

MARK- OCH GRUNDVATTENSTUDIER I 1973
KASSJÖÄNS REPRESENTATIVA OMRÅDE

av U-M Andersson & A Waldenström

Notiser och preliminära rapporter
Serie HYDROLOGI. Nr 29

SVERIGES METEOROLOGISKA OCH HYDROLOGISKA INSTITUT
HYDROLOGISKA BYRÅN



MARK- OCH GRUNDVATTENSTUDIER I
KASSJÖANS REPRESENTATIVA OMRÅDE

1973

av U-M Andersson & A Waldenström

Notiser och preliminära rapporter
Serie HYDROLOGI. Nr 29

MARK- OCH GRUNDVATTENSTUDIER I KASSJÖÄNS REPRESENTATIVA
OMRÅDE

av

• U-M Andersson & A Waldenström

SVERIGES METEOROLOGISKA OCH HYDROLOGISKA INSTITUT

Notiser och preliminära rapporter

Serie HYDROLOGI. Nr 29

Stockholm 1973

	INNEHÅLLSFÖRTECKNING	Sid
	FÖRORD	
1	UPPGIFTEN	1
2	ALLMÅN BESKRIVNING AV OMRÅDET	1
3	VEGETATIONEN	1
4	GEOLOGI	3
5	DRÄNERING	3
6	MARKVATTEN	4
6.1	Stationsnät	4
6.2	Stationsbeskrivning	4
6.3	Mätprogram för markvattenmätningarna	5
6.4	Mätmetodik	5
6.5	Instrumentet	5
6.6	Teori	5
6.7	Utförande	6
6.8	Utvärdering av markvattendata	6
6.9	Markvattenutskrifter	7
7	GRUNDVATTEN	7
8	NEDERBÖRD	11
9	AVDUNSTNING	11
10	SJÖVATTENSTÅND	11
11	AVRINNING	12
12	LUFTTEMPERATUR OCH LUFTFUKTIGHET	12
13	BERÄKNINGAR	12
13.1	Linjär korrelation	13
13.2	Variationsanalys	15
13.2.1	Grundvattenrör	15
13.2.2	Markvattenrör, första beräkningen	16
13.2.3	Markvattenrör, andra beräkningen	17
14	VATTENOMSÄTTNINGEN FÖR LILL-TIVSJÖOMRÅDET SOMMAREN 1972	17
15	INTENSIVMÄTNINGAR	19
15.1	Perioden 2-6 juli	19
15.2	Perioden 11-23 juli	21
16	SAMMANFATTNING	24
	LITTERATURFÖRTECKNING	25
	KARTOR	
	TABELLER	
	FIGURER	

FÖRORD

Förslaget till denna uppsats gavs av professor Erik Eriksson.

Arbetet utfördes på uppdrag av, och i samråd med, SMHI (Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska institut), som tillhandahöll instrument och stod för inkvartering och bilkostnader.

Tiden för fältarbetet var den 19 juni - 21 augusti 1972.

Ett varmt tack till alla som har hjälpt till med uppsatsen.

Uppsala i mars 1973

Ulla Maria Andersson

Annika Waldenström

MARK- OCH GRUNDVATTENSTUDIER I KASSJÖÄNS OMRÅDE

1 UPPGIFTEN

Vår uppgift var att studera vattenomsättningen och avrinningens variationer i ett delområde till Kassjöån, ett av IHD:s (Internationella Hydrologiska dekadens) representativa områden.

Vi skulle studera vart nederbörden som infiltreras i marken tar vägen, hur nederbörden ger upphov till ökad markvattenhalt, höjt grundvattenstånd och olika avrinningsförlopp.

Dessutom skulle vi göra en beskrivning över varje mätstation, dess läge och vegetationen kring rören.

Vi skulle även, om vi hade tid, göra en översiktlig kartering över vegetationen, skogstyp och krontäthet i skogen, marktäckning och jorddjup, vilkas utbredning har betydelse för avrinningsprocessen.

2 ALLMÄN BESKRIVNING AV OMRÅDET

Lilla Tivsjön är ett delområde till Kassjöån, vilket representerar det mellansvenska skogslandskapet.

Lilla Tivsjön ligger i Kälarne kommun i Jämtlands län. Det geografiska läget är 62 44'N och 16 14'O. Området tillhör Gimåns avrinningsområde, vilket avbördas till Bottenhavet via Ljungan.

Lilla Tivsjöns område är begränsat av vattendelaren till avrinningsstationen Lilla Tivsjön nedre, vilken är belägen vid Lilla Tivsjöns utlopp.

Områdets yta är 12,8 km² och till största delen bestående av barrskogsklädd morän. Höjden över havet varierar från 246 m vid vattenföringsstationen Lilla Tivsjön nedre till 470 m i områdets västligaste del.

Se den topografiska kartan karta 2 och hypsografiska kurvan fig 1.

Området är till 88 % täckt av skog varav 17 % är hyggen. Myrmark upptar 8 % och sjöar 3 % av området. Odlad mark och betesmark upptar endast 1 %.

Berg i dagen förekommer i mycket ringa utsträckning. Området ligger till största delen över HK och domineras av moig - sandig morän.

3 VEGETATIONEN

Vid uppförandet av vegetationskartan hade vi tillgång till kartor, där gränserna vid skogstaxeringar utmärkts. Dessa fick vi låna från SCA (Svenska Cellulosa Aktiebolaget), vilka äger i stort sett hela området. Vi kunde använda oss av dessa, när vi sedan gick runt på området för att rekognosera i fält. SCA:s kartgränser var baserade på virkesförrådet och innehöll många

fler klasser än vad vi kunde tänka oss ta med. Vi ville i stället ha en bild av skogen beroende på typ, krontäthet och marktäckning. Vi delade därför in den i tre egna klasser. Även för myrar och hyggen gjorde vi en liknande indelning.

Eftersom naturen sällan är helt homogen med skarpa gränser, har vi försökt skatta medeltypen på området. Det är särskilt svårt att dra gränser på vissa ställen i skogen. Myrarna och hyggerna är ofta sammansatta av flera klasstyper. Vi tog då den dominerande typen på myren respektive hygget.

Skogen, vilken huvudsakligen består av tall och gran, upptar 71 % eller 9,1 km² av området. Vi delade in den i klasserna:

Klass 1

Det här är den välrensade skogen, där vegetationen huvudsakligen består av glest och jämnt växande tallar och granar. Buskar och lägre träd förekommer endast sparsamt. Marken är mestadels täckt av lägre blåbärsris, kråkbärsris m m.

Klass 2

Skogen är fortfarande ganska gles, men här är inslaget av buskar och mindre träd mycket större. Markväxterna är här något högre än i skog klass 1.

Klass 3

Skog klass 3 består av den tätaste och risigaste av de tre typerna. På en del ställen var skogen så tät, att solstrålningen inte nådde marken.

Buskvegetationen var huvudsakligen mossar och blåbärsris. Ibland saknades den helt, och marken var istället endast täckt av barr och kottar.

Denna typ av skog var den vanligaste typen inom vårt område.

Hyggerna, vilka utgjorde 2,2 km² eller 17 % av hela området, delades in i de 3 klasserna, som beskrives nedan.

Klass 1

Denna klass omfattar nyavverkade hyggen, där ingen ny vegetation har hunnit växa upp. Enstaka fröträd eller björkar finns kvar. Mossar och ris efter avverkningen täcker marken. Dessa hyggen utgör 5,5 % av området, alltså 0,7 km².

Klass 2

Till klass 2 räknar vi hyggen, som avverkades för något år sedan. Ny vegetation börjar komma upp. Mjölkörten dominerar, men även hallonris och andra buskar är vanliga. Det är den vanligaste typen av hyggen inom området och upptar 0,9 km², vilket utgör 7 % av hela området.

Klass 3

Klass 3 består av de äldsta hyggerna. En kraftig lövvegetation har hunnit växa upp. Främst björkar på några meter, men även en del barrträd har börjat växa upp. Området består av 0,6 km² hyggen klass 3, vilket är 4,5 % av hela området.

Myrar

1,0 km² utgöres av myrar, vilket är 8 % av hela området. Dessa indelas i:

Klass 1

Myren saknar träd. Vegetationen består huvudsakligen av starr och tuvor. Denna typ av myr är den blötaste av de tre typerna.

Klass 2

Den här myren är inte lika fuktig som föregående. Där växer även en del träd, mest tall. Mossa, ljung och hjortron är den dominerande växtligheten.

Klass 3

Denna typ av myr är bevuxen med buskvegetation, t ex en. Även en hel del träd växer där, huvudsakligen risiga tallar men även granar och lövträd.

4

GEOLOGI

Vid uppförandet av den geologiska kartan med högsta kustlinjen inritad (se karta 4) har vi använt oss av material från G Linnmans kartering. Hon har dock dragit vattendelaren fel, så hela vårt område har inte kommit med. Vi har emellertid gått över hela området, och då också över den del som fattades på Linnmans karta. Vi kompletterade hennes karta med hållar vi själva träffade på.

Som det syns på kartan, så är morän den dominerande jordarten på området. Det är framför allt kring klimatstationen och vid östra stranden av Lilla Tivsjön som det finns sediment, dvs sorterat isälvmaterial. Gränsen mellan morän och sediment är ofta ganska diffus och därför svår att dra.

Vi hade även till uppgift att kartera jorddjupet på området. Efter- som hållmark förekommer i mycket liten utsträckning, är jord- djupet över största delen av området mera än 0,5 m. Ett undantag är dock ett litet område ung 2 km² beläget mellan Bodtjärn och Lilla Tivsjön. Där gick vi längs några profiler och mätte jord- djupet på vart 25 steg. Vi fann då, att medeldjupet inom detta område var ung 0,5 m. Området bestod av mindre hållar ofta med fuktigare partier emellan.

För övrigt är hållarna inom området mycket små. De består bara av någon m² kal håll och resten är täckt med mossor och tunnare jordlager, som är övervuxna med buskar och träd.

5

DRÄNERING

På karta 5 är dräneringsnätet utritat enl den ekonomiska kartan. De flesta bäckarna har sitt ursprung från myrområden. Med dräneringstäthet menas totala längden av bäckarna per enhetsarea. I vårt fall är dräneringstätheten 1,5 km⁻¹.

Fig 2 visar den totala längden av bäckarnas olika ordning.

1:a ordningen är bäckar utan tillflöden.

2:a ordningen är bäckar med endast tillflöden av bäckar av 1:a ordningen. När 2:a ordningen möter en bäck av samma eller mindre ordning bildas 3:e ordningen osv.

Vi ser här, att bäckar av 1:a ordningen är vanligast. De hade den största sammanlagda längden. Sedan följer längden av bäckarnas olika ordning en avklingande kurva.

6 MARKVATTEN

6.1 Stationsnät

Markvattenmätningar gjordes på fem stationer. Varje station innehöll tre mätrör, varav ett räknades som huvudrör.

Rören var 1,5 tums galvaniserade järnrör, vilka var omkring 1,5 - 2 m djupa.

Se karta 2, där stationerna är inprickade.

6.2 Stationsbeskrivning

Se fig 3-7, där en skiss över varje markvattenrörs närmaste omgivning är utritat samt lutning närmast kring rören (ung 6 m).

Station I

Stationen är placerad på ett hygge klass 2. Hygget ligger på en kulle mellan två myrar, och stationen ligger på kullens ONO sluttning.

Markvegetationen består mestadels av gräs, mjölkört och mossor. Jordarten är morän.

Station II

Stationen ligger i skog klass 3. Skogen var något glesare just vid stationen, åtminstone vid rör 4. Marken täcktes huvudsakligen av blåbärsris. Det geologiska materialet är även här morän.

Station III

I skog klass 2 var station III placerad. Markvegetationen bestod där av ljung, mossor, lingonris, gräs och blåbärsris, som här var lägre än t ex på station II.

Station IV

Stationen var belägen i anslutning till klimatstationen i Lill-Tivsjön, upprättad på gården hos observatören. På marken växte gräs och ängsblommor. Som framgår av den geologiska kartan fanns det mest sediment och inte morän på station IV, men man kunde ändå se en del block i ytan, så materialet måste vara blandat.

Här använde vi oss inte av samma huvudrör som SMHI, eftersom en väl upptrampad stig till nederbördsmätaren gick precis förbi SMHI:s huvudrör.

Efter slåttern användes emellertid området kring vårt huvudrör till betesmark åt kor, så då ändrades ju markförhållandena.

Det bör också nämnas, att station IV saknar grundvattenrör i direkt anslutning till markvattenrören, vilket vore önskvärt att ha. Grundvattenrör 7 var det grundvattenrör, som låg närmast

stationen, förutom brunnen på gården intill. Rör 7 låg emellertid i Lill-Tivsjöns avrinningsområde, medan station IV låg precis utanför detta avrinningsområde.

Station V

Station V var placerad i skog klass 3 och hade blåbärsris och mossor som den huvudsakliga undervegetationen.

Geologiskt var stationen belägen på gränsen mellan ett morän- och sedimentområde.

Även station V låg utanför Lilla Tivsjöns avrinningsområde.

6.3

Mätprogram för markvattenmätningarna

Var tredje dag mättes alla huvudrören plus alla tre rören på någon av de fem stationerna. Således mättes första mätdagen alla tre rören på station I plus huvudrören på de andra stationerna och andra mätdagen alla rören på station II plus huvudrören osv.

Vid och efter regn mätte vi huvudrören varje dag. Vid och efter några regntillfällen mätte vi flera gånger samma dag i ett par rör, för att mera i detalj kunna studera hur mycket av nederbörden, som fyllde på markvattnet resp grundvattnet (se nedan om grundvattnet).

6.4

Mätmetodik

Vattenhalten i marken bestämdes med hjälp av neutronspridningsmetoden. Neutronmätaren mäter vattenhalten i en sfär på ungefär 20-30 cm.

6.5

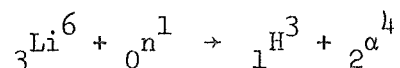
Instrumentet

Instrumentet, som vi använde oss av, var av märket BASC, NEA DANMARK. Det bestod av en källa för snabba neutroner, en detektor för långsamma neutroner och en scaler (räkneverk). Instrumentet är i två delar. Proben består av den inneslutna neutronkällan, scintillationskristallen m m, som med hjälp av en kabel kan föras till önskat djup. Den andra delen är scalern. Eftersom den går på batteri, fick den laddas någon timme före varje användande. Den danska typen av neutronfuktighetsmätare, som vi använde, är utrustad med en 50 mC Am-Be strålningskälla. I fig 8 visas en skiss på instrumentet.

6.6

Teori

När α -partiklar träffar en Berylliumkärna sker en kärnreaktion, och snabba neutroner frigörs. Eftersom väteatomen består av en proton, som har ungefär samma storlek och massa som neutronen, stoppas de snabba neutronerna upp genom elastiska kollisioner med väteatomkärnorna i omgivningen. Detekteringen av långsamma neutroner sker med hjälp av en scintillationsdetektor. Följande kärnreaktion ger de laddade partiklar, som behövs för detekteringen:



Scintillationskristallen av Litiumjodid innehåller koncentrerad Li^6 .

Metoden påverkas av antalet absorbatörer, såsom klor, brom, kadmium eller järn, vilka varierar från en mark till en annan eller från ett djup till ett annat. Dessutom kan neutronmätaren inte skilja på vatten bundet till lera, som således inte står till direkt förfogande för växterna, och vatten som kan upptas av växterna. Markförhållandena ändras också något, när man slår ned rören i marken. Men i vårt fall är vi ju bara intresserade av ändringen i vattenhalt från ett mätillfälle till ett annat, så då påverkas inte neutronmätaren så mycket av dessa osäkerheter i kalibreringen. Man måste också tänka på att ledningsförmågan i den mättade zonen är beroende av fuktigheten. Marken kan också ändra sin struktur avsevärt, t ex få sprickor när vatteninnehållet är litet. I vårt område är dock lerhalten mycket låg, den innehåller mest mo, sand och grus.

6.7

Utförande

Markvattenmätningar i huvudrören görs regelbundet en gång i månaden av en observatör på platsen. Trots att rören bara används en gång i månaden i vanliga fall, hade det bildats tydliga stigar fram till huvudrören.

Vi, som skulle mäta så ofta, skulle ha trampat ned vegetationen kring rören totalt och på så sätt ändrat vattenförhållandena genom att rotförhållandena ändrades.

För att skona vegetationen placerade vi en upp- och nedvänd back bredvid röret och på den en bräda, som vi kunde stå på, då vi sänkte ned proben i röret. Eftersom kabeln till scalern är ganska lång, kunde vi ha den stående några meter ifrån röret.

Vid markvattenmätningen avläste vi tiden det tog för räkneverket att uppfatta 20 000 pulser. Vi började vid ytan och gjorde sedan en mätning på varje decimeter ned till omkring 1,5 m, beroende på hur djupt röret var. Mätningen på varje nivå tog en till två minuter. Före mätningen vid ungefär vartannat rör måste instrumentet kalibreras.

6.8

Utvärdering av markvattendata

Vid omvandlingen av tider till vattenvärden behövs marktätheten i hela profilen för att få en korrekt kalibrering. Täthetsprofiler för huvudrören var redan uppställda av SMHI. Eftersom endast täthetsprofiler för huvudrören finns uppställda, fick vi anta, att tätheten var densamma för övriga rör på stationerna. Ett dataprogram för utvärdering av markvattendata fanns redan uppställt på SMHI.

I fig 9 är markvattenhalten i de fem huvudrören för tiden 21 juni - 20 juli inprickade.

Markvattenhalten i de övriga rören har ritats i fig 10.

Markvattenhalten är här den integrerade summan av vattenhalterna 0-50 cm ned i marken. Sorten är mm. För att man ska kunna följa hur vattenhalten i de olika rören ändras av regnen har vi ritat in nederbörden i mm.

6.9

Markvattenutskrifter

Markvattenutskrifterna bestod av absolutvärdena av vatteninnehållet för varje djup och mättillfälle plus summeringar av vatteninnehållet i mm 0-50, 50-100, 0-100, 100-Botten cm ned i marken.

Dessutom var markvattenhaltens ändring till varje mättillfälle för varje djup uträknat.

Exempel på ytterligare två uppställningar, som gavs i utskriften, ges i fig 11 och 12.

Fig 11 visar markvattenhaltens fördelning. Djupet är uppställt mot tiden. Tiden är i dagar. Siffrorna 1, 2, 3 betecknar vattenhalt i dg/cm^3 . Med sorten g/cm^3 menas mängden vatten i gram, som finns i en cm^3 i marken med den täthet som täthetsprofilen anger.

I fig 12 visas vatteninnehållets fördelning i olika markskikt. Där är vattenhalten i g/cm^3 uppställd mot tiden i dagar. Siffrorna 1, 2, 3, 4, 5 betecknar olika skikt i marken.

7

GRUNDTVATTEN

Under vår mätperiod mättes grundvattnet i 14 rör och 2 brunnar. Karta 2 visar var de olika rören var belägna. Rören var nedslagna av SMHI och av SGU (Sveriges Geologiska undersökning), till ett djup av ung 3 m.

SMHI:s rör har en höjd över marken på ung 0,5 m, medan SGU:s rör har en höjd på mellan en och två meter ovanför markytan. Detta för att rören ej ska snöa över på vintern.

Mätningarna skedde manuellt med hjälp av ett klucklod, som är fäst i ena änden på ett cm-graderat måttband. Noggrannheten för bestämning av grundvattenytans läge med hjälp av ett klucklod är $\pm 0,5$ cm. I ett av rören emellertid (26) finns det en registrerande grundvattenpegel. Den består av en flottör, vars rörelser via mekanisk överföring förs till ett ritstift. En nackdel med denna är, att flottören ibland fastnar.

När det gäller felkattning av den registrerande grundvattenpegeln, så är det framför allt två felkällor, som inverkar. Den första felkällan kommer in, då pegeln ställs in efter ett klucklod. Den andra inträffar vid själva registreringen. Man kan sätta noggrannheten för bestämningen till ± 1 cm.

Figur 13 och 14 visar alla rör som vi mätt i. Fig 15 visar endast de rör vilka vi använt oss av i våra beräkningar. Nedan följer

en beskrivning av de olika grundvattenrören med en motivering varför vi ansett vissa vara mera representativa än andra.

Vid numreringen av rören har vi utelämnat siffrorna 26 före rörnumret. 26 är Kassjöområdets nummer och lika för alla rör.

Rör 1

SMHI-rör. Röret är placerat på ett hygge klass 2 (se sid 2) i en lång svag sluttning. Lutningen närmast röret är 2° 0. Det geologiska materialet kring röret är morän.

Grundvattenytan i rör 1 stiger nästan hela perioden oberoende av om det regnar eller inte. I slutet av juli börjar den emellertid sjunka i likhet med övriga rör. Vi har därför inte ansett detta rör vara representativt för grundvattnets variationer inom området.

Rör 25

SGU-rör. Röret är placerat 5 m från vägen ungefär 0,5 m lägre än vägbanan. Även på andra sidan röret sluttade marken mot röret från hyggeskanten. Inte långt från röret rann en liten bäck ner från hygget och vid kraftiga regn bildades en extra fåra från bäcken, vilken rann över röret. De uppmätta vattenståndstopparna blev alldeles för stora och visade inte den verkliga grundvattenytan. Vi sorterade därför bort även detta rör.

Rör 2

SMHI-rör. Detta rör ligger i anslutning till Markvtn.station 1 på ett hygge klass 2. Jordarten på stationen är morän. Lutningen närmast kring röret är 8° 0 NO.

Detta rör följer de andra rören och nederbördens variationer rätt bra och är ett av de rör vi använt oss av i våra beräkningar.

Rör 3

SMHI-rör vilket ligger i skog klass 3. Lutningen närmast röret är 3,5° OSO. Det geologiska materialet är morän. Detta rör följer inte nederbördens variationer, som de andra rören vi valt ut gör. T ex under tiden 3 juli - 10 juli sjunker grundvattenytan, trots att det regnar hela tiden. Därför har vi ej använt oss av värdena från detta rör.

Rör 26

SGU-rör med registrerande grundvattenpegel. Röret ligger vid vägen, men ej så lågt att vatten ansamlas eller rinner över det, jämför rör 25 och 27. Röret är tyvärr mycket snett nedslaget, vilket ökar osäkerheten i bestämningen av grundvattenytans läge. Vattenytan tycks emellertid följa nederbördens variationer på ett tillfredsställande sätt. Eftersom det är ett registrerande rör, kan vi ju också följa variationerna bättre.

Rör 4

SMHI-rör. Detta rör ligger i anslutning till station II, vilken är placerad i skog klass 3. Det är något glesare just vid den plats där röret är islaget. Geologiskt består stationen av morän. Lutningen närmast röret är 7° OSO. Grundvattenståndsvariationerna i röret följer de andra rören väl, så rör 4 är ett av de rör vi använt oss av.

Rör 27

SGU-rör. Röret är placerat vid väggkanten intill station II. Röret är även här placerat i en svacka, precis vid ett ställe, där vatten brukade ansamlas, så det var alltid blött framför röret. Vid de kraftigaste regnen rann även vatten ned från skogskanten över röret. Under tiden 13 juli - 5 augusti stod vattnet i röret ovanför markytan. Vattenståndsobservationerna i röret visar därför inte grundvattnets variationer, eftersom det är ytvatten det är frågan om.

Rör 5

SMHI-rör i anslutning till station III. Röret ligger i en glänta i skog klass 2, där jordarten är morän.

Grundvattenytan i röret var helt oberoende av om det regnade eller inte. Vattenståndet var oförändrat ända till i slutet på juli, då det plötsligt började stiga. Det verkar som om röret varit igensatt med något som sedan plötsligt lossnade. Vid jämförelse med föregående års vattenståndsobservationer såg vi, att vattenståndet i röret uppfört sig på samma sätt år 69. Det var en kraftig topp i april, maj. Under sommaren var vattenståndet konstant för att sedan börja stiga igen i slutet på juli och i augusti. Åren 68-71 däremot var det en jämn tappning från ett maximum i slutet av maj. Det var även vissa svårigheter att göra mätningar där, eftersom vid nedslagningen av röret den undre rörbiten åkt in i den övre. Grundvattenytan låg i detta rör betydligt lägre än i de övriga rören. Den låg på 3-4 m djup, medan alla de övriga låg över 3 m. Vi har därför ej kunnat använda oss av detta rör vid våra beräkningar.

Rör 28

SGU-rör. Röret ligger i en liten glänta med små lövträd i skog klass 2 alldeles i närheten av en slåtteräng. Marken lutade svagt mot gläntan. Antingen var vattnet i röret artesiskt eller också var röret igensatt på något sätt. Vattenytan steg hela tiden och stod under största delen av perioden ovanför markytan. Det var ingen direkt utströmning på marken kring röret. Mätningarna i detta rör visar därför ej den fña grundvattenytans variationer, vilka vi var intresserade av.

Rör 6

SMHI-rör. Röret ligger på kanten av en slåtteräng, som gränsar till skog klass 3, med en övergångszon på 8 m. Där fanns det en större stig. I övergångszonen växte det mest buskar. Lutningen

närmast röret är 3⁰ NNO. Vattenståndsvariationerna i detta rör följer väl de andra rören vi använt oss av samt nederbördens variationer.

Rör 7

SMHI-rör. Röret är beläget mellan en slätteräng och glesare skog, som längre bort övergår i skog klass 3. Lutningen vid röret är ung 2⁰ NNV. Detta är det grundvattenrör, som ligger närmast station IV.

Rör 8

SMHI-rör. Röret ligger i anslutning till station V, vilken ligger i skog klass 3. Röret är dock placerat i en svacka, där vattenytan ligger strax över eller under markytan hela perioden. Vattenståndsvariationerna blir därför alltför snabba och visar ej grundvattnets variationer utan ytvattnets. Vi har ej använt oss av detta rör.

Rör 9

SMHI-rör. Röret är placerat på en myr klass 2.

Detta verkar vara ett bra rör och vattenytans variationer följer nederbörden på ett tillfredsställande sätt. Men eftersom vi bara har 8 % myr på området och röret ligger utanför Lilla Tivsjöns avrinningsområde, ansåg vi, att det inte var tillräckligt representativt för grundvattnet i området. Röret skulle kunna förskjuta medelvärdet av de andra grundvattenobservationerna, som vi använt oss av vid kommande beräkningar.

Rör 29

SGU-rör. Röret är placerat efter vägen mot Öraåttjärnarna i ett sedimentområde. Eftersom det finns ringa sediment på området och röret ligger utanför vårt egentliga område, har vi ej ansett att röret är representativt.

Brunn 7

Nummer 7 enl Brunnsinventering i Kassjöområdet. Brunnen ligger på Olofssons gård i Lill-Tivsjön. Den ligger utanför området, men är den mätpunkt för grundvattnet, som ligger närmast station IV. Brunnen är 5,45 m djup. Den är belägen vid ladugården och användes bl a till att kyla mjölkkrukor i. Våra värden är ej korregerade för dessa. Vattenståndsvariationerna i brunnen följer väl variationerna i de rör vi använt oss av.

Brunn Mon

Brunnen ligger på en ödegård. Den ligger cirka 50 m från närmsta hus. Vegetationen kring brunnen bestod av högt gräs och buskar. Det geologiska materialet är morän. Brunnens djup är 4,60 m. Vi använde oss av dessa värden i våra beräkningar.

Vi hade även tillgång till den registrerande bergbrunnen 24. Men eftersom den ligger strax utanför vårt område, och det nästan inte finns några berg på området, har vi ej använt oss av dessa värden och ej heller redovisat dem i denna uppsats.

8

NEDERBÖRD

Det fanns redan en del nederbördsräknare uppställda på området. Vid Lill-Tivsjöns klimatstation fanns det en pluviograf, typ balansräknare, en pluviometer, typ SMHI-räknare, som tömdes varje dag, samt en totalisator, vilken avlästes 2 gånger per månad. Det fanns också en totalisator vid Mon. För att få en mera detaljerad bild av nederbörden satte vi själva upp en registrerande nederbördsräknare, typ Hellman, vid Mon. Avståndet mellan Lill-Tivsjön och Mon är 2,8 km och höjdskillnaden 50 m. Trots att Mon ligger högre var den totala nederbörden lägre där än vid Lill-Tivsjön. Se tab 2. Det har därför inte varit möjligt att göra någon korrektion för nederbördens ökning med höjden över havet (se Hedin: Hydrologiska undersökningar i Kassjöåns repr. omr. Rapport 1). Det här kan tänkas bero på, att den nederbörd, som föll under sommaren, var av skur-typ med mycket begränsad utsträckning. Det var inte säkert att det regnade vid Mon för att det regnade vid Lill-Tivsjön.

9

AVDUNSTNING

Avdunstningen mätte vi i en evaporimeter typ class A pan, som var placerad vid Lill-Tivsjöns klimatstation (se karta 2). Evaporimetern består av en cirkulär balja fylld med vatten, vilken står på en trätrall strax ovan markytan. Baljan har en diameter på 1,21 m och är 0,25 m hög.

Mätningen av vattenståndet utfördes med hjälp av en mikrometer-skruv, som satt fastmonterad på baljans kant. Vi mätte även vattentemperaturen i baljan och vindhastigheten över vattenytan på 0,5 m höjd över marken. Avläsningar gjordes vid samma tidpunkt varje dag. Av dessa kunde den dygnsvisa förändringen beräknas. Dessa förändringar korrigerades med nederbörden och gav då den dagliga avdunstningen, som vi har använt oss av. Dessa värden representerar den potentiella avdunstningen och kan ytterligare korrigeras för att likna den verkliga. Det finns fler felkällor, som spelar in, t ex att baljan leder värme.

10

SJÖVATTENSTÅND

En registrerande sjöpegel var uppsatt vid Lill-Tivsjöns utlopp. Vid för lågt vattenstånd måste emellertid manuell avläsning göras. Felet i vattenståndsmätningarna kan skattas till ± 1 cm. Vi lade märke till, att pegeln ej var uppsatt precis i sjön, utan snarare där bäcken mellan Lilla Tivsjön och Tivsjön börjar. För att se om det hade någon inverkan på resultaten av vattenstandsregistreringen gjorde vi ett litet experiment. Vi avläste tiden det tog för en pinne att flyta en viss sträcka utanför sjöpegeln. Med hjälp av Mannings formel $v = M \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$ (enl Reinius) där v = Medelhastigheten (m/s), R = hydraulisk radie (m), I = hydraulisk gradient och M = Mannings konstant beräknade vi sedan höjdskillnaden på sträckan och fann då, att den var alldeles för liten för att ha någon betydelse.

Ur dessa vattenståndsvariationer kunde vi få sjömagasinerings.

Vi mätte även vattenståndsvariationerna i Bodtjärn. Mätplatsen valde vi mellan några stenar, där påverkan av vågorna inte var så stor. Avläsningarna gjordes sedan med hjälp av en tumstock. Fig 16 visar en jämförelse mellan vattenståndsvariationerna i Bodtjärn och Lilla Tivsjön. Jämför vi Bodtjärn med Lilla Tivsjön, ser vi, att Bodtjärn reagerar betydligt snabbare på regn än Lilla Tivsjön. Variationerna i Bodtjärn är mycket större. Under exempelvis tiden 18-21 juli ökade vattenståndet i Bodtjärn med nästan 60 cm, medan det i Lilla Tivsjön endast ökade med knappt 20 cm. 21-24 juli höjdes vattenytan i Lilla Tivsjön med ytterligare 1 cm, medan den minskade i Bodtjärn med 35 cm. Detta visar, att vattenståndstopparna inträffar senare och är mer dämpade i Lilla Tivsjön än i Bodtjärn. Det beror på, att Bodtjärn är ett mindre magasin än Lilla Tivsjön. Lilla Tivsjön är till ytan ungefär 7 gånger större än Bodtjärn.

11 AVRINNING

En vattenföringsstation hade byggts över bäcken mellan Lilla Tivsjön och Tivsjön. Den bestod av en 120° Thomson damm med en registrerande pegel. Strålen var för det mesta väl luftad, fast emellanåt klustrades den ihop. En avbördningskurva för stationen hade redan upprättats. Ur vattenståndsmätningarna från pegeln kunde då avrinningen bestämmas.

12 LUFTTEMPERATUR OCH LUFTFUKTIGHET

Lufttemperaturen och luftfuktigheten avlästes på klimatstationen av observatören.

