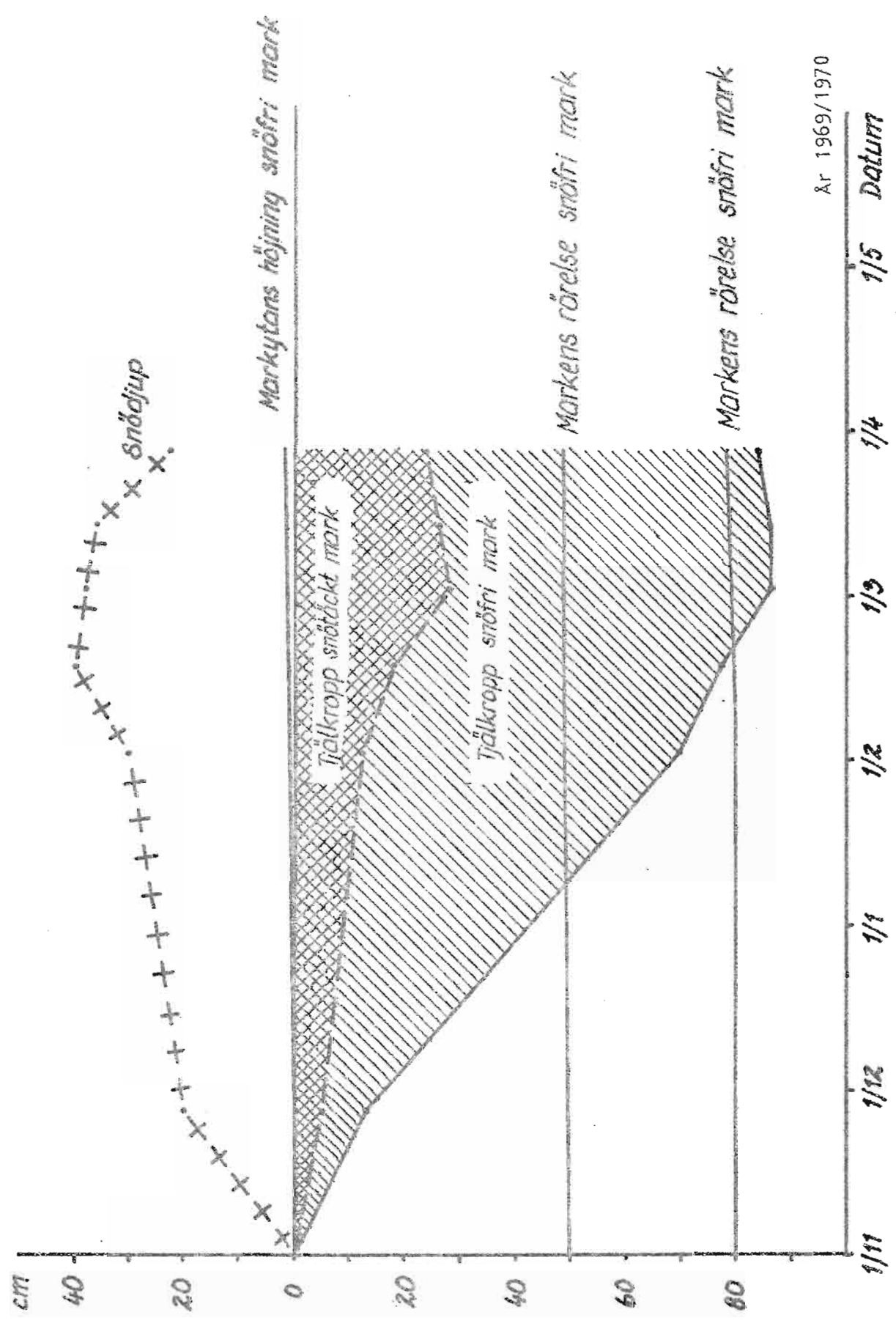
Fig. 1:3



År 1968/1969

Datum
1/11
1/12
1/1
1/2
1/3
1/4
1/5
1/6

Fig. 1:4

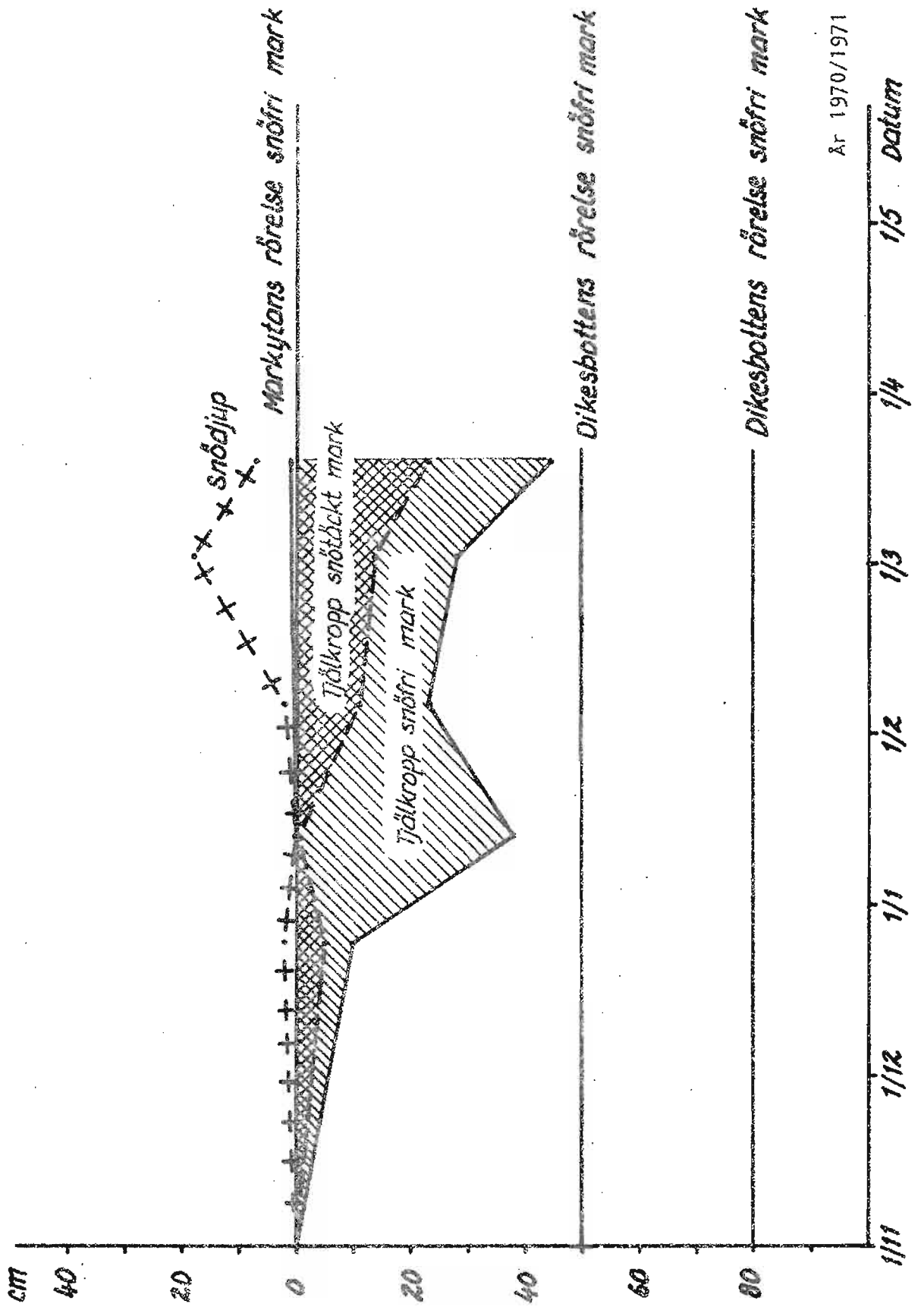


År 1969/1970

Datum 1/11 1/12 1/1 1/2 1/3 1/4 1/5



Fig. 1:5



År 1970/1971

## 2. Väsby, Uppsala län.

Försöket är beläget ca 5 km söder om Tierp. Lägeskoordinaterna utgör 668860/159250. Försökets utformning framgår av fig. 2:1.

Jordart. Matjorden utgöres av något multhaltig lerig mo. Även alven består av lerig mo.

Tabell 2:1. Väsby, Uppsala län. Kornstorlekssammansättning och multhalt.

	Multhalt	Ler	Miäla	Mo	Sand
Mtj	3	14	11	64	8
Alv	-	6	9	82	3

Resultat. Mätningar har gjorts under sju år med 1-2 mättillfällen varje vinter. Åren 1968-70 mättes inte markytans höjning på snötäckt mark.

Diagrammet i fig. 2:2 visar snödjup, markens rörelse, tjälkropp i snötäckt och i snöfri mark samt markskiktets rörelse på 50 och 80 cm djup åren 1967-74.

Tabell 2:2. Väsby, Uppsala län. Högsta uppmätta värden på tjäldjup och nivåförändringar i marken respektive vinter på snöfri mark.

	Tjäldjup	Höjning av markskiktet vid 50 cm	Höjning av markskiktet vid 80 cm	Höjning av markytan
1967/68	68 cm	0 cm	0 cm	8 cm
68/69	66 "	0 "	0 "	5 "
69/70	79 "	0 "	0 "	9 "
70/71	53 "	0 "	0 "	5 "
71/72	44 "	0 "	0 "	4 "
72/73	21 "	0 "	0 "	0 "
73/74	23 "	0 "	0 "	2 "

Tjälkroppen ovanför "noll" i fig. 2:2 representerar markytans höjning. Observera även att "tjäldjup" i tabellen motsvaras av tjäldjupet under "noll" plus markytans höjning. Uppfrysningen i markytan har vissa år varit ganska markant, men någon frosthävning längre ned i profilen har inte uppmätts.

Ett dikesdjup på ca 50 cm skulle vara tillräckligt för undvikande av ledningsskada i samband med frosthävning på denna lokal. Ett dikesdjup på 50 cm är emellertid ur andra aspekter oacceptabelt. Dessa aspekter kommer dock här och i den fortsatta framställningen att lämnas utan kommentar.

Försöksplan

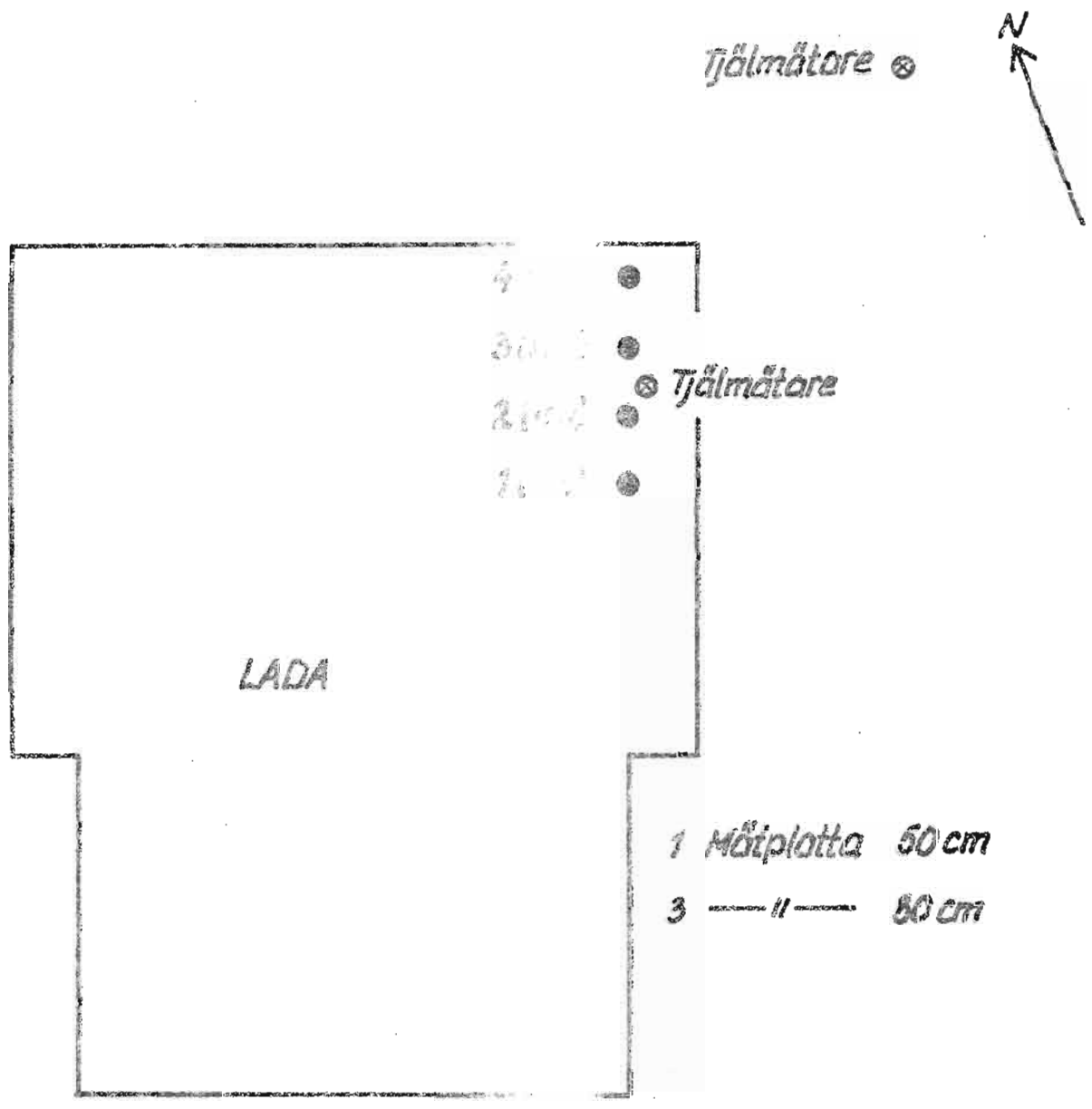
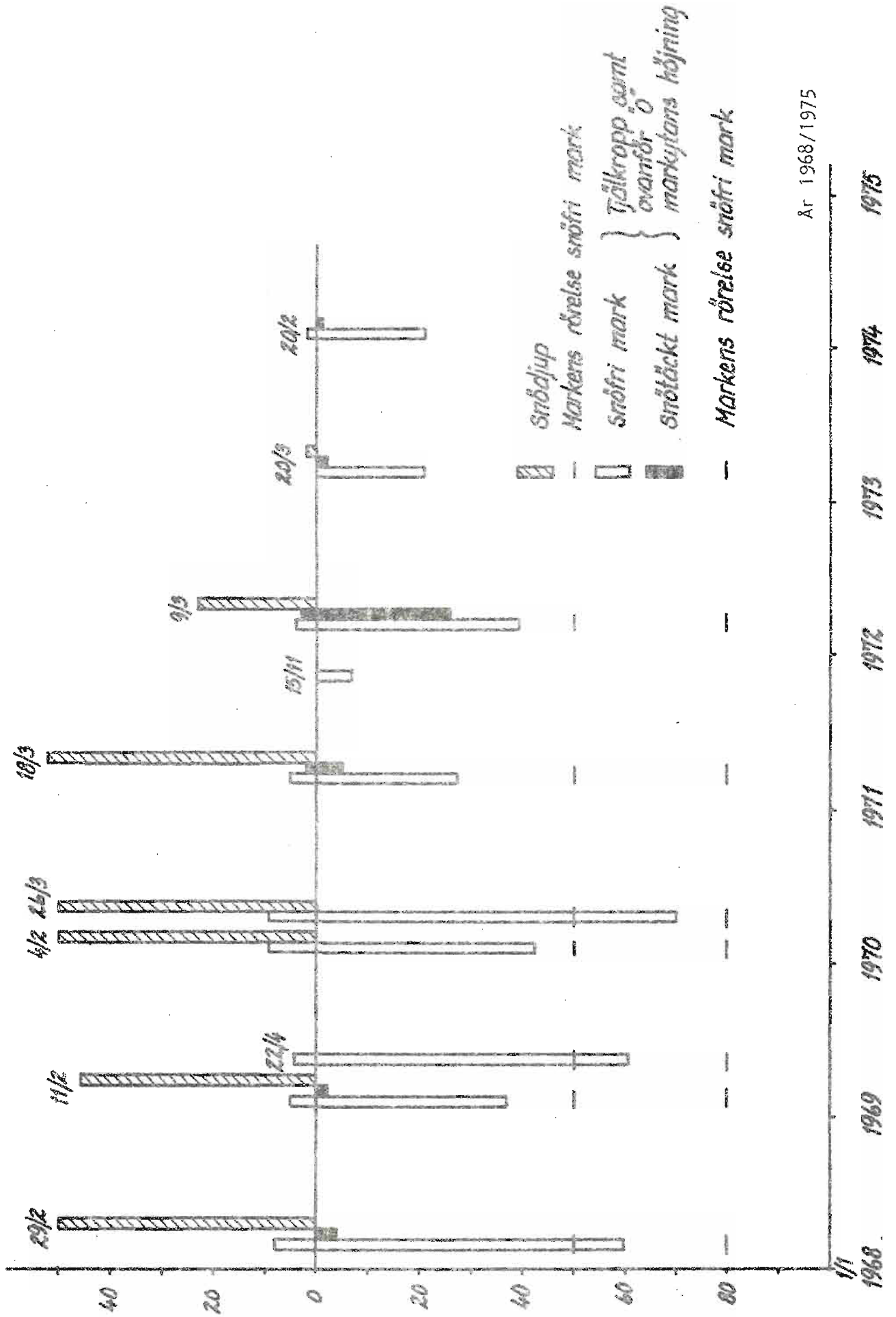


Fig. 2:1. Uppbyggnaden av denna s. överensstämmer med stationen vid Söderby.

Fig. 2:2



### 3. Gråbergs, Kopparbergs län

Försöket är beläget ca 7 km norr om Hedemora. Lägeskoordinaterna utgör 668995/151285. Hur försöket utformats framgår av fig. 3:1.

Jordart. Matjorden utgöres av måttligt mulihaltig mjälalättlera och alven av lerig mo.

Tabell 3:1. Gråbergs, Kopparbergs län. Kornstorlekssammansättning och mulihalt.

	Mulihalt	Ler	Mjåla	Mo	Sand
Mtj	5	21	59	13	2
Alv	1	9	40	50	-

Resultat. Mätningar har utförts under 8 år med 1-2 mättilfällen varje vinter. Åren 1968-70 samt 1972 gjordes inga mätningar av markytans höjning på snötäckt mark.

Diagrammet i fig. 3:2 visar snödjup, markens rörelse, tjälkropp i snötäckt och snöfri mark samt markskiktens rörelse på 50 och 80 cm djup åren 1967-75.

Tabell 3:2. Gråbergs, Kopparbergs län. Högsta uppmätta värden på tjäldjup och nivåförändringar i marken respektive vinter.

	Tjäldjup	Höjning av markskiktet vid 50 cm	Höjning av markskiktet vid 80 cm	Höjning av markytan
1967/68	80 cm	2 cm	0 cm	13 cm
68/69	75 "	0 "	0 "	27 "
69/70	100 "	4 "	2 "	16 "
70/71	49 "	0 "	0 "	12 "
71/72	46 "	0 "	0 "	13 "
72/73	18 "	0 "	0 "	7 "
73/74	35 "	0 "	0 "	11 "
74/75	33 "	0 "	0 "	10 "

Det har skett en kraftig uppfrysning av matjorden, men förändringarna i de undre markskikten är inte så i ögonfallande. På 80 cm djup är marken i det närmaste opåverkad. Även det mindre djupet har klarat de flesta vintrarna utan särskilt stora höjningar av markskiktet på den nivån. Endast vintern 69/70 då tjäldjupet var extremt stort har en höjning av markskiktet vid 80 cm noterats. Vid markskiktet på 50 cm nivån är höjningen denna vinter hela 4 cm, vilket måste medföra stora påfrestningar på dräneringsledningarna.

