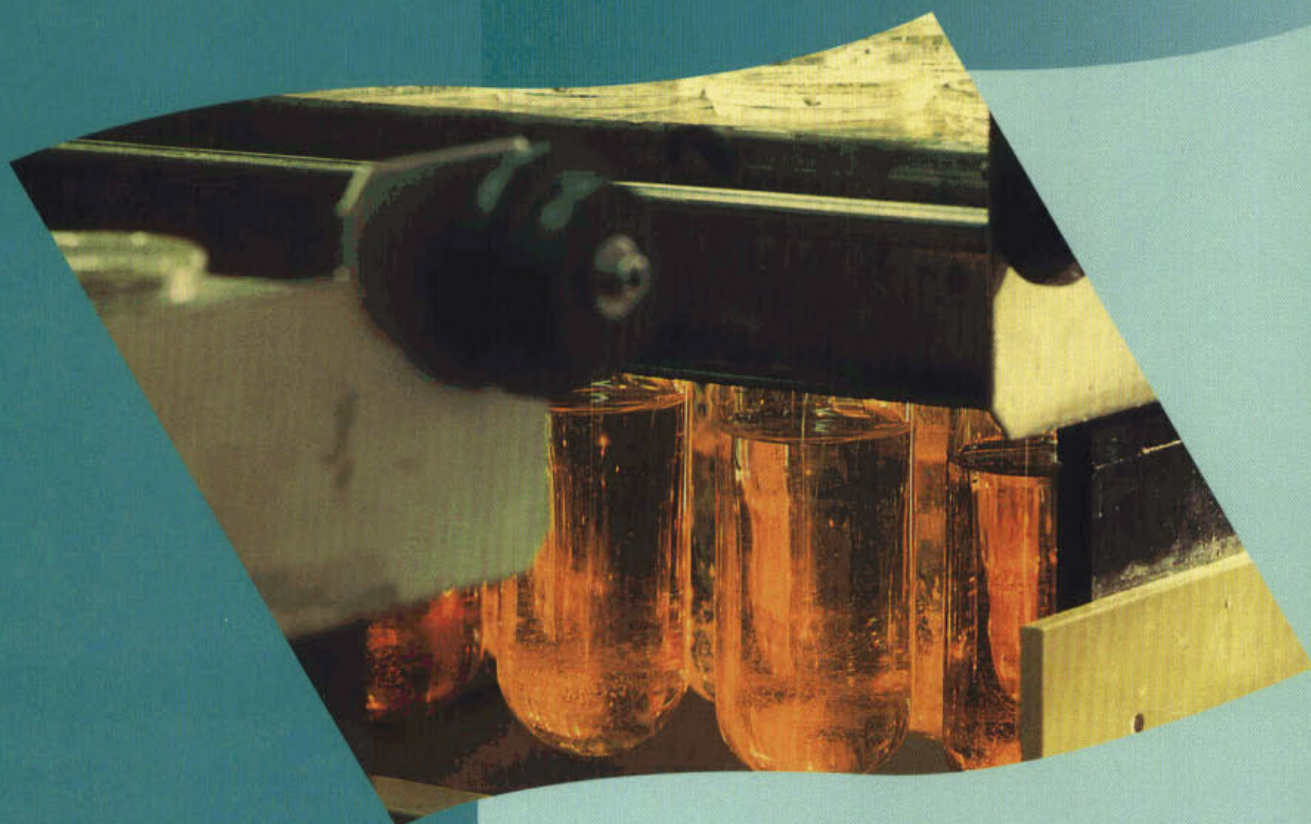


## Vervanging van CZV door TOC



98 02

## ervanging van CZV door TOC

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 90.5773.014.6

TEN GELEIDE .....	3
1 SAMENVATTING .....	5
2 INLEIDING .....	7
3 OVERZICHT VAN DE METHODEN .....	8
3.1 Bepaling van het CZV volgens NEN 6633 .....	8
3.2 TOC-bepaling volgens ontwerp NEN-EN 1484 .....	9
3.3 Vergelijking van de methoden voor CZV en TOC .....	12
4 THEORETISCHE ACHTERGRONDEN VAN DE CZV/TOC-VERHOUDING .....	13
5 LITERATUURONDERZOEK .....	15
5.1 Beschrijving van de relatie tussen CZV en TOC .....	15
5.1.1 Beschrijving van de relatie met een factor .....	16
5.1.2 Beschrijving van de relatie met een lineair verband .....	16
5.1.3 Beschrijving van de relatie met een factor en een lineair verband ..	16
5.2 Invloed van de matrix op de CZV/TOC-verhouding .....	18
5.2.1 Invloed van het gehalte aan chloride op de verhouding .....	18
5.2.2 Invloed van het gehalte aan stikstof op de verhouding .....	19
5.2.3 Invloed van het gehalte aan zwevende stof op de verhouding .....	19
5.2.4 Invloed van het gehalte aan chlorofyl-a op de verhouding .....	20
5.3 Evaluatie van de literatuur .....	21
5.3.1 Algemeen .....	21
5.3.2 Beschrijving van de relatie tussen het CZV en het TOC-gehalte .....	21
5.3.3 Matrixinvloeden op de CZV/TOC-verhouding .....	22
5.3.4 Conclusie .....	22
6 ONDERZOEK NAAR DE RELATIE TUSSEN HET CZV EN TOC-GEHALTE VAN DIVERSE TYPEN AFVALWATER .....	24
6.1 Doel van het onderzoek .....	24
6.2 Onderzoek naar de relatie tussen het CZV en het TOC-gehalte van diverse typen afvalwater .....	24
6.2.1 Opzet van het onderzoek .....	24
6.2.2 Meetresultaten .....	24
6.2.3 Evaluatie van de meetresultaten .....	25
6.3 Invloed van een zuiveringsstap op de relatie tussen het CZV en TOC-gehalte .....	26
6.3.1 Opzet van het onderzoek .....	26
6.3.2 Resultaten .....	26
6.3.3 Evaluatie van de meetresultaten .....	28
6.3.4 Invloed van het zwevende stof op de CZV/TOC-verhouding op het TOC- gehalte .....	29
6.3.5 Onderzoek naar de invloed van het aanzuren op de {TC-IC}- en NPOC- bepalingen .....	30
6.4 Evaluatie van het onderzoek naar diverse typen afvalwater .....	31
7 DISCUSSIE EN CONCLUSIE .....	32
7.1 Onderzoek aan afvalwatermonsters .....	32
7.2 Effecten op de heffing .....	32
7.3 Overige toepasbaarheid .....	33
8 AANBEVELING .....	34
9 LITERATUUR .....	36
10 LIJST MET AFKORTINGEN .....	37

## BIJLAGEN

Bijlage 1:	Tabellen en grafieken behorende bij de artikelen die de CZV/TOC-relatie beschrijven met een factor	39
Bijlage 2:	Grafieken behorende bij de artikelen die de CZV/TOC-relatie beschrijven met een lineair verband	41
Bijlage 3:	Grafieken behorende bij de artikelen die de CZV/TOC-relatie beschrijven met een factor en een lineair verband	42
Bijlage 4:	Meetresultaten Euroglas/RIZA met UV-ontsluiting als NPOC-methode	48
Bijlage 5:	Resultaten van de bepaling van het CZV in achtvoud uitgevoerd van acht afvalwatermonsters bij tien bedrijven	49
Bijlage 6:	Resultaten van de {TC-IC}-bepaling in achtvoud uitgevoerd van acht afvalwatermonsters bij tien bedrijven	53
Bijlage 7:	Resultaten van de NPOC-bepaling in achtvoud uitgevoerd van acht afvalwatermonsters bij tien bedrijven	63
Bijlage 8:	Overzicht van de resultaten van de CZV-, {TC-IC}-, NPOC-, stikstof volgens Kjeldahl-, chloride-, zwevende stof bepaling en de CZV/{TC-IC}-, CZV/NPOC-verhouding van acht afvalwatermonsters bij tien bedrijven	64
Bijlage 9:	Beschrijving van de relatie tussen het CZV en {TC-IC}-gehalte met een lineair verband	68
Bijlage 10:	Invloed van het gehalte stikstof volgens Kjeldahl, chloride en zwevende stof op de CZV/{TC-IC}- en CZV/NPOC-verhouding	69
Bijlage 11:	Resultaten van de bepaling van het CZV in achtvoud uitgevoerd van acht afvalwatermonsters voor (influent) en na (effluent) een zuivering voor de bedrijven 6 en 7	71
Bijlage 12:	Resultaten van de {TC-IC}-bepaling in achtvoud uitgevoerd van acht afvalwatermonsters voor (influent) en na (effluent) een zuivering voor de bedrijven 6 en 7	73
Bijlage 13:	Resultaten van de NPOC-bepaling in achtvoud uitgevoerd van acht afvalwatermonsters voor (influent) en na (effluent) een zuivering voor de bedrijven 6 en 7	78
Bijlage 14:	Invloed van het gehalte stikstof volgens Kjeldahl, chloride en zwevende stof op de CZV/{TC-IC}- en CZV/NPOC-verhouding van bedrijven 6 en 7	79
Bijlage 15:	CZV-resultaten van een afvalwater van een RWZI voor en na de zuivering	80
Bijlage 16:	{TC-IC}-resultaten van een afvalwater van een RWZI voor en na zuivering	81
Bijlage 17:	NPOC-resultaten van een afvalwater van een RWZI voor en na de zuivering	82

## TEN GELEIDE

De huidige CZV-bepaling past nog geheel in het beeld van de klassieke chemische bepaling: arbeidsintensief, omvangrijk glaswerk en het gebruik van verbindingen als chromaat, zwavelzuur, zilver- en kwikzouten. De CZV-bepaling gaat dus gepaard met de produktie van moeilijk te verwerken afvalstoffen. Uit zorg voor het milieu ontstond belangstelling voor alternatieve methoden, waarmee zonder deze bezwaren ook de organische verontreiniging in water kan worden bepaald en die de CZV-methode zouden kunnen vervangen.

De bepaling van het totaal organisch koolstof (TOC) is aanmerkelijk minder arbeidsintensief en heeft niet het probleem van de zware metalen bevattende afvalstoffen. In een aantal landen wordt de TOC-methode al gezien als een vervanger voor de CZV-bepaling. Aangezien het CZV in Nederland een heffingsparameter is en wijziging daarvan wetgevende consequenties heeft, moet er duidelijkheid bestaan over de relatie(s) tussen het CZV en het TOC.

Het thans voorliggend rapport gaat aan de hand van literatuuronderzoek en uitgebreid experimenteel onderzoek in op die relaties tussen het CZV en het TOC, die beschreven kunnen worden met een factor of met een lineair verband. Afvalwater van bedrijven uit eenzelfde categorie blijken overeenkomstige verhoudingsfactoren te hebben. De relatie tussen CZV en TOC is echter niet altijd eenduidig.

Het onderzoek toont aan dat de TOC-bepaling een alternatief kan zijn voor de CZV-bepaling voor afvalwateren met een gemiddelde samenstelling, d.w.z. met een CZV/TOC-factor van  $3,0 \pm 0,5$ . Het is daarbij wel zo dat per afvalwater de factor moet worden vastgesteld, terwijl dat ook steeds weer het geval is bij veranderingen in de zuivering of in de produktieprocessen, behorend bij dat afvalwater. Verder is vervanging van de CZV-bepaling door de TOC-bepaling zinvol bij de monitoring van procesafvalwater ten behoeve van bijsturing van processen.

Het onderzoek werd door het bestuur van de STOWA opgedragen aan het bureau TAUW Milieu b.v. (projectteam bestaande uit mw.drs. E. van Bakergem en mw.dr. C.P. Groen). Het project werd namens de STOWA begeleid door een commissie bestaande uit drs. G. IJff, J. Cornelissen, mw.drs.ir. I.F. Kramps-Luitwieler, H. Kroon, drs. R. Masee, ir. P.C. Stamperius en mw. G. Tielens-Wester.

Utrecht, februari 1998

De directeur van de STOWA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff



## 1 SAMENVATTING

Voor het bepalen van de hoogte van de vuillast in het kader van de Wet Verontreiniging Opperflaktewateren wordt het Chemisch Zuurstof Verbruik (CZV) gebruikt. De methode om het CZV te bepalen is milieubelastend en arbeidsintensief; hierdoor is belangstelling ontstaan voor een alternatieve methode. In dit onderzoek is als een mogelijke vervanging voor het CZV de bepaling van het totaal organisch koolstof (TOC) onderzocht. De methode om het TOC-gehalte te bepalen is snel en minder milieubelastend.

Om de bepaling van het CZV te kunnen vervangen door de TOC-bepaling, zodat deze als basis voor de heffing kan fungeren, zal een eenduidige relatie tussen het CZV en het TOC-gehalte moeten bestaan.

De bepaling van het CZV wordt omschreven in NEN 6633. Chloride en bromide kunnen de bepaling storen en sommige stikstofverbindingen, aromatische koolwaterstoffen en pyridine worden niet of onvolledig meebepaald. Voor de bepaling van het TOC-gehalte geeft NEN-EN 1484 een handleiding. Het TOC-gehalte kan met verschillende methoden worden bepaald. De meest gebruikte methoden zijn de bepaling van het TOC-gehalte door het verschil te bepalen tussen het gehalte aan totaal koolstof (TC) en totaal anorganisch koolstof (IC), en het bepalen van het gehalte aan TC na aanzuren en uitblazen van het IC. Bij de laatste methode wordt het gehalte aan niet uitdrijfbaar organisch koolstof (NPOC) bepaald. Ook de techniek waarop het organisch koolstof wordt geoxydeerd kan verschillen, namelijk door middel van verbranding of UV-oxydatie. De eerste heeft de voorkeur omdat hiermee ook de organische stof van de zwevende stof wordt meebepaald.

Wanneer de bepaling van het TOC-gehalte te opzichte van de bepaling van het CZV vergeleken wordt, dan heeft de TOC-bepaling een lagere bepalingsgrens, een kortere analysetijd en een betere reproduceerbaarheid. Theoretisch zijn de bepalingen gebaseerd op dezelfde reactievergelijking. Voor iedere verbinding is de CZV/TOC-verhouding te bepalen. Bij mengsels van verbindingen zal de CZV/TOC-verhouding variëren naar gelang de samenstelling.

In de literatuur wordt de relatie tussen het CZV en TOC-gehalte beschreven met een factor (CZV/TOC-verhouding) of door een lineair verband. Beide manieren beschrijven de relatie even goed, maar de relatie kan alleen goed beschreven worden met een lineair verband als de dataset niet rond één waarde geconcentreerd ligt. Vergelijking van de data is moeilijk, omdat door elkaar het gehalte {TC-IC} en NPOC bepaald is met als oxydatiemethode verbranding of UV. Een eenduidige relatie komt niet naar voren. Onderverdeling in categorieën afvalwater is op basis van de beschikbare literatuur niet mogelijk daar teveel verschillende typen onderzocht zijn.

Om na te gaan of indeling in categorieën afvalwater een eenduidige relatie te zien geeft, is praktisch onderzoek gedaan aan het afvalwater van tien bedrijven. Van elk van deze bedrijven zijn gedurende een dag acht afvalwatermonsters genomen en in achtvoud onderzocht op het CZV, NPOC-, {TC-IC}-gehalte en in enkelvoud op het gehalte chloride, stikstof volgens Kjeldahl en zwevende stof. Het NPOC- en {TC-IC}-gehalte zijn bepaald met als oxydatiemethode verbranding gevolgd door infrarooddetectie van het ontstane kooldioxidegas. Uit de resultaten blijkt dat het afvalwater van bedrijven met hetzelfde type afvalwater overeenkomstige verhoudingen hebben. Op basis hiervan blijkt indeling in typen afvalwater een mogelijkheid. Daar de bepalingen van het CZV, NPOC- en {TC-IC}-gehalte in achtvoud uitgevoerd zijn, kunnen de spreidingen in de bepalingen vergeleken worden. In vergelijking met de CZV-bepaling heeft de NPOC-bepaling een kleinere spreiding (2% ten opzichte van 3,3%). De {TC-IC}-bepaling heeft een grotere spreiding (5%). Voor de NPOC-bepaling kan een monster geconserveerd worden, waardoor de houdbaarheid wordt verlengd van 24 uur naar 7 dagen. Hierdoor en door het feit dat de spreiding kleiner is, heeft de NPOC-bepaling de voorkeur boven de {TC-IC}-bepaling om als methode voor de vervanging van de CZV-bepaling te fungeren.

Tevens is de invloed van enige vorm van (voor)zuivering van het ruwe industriële afvalwater op de CZV/TOC-relatie onderzocht. Hieruit blijkt dat (voor)zuivering, en ook veranderingen daarin, invloed heeft op de relatie. Deels lijkt ook de hoeveelheid zwevende stof voor deze invloed verantwoordelijk, omdat deze vóór zuivering groter is dan na zuivering. Globaal is een invloed van het zwevend stof op de relatie te zien boven circa 1000 mg/l. Stikstof volgens Kjeldahl en chloride lijken geen invloed te hebben op de CZV/TOC-verhouding.

Geconcludeerd kan worden dat de relatie tussen het CZV en het TOC-gehalte niet eenduidig is. Wel is het mogelijk om voor een bepaald afvalwater een relatie vast te stellen. Echter, men moet bij iedere wijziging in de afvalwaterstroom en/of in de wijze van (voor)zuiveren, opnieuw de CZV/TOC-verhouding vaststellen, aangezien deze verhouding voor dergelijke veranderingen zeer gevoelig is.

Uit het onderzoek komt naar voren dat afvalwateren met gemiddelde samenstelling een overeenkomstige CZV/TOC-factor hebben van  $3,0 \pm 0,5$ . Op basis hiervan is een protocol opgesteld voor het vaststellen van de CZV/TOC-factor van een afvalwater, met het criteria dat als de vastgestelde factor binnen de  $3,0 \pm 0,5$  ligt deze gebruikt kan worden voor de berekening van de vuillast. Echter, voor iedere verandering in de zuivering of het productieproces zal de verhouding volgens het protocol opnieuw vastgesteld moeten worden.

Een ander toepassingsgebied waarbij de CZV-bepaling vervangen kan worden door de TOC-bepaling is bijvoorbeeld bij de monitoring van procesafvalwater. De vuillast van het afvalwater kan door het bepalen van het TOC-gehalte gevolgd worden en aan de hand hiervan kan het proces zonedig bijgestuurd worden.



## 2 INLEIDING

In het kader van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (WVO) is een heffing ingevoerd op het lozen van afvalwater op het oppervlaktewater. De grondslag van deze heffing is de hoeveelheid en/of hoedanigheid van de afvalstoffen die worden geloosd. De hoogte van de heffing wordt onder meer berekend uit de hoeveelheid zuurstofbindende stoffen aanwezig in het afvalwater.

In eerste instantie komt het biochemisch zuurstofverbruik (BZV) in aanmerking als methode om het gehalte aan zuurstofbindende stoffen te bepalen. Nadelen van deze methode zijn echter de lange analysetijd (5 dagen), het vinden van geschikt entmateriaal (bacteriën) en de slechte reproduceerbaarheid. Het gevolg is dat voor de meer eenduidige methode van de bepaling van het chemisch zuurstofverbruik (CZV) is gekozen. Samen met stikstof volgens Kjeldahl dient het CZV als maatstaf voor de hoeveelheid aanwezige zuurstofbindende stoffen in het afvalwater.

De bepaling van het CZV is arbeidsintensief, vereist omvangrijk glaswerk en stoffen zoals chromaat, zwavelzuur, zilver- en kwikzouten worden gebruikt. Derhalve ontstaan bij deze bepaling moeilijk te verwerken afvalstoffen.

Uit zorg voor het milieu is belangstelling ontstaan voor een alternatieve methode.

De bepaling van het totaal gehalte aan organisch koolstof (TOC) is minder arbeidsintensief en levert geen moeilijk te verwerken afvalstoffen op. De methode om het TOC-gehalte te bepalen wordt in een aantal (Scandinavische) landen reeds gezien als een vervanger voor de bepaling van het CZV.

Bij introductie van de bepaling van het TOC-gehalte als vervanger voor de bepaling van het CZV zal een eenduidige relatie tussen het CZV en het TOC-gehalte dienen te bestaan; eventueel voor categorieën afvalwateren. Duidelijkheid over de relatie(s) dient er ook te bestaan vanwege het feit dat het CZV een heffingsparameter is en wijziging daarvan consequenties kan hebben voor de handhaving van de WVO.

In hoofdstuk 3 van dit rapport worden de theoretische grondslagen van de CZV- en TOC-bepaling beschreven. Hier wordt aangegeven hoe de bepalingen kunnen worden uitgevoerd, wat de prestatiekenmerken zijn en wat de verschillen tussen de bepalingen zijn.

Daarna volgt in hoofdstuk 4 een theoretische beschouwing van de relatie tussen het CZV en het TOC-gehalte.

In hoofdstuk 5 wordt de beschikbare literatuur beschreven. Gekeken wordt naar de soorten relaties tussen de twee bepalingen en of de relatie eenduidig is per type matrix. Tevens wordt aandacht besteed aan de mogelijke matrixstorings op de CZV/TOC-verhouding.

Het onderzoek naar de mogelijkheid om tot een eenduidige relatie te komen door onderverdeling in typen afvalwater wordt beschreven in hoofdstuk 6. In dit onderzoek worden de CZV/{TC-IC}- en CZV/NPOC-verhouding voor verschillende typen afvalwater bepaald. Tevens worden ook de invloeden van stikstof volgens Kjeldahl, chloride en het zwevende stof onderzocht.

In hoofdstuk 7 worden de resultaten van het onderzoek en de gevonden literatuur samengevat en worden de conclusies gepresenteerd over de mogelijkheid om de CZV-bepaling te vervangen door de TOC-bepaling.

Als aanbeveling is in hoofdstuk 8 een meetprotocol opgenomen voor het bepalen van de verhouding tussen het CZV en NPOC-gehalte.

Het rapport wordt afgesloten met een overzicht van de geraadpleegde literatuur, een lijst met gebruikte afkortingen en zeventien bijlagen met grafieken uit de literatuur en de ruwe meetgegevens.

In het rapport worden verschillende termen voor het totaal gehalte aan organisch koolstof gebruikt. Wanneer in algemene zin over het totaal gehalte aan organisch koolstof wordt gesproken, wordt dit aangeduid met het TOC-gehalte. Wordt de bepaling door middel van aanzuren, uitblazen van het anorganisch koolstof en het meten van totaal koolstof bedoeld dan wordt dit aangeduid met het NPOC-gehalte. Als de bepaling geschiedt door middel van meten van het verschil tussen het totaal gehalte aan koolstof en het totaal gehalte aan anorganisch koolstof dan wordt dit aangeduid met het {TC-IC}-gehalte.

### 3 OVERZICHT VAN DE METHODEN

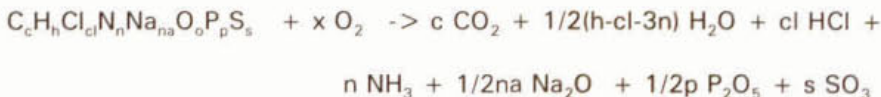
#### 3.1 Bepaling van het CZV volgens NEN 6633

In NEN 6633 wordt een methode voor de bepaling van het CZV in water beschreven.

##### Principe

De methode is gebaseerd op de oxydatie van de in een watermonster aanwezige organische stof met kaliumdichromaat in aanwezigheid van zilversulfaat als katalysator. De hoeveelheid kaliumdichromaat die verbruikt wordt voor de oxydatie is een maat voor het CZV.

De reactievergelijking van de bepaling van het CZV kan, bij afbraak van organisch stikstof tot  $\text{NH}_3$ , weergegeven worden door:



De benodigde hoeveelheid zuurstof voor deze reactie wordt geleverd door kaliumdichromaat. Uit deze formule kan het theoretisch zuurstofverbruik (TZV) berekend worden met:

$$TZV = \frac{16(2c + 1/2(h - cl - n) + 3s + 5/2p + 1/2na - o)}{M}$$

waarin :     $c, h, \dots, s$     het aantal atomen C, H, ..., S in de verbinding  
              M            molecuulmassa van de verbinding  
              TZV        theoretisch zuurstofverbruik in  $\text{mg O}_2/\text{mg}$  verbinding

##### Prestatiekenmerken (uit NEN 6633)

Bepalingsgrens : ca. 10  $\text{mg O}_2/\text{l}$   
Benodigde hoeveelheid monstermateriaal : 20 ml  
Reproduceerbaarheid : ca. 1,3 %

Het RIZA organiseert regelmatig ringonderzoeken voor de bepaling van het CZV in afvalwater. Van een aantal projecten staan de gegevens weergegeven in tabel 1. De gemiddelde herhaalbaarheid is 6,5% en de reproduceerbaarheid 24,6%.

Tabel 1: Resultaten van een aantal ringonderzoeken georganiseerd door het RIZA

project	N	X	$S_r$	$RSD_r$	$S_R$	$RSD_R$
103	34	93,98	3,31	4	30,57	33
124 A	44	129,3	6,45	5	16,04	12
124 B	45	163,4	9,67	6	27,33	17

N : aantal laboratoria  
X : gemiddelde van de laboratoria ( $\text{mg O}_2/\text{l}$ )  
 $S_r$  : herhaalbaarheidsstandaardafwijking ( $\text{mg O}_2/\text{l}$ )  
 $RSD_r$  : relatieve herhaalbaarheidsstandaardafwijking (%)  
 $S_R$  : reproduceerbaarheidsstandaardafwijking ( $\text{mg O}_2/\text{l}$ )  
 $RSD_R$  : relatieve reproduceerbaarheidsstandaardafwijking (%)

##### Opmerkingen/bepalingen

###### • Chloride

Chloride kan worden geoxydeerd. Door toevoeging van kwik(II)sulfaat, dat chloride bindt, wordt dit in de meeste gevallen voorkomen. Bij een hoog chloride-gehalte en een laag kaliumdichromaatverbruik wordt de storing van chloride niet volledig opgeheven en is een correctie noodzakelijk.

\* Bromide

Bromide wordt voor een groot gedeelte meegeoxydeerd, zodat het noodzakelijk kan zijn een correctie voor bromide uit te voeren.

