

Problematiek bij de keuze van een rioolstelsel voor Almere-Buiten: ontwerp en waterkwaliteitsaspecten

1. Inleiding

In opdracht van en in nauwe samenwerking met de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders is door het ingenieursbureau Witteveen + Bos een onderzoek uitgevoerd betreffende de keuze van het type rioolstelsel voor Almere-Buiten, de derde woonkern van Almere.

Dit artikel geeft een samenvatting van het uitgevoerde onderzoek waarbij het accent is gelegd op de kwalitatieve en de kosten-technische aspecten van beide rioolstelsels.

onderzoek, waarna de conclusies zijn samengevat.

Er wordt op gewezen dat het onderzoek zich beperkt tot die aspecten die voor de vergelijking van de stelsels van belang zijn. Om deze reden zijn dan ook alleen de principe-schema's voor de riolering ontworpen. Nadat een keuze is gemaakt dient het stelsel nog te worden geoptimaliseerd. Het drainstelsel is niet bij de vergelijking betrokken.

2. Gegevens en uitgangspunten

2.1. Plangebied

Almere-Buiten, de derde kern van Almere, ligt ten noord-oosten van Almere-Stad. Het plangebied ter grootte van ca. 1260 ha, wordt in het zuiden en westen begrensd door de Lage Vaart, een brede watergang waarmee vooral via het gemaal De Blocq van Kuffeler de afvoer van het polderwater wordt verzorgd. Aan de noordzijde is het bedrijvenpark 'De Vaart' gesitueerd.



IR. A. S. HOGENDOORN-ROOZEMOND
Witteveen + Bos
raadgevend ingenieursbureau
Deventer



ING. A. LODDER
Witteveen + Bos
raadgevend ingenieursbureau
Deventer



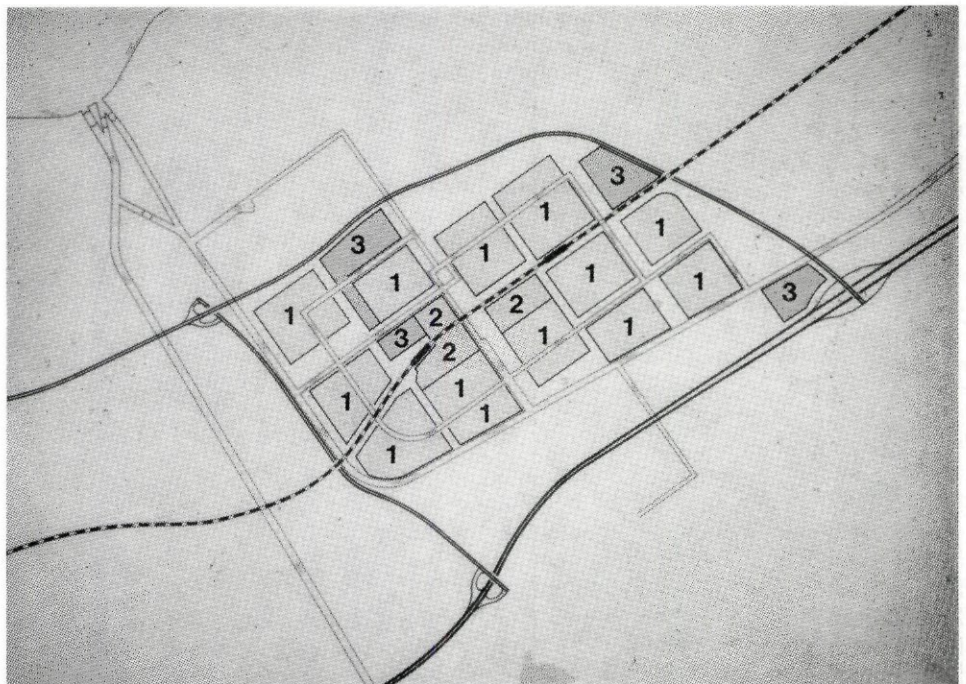
ING. J. DE MAN
Ministerie van Verkeer
en Waterstaat
Rijksdienst voor de
IJsselmeerpolders
Lelystad



IR. E. J. B. UUNK
Ministerie van Verkeer
en Waterstaat
Rijksdienst voor de
IJsselmeerpolders
Lelystad

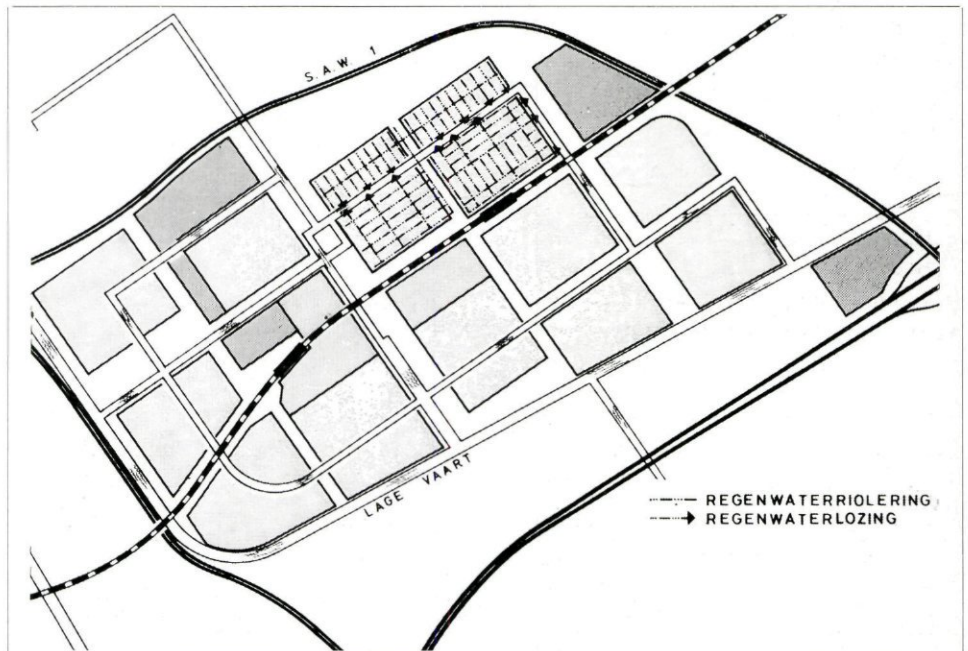
Eerst zal worden ingegaan op de uitgangspunten en basisgegevens die ten grondslag liggen aan het onderzoek en betrekking hebben op het plangebied, de rioleringsontwerpen en de waterkwaliteit. Een aantal van deze gegevens is specifiek voor nieuwe woonkernen in de IJsselmeerpolders. Aansluitend worden de ontwerpen voor beide stelseltypen behandeld. Het betreft in dit verband principe-ontwerpen voor de woongebieden.