Försöksplan

⊗ Tjälmatöre

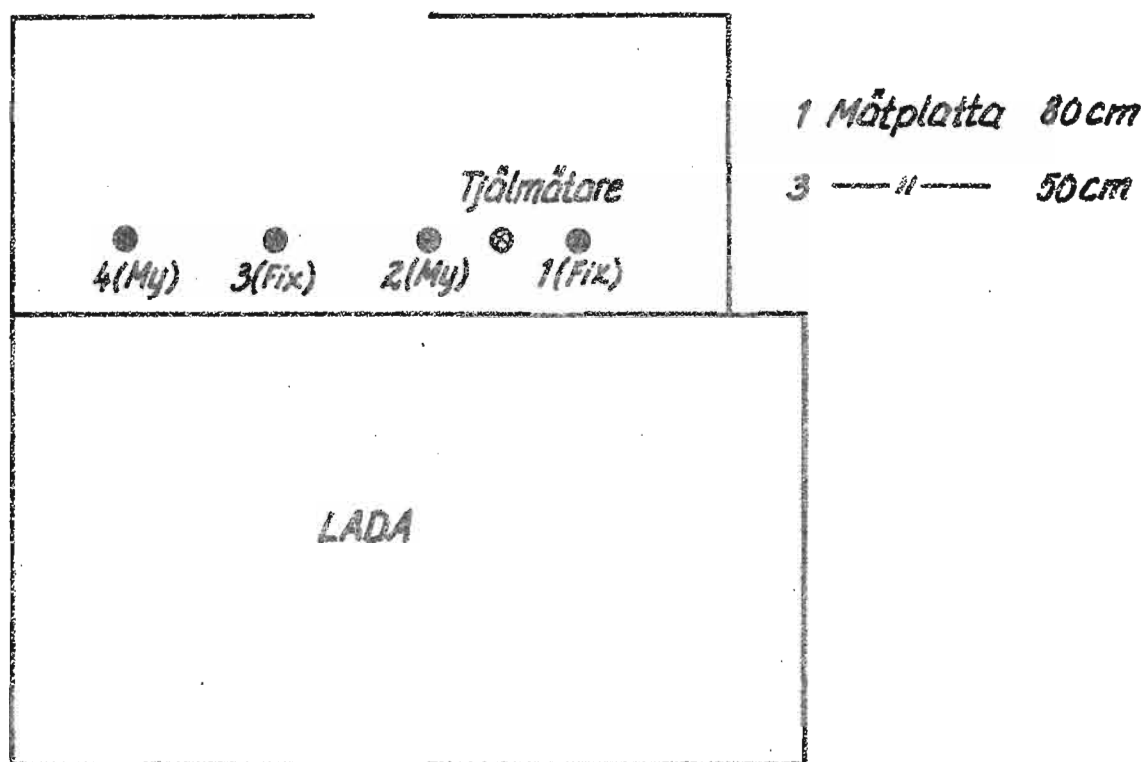
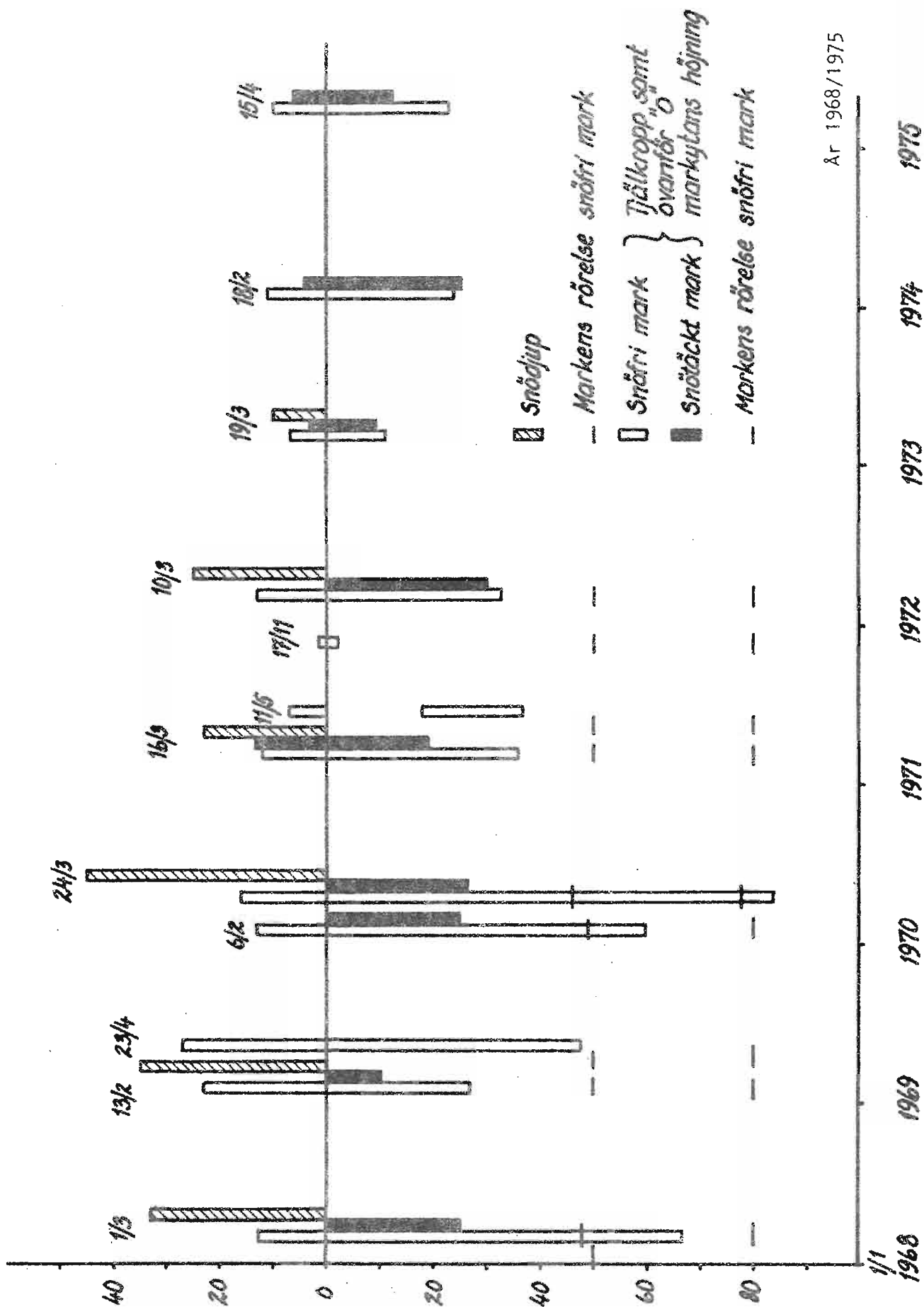


Fig. 3:1. Uppbyggnaden av denna station överensstämmer med stationen vid Söderby.

Fig. 3:2



År 1968/1975

#### 4. Hesse, Kopparbergs län

Försöket är beläget ca 5 km söder om Borlänge. Lägeskoordinaterna utgör 670070/148210. Hur försöket utformats framgår av fig. 4:1.

Jordart. Matjorden utgöres av måttligt mullhaltig lerig mjäla och alven av lerig mjäla.

Tabell 4:1. Hesse, Kopparbergs län. Kornstorlekssammansättning och mullhalt.

	Mullhalt	Ler	Mjäla	Mo	Sand
Mtj	4	12	55	27	2
Alv	-	13	56	29	1

Resultat. Mätningar har utförts under 8 år med 1-2 mätilfällen varje vinter. Inga mätningar av markytans höjning på snötäckt mark har gjorts åren 1968-72.

Diagrammet i fig. 4:2 visar snödjup, markytans rörelse, tjälkropp i snötäckt och i snöfri mark samt markskiktens rörelse på 50 och 80 cm djup under åren 1967-75.

Tabell 4:2. Hesse, Kopparbergs län. Högsta uppmätta värden på tjäldjup och nivåförändringar i marken respektive vinter på snöfri mark.

	Tjäldjup	Höjning av markskiktet vid 50 cm	Höjning av markskiktet vid 80 cm	Höjning av markytan
1967/68	78 cm	4 cm	0 cm	16 cm
68/69	75 "	4 "	0 "	12 "
69/70	95 "	5 "	2 "	13 "
70/71	33 "	0 "	0 "	11 "
71/72	44 "	0 "	0 "	10 "
72/73	21 "	0 "	0 "	4 "
73/74	17 "	0 "	0 "	5 "
74/75	10 "	0 "	0 "	3 "

Mätningarna visar på en kraftig uppfrysning av matjorden, medan markskiktet vid 50 och 80 cm endast påverkats i ett par fall med stort tjäldjup. En vertikal rörelse hos eventuella dräneringsledningar med 4-5 cm måste anses oacceptabelt. Så stora rörelser innebär att fickor kan bildas på ledningen och inslammat material avsätts lätt där. Följden blir att det kan bli stopp i ledningen.



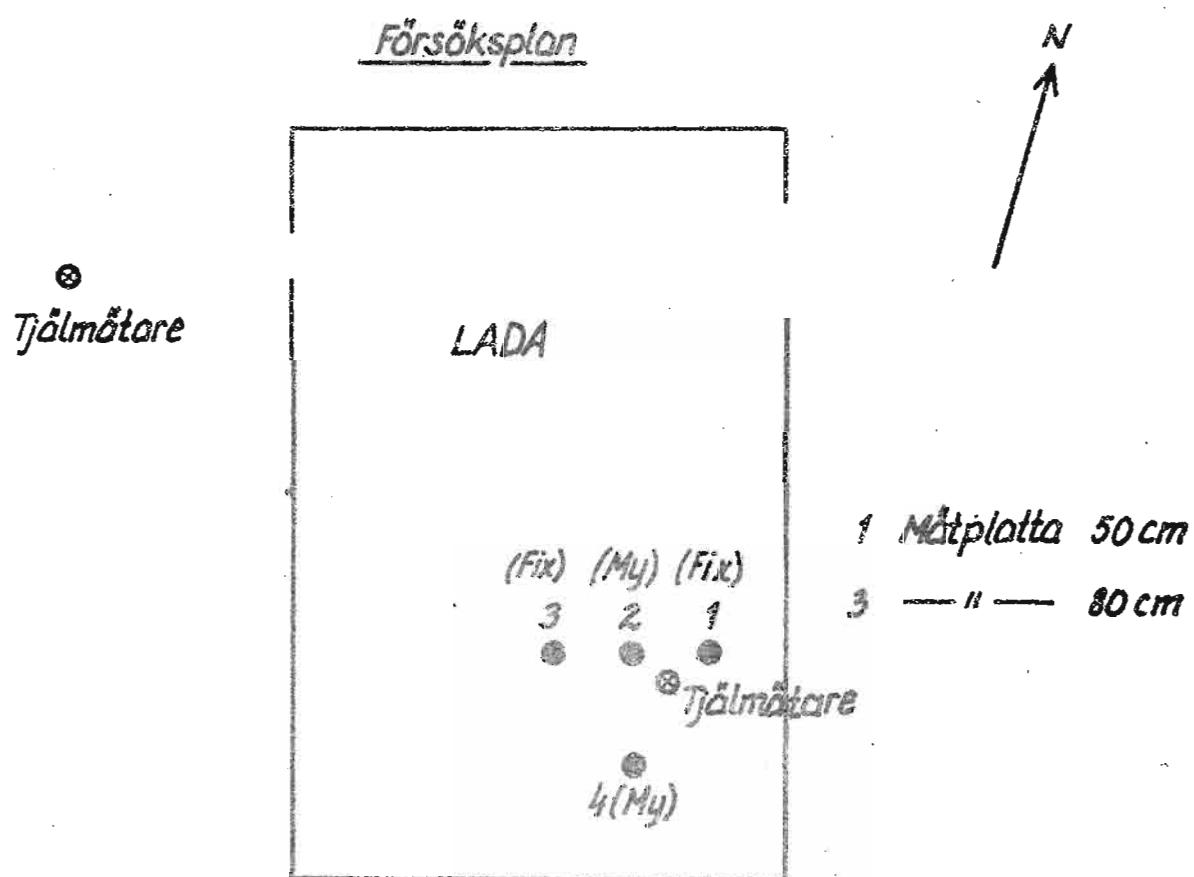
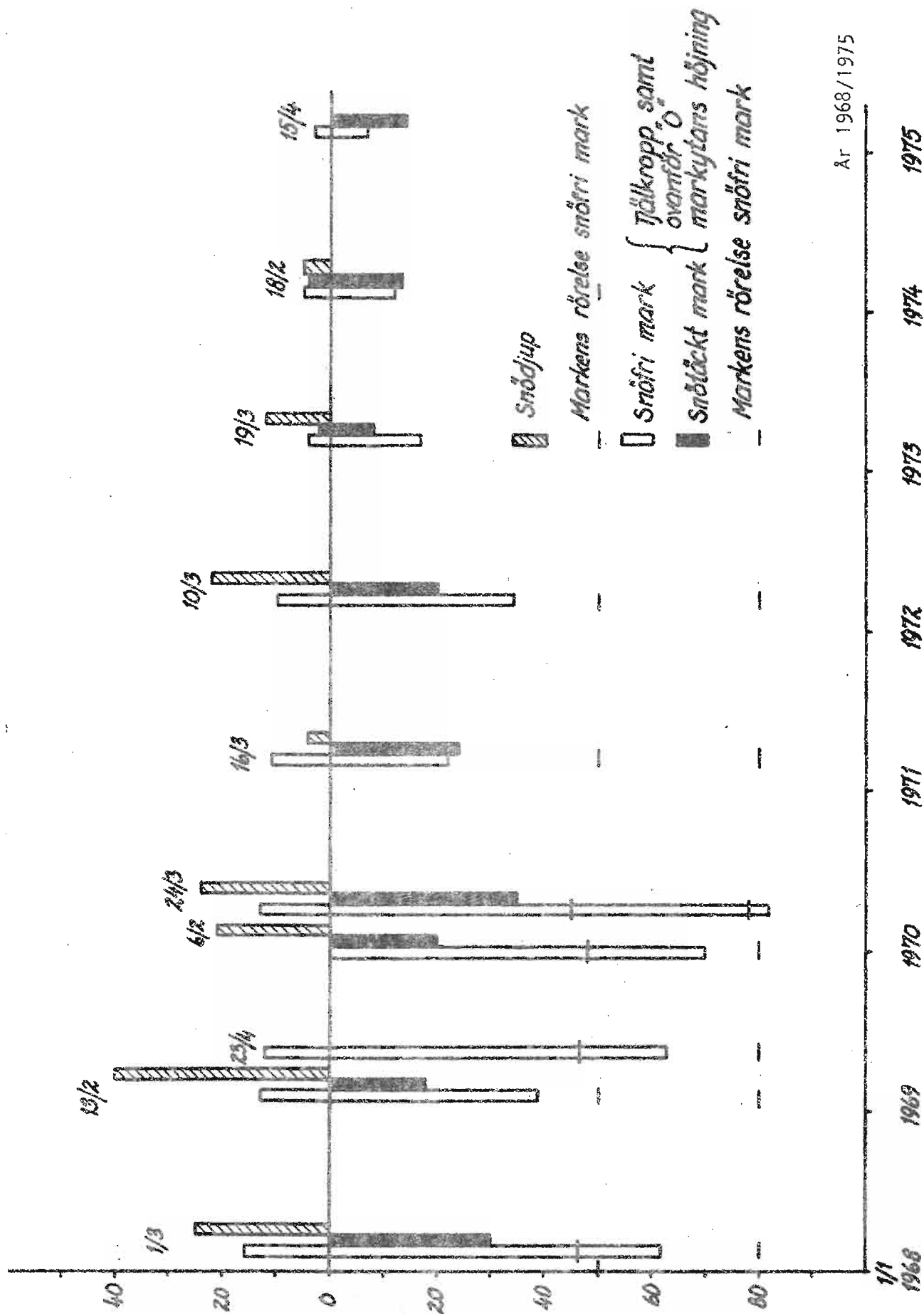


Fig. 4:1. Uppbyggnaden av denna station överensstämmer med stationen vid Söderby.

Fig. 4:2



År 1968/1975

### 5. Färila, Gävleborgs län

Försöksplatsen är belägen vid själva samhället, Färila. Lägeskoordinaterna utgör 685360/150140. Hur försöket utformats framgår av fig. 5:1.

Jordart. Matjorden utgöres av multrik lerig mjäla och alven av lerig mjäla.

Tabell 5:1. Färila, Gävleborgs län. Kornstorlekssammansättning och multhalt.

	Multhalt	Ler	Mjäla	Mo	Sand
Mtj	7	14	47	30	2
Alv	-	9	54	36	1

Resultat. Mätningar har utförts under åtta vintrar med likartad intensitet som vid föregående försök. Inga mätningar av markytans höjning på snötäckt mark har gjorts under åren 1968-70.

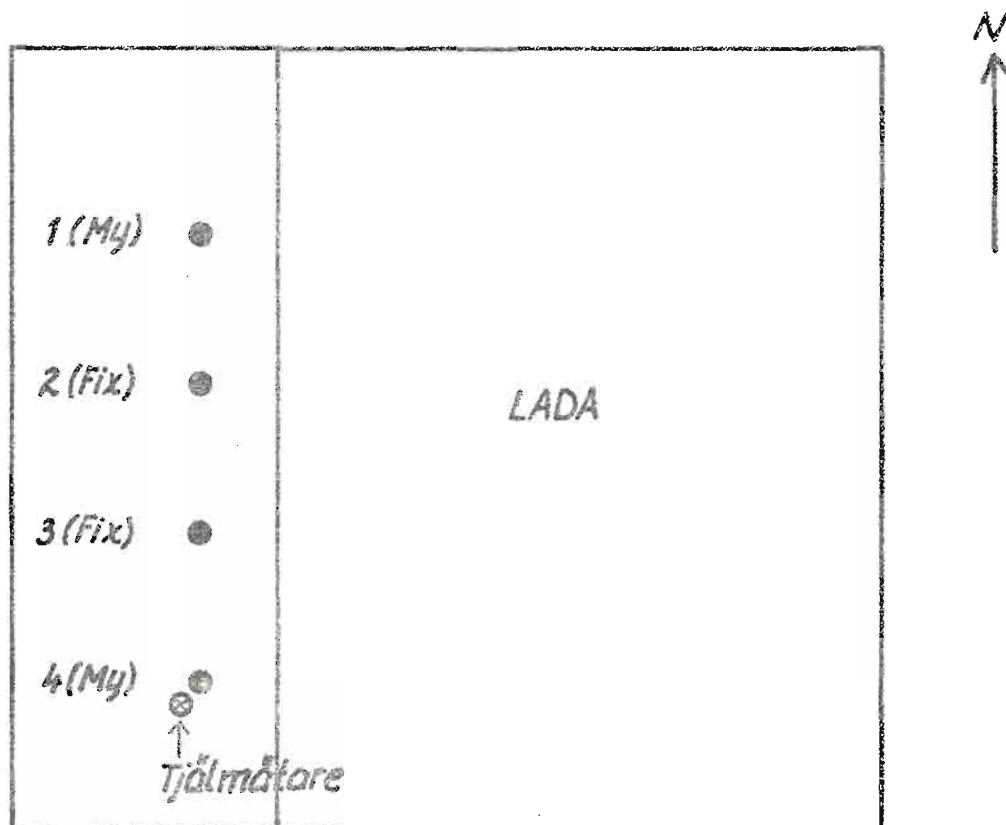
Diagrammet i fig. 5:2, visar snödjup, tjälkropp i snötäckt och i snöfri mark samt olika markskikts rörelser åren 1967-75.

Tabell 5:2. Färila, Gävleborgs län. Högsta uppmätta värden på tjäldjup och nivåförändringar i marken respektive vinter på snöfri mark.

	Tjäldjup	Höjning av markskiktet vid 50 cm	Höjning av markskiktet vid 80 cm	Höjning av markytan
1967/68	69 cm	4 cm	0 cm	13 cm
68/69	85 "	6 "	0 "	17 "
69/70	98 "	6 "	4 "	20 "
70/71	56 "	0 "	0 "	14 "
71/72	58 "	0 "	0 "	15 "
72/73	21 "	0 "	0 "	8 "
73/74	43 "	0 "	0 "	9 "
74/75	" "	0 "	0 "	22 "

Uppfrysningen av matjorden är överlag mycket kraftig. Även den snötäckta marken har vissa år utsatts för markhöjningar på upp till 10 cm. Markskiktet på 50 cm djup har vid stort tjäldjup höjts med 4-6 cm, medan markskiktet vid 80 cm endast påverkats den kalla vintern 69/70. Då lyftes markskiktet 4 cm, vilket givetvis innebär risk för eventuella ledningar. Ett dikesdjup på 80-100 cm måste därför anses nödvändigt för att skador på ledningarna skall undvikas.

