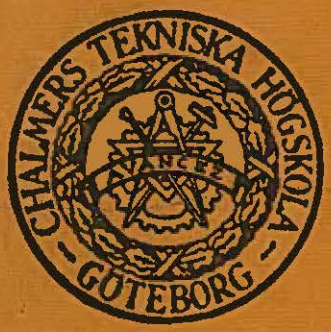
Lyng Relt

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA



GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Institutionerna för:

Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

URBANISERINGSPROCESSENS INVERKAN PÅ YTVATTENAVRINNING OCH GRUNDVATTENBILDNING

Lägesrapporter

(1973-03-01 – 1974-02-01)

Meddelande nr 6

GÖTEBORG 1974

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Projektsamordning:	Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning
Delprojekt 1:	Dagvattenstudier i Göteborg
Delprojekt 2:	Dagvattenavledning – flödesmodeller
Delprojekt 3:	Dagvattnets sammansättning
Delprojekt 4:	Grundvattenbildning – grundvattenbalans
Delprojekt 5:	Markvattenmagasinets betydelse för ytavrinning och grundvattenbildning inom ett urbant område
Delprojekt 6:	Utveckling av hydrogeologiska-byggnadsgeologiska kartor
Delprojekt 7:	Grundvattensänkningens följder och motåtgärder
Delprojekt 8:	Metodstudier för att återställa eller bibehålla grundvattentrycket
Göran Ejdeling:	Tillämpning av STEGA:s datormodell för grundvattenberäkningar i Göteborg. (Projektet formellt placerat utanför Geohydrologiska forskningsgruppen)

Tidigare publicerad litteratur

Geohydrologisk forskning vid CTH, sektion V, omfattande institutionerna geologi, geoteknik med grundläggning, vattenbyggnad och VA-teknik.

URBANISERINGSPROCESSENS INVERKAN PÅ YTVATTENAVRINNING OCH GRUNDVATTENBILDNING

K. Cederwall: Projektsamordning
Inledande översikt

Tilldelade anslag för budgetåret 1973/74

För innevarande budgetår har Statens råd för byggnadsforskning (BFR) anslagit följande medel för den geohydrologiska forskningen vid CTH. Inom parentes anges nedan huvudansvarig institution.

Delprojekt	Tilldelat anslag
1 Dagvattenstudier i Göteborg (vattenbyggnad)	87.000
2 Dagvattenavledning – flödesmodeller (vattenbyggnad)	60.000
3 Dagvattnets sammansättning (VA-teknik)	7.000
4 Grundvattenbildning – grundvattenbalans (geologi)	139.000
5 Markvattenmagasinets betydelse för ytavrinning och grundvattenbildning inom ett urbant område (geologi)	
6 Utveckling av hydrogeologiska - byggnadsgeologiska kartor (geologi)	10.000
7 Grundvattensänkningens följder och motåtgärder (geoteknik)	84.000

8	Metodstudier för att återställa eller bibehålla grundvattentrycket (VA-teknik)	57.000
	Projektsamordning (inkl 4 lab. ing. och en projektsekreterare)	266.000
	Totalt	710.000

Till detta kommer VA-verkets ekonomiska engagemang dels beträffande dagvattenstudier och dels beträffande grundvattenkors som tillsammans för budgetåret uppskattas till ca 70.000:-. För budgetåret 1974/75 har BFR reserverat 700.000 för projektet.

Synpunkter på projektet i sin helhet

Det geohydrologiska forskningsprojektet är exempel på s k integrerad forskning, där ett flertal angränsande ämnesområden är involverade med en gemensam övergripande målsättning. Som en följd av detta bedrivs arbetet i stor utsträckning över institutionsgränserna och samordnade, breda bedömningar av verksamheten eftersträvas. Det kan vara lämpligt att här i samband med den andra lägesredovisningen till BFR helt kort ge några synpunkter på samordningsproblematiken. Projektet har drivits i ca 1 1/2 år och det är viktigt att under den tid som återstår av den planerade projekttiden om 3 år alla möjligheter utnyttjas för att få gruppen att fungera som en enhet.

Syftet med undersökningen - att analysera de geohydrologiska förhållanden som berör ytvattenavrinning och grundvattenbildning i bebyggelsepåverkade områden - är i sin formulering relativt enhetlig. Genom den organisatoriskt nödvändiga uppdelningen på delprojekt sker en uppspaltning i ytvatten- resp jordvattenorienterade studier. Ett sätt att förhindra tendenser till kategoriklyvning inom gruppen är att bilda arbetsgrupper med företrädare från olika delprojekt. Markvattenundersökningen, som är betydelsefull bl a för samarbetet inom gruppen - rent anslagsmässigt utgör dock undersökningen en mycket liten del av CTH-forskningen - ligger exempelvis ansvarighetsmässigt hos geologiinstitutionen men uppgiften planeras och utföres gemensamt med bl a vattenbyggnad. Genom att förlägga en del av denna undersökning till Bergsjöns försöksområde (som utgör ett av de områden där ytavrinning studeras) kan markvattenobservationerna effektivt korreleras med nederbörd, ytavrinning och grundvattenbildning. Samtidigt spelar markvattenförhållandena en

viktig roll i grundvattenbalansen. Parallella markvattenundersökningar kan också utföras i Angered i det område där geologiinstitutionen studerar grundvattnets strömningsvägar i jord berg.

Något som berör varje delprojekt och dessutom är i högsta grad väsentligt för bedömning av projektet i sin helhet är den praktiska anpassningen av de resultat som nu efterhand kommer fram. Det måste ställas vetenskapligt höga krav på arbetet men det är primärt i vårt eget intresse liksom också i BFR:s att projektet - dess målsättning, uppläggning och resultatutvärdering - medger verklig marknadsföring och utnyttjande av resultaten i det praktiska byggandet. För ett problemkomplex som urban geohydrologi erfordras översiktliga överväganden av systemanalyskaraktär i detta begrepps riktiga bemärkelse. Avgränsade, isolerade forskningsinsatser bör undvikas.

Det är en styrka i detta sammanhang att de allra flesta deltagarna i forskningsprojektet har varit praktiskt verksamma och således med utgångspunkt från egna erfarenheter kan se problemställningarna i ett vidgat perspektiv. Arbetet underlättas också av de snabbt uppbyggda kontakter mellan olika geohydrologiskt engagerade forskare i första hand i Norden som kommit till stånd. Här har seminarieverksamhet och annan kommunikation som initierats av BFR:s programgrupp för geohydrologisk forskning varit effektiv och den diskussion med de aktiva forskarna och fortlöpande målanalys som programgruppen utför upplevs allmänt mycket positivt.

Dagvattenundersökningarna

Dagvattenstudierna är inriktade på två problem,

a) kartläggning av dagvattnets sammansättning

b) analys av avrinningsförloppet med tanke på dimensionering av avledningssystemet.

Vad gäller punkt a) dagvattnets sammansättning så avvecklades mätprogrammet i huvudsak vid årsskiftet och nu tas endast "samlingsprover" i begränsad utsträckning vid försöksområdena i samband med häftiga regn. Arbetet bedrivs nu i syfte att klargöra hur de under mätningarna använda analysparametrarna, t. ex. tungmetallhalter, varierar under olika regntillfällen. Intentionerna är att

den slutrapport som utarbetas under våren skall leda fram till ett förslag till prognosinstrument, där sådana input som geografisk belägenhet, stadsdelstyp, regnkarakteristika (hydrologi) kan förutsäga den föroreningsbelastning som olika nederbördstillfällen utlöser. Det relativt omfattande dataunderlag som nu finns tillgängligt (CTH inklusive P. Lispers mätningar, G. Söderlunds Stockholmsundersökningar samt en del utländskt källmaterial) kan anses motivera en så ambitiös målsättning. Den ökade kunskapen om dagvattnets sammansättning behövs för bedömning av behandlingsåtgärder för dagvattnet före infiltration, utsläpp i recipienten etc.

En möjlig vidareutveckling av projektet kan ske genom anknytning till andra parametrar t ex korrelering av observationsvärden på dagvattnets sammansättning även med luftföroreningsparametrar. Detta skulle då aktualisera en samordning av CTH-forskningen även med andra institutioner utanför V-sektionen.

Med punkt b) ovan dvs analys av avrinningsförloppet avses framtagande av en ledningsnätsmodell:

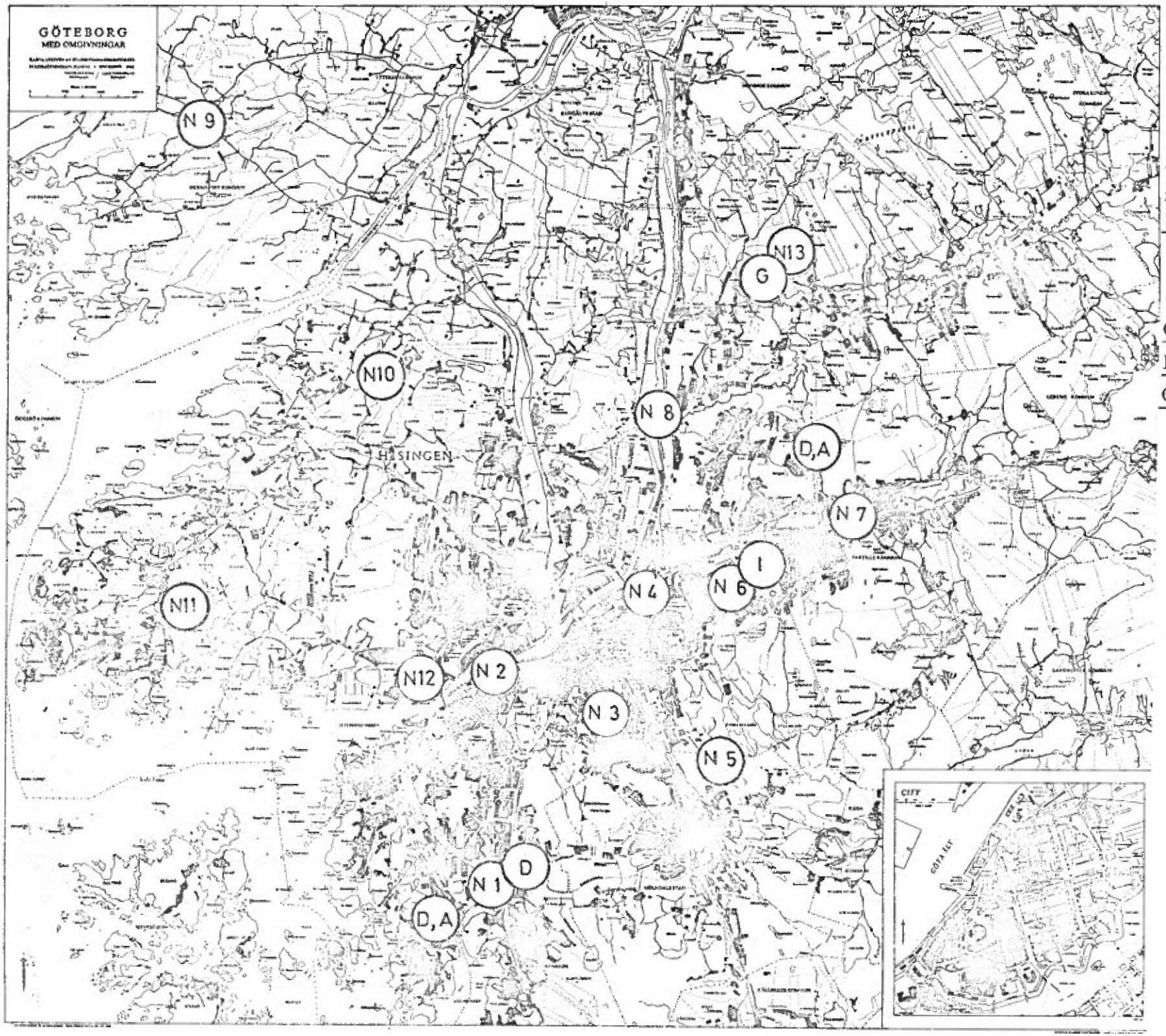
ledningsnätsmodell = { hydrologiska ingångsdata + avrinningsförloppet i ledningssystemet

Den geohydrologiska gruppens arbete med analys av dagvattenavledningen består av följande moment:

1. bearbetning av gamla nederbördsobservationer rörande häftiga regn i Göteborgsområdet,
2. etablering av en serie nya nederbördsstationer i Göteborgsområdet,
3. avrinningsstudier i två försöksområden (Bergsjön och Åkered)
4. utveckling av avrinningsmodeller.

Dessa undersökningar sker i nära samarbete med Göteborgs Stads Vatten- och Avloppsverk som också ekonomiskt lämnar avsevärda bidrag för dessa delprojekts genomförande. Vidare tillkommer ett projekt benämnt

5. Grova ledningars hydraulik



Nederbördsstudier

N = etablerade nederbördsmätare

Dagvattenundersökning

A = Avrinningsstudier

D = Försök rörande dagvattnets sammansättning

Grundvattenbalans

I = Infiltrationsförsök

G = Grundvattnets strömningsvägar

Geohydrologiska forskningsgruppen vid CTH
Försöksstationer inom Göteborgsområdet

samt slutligen också en undersökning rörande

6. Markvattenförhållandenas inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning.

För bearbetning av gamla nederbördsobservationer lämnas en redogörelse i denna lägesrapport. 12 nederbördsstationer är i funktion och avrinningsstudierna har pågått sedan ungefär ett år. Dagvattenundersökningarna skall - för att rekapitulera målsättningen - leda till praktiskt användbara metoder för beskrivning av dagvattenavrinningen detta som underlag för en tekniskt-ekonomiskt riktig ledningsdimensionering.

Projektet grova ledningars hydraulik redovisar i en första etapp en detaljerad hydraulisk analys av icke-stationär strömning. I en andra etapp är uppgiften att ge förslag på en ledningsnätsmodell som så korrekt som möjligt beskriver det hydrauliska förloppet i sådana förekommande (grövre) lednings- eller tunnelsystem, där hydrauliken spelar en väsentlig roll. I det klenare ledningssystemet i ett stadsdelsområde kan man basera avrinningsanalysen på en förenklad hydraulisk beskrivning av flödet i ledningarna. När ledningarna blir grövre än säg Ø 400-600 kräver dock ledningsdimensioneringen en noggrannare hydraulisk analys.

I den nu avgivna lägesrapporten diskuteras ett antal existerande avrinningsmodeller som kan ligga till grund för en vidareutveckling mot en modell mer anpassad för bebyggelsepåverkade områden. Uppbyggnaden av denna avrinningsmodell trimmas in med hjälp av observerade flöden i försöksområden. Detta är den väsentliga arbetsuppgiften under återstående projekttid. Det får också anses ingå som forskningsgruppens uppgift att något penetrera frågan om övergripande systemmodeller (se nedan) för dagvattenanlys. Den ökande användningen av numeriska beräkningsförfaranden – på dagvattensidan men också vad gäller olika hydrogeologiska modeller – gör behovet av medel för utveckling av datorprogram alltmer påkallat.

På markvattensidan har skett en geologisk kartering av Bergsjöns förortsområde där även förhållandena före byggnation klarlades. Under våren kommer mätningar av markfuktighet och grundvatten att påbörjas. Det bör avslutningsvis påpekas att i ett urbant område avrinningen från hårdgjorda (täta) ytor har en helt dominerande påverkan på ytavrinningen vid häftiga regn även om dessa ytor upptar en förhållandevis liten andel av totalytan. Vid framtagningen av en avrinningsmodell blir det då en av de viktigaste frågorna att kunna beräkna den snabba avrinningen från sådana ytor.

Som en vidareutveckling av ovan nämnda ledningsnätsmodell för optimering av den samlade vattenvårdsinsatsen kan det vara av värde att ha tillgång till en systemmodell som ger en mer övergripande beskrivning av funktionssambanden

systemmodell

- ledningsnätsmodellen för ledningssystemet med möjlighet att studera olika föroreningsparametrar
- +
- fördröjningsmagasin (fördröjningseffekten i ledningssystem är redan inkluderad i ledningsnätsmodellen)
- +
- reningsverk
- +
- recipienten

En övergång från kombinerade system till separata system kan kanske av kostnadsskäl vara svår att genomföra. Ett alternativ är då att bibehålla det kombinerade systemet men kompletterat med fördröjningsmagasin. Den tekniskt-ekonomiskt optimala utformningen och driften av ett sådant arrangemang vid angivna krav på vattenkvaliteten i recipienten kan lättare fastställas om man tillgriper en mer övergripande systemanalys. Med denna systemmodell kan man göra "sensitivitetsanalys" vad gäller inverkan av olika faktorer på totalekonomin. Samarbete med Lars-Eric Jansson på VBB, Lindholm, NIVA m fl som också arbetar med systemanalys förutsätts.

Ett villkor som måste vara uppfyllt är att beräkningsmodellerna - det må gälla en ledningsmodell eller en systemmodell - skall vara lättillgänglig för potentiala brukare. Det går inte att marknadsföra till kommuner och konsulter beräkningsrutiner som kräver kvalificerad expertis för sitt genomförande.

Grundvattenbildning - grundvattenbalans

Delprojektet grundvattenbalans - grundvattenbildning ligger problemmässigt centralt för forskningsgruppen. Den kvalitativa bilden av grundvattnets transportvägar, kommunikationen mellan olika vattenmagasin - i berg och i jord - och hur dessa kopplingar fungerar i ett urbant påverkat område skall klarläggas och dokumenteras för försöksområdena. Målsättningen är också att kunna kvantifiera på ett praktiskt, tekniskt användbart sätt det samspel som sker mellan vatten i jord och berg. Uppgiften är komplicerad och många mätningar och undersökningar behöver göras för att få grepp om de olika mekanismer som styr grundvattenbalansen. Det blir viktigt att fortlöpande syntetisera den in-

formation som kommer in och se hur en bättre kännedom om vattnets strömningsvägar kan användas för den hydrogeologiska modelleringen av grundvattenbalansen. Det bör i detta sammanhang omnämnas att geologiinstitutionen fått ekonomisk stöttning - ett mindre tilläggsanslag vid sidan av det pågående forskningsprojektet - för att studera möjligheten att vidareutveckla STEGA:s datormodell över grundvattenbalansen. Tanken är att ha ett område i V. Frölunda som studieobjekt. En planerad avloppstunnel (för närvarande under byggnad) som skall koppla in Näsetverket till Ryaverket går under detta område och tunneln ansluter sedan till den s k Majornatunneln. Här finns tillgång till ett omfattande undersökningsmaterial bl a portrycksmätningar. Stora sättningar har skett redan före tunnelns tillkomst och detta gör att man måste ha grundvattenfrågorna under speciell observation. En koppling mellan denna uppgift och arbetet i Angered är angelägen.

I föreliggande lägesrapport redovisas hur arbetet fortlöper i försöksområdet i Angered. De bergborrhål som utförts visar att berget ur hydrogeologisk synvinkel ingalunda är homogent utan att ett flertal plintar finns, som uppvisar sinsemellan olika variationsmönster i bergvattentrycket. Det är således ett komplicerat försöksområde, men den kvalitativa bilden av områdets hydrogeologi framtonar nu. Det återstår att närmare analysera de olika element som ingår i "balansekvationen".

De resultat som framkommer är naturligtvis avhängiga av de lokala villkoren men generellt applicerbara slutsatser eftersträvas.

Ett önskemål är att få en bättre totalbild av områdets hydrologi, vilket innebär att nu pågående mätningar måste kompletteras så att en kontroll av ytvattenavrinningen erhålles. Vid sidan av inmätning av grundvattenmagasinen i jord och berg sker nederbördsmätning med tre ackumulerande och en skrivande mätare. Området är ur avrinningssynpunkt väldefinierat, men en hel del praktiska svårigheter har försenat upprättandet av mätstationer för ytvattnet.

Kontroll av inläckningen till gemensamhetstunneln har övertagits från VA-verket. Tre tjälmätare har installerats i området. Utprovning av en borrhålsmanschett är klar och arbetet med denna kan bättre belysa permeabilitetsförhållanden (sprickigheter) i berget. Det är viktigt att få veta hur sprickigheter i berget samverkar ur dräneringssynpunkt. Risken för stora och snabba grundvattensänkningar är mycket beroende av just förekomsten av markerade

sprickzoner. En svårighet i Angeredsområdet är att bergplintar och sprickzoner ofta tycks utgöra från varandra skilda (hydrauliska) system.

Vidare har nya rör drivits i området, av vilka ett eventuellt kan användas för ett infiltrationsförsök när tiden är mogen för detta. Till skillnad från området vid Östra sjukhuset (där infiltrationsförsök f n bedrivs) finns här friktionsjordlager närmaste berget med goda permeabilitetsförhållanden. Det bör påpekas att infiltrationsförsök och/eller provpumpningar i kombination med portrycksmätningar är en i många sammanhang utmärkt metod att få fram geohydrologiska data t ex beträffande strömningsvägarna i jord och berg, se Geohydrologiska forskningsgruppens meddelanden nr 2 och 3.

Delprojektet grundvattenbalans-grundvattenbildning som försöker klarlägga vattnets transportvägar i jord och berg har en direkt koppling till det geotekniska problemet att prognosticera sättningsförloppet i ett område där vattenbalansen rubbats. Vid ett sådant ingrepp i vattenbalansen är det i de högpermeabla delarna i jord och berg som portrycksförändringarna uppträder först. Vet vi då någorlunda säkert hur samspelet mellan olika grundmagasin sker och transmissiviteter hos strömningsvägarna så får vi direkt de "belastningsdata" som erfordras för beräkning av konsolideringen av de lågpermeabla lermassorna.

I anslutning till delprojektet grundvattenbalans - grundvattenbildning pågår en undersökning av markvattenförhållandenas inverkan på ytavrinning och grundvattenbildning. Inledningsvis har i försöksområdet Bergsjön skett viss geologisk kartering. Med hjälp av flygbilder är de geologiska formationerna klarlagda och förhållandena före exploatering fastställda. Sammanställning av utförda grundundersökningar är gjord och en jorddjupskarta uppritad. Intressant är att konstatera att områdets centrala delar ursprungligen täcktes av en stor mosse som vilar på ett lerlager. Schaktningar och utfyllnader är också inlagda på karta. Detta material ligger till grund för planeringen av det fortsatta arbetet. Några inledande rördrivningar har utförts och markfuktighetsbestämningen beräknas snart komma igång.

Själva mättekniken med den gamma-neutronsond som används dels i rör, dels med ytsond, är förknippad med en hel del problem. Ytsonderingen har stort värde för avrinningsanalysen, men det rent praktiska förfarandet behöver utvecklas. Mätning i rör ger dålig information om fukthaltsförhållandena närmast markytan - dels måste man gå ned med sonden minst 25 cm under mark-

ytan för att undvika inverkan av luft, dels sker en utjämning av mätvärdena i vertikalled där utjämningseffekten varierar från 20-30 cm till i extremfallet 80 cm (torr sand). För att bedöma långsiktiga förändringar av markfuktigheten spelar växtlighetens inverkan viss roll.

Mätningar av det här slaget har tidigare utförts bl a av institutionen för kulturteknik vid KTH. Vi är - till skillnad från vad som gällde för dessa mätningar - intresserade av korttidsvariationer i markfuktighet dvs förändringar mellan regntillfällen. CTH-undersökningens målsättning är inte att lösa "markvattenproblemet". Det gäller i stället för oss att på ett så genomtänkt och rationellt sätt som möjligt införskaffa sådana mätdata rörande markvattenförhållanden i de studerade områdena, som erfordras för den geohydrologiska analysen av avrinning och grundvattenbildning. De erfarenheter som IHD-forskning på detta område och annan markvetenskaplig forskning givit bör vi tillgodogöra oss. Det är också viktigt att markvattengruppen följer upp de experiment som utförs vid LTH i syfte att modellera ytavrinningen från olika markytor.

Ingenjörsgeologiska kartor

Ett av de mål som uppsatts för den geohydrologiska forskningen är att utveckla och på lämpligt sätt sammanfatta och presentera det hydrogeologiska material som byggprocessens beslutsfattare behöver. Den systematiserade redovisningen av de hydrogeologiska förhållandena i ett område kan ske i form av hydrogeologiska kartor med tillhörande beskrivningar. Eftersom man med hydrogeologiska kartor hittills avsett ett hjälpmedel för grundvattenprospektering - hydrogeologiska kartor med denna uppläggning är nu också under framställning av SGU - så har det inte tidigare i Sverige "intecknade" begreppet ingenjörsgeologisk karta använts. (Eftersom begreppet ingenjörsgeologisk karta i internationell tolkning omfattar en mycket bred information så har andra alternativa arbetsnamn diskuterats t ex "hydrogeoteknisk karta").

Allmän fysisk planering och ett alltmer komplicerat byggande kräver bättre kartinstrument. Det finns behov av ingenjörsgeologiska kartor för att styra detaljplaneringen. Försök att få fram kartor av den här typen har gjorts tidigare, t ex Hagconsults byggnadsgeologiska karta över Järvafältet från 1968. I utlandet har arbete pågått en tid med ingenjörsgeologiska kartor omfattande både rent tekniska och biologiska parametrar. I geologiinstitutionens

litteraturanalys som redovisas i denna lägesrapport finns två utvecklingslinjer angivna. Den östeuropeiska modellen ("Comeconmetoden") är mycket allmängiltig i sin uppläggning. En redovisning sker av "ingenjörsgeologiska zoner" som kompletteras med schemamässig illustrering för varje zon av geologi, hydrologi, byggnadstekniskt intressanta data såsom jorddjup, översvämningsrisk etc. Den principiella utformningen verkar att vara ändamålsenlig i en planekonomi medan däremot den andra typen av ingenjörsgeologisk karta (den "anglosaxiska modellen") som används i västvärlden är mindre pretentiös i sin uppläggning och därför kanske mer lämpad i en marknadsekonomi som vår. I princip redovisas här data på flera kartblad där varje karta blir enkel och lätt att tillämpa på sitt användningsområde. Inte minst viktigt vid en jämförelse med Comeconmodellen är att framställningskostnaderna för den anglosaxiska kartversionen kan hållas nere.

Det fortsatta arbetet med den ingenjörsgeologiska kartan är nu i stöpsleven. Förhoppningsvis kommer den geohydrologiska gruppen och geologiinstitutionen att i någon form kunna få fortsätta och pröva idéer och ambitioner. Redan nu pågår inom ramen för en doktorandkurs "Projektering för anläggningsverksamhet och byggnadsgeologiska kartor" vid geologiska institutionen en testning och jämförelse av de två metoderna.

Piezometermetod för bestämning av permeabilitetsvariationen i jordprofil

Det är ur geoteknisk synpunkt ett önskemål att ha en snabb och tillförlitlig metod för bestämning av stratigrafin i en jordprofil med hänsyn till variationer i permeabilitet. För det geohydrologiska projektet är tekniken av intresse eftersom metoden är av stor betydelse då det gäller att klarlägga de randvillkor som bestämmer konsolideringsförlopp - sättningsutvecklingen - i ett av portryckssänkning påverkat lerlager.

Men mätmetoden ger också en koppling till projektet infiltration i jord. Vi har här en möjlighet att identifiera högpermeabla skikt inbäddade i leran. Vid infiltrationsförsök gäller det att verkligen utnyttja geologin. Kan man hitta lämpliga infiltrationszoner kan resultatet av infiltration vad gäller att motverka eller reducera effekterna av en sänkning av portrycket blir bra även med rimliga infiltrationsvattenmängder.

Under våren avslutas utvecklingsarbetet av piezometersonden. Vid sidan av detta arbete pågår också utprovning av fasta portrycksgivare för långtidsmätning. Ett nytt infiltrationsförsök på någon plats i försöksområdet i Angered planeras. Rapporten från pågående infiltrationsförsök vid Östra sjukhuset som redovisas i denna lägesrapport har utarbetats gemensamt av institutionerna för VA-teknik och geoteknik.

Metoder för att återställa eller bibehålla grundvattentrycket

Det infiltrationsförsök som startades ute vid Östra sjukhuset i början av 1973 har avbrutits under vintermånaderna men påbörjas igen så snart väderleksförhållandena så medger. En redogörelse över undersökningsresultatet som det föreligger idag lämnas i denna lägesrapport.

Det samarbete som skett inom ramen för delprojektet mellan VA-teknik, geoteknik och geologi har varit givande. Vi har fått erfarenheter beträffande var i en jordprofil infiltrationen bör sättas in. Förundersökningarnas värde - piezometersonderingar - har blivit uppenbara. Det är ofta stora fördelar med portrycksgivare (en mätmetod som geoteknikerna i allmänhet prefererar) framför mätning med öppna rör. Vidare har försöken understrukit att en ingående kunskap krävs om den geologiska uppbyggnaden i infiltrationsområdet. Det finns möjligheter att i området Östra sjukhuset penetrera dessa frågeställningar ytterligare.

För den kommande perioden planeras därför en breddad aktivitet vid Östra sjukhuset omfattande försök med lokalisering av infiltrationszoner till olika skikt i jordprofilen. En viktig fråga är infiltrationens yteffekt som kommer att närmare studeras i dessa försök.

Som tidigare nämnts planeras ett infiltrationsförsök i Angered. Det bör vara av stort värde att få utföra en kontrollerad djupinfiltration i ett geologiskt så noga kartlagt område.

Fortsatt verksamhet

Det fortsatta arbetet följer de riktlinjer och intentioner som redovisas i ansökningar och lägesrapporter. Med tanke på projektavslutningen vid budgetårets 1974/75 utgång så gäller följande

Vid BFR-projektets utgång

1. Delprojekten: Slutrapport utarbetas omfattande den totala forskningsinsatsen.
2. För projektet i sin helhet: En samlad utvärdering redovisas av den totala verksamheten.

Efter BFR-projektets utgång

3. Vidareutveckling av vissa delprojekt.
   Den forskning som bedrivits inom ramen för detta geohydrologiska projekt initierar ny forskning - nya frågeställningar aktualiseras - vilket redan framgår av föreliggande lägesrapporter. Vidare planeras det samarbete som nu sker med Göteborgs VA-verk på dagvattensidan att fortsätta ytterligare något år.

4. Akademisk forskningsredovisning
   Flera av delprojekten kommer att redovisas i form av doktorsarbeten.

5. Rekommendationer. Ett syfte med forskningsinsatsen är att skapa underlag för utarbetande av rekommendationer och anvisningar vad gäller sådan praktisk byggverksamhet som anknyter till den föreliggande geohydrologiska forskningen. Hur de erfarenheter som kan tillgodogöras av Chalmersprojektet och annan parallell geohydrologisk forskning skall omsättas i rekommendationer och anvisningar måste tas upp till diskussion med BFR.

En aspekt på resultatredovisningen som kan vara lämplig att ta upp avslutningsvis i denna inledande översikt av lägesrapporten är erfarenhetskollationering med andra parallella forskningsinsatser. Varje tillfälle bör tas till vara för diskussioner med forskare utanför CTH-gruppen. Sådana kontakter kan med fördel utmynna i gemensamma utvärderingar och resultatsammanställningar.

Göteborg i januari 1974

Klas Cederwall

Delprojekt 1: Dagvattenstudier i Göteborg

Institutionen för vattenbyggnad

Forskare: professor Lennart Rahm
civ ing Viktor Arnell
civ ing Sven Lyngfelt

Innehållsförteckning:

1 Allmänt
2 Målsättning
3 Resultat och pågående verksamhet
3.1 Personal
3.2 Projektuppläggning
3.3 Avrinning
3.3.1 Utveckling av avrinningsmodeller
3.3.2 Pågående och utförda fältarbeten
3.4 Nederbörd
3.4.1 Nederbördsregistrering: Pågående mätning
3.4.2 Bearbetning av nederbördsregistreringarna
3.4.3 Sammanställning av olika typer av nederbördsmätare
3.4.4 Intensitet-varaktighetskurvor för häftiga regn i Göteborg tidsperioden 1926 - 71. Sammanfattning av bearbetning
4 Kontakter utåt
5 Projektet omfattning under perioden 1973-03-01 – 1974-01-31 och dess fortsättning fram t o m 1974-06-30
6 Publicerad litteratur

Bilagor:

1 Litteraturstudier för beräkning av dagvattenavrinningen i urbana områden
2 Avbördningskurva för mätöverfall i Bergsjön
3 Utvärdering av arealnederbörd m h a Thiessens metod
4 Intensitets-varaktighetskurvor för häftiga regn 1926 - 1935. Samtliga stationer. Viktade medelvärden. Jämförelse mellan 1973 och 1935 års bearbetning.
5 Intensitets-varaktighetskurvor för häftiga regn 1926 -1971. Utjämnade viktade medelvärden.
6 Intensitets-varaktighetskurvor för häftiga regn. Jämförelse mellan bearbetning 1935 och 1973.
7 Gamla Nederbördsstationer

LÄGESRAPPORT DELPROJEKT 1

Prof Lennart Rahm
Civ ing Viktor Arnell
Civ ing Sven Lyngfelt
Inst. för Vattenbyggnad

DAGVATTENSTUDIER I GÖTEBORG

1 ALLMÄNT

Projektet "Dagvattenstudier i Göteborg" startades 1972 som ett integrerat projekt mellan Geohydrologiska forskningsgruppen, Chalmers, och Göteborgs VA-verk. Projektet syftar till att utveckla bättre dimensioneringsregler för dimensionering av avledningssystem för dagvatten. Speciellt studeras de nederbördsparametrar som är av betydelse för analys av dagvattensystem samt dagvattenhydrologin inom mindre avrinningsområden.

Chalmers andel i projektet bekostas av Statens råd för byggnadsforskning. Anslaget för 1973/74 är ca 120 000:-. Göteborgs Vatten- och Avloppsverk satsar under motsvarande tid ca 70 000:-.

2 MÅLSÄTTNING

Den detaljerade målsättningen framgår av Lägesrapporter 1972-07-01 – 1973-03-01, Meddelande nr 1, Geohydrologiska forskningsgruppen, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg 1973.

Den sammanfattande målsättningen är:
att studera och försöka klarlägga de faktorer som inverkar på avrinningen inom ett urbant område, speciellt integrering och fördröjning av flöden från olika delytor inom det urbana området

samt att utveckla beräkningsmodeller för dimensionering av avledningssystem för dagvatten.

Under 1973 har inom Geohydrologiska forskningsgruppen startats ett nytt delprojekt med titeln "Dagvattenavrinning – flödesmodeller:. Inom detta projekt behandlas den hydrauliska strömningen i ledningarna och praktiska rutiner för att analysera flödet inom olika delledningar i ett dagvattensystem. Detta projekt har medfört en något ändrad målsättnig av projektet "Dagvattenstudier i Göteborg". Målsättningen har ändrats till att omfatta studier av övergripande beräkningsmodeller samt specialstudier av beräkningsregn och hydrologin inom mindre avrinningsområden.

3 RESULTAT OCH PÅGÅENDE VERKSAMHET

3.1 Personal

Inom projektet är följande personal engagerad:

Prof Lennart Rahm, Projektledare
Civ ing Viktor Arnell, Forskningsassistent (heltid)
Civ ing Sven Lyngfelt, Forskningsassistent (heltid sedan 1/12-73)
Ing Börje Sjölander, Laboratorieingenjör (halvtid)
Centralt inom Geohydrologiska forskningsgruppen finns tillgång till sekreterare.

3.2 Projektuppläggning

Dagvattenstudierna har fortsatt med samma uppdelning på delprojekt som tidigare. Nedan följer en kort sammanfattning.
1. Avrinning. Det grundläggande karteringsarbetet är slutfört inom avrinningsområdena Bergsjön och Åkered. Mätning av nederbörd och flöde pågår i Bergsjön. Litteraturstudier för utveckling av avrinningsmodeller pågår.
2. Nederbörd. Det nyetablerade stationsnätet av (f n 12 st) registrerande nederbördsmätare är i drift. Utvärdering sker kontinuerligt av dygns-, vecko- och månadsnederbörd. Arealnederbörden för fyra områden i Göteborg beräknas. Bearbetning av VA-verkets äldre registreringar fram till

nya varaktighetskurvor för häftiga regn är klar. (Se bilaga 5).

3.3 Avrinning

3.3.1 Utveckling av avrinningsmodeller

Som framgår av målsättningen ingår utveckling av avrinningsmodeller som en del av projektet. Avsikten är att i möjligaste mån utnyttja redan befintliga modeller och utveckla och anpassa dessa för svenska förhållanden. För att få en samlad bild av tillgängliga metoder har en översiktlig litteraturstudie av avrinningsmodeller utförts (se bilaga 1). I denna karakteriseras kort tre typer av modeller:

1 Peakflow-modellen (typ rationella metoden)
2 Hydrografmodeller(typ enhetshydrografmetoden)
3 Strukturbeskrivandedatorbaserade modeller

De strukturbeskrivande datorbaserade modellerna går närmare in på analysen av de hydrologiska processerna, vilket möjliggörs genom datorbehandling. Litteraturstudien innehåller en analys av den metodik som används vid denna modelltyp samt en beskrivning av några jämförelser som gjorts mellan modeller.

Med litteraturstudien som utgångspunkt har projektet inriktats mot utveckling av en befintlig strukturbeskrivande datorbaserad modell. Härvid kommer arbetet främst att inriktas på en anpassning och förbättring av den del av modellen som behandlar förloppet från nederbörden fram till ledningssystemet. Sjöbergs CTH-transportmodell (se delprojekt 2 Dagvattenavrinning-flödesmodeller) kommer att användas som ledningsnätsmodell. Avsikten är att få fram en flexibel modell som kan utvidgas med kvalitativa och ekonomiska rutiner för optimering av avledningssystem. Den skall också direkt kunna användas vid ledningsdimensionering. Förhoppningar finns även att kunna utnyttja den satsning som gjorts vid Norsk Institutt for Vannforskning i Oslo, där man bl a arbetat mycket med att göra denna typ av modeller lättillgängliga för kommunalingenjörer.

3.3.2 Pågående och utförda fältarbeten

Bergsjön

Angående områdesbeskrivning se (1) Meddelande nr 1, Geohydrologiska forskningsgruppen, Chalmers, eller Inst. för Vattenbyggnad, examensarbete 1972:10, "Dagvattenstudier i Bergsjön".

1. Karteringsarbete

Det grundläggande karteringsarbetet är avslutat och omfattar:

a. Avrinningsområdets totala avgränsning samt varje rännstensbrunns avrinningsområde

b. Ledningsdimensioner och ledningslutningar

c. Olika delytors lutningar

d. Markytans beskaffenhet.

Vissa delar av karteringsarbetet finns redovisat i ovanstående examensarbete.

Det geologiska karteringsarbetet har utförts i anslutning till projektet "Markvattenmagasinets betydelse för ytavrinning och grundvattenbildning".

2. Mätningar

De under föregående budgetår påbörjade mätningarna fortsätter, vilket innebär att följande parametrar studeras:

a. Nederbörden mäts i en punkt i området.

b. Avrinningen från hela området registreras i en punkt. Mätningen sker med hjälp av en V-formad överfallsdamm med en vinkel av 120° samt en registrerande pegel.

I maj 1973 gjordes en kalibrering av mätöverfallet upp till ca 200 l/s. Kalibreringen utfördes enligt utspädningsmetoden med hjälp av spårämne. En av målsättningarna var att jämföra olika spårämnen. Därför användes dels den radioaktiva isotopen ^{82}Br och det fluorescerande färgämnet Rodamin B. För att uppnå stabila flödesnivåer simulerades dagvattenflödet med hjälp av vatten från brandposter. Resultaten av kalibreringen framgår av bilaga 2. Den stora skillnaden mellan avbördningskurvorna erhållna med hjälp av ^{82}Br respektive Rodamin B beror troligen på att Rodamin B påverkas av de höga halterna av suspenderade ämnen, som fanns i vattnet samt brister i mätningen av bakgrundsstrålningen. Ett bättre mätförfarande samt val av ett annat fluorescerande färgämne skulle troligen reducera skillnaderna betydligt. För det fortsatta arbetet

användes avbördningskurvan erhållen med hjälp av ^{82}Br.

c. Markfuktighet . Budgetåret 1973/74 påbörjades ett nytt delprojekt med titeln "Markvattenmagasinets betydelse för ytavrinning och grundvattenbildning inom ett urbant område". Detta projekt kopplas till projektet "Dagvattenstudier i Göteborg" vad gäller infiltration och ytavrinning. Vid nederbördstillfällen infiltrerar en del av vattnet ner i markvattenzonen, en del magasineras i markytans håligheter och en del avrinner till ledningssystemet. Studier av dessa fenomen kommer att studeras i anslutning till markvattenprojektet. Mätningar av infiltration och markvattenhalt görs inom ramen för markvattenstudierna inom de områden där mätningar av dagvattnets mängd pågår. Inom ramen för detta projekt görs en geologisk kartering av avrinningsområdena.

Åkered

Detta är det andra avrinningsområdet som ingår i dagvattenundersökningen. Området beskrivs i (1) Meddelande nr 1, Geohydrologiska forskningsgruppen, Chalmers eller (3) Institutionen för Vattenbyggnad, examensarbet 1972:5, "Dagvattenstudier i Åkered". Den intressanta delen av området är själva rad- och kedjehusdelen. På grund av mättekniska skäl har vi emellertid tvingats ta med kringliggande äldre och nyare villaområden samt stora områden obebyggd mark. Planering och genomförandet av fältmätningar drivs efter Bergsjön för att de erfarenheter som görs skall kunna tillvaratas i Åkered.

1. Karteringsarbete

Det förberedande karteringsarbetet är avslutat och omfattar:

a. Avrinningsområdets totala avgränsning

b. Ledningsnätets struktur

c. Marktyper och ledningsdimensioner inom det centrala villa- och kedjehusområdet.

2. Mätningar

Följande parametrar studeras:

a. Nederbörd . Mäts i en punkt i området.

b. Avrinning . Utveckling av en flödesmätningsutrustning har pågått under året. Flödet har mätts med hjälp av spårämne enligt utspädningsmetoden. Spårämnet har bestått

av NaCl löst i vatten. Svårigheter har uppstått med att mäta den naturliga salthaltens variation med tiden i vattnet ovanför doseringspunkten. För närvarande testas utrustningen samtidigt som vi söker efter en annan metod för flödesmätningen. Den nuvarande flödesmätningsutrustningen arbetar endast vid regn. Flödet mellan regnen registreras ej, vilket är en brist.

3.4 Nederbörd

3.4.1 Nederbördsregistrering:Pågående mätningar

Stationsnätet av registrerande nederbördsmätare består f n, av 12 st stationer. Tillsyn och byte av diagramrullar sker med 1 1/2 veckas mellanrum. Stationernas läge samt prestanda framgår av (1) Meddelande nr 1, Geohydrologiska forskningsgruppen, Chalmers.

3.4.2 Bearbetning av nederbördsregistreringarna

Tillsammans med Göteborgs Vatten- och Avloppsverk utvärderas mätardiagrammen på dygnsnederbörd samt vissa data om häftiga regn bl a maximala nederbördshöjder under 5, 10, 60 och 120 minuter. Därefter beräknas vecko- månads- och årsnederbörd. Arealnederbörden för fyra områden; Göteborg NV, NO, SO och SV beräknas enligt Thiessens metod (Se bilaga 3). Meningen är att det skall publiceras månadsrapporter kontinuerligt, som innehåller ovanstående data. Varje år skall en årsrapport ges ut som innehåller ytterligare data av intresse bl a uppgifter om häftiga regn.

3.4.3 En sammanställning av olika typer av nederbördsmätare

En sammanställning av olika typer av nederbördsmätare, med speciell inriktning på registrerande mätare, har gjorts och finns redovisad i (4) Meddelande nr 4, Geohydrologiska forskningsgruppen. Den behandlar kortfattat

a. Önskade prestande hos nederbördsmätare
b. Felkällor vid nederbördsmätning
c. Rekommendationer vid punktmätning av nederbörd
d. Kortfattad beskrivning av följande icke-registrerande mätare:
   1. SMHI-mätaren
   2. Pluviusmätaren
   3. KTH-totalisatorn.
e. Kortfattad beskrivning av följande registrerande mätare:
   1. Plumatic från Kongsbergs Vapenfabrik, Norge
   2. Epsylon frå Epsylon Industries Limited i England
   3. Mätare från A Ott i Kempten, Västtyskland
   4. Mätare från Plessey Company Limited i England
   5. Hellman från Wilhelm Lambrecht KG i Västtyskland
   6. Mätare från OTA i Japan

3.4.4. Intensitets-varaktighetskurvor för häftiga regn i Göteborg tidsperioden 1926 - 1971. Sammanfattning av bearbetning.

En detaljerad rapport utkommer i slutet av februari 1974 under rubriken "Beräkningsregn för dimensionering av dagvattenledningar i Göteborg". Geohydrologiska forskningsgruppen, Chalmers Chalmers Tekniska Högskola, Meddelande nr 5, Göteborg 1974.

