

Beoordelingssystematiek voor rwzi's

Beoordeling van de bedrijfsvoering



98

20

ERRATUM

De in het hoofdrapport (bladzijde 8) voor de normering gegeven berekeningswijze is niet correct weergegeven. Stappen 4 en 5 dienen respectievelijk te luiden:

- 4 dan levert $Y'''_{IE} = Y''_{IE} / (1 - 0,230 (J - BJ)^{0,350}) / (0,467)$ de naar 50.000 i.e., naar een overcapaciteit van 20% en naar een bouwjaar van 1986 (10 jaar oud) genormeerde kosten op, en
- 5 dan levert $Y''''_{IE} = Y'''_{IE} * 1,55 / (1 + H * 0,0157)$ de naar 50.000 i.e., overcapaciteit 20%, bouwjaar 1986 en $RWA = 35$ l/i.e./h genormeerde kosten op.

Het bijbehorende rekenvoorbeeld (bladzijde 8, en tevens achtergrondrapport, bladzijde 39 en handleiding, bladzijde 5) is eveneens onjuist; stappen 4 en 5 dienen te luiden:

- 4
$$Y'''_{IE} = f 77,81 / ((1 - 0,238 (1996 - 1982)^{0,350}) / (0,467))$$
$$= f 90,71$$
- 5
$$Y''''_{IE} = f 90,71 * 1,55 / (1 + 30 * 0,0157) = f 95,55$$

Dit erratum heeft geen gevolgen voor de bijgeleverde spreadsheets. Daarin worden de berekeningen correct uitgevoerd. Zeer kleine verschillen tussen de uitkomsten hierboven en in de spreadsheet hebben te maken met afronding van de factoren.

Beoordelingssystematiek voor rwzi's
Beoordeling van de bedrijfsvoering

98 20

Arthur van Schendelstraat 816
Postbus 8090, 3503 RB Utrecht
Telefoon 030 232 11 99
Fax 030 232 17 66

Publicaties en het publicatie-
overzicht van de STOWA kunt u
uitsluitend bestellen bij:
Hageman Verpakkers BV
Postbus 281
2700 AC Zoetermeer
tel. 079 - 361 11 88
fax 079 - 361 39 27
o.v.v. ISBN- of bestelnummer en
een duidelijk afleveradres.
ISBN 90.5773.032.4

INHOUDSOPGAVE

TEN GELEIDE		blz
SAMENVATTING		
1	INLEIDING	1
1.1	Beoordeling van RWZI's	1
1.2	Doelstelling	1
1.3	Leeswijzer	2
2	FINANCIËLE KENTALLEN	4
2.1	Inleiding	4
2.2	Methode	4
2.3	Toepassing	6
2.4	Interpretatie	8
2.5	Conclusie	10
3	TOETSING VAN DE EFFLUENTKWALITEIT AAN DE LOZINGSVOOR- WAARDEN	11
3.1	Inleiding	11
3.2	Methodiek	11
3.3	Toepassing	12
3.4	Interpretatie	14
3.5	Conclusie	15
4	TECHNOLOGISCHE BEOORDELING	16
4.1	De relatie tussen afvalwater, dimensies en effluentkwaliteit	16
4.2	Methodiek	17
4.3	Toepassing	20
4.3.1	Vergelijking tussen berekening en meting	20
4.4	Discussie	22
5	EVALUATIE VAN DE ONTWIKKELDE SYSTEMATIEK	23
6	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	24

TEN GELEIDE

In het kader van het Beleids- en BeheersProces (BBP) van de Unie van Waterschappen wordt door de waterbeheerders aandacht gegeven aan interne bedrijfsvergelijking, doelmatigheid door zelfonderzoek, vormgeving aan prestaties en aan het formuleren van kentallen voor de produkten van het waterbeheer.

Enkele waterkwaliteitsbeheerders, waaronder de Zuiveringsschappen Veluwe, Limburg, HE&W, Zuiveringsbeheer Groningen en het Waterschap Friesland (verenigd in de Beraadsgroep Bedrijfsvergelijking), waren al enige tijd bezig met het vormgeven aan beoordelingssystemen en kentallen voor de prestaties van het waterbeheer en ook aan die van de rioolwaterzuiveringsinrichtingen (RWZI's).

Na enkele minder goed geslaagde pogingen in het verleden tot het afleiden van kentallen voor RWZI's is in het najaar van 1995, na intensief overleg met de Beraadsgroep Bedrijfsvergelijking, door de STOWA weer een project gestart om RWZI's genormaliseerd op hun technisch functioneren te kunnen beoordelen en vergelijken, ook in relatie tot de financiële inspanning. De beoordelingssystematiek, die daarbij werd beoogd, diende zodanig te zijn, dat de resultaten bruikbaar zouden zijn voor bestuurders en financiële deskundigen, technologen en bedrijfsvoerders. Bestuurders en financiële deskundigen verlangen inzicht in de relatie tussen de bestede gelden en de bereikte resultaten, terwijl technologen en bedrijfsvoerders weer geïnteresseerd zijn in de technische en technologische mogelijkheden van de RWZI. Dit houdt onder meer in dat het presteren van de RWZI aan haar ontwerp en vergunningsvoorwaarden moet kunnen worden getoetst en dat bedrijfseconomische beoordeling voor kapitaals- en exploitatielasten mogelijk moet zijn. Daarnaast is het van belang na te kunnen gaan hoe een RWZI presteert in relatie tot andere RWZI's.

In het project is na inventarisatie en evaluatie van de bij enkele waterkwaliteitsbeheerders reeds in gebruik zijnde systemen, een 'universeel' systeem opgezet dat getoetst is aan een aanzienlijk aantal praktijksituaties, waaronder de RWZI's van het Waterschap Friesland en het Zuiveringsschap Hollandse Eilanden & Waarden. De ontwikkelde systematiek voor de beoordeling van RWZI's sluit redelijk aan bij de wens om het voldoen aan de lozingsvergunning, het technologisch functioneren en de exploitatiekosten van RWZI's te kunnen objectiveren. Voor objectieve beoordeling van financiële inspanningen per i.e. moet rekening worden gehouden met enkele factoren, waarvan de belasting en de overcapaciteit, het bouwjaar en de aanwezigheid van een slibgisting de belangrijkste zijn. De ontwikkelde methodiek leidt voor de toetsing van de effluentkwaliteit aan de lozingsvergunning niet alleen tot meer eenduidigheid, maar geeft ook inzicht in de factoren met het meeste gewicht. Beoordeling van het technologisch functioneren van een RWZI tenslotte vergt zeer veel invoerparameters en kan eigenlijk alleen goed plaatsvinden na simulatie van het functioneren met behulp van computerprogramma's. Het rapport reikt daarvoor rekenschema's en modellen aan.

Het thans voorliggende rapport bestaat uit een deel, waarin aan de hand van enkele voorbeelden de systematiek uiteen wordt gezet en een, waarin gedetailleerd theorie, methodiek en onderbouwing van de opgestelde relaties en rekenschema's worden behandeld.

Ter verdere introductie en verankering van het met dit project verkregen instrumentarium zijn drie pilot-onderzoeken aan de RWZI-bestanden van het Hoogheemraadschap van Rijnland, Zuiveringsbeheer Groningen en het Zuiveringschap Limburg uitgevoerd. De resultaten van deze onderzoeken hebben de methodiek verder verfijnd.

Het onderzoek werd door het bestuur van de STOWA opgedragen aan HASKONING Ingenieurs- en Architectenbureau te Nijmegen (projectteam ir. W. van Starckenburg en dr.ir. W.M. Wiegant). HASKONING werkte daarbij samen met het bedrijfseconomisch bureau VB Advies (drs. J.M. van der Zwan). Het project werd namens de STOWA begeleid door een commissie bestaande uit A.G.E. Smits (voorzitter), drs. P.F. Barendregt, ir. B.W. te Biesebeek, drs. H.J. Huisman, ir. K.F. de Korte, ir. M. Marskamp, ing. P.P. Weesendorp, J.J. Warning en ir. P.C. Stamperius.

Aan het onderzoek werden bijdragen geleverd door de Waterschappen Friesland en Groot Salland en door het Zuiveringschap Hollandse Eilanden & Waarden. De STOWA is deze deelnemers in de stichting daarvoor zeer erkentelijk.

Utrecht, juni 1997

De directeur van de STOWA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

SAMENVATTING

De beoordeling van de bedrijfsvoering van rioolwaterzuiveringsinrichtingen (RWZI's) is het onderwerp van dit rapport. Financiële kentallen, de toetsing van de effluentkwaliteit aan de lozingsvergunningen en -eisen en het technologisch functioneren van de RWZI worden besproken.

De objectieve beoordeling van financiële inspanningen op een RWZI is alleen mogelijk als rekening wordt gehouden met een aantal factoren, waarvan de belasting en de overcapaciteit van die RWZI (dat is de ontwerp-grootte gedeeld door de huidige belasting), het bouwjaar en de aanwezigheid van slibgisting de belangrijkste zijn. Als de kosten worden gecorrigeerd naar deze factoren kan een betere vergelijking tussen de kosten van verschillende RWZI's plaatsvinden dan wanneer ongecorrigeerde gegevens worden vergeleken.

Toetsing aan de effluenteisen is altijd lastig, omdat er veel verschillende eisen aan de effluentlozing zijn, en lang niet altijd aan alle eisen is voldaan. In dit rapport wordt een methode aangereikt om de toetsing te onderzoeken en zo nodig te formaliseren. Deze methode gaat uit van een classificatie van de huidige toetsing, die, na optimalisatie van de factoren die een rol spelen in de beoordeling, in een formule is omgezet.

Beoordeling van het technologisch functioneren van een RWZI kan eigenlijk alleen goed plaatsvinden na simulatie van het functioneren met behulp van computerprogramma's. In dit rapport zijn beschrijvingen gegeven van rekenschema's en modellen, aan de hand waarvan de beoordeling plaats zou kunnen vinden.

De rapportage van dit project bestaat uit drie delen: voorliggend rapport, waarin aan de hand van enige voorbeelden de systematiek uiteen wordt gezet, een handleiding voor de bijbehorende spreadsheets en een achtergrondrapport. In dit laatste rapport worden gedetailleerd de theorie en de methodiek voor het opstellen van relaties gegeven. Verder worden in het achtergrondrapport de geformuleerde relaties onderbouwd en worden rekenschema's voor het beoordelen van het technologisch functioneren van een RWZI beschreven.