Försöksplan



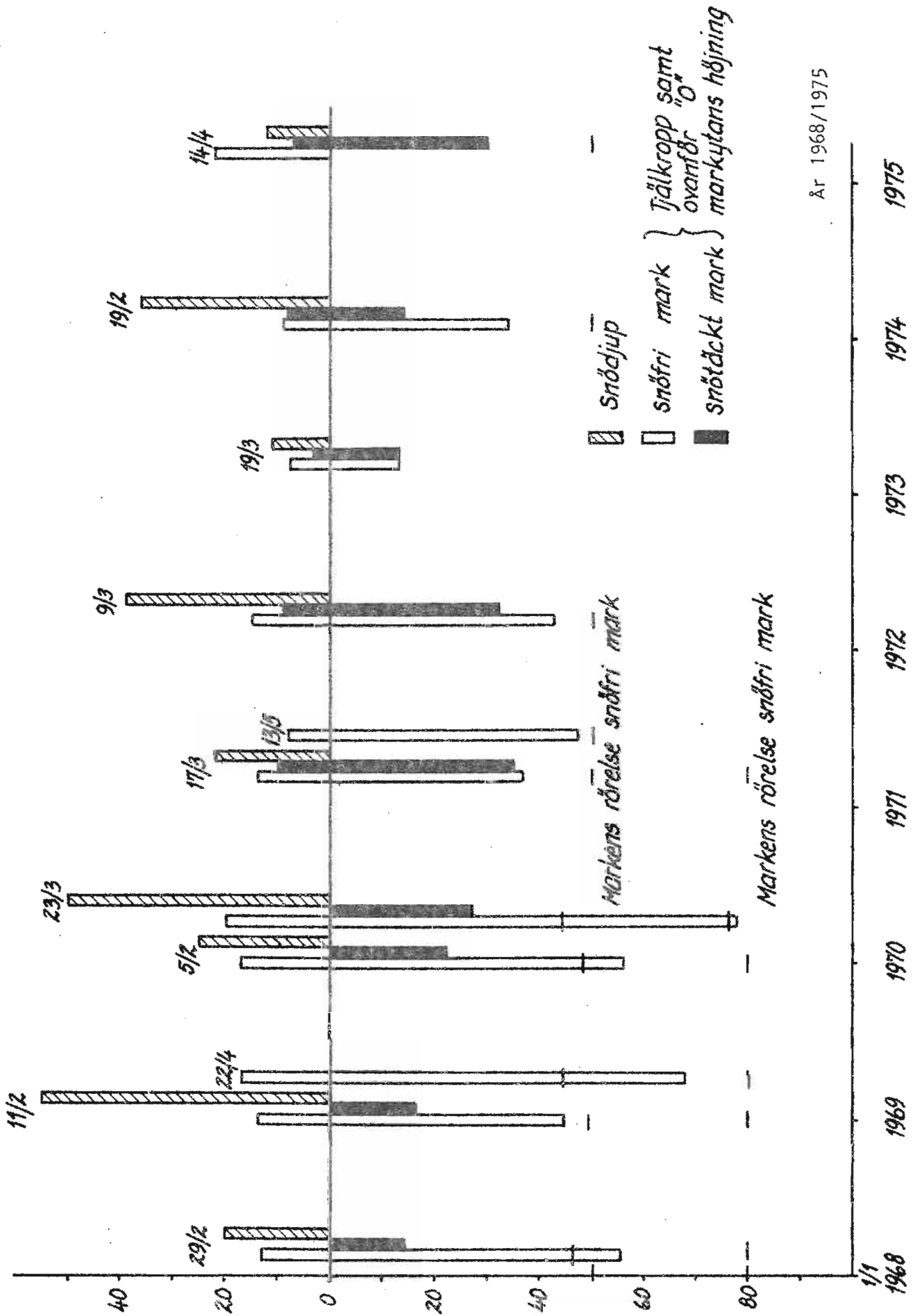
2 Mätplatta 50cm

3 —||— 80cm

⊗ Tjälmatöre

Fig. 5:1. Uppbyggnaden av denna station överensstämmer med stationen vid Söderby.

Fig. 5:2



## 6. Korskrogen, Gävleborgs län

Försöket är beläget ca 5 km nordväst om Färila. Lägeskoordinaterna utgör 685570/149585. Hur försöket har utformats framgår av fig. 6:1.

Jordart. Matjorden består av mullrik mjällättlera och alven av mjällättlera.

Tabell 6:1. Korskrogen, Gävleborgs län. Kornstorleksammansättning och mullhalt.

	Mullhalt	Ler	Mjåla	Mo	Sand
Mtj	7	15	60	16	2
Alv	-	14	69	15	2

Diagrammet i fig. 6:2 visar snödjup, tjälkropp, markytans höjning samt dikesbottens rörelse under åren 1967-75.

Resultat. Mätningar har utförts under åtta vintrar. Under åren 1968-70 har inga mätningar av markytans höjning eller tjäldjupsmätningar på snötäckt mark utförts.

Tabell 6:2. Korskrogen, Gävleborgs län. Högsta uppmätta värden på tjäldjup och nivåförändringar i marken respektive vinter på snöfri mark och på snötäckt mark. A = snöfri mark, B = snötäckt mark.

	Tjäldjup		Höjning av dikesbotten 45 cm		Höjning av dikesbotten 90 cm		Höjning av markytan	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1967/68	94 cm	56 cm	6 cm	2 cm	0 cm	0 cm	10 cm	-
68/69	100 "	34 "	8 "	0 "	0 "	0 "	17 "	-
69/70	123 "	37 "	8 "	0 "	7 "	0 "	13 "	-
70/71	65 "	44 "	6 "	0 "	0 "	0 "	14 "	13 cm
71/72	80 "	52 "	4 "	1 "	1 "	0 "	11 "	7 "
72/73	31 "	29 "	0 "	0 "	0 "	0 "	8 "	7 "
73/74	60 "	23 "	5 "	0 "	0 "	0 "	8 "	0 "
74/75	47 "	44 "	0 "	0 "	0 "	0 "	20 "	16 "

Kraftig uppfrysning har erhållits i matjorden på snöfri mark, där även dikesbotten på 45 cm djup påverkats. Uppfrysning av matjorden förekommer även på snötäckt mark men är där mindre. Tjäldjupet på snöfri mark har en vinter (69/70) överstigit 120 cm, vilket medfört att dikesbotten på 90 cm djup höjts med 7 cm. Så stora vertikala förskjutningar av dikesbottens läge kan givetvis medföra skador på ledningen.

Mätstationen har haft fyra fixrör på snöfri mark och i anslutning till dessa, två mätplattor på 45 cm djup och två mätplattor på 90 cm djup. På snötäckt mark har funnits tre fixrör, två med mätplattor på 45 cm djup och en med mätplattan på 90 cm djup. I anslutning till fixrören lades tre dräneringsledningar, en med korrugerade plaströr, en med släta plaströr och en med tegelrör, samtliga med dikesbotten på 45 cm djup.

Fig. 6:1

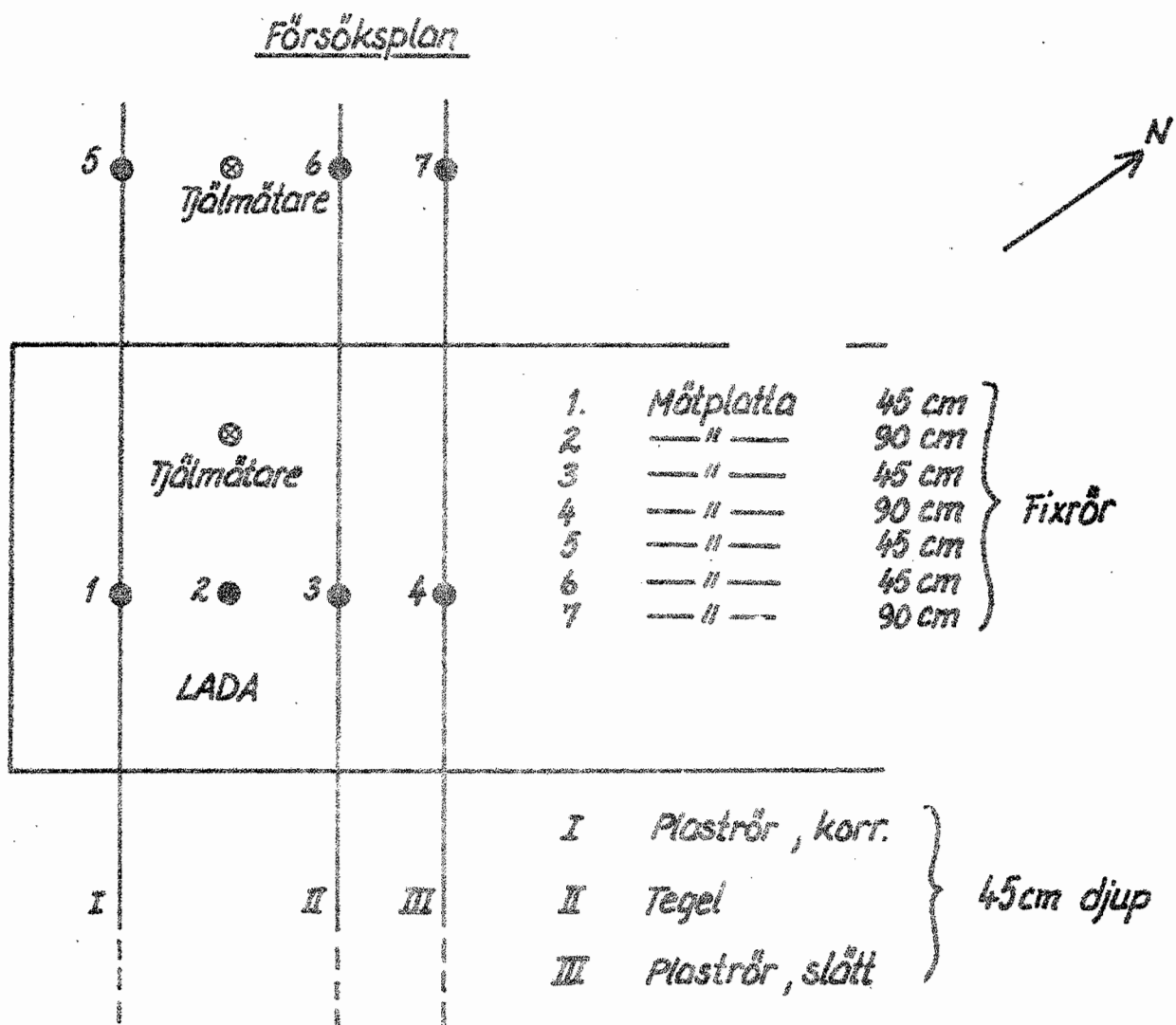
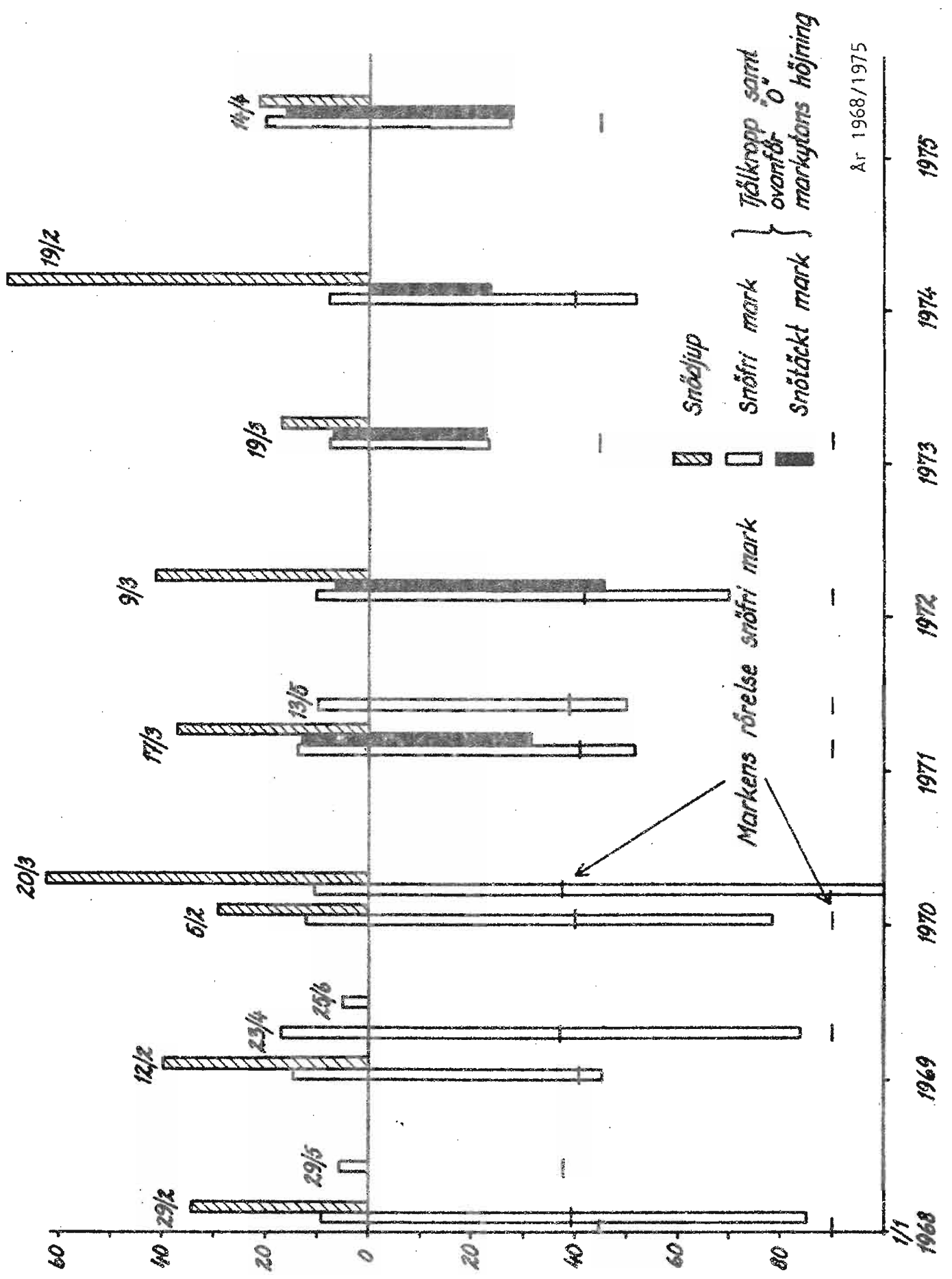


Fig. 6:2

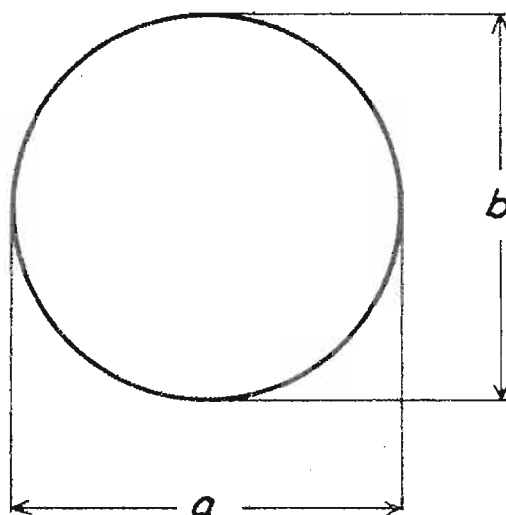




Undersökning av dräneringsledningarna. För att undersöka dräneringsledningarnas tillstånd grävdes dessa fram efter mätningarnas avslutning på våren 1975. Den översta delen av jorden avlägsnades, där så var möjligt med grävmaskin, och sedan frilades rören mycket försiktigt genom att gräva för hand så att inte rören rubbades. Följande undersökningar utfördes:

- I. Kontroll av eventuell hoptryckning hos plaströren.
- II. Uppmätning av eventuell vertikal förskjutning av dräneringsledningarna.

- I. På ett antal punkter längs dräneringsledningen, med ledningens passage under ladväggen som utgångspunkt, uppmättes med skjutmått rörets utvändiga horisontella och vertikala diameter (Fig. 6:3). Se nedan.



Tabell 6:3. Utvändig diameter på plastören sedan försöket avslutats. Dikesdjupet var 45 cm. a = horisontellt mått, b = vertikalt mått.

Uppmättningsplats	Korrugerat rör			Slätt rör		
	a	b	a-b	a	b	a-b
3.0 m utanför ladväggen	50.5 mm	49.5 mm	1.0 mm	49.5 mm	49.0 mm	0.5 mm
0.5 m utanför ladväggen	51.9	49.8	2.1	50.2	50.0	0.2
Under ladväggen	49.5	49.0	0.5	49.8	50.3	-0.5
0.5 m innanför ladväggen	50.0	49.2	0.8	50.5	49.2	1.3
3.0 m innanför ladväggen	50.6	49.4	1.2	51.0	49.6	1.4

Av tabellen framgår att hoptryckningen oberoende av mätpunkt och rörtyp är mycket ringa.

11. För att kontrollera hur de vertikala förskjutningarna påverkar dräneringsledningarnas läge gjordes avvägningar på punkter så nära som möjligt innanför och utanför ladväggen och sedan med ca 0.5 m mellanrum åt ömse håll. Resultatet framgår av fig. 6:4

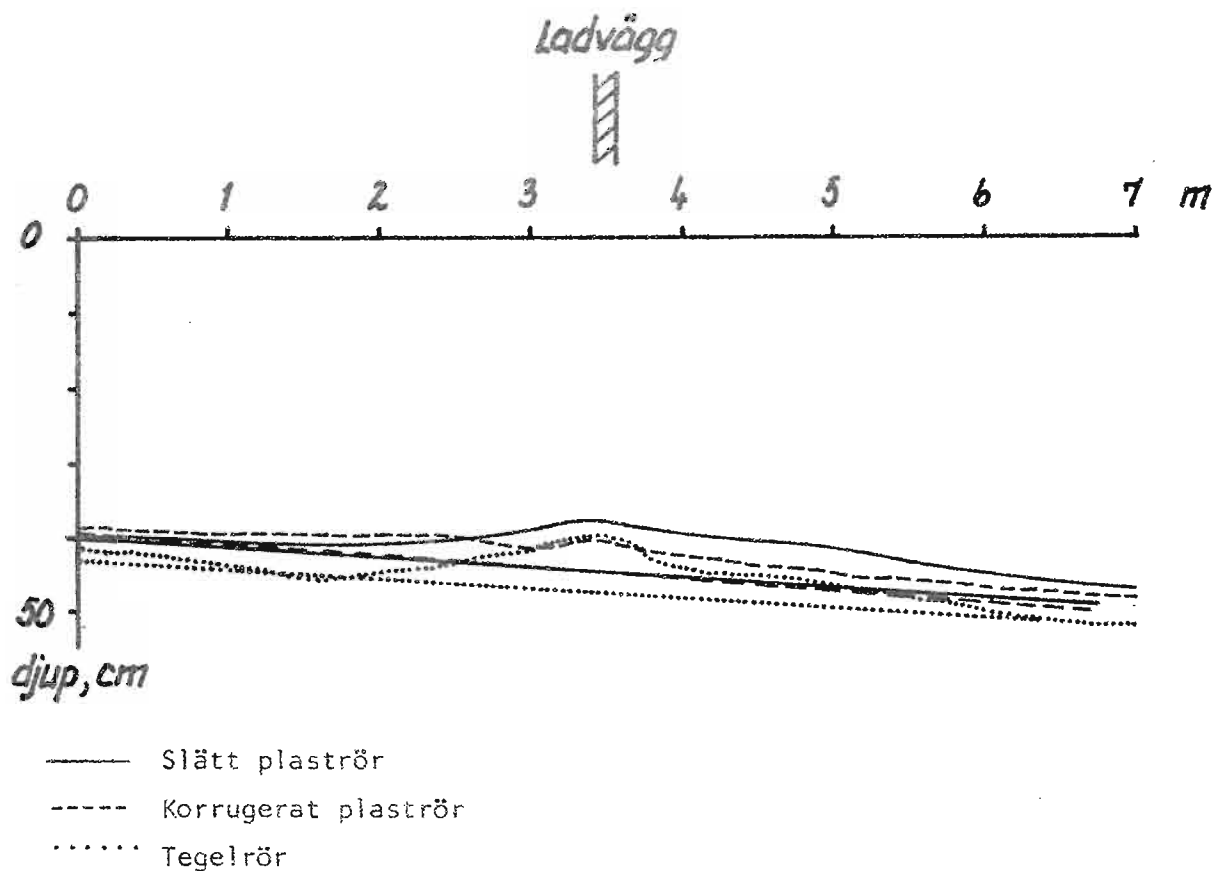


Fig. 6:4. Avvägning av de frilagda dräneringsledningarna

De krokiga linjerna anger respektive lednings läge vid undersökningstillfället 1975. De raka linjerna visar respektive lednings ursprungliga läge vid tiden för försökets utläggning.

