

Beoordelingssystematiek voor rwzi's
*Handleiding voor de beoordeling
van de bedrijfsvoering*



98 22

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:

$$4 \quad Y'''_{IE} = f 77,81 / ((1 - 0,238 (1996 - 1982)^{0,350}) / (0,467)) \\ = f 90,71$$

$$5 \quad Y''''_{IE} = f 90,71 * 1,55 / (1 + 30 * 0,0157) = f 95,55$$

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
*Handleiding voor de beoordeling
van de bedrijfsvoering*

98 22

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 90.5773.034.0

INHOUDSOPGAVE

	blz
1 INLEIDING	1
2 HARDWARE / SOFTWARE	2
2.1 Hardware	2
2.2 Software	2
3 FINANCIËLE KENTALLEN	3
3.1 Achtergrond	3
3.2 Rekenblad	5
3.3 Gevraagde gegevens	5
3.4 Invoer	6
3.5 Resultaat	6
3.6 Interpretatie	6
4 TOETSING VAN DE EFFLUENTKWALITEIT AAN DE LOZINGSVOOR- WAARDEN	7
4.1 Achtergrond	7
4.2 Rekenblad	8
4.3 Gevraagde gegevens	9
4.4 Invoer	9
4.5 Resultaat	9
5 TECHNOLOGISCHE BEOORDELING	12
5.1 Achtergrond	12
5.2 Gevraagde gegevens	14
5.3 Rekenbladen	14
5.4 Invoer	14
5.5 Resultaat	17
5.6 Interpretatie	18

Bijlage 1:

Vertaling van Nederlandse en Engelse commando's voor het programma Excel

1 INLEIDING

In het kader van het STOWA-project *Beoordelingssystematiek voor RWZI's - Beoordeling van de bedrijfsvoering van rioolwaterzuiveringsinrichtingen* is een aantal methoden opgesteld waarmee RWZI's met betrekking tot hun financiën, het voldoen aan de lozingseisen en de technologie onderling vergeleken kunnen worden.

In de rapportage over bovenvermeld project wordt de basis van deze beoordeling uiteengezet. In het achtergrondrapport wordt uitvoerig ingegaan op de achtergronden van de gehanteerde benadering. In dit rapport wordt uiteengezet hoe de beoordeling plaats kan vinden.

In de volgende hoofdstukken worden de te hanteren werkwijze en de daarbij behorende rekenbladen toegelicht.

2 HARDWARE / SOFTWARE

2.1 Hardware

De op de diskette bij dit rapport bijgeleverde rekenbladen zijn betrekkelijk eenvoudig en vereisen geen grote geheugenruimte. De vier rekenbladen hebben afmetingen van respectievelijk 50, 130, 250 en 450 Kb. Het feit dat de rekenbladen opgesteld zijn in Excel vereist de aanwezigheid van MS-Windows, dat een computer met tenminste een 486-processor vereist.

2.2 Software

De rekenbladen zijn opgesteld in het spreadsheetprogramma Excel versie 5.0 dat onder MS-Windows gebruikt wordt. Gegevensbestanden die moeten worden ingevoerd dienen eerst te worden omgezet in dit programma, of latere versies.

De beschrijvingen zijn opgesteld voor de Nederlandse versie van het programma Excel. In bijlage 1 is een lijst opgenomen van de Engelse versies van de in dit rapport genoemde Nederlandstalige commando's.

Voor het gebruik van één van de spreadsheets (de spreadsheet **toets.xls**) dient in het spreadsheetprogramma een zogeheten **Invoegtoepassing** (onder **Extra**) te worden geïnstalleerd. Dit betreft de **Opllosser**-functie. Deze invoegtoepassing kan zelfs tijdens het werken met de spreadsheets worden geïnstalleerd. Of de oplosser-functie is geïnstalleerd, is eenvoudig vast te stellen: de oplosser-functie dient onder extra te zijn opgenomen. Als de oplosser-functie niet als keuze te vinden is, dan dient de oplosser-functie nog te worden geïnstalleerd.

Het rekenblad **beorwzi.xls** bevat zeer veel rekenwerk in zogenaamde **Tabel**-berekeningen. Daarom is het aan te raden om vóór het oproepen van dit rekenblad onder **Extra : Opties : Berekenen** te kiezen voor **Automatisch behalve Tabellen**. Zonder deze keuze verloopt het invullen van waarden in het rekenblad zeer langzaam. Met de toets **Nu berekenen** onder hetzelfde menu worden de berekeningen in gang gezet.

In de beschrijvingen in de volgende hoofdstukken wordt uitgegaan van een elementaire basiskennis van het gebruik van rekenbladen. Handelingen en berekeningen die het niveau van een basiscursus overschrijden worden apart toegelicht.

3 FINANCIËLE KENTALLEN

3.1 Achtergrond

De op een RWZI gemaakte kosten per i.e. kunnen, zo heeft de uitgevoerde studie aangetoond, worden geschat uit een zeer beperkt aantal variabelen. De in beschouwing te nemen variabelen zijn:

- het bouwjaar van de RWZI; het bouwjaar moet opgevat worden 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 overcapaciteit van de RWZI;
- 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.