1 INLEIDING

1.1 Beoordeling van RWZI's

De beoordeling van het presteren van een RWZI kan op verschillende manieren geschieden. Allereerst kan de financiële bedrijfsvoering beoordeeld worden. De kosten die per i.e. gemaakt worden leveren vergelijkingsmateriaal. Zonder bewerking zijn deze kosten echter niet zonder meer te vergelijken. De bewerking kan bestaan uit het uitvoeren van een aantal correcties. De bewerkte cijfers zijn dan te vergelijken met bijvoorbeeld werkloosheidscijfers, die altijd voor seizoensinvloeden worden gecorrigeerd.

Op het meest elementaire niveau wordt van een RWZI uitsluitend beoordeeld of deze aan de lozingsvergunning voldoet. Voldoet de RWZI aan de lozingsvergunning dan is de beoordeling positief, voldoet deze niet dan is de beoordeling negatief. Er is echter voor de meeste RWZI's een groot aantal lozingsverordeningen van kracht. Niet altijd wordt aan álle verordeningen voldaan. Zo zal één overschrijding van een maximumeis, bijvoorbeeld een zwevendestofgehalte van 30 mg/l, nauwelijks als bezwaarlijk worden ervaren. Er is dus een "grijs" gebied tussen het voldoen aan alle of geen enkele van de lozingsverordeningen. In een groot deel van dit gebied kan toch gevonden worden dat "goed", "redelijk" of "matig" aan de lozingsverordeningen wordt voldaan. Objectivering van een dergelijke beoordeling maakt RWZI's beter vergelijkbaar. Deze objectivering kan echter alleen onderzocht en getest worden aan de hand van reeds gedane, vage, uitspraken.

De beoordeling van het technologisch functioneren van een RWZI kan uitgevoerd worden door met technologische gegevens van de RWZI berekeningen uit te voeren waarmee de effluentkwaliteit geschat kan worden. De op deze manier verkregen effluentgegevens kunnen dan vergeleken worden met de effluentgegevens van de RWZI. De verschillen tussen verwachte en werkelijke waarde zijn een indicatie voor het technologisch functioneren van de RWZI.

De beoordeling van RWZI's moet gezien worden in het licht van de beschikbare informatie en de inspanning die het kost om deze informatie in een zinnige vorm om te zetten. Voorliggend STOWA-rapport probeert uit beschikbare informatie op een zo eenvoudig mogelijk wijze kentallen te formuleren, aan de hand waarvan een dergelijke beoordeling plaats kan vinden.

1.2 Doelstelling

Het doel van dit project is een uniforme beoordeling op te stellen voor de prestaties van zuiveringstechnische werken, en voor de kosten die daarmee gepaard gaan. Een uniforme beoordeling levert kentallen op. Aan de hand daarvan kan worden vastgesteld:

- hoe een RWZI presteert in relatie tot het ontwerp;
- in welke mate het effluent van een RWZI aan de effluenteisen of lozingsvergunning voldoet;
- of maatregelen aan een RWZI prioriteit moeten hebben;
- hoe een RWZI presteert in relatie tot andere RWZI's.

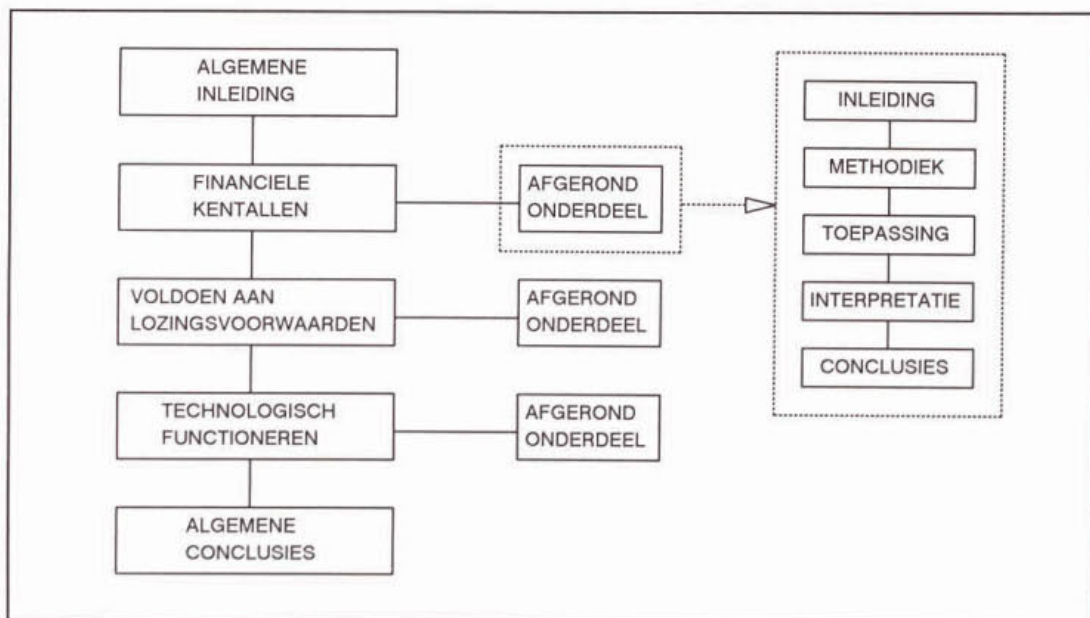
Het doel is dus een formalisering van de beoordeling van RWZI's, die moet leiden tot een reeks eenvoudige kentallen waarmee men zich een beeld kan vormen van het functioneren van een RWZI in relatie tot ontwerp, effluenteisen en andere RWZI's. Een aantal van deze kentallen is financieel van aard, andere geven een kwalitatieve waardering aan.

Iedere waterbeheerder gaat anders om met zijn RWZI's. De RWZI's worden bij verschillende waterbeheerders verschillend ontworpen en de financiële inspanningen worden verschillend vastgelegd. Vanzelfsprekend is het eenvoudiger kentallen te formuleren voor vergelijking tussen RWZI's binnen het gebied van één waterbeheerder dan tussen RWZI's van verschillende waterbeheerders. Niettemin is gestreefd naar een zekere mate van vergelijkbaarheid van de kentallen voor alle RWZI's.

Er is gepoogd een aantal kentallen te formuleren, maar vooral is gestreefd naar het aangeven van de methodiek waarmee kentallen kunnen worden ontworpen, geformuleerd en aangepast. Het hiervoor benodigde instrumentarium, dat vooral bestaat uit gegevensanalyse en min of meer eenvoudig uitvoerbare optimalisaties en statistische analyses, wordt in het achtergrondrapport uitvoerig toegelicht.

1.3 Leeswijzer

Er is getracht dit rapport zó op te stellen, dat ieder hoofdstuk apart gelezen kan worden als een op zichzelf staande eenheid. De opzet van het rapport is schematisch weergegeven in figuur 1.



Figuur 1. Indeling van het rapport.

De opbouw van ieder van de verschillende hoofdstukken verloopt telkens volgens hetzelfde schema. Voor de verschillende thema's wordt in algemene termen de methodiek beschreven volgens welke verschillende relaties op te stellen zijn. De methodiek wordt vervolgens geïllustreerd met een eenvoudig voorbeeld. In het achtergrondrapport wordt dieper ingegaan op de gevolgde methodiek en hoe deze zelf toe te passen.

Dit rapport is meer toegespitst op het toepassen van de gevonden relaties. Deze toepassing wordt in een volgende paragraaf gedetailleerd beschreven. De interpretatie van de gevonden getallen komt in een aparte paragraaf aan de orde.

Bij dit rapport hoort een handleiding, aan de hand waarvan de geïnteresseerde lezer zelf gegevens kan bewerken in de bijbehorende spreadsheet-programma's. In deze handleiding worden de spreadsheets kort uiteengezet en worden aanwijzingen voor het gebruik gegeven.

In het achtergrondrapport worden de analyses die leiden tot de geformuleerde kentallen gegeven. In dit achtergrondrapport wordt eveneens de theoretische achtergrond van de gevolgde methodiek beschreven.

2 FINANCIËLE KENTALLEN

2.1 Inleiding

De kosten die samenhangen met het transport en de zuivering van afvalwater en de verwerking van het geproduceerde slib zijn afhankelijk van een groot aantal factoren. Een aantal van deze factoren is samengevat in tabel 1.

Tabel 1. Factoren die van invloed zijn op de kosten van transport en zuivering van afvalwater en de verwerking van slib.

TRANSPORT	ZUIVERING	SLIBVERWERKING
grootte van de kernen afstand tot RWZI type gebied RWA/DWA	belasting overcapaciteit RWA/DWA type aanwezigheid van slibgisting grondprijs effluenteisen afstand tot slibverwerking	type slibverwerking specifieke kosten

Nu is het mogelijk de kosten, bijvoorbeeld van de zuivering, uit te drukken per i.e., of per hoeveelheid verwijderde component, bijvoorbeeld BZV, N of P. Op zich zijn dergelijke kentallen echter weinig informatief. Er wordt geen rekening gehouden met de factoren die deze kentallen beïnvloeden. Ze kunnen dan ook niet goed voor onderlinge vergelijking worden gebruikt.

Bij onderlinge vergelijking dient wel met kosten-beïnvloedende factoren rekening te worden gehouden. Daarom is het van belang deze factoren, of de belangrijkste ervan, zoveel mogelijk te kwantificeren. Dan kunnen kentallen worden opgesteld die wèl onderling vergelijkbaar zijn.

2.2 Methode

De bij een correctie van verschillende getallen toe te passen methode kan het beste worden uitgelegd aan de hand van een voorbeeld.

Voorbeeld

Twee RWZI's worden met elkaar vergeleken: een van 65.000 i.e. en een van 80.000 i.e. ontwerpgrootte. Op de eerste RWZI zijn 31.000 i.e. werkelijk aangesloten, op de tweede 78.000 i.e. De gemaakte kosten bedragen op de eerste RWZI f 70,- per i.e. en op de tweede f 40,- per i.e. Deze bedragen verschillen op het eerste gezicht sterk.