Största avvikelserna för samtliga rör finns i anslutning till ladans vägg, vilket är en följd av skillnader i uppfrysning på snötäckt resp. snöfri mark. Därvid bildas svackor på ledningen, där inslammat material kan samlas vilket givetvis får negativa följder för rörens funktion.

Sammanfattningsvis kan sägas om denna försöksplats att jordens sammansättning är sådan att uppfrysningsriskerna blir stora, att höjningen av markytan genom uppfrysning inträffar praktiskt taget varje vinter, att tjäldjupet på snöfri mark under kalla vintrar går djupare än en meter, att snötäcket oftast minskar tjäldjupet till hälften mot på snöfri mark, att dräneringsledningarna bör läggas på ca en meters djup för att skyddas mot skador.

## 7. Hovra, Gävleborgs län

Försöket är beläget ca 10 km nordväst om Färila. Lägeskoordinaterna utgör 680080/149630. Hur försöket har utformats framgår av fig. 7:1.

Mätstationens uppbyggnad skiljer sig något från de övriga, genom att avläsningarna på snöfri mark gjorts mot en vågställd järnbalk fastsatt i båda ändar vid fixrör som förankrats på två meters djup. På snöfri mark har två mätplattor funnits på 45 cm djup och två på 90 cm djup. På snötäckt mark sattes fyra fixrör med två mätplattor på 45 cm och två på 90 cm djup. Alla mätplattorna har från början placerats på dikesbotten i de vid stationens utläggning uppgrävda diken. Rörmaterialiet har varit släta och korrugerade plaströr med ett av varje på 45 cm resp. 90 cm djup (Se fig. 7:1).

Jordart. Matjorden utgöres av måttligt mullhaltig mjällättlera och alven av lerig mjäla.

Tabell 7:1. Hovra, Gävleborgs län. Kornstorlekssammansättning och mullhalt.

	Mullhalt	Ler	Mjäla	Mo	Sand
Mtj	4	15	57	22	2
Alv	-	10	67	22	1

Resultat. Mätningar har kontinuerligt utförts under nio vintrar med 12-17 mättillfällen varje vinter.

Diagrammen i figurerna 7:2-10 visar snödjup, markytans rörelse, tjälkroppens utbredning samt dikesbottens rörelse under åren 1966-75. I tabell 7:2 har noterats högsta uppmätta värden resp. vinter.

Uppfrysning i matjorden har vissa år varit mycket kraftig. Vintrarna 1968-69 och 69-70 var höjningen av markytan på snöfri mark så stor som 30 resp. 28 cm. Tjäldjupet räknat från den uppfrusna markytan har på snöfri mark tre år i rad varit mer än 1 m vilket inneburit att även dikesbotten på 90 cm utsatts för små vertikala rörelser. Botten på 45 cm djup har inte under något år förblivit opåverkad. Den största höjningen av dikesbotten på 45 cm djup är 7 cm.

Tabell 7:2. Hovra, Gävleborgs län. Högsta uppmätta värden på tjäldjup och nivåförändringar i marken respektive vinter på snöfri mark.

År	Tjäldjup		Höjning av dikesbotten 45 cm		Höjning av dikesbotten 90 cm		Höjning av markytan	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1966/67	81 cm	11 cm	4 cm	0 cm	0 cm	0 cm	19 cm	-
67/68	110 "	34 "	7 "	0 "	3 "	0 "	19 "	-
68/69	120 "	27 "	6 "	0 "	0 "	0 "	30 "	-
69/70	120 "	23 "	6 "	0 "	0 "	0 "	28 "	-
70/71	79 "	48 "	4 "	0 "	0 "	0 "	13 "	23 cm
71/72	80 "	28 "	5 "	0 "	0 "	0 "	21 "	-
72/73	45 "	+)	1 "	0 "	0 "	0 "	12 "	10 cm
73/74	77 "	14 "	5 "	0 "	0 "	0 "	17 "	10 "
74/75	58 "	12 "	1 "	0 "	0 "	0 "	23 "	12 "

A = snöfri mark, B = snötäckt mark, +) = mätaren ur funktion

### Undersökning av dräneringsrören

Liksom vid Korskrogen grävdes dräneringsrören fram för en slutlig undersökning när mätningarna upphört.

Följande kontroller gjordes:

- I. Kontroll av deformationer hos plaströren
- II. Vertikal förskjutning av dräneringsledningar
- III. Inslamning i rören

- I. Kontroll av eventuellt uppkomna deformationer utfördes på samma sätt som vid Korskrogen (se sid. 28) och resultatet redovisas i tabell 7:3.

Rören har inte deformerats i någon nämnvärd grad. En viss hoptryckning (endast någon mm) förekommer, men någon skillnad mellan snötäckt och snöfri mark eller beroende av rörtyp och dikesdjup tycks inte föreligga.

- II. För uppmätning av de vertikala förskjutningarna friklades de båda rören på 45 cm djup och avvägning utfördes på liknande sätt som vid Korskrogen. Resultat framgår av fig. 7:14.

De stora förskjutningarna vertikalt uppträder främst vid ladväggen där skillnaden i tjäldjup mellan snötäckt och snöfri mark gör sig gällande. Avvikelser från ursprungsläget (jfr sid. 43) är mycket stor. På hela den avvägda sträckan är den största avvikelser för det släta plaströret ca 14 cm medan avvikelser för det korrugerade plaströret uppmätts till 11 cm. Ett dräneringsdjup på 90 cm måste anses nödvändigt för att undgå stora vertikala förskjutningar.

- III. För att kontrollera inslamningen i rören kapades två bitar, ca 30 cm långa, från varje rör. Efter lufttorkning togs det inslammade materialet ur och vägdes.

Tabell 7:4. Hovra, Gävleborgs län. Mängd inslammad material i gram per meter ledning för olika rörmaterial på olika djup.

Rörtyp	Dikesdjup	
	45 cm	90 cm
Korrugerat plaströr	418	133
Slätt plaströr	19	7

Oberoende av dikesdjup inslammades det ca 20 gånger mera material i de korrugerade rören än i de släta. Detta resultat verifieras av tidigare gjorda undersökningar på området (G. Berglund). Att det har fastnat så mycket material i korrugeringarna är emellertid naturligt. Resultaten visar på nödvändigheten av lämpligt täckningsmaterial på rören för att undvika inslamning.

Erfarenheterna från denna undersökningsplats kan i stort sett sammanfattas på samma sätt som för Korskrogen nämligen:

att uppfrysningensriskerna är stora på denna typ av jord  
att en höjning av markytan genom uppfrysning inträffar praktiskt taget

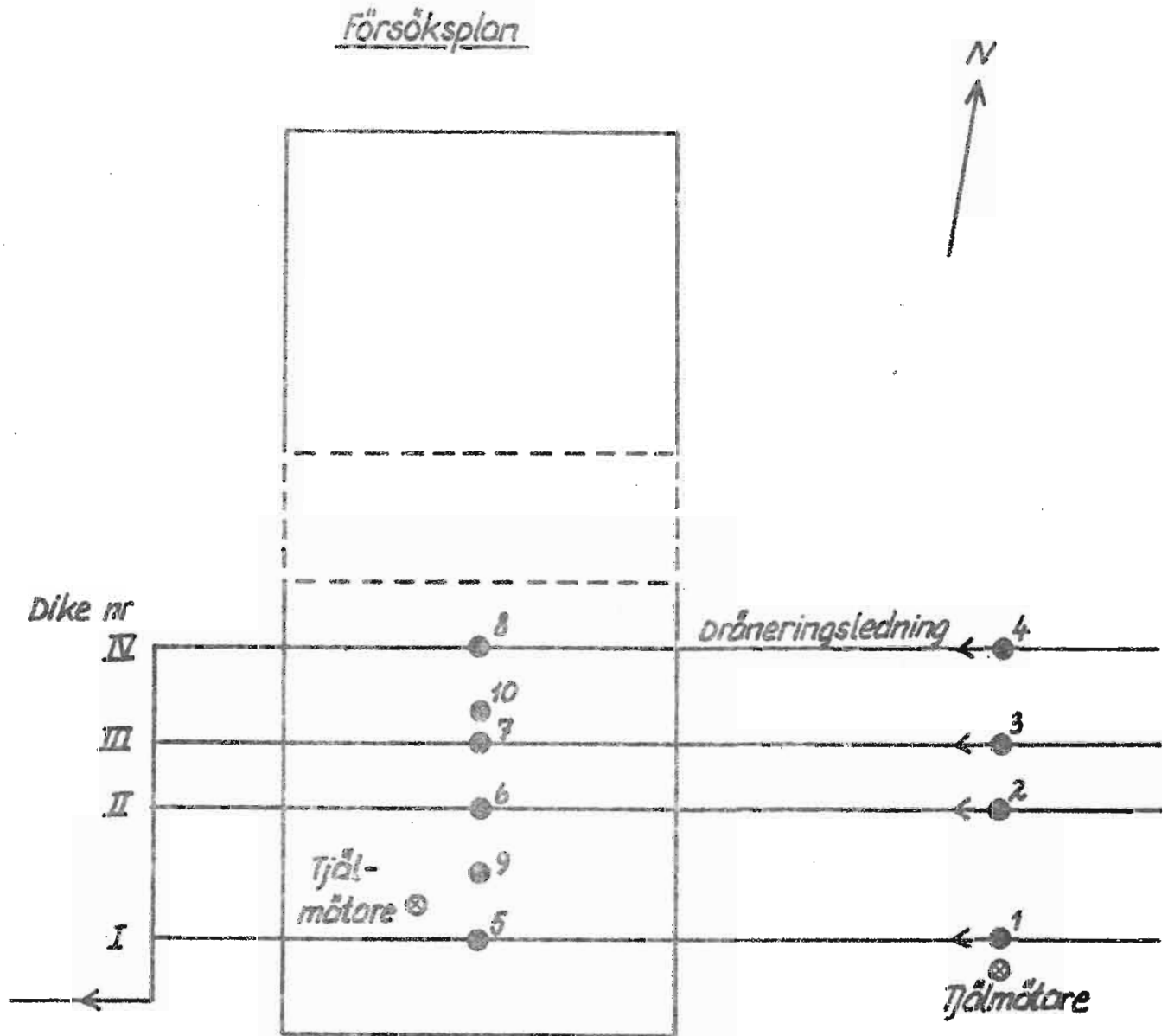
varje vinter

att tjäldjupet på snöfri mark under kalla vintrar går djupare än en meter

att tjäldjupet på snötäckt mark oftast är förvånansvärt litet

att dräneringsledningarna bör läggas på c:a en meters djup för att skyddas mot skador

att lämpligt täckningsmaterial bör användas på ledningarna för att skydda mot inslamning.



dike nr	rörtyp	djup	mätpunkter
I	slät	90 cm	1-8 = dikesbotten
II	korr.	45 "	9, 10 = markytan
III	"	90 "	
IV	slät	45 "	

Fig. 7:1 Hövra, Gävleborgs län.

Fig. 7:2

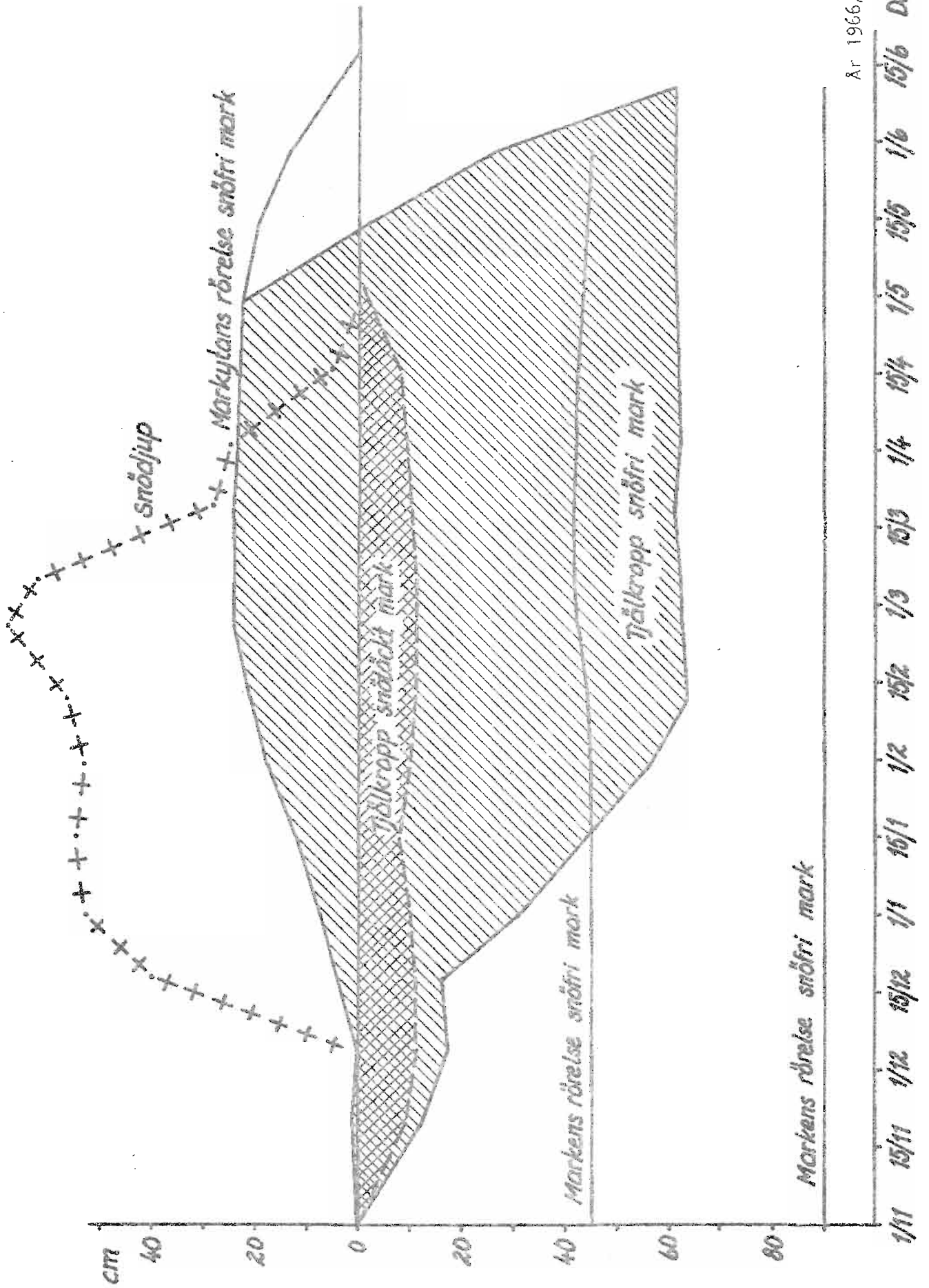
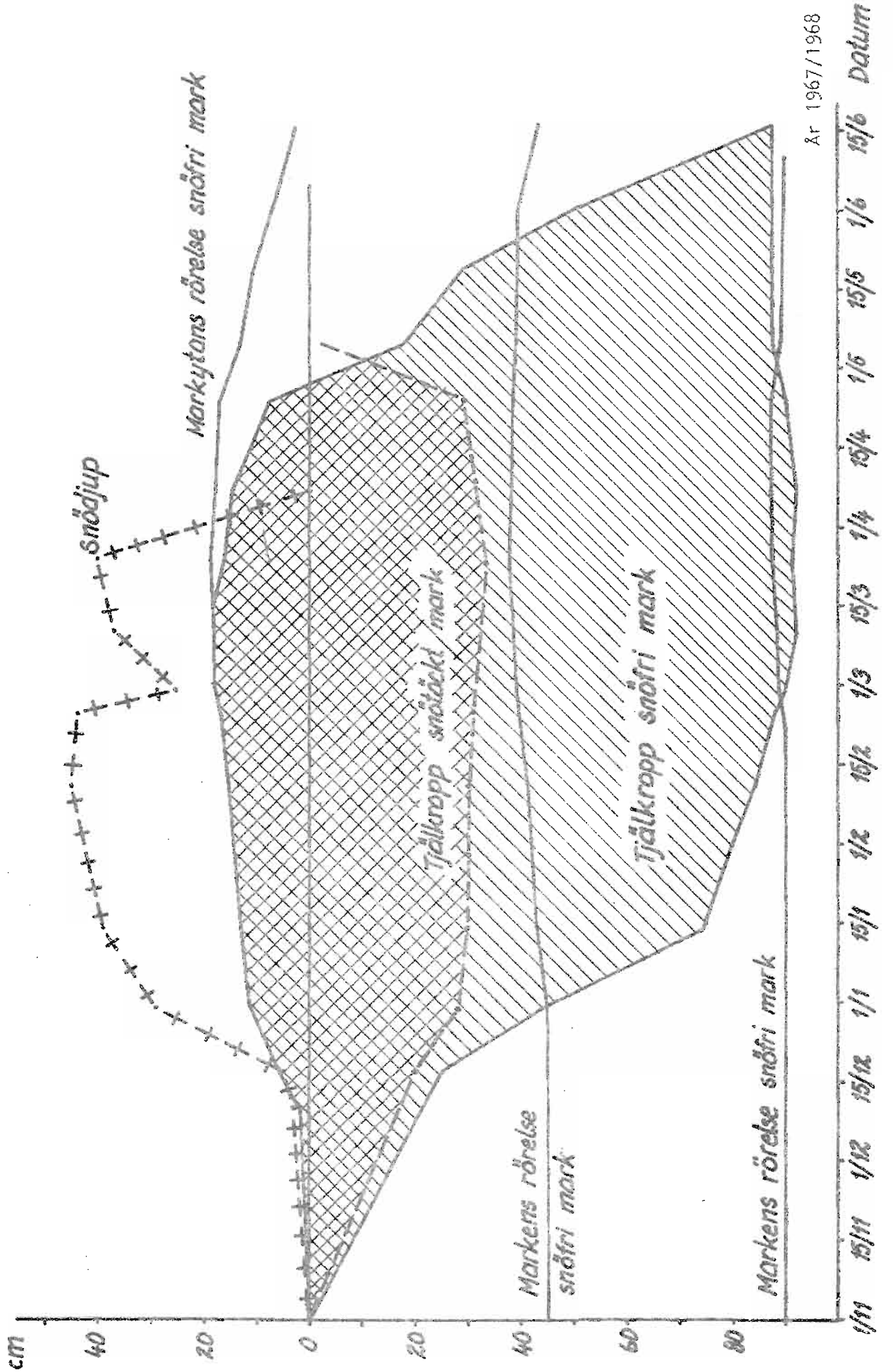


