

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA



GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Institutionerna för:

Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

**URBANISERINGSPROCESSENS INVERKAN PÅ
YTVATTENAVRINNING OCH GRUNDVATTENBILDNING**

**Geohydrologisk forskning vid CTH,
Sektion V, under perioden 1972-75**

LEIF CARLSSON

KLAS CEDERWALL

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA



GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Institutionerna för:

Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

URBANISERINGSPROCESSENS INVERKAN PÅ YTVATTENAVRINNING OCH GRUNDVATTENBILDNING

Geohydrologisk forskning vid CTH,
Sektion V, under perioden 1972-75

Adress:
Chalmers Tekniska Högskola
Geologiska institutionen
Fack
402 20 GÖTEBORG

LEIF CARLSSON
KLAS CEDERWALL

INNEHÅLL

FÖRORD

1	GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN, CTH SEKTION V	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Målsättning	2
1.3	Arbetsformer	4
1.4	Erfarenheter	5
2	FORSKNINGPROJEKTET	8
2.1	Forskningsprogrammet	8
2.2	Forskningsuppläggning	11
2.2.1	Grundvattenhydrologisk forskning	11
2.2.2	Dagvattenhydrologisk forskning	14
3	SAMMANFATTNING	17

FÖRORD

Statens råd för byggnadsforskning har under de senaste sex åren finansierat en omfattande forskning inom dag- och grundvattenområdet. Forskningen har av BFR benämnts geohydrologisk forskning och har en byggnadsteknisk inriktning.

Inom grundvattenområdet är forskningen främst inriktad på att studera och utveckla metoder för att motverka de skador som orsakas av grundvattensänkningar. Avsänkning av grundvattenytan inom lerområden orsakar sättningsskador som vanligtvis innebär att mycket kostnadskrävande motåtgärder måste vidtagas.

Inom dagvattenområdet satsas forskningsmedel bl a på utveckling av noggrannare dimensioneringsmetoder samt förbättring av ledningssystem. Avrinningsmodeller som på ett ingenjörsmässigt tillfredsställande sätt reproducerar avrinningsförloppet, utformning av infiltrations- och fördröjningsmagasin, översvämningsskydd m m är dimensioneringsfaktorer som behöver användas vid optimering av system för dagvattenhantering. Forskningen är också inriktad på att klarlägga dagvattnets sammansättning och variation för att tillsammans med övriga faktorer ge en bild av tätorternas totala miljömässiga inverkan. Detta har också aktualiserat forskning på val och planering av system för omhändertagande av dagvatten.

Inom ramen för den forskningsplanering som Byggforskningsrådets geohydrologiska programgrupp genomfört har en serie forskningsprojekt utförts vid Chalmers tekniska högskola under tre-årsperioden 1972-75. Föreliggande rapport ger en översiktlig beskrivning och utvärdering av de erfarenheter som föreligger från denna verksamhet som komplement till de enskilda forskningsprojektens resultatredovisning.

Göteborg 1 juni 1977

Leif Carlsson

Klas Cederwall

1 GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN, CTH
SEKTION V

1.1 Bakgrund

Den traditionella forskningsuppläggningsen vid universitet och högskolor fram till för bara ett antal år sedan var grundad på klart avgränsade och definierade problem eller delproblem där det i första hand var djupet i analysen och inte klarläggande av de breda orsakssammanhangen som ansågs meriterande för den enskilde forskaren. Målsättningen för och synen på högre utbildning och forskning har emellertid förändrats. Numera accepteras och uppmuntras forskningssamarbete och kontakter över ämnesgränser när sådan forskningsuppläggning är meningsfull. Det är många skäl till denna ändring av de grundläggande forskningsvillkoren. Många problem - kanske de flesta - som ur samhällets synpunkt är angelägna att ta sig an är till sin natur så komplexa att en ensam forskare har svårt att arbeta isolerat. Forskningen behöver dels styrning genom övergripande forskningsplanering från forskningsråd och andra forskningsansvariga myndigheter och dels frihet att utveckla forskningssamverkan i olika former bland forskarna. Det ger förutsättningar för en forskningsmiljö som bättre än tidigare återspeglar de arbetsvillkor som gäller utanför högskolan. Den nya formen för doktorsexamen visar också på värdet av forskning med övergripande målinriktning.