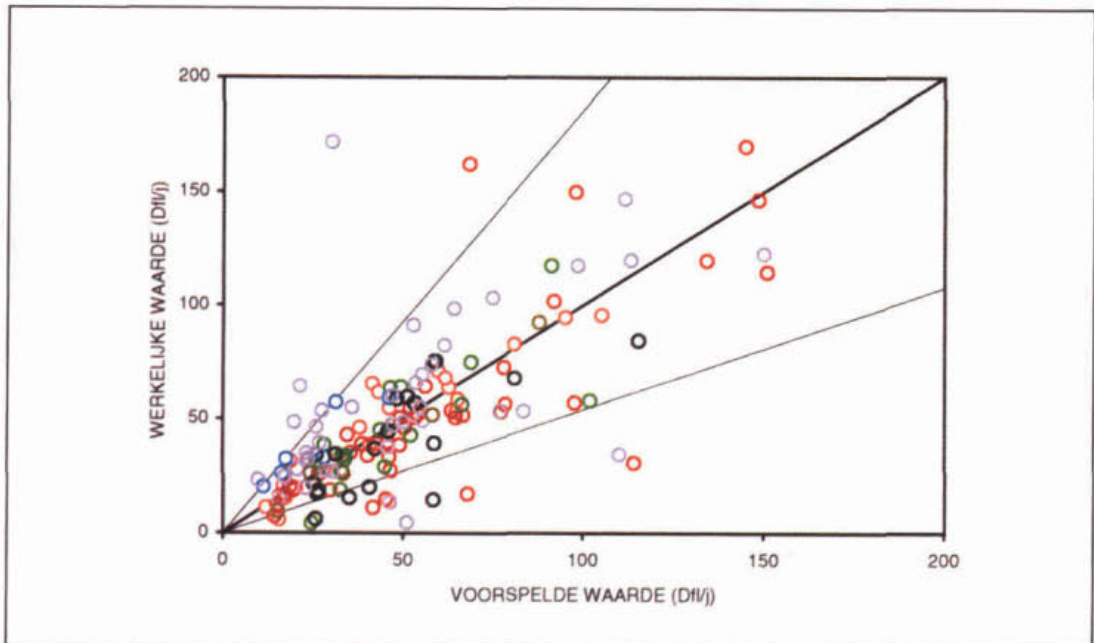
De schatting voor de kosten per i.e. luidt

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

waarin

A	=	belasting (i.e.);		
C	=	overcapaciteit (= ontwerp-grootte / belasting, (-));		
D	=	afstand tot lokatie van slibverwerking (km);		
E	=	"leeftijd" (= 1994 minus het jaar van inbedrijfname, 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;		

Deze factoren zijn berekend door vergelijking van de kosten per i.e. van meer dan 150 RWZI's van zeven waterbeheerders. In figuur 1 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.



Figuur 1. Waargenomen tegen voorspelde kosten voor exploitatie van transport, zuivering en slibtransport van 155 RWZI's van vier waterbeheerders. De verschillende symbolen geven de verschillende waterbeheerders aan. De dunne lijnen geven het betrouwbaarheidsinterval aan.

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 dient bekend te zijn;
- de kosten per i.e. dienen bekend te zijn;
- de RWA per ontwerp i.e. kan eenvoudig uit technologische gegevens berekend worden.

Uit formule {1} volgt dat voor normering naar 50.000 i.e., voor een overcapaciteit van 20 % en voor het bouwjaar 1985 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, BJ is bouwjaar en R is RWA per ontwerp-i.e.:
- 2 dan levert $Y'_{IE} = Y_{IE} \cdot (A / 50.000)^{0,177}$ de naar 50.000 i.e. genormeerde kosten op;
- 3 dan levert $Y''_{IE} = Y'_{IE} / (OC / 1,20)^{0,970}$ de naar 20% overcapaciteit en 50.000 i.e. genormeerde kosten op;
- 4 dan levert $Y'''_{IE} = Y''_{IE} / (1 - 0,230 (1996 - BJ)^{0,388}) / (0,439)$ 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 $Y''''_{IE} = Y'''_{IE} \cdot (1 + H \cdot 0,0157) / 1,55$ de naar 50.000 i.e., overcapaciteit 20%, bouwjaar 1986 en RWA = 35 l/i.e./h genormeerde kosten op.

3.2 Rekenblad

In het rekenblad **financ.xls** (dat te vinden is op de bijgeleverde diskette) zijn de gegevens van de zeven waterbeheerders, zoals ze zijn gebruikt voor het opstellen van de relatie in vergelijking {1}. Bij het correct invoeren van de gegevens worden de berekende punten meteen in de figuur waarin verwachte en werkelijk exploitatie tegen elkaar zijn uitgezet (figuur 1) opgenomen, zodat vergelijking met de overige zeven waterbeheerders direct mogelijk is.

In het rekenblad zijn tevens de verschillende stappen voor de voorgestelde normering opgenomen. De genormeerde bedragen, die voor onderlinge vergelijking gebruikt kunnen worden, worden direct uit de opgegeven bedragen en kentallen berekend.

3.3 Gevraagde gegevens

De volgende gegevens zijn nodig voor de financiële beoordeling:

- aan RWZI's toe berekende kosten, per RWZI (in Dfl/j);
- belasting van de RWZI's (in i.e.);
- ontwerpgrootte van de RWZI's (in i.e.);
- aanwezigheid van slibgisting per RWZI (ja/nee);
- RWA van de RWZI's (in m³/h);
- bouwjaar van de RWZI's (-).

De volgende elementen zijn alleen nodig indien deze aan de RWZI's worden toegerekend:

- afstand tot de lokatie waar slib verwerkt wordt (in km);
- kapitaalslasten van de transportleidingen naar de RWZI's.

Voor vergelijking tussen verschillende waterbeheerders is het noodzakelijk dat een definitie van het gehanteerde i.e. te geven. Momenteel is zoveel als mogelijk uitgegaan van 1 i.e. = 136 g TZV (CZV + 4,57 • N_{KJ}).

3.4 Invoer

De getalsmatige gegevens dienen te worden toegevoegd, vanaf rij **99**, aan de reeds ingevoerde gegevens op bladzijde **A**. Indien vanuit een ander rekenblad gegevens worden ingevoerd, gebruik dan het commando voor kopiëren, en niet dat voor verplaatsen (dus wel Ctrl C, en niet Ctrl X; wel *Kopiëren : Plakken speciaal : Waarden* en niet *Knippen*). Verplaatsen tast de inhoud van het rekenblad aan; kopiëren doet dat niet.

Kopieer na het invullen van de gegevens de rij **M99:T99** naar **M100:MXXX** (MXXX is de laatste rij die is ingevuld).

3.5 Resultaat

Het resultaat van de berekeningen is tweeledig. Op bladzijde **A**, in de kolommen **M** tot en met **T**, zijn de gegevens bewerkt volgens de methode die is weergegeven in het kader op bladzijde 5. Alle daar gegeven bewerkingen zijn uitgevoerd. Het resultaat zijn getallen die zijn genormeerd naar een grootte van 50.000 ie, een overcapaciteit van 1,2, een bouwjaar van 1986 en een RWA van $35 \text{ l.ie}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$.

