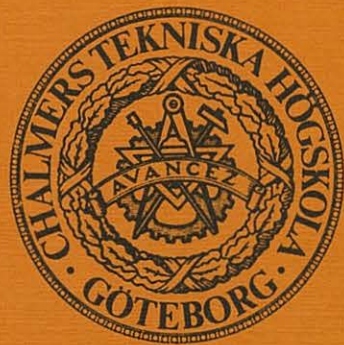




CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Geologi

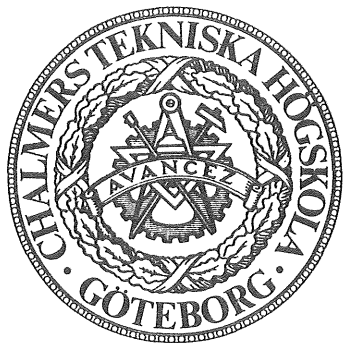
Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings - och avloppsteknik

**DAGVATTENINFILTRATION -
perkolationsanläggning i Halmstad**

Bo Lind



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings - och avloppsteknik

DAGVATTENINFILTRATION - perkolationsanläggning i Halmstad

Bo Lind

FÖRORD

Föreliggande meddelande utgör slutrapport för Geohydrologiska forskningsgruppens undersökningar av perkolationsanläggningen vid Falckens väg i Halmstad. Arbetet har utgjort ett led i forskningsprojektet "Lokalt omhändertagande av dagvatten", bekostat av Statens råd för byggnadsforskning. Halmstads gatukontor har även bidragit till undersökningarnas genomförande.

Halmstads gatukontor kontaktade våren 1975 Geohydrologiska forskningsgruppen för att få synpunkter på den då planerade perkolationsanläggningen. Denna kontakt ledde så småningom till att anläggningen kom att studeras inom ramen för projektet "Lokalt omhändertagande av dagvatten". En stor del av arbetet har genomförts som examensarbete respektive C-kursarbete (3-betygsarbete) vid Chalmers tekniska högskola och Göteborgs Universitet. Föreliggande rapport har utarbetats av Bo Lind.

Göteborg i juli 1979

Olov Holmstrand
Projektledare

Denna rapport hänförs till forskningsanslag 750148-4, 750942-8 och 750947-5 från Statens råd för byggnadsforskning till Geologiska institutionen och Institutionen för vattenbyggnad, Chalmers tekniska högskola, Göteborg.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SID

1	FORSKNINGSPROJEKTETS BAKGRUND	1
2	BESKRIVNING AV PERKOLATIONSANLÄGGNINGEN VID FALKENS VÄG	4
2.1	Områdesbeskrivning	4
2.1.1	Topografiska förhållanden	4
2.1.2	Avrinningsområdet	4
2.2	Beskrivning av perkolationsanläggningen	8
3	GEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN	12
3.1	Omgivningens geologi	12
3.2	Jordlagren i nära anslutning till perkolations- anläggningen	21
4	HYDROGEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN	26
4.1	Omgivningens hydrogeologi	26
4.2	Hydrogeologiska förhållanden i nära anslutning till perkolationsanläggningen	28
4.2.1	Grundvattenförhållanden	28
4.2.2	Infiltrationsförsök	33
4.2.3	Enhålsförsök - slugtest	33
4.2.4	Permeabilitetsförsök	35
5	DAGVATTNETS KVANTITET	37
5.1	Nederbörd	37
5.2	Avrinning	37
5.3	Datormodell	37
5.4	Dagvattnets kvantitet - utvärdering	39
5.4.1	Samband mellan nederbördsvolym - avrunnen volym	41
6.	PERKOLATIONSANLÄGGNINGARS FUNKTION	44
6.1	Magasinetts kapacitet	44
6.2	Synpunkter på anläggningens utformning	48

	SID
7. DAGVATTNETS KVALITET OCH DESS PÅVERKAN PÅ OMGIVNINGEN VID INFILTRATION	50
7.1 Provtagning	50
7.2 Resultat	50
7.2.1 Tungmetaller	50
7.2.2 Suspenderat material	52
7.2.3 Elektrisk ledningsförmåga och pH	52
8 SAMMANFATTNING	53
9 REFERERAD LITTERATUR	55

Urbanisering av stora områden och ett allt intensivare markutnyttjande medför en rad problem, bl a vad gäller vattenbalansen. I naturliga områden infiltrerar, åtminstone temporärt, stora delar av nederbörden. Härigenom utjämnas avrinningen från området och en del av nederbörden kan bilda grundvatten. Ett urbant område däremot karaktäriseras av en stor andel hårdgjorda ytor, tak, vägar, parkeringsplatser mm. Sådana ytor förhindrar grund- och markvattenbildning och ger snabb och i det närmaste total avrinning av regnvattnet. Den snabba och koncentrerade avrinningen vid regn ställer stora krav på ledningssystemet för dagvatten. Recipienter och reningsverk utsätts också för påfrestningar genom stora kortvariga belastningar. Minskad mark- och grundvattenbildning kan leda till skador på vegetationen och i kompressibla jordarter (lera) kan olika typer av sättnings-skador uppstå.

Genom att omhänderta dagvattnet på ett sätt som så nära som möjligt överensstämmer med de naturliga förhållandena kan problemen i bebyggelseområdena minskas. Detta är avsikten med s k perkulationsmagasin, dvs anordningar för infiltration och perkolation av dagvatten i marken. Då erfarenheten från detta område är liten och anvisningar för beräkningsmetoder och utförandeprinciper i detalj ännu saknas har hithörande frågor studerats av Geohydrologiska forskningsgruppen. Föreliggande rapport redovisar resultaten av en uppföljning av ett perkulationsmagasin i Halmstad. En översiktlig redovisning av erfarenheter och principlösningar för ett 40-tal anläggningar har publicerats i forskningsgruppens meddelande nr 27 (se listan över meddelanden i slutet av denna publikation).

I Halmstad har fastighetsägare i flera år råkat ut för otrevliga översvämningar i samband med häftiga regn. Ur golvbrunnarna i källarplanet har avloppsvatten börjat stiga och exempel finns, där hela källaren täckts av avloppsvatten. Detta beror på att man i centrala Halmstad flerstädes har ett kombinerat ledningsnät för spill- och dagvatten, som med åren blivit otillräckligt och ej längre klarar avbördningen i samband med häftigt regn. Ledningsnätet vattenfylls då helt och vatten tränger alltså upp, i första hand i låga punkter - golvbrunnar m m, men kan i speciellt ogynnsamma fall även tränga upp i toaletter och handfat.

Omläggning av det befintliga ledningssystemet till grövre dimensioner eller duplikatsystem skulle innebära stora arbetsinsatser och kostnader, och alternativa lösningar har länge sökts. Ett sätt att avlasta det befintliga ledningsnätet är att avleda dagvattnet på annat sätt, t ex genom infiltration.

För att råda bot på den besvärliga situationen i Halmstad beslutade således kommunen att installera en perkolationsanläggning för infiltration i ett särskilt utsatt område. Anläggningen konstruerades och byggdes av kommunen samt togs i drift i mars månad 1976.

I samband med projekteringen kontaktade Halmstads gatukontor Geohydrologiska forskningsgruppen som från färdigställandet i samråd med gatukontoret genomfört uppföljningsarbeten under begränsade perioder. Dessutom har grundvattennivån inom området kontrollerats kontinuerligt.

De geologiska och geohydrologiska förhållandena i anslutning till perkolationsanläggningen har undersökts i form av ett C-kursarbete (3-betygsarbete) i kvartärgeologi (Lind, 1977).

Perkolationsanläggningens funktion, kapacitet och inverkan på omgivningen har undersökts inom ramen för ett examensarbete i vattenbyggnad vid CTH (Ericsson, Cedergårdh, Svensson, 1978).

Föreliggande rapport är i huvudsak utdrag och sammanfattningar av ovanstående uppsatser. Vissa kompletteringar har dock utförts. För förståelsen av de geologiska och geohydrologiska faktorerna i området har undersökningar utförts över ett större område än enbart anläggningens närmaste omgivningar.

2 BESKRIVNING AV PERKOLATIONSANLÄGGNINGEN VID FALKENS VÄG

2.1 Områdesbeskrivning

2.1.1 Topografiska förhållanden

Perkolationsanläggningen är belägen i en park mellan Falkens väg och Falkenbergsgatan i Halmstads centrala delar (se fig 1). Parken är belägen på ca 7 meters höjd över havet. Den ursprungliga marknivån har legat ca 1,15 m under den nuvarande, men har undan för undan fyllts upp.

2.1.2 Avrinningsområdet

Avrinningsområdet begränsas i norr av Broddesonsgatan, i väster av Vapnövägen, i öster av Hvitfeldtsgatan och i söder av Falkenbergsgatan och i Västkustbanan (se fig 2). Delar av dessa gator ingår i avrinningsområdet.

Området kan karakteriseras som ett bostadsområde där bebyggelsen utgörs av 24 bostadshus och ett barndaghem. Parken med perkolationsanläggningen är belägen i områdets södra del mellan Falkens väg och Falkenbergsgatan. De permeabla ytorna i området består av grusgångar, gräsytor eller andra trädgårdsanläggningar. Samtliga hustak i området är för närvarande anslutna till spillvattensystemet. Perkolationsanläggningen är dimensionerad för att hustaken skall anslutas till den, men så har ännu inte skett. De till perkolationsanläggningen avvattnade impermeabla ytorna består alltså för närvarande endast av asfalterade ytor såsom gator, trottoarer och garageinfarter till husen i området. Avrinningsområdets totala yta är 3,7 ha och de impermeabla ytornas andel är ca 10% (se tab 1 och fig 3).



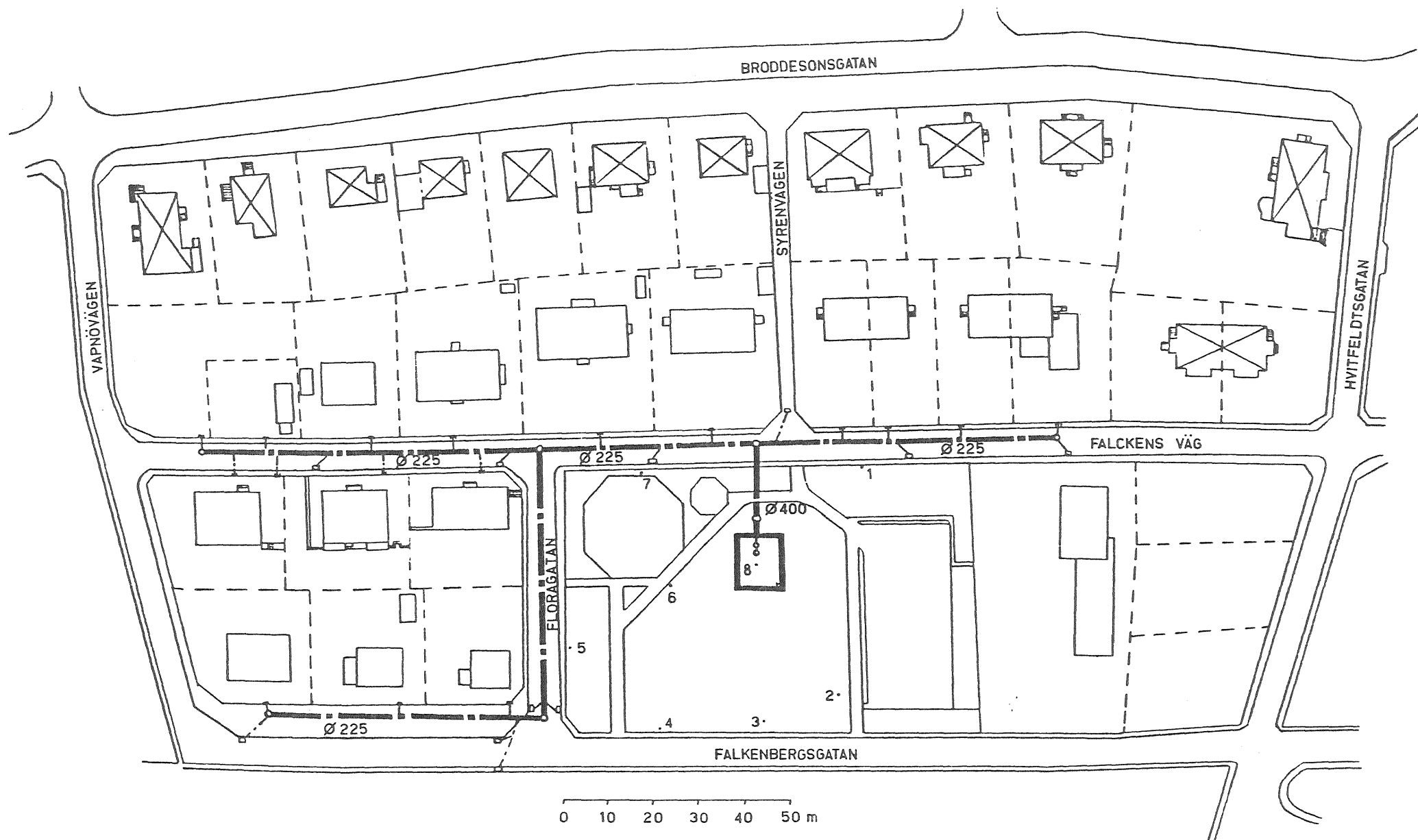


FIG. 2. Karta över avrinningsområdet. Ledningssystemet.

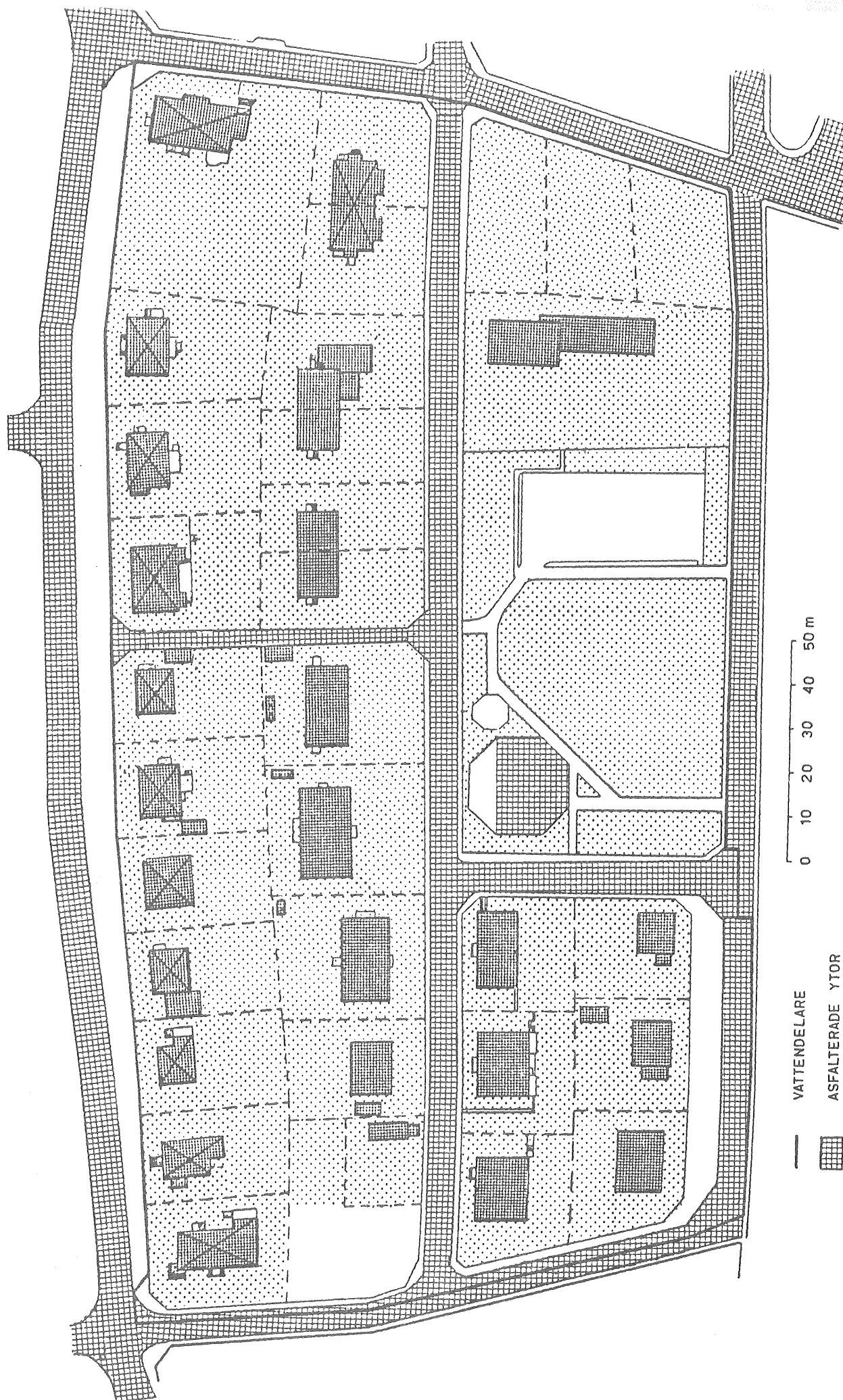


FIG. 3. Karta över avrinningsområdet. Deltagande ytor.

Tabell 1. Asfalterade ytor inom avrinningsområdet

Vapnövägen	770 m ²
Falkens väg	1460 "
Syrénvägen	290 "
Floragatan	390 "
Falkenbergsgatan	410 "
Asfalterade trottoarer	240 "
Uppfarter	110 "
SUMMA	3670 m ²
Hela avrinningsområdets totala area	37050 m ²

Dagvattenavledningen i området har tidigare ombesörjts av ett kombinerat system. På grund av underdimensionerade ledningar har översvämningar i lågt belägna källare ägt rum vid ett flertal tillfällen. Perkolationsanläggningen var från början tänkt som ett provisorium för att lösa detta problem, tills Västkustbanan flyttats och en ny stamledning anläggs i anslutning till en planerad infartsväg till Halmstad. Om anläggningen ger goda driftserfarenheter behöver man troligen inte ansluta området till den nya stamledningen.

Nya dagvattenledningar Ø 225 har anlagts utmed Falkens väg, Floragatan och Falkenbergsgatan mellan Vapnövägen och Floragatan (se fig 2). Förutom till dessa ledningar hörande dagvattenbrunnar, har även en sedan tidigare befintlig dagvattenbrunn på Syrénvägen kopplats till ledningssystemet. Detta system är sedan via en ledning Ø 400 anslutet till själva perkolationsanläggningen.

