

BIBLIOTHEEK
RIJKSDIENST VOOR DE
IJSELMEERPOLDERS

WERKDOCUMENT

KWALITEITS- EN KOSTENASPECTEN BIJ RIOOL-
STELSELS IN NIEUW AAN TE LEGGEN WOONGE-
BIEDEN

door

Werkgroep Rioolstelsels

1980-109 Abw/Adc

maart 1980

R
13455

IR
13455

7160

MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT
RIJKSDIENST VOOR DE IJSELMEERPOLDERS
SMEDINGHUIS - LELYSTAD

<u>INHOUDSOPGAVE</u>	<u>blz.</u>
INLEIDING	6
1. SOORTEN RIOOLSTELSELS	7
1.1. Het normaal gemengde stelsel	7
1.2. Het verbeterd gemengde stelsel	7
1.3. Het gescheiden rioolstelsel	7
1.4. Het verbeterd gescheiden stelsel	8
1.5. Het absolute rioolstelsel	8
2. KWALITEITSASPECTEN VAN RIOOLSTELSELS	8
2.1. Gegevens uit de literatuur	8
2.2. Bepaling vuillast via modellen	9
3. EISEN TE STELLEN AAN OPPERVLAKTEWATER	10
3.1. Algemeen	10
3.2. Eisen te stellen aan oppervlaktewater in stedelijke gebieden	11
4. HUIDIGE WATERKWALITEIT BIJ GESCHEIDEN RIOLERINGSSYSTEEM	13
5. KOSTENASPECTEN VAN RIOOLSTELSELS	15
5.1. Kosten van het huidige gescheiden stelsel	17
5.2. Kosten bij gemengde stelsels	17
5.2.1. Kosten van een gemengd stelsel met veel open water	17
5.2.2. Kosten van een gemengd stelsel met weinig open water	18
5.2.3. Kosten van een gemengd stelsel waarbij geen open water in de stad aanwezig is	18
5.3. Overzicht en discussie t.a.v. de kosten	18
5.3.1. Overzicht van de investeringskosten per inwoner	18
5.4. De invloed van de woningdichtheid op de rioleringskosten	19
5.5. Onderhouds- en exploitatiekosten	20
5.5.1. Riolering	20
5.5.2. Gemalen, persleiding en zuivering	21
6. CONCLUSIES	22
SAMENVATTING	23
BIJLAGEN	
1. De basiskwaliteit (grenswaarden) en de waterkwaliteit in de grachten van Lelystad in 1978	
2. Plaatsaanduiding van de 5 monsterpunten te Lelystad	
3. Verband tussen de woningdichtheid en de rioollengte bij gescheiden rioolstelsel	

INLEIDING

Rioolstelsels dienen om afvalwater van industrie en huishouden alsmede overtollige neerslag af te voeren. Voor die afvoer bestaan in feite twee rioleringsystemen, namelijk het gescheiden en het gemengde systeem. Het gemengde systeem voert al het genoemde afvalwater via een buizenstelsel naar de rioolwaterzuivering. Bij overbelasting wordt een deel van het afvalwater rechtstreeks op het oppervlaktewater geloosd. Het gescheiden systeem bestaat uit twee aparte leidingnetten. Het ene net voert het afvalwater naar de rioolwaterzuivering, het andere loost de af te voeren neerslag rechtstreeks op het oppervlaktewater.

Bij de bouw van Lelystad is besloten om een gescheiden rioolstelsel aan te leggen. Aanleiding hiertoe was het rapport van ir. J.E. Smit uit 1964. Zijn conclusie was dat het gescheiden systeem weliswaar per hectare iets duurder dan het gemengde rioolstelsel zou uitkomen, maar dat de te verwachten verbetering van de kwaliteit van het oppervlaktewater daar ruimschoots tegenop zal wegen. Ook in het buitenland heerste in de zestiger jaren het idee om ten behoeve van het milieu alle bestaande en nieuw aan te leggen rioleringen van het gescheiden systeem te voorzien.

De laatste jaren is ten aanzien van de stelselkeuze een brede discussie op gang gekomen. De inzichten omtrent de milieutechnische en economische factoren bij de verschillende stelsels lopen daarbij nogal eens uiteen.

Dit werkstuk beoogt enerzijds de huidige stand van zaken omtrent de kwaliteitsaspecten van de verschillende rioleringsystemen weer te geven en anderzijds de kosten per stelsel te bepalen. Hiertoe wordt in hoofdstuk 1 een overzicht van de verschillende soorten rioolstelsels gegeven. Hoofdstuk 2 geeft de kwaliteitsaspecten van rioleringsystemen weer. De kwaliteitseisen aan het oppervlaktewater te stellen komen in hoofdstuk 3 aan de orde, terwijl hoofdstuk 4 de huidige waterkwaliteit bij het gescheiden systeem in Lelystad weer geeft. Een overzicht van de kosten bij verschillende rioleringsystemen vormt de inhoud van hoofdstuk 5. Als laatste komen conclusies en een samenvatting aan bod.

1. SOORTEN RIOOLSTELSELS

Rioolstelsels hebben tot doel:

- Afvoeren van afvalwater van woningen en industriën.
- Afvoeren van neerslag.

Voor dit doel zijn verschillende soorten rioolstelsels in gebruik. Een beschrijving hiervan is in de volgende paragrafen opgenomen.

1.1. Het normaal gemengde stelsel

Een normaal gemengd rioolstelsel voert het huishoudelijk en industrieel afvalwater te zamen met de tot afvoer komende neerslag af. Afvoer vindt plaats via eenzelfde buizenstelsel naar een rioolwaterzuiveringsinstallatie (r.w.z.i.).

De pompcapaciteit naar de r.w.z.i. bepaalt hoeveel water per tijdseenheid aan het buizenstelsel kan worden onttrokken. De afvoercapaciteit van het rioolstelsel wordt bepaald aan de hand van een gekozen maatgevende afvoer, een maatgevende berging en pomp(over)capaciteit. Bij hevige neerslag kan het aanbod aan af te voeren water groter zijn, dan de capaciteit waarop het rioolstelsel berekend is. Om het surplus aan water kwijt te raken, zijn bij dit stelsel open uitlaten gemaakt, waardoor het nog ongezuiverde afvalwater vermengd met de neerslag direct in het open water terecht komt. Zonder deze overstorten zal het overtollige water via de rioolputten op straat komen te staan.

De overstortfrequentie bij dit stelsel varieert van enkele malen tot 15 à 20 maal per jaar.

1.2. Het verbeterd gemengde stelsel

Het grote aantal overstortingen uit het normaal gemengde stelsel werkt zeer vervuילend op het oppervlaktewater. Vermindering van het aantal overstorten is daarom gewenst. Hiertoe is het verbeterd gemengde stelsel ontworpen, waarbij via vergroting van de berging en/of de pompcapaciteit de overstortfrequentie teruggebracht wordt tot 1 à 2 maal per jaar.

De berging wordt vergroot via de aanleg van bergingsbassins of -tanks dan wel door vergroting van de diameter van de rioolbuizen. De bergingsruimten fungeren tevens als bezinkbak voor vaste deeltjes uit het rioolwater. Het overstortende water zal daardoor minder vervuiling van het oppervlaktewater geven. Het in de bergbezinktank verzamelde slib wordt afhankelijk van de situatie teruggevoerd naar de riolering, rechtstreeks naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie getransporteerd of mechanisch verwijderd.

1.3. Het gescheiden rioolstelsel

De achtergrond van het gescheiden rioolstelsel is de relatief geringe vervuilingswaarde van het via het oppervlak tot afstroming komende regenwater; de kwaliteit ervan laat een directe lozing op het oppervlaktewater toe. Deze gedachte heeft geleid tot een rioolstelsel, waarbij afvoer van het huishoudelijk en industrieel afvalwater - de droogweerafvoer (d.w.a.) - gescheiden van het regenwater plaatsvindt. Het stelsel bestaat uit twee volkomen van elkaar gescheiden rioolnetten. Het net voor de d.w.a. voert naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie, het net voor de regenwaterafvoer (r.w.a.) loost rechtstreeks op het oppervlaktewater.

De voorwaarden voor een optimale werking van dit systeem zijn:

- Het afgevoerde regenwater mag niet of slechts voor een deel vervuילd zijn.

- Foute aansluitingen tussen de twee rioolnetten mogen niet voorkomen.