Målsättning
Att beräkna nya intensitets-varaktighetskurvor för olika återkomstintervall samt att få statistiskt underlag för dimensionering av ledningar och fördröjningsbassänger.

En bearbetning av nederbördsregistreringar från fem mätstationer i Göteborg för tidsperioden 1926 - 1955 till 1926 - 1971 har gjorts för att ta fram nya intensitets-varaktighetskurvor för dimensionering av dagvattenledningar.(Se bilaga 7)

Tabell 1 Tidsperioder för bearbetning av nederbördsdata.

Plats	Bearbetnings-period	Anmärkning
Masthugget	1926 - 1958	1939, 40, 50, 54 utgår
Lundby	1926 - 1955	
Landala	1926 - 1962	1961 utgår
Gullbergsvass	1926 - 1960	
Barlastplatsen	1926 - 1971	

Mätplatserna har varit belägna i Masthugget, Lundbyvassen, Landala, Gullbergsvass och vid Barlastplatsen. Mätinstrumenten har varit registrerande nederbördsmätare som fungerat enligt flottörprincipen. Registreringarna har gjorts på diagrampapper och bestått av kurvor över den ackumulerade nederbörden som funktion av tiden. Efter utsortering av de häftiga regnen har materialet överförts på hålremsa och bearbetats i dator.. Bearbetningsperioderna för de olika stationerna framgår av tabell 1. Ett regn har därvid definierats som nederbörden mellan två tillfällen då intensiteten är lika med noll under minst en timma. Vidare har sökning efter maximala nederbördsmängder för olika varaktigheter gjorts inom den närmast större varaktigheten (varaktigheter 5, 10, ...70 min). En studie av det fel dessa antagande medför visar på en avvikelse av ca 3%. (Se bilaga 4). Återkomsttiden har beräknats enligt formeln $T = (N + 1)/m$ där N är antalet stationsår och m är respektive regns ordningsnummer. Årsnederbörden för de fem stationerna samt Vattenverkets station vid Delsjön och SMHI:s station Göteborg framgår av tabell 2. Årsnederbörden varierar mellan ca 650 och ca 750 mm. De lägsta värdena hänför sig till stationerna vid Barlastplatsen, Landala och Göteborg (SMHI). Tidsperioden 1926 - 1935, på vilka dagens dimensioneringsregn bygger var relativt nederbördsrik.

Resultatet av bearbetningen framgår av bilaga 5. De nya kurvorna ligger ca 10% under kurvorna från 1935 års bearbetning (se bilaga 6). Stationen vid Gullbergsvass visar exceptionellt höga värden vilket har höjt medelvärdet något. En jämförelse mellan bearbetningsmetoderna 1935 och 1973 av tidsperioden 1926 - 1935 visar att 1973 års bearbetning bearbetning ger ca 3% lägre värden. En felanalys av ingående fel ger ett medelfel i slutresultatet av 10 - 15%, troligtvis resulterande i för höga intensitetsvärden.

Tabell 2 Medelårsnederbörden för de undersökta stationerna.

Tidsperiod	Masthugget 001	Lundby 002	Landala 003	Gullbergsvass 004	Barlastplatsen 005	Delsjön	Göteborg SMHI	Antal år
1926-1935	753,0	786,2	750,8	713,7	683,9	794,7	679,0	10
1926-1955	750,6	716,4	690,2	725,9	657,8	750,7	677,8	30
1926-1958	743,0	-	681,3	716,2	651,0	741,3	669,6	33
1926-1960	-	-	678,1	711,9	649,1	737,0	674,0	35
1926-1962	-	-	681,2	-	653,2	739,7	683,5	37
1926-1968	-	-	-	-	658,3	738,3	701,7	43
1926-1971	-	-	-	-	656,6	-	707,4	46

4 KONTAKTER UTÅT

Under år 1973 har följande kontakter tagits.

1. Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI). Byråchef Roy Berggren.

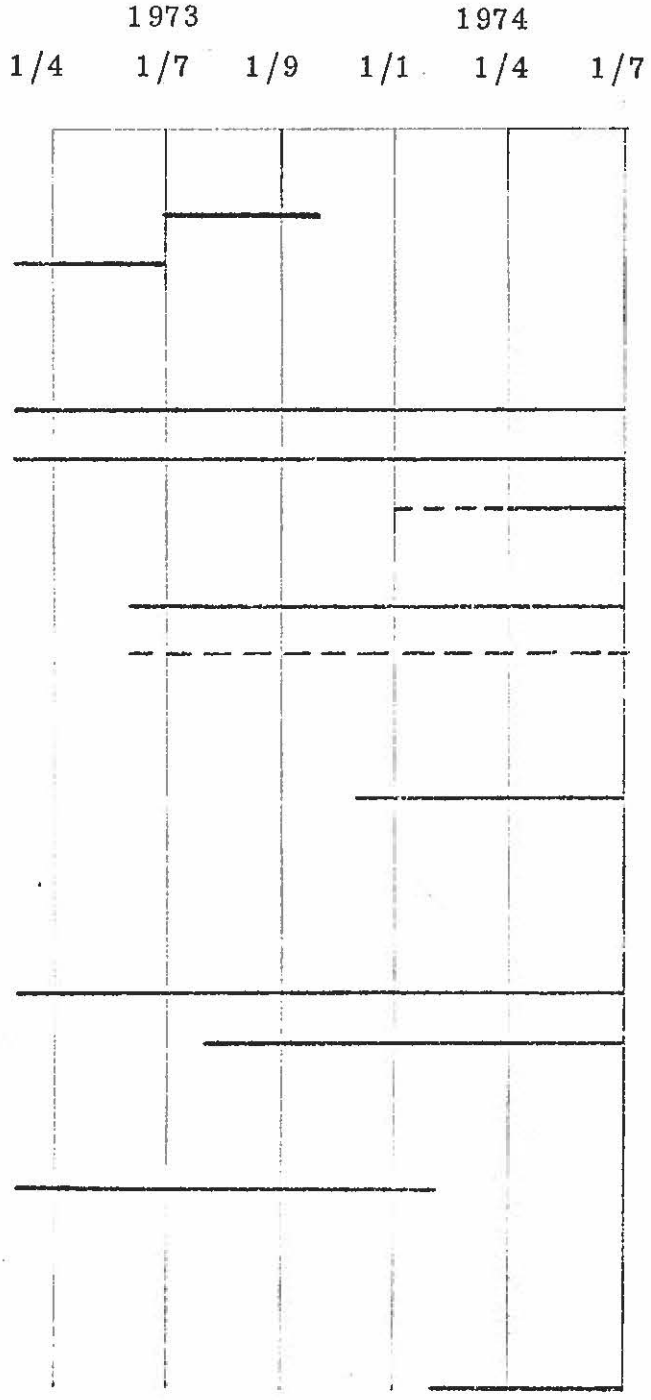
2. Norges Vassdrags- och Elektricitetsvesen (NVE). Förste hydrolog Arne Tollan. Vid NVE pågår ett projekt med många anknytningar till projektet dagvattenstudier i Göteborg. Man studerar främst urbaniseringens inverkan på det hydrologiska kretsloppet. Vid sidan av fältstudierna arbetar man med en hydrologisk kretsloppsmodell. Ett framtida datautbyte har diskuterats .

   Dessutom kan nämnas att vid Norsk Institutt for Vannforskning pågår ett projekt som behandlar systemanalys av avloppsanläggningar inklusive dimensionering av ledningar. Vid det Norske Meteorologiska Institutt pågår ett projekt om korttidsnederbörd. Projektet vid NVE studerades vid ett studiebesök i december 1973.

3. Kontinuerligt under arbetets gång förs diskussioner med personal vid Göteborgs Vatten- och Avloppsverk.

4. Runo Stenberg, Orrje & Co, Stockholm. Han arbetar med utveckling av en flödesmätningsutrustning för mätning av flöden i spill- och dagvattenledningar. Hydrauliska försök har under året utförts i Institutionen för Vattenbyggnads laboratorium.

5 PROJEKTETS OMFATTNING UNDER PERIODEN 1973-03-01 – 1974-01-31 OCH DESS FORTSÄTTNING FRAM TILL OCH MED 1974-06-30



Avrinning

Kartering: Bergsjön
Åkered

Mätningar:

Bergsjön: Nederbörd
Avrinning
Markvatten

Åkered: Nederbörd
Avrinning

Utveckling av avrinningsmodeller

Nederbörd

Nederbördsregistrering
Primärbearbetning

Bearbetning av nederbördsregistreringar 1926 - 71

Utveckling av beräkningsregn

6 PUBLICERAD LITTERATUR

(1) Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenbildning och grundvattenbildning
Lägesrapporter 1972-07-01 – 1973-03-01,
Geohydrologiska forskningsgruppen, Chalmers Tekniska Högskola, Meddelande nr 1, Göteborg 1973.

(2) Janis, Sven
Dagvattenstudier i Bergsjön
Institutionen för vattenbyggnad, Chalmers Tekniska Högskola. Examensarbete 1972:10. (Under utgivning).

(3) Nordenmark, Fred
Dagvattenstudier i Åkered
Institutionen för vattenbyggnad, Chalmers Tekniska Högskola. Examensarbete 1972:5.

(4) Arnell, Viktor
Nederbördsmätare. En sammanställning av några olika mätartyper
Geohydrologiska forskningsgruppen Chalmers Tekniska Högskola, Meddelande nr 4
Göteborg 1973

(5) Arnell, Viktor
Dimensioneringsregn för projektering av dagvattenledningar i Göteborg.
Geohydrologiska forskningsgruppen, Chalmers Tekniska Högskola, Meddelande nr 5
Göteborg 1974. (Under utgivning).

LITTERATURSTUDIE AV MODELLER FÖR BERÄKNING AV DAGVATTENAVRINNING I URBANA OMRÅDEN

av

Viktor Arnell Sven Lyngfelt

INNEHÅLL

FÖRORD

1 INLEDNING

2 KLASSIFICERING AV AVRINNINGSMODELLER

3 TRADITIONELLA EMPIRISKA MODELLER

3.1 Rationella metoden
3.2 Pechers metod
3.3 Rationella"Rationella" metoden
3.4 Inloppsmetoden
3.5 Enhetshydrografmetoden
3.6 Los Angeles-hydrografmetoden
3.7 Chicagometoden
3.8 RRL-metoden

4 PARAMETRISKA DATORBASERADE MODELLER

4.1 University of Cincinnati Runoff Modell (UCUR)
4.2 Environmental Protecting Agency Storm Water Management Model (EPA SWMM)
4.3 Stanfordmodellen
4.4 NIVA-modellen

5 HYDROLOGISKA DELPROCESSER I STRUKTURBESKRIVANDE MODELLER

5.1 Nederbörd
5.2 Infiltration
5.3 Ytmagasinering
5.4 Ytflöde
5.5 Rännstensflöde
5.6 Ledningsflöde

6 JÄMFÖRDA TESTER GJORDA MELLAN NÅGRA MODELLER

7 INRIKTNING AV MODELLUTVECKLING

LITTERATURHÄNVISNINGAR

FÖRORD

Vid institutionen för vattenbyggnad CTH pågår sedan ett och ett halvt år projektet "Dagvattenstudier i Göteborg". En av målsättningarna för projektet är att få fram metoder för dimensionering av dagvattensystem. Utomlands, främst i USA, har man arbetat mycket med datormodell-utveckling och ett flertal beskrivningar av datormodeller har publicerats de senaste åren. Med hänsyn till projektets inriktning och ekonomi är det lämpligt att vid modellutvecklingen utnyttja de erfarenheter och lösningar som finns på området. Denna litteraturöversikt vill också ta upp de erfarenheter som finns redovisade av främst amerikanska och engelska forskare. Litteraturstudierna har gjorts relativt översiktligt för att få ett snabbt grepp om tillgängliga metoder. Arbetet innehåller en kort karaktäristik av nuvarande beräkningsmetoder, senare års modellutveckling, jämförelse och diskussion om grundläggande teorier som utnyttjats samt en diskussion om inriktning av modellarbetet.

1 INLEDNING

Problemet att upprätta kvantitativa relationer mellan nederbörd och avrinning i urbana områden har sysselsatt ingenjörer sedan länge. Analysen innefattar en rad bedömningar av delprocesser i avrinningsförloppet såsom nederbörd, infiltration, ytmagasinering, ytflöde etc. Ju fler av dessa som beaktas och ju noggrannare den matematiska beskrivningen av dem görs, desto bättre kan modellen spegla det verkliga förloppet. Samtidigt ökar emellertid analyskostnaderna på grund av längre bearbetningstid och ökat behov av ingångsdata. Det faktum att modellens förmåga att beskriva verkligheten i hög grad är beroende av kvalitén i ingångsdata, t ex beträffande regndata, antyder att modellens detaljeringsgrad (strukturering) bör övervägas. Det är alltså inte självklart att en relativt komplicerad modell alltid är mest ändamålsenlig.

Möjligheterna att analysera nederbörds-avrinningsprocessen har radikalt förändrats genom de senaste årens utveckling på datasidan. Det finns naturligtvis ingen principiell skillnad mellan datormodeller och handräkningsmodeller, men man får med datorer möjlighet att på ett mer detaljerat sätt beskriva de hydrologiska delprocesserna och de hydrauliska problemen som sammanhänger med sättet att avleda dagvattnet. Under de senaste åren har sålunda en rad datormodeller utvecklats som främst karakteriseras av en mer ingående hydrologisk och hydraulisk analys. Denna typ av modeller, här kallade strukturbeskrivande modeller,* har varit föremål för ingående diskussioner. Detta beror mycket på att de ännu så länge inte använts i någon större utsträckning vid dimensioneringsarbete. Huvudmålet för denna uppsats är att sammanfatta denna diskussion och försöka ge riktlinjer för vilka matematiska modeller som är lämpliga för den hydrologiska och hydrauliska analysen vid utveckling av en ingenjörsmässigt tillämpbar datormodell.

---

*Dessa modeller beskriver alltså noggrannare varje delförlopp som exempelvis infiltration, ytflöde, ledningsnätsflöde etc.

2 KLASSIFICERING AV AVRINNINGSMODELLER

För att få överblick över de modeller som diskuteras idag är någon form av klassificering lämplig. Allmänt kan de matematiska modellerna beskrivas som deterministiska eller stokastiska 1 . De senare karakteriseras av statistiska analysmetoder medan de förra arbetar med rent matematiska samband. Matematiska modeller kan vara linjära eller icke-linjära. För de linjära modellerna gäller proportionalitets- och superpositions-principerna. I en klumpbeskrivande modell (Lumped Parameter Model) är parametrarna enbart en funktion av tiden medan de i den distribuerade modellbeskrivningen även är funktion av någon rumskoordinat. Beroende på om parametrarna är konstanta eller varierande med tiden är modellen stationär eller icke-stationär.

De modeller som behandlas här indelas i traditionella empiriska modeller och parametriska datorbaserade, se fig. 1. De förra har utvecklats ur erfarenheter av dagvattenavrinning och rena fältobservationer där enkla antaganden gjorts för att skapa beräkningsmetoder lämpade för handräkning. Delar av de mer avancerade modellerna har dock i vissa fall på senare tid programmerats för datorbehandling. Till traditionella metoder räknas här dels modeller av "peakflow"-typ, t ex rationella metoden, dels hydrografmetoden.

De datorbaserade modellerna indelas i "black-box"-modeller och strukturbeskrivande. I "black-box"-modellerna görs inga antaganden om strukturen hos det hydrologiska systemet. Responsfunktionen bestäms enbart genom att jämföra input och output. Denna bestämning sker via dator

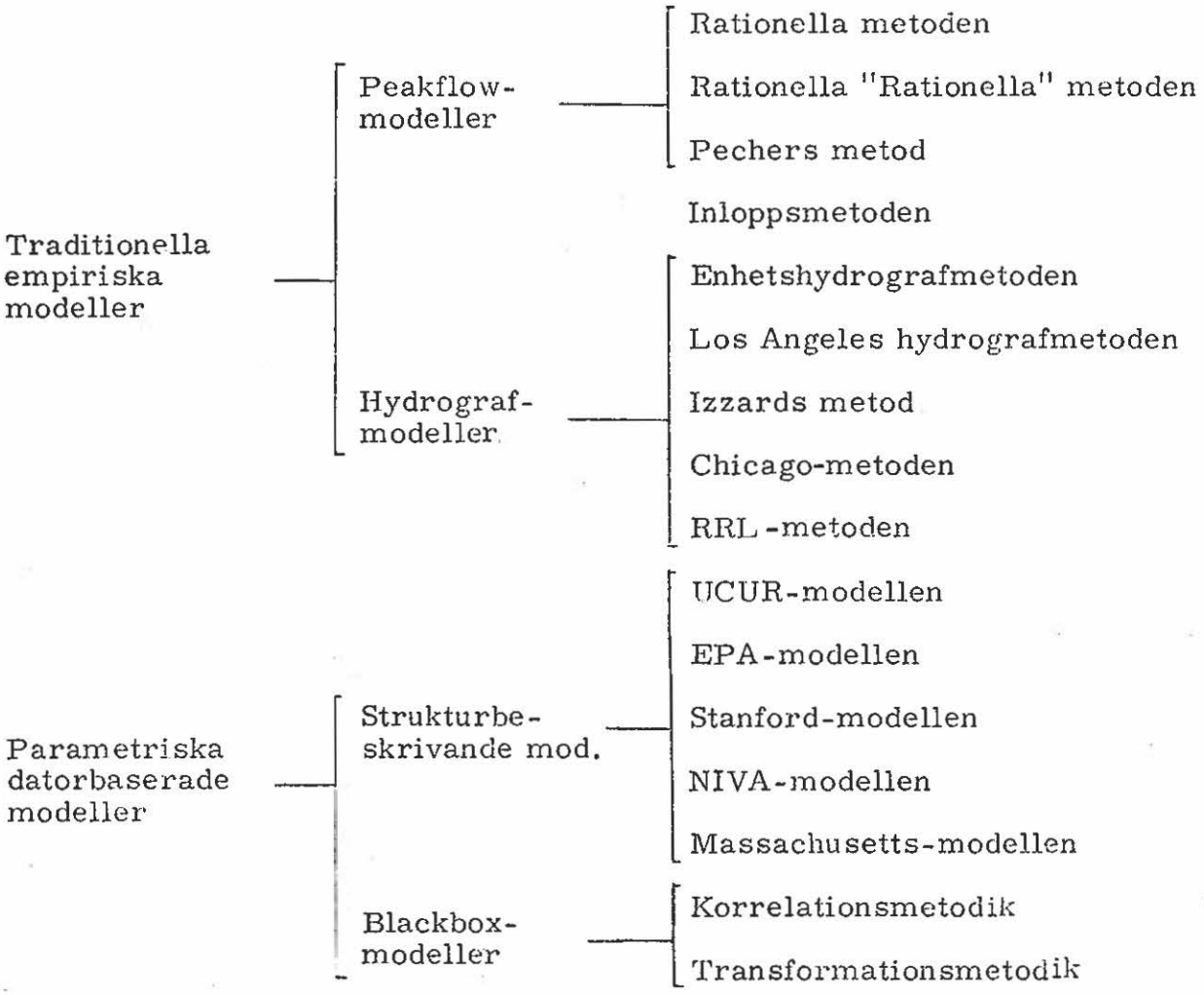


Fig. 1 Klassificering av modeller

genom korrelations – eller transformationsmetoder, vilket inte berörs här. Bl a Amorocho [2] har ingående behandlat denna typ av analys. De strukturbeskrivande modellerna karakteriseras som antytts i inledningen av en mer ingående hydrologisk analys.

De modeller som är medtagna i fig. 1 är de mest använda och oftast omnämnda i litteraturen. Som en bakgrund till en diskussion av de olika modellernas egenskaper karakteriseras deras bakgrund och uppbyggnad helt kort nedan.

3 TRADITIONELLA EMPIRISKA MODELLER

Några av de nedan beskrivna metoderna finns utförligare beskrivna på svenska i en liknande litteraturstudie gjord av Lindh, de Maré [4] . I övrigt hänvisas till grundlitteraturen.

3.1 Rationella metoden

I slutet av 1800-talet användes för första gången en empirisk metod kallad rationella metoden där värdet på avrinningen uttrycks som

$Q = C \cdot i \cdot A$

C = avrinningskoefficienten

i = regnintensitet

A = avrinningsytans storlek

Denna metod är den genom åren mest använda och har fortfarande en dominerande ställning vid dimensionering av dagvattensystem [3] . Metoden ger det maximala flödet vid ett valt dimensioneringsregn. Den svaga punkten i metoden är den osäkra bedömning av avrinningskoefficienten, som måste göras, och som starkt påverkar det dimensionerande flödet. Dessutom krävs en bedömning av koncentrationstiden i området för bestämning av det dimensionerande regnets intensitet som också är osäker. Koncentrationstiden definieras som flyttiden från den mest avlägsna punkten i området till dimensioneringspunkten.* Metoden förutsätter också ett jämt fördelat regn i tid och rum, vilket bl a medför en begränsning beträffande storleken på avrinningsområdet.

---

*Koncentrationstiden är alltså en karakteristisk avrinningstid för området.

3.2 Pechers metod

Pecher undersökte på 60-talet faktorer som påverkar avrinningskoefficientens storlek. Utgående från dessa undersökningar uppskattar han avrinningen genom sambandet [4]

$$Q = i(t) \cdot C(t) \cdot A = i_{15} \cdot \Psi(t) \cdot C(t) \cdot A = i_{15} \cdot \phi(t) \cdot C_{max} \cdot A$$

där

i_{15} = regnintensiteten vid 15 min varaktighet
$\phi(t)$ = funktion av lutning och regnfrekvens
C_{max} = funktion av lutning och andel belagd yta.

t anger här att vissa variabler är tidsberoende.

3.3 Rationella "Rationella" metoden

För större områden krävs en noggrannare analys av flyttiden än vad som görs i rationella metoden. Flera metoder används i Sverige, bl a tid-area- metoden och retardationsdiagram-metoden [5] . Rogers [6] anvisar en liknande metod som han kallar rationella "rationella" metoden, RR-metoden.

Vid RR-metoden indelas området i delområden enligt fig. 2 med utlopp i ledningssystemet. För varje delområde bestäms avrinningskoefficient och koncentrationstid T_c med sammanhörande intensitet på samma sätt som rationella metoden. Under tiden innan T_c uppnåtts antas endast vissa delar av ytan bidra till avrinningen. Fig. 2 anger ett kurvsamband "aktiv" del av ytan under tiden före t_c. Inflödet i ledningssystemet beräknas enligt $Q = C \cdot i \cdot f \cdot A$. Flödet ökar alltså med tiden tills maxvärdet vid T_c uppnås, därefter avtar det med tiden då intensiteten minskar. På detta sätt kan inloppshydrograferna erhållas. Genom att summera

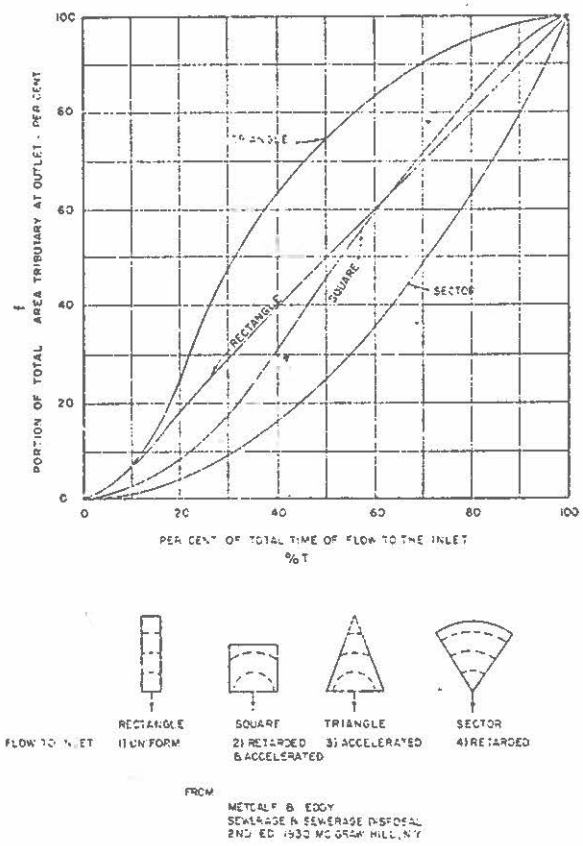


Fig. 2 Rationella "rationella" metoden efter Rogers [6]

flödet från de olika inloppspunkterna vid olika tidpunkter fås systemets koncentrationstid T_s, vilket dimensioneras för denna tid.

På detta sätt kan varje del av systemet kontrolleras eller dimensioneras. Metoden finns programmerad för databehandling.

3.4 Inloppsmetoden

Metoden utvecklades vid Johns Hopkinsuniversitetet i början av 60-talet [10].

Principen för metoden är att man schematiskt bestämmer inloppshydrograferna för varje inlopp i dräneringssystemet och därefter summera alla hydrografer i dimensioneringspunkten under antagande att en viss dämpning sker i ledningssystemet. Inloppshydrografen antas vara en likbent triangel med höjden Q och basen 2T(se fig 3a).

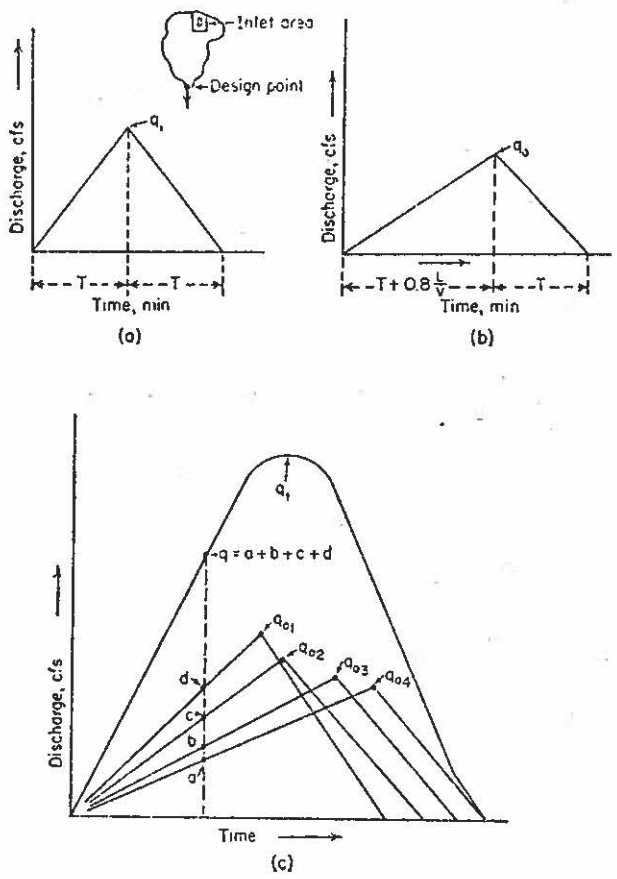


Fig. 3 Inloppsmetoden efter Chow [10]

T är tiden från början av regnet fram till intensiteten börjar avta och q beräknas ur rationella formeln. Här bestäms avrinningskoefficienten ur kurvsamband som funktion av andel impermeabel yta i området och regnintensiteten. Dämpningen av hydrografen antas ske så att basen förlängs med 0, 8L/V och toppflödet reduceras enligt $Q_{red} = Q_{in} 2T/(2T + 0,8L/V)$ samt förskjuts 0, 8 L/V i positiv riktning (Fig. 3b). Därefter summeras hydrograferna enligt fig. 3c.

Trots schematiseringen ger metoden som överslagsmetod betraktad mycket beräkningsarbete. En förenklad metod kan emellertid användas där totala avrinningen bestäms som $Q_t = F_t \cdot Q_i$ där F_t fås ur kurvsamband som funktion av L/V och T.

3.5 Enhetshydrografmetoden

Denna metod bygger på att man med hjälp av nederbörds- och avrinningsmätningar konstruerar den så kallade enhetshydrografen för området. Denna definieras som erhållen avrinningshydrograf för ett i tid och rum likformigt effektivt enhetsregn [7, 8] . Hydrografen för ett godtyckligt regn erhålles ur enhetshydrografen under antagande av att avrinningen vid varje tidpunkt är direkt proportionell mot den totala avrinningsvolymen.

Enhetshydrografen för ett område kan uppskattas även om avrinningsdata saknas. Enligt Eagleson [9] karakteriseras nämligen enhetshydrografen främst av tre parametrar, den totala varaktigheten (T), maximala flödet (q_p) och tiden mellan mittpunkten på det effektiva regnets varaktighet och avrinningens maxflöde (t_p). Dessa parametrar kan kopplas till områdets karakteristika. Man kan på detta sätt erhålla en syntetisk enhetshydrograf som fyller samma funktion som en enhetshydrograf erhållen genom avrinningsmätningar. Eagleson anger följande samband:

$$t_p = \frac{\bar{L}}{\frac{1,5}{\bar{n}} \bar{R}^{2/3} \cdot \bar{S}^{1/2}}$$

$$q_p = 2,13 \cdot 10^5 \cdot \frac{\bar{H}}{\bar{L}}$$

$$T = \frac{10^6}{q_p}$$

där $\bar{L}$ och $\bar{H}$ karakteriserar områdets storlek och höjdförhållanden, medan $\bar{n}$, $\bar{R}$ och $\bar{S}$ karakteriserar ledningsnätets råhet, fyllnadsgrad och lutning.

Metoden ger möjlighet att simulera avrinningsförhållanden för ett regn med variabel intensitet. Svagheten i metoden ligger i svårigheten att uppskatta "förlusterna" dvs den del av regnet som inte avrinner. Eagleson anser att metoden är väl användbar för dimensionering av områden större än 40 ha.

3.6 Los Angeles-hydrografmetoden

Sedan 40-talet har i Los Angeles-området använts en hydrografmetod som tämligen noggrant analyserar ovan nämnda "förluster" [10] . Metoden grundar sig på omfattande mätningar av markfuktighet och infiltration i de jordarter som är vanligast i området samt mätningar av ytmagasineringsförmågan för olika aktuella ytor. En klassificering av området efter geologiska förhållanden har också utförts. Då området ur nederbördssynpunkt är komplicerat har man även gjort nederbördskartor utvisande isohyeter för entimmesregn med en återkomsttid på 50 år.

Koncentrationstiden har bestämt genom avrinningsstudier. Även avrinningskoefficienten för olika ytor har bestämts experimentellt. Resultat av mätningarna har sammanställts i kurvsamband som gör beräkningsförfarandet enkelt. Kurvsambanden kan emellertid inte anses representativa för andra områden än just Los Angeles-området.

3.7 Chicagometoden

1960 presenterade Tholin och Keifer en hydrografmetod kallad Chicagometoden [10] . Metoden analyserar avrinningsförloppet tämligen noggrant, och använder metoder som hör till de strukturbeskrivande modellerna. Dessa metoder kommer mer noggrant att beskrivas under avdelning 5.

Infiltrationen beskrivs med Hortons ekvation och ytmagasineringen bestäms schablonmässigt för olika ytor. Ytflödet beräknas med relationer som beaktar det icke-stationära flödestillståndet. Kontinuitetsekvationen och ett funktionssamband mellan magasinering, inflöde och utflöde utnyttjas för beräkning av rännstensflödet. För ledningsberäkningen används en tidsförskjutningsmetod där inloppshydrograferna förskjuts i tiden en sträcka som motsvarar flyttiden i ledningen.

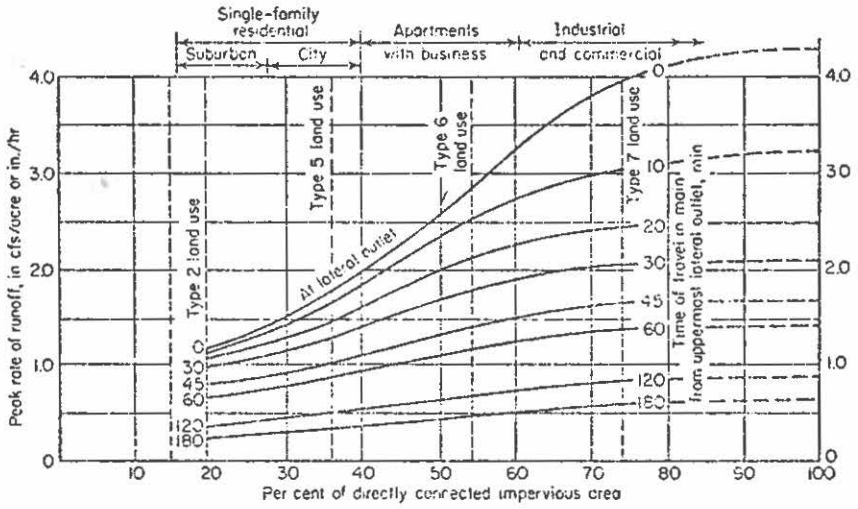


Fig. 4 Chicagometoden efter Chow [10]

Flödesberäkningen i ledningssystemet finns programmerad för databehandling. Beräkningar gjorda med Chicagomodellen visar att endast ett fåtal parametrar påverkar maxflödet signifikant. För att förenkla beräkningarna har därför kurvsamband mellan de signifikanta parametrarna angetts, se fig. 4. Dessa är förmodligen inte särskilt representativa för svenska förhållanden.

3.8 RRL-metoden

Denna metod utarbetades i slutet av 50-talet av Brittish Road Research Laboratory [11, 12] . Den framkom som ett resultat av en undersökning av befintliga metoder, vilka ansågs undermåliga.

Metoden beaktar endast impermeabla ytor. Flödeshastigheter beräknas på ytor, i rännstenar och avloppsledningar. Därefter kan området delas in i delområden skilda åt

av isokroner dvs linjer som sammanbinder punkter med samma flyttid till avloppspunkten. Ett area-tiddiagram upp upprättas samt en effektiv regnhyetograf som erhålles ur den uppmätta hyetografen genom minskning av intensiteterna med en procentsats eller ett konstant värde. Ur dessa diagram erhålles avrinningshydrografen, se fig. 5. Med en förenklad beräkningsprocedur för ledningsnätsflödet, som tar hänsyn till magasineringseffekter i ledningarna bestäms slutligen hydrografen. Förfarandet förutsätter att tid-area diagrammet inte ändras under regnet.

RRL-metoden har kritiserats bl a av Linsey [13] främst för att endast impermeabla ytor beaktas. Linsley anser att man för regn med hög intensitet eller lång varaktighet

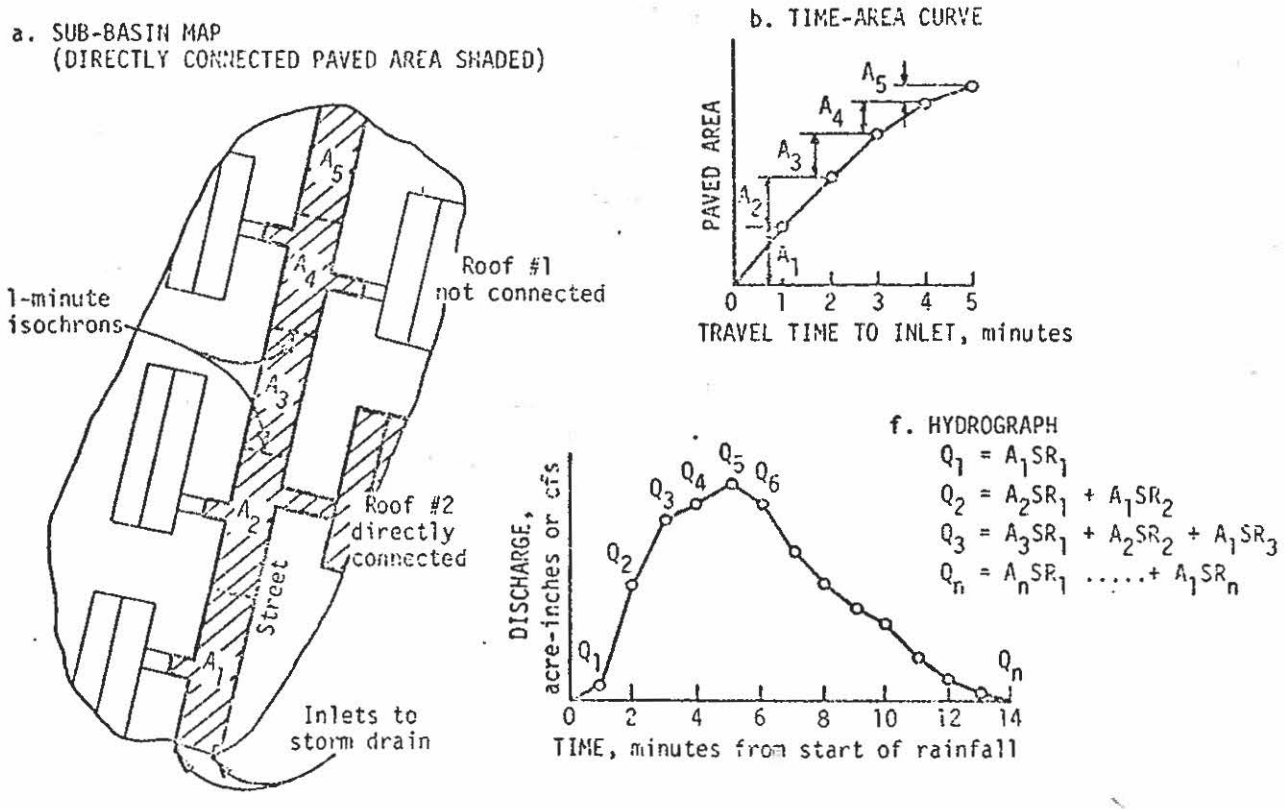


Fig. 5 RRL-metoden efter Terstierp [12]

får en signifikant avrinning från permeabla ytor. Hur mycket denna inverkar på toppflödet beror på fördelningen mellan permeabla och impermeabla ytor i området.

Metoden är ursprungligen konstruerad för handberäkning, vilket är orsaken till att den tagits upp bland traditionella metoder. På senare år har den emellertid helt programmerats för datorbehandling.

4 PARAMETRISKA DATORBASERADE MODELLER

4.1 University of Cincinnati Urban Runoff Model (UCUR)

Papadakis och Preul utvecklade 1970 [14, 15] en strukturbeskrivande datormodell bestående av fem submodeller, som individuellt beskriver infiltration, ytmagasinering, ytflöde, rännstensflöde och ledningsrouting. Infiltrationsmodeller använder Hortons ekvation för bestämning av infiltrationskapaciteten. Ytmagasineringsmodellen utnyttjar en exponentiell relation mellan magasineringskapacitet och tid. Kontinuitetsekvationen samt en relation mellan ytflödesdjupet och ytmagasineringen används i ytflödesmodellen tillsammans med Mannings ekvation. I modellen för rännstensflöde används kontinuitetsekvationen under antagandet att flödets djup inte varierar. Routingmodellen (ledningsflödesmodellen) summerar endast inloppshydrograferna utan att ta hänsyn till någon dämpning i systemet.

4.2 Environmental Protection Agency Storm Water Management Modell (EPA SWMM)

1971 publicerade Metcalf och Eddy [16] en mycket detaljerad strukturbeskrivande datorbaserad modell. Den ger förutom en kvantitativ avrinningsoutput även en kvalitativ. Dessutom ingår kostnadsberäkningsrutiner för eventuella fördröjningsmagasin och reningsanläggningar, samt en modell för beräkning av dagvattnets spridning i recipienten. Här kommer endast den kvantitativa delen av modellen att beskrivas.

För att kunna utnyttja olika delar av modellen separat är den delad i ett administrativt block och fyra beräkningsblock. Dessa behandlar avrinning, transport, magasinering samt diffusion av dagvattnet i recipienten.

Avrinningsområdet delas upp i delområden karakteriserade av yta, lutning, råhet, ytmagasineringsförmåga och infiltrationskapacitet.

Avrinningsblocket beräknar delområdenas inloppshydrografer och lagrar dessa. Ytavrinningen och rännstensflödet beräknas med ett stegningförfarande som beskrivs i avdelning 5. Härvid utnyttjas Mannings och Hortons ekvationer i samband med kontinuitetsekvationen. Flödet i mindre grenledningar räknas som rännstensflöde.

Hydrografens passage genom ledningssystemet behandlas i transportblocket. Vid beräkningen indelas ledningsnätet i delsträckor och flödet i nedströmsänden på varje segment beräknas med ett iterationsförfarande som innebär att variationen i vattenytans lutning i segmenten beaktas [16 Vol 1].

Magasineringsblocket bearbetar det input som fås av transportblocket med hänsyn till magasineringsanläggningar etc som läggs in i systemet.

Recipientblocket analyserar dagvattnets spridning i recipienten.

4.3 Stanfordmodellen

Stanfordmodellen är en parametrisk strukturbeskrivande modell utvecklad vid Stanforduniversitetet och publicerad av Crawford och Lindsley 1966. Modellen analyserar hela den hydrologiska cykeln. Modellen behandlar alla delar av denna oavsett om de inverkar på avrinningen. Den är därför en lämplig utgånspunkt vid utveckling av enklare modeller som är mer inriktade på speciella studier som t ex av avrinningshydrografen. Flera modeller tillkomna efter 1966 har också utnyttjat delar av Stanfordmodellen, t ex UCUR-modellen som har hämtat hela sin beskrivning av ytflödet från Stanfordmodellen.

En version av Stanfordmodellen kallad Hydrocomp Simulation Program som är anpassat för ingenjörsmässigt bruk i urbana områden har utvecklats ur grundmodellen.

4.4 NIVA-modellen

Norsk Institutt For Vannforskning i Oslo har utvecklat en omfattande datormodell för dagvattenberäkning, som förutom en ledningsnätsmodell innehåller modeller för dimensionering av reningsanläggningar och slambehandling. Till dessa är kopplad en kostnadsanalysmodell. Målsättningen är att utforma modellen på ett sådant sätt att den lätt skall kunna användas av ingenjörer vid dimensioneringsarbete.

Ledningsnätsmodellen utgår från en uppdelning av området i delområden efter inloppen i ledningssystemet. Med rationella metoden beräknas avrinningen från varje delområde i tidsintervall om en minut, utgående från regnintensiteten. Under antagande av en given tillrinningstid och tillrinningsfunktion beräknas inlopphydrograferna för varje delområde. Ledningsflödet beräknas med samma metod som RRL-metoden.

5 HYDROLOGISKA DELPROCESSER I STRUKTURBESKRIVANDE MODELLER

De strukturbeskrivande datorbaserade modellerna består av undermodeller som beskriver delprocesser i den hydrologiska cykeln. Dessa är mycket summariskt beskrivna i avdelning 4. Detta avsnitt kommer att mer ingående behandla den beskrivning av avrinningsförloppet som ges i undermodellerna. Dessa behandlar infiltration, ytflöde, ytmagasinering, rännstensflöde och ledningsflöde. Övriga delar av den hydrologiska cykeln anses inte påverka avrinningshydrografen signifikant. Om detta gäller även avdunstning är i viss mån tveksamt. På grund av de kortvariga regn som används i modellerna samt den höga relativa fuktighet som råder under regntillfället har samtliga modellutvecklare ansett att avdunstningen kan förbises.

Den beskrivning av nederbörden som används som input i modellerna berörs också i korthet.

5.1 Nederbörd

Nederbördens intensitet är en funktion av både tid och rum. I de nederbördsmodeller som används som ingångsdata uppfattas emellertid intensiteten som jämt fördelad över området och beskrivs i tiden i intervall med konstant intensitet. Denna beskrivning av nederbörd kan anses acceptabel för mindre områden. För större områden måste någon form av distribuerad beskrivning användas. I vissa modeller bl a UCUR-modellen kan olika hyetografer användas som input för olika delområden. Om undersökningsområdet har flera regnmätare kan området indelas efter dessa med någon metod t ex Thiessens metod och därefter kan modellen användas med en hyetograf för varje delområde.

Allmänt kan regn med hög intensitet och kort varaktighet sägas ge de mest kritiska avrinningarna, men lokala förhållanden avgör dimensioneringsregnets utseende. En av de intressanta aspekterna som denna typ av modellutveckling ger, är just möjligheten att få fram vilket regn som blir dimensionerande.

5.2 Infiltration

De faktorer som främst inverkar på en permeabel ytas infiltrationsförmåga är dels direkta fysiska egenskaper hos jorden som porositet, kornfördelning, marklagerdjup etc, dels markvatteninnehåll. Mätningar visar att infiltrationskapaciteten avklingar asymptotiskt med ökande markvattenhalt mot ett mättnadsvärde. Olika funktioner har avsatts av bl a Kostiakow, Horton och Philips [7] . Hortons ekvation har fått den största spridningen och ingår i både Chicago- UCUR- och EPA-modellerna. Ekvationen ges av:

$$f = f_c + (f_0 - f_c)\, e^{-kt}$$

där

f = infiltrationskapacitet vid tiden t [mm/h]
t = tid i minuter [min]
f_c = infiltrationskapacitet då $t \to \infty$ [mm/h]
f_0 = initiell infiltrationskapacitet för $t = 0$ [mm/h]
k = avklingningshastighet [min]

Ekvationens konstanter f_0, f_c och k karakteriserar marktypen och värden kan erhållas i litteraturen.

