

# Het rioleringsstelsel en de kwaliteit van het oppervlaktewater in Lelystad

## 1. Inleiding

Bij de start van de bouw van Lelystad is besloten een gescheiden rioleringsstelsel aan te leggen. Belangrijke overwegingen die tot dit besluit hebben geleid waren:

— De capaciteit van de rioolwaterzuiveringsinrichting hoeft slechts afgestemd te zijn op de droogweerafvoer (dwa), waardoor de kosten voor de bouw en de exploitatie van de rioolwaterzuiveringsinstallatie lager zullen zijn dan in het geval van een gemengd stelsel.



ING. R. W. GREINER  
Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad



DR. J. DE JONG  
Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad

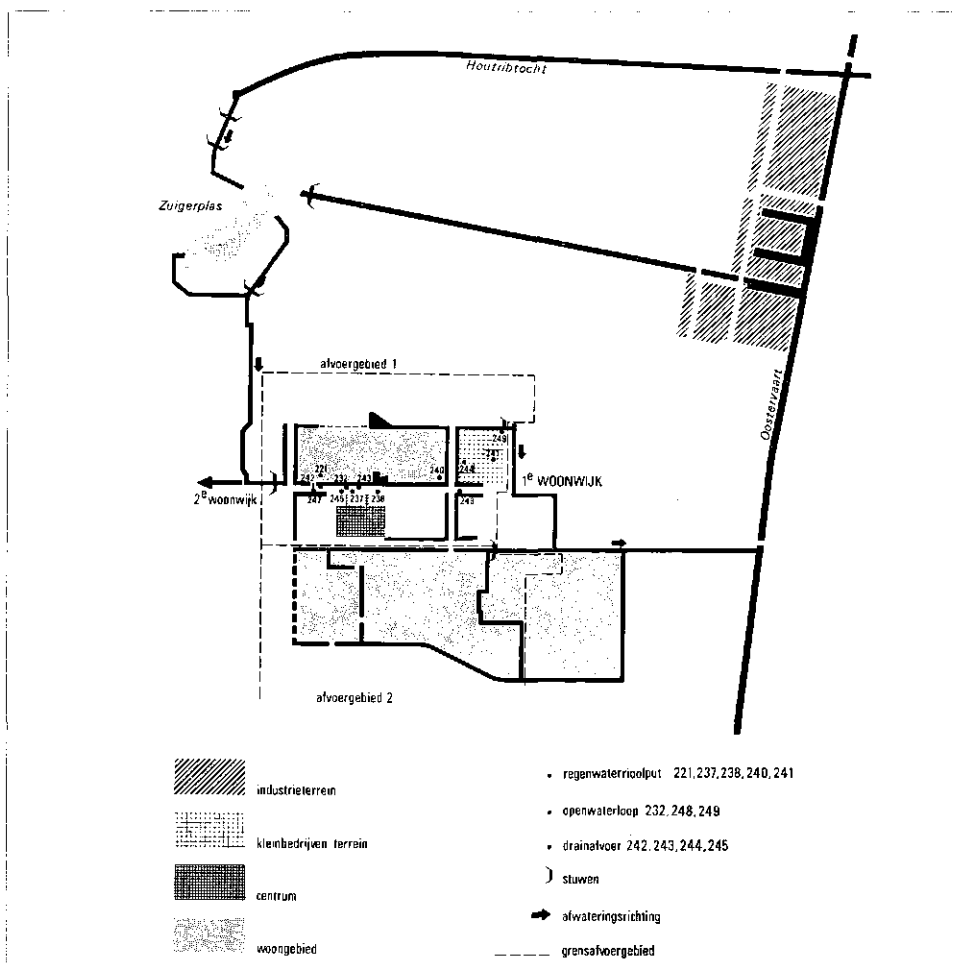
— Door een vrij constante aanvoer van rioolwater kan een beter reinigingsresultaat worden verkregen.

— Het oppervlaktewater in of nabij het stedelijk gebied wordt niet belast met een mengsel van ongezuiverd rioolwater en regenwater.

— Doordat de woongebieden worden doorsneden door open waterlopen die ondermeer een stedenbouwkundige en recreatieve functie hebben of krijgen moet aan hoge eisen van hygiëne en volksgezondheid worden voldaan.

Het afwateringssysteem van Lelystad wordt gevormd door open waterlopen (vijvers, grachten) waarbij onderlinge afstanden van 500 tot 1500 meter zijn aangehouden [1]. Regenwaterriolen en drainagesystemen monden in deze open waterlopen uit. Er is om waterhuishoudkundige en stedenbouwkundige redenen gekozen voor een opgestuwd peil van de open waterlopen in het stedelijk gebied (zie afb. 1). Via stuwen kan overtollig water afstromen naar het polderwater. Het systeem van open waterlopen is zo ontworpen dat, wanneer nodig, kunstmatig doorspoelen met polderwater mogelijk is.

In het begin van de jaren 1970 is een aantal publikaties verschenen waarin staat dat het door regenwaterriolen (rwa) afgevoerde water sterk verontreinigd kan zijn. De open waterlopen in stedelijke gebieden kunnen dan vervuilen. Wanneer die uitspraken juist



Afb. 1 - Het onderzoeksgebied in Lelystad.

zijn zal een voordeel van het gescheiden rioleringsstelsel vervallen. Verschillende mogelijkheden voor verbeterde stelsels worden sindsdien in de literatuur besproken. Een en ander vormde de aanleiding om het functioneren van het in Lelystad aangelegde gescheiden rioleringsstelsel in relatie tot de oppervlaktewaterkwaliteit te onderzoeken. In het onderstaande zullen eerst de literatuurgegevens worden besproken, daarna volgen de in Lelystad verzamelde gegevens en tenslotte volgt een vergelijking van de huidige situatie met een denkbeeldige, waarin een normaal gemengd stelsel in Lelystad zou zijn aangelegd.