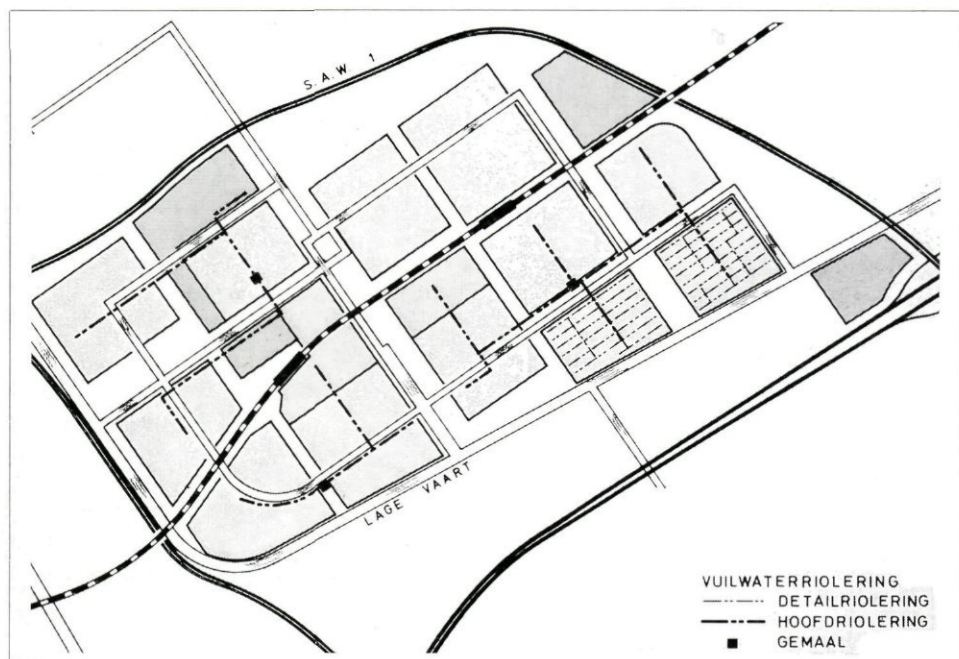
Vervolgens komen aan de orde de consequenties die beide stelseltypen hebben voor het volume aan te leggen stedelijk oppervlaktewater, het zuiveringsrendement van de rwzi en de kwaliteit van het oppervlaktewater. Bij het laatstgenoemde wordt zowel het stedelijk oppervlaktewater (de grachten) als het buitenwater (de Lage Vaart) in de beschouwing betrokken. Een vergelijking van een aantal kostenfactoren vormt het sluitstuk van het



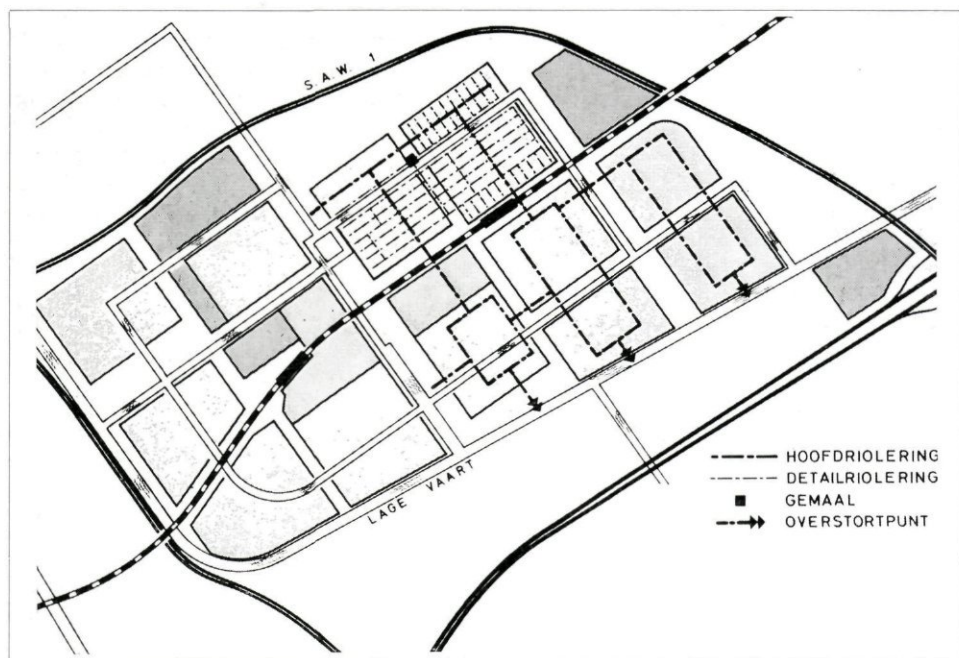
Afb. 1 - Overzicht concept ontwerp structuurplan Almere-Buiten.
(1) woongebied (2) centrumgebied (3) bedrijventerrein.

Afb. 2 - Principe ontwerp regenwaterstelsel gescheiden rioolstelsel (gedeeltelijk aangegeven).





Afb. 3 - Principe ontwerp vuilwaterstelsel gescheiden rioolstelsel (gedeeltelijk aangegeven).



Afb. 4 - Principe ontwerp gemengd stelsel (berging 9,3 mm; pompovercapaciteit 0,45 mm/h) (gedeeltelijk aangegeven).

Vanuit het zuidwesten loopt de spoorlijn Amsterdam-Almere-Lelystad door het plangebied in noord-oostelijke richting.

Het concept-ontwerpstructuurplan (Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, 1978) is als uitgangspunt voor de rioleringsontwerpen gehanteerd (afb. 1). Circa 14.250 woningen zijn in het plangebied geprojecteerd die uiteindelijk 37.500 inwoners zullen huisvesten. De woningen zijn gegroepeerd in 12 woonbuurten. Het totale verharde oppervlak is geraamd op

408 ha, waarvan 130 ha voor bedrijventerreinen is gereserveerd.

2.2. Riolering en afwatering

Bij het ontwerp van het gemengde rioolstelsel is er mee rekening gehouden dat overstortingen op het stedelijk oppervlaktewater onder andere vanwege de hygiënische implicaties minder gewenst zijn [Van Dam et al., 1981]. De overstortingen zijn daarom buiten het woongebied geprojecteerd en komen rechtstreeks uit op de Lage Vaart. De stadsgrachten ontvangen

derhalve geen afvalwater en worden uitsluitend met drainage- en kwelwater gevoed.

In het ontwerp van het gescheiden rioolstelsel ontvangen de stadsgrachten naast kwel- en drainagewater tevens van het verharde oppervlak afstromend regenwater via de regenwaterriolen. De grachten voeren het water af naar de Lage Vaart.

Het afvalwater van Almere-Buiten zal worden behandeld in de rwzi-Almere, een laagbelaste zuiveringsinrichting, werkend volgens het oxydatieslootprincipe. Voor de vergelijking van de beide stelseltypen is slechts dat gedeelte van de rwzi-Almere van belang dat het afvalwater uit Almere-Buiten ontvangt. In het vervolg wordt hiernaar gerefereerd met 'rwzi-Almere-Buiten'.

2.3. Waterkwaliteit

Teneinde het adequaat functioneren van de grachten en de Lage Vaart te garanderen is een aantal eisen geformuleerd met betrekking tot de waterkwaliteit. Deze zijn in tabel I samengevat. In tabel II zijn de basisgegevens voor de kwaliteit van het afval-, regen- en drainagewater, alsmede die voor het water van de Lage Vaart vermeld.

Het drainagewater waarmee de grachten hoofdzakelijk worden gevoed, bevat zoveel stikstof en fosfaat, dat het water eutroof kan worden genoemd. Om de kans op sterke algenbloei in de grachten beperkt te houden is daarom de verblijftijd van het water in de grachten aan een maximum van 3 weken gebonden. Dit criterium vindt zijn oorsprong in de ervaringen met het grachtwater in Lelystad [Greiner en De Jong, 1976].

Bij een gescheiden rioolstelsel kan het voorkomen dat de vuilwaterafvoerleidingen van percelen abusievelijk op het regenwaterriool worden aangesloten. Ten aanzien van het percentage van dergelijke verkeerde aansluitingen dat bij een gescheiden stelsel zou kunnen optreden, is rekening gehouden met een waarde van maximaal 1 %. In de praktijk treft men sterk uiteenlopende waarden aan. In Lelystad was deze waarde door een zorgvuldige stelselopzet en goede controle haalbaar en kan daardoor ook voor Almere-Buiten als reëel worden beschouwd.