Het tweede resultaat is de schatting voor de kosten uit de ingevoerde gegevens. Deze schatting is opgenomen in de figuur op bladzijde **C**, samen met de gegevens van 94 andere RWZI's van vier verschillende waterbeheerders. De gesloten symbolen betreffen de juist ingevoerde gegevens. De open symbolen geven de reeds ingevoerde gegevens aan.

De stippellijnen in de figuur geven een betrouwbaarheidsinterval aan. Dit kan op twee manieren worden ingesteld: in cel **AE4** van bladzijde **A** kan worden ingesteld of het een absoluut of een relatief betrouwbaarheidsinterval is. Bij **X** wordt geen betrouwbaarheidsinterval weergegeven. In cel **AE3** kan worden ingesteld of het om een 80, 90 of 95 procent betrouwbaarheidsinterval gaat.

3.6 Interpretatie

De interpretatie van de getallen is betrekkelijk eenvoudig. De beoordeling is opgesteld om aan te kunnen wijzen of een bepaalde RWZI zich al dan niet buiten een gebruikelijke marge in de kosten bevindt.

- 1 Er kan worden opgezocht of de RWZI zich buiten het betrouwbaarheidsinterval bevindt dat wordt aangegeven in de figuur.
- 2 Er kan worden gekeken of de RWZI zich in een redelijke spreiding van de genormeerde getallen voor de kosten op de RWZI bevindt. Dit wordt aangegeven in kolom **V** van bladzijde **A** van het rekenblad: bij 1 valt de genormeerde waarde buiten de aangegeven marge, bij 0 valt deze er binnen.

Getallen die buiten de opgegeven marge vallen mogen opvallend geacht worden: deze RWZI's komen voor diepgaander onderzoek in aanmerking.

4 TOETSING VAN DE EFFLUENTKWALITEIT AAN DE LOZINGSVOORWAARDEN

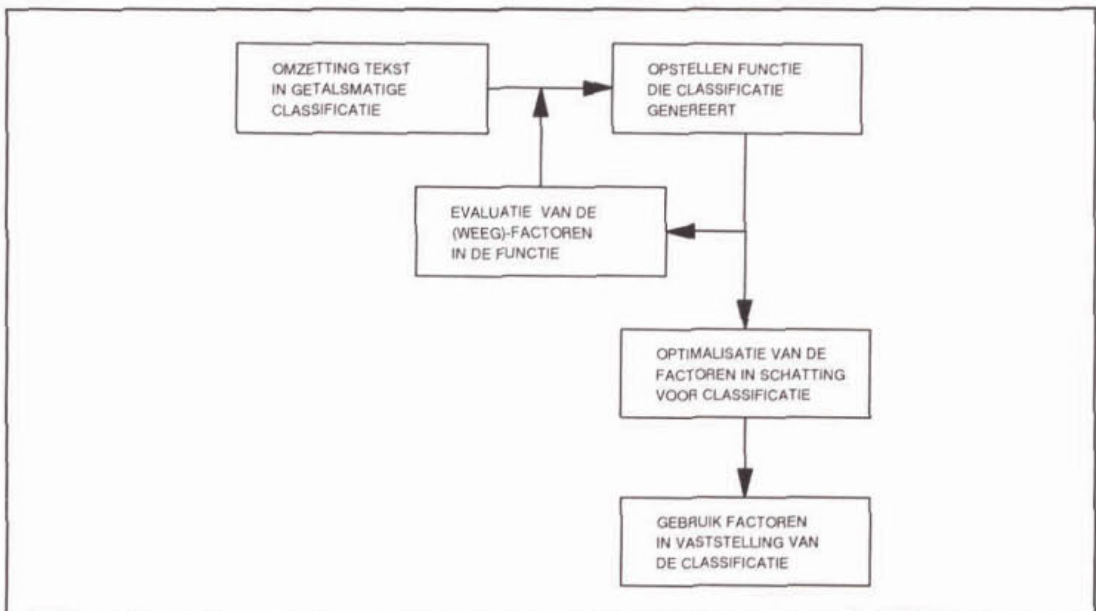
4.1 Achtergrond

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.

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 2. 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 bij het technologisch gedeelte die betrekking hebben op het functioneren van de RWZI's. 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 2. Methode voor het opstellen van een analyse van de toetsing aan de lozingsvoorwaarden.

De classificatie heeft 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. Deze classificatie is vervolgens gelegd naast de tabel waarin het voldoen aan de lozingsvoorwaarden is aangegeven.

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

$$S' = aE_{BZV}^G + bE_{BZV}^M + cE_{N_{kj}}^G + dE_{N_{kj}}^M + eE_{N_{tot}}^G + fE_{P_{tot}}^G + gE_{Bez}^G + hE_{Bez}^M + iE_{ZS}^G + jE_{ZS}^M$$

$$S = \text{afgeronde waarde van } S',$$

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;

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

Bez is bezinksel;

ZS is zwevende stof;

a t/m j zijn factoren:

$$a = 0; \quad f = 0,9;$$

$$b = 0; \quad g = 0,2;$$

$$c = 0; \quad h = 4,0;$$

$$d = 1,7; \quad i = 0;$$

$$e = 2,0; \quad j = 0.$$

4.2 Rekenblad

In het rekenblad **toets.xls** zijn voor een – fictieve – waterbeheerder de relevante gegevens reeds opgenomen. Op het rekenblad zijn achtereenvolgens de naam van de RWZI, de monsterfrequentie (in aantal per jaar) en de effluenteisen (in mg/l) opgenomen voor gemiddelde en maximale BZV en N_{KJ} , voor gemiddelde van N_{TOT} en P_{TOT} en voor gemiddeld en maximaal bezinksel en zwevende stof. Vervolgens zijn van deze parameters de overschrijdingen opgenomen. Voor overschrijdingen van jaargemiddelden is de overschrijding 0 of 1, voor overschrijdingen van maximale waarden is het aantal overschrijdingen opgenomen.