2.2 Beskrivning av perkolationsanläggningen

Perkolationsanläggningens principiella utseende framgår av fig 4 och 5. Inkommande dagvatten fördelas från en slamavskiljande uppsamlingsbrunn, på två fördelningsbrunnar. Slamavskiljaren är prefabricerad av typ B, men är något modifierad beträffande ursparing i mellanväggen och intagshålets placering i mellanväggen. Fördelningsbrunnarna är placerade på ett ca 15 cm tjockt

lager av grus och därunder vidtar det egentliga magasinsmaterial, makadam 12-32, till ca 320 cm djup under markytan. På gruset i fördelningsbrunnarna är utbytbara filter utlagda. Avsikten är att dessa skall bytas 5 gånger per år. Magasinets övre yta har avjämnats med 50 mm grus på nivån +4,90 m och tätats mot ovanliggande massor av moig sand med ett filter, Nordifa 5-71-045 special. Den totala magasinvolymen beräknas vid 35 vol% porositet uppgå till ca 50 m³. Under det egentliga magasinmaterial har ett dräneringslager av grus utlagts. Ett observationsrör är placerat mitt i anläggningen (obs-rör, nr 8, Ø 50 mm). En nödavloppsledning Ø 150 på nivån +5,15 m är placerad i anslutning till en inspektionsbrunn i ena hörnet av anläggningen. Nödavloppsledningen är ansluten till det befintliga spillvattenssystemet.

PLAN A-A

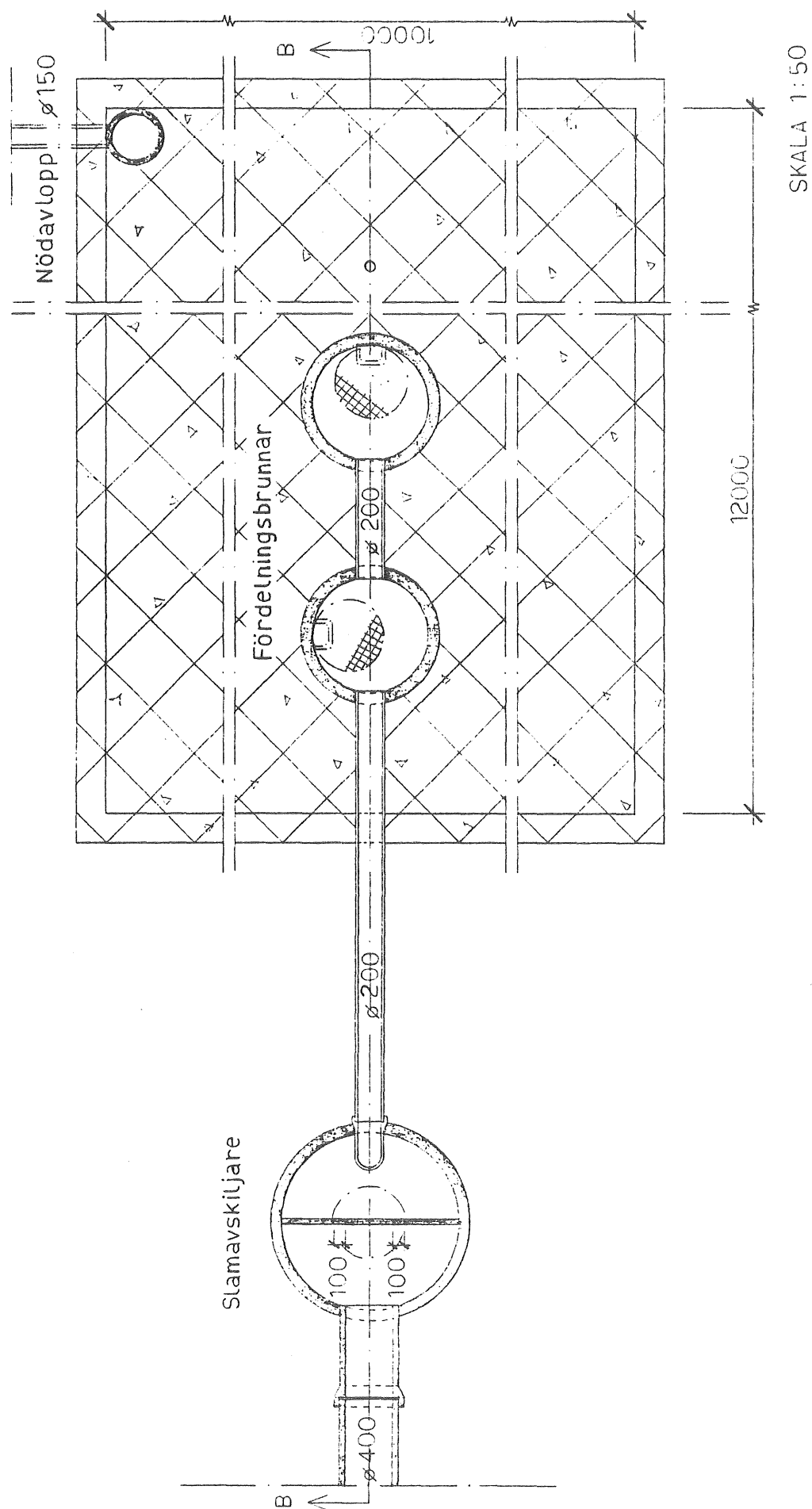


FIG. 4. Plan över perkolationsanläggningen.

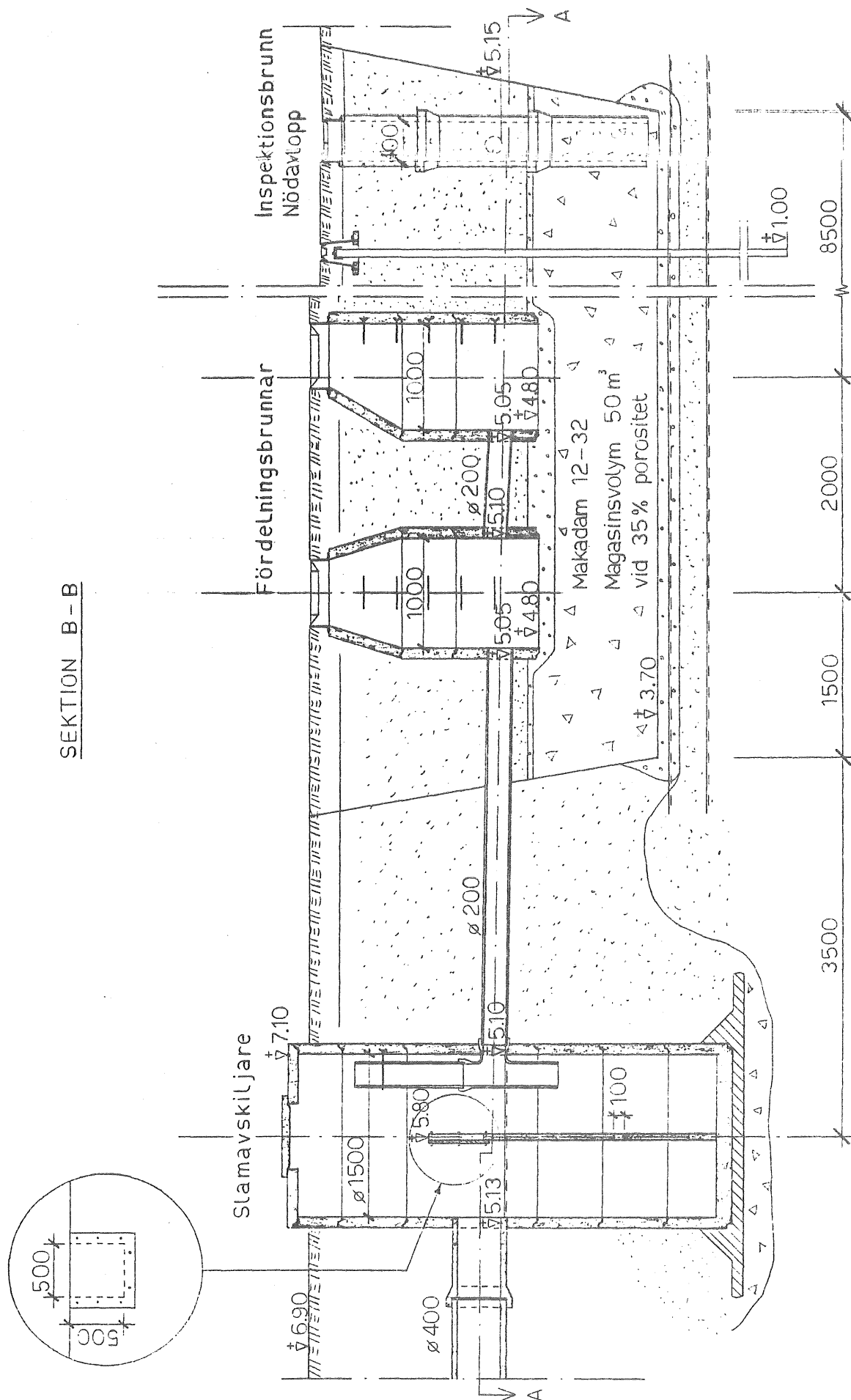


FIG. 5. Sektion av perkolationsanläggningen. I figuren har grundvattennivån, för april 1975 +3,60 m och maj 1975 +3,25 m, markerats.

3 GEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN

3.1 Omgivningens geologi

För att tolka ett områdes geologi och hydrogeologi är det av stor vikt att även känna till jordlagrens vertikala uppbyggnad. För att undersöka områdets jordlagerföljd upprättades därför fyra marksektioner, fig 6-9, vilkas läge och sträckning framgår av fig 10.

Sektionerna har sammanställts med hjälp av uppgifter från SGU:s brunnarsarkivkort, utförda grundundersökningar samt tillgänglig litteratur. Sektionerna är konstruerade så att varje känd punkt är markerad med ett vertikalt streck i respektive källa. Numren 18 t o m 76 hänförs sig därvidlag till arkivkortet ur SGU:s brunnarsarkiv, nr 1 t o m 3 till figuren på sid 7 i Caldenius, Linnman (1949) och bokstäverna A t o m J till grundundersökningar. MiR I och ByR II är beteckningar på stadens borrhälsbrunnar i Mickedala och Byaledet. För en mer detaljerad beskrivning av sektionerna hänvisas till Lind (1977).

Mellan de kända punkterna har jordlagren extrapolerats med kännedom om topografi och de allmänna geologiska förhållandena. Ett sådant förfarande innebär naturligtvis alltid en risk och konnektionspunkternas inbördes avstånd blir avgörande för figurernas exakthet. Därtill kommer att de olika borrhäls- och undersökningspunkterna sammanställts av olika personer, som var och en har haft att göra egna bedömningar. I stort sett torde dock sektionerna avspegla de faktiska förhållandena, men där osäkerheten ansetts särskilt stor har jordlagrens troliga utbredning endast markerats genom streckning.

Berggrundens yta har i något fall lagts in med stöd av borrhälsprotokollen i övrigt från den berggrundstopografiska kartan s 7 i Kartbladsbeskrivningen till geologiska kartbladet Halmstad (Caldenius et al. 1966).

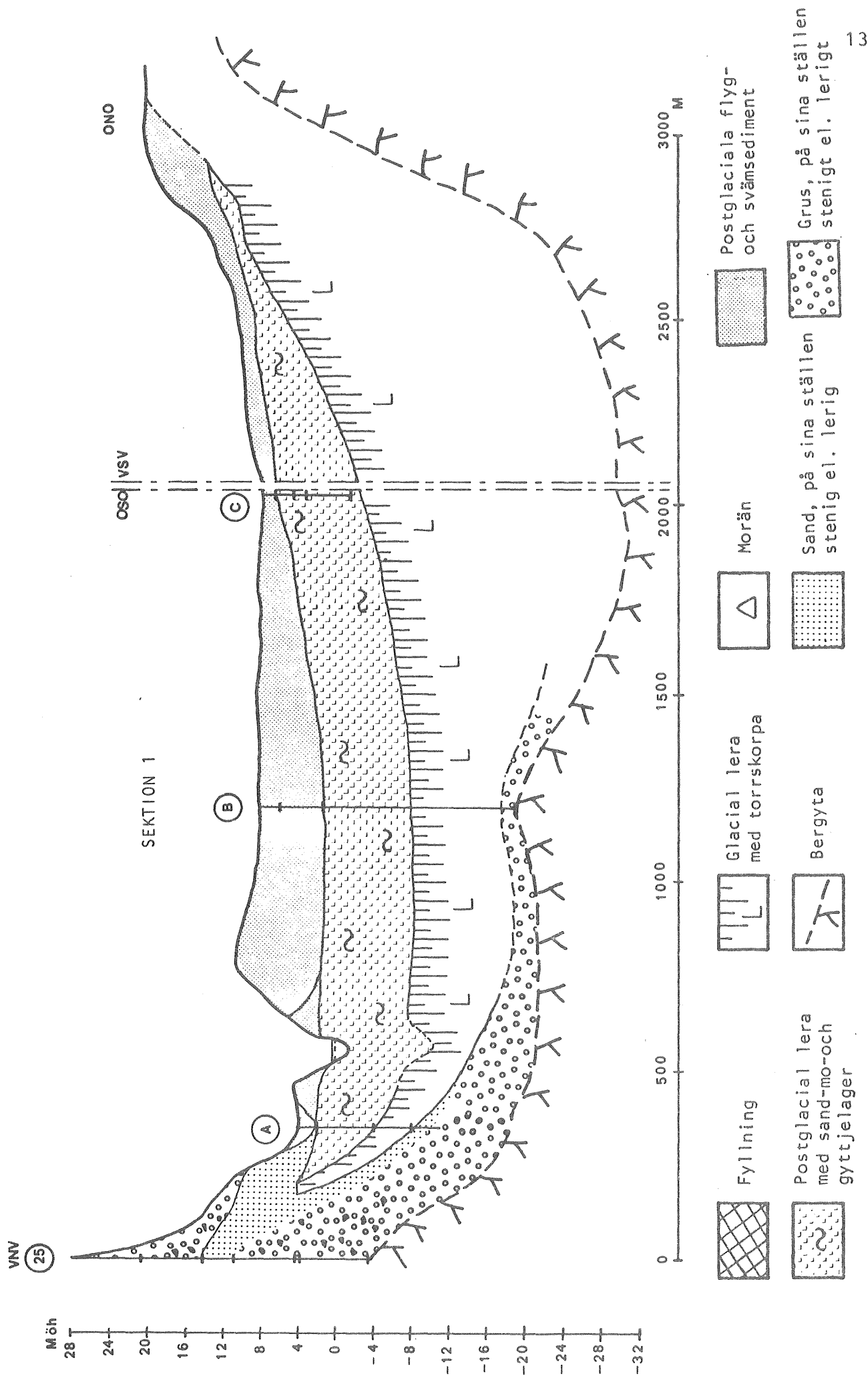


FIG. 6. Sektion genom de kvartära bildningarna i Halmstad grundad på utförda borrhinar och grundundersökningar. Sektionens läge framgår av fig.30.

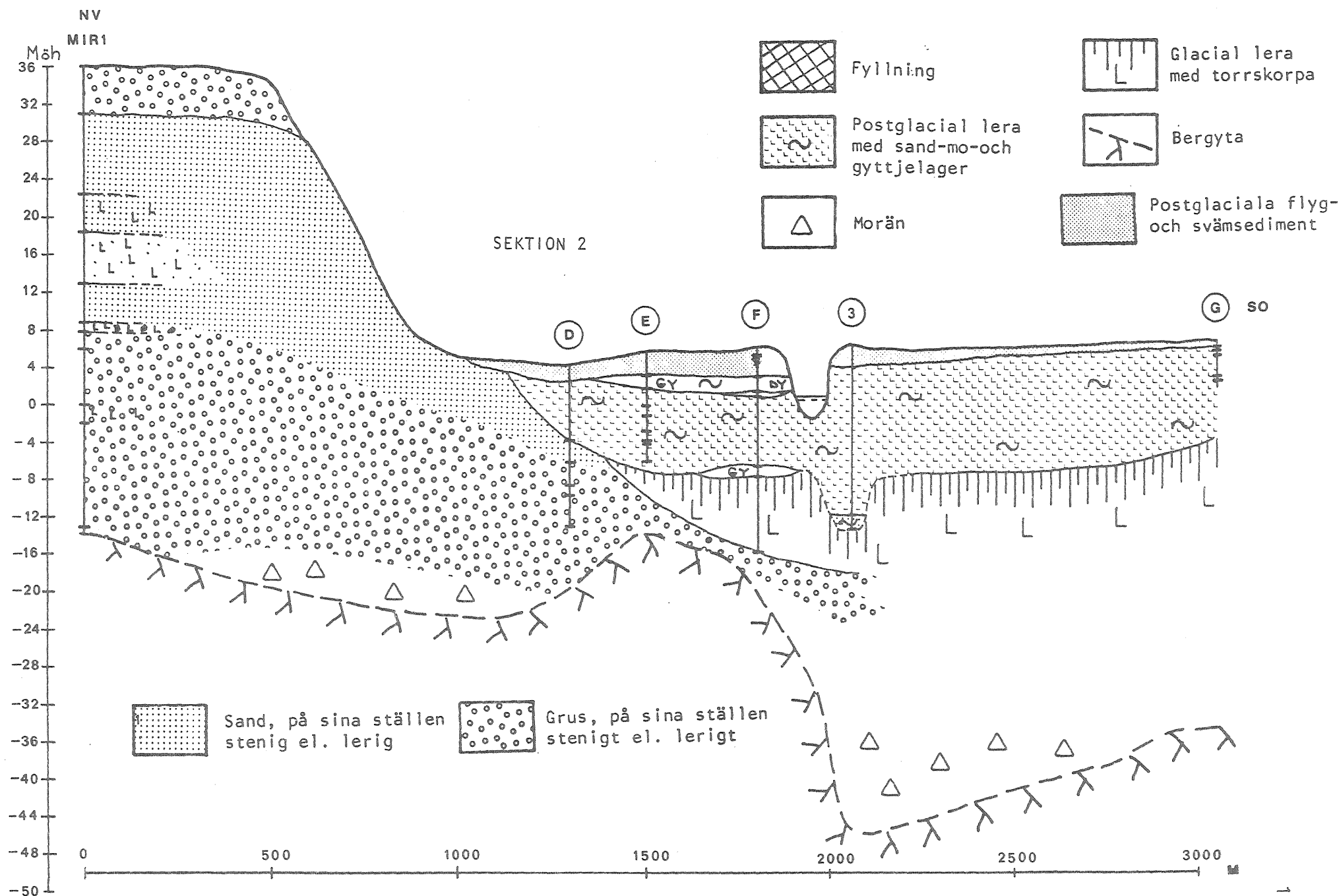


FIG. 7. Sektion genom de kvartära bildningarna i Halmstad grundad på utförda borrhningar och grundundersökningar. Sektionens läge framgår av fig.30.