Vid CTH var i början av 70-talet ett flertal V-institutioner sysselsatta med olika projekt inom dag- och grundvattenområdet. Merparten av dessa projekt finansierades av Bygghälsningsrådet. Tanken på att samordna denna forskning väcktes av professor Lennart Rahm som tidigare initierat bildandet av en marin forskningsgrupp i det s k Byfjordenprojektet. 1972 bildades så den Geohydrologiska forskningsgruppen vid CTH med företrädare för de fyra institutionerna geologi, geoteknik, vattenbyggnad och vatten- och avloppsteknik som alla fyra hade in-

rättade professurer - vilket saknade motsvarighet vid övriga högskolor - och mycket goda personella och laborativa forskningsresurser på geosidan. Det låg nära till hands att samla gruppen kring ett större forskningsprojekt med inriktning mot urban hydrologi och den serie av geohydrologiska problem som observerats till följd av byggande på mark känslig för påverkan av olika bebyggelseåtgärder.

Den forskningsansökan som i form av ett treårigt ramprogram inlämnades till Byggforskningsrådet i början av 1972 fick rubriken "Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning".

Ansökan förutsatte ett nära samarbete med Göteborgs VA-verk som ställde ekonomiska men också personella resurser till förfogande för projektets genomförande. Detta samarbete har efter hand ytterligare vidgats och starkare integrerats med framför allt den geohydrologiska gruppens olika forskningsprojekt på dagvattensidan.

1.2 Målsättning

Intentionen var att driva en aktiv, analyserande och metodinriktad forskning i nära kontakt med aktuella praktiska problem. Det pågick då liksom nu en intensiv markexploatering på många håll i Sverige. Ett bra exempel på detta var just den mycket expansiva Göteborgsregionen. Det är ett faktum att många tätorter har begränsad tillgång på markarealer med goda grundförhållanden. Utbyggnaden har gradvis kommit att förläggas till ur bebyggelsesynpunkt känsliga och svårbemästrade områden som inneburit ökade byggnads- och underhållskostnader. Den fortgående urbaniseringsprocessen som karakteriseras av markutnyttjande i både yt- och djupled aktualiserar flera geohydrologiska frågeställningar vad gäller såväl ytvattnets som grundvattnets funktion och betydelse i bebyggelseprocessen.

Dagvattenproblematiken var 1972 mycket aktuell. Stor tveksamhet rådde bland kommuner och myndigheter hur man skulle lösa dagvattenproblemen. Intresset ökade för alternativa system till ledningsseparering för dagvattenhanteringen som kunde uppfylla miljömässiga krav till rimlig kostnad. Det var uppenbart att vi saknade grundläggande kunskaper av hydrologisk och teknisk natur. Framför allt ytavrinnings- och infiltrationsprocesser i bebyggelseområden var mycket dåligt kända. Detta gäller också nederbördssidan speciellt vad gäller häftiga regn. De dimensioneringsmetoder som tillämpades och som fortfarande tillämpas baserades på mycket enkla beräkningsantaganden. En beräkningsfilosofi som syftade till en mer rationell och ekonomisk dagvattenhantering saknades.

Redan efter en kort verksamhetstid visade det sig att kännedomen om dagvattnets beskaffenhet och dess variation var bristfällig. För att dels belysa denna del av dagvattensidan, dels få ett underlag för vidare FoU och analys av alternativa hanteringssystem startades ett forskningsprojekt med syfte att analysera dagvattenkvalitet. Denna del av forskningsfältet kom till stor del att beröra miljömässiga aspekter och Statens naturvårdsverks forskningsnämnd blev därför, tillsammans med BFR, finansierande organ för detta forskningsprojekt.

Målsättningen för gruppens arbete blev att i för västkusten typiska markområden analysera de geohydrologiska förhållanden som berör ytavrinning och grundvattenbildning varvid speciell vikt skulle läggas vid den inverkan olika former av markanvändning kan ha. Metoder skulle eftersträvas för att på ett ekonomiskt och tekniskt rationellt sätt styra de geohydrologiska förhållandena i tätortsområden vad gäller utformning av system för dagvattenavledning och kontroll av grundvattenbildningen. Vidare skulle alternativa system för dagvattenhantering belysas. Ett mål för forskningsuppgiften var vidare att presentera geohydrologiskt datamaterial och prognoser i sådan form att ett väsentligt bidrag fås till det planunderlag byggprocessens olika beslutsfattare behöver.

1.3 Arbetsformer

Erfarenheten av s k blockforskning är ännu relativt sparsam och det kan därför vara motiverat att något redogöra för den organisation och de arbetsformer som CTH-gruppen använt och de erfarenheter om verksamheten som kommit fram efter de inledande årens arbete.

Det genomsamma forskningsprojektet - sammanhållet av ett ramprogram - är uppdelat i ett antal delprojekt som ligger ansvarsmässigt på någon av de fyra deltagande institutionerna. Dessa delprojekt utförs av en eller flera forskare, ibland med olika ämnesinriktning och alltså då från olika institutioner.

