

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA



VA-TEKNIK
PUBL B 74:1

GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Institutionerna för:

Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

ARKIVER KLAR

VA - teknik CTH

Institutionen för VA-teknik
Chalmers Tekniska Högskola
412 96 GÖTEBORG

RAPPORT FRÅN ARBETSGRUPPEN "DAGVATTNETS
BESKAFFENHET OCH EGENSKAPER":

SAMMANSTÄLLNING AV UTFÖRDA DAGVATTEN-
UNDERSÖKNINGAR I STOCKHOLM OCH GÖTEBORG 1969-1972

THE CHARACTER AND PROPERTIES OF URBAN STORM WATER
RESULTS FROM INVESTIGATIONS IN STOCKHOLM AND GOTHENBURG 1969-72
ENGLISH SUMMARY

PER-ARNE MALMQUIST
GILBERT SVENSSON

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA



**VA-TEKNIK
PUBL B 74:1**

GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Institutionerna för:

Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

**RAPPORT FRÅN ARBETSGRUPPEN "DAGVATTNETS
BESKAFFENHET OCH EGENSKAPER":**

**SAMMANSTÄLLNING AV UTFÖRDA DAGVATTEN-
UNDERSÖKNINGAR I STOCKHOLM OCH GÖTEBORG 1969-1972**

**THE CHARACTER AND PROPERTIES OF URBAN STORM WATER
RESULTS FROM INVESTIGATIONS IN STOCKHOLM AND GOTHENBURG 1969-72
ENGLISH SUMMARY**

**PER-ARNE MALMQUIST
GILBERT SVENSSON**

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	sid.
<u>SAMMANFATTNING</u>	4
<u>SUMMARY</u>	8
<u>LIST OF TABLES</u>	12
1 <u>BAKGRUND</u>	14
2. <u>OMFATTNING</u>	15
3. <u>BESKRIVNING AV UTFÖRDA</u> <u>UNDERSÖKNINGAR</u>	16
3.1 <u>STOCKHOLMSUNDERSÖKNINGEN</u>	16
3.1.1 Avrinningsområdena	16
3.1.2 Provtagning och flödesmätning	17
3.1.3 Nederbörds­mätning	17
3.1.4 Kompletterande undersökningar	17
3.2 <u>GÖTEBORGSUNDERSÖKNINGEN</u>	18
3.2.1 Avrinningsområdet	18
3.2.2 Provtagning och flödesmätning	18
3.2.3 Nederbörds­mätning	19
3.2.4 Kompletterande undersökningar	20
4 <u>RESULTAT FRÅN</u> <u>UNDERSÖKNINGARNA</u>	21
4.1 <u>STOCKHOLMSUNDERSÖKNINGEN</u>	21
4.1.1 Aritmetiska medelhalter av analyserade föroreningskomponenter	21
4.1.2 Totala föroreningsmängder per år och ytenhet	21
4.1.3 Årstidsvariationer i föroreningsens mängd och sammansättning	23
4.1.4 Variationer i föroreningsmängd mellan olika avrinningar och under enskilda avrinningar	24

	sid.	
4.1.5	Dagvattnets egenskaper ur behandlings- synpunkt	24
4.1.6	Föroreningar i snö	25
4.1.7	Dagvattnets förändring vid lagring	26
4.1.8	Jämförelser mellan föroreningsmängder från dag-brädd- och spillvatten	26
4.2	GÖTEBORGSUNDERSÖKNINGEN	29
4.2.1	Aritmetiska medelhalter av analyserade föroreningskomponenter	29
4.2.2	Totala föroreningsmängder per år och ytenhet	31
4.2.3	Variationer i föroreningshalt under enstaka avrinningar	32
4.2.4	Variationer i föroreningshalt mellan olika avrinningar samt haltens beroende av avrinningens storlek	33
4.2.5	Dagvattnets egenskaper ur behandlingssynpunkt	34
4.2.6	Föroreningar i snö	35
4.2.7	Föroreningar i regnvatten	36
4.2.8	Föroreningar i stoftnedfall	36
5	<u>KOMMENTARER</u>	38
5.1	ALLMÄNT	38
5.2	STOCKHOLMSUNDERSÖKNINGEN	41
5.3	GÖTEBORGSUNDERSÖKNINGEN	41
5.4	JÄMFÖRANDE DISKUSSION AV RESULTATEN FRÅN DE REFERERADE UNDERSÖKNINGARNA	43
6	<u>LITTERATUR</u>	45
	<u>TIDIGARE PUBLICERADE MEDDELANDEN</u>	47

SAMMANFATTNING

På initiativ av Statens råd för byggnadsforskning bildades våren 1974 en arbetsgrupp för sammanställning av undersökningsresultat rörande dagvattnets beskaffenhet och egenskaper. Föreliggande rapport behandlar de svenska undersökningar som utförts under tiden 1969 - 1972.

Sammanställningen avser att med material från de utförda undersökningarna bl a belysa frågeställningarna :

Vilka föroreningshalter kan förväntas i dagvatten från olika urbana områden?

Hur varierar dessa föroreningshalter?

Hur stora föroreningsmängder per år och km² avrinner med dagvattnet jämfört med bräddvatten och spillvatten?

Vilka egenskaper har dagvattnet ur behandlings-synpunkt?

De undersökningar som behandlas i rapporten är dels en i Stockholm under tiden 1969 - 1971, dels en i Göteborg under tiden 1970 - 1972.

I Stockholmsundersökningen ingår två förortsområden om 2,2 respektive 5,3 km². I det mindre området utfördes också undersökningar för tre delområden, nämligen ett radhusområde, ett höghusområde och ett trafikområde.

Göteborgsundersökningen omfattar ett trafikområde på 0,18 km².

I tabell 1 redovisas erhållna aritmetiska medelhalter för några föroreningskomponenter för olika områden.

TAB. 1 Aritmetiska medelhalter av några föroreningskomponenter i dagvatten från olika områden.

Områdestyp	susp. BS ₇		P _{tot}	N _{tot}	Pb	Zn	Cu
	g/ m ³	g/ m ³					
Förort, Stockholm 5700 p/km ²	142	11	—	—	270	320	80
Förort, Stockholm 5000 p/km ²	129	9	0,08	1,2	278	165	86
Höghus, Stockholm 10000 p/km ²	122	13	0,09	1,5	—	—	—
Radhus, Stockholm 3500 p/km ²	113	10	0,04	1,4	—	—	—
Motorväg, Stockholm 65000 fordon/dygn	282	36	0,08	2,1	—	—	—
Motorväg, Göteborg 68000 fordon/dygn	300	15	0,04	—	300	290	77

De skiljaktigheter som återfinns mellan resultaten från Stockholms- och Göteborgsundersökningarna beror dels på områdenas olikhet, dels på olika utvärderingsmetoder.

För dagvattenföroreningarnas variationer har konstaterats att höga dagvattenflöden ger höga föroreningskoncentrationer och att långvariga avrinningar ger lägre föroreningskoncentrationer än kortvariga. Enligt Göteborgsundersökningen ger långa torrperioder höga föroreningshalter i efterföljande dagvattenavrinning, medan detta samband enligt Stockholmsundersökningen är tveksamt. I Göteborgsundersökningen erhöles också en urtvättningseffekt under ett regn, dvs av två på

varandra följande regnskurar under ett och samma regntillfälle än avrinningen från den senare mindre förorenad än från den förra. I Stockholmsundersökningen kunde någon urtvättningseffekt under ett regn inte konstateras.

De totala föroreningsmängderna från dagvatten per år och km² anges i tabell 2.

TAB. 2 Totala föroreningsmängder per år och km² från dagvatten från olika områden.

Områdestyp	Susp. ton/ år·km ²	BS7 ton/ år·km ²	P _{tot} kg/ år·km ²	N _{tot} kg/ år·km ²
Höghus, Stockholm 10000 p/km ²	62	4,3	16	350
Radhus, Stockholm 3500 p/km ²	17	1,4	4	140
Motorväg, Stockholm 65000 p/km ²	120	10	20	510
Motorväg, Göteborg 68000 p/km ²	300	(85) ^x	—	—

Vid jämförelser med biologiskt-kemiskt renat spillvatten finner man, att dagvattnet tillför recipienten större mängd suspenderat material men mindre mängd fosfor och kväve än renat spillvatten från motsvarande områdeh per år. Om enbart föroreningsmängden från spillvatten under den tid regn faller (600 h/år i Stockholm) betraktas, finner man att större mängd biokemiskt syreförbrukande material och upp till 25 ggr större mängd suspenderat material tillförs recipienten med dagvattnet än med spillvattnet. Detta kan ge kraftig påverkan (chockbelastning) på recipienten.

^x KMnO₄-förbrukning

7

Om föroreningsmängderna från dagvatten jämförs med föroreningsmängderna från bräddvatten (under förutsättning att 1% av den årliga spillvattenmängden bräddar) finner man, att dagvattnet ger betydligt större mängder suspenderat material än bräddvattnet. För biokemisk syreförbrukning, fosfor, kväve och tungmetaller kan inga säkra slutsatser dras.