SEKTION 3

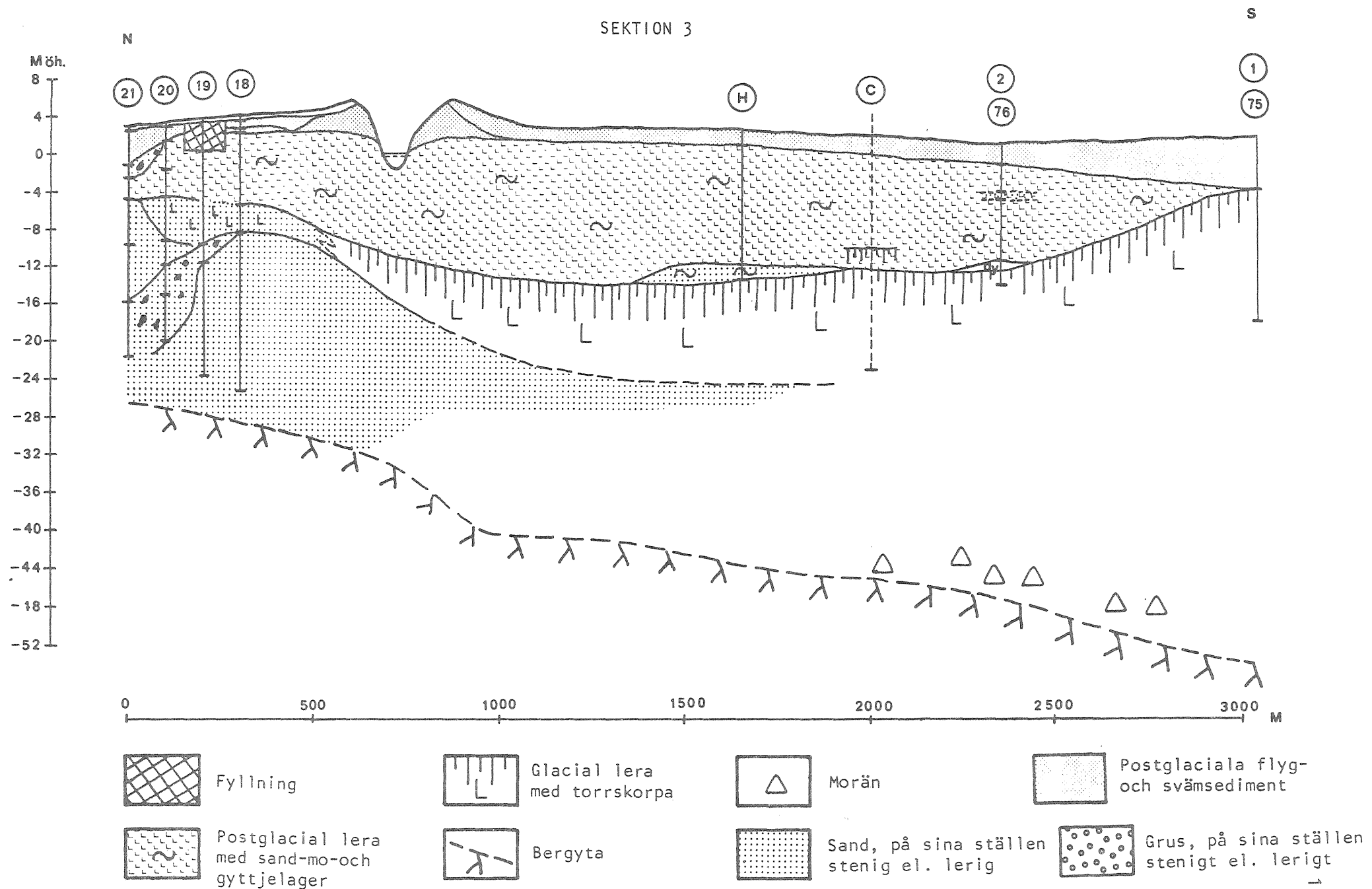


FIG. 8. Sektion genom de kvartära bildningarna i Halmstad grundad på utförda borrhningar och grundundersökningar. Sektionens läge framgår av fig.30.

SEKTION 4

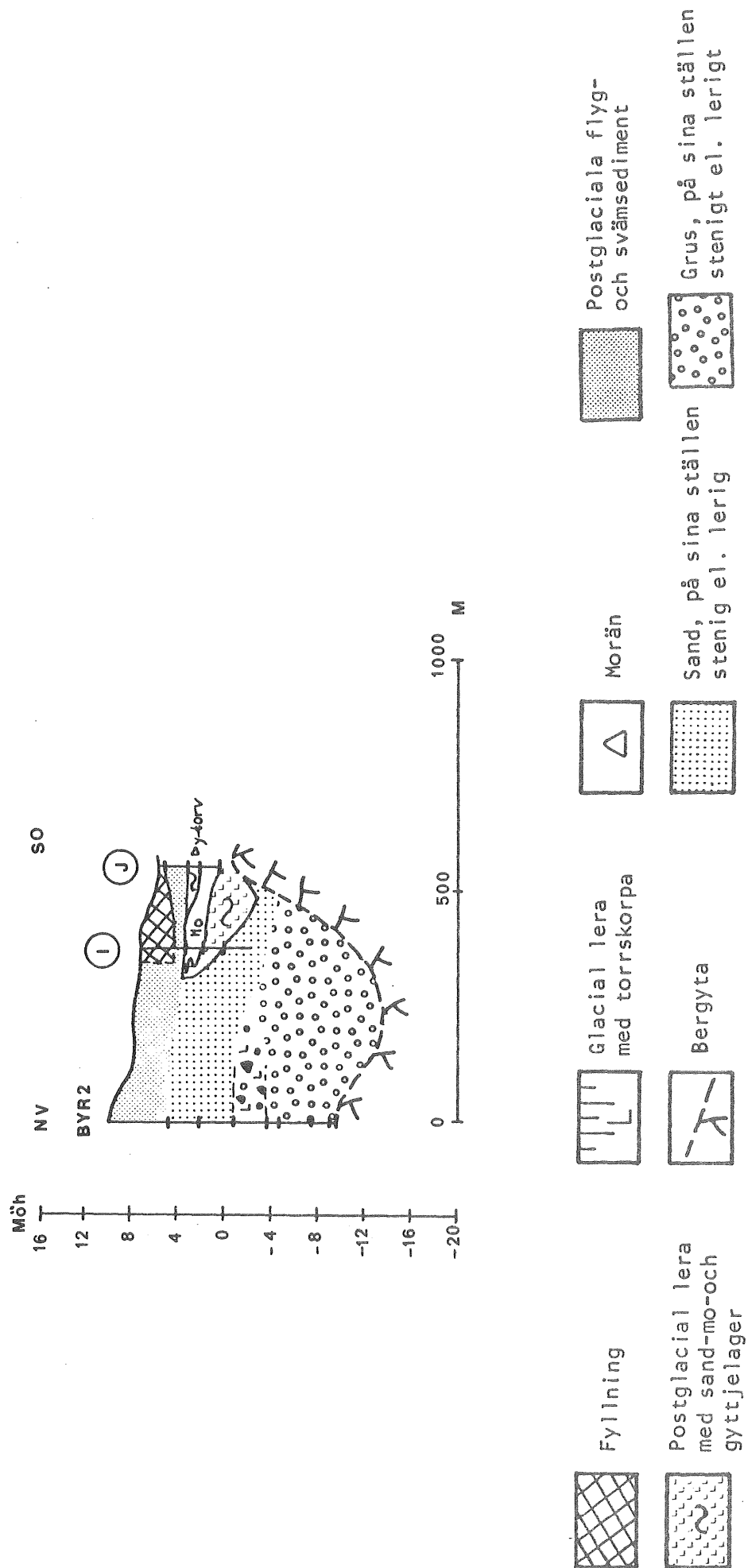


FIG. 9. Sektion genom de kvartära bildningarna i Halmstad grundad på utförda borrhinar och grundundersökningar. Sektionens läge framgår av fig.30.

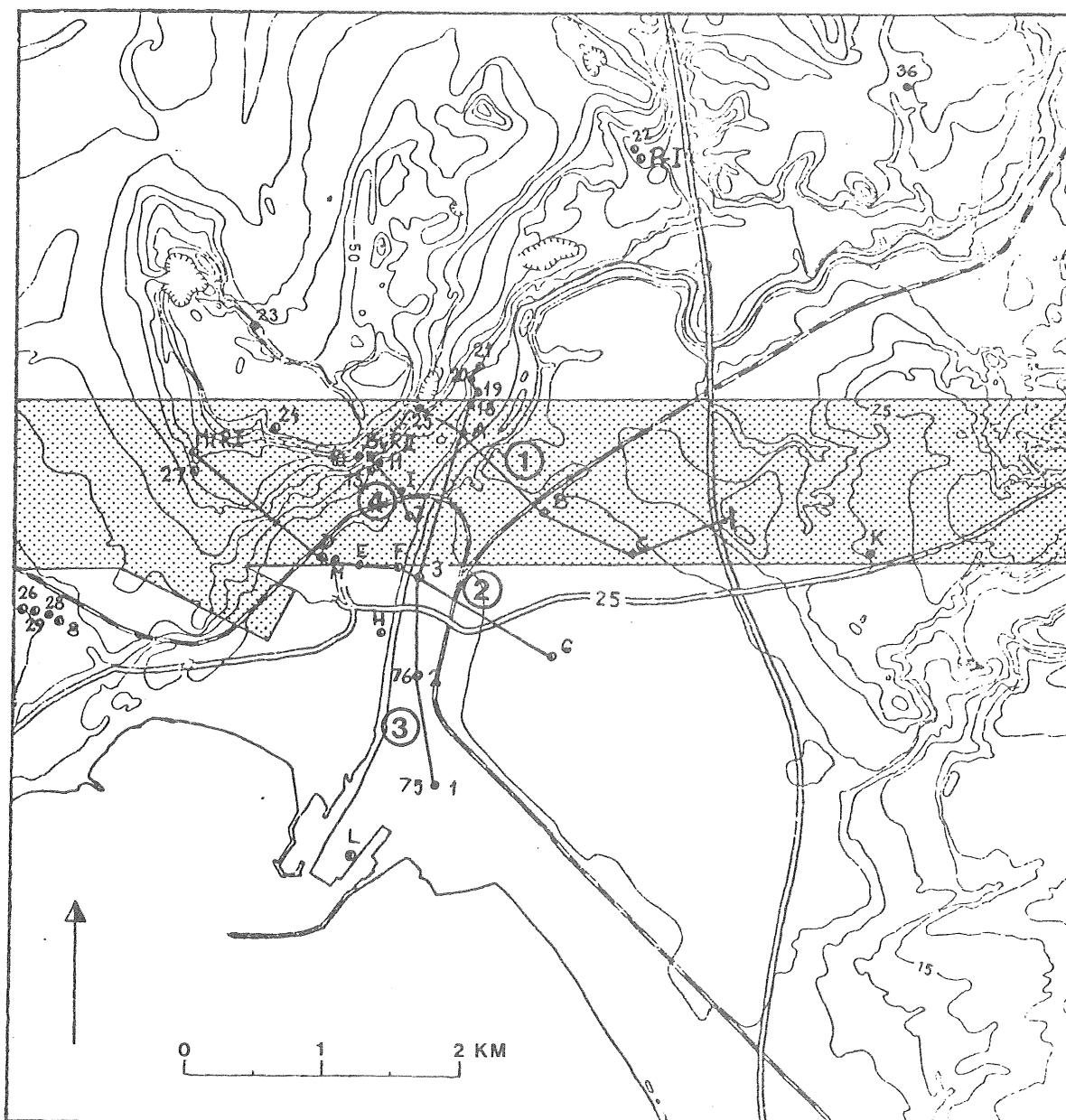
Med utgångspunkt från uppgjorda profiler och övriga punkter med känd lagerföljd har en ingenjörsgelogisk karta redovisande jordarterna upprättats (se fig 10 och 11). Kartsystemet syftar till att i samma kartbild redovisa flera ur teknisk synpunkt viktiga jordlager.

Kartsystemet gör det möjligt att redovisa i huvudsak tre marklager. I föreliggande fall har valts att ange den varviga glacialleran, PG-leran, samt det ytliga sandlagret. Från teknisk synpunkt jämföras de glacifluviala avlagringarna i Galgberget med det sandiga-moiga ytlagret, som täcker större delen av stadsområdet, varför de här har sammanförts och redovisas under en beteckning. Dessutom har en större förekomst av dy och gyttja omedelbart under ytsanden redovisats. Till kartan är också knutet de nämnda profilerna. På grund av det relativt begränsade material som stått till förfogande måste av naturliga skäl kartbilden bli högst schematisk. Generellt kan man säga att jordarternas västra begränsningslinje är tämligen säkert fastställd, medan utsträckningen framför allt åt SO är mycket litet känd. Det har ändå ansetts som meningsfullt att försöka ange den bedömning av jordlagrens utsträckning som här har gjorts.

Man kan vid utnyttjande av det här aktuella kartsystemet i viss mån ange lagrens mäktighet. Vid val av de gränser som skall utgöra klassinledningen som det då blir fråga om ställs man inför uppgiften att dels redovisa så många meningsfulla mäktighetsklasser som möjligt och dels framställa en åskådlig kartbild. Den kompromiss som vi därvid kommit fram till är följande: Det översta sandlagret redovisas med två mäktighetsklasser - över ca 2 m och under ca 2 m. Med denna uppdelning får man ett täckande sandlager med ca 2 m mäktighet över större delen av området, medan vissa delar skiljs ut, där sanden är särskilt mäktig, vilket torde ha intresse ur teknisk synpunkt. De bägge lerorna har här angivits i hela sin utsträckning utan mäktighetsangivelser. Att lerorna tunnas ut mot sina yttergränser anses klart och framgår för övrigt också av sektionerna. Det poängteras att sektionerna har stor betydelse för förståelsen av kartbilden. Dylagret, som är ca 1,5 m mäktigt, har lagts in i hela sin utsträckning.

Med hänsyn till kartskalen och mängden grunddata måste kartan naturligtvis bli högst skissartad. I de olika redovisade lagren finns inhomogeniteter av växlande natur, som ej redovisas. Viktigast är därvidlag att hålla i minnet de ler- och gyttjelager som förekommer i det ytliga sand-moskiktet. Dessa föga vatten-genomsläppliga skikt har lokalt mycket stor betydelse, inte minst för de hydrologiska förhållandena. Påpekas bör också att övergången mellan de sandigt-moiga sedimenten i de centrala delarna och det grövre glacifluviala materialet i stort sett är flytande. Dessa lager innehåller också stora inhomogeniteter, t ex övergår sanden i ytskiktet på sina ställen, exempelvis vid Västra begravningsplatsen, till ren mjäla. Grusskiktets utbredning och moränförekomsterna har lagts in med ledning av den geologiska kartan, SGU ser Aa 198 (Caldenius et al. 1966).

FIG. 10.



BETECKNINGAR:



Område som flygbilds-
tolkats med fältkontroll

② Längdsektion

• 8

Punkt med känd jordlager-
följd enl. SGU:s brunns-
arkivkort 4C NV:8

• G

Punkt med känd jordlager-
följd enl. konsultutredning

HALMSTAD

INGENJÖRSGEOLOGISK KARTA

SKALA 1:50 000

B Lind 1976

2 JORDARTER

FIG. 11.

BETECKNINGAR:



Morän



Grus



Ytsand < 2m mäktig



Ytsand > 2m mäktig



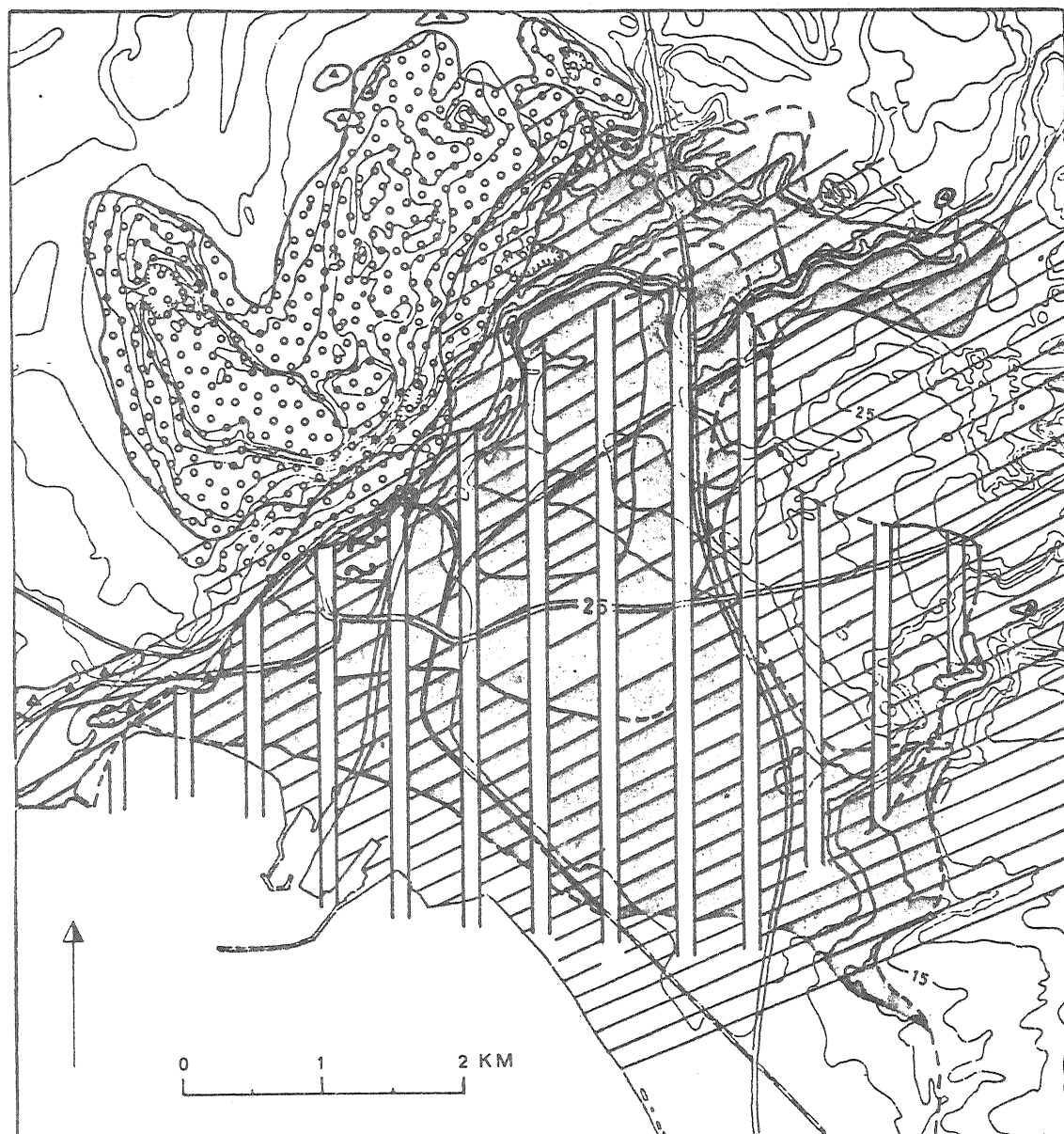
Dy, gyttja, vilande på
den postglaciala leran



Lera, postglacial



Torrskorpora, glacial



RESERVATION:

Gränslinjer för geologiska bildningar etc. är ej exakta.
Gränslinjerna redovisar bedömningar på grundval av kända
fakta med hänsyn till aktuell redovisningsteknik.