## 2. Literatuurgegevens

Uit onderzoek van de Commissie Riolerings- en Waterverontreiniging van de Afdeling voor Gezondheidstechniek van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs is gebleken dat de kwaliteit van overstortend rioolwater sterk kan wisselen [2].

Zo zijn bij de onderzoeken van deze commissie te Vijfhuizen variaties in het biochemisch zuurstofverbruik (BZV-gehalten) van 30-600 mg/l gevonden. Door deze variatie is het niet mogelijk gebleken een

relatie tussen de overstortfrequentie van gemengde rioolstelsels en de kwaliteit van het ontvangende water te vinden. Tevens bleek dat ten aanzien van de zuurstofhouding van het ontvangende water de overstortfrequentie een minder belangrijke factor was; beperking van het aantal overstorten van rioolwater zal in hoge mate door hygiënische overwegingen moeten worden bepaald [2].

De door deze commissie verzamelde gegevens sluiten aan bij gegevens van andere onderzoekers. Field en Struzeski [3] geven het volgende overzicht, gebaseerd op Engelse en Amerikaanse gegevens, van de kwaliteit van water dat uit gemengde rioleringsystemen overstort (tabel I).

Ook uit deze tabel blijkt dat de kwaliteit van het overstortend rioolwater sterk kan wisselen. De redenen hiervoor zijn dat de kwaliteit van het overstortend water afhangt van:

- de hoeveelheid en de aard van de basis droogweer-afvoer;
- de hoeveelheid en de aard van het slib dat zich voor het moment van overstorten in het rioolstelsel heeft verzameld;

TABEL I - Verontreiniging van overstortwater uit gemengde rioolstelsels. Gegevens ontleend aan Field en Struzeski [3].

	min.	max.
BZV (mg/l)	30	600
Zwevende + opgeloste stof (mg/l)	150	2.300
Organisch deel (mg/l)	15	820
Zwevende stof (mg/l)	20	1.700
Bezinkbare stof (ml/l)	2	1.550
pH	4,9	8,7
Organische N (mg/l)	1,5	33,1
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	0,1	12,5
Oplosbare PO <sub>4</sub> * (mg/l)	0,1	6,2
Totaal aantal coliformen (per 100 ml)	2x10 <sup>4</sup>	90x10 <sup>6</sup>
Aantal faecale coliformen (per 100 ml)	2x10 <sup>4</sup>	17x10 <sup>6</sup>
Aantal faecale streptococci (per 100 ml)	2x10 <sup>4</sup>	2x10 <sup>6</sup>

\* als PO<sub>4</sub>.

— de verontreiniging van de neerslag en de daaraan toegevoegd verontreinigingen tijdens het afstromen over het aardoppervlak.

Aangezien het overstortend rioolwater met name een bacteriologische vervuiling van het ontvangend water veroorzaakt, is beperking van het aantal overstorten wenselijk. Koot [4] bespreekt daartoe een verbeterd gemengd stelsel en een verbeterd gescheiden stelsel. Verbetering van het gescheiden stelsel wordt wenselijk geacht om de gevolgen van foute aansluitingen en calamiteiten via toepassing van bezinkbekkens te kunnen elimineren.

Ook Duin [5] vergelijkt verschillende rioolringstelsels met elkaar (gemengd, verbeterd gemengd, gescheiden, verbeterd gescheiden en het absolute stelsel). Hij komt daarbij tot de volgende conclusies:

— het stelseltype heeft vrijwel geen invloed op de BZV-afvoer naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie. De door de zuiveringsinstallatie geloosde BZV wordt vrijwel uitsluitend bepaald door de zuiveringsgraad;

— het stelseltype is bepalend voor de direct uit het systeem overstortende hoeveelheid BZV. Ook het al dan niet optreden van stootbelastingen wordt bepaald door het stelseltype;

— een verantwoorde keuze van de gewenste zuiveringsgraad van de rioolwaterzuiveringsinstallatie en het toe te passen rioolwaterstelsel is alleen mogelijk indien de omvang van de BZV-lozingen en de gevolgen daarvan op het ontvangende water bekend zijn. Nadere studie is wenselijk op dit gebied.

Uit bovengenoemde onderzoeken blijkt ten aanzien van de kwaliteit van het ontvangende water geen duidelijk argument voor of tegen een gescheiden rioolringstelsel te kunnen worden ontleend, zeker niet

TABEL II - Verontreiniging van uit stedelijke gebieden afgevoerd regenwater. Gegevens ontleend aan Field en Struzeski [3].

	min.	max.
BZV (mg/l)	1	> 700
CZV (mg/l)	5	3.100
Zwevende + opgeloste stof (mg/l)	450	14.600
Organisch deel (mg/l)	12	1.600
Zwevende stof (mg/l)	2	11.300
Bezinkbare stof (ml/l)	0,5	5.400
Organische N (mg/l)	0,1	16
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	0,1	2,5
Oplosbare PO <sub>4</sub> (mg/l)	0,1	10
Totaal PO <sub>4</sub> (mg/l)	0,1	125
Chloride (mg/l)	2	25.000 *
Olie (mg/l)	0	110
Fenolen (mg/l)	0	0,2
Lood (mg/l)	0	1,9
Totaal aantal coliformen (per 100 ml)	200	146x10 <sup>6</sup>
Aantal faecale coliformen (per 100 ml)	55	112x10 <sup>6</sup>
Aantal faecale streptococci (per 100 ml)	200	1,2x10 <sup>6</sup>

\* Gladheidsbestrijding.

wanneer men de door Field en Struzeski [3] gegeven waarden voor uit stedelijke gebieden afgevoerd regenwater beschouwt (tabel II).