En undersökning av partikelstorleksfördelningen i dagvatten visar, att de flesta partiklarna har en storlek som är mindre än 10 μm . De uppvisar också en tämligen stor, negativ laddning. Detta gör, att dagvattnets föroreningar är svåra att filtrera bort och att de sedimenterar dåligt. I Göteborgsundersökningen har bättre filtrerings- och sedimenteringsresultat erhållits än i Stockholmsundersökningen. I båda undersökningarna anses att god reningseffekt borde erhållas med kemisk fällning + avskiljning.

Vid tolkning av undersökningsresultaten måste stor försiktighet iakttas. Utvärderingsmetoderna har medfört att angivna halter och mängder kan vara missvisande. De angivna tabellvärdena är inte generaliserbara i tid eller rum, utan måste anses gälla enbart för de områden och den tid undersökningarna utförts. De allmänna slutsatser och tendenser som framkommit torde däremot äga större allmängiltighet.

Avslutningsvis kan sägas, att de båda refererade undersökningarna givit en del allmänna upplysningar om dagvatten och dess egenskaper, men att tillräcklig kunskap om dagvattnets föroreningsnivå och orsakerna till dagvattenföroreningarna fortfarande saknas.

SUMMARY

On the initiative of the National Swedish Council for Building Research (BFR) a working group was formed in the spring of 1974 in order to combine results from investigations of the character and properties of urban storm water. This report deals with the Swedish investigations from the period 1969 – 1972.

The purpose of the report is to answer the following questions:

What impurity concentrations may be expected in storm water from different urban areas?

How do these concentrations vary?

How much impurity is transported with the storm water per year and km^2 compared to the storm water overflow and to biologically and chemically treated waste water?

Which are the properties of storm water regarding treatment?

The investigations concerned in this report are one in Stockholm 1969 – 1971 and one in Gothenburg 1970 – 1972.

The Stockholm investigation includes two suburban areas of 2.2 and 5.3 km^2 , respectively. In the smaller area three different subareas were investigated as well. Those were a terrace house area, a residential house area and a traffic area.

The Gothenburg investigation deals with a traffic area of 0.18 km^2 in the centre of Gothenburg.

Arithmetic means of some impurity concentrations for different areas are shown in table 1.

TAB.1 Arithmetic means of some storm water impurity concentrations from different urban areas.

Type of area	susp. BS ₇		P _{tot}	N _{tot}	Pb	Zn	Cu
	g/ m ³	g/ m ³	g/ m ³	g/ m ³	mg/ m ³	mg/ m ³	mg/ m ³
Suburban, Stockholm 5700 p/km ²	142	11	—	—	270	320	80
Suburban, Stockholm 5000 p/km ²	129	9	0.08	1.2	278	165	86
Residential, Stockholm 10000 p/km ²	122	13	0.09	1.5	—	—	—
Terrace, Stockholm 3500 p/km ²	113	10	0.04	1.4	—	—	—
Highway, Stockholm 65000 vehicles/24 h	282	36	0.08	2.1	—	—	—
Highway, Gothenburg 68000 vehicles/24 h	300	15	0.04	—	300	290	77

The differences in the results from Stockholm and Gothenburg are due to the differences in the areas as well as to different evaluation methods.

As regards the variations of the storm water impurities, the following has been noted:

Great storm water discharges give high impurity concentrations and vice versa. Discharges of long duration give lower impurity concentrations than discharges of short duration.

According to the Gothenburg investigation long periods of dry weather give high impurity concentrations in the following storm water discharge, while this connection according to the Stockholm investigation is uncertain.

In the Gothenburg investigation a "washing-effect" during a rainfall was observed. This means that of two successive showers during one rainfall the run-off from the latter is less polluted than the run-off from the former. In the Stockholm investigation no "washing-effect" could be observed.

The total impurity quantities from storm water per year and km² are given in table 2.

TAB. 2 Total impurity quantities per year and km² from storm water from different areas.

Type of area	Susp. tons/ y·km ²	BS ₇ tons/ y·km ²	P _{tot} tons/ y·km ²	N _{tot} tons/ y·km ²
Residential, Stockholm 10000 p/km ²	62	413	16	350
Terrace, Stockholm 3500 p/km ²	17	1.4	4	140
Highway, Stockholm 65000 vehicles/24 h	120	10	20	510
Highway, Gothenburg 68000 vehicles/24 h	300	(85) ^x	—	—

If these quantities are compared with corresponding quantities from biologically and chemically treated waste water, the storm water will be found to transport more suspended solids but less phosphorus and nitrogen to the recipient than the waste water.

Looking only at the waste water impurity quantities during the duration of the yearly rainfall (600 h per year in Stockholm),

^x KMnO₄-demand

it can be seen that more organic matter and nearly 25 times more suspended solids are transported to the recipient by the storm water than by the waste water. This may seriously affect the recipient.

Comparisons have also been made between the impurity quantities from storm water and those from storm water overflow with the assumption that 1% of the yearly impurity quantities from waste water discharges in the overflow. It has been noticed that the storm water gives considerably more suspended solids than the storm water overflow. As for biochemical oxygen demand, phosphorus, nitrogen and heavy metals no definite conclusions can be made.

An investigation of the particle size distribution indicates that most of the particles have a size less than $10\mu\text{m}$. They have also a rather great negative electric load. This means that filtration and sedimentation have small effects on the storm water impurities. In the Gothenburg investigation better results with filtration and sedimentation have been obtained than in the Stockholm investigation. In both investigation reports it is suggested that chemical precipitation will give good results.

The investigation results must be interpreted with caution. The tabulated values may have great errors due to the evaluation methods. The calculated concentrations and quantities can not be generalized but are valid only for the investigation areas and the investigation periods. The general tendencies and conclusions, however, should be more universal.

Finally can be said, that the two investigations have contributed to the general knowledge of storm water and its properties, but that sufficient knowledge of the magnitudes of the storm water impurities and the causes of those impurities are still lacking.

LIST OF TABLES

SUMMARY		Page
TAB. 1	Arithmetic means of some storm water impurity concentrations from different urban areas.	9
TAB. 2	Total impurity quantities per year and km ² from storm water from different areas.	10
CHAPTER 4.1		
TAB. 1	Arithmetic means of impurity concentrations in storm water from urban areas in Stockholm. The values emancipate from different investigation periods.	22
TAB. 2	Impurity quantities per year and km ² from storm water in Stockholm.	21
TAB. 3	Arithmetic means of impurity concentrations in storm water from an urban area in Stockholm (5000 p/km ² , 1969), distributed on seasons.	23
TAB. 4	Concentrations of impurities in snow in Stockholm at one occasion 1969: <ol style="list-style-type: none"> 1. Untouched snow in a city park 2. Block street without thoroughfare 3. City street without thoroughfare 4. Park street 5. City street with heavy traffic 6. Highway 	25
TAB. 5	Calculated impurity quantities from snow in the city of Stockholm during a normal winter.	26
TAB. 6	Comparison between discharges from storm water, storm water overflow (1% of the yearly waste water volume) and biologically-chemically treated waste water per year and per 600 h (total duration of rainfall in Stockholm per year).	28

CHAPTER 4.2		Page
TAB. 1	Arithmetic means of impurity concentrations in storm water from a traffic area in Gothenburg 1970 - 1972 (flow > 10 l/s).	29
TAB. 2	Mean concentrations during 4 storms 1970 and 5 storms 1971 in a traffic area in Gothenburg.	30
TAB. 3	Arithmetic means of impurity concentrations in water from melting snow in a traffic area in Gothenburg, february - april 1970.	30
TAB. 4	Arithmetic means of impurity concentrations in water from melting snow during three different periods in a traffic area in Gothenburg, february - april 1972.	31
TAB. 5	Impurity quantities per year and km ² from storm water in a traffic area in Gothenburg (1970-1972).	32
TAB. 6	Precipitation data for the storms which constitutes the estimation of impurity quantities.	32
TAB. 7	Comparison between concentrations (arithmetic means) of heavy metals in unfiltered and filtered samples of storm water from a traffic area in Gothenburg 1972.	34
TAB. 8	Arithmetic means of impurity concentrations in recently fallen snow from a traffic area in Gothenburg, December 1971 - March 1972.	35
TAB. 9	Arithmetic means of impurity concentrations in composite samples of snow from a traffic area in Gothenburg, January - February 1972.	35
TAB. 10	Arithmetic means of impurity concentrations in rainwater sampled at Chalmers University of Technology, October - November 1972.	36
TAB. 11	Arithmetic means of impurities in dustfall in a traffic area in Gothenburg, April 1971 - August 1972.	36
TAB. 12	Arithmetic means of impurity concentrations in storm water caused by dustfall compared with observed means and the means of rainwater.	37

1 BAKGRUND

På initiativ av Statens råd för byggnadsforskning (BFR) bildades våren 1974 en arbetsgrupp för sammanställning av gjorda undersökningar inom området dagvattnets beskaffenhet och egenskaper. Arbetsgruppen gavs följande sammansättning:

P-A Malmquist	CTH
P Nielsen	KTH
F Nyberg	KTH
G Svensson	CTH

Arbetsgruppens uppgift angavs i en första etapp till att omfatta sammanställning av resultat från utförda undersökningar i Sverige (G Söderlunds och H Lehtinens Stockholmsundersökning och P Lispers Göteborgsundersökning) och publicerade resultat från utländska undersökningar, samt om möjligt tillämpning av en i Norge (av O Lindholm) utarbetad modell för dagvattnets transport i ledningsnätet för något delområde. Sammanställningen av de svenska undersökningarna skulle utföras vid CTH (Malmqvist/Svensson) och av de utländska undersökningarna vid KTH (Nyberg/Nielsen).