Utöver de projektansvariga forskarna har i gruppen ingått hjälpkrafter, dvs laboratorieingenjörer, personal för ritnings- och kartframställning, en programmerare samt en sekreterare.

För att underlätta och stärka samordning av forskning och forskningsplanering har en av gruppens medlemmar haft en koordineringsfunktion.

Forskarna inom de olika delprojekten har varit institutionsanknutna medan alla hjälpkrafter har tillhört ett "samordningsprojekt". Målsättningen har varit ett effektivt utnyttjande av denna viktiga forskningsresurs och t ex laboratorieingenjörerna har nu kunnat användas friare för olika uppgifter inom ramen för hela projektet.

För att underlätta kontakten och samarbetet mellan Göteborgs VA-verk och Chalmers tekniska högskola har en referensgrupp bildats med representanter för VA-verket och CTH. I denna grupp har planering och uppläggning av forskningen diskuterats och resultatredovisning skett. Den skriftliga avrapporteringen av forskningsresultaten

har fått formen av en meddelandeserie från den geohydrologiska forskningsgruppen, se bilaga 1.

1.4 Erfarenheter

Den övergripande målformulering som rubricerade forskningsgruppens ramprogram visade klart att ingen av de ingående institutionerna ensamt kunde svara för programmet genomförande. De delprojekt som innefattades under ramprogrammet, eller rättare sagt de delprojekt som tillsammans formulerade ramprogrammet, kom dock att utformas med förankring i institutionernas traditionella och etablerade ämnesuppdelning. Nya ämnesfält utanför de traditionella togs ej upp i den inledande fasen av verksamheten. Efter hand som projekten utvecklades framkom dock verksamhetsområden som inte direkt kunde tillskrivas någon institutions traditionella forskningsfält. Några organisatoriska problem att tackla sådana nya områden har inte uppstått. Forskningsgruppen har därför påvisat en framkomlig väg för ämnesinriktade institutioner att genomföra den typ av tvärvetenskaplig forskning som aktuella samhällsproblem vanligtvis kräver. En fortlöpande stark sammanhållning och styrning av forskningsinsatsen har emellertid varit nödvändig.

Redan i inledande skedet tillsattes en koordinator för gruppens verksamhet. Tillsammans med sekreterarhjälp har koordinatören svarat för den sammanhållande funktionen inom gruppen. Naturligtvis har resp projektledare och forskare direkt haft en viss administrativ börda för resp projekt men i samband med ansökningstillfällen, rapportskrivning, har det rent administrativa kunnat besparas forskaren. Den erfarenhet som forskningsgruppen fått av sammanhållande verksamhet talar för att det behövs en viss insats av administration och att denna med fördel sammanförs till en sammanhållande kraft inom gruppen. Vid uppläggning av projekt samt delrapportering har från olika delprojekt såväl forskare som ingenjörer deltagit.

Forskningsgruppens verksamhet har byggts upp på ett kontinuerligt samråd med Byggforskningrådet. Rådet, och då dess forskningssekreterare, har härvid successivt hållits underrättat om projektens framskridande. I vissa fall har även impulser till kompletterande undersökningar framkommit genom denna typ av samråd.

Den gångna tre-årsperioden visar att gruppen organisatoriskt och arbetsmässigt fungerar som en enhet. Den fortsatta verksamheten som omspanner ytterligare en treårig verksamhet visar att gruppen torde ha en förmåga till stor flexibilitet inom det forskningsområde som betecknas som urban hydrologi, dvs hydrologiska problemställningar inom tätorter. Det bör dock påpekas att kravet på doktorsarbete kombinerat med verksamhet inom gruppen kan medföra vissa störningar. Detta är bland annat föranlett av att den tid som åtgår för gruppens inre arbete, information, forskningsutbyte och forskningsprogramering måste tas från tid som annars utnyttjas för direkta doktorsarbeten.

Det måste inom en framtid bli aktuellt med en förändrad forskningsinriktning för gruppen eller med nya forskningsgrupper med annan inriktning. Den erfarenhet som inhämtats och den stab av kunniga forskare och ingenjörer som gruppen inrymmer kommer såväl institutionerna som de forskningsgrupper som efterträder nuvarande grupp tillgodo. Det är således viktigt att en realistisk tidsbegränsning av verksamheten inom ett forskningsområde görs. Man kan se det som en av gruppens uppgifter att i samråd med forskningsråd och högskolan under slutskedet utforma ett förnyat forskningsprogram för gruppen eller föreslå organisation av nya forskningsgrupper där erfarenheter från nuvarande forskning kan tillvaratas. Forskningsgruppen bör inte heller vara helt beroende av ett enda forskningsfinansierande organ utan finansieras där så är möjligt av flera organ. Genom att i vissa projekt knyta till sig kunskaper från annan ämnesinriktning än den som är företrädd vid V-sektionen ges också möjligheter till

mer tvärvetenskaplig forskning och problemanalys.