HALMSTAD

INGENJÖRSGEOLOGISK KARTA

SKALA 1:50 000

B Lind 1976

3.2 Jordlagren i nära anslutning till perkulationsanläggningen

I anslutning till perkulationsanläggningen har en storskaligare geologisk sammanställning utförts. Detta dels med hjälp av prover tagna av gatukontoret i Halmstad i samband med anläggningen av magasinet och dels med hjälp av resultaten från rördrivning. Spadborrning till ca 2,25 m djup har också givit värdefull information.

Vid utgrävningarna för magasinet togs genom gatukontorets försorg prover i schaktväggen för var 25 cm, dessutom dokumenterades väggen genom fotografering. Foton och prover sändes till CTH, där de analyserades och sammanställdes till profilen, fig 12.

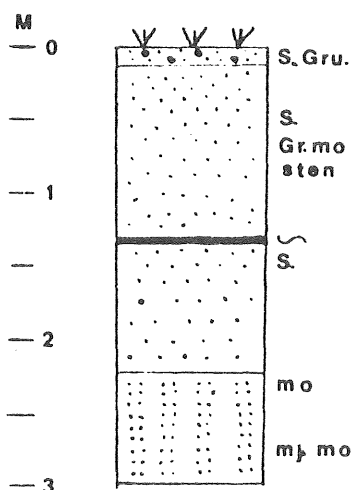


FIG. 12. Profil sammanställd på grundval av prover tagna vid utgrävningen för perkulationsmagasinet. Lagerföljden i denna profil utgörs från ytan räknat av ett tunt lager grusig sand underlagrat av ca 1,4 m fyllnadsmassor, bestående av i huvudsak sand och grovmo med kraftigt inslag av sten. Därunder ligger ett par cm tjockt torvlager vilande på moig sand övergående till mo och mot djupet mjällig mo.

Spadborrningen är utförd ett tiotal meter väster om magasinet och har legat till grund för upprättande av markprofilen, fig 13.

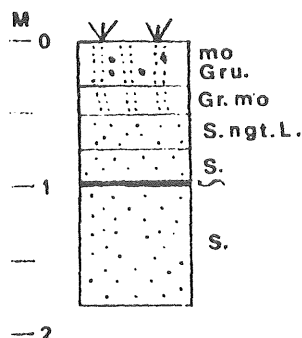


FIG. 13. Profil grundad på spadborrning. Läget framgår av fig 14. Lagerföljden utgörs från ytan räknat av ca 0,3 m mo med inslag av grus och rötter. Därunder ca 0,2 m grovmo-sand vilande på ca 0,25 m sand med lerklumpar följt av ren sand. Torvlagret vilar på ett tunnt lager av mo med inslag av småsten. Detta lager övergår i sand med inslag av rötter och tegelfragment.

För att komplettera grundvattenobservationsnätet drevs i parken fem stycken 2" observationsrör, nr 1, 2, 4, 5 och 6 enligt fig 14. Vid rördrivningen togs genom uppspolning prover för var 1,5 m. För närmare beskrivning av drivningsförfarandet hänvisas till Lind (1977).

Resultaten från rördrivningen har sammanställts till sektionen, fig 15. Vid konstruktionen av sektionen har hänsyn även tagits till profilerna fig 12 och 13.

Marklagren i profilen utgörs i stort sett av 1-2 m moiga-sandiga fyllnadsmassor med kraftigt inslag av sten. Detta lager skiljs via ett lager av organiskt material från underliggande naturliga material av sand och mo med någon inlagring av rottrådar. Det mellanlagrande skiktet av organiskt material utgörs på platsen för magasinet av torv, medan det utåt profilens bäge sidor övergår i en mullhaltig, fossil markhorisont. I mo-sand-skiktet påträffades vid grävningsarbetet till synes primärt inlagrade block. I sektionens sydvästra del underlagras de moiga-

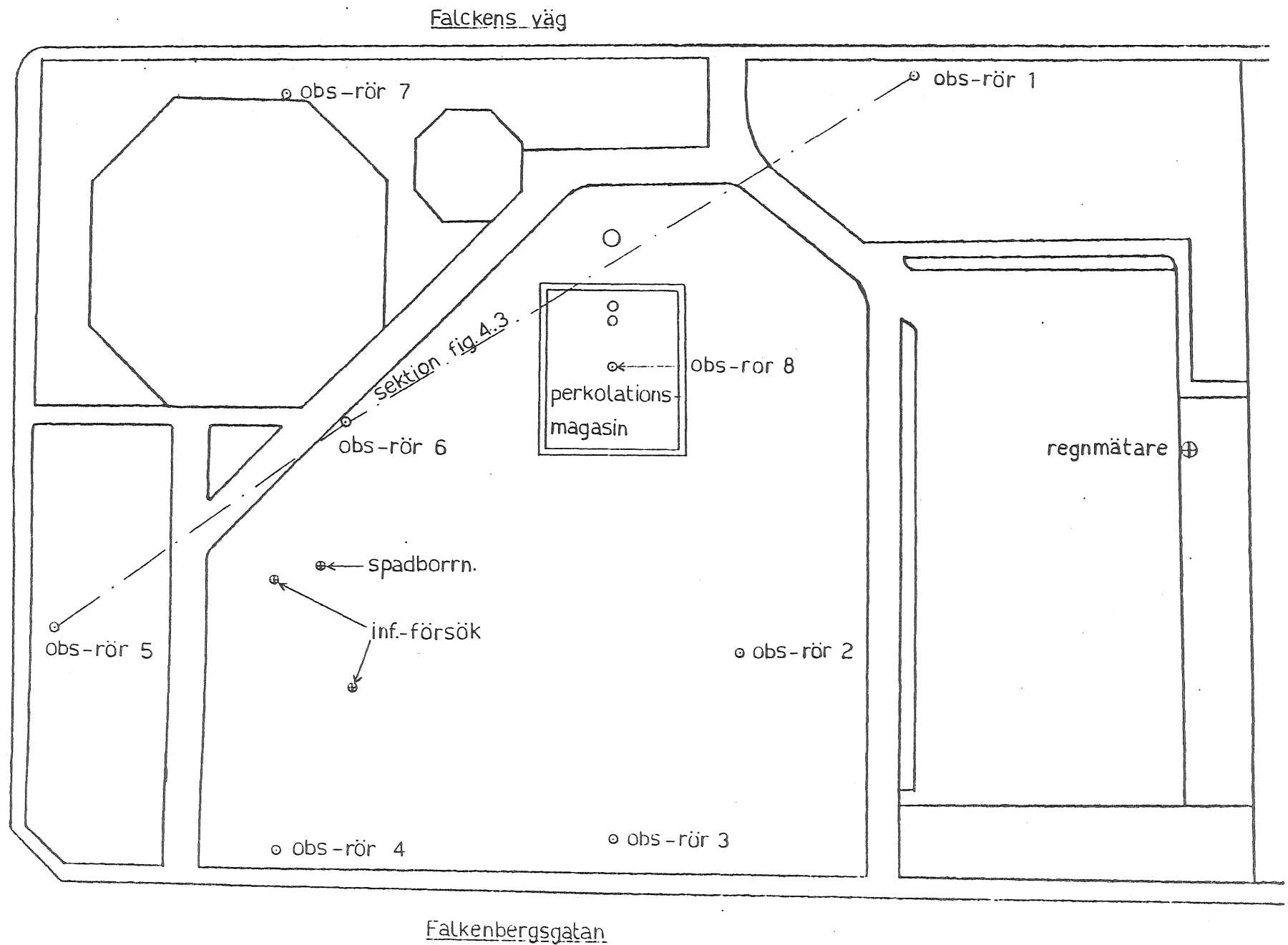


FIG. 14. Karta över parken vid Falckens väg. Skala 1:400.

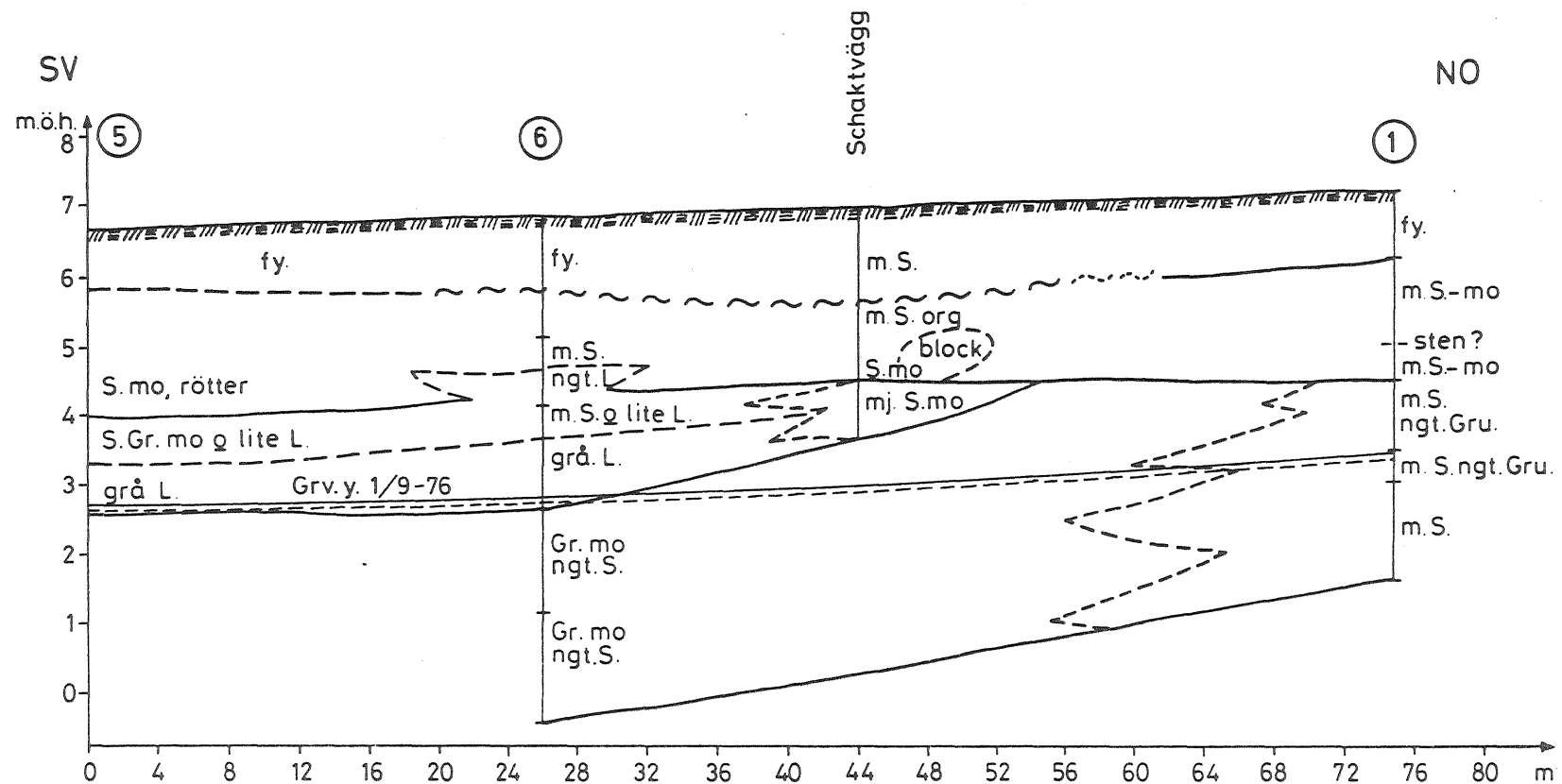


FIG. 15. Sektion genom parken vid Falkens väg, Halmstad, grundad på utförda rödrivningar och provtagningar. Sektionens läge framgår av fig. 14.

sandiga sedimenten av en lerlins, som åt NO snabbt tunnas ut och övergår i mjäla och mo. Övergången till leran synes ske successivt och utan skarp gräns. Lerskiktet underlagras av sand och mo.

Förekomsten av flera, ev djupare belägna lerlager är inte känd. Resultaten från uppfyllnadsförsök i magasinet antyder dock att ett tätande lerlager inne i sandprofilen kan sträcka sig en bit uppför sluttningen åt norr.

4 HYDROGEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN

4.1 Omgivningens hydrogeologi

Jordlagrens komplexa uppbyggnad i Halmstad ger upphov till motsvarande komplicerade grundvattenbild. Flera, både slutna och öppna grundvattenmagasin med större eller mindre utbredning kan urskiljas. De viktigaste från varandra skilda magasinerna torde vara följande:

1. I friktionsmaterialet under den glaciala leran.
2. I den glaciala lerans uppspruckna ytskikt, torrskorpan.
3. I den postglaciala lerans ytskikt.
4. På sina ställen ytligt grundvatten i ytsanden och vilande på impermeabla linser och skikt.

Med utgångspunkt från kommunens grundvattenobservationsnät, privata brunnar samt ytterligare några observationsrör har en grundvattennivåkarta upprättats, fig 16. Med hänsyn till observationsnätets täthet har månadsskiftet juni-juli 1973 valts för nivåbildningen. Från denna tidpunkt finns nämligen de flesta observationspunkterna, vilket ger kartan största möjliga tillförlitlighet.

1973 var också ur nederbördssynpunkt ett någorlunda normalt år. Totalt föll under detta år 623 mm nederbörd (medel 1931-1960 var 735 mm/år), som fördelade sig ovanligt jämnt över årets månader.

Kartans nivålinjer avser grundvattemagasinet i det glacifluviala materialet vid sidan av lerornas utbredningsområde samt dess fortsättning under den glaciala leran. De angivna värdena inom lerområdet anger således den tryckyta som vattnet intar i observationsrören.

Grundvattennivålinjerna i kartans sydöstra del är hämtade från SIB:s utredning "Översiktlig geohydrologisk undersökning inom Fyllinge- och Kristingeområdena" (SIB 1971). Nivålinjerna har modifierats något med hänsyn till topografiska kartans höjdanivelser. För kommentarer se vidare Lind (1977).

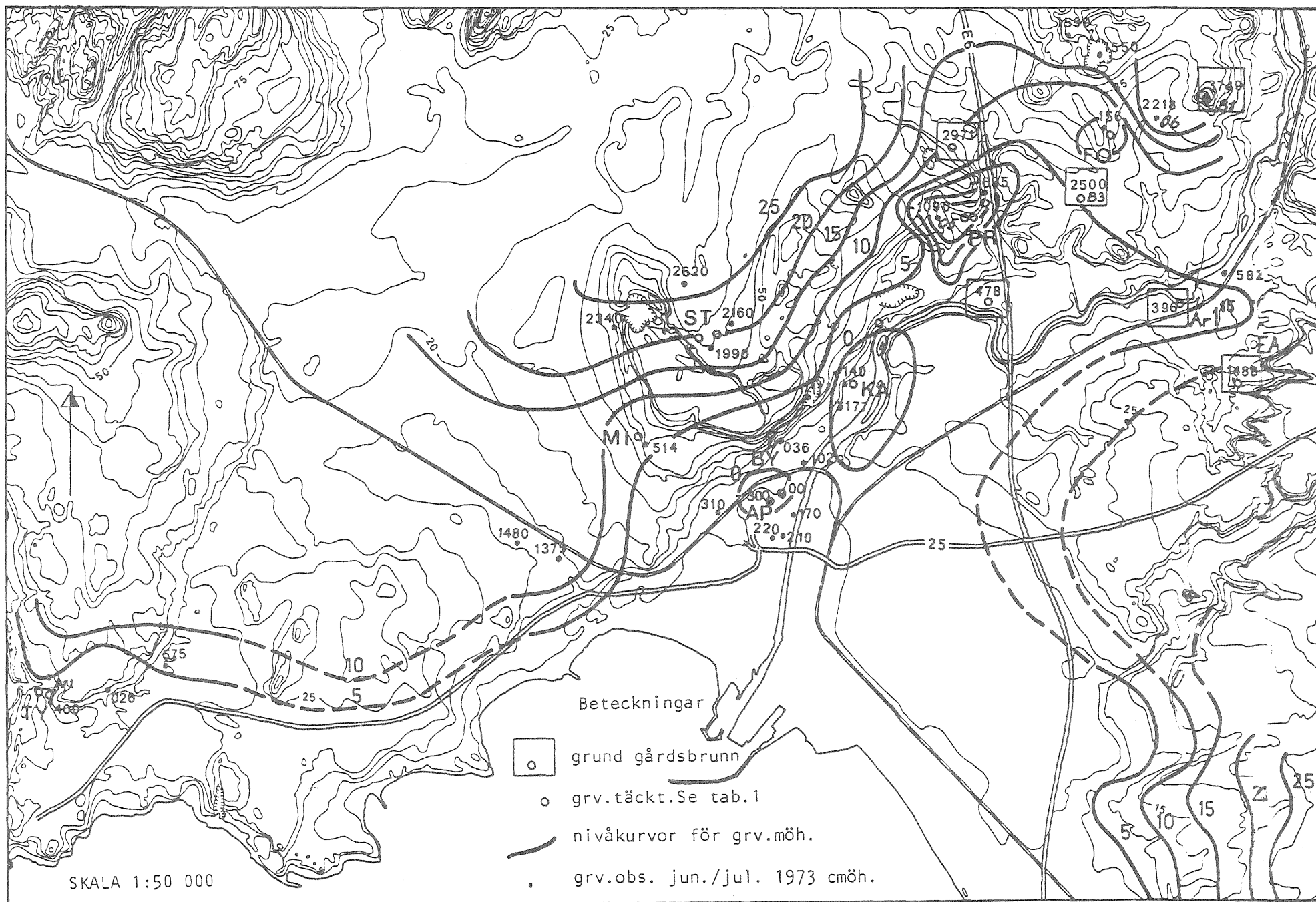


FIG. 16.

4.2 Hydrogeologiska förhållanden i nära anslutning till perkolationsanläggningen

4.2.1 Grundvattenförhållanden

Med hjälp av det något tätare observationsnätet i stadens centrala delar har en grundvattennivåkarta i skala 1:5000, med 1 m nivå-linjer upprättats, se fig 17.

I anslutning till perkolationsmagasinet har observationer av grundvattenytans nivå gjorts i samtliga observationsrör under en månads tid, perioden 760818-760919. Observationerna har gjorts med 1 veckas mellanrum eller mindre. En sammanställning av de uppmätta grundvattennivåerna presenteras i fig 18 tillsammans med den aktuella dygnsnederbörden som registrerats i en ackumulerande nederbördsjäkmätare (Hellmanjäkmätare) uppställd några tiotal meter från perkolationsanläggningen.

Grundvattennivån i rören påverkas dels av det dagvatten som infiltrerar direkt genom permeabla ytor inom tillrinningsområdet dels också av perkolerande vatten från magasinet.

