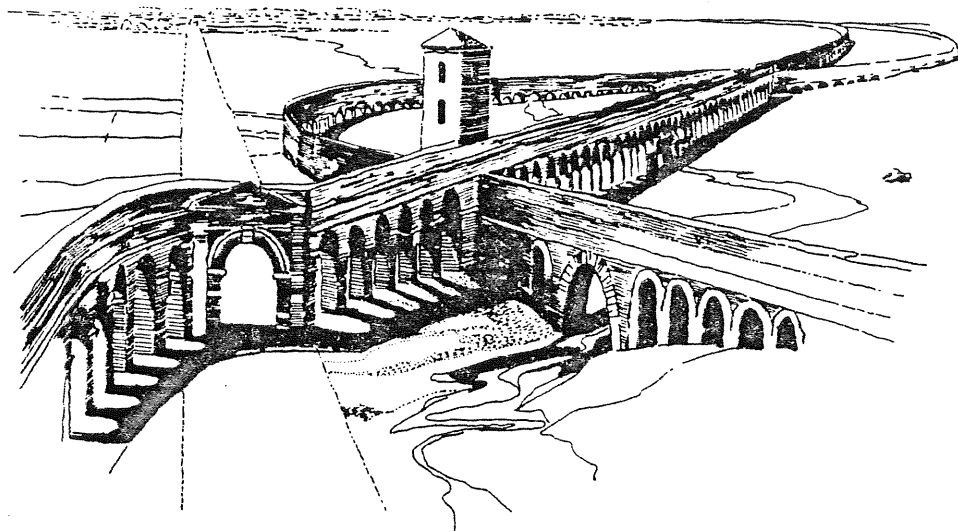




Institutionen för  
vattenförsörings- och avloppsteknik

ISSN 0009-1111



**KARTLÄGGNING AV VATTENKVALITETS-  
FÖRÄNDRINGAR I DISTRIBUTIONSNÄT  
Göteborg 1980**

**Jörgen Hanaeus**

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sid

1.	ALLMÄNT	1
2.	OMFATTNING AV UTFÖRT MÅTARBETE	1
3.	UTRUSTNING	6
4.	LEVERERAD VATTENKVALITET	7
5.	RESULTAT	9
5.1	Sammanställning av äldre mätvärden	9
5.2	Mätvärden för redoxpotential och pH	11
5.3	Mätvärden för konduktivitet och grumlighet	16
5.4	Kortintervallsprovtagning i pumpstation	17
5.5	Stickprover i huvud- eller distributionsledningar	18
5.6	Serieuppställning av mätstationer	19
5.7	Temperatur- och oxygenmätning	24
5.8	Kloroformtest	25
6.	KOMMENTARER	26

## 1 ALLMÄNT

Årsskiftet 1977/78 inleddes den del av Dricksvattenprojektet som har till uppgift att samla material kring förhållandena i distributionsnät för dricksvatten och söka utröna storleken och arten av de kvalitetsförändringar som inträffar mellan vattenverk och tappkran. Helt naturligt har det inledande skedet dominerats av metodikfrågor, dels beträffande utrustning, dels vad gäller bedömning av storleksordningar för olika föreslagna påverkansmekanismer under distributionen.

Den här föreliggande rapporten avser att ge en uppfattning om vilket arbete och vilka ansatser som hittills gjorts i projektet beträffande distributionsnätet. Några mer långtgående slutsatser eller anknytning till aktuell litteratur har ej utförts på detta stadium.

Projektet har hittills huvudsakligen bedrivits i Göteborg, varifrån allt här redovisat material härstammar, medan fortsatta undersökningar även avser att omfatta mätningar i Stockholm och Malmö. Bakteriologiska undersökningar med fysikalisk-kemiska bakgrundsanalyser finns utförda inom projektramen, men rapporteras ej här, vare sig vad gäller utförande eller resultat.

Tappkransprover har utförts och redovisas i separat rapport.

## 2 OMFATTNING AV UTFÖRT MÅTARBETE

De undersökningar som hittills utförts har som nämnts anslutit till Göteborgs distributionsnät. En översiktlig bild av nätet visas i fig 1, där även det ursprungligen planerade provtagningsschemat finns inlagt.

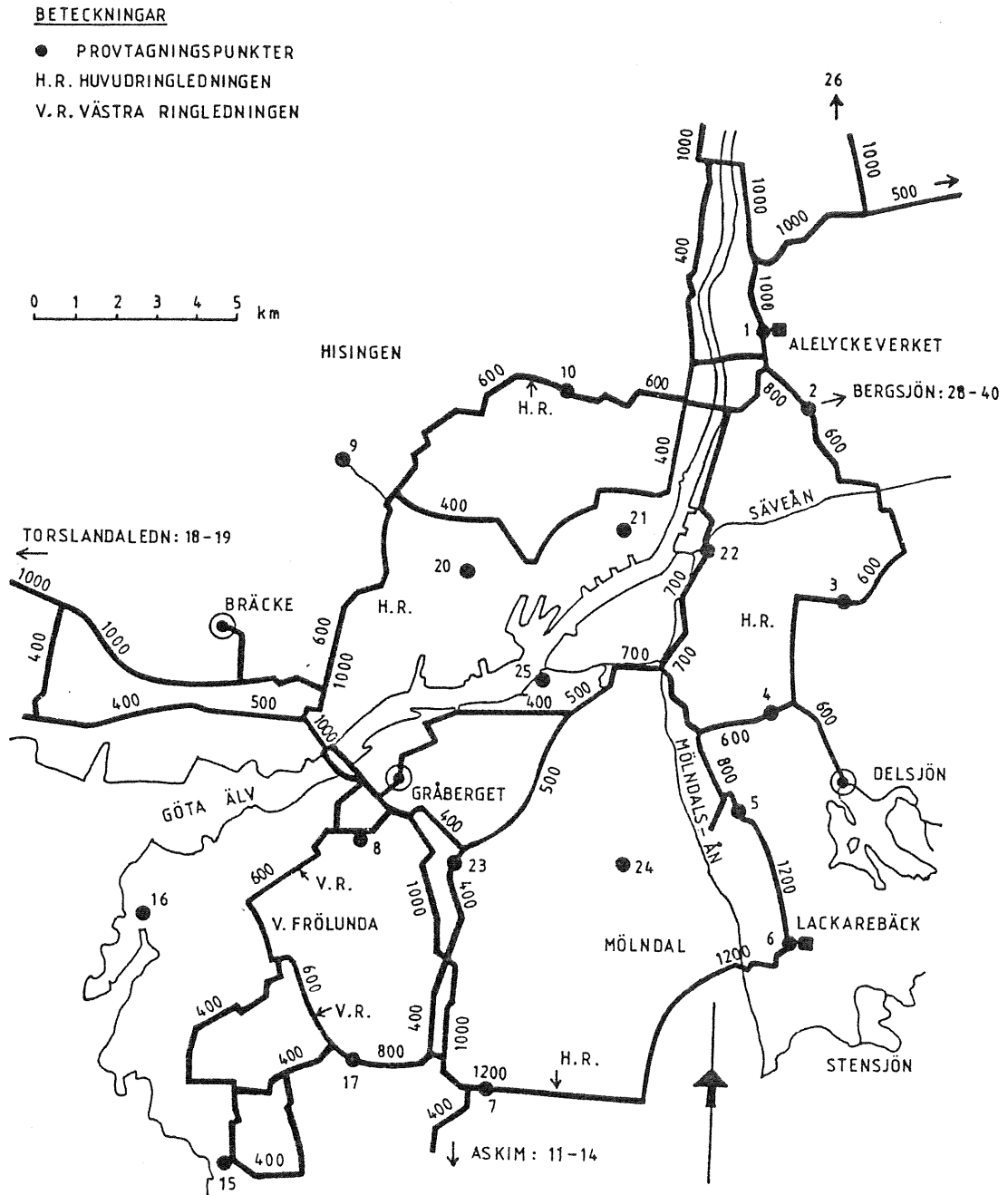


Fig 1 Göteborgs distributionsnät i huvuddrag. Nätet matas från de två verken i Alelyckan och Lackarebäck i tämligen lika mängder.

De utvalda uppställningsplatser för mätstationerna hänför sig av praktiska skäl (bl a strömförsörjning, avlopp) mest till pumpstationer. Under första halvåret 1978 valdes uppställningsplatserna tämligen slumpmässigt längs nätet, medan andra halvårets uppställningar mestadels har varit stöduppställningar för att erhålla bakgrundsvärden till tappkranstagningar i fastigheter.

Antalet tillgängliga mätstationer har som framgår av uppställningsschemat, fig 2, varierar under året, med som mest tre stationer i funktion parallellt. Bokstäverna under resp mätställe refererar till inplacementen på nätkartan, fig 3.