Uit analyse van de kosten die op RWZI's gemaakt worden, kan worden geconcludeerd dat de kosten per i.e. een functie zijn van zowel de ontwerpgrootte als de belasting van de RWZI. We nemen aan dat het volgende verband geldig is (zie ook de toelichting in het achtergrondrapport):

$$S_{IE} = aA^bC^c \quad \{1\}$$

Met S_{IE} is een schatting voor de kosten per i.e., A is de belasting, C is de overcapaciteit (ontwerpgrootte gedeeld door belasting) en a , b en c zijn rekenkundige factoren.

Als de werkelijke kosten Y_1 en Y_2 , respectievelijk f 70,- en f 40,-, gecorrigeerd worden voor belasting en overcapaciteit, kan pas een vergelijking worden gemaakt die niet wordt vertroebeld door de factoren "belasting" en "overcapaciteit".

Uit analyse van gegevens kan een indruk worden verkregen van de waarde van de factoren a , b en c . De methode waarmee dat kan gebeuren is beschreven in hoofdstuk 3 van het achtergrondrapport. De methode wordt hieronder kort beschreven.

Als er een aantal gegevens Y beschikbaar is, kan een schatter (een willekeurige functie die een schatting geeft van de waarde van Y) worden opgesteld. De bovenstaande functie voor S_{IE} is zo'n schatter voor de kosten per i.e. die op een RWZI gemaakt worden. De kwaliteit van de schatter hangt af van de opgestelde functie en van de waarde van de factoren, in dit geval a , b en c . De waarden van de factoren kunnen met behulp van de optimalisatie-routine die in spreadsheet-programma's voorhanden is, worden vastgesteld. Dit wordt gedaan door het kwadraat van het verschil tussen de gemeten waarde Y en de schatter S te minimaliseren, met de factoren als variabelen.

Als nu – uit voorgaande analyses, zie het achtergrondrapport – de factoren a , b en c redelijk bekend zijn, zou de schatting S_{IE} berekend kunnen worden. Met waarden voor b en c kunnen normeringen worden uitgevoerd. Stel bijvoorbeeld dat uit voorgaande analyses is gebleken dat b en c respectievelijk de waarde 0,130 en 0,90 hebben, dan zouden de volgende kentallen berekend kunnen worden (zie tabel 2). Als ook a bekend is, bijvoorbeeld $a = 150$, kan de schatting eveneens worden gegeven.

De normering naar een belasting van 50.000 i.e. vindt plaats door deling van de kosten met een correctiefactor $(\text{belasting}/50.000)^{0,130}$, terwijl die voor een overcapaciteit van 1,2 plaatsvindt door te corrigeren met $(OC/1,2)^{0,90}$.

Tabel 2. Vergelijking van de twee hypothetische RWZI's.

RWZI	1	2	eenheid
belasting	31.000	78.000	i.e.
ontwerp	65.000	80.000	i.e.
kosten	70,00	40,00	Dfl/j
genormeerd naar belasting 50.000 i.e.	65,78	42,38	Dfl/j
genormeerd naar overcapaciteit 1,2	42,36	46,07	Dfl/j
genormeerd naar $G = 50.000$ i.e. en $OC = 1,2$	39,81	48,81	Dfl/j
schatting uit formule	76,14	35,48	Dfl/j

Het is duidelijk dat de kosten die per i.e. op de RWZI gemaakt worden in een heel ander licht komen te staan als ze genormeerd worden naar een belasting van 50.000 i.e., naar een overcapaciteit van 1,2, of naar beide factoren gezamenlijk. Bij de twee hypothetische RWZI's in tabel 2 lijken de kosten enorm te verschillen, maar na normering voor de belasting komen de bedragen wat meer naar elkaar toe. Normering voor dezelfde overcapaciteit levert getallen die betrekkelijk dicht bij elkaar in de buurt liggen. Als naar beide factoren wordt genormeerd blijkt dat de bedragen er heel anders uit komen te zien. Er blijkt dat een heel groot deel van de verschillen is te verklaren uit de belasting van de RWZI en de overcapaciteit.

Op basis van de genormeerde bedragen kan nu een betere vergelijking worden uitgevoerd dan op basis van de niet-bewerkte bedragen. Immers, men hoeft nu niet in het achterhoofd te houden dat de eerste RWZI zwaar is onderbelast (een hoge overcapaciteit heeft) en dat de tweede veel kleiner is dan de eerste. Dat is door de normering al gebeurd.

Als uit analyse ook de factor a bekend is, kan een schatting worden gemaakt. Deze is ook in tabel 2 gegeven. De afwijking van het geschatte bedrag zou nu de hoeveelheid geld zijn, die niet kan worden verklaard uit de factoren belasting en overcapaciteit. In het voorbeeld is f 70,- aan uitgaven per i.e. voor de eerste RWZI minder dan men zou verwachten, terwijl voor de tweede f 40,- juist meer is dan men zou verwachten.

2.3 Toepassing

De op een RWZI gemaakte kosten per i.e. kunnen worden geschat uit een zeer beperkt aantal variabelen. In hoofdstuk 4 en 5 van het achtergrondrapport wordt uitgebreid ingegaan op het ontwikkelen van schattingen uit de beschikbare gegevens.

De in beschouwing te nemen variabelen zijn:

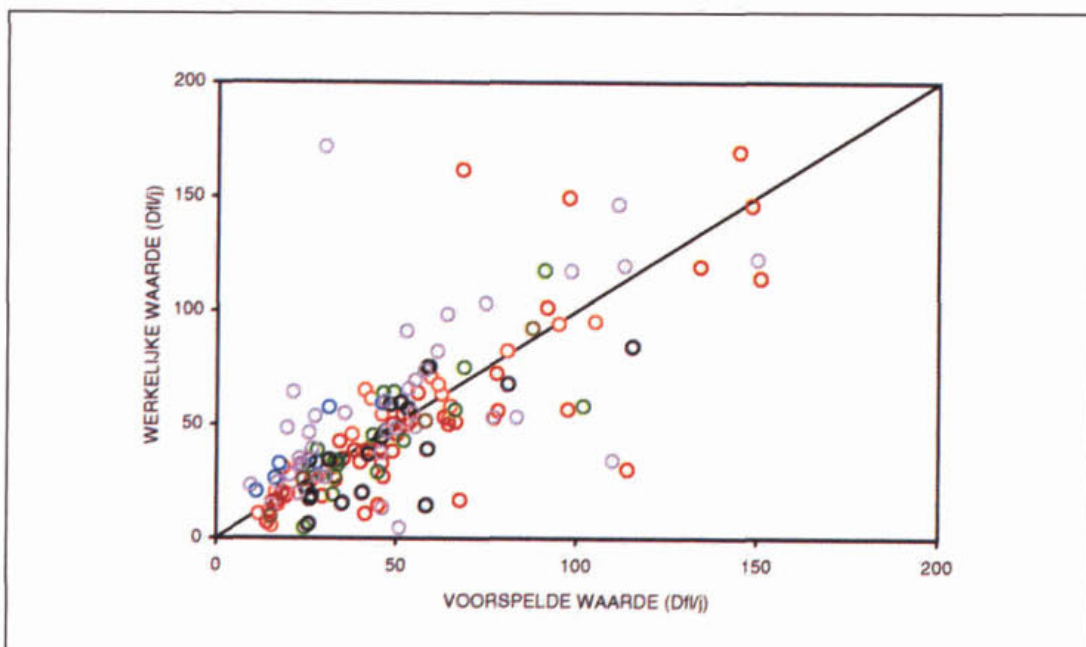
- de belasting van de RWZI;
- de overcapaciteit van de RWZI;
- het bouwjaar van de RWZI, op te vatten als het jaar waarin de RWZI is opgeleverd of waarin de laatste grote aanpassingen hebben plaatsgevonden; de RWZI mag niet ouder dan 30 jaar zijn; met andere woorden, als het bouwjaar meer dan 30 jaar voor het jaar van de beschouwde getallen ligt, ga er dan vanuit dat het bouwjaar 30 jaar voor het beschouwde jaar ligt;
- de RWA per i.e.;
- de afstand van de RWZI tot aan de slibverwerking;
- de kapitaalslasten van het netwerk van transportleidingen;
- de aanwezigheid van slibgisting.

De schatting voor de kosten per i.e. luidt

$$S_{IE} = a * A^b * (1 + cG^+ + dD + iH) * (1 + eE^f) * C^g + hF/A \quad \{2\}$$

waarin

A	=	belasting (i.e.);	
C	=	overcapaciteit (= ontwerp-grootte / belasting (-));	
D	=	afstand tot lokatie van slibverwerking (km);	
E	=	"leeftijd" (= het jaar waarop de getallen betrekking hebben minus het "bouwjaar" (jaar van inbedrijfname, of van laatste grote aanpassing (jaar))	
F	=	kapitaalslasten van het transport (Dfl/jaar);	
G ⁺	=	aanwezigheid slibgisting (0 of 1);	
H	=	de RWA per ontwerp-i.e.;	
a t/m i	=	factoren:	
	a =	737,6;	f = 0,350;
	b =	-0,260;	g = 0,784;
	c =	0,037;	h = 1,200;
	d =	0,002;	i = 0,0157.
	e =	-0,238;	



Figuur 2. Waargenomen tegen voorspelde kosten voor exploitatie van transport, zuivering en slibtransport van 155 RWZI's van zeven waterbeheerders. De verschillende kleuren geven de verschillende waterbeheerders aan.

Deze factoren zijn berekend door vergelijking van de kosten per i.e. van 155 RWZI's van zeven waterbeheerders. In figuur 2 is de relatie tussen de voorspelde waarde van de kosten en de werkelijke kosten weergegeven. Uit de figuur wordt duidelijk dat er een redelijke mate van overeenstemming tussen voorspelde en werkelijke waarden bestaat.

Uit analyse van de beschikbare gegevens kan worden opgemaakt, dat voor een redelijke vergelijking van de jaarlijkse kosten die op verschillende RWZI's gemaakt worden, een aantal normeringen dient te worden toegepast. Deze normeringen volgen min of meer direct uit de waarden van de factoren bij de formules die bij de analyse zijn ontwikkeld (zie achtergrondrapport, hoofdstuk 4 en 5).

