

## Een geïntegreerd meetstation voor het beheersen van de kwaliteit van het water in het dal van de Ohio\*)

De invoering van het robot meetstation-systeem door de Ohio River Valley Water Sanitation Commission (ORSANCO) in 1960 bood de kans een nieuw middel voor het beheersen van de kwaliteit van het rivierwater toe te passen. In die tijd introduceerde de ORSANCO (een overkoepelende instantie ter bestrijding van de waterverontreiniging) een geavanceerd systeem voor het automatisch meten van variaties in de kwaliteit van het rivierwater.

Ongeveer tien jaar eerder was de ORSANCO begonnen met een meetstationssysteem met handbediening, waarbij conventionele laboratoriummethoden werden toegepast voor de meting van de kwaliteit van het water. Hoewel in het kader van dat systeem — het eerste van zijn soort in het land — stelselmatig gegevens op regionale basis werden verzameld en geïnterpreteerd, liet het nog wel wat te wensen over. De drie belangrijkste tekortkomingen aan een meetstationssysteem met handbediening zijn:

1. de kosten;
2. de beperking van de frequentie, waarmee analyses kunnen worden verricht;
3. de vertragingstijd tussen het verzamelen van monsters en het verkrijgen van analyse-uitkomsten om de kwaliteit van het rivierwater te kunnen beoordelen.

Gedurende de jaren vijftig begon de ORSANCO de mogelijkheden te verkennen om apparatuur te ontwikkelen die automatisch de waterkwaliteitsparameters zou kunnen meten en de resultaten doorzenden naar de centrale post van de ORSANCO. Na de aanvankelijke exploratie en een tweetal jaren ontwikkelingswerk bouwde de ORSANCO een prototype veldmeetstation en een centraal ontvangstation. Vervolgens werden extra veldmeetstations en gegevensverwerkende installaties ingericht om het geïntegreerde systeem, dat nu in werking is, tot stand te brengen.

### Een systeem van 14 stations

Het huidige systeem bestaat uit acht veldstations aan de rivier Ohio en zes aan zijrivieren, een centraal ontvangstation en een informatieverwerkingscentrum. Alle veldstations zijn uitgerust

met zenders voor het doorzenden van gegevens naar de centrale post via gehuurde telexlijnen.

Elk veldstation is uitgerust met meer-voudige analysatoreenheden, die werken met behulp van opnemers voor het meten van de volgende waterkwaliteitsparameters: pH, redoxpotentiaal (ORP), chloride, opgeloste zuurstof, geleidingsvermogen, temperatuur en zonnestraling.

Niet elk station is echter zodanig uitgerust dat het alle zeven metingen kan verrichten. In feite is elk station zo ingericht dat het slechts die metingen verricht, die op die speciale plaats van belang worden geacht. De chloride analysator kan bijvoorbeeld worden verwijderd uit een station, waar het chloridegehalte van de rivier laag is en geen belangrijke lozingen van chloride bevattend afvalwater plaatsvinden. De redoxpotentiaal is bij enige stations opgenomen op experimentale grondslag, teneinde een correlatie vast te stellen tussen de toestand van oxydiatie of reductie en de kwaliteitstoestand.

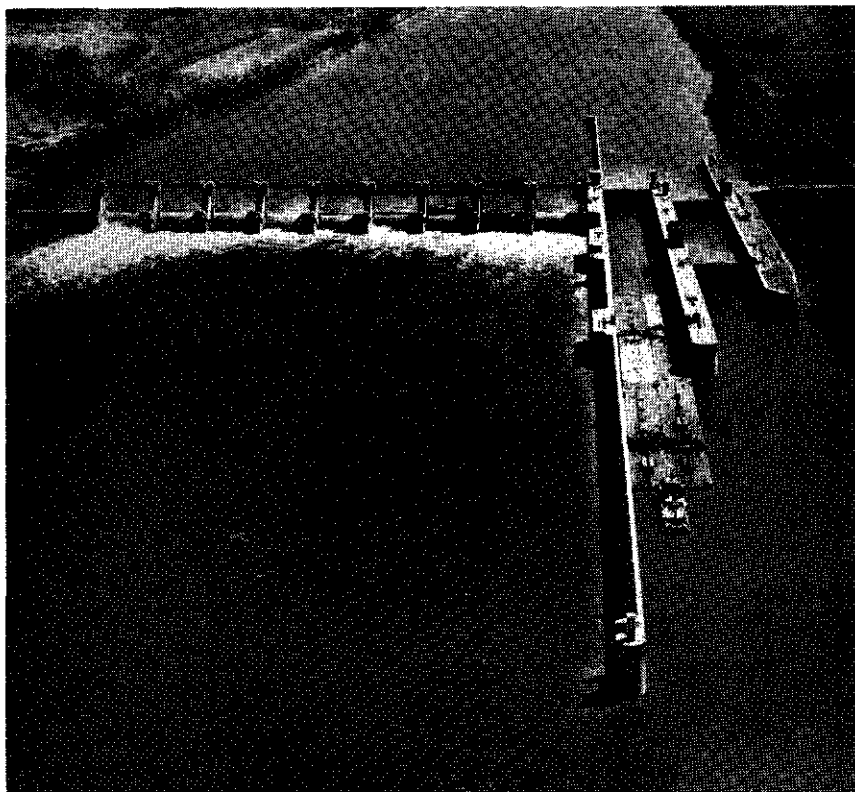
Wij vonden het nuttig de meetstations te plaatsen in gemeentelijke waterzuiveringsinstallaties en in krachtcentrales langs de rivier, aangezien hierbij grote hoeveelheden water worden opgepompt.