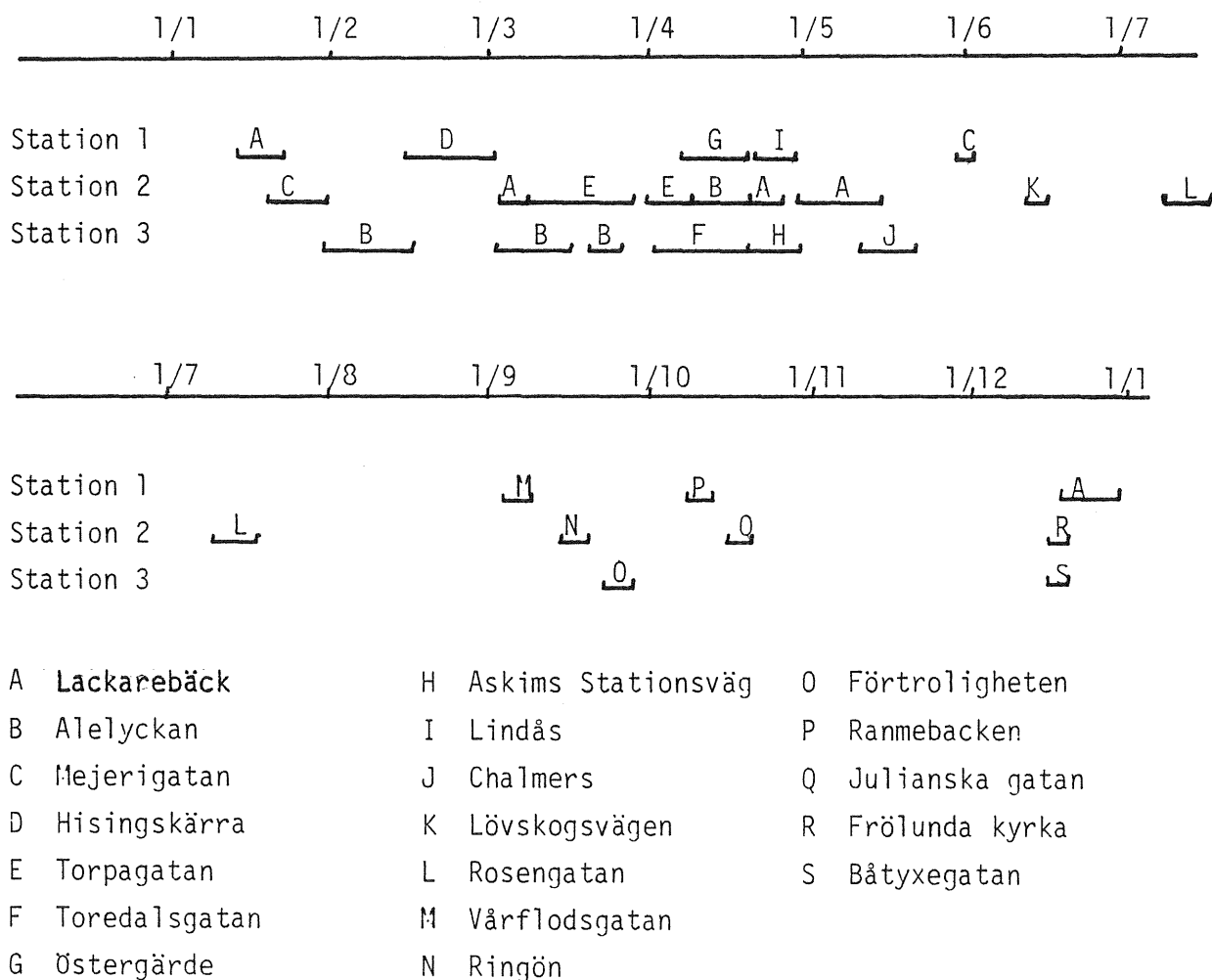


Fig 2 Uppställningsplatser och -tider för mobila mätstationer under 1978. För bokstavs-beteckningar jämför fig 3.

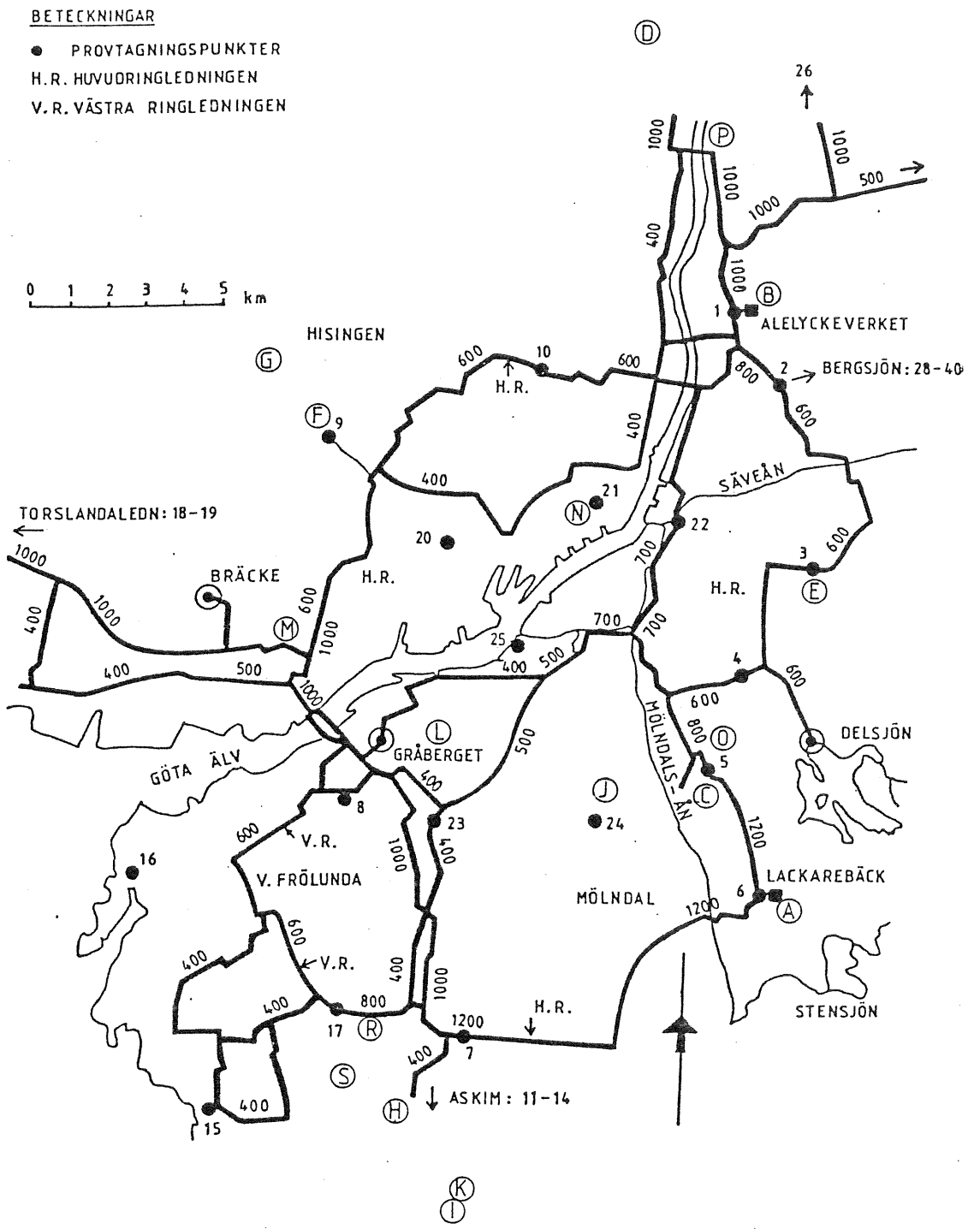


Fig 3 Mätstationernas placering längs distributionsnätet 1978.

För varje stationsuppställning utföres en beskrivning omfattande ledningsmaterial, dimension samt längd från aktuellt vattenverk till mätstationen för att kunna göra en bild av vattnets historia fram till mätningen. Som senare skall visas, har mycket gott "pluggflöde" kunnat iakttas i grövre ledningar vid några flerstationsuppställningar, varför en sådan historik bör vara av värde.

Stationsmätningar har hittills omfattat pH-värde, redoxpotential, konduktivitet (där absolutvärdena dock tidvis har varit osäkra) samt vid några uppställningar även grumlighet.

Två provtagningssekvenser har utförts där timvis fyllning av provflaskor har skett under 4 resp 7 timmar. Förutom de kontinuerligt mätta parametrarna har analys utförts med avseende på permanganatförbrukning, järnhalt, färgstyrka samt extinktion vid 254 nm för varje provflaska. Den relativt ringa differens som erhållits i mätvärdena (kap 5) har minskat intresset för tät provtagning av denna typ, åtminstone vad gäller grövre ledningar.

Några stickprover från företrädesvis grövre ledningar har även utsatts för mer omfattande analys i början av försöksperioden för att en uppfattning om storleksordningar skulle erhållas.

Bearbetningen av de kurvor som ritats upp i mätstationerna har hittills tillgått så, att kurvvärdena digitaliserats för varje hel timme, varefter max- och minvärde under varje dygn noterats för varje parameter, tillika med det klockslag då resp extremutslag inträffat. Detta har skett manuellt och varit informativt men mycket tidsödande.

Härutöver redovisas kloroformhalter, framtagna längs distributionsnätet vid tre varandra närliggande mättillfällen under våren 1978.

### 3 UTRUSTNING

#### Mätstationer

Som mätstationer används tre mindre vagnar som är möjliga att bogsera med hjälp av personbil. Det är därför möjligt att göra mätning var som helst där det finns tappkranar eller brandposter. Uppställningen vintertid begränsas av tillgången på elström och möjligheten att bli av med vattnet. Naturligtvis får även trafiktekniska hänsyn beaktas.

Vagnarna är invändigt utrustade med vattenrännor för kontinuerliga mät-elektroder, bräddavlopp och utrustning för automatisk provtagning. Vattenrännorna kräver relativt stort vattenflöde. Detta verkar i sin tur som urspolning på vissa mindre ledningar. Framtagning av mindre vattenkrävande utrustning pågår. Belysning, värme och en serie vägguttag finns installerade.