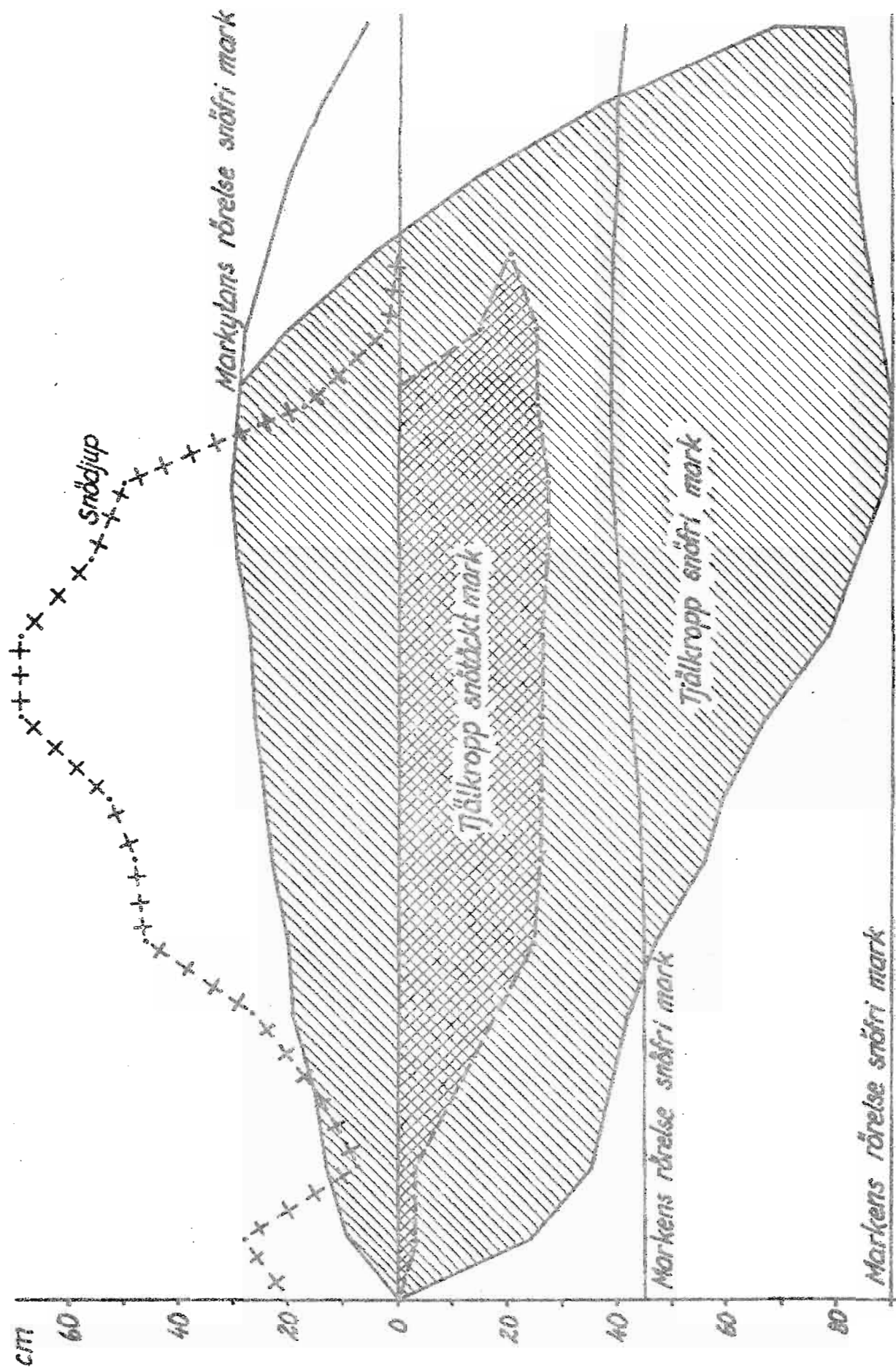
Fig. 7:3



År 1967/1968

1/11 15/11 1/12 15/12 1/1 15/1 1/2 15/2 1/3 15/3 1/4 15/4 1/6 15/5 1/6 15/6 Datum

Fig. 7:4



År 1968/1969

1/11 15/11 1/12 15/12 1/1 15/1 1/2 15/2 1/3 15/3 1/4 15/4 1/5 15/5 1/6 15/6 Datum



Fig. 7:5

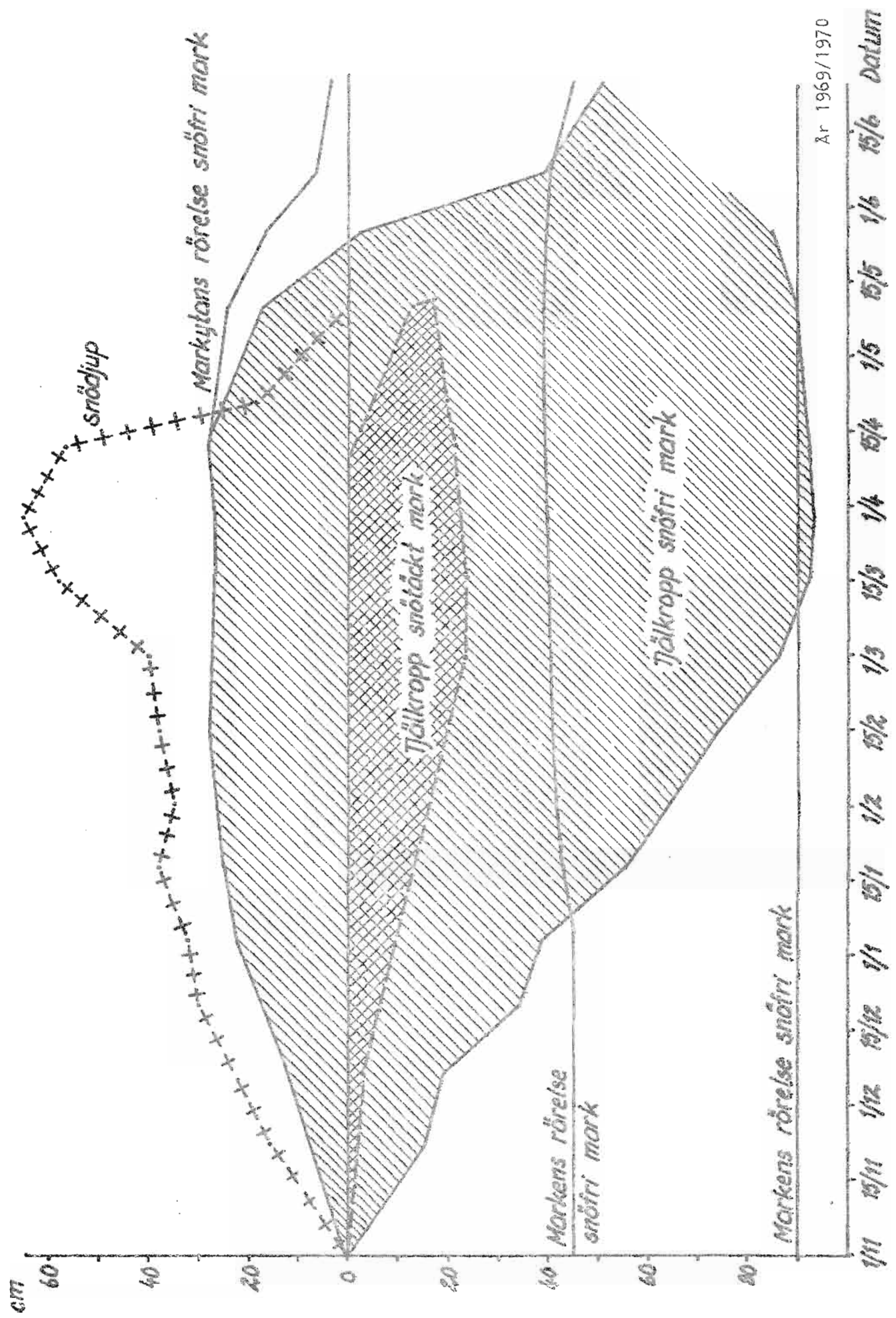


Fig. 7:6

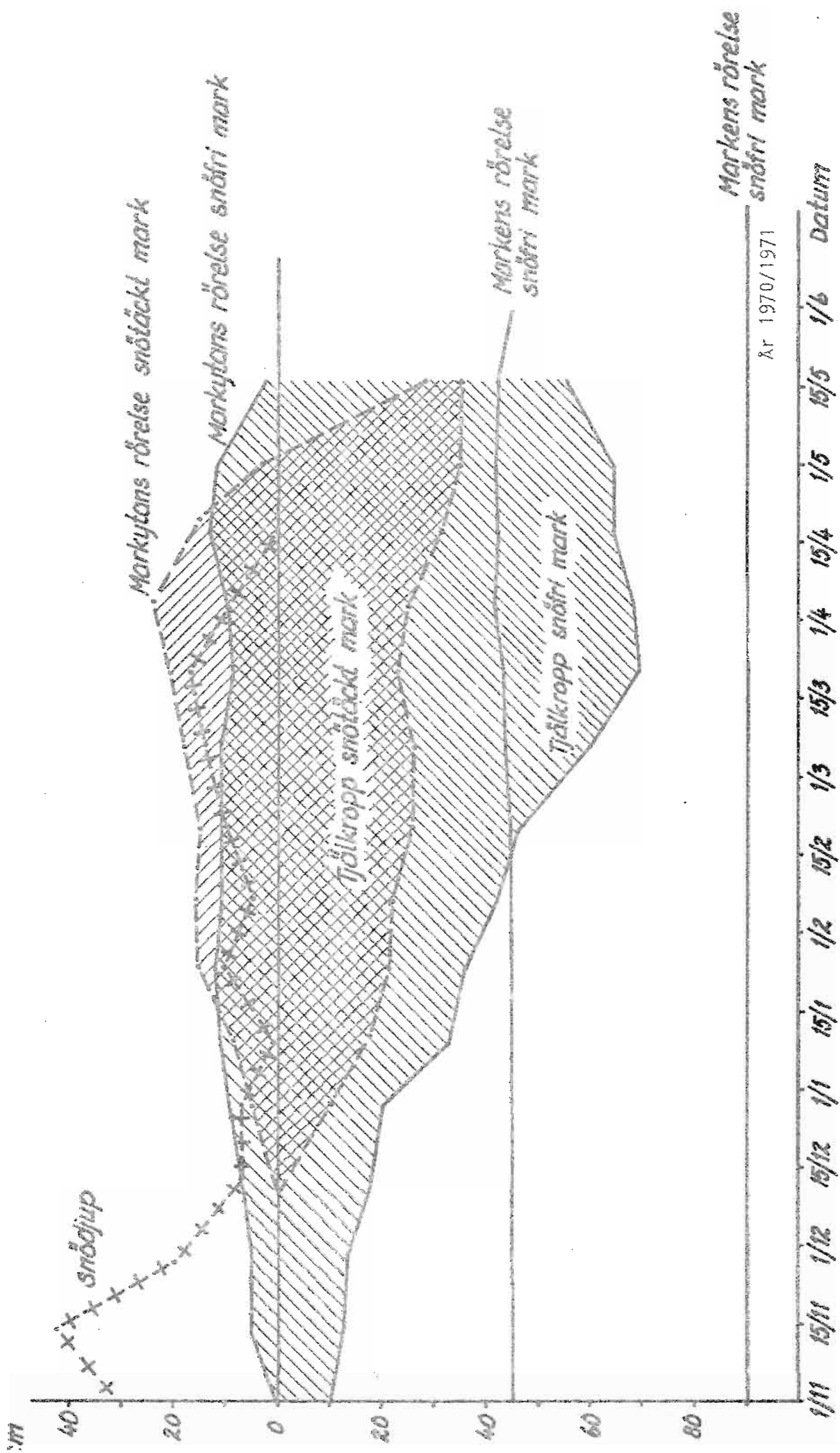
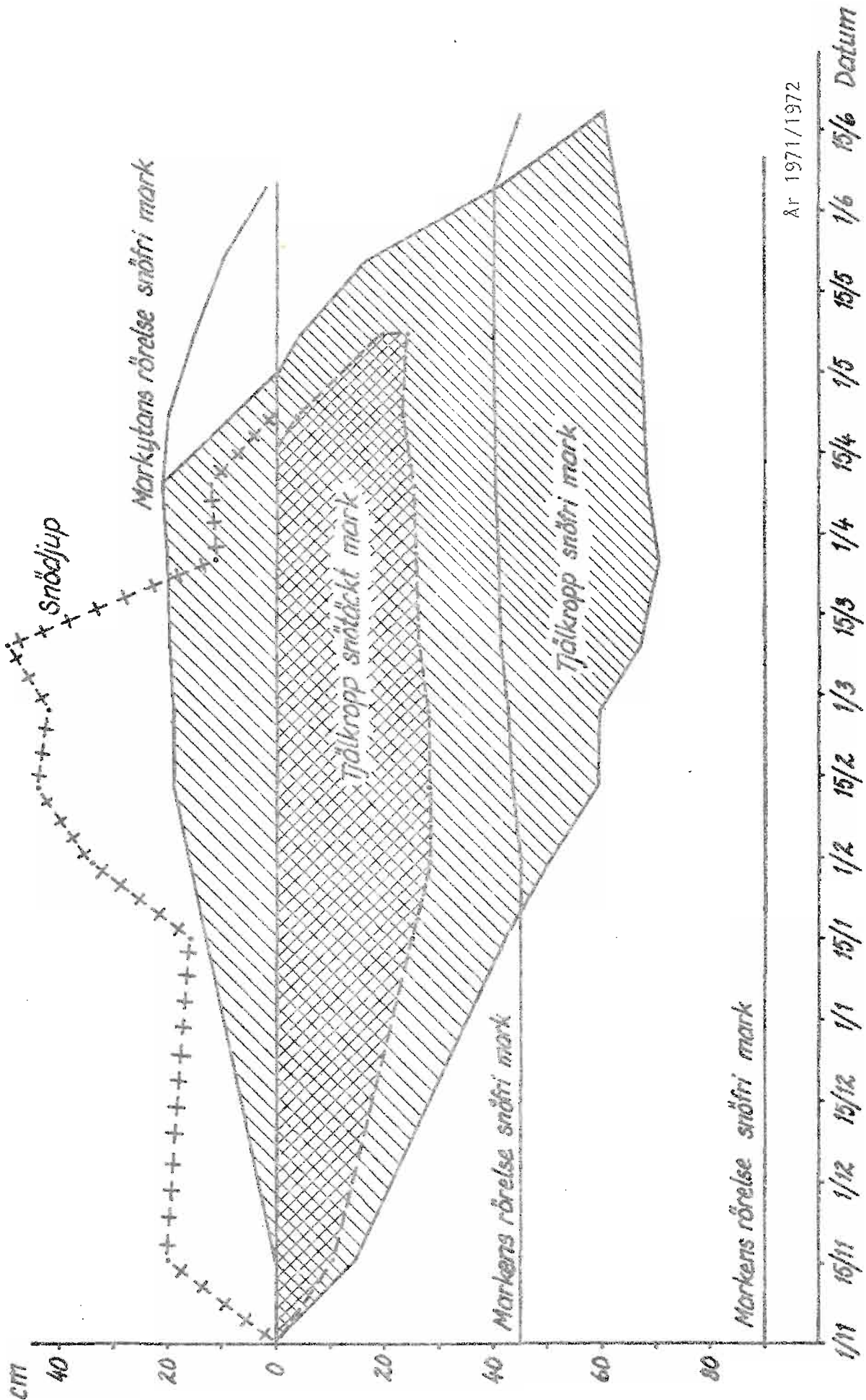


Fig. 7:7



År 1971/1972

Fig. 7:8

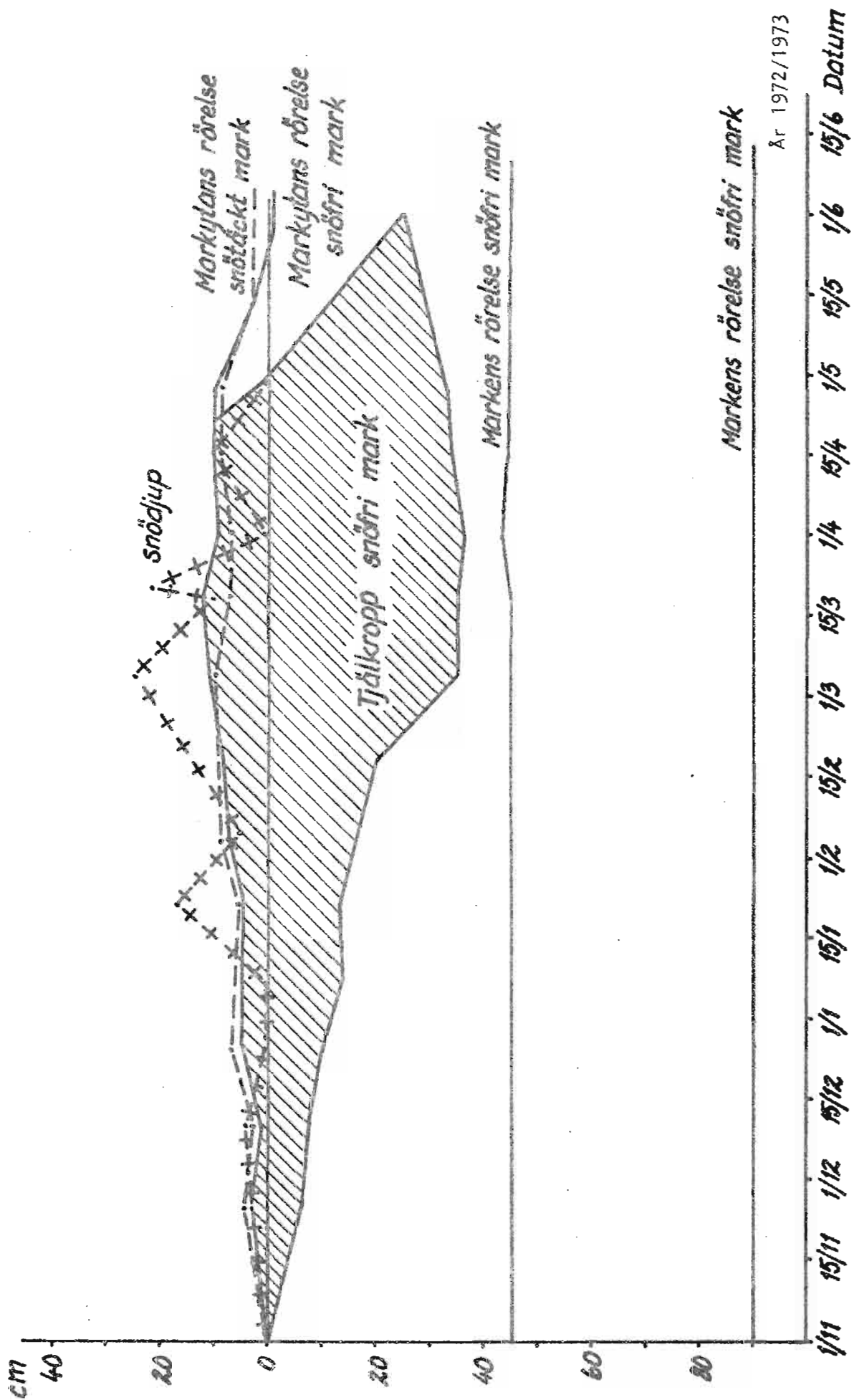
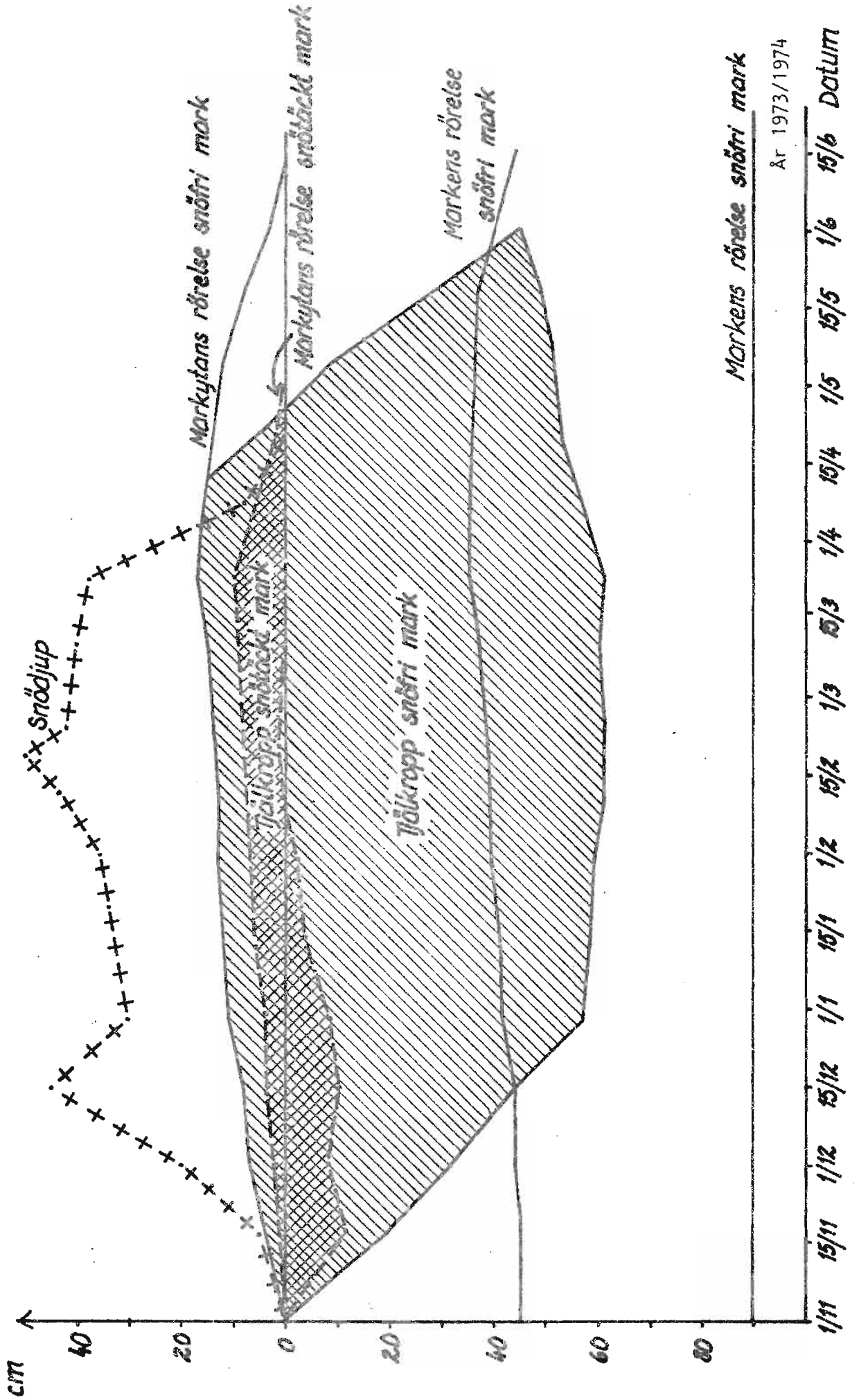