Met betrekking tot het zuiveringsrendement van de rwzi-Almere-Buiten is voor het gescheiden stelsel uitgegaan van de bedrijfsresultaten van rwzi-Lelystad. De rwzi-Lelystad ontvangt immers alleen afvalwater via de vuilwaterriolen van een gescheiden rioolstelsel en is van hetzelfde type als de rwzi-Almere.

De bedrijfsresultaten van een aantal willekeurige Nederlandse rwzi's die op ge-

TABEL I - *Waterkwaliteitseisen.*

		Stadsgrachten	Lage Vaart	Effluent rwzi
Zuurstofgehalte (mg/l)	{ algemeen altijd	> 5(b) > 0	> 5(b) > 0	–
BZV ₅ ²⁰ (mg/l)	{ algemeen jaargemiddeld	< 10 < 5	< 15 < 10	< 20 –
Kjeldahl-N (mg/l)				< 20(c)
P-totaal (mg/l)			< 2(d)	
Mediaan MPN Eijkman (/100 ml)		< 2000	< 2000(a)	–
Zwevend stofgehalte (mg/l)		–	–	< 30
Bezinkbaar stof (ml/l)	{ algemeen altijd	– –	– –	< 0,2 < 0,3

(a) geldt niet voor de Lage Vaart ter hoogte van de rwzi

(b) enkele plaatselijke overschrijding is toelaatbaar

(c) bij temperaturen hoger dan 10 °C

(d) na defosfatering

TABEL II - *Waterkwaliteitsgegevens.*

Parameters	Afwalwater dwa (150 l/ inw.dag)	Regenwater (rwa)		drainage water	Lage Vaart	
		zomer	jaar		zomer	jaar
Gemiddelde temp. (°C)	–	16	12	–	16**	12
O ₂ -gehalte (mg/l)	0	4,0	5,0	3,70*	10(105%)	10(95%)
BZV ₅ ²⁰ (mg/l)	350	9,60	7,00	1,70	10,0	7,0
N-Kj (mg/l)	90	3,20	2,40	2,10	3,1	3,0
N-totaal (N-Kj + N-NO ₃) (mg/l)	90	3,60	2,80	2,35	3,5	4,30
P-totaal (mg/l)	23	0,63	0,44	0,80	0,25	0,21
MPN-Eijkman (/100 ml)	zeer hoog		mediaan 2000	100	1000	1000

* Gezien de spreiding van de lozing van drainagewater wordt aangenomen dat het grachtwater bij belasting met uitsluitend drainagewater verzadigd met zuurstof zal zijn.

** maximum temperatuur in de zomer 22 °C.

mengde stelsels zijn aangesloten en ook van het oxydatiesloot-type zijn, hebben als referentie gediend voor de rwzi in het gemengde stelsel. De in beschouwing genomen rwzi's hebben minstens een capaciteit van 10.000 i.e. en de evaluatie van de bedrijfsresultaten heeft betrekking op (totaal 66) jaargemiddelden gedurende een periode van 1–4 jaar.

De hoeveelheid straatvuil die dagelijks in een nieuwe stad in de Flevopolder wordt geproduceerd, is geraamd op 0,8 g BZV per inwoner per dag. Deze waarde is ontleend aan metingen verricht in Lelystad [Van den Berg et al., 1977]. Bij oudere steden zijn hogere waarden waargenomen [Kluesener en Lee, 1974; Van den Herik, 1976; Duin, 1973].

3. Rioleringsontwerpen

Aangezien er nog geen gedetailleerde inrichtingsplannen voor de woongebieden in Almere-Buiten zijn ontworpen, zijn de principe-schema's voor zowel het gescheiden als het gemengde rioolstelsel op basis van gridstructuren opgesteld. Deze gridstructuren zijn afgeleid van kavelgrootten, wegbreedten en dergelijke.

De afvoerberekeningen ten behoeve van

de dimensionering van de verschillende buizenetten zijn met de computer uitgevoerd en zijn gebaseerd op een berekeningsregen van 75 l/s . ha. [Van den Berg et al., 1977]. Een afvloeiingscoëfficiënt van 0.8 is aangehouden waarbij alleen met afvoer van verharde oppervlakken rekening is gehouden.

In verband met de bodemgesteldheid is de diepteligging van de riolen gebonden aan een maximum van 4 m.

3.1. Gescheiden stelsel

Bij het ontwerp van het regenwaterstelsel (afb. 2) is ervan uitgegaan dat het afstromende regenwater gecombineerd met het drainage- en kwelwater uit het drainstelsel op de grachten wordt geloosd. In het ontwerp van het vuilwaterstelsel (afb. 3) is onderscheid gemaakt tussen wijkriolen en hoofdriolen. De wijkriolen zijn pvc-leidingen met een minimale diameter van 250 mm, terwijl de hoofdriolen, in asbestcement uitgevoerd, minstens 300 mm in diameter zijn. Bij het vuilwaterstelsel in de woongebieden is uitgegaan van een afvalwaterproduktie van 15 l/h per inwoner. Ten aanzien van de industrieterreinen is de waarde van 0,5 l/s per ha bruto oppervlak gehanteerd.

3.2. Gemengd stelsel

Het ontwerp van het gemengde stelsel is gebaseerd op een pompcapaciteit van 4 x dwa (droogweerafvoer), uitgaande van een afvalwaterproduktie van 15 l/h per inwoner. Dit stelsel is uitsluitend op afvoercapaciteit gedimensioneerd, met als randvoorwaarde dat bij de berekeningsregen geen water op straat blijft staan. Dit impliceert dat geen rekening is gehouden met een maximum overstortfrequentie of ledigingstijd.

Langs de Lage Vaart is een achttal overstortputten geprojecteerd. In afb. 4 is het principe-ontwerp schematisch weergegeven.

4. Volume stedelijk oppervlaktewater

Het feit dat de verblijftijd van het grachtwater aan een maximum van 3 weken is gebonden, legt beperkingen op aan het totaal aan te leggen volume grachtwater. Uiteraard is anderzijds uit het oogpunt van peiloverschrijdingen een minimaal volume gewenst.

Bij berekening van het maximaal toelaatbaar grachtvolume zijn die hoeveelheden kwel-, drainage- en regenwater bepalend, welke gemiddeld in droge perioden moeten worden afgevoerd. De Lage Vaart speelt in deze problematiek een belangrijke rol. Niet alleen watert een brede strook van het plangebied hierop rechtstreeks af, maar ook vangt de Lage Vaart door zijn lage ligging het leeuwedeel van de kwel (85 %) af.

Uiteindelijk resulteert bovenstaande eis ten aanzien van de verblijftijd in een maximaal aan te leggen grachtvolume van 240.000 m³ bij een gescheiden rioolstelsel en van 200.000 m³ bij een gemengd stelsel.

5. Gevolgen voor de waterkwaliteit

Om tot een prognose van de gevolgen van de beide stelseltypen voor de waterkwaliteit te kunnen komen, dienen de vervuilingbronnen en vuillastbepalende parameters in beschouwing te worden genomen.

In de eerste plaats kan als vervuilingbron worden genoemd het effluent van de rwzi. Daarnaast treden bij een gemengd rioolstelsel enkele malen per jaar tijdens langdurige en/of hevige regenval overstortingen op. De frequentie waarmee dit gebeurt hangt af van de dimensionering van het stelsel in de zin van de aanwezige bergings- en pompcapaciteit.

De bij een overstorting vrijkomende vuillast bestaat uit:

- bezonken rioolslib
- afvloeiend regenwater dat straatvuil bevat

– huishoudelijk en/of bedrijfsafvalwater.