Här förutsätts att marken har maximal infiltrationskapacitet vid regnets början samt att regnintensiteten genast överstiger eller är lika stor som infiltrationskapaciteten.

Inverkan av markvattenhalter och regnintensiteten på infiltrationen kan emellertid beaktas inom ramen för Hortons modell. I UCUR-modellen justeras de tre parametrarna i ekvationen med hänsyn till markvattenhalten, vilken karakteriseras av

ett s k markfuktighetsindex (API) [17]. En serie dagsvärden för ett område kan erhållas genom att ett godtyckligt API-värde minskas med t ex 10 % för varje dag det inte regnar och vid regn ökas med nederbördsmängden i mm. En sådan serie fungerar som en Markowprocess, dvs ett värde i serien bestäms av det föregående och inte av startvärdet. Detta kan alltså väljas godtyckligt.Efter några veckor erhålls samma API-värde oavsett utgångsvärdet.

Om fältförsök för bestämning av konstanterna i Hortons ekvation utförs samtidigt som en API-serie byggs upp i ett område, kan f och k kopplas till API-värdena och således justeras med hänsyn till markvattenhalten.

Preul och Papadakis anser att bestämning av konstanterna kan göras med enkla ringinfiltrometerförsök. Mer avancerade tester ger inte tillförlitligare resultat i relation till den ökade arbetsinsatsen. Infiltrationskapacitetens beroende av dropparnas slag mot marken, luftens kompression vid perkolationen över stora ytor och störningseffekter beroende på neddrivningen av rör i jorden är några av svårigheterna vid uppskattning av infiltrationen.

Eftersom det är vanskligt att överföra relationerna mellan API och konstanterna från ett område till ett annat, är det önskvärt att fältmätningar genomförs rutinmässigt . För att hålla kostnaderna på ingångsdata nere är det nödvändigt med enkla standardförfaranden som t ex ringinfiltrometer.

Då regnintensiteten (i) är mindre än infiltrationshastigheten (f) antar UCUR-modellen att infiltrationskurvan följer hyetografen till den punkt då i = f (punkt A i fig. 10).
Därefter används Hortons ekvation. Punkt A bestäms genom villkoren att $i_A = f_A$ och ytorna [BAGH] = [EAFG] .
Det senare villkoret innebär att man antar att det infiltrerade ackumulerade vattenmängden ger samma markvattenförhållanden oavsett om $i > f$ (Hortons ekvation) eller $i < f$ (hyetografen).

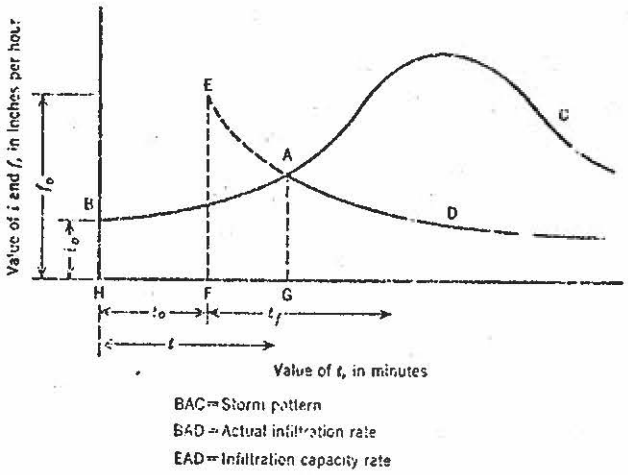


Fig. 6 Infiltrationskurva efter [15] .

Singh [18] anser att Hortons ekvation är föråldrad och att man med dagens kunskaper om vattenflöde genom porösa medier mer realistiskt och noggrant kan beskriva infiltrationsförloppet. Han utgår från Darcys lag och kontinuitetsekvationen. Detta är även utgångspunkt för Philips [7] som fann följande ekvation för infiltrationshastigheten:

$$f = \frac{1}{2} s \cdot t^{-1/2} + k$$

där

s = sorptiviteten
t = tid i min
k = konstant

Sorptiviteten karakteriserar marktypen och ger ett mått på jordens kapilära uppsugningsförmåga. k motsvarar den hydrauliska ledningsförmågan vid mättnadstillstånd.

Philips påstår att Hortons ekvation inte rätt beskriver den snabba avklingning av f som sker vid små t.

Vid infiltrationsförsök gjorda av Preul och Papadakis [17] anpassades mätvärdena till Kostiakows, Philips och Hortons modeller. Man fann då att Hortons modell var den som beskrev mätserierna klart bäst.

EPA-modellen tar också hänsyn till markvattenförhållandena, men detta sker genom en uppskattning av parametrarna i Hortons ekvation utgående från nederbördsförhållanden under 9 dagar före prognostillfället.

5.3 Ytmagasinering

Om nederbördsintensiteten överstiger infiltrationshastigheten fylls markens håligheter efter hand med vatten, samtidigt som avrinningen börjar. I Chicago- och EPA-modellerna antas att ingen avrinning sker förrän ytmagasinet fyllts. Värden på magasinskapaciteten antas schablonmässigt. RRL-metoden kan i viss mån sägas beakta ytmagasineringen på impermeabla ytor genom det procentuella avdraget som görs för att erhålla effektiva regnet. Stanford- och UCUR-modellerna tar vid beskrivningen av ytflödet hänsyn till ytmagasineringen på ett sätt som framgår av avdelning 5.4. Man arbetar här med ett av Linsley föreslaget samband mellan ytmagasinsförändring och intensitet och infiltration [15].

$$s = (i - f)e^{-(I - F)/S_D}$$

där

S_D = total ytmagasineringsförmåga [in]
I = accumulerad nederbörd [in]
F = " infiltration [in]
s = ytmagasinsvariation [in/h]

5.4 Ytflöde

Den nederbörd som inte infiltreras eller magasineras rinner av på ytan. Då avrinningen ökar ökar vattendjupet och därmed den

vattenvolym son ingår i ytflödet. Den till flödet kopplade magasineringen kallas här hydraulisk magasinering (surface detention) för att skilja den från ytmagasinering. Eftersom djupet är litet i förhållande till bredden brukar ytflödet beskrivas tvådimensionellt. Flödestillståndet är vanligen turbulent men kan under vissa betingelser övergå till laminärt. Svårigheten att dra gränsen mellan turbulenta laminära strömningsförhållanden gör att man antar att flödet är turbulent för alla ytor.

De icke-stationära förhållandena vid ytflöde kan beskrivas med kinematisk vågteori (se sid 25). Preul och Papadakis [15] anser att enklare analytiska metoder lika gärna kan användas med hänsyn till osäkerheten i ingångsdata. I Stanford och UCUR-modellerna utnyttjas Mannings ekvation där den hydrauliska radien sätts lika med djupet. Detta djup kopplas med ett empiriskt samband till hydrauliska magasineringsdjupet vid icke-stationärt tillstånd (current detention storage) D och hydrauliska magasineringsdjupet vid jämnvikt D_e.

Mannings ekvation blir då

$$q = \frac{K_1}{n \cdot L} \cdot S^{1/2} \cdot D^{5/3} \left[1,0 + 0,6 \left(\frac{D}{D_e}\right)^3\right]^{5/3}$$

där

K_1 = konstant
n = Mannings tal
L = längd på ytan
S = lutning på ytan

Avrinningshydrografen beräknas ur regressionsformeln

$$\frac{r_1 + r_2}{2} - \frac{q_1}{2} + 60\frac{D_1}{\Delta t} = \frac{q_2}{2} + 60\frac{D_2}{\Delta t}$$

med

r = (i - f - s) = inflöde till ytan
q = utflöde från ytan

där Mannings ekvation enligt ovan ersatt q_2. D_e kan beräknas för varje r enligt

$$D_e = \frac{K_2 \cdot r^{0,6} \cdot n^{0,6} \cdot L^{0,6}}{S^{0,3}}$$

Med $q_1 = 0$ och $D_1 = 0$ som startvärde ger regressionsformeln D_2 och Mannings ekvation q_2, vilket ger nya startvärden för regressionsformeln.

EPA-modellen använder också Mannings ekvation, men en annan regressionsekvation. Man arbetar här med djup;

$$D_{t+\Delta t} = D_t + r_t \cdot \Delta t - i \cdot \Delta t - (q/A) \cdot \Delta t$$

där

D_t = vattendjup i början av tidssteget Δt
$D_{t+\Delta t}$ = vattendjup efter tidssteget Δt
r_t = regnintensitet under tidsintervallet Δt
i = infiltrationsintensitet i tidsintervallet Δt
q = flöde beräknat ur Mannnings ekvation
A = områdets yta

En av fördelarna med att använda Mannings ekvation är att råheten uttryckt i Mannings tal är väl undersökt.

Den kinematiska vågteorin bygger på att dynamiska termer försummas i kontinuitets- och rörelseekvationerna. Detta ger tillsammans med i tidigare gjorda antaganden om tvådimensionellt turbulent flöde

$$\frac{\partial h}{\partial t} + u\frac{\partial h}{\partial x} + h \cdot \frac{\partial u}{\partial x} = q$$

$$u = \alpha \cdot h^{n-1} \quad , \quad Q = \alpha \cdot h^n$$

där

h = djupet
u = lokal medelhastighet
q = inflöde
x = rumskoordinaten
t = tidskoordinat
Q = utflöde
n och α = parametrar kopplade till friktionssambandet

Singh [18] anser att denna teori bör användas. Han ger lösningen på ekvationssystemet ovan för $h = f(t + ax)$ där a är en konstant,

$$h + a \cdot \alpha \cdot h^n = q\ (t + ax) + b$$

där b är integrationskonstanten.

Om randvillkoren bestäms kan nu enligt Singh q beräknas för ett givet regn utan mer ingångsdata än ovan angivna metoder.

5.5 Rännstensflöde

Rännstensflöde samlar upp ytavrinningen och avbördar den till ledningssystemet. Flödet är av icke-stationär karaktär med nedströms ökande flöde på samma sätt som ytavrinningen. EPA-modellen använder vid beräkning av rännstensflödet ett regressionsförfarande av samma typ som ovan behandlats för ytflödet. Inflödet Q_{in} på en sträcka beräknas som summan av ytflöde och uppströms flöde i rännstenen. Vattendjupets variation beräknas enligt

$$Y_{t+\triangle t} = Y_t + (2Q_{in} / A_S - Q_{ut}/A_S) \cdot \triangle t$$

där

$Y_{t+\triangle t}$ = vattendjup efter tidssteget
Y_t = vattendjup före tidssteget
Q_{in} = inflöde
A_S = medelvattenytan under tidssteget
Q_{ut} = utflöde beräknas ur Mannings formel

Mannings formel används även i RRL-metoden [12] vid beräkning av flyttider för rännstensflödet. Tiden beräknas för ett flöde av 0,5 cfs/acre dvs stationärt flöde antas.

I UCUR-modellen antas, på grund av att rännstenslängderna är korta och laterala tillflödet är relativt litet, stationärt flödestillstånd.

Flödet fås ur

$$Q_{ut} = q \cdot L + Q_{in}$$

där

Q_{in} = uppströms rännstensflöde
q = output från ytflödesmodellen
L = rännstenslängd

Modellen beaktar alltså inte flyttider och magasinering för flödet. Detta är en stark förenkling med hänsyn till de höga nederbördsintensiteter som används vid dimensionering.

5.6 Ledningsflöde

Flöde i ledningsnätet har på samma sätt som ytflödet och rännstensflödet en icke-stationär karaktär. En exakt analys av denna flödestyp leder till mycket komplicerade modeller. Alla de här berörda ledningsnätmodellerna har därför på olika sätt förenklat beräkningsförfarandet.

Som i tidigare avsnitt antytts använder Chicago-metoden ett tidsförskjutningsförfarande av inloppshydrograferna, som därefter summeras vid utloppspunkten. Flyttiderna bestäms schablonmässigt, vilket är en svaghet i metoden. Enligt Tholin och Keifer [10] medför detta förfarande något högre och något fördröjt maxflöde jämfört med mer exakta metoder, som tar hänsyn till magasineringseffekten.

UCUR-modellen gör motsvarande hydrografförskjutningar men flyttiderna bestäms enligt följande. Inloppshydrograferna omformas tilll histogram med konstant flöde över tidssteget en minut. Under antagande av likformig strömning under tidssteget beräknas med Mannings formel djup och hastighet. Den medelhastighet med vilken en inloppshydrograf rör sig från ett inlopp till ett nästa beräknas därefter som ett över flödet viktat medelvärde av de olika tidsstegens flödeshastigheter. Härur fås flyttiderna som används vid förskjutningen av hydrograferna . Förskjutning och summering av hydrograferna sker därefter utan förändring av dessas form på

samma sätt som i Chicagomodellen. Förskjutningen av maxflödet i tid och storlek som Tholin och Keifer anger märks även vid detta förfarande.

En utförlig analys av ledningsnätsmodeller görs i en interimsrapport kallad Mathematical Models of Gradually Varied Unsteady Flow av Anders Sjöberg under projektet "Dagvattenavledning — flödesmodeller". Sjöberg har funnit att RRL- och NIVA-modellernas ledningsnätsmodeller på ett olämpligt sätt beskriver ledningsflödet. EPA-modellens ledningsnätsmodell är den som mest noggrant analyserar flödet och betecknas av Sjöberg som den hydrauliskt mest korrekta.

6 JÄMFÖRANDE TESTER GJORDA MELLAN NÅGRA MODELLER

Som antytts i avdelning 4 var bakgrunden till utvecklingen av RRL-metoden en undersökning av de dimensioneringsmetoder som användes i mitten av 50-talet [11]. Man undersökte 12 områden runt London och i mellersta England. Dessa grupperades enligt tabell 1 nedan.

Uppmätta avrinningsvärden jämfördes med värden beräknade enligt RRL-metoden och rationella metoden. För den senare beräknades koncentrationstiden som summan av flyttiden i rören och en tid för tillrinningen till inloppspunkterna på två till tre minuter. Flyttiden i rören beräknades med Mannings formel. Intensiteten erhölls genom att beräkna medelvärdet av regnintensiteten under en tid motsvarande koncentrationstiden för den häftigaste delen av det uppmätta regnet.

Man fann att rationella metoden gav större medelfel än RRL-metoder för alla områden. Metoden gav antingen för höga värden eller för låga, i medeltal dock för höga.

Tabell 1.

Group		Area	Type	Area (acres)	Paved area (%)
A	1	Oxhey, Hertfordshire	Road	1,15	100
B	2	Stevenage, Hertfordshire		3,4	42
	3	Kidbrooke, Kent	Small factory areas	8,5	68
C	4	Stevenage, Hertfordshire	Small housing areas	11,8	30
	5	Blackpool, Lancashire		11,9	42
	6	Doncaster, Yorkshire		12,7	30
	7	Stevenage, Hertfordshire		19,7	20
D	8	Leicester, Leicestershire	Old development areas	147	36
	9	Brighouse, Yorkshire		200	22
	10	Kensington, London		200	95
E	11	Oxhey, Hertfordshire	Medium-sized built-up area	611	20
F	12	Harlow, Essex	Natural catchment	5270	2

Område 10 och 12 gav medelfel så stora att denna modell måste betraktas som oanvändbar på dessa områden.

För att få ett mått på metodernas tillförlitlighet vid individuella regntillfällen beräknades spridningen i resultaten. Skillnaderna i standardavvikelse mellan metoderna var störst för grupperna D och F. Eftersom rationella metoden varken tar hänsyn till tidsvariation i regnintensitet, vilka områden som bidrar till avrinningen, flödets hastighetsvariation eller magasineringen anser författarna att om metoden ger rätt resultat på så stora områden beror detta på att de fel som införs vid användning av rationella metoden råkar ta ut varandra.

Sammanfattningsvis fann man att rationella metoden är användbar för små områden som villa-områden där inga ledningar grövre än 60 cm finns. RRL-metoden rekommenderas däremot för alla typer av urbana områden.

Enhetshydrografmetoden jämfördes med RRL-metoden i område 11 för några regn. Man fann att de båda metoderna gav ungefär lika resultat.

Om enhetshydrografmetoden skall kunna användas för dimensionering måste enhetshydrografen för ett område kunna överföras till ett annat. Därför undersöktes enhetshydrograferna för några av försöksområdena. Det visade sig att dessa i allmänhet inte är överförbara. Troligen hade den syntetiska enhetshydrografmetoden beskriven i avdelning 3 givit bättre resultat. Den av hydrologer använda enhetshydrografmetoden kan alltså inte användas vid dimensionering men däremot för bestämning av avrinningshydrografer i redan bebyggda områden om avrinningen uppmätes.

Papadakis och Preul har jämfört avrinningshydrografer beräknade med några datorbaserade modeller [14, 19] . Två små områden (4 och 5 ha) samt ett stort (960 ha) undersöktes för några regn. Småområdena var villaområden av Chicagotyp, dvs hade en mycket regelbunden struktur och jämn lutning. Fördelningen permeabla–impermeabla ytor var 54% respektive 46%. För det minsta området beräknades avrinningshydrografen med EPA-, UCUR- och Chicago-metoderna se fig. nedan.

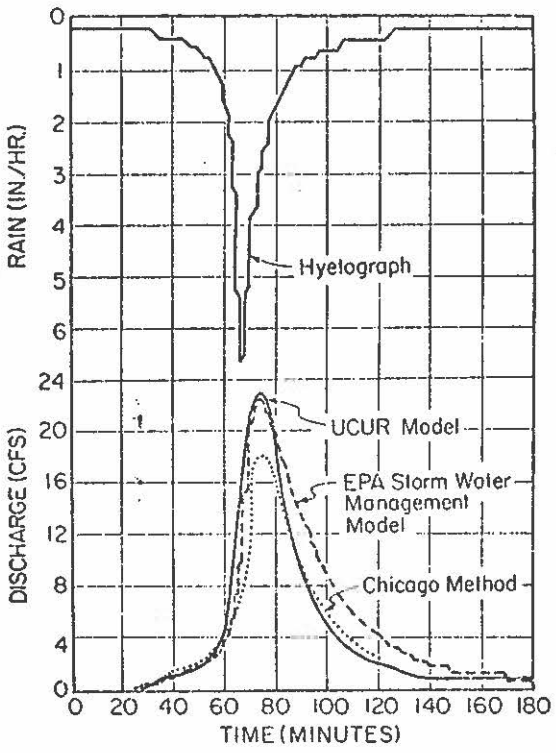


Fig. 6 Beräknade hydrografer efter Preul, Papadakis [19]

Ett regn med 181 min varaktighet och högsta intensitet på 6, 5 in/h användes som ingångsdata.

Som framgår av figuren gav metoderna maxavrinningen vid samma tid. UCUR- och EPA-modellerna hade samma maxavrinning, medan Chicagomodellen gav ett mindre värde.

Hydrografernas stigning före toppvärdet var fullt jämförbara, men avklingningen var betydligt långsammare för EPA-modellen, troligen beroende på olika sätt att beräkna infiltrationsförlusten. EPA-modellen krävde betydligt mer maskintid än UCUR-modellen.

Fem hektars-området undersöktes för två regn med UCUR-, EPA-, RRL- och Chicagomodellerna se fig. 7, 8. Båda regnen hade två intensitetstoppar, det första med en topp av kortare varaktighet efter huvudregnet och det andra med ett kort förregn.

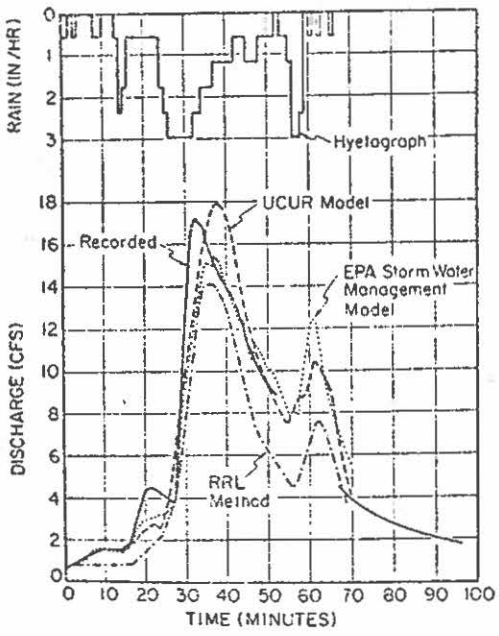


Fig. 7 Första regnet efter Papadakis och Preul [19]

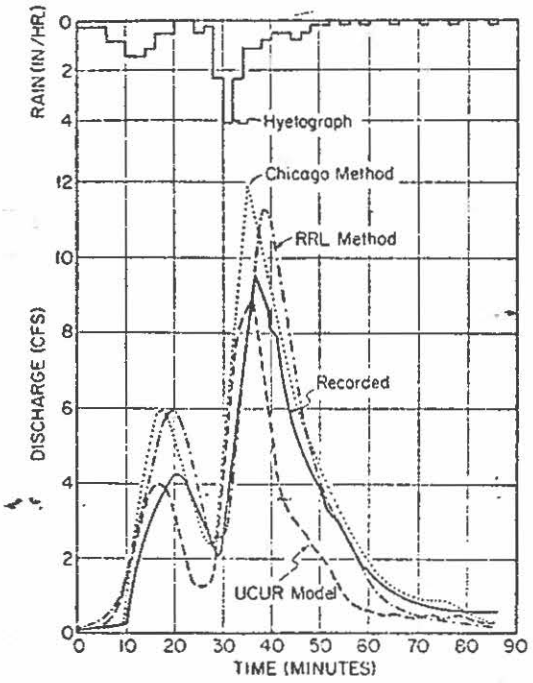


Fig. 8 Andra regnet efter Papadakis och Preul [19]

Alla metoderna gav acceptabla uppskattningar av tidpunkten för toppflödena och stigningen av kurvan före dessa. Storleken på toppflödena och avklingningshastigheten varierade emellertid. RRL-metoden gav en betydligt mindre hydrograf än den uppmätta vid första regnet medan hydrografen för det andra regnet överensstämde bättre. Ytflödet beräknat med UCUR-modellen befanns vara betydande för det första regnet medan det för det andra ytflödet var obetydligt. Det första regnets ytflöde bidrar alltså till flödestoppen. RRL-metoden som inte beaktar de permeabla ytorna har därför fått en lägre flödestopp och mindre hydrograf vid första regnet än de övriga metoderna. UCUR-modellen beskriver den uppmätta hydrografen bäst, främst storleken på toppflödena. Undersökarna anser att detta beror på att UCUR-modellen beaktar markens fukthalt vid regnets början, vilket starkt påverkar infiltrationskapaciteten.

Det stora området har blandad bebyggelse med 55% hårdgjorda ytor. Regndata erhölls från tre registrerande regnmätare. UCUR- och EPA-modellerna testades på området för tre regn. Två av

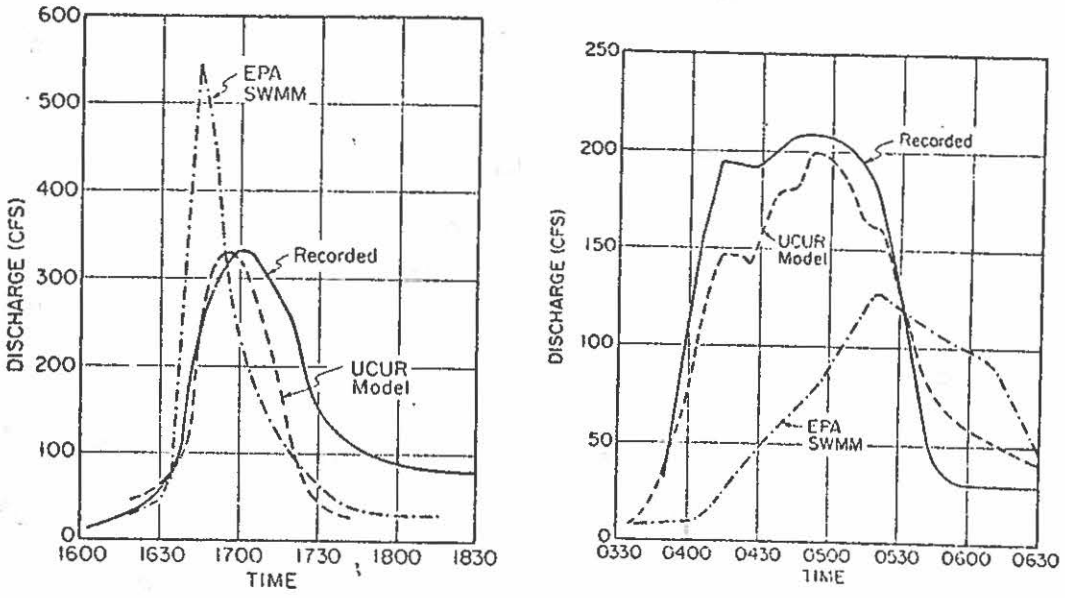


Fig. 9 Beräknade och uppmätta hydrografer efter Papadakis och Preul 19

dessa visas i fig. ovan.

I två av fallen gav EPA-modellen för låga värden på toppflödet i ett fall för högt. UCUR-modellens toppvärden anslöt sig betydligt bättre. Undersökarna anser att skillnaderna beror på att EPA-modellen feluppskattat markfuktförhållandena. Jämfört med UCUR-modellens API kopplade infiltrationsvärden var den initiella infiltrationskapaciteten i första fallet överskattad och i andra fallet underskattad för EPA-modellen. Avklingningen för UCUR-modellen stämmer inte så väl med den uppmätta, vilket kan förklaras med den approximativa ledningsrouting, som används.

Sammanfattningsvis beskriver alltså alla metoderna avrinningen från mindre områden bra. De mest detaljerade modellerna EPA- och UCUR-modellerna har jämförts i ett stort avrinningsområde. Trots UCUR-modellens enklare struktur beskriver den avrinningen bättre än EPA-modellen, vilket beror på det noggrannare input i fråga om markfuktförhållandena som API- metoden ger.

Med tillräcklig noggranhet i ingångsdata kan således mycket goda resultat erhållas med dessa modeller. Mot bakgrund av svårigheterna att beskriva nederbörd, markvattenhalt, lutning etc finns ingen anledning att ytterligare förfina eller utveckla nya modeller innan bättre möjligheter att bestämma ingångsparametrar finns.

7 INRIKTNING AV MODELLUTVECKLING

Den senaste tioårsperioden har internationellt sett betydande ansträngningar gjorts att utveckla modeller som beskriver och kvantifierar dagvattenavrinningen i urbana områden. Denna satsning kan förklaras mot bakgrund av de stora investeringar för avledning av dagvatten som kan förutses i samband med ökande recipienthygieniska krav.

En stor del av befintliga ledningsnät är av kombinerad typ, dvs spillvatten och dagvatten har gemensamt ledningssystem. Dessa uppfyller oftast inte de krav som idag ställs på utsläpp i en recipient, på grund av att bräddning sker vid häftiga regn. Ombyggnad av de kombinerade systemen till separata är i de flesta fall omöjligt av ekonomiska skäl. Däremot kan andra åtgärder vidtas, t ex kan fördröjningsmagasin läggas in i de äldre systemen.

Nya avledningssystem måste också dimensioneras med hänsyn till recipienten. Ibland måste nya system kopplas till äldre, vilket kan ge probelm.

Man kan alltså konstatera att dagvattenproblematiken blir alltmer komplicerad. Behovet av att mer noggrant kunna beskriva avrinningsförloppet ökar. Allmänt finns ett behov att analysera och optimera hela vattenförsörjningssystemet från nederbörd och råvattenintag till dagvatten- och spillvattenutsläpp i recipienten. Här kommer behovet av utveckling och anpassning av nya eller befintliga avrinningsmodeller in som en viktig del av den totala systemanalysen. Målsättning för projektet är härvid att utveckla en kvantitativ avrinningsmodell som kan kopplas till kvalitativa och ekonomiska modeller där olika reningssteg, fördröjningsmagasin, recipientförhållanden etc kan läggas in i systemet och analyseras och optimeras.

Beträffande den direkta ledningsdimensioneringen för nyanläggningar ger de metoder som används idag, främst rationella metoden,

en tämligen dålig beskrivning av avrinningen. Osäkerheten vid analysen medför troligen att överdrivna säkerhetsmarginaler väljs, resulterande i överdimensioneringar. Metoder, som noggrannare beskriver flödesförloppet borde kunna medföra besparingar. Den här utvecklade modellen bör sålunda förutom att vara en del i den stora systemmodellen även vara direkt användbar för ledningsdimensionering av enklare dagvattensystem.

Då flera modeller utvecklats utomlands framstår det som lämpligt att utnyttja någon av dessa och anpassa den efter våra intensioner och efter svenska förhållanden. Härvid förefaller UCUR-modellen väl lämpad som utgångspunkt. Modellen beskriver ytmagasinering och ytavrinning ingående, medan rännstensflöde och ledningsnätsflödet beskrivs mindre noggrant. Infiltrationsmodellen kan kopplas till en markvattenhaltserie (API serie) som beskrivits i avdelning 5, vilket är mycket värdefullt. Detta medför nämligen möjligheter att ta hänsyn till markvattenhalten vid uppskattningen av infiltrationen. Visserligen leder detta till ökat fältarbete, men då infiltrationskapaciteten är mycket beroende av markvattenhalten fås värdefull information. Ledningsnätsmodellen kan eventuellt bytas ut mot Sjöbergs CTH-transportmodell.

NIVA:s avrinningsmodell förefaller vara mindre lämplig som utgångspunkt på grund av teoretiska svagheter i ledningsnätsmodellen och att den i övrigt utgår från mycket förenklade antaganden vad avser ytavrinningen. På NIVA har man satsat de största resurserna på utveckling av den kvalitativa och ekonomiska analysdelen, samt på att försöka göra modellen tillgänglig för kommunalingenjörer utan särskild datautbildning. Här finns stora kopplingsmöjligheter där NIVA:s satsning borde kunna utnyttjas, även om en annan avrinningsmodell används.

En efter dessa riktlinjer utvecklad modell borde tillsammans med Sjöbergs- och NIVA:s modellarbete kunna ge ett väsentligt tillskott till förståelsen av den urbana miljöns hydrologi och ge bättre möjligheter att dimesionera dagvattensystem.

LITTERATURHÄNVISNINGAR

[1] Albertson, M L ; Tucker, L S and Taylor, D G; Treatise on urban water systems. – Colorado State University. Fort Collins, Colorado 1971

[2] Amorocho J; Nonlinear Hydrologic Analysis. Advances in Hydroscience Vol 9 1973. Academic Press Inc.

[3] Höganäs avloppshandbok. Höganäs AB. Berlingska Boktryckeriet Serie B nr 11, 1970

[4] Lindh, de Maré: Beräkning av dagvattenavrinning – en litteraturstudie. Bulletin Serie A Nr 9. Lund 1972.

[5] Sjunde Nordiska symposiet om vattenforskning, Dagvatten jyvöskylä 27 - 29 april 1971 Miljövårdsekretariatet Publikation 1972:1

[6] Rogers, R A : Rational "Rational" method of Storm Drainage System ASCE No I R4 December 1968

[7] Lindh, G och Falkenmark, M: Hydrologi, en inledning till vattenresursläran. – Studentlitteratur, Lund 1972.

[8] Lindestam, Ljunggren : Hydrologisk undersökning av ett mindre nederbördsområde med speciell inriktning på enhetshydrografens tillämpning. Examensarbete 1970:10 VoV CTH

[9] Eagleson, P S: Unit Hydrograph Characteristics for Sewerd Areas. Journal fo the Hydraulics Division ASCE Vol 88, No HY2 Proc. paper 3069 March 1962

[10] Chow: Handbook of Applied Hydrology Mc Graw Hill 1964

[11] Watkins, L H: The Design of Urban Sewer Systems – Road Research Laboratory. Road Research Tech Paper, No 55, London 1962

[12] Stall, J B, Terstierp, M L : Storm Sewer Design – An Evaluation of the RRL-method. EPA - R2 72 - 068 October 1972

[13] Linsley:Urban Runoff by Road Research Laboratory Method ASCE HY4 april 1970 Discussion

[14] Division of Water Resources Department of Civil Engineering, University of Cincinnati, Urban Runoff Characteristics. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Water Pollution Control Research Series October 1970 - 11024 DQU

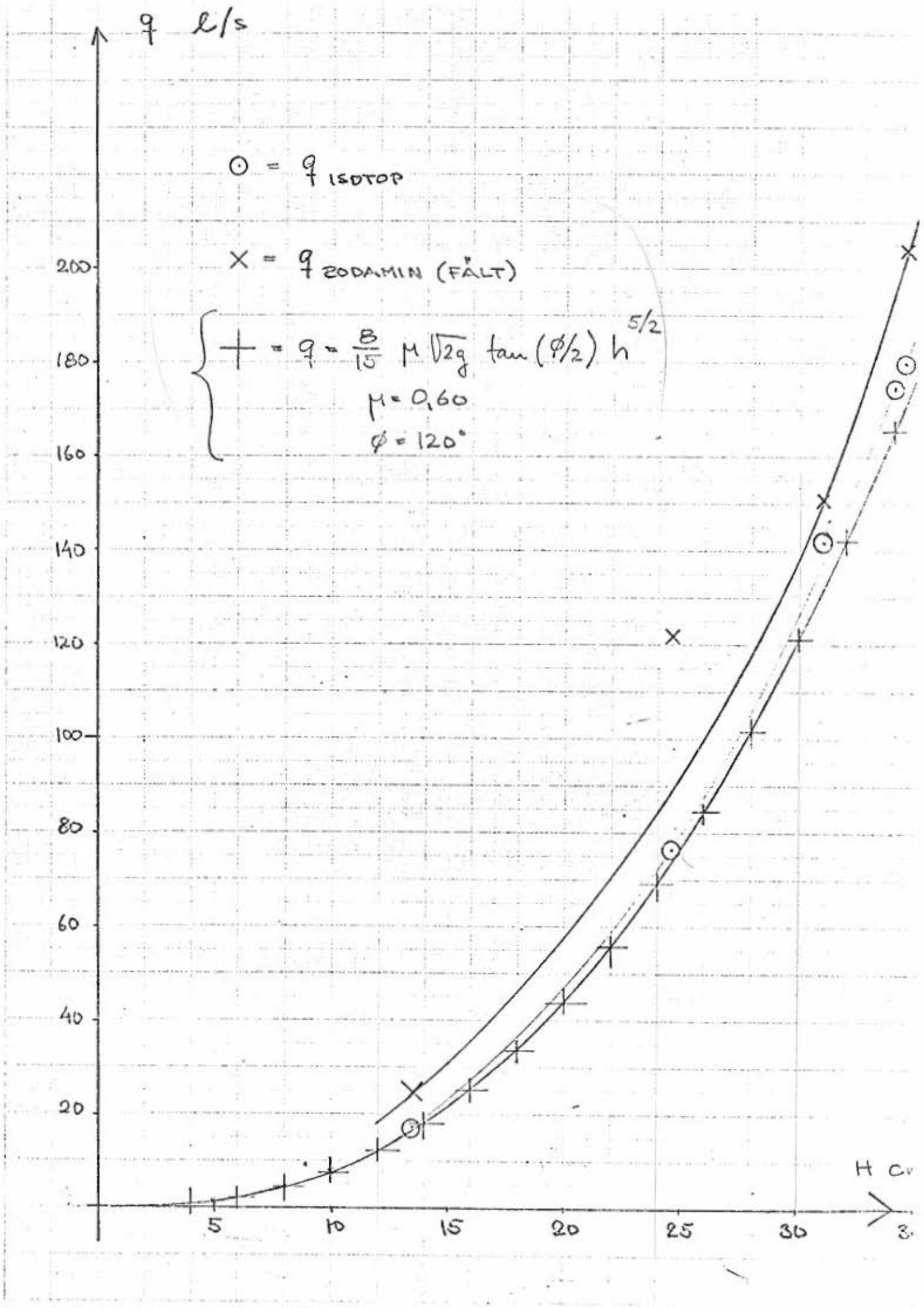
[15] Papadakis, Preul, University of Cincinnati Urban Runoff Model. ASCE Vol 98 HY 10 October 1972

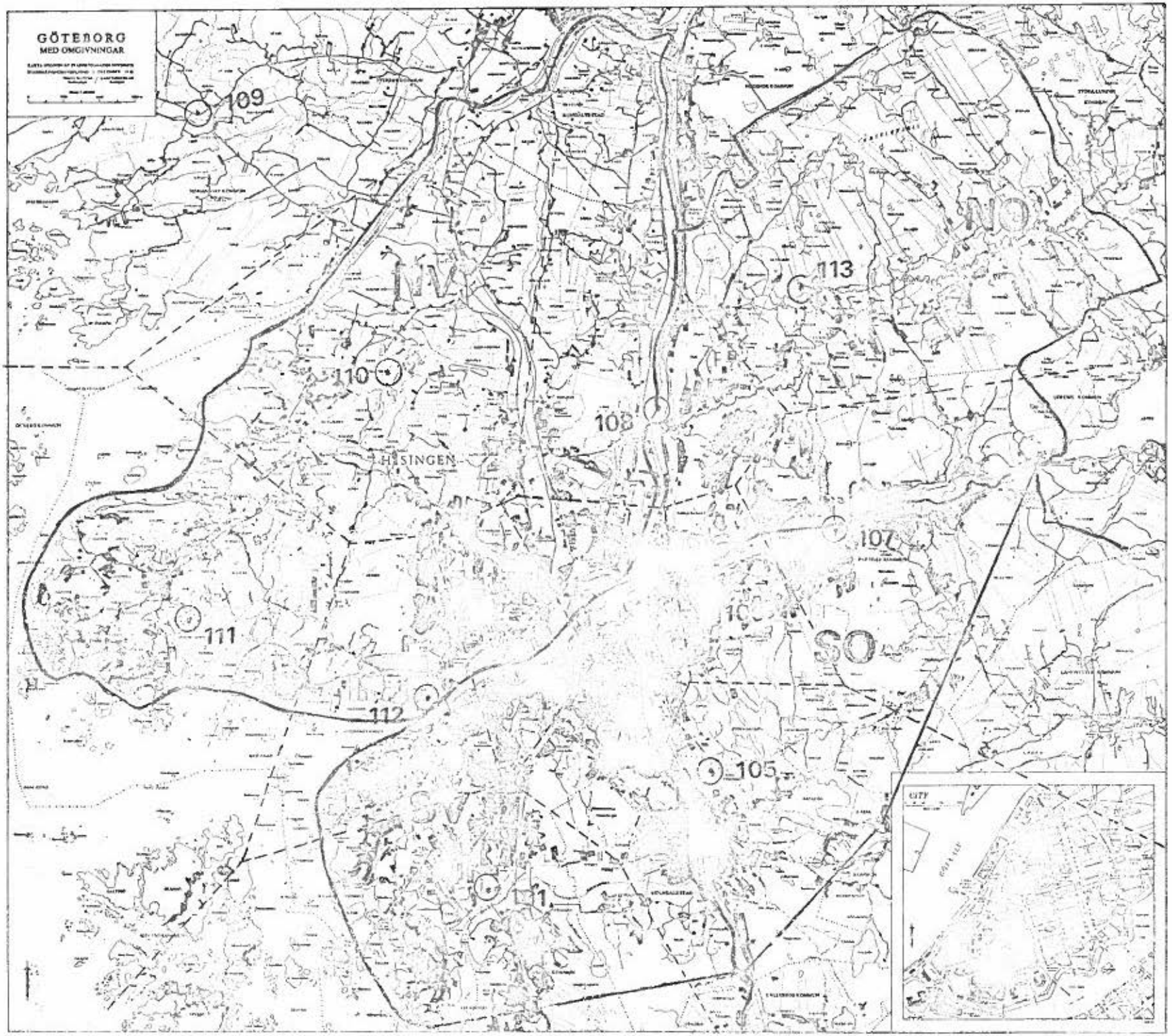
[16] Metcalf and Eddy, Inc. et al, Storm Water Management Model Vol I - III Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Water Pollution Control Research Series July 1971. - 11024 DOC 07/71, 11024 DOC 08/71, 11024 DOC 09/71.