\* Geen of onvolledige oxydatie

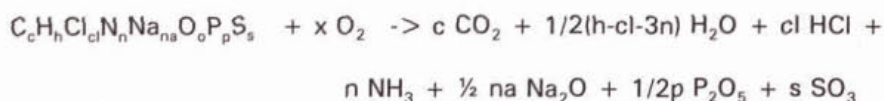
Sommige stikstofverbindingen worden niet of onvolledig geoxydeerd. Aromatische koolwaterstoffen en pyridine worden niet merkbaar geoxydeerd.

### 3.2 TOC-bepaling volgens ontwerp NEN-EN 1484

Een handleiding voor de bepaling van het totaal gehalte aan organisch koolstof (TOC) in watermonsters is ontwerp NEN-EN 1484. Het algemene basisprincipe van de bepaling is het oxyderen van alle organische stof tot koolstofdioxide waarna de hoeveelheid ontstane koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) gemeten wordt.

#### Principe

De reactievergelijking van de TOC-bepaling kan, bij afbraak van organisch stikstof tot NH<sub>3</sub>, weergegeven worden door:



De benodigde hoeveelheid zuurstof voor deze reactie kan op verschillende manieren geleverd worden.

Uit deze formule kan het theoretisch TOC-gehalte berekend worden met:

$$TOC = \frac{c * M_c}{M_{verb}}$$

waarin :	c	het aantal atomen C in de verbinding
	M <sub>C</sub>	atoommassa C (g/mol)
	M <sub>verb</sub>	moleculmassa van de verbinding (g/mol)
	TOC	theoretische TOC-concentratie in mg C/mg verbinding

In de ontwerpnorm wordt geen TOC-apparaat beschreven qua werkingsprincipe. De norm vermeldt een aantal mogelijkheden voor de oxydatie van in organische stoffen aanwezige koolstof en een aantal mogelijkheden voor de detectie van het ontstane CO<sub>2</sub>-gas.

#### Definities

In het bespreken van de TOC-bepaling komen verschillende soorten koolstof aan de orde. Voor de duidelijkheid worden hieronder de definities van de verschillende soorten weergegeven.

TC	Total Carbon: totaal koolstof. Organisch, anorganisch en elementair koolstof.
TIC	Total Inorganic Carbon: totaal anorganisch koolstof. Elementair koolstof, kooldioxyde, bicarbonaat, carbonaat, cyaniden, cyanaten, isocyanaten en thiocyanaten.
TOC	Total Organic Carbon: totaal organisch koolstof. Opgelost, aan deeltjes gebonden, vluchtig en niet vluchtig organisch koolstof.
DOC	Dissolved Organic Carbon: opgelost organisch koolstof. Organisch koolstof <i>zonder</i> het aan deeltjes gebonden koolstof.
POC	Purgeable Organic Carbon: uitdrijfbaar organisch koolstof. Organisch koolstof die door doorleiden van een gas uit het monster vrijkomt.
NPOC	Non-Purgeable Organic carbon: niet uitdrijfbaar organisch koolstof. Organisch koolstof dat, na aanzuren en uitdrijven van het TIC en POC, in het monster aanwezig is.

### Bepalingsmethoden

In de praktijk worden door elkaar voor het "totaal organisch koolstof" gehalte het NPOC- en {TC-IC}-gehalte opgegeven.

Bij de NPOC-methode wordt vooraf het TIC verwijderd door het monster aan te zuren en het ontstane CO<sub>2</sub>-gas uit te blazen. Hierna wordt het koolstofgehalte in het monster bepaald. Nadeel van deze methode is het verlies van POC bij het uitblazen. Een voordeel van deze methode is dat het monster geconserveerd kan worden door middel van aanzuren en dat hierdoor de houdbaarheid verlengd wordt van 24 uur tot 7 dagen.

De {TC-IC}-methode is een verschilmeting. Hiervoor moeten twee metingen worden uitgevoerd:

- het totaal koolstof (TC) wordt bepaald door het koolstofgehalte te bepalen in het monster zonder vooraf aanzuren en uitblazen;
- het totaal anorganisch koolstof (TIC) wordt bepaald door het monster aan te zuren en de hoeveelheid ontstane CO<sub>2</sub>-gas te meten.

Het TOC-gehalte kan hieruit berekend worden met  $TOC = TC - TIC$ . Het voordeel van deze methode is dat het POC wordt meebepaald als TOC. Een nadeel van deze methode is dat doordat het een verschilmethode is, de spreiding in de bepaling de som is van de spreiding in de afzonderlijke bepalingen en daardoor groter dan die van de NPOC-bepaling.

Om de organische stof te oxyderen zijn verschillende methoden te gebruiken. De meest toegepaste zijn:

- verbranding;
- additie van een oxydatiereagens en UV-bestraling of een andere straling met hoge energie.

De laatste mogelijkheid is niet geschikt voor het bepalen van het TOC-gehalte in monsters met gesuspenseerd materiaal. Eigenlijk wordt bij deze methode dus DOC bepaald. Bij de bepaling van het CZV wordt het zwevende stof meebepaald. Voor het onderzoek naar de relatie tussen het CZV en TOC-gehalte wordt daarom de methode met verbranding toegepast.

Om het door de oxydatie van de organische stof ontstane CO<sub>2</sub>-gas te detecteren worden onderstaande detectiemethoden gebruikt:

- infrarood-spectrometrie;
- titratie in niet-waterige oplossing;
- thermische geleiding;
- conductometrie;
- coulometrie;
- CO<sub>2</sub>-gevoelige sensoren;
- na reductie van CO<sub>2</sub> tot methaan: vlamionisatiedetectie (FID).

In de praktijk wordt meestal infrarood-spectrometrie als detectiemethode gebruikt.

### Prestatiekenmerken (uit ontwerp NEN-EN 1484)

Bepalingsgrens	:	0,3 mg C/l
Benodigde hoeveelheid monstermateriaal	:	5 µl-10 ml
Reproduceerbaarheid (globaal)	:	0,4-14 %

In 1993 heeft de CEN-commissie CEN/TC 230 een methode-evaluerend ringonderzoek georganiseerd, dat vermeld staat in de norm EN 1484: Water Quality - Guidelines for the determination of the total organic carbon (TOC). Een overzicht van de resultaten staat vermeld in tabel 2.

Aan het ringonderzoek hebben verschillende internationale laboratoria meegedaan met verschillende TOC-apparaten. Of de laboratoria {TC-IC} of NPOC bepaald hebben, is uit de gegevens niet op te maken.

Één monster (monster 2) was een cellulose-oplossing met een bepaalde deeltjesgrootteverdeling. Dit monster had een terugvindingsgraad van 58%, herhaalbaarheid van 14% en een reproduceerbaarheid van 83%. Dit is te verklaren doordat TOC-apparaten met UV-oxydatie niet of beperkt gesuspenseerde deeltjes meebepalen.

Uit de overige monsters blijkt de terugvindingsgraad gemiddeld 117%, de herhaalbaarheid 2,8% en de reproduceerbaarheid 11% te zijn.

Tabel 2: Resultaten van het ringonderzoek EN 1484

Nr	N	X <sup>theor</sup>	X	rec.	S <sub>r</sub>	RSD <sub>r</sub>	S <sub>R</sub>	RSD <sub>R</sub>
1	259	2,3	2,99	129,9	0,687	23,0	0,188	6,3
2	219	20,0	11,6	57,9	9,66	83,4	1,66	14,3
3	260	18,5	19,2	103,9	1,23	6,4	0,38	2,0
4	236	120	139	115,9	12,4	8,9	2,8	2,0
5	244	--	307	--	13,9	4,5	3,8	1,2

N : aantal analytische resultaten na eliminatie van uitbijters  
 X<sup>theor</sup> : theoretische concentratie (mg C/l)  
 X : gemiddelde (mg C/l)  
 rec. : recovery (%)  
 S<sub>r</sub> : herhaalbaarheidssandaardafwijking (mg C/l)  
 RSD<sub>r</sub> : relatieve herhaalbaarheidssandaardafwijking (%)  
 S<sub>R</sub> : reproduceerbaarheidssandaardafwijking (mg C/l)  
 RSD<sub>R</sub> : relatieve reproduceerbaarheidssandaardafwijking (%)

**Opmerkingen/beperkingen**

- cyaniden, cyanaten, isocyanaten en deeltjes elementair koolstof worden als TOC meebepaald.

### 3.3 Vergelijking van de methoden voor CZV en TOC

Om de verschillen tussen beide methoden inzichtelijk te maken dient het overzicht in tabel 3.

Tabel 3: Methodenoverzicht

	CZV	TOC-verbranding
Wat wordt bepaald?	zuurstofverbruik	koolstofgehalte
Reagentia	- kaliumdichromaat - zilversulfaat - kwiksulfaat - ammoniumijzersulfaat - zwavelzuur	- fosforzuur (NPOC)
Bepalingsgrens	ca. 10 mg O <sub>2</sub> /l ca. 3,8 mg C/l	ca. 0,3 mg C/l ca. 0,8 mg O <sub>2</sub> /l
Monstervolume	20 ml	5 µl-10 ml
Reproduceerbaarheid uit norm uit ringonderzoek	ca. 1,3% <sup>*</sup> 25%	0,4-14% 11%
Analysetijd	ca. 2 uur	5-10 min
Storingen	chloride	geen
Wordt meebepaald:		
- gesuspendeerd materiaal	ja	ja
- aromaten	deels	ja
- organisch N	deels	nee
- organisch S	ja	nee
- nitriet	ja	nee
- ijzer(III)	ja	nee
- S <sup>2-</sup> , SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	ja	nee
- cyaniden, cyanaten, iso-cyanaten	onbekend	ja
- elementair koolstof	nee	ja
- vluchtige verbindingen	deels	nee (NPOC) ja ((TC-IC))

\* Deze waarde staat vermeld in NEN 6633 en is tot stand gekomen uit een ringonderzoek van standaarden met een CZV van circa 1000 mg O<sub>2</sub>/l, waaraan 28 laboratoria deelnamen.

#### 4 THEORETISCHE ACHTERGRONDEN VAN DE CZV/TOC-VERHOUDING

De bepalingen van het CZV en TOC-gehalte zijn gebaseerd op dezelfde reactievergelijking (zie pagina 8 en 9). Bij de TOC-bepaling wordt de hoeveelheid koolstof aanwezig in het organisch molecuul bepaald en bij de bepaling van het CZV de hoeveelheid benodigde zuurstof om het organisch molecuul en andere oxydeerbare verbindingen te oxyderen.

Uit de vergelijking volgt dat bij toename van het aantal H-, Na-, P- en S- atomen in een molecuul het CZV zal toenemen en bij toename van het aantal O-atomen zal afnemen. Deze veranderingen in samenstelling van een molecuul hebben geen invloed op het TOC-gehalte.

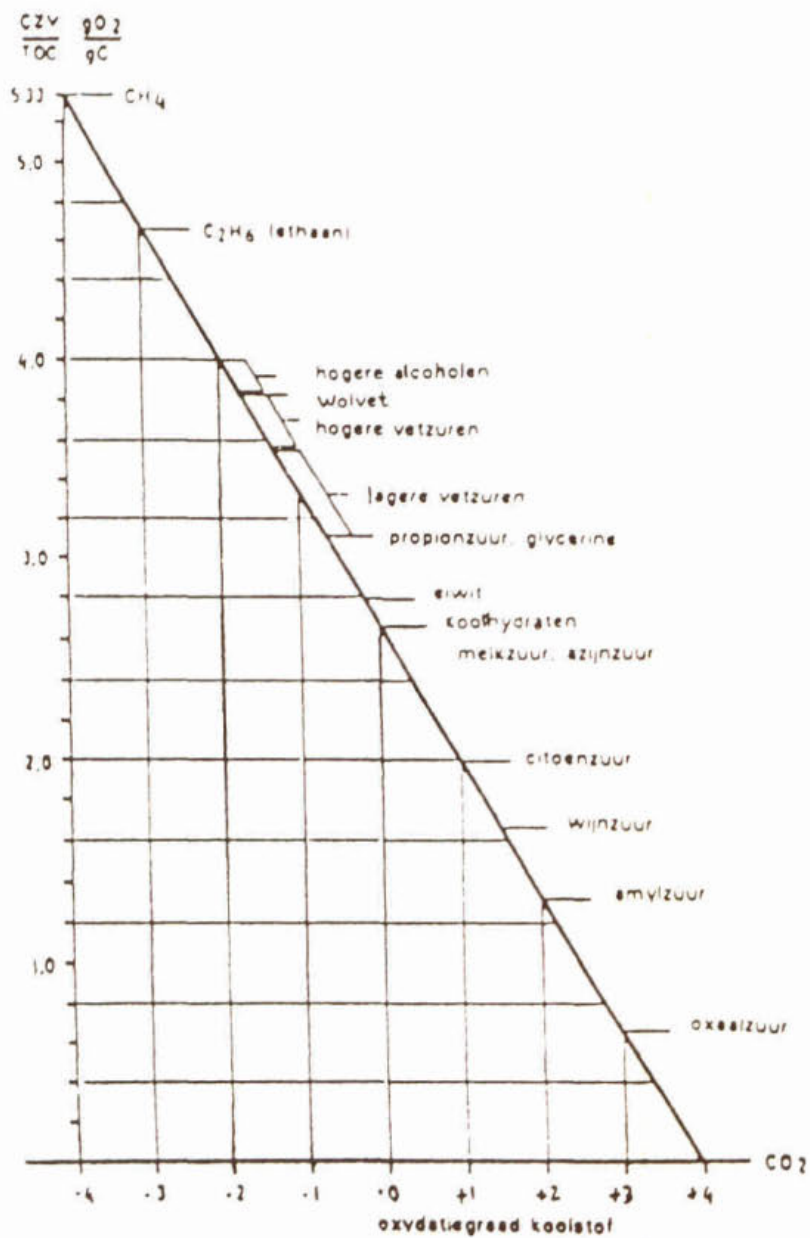
Voor een verbinding die alleen C-atomen bevat is de theoretische verhouding tussen het CZV en TOC-gehalte gelijk aan de verhouding  $O_2/C$ , ofwel  $32/12 = 2,67$ . Afhankelijk van hoeveel H-, Na-, P-, S- en O-atomen in een verbinding aanwezig zijn, zal deze verhouding veranderen. Voor iedere verbinding kan theoretisch de verhouding tussen het CZV en het TOC-gehalte berekend worden, uitgaande van volledige oxydatie bij zowel de bepaling van het CZV als van het TOC-gehalte [1-4].

De theoretische CZV/TOC-verhoudingen liggen tussen 5,33 (methaan) en 0 (koolstofdioxide). In figuur 1 [5], pagina 14, is de CZV/TOC verhouding weergegeven als functie van de oxydatiegraad waarin het koolstofatoom zich bevindt in het molecuul. Voor een aantal verbindingen is hieronder de verhouding weergegeven:

<u>Verbinding</u>	<u>CZV/TOC-verhouding</u>
naftaleen	4,78
hexaan	4,22
methanol	4,00
benzeen	3,34
glucose	2,76
sucrose	2,67
oxaalzuur	0,67

Bij mengsels van verbindingen kan afhankelijk van de samenstelling de CZV/TOC-verhouding variëren.

In de praktijk zullen de verhoudingen veranderen afhankelijk van de oxydeerbaarheid van de verbindingen bij de gebruikte methode. Benzeen wordt bij de bepaling van het CZV niet of nauwelijks geoxydeerd, maar bij de TOC-bepaling wel en men zal dus in de praktijk een lagere verhouding vinden dan de theoretische.



Figuur 1: Theoretische CZV/TOC-verhoudingen als functie van de oxydatiegraad van koolstof [5]



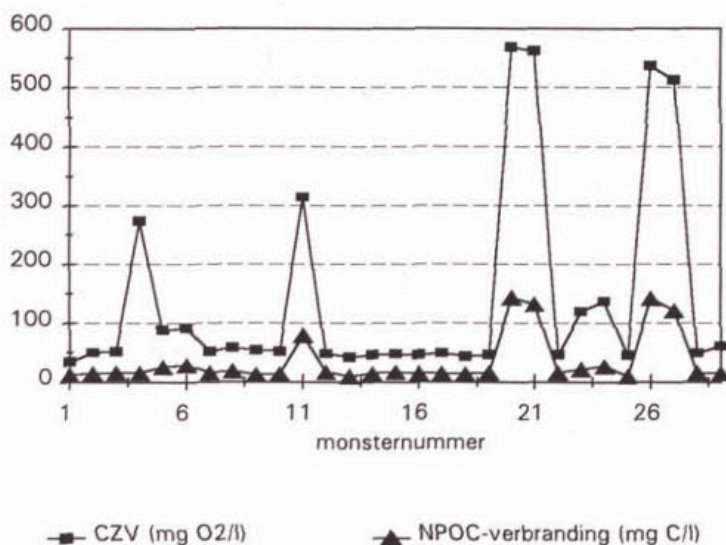
## 5 LITERATUURONDERZOEK

Om na te gaan welke relaties tussen het CZV en het TOC-gehalte reeds onderzocht zijn, is in de literatuur gezocht naar artikelen die de relatie tussen het CZV en het TOC-gehalte beschrijven. Ook is gezocht naar artikelen waarin zowel de resultaten vermeld waren van de bepaling van het CZV als het TOC-gehalte. Als in algemene zin over het TOC-gehalte gesproken wordt, wordt hiermee het {TC-IC}- en het NPOC-gehalte bedoeld. Bij de bespreking van de artikelen zal wel onderscheid gemaakt worden tussen het {TC-IC}- en NPOC-gehalte.

Een overzicht van de gevonden artikelen staat in hoofdstuk 9: Literatuur.

### 5.1 Beschrijving van de relatie tussen CZV en TOC

Wanneer het CZV en het TOC-gehalte uitgezet worden als functie van de monsternummer in de tijd, blijkt over het algemeen het TOC-gehalte het CZV te volgen (zie figuur 2).



Figuur 2: Het CZV en het TOC-gehalte als functie van de monsternummer in de tijd

In de literatuur wordt de relatie tussen het CZV en het TOC-gehalte beschreven met factoren en lineaire verbanden:

#### Factoren

Van verschillende watermonsters worden het CZV en het TOC-gehalte gemeten en hieruit de CZV/TOC-verhoudingen berekend. Van deze verhoudingen worden het gemiddelde en de spreiding bepaald.

#### Lineaire verbanden

Van verschillende watermonsters worden het CZV en het TOC-gehalte gemeten en grafisch uitgezet. Door de punten wordt een rechte lijn getrokken en van deze lijn worden de helling, het intercept en de correlatiecoëfficiënt bepaald.

Wanneer bij een lineair verband het intercept nul is, zal de helling gelijk zijn aan de berekende factor. De keuze om de relatie met een factor of een lineair verband te beschrijven zal afhankelijk zijn van de opbouw van de meetgegevens. Van belang voor het vaststellen van een lineair verband is dat de meetserie een concentratiegebied beschrijft.

Om de literatuur goed te kunnen vergelijken is een indeling gemaakt in artikelen die uitgaan van een vergelijking door middel van een factor en artikelen die uitgaan van een vergelijking aan de hand van een lineair verband.

Voor de vergelijking tussen de verschillende beschrijvingen zijn van de artikelen waarin de meetgegevens vermeld staan, eigenhandig de factor en het lineair verband berekend.

### 5.1.1 Beschrijving van de relatie met een factor

Een drietal artikelen beschrijft de CZV/TOC-verhouding met een factor. Een korte weergave van de inhoud volgt hieronder. De bijbehorende tabellen en grafieken staan weergegeven in bijlage 1, pagina's 39 en 40.

Briggs e.a. [6] vermelden voor een aantal soorten effluënten de CZV/NPOC-verhouding met bijbehorende spreidingen. Het NPOC-gehalte is gemeten met behulp van verbranding. De gemiddelde verhouding is **3,13** met een spreiding van **0,22** (7%). Het aantal metingen per soort monster wordt in het artikel niet vermeld.

Fathmann [7] heeft 793 CZV/NPOC-verhoudingen van effluënten van biologische zuiveringen vergeleken. Bij indeling in klassen in een histogram wordt een verdeling zichtbaar met een gemiddelde van **2,94** en een spreiding van **0,94** (32%).

Hein en Hädicke [8,9] onderzochten 69 industriële en huishoudelijke afvalwateren op het CZV en DOC-gehalte. De spreiding in de gegevens presenteerden zij in staafdiagrammen. Gemiddeld vonden zij een CZV/DOC-verhouding van **3,98 ± 0,67** (17%).

Wordt alleen het industrieel afvalwater bekeken (27 stuks), dan wordt een verhouding van **3,88 ± 0,96** (25%) gevonden. Voor het huishoudelijk afvalwater afzonderlijk (42 stuks) is de verhouding **4,05 ± 0,37** (9%).

### 5.1.2 Beschrijving van de relatie met een lineair verband

Vier artikelen beschrijven de CZV/TOC-relatie met een lineair verband. Een korte weergave van de inhoud van deze artikelen volgt hieronder. Voor de grafieken van de lineaire verbanden wordt verwezen naar bijlage 2, pagina 41.

Kortelainen [10] heeft het CZV en NPOC-gehalte (UV-methode) onderzocht van water uit de Finse meren.

De gevonden relatie is: 
$$\text{CZV} = 1,48 \cdot \text{NPOC} - 2,87$$
$$r = 0,96 \quad n = 975$$

Shimadzu [11] geeft van drie afvalwaterstromen het lineair verband. De {TC-IC}-ontsluiting vond plaats door verbranding.

Papierindustrie:	$\text{CZV} = 1,71 \cdot \{\text{TC-IC}\} + 5,41$ $r = 0,923 \quad n = 33$
Chemische industrie 1:	$\text{CZV} = 1,03 \cdot \{\text{TC-IC}\} + 352,9$ $r = 0,982 \quad n = 7$
Chemische industrie 2:	$\text{CZV} = 1,64 \cdot \{\text{TC-IC}\} + 4,88$ $r = 0,957 \quad n = 19$

Wilander [12] heeft het CZV en NPOC-gehalte van Zweedse oppervlaktewateren onderzocht en de volgende relatie gevonden:

$$\text{CZV} = 1,23 \cdot \text{NPOC} - 0,79$$
$$r = 0,907 \quad n = 599$$

Wilson [13] heeft van een roterend biologisch filter het influent en effluent onderzocht op het CZV en NPOC-gehalte (verbranding) en de volgende relaties gevonden:

Influent:	$\text{CZV} = 2,07 \cdot \text{NPOC} - 467,9$ $r = 0,947 \quad n = 75$
Effluent:	$\text{CZV} = 0,96 \cdot \text{NPOC} - 240,4$ $r = 0,624 \quad n = 74$

### 5.1.3 Beschrijving van de relatie met een factor en een lineair verband

In een aantal artikelen zijn zowel de meetwaarden van het CZV als TOC-gehalte vermeld. Uit deze waarden zijn eigenhandig de factoren berekend en is het lineair verband bepaald. De grafieken van de lineaire verbanden staan weergegeven in bijlage 3, pagina's 42 tot en met 47.

Basei [14] heeft een afvalwaterstroom van een petrochemisch bedrijf onderzocht op het CZV en de gehalten aan NPOC bepaald met verbranding en UV. Tevens heeft hij biologisch gezuiverd en niet gezuiverd afvalwater op het CZV en NPOC-gehalte (verbranding) onderzocht. Voor iedere afvalwaterstroom en meetmethode zijn de factor en het lineair verband berekend.

CZV/NPOC-verbranding	$\text{CZV} = 3,09 * \text{NPOC} + 142,74$ $r = 0,794 \quad n = 17$ $\text{CZV/NPOC} = 4,00 \pm 0,48 \text{ (12\%)}$
CZV/NPOC-UV	$\text{CZV} = 2,93 \bullet \text{NPOC} + 215,87$ $r = 0,731 \quad n = 22$ $\text{CZV/NPOC} = 4,27 \pm 0,44 \text{ (10\%)}$
niet gezuiverd water (NPOC-verbranding)	$\text{CZV} = 0,90 * \text{NPOC} + 782,99$ $r = 0,408 \quad n = 25$ $\text{CZV/NPOC} = 2,46 \pm 0,26 \text{ (11\%)}$
gezuiverd water (NPOC-verbranding)	$\text{CZV} = 1,49 \bullet \text{NPOC} + 44,26$ $r = 0,855 \quad n = 15$ $\text{CZV/NPOC} = 2,33 \pm 0,81 \text{ (35\%)}$

Boardman e.a. [15] hebben effluënten van verschillende soorten zuiveringen onderzocht (schuimafscheiding, lucht-flotatie en polymeer-ondersteunde lucht-flotatie). Van de in het artikel weergegeven CZV- en NPOC(verbranding)-gegevens zijn de factor alsmede het lineair verband bepaald.

Schuimafscheiding	$\text{CZV} = 7,70 \bullet \text{NPOC} - 213,87$ $r = 0,661 \quad n = 16$ $\text{CZV/NPOC} = 2,86 \pm 0,46 \text{ (17\%)}$
Lucht-flotatie	$\text{CZV} = 3,16 * \text{NPOC} + 2,92$ $r = 0,993 \quad n = 8$ $\text{CZV/NPOC} = 3,11 \pm 0,09 \text{ (3\%)}$
Polymeer-ondersteunde flotatie	$\text{CZV} = 1,64 * \text{NPOC} + 59,04$ $r = 0,627 \quad n = 16$ $\text{CZV/NPOC} = 3,09 \pm 0,04 \text{ (1\%)}$

Kerpen [16] heeft van een aantal biologisch goed afbreekbare industriële afvalwateren het CZV en NPOC-gehalte bepaald. Het NPOC-gehalte werd bepaald door middel van verbranding. Uit de in het artikel weergegeven resultaten zijn de factor en het lineair verband berekend.

$$\text{CZV} = 3,08 \bullet \text{NPOC} - 10956,89$$

$$r = 0,957 \quad n = 41$$

$$\text{CZV/NPOC} = 2,39 \pm 0,03 \text{ (1\%)}$$

*Opmerking:* Het intercept is sterk negatief. Mogelijk komt dit grotendeels door het hoogste meetpunt. Wordt dit punt niet bij de berekening betrokken dan wordt de relatie:

$$\text{CZV} = 2,36 \bullet \text{NPOC} + 2597,62$$

$$r = 0,988 \quad n = 40$$

$$\text{CZV/NPOC} = 2,39 \pm 0,03 \text{ (1\%)}$$

Opvallend is dat bij deze aanpassing van de meetgegevens de factor niet verandert.

