

De invloed van de temperatuur op de zuurstofoverdracht in schoon water bij puntbeluchting

1. Inleiding

1.1. Doelstelling

Een belangrijk gegeven bij het ontwerpen van een actiefslibinstallatie is het zuurstofinbrengend vermogen van de beluchtingsinstallatie. Het beluchtingsproces wordt beïnvloed door verschillende externe factoren. Bij metingen om het zuurstofinbrengend vermogen van een beluchtingsinstallatie te bepalen, zijn deze factoren vrijwel nooit gelijk. Hierdoor wordt een onderlinge vergelijking van de verschillende beluchtingsinstallaties bemoeilijkt.



IR. K. BAKKER
Ingenieursbureau Dwars,
Heederik en Verhey BV



IR. J. W. VAN SLUIS
Ingenieursbureau Dwars,
Heederik en Verhey BV

Om die reden wordt het zuurstofinbrengend vermogen van een beluchtingsinstallatie opgegeven onder standaardcondities.

De resultaten van de diverse metingen zullen daarom voor afwijkende omstandigheden gecorrigeerd moeten worden.

Uit een aantal metingen is gebleken, dat de gebruikelijke temperatuurcorrectie bij puntbeluchters mogelijk onjuiste uitkomsten geeft. Naar aanleiding hiervan werd een onderzoek ingesteld naar de invloed van de temperatuur op het beluchtingsproces met puntbeluchters.

In deze bijdrage worden dit onderzoek en de resultaten hiervan behandeld.

1.2. Aanpak

In de literatuur worden onderling afwijkende temperatuurcorrectieformules gegeven. De verschillen kunnen worden teruggevoerd op:

- het soort beluchtingssysteem;
- de theoretische benadering.

Bij bestudering blijkt, dat de fundamentele kennis van het stofoverdrachtsproces onvoldoende is om daaruit de invloed van de temperatuur af te leiden. Daarom werd door middel van metingen in een schaalmodel de temperatuurafhankelijkheid van de stofoverdracht bij puntbeluchters empirisch bepaald.

Naast de beschrijving van deze proeven zal dieper worden ingegaan op de wijze,

waarop de stofoverdracht door de temperatuur wordt beïnvloed. Tevens zullen de uitgangspunten van de verschillende correctieformules worden besproken. Tenslotte wordt voor puntbeluchters een nieuwe correctieformule voor de invloed van de temperatuur op het beluchtingsproces gegeven.

2. Theoretische aspecten

2.1. Het zuurstofinbrengend vermogen van een beluchtingsinstallatie

De hoeveelheid zuurstof die door een beluchtingsinstallatie per tijdseenheid in het water wordt gebracht, is onder meer van de volgende factoren afhankelijk:

- De temperatuur van het te beluchten water en — in mindere mate — de luchttemperatuur.
- De partiële zuurstofdruk in de lucht.
- De hoedanigheid van het te beluchten water, waarbij in het bijzonder de opgeloste zuurstof van belang is.

Genoemde factoren zijn vrijwel nooit gelijk bij de diverse metingen. Daarom wordt het zuurstofinbrengend vermogen van een beluchtingsinstallatie omgerekend tot OC_{10} ¹. Onder OC_{10} wordt verstaan:

'Het zuurstofinbrengend vermogen ($kg O_2/s$) van een beluchter in 'schoon water' bij een lucht- en watertemperatuur van $10^\circ C$, een luchtdruk van $760 mm Hg$, atmosferische lucht van normale samenstelling en permanent zuurstofloos water'.

Onder 'schoon water' wordt hier verstaan: water waarin de concentraties van de verschillende opgeloste en niet opgeloste stoffen zodanig zijn, dat door deze stoffen het zuurstofinbrengend vermogen niet merkbaar wordt beïnvloed.

Het bepalen van het zuurstofinbrengend vermogen van een beluchtingsinstallatie vindt meestal plaats m.b.v. de reaeratiemethode. Bij deze methode wordt uitgegaan van zuurstofloos water. Dit wordt bereikt door natriumsulfiet te doseren. Bij de oxydatie van het natriumsulfiet wordt de in het water opgeloste zuurstof gebonden. Als katalysator moet een cobalt (II) zout aan het water worden toegevoegd. Na de sulfietdosering wordt tijdens het beluchten van het water het verloop van de zuurstofconcentratie gemeten. De hoeveelheid zuurstof die per tijdseenheid wordt ingebracht kan als volgt worden geschreven²:

$$\dot{O} = k_L A \times (c_s - c_t) \quad (1)$$

Voor een bak met ideale menging mag vgl. (1) als volgt worden geschreven:

¹ De OC wordt ook wel gedefinieerd bij $20^\circ C$ (OC_{20}).

² Zie symbolenlijst achteraan.

$$\dot{O} = V \times \frac{dc_t}{dt} = k_L A \times (c_s - c_t) \quad (2)$$

Aan de hand van de registratie van het verloop van de zuurstofconcentratie kan op eenvoudige wijze $k_L A$ worden bepaald. Indien de waarde van de logaritme van

$\frac{c_s}{c_s - c_t}$ wordt uitgezet tegen de tijd t , dan

is de helling van de lijn door de uitgezette punten ($tg \alpha$) een maat voor $k_L A$.