13 BERÄKNINGAR OCH ANALYS AV RESULTATEN

I fig 18-22 har vi satt upp grundvattenstånd mot markvattenhalt för att se om något samband råder mellan dem. Datum är utritade. Fig 19 gäller för station I 11-21 juli. Om man följer punkterna i diagram a från 11 juli till 12 juli osv, ser man, att punkterna går runt i en båge, ungefär som en spiral. Det tyder på, att en fasförskjutning råder. I diagram b med grundvattenståndet en dag efter mot markvattenhalten ser man, att punkterna ligger betydligt mer samlade, dvs en mer hoppressad båge har bildats. I diagram c däremot, där grundvattnet två dagar senare har plottats mot markvattenhalten, ligger punkterna mer spridda igen. Vi har således kommit fram till, att på station I råder under tiden 11-21 juli det bästa sambandet mellan markvattnet och grundvattnet, då grundvattenvärdena förskjutits ungefär en dag.

Se fig 20.

Betraktar man hela perioden 11-20 juli fås det bästa sambandet med samtida markvatten- och grundvattenmätningar. För 12-18 juli blir det emellertid bättre om grundvattenvärdena förskjuts en dag. Den 12-17 juli föll ingen nederbörd, vilket det gjorde den 11, 19 och 20 juli.

Fig 21 och fig 22 gäller markvattenrör 12 (M 12) på station IV den 11-15 juli. I fig 21 har mätvärdena från brunn 7 använts som motsvarande grundvatten och i fig 22 mätvärdena från grundvattenrör 7 (G 7). I båda fallen syns det bästa sambandet vara då grundvattenvärdena förskjuts en dag.

Så länge nederbörd faller stiger både markvattnet och grundvattnet. Efter regnet började markvattnet sjunka medan grundvattnet fortsatte att stiga. Någon dag därefter sjönk både markvattnet och grundvattnet.

13.1

Linjär korrelation

För att göra en linjär korrelationsberäkning satte vi upp ett antal variabler och korrelerade dessa mot varandra. Resultatet ges i tabell 4 och 5. I tabell 4 tog vi med 18 stycken variabler, med endast data från var tredje dag, vilket gav 12 avläsningsdagar. I tabell 5 har vi tagit med 18 avläsningsdagar, således inte enbart var tredje dag. Där kunde vi bara ta med 15 st variabler, eftersom det fattades en del värden. Vi ville se om korrelationsvärdena ändrades då vi tog med flera värden. För att se vad dessa korrelationsvärden egentligen innebar, dvs att inte enbart slumpen åstadkom ett värde, som såg ut som en korrelation, räknade vi ut det 95 % konfidensintervallet. Vi använde oss av metoden för variansanalys enligt Panovsky.

I första fallet, med 12 avläsningsdagar, kom vi fram till, att det var 5 % sannolikhet att det inte var någon korrelation vid 0,58 och 1 % sannolikhet att det inte var någon korrelation vid 0,71. I andra fallet, således med 18 avläsningsdagar, är det 5 % sannolikhet att det inte är någon korrelation vid 0,47 och 1 % sannolikhet att det inte är någon korrelation vid 0,59.

Markvattenrör med varandra

Ser vi först på markvattenrörens korrelation med varandra, visar det sig, att avstånden mellan rören inte inverkar på korrelationen. Markvattenrör 1 och 15, M1 och M15, som ligger längst ifrån varandra av markvattenrören, har en tydlig positiv korrelation. I första fallet är korrelationen 0,95 och i andra fallet 0,92. Alltså, variationerna i de båda rören sker ungefär samtidigt. Jfr fig 9, där vattenhaltens variationer i de olika markvattenrören har prickats in. M1 och M5 däremot, som ligger betydligt närmare varandra (se karta 2), har endast korrelationen 0,68 resp 0,46 vilket inte passerar den 95 %-iga konfidensnivån. Det är därför kanske bara slumpen som åstadkommer den korrelationen. Se även här fig 9.

Det kan tänkas, att vissa fasförskjutningar råder ibland. Rören fylls på och töms olika. De fem markvattenrören har för övrigt i båda fallen en tydlig positiv korrelation med varandra, dvs höga värden hos något rör motsvaras av höga värden hos de andra och vice versa.

Jämför man korrelationsvärdena för markvattenrören med värdena för den 95 %-iga konfidensnivån i de båda fallen (0,58 och 0,47) finner man, att förutom ett par undantag, blir korrelationerna

större i andra fallet. Korrelationerna blev alltså större i det fallet, då vi tog med fler mätvärden. Jämför dessa resultat med de kommande resultaten från variansanalysen sid 17.

Grundvattenrör med varandra

Även grundvattenrören har i allmänhet en klar positiv korrelation med varandra. Dessa resultat stämmer överens med resultaten från variansanalysen sid 15 som visar att det inte är någon signifikant skillnad mellan markvattenrören resp grundvattenrören. De största korrelationerna har i båda fallen grundvattenrör G26 och G4 på station II, liksom G26 och G6 samt G4 och G6.

Markvattenrörs och grundvattenrörs korrelation med varandra

Vissa grundvattenrör, som G4, G6, G26 och Mon, har en positiv korrelation med alla markvattenrör. Korrelationsvärdena för G2 och G7 med markvattenrören däremot är för låga för att visa något samband. Det beror antagligen på, att en fasförskjutning råder. Se t ex fig 19 med M9 och G2 för den 11-21 juli, där det bästa sambandet syns vara då grundvattenvärdena släpar efter en dag. Se även fig 22 med M12 och G7, som visar det bästa sambandet då grundvattenvärdena förskjutits två dagar. Grundvattenmedelvärdet och markvattenmedelvärdet har den positiva korrelationen 0,90. Det visar, att sambandet mellan markvattenhalten och grundvattenståndet på området är bra.

Vattenståndet

Vattenståndet visar en positiv korrelation med markvattnet och grundvattnet. När vattenståndet ökar, ökar markvattnet och grundvattnet, och när vattenståndet minskar, minskar markvattnet och grundvattnet. Vattenståndets korrelation med markvattenmedelvärdet är 0,84 och med grundvattenmedelvärdet 0,94. Det syns även en positiv korrelation med nederbörden.

Avrinningen

Korrelationsvärdena för avrinningen med de övriga är mycket låga och säger inte så mycket. En stor del av vattnet magasineras ju i marken. Avrinningen ändras därför inte samtidigt som t ex markvattnet.

Temperatur

Även korrelationsvärdena för temperaturen med de övriga är låga, men det är i alla fall en negativ tendens på värdena. Dvs om temperaturen ökar, minskar markvattnet resp grundvattnet.

Nederbörd

Nederbörden visar en positiv korrelation med markvattnet, grundvattnet och vattenståndet, vilket man kan vänta sig. Vid nederbörd fylls markvattnet och grundvattnet på och vattenståndet höjs.

Avdunstning

Avdunstningens korrelationsvärden är låga, men visar, åtminstone i första fallet, att en negativ tendens med markvattnet, grundvattnet och vattenståndet råder.

I första fallet syns en svag positiv korrelation med temperaturen, dvs om temperaturen ökar, ökar avdunstningen. Korrelationsvärdet ligger närmare bestämt mellan den 95 % och den 99 % konfidensnivån.

13.2 Variansanalys

Vi hade mätningarna från 13 grundvattenrör och 2 brunnar. Av skäl, som angivits tidigare, sorterade vi bort 9 stycken. För att studera representativiteten hos de sex återstående grundvattenrören och de fem huvudrören för markvattenmätningar, utförde vi en variansanalys enl Panovsky. Vi använde metoden trots att förutsättningarna för den ej utretts fullständigt.

13.2.1 Grundvattenrören

Först studerade vi variansen för de sex grundvattenrören. Vi använde oss endast av mätningar gjorda var tredje dag, vilket ger 20 mättdagar på hela perioden. Vi beräknade dels variansen mellan rören, dels variansen mellan avläsningarna.

Resultat

Variansanalysschema

	Kvadrat- summa	Frihets- grader	Varsians	F-värde
Total	14530	119		
Mellan rör	201	5	40,2	(0,36) 2,75
Mellan avläsningar	3837	19	202	1,83
Rest	10492	95	110,3	

Variansen mellan rören är mindre än variansen för resten. Man skulle därför kunna tro, att det råder någon sorts fasförskjutning mellan de olika rören. Vi gjorde emellertid en F-test för att studera signifikansen. I F-testen ska man betrakta kvoten mellan variansen för mellan rören och för resten. Eftersom variansen för resten är större, måste vi vända på förhållandet. Då ställs större krav på F-värdet.

$$F(0,95) (95,5) = 4,40.$$

Sannolikheten är 5 % att $F > 4,40$.

I vårt fall är F lika med 2,75, vilket är mindre än 4,40, varför vi kan dra slutsatsen, att grundvattenrören tillhör samma population. Det är således ingen signifikant skillnad mellan de olika grundvattenrören. Vi hade ju sorterat bort de grundvattenrör, som inte verkade tillförlitliga, och de återstående följde tydligen varandra ganska bra.

Ser vi sedan på skillnaden i avläsningarna och bildar F -värdet (förhållandet mellan variansen för mellan avläsningarna och resten), får vi: $F = 1,83$

$$F_{(0,95)}(19,95) = 1,68$$

$$F_{(0,99)}(19,95) = 2,06$$

$$F = 1,83 < 2,06$$

Man kan även säga, att det inte är någon signifikant skillnad mellan avläsningarna, även om det inte är lika tydligt.

13.2.2 Markvattenrör

(5 huvudrören) första beräkningen.

I analysen för markvattenrören gjorde vi först en beräkning med endast var tredje dags värden. Det gav 12 avläsningsdagar.

Följande värden erhöles:

Variansanalysschema

	Kvadrat- summa	Frihets- grad	Varians	F-värde
Total	3278	59		
Mellan rör	48,2	4	12,0	5,26
Mellan avläsningar	446,3	11	40,6	1,56
Rest	2783,5	44	63,3	

$$F_{(0,95)}(44,4) = 5,71$$

$$F \text{ för mellan rör} = 5,26 < 5,71$$

Då F är mindre än 5,71 kan vi inte förkasta hypotesen, att markvattenrören tillhör samma population. F -värdet ligger emellertid väldigt nära den 95 %-iga konfidensnivån. Det kan bero på att vissa fasförskjutningar råder mellan de olika markvattenrören. Markvattenrören fylls inte alltid på riktigt samtidigt och töms inte precis på samma gång. Markförhållandena är ju inte exakt lika vid de olika rören. Det finns mest morän på området, vilken i sig är en inhomogen jordart. Horisontella strömningar kan förekomma också. I genomsnitt är emellertid variationerna av vattenhalten hos de olika rören lika.

F-värdet för mellan avläsningar = 1,56

$$F_{(0,95)}(44,11) = 2,53 > 1,56$$

Det är ingen signifikant skillnad mellan avläsningarna.

Dividerar man standardavvikelsen för resttermen med roten ur antal rör, erhålles medelfelet: $\pm 3,6$.

I fig 23 är markvattenhaltens förändring i medeltal för var tredje dag uppritat. Medelfelet beräknat ur $S/\sqrt{n}$ har också angivits. Man ser, att en del av variationerna faller inom felgränserna. Det gör ändringarna under tiden 21-24 juni, 30 juni-3 juli, 6-9 juli och 14-17 juli.

13.2.3 Markvattenrör andra beräkningen

I andra beräkningen för markvattenrören tog vi med alla dagar, då vi hade mätt alla fem rören, således inte bara var tredje dags värden. Vi antog, att det inte hade någon betydelse, att det var olika långa intervall mellan avläsningstillfällena. Vi fick med arton avläsningsdagar och erhöll då följande värden:

Variansanalysschema

	Kvadrat- summa	Frihets- grad	Varians	F-värde
Total	3028	89		
Mellan rör	102,4	4	25,6	1,35
Mellan avläsningar	571,7	17	33,6	1,03
Rest	2353,9	68	34,6	

$$F_{(0,95)}(68,4) = 5,68 > 1,35$$

$$F_{(0,95)}(68,17) = 2,04 > 1,03$$

Variansen mellan rören har ökat i förhållande till variansen för resten. Det visar, att fasförskjutningen mellan rören har minskat. Vi hade ju tätare mätningar nu. Räknar vi ut medelfelet, så finner vi också, att det är mindre än medelfelet i fallet med endast 12 avläsningsdagar.

$$\text{Medelfelet } \frac{S}{\sqrt{n}} = \pm 2,6$$

Jämför medelfelet i första beräkningen som var lika med $\pm 3,6$, F-värdena visar fortfarande, att det inte är någon signifikant skillnad mellan rören eller mellan avläsningarna.

$$P - A - \Delta M_{sj} - \Delta M_m - \Delta M_g = R$$

P = medelvärde av nederbörden vid Mon och Lill-Tivsjön. Korrektion för nederbördens ökning med höjden är ej utförd, se sid 11.

A = avrinningen bestämd vid stationen Lill-Tivsjön nedre.

ΔM_{sj} = 3-dagars ändring av sjömagasinet, beräknad ur vattenståndsändringen i Lilla Tivsjön, vilken utgör 3 % av områdets yta.

ΔM_m = 3-dagars ändring av markvattenmagasinet, beräknad ur mätningar, som utförts i 5 markvattenrör (huvudrören på de 5 stationerna). Detta medelvärde anses representera 89 % av totala ytan, således den del som utgöres av skog, äng och odlad jord.

ΔM_g = 3-dagars ändring av grundvattenmagasinet, beräknad ur vattenståndsmätningar i grundvattenrör 2, 4, 6, 7, 26 och brunnarna Mon och 7. Dessa ändringar anses gälla hela landarealen, vilken utgör 97 % av hela ytan. Värdet på den effektiva porositeten har antagits vara 5 % vilket är det värde som SMHI använder.

R = resttermen, vilken innehåller evapotranspirationen samt fel från övriga parametrar.

Vattenbalansen för sommaren 1972 återges för var 3:e dag i tabell. Förutom de ovan presenterade termerna medtages i tabellen

ΔM_{tot} = ändringen av den totala magasinvolymen för var 3:e dag.

$\Delta M_{tot} = \Delta M_{sj} + \Delta M_m + \Delta M_g$

T = 3-dagars medeltemperatur, beräknad ur dagliga temperaturavläsningar kl 19.

E = potentiella evaporationen under 3 dagar från dagliga avläsningar från en Class A pan, uppställd vid Lill-Tivsjöns klimatstation.

Figur 24 visar resttermens och den potentiella evaporationens (E) 3-dagars värden. Den återgivna E är den, som uppmätts i Class A pan, vid Lill-Tivsjöns klimatstation.

Resttermen uppvisar under en period ett negativt värde, vilket nog beror på, att den angivna nederbörden är för låg. Nederbörden kom under perioden i form av skurar. Skurarna hade en mycket begränsad utsträckning. Då vi bara hade 2 nederbörds-mätare, kan arealnederbörden bli mycket osäker under sådana väderlekstyper. Ett exempel på det är en av dagarna under perioden (den 10/7), då nederbörden vid Lill-Tivsjön var 10,2 mm, medan den vid Mon endast var 4,5 mm.

Avdunstningen är i de flesta fall större än resttermen, vilket beror på, att avdunstningen från en Class A pan är större än den verkliga avdunstningen. I en Class A pan finns det ju alltid obegränsat med vatten, vilket vanligtvis inte är fallet i naturen.

Vattenomsättningen inom Lilla Tivsjöns dräneringsområde visas i fig 25. Ackumulerad nederbörd och avrinning har utritats för var tredje dag. Markvattenmagasinerings, grundvattenmagasinerings och sjömagasinerings har också utritats för var tredje dag från en godtycklig nollnivå. Markvattenmagasinerings har endast kunnat utritas till perioden 15-18 juli, eftersom mätinstrumentet gick sönder vid den tiden. Sorten, som har använts, är mm. Det är således arealmedelvärden som visas.

Fig 26 visar ändringen i markvattenmagasinet plottad mot motsvarande ändring i grundvattenmagasinet. Sambandet mellan markvattenmagasinet och grundvattenmagasinet visar här, att grundvattnet börjar fyllas på innan marken är mättad. Det är således inte så, att markvattnet först fylls på tills marken har blivit mättad och först därefter grundvattnet.

15

INTENSIVMÄTNINGAR

Exempel på intensivstudier ges i fig 27-41. De visar både nederbörd, markvattenhalt, grundvattenstånd och avrinning i samma figur för några av de tillfällen, då vi gjorde tätare mätningar än var tredje dag. Där syns hur en viss nederbördsmängd fyller på markvattnet resp grundvattnet, och hur snabbt avrinningen påverkas.

Markvattnet har uppritats i mm och består av summor av vattenhalten 0-50 cm ned i marken. Grundvattenståndet, som uppritats i cm, måste multipliceras med porositeten, innan man kan jämföra t ex grundvattenökningen med markvattenökningen för en viss nederbörd. Porositeten har vi tagit som 5 % enligt SMHI.

Sorten för avrinningen är l/s. För att få arealmedelvärden måste man dividera med områdets yta, som är 12,8 km², och multiplicera med tiden. Avrinningen består av dagliga medelvärden, förutom på de ställen, då tätare avrinning behövdes. Då har vi använt avrinningsvärdena kl 12 och kl 24.

Till diagrammen för station I och II har vi använt nederbördsvärden från Mon och till station IV nederbördsvärden från Lilla Tivsjön. Nederbördsvärdena har summerats i åtta eller fyra timmars intervall. För de längre serierna med mätningar endast en gång per dag har vi tagit med all nederbörd, som kom mellan mätningarna.

15.1

Perioden 2-6 juliStation I

På station I, perioden 2-6 juli (se fig 27), gjorde vi markvattenmätningar två gånger den andra, tre gånger den fjärde och en gång per dag de övriga dagarna.

Min-värdet av markvattenhalten, 0-50 cm ned i marken, är under vår mätperiod 130 mm på station I. Max-värdet är 146 mm. Från den tredje till den fjärde steg markvattenhalten med 10 mm i den förut mycket torra marken. Det hade då regnat 16,8 mm sedan mätningen den tredje. Markvattnet ökade ytterligare 1 mm samma dag. Grundvattenökningen märktes den andra mätningen den fjärde.

Från den femte till den sjätte fortsatte grundvattnet och avrinningen att stiga, medan markvattnet var oförändrat.

Profiler av vattenhalten i marken för de aktuella dagarna visar mer i detalj vad som sker. Markvattenhalten i g/cm^3 har då plottats för varje tiotal centimeters djup. Som vi nämnde tidigare, mäter neutronmätaren vattenhalten i en sfär. Det är anledningen till de låga vattenvärdena i det översta skiktet, eftersom en del av sfären då omfattar luften ovanför marken. Fig 28 visar hur vattenhalten ändras i de olika nivåerna den 3-4 juli.

Det syns att vattenhalten vid första mätningen den fjärde har ökat kraftigt i hela profilen. Det beror på det kraftiga regnet. På tiocentimetersnivån, där den största ökningen har skett, har vattenhalten ökat med 38 g/cm^3 .

Det fortsatte att regna även efter första mätningen, vilket syns på profilen.

Vattenhalten är nämligen oförändrad på tiocentimetersnivån, trots att en stor del av vattnet har fortsatt ned i marken. Den största vattenpåfyllningen har skett på 30-80 centimeters djup. Den 4 juli kl 18.30 och 21.30 är summan av vattenhalten den översta halvmeteren oförändrad. Man kan emellertid se, att vattnet fördelar sig olika vid de två tillfällena.

Station IV

Jämför fig 29 och fig 30. Grundvattenytans läge i grundvattenrör 7 stämmer inte överens med grundvattenytan på klimatstationen (se sid 4). Vi prickade dock in värdena för rör 7 som jämförelse. Vid det här tillfället hade vi ännu inte börjat mäta i brunnen på gården bredvid.

Den 4 juli fungerade tyvärr inte den registrerande nederbörds-mätaren på klimatstationen. Man kan jämföra med nederbördsvärdena från Mon, men det kom 6,5 mm mer på gården än vid Mon den dagen.

Det hade varit en torrperiod på drygt en vecka. Det var därför relativt torrt i marken den 3 juli. Markvattenhalten kunde då öka snabbt. Här syns en ännu kraftigare ökning av vattenhalten den översta halvmeteren än på station I. Nederbörden var något högre på station IV, och dessutom är markförhållandena olika. Station I har morän, medan gården huvudsakligen har sediment.

I fig 31 visar sig markvattenhalten vara oförändrad från den 20 till den 21, trots att det regnade mellan mätningarna. Grundvattenytan fortsatte emellertid att stiga. Det skulle ha varit intressant att ha haft åtminstone en mätning den 22 för att se om markvattnet fortfarande var oförändrat, medan endast grundvattnet fylldes på.

Se figur 33. Från den 19 på dagen till den 20 på natten ökade vattenhalten i den översta halvmeteren med 5 mm och grundvattenytan höjdes. Det hade regnat 19,5 mm mellan dessa mätningar. Den

20 på morgonen hade markvattenhalten fått ett tillskott på ytterligare ett par mm. Det hade då hunnit regna ytterligare 11,8 mm. Sedan kom det inget regn före nästa mätning (kl 14.30), vilket medförde, att markvattenhalten minskade.

Man kan se, att markvattenhalten varierade ganska snabbt de här dagarna. Det berodde emellertid på de kraftiga regnen. I vanliga fall, när det regnade obetydligt eller inte alls, spelade det inte så stor roll om vi gjorde våra mätningar en timma tidigare eller senare.

Station II

I figur 34 för station II den 11-23 juli har vi använt oss av dagliga mätningar. En bit av det diagrammet, nämligen 11-15 juli, har uppritats i större skala, eftersom vi gjorde två mätningar den 11 juli. Se figur 35.

Min-värdet för markvattenhalten den översta halvmeteren var under vår mätperiod 140 mm, och max-värdet var 164 mm. Marken var alltså den 11 juli med sina 149 mm ganska torr. Ser vi på hela dagen den 11 juli, så regnade det 17 mm. Markvattnet hade från den 11 till den 12 ökat med 14 mm, varefter det började minska. Grundvattnet däremot hade till den 12 stigit 7 mm (140 · 5 %). Det fortsatte sedan att öka med 3 mm till den 13, varefter det började minska. En del av markvattnet fortsatte tydligen från den 12 till den 13 ned i grundvattnet.

Jämför vi station I och station II efter detta 17 mm:s-regnet finner vi, att på station I hade endast 8 mm fyllts på till markvattnet och grundvattnet första dagen, medan på station II hela 21 mm fyllts på.

Vi mätte på station I nästan en och en halv timme tidigare än på station II, varför marken på station II hade längre tid på sig att öka sin vattenhalt.

Det är heller inte säkert, att station I fick lika mycket nederbörd som station II, då, som vi skrev tidigare, nederbörden var mycket lokal.

Den 4 juli kl 12 har den översta halvmeteren fyllts på med 32 mm och grundvattenytan stigit. I fig 30 syns att vattenhalten på tiocentimetersnivån har ökat med 88 g/cm³. Samma dag kl 19 har fortfarande marken fyllts på uppifrån. Nu har det emellertid slutat att regna. Det visar sig på profilen från kl 22, där det syns att vattnet i marken har börjat sjunka. Det syns mest på de översta 30 till 40 centimetrarna. Den femte och sjätte fortsätter markvattnet att sjunka ned i grundvattnet, som ökar. Avrinningen visar en jämn ökning hela tiden.

15.2

Perioden 11-23 juli

Station I

Figur 31 för station I den 11-23 juli består av dagliga mätningar. Nederbörden på 17 mm den 11 gör att markvattnet den 12

har ökat med 3 mm och grundvattnet med 5 mm ($100 \text{ mm} \cdot 5 \%$). Grundvattnet stiger med ytterligare 4 mm, innan det börjar sjunka den 13.

Avrinningstoppen inträffar samma dag som grundvattentoppen, dvs en dag senare än markvattentoppen.

Jfr fig 19 som visar att det bästa sambandet mellan markvattnet och grundvattnet råder med ungefär en dags förskjutning av grundvattenvärdena.

Avdunstningen var obetydlig den 11 och 12.

Se fig 32 där vi kan se hur vattnet fördelar sig i marken. Betraktar vi profilen från den 12 juli ser vi, att hela markprofilen har fyllts på utav regnet den 11. Grundvattenytan har höjts från 73 cm till 63 cm under markytan. Den 13 har framförallt nivåerna 30, 40 och 50 cm börjat tappas, och grundvattenytan har höjts ytterligare 4 mm ($80 \text{ mm} \cdot 5 \%$). Den 14 minskar markvattnet, och grundvattenytan sjunker.

Den 21 juli efter markvattenmätningen på station I fungerade inte scalern. Vi var därför tvungna, att göra uppehåll till den 30 juli med våra markvattenmätningar. Under den tiden mätte vi grundvattnet dagligen i alla rören.

Den 20 gjorde vi visserligen 3 markvattenmätningar i rör 1, men eftersom vi i fig 31 har använt oss av dagliga mätningar, så har vi endast prickat in det värdet, som tidsmässigt överensstämmer bäst med mätningarna de övriga dagarna.

Jämför fig 20 där grundvattenståndet plottats mot markvattenhalten, dels samtidigt, dels då grundvattenvärdena förskjutits en dag. Den 13-18 juli erhålles det bästa sambandet då grundvattenvärdena förskjutits en dag.

Även regnet den 19 och 20 orsakar en grundvattentopp och en avrinningstopp ungefär samtidigt. Vad som händer med markvattnet efter den 20, vet vi tyvärr inte, eftersom instrumentet gick sönder.

Man ser att regnet den 19 och 20 på morgonen (31 mm sammanlagt) ger upphov till en 19 mm:s ökning av vattenhalten i den relativt torra marken. Grundvattnet ökar med 6,5 mm och avrinningen med 20 l/s.

Fig 36 visar hur vattnet fördelar sig i marken. Där kan man se, att den största påfyllningen av vatten sker i de översta 30-40 centimetrarna.

Avrinningen

Avrinningen ökade saktare än markvattnet och grundvattnet. Den ökade med 100 l/s både den 11 och 12, vilket motsvarar 0,7 mm. Avrinningstoppen inträffade samma dag som grundvattentoppen, dvs någon dag senare än markvattentoppen, vilket är i överensstämmelse med station I efter samma regn. Avrinningen fortsatte

att sjunka långsammare. Första dagen, dvs den 13 till 14, sjunker den med 15 l/s (0,1 mm) och den andra dagen, den 14 till 15, med 75 l/s (0,5 mm). Den 13 till den 19 minskar markvattnet med 3 mm per dag och grundvattnet med 2 mm per dag. Avdunstningen var då omkring 3-5 mm per dag.

Station IV

11-15 juli.

Jämför fig 37 och fig 38.

Den 11 mätte vi första gången kl 10.20. Kl 13.20 mätte vi andra gången, och då hade marken fyllts på med 1 mm, huvudsakligen i de översta 20 centimetrarna. Att det regnade efter sista mätningen den 11 syns på värdena den 12, där vattenhalten på 10 centimeters nivå har ökat. En del av det vatten, som den 11 fanns på nästa nivå (120 cm), har emellertid sjunkit ned en bit. Till nästa dag (den 13) har det inte regnat, och då har vattenhalten i den översta halvmeteren minskat med 7 mm. Den största minskningen skedde i de översta 10 (-20) centimetrarna.

Station II

Period 17-18 juli.

Vad som händer efter 3,4 mm regnet den 17 har visats i större skala i fig 39 och i fig 40.

På kvällen den 17, samt på natten och morgonen den 18, syns det inte, att markvattnet och grundvattnet har fått något tillskott av vatten. Men den 19 har grundvattenytan höjts 1 mm.

Avrinningen sjunker jämnt och påverkas således inte av det här regnet.

Se även fig 41 som visar markvattenhaltens fördelning i rör 1 den 17-18 juli.

Avrinningen

Avrinningens variationer är hela tiden ganska jämna och inte så stora. Det beror antagligen på, att det aldrig var speciellt mycket ytvatten, förutom bäckarna, som bidrog till avrinningen. Regnet kom för det mesta i form av skurar. Marken hann då till en del torka upp mellan skurarna. Även om det bildades pölar på marken efter regnet, fortsatte i allmänhet det vattnet så småningom ned i marken. Visserligen fanns det en hel del bäckar på området, men de rann ut direkt i sjön (se dräneringskarta 5). Sjön har en dämpande effekt, så att vattenståndsvariationerna jämnas ut. Det finns inga tillflöden mellan Lilla Tivsjön och vattenföringsstationen i Lill-Tivsjö bäcken.

SAMMANFATTNING

Huvudsyftet med detta arbete var att studera markvattnets, grundvattnets och avrinningens förändringar vid olika nederbördsförhållanden. Vi mätte därför, under två månaders tid 1972, markvattenhalt, grundvattenstånd, avdunstning m m.

Vi gjorde sedan en del beräkningar på de erhållna värdena, bl a korrelationsberäkning, variansanalys och vattenbalansstudie.

Korrelationsberäkningen visar bl a ett starkt samband mellan markvattenrören. Detta är ej beroende på avståndet.

Variansanalysen visar, att det inte är någon signifikant skillnad mellan markvattenrören resp grundvattenrören.

Medelfelet för markvattenförändringarna är 3,6, om man endast räknar med tredagarsvärden. Då vi tog med ytterligare några mätvärden, så erhöll vi medelfelet 2,6.

Man måste således tänka på, att en del av variationerna hos markvattnet faller inom felgränserna. Det bör man också tänka på vid vattenbalansberäkningen.

Genom vattenbalansstudiet kunde vi jämföra avdunstningen från en Class A pan med resttermen. Resttermen erhålles om man drar ifrån avrinningen och magasineringen från nederbörden. Den innehåller således evapotranspirationen samt fel från mätta parametrar. Värdena från Class A pan låg hela tiden något över resttermen, vilket verkar rimligt, eftersom avdunstningen från en Class A pan får räknas som potentiell avdunstning.

För vissa perioder ritade vi upp nederbörd, markvattenhalt, grundvattenstånd och avrinning i samma figur. I stigande fas, dvs så länge nederbörd faller, ökar både grundvattnet och markvattnet. I fallande fas råder oftast en fasförskjutning på någon dag. Markvattnet minskar snabbare än grundvattnet och börjar ofta minska medan grundvattnet fortfarande ökar.

Det är inte så, att markvattnet först fylls på till mättnad och därefter grundvattnet.

Man måste ta med i beräkningen, att grundvattenytan på området ligger ganska högt. Vi räknar därför endast med summan av vattenhalterna i den översta halvmeteren, då vi talar om markvattenhalten.

LITTERATURFÖRTECKNING

Forsman, Milanov: Hydrologiska undersökningar i Velens representativa område. Rapport 1.

Hedin: Hydrologiska undersökningar i Velens representativa område. Rapport 2.

Hedin: Hydrologiska undersökningar i Kassjöåns representativa område. Rapport 1.

IAEA: Guidebook on Nuclear Techniques in Hydrology.

Linman (1966): Geologisk kartering och brunnsinventering i representativa området Kassjön. SGU Stockholm.