Mätutrustningen omfattar kontinuerligt registrerande instrument för pH-värde, redoxpotential, ledningsförmåga och grumlighetsvärde. Försök görs för att se om registrering av vattnets temperatur och  $O_2$ -halt är av värde. Vid en del servicetillfällen tas dessutom prov på kloröverskott.

Noggrannheten vid pH och redoxmätning är helt beroende av elektrodernas kondition, vilken som regel är mycket god. Vid igångkörning av en mätstation får instrumenten gå ett dygn för stabilisering innan slutgiltig kalibrering görs. pH-elektroden kalibreras dessutom åter med några dygns mellanrum. Buffertlösningarna förvaras i mätvattnet för att anta rätt temperatur.

Ledningsförmågeinstrumenten är tillverkade av elektronikfirman Inventron AB i Mölndal. Hos instrumenten finns möjlighet att utifrån en grundsignal flytta nollpunkten, välja ett högsta mätvärde och expandera detta område över hela skrivarens bredd.



Ledningsförmågan mäts med en äldre elektrod av så kallad 2-elektrodtyp och två nya av 4-elektrodtyp. Båda instrumenttyperna levererade av Inventron AB. Den äldre elektroden kräver stort vattenflöde men ger trots detta en tandad kurva. Denna effekt orsakas av att det bildas bubblor på elektrodytorna. 4-elektrodtypen kompenserar denna effekt och ger en mycket stabil kurva.

Redox- och pH-instrumenten, som även har nollpunktsförskjutning och expanderad skala, har levererats av Processing AB i Kungsbacka. Redox-elektroden är en guldelektrod och pH-elektroden är en kombinations-elektrod, båda av fabrikat Ingold.

Instrumenteringen återges på bild i fig 4.

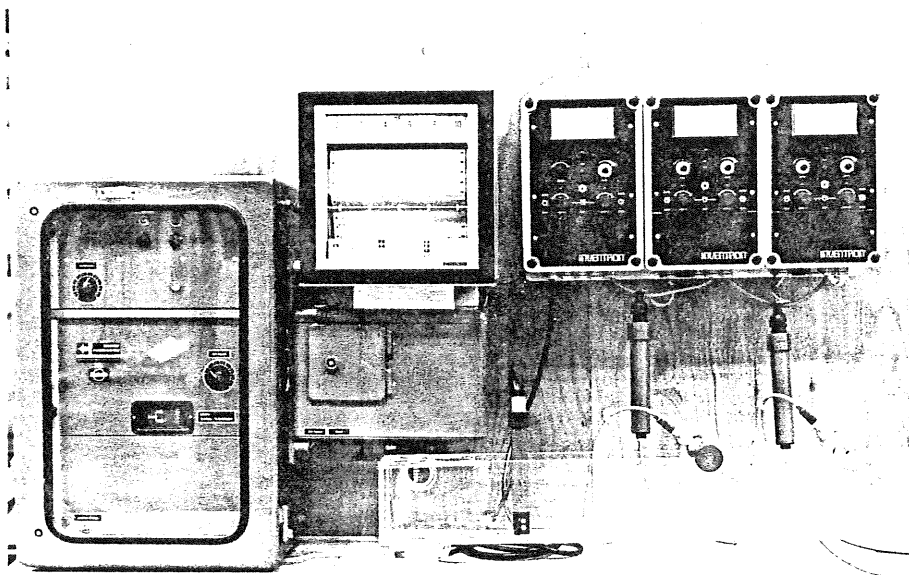


Fig 4 Normal instrumentering i de mobila mätstationerna.

#### 4 LEVERERAD VATTENKVALITET

Leveransen av det vatten som studerats har som nämnts skett från vattenverken i Alelyckan och Lackarebäck. Råvattentäkten är ursprungligen densamma för båda verken, nämligen Göta Älv. Lackarebäcksvätkets råvatten passerar dock sjömagasinet Delsjön före behandling i verket.

Under 1978 levererades från vardera verket ungefär 4 000 m<sup>3</sup>/h som medelvärde under året. Vattenkvaliteten vid leveransen framgår av årsstatistiken från 1978 för respektive verk, fig 5.

	Alelyckeverket			Lackarebäcksverket		
	Min	Medel	Max	Min	Medel	Max
Temperatur, °C	1,2	9,7	18,5	1,4	9,5	17,4
Färg, mg Pt/l	<5	<5	10	<5	<5	6
Grumlighet, FTU	0,07	0,14	0,27	0,08	0,19	0,35
Torrsubstans, mg/l	88	97	109	94	97	113
Glödgningsrest, mg/l	64	74	84	65	73	87
Konduktivitet, m S/m	14,7	15,4	27,3	15,4	16,0	16,8
pH	7,4	8,5	9,4	7,4	8,3	9,1
KMnO <sub>4</sub> -förbr, mg/l	5	8	10	5	7	10
Total hårdhet, mg Ca/l	16	18	19	16	17	18
Kalcium, mg/l	13,5	14,4	15,4	13,1	13,8	14,7
Magnesium, mg/l	1,6	1,8	2,0	1,7	1,8	2,0
Järn, µg/l	<10	15	70	<10	<10	40
Mangan, mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Aluminium, mg/l	<0,05	0,07	0,60	0,05	0,05	0,13
Natrium, mg/l	8	9	12	10	11	12
Kalium, mg/l	1,0	1,3	1,5	1,1	1,3	1,5
Kisel, mg/l	0,17	1,88	4,74	1,05	1,55	3,40
Hydrogenkarbonat, mg/l	12	16	25	11	13	20
Klorid, mg/l	6	9	54	10	13	21
Sulfat, mg/l	25	32	33	27	32	34
Ammonium, µg N/l	20	30	50	20	30	50
Organiskt nitrogen, µgN/l	160	170	280	50	150	240
Nitrit, µg N/l	<1	<1	1	<1	<1	1
Nitrat, µg N/l	490	540	670	310	430	540
Totalnitrogen, µg N/l	670	780	930	460	600	740
Fosfatfosfor, µg P/l	<1	3	6	<1	<1	4
Totalfosfor, µg P/l	35	90	210	33	53	180
Klor, mg/l	0,13	0,25	0,47	0,14	0,26	0,62
Kvicksilver, µg/l	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Totalantal bakterier/ml						
22°C, 2d	0	0	10	0	0	70
Koliforma bakt/100 ml						
35°C, 2d	0	0	1	0	0	1

Fig 5 Levererad vattenkvalitet från Alelyckeverket och Lackarebäcksverket 1978.

Analysfrekvensen varierar från daglig till månadsvis för de enskilda komponenterna.

Vattnet är tämligen mjukt och trots högt pH-värde likväl svagt kalkaggressivt. Halten oxiderbar organisk substans, mätt som KMnO<sub>4</sub>-förbrukning, får betecknas som låg.

## 5 RESULTAT

### 5.1 Sammanställning av äldre mätvärden

Inledningsvis utfördes en enkel bearbetning av några äldre analysresultat från Göteborgs distributionsnät. I fig 6 visas sålunda vattnets järnhalt som funktion av grumligheten i två problemområden.

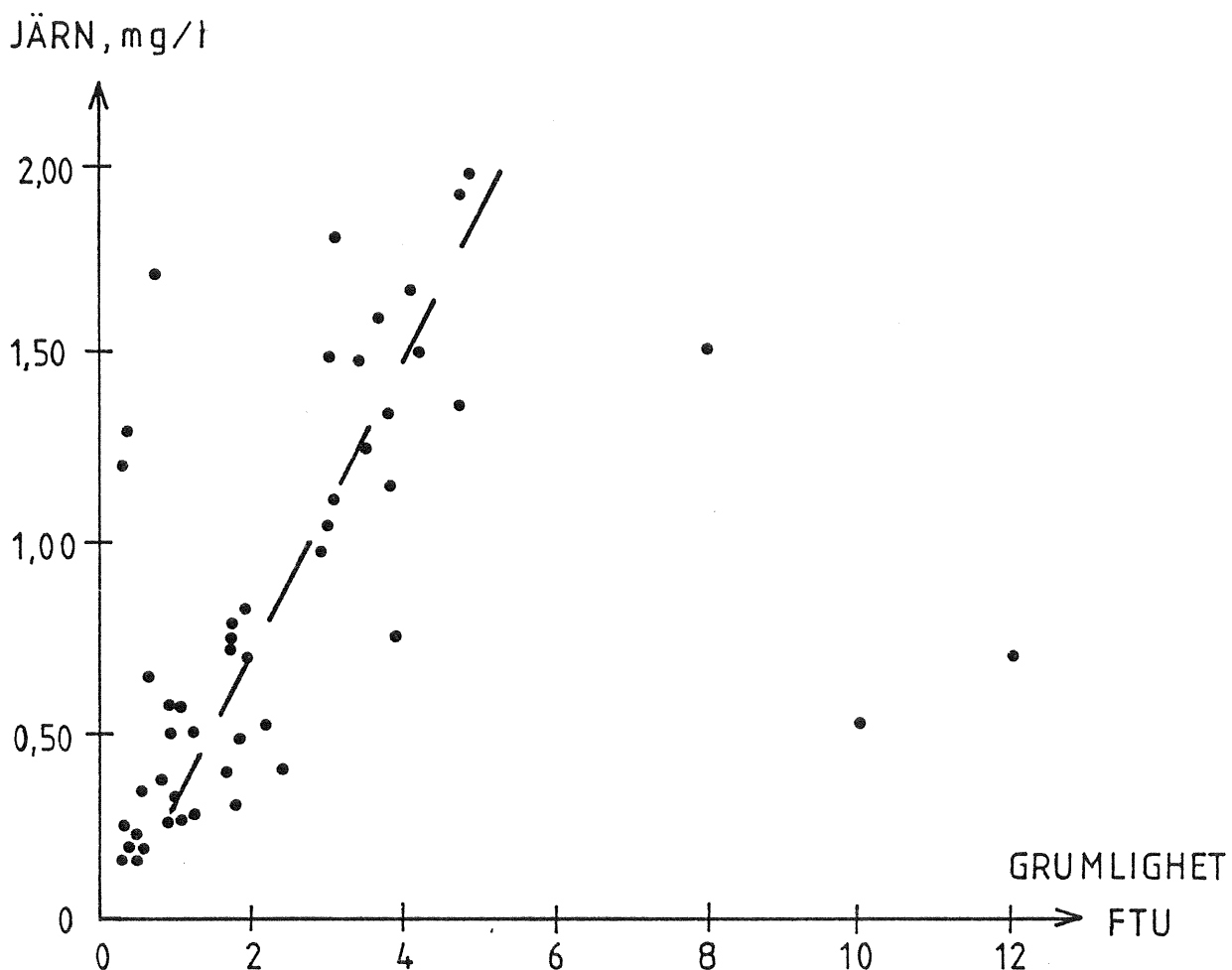


Fig 6 Järnhalt som funktion av grumlighet i brandpostprover från två problemområden.