Vid programarbetet för arbetsgruppen har medverkat

T Hedberg	CTH
B Hultman	KTH
G Jacks	KTH
Å Liedberg	SNV
O Lindholm	NTH
B Paulsson	SNV
G Svensson	BFR

Föreliggande delrapport är en sammanställning av de båda svenska undersökningarna, utarbetad vid CTH.

2 OMFATTNING

Sammanställningen avser att med material från de utförda undersökningarna söka belysa frågeställningarna:

- 1) Vilka föroreningshalter kan förväntas i dagvatten från olika bebyggelse typer?
- 2) Hur stora föroreningsmängder avrinner med dagvattnet per år och tidsenhet?
- 3) Varierar föroreningsmängden med årstiderna?
- 4) Hur varierar föroreningsmängderna med olika regn?
- 5) Hur varierar föroreningshalterna under ett regn?
- 6) Vilka egenskaper har dagvatten ur behandlings synpunkt?
- 7) Hur stora föroreningsmängder tillförs recipienten genom dagvattnet jämfört med bräddvatten och renat spillvatten?

3 BESKRIVNING AV UNDERSÖKNINGARNA

3.1 STOCKHOLMSUNDERSÖKNINGEN

3.1.1 Avrinningsområdena

Stockholmsundersökningen omfattade två områden som nedan kallas område 1 och 2.

Område 1 är ett förortsområde (Vårby) som avvattnas genom en dagvattentunnel. Genom området passerar Europaväg 4 med trafiktätheten 65000 fordon/dygn. Området kan indelas i

Bostadsområde	1,45 km ²
Arbetsområde	0,10 "
Parkområde	<u>0,65 "</u>
Totalt	2,20 km ²

Inom området utvaldes tre delområden för särstudier, nämligen

Radhusområde	0,20 km ²
Höghusområde	0,25 "
Trafikområde	0,033 "

Befolkningen uppgick i de olika områdena till

Hela området	11 000 p (5000 p/km ²)
Radhusområdet	700 p (3500 ")
Höghusområdet	2 500 p (10000 ")

Område 2 är ett förortsområde (Pettersberg) som avvattnas genom en dagvattentunnel. Genom området passerar Europaväg 4 med trafiktätheten 65000 fordon/dygn^x. Området kan indelas i

Bostadsområde	3,15 km ²
Arbetsområde	0,35 "
Parkområde	<u>1,80 "</u>
Totalt	5,30 km ²

Befolkningen uppgick till ca 30000 p (5700 p/km²).

^x osäker eller ofullständig uppgift.

3.1.2 Provtagning och flödesmätning

I område 1 företogs provtagning och flödesmätning för delområdena under tiden februari 1969 – augusti 1969 och för hela området (i dagvattentunneln) under samma tid jämte tiden oktober 1970 – september 1971. Under mätperioden 1969 föll 115 mm nederbörd varav 43 mm undersöktes. Under mätperioden 1970 – 71 föll 424 mm nederbörd varav 82 mm undersöktes.

Provtagningen utfördes under den första mätperioden manuellt med provtagningsintervallen 15 min under avrinningens första del och 30 respektive 60 min under avrinningens senare delar. Under den andra mätperioden utfördes provtagningen automatiskt. Provtagningen under den första mätperioden omfattade 19 avrinningstillfällen ^x, för den andra saknas uppgift.

Flödesmätningen gjordes genom att mäta vattennivån i ledningarna^x och tunneln.

I område 2 företogs provtagning och flödesmätning under tiden oktober 1970 – september 1971. Under mätperioden föll 424 mm nederbörd varav 104 mm undersöktes. Provtagningen skedde automatiskt. Antalet avrinningar varunder provtagning skett är okänt, men analysvolymen var i storleksordningen 23 – 365 analyser per föroreningskomponent.

Flödesmätningen gjordes genom att mäta vattennivån i tunneln.

3.1.3 Nederbörds-mätning

Nederbörds-mätningen utfördes genom i områdena utplacerade registrerande nederbörds-mätare.

3.1.4 Kompletterande undersökningar

Vid ett tillfälle under vintern 1969 togs stickprov på snö på sex olika platser i Stockholm.

^x osäker eller ofullständig uppgift.

Dagvattnets förändring vid lagring undersöktes under tiden senhösten 1970 – juni 1971 i ett dagvattenmagasin inom Sollentuna kommun utanför Stockholm.

3.2 GÖTEBORGSUNDERSÖKNINGEN

3.2.1 Avrinningsområdet

Området har arean 0,18 km² och består av en del av Europaväg 6 genom Göteborg. Det är beläget söder om Tingstadstunneln under Göta älv och utgörs av Gullbergs- och Olskroksmoten samt mellan dem liggande motorväg.

Markytan består till \sim 50% av hårdgjorda ytor och till \sim 48% av gräsklädda ytor. Vidare finns \sim 2% banvall.

Ledningarna fördelar sig på dimensionerna mellan \varnothing 300 och \varnothing 1400 mm.

Hela området utnyttjas för trafikändamål. I dess omedelbara närhet finns en omlastningsstation för cement. I övrigt begränsas området av andra trafikområden samt i mindre utsträckning av bostadsområden.

Trafikintensiteten var 1971 68000 fordon per medelvardagsdygn i ett snitt omedelbart norr om området. Under årets intensivaste timme passerade 8300 fordon.

3.2.2 Provtagning och flödesmätning

Dagvattenundersökningen pågick under tiden februari 1970 – mars 1972.

Antalet utvärderade avrinningar under mätperioden var 22 st 1970, 10 st 1971 och 2 st 1972, totalt 34 st.

Provtagning och flödesmätning skedde i den pumpstation till vilken hela området avvattnas.

Provtagningen skedde manuellt i det vattenfall, som bildades av inkommande vatten då vattenståndet i pumpstationens bassäng var lågt. Vattenståndet i bassängen sänktes före varje provtagning om så erfordrades. Genom att skapa ett vattenfall erhöles säkerhet för att proven bestod av endast inkommande vatten.

Vid varje avrinning tillgick provtagningen så att provtagningsserien inleddes med ett prov från basvattenföringen. Under avrinningens ökningsfas togs sedan prov med ett tidsmellanrum av ca 5 min. Därefter ökades tidsmellanrummet succesivt. Provtagningen pågick tills basvattenföringen åter uppnåddes.

Flödesmätningen tillgick så att flöden mindre än ca 10 l/s uppmättes med hjälp av graderad hink och klocka.

För flöden större än 5 l/s skedde mätningen genom i tiden bestämda avläsningar av vattenståndet i bassängen. Denna metod användes för flöden upp till 200 l/s. Vid högre flöden var ett varierande antal pumpar igång och vattenstånd och pumpmanövrar bestämdes i tiden för att därur bestämma det momentana flödet.

3.2.3 Nederbörd mätning

Parallellt med avrinningsmätningarna uppmättes nederbörden vid pumpstationen.

Nederbörden registrerades vid varje registrerad avrinning under tiden maj 1970 – mars 1972.

Dessutom finns SMHI:s observationer för Göteborg under perioden.

Nederbördsmätningen skedde medelst en Imhoffkon uppställd utanför pumpstationen. Avläsning av nederbördsmängden skedde med varierande tidsmellanrum.

Felet i mätningarna uppskattades till 5% vid vindstilla och 25% vid stark vind.

3.2.4 Kompletterande undersökningar

Regnvattenprov togs på ett tak inom Chalmersområdet med hjälp av skålar vilka sattes ut just vid regnets början och togs in vid regnets slut.

Provtagningen skedde under oktober och november 1972, d v s icke parallellt med dagvattenmätningarna.

Stoftnedfallet uppmättes med hjälp av porlinsskålar med diametern 300 mm på pumpstationens tak under tiden augusti 1971 – september 1972, dvs endast delvis parallellt med dagvattenmätningarna.

Exponeringstiden före analys varierade mellan några dagar till ett par veckor.

Stoftkomponenterna analyserades i vattenfas och omräknades till nedfall per tids- och ytenhet.

Snöprov togs i form av nysnöprov, samlingsprov och ytsnöprov.

