

Inwoners en inwonerequivalenten*)

Bij het waarderen van afvalwaterlozingen en de daarop gebaseerde wijze van toerekening van kosten verbonden aan de vuilwaterbestrijding, worden een aantal begrippen en grootheden gehanteerd. Deze worden in ons vakgebied reeds heel lang, zowel te pas als te onpas in verschillende betekenissen en omschrijvingen gebruikt. Er bestaat dus op zijn minst gezegd het gevaar dat men met „verwaterde” begrippen werkt, die voor velerlei uitleg vatbaar zijn en dikwijls niet correct gehanteerd worden.

In deze inleiding zal getracht worden enkele belangrijke en veel gebruikte begrippen en werkgrootheden, die betrekking hebben op het onderwerp dat op deze vergadering van de NVA aan de orde is gesteld, kritisch te beschouwen en hun achtergrond te belichten, in de hoop daarmede een bijdrage te leveren tot een beter verstaan van de zaken die heden door een aantal sprekers nader worden behandeld.

Inwonerequivalent

Door K. Imhoff is omstreeks 1930 het begrip „Einwohnergleichwert”, in het Nederlands vertaald als inwonerequivalent, ingevoerd. Zijn oorspronkelijke opzet was hiermede het effect van een lozing van industrieel afvalwater op de *zuurstofhuishouding* van een rivier te kunnen gelijkstellen aan dat van de lozing van huishoudelijk afvalwater afkomstig van een te berekenen aantal

inwoners. Dus in de zin van: „deze fabriek belast met zijn afvalwater de zuurstofhuishouding van het ontvangende water in dezelfde mate als de lozing van het rioolwater van een stadje van 15.000 inwoners zou doen”.

Om een dergelijke vergelijkende waarde-bepaling te kunnen uitvoeren is zowel een parameter als een meeteenheid (standaard) nodig. Imhoff nam als parameter de in het laboratorium bepaalde biochemische zuurstofbehoefte over 5 dagen bij een temperatuur van 20 °C (BZV₅²⁰) van het betrokken afvalwater, en als meeteenheid 54 g BZB₅ per dag. Hij ging er daarbij vanuit, dat de totale hoeveelheid verontreinigende stoffen die per inwoner per dag met het huishoudelijk afvalwater worden afgestoten, gemiddeld een zuurstofbehoefte over 5 dagen bij 20° vertegenwoordigt van 54 g. Ter illustratie een voorbeeld. Een fabriek loost 500 m³/d afvalwater. Van een representatief monster van dit afvalwater wordt in het laboratorium de BZV₅²⁰ gemeten op 270 mg/l (= 270 g/m³). De dagelijks geloosde hoeveelheid afvalwa-

ter vertegenwoordigt dus $\frac{500 \times 270}{54} = 2500$

inwonerequivalenten.

Tot op de dag van vandaag heeft men sindsdien, althans in Europa, met deze parameter en deze meeteenheid gewerkt om de vervuilingkracht van een bepaald object (fabriek of gemeente) uit te drukken in die inwonerequivalenten. Ook in onze piepjonge Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren wordt het begrip inwonerequivalent gehanteerd.

In art. 18, 1 sub a lezen we in die wet: „voor de heffing t.b.v. het Rijk geldt als maatstaf (a) voor zuurstof bindende stoffen de gemiddelde belasting per etmaal van oppervlaktewater met zuurstofbindende stoffen, uitgedrukt in inwonerequivalenten, waarbij onder één inwonerequivalent wordt verstaan de gemiddelde belasting door één inwoner per etmaal” De hoogte van de heffing is hier dus gekoppeld aan de mate waarin door de gegeven lozing de zuurstofhuishouding van het ontvangende water belast wordt. Naar mijn mening is de uitdrukking „zuurstofbindende stoffen” niet erg gelukkig gekozen. Men verstaat daarvoor meestal stoffen die onmiddellijk chemisch met zuurstof reageren (zoals bijv. sulfieten en ferrozouten). Doch het gaat hier voornamelijk om organische stoffen die aanleiding geven tot zuurstofconsumptie van de bacteriën, die deze organische stoffen in hun stofwisseling opnemen en biochemisch oxyderen.