De berekeningen staan in het rekenblad eveneens aangegeven op bladzijde **A**. Bladzijden **B** en **C** geven respectievelijk bewerkingen en resultaten van de berekeningen.

4.3 Gevraagde gegevens

De volgende zijn de gegevens die benodigd zijn voor een beoordeling van de toetsing aan de lozingsvoorwaarden:

- alle overschrijdingen van jaargemiddelde en maximale eisen voor CZV, BZV, N_{Kj} -N, NH_4^+ -N, totaal-N, totaal-P, zwevend stof en bezinksel in het effluent;
- een (tekstuele) beoordeling van het functioneren van de RWZI, eventueel ingedeeld in een classificatie lopend van 0 (goed functionerend) tot 4 (slecht functionerend); deze beoordeling van het functioneren kan dezelfde zijn als die in het jaarverslag is opgenomen.

4.4 Invoer

De invoer kan geschieden op dezelfde wijze als in het voorbeeld is geschied. Het enige dat hoeft te gebeuren is dat de in het rekenblad gegeven getallen worden overschreven. Bij invoer vanaf een ander rekenblad dient dit weer te gebeuren door te kopiëren, en niet door de getallen te verplaatsen; dit levert problemen met de verdere bewerkingen op.

Nadat de invoer heeft plaatsgevonden, kan met de **Oplosser**-functie (onder **Extra**¹) een optimalisatie van de waarden van de variabelen a t/m j in de schatter S voor de kwalificatie van de RWZI's worden uitgevoerd. De **Oplosser** zoekt dan het minimum in de som van de kwadraten tussen de werkelijke en de geschatte waarden van de functie voor S. De waarden die de optimalisatie oplevert kunnen (aanzienlijk) verschillen van de waarden die tevoren gebruikt werden; deze staan in de kolom onder "oude waarden".

4.5 Resultaat

Het resultaat van de exercities is een drietal tabellen. Deze staan alle drie op bladzijde C van het rekenblad. De eerste tabel geeft de waarde van de variabelen a t/m j in de functie

$$S' = aE_{BZV}^G + bE_{BZV}^M + cE_{Nkj}^G + dE_{Nkj}^M + eE_{Ntot}^G + fE_{Ptot}^G + gE_{Bez}^G + hE_{Bez}^M + iE_{ZS}^G + jE_{ZS}^M$$

De tweede tabel geeft in een eenvoudig diagram de overeenkomst tussen geschatte en waargenomen classificaties. De getallen in het diagram geven de aantallen RWZI's aan die de combinatie van geschatte en waargenomen classificaties bezitten. Een voorbeeld is gegeven in onderstaande figuur.

¹ De **oplosser**-functie dient wel geïnstalleerd te zijn ! Deze kan onder de **invoegtoepassingen** worden geïnstalleerd. Zie hiervoor § 2.2.

Vooralsnog is de interpretatie van de op bovenstaande wijze verkregen resultaten niet eenvoudig. De factoren a t/m j kunnen worden opgevat als weegfactoren voor het belang van de verschillende overschrijdingen. Als de waarde van een factor laag is, heeft deze óf weinig gewicht bij de beoordeling, óf is er een grote samenhang met een andere factor. Zo is er een hoge samenhang tussen zwevend stof en BZV. Is de waarde van een factor hoog dan heeft deze veel gewicht.

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.

Het resultaat kan worden gebruikt voor zelfonderzoek. Bij een voldoende grote R^2 van de overeenkomst tussen geschatte en waargenomen uitkomsten kan het belang van de verschillende variabelen worden gezien als een maat voor de zwaarte die aan de verschillende parameters wordt gehecht in de toetsing van het effluent van een RWZI aan de lozingsvergunningen. Onderzoek kan uitwijzen dat bepaalde factoren te weinig of te veel gewicht in de schaal leggen bij de toetsing aan de lozingsvoorwaarden.

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. De belangrijkste winst hierbij is de objectiviteit van de beoordeling.

5 TECHNOLOGISCHE BEOORDELING

5.1 Achtergrond

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*² voor een schatting van opgeloste organische componenten, CZV en BZV, in het effluent;
- een modelmatige benadering naar Tessel³ voor de schatting van het gehalte opgelost P in het effluent;
- een benadering uit de literatuur⁴ 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.

In het kader op de volgende bladzijde is de werkwijze in een aantal stappen weergegeven.

² Orhon D, E Görgün, F Germirli & N Artan 1994. Biological treatability of dairy wastewaters. *Water Research* **27**: 625-633.

³ Tessel P J 1991. Chemisch defosfateren van communaal afvalwater; een evaluatie. *H₂O* **24**: 340-345.

⁴ Billmeier E 1986. Einfluß der Rücklaufführung auf das Absetzverhalten belebter Schlämme. *GWF Wasser/Abwasser* **127**: 239-245.

- 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 $N_{\text{ORG,opg}} = 0,05 \cdot N_{\text{KJ,in}}$ en $\text{NH}_4^+\text{-N} = 0,5 \cdot \text{SLT}^{-1} \cdot (0,09 - \text{SLT}^{-1})$, met SLT is slibleeftijd.
- 5 Bereken aan de hand van debiet en slibleeftijd het effluentgehalte aan CZV en BZV met behulp van de formules:

$$\text{CZV}_{\text{EFF,opg}} = 0,09 \cdot \text{CZV}_{\text{IN}} + 100 \cdot \text{SLT}^{-1} / (0,40 - \text{SLT}^{-1}) + 30 \cdot \text{SLT} \cdot \text{SH} / D,$$

$$\text{BZV}_{\text{EFF,opg}} = 40 \cdot \text{SLT}^{-1} / (0,40 - \text{SLT}^{-1}) + 4 \cdot \text{SLT} \cdot \text{SH} / D,$$

met SLT = slibleeftijd, 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:

$$\text{ZS}_{\text{EFF}} = 3,15 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\frac{q_A \cdot \text{SVI} \cdot \text{DS}_A \cdot (1 + R)}{D_{\text{NBT}}} \right)^2$$

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:

$$P_0 = P_{\text{IN}} - 0,02 \cdot S \quad [2]$$

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:

$$P_{\text{EFF,opg}} = P_0 \cdot \exp(-0,75 \cdot D) \quad [3]$$

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 + $0,03 \cdot \text{ZS}_{\text{EFF}}$
 Het totaal-N gehalte in het effluent is nu: opgelost N + $0,06 \cdot \text{ZS}_{\text{EFF}}$
 Het totaal-P gehalte in het effluent is nu: opgelost P + $0,04 \cdot \text{ZS}_{\text{EFF}}$

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.