De normering naar de factoren belasting, overcapaciteit, bouwjaar en RWA per i.e. kan als volgt plaatsvinden:

- belasting (in i.e.) en overcapaciteit (ontwerpgrootte / belasting) kunnen uit technologische gegevens worden berekend;
- het bouwjaar, of het jaar waarin de laatste grote aanpassingen hebben plaatsgevonden, dient bekend te zijn;
- de kosten per i.e. voor het betreffende jaar dienen bekend te zijn;
- de RWA/ontwerp i.e. kan eenvoudig uit technologische gegevens berekend worden.

Uit formule {2} volgt dat voor normering naar 50.000 i.e., voor een overcapaciteit van 20 % en voor het bouwjaar 1986 de berekening moet worden uitgevoerd, die wordt gegeven in het kader op de volgende bladzijde.

- 1 als Y_{IE} de kosten zijn per i.e. op een RWZI, en A is belasting, OC is overcapaciteit, J is het jaar waarop de cijfers betrekking hebben, BJ is bouwjaar en R is RWA per ontwerp-i.e.:
- 2 dan levert $Y'_{IE} = Y_{IE} * (A / 50.000)^{0,260}$ de naar 50.000 i.e. genormeerde kosten op;
- 3 dan levert $Y''_{IE} = Y'_{IE} / (OC / 1,20)^{0,784}$ de naar 20% overcapaciteit en 50.000 i.e. genormeerde kosten op;
- 4 dan levert $Y'''_{IE} = Y''_{IE} / (1 - 0,230 (J - BJ)^{0,350}) / (0,485)$ de naar 50.000 i.e., naar een overcapaciteit van 20% en naar een bouwjaar van 1986 (10 jaar oud) genormeerde kosten op, en
- 5 dan levert $Y''''_{IE} = Y'''_{IE} * (1 + H * 0,0157) / 1,55$ de naar 50.000 i.e., overcapaciteit 20%, bouwjaar 1986 en RWA = 35 l/i.e./h genormeerde kosten op.

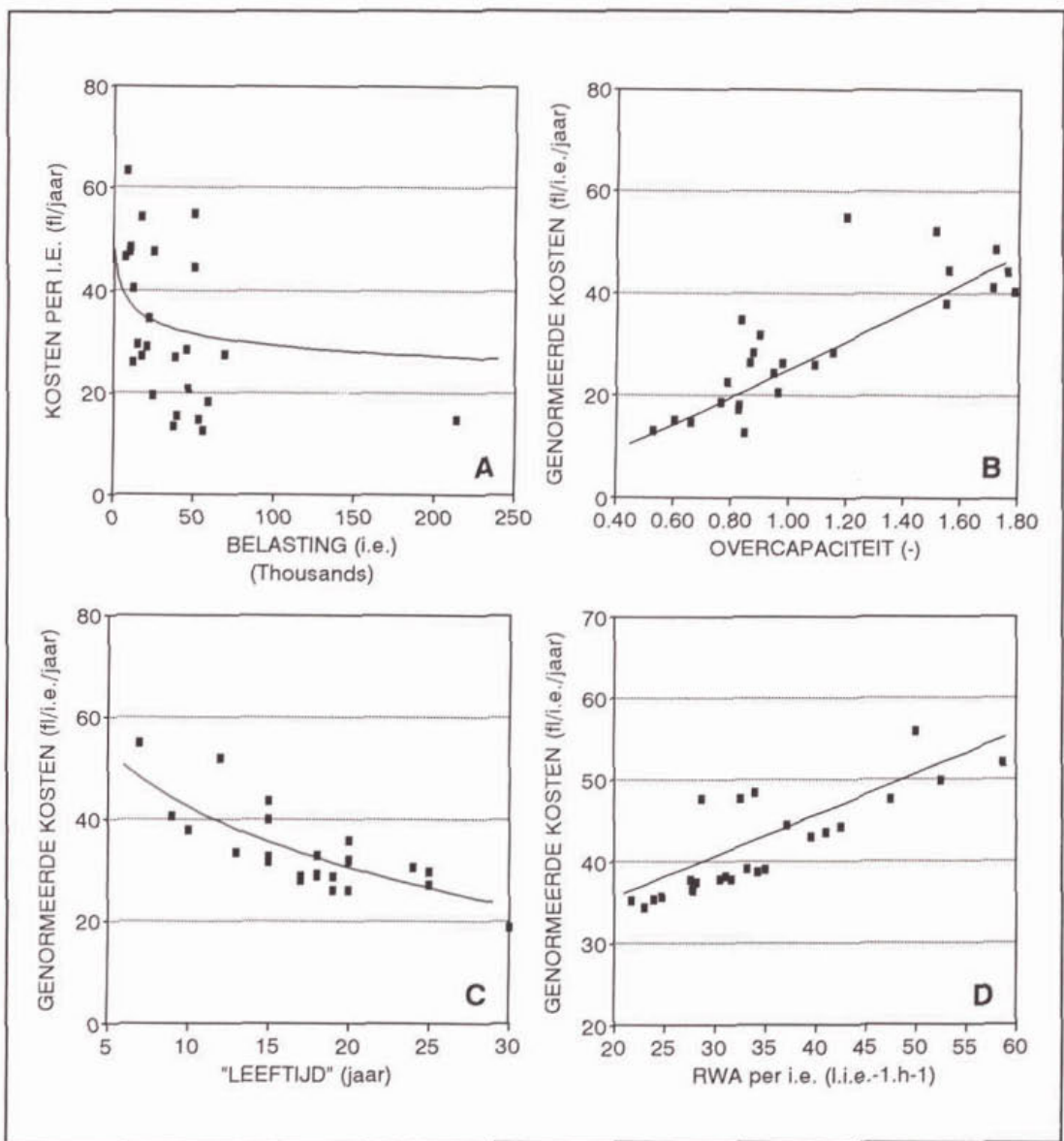
In onderstaand kader is een voorbeeldberekening gegeven. Een voorbeeld voor het toepassen van normering en correctie is in het achtergrondrapport gegeven voor dertig RWZI's. In bijlage 1 van het achtergrondrapport zijn de genormeerde cijfers van 155 RWZI's gegeven. De genormeerde en gecorrigeerde waarden leveren het uitgangsmateriaal, waarmee een beoordeling van de verschillende RWZI's plaats kan vinden.

Voor een RWZI van 36.000 i.e., ontworpen op 45.000 i.e. en in 1982 gebouwd, en die een RWA heeft van 30 l.i.e.⁻¹.h⁻¹, waarbij de kosten per i.e. over 1996 f 87,50 bedragen geldt dus:

- 1 $Y_{IE} = f 87,50;$
- 2 $Y'_{IE} = Y_{IE} * (36.000/50.000)^{0,260} = f 80,34;$
 $OC = 45.000 / 36.000 = 1,25$
- 3 $Y''_{IE} = f 80,34 / (1,25/1,20)^{0,784} = f 77,81$
- 4 $Y'''_{IE} = f 77,81 / ((1 - 0,238 (1996 - 1982)^{0,350}) / (0,485))$
 $= f 90,81$
- 5 $Y''''_{IE} = f 90,81 * (1 + 30 * 0,0157) / 1,55 = f 95,66$

2.4 Interpretatie

Bij berekening blijkt dat sommige bedragen in eerste instantie heel hoog lijken, maar na het toepassen van enige relevante correcties helemaal niet uit de pas lopen met de overige bedragen. De exploitatiekosten (over 1996) vertonen een minder onoverzichtelijk beeld na correctie voor het transport van het afvalwater, en normering naar een belasting van 50.000 i.e., een overcapaciteit van 1,20, het bouwjaar 1986, en een gemiddelde RWA per i.e. van 35 l/i.e./h. De achtereenvolgende bewerkingen zijn geïllustreerd in figuur 3 voor de RWZI's van Waterschap Friesland.



Figuur 3. A: kosten per i.e. als functie van de belasting; B: voor een grootte van 50.000 i.e. gecorrigeerde kosten als functie van de overcapaciteit; C: voor een grootte van 50,000 i.e. en een overcapaciteit van 1,2 gecorrigeerde kosten als functie van de leeftijd (1996 - bouwjaar) van de RWZI; D: voor een grootte van 50.000 i.e., een overcapaciteit van 1,2 en een leeftijd van 10 jaar gecorrigeerde kosten per i.e. als functie van de RWA per i.e.

In figuur 3 is te zien dat als de kosten naar grootte wordt genormeerd volgens de curve in figuur 3A, er een duidelijke effect van de overcapaciteit te zien is in figuur 3B; de dan verkregen kosten laten weer een effect zien van de leeftijd van de RWZI, en de daar weer uit verkregen kosten laten tenslotte een effect zien van de maximale capaciteit per ontwerp-i.e.

De gecorrigeerde kosten per i.e. leveren cijfermateriaal op, dat beter voor interpretatie en verder onderzoek is geschikt dan het niet-gecorrigeerde materiaal.

Voor de verklaring van verschillen tussen de gecorrigeerde waarden spelen de factoren belasting van de RWZI, overcapaciteit van de RWZI, bouwjaar van de RWZI en RWA per ontwerp-i.e. nog slechts een ondergeschikte rol. Deze zijn al in de correctie verdisconteerd. Andere dan de genoemde factoren dienen de verschillen tussen de gecorrigeerde waarden te verklaren.

Verder dient erop te worden gewezen dat van de genoemde factoren belasting, overcapaciteit, bouwjaar en RWA per i.e. het alleen de overcapaciteit is, waarop door een waterbeheerder enige invloed uitgeoefend kan worden: de overcapaciteit van een RWZI kan verondersteld worden samen te hangen met de kwaliteit van de prognoses in de ontwikkeling van de aanvoer van het te behandelen afvalwater.

2.5 Conclusie

Door een aantal normeringen toe te passen, kunnen de kosten die per i.e. op een RWZI gemaakt worden, beter onderling worden vergeleken. Deze normeringen hebben bijna allemaal betrekking op factoren waarop door de waterbeheerder achteraf vrijwel geen invloed kan worden uitgeoefend.