Het bezonken rioolslib is hierbij meestal de belangrijkste vuillastbepalende parameter [Anonymus, 1972]. De hoeveelheid slib die in een stelsel bezinkt en via overstortingen het oppervlaktewater belast is afhankelijk van onder andere:

- de aard van het stelsel (voorkomen van verzakkingen, e.d.);
- de bereikte snelheid van de afvalwaterstroom; naar mate grotere snelheden worden bereikt zal minder slib bezinken en zal bezonken slib sneller worden opgewoeld;
- de aan een overstorting voorafgaande droogweeperperiode;
- de situering van een overstortput (boven- of benedenstrooms in een stelsel);
- de aard en grootte van de regens;
- de mate waarin het rioolslib is gemineraliseerd.

Bij een gescheiden rioolstelsel is weliswaar geen sprake van overstortingen maar het oppervlaktewater wordt wel belast door lozingen uit de regenwaterriolen. Deze lozingen kunnen naast straatvuil dikwijls ook huishoudelijk of bedrijfsafvalwater bevatten via verkeerde aansluitingen. Het betreft bij dit stelseltype diffuse lozingen die frequent (regenafvoer) of continu (verkeerde aansluitingen) optreden.

De vergelijking van de gevolgen van de beide stelsels voor de waterkwaliteit kan aan de hand van de volgende 'vragen' worden geconcretiseerd.

- Kunnen de rwzi's nog voldoen aan de gestelde kwaliteitscriteria voor het effluent?
- Hoe verhouden zich de jaarlijkse vuilbelastingen van het oppervlaktewater in Almere-Buiten bij toepassing van een gemengd en gescheiden rioolstelsel?
- Wat kunnen de gevolgen zijn van overstortingen en regenwaterlozingen voor de zuurstofhuishouding van het ontvangende oppervlaktewater?
- Hoe zal de hygiënische kwaliteit van de grachten en de Lage Vaart zijn bij toepassing van een gemengd, respectievelijk gescheiden stelsel?
- Hoe groot is de door beide stelseltypen veroorzaakte stikstof- en fosfaatbelasting van het grachtwater en de Lage Vaart?
- In welke mate kunnen de lozingen uit beide stelseltypen worden beheerst?

Bij de beantwoording van bovenstaande vragen zijn zoveel mogelijk bepalende parameters in de berekeningen betrokken.

Bij de vuillastberekeningen is onder andere gebruik gemaakt van een computermodel waarmee de vuiluitworp uit een gemengd rioolstelsel wordt gesimuleerd [Van Essen, 1978; Anonymus, 1980].

Met behulp van dit model kan voor iedere willekeurige opeenvolging van regens een indicatie worden verkregen van:

- vuilbelasting via effluent van de rwzi;
 - overstortende hoeveelheid vuil;
 - overstortende volumina;
 - overstortfrequentie in een bepaalde periode;
 - effecten van veranderingen in bergingscapaciteit en pompcapaciteit.
- Tevens wordt rekening gehouden met factoren als
- het al dan niet (geheel of gedeeltelijk) gevuld zijn van het stelsel bij aanvang van een bui,
 - klimatologische verschillen per jaar,
 - grillig verloop van een bui,
 - fluctuerende vuilconcentratie in het stelsel en
 - opwoelings- en bezinkingsprocessen.

Gezien de complexiteit van deze problematiek zal duidelijk zijn dat de uitkomsten voornamelijk van indicatieve waarde zijn.

5.1. Kwaliteit effluent rwzi

Bij toepassing van een gescheiden stelsel ontvangt de rwzi (rwzi-gescheiden) puur afvalwater. Daarentegen zal een rwzi die afvalwater uit een gemengd stelsel ontvangt (rwzi-gemengd) tevens worden belast met het afstromende regenwater, hetgeen periodiek fluctuaties in debiet en concentratie van het influent met zich meebrengt.

De meeste installaties (o.a. nabezinktanks, zandvangsers, pompen) van een rwzi-gemengd zullen dan ook op een grotere hydraulische capaciteit zijn gedimensioneerd dan bij een rwzi-gescheiden. De beluchtingstank echter is voor beide stelseltypen

van dezelfde orde van grootte, aangezien dimensionering hiervan uitsluitend op de BZV-belasting is gebaseerd. Door een adequate sturing van het zuiveringsproces kan de kwaliteitsvermindering van het effluent van de beluchtingstank als gevolg van extra (regen)watertoevoer tot een minimum worden beperkt.

De bedrijfsresultaten van rwzi-Lelystad zijn zodanig (tabel IIIa) dat kan worden aangenomen dat rwzi-Almere-Buiten bij een gescheiden stelsel ruim aan de gestelde eisen voor BZV en stikstof kan voldoen. Tabel IIIb toont aan dat eenzelfde conclusie ook van toepassing is op de rwzi-gemengd.

De in het effluent aanwezige zwevende en bezinkbare stof is afhankelijk van de effectiviteit van de nabezinking. Volgens tabel IIIa voldoet de rwzi-gescheiden op dit punt aan de eisen. Aangezien de gemiddelde verblijftijd in de nabezinkruimte van een rwzi-gescheiden kleiner is dan bij een rwzi-gemengd, kan worden verwacht dat het rendement van de nabezinking bij een rwzi-gemengd beter is. Een rwzi-gemengd zal daardoor ook zeker beantwoorden aan de eisen die voor zwevende en bezinkbare stof zijn geformuleerd.

Ten aanzien van de totaal-fosfaatconcentratie in het effluent kan ervan worden uitgegaan, dat bij simultane defosfatering zowel bij een rwzi-gescheiden als bij een rwzi-gemengd een gemiddelde effluentconcentratie van minder dan 1–2 mg/l P kan worden bereikt.

Resumerend kan worden geconcludeerd dat zowel een rwzi-gescheiden als een rwzi-gemengd aan de gestelde kwaliteits-eisen voor het effluent kunnen voldoen.

5.2. Jaarlijkse BZV-belasting

Gescheiden stelsel

Het door een gescheiden stelsel geloosde BZV bestaat uit straatvuil, de resterende BZV in het effluent van de rwzi en eventueel huishoudelijk- en bedrijfsafvalwater via verkeerde aansluitingen.

De prognose voor de jaarlijkse BZV-be-

TABEL III - a. Gemiddelde effluentkwaliteit rwzi-Lelystad [Van der Hoeven, 1976]. b. Jaar-gemiddeld zuiveringsrendement en effluentkwaliteit van 28 inrichtingen van het oxydatiesloottype (met een capaciteit groter dan 10.000 i.e.) waarop gemengde stelsels zijn aangesloten.

	a. rwzi gescheiden		b. rwzi gemengd	
	gemiddeld	gemiddeld	gemiddeld	mediaan
BZV-concentratie effluent (mg/l)	3,6	5,1	4,6	4,6
Zuiveringsrendement BZV (%)	98	98,0	98,3	98,3
N-NH ₄ -concentratie effluent (mg/l)	–	3,9	1,7	1,7
Zuiveringsrendement-NH ₄ (%)	–	89,0	97,5	97,5
N-Kj-conc. effluent (mg/l)	2,5	6,5	4,4	4,4
Zuiveringsrendement N-Kj (%)	97	86,7	92	92
Bezinkbare stof (ml/l)	0,2	–	–	–
Zwevende stof (mg/l)	30	–	–	–

lastig van het gescheiden rioolstelsel luidt als volgt:

– via het effluent van de rwzi (98 % zuivering)	14.370 kg
– via straatvuil (37.500 inw. à 0,8 g BZV/inw.dag)	10.950 kg
totaal	25.320 kg
– via 1 % verkeerde aansluitingen	7.190 kg
totaal	32.510 kg

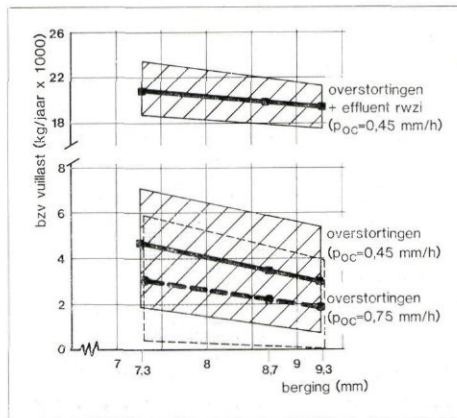
Gemengd stelsel

Met behulp van het simulatiemodel is een indicatie verkregen van de jaarlijkse BZV-vuillast die door het gemengde stelsel via overstortingen en via het effluent van de rwzi wordt geloosd.