Door uit de inlaatleidingen van deze installaties af te tappen kan namelijk een meer representatief monster rivierwater door het meetstation worden geleid dan het geval zou zijn, als elk zijn eigen pomp en buisleiding naar de rivier had moeten hebben.

Door meetstations in deze installaties onder te brengen behoeven ook geen kosten te worden gemaakt voor de bouw van aparte behuizingen en is er ter plaatse personeel beschikbaar om er op toe te zien, dat er een voldoende toevoer van ruw water blijft plaatsvinden, en om de opnemers en doorstroomcellen te reinigen.

De centrale post van ORSANCO roept automatisch eenmaal per uur op. Als antwoord geeft het station de afgelezen kwaliteitswaarden door, zoals zij op dat

*De nieuwe Greenup-sluiz in de Ohio River nabij Huntington in West-Virginia. Dit is een van de 19 nieuwe sluisen die in de Ohio zijn gebouwd ter vervanging van de 46 oude. Deze modernisering heeft 1 miljard dollar gekost.*



\*) Uit: Environmental Science and Technology 2 (1968), 10, 764-771.  
Copyright: American Chemical Society.

ogenblik worden gemeten. De op de centrale post ontvangen gegevens worden op een papierband geponst om in het magneetschijfgeheugen van de computer te worden opgeslagen en worden op een tabel getypt in conventionele eenheden voor visuele bestudering.

Een IBM 1130 systeem verwerkt gegevens met gebruikmaking van twee wijzen van invoer:

Een standaard IBM gecodeerde invoer met 8 kanalen, 1 inch breed, van het oneven-pariteitstype, waarbij de informatie-elementen worden weergegeven door een oneven aantal ponskopen op de band.

Directe invoer naar het schijvenpakket van de computer door middel van een toegangskanaal vanuit het centrale station.

De invoersnelheid in de computer met ponsband is veel geringer dan bij de laatstgenoemde wijze van invoer.

Studies hebben aangetoond dat op grond van relatieve kosten van apparatuur voor het werken met verschillende invoermedia, van de snelheid, waarmee de gegevens kunnen worden verwerkt en van de verbruikte computertijd het goedkoper is ponsband en een directe opslag in een magneetschijfgeheugen te gebruiken dan ponskaarten of magneetband.

Bij het gebruik van papierband heeft men te maken met het probleem, dat er nu en dan een defect optreedt in de bandponseenheid. Om aan deze moeilijkheid het hoofd te bieden zijn pariteitsverklikkerlampjes in de ponsapparatuur ingebouwd, zodat de fout kan worden verholpen, vóórdat de band in de computer wordt verwerkt.

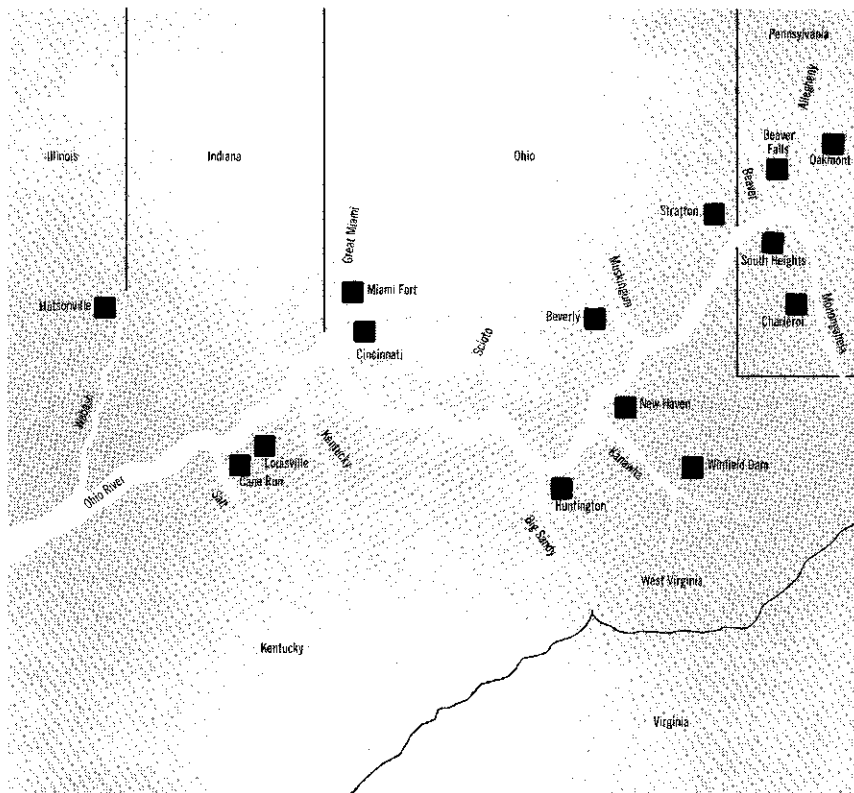
### Oproep frequentie

Bestudering van ongeveer twee miljoen informatie-elementen gaf ons de overtuiging dat een bemonsteringsinterval van één uur voldoende is voor het beoordelen van de variaties in de waterkwaliteit. Hiaten in de informatie kunnen zeer ernstig zijn, vooral bij extreme waarden, als de oproep frequentie wordt teruggebracht tot éénmaal in de twee uur.