Na de normeringen rest een kental voor de kosten van de zuivering per i.e., dat zich goed leent voor onderlinge vergelijking. Voorlopig behandelen de verschillende waterbeheerders hun kosten nog niet uniform. Met het oog op de uniformering in het kader van het Budget-Beheersings-Project (BBP) mag in de toekomst een grotere overeenstemming tussen verschillende beheerders verwacht worden. Bij vergelijking van de RWZI's van verschillende waterbeheerders dient voorlopig nog rekening te worden gehouden met zekere verschillen in de berekening van de exploitatiekosten.

Het is nog niet helemaal duidelijk op welke tijdschaal de factoren aan wijziging onderhevig zijn. Mogelijk dienen de factoren met een zekere regelmaat – van 5 à 10 jaar – te worden bijgesteld. De toekomst zal dit moeten uitwijzen.

3 TOETSING VAN DE EFFLUENTKWALITEIT AAN DE LOZINGSVOORWAARDEN

3.1 Inleiding

Er worden aan het effluent van een RWZI meerdere eisen gesteld. Deze eisen kunnen voor verschillende RWZI's sterk uiteenlopen. Bij de toetsing van het voldoen aan de lozingsvoorwaarden zijn eigenlijk maar twee uitslagen mogelijk: de RWZI voldoet wel of niet aan de lozingsvoorwaarden. In werkelijkheid is er een zeker "grijs" gebied, waarbij een zekere mate van overschrijding niet als ernstig wordt ervaren. Een probleem hierbij is dat lozingsvoorwaarden niet allemaal hetzelfde karakter hebben. Sommige hebben betrekking op een jaargemiddelde, andere op maximale waarden, weer andere op voortschrijdende gemiddelden.

3.2 Methodiek

Voor de toetsing van de effluentkwaliteit aan lozingseisen en -vergunningen werd een vergelijkbare methodiek als in het voorgaande hoofdstuk gehanteerd. Er werd een bepaalde score aan een kwalitatieve beoordeling toegekend, die varieert van 0: geen klachten, tot 4: serieuze overschrijding van de normen of andere problemen. Deze beoordeling werd naast de beoordeling van de overschrijding van lozingseisen en -vergunningen gelegd. Hiermee werd getracht uit te vinden aan welke overschrijdingen het meeste gewicht wordt gehecht.

Voorbeeld

Als voorbeeld kan een politieagent dienen die een boete moet uitdelen aan een automobilist die een veelheid aan overtredingen begaat. De automobilist rijdt te hard, heeft een slecht onderhouden auto en drinkt te veel. Hoe moet nu de boete worden vastgesteld. Dit kan door een aantal voorgaande boetes te analyseren.

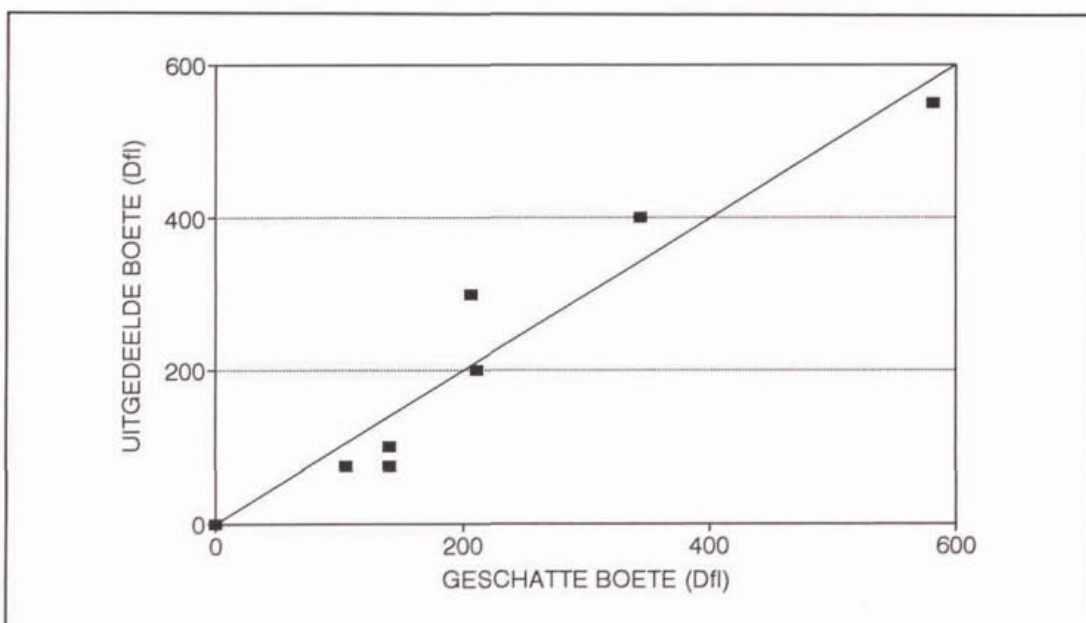
Tabel 3. Hypothetische boetes van een politieagent bij verkeersovertredingen. De eis aan het profiel is 2 mm, die aan het alcoholpromillage 0,5 ‰.

boete	km	eis	profiel	alcohol	boete	schatting
1	70	50	3	0	100	141
2	70	50	3	0	75	141
3	110	80	3	0	200	211
4	145	120	1,5	0,4	300	206
5	50	50	2	0,4	0	0
6	70	80	0,5	1,4	550	581
7	130	120	3	1	400	343
8	65	50	3	0	75	106

Voor de boete die de agent uitdeelt, kan een formule worden opgesteld als:

$$\text{Boete} = a * (\text{km te hard}) + b * (\text{mm profiel te weinig}) + c * (\text{‰ alcohol te veel})$$

waarin a, b en c weegfactoren voor het bepalen van de hoogte van de boete zijn. Met behulp van de in hoofdstuk 3 van het achtergrondrapport beschreven optimalisatieprocedure kunnen de volgende factoren worden gevonden: a = 7, b = 60 en c = 546. Deze leveren een redelijke schatting van de uitgedeelde boete, zoals in figuur 4 is geïllustreerd.



Figuur 4. Relatie tussen uitgedeelde en geschatte boetes.

De op deze manier gevonden factoren kunnen nu op twee manieren worden gebruikt: ten eerste kan met behulp van deze waarden de volgende boete worden vastgesteld, ten tweede kan de waarde van de factoren worden beschouwd, door ze bijvoorbeeld te vergelijken met de waarde die de factoren bij een groter aantal agenten aannemen.

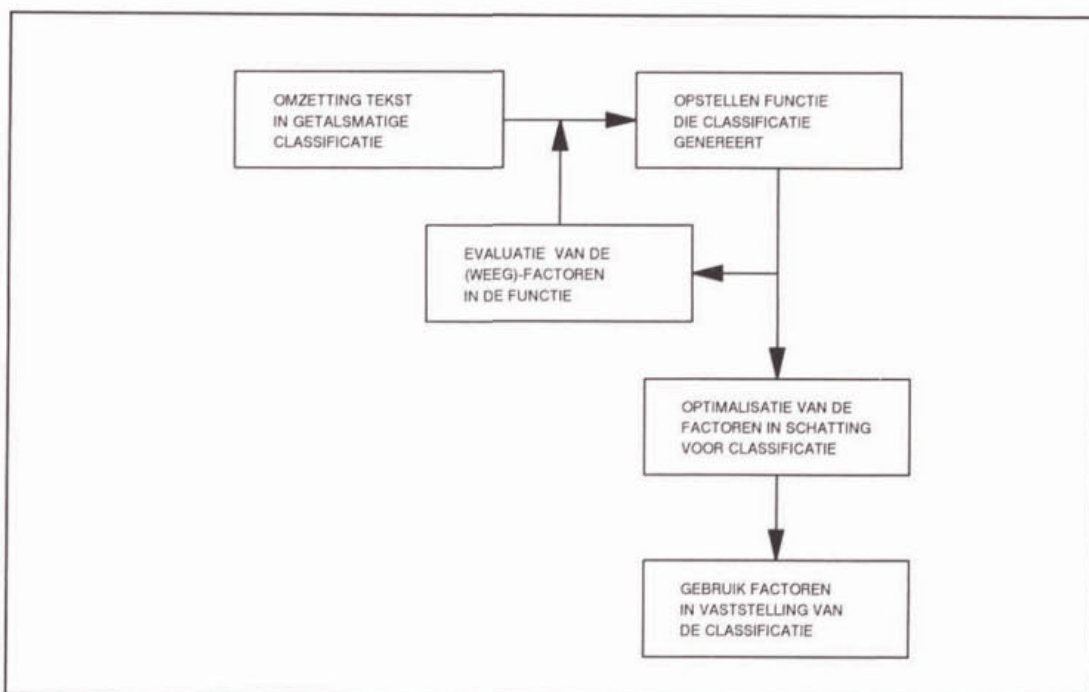
3.3 Toepassing

Op vergelijkbare wijze is van een aantal RWZI's van het Waterschap Friesland de toetsing aan de effluenteisen onderzocht. Het onderzoek en de resultaten ervan staan beschreven in hoofdstuk 6 van het achtergrondrapport.

In dit hoofdstuk wordt een methode aangereikt die kan leiden tot een meer geformaliseerde toetsing van de effluentkwaliteit aan de lozingsvoorwaarden. Met behulp van deze methode zijn de gegevens over de toetsing van één waterschap onderzocht.

De methode is geïllustreerd in figuur 5. In hoofdstuk 6 van het achtergrondrapport is het onderzoek uitgebreid beschreven. De toetsing aan de lozingsvoorwaarden is onderzocht voor gegevens van het Waterschap Friesland. Hierbij is allereerst een classificatie gemaakt van de kwalificaties die gelden bij beoordeling van het al dan niet voldoen aan de lozingsvergunning. Voor deze beoordeling zijn de betreffende teksten ingedeeld in vijf klassen met de waarden 0 t/m 4. Hierbij betekent:

- 0: RWZI voldoet ruimschoots aan de eisen (welke deze eisen ook zijn);
- 1: RWZI voldoet bijna altijd;
- 2: RWZI voldoet matig;
- 3: RWZI voldoet regelmatig niet;
- 4: RWZI voldoet niet aan de eisen.



Figuur 5. Methode voor het opstellen van een analyse van de toetsing aan de lozingsvoorwaarden.