Vi vill slutligen framhålla att det varit en styrka att de flesta deltagarna i Chalmersgruppens olika forskningsprojekt varit praktiskt verksamma och således med utgångspunkt från egna erfarenheter kan se problemställningarna i ett vidgat perspektiv. Arbetet har underlätts 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 utfört har upplevts allmänt mycket positiv. Några laboratorieingenjörer som anställdes vid projektstarten har varit engagerade i flera delprojekt och har fått god insikt i forskningsproblem och efter hand också fått mer självständiga uppgifter. Gruppens olika forskare och ingenjörer har utvecklat förmågan till samarbete avsevärt. Den skillnad i synsätt som fackgränser innebär är inte så tydlig längre och den gångna tre-årsperioden har visat att Chalmersgruppen både organisatoriskt och reellt nu fungerar som en enhet. En enhet som dock ej har institutionell styrka och klang.

2 FORSKNINGSPROJEKTET

2.1 Forskningsprogrammet

Första året omfattade verksamheten fem delprojekt nämligen:

Delprojekt 1 (i samarbete med Göteborgs VA-verk)

Vattenbyggnad

Dagvattenstudier i Göteborg (avrinningsmodeller).

Projektledare: Lennart Rahm/Viktor
Arnell

Projektsamordning CTH - VA-verket:
K Cederwall, E Ryberg

Delprojekt 2

VA-teknik

Dagvattnets sammansättning och dess variationer.

Projektledare: G Weijman-Hane/Torsten
Hedberg

Delprojekt 3

Geologi

Grundvattenbalans - grundvattenbildning.

Projektledare: K Gösta Eriksson/Per
Wedel

Delprojekt 4

Geoteknik

Grundvattensänkningens följder och motåtgärder - geotekniskt studium.