Een ander punt van overweging is het onderling verband tussen bepaalde kwaliteitskenmerken. Om dit verband te bestuderen hebben wij tenminste 20 paar waarden nodig voor het verkrijgen van in statistisch opzicht zinvolle resultaten op een dagelijkse basis. Uit een praktisch oogpunt duidt deze eis op de wenselijkheid de stations tenminste éénmaal per uur op te roepen.

Een andere factor is nog het opsporen van overstortingen en toevallige lozingen naast ongewone natuurlijke gebeurtenissen.

In het ideale geval zouden ongewone omstandigheden moeten worden geïdentificeerd, telkens wanneer zij optreden, maar, aangezien een meetstation slechts een beperkt aantal metingen heeft en geen onderscheid kan maken tussen na-



Het stroomgebied van de Ohio.

tuurlijke en door de mens geschapen omstandigheden, wordt een tussenruimte van één uur gekozen als een praktische benaderingswijze voor het opsporen van kwaliteitsveranderingen.

### Meting op afstand tegenover registratie ter plaatse

Op grond van een zeven jaar lange ervaring met het systeem komen wij tot de slotsom, dat meting op afstand de voorkeur verdient boven meting ter plaatse als methode voor het verzamelen van gegevens. Het voornaamste voordeel van meting op afstand is dat de informatie onmiddellijk na ontvangst kan worden verwerkt. Bovendien worden storingen in de apparatuur snel ontdekt en kunnen onmiddellijk worden verholpen, soms per telefoon.

Bij registratiestations is er eerst een vertraging van een week vanaf het tijdstip van aanvang van de optekening op de strook tot het moment dat de strook uit het meetstation wordt gehaald en naar de centrale post wordt opgestuurd. Een verdere vertraging — en hogere kosten — zijn inherent aan de opmaak en het „lezen” van de strook om de gegevens over te brengen op de papierband, voordat zij door de computer worden verwerkt. Een ander nadeel is dat de verwerking door de computer op een andere wijze moet plaatsvinden en meer kosten met zich meebrengt, omdat de waarden op de papierband niet in conventionele eenheden zijn.

Het enige nadeel van het meten op af-

stand ligt in de bijkomende kosten van de huurlijnonvangst. Dit nadeel wordt echter ruimschoots goed gemaakt door de voordelen. Zo heeft ORSANCO alle registrerende instrumenten vervangen door telemetrische zenders.

### Onderhoud en bediening

Meetstations worden onderhouden en bediend door een regeling met het plaatselijke personeel op iedere standplaats en door een contract met Schneider Instrument Co. te Cincinnati. Deze firma fungeert ook als elektronisch adviseur van ORSANCO in de ontwikkeling en wijziging van de automatische meetstations.

Het personeel ter plaatse reinigt wekelijks de opnemers en doorstroomcellen zonder kosten voor ORSANCO. De doelmatigheid van het systeem hangt af van de grondigheid en regelmaat, waarmee deze functies worden verricht. Met tussenpozen van twee weken verleent Schneider service voor elk meetstation. Elke analysator-eenheid wordt geijkt naar vergelijkingsstandaarden om te garanderen dat de afgelezen waarden binnen een tolerantielimiet van 1 % liggen. De lopende kosten van deze service bedragen gemiddeld ongeveer \$ 1250 per jaar en per station; over 1965 liggen deze kosten 25 % hoger. Deze stijging kan worden toegeschreven aan een verhoging van de kosten voor arbeidslaan en de vervanging van onderdelen, alsmede aan uitbreiding van het service-programma.

De kapitaalsinvestering voor de ontwikkeling en vervaardiging van apparatuur — die veertien veldstations en het centrale ontvangstation omvat — bedroeg \$ 163,000. De bedrijfskosten van het geïntegreerde systeem komen op \$ 53,500 per jaar, gebaseerd op het huidige bedrijfssysteem en de kosten van 1967. De kosten kunnen als volgt worden opgesplitst:

*onderhoud en reparatie* — veldmeetstations (tweewekelijks onderhoudsschema's + centraal ontvangstation \$ 18,600;

*huurlijn ontvangst* — 611 mijl voor circa \$ 1.00 per maand per mijl + de maandelijkse servicekosten per plaats \$ 11,300;

*gehuurde informatieverwerkende apparatuur* \$ 23,600.

De verwachte levensduur van de apparatuur is zeven jaar. Tegen die tijd kan vervanging noodzakelijk zijn wegens buitensporig hoge onderhoudskosten, veroudering of een combinatie van beide. Bij deze verwachte gebruiksduur van de apparatuur en een rentevoet van 5 % zijn de totale jaarlijkse kosten van het robot meetstationsysteem, met inbegrip van afschrijving en exploitatie, ongeveer \$ 74,000.

Het systeem produceert ongeveer 650.000 waterkwaliteitsgegevens per jaar, voor ongeveer 11 dollarcent per gegeven, waarvan 8 dollarcent voor het verzamelen en 3 dollarcent voor het verwerken van de gegevens. Alleen al het verzamelen van dezelfde gegevens volgens conventionele laboratoriummethoden kost \$ 2.20 per gegeven.