Volgens verschillende andere onderzoekers varieert de BZV van afgevoerd regenwater van 10 - 30 mg/l [6, 7, 8]. Beide systemen blijken zeer verontreinigd water naar het oppervlaktewater te kunnen afvoeren. Op basis van deze gegevens komt men dan ook snel tot de conclusie dat verbeteringen noodzakelijk zijn.

Bij onderzoeken uitgevoerd in Lelystad [9, 10, 11] blijkt dat de via de regenwaterriolen afgevoerde hoeveelheid verontreinigingen gering is en dat het gescheiden rioolstelsel voordelen biedt boven het gemengde stelsel. In het onderstaande zullen de belangrijkste onderzoeksresultaten worden besproken.

### 3. Resultaten van het onderzoek in Lelystad

#### 3.1. Inleiding

In Lelystad wordt het huishoudelijk en industrieel afvalwater verzameld en getransporteerd via een vuilwater of dwa-rioolstelsel dat deel uitmaakt van het gescheiden rioleringsstelsel en na zuivering met behulp van een oxidatief biologische rioolwaterzuiveringsinstallatie van het type carrousel op het polderwater geloosd. Regenwater wordt via een stelsel van regenwaterriolen en de open waterlopen in het stedelijk gebied eveneens afgevoerd naar het polderwater. Dit geldt ook voor op niet verharde oppervlakten vallend regenwater dat via een drainagesysteem en open waterlopen uiteindelijk ook wordt afgevoerd naar het polderwater. Een deel van de neerslag die via regenwater-

riolen wordt afgevoerd kan van het onverharde oppervlak afkomstig zijn, terwijl een deel van de neerslag van verharde oppervlakten naar onverharde oppervlakten afstroomt en via het drainagesysteem wordt afgevoerd.

Voor vlakke gebieden wordt aangenomen dat deze effecten elkaar in gelijke mate beïnvloeden.

Het totale onderzoeksgebied omvat 124 ha, waarvan circa 84 ha woongebied. Ongeveer 2,5 ha bestaat uit open water.

De verharde oppervlakte bedraagt circa 49 ha en bestaat uit: 38,4 ha woonbebouwing, 0,7 ha parkeerterrein, 2,6 ha winkelcentrum, 5,3 ha bedrijventerrein en 2,5 ha zwembad. Het gemiddelde verhardingspercentage is 39,5 %.

De neerslag, gemeten in de periode 1970 t/m 1974 bedraagt gemiddeld 700 mm per jaar. De kwel binnen het stedelijk gebied is gering van omvang en daarom moeilijk te kwantificeren. Op grond van globale waterbalansberekeningen wordt de kwel op 0,2 à 0,3 mm/etmaal geschat [12]. Het onderzoek in Lelystad is opgezet om een beeld van de werking van dit systeem te krijgen en de kwaliteit van de verschillende meer of minder vervuilde waterstromen te leren kennen. De volgende punten zijn onderzocht:

— De kwaliteit van het regenwater dat door de regenwaterriolen wordt afgevoerd (rwa).

— De kwaliteit van het drainwater.

— De kwaliteit van het water in de open waterlopen.

— De belasting van het polderwater via de afvoer van de open waterlopen.

— De belasting van het polderwater via de lozing van gezuiverd afvalwater.

Het onderzoek is verricht in de jaren 1972 t/m 1975 en heeft zich in hoofdzaak beperkt tot de oudste delen van Lelystad, vooral ook omdat daar aansluiting bij het afvoerhydrologie-onderzoek goed mogelijk was. Het systeem van open waterlopen en monsterpunten in het onderzoeksgebied is in afb. 1 aangegeven.

Het onderzoek naar de samenstelling van het regenwater afkomstig uit een regenwaterriool (monsterpunt 221) is gestart in 1972. In dat jaar is ook begonnen met het onderzoek naar de kwaliteit van het water in de open waterlopen (monsterpunten 231, 232). In 1975 zijn de monsterpunten 248 en 249 toegevoegd.

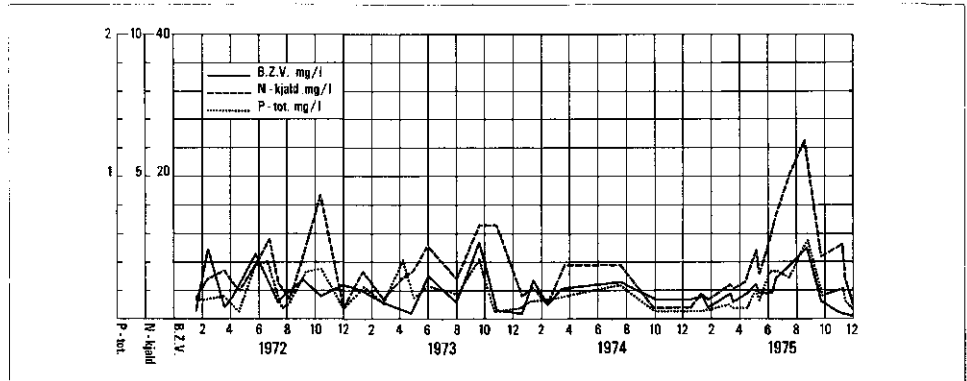
In 1974 is het onderzoek uitgebreid door de rwa-put van een groot parkeerterrein (237) en de rwa-put van het winkelcentrum, inclusief marktplein (238) in het bemonsteringsprogramma op te nemen.