Figuren visar ett nära linjärt samband mellan järnhalt och grumlighet, men det framgår även att höga värden på den ena storheten kan erhållas utan motsvarande höjning av den andra storheten. Ett från verket levererat vatten med järnhalt 0,05 mg/l och grumlighet kring 0,15 FTU kan således omvandlas till 2 mg/l resp 12 FTU under ogynnsamma omständigheter, vilket torde motivera ett ökat allmänintresse för ledningsnätets problem.

Villkoren och måtten för en framgångsrik desinfektion har under en längre tid varit under diskussion innefattande begreppen totalt och fritt kloröverskott (vid klor som desinfektionsmedel), redoxpotential, pH-värde och bakterietal. Här har sammanställts några värden från analyser som utförts i samband med klagomål och sålunda i huvudsak utgöres av tappkransprover. Sammanställningen omfattar bakterietalen (s k totala bakterietalet) vid 22<sup>o</sup>C och 2 dygns odlingstid; antalet bakterier per ml, vid olika halter totalt kloröverskott och pH-värden. Som desinfektionsmedel har använts 0,5 g klor samt 0,5 g klordioxid per m<sup>3</sup> vatten (genomsnittliga värden). Värdena har uppdelats på två perioder, första och andra kvartalet 1977 för att temperaturens inverkan i någon mån skall kunna spåras, fig 7 och 8.

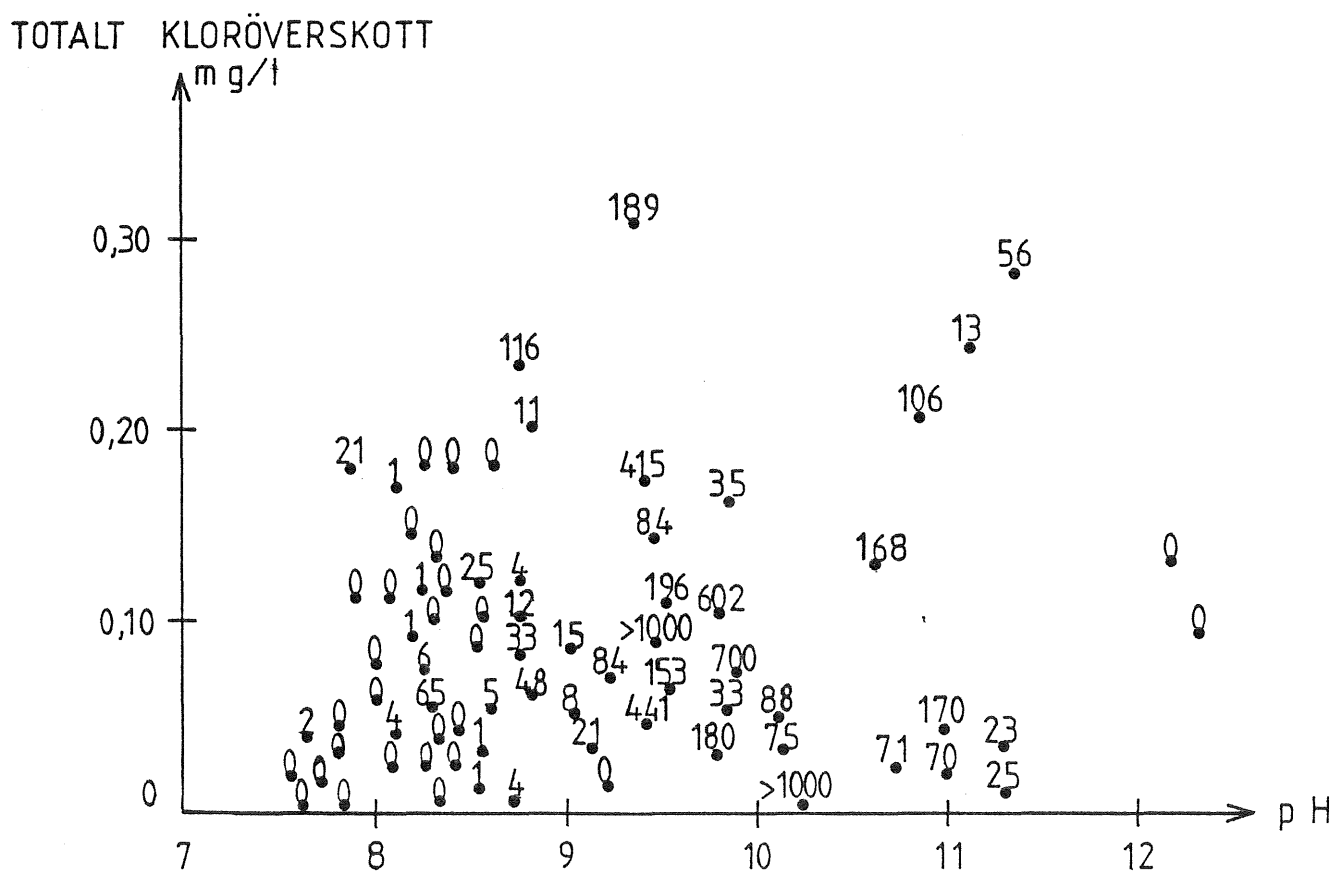


Fig 7 Bakterieantalet per ml vid 22<sup>o</sup>C och 2 d som funktion av totalt kloröverskott och pH-värde. Vecka 1-16 1977.

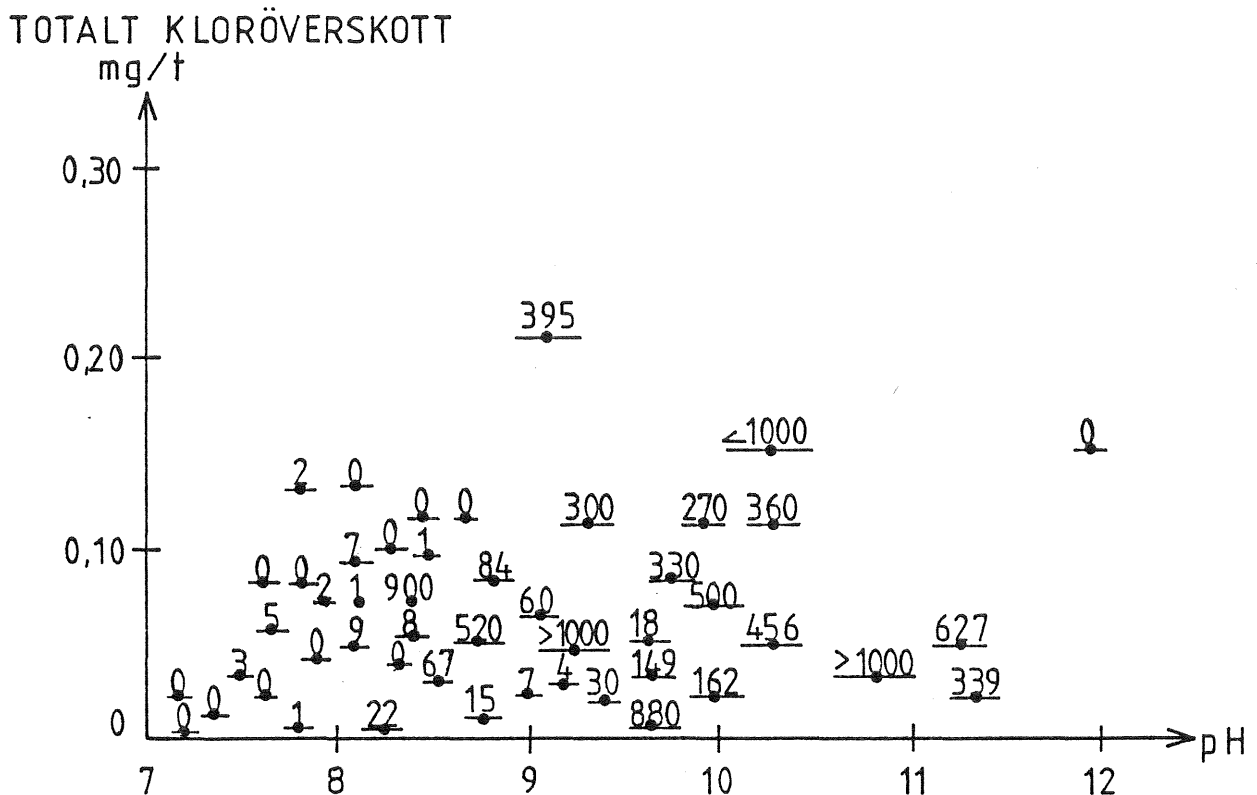


Fig 8 Bakterieantalet per ml vid 22°C och 2 d som funktion av totalt kloröverskott och pH-värde. Vecka 17-27 1977.