Aan beide voorwaarden wordt in de praktijk evenwel niet altijd voldaan. De r.w.a. kan door van het verharde oppervlak meegevoerde stoffen en slib tamelijk vervuild zijn. Daarnaast zijn foute aansluitingen nooit geheel tegen te gaan. Vooral aansluiting van het d.w.a. stelsel op de regenwaterafvoer heeft grote invloed op de kwaliteit van het oppervlaktewater.

Bij elke bui stort het r.w.a. over op het oppervlaktewater. Vrijwel altijd gebeurt dit op meer plaatsen dan bij een gemengd systeem het geval zou zijn. De hydraulische belasting van de r.w.z.i. is door het vrij constante karakter van de d.w.a. bij dit stelsel relatief gering.

1.4. Het verbeterd gescheiden stelsel

Een verbeterd gescheiden rioolstelsel is een gescheiden rioolstelsel, waarbij de neerslagafvoer met een beperkte frequentie naar het oppervlaktewater overstort. Een deel van de af te voeren neerslag wordt daartoe in het regenwaterstelsel geborgen. De verlangde berging ontstaat, door het stelsel met behulp van overstortdrempels van het open water te scheiden. Na het verstrijken van de bui, wordt de geborgen neerslag naar het vuilwaterriool of rechtstreeks naar de rioolwaterzuiveringsinrichting afgevoerd. Het verbeterd gescheiden stelsel beperkt aldus de gevolgen van foute aansluitingen en de lozing van meegevoerd straatvuil.

1.5. Het absolute rioolstelsel

Het absolute rioolstelsel heeft dezelfde opzet als een gemengd rioolstelsel. De berging en de pompcapaciteit zijn hierbij echter zo groot gekozen, dat de aangeboden hoeveelheid rioolwater vrijwel altijd naar de r.w.z.i. afgevoerd kan worden. Overstortdrempels zijn in dit stelsel dan ook niet opgenomen. Toepassing van dit stelsel vindt men in gebieden waar oppervlaktewater van enige omvang ontbreekt.

2. KWALITEITSASPECTEN VAN RIOLERINGSSTELSELS

De laatste jaren is de keuze van rioleringsstelsels zeer actueel. Economische en milieuhygiënische factoren spelen een belangrijke rol bij deze keuze. Dit blijkt niet alleen uit een toenemend aantal publicaties over deze materie in vaktijdschriften, maar tevens uit een toename van de onderzoeksinspanning, met name van de STORA (Stichting Toegepast Onderzoek Reiniging Afvalwater).

2.1. Gegevens uit de literatuur

Over de aard en de invloed van de verschillende vervuiliingsbronnen is nog weinig bekend; Met name de opname en het transport van vuil door afstromend regenwater en de opwoeling van rioolslib - vooral van belang voor de vuillast van een gemengd systeem zijn lastig in te schatten. Een nog lopende literatuurstudie levert zeer uiteen lopende resultaten, waaruit de afhankelijkheid van de omstandigheden in het studiegebied duidelijk blijkt.

Slechts over de kwaliteit van het geloosde water blijkt een ruime hoeveelheid gegevens verzameld te zijn. Gegevens over hoeveelheden bleken vaak te ontbreken, zodat de totale vuillozing niet bepaald kon worden (in kg vuil).

Factoren als de duur van de droogweerdeperiode voorafgaand aan een bui, de duur van de afvoer, de hoeveelheid neerslag en de gemiddelde intensiteit blijken wel van invloed op de kwaliteit van het afgevoerde hemelwater, hoewel de relaties niet erg vastliggen. De kwaliteit van

het overstortende water uit een gemengd stelsel is zo mogelijk nog moeilijker te voorspellen aangezien het rioolslib de relaties nog verder vertroebeld.

Nader onderzoek aan deze materie is dringend noodzakelijk. De overdraagbaarheid van de ontwikkelde kennis zal daarbij een belangrijke rol moeten spelen.

Om een indruk te verkrijgen van de orde van grootte van de gemiddelde concentratie van verschillende vervuilingparameters van het geloosde water worden de volgende cijfers genoemd (tabel 1). Enige terughoudendheid bij het overbrengen van de getallen naar de Nederlandse situatie is gewenst.

Tabel 1. Gemiddelde concentraties van overstortend water uit gemengde en gescheiden stelsels in mg per liter. (8, 10, 12)

Vervuilingparameter	Gemengd rioolstelsel	Gescheiden rioolstelsel
BZV	150	17
CZV	400	95
Zwevende stof	250	230
totaal P	5	0,5
totaal N	20	2,0
Pb	--	0,4
Zn	--	0,3

Een uitgebreid onderzoek in Noorwegen (Oddvar Lindholm en Peter Balmer) vermeldt meer gegevens over de jaarlijkse vuillast. Onderzocht werden vier gescheiden en drie gemengde rioleringsystemen. De onderzoeksgebieden waren 10 tot 380 ha groot.

In tabel 2 zijn deze gegevens vermeld. Ter vergelijking zijn ook de gegevens van (8, 10, 12) en van Lelystad (5) vermeld.

De gegevens van het onderzoek in Noorwegen en Lelystad met betrekking tot het gescheiden rioleringsstelsel zijn van dezelfde orde van grootte, met uitzondering van het zwevende stofgehalte.

De Noorse onderzoekers concluderen dat de totale vuillast van gemengde systemen op jaarbasis ongeveer twee keer zo hoog is als de vuillast van gescheiden systemen, dit ondanks het feit dat er in Noorwegen sprake is van een geaccidenteerd rioleringsgebied!

Andere onderzoekers; o.a. Public Health Service 1964 en een onderzoek in Oakland in Californië, komen weer tot een tegenovergestelde conclusie, namelijk dat de jaarlijkse totale vuillast van gescheiden systemen groter is.

2.2. Bepaling vuillast via modellen

Veelal zijn kwaliteitsmetingen aan rioolstelsels niet verricht of geven de verzamelde kwaliteitsgegevens geen eenduidig beeld van de vervuiling. Om toch een inzicht te krijgen in de vuiluitworp van een rioolstelsel, kan een wiskundig model opgesteld worden, waarmee de vuiluitworp gesimuleerd wordt. Voor Lelystad is zowel voor het gescheiden als voor een gemengd systeem een vuiluitworpmodel ontwikkeld. (4)

Het model simuleert de vuiluitwerp van de verschillende rioolstelsels en de invloed daarvan op het grachtwater. Het Chemisch Zuurstof Verbruik (CZV) is als kwaliteitsmaatstaf gebruikt. Voor het gescheiden stelsel zijn de invoergegevens voor het model gebaseerd op de situatie en de beschikbare gegevensreeksen van Lelystad. Het gemengde systeem is gemodelleerd voor een situatie als in Lelystad, waarbij daarnaast algemeen in Nederland gehanteerde normen zijn aangehouden.

Aan een aantal in te voeren bepalende factoren kon geen op metingen berustende waarde toegekend worden. Het betreft o.a. de kritische berging in de riolen, waarbij slib opgewoeld wordt, het percentage in de buizen bezonken slib en het aantal mogelijke foute huisaansluitingen bij het gescheiden stelsel.

De modeluitkomsten gaven aanleiding tot de volgende conclusies.

In het gemengd stelsel blijkt de hoogte van de stootlozingen maatgevend voor de waterkwaliteit van het grachtenstelsel, terwijl van een relatie tussen de hoeveelheid overstortend water en het aantal kg. mee overstortend vuil niet uit de resultaten naar voren komt. De kwaliteit van het grachtwater en de totale jaarlijkse vuillozing op de gracht worden dan ook voor een groot deel bepaald door de hoogte van de stootlozingen en minder door het aantal overstortingen. Bij lozing op het grachtwater behoeft een beperking van het aantal overstortingen dan ook geen evenredige verbetering van de kwaliteit van het grachtwater te betekenen.

Bij het gescheiden systeem zorgen de grote hoeveelheden water uit het r.w.a. stelsel, ondanks de soms vrij grote vuillast, voor een tamelijk constante waterkwaliteit in de gracht. Grote stootlozingen, die lange tijd de waterkwaliteit ongunstig beïnvloeden, komen vrijwel niet voor. Vergelijking van het aantal stootlozingen op de gracht en de hoogte daarvan van gescheiden en gemengd stelsel leidt tot de conclusie, dat in vrijwel alle gevallen voor de gedane aannamen het gescheiden systeem gunstiger naar voren komt.