In 1975 tenslotte werd het onderzoeksprogramma nog verder uitgebreid door een rwa-put van een woongebied (240) en een rwa-put van een klein bedrijventerrein (241) bij het onderzoek te betrekken. In dat jaar is ook gestart met het onderzoek naar de kwaliteit van het drainwater in het stedelijk gebied (monsterpunten 242, 243, 244, 245).

### 3.2. De kwaliteit van de regenwaterrioolafvoer (rwa)

Voor het bepalen van de kwaliteit van het afgevoerde regenwater zijn op een vijftal plaatsen monsters uit de rwa-riolen genomen. Per plek traden verschillen op, zoals uit tabel III blijkt.

Monsterpunt 221 betreft een rwa-riool van een woongebied. Hier worden met behulp van continu werkende schepbemonsteringsapparatuur mengmonsters genomen. Op de overige monsterpunten worden steekmonsters genomen. Uit tabel III blijkt dat de gemiddelde concentraties van verontreinigde stoffen die door rwa-riolen worden afgevoerd gering zijn. In afb. 2 is het verloop van de parameters BZV, N-Kjeldahl en P-totaal in de tijd uitgezet (monsterpunt 221). De parameters volgen elkaar in zekere mate. Er valt geen duidelijke stijging in de loop der jaren waar te nemen. De hoogste BZV-waarden treden op in droge perioden (minder dan 5 mm neerslag in 5 voorafgaande dagen) en weinig neerslag ten tijde van de monsternamen. Bacteriologisch blijkt het water dat door rwa-stelsels wordt afgevoerd enigszins verontreinigd. Gemiddeld bevat het water een MPN van 300 - 10.000 per 100 ml, mogelijk veroorzaakt door uitwerpselen van dieren. De kans op foute aansluitingen is gering. De rwa-riolen worden uitgevoerd in beton, de dwa-riolen in pvc. Bovendien is voor-



Afb. 2 - Het gehalte van BZV, N-Kjeldahl en P-totaal in een regenwaterrioolafvoer te Lelystad (monsterpunt 221) in de jaren 1972 - 1975.

geschreven dat vanuit gebouwen duidelijk kleurverschillende huisaansluitingsmaterialen moeten worden toegepast.

Er wordt nauwgezet controle op de aansluitingen uitgeoefend. Bij nadere controle in het meetgebied van het afvoerhydrologie onderzoek zijn geen foute aansluitingen geconstateerd (monsterpunt 221). In het gebied dat afvoert via rwa-put 238 is één foute aansluiting waargenomen en hersteld. In het stelsel komen veel controleputten voor, die allen zijn voorzien van een 0,6 m diepe zandvang en regelmatig worden geledigd. Waarschijnlijk wordt hierdoor de kwaliteit van het door de regenwaterriolen afgevoerde water in positieve zin beïnvloed.

### 3.3. De kwaliteit van het drainwater

Drainwater bestaat in Lelystad hoofdzakelijk uit regenwater dat via de ondergrond wordt afgevoerd. Bij onverharde terreinen zal de kwaliteit van het drainwater worden bepaald door de samenstelling van de neerslag en de grond waardoor het water wordt afgevoerd. Bij verharde terreinen kan con-

taminatie met op die terreinen aanwezige stoffen optreden (bijv. olie).

In tabel IV is het gemiddeld gehalte van het op vier plaatsen in Lelystad verzamelde drainwater gegeven. Cl en CZV zijn slechts in 4, resp. 5 monsters bepaald. Bacteriologisch is het drainwater van goede kwaliteit. In alle monsters was de MPN kleiner dan 95 per 100 ml.

Uit tabel IV blijkt dat het drainwater van goede kwaliteit is. Hoge P-tot. gehalten komen voor maar gaan vergezeld van hoge ijzergehalten. Zeer waarschijnlijk worden colloïdale ijzerfosfaten afgevoerd. De pH van het regenwater is vrij laag.

### 3.4. De kwaliteit en de belasting van het water in de open waterlopen

Op een aantal plaatsen in het systeem van open waterlopen is regelmatig de kwaliteit van het water onderzocht en vergeleken met die van het polderwater waarmee de open waterlopen in geval van slechte waterkwaliteit kunnen worden doorgespoeld. Het water in het stedelijk gebied is van

TABEL III - Gehalten aan verontreinigingen op vijf plaatsen in het r.w.a.-stelsel te Lelystad (gemiddelden  $\frac{\text{minimum}}{\text{maximum}}$ ).

Plek no.	Aantal monsters	pH	%	mg per liter								
				O <sub>2</sub>		N NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-Kjeld	BZV <sub>5</sub> <sup>20</sup>	CZV	P-tot	Cl
221	70	6,6	6	1,0	0,1	0,0	0,4	0,7	7	0,1	7	0,2
		7,4	37	1,0	5,0	0,6	1,4	6,3	33,8	30	0,4	68
237	17	6,6	0	1,2	0,0	0,0	0,5	2,1	9	0,1	7	0,2
		7,3	23	1,2	4,5	0,2	0,8	6,9	51,0	45	0,3	23
238	23	7,0	0	0,9	0,1	0,0	0,5	1,2	7	0,1	20	0,2
		7,4	23	0,9	2,6	0,3	1,2	3,1	28,7	20	0,2	90
240	11	6,6	9	3,5	0,3	0,1	0,9	1,6	10	0,4	8	0,1
		7,5	56	3,5	11,3	1,7	4,2	5,4	15,5	43	0,8	18
241	11	6,6	9	2,0	0,2	0,0	0,8	2,1	7	0,1	8	0,1
		7,5	69	2,0	6,3	0,7	1,0	2,8	11,3	55	0,7	101
		8,5	40				10,0	50,0	199	5,4	88	3,6

betere kwaliteit dan het polderwater, zoals uit tabel V blijkt.