### Gegevensverwerking

Het informatieverwerkende centrum bestaat thans uit een IBM 1130, 2 B computersysteem, met een geheugencapaciteit van 8 K en een schijvenpakket, een 1134 ponsbandlezer en een 1055 ponsmachine, een 1442 kaartlees-ponseenheid, een 1132 regeldrukker met gemiddelde snelheid, en een 029 vertolkende ponsmachine. Het centrale ontvangsysteem is aangesloten via een direct toegangskanaal op het geheugen.

Het robot meetstation systeem verzamelt zo veel informatie, dat verwerking hiervan met de hand technisch en economisch onmogelijk wordt. Een samenvatting van de gedurende één jaar verzamelde gegevens met etmaalgemiddelden, maxima en minima voor alle kwaliteitsparameters op alle stations zou met de hand 150 man-jaren vereisen.

De eerste stap in de verwerking van informatie is de opmaak en de juistheidscontrole. De opmaak is vereist niet vanwege de mogelijkheid van een menselijke fout, maar vanwege de mogelijkheid van een fout van het instrument of van een defect in de apparatuur. Als de fouten niet worden opgespoord en gecorrigeerd, zouden de resultaten van de daarop vol-

OPERATIONAL REPORT FOR SEPTEMBER 3, 1968								
STA		ORP	TEMP	COND	PH	SR1	DO	CL
1	N	14	14	14	14	0	14	14
	MAX	362	79.3	380	7.78	0.00	7.04	47
	MIN	226	78.3	372	7.29	0.00	4.98	26
2	N	14	14	14	14	9	14	14
	MAX	335	80.8	546	7.28	1.03	7.32	49
	MIN	327	80.0	505	7.20	0.04	6.92	41
3	N	13	13	13	13	8	13	13
	MAX	325	82.5	529	7.13	1.24	6.28	108
	MIN	196	81.4	523	6.86	0.05	2.18	103
4	N	0	15	15	15	0	15	15
	MAX	0	81.5	1286	7.16	0.00	6.76	224
	MIN	0	79.7	1192	7.08	0.00	5.66	180
5	N	14	15	15	15	10	15	15
	MAX	407	80.5	580	7.10	0.89	8.78	53
	MIN	316	79.0	576	6.95	0.02	7.06	51
6	N	0	15	15	15	9	15	0
	MAX	0	77.6	545	7.20	0.94	6.44	0
	MIN	0	77.0	529	7.00	0.08	5.78	0

Afdruk. De computer drukt de gegevens af en controleert de betrouwbaarheid voor de zeven waterkwaliteitsparameters en elimineert foutieve resultaten.

gende informatieverwerking hun betrouwbaarheid verliezen. Het elimineren van duidelijk onjuiste gegevens is één van de belangrijkste functies van de computer.

Vijf criteria en testen zijn opgesteld als de grondslag voor het controleren der gegevens op juistheid:

#### Testsignaal

Elke overdracht vanuit een telemeterstation omvat een testsignaal, dat op drie manieren wordt gebruikt om aan te geven of de onderdelen van de apparatuur goed functioneren. Een variatie van 3 % in het signaal is toegestaan. Een gebrekkig signaal kan erop wijzen dat de energievoorziening op het veldstation niet op het juiste niveau ligt of dat de transmissieleidingen uit hun balans zijn. Telkens wanneer een gebrekkig signaal wordt ontvangen worden alle kwaliteitsgegevens, die in die speciale transmissie zijn opgenomen, van verdere verwerking uitgesloten.

Het testsignaal kan ook een aanwijzing geven of het water met een behoorlijke snelheid door de doorstroomcel van het meetstation heen gaat. Als de watertoevoer naar een eenheid beneden twee gallon per minuut daalt, wordt het signaal overgedragen op de helft van de normale sterkte, totdat de stroming is hersteld.

Als dit geval zich voordoet, worden alle in de transmissie opgenomen gegevens uit de verdere verwerking geëlimineerd, met uitzondering van zonnestraling, die geen relatie heeft met de stroming. Service aan een meetstation wordt aangegeven door een testsignaal, dat wordt doorgegeven op één tiende van de nor-

male sterkte voor één oproeping. Variaties in de informatie, die voortvloeien uit de ijking van analysators en telemeter-installaties worden automatisch geïdentificeerd voor gebruik bij het controleren van de gegevens op betrouwbaarheid, waarbij de juiste correcties kunnen worden aangebracht in de geregistreerde gegevens.

*Stationscontrole* garandeert, dat de juiste betrouwbaarheidsgrenzen zijn gekozen voor gegevens afkomstig van een bepaald station.

*Dag-volgorde-controle* garandeert, dat de juiste maandelijkse betrouwbaarheidsgrenzen zijn aangehouden voor gegevens, die gedurende de bewuste dag zijn ontvangen.

*Uur-volgorde-controle* garandeert, dat alleen gegevens, die tijdens de laatste oproeping van een station zijn ontvangen, voor verwerking worden aangehouden. Deze test laat meer dan één oproeping gedurende een uur toe (dit komt soms voor, wanneer het systeem met de hand wordt bediend voor ijkdoeleinden).

*Betrouwbaarheidsgrenzen.* De waarde of grootte van elk gegeven wordt op drie manieren getoetst:

De eerste test, die vaststelt of de waarde wel of niet binnen de mogelijke grenzen ligt, wordt toegepast tijdens het lezen van de ponsband voor opslag in het magneetschijfgeheugen. Het is bijvoorbeeld onmogelijk, dat de afgelezen temperatuur voor de rivier de Ohio minder dan 40 graden F. in augustus of meer dan 80 graden F. in februari bedraagt.