Bij toepassing van de Briggsse logaritme geldt:

$$k_L A = 2,3 \times tg \alpha \times V \quad (3)$$

Er zal hier niet verder worden ingegaan op een aantal praktische problemen bij de toepassing van de reaeratiemethode.

Verwezen wordt naar [1, 2].

Volgens de definitie van de OC_{10} kan deze als volgt worden geschreven:

$$OC_{10} = k_L A_{10} \times c_{s10} \quad (4)$$

De grootte $k_L A$ is temperatuurafhankelijk. Bij de berekening van de OC_{10} uit metingen bij andere temperaturen dan $10^\circ C$ zal voor de invloed van de temperatuur op $k_L A$ een correlatiefactor $C_{(T)}$ moeten worden ingevoerd.

$$OC_{10} = k_L A_T \times c_{s10} \times C_{(T)} \quad (5)$$

2.2. Het penetratiemodel

Er bestaan verschillende modellen voor de beschrijving van het stofoverdrachtsproces vanuit de gasfase in de vloeistoffase.

Een van de bekendste is het penetratiemodel. Dit model beschrijft het stofoverdrachtsproces als een niet-stationaire moleculaire diffusie in de vloeistoffase.

De relatief geringe weerstand tegen stoftransport in de gasfase wordt hierbij verwaarloosd.

Moleculaire diffusie treedt op in een zeer dunne grenslaag. Uit de afleiding volgt dat het model alleen geldig is als de grensvlakvernieuwing zeer intens is [4].

Bij een mechanische beluchtingsinstallatie wordt aan deze voorwaarde voldaan.

Het penetratiemodel gaat uit van de bewegingsvergelijking en de massabalans [3, 4].

Met behulp van het penetratiemodel kan worden afgeleid dat ter plaatse van het grensvlak lucht-water geldt:

$$\dot{O}'' = (c_s - c_t) \times 2 \times \sqrt{\frac{D}{\pi \times t}} \quad (6)$$

Vgl. (6) wordt meestal als volgt geschreven:

$$\dot{O} = \dot{O}'' \times A = A \times (c_s - c_t) \times 2 \times \sqrt{\frac{D}{\pi \times t}} \quad (7)$$

Gelijkstelling van vgl. (7) met vgl. (1) en daarbij aannemend dat $c_i = c_t$ geeft:

$$k_L = 2 \times \sqrt{\frac{D}{\pi \times t}} \quad (8)$$

Bij het beluchtingsproces vindt steeds vernieuwing van het grensvlak plaats. In de vgl's (7), (8) en (10) is t de gemiddelde existentietijd van een grensvlakelementje. De grootheden k_L en A zijn temperatuurafhankelijk. De wijze waarop deze grootheden door de temperatuur worden beïnvloed wordt hieronder besproken.

De invloed van de temperatuur op de diffusiecoëfficiënt kan worden beschreven met de wet van Nernst-Einstein.

$$\frac{D \times \eta}{T_A} = \text{constant} \quad (9)$$

De invloed van de temperatuur op de gemiddelde existentietijd van een grensvlakelementje en op de hoeveelheid grensvlak is theoretisch niet af te leiden. De mate waarin deze door de temperatuur worden beïnvloed is bovendien afhankelijk van het beluchtingsstelsel.

In [4] wordt besproken op welke wijze de temperatuur de beide factoren beïnvloedt. De grensvlakvernieuwing vindt bij puntbeluchters plaats door uitwisseling tengevolge van turbulentie. Deze is o.m. afhankelijk van de viscositeit van het water. Daardoor wordt het totale grensvlak lucht-water kleiner, naarmate de temperatuur daalt. Om dezelfde reden neemt de existentietijd van een grensvlakelementje toe naarmate de temperatuur lager is. De oppervlaktespanning, hoewel minder temperatuurgevoelig, speelt bij bovengenoemde aspecten eveneens een belangrijke rol.

De invloed van de temperatuur op $k_L A$ wordt meestal samengevat in één factor $C_{(T)}$. Door gebrek aan fundamentele kennis van het stofoverdrachtsproces is het niet mogelijk de waarde van $C_{(t)}$ langs theoretische weg te berekenen. De invloed van de temperatuur op $k_L A$ kan daarom slechts met behulp van experimenten worden bepaald.

2.3. Correctieformules voor de invloed van de temperatuur

In de literatuur worden onderling afwijkende correctieformules gegeven voor de temperatuurafhankelijkheid van $k_L A$ (afb. 1). Het merendeel van deze formules is langs theoretische weg afgeleid.

In de Westeuropese afvalwaterwereld, waaronder Nederland, wordt de correctie-

formule van Pasveer vaak gebruikt. Pasveer ontwikkelde zijn correctieformule met als uitgangspunt het penetratiemodel [5]. Hiermee kan worden afgeleid dat:

$$k_L A = 2 \times A \times \sqrt{\frac{D}{\pi \times t}} \quad (10)$$

Zie 2.2.