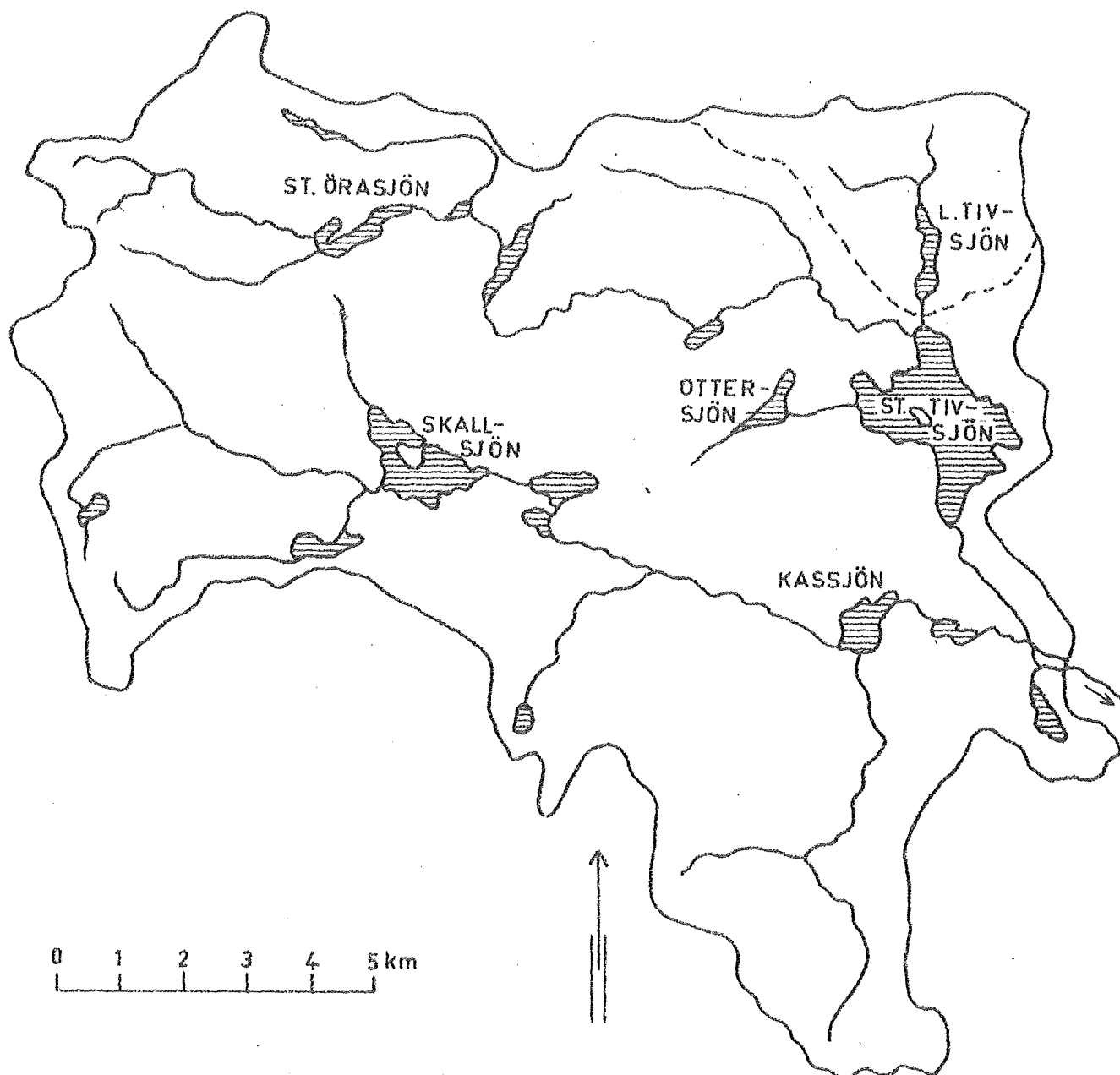
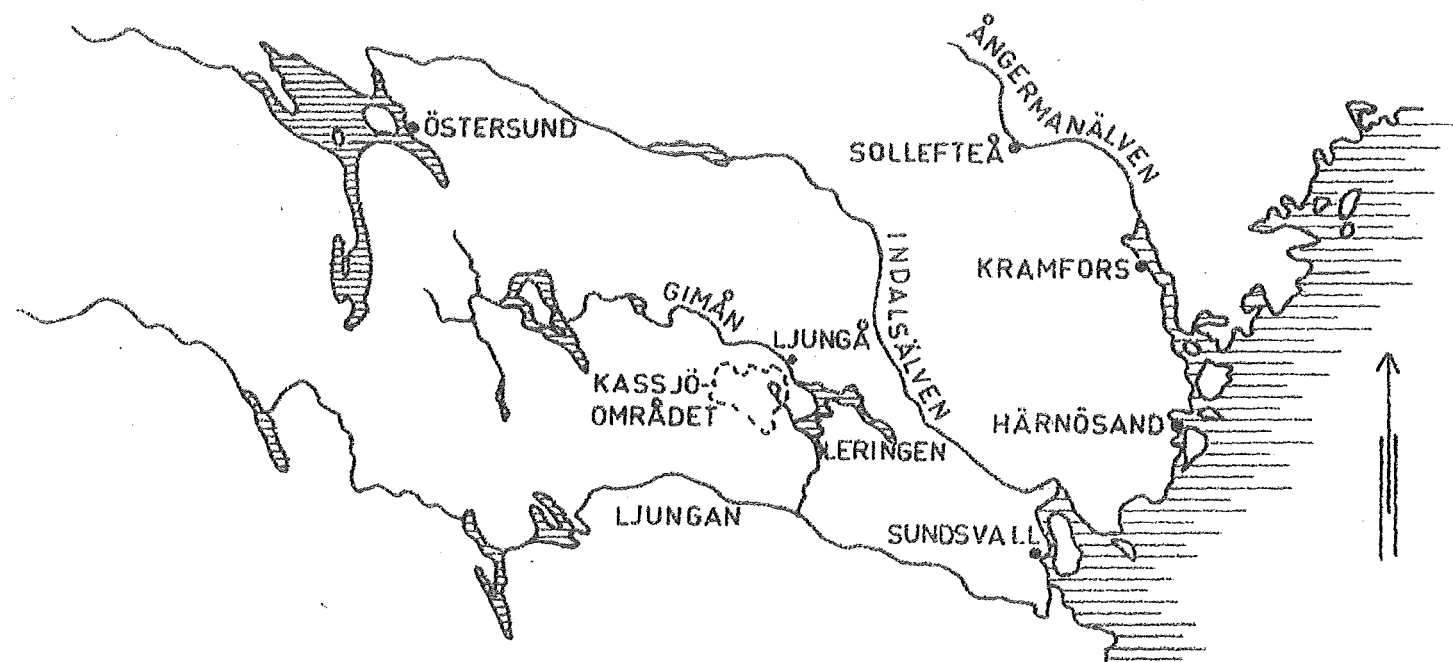
Milanov: An instrument for measuring soil moisture by neutron scattering.

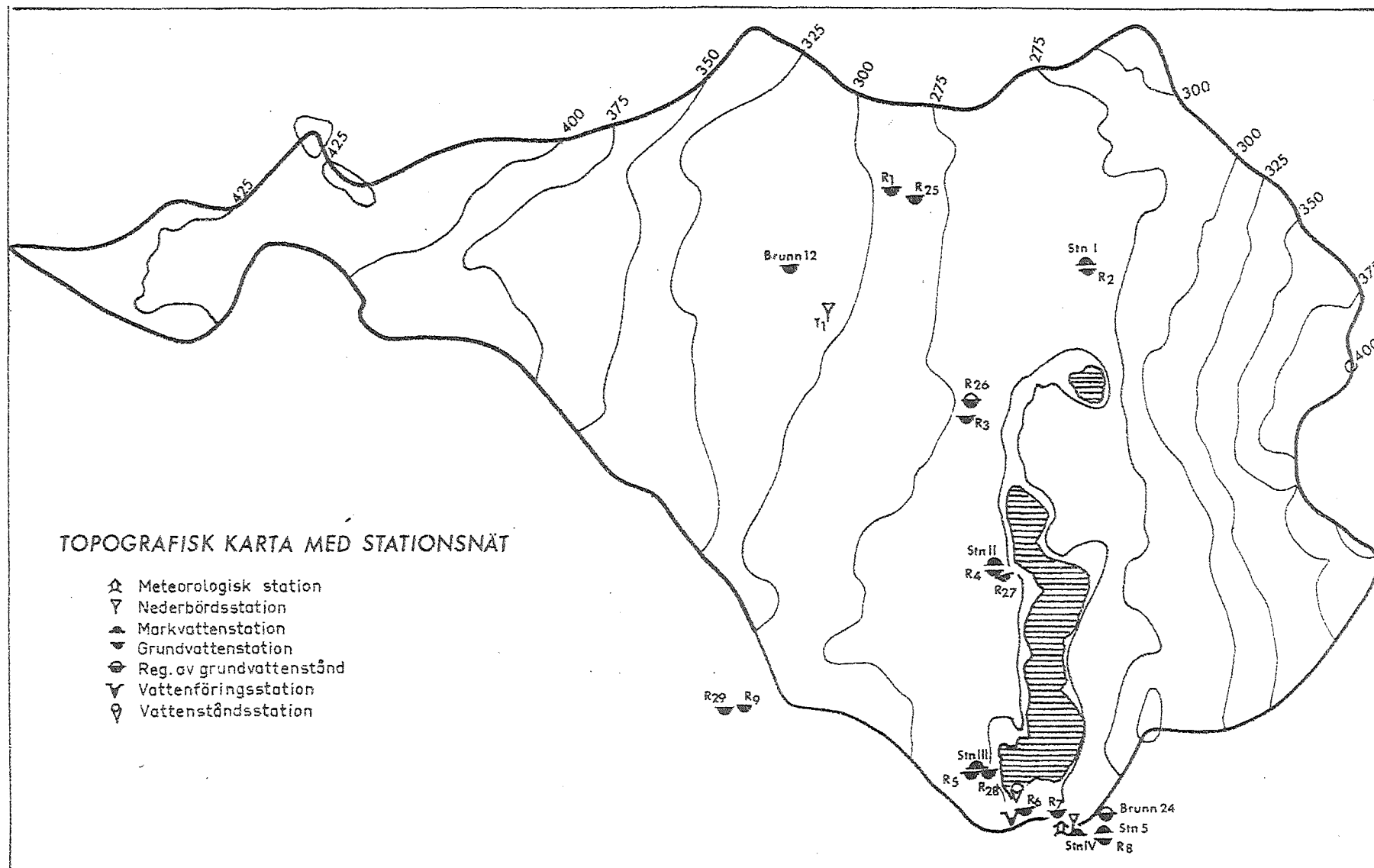
Panovsky Brier: Some Applications of Statistics to Meteorology.

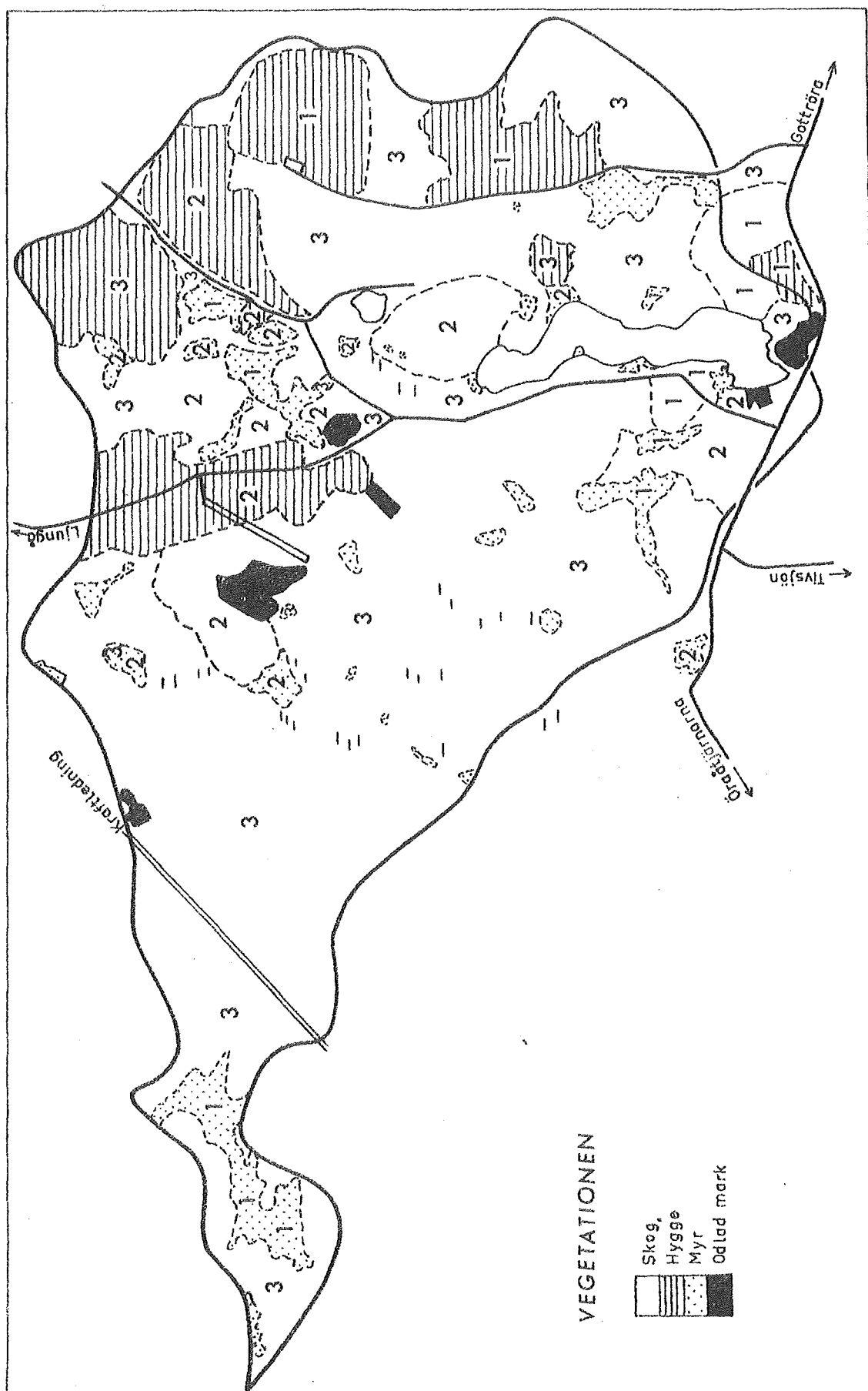
Reinius: Vattenbyggnad. Del 1.

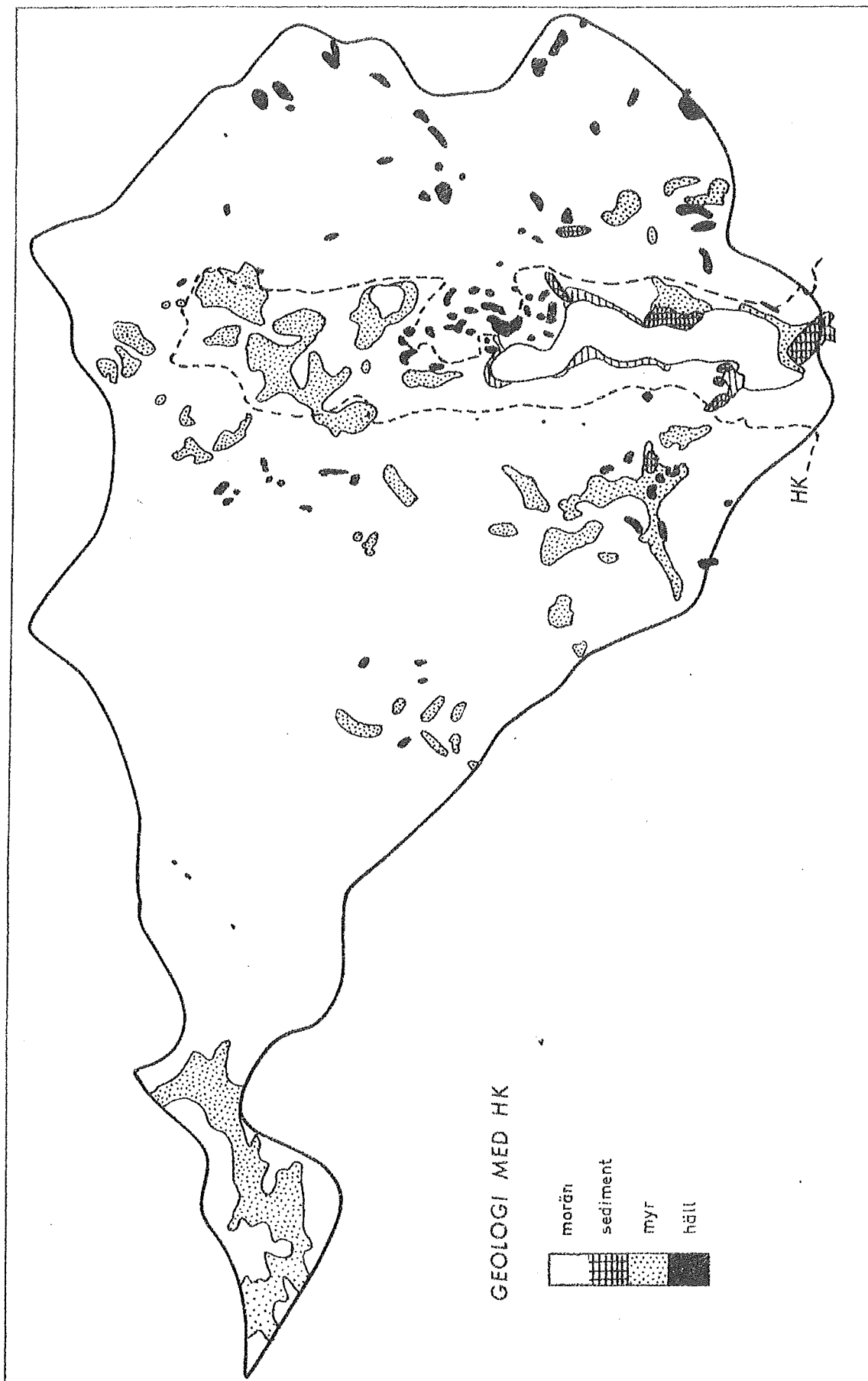
Ward: Principles of Hydrology.

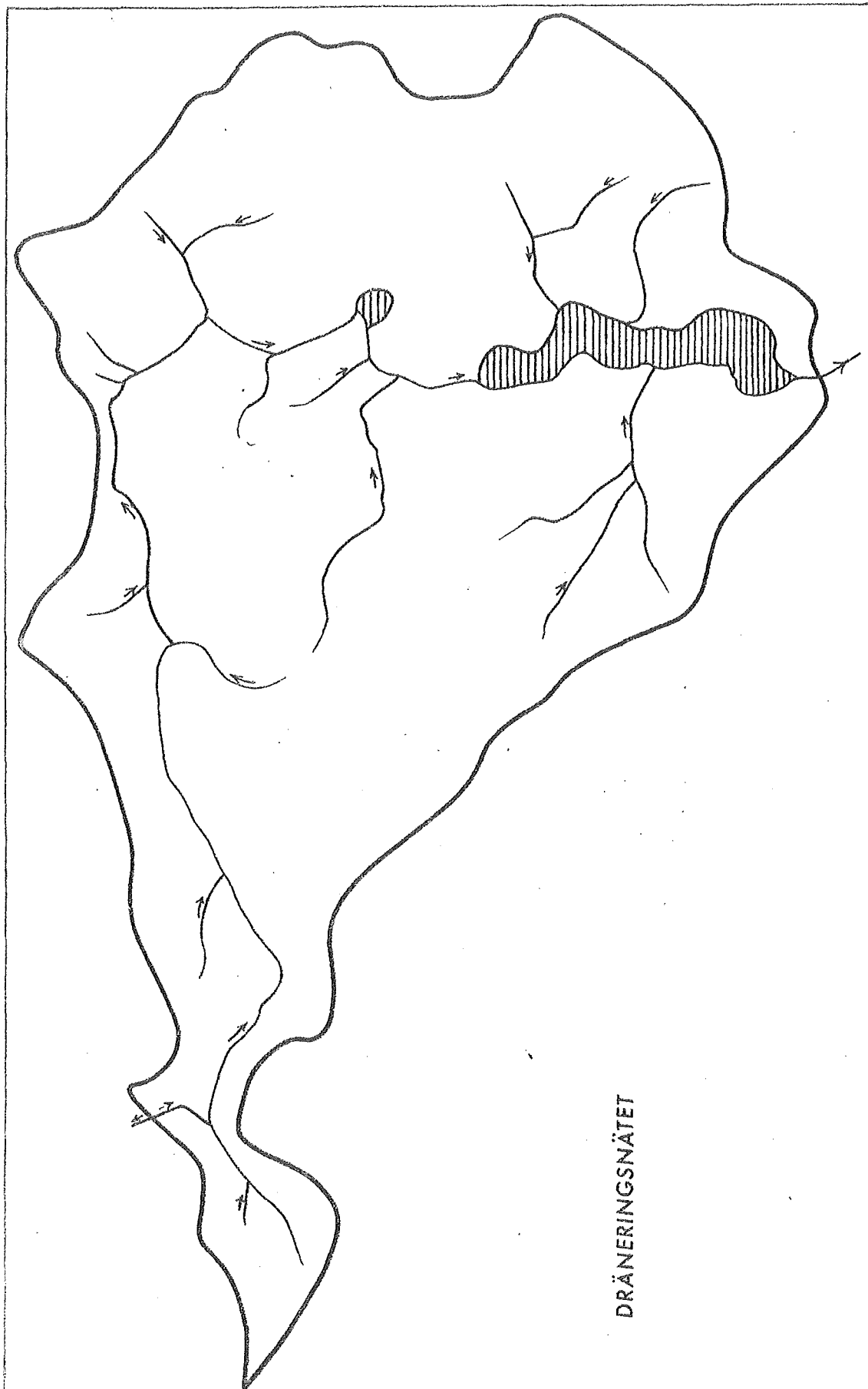
Karta 1. Lilla Tivsjöområdet placering i Sverige och i Kassjöområdet











DRÄNERINGSNÄTET

Allmän karakterisering av markvattenstationer

Tabell 1.

<u>Station</u>	<u>Rör nr</u>	<u>Dimension (material)</u>	<u>Jordart</u>	<u>Vegetation</u>	<u>grader Marklutning</u>	<u>Lutningsriktning</u>	<u>m.ö.h. Markhöjd</u>
I	1	1.5 tum Fe	Morän	Hygge	8.3	ONO	257-258
	2	"	"	"	8.9	ONO	
	3	"	"	"	7.5	ONO	
	4	"	"	Barrskog	7.0	OSO	252-253
II	5	"	"	"	5.5	O	257-258
	6	"	"	"	3.6	ONO	
	7	"	"	"	4.8	O	
III	8	"	"	"	3.9	OSO	253-254
	9	"	"	"	3.8	OSO	
	10	"	Sediment	Gräs	0	-	
IV	11	"		"	1	SV	255
	12	"		"	1.8	SV	
	13	"		Barrskog	1.7	NNV	
V	14	"		"	5.4	NNV	
	15	"		"	5.4	NNV	

Nederbörd i mm kl 7.00

Tabell 2

Dag	Mon	Lill-Tivsjön	Dag	Mon	Lill-Tivsjön
21.6		3,3	24	5,8	6,1
22	0,4	0,3	25	2,8	3,2
23	5,1	3,0	26	9,5	9,5
24	0,1	1,0	27	0,2	1,0
25	0,0	0,0	28	0,0	0,0
26	0,0	0,0	29	0,0	0,0
27	0,0	0,0	30	0,0	0,0
28	0,0	0,0	31	0,0	0,0
29	0,0	0,0	1.8	0,2	0,2
30	0,0	0,0	2	1,3	1,7
1.7	0,0	0,0	3	1,5	1,5
2	0,9	0,0	4	5,5	5,4
3	2,8	5,6	5	0,2	0,2
4	0,7	0,7	6	0,0	0,0
5	30,9	37,4	7	0,0	0,0
6	0,0	0,0	8	0,0	0,0
7	0,5	0,4	9	0,0	0,0
8	6,6	5,8	10	1,3	1,1
9	4,5	3,8	11	1,6	3,0
10	4,5	10,2	12	0,1	0,0
11	13,1	12,9	13	0,0	0,0
12	17,1	15,3	14	0,0	0,0
13	0,0	0,0	15	2,4	1,8
14	0,0	0,0	16	0,1	0,2
15	0,0	0,0	17	0,8	1,3
16	0,0	0,0	18	5,3	4,1
17	0,0	0,0	19	0,1	0,0
18	3,4	3,0	20	0,0	0,0
19	0,0	0,0			
20	29,5	28,1			
21	19,1	16,6			
22	0,0	0,0			
23	0,0	0,0			

Avdunstning i mm från class A pan

Tabell 3.

Dag	Avd.	Dag	Avd
22.6	3.0	27	
23	2.7	28	3.9
24	3.0	29	4.9
25	4.9	30	4.2
26	5.7	31	3.2
27	5.6	1.8	3.9
28	4.2	2	1.3
29	6.1	3	0.2
30	4.7	4	0.8
1.7	6.8	5	2.7
2	5.4	6	2.2
3	4.0	7	3.1
4	} Reg ndb.mätare trasig	8	3.1
5		9	3.3
6		10	2.0
7	3.4	11	4.0
8	2.5	12	2.8
9	2.3	13	3.4
10	5.0	14	3.4
11	3.3	15	2.0
12	0.2	16	1.9
13	0.8	17	1.9
14	3.0	18	0.2
15	5.2	19	2.9
16	4.5	20	3.1
17	5.2	21	2.6
18	3.9		
19	3.8		
20	4.5		
21	Regnat över		
22	5.7		
23	5.0		
24	2.2		
25	4.0		
26	2.9		
27	0.5		

	Korrelations										Tabell 4							
	M3	M10	M12	M15	M-model	G2	G4	G6	G7	G26	Mon	G-model	W	Q	Temp	Avd	Ndb	
M3	1.00	0.68	0.81	0.84	0.95	0.84	0.54	0.85	0.75	0.40	0.84	0.80	0.80	0.73	-0.16	-0.27	-0.56	0.77
M10	0.68	1.00	0.76	0.82	0.82	0.88	0.55	0.82	0.87	0.43	0.73	0.97	0.85	0.83	-0.11	-0.32	-0.34	0.59
M12	0.81	0.76	1.00	0.88	0.82	0.95	0.58	0.86	0.80	0.47	0.85	0.83	0.84	0.78	-0.20	-0.17	-0.40	0.77
M15	0.84	0.82	0.88	1.00	0.88	0.96	0.52	0.88	0.79	0.38	0.82	0.89	0.82	0.74	-0.25	-0.12	-0.41	0.71
M-model	0.95	0.82	0.82	0.88	1.00	0.93	0.59	0.91	0.85	0.56	0.88	0.90	0.98	0.78	-0.01	-0.30	-0.51	0.80
G2	0.84	0.88	0.95	0.96	0.93	1.00	0.61	0.94	0.88	0.50	0.89	0.94	0.90	0.84	-0.18	-0.24	-0.46	0.79
G4	0.54	0.55	0.58	0.52	0.59	0.61	1.00	0.74	0.83	0.81	0.85	0.56	0.87	0.82	0.23	-0.13	-0.65	0.86
G6	0.85	0.82	0.86	0.88	0.91	0.94	0.74	1.00	0.92	0.63	0.93	0.88	0.95	0.92	-0.14	-0.23	-0.56	0.89
G7	0.75	0.87	0.80	0.79	0.85	0.88	0.83	0.92	1.00	0.78	0.84	0.88	0.98	0.92	0.06	-0.19	-0.50	0.81
G26	0.40	0.43	0.47	0.38	0.56	0.50	0.81	0.63	0.78	1.00	0.67	0.48	0.75	0.60	0.58	-0.08	-0.42	0.71
Mon	0.84	0.73	0.85	0.82	0.88	0.89	0.85	0.93	0.89	0.67	1.00	0.78	0.95	0.90	-0.02	-0.16	-0.58	0.97
G-model	0.80	0.97	0.83	0.89	0.90	0.94	0.56	0.88	0.88	0.48	0.78	1.00	0.89	0.83	-0.12	-0.31	-0.41	0.65
W	0.80	0.85	0.84	0.82	0.88	0.80	0.87	0.95	0.98	0.75	0.95	0.84	1.00	0.94	0.04	-0.23	-0.58	0.89
Q	0.73	0.83	0.78	0.74	0.78	0.94	0.82	0.92	0.92	0.60	0.90	0.83	0.94	1.00	-0.21	-0.28	-0.56	0.83
Temp	-0.16	-0.11	-0.20	-0.25	-0.01	-0.18	0.23	-0.14	0.06	0.58	-0.02	-0.12	0.04	-0.21	1.00	0.01	-0.05	0.06
Avd	-0.27	-0.32	-0.17	-0.12	-0.30	-0.24	-0.13	-0.23	-0.19	-0.08	-0.16	-0.31	-0.23	-0.28	0.01	1.00	0.69	-0.20
Ndb	-0.56	-0.24	-0.40	-0.41	-0.51	-0.46	-0.65	-0.56	-0.50	-0.42	-0.58	-0.41	-0.58	-0.56	-0.05	0.69	1.00	-0.65
	0.77	0.59	0.77	0.71	0.80	0.79	0.86	0.88	0.81	0.71	0.97	0.65	0.89	0.83	0.06	-0.20	-0.65	1.00

CORE USAGE OBJECT CODE= 2664 BYTES, ARRAY AREA= 2264 BYTES, TOTAL AREA AVAILABLE= 59498 BYTES

DIAGNOSTICS NUMBER OF ERRORS= 0, NUMBER OF WARNINGS= 0, NUMBER OF EXTENSIONS= 0

COMPILE TIME= 0.23 SEC, EXECUTION TIME= 2.20 SEC, WAIFIV - VERSION 1 LEVEL 3 MARCH 1971 DATE= 73/022

18 variabler och 12 mättdagar

Korrelation

Tabell 5

	M1	M5	M8	M12	M15	G2	G4	G6	G7	G26	W	Q	Temp	Avd	Ndb
M1	1.00	0.46	0.69	0.79	0.92	0.62	0.64	0.61	0.31	0.67	0.65	-0.08	-0.10	-0.23	0.39
M5	0.46	1.00	0.72	0.56	0.61	0.55	0.80	0.83	0.69	0.76	0.65	0.50	-0.09	0.29	0.71
M8	0.69	0.72	1.00	0.78	0.77	0.64	0.79	0.76	0.56	0.78	0.68	0.34	-0.05	0.17	0.74
M12	0.79	0.56	0.78	1.00	0.87	0.62	0.63	0.65	0.34	0.70	0.64	0.02	-0.12	-0.06	0.48
M15	0.92	0.61	0.77	0.87	1.00	0.66	0.72	0.73	0.48	0.77	0.69	0.05	-0.11	-0.16	0.49
G2	0.62	0.55	0.64	0.62	0.66	1.00	0.77	0.84	0.70	0.86	0.74	0.03	-0.05	-0.24	0.41
G4	0.64	0.80	0.79	0.63	0.72	0.77	1.00	0.91	0.80	0.95	0.80	0.35	-0.11	0.14	0.75
G6	0.61	0.83	0.76	0.65	0.73	0.84	0.91	1.00	0.88	0.94	0.74	0.34	-0.11	0.11	0.65
G7	0.31	0.69	0.56	0.34	0.48	0.70	0.80	0.88	1.00	0.83	0.44	0.58	-0.06	0.31	0.68
G26	0.67	0.76	0.78	0.70	0.77	0.86	0.95	0.94	0.83	1.00	0.77	0.32	-0.09	0.07	0.71
W	0.65	0.65	0.68	0.64	0.69	0.74	0.80	0.74	0.44	0.77	1.00	-0.09	-0.16	-0.30	0.45
Q	-0.08	0.50	0.34	0.02	0.05	0.03	0.35	0.34	0.58	0.32	-0.09	1.00	0.05	0.86	0.80
Temp	-0.10	-0.09	-0.05	-0.12	-0.11	-0.05	-0.11	-0.11	-0.06	-0.09	-0.16	0.05	1.00	0.19	-0.03
Avd	-0.23	0.29	0.17	-0.06	-0.16	-0.24	0.14	0.11	0.31	0.07	-0.30	0.86	0.19	1.00	0.59
Ndb	0.39	0.71	0.74	0.48	0.49	0.41	0.75	0.65	0.68	0.71	0.45	0.80	-0.03	0.59	1.00