Fig. 7:9

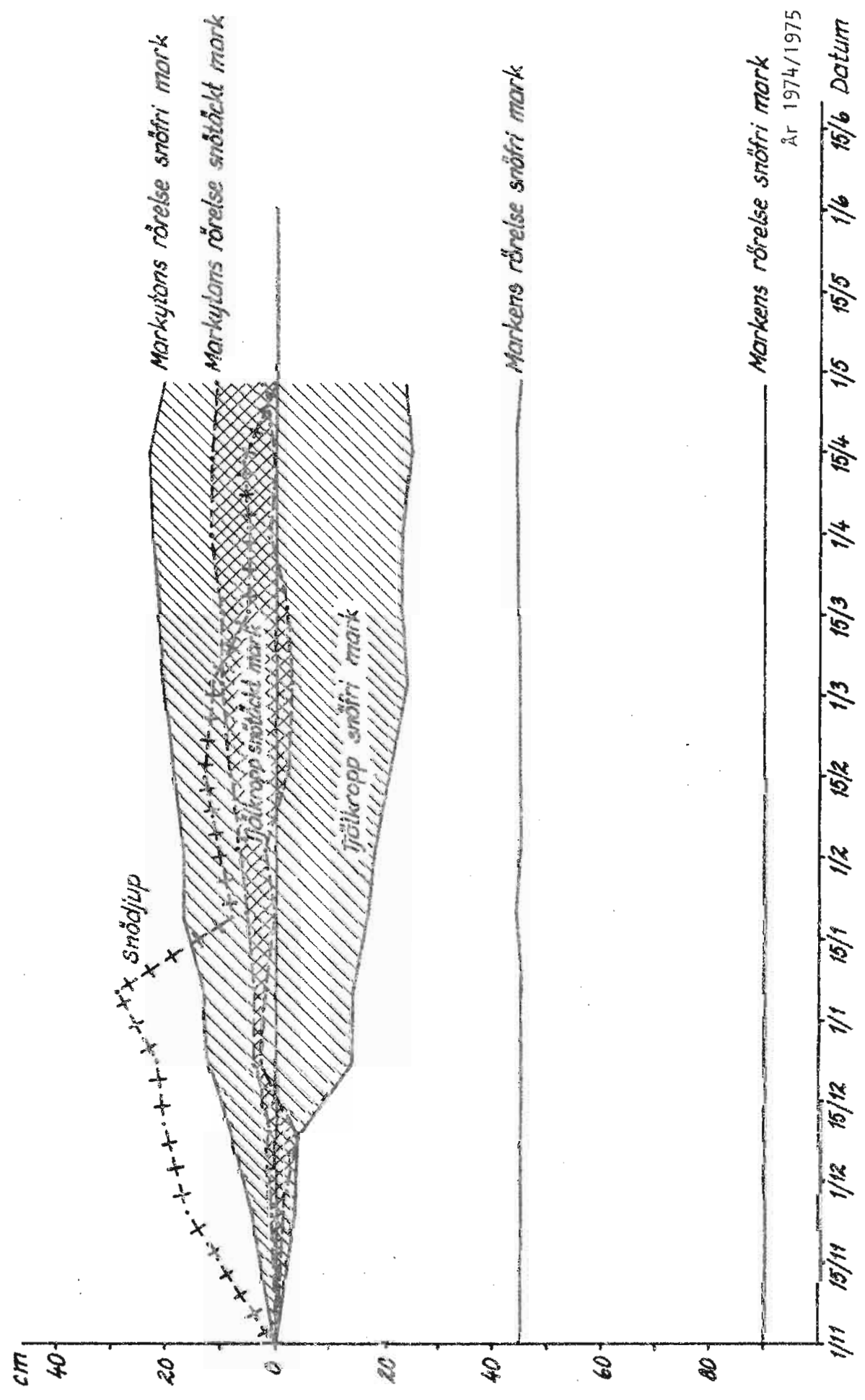


År 1973/1974

Markens rörelse snöfri mark

1/11 15/11 1/12 15/12 1/1 15/1 1/2 15/2 1/3 15/3 1/4 15/4 1/5 15/5 1/6 15/6 Datum

Fig. 7:10



År 1974/1975

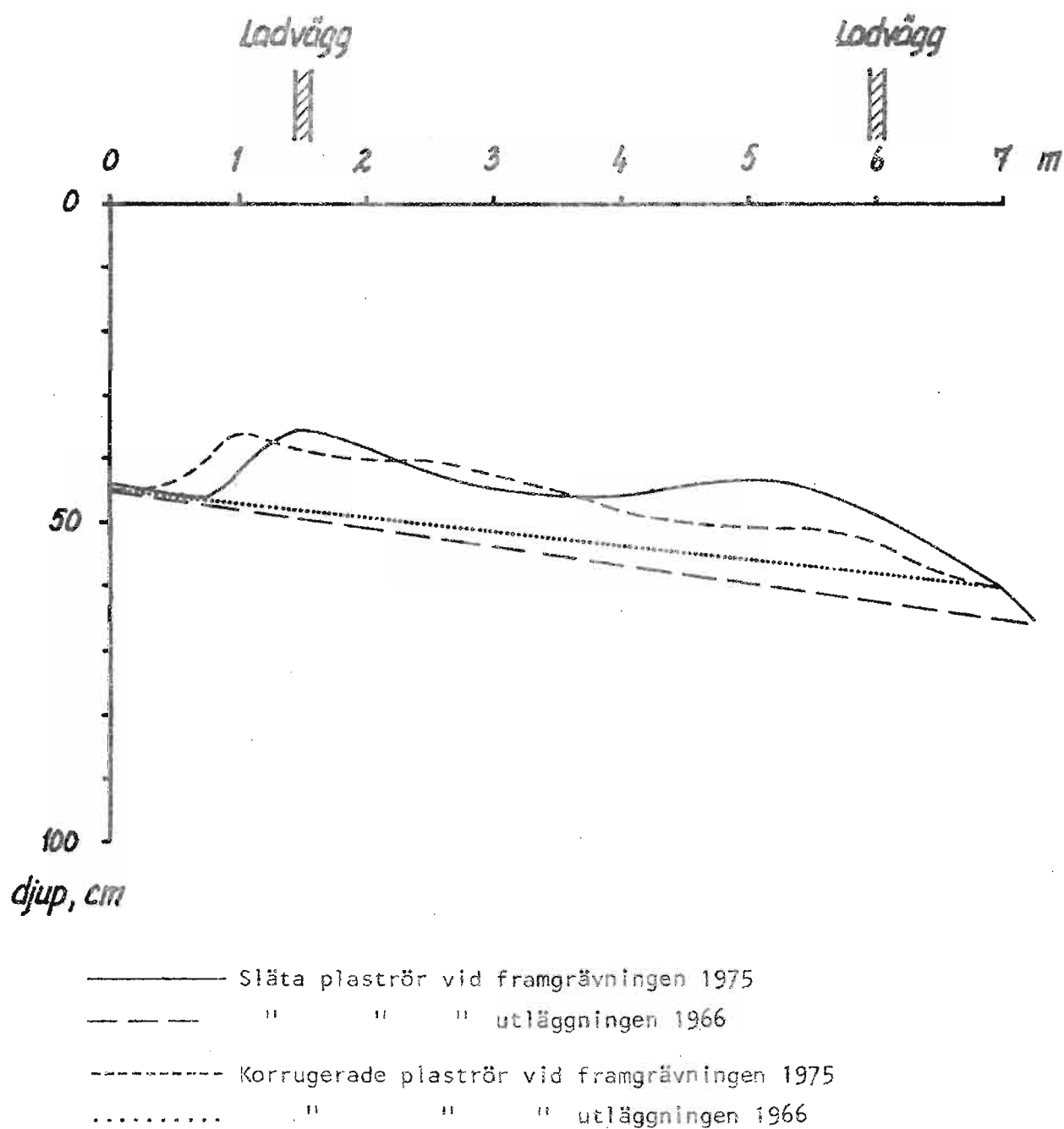


Fig. 7:11. Diagram visande de frilagda dräneringsledningarnas höjdläge vid undersöknings- och utläggningstillfället.

Tabell 7:3. Utvändigt diameter på dräneringsrör vid Hovra.  
a = Horisontell och b = Vertikal

## Uppmättningsplats

	Korrugerat rör			Slätt rör			Korrugerat rör			Slätt rör		
	a	b	a-b	a	b	a-b	a	b	a-b	a	b	a-b
a. Mitt under	49.5	49.0	0.5	51.4	48.0	3.4	49.9	49.0	0.9	51.0	49.0	2.0
b. 0.5 m innanför	50.0	49.4	0.6	50.4	49.5	0.9	50.2	47.0	3.2	50.0	50.0	0
c. 0.5 m utanför	49.5	49.0	0.5	50.3	49.8	0.5	50.0	47.5	2.5	50.5	49.5	1.0
d. 11 m	49.8	48.9	0.9	52.1	48.4	3.7	49.0	48.0	1.0	50.5	49.6	0.9
e. Mitt under	49.5	48.9	0.6	-	-	-	49.5	48.5	1.0	50.5	49.8	0.7
f. 0.5 m innanför	49.3	49.0	0.3	-	-	-	49.5	48.5	1.0	50.4	50.5	-0.1
g. 0.5 m utanför	49.8	49.3	0.5	-	-	-	49.5	48.5	1.0	49.8	49.6	0.2
h. 10 m	50.5	47.0	3.5	51.6	48.4	3.2	48.2	48.5	-0.3	49.5	50.0	-0.5

(Snöfri mark)  
( " " )  
(Snötäckt mark)  
( " " )  
(Snöfri mark)  
(Snöfri mark)  
(Snötäckt mark)  
( " " )

östra väggen  
" "  
" "  
" "  
västra väggen  
" "  
" "  
" "



## 8. Röbbäcksdalen, Västerbottens län

Försöket är beläget vid Röbbäcksdalens försöksstation utanför Umeå. Lägekoordinaterna utgör 708610/171850. Hur försöket har utformats framgår av fig. 8:1.

Jordart. Matjorden består av måttligt mullhaltig lerig mo och alven av mo.

Tabell 8:1. Röbbäcksdalen, Västerbottens län. Kornstorlekssammansättning och mullhalt.

	Mullhalt	Ler	Mjåla	Mo	Sand
Mtj	4	6	17	57	16
Alv	-	4	12	70	14

Resultat. Kontinuerliga mätningar har utförts under sex vintrar.

Diagrammen i figurerna 8:2-7 visar snödjup, markytans rörelse, tjäldjupens utbredning samt dikesbottens rörelse under åren 1969-75.

Tabell 8:2. Röbbäcksdalen, Västerbottens län. Högsta uppmätta värden resp. vinter

	Tjäldjup	Höjning av dikesbotten 50 cm	Höjning av dikesbotten 80 cm	Höjning av markytan
1969/70	65 cm	4 cm	0 cm	10 cm
70/71	55 "	3 "	0 "	8 "
71/72	62 "	2 "	0 "	5 "
72/73	23 "	0 "	0 "	2 "
73/74	37 "	0 "	0 "	1 "
74/75	41 "	0 "	0 "	9 "

Uppfrysningen av matjorden har varit måttlig med ett högsta värde på 10 cm. De milda vintrarna under mätperioden har gjort att tjäldjupet inte varit stort nog att inverka på dikesbotten i någon större omfattning. Resultaten i början av försöksperioden visar emellertid en höjning av dikesbotten på det mindre dikesdjupet vid tjäldjup större än 50 cm. Den kalla vintern 1969/70 noterades en höjning av dikesbotten på 50 cm djup med 4 cm. Vill man undvika att dräneringsledningarna påverkas av frosthävning i nämnvärd grad får de därför inte läggas för grunt.

### Undersökning av dräneringsrören

Liksom vid övriga mätstationer med dräneringsledningar grävdes rören fram för slutlig undersökning efter mätningarnas slut.

Rören var mycket kraftigt grusade. Några skador eller hoptryckningar på rören kunde inte konstateras. Samtliga rör var helt fria från inslammat material.

Diagram i fig. 8:8 visar avvägning av frilagda dräneringsledningar.

Vissa variationer i vertikalled förekommer men är inte på långt när så uttalade som vid Hovra. Den största avvikelser från en rät linje uppvisade det korrugerade röret med diameter 50 mm och på 40 cm djup. Förändringarna bedöms inte ge upphov till någon märkbar försämring av dräneringsledningarnas funktion.

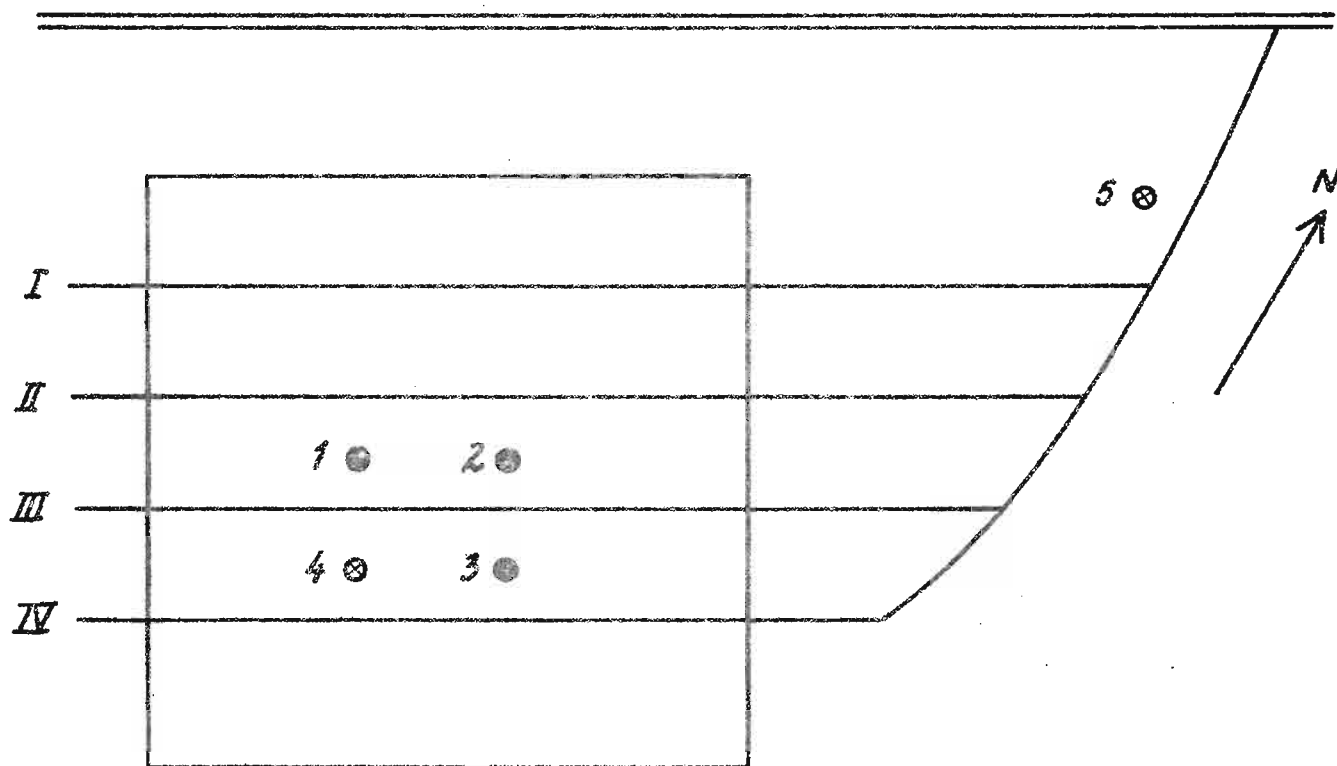


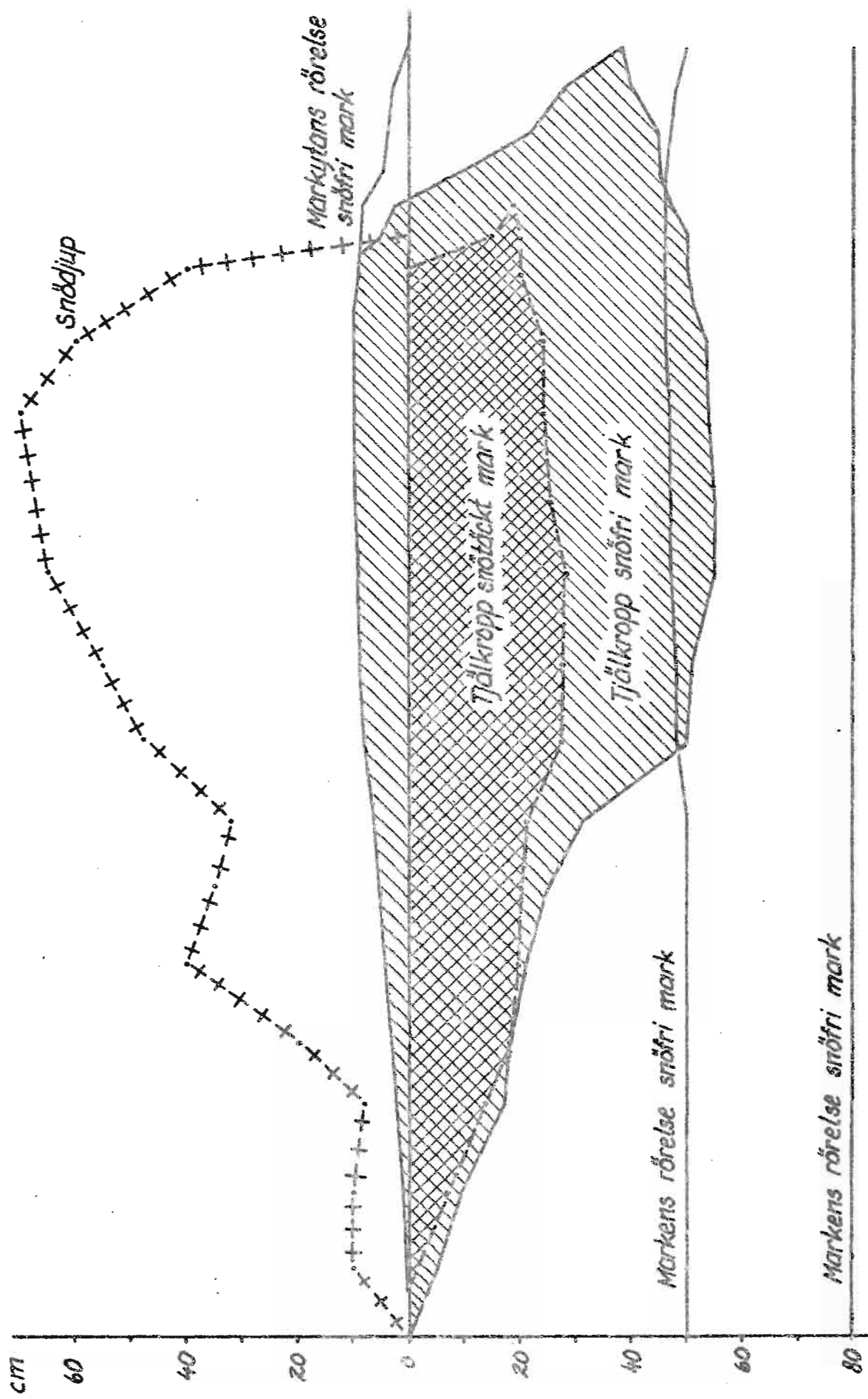
Fig. 8:1

- I. Tarkett korr. 50 mm djup ca 80 cm
- II. SM slät " " " " 40 "
- III. Tarkett korr. " " " " " "
- IV. " " 90 mm " " " "

1. Mätplatta 50 cm under markytan
2. " " " " " "
3. " " " " " "
4. Tjälmätare
5. " "

Mätstationen var försedd med fyra fixrör på snöfri mark och i anslutning därtill två mätplattor på 50 cm djup och två på 80 cm djup. I försöket ingick fyra dräneringsledningar genom ladan. Tre ledningar av korrugerad plast, varav två med ytterdiameter 50 mm och en med 90 mm. Den resterande ledningen var en slät plaströrsledning med 50 mm yttre diameter. Kontinuerliga mätningar utfördes under sex vintrar.