Projektledare: Sven Hansbo/Bengt-
Arne Torstensson

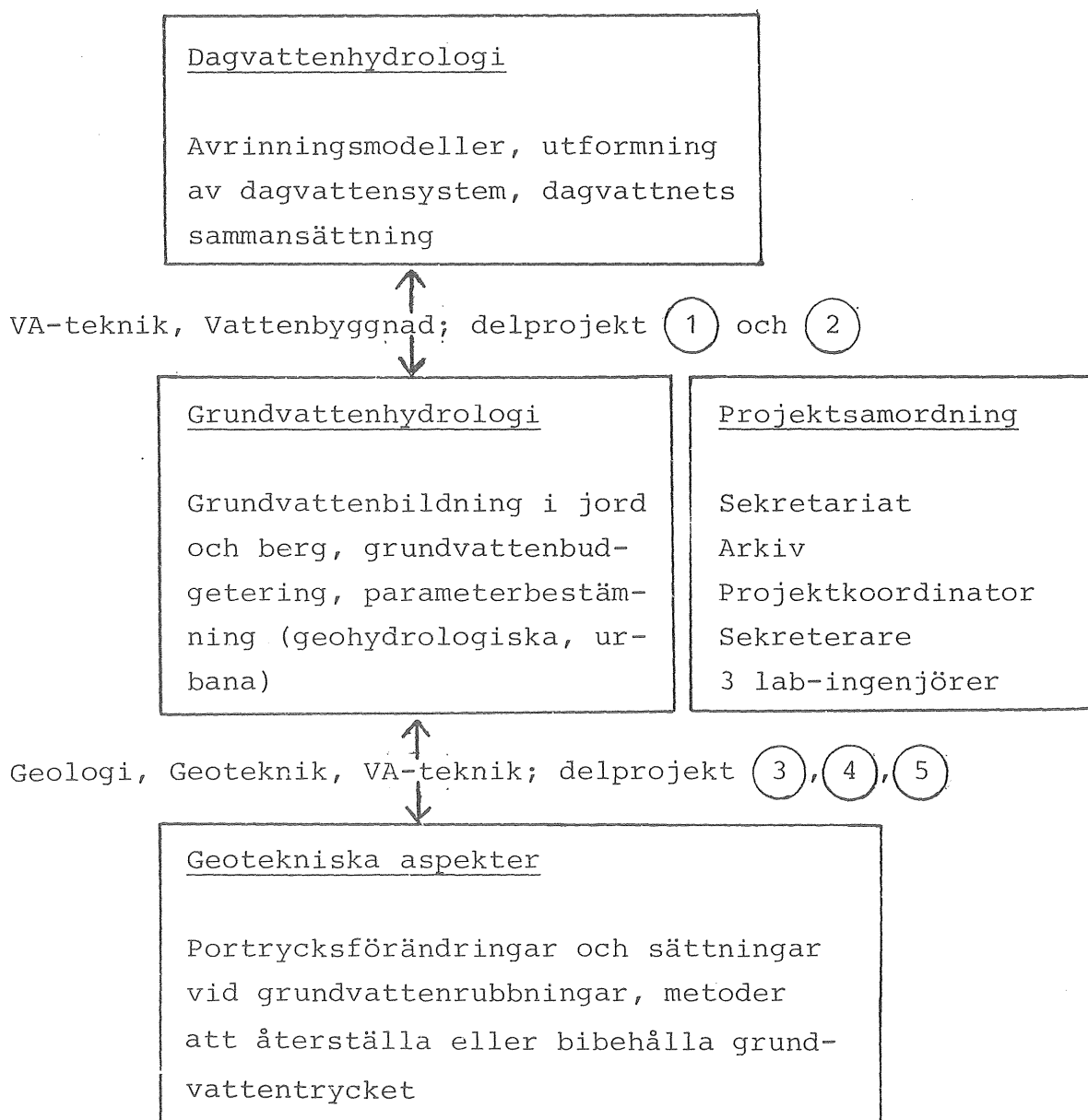
Delprojekt_5VA-teknik

Metodstudier för att återställa
eller bibehålla grundvattentryck.
Projektledare: Axel Björkman/Leif
Carlsson

Projektsamordning

Institutionerna gemensamt; projektkoordinator Klas Cederwall.

Projektet har bedrivits som en integrerad undersökning inom ramen för de fyra geoinstitutionernas normala forskningsverksamhet. Schematiskt kan det beskrivas på följande sätt:



Efter det första året tillkom tre projekt:

6. Dagvattenavledning - flödesmodeller.
Projektledare: Lennart Rahm/Anders Sjöberg
7. Markvattenmagasinets betydelse för ytavrinning
och grundvattenbildning inom ett urbant område.
Projektledare: K Gösta Eriksson/Per Wedel
8. Utveckling av hydrogeologiska - byggnadsgeologiska
kartor.
Projektledare: K Gösta Eriksson/Per Wedel

Som nämnts tidigare har sedan efter hand ytterligare projekt tillkommit som alla ligger inom ramen för den i projektstarten formulerade övergripande målsättningen för gruppens forskningsverksamhet.

Försöksområden

Fältundersökningar har startats på flera ställen i Göteborgsområdet. I Angered, nordöst om Göteborg, har mätningar skett i syfte att etablera ett lämpligt försöksområde för att studera grundvattenbildning och grundvattenbalans (delprojekt 3) men också för att studera följderna av en inträffad grundvattensänkning (delprojekt 4) samt metoder att med djupinfiltration återställa eller bibehålla grundvattentrycket (delprojekt 5). Efter inventering och sammanställning av borrhningar och grundvattenundersökningar i området vid Östra Sjukhuset, Göteborg, bedömdes den platsen som lämplig för infiltrationsförsök.

Dagvattenavrinning studerades dels i Bergsjön och inledningsvis även i Åkered. På förstnämnda ställe mättes även

dagvattnets sammansättning. Mätprogrammet - framför allt vad gäller dagvattenkvalitén - har senare utvidgats väsentligt. För närvarande är försöksområdena uppinstrumenterade på ett 10-tal platser även utanför Göteborg. Alla dessa områden har separat dagvattensystem. Relativt tidigt installerades ett nät av kontinuerliga nederbördsräknare i Göteborgsområdet för att få dels en bild av nederbördens regionala fördelning och dels mer data rörande intensiva regn (skyfall). De olika delprojekten på dagvattenområdet var så strukturerade att målsättningen - att uppnå förbättrad dimensioneringsmetodik för dagvattensystem och prognosmodeller för dagvattnets föroreningsinnehåll - skulle kunna uppfyllas.

2.2 Forskningsuppläggning

Resultaten från forskningsgruppens arbete har publicerats i en separat meddelandeserie, bilaga 1. Här följer en kortfattade redogörelse av forskningsuppläggning. Vad gäller den mer detaljerade redovisningen av forskningsresultat hänvisas till forskningsgruppens rapporter. En samlad utvärdering av Chalmersgruppens forskningsinsats inom det geohydrologiska området får anstå till senare tidpunkt.