Pasveer veronderstelde dat alleen de diffusiecoëfficiënt afhankelijk is van de temperatuur, waardoor de correctieformule er als volgt uitziet:

$$C_{(T)} = \sqrt{\frac{D_{10}}{D_T}} \quad (11)$$

Voor de waarde van de diffusiecoëfficiënt bij de verschillende temperaturen ging hij uit van de experimenten van Adeney. De correctieformule van Pasveer wordt dikwijls als volgt geschreven:

$$C_{(T)} = 1,01875^{(10 - T)} \quad (12)$$

of algemener:

$$C_{(T)} = \Theta^{(10 - T)} \quad (13)$$

In de USA wordt een grotere waarde voor

de constante Θ uit vgl. (13) gehanteerd, bijv. $\Theta = 1,024$. (Het feit, dat in de USA als referentietemperatuur 20°C wordt genomen, heeft geen invloed op de waarde van Θ).

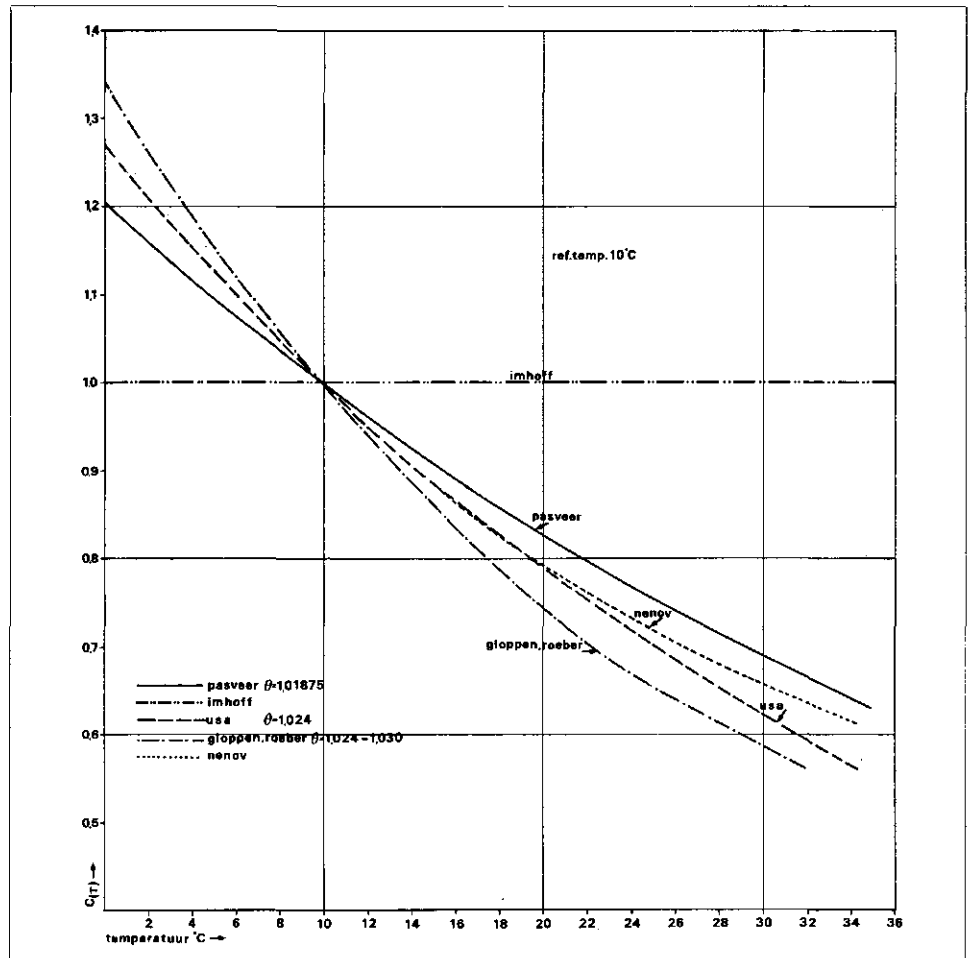
Gloppen en Roeber [6] vermelden dat bij lage temperaturen de waarde van Θ toeneemt tot 1,030 en hoger. Imhoff [8] concludeerde op grond van theoretische beschouwingen, dat voor oppervlaktebeluchters de turbulentie van het water bepalend is voor de wijze, waarop het beluchtingsproces afhankelijk is van de temperatuur. In dat geval zou voor een puntbeluchter $k_L A$ onafhankelijk zijn van de temperatuur, als het door de beluchter ingebrachte vermogen per volume-eenheid groter is dan 20 W/m^3 .

Een correctieformule die werd bepaald aan de hand van experimenten, is die van Nenov [7]. De correctieformule van Nenov ziet er als volgt uit:

$$C_{(T)} = \frac{1}{0,6 + 0,02 \times T} \quad (14)$$

Hierbij geldt als referentietemperatuur 20°C . Voor $k_L A$ als functie van de tempe-

Afb. 1 - Verschillende correctieformules.



ratuur vond hij een lineair verband. De waarnemingen lagen binnen het temperatuurtraject van 10 - 40 °C.