Maandelijkse grenzen, zoals deze, wor-

den vastgesteld en, indien zij worden overschreden, worden de gegevens verworpen.

De tweede test, die voorwaardelijk is, bepaalt of een waarde redelijk is. Op grond van ervaring worden normale limieten voor elke kwaliteitsparameter vastgesteld. Deze limieten zijn voor elk station en voor elk jaargetijde verschillend. Telkens wanneer waarden worden aangetroffen, die buiten twee standaardafwijkingen van het gemiddelde liggen moet de persoon, die de gegevens analyseert, beoordelen of de waarde moet worden verworpen of voor verdere verwerking opgenomen.

De derde test, die ook voorwaardelijk is, bepaalt of het tempo van verandering in een kwaliteit sneller is dan normaal. Deze test berust op het feit, dat de variaties van de waterkwaliteit een zekere volgorde vertonen en niet volkomen willekeurig zijn. Met deze test kan men ongewone schommelingen in de kwaliteit constateren, ook al liggen de kwaliteitsniveaus binnen de normale grenzen. Deze test is een waardevol hulpmiddel zowel voor het vaststellen van ongewone kwaliteitstoestanden als voor het ontdekken van defecten in de apparatuur. Nogmaals, of de waarden, die zijn opgetekend tijdens perioden van ongewone veranderingen al of niet voor verdere analyse worden gebruikt, is een kwestie van persoonlijke beoordeling.

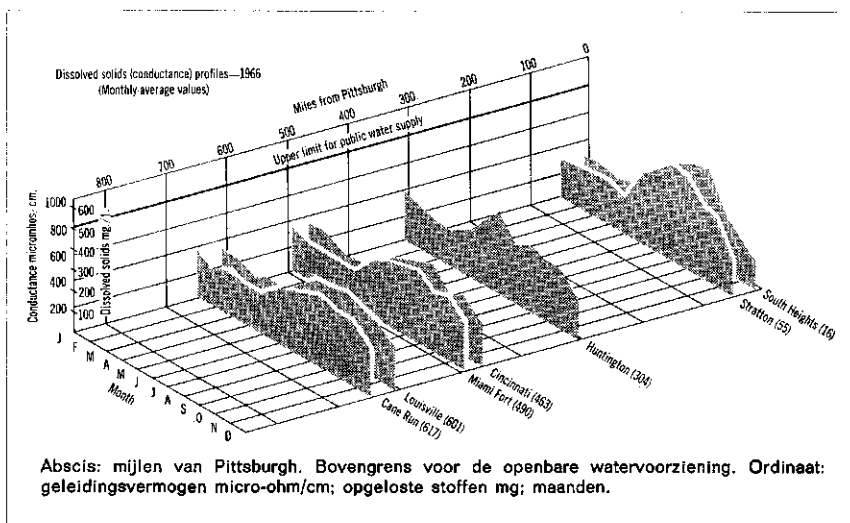
Het thans door ORSANCO gebruikte robot meetstationsysteem kan meer dan 650.000 informatie-elementen per jaar leveren.

In feite wordt iets minder ontvangen vanwege nu en dan optredende storingen in de apparatuur en uitval van uurlijnen. Bovendien zijn enige van de ontvangen gegevens foutief en moeten bij de opmaak worden verworpen. Als er geen omissies waren in de overdracht van informatie en geen fouten, dan zou de hoeveelheid voor verwerking aanvaardbare gegevens met 15 % tot 25 % boven de huidige ontvangst toenemen. De voor verwerking aanvaardbare hoeveelheid gegevens zal stijgen naarmate de componenten van het systeem en de functionering steeds beter worden.

De taak van de opmaak der gegevens om fouten te elimineren kan grotendeels door programmering van de computer worden vervuld — ongeveer 99 % van de beslissingen over het aannemen of verwerpen van gegevens wordt automatisch genomen. De resterende 1 % moet op persoonlijke beoordeling zijn gebaseerd.

#### Samenvatting van gegevens

De gegevens uit het meetstationsysteem worden in een dagelijks en maandelijks rapport samengevat. Het dagelijks rapport verschaft de bedrijfsinformatie, die het personeel van de ORSANCO nodig heeft voor onderhoud en bediening van



Abscis: mijlen van Pittsburgh. Bovengrens voor de openbare watervoorziening. Ordinaat: geleidingsvermogen micro-ohm/cm; opgeloste stoffen mg; maanden.

Opgeloste stoffen; geleidingsvermogen - 1966 (maandgemiddelden).

het interne meetstationnet. Het ene gedeelte van de samenvatting toont beknopt voor elke parameter het aantal uur-waarden, dat in een periode van 24 uur werd verworpen; in het andere gedeelte zijn het aantal geaccepteerde uur-waarden alsmede de waargenomen maximum en minimum waarden aangegeven.

Voor elke kwaliteitsparameter is in de maandelijkse samenvatting aangegeven N: Aantal aanvaardbare waarden.

Max. Uur: Hoogste per uur waargenomen waarde.

Max. Dag: Hoogste gemiddelde dag-waarde.

Gem.: Rekenkundig maandgemiddelde van alle waarden.