[17] Papadakis, Preul, Infiltration and Antecedent Precipitation ASCE HY 8 Aug. 1973

[18] Singh, University of Cincinnati Urban Runoff Model, Discussion ASCE HY 7 July 1973

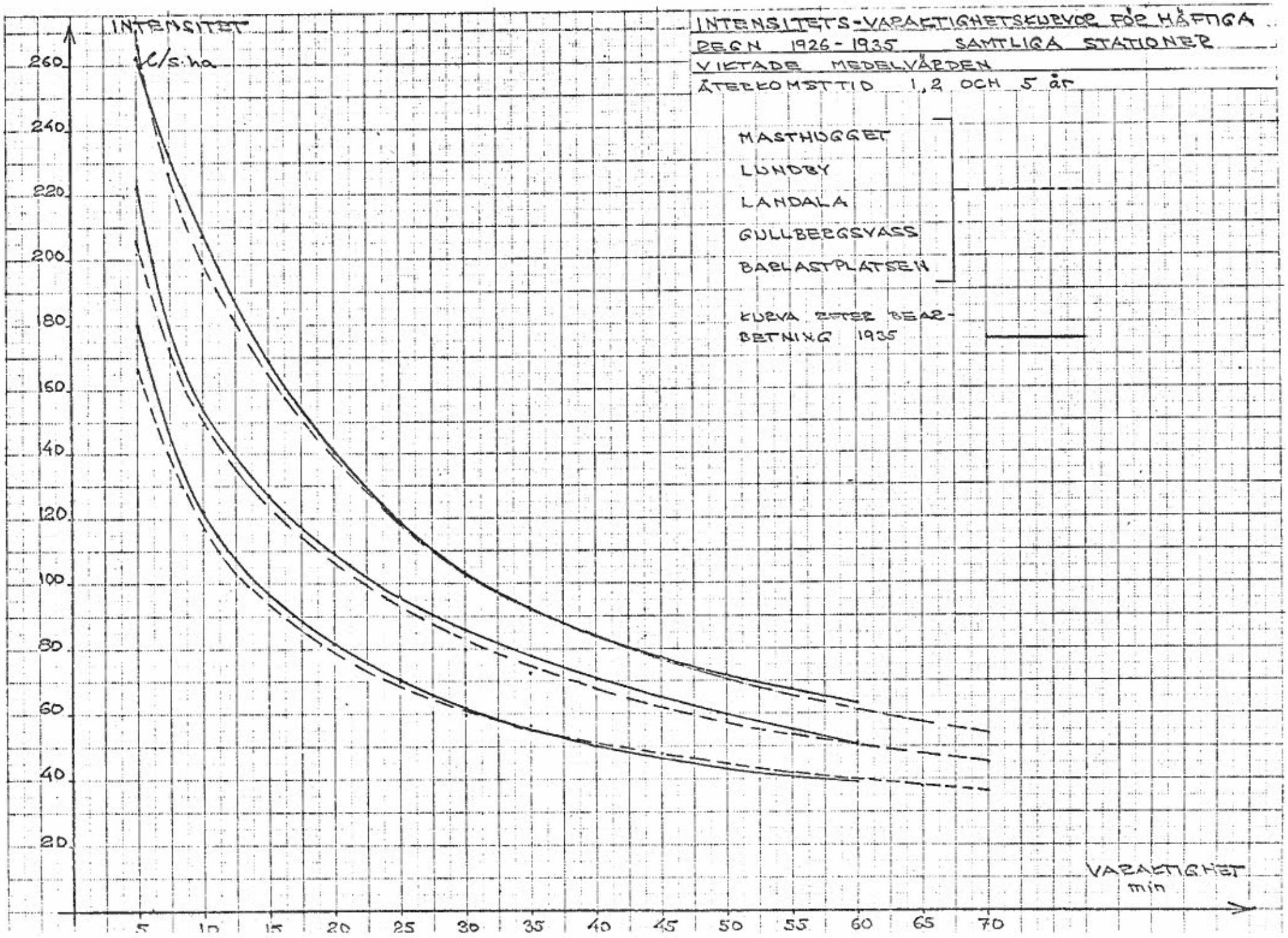
[19] Papadakis, Preul, Testing of Methods for Determination of Urban Runoff. ASCE HY 9 September 1973

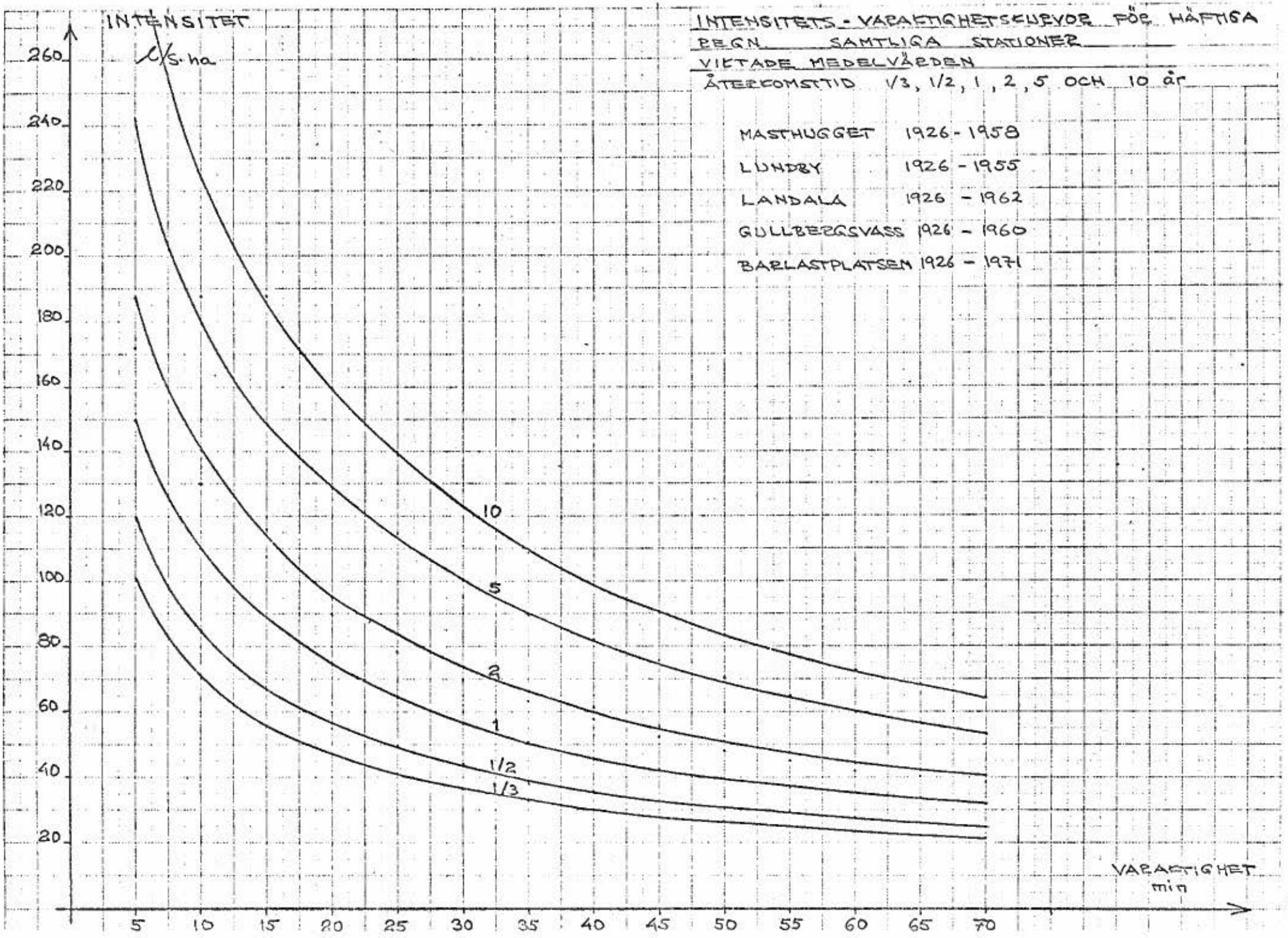

q l/s
⊙ = q ISOTOP
× = q RODAMIN (FÄLT)
+ = q = B/15 μ √2g tan(φ/2) h^5/2
μ = 0,60
φ = 120°
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
5
10
15
20
25
30
H cm



Utvärdering av arealnederbörd mha Thiessens metod

BILAGA 3

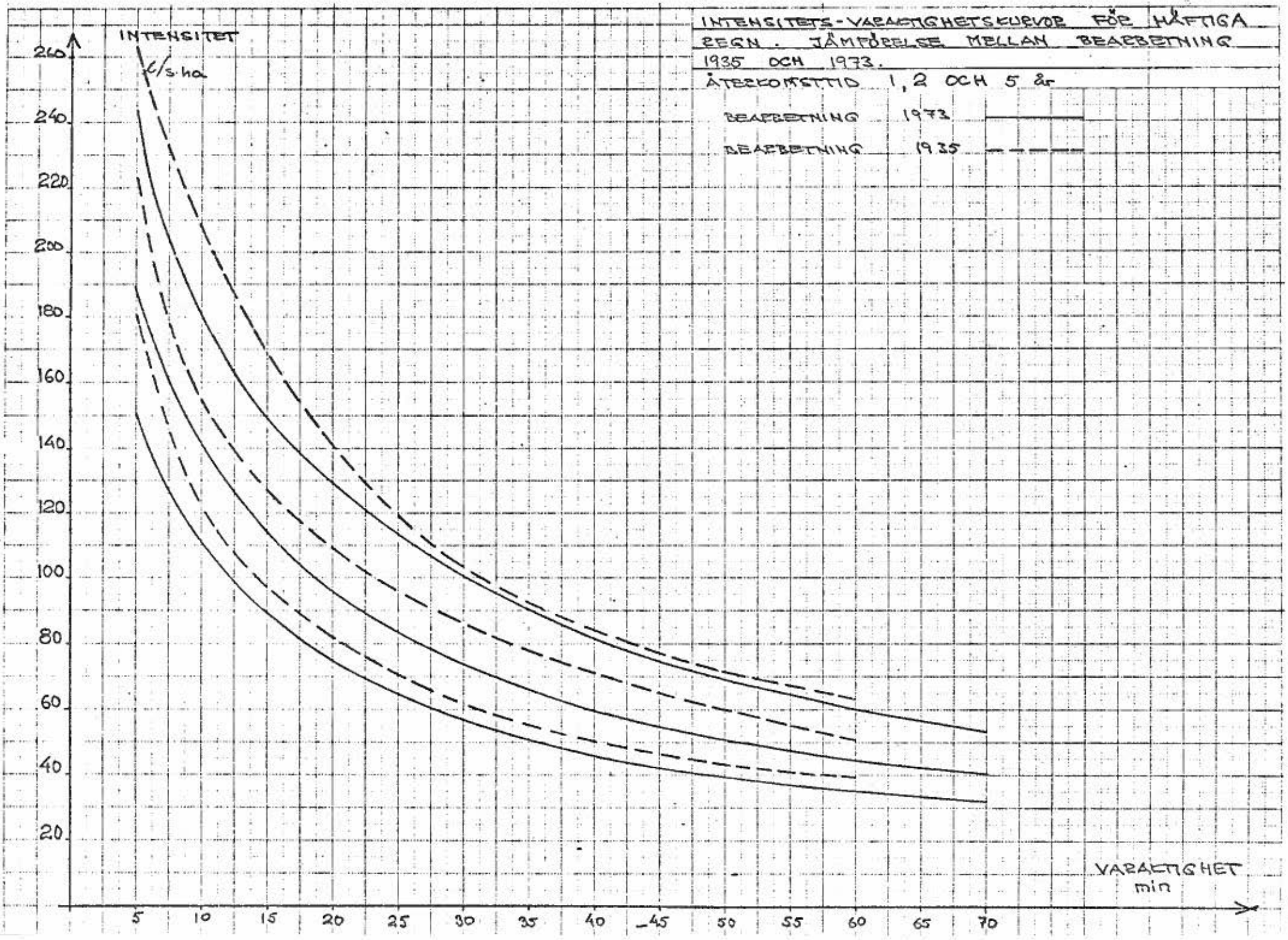

INTENSITETS-VARAKTIGHETSKURVOR FÖR HÅFTIGA REGN 1926-1935 SAMTLIGA STATIONER
VIKTADE MEDELVÄRDEN
ÅTERKOMSTTID 1, 2 OCH 5 år
MASTHUGGET
LUNDBY
LANDALA
GULLBERGSVASS
BARLASTPLATSEN
KURVA EFTER BEARBETNING 1935
INTENSITET
l/s·ha
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
VARAKTIGHET
min

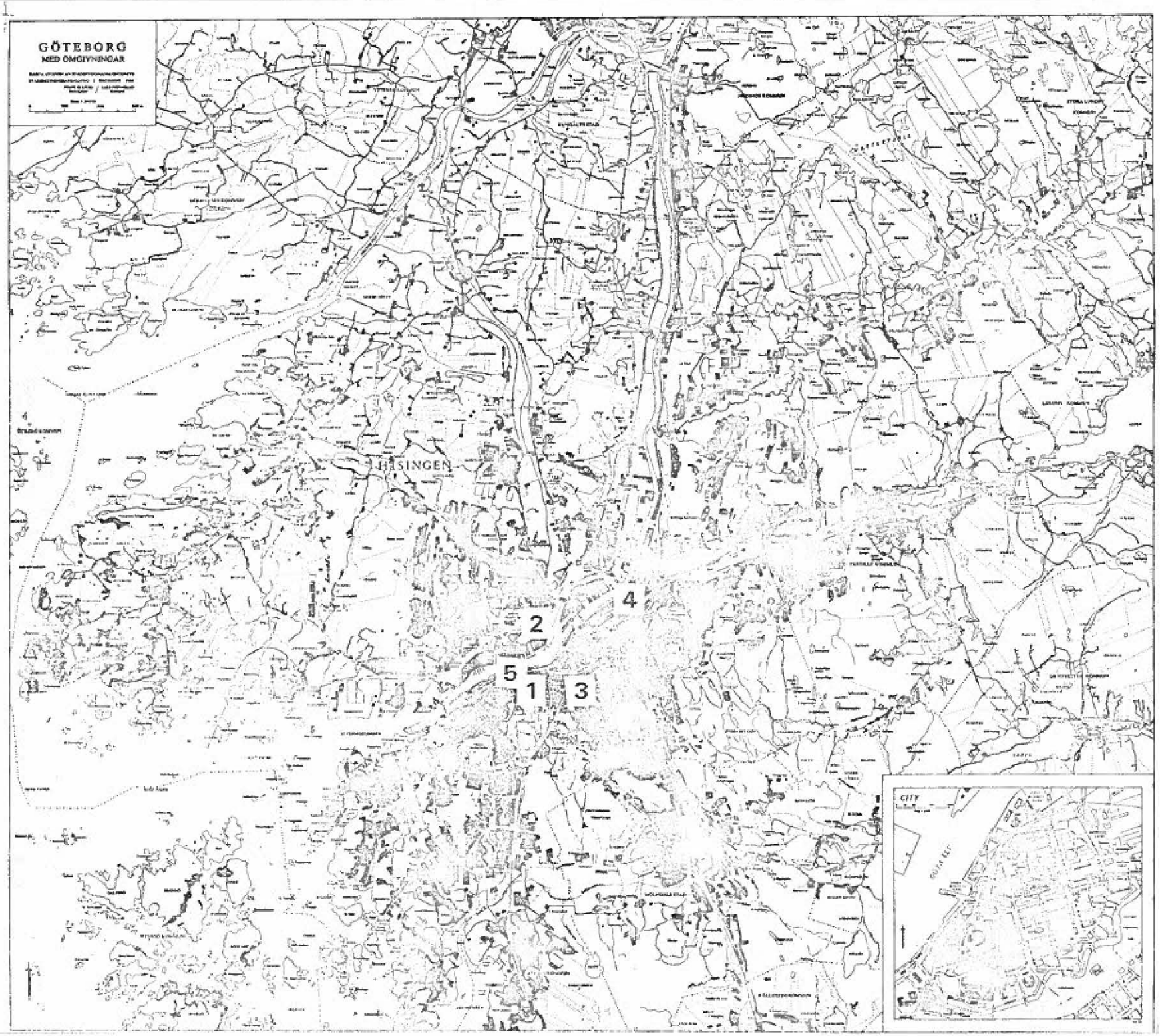


INTENSITETS - VARAKTIGHETSKURVOR FÖR HÄFTIGA REGN SAMTLIGA STATIONER VIKTADE MEDELVÄRDEN

ÅTERKOMSTTID 1/3, 1/2, 1, 2, 5 OCH 10 år

MASTHUGGET	1926 - 1958
LUNDBY	1926 - 1955
LANDALA	1926 - 1962
GULLBERGSVASS	1926 - 1960
BARLASTPLATSEN	1926 - 1971


INTENSITETS-VARAKTIGHETSKURVOR FÖR HÅFTIGA REGN. JÄMFÖRELSE MELLAN BEARBETNING 1935 OCH 1973.
ÅTERKOMSTTID 1, 2 OCH 5 år
BEARBETNING 1973
BEARBETNING 1935
INTENSITET
l/s·ha
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
VARAKTIGHET
min



GAMLA NEDERBÖRDS-STATIONER

001. Masthugget
1902 - 1958

002. Lundby
1920 - 1955

003. Landala
1913 - 1962

004. Gullbergsvass
1897 - 1963

005. Barlastplatsen
1917 - pågår

Delprojekt 2:Dagvattenavledning – flödesmodeller

Institutionen för vattenbyggnad

Forskare: tekn. lic. Anders Sjöberg (1/2-tid)

Resurser:

Personal	73/74	fil kand Thomas Asp
Medel	73/74	60.000:-

1. Målsättning

Projektet syftar till att utveckla praktiskt användbara hydrauliska beräkningsmodeller för regnvattenavledning i system av rörledningar, kulvertar och tunnlar.

Ledningsnätsmodellen ingår som ett nödvändigt element i den systemmodell, som krävs för en fullständig beskrivning av en avrinningssituation:

nederbördsmodell
infiltrationsmodell
ytavrinningsmodell
ledningsnätsmodell

Med hjälp av de tre första delmodellerna, vilka studeras i delprojekt 1: "Dagvattenstudier i Göteborg", beräknas sålunda input-data för ledningsnätsmodellen.

2. Verksamhet perioden 1973.08.01 – 1974,01.31

Projektet påbörjades 1973.08.01. Verksamheten har bedrivits i följande faser:

- litteraturstudier
- analys av grundläggande hydrauliska samband
- genomgång av olika flödesmodeller
- jämförelse av olika flödesmodellers noggrannhet vid återgivning av ett specifikt flödesfall (rörledning med konstant diameter och bottenlutning; triangulär inlopps-hydrograf)
- val av flödesmodeller, lämpliga för vidare utveckling programmering av flödesmodeller

Ovanstående realtivt omfattande teoretiska analys, nödvändig för en god förståele av de grundläggande problemen vad avser icke-stationär olikformig strömning i kanaler och rörledningar, redovisas i en interimsrapport

> MATHEMATICAL MODELS OF GRADUALLY VARIED UNSTEADY FREE SURFACE FLOW
> Development and discussion of basic equations.
> Preliminary studies of methods for flood routing in storm drains.

Denna rapport kommer att kompletteras med ytterligare resultat från datorkörning av olika modeller.

3. Resultat

Flödesmodellerna kan indelas i två grupper:

Typ A	modeller som möjliggör en fullständig återgivning av flödesförloppet
Typ B	modeller som ger en approximativ bild av flödesförloppet – hänsyn kan ej tas till nedströms dämningseffekter

Modeller av typ A bygger på en exakt numerisk lösning av de grundläggande sambanden (kontinuitets- och rörelseekvationen). Modellerna blir relativt komplicerade, vilket kan innebära svårigheter att göra dem lättillgängliga för icke-experter. Det som framförallt försvårar modelluppbyggnaden är ledningsknutpunkternas komplicerade randvillkor. För beskrivningen av dessa randvillkor krävs en noggrann geometrisk återgivning av knutpunkterna.

Modeller av typ A kan konstrueras så att de gäller för såväl fylld som delvis fylld ledningssektion.

Den enda av oss kända ledningsnätsmodell i praktiskt bruk av typ A, är en modell utvecklad av ingenjörsfirman Dorsch Consult, München. Tillgänglig information möjliggör emellertid ej någon definitiv bedömning av denna modells egenskaper. Direkt kontakt kommer därför att tas med ifrågavarande firma.

Ledningsmodeller av typ B har utvecklats av Road Research Laboratory, London (RRL-metoden), Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA:s ledningsnätsmodell), US Environmental Protection Agency (the EPA-transport model), m fl institutioner. Ledningsnätsmodellerna ingår där i större systemmodeller omfattande nederbörd, infiltration, ytavrinning, ledningsnätsmodell, magasineringsmodell samt i vissa fall även reningsverksmodell (NIVA) och recipientmodell (EPA), varvid alltså även föroreningstransporten beaktas.

Typ B-modellerna är mindre komplicerade och kräver mindre mängd indata (geometriska data) än typ A-modellerna, vilket kan förklara att de kommit till användning i ovan nämnda systemmodeller trots att hänsyn ej direkt kan tagas till dämningseffekter. Typ B-modellerna kan dessutom i princip endast användas vid delvis fylld rörsektion. Vissa möjligheter finns dock att appproximativt beakta även dessa faktorer i modeller av typ B.

Vid en närmare analys av de ovan nämnda modellerna framkom följande (någon sådan analys har tidigare ej genomförts):

– RRL-modellen bygger på en olycklig approximering av kontinuitetsekvationen, vilket medför att beräkningsresultatet bl a blir beroende av i hur många rördelar ledningsnätet delas upp.

– NIVA:s ledningsmodell utgöres av RRL-modellen kompletterad med en s k translations-rutin. Tyvärr medför denna rutin att genomloppstiden för en "regnvattenväg" kan bli dubbelt så lång som den verkliga.

– EPA-modellen är (om man bortser från att dämningseffekter ej kan simuleras) en ur hydraulisk synpunkt korrekt ledningsmodell. Den kan dock, som det synes utan beräkningsmässiga nackdelar, ytterligare förbättras. En modifierad modell, CTH-transportmodellen, har således konstruerats.

– Modeller av typ A ger alla samma noggrannhet förutsatt att lämpliga tids-och längdintervall användes.

– EPA-modellen visar god överensstämmelse med typ A-modeller för flödesfall då dämningseffekter ej förekommer (t ex rörledning med konstant bottenlutning och diameter).

Med utgångspunkt från redovisade resultat och synpunkter har det bedömts som mest angeläget att utveckla fullständiga ledningsmodeller baserade på dels CTH-transportmodell, dels en modell av typ A.

I den till budgetåret 1972/73 inlämnade ansökan talas det om grova och klena ledningssystem, varvid det förutsattes att en enklare flödesmodell skulle vara tillfyllest för de klena systemen. Denna förutsättning byggde på det förhållandet att modellen enbart skulle utnyttjas för dimensionering av dagvattennät. Då läggningskostnaden vid klena rördimensioner utgör den större delen av den totala kostnaden skulle man således i detta fall kunna nöja sig med en enklare och "på säkra sidan"-modell.

De hydrodynamiska problemställningarna är de samma oavsett om ledningssystemet är klent eller grovt. För vilka typer av ledningssystem en modell av typ B skulle kunna ge nöjaktiga resultat kan därför endast utrönas genom tester mot en typ A-modell.

4. Planerad verksamhet t o m 1975.07.31

1. Utveckling av fullständig ledningsnätsmodell av typ B baserad på CTH-transportmodell (eventuellt i samarbete med NIVA:s civ ing Oddvar Lindholm). Modellen skall för givna inloppshydrografer kunna beräkna utloppshydrografen för ett i stort sett godtyckligt ledningssystem samt ge en approximativ bild av ur översvämningssynpunkt intressanta dämningseffekter.

2. Utveckling av fullständig ledningsnätsmodell baserad på en flödesmodell av typ A för ett icke alltför komplicerat ledningssystem, detta för att dels få en uppfattning av typ A-modellens användbarhet (grad av komplexitet, körningskostnader, m m), dels studera graden av approximation i typ B-modellen.

3. Test i fysisk modell av de framtagna modellerna: En korrekt uppställd typ A-modell har visat sig väl kunna beskriva ett icke-stationärt flödesförlopp vid enkla randvillkor. Någon test för ett komplicerat dagvattensystem synes dock ej ha genomförts. I modellen bör även vissa typer av förgreningspunkter kunna studeras. Modellen uppbygges i institutionens för vattenbyggnad, CTH, laboratoriehall.

Verksamhetens fortskridande kräver oundgängligen tillgång till programmerare. Programmeringsarbetet drar, allteftersom den teoretiska grunden för de olika modellerna växer fram, en allt större del av kostnaderna. Detta gäller även om viss direktanvändning kan ske av publicerade datorprogram (sådanan finns för t ex EPA-modellen). Om medel ej kan erhållas för programmering kommer projektverksamheten enbart att bestå i vetenskapligt filosoferande.

5. Allmänna synpunkter

Ledningsnätsmodellen ingår som ett nödvändigt element i den systemmodell som krävs för en fulstädnig beskrivning av en avrinningssituation:

nederbördsmodell	}	
infiltrationsmodell	}	Delprojekt 1
ytavrinningsmodell	}	
ledningsnätsmodell	}	Delprojekt 2

Om denna modell kombineras med en reningsverksmodell och en recipientmodell erhålles en större systemmodell med vars hjälp en optimering kan göras av vattenvårdsinsatsen. En sådan stor systemmodell har framtagits av NIVA. Någon recipientmodell ingår dock ej.

Oslo kommuns avloppssystem består till allra största delen av kombinerade system. En övergång till separata system kräver en stor kapitalinvestering. Det var därför naturligt att se sig om efter mindre dyrbara metoder för att förbättra Oslofjordens föroreningssituation. En möjlighet skulle kunna vara bibehållande av det kombinerade systemet men kompletterat med fördröjningsmagasin. Avsikten är att med hjälp av NIVA-modellen studera effekten av olika åtgärder.

Ännu har ingen kommun utnyttjat NIVA:s systemmodell i och för optimering av sin insats. Enligt uppgift har dock konsulter och kommuner använt sig av modellen för dimensionering av dagvattennät. Marknadsföringen av programmet har överförts till det norska företaget A/S Computas, vilka även utfört programmeringsarbetet.

Det är vår uppfattning att NIVA:s systemmodell ej blivit föregången av någon mera ingående diskussion av de olika delmodellerna (detta gäller i varje fall delmodellerna t o m ledningsnätsmodellen). Det är därför olämpligt att direkt utnyttja NIVA-modellen (som tidigare påpekats kommer dock visst samarbete att ske vad gäller ledningsnätsmodellen. NIVA har sålunda visat stort intresse för den mera vetenskapliga analys som genomförts av olika flödesmodeller).

Uppbyggandet av en avrinningsmodell bör enligt vår bedömning baseras främst på EPA-modellen och den modell som framtagits av University of Cincinnati. I ett första skede kan det vara lämpligt att helt kopiera någon av dessa modellers ansatser avseende t ex infiltration och ytavrinning. Delmodellerna kan sedan succesivt modifieras med hänsynstagande till specifika svenska förhållanden och resultaten från fältmätningarna. Fördelen med denna uppläggning är att man snabbt får en komplett systemmodell. Även föroreningstransporten bör, så snart de personella resurserna så tillåter, byggas in i modellen under utnyttjande av resultaten från delprojekt 3: "Dagvattnets sammansättning". Det kan påpekas att både EPA- och Cincinnatimodellen möjliggör en beräkning av föroreningstransporten i ledningssystemet.

Delprojekt 3: Dagvattnets sammansättning och variation

Institutionen för vatten- och avloppsteknik

Forskare: Torsten Hedberg
Per-Arne Malmquist
Gilbert Svensson

Resurser:

Personal:	72/73	laboratorieingenjör (Andersson/ Hermansson), halvtid
		laboratorieingenjör (B Sjölander), halvtid
	73/74	laboratorieingenjör (B Sjölander), halvtid
		laboratorieassistent (F Kolbe), deltid
Medel:	72/73	~ 85 tkr
	73/74	~ 39 tkr,

1. Målsättning

Att utföra en undersökning av dagvattnets sammansättning i olika typer av urbana områden; bostadsområde, industriområde.

Att med ledning av tidigare erfarenheter (P Lisper) från dagvattenforskning vid institutionen minimera analysbehovet.

Att från varje område analysera dagvattnet under ett helt år.

Att ur det erhållna mätmaterialet dra slutsatser om dagvattenföroreningens storlek samt ange variationen i tiden.

2 Verksamhet under perioden 1973-03-01 – 1973-06-30 och perioden 1973-07-01 – 1973-12-31

Under budgetåret 72/73 var tilldelningen i form av tjänster 1/1 laboratorieingenjör. Endast Bergsjön gick kontinuerligt under denna tid. Trots detta räckte inte laboratorieingenjörstjänsten till annat än skötsel och uppbyggnad av övriga stationer. Analysarbetet sköttes på institutionens bekostnad av annan personal.

Analysarbetet blev mer omfattande än beräknat på grund av för stor optimism, när det gällde att utnyttja P Lispers material för att kunna minska antalet analyser.

För budgetåret 73/74 tilldelades medel endast motsvarande 1/2 laboratorieingenjör samt en laboratorieassistent, deltid. Högsbo började köras kontinuerligt i augusti 1973. Laboratorieingenjören behövdes för tillsyn och kunde mycket litet användas för analysarbete.

Eftersom målsättningen ej tillnärmelsevis kunde uppnås med tilldelad laboratoriepersonal (1 lab. ass. deltid) måste mätningarna koncentreras till andra halvåret 1973, (1 lab. ass. 1/1-tid). Även under dessa omständigheter måste vissa inskränkningar i mätningarna och i analysarbetet göras på grund av att tidigare (P Lisper) mätningar ej kunnat användas i den omfattning som avsetts.

Bergsjön

Stationen har gått fr o m januari 1973. 35 st avrinningstillfällen har analyserats. Stationen fungerar tillfredsställande.

Åkered

Stationen har aldrig gått kontinuerligt. Problem med den föreslagna metoden för flödesmätning har gjort att inga dagvattenprov tagits.

Högsbo

Stationen har gått fr o m augusti 1973. 10 st avrinningstillfällen har analyserats. Vissa intrimningssvårigheter under juni-juli 1973 försenade igångsättningen. Därefter inga tekniska problem.

3 Områdesbeskrivning

Tre typer av områden med duplikatsystem utvaldes.
Bostadsområde med övervägande 3-våningsbebyggelse (Bergsjön, område 1, bilaga 2).
Bostadsområde med övervägande radhusbebyggelse (Åkered, område 2, bilaga 2).
Industriområde med blandad industri, huvudsakligen lätt (Högsbo, område 3, bilaga 2).

Bergsjön

Bergsjöns avrinningsområde är ett 18 ha stort område i nordöstra Göteborg. Bebyggelsen består av flerfamiljshus med fyra till sex våningar. Dessutom finns en affärsbyggnad och två stora parkeringsdäck.

Området är flackt i den centrala bebyggda delen och begränsas i sydväst, väst och nordväst av en bergsrygg. Ytvattendelaren följer här begrsryggen. I öster begränsas området av ringvägen runt stadsdelen, Bergsjövägen.

Ledningsnätet är väl samlat och så uppbyggt att det möjliggör en uppdelning av området i väl avgränsade delområden. Ledningen mynnar i en ravin öster om området.

Geologiskt karakteriseras området av mycket berg i dagen med fyllda svackor mellan bergknallarna. Markvatteninfiltrationen är speciellt kraftig vid foten av bergsryggen i sydväst och nordväst.

Åkered

Åkered är ett 78 ha stort område beläget i sydvästra Göteborg. Bebyggelsen består av rad- och kedjehus samt friliggande villor. Utöver detta finns skola, affär och en kyrka inom området.

I väster och norr följer ytvattendelaren en bergsrygg och i öster och söder Näsetvägen. Området är flackt i sin sydvästra del och mer bergigt och kuperat i nordväst.

Ledningsnätet är uppbyggt med en grov huvudledning som går tvärs igenom området. Från denna går sedan grenledningar. Det är det flacka rad-och kedjehusområdet som är av störst intresse men på grund av mättekniska skäl har även det bergiga området i norr medtagits. Kan man lösa flödesmätningsfrågan på ett tillfredsställande sätt kommer uppdelning att ske av området i två delområden.

Geologiskt karakteriseras området av en flack lerdal med omgivande bergsryggar.

Högsbo

Högsbo avrinningsområde är 53 ha stort. Området är beläget i sydvästra delen av Göteborg. Det ingår som en del i ett större industriområde, Högsbo industriområde. Det utgör den sydligaste delen i detta industriområde. Består av till huvuddelen lätt industri plåtslagerier, VVS-firma, bilvårdsanläggningar, speditionsfirmor, bryggeri under byggnad.

Området korsas av en större genomfartsgata, vilken sammanbinder V:a Frölunda med Mölndal.

Topografiskt bestående av en horisontell del samt en del med relativt konstant svag lutning. Begränsas i väster av en bergsrygg.

Dagvattnet från området har fritt utlopp i Stora ån, vilken mynnar i Askimsviken.

4 Mätmetodik

Bergsjön

Avrinningen registreras kontinuerligt med hjälp av triangulärt överfall (120°) och pegel (flottörprincipen). Dagvattenprov tas på följande sätt:

Trettio prov från avrinningen tas under sammanlagt tre timmar. Utrustningen startar automatiskt vid stigande vattenstånd i överfallsdammen.
Under provtagningen pumpas vatten kontinuerligt från dagvattenledningen och fördelas till provtagningsflaskor med byte av flaska var sjätte minut.
Varje provtagningstillfälle ger trettio samlingsprov där vart och ett omfattar sex minuter av avrinningen.

Åkered

Utrustningen startar automatiskt vid stigande vattenstånd i ledningen.
Därefter registreras flödet kontinuerligt med hjälp av ledningsförmågemätning.
Dagvattenprov tas på motsvarande sätt som i Bergsjön.

Högsbo

Avrinningen registreras kontinuerligt med hjälp av triangulärt överfall (120°) och pegel (ekolodsprincipen).
Dagvattenprov tas på motsvarande sätt som i Bergsjön.

5 Analysmetodik

På samtliga prov som analyseras utföres följande:

Analys m.a.p.

Bly, koppar, zink, järn, kaliumpermangantförbrukning, suspenderade ämnen, torrsubstans, glödgningsrest, ledningsförmåga samt pH.

På vissa prov utföres följande:

Analys m.a.p.

Totalfosfor, kväve, sulfat och hårdhet.

Analystätheten vid varje avrinningstillfälle varieras med hänsyn till flödeskurvan. En snabbt varierande flödeskurva medför hög

analystäthet medan en långsamt varierande medför att färre prov behöver analyseras.

6 Resultat från fem avrinningstillfällen under aug - sept 1973

För att redan i denna lägesrapport kunna ge en bild av föroreningarnas mängd och sammansättning i dagvattnet har viss utvärdering av analysdata från dagvattenavrinning under augusti och september 1973 skett. Bearbetningsgången har varit följande: Fem regn, varav tre gemensamma har medtagits från vardera området. Från avrinningen av dessa regn har föroreningskomponenterna utvärderats.

I nedanstående tabell anges medelhalten och högsta uppmätta halt i avrinningen.

Summeras varje föroreningskomponent under ett avrinningstillfälle fås total mängd avrunnen förorening. Med antagandet att föroreningsmängden är direkt proportionell mot dagvattenmängden har total föroreningsmängd under de två månaderna kunnat uppskattas.

TAB. 1 Medelhalt samt högsta uppmätta halt i avrinningen under fem regntillfällen i aug - sept 1973.

		Bostadsområde		Industriområde	
		medel	max	medel	max
Torrsubstans	mg/l	200	670	620	1300
Suspenderade ämnen	"	90	390	190	810
$KMnO_4$-förbrukning	"	95	230	130	200
Totalfosfor	"	0,4	1,3	0,6	0,9
Koppar	g/l	190	1350	60	140
Bly	"	110	330	120	320
Zink	"	330	910	710	2200
Järn	mg/l	6,7	17	11	42

De resultat, som på detta grova sätt uppskattats, redovisas i följande tabell:

TAB. 2 Uppskattad total avrunnen föroreningsmängd under samtliga regntillfällen i aug - sept 1973

		Bostadsområde	Industriområde
Dagvatten	m^3/ha, två mån	650	410
Torrsubstans	kg/ha, två mån	130	260
Suspenderade ämnen	"	59	77
$KMnO_4$-förbrukning	"	62	552
Totalfosfor	g/ha, två mån	260	230
Koppar	"	120	24
Bly	"	72	50
Zink	"	220	290
Järn	kg/ha, två mån	4	4

Trender

I det material, som använts för ovanstående utvärdering samt övrigt utvärderat material kan vissa trender påvisas. De är följande:

1. Föroreningshalterna är beroende av dagvattenflödets storlek.
2. Föroreningshaltens variation i tiden följer väl vattenföringens variationer.
3. Haltmaximum sammanfaller i tiden tämligen väl med dagvattenmaximum. För bl a tungmetaller ligger haltmaximum i regel före dagvattenmaximum.
4. Tungmetallerna synes till övervägande del förekomma i icke suspenderad form.
5. Närsaltutsläppen är små.

Jämförelse av tungmetallhalter i dagvatten och spillvatten

För att få en uppfattning om dagvattnets roll ur föroreningssynpunkt kan en jämförelse göras mellan de uppmätta halterna zink i dagvattnet och halten zink i inkommande vatten till

Göteborgs avloppsreningsverk, Ryaverket.

Denna jämförelse visar att under den tid dagvattnet förekommer är:

Medelhalten zink från ett bostadsområde (Bergsjön) av samma storleksordning som en normal zinkhalt i inkommande vatten till Rya-verket.

Medelhalten zink från ett industriområde (Högsbo) ungefär dubbelt så stor som en normal zinkhalt i inkommande vatten till Rya-verket.

Exempel

I figurbilaga visas hur föroreningskomponenterna varierar med tiden under ett avrinningstillfälle. Se bilaga 3.

Som exempel har valts avrinningstillfället 1973-09-20 för båda områdena. Avrinningen härrör ur samma regn.

7 Behov av ytterligare kunskaper inom området dagvattnets sammansättning

Det dominerande motivet för undersökning av dagvattnets föroreningsgrad har ursprungligen varit att man velat få underlag för bedömning av den inverkan utsläpp av dagvatten och (och bräddvatten) kan ha på recipienter av olika slag. Frågan om rening av dagvattnet (och bräddvattnet) har i samband därmed väckts.

Vid den forskning som bedrives av geohydrologiska forskningsgruppen vid CTH, Göteborg, har man i första hand intresserat sig för möjligheten och effekten av nedföring av förorenat dagvatten i grunden.

För att kunna bedöma påverkan på olika recipienter av dagvattenföroreningar måste man först skaffa kunskaper om dagvattnets sammansättning. Forskning i detta syfte har bedrivits och

bedrives bl a i Stockholm och i Göteborg. Det material som hittills framkommit från dessa forskningsprojekt kan inte sägas ge svar på alla de frågor man måste ställa sig om dagvattnets sammansättning. Inte heller forskningen inom här beskrivet projekt kan sägas ha givit åsyftade resultat, främst beroende på den alltför korta tidsperiod mätningarna omfattat (enligt ovan).

Vi anser det angeläget, att påbörjade mätningar icke avbryts utan utsträcks till och med budgetåret 1974/75.

Kunskapsbehovet accentueras av undersökningsresultat som framkommit vid Rya-verket, Göteborg. Institutionen för VA-teknik bedriver där forskning bl a med avseende på tungmetallers inverkan på den biologiska reningen. Man har där funnit att tungmetaller, främst zink, i slammet i hög grad stör aktivtslamprocessen med bl a nedsatt aktivitet och slamflykt som följd. Tungmetallerna kan antas härröra från såväl kommunalt och industriellt spillvatten som från dagvatten. De koncentrationstoppar som uppmätts i inkommande avloppsvatten förmodas komma från industriutsläpp, medan de måttligt varierande, relativt lägre halterna inte enbart kan ha detta ursprung. Dessa tungmetaller måste till icke ringa del tillföras med dagvattnet. Eftersom tungmetaller (främst zink) ackumuleras i slammet, får de relativt låga halterna i inkommande avloppsvatten av normal sammansättning tillmätas en större vikt för driftsstörningar än de relativt sällan förekommande koncentrationstopparna.

För att kunna överblicka och bemästra de problem som tungmetalltillförseln till reningsverken utgör, måste alltså bl a dagvattnets innehåll av tungmetaller studeras.

Tungmetallerna kan antas komma till dagvattnet följande vägar:

a. genom stoftnedfall från luften
b. genom förorenat regn
c. genom korrosion av byggnadsmaterial
d. genom mänsklig aktivitet
e. genom förändring av markvattnets tungmetallinnehåll.

För att kunna klargöra de olika föroreningskällornas betydelse måste forskningsinsatser från olika institutioner inom och utom CTH samordnas. Ett studium av problemkomplexet "dagvattnets föroreningar - orsakssamband" planeras i större skala. Under den tid, som initieringen och uppläggningen av detta forskningsprojekt pågår, är det emellertid av stor vikt att pågående mätningar ej avbryts, utan att en lång, obruten mätserie erhålles.

8 Syfte med fortsatt forskning inom området dagvattnets sammansättning.

Fortsatt forskning inom området dagvattnets sammansättning syftar till att ge ett förbättrat underlag för bedömning av påverkan på recipienter och reningsverk.

9 Omfattning av den fortsatta forskningen

Den fortsatta forskningen planeras omfatta mätningar av dagvattenflöden och föroreningshalter från ett bostadsområde (Bergsjön) och ett industriområde (Högsbo) under tiden 1.7.1974 - 30.6.1975.

Eftersom dagvattenföroreningarnas variation under avrinningstillfället med tillräcklig noggrannhet kan uppskattas med ledning av de resultat som redan erhållits, avses den fortsatta undersökningen bli begränsad till att omfatta sammansättning av dagvattnets föroreningar. Provtagningsintervallen kommer att ökas, vilket ger en sämre bild av tidsvariationerna, men i gengäld tillåter undersökning av längre avrinningar. Avsikten är också att genom att färre prov analyseras per avrinningstillfälle, fler sådana kan behandlas.

De parametrar, som i första hand kommer att undersökas, är TS, Susp., $KMnO_4$-förbrukn., P_{tot}, pH, Ledn. förmåga, Zink, Koppar, Bly.

10 Kostnader för fortsatt forskning 74/75

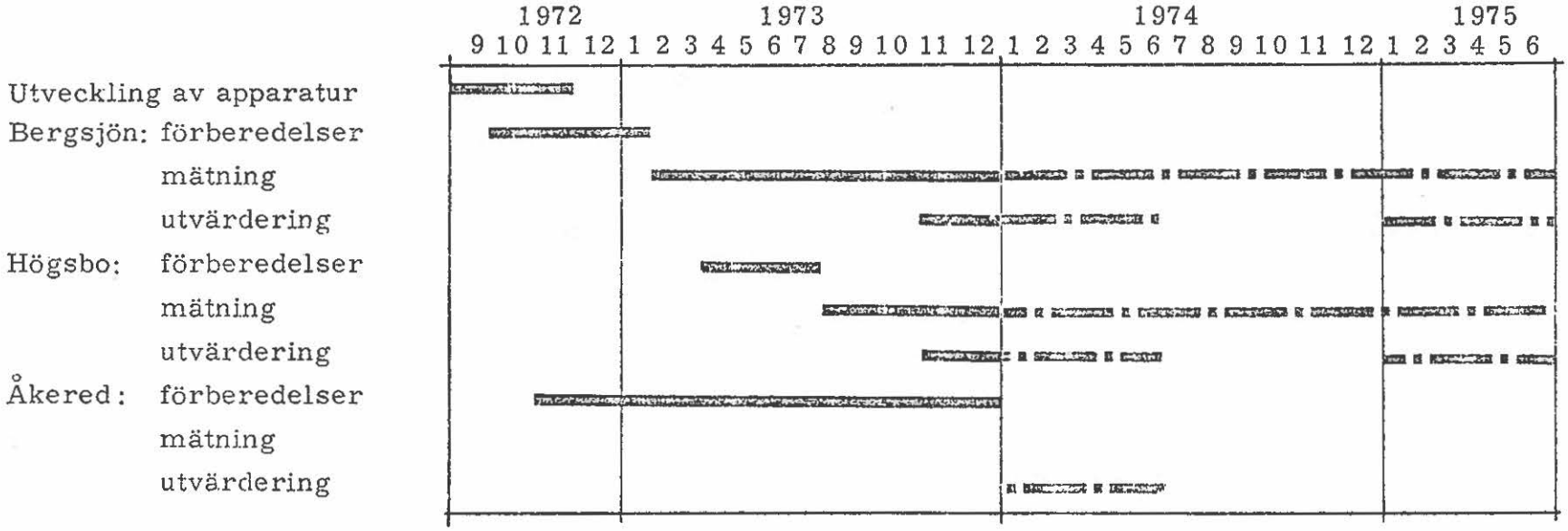
För att nå de syften, som skisserats ovan, måste endast måttliga resurser tillskapas. Eftersom mätstationerna finns på plats och är i drift, och med den analysrutin och erfarenhet från fält-laboratorie- och utvärderingsarbetet som finns, behöver endast rena driftskostnader för fält- och analysarbetet medtagas.

Beräknade kostnader:	~Kronor
laboratorieingenjör (halvtid)	23.000:-
laboratorieassistent (deltid)	13.000:-
resor	5.000:-
laboratoriekostnader	3.000:-
rithjälp	3.000:-
Summa	47.000:-

11 Tidsplanering

Se bilaga 1.