Ett påvisbart totalt kloröverskott är sålunda ingen garanti för frihet från bakterier i ledningsnätet, medan däremot ett kloröverskott vid  $\text{pH} < \text{ca } 8,2$  ger en större baktericid effekt. Detta stöder onekligen de litteraturuppgifter som anger att underklorsyrlighet är mycket starkare baktericid än hypokloritjonen. Övergången mellan dessa former sker nämligen inom ett snävt pH-intervall, kring  $\text{pH}$  ca 8. Utvärderingen är dock svår, bl a p g a att desinfektionen utförts med både klor och klordioxid.

## 5.2 Mätvärden för redoxpotential och pH

Mätvärdena för redoxpotential och pH har erhållits kontinuerligt och med stor noggrannhet, varför olika analysnivåer blir möjliga. Man kan skilja mellan en "makronivå" där värdenas ungefärliga storlek längs distributionsnätet noteras, samt en "mikronivå" där små förändringar hos de enskilda signalerna och deras eventuella samband studeras. Här skall främst återges de uppmätta medianvärdena längs nätet, först

i form av en översiktlig bild, fig 9, därefter i tabellform, fig 10, som funktion av ledningslängden och kompletterade med max- och minvärden för respektive storhet. Det är att märka att mätperioderna för uppställningsplatserna dels är olika långa, dels är genomförda vid olika tidpunkter - rentav olika årstider - varför jämförelsen av siffervärdena ej skall göras alltför noggrann.

Ledningslängden som händelseaxel är en överslagsmässig storhet och förhoppningen är att i en mer detaljerad bearbetning via extremvärden hos kvalitetsparametrarna vid flerstationsuppställningar kunna få fram den faktiska uppehållstiden. För att en mycket grov skattning av tiden likväl skall kunna göras, har denna framräknats efter att vattenhastigheten (lika över tvärsnittet) schablonmässigt givits värdet 1 m/s.

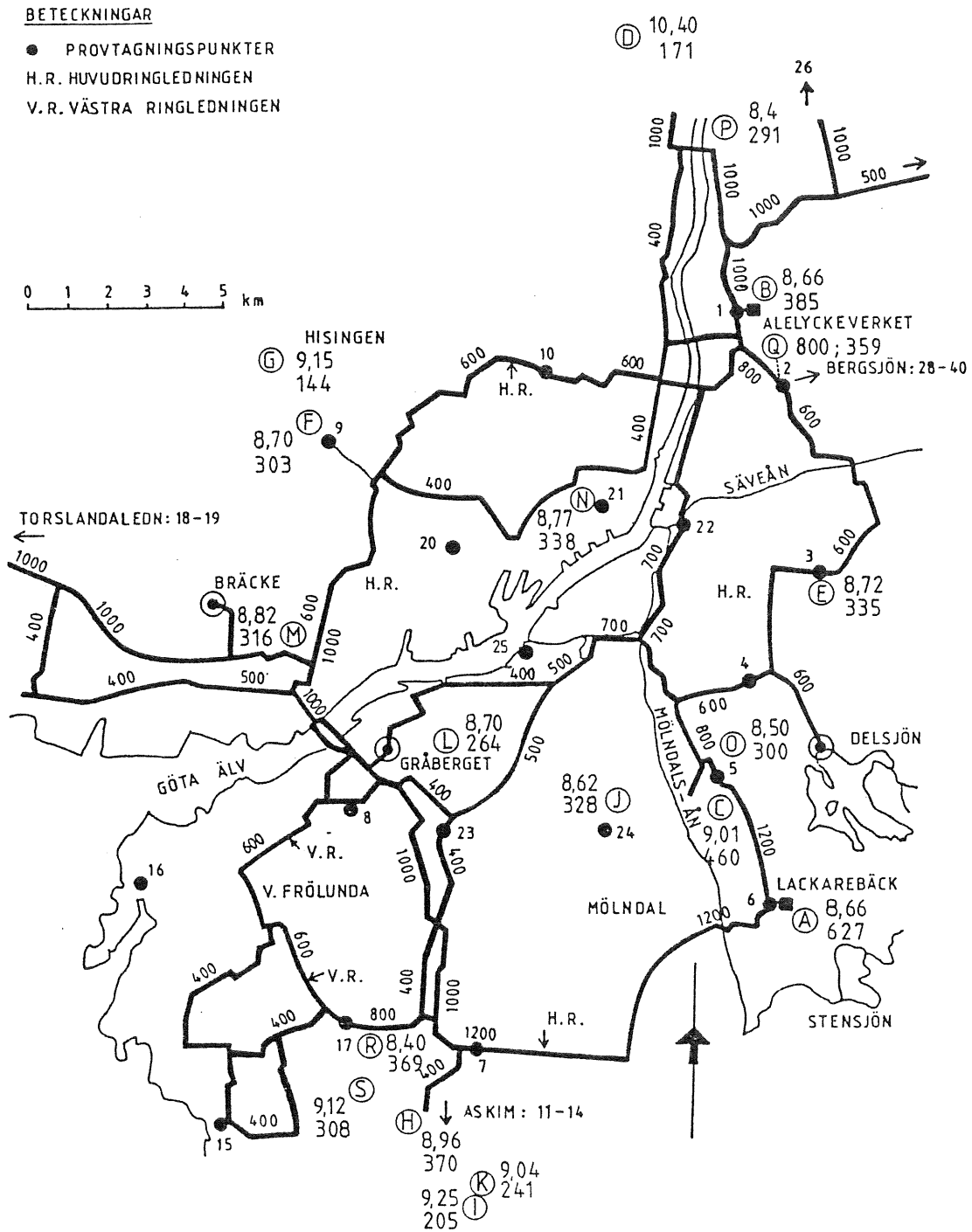


Fig 9 Redoxpotential (mV) och pH-värde längs distributionsnätet. Medianvärden under mätperioderna, överst pH-värdet och under redoxpotentialen i mV för respektive stationsuppställning.

Uppställnings- plats	Lednings- längd km	Uppehålls- tid i h vid hast 1 m/s	pH-värde			Redoxpotential mV		
			max	median	min	max	median	min
A	0	-	9,19	8,66	8,17	707	627	525
B	0	-	9,53	8,66	7,48	614	385	142
C	3,75	1,0	9,24	9,01	8,78	660	460	325
D	3,33	0,9	10,60	10,40	9,90	193	171	139
E	(8,13)	(2,3)	9,52	8,72	7,54	474	335	256
F	8,81	2,4	9,55	8,70	8,02	395	303	203
G	12,25	3,4	9,25	9,15	8,62	152	144	124
H	8,30	2,3	9,03	8,96	8,75	425	370	350
I	18,2	5,1	9,40	9,25	9,12	315	205	165
J	8,84	2,5	8,69	8,62	8,49	366	328	286
K	18,0	5,0	9,11	9,04	8,90	268	241	227
L	13,4	3,7	8,81	8,70	8,60	290	264	210
M	17,6	4,9	8,98	8,82	8,66	350	316	290
N	7,06	2,0	8,88	8,77	8,54	380	338	314
O	5,32	1,5	8,63	8,50	8,47	349	300	276
P	6,01	1,7	-	ca8,4	-	322	291	268
Q	2,79	0,8	8,67	8,00	7,90	422	359	290
R	7,43	2,1	8,64	8,40	7,69	416	369	352
S	9,64	2,7	9,20	9,12	9,02	392	308	290

Fig 10 Median- och extremvärden för redoxpotential och pH som funktion av ledningslängd. Bokstavsbeteckningarna hänför sig till stationsuppställningarna enligt fig 2 och 3.

Från materialet i figur 10 har konstruerats kurvor över pH-värdets och redoxpotentialens förändring (medianvärden) med ledningsavståndet från resp verk, fig 11.