2.2.1 Grundvattenhydrologisk forskning

Den grundvattenhydrologiska forskningen har i första hand syftat till att

1. Beskriva grundvattenförhållanden i berg och jord samt samspelet dem emellan inom bebyggelseområdena karakteristiska för Göteborgsregionen.
2. Utveckla metoder att bestämma vattentryck i lerprofiler samt beräkna sättningsförlopp vid olika vattentrycksförhållanden.
3. Studera infiltrationsförhållandena inom bebyggelseområdena.
4. Studera förutsättningar för och effekt av djupinfiltration i syfte att motverka grundvattensänkningar.

För att beskriva grundvattenförhållandena inom ett område erfordras en lång observationsserie av grundvattenstånd, nederbörd, avrinning etc, en period som omspanner mer än tre år som ramprogrammet omfattade. Projektet har därför i första hand kommit att koncentrera sig kring frågan vilka geohydrologiska faktorer som är av vikt att känna till när risken för grundvattensänkningar i samband med undermarksbyggande kan befaras. I Angeredsområdet, nordväst om Göteborg, hade genom VA-verkets och STEGA-gruppens försorg grundvattenståndsobserverationer påbörjats före och i samband med tunnelbyggande i berg. Inom området hade en kraftig grundvattensänkning härvid noterats och delprojekt 3 kom att ägnas studier av detta områdes grundvattenförhållanden och inträffad grundvattensänkning. En kompletterad inventering med bl a bergborrhål, observationsrör och grundvattenpeglar genomfördes tillsammans med utförliga geofysiska undersökningar. En viktig del av delprojekt 8 kom också att bli värdering av olika undersökningsmetoder med avseende på att fastställa geohydrologiska förhållanden.

Djupinfiltrationsförsöken inom delprojekt 5 förlades till Angeredsområdet, där effekten av infiltrationen på en redan avsänkt grundvattenyta med stor fördel kunde studeras. Infiltrationsförsöken genomfördes i två delområden vilka utvaldes med hänsyn till undersökningsresultat från delprojekt 3. Försöken genomfördes med vatten från Göteborgs ledningsnät och infiltrationen utfördes i 2" stålrör neddrivna genom lera till friktionslagret närmast bergytan. Genom noggranna observationer i såväl berg, lera som friktionslagret var det möjligt att analysera effekten av infiltrationen samt bedöma vissa geohydrologiska förhållanden i grunden. Resultat av försöken visade att metoden var möjlig men att igensättningsproblemen återstod att beakta. Dessa problem har tagits upp i fortsatt forskningsprojekt under den följande forskningsperioden.

Genom studium av portrycket i lerprofiler med olika randvillkor beträffande vattentrycket i bottenlagren har portrycksprofiler kunnat tas fram. På grund av lerans mycket låga permeabilitet inställer sig en jämviktsprofil efter en mycket lång tid. Avsänkningen av vattentrycket i leran motsvarar en belastning på leran som i vissa fall är så stor att lerans förkonsolideringstryck överskrids. Detta innebär för våra svenska leror att sättningar uppstår och skador på byggnader kan uppkomma. I delprojekt 4 har teoretiska sättningsberäkningar genomförts baserade på portryckets tidsmässiga förändring vid grundvattenavsänkning. Det senare därefter som nämnts verifierat medelst fältuppmätningar.

Mätning av portryck i en lerprofil är generellt en tids- och kostnadsmässig krävande metod. Inom delprojekt 4 har mätutrustning och metodik utvecklats för registrering av rådande portryck i mark samt av genererat vattentryck i samband med neddrivning av en piezometer. Metoden ger möjlighet att lokalisera permeabla skikt i lerprofiler samt att genom registrering av utjämningsförloppet för genererat övertryck bedöma vissa geotekniska parametrar. I samband med utvecklingen av piezometersonden har också enkla och säkra portrycksmätare utvecklats inom delprojektet.

I vattenbalansen för icke bebyggda områden intar markvattnet en viktig och kvalitativt stor del. Vad gäller bebyggda områden är markvattenförhållandena mindre väl kända. Delprojekt 7 har med hjälp av olika metoder försökt att kvantifiera markvattenmagasinets betydelse i de urbana områdenas vattenbalans. Ett sätt att minska avrinnande dagvattenvolymer är att bättre utnyttja markvattenmagasinet genom dels ökad andel grönytor, där även vegetationen medverkar, dels på artificiell väg tillföra marken en del av dagvattnet. Den senare möjligheten har blivit föremål för nytt forskningsprojekt i den följande verksamheten under rubriken "Lokalt omhändertagande av dagvatten".