Nysnöprover togs för att visa snöns sammansättning då den föll och samlingsprover för att visa vilken sammansättning smältvattnet kunde förväntas ha.

Dessutom togs ytsnöprover i en tidsserie för att visa hur stoftnedfall ackumulerades på snön. Under dessa tidsserier föll ingen nederbörd.

Snöproven togs vid pumpstationen under perioden december 1971 – mars 1972.

4 RESULTAT AV GJORDA UNDERSÖKNINGAR

4.1 STOCKHOLMSUNDERSÖKNINGEN

4.1.1 Aritmetiska medelhalter av analyserade föroreningskomponenter

Se tabell 1. nästa sida.

4.1.2 Totala föroreningsmängder per år och ytenhet

Tabell 2 omfattar resultat från delområdena i område 1 under tiden februari – augusti 1969, extrapolerade att gälla hela året. Värdena beräknades med hjälp av dagvattenvolymer enligt rationella metoden^x. (Dagvattenvolymer för trafikområdet minskades med snövolymen pga gatuhållningen.)

TAB. 2 Föroreningsmängder per år och ytenhet från tre delområden i Stockholm.

Impurity quantities per year and km² from storm water in Stockholm.

	3500 p/km ² ($\varphi = 0.2$)	10000 p/km ² ($\varphi = 0.6$)	Traffic area ($\varphi = 0.8$)
Total dry solids, tons/km ² .y	47	93	200
Volatile dry solids "	7 ^x	18 ^x	60 ^x
Total susp. solids "	17	62	120
Volatile susp. solids "	12 ^x	49 ^x	86 ^x
BOD ₇ "	1.4	4.3	10
Oil "	10	240	3600
P _{tot} "	4	16	20
N _{tot} "	140	350	510

De totala föroreningsmängderna har också beräknats för suspenderat material i område 1 och 2 för mätperioden 70 – 71. Med kännedom

^x osäker eller ofullständig uppgift
unreliable or incomplete data.

TAB. 1 Aritmetiska medelvärden av föroreningskomponenter från olika områden i Stockholm.
 Värdena härrör från olika mätperioder.
 Arithmetic means of impurity concentrations in storm water from urban areas in Stockholm.
 The values emanate from different investigation periods.

		3500 p/km ²			5000 p/km ²			5700 p/km ²			10000 p/km ²			traffic area		
		mean	s	max	mean	s	max	mean	s	max	mean	s	max	mean	s	max
Total dry solids	g/m ³	489	134	800	516	55	1800	-	-	-	489	90	2000	855	70	2800
Volatile dry solids	"	65	12	160	68	11	300	-	-	-	67 ^x	11	140	170	39	1630
Total susp. solids	"	113	55	800	129	39	900	142	260	2570	122	45	500	282	97	1000
Volatile susp. solids	"	56	36	540	51	18	420	35	52	520	80	38	360	132	50	600
BOD ₇	"	10	3	25	9	2	40	11	9	34	13	3	25	36	8	90
Oil	"	0.2	-	1	4	-	25	4	11	191	1	-	3	10	-	100
P _{tot}	"	0.04	0.01	0.15	0.08	0.01	0.27	-	-	-	0.09	0.03	0.3	0.08	0.08	0.3
N _{tot}	"	1.4	0.3	4	1.2	0.1	3.2	-	-	-	1.5	0.3	4	2.1	0.3	4
Pb,	mg/m ³	-	-	-	278	191	-	270	210	1930	-	-	-	-	-	-
Zn	"	-	-	-	165	127	-	320	470	1500	-	-	-	-	-	-
Cu	"	-	-	-	86	42	-	80	54	430	-	-	-	-	-	-
Coli 35° C	/100 ml	-	-	-	4·10 ⁴	3·10 ⁴	2·10 ⁵	5·10 ⁴	9·10 ⁴	5·10 ⁵	-	-	-	-	-	-
Coli 44° C	"	-	-	-	2·10 ⁴	2·10 ⁴	8·10 ⁴	5·10 ³	6·10 ³	8·10 ⁴	-	-	-	-	-	-

^x osäker eller ofullständig uppgift.
 unreliable or incomplete data.

om totala mängden suspenderat material per mm regn och den totala nederbörden under året har för område 1 beräknats att 17 ton suspenderat material avrinner med dagvattnet per år och och km². Motsvarande siffra för område 2 är 23 ton/år·km².

4.1.3 Årstidsvariationer i föroreningsmängd och sammansättning

De aritmetiska medelvärden av föroreningskomponenter för hela område 1 (5000 p/km²) uppdelades på årstider enligt tabell 3. Årstidsgränserna sattes där dygnsmedeltemperaturen var 0° C respektive 10° C.

TAB. 3 Aritmetiska medelvärden av föroreningskomponenter från område 1 (1969), fördelade på olika årstider. Arithmetic means of impurity concentrations in storm water from an urban area in Stockholm (5000 p/km², 1969), distributed on seasons.

		Winter	Spring	Summer ^{xx}	Total
Total dry solids	g/m ³	761	437	448	550
Volatile dry solids	"	73	97	168 ^x	68
Total susp. solids	"	250	29	229	129
Volatile susp. solids	"	46	10	183 ^x	51
BOD ₇	"	15	4	29	9
Oil	"	6.0	0.1	10.4	3.8
P _{tot}	"	0.10	0.11	0.06	0.09
N _{tot}	"	1.6	1.0	1.6	1.3
Coli 35° C	/100 ml	6·10 ⁴	1·10 ⁴	5·10 ⁴	4·10 ⁴
Coli 44° C	"	4·10 ⁴	4·10 ³	1·10 ³	2·10 ⁴

I undersökningen drogs den slutsatsen, att, eftersom vår och sommar gav större volymer dagvatten, den totala föroreningsmängden skulle fördela sig tämligen jämt mellan årstiderna vinter, vår och sommar.

^x osäker eller ofullständig uppgift.
unreliable or incomplete data.

^{xx} sommarvärdena härrör från ett enda regn.
the summer values emancipate from only one storm.

4.1.4 Variationer i föroreningsmängd mellan och under enskilda regn.

I undersökningen konstaterades ett starkt samband mellan dagvattenflöde och föroreningshalt från olika avrinningstillfällen^x (tunnel 1, 1969). För suspenderat material var korrelationskoefficienten 0,87.

Ett (svagare) samband erhöles också mellan olika regns varaktighet och mängd suspenderat material per mm regn.

Ett visst samband mellan mängd suspenderat material per mm regn och tid till föregående regn tycktes också föreligga. Längre tider än två dygn gav dock inget sådant samband. En svag urtvättningseffekt skulle alltså kunna föreligga. Föroreningskoncentrationen under ett regn visade emellertid inga tendenser att avta med tiden, varför urtvättning under ett regn inte syntes förekomma.

4.1.5 Dagvattnets egenskaper ur ur behandlingssynpunkt.

Karakteristiskt för dagvatten ur behandlingssynpunkt är, att tillrinningen är intermittent med ojämna intervall, och att det vid varje avrinningstillfälle kommer stora volymer starkt förorenat vatten.

Vid en undersökning av partikelstorleksfördelningen i dagvatten framkom att merparten av partiklarna hade en storlek av 3 - 7 μm . Partiklarna uppvisade en stor negativ laddning. Detta gör att föroreningarna (förutom större fraktioner, t ex sand under snöperioder) sedimenterar dåligt. Vid försök med filtrering genom duk med maskvidden 100 μm erhöles ingen vägbar substans. De analyserade föroreningarna (olja, tungmetaller, organiskt material) visade sig till stor del vara bundna till det suspenderade materialet.

^x osäker eller ofullständig uppgift.

4.1.6 Föroreningar i snö

Under vintern 1969 togs vid ett tillfälle snöprov från sex olika platser i Stockholm. Analysresultaten framgår av tabell 4. Från detta material beräknades totala föroreningsmängder från snö i i Stockholms stad, tabell 5.

TAB: 4 Föroreningshalter i snö i Stockholms stad under ett provtagningsstillfälle (1969).

Provtagningsplats:

1. Orörd snö i citypark
2. Hyresgata utan genomfartstrafik
3. Citygata utan genomfartstrafik
4. Parkväg
5. Hårt trafikerad citygata
6. Trafikplats vid motorväg

Concentrations of impurities in snow in Stockholm at one occasion 1969.

Sampling areas:

1. Untouched snow in a city park
2. Block street without thoroughfare
3. City street without thoroughfare
4. Park street
5. City street with heavy traffic
6. Highway

		1	2	3	4	5	6
Tot. dry sol.	g/m ³	43	1410	2249	4993	6576	3746
Vol. dry sol.	"	16 ^x	90 ^x	264	243	652	1277
Tot. susp. sol.	"	48	753	1469	3118	4164	1954
Vol. susp. sol.	"	19 ^x	105 ^x	256	218	617	301
Pb	mg/m ³	—	0.6	1	2	3	8
Coli 35° C	/100 ml	<50	50	50	150	250	<50
Coli 44° C	"	<50	<50	<50	<50	<50	<50

^x osäker eller ofullständig uppgift.
unreliable or incomplete data.