CORE USAGE OBJECT CODE= 2648 BYTES, APRAY AREA= 2136 BYTES, TOTAL AREA AVAILABLE= 59488 BYTES

DIAGNOSTICS NUMBER OF ERRORS= 0, NUMBER OF WARNINGS= 0, NUMBER OF EXTENSIONS= 0

COMPILE TIME= 0.25 SEC, EXECUTION TIME= 2.34 SEC, WATFIV - VERSION 1 LEVEL 3 MARCH 1971 DATE= 73/024

15 variabler och 18 mätdegar

Tabell 6. Mill-Tivsjöns vattenomsättning sommaren 1972

Parameter	21/6	24	27	30	3/7	6	9	12	15	18	21	24	27	30	2/8	5	8	11	14	17	20
P	mm	7,7	0,6	0	0,5	39,0	6,7	24,5	16,2	0	32,0	17,9	18,5	0,6	0,2	8,5	0,2	1,2	2,4	2,3	5,8
A	mm	3,24	2,30	1,52	0,89	0,81	2,69	3,34	7,08	4,97	3,20	7,64	6,33	4,66	2,90	2,09	1,58	1,17	0,81	0,59	0,49
ΔM_{sj}	mm	-1,5	-1,2	-1,2	-0,6	+3,0	+0,6	+3,9	0	-3,3	+4,2	+0,3	-2,1	-2,4	-1,8	-0,9	-0,9	-0,6	-0,3	-0,3	0
ΔM_m	mm	-2,14	-4,63	-4,27	-2,14	+10,87	-0,71	+11,92	-8,37	-3,20					-5,79				-3,20	-1,96	
ΔM_g	mm	-3,25	-4,02	-3,78	-3,49	+7,18	+0,87	+10,15	-0,63	-4,32	+10,92	+0,63	+0,29	-4,66	-4,70	-2,47	-5,00	-4,02	-4,80	-1,99	-3,59
ΔM_{tot}	mm	-6,89	-9,85	9,25	-6,23	+21,05	+0,96	25,97	-9,00	-10,82					-12,29				-8,30	-4,25	
R	mm	11,35	8,15	7,73	5,84	17,14	3,25	-4,81	18,12	5,85					+3,79				+8,27	+4,79	
T	°C	12,0	19,4	24,0	23,8	19,7	19,1	14,3	19,1	22,0	16,1	17,4	16,3	18,3	19,4	14,6	16,9	16,1	13,6	15,4	12,4
Epot	mm	8,4	13,6	15,9	16,9		8,2	8,5	9,0	13,6		12,9	7,4		11,3	2,3	8,0	8,4	10,2	7,3	5,0

Fig 1. Hypsografisk kurva över Lill-Tivsjöns nederbördsområde

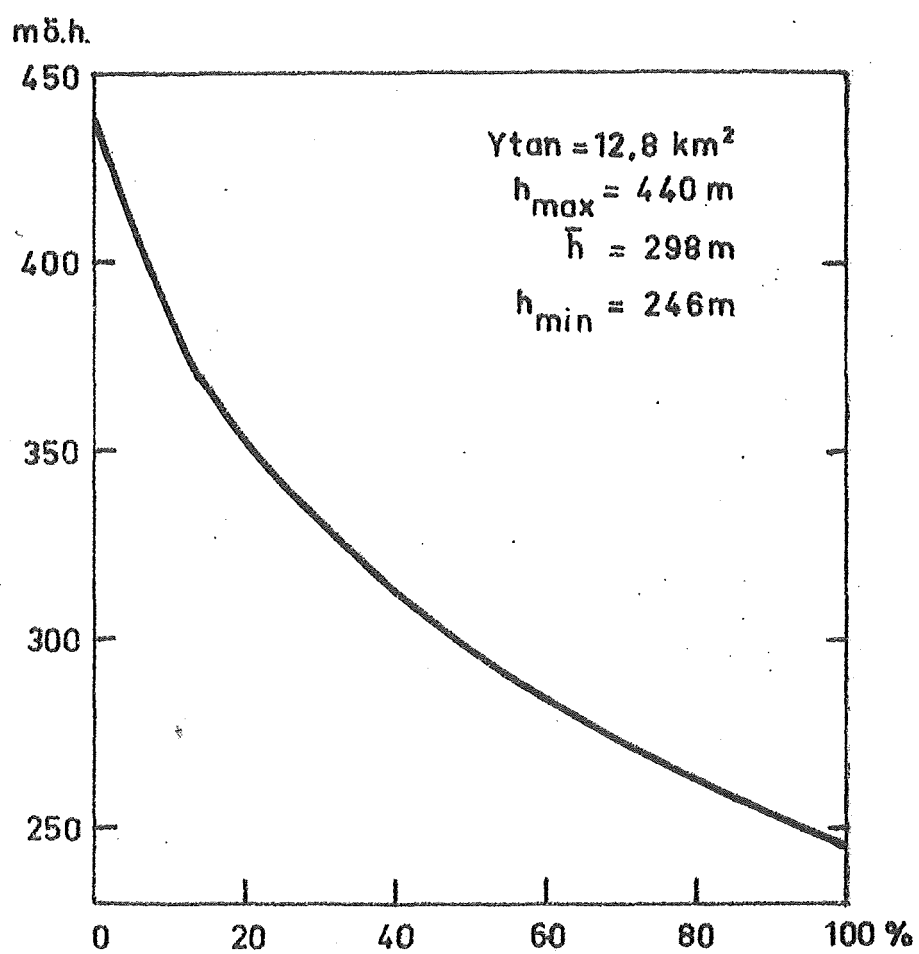


Fig 2. Dränering. Totala längden av bäckarnas olika ordningar enl ekonomisk karta. Skala 1:10 000

längd
($\times 100\text{m}$)

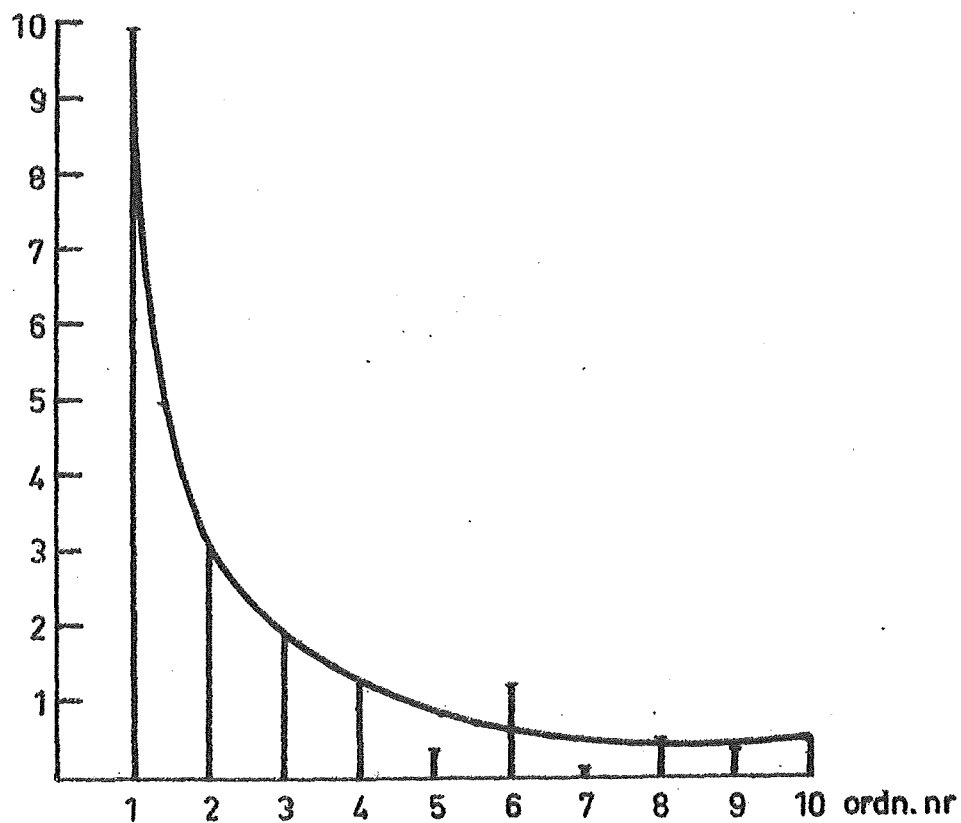
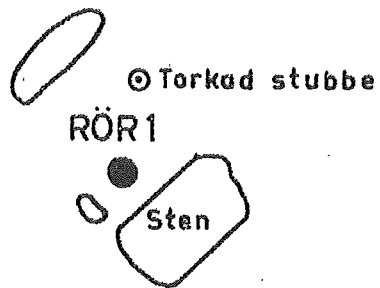


Fig 3. Station I



RÖR 2



RÖR 3

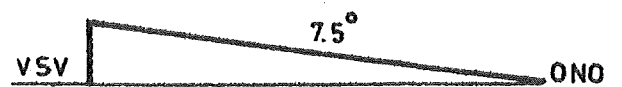
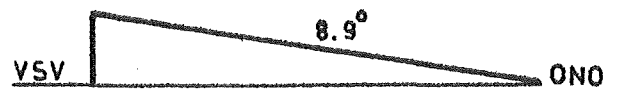
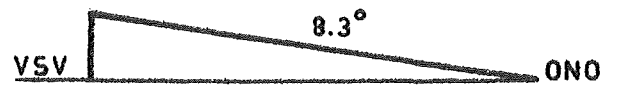


Fig 4. Station II

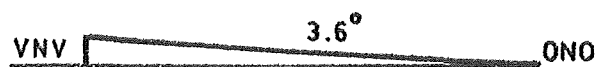
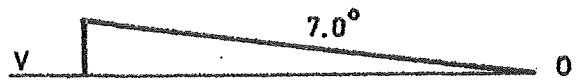
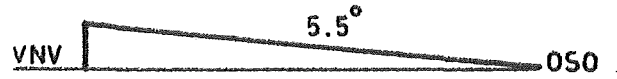
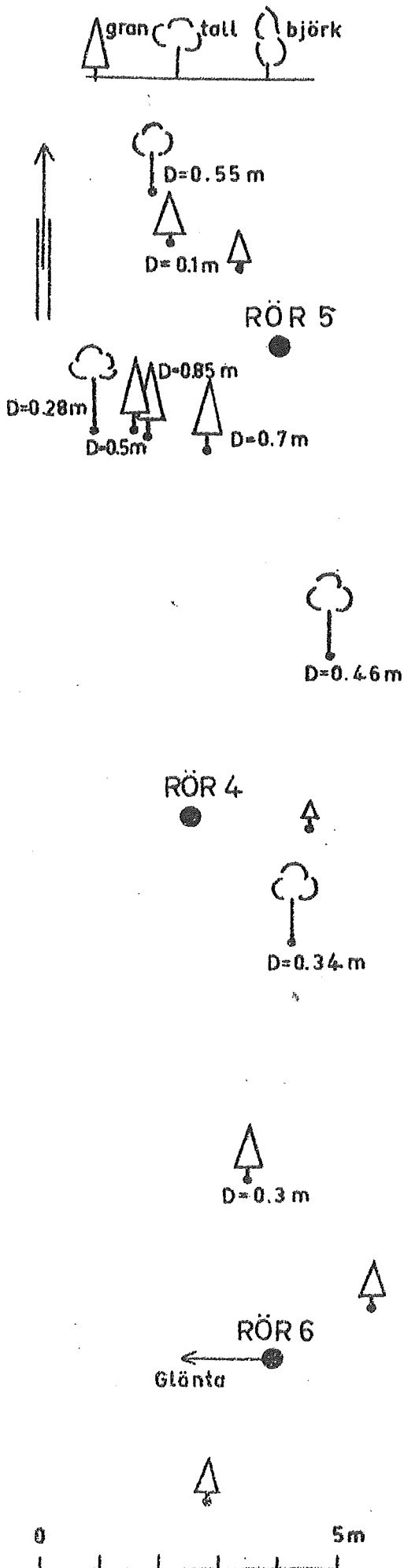


Fig 5. Station III

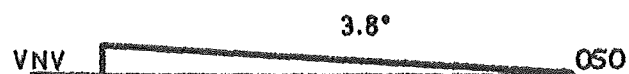
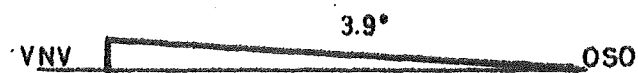
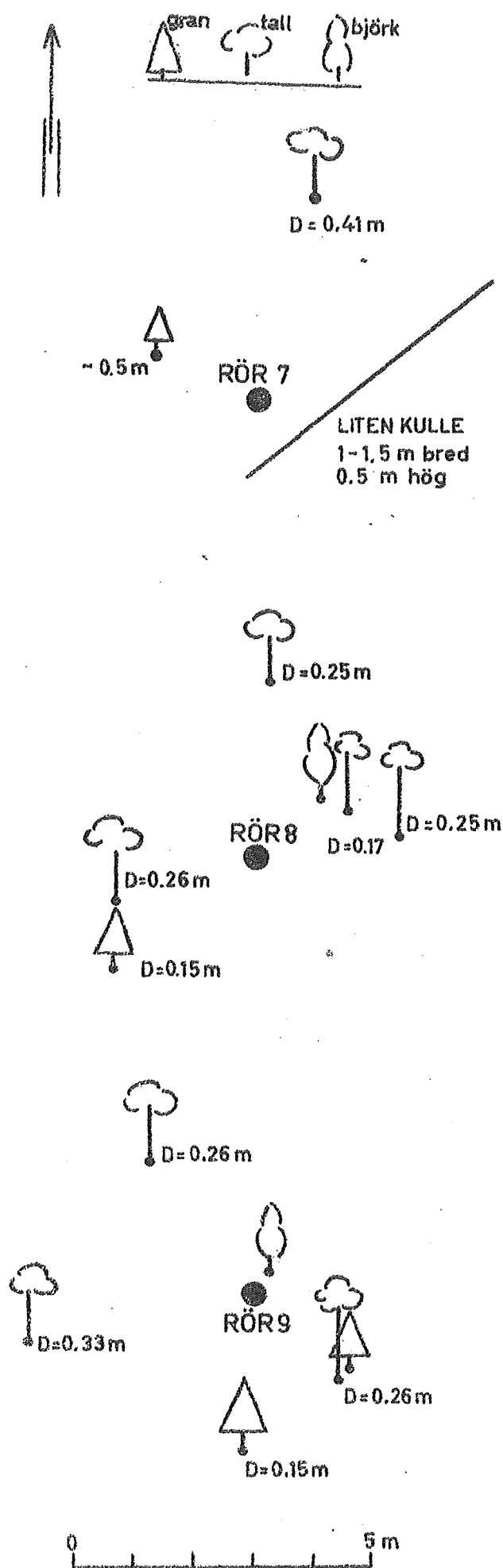
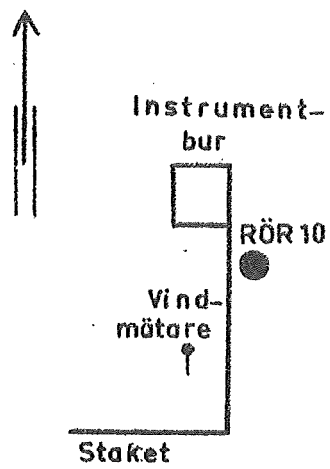
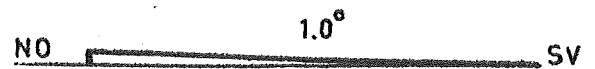


Fig 6. Station IV



RÖR 11

Hörlägd, som
betats efter
slättern



RÖR 12

Sten

Hörlägd, som
betats efter
slättern

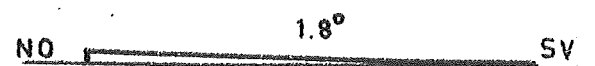


Fig 7. Station V

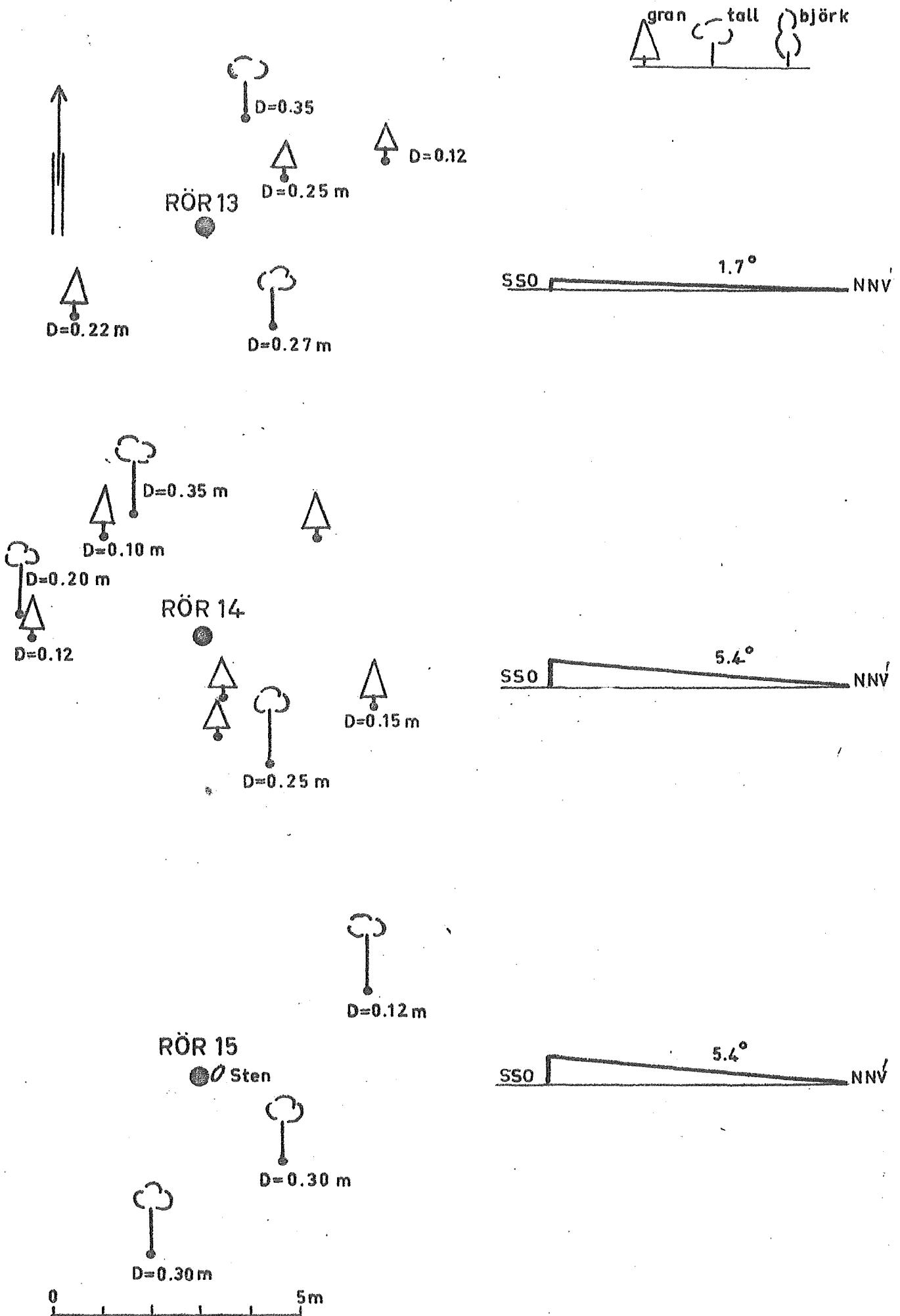
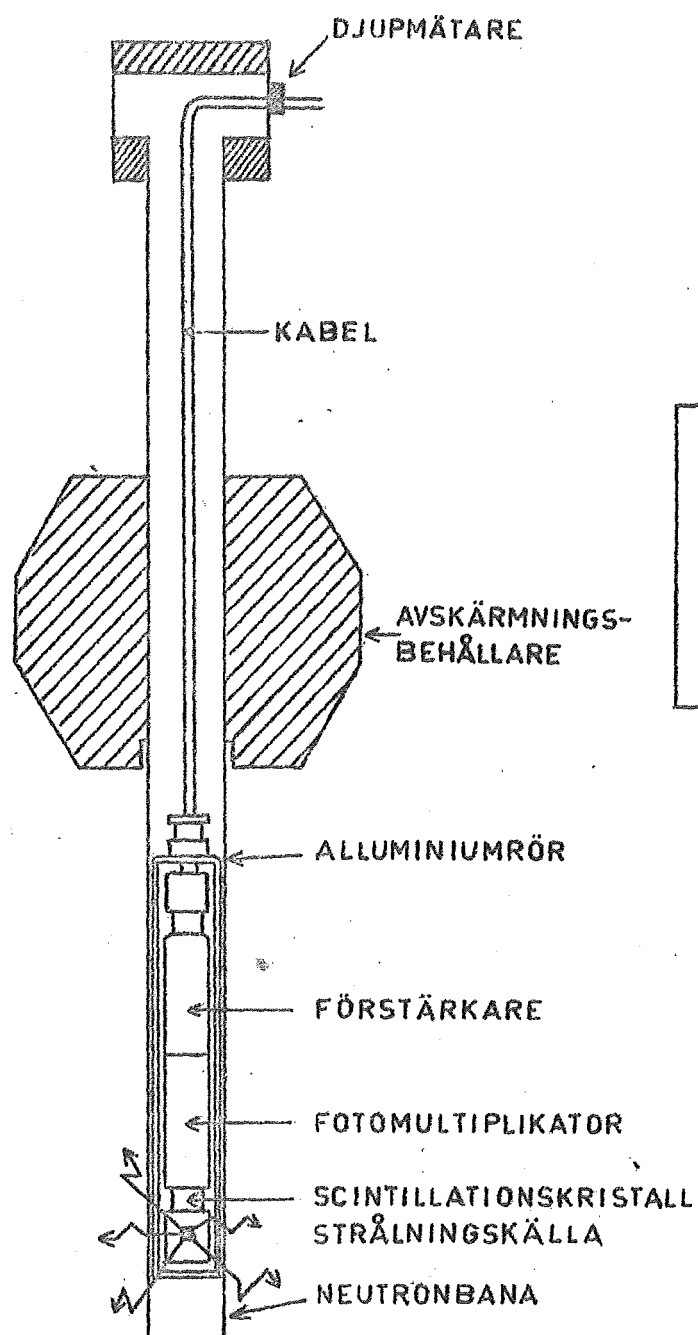


Fig 8.

FUKTIGHETSMÄTARE

PROBE



SCALER

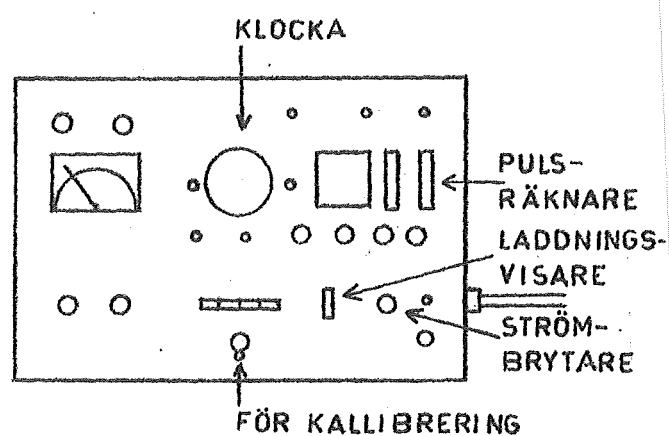
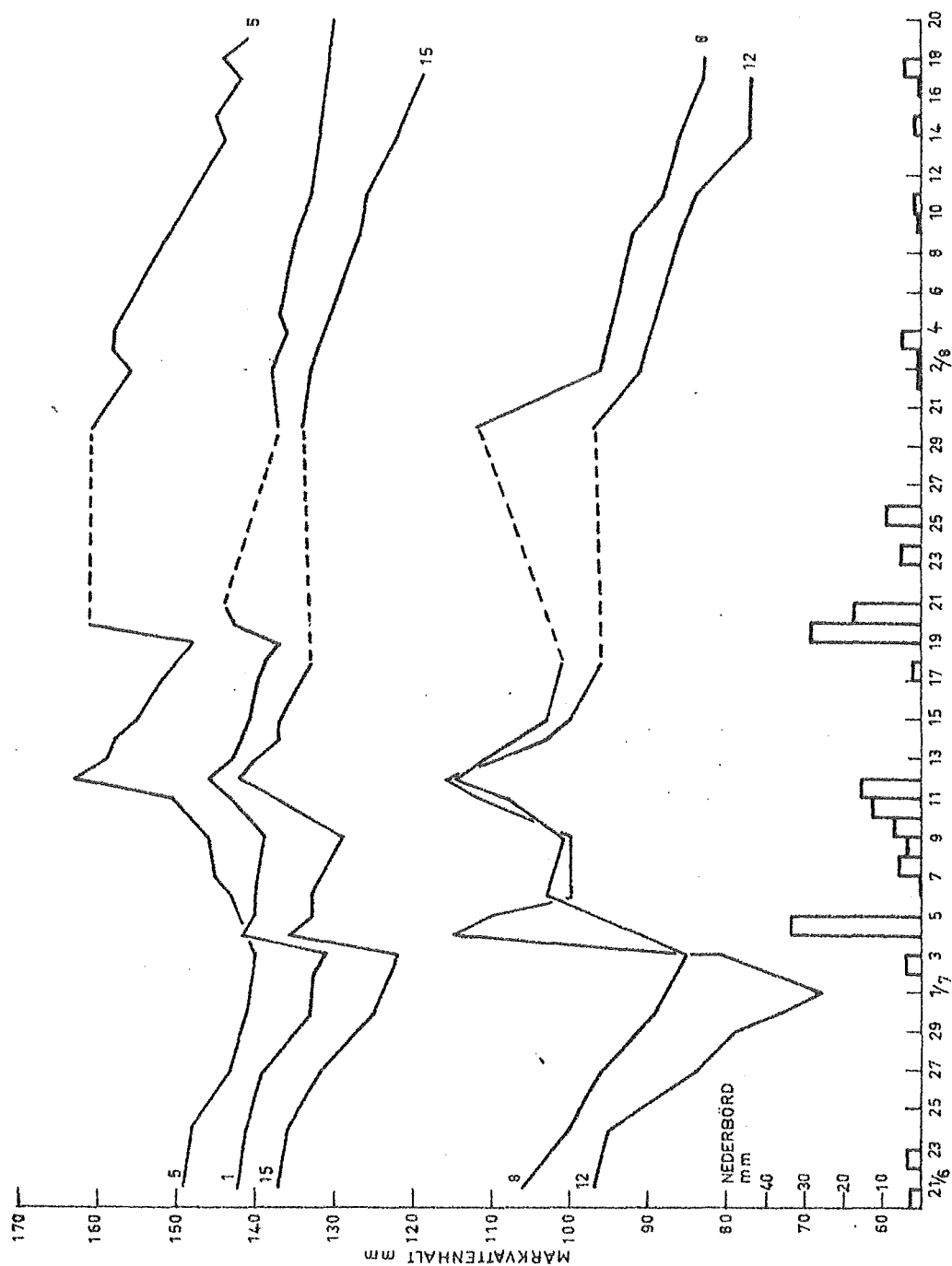
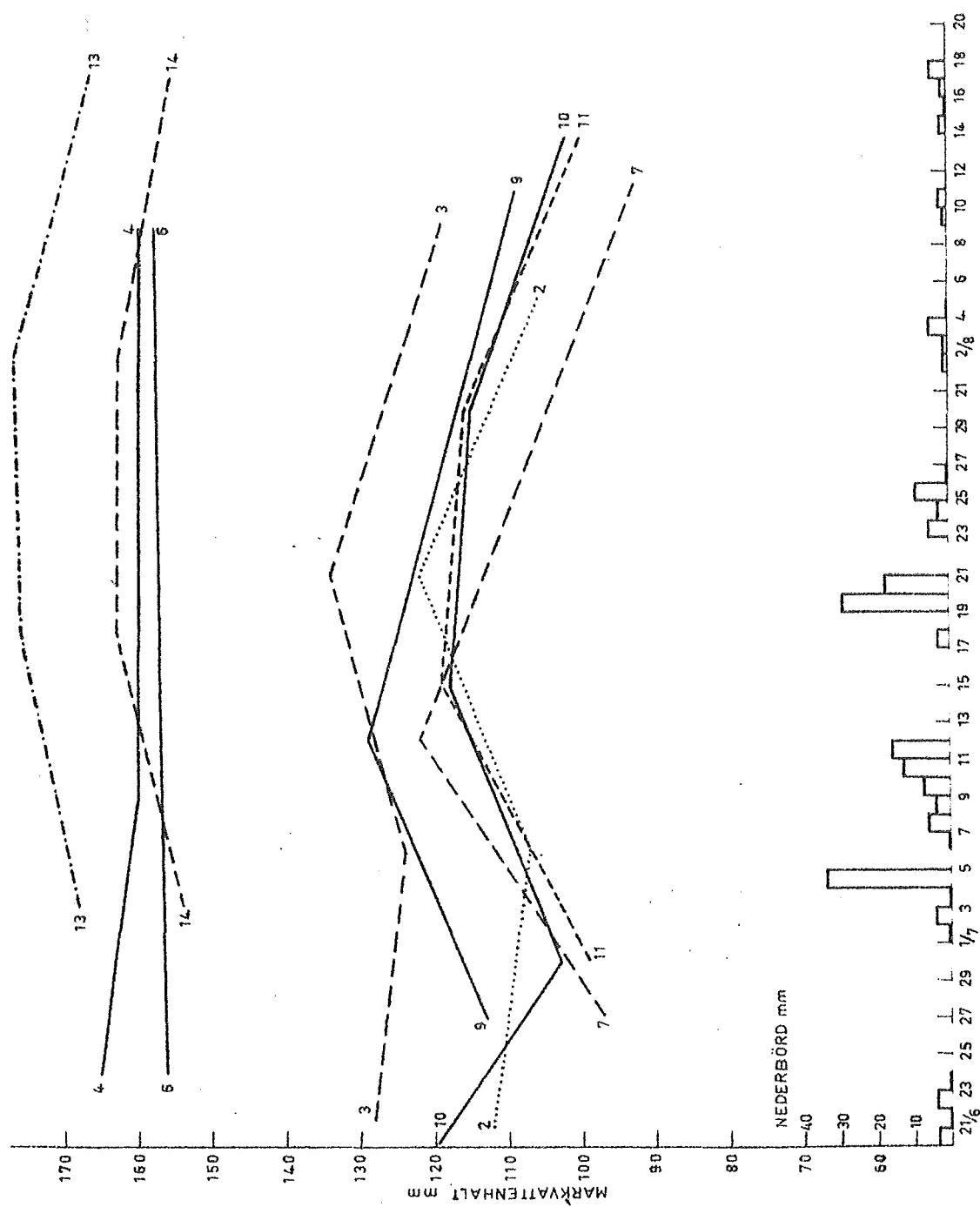


Fig 9. Markvattenhalten i nivån 0-50 cm under tidsperioden 21 juni - 20 augusti i de 5 huvudrören samt medelnederbörden i mm





SMHI HB

FIG 11. MARKVATTENHALTENS FÖRDELNING

1972

OMRADE: KASSJÖN

STATION: III

RÖR NR:

8

ENHETER: DJUP: CENTIMETER, MARKVATTENHALT: DECIGRAM/KUBIKCENTIMETER, TID: DAGAR

JUN

JUL

AUG

	JUN	JUL	AUG
10	++++1111111++++ 2	22222222	+++++1111111111
20	222222	22222222222222222222222222222222	+++++
30	++222222222222++	++++2222222222++	22222222222222222222222222222222
40	++++22222222++	+++++22222222++	22222222222222222222222222222222
50	+++++22222++	+++++22222++	22222222222222222222222222222222
60	+++++22222++	+++++22222++	22222222222222222222222222222222
70	222	222	222
80	222	222	222
90	222	222	222
100	222	222	222
110	222	222	222
120	222	222	222
130	222	222	222
140	222	222	222