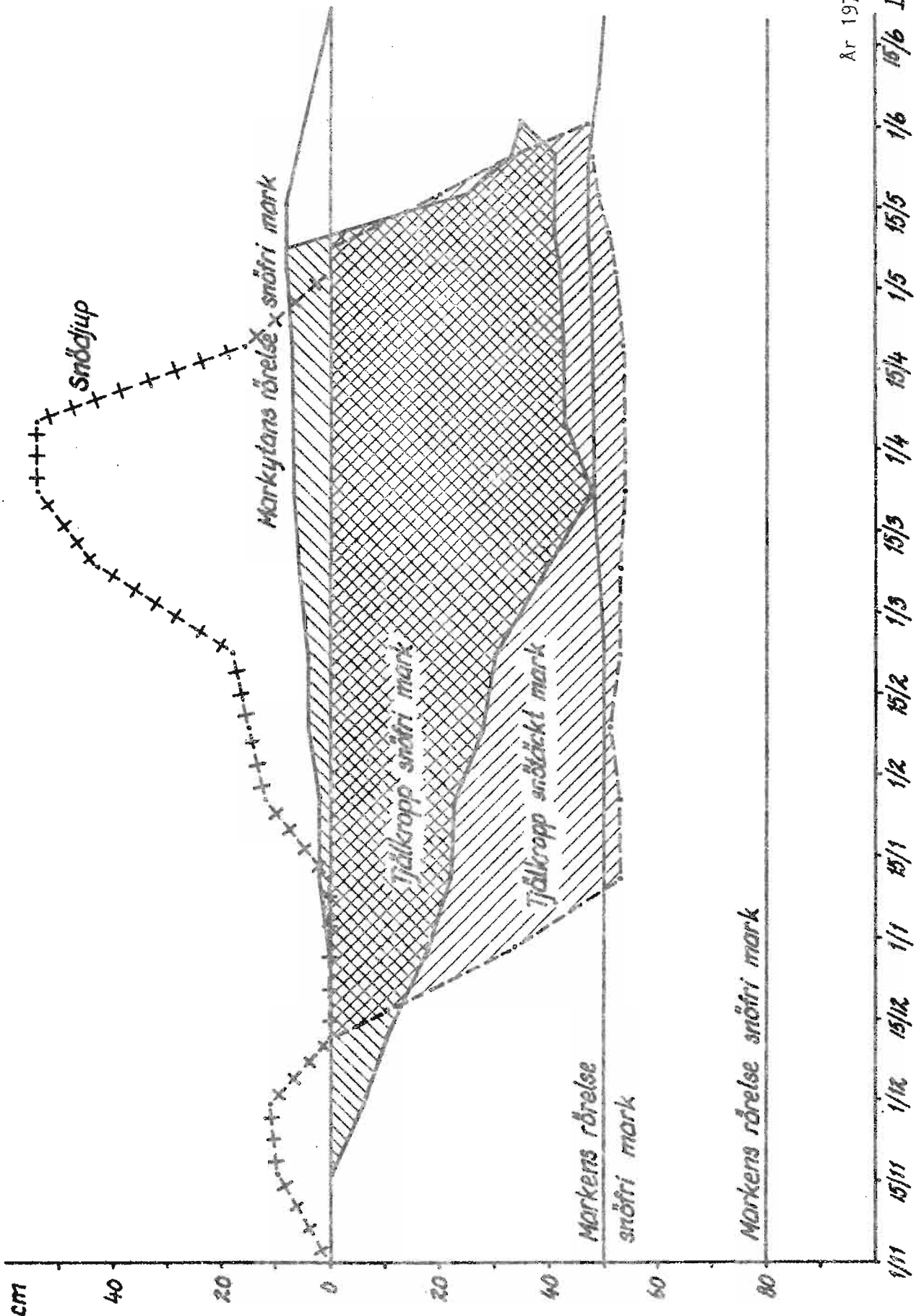
Fig. 8:2



År 1969/1970

Datum	
1/11	15/11
1/12	15/12
1/1	15/1
1/2	15/2
1/3	15/3
1/4	15/4
1/5	15/5
1/6	15/6

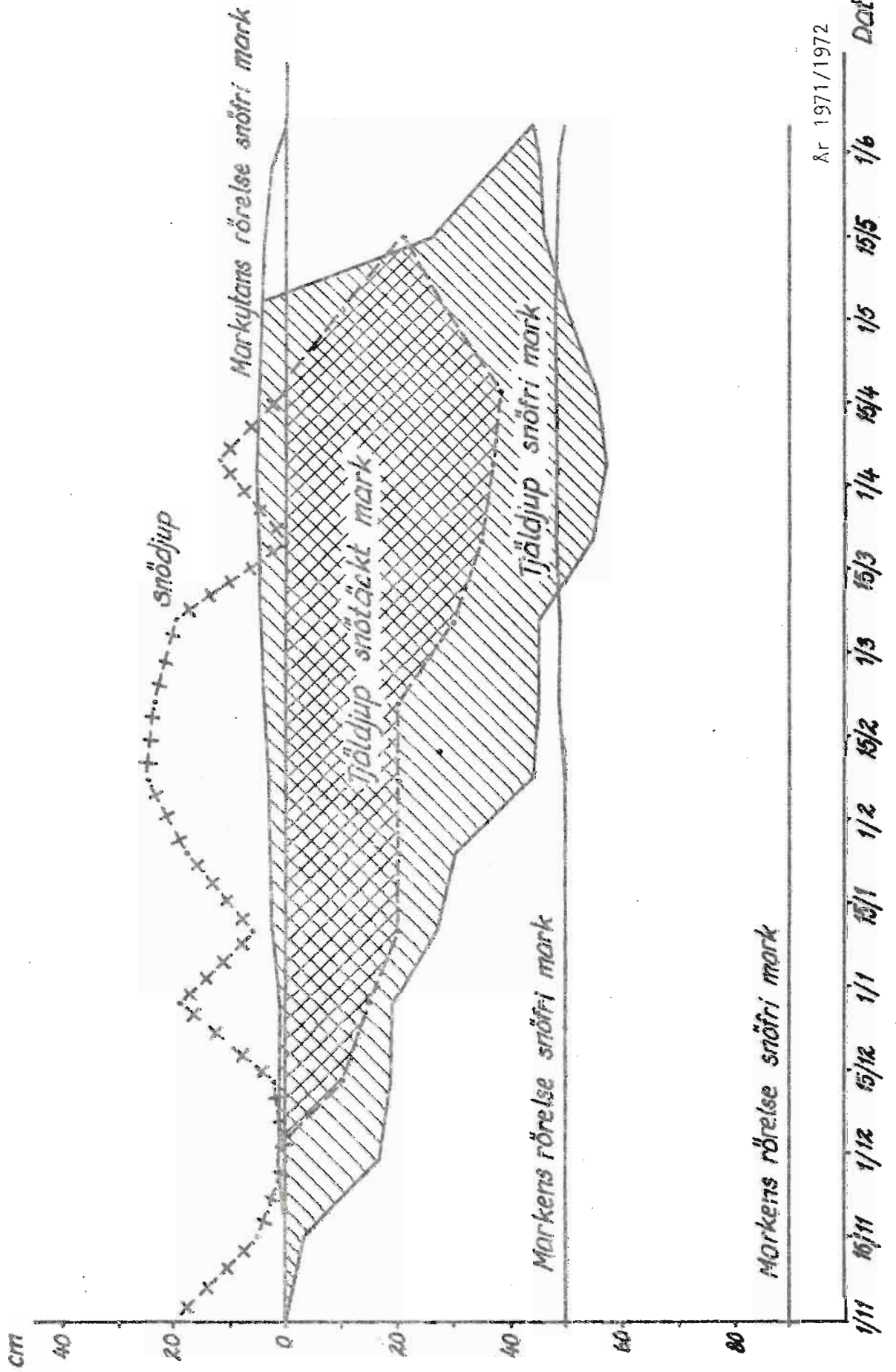
Fig. 8:3



År 1970/1971

15/11 1/12 15/12 1/1 15/1 1/2 15/2 1/3 15/3 1/4 15/4 1/5 15/5 1/6 15/6 Datum

Fig. 8:4



År 1971/1972

Fig. 8:5

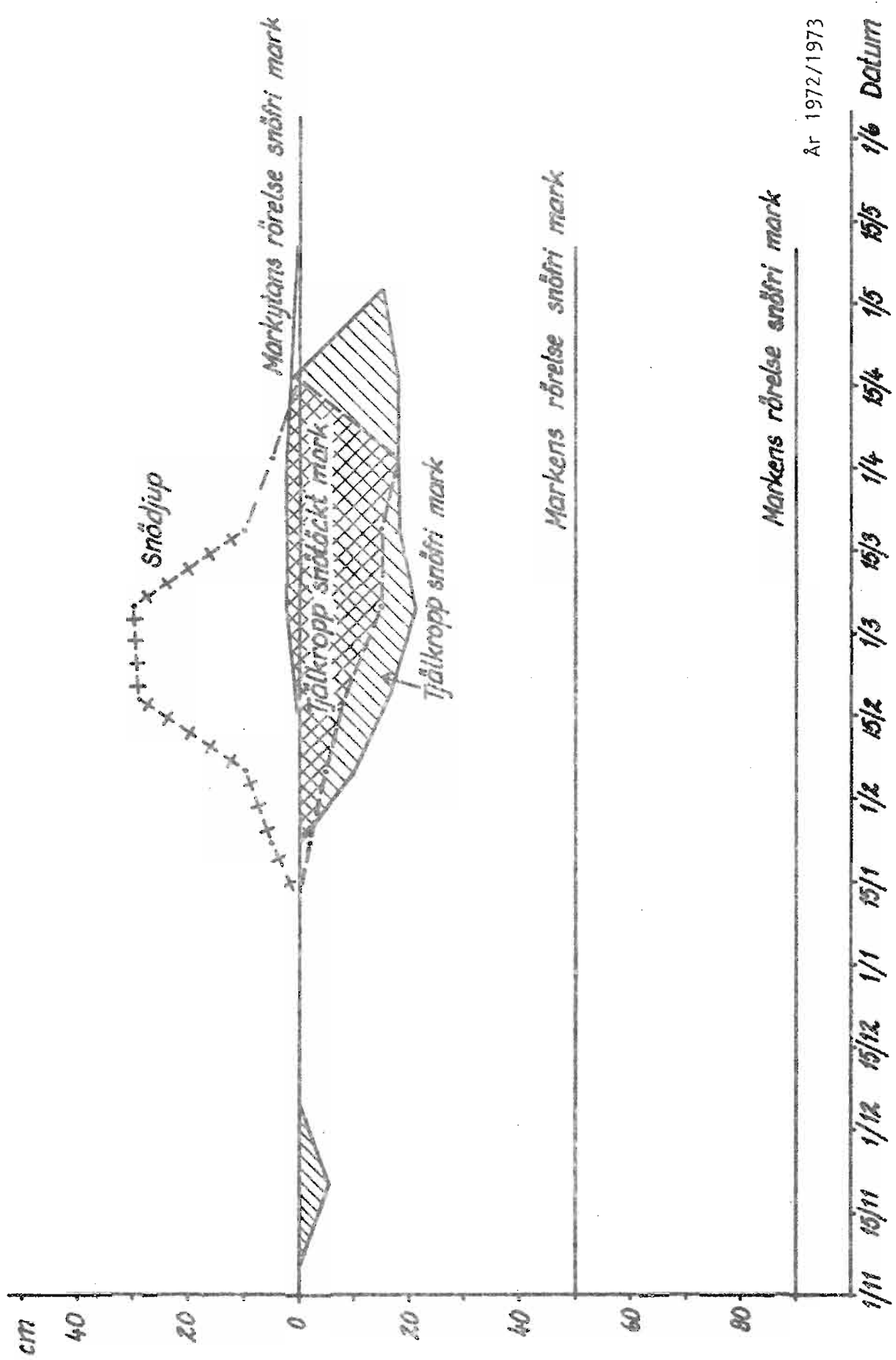
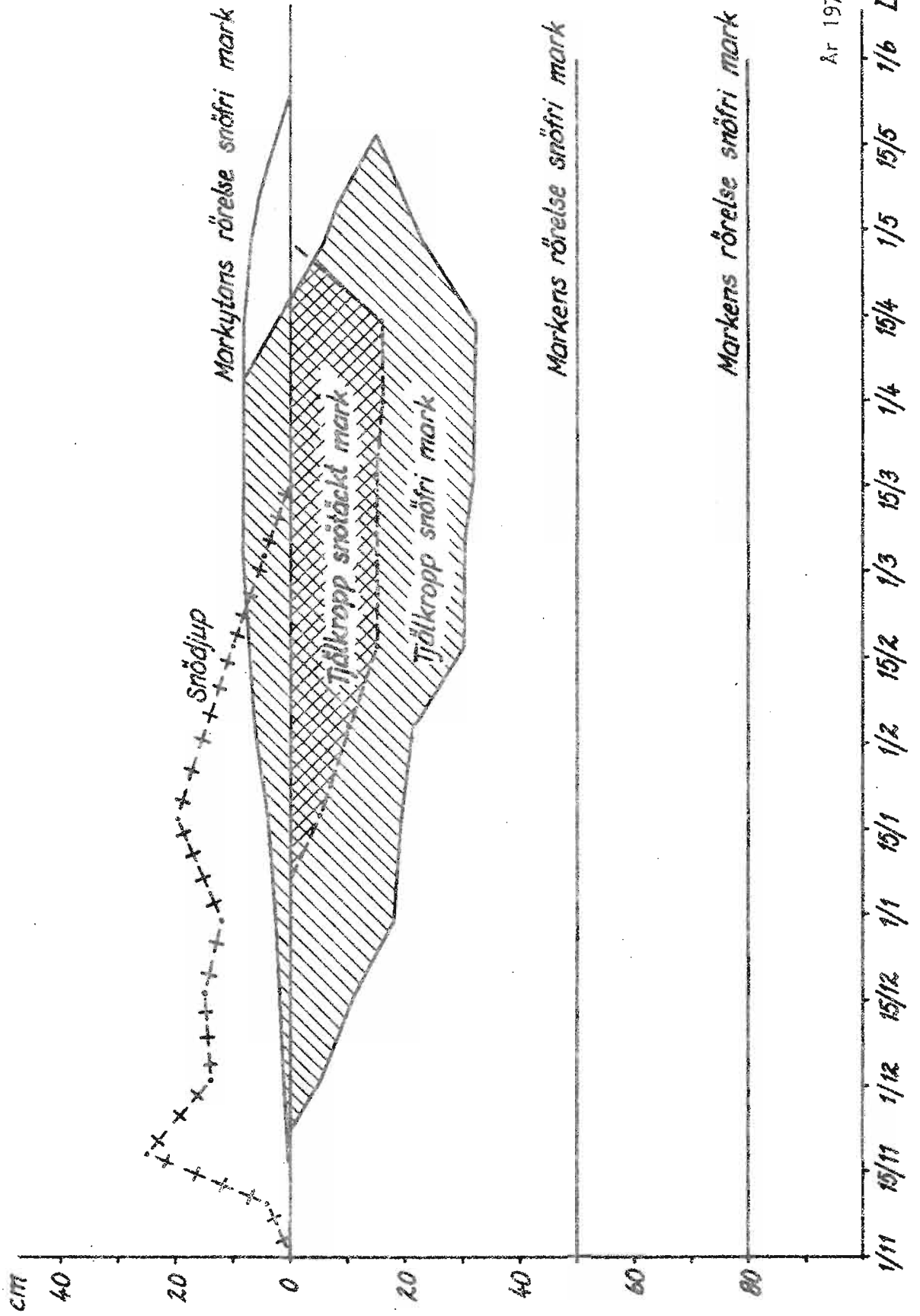




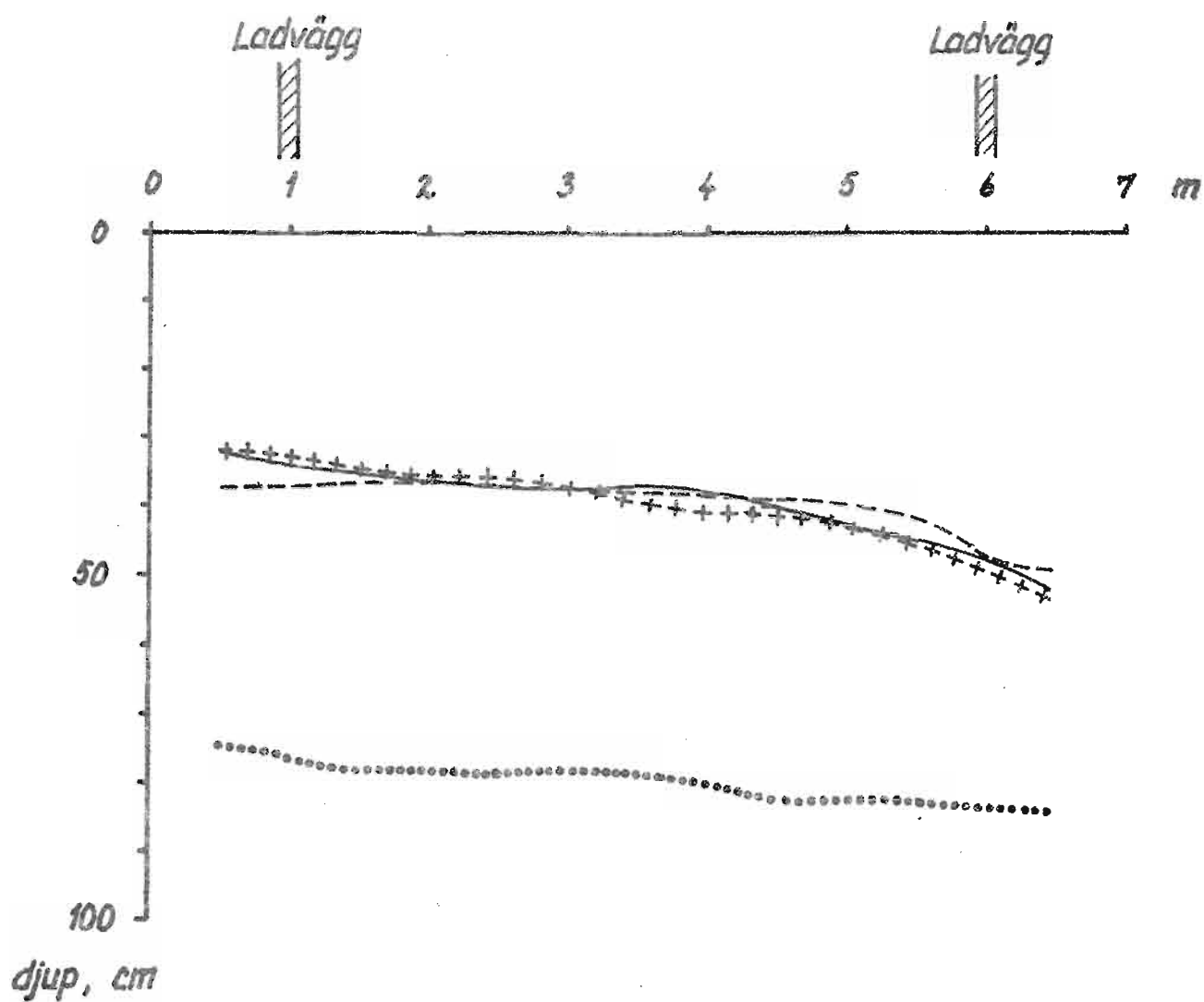
Fig. 8:7



År 1974/1975

1/11 15/11 1/12 15/12 1/1 15/1 1/2 15/2 1/3 15/3 1/4 15/4 1/5 15/5 1/6 Datum





..... korrugerat  $\emptyset$  50 mm      dikesdjup 80 cm  
 ----- "       $\emptyset$  50 "      "      40 "  
 +++++ "       $\emptyset$  90 "      "      40 "  
 \_\_\_\_\_ slätt       $\emptyset$  50 "      "      40 "

Fig. 8:8. Diagram visande avvägning av frilagda dräneringsledningar.