Het RIZA heeft in samenwerking met Euroglas [3,4] vier afvalwaterstromen onderzocht met als methode voor de bepaling van het NPOC-gehalte UV-ontsluiting. Van het RIZA zijn de meetgegevens verkregen (zie bijlage 4, pagina 48), waaruit de factoren en de lineaire verbanden berekend zijn:

Afvalwater van olieafscijders	$\text{CZV} = 3,47 \bullet \text{NPOC} + 127,88$ $r = 0,968 \quad n = 18$ $\text{CZV/NPOC} = 4,19 \pm 0,18 \text{ (4\%)}$
-------------------------------	---

Biologische zuivering huishoudelijk afvalwater	$CZV = 3,99 \bullet NPOC + 1,44$ $r = 0,969$ $n = 29$ $CZV/NPOC = 3,45 \pm 0,62$ (18%)
Biologische zuivering industrieel afvalwater	$CZV = 4,51 * NPOC + 52,56$ $r = 0,980$ $n = 42$ $CZV/NPOC = 3,54 \pm 0,36$ (10%)
Chemische zuivering industrieel afvalwater	$CZV = 3,24 \bullet NPOC + 115,35$ $r = 0,994$ $n = 32$ $CZV/NPOC = 6,57 \pm 3,08$ (47%)

Nähle [17] heeft vloeiveldwater van verscheidene suikerfabrieken voor en na filtratie onderzocht op het CZV en NPOC-gehalte (UV). Uit deze getallen zijn de factoren voor de CZV/NPOC-verhoudingen en de lineaire verbanden berekend.

Niet gefiltreerd water	$CZV = 1,77 * NPOC + 79,72$ $r = 0,642$ $n = 20$ $CZV/NPOC = 3,32 \pm 0,26$ (8%)
Gefiltreerd water	$CZV = 2,58 * NPOC + 19,16$ $r = 0,911$ $n = 20$ $CZV/NPOC = 2,98 \pm 0,30$ (10%)

Tauw [18] heeft van drie huishoudelijk afvalwateren de relatie tussen het CZV en het NPOC-gehalte (NPOC-UV) onderzocht. Uit de meetgegevens zijn de volgende relaties berekend:

Enschede Stokhorst	$CZV = 0,66 \bullet NPOC + 514,65$ $r = 0,159$ $n = 19$ $CZV/NPOC = 4,69 \pm 0,19$ (4%)
Enschede Stroinkslanden	$CZV = 5,06 * NPOC - 120,31$ $r = 0,770$ $n = 21$ $CZV/NPOC = 5,36 \pm 1,10$ (21%)
Steenwijk Oostermeenthe	$CZV = 0,94 \bullet NPOC + 533,31$ $r = 0,386$ $n = 21$ $CZV/NPOC = 5,76 \pm 1,36$ (24%)

*Opmerking:* De meetseries liggen gecentreerd rond één concentratie. Dit is waarschijnlijk de oorzaak van het slechte lineaire verband.

## 5.2 Invloed van de matrix op de CZV/TOC-verhouding

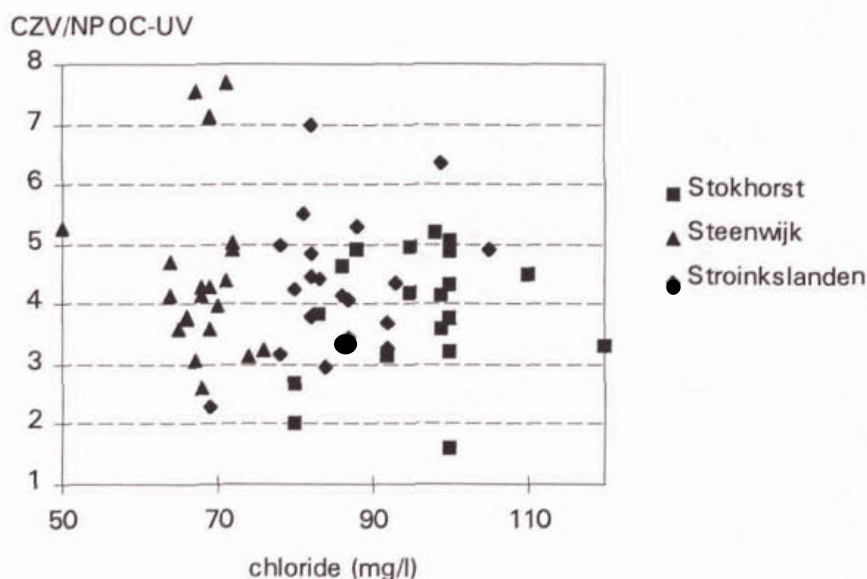
### 5.2.1 Invloed van het gehalte aan chloride op de verhouding

Bekend is de invloed van hoge chlorideconcentraties bij de bepaling van water met een laag CZV. Een evaluerend onderzoek naar watermonsters met een oplopende chloride-concentratie wordt beschreven door El-Rehaili [19] en geeft te zien dat in het effluent het CZV toeneemt, maar het NPOC-gehalte nauwelijks (tabel 4, NPOC gemeten met verbranding). Hierdoor verandert onder invloed van chloride de CZV/NPOC-verhouding.

Bij het onderzoek van Tauw [18] is het chloridegehalte ook bepaald (NPOC-UV, dus DOC gemeten). Als de CZV/NPOC-verhouding als functie van het chloridegehalte in een grafiek wordt uitgezet (figuur 3), blijkt niet dat het chloridegehalte de CZV/NPOC-verhouding beïnvloedt. Voor het onderzochte bereik (tot circa 150 mg/l) was dit ook niet te verwachten. Een chloridegehalte boven 1000 mg/l zal de verhouding gaan beïnvloeden.

Tabel 4: Invloed van de chlorideconcentratie

Chloride (mg/l)	bezonken afvalwater (influent)			effluent		
	CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	NPOC (mg C/l)	CZV/NPOC	CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	NPOC (mg C/l)	CZV/NPOC
0,0	306	106	2,887	74	35	2,114
5,0	286	83	3,446	74	37	2,000
10	284	91	3,121	85	38	2,237
20	292	110	2,655	118	37	3,189
50	306	93	3,290	148	38	3,895



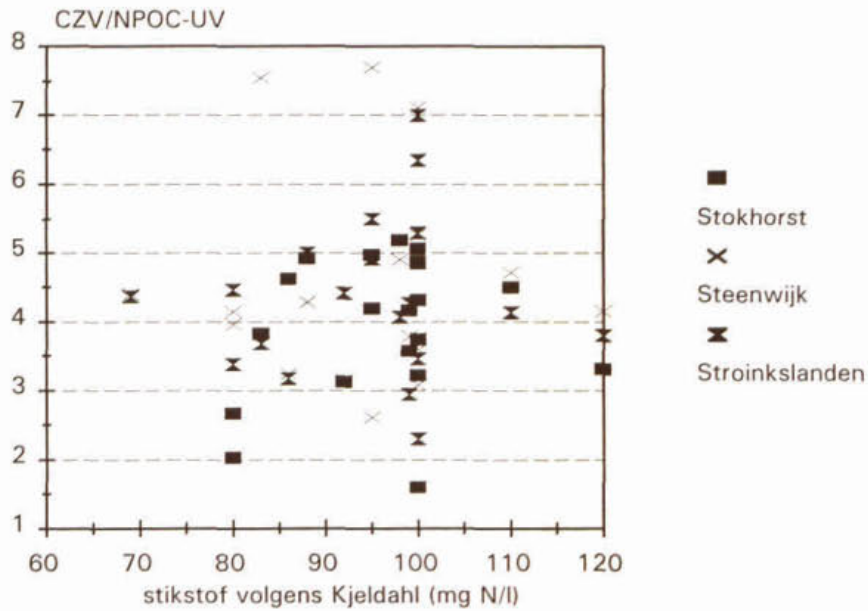
Figuur 3: Invloed van chloride op de CZV/NPOC-verhouding

### 5.2.2 Invloed van het gehalte aan stikstof op de verhouding

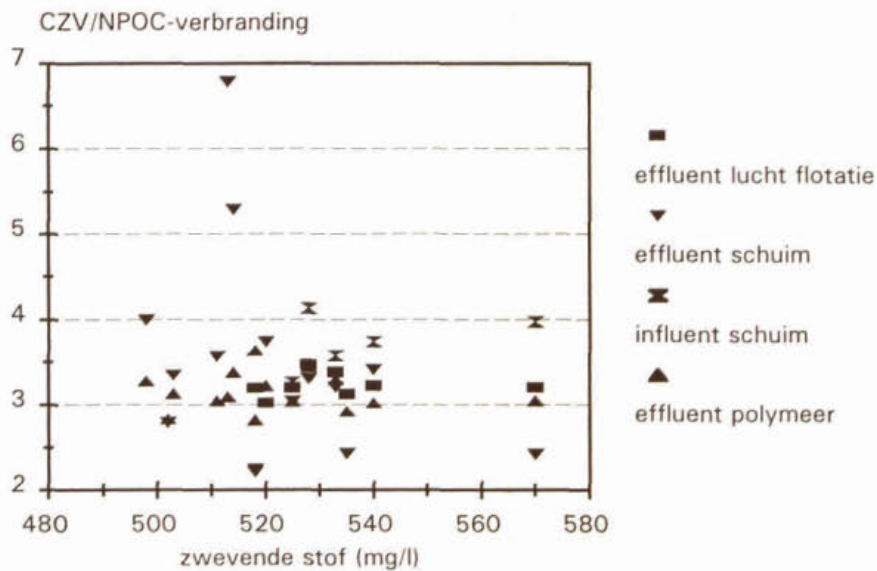
Tauw [18] heeft naast chloride ook stikstof volgens Kjeldahl bepaald in de drie huishoudelijke afvalwateren. De CZV/NPOC-verhouding is uitgezet als functie van de concentratie aan stikstof volgens Kjeldahl (figuur 4). Uit de grafiek blijkt niet dat stikstof volgens Kjeldahl invloed heeft op de CZV/NPOC-verhouding.

### 5.2.3 Invloed van het gehalte aan zwevende stof op de verhouding

De invloed van het gehalte aan zwevende stof op de CZV/NPOC-verhouding volgt uit het artikel van Boardman e.a. [15]. Figuur 5 geeft de relatie weer tussen het gehalte aan zwevende stof en de CZV/NPOC-verhouding. Er is geen toename van de CZV/NPOC-verhouding bij hogere zwevende stof-gehaltenes.



Figuur 4: Invloed van stikstof volgens Kjeldahl op de CZV/NPOC-verhouding



Figuur 5: Invloed van zwevende stof op de CZV/NPOC-verhouding

#### 5.2.4 Invloed van het gehalte aan chlorofyl-a op de verhouding

De invloed van het gehalte aan chlorofyl-a op de CZV/NPOC-verhouding wordt besproken door Nähle [17]. De relatie is weergegeven in figuur 6. Uit de grafiek blijkt geen duidelijke invloed van de hoeveelheid chlorofyl-a op de verhouding CZV/NPOC.

De hellingen van de lineaire verbanden lopen uiteen van 1 tot 5 en de intercepten van

*Lineair verband*

fluctueert. De factoren gevonden in de literatuur lopen uiteen van 2,9 tot 4,0; de spreidingen liggen tussen 0,03 tot 0,96 absoluut. Naar voren komt dat voor afvalwateren met een constante samenstelling de factoren een kleinere spreiding hebben dan voor afvalwateren waarvan de samenstelling

*Factoren*

dataset weergegeven is dan zijn beide relaties vergeleken. De relatie beschrijven met een factor en lineair verband separaat vergeleken. Als in een artikel de ren: door een factor en door een lineair verband. Voor een goede vergelijking zijn de artikelen die De relatie tussen het CZV en het TOC-gehalte wordt in de literatuur beschreven op twee manie-

### 5.3.2 Beschrijving van de relatie tussen het CZV en het TOC-gehalte

verhogen, maar geen invloed hebben op het TOC-gehalte. Wanneer het CZV en TOC-gehalte als functie van de monstername in de tijd uitgezet wordt in een grafiek, blijkt dat het TOC-gehalte het CZV volgt. Ook blijkt het TOC-gehalte niet voor 100% het CZV te volgen. De afwijking is meestal een verhoging in het CZV die niet gevolgd wordt door het TOC-gehalte. Dit is theoretisch te verklaren doordat het monster een verhoogde concentratie ijzer (II), sulfide of sulfiet (anorganische stoffen die worden meegeoxydeerd) bevat die het CZV

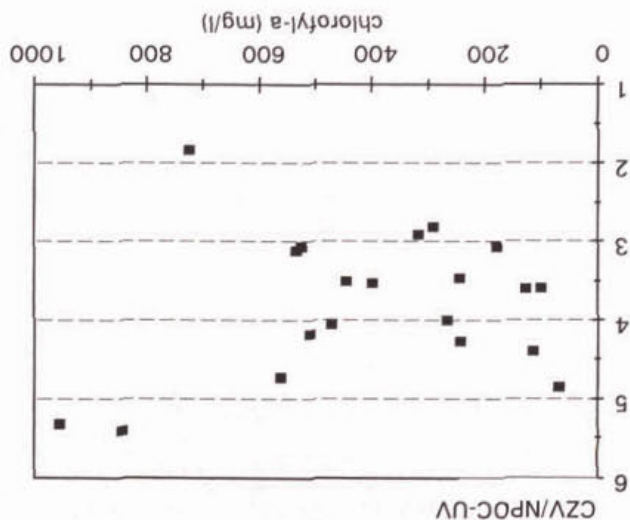
soms ook DOC-gehalte worden vergeleken met het CZV. Voor het bepalen van het gehalte aan totaal organisch koolstof worden verschillende methoden en technieken gebruikt, zoals de verschilmethode ( $\{TC-IC\}$ ), het uitblazen van anorganisch koolstof waarna het totaal gehalte aan koolstof wordt bepaald (NPOC), oxydatie door middel van UV en oxydatie door middel van verbranding. Het resultaat is dat door elkaar het  $\{TC-IC\}$ -, NPOC- en

ook sterk variërende CZV/TOC-verhoudingen. In samenstelling sterk variërende afvalwatermonsters, zoals van chemische industrieën, vertonen de oorsprong en samenstelling hebben, zoals huishoudelijk afvalwater. blijft dat sommige afvalwatermonsters met overeenkomstige CZV/TOC-verhoudingen ook dezelfde het TOC-gehalte van afvalwateren. Wordt gekéken naar de oorsprong van het afvalwater dan Uit de literatuur komt geen eenduidige waarde naar voren voor de verhouding tussen het CZV en

### 5.3.1 Algemeen

## 5.3 Evaluatie van de literatuur

Figuur 6: Invloed van chlorofyl-a op de CZV/NPOC-verhouding



-11000 tot +530. De correlatiecoëfficiënten zijn meestal groter dan 0,9. Algemeen kan daarom geconcludeerd worden dat de relatie CZV-TOC redelijk lineair is, maar dat de relatie heel sterk matrixafhankelijk is, zoals ook te verwachten was.

Verder moet opgemerkt worden dat voor het vaststellen van een lineair verband een meetserie nodig is die een concentratiegebied omvat. Dit is niet het geval bij een afvalstroom met een relatief constante samenstelling. Dan kunnen grote fouten in het vastgestelde lineair verband zich voordoen.

#### De relatie CZV-TOC

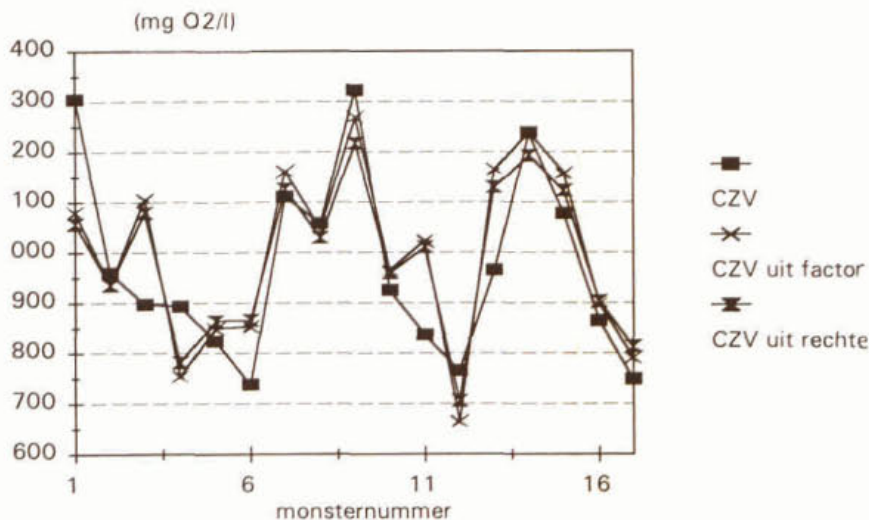
Voor de CZV/TOC-relatie geldt de vergelijking:  $CZV = \text{helling} \cdot TOC + \text{intercept}$ . Theoretisch kan van een lineair verband het intercept verwaarloosd worden als dit 'significant' kleiner is dan helling maal x-waarde.

De gevonden helling ligt ongeveer rond de 3. Dit betekent dat het intercept veel kleiner moet zijn dan  $3 \cdot TOC$ . In de literatuur ligt het intercept meestal rond de 100. Het intercept zal dus verwaarloosd kunnen worden als het TOC-gehalte vele malen groter is dan 33 mg C/l, ofwel een CZV vele malen groter dan 100 mg O<sub>2</sub>/l.

Om te kunnen vaststellen welk verband het beste de CZV/TOC-relatie weergeeft, zijn van alle meetseries waarvan de factor en het lineair verband bekend waren (zie 5.1.3), de CZV-waarden berekend uit de TOC-waarden met de gemiddeld gevonden factor en uit de TOC-waarden met het lineaire verband.

Een voorbeeld van een grafiek is figuur 7.

Over het algemeen blijkt het praktisch niet veel uit te maken of met een factor of met een lineair verband wordt gerekend.



Figuur 7: CZV, CZV berekend uit de factor en CZV berekend uit het lineaire verband als functie van de monsternummer in de tijd

#### 5.3.3 Matrixinvloeden op de CZV/TOC-verhouding

Zwevende stof, stikstof volgens Kjeldahl en chlorofyl-a blijken geen duidelijke invloed op de CZV/TOC-relatie te hebben. Theoretisch zou chloride een toename in het CZV veroorzaken, maar geen invloed hebben op het TOC-gehalte en daardoor de CZV/TOC-verhouding moeten beïnvloeden. Dit is niet terug te vinden in de literatuur.

#### 5.3.4 Conclusie

Relatief weinig onderzoek is gedaan naar de verhouding tussen het CZV en TOC-gehalte. Wordt de verhouding onderzocht, dan kan meestal wel voor een bepaald water een relatie worden gevonden, door middel van een factor of lineair verband. Wanneer de gevonden relaties met elkaar vergeleken worden, dan blijken deze niet overeen te komen. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de relatie tussen het CZV en het TOC-gehalte



matrixafhankelijk is.

Indeling in verschillende typen afvalwater (overeenkomstige matrices) zou een oplossing kunnen zijn. Helaas lopen de onderzochte typen afvalwateren uiteen, zodat uit de verschillende onderzoeken geen overeenkomsten in CZV/TOC-verhoudingen voor bepaalde typen afvalwateren kunnen worden gehaald.

## 6 ONDERZOEK NAAR DE RELATIE TUSSEN HET CZV EN TOC-GEHALTE VAN DIVERSE TYPEN AFVALWATER

### 6.1 Doel van het onderzoek

Naar aanleiding van het literatuuronderzoek is de CZV/TOC-verhouding onderzocht van meerdere bedrijfsafvalwateren, vallend in twee categorieën: eiwithoudend en vetzuurhoudend afvalwater. Om na te gaan of zuivering van afvalwater invloed heeft op de CZV/TOC-verhouding, is tevens het afvalwater van twee bedrijven voor en na zuivering onderzocht.

### 6.2 Onderzoek naar de relatie tussen het CZV en het TOC-gehalte van diverse typen afvalwater

#### 6.2.1 Opzet van het onderzoek

Bij tien bedrijven zijn gedurende één dag acht afvalwatermonsters genomen. Het overzicht van de bedrijven staat in tabel 5. Alle monsters zijn in duplo onderzocht op chloride, stikstof volgens Kjeldahl, zwevende stof en in achtvoud op CZV, {TC-IC} en NPOC.

Tabel 5: Overzicht van de bedrijven

Bedrijfs-nummer	Categorie	Afvoer (m <sup>3</sup> /jaar)	Soort bedrijf
1	1	50000	Vetverwerking
2	1	35000	Raffinaderij
3	1 + 2	40000	Eierverwerking
4	2 + 3	50000	Aardappelverwerking
5	1 + 2	20000	Ijsbereiding
6	1 + 2	30000	Runderslachterij
7	1 + 2	40000	Varkensslachterij
8	1 + 2	30000	Eierverwerking
9	1 + 2	12500	Slachtproducten
10	2 + 3	50000	Aardappelverwerking

- 1 vetzuurhoudend afvalwater
- 2 eiwithoudend afvalwater
- 3 zetmeelhoudend afvalwater

#### 6.2.2 Meetresultaten

Een overzicht van de gemiddelde gevonden concentraties en CZV/{TC-IC}-, CZV/NPOC-verhoudingen van de tien afvalwateren staat in tabel 6 op de volgende pagina.

De resultaten van de afzonderlijke CZV-, {TC-IC}- en NPOC-bepalingen worden vermeld in de bijlagen 5, 6 en 7, pagina's 49 tot en met 63.

Een overzicht van de resultaten per bedrijf wordt gegeven in bijlage 8, pagina 64 tot en met 67.

Tabel 6: Totaal overzicht van de meetresultaten van tien afvalwateren (influenten)

Bedrijfs- nummer	CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	NPOC (mg C/l)	{TC-IC} (mg C/l)	Nkj (mg/l)	Cl- (mg/l)	Zw.stof (mg/l)	CZV/NPOC	CZV/{TC-IC}
1	1030	374	310	92	999	22	2,76	3,33
2	89	21	16	2	609	67	4,24	5,55
3	5080	1580	1453	244	140	453	3,24	3,56
4	3499	1231	912	255	109	103	2,84	3,86
5	2686	929	869	29	40	56	2,96	3,29
6	8159	3248	2972	854	1511	107	2,54	2,85
7	3365	1051	969	325	484	329	3,36	3,56
8	1287	438	424	67	170	24	2,97	3,10
9	4960	1364	1236	453	29088	875	3,62	4,01
10	11335	4038	3726	354	224	879	2,81	3,04

*Opmerking:* Het {TC-IC}-gehalte is een week later gemeten dan het NPOC-gehalte.

### 6.2.3 Evaluatie van de meetresultaten

#### *Algemeen*

Uit de gemeten waarden blijkt dat het NPOC-gehalte steeds hoger is dan het {TC-IC}-gehalte. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat het gehalte aan {TC-IC} door omstandigheden ongeveer een week na monsternamen is bepaald. Omdat de monsters niet geconserveerd zijn voor de {TC-IC}-bepaling, kan omzetting in het monster niet uitgesloten worden.

De voorkeur gaat uit voor het bepalen van het totaal gehalte aan organisch koolstof naar de NPOC-bepaling, omdat hierbij het monster geconserveerd kan worden volgens NPR 6601 (aanzuren) waarna het monster 7 dagen houdbaar is. Tevens is de relatieve standaarddeviatie van de NPOC-bepaling kleiner dan die van de {TC-IC}-bepaling.

Een nadeel van de NPOC-bepaling is dat het POC niet wordt meebepaald (zie 3.2).

#### *Prestatiekenmerken van de methoden*

De relatieve standaardafwijking (r.s.d.) loopt voor de bepaling van het CZV uiteen van 0,8 tot 8,3%, met een gemiddelde van 3,3%. Voor de NPOC-bepaling loopt de r.s.d. uiteen van 0,2 tot 20,9%, met een gemiddelde van 2,0%. De r.s.d. voor de {TC-IC}-bepaling kan berekend worden uit de r.s.d. van de IC-bepaling en de TC-bepaling. De r.s.d. van de TC-bepaling loopt uiteen van 0,4 tot 13,6%, met een gemiddelde van 2,0% en de r.s.d. van de IC-bepaling loopt uiteen van 0,1 tot 40,2%, met een gemiddelde van 4,6%. De berekende gemiddelde r.s.d. voor de {TC-IC}-bepaling is 5,0%.

Uit de gemiddelde waarde van de r.s.d. blijkt dat de bepaling van het NPOC het meest reproduceerbaar is. Door de twee bepalingen die nodig zijn om het {TC-IC}-gehalte te bepalen, is van deze bepaling de reproduceerbaarheid het minst goed.

#### *CZV/TOC-relatie beschreven door een factor*

De gevonden factoren lopen voor de verhouding tussen het CZV en NPOC-gehalte uiteen van 2,25 tot 5,67. De r.s.d. van de factoren loopt uiteen van 1,7 tot 14,0%.

Voor het totaal aantal waarnemingen werd een factor van 3,13 gevonden met een r.s.d. van 18%.

De gevonden factoren lopen voor de CZV/{TC-IC}-verhoudingen uiteen van 2,30 tot 5,85. De r.s.d. van de factoren loopt uiteen van 3,0 tot 18,8%. Voor het totaal aantal waarnemingen werd een factor van 3,62 gevonden met een r.s.d. van 23,2%.

Voor bedrijf 2 (een raffinaderij) wordt een afwijkende factor vastgesteld. Zo komt naar voren dat de overige bedrijven in één categorie afvalwater vallen, waarbij de factor  $3,0 \pm 0,5$  is.

#### *CZV/TOC-relatie beschreven door een lineair verband*

Voor de gehele dataset, met uitzondering van bedrijf 2, is het lineair verband berekend:

		CZV als y	CZV als x
NPOC	helling	2,60	0,38
	intercept	481,24	0,005
	correlatiecoëfficiënt	0,982	0,982
TC-IC	helling	2,76	0,36
	intercept	657,41	0,004
	correlatiecoëfficiënt	0,979	0,979

De grafische weergave van het lineaire verband met CZV als x wordt getoond in bijlage 9, pagina 68.