SIFFRORNA 1,2,3 O.S.V BETECKNAR 1,2,3...DG/CM3

SMHI M3

FIG 12. VATTENINNEHALLETS FÖRDELNING I OLIKA MARKSKIKT

OMRADE: KASSJÄN

STATION: III

ARI 1972

ENHETER: MARKVATTENINNEHÅLLIGRAM/KVADRATCENTIMETER; TID: DAGAR

RBR NRI 8

JUN

JUL

AUG

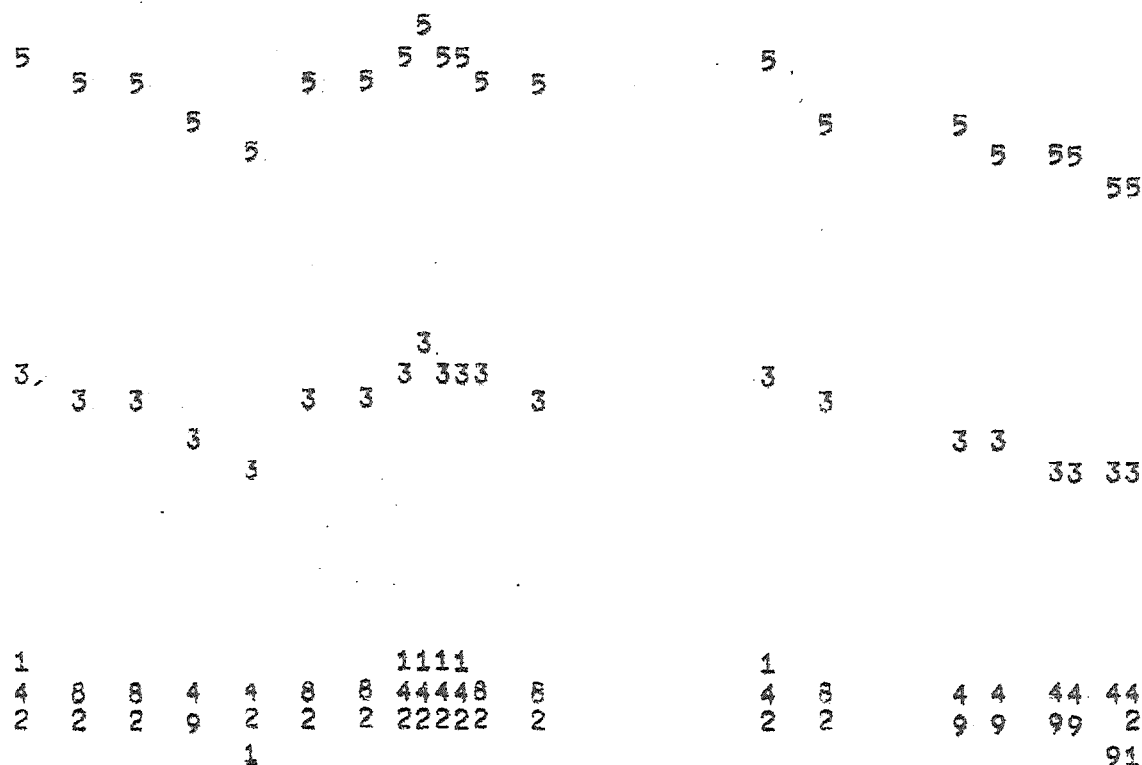
40.0

30.0

20.0

10.0

0.0



SIFFRORNA 1,2,3,4,5 BETECKNA SKIKTEN 0-50, 50-100, 0-100, 100-BOTTEN
 OCH 0-BOTTEN HÖGRE SIFFROR ANGE SKÄRNINGSPUNKTER

Fig 13. Grundvattenståndet i rören 2, 3, 5, 7, 9, 25, 26, 27 och 29

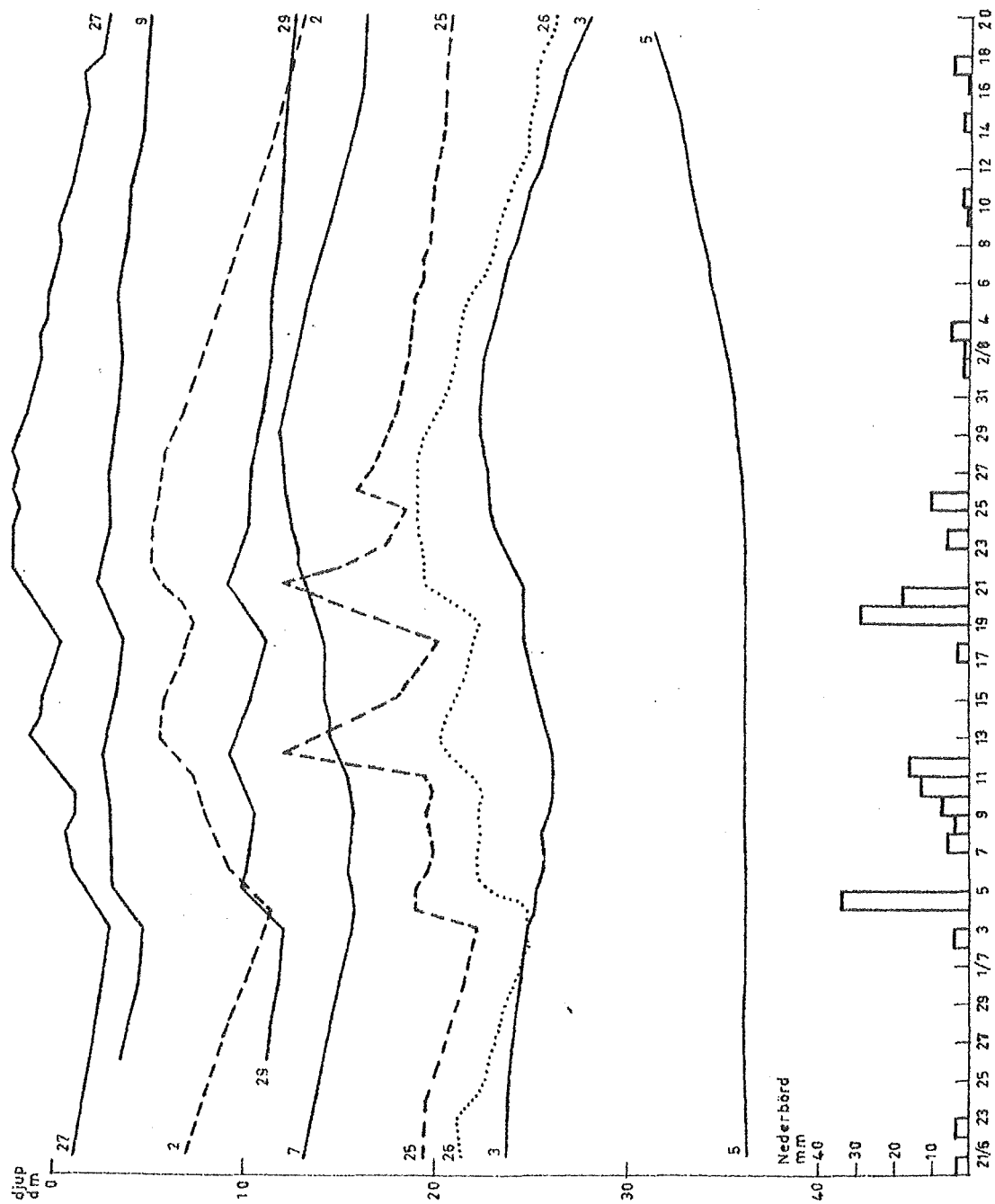


Fig 14. Grundvattenståndet i rören 1, 4, 6, 8, 28 och brunnarna Mon och 7

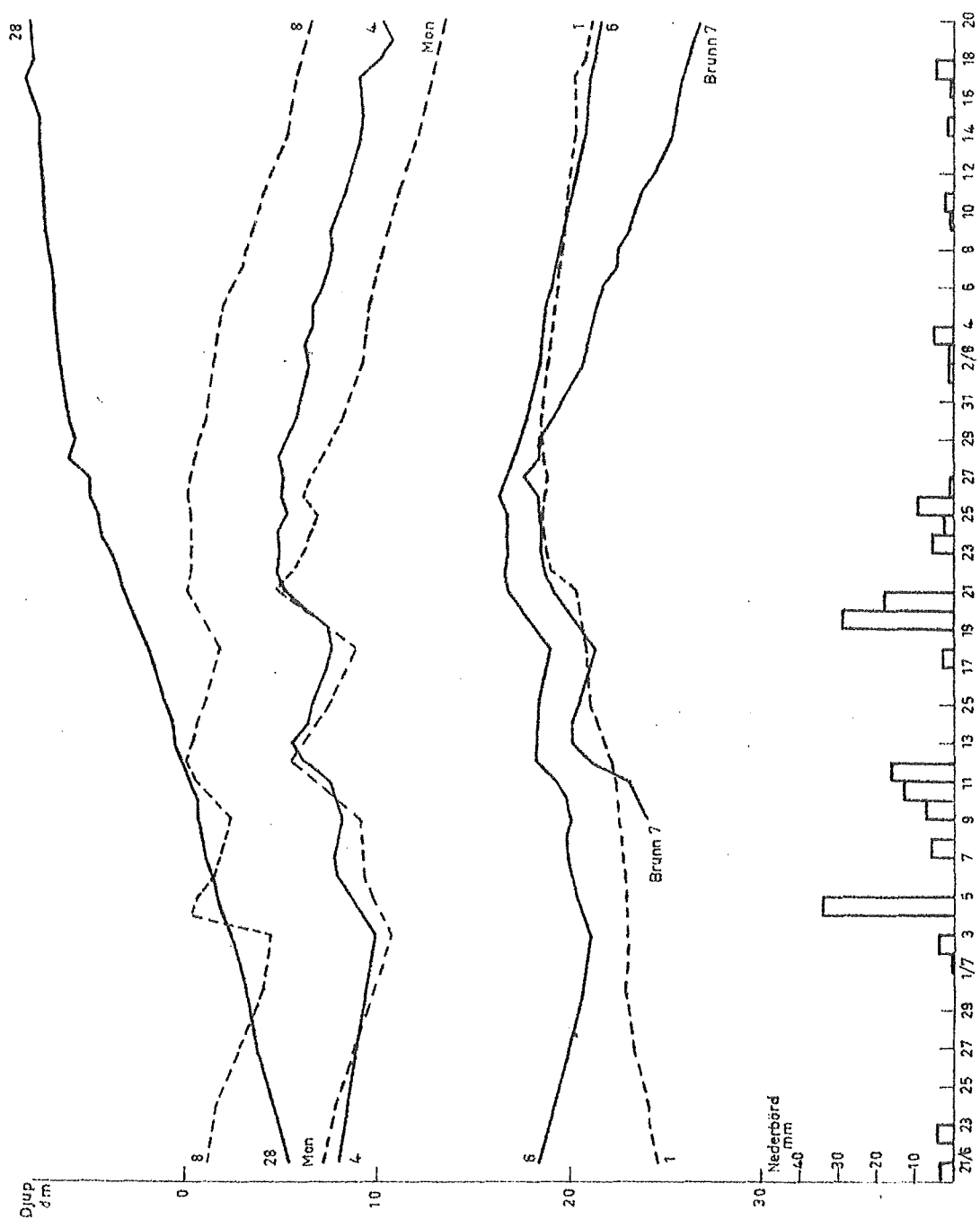


Fig 15. Grundvattenståndet i de rör vi använt oss av

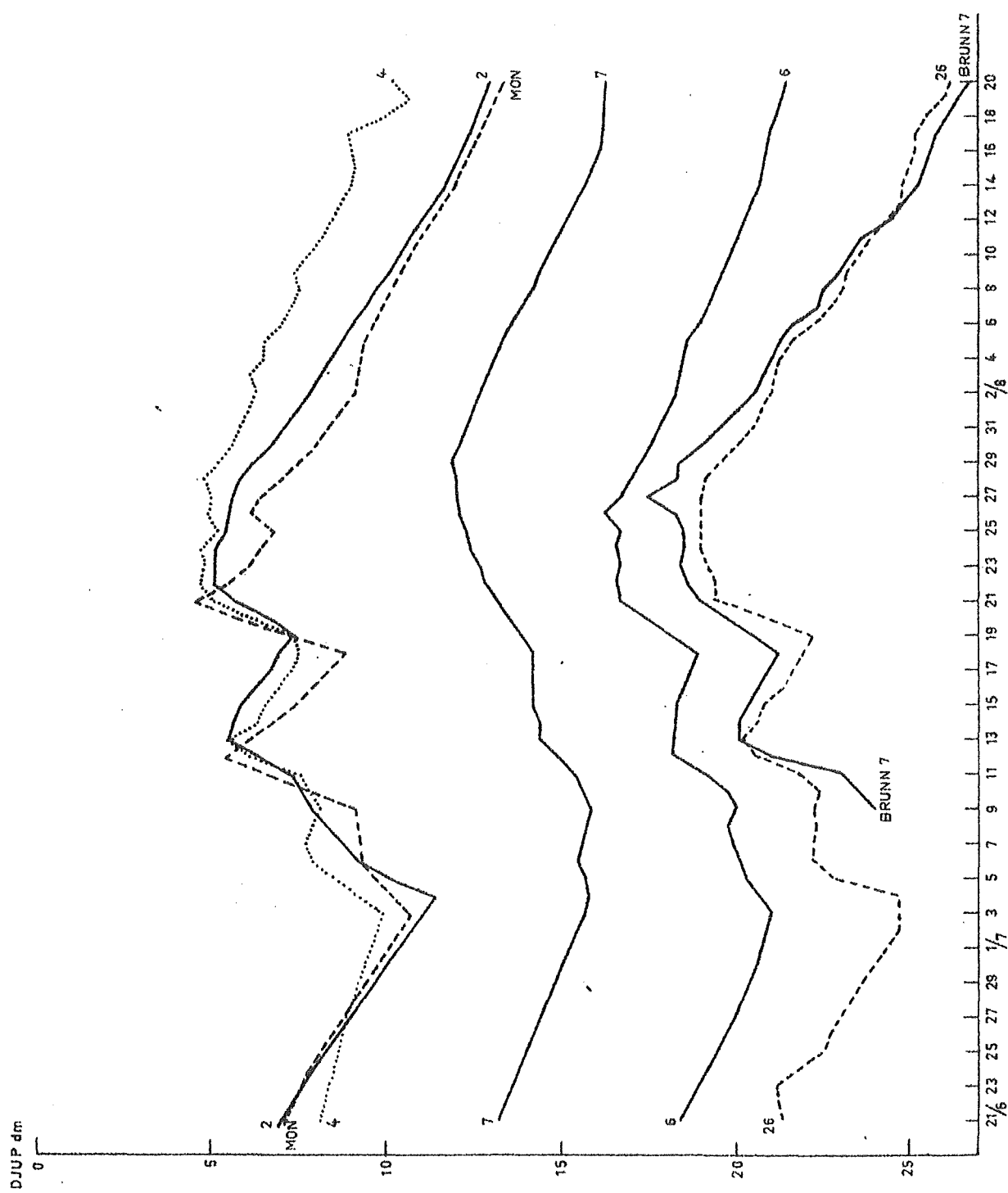


Fig 16. Jämförelse mellan vattenståndsändring i Bodtjärn och Lilla Tivsjön

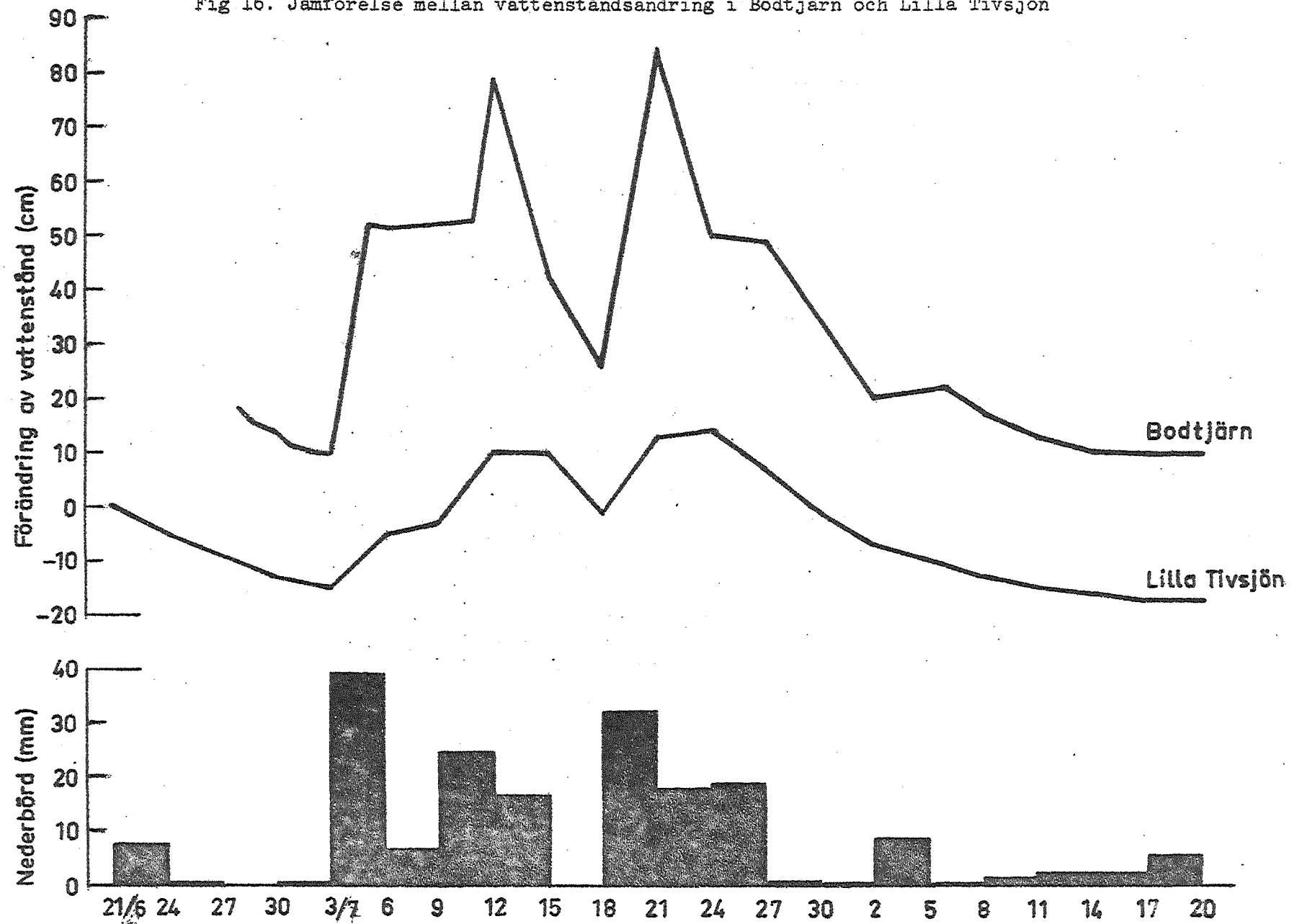


Fig 17. Hydrogram för Lilla Tivsjön

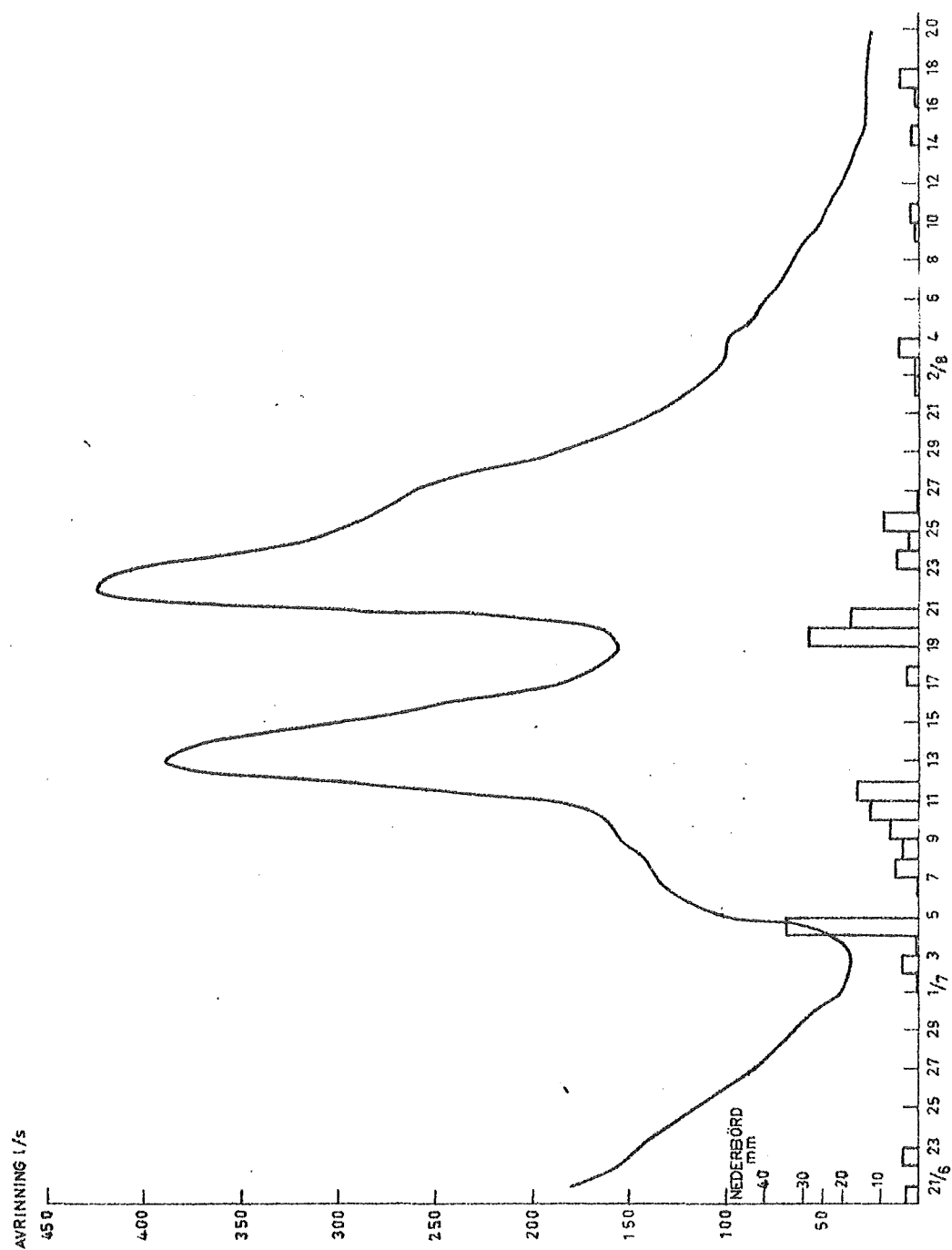


Fig 18. Samband mellan grundvattenstånd och markvattenrör
 Station I den 3-6 juli
 Fig b en dags förskjutning på grundvattenståndet

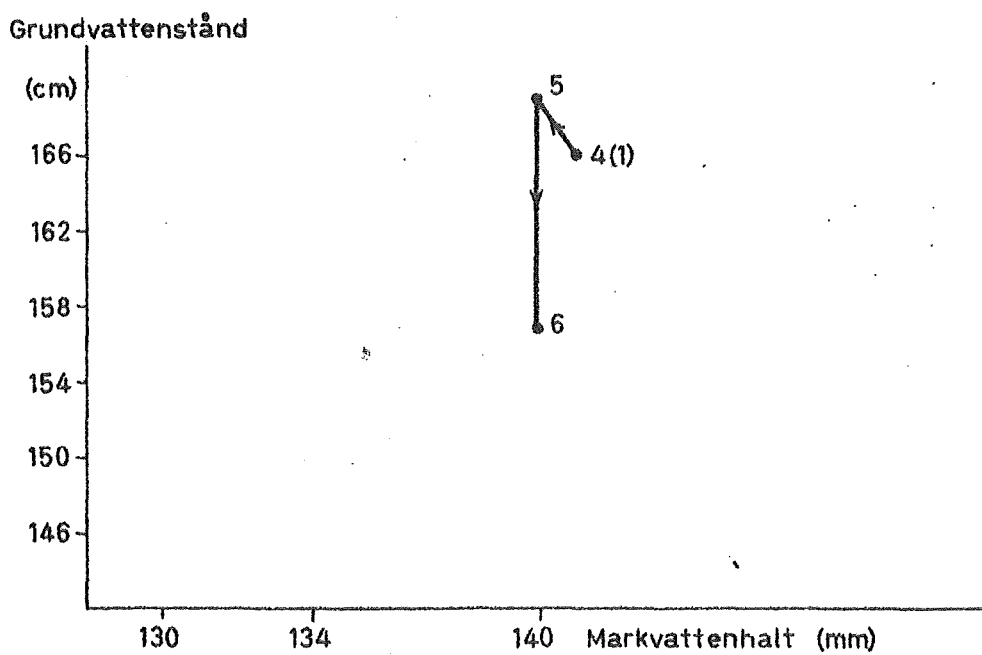
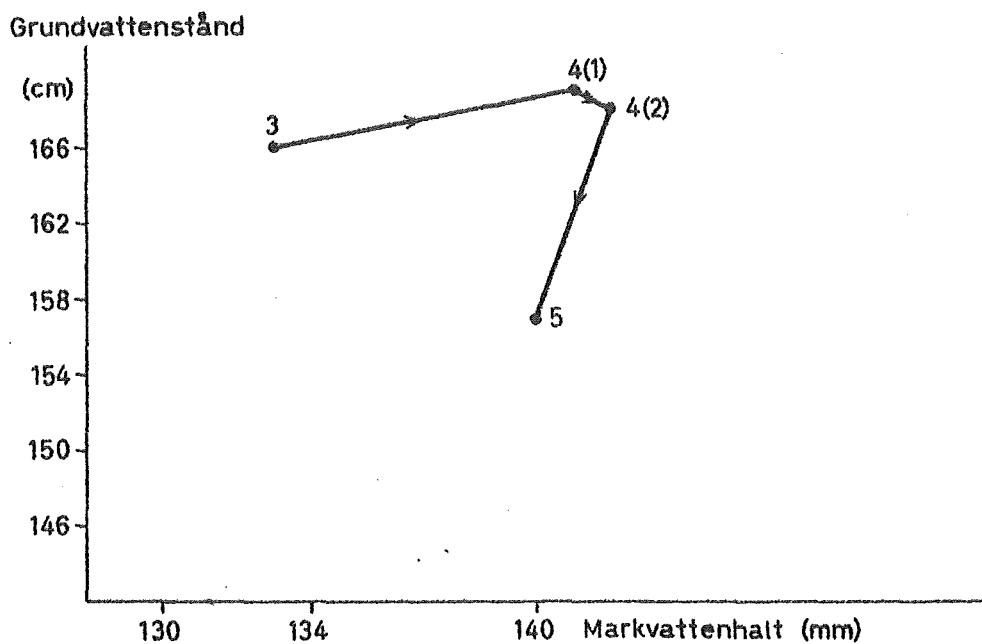
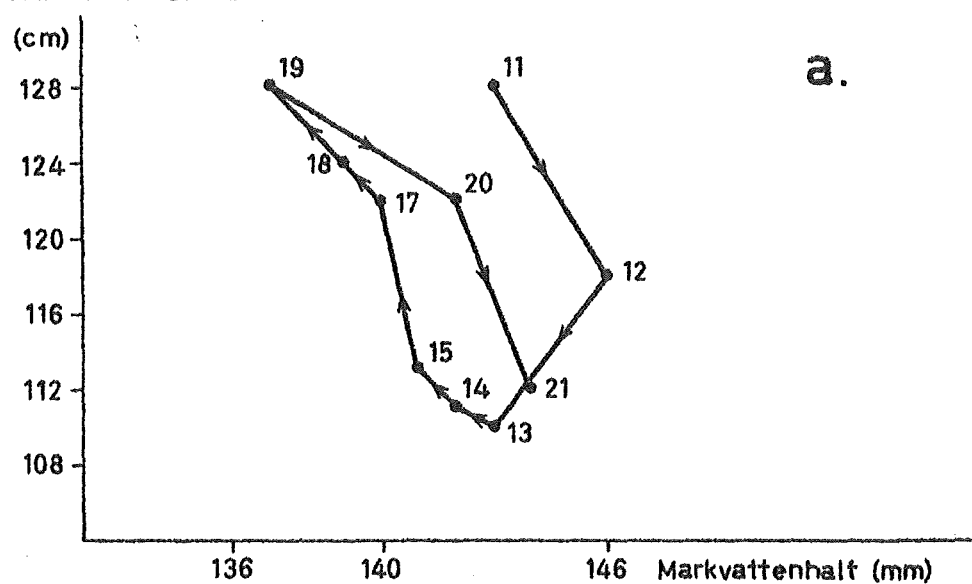
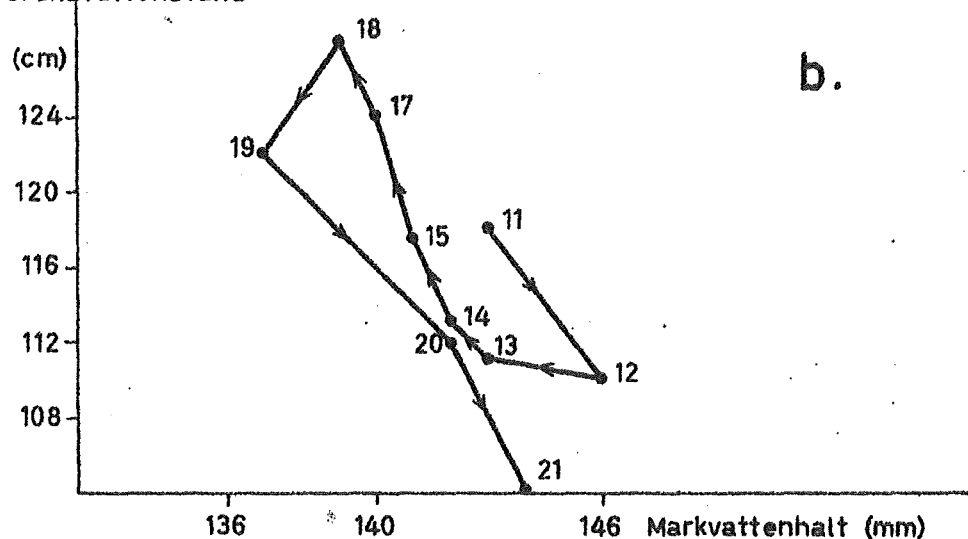


Fig 19. Samband mellan grundvattenstånd och markvattenhalt
 Station I den 11-21 juli
 Fig b en dags förskjutning på grundvattenståndet
 Fig c två dagars förskjutning på grundvattenståndet