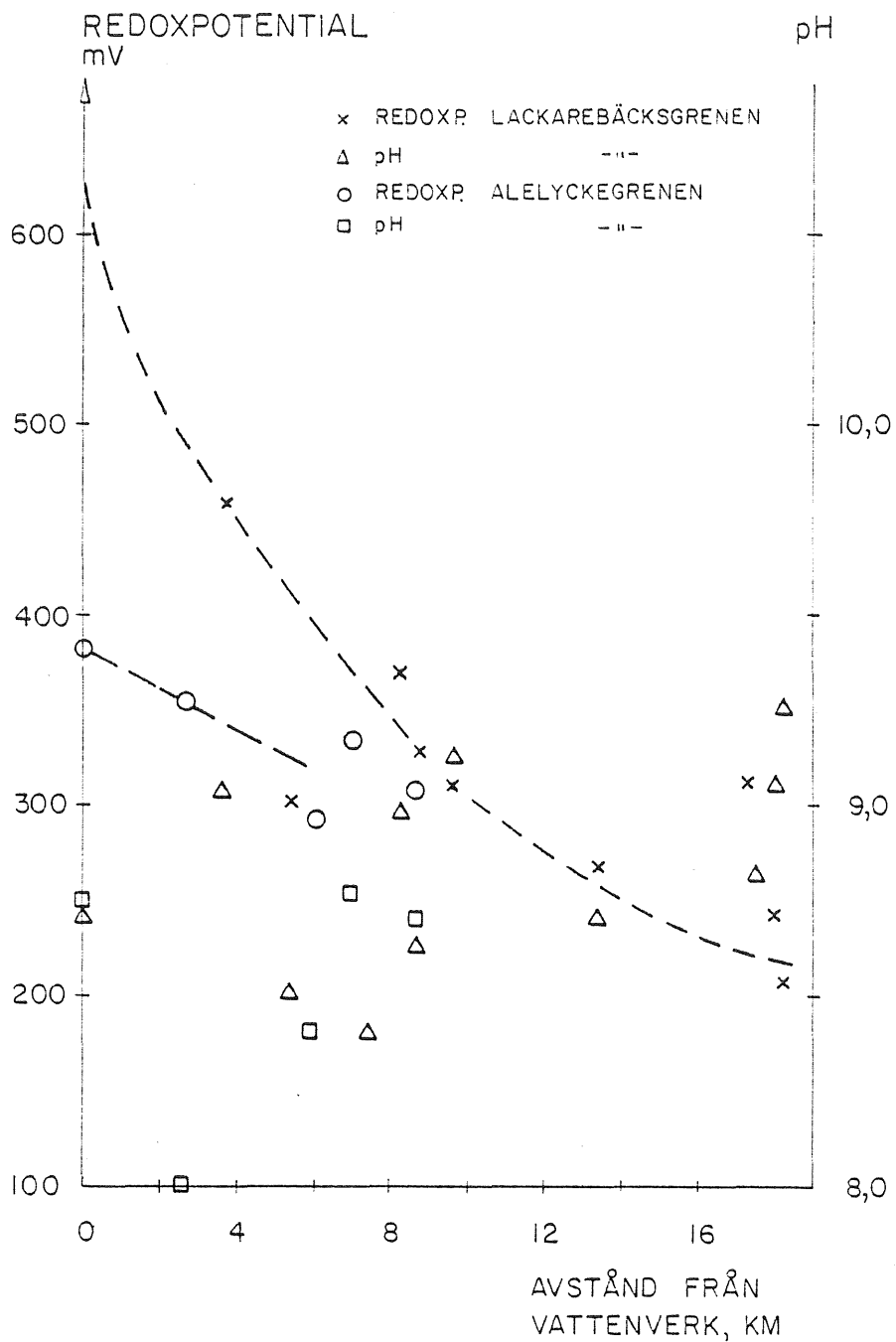


Fig 11 Medianvärden för redoxpotential och pH som funktion av ledningsavståndet från respektive vattenverk.

Tendensen är sålunda att redoxpotentialen sjunker med avståndet från vattenverket medan pH-värdena uppvisar ett mer oregelbundet mönster.

### 5.3 Mätvärden för konduktivitet och grumlighet

Konduktivitetmätningar har, som tidigare antytts, varit förenade med en del bekymmer, se kap 3. Konduktiviteten anges alltid vid 25°C varför instrumenten förses med temperaturkompensation - en känslig konstruktionsdetalj.

De värden som uppnåtts har varierat mellan 7-24 mS/m. Uppmätta maximi- och minimivärden för uppställningsplatserna enligt fig 2 och 3 har sammanfattats i fig 12.

Uppställningsplats	Ledningslängd, km	Konduktivitet mS/m		Grumlighet		
		min	max	Sigrist %	Std 2	min median max
A	0	9,8	23,4	-	-	-
B	0	10,2	20,5	9	15	48
C	3,75	10,5	11,8	-	-	-
D	3,33	12,5	15,4	23	30	55
E	(8,13)	16,1	19,3	-	-	-
F	8,81	6,9	10,7	-	-	-
G	12,25	10,6	20,0	-	-	-
H	8,30	12,0	17,5	-	-	-
I	18,2	9,8	12,1	-	-	-
J	8,84	20,7	23,7	-	-	-
K	18,0	16,6	17,5	-	-	-
L	13,4	15,6	17,0	-	-	-
M	17,6	15,7	18,6	-	-	-
N	7,06	14,2	14,7	-	-	-
O	5,32	15,0	15,8	-	-	-
P	6,01	15,1	16,0	-	-	-
Q	2,79	13,5	15,4	-	-	-
R	7,43	-	-	-	-	-
S	9,64	-	-	-	-	-

Fig 12 Mätvärden för konduktivitet och grumlighet under 1978. Bokstavs- beteckningarna hänför sig till stationsuppställningar enl fig 2 och 3.

De grumlighetsmätningar som utförts har även medtagits i fig 12. Grumlighetsmätningarna visar på olika grumlighetsnivåer vid vattenverk (Alelyckan, 15%) samt en yttre gren (Hisings Kärre, industriområde, 30%). Dessutom framgår att maximivärdena kan uppgå till dubbla medianvärdena.

Beträffande konduktiviteten behöver mätvärdena ses över ytterligare innan några korrelationsförsök företas. De lägsta värdena får nog skyllas på misslyckad temperaturkompensering. De högsta mätvärdena, ca 20 mS/m, har noterats under en sommarperiod då saltvattenuppträngning mot vattenintaget i Göta Älv inträffat.

#### 5.4 Kortintervallsprovtagning i pumpstation

Två provtagningssekvenser med timvis fyllning av provflaskor utfördes vid uppställningsplats B vid vattenverket, Alelyckan. Provflaskor fylldes timvis och analyserades. Resultaten visas i fig 13.

Alelyckan sekvens A	Prov	Datum 1978	KMnO <sub>4</sub> -förbr mg/l	Fe µg/l	Färg mg Pt/l	Extinkt 254 nm <sup>3</sup>
	1	17/8	9,0	23	< 5	44 × 10 <sup>3</sup>
	2	"	9,4	41	< 5	56 "
	3	"	8,7	23	< 5	44 "
	4	"	8,6	22	< 5	46 "
Alelyckan sekvens B						
	1	21/3	9,5	21	5	43 × 10 <sup>3</sup>
	2	"	7,3	17	5	38 "
	3	"	7,9	23	5	40 "
	4	"	8,3	24	5	42 "
	5	"	8,0	20	5	38 "
	6	"	7,4	19	5	36 "
	7	"	7,2	17	5	37 "

Fig 13 Analysresultat från timvis provsamling vid Alelyckeverket.

Variationerna under 4 resp 7 timmar är som synes måttliga. På några av ovanstående prover har syratitrering utförts, fig 14.

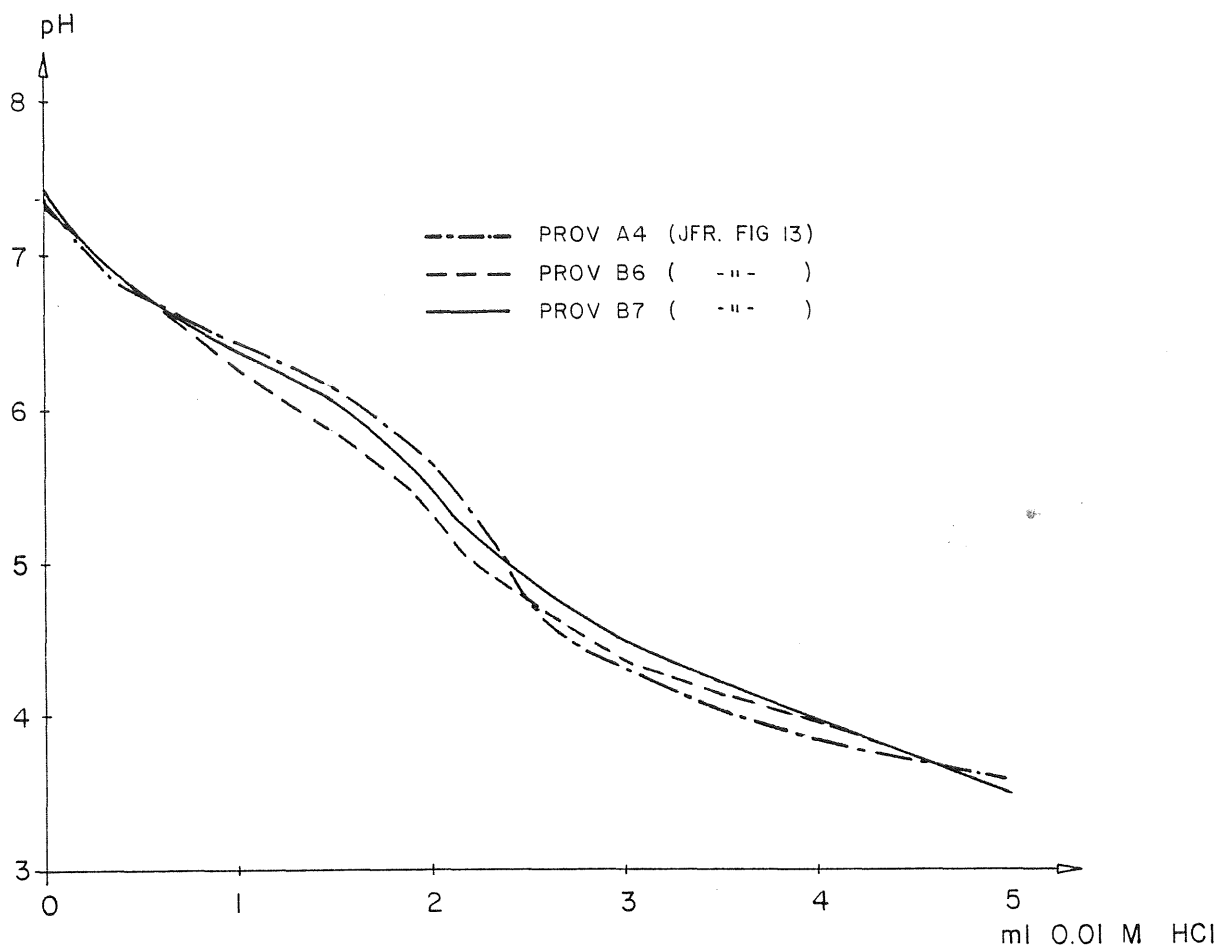


Fig 14 Syratitrering av några timvis insamlade prover vid Alelyckeverket  
För beteckningar se fig 13.