#### *Matrixinvloeden*

Van de gehele dataset zijn grafieken gemaakt van de CZV/TOC-verhouding als functie van de concentratie aan stikstof volgens Kjeldahl, chloride en zwevende stof. Deze staan weergegeven in bijlage 10 pagina 69. Uit de grafieken komt geen invloed van deze grootheden naar voren.

#### *Algemene opmerking*

Opvallend is dat uit de gehele dataset een lineair verband naar voren komt, terwijl de factoren uiteen lopen.

### 6.3 Invloed van een zuiveringsstap op de relatie tussen het CZV en TOC-gehalte

#### 6.3.1 Opzet van het onderzoek

Bij twee bedrijven (nummers 6 en 7) zijn gedurende één dag acht afvalwatermonsters vòòr en acht afvalwatermonsters na de zuivering genomen.

Bij beide bedrijven bestaat de zuivering uit een flotatie-unit met een verblijftijd van circa 60 minuten. Het principe van de zuivering is gebaseerd op het flocculeren van de verontreinigingen door middel van toevoegen van chemicaliën.

Alle monsters zijn in duplo onderzocht op chloride, stikstof volgens Kjeldahl, zwevende stof en in achtvoud op het CZV, {TC-IC}- en NPOC-gehalte.

#### 6.3.2 Resultaten

Een overzicht van de afzonderlijke resultaten voor het CZV, {TC-IC}- en NPOC-gehalte wordt weergegeven in bijlagen 11, 12 en 13, pagina's 71 tot en met 78.

Overzicht van de gemiddelde concentraties en CZV/{TC-IC}-, CZV/NPOC-verhoudingen volgt in tabellen 7 tot en met 10.

Tabel 7: Influent bedrijf 6

monsternr.	NPOC (mg C/l)	{TC-IC} (mg C/l)	CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	Nkj (mg/l)	Zw.stof (mg/l)	Cl- (mg/l)	CZV/NPOC	CZV/{TC-IC}
1	1756	1626	6667	550	1200	285	3,80	4,10
2	2270	2463	10400	710	2800	560	4,58	4,22
3	1915	2167	10856	600	3900	480	5,67	5,01
4	2289	2135	9732	690	2500	520	4,25	4,56
5	2785	1859	10193	690	4600	510	3,66	5,48
6	2602	1501	11079	750	3300	440	4,26	7,38
7	2972	2409	13862	770	5700	455	4,66	5,75
8	2263	1576	10027	670	230	365	4,43	6,36
x	2357	1967	10352	679	3029	452	4,41	5,36
s	414	379	1971	73	1771	89	0,62	1,13
r.s.d.	18	19	19	11	58	20	14	21

Tabel 8: Effluent bedrijf 6

monsternr.	NPOC (mg C/l)	{TC-IC} (mg C/l)	CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	Nkj (mg/l)	Zw.stof (mg/l)	Cl- (mg/l)	CZV/NPOC	CZV/{TC-IC}
1	182	243	795	92	<10	1950	4,37	3,27
2	163	227	706	86	<10	1850	4,33	3,11
3	199	268	834	96	15	1850	4,19	3,11
4	217	287	817	94	<10	1850	3,77	2,85
5	223	285	883	110	<10	2150	3,96	3,10
6	227	287	878	100	<10	2100	3,87	3,06
7	221	287	872	110	<10	2300	3,95	3,04
8	237	302	910	110	<10	1900	3,84	3,01
x	209	273	837	100	11	1994	4,04	3,07
s	25	26	65	9	2	170	0,23	0,12
r.s.d.	12	9	8	9	17	9	6	4

Tabel 9: Influent bedrijf 7

monsternr.	NPOC (mg/l)	{TC-IC} (mg/l)	CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	Nkj (mg/l)	Zw.stof (mg/l)	Cl- (mg/l)	CZV/NPOC	CZV/{TC-IC}
*1	775	863	7598	410	3600	395	9,80	8,80
*2	756	750	7194	380	6800	260	9,52	9,59
3	1488	1219	6630	620	1900	240	4,46	5,44
4	1731	1544	7072	700	1400	11	4,09	4,58
5	1694	1494	6913	630	1300	2	4,08	4,63
6	1262	1205	6818	570	2000	165	5,40	5,66
7	2100	1493	7888	750	2400	210	3,76	5,28
8	1774	1515	7451	630	1600	255	4,20	4,92
x	1448	1260	7196	586	2625	192	5,66	6,11
s	484	311	425	130	1838	132	2,51	1,95
r.s.d.	33	25	6	22	70	69	44	32

\* De eerste twee monsters wijken voor de CZV/{TC-IC}- en CZV/NPOC-verhouding sterk af van de overige monsters. De Dixon Q-test bevestigt dat monsternummers 1 en 2 uitbijters zijn. Wanneer deze twee monsters niet meegenomen worden in de berekeningen dan wordt de CZV/NPOC-verhouding gemiddeld 4,33 met een spreiding van 0,57 (13%) en de CZV/{TC-IC}-verhouding gemiddeld 5,09 met een spreiding van 0,44 (9%).

Tabel 10: Effluent bedrijf 7

monsternr.	NPOC (mg/l)	{TC-IC} (mg/l)	CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	Nkj (mg/l)	Zw.stof (mg/l)	Cl- (mg/l)	CZV/NPOC	CZV/{TC-IC}
1	1228	1118	3979	82	550	870	3,24	3,56
2	1186	994	3835	81	500	680	3,23	3,86
3	953	980	3517	360	330	360	3,69	3,59
4	1281	1245	4158	520	200	265	3,25	3,34
5	1335	1510	4829	620	170	225	3,62	3,20
6	1751	1352	4366	490	200	190	2,49	3,23
7	1422	1486	4855	520	350	245	3,41	3,27
8	1571	1664	5419	630	340	245	3,45	3,26
x	1341	1294	4370	413	330	385	3,30	3,41
s	245	252	628	221	140	251	0,37	0,23
r.s.d.	18	20	14	53	42	65	11	7

### 6.3.3 Evaluatie van de meetresultaten

#### *Vergelijking van de analyses van het influent en het effluent*

De monsters van beide influenten bevatten aanzienlijk meer zwevende stof dan van de effluenten. De spreidingen tussen de analyses van één monsterpunt komen voor alle parameters overeen. De spreiding tussen de monsterpunten is voor het influent groter dan voor het effluent. Een mogelijke oorzaak hiervan is de hoeveelheid zwevende stof in het afvalwater. Dit heeft invloed op de monsternaam waarbij per tijdstip een variabele hoeveelheid zwevende stof wordt meegenomen.

Soms is tussen de waarden van {TC-IC} of NPOC van één monsterpunt een trendbreuk waar te nemen. Deze wordt veroorzaakt doordat alle monsters voor analyse verdund zijn. De verdunning is tweemaal gemaakt. De eerste vier waarnemingen zijn uit de eerste verdunning en de laatste vier uit de tweede. Het verschil in resultaten uit de verschillende verdunningen wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de zwevende stof.

Wat tevens opvalt is dat bij een aantal monsters het {TC-IC}-gehalte lager ligt dan het NPOC-gehalte. Theoretisch is dit niet mogelijk. Een mogelijke verklaring is dat door aanzuren van het monster vetdeeltjes in oplossing gaan en hierdoor beter meebepaald worden. Gezien de mogelijke invloed is hiernaar een beperkt aanvullend onderzoek uitgevoerd, dat staat weergegeven in 6.3.4.

#### *CZV/{TC-IC}- en CZV/NPOC-verhoudingen*

De CZV/{TC-IC}- en CZV/NPOC-verhoudingen zijn qua spreiding en qua gemiddelde voor het influent groter dan voor het effluent. De verhoudingen voor bedrijf 6 blijken de gemiddelden hoger dan eerder bepaald (tabel 11). Voor bedrijf 7 komen de verhoudingen overeen. De spreidingen in de verhoudingen zijn vergelijkbaar.

Een verklaring voor het verschil in verhoudingen bij bedrijf 6 is op basis van de toegepaste analysemethoden niet te geven. Wat opvalt in de afzonderlijke getallen voor het CZV, NPOC- en {TC-IC}-gehalte is dat bij de eerste serie metingen veel hogere waarden gevonden zijn dan bij de tweede serie. Bij navraag bij het bedrijf blijkt dat de zuiveringsinstallatie tussen de twee bemonsteringen is uitgebreid. Hieruit kan worden geconcludeerd dat veranderingen in het zuiveringsproces de verhoudingen beïnvloeden, ook al gaat het om hetzelfde afvalwater!

Tabel 11: Gemiddelde CZV/{TC-IC}- en CZV/NPOC-verhoudingen van het effluent voor bedrijf 6 en 7

		Bedrijf 6	Bedrijf 7
1e onderzoek	CZV/{TC-IC}	2,85	3,56
	CZV/NPOC	2,54	3,36
2e onderzoek	CZV/{TC-IC}	3,07	3,41
	CZV/NPOC	4,04	3,30

Uit dit onderzoek kan de conclusie getrokken worden dat zuivering van afvalwater invloed heeft op de relatie tussen het chemisch zuurstofverbruik (CZV) en het gehalte aan organisch koolstof ({TC-IC}, NPOC). Door zuivering van het afvalwater neemt de verhouding af. Dit is verklaarbaar als gevolg van het zuiveringsproces (meer geoxydeerde verbindingen, waardoor CZV afneemt, maar TOC-gehalte blijft gelijk).

#### *Matrixinvloeden*

Van de gehele dataset zijn grafieken gemaakt van de CZV/{TC-IC}- en CZV/NPOC-verhouding als functie van de stikstofconcentratie volgens Kjeldahl, chloride en zwevende stof. Deze staan weergegeven in bijlage 14, pagina 79.

Uit de grafieken blijkt geen invloed van één van de onderzochte parameters.

#### **6.3.4 Invloed van het zwevende stof op de CZV/TOC-verhouding op het TOC-gehalte**

Om de invloed van het gehalte aan zwevende stof (niet bestaand uit vetdeeltjes) van afvalwater op de verhouding tussen het CZV en het {TC-IC}-gehalte te bepalen is het afvalwater van een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI te Roermond) vòòr en na de zuivering onderzocht. De monsternamen zijn verricht door Zuiveringschap Limburg.

Een overzicht van de afzonderlijke resultaten voor het CZV, {TC-IC}- en NPOC-gehalte van het influent en effluent van de RWZI staat in bijlagen 15, 16 en 17, pagina's 80 tot en met 82. Een overzicht van de gemiddelde concentraties en CZV/{TC-IC}-, CZV/NPOC-verhoudingen staat in tabel 12 weergegeven.

De verhouding tussen het CZV en het {TC-IC}- of NPOC-gehalte van het effluent komt niet overeen met die van het influent. De verhoudingen voor het influent liggen hoger dan die voor het effluent. Het {TC-IC}-/NPOC-gehalte volgt het CZV niet gelijkmatig. Twee oorzaken kunnen hiervoor een verklaring geven:

1. Het kan zijn dat onopgeloste bestanddelen bij de {TC-IC}- en NPOC-analyse van het influent niet geheel worden meebepaald, waardoor het {TC-IC}- en NPOC-gehalte te laag zijn;
2. Een zuivering kan invloed hebben op de CZV/{TC-IC}- en CZV/NPOC-verhouding, omdat de samenstelling (soorten verbindingen) van het afvalwater daardoor verandert.

Welke van de twee oorzaken de meeste invloed heeft op de CZV/{TC-IC}-verhouding is moeilijk na te gaan. Het feit blijft dat een zuivering de CZV/{TC-IC}-verhouding beïnvloedt.

Tabel 12: Overzicht van de gemiddelde concentraties van het influent en effluent van een RWZI

	Influent	Effluent
CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	450,40	35,71
TC (mg C/l)	186,72	56,09
IC (mg C/l)	77,79	40,80
{TC-IC} (mg C/l)	108,93	15,29
NPOC (mg C/l)	106,92	14,33
Zw.stof (mg/l)	153,45	<10
Nkj (mg N/l)	45,08	1,65
Cl- (mg/l)	63,95	70,08
CZV/{TC-IC}	4,13	2,34
CZV/NPOC	4,21	2,47

### 6.3.5 Onderzoek naar de invloed van het aanzuren op de {TC-IC}- en NPOC-bepalingen

Uit het voorgaande (6.3.3) is naar voren gekomen dat vetdeeltjes mogelijk invloed hebben op de meting van het CZV, {TC-IC}- en NPOC-gehalte. Het is mogelijk dat door aanzuren van het monster, wat gebeurt bij de CZV- en NPOC- bepaling, vetdeeltjes worden gesplitst. Als gevolg hiervan kunnen de vetdeeltjes in oplossing gaan, waardoor deze beter worden meebe- paald. Om vast te stellen of deze hypothese correct is, is een gedeelte van een influentmon- ster van een slachterij (bedrijf 6) aangezuurd en in de tijd geanalyseerd op het NPOC-en {TC- IC}-gehalte. Tevens werd van een niet aangezuurd gedeelte van het monster het NPOC- en {TC-IC}-gehalte bepaald.

Het monster is aangezuurd met zoutzuur tot een pH < 2. Het {TC-IC}- en NPOC-gehalte zijn hierna bepaald op de tijdstippen 10 minuten, 20 minuten en langer dan 1 uur. Tevens zijn het {TC-IC}- en NPOC-gehalte bepaald van een niet aangezuurd gedeelte van het monster. In tabel 13 zijn de resultaten weergegeven.

Tabel 13: Resultaten van het influent van een slachterij (bedrijf 6) na aanzuren van het monster met zoutzuur in mg C/l

monster		1	2	3	4	x	{TC-IC}- gehalte	%
niet aangezuurd	TC	1502	1462	1433	1480	1469	1277	
	IC	191	193	191	194	192		
	NPOC	1227	1182	1242	1224	1218		
aangezuurd 10 min	TC	1501	1468			1485	1374	108
	IC	110	112			111		
	NPOC	1293	1304			1298		
aangezuurd 20 min	TC	1399	1404			1401	1296	102
	IC	106	104			105		
	NPOC	1317	1412			1365		
aangezuurd 1 uur	TC	1501	1413	1455	1414	1446	1328	104
	IC	109	104	136	124	118		
	NPOC	1333	1309	1240	1267	1288		

%; het percentage t.o.v. van het niet aangezuurde monster.

Een beperkte toename van het {TC-IC}- of NPOC-gehalte als gevolg van het aanzuren van het monster met zoutzuur is in de resultaten waar te nemen. Tijdsduurafhankelijk lijkt dit niet te zijn. Dit wijst op een verbetering in de beschikbaarheid van het organische koolstof in het



monster. De geconstateerde toename is echter te gering om het verschijnsel te verklaren, dat het TC-gehalte lager is dan het NPOC-gehalte.

#### **6.4 Evaluatie van het onderzoek naar diverse typen afvalwater**

Uit het onderzoek naar de relatie tussen het CZV en het NPOC-gehalte van diverse typen afvalwater blijkt dat afvalwatermonsters behorende tot de categorie eiwit- en vetzuurhoudend afvalwater een CZV/NPOC-verhouding hebben van  $3,0 \pm 0,5$ .

De keuze van analysemethode voor de bepaling van het gehalte aan totaal organisch koolstof is afhankelijk van de mogelijke aanwezigheid van vluchtige koolstofhoudende verbindingen. Worden deze niet verwacht dan gaat de voorkeur uit naar de NPOC-bepaling, omdat het monster voor deze bepaling geconserveerd kan worden en daardoor langer houdbaar is. Wanneer wel vluchtige koolstofverbindingen worden verwacht, is de {TC-IC}-bepaling de betere methode.

Wanneer een (voor)zuivering van het afvalwater plaatsvindt, verandert de CZV/TOC-verhouding van het afvalwater. Onduidelijk is of dit komt doordat de zwevende stof bij de {TC-IC}/NPOC-bepaling niet geheel wordt meebepaald of dat het effect geheel is toe te schrijven aan de invloed van de zuiveringsstap.

Matrixinvloeden van stikstof volgens Kjeldahl en chloride zijn niet waargenomen.

## 7 DISCUSSIE EN CONCLUSIE

In dit hoofdstuk worden de resultaten geëvalueerd en bezien op hun betekenis voor de invoering van TOC-gehalte als heffingsparameter en de mogelijke andere toepassingen.

### 7.1 Onderzoek aan afvalwatermonsters

Uit de analyse van afvalwatermonsters blijkt dat afvalwateren met een gangbare samenstelling overeenkomstige CZV/NPOC-verhoudingen hebben in het gebied van  $3,0 \pm 0,5$ . Een afvalwatermonster van een andere categorie (raffinaderij) blijkt een andere factor te hebben, namelijk circa 5. De gevonden factoren komen overeen met de theoretische verwachtingen volgens figuur 1, pagina 14. Uit de grafiek valt af te lezen dat eiwitten en vetzuren factoren hebben van 2,8 tot 3,4 en ethaan (alkanen) rond de 4,6.

Voor de bepaling van het gehalte aan totaal organisch koolstof verdient de NPOC-methode de voorkeur, omdat het monster voor deze bepaling geconserveerd kan worden. Echter, wanneer in een monster vluchtige koolstofverbindingen worden verwacht, is de verschilmethode ( $\{TC-IC\}$ ) een betere methode, omdat bij deze methode ook de vluchtige verbindingen worden meebepaald.

Onderzoek naar de invloed van een vorm van zuivering van het ruwe industriële afvalwater op de CZV/TOC-verhouding laat zien dat daardoor de CZV/TOC-verhouding verandert. Ook door wijzigingen in de manier van (voor)zuiveren verandert de CZV/TOC-verhouding.

Van alle monsters zijn ook de gehalten aan stikstof volgens Kjeldahl, chloride en zwevende stof bepaald. Uit deze waarden blijken deze parameters geen invloed te hebben op de CZV/TOC-verhouding.

### 7.2 Effecten op de heffing

De heffing van zuurstofbindende stoffen vindt plaats op basis van de analyse van het CZV en stikstof volgens Kjeldahl, volgens de volgende formule:

$$V_e = Q * (CZV + 4,5 * N_{kj}) / 136$$

waarin:

$V_e$	het aantal verbruikersequivalenten
$Q$	het debiet in $m^3$
CZV	het gehalte aan CZV in $mg O_2/l$
$N_{kj}$	het gehalte aan stikstof volgens Kjeldahl in $mg N/l$

Hiervan uitgaande blijft de CZV-analyse de referentiemethode voor de bepaling van het aantal  $V_e$ 's. Tegelijkertijd heeft het voordelen om te bezien of een berekende CZV is te bepalen op basis van het NPOC-gehalte, aangezien de NPOC-analyse aanzienlijk minder milieubelastend is, minder arbeidsintensief en sneller. Op basis van het onderhavige onderzoek, kan geconcludeerd worden, dat er een relatie bestaat tussen het CZV en NPOC-gehalte in afvalwater met een gangbare samenstelling van organische verbindingen. De gevonden relatie is als volgt te beschrijven:

$$CZV_{\text{berekend}} = NPOC * f$$

waarin:

$CZV_{\text{berekend}}$	berekende gehalte aan CZV uit het TOC-gehalte in $mg O_2/l$
NPOC	totaal gehalte aan niet-vluchtig organisch koolstof in $mg C/l$
$f$	dimensieloze factor die tussen de 2,5 en 3,5 ligt

Op basis van een meetprotocol, zoals beschreven in hoofdstuk 8, kan de factor tussen het CZV en NPOC-gehalte bepaald worden. De CZV dient daarbij geanalyseerd te worden con-

form NEN 6633 en de NPOC conform NEN-EN 1484. Tevens geldt voor de NPOC-analyse dat de verbrandingstechniek toegepast dient te worden.

Indien de factor kleiner is dan 2,5 of groter dan 3,5 is geen sprake van een afvalwater met gangbare samenstelling en dient nader onderzoek gedaan te worden naar de factor die hoort bij het type afvalwater voordat deze factor voor de heffing gebruikt kan worden. Als de samenstelling van het afvalwater wijzigt door een wijziging in het productieproces of een wijziging in het gebruikte zuiveringsproces qua type of capaciteit (niet de gangbare debietvariaties), dient de factor opnieuw bepaald te worden.

### **7.3 Overige toepasbaarheid**

De bepaling van het TOC-gehalte kan naast het gebruik als vervanging van het CZV voor de heffing ook gebruikt worden voor het monitoren van de vuillast van een procesafvalwater. Het proces kan op basis van het TOC-gehalte worden gestuurd.

## 8 AANBEVELING

### Meetprotocol voor het bepalen van de verhouding tussen het CZV en het NPOC-gehalte

#### Doel

Het bepalen van de verhouding tussen het CZV en het NPOC-gehalte van een afvalwaterstroom.

#### Principe

Van een afvalwaterstroom wordt over een bepaalde tijd het CZV en NPOC-gehalte bepaald. Het CZV wordt bepaald conform NEN 6633. Deze methode is gebaseerd op de oxydatie van de in een watermonster aanwezige organische stof met kaliumdichromaat in aanwezigheid van zilver-sulfaat als katalysator. De hoeveelheid kaliumdichromaat die verbruikt wordt voor de oxydatie is een maat voor het CZV.

Het NPOC-gehalte wordt bepaald conform NEN-EN 1484. Voor de NPOC-bepaling moet gebruik worden gemaakt van de verbrandingstechniek.

#### Werkwijze

- Neem van de afvalwaterstroom met een volumeproportioneel monsterneemapparaat per dag een monster, gedurende 7 werkdagen.
- Analyseer de monsters in achtvoud op het CZV conform NEN 6633 en in achtvoud op het NPOC-gehalte conform NEN-EN 1484, gebruikmakend van de verbrandingstechniek.
- Bereken de CZV/NPOC-verhouding voor ieder monster en bepaal de spreiding in de analyses. Dit levert dus zeven CZV/NPOC-verhoudingen, zeven spreidingen in de CZV-bepaling en zeven spreidingen in de NPOC-bepaling.
- Bereken de gemiddelde CZV/NPOC-verhouding van de afvalwaterstroom en de spreiding in deze verhouding.

#### Criteria

Het NPOC-gehalte mag gebruikt worden voor het bepalen van de vuillast als de gemiddeld CZV/NPOC-verhouding ligt tussen 2,5 en 3,5 en de gemiddelde spreiding in deze verhouding kleiner is dan 0,5.

#### Controle op de verhouding

Ieder kwartaal dient de verhouding tussen het CZV en het NPOC-gehalte opnieuw vastgesteld te worden. Daarnaast dient deze opnieuw vastgesteld te worden als de samenstelling van het afvalwater is gewijzigd door een wijziging in het productieproces dan wel een wijziging in het gebruikte zuiveringsproces qua type of capaciteit.

#### Voorbeeld van resultaten

CZV-analyses in mg O<sub>2</sub>/l

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7
meting 1	1101	1051	1023	1030	1053	970	986
meting 2	1133	1064	1050	1092	1063	994	987
meting 3	1099	1068	1036	1059	1033	1003	1002
meting 4	1108	1047	1068	1054	1017	1005	988
meting 5	1110	1050	1060	1033	964	1014	1006
meting 6	1105	1081	1065	1024	994	1006	999
meting 7	1124	1053	1014	1017	1045	997	972
meting 8	1119	1054	1000	1039	1066	1009	994
x	1112	1059	1040	1044	1029	1000	992
s	12	12	25	24	36	14	11
r.s.d.	1,1	1,1	2,4	2,3	3,5	1,4	1,1

NPOC-analyses in mg C/l

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7
meting 1	217	373	395	396	381	379	366
meting 2	247	372	392	400	383	382	366
meting 3	394	378	380	395	378	377	367
meting 4	378	377	390	399	382	380	368
meting 5	382	368	392	394	379	380	363
meting 6	386	361	395	398	382	382	366
meting 7	387	371	390	395	381	378	364
meting 8	398	388	394	397	384	381	369
x	349	373	391	397	381	380	366
s	73	8	5	2	2	2	2
r.s.d.	20,9	2,1	1,2	0,5	0,6	0,4	0,6

CZV/NPOC-verhouding

monsternr.	NPOC (mg C/l)	CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	CZV/NPOC
1	349	1112	3,19
2	373	1059	2,83
3	391	1040	2,66
4	397	1044	2,63
5	381	1029	2,70
6	380	1000	2,63
7	366	992	2,71
x			2,76
s			0,20
r.s.d.			7,2

## 9 LITERATUUR

- [1] P. Spies, *gwf-wasser/abwasser*, **127** (5), 230-233 (1986).
- [2] F. Malz, *Wasser, Abwasser*, **42**, 111-117 (1980).
- [3] P.C.M. Frintrop, Lezing gehouden op 16 oktober in het kader van een symposium over TOC.
- [4] H. de Wit, P. Frintrop, T. Lopik, Artikel over een praktijkstudie naar de relatie tussen CZV en TOC uitgevoerd door Euroglas B.V. in samenwerking met het RIZA (1990). De meetgegevens van dit onderzoek zijn door het RIZA ter beschikking gesteld.
- [5] R. Schulze-Rettmer, *Wasser, Abwasser*, **60**, 397-414 (1982).
- [6] R. Briggs, J.W. Schofield, P.A. Gorton, *Wat. Pollut. Control*, 47-57 (1976).
- [7] H. Fathmann, *Wasser, luft und betrieb*, **21** (4), 182-183 (1977).
- [8] D. Hein, A. Hädicke, *Vom Wasser*, **77**, 183-193 (1991).
- [9] D. Hein, *Korrespondenz Abwasser*, **38**, 1358-1361 (1991).
- [10] P. Kortelainen, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **50**, 1477-1483 (1993).
- [11] Shimadzu application news, C391-E012, Total Organic Carbon Measurement.
- [12] A. Wilander, *Vatten*, **44**, 217-224 (1988).
- [13] F. Wilson, *J. Environ. Engng.*, **119** (3), 478-492 (1993).
- [14] R. Basei, *Hydrocarbon Processing*, 42-44 (oktober 1984).
- [15] G.D. Boardman, L. Vanleigh, B.T. Nolan, W.F. McTernan, *Chem. Eng. Commun.*, **37**, 55-65 (1985).
- [16] H.-U. Kerpen, *Korrespondenz Abwasser*, **36** (9), 1011-1014 (1989).
- [17] C. Nähle, *Korresp. Abwasser*, **34** (4), 355-357 (1987).
- [18] Tauw Infra Consult B.V., Rapportnummer 5100945 (augustus 1993).
- [19] A.M. El-Rehaili, *Wat. Res.*, **29** (6), 1571-1577 (1995).