Equivalent

In „Van Dale's Groot woordenboek der Nederlandse taal” vinden we de volgende omschrijving van het begrip equivalent: „iets dat dezelfde waarde heeft als iets anders”!

In de fysica kent men het mechanische warmte-equivalent: het getal (427) dat uitdrukt met hoeveel arbeidseenheden (uitgedrukt in kgm) een warmte-eenheid (kilocalorie) gelijk staat. In de chemie gebruiken we het elektrochemisch equivalent, zijnde de hoeveelheid van een stof in ion-vorm, uitgedrukt in grammen,

*) Inleiding gehouden op de herfstvergadering van de NVA op 20 november 1969 te Rotterdam.

die dezelfde hoeveelheid lading (positief of negatief) draagt als één gram waterstofionen.

Bij beschouwen over b.v. de nationale energie- en brandstofhuishouding pleegde men vroeger veelvuldig te rekenen met steenkoolequivalenten. Als parameter geldt hierbij de stookwaarde en als meeteenheid de stookwaarde van 1 ton steenkool, gesteld op 7000 mega-calorieën. In vergelijking met de zojuist als voorbeeld genoemde equivalenten laboreert het inwonerequivalent, zeker zoals die in de wet en in de uitvoeringsbesluiten — zie de inleiding van ir. Jansen — is omschreven, aan het principiële euvel dat de meeteenheid geen constante waarde kan bezitten.

Hoeveel afvalstoffen en van welke aard, per inwoner per dag met het huishoudelijk afvalwater afgevoerd worden, hangt zó nauw samen met de samenstelling van het voedselpakket, de leefgewoonten, de materiële welvaart en andere factoren, dat naar tijd en plaats belangrijke verschillen moeten optreden. De gemiddelde consumptie van b.v. margarine per inwoner per jaar in Nederland kan eenvoudig berekend worden door de totale jaarlijkse hoeveelheid in de detailhandel verkochte margarine te delen door het aantal inwoners. Voor het vaststellen van de gemiddelde „productie” aan afvalstoffen die met het rioolwater worden afgevoerd, kan men niet op deze wijze te werk gaan.

54 g BZV₅/dag?

Aangezien de daartoe noodzakelijke metingen en bemonsteringen slechts in uitzonderingsgevallen mogelijk en zinvol zijn, kan wel gesteld worden dat het vaststellen van aanvaardbare gemiddelde waarden van de z.g. inwonerlast met de thans daartoe gebruikte bestaande methoden en hulpmiddelen een utopie is.

Wanneer dus gesteld wordt:

1 inwonerequivalent

= 54 g BZV₅²⁰ per dag;

= zuurstofbehoefte (uitgedrukt in g BZV₅/dag) van de gemiddelde hoeveelheid verontreinigende stoffen die per inwoner per dag met het huishoudelijk afvalwater wordt afgevoerd,

dienen we achter die 54 echt een vraagteken te zetten of moet het woordje „wordt” vervangen worden door: „geacht te worden”.

Meer passend in de werkelijke situatie zou naar mijn mening zijn de meeteenheid los te koppelen van de zo fictieve en in wezen variabele „gemiddelde waarde per inwoner”. M.a.w. gebruik een vaste meeteenheid, die desnoods 54 g BZV₅ mag blijven, doch neem niet meer voetstoots aan dat het huishoudelijk afvalwater afkomstig van 5000 inwoners altijd en overal 5000 inwonerequivalenten — of beter misschien nog „ver-

ontreinigingseenheden” — vertegenwoordigt!

De parameter BZV₅

Ook tegen de gebruikte parameter kan men ernstige bedenkingen aanvoeren. En dat niet alleen om redenen van praktische aard, zoals de geringe nauwkeurigheid van de BZV-bepaling, de invloed van het gebruikte entmateriaal, de storingen t.g.v. de eventuele aanwezigheid van bactericide stoffen en de betrekkelijk tijdrovende analyse methodiek!