Som framgår av fig 19 och 20 är observationsrör 1 placerat i grundvattenströmmen uppströms perkolationsmagasinet. Den grundvattenyta som registrerats här under perioden är således orsakad av det vatten som infiltrerar direkt i marken ovanför magasinet. Toppen infaller ett dygn senare i rör 1 än i övriga rör. Fördröjningen orsakas av att infiltrationen till rör 1 är utspridd över ett större område, till skillnad från de övriga rören som ju står nära ett koncentrerat tillrinningsområde - magasinet.

Den lokala förhöjningen av grundvattenytan som perkolationsmagasinet orsakar, medför en minskad gradient på grundvattenytan uppströms magasinet. Detta medför, att vi får en uppdämning av grundvattenströmmen vilket i sin tur förstärker den naturliga höjningen av grundvattenytan uppströms perkolationsmagasinet.



FIG. 17. Karta över grundvattnets ungefärliga strömning i Halmstads centrala delar. Streckade linjer anger nivåkurvor för grundvattenyta eller tryckyta med tillhörande nivå-angivelser, (moh.). Pilarna anger grundvattnets strömnings-riktning och siffrorna invid punkterna anger medelvärden (cmoh.) av avläsningar i grundvattenobservationspunkter under tiden juni-augusti 1976. Prickade linjer visar det ungefärliga läget av grundvattendelare, mestadels svagt utbildade.

SKALA 1:5000

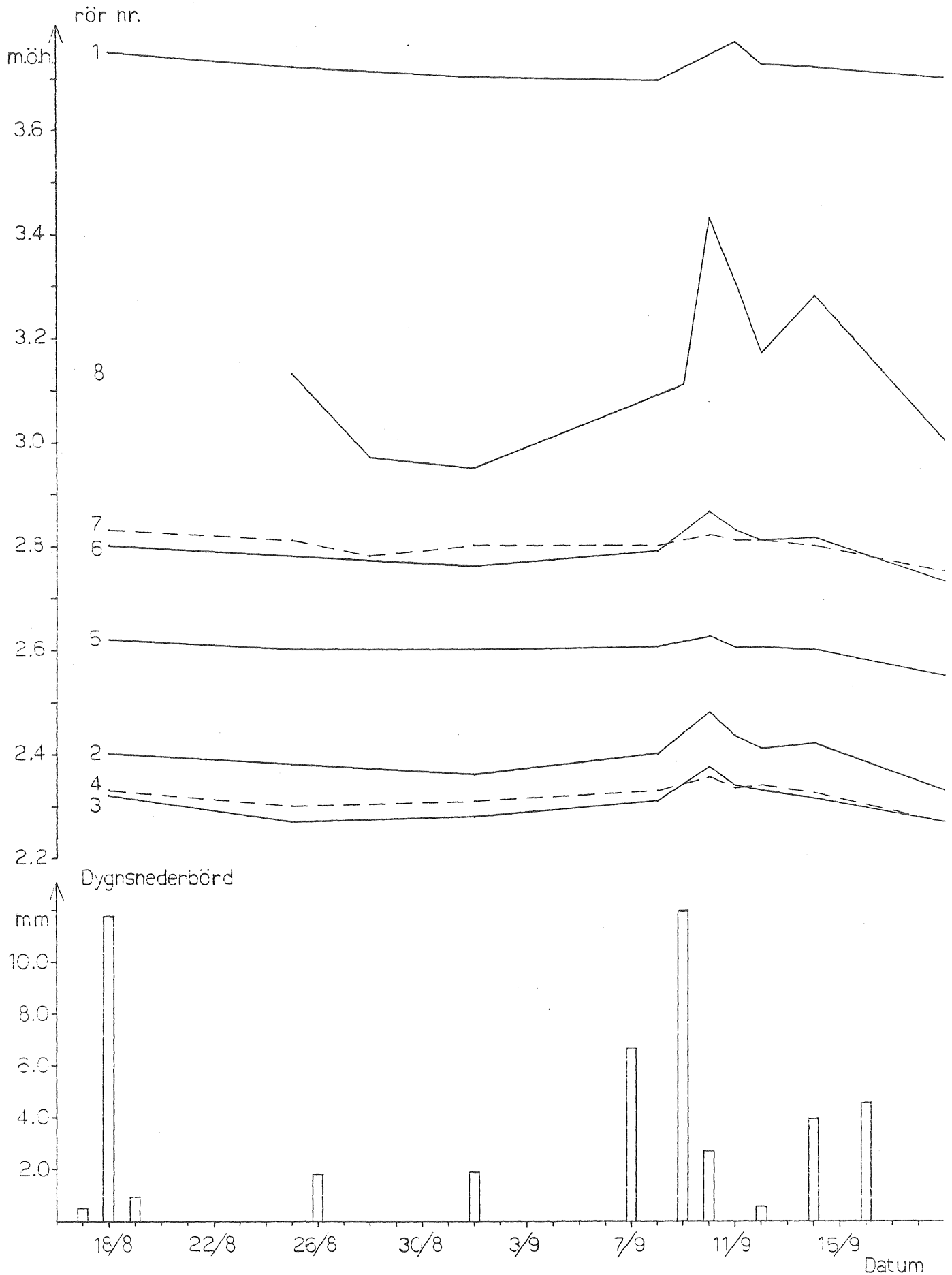


FIG. 18. Grundvattenobservationer under perioden 1976-08-18-1976-09-19 tillsammans med aktuell dygnsnederbörd.

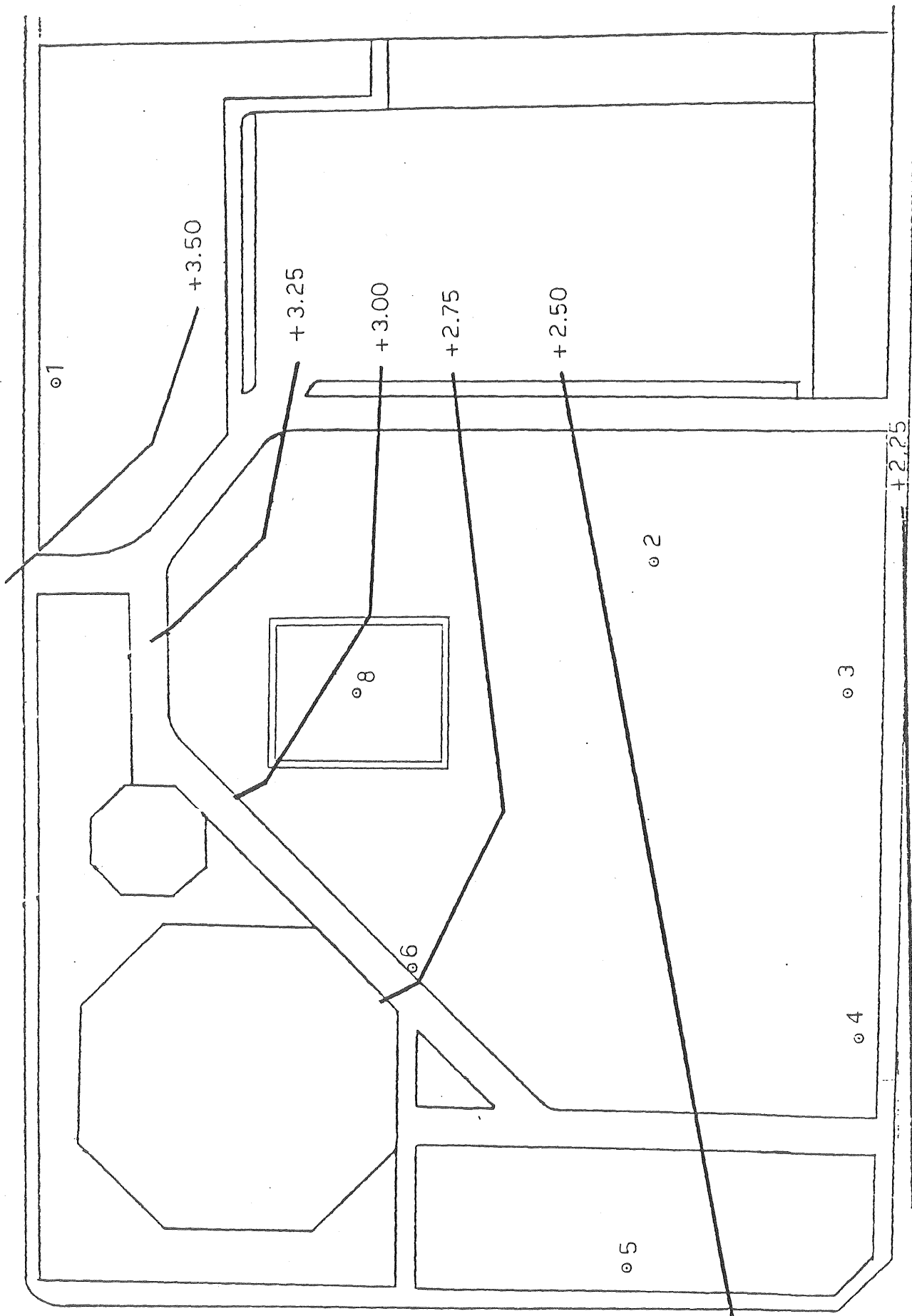


FIG. 19. Grundvattenytan 1976-09-01. Skala 1:400.

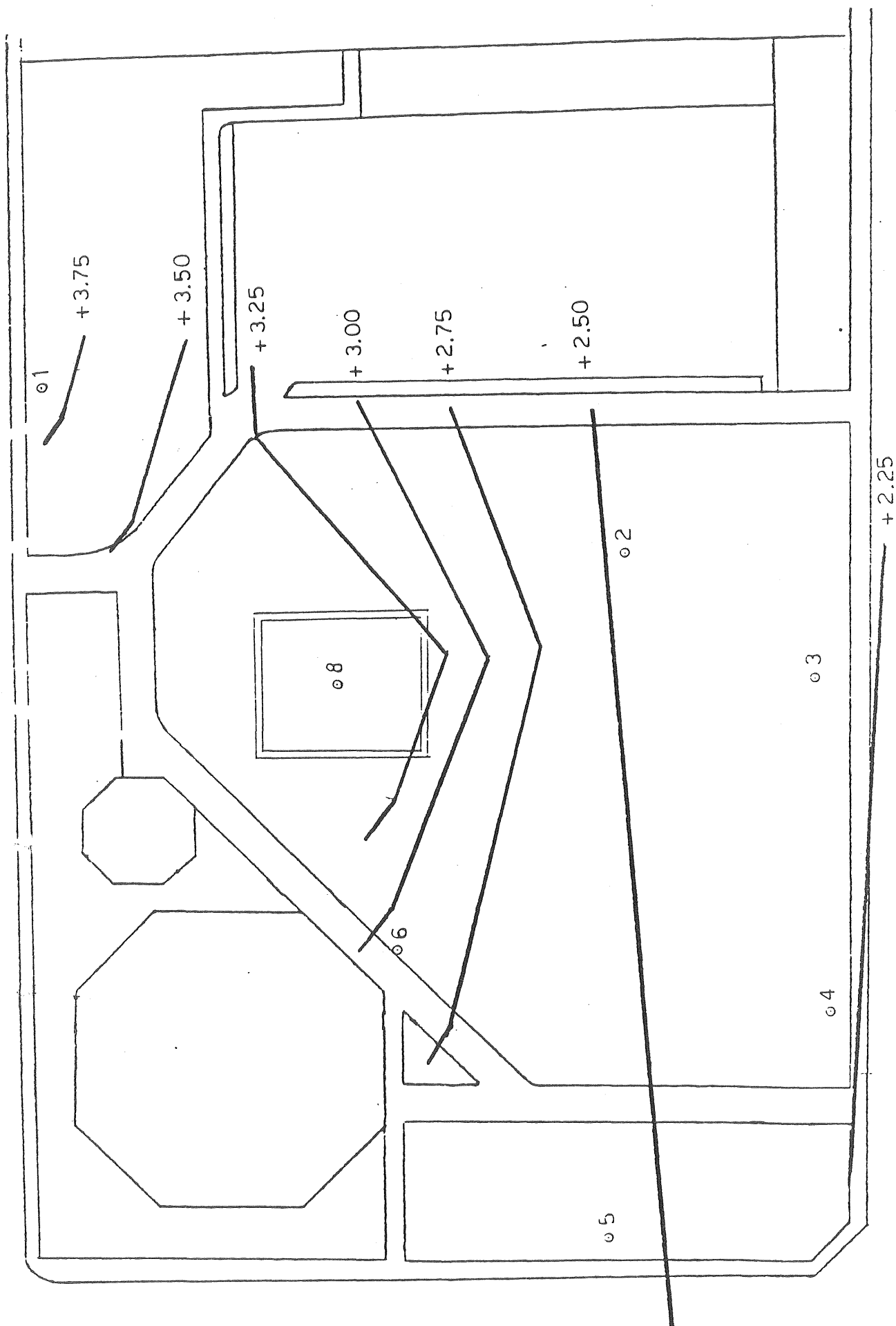


FIG. 20. Grundvattenytan 1976-10-20. Skala 1:400.

Funktionen hos rör 7 är dåligt känd. Röret är gammalt och inga uppgifter finns om rörets utformning eller längd. Mycket tyder på att röret är djupt neddrivet och kommunicerar med en djupare belägen akvifer. För att undvika feltolkningar behandlas i det följande rör nr 7 inte tillsammans med övriga rör.

Med hjälp av rätlinjig interpolation mellan observationsrören har en beskrivning av grundvattenytan i området gjorts. Resultatet kan bara bli tämligen schematiskt men ger ändå en ungefärlig bild av hur grundvattnet strömmar. Fig 19 och 20 har uppritats utgående från grundvattennivåobservationer 760901 resp 761020. Fig 19 visar grundvattenbilden efter en period av 13 dygn med måttlig nederbörd (se fig 18). Fig 20 visar en grundvattenbild som föregås av en period där sammanlagt 38 mm regn fallit inom 5 dygn. Här kan man tydligt se en lokal överhöjning av grundvattenytan orsakad av de vattenmängder som tillförts perkolationsmagasinet.

4.2.2 Infiltrometerförsök

Infiltrometerförsök har gjorts i avsikt att bedöma markytans infiltrationskapacitet i parkens naturliga marklager vid sidan om perkolationsmagasinet. Av dessa framgår att infiltrationskapaciteten varierar lokalt mellan vida gränser, men är i stort sett att betrakta som mycket god. De värden på infiltrationskapaciteten som uppmättes vid vattenmättnad var 420 mm/tim respektive 140 mm/tim. Infiltrationsplatsernas lägen framgår av fig 14. Resultaten antyder att s k ytinfiltration, dvs vatten från impermeabla ytor släpps ut direkt på permeabla, skulle väl gå att utnyttja inom området. Troligen skulle tillgängliga permeabla ytor åtminstone teoretiskt kunna ta emot allt avrinnande dagvatten inom området.

4.2.3 Enhålsförsök - slugtest

Bestämning av transmissivitetskoefficienten hos materialet närmast grundvattenobservationsrören har utförts genom slugtest. Metoden innebär ett momentant tillförande eller borttagande av en känd vattenvolym från en brunn. Beroende på genomsläppligheten hos materialet omedelbart utanför brunnen, kommer vatten-

ytan i brunnen att återgå till sin ursprungliga nivå enligt en tidsfunktion $H(t)$. Metoden kan inte användas vid transmissiviteteter som väsentligen överstiger $T = 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$, då förhöjningen av vattennivån försvinner så snabbt att återgångskurvan inte kan bestämmas tillräckligt noggrant. Vid utvärderingen har det antagits att grundvattenfluktuationerna är små i förhållande till akviferens mäktighet. För närmare beskrivning hänvisas till Ericsson et al. 1978.

Resultat av slugtesten

De erhållna värdena på transmissivitetskoefficienterna redovisas i tab 2 nedan. Någon bestämning av transmissivitetskoefficienten vid observationsrör 3 och observationsrör 7 har ej kunnat göras. Vid försöken i rör 3 visade det sig att den massiva staven ej kunde sänkas ned så långt att den helt täcktes av vatten. Detta kan bero på att röret ej är drivet tillräckligt långt under grundvattenytan. Vid försöken i rör 7 kunde ej någon avsänkning av förhöjningen iakttas. Detta tyder på en mycket låg transmissivitetskoefficient eller också på att vattnet i röret kommunicerar dåligt med omgivande mark. Observationer av grundvattenytans fluktuationer under längre tid visar dock att rör 7 ej är helt tilltäppt (se fig 18).

Tabell 2

Rör nr	$T_{\text{grafisk metod}}$	$T_{\text{numerisk metod}}$
1	$2,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$	$0,23 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
2	$2,0 \cdot 10^{-5} \text{ "}$	$9,1 \cdot 10^{-6} \text{ "}$
3	-	-
4	$3,3 \cdot 10^{-5} \text{ "}$	$6,4 \cdot 10^{-6} \text{ "}$
5	$3,3 \cdot 10^{-5} \text{ "}$	$6,1 \cdot 10^{-6} \text{ "}$
6	$1,4 \cdot 10^{-5} \text{ "}$	$1,0 \cdot 10^{-6} \text{ "}$
7	-	-
8	$8,3 \cdot 10^{-6} \text{ "}$	$3,0 \cdot 10^{-6} \text{ "}$

Rören 1, 6 och 8 uppvisar något lägre värden på transmissivitetskoefficienten är övriga uppmätta rör. Detta bekräftas av att grundvattenytans gradient, som erhållits från grundvattenståndsobservationer, är högre i närheten av dessa rör (se fig 19 och 20).

Resultaten från rör 8 får anses som något osäkrare än de övriga. Bestämningen av dess parameter H/H_0 blev något grov eftersom H_0 var så låg som 13 cm och avläsningen av H ej kunde göras med bättre upplösning än 1 cm. (H_0 = vattennivån omedelbart efter störningen, H = med tiden avsänkt vattennivå).

Utvärderingen av slugtesten har utförts med två metoder, grafisk och numerisk. I stort skiljer sig resultaten upp till en 10-potens mellan de båda metoderna, vilket hänger samman med olikheter i utvärderingsförfarandet. För övrigt uppvisar resultaten god samstämmighet och de erhållna resultaten stämmer väl överens med de värden som man normalt bör erhålla för grovmo.

4.2.4 Permeabilitetsbestämning

På de uppspolade proverna från rördrivningen har permeabilitetsberäkningar gjorts med två metoder. Dels har permeabiliteten vid olika vattenhalt beräknats med hjälp av permeameterförsök (för försöksbeskrivning, se Byggforskningens informationsblad B7:1972) och dels har beräkningar utförts enligt yt-specifika metoden (Ericsson, 1978). Resultaten framgår av tab 3 nedan.