Vergelijking van de totale absolute vuillozingen per jaar van de beide systemen doet een lichte voorkeur uitgaan naar het gemengde stelsel. Daar het echter bij kwaliteitsvragen meer gaat om concentraties, dan om totale hoeveelheden, is de totale lozing per jaar van minder belang dan de instantane waterkwaliteit. Bij de interpretatie van de uitkomsten moeten onzekerheden, als het slibafzettingsproces in het riool en het effect van de verontreinigingen op het oppervlaktewater, niet worden vergeten. Een te absolute interpretatie van de modelresultaten is daarom ongewenst.

3. EISEN TE STELLEN AAN HET OPPERVLAKTEWATER

3.1. Algemeen

In het tweede Indicatief Meerjaren Programma van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (1980 t/m 1984) wordt gesteld dat oppervlaktewateren enerzijds als aquatische ecosystemen en anderzijds als milieuonderdelen met duidelijke directe functies voor de mens moeten worden gezien.

Tot de te beschouwen belangen worden gerekend:

- "algemene" belangen
 - a) algemeen milieuhygiënisch belang (geen stank of visuele verontreiniging)
 - b) ecologische belangen

Tabel 2. Gemiddelde concentraties en vuilbelasting van overstortend water uit gemengde en gescheiden stelsels in mg/l resp. kg/ha.jr.

Vervuilingsparameter	Gemengd systeem			Gescheiden systeem		
	(Lit 8, 10, 12) mg/l kg/ha.jr.	Noorwegen(9) mg/l kg/ha.jr.	Lelystad(5) mg/l kg/ha.jr.	(Lit 8, 10, 12) mg/l kg/ha.jr.	Noorwegen(9) mg/l kg/ha.jr.	Lelystad(5) mg/l kg/ha.jr.
BZV	150	152 ⁽¹⁾ 325 ⁽¹⁾	-	17	-	7 11.9
CZV	400	383 974	-	95	92.5 266	39 165
Zwevende stof	250	552 1386	-	230	421 912	12 ⁽²⁾ 50 ⁽²⁾
totaal P	5	3.1 7.2	-	0.5	0.6 1.3	0.44 0.9
totaal N	20	11.3 19.7	-	2.0	4.1 9.1	2.8 6
Pb	-	0.27 0.7	-	0.4	0.16 0.54	0.03 0.13
Cr	-	-	-	-	-	<0.005 <0.02
Zn	-	0.9 1.8	-	0.3	0.3 0.9	0.5 2.1
Cu	-	0.14 0.29	-	-	0.1 0.3	<0.005 <0.02

(1) BZV-7

(2) membraanfilter

- specifieke belangen
 - c) specifieke ecologische belangen (bescherming specifieke aquatische ecosystemen, natuurgebieden)
 - d) visserij (beroeps- en recreatief) inclusief de belangen van de consument van waterdieren
 - e) recreatie (zwemmen, baden, varen e.d.)
 - f) agrarisch belang (doorspoelen polders, sproeien, irrigatie, vee-drenken)
 - g) industrieel gebruik (o.a. koeling)
 - h) drinkwaterbereiding
 - i) transport (scheepvaart)
 - j) afvoer naar afvalwater

Voor de laatste twee te beschermen belangen (i en j) worden in het algemeen geen eisen aan de waterkwaliteit gesteld. Voor de overige belangen geldt dat ieder oppervlaktewater - ongeacht of dat oppervlaktewater verder specifieke functies heeft - moet voldoen aan een minimaal pakket van eisen ofte wel aan een basiskwaliteit.

Onder basiskwaliteit wordt een zodanige kwaliteit van oppervlaktewater verstaan dat het geen overlast (met name stank) voor de omgeving veroorzaakt, er niet vervuild uitziet (drijvend vuil, verkleuring), goede levenskansen biedt voor een aquatisch ecosysteem waarvan vissoorten zoals baars, snoek, snoekbaars, voorn en brasem deel uitmaken en dat ecologische belangen buiten het water (b.v. vogels die waterdieren consumeren) worden beschermd. Getalsmatig wordt de basiskwaliteit gekarakteriseerd door de lijst met grenswaarden als vermeld in bijlage 1. De gewenste waterkwaliteit voor ieder oppervlaktewater is in principe minimaal bovengenoemde basiskwaliteit. Specifieke functies en gebruiksdoeleinden kunnen voor een aantal parameters tot aanvullende strengere kwaliteitseisen leiden.

3.2. Eisen te stellen aan oppervlaktewater in stedelijke gebieden

Aan de open waterlopen in met name Lelystad en Almere kunnen een drietal hoofdfuncties worden toegekend. In de eerste plaats komt de functie watertransport en peilbeheersing. Het gaat om het water dat via regenwaterriolering, drainage en als kwel in de open leidingen terecht komt. Indirect wordt hierdoor de grondwaterstand beheerst.

Het toekennen van deze functie aan de open waterlopen betekent dat als eis moet worden gesteld dat het aangevoerde water vlot kan worden afgevoerd. Overschrijding of onderschrijding van het gewenste peil mag slechts in uitzonderingsgevallen voorkomen en ook dan een gesteld maximaal respectievelijk minimaal niveau niet te boven gaan. De kwaliteit van het water is in dit geval slechts van belang wanneer peilsvrhogingen en aanleiding geven tot inundatie.

In de tweede plaats kan de stedebouwkundige functie van het open water worden genoemd. Hierbij kan worden gedacht aan het opnemen van open water in een stedebouwkundig plan omwille van scheiding en begrenzing van woonbuurten ten opzichte van elkaar en ten opzichte van bijvoorbeeld verkeerswegen. Verder omwille van het bevorderen van de herkenbaarheid, de diversiteit en de belevingswaarde van een bepaald gebied. Het natuurlijke karakter van het open water zal in bijna alle gevallen een belangrijke rol moeten spelen.

Voor het opzetten van een aantrekkelijk stedebouwkundig plan dienen ondermeer eisen te worden gesteld aan taludhellingen, waterpeilen, begroeiing, oeverlijnen etc. De waterlopen kunnen zowel klein als groot-schalig zijn en dienen een diepte te hebben van ten minste enige decimeters. Het water dient visueel aantrekkelijk te zijn.

In de derde plaats kan de recreatieve functie van het open water worden genoemd. Tot de recreatieve functie kan worden gerekend het varen met kleinere motorboten, roeiboten en zeilboten. Tevens het zwemmen, spartelen en spelevaren. Aan en langs het water kan in dit verband worden gedacht aan vissen, lopen en fietsen.

Voor het recreatieve gebruik is een ruime toegankelijkheid gewenst. Voor varen geldt ondermeer een doorvaarthoogte van ten minste 2 m, een diepte van circa 1 m, een breedte groter dan 5 m en een redelijke waterkwaliteit. Voor zwemmen, spartelen en spelevaren kunnen onder meer genoemd worden een diepte van 0,2 tot 2 m, een goede toegankelijkheid en overzichtelijkheid, een geschikte bodem en uit oogpunt van veiligheid en volksgezondheid een goede waterkwaliteit (helder water, bacteriologisch betrouwbaar).

Voor een goede bevisbaarheid is het gewenst dat de diepte minimaal circa 1 meter bedraagt. Diepere gedeelten (circa 2 meter) zijn nodig als vluchtplaatsen (in de winter 20 à 30% van de totale oppervlakte).

Bij voorkeur waterlopen met een wisselende breedte. Vissen vereisen een goede waterkwaliteit.

Gezien de functies van het stedelijk water moet de waterkwaliteit tenminste voldoen aan de normen voor de basiskwaliteit. Vanwege de recreatieve functie moet kwaliteit eveneens voldoen aan de normen voor viswater en moet zwemwaterkwaliteit worden nagestreefd.

Omdat de normen voor viswater veel overeenkomst vertonen met de normen voor de basiskwaliteit wordt de basiskwaliteit als uitgangspunt gekozen.