5.2 **Gevraagde gegevens**

De volgende gegevens die nodig voor de beoordeling van het technologisch functioneren van de RWZI:

- RWA;
- DWA;
- gemiddelde waarden van CZV, BZV, $N_{KJ}\text{-N}$, $P_{TOT}\text{-P}$ en ZS voor zover bemeten,
- metingen van de temperatuur van het influent;
- metingen van het debiet van het influent;
- dimensies van de RWZI:
 - * oppervlak en kantdiepte van voorbezinktank, voor zover aanwezig, en nabezinktank;
 - * volume van beluchttingsruimte;
 - * diameter van de indiktank(s);
 - * volume van de slibgisting
- gemiddeld slibgehalte en gemiddelde SVI van het slib in de beluchte ruimte;
- gemiddelde en standaardafwijking van de gemeten effluentconcentraties van CZV, BZV, $N_{KJ}\text{-N}$, $NH_4^+\text{-N}$, $NO_3^-\text{-N}$, $N_{TOT}\text{-N}$, $PO_4^{3-}\text{-P}$ en zwevend stof.

5.3 **Rekenbladen**

Er zijn voor het opstellen van de vergelijking tussen de werkelijke en de modelmatig berekende effluentkwaliteit twee rekenbladen beschikbaar. Het eerste rekenblad **frequent.xls** is een hulp-rekenblad voor het opstellen van frequentieverdelingen van temperatuur en debiet. Na het invoeren van een maximum van 500 waarden voor temperatuur en debiet wordt automatisch een frequentieverdeling opgesteld.

In het rekenblad **beorwzi.xls** wordt de eigenlijke berekening uitgevoerd. Deze werkt op de manier als is aangegeven in het kader op de vorige bladzijde.

Het rekenblad **beorwzi.xls** bevat zeer veel rekenwerk in zogenaamde **Tabel**-berekeningen. Daarom is het aan te raden om vóór het oproepen van dit rekenblad onder **Extra : Opties : Berekenen** te kiezen voor **Automatisch behalve Tabellen**. Zonder deze keuze verloopt het invullen van waarden in het rekenblad zeer langzaam. Met de toets **Nu berekenen** onder hetzelfde menu worden de berekeningen in gang gezet.

5.4 **Invoer**

frequentieverdelingen

In het rekenblad **frequent.xls** kunnen frequentieverdelingen worden opgesteld voor temperatuur en debiet. Ga hierbij te werk als aangegeven in onderstaand kader.

- 1 Voor zowel temperatuur als debiet is het van belang dat de gegevens over een of meerdere gehele jaren worden ingevoerd. Anders klopt de frequentieverdeling niet. Er kan voor beide parameters een maximum van 500 waarden worden ingevoerd.
- 2 De waarden dienen te worden ingevoerd in kolom **B** (temperatuur) en kolom **K** (debiet) van de het rekenblad **frequent.xls**. Alleen de waarden zijn van belang; er hoeft geen datum te worden ingevoerd.
- 3 Bij het invoeren uit een ander bestand dienen waarden te worden gekopieerd en niet verplaatst.
- 4 Nadat de waarden zijn ingevoerd wordt met behulp van een *Tabel* (een zogenaamde "Wat-als" tabel) automatisch de frequentieverdeling berekend. Hierbij wordt de frequentie (die wordt berekend als de som van het aantal waarden dat kleiner of gelijk is aan de opgegeven waarde in cel **C9** gedeeld door het totale aantal waarden, uitgedrukt in procenten) berekend als functie van de opgegeven waarde in cel **C9**.
- 5 De frequentieverdeling wordt weergegeven in blok **G9:H53** voor de temperatuur en blok **P9:Q77** voor het debiet. Grafisch worden ze weergegeven op bladzijde **C, D** (temperatuur) en **E** (debiet) van het rekenblad.

Gegevens voor beoordeling

De gegevens voor het beoordelings-spreadsheet dienen alle te worden ingevoerd op de eerste bladzijde van het spreadsheet. Deze heet **IN**. Op deze eerste bladzijde staan naast de plaatsen waar getallen moeten ingevoerd ook aanwijzingen en instructies voor het invullen. Deze eerste bladzijde van het spreadsheet is ter illustratie gegeven in bijlage 2. In benedenstaande tabel is een overzicht gepresenteerd van de gevraagde gegevens en de plaatsen waar ze ingevoerd moeten worden.

NR	PARAMETER	PLAATS / COMMENTAAR
1	DWA, aantal uur, RWA, totaal debiet	cel C5 t/m C8 Ald de DWA niet bekend is, neem dan TWA/19.
2	concentraties CZV, BZV, N_{KJ} , P_{TOT} , ZS	cel C11 t/m C15 De vrachten worden berekend uit de concentraties.
3	CZV-karakterisering	cel C17 t/m C21 Deze waarden worden alleen ingevuld bij biologische P-verwijdering; de vooraf ingevulde waarden zijn redelijk betrouwbaar. Vul eventueel in: achtereenvolgens de percentages biodegradeerbare CZV, opgeloste, niet-afbreekbare CZV, het aandeel vluchtige vetzuren (VVZ) daarvan, en niet-degradeerbare CZV.
4	voorbezinktank aanwezigheid aantal dimensies diameter kantdiepte rendementen	cel C25 t/m C32 Geef de aanwezigheid van voorbezinking aan met 1 in cel C25 ; geef het aantal tanks aan in cel C26 , de diameter en kantdiepte in cellen C27 en C28 ; geef de aanwezigheid van voorprecipitatie aan met 1 of 0 in cel C29 en geef de dosering op in kg per dag in cel C30 ; geef zo mogelijk het slibgehalte van het afgevoerde slib op in cel C31 ; geef vervolgens aan of de afloop van de voorbezinktank wordt bemeten (1 , in cel C32) en vul de gemeten concentraties na afloop van de voorbezinking in, of kies voor een schatting van het rendement (cel C32 instellen op 0).