Tabell 3

Rör nr	m u my	K enl ytspec metoden	K enl permeameter
1	4,25-5,75	$1,6 \cdot 10^{-4}$ m/s	$7 \cdot 10^{-6}$ m/s
6	4,25-5,75	$7,9 \cdot 10^{-5}$ "	$1 \cdot 10^{-5}$ "
	5,75-7,25	$1,5 \cdot 10^{-4}$ "	$9 \cdot 10^{-6}$ "
2	4,25-6,15	$1,8 \cdot 10^{-3}$ "	$4 \cdot 10^{-5}$ "

I detta sammanhang måste understrykas att de uppspolade proverna är helt omrörda och finmaterialet delvis ursköljt. De angivna permeabiliteterna får således inte utan reservation tas som mått på de verkliga markförhållandena. Det bör vara så att yt-specifika metoden till följd av materialtvätt anger ett för högt värde på permeabiliteten. Vad beträffar permeametermetoden anges den lägsta permeabilitet som uppmäts och som varierar med vattenhalt och packningsgrad. Denna metod anger således den

lägsta tänkbara permeabiliteten för provet i fråga. Vid uppspolade prover motverkas denna tendens att hålla nere permeabilitetsvärdet av den tvättning som provet utsatts för.

Om man antar en mäktighet hos akviferen av 10 m kan följande tabell (4) uppställas genom omräkning av värdena i tabell 2.

Tabell 4

Rör nr	K enligt slugtest grafisk metod	K enligt slugtest numerisk metod
1	$2,4 \cdot 10^{-7}$ m/s	$2,3 \cdot 10^{-8}$ m/s
2	$2,0 \cdot 10^{-6}$ "	$9,1 \cdot 10^{-7}$ "
3	-	-
4	$3,3 \cdot 10^{-6}$ "	$6,4 \cdot 10^{-7}$ "
5	$3,3 \cdot 10^{-6}$ "	$6,1 \cdot 10^{-7}$ "
6	$1,4 \cdot 10^{-6}$ "	$1,0 \cdot 10^{-7}$ "
7	-	-
8	$8,3 \cdot 10^{-7}$ "	$3,0 \cdot 10^{-7}$ "

En jämförelse med tab 3 visar hur uppspolning kan påverka proverna så att de ger en för hög permeabilitet. Samtidigt påpekas dock att felkällorna i slugtestmetoden tenderar att ge för låga K-värden.

5 DAGVATTNETS KVANTITET

5.1 Nederbörd

Nederbörden registrerades i en ackumulerande nederbördsräknare av Hellmantyp. Nederbördsräknaren stod placerad några tiotal meter öster om perkolationsanläggningen.

5.2 Avrinning

Flödesregistrering har skett i slamavskiljaren med ett 90° Thomsonöverfall och en akustisk pegel med skrivare. Thomsonöverfallet infästes i en ursparing i slamavskiljarens mellanvägg.

Vid utvärderingen har avrinningskurvan ritats upp tillsammans med nederbördshyetograferna. Bägge parametrarna har angivits i mm/tim. I fig 21 presenteras ett exempel på redovisning. Svårigheterna att mäta nederbörd och avrinning innebär att man allmänt kan räkna med mätfel upp till 10 å 15%.

5.3 Datormodell

Det finns ingen enkel metod att noggrant beskriva avrinningsförloppet. Att noggrant beräkna avrinningen från större områden som består av många avrinningsytor och långa ledningar skulle bli mycket tidskrävande att utföra "för hand". På institutionen för vattenbyggnad, CTH, har man utvecklat en datorbaserad avrinningsmodell (Arnell, Lyngfelt, 1975). Denna avrinningsmodell beskriver avrinningsförloppet i delprocesser och beräkningsrutinerna har kopplats samman till en modell som kan beskriva avrinningen från ett godtyckligt urbant område. I modellen beräknas infiltration, ytmagasinerings och ytavrinning för varje yta i området och ledningsflödet beräknas för varje delsträcka. Som resultat erhålles avrinningshydrografer i olika punkter i ledningssystemet. Modellen kan användas dels för dimensionering av system och dels (som i vårt fall) för analys av befintliga system.

1976 - 10 - 05 Regnstart kl 09 59

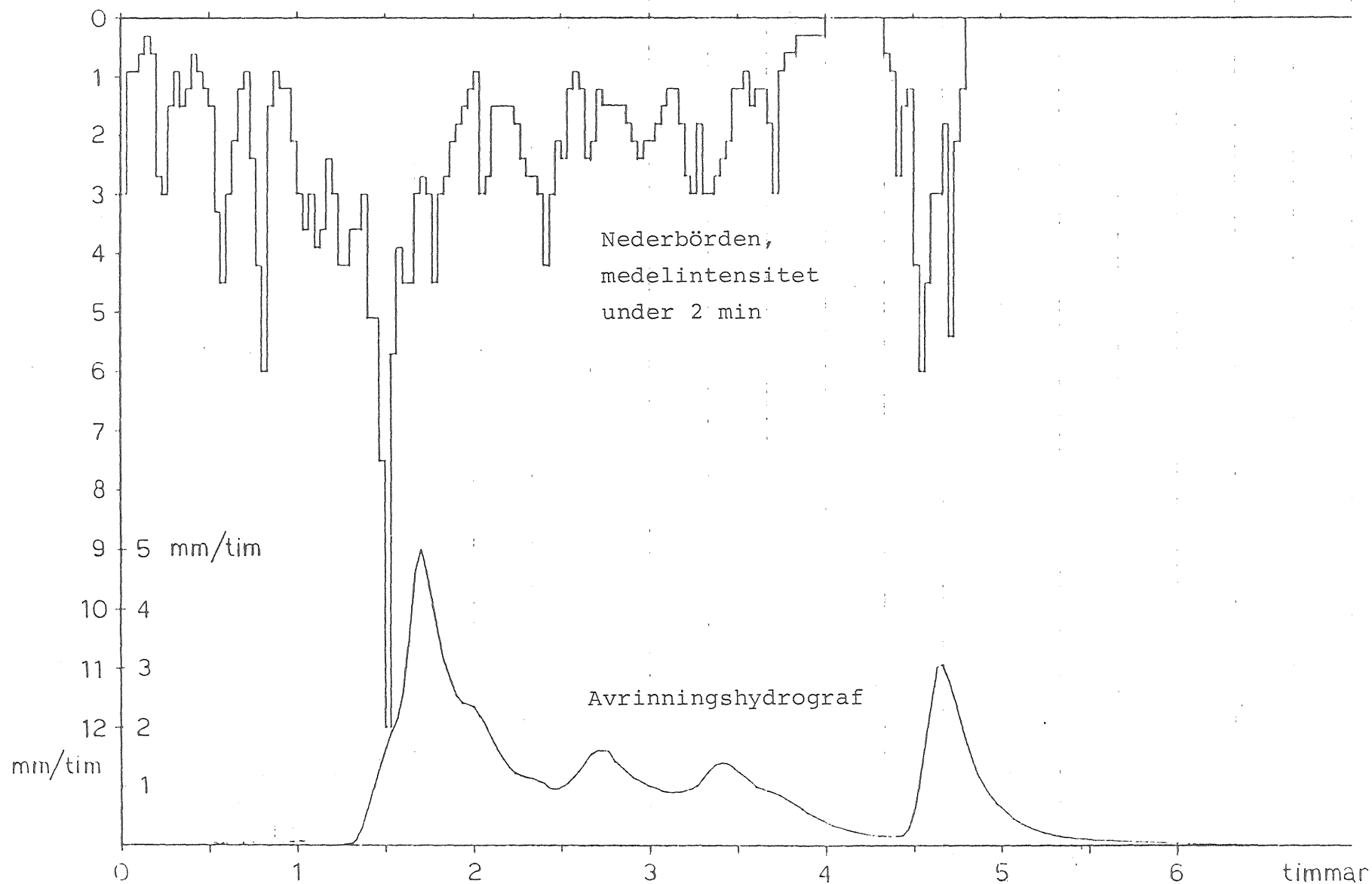


FIG. 21 . Nederbördshyetograf och avrinningshydrograf, Halmstad
1976-10-05 klockan 09.59.

Av de under mätperioden uppmätta regnen har 4 st utnyttjats för simulering i datormodellen. I fig 22 visas exempel på ett analyserat nederbördstillfälle. Regnintensiteten ges i den övre delen som ett stapeldiagram med tiden som axel. Den hel-dragna kurvan svarar mot uppmätt avrinning från området och den streckade mot beräknad. Vid bedömning av resultatet bör man ha i minnet att nederbörds- och avrinningsvärdena kan vara behäftade med mätfel på 10-15%. Mot denna bakgrund bedöms överensstämmelsen mellan simulerad och uppmätt avrinning vara god. Vid analys av samtliga registrerade nederbörds- och avrinningsförlopp fann vi att tidsförskjutning mellan nederbörd och avrinning var betydligt större (15-30 min) än vad som kan förväntas i ett område som det vid Falkens väg (2-10 min). Detta beror sannolikt på fel i tidsangivelserna på diagram-papperen. Därför har vi valt att presentera den uppmätta avrinningshydrografen förskjuten i förhållande till den beräknade avrinningskurvan så att topparna sammanfaller.

5.4 Dagvattnets kvantitet - utvärdering

En avsevärd del av ytorna i urbana områden är utjämnade och impermeabla (gator, tak, etc) och dagvattenledningarna ger en nästan obefintlig magasinering. Avrinningsförloppet sker därför snabbare i urbana områden än i rurala. Vi får höga och kortvariga flöden med variationer i en tidsskala jämförbar med nederbördens intensitetsvariationer och "reaktionstiden" (tiden från regnintensitetsmaximum till flödesmaximum) blir mycket kortare. Detta medför att kortvariga regn med hög intensitet ger de högsta flödena.

Vid anläggning av dagvattensystem är man i huvudsak intresserad av det maxflöde som systemet skall dimensioneras för och vid dimensionering av utjämningsmagasin dessutom av tillrinningshydrografens form och den totala volymen. Bearbetningen av nederbörds-avrinnings-mätningarna har därför koncentrerats dels till ett studium av sambandet mellan nederbördsvolym och avrunnen volym, dels användning av en avrinningsmodell för simulering av avrinning från området. Avrinningsmodellen kan betraktas som ett första steg i en framtida modell för dimensionering av perkolationsanläggningar.

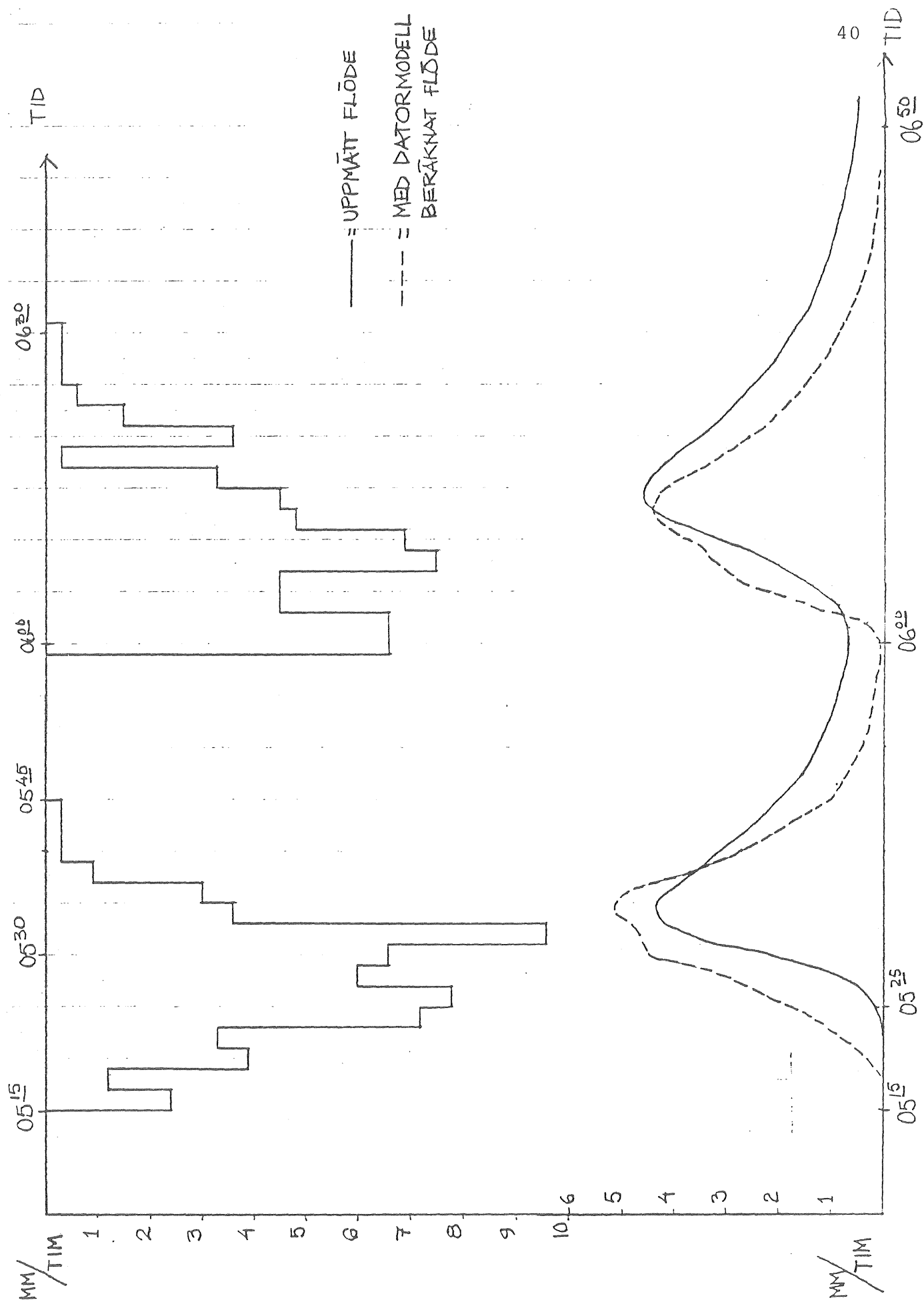


FIG. 22. Nederbördshyetograf, beräknad och observerad avrinningshydrograf, Halmstad 1976-09-14 klockan 05.15.

5.4.1 Samband mellan nederbördsvolym - avrunnen volym

De flesta urbana områden har en betydande andel permeabla ytor (gräsmattor, lekplatser, etc). Mätningar av infiltrationskapaciteten för olika marktyper i urbana områden, har visat på mycket höga värden jämfört med normala svenska nederbördsintensiteter. Avrinning från permeabla ytor är sålunda tämligen sällsynt. De regnintensiteter som vi har registrerat i den här aktuella undersökningen är mycket låga i jämförelse med de infiltrationskapaciteter som har uppmätts i området. Vi har därav antagit att ingen avrinning från permeabla ytor bidrar till dagvattenflödet i det aktuella området vid de studerade regntillfällena.

När nederbörd faller över en torr, hårdgjord, yta sker först en uppfuktning av ytmaterialet och en uppfyllnad av håligheter. Detta ytmagasin avrinner aldrig utan avdunstar efter det att regnet upphört. Resten av vattnet avrinner från ytorna och leds bort via ledningssystemet. De faktorer som inverkar på ytmagasinet är förutom ytans "bucklighet" även medellutning och ytmaterialets ojämnheter. Vid beräkning av avrinning för extrema nederbördstillfällen spelar ytmagasineringsen en mycket liten roll för maxflödets storlek.

En bra överblick över sambandet mellan regn och avrinning ger fig 23. Där visas nederbördsvolymen med tillhörande avrinningsvolym för 9 st uppmätta regn. För att kunna jämföra nederbördsvolymen med avrunnen volym har uppmätt nederbördsmängd (mm) multiplicerats med avrinningsområdets yta och innehåller därmed ett eventuellt mätfel (<5%). Antalet regn är egentligen för litet för att man skall kunna dra några definitiva slutsatser om sambandet mellan nederbördsvolym och avrunnen volym men tidigare utförda undersökningar i Bergsjön (Arnell, Lyngfelt, 1975) tyder på att sambandet är linjärt. Om punkter i figuren som representerar varje regntillfälle bildar en rät linje genom origo som har lutningen 45° betyder det att avrinningsytornas area är korrekt bestämd och att allt vatten som faller ned i form av regn också rinner av. Men en regressionslinje, (enligt "minsta kvadratmetoden") för punkterna, skär abskissan vid ca $1,6 \text{ m}^3$. Det betyder att vi här har en viss volym som aldrig

rinner av. Detta ger en uppfattning om den ungefärliga ytmagasineringsen för deltagande ytor. Ytmagasinerings: $\frac{1,6 \text{ m}^3}{3670 \text{ m}^2} = 0,44 \text{ mm}$ (Avrinningsytornas area: $A = 3670 \text{ m}^2$). Detta värde stämmer mycket väl överens med motsvarande undersökningar som gjorts i Bergsjön (0,4-0,5 mm, Arnell, 1975).

Att lutningen på linjen i fig 23 är mindre än 45° betyder att vi här har en förlust som är direkt proportionell mot nederbördsmängden. Regressionslinjens lutning är i det här fallet 77%. Detta kan uppfattas som att 23% av de impermeabla ytorna ej deltagar i avrinningen. Men det förefaller föga troligt att en förlust av 23% beror enbart på en felaktig bedömning av ytornas storlek. En stor del av denna förlust kan troligen hänföras till läckage i ledningarna.

En jämförelse mellan nederbördsintensiteten och avrinningen vid stationära förhållanden kan ge en uppfattning om sambandet mellan nederbörd och avrinning vid ett speciellt tillfälle. Vid studium av ett regn 761016 fann vi ett avsnitt i avrinningshydrografen som visar konstant flöde och att motsvarande avsnitt av nederbördshyetografen var lätt att identifiera. Jämförelsen visar att avrinningsflödet är $\frac{1,15}{1,50} = 77\%$ av regnintensiteten vilket är samma värde som erhållits ur regressionslinjens lutning i fig 23. Avsnittet vi här valt att studera, ligger i slutskedet av ett långvarigt regn med någorlunda hög intensitet i initialskedet för att vi därigenom skall undvika de förluster som där förekommer i form av ytmagasineringsen och liknande.