Er is verondersteld dat de BZV-reductie in de rwzi tijdens regen 2 % minder efficiënt geschiedt dan gedurende een droge periode (resp. 96 % versus 98 % op BZV-basis). De neerslaggegevens van drie achtereenvolgende jaren (1976 t/m 1978) hebben als input voor het model gediend. Hoewel de in de berekening betrokken reeks jaren voor prognoses op de lange termijn te beperkt is, kan toch een redelijke indruk worden verkregen van de jaarlijkse vuillast en de spreiding hierin, temeer daar deze jaren klimatologisch onderling grote verschillen aan de dag leggen: 1976 was droog, 1977 was zeer nat, terwijl in 1978 dikwijls overstortingen voorkwamen waaraan lange droogweperperioden voorafgingen.

Bij de vuillastberekeningen is rekening gehouden met bezinking en opwoelingsprocessen (afhankelijk van de vullingstoestand van het riool), alsmede met mineralisatie van het slib. De resultaten zijn in tabel IV en in afb. 5 weergegeven.

De totale jaarlijkse BZV-vuillast van het gemengde rioolstelsel blijkt aanmerkelijk geringer te zijn dan van het gescheiden stelsel (resp. 19.400 - 20.900 versus 32.500 kg/jaar). Door vergroting van de pompovercapaciteit kan de jaarlijks overstortende vuillast nog worden teruggebracht (circa 35 % reductie bij een verhoging



Afb. 5 - Hypothetische jaarlijkse BZV-belasting van het oppervlaktewater, teweeggebracht door overstortingen uit het gemengde stelsel en door de effluentlozing van de rwzi, als functie van de bergingscapaciteit.

van de pompovercapaciteit van 0,45 naar 0,75 mm/h).

Conclusie

Simulatieberekeningen betreffende de jaren 1976-1978 wijzen uit dat de jaarlijkse BZV-vuillast teweeggebracht door de afvoer van rioolwater via een gescheiden stelsel met 1 % verkeerde aansluitingen een factor 1,6 (1,4 - 1,9) hoger is dan bij afvoer via een gemengd rioolstelsel ($B = 7,3 - 9,3$ mm, $P_{oc} = 0,45$ mm/h). Wanneer géén verkeerde aansluitingen zouden optreden bij het gescheiden stelsel, is de totale jaarlijkse BZV-vuillast hiervan nog 26 % (8 % - 45 %) groter dan bij het gemengde stelsel het geval is.

5.3. Individuele lozingen

De omvang van de individuele vuillozingen uit gescheiden en gemengde stelsels is sterk afhankelijk gebleken van de aan de lozing voorafgaande droogweperperioden [Krauth, 1978]. Een analyse van de droogweperperioden gedurende 10 jaar is in afb. 6 gepresenteerd. Hierbij zijn verschillende criteria aangelegd ten aanzien van een droogweperdag. Voor de regenwaterlozingen is een droogweperdag gekarakteriseerd als een dag met minder dan 2 mm regen;

minder dan 2 mm neerslag zal immers nauwelijks tot afstroming komen [Zonder van, 1978]. Voor slibopwoeling is dit criterium op 4 mm gesteld, aangezien het slib pas wordt opgewoeld als een zekere stroomsnelheid in het riool is gerealiseerd. Uiteraard zal de factor tijd hierbij een rol spelen.

Na raming van de omvang van een gemiddelde en extreme lozing, wordt ingegaan op de gevolgen van deze lozingen voor het ontvangende oppervlaktewater. Bij de prognoses betreffende de effecten van lozingen op de zuurstofhuishouding van het stedelijke grachtwater is verondersteld dat volledige menging optreedt tussen lozing en ontvangend water. Voor de overstortingen op de Lage Vaart, echter, is rekening gehouden met een in de tijd veranderde mengsituatie, afhankelijk van stroomsnelheid van de Lage Vaart, overstortend debiet en volume.

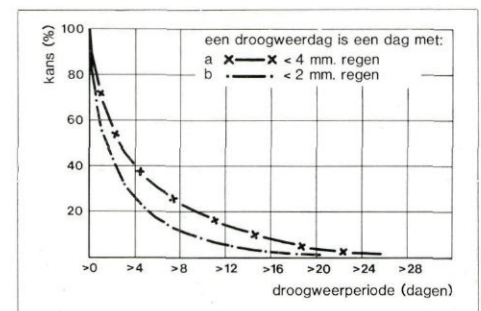
Gescheiden stelsel

Aan een lozing uit het regenwaterriool gaan gemiddeld (gewogen) 2,5 droogweperdagen vooraf. Voor de omvang van de lozing betekent dit een instantane belasting van het oppervlaktewater met circa 90 kg BZV. Wanneer dit volledig mengt met het grachtwater zal de BZV hierin met 0,4 mg/l toenemen, hetgeen voor de zuurstofhuishouding als een te verwaarlozen effect kan worden beschouwd.

Gemiddeld eens per jaar komt een droogweperperiode voor die langer dan 22 dagen duurt. De lozing van straatvuil kan dan tot circa 600 kg oplopen, waardoor een stijging in de BZV van het grachtwater van omstreeks 2,5 mg/l wordt teweeggebracht.

Bovenstaande lozingen zullen op zich weinig problemen opleveren voor de zuurstofhuishouding van het grachtwater. Er mag dan ook worden verwacht dat het stedelijk grachtwater zal blijven voldoen aan de in 2.3. gestelde kwaliteitseisen ten aanzien van de fysisch-chemische karakteristieken.

Afb. 6 - Gesommeerde kans (%) op het optreden van een droogweperperiode met meer dan het aangegeven aantal dagen (gegevens ontleend aan meteorologiestation Wageningen).



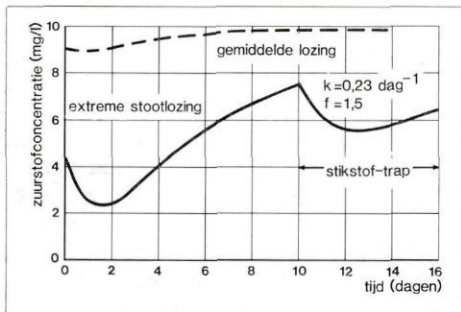
TABEL IV - Hypothetische gemiddelde jaarlijkse BZV-belasting (minimum, maximum) van het oppervlaktewater teweeggebracht door overstortingen uit het gemengde rioolstelsel en door de effluentlozing van de rwzi (pompovercapaciteit 0,45 mm/h, 0,75 mm/h; berging 7,3 - 9,3 mm) in de jaren 1976 t/m 1978.