De classificatie heeft uitsluitend betrekking op het voldoen aan de lozingsvoorwaarden, en niet op het technologisch functioneren van de RWZI. Eenzelfde effluentkwaliteit kan dus bij verschillende lozingsvoorwaarden tot geheel verschillende beoordelingen leiden.

Met behulp van de in hoofdstuk 3 van het achtergrondrapport beschreven optimalisatiemethode zijn de factoren in een schatter bepaald, zodanig dat de schatter goed overeenkomt met de classificatie van de beschrijvende tekst bij de betreffende RWZI.

De gehanteerde schatter is een optelling van de volgende parameters

$$S' = aE_{N_{kj}}^M + bE_{N_{tot}}^G + cE_{P_{tot}}^G + dE_{Bez}^G + eE_{Bez}^M$$

S = afgeronde waarde van S' ,

waarin

S is de schatting van de beoordeling;

E^G staat voor overschrijding van een eis met betrekking tot gemiddelde;

E^M staat het aantal overschrijdingen van een eis met betrekking tot een maximum, gedeeld door het aantal malen dat gemonsterd is;

N_{KJ} , N_{TOT} , P_{TOT} zijn bekende parameters;

Bez is bezinksel;

a t/m e zijn factoren:

$$a = 1,7; b = 2,0; c = 0,9; d = 0,2; e = 4,0.$$

Andere parameters, zoals de eis aan gemiddelde en maximum-waarden voor BZV en de eis aan het gemiddelde en maximum van het zwevendestofgehalte in het effluent blijken voor een dergelijke analyse geen enkele rol te spelen.

Dit betekent niet dat ze niet belangrijk zijn, maar wel dat ze reeds op een andere wijze meegewogen worden.

3.4 Interpretatie

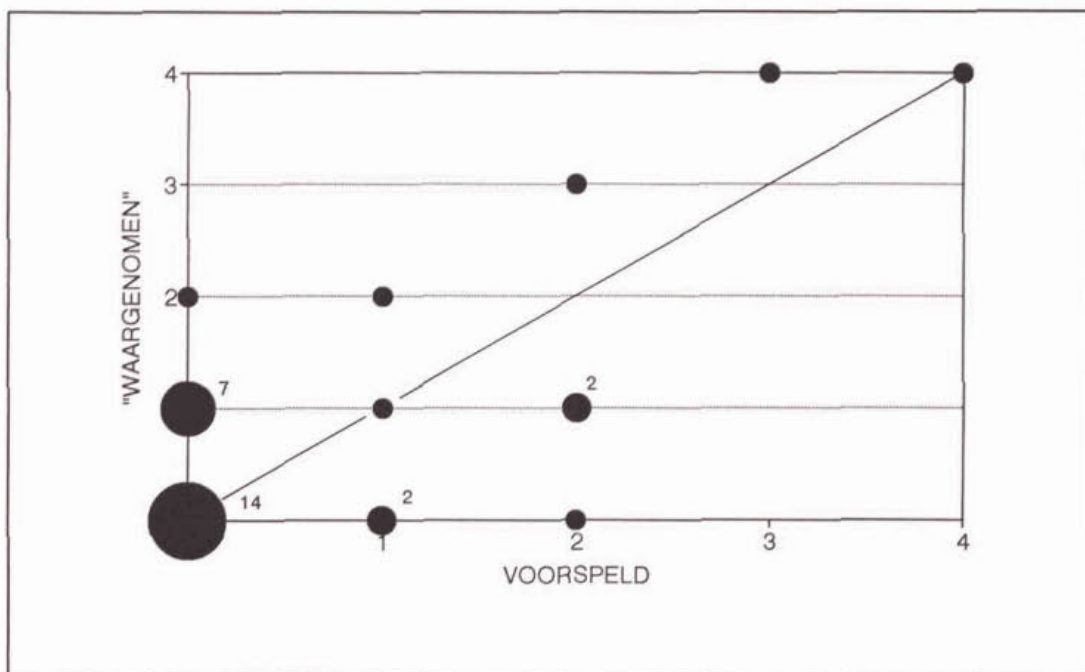
De factoren a t/m e kunnen worden opgevat als weegfactoren voor het belang van de verschillende overschrijdingen. Als de waarde van een factor laag is, heeft deze weinig gewicht bij de beoordeling, is de waarde hoog dan heeft deze veel gewicht.

Verskillende weegfactoren blijken een waarde nul te hebben. Deze zijn niet in de formule meegenomen. Uit bovenstaande analyse blijkt dat een redelijk resultaat wordt geboekt als de volgende schatter wordt gehanteerd:

$$S' = 1,7 * E_{N_{KJ}}^M + 2,0 * E_{N_{tot}}^G + 0,9 * E_{P_{tot}}^G + 0,2 * E_{Bez}^G + 4,0 * E_{Bez}^M \quad \{4\}$$

De weegfactoren voor niet in de formule opgenomen eisen zijn óf niet vast te stellen (bijvoorbeeld voor E_{BZV}^G , omdat alle onderzochte RWZI's aan de eisen voldeden), óf hebben een waarde 0. Dit hoeft niet te betekenen dat de overschrijdingen van bijvoorbeeld het maximale BZV of het gemiddelde N_{KJ} -gehalte geen rol spelen. De samenhang met andere parameters kan ook zeer hoog zijn. In hoofdstuk 6 van het achtergrondrapport is de berekening uitgebreid weergegeven. In figuur 6 is de samenhang tussen voorspelde en waargenomen classificatie weergegeven.

Nadrukkelijk moet worden opgemerkt dat hiermee wordt vastgesteld *hoe zwaar* de overschrijding is. Of er *sprake is* van een overschrijding is een veel eenduidiger vaststelling.



Figuur 6. Voorspelde en "waargenomen" toetsing van het effluent van de RWZI aan de lozingsvoorwaarden. De grootte van de symbolen is een maat voor het aantal waarnemingen. Deze staan ook bij de symbolen aangegeven. De lijn geeft volledige overeenstemming tussen voorspelde en waargenomen waarden aan.

In slechts twee gevallen valt de voorspelde classificatie meer dan één klasse anders uit dan de waargenomen classificatie, te zien aan de punten met meer dan één klasse verschil met de diagonale lijn in figuur 6.

3.5 Conclusie

Met behulp van de bovenbeschreven methode kan in de toekomst de toetsing eenvoudiger worden uitgevoerd: men hoeft slechts de formule te hanteren om tot een redelijke uitkomst te komen. Aan de andere kant kan een dergelijke methode ook voor zelfonderzoek gebruikt worden: onderzoek kan uitwijzen dat bepaalde factoren te weinig of teveel gewicht in de schaal leggen bij de toetsing aan de lozingsvoorwaarden. De belangrijkste winst is echter de objectiviteit van de beoordeling.

4 TECHNOLOGISCHE BEOORDELING

De technologische beoordeling van de prestaties van een RWZI is primair gericht op de beoordeling van de kwaliteit van het effluent, de bestaansreden van een RWZI. Ook de slibproductie is een belangrijke parameter, waarop hier niet zal worden ingegaan. De slibproductie is eenvoudig af te leiden uit het type installatie en de belasting van de RWZI (zie achtergrondrapport, § 4.5, figuur 8).

De kwaliteit van het effluent is niet eenvoudig aan de hand van zaken als belasting en type installatie af te leiden. In dit hoofdstuk wordt een poging gedaan de kwaliteit van het effluent te voorspellen aan de hand van een aantal eenvoudige parameters.

4.1 De relatie tussen afvalwater, dimensies en effluentkwaliteit

Bij het ontwerp van een RWZI wordt gebruik gemaakt van een aantal dimensioneringsgrondslagen, die tezamen moeten leiden tot een installatie die voldoet aan de lozingsvergunning of de effluenteisen. In wezen betreft het hier slechts een beperkt aantal ontwerpgrondslagen. Deze zijn samengevat in tabel 4.

Tabel 4. Ontwerpgrondslagen voor een RWZI.

element	centrale ontwerpparameters	grondslagen
voorbezinking	oppervlaktebelasting (m/h) verblijftijd (h)	– gewenst rendement
anaërobe ruimte	contacttijd (h)	BZV/P (-) VFA-concentratie (mg/l) eis aan P _{TOT} (mg P/l)
voordenitrificatieruimte	anoxische sibleeftijd (d)	BZV/N (-) eis aan N _{TOT} (mg N/l)
beluchte ruimte	aërobe sibleeftijd (d)	temperatuur (°C) V _{BZV} , V _{NKJ} , V _{ZS} (kg/d)
	anoxische sibleeftijd (d)	BZV/N (-) eis aan N _{TOT} (mg N/l)
beluchting	zuurstofbehoefte (kg/h)	diepte (m) V _{BZV} , V _{NKJ} , V _{ZS} (kg/d)
nabezinking	oppervlaktebelasting (m/h)	slibvolume-index (ml/g) STOWA-richtlijnen ¹
indikking	stofoppervlaktebelasting (kg.m ⁻² .d ⁻¹)	–
	verblijftijd (d)	–
slibgisting	verblijftijd (d)	temperatuur (°C)
naindikking	stofoppervlaktebelasting (kg.m ⁻² .d ⁻¹)	–
	verblijftijd (d)	–

1: hebben betrekking op hoeveelheid slib, buffering en slibgehalte van de beluchtingstank.

Het feit dat op basis van de ontwerpgrondslagen een bepaalde effluentkwaliteit gegarandeerd kan worden, houdt in dat met een aantal bedrijfsparameters een redelijk inzicht moet kunnen worden verkregen in het functioneren van de RWZI.

Met betrekking tot met name het voldoen aan de lozingseisen voor P en N worden dikwijls pogingen gedaan om de RWZI te laten voldoen aan eisen waarvoor de RWZI in eerste instantie niet was ontworpen. Ook hierbij geldt echter dat op basis van de actuele parameters inzicht kan worden verkregen in het functioneren, of in het te verwachten functioneren van de RWZI. Via een modelmatige aanpak van de doorlichting van een RWZI zou een te verwachten effluentkwaliteit gesimuleerd kunnen worden. Een dergelijke technologische beoordeling van een RWZI kan aan het licht brengen of de RWZI voldoet aan de eisen die eraan gesteld werden bij het ontwerp, of aan toekomstige effluenteisen.