Een zwaarwegend principieel bezwaar ligt in de omstandigheid dat met de BZV₅-bepaling slechts een fractie, en een meestal *onbekende* fractie van de totale zuurstofbehoefte wordt gemeten. Voorts is dikwijls aangetoond, dat de zuurstofconsumptie in het oppervlaktewater met een heel andere snelheid kan verlopen dan in het laboratorium is bepaald.

Deze principiële bezwaren gelden nog in versterkte mate wanneer men niet de belasting van de zuurstofhuishouding van het ontvangende oppervlaktewater, doch die van een biologische zuiveringsinstallatie wenst te kwantificeren.

De parameter CZV

Het vervangen van de BZV door de bepaling van het chemisch zuurstofverbruik, CZV (in de Engelse terminologie BOD resp. COD) bezit de aantrekkelijkheid van de eenvoud en de nauwkeurigheid van de laboratoriumbepaling. Tot goed begrip diene dat hier niet de hoeveelheid zuurstof nodig voor een vrijwel volledige oxydatie van de organische stof direct wordt gemeten, doch het verbruik aan bichromaat bij de oxydatie door koken in sterk zuur milieu wordt bepaald en omgerekend in de equivalente hoeveelheid zuurstof.

Voor een groot aantal organische stoffen zoals b.v. glucose en acetaat komt de waarde van de CZV ten naaste bij overeen met de totale BZV, het biochemische zuurstofverbruik voor de volledige mineralisatie van de organische stof, met uitsluiting van de nitrificatie. Dat voor bepaalde groepen organische verbindingen een bepaalde vaste verhouding CZV/BZV₅ zou bestaan is theoretisch niet te verwachten ofschoon er in de praktijk wel mee wordt gerekend.

Het bezwaar van de CZV-bepaling is dat ook stoffen worden geoxydeerd die „biologisch hard” zijn, stoffen dus die niet of slechts zéér langzaam of onvolledig door micro-organismen biochemisch geoxydeerd kunnen worden. Men vindt bij aanwezigheid van dergelijke stoffen een hogere waarde voor de zuurstofbehoefte dan die zich als werkelijke zuurstofconsumptie in het oppervlaktewater of in een biologische zuiveringsinstallatie zal kunnen manifesteren.

Hiser en Busch [1] en Egli-Schär [2] hebben het principe aangegeven op welke wijze men in een afvalwatermonster kan

bepalen welke fractie van de daarin aanwezige stoffen (uitgedrukt in CZV of organisch koolstofgehalte) niet biologisch degradeerbaar zijn. Deze methode komt er op neer, dat men het monster analyseert zowel in de oorspronkelijke toestand, als na een langdurige behandeling in aerob milieu met een aangepaste bacteriecultuur waarbij de degradeerbare stoffen nagenoeg volledig uit het water worden geëlimineerd. Na deze behandeling zou de gevonden CZV dan uitsluitend bepaald worden door de niet degradeerbare stoffen.

Deze onderzoeksmethode is weinig geschikt voor routinewerk, doch men zou er eventueel wél voor een bepaald soort afvalwater, b.v. van een textielveredelingsbedrijf, mee kunnen vaststellen welk percentage van de CZV betrekking heeft op biologisch degradeerbare stoffen en dit percentage bij de interpretatie van de resultaten van enkelvoudige, routinematige CZV-bepalingen voortaan in rekening kunnen brengen. Het zou zeker de moeite waard zijn dit eens nader te onderzoeken.

Tempo van de zuurstofconsumptie

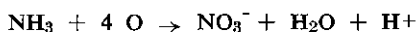
Het is van belang goed te beseffen, dat de mate waarin de zuurstofhuishouding van het oppervlaktewater wordt aangetaast niet uitsluitend afhankelijk is van de totale zuurstofbehoefte van de geloopte organische stoffen, doch ook van het tempo waarmede de zuurstofconsumptie verloopt. Over deze snelheid van biochemische oxydatie geven noch de CZV noch de BZV₅ enige informatie. De bepaling van een BZV-curve doet dit nog wel, zij het dan dat men op grond van de eerder vermelde bezwaren verbonden aan de BZB-bepaling en aan de interpretatie van de resultaten van laboratoriumonderzoek, een grote slag om de arm moet houden.