4. HUIDIGE WATERKWALITEIT BIJ GESCHEIDEN RIOLERINGSSYSTEEM

Vanaf 1973 wordt de kwaliteit van het grachtwater in Lelystad op een aantal plaatsen regelmatig bepaald (bijlage 2). Voor een toetsing van gemiddelde waterkwaliteit in de grachten aan de basiskwaliteit zijn de kwaliteitsgegevens van 1978 genomen (zie bijlage 1). Uit deze gegevens kan het volgende worden afgeleid:

temperatuur in °C:	aan deze grenswaarde wordt ruimschoots voldaan;
doorzicht	: de monsterpunten 239 en 252 voldoen niet aan de grenswaarde;
pH	: aan de grenswaarden wordt ruimschoots voldaan;
% zuurstofverzadiging	: het gemiddelde zuurstofpercentage van punt 249 voldoet niet geheel aan de norm. Het minimum wordt enigszins overschreden.
NH	: aan de grenswaarden wordt ruimschoots voldaan;
N ⁴ tot	: monsterpunt 239 voldoet niet;
BZV	: aan de grenswaarde wordt voldaan. Monsterpunt 239 heeft een hoogste waarde boven de grenswaarde!
P-tot	: monsterpunt 239 voldoet niet;
Cl	: geen van de monsterpunten voldoet aan deze grenswaarde;
Chla	: monsterpunt 239 voldoet niet;
Pb	: aan de grenswaarde wordt ruimschoots voldaan;
MPN	: aan de grenswaarde voor de bacteriologische basiskwaliteit voldoen alle monsterpunten (95% kleiner dan MPN 2000 per 100 ml). Nemen we de zwemwaternormen van de Commissie Zwemwater van de Gezondheidsraad als toetsingscriterium dan blijkt dat de monsterpunten in het grachtensysteem van Lelystad vallen in klasse 2, d.w.z. een aanvaardbare kwaliteit. Verbetering wordt wenselijk geacht!

Gegevens van andere jaren gaven geen afwijkend beeld te zien.

Op grond van de vrij intensieve bemonstering van het grachtwater in Lelystad op een vijftal plaatsen kan in z'n algemeenheid worden gesteld dat het grachtwater (monsterpunten 232, 249, 252, 253) aan de basis-kwaliteit voldoet. Dit met uitzondering van het chloridegehalte, waar-aan een lichte zoute kwel debet aan is. Slechts de monsterpunten 249 en 252 voldoen niet geheel aan de grenswaarden voor het zuurstofverza-digingspercentage en/of het doorzicht.

Monsterpunt 239 behoeft een nadere toelichting. Dit monsterpunt be-vindt zich in de vijverpartij in de tweede woonwijk van Lelystad. Hier zijn een aantal maatregelen getroffen om waterverontreiniging te-gen te gaan. Regenwaterriolen en drainage voeren niet naar deze vijver-partij af. Het waterpeil hierin is hoger (4.90 -N.A.P.) dan in de ove-rige waterlopen in het stedelijk gebied.

De vijverpartij staat in open verbinding met de Zuigerplas. Er is sprake van niet-stromend water. Ondanks deze maatregelen blijkt de water-kwaliteit voor zover het de parameters doorzicht, N-tot, P-tot en chlo-rothyl-a betreft niet aan de basiskwaliteit te voldoen. Visueel uit zich dit in een minder aantrekkelijk water door het geringe doorzicht en de algengroei. Als belangrijke zaken kunnen worden aangemerkt:

1. het ontbreken van stromend water doordat noch drainage noch RWA-riolen in deze vijverpartij uitmonden.

In de overige waterlopen wordt het water zo'n 27 keer per jaar ver-verst door toevoer van naarslag via regenwater en drainage. Hoewel het water dat door regenwaterriolen wordt afgevoerd enige veront-reiniging kan bevatten (tabel 3) en via het drainwater de grachten vooral met met fosfor worden belast (tabel 4), voldoet het water op de monsterpunten 232, 249, 252 en 253 wel aan de basiskwaliteit.

Tabel 3. De kwaliteit van water uit de R.W.A.-riolen in Lelystad in mg per liter (onderzoeksperiode 1969 t/m 1977)

	Aantal monsters	% zuurstof verzadiging	B.Z.V.	N-NH ₄	N-tot	P-tot
woongebied	94	62	5.0	2.2	2.8	0.41
winkelcentrum/ marktplaats	40	22	6.8	1.8	3.0	0.54
parkeerterrein	17	30	7.6	1.0	2.1	0.24
bedrijventerrein	11	74	9.3	1.6	3.5	0.56

Tabel 4. De kwaliteit van het drainwater in Lelystad in mg per liter (onderzoek 1975)

	Aantal monsters	% zuurstof verzadiging	B.Z.V.	N-NH ₄	N-tot	P-tot
woongebied	15	30	1.7	1.4	2.6	0.46
parkeerterrein	9	29	1.6	1.7	2.1	1.40
bedrijventerrein	7	44	1.9	1.7	2.3	1.20
opspuiting	7	36	1.4	0.3	-	0.50

2. Het opzetten van het peil in 1977 door via het vĳzelgemaal en de Zuigerplas water in te laten. Hierdoor werd water aangevoerd met 2,7 mg/l N-Kj; 6,1 mg/l BZV; 0,31 l P-tot en 171 mg/m³ chlorophyl-a.
3. De aanwezigheid van grote aantallen meeuwen en eenden. Deze watervogels bemesten het water. Ook wordt het water belast met aanzienlijke hoeveelheden organische stof ten gevolge van het voeren van de eenden.

Welke van de genoemde oorzaken het grootste negatieve effect sorteert is niet bekend. Wel kan geconcludeerd worden dat in dit geval het ontbreken van R.W.A.-lozingen niet heeft geresulteerd in een betere fysisch chemische waterkwaliteit. Het ontbreken van R.W.A.-lozingen heeft wel geresulteerd in een iets betere bacteriologische waterkwaliteit. Enige verversing (stromend water) lijkt zeer gewenst, immers het water op de overige punten in het grachtensysteem van Lelystad voldoet in grote lijnen wel aan de basiskwaliteit ondanks een zekere vuilbelasting via regenwaterriolen en drainage. Dat niet voldaan wordt aan de basiskwaliteit met betrekking tot het chloridegehalte wordt veroorzaakt door enige zoute kwel (het drainwater bevat gemiddeld 326 mg per liter chlorideion). Het hoge chloridegehalte op monsterpunt 239 moet een gevolg zijn van verdamping in de zomer en aanvoer van chloride houdend water vanuit de Zuigerplas.

5. KOSTENASPECTEN VAN RIOOLSTELSELS

In de loop der jaren zijn in publicaties meermalen de kosten van verschillende rioolstelsels beschreven. De kostenaspecten welke hier belicht worden, hebben bedoeling bij te dragen aan een zo compleet mogelijke afweging van de eigenschappen van stelsels om tot een keuze te komen voor één van alle. Moeilijk is daarbij vergelijkbare stelsels te vinden in de zin van:

- beïnvloeding van oppervlaktekwaliteit
- totale vuilbelasting
- exploitatie, veiligheid
- toekomstmogelijkheden

In principe gaat het om de keuze tussen gescheiden of gemengd rioleren. Het gescheiden stelsel zoals dat in Lelystad en Almere wordt en is aangelegd is goed te beschrijven. Als tweede stelsel wordt het normaal gemengde stelsels beschreven. De aparte behandeling van de stelsels neemt niet weg, dat overwogen moet worden zowel bij een principiële keuze voor óf een gescheiden óf een gemengd stelsel, terreinen met een specifiek karakter van een ander stelsel, te voorzien. Daarbij is te denken aan centrumgebieden en bedrijventerreinen. De hier beschreven kosten hebben uitsluitend betrekking op de woongebieden. De kosten van een stelsel zullen worden uitgedrukt per inwoner of per woning, waarbij gerekend wordt op 3 inwoners per woning. Het prijspeil van 1979 zal worden aangehouden. De kosten hebben betrekking op nieuw in te richten woongebieden.

5.1. Kosten van het huidige gescheiden stelsel

In de vergelijking zullen worden opgenomen:

- a. open water in de stad
- b. rioolwaterzuivering

- c. persleiding met gemalen
- d. r.w.a.-riolering en d.w.a.-riolering incl. huisaansluitingen
- e. huisriolering

a. Kosten van open water

Per 100.000 inwoners wordt in Almere-Stad ca. 40 km stadsgracht gemaakt. De afmetingen berusten niet enkel op hydraulische eisen ten aanzien van de waterafvoer, maar de tracering en de lengte hangen daar wel nauw mee samen. Uitgangspunt is dat slechts het grondwerk en een zeer eenvoudige afwerking alsmede kunstwerken van eenvoudige aard (slechts voor waterafvoer) welke om de 400 m in de open leiding zijn aangebracht in aanmerking komen als hier te beschouwen kostenelementen. Dit alles betekent per inwoner de volgende kosten:

0,4 m' grondwerk = 0,4 x 75 m³ à f 4,- = f 120,-
0,8 m' beschoeiing = 0,8 x f 80 = f 64,-
kunstwerken: 2,5 x 40 x f 50.000/100.000 = f 50,-

totaal per inw. f 234,-

- b. De rioolwaterzuiveringsinrichting zal bij de ontwikkeling van Almere in grote fasen gebouwd worden. De investeringskosten zijn dan ca. f 125,- per inwoner.