De analysecijfers van monsterpunt 232 zijn sterk verhoogd door werkzaamheden in de open waterloop nabij dit monsterpunt (afdamming) en een tijdelijke lozing van bronbemaalingswater met een N-NH<sub>4</sub> gehalte > 30 mg per liter in 1975. De gemiddelden zijn door deze extreme waarden beïnvloed. De bacteriologische betrouwbaarheid van het grachtwater is vergelijkbaar met die van het polderwater en redelijk tot goed te noemen. Om te kunnen vaststellen in welke mate de open waterlopen in Lelystad worden belast met rwa en drainwater is het noodzakelijk de afvoerpercentages te kennen. Uit onderzoek verricht door v. d. Berg [10, 12] is gebleken dat het jaargemiddelde afvoerpercentage van verharde oppervlakten ca. 56 % is. Voor drainwater bedraagt het afvoerpercentage 43 %.

De afvoerpercentages voor het verharde oppervlak zijn gerelateerd aan dat opper-

vlak, terwijl dat voor drainwater gerelateerd is aan het totale oppervlak van het beschouwde gebied. De percentages berusten op gegevens verzameld in de jaren 1970 - 1975.

Gebaseerd op deze afvoerpercentages, de hoeveelheden verhard en onverhard oppervlak en de oppervlakte van de open waterlopen kan dan de belasting van de open waterlopen met verontreinigende stoffen worden berekend. Vanuit het onderzoeksgebied wordt jaarlijks naar de open waterlopen afgevoerd:

1. via rwa 194.000 m<sup>3</sup> water, 1170 kg BZV, 380 kg N-Kjeld, 115 kg N-NO<sub>3</sub> en 82 kg P-totaal;
2. via drains 295.000 m<sup>3</sup> water, 470 kg BZV, 620 kg N-Kjeld, 90 kg N-NO<sub>3</sub> en 235 kg P-totaal.

Op basis van 54 gr BZV per inwoner per dag betekent dit een lozing via het rwa-stelsel van circa 60 i.e., of 0,71 i.e. per ha woongebied.

Een vergelijking van de afvoeren via rwa-

riolen en drains maakt duidelijk dat er door de drains veel fosfaat wordt afgevoerd. Ook de stikstofbelasting van het open water door de drainwaterafvoer is aanzienlijk. De fosfaat- en stikstofbelasting van het open water veroorzaakt door de drainwaterafvoer is groter dan de belasting veroorzaakt door de regenwaterriolen. De inhoud van het stelsel van open waterlopen binnen het onderzoeksgebied bedraagt ca. 18.000 m<sup>3</sup>. Jaarlijks wordt deze inhoud dan ca. 27 maal doorgespoeld met rwa- en drainwater.

### 3.5. De belasting van het polderwater via de afvoer van de open waterlopen

Het water ondergaat in het open waterlopenstelsel een zelfreiniging en wordt daarna afgevoerd naar het polderwater. Het stelsel van open waterlopen kan dan als een zuiveringstelsel worden beschouwd, waarbij rwa- en drainwater influent zijn en het systeem verlatende water het effluent. Tabel VI geeft een overzicht van de inko-

TABEL IV - De samenstelling van op vier plaatsen in Lelystad verzameld drainwater (gemiddelden <sup>minimum</sup> ————).  
Ter vergelijking is de gemiddelde samenstelling van het in de onderzoeksperiode verzamelde regenwater weergegeven. <sup>maximum</sup>

Plek no.	Aantal monsters	pH	% O <sub>2</sub>	mg per liter							
				N NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-Kjeld	BZV <sub>5</sub> <sup>20</sup>	CZV	P-tot	Cl	Fe
242	8	6,5	0	0,9	0,0	1,7	1,2	24	0,1	253	1,6
		6,9	15	1,5	0,4	2,2	1,8	28	0,4	351	5,2
243	7	6,9	44	1,0	0,0	1,7	1,0	24	0,1	241	0,2
		7,2	53	1,1	0,6	2,0	1,5	25	0,2	273	1,4
244	7	6,8	30	0,9	0,0	1,2	1,1	22	0,6	158	8,0
		7,1	45	1,7	0,0	2,3	1,9	32	1,3	342	18,9
245	7	6,8	8	1,4	0,0	1,8	0,6	19	1,2	305	9,5
		7,1	28	1,7	0,0	2,1	1,3	24	1,4	338	10,6
regenwater	20	3,7		0,3	0,0	0,3	—	6	0,0	4	—
		4,8		1,4	0,7	1,8		20	0,1	10	
		6,9		3,4	3,0	4,0		17	0,3	20	

TABEL V - De kwaliteit van het water in de open waterlopen van Lelystad en van het voor verversing beschikbare polderwater (gemiddelden <sup>minimum</sup> ————).  
<sup>maximum</sup>

Plek no.	Aantal monsters	pH	% O <sub>2</sub>	mg per liter							mg per m <sup>3</sup>	
				N NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-Kjeld	BZV <sub>5</sub> <sup>20</sup>	CZV	P-tot	Fe	chl-a	
232	39	6,7	0	0,1	0,0	0,6	1,1	2	0,1	0,3	0	
		7,5	90	3,4	0,3	3,1	5,2	38	0,3	0,8	34	
248	12	7,5	55	0,0	0,1	0,6	1,1	18	0,1	0,1	—	
		7,7	102	0,2	0,5	1,2	3,5	28	0,2	0,7		
249	14	7,4	35	0,0	0,0	0,7	1,4	21	0,0	0,1	0	
		7,7	106	0,1	0,2	1,1	3,3	33	0,1	0,6	20	
polderwater	40	7,4	77	3,7	0,7	4,7	4,4	34	0,4	1,6	35	

TABEL VI - Inkomende en uitgaande stromen in de open waterlopen in het onderzoeksgebied te Lelystad en de berekende reinigingspercentages.