Grundvattenstånd



Grundvattenstånd



Grundvattenstånd

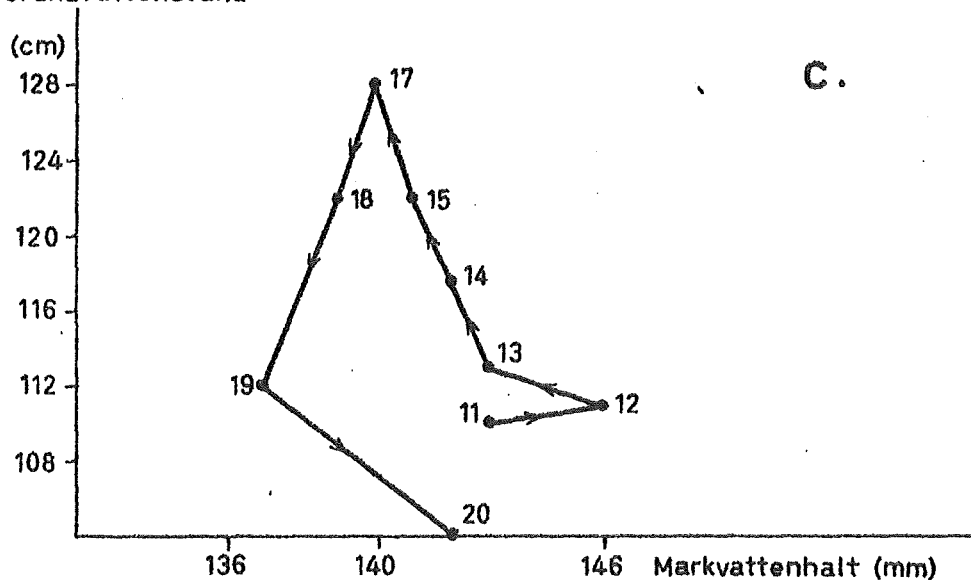
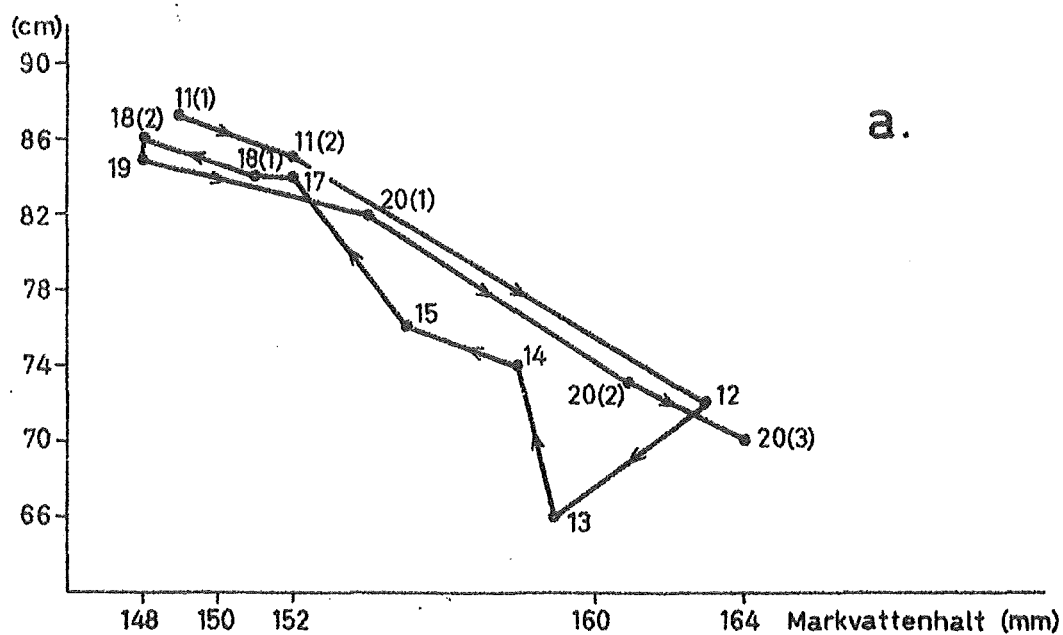
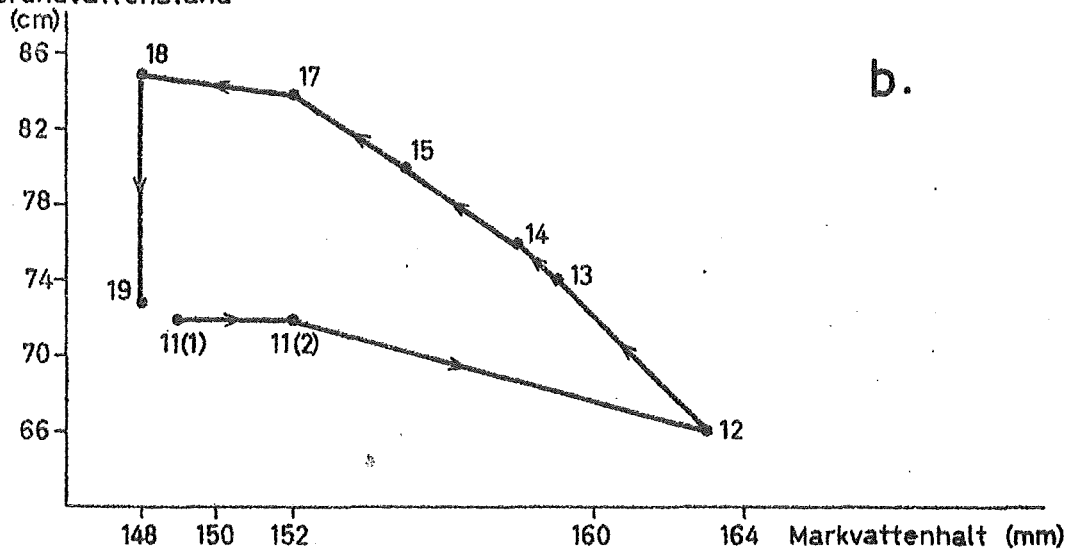


Fig 20. Samband mellan grundvattenstånd och markvattenhalt
 Station II den 11-20 juli
 Fig b en dags förskjutning på grundvattenståndet
 Fig c två dagars förskjutning på grundvattenståndet

Grundvattenstånd



Grundvattenstånd



Grundvattenstånd

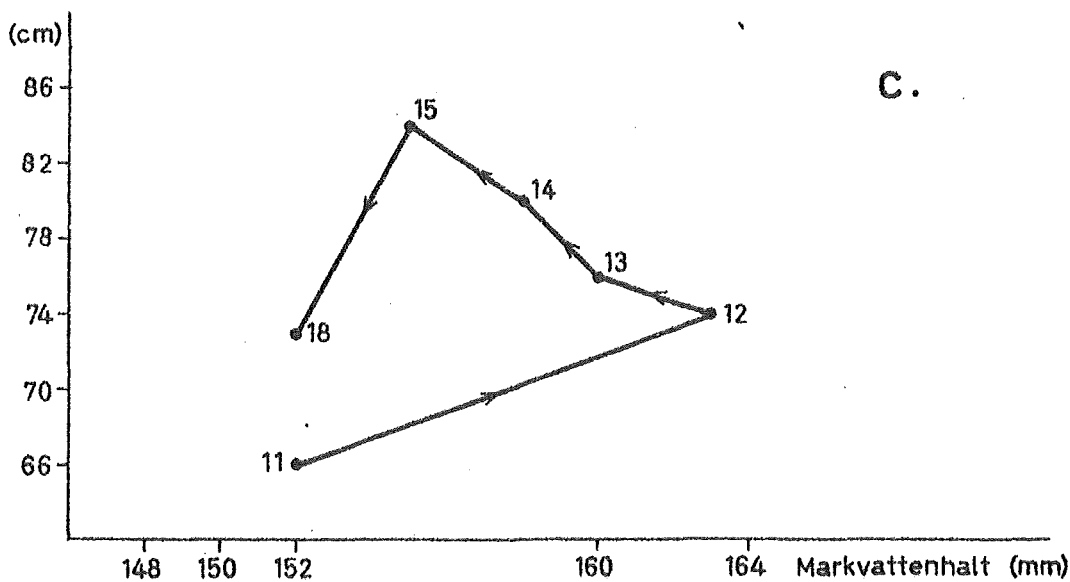


Fig 21. Samband mellan grundvattenstånd och markvattenhalt
M-rör 12 - Brunn 7 den 11-15 juli
Fig b. en dags förskjutning på grundvattenståndet
Fig c. två dagars förskjutning på grundvattenståndet

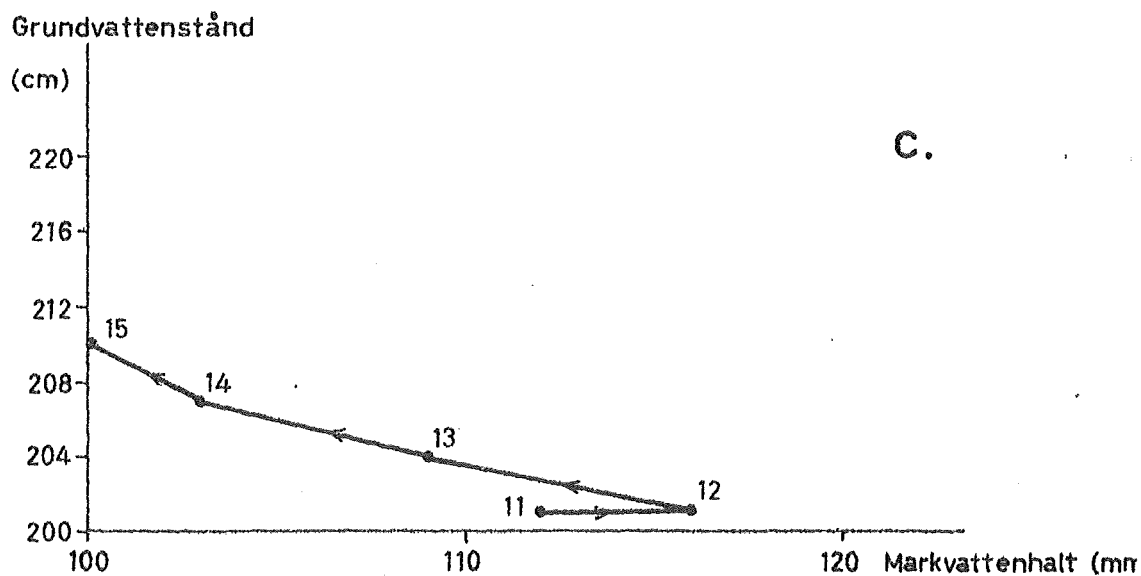
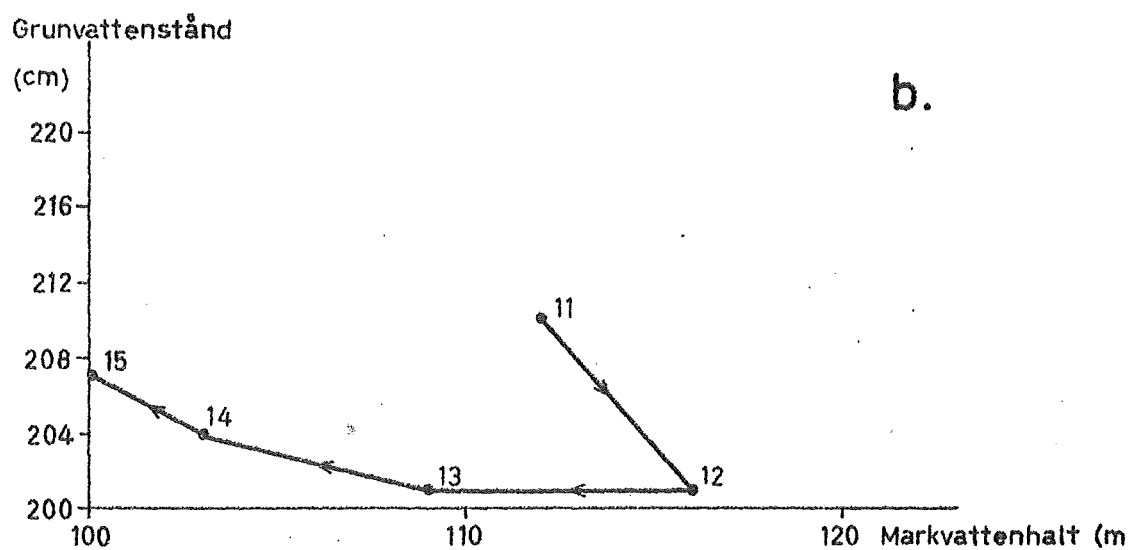
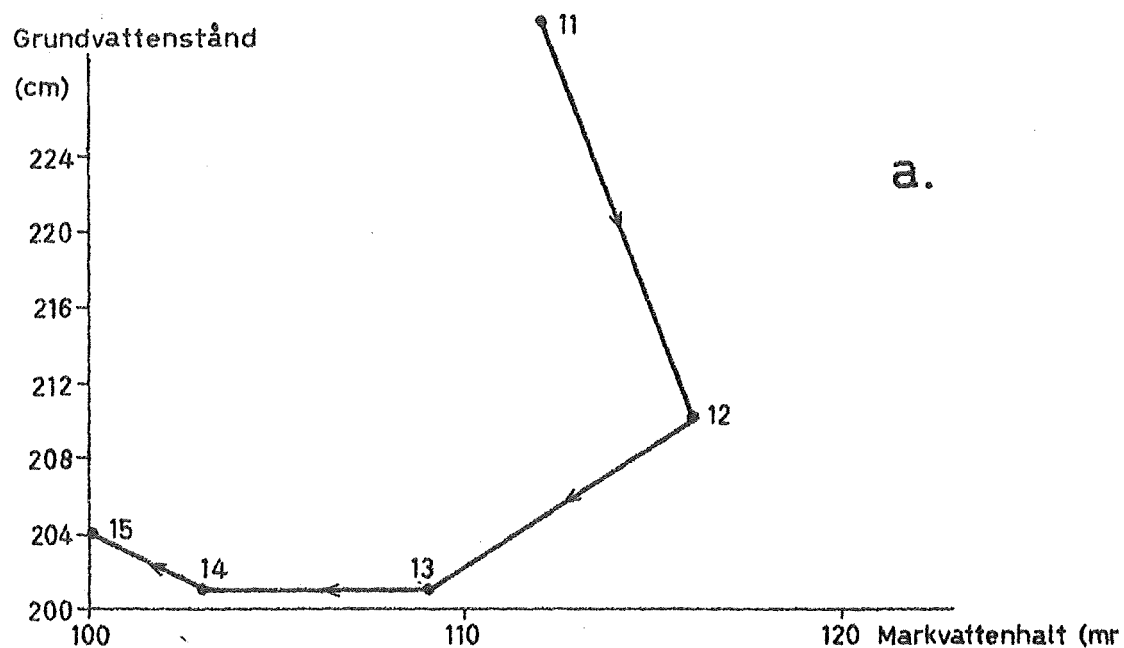


Fig 22. Samband mellan grundvattenstånd och markvattenhalt. M-rör 12 - G-rör 7
den 11-15 juli. Fig b en dags förskjutning på grundvattenståndet
Fig c två dagars förskjutning på grundvattenståndet

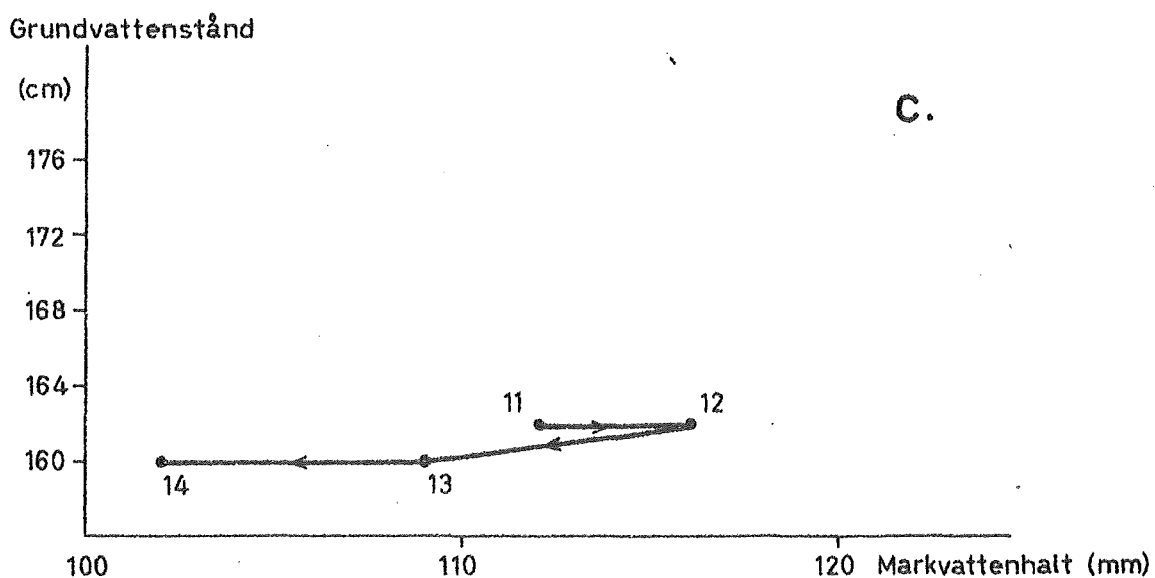
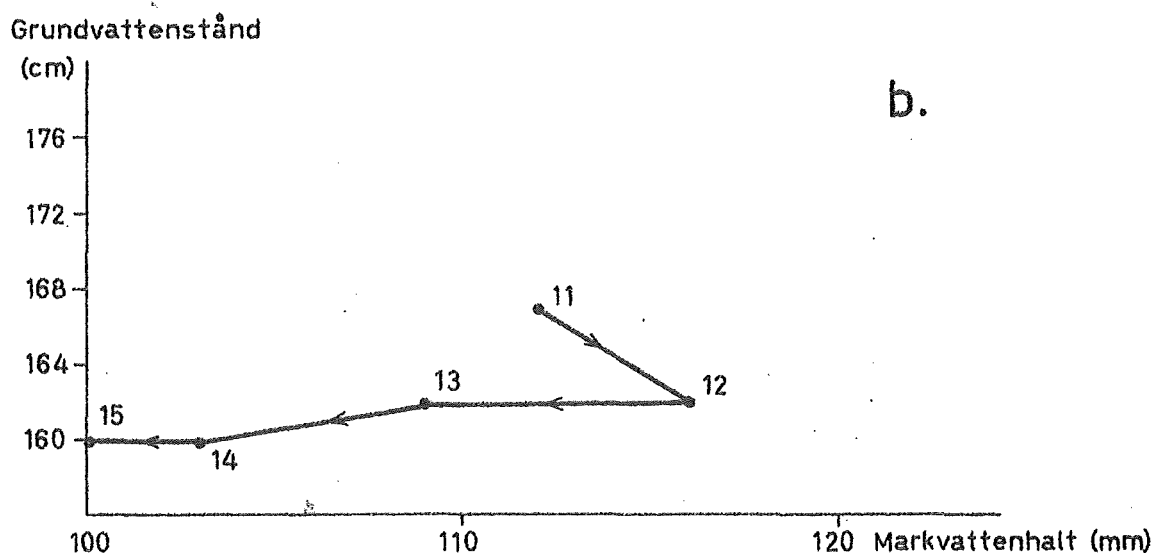
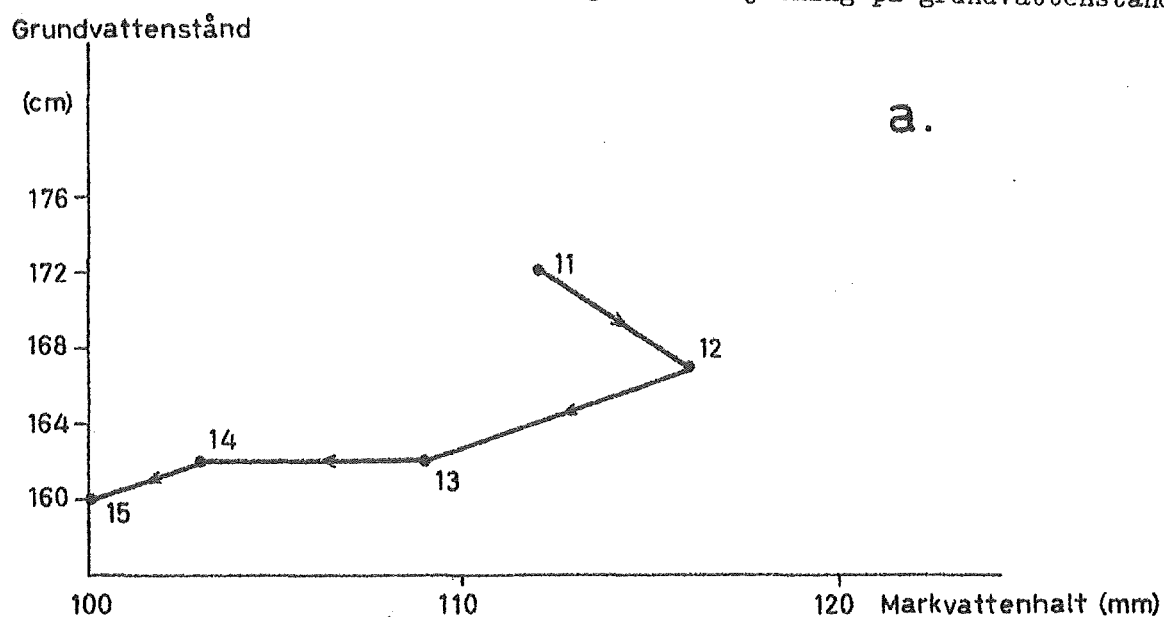


Fig 23. Markvattenhaltens förändring i medeltal med angivande av medelfelet

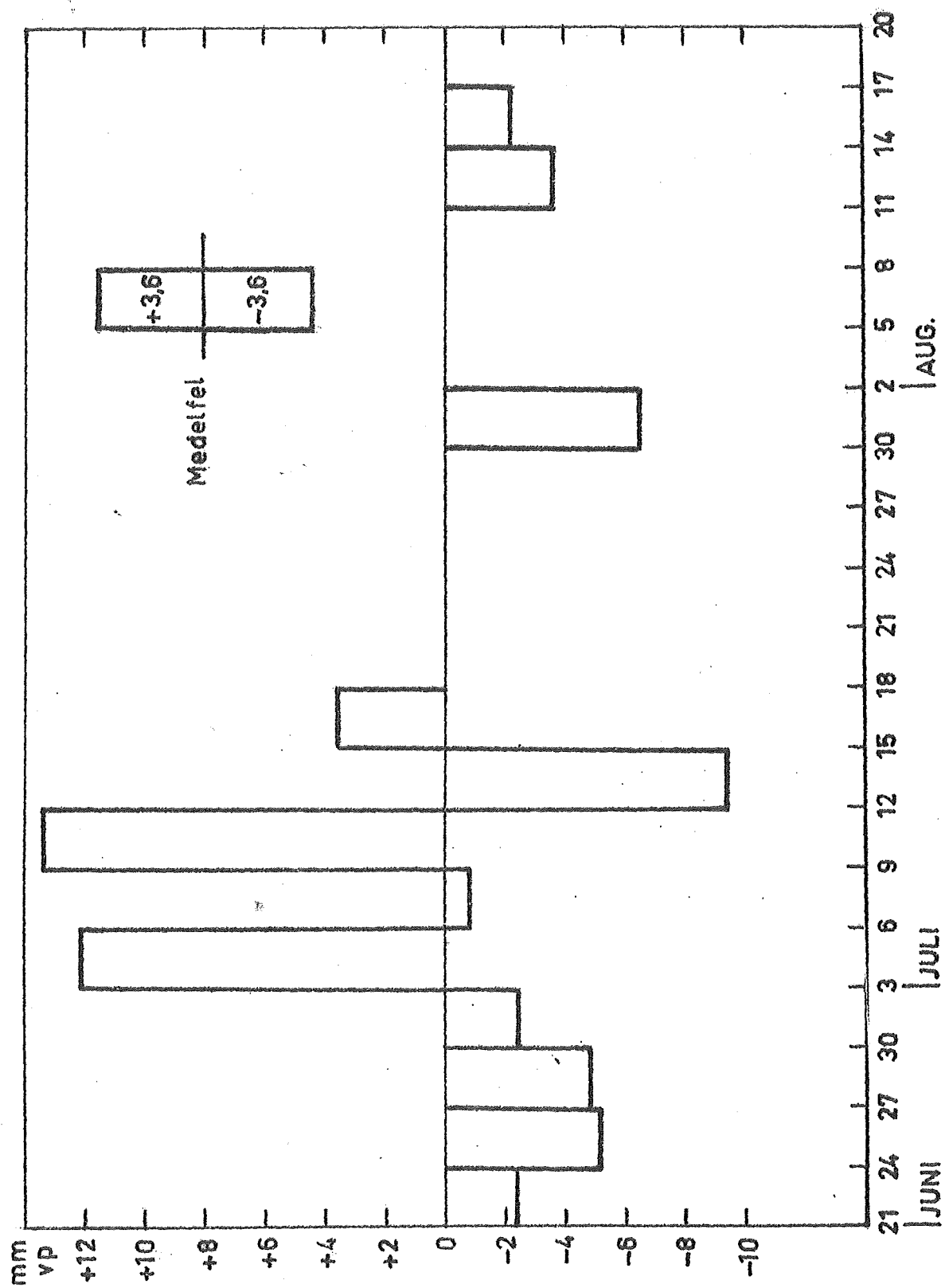


Fig 24. Resttermen från vattenbalansekyvationen och avdunstningen från class A pan.
3-dagssummor. Tiden 21 juni - 20 augusti 1972

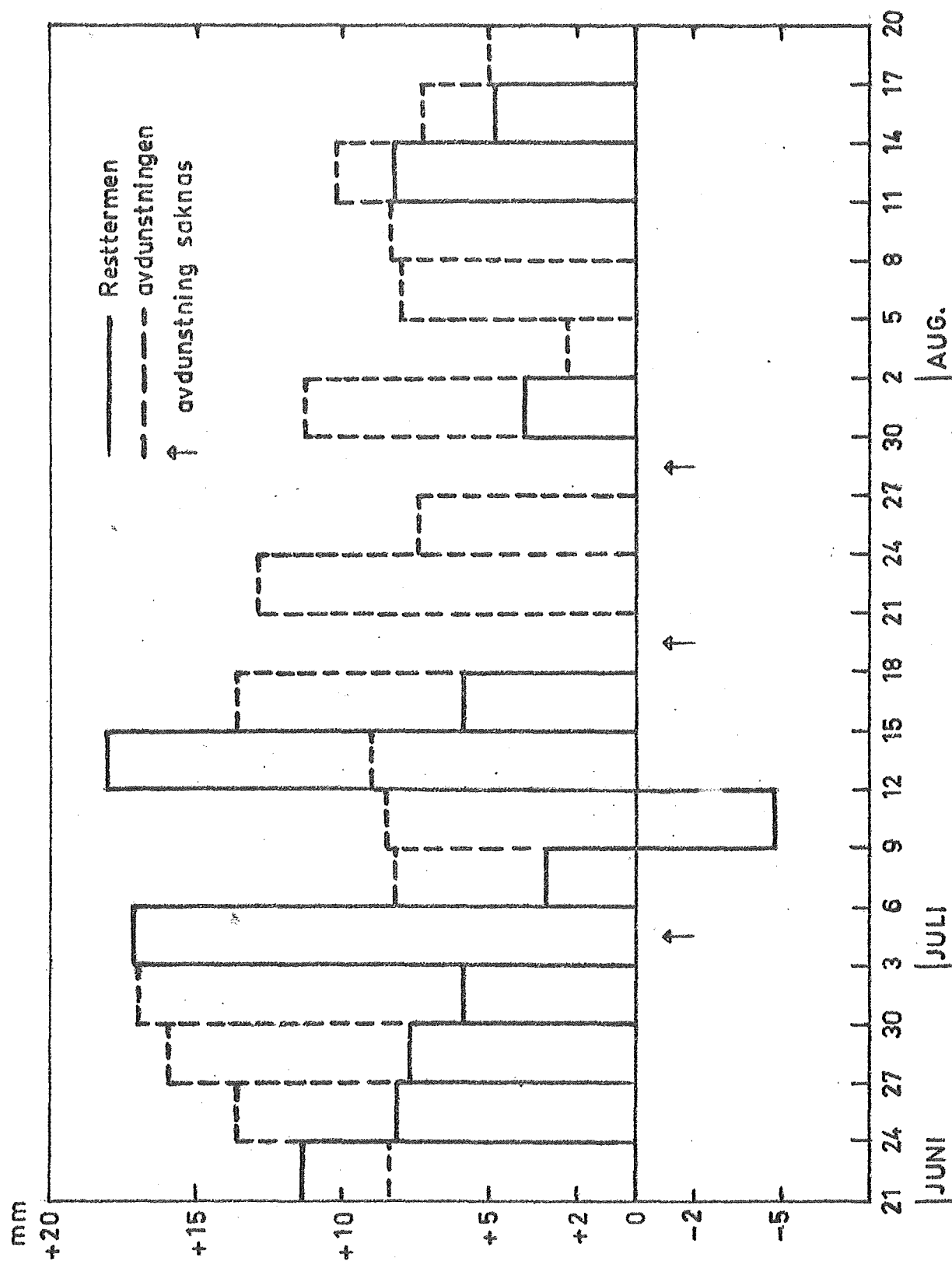


Fig 25. Vattenomsättningen inom Lilla Tivsjöns dräneringsområde

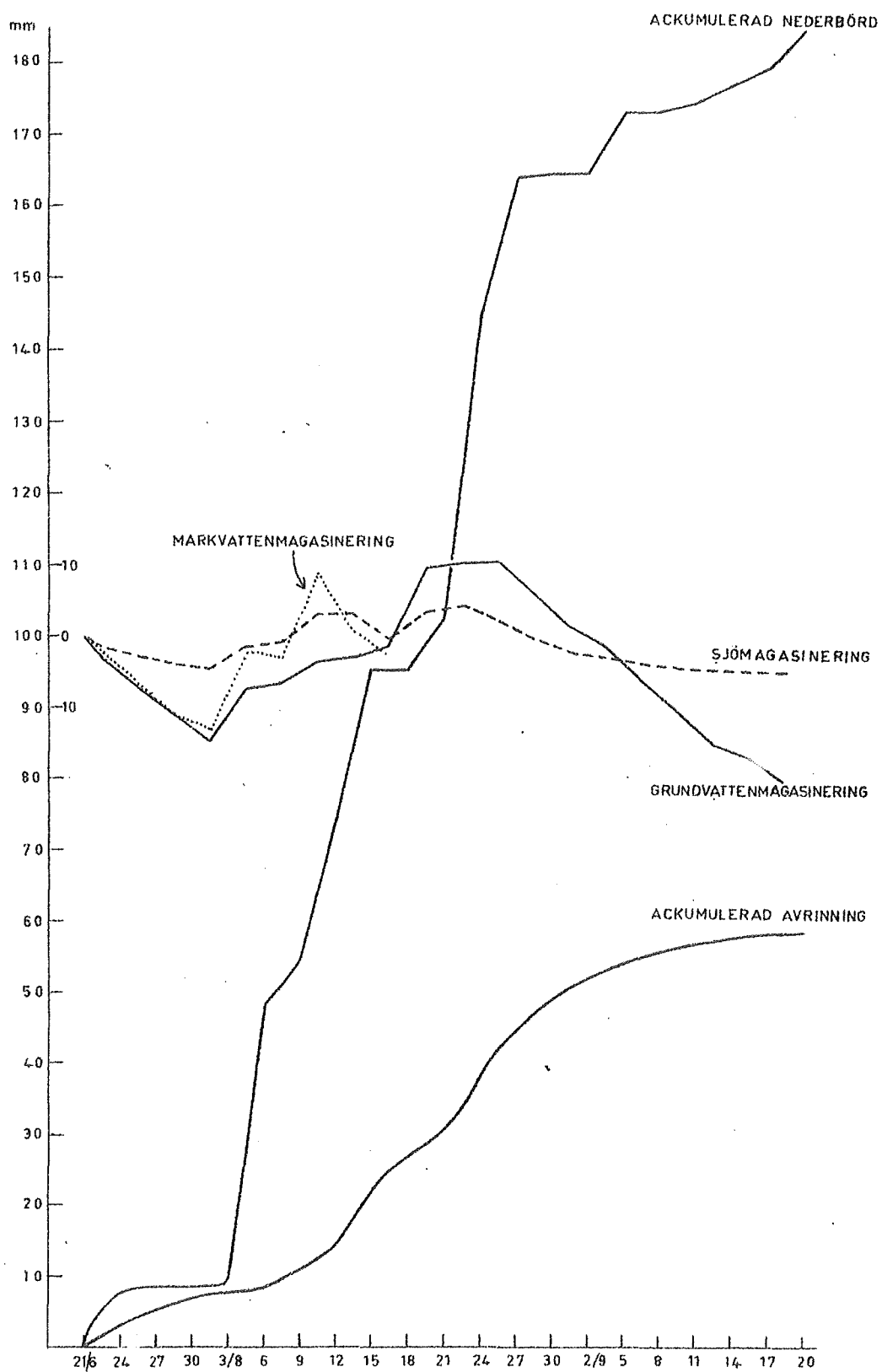


Fig 26. Ändringen i markvattenmagasinet ΔM_w i nivån 0-50 cm plottad mot motsvarande ändring i grundvattenmagasinet ΔM_g