Nitrificatie

Niet buiten beschouwing mag blijven de zuurstofbehoefte van de nitrificatie, de biochemische oxydatie van ammoniak tot nitriet en nitraat. Bij de CZV-bepaling wordt de aanwezige stikstof niet geoxydeerd, terwijl tijdens de BZB₅-bepaling meestal geen nitrificatie optreedt of deze slechts onvolledig verloopt.

Het is dan ook beter bij de BZB₅-bepaling de nitrificatie te onderdrukken, zodat men zeker is dat de gemeten zuurstofconsumptie uitsluitend is toe te schrijven aan de z.g. koolstoftrap.

De totale zuurstofbehoefte voor de oxydatie van de oorspronkelijke reeds aanwezige en de tijdens de koolstoftrap uit de organische stikstofverbindingen gevormde ammoniak kan men berekenen met behulp van de brutoreactievergelijking:



Per gram organische + ammoniak-stikstof is dan 4,57 gram zuurstof nodig.

De voorspelling of het in het oppervlaktewater tot nitrificatie komt en op welk tijdstip en met welke snelheid die dan zal optreden is echter weer een hachelijke zaak.

Voorts kan in het oppervlaktewater een gedeelte van de ammoniak opgenomen worden in fytoplankton en zo aan het water worden onttrokken.

Andere parameters

Men kan zich afvragen of de belasting van het oppervlaktewater door een bepaalde lozing ook niet in ander opzicht dan uitsluitend t.a.v. de zuurstofhuishouding moet worden beoordeeld en gewaardeerd. Denkt u o.m. maar aan de invloed van onoplosbare stoffen die aanleiding kunnen geven tot de vorming van bodemslib, aan zouten die verzilting en eutrofiëring kunnen veroorzaken en aan giftig werkende stoffen die het biologische evenwicht en de zelfreiniging van het water ongunstig kunnen beïnvloeden. Het vinden van geschikte parameters en meeteenheden, alsmede het onderling waarderen van b.v. gifbelasting, zoutbelasting en BZB-belasting is echter bijzonder moeilijk [3, 4].

Belasting van een zuiveringsinstallatie

Tot dusver is in deze inleiding het inwonerequivalent uitsluitend ter sprake gekomen in verband met het kwantificeren van de belasting van het ontvangende oppervlaktewater door een gegeven afvalwaterlozing. In navolging van Imhoff is men het inwonerequivalent ook gaan hanteren voor het kwantificeren van de belasting van een rioolwaterzuiveringsinstallatie door een bepaalde afvalwaterlozer en voor het op die grondslag toerekenen van het aandeel in de kosten voor centrale, collectieve zuivering.

Men kan duidelijk stellen dat de belasting van een zuiveringsinstallatie zeker niet met behulp van slechts één parameter is te kwantificeren.

Er is onderscheid te maken tussen een *hydraulische belasting* (b.v. uit te drukken in m³ per uur) en een *vuilbelasting* (b.v. uit te drukken in kg verontreinigende stoffen per dag).

In de meeste gevallen zijn van die verontreinigende stoffen uitsluitend de organische stoffen van belang. Men dient echter wel onderscheid te maken tussen grove stoffen, die voor roosters en in zandvangs worden tegengehouden, fijner gesuspendeerd materiaal dat als primair slib in de voorbezinktank wordt verwijderd en colloïdale en echt opgeloste stoffen die in de actiefslibtank of in het oxydatiebed worden geëlimineerd, waarbij een gedeelte biochemisch wordt weggeoxydeerd en de rest wordt omgezet in biologische slibstoffen. Dit secundaire slib moet als z.g. spuislib tezamen met het primaire slib op een of andere manier behandeld worden in de slibverwerkingsinstallatie.