### Diskussion av undersökningsresultatet

Orsaken till uppfrysningen är markens kapillaritet, som bl.a. tar sig uttryck i förmågan att lyfta vatten från en grundvattenyta mer eller mindre högt upp i profilen. Den maximala stighöjden och mängden upptransporterat vatten per tidsenhet är beroende av jordarten. Dessa samband åskådliggöres av diagrammet i figur 9 (efter Atterberg). När marken fryser, uttorkas jorden strax under tjälfronten. Om den kapillära upptransporten av vatten är tillräcklig ersätts det förbrukade vattnet underifrån allteftersom det övergår till is. På så sätt utbildas is-skikt som gör att markytan lyfts.

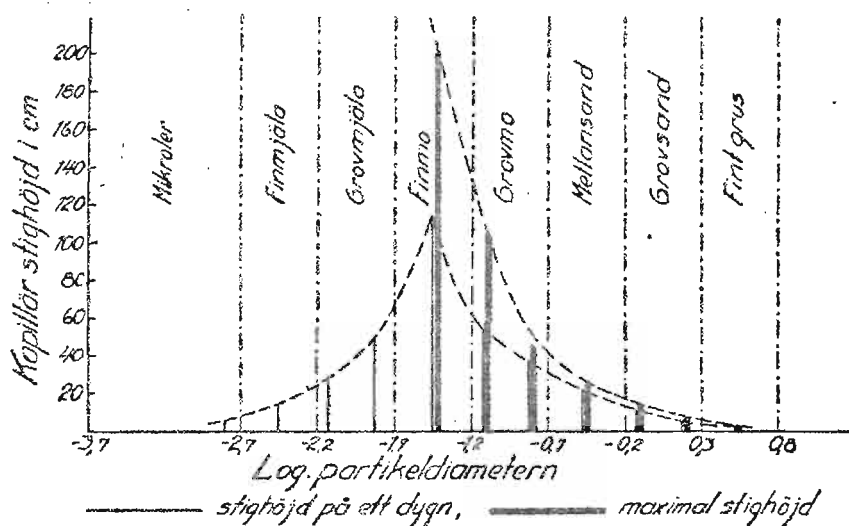


Fig. 9. Maximal stighöjd och kapillär stighöjd på ett dygn för olika kornfraktioner.

Av diagrammet framgår att den kapillära stighöjden per dygn och därmed den upptransporterade mängden vatten per tidsenhet är störst i fraktionen finmo. Av erfarenhet vet vi också att finmo och grovmjåla är de jordarter som är mest utsatta för tjälskjutning - närmast kommer finmjålan och grovmon. På grund av att den maximala stighöjden är begränsad för grovmon är problemet lättare att bemästra på denna jord än på finmon och mjälorna.

I tabell 9 har de åtta försöksplatserna som behandlats i denna uppsats ordnats efter stigande mängd finmo plus grovmjåla.

Av tabellen framgår att sambandet mellan halten finmo plus grovmjåla och frosthävningen är starkt. Ännu mer åskådligt framstår detta samband i diagrammet Fig. 10.

Hur stor tjällyftningen blir vid ett bestämt tillfälle på en viss plats beror naturligtvis på ett flertal faktorer varav jordarten måhända är den viktigaste. En annan avgörande faktor är givetvis väderlek, snödjup och temperatur. Av dessa senare faktorer är det endast snödjupets inflytande på frosthävningen som studerats i denna undersökning. Ett studium av de enskilda diagrammen visar att snötäcket i stort sett reducerat tjäldjupet till hälften mot vad som noterats för snöfri mark.

Tabell 9. Den maximala tjällyftningen vid de åtta försöksstationerna.

Försöksstation	Jordart	Mull	Sand	Gmo	Fmo	Gmj	Fmj	Ler	Fmo+Gmj	Max. höjning av mark- ytan vid snöfri mark (cm)
		%	%	%	%	%	%	%	%	
Söderby	MJ	6	1	2	10	15	14	52	-	-
	Alv	-	3	2	7	12	17	59	19	4
Väsby	MJ	3	8	50	14	8	3	14	-	-
	Alv	-	3	61	21	6	3	6	27	9
Röbäcksdalen	MJ	4	16	34	23	13	4	6	-	-
	Alv	-	14	37	33	10	2	3	43	10
Korskrogen	MJ	7	2	2	14	40	20	15	-	-
	Alv	-	2	1	14	45	24	14	59	20
Hesse	MJ	3	2	3	24	38	18	12	-	-
	Alv	-	1	3	26	37	20	13	63	16
Hovra	MJ	4	2	2	20	38	19	15	-	-
	Alv	-	1	2	20	48	19	10	68	30
Färila	MJ	10	3	2	24	33	13	15	-	-
	Alv	-	1	2	26	47	15	9	73	22
Gråbergs	MJ	5	2	3	10	32	27	21	-	-
	Alv	-	-	2	49	32	8	9	81	27

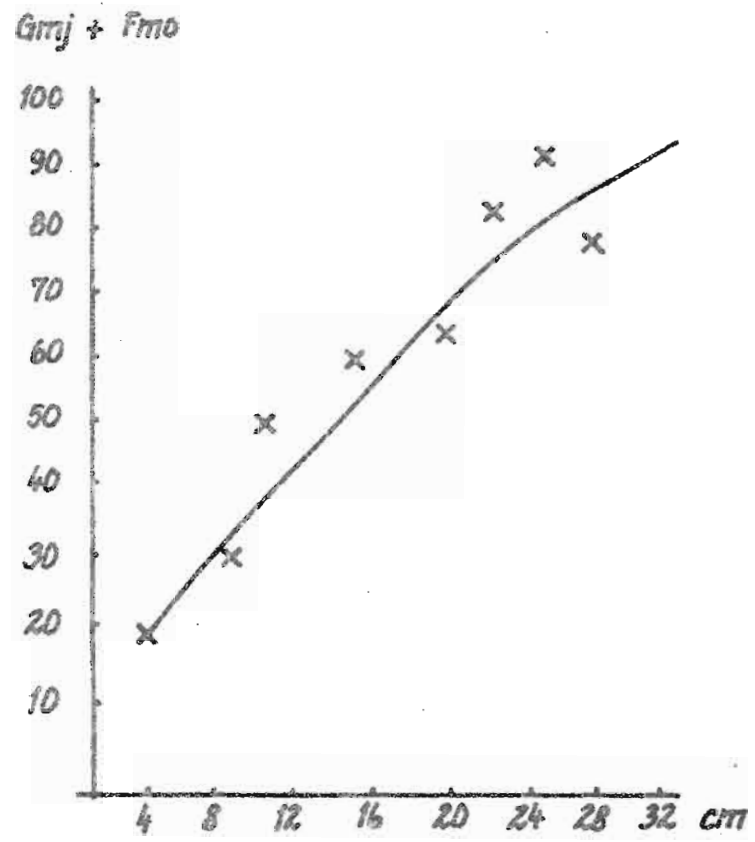


Fig. 10. Sambandet mellan halten finmo + grovmjåla och frosthävning.

Snötäckets inverkan på tjällyftningen i markytan har studerats endast vid två av de åtta mätstationerna - Korskrogen och Hovra. Av tabell 10 framgår att skillnaden beträffande maximal tjällyftning på snöfri respektive snötäckt mark är ganska liten - ca 20 % mindre för den snötäckta marken. Snötäckets inverkan på tjällyftningen nere i marken är mera påtaglig. På 90 cm djup har ingen tjällyftning alls kunnat uppmätas och på 45 cm djup är den ganska obetydlig.

Tabell 10. Den maximala tjällyftningen på snöfri och på snötäcktmark.

Försöksstation	Max. höjning av dikesbotten vid 45 cm		Max. höjning av dikesbotten vid 90 cm		Max höjning av markytan	
	A	B	A	B	A	B
Korskrogen	8 cm	2 cm	7 cm	0 cm	20 cm	16 cm
Hovra	7 "	0 "	3 "	0 "	30 "	23 "

A = Snöfri mark, B = Snötäckt mark

I denna undersökning har en höjning av markytan med upp till 30 cm uppmätts. Största tjäldjup som noterats är 123 cm. Vanligen har dock tjälen på snöfri mark inte gått djupare än 60-70 cm. På snötäckt mark har tjäldjupet hållit sig vid ungefär hälften. Grunt lagda ledningar - ledningar som legat på ca 50 cm djup - har i vissa fall utsatts för stora rörelser på grund av frosthävningen. Största förändringen under en vinter har uppmätts till 8 cm. Så stora rörelser innebär naturligtvis risk för allvarliga skador på dräneringsledningarna.

På normalt dräneringsdjup - omkring 90 cm - är rörelserna i marken på grund av tjälskjutning små och sällan förekommande. Dock har på 80 cm djup märkrörelser på 2 cm noterats. Bästa sättet att undvika skador på dräneringsledningar genom frosts-kjutning är att se till att dräneringsledningarna ligger tillräckligt djupt i marken.

Inslamning av jordmaterial i ledningarna har varit betydande i de fall där ledningarna varit utsatta för stora rörelser på grund av tjälskjutningen. De största mängderna inslammat material har uppmätts i de korrugerade rören - mindre i de släta plaströren och i tegelrörsledningarna. Någon praktisk betydelse torde denna skillnad inte ha. När rillarna i de korrugerade rören blir fyllda med slam, så fungerar röret sedan ungefär på samma sätt som en tegelledning eller en slät plaströrsledning. Allvarigare är naturligtvis om tjällyftningen åstadkommer att dräneringsledningen förskjuts uppåt på vissa ställen. Blir dessa förskjutningar tillräckligt stora kommer delar av ledningen att ligga i bakfall. Risken är då stor att inslammat material sedimenterar i ledningssvackorna och helt stänger av ledningen.

Denna effekt av tjäl-förskjutningen uppstår naturligtvis oberoende av vilket material ledningen består av. Sättet att undvika denna typ av skada på dräneringen är detsamma som för undvikandet av direkta skador på ledningen, nämligen att lägga rören på tillräckligt stort djup d.v.s. omkring en meter.

Filter och täckningsmaterial på rören har inte prövats i detta försök. Helt allmänt bör man dock kunna säga att täckning av rören med stritt grus, sågspån, stenuil o. dyl. bör motverka tjällyftningsskador på ledningarna bl.a. på grund av att dessa material bryter kapillariteten.

### Sammanfattning

Avsikten med undersökningen är att belysa frågan om hur dräneringsledningar påverkas av markrörelserna i uppfrysningssjor. Av särskilt intresse är att veta vad som händer med en ledning som delvis ligger i tjälad mark och delvis i otjälad. För att belysa frågan har försök utlagts på åtta platser med tjälskjutande jord. I tre av försöken har utlagts dräneringsledningar på två olika djup - 45 och 90 cm. Både tegel- och plaströr har ingått i undersökningen. Tjäldjupet och frosthävningen har registrerats. På de övriga fem platserna har frosthävning och tjäldjup uppmätts. Där har emellertid inga dräneringsledningar varit utlagda. Försöken har varit belägna på platser från Uppsala i söder till Umeå i norr.

Undersökningen visar att frosthävningen (tjällyftningen) på vissa jordar kan bli mycket stor. En höjning av markytan med upp till 30 cm har uppmätts. Största uppmätta tjäldjup under försöksperioden är 123 cm. Vanligtvis har tjälen på snöfri mark inte gått djupare än 60-70 cm. På snötäckt mark har tjäldjupet hållit sig vid ungefär hälften. Grunt lagda ledningar har i vissa fall utsatts för stora rörelser på grund av tjällyftningen. Största förändringen under en vinter på 50 cm-nivån har uppmätts till 8 cm.

Stora skillnader i höjning av dikesbotten mellan olika försöksplatser med i stort sett samma tjäldjup har uppmätts. Detta beror på att frosthävningen är starkt beroende av jordarten. Jordar med stort innehåll av mjäla och finmo är, på grund av förmågan att kapillärt transportera stora mängder vatten, utsatta för den största tjällyftningen. Ett ökat lerinnehåll i marken gör att tjällyftningen blir mindre. På vissa lättleror yttar sig detta som kraftig uppfrysning av matjorden medan älven inte påverkas i någon större omfattning. Även för grovmo tycks tjällyftningen vara begränsad till de ytligare skikten.

Vid enstaka tillfällen har dikesbotten på 80-90 cm djup påverkats av tjälen. Det har då rört sig om mindre höjningar, som påverkar ledningarna obetydligt.

Även på de mest utsatta jordarna - grovmjäla och finmojordarna - torde ett dikesdjup på ca en meter innebära, att ledningarna är skyddade för skador genom tjällyftning.

## LITTERATURFÖRTECKNING

- Markfysikaliska undersökningar i odlad jord XV.  
Undersökningar av tjälbildning, tjäldjup och  
tjälavsmältning i olika åkermarker med och utan  
naturligt snötäcke. Grundförbättring 1964:3. S. Andersson
- Sandslagens klassifikation och terminologi. (1903)  
De lösa jordlagren vid Stora Rör på Öland. (1905) A. Atterberg
- Slamavsättning i släta och korr. dräneringsrör av  
plast. Inst. för lantbrukets hydroteknik.  
Stenciltryck nr 57 Uppsala 1973. G. Berglund
- Klassifikation av svenska åkerjordar. G. Ekström

Förteckning över utgivna häften från n:r 92 i publikationsserien

LANTBRUKSHÖGSKOLAN, UPPSALA. INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP.  
AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK. STENCILTRYCK.

(Separat förteckning över häftena 1-100 finns vid Avdelningen för  
hydroteknik, SLU, 750 07 Uppsala 7)

- 92 Sandsborg, J. 1976. Dränering av byggnadsgrunder. 26 bl.
- 93 Berglund, G., Håkansson, A. & Eriksson, J. 1976. Om dikningsintensiteten vid dränering av åkerjord. Resultat av fältförsök med olika diksavstånd. V: Göteborgs- och Bohus län samt Älvsborgs län. 65 bl.
- 94 Wikner, Å. 1976. Bevattningsföretagen och vattenlagen. 13 bl.
- 95 Svenmar, S. 1976. Vattendomar med anknytning till bevattning. I. En sammanfattning av avkunnade ytvattendomar. 24 bl.
- 96 Svenmar, S. 1976. Vattendomar med anknytning till bevattning. II. En sammanfattning av avkunnade grundvattendomar. 14 bl.
- 97 Wiklert, P. 1977. Studier av de odlade jordarnas vattenhushållning. Del I. Exemplifierande, analyserande och sammanfattande text, tabeller och diagram. 43 bl.
- 98 Wiklert, P. 1977. Studier av de odlade jordarnas vattenhushållning. Del II. Grundmaterial: tabeller och diagram. Jordar med enkelkornstruktur; rotspärr. Jordar med aggregatstruktur; ingen rotspärr. 109 bl.
- 99 Wiklert, P. 1977. Studier av de odlade jordarnas vattenhushållning. Del III. Grundmaterial: Tabeller och diagram. Jordar med aggregatstruktur; rotspärr. Jordar med enkelkorn- eller aggregatstruktur. 94 bl.
- 100 Johansson, W. & Klingspor, P. 1977. Bevattning inom lantbruket 1976. Bevattnad areal, vattenåtgång och vattentäkter. 76 bl.
- 101 Berglund, G., Johansson, W., Eriksson, J. & Linnér, H. 1977. Resultat av 1976 års täckdiknings-, bevattnings- och kalkningsförsök. 20+77+7 bl.
- 102 Berglund, G. 1977. Mikroaggregatanalysen som testmetod vid strukturkalkning. 113 bl.
- 104 Andersson, S. & Wiklert, P. 1977. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktasammanställning. Del II. Norrbottens, Västerbottens, Västernorrlands och Jämtlands län. 98 bl.
- 105 Andersson, S. & Wiklert, P. 1977. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktasammanställning. Del III. Gävleborgs, Kopparbergs och Värmlands län. 89 bl.
- 106 Andersson, S. & Wiklert, P. 1977. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktasammanställning. Del IV. Älvsborgs och Göteborgs- och Bohus län. 72 bl.

Förteckning över utgivna häften i fortsättningsserien

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET, UPPSALA. INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP.  
AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK. STENCILTRYCK.

- 103 Persson, R. 1977. Skorpbildning på struktursvaga jordar vid olika bevattningsintensitet och droppstorlek. 43 bl.
- 107 Jonsson, E. 1977. Bevattning med förorenat vatten. Hygieniska risker för människor och djur. En litteraturstudie. 30 bl.



Förteckning över utgivna häften i publikationsserien

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET, UPPSALA. INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP, AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK. RAPPORTER.

- 108 Berglund, G., Håkansson, A. & Eriksson, J. 1978. Om dikningsintensiteten vid dränering av åkerjord. Resultat av fältförsök med olika dikesavstånd. IX. Västernorrlands, Jämtlands, Västerbottens och Norrbottens län. 104 bl.
- 109 Bjerketorp, A. & Klingspor, P. 1978. Inventering av avrinningen inom regioner med stor jordbruksbevattning. Faktaredovisning. 1: Kalmar län. 66 bl.
- 110 Lundegrén, J. & Nilsson, S. 1978. Bevattningssamverkan. Förutsättningar och olika associationsformer. 27 bl.
- 111 Berglund, G., Ericson, A., Eriksson, J., Ingvarsson, A., Linnér, H. & Persson, L. 1978. Resultat av 1977 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning. 19+23+56 bl.
- 112 Forsling, A. & Borgblad, M. Konflikten mellan jordbruket och naturvården i markavvattningsfrågor. 58 bl.
- 113 Linnér, H. 1978. Vatten- och kvävehushållningen vid bevattning av en sandjord.
- 114 Ingvarsson, A. 1978. Bevattningsförsök inom trädgårdsområdet i Norden. Sammanfattningar av försöksresultat publicerade t.o.m. 1977/78. 70 bl.
- 115 Ingvarsson, A. 1978. Bevattning i fältmässig trädgårdsodling - teknik och ekonomi. 45 bl.
- 116 Berglund, G. 1978. Frosthävningens inverkan på dräneringsledningar. 59 bl.

I denna serie publiceras forsknings- och försöksresultat vid avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet. Tidigare nummer i serien redovisas längst bak i rapporten och kan i mån av tillgång anskaffas från avdelningen.

This series contains reports of research and field experiments from the Division of Agricultural Hydrotechnics, Department of Soil Sciences. Earlier issues are listed at the end of the report and can be ordered - if still in stock - from the Division of Agricultural Hydrotechnics.

---

DISTRIBUTION:

Sveriges Lantbruksuniversitet  
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik  
750 07 UPPSALA, Sweden

Tel. 018-10 20 00 ankn. 1165, 1181

---