Min. Dag: Laagste gemiddelde dag-waarde.

Min. Uur: Laagste per uur waargenomen waarde.

ORSANCO tracht te voldoen aan de behoefte aan recente informatie over het kwaliteitsbeeld en geeft daartoe een maandelijks bulletin uit, de „ORSANCO Quality Monitor”. Deze publicatie, die op aanvraag kosteloos bij de commissie verkrijgbaar is, geeft een beoordeling van het kwaliteitsbeeld in de rivier de Ohio en in enige zijrivieren op grond van metingen van het robot meetstation-systeem.

#### Praktische toepassingen

Het robot meetstationsysteem heeft een aantal praktische toepassingen. Een belangrijke toepassing is het opsporen van overstortingen en toevallige lozingen. Door veranderingen in kwaliteitsparameters op meetstations op te tekenen kunnen duur en effect van de stof in een rivier worden bepaald. Deze informatie, gepaard aan debietvoorspellingen van het meteorologisch instituut, waarschuwt de benedenstrooms gelegen waterleiding-

bedrijven, wanneer de afvalwatergolf naar verwachting de inlaat zal hebben bereikt en van welke aard de verontreiniging waarschijnlijk is.

Een voorbeeld is het opsporen van een stof tijdens een aanzienlijke vissterfte. Een snelle stijging van het geleidingsvermogen en een daling van de pH deed zich voor bij het meetstation te Oakmont, Pennsylvania, aan de rivier de Allegheny. Deze veranderingen werden teweeggebracht door de afvoer van zuur water uit een bovenstrooms gelegen reservoir. Tegelijkertijd bleek volgens het meetstation het zuurstofgehalte in de rivier normaal te zijn. Een onderzoek bracht aan het licht, dat de vissterfte was veroorzaakt door een stof, die enige tijd eerder bovenstrooms geloosd was. Door de afgelezen waarden van het pH en het geleidingsvermogen benedenstrooms na te gaan werd de golf water, die de stof bevatte, opgespoord. Een week later en een honderd mijl stroomafwaarts werden meer vissen gedood precies op het tijdstip, dat het water aankwam. Als het niet mogelijk was geweest deze lozing op te sporen, dan zou het gekeken hebben alsof er geen verband tussen de beide gevallen was en zou de oorzaak van de vissterfte benedenstrooms niet bekend zijn geweest.

Het meetstation is ook gebruikt om uitgebreide ongewone toestanden met betrekking tot de opgeloste zuurstof te ontdekken. Een dergelijk geval deed zich voor, toen hevige regenbuien een einde maakten aan een lange periode van droogte en hitte. Het gehalte aan opgeloste zuurstof in het rivierwater was drie dagen lang erg gedaald. Wij kwamen tot de slotsom, dat één der oorzaken lag in de plotselinge stijging van de zuurstofbehoefte door afval, rottende planten en andere stoffen, die door de regen in de rivier waren gespoeld. Het robot meetstationnet toonde aan, dat de uitwerking op het zuurstofniveau zich uitstrekte

over een aanzienlijk gedeelte van het dal van de Ohio. Daarom was het mogelijk vast te stellen, dat de situatie te maken had met natuurlijke oorzaken.

Tenslotte hebben de robot meetstations het mogelijk gemaakt een beter begrip te vormen van het verband tussen opgeloste zuurstof, afvoer van de rivier en afvalwaterzuiveringspraktijken. Een van de steden had moeite het gewenste zuurstofgehalte in de Ohio beneden het lozingspunt van het effluent van zijn rioolwaterzuiveringsinstallatie op peil te houden. De stad meende de toestand te kunnen verbeteren door de behandeling van het afvalwater in de installatie tot een hogere zuiveringsgraad op te voeren. Uit een onderzoek bleek echter, dat de situatie nog ingewikkelder was geworden door het feit, dat de opgeloste zuurstof bovenstrooms van de stad af en toe beneden het gewenste niveau lag, ook al werd dat traject van de rivier niet beïnvloed door afvalwaterlozingen. Meetstations werden bovenstrooms en benedenstrooms van de stad geplaatst om de situatie te bestuderen en informatie te verschaffen voor een toekomstig beleid.

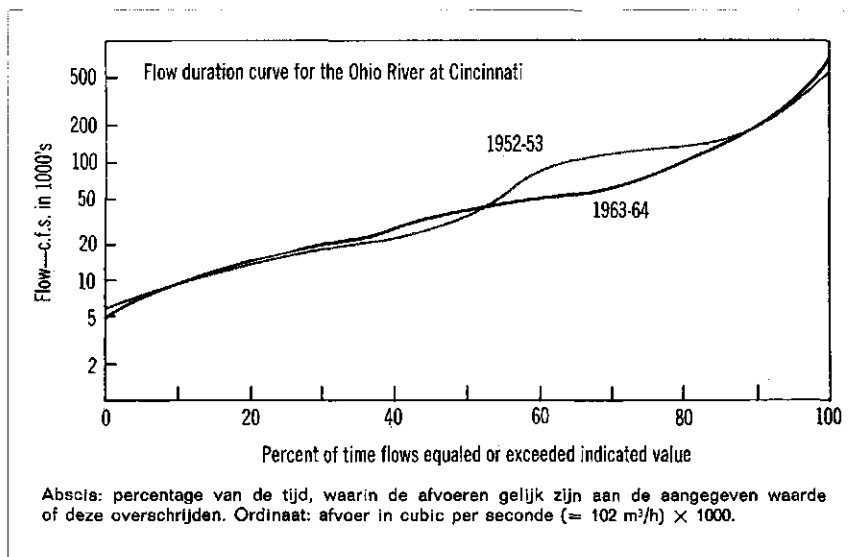
Een van de resultaten van de studie is geweest de ontwikkeling van een empirische vergelijking, die een veelbelovend hulpmiddel biedt voor het voorspellen van de zuurstoftoestand benedenstrooms op basis van veranderingen in het zuurstofpeil bovenstrooms en de afvoer van de rivier.