	Hoeveelheid m <sup>3</sup> /jaar	BZV	kg/jaar		P-totaal
			N-Kjeld	N-NO <sub>3</sub>	
Inkomend	489.000	1.645	1.000	205	320
Uitgaand	489.000	1.615	540	100	50
Reinigingspercentage		2	46	52	84

mende en uitgaande hoeveelheden voor het onderzoeksgebied in Lelystad en de berekende reinigingspercentages. Het betreft de afvoer van verontreinigingen vanuit het systeem van rwa, drains en open waterlopen naar het polderwater.

Het reinigingspercentage voor BZV is gering. Dit wordt veroorzaakt door algenactiviteit in het systeem van open waterlopen. Vanuit het onderzoeksgebied wordt jaarlijks 1.615 kg BZV, 540 kg N-Kjeld, 100 kg N-NO<sub>3</sub> en 50 kg P-totaal naar het polderwater afgevoerd. Hierbij is aangenomen dat de direct in de open waterlopen gevallen neerslag en de optredende kwel en verdamping in evenwicht zijn en er dus ook 489.000 m<sup>3</sup> water wordt afgevoerd.

### 3.6. De belasting van het polderwater via de lozing van gezuiverd afvalwater

Huishoudelijk en industrie-afvalwater wordt via het dwa-systeem verzameld en afgevoerd naar de zuiveringsinstallatie, gezuiverd en direct op polderwater geloosd.

De zuiveringsinstallatie van het type carroussel heeft een capaciteit van 40.000 i.e. en was ten tijde van het onderzoek voor circa 75 % belast.

De bereikte zuiveringsresultaten zijn goed, zoals uit de gemiddelde waarden van 15 waarnemingen verricht in de perioden 26 augustus 1975 t/m 3 september 1975 en 7 september 1975 t/m 14 september 1975 blijkt. De spreiding in de effluent gegevens is gering. Het BZV-gehalte varieerde van 3,3 tot 4,5, het N-Kjeld gehalte van 1,9 tot 2,9. Tabel VII geeft een overzicht van de gemiddelde gehalten in influent en effluent en de daaruit berekende reinigingspercentages.

In de onderzoeksperiode bedroeg de afvalwaterproductie circa 180 l per inwoner per dag (incl. industrie).

Het drinkwaterverbruik in Lelystad bedraagt per inwoner circa 100 l per dag. Het grote verschil wordt o.a. veroorzaakt door het doorspoelen van drinkwaterleidingen in nieuwe woongebieden.

TABEL VII - De gemiddelde gehalten in influent en effluent van de RWZI Lelystad en de berekende reinigingspercentages.

Parameter	Influent	Effluent	% reiniging
BZV (mg/l)	235	3,6	98,5
CZV (mg/l)	1.107	46,4	96
N-Kjeld (mg/l)	96,5	2,5	97
N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	0,1	35,5	—
N-Kjeld + NO <sub>3</sub> (mg/l)	96,6	38,0	62

De rioolwaterzuiveringsinstallatie is in 1974 in bedrijf gesteld. Het effluent wordt op de Lage Vaart in de directe omgeving van het uitwateringsgemeaal Wortman geloosd. De kwaliteit van het polderwater in de omgeving van het lozingspunt wordt regelmatig bepaald. De monsterpunten 205A en 205B bevinden zich op 750 resp. 2.000 m

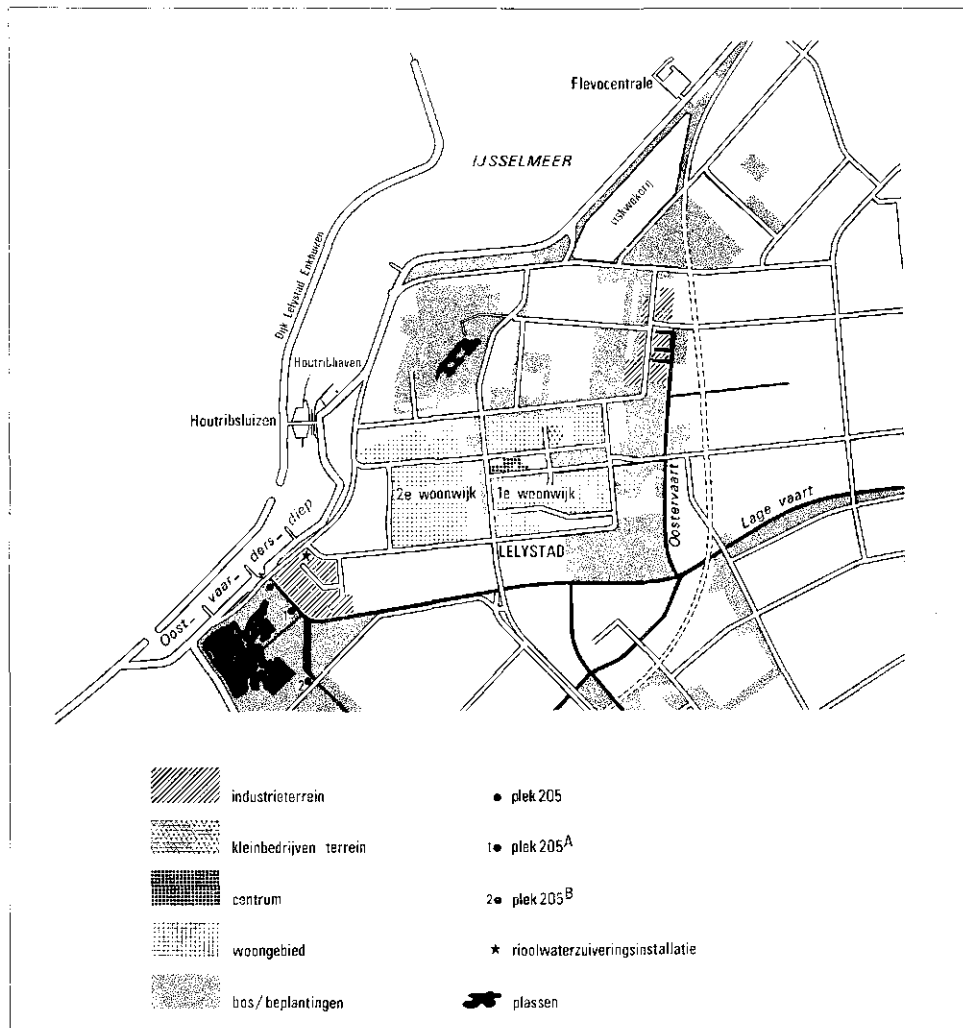
afstand van het lozingspunt (afb. 3). Tabel VIII geeft een overzicht van de waterkwaliteit op deze plaatsen. Ter vergelijking zijn in deze tabel ook waterkwaliteitsgegevens van monsterpunt 205 opgenomen voordat de rioolwaterzuiveringsinstallatie in gebruik werd genomen (1969/1971).