NR	PARAMETER	PLAATS / COMMENTAAR
5	anaërobe ruimte aanwezigheid dimensies P-gehalte	cel C41 en C42 geef de aanwezigheid van een anaërobe ruimte aan met 1 in cel C41 ; het volume in cel C42 ; een schatting voor het P-gehalte van het biologische slib wordt automatisch gemaakt: zie bladzijde F .
6	beluchte ruimte volume aërobe ruimte volume anoxische ruimte N- & P-verwijdering voorDN / simulDN chemische P-verwijdering - dosering - metaal slib SVI slibgehalte beluchting setpoint O ² bellenbeluchting ? diepte	cel C45 t/m C59 Geef het aërobe volume op in cel C45 , als er geen vaste denitrificatieruimte is (vul hier dan nul in); als er een vaste denitrificatieruimte is dient hiervan het volume te worden opgegeven in cel C46 ; kies 1 voor vóórdenitrificatie of 2 voor simultane denitrificatie in cel C49 ; als chemische P-verwijdering wordt toegepast, kies dan 1 in cel C50 en vul de gedoseerde metaalhoeveelheid (uitgedrukt in kg Me/d) in cel C51 in en het metaal (Fe of Al) in cel C52 ; geef het gemiddelde slibgehalte en SVI in cel C54 en C55 ; geef het zuurstof-setpoint aan in cel C57 en geef aan of bellenbeluchting wordt toegepast in cel C58 ; geef ook de diepte van de aëratietank op in cel C59 .
7	nabezinking	cel C61 t/m C65 Geef het aantal, de diameter en kantdiepte in cellen C61, C62 en C63 ; geef aan of de bodem hellend is met 1 of 0 in cel C64 , en geef het gehalte van het afgevoerde slib op in cel C65 .
8	(voor)indikker	cel C67 t/m C70 geef aantal en diameter van de indikker(s) op, en geef aan of (1) primair, (2) secundair of (3) beide slibsoorten worden ingedikt.
9	slibgisting	cel C72 t/m C74 Geef aan of slibgisting wordt toegepast in cel C72 ; geef vervolgens de gistingstemperatuur op en het (natte) volume van de slibgisting.
10	na-indikker	cel C76 t/m C78 Geef aanwezigheid, aantal en diameter van de na-indikker(s) op; en geef het slibgehalte van het uitgaande slib aan.
11	effluentwaarden	cel C81 t/m C103 Geef de gemeten effluentwaarden op, zo mogelijk met hun standaardafwijking; deze worden in de resultaten vergeleken met de berekende waarden
12	slibproductie	cel C105 en C106 Geef de slibproductie (in kg DS/d en in m ³ /d) op; deze worden in de resultaten vergeleken met berekende waarden
13	frequentieverdeling temperatuur	cel B110 t/m C167 Kopieer de getallen (niet de formules!) uit het rekenblad frequent.xls cellen G9:H53 naar cel C110 ; doe dit met Kopieren : Plakken speciaal : Waarden
14	frequentieverdeling debiet	cel B160 t/m C226 Kopieer de getallen (niet de formules!) uit het rekenblad frequent.xls cellen G9:H53 naar cellen B160:C226 ; doe dit met Kopieren : Plakken speciaal : Waarden

De resultaten staan weergegeven op de bladzijde **UIT** en zijn grafisch weergegeven in de figuur op de bladzijde **FIG**. De berekeningen worden uitgevoerd op de bladzijden **A** tot en met **J**, waarin verder geen getallen hoeven te worden ingevuld.

5.5 Resultaat

Het resultaat van de berekeningen is een eenvoudige tabel, waarin de werkelijke gegevens van de RWZI worden vergeleken met de berekende uitkomsten. Deze tabel staat in het rekenblad op bladzijde **UIT**. In benedenstaande figuur is een voorbeeld gepresenteerd.

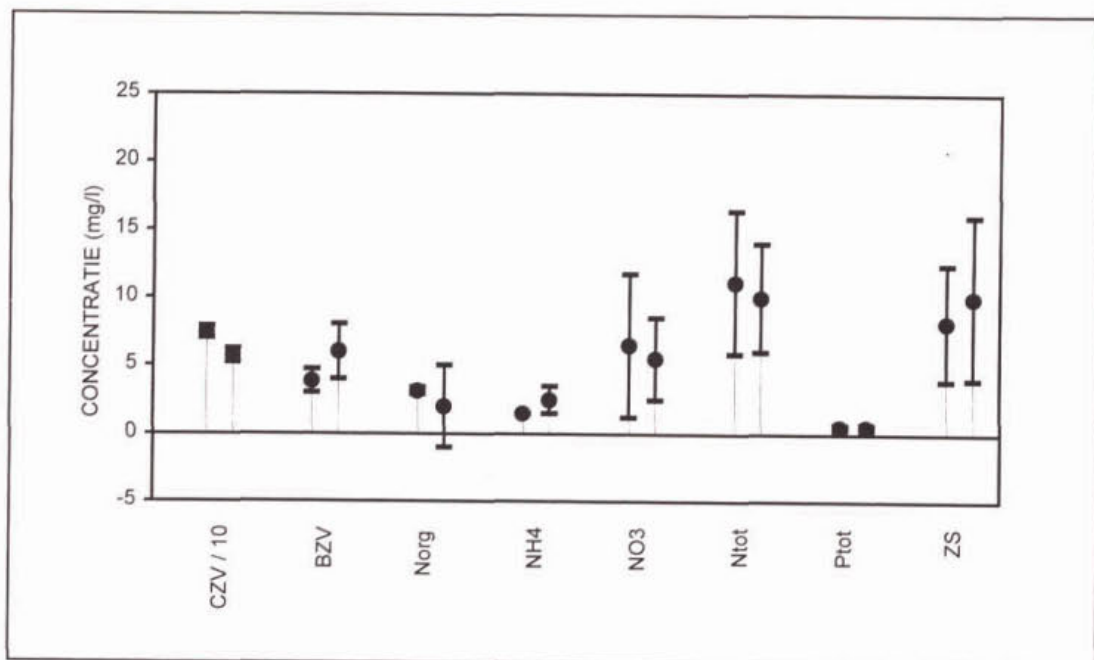
EFFLUENT				
berekend				
	opgelost	totaal		
CZV	66	74	±	4 mg/l
BZV	2.2	3.8	±	0.9 mg/l
Norganisch	2.8	3.1	±	0.3 mg N/l
NH ₄	1.5	1.5	±	0.0 mg N/l
NO ₃	6.5	6.5	±	5.3 mg N/l
Ntotaal	10.8	11.1	±	5.3 mg N/l
P	0.2	0.5	±	0.2 mg P/l
ZS	-	8.1	±	4.3 mg/l
gemeten				
		totaal		
CZV		57	±	5 mg/l
BZV		6	±	2 mg/l
Norganisch		2	±	3 mg N/l
NH ₄		2.5	±	1 mg N/l
NO ₃		5.5	±	3 mg N/l
Ntotaal		10	±	4 mg N/l
P		0.5	±	0.2 mg P/l
ZS		10	±	6 mg/l