Steunend op deze ervaring heeft een andere grote stad langs de Ohio een soortgelijke installatie gemaakt om na te gaan of dezelfde wijze van toepassing hier geldt. Een verder resultaat is geweest de ontwikkeling en het gebruik van computerprogramma's voor het zuurstofprofiel, toepasbaar op het gehele 1000 mijl lange traject van de Ohio met gebruikmaking van gegevens uit het meetstation systeem.

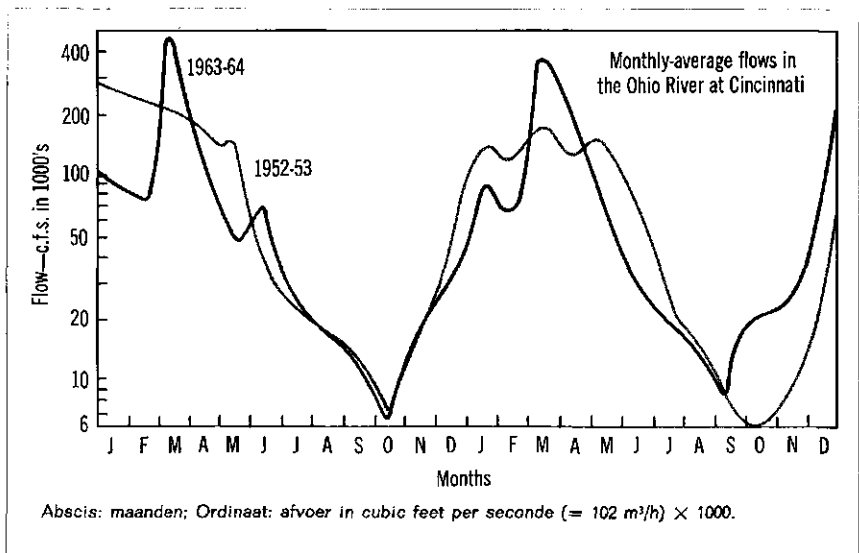
Ervaringen van dit soort tonen de mogelijkheden van automatische meetstations voor het ontwerpen van in de systeemfilosofie passende bewerkingen voor het waterkwaliteitsbeheer. Het is ook mogelijk de afvalwaterzuiveringswerkzaamheden zodanig bij te sturen, dat de gewenste kwaliteit van het rivierwater tegen de geringste kosten kan worden bereikt.

#### Ontwikkelingen

Doordat in toenemende mate het accent is komen te liggen op de bestrijding van de waterverontreiniging, zijn er niet alleen steeds meer automatische meetstations aangeschaft, maar zijn er ook veel meer fabrikanten door aangetrokken. Tegelijkertijd is er een dringende behoefte aan nieuwe en verbeterde instrumenten op alle aspecten van het gebied, in het bijzonder ten aanzien van opnemers, duurzaamheid op lange termijn en minder kostbare onderdelen. Het aantal opnemers bijvoorbeeld, dat



Afvoerduurlijn voor de rivier de Ohio bij Cincinnati.



Gemiddelde maandaflower in de rivier de Ohio bij Cincinnati.

thans verkrijgbaar is, verschilt slechts weinig van het aantal opnemers dat verkrijgbaar was toen de ORSANCO zijn programma in 1956 startte.

Met uitzondering van een paar nieuwe opnemers, zoals de natrium- en de ionenwisselaarstypes, is de wetenschapsman beperkt tot dezelfde metingen van de pH, ORP, chloride, opgeloste zuurstof, temperatuur en geleidsvermogen. Wij beseffen dat het natte chemie instrumentarium een alternatieve methode is om veel meer soorten analyses uit te voeren dan mogelijk zijn met de thans verkrijgbare opnemers. Maar de methoden zijn ingewikkeld en men ondervindt last van storingen bij dit type analyse. Bijvoorbeeld een veldmeetstation, dat van de natte chemie gebruik maakt, vereist behalve het merendeel van de onderdelen, die nodig zijn voor de met op-

nemers uitgeruste eenheden, nog genormaliseerde reagentia, registreerpompen en filters. Voeg dat bij de organisatie, die vereist is voor onderhoud en reparatie van zo'n ingewikkelde apparatuur in ver verwijderde, onbewaakte en koude streken en het wordt duidelijk, dat het gebruik van deze instrumenten op afgelegen plaatsen momenteel op praktische en economische beperkingen stuit. Duurzaamheid op lange termijn is een ander gebied, waarop verbeterde technieken nodig zijn. De toepassing van getransistoriseerde schakelingen en van rekenversterkers heeft de laatste tien jaar de prestatie sterk verbeterd en in vele opzichten de tekortkomingen bij de opnemers gecompenseerd. Toch is de uitschakeling van elektronische drift in beide typen systemen van overwegend belang voor toepassingen op lange ter-

mijn zonder bediening. Bij het beoordelen van riviergegevens moeten wij er redelijk zeker van zijn, dat veranderingen in concentratie te wijten waren aan veranderingen in de waterkwaliteit en niet aan drift in de elektronische schakelingen. Anders zijn zinvolle conclusies over waterkwaliteit onmogelijk te trekken.