Sinds de inbedrijfstelling van de rioolwaterzuiveringsinstallatie is in de directe omgeving van het lozingspunt een verhoging van het P-totaal gehalte waarneembaar. Ook is er sprake van een geringe bacteriologische verontreiniging. Er worden maatregelen overwogen voor nareiniging van het effluent.

TABEL VIII - De gemiddelde kwaliteit van het polderwater in de omgeving van het lozingspunt van de rioolwaterzuiveringsinstallatie. Effluentlozing sinds 1974.

jaar	plek	mg/l					P-tot.	% O <sub>2</sub>
		BZV	CZV	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-Kjeld		
1969/1971	205	9,9	44,6	1,0	0,8	2,9	0,21	90
	205	6,2	40,0	1,0	1,2	2,6	0,30	95
1974/1975	205A	7,4	40,7	1,0	1,1	2,8	0,23	101
	205B	7,8	43,4	1,0	1,0	3,0	0,18	98

Afb. 3 - De monsterplaatsen in de omgeving van de effluentlozing van de rioolwaterzuiveringsinstallatie van Lelystad.



#### 4. Gescheiden versus gemengd stelsel

In het onderstaande zal worden nagegaan of in het geval van Lelystad en de ter plaatse verzamelde gegevens kan worden aangegeven of via de aanleg van het normale gescheiden rioleringsstelsel minder verontreinigingen naar het polderwater worden afgevoerd dan bij de aanleg van een normaal gemengd stelsel het geval zou zijn geweest. De vergelijking wordt gebaseerd op BZV-afvoer.

De berekening heeft betrekking op drie woonwijken in het onderzoeksgebied.

Er wonen circa 5.250 mensen. Voor de rwa-afvoer is uitgegaan van een gemiddelde afvoercoëfficiënt van 56 % en een jaarlijkse hoeveelheid neerslag van 700 mm. Het gemiddelde BZV-gehalte in het rwa-stelsel bedraagt 5,4 mg/l. In het woongebied is 38,4 ha verhard oppervlak.

Via het rwa-stelsel wordt uit het onderzoeksgebied jaarlijks 815 kg BZV op de open waterlopen in het stedelijk gebied gebracht. Drainwaterafvoer is bij de vergelijking buiten beschouwing gelaten omdat deze onafhankelijk is van de keuze gescheiden of gemengd stelsel. Via de dwa wordt door 5.250 inwoners (42,3 g BZV/dag) ca. 81 ton BZV per jaar op de zuiveringsinstallatie geloosd waarvan na 98 % zuivering 1.620 kg naar het oppervlaktewater wordt afgevoerd. Uitgaande van een gemengd stelsel met een overstortfrequentie van 8 maal per jaar en een samenstelling van het overstortend water als aangegeven door Duin [4] kan worden berekend dat via overstortend water jaarlijks ca. 1.600 kg BZV naar het oppervlaktewater zou worden afgevoerd bij de aanwezigheid van een gemengd stelsel in Lelystad.

De BZV-belasting via regenwater op de zuiveringsinstallatie is relatief gering. Aangenomen wordt dat dit afvalwater eveneens voor 98 % gereinigd wordt. In dat geval wordt via het effluent 1.620 kg BZV op oppervlaktewater geloosd. In de praktijk bestaat de mogelijkheid dat, als gevolg van de wisselende hydraulische belasting, een RWZI aangesloten op een gemengd stelsel een wat minder goede reiniging geeft.

In tabel IX zijn de BZV-lozingen vanuit het onderzoeksgebied op het polderwater vergeleken met de situatie met een normaal gemengd stelsel waarbij op de RWZI

zuiveringsresultaten voor BZV van 98, 95 en 90 % worden bereikt.