### 5.5 Stickprover i huvud- eller distributionsledningar

För att få en uppfattning om storlek och variation hos några komponenter har ett antal stickprover som tagits ur mätstationerna, analyserats, se fig 15.

Station	Mejeri gatan (C)	Alelyckan (B)	Alelyckan (B)	Alelyckan (B)	Hisings Kärra (D)	Torpa gatan (E)
Datum 1978	27/1	7/2	14/2	9/3	21/2	9/3
pH (i stn)	8,95	8,98	8,40	8,70	10,55	8,65
Redoxpotential, mV (i stn)	432	430	345	420	182	365
Konduktivitet, mS/m(i stn)	11,2	12,2	12,7	11,0	13,0	17,0
Extinktion, 254 nm, $\times 10^3$	-	52	59	32	47	33
Färg, mg Pt/l	5	5	8	<5	<5	<5
KMnO <sub>4</sub> -förbr, mg/l	6,9	8,1	9,0	7,8	6,6	7,3
Totalhårdhet, mg Ca/l	18,0	18,0	18,4	18,0	24,5	18,0
Kalcium (atomabs), mg/l	14,4	14,4	15,1	14,4	21,5	14,4
Magnesium (atomabs), mg/l	1,86	1,83	1,91	1,83	1,61	1,85
Natrium (atomabs), mg/l	11,5	9,2	9,2	9,1	9,5	9,1
Kalium (atomabs), mg/l	1,40	1,33	1,41	1,36	1,55	1,48
Järn, µg/l	21	30	39	26	53	20
Nitrat, mg/l	0,49	0,65	0,60	0,86	0,56	0,69
Sulfat, mg/l	29,4	30,1	32,3	35,4	33,4	35,4
Klorid, mg/l	13,5	12,4	11,4	11,3	11,3	11,3
Fosfat, µgP/l	6	8	7	6	26	6

Fig 15 Analys av stickprover från några stationsuppställningar.

### 5.6 Serieuppställning av mätstationer

Uppställning av tre mätstationer längs samma distributionslinje har provats vid tre tillfällen under 1978.

#### 5.6.1 Alelyckan (B) - Toredalsgatan (F) - Östergärde (G)

Rubricerade sekvens provades under början - mitten av april och tänktes svara mot vattenverk - pumpstation - lokal ledning. Toredalsgatan är benämningen på en pumpstation belägen 8,8 km från vattenverket och den första mätstationen. Ledningsdimensionen vid pumpstationen är  $\emptyset$  300 och rörmaterialiet så långt företrädesvis betong, men även rostfritt stål och gråjärn förekommer. Östergärde är ett industriområde och mätstationen hade anslutits till en tappkran i en industrifastighet. Rördimension omedelbart före tappkransinstallationen var  $\emptyset$  150 och rörmaterialiet

från Toredalsgatan var segjärn och gråjärn. Ledningsavståndet från Toredalsgatan var 3,5 km. Med en antagen genomsnittshastighet för vattnet av 1 m/s skulle uppehållstiden blir 2,5 timmar till Toredalsgatan samt ytterligare 1 timme till Östergärde.

På grund av några korttidsvariationer i doseringarna kunde vissa pulser studeras vid de olika stationerna. Den kraftigaste pulsen finns återgiven i fig 16.

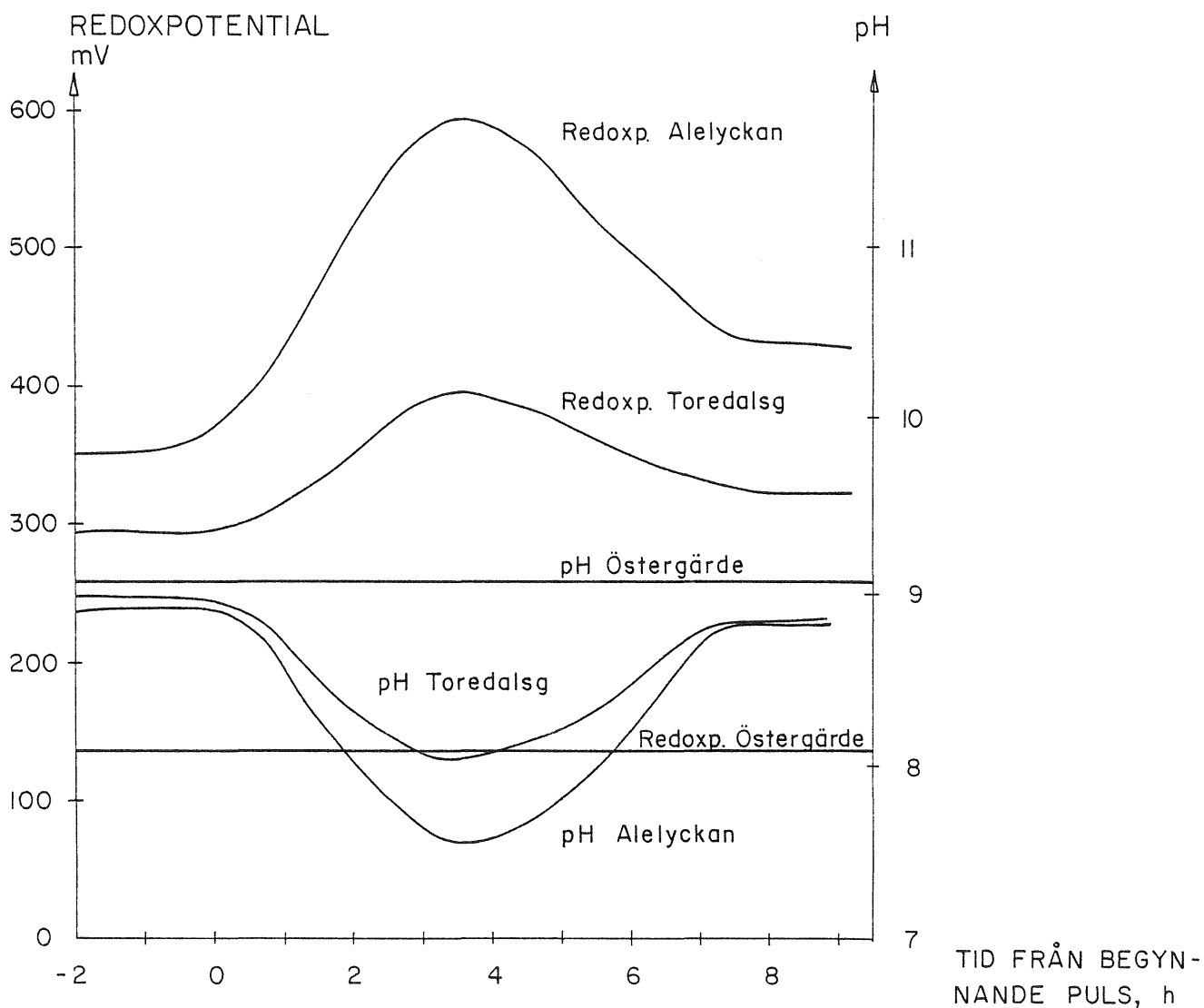


Fig 16 Variationer i pH-värde och redoxpotential vid tre mätstationer den 15/4 1978. Kurvorna för Alelyckan och Toredalsgatan är tidsförskjutna exakt 4 h. Extremvärdena inträffar här kl 12 resp kl 16 (lördag). Värdena i Östergärde påverkades ej mätbart under lördagsdygnet.

Den uteblivna påverkan i Östergärde kan förklaras av att vattenleveransen till industriområdet var liten under helgen. Liten levererad vattenmängd kan också vara en del av förklaringen till att den antagna medelhastigheten 1 m/s var för hög; den uppmätta tidsförskjutningen svarar mot 0,6 m/s. De väl bibehållna kurvformerna pekar på en hög grad av pluggflöde, medan skillnaderna i absolutvärden visar på aktivitet i den lilla skalan.

Några stickprov vid nämnda stationer uttogs även; de härstammar från den 13/4 1978. Tidsförskjutningen mellan proverna är som det visade sig, tyvärr inte adekvat, men ger ändå en uppfattning om stabiliteten hos några komponenter, fig 17.

Station Datum o klockslag, 1978	Alelyckan		Toredalsgatan		Östergärde	
	13/4	13.30	13/4	13.55	13/4	14.10
Temperatur, °C (i stn)	3,0		4,5		6,5	
pH (i stn)	8,58		8,78		9,05	
Redoxpotential (i stn), mV	394		314		145	
Konduktivitet (i stn), mS/m	(19,8)		10,2		12,2	
KMnO <sub>4</sub> -förbr, mg/l	7,2		7,2		6,9	
Sulfat, mg/l	32,6		32,6		32,4	
Klorid, mg/l	10,3		9,2		9,6	
Kisel, mg/l	2,0		2,1		2,2	
Kalcium, mg/l	13,8		13,8		13,8	
Järn, mg/l	0,020		0,065		0,581	
Färg, mg Pt/l	5		5		10	
Nitrit, µg N/l	25		23		17	
Nitrat, µg N/l	630		690		640	
Ammonium, µg N/l	40		30		40	
Kjeldahlkväve, µg N/l	190		230		200	
Fosfat, µg P/l	10		15		33	

Fig 17 Analysvärden från serieuppställning av mätstationer 13/4 1978.