Berging	7,3 mm	8,7 mm	9,3 mm
via overstortingen ($p_{oc} = 0,45$ mm/h)	4600 (1870 - 7590)	3475 (1070 - 6040)	3012 (770 - 5360)
totaal via overstortingen en effluent rwzi ($p_{oc} = 0,45$ mm/h)	20900 (18700 - 23400)	19800 (17900 - 21900)	19400 (17500 - 21300)
via overstortingen ($p_{oc} = 0,75$ mm/h)	3010 (460 - 5900)	2170 (50 - 4600)	1840 (40 - 3900)

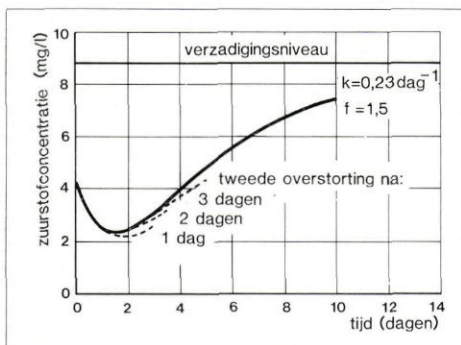
Gemengd stelsel

Met behulp van het simulatiemodel is behalve de jaarlijkse vuillast tevens de gemiddelde vuillast per overstorting berekend. Voor een rioelstelsel met een bergingscapaciteit van 7,3 mm en een pompovercapaciteit van 0,45 mm/h, draagt deze circa 240 kg BZV. De consequentie van een dergelijke gemiddelde overstorting voor de zuurstofhuishouding van de Lage Vaart is in afb. 7a weergegeven. Hiertoe is gebruik gemaakt van de 'oxygen sag-curve' van Streeter en

Afb. 7 - Prognose van het verloop van de zuurstofconcentratie (centrum van de 'vuilprop') in de Lage Vaart als functie van de tijd na een overstorting. De aangegeven k (deoxygenatiecoëfficiënt) en f (zelfreinigingsfactor) hebben betrekking op een temperatuur van 20 °C. Omstandigheden bij een extreme stootlozing: $T = 22$ °C, O_2 -deficiet op $t = 0$ is 50 %; bij een gemiddelde lozing: $T = 16$ °C, O_2 -deficiet op $t = 0$ is 10 %.

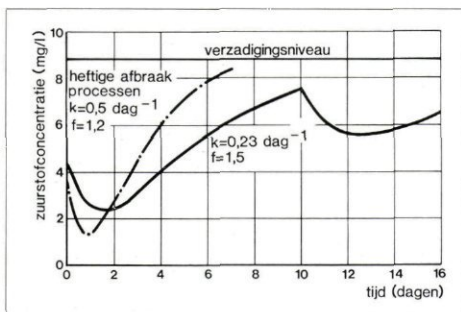


Afb. 7a - Effect van een gemiddelde overstorting en een extreme stootlozing.



Afb. 7b - Effect van herhaalde overstortingen na een extreme stootlozing.

Afb. 7c - Effect van heftiger verloopende afbraakprocessen bij een extreme stootlozing.



Phelps [Fair et al., 1968]. Een in de tijd veranderende mengsituatie is in de berekeningen verdisconteerd.

Er kunnen zich echter omstandigheden voordoen waarbij de lozing aanzienlijk groter is. In het volgende is een extreem ongunstige situatie uitgewerkt, hetgeen als het ware als een bovengrens van het effect van een stootlozing kan worden beschouwd.

Deze situatie houdt in het samenlopen van de volgende omstandigheden:

- een hoge watertemperatuur (22 °C), waardoor de zuurstofonttrekking relatief snel verloopt;
- relatief langzame menging van overstortwater in de Lage Vaart;
- een voorafgaande droogweperperiode van 30 dagen (frequentie: eens per jaar);
- een regenbui (38 mm in 3 uur) met een frequentie van eens per 10 jaar;
- een lage zuurstofconcentratie in de Lage Vaart (50 % verzadiging);
- een relatief lage mineralisatiegraad van het rioelslib.

Het één en ander resulteert in een hypothetische totale vuillast van 4.620 kg, bijna het 20-voudige van een gemiddelde lozing. De gevolgen van een dergelijke extreme stootlozing voor de zuurstofhuishouding van de Lage Vaart zijn weergegeven in afb. 7a. Ter indicatie is de stikstoftrap (nitrificatie) geschematiseerd weergegeven als een nieuwe oxygen sag-curve, beginnend 10 dagen na lozing; er is verondersteld dat alle aanwezige stikstof wordt geoxydeerd.

In afb. 7b en 7c zijn de effecten voor de zuurstofconcentratie van de Lage Vaart weergegeven voor het geval dat de stootlozing in de volgende drie dagen wordt gevolgd door nieuwe overstortingen (effect van overstortfrequentie), respectievelijk voor het geval dat de deoxygenatieprocessen relatief heftig verlopen.

Conclusie

Ten aanzien van gemiddelde alsmede extreem grote vuillozingen voldoen zowel het gemengde als het gescheiden stelsel aan de criteria die betrekking hebben op de BZV-belasting en het zuurstofregime van de ontvangende wateren.

Ook wanneer herhaalde overstortingen voorkomen, wordt geen optreden van zuurstofloosheid in de Lage Vaart verwacht. De overstortfrequentie is in dit geval geen belangrijk kwaliteitsbepalende parameter.

5.4. Hygiënische aspecten

Enkele prognoses zijn gemaakt met betrekking tot de hygiënische kwaliteit van

het stedelijk oppervlaktewater en de Lage Vaart. Dit aspect is voornamelijk van belang bij die wateren, welke voor recreatief gebruik worden aangewend. Als uitgangspunt voor het gemengde stelsel is gehanteerd dat het stedelijke oppervlaktewater om hygiënische redenen van overstortingen gevrijwaard dient te worden, aangezien in woongebieden aan een zeker recreatief gebruik van het water (bijv. het spelevaren door kinderen) niet valt te ontkomen.

De Lage Vaart zal in de toekomst wellicht ook voor recreatieve doeleinden worden aangewend (pleziervaart). Ten aanzien van de bacteriologische kwaliteit gelden derhalve zowel voor de stadsgrachten als voor de Lage Vaart minstens de criteria voor de basiswaterkwaliteit [Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1980]. Voorshands kan worden aangenomen dat bij aanleg van een gescheiden stelsel de Lage Vaart hygiënisch nauwelijks belast zal worden, terwijl bij het gemengde stelsel de bacteriologische kwaliteit van de grachten goed zal zijn (geen lozingen). In het volgende worden derhalve de hygiënische aspecten voor wat betreft het gescheiden stelsel toegespitst op het grachtwater, en bij het gemengde stelsel op de Lage Vaart.

De verrichte prognoses zijn gebaseerd op in de literatuur genoemde meetresultaten en richtgetallen [Qureshi en Dutka, 1979; Koot, 1975]. Of deze alle op de situatie van Almere-Buiten van toepassing zijn is uiteraard niet te voorspellen. De prognoses dienen derhalve met de nodige voorzichtigheid te worden geïnterpreteerd.

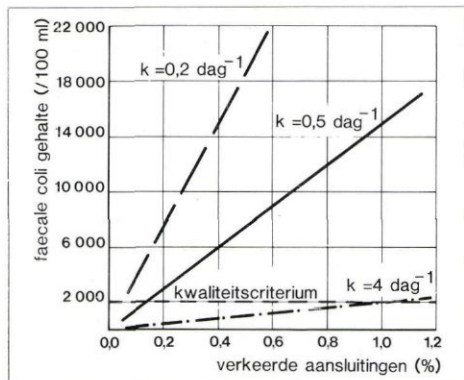
Gescheiden stelsel en het grachtwater

In afb. 8 is de te verwachten bacteriologische kwaliteit van het stedelijk oppervlaktewater weergegeven als functie van het percentage verkeerde aansluitingen en afhankelijk van de afstervingsnelheid van de bacteriën. Hieruit kan worden geconcludeerd dat het stedelijk grachtwater bij aanleg van een gescheiden rioelstelsel met 1 % verkeerde aansluiting hoogstwaarschijnlijk niet aan de gestelde bacteriologische normen zal voldoen, vooral niet wanneer de afstervingsnelheid sub-maximaal is.