Uit deze tabel blijkt dat via het gescheiden stelsel minder BZV op het polderwater wordt geloosd dan bij aanleg van een gemengd stelsel met 8 overstorten per jaar het geval zou zijn. Het aantal overstorten zou bij een BZV-reductie van 98 % op de RWZI al tot 4 moeten worden teruggebracht om een vergelijkbaar resultaat te geven. Bij een daling van het gemiddelde reinigingsresultaat van de RWZI tot 95 % is de winst bij een overstortfrequentie van 0 niet in staat de toegenomen BZV-lozing via het effluent te compenseren. Genoemd voorbeeld is van toepassing bij een gescheiden stelsel zonder foute aansluitingen. Wanneer in de toekomst met een percentage foute aansluitingen van 1 % wordt gerekend, ontstaat een extra belasting van ca. 810 kg BZV per jaar. De totale BZV-belasting bedraagt dan circa 3.245 kg per jaar en komt overeen met de belasting door een gemengd stelsel bij een uitzonderlijk hoog zuiveringspercentage van 98 % bij 8 overstorten per jaar. In een dergelijk geval lijkt een zuiveringspercentage van 90 % echter realistischer [13]. Wordt in het theoretische geval met 5 % foute aansluitingen gerekend, dan betekent dit een extra BZV-lozing van 4.040 kg per jaar. De totale BZV-lozing bij een gescheiden stelsel stijgt dan tot 6.475 kg per jaar, hetgeen nog altijd circa 33 % minder is dan de lozing via een gemengd stelsel met 90 % zuivering.

#### 5. Conclusies

— Door het rwa-stelsel wordt enigszins verontreinigd water naar het systeem van open waterlopen afgevoerd. De gemeten concentraties aan verontreinigingen zijn aanzienlijk lager dan de in de literatuur genoemde.

— De kwaliteit van het drainwater is goed. Het bevat soms vrij veel P-totaal. Waarschijnlijk worden dan colloïdale ijzerfosfaten afgevoerd. Via het drainwater wordt meer P en N naar het open water afgevoerd dan via de regenwaterriolen.

— De kwaliteit van het water in de open waterlopen is redelijk tot goed en beter dan de kwaliteit van het polderwater.

— Een vergelijking van het bestaande gescheiden stelsel met een gemengd stelsel valt in het voordeel van het gescheiden stelsel uit, ook indien er een gering percentage foute aansluitingen in rekening wordt gebracht.

#### Samenvatting

In Lelystad is een gescheiden rioleringsstelsel aangelegd. Regenwater en rioolwater worden door afzonderlijke rioleringsstelsels verzameld en afgevoerd. Regenwaterriolen monden uit in open waterlopen in het stedelijk gebied; door vuilwaterriolen wordt huishoudelijk en bedrijfsafvalwater afgevoerd naar een rioolwaterzuiveringsinstallatie.

Het blijkt dat door regenwaterriolen enigszins verontreinigd water naar het systeem van open waterlopen in het stedelijk gebied wordt afgevoerd. De gemeten concentraties zijn echter aanzienlijk lager dan de in de literatuur genoemde. De belasting van de open waterlopen in het stedelijk gebied door via regenwaterriolen afgevoerd regenwater is gering.

De kwaliteit van het water in de open waterlopen is redelijk tot goed. Uit het onderzoek is gebleken dat er voornamelijk geen argumenten zijn om een ander rioleringsstelsel voor de in Flevoland te bouwen steden te kiezen.

#### Literatuur

1. Smid, J. E.: *Vergelijking van de voor- en nadelen van een gescheiden en van een gemengd rioleringsstelsel bij de bouw van Lelystad*. RIJP-rapport 1964.
2. Rapport van de Commissie Riolerings- en Waterverontreiniging van de Afdeling voor Gezondheidstechniek van het Koninklijk Instituut voor Ingenieurs. H<sub>2</sub>O 5, 199-214 (1972) en H<sub>2</sub>O 5, 240-260 (1972).
3. Field, R., Struzeski, E. J.: *Management and control of combined sewer over flows*. JWPCF 44, 1303-1415 (1972).
4. Koot, A. C. J.: *Riolerings- en Waterverontreiniging*. H<sub>2</sub>O 5, 588-596 (1972).
5. Duin, J. F.: H<sub>2</sub>O 6, 236-252 (1973).
6. Weibel, S. R., Anderson, R. J., Woodward, R. L.: *Urban land run off as a factor in stream pollution*. JWPCF 36, 914-924 (1964).
7. Lumb, C.: *The Storm sewage pollution problem*. J. Inst. Sewage Purif. 1969 p. 168.
8. Brunnen, P. G.: *Belasting der Gewässer durch künstliche Ableitung von Niederslägen. Belastung durch Abwasser der Trennkanaalisation*. Berichte der Abwassertechnischen Vereinigung nr. 25 (1971), 75-96.
9. Greiner, R. W.: *Het verversingssysteem van de grachten te Lelystad*. RIJP Dossier 1974.
10. Berg, J. A. v. d., *Enige aspecten van de afvoerhydrologie in stedelijke gebieden*. H<sub>2</sub>O 7, nr. 23 (1974).
11. Hoeven, J. v. d.: *Vuilwaterbalans van Lelystad*. RIJP Dossier 1976.
12. Berg, J. A. v. d.: Pers. mededelingen.
13. Huiswaard, P. J.: *Relaties tussen rioleringsoverstorten en effluentlozingen*. H<sub>2</sub>O 9, 145-153 (1976).



TABEL IX - BZV-lozingen vanuit het gescheiden of een denkbeeldig gemengd stelsel voor een onderzoeksgebied met 5.250 inwoners te Lelystad.

riool-stelsel	RWZI zuiverings %	via effluent	rwa/overstort	totaal
gescheiden	98	1.620	815	2.435
gemengd	98	1.620	1.600	3.220
gemengd	95	4.050	1.600	5.650
gemengd	90	8.110	1.600	9.710