Zoals uit afb. 1 blijkt vertonen de correctieformules onderling aanzienlijke verschillen. De berekende waarde van de OC₁₀ is, als niet bij 10 °C wordt gemeten, derhalve sterk afhankelijk van de toegepaste correctieformule. Dit effect wordt sterker, naarmate de temperatuur waarbij de meting plaatsvond meer afwijkt van de referentietemperatuur.

Een aanwijzing dat de correctieformule van Pasveer onjuist is voor lage temperaturen werd gevonden aan de hand van metingen in twee zuiveringsinstallaties. In beide installaties werden dezelfde beluchters toegepast. De waarden van de OC₁₀ van de beluchters in de afzonderlijke installaties weken aanzienlijk af. Voor de metingen bij lage temperaturen (± 3 °C) werden, indien de correctieformule van Pasveer werd toegepast, lage waarden voor de OC₁₀ gevonden.

Omtrent de geldigheid van de correctieformule van Nenov bij deze lage temperatuur bestond geen zekerheid. Een en ander was aanleiding tot het doen van een modelonderzoek naar de invloed van de temperatuur op het beluchtingsproces.

3. Het onderzoek

3.1. Opzet van het onderzoek

Het onderzoek betrof het beluchtingsproces, teweeggebracht met behulp van puntbeluchters. De proefopstelling bestond uit een vierkante bak 1,2 x 1,2 x 0,4 m³ en een Simcar puntbeluchter Ø 0,28 m. Ten einde de invloed van de temperatuur te kunnen bepalen, was het noodzakelijk alle niet-temperatuurafhankelijke factoren constant te houden. In praktijkinstallaties is het toerental nagenoeg onafhankelijk van de temperatuur. Om die reden werd in het model het toerental voor de verschillende proeven gelijk en constant gehouden met behulp van een elektronische toerentalregeling.

De positie van de beluchter voor wat betreft dompeldiepte en plaats in de bak was voor alle proeven dezelfde. De temperatuur van het water werd tijdens de proeven constant gehouden m.b.v. een koel- of verwarmingselement. De bepaling van het zuurstofinbrengend vermogen van de beluchter vond plaats volgens de reaeratiemethode [1]. Tijdens de proeven werden tussen 25 en 80 % van de zuurstofverzadigingsconcentratie minimaal 8 watermonsters genomen, waarvan het zuurstofgehalte werd bepaald met behulp van de Winkler-methode [9]. Ter controle en als indicatie voor de monsternamen werd het zuurstofgehalte tevens gemeten met een polarografische

membraanelektrode. Om fouten als gevolg van het toenemend zoutgehalte van het water op het meetresultaat te beperken, werd het te beluchten water na 3 proeven verversst [7, 10].

De waarde van k_LA werd op de gebruikelijke wijze bepaald [1]. Voor de zuurstofverzadigingsconcentratie werd de tabelwaarde genomen.

De proeven werden uitgevoerd over een temperatuurtraject van 0 - 35 °C. Deze bestonden uit 2 series metingen met verschillend toerental t.w. 80 en 100 omwentelingen per minuut.

In totaal werden 60 experimenten uitgevoerd.

3.2. De resultaten

De resultaten van de metingen zijn weergegeven in afb. 2. Volgens de reaeratiemethode (zie 2.1., [1]) is:

$$k_L A = 2,3 \times \text{tg } \alpha \times V \tag{3}$$

Het watervolume V in de bak was voor

alle proeven gelijk, zodat er een lineair verband bestaat tussen k_LA en tg α.

In afb. 2 is de waarde van tg α uitgezet als functie van de temperatuur.

Door middel van een computerprogramma werd met behulp van de methode van de kleinste kwadraten uit een aantal functies die functie bepaald, waardoor de meetpunten het best gevat werden.

Voor beide series metingen bleek, dat het verband tussen tg α en de temperatuur zich het best laat beschrijven door een lineaire functie.

De vergelijkingen van de rechten door de waarnemingen zien er als volgt uit.

Voor n = 80 t.p.m.:

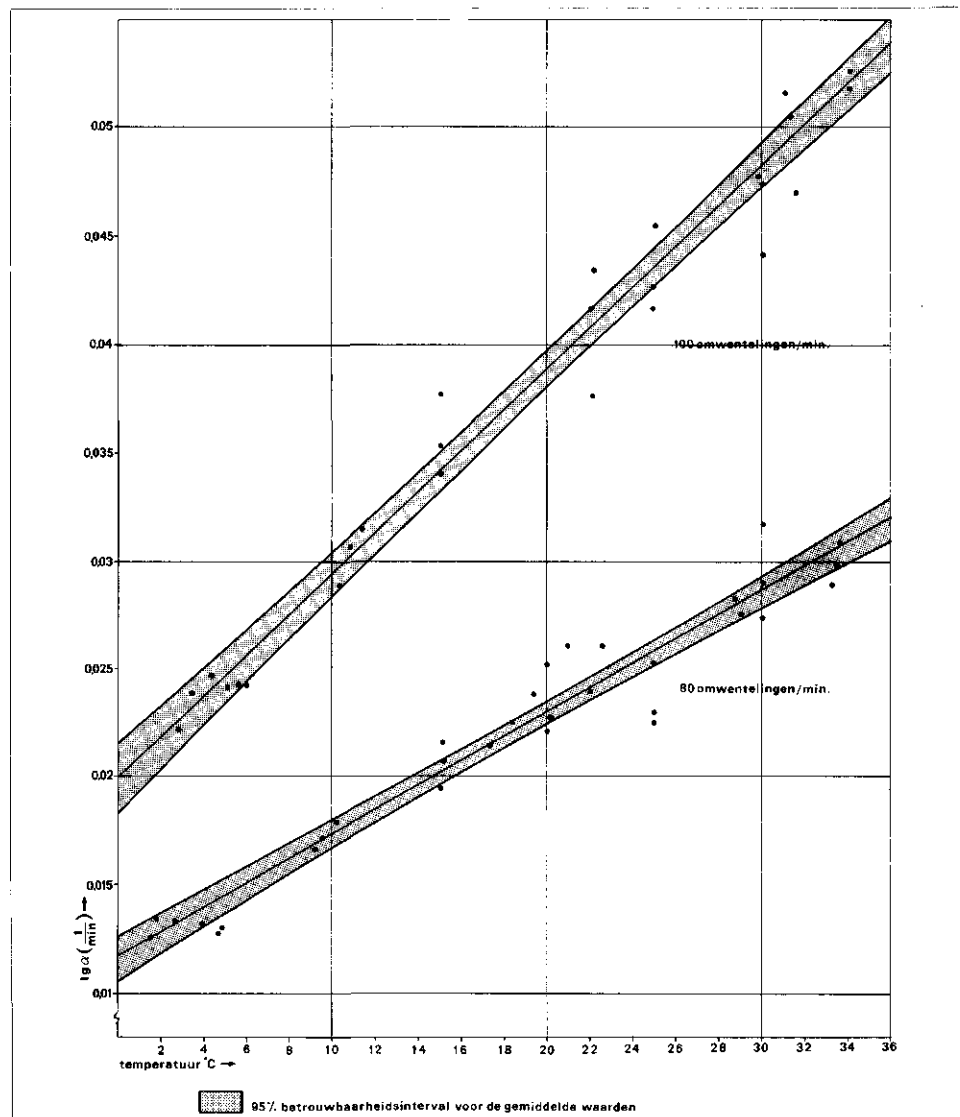
$$\text{tg } \alpha = (1,1711 + 0,0566 \times T) \times 10^{-2} \text{ (l/min)} \tag{15}$$

Voor n = 100 t.p.m.:

$$\text{tg } \alpha = (1,9975 + 0,0948 \times T) \times 10^{-2} \text{ (l/min)} \tag{16}$$

Hierin is T de temperatuur in °C.

Afb. 2 - Verband tussen tg α en de temperatuur (meetresultaten).



In afb. 2 is voor beide rechten tevens het 95 % betrouwbaarheidsinterval van de gemiddelde waarden aangegeven. Met behulp van (3) is het mogelijk de waarde van $k_L A$ bij T °C uit te drukken als functie van $k_L A$ bij 10 °C. Beide series metingen geven vrijwel exact dezelfde temperatuurafhankelijkheid van $k_L A$ te zien.

Voor $n = 80$ t.p.m.:

$$k_{L,A,T} = \frac{1 + 0,0483 \times T}{1,483} \times k_{L,A,10} \quad (17)$$

Voor $n = 100$ t.p.m.:

$$k_{L,A,T} = \frac{1 + 0,0475 \times T}{1,475} \times k_{L,A,10} \quad (18)$$

of afgerond voor beide series:

$$k_{L,A,T} = \frac{1 + 0,048 \times T}{1,48} \times k_{L,A,10} \quad (19)$$

Bij de berekening van de OC_{10} moet de waarde van $k_{L,A,10}$ worden berekend uit $k_{L,A,T}$. De in rekening te brengen correctiefactor ziet er dan als volgt uit:

$$C_{(T)} = \frac{1,48}{1 + 0,048 \times T} \quad (20)$$

4. Relatie model-praktijk

Het onderzoek vond uit technische en praktische overwegingen plaats op model-schaal. Belangrijk voor de interpretatie van modelresultaten is hoe de temperatuurafhankelijkheid van de te onderzoeken grootte $k_L A$ beïnvloed wordt door de schaal, waarop het modelonderzoek wordt bedreven.

De grootte $k_L A$ kan volgens het penetratiemodel als volgt worden geschreven (zie 2.2.).

$$k_L A = 2 \times A \times \sqrt{\frac{D}{\pi \times t}} \quad (10)$$

waarin A , D en t temperatuurafhankelijk zijn.

De diffusiecoëfficiënt D is een karakteristieke grootte van water en zuurstof en is niet afhankelijk van geometrische factoren. Voor het grensvlak A en de gemiddelde existentietijd t bestonden er aanwijzingen dat deze niet schaalgevoelig waren. Om die reden werden bij het onderzoek twee series metingen volgens verschillende schaalregels uitgevoerd, zodanig dat aangenomen mag worden dat zij het bereik hebben, waarbinnen de verschillende verschijnselen op schaal worden

weergegeven. Als leidende parameter werd hier de omtreksnelheid van de beluchter genomen.