TIDPLAN FÖR PROJEKTET DAGVATTNETS SAMMANSÄTTNING



utfört arbete:

planerat arbete:

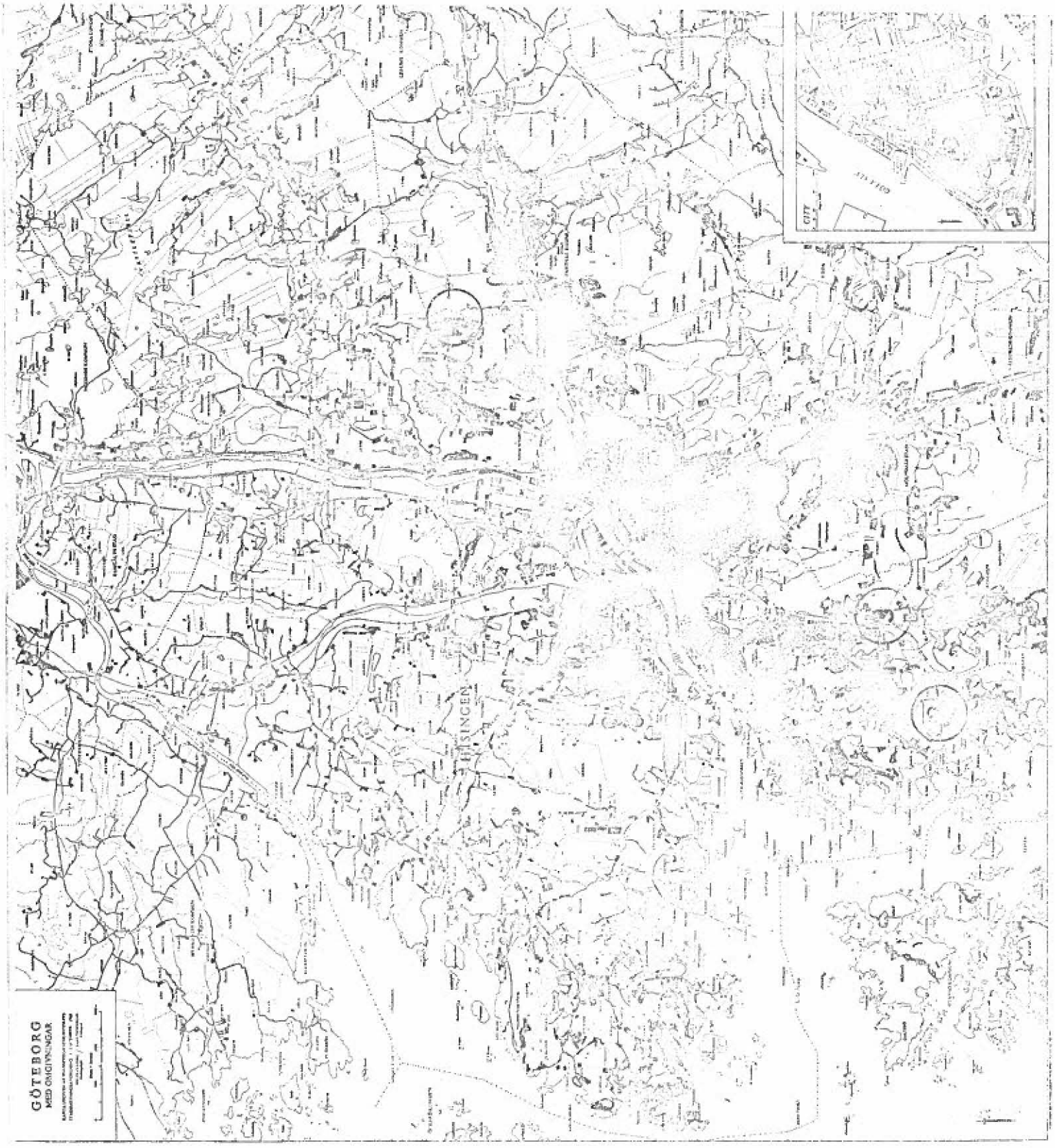
Bilaga 1

BILAGA 2

Mätstationer inom Göteborgsområdet

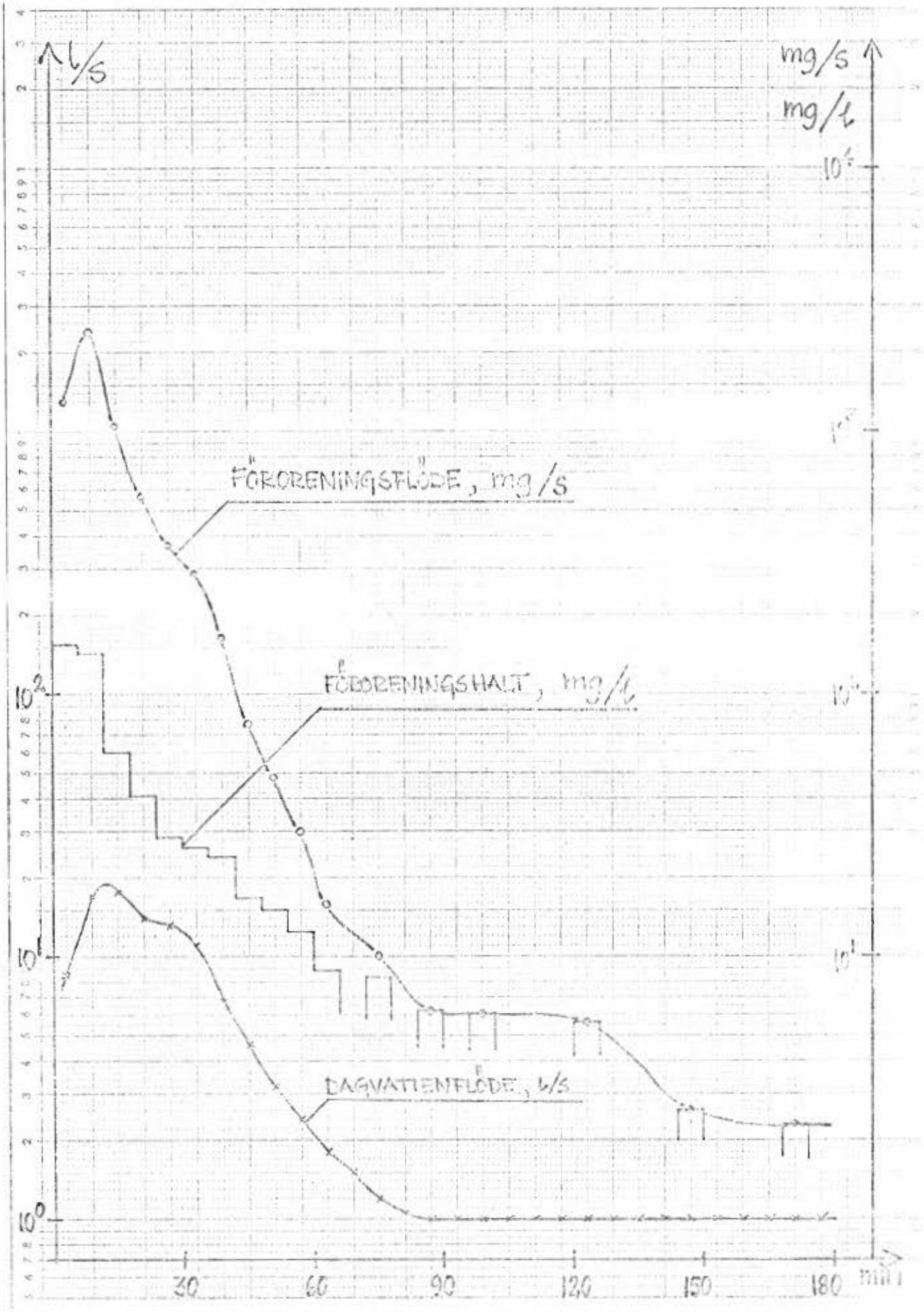
MÄTSTATIONER

1. Bergsjön
2. Åkered
3. Högsbo



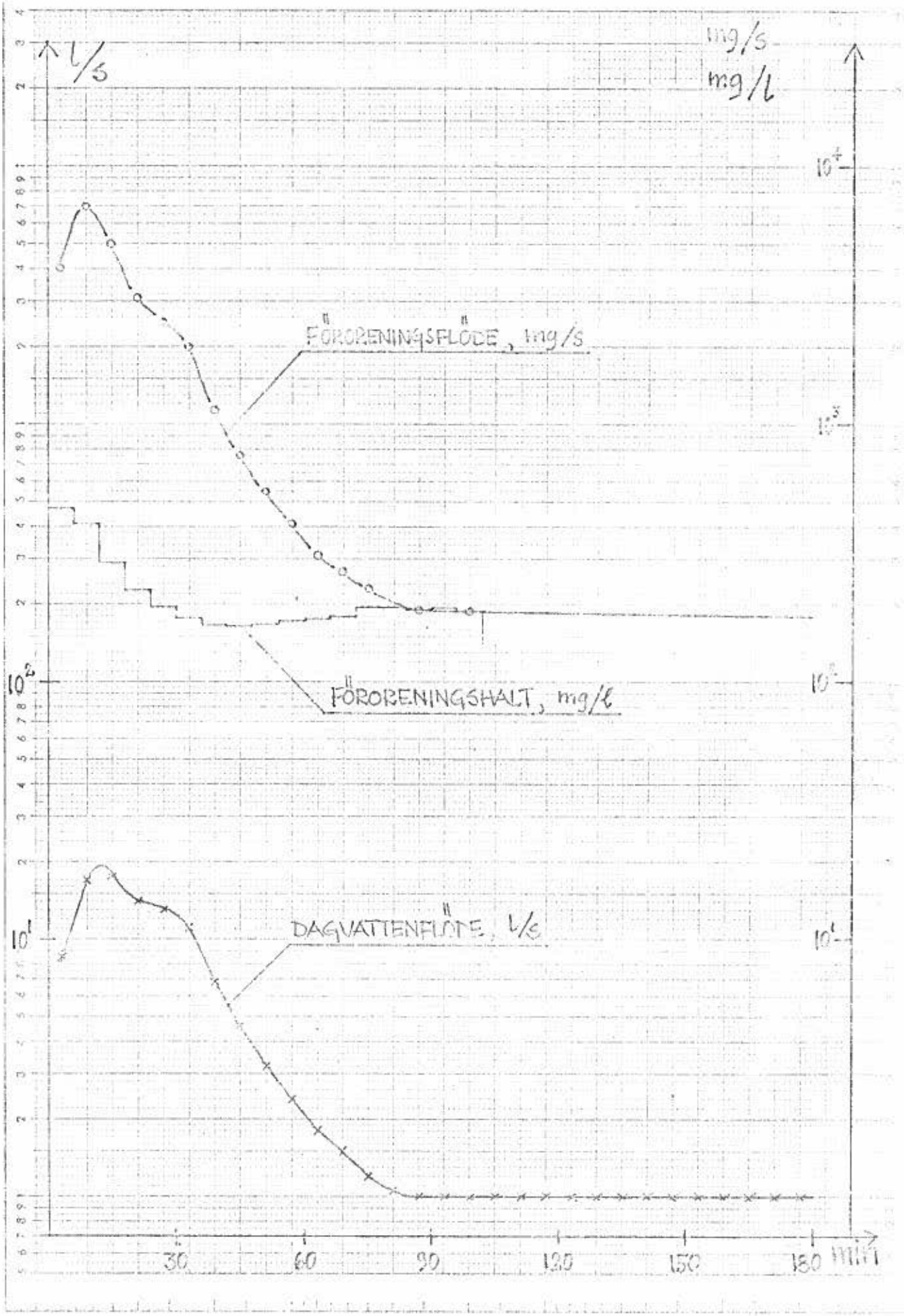
SUSPENDERADE ÄMNENAS TIDSVARIATION I DAGVATTNET UNDER ETT REGN I ETT BOSTADSOMRÅDE (18 ha)

BILAGA 3



TORRSUBSTANSENS TIDSVARIATION
I DAGVATTNET UNDER ETT REGN
I ETT BOSTADSOMRÅDE (18 ha)

BILAGA 3

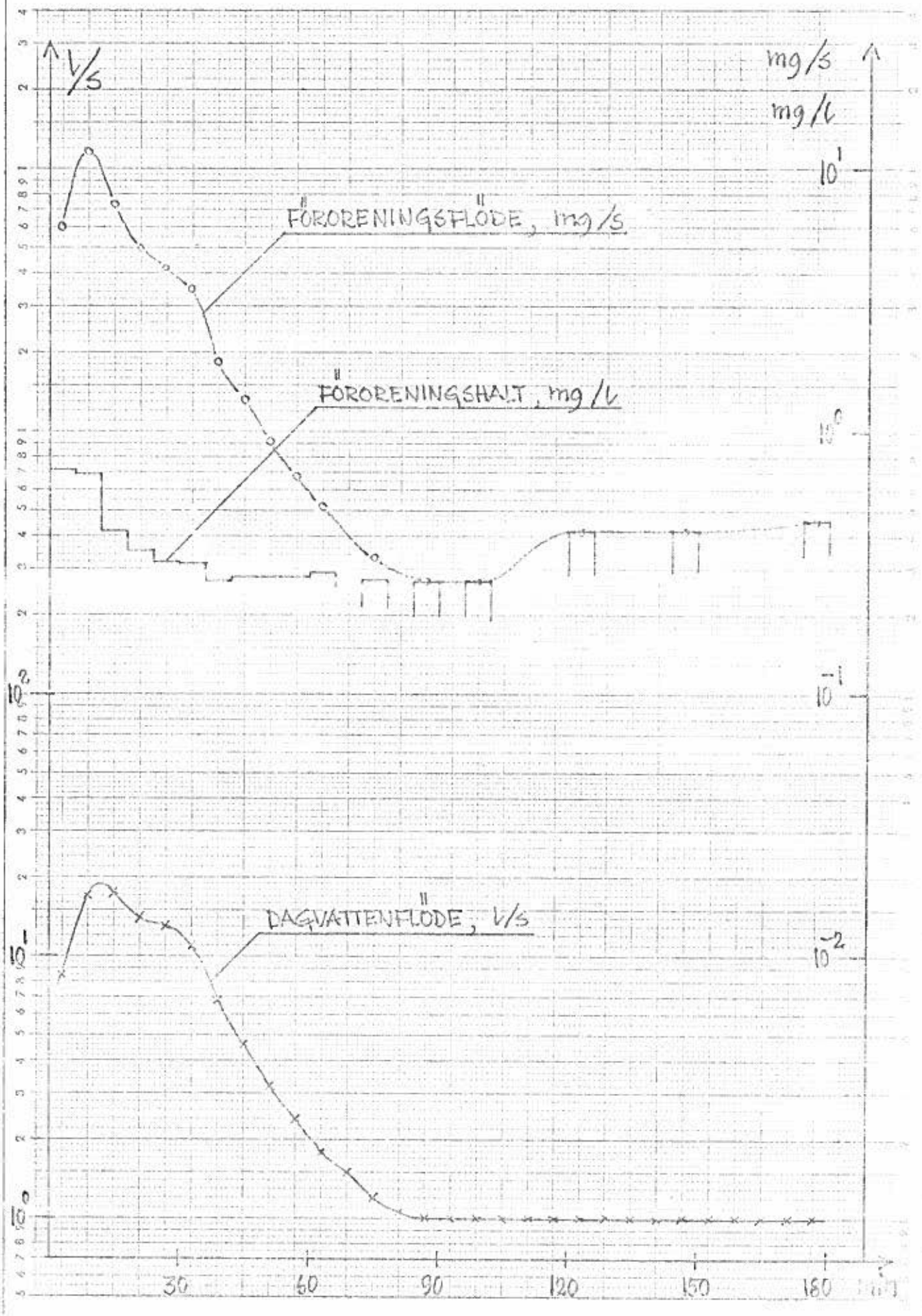


KMnO4 - FÖRBRUKNINGENS TIDSVARIATION
I DAGVATTNET UNDER ETT REGN
I ETT BOSTADSOMRÅDE (18 ha)

BILAGA 3

KOPPARENS TIDSVARIATION
I DAGVATTNET UNDER ETT REGN
I ETT BOSTADSOMRÅDE (18 ha)

BILAGA 3



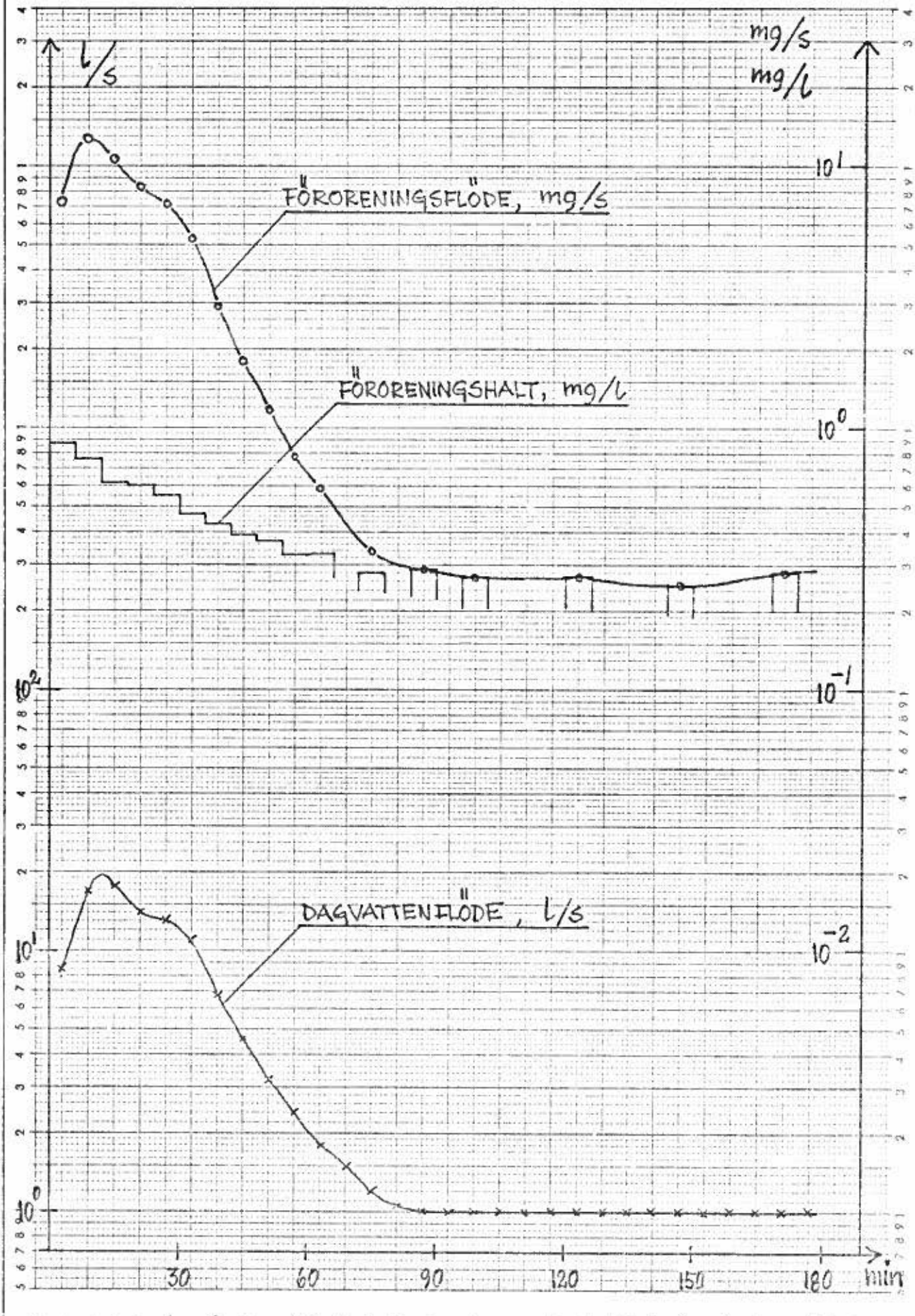
BLYETS TIDSVARIATION
I DAGVATTNET UNDER ETT REGN
I ETT BOSTADSOMRÅDE (18 ha)

BILAGA 3

Lin. Log - Modul 50 mm
ESSELTE
4459 T

ZINKENS TIDSVARIATION
I DAGVATTNET UNDER ETT REGN
I ETT BOSTADSOMRÅDE (13 ha)

BILAGA 3

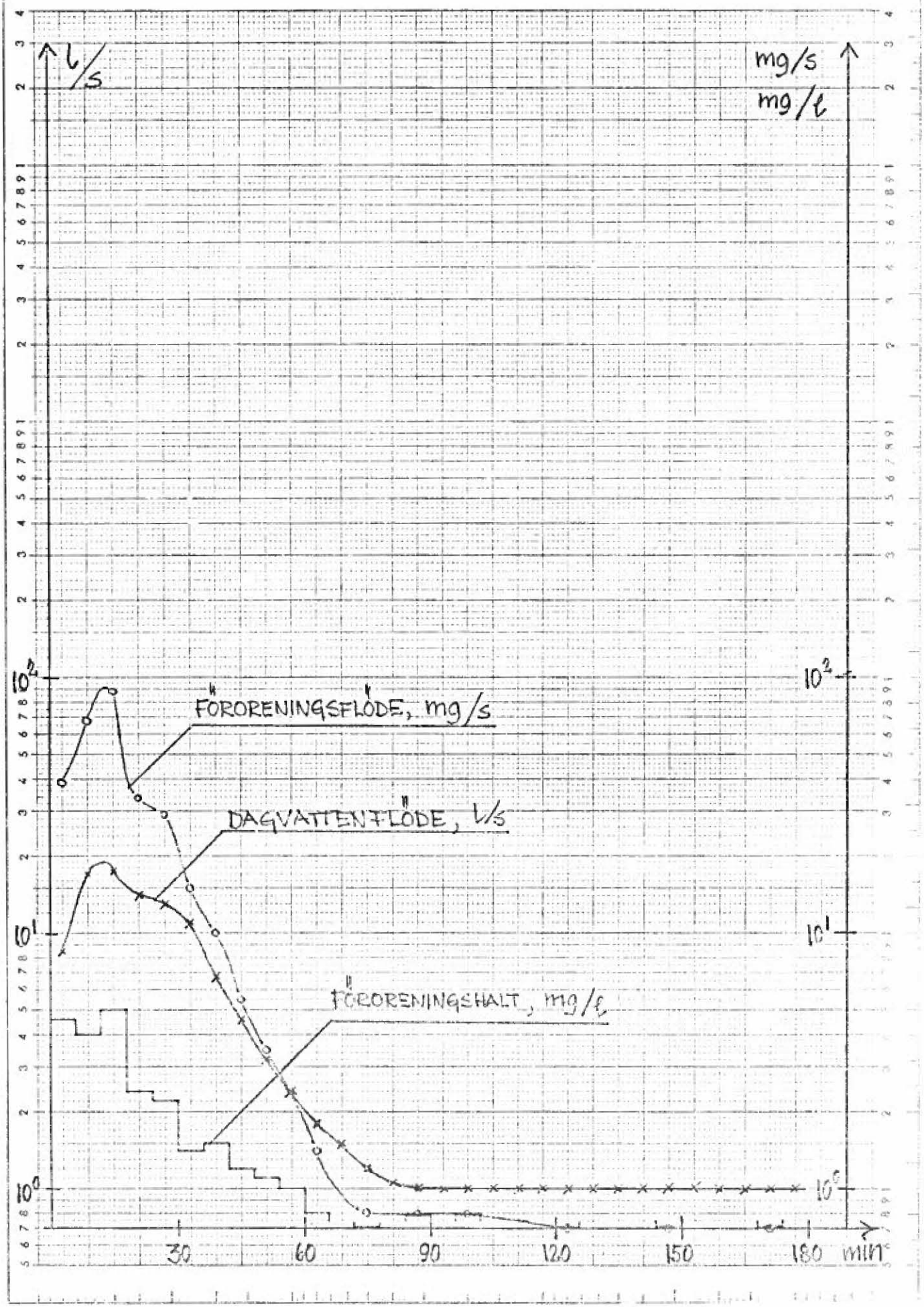


Lin x Log - Modul 50 mm

ESSELTE ⊗
4459 T

JÄRNETS TIDSVARIATION
I DAGVATTNET UNDER ETT REGN
I ETT BOSTADSOMRÅDE (18 ha)

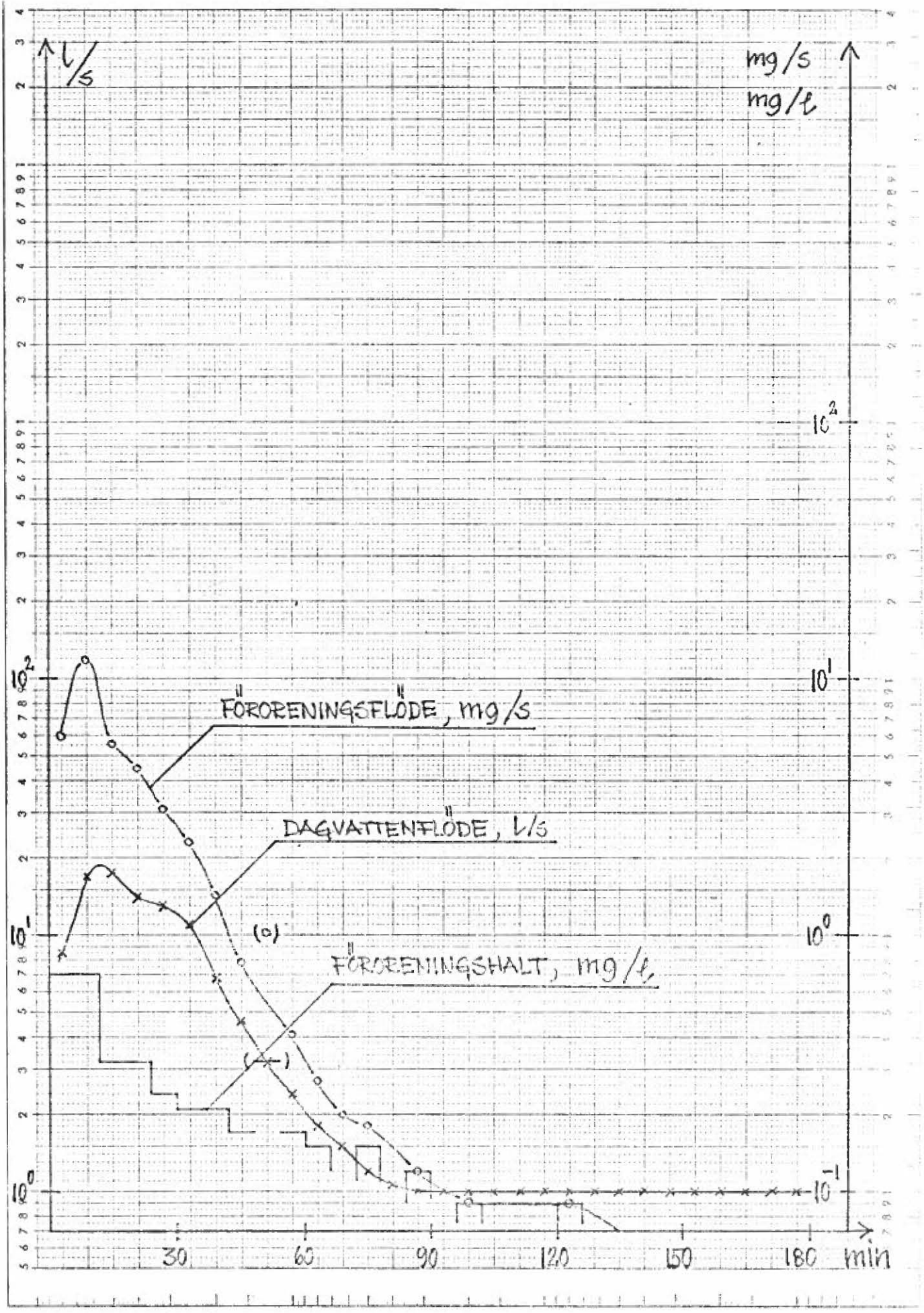
BILAGA 3



Lin x Log - Modul 50 mm
EGGELTE
4459 T

TOTALFOSFORNS TIDSVARIATION
I DAGVATTNET UNDER ETT REGN
I ETT BOSTADSOMRÅDE (18 ha)

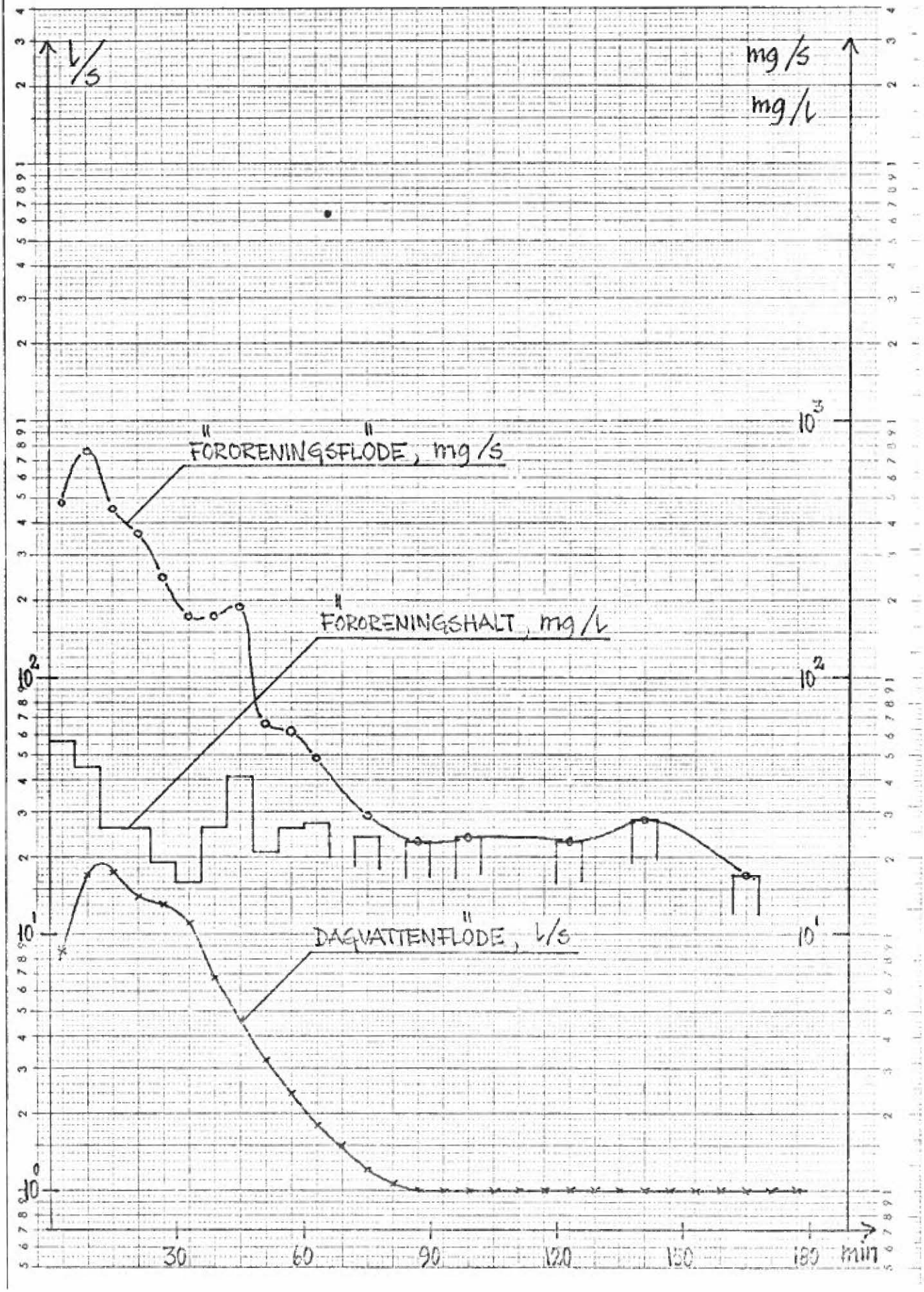
BILAGA 3



LinxLog - Modul 50 mm
ESSELTE
4459 T

SULFATETS TIDSVARIATION
I DAGVATTNET UNDER ETT REGN
I ETT BOSTADSOMRÅDE (18 ha)

BILAGA 3

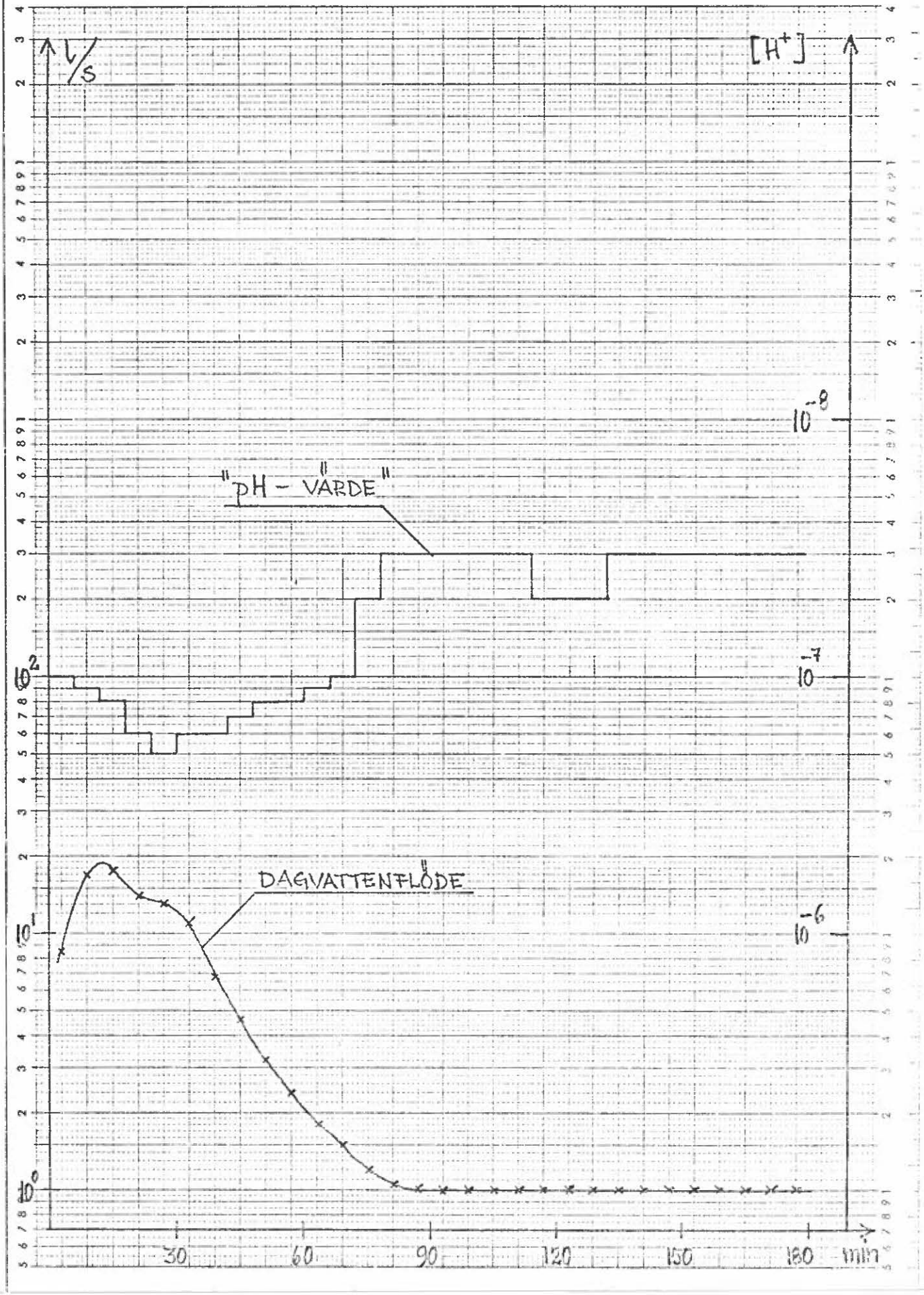


Lin x Log - Modul 50 mm

ESSELTE
4439 1

pH:s TIDSVARIATION
I DAGVATTNET UNDER ETT REGN
I ETT BOSTADSOMRÅDE (18 ha).

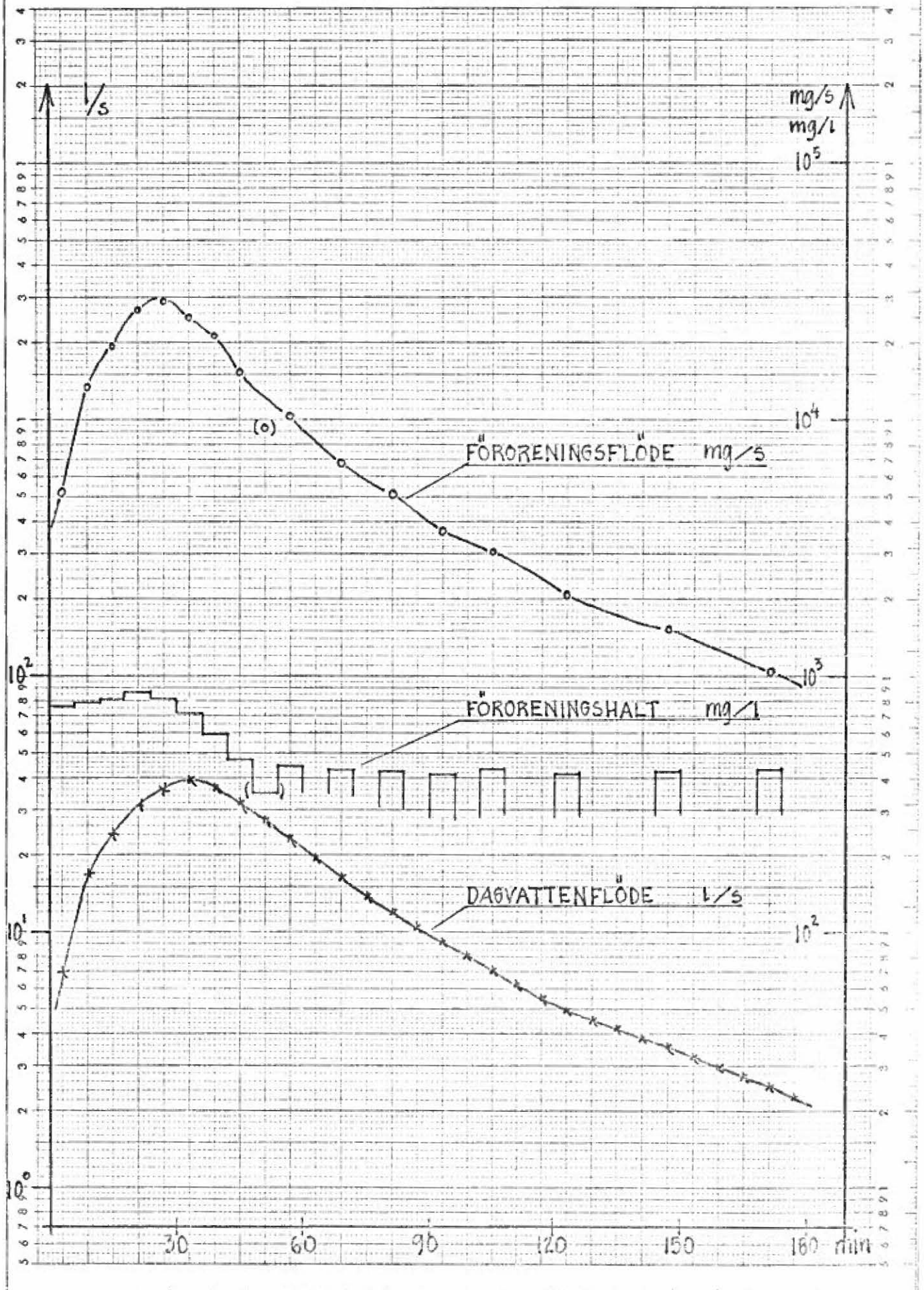
BILAGA 3



Lin - Log - Modul 50 mm
ESSELTE
4459 T

BILAGA 3

TORRSUBSTANSENS TIDSVARIATION I DAGVATTNET UNDER ETT REGN I ETT INDUSTRIOMRÅDE (53 ha)

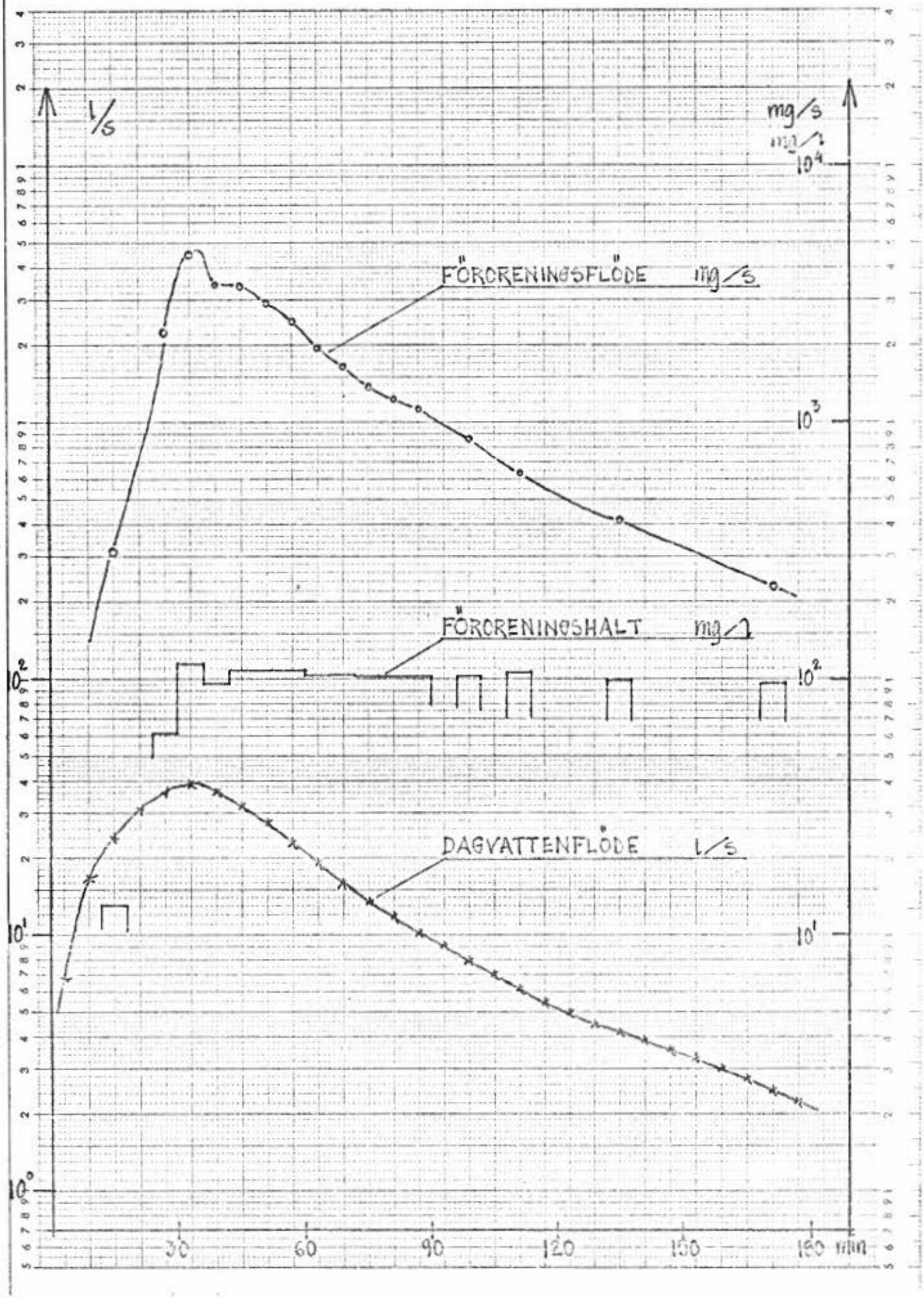


Lin x Log - Modul 50 mm

ESSELTE ⊘
4459 T

BILAGA 3

SUSPENDERADE ÄMNENAS TIDSVARIATION I DAGVATTNET UNDER ETT REGN I ETT INDUSTRIOMRÅDE (53 ha)

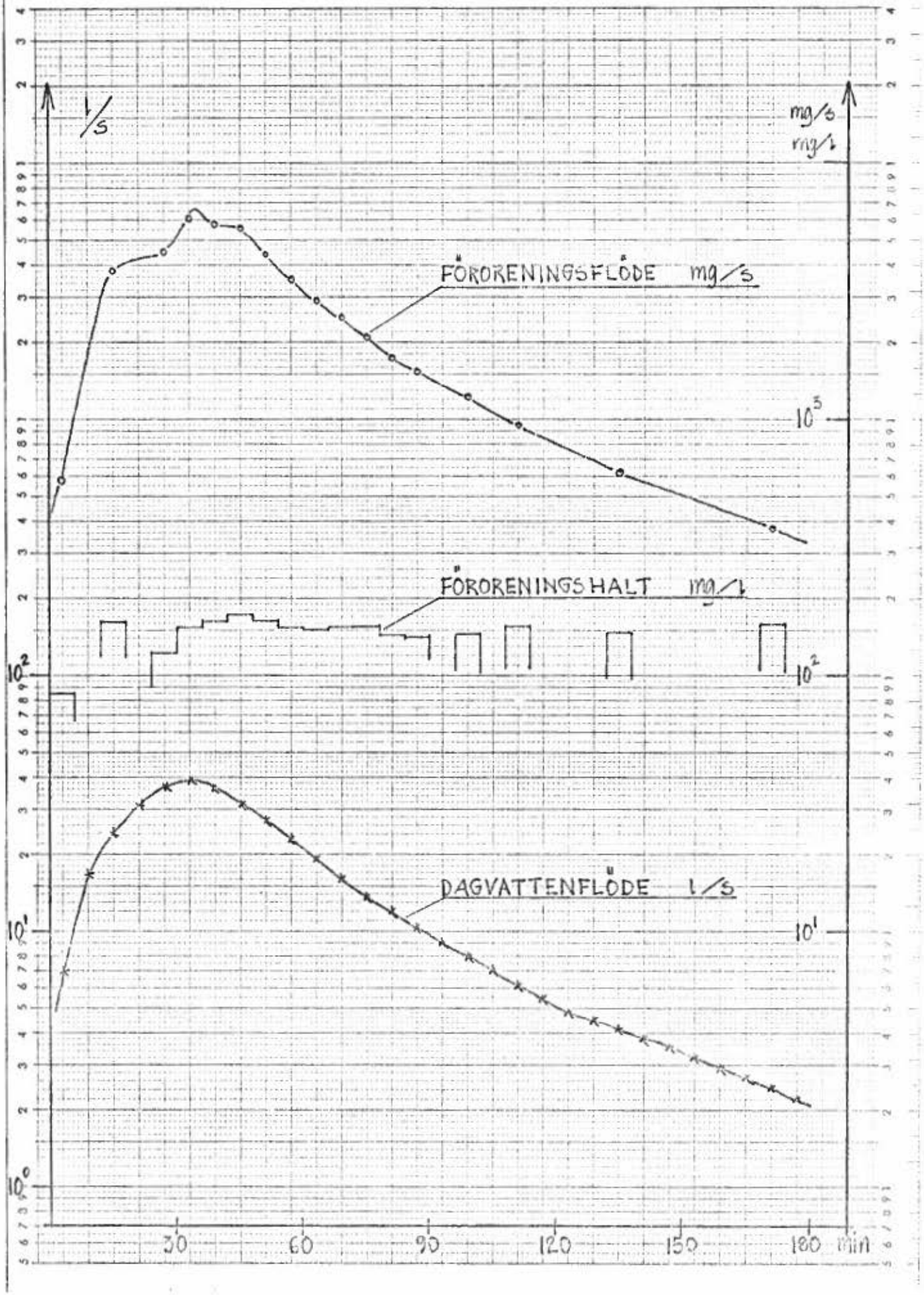


Lin x Log - Modul 50 mm

ESSELTE ⊗
4459 T

BILAGA 3

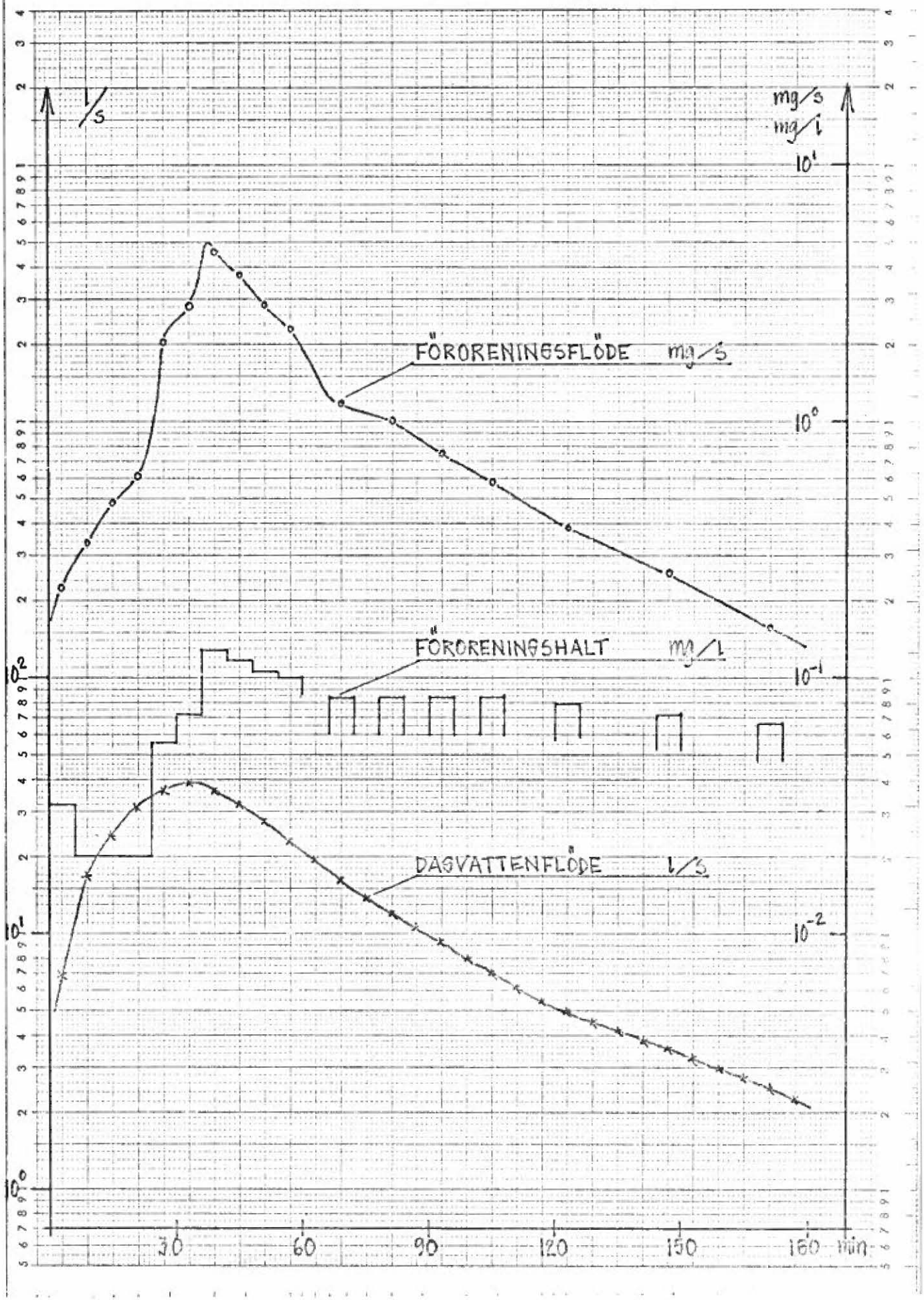
$KMnO_4$-FÖRBRUKNINGENS TIDSVARIATION I DAGVATTNET UNDER ETT REGN I ETT INDUSTRIOMRÅDE (53 ha)