De kosten van de meetstations geven steeds meer zorgen aan diegenen van ons, die geïnteresseerd zijn in het gebruik van automatische meetstations voor waterkwaliteitsbeheer. In plaats van vraag naar en aanbod van eenvoudiger en goedkoper modellen worden de systemen steeds ingewikkelder en duurder. Toch krijgt men van vergelijkbare systemen ongeveer dezelfde gegevens, onverschillig de kosten. Wij geloven, dat de eenheidskosten lager zullen moeten worden, wil de ruime toepassing van automatische meetstations, die wij op het oog hebben, haalbaar zijn. De ontwikkeling van meetstations met een grotere precisie en tegen een lagere prijs is een onmiddellijke dringende noodzaak, waarin zowel koper als fabrikant moeten trachten te voorzien.

Automatische meetstations, van welke soort en fabrikaat ook, zullen echter nooit een vervangingsmiddel zijn voor een goede bestrijding van waterverontreiniging. Helaas wekt de populariteit, die automatische systemen tegenwoordig genieten, de indruk, dat deze een verontreiniging zullen uitsluiten. Het behoeft geen betoog, dat niets meer bezijden de waarheid kan zijn. Automatische meetstations zijn echter wel een belangrijk werktuig, dat een schat van informatie kan leveren, die op geen andere wijze verkrijgbaar is.

Het doel van het robotmeetstation systeem is informatie te verschaffen over waterkwaliteit op continu basis. Dit doel is bereikt.

De rivier de Ohio en bepaalde zijrivieren worden het gehele etmaal door bewaakt ter bescherming van de waterkwaliteit.

Eén van de bijdragen, die de automatische meetstations hebben geleverd, is de verlaging van de kosten voor het verzamelen van gegevens over de waterkwaliteit. Het robot meetstation systeem van de ORSANCO verschaft elk jaar meer dan een half miljoen gegevens voor de totale kosten van circa 11 dollarcent per gegeven. Bij conventionele met de hand uitgevoerde bemonsterings- en analyseprogramma's bedragen de gemiddelde kosten per gegeven alleen al voor het verzamelen \$ 2.20. Het is duidelijk, dat het zonder het automatische systeem economisch onuitvoerbaar zou zijn rivieren in een gebied als het dal van de Ohio op etmaal-basis te bewaken.

Uit het oogpunt van specifieke toepassing wordt het robot meetstation en informatieverwerkingssysteem van de ORSANCO gebruikt om de causale verbanden ten opzichte van veranderingen in de rivierkwaliteit vast te stellen, om de gevolgen van toevallige lozingen na te gaan ter bescherming van de benedenstrooms gelegen watergebruikers, en om de gelegenheid te benutten de afvalwaterzuivering aan te passen aan de rivierkwaliteit.

Een wezenlijk nut van het systeem ligt in de gelegenheid, die het biedt om een computersysteem op problemen van waterkwaliteitsbeheer toe te passen.

Vele plaatselijke, staats- en federale waterbeheersinstanties hebben systemen geïnstalleerd naar het voorbeeld van de ORSANCO. Wij moeten er echter op wijzen dat de exploitatie van een dergelijk systeem niet eenvoudig en niet goedkoop is. Het valt te betwijfelen of de aanschaf van een dergelijk systeem voor het verzamelen van gegevens waarde heeft. Wij betwijfelen of de investeringen voor inrichting en onderhoud van automatische meetstations economisch verantwoord zijn, als de gebruiker niet bereid is zich in te zetten voor een continu beoordeling van de gegevens én het stellen van een diagnose van de gesteldheid van de rivier.

#### Aanvullende literatuur

Cleary, E. I., Klein, W. L., „*Introducing the ORSANCO Robot Monitor*”. Water Quality Measurement and Instrumentation, Proceedings of the 1960 Seminar at Cincinnati Ohio, U.S. Public Health Service, Robert A. Taft Sanitary Engineering Center Technical Report W61-2, pp. 108-113 (1961).

Cleary, E. J., „*Robot System for the Ohio Valley*”, Jaern. Am, Water Works Assoc. 54, 1347-1352 (1962).

Cleary, E. J., „*The Qualigram-A Visual Aid Device for River Data Appraisal*”. Public Works Magazine 91, 120-122 (August 1960).

Horton R. K., „*An Index-Number System for Rating Water Quality*”. Water Pollution Control Federation. 37, 300-306 (1965).

Klein, W. L., „*Operating A Robot Monitor System*”, Proceedings of Southern Water Resources and Pollution Control Conference, University of North Carolina, Chapel Hill, N.C., April 14, 1965.

Klein, W. L., Horton, R. K., Dunsmore, D. A., „*Instrumentation for Water Quality Management in the Ohio Valley*”. Proceedings American Society for Testing and Materials of Water Quality, ASTM Headquarters, Philadelphia, Pa., May 12, 1965.

ORSANCO, 1965, Seventeenth Annual Report.

ORSANCO, 1967, Nineteenth Annual Report.