Indien Zeewolde ofwel een eenheid van ca. 30.000 inwoners beschouwd wordt, zullen de kosten stijgen tot ca. f 180,- per inwoner. (15)

- c. Aan de hand van gerealiseerde werken en literatuur worden de kosten voor bemaling en transport geschat op f 70,- per inwoner.

- d. Bij 33 woningen per ha geldt het volgende per woning:

d.w.a.-riolering : 5,8 m' à 115,- = f 667,-
r.w.a.-riolering : 7,0 m' à 100,- = f 700,-
huisaansluitingen f 700,-

in de woonbuurt totaal per woning f 2067,-
dit is f 689,- per inwoner (3 inwoners per woning)

Aan de bovenomschreven wijkriolering moet het hoofdrioleringssysteem nog toegevoegd worden. Dit systeem geldt specifiek voor Almere en is een gevolg van:

- a. de grondgesteldheid
- b. de noodzakelijke ligging langs vroegtijdig bekende tracé's (openbaar vervoerbanen).

Kosten per inwoner volgens het huidige systeem:

5 km à f 750,- per 25.000 inw. = f 150,-/inw.
Voor Zeewolde zal globaal gelden = f 50,-/inw.

Daarmee komen de kosten van het totale buizenstelsel op f 739,- à f 839,- per inwoner.

De gekozen dichtheid 33 woningen per ha, is het voor Almere-Buiten gehanteerde streefgetal. In paragraaf 4 wordt aandacht besteed aan de invloed van dichtheidvariatie op de kosten.

- e. Het gescheiden uitvoeren van huisriolering betekent niet dat daardoor t.o.v. een gemengd systeem altijd meer kosten ontstaan. Als gemiddelde wordt f 20,- meer per inwoner geschat.

Sommatie van a t/m e levert op per inwoner:

	Almere	Zeewolde
a. open water	f 234,-	f 234,-
b. zuivering	f 125,-	f 180,-
c. transport	f 70,-	f 70,-
d. riolering	f 839,-	f 739,-
e. huisriolering	f 20,-	f 20,-
	<hr/>	<hr/>
	f 1288,-	f 1243,-

5.2. Kosten bij gemengde stelsels

De kosten van drie verschillende gemengde stelsels met telkens twee overstortfrequenties (o.f.) worden vergeleken. De beschouwde overstortfrequenties zijn 5 en 3 maal per jaar. De stelsels zijn de volgende:

1. een stelsel met open water als in het beschreven gescheiden stelsel (veel open water);
2. een stelsel met éénderde van het open water van 1. in 't stedelijk gebied;
3. een gemengd stelsel zonder open water in de stad.

Met het af te voeren drainwater is geen rekening gehouden. Wel is het duidelijk dat de drainage niet zonder meer op het gemengde stelsel kan lozen, omdat dit zal leiden tot een zeer hoge droogweer afvoer. Vooral wanneer de hoeveelheid open water in de stad wordt beperkt, kan de afvoer van drainwater aanleiding zijn tot hoge extra kosten.

5.2.1. Kosten van een gemengd stelsel met veel open water

		o.f.=5	o.f.=3
a. open water per inwoner (zie 5.1.a)		f 234,-	f 234,-
b. zuivering (als 5.1.b x 1,3) (7)		f 160,-	f 160,-
c. transport (ca. 2 x 5.1.c) (11)		f 150,-	f 150,-
d. riolering			

Het rioolstelsel vergt 7 m riool per woning en 0,6 m onderheid hoofd/transportriool.

per inwoner:

o.f. 5	2,4 m Ø 400 à f 120,-	f 288,-	
o.f. 3	2,4 m Ø 500 à f 150,-		f 360,-
hoofdriool	0,2 m Ø 1500 à f 1700,-	f 340,-	f 340,-
huisaansluiting		f 116,-	f 116,-
e. huisriolering (geen meerkosten)		-	-
		<hr/>	<hr/>
Sommatie van a t/m e geeft de totale kosten per inwoner bij o.f. = 5		f 1288,-	
	o.f. = 3		f 1360,-

Uitgangspunt bij de berekening van de berging en de bemaling is:

- 300 m² per woning bruto oppervlak
- 200 m² per woning verhard oppervlak
- d.w.a. 120 l/etm. met 12 l/uur per inwoner.
- o.f. = 5: berging 9,5 mm = 0,63 m³/inw. pompoevercap. 0,95 mm/h = 5,26 d.w.a.
- o.f. = 3: berging 12 mm = 0,8 m³/inw. pompoevercap. 1 mm/h = 5,56 d.w.a.

5.2.2. Kosten van een gemengd stelsel met weinig open water

Weinig open water: één derde van de hoeveelheid in 5.1. en 5.2.1.

Kosten van het rioolstelsel per inwoner:

	o.f. = 5	o.f. = 3
a. open water (drainage p.m.)	f 80,-	f 80,-
b. zuivering	f 160,-	f 160,-
c. transport	f 150,-	f 150,-
d. riolering		
bij o.f. = 5 2,4 m' Ø 400 à f 120,-	f 288,-	
bij o.f. = 3 2,4 m' Ø 400 à f 120,-		f 288,-
hoofdriaal 0,25 m' Ø 1750 à f 2000,-	f 500,-	f 500,-
huisaansluiting	f 116,-	f 116,-
e. huisriolering (geen meerkosten)	-	-
	-----	-----
totaal-kosten voor o.f. = 5 en o.f. = 3	f 1294,-	f 1294,-

De berging is in dit geval niet maatgevend voor de dimensionering van de riolen. De hydraulische capaciteit bepaalt de grootte, zodat vanzelf de lage overstortfrequentie ontstaat.

5.2.3. Kosten van een gemengd stelsel waarbij geen open water in de stad aanwezig is

Als voorbeeld wordt Almere-Buiten genomen, waarbij aangenomen wordt dat overstortingen uitsluitend op de Lage Vaart geloosd kunnen worden.

	o.f. = 5 en 3
a. open water (drainage p.m.)	-
b. zuivering	f 160,-
c. transport	f 150,-
d. riolering o.f. = 5 = o.f. 3:	
2,4 m' Ø 400 à f 120,-	f 288,-
hoofdriaal 0,45 m' Ø 2000 à f 2300,-	f 1035,-
huisaansluiting	f 116,-
e. huisriolering (geen meerkosten)	-

	f 1749,-/inw.

5.3. Overzicht en discussie t.a.v. de kosten

5.3.1. Overzicht van de investeringskosten per inwoner:

	met onderheien		zonder onderheien	
	o.f. = 5	o.f. = 3	o.f. = 5	o.f. = 3
gescheiden stelsel		f 1280,-		f 1250,-
gemengd met veel open water	f 1288,-	f 1360,-	f 1160,-	f 1235,-
gemengd met weinig water	f 1294,-	f 1294,-	f 1144,-	f 1144,-
gemengd zonder open water	f 1749,-	f 1749,-	f 1389,-	f 1389,-

De kans bestaat dat, gezien de ruime dimensionering van de buizen bij het gemengde stelsel, het minder noodzakelijk is delen van het systeem te funderen. Vooral in geval geen open water aanwezig is, waardoor lange grote transportriolen nodig zijn, geeft dat grote besparingen. De keuze gefundeerd- en niet gefundeerd vergt constant de aandacht.

De tendens, verwoord in publikaties waarin " voorbeeld - woongebieden" beschouwd zijn, dat er een constant kostenverschil is tussen (verbeterd) gescheiden en gemengde stelsels van f 300,- à f 400,- per inwoner (investeringen) moet n.a.v. de berekening in deze notitie op z'n minst twijfelachtig worden genoemd. Verdergaande uitwerking en ontwerp van stelsel met kostenberekening moet plaatsvinden om deze twijfel weg te nemen of als zekerheid te bevestigen.