### Normen:

- ontwerp NEN-EN 1484; Water - Leidraad voor de bepaling van het totale gehalte aan organisch koolstof (TOC); 1994.
- NEN 6633; Water - Bepaling van het chemisch zuurstofverbruik (CZV); 1990.
- CEN document CEN/TC 230 N 146; Water Quality; Guidelines for the determination of the total organic carbon (TOC); 1993.

## 10 LIJST MET AFKORTINGEN

Cl-	chloride in mg/l
CEN	European Committee for Standardisation
CZV	chemisch zuurstofverbruik in mg O <sub>2</sub> /l
CZV <sub>berekend</sub>	berekende gehalte aan CZV uit het TOC-gehalte in mg O <sub>2</sub> /l
DOC	dissolved organic carbon (opgelost organisch koolstof) in mg C/l
IC	inorganic carbon (anorganisch koolstof) in mg C/l
f	dimensiloze factor
n	aantal waarnemingen
NEN	Nederlandse eenheidsnorm
Nkj	stikstof volgens Kjeldahl in mg N/l
NPOC	non-purgeable organic carbon (niet vluchtig organisch koolstof) in mg C/l
Q	het debiet in m <sup>3</sup>
r	correlatiecoëfficiënt
r.s.d.	relatieve standaarddeviatie (%)
s	standaarddeviatie in de eenheid van de bepaling
TC	total carbon (totaal koolstof) in mg C/l
{TC-IC}	totaal koolstofgehalte bepaald met de verschilmethode in mg C/l
TOC	total organic carbon (totaal organisch koolstof) in mg C/l
Ve	Verbruikersequivalent
x	gemiddelde in de eenheid van de bepaling
Zw.stof	zwevende stof of onopgeloste bestanddelen in mg/l

## BIJLAGEN

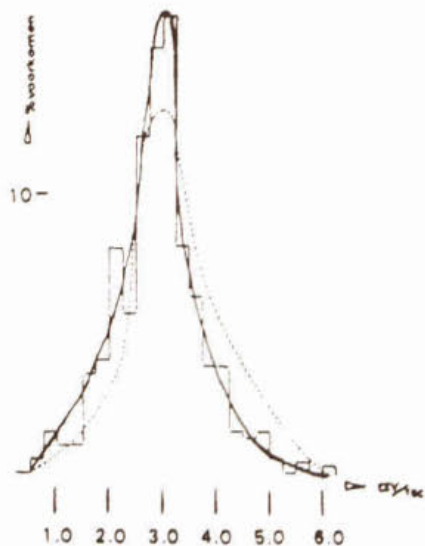
Bijlage 1:	Tabellen en grafieken behorende bij de artikelen die de CZV/TOC-relatie beschrijven met een factor	39
Bijlage 2:	Grafieken behorende bij de artikelen die de CZV/TOC-relatie beschrijven met een lineair verband	41
Bijlage 3:	Grafieken behorende bij de artikelen die de CZV/TOC-relatie beschrijven met een factor en een lineair verband	42
Bijlage 4:	Meetresultaten Euroglas/RIZA met UV-ontsluiting als NPOC-methode	48
Bijlage 5:	Resultaten van de bepaling van het CZV in achtvoud uitgevoerd van acht afvalwatermonsters bij tien bedrijven	49
Bijlage 6:	Resultaten van de {TC-IC}-bepaling in achtvoud uitgevoerd van acht afvalwatermonsters bij tien bedrijven	53
Bijlage 7:	Resultaten van de NPOC-bepaling in achtvoud uitgevoerd van acht afvalwatermonsters bij tien bedrijven	63
Bijlage 8:	Overzicht van de resultaten van de CZV-, {TC-IC}-, NPOC-, stikstof volgens Kjeldahl-, chloride-, zwevende stof bepaling en de CZV/{TC-IC}-, CZV/NPOC-verhouding van acht afvalwatermonsters bij tien bedrijven	64
Bijlage 9:	Beschrijving van de relatie tussen het CZV en {TC-IC}-gehalte met een lineair verband	68
Bijlage 10:	Invloed van het gehalte stikstof volgens Kjeldahl, chloride en zwevende stof op de CZV/{TC-IC}- en CZV/NPOC-verhouding	69
Bijlage 11:	Resultaten van de bepaling van het CZV in achtvoud uitgevoerd van acht afvalwatermonsters voor (influent) en na (effluent) een zuivering voor de bedrijven 6 en 7	71
Bijlage 12:	Resultaten van de {TC-IC}-bepaling in achtvoud uitgevoerd van acht afvalwatermonsters voor (influent) en na (effluent) een zuivering voor de bedrijven 6 en 7	73
Bijlage 13:	Resultaten van de NPOC-bepaling in achtvoud uitgevoerd van acht afvalwatermonsters voor (influent) en na (effluent) een zuivering voor de bedrijven 6 en 7	78
Bijlage 14:	Invloed van het gehalte stikstof volgens Kjeldahl, chloride en zwevende stof op de CZV/{TC-IC}- en CZV/NPOC-verhouding van bedrijven 6 en 7	79
Bijlage 15:	CZV-resultaten van een afvalwater van een RWZI voor en na de zuivering	80
Bijlage 16:	{TC-IC}-resultaten van een afvalwater van een RWZI voor en na zuivering	81
Bijlage 17:	NPOC-resultaten van een afvalwater van een RWZI voor en na de zuivering	82



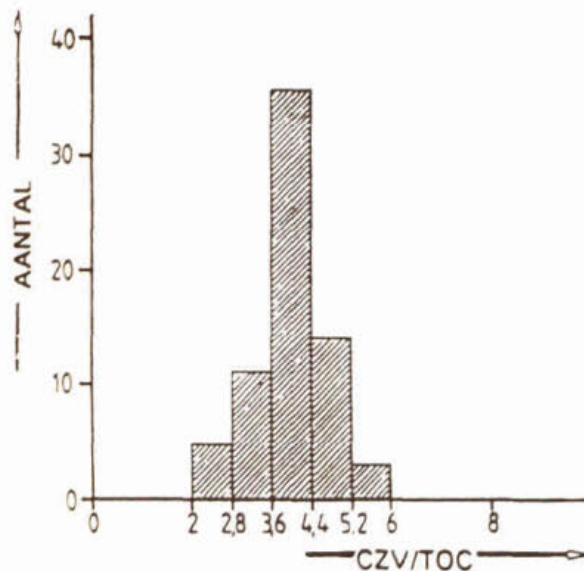
**Bijlage 1: Tabellen en grafieken behorende bij de artikelen die de CZV/TOC-relatie beschrijven met een factor**

Tabel 14: Resultaten van Briggs e.a. [6]

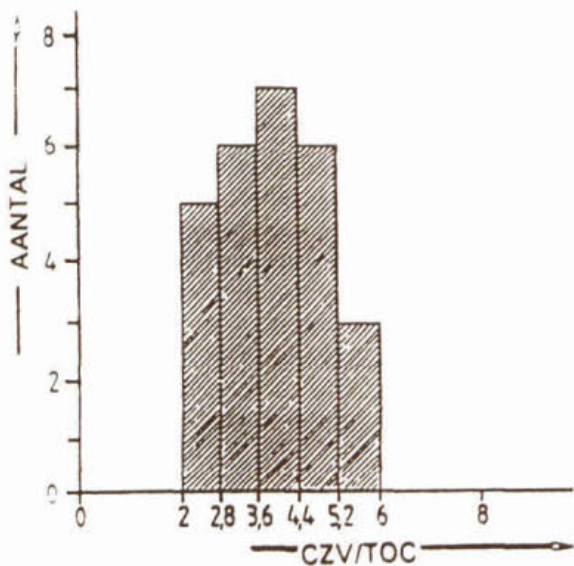
Monstersoort	Monster	CZV/NPOC-verbranding	spreiding
Huishoudelijk afvalwater (na bezinking)	1	3,19	0,35 (11%)
	2	3,42	0,21 (6%)
	3	3,28	0,32 (10%)
Huishoudelijk afvalwater, na filtratie (niet laten bezinken)	1	3,36	0,68 (20%)
	2	3,06	0,63 (21%)
Huishoudelijk afvalwater, na filtratie (na bezinking)	1	3,14	0,41 (13%)
	2	2,89	0,62 (21%)
Huishoudelijk afvalwater, na filtratie met high-rate filters (na bezinking)	1	3,32	0,18 (5%)
Verdunde melk	1	2,77	0,23 (8%)
Verdunde melk, na filtratie met high-rate filters (na bezinking)	1	3,04	0,20 (7%)
Gemiddelde van gemiddelden		3,13	0,22 (7%)



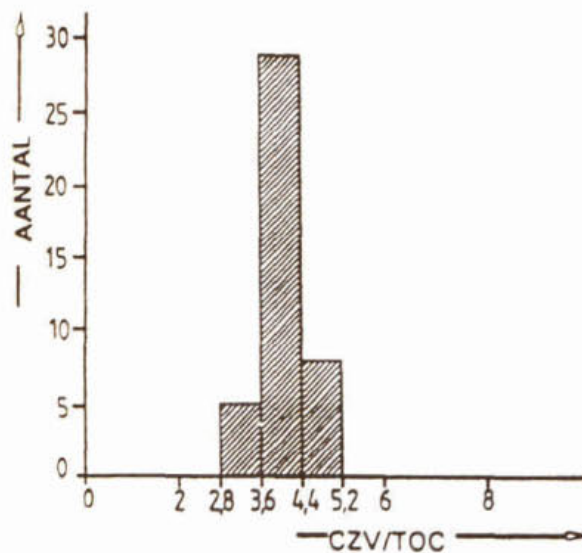
Figuur 8: Histogram uit artikel Fathmann (CZV/NPOC) [7]



Figuur 9: CZV/DOC voor industrieel en huishoudelijk afvalwater (n=69) uit artikel Hein en Hädicke [8,9]

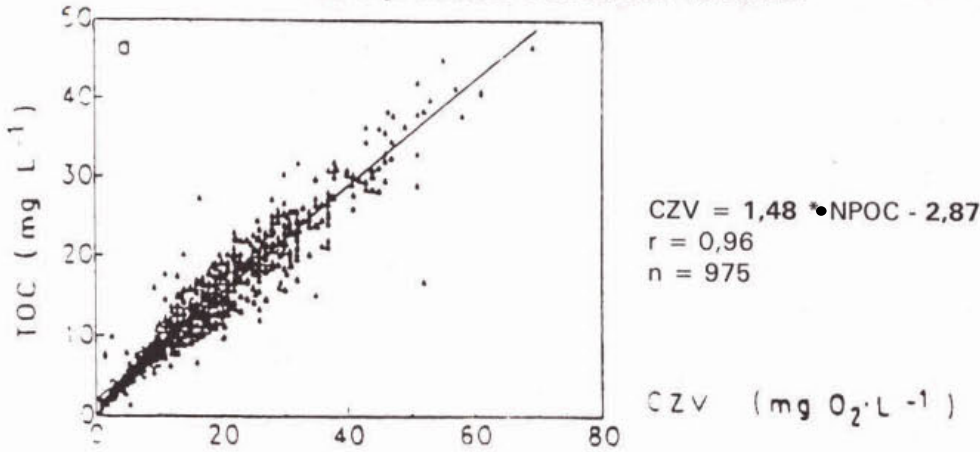


Figuur 10: CZV/DOC voor industrieel afvalwater (n=27) uit artikel Hein en Hädicke [8,9]

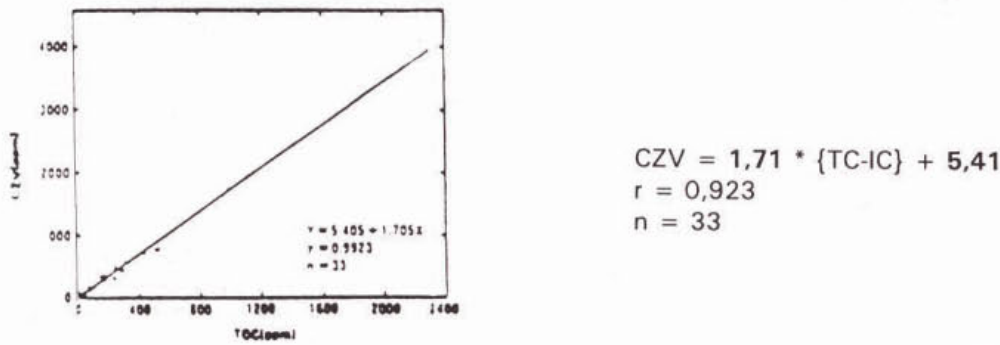


Figuur 11: CZV/DOC voor huishoudelijk afvalwater (n=42) uit artikel Hein en Hädicke [8,9]

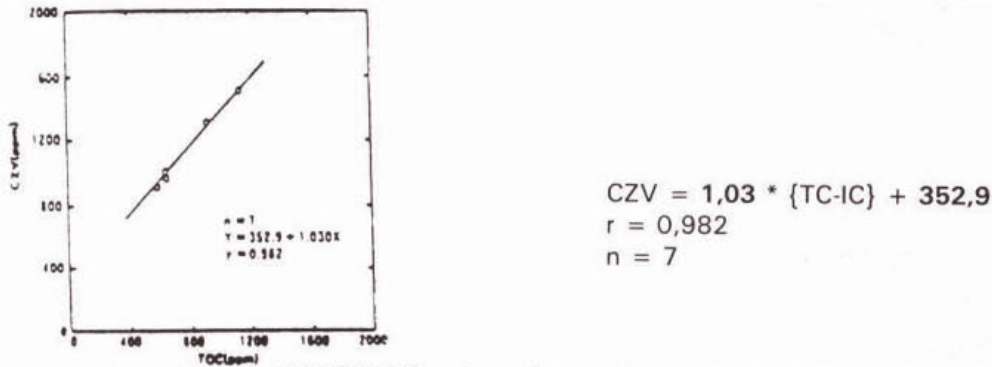
**Bijlage 2: Grafieken behorende bij de artikelen die de CZV/TOC-relatie beschrijven met een lineair verband**



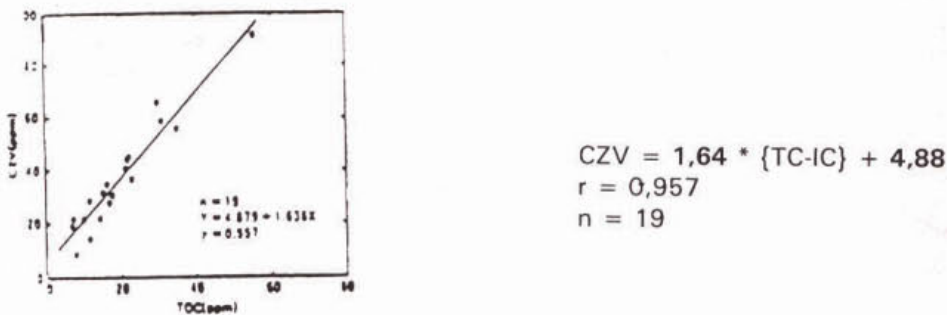
Figuur 12: Resultaten van Kortelainen [10]: CZV/NPOC-UV voor water uit de Finse meren



Figuur 13: CZV/{TC-IC}-verbranding voor afvalwater van papierindustrie (Shimadzu [11])



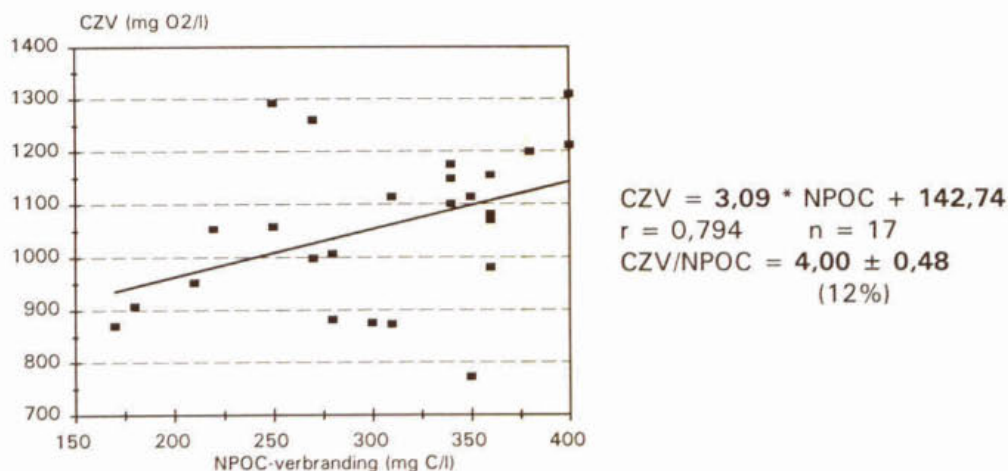
Figuur 14: CZV/{TC-IC}-verbranding voor afvalwater van chemische industrie 1 (Shimadzu [11])



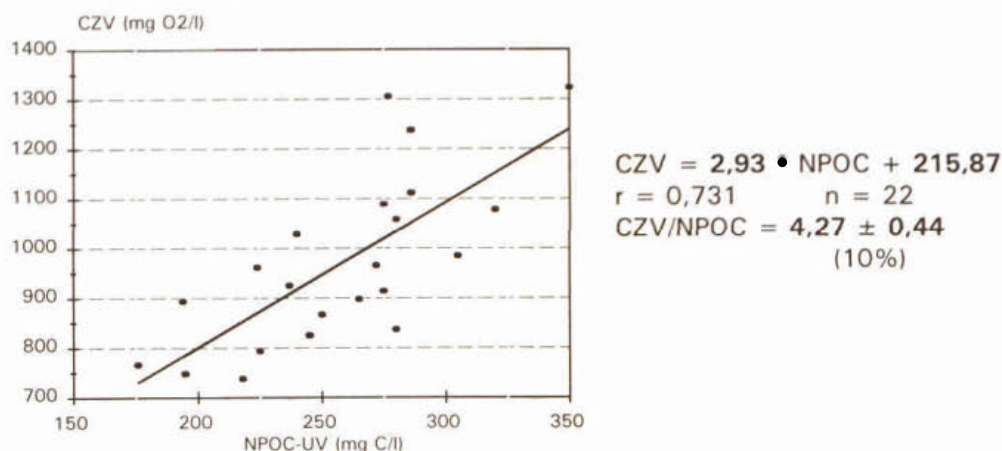
Figuur 15: CZV/{TC-IC}-verbranding voor afvalwater van chemische industrie 2 (Shimadzu [11])

**Bijlage 3: Grafieken behorende bij de artikelen die de CZV/TOC-relatie beschrijven met een factor en een lineair verband**

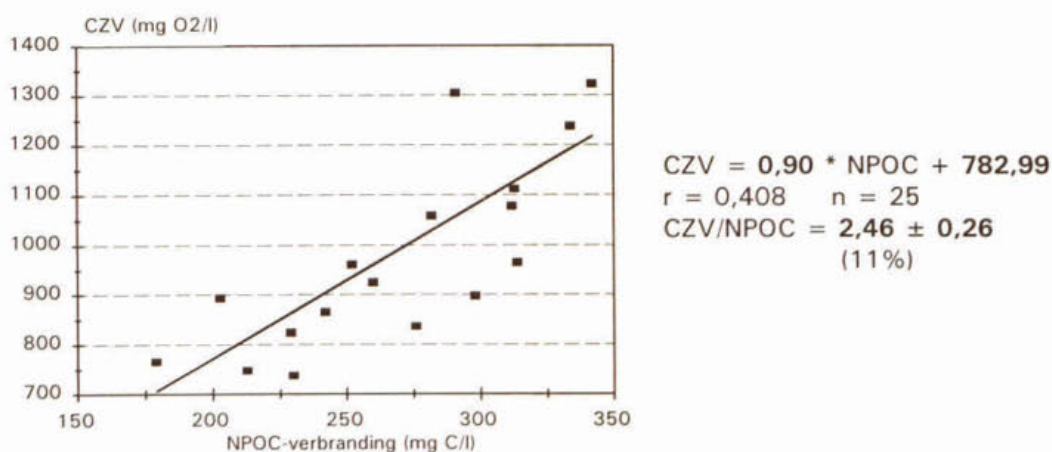
**Basei [14]**



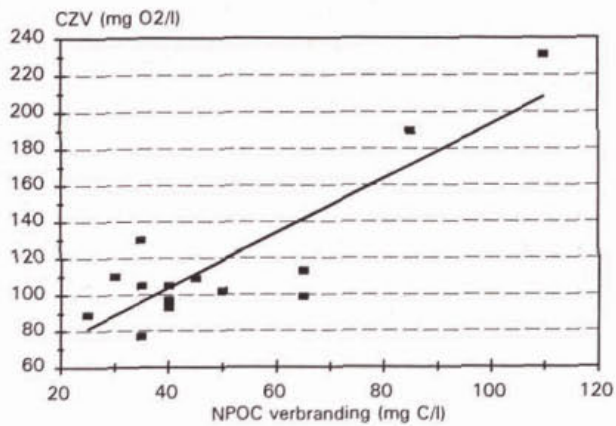
**Figuur 16: CZV/NPOC-verbranding**



**Figuur 17: CZV/NPOC-UV**



**Figuur 18: CZV/NPOC-verbranding voor niet gezuiverd water**



$$\text{CZV} = 1,49 * \text{NPOC} + 44,26$$

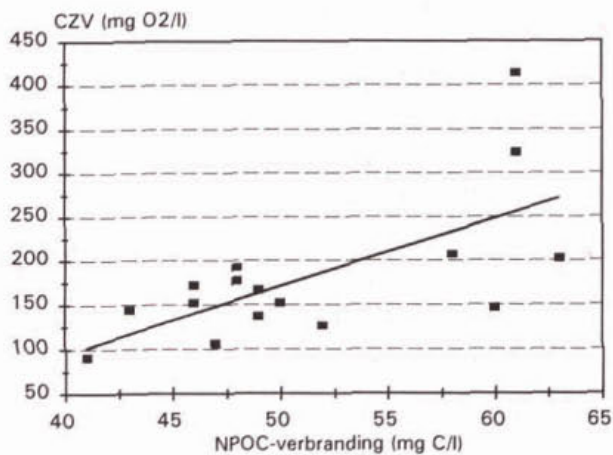
$$r = 0,855 \quad n = 15$$

$$\text{CZV/NPOC} = 2,33 \pm 0,81$$

(35%)

Figuur 19: CZV/NPOC-verbranding voor gezuiverd water

Boardman e.a. [15]



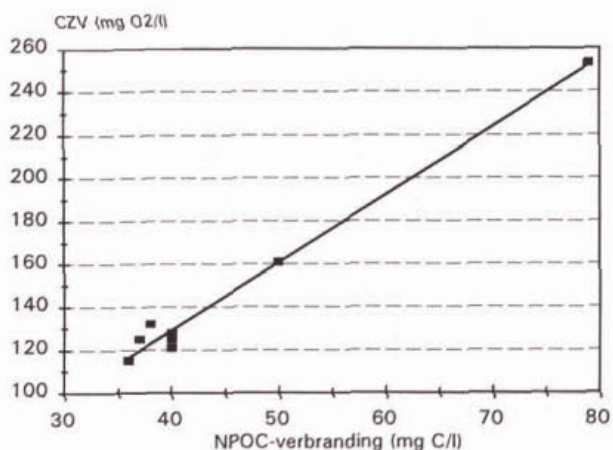
$$\text{CZV} = 7,70 * \text{NPOC} - 213,87$$

$$r = 0,661 \quad n = 16$$

$$\text{CZV/NPOC} = 2,86 \pm 0,46$$

(17%)

Figuur 20: CZV/NPOC-verbranding voor effluent van zuiveringen met schuimafscheiding



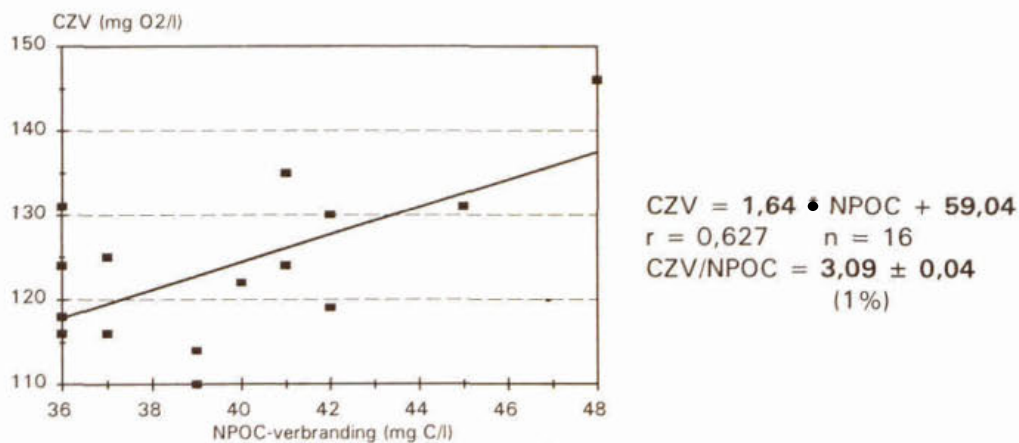
$$\text{CZV} = 3,16 * \text{NPOC} + 2,92$$

$$r = 0,993 \quad n = 8$$

$$\text{CZV/NPOC} = 3,11 \pm 0,09$$

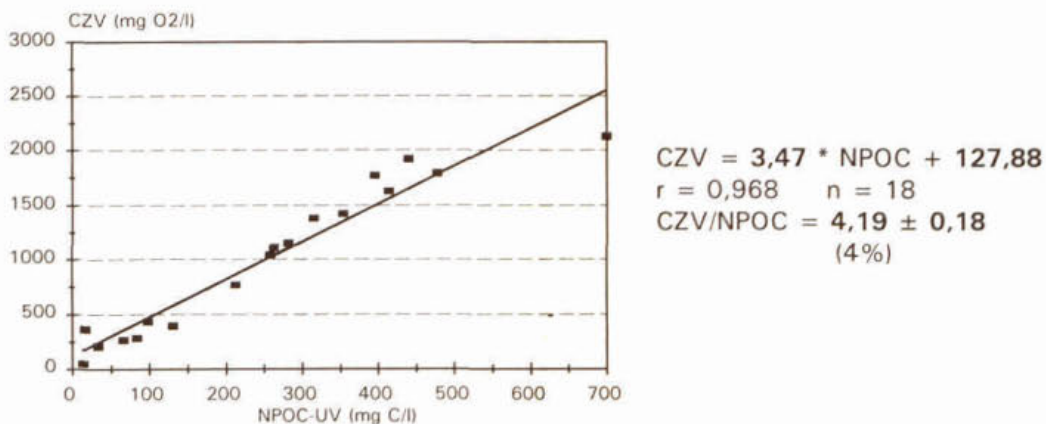
(3%)