TAB. 5 Beräknade föroreningsmängder från snö i Stockholms stad under en normalvinter.

Calculated impurity quantities from snow in the city of Stockholm during a normal winter.

Total dry solids	tons	700
Total suspended solids	"	350
Organic matter	"	50
Oil	"	6
Pb	"	0.3

4.1.7 Dagvattnets förändring vid lagring

En undersökning om dagvattnets förändring vid lagring utfördes i ett dagvattenmagasin inom Sollentuna kommun under tiden senhösten 1970 – juni 1971.

Vid undersökningen framkom, att sanden sedimenterade, men att det suspenderade materialet och därmed huvuddelen av oljan, tungmetallerna och det biokemiskt syreförbrukande materialet sedimenterade dåligt. Syrehalten sjönk vid lagringen mot noll. Ingen svavelvätebildning konstaterades. Ingen tillväxt av bakterietalen konstaterades.

4.1.8 Jämförelse mellan föroreningsmängder från dag-, brädd- och spillvatten.

I tabell 6 redovisas de totala föroreningsmängderna från dagvatten per år och ytenhet från olika områden (område 1, 1969) samt motsvarande mängder från bräddvatten och biologiskt-kemiskt renat spillvatten. Bräddvattnets föroreningsmängder beräknades genom att anta, att 1% av den årliga spillvattenvoly-men bräddade, och att bräddvattnet hade samma sammansättning som spillvattnet. Vid beräkningen av restföroreningen från biologiskt-kemiskt renat spillvatten antogs, att spillvattnet hade normal sammansättning och att 90% av föroreningarna bortogs vid reningsverket. I tabellen redovisas också mängden spillvattenföroreningar under 600 timmar, dvs den sammanlagda tid under vilken regn faller i Stockholm under ett normalår.

Eftersom flera av de redovisade värdena måste anses osäkra eller felaktiga, kan endast vissa tendenser påvisas. Dagvatten tillförde recipienten större mängd suspenderat material än renat spillvatten per år men mindre mängd fosfor och kväve. Under den tid regn föll tillfördes större mängd biokemiskt syreförbrukande material och upp till 25 ggr större mängd suspenderat material genom dagvattnet än genom spillvattnet. Detta kan ge kraftig påverkan på recipienten.

Vid jämförelse mellan föroreningsmängderna från dagvatten och bräddvatten kunde påvisas, att dagvattnet gav betydligt större mängd suspenderat material än bräddvattnet. För BS, fosfor, kväve och tungmetaller kan inga säkra slutsatser dras.

Tabell 6, se nästa sida.

TAB. 6 Jämförelse mellan föroreningsmängder från dagvatten, bräddvatten (vid 1% bräddning) och biologiskt-kemiskt renat spillvatten dels räknat per år, dels under regntimmarna (600 h). Comparison between discharges from storm water, stormwater overflow (1% of the yearly waste water volume) and biologically-chemically treated waste water per year and per 600 h (total duration of rainfalls in Stockholm per year).

	3500 p/km ²				5000 p/km ²				10000 p/km ²			
	storm water overfl	storm water	waste water 1 year	waste water 600 h	storm water	storm water overfl	waste water 1 year	waste water 600 h	storm water	storm water overfl	waste water 1 year	waste water 600 h
Suspended solids kg/km ² ·year	17300	1000 ^x	9500	700	22000	1400 ^x	14000	900	62000	2700 ^x	27500	1900
BOD ₇ "	1400	1000 ^x	9500	700	1300	1400 ^x	14000	900	4300	2700 ^x	27500	1900
P _{tot} "	4	50 ^x	530	40	10	80 ^x	800	150	20	50 ^x	1500	100
N _{tot} "	140	170	12400	900	180	240 ^x	18000	1200	350	480 ^x	35500	2500
Coli 35° C /100 ml·km ² ·y	4·10 ¹³	2·10 ¹²	2·10 ¹⁴	(2·10 ¹⁴) ^x	-	-	-	-	9·10 ¹³	5·10 ¹²	5·10 ¹⁴	(5·10 ¹⁴) ^x
Coli 44° C "	2·10 ¹³	1·10 ¹²	1·10 ¹⁴	(1·10 ¹⁴) ^x	-	-	-	-	4·10 ¹³	4·10 ¹²	4·10 ¹⁴	(4·10 ¹⁴) ^x

^x osäker eller ofullständig uppgift.

unreliable or incomplete data.

4.2 GÖTEBORGSUNDERSÖKNINGEN

4.2.1 Aritmetiska medelhalter av analyserade föroreningskomponenter ([9], [10]).

TAB.1 Aritmetiska medelhalter av analyserade föroreningskomponenter i dagvatten från regn ($Q > 10 \text{ l/s}$).
 Arithmetic means of impurity concentrations in storm water from a traffic area in Gothenburg 1970 - 1972 (flow $> 10 \text{ l/s}$).

		mean	min	max	n.	c. m. ^x
Tot. dry sol.	g/m ³	800	210	2500	99	-
Vol. dry sol.	"	185	65	350	40	-
Tot. susp. sol.	"	300	20	1600	156	540
BOD ₇	"	15	-	-	29	-
KMnO ₄ -demand	"	120	41	550	158	140
Oil	"	13	0.4	48	38	-
P _{tot}	"	0.4	0.1	1.6	36	-
Pb	mg/m ³	300	15	1700	156	410
Zn	"	290	25	850	158	340
Cu	"	77	8	250	154	100

Bakteriehalten i detta dagvatten var, för vattenföringar större än 10 l/s, större än 1000 Coli / 100 ml (otjänligt för friluftsbad).

Halterna av Ni och Hg var aldrig större än 10 mg/m³.

^x korrigerat medelvärde är aritmetiskt medelvärde korrigerat för oregelbunden provtagning.

corrected mean is arithmetic mean multiplied with a factor for irregular sampling.

TAB. 2 Flödesvägda medelhalter under 4 dagvattenavrinningar 1970 och 5 dagvattenavrinningar under 1971.
Mean concentrations during 4 storms 1970 and 5 storms 1971 in a traffic area in Gothenburg.

	Total s. s. g/m ³	KMnO ₄ - demand g/m ³	Pb mg/m ³	Zn mg/m ³	Cu mg/m ³
mean con- centration	550	150	490	370	110

TAB. 3 Arimetiska medelhalter av föroreningskomponenter i smältvatten, februari - april 1970.
Arithmetic means of impurity concentrations in water from melting snow in a traffic area in Gothenburg, february - april 1970.

		from street area	from non- street area
Total dry solids	g/m ³	4900	2100
Total suspended solids	"	950	440
Pb	mg/m ³	400	160
Zn	"	540	200
Cu	"	120	45
Ni	"	52	19
Number		11	14

TAB. 4 Aritmetiska medelhalter av föroreningskomponenter i smältvatten under olika betingelser, februari – april 1972. Arithmetic means of impurity concentrations in water from melting snow during three different periods in a traffic area in Gothenburg, february – april 1972.

		water from melting snow during		
		dry weather	snowfall	rainfall
Total dry solids	g/m ³	1700	4800	3500
Volatile dry solids	"	330	660	360
Total suspended solids	"	90	1500	630
BOD ₇	"	—	38	—
KMnO ₄ -demand	"	80	250	175
Oil	"	15	170	62
Pb	mg/m ³	160	700	700
Zn	"	150	580	430
Cu	"	30	270	120
Ni	"	< 10	< 10	< 10
Flow	l/s	3.8-4.3	5.5-15	3.3-20
Number		3	4	7

4.2.2 Totala föroreningsmängder per år och ytenhet ([9], [10]).

Mängderna av olika komponenter, som per år tillförs recipienten beräknades för sju regn under 1970 och 1971 genom proportionering till årsnederbörden. Förutsättningen för att detta skulle vara riktigt, var, att de valda regnen representerade ett genomsnitt av regnen under de två åren.

De utvalda regnen för 1970 hade tillsammans en storlek av 33 mm, vilket utgjorde 3,8% av årsnederbörden 878 mm. Motsvarande värden för 1971 var 20 mm, 2,4% och 847 mm.

TAB. 5 Föroreningsmängder per år och km².

Impurity quantities per year and km² from storm water in a traffic area in Gothenburg (1970 - 72).

Total suspended solids	tons·km ² ·year	300
KMnO ₄ - demand	tons·km ² ·year	85
Pb	kg/km ² ·year	270
Zn	kg/km ² ·year	200
Cu	kg/km ² ·year	60

TAB. 6 Nederbördsdata för avrinningarna som ligger till grund för uppskattningen av föroreningsmängderna.

Precipitation data for the storms which constitute the estimation of impurity quantities.