slibgehalte	
huidig	3.6 g/l
maximaal	3.6 g/l

slibproductie	
gemeten	753 kg/d
	13 m ³ /d
theoretisch	1 123 kg/d
	22 m ³ /d

Figuur 5. Vergelijking tussen berekende en gemeten effluentkwaliteit.

De gegevens worden ook grafisch vergeleken in de figuur die staat op bladzijde **FIG** van het rekenblad. Een voorbeeld is gegeven in figuur 6 op de volgende bladzijde.



Figuur 6. Vergelijking tussen gemeten en berekende effluentkwaliteit in de vorm van een diagram. De parameters zijn weergegeven in paren: telkens staat de berekende waarde links en de gemeten waarde rechts. Het grijze gebied is het gemiddelde \pm de standaardafwijking.

5.6 Interpretatie

De methodiek is in principe bedoeld om aan te geven wat van een bepaalde RWZI verwacht zou mogen worden. Geeft de berekening een veel betere effluentkwaliteit aan dan wordt gemeten, dan moet er naar een verklaring gezocht worden. Het zijn vooral de verschillen tussen de voorspelde en de gemeten waarden, die van belang zijn.



BIJLAGE 1

**ENGELSE EN NEDERLANDSE COMMANDO'S
VOOR HET PROGRAMMA EXCEL**

Bijlage 1

Engelse en Nederlandse commando's voor het programma Excel, achtereenvolgens van Nederlands naar Engels en van Engels naar Nederlands.

Engels	Nederlands
Add in	Invoegtoepassingen
Automatic except Tables	Automatisch behalve Tabellen
Calculate	Berekenen
Calculate Now	Nu Berekenen
Close	Sluiten
Constraints	Restricties
Copy	Kopiëren
Cut	Knippen
File	Bestand
Open	Openen
Options	Opties
Paste	Plakken
Paste Special	Plakken speciaal
Save	Bewaren
Save As	Bewaren Als
Solution cell	Doelscel
Solver	Oplossingen
Tools	Extra
Values	Waarden

Nederlands	Engels
Automatisch behalve Tabellen	Automatic except Tables
Berekenen	Calculate
Bestand	File
Bewaren	Save
Bewaren Als	Save As
Doelscel	Solution cell
Extra	Tools
Invoegtoepassingen	Add in
Knippen	Cut
Kopiëren	Copy
Nu Berekenen	Calculate Now
Openen	Open
Oplossingen	Solver
Opties	Options
Plakken	Paste
Plakken speciaal	Paste Special
Restricties	Constraints
Sluiten	Close
Waarden	Values

BIJLAGE 2

**VOORBEELD VAN INVOERBLAD VAN SPREADSHEET
*BEORZWI.XLS***

INVOERGEGEVENS

naam RWZI -
 aantal i.e. à 136 g TZV -

VOORBEELD

32 700

getallen in blauw volgen uit berekeningen

afvalwater

debieten eenheid waarde

commentaar

DWA m3/h 250
 RWA m3/h 750
 TWA (totale aanvoer) m3/d 5 125

indien onbekend, vul dan in: = TWA / 19
 vul hier het maximale debiet in
 vul hier het gemiddelde debiet in

concentraties

CZV mg/l 612
 BZV mg/l 221
 Nkj mg/l 56
 Pt mg/l 7.7
 ZS mg/l 259

vul hier de gemiddelde concentraties in
 indien onbekend, vul in: BZV x 1.17

CZV-karakterisering

biodegradeerbaar % 85
 opgelost, niet afbreekbaar % 8
 direct degradeerbaar % 15
 waarvan VVZ % 70
 niet biodegradeerbaar % 7

invullen is alleen nodig bij biologische P-verwijdering
 indien onbekend, laat dan de huidige waarden staan

installatie

VOORBEZINKING

aanwezig 0 of 1 0
 aantal - 0
 diameter m 0.00
 kantdiepte m 0.00
 voorprecipitatie 0 of 1 0
 zo ja, dosering kg Me/d 0
 slibgehalte afvoer % 1.0
 bemeting afloop ? 0 of 1 0

druk de dosering van chemicaliën uit in kg Fe per dag

vul 1 in als de afloop van de voorbezinktank wordt bemeten
 vul in dat geval ook de concentraties na afloop van de voorbezinking in
 als 0 wordt ingevuld worden de effluentvrachten geschat

concentraties

CZV mg/l 3 408
 BZV mg/l 1 081
 Nkj mg/l 314
 Pt mg/l 42
 ZS mg/l 1 427

ANAEROBE RUIMTE

aanwezig 0 of 1 1
 volume - 1 250

vul 1 in als er een anaërobe ruimte is
 vul in dat geval ook het volume in

BELUCHTE RUIMTE

- VOLUMES

aerob m3 6 250
 anoxisch m3 0
 totaal m3 6 250

vul in als er een maximum is aan de hoeveelheid ruimte voor
 denitrificatie; als dit niet zo is, kan 0 worden ingevuld; dan hoeft
 alleen het volume van de aërobe ruimte te worden ingevuld