In principe zou men het aantal vervuiliings- of kosteneenheden kunnen berekenen met de volgende formule:

$$V = \frac{a \cdot Q}{Q_e} + \frac{b \cdot B}{B_e} + \frac{c(S + fB)}{S_e}$$

In deze formule is Q = max. debiet (m³/h), B = hoeveelheid organische stoffen in het bezonken afvalwater (kg BZV₅/dag), S de hoeveelheid primaire slibstoffen in het afvalwater (kg dr. stof/dag) en Q_e, B_e en S_e de standaardhoeveelheden die geacht te worden geloosd per inwoner/dag. De coëfficiënt f geeft aan de spuislibproductie in kg droge stof per kg toegevoerde BZV₅.

Bij een concrete installatie kan men het aandeel in de totale kosten van de installatie onderdelen naar Q, B en (S + fB) uitsplitsen en daaruit de waarde van de verdelingscoëfficiënten a, b en c vaststellen (a + b + c = 1).

Wil men dit voor b.v. een zuivering-schap doen, waar men de kosten per eenheid, onafhankelijk van de installatie waarop geloosd wordt, over het gehele gebied gelijk wil houden, zal men met aanvaardbare, gemiddelde waarden moeten werken.

Ook bij deze toepassing van inwonerequivalenten of vervuilingseenheden, lijkt het nuttig de Q_e, B_e en S_e los te koppelen van de in wezen zo variabele en moeilijk vast te stellen „gemiddelde hoeveelheid per inwoner per dag”.

Ik hoop dat ik binnen de beperkte spreektijd voldoende inzicht en informatie heb gegeven over de achtergron-

den en het wezen van de belangrijkste parameters en meeteenheden die gebruikt worden bij de waardebeoordeling van een afvalwaterlozing. Als ik hier en daar een kritisch geluid heb laten horen is dat zeker niet om daarmede tot uitdrukking te brengen dat de reeds gebruikte of voorgestelde aanslagregelingen er omslagstelsels, „heel goed waar-deloos” zouden zijn, om een tienerterm te gebruiken.

Om met die regelingen te kunnen werken moet men nu eenmaal eenvoud nastreven, terwijl ook onder de druk der omstandigheden ergens een begin gemaakt moet worden. Men dient zich echter wél steeds goed bewust te zijn met welke grootheden en begrippen men eigenlijk werkt en wát ze precies inhouden. Van de te gebruiken analysemethoden zal men de voor- en nadelen, ook in principiële zin, goed moeten kennen. Het is ook noodzakelijk goed te beseffen welke grootheden werkelijk door meting kunnen worden vastgesteld en welke waarden men noodgedwongen door onderlinge afspraak moet vastleggen. Ook de algemene uitgangspunten en de doelstellingen van een bepaalde omslag-regeling dienen duidelijk geformuleerd en bij een beoordeling niet uit het oog verloren te worden.

Doen we dit niet, dan dreigt een nog grotere spraakverwarring en zal het zeer moeilijk, zo niet onmogelijk, zijn bij het verder vervolmaken en onderling op elkaar afstellen van bestaande en nog te treffen regelingen en stelsels de juiste koers te voeren en elkaar ook werkelijk te verstaan!

Literatuur

1. Hiser, L. L. en Busch, A. W., „An 8-hour biological oxygen demand test using mass culture aeration and COD”. J. Water Poll. Contr. Fed. 36 (1964), 505 - 515.
2. Egli-Schär, H., „Die Bestimmung des gelösten organisch gebundenen Kohlenstoffs im Abwasser”. Wasser- und Abwasser Forschung 1968 (3), 83 - 86.
3. Bucksteeg, W. en Thiele, H., „Möglichkeiten zur experimentellen Ermittlung der Einwohnergleichwerte für industrielle Abwässer”. GWF (Wasser-Abwasser) 98 (1957), 36.
4. Sontheimer, H., „Der Verschmutzungsfaktor zur Bewertung von Abwassereinleitungen”. GWF (Wasser-Abwasser) 111 (1970) (2), 93 - 95.