Date	1970				1971		
	8/6	25/6	25/6	4/8	28/8	1/9	19/10
Precipitation mm	23	6.8	3.7	2.8	9.2	0.5	7.6

Beräkningen av den totala föroreningsmängden per ytenhet och år grundade sig på data från i huvudsak sommarregn. Ser man emellertid till sommarregnets andel av årsnederbörden så var denna ca 30 % för både 1970 och 1971 (månaderna juni, juli och augusti). Om de utvalda regnen sålunda kan anses representera sommarregnen, grundar sig beräkningarna på regn, som representerar en tredjedel av årsnederbörden.

4.2.3 Variation i föroreningshalt under enstaka avrinningar

För de egentliga dagvattenkomponenterna, dvs tungmetaller, fosfor, olja, suspenderat material samt permangantförbrukande och biokemiskt syreförbrukande material, kunde ett typiskt variationsmönster under en regnskur iakttagas. Haltvärdena för dess kom-

ponenter ökade mycket kraftigt under den första delen av vattenföringsökningen under ett regn. De avtog därefter i allmänhet innan vattenföringsmaximum nåddes, för att ha en låg nivå då vattenföringen närmade sig basnivån. Urtvätning av föroreningar från markytan orsakade i början av avrinningen den höga halten, vilken sedan började sjunka på grund av hög vattenföring i kombination med minskande tillgång på lösgjort material. Om regnet hade flera skurar och vattenföringen åter ökade, steg genast haltvärdena, men nådde nu till följd av urtvättningen under den första skuren inte lika höga värden som i denna. Om tiden mellan skurarna uppgick till flera timmar, konstaterades ingen större skillnad mellan föroreningshalterna.

Urtvätningen och utspädningen påvisades genom studium av två speciella regn. Det ena hade vid två på varandra följande skurar flödesmaxima som var lika stora, men den senare skurens haltmaxima var lägre än den förras. Detta påvisade urtvättningen. Det andra regnet hade vid två på varandra följande skurar flödesmaxima i fallande storlek, men haltmaxima som var lika stora. Detta påvisade utspädningen, ty i annat fall skulle också haltmaxima varit i fallande storlek.

4.2.4 Variation i föroreningshalt mellan olika avrinningar samt haltens beroende av avrinningens storlek.

Dagvattnets halter av bly, koppar och zink var starkt beroende av markytans exponeringstid för luftföroreningar, dvs tiden sedan föregående regn. Mellan olika avrinningar berodde halterna av den maximala vattenföringen på så sätt att högre vattenföringsmaximum gav lägre halt. Detta berodde på utspädning och det visade sig också att de starkare regnens större intensitet inte förmådde kompensera utspädningen med en kraftigare lösgörning av föroreningarna på markytan.

4.2.5 Dagvattnets egenskaper
ur behandlingssynpunkt

För att bestämma hur stor del av tungmetallerna som fanns i suspenderad form hade 13 dagvattenprov tagna i november 1972 analyserats efter filtrering. Det använda filtret var Munktells nr 3. Proven härrörde från vattenföringar större än 3,5 l/s.

TAB. 7 Jämförelse mellan tungmetallhalter i ofiltrerade och filtrerade prov (aritmetiska medelhalter).
Comparison between concentrations (arithmetic means) of heavy metals in unfiltered and filtered samples of storm water from a traffic area in Gothenburg 1972.

	unfil- trated	fil- trated	reduc- tion	number
Total susp. solids g/m ³	820	48	94%	13
Pb mg/m ³	430	28	93%	13
Zn "	210	26	88%	13
Cu "	540	64	88%	13

Tungmetallerna i detta dagvatten förekom således till största delen i suspenderad form under hösten. Härav drogs slutsatsen att en sedimentering skulle avlägsna större delen av dessa tungmetaller.

Sedimentationsförsök som påbörjades omedelbart efter provtagningen gav maximal slamvolym efter 1 - 2 timmar, vilket ansågs innebära att en konventionell sedimentationsanläggning som arbetar utan tillsats av fällningskemikalier borde ha en uppehållstid av ca 2 timmar.

För dimensionering av en behandlingsanläggning är det av intresse att känna till när föroreningarna kommer. Detta undersöktes för komponenterna bly, koppar, zink, permanganatförbrukning och suspenderat material och resultatet blev att då 35% av vattenmängden, under ett regn, avrunnit hade 50% av komponentmängden avrunnit. Ytterligare värdepar var 50% - 65% och 80% - 90%.

Slutsatsen kunde alltså dras att det är mer väsentligt att behandla avrinningens tidigare del än dess senare, eftersom det i den tidigare fångas upp proportionellt mer förorening.

4.2.6 Föroreningar i snö.

TAB. 8 Aritmetiska medelhalter för nysnö tagna under perioden december 1971 – mars 1972.
Arithmetic means of impurity concentrations in recently fallen snow from a traffic area in Gothenburg, December 1971 – March 1972.

		mean	min	max	number
Total dry solids	g/m ³	55	15	180	7
Volatile dry solids	"	31	0	140	7
KMnO ₄ - demand	"	21	5	60	7
Pb	mg/m ³	79	5	200	10
Zn	"	85	12	160	10
Cu	"	26	< 5	84	10

TAB: 9 Aritmetiska medelhalter för samlingsprov på snö tagna under januari och februari 1972.
Arithmetic means of impurity concentrations in composite samples of snow from a traffic area in Gothenburg, January – February 1972.

		mean	min	max	number
Oil	g/m ³	8.3	6.4	10	5
Pb	mg/m ³	210	180	260	5
Zn	"	140	74	190	5
Cu	"	35	24	40	5

4.2.7 Föroreningar i regnvatten ([9], [10]).

TAB. 10 Aritmetiska medelhalter för regnvatten insamlat vid Chalmers Tekniska Högskola under oktober och november 1972.

Arithmetic means of impurity concentrations in rainwater sampled at Chalmers University of Technology, October – November 1972.

	mean	min	max	number
Total dry solids g/m ³	33	8	54	3
KMnO ₄ -demand "	4.5	3.2	5.4	3
Oil "	—	—	<2	3
Pb mg/m ³	19	<10	34	3
Zn "	26	8	45	3
Cu "	8	2	11	3

Medelvärde av tungmetallhalterna i detta regnvatten utgjorde mellan 5 och 10% av dagvattnets motsvarande aritmetiska medelhalter.

4.2.8 Föroreningar i stoftnedfall

TAB.11 Stoftnedfallets aritmetiska medelvärde för olika komponenter under perioden april 1971 – augusti 1972.

Arithmetic means of impurities in dustfall in a traffic area in Gothenburg, April 1971 – August 1972.

	mean	min	max	number
Total dry solids mg/m ² ·24 h	640	310	1400	7
Volatile dry solids "	200	15	800	7
KMnO ₄ -demand "	54	27	73	7
Pb "	650	110	1800	33
Zn "	1200	270	3900	33
Cu "	210	47	1000	32

För att få en uppfattning om vad stoftnedfallet skulle innebära i form av dagvattenförorening, om allt stoft fördes bort med dagvattnet, beräknades en teoretisk dagvattenhalt. Denna jämfördes sedan med dagvattnets aritmetiska medelhalt.

TAB.12 Beräknade aritmetiska medelhalter i dagvattnet till följd av stoftnedfall, jämfört med uppmätta aritmetiska medelhalter samt regnvattnets aritmetiska medelhalter.
 Arithmetic means of impurity concentrations in storm water caused by dustfall compared with observed means and the means of rainwater.

		computed mean	observed mean	mean of rainwater
Pb	mg/m ³	260	410	19
Zn	"	410	340	26
Cu	"	85	100	8

5 KOMMENTAR

5.1 ALLMÄNT

En allmän målsättning för en undersökning med titeln "Dagvattnets sammansättning och egenskaper" borde kunna ges en formulering som:

Undersökningen skall besvara de frågor som måste ställas för att kunna bedöma påverkan av dagvatten och dess föroreningar på recipienter av olika slag och på reningsverk. Dagvattnets egenskaper ur behandlingssynpunkt skall utredas och lämpliga behandlingsmetoder föreslås till förhindrande av påverkan enligt ovan. De undersökningsresultat som framkommer skall vara så underbyggda, att de kan tillämpas på dagvatten i olika urbana områden under godtyckliga tidsperioder.

För att genomförandet av en undersökning skall kunna svara mot denna målsättning måste vissa grundläggande fordringar vara uppfyllda. Undersökningen bör

- 1) utföras i representativa områden under normala yttre förhållanden
- 2) vara tillräckligt omfattande i tiden och i analysomfång
- 3) vara tillräckligt ingående, dvs ha hög provtagnings- och analysfrekvens under enskilda regn
- 4) ha en angiven noggrannhet i mätvärdena som är tillräckligt hög
- 5) redovisas på ett sådant sätt att statistisk bearbetning möjliggörs
- 6) ge resultat som är generaliserbara i tiden och i rummet.