Het lijkt onontkoombaar in een vrij groot stadsgebied (b.v. 40.000 inwoners) open water te maken waarop overstortend rioolwater moet worden toegelaten, indien de keuze valt op gemengde rioolstelsels.

5.4. De invloed van de woningdichtheid op de rioleringskosten

Uit analyses van gerealiseerde woongebieden blijkt een verband tussen de woningdichtheid en de rioollengte te bestaan volgens bijlage 3. Uit berekening van kosten op basis van die figuur ontstaat tabel 5, die geldt voor gescheiden stelsels.

Tabel 5. Kostenrelatie woningdichtheid - riolering bij gescheiden stelsel

dichtheid woningen per ha	wijkriolen		hoofdriolen		Kosten per woning Totaal		
	lengte		kosten			m'/woning kosten/ woning	
	r.w.a. m'/wo- ning	d.w.a. m'/wo- ning	r.w.a. à f 100,-	d.w.a. à f 115,-			
				à 750,-/ m	$\frac{33}{\text{dichth.}} \times 0,6 \times 750$		
15	13	12,5	1300,-	1437,-	1,32	990	3727
20	10,8	9,5	1080,-	1092,-	0,99	743	2915
25	9,1	7,5	910,-	863,-	0,79	593	2366
30	7,6	6,3	760,-	725,-	0,66	495	1980
35	6,5	5,6	650,-	644,-	0,57	428	1722
40	5,6	5,3	560,-	610,-	0,50	375	1545
45	4,9	5,3	490,-	610,-	0,45	338	1438

Voor gemengde stelsels kan een soortgelijke tabel opgesteld worden (tabel 6). Uitgangspunt kan zijn, zoals ook in voorgaande kostenopgave, dat het aantal m' wijkriool overeenkomt met de 7m' r.w.a. riool per woning bij een woningdichtheid van 33.

De berging in de in 5.2. beschreven stelsels wordt als uitgangspunt gehouden, de overstortfrequentie is 5, de buisdiameter is afhankelijk van de lengte en de gekozen berging en de afmetingen kunnen zijn: 0,30; 0,35; 0,4; 0,5 enz. m. Aangenomen is dat de diameters niet bepaald worden door hydraulische eisen.

Tabel 6. Kostenrelatie woningdichtheid - riolering.
 Gemengd stelsel met ca. 3% open water onderheid en niet onderheid gescheiden stelsel met open water.

dichtheid	kosten in guldens per woning		
	gemengd met hoofdriool	gemengd zonder onderheiden	gescheiden (uit tabel 5)
15	2750	2200	3727
20	2463	1966	2915
25	2110	1660	2366
30	2030	1620	1980
35	1750	1390	1722
40	1675	1394	1545
45	1635	1367	1438

Indien de kosten voor open water, zuivering, transport, buisriolering en huisaansluitingen worden toegevoegd dan ontstaat tabel 7.

Tabel 7. Vergelijking van de kosten van de riolering in relatie tot de dichtheid van woningen.

dichtheid	kosten in guldens per woning		
	gemengd onderheid	gemengd niet onderheid	gescheiden onderheid
15	4730	4180	5684
20	4443	3946	4969
25	4090	3640	4405
30	4010	3600	4027
35	3730	3370	3770
40	3655	3374	3601
45	3615	3347	3516

Het is interessant grote verschillen te zien ontstaan tussen de laagste en hoogste gemiddelde woningdichtheid. Omdat het stedenbouwkundig streven een gemiddelde tussen 30 en 35 woningen per ha is, met de wens liever meer dan minder, is het beschouwen van de andere dichtheden niet zinvol. Opvallend is dat het gescheiden stelsel bij hoge woningdichtheid goedkoper lijkt te worden dan het gedeeltelijk onderheide stelsel, doch aanzienlijk duurder wordt bij lage woningdichtheden.

5.5. Onderhouds- en exploitatiekosten

5.5.1. Riolering

Onderhoud van rioolstelsels is nodig. Eervaring in Lelystad leert dat het vuilwatersysteem eens per twee jaar gereinigd moet worden, voor het r.w.a. systeem is dat eens per zes jaar. Het gemengde systeem eist geen frequent onderhoud om de afvoerfunctie te waarborgen. Wel is het nodig het stelsel regelmatig te reinigen om een onnodige belasting van het oppervlaktewater te voorkomen. De frequentie van reinigen wordt op drie jaar gesteld.

De kosten daarvan bedragen globaal per m' :

d.w.a. systeem f 1,25 per m' per keer
 r.w.a. systeem f 1,25 per m' per keer incl. putten
 gemengd f 2,00

In het r.w.a. systeem moeten de slib en zandvang ruimten in de putten met de reinigingsbeurt meegenomen worden.

Het gescheiden stelsel kent meer herstelwerkzaamheden, met name omdat het aantal te beschadigen putten 1,5 à 2 maal zo groot is als bij het gemengde systeem. Het gemengde systeem vraagt zorg voor overstortputten, grofvuilroosters. Tenslotte is het aantal huisaansluitingen bij 't gemengd systeem kleiner dan bij het gescheiden.

Samengevat komt e.e.a. op het volgende neer:

Tabel 8. Kosten van onderhoud per jaar per woning (33 won./ha)

	gemengd systeem	gescheiden systeem	
		r.w.a.	d.w.a.
reinigen buizen	4,46	1,45	3,60
herstel putten	1,-	1,-	1,-
herstel huisaansluitingen	1,-	1,-	2,-
grofvuilroosters/overstorten	p.m.		
totaal	f 6,66 + p.m.	3,45 +	5,60 = f 9,05

De grootte van de p.m. post is niet achterhaald. De kosten van grof-
 vuilbehandeling en verwijdering, die in Lelystad bij 't gescheiden
 systeem niet nodig gebleken zijn, kunnen flink hoog oplopen, gezien de
 hoge investeringen en het arbeidsintensieve onderhoud.

De verschillende soorten stelsels gaan alle even lang mee.
 De rentelasten en afschrijvingen van de verschillende stelsels verhou-
 den zich dan ook net zo als de investeringen. Het is waarschijnlijk dat
 bij vervanging in een te handhaven stedenbouwkundige situatie de kosten
 voor het gescheiden stelsel relatief hoger zullen zijn dan bij het ge-
 mengde stelsel, met name veroorzaakt door het grotere terreinbeslag en
 het dus noodzakelijk zijn van tijdelijk verwijderen van veel meer en
 het maken van moeilijker constructies voor omleidingen, aanplant, krui-
 singen met anderevoorzieningen.

5.5.2. Gemalen persleiding en zuivering

Onderhoud en exploitatie van gemalen en zuiveringsinrichtingen (beide
 combinaties van bouwkundige en mechanisch-elektrische werken) vergen
 per jaar ca. 16% van de investeringen. In deze 16% zijn alle kosten,
 ook kapitaalslasten, begrepen. Voor persleidingen geldt een jaarlijks
 bedrag van 12% van de geïnvesteerde gelden.

In Almere-Buiten zal in de aanleg van persleidingen ongeveer evenveel
 geïnvesteerd worden als in bemaling, zodat voor het in voorgaande pa-
 ragrafen genoemde transport een gemiddeld percentage van 14 van de
 investering geldt voor onderhoud en exploitatie.

De volgende bedragen ontstaan dan:

Kosten per jaar voor exploitatie en onderhoud in guldens per inwoner.

	gemengd stelsel	gescheiden stelsel
zuivering	26,-	20,-
transport	21,-	9,80
totaal	47,-	29,80

6. CONCLUSIES

Een duidelijke voorkeur ten aanzien van de kwaliteitsaspecten voor het gescheiden of het gemengde rioolstelsel geeft de literatuur niet aan. Metingen uit de praktijk geven hieromtrent ook niet veel houvast. Zowel het gescheiden als het gemengde systeem worden bij verschillende onderzoeken als minst vervuilend ondervonden. Verschil in aard van de meetgebieden mag hierbij echter niet uit het oog verloren worden.

Een model ter simulatie van de vuiluitworp, gebaseerd op de situatie in Lelystad, geeft vooralsnog geen sluitend antwoord. Het gescheiden stelsel komt hierbij iets gunstiger naar voren. Onzekerheden ten aanzien van enkele parameters, zoals b.v. slibopwoeling, staan een duidelijke uitspraak in de weg.