- N & P-VERWIJDERING

voorDN / simultane DN 1 of 2 2
 chemische P 0 of 1 0
 zo ja, dosering kg Me/d 0
 Fe of Al 1 of 2 1

vul 1 in bij voordenitrificatie en 2 bij simultane denitrificatie
 vul 1 in bij dosering voor P-verwijdering; anders 0
 als gedoseerd wordt, druk dan de dosering uit in kg Me/d
 geef aan welk metaal gedoseerd wordt

- SLIB			
slibgehalte	g ZS/l	3.60	
SVI	ml/g	130	
- BELUCHTING			
setpoint O2	mg/l	1.50	
bellenbeluchting ?	0 of 1	0	vul 1 in als er belenbeluchting is, anders 0
diepte	m	4.00	
NABEZINKING			
aantal	-	1	vul het aantal in; bij ongelijke diameters: vul 1 in er bereken de diameter alsof er slechts 1 nabezinker is
diameter	m	36.00	
kantdiepte	m	1.50	
bodem hellend ?	0 of 1	1	vul 1 in als er bodem hellend is; bij vlakke bodem: vul 0 in
slibgehalte afvoer	%	0.8	
(VOOR)INDIKKER			
aantal	-	1	
diameter	m2	7.00	
P, S of P + S-slib	1, 2 of 3	3	vul 1 in bij indikking van primair slib; 2 bij secundair slib, en 3 als zowel primair als secundair slib worden ingedikt
DS-gehalte uit	%	5.0	
SLIBGISTING			
aanwezig	0 of 1	0	vul 1 in als er slibgisting is; anders 0
temperatuur	°C	0	
(nat) volume	m3	0	
NA-INDIKKER			
aantal	-	0	
diameter	m2	0.00	
DS-gehalte uit	%	5.0	
effluentgegevens			
CZV			
gemiddeld	mg/l	57	vul hier van de verschillende parameters van het effluent het gemiddelde en de standaardafwijking in
standaardafwijking	mg/l	0	
BZV			
gemiddeld	mg/l	6.0	
standaardafwijking	mg/l	0.0	
Nkj-N			
gemiddeld	mg/l	4.6	
standaardafwijking	mg/l	0.0	
NH₄⁺-N			
gemiddeld	mg/l	2.5	
standaardafwijking	mg/l	0.0	
NO₃-N			
gemiddeld	mg/l	5.5	
standaardafwijking	mg/l	0.0	
N-totaal			
gemiddeld	mg/l	10.0	
standaardafwijking	mg/l	0.0	
Ptot			
gemiddeld	mg/l	0.5	
standaardafwijking	mg/l	0.0	
ZS			
gemiddeld	mg/l	10.0	
standaardafwijking	mg/l	0.0	
slibproductie			
in kg DS/d		753	vul hier de totale slibproductie in, zowel in kg/d als in m3/d
in m3/d		13.0	

frequentieverdeling temperatuur

temperatuur	frequentie
2.25	0.00
2.75	0.00
3.25	0.00
3.75	0.00
4.25	0.00
4.75	0.00
5.25	0.00
5.75	0.00
6.25	0.00
6.75	10.00
7.25	0.00
7.75	10.00
8.25	0.00
8.75	7.14
9.25	0.00
9.75	4.29
10.25	0.00
10.75	2.86
11.25	0.00
11.75	4.29
12.25	1.43
12.75	5.71
13.25	1.43
13.75	2.86
14.25	0.00
14.75	7.14
15.25	1.43
15.75	1.43
16.25	1.43
16.75	8.57
17.25	0.00
17.75	8.57
18.25	1.43
18.75	8.57
19.25	0.00
19.75	5.71
20.25	1.43
20.75	2.86
21.25	0.00
21.75	0.00
22.25	0.00
22.75	1.43
23.25	0.00
23.75	0.00
24.25	0.00
24.75	0.00
som	100.00

vul hier de frequentieverdeling van de temperatuur in zoals die met behulp van het spreadsheet FREQUENT.XLS is berekend; doe dit door de waarden van de cellen (en niet de inhoud van de cellen !) hiernaartoe te kopiëren

som moet 100 zijn

frequentieverdeling debiet

debit	frequentie
0	0.00
40	0.00
120	0.00
200	0.00
280	0.00
360	0.00
↕	↕
▼	▼
2 600	0.00
3 000	2.86
3 400	2.86
3 800	4.29
4 200	11.43
4 600	14.29
5 000	11.43
5 400	11.43
5 800	8.57
6 200	4.29
6 600	7.14
7 000	4.29
7 400	2.86
7 800	2.86
8 200	2.86
8 600	1.43
9 000	2.86
9 400	0.00
9 800	0.00
10 200	0.00
10 600	0.00
11 000	0.00
11 400	1.43
11 800	1.43
12 200	0.00
12 600	0.00
13 000	0.00
13 400	0.00
13 800	1.43
14 200	0.00
14 600	0.00
15 000	0.00
15 400	0.00
15 800	0.00
16 200	0.00
16 600	0.00
17 000	0.00
18 600	0.00
19 000	0.00
19 400	0.00
19 800	0.00

vul hier de frequentieverdeling van de debieten in zoals die met behulp van het spreadsheet FREQUENT.XLS is berekend; doe dit door de waarden van de cellen (en niet de inhoud van de cellen !) hiernaartoe te kopiëren; let erop dat hier ook de waarden van het debiet meegekopieerd moeten worden; deze verschillen per RWZI !

som 100.00

som moet 100 zijn