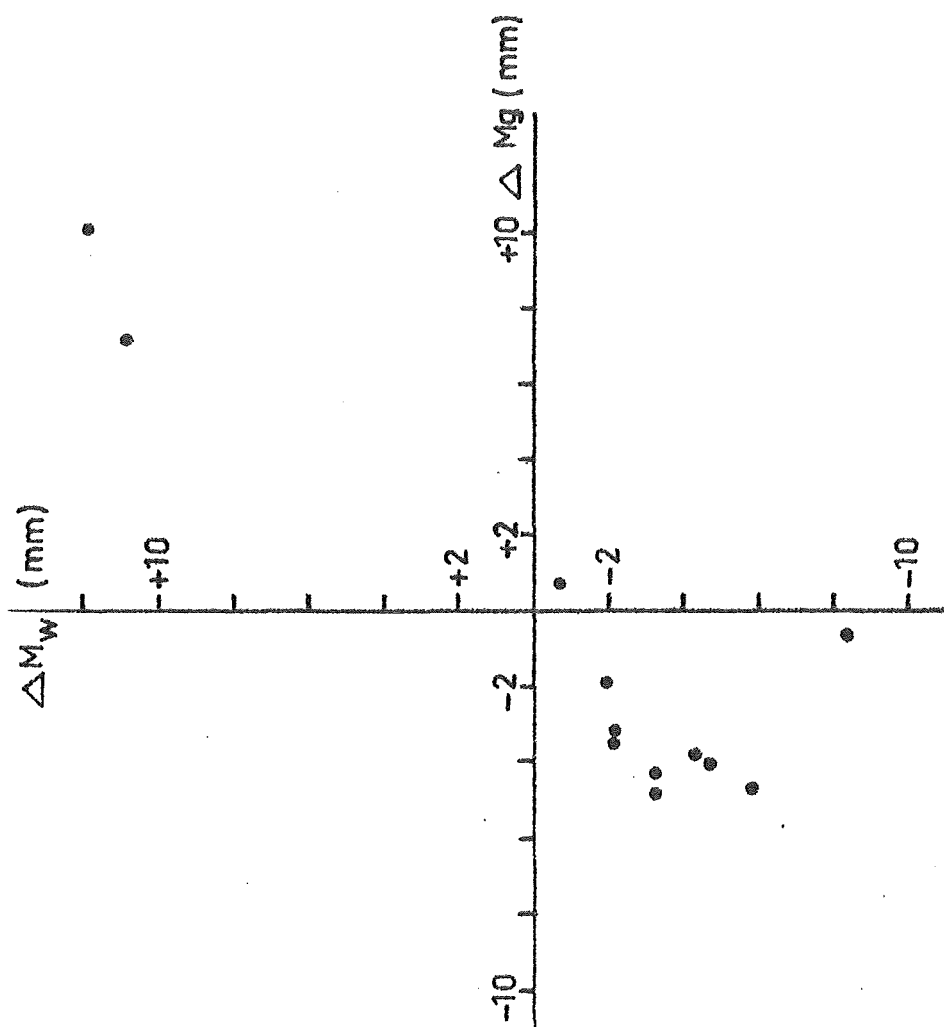


Fig 27. Förändring av markvattenhalt, grundvattenstånd och avrinning vid olika nederbörd. Station I. Tiden 2-6 juli

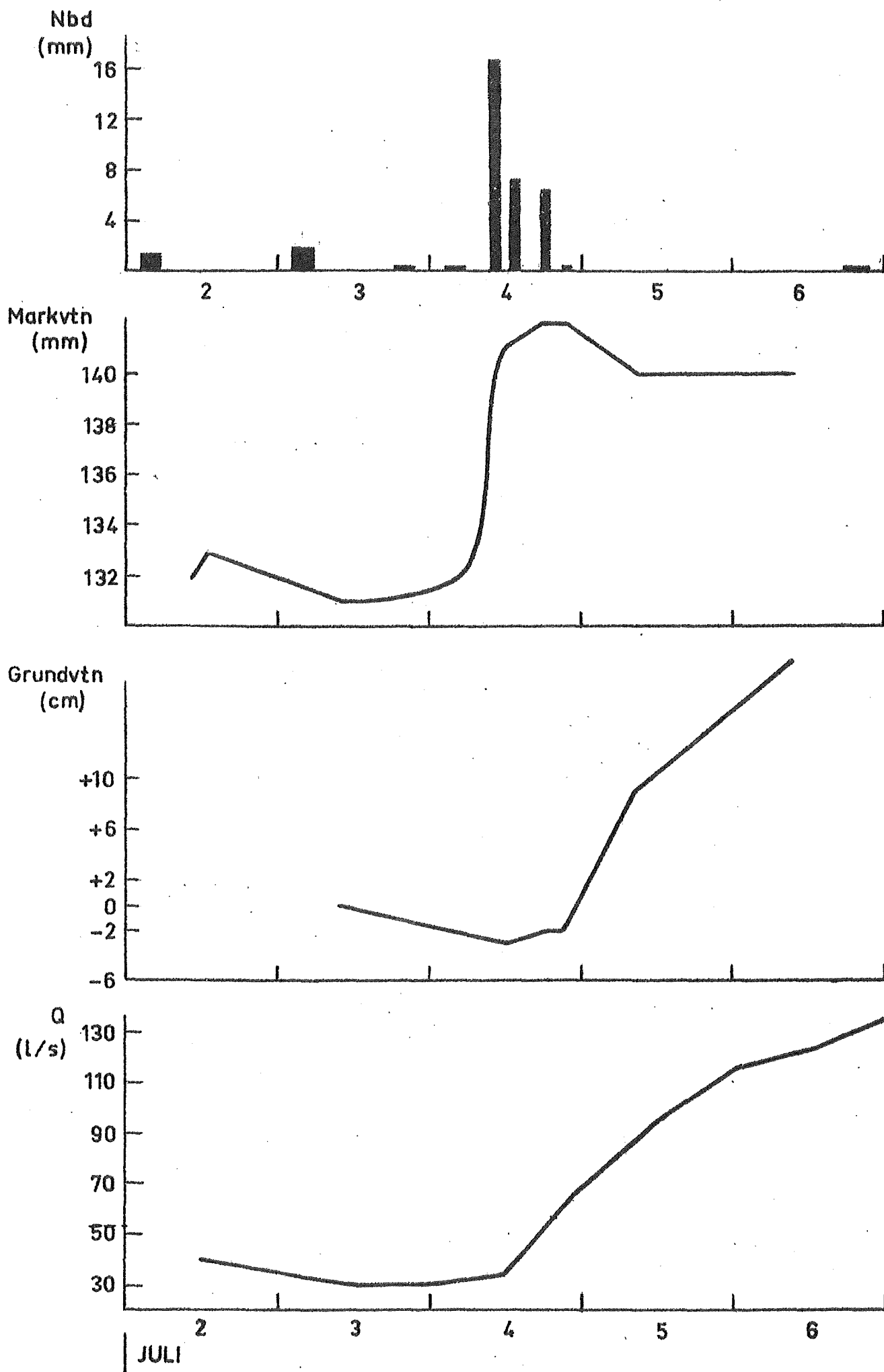


Fig 28. Markvattenhaltens fördelning i olika markskikt
 För 1. Den 3-4 juli

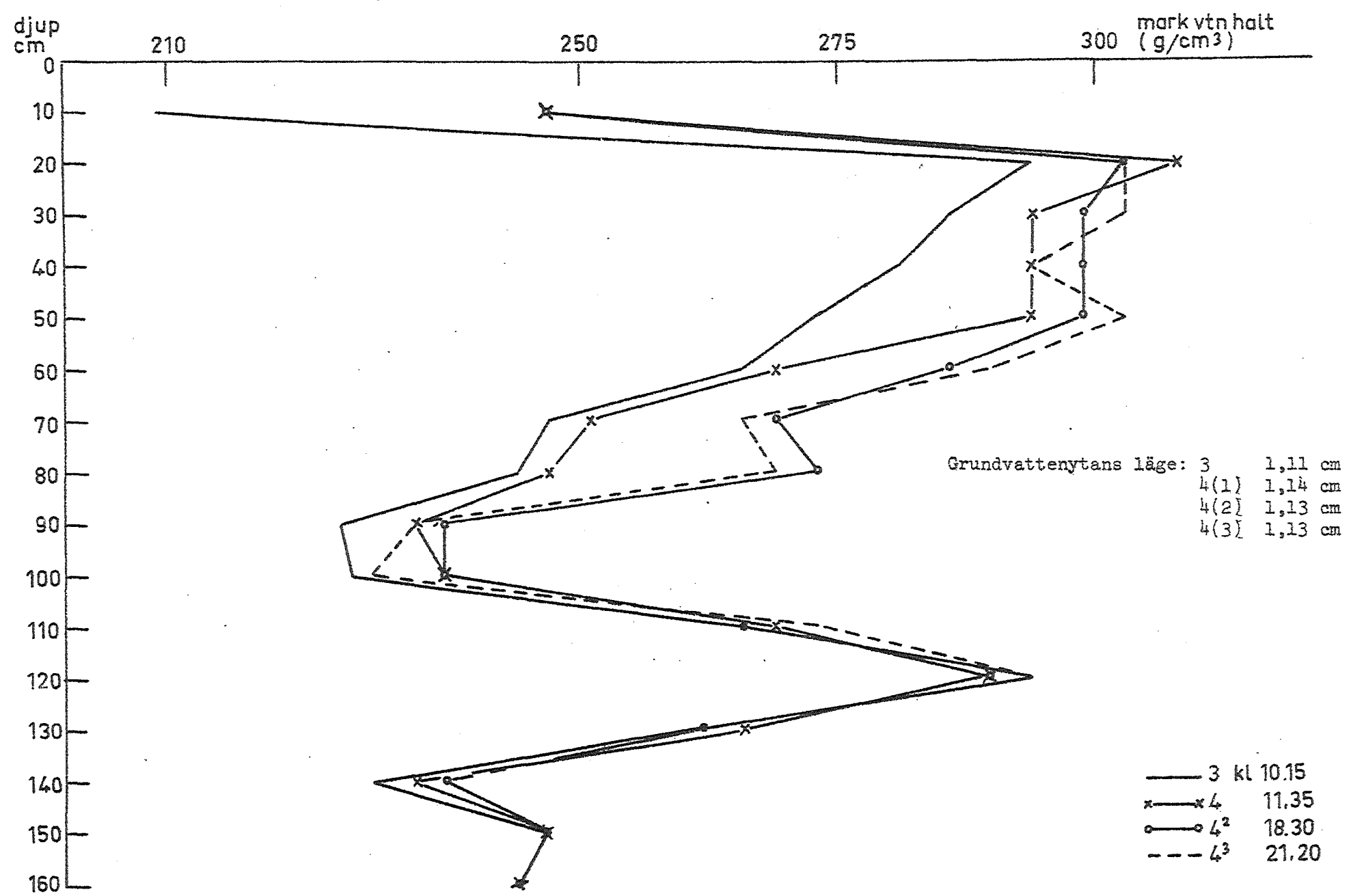


Fig 29. Förändring av markvattenhalt, grundvattenstånd och avrinning vid olika nederbörd. Station IV. Tiden 2-6 juli

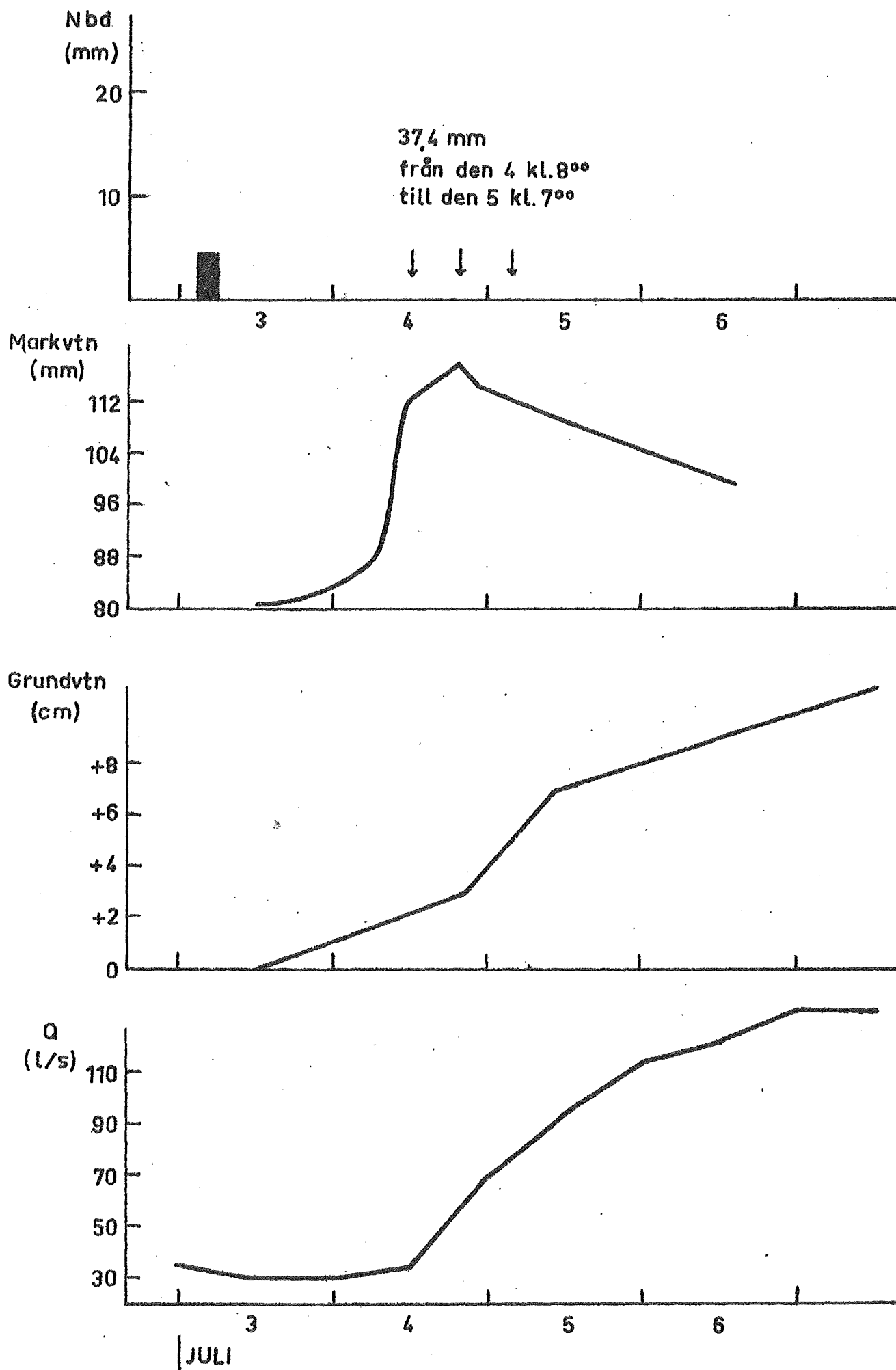


Fig 30. Markvattenhaltens fördelning i olika markskikt
Rör 12. Den 3 och 4 juli

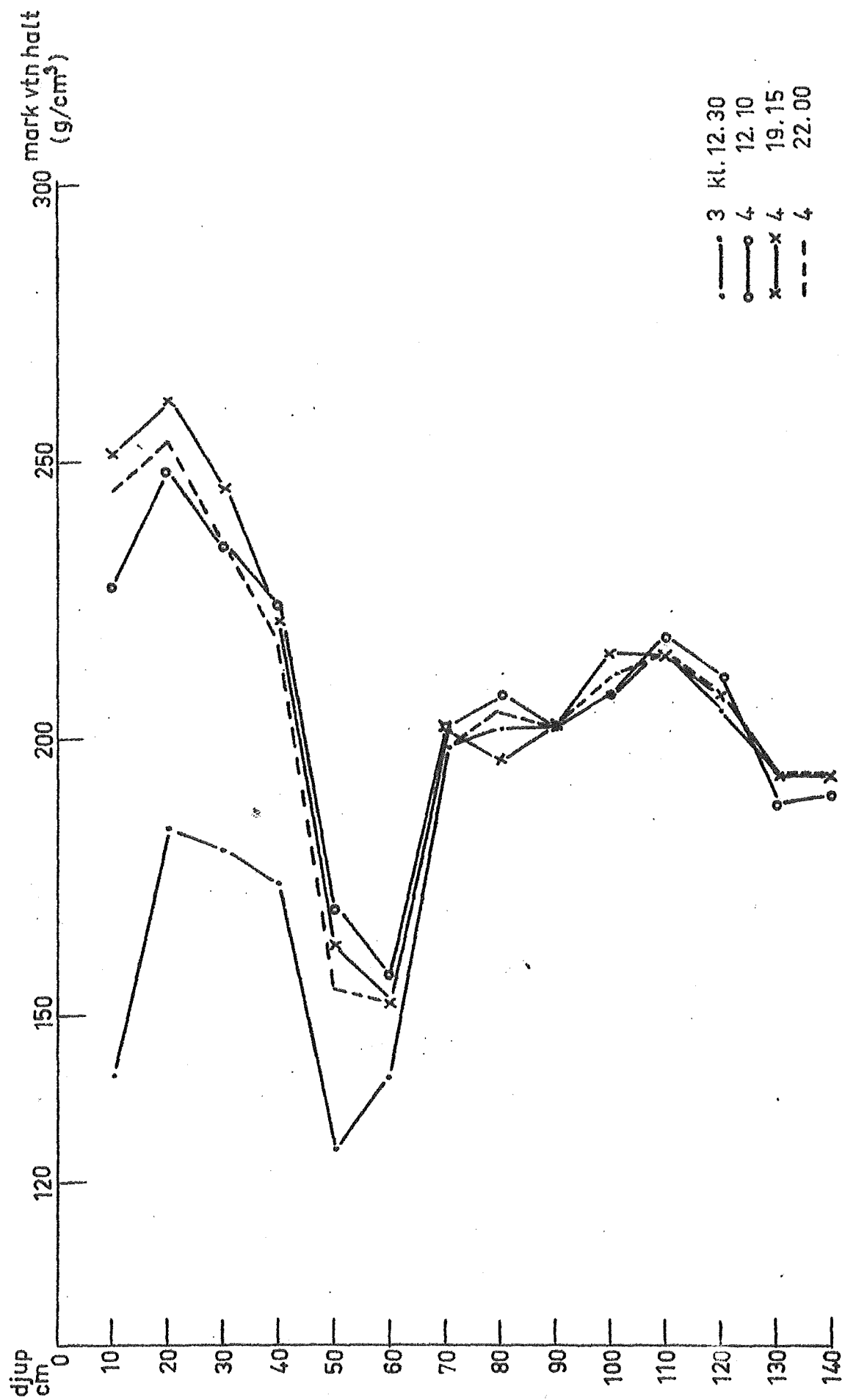


Fig 31. Förändring av markvattenhalt, grundvattenstånd och avrinning vid olika nederbörd. Station I. Tiden 11-23 juli

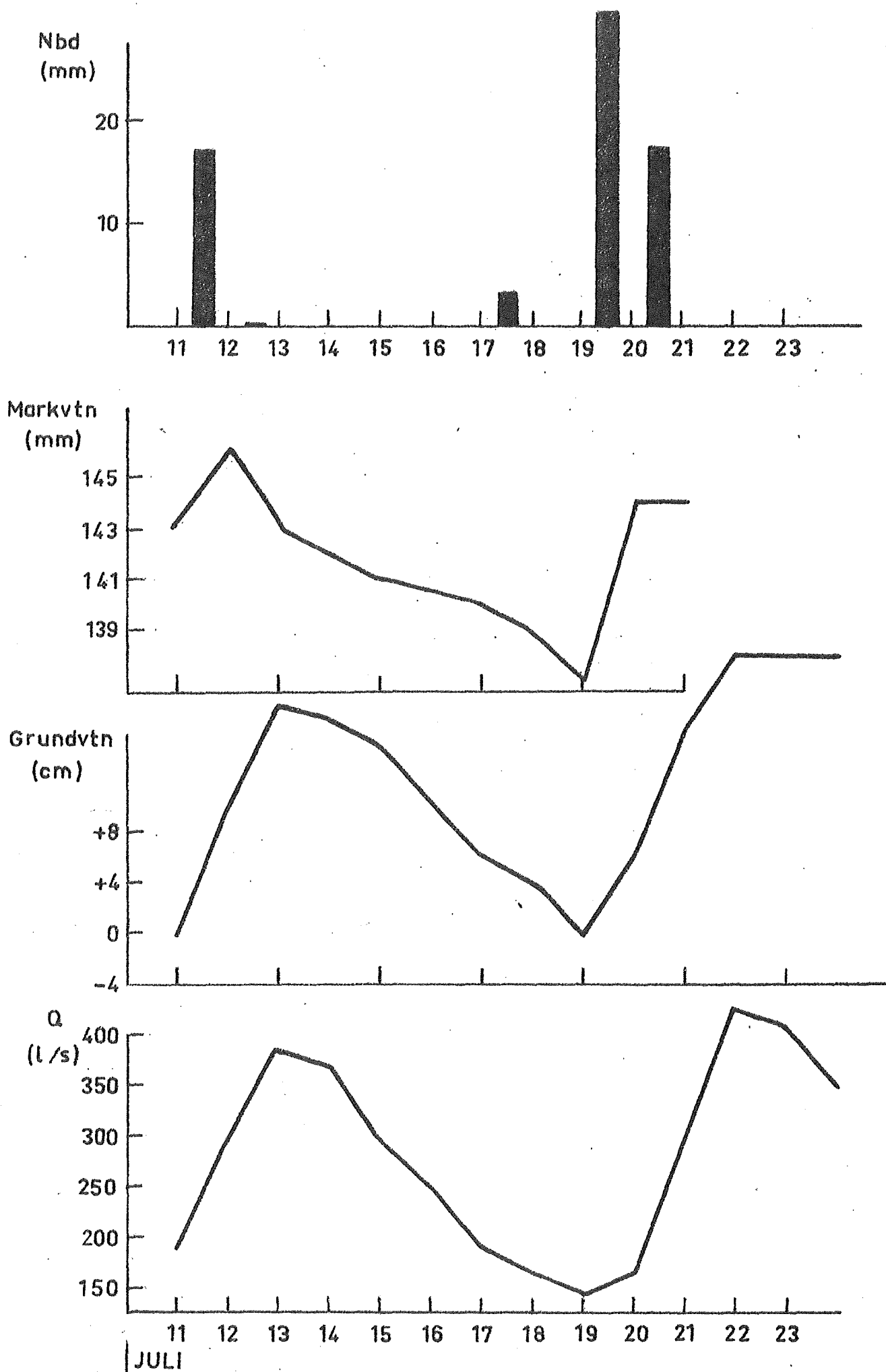
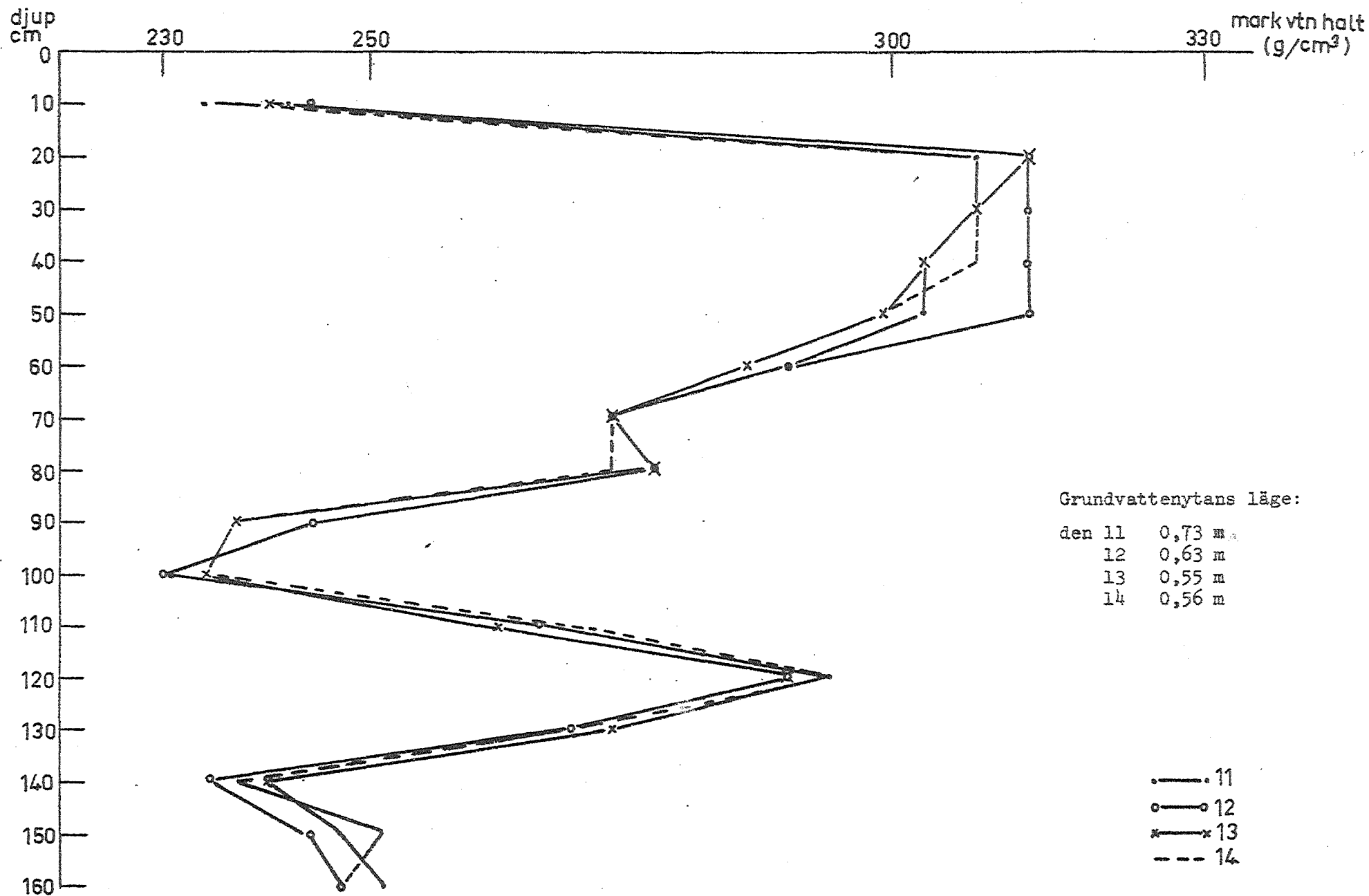


Fig 32. Markvattnens fördelning i olika markskikt.
För 1. Tiden 11-14 juli



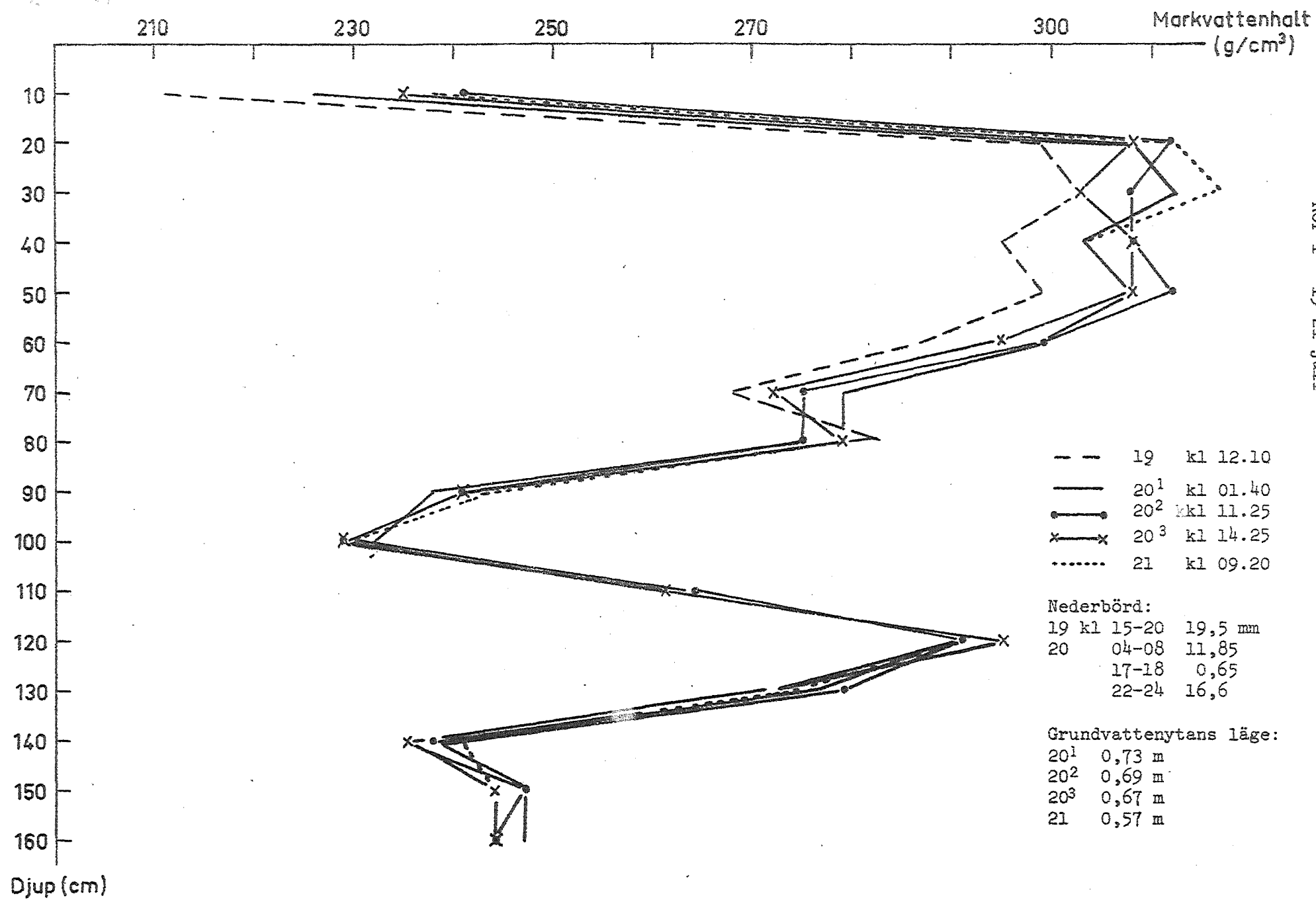


Fig 33. Markvattenhaltens fördelning i olika markskikt
Rör 1 19-21 juli

Fig 34. Förändring av markvattenhalt, grundvattenstånd och avrinning vid olika nederbörd. Station II. Tiden 11-23 juli