Figuur 21: CZV/NPOC-verbranding voor effluent van zuiveringen met lucht-flotatie

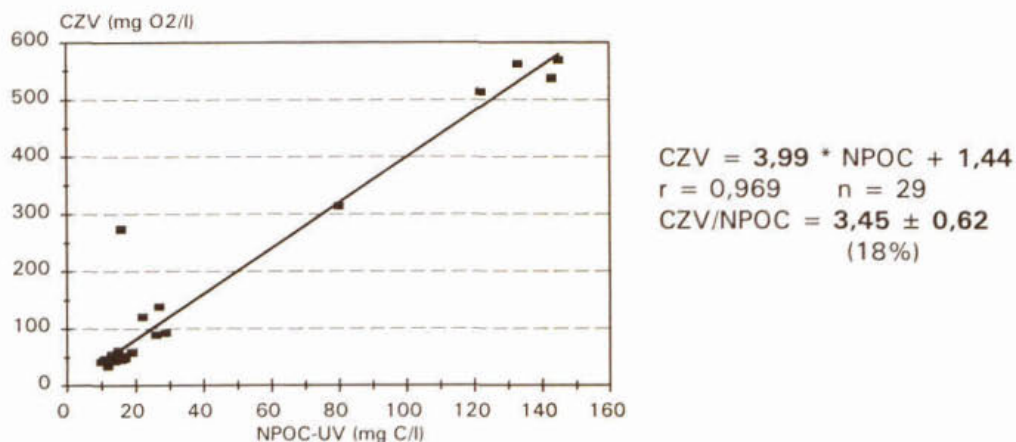


Figuur 22: CZV/NPOC-verbranding voor effluent van zuiveringen met polymeer ondersteunde flotatie

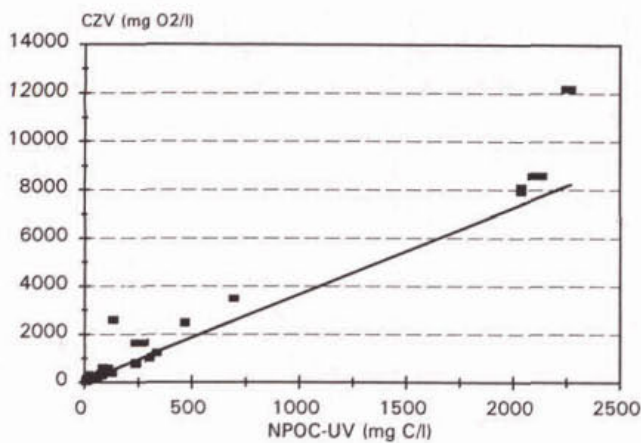
**RIZA en Euroglas [3,4]**



Figuur 23: CZV/NPOC-UV van afvalwater van olieafscidders

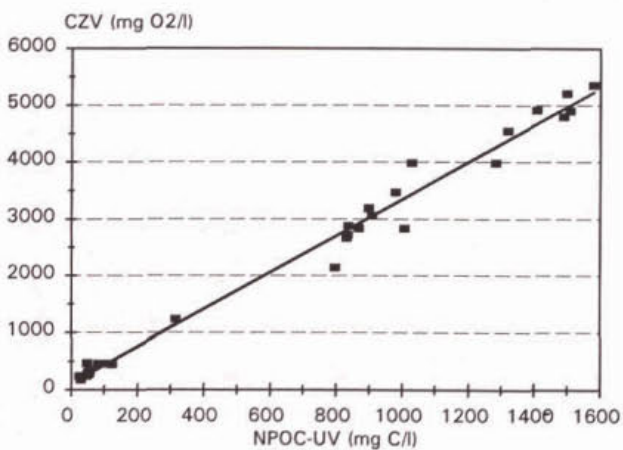


Figuur 24: CZV/NPOC-UV van afvalwater van biologische zuiveringen van huishoudelijk afvalwater



$$\begin{aligned}
 \text{CZV} &= 4,51 * \text{NPOC} + 52,56 \\
 r &= 0,980 \quad n = 42 \\
 \text{CZV/NPOC} &= 3,54 \pm 0,36 \\
 &\quad (10\%)
 \end{aligned}$$

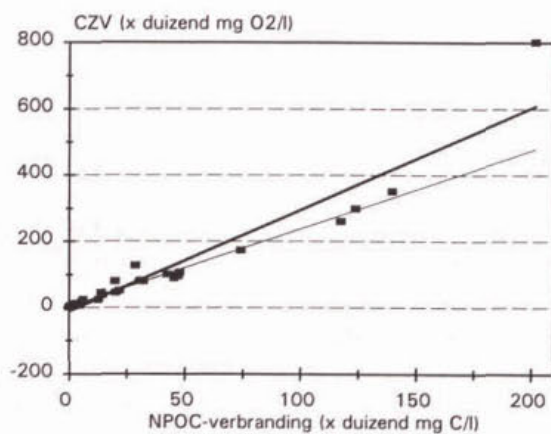
Figuur 25: CZV/NPOC-UV van afvalwater van biologische zuiveringen van industrieel afvalwater



$$\begin{aligned}
 \text{CZV} &= 3,24 * \text{NPOC} + 115,35 \\
 r &= 0,994 \quad n = 32 \\
 \text{CZV/NPOC} &= 6,57 \pm 3,08 \\
 &\quad (47\%)
 \end{aligned}$$

Figuur 26: CZV/NPOC-UV van afvalwater van chemische zuiveringen van industrieel afvalwater

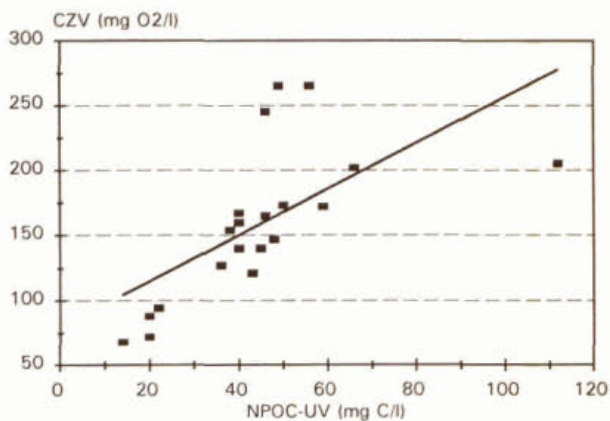
### Kerpen [16]



$$\begin{aligned}
 \text{CZV} &= 3,08 * \text{NPOC} - 10957 \\
 r &= 0,957 \quad n = 41 \\
 \text{CZV/NPOC} &= 2,39 \pm 0,03 \\
 &\quad (1\%)
 \end{aligned}$$

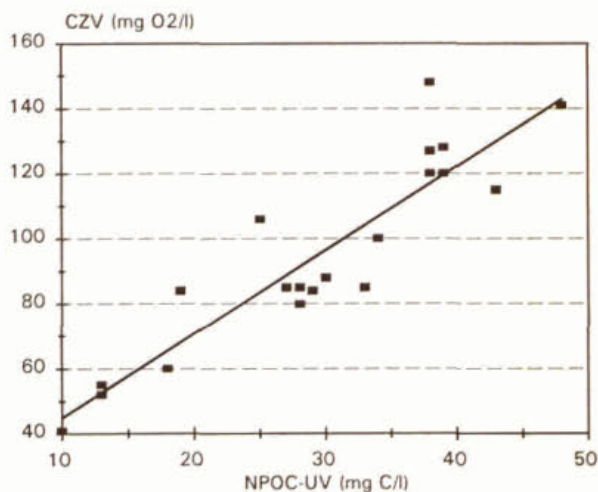
Figuur 27: CZV/NPOC-verbranding voor industrieel afvalwater

**Nähle [17]**



$$\begin{aligned} \text{CZV} &= 1,77 \cdot \text{NPOC} + 79,72 \\ r &= 0,642 \quad n = 20 \\ \text{CZV/NPOC} &= 3,32 \pm 0,26 \\ &\quad (8\%) \end{aligned}$$

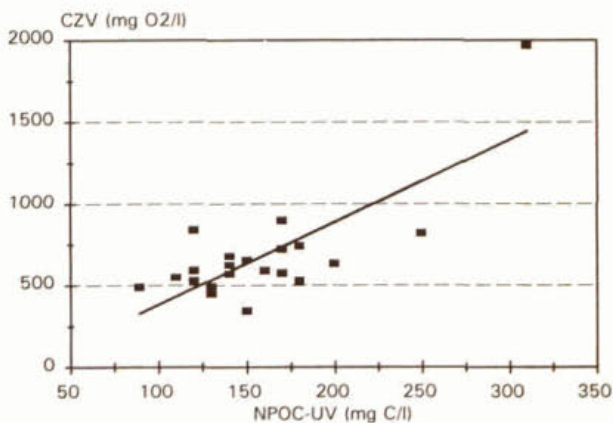
**Figuur 28:** CZV/NPOC-UV van niet gefiltreerd water



$$\begin{aligned} \text{CZV} &= 2,58 \cdot \text{NPOC} + 19,16 \\ r &= 0,911 \quad n = 20 \\ \text{CZV/NPOC} &= 2,98 \pm 0,30 \\ &\quad (10\%) \end{aligned}$$

**Figuur 29:** CZV/NPOC-UV voor gefiltreerd water

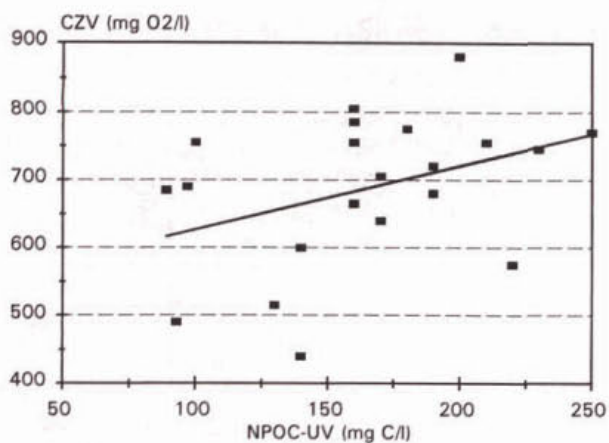
**Tauw [18]**



$$\begin{aligned} \text{CZV} &= 0,66 \cdot \text{NPOC} + 514,65 \\ r &= 0,159 \quad n = 19 \\ \text{CZV/NPOC} &= 4,69 \pm 0,19 \\ &\quad (4\%) \end{aligned}$$

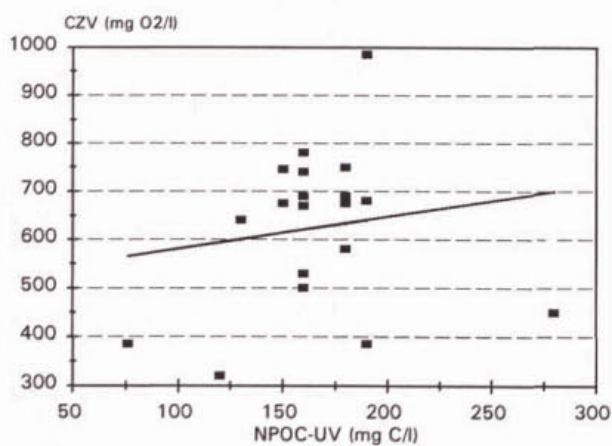
**Figuur 30:** CZV/NPOC-UV van het huishoudelijk afvalwater van de wijk Stokhorst te Enschede





$$\begin{aligned}
 \text{CZV} &= 5,06 \cdot \text{NPOC} - 120,31 \\
 r &= 0,770 \quad n = 21 \\
 \text{CZV/NPOC} &= 5,36 \pm 1,10 \\
 &\quad (21\%)
 \end{aligned}$$

Figuur 31: CZV/NPOC-UV van het huishoudelijk afvalwater van de wijk Stroïnklanden te Enschede



$$\begin{aligned}
 \text{CZV} &= 0,94 \cdot \text{NPOC} + 533,31 \\
 r &= 0,386 \quad n = 21 \\
 \text{CZV/NPOC} &= 5,76 \pm 1,36 \\
 &\quad (24\%)
 \end{aligned}$$

Figuur 32: CZV/NPOC-UV van het huishoudelijk afvalwater van de wijk Oostermeenthe te Steenwijk

**Bijlage 4: Meetresultaten van Euroglas/RIZA met UV-ontsluiting als NPOC-methode**

Afvalwater van olieafscijders		Biologische zuivering huishoudelijk afvalwater		Biologische zuivering industrieel afvalwater		Chemische zuivering industrieel afvalwater	
CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	NPOC-UV (mg C/l)	CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	NPOC-UV (mg C/l)	CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	NPOC-UV (mg C/l)	CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	NPOC-UV (mg C/l)
1920	440	34	12	264	83	463	48
1630	414	50	15	412	114	300	50
1110	263	52	16	1630	280	327	56
1040	258	274	16	1630	240	235	27
282	84	89	26	179	61	228	26
432	98	92	29	141	50	3980	1030
208	34	52	16	133	42	3470	980
1790	478	58	19	2470	470	2140	797
1380	315	54	13	2440	470	4800	1490
1150	282	52	14	1220	340	4900	1510
49	14	314	80	109	27	5210	1500
768	213	48	17	82	24	5360	1582
393	131	42	10	158	47	2660	833
263	66	46	15	3480	698	454	81
2130	700	48	17	352	79	298	50
362	17	46	15	980	305	274	54
1770	396	49	15	268	51	452	106
1420	354	43	14	769	241	243	46
		46	16	144	20	167	30
		569	145	174	36	4550	1320
		562	133	299	25	3980	1283
		46	16	200	23	2840	869
		120	22	805	242	3190	900
		138	27	570	112	2830	1007
		46	11	608	87	2880	838
		537	143	28	11	2720	836
		513	122	2570	136	3060	910
		49	16	152	15	194	29
		61	15	302	86	216	29
				293	77	1230	317
				570	112	443	124
				126	29	4920	1410
				96	27		
				133	31		
				389	130		
				33	10		
				12200	2270		
				12200	2250		
				8580	2136		
				8580	2092		
				8100	2040		
				7940	2040		

**Bijlage 5: Resultaten van de bepaling van het CZV in achtvoud uitgevoerd van acht afvalwatermonsters bij tien bedrijven (in mg O<sub>2</sub>/l)**

Bedrijf 1

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	1101	1051	1023	1030	1053	970	986	971
meting 2	1133	1064	1050	1092	1063	994	987	1003
meting 3	1099	1068	1036	1059	1033	1003	1002	966
meting 4	1108	1047	1068	1054	1017	1005	988	963
meting 5	1110	1050	1060	1033	964	1014	1006	955
meting 6	1105	1081	1065	1024	994	1006	999	974
meting 7	1124	1053	1014	1017	1045	997	972	895
meting 8	1119	1054	1000	1039	1066	1009	994	969
x	1112	1059	1040	1044	1029	1000	992	962
s	12	12	25	24	36	14	11	30
r.s.d.	1,1	1,1	2,4	2,3	3,5	1,4	1,1	3,2

Bedrijf 2

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	84,9	125	86,7	81,2	96,9	72,7	91,7	87,1
meting 2	83,6	119	86,3	86,1	87,5	72,6	86,4	96,0
meting 3	77,5	119	81,5	90,2	89,0	71,0	86,2	94,0
meting 4	86,4	116	76,7	84,7	85,3	76,0	97,1	86,6
meting 5	84,8	121	79,3	85,7	90,1	79,2	96,8	86,4
meting 6	84,6	117	86,7	85,8	78,9	76,9	87,3	94,3
meting 7	82,0	116	87,4	82,6	98,0	69,8	86,6	85,6
meting 8	82,9	118	85,9	84,7	86,2	70,9	93,0	91,9
x	83,3	119	83,8	85,1	89,0	73,6	90,6	90,2
s	2,7	3	4,1	2,7	6,2	3,3	4,7	4,2
r.s.d.	3,3	2,3	4,9	3,1	7,0	4,5	5,1	4,7

Bedrijf 3

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	3775	3565	4548	4155	5895	4555	7052	5480
meting 2	4080	3788	4770	4353	6240	4285	7536	5829
meting 3	3977	3737	4737	4471	6321	4722	7758	5892
meting 4	3954	3762	4789	4379	6181	4326	7748	5845
meting 5	3973	3799	4708	4331	6188	4318	7610	5725
meting 6	3991	3740	4803	4353	6380	4381	7588	5797
meting 7	3966	3751	4793	4338	6225	4374	7529	5793
meting 8	3906	3748	4615	4331	6203	4292	7499	5723
x	3953	3736	4720	4339	6204	4407	7540	5761
s	87	73	93	87	143	154	220	127
r.s.d.	2,2	1,9	2,0	2,0	2,3	3,5	2,9	2,2

Bedrijf 4

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	3531	3657	3736	3944	3542	3182	3142	3034
meting 2	3559	3645	3733	3873	3544	3125	3263	3041
meting 3	3605	3686	3796	3786	3518	3131	3292	3103
meting 4	3791	3644	3689	3778	3585	3168	3300	3061
meting 5	3471	3652	3850	3780	3450	3224	3352	3111
meting 6	3494	3934	3706	3761	3551	3268	3297	3084
meting 7	3497	3725	3710	3745	3733	3308	3292	3090
meting 8	3859	3584	3698	3785	3707	3237	3368	3071
x	3601	3691	3740	3807	3579	3205	3288	3074
s	146	106	56	67	96	65	68	28
r.s.d.	4,0	2,9	1,5	1,8	2,7	2,0	2,1	0,9

Bedrijf 5

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	3625	1774	992	2539	4298	4811	1811	1705
meting 2	3334	1716	998	2288	4398	5226	1930	1658
meting 3	3433	1718	1025	2349	4185	4973	1905	1750
meting 4	3392	1695	1043	2317	4209	5194	2128	1632
meting 5	3361	1710	1027	2291	4303	5202	1910	1633
meting 6	3304	2073	1124	2259	4169	5257	1965	1574
meting 7	3261	1768	1006	2296	4272	5123	1881	1605
meting 8	3281	1739	1043	2288	4288	5044	1881	1650
x	3374	1774	1032	2328	4265	5104	1926	1651
s	116	124	42	89	75	153	93	55
r.s.d.	3,5	7,0	4,0	3,8	1,8	3,0	4,8	3,4

Bedrijf 6

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	3246	3822	11100	6788	11352	7998	9385	9692
meting 2	3280	3590	11400	6770	13000	9430	10672	9632
meting 3	3242	3745	11259	6431	10706	8909	10153	8986
meting 4	3295	3722	11721	6586	11551	8494	10522	9539
meting 5	3269	3761	11167	6618	11950	8402	10138	9446
meting 6	3288	3815	11444	7037	13405	8294	10045	9400
meting 7	3219	3753	11444	6202	11812	8602	10752	9446
meting 8	3288	3899	11290	6503	12012	8771	10444	9185
x	3266	3763	11353	6617	11974	8613	10264	9416
s	27	90	195	253	870	434	440	232
r.s.d.	0,8	2,4	1,7	3,8	7,3	5,0	4,3	2,5

Bedrijf 7

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	1430	2203	2822	3600	3921	4120	4401	4116
meting 2	1550	2130	2818	4480	3901	4220	4788	4378
meting 3	1407	2250	2784	3594	3809	4236	4573	4232
meting 4	1461	2262	2707	3552	3859	4124	4481	4116
meting 5	1450	2246	2780	3625	3852	3694	4385	4182
meting 6	1484	2158	2876	3690	3978	4116	4378	4370
meting 7	1454	2266	2861	3575	3817	4282	4420	4178
meting 8	1457	2212	2799	3686	3744	4220	4454	4339
x	1462	2216	2806	3725	3860	4127	4485	4239
s	42	50	53	309	73	185	138	109
r.s.d.	2,9	2,3	1,9	8,3	1,9	4,5	3,1	2,6

Bedrijf 8

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	946	1031	1064	1323	1171	2188	1716	831
meting 2	942	1026	1060	1362	1182	2193	1695	824
meting 3	967	1061	1066	1444	1121	2256	1660	827
meting 4	926	1067	1058	1344	1154	2232	1675	823
meting 5	936	1083	1069	1353	1141	2225	1690	822
meting 6	939	1047	1041	1353	1173	2206	1657	840
meting 7	918	1027	1075	1343	1156	2179	1683	858
meting 8	934	1040	1070	1413	1145	2208	1675	832
x	939	1048	1063	1367	1155	2211	1681	832
s	15	21	10	41	20	26	19	12
r.s.d.	1,6	2,0	1,0	3,0	1,7	1,2	1,1	1,4

Bedrijf 9

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	5587	7925	3939	4930	4416	4554	4990	4768
meting 2	5825	7135	4532	4186	5210	4449	4870	4733
meting 3	5418	7112	4297	4439	4669	4520	5019	3988
meting 4	5157	7027	4205	4293	4762	4489	4827	4768
meting 5	5418	6858	4389	4389	4489	4485	4500	4443
meting 6	5322	7212	4036	4093	4393	4439	4762	4704
meting 7	5487	6866	4166	4980	4370	4401	4600	4259
meting 8	5626	6766	4351	4401	4620	4449	5211	4128
x	5480	7113	4239	4464	4616	4473	4847	4474
s	203	363	193	325	279	49	231	315
r.s.d.	3,7	5,1	4,6	7,3	6,0	1,1	4,8	7,0

Bedrijf 10

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	12490	11244	11198	11352	11782	10782	10152	10152
meting 2	12290	11428	11229	11705	11967	10721	10383	10383
meting 3	12444	11367	11382	11475	11336	10967	10767	10459
meting 4	12721	12013	11444	12305	11475	10567	11090	10444
meting 5	13028	11375	11352	12828	10798	10583	10490	10752
meting 6	12797	12167	11659	11398	10921	10813	10644	10413
meting 7	12474	12136	11459	11582	12167	10567	11044	9813
meting 8	12505	11890	11305	11905	10675	10798	10998	10306
x	12594	11703	11379	11819	11390	10725	10696	10340
s	237	386	147	513	558	144	341	272
r.s.d.	1,9	3,3	1,3	4,3	4,9	1,3	3,2	2,6

**Bijlage 6: Resultaten van de {TC-IC}-bepaling in achtvoud uitgevoerd van acht afvalwatermonsters bij tien bedrijven (in mg C/l)**

Bedrijf 1

monsternr.	1		2		3		4	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	51,1	365	27,2	363	22,6	355	20,7	351
meting 2	49,6	353	27,8	359	23,1	350	21,1	345
meting 3	51,5	369	25,1	358	22,8	355	20,5	349
meting 4	50,4	356	25,6	353	23,4	347	21,0	345
meting 5	51,6	368	25,4	357	24,2	353	20,2	348
meting 6	50,7	355	25,8	352	24,6	346	20,6	343
meting 7	52,2	367	24,8	357	21,4	350	19,9	349
meting 8	51,7	355	25,2	351	22,3	347	20,2	344
x	51,1	361	25,9	356	23,4	351	20,7	347
s	0,8	7	1,1	4	0,8	4	0,4	3
r.s.d.	1,6	1,9	4,1	1,2	3,3	1,1	1,7	0,8

monsternr.	5		6		7		8	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	26,1	327	14,4	337	16,5	313	10,9	302
meting 2	26,5	319	15,0	333	17,0	307	11,6	298
meting 3	25,4	326	14,9	336	16,0	212	10,9	301
meting 4	25,8	319	15,4	331	16,4	305	11,5	297
meting 5	25,3	327	14,2	337	16,8	312	10,4	301
meting 6	25,7	319	14,8	332	17,2	305	10,9	297
meting 7	25,3	325	14,0	335	16,4	310	10,2	302
meting 8	25,8	318	14,5	327	17,0	304	10,9	298
x	25,7	323	14,6	333	16,7	296	10,9	300
s	0,4	4	0,5	4	0,4	34	0,5	2
r.s.d.	1,6	1,2	3,1	1,1	2,4	11,5	4,2	0,7

Bedrijf 2

monsternr.	1		2		3		4	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	31,2	52,9	30,4	47,3	28,7	44,1	28,7	43,5
meting 2	31,6	56,6	30,5	47,5	28,9	44,6	28,6	44,1
meting 3	31,2	48,0	30,5	45,7	29,1	44,1	28,7	44,0
meting 4	31,3	49,0	30,6	46,6	29,0	44,7	28,6	44,9
meting 5	31,5	48,0	30,2	46,0	29,5	45,3	28,6	43,4
meting 6	31,6	48,3	30,1	46,8	29,7	45,8	28,6	44,4
meting 7	30,9	47,9	30,7	46,4	29,4	45,0	28,3	43,5
meting 8	31,2	48,1	30,5	46,6	29,2	45,8	28,5	44,2
x	31,3	49,9	30,4	46,6	29,2	44,9	28,6	44,0
s	0,2	3,2	0,2	0,6	0,3	0,7	0,1	0,5
r.s.d.	0,8	6,4	0,6	1,3	1,2	1,5	0,5	1,2

monsternr.	5		6		7		8	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	27,8	42,8	27,9	43,4	27,5	42,7	28,1	44,5
meting 2	28,0	43,2	27,8	43,5	27,5	43,2	27,8	44,4
meting 3	28,5	43,0	27,6	42,6	27,2	42,8	28,2	45,4
meting 4	28,3	44,1	27,6	43,5	27,4	43,4	28,2	44,8
meting 5	28,1	43,2	28,3	45,1	27,8	43,9	27,8	44,2
meting 6	28,1	44,4	28,3	44,6	27,9	43,9	27,7	44,4
meting 7	27,8	42,6	27,8	43,1	27,4	43,0	27,1	43,1
meting 8	27,9	43,0	27,6	43,4	27,4	43,6	27,3	43,3
x	28,1	43,3	27,9	43,6	27,5	43,3	27,8	44,3
s	0,2	0,6	0,3	0,8	0,2	0,5	0,4	0,8
r.s.d.	0,8	1,4	1,1	1,9	0,8	1,1	1,5	1,7