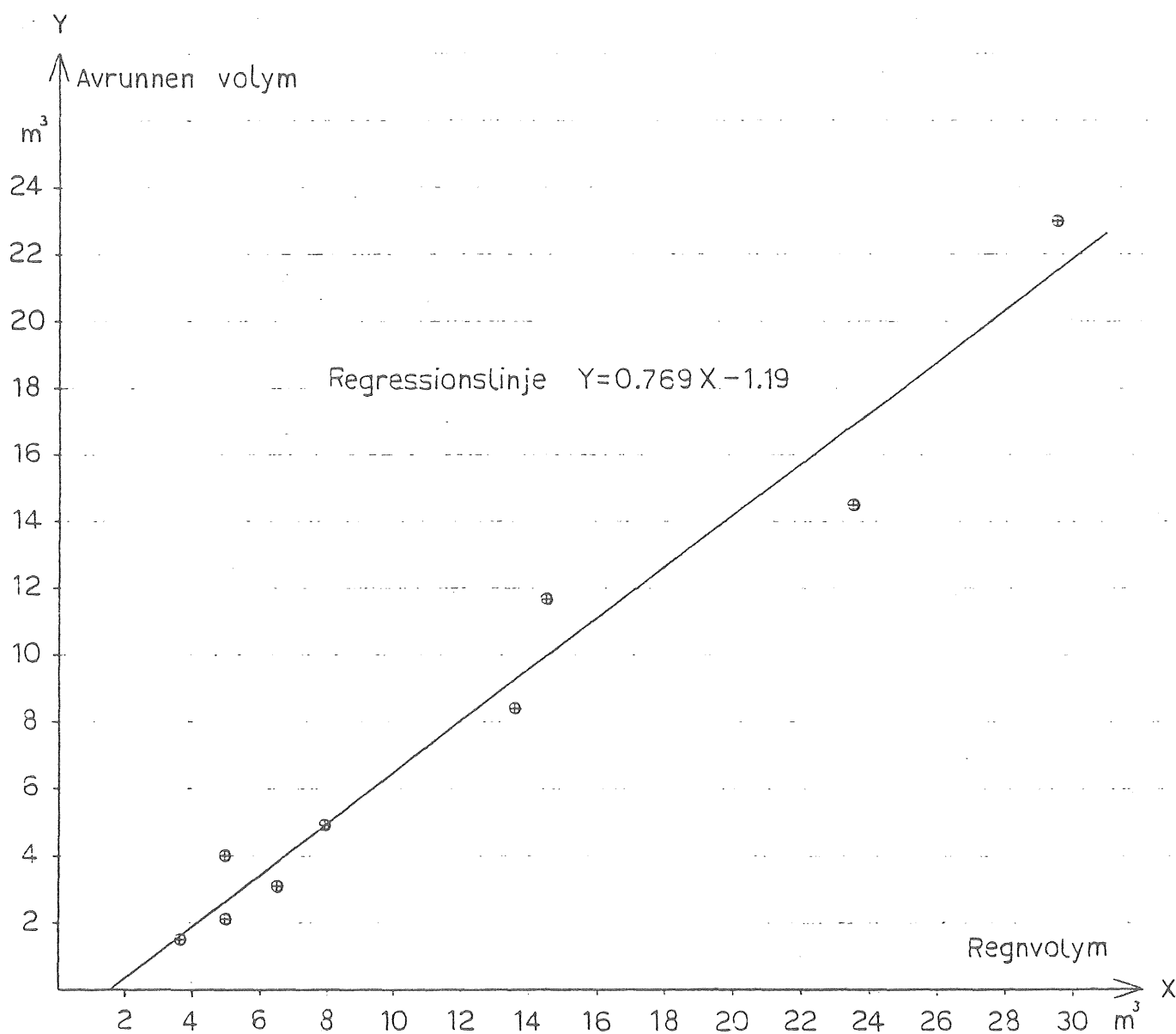


FIG. 23. Sambandet mellan regnvolym och avrunden volym för 9 regn.

6.1 Magasinets kapacitet

Två försök har gjorts där magasinet tillförts en känd mängd vatten och där verkningarna av det tillförda vattnet har registrerats i grundvattenobservationsrören. Fig 24 och 25 visar vattenståndsvariationerna i observationsrören tillsammans med de tillförda vattenflödena.

De två försöken visar hur vattnet fördelar sig ut från magasinet. Av det längre försöket (2) framgår att vattenytan i omkringliggande rör fortsätter att stiga även efter det att vattentillförseln brutits och magasinet börjat avsänkas.

Vid försök 1 kunde en stigande vattenyta konstateras i fördelningsbrunnarna, vid en intensitet av 5,2 l/s. Detta trots att vattenståndet i observationsröret i magasinet (rör 8) stod 1,3 m under brunnsnivån. De utbytbara filtren i fördelningsbrunnarna var vid tillfället avlägsnade. Vid en intensitet av 2,2 l/s erhöles en konstant nivå i fördelningsbrunnarna. Detta tyder på att vid en intensitet större än 2,2 l/s är fördelningsbrunnarna begränsande för infiltrationen. 2,2 l/s motsvaras teoretiskt av en konstant regnintensitet av 2,2 mm/tim.

Av vattnets stighastighet i fördelningsbrunnarna kan framräknas att ett regn med medelintensiteten 11,2 mm/tim skall ha en varaktighet över 100 min innan fördelningsbrunnarna och anläggningen uppströms översvämmas. Beräkningen bygger på extrapolering av en mycket kort observationsserie (fig 24). Osäkerheterna gör att beräkningen endast kan ses som en grov fingervisning.

Grundvattenytans höjning orsakad av infiltration har matematiskt beräknats (Walton, 1970). På så sätt har fig 26 framtagits. Denna figur anger hur lång tid olika regnintensiteter kan tas emot innan bräddning till nödavloppet sker. För att kunna göra dessa beräkningar har följande antaganden måst göras. Akviferen har oändlig utsträckning och mäktigheten 10 m, grundvattenytans ursprungliga nivå är +3,0 m och effektiva porositeten är 0,15.

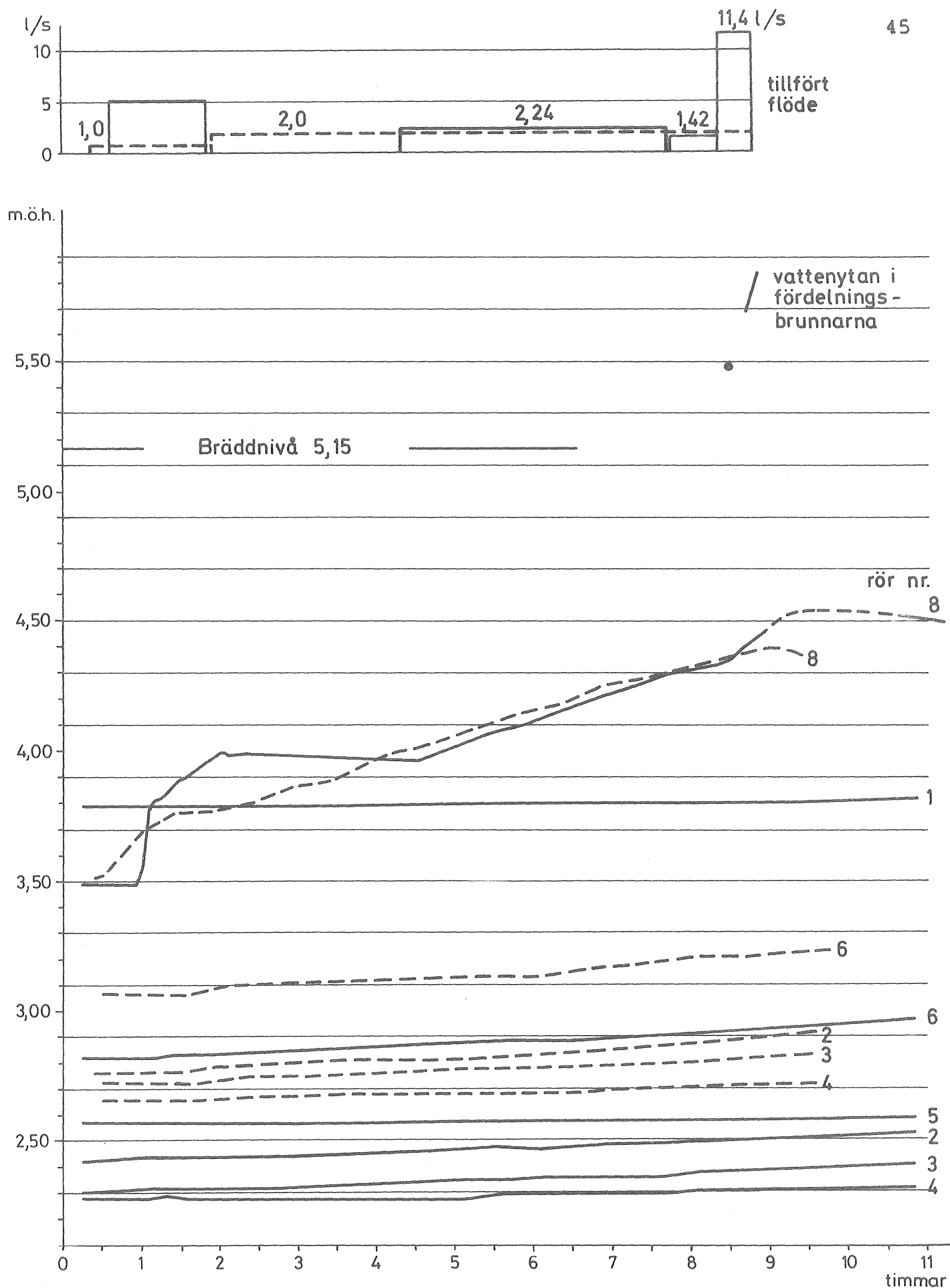


FIG. 24. Uppfyllnadsförsök 1 - heldragna linjer och uppfyllnadsförsök 2 - streckade linjer. Försök 2 varade under en längre tid och redovisas i sin helhet i figur 25.

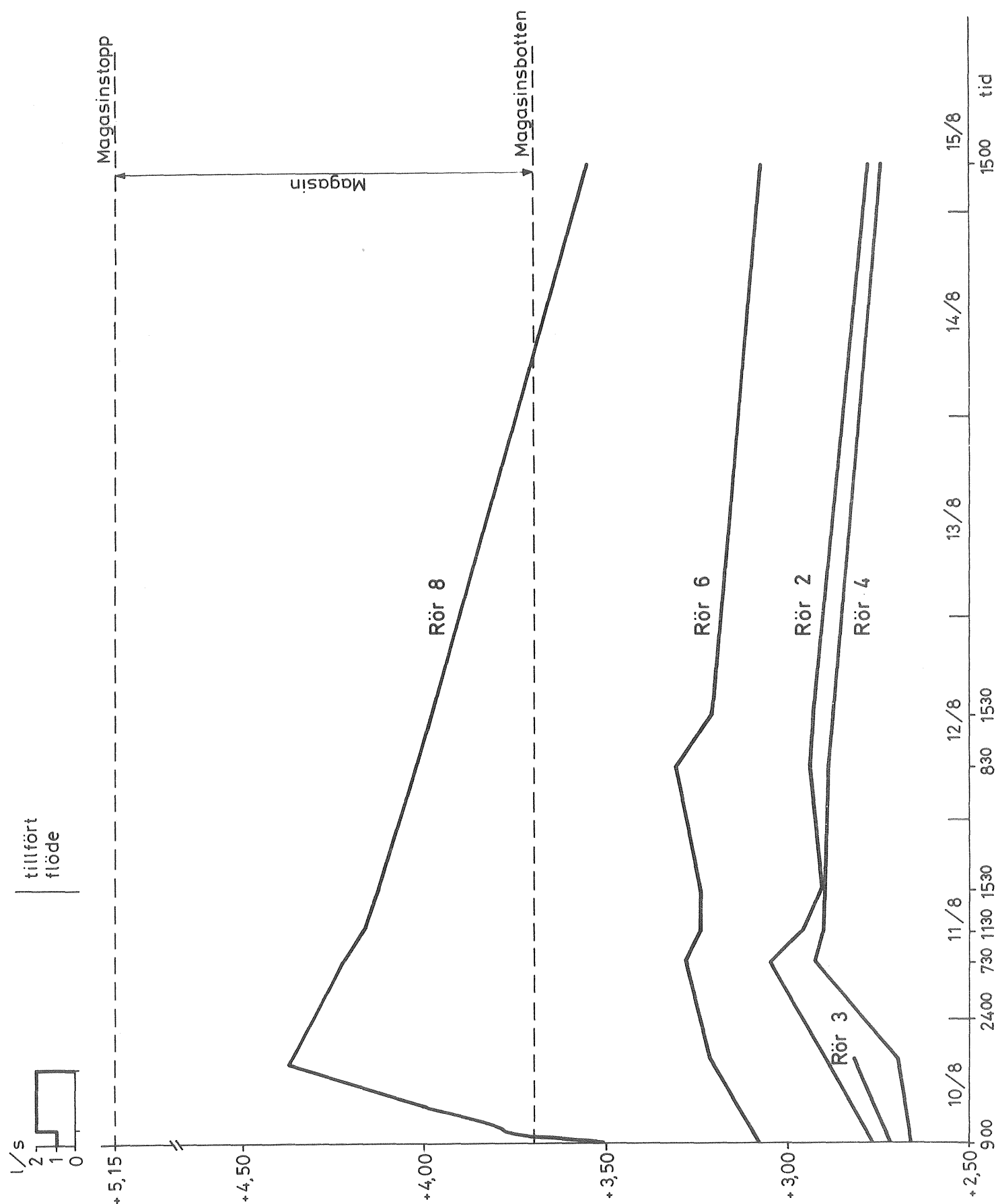


FIG. 25. Uppfyllnadsförsök i perkolationsmagasinet.
En mera detaljerad bild av försökets inlednings-
skede kan ses i figur 24 (streckade linjer).

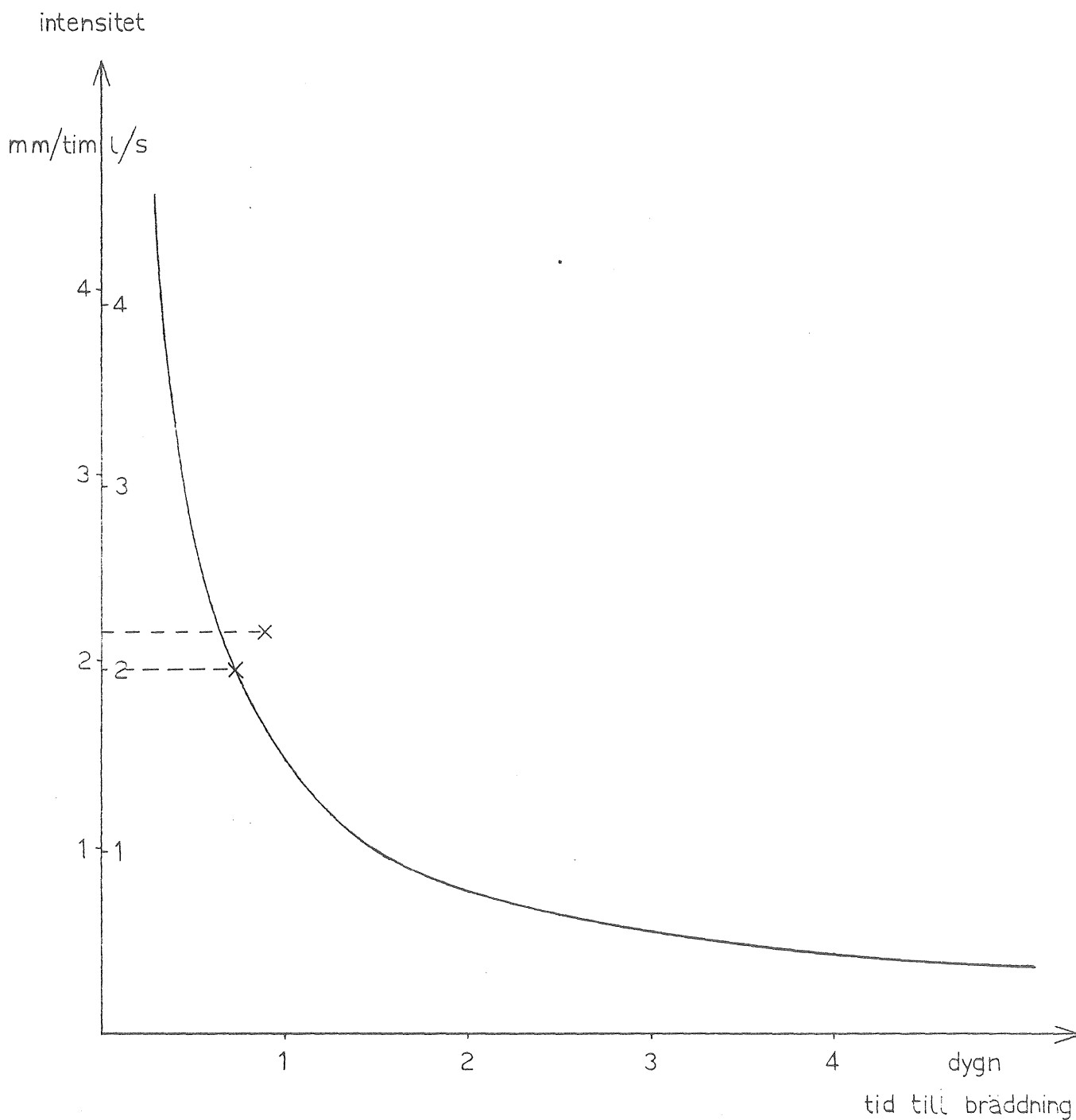


FIG. 26. Den tid magasinet kan ta emot olika regnkapaciteter innan nödavloppet träder i funktion. Funktionen är uppritad efter formeln i Walton 1970 under förutsättning att akviferen har oändlig utsträckning och mäktigheten 10 m. Grundvattenytans ursprungliga nivå är +3,0 m och effektiva porositeten är 0,15. Kryssen anger det värde som erhålls ur FIG. 24 för 2,2 l/s, resp 2,0 l/s.

Av fig 26 framgår att bräddning till nödavlloppet sker efter ca 15 timmar vid en regnintensitet på 2,2 l/s och efter ca 18 timmar vid en intensitet på 2,0 l/s. Om man istället studerar fig 24 så framgår där, att vattenytans höjning i rör 8 vid flödet 2,2 l/s och 2,0 l/s kan approximeras med rätta linjer. Av linjernas lutning kan framräknas att vattenytans höjning från +3,0 m till bräddnivån +5,15 m skulle ta 18 timmar vid tillflödet 2,24 l/s och 21,5 timmar vid tillflödet 2,0 l/s. En jämförelse mellan dessa värden och de som fås ur fig 26 ger förvånansvärt god överensstämmelse med tanke på de antaganden som ligger till grund för fig 26. Skillnaderna och osäkerheterna får tas som representativa för perkolationsanläggningen.

6.2 Synpunkter på anläggningens utformning

I relation till storleken på fördelningsbrunnarnas bottenarea och att de utbytbara filtren hade avlägsnats, bedömdes max infiltrationskapacitet 2,2 l/s vara låg. Med anledning härav gjordes siktanalys av sanden i fördelningsbrunnarna. Provet kan karakteriseras som grusig sand. Siktkurvans utseende antyder att kapaciteten ej kan ökas nämnvärt genom utbyte mot annat material eller genom att sanden avlägsnas helt. Men trots att infiltrationen ej klarar ens medelmåttiga intensiteter så fungerar anläggningen som helhet mycket bra. Vid intensiteter högre än vad som infiltrationskapaciteten klarar av fungerar anläggningen uppströms infiltrationsytorna som ett utjämningsmagasin med tillräcklig kapacitet.

Om man vid eventuella framtida behov vill kunna höja infiltrationskapaciteten så kan man då göra detta genom att öka infiltrationsytan. Antingen genom att diametern ökas på brunnarna eller genom att ansluta en tredje fördelningsbrunn till de övriga. Ett tredje alternativ kan tänkas vara att lägga perforerade ledningar ut från fördelningsbrunnarna över perkolationsmagasinet.