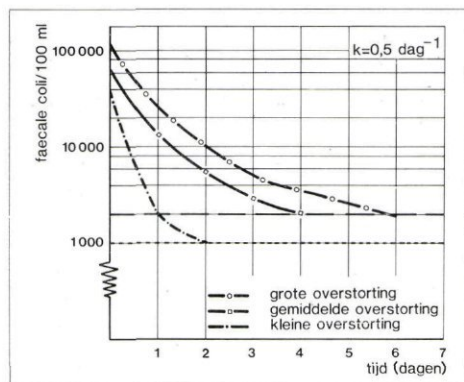
Gemengd stelsel en de Lage Vaart

Een gemiddelde overstorting zal de faecale coli-concentratie in de Lage Vaart plaatselijk gedurende enkele dagen boven het criterium van 2000/100 ml laten stijgen. De Lage Vaart zal echter wel kunnen blijven voldoen aan de gestelde eis: mediaan lager dan 2000 faecale coli's/100 ml (afb. 9).

De totale bacteriële vuillast van een ge-



Afb. 8 - Prognose gemiddelde gehalte aan faecale coli in het stedelijk grachtwater als functie van het percentage verkeerde aansluitingen bij een lage, gemiddelde en hoge afstervingsnelheid (resp. $k = 0,2, 0,5$ en 4 dag^{-1}); gescheiden rioolstelsel.



Afb. 9 - Verloop van het faecale coli gehalte in de vervuilde 'prop' van de Lage Vaart als functie van de tijd bij een grote, gemiddelde en kleine overstorting (gemengd stelsel). De kwaliteitseis is: *mediaan* < 2000/100 ml; de basisconcentratie van de Lage Vaart is 1000/100 ml.

middelste overstorting komt qua grootte overeen met de dagelijkse lozing via het effluent van de rwzi-Almere-Buiten.

5.5. Stikstof- en fosfaatbelasting

Tabel V geeft de prognose weer voor de N- en P-belasting van de stadsgrachten en de Lage Vaart. Er is vanuit gegaan dat ook met betrekking tot dit onderwerp Almere-Buiten sterke analogieën met Lelystad vertoont. Behalve de vuilozingen (inclusief effluent) is het aandeel van kwel en drainagewater in de N- en P-belasting verdisconteerd. Over het geheel genomen blijken beide

TABEL V - Overzicht prognose van de bruto stikstof- en fosfaatbelasting van de Lage Vaart en de grachten in Almere-Buiten.

	Gemengd stelsel				Gescheiden stelsel			
	stikstof		fosfaat		stikstof		fosfaat	
	kg/j	g/m ³	kg/j	g/m ³	kg/j	g/m ³	kg/j	g/m ³
Grachten	9600	49	3300	17	15100	63	4300	18
Lage Vaart	87000	146	5300	9	86300	144	5000	8

stelsels ten aanzien van de stikstof- en fosfaatbelasting in grote lijnen onderling vergelijkbaar te zijn.

5.6. Beheersbaarheid van het stelsel

Aangezien het aantal lozingspunten van een gemengd stelsel beperkt is en qua plaats bekend, kunnen deze in zekere mate worden bewaakt en beheerst. Als in de toekomst de eisen die aan lozingen worden gesteld strenger worden, kan hieraan meestal tegemoet worden gekomen met relatief geringe extra investeringen.

De regenwaterlozingen van een gescheiden stelsel zullen uit oogpunt van een zo economisch mogelijk regenwaterafvoersysteem op vele plaatsen in het stedelijk oppervlaktewater plaatsvinden, waardoor het bewaken en beheersen van de lozingen moeilijker is. Hierdoor zullen tevens de mogelijkheden om bij de lozingsplaatsen aanpassingswerken ter reducering van de verontreiniging te construeren technisch financieel gezien beperkt zijn. Een goede bewaking van de dwa-aansluitingen in de stad is een belangrijke voorwaarde voor het goed functioneren van een gescheiden stelsel.

6. Kosten

Ten behoeve van de vergelijking van beide stelseltypen zijn de kosten van de ontworpen systemen geraamd. De volgende posten zijn voor de kostenvergelijking van belang:

- grondontgraving en aanvulling van de gleuf met zand
- rioolbuizen
- inspectieputten
- rioolgemalen
- bronbemaling
- eventuele tijdelijke damwand in de sleuf.

In de gevallen waarbij de aanlegdiepte van de riolen groter is dan 3 m, is rekening gehouden met het toepassen van spanningsbemaling en het afheien van de sleuven met damwanden. Deze maatregelen zijn in de praktijk noodzakelijk gebleken. De rwzi van het gescheiden stelsel zal een kleinere hydraulische capaciteit bezitten dan de rwzi van het gemengde stelsel. De financiële consequenties hiervan zijn in de

TABEL VI - Vergelijkende kostenraming van het gescheiden en gemengde rioolstelsel (in miljoenen guldens). Kosten exclusief drainstelsel, exploitatiekosten.

Onderdeel	Aanlegkosten	
	gescheiden rioolstelsel	gemengd rioolstelsel
Riolering, spanningsbemaling tijdelijke damwand	29,0	21,8
Gemalen en persleidingen	2,4	3,5
Aanpassing rwzi	-	1,9
Totaal	31,9	27,2

kostenvergelijking verdisconteerd. In tabel VI is een overzicht van de kostenvergelijking weergegeven. De exploitatiekosten en de financiële gevolgen voor het drainstelsel zijn hierbij buiten beschouwing gelaten. Deze kunnen in sommige gevallen aanzienlijk zijn [Van Dam et al., 1981]. Uit tabel VI blijkt dat de aanlegkosten van het gemengde rioolstelsel circa 4,7 miljoen gulden geringer zijn dan van het gescheiden stelsel.

7. Conclusies

- De totale jaarlijkse BZV-belasting van het oppervlaktewater (inclusief het effluent van de rwzi), teweeggebracht door afvoer van rioolwater via het gescheiden stelsel met 1 % verkeerde aansluitingen blijkt ongeveer een factor 1,6 groter te zijn dan bij afvoer via het gemengde stelsel. Wanneer geen verkeerde aansluitingen zouden optreden bij het gescheiden stelsel is de totale jaarlijkse BZV-vuillast hiervan nog 26 % groter dan het geval is bij het gemengde stelsel. De individuele lozingen vanuit het gescheiden stelsel zijn frequenter, minder gelocaliseerd en hebben op zich een geringere vervuilkraft dan die vanuit het gemengde stelsel.
- Ten aanzien van individuele stootlozingen worden noch bij het gescheiden noch bij het gemengde stelsel ontoelaatbare effecten voor de zuurstofhuishouding van het ontvangende oppervlaktewater verwacht, ook niet onder extreem ongunstige condities.
- Prognoses aangaande de hygiënische kwaliteit van het ontvangende water indiceren dat het gescheiden stelsel niet aan de gestelde waterkwaliteitseisen van de grachten kan voldoen als 1 % verkeerde aansluitingen optreedt.

Door overstortingen vanuit het gemengde stelsel zal de Lage Vaart slechts gedurende een korte periode hygiënisch onbetrouwbaar zijn. De Lage Vaart zal echter nog wel kunnen voldoen aan de gestelde eisen

TABEL II - Nederlandse deelname aan ISO/TC 113 en zijn werkgroepen.

Werkgroep	SC 1	SC 2	SC 3	SC 4	SC 5	SC 6	SC 7	TC 113
aantal leden	4	6	—	—	3	5	—	1
aantal waarnemers	2	1	1	2	1	1	1	—

— Draft International Standard (ontwerpnorm)

Zodra er binnen de betreffende werkgroep van ISO/TC 113 eenstemmigheid is bereikt over het voorstel tot standaardisatie, wordt een Draft International Standard gemaakt, die tevens ter goedkeuring wordt aangeboden aan het Centrale ISO Secretariaat in Genève.