In zijn algemeenheid wordt de kwaliteit van het effluent bepaald door de hoeveelheden opgelost CZV of BZV, N_{KJ} -N, NH_4^+ -N, NO_3^- -N, PO_4^{3-} -P en de niet-opgeloste zwevende stof, die weer CZV, BZV, stikstof en fosfaat bevat.

4.2 Methodiek

Op basis van berekeningen van de verschillende componenten in het effluent, is een eenvoudig model opgesteld voor de te verwachten kwaliteit van het effluent van een RWZI. Dit model is gebaseerd op

- de HSA-berekening voor het rendement van de voorbezinking;
- HSA-berekening voor het gehalte aan opgeloste stikstofcomponenten in het effluent bij verschillende temperaturen (zie achtergrondrapport, bijlage 1);
- combinatie van de frequentieverdeling van de temperatuur met de HSA-berekening voor de stikstofcomponenten;
- de benadering van Orhon *et al*¹ voor een schatting van opgeloste organische componenten, CZV en BZV, in het effluent;
- een modelmatige benadering naar Tessel² voor de schatting van het gehalte opgelost P in het effluent; de benadering is enigszins aangepast³;
- een modelmatige benadering voor de berekening van het P-gehalte in het slib bij biologische P-verwijdering⁴;
- een benadering uit de literatuur⁵ ter berekening van het drogestofgehalte in het effluent;
- berekening van gehalten aan niet-opgelost CZV, BZV, stikstof en fosfaat uit literatuurwaarden voor het gehalte aan CZV, BZV, N en P in het uitspoelende slib.

De berekening is schematisch weergegeven in figuur 7. In het kader op bladzijde 19 is de werkwijze in een aantal stappen weergegeven.

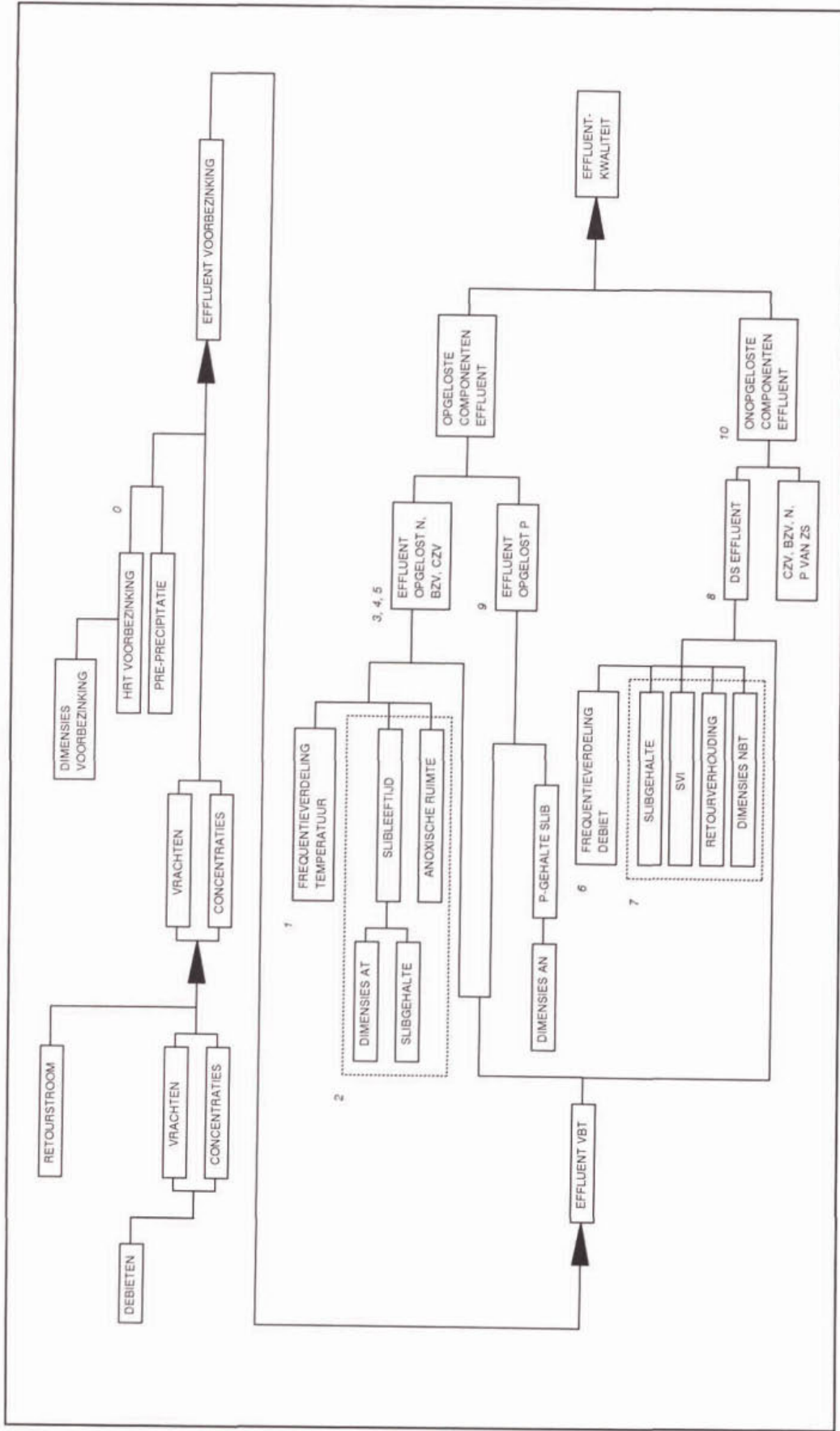
¹ Orhon D, E Görgün, F Germirli & N Artan 1994. Biological treatability of dairy wastewaters. *Water Research* 27: 625-633.

² Tessel P J 1991. Chemisch defosfateren van communaal afvalwater; een evaluatie. *H₂O* 24: 340-345.

³ Aangepast door uit te gaan van het P-gehalte na biologische groei.

⁴ Scheer H 1994. Belebungsverfahren mit biologischer Phosphatelimination: Bemessungsansätze und Kostenabschätzung. *Korrespondenz Abwasser* 41: 426-441.

⁵ Billmeier E 1986. Einfluß der Rücklaufführung auf das Absetzverhalten belebter Schlämme. *GWF Wasser/Abwasser* 127: 239-245.



Figuur 7. Schematische weergave van de werkwijze voor de schatting van de effluentkwaliteit. De cursieve nummers verwijzen naar de berekeningen in het kader op de volgende bladzijde.

- 0 Bepaal, indien geen gegevens voorhanden zijn, de verblijftijd in de voorbezinking, en daaruit het rendement van de voorbezinking (zie achtergrondrapport).
- 1 Bepaal de frequentieverdeling van de temperatuur van de aëratietank.
- 2 Bereken met behulp van het HSA-model, de influentgegevens en het slibgehalte in de aëratietank het optimale aandeel van de anoxische ruimte, en de daarbij horende effluent $\text{NO}_3\text{-N}$ -gehalte, voor een aantal temperaturen (per 0,5 of 1,0 °C).
- 3 Bereken aan de hand de frequentieverdeling van de temperatuur en de berekende nitraatgehalten in het effluent het jaargemiddelde $\text{NO}_3\text{-N}$ -gehalte in het effluent.
- 4 Stel $N_{\text{ORG,opg}} = 0,05 * N_{\text{KJ,in}}$ en $\text{NH}_4^+\text{-N} = 0,5 * \text{SLT}^{-1} * (0,09 - \text{SLT}^{-1})$, met SLT is sibleeftijd; als de sibleeftijd bij bepaalde temperaturen lager is die wordt berekend voor nitrificatie, stel dan het $\text{NH}_4^+\text{-N}$ gehalte gelijk aan de hoeveelheid te nitrificeren N.
- 5 Bereken aan de hand van debiet en sibleeftijd het effluentgehalte aan CZV en BZV met behulp van de formules:
- $$\text{CZV}_{\text{EFF,opg}} = 0,09 * \text{CZV}_{\text{IN}} + 100 * \text{SLT}^{-1} / (0,40 - \text{SLT}^{-1}) + 30 * \text{SLT} * \text{SH} / \text{D},$$
- $$\text{BZV}_{\text{EFF,opg}} = 40 * \text{SLT}^{-1} / (0,40 - \text{SLT}^{-1}) + 4 * \text{SLT} * \text{SH} / \text{D},$$
- met SLT = sibleeftijd, SH = slibhoeveelheid en D is gemiddeld debiet.
- 6 Bepaal frequentieverdeling debiet RWZI.
- 7 Bereken voor een aantal debieten het gehalte aan zwevend stof in het effluent met behulp van de formule:
- $$\text{ZS}_{\text{EFF}} = 3,15 * 10^{-4} * \left(\frac{q_A * \text{SVI} * \text{DS}_A * (1 + R)}{D_{\text{NBT}}} \right)^2$$
- met ZS_{EFF} = is het gehalte zwevende stof in het effluent (mg DS/l); q_A is oppervlaktebelasting van de nabezinktank ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$); SVI is slibvolume-index (ml/g); DS_{AT} is drogestofgehalte in de beluchte ruimte (g/l); R is de retourslibverhouding (-); D_{NBT} is de diepte van de nabezinktank (m).
- 8 Bereken aan de hand de frequentieverdeling van het debiet en de voor verschillende debieten berekende zwevendestofgehalten in het effluent het jaargemiddelde zwevendestofgehalte in het effluent.
- 9 Bereken, als geen chemicaliën worden gedoseerd het opgelost-P-gehalte in het effluent volgens:
- $$P_0 = P_{\text{IN}} - 0,02 * S \quad [2]$$
- met P_0 is de concentratie P in het effluent zonder dosering van chemicaliën (mg P/l) P_{IN} is de concentratie P in het influent (mg P/l); S is de productie van slib (mg DS/l); bij biologische P-verwijdering mag de factor 0,02 worden verhoogd; deze verhoging dient apart te worden berekend. Een berekening wordt in het achtergrondrapport gegeven.
- Bij dosering van chemicaliën wordt het opgelost-P-gehalte:
- $$P_{\text{EFF,opg}} = P_0 * \exp(-0,75 * D) \quad [3]$$
- met D is de netto Me/P-verhouding.
- 10 Het totaal-CZV in het effluent is nu: opgelost CZV + ZS_{EFF}
 Het totaal-BZV in het effluent is nu: opgelost BZV + $0,03 * \text{ZS}_{\text{EFF}}$
 Het totaal-N gehalte in het effluent is nu: opgelost N + $0,06 * \text{ZS}_{\text{EFF}}$
 Het totaal-P gehalte in het effluent is nu: opgelost P + $0,04 * \text{ZS}_{\text{EFF}}$

Bovenstaande berekeningen kunnen op twee wijzen worden uitgevoerd. Allereerst kan van de huidige situatie worden uitgegaan. Ook kan het slibgehalte worden geoptimaliseerd, door het hoogste slibgehalte te nemen dat volgens de STOWA-richtlijnen is toegestaan bij de SVI van het slib en de oppervlaktebelasting van de nabezinkers in de RWZI.