På grund av det ringa avståndet mellan magasinsbotten och grundvattenytan föreligger stor risk att den lokala överhöjningen av grundvattenytan under magasinet når upp till magasinsbotten. Detta medför att dagvattnet, istället för att perkolera genom en luftad zon, infiltreras direkt ner i vattenmättad mark utan tillgång till luftens syre. Detta har stor betydelse vid förekomst av föroreningar i dagvattnet. För att minska risken att överhöjningen skall nå upp till magasinsbotten borde magasinet ha gjorts grundare och bottenarean utökats för att bibehålla erforderlig magasinsvolym. (Detta speciellt med tanke på att den disponibla ytan i parken är betydligt större än vad som har tagits i anspråk).

7 DAGVATTNETS KVALITET OCH DESS PÅVERKAN
PÅ OMGIVNINGEN VID INFILTRATION

7.1 Provtagning

Vattenprover har tagits dels på inkommande dagvatten och dels från grundvattenrören. På vattenproverna har följande komponenter analyserats:

- tungmetaller: -zink
-koppar
-bly
- suspenderat material
- elektrisk ledningsförmåga
- pH

Vid bedömningen av analysresultaten bör man tänka på att siffer-
värdena är framtagna via flera etapper, var och en behäftad
med svårigheter, t ex metodval, utrustning, provtagning, kon-
servering, transport, lagring, analysförfarande mm. Dessutom
kan ämnen som inte är representativa för grund- resp dagvatt-
net i stort ha följt med proverna. Så t ex kan metaller ha
lösts ut från grundvattenobservationsrören.

7.2 Resultat

7.2.1 Tungmetaller

De uppmätta värdena från dagvattnet i Halmstad stämmer mycket väl överens med de tungmetallkoncentrationer som erhållits i villakvarter i Floda, öster om Göteborg (Malmquist, Svensson, 1977).

Föroreningsflödena följer förändringarna i vattenflödet. Typiskt är att zinkflödena fluktuerar mer än koppar- och blyflödena.

Det inkommande dagvattnets metallhalter är alltså så höga som man normalt kan vänta sig för ett område av den karaktär som studerats. Man noterar däremot att metallhalterna i grundvattnet är betydligt högre än i dagvattnet. Speciellt i rör 3 har förvånande höga bly och kopparhalter uppmätts (400 µg Pb/l, 600 µg Cu/l).

Det har skisserats två möjliga teorier, som kan förklara de skiftande och onormalt höga tungmetallhalterna i vattenståndsrören.

En förklaring kan vara, att i de fyllnadsmassor som är utlagda i parken finns metallföremål som märkbart förhöjer tungmetallhalterna i området. Detta gäller speciellt området från perkolationsmagasinet till rör 3:s omedelbara närhet. Rör 3 ligger visserligen i grundvattnets strömningsriktning, men att någon ackumulation av tungmetaller skulle ske på så stort avstånd från magasinet i den relativt finkorniga jorden, måste anses osannolikt. Den stora differensen i tungmetallhalter mellan rören 2, 4, 6 och 3 styrker också denna teori. De höga zinkhalterna i grundvattnet kan tyda på att avrinningen från vissa tak och stuprännor, uppströms anläggningen, inte är inkopplad på spillvattenledningar, utan infiltrerar direkt ner i grundvattnet.

Den andra förklaringen kan vara att det i dagvattnet, och i viss mån i grundvattnet, finns bly och svavel. Bottenvattnet från rör 3 hade stark lukt av svavelväte. Eftersom anaeroba betingelser råder, innebär detta att en mikrobiologisk process kan påskynda att svavlet reduceras till sulfid, som sedan tillsammans med bly bildar bly sulfid. Följden blir att blyhalten ökar. Rör 3 är galvaniserat och har därför mycket höga zinkhalter. Zink är en tämligen oädel metall, som vid dessa förhållanden lätt löses ut i vattnet. Detta faktum kan också tänkas påskynda ovan beskriven process.

Troligen orsakas tungmetallhalterna av en kombination av de båda angivna förklaringarna. På grundval av nu kända fakta går dock ej att närmare avgöra detta. För säkrare bedömningarfordras ytterligare undersökningar.

7.2.2 Suspenderat material

Det erhållna medelvärde på suspenderat material är ca 21 mg SS/l. Detta får anses som mycket måttligt.

En för perkolationsanläggningen ur driftssynpunkt viktig fråga är risken för igensättning. Marken runt magasinet består mestadels av sand och mo. Det innebär att jorden är mycket permeabel. Förutsatt att man kan förhindra att löv, grenar o dyl tränger ner i magasinet, förefaller risken för igensättning liten. Eftersom det är de två fördelningsbrunnarnas bottenarea som är hela systemets begränsande faktor, bör eventuella filter ha så stor hålprocent att filtret inte hindrar vattnet att strömma ner i magasinet.

7.2.3 Elektrisk ledningsförmåga och pH

Vid ett och samma tillfälle togs prover dels på inkommande dagvatten, dels på vattnet i vattenståndsrören. Dessa värden uppmättes:

	pH	Ledningsförmåga
Inkommande dagvatten	7,3	55 mho/cm
Rör 1	9,1	113 "
2	9,3	118 "
3	6,5	212 "
4	7,6	122 "
5	7,6	120 "
6	8,6	118 "
7	9,8	90 "
8	7,0	145 "

Variationerna i ledningsförmåga är för små för att man skall kunna dra några slutsatser därav.

Av pH-värdena kan man däremot utläsa en del intressanta saker. Att inkommande dagvatten har pH 7,3 är normalt. Däremot är det synnerligen ovanligt att finna pH-värden som närmar sig pH 10. Normalt går ej pH-värdet för ett grundvatten eller dagvatten över pH 8,5 som är den s k bikarbonatpunkten. Detta innebär att någon form av basisk produkt, t ex kalkputs eller kalkbruk, måste finnas i schaktmassorna kring rör 1, 2 och 7.

Föreliggande rapport avser delredovisning inom forskningsprojektet "Lokalt omhändertagande av dagvatten" som sedan våren 1976 bedrivs av Geohydrologiska forskningsgruppen, Chalmers tekniska högskola.

Rapporten behandlar studium av en perkolationsanläggning för lokalt omhändertagande av dagvatten, belägen i Halmstad. Studien avser dels geologiska och hydrogeologiska förhållanden dels också anläggningens funktion, kapacitet och inverkan på omgivningen.

Perkolationsanläggningen är belägen i en park inom ett bostadsområde. Bebyggelsen utgörs av 24 friliggande villor och ett barndaghem. De permeabla ytorna i området består av grusgångar, gräsytor eller andra trädgårdsanläggningar. Samtliga hustak i området är för närvarande anslutna till spillvattensystemet. Perkolationsanläggningen är dimensionerad för att hustaken skall anslutas, men så har ännu inte skett. De till perkolationsanläggningen avvattnade ytorna består alltså för närvarande endast av asfalterade ytor såsom gator, trottoarer och garageinfarter till husen. Avrinningsområdets totala yta är 3,7 ha och de impermeabla ytornas andel är ca 10%.

Av de nederbörds- och avrinningsmätningar som utförts kan man sluta sig till att 23% av de impermeabla ytorna inte deltar i avrinningen. Till en del kan detta bero på felaktig bedömning av ytornas storlek men en stor del av förlusten kan troligen hänföras till ledningsläckage.

Magasinets kapacitet har testats i två försök. Resultaten ger vid handen att fördelningsbrunnarna är begränsande för anläggningens kapacitet vid tillförda intensiteter över 2,2 l/s. Detta motsvaras teoretiskt av en konstant regnintensitet på 2,2 mm/tim.

Av försöken framgår vidare att vattenytans höjning i magasinet, från +3,0 m till bräddnivån +5,15 m skulle ta ca 18 timmar vid tillflödet 2,24 l/s och ca 21,5 vid tillflödet 2,0 l/s.

Permeabiliteten i jordlagren kring magasinet har med olika metoder beräknats till i medeltal omkring $1 \cdot 10^{-6}$ m/s. Markytans infiltrationskapacitet i parkens naturliga marklager vid sidan av magasinet har uppmätts till 420 mm/tim respektive 140 mm/tim. Resultaten antyder att så kallad ytinfiltration, dvs vatten från impermeabla ytor släpps ut direkt på de permeabla, skulle väl gå att utnyttja inom området. Troligen skulle tillgängliga permeabla ytor åtminstone teoretiskt kunna ta emot allt avrinnande dagvatten inom området.

Resultaten av de kemiska analyser som gjorts på inkommande dagvatten och på vatten i grundvattenobservationsrören kan inte direkt tolkas så att anläggningen påverkar grundvattenkvaliten. Däremot torde fyllnadsmassor i parken innehålla både metallföremål och kalk. Detta återspeglas i onormalt höga bly-, koppar- och pH-värden i vissa vattenståndsrör.

Det inkommande vattnets halt av suspenderat material är mycket måttlig (ca 21 mg SS/l). Risken för igensättning av magasinet förefaller liten med de rådande geologiska förhållandena. Eftersom det är de två fördelningsbrunnarnas bottenarea som är hela systemets begränsande faktor bör eventuella filter ha så god genomsläpplighet att de inte hindrar vattnet att strömma ner i magasinet.

Arnell V, Lyngfelt S, 1975. Interimsrapport. Beräkningsmodell för simulering av dagvattenflöde inom bebyggda områden. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, meddelande nr 12.

Byggforskningen, informationsblad B7:1972.

Caldenius C, Linnman G, 1949. En senkvartär regressions- och transgressionslagerföljd vid Halmstad. SGU ser C, nr 502.

Caldenius C, Larsson W, Mohren E, Linnman G, Tullström H, 1966. Beskrivning till kartbladet Halmstad. SGU ser Aa nr 198.

Ericsson L O, 1978. Bestämning av hydraulisk konduktivitet i sandiga jordarter med hjälp av kornstorleksfördelningen eller specifika ytan. Rapport D 39, Geologiska institutionen, CTH. Göteborg.

Ericsson M, Cedergårdh P, Svensson K, 1978. Perkolationsanläggning i Halmstad. Examensarbete 1976:2, Institutionen för vattenbyggnad, CTH. Göteborg.

Lind B, 1977. Kvartära avlagringar och geohydrologiska förhållanden i Halmstad. C-kursarbete, CTH/Göteborgs universitet, Geologiska institutionen. Publ B 85.

Malmquist P-A, Svensson G, 1977. Urban stormwater pollutant sources. Chalmers tekniska högskola, inst f VA-teknik.

Sydsvenska Ingenjörbyrå, 1971. Översiktlig geohydrologisk undersökning inom Fyllinge- och Kistingeområdena. P A Hedar, O Holmstrand, 12 juli 1971.

Walton W C, 1970. Groundwater Resource Evaluation. Mc Graw-Hill series. New York.

GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Institutionerna för
Geologi
Geoteknik med grundläggning
Vattenbyggnad
Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

Meddelande:

- nr 1 Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Lägesrapporter (1972-07-01--1973-03-01). 1973. 100 sidor. 20:-. (Utgången).
- nr 2 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 1. Evaluering av akviferers geohydrologiska data med hjälp av provpumpningsdata. 1973. 67 sidor. 20:-.
- nr 3 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 2. Evaluering av lågpermeabla lagers hydrauliska diffusivitet med hjälp av provpumpningsdata. 1973. 17 sidor. 15:-.
- nr 4 Viktor Arnell: Nederbördsräknare. En sammanställning av några olika räknetyper. 1973. 39 sidor. 15:-. (Utgången).
- nr 5 Viktor Arnell: Intensitets-varaktighetskurvor för häftiga regn i Göteborg under 45-årsperioden 1926 - 1971. 1974. 68 sidor. 20:-.
- nr 6 Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Lägesrapporter (1973-03-01--1974-02-01). 1974. 167 sidor. 20:-.
- nr 7 Olov Holmstrand, Per O Wedel: Ingenjörsgelogiska kartor - litteraturstudier. 1974. 55 sidor. 15:-.
- nr 8 Anders Sjöberg: Interim Report. Mathematical Models for Gradually Varied Unsteady Free Flow. Development and Discussion of Basic Equations. Preliminary Studies of Methods for Flood Routing in Storm Drains. 1974. 74 sidor. 20:-. (Utgången).
- nr 9 Olov Holmstrand (red.): Seminarium om ingenjörsgelogiska kartor. 1974. 38 sidor. 15:-. (Utgången).
- nr 10 Viktor Arnell, Börje Sjölander: Mätning av nederbördsintensiteter i Göteborgsregionen. Stationsbeskrivning. 1974. 53 sidor. 15:-. (Utgången).
- nr 11 Per-Arne Malmquist, Gilbert Svensson: Dagvattnets beskaffenhet och egenskaper. Sammanställning av utförda dagvattenundersökningar i Stockholm och Göteborg 1969 - 1972. Engelsk sammanfattning. 1974. 46 sidor. 20:-.
- nr 12 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt: Interimrapport. Beräkningsmodell för simulering av dagvattenflöde inom bebyggda områden. Geohydrologiska forskningsgruppen i samarbete med VA-verket i Göteborg, meddelande nr 12, 1975. 50 sidor. 15:-.

- nr 13 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt: Nederbörds-avrinningsmätningar i Bergsjön, Göteborg 1973 - 1974. 1975. 92 sidor. 20:-.
- nr 14 Per-Arne Malmquist, Gilbert Svensson: Delrapport. Dagvattnets sammansättning i Göteborg. Engelsk sammanfattning. 1975. 73 sidor. 20:-. (Utgången).
- nr 15 Dagvatten. Uppsatser presenterade vid konferens om urban hydrologi i Sarpsborg 1975. 1976. 33 sidor. 15:-.
Följande uppsatser ingår:
Arnell V. Beräkningsmetod för analys av dagvattenflödet inom ett urbant område.
Lyngfelt S. Nederbörds-avrinningsstudier i Bergsjön, Göteborg.
Sjöberg A. CTH-ledningsnätmodell DAGVL-A.
Svensson G. Dagvattnets sammansättning, inverkan av urbanisering.
- nr 16 Grundvatten. Uppsatser presenterade vid konferens om urban hydrologi i Sarpsborg 1975. 1976. 43 s. 15:-.
Följande uppsatser ingår:
Andréasson L, Cederwall K. Rubbningar av grundvattenbalansen i urbana områden.
Carlsson L. Djupinfiltration i slutna akviferer.
Torstensson B-A. Följder av grundvattensänkning inom lerområden.
Wedel P. Exempel på dränering av jordlager på grund av tunnelbyggande.
- nr 17 Olov Holmstrand, Per Wedel: Markvattenundersökningar i ett urbant område. 1976. 127 sidor. 25:-.
- nr 18 Göran Ejdeling: Beräkningsmodeller för prognos av grundvattenförhållanden. 1978. 130 sidor. 25:-.
- nr 19 Viktor Arnell, Jan Falk, Per-Arne Malmquist: Urban Storm Water Research in Sweden. 1977. 30 sidor. 15:-.
- nr 20 Viktor Arnell: Studier av amerikansk dagvattenteknik. Resa i december 1976. 1977. 64 sidor. 15:-.
- nr 21 Leif Carlsson: Reserapport från studieresa i USA samt deltagande i 2nd International Symposium on Land Subsidence in Anaheim, USA. 29 nov - 17 dec 1976. 1977. 61 sidor. 15:-.
- nr 22 Per O Wedel: Grundvattenbildning, samspelet jordlager och berggrund. Exemplifierat från ett försöksområde i Angered. 1978. 130 sidor. 25:-.
- nr 23 Viktor Arnell: Nederbördsdata vid dimensionering av dagvattensystem med hjälp av detaljerade beräkningsmodeller. En inledande studie. 1977. 1977. 29 sidor. 20:-.
- nr 24 Leif Carlsson, Klas Cederwall: Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Geohydrologisk forskning vid CTH, Sektion V, under perioden 1972-75. 1977. 17 sidor. 15:-.

- nr 25 Lars O Ericsson (red.): Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport från första verksamhetsåret 1976-02-01--1977-01-31. 1977. 120 sidor. 25:-.
- nr 26 Ann-Carin Andersson, Jan Berntsson: Kontrollerad grundvattenbalans genom djupinfiltration. En invertering av djupinfiltrationsprojekt. 1978.
- nr 27 Anders Eriksson, Per Lindvall: Lokalt omhändertagande av dagvatten. Resultatredovisning av enkät rörande drift och konstruktion av perkolationsanläggningar. 1978. 126 sidor. 25:-.
- nr 28 Olov Holmstrand (red.): Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport nr 2 från perioden 1977-02-01--1977-11-30. 1978. 69 sidor. 20:-.
- nr 29 Leif Carlsson: Djupinfiltrationsstudier i Angered. 1978. 70 sidor. 25:-.
- nr 30 Lars O Ericsson: Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell. Teori, Undersökning, Mätning och Utvärdering. 1978. 45 sidor. 20:-.
- nr 31 Lars O Ericsson: Permeabilitetsbestämning i fält vid perkolationsmagasin. Dimensionering. 1978. 15 sidor. 15:-.
- nr 32 Lars O Ericsson, Stig Hård: Infiltrationsundersökningar i stadsdelen Ryd, Linköping. 1978. 145 sidor. 25:-.
- nr 33 Jan Hällgren, Per-Arne Malmquist: Urban Hydrology Research in Sweden 1978. Swedish Coordinating Committee for Urban Hydrology Research. 1978. 14 sidor. 10:-.
- nr 34 Bo Lind, Göte Nordin: Geohydrologi och vegetation i Dalen 5, Karlskoga. 1978. 63 sidor. 25:-.
- nr 35 Eivor Bucht, Bo Lind: Metodfrågor vid naturanpassad stadsplanering - erfarenheter från studie i Karlskoga. 1978. 65 sidor. 25:-.
- nr 36 Under utarbetande.
- nr 37 P-A Malmquist m fl. Papers on Urban Hydrology 1977-78. 99 sid. 20:-.
- nr 38 Viktor Arnell, P-A Malmquist, Bo-Göran Lindquist, Gilbert Svensson: Uppsatser om Dagvattenteknik 1978. 30 sid. 15:-.
- nr 39 Bo Lind: Dagvatteninfiltration - förutsättningar inom ett bergsområde, Östra Gårdsten i Göteborg. 32 sid. 25:-.
- nr 40 P-A Malmquist (red): Geohydrologiska forskninggruppen 1972-78. Sammanställning av uppnådda resultat. 96 sid. Kostnadsfri.
- nr 41 Gilbert Svensson, Kjell Øren: Planeringsmodeller för avloppssystem. NIVA - modellen tillämpad på Torslanda avrinningsområde. 71 sid. 25:-.
- nr 42 P-A Malmquist (red): Infiltrera dagvatten. Diskussioner och figurer från CTH-seminarium 1979-04-20. sid. 86. 25:-.