— International Standard ISO

Als ook het Centrale Secretariaat accoord gaat, wordt na stemming door de landenleden de Standard gedrukt en gedistribueerd.

Het is gebruikelijk dat de gehele procedure 3 à 5 jaar in beslag neemt.

Als na een aantal jaren blijkt dat de Standard uitgebreid of gewijzigd moet worden, dan wordt op dezelfde wijze een revisie-voorstel uitgewerkt. Voor alle standards geldt, dat herziening steeds na 5 jaar in overweging wordt genomen.

5. Het Nederlandse lidmaatschap van ISO/TC 113

Binnen het technisch comité is Nederland van meet af een actief lid geweest. Tal van bijdragen – waaronder een aantal conceptvoorstellen voor Standards – zijn in de afgelopen jaren door de Nederlandse werkgroepleden ingediend. Het nationaal comité telt circa 20 leden, allen medewerkers bij één van de volgende instellingen:

Landbouw Hogeschool Wageningen,
Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, Lelystad,
Rijkswaterstaat,

Technische Hogeschool Delft,
Waterloopkundig Laboratorium.

Tabel II laat zien aan welke werkgroepen wordt deelgenomen.

In Nederland is de administratieve begeleiding neergelegd bij het Nederlands Normalisatie Instituut (NNI), Kalfjesweg 2, 2623 AA Delft.

Belangstellenden, overheidsdiensten, ingenieursburo's en particulieren kunnen bij het NNI de Internationale Standards aanvragen (zie tabel III).

Naschrift

De auteur is zeer erkentelijk voor de opbouwende suggesties van enkele leden van het Nederlands comité ISO/TC 113.

TABEL III - Lijst van Standards (ISO/TC 113) bijgewerkt tot en met april 1981.

ISO 555/II	– Dilution methods for measurement of steady flow – Constant rate injection method
ISO 555/II	– Dilution methods for measurement of steady flow – Part II: Integration (sudden injection) method
ISO 748	– Velocity area methods
ISO 772	– Vocabulary and symbols
ISO 1070	– Slope area methods
ISO 1088	– Velocity area methods – Collection of data for determination of errors in measurement
ISO 1100	– Establishment and operation of a gauging-station and determination of the stage-discharge relation
ISO 1438	– Thin-plate weirs and venturi flumes
ISO 1438/I	– Thin-plate weirs
ISO 2425	– Measurement of flow in tidal channels
ISO 2537	– Cup-type and propeller-type current meters
ISO 3454	– Sounding and suspension equipment
ISO 3455	– Calibration of rotating-element current meters in straight open tanks
ISO 3716	– Functional requirements and characteristics of suspended sediment load samplers
ISO 3846	– Free overfall weirs of finite crest width
ISO 3847	– End depth method for estimation of flow in rectangular channels with a free overfall
ISO 4360	– Triangular profile weirs
ISO 4363	– Methods for measurement of suspended sediment
ISO 4364	– Bed material sampling
ISO 4366	– Echo sounder for water depth measurements
ISO 4369	– Moving boat method
ISO 4373	– Water level measuring devices
ISO 4375	– Cableway system

Literatuur

1. Stern, P. *Small scale irrigation*. Intermediate Technology, London 1979.
2. Herschy, R. W. (ed.). *Hydrometry, Principles and Practices*. John Wiley and Sons, New York 1978.
3. Bos, M. G. (ed.). *Discharge measurement structures*. Werkgroep dimensionering kleine kunstwerken. Uitgave van het ILRI te Wageningen, ook verschenen als rapport 4 van het Laboratorium voor Hydraulica en Afvoerhydrologie en als WL-publicatie 161. 2e druk 1978.
4. Hayes, F. Ch. *Guidance for hydrographic and hydrometric surveys*. Waterloopkundig Laboratorium, publicatie 200, mei 1978.
5. Chow, V. T. *Open Channel Hydraulics*. Mc. Graw – Hill Book Company, Inc. New York.
6. *International Organization for Standardization*. Alle beschikbare standards ISO/TC 113.

• Slot van pagina 583

ten aanzien van de hygiënische kwaliteit (mediaan < 2000/100 ml faecale coli).

– De stikstof en fosfaatbelasting van het oppervlaktewater zijn voor beide stelseltypen vergelijkbaar in grootte.

– Het gemengde rioolstelsel is beter beheersbaar dan het gescheiden stelsel.

– Vergelijking van de aanlegkosten van de beide stelsels wijst uit dat het ontworpen gemengde stelsel goedkoper is dan het gescheiden stelsel. Hier zijn evenwel de exploitatiekosten en de extra drainagekosten bij een gemengd stelsel niet bij inbegrepen.

Literatuur

1. Anonymus. *Rapport van de Commissie Riolerings- en Waterverontreiniging van de afdeling voor gezondheidstechniek van het KIVI, deel II*. H₂O (5) 1972, nr. 10.
2. Anonymus, 1980. *Onderzoek keuze rioleringsstelsel plangebied Almere-Buiten*. Eindrapport, Witteveen + Bos.
3. Berg, J. A. van den, Jong, J. de and Schultz, E., 1977. *Some qualitative and quantitative aspects of surface water in an urban area with separate storm water and waste water sewer systems*. Proceedings IAHS/UNESCO Symposium Amsterdam.
4. Dam, C. H. van, Ven, F. H. M. van de, Uunk, E. J. B. en Heynis, J. D. *Kwaliteits- en kostenaspecten van de rioolstelselkeuze, ervaringen in Flevoland*. H₂O 1981 (dit nummer).
5. Duin, J. F. *BZV-lozing door een rioolwaterstelsel*. H₂O (6) 1973, nr. 10.
6. Essen, J. van, 1978. *De simulatie van de vuiluitwerp van rioleringsystemen in een stedelijk gebied*. RIJP, werkdocument.
7. Fair, C. M., Geyer, J. E. and Okun, D. A., 1968. In: *Water and Waste water Engineering II*. Wiley & Sons, New York.
8. Greiner, R. W. en Jong, J. de. *Het rioolstelsel en de kwaliteit van het oppervlaktewater in Lelystad*. H₂O (9) 1976, nr. 25.
9. Herik, A. G. v. d., 1976. *Gewässerverschmutzung durch Regenüberläufe aus Mischkanalisationen*. 3. Europäisches Abwasser- und Abfallsymposium München 1975. In: *Berichte der ATV, Teil 28*. GFA, Bonn.
10. Hoeven, J. C. M. van der, 1976. *Vuilwaterbalans van Lelystad*. RIJP, werkdocument.
11. Kluesener, J. W. and Lee, G. F., 1974. *Nutrient loading from a separate storm sewer in Madison, Wisconsin*. JWPCF (46) nr. 5.
12. Koot, A. C. J., 1975. *Behandeling van afvalwater*. Waltman, Delft.
13. Krauth, K. H., 1978. *Belastung von Vorflutern durch Mischwasser und deren Verminderung*. In: *Gewässerschutz, Wasser, Abwasser*, 25.
14. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1980. *Concept Indicatief Meerjaren Programma ter bestrijding van de waterverontreiniging 1980-1984*.
15. Qureshi, A. A. and Dutka, B. J., 1979. *Microbiological studies on the quality of urban stormwater runoff in Southern Ontario, Canada*. Water Research (13), nr. 10.
16. Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, 1978. *Concept Ontwerp Structuurplan Almere-Buiten*.
17. Zondervan, J. G., 1978. *Modelling urban runoff; a quasilinear approach*. Dissertatie Landbouw Hogeschool Wageningen.