Bij de eerste serie metingen, waarbij het toerental van de beluchter 80 omwentelingen per minuut bedroeg, werd voldaan aan de schaalregel van Froude. Hierbij is de verhouding zwaartekracht-traagheidskrachten voor model en praktisch dezelfde.

Bij de tweede serie metingen, toerental 100 omwentelingen per minuut, werd het Power-number constant gehouden (zie ook [11]). Hierbij is onder de geldende omstandigheden het ingebrachte vermogen per volume-eenheid voor model en praktisch dezelfde. Uit beide series metingen werd dezelfde temperatuurafhankelijkheid van $k_L A$ afgeleid. Op grond van deze resultaten werd aangenomen, dat de schaal waarop het onderzoek werd uitgevoerd niet van invloed is op de temperatuurafhankelijkheid van $k_L A$.

Een nadere aanwijzing, dat de temperatuurinvloed van $k_L A$ niet schaalgevoelig is, werd ontleend aan het door Nenov [7] uitgevoerde onderzoek. Deze voerde zijn metingen uit in een bak van $\pm 12 \times 12 \times 3$ m³.

De metingen van Nenov liggen alle boven 10 °C.

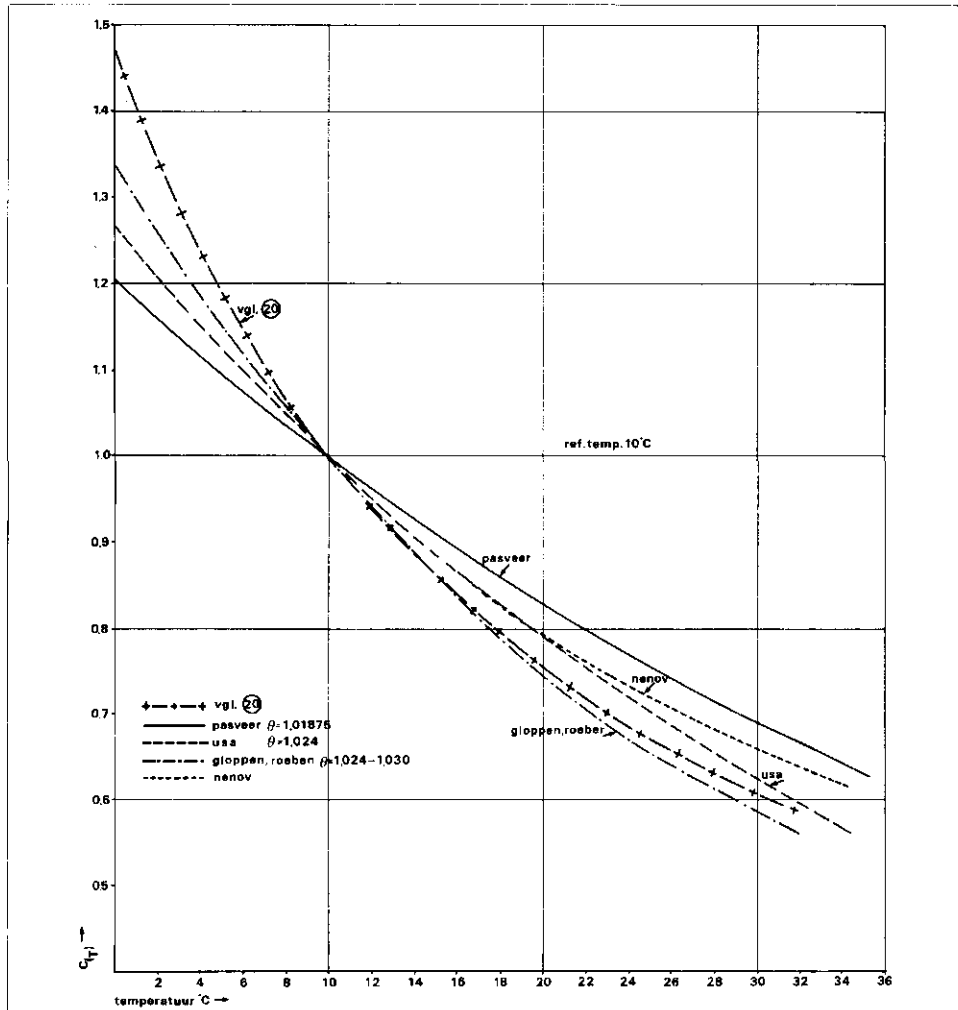
De correctieformule van Nenov werd vergeleken met een correctieformule, bepaald met de hier beschreven metingen. Hierbij werd een overeenkomstig temperatuurtraject beschouwd en als referentietemperatuur 20 °C genomen. De gemiddelde procentuele afwijking tussen bovengenoemde correctieformules bedraagt in het traject van 10 - 35 °C slechts 2 %.

Vergelijking van de resultaten van verschillende series beluchttingsproeven bevestigde de veronderstelling, dat de temperatuurafhankelijkheid van $k_L A$ niet schaalgevoelig is. De met behulp van modelonderzoek bepaalde correctieformule mag dus eveneens voor praktijksituaties toegepast worden.