Bedrijf 3

monsternr.	1		2		3		4	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	53,7	1245	43,7	1190	38,3	1545	69,3	1173
meting 2	51,3	1164	42,7	1198	37,6	1558	67,8	1136
meting 3	55,7	1222	42,5	1170	37,6	1568	70,6	1197
meting 4	53,5	1198	42,1	1163	36,5	1564	68,8	1162
meting 5	55,7	1196	42,1	1175	35,5	1556	70,5	1153
meting 6	52,9	1189	43,4	1182	36,6	1549	69,4	1136
meting 7	54,6	1175	44,8	1166	37,2	1551	69,4	1131
meting 8	55,5	1162	44,0	1175	36,2	1545	68,4	1129
x	54,1	1194	43,2	1177	36,9	1555	69,3	1152
s	1,6	29	1,0	12	0,9	9	1,0	24
r.s.d.	2,9	2,4	2,2	1,0	2,5	0,5	1,4	2,1

monsternr.	5		6		7		8	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	37,2	1912	68,0	1080	63,0	2297	56,9	1716
meting 2	36,9	1920	66,0	1089	63,9	2283	56,5	1696
meting 3	35,7	1937	67,4	1062	61,1	2301	60,6	1740
meting 4	35,9	1951	66,6	1052	60,5	2284	56,7	1698
meting 5	37,3	1964	67,1	1049	62,0	2291	58,4	1723
meting 6	37,4	1944	67,2	1037	64,7	2268	57,3	1683
meting 7	34,6	1911	67,6	1048	61,4	2271	58,5	1724
meting 8	35,0	1874	66,8	1046	62,0	2252	56,8	1693
x	36,3	1927	67,1	1058	62,3	2281	57,7	1709
s	1,1	28	0,6	18	1,4	16	1,4	19
r.s.d.	3,0	1,5	0,9	1,7	2,3	0,7	2,4	1,1



Bedrijf 4

monster nr.	1		2		3		4	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	142	1110	146	1174	155	1198	166	1211
meting 2	143	1078	150	1156	160	1158	176	1161
meting 3	144	1098	148	1197	157	1185	157	1237
meting 4	145	1086	149	1177	161	1153	167	1209
meting 5	151	1110	147	1187	159	1184	166	1206
meting 6	150	1088	150	1166	166	1141	175	1168
meting 7	147	1118	150	1185	150	1218	169	1177
meting 8	148	1089	154	1204	159	1171	180	1134
x	146	1097	149	1181	158	1176	169	1188
s	3	14	3	16	5	25	7	34
r.s.d.	2,3	1,3	1,7	1,3	2,9	2,2	4,3	2,8

monster nr.	5		6		7		8	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	171	1122	170	1005	167	1035	176	935
meting 2	178	1070	180	954	177	995	188	888
meting 3	166	1122	170	984	167	1033	169	955
meting 4	177	1068	182	952	177	989	178	906
meting 5	171	1111	173	980	170	1015	173	939
meting 6	181	1058	185	932	182	975	183	908
meting 7	170	1126	187	973	167	1026	169	961
meting 8	181	1066	189	920	178	986	180	916
x	174	1093	179	962	173	1007	178	922
s	6	30	8	28	6	23	7	25
r.s.d.	3,2	2,7	4,3	2,9	3,4	2,3	4,0	2,7

Bedrijf 5

monster nr.	1		2		3		4	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	41,8	1183	39,3	538	73,6	332	45,8	686
meting 2	40,0	1173	36,3	516	74,8	339	43,9	688
meting 3	44,1	1199	37,0	513	72,0	300	44,2	704
meting 4	41,1	1186	36,1	504	73,5	303	44,4	684
meting 5	42,1	1204	33,9	503	69,7	293	43,4	687
meting 6	41,3	1191	33,4	503	70,4	293	42,4	692
meting 7	44,4	1205	34,1	495	74,0	288	43,1	699
meting 8	43,4	1180	33,2	513	72,6	295	42,0	683
x	42,3	1190	35,4	510	72,6	306	43,7	690
s	1,6	12	2,1	13	1,8	19	1,2	8
r.s.d.	3,7	1,0	6,0	2,6	2,5	6,2	2,7	1,1

monsternr.	5		6		7		8	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	49,0	1401	53,8	1890	68,9	719	99	756
meting 2	49,9	1416	53,0	1852	70,2	686	101	775
meting 3	48,2	1385	56,5	1878	75,5	683	105	794
meting 4	50,4	1381	56,0	1867	76,5	686	105	787
meting 5	49,7	1366	60,3	1894	66,1	694	108	766
meting 6	51,9	1377	59,1	1877	65,7	687	109	778
meting 7	48,6	1366	63,9	1899	65,7	689	111	788
meting 8	49,0	1367	63,4	1884	66,9	682	114	770
x	49,6	1382	58,3	1880	69,4	691	106	777
s	1,2	18	4,1	15	4,4	12	5	13
r.s.d.	2,4	1,3	7,1	0,8	6,3	1,7	4,6	1,6

Bedrijf 6

monsternr.	1		2		3		4	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	344	1758	379	1619	384	5580	422	2224
meting 2	344	2035	378	1684	387	5805	406	2080
meting 3	100	1654	455	1546	685	5569	396	2305
meting 4	100	1723	449	1570	676	5395	388	2239
meting 5	335	1479	468	1570	394	5423	418	2325
meting 6	339	1409	456	1583	391	5448	411	2305
meting 7	356	1421	489	1514	672	5240	427	2229
meting 8	359	1444	493	1491	691	5300	423	2224
x	285	1615	446	1572	535	5470	411	2241
s	114	220	45	60	156	179	14	77
r.s.d.	40,2	13,6	10,0	3,8	29,2	3,3	3,4	3,5

monsternr.	5		6		7		8	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	386	4799	418	4085	714	4494	291	3676
meting 2	382	4851	413	4148	713	4404	319	3645
meting 3	384	4606	420	4044	724	4139	305	3714
meting 4	386	4667	414	4058	737	4117	318	3659
meting 5	374	4593	415	3958	740	4568	585	3229
meting 6	379	4591	417	3930	754	4429	592	3046
meting 7	389	4593	653	3733	417	4560	491	3357
meting 8	394	4600	654	3740	433	4617	497	3257
x	384	4663	476	3962	654	4416	425	3448
s	6	104	110	155	142	192	130	256
r.s.d.	1,6	2,2	23,2	3,9	21,7	4,3	30,6	7,4

Bedrijf 7

monsternr.	1		2		3		4	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	144	530	130	694	128	907	130	1221
meting 2	142	510	128	716	127	921	130	1226
meting 3	145	506	130	689	126	901	132	1211
meting 4	142	501	128	698	127	907	132	1222
meting 5	144	505	129	684	126	919	135	1214
meting 6	143	500	129	693	126	914	134	1225
meting 7	144	490	129	680	129	913	138	1201
meting 8	143	497	128	689	128	916	138	1204
x	143	505	129	693	127	912	134	1216
s	1	12	1	11	1	7	3	10
r.s.d.	0,8	2,4	0,6	1,6	1,0	0,7	2,2	0,8

monsternr.	5		6		7		8	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	143	1328	140	1390	134	1455	135	1359
meting 2	143	1342	139	1386	135	1455	137	1340
meting 3	145	1325	141	1393	136	1464	140	1351
meting 4	144	1315	142	1397	140	1458	143	1340
meting 5	141	1307	141	1401	136	1453	141	1331
meting 6	141	1313	144	1401	137	1448	143	1322
meting 7	145	1323	140	1392	137	1466	138	1406
meting 8	143	1327	140	1387	140	1463	144	1312
x	143	1323	141	1393	137	1458	140	1345
s	2	11	2	6	2	6	3	29
r.s.d.	1,1	0,8	1,2	0,4	1,6	0,4	2,2	2,1

Bedrijf 8

monsternr.	1		2		3		4	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	19,5	272	26,4	369	21,9	416	21,3	399
meting 2	18,9	272	26,8	372	21,6	418	20,8	400
meting 3	20,0	281	25,9	371	21,2	419	20,8	402
meting 4	19,6	278	26,5	372	21,4	418	20,6	400
meting 5	20,2	281	26,0	374	21,5	417	21,0	403
meting 6	19,9	276	26,4	371	21,9	416	20,8	399
meting 7	19,9	280	26,8	374	21,6	416	21,0	403
meting 8	19,9	272	27,0	371	21,4	416	20,5	397
x	19,8	277	26,5	372	21,6	417	20,8	400
s	0,4	4	0,4	2	0,2	1	0,3	2
r.s.d.	2,0	1,5	1,5	0,4	1,1	0,2	1,2	0,5

monsternr.	5		6		7		8	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	26,3	369	25,1	835	26,9	604	23,6	333
meting 2	25,6	363	25,6	835	27,2	599	23,8	331
meting 3	26,7	369	25,7	832	26,9	605	23,4	325
meting 4	26,3	365	26,1	836	27,2	599	23,7	325
meting 5	27,2	365	25,9	830	27,6	598	23,1	327
meting 6	27,1	362	26,1	829	27,9	597	23,5	327
meting 7	27,1	364	24,9	829	27,4	595	23,5	325
meting 8	27,1	358	25,4	829	27,8	589	24,1	315
x	26,7	364	25,6	832	27,4	598	23,6	326
s	0,6	3	0,4	3	0,4	5	0,3	6
r.s.d.	2,1	0,9	1,7	0,4	1,4	0,9	1,2	1,7

Bedrijf 9

monsternr.	1		2		3		4	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	100	1492	104	1768	116	1285	109	1286
meting 2	100	1519	106	1752	121	1257	119	1237
meting 3	118	1448	105	1771	117	1267	98	1392
meting 4	117	1475	107	1772	124	1236	103	1369
meting 5	118	1436	123	1725	119	1269	96	1332
meting 6	120	1438	128	1691	125	1250	102	1328
meting 7	105	1490	108	1768	114	1288	97	1366
meting 8	107	1481	111	1859	123	1257	104	1357
x	111	1472	112	1763	120	1264	104	1333
s	9	29	9	48	4	17	8	51
r.s.d.	7,7	2,0	8,1	2,7	3,4	1,4	7,3	3,8

monsternr.	5		6		7		8	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1								
meting 2								
meting 3								
meting 4								
meting 5	126	1251	128	1278	125	1319	117	1100
meting 6	123	1273	130	1255	126	1318	123	1091
meting 7	127	1238	131	1253	101	1398	122	1135
meting 8	124	1278	130	1281	108	1393	126	1098
x	125	1260	130	1267	115	1357	122	1106
s	2	19	1	15	12	45	4	20
r.s.d.	1,6	1,5	0,8	1,2	10,7	3,3	3,0	1,8

Van monsters 5 t/m 8 zijn de resultaten de gemiddelden van twee metingen.

Bedrijf 10

monsternr.	1		2		3		4	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	89,1	4032	104	4040	107	3992	90,0	3973
meting 2	83,2	4025	101	3992	103	3958	90,8	3967
meting 3	93,3	3999	101	3999	102	4009	90,2	4011
meting 4	90,4	3990	100	3968	100	3941	92,0	3947
meting 5	94,4	4008	98	4047	103	3999	86,4	3983
meting 6	89,9	3994	97	3972	103	3975	88,9	3928
meting 7	99,3	3982	100	4009	105	3986	87,6	3990
meting 8	95,5	3974	98	3976	103	3932	88,1	3935
x	91,9	4001	100	4000	103	3974	89,2	3967
s	4,9	20	2	30	2	28	1,9	29
r.s.d.	5,3	0,5	2,3	0,8	1,9	0,7	2,1	0,7

monsternr.	5		6		7		8	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	87,6	3828	67,0	3727	87,8	3689	86,0	3482
meting 2	89,6	3773	69,7	3693	89,1	3640	87,9	3441
meting 3	87,2	3772	67,8	3731	83,2	3649	91,7	3548
meting 4	89,9	3745	72,1	3690	84,8	3566	93,8	3481
meting 5	88,5	3762	68,3	3716	79,4	3646	85,6	3437
meting 6	90,9	3762	73,1	3666	83,4	3589	87,0	3450
meting 7	88,0	3812	69,4	3723	82,3	3672	84,5	3479
meting 8	88,4	3763	72,4	3664	86,5	3638	91,3	3452
x	88,8	3777	70,0	3701	84,6	3636	88,5	3471
s	1,3	28	2,3	27	3,2	41	3,4	36
r.s.d.	1,4	0,7	3,3	0,7	3,7	1,1	3,8	1

**Bijlage 7: Resultaten van de NPOC-bepaling in achtvoud uitgevoerd van acht afvalwatermonsters bij tien bedrijven (in mg C/l)**

Bedrijf 1

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	217	373	395	396	381	379	366	354
meting 2	247	372	392	400	383	382	366	357
meting 3	394	378	380	395	378	377	367	354
meting 4	378	377	390	399	382	380	368	355
meting 5	382	368	392	394	379	380	363	355
meting 6	386	361	395	398	382	382	366	360
meting 7	387	371	390	395	381	378	364	358
meting 8	398	388	394	397	384	381	369	360
x	349	373	391	397	381	380	366	356
s	73	8	5	2	2	2	2	3
r.s.d.	20,9	2,1	1,2	0,5	0,6	0,4	0,6	0,7

Bedrijf 2

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	22,2	20,7	21,9	21,1	20,6	18,9	22,7	23,2
meting 2	21,9	21,6	22,1	21,3	20,7	19,4	21,0	22,5
meting 3	21,3	20,4	21,3	20,4	20,9	18,4	21,5	22,5
meting 4	20,3	20,9	21,1	20,1	22,1	19,2	21,5	22,2
meting 5	22,4	21,7	21,1	20,1	20,6	18,6	23,4	22,4
meting 6	21,6	21,3	21,9	20,2	20,5	18,4	22,9	22,8
meting 7	20,5	20,2	22,8	19,6	20,3	18,2	21,5	22,3
meting 8	20,1	20,9	21,4	19,9	21,6	19,0	22,0	22,9
x	21,3	21,0	21,7	20,3	20,9	18,8	22,1	22,6
s	0,9	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,8	0,3
r.s.d.	4,1	2,5	2,7	2,9	2,9	2,3	3,8	1,4

Bedrijf 3

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	810	1012	1530	1306	1968	1219	2375	1815
meting 2	852	1019	1538	1316	1992	1219	2404	1823
meting 3	1155	1075	1553	1410	1975	1218	2354	1802
meting 4	1174	1079	1575	1418	1985	1225	2364	1830
meting 5	1242	1252	1562	1420	1979	1263	2308	1886
meting 6	1250	1262	1564	1430	1992	1253	2328	1902
meting 7	1167	1227	1585	1420	1976	1250	2421	1827
meting 8	1182	1245	1608	1424	1981	1256	2429	1840
x	1104	1146	1564	1393	1981	1238	2373	1841
s	172	110	25	51	8	19	43	35
r.s.d.	15,6	9,6	1,6	3,7	0,4	1,6	1,8	1,9

Bedrijf 4

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	1194	1309	1322	1335	1275	1123	1188	1095
meting 2	1182	1302	1318	1338	1266	1105	1181	1091
meting 3	1245	1288	1321	1357	1271	1131	1185	1092
meting 4	1236	1286	1319	1358	1258	1123	1175	1083
meting 5	1216	1323	1330	1357	1262	1129	1169	1088
meting 6	1217	1314	1328	1351	1262	1118	1167	1087
meting 7	1220	1303	1325	1305	1273	1126	1220	1088
meting 8	1217	1300	1318	1326	1266	1119	1207	1084
x	1215	1303	1323	1341	1267	1122	1187	1089
s	24	12	5	19	6	8	19	4
r.s.d.	2,0	1,0	0,3	1,4	0,5	0,7	1,6	0,4

Bedrijf 5

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	1167	528	323	715	1320	1974	719	655
meting 2	1174	521	320	717	1330	1989	711	651
meting 3	1180	518	324	734	1323	1972	718	655
meting 4	1183	523	327	733	1330	1983	716	652
meting 5	1193	519	314	752	1328	1981	710	653
meting 6	1197	522	319	749	1331	1988	713	647
meting 7	1199	526	304	746	1330	1981	711	649
meting 8	1208	525	304	743	1342	1988	712	648
x	1182	523	317	736	1329	1982	714	651
s	11	4	9	14	6	6	3	3
r.s.d.	1	0,7	2,8	1,9	0,5	0,3	0,5	0,5

Bedrijf 6

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	1435	1539	5804	2111	4406	3851	4291	3633
meting 2	1407	1553	5473	2027	4242	3789	4204	3771
meting 3	1378	1506	4956	2264	4320	3735	4343	3800
meting 4	1421	1516	4845	2161	4131	3770	4222	3896
meting 5	1341	1484	4900	2110	4212	3829	4428	3397
meting 6	1346	1516	4743	2096	4005	3743	4284	3764
meting 7	1250	1461	4882	2036	4285	3760	4278	3420
meting 8	1377	1480	4759	1986	4099	3648	4230	3790
x	1388	1507	5045	2099	4213	3766	4285	3684
s	39	31	383	87	130	62	73	184
r.s.d.	2,8	2,0	7,6	4,2	3,1	1,7	1,7	5,0

Bedrijf 7

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	355	530	849	1142	1260	1413	1496	1346
meting 2	349	531	844	1146	1272	1420	1500	1349
meting 3	353	554	848	1148	1257	1421	1488	1357
meting 4	356	564	849	1153	1260	1433	1488	1371
meting 5	356	566	839	1141	1267	1401	1472	1347
meting 6	359	569	846	1159	1277	1415	1478	1359
meting 7	351	538	859	1148	1228	1409	1451	1351
meting 8	352	545	836	1163	1270	1425	1458	1351
x	355	550	846	1150	1261	1417	1479	1354
s	3	16	7	8	15	10	18	8
r.s.d.	1,0	2,9	0,8	0,7	1,2	0,7	1,2	0,6

Bedrijf 8

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	279	356	388	414	390	794	598	286
meting 2	280	349	388	414	390	794	593	282
meting 3	281	357	390	419	388	797	579	288
meting 4	279	355	389	418	385	799	577	289
meting 5	288	358	389	429	396	797	585	282
meting 6	286	358	389	427	395	800	582	280
meting 7	286	360	387	415	377	797	593	291
meting 8	287	360	388	415	375	797	586	290
x	282	357	388	419	389	797	587	286
s	4	4	1	6	6	2	7	4
r.s.d.	1,3	1,1	0,2	1,4	1,7	0,3	1,3	1,5

Bedrijf 9

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	279	356	388	414	390	794	598	286
meting 2	280	349	388	414	390	794	593	282
meting 3	281	357	390	419	388	797	579	288
meting 4	279	355	389	418	385	799	577	289
meting 5	288	358	389	429	396	797	585	282
meting 6	286	358	389	427	395	800	582	280
meting 7	286	360	387	415	377	797	593	291
meting 8	287	360	388	415	375	797	586	290
x	282	357	388	419	389	797	587	286
s	4	4	1	6	6	2	7	4
r.s.d.	1,3	1,1	0,2	1,4	1,7	0,3	1,3	1,5



Bedrijf 10

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	4189	4224	4195	4171	3894	3980	3904	3782
meting 2	4216	4215	4172	4138	3890	3961	3896	3744
meting 3	4226	4230	4174	4149	3883	3962	3902	3773
meting 4	4233	4213	4157	4112	3843	3953	3855	3767
meting 5	4223	4232	4185	4155	4023	3974	3903	3781
meting 6	4208	4216	4167	4132	3972	3943	3891	3735
meting 7	4208	4229	4174	4171	3997	3973	3889	3788
meting 8	4204	4218	4147	4141	3976	3947	3869	3747
x	4216	4222	4171	4146	3935	3962	3889	3765
s	16	8	15	20	65	13	18	20
r.s.d.	0,4	0,2	0,4	0,5	1,7	0,3	0,5	0,5

**Bijlage 8: Overzicht van de resultaten van de CZV-, {TC-IC}-, NPOC-, stikstof volgens Kjeldahl-, chloride-, zwevendestofbepaling en de CZV/{TC-IC}-, CZV/NPOC-verhouding van acht afvalwatermonsters bij tien bedrijven**

Bedrijf 1

monster-nummer	NPOC (mg C/l)	{TC-IC} (mg C/l)	CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	Nkj (mg N/l)	Zw.stof (mg/l)	Cl- (mg/l)	CZV/NPOC	CZV/{TC-IC}
1	349	310	1112	100	30	550	3,19	3,59
2	373	330	1059	96	15	590	2,83	3,20
3	391	328	1040	92	20	620	2,66	3,17
4	397	326	1044	120	15	530	2,63	3,2
5	381	297	1029	88	30	1150	2,70	3,47
6	380	319	1000	87	25	1100	2,63	3,14
7	366	280	992	83	25	1450	2,71	3,55
8	356	289	962	73	15	2000	2,70	3,33
						x	2,76	3,33
						s	0,19	0,18
						r.s.d.	6,8	5,4

Bedrijf 2

monster-nummer	NPOC (mg C/l)	{TC-IC} (mg C/l)	CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	Nkj (mg N/l)	Zw.stof (mg/l)	Cl- (mg/l)	CZV/NPOC	CZV/{TC-IC}
1	21,3	18,6	83,1	1,9	30	530	3,90	4,48
2	21,0	16,2	118,9	3,2	170	530	5,67	7,35
3	21,7	15,7	83,8	1,9	50	590	3,86	5,33
4	20,3	15,4	85,1	2,3	140	590	4,19	5,52
5	20,9	15,2	89,0	1,9	45	670	4,26	5,85
6	18,8	15,8	73,6	1,4	50	630	3,93	4,67
7	22,1	15,8	90,6	1,8	30	640	4,11	5,73
8	22,6	16,5	90,2	1,7	20	690	3,99	5,48
						x	4,24	5,55
						s	0,59	0,87
						r.s.d.	14,0	15,7

Bedrijf 3

monster-nummer	NPOC (mg C/l)	{TC-IC} (mg C/l)	CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	Nkj (mg N/l)	Zw.stof (mg/l)	Cl- (mg/l)	CZV/NPOC	CZV/{TC-IC}
1	1104	1140	3953	230	520	97	3,58	3,47
2	1146	1134	3736	180	150	135	3,26	3,29
3	1564	1518	4720	240	670	105	3,02	3,11
4	1393	1083	4339	260	300	83	3,11	4,01
5	1981	1890	6204	280	130	175	3,13	3,28
6	1238	991	4385	230	1000	81	3,54	4,43
7	2373	2219	7540	270	600	330	3,18	3,40
8	1841	1651	5761	260	250	115	3,13	3,49
						x	3,24	3,56
						s	0,21	0,44
						r.s.d.	6,4	12,3

Bedrijf 4

monster-nummer	NPOC (mg C/l)	{TC-IC} (mg C/l)	CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	Nkj (mg N/l)	Zw.stof (mg/l)	Cl- (mg/l)	CZV/NPOC	CZV/{TC-IC}
1	1215	951	3584	240	150	110	2,95	3,77
2	1303	1031	3696	270	110	115	2,84	3,58
3	1323	1018	3740	270	100	110	2,83	3,68
4	1341	1018	3787	300	110	115	2,82	3,72
5	1267	919	3584	270	130	110	2,83	3,90
6	1122	783	3209	230	60	105	2,86	4,10
7	1187	834	3309	250	70	105	2,79	3,97
8	1089	744	3080	210	90	100	2,83	4,14
						x	2,84	3,86
						s	0,05	0,20
						r.s.d.	1,7	5,3

Bedrijf 5

monster-nummer	NPOC (mg C/l)	{TC-IC} (mg C/l)	CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	Nkj (mg N/l)	Zw.stof (mg/l)	Cl- (mg/l)	CZV/NPOC	CZV/{TC-IC}
1	1182	1148	3408	25	80	39	2,88	2,97
2	523	475	1774	22	90	38	3,39	3,74
3	317	233	1032	17	45	40	3,26	4,43
4	736	647	2328	23	70	42	3,16	3,60
5	1329	1333	4265	40	< 10	39	3,21	3,20
6	1982	1822	5104	14	25	38	2,58	2,80
7	714	621	1926	28	30	42	2,70	3,10
8	651	671	1651	66	50	41	2,54	2,46
						x	2,96	3,29
						s	0,33	0,62
						r.s.d.	11,3	18,8

Bedrijf 6

monster-nummer	NPOC (mg C/l)	{TC-IC} (mg C/l)	CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	Nkj (mg N/l)	Zw.stof (mg/l)	Cl- (mg/l)	CZV/NPOC	CZV/{TC-IC}
1	1388	1331	3270	280	25	1550	2,36	2,46
2	1507	1126	3763	340	50	1500	2,50	3,34
3	5045	4935	11353	1200	60	1750	2,25	2,30
4	2099	1830	6617	680	240	1600	3,15	3,62
5	4213	4278	11974	1300	40	1450	2,84	2,80
6	3766	3487	8613	970	50	1750	2,29	2,47
7	4285	3762	10264	1100	60	890	2,40	2,73
8	3684	3023	9416	960	330	1600	2,56	3,11
						x	2,54	2,85
						s	0,31	0,47
						r.s.d.	12,2	16,3

Bedrijf 7

monster-nummer	NPOC (mg C/l)	{TC-IC} (mg C/l)	CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	Nkj (mg N/l)	Zw.stof (mg/l)	Cl- (mg/l)	CZV/NPOC	CZV/{TC-IC}
1	355	362	1464	150	180	1350	4,13	4,05
2	550	564	2216	190	390	840	4,03	3,93
3	846	785	2806	250	310	475	3,32	3,57
4	1150	1082	3725	340	270	310	3,24	3,44
5	1261	1179	3860	380	570	325	3,06	3,27
6	1417	1253	4127	410	330	200	2,91	3,29
7	1479	1321	4485	470	290	185	3,03	3,40
8	1354	1205	4239	410	290	190	3,13	3,52
						x	3,36	3,56
						s	0,46	0,29
						r.s.d.	13,8	8,0