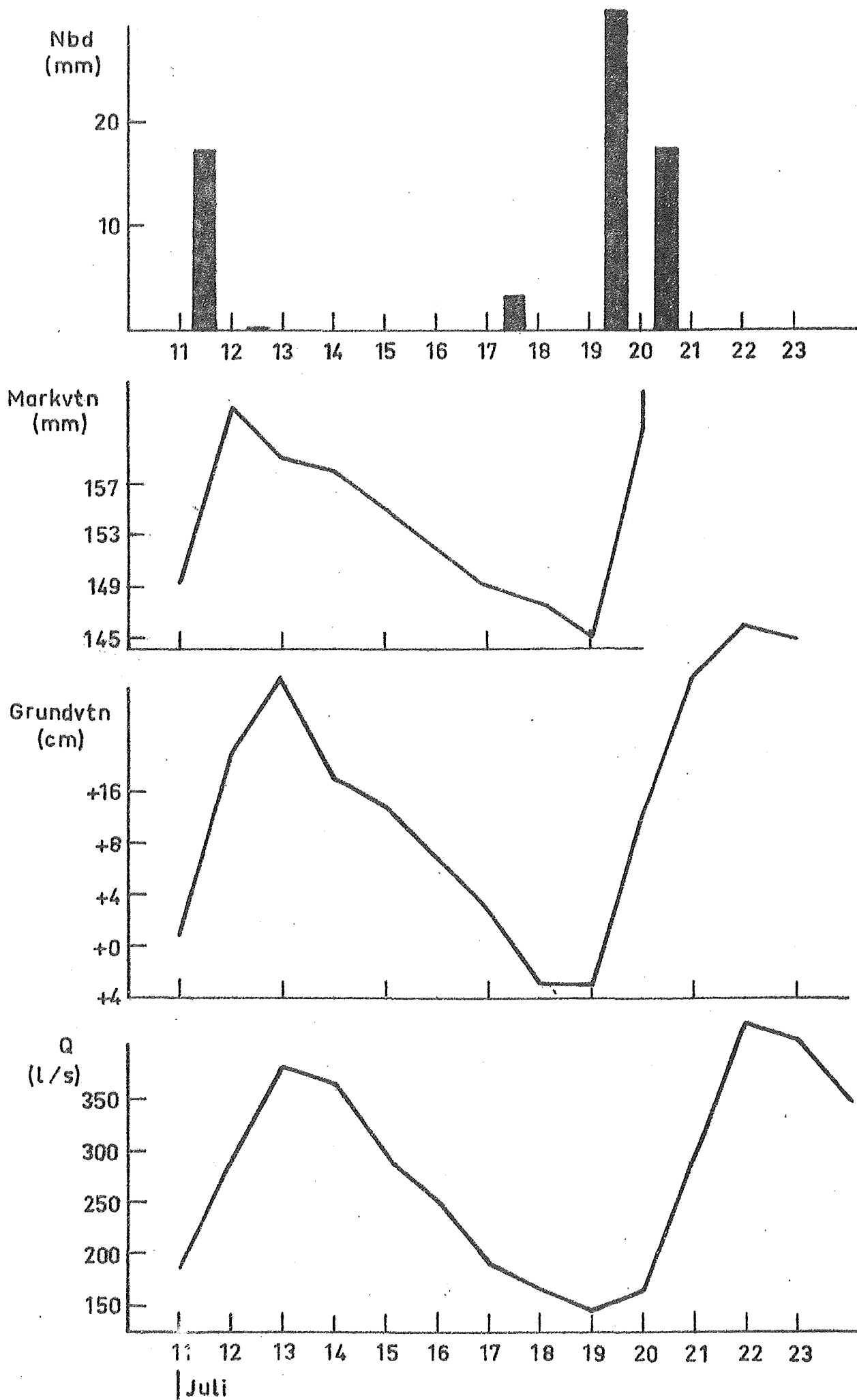
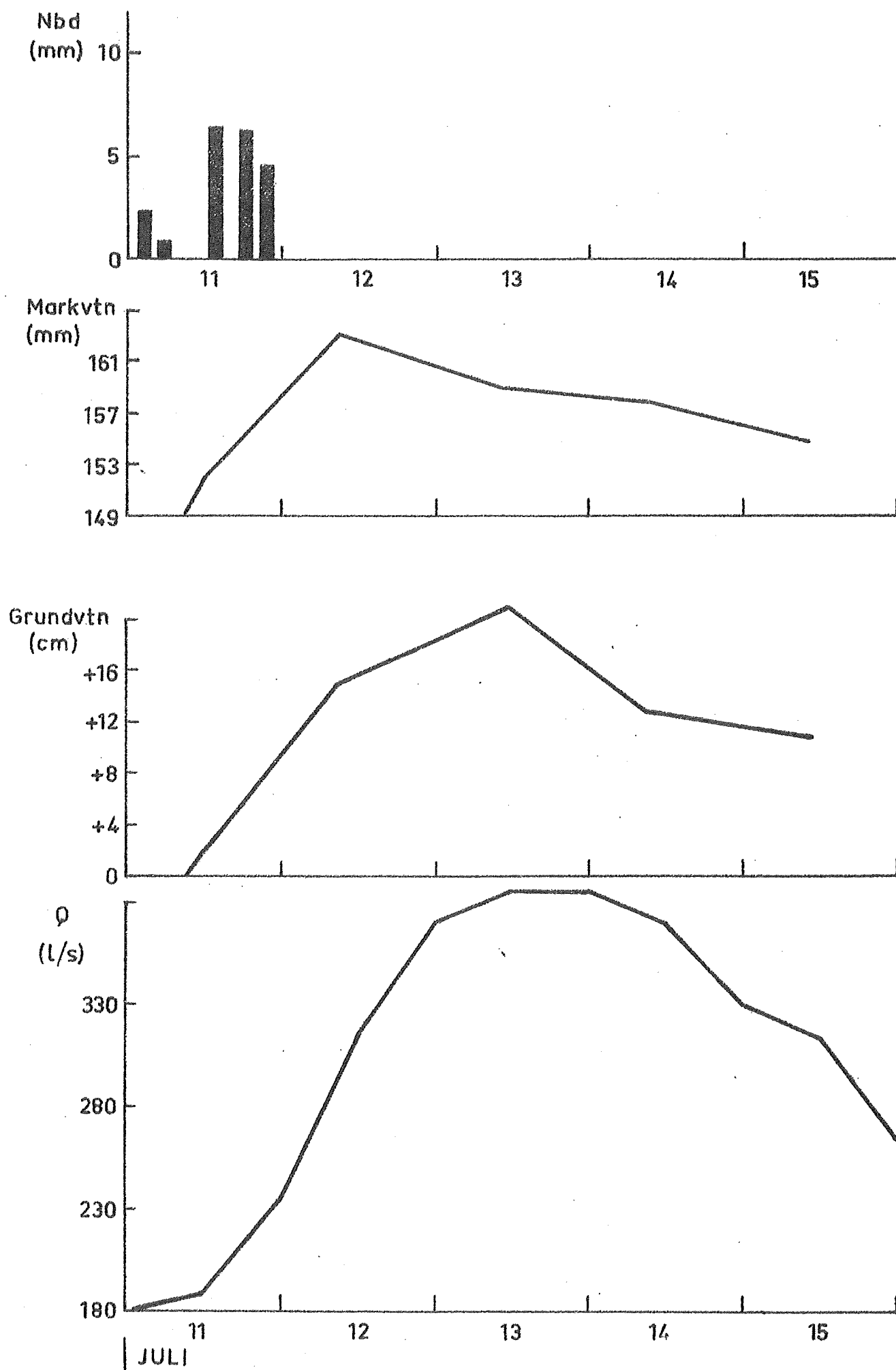


Fig 35. Förändring av markvattenhalt, grundvattenstånd och avrinning vid olika nederbörd. Station II. Tiden 11-15 juli



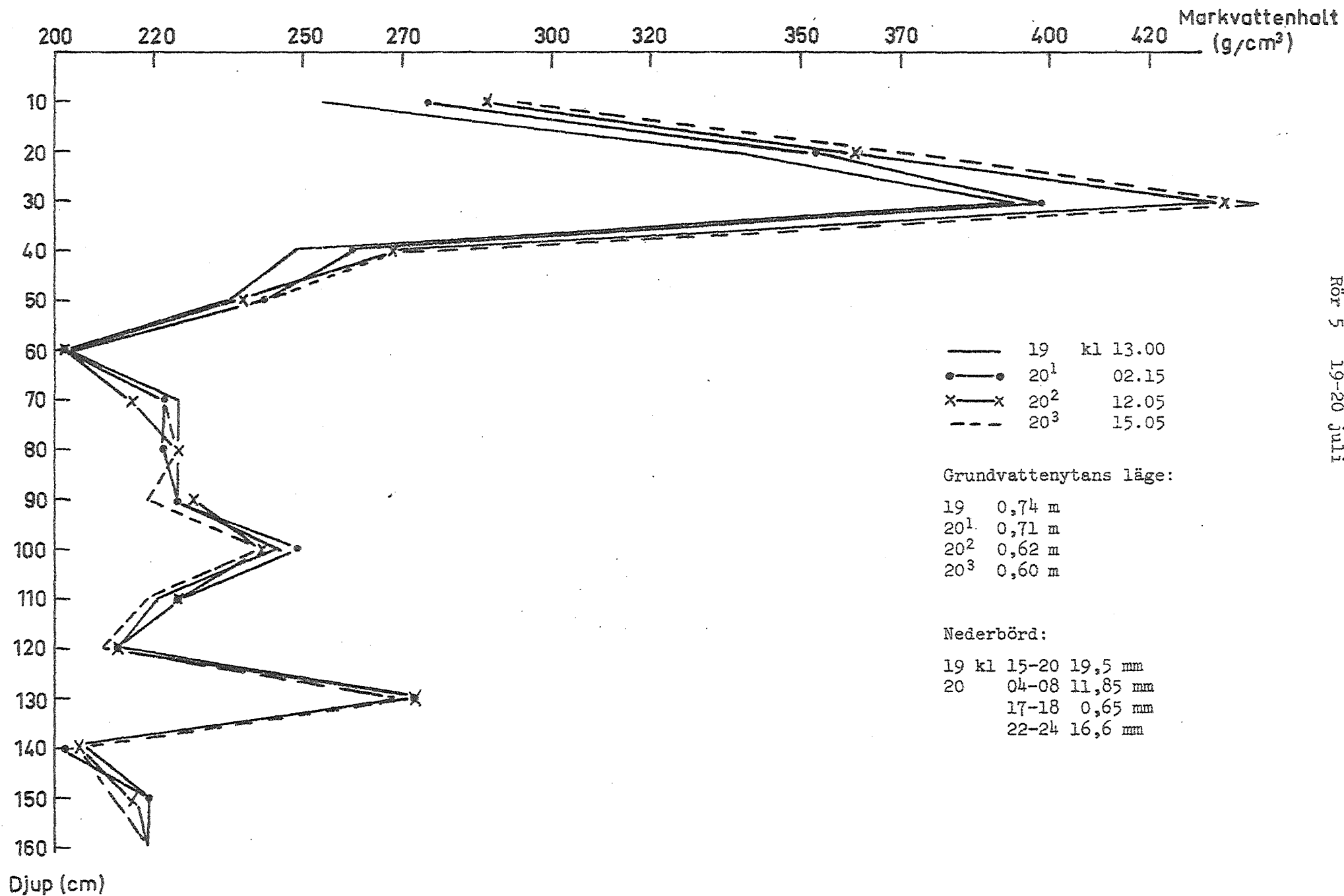


Fig 36. Markvattenhaltens fördelning i olika markskikt
Rör 5 19-20 juli

Fig 37. Förändringen av markvattenhalt, grundvattenstånd och avrinning vid olika nederbörd. Station IV. Tiden 11-15 juli

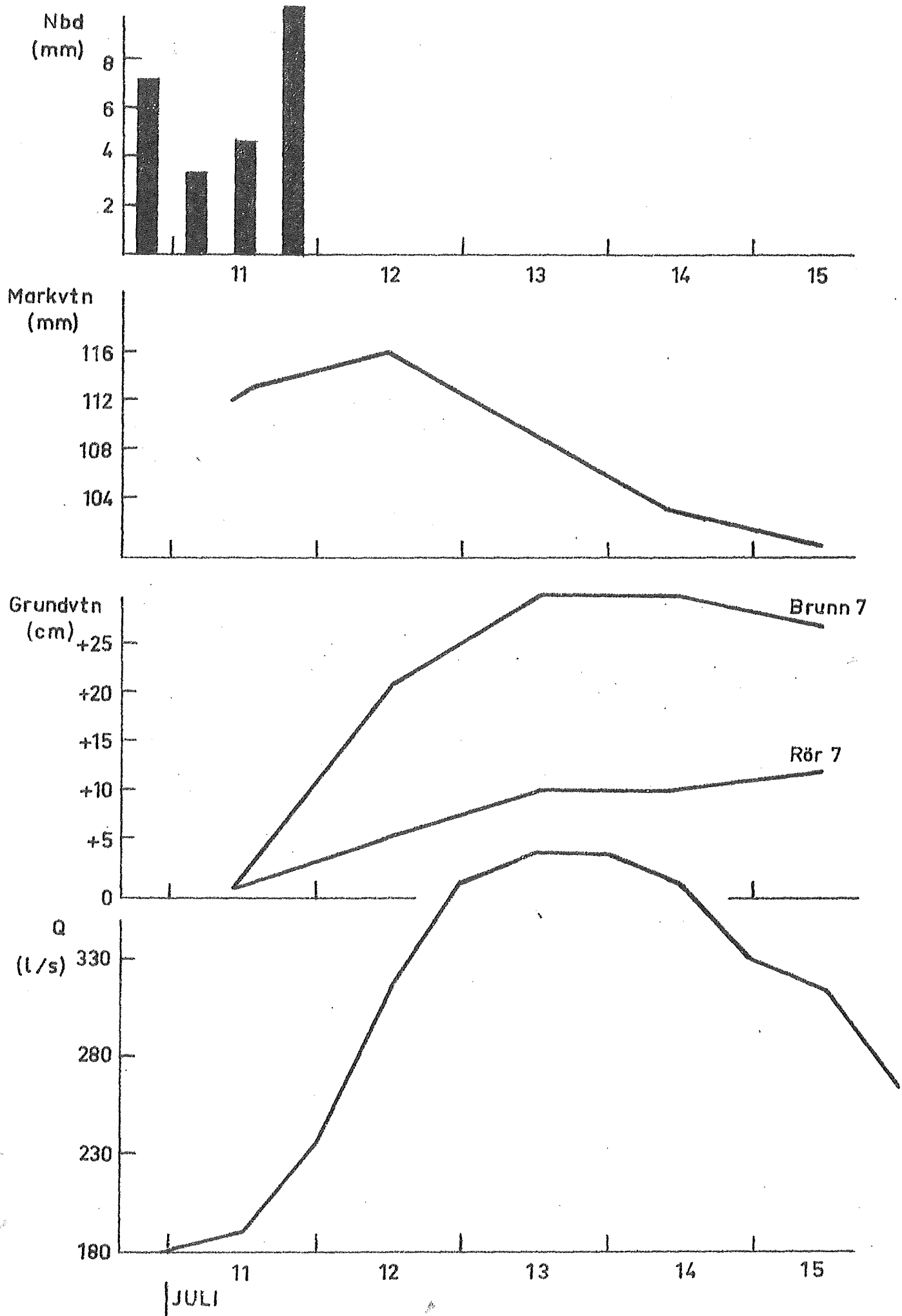


Fig 38. Markvattenhaltens fördelning i olika markskikt
Rör 12. Den 11-13 juli

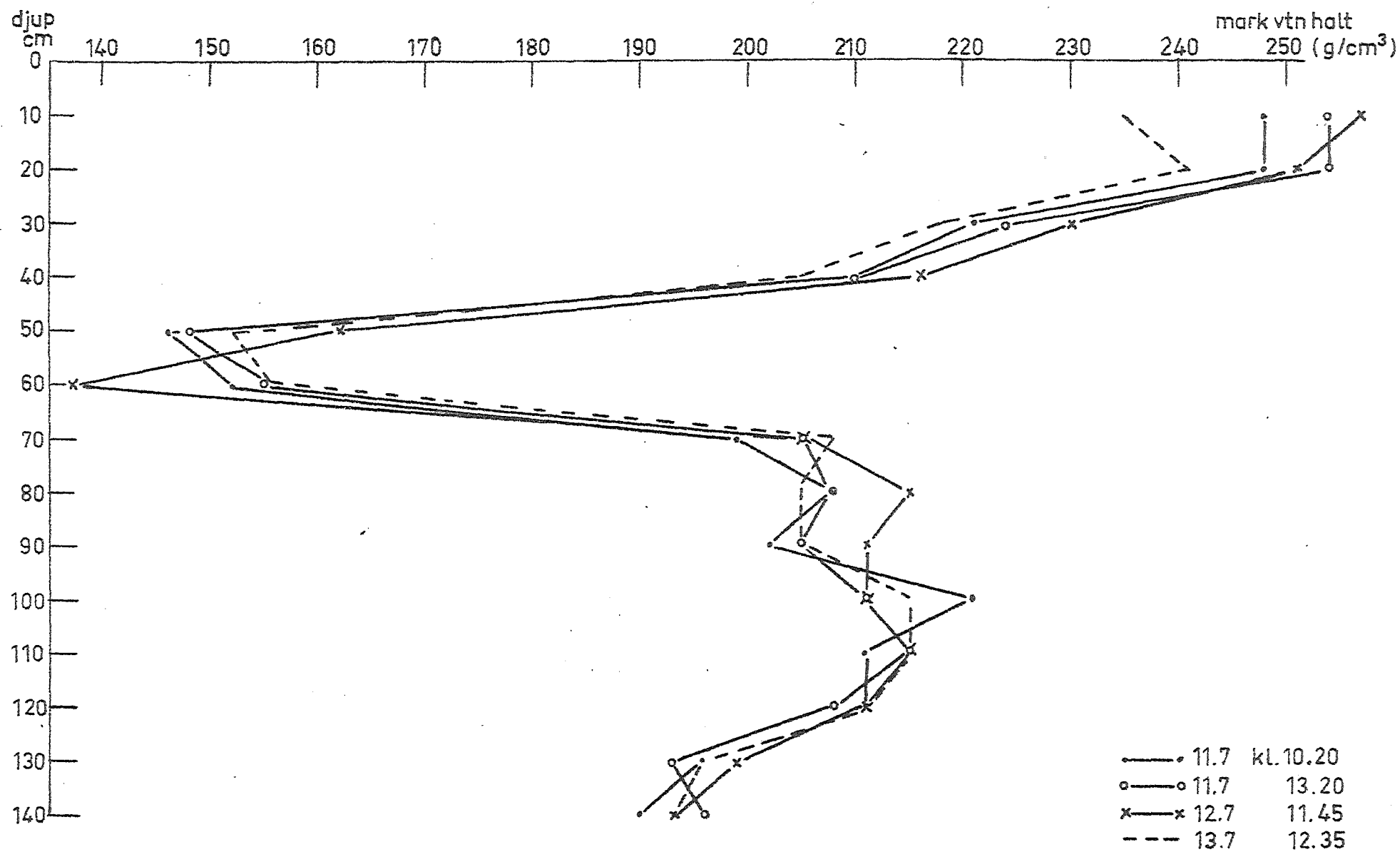


Fig 39. Förändring av markvattenhalt, grundvattenstånd och avrinning vid olika nederbörd. Station II. Tiden 17-19 juli

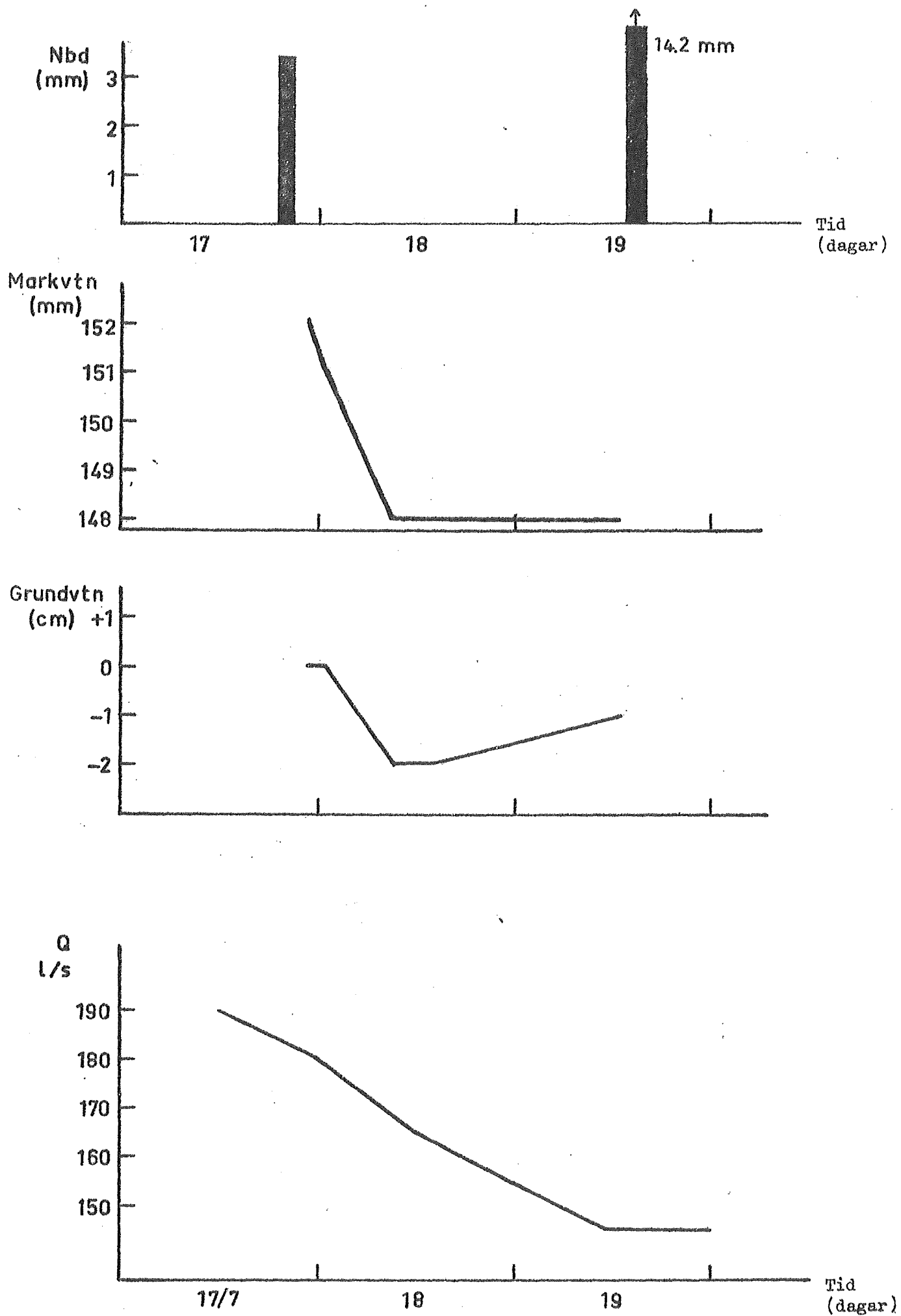
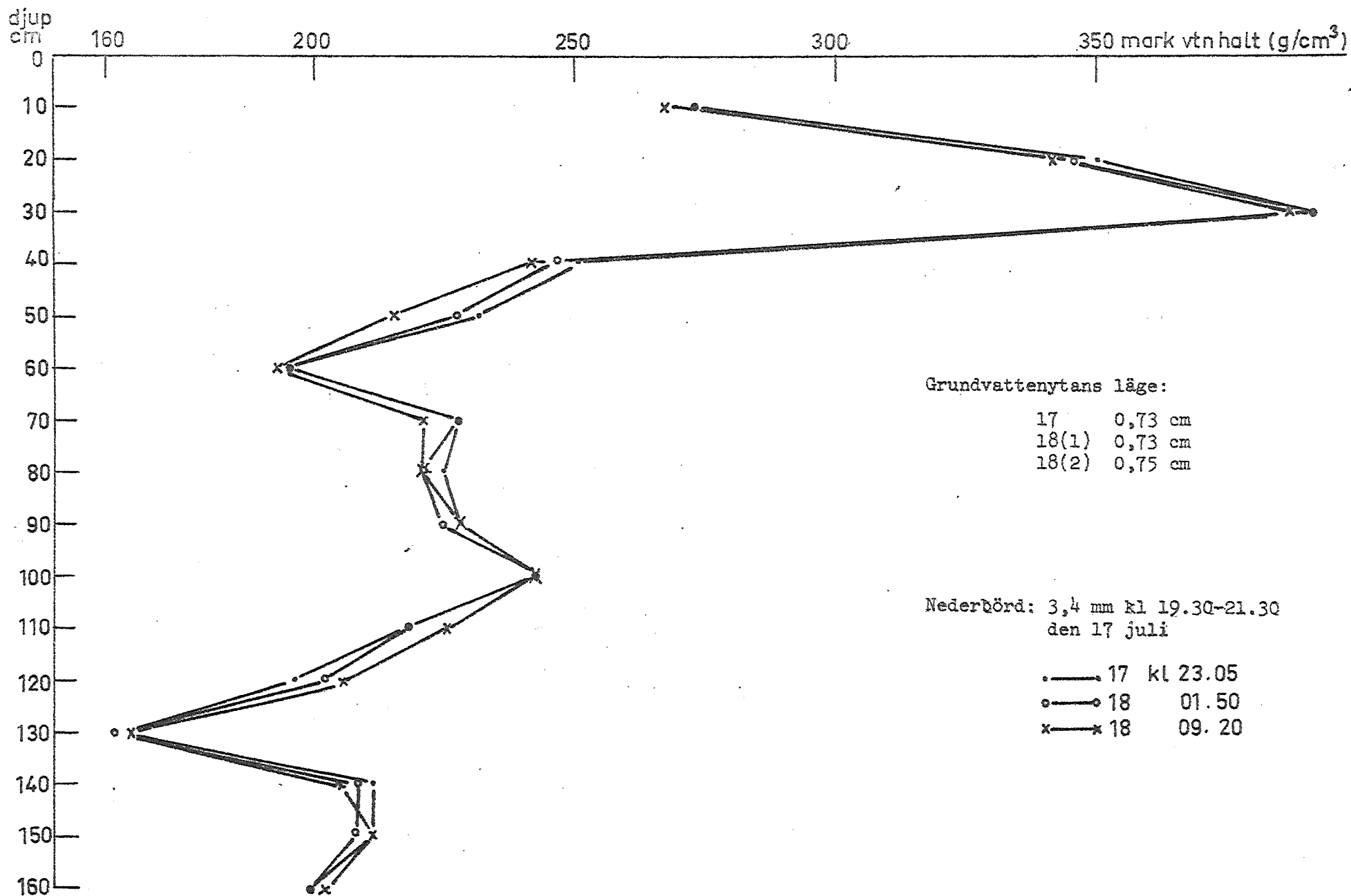


Fig 40. Markvattnens fördelning i olika markskikt
Rör 5 den 17-18 juli



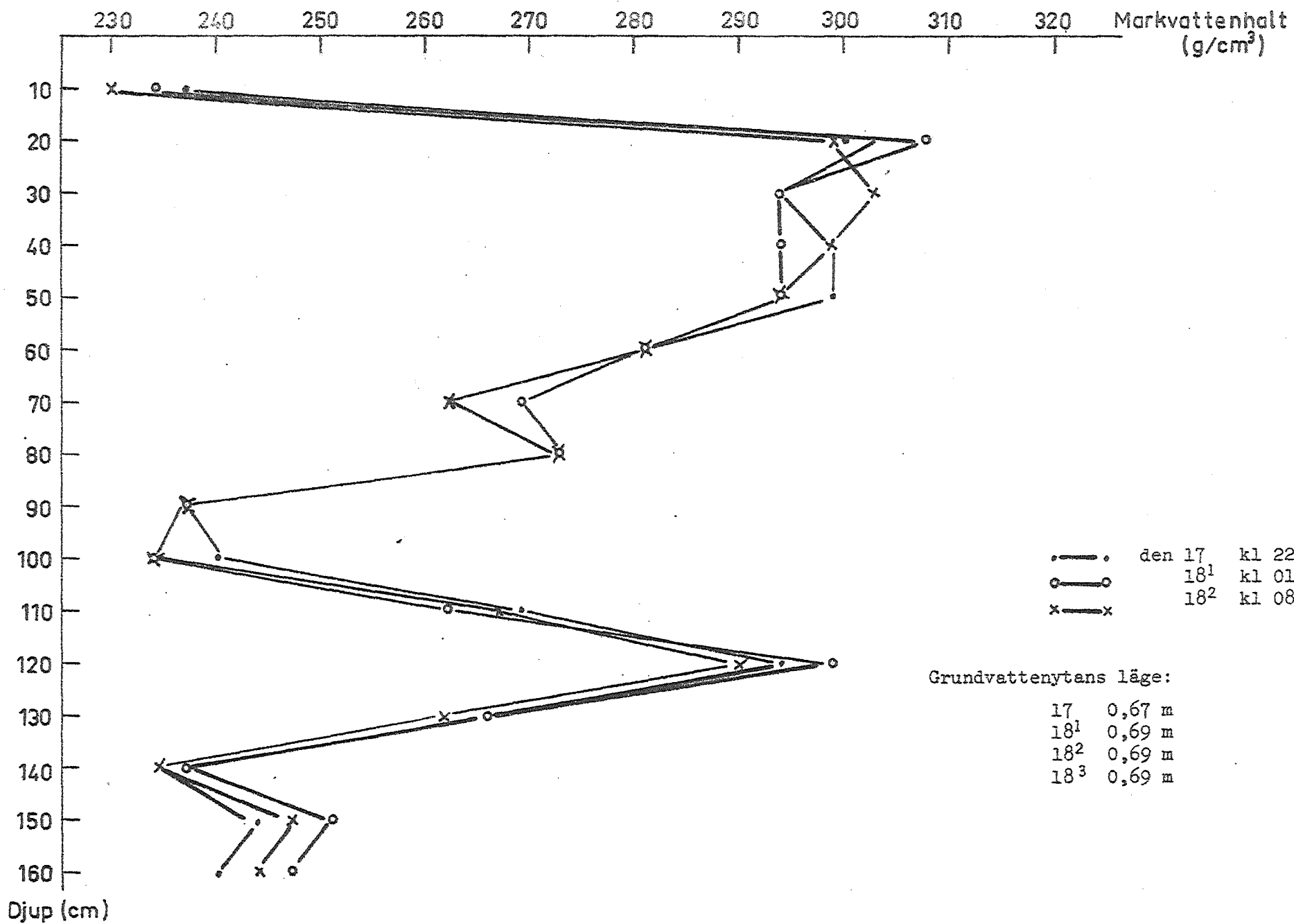


Fig 41. Markvattenhaltens fördelning i olika markskikt
Rör 1 17-18 juli

Notiser och preliminära rapporter

Serie HYDROLOGI

- Nr 1 Sundberg-Falkenmark, M
Om isbärighet. Stockholm 1963
- Nr 2 Forsman, A
Snösmältning och avrinning. Stockholm 1963
- Nr 3 Karström, U
Infrarödteknik i hydrologisk tillämpning: Värmebilder som hjälpmedel i recipientundersökningar. Stockholm 1966
- Nr 4 Moberg, A
Svenska sjöars isläggings- och islossningstidpunkter 1911/12-1960/61. Del 1. Redovisning av observationsmaterial. Stockholm 1967
- Nr 5 Ehlin, U & Nyberg, L
Hydrografiska undersökningar i Nordmalingsfjärden. Stockholm 1968
- Nr 6 Milanov, T
Avkylningsproblem i recipienter vid utsläpp av kylvatten. Stockholm 1969
- Nr 7 Ehlin, U & Zachrisson, G
Spridningen i Väterns nordvästra del av suspenderat materiel från skredet i Norsälven i april 1969. Stockholm 1969
- Nr 8 Ehlert, K
Mälarens hydrologi och inverkan på denna av alternativa vattenavledningar från Mälaren. Stockholm 1970
- Nr 9 Ehlin, U & Carlsson, B
Hydrologiska observationer i Vätern 1959-1968 jämte sammanfattande synpunkter. Stockholm 1970
- Nr 10 Ehlin, U & Carlsson, B
Hydrologiska observationer i Vätern 17-21 mars 1969. Stockholm 1970
- Nr 11 Milanov, T
Termisk spridning av kylvattenutsläpp från Karlshamnsverket. Stockholm 1971
- Nr 12 Persson, M
Hydrologiska undersökningar i Lappträskets representativa område. Rapport I. Stockholm 1971
- Nr 13 Persson, M
Hydrologiska undersökningar i Lappträskets representativa område. Rapport II: Snömåttningar med snörör och snökuddar. Stockholm 1971
- Nr 14 Hedin, L
Hydrologiska undersökningar i Velens representativa område. Beskrivning av området, utförda mätningar samt preliminära resultat. Rapport I. Stockholm 1971

- Nr 15 Forsman, A & Milanov, T
Hydrologiska undersökningar i Velens representativa område.
Markvattenstudier i Velenområdet. Rapport II. Stockholm 1971
- Nr 16 Hedin, L
Hydrologiska undersökningar i Kassjöåns representativa område.
Nederbördens höjdberoende samt kortfattad beskrivning av
området. Rapport I. Stockholm 1971
- Nr 17 Bergström, S & Ehlert, K
Stochastic Streamflow Synthesis at the Velen representative
Basin. Stockholm 1971
- Nr 18 Bergström, S
Snösmältningen i Lappträskets representativa område som
funktion av lufttemperaturen. Stockholm 1972
- Nr 19 Holmström, H
Test of two automatic water quality monitors under field
conditions. Stockholm 1972
- Nr 20 Wennerberg, G
Yttertemperaturkartering med strålningstermometer från
flygplan över Väneren under 1971. Stockholm 1972
- Nr 21 Prych, A
A warm water effluent analyzed as a buoyant surface jet.
Stockholm 1972
- Nr 22 Bergström, S
Utveckling och tillämpning av en digital avrinningsmodell.
Stockholm 1972
- Nr 23 Melander, O
Beskrivning till jordartskarta över Lappträskets representativa
område. Stockholm 1972
- Nr 24 Persson, M
Hydrologiska undersökningar i Lappträskets representativa område.
Rapport III: Avdunstning och vattenomsättning. Stockholm 1972
- Nr 25 Häggström, M
Hydrologiska undersökningar i Velens representativa område.
Rapport III: Undersökning av torrperioderna under IHD-åren
fram t.o.m. 1971. Stockholm 1972
- Nr 26 Bergström, S
The application of a simple rainfall-runoff model to a
catchment with incomplete data coverage. Stockholm 1972
- Nr 27 Wändahl, T & Bergstrand, E
Oceanografiska förhållanden i svenska kustvatten.
Stockholm 1973
- Nr 28 Ehlin, U
Kylvattenutsläpp i sjöar och hav. Stockholm 1973
- Nr 29 Andersson, U-M & Waldenström, A
Mark- och grundvattenstudier i Kassjöåns representativa område.
Stockholm 1973