De monsterplekken in Lelystad waarop regenwaterafvoer plaatsvindt voldoen, afgezien van een te hoog chloridegehalte, aan de gestelde basis-kwaliteit.

Ontbreken van doorspoeling via regenwater- en drainafvoer, lijkt de voornaamste oorzaak dat monsterplek 239 niet aan de basiskwaliteit voldoet.

De totale stichtingskosten voor de verschillende rioolstelsels lopen niet ver uiteen en liggen rond de f 1300,- per inwoner. Uitzondering hierop is het gemengde systeem zonder open water met een onderheid hoofdriool, dat veel duurder is. Zonder onderheiding is het verschil niet erg groot.

De woningdichtheid heeft een grote invloed op de kosten per stelsel, als wel op de kosten van de stelsels onderling. Het gescheiden stelsel blijkt bij hoge woningdichtheden goedkoper te zijn dan het gedeelteleijk onderheid gemengde stelsel. Is de woningdichtheid klein, dan wordt dit stelsel echter veel duurder. Bij hoge woningdichtheden zijn de kosten per stelsel het laagst en zijn de verschillen tussen de stelsels onderling het kleinst.

Voor het gemengde rioleringsysteem zijn de onderhouds- en exploitatiekosten hoger dan die voor het gescheiden systeem ten gevolge van hogere posten voor zuivering en transport.

Gezien bovenstaande conclusies heeft het gemengde systeem vooralsnog geen duidelijke voordelen boven het bestaande gescheiden riolerings-systeem.

SAMENVATTING

Voor de afvoer van stedelijk- en industrieel afvalwater en het regenwater zijn verschillende rioolstelsels in gebruik.

Deze zijn:

- het normaal gemengde stelsel
- het verbeterd gemengde stelsel
- het normaal gescheiden stelsel
- het verbeterd gescheiden stelsel
- het absolute stelsel

Bij de vraag welk van deze rioolssystemen voor een te rioleren gebied gekozen moet worden, spelen milieuhygiënische en economische factoren een belangrijke rol. Met deze factoren als basis spitst het keuzevraagstuk zich voornamelijk toe op de afweging of het een gemengd dan wel een gescheiden stelsel moet worden. Inzicht in de invloed op de kwaliteit van het oppervlaktewater en in de kosten, die per stelsel optreden, is dan ook noodzakelijk.

Uit de literatuur zijn over de vuillast bij de verschillende stelsels weinig of moeilijk vergelijkbare gegevens te halen. Vaak zijn kwaliteitsgegevens wel aanwezig, maar ontbreken gegevens omtrent hoeveelheden. Ook kan de aard van de onderzoeksgebieden een groot verschil vertonen. Een mogelijke oorzaak dat verschillende onderzoekers het gescheiden dan wel het gemengde stelsel als minst vervuilend vinden.

Een benadering van de vuiluitworp via modelberekening geeft vooralsnog niet genoeg houvast om aan een bepaald stelsel de voorkeur te geven. Een voor de situatie in Lelystad ontwikkeld model simuleert de vuiluitworp van de verschillende rioolstelsels en de invloed daarvan op het grachtwater. Het gescheiden stelsel komt hierbij door het niet of nauwelijks voorkomen van grote slootlozingen, die de waterkwaliteit lange tijd ongunstig beïnvloeden, gunstiger naar voren. Vergelijking van de totale absolute vuillozing per jaar van de beide systemen doet een lichte voorkeur uitgaan naar het gemengde stelsel.

Voor een beoordeling van de mate en de hoedanigheid van het door de riooluitworp veroorzaakte oppervlaktewatervervuiling moeten de aan het oppervlaktewater te stellen kwaliteitseisen bekend zijn. In het Tweede Indicatief Meerjarenprogramma van de wet verontreiniging oppervlaktewateren is zo'n eisenpakket opgenomen. In dit eisenpakket zijn gradaties aangebracht, die overeenkomen met de verschillende functies van het oppervlaktewater. Daarnaast moet ieder oppervlaktewater ongeacht zijn functie aan de zogenaamde basiskwaliteit voldoen.

De functie van het oppervlaktewater en de daaraan gekoppelde kwaliteits-eisen in stedelijke gebieden is drieledig:

- Watertransport en peilbeheersing. De waterkwaliteit is hierbij van ondergeschikt belang.
- Stedebouwkundige functie. Visueel aantrekkelijk water en geen stank zijn hierbij de voornaamste punten.
- Recreatieve functie. Hieronder vallen:
 - . spelevaren
 - . spartelen
 - . vissen.

Recreatiewateren moeten tenminste voldoen aan de normen voor viswater. Omdat de norm voor viswater veel overeenkomst vertoont met die voor de basiskwaliteit, wordt de basiskwaliteit als uitgangspunt gekozen.

Vanaf 1973 wordt de kwaliteit van het grachtwater in Lelystad op een vijftal plaatsen regelmatig bepaald. Een toetsing van deze cijfers aan die voor de basiskwaliteit geeft als resultaat:

- Vier monsterpunten aan de basisnorm (m.u.v. het chloridegehalte).
- Eén monsterpunt voldoet niet voor de parameters N-tot, P-tot en chlorophyl-a (resultaat in weinig doorzicht en algengroei).

Dit laatste monsterpunt bevindt zich in een vijver waarop geen regenwaterafvoeren en drains uitmonden. Het ontbreken van doorspoeling door deze afvoeren lijkt hier een belangrijke factor voor de slechtere waterkwaliteit.

Een kostenvergelijking is opgesteld voor het gescheiden stelsel en voor een gemengd stelsel met verschillende percentages aan open water. Bij vergelijking van de stichtingskosten per stelsel blijkt dat de bedragen niet ver uiteen lopen. Uitzondering hierop is het gemengde stelsel zonder water. In dit geval moet door het ontbreken van nabije overstortpunten al het afvalwater via zeer grote transportleidingen afgevoerd worden, hetgeen hoge kosten met zich meebrengt.

Het al dan niet onderheien van het hoofdriool blijkt een aanzienlijk kostenverschil per stelsel te veroorzaken. Vooral bij het laatstgenoemde stelsel is dit het geval.

Tabel A. Overzicht van de kosten voor rioolstelsels per inwoner.

Stelsel openwater water perc.	Investeringskosten				onderhouds- en exploitatie- kosten *
	met onderheien		zonder onderheien		
	o.f=5	o.f=3	o.f=5	o.f =3	
gescheiden 3%	f 1280,-		f 1250,-		f 32,80
gemengd 3%	f 1288,-	f 1360,-	f 1160,-	f 1235,-	f 49,20 + p.m.
gemengd 1%	f 1294,-	f 1294,-	f 1144,-	f 1144,-	
gemengd geen	f 1749,-	f 1749,-	f 1389,-	f 1389,-	

o.f. = overstortfrequentie per jaar.

p.m. = pro memorie post voor onderhoud grofvuilwerkers/overstorten.

* = percentage openwater is hierbij niet van toepassing.

De woningdichtheid is eveneens een kostenbepalende factor. Grote verschillen ontstaan tussen de bedragen bij de hoogste (laagste kosten) en de laagste woningdichtheid. Interessant is o.a. dat het gescheiden stelsel bij hoge woningdichtheid goedkoper lijkt dan het gedeeltelijk onderheide gemengde stelsel, doch veel duurder wordt bij lage dichtheden (zie tabel B).

Tabel B. Vergelijking van kosten van de riolering in relatie tot de dichtheid van de woningen per ha.

dichtheid	kosten in guldens per woning		
	gemengd onderheid	gemengd niet onderheid	gescheiden onderheid
15	4730	4180	5684
20	4443	3946	4969
25	4090	3640	4405
30	4010	3600	4027
35	3730	3370	3770
40	3655	3374	3601
45	3615	3347	3516

Als laatste zijn de onderhouds- en exploitatiekosten per stelsel bekeken. Het gemengde stelsel is hierbij iets duurder ten gevolge van posten voor zuivering en transport. (zie tabel A).