Bedrijf 8

monster-nummer	NPOC (mg C/l)	{TC-IC} (mg C/l)	CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	Nkj (mg N/l)	Zw.stof (mg/l)	Cl- (mg/l)	CZV/NPOC	CZV/{TC-IC}
1	282	257	939	40	25	52	3,33	3,66
2	357	345	1048	38	25	130	2,94	3,03
3	388	396	1063	40	20	380	2,74	2,69
4	419	380	1367	65	35	87	3,26	3,60
5	389	338	1155	69	40	47	2,97	3,42
6	797	806	2211	130	10	230	2,77	2,74
7	587	571	1681	100	25	265	2,87	2,95
8	286	303	832	51	15	170	2,91	2,75
						x	2,97	3,1
						s	0,21	0,4
						r.s.d.	7,2	12,8

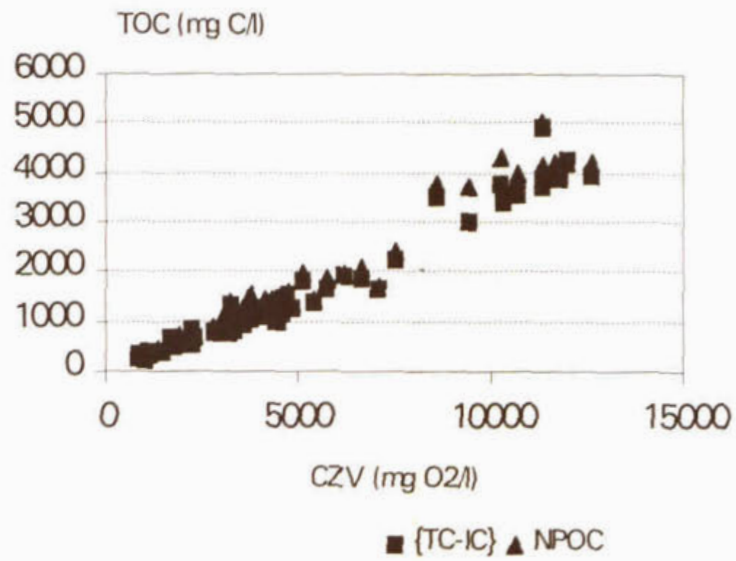
Bedrijf 9

monster-nummer	NPOC (mg C/l)	{TC-IC} (mg C/l)	CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	Nkj (mg N/l)	Zw.stof (mg/l)	Cl- (mg/l)	CZV/NPOC	CZV/{TC-IC}
1	1444	1362	5455	490	850	30700	3,78	4,01
2	1703	1652	7113	660	2600	35900	4,18	4,31
3	1293	1144	4239	420	660	27900	3,28	3,71
4	1287	1230	4464	440	320	31900	3,47	3,63
5	1320	1135	4616	400	960	26000	3,50	4,07
6	1322	1137	4473	430	400	29000	3,38	3,93
7	1373	1242	4847	450	470	30700	3,53	3,90
8	1168	984	4474	330	740	20600	3,83	4,55
						x	3,62	4,01
						s	0,29	0,30
						r.s.d.	8,1	7,5

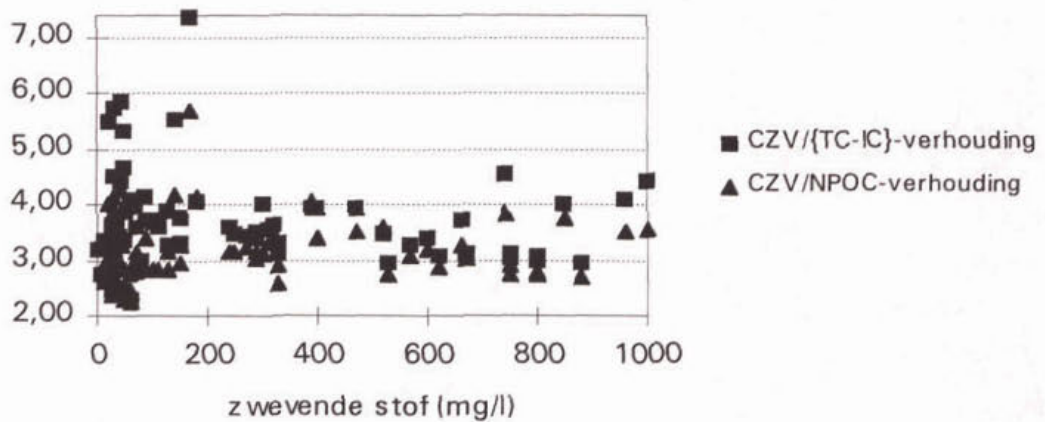
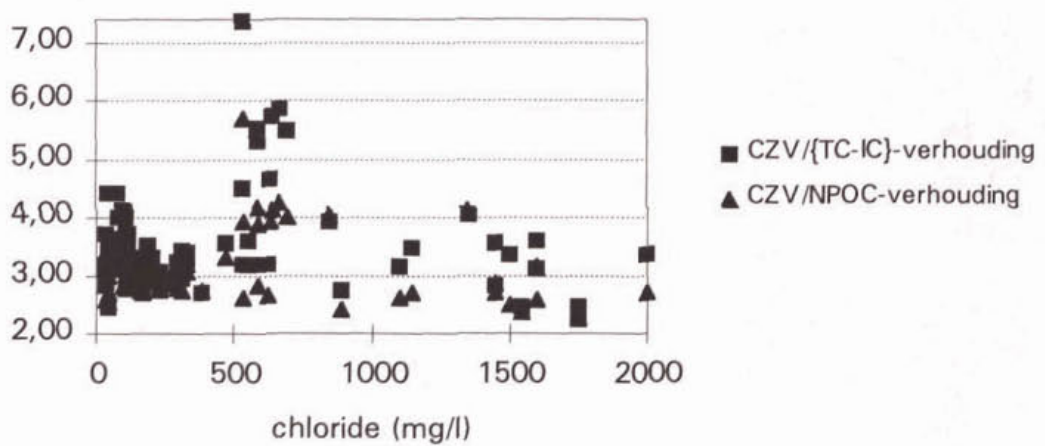
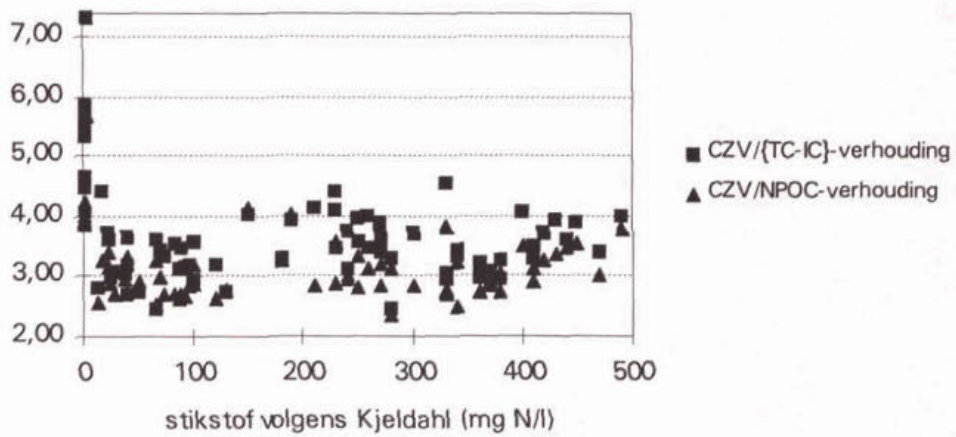
Bedrijf 10

monster-nummer	NPOC (mg C/l)	{TC-IC} (mg C/l)	CZV (mg O <sub>2</sub> /l)	Nkj (mg N/l)	Zw.stof (mg/l)	Cl- (mg/l)	CZV/NPOC	CZV/{TC-IC}
1	4216	3909	12628	360	1900	295	3,00	3,23
2	4222	3901	11703	330	800	290	2,77	3,00
3	4171	3871	11379	380	530	310	2,73	2,94
4	4146	3878	11819	370	620	235	2,85	3,05
5	3935	3688	11390	370	750	170	2,89	3,09
6	3962	3631	10725	330	880	165	2,71	2,95
7	3889	3552	10696	360	750	165	2,75	3,01
8	3765	3383	10340	330	800	160	2,75	3,06
						x	2,81	3,04
						s	0,10	0,09
						r.s.d.	3,6	3,0

**Bijlage 9: Beschrijving van de relatie tussen het CZV en TOC-gehalte met een lineair verband**



**Bijlage 10: Invloed van het gehalte stikstof volgens Kjeldahl, chloride en zwevende stof op de CZV/{TC-IC}- en CZV/NPOC-verhouding**







**Bijlage 11: Resultaten van de bepaling van het CZV in achtvoud uitgevoerd van acht afvalwatermonsters voor (influent) en na (effluent) een zuivering voor de bedrijven 6 en 7 (in mg O<sub>2</sub>/l)**

**Bedrijf 6: Influent**

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	6987	10830	11970	10800	10605	10917	13097	9929
meting 2	6805	10329	10724	10359	10518	10722	13632	9888
meting 3	6555	9915	10889	9888	10862	10724	14415	11013
meting 4	6295	10231	10533	10258	9998	10846	13929	10496
meting 5	6487	9765	10999	8736	10135	11575	14005	9281
meting 6	7023	10999	11040	9010	9874	12122	13792	11468
meting 7	6594	10752	10409	9134	9873	10937	13777	9155
meting 8	6586	10382	10286	9669	9676	10785	14248	8989
x	6667	10400	10856	9732	10193	11079	13862	10027
s	252	438	527	728	420	503	402	902
r.s.d.	3,8	4,2	4,9	7,5	4,1	4,5	2,9	9,0

**Bedrijf 6: Effluent**

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	782	716	814	793	844	795	864	887
meting 2	775	724	840	787	851	906	851	902
meting 3	819	702	819	808	896	867	886	990
meting 4	834	699	850	816	916	893	897	908
meting 5	825	694	843	825	897	861	854	897
meting 6	772	704	831	841	906	890	896	908
meting 7	761	700	837	827	851	914	867	873
meting 8	792	709	835	836	902	900	857	914
x	795	706	834	817	883	878	872	910
s	27	10	12	19	29	38	19	35
r.s.d.	3,4	1,4	1,4	2,4	3,3	4,4	2,2	3,8

**Bedrijf 7: Influent**

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	7712	7701	6681	6835	7064	6222	8136	7484
meting 2	7788	7201	5837	6997	5958	6317	7868	7787
meting 3	7471	6845	6913	6900	7170	7117	7838	7980
meting 4	7864	7485	6845	7336	7286	7066	7763	7898
meting 5	6750	7047	7092	6620	6909	7287	7741	7175
meting 6	7638	6960	6948	7034	6660	7116	7518	6907
meting 7	7712	7458	6288	7585	7197	6551	8233	7346
meting 8	7845	6858	6437	7269	7056	6866	8009	7033
x	7598	7194	6630	7072	6913	6818	7888	7451
s	365	321	419	309	432	403	231	406
r.s.d.	4,8	4,5	6,3	4,4	6,2	5,9	2,9	5,4

Bedrijf 7: Effluent

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	3961	3705	3242	3957	4482	4233	4731	5186
meting 2	3999	3841	3452	3938	4109	4404	4638	5400
meting 3	3923	3841	3526	4062	4832	3989	4809	5299
meting 4	3873	3973	3522	4218	4945	4498	4941	5423
meting 5	4128	3841	3588	4261	4960	4544	4817	5512
meting 6	4067	3775	3433	4237	5182	4366	5003	5431
meting 7	3949	3810	3615	4303	5050	4408	4945	5631
meting 8	3930	3895	3755	4284	5073	4482	4953	5470
x	3979	3835	3517	4158	4829	4366	4855	5419
s	83	79	150	149	359	180	127	134
r.s.d.	2,1	2,1	4,3	3,6	7,4	4,1	2,6	2,5

**Bijlage 12: Resultaten van de {TC-IC}-bepaling in achtvoud uitgevoerd van acht afvalwatermonsters voor (influent) en na (effluent) een zuivering voor de bedrijven 6 en 7 (in mg C/l)**

**Bedrijf 6: Influent**

monsternr.	1		2		3		4	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	91,1	1656	157	2593	165	2335	165	1982
meting 2	94,2	1711	159	2632	168	2373	169	1980
meting 3	93,2	1708	162	2627	169	2386	171	1990
meting 4	94,0	1726	159	2615	168	2347	172	1991
meting 5	90,5	1734	159	2593	165	2305	162	2603
meting 6	91,7	1722	163	2630	171	2307	169	2617
meting 7	92,6	1759	163	2660	172	2307	168	2629
meting 8	92,7	1727	163	2642	172	2327	167	2632
x	92,5	1718	161	2624	169	2336	168	2303
s	1,3	30	2	23	3	31	3	339
r.s.d.	1,4	1,7	1,4	0,9	1,6	1,3	2,0	14,7

monsternr.	5		6		7		8	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	133	2008	118	1635	164	2586	119	1722
meting 2	141	2015	129	1627	174	2582	129	1695
meting 3	142	2026	130	1659	177	2600	130	1712
meting 4	142	1999	129	1637	176	2587	131	1720
meting 5	133	1982	120	1617	166	2583	122	1707
meting 6	141	1980	128	1610	176	2566	132	1673
meting 7	143	1990	129	1620	179	2582	132	1689
meting 8	143	1991	130	1617	179	2575	133	1718
x	140	1999	127	1628	174	2583	128	1704
s	4	16	5	15	6	10	5	17
r.s.d.	3,1	0,8	3,7	1,0	3,2	0,4	3,9	1,0

Bedrijf 6: Effluent

monsternr.	1		2		3		4	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	59,8	300	59,1	282	62,1	327	62,1	345
meting 2	58,9	301	59,0	286	61,8	330	62,2	349
meting 3	58,8	302	58,8	287	61,6	331	61,9	351
meting 4	58,3	303	58,7	287	61,6	332	62,1	350
meting 5	58,4	299	59,1	284	62,2	327	61,1	343
meting 6	59,1	302	58,8	288	61,6	330	61,3	349
meting 7	58,7	302	58,4	289	61,6	332	61,0	351
meting 8	58,4	303	58,8	289	61,6	332	61,3	352
x	58,8	302	58,8	286	61,7	330	61,6	349
s	0,5	1	0,2	2	0,3	2	0,5	3
r.s.d.	0,8	0,4	0,4	0,8	0,4	0,6	0,8	0,9

monsternr.	5		6		7		8	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	58,6	341	56,1	338	54,6	339	54,1	352
meting 2	58,4	344	56,2	344	54,3	342	54,5	356
meting 3	58,3	345	56,2	345	54,3	345	54,4	357
meting 4	58,8	346	56,2	344	54,3	344	54,4	357
meting 5	58,6	338	56,1	338	54,0	336	54,3	352
meting 6	58,5	343	56,3	344	54,2	338	54,6	358
meting 7	58,5	345	56,5	346	54,1	342	54,4	358
meting 8	58,4	346	56,2	345	54,2	341	54,5	359
x	58,5	343	56,2	343	54,2	341	54,4	356
s	0,2	3	0,1	3	0,2	3	0,1	3
r.s.d.	0,3	0,8	0,2	0,9	0,3	0,9	0,3	0,8

Bedrijf 7: Influent

monsternr.	1		2		3		4	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	94,8	940	125	874	297	1492	242	1778
meting 2	94,6	968	127	895	297	1508	244	1797
meting 3	93,3	974	127	887	296	1515	245	1787
meting 4	94,4	967	128	899	297	1513	243	1788
meting 5	98,2	941	127	862	295	1499	241	1786
meting 6	98,0	957	128	870	296	1523	242	1792
meting 7	98,2	964	128	864	295	1534	242	1780
meting 8	96,6	961	128	867	294	1533	244	1788
x	96,0	959	127	877	296	1515	243	1787
s	2,0	12	1	14	1	15	1	6
r.s.d.	2,1	1,3	0,7	1,6	0,4	1,0	0,5	0,3

monsternr.	5		6		7		8	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	149	1660	231	1446	184	1699	182	1703
meting 2	153	1631	235	1448	186	1699	185	1706
meting 3	153	1643	236	1443	187	1719	186	1719
meting 4	152	1641	235	1438	188	1712	187	1717
meting 5	148	1626	229	1432	179	1645	185	1680
meting 6	153	1650	234	1436	181	1636	187	1685
meting 7	154	1658	235	1436	181	1647	188	1703
meting 8	154	1658	235	1429	182	1652	187	1694
x	152	1646	234	1439	183	1676	186	1701
s	2	13	3	7	3	34	2	14
r.s.d.	1,5	0,8	1,1	0,5	1,8	2,0	1,0	0,8

Bedrijf 7: Effluent

monsternr.	1		2		3		4	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	73,4	1228	78,8	1065	186	1147	254	1480
meting 2	72,7	1220	79,2	1079	184	1166	256	1509
meting 3	72,3	1198	78,4	1078	185	1170	256	1511
meting 4	72,1	1198	78,7	1069	184	1177	254	1510
meting 5	72,6	1178	79,5	1059	187	1153	256	1480
meting 6	71,9	1190	79,0	1078	187	1167	257	1502
meting 7	71,9	1159	79,1	1074	188	1166	257	1506
meting 8	71,9	1150	79,2	1081	187	1182	257	1509
x	72,3	1190	79,0	1073	186	1166	256	1501
s	0,5	27	0,4	8	2	12	1	13
r.s.d.	0,7	2,3	0,5	0,7	0,8	1,0	0,5	0,9

monsternr.	5		6		7		8	
	IC	TC	IC	TC	IC	TC	IC	TC
meting 1	224	1712	197	1531	229	1695	218	1883
meting 2	225	1739	198	1544	232	1709	222	1888
meting 3	224	1737	199	1550	232	1716	223	1895
meting 4	225	1740	198	1551	232	1720	223	1886
meting 5	226	1723	196	1540	232	1718	213	1870
meting 6	228	1742	199	1554	235	1728	220	1898
meting 7	228	1744	198	1564	236	1735	219	1878
meting 8	229	1750	199	1565	236	1734	219	1877
x	226	1736	198	1550	233	1719	220	1884
s	2	12	1	12	2	13	3	9
r.s.d.	0,8	0,7	0,5	0,8	1,1	0,8	1,5	0,5

**Bijlage 13: Resultaten van de NPOC-bepaling in achtvoud uitgevoerd van acht afvalwatermonsters voor (influent) en na (effluent) zuivering voor de bedrijven 6 en 7 (in mg C/l)**

Bedrijf 6: Influent

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	1836	2014	1889	2401	2783	2723	2944	2490
meting 2	1861	1983	1863	2360	2712	2752	2940	2510
meting 3	1873	1998	1848	2269	2791	2739	2947	2506
meting 4	1905	2009	1851	2277	2811	2723	2907	2494
meting 5	1662	2536	1961	2253	2830	2485	3043	2028
meting 6	1645	2553	1960	2280	2801	2478	3012	2039
meting 7	1634	2529	1981	2242	2775	2462	2991	2023
meting 8	1628	2539	1966	2229	2775	2450	2991	2016
x	1756	2270	1915	2289	2785	2602	2972	2263
s	123	288	57	60	35	143	45	253
r.s.d.	7,0	12,7	3,0	2,6	1,3	5,5	1,5	11,2

Bedrijf 6: Effluent

monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	192	159	191	216	222	221	222	236
meting 2	205	162	196	218	225	225	222	238
meting 3	204	165	195	219	221	238	222	237
meting 4	181	160	195	223	223	223	227	233
meting 5	160	163	191	221	223	226	232	238
meting 6	169	165	214	214	223	228	215	239
meting 7	172	168	210	215	222	221	215	238
meting 8	170	160	196	213	225	220	216	238
x	182	163	199	217	223	225	221	237
s	17	3	9	4	1	6	6	2
r.s.d.	9,3	1,9	4,4	1,6	0,6	2,6	2,7	0,8

Bedrijf 7: Influent

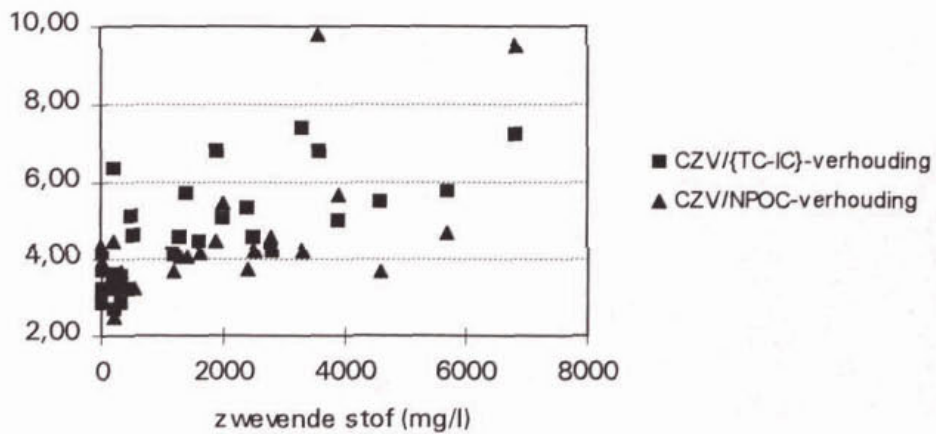
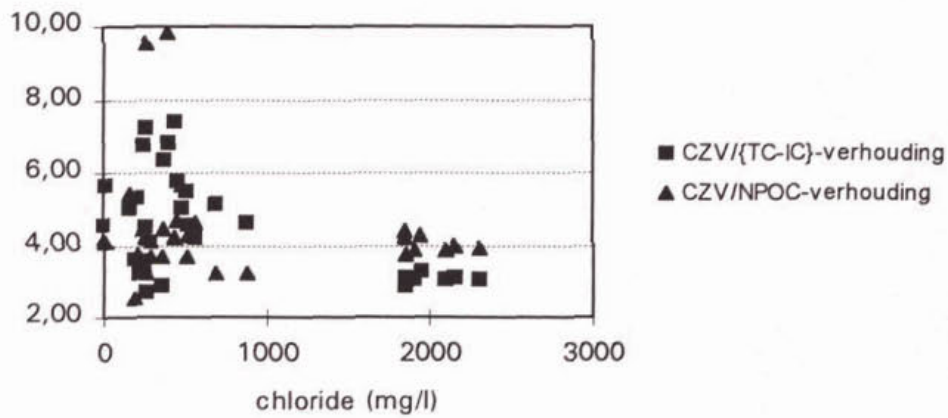
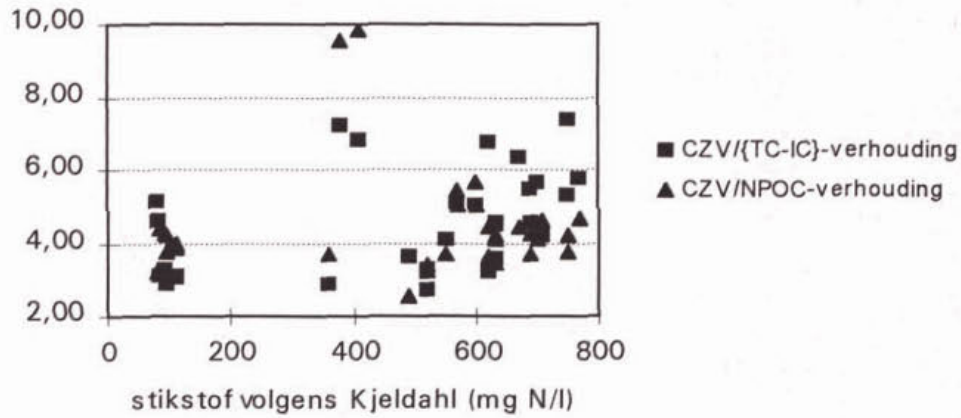
monsternr.	1	2	3	4	5	6	7	8
meting 1	808	710	1467	1764	1679	1242	1999	1697
meting 2	814	723	1525	1748	1703	1231	2068	1796
meting 3	808	706	1486	1727	1746	1242	2096	1811
meting 4	796	710	1538	1730	1702	1243	2124	1757
meting 5	734	781	1460	1727	1639	1287	2049	1770
meting 6	751	791	1456	1701	1662	1283	2126	1828
meting 7	727	813	1504	1734	1689	1279	2198	1763
meting 8	762	814	1470	1718	1730	1289	2140	1768
x	775	756	1488	1731	1694	1262	2100	1774
s	36	48	31	19	35	25	61	40
r.s.d.	4,6	6,4	2,1	1,1	2,1	1,9	2,9	2,3

Bedrijf 7: Effluent

<b>monsternr.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
meting 1	1261	1267	945	1279	1311	1097	1375	1546
meting 2	1290	1300	967	1292	1371	1126	1409	1582
meting 3	1303	1299	965	1299	1354	1176	1414	1575
meting 4	1285	1303	963	1296	1350	1139	1416	1603
meting 5	1157	1057	923	1244	1301	2319	1414	1541
meting 6	1178	1074	945	1269	1332	2378	1445	1572
meting 7	1174	1112	961	1285	1333	2380	1434	1572
meting 8	1175	1079	956	1281	1329	2394	1471	1580
x	1228	1186	953	1281	1335	1751	1422	1571
s	62	115	15	18	23	660	28	20
r.s.d.	5,1	9,7	1,6	1,4	1,7	37,7	2,0	1,3



**Bijlage 14: Invloed van het gehalte stikstof volgens Kjeldahl, chloride en zwevende stof op de CZV/{TC-IC}- en CZV/NPOC-verhouding in het afvalwater van bedrijven 6 en 7**



**Bijlage 15: CZV-resultaten van een afvalwater van een RWZI voor en na de zuivering**

Influent

mg O<sub>2</sub>/l

1	439,04
2	450,80
3	455,50
4	453,15
5	455,50
6	449,23
7	441,39
8	458,64
x	450,40
s	6,51
r.s.d.	1,45

Effluent

mg O<sub>2</sub>/l

1	29,83
2	33,28
3	35,52
4	37,08
5	41,27
6	40,71
7	36,05
8	31,90
x	35,71
s	3,76
r.s.d.	10,52