5. Nabeschuiving en discussie

In de literatuur worden verschillende correctieformules gegeven voor de invloed van de temperatuur op $k_L A$. Een onderscheid voor de wijze waarop de beluchting plaatsvindt, zoals bellenbeluchting, puntbeluchting etc., wordt meestal niet gemaakt.

Afb. 3 - De afgeleide correctieformule voor $k_L A$ bij puntbeluchters.



Het beschreven onderzoek betrof de invloed van de temperatuur bij puntbeluchting. Voorshands heeft de berekende correctieformule alleen geldigheid voor zover het een beluchtingsproces betreft, dat bedreven wordt met behulp van een puntbeluchter. De metingen gaven een lineair verband te zien tussen $k_L A$ en de temperatuur. Nenov [7] vond voor een puntbeluchter

eveneens een lineair verband tussen $k_L A$ en de temperatuur. De verschillen tussen de correctieformule van Nenov en die, afgeleid uit het beschreven onderzoek, zijn enerzijds toe te schrijven aan het betrokken temperatuurtraject, anderzijds aan de door Nenov toegepaste afronding in de coëfficiënten in de correctieformule. Aan de hand van de besproken metingen

werd de volgende correctieformule berekend.

$$C_{(T)} = \frac{1,48}{1 + 0,048 \times T} \quad (20)$$

In afb. 3 is deze correctieformule tezamen met andere correctieformules uitgezet. Het verschil met bijv. de door Pasveer ontwikkelde correctieformule is groot. De afwijking in procenten van OC_{10} bij gebruik van de correctieformule van Pasveer in plaats van vgl. (20) is uitgezet in afb. 4.

Indien de OC_{10} bepaald wordt aan de hand van metingen bij bijv. 5 °C, dan is de OC_{10} volgens de correctieformule van Pasveer 8 % lager dan de OC_{10} , berekend volgens vgl. (20). Dit kan bijv. van groot belang zijn wanneer het gaat om de beoordeling of een bepaalde puntbeluchter voldoet aan de door een leverancier gegarandeerde OC_{10} . Uit afb. 3 blijkt, dat de door Cloppen en Roeber [6] vermelde correctieformule het meest overeen komt met die, bepaald aan de hand van het beschreven onderzoek. Volgens Cloppen en Roeber is de waarde van Θ niet constant over het temperatuurtraject. Dit volgt eveneens uit de door ons berekende correctieformule. Uit gelijkstelling van (20) en (13) kan de waarde van Θ als functie van de temperatuur berekend worden.

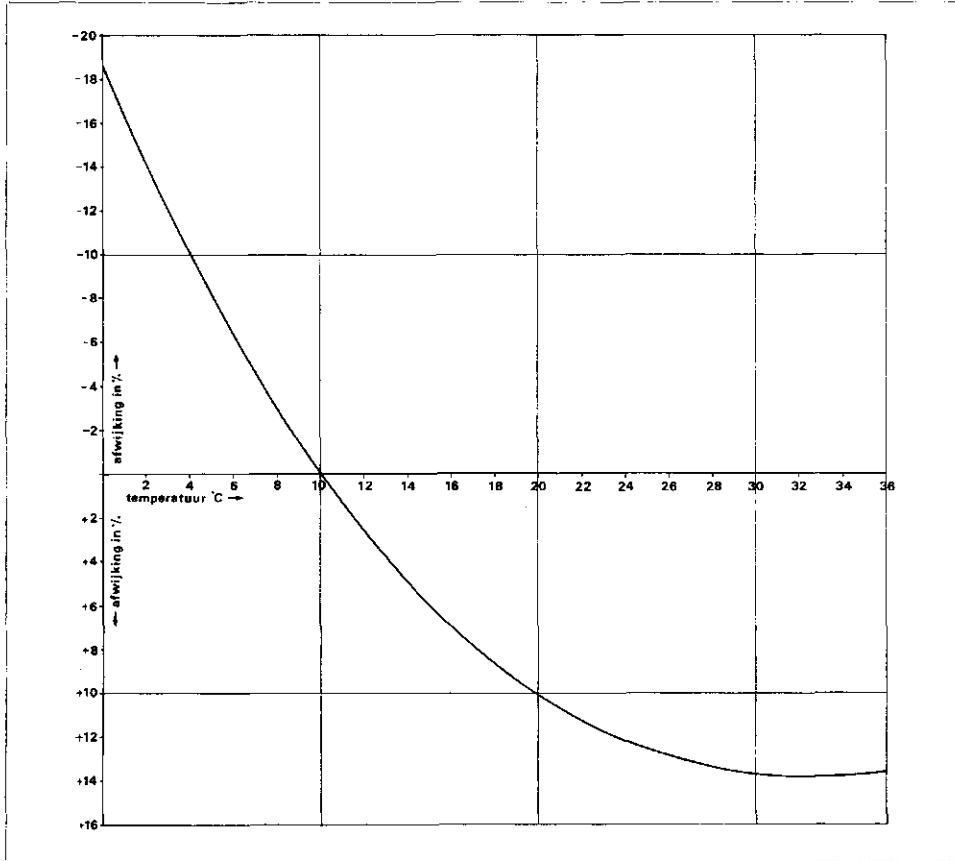
$$\Theta^{(10-T)} = \frac{1,48}{1 + 0,048 \times T} \quad (21)$$

De waarde van Θ als functie van de temperatuur is uitgezet in afb. 5. Hierin zijn tevens de Θ waarden uitgezet voor een referentietemperatuur van 20 °C. Vergelijking van de verschillende series beluchttingsproeven gaf aanleiding om aan te nemen dat de temperatuurafhankelijkheid van het beluchttingsproces niet schaalgevoelig is. Op grond daarvan werd door ons aangenomen, dat de met behulp van modelmetingen bepaalde correctieformule eveneens geldig is voor praktijksituaties.