LITERATUUR

1. Anonymus : Een onderzoek naar de vuillast door verschillende rioolstelsels. Oakland, Californië.
2. Berg, J.A. van den; J. de Jong en E. Schultz : Some qualitative and quantitative aspects of the surface water in an urban area with separated storm water and waste water sewer systems. R.I.J.P.-rapport 1977.
3. Brunner, P.G. : Die verschmutzung des Regenwasserabflusses im Trennverfahren. München 1975.
4. Essen, J. van : De simulatie van de vuiluitworp van rioleringsystemen in een stedelijk gebied. Werkdocument 1978.
5. Greiner, R.W. en J. de Jong : Het rioleringsstelsel en de kwaliteit van het oppervlaktewater in Lelystad. H₂O(9) 1976, nr. 25
6. Heijnis, J.D.; J. de Man H. de Roo en E. Schultz : Ontwatering en afwatering van stedelijke gebieden. Normen en kostenaspecten. R.I.J.P.-rapport 1977.
7. Koot, A.J.C. : Behandeling van afvalwater. Delft 1974.
8. Kräuth, K.H. : Der abfluss und die Verschmutzung des Abflusses in Mischwasserkanalisationen bei Regen. Promotieonderzoek aan de universiteit van Stuttgart, oktober 1970.
9. Lindholm, O. en P. Balmer : Pollution in storm runoff and combined sewer overflows. Norwegian institute for water research. Oslo, april 1978.
10. Manning, M.J.; R.H. Sullivan en T.H. Kipp : Nationwide evaluation of combined sewer overflows and urban stormwater discharges. Volume III: characterization of discharges. American Public Works Association Research Foundation. Chicago, Illinois.
11. Meischke, J.C. : Rioolstelsels, vervuiling en kostenconsequenties. Gemeentewerken 1979, blz. 296.
12. Nelissen, K. : Diffuse lozingen van hemelwater in stedelijke gebieden. Hoofdstuk 3 uit nog te verschijnen R.I.J.P.-rapport.
13. Public Health Service : Een onderzoek naar de vuillast door verschillende rioolstelsels, 1964.

14. Smid, J.E. : Vergelijking van de voor- en nadelen van een gescheiden en van een gemengd rioleringsstelsel bij de bouw van Lelystad.
Zwolle 1964, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders.
15. Zeper, J. : Kostenaspecten van de behandeling van afvalwater.
Ing. buro D.H.V.

Bijlage 1. De basiskwaliteit (grenswaarden) en de waterkwaliteit in de grachten van Lelystad in 1978
mg per liter

	MPN Eijkman per 100 ml	°C	door- zicht in cm	pH	%O ₂	NH ₄	Ntot	BZV	Ptot	Cl (chloride)	Chla	Pb in mg
Grenswaarden basiskwaliteit	2000 ⁽¹⁾	<25	>50	6,5-9	70-120	<1	<3	<10	<0,3	<200	<100	<50
232 (nabij Lelycentrum) gem	-	11.3	-	7.6	87	0.2	1.7	2.8	0.29	281	8.3	-
H.W.	12000	18	>100	7.8	152	0.5	2.9	4.4	1.09	351	31.0	18
L.W.	< 95	3	50	7.4	34	0.0	0.7	1.4	0.07	247	1.8	< 5
239 (vijver 2e woonwijk) gem	-	11	23	8.3	105	0.04	3.8	9.0	0.42	550	228	< 5
H.W.	1000	20	30	8.8	120	0.09	4.3	13.6	0.52	579	281	< 5
L.W.	< 95	1	19	7.8	96	0.01	2.9	6.7	0.23	495	146	< 5
249 Stuw Sportparkweg gem	-	12	-	7.9	128	0.1	1.6	3.5	0.20	262	21.1	-
H.W.	1520	22.5	>80	8.4	171	0.3	2.1	7.4	0.46	239	66.0	18
L.W.	< 95	2	50	7.2	84	0.0	1.0	1.4	0.05	226	2.7	<15
252 Duiker Westendreef gem	-	6.8	40	7.6	101	0.28	1.9	5.4	0.12	298	64	-
H.W.	2400	19	60	7.8	139	0.65	2.2	7.1	0.17	336	77	< 5
L.W.	< 95	2	22	7.6	81	0.15	1.9	2.8	0.06	261	31	< 5
253 Stuw Buitenplaats gem	-	11.9	-	7.8	119	0.1	1.5	2.8	0.15	269	14.8	-
H.W.	>80000	23	>80	8.4	165	0.38	2.3	5.9	0.32	349	45.0	7
L.W.	< 95	1	50	7.4	92	0.0	0.7	1.2	0.02	224	2.0	< 5

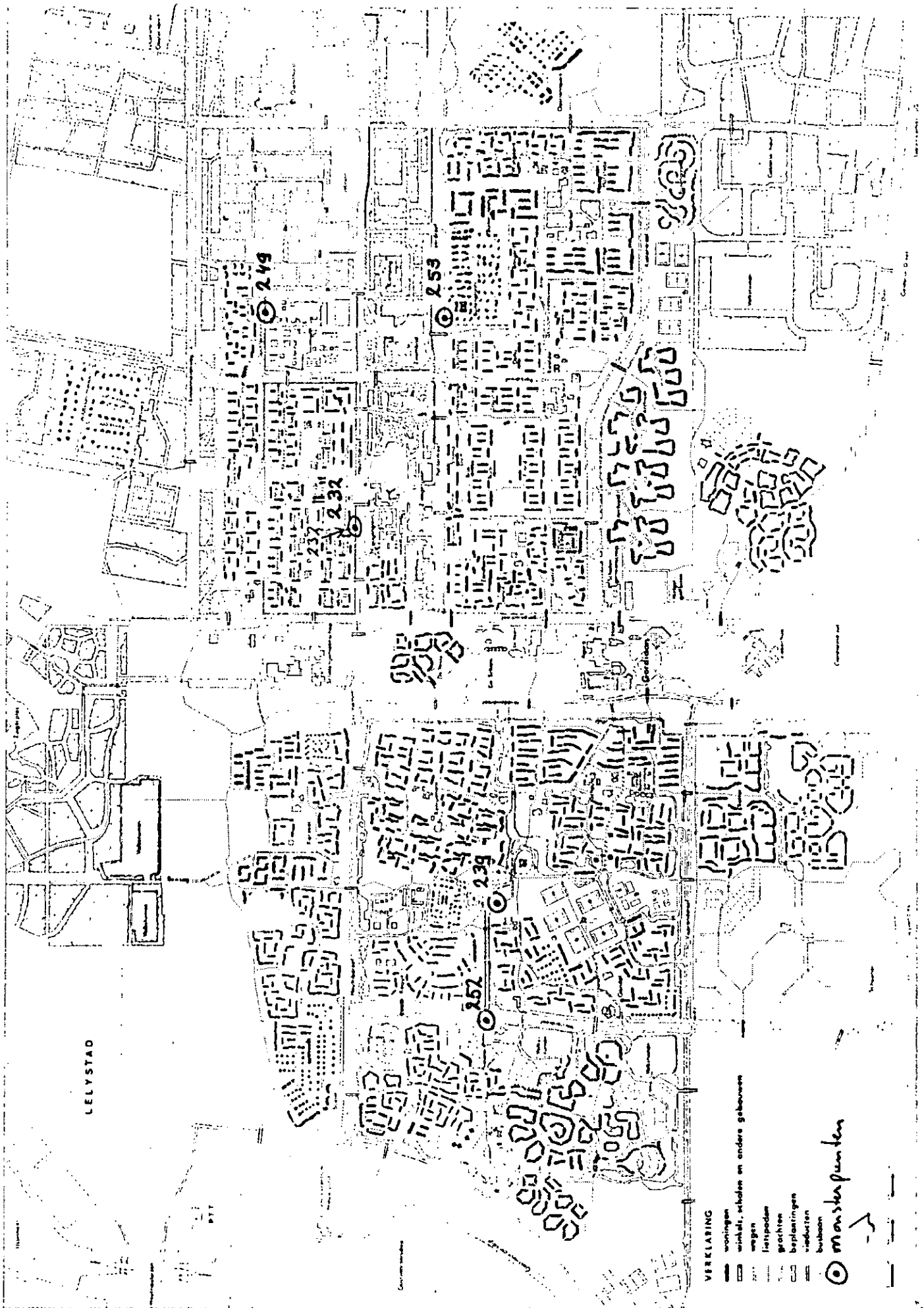
(1) 95% van de monsters maximaal MPN 2000 per 100 ml

gem= gemiddelde

HW = hoogste waarde

LW = laagste waarde

Plaatsaanduiding van de 5 monsterpunten in Lelystad



RELATIE RIOOLLENGTE / WONINGDICHTHEID