Lin x Log - Modul 50 mm
ESSELTE®
4459 T

BILAGA 3

KOPPARENS TIDSVARIATION I DAGVATTNET UNDER ETT REGN I ETT INDUSTRIOMRÅDE (53 ha)

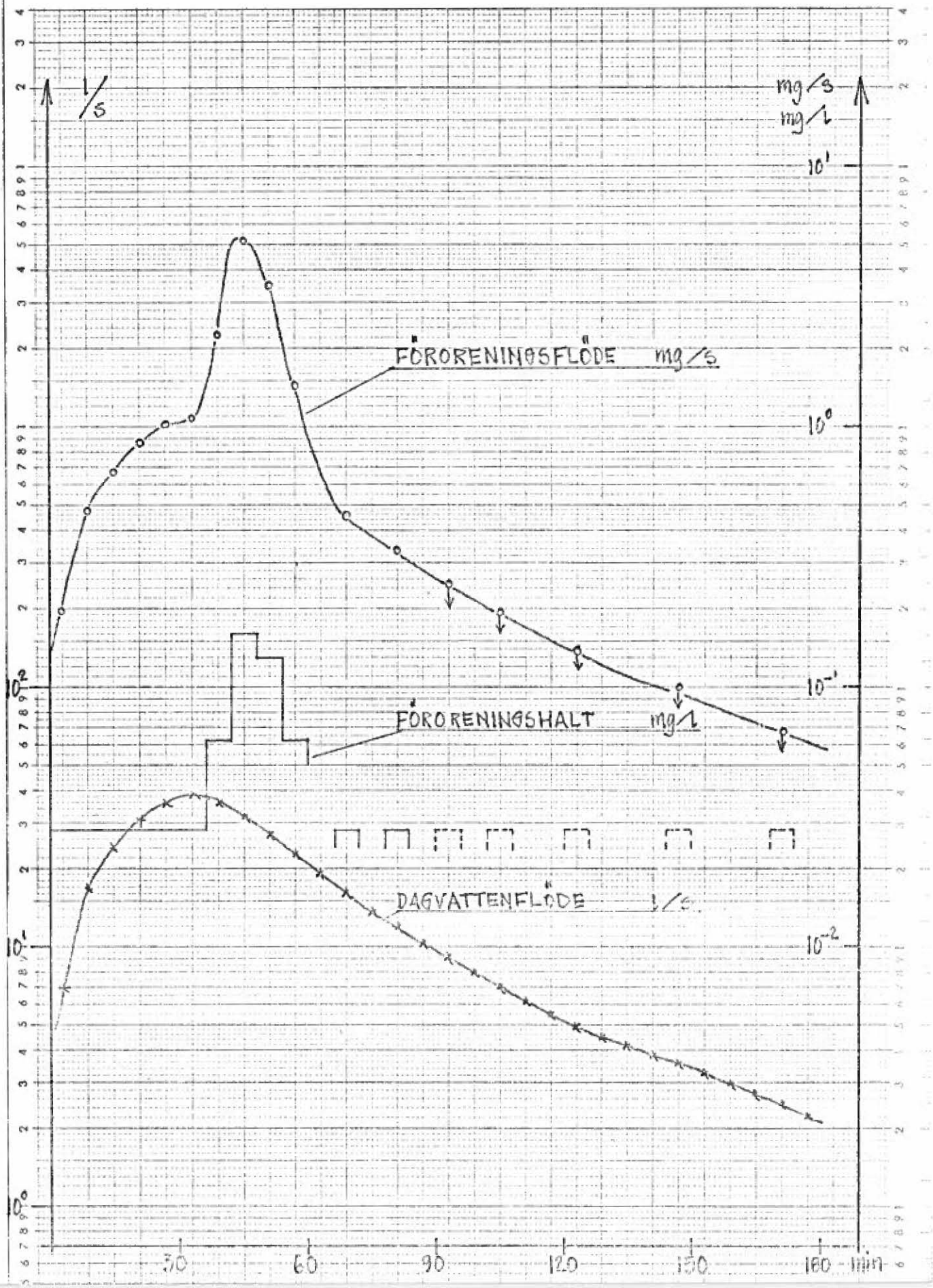


Lin x Log - Modul 50 mm

ESSELTE ⊗
4459 T

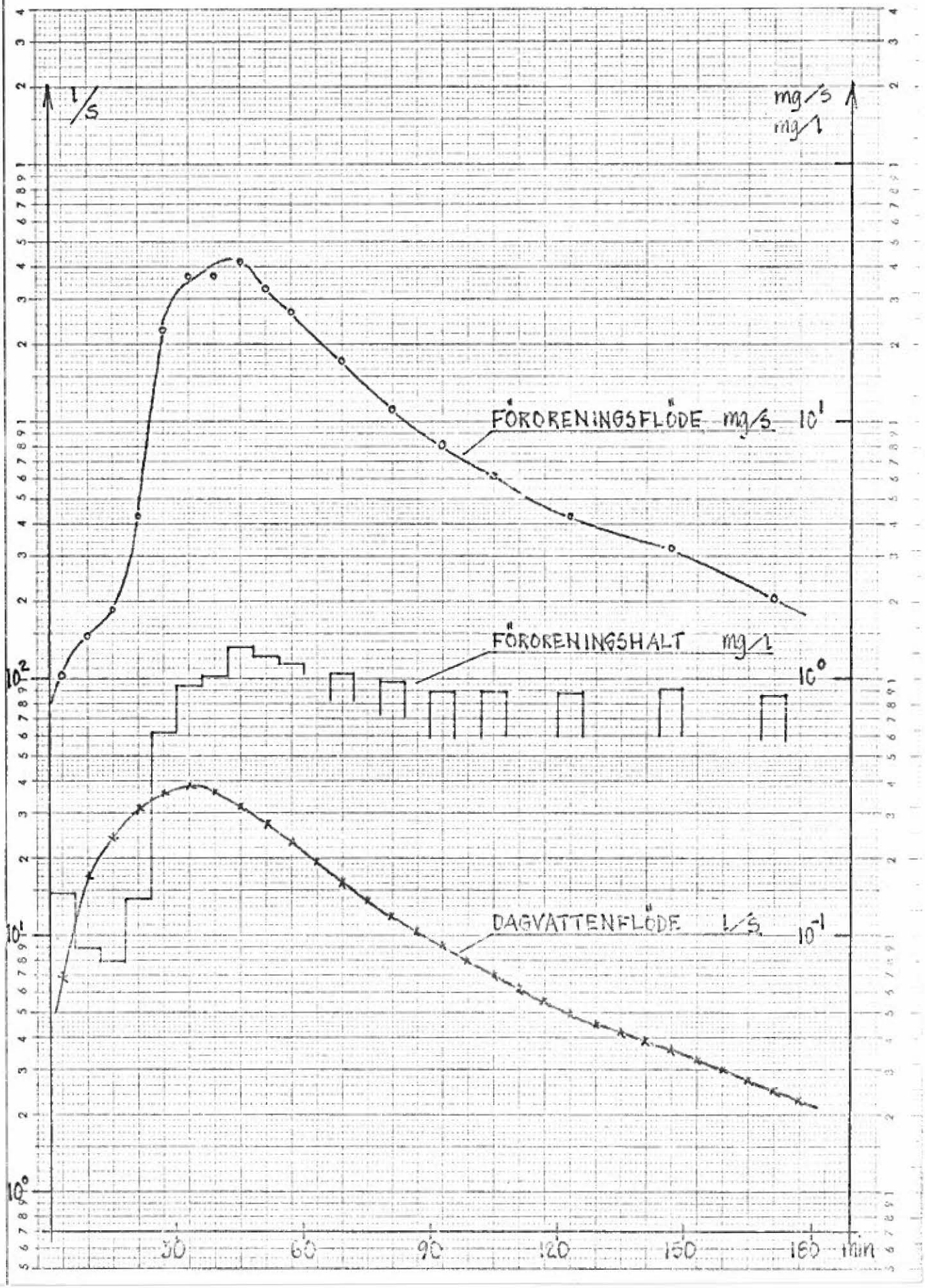
BILAGA 3

BLYETS TIDSVARIATION I DAGVATTNET UNDER ETT REGN I ETT INDUSTRIOMRÅDE (53 ha)



BILAGA 3

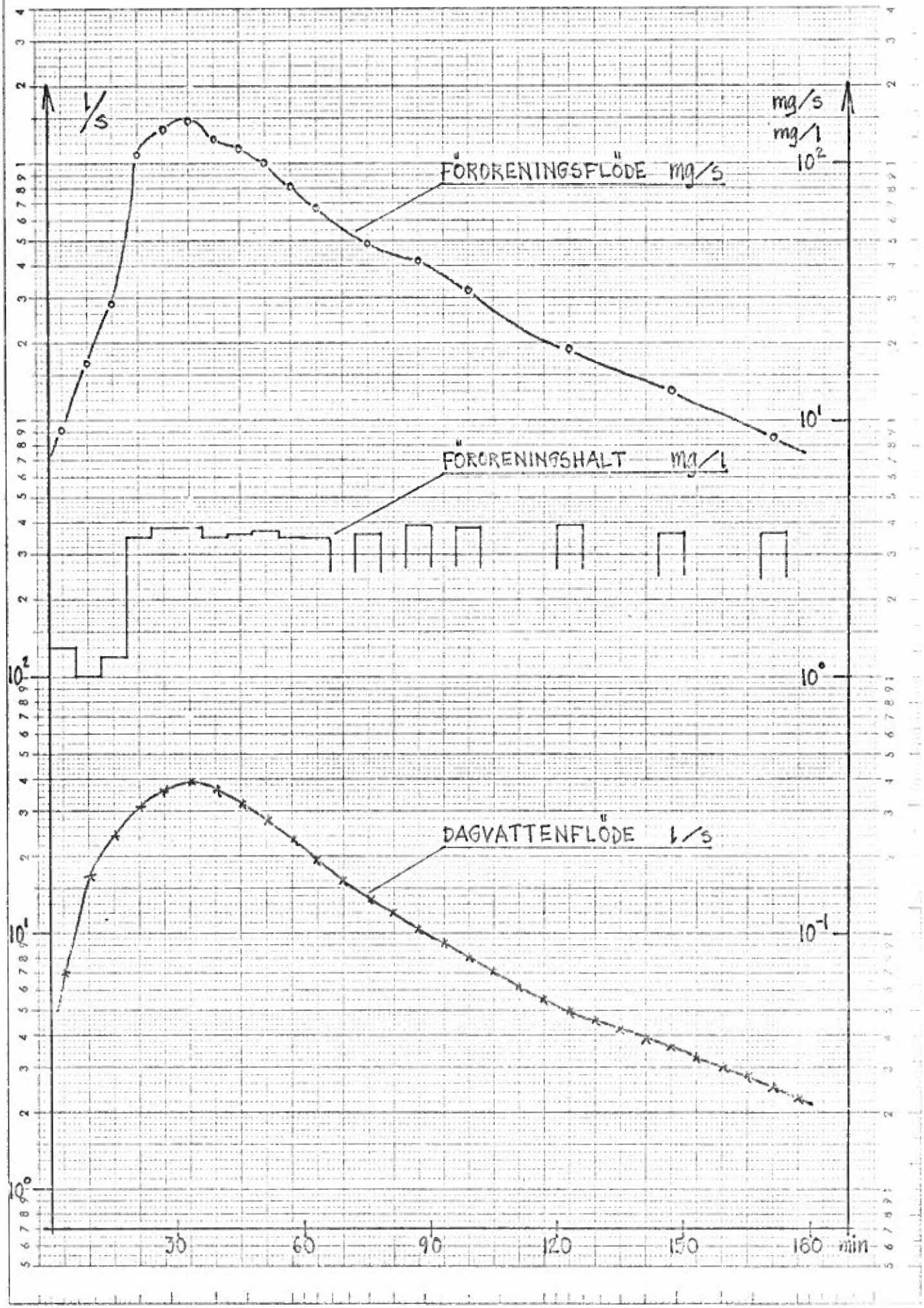
ZINKENS TIDSVARIATION I DAGVATTNET UNDER ETT REGN I ETT INDUSTRIOMRÅDE (53 ha)



Lin x Log - Modul 50 mm
ESSELTE ⊘
4459 T

BILAGA 3

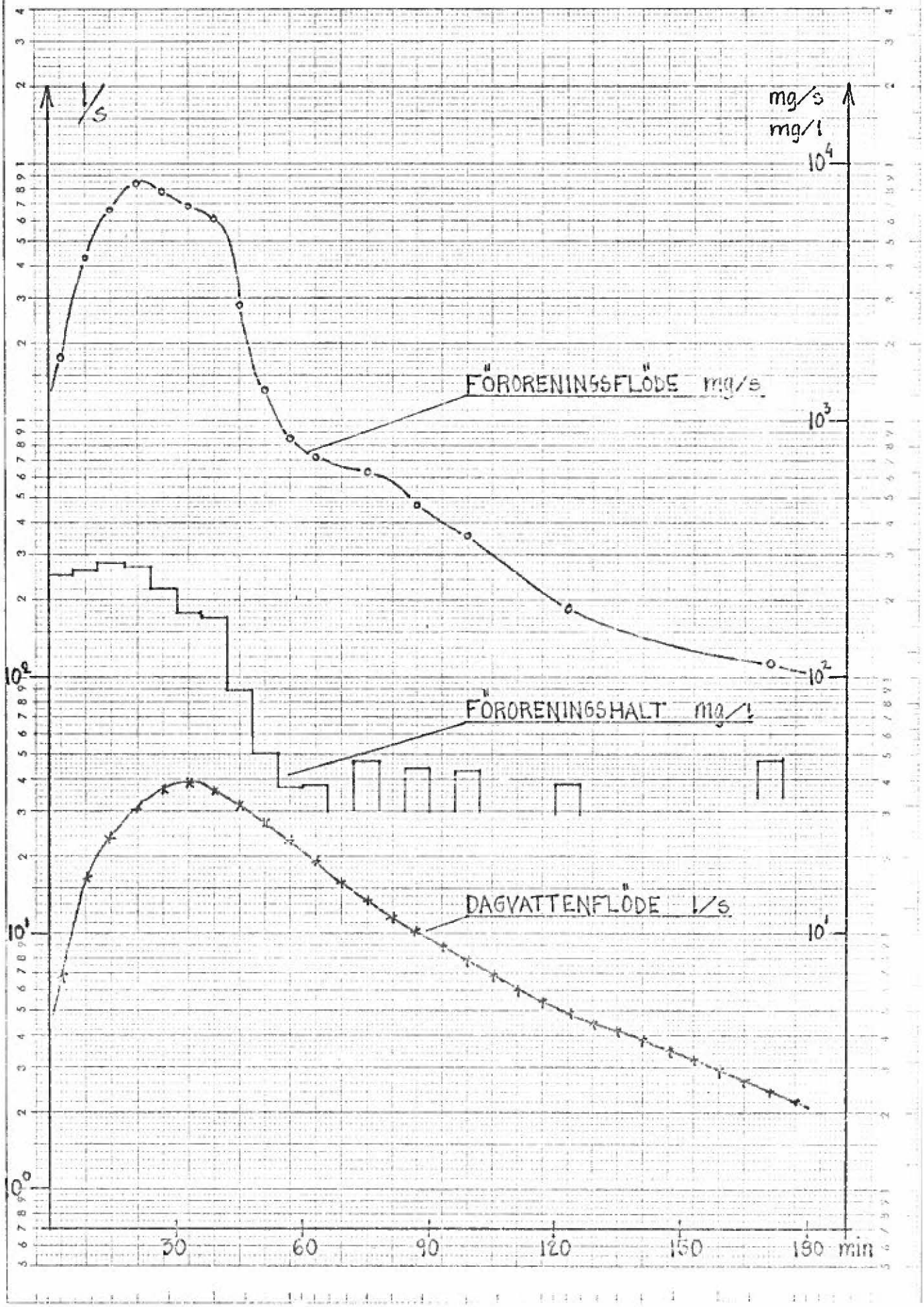
JÄRNETS TIDSVARIATION I DAGVATTNET UNDER ETT REGN I ETT INDUSTRIOMRÅDE (53 ha)



Linx Log - Modul 50 mm
FISSELTE®
4459 T

BILAGA 3

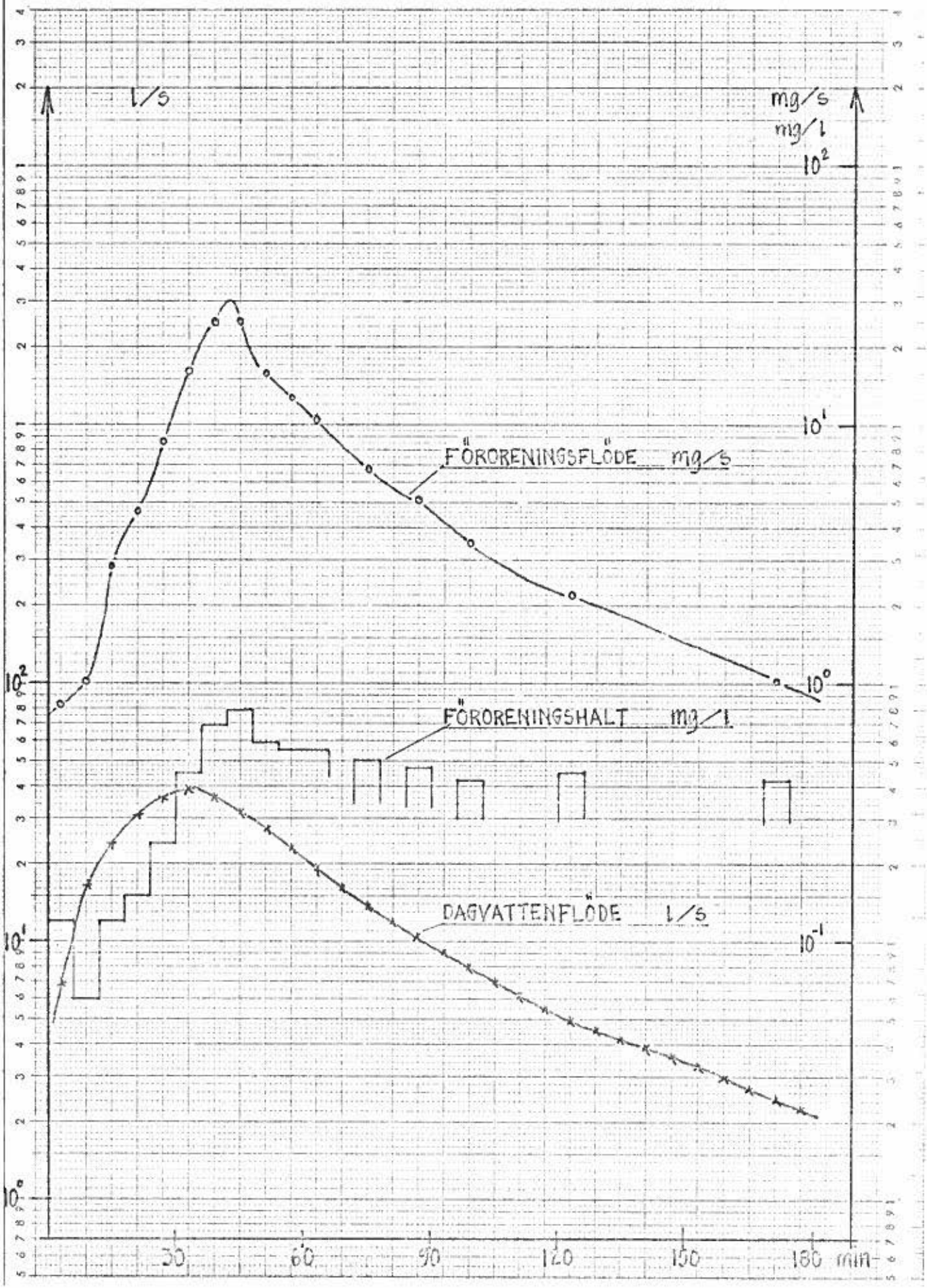
SULFATENS TIDSVARIATION I DAGVATTNET UNDER ETT REGN I ETT INDUSTRIOMRÅDE (53 ha)



Lin x Log · Modul 50 mm
ESSELTE
4459 T

BILAGA 3

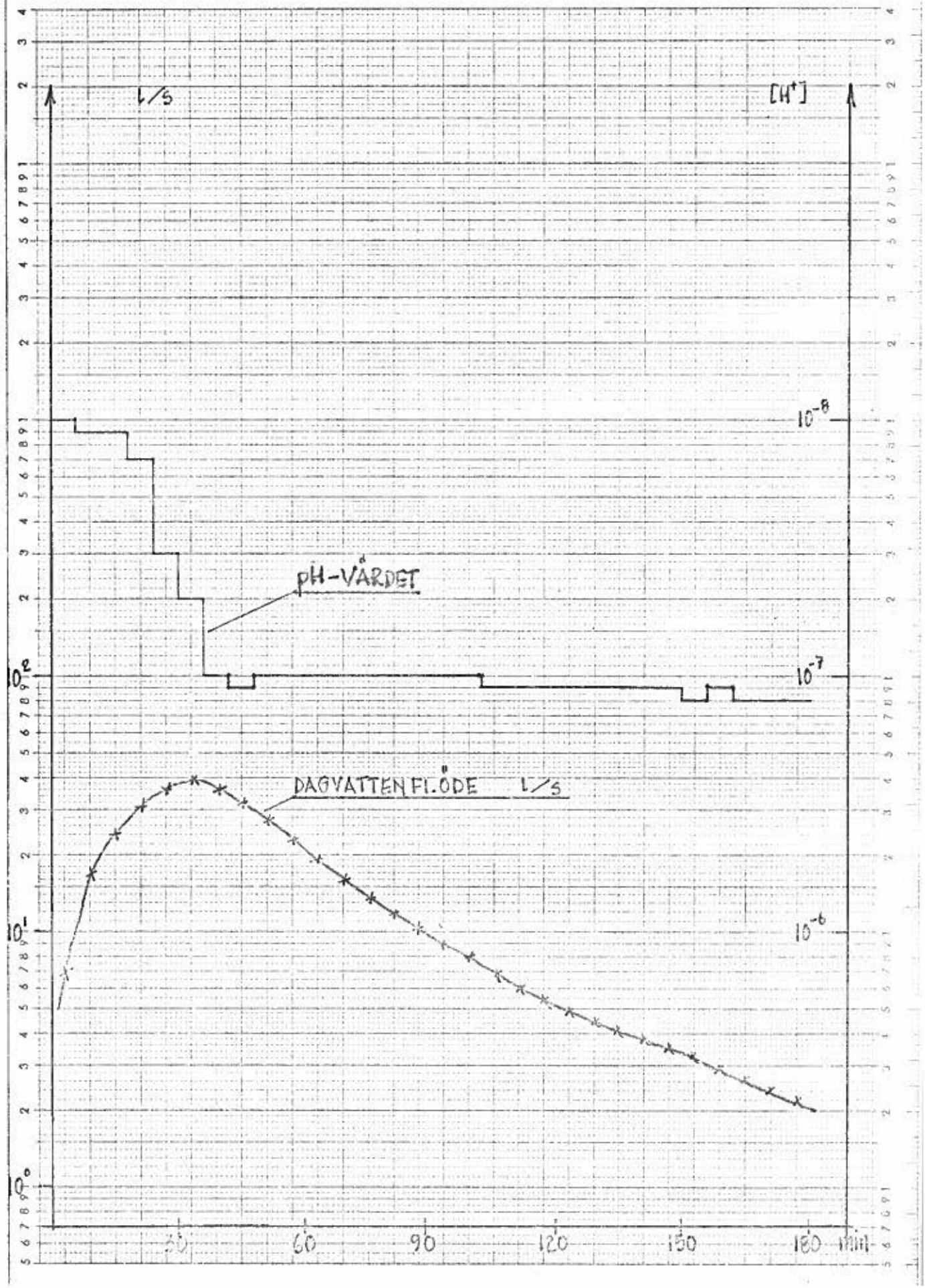
TOTALFOSFORNS TIDSVARIATION I DAGVATTNET UNDER ETT REGN I ETT INDUSTRIOMRÅDE (53 ha)



Linx Log - Modul 50 mm
ESSELTE ⊗
4459 T

BILAGA 3

pH-VÄRDETS TIDSVARIATION I DAGVATTNET UNDER ETT REGN I ETT INDUSTRIOMRÅDE (53 ha)



Lin x Log - Modul 50 mm

ESSELTE
4459 T

Delprojekt 4: Grundvattenbalans - Grundvattenbildning, samspelet berg-jord

Geologiska institutionen

Projektledare: Per Wedel

Forskare: Göran Ejdeling
Olov Holmstrand
Kai Palmqvist
Chester Svensson
Jan-Åke Åkesson

Resurser:

Personal: 73/74 1 laboratorieingenjör (Leif Cliffordson) gemensam med markvattenprojektet

Medel: 72/73 116 tkr
73/74 139 tkr gemensamt med markvattenprojektet

GRUNDVATTENBALANS - GRUNDVATTENBILDNING, SAMSPELET BERG-JORD

Innehåll:

INLEDNING

- Målsättning
- Projektuppläggning
- Koppling till övriga projekt

VERKSAMHETSREDOVISNING FÖR TIDSPERIODEN 1973-03-01--1974-01-31

- Berggrunden
  - Geologisk-tektonisk beskrivning av undersökningsområdet
  - Kärnborrning
    - Borrhål nr 1
    - Borrhål nr 2
  - Observationsbrunnar i berg
    - B1
    - B2
    - B3
    - B4
    - B5
    - B6
- Jordlagren
- Grundvattenförhållanden
  - Installationer och mätprogram
  - Grundvatten i berg
  - Grundvatten i jord
- Seminarier

FORTSATT VERKSAMHET

1 INLEDNING

Målsättning

Den planerade forskningsuppgiftens mål är att beskriva grundvattnets bildning, strömning samt dess samspel i jord och berg, och att på basis av funna resultat söka fastlägga de geohydrologiska parametrar som kan behövas vid utredning av de byggnadsgeologiska förutsättningarna inom ett område.

Projektuppläggning

Forskningsuppgiften är planerad att omfatta:

1) Utredning av olika tektoniska zoners och berggrundsenheters permeabilitet och grundvattenkapacitet.

2) Utredning av olika jordlagers permeabilitet och grundvattenkapacitet.

3) Utredning av olika förutsättningar för grundvattenkommunikation jord-berg.

4) Sammanställning av de faktorer som reglerar grundvattenbalansen i grunden.

5) Påverkande faktorer och den areella utbredningen på grundvattentryckfall i lösa avlagringar orsakat av dränering av berggrundvatten, exempelvis omkring en tunnel.

Koppling till övriga projekt

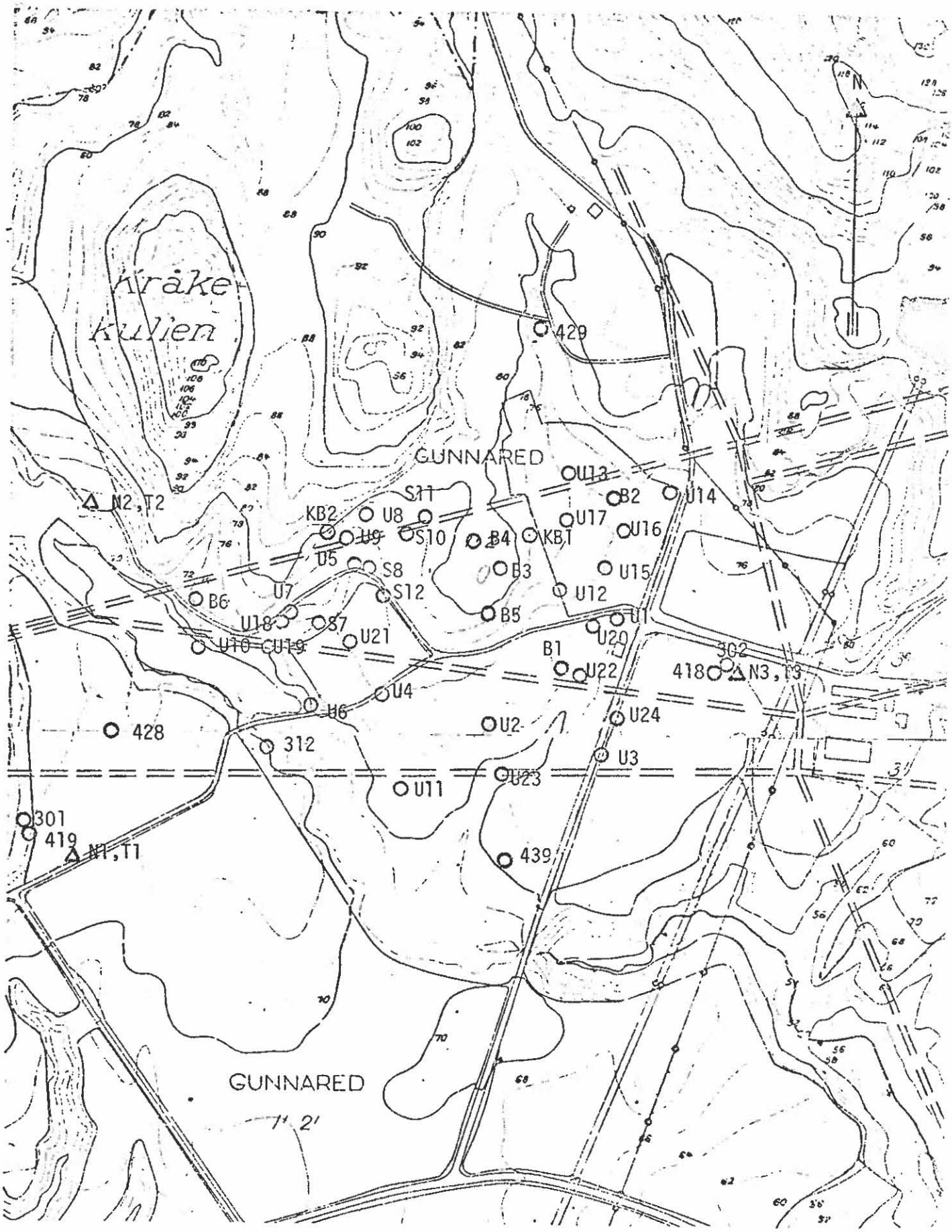
Projektet intager en central plats i Geohydrologiska forskningsgruppens vid CTH verksamhet. Det anknyter således till såväl projektet Markvattenmagasinets betydelse för ytavrinning och grundvattenbildning i ett urbant område som projektet Grundvattensänkningens följder och motåtgärder och projektet Metodstudier för att återställa eller bibehålla grundvattenytan. För det förstnämnda av dessa projekt utgör

försöksområdet ett viktigt komplement. Gunnaredsområdet är visserligen ej bebyggt som försöksområdet Bergsjön, men genom de dräneranде tunnlarna i berget därunder har grundvattenytan sänkts avsevärt, varigenom markvattenförhållandena förändrats och infiltrationsmöjligheterna ökats avsevärt i förhållande till de naturliga betingelserna. Grundvattensänkningens följder och motåtgärder kan bättre förstås i ett område där de geologiska förhållandena är väl belagda, och erfarenheter beträffande dessa frågeställningar kan tillgodogöras antingen en intensifierad forskningsinsats inom ramen för sistnämnda delprojekt initierats i Gunnaredsområdet eller ej. För projektet Metodstudier för att återställa eller bibehålla grundvattenytan har förberedelser gjorts och infiltrationsförsök kommer att genomföras i de för detta ändamål installerade undersökningsrören och eventuellt även i bergborrhålen.

Tillsammantagna torde de erfarenheter som kan hänföras till de olika delutredningarna kunna ge en mångfacetterad och väl belagd bild av de geohydrologiska förhållandena inom området.

2 VERKSAMHETSREDOVISNING FÖR TIDSPERIODEN 1973-03-01--1974-01-31

Arbetet med forskningsuppgiften har nu bedrivits i 16 månader. Under det gångna året har stora ansträngningar gjorts att närmare utreda berggrundens deformationsmönster, med avsikt att urskilja ostörda, "täta" bergblock och öppna, vattenförande sprick- eller krosszoner. En andra dominerande arbetsuppgift har varit att fastställa de naturliga grundvattenförhållandena, så att huvuddragen av årsvariationen i grundvattenfluktuationerna och enskilda nederbördsperioders inverkan är kända. Sistnämnda del av arbetet kan anses avslutad. En stor mängd uppgifter har samlats in, men dessa redovisas i detta sammanhang endast i den mån det behövs för framställningen i föreliggande lägesrapport. Beträffande utförda installationer, se situationsplan (karta nr 1).



U1-U24	UNDERSÖKNINGSRÖR BFR
B1-B6	BERGBORRHÅL BFR
KB1-KB2	KÄRNBORRHÅL BFR
S7-S8, S10-S12	OBSERVATIONSRÖR BFR
N1-N3	NEDERBÖRDSMÄTARE BFR
T1-T3	TJÄLDJUPSMÄTARE BFR
418-	OBSERVATIONSRÖR STEGA
301-	BERGBORRHÅL STEGA
= = =	TUNNELSTRÄCKNING

KARTA NR 1

SITUATIONSPLAN

FÖRSÖKSOMRÅDE VID GUNNARED

0 100 200 m

DELPROJEKT:

GRUNDVATTENBILDNING - GRUNDVATTENBALANS

GEOLOGISKA INSTITUTIONEN CTH 1974-01-29

Berggrunden

Inom det aktuella undersökningsområdet har, som tidigare redovisats, utförts geologisk-tektoniska undersökningar i samband med projekteringen av bergtunnlar ingående i Angered, etapp II. Undersökningarna har utförts av Sydsvenska Ingenjörsbyrån AB, SIB, och finns redovisade i ett utlåtande av 1970-06-01. Undersökningarna omfattar en geologisk-tektonisk kartering av berggrunden, seismiska mätningar och borrningar. Efter utsprängningen av bergtunnlarna har dessa karterats med avseende på bergarter, tektonik, lervittring och inläckande grundvatten. Kartering och redovisning har utförts av SIB.

Ovan nämnda undersökningar bildar ett viktigt basmaterial till den aktuella forskningsuppgiften. En viss komplettering av grunddata har dock visat sig nödvändig. De kompletterande undersökningarna har omfattat:

a) detaljkartering av områdets berggrund och tektonik
b) besiktning och kompletterande kartering av utförda bergtunnlar
c) kärnborrning
d) borrning av observationsbrunnar i berg
e) insamling av tunneldrivningsdata (indrift, grundvatteninläckning, förstärkningar, injektering m m)

Efter bearbetning och sammanställning av punkterna a, b och e har berggrundens tredimensionella uppbyggnad beräknats teoretiskt. Härvid har erhållits ett mönster av svaghetszoner och relativt ostörda bergblock. För att kontrollera den teoretiska modellen har två kärnborrhål utförts. I några av de tektoniska zoner som bedömdes vattenförande utfördes därefter observationsbrunnarna.

Geologisk-tektonisk beskrivning av undersökningsområdet

De geologiska undersökningar, som utfördes i samband med tunnelprojekteringen, har kompletterats med en detaljkartering av

områdets berggrund och tektonik. Karteringen utfördes omkring månadsskiftet mars-april 1973. Undersökningen utfördes som en detaljerad geologisk-tektonisk kartering. Härvid karterades berggrunden med avseende på sammansättning, omvandlingstendenser och sammanhållning inom olika avsnitt. Samtidigt utfördes observationer rörande berggrundens deformationsmönster med avsikt att urskilja ostörda, "täta" bergblock och öppna, vattenförande sprick- eller krosszoner. Karteringen utfördes på kartblad i skala 1:1 000.

Berggrunden inom undersökningsområdet uppbygges huvudsakligen av gnejser med varierande sammansättning och utformning. Gångbergarter uppträder i mindre omfattning. Följande bergarter kan urskiljas: basisk-intermediär gnejs, salisk gnejs, ögongnejs, pegmatit och amfibolit.

Berggrunden inom undersökningsområdet har vid flera tillfällen utsatts för tryckpåkänningar orsakade av spänningstillstånd i jordskorpan. Genom dessa tryckpåkänningar har den strukturbild, som berggrunden uppvisar idag, utbildats. Deformationskrafterna har verkat under två principiellt olika betingelser, dels under en första fas då berggrunden reagerat plastiskt, dels under en andra då den varit i stort sett rigid.

Under de plastiska deformationerna har ansatta spänningar utjämnats genom glidningar och rotationsrörelser i bergartsmassan. Vid de rupturella deformationerna har däremot ansatta spänningar utjämnats genom sprickbildningar.

Under veckningsrörelserna har förskiffringsplan utbildats där planparallella glidningar inträffat i bergartsmassan, medan stänglighet anlagts där rotationsrörelser dominerat. Inom undersökningsområdet stryker förskiffringsplanen i ca N 20 - 40°E och stupar 20 - 40°W. Stängligheten stryker ca N 15°W och stupar 10 - 15°N.

Efter veckningarna har berggrunden förkortats ytterligare. Detta har orsakat överskjutningsrörelser, varvid de olika bergartsleden skjutits upp över varandra.

Efter de plastiska veckningarna konsoliderades berggrunden. Vid nya spänningstillstånd i jordskorpan har materialets hållfasthet överskridits, varvid ett mönster av kross- och sprickzoner utbildats. Äldre förskiffrade överskjutningszoner har härvid verkat som svaghetslinjer, längs vilka nya överskjutningar inträffat. Brantstående skjuvzoner uppstod i spetsig vinkel mot deformationsriktningen.

Berggrunden framstår nu som ett system av skollor taktegelformigt täckande varandra. Skollorna är åtskilda av västligt stupande överskjutningszoner med riktningar kring N10°W och N20°E och uppdelade i blockenheter genom vertikala skjuvsprickor. Skjuvsprickor och skjuvzoner förekommer i riktningarna N70°W och N45°E.

Sprickzoner som utbildats under tryck har i Angeredsområdet visat sig föra svällande lermineral mellan sprickplanen. Detta gäller både överskjutningar och skjuvslag.

Kärnborrning

Efter sammanställning av utförda undersökningar har berggrundens tredimensionella uppbyggnad beräknats. Härigenom har ett mönster av svaghetszoner och ostörda berggrundsavsnitt erhållits. För att kontrollera tolkade tektoniska zoner har kärnborrning utförts. Borrningen utfördes med kärnborrmaskin Atlas Copco D 75.

Borrhål nr 1

Avsikten med borrhålet var att bestämma läge och karaktär på den förmodade överskjutningszonen A. Enligt beräkningarna skulle överskjutningszonen nås ungefär 26 - 28 m under markytan (vertikalhål).

Berggrunden består huvudsakligen av basisk, medelkornig gnejs, som ställvis genomsättes av sliror. Inlagrade längs gnejsens förskiffringsplan finns mindre avsnitt av pegmatit och amfibolit.

Ner till ca 27,2 m under markytan genomslås berggrunden huvudsakligen av enskilda sprickor. Flertalet av dessa är anlagda längs gnejsens förskiffringsplan. Utförda infiltrationsförsök visar att berget är praktiskt taget tätt ner till ca 18,1 m. Vid infiltrationsförsök vid nivån 18,9 m försvann allt vatten, som pumpen kunde leverera.

Det sönderkrossade partiet omkring 19,2 m och kärnförlusten omkring 20,5 m berodde på fel på kärnröret och borrkronan.

Den förmodade överskjutningszonen nåddes vid nivån 27,2 m. Efter ca en halv meter uppvisar kärnan åter bra bergkvalitet. Borrningen avbröts 29,36 m under markytan.

Borrhål nr 2

Borrhålet, som är gradat 60° mot söder, utfördes för att bestämma bergkvaliteten inom en brantstående skjuvzon. Iakttagelser vid ytkarteringen av de blottade partierna i anslutning till borrhålet antydde en mindre skjuvzon. Vid besiktningen av gemensamhetstunneln (betonginklädd) konstaterades vattenläckage längs brantstående sprickplan, som bedömdes tillhöra zonen.

Bergarten utgöres av basisk, medelkornig gnejs, som ställvis genomsättes av sliror. Inlagrade längs gnejsens förskiffringsplan finns mindre avsnitt av pegmatit och amfibolit.

Kärnan visar att berggrunden inom skjuvzonen uppbygges av sprickrika partier åtskilda av mer hela berggrundsavsnitt. Borrningen avbröts efter 25,46 m.

Utförda infiltrationsförsök visar att berget är praktiskt taget tätt ner till ca 24 m. Därefter märks en svag tendens till ökad infiltration.

Anledningen till den dåliga infiltrationen torde vara att sprickorna i zonen till största delen är lerförande.

Observationsbrunnar i berg

Vid val av läge för utförda bergbrunnar har målsättningen varit att placera dessa så att borrhålen träffar olika tektoniska zoner inom området söder och öster om Kråkekullen. Zonerna har i vissa fall karterats vid den ovanjordiska geologiska undersökningen och i vissa fall konstaterats vid karteringen av de färdigsprängda tunnlarna.

Bergbrunnarna har utförts av Tung Geoteknisk Borrning, TGB.

B1 Borrhålet har placerats i den brantstående sprickzon som med WNW-lig strykning korsar spillvattentunneln i längdmätningen 0/800. Uppkrossningen är liten i zonen, men då vatteninläckning förekom vid tunneldrivningen och läckage även uppträdde efter utförda injekteringar bedömdes zonen kunna ha en viss inverkan på omkringliggande områden.

Borrhålet utfördes till en början till ett djup av 30 m. Ingen stigning eller sjunkning kunde emellertid konstateras, varför hålet fördjupades till nivån 48 m under markytan. Här kunde en mindre stigning och sjunkning konstateras.