Möjligheterna att uppfylla fordringarna 2) – 5) är beroende av vilka resurser som står till förfogande för undersökningen och hur väl denna planeras. Att uppfylla fordringen 1) är inte möjligt. Representativa områden i ordets verkliga bemärkelse existerar inte och de yttre förhållandena (nederbörd etc) under den tid undersökningen pågår står utanför varje kontroll.

Om inte undersökningen skall ge resultat som är av enbart vetenskapligt eller lokalt intresse, måste däremot fordringen 6) uppfyllas. Eftersom krav 1) inte var uppfyllt, måste istället registrerade dagvattenparametrar relateras till de yttre parametrar som kan ha betydelse för dagvattnets sammansättning. Med ledning av dessa yttre parametrar skulle så en modell av uppkomsten och spridningen av dagvattnets föroreningar kunna upprättas på ett sådant sätt att dagvattnets sammansättning kunde anges för andra urbana områden än där undersökningen utförts.

Föroreningarnas mängd och sammansättning bör bero av

- 1) området geografiska belägenhet
- 2) meteorologiska förhållanden
- 3) luftens sammansättning
- 4) bebyggelsens typ och art
- 5) aktiviteter i området.

Undersökningen bör därför också omfatta dessa yttre parametrar. Om den inte gör detta, blir de erhållna resultaten gällande enbart för det område och under den tid undersökningen avsåg. Detta är fallet för de i denna rapport beskrivna undersökningarna.

De resultat som redovisas i en undersökning av detta slag, är i allmänhet statistiskt eller på annat sätt bearbetade (t ex medelhalter, mängder per år och ytenhet). Vid denna bearbetning måste det urval av avrinningstillfällen som gjorts beaktas. En sammanställning över samtliga avrinningstillfällen måste göras och urvalet diskuteras ur statistisk synvinkel, både vad gäller dagvattnets volym och dess föroreningar. Om inte detta görs, uppkommer lätt felaktigheter i resultaten på grund av de skeva fördelningar som i allmänhet föreligger.

I de båda här refererade undersökningarna har föroreningsmängden också uppmätts. Årsföroreningsmängden har sedan erhållits genom att räkna upp den uppmätta föroreningsmängden med en faktor som anger förhållandet mellan uppmätt nederbörd och årsnederbörd.

Denna metod är inte invändningsfri av följande skäl: framförallt förutsättes att avrinningskoefficienten i medeltal varit densamma

under icke uppmätta avrinningar som under uppmätta. I här refererade undersökningar har med all säkerhet inte detta varit fallet. Genom att uppmäta avrunnen dagvattenmängd för hela året samt kontrollera att regnfördelningen icke signifikant avviker från ett normalår kan denna felkälla undvikas.

Metoden förutsätter också att de utvalda avrinningarna är representativa ur markföroreningssynpunkt, dvs har en normal fördelning med avseende på tid till föregående regn.

Vidare förutsätts att de utvalda avrinningarna har en normal fördelning med avseende på intensitet och varaktighet. Använd metod ger dock, även om icke alla förutsättningar är uppfyllda, riktigare värden på årsföroreningsmängden än då förorenings medelhalt (aritmetiska medelhalter) beräknas utan hänsynstagande till de avrunna vattenvolymer. Om exempelvis mängden förorening per mm regn, beräknad på detta sätt, multipliceras med årsnederbörden fås ett direkt felaktigt värde på årsföroreningen.

De resultat som framkommit är behäftade med fel av olika slag. Felen kan i stort uppdelas på två grupper:

Feltyp A: metod- och utvärderingsfel

Feltyp B: mät- och analysfel.

Typ A-felen har exemplifierats ovan. Storleksordningarna av dessa fel är svåra att uppskatta, men fel upp till 100% borde kunna förekomma.

Typ B-felen är de för liknande undersökningar gängse, och felens storleksordningar går att uppskatta. Flödesmätningar som utföres genom mätning av nivå i en ledning eller genom räkning av pump-tillslag kan ge fel på upp till 30%.

Noggrannheten i de kemiska analyserna varierar från komponent till komponent. Stora fel kan också här uppkomma (10 – 100%).

Vid provtagningen uppstår också fel beroende huvudsakligen på inhomogeniteter i vattenmassan. Särskilt bör detta gälla olja.

Försiktighet bör iakttas vid bedömning av bakterietal. Om inte konfirmativa test utförts, behöver de bakterier som angivits som coliforma ej vara *Escherichia coli*, utan kan lika gärna vara aerobacter eller andra jord- och vattenbakterier.

5.2 STOCKHOLMSUNDERSÖKNINGEN

Stockholmsundersökningens resultat och slutsatser är icke generaliserbara till andra områden. De kan heller inte med någon tillförlitlighet användas för att prognosticera dagvattnets sammansättning i undersökningsområdena i framtiden.

De medelhalter som angivits i 4.1.1 är aritmetiska medelvärden av samtliga utförda analyser, och är därför behäftade med sådana fel av typ A som angivits ovan (se föregående sida). I [11] finns en beräkning av flödesvägda medelvärden för suspenderat material och en jämförelse av dessa med de aritmetiska medelvärdena. För område 1 konstaterades ingen skillnad, medan för område 2 det flödesvägda medelvärdet var 85% högre än det aritmetiska.

Siffermaterialen i 4.1.2, 4.1.3 och 4.1.8 är också behäftade med sådana fel av typ A som angivits ovan och måste bedömas med hänsyn härtill.

I Stockholmsundersökningen finns inga uppskattningar av mät- och analysfelens storleksordningar.

Vidare finns en del oegentligheter i siffermaterialiet, som inte fått någon förklaring. Dessa ställen har markerats med x , liksom där där texten inte lämnat tillräckliga upplysningar utan vissa tolkningar fått göras.

5.3 GÖTEBORGSUNDERSÖKNINGEN

I undersökningen redovisat siffermaterial över dagvattnets sammansättning ger endast upplysningar om hur dagvattnet har varit beskaffat i detta avrinningsområde under den tid undersökningen pågått.

Generaliseringar till andra liknande områden skulle kunna grunda sig på de mätningar som utförts på stoftnedfall i området samt de beräkningar som gjorts över stoftnedfallets andel i dagvattnets förorening. Detta är dock inte möjligt eftersom beräkningen har utförts med aritmetiska medelhalter i stället för flödesvägda medelhalter.

Slutsatsen att stoftnedfallets andel i dagvattnets förorening är betydande bör dock kunna dras.

Beräkningen av föroreningsmängd per år och ytenhet har utförts med uppmätt föroreningsmängd under totalt 7 avrinningar som bas. Osäkerheten i en sådan beräkning är, som tidigare diskuterats, stor.

Vad beträffar slutsatserna om föroreningshalternas variation under enstaka avrinningar samt beroende av avrinningens storlek och tid till föregående avrinning så styrks dessa slutsatser relativt entydigt av hela undersökningsmaterialet.

Överhuvudtaget gäller att variationsmönster för dagvattnets förorening är bättre underbyggda än dagvattnets föroreningshalter och mängder.

5.4 JÄMFÖRANDE DISKUSSION AV RESULTATEN FRÅN DE REFERERADE UNDERSÖKNINGARNA

Ser man till de aritmetiska medelhalterna i undersökningarna överensstämmer värdena för trafikområdet i Stockholm mycket bra med dem från motsvarande område i Göteborg. För bostadsområdena i Stockholm synes de aritmetiska medelhalterna vara desamma oberoende av exploateringsstalet utom för totalfosfor, där det minst exploaterade området har hälften så stor aritmetisk medelhalt som övriga områden, och för zink, där området med 5000 p/km² har hälften så stor aritmetisk medelhalt som området med 5700 p/km².

I Göteborgsundersökningen har smältvattnet analyserats under två perioder och samtliga komponenter uppvisar högre aritmetiska medelhalter än i dagvatten från regn. Materialet är dock litet, varför i inga säkra slutsatser kan dras.

I Stockholmsundersökningen har ingen motsvarande jämförelse gjorts.

Föroreningsmängderna uttryckta som suspenderat material per ytehet och år skiljer sig avsevärt från varandra när det gäller trafikområdena i Göteborg och Stockholm. Orsaken till detta kan vara både olikheter i områdena och olika beräkningsmetoder. I Stockholmsundersökningen har årsmängden suspenderat material för trafikområdet beräknats ur aritmetiska medelhalten och årsvolymen dagvatten. Den senare har erhållits ur årsnederbörden med avrinningskoefficienten $\varphi = 0,8$. I Göteborgsundersökningen har emellertid årsmängden beräknats ur mängden för ett antal avrinningar samt dessa avrinningars andel av årsnederbörden. Göteborgsområdets drygt dubbelt så stora årsföroreningsmängd kan förklaras ur beräkningsmässiga skiljaktigheter.

Om föroreningskoncentrationens variation under två på varandra följande avrinningar sägs det i Göteborgsundersökningen att koncentrationen är lägre i den andra avrinningen vid konstant flöde, medan det i Stockholmsundersökningen sägs att någon sådan urtvättningseffekt inte finns. Till detta kan endast sägas att flertalet avrinningar i Göteborgsundersökningen där eventuell urtvättning kan stude-

deras styrker det gjorda påståendet. Huruvida påståendet i Stockholmsundersökningen grundar sig på mer än ett avrinningstillfälle är osäkert.