4.3 Toepassing

Van 18 RWZI's werden gegevens bewerkt op de manier zoals beschreven staat in het kader op bladzijde 19. Hierbij werden de door STOWA⁶ geadviseerde parameters gebruikt. In het HSA-model wordt voor de nitraatconcentratie een minimum van 6,0 mg NO₃⁻-N/l gehanteerd; bij de huidige berekeningen werd – na data-analyse – 3,0 mg NO₃⁻-N/l aangehouden.

In hoofdstuk 7 van het achtergrondrapport worden de gegevens van vier van deze RWZI's samengevat en worden alle berekeningen toegelicht. Hier wordt alleen ingegaan op een vergelijking tussen berekende en voorspelde uitkomsten.

4.3.1 Vergelijking tussen berekening en meting

Met behulp van de modelberekeningen, die verder worden toegelicht in het achtergrondrapport, kan uit de invoergegevens de effluentkwaliteit worden berekend. De uitkomst van de berekening wordt in tabel 5 vergeleken met de gemiddelde effluentkwaliteit zoals die werd gerealiseerd in 1995.

CZV en BZV

De voorspelde waarden voor het effluent-CZV hebben een matige overeenkomst met de gemeten effluent-CZV. De overeenkomst tussen voorspelde en gemeten waarden voor het effluent BZV is redelijk. Hoge waarden houden verband met hoge voorspelde waarden van het zwevend stof in het effluent.

stikstof

De vuistregel die voor het organisch N-gehalte wordt toegepast (5 % van het N_{KJ} in het influent), geeft een redelijke uitkomst.

De voorspelde waarden voor de NH₄⁺-N-concentratie in het effluent zijn in het algemeen laag, behalve bij RWZI's waar in een deel van het jaar de nitrificatie wegvalt. In dat geval zijn de voorspelde waarden juist weer vrij hoog.

De toepassing van het HSA-model voor de berekening van het nitraatgehalte in het effluent, gecombineerd met een frequentieverdeling van de temperatuur, geeft uitkomsten die betrekkelijk goed overeenkomen met de gemeten waarden.

⁶ STOWA 1995. Evaluatie van het HSA-model voor toepassing in Nederland. STOWA Utrecht, rapport 95-19.

Tabel 5. Vergelijking van berekende en gemeten waarden van parameters voor de effluentkwaliteit van 4 RWZI's.

	1	2	3	4
voorspelde waarden ¹				
CZV	46 ± 5	81 ± 10	80 ± 37	74 ± 4
BZV	1,1 ± 1,0	8 ± 1	8,9 ± 7,4	3,8 ± 0,9
N _{ORG}	2,2 ± 0,3	3 ± 4	3,4 ± 2,2	3,1 ± 0,3
NH ₄ ⁺ -N	22,7 ± 11,2	0,9	2,7 ± 4,8	1,5 ± 0
NO ₃ ⁻ -N	5,9 ± 8,6	4,0 ± 0,1	7,1 ± 5,6	6,5 ± 5,3
N _{TOTAAL}	30,5 ± 2,7	7,6 ± 0,1	13,3 ± 7,5	11,1 ± 5,3
P	0,2 ± 0,2	1,2 ± 0,4	3,4 ± 1,5	0,5 ± 0,2
ZS	5,5 ± 4,9	10 ± 10	38 ± 37	8,1 ± 4,3
waargenomen waarden ¹ , uit jaarverslag 1996				
CZV	52 ± 17	42 ± 6	44 ± 53	57
BZV	4 ± 3	3 ± 1	5 ± 8,8	6
N _{ORG}	2 ± 1,0	1,8 ± 0,3	2 ± 4,3	4,6
NH ₄ ⁺ -N	15,2 ± 3	0,2 ± 0,2	3,7 ± 2,9	2,5
NO ₃ ⁻ -N	9,7 ± 6	4,1 ± 1,5	2,5 ± 2,4	5,5
N _{TOTAAL}	26,9 ± 6	6,1 ± 1,7	7,1 ± 4,5	10
P	1,0 ± 0,9	0,3 ± 0,2	2,3 ± 1,2	0,5
ZS	14 ± 17	13 ± 6	24 ± 51	10
slibgehalte	3,8	4,1	3,6	3,6
max slibgehalte ²	5,4	4,7	< 3	3,6

1: gemiddelde waarde ± standaardafwijking.

2: maximum slibgehalte volgens STOWA-richtlijn.

fosfaat

De overeenkomst tussen berekende en gemeten waarden voor het gehalte aan totaal-fosfaat is redelijk. De standaardafwijking wordt voornamelijk bepaald door de variatie in het gehalte aan zwevend stof in het effluent.

zwevend stof

De benadering voor de schatting van het gehalte aan zwevend stof in het effluent voldoet goed: de overeenkomst tussen berekende en gemeten waarden is voldoende te noemen. Het hoge effluentgehalte aan zwevende stof dat wordt voorspeld voor sommige RWZI's (hier RWZI 3) komt doorgaans ook tot uiting in de gemeten waarden. Door de grote variabiliteit in de aanvoer bij regenweer mag aan de berekende concentraties niet te veel waarde worden gehecht.

slibgehalte

Er is weinig overeenkomst tussen de slibgehalten die op de vier RWZI's worden aangehouden en de maximale slibgehalten die volgens de STOWA-richtlijn kunnen worden toegepast. Bij de twee RWZI's zou volgens de STOWA-richtlijn een hoger slibgehalte kunnen worden aangehouden. Mogelijk verhindert een geringe beluchtingscapaciteit een verhoging van het slibgehalte.

Bij RWZI 3 is het volgens de STOWA-richtlijn maximaal toelaatbare slibgehalte veel lager dan het toegepaste slibgehalte. Dit uit zich in de hoge zwevendestofgehalten in het effluent, zowel in de modelberekeningen als in de praktijk.

4.4 Discussie

In principe is het voor actiefslibinrichtingen mogelijk de effluentkwaliteit globaal te schatten aan de hand van

- de frequentieverdeling van de temperatuur;
- de frequentieverdeling van de debieten;
- de influentgegevens, eventueel na voorbezinking;
- de gedoseerde chemicaliën in geval van chemische fosfaatverwijdering;
- slibgehalte en SVI in de aëratieruimte;
- de oppervlaktebelasting van de nabezinkers.

Aan de hand van de vergelijking van berekende met gemeten waarden kan een indruk worden verkregen van het functioneren van een RWZI: zijn de verschillen groot, dan is er reden voor een meer diepgaand onderzoek of een uitgebreide verklaring. Zijn de verschillen gering, dan is er reden om aan te nemen dat de bedrijfsvoering van de betreffende RWZI doeltreffend is.

Toepassing van de modelberekeningen voor 18 RWZI's leverde een redelijke overeenstemming tussen berekende en gemeten waarden op. Zowel goed als matig functioneren werd redelijk voorspeld.

5 EVALUATIE VAN DE ONTWIKKELDE SYSTEMATIEK

De ontwikkelde systematiek voor de beoordeling van RWZI's sluit redelijk aan bij de wens om het voldoen aan de lozingsvergunningen, het technologisch functioneren en de exploitatiekosten ervan te kunnen objectiveren.

Door normering van financiële getallen naar de belasting van de RWZI, naar de overcapaciteit en naar het bouwjaar kan cijfermateriaal worden verkregen dat een vergelijking tussen de kosten van verschillende RWZI's eenvoudiger, inzichtelijker en betrouwbaarder maakt dan zonder het toepassen van deze normeringen.

De toetsing van de effluentkwaliteit aan de lozingsvergunningen is een complex geheel, dat door een analyse van de gangbare toetsing tot op zekere hoogte eenduidig kan worden gemaakt. De in dit rapport aangegeven methodiek kan leiden tot een eenduidige manier van toetsen, en kan ook inzicht geven in de factoren die bij de toetsing het meeste gewicht hebben.

Het beoordelen van het technologisch functioneren van een RWZI vergt veel invoerparameters. Bij de bedrijfsvoering van vrijwel alle RWZI's in Nederland zijn dergelijke gegevens voldoende voorhanden. Met de combinatie van technologische gegevens, gegevens over het aangevoerde afvalwater en een aantal berekeningsmethoden kan een redelijk inzicht verkregen worden in de te verwachten effluentkwaliteit. Hiermee kan worden vastgesteld of de RWZI de verwachting vanuit het ontwerp waarmaakt.

6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

1. Het is goed mogelijk om een aantal informatieve kentallen met betrekking tot de kosten van afvalwaterbehandeling te construeren.
2. Deze kentallen kunnen per waterkwaliteitsbeheerder, maar ook voor grotere eenheden gezamenlijk, worden opgesteld.
3. De kentallen vereenvoudigen de beoordeling van de kosten van transport, slibverwerking en behandeling van afvalwater.
4. Het wordt voor de vergelijking tussen de verschillende waterbeheerders van eminent belang geacht dat er uniformne afspraken komen over het omschrijven van, *c.q.* het toekennen van kosten aan kostenplaatsen.
5. Het is betrekkelijk eenvoudig om voor de toetsing aan de effluentkwaliteit een geformaliseerde methode op te zetten. Een dergelijke methode vereenvoudigt de toetsing.
6. Voor de technologische beoordeling is het mogelijk gebleken een systeem te construeren, dat de optimale effluentkwaliteit van een RWZI kan beschrijven.