Den närliggande spillvattentunneln har i sektion 0/800 sulan på ungefärliga nivån +23,5 m. Borrhålsbotten ligger på ca +23 m.

B2 Borrhålet är placerat i en brantstående sprickzon som skär gemensamhetstunneln ca 100 m väster om punkt 342. Trots att uppkrossningen i zonen är relativt liten förekom flera vattenläckage vid tunnelkarteringen och injektering har utförts.

Borrhålet gjordes 25 m djupt. Efter renblåsning uppmättes en relativt långsam stigning. Hålet visade däremot efter vattenpåfyllning en snabb sjunkning.

Sulan på gemensamhetstunneln ligger i närheten av hålet på nivån ungefär +42 m. Borrhålsbotten motsvarar nivån +50 m.

B3 Borrhålet placerades så att det skulle träffa en västligt stupande överskjutningszon på ungefärliga nivån 30-35 m under markytan. Inom detta avsnitt förekom också flera större slag i berget. Borrhålet passerar sålunda den "hela" bergskivan över zonen, det s k hängandet, går igenom överskjutningszonen och ner i det "hela" berget under zonen, det s k liggandet.

Stignings- och sjunkningsmätningarna visar att berget är praktiskt taget tätt ner till 30 m. Vid prov efter borrning till 43 m förekom ingen stigning men relativt snabb sjunkning.

Gemensamhetstunneln norr om borrhålet har sin botten på ungefär +40 m. Borrhålet går ner till +38,5 m.

B4 Borrhålet placerades så att det på ungefärliga nivån 35 m skulle skära de stora ostligt stupande slag som iakttagits i gemensamhetstunneln omkring sektion 0/800. Flera avsnitt med sprickigt berg registrerades vid borrningen.

Stignings- och sjunkningsmätningar på nivån 36 m visade emellertid både långsam stigning och sjunkning. Borrhålet fördjupades därför till 46 m för att nå den västligt stupande överskjutningszon som korsats av borrhål 3 och korsar tunneln ungefär i sektion 0/800. Vid stignings- och sjunkningsmätningarna gick hålet ej att fylla upp.

Gemensamhetstunnelns botten ligger på ungefärliga nivån +40 m, medan borrhålsbotten motsvarar nivån +35,5 m.

B5 Borrhålet är placerat i samma bergplint som borrhål 3. Avsikten med hålet var att undersöka om överskjutningszonen som genomborrats i borrhålen 3 och 4 kunde återfinnas i bergplintens södra del. I den söder om bergplinten belägna spillvattentunneln finns inga spår av överskjutningszonen.

Borrsjunkningsdiagrammet visar att en svaghetszon korsas av borrhålet på djupet 21-22 m. Detta stämmer väl med överskjutningszonens läge enligt borrhålen 3 och 4.

Relativt snabb sjunkning visade borrhålet vid vattenpåfyllning efter 30 m respektive 45 m borrning. Ingen stigning registrerades vid 30 m, medan en svag stigning uppmättes vid 45 m.

Botten på den söder om borrhålet belägna spillvattentunneln är belägen på ca +23,5 m medan borrhålet når ner till +34 m.

B6 Borrhålet placerades så att det skulle skära den stora överskjutningszon som korsar gemensamhetstunneln i sektion 0/525 och spillvattentunneln i sektion 0/460. Borrhålet beräknades träffa zonen på ca 45-50 m djup. Vid djupet 45 m registrerades trasigt berg, vilket efter fortsatt borrning avlöstes av helt berg.

Efter renblåsning av hålet uppmättes en snabb stigning. Sjunkningsmätning gick ej att utföra då hålet ej gick att fylla.

Den norr om hålet belägna gemensamhetstunneln har i botten nivån +35 m medan den söder om hålet belägna spillvattentunneln har sulan på nivån +23m. Borrhålet når ner till nivån +20 m.

Jordlagren

Jordarterna och deras lagerföljd har redovisats kortfattat i föregående lägesrapport. Under detta verksamhetsår har ingen speciell undersökning inriktats på att närmare studera dessa. Icke desto mindre har en rad rön gjorts vid undersökningar med andra primärsyften.

Dessa undersökningar är:

Drivning av ytterligare 17 st undersökningsrör för upprättande av grundvattenobservationsnät.

Skruvborrning för att finna permeabla skikt i leran och för att säkrare kunna bestämma placeringen av undersökningsrör.

Slagsondering för att bestämma djup till berg och säkrare kunna placera undersökningsrör.

Vid borrningen insamlade jordprover har analyserats okulärt, dels i fält, dels på laboratoriet, där även ett stort antal prover bestämts genom mekanisk analys för att tjäna som referensprover.

Samtliga prover tagna nära markytan med skruvborr har analyserats med avseende på humushalt. Dessa analyser har genomförts speciellt med tanke på markvattenförhållandena.

I samarbete med STEGA har en jordartskarta upprättats, där försöksområdet utgör en mindre del av det karterade området.

Radiometriska mätningar med gamma-neutronsond för att bestämma marklagrens volymvikt och vattenhaltsförhållanden.

Tillämpliga delar av materialet kommer att redovisas i slutrapporten.

Grundvattenförhållanden

Installationer och mätprogram

I avsikt att utreda grundvattenförhållandena har ett observationsnät successivt byggts ut. De första sju undersökningsrören redovisades redan i förra lägesrapporten, och ytterligare installationer kommer att bli nödvändiga utöver de, för vilka redogöres i denna lägesrapport. För de borrhål, som utförts under verksamhetsperioden i berg och jord, har redogjorts ovan i respektive avsnitt.

I ovannämnda skruvborrhål har plaströr, som perforerats i sin nedre del, satts ned varigenom ytterligare grundvattenobservationspunkter erhållits. Samtliga rör i jordlagren funktionskontrolleras och renblåses i den utsträckning, som är befogat för respektive rör.

Utöver ovannämnda rör har tre nederbördsmätare och tre tjäldjupsmätare installerats. I gemensamhetstunneln har försök gjorts att

mäta grundvatteninläckningen i en redan vid anläggningsskedet iordningställd anordning, men detta har ännu ej lyckats. Avrinningen från markytan i försöksområdet har hittills ej mätts på grund av praktiska problem, men dessa bör lösas inom kort.

Nederbörden och fluktuationerna i grundvattennivån under året har sålunda kunnat följas genom avläsningar varje vecka. För varje observationspunkt ritas en kurva, så att de olika bergborrhålen och undersökningsrören kan jämföras med varandra och nederbördssituationen. Protokollen från mätningarna kan också användas för databehandling när detta blir aktuellt. En grundvattennivåbild kan därför ritas upp för varje situation under det gångna året och säkrare analyser av artificiellt införda förändringar kan därför göras. Från och med årsskiftet 73/74 har mätintensiteten för rutinmätning minskats till två gånger per månad.

Grundvatten i berg

I kapitlet ovan beträffande berggrunden redovisas sex bergborrhål, som utgör stommen till det observationsnät och de försöksanordningar,som planerats i området. Mätningsserien påbörjades i juli månad 1973. Av hittills utförda mätningar framgår att B1 - B4 och B6 visar likartade variationer i vattenstånd. Amplituderna är små. Med varierande fördröjning kan nederbördstoppar avläsas i form av svagt stigande grundvattenstånd. B5 visar till skillnad från de övriga observationsbrunnarna mycket stora variationer i vattenstånd. Nederbördstoppar avläses omedelbart i form av kraftiga höjningar av vattenståndet följt av stora avsänkningar vid "torrare" perioder. Anledningen till de stora variationerna är att nederbörden direktinfiltrerar i borrhålet via en brantstående spricka i borrhålets övre del.

De grundvattennivåer som uppmätts i de olika bergbrunnarna visar att grundvattenytorna i B1 - B3 och B5 ligger högre än taket i närliggande tunnlar. Grundvattenytan i B4 ligger sannolikt ungefär i

nivå med taket på gemensamhetstunneln, medan grundvattennivån i B6 ligger lägre än i gemensamhetstunneln men högre än i spillvattentunneln.

För studium av bergborrhålen har en borrhålsmanschett tagits fram. Sådana finns visserligen i handeln, men eftersom det behövs ett stort antal för att genomföra den planerade försöksserien skulle kostnaderna för sådana bli för höga.

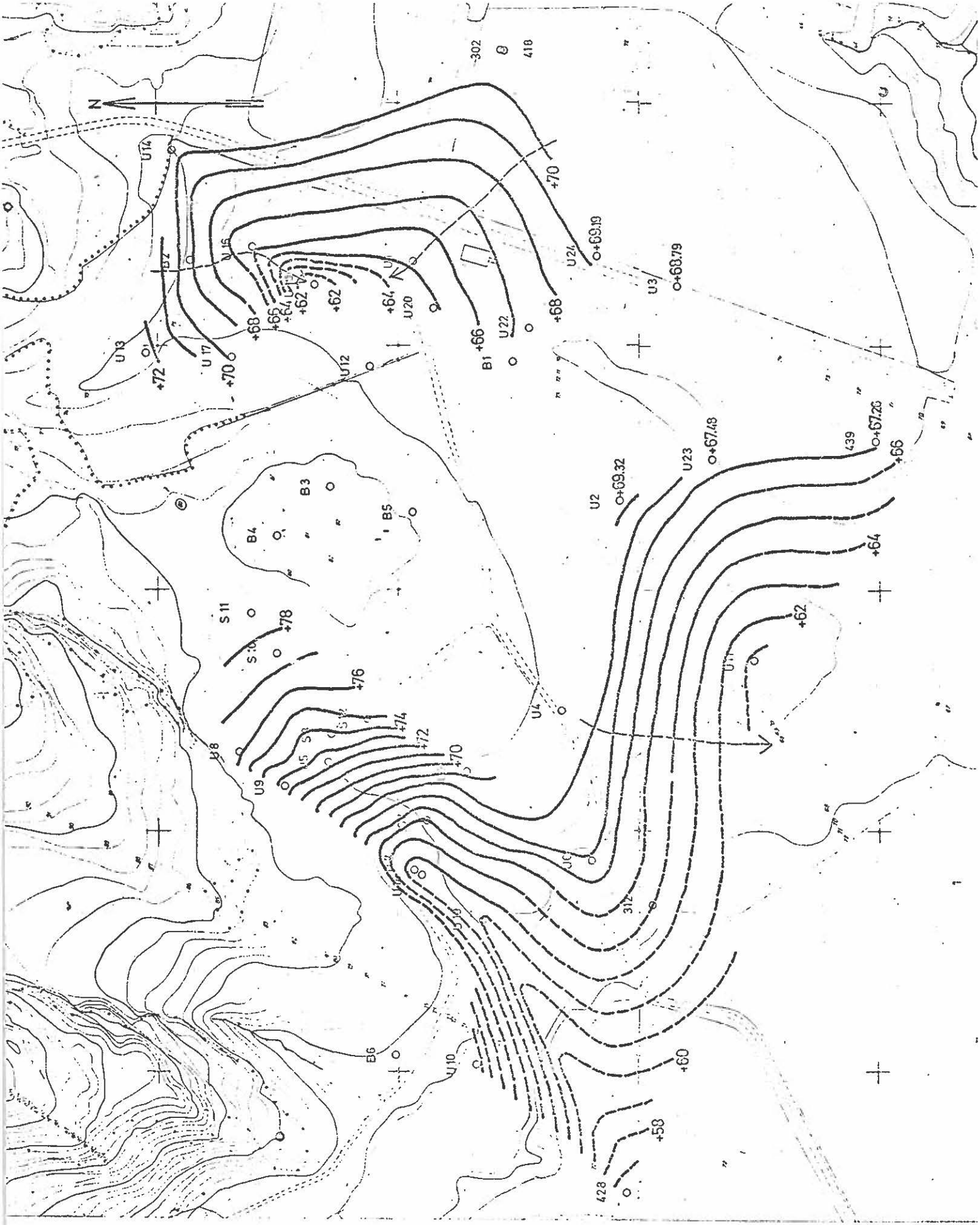
Kärnborrhål nr 1 kommer sannolikt att kunna utnyttjas för infiltration och spårämnesförsök. Kärnborrhål nr 2 däremot blir svårt att utnyttja, eftersom det är gradat 60°.

Av tunnelkarteringen, som utfördes i samband med tunneldrivningen, framgår att grundvatteninläckning förekom vid såväl överskjutningszoner som brantstående skjuvsprickor. Läckagen var dock relativt små. Först i samband med korsande spricksystem i tunneln förekom kraftigare läckage. För att minska inläckningen i tunnlarna efterinjekterades flera av de läckande avsnitten.

En besiktning av tunnlarna utfördes under maj 1973. Härvid karterades de avsnitt där grundvatteninläckning förekom. Reservation för den redovisade inläckningsbilden måste dock göras då uppgifter om inläckning i tunnelsulan saknas.

Grundvatten i jord

Grundvattenförhållandena i jordlagren har, som ovan nämnts, studerats sedan november 1972 i ett allt tätare observationsnät av undersökningsrör. Det framgår härav, att rören i flera fall visar en likformig förändring genom året. Eftersläpning i förhållande till nederbörden är inte densamma för alla rör, men det har varit möjligt att upprita grundvattenbilder för högsta vattenstånd 1973-05-22 och ett minimivattenstånd 1973-10-25. Till denna rapport redovisas grundvattennivåbilden 1974-01-03 (karta nr 2), eftersom denna grundas på ett större antal observationspunkter än de tidigare



GRUNDVATTENNIVÅER I JORD 1974-01-03.

KARTA NR. 2

+62 —— GRUNDVATTENNIVÅKURVA

+60 – – – GRUNDVATTENNIVÅKURVA, OSÄKER

←— — STRÖMRIKTNINGSLINJE

PLUSHÖJDER ÄR ANGIVNA I GÖTEBORGS HÖJDSYSTEM.

0 50 100m

DELPROJEKT:

GRUNDVATTENBILDNING - GRUNDVATTENBALANS

GEOLOGISKA INSTITUTIONEN CTH 1974-01-24

grundvattennivåkartorna. Grundvattenmagasinet är emellertid fyllt till samma nivå 1974-01-03 som vid maximum 1972. Det är ännu för tidigt att avgöra om maximum redan har uppnåtts denna vintersäsong eller om en ytterligare uppfyllning kommer att äga rum innan avsänkningen sätter in i slutet av våren eller början av sommaren.

Grundvattennivåbilden visar tydligt två från varandra skilda avsänkningsområden. Det ena i väster med sitt centrum väster om det hittills undersökta området och det andra i sänkan i östra delen. I sistnämnda område finns en tydlig avsänkningstratt, som är något utdragen i sänkans riktning. I denna del av området har också påtagliga svaghetszoner i berggrunden påvisats, (karta nr 3).

Seminarier

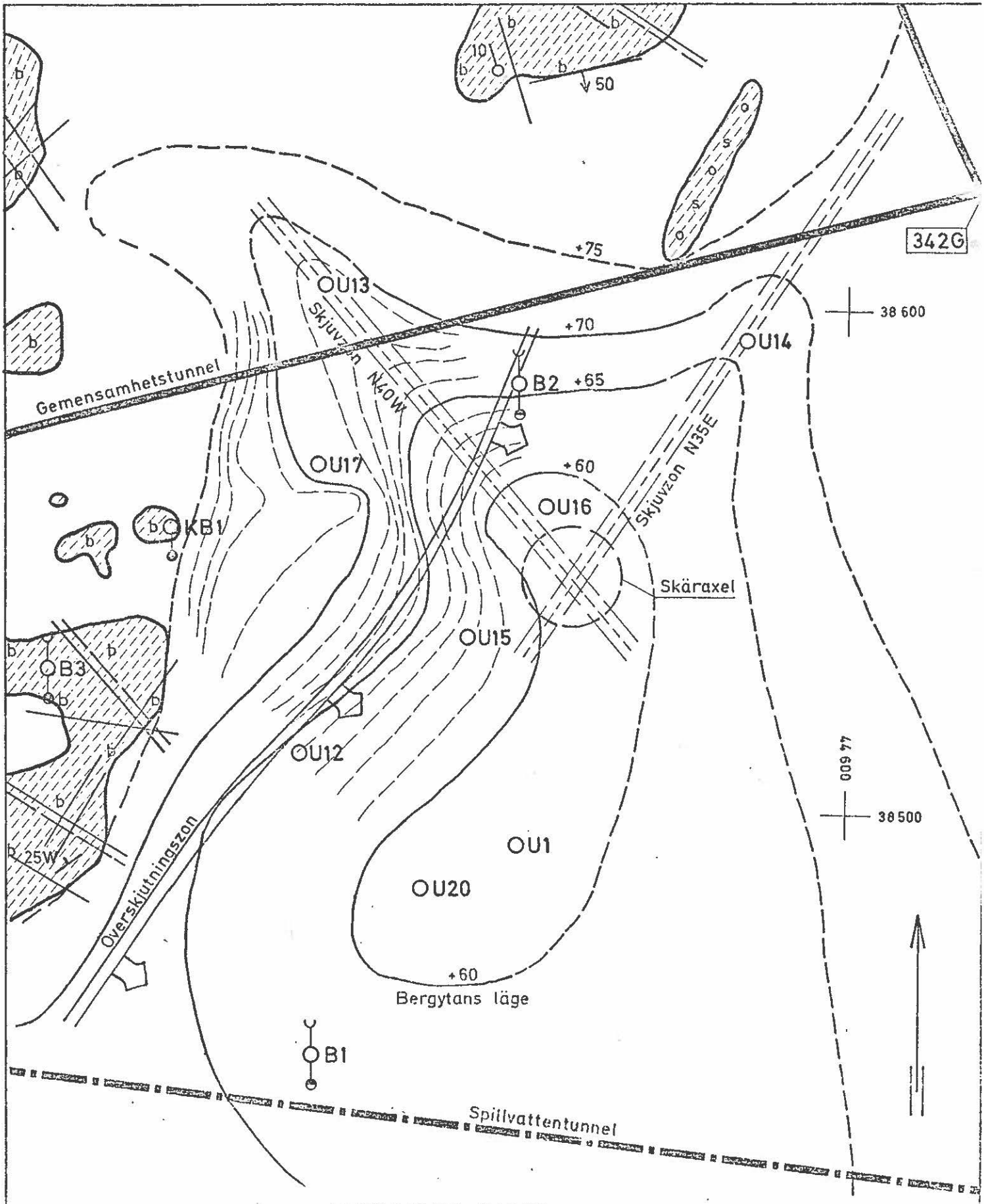
I anslutning till denna forskningsuppgift har tre seminarier hållits under höstterminen.

Korttidsprovpumpning. Inledare Johan Landberg.
STEGA:s datormodell. Inledare Gunnar Gustafson.

Vid seminariet som ägnades STEGA:s datormodell framkom att denna blir mycket svår att tillämpa på försöksområdet i Angered, eftersom de geologiska förhållandena där är så helt annorlunda de i Botkyrka. Modellen skall emellertid prövas i Gunnaredsområdet i Angered. Vilka andra möjligheter som finns överblickas för närvarande ej, men arbetet med detta pågår. Troligen kan en "nätverksmodell" bättre anpassas till förutsättningarna.

3 FORTSATT VERKSAMHET

För det kommande budgetåret planeras verksamheten i stort följa de riktlinjer som dragits upp vid forskningsuppgiftens initiering. Tyvärr har emellertid ej arbetet hunnit så långt att detaljfrågorna nu kan överblickas så i detalj som önskvärt vore. Detta beror huvudsakligen på att det tredje ansökningstillfället infaller redan efter



TEKTONISK KARTA

KARTA NR.3

- Basisk gnejs
- Ögonförande salisk gnejs
- Förskiffringsplanens strykning och stupning
- Stänglighetens riktning och stupning
- Skjuvzon
- Lutande skjuvspricka
- Skjuvspricka

Borrhålsbeteckningar, se karta nr. 1

0 50m

Delprojekt:
Grundvattenbildning - Grundvattenbalans

Geologiska Institutionen CTH 1974.01.29

16 månaders verksamhet, eftersom projektstarten måste senareläggas 3 månader och ansökningstillfället tidigarelagts 1 månad. Under det andra verksamhetsåret har dessutom mindre medel anvisats än vad som förutsattes vid projektstarten. Därutöver har markvattenprojektet (5) och kartprojektet (6) tagit stor del av berörda forskares tid i anspråk under sommaren och hösten. En förstärkning behövs därför på personalsidan för att kunna genomföra de tidskrävande borrhålsundersökningarna, provpumpningarna och spårämnesförsöken, som planerats. Under återstoden av innevarande budgetår måste ytterligare kostnadskrävande installationer i form av bergborrhål och i viss mån kompletterande observationsrör i jord utföras. För utsättande av dessa måste ytterligare seismiska undersökningar och slagsonderingar genomföras. Undersökningen av de enskilda borrhålens beskaffenhet och egenskaper har påbörjats och kommer att pågå in i nästa budgetår. Infiltrationsförsök och provpumpningar kommer att företagas under såväl innevarande som nästkommande budgetår. För närvarande verkar det emellertid som spårämnesförsöken måste anstå till hösten.

Såväl med tanke på de praktiska svårigheterna som speciellt de ekonomiska förutsättningarna kanske det ej är möjligt att uppnå alla de uppsatta forskningsmålen inom utsatt tid. Forskningsuppgiften är tidskrävande och karaktären på de frågor som ska lösas sådan att då de naturliga årstidsfluktuationerna spelar in är det gynnsamt att sträcka ut undersökningen under längre tid. Det kan därför visa sig riktigt att fortsätta projektet något efter den planerade försöksperiodens slut.

Försöken att finna eller utveckla en lämplig datormodell, som kan anpassas till försöksområdets geologiska och hydrologiska förutsättningar kommer att aktualisera behovet av programmeringshjälp.

Den intressanta möjligheten att studera grundvattenbildningen med avseende på samspelet berg-jord och dräneringen genom berggrundens sprickor, som tidigare skönjts i de östra delarna av undersök-

ningsområdet, har nu fått fastare konturer. För det jordtäckta området öster om kärnborrhål 1 har sålunda konstruerats en teoretisk modell över de tektoniska förhållandena (karta nr 3). De antagna sprickzonerna har extrapolerats med hänsyn tagen till den konstruerade bergnivåkartan. Enligt modellen skulle två brantstående sprickzoner skära varandra inom bergskålens sannolikt djupaste del. Det uppkomna skäraxelsystemet kan tänkas fungera som brantstående dräneringsrör i berggrunden. Det nordvästligt strykande spricksystemet kan vidare kommunicera med den västligt stupande överskjutningszonen, som genomborrats med kärnborrhål 1.

Om de fortsatta undersökningarna styrker den antagna teoretiska bilden, föreligger möjlighet att utvärdera de olika läckagevägarna i berget och därmed ge underlag för en bedömning av grundvattenståndsförändringar i lösa jordlager.

I de västra delarna av undersökningsområdet har tunnlarna visat sig ha en avsevärt större dränerande verkan, varför det här blir möjligt att bearbeta problemkomplexet under delvis andra förutsättningar, trots att försöksområdet omfattar en så liten areal.

Erfarenheterna kommer då att kunna nyttjas vid t ex utarbetandet av rekommendationer och anvisningar inför exploatering av markområden med samma geologiska karaktär som Gunnaredsområdet. Inom såväl väst- som östkustens ler- och bergområden torde denna geologiska uppbyggnad till sina huvuddrag helt eller delvis vara tämligen vanligt förekommande. Målsättningen är dessutom fortfarande att kvantitativa beräkningar av bergets dränerande effekt på jordlagren även skall kunna erhållas. I vad mån denna del av forskningsuppgiften skall lyckas är emellertid lika osäkert nu som vid projektstarten. Mycket torde dock vara vunnet redan med de sannolikt mera lättgripbara resultaten att kunna närmare utreda orsaksförhållanden och att anvisa hur dessa kan utredas.

Delprojekt 5: Markvattenmagasinets betydelse för ytavrinning och grundvattenbildning inom ett urbant område

Geologiska institutionen

Projektledare: Per Wedel

Forskare: Olov Holmstrand

Resurser:

Personal: 73/74 1 laboratorieingenjör (Leif Cliffordson) gemensam med projektet Grundvattenbalans - grundvattenbildning

Medel: 73/74 139 tkr gemensamt med projektet Grundvattenbalans - grundvattenbildning

MARKVATTENMAGASINETS BETYDELSE FÖR YTAVRINNING OCH GRUNDVATTENBILDNING INOM ETT URBANT OMRÅDE

Innehåll:

INLEDNING

MÅLSÄTTNING

PROJEKTUPPLÄGGNING

HITTILLS UTFÖRT ARBETE
- Litteraturstudier
- Kartering i Bergsjön

PLANERAT ARBETE

BEARBETNING

Kartor:

1. Översiktlig jordartskarta
2. Bergnivåkarta
3. Schakt- och utfyllnadskarta

1 INLEDNING

Nederbördsvattnet inom ett område fördelas i stort på ytavrinning, grundvattenbildning och avdunstning (evapotranspiration). En viktig faktor, som påverkar vattenmängder och tidsförlopp, utgöres av markvattenmagasinet. Med markvattenmagasinet avses här det vatten som finns i en markprofil ovanför grundvattenytan.

I ett urbant område består dagvattnet dels av ytvatten, som kommer via rännstensbrunnar, intagsbrunnar och dylikt, dels av markvatten eller eventuellt grundvatten som kommer via dräneringsledningar inom området. Ytavrinningens storlek är beroende av den utjämning och magasinering av nederbörden som sker i markytans ojämnheter och i de översta jordlagren. Beroende på markytans struktur samt markvattenzonens genomtränglighet (permeabilitet) och tidigare vattenhalt, stannar större eller mindre vattenmängder kvar i markvattenzonen medan en del sjunker ned (perkolerar) och avrinner antingen som grundvatten eller via dräneringsledningar ut i dagvattensystemet. En del av markvattnet avdunstar så småningom eller sugs upp av växterna (evapotranspiration).

Vid nederbördstillfällen får man en utjämning av dagvattnets flödestoppar samtidigt som en viss mängd vatten stannar kvar i markytans håligheter. Hur stor del av vattnet som rinner av på ytan respektive infiltrerar beror på nederbördsintensiteten, infiltrationskapaciteten och rådande markvattenhalt. Vid hårdgjorda ytor spelar troligtvis infiltrationen en mindre roll medan magasineringen i ythåligheter har större betydelse. Samverkan mellan delytor med olika egenskaper ifråga om ytavrinning och markvattenförhållanden inom ett område är ett problem med stor betydelse såväl vid behandlingen av dagvattenfrågor som grundvattenfrågor.

Förhållandena i markvattenzonen påverkar sålunda såväl dagvattenavrinningen som grundvattenbildningen. Det är därvid av stor vikt att

belysa de tids- och kvantitetsmässiga förloppen vid nederbördens fördelning på kategorierna dagvatten, markvatten och grundvatten inom olika områden.

2 MÅLSÄTTNING

Målsättningen för föreliggande forskningsuppgift är att klarlägga markvattenmagasinets inverkan på ytavrinning och grundvattenbildning inom ett urbant område. Av stor vikt är härvid att följa de tids- och kvantitetsmässiga förloppen under och efter nederbördstillfällen.

3 PROJEKTUPPLÄGGNING

Projektet utföres som komplement till geohydrologiska forskningsgruppens vid CTH delprojekt "Dagvattenstudier i Göteborg" och "Grundvattenbalans - grundvattenbildning". Fältförsök kommer i första hand att utföras inom gruppens försöksområden Bergsjön och Angered i Göteborg. I dessa områden har utförts eller utföres noggrann jordarts- och berggrundskartering. Markvattenmagasinets förändringar studeras i ett antal representativa punkter inom områdena. Fältmätningarna utföres radiometriskt med gamma-neutronstrålande sond i nedslagna 2" rör. Dessutom utföres mätningar med s k ytsond i ett större antal punkter på markytan. Som referens för de radiometriska mätningarna utföres ett mindre antal konventionella bestämningar av materialsammansättning, porositet, humushalt m m. Eventuellt utföres kompletterande mätningar inom andra områden för att täcka in ytor av olika karaktär, som förekommer inom Göteborgsregionen.

Parallellt med de inledande undersökningarna genomföres studier av litteratur behandlande det aktuella ämnesområdet. För att kontrollera mätmetodiken utföres inledningsvis mätningar i ett fåtal rör, varefter de vunna erfarenheterna tillsammans med erhållna litteraturuppgifter får styra det fortsatta undersökningsarbetet.

4 HITTILLS UTFÖRT ARBETE

Litteraturstudier

Litteraturgenomgången befinner sig ännu på ett inledande stadium. Utländsk litteratur har hittills endast i viss utsträckning inventerats. Av den hittills påträffade svenska litteraturen har bland annat följande arbeten bedömts vara av intresse: Erik Skoglund: Markvattenmagasinets storlek och variation i olika delar av det mellansvenska landskapet, Angela Lundberg: Infiltration och perkolation i det översta markskiktet, Sigvard Andersson: Markfysikaliska undersökningar i odlad jord (flera delar).

Skoglunds arbete behandlar ett ämnesområde, som ligger mycket nära avsikten med föreliggande forskningsuppgift. Till skillnad från den senare var dock Skoglunds undersökningar inriktade på markvattenmagasinets årstidsförändringar i naturlig mark. Sålunda behandlades ej urbana områden och korttidsförändringar i samband med nederbördstillfällen. Skoglund utförde samma typ av radiometrisk mätning i rör, som kommer att användas i samband med föreliggande forskningsuppgift, varför erfarenheter av, och synpunkter på mätningsmetodiken är direkt tillämpbara.

Lundbergs arbete är en sammanställning av tidigare inom Norden utförda undersökningar av infiltrationskapacitet i det översta markskiktet i olika jordarter. Av de enligt refererade undersökningar utförda försöken framgår att uppmätta infiltrationskapacitetsvärden visar stor spridning. Kapacitetsvärdena varierar kraftigt även inom samma jordart. Antagligen beror detta på att de översta jordlagrens struktur (kornfördelning, aggregatstrukturer, utfällningar, packning, o s v) samt vegetationen har mycket stor inverkan på infiltrationskapaciteten. Det är därför svårt att schablonmässigt utifrån exempelvis jordartsfördelning korrekt bedöma infiltrationskapaciteten inom ett område.

I Anderssons arbeten behandlas bland annat vattnets bindningsenergi i olika jordarter. Fördelningen av vatten med varierande bindningsenergi i olika jordarter är av betydelse exempelvis när det gäller att bedöma vattenhaltens absoluta storlek.

Kartering i Bergsjön

Inom delprojektet "Dagvattenstudier i Göteborg" pågår mätningar i ett område i stadsdelen Bergsjön. Området har här benämnts Komettorget. Som komplement till de hittills utförda nederbörds- och avrinningsmätningarna bedömdes det vara nödvändigt att även utföra mätningar på markvattnet. Innan erforderliga rör för mätningar kunde utföras, behövde områdets geologiska förhållanden kartläggas. Eftersom det är fråga om ett i hög grad genom exploatering påverkat område, medförde denna kartering svårigheter som normalt ej uppstår i samband med geologiskt karteringsarbete.

Inledningsvis anskaffades kartmaterial, flygbilder, grundundersökningar m m över området såväl före som efter exploateringen. Eftersom det ej finns någon central instans som lagrar uppgifter av detta slag, var insamlingsarbetet besvärligt. Sannolikt existerar eller har existerat ytterligare grundmaterial, men det anskaffade bedömdes vara tillräckligt för föreliggande ändamål.

Med hjälp av flygbildstolkning på flygbilder tagna före områdets exploatering samt utförda grundundersökningar har upprättats en förenklad jordartskarta, karta 1. En stor del av området upptogs före exploateringen av kalt berg eller berg med ringa jordtäcke. I vissa smärre dalgångar fanns mäktigare jordtäcke, sannolikt morän och/eller svallmaterial. Organiskt material förekom i huvudsak inom två områden. Dessa upptogs av kärr. I det större, centralt belägna av dessa kärr fanns även smärre öppna vattenytor. Av grundundersökningarna framgår att det organiska materialet hade en mäktighet av storleksordningen 2 m och underlagrades av lera.

I det stora, centralt belägna kärret hade ett så stort antal borrningar utförts att en karta över bergytans nivå kunde upprättas, karta 2. Det kan antagas att leran åtminstone delvis underlagras av friktionsmaterial. Detta friktionsmaterial bedömes emellertid ej nämnvärt ha påverkat nivån för borrstopp, varför angiven bottennivå kan betraktas som bergytan. Som framgår av kartan var det största jorddjupet nästan 10 m.

För att få en uppfattning om de schaktnings- och utfyllnadsarbeten som utfördes i samband med områdets exploatering har nivåkartor före och efter exploateringen jämförts. På grundval av denna jämförelse har en schakt- och utfyllnadskarta upprättats, karta 3. Som framgår av kartan har en måttlig utfyllnad, möjligen till stor del matjord, skett över stora områden. Mäktigare utfyllnad förekommer endast inom ett område. Uppgifter om fyllnadsmassornas sammansättning har hittills ej framkommit, men avses om möjligt anskaffas. Inom några smärre delområden har markytan sänkts huvudsakligen genom bortsprängning av berg.

I samband med delprojektet "Dagvattenstudier i Göteborg" har tidigare framställts en karta över markytans beskaffenhet. På denna redovisas olika typer av beläggningar, gräsmattor, planteringar samt orörd mark.

5 PLANERAT ARBETE

Under våren kommer ett antal mätrör att utföras inom delområdet Bergsjön. Som underlag vid placeringen av rören kommer den genomförda karteringen att utnyttjas. Volym-, vikts- och vattenhaltsmätningar med gamma-neutronsond kommer därefter att påbörjas omedelbart. Mätningsintensiteten avpassas efter nederbördstillfällena. I den mån rören når ned till grundvattnet kommer även grundvattenståndsmätningar att utföras.

Vattenhaltsmätningar med gamma-neutronsond påbörjas snarast inom delområdet Angered. Härvid utnyttjas befintliga 2" rör primärt avsedda för grundvattenståndsmätning.

Rördrivning och vattenhaltsmätning kommer eventuellt även att utföras inom delområdet Åkered. Beslut om sådana mätningar beror på hur området kommer att bearbetas inom projektet 'Dagvattenstudier i Göteborg".

Parallellt med fältarbetet kommer den påbörjade litteraturinventeringen att fortsätta. Av speciellt intresse är härvid att utröna om liknande undersökningar genomförts på andra ställen.

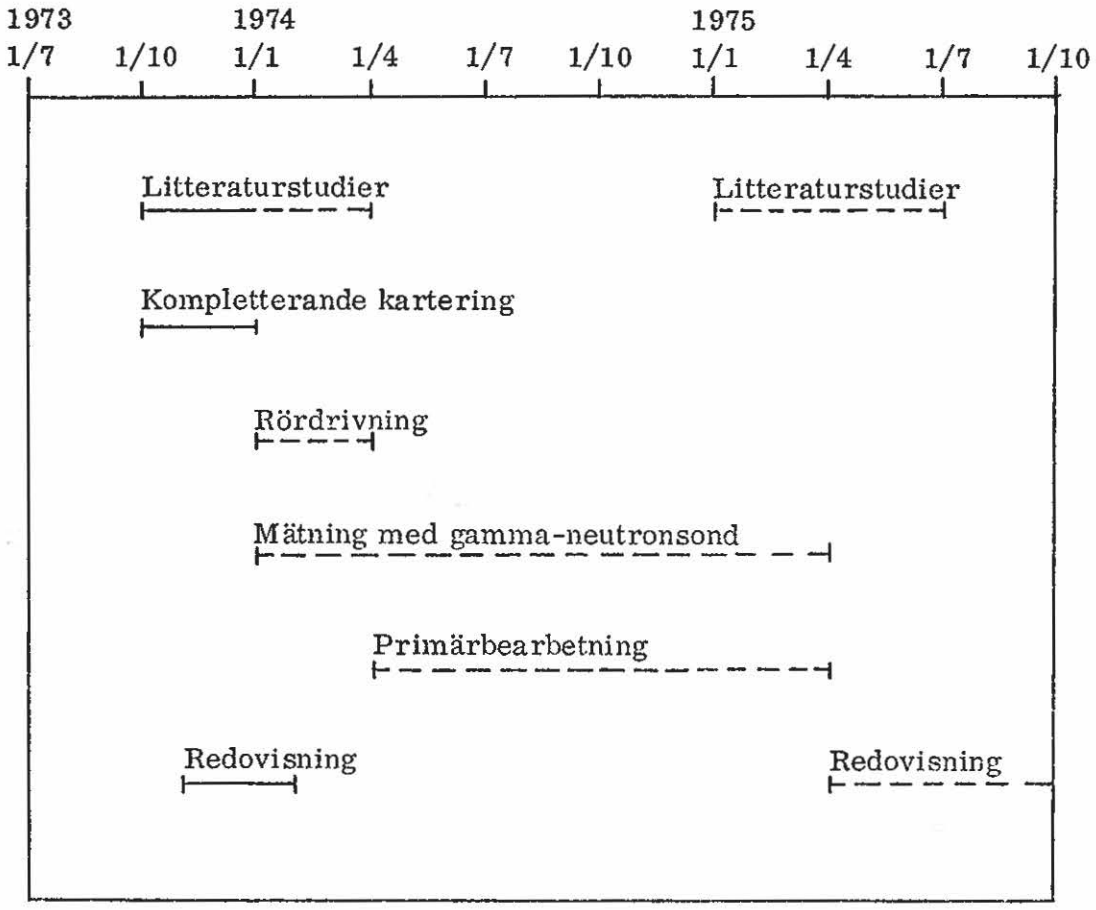
6 BEARBETNING

Bearbetning av materialet sker i samband med bearbetning av material röran de dagvatten- och grundvattenstudierna. Markvattenmagasinets inverkan byggs in i de beräkningsmodeller som avses ställas upp för respektive område. Försök till korrelation mellan ytavrinning-markvatten- grundvatten kontra nederbörd kommer att utföras. Av intresse är härvid att tids- och kvantitetsmässigt följa nederbördsvariationernas betydelse för dagvattenavrinning och grundvattenbildning kopplat över markvattnet. För att klargöra även kortvariga förlopp krävs delvis intensiva mätningar. Sådana mätningar genomföres redan vad beträffar nederbörden inom projektet 'Dagvattenstudier i Göteborg".

Om ovan nämnda beräkningsmodeller kan ställas upp avses de exempelvis användas för att klargöra inverkan av hårdgörning t ex genom bebyggelse eller överfarter av tunga entreprenadmaskiner på nederbördens fördelning. Följden kan bli ökade dagvattenmängder och minskad grundvattenbildning med sättningsproblem som följd.

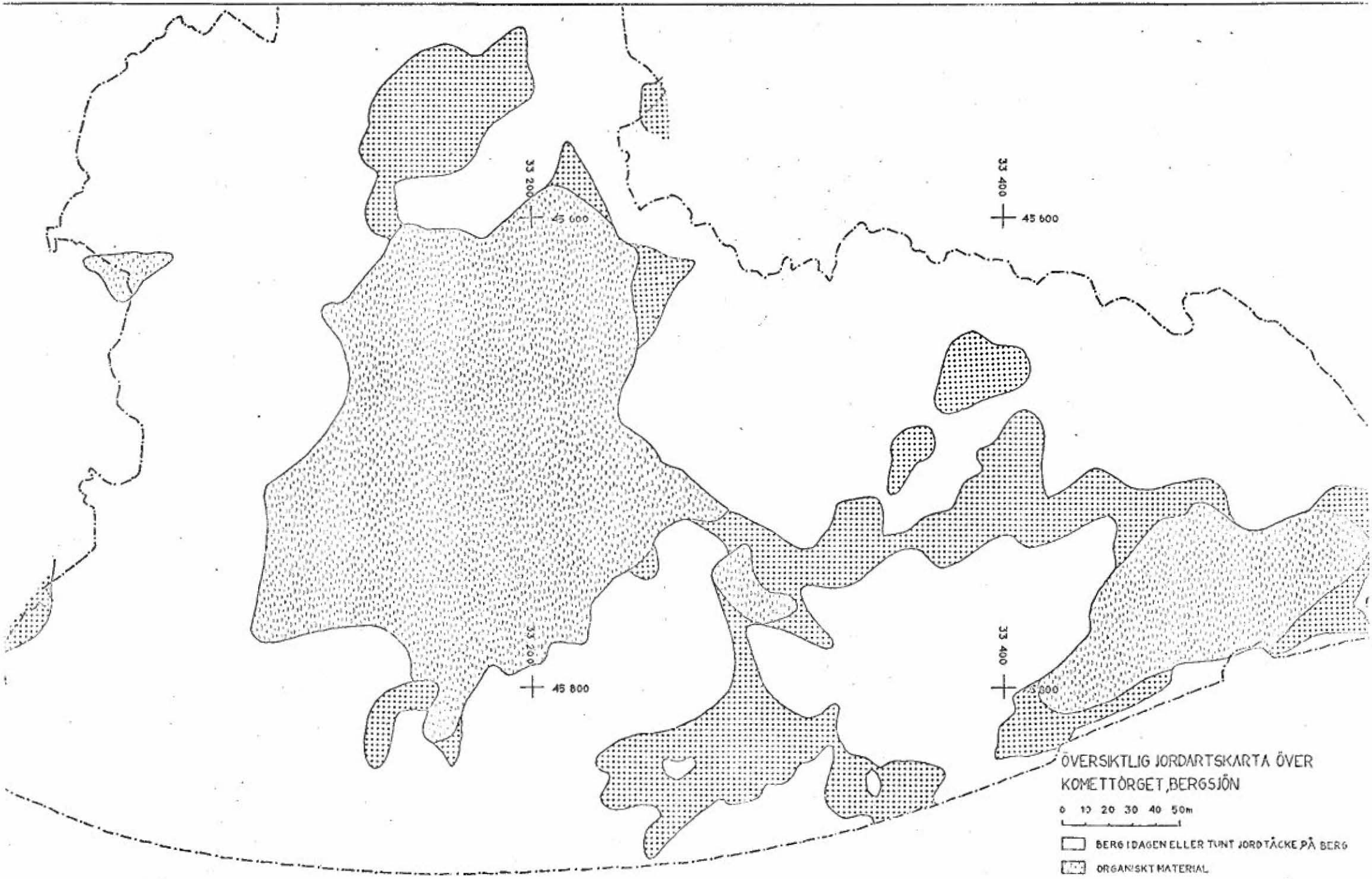
Erfarenheterna av de olika områdenas funktion ifråga om nederbördens fördelning kan också tillämpas för att ställa upp anvisningar för utnyttjande och markbehandling inom urbana områden.

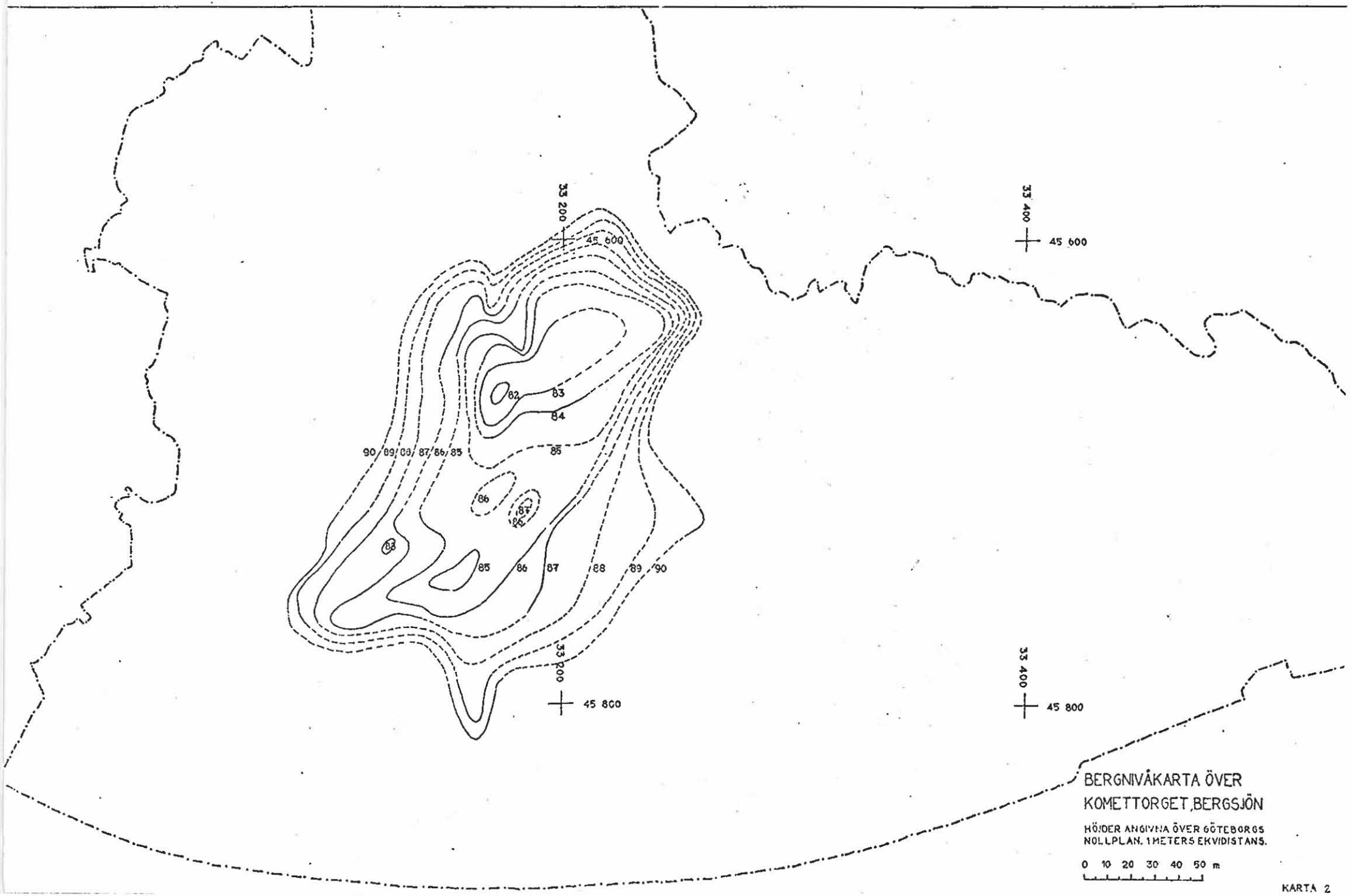
Tidplan för projektet: Markvattenmagasinets betydelse för ytavrinning och grundvattenbildning inom ett urbant område.