2.2.2 Dagvattenhydrologisk forskning

Som tidigare redovisats syftade forskningsarbetet till förbättrade kunskaper om hur dagvattensystem fungerar och hur man - med denna kunskap som utgångspunkt - utformar och dimensionerar sådana system. Vidare skulle dagvattnets föroreningsinnehåll studeras vad gäller sammansättning och föroreningskällor (en uppgift som tillkom senare). Arbetet kunde spaltas upp på ett antal deluppgifter (rapportreferenser hänför sig till forskningsgruppens meddelandeserie, bilaga 1).

1. Analys av olika befintliga dimensioneringsmetoder för dagvattensystem.
2. Utprovning och testning av en matematisk nederbörds - avrinningsmodell.
3. Utvärdering och analys av nederbörds - avrinningsdata med avseende på dimensioneringsanvändning.
4. Studier av dagvattnets sammansättning och dess föroreningskällor.

Som tidigare nämnts har ett stort antal försöksområden etablerats. Alla dessa områden har separat dagvattenavledning och ger tillsammans en för svenska förhållanden representativ bild av olika bebyggelsetyper och markanvändning, topografi och geologi. Områdenas storlek har begränsats för att hålla nere omfattningen av erforderlig instrumentering och karteringsarbete men samtidigt har områden valts så stora att generaliserbara output data kunnat erhållas.

Nederbörd mäts i alla undersökningsområden och i alla områden utom ett är mätarna s k kontinuerliga regnmätare som medger utvärdering av regnintensiteter. I Bergsjön överförs regndata per telemetri till en central registreringsstation.

Registrering av dagvattenavrinning utförs med hjälp av installerade mätöverfall antingen inplacerade i ledningssystemet på mättekniskt och ur avledningssynpunkt strategiskt valda punkter eller t ex nedströms ett befintligt dagvattenutsläpp. För att inte själva mätproceduren skall påverka avrinningsförloppet genom dämning krävs att lutningsförhållandena är relativt goda i mätområdet. Vattennivåer mäts normalt med ultraljudsgivare. Flödesmätning i avloppsledningar - och det gäller även dagvattenledningar - är förknippade med många problem och en fortsatt teknikutveckling är nödvändig.

Bestämning av dagvattnets sammansättning sker med samlingsprover som tas flödesproportionellt av automatiska provtagare.

För undersökning av föroreningskällor så mäts och analyseras i de aktuella förortsområdena stoftnedfall, nederbörd och omgivande luftens partikel- och gasinnehåll. Vidare studeras korrosionshastigheten på utplacerade korrosionsplattor och korrosionsprodukterna analyseras.

Den dagvattenforskning som Chalmersgruppen bedriver har efter hand inriktats mot nya problemställningar som inte omfattades av det ursprungliga forskningsprogrammet. En del projekt har därför tillkommit efter den period som denna rapport behandlar. Möjligheten att lokalt infiltrera dagvatten studeras således bl a i ett småhusområde, Bratthammar, tillsammans med Göteborgs Egnahems AB och Göteborgs VA-verk. Detta försöksområde är uppinstrumenterat för utvärdering av dagvatensystemets funktion och driftsproblem samt de geohydrologiska konsekvenserna av infiltrationsförfarandet.

Fältdata har bearbetats på följande sätt. Regn- och flödesintensiteter överförs på hållremsa och datorbearbetas, varvid korrigering sker för t ex stansfel. Lagring av fältdata sker på magnetband. De lagrade data används

för utveckling och testning av beräkningsmodeller samt för utvärdering av de parametrar som karakteriserar dagvattenavrinning (flöden, volymer, dagvattnets sammansättning).

Den matematiska modell som framtagits för beskrivning av dagvattenavledningen är relativt detaljerad och består av fem delmodeller som var för sig beskriver infiltration, ytmagasinering, ytavrinning, rännstensflöde och ledningsflöde. Registrerade regndata är då input till denna modell. Jämförelse mellan observerade och beräknade värden på maximalflöden, dagvattenvolymer osv har gett möjlighet till en god intrimning av beräkningsmodellen.

Dagvattnets sammansättning har studerats med hjälp av ett relativt omfattande analysprogram som omfattat bl a suspenderat material, COD, totalfosfor, sulfat- och kloridinnehåll, pH, järn, zink, koppar, bly och bakteriell halt. Sådana analysdata har datorbearbetats tillsammans med tillhörande flödesdata och resultatet har bearbetats statistiskt. Syftet är att utveckla en beräkningsmodell analog med den ovan nämnda flödesmodellen som kan beskriva motsvarande föroreningstransport.

För en detaljerad resultatredovisning hänvisas till refererade projektrapporter.