I båda undersökningarna konstateras emellertid att dagvattnets förorening ökar med tiden till föregående regn. Effekten avtar dock snabbt med tiden till föregående regn och verkar vara betydelslös efter några dygn.

I Stockholmsundersökningen konstateras ett starkt positivt samband mellan flöde och föroreningshalt, vilket inte entydigt verifieras av Göteborgsundersökningen. I denna sägs nämligen att föroreningshalten ökar med ökande flöde upp till en viss nivå då en utspädning inträder. Detta skulle tyda på att det inte finns tillräckligt material att tvätta ur, vilket då styrker teorin om en urtvättningseffekt. I Stockholmsundersökningen hade ingen urtvättningseffekt konstaterats, vilket bör innebära att ett positivt samband mellan flöde och föroreningshalt finns.

De båda undersökningarna kan sägas ha klarlagt variationsmönstret för dagvattnets förorening medan uppgifterna om dagvattnets föroreningsnivå fortfarande är mycket oklara. Dessutom har nästan inga slutsatser dragits om orsakerna till dagvattnets förorening.

6 LITTERATUR

1. Söderlund, G och Lehtinen, H.
Är sjötippning av snö ett föroreningsproblem?
Vatten 26 2 (1970), 146 - 148 .
2. Söderlund, G och Lehtinen, H.
Föroreningar i dagvatten från stadsbebyggelse.
Vatten 26 4 (1970), 326 - 335 .
3. Söderlund, G och Lehtinen, H.
Föroreningar i dagvatten från stadsbebyggelse II.
Årlig och momentan föroreningsmängd från dagvattennät.
Vatten 27 2 (1971) 265 - 272.
4. Söderlund, G.
Dagvattnets fysikalisk-kemiska och bakteriologiska
sammansättning.
STU-rapport 70 - 242/U 177.
5. Söderlund, G.
Dagvattenrening - kvalificerad gissningslek med
tjugo miljarder.
Kemisk tidskrift 4 (1972) 50 - 55.
6. Söderlund, G.
Rening av dagvatten. Dagvattnets förändring vid lagring.
STU-rapport 70 - 1502/U 1116.
7. Söderlund, G.
Dagvattnets egenskaper.
Utkast till BFR-rapport.
8. Söderlund, G.
Dagvattnets volym och förorening.
Exemplifiering: Järvafältet.
Utkast till BFR-rapport.

9. Lisper, P.
Om dagvattnets sammansättning och dess variationer.
Doktorsavhandling vid institutionen för vattenförsörjnings-
och avloppsteknik. 1974.
10. Lisper, P.
Opublicerat material.
11. Naturvårdsverkets arbetsgrupp för dagvattenfrågor.
Förslag till dagvattenanvisningar. 1972.

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 akviferers geohydrologiska
data med hjälp av propumpningsdata.
1973.
- nr 3 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 2.
Evaluering av lågpermeabla lagers hydrauliska
diffusivitet med hjälp av propumpningsdata.
1973.
- nr 4 Viktor Arnell: Nederbörds­mätare. 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.
Lägesrapporter (1973-03-01 - 1974-02-01).
Göteborg 1974.

- nr 7 Olov Holmstrand, Per O Wedel: Ingenjörsgelogiska kartor - litteraturstudier. 1974.
- nr 8 Anders Sjöberg: Interim Report. Models for Gradually Varied Unsteady Free Surface 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 1969-72. English summary. 1974.

Förteckning över publikationer

- 61:1 Beräkning av den uttagbara vattenmängden från ytvattentäcker
- 61:2 Undersökning av några ringkanaler i södra Sverige.
- 61:3 Försök med ringkanaler.
- 67:1 Lukt- och smakförbättring av kemiskt fällt och snabbfiltrerat vatten medelst behandling av klor, klor-klordioxid och klordioxid.
- 67:2 Inaktivering av poliovirus med klordioxid
- 68:1 Närsaltreduktion.
- 68:2 Göteborgsregionens vattenförsörjning.
- 70:1 Om användning av spårämnesteknik vid pumpförsök.
- 70:2 Försök att med hjälp av utspädningsteknik bestämma grundvattnets skenbara medelströmhastighet.
- 70:3 Spårämnen som hjälpmedel vid grundvattenundersökningar.
- 73:1 Elektrolytisk dosering av aluminium vid kemisk rening av vatten.

Förteckning över publikationer

- 62:1 Undersökning av syreindrivnings- och strömbildningsapparat för ringkanaler, propellerluftare och valsluftare. (utgången)
- 63:1 Undersökning av syreindrivnings- och strömbildningsapparat för ringkanaler. Mammutluftare typ AIB.
- 63:2 Försök med ringkanaler. Försöksserie 3. (utgången)
- 63:3 Koagulering, sedimentering och filtrering. Försök med lamellsedimentering. (utgången)
- 63:4 Försök med kemisk rening av råvatten från Göta Älv med Degrémonts pulsator.
- 63:5 Undersökning av syreindrivnings- och strömbildningsapparat för ringkanaler. Slangluftare.
- 64:1 Undersökning av olika metoder för smak- och luktförbättring.
- 64:2 Undersökning av biologiska dammar. Undersökning 1.
- 64:3 Undersökning av dygnsluftare. Syreindrivnings- och strömbildningsapparat. Rörluftare och paddelverk.
- 64:4 Undersökning av dygnsluftare. Syreindrivnings- och strömbildningsapparat. Lådluftare typ INKA.
- 64:5 Kostnader för höggradiga avloppsreningsverk.
- 64:6 Avsaltning av havsvatten.
- 64:7 Intags- och utloppsledningars konstruktiva utformning. Inventering.
- 64:8 Intags- och utloppsledningars konstruktiva utformning. Utredning.
- 65:1 Lamellsedimentering av avloppsvatten från pappersmaskiner. (utgången)
- 65:2 Dimensionering av ringkanaler och långtidsluftare. I. Sammanställning av uppgifter angående användning och dimensionering av ringkanaler i Sverige.
- 66:1 Dimensionering av ringkanaler och långtidsluftare. II. Teori för behandlingsprocessen.
- 66:2 Dimensionering av ringkanaler och långtidsluftare. III. Sammanställning av resultat från i Sverige utförda undersökningar av ringkanaler. (utgången)
- 66:3 Dimensionering av ringkanaler och långtidsluftare. IV. Sammanställning av resultat från i Sverige utförda undersökningar av långtidsluftare. (utgången)
- 66:4 Koagulering, sedimentering och filtrering. Försök med lamellsedimentering. II. (utg.)
- 67:1 Effekttillförselns inverkan på flockuppbyggnaden. Sedimenteringsanalys som mätmetod för flockat vatten. (utgången)
- 67:2 Aluminiumsulfatåtervinning. (utgången)
- 67:3 Biodammars utformning och funktion.
- 68:1 Undersökning av dygnsluftare.
- 68:2 Hydrologisk studie av Lagans avrinningsområde.
- 69:1 Optimering av den kemiska reningsprocessen samt hårdhetshöjning av mjuka ytvatten.

Publikationsserie B forts.

- 69:2 Metoder för praktisk bestämning av Grundvattnets Strömhastighet.
Del I: Allmänna principer.
- 70:1 Metoder för praktisk bestämning av Grundvattnets Strömhastighet.
Del III: Fältförsök vid Gårdsryd, Nybro, Kalmar län.
Textdel och Figurbilaga.
- 71:1 Dimensionering och utformning av anläggningar för långtidsluftning. (utgången)
- 71 2 Elektrolytisk dosering av aluminium vid kemisk rening av vatten. (utgången)
- 72:1 Metoder för praktiskt bestämning av Grundvattnets Strömhastighet.
Del IV: Analys av icke stationär strömning vid provpumpning av icke artesiskt grundvatten. Litteraturstudie.
- 72:2 Jämförande studier av råvattenkvaliteten och reningskostnaderna i Sverige och Finland.
- 73:1 Användning av järnklorid vid renvattenframställning.
- 73:2 Grundvattenavsänkning. Del 1. Evaluering av akviferers geohydrologiska data med hjälp av provpumpningsdata.
- 73:3 Grundvattenavsänkning. Del 2. Evaluering av lågpermeabla lagars hydrauliska diffusivitet med hjälp av provpumpningsdata.
- 74:1 Sammanställning av utförda dagvattenundersökningar i Stockholm och Göteborg 1969 - 1972.
- 74:2 Effect on municipal treatment plants of heavy metals. Some aspects.
- 74:3 Studium av flockningsprocessen. Del 1: Teoretisk bakgrund
- 74:4 Användning av järnklorid vid renvattenframställning
- 74:5 Behandling av avloppsvatten vid Rya-verket. Rapport från försöksverksamhet 1972-1974.
- 75:1 Årsrapport 1974.