Utfört arbete ⊢——⊣

Planerat arbete ⊢– – –⊣


33 200
45 600
33 400
45 600
33 200
45 800
33 400
45 800
ÖVERSIKTLIG JORDARTSKARTA ÖVER
KOMETTORGET, BERGSJÖN
0 10 20 30 40 50m
BERG I DAGEN ELLER TUNT JORDTÄCKE PÅ BERG
ORGANISKT MATERIAL

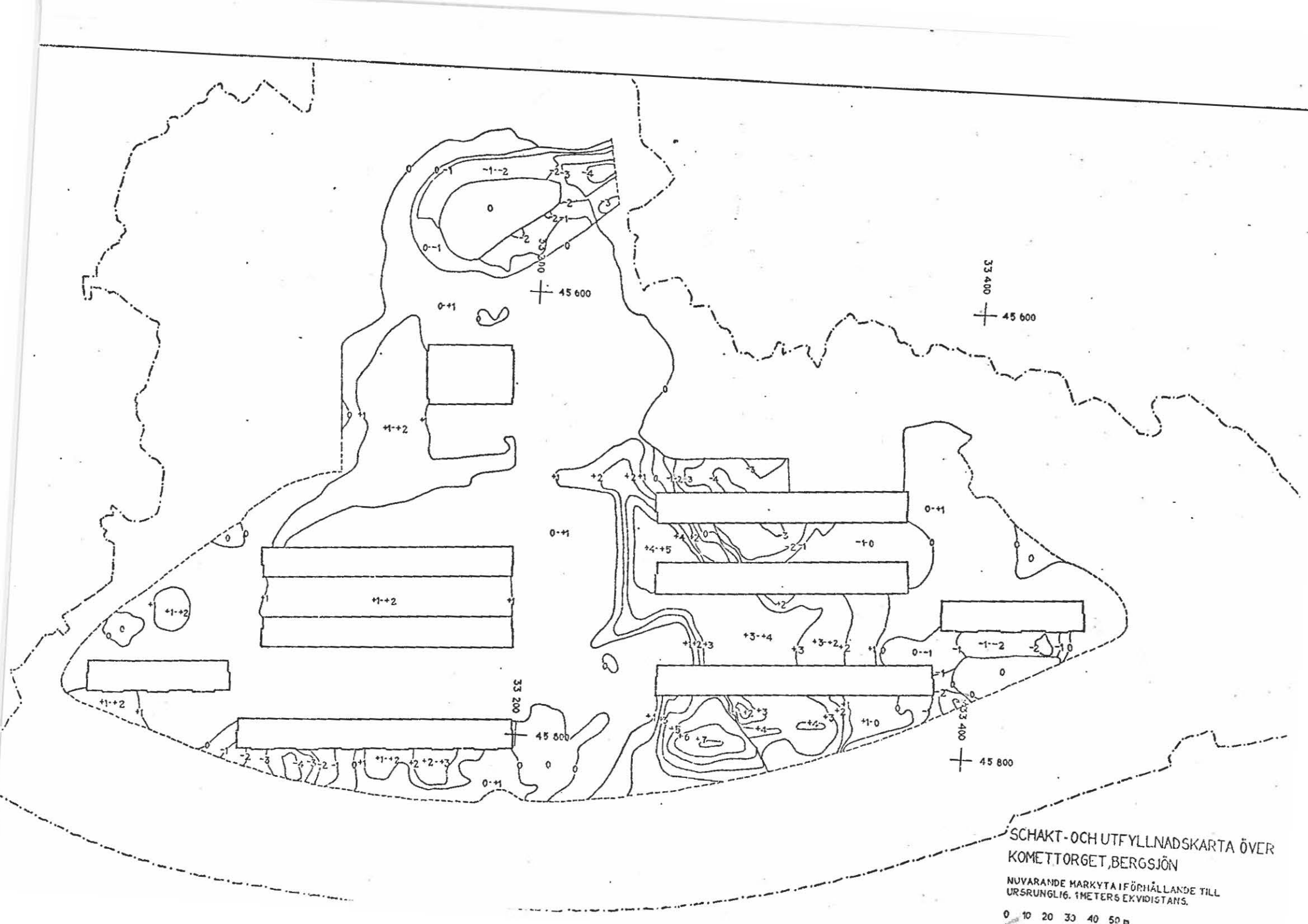


BERGNIVÅKARTA ÖVER
KOMETTORGET, BERGSJÖN

HÖJDER ANGIVNA ÖVER GÖTEBORGS
NOLLPLAN. 1 METERS EKVIDISTANS.

0 10 20 30 40 50 m

KARTA 2



SCHAKT- OCH UTFYLLNADSKARTA ÖVER
KOMETTORGET, BERGSJÖN

NUVARANDE MARKYTA I FÖRHÅLLANDE TILL
URSRUNGLIG. 1METERS EKVIDISTANS.

0 10 20 30 40 50 m

DELPROJEKT 6: UTVECKLING AV HYDROGEOLOGISKA-BYGGNADSGEOLOGISKA KARTOR

Geologiska institutionen

Projektledare: Per Wedel

Forskare: Olov Holmstrand

Resurser:

Medel: 73/74 10 tkr avseende litteraturstudier

DELPROJEKT 6: UTVECKLING AV HYDROGEOLOGISKA-BYGGNADSGEOLOGISKA KARTOR

INLEDNING

Problem i samband med markanvändning i vidaste bemärkelse har genom samhällsutvecklingen alltmer kommit att aktualiseras. Detta gäller såväl fördelning av arealen och prioritering mellan olika intressen som de rent tekniska aspekterna beträffande områdens lämplighet vid exploatering. För att olika intressen skall kunna avvägas på ett tillnärmelsevis riktigt sätt, respektive att den optimala tekniska lösningen skall kunna väljas, krävs att ett aktuellt markområdes uppbyggnad och egenskaper är kända. Eftersom fördelnings- och prioriteringsfrågorna slutgiltigt ofta avgörs av icke-tekniker, bör dessutom krävas att tillgängliga fakta om möjligt redovisas på ett lättförståeligt och överskådligt sätt. Då det gäller att presentera data avseende ett visst landområde, är någon form av karta självfallet ett naturligt instrument.

Den internationella ingenjörsgeologiska kartverksamheten har de senaste åren omfattats med allt större intresse. Under samma tid har i vårt land vuxit fram byggnadsgeologiska kartor, vilka omfattar en liten del av vad den ingenjörsgeologiska kartverksamheten bör omfatta. En av de påtagligare bristerna beträffande den byggnadsgeologiska kartan, som den i allmänhet framställs i vårt land, är emellertid avsaknaden av hydrogeologiska uppgifter eller den bristfälliga behandlingen av dessa.

LITTERATURSTUDIER

Allmänt

Våren 1972 gick institutionen in med en ansökan till BFR inom ramen för den geohydrologiska forskningsgruppens vid CTH verksamhet. Ansökan omfattade ett forskningsprogram, som skulle leda fram till hur

hydrogeologiska aspekter bäst kunde arbetas in i den byggnadsgeologiska kartan och vilka aspekter som skulle tagas med. Det fanns dock ingen möjlighet att finansiera projektet varken 1972 eller nästkommande år. Våren 1973 ställde dock BFR vissa medel till förfogande för en litteraturgenomgång med avsikt att följa upp den internationella verksamheten inom området. Resultatet av denna litteraturundersökning kommer att publiceras inom kort. (Holmstrand, Wedel: Ingenjörsgeologiska kartor - Litteraturstudier).

Karttyper

Det har visat sig att den ursprungliga målsättningen helt faller inom det ingenjörsgeologiska facket. Å andra sidan är det angeläget att framhålla att det ingenjörsgeologiska ämnesområdet enligt internationell praxis är avsevärt mer omfattande.

Ingenjörsgeologiska kartor framställs i allmänhet i olika skalor med skilda avsikter. Den normala skalan för översiktskartor avsedda för fysisk planering är 1:25 000. Denna skala eller liknande används i såväl COMECON-staterna som det anglosaxiska området. För urbana områden behövs storskaligare kartor, exempelvis i skala 1:5 000. Dessa kartor är mera inriktade på direkt bebyggelseplanering. För enstaka större projekt upprättas detaljkartor i skala 1:2 000 och liknande, vilka är avsedda att ligga till grund för exakt lokalisering och erforderliga detaljundersökningar.

Beträffande redovisningstekniken kan två huvudlinjer urskiljas internationellt sett. Inom COMECON tillämpas en metod som resulterar i komplexa kartor i ett fåtal versioner. Den viktigaste delkartan redovisar en indelning i ingenjörsgeologiska zoner med ett tillhörande schema i vilket redogöres för geologi, hydrologi och byggnadstekniska data. I ett antal anglosaxiska länder tillämpas en annan metod. Den information, som i COMECON-metoden redovisas i ett schema, motsvaras här i flera fall av skilda kartblad, vart och ett redovisande endast ett problem.

Slutsatser

En ingenjörsgeologisk karta med samma vida syfte som de refererade utländska exemplen bedömes vara möjlig att utföra. Kartan blir, applicerad på svenska förhållanden, sannolikt relativt okomplicerad

med avseende på geologi. Beträffande jordlagrens mäktighet och egenskaper samt bergmekaniska data torde det dock i flera fall vara nödvändigt med en väl så mångfasetterad framställning som i de internationella exemplen.

En ingenjörsinriktad presentation av i första hand geologiska och hydrogeologiska data bör innebära förenkling och kostnadsbesparing vid fysisk planering och byggnadsplanering. En sådan presentationsform bör även kunna medföra att den allmänna attityden till geologisk information hos tekniker blir mera positiv.

Enligt vår uppfattning synes COMECON-metoden ge större enhetlighet och kartorna är det bästa planinstrumentet för centrala myndigheter och liknande instanser. Den anglosaxiska metoden med dess flexiblare system synes å andra sidan vara lättare anpassbar till det svenska samhällets struktur. Sistnämnda metod ger också kartor, som är lättare att arbeta ut med dator, vilket är en trolig utveckling.

FORTSATT VERKSAMHET

De kontakter vi under arbetets gång haft med forskare och organisationer beträffande dessa frågor har bekräftat att tiden är mogen för att ta upp hela det ingenjörsgeologiska kartarbetet till studium. Som en inledning till ett sådant studium har därför en grupp forskarstuderande vid geologiska institutionen genomfört en seminarieuppgift. Uppgiften innebar att ingenjörsgeologiska kartor utarbetades för två mycket olikartade svenska områden enligt de två huvudriktlinjer som tillämpas internationellt.

Preliminär uppläggning av vidare arbete

Inledningsvis kommer resultatet av de ovannämnda seminarieuppgifterna att sammanställas och utvärderas. Materialet kan sedan användas vid den information om innehåll och användbarhet av ingenjörsgeologiska kartor som erfordras, eftersom denna karttyp sannolikt är mycket litet känd här i landet. Materialet bör också kunna utnyttjas för att börja utröna vilken typ av karta, som passar bäst för svenska förhållanden. Geologiska institutionens

övriga verksamhet exempelvis beträffande bergmekaniska data kommer att inordnas i utarbetandet av kartorna.

En säkrare bedömning av lämplig karttyp och framställningsmetodik för svenska förhållanden kan sannolikt endast erhållas vid praktisk användning. Den vidare verksamheten bör sålunda innefatta framställning av ingenjörsgeologiska kartor för något aktuellt exploateringsområde och som underlag för fysisk planering.

I avvaktan på att en planerad referensgrupp skall sammanträda, kan det vidare arbetets uppläggning ej anges i detalj. Enligt vår bedömning måste dock utvecklingsarbetet under ett inledande skede inriktas på komplettering av den byggnadsgeologiska kartan med hydrogeologiska parametrar. Urval av parametrar samt försöksvis framställda kartor testas praktiskt i något lämpligt område. På grundval av de praktiska erfarenheterna kan därefter utarbetas rekommendationer för utformning av byggnadsgeologiska kartor kompletterade med hydrogeologiska parametrar. På grund av arbetets omfattning måste en utredningsman tillsättas för att genomföra forskningen och samordna verksamheten.

Delprojekt 7: Grundvattensänkningens följder och motåtgärder

(Institutionen för geoteknik med grundläggning)

Forskare: professor Sven Hansbo
tekn dr Bengt-Arne Torstensson

Resurser:

Personal 72/73 1/2 laboratorieingenjör

73/74 1 1/2 laboratorieingenjör

Medel: 72 73 125 tkr (totalt belopp)
73/74 84 tkr
(Projektet påbörjades 1/1 1973 och har sålunda i skrivande stund pågått ca 13 mån)

Syfte

Projektet är i hög grad inriktat på att utveckla en mätmetod för att in-situ möjgligöra en identifiering av permeabla skikt i lera. Den mätmetod som utvecklas vid institutionen baseras i korthet på en registrering av de vattentryck som genereras invid en piezometerspets som drivs ner i jord – mätmetoden kan benämnas piezometersondering.

Ett andra delprojekt utgörs av ett studium av de portrycksförändringar som kan uppkomma i en lerprofil vid en sänkning av grundvattentrycket (såväl praktiskt som teoretiskt studium).

Utöver nämnda delprojekt undersöks dessutom möjligheten att genom val av lämpliga infiltrationszoner för djupinfiltration på ett effektivt sätt eliminera eller reducera effekterna av en grundvattensänkning.

Projektuppläggning

De olika delprojekten omfattar följande huvudmoment:

1. Piezometersondering

a) utveckling av utrustning för såväl kontinuerlig neddrivning – konstant neddrivningshastighet – av piezometerspets som automatisk registrering av mätdata.

b) jämförelse mellan mätdata från piezometersondering och en jordprofils stratigrafi (härför erfordras också en kontinuerlig jordprovtagning)

c) studium av inverkan av såväl neddrivningshastigheten hos piezometerspetsen som piezometerspetsens utformning på de mätdata som erhålls vid en piezometersondering

d) teoretiskt studium av både spänningsförändringar och tidsförloppet för portrycksutjämningen i jorden kring en piezometerspets som drivits ner i jord.

2. Studium av portrycksförändringar i en jordprofil till följd av en sänkning av grundvattentrycket

a) mätning av portrycksfördelningen i lerprofiler inom områden där grundvattensänkningar inträffat. En viktig faktor vid dessa mätningar är att man i varje enskilt fall har ett väldokumenterat underlag vad gäller såväl ursprungligt porvattentryck före grundvattensänkningen som områdets geologiska uppbyggnad

b) studium av användbarheten hos teoretiska beräkningsmodeller för att förutsäga tidsförloppet för portrycksförändringar i en jordprofil där en grundvattensänkning inträffat.

3) Djupinfiltration av vatten

a) val av lämpliga infiltrationszoner på basis av resultat från piezometersondering

b) uppföljning av effekterna av en djupinfiltration medelst portrycksmätningar.

Kopplingar till övriga delprojekt

Eftersom en del av projektet omfattar djupinfiltration av vatten finns en stark koppling med delprojekt 8 "Metodstudier för att återställa eller bibehålla grundvattenytan". Detta projekt handhas av institutionen för VA-teknik vid CTH. Inom ramen för vårt projekt genomförs de mätningar och undersökningar som framgår av punkt 3 ovan.

Verksamhet under perioden 1973-03-01 -- 1974-01-25

1 Piezometersondering

Eftersom idén med piezometersondering får betraktas som ny påbörjades arbetet inom detta delprojekt så att säga från grunden med konstruktion av en piezometerspets. Piezometersondering baseras på en registrering av de portryck som genereras invid en piezometerspets som drivs ner i jord. I lös, normalkonsoliderad lera utbildas momentant ett övertryck, som till sin storlek bl a är beroende av lerans skjuvhållfasthet, i porvattnet invid piezometerspetsen. I lera inbäddade lager av permeabel jord registreras vid en piezometersondering i form av plötsliga tryckfall.

Piezometersonden testade första gången i samband med ett examensarbete som utfördes vid Östra sjukhuset i Göteborg. Vid denna undersökning drevs piezometern ner diskontinuerligt ca 5 a 10 cm åt gången.

Registrering av mätdata gjordes manuellt medelst en s k mätbrygga. En liknande, manuell undersökning utfördes också i

anslutning till Pripps nybygge inom Högsbo industriområde i Göteborg. Resultaten från dessa inledande undersökningar var såpass lovande att en satsning på att utveckla en automatiserad utrustning vad gäller såväl neddrivning av piezometern som registrering av mätdata ansågs motiverad.

En studieresa till Laboratorium voor Grondmechanica i Delft (Nederländerna) bidrog i hög grad till att lösa många grundläggande problem vid uppbyggnaden av den automatiska sonderingsutrustningen. I skrivande stund har offerter erhållits på samtliga komponenter till den slutliga sonderingsutrustningen.

Under tiden som utvecklingsarbetet med den automatiska sonderingsutrustningen pågått har ett antal sonderingar genomförts med en "halvautomatisk" utrustning varvid erhållna mätdata registrerats på en xy-skrivare. Dessa sonderingar har utförts vid Östra sjukhuset i Göteborg, inom ett villaområde på Hisingen i Göteborg samt inom ett småindustriområde i Kristianstad. Resultaten från dessa undersökningar har också varit lovande. En del av försöksresultaten framgår av bil. 1 – 3.

Som inledningsvis nämnts ingår i rubricerade delprojekt också ett teoretiskt studium av både spänningsförändringar till följd av neddrivningen av en piezometerspets i jord och tidsförloppet för portrycksutjämningen i jorden kring en piezometerspets. Portrycksutjämningen i jorden invid en piezometerspets vid plan radiell strömning har analyserats medelst approximativ lösning av konsolideringsekvationen med hjälp av finita differenser. Beräkningarna har genomförts med dator och ett exempel på erhållna resultat framgår av bil. 4 som åskådliggör portrycksisokroner i jorden kring en cylindrisk piezometerspets. Tidsintervallet Δt mellan isokronerna är lika med $0,25 \frac{r_0^2}{c_h}$, där r_0 = piezometerns radie och c_h = konsolideringskoefficienten i horisontalled.

En redovisning av de väsentligaste resultaten från undersökningarna med piezometersonden gjordes i höstas vid ett seminarium för den geohydrologiska gruppen vid CTH.

2 Studium av portrycksförändringar i en jordprofil till följd av en sänkning av grundvattentrycket

I en första etapp av rubricerade delprojekt gjordes en undersökning av marknaden vad avser valet av lämpliga portrycksmätare. Resultatet blev att portrycksmätare av fabrikat Warlam inköptes från USA. Mätarna är av typen "slutet system". Portrycket verkar via ett filter mot en cirkulär platta. Vid avläsning av portrycket appliceras medelst tryckluft ett mottryck på den cirkulära plattan. Då lufttrycket och portrycket är lika stora fås en överströmning av luft och genom denna indikation kan portrycket avläsas. Mätarna har visat sig fungera mycket bra och fyller högt ställda krav på noggrannhet.

Hittills har tre jordprofiler, vid vilka en grundvattensänkning föreligger, studerats. Undersökningar har gjorts vid Östra sjukhuset i Göteborg, inom ett villaområde på Hisingen i Göteborg samt inom en fastighet på Söder i Stockholm. Dessa undersökningar har som resultat gett en mycket värdefull information om möjliga portrycksförändringar vid en sänkning av grundvattentrycket i djupt liggande friktionsjordlager. Preliminära beräkningar har i de båda förstnämnda fallen visat en relativt god överensstämmelse mellan uppmätt och teoretisk portrycksfördelning. Beräkningarna har härvid baserats på antagandet om endimensionell porvattenströmning.

3 Djupinfiltration av vatten

I samarbete med institutionen för VA-teknik vid CTH har infiltrationsförsök genomförts vid Östra sjukhuset i Göteborg. Institutionen för geoteknik med grundläggning har vid dessa försök bidragit med portrycksmätningar på olika nivåer i jordprofilen för att studera effekten av vatteninfiltrationen. Beträffande de väsentligaste resultaten från infiltrationsförsöken hänvisas till lägesrapporten för delprojekt 8"Metodstudier för att återställa eller bibehålla grundvattenytan".

Fortsatt verksamhet

1 Piezometersondering

I första hand skall utrustningen för såväl kontinuerlig neddrivning av piezometerspetsen som automatisk registrering av mätdata byggas och provköras. Om leveranstiderna för de olika komponenterna kan hållas bör utrustningen vara färdigställd i mitten av april 1974.

Med den automatiska sonderingsutrustningen skall en större försöksserie genomföras inom den deltaavlagring som byggts upp vid Klarälvens utlopp i Vänern (vid Karlstad). Syftet med denna försöksserie är att studera inverkan av både en jordarts permeabilitet och piezometerspetsens neddrivningshastighet på de invid piezometerspetsen genererade portrycken. För dessa studier fordras en försökslokal vid vilken jordprofilen är sammansatt av väldefinierade lager med inbördes stor variation i kornstorlek. Dessutom får jorden ej ha en alltför fast lagring. Dessa gynnsamma förutsättningar föreligger inom Klarälvens delta vid Karlstad. Försöksserien beräknas genomföras under maj månad 1974.

Den nya försöksutrustningen avses också att testas vid fler försökslokaler vilka ännu ej har utsetts.

Vid utprovningen av piezometersonden måste man självfallet parallellt med konventionella metoder såsom trycksondering, laboratorieundersökningar på upptagna jordprover, noggrant kartlägga variationen i jordartstyp, kornfördelning etc i en studerad jordprofil.

2 Studium av portrycksförändringar till följd av en sänkning av grundvattentrycket

Som nämnt avses med delprojektet ett studium av de olika typer av rubbningar i portrycksfördelningen i en jordprofil, som kan förväntas uppkomma vid en sänkning av grundvattentrycket. En kännedom om den slutliga fördelningen av portrycksförändringarna i en jordprofil är ur geoteknisk synvinkel högst väsentlig eftersom denna bestämmer såväl sättningarnas

storlek som tidsförlopp.

Utöver ett studium av portrycksförändringar till följd av "nyligen" inträffade grundvattensänkningar är det också av stort intresse att undersöka portrycksfördelningen i lerprofiler där grundvattennivån på grund av landhöjningen och dräneringsförhållandena under lång tid legat under lerlagrets underkant. Genom välvilligt intresse från Allmänna Ingenjörsbyrån AB i Stockholm har vi fått förslag på tre dylika leromräden, som är belägna vid Sollentuna, Heby och Sundsvall. Under det kommande budgetåret skall dessa områden närmare studeras.

Då tillfälle ges kommer vi också att i möjligaste mån genomföra mätningar för att inom leromräden studera effekterna av nyligen inträffade, ingreppsbetingade grundvattensänkningar.

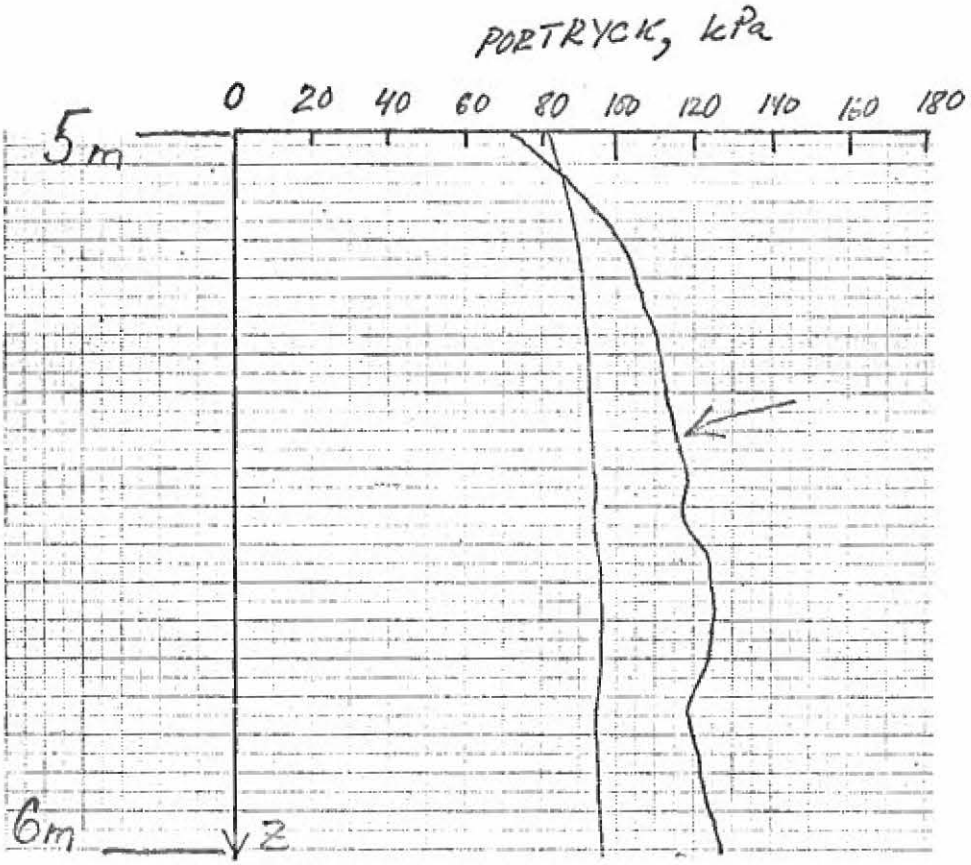
3 Djupinfiltration av vatten

Detta delprojekt bedrivs i intimt samarbete med institutionen för VA-teknik vid CTH (delprojekt 8). Beträffande den planerade fortsatta verksamheten hänvisas till lägesrapporten för delprojekt 8 " Metodstudier för att återställa eller bibehålla grundvattenytan".

4 Slutrapport

Sammanfattning och analys av erhållna resultat kommer att utföras under vintern 74-75 samt våren 1975.

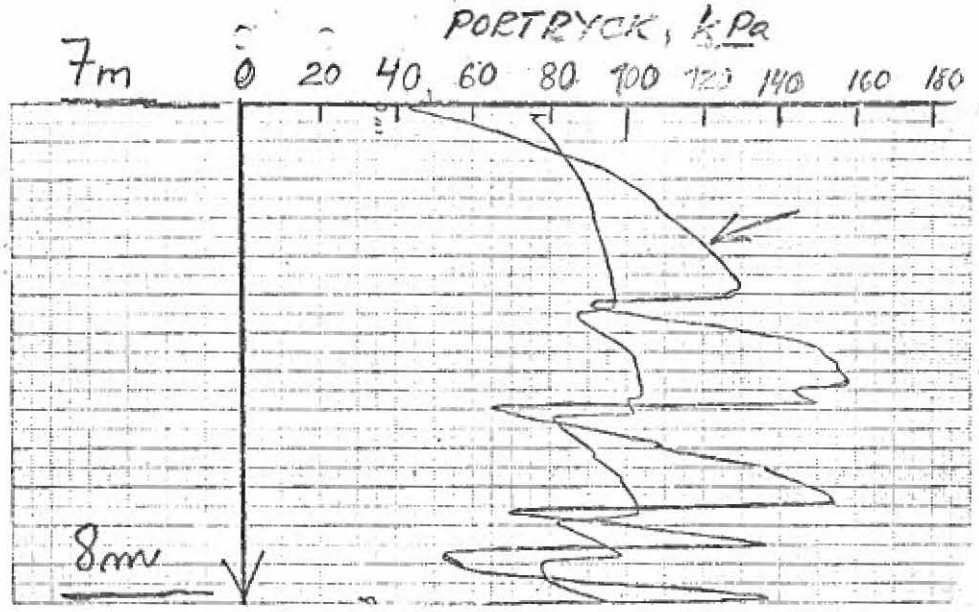
BIL. 1



(obs! portrycket har mätts inom två° känslighetsområden; för den i fig. visade skalan gäller den kurva som markerats med en pil.)

Resultat av portrycksonderingar vid Östra sjukhuset, djupintervall 5-6 m under markytan. Tolkning: homogen lera

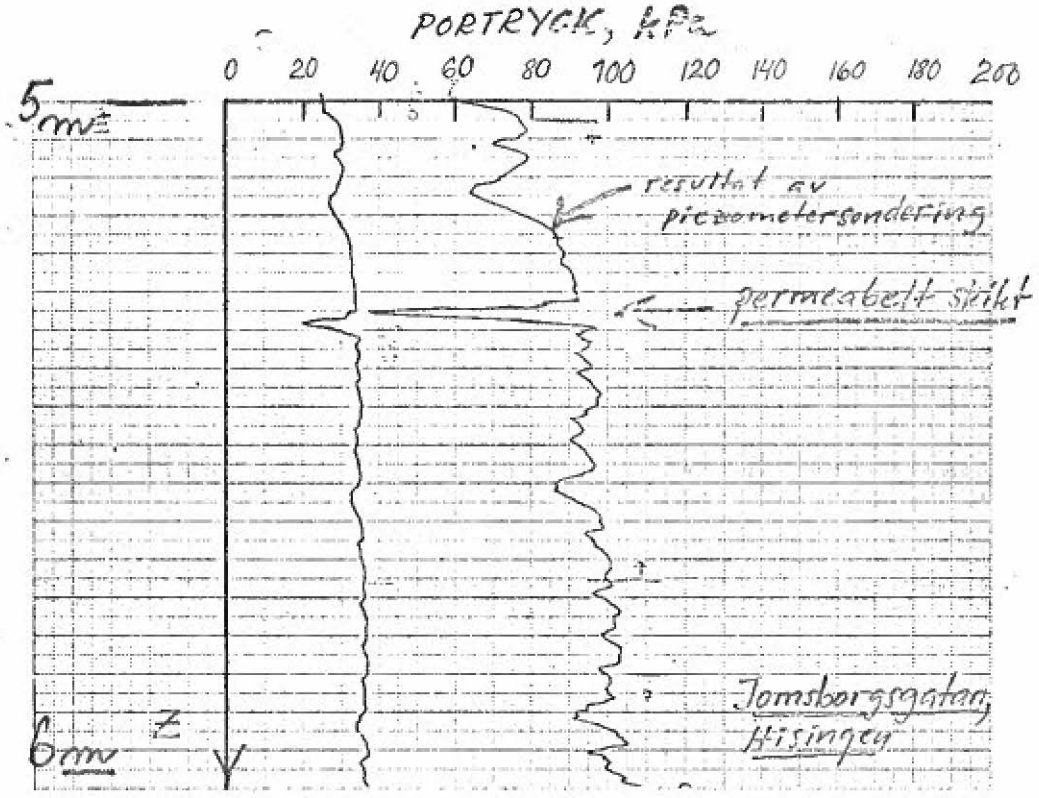
BIL 2.



(obs.! portrycket har mätts inom två känslighetsområden; för den i fig. visade skalan gäller den kurva som markerats med en pil.)

Resultat av portrycksondering vid Östra sjukhuset, djupintervall 7-8 m under markytan. Tolkning: lera mellanlagrad av permeabel jord.

BIL. 3



(obs! portrycket har mätts inom två känslighetsområden; för den i fig. visade skalan gäller den kurva som markerats med en pil!)

Resultat av portrycksondering vid Jomsborgsgatan på Hisingen, djupintervall 5-6 m under markytan. Tolkning: homogen lera med undantag för ett tunt permeabelt skikt på djupet 5,3 m under markytan.

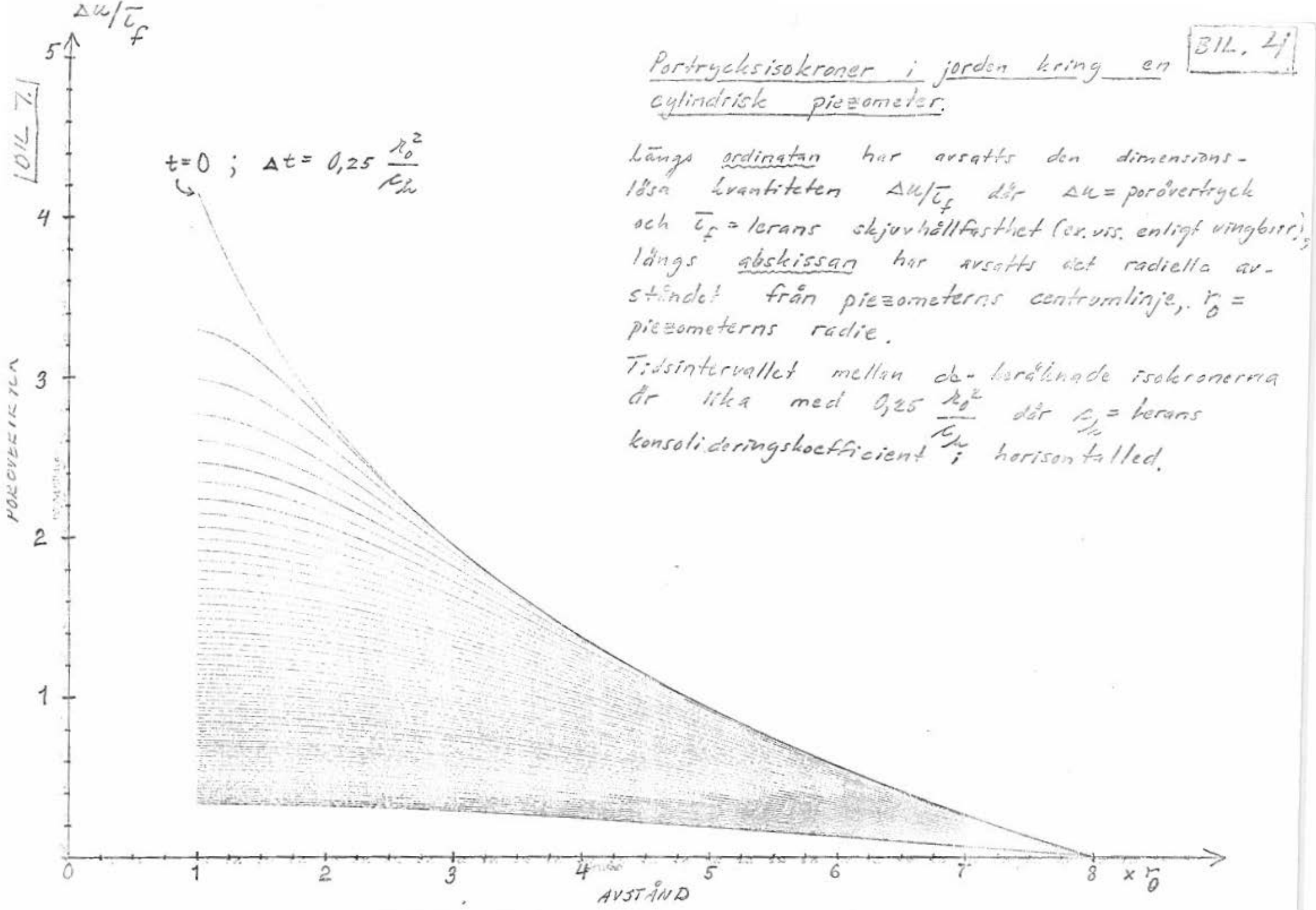
BIL. 4

Portrycksisokroner i jorden kring en cylindrisk piezometer.

Längs ordinatan har avsatts den dimensionslösa kvantiteten $\Delta u/\bar{\tau}_f$ där Δu = porövertryck och $\bar{\tau}_f$ = lerans skjuvhållfasthet (ex. vis. enligt vingborr); längs abskissan har avsatts det radiella avståndet från piezometerns centrumlinje, r_0 = piezometerns radie.

Tidsintervallet mellan de beräknade isokronerna är lika med $0{,}25\,\frac{r_0^2}{c_h}$ där c_h = lerans konsolideringskoefficient c_v i horisontalled.

BIL. 7



Delprojekt 8: Metodstudier för att återställa eller bibehålla grundvattenytan.
(Delprojekt 5 enligt lägesrapport mars 1973)
Institutionen för VA-teknik

Forskare: Axel Björkman
Leif Carlsson

Resurser:	Personal	72/73	1/4 Forskare
			1/2 Laboratorieingenjör
		73/74	1/4 Forskare
			(1/2 Laboratorieingenjör)
	Medel	72/73	75 tkr
		73/74	57 tkr

Målsättning

Projektet syftar till att medelst infiltration av vatten i jord eller berg återställa eller bibehålla en grundvattenyta (tryckyta). Härvid skall i första hand så kallad djupinfiltration i friktionslager under eller inom lerlager analyseras. Målsättningen är dels att analysera vattenståndsförändringar och portrycksförändringar orsakade av infiltrationen med syfte att erhålla värden på de olika marklagrens geohydrologiska parametrar och dels att bedöma utformning av infiltrationsanläggningar i förhållande till rådande geologiska förhållanden.

Projektuppläggning

Projektet omfattar följande huvudmoment

a. Genomgång av litteratur och tidigare genomförda infiltrationsförsök
b. Upprättande av lämplig infiltrationsanordning
c. Förberedande infiltrationsförsök
d. Långtidsinfiltration
e. Utvärdering

Kopplingar till övriga delprojekt

Projektet omfattar metoder för djupinfiltration och är genom denna utformning starkt kopplat till delprojektet 7 "Grundvattenavsänkningens följder och motåtgärder". Inom nämnda delprojekt 7, vilket bedrives av Institutionen för geoteknik med grundläggning, genomföres bl a observationer av portrycksförändringar i leran i samband med infiltration, liksom sondering av markprofil för fastställande av lämpliga infiltrationsnivåer.

Verksamhet under perioden 1973-03-01 – 1973-12-31

Under rubricerad verksamhetsperiod har inom projektet enligt nedan följande delmoment genomförts:

1. Infiltrationsförsök vid infiltrationsanläggningen vid Östra Sjukhuset.
2. Analys av provpumpningar inom Angered utförda av ingenjörsfirma Bo Alte AB.
3. Deltagande i symposier etc.

1. Infiltrationsförsök

Under verksamhetsperioden har i samarbete med Institutionen för

geoteknik med grundläggning 2 st infiltrationsförsök genomförts vid infiltrationsanläggningen vid Östra Sjukhuset i Göteborg. Anläggningen består av 3 st 2"rör med inbördes avstånd av 2 m. Rören är perforerade längs den nedre 1, 5 m:s delen och nedförda cirka 10, 5 m under markytan till berg. I anslutning till denna infiltrationsgrupp installerades ett antal portrycksmätare på olika nivåer i leran och i underlagrande friktionslager. Vidare hade på varierande avstånd från infiltrationsgruppen ett antal observationsrör neddrivits till fast botten i vilka grundvattenytan reigstrerades. Som preliminära resultat av försöken kan framhållas att portrycken i leran ökade i samband med infiltrationen samt att denna ökning var olika stor beroende av såväl vertikalt som horisontellt avstånd från infiltrationsplatsen. Härvid är förekomst av silt-lager i leran av största betydelse. Infiltrationskapaciteten var under försöken cirka 3-4 l/timma.

2. Provpumpningsanalys

Genom tillmötesgående från ingenjörsfirma Bo Alte AB har analys av provpumpningsdata från Angeredsområdet genomförts. Denna analys finns redovisad i meddelande nr 2 och 3 från Geohydrologiska forskningsgruppen vid CTH. Analysen omfattar förutom bestämning av transmissivitet och magasinskoefficient i förekommande friktionslager även bedömning av lerlagrens vertikala hydrauliska diffusivitet.

3. Deltagande i symposier etc

Inom ramen för rubricerade forskningsporjekt har engagerad personal deltagit i symposier, föreläsningar och forskarkontakter. Bland annat har kontakter med forskare i Tjeckoslovakien tagits.

Fortsatt verksamhet

Den fortsatta verksamheten inom projektet kommer att bedrivas enligt följande program:

a. Infiltration inom Östra Sjukhuset varvid infiltrationen studeras med avseende på lämpliga inom leran befintliga lager av friktionsmaterial. Denna infiltration är mycket starkt kopplad till de sonderingar som planeras av institutionen för geoteknik med grundläggning. Beträffande mätning av portryck och grundvattenståndsförändringar kommer dessa att utföras i samarbete med nämnda institution.

b. Provinfiltration inom Angeredsområdet. Denna infiltration genomföres i samarbete med Geologiska institutionen. Beträffande portrycksmätningar kommer institutionen för geoteknik med grundläggning att biträda med hjälp. Eventuellt kommer provpumpning att genomföras under sommaren 1974 varvid yttterligare analys av förekommande jordarters geohydrologiska parametrar möjliggörs.

c. Sammanställning och utvärdering av erhållna resultat från infiltrationsförsöken och ev. provpumpningsanalyser kommer att utföras under vintern 74-75 samt våren 1975.

Som framgår av ovanstående är projektet starkt kopplat till övriga projekt inom den geohydrologiska forskningsgruppen dvs i första hand till projektet "Grundvattenavsänkningens följder och motåtgärder" och "Grundvattenbildning – grundvattenbalans". Omfattningen av projektet blir därför, som även påpekades i tidigare ansökan om forskningsbidrag, delvis beroende av hur övriga projekt utvecklas.

Tillämpning av STEGA:s datormodell för grundvattenbalansberäkningar i ett område i Göteborg

Geologiska institutionen

Forskare: civ ing Göran Ejdeling

Resurser: 5000:- (Reservation av BFR:s programgrupp för geohydrologisk forskning)

Projektbeskrivning

Projektet omfattar f n ett inledande studium för att söka klarlägga möjligheterna att tillämpa STEGA:s datormodell för grundvattenbalansberäkningar i Högsbodalen i Göteborg.

Vid Geologiska institutionen, CTH, pågår studier av grundvattenbildningen och samspelet berg-jord i Gunnaredsområdet i Angered, och inom detta projekt undersöks möjliga beräkningsmodeller för att kvantifiera grundvattenförhållandena. Det av BFR´s programgrupp för geohydrologisk forskning initierade projektet Högsbodalen passar således väl in i institutionens forskning och bör kunna kopplas till Angeredsprojektet.
De här nämnda modellstudierna ingår i min forskningsuppgift för doktorsexamen.

Syftet är att, så långt det är möjligt, arbeta med tillgängliga data från tidigare utförda undersökningar för att hålla kostnaderna nere. Där relevanta uppgifter saknas, skall i första hand erfarenhetsvärden användas. Det kan dock tänkas bli svårt att nå ett nöjaktigt resultat utan mer kostnadskrävande undersökningar.

De på detta sätt erhållna värdena skall sedan leda till en bedömning av möjligheterna att använda STEGA-modellen i Högsbodalen. I detta sammanhang kan en vidareutveckling av modellen bli nödvändig.

Beträffande Gunnaredsområdet i Angered är de geologiska förutsättningarna så skilda de i Botkyrka, att det är tveksamt om STEGA:s modell direkt kan tillämpas.

Slutmålet för det här beskrivna arbetet är att klarlägga, huruvida en datormodell av STEGA:s typ kan användas generellt i olika geologiska miljöer.

Göteborg den 25 januari 1974

Göran Ejdeling

Chalmers Tekniska Högskola

GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Institutionerna för
Geologi
Geoteknik med grundläggning
Vattenbyggnad
Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

Meddelande:

nr 1 Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvatten-avrinning och grundvattenbildning. Lägesrapporter (1972-07-01 - 1973-03-01). 1973.

nr 2 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 1. Evaluering av akvifärers geohydrologiska data med hjälp av provpumpningsdata. 1973.

nr 3 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 2. Evaluering av lågpermeabla lagers hydrauliska diffusivitet med hjälp av provpumpningsdata. 1973.

nr 4 Viktor Arnell: Nederbördsmätare. En sammanställning av några olika mätartyper. 1973.

nr 5 Viktor Arnell: Dimensioneringsregn för projektering av dagvattenledningar i Göteborg. 1974