Geohydrologiska forskningsgruppen vid CTH, Sektion V, omfattar de fyra institutionerna geologi, geoteknik med grundläggning, vattenbyggnad och vatten- och avloppsteknik. Gruppen startade sin verksamhet 1972 och föreliggande rapport ger en översiktlig redovisning av de erfarenheter som föreligger för denna typ av integrerad forskningsverksamhet. Den kompletterar därmed de enskilda forskningsprojektens resultatredovisning som efter hand avrapporteras i gruppens meddelandeserie.

Målsättningen för forskningsgruppens verksamhet blev att analysera de geohydrologiska förhållanden som berör ytvattenavrinning och grundvattenbildning, varvid speciell vikt skulle läggas vid den inverkan olika former av bebyggelseingrepp kan ha. Metoder skulle eftersträvas för att på ett teknisk och ekonomiskt rätt sätt styra de geohydrologiska förhållandena i tätortsområden vad gäller utformning av system för dagvattenavledning och kontroll av grundvattenbildning. Samarbete etablerades med Göteborgs Vatten- och avloppsverk som också ekonomiskt stött verksamheten. Forskningen har finansierats huvudsakligen av medel från Byggforskningsrådet.

Erfarenheterna av blockforskning i den form som här skett är gynnsamma. Efter den första tre-årsperioden fungerar nu gruppen arbetsmässigt som en enhet och har visat sig ha stor flexibilitet när det gäller att ta sig an varierande problem inom det geohydrologiska området.

Chalmers Tekniska Högskola

GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Institutionerna för

Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjning- och avloppsteknik

Meddelande:

- nr 1 Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvatten-
avrinning och grundvattenbildning. Läges-
rapporter (1972-07-01 - 1973-03-01). 1973.
- nr 2 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 1.
Evaluering av akviferers 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: Nederbördsrätmätare. En samman-
ställning av några olika mätartyper. 1973.
- nr 5 Viktor Arnell: Intensitets-varaktighetskurvor
för häftiga regn i Göteborg under 45-årsperioden
1926 - 1971. 1974.
- nr 6 Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvatten-
avrinning och grundvattenbildning. Läges-
rapporter (1973-03-01 - 1974-02-01).
1974.
- nr 7 Olov Holmsland, Per O Wedel: Ingenjörsgelogiska
kartor - litteraturstudier. 1974.

- nr 8 Anders Sjöberg: Interim Report. Mathematical Models for Gradually Varied Unsteady Free Flow. Development and Discussion of Basic Equations. Preliminary Studies of Methods for Flood Routing in Storm Drains. 1974.
- nr 9 Olov Holmstrand (red.): Seminarium om ingenjörsgelogiska kartor. 1974.
- nr 10 Viktor Arnell, Börje Sjölander: Mätning av nederbördsintensiteter i Göteborgsregionen. Stationsbeskrivning. 1974.
- nr 11 Per-Arne Malmquist, Gilbert Svensson: Rapport från arbetsgruppen "Dagvattnets beskaffenhet och egenskaper". Sammanställning av utförda dagvattenundersökningar i Stockholm och Göteborg 1969-1972. The character and properties of urban storm water results from investigations in Stockholm and Gothenburg 1969-1972. English summary. 1974.
- nr 12 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt: Interimrapport. Beräkningsmodell för simulering av dagvattenflöde inom bebyggda områden. Geohydrologiska forskningsgruppen i samarbete med VA-verket i Göteborg, meddelande nr 12, 1975.
- nr 13 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt: Nederbörds-avrinningsmätningar i Bergsjön, Göteborg 1973-1974. 1975.
- nr 14 Per-Arne Malmquist, Gilbert Svensson: Delrapport. Dagvattnets sammansättning i Göteborg. Urban storm water quality. Interim report from a study in Gothenburg. English summary. 1975.
- nr 15 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt, Anders Sjöberg och Gilbert Svensson: Dagvatten. Uppsatser presenterade vid konferens om urban hydrologi i Sarpsborg, Norge, 1975. 1976.

- nr 16 Leif Andréasson, Leif Carlsson, Klas Cederwall,
Bengt-Arne Torstensson och Per Wedel: Grund-
vatten. Uppsatser presenterade vid konferens
om urban hydrologi i Sarpsborg, Norge, 1975.
1976.
- nr 17 Olov Holmstrand: Markvattenundersökningar i ett
urbant område. 1976.
- nr 18 -
- nr 19 Viktor Arnell, Jan Falk, Per-Arne Malmquist:
Urban Storm Water Research in Sweden. In Eng-
lish. 1977.
- nr 20 Viktor Arnell: Studier av amerikansk dagvatten-
teknik. Resa i december 1976. 1977.