Den 17/4 mättes kloröverskott (ortotolidinmetoden) i de tre mätstationerna med resultatet 0,18, 0,05 samt <0,01 mg Cl/l från vattenverket räknat.

### 5.6.2 Lackarebäck (A) - Askims Stationsväg (H) - Lindås(I)

Även denna uppställning svarar mot uppställningen vattenverk - pumpstation - lokal ledning. Ledningslängden mellan stationerna är 8,3 km resp 9,5 km, totalt 17,8 km. Rördimensionen vid pumpstationen är  $\varnothing$  400; ledningen fram till densamma domineras av betong medan materialet mellan pumpstationen och tappkran (belägen i affärsfastighet) i Lindås domineras av plast; PEH och PVC.

Några signifikanta pulser, vars fortplantning genom nätet skulle varit möjlig att följa, har varit svåra att finna, delvis beroende på tekniska problem vid mätstationerna. En puls den 19/4 kl 11.30 - 14 omfattande såväl höjning som sänkning av pH (total amplitud 1 pH-enhet), redoxpotential (160 mV) samt konduktivitet (2,2 mS/m) har sålunda endast med svårighet kunnat identifieras vid Askim kl 16.30 - 19, amplitud pH = 0,1, konduktivitet = 1,0 mS/m, redoxpotential ej tillförlitlig. Vid Lindås synes pulsen vara helt utjämnad.

Normala mätvärden från stationerna (21/4) redovisas i fig 18.

Station	Lackarebäck Askims stationsväg Lindås		
Datum, klockslag 1978	21/4 10.00	14.00	19.00
Temperatur °C	6,3	6,3	6,5
Konduktivitet, mS/m	(22,0)	12,8	11,5
pH	8,82	8,96	9,08
Redoxpotential, mV	605	360	192

Fig 18 Mätvärden från serieuppställning längs distributionsnätet 21/4 1978.

Den 26/4 1978 mättes kloröverskott vid de två senare mätstationerna med resultatet 0,28 resp 0,25 mg Cl/l.

### 5.6.3 Lackarebäck (A) - Frölunda kyrka (R) - Båtyxegatan (S)

Uppställningen, som utfördes underkort tid, motsvarar vattenverk - brandpost - tappkran i fastighet. Under uppställningstiden, ca tre dagar, besvärades en av stationerna av utrustningsproblem, varför jämförelsetiden blev kort.



En puls från verket kunde emellertid spåras, åtminstone mellan de två första stationerna. Pulsen omfattade en höjning-sänkning-höjning av redoxpotentialvärdet och motsatta rörelserna för pH-värdet. Detta gäller för de två första stationerna. För den tredje stationen noterades en utflackad kurva med en höjning av redoxpotentialvärdet och en sänkning av pH-värdet med dubbelt så lång varaktighet som för de två förra stationerna. Data från nämnda puls visas i fig 19, som även kompletterats med medianvärden under uppställningsperioden.

Station	Lackarebäck	Frölunda k:a	Båtyxegat
Ledningslängd från vattenverk, km	0	7,4	9,6
Ledningsdiameter vid mätpunkt, mm	1200	300	200
Datum, 1978	19/12	19/12	19-20/12
Pulstid	14.30-16.30	18.15-20.15	23-03
Extremvärde, redoxpotential, mV	717	416	326
Extremvärde, pH	<8	7,69	8,72
Medianvärde under hela perioden, redoxpot	660	360	308
Dito, pH	8,90	8,40	9,12

Fig 19 Mätvärden från serieuppställning längs distributionsnätet i december 1978. Flyttiden mellan de två första mätstationerna motsvarade angiven tidpunkt alltså en medelhastighet av 0,55 m/s.

## 5.7 Temperatur- och oxygenmätning

I samband med provning av utrustning mättes temperatur och oxygenhalt kontinuerligt under ca 1 dygn vardera, 29-30/5 resp 30-31/6 1978. Mätningarna utfördes i mätstation vid pumpstationen, Mejerigatan, uppställningsplats C (fig 3)..

Genomströmmande vattenmängd har varit konstant, 2,5 liter/min, och uppehållstiden från ledningssystemet till mätpunkt uppgick till ett par minuter. För båda mätningarna användes oxygenmätare av fabrikat Yellow Spring Instr.

Temperaturen varierade under försöksdygnet från 11,5 till 12,1°C. Vid starttidpunkten kl 16 den 29/5 var temperaturen 11,7°C. varefter temperaturen ökade långsamt till 12,1°C kl 18. Härefter avtog temperaturen rätlinjigt till 11,7°C kl 04 den 30/5 för att sedan åter öka rätlinjigt till 12,1°C kl 10 den 30/5 då mätningen avbröts.

Instrumentet användes sedan som oxygenmätare. Från kl 11 30/5 till kl 08 31/5 visade mätaren 10,4 mg O<sub>2</sub>/l med avvikelser som aldrig blev större än linjetjockleken på skrivaren. Detta motsvarar en syremättnad av  $10,4/10,8 = 96\%$  vid den aktuella temperaturen.

## 5.8 Kloroformtest

Tre provtagningsomgångar har utförts med analys av kloroformhalten vid olika avstånd från vattenverken. Analyserna visade en svag, något oregelbunden ökning av kloroformvärdena längs distributionsnätet, se fig 20.

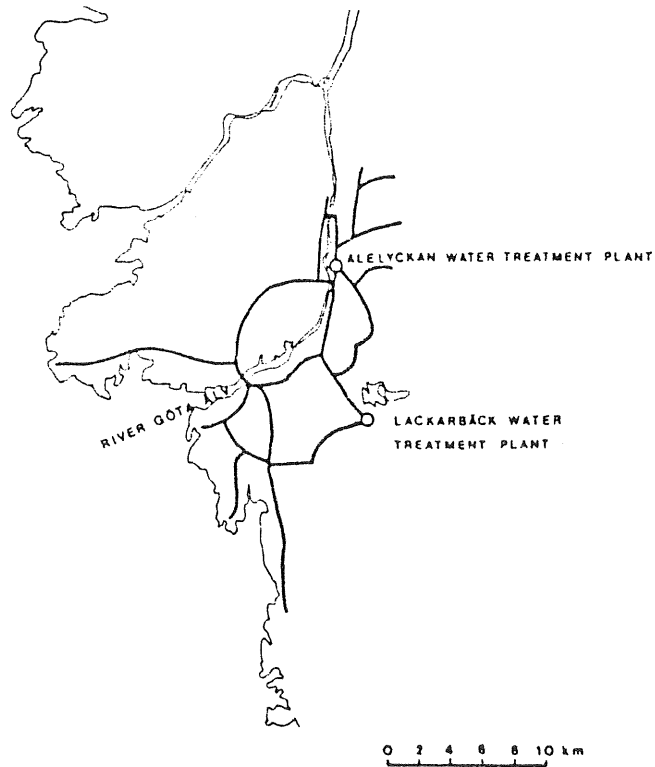
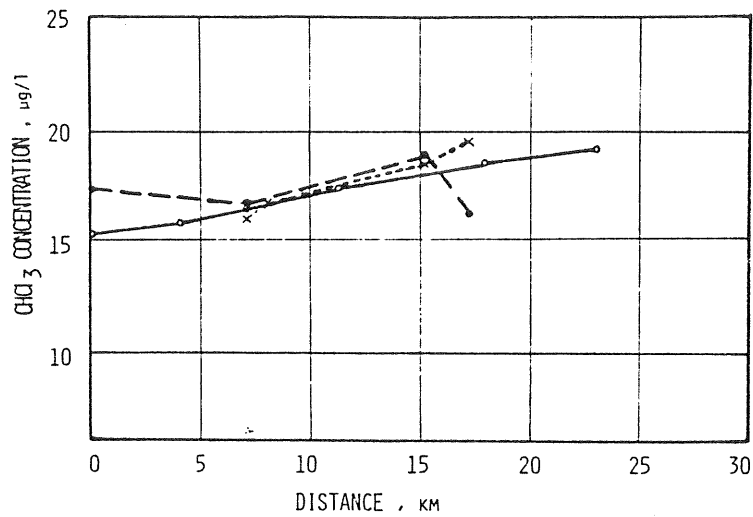


Fig 20. Kloroformhaltens variation med avståndet från vattenverket vid tre olika provtagningsomgångar. (Oxidation Techniques in Drinking Water Treatment Karlsruhe 1978).

## 6 KOMMENTARER

Den första delen av Dricksvattenprojektets arbete längs distributionsnätet har, som framgått, ägnats åt ett angrepp på tämligen bred front med metodikfrågor i förgrunden. De mobila mätstationerna har succesivt förbättrats och förefaller kunna göra nytta på flera sätt, framför allt som kontrollinstrument för stabiliteten i vattenverksdriften.

Allmänt kan sägas att våra kunskaper vad gäller växelverkan mellan kemiska och biologiska krafter i ledningsnätet är bristfälliga och det är en förhoppning att de variationsmönster som hittills uppmätts kan vara en ingång till studier av sådana effekter.