6. Samenvatting

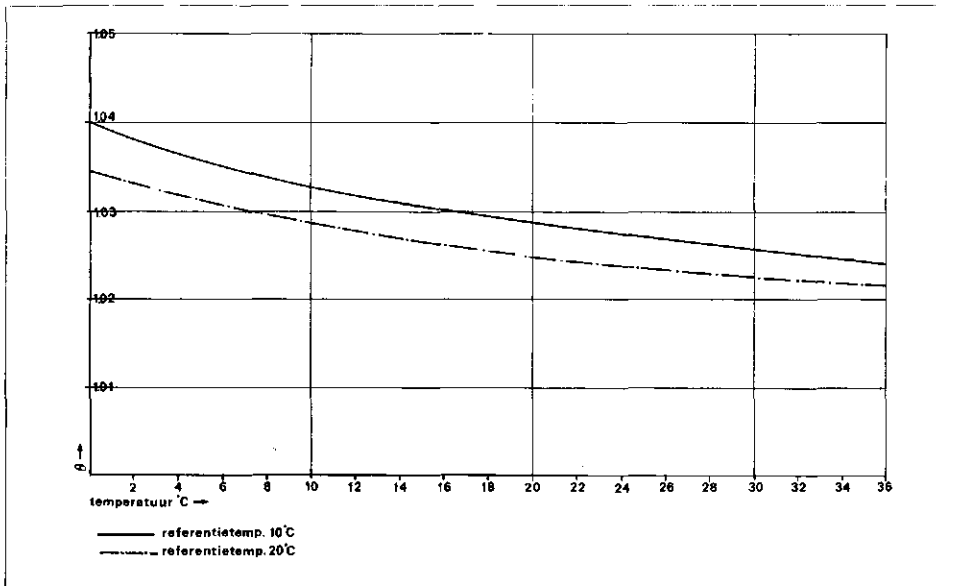
a. Correctieformules voor de invloed van de temperatuur op $k_L A$, met uitzondering van die van Nenov, zijn langs theoretische weg afgeleid. Uit het beschreven onderzoek blijkt, dat deze correctieformules voor het beluchttingsproces met behulp van puntbeluchters de situatie vaak minder juist weergeven.

b. In het hier beschreven onderzoek werd een correctieformule bepaald voor puntbeluchting. Deze ziet er als volgt uit:



Afb. 4 - Afwijking in % van OC_{10} , bij gebruik van de correctiefactor van Pasveer, in plaats van vgl [20].

Afb. 5 - θ als functie van de temperatuur, zoals afgeleid uit het beschreven onderzoek.



— referentietemp. 10°C
- - - referentietemp. 20°C

Lijst van gebruikte symbolen

| | | |
|------------------|---|--|
| \emptyset'' | zuurstofflux | (kg O ₂ /s · m ²) |
| \emptyset | zuurstofstroom | (kg O ₂ /s) |
| V | het watervolume in de bak, waarin de beluchttingsinstallatie geplaatst is | (m ³) |
| c_t | gemiddelde zuurstofconcentratie als functie van de tijd | (kg O ₂ /m ³) |
| c_i | zuurstofconcentratie in het inwendige van de vloeistof | (kg O ₂ /m ³) |
| c_s | zuurstofverzadigingsconcentratie | (kg O ₂ /m ³) |
| c_{s10} | zuurstofverzadigingsconcentratie bij 10 °C en 760 mm Hg | (kg O ₂ /m ³) |
| OC | zuurstofinbrengend vermogen van een beluchttingsinstallatie | (kg O ₂ /s) |
| OC ₁₀ | zuurstofinbrengend vermogen van een beluchttingsinstallatie bij 10 °C | (kg O ₂ /s) |
| D | diffusiecoëfficiënt | (m ² /s) |
| D _T | diffusiecoëfficiënt bij T (°C) | (m ² /s) |
| k_L | stofoverdrachtscoëfficiënt | (m/s) |
| A | grensvlak lucht-water | (m ²) |
| T | temperatuur | (°C) |
| T _A | absolute temperatuur | (K) |
| η | dynamische viscositeit | (kg/m · s) |
| C _(T) | correctiefactor bij T (°C) | (—) |
| θ | constante | (—) |
| $k_L A$ | produkt van k_L en A | (m ³ /s) |
| $k_L A_T$ | produkt van k_L en A bij T (°C) | (m ³ /s) |
| t | tijd | (s) |

$$C_{(T)} = \frac{1,48}{1 + 0,048 \times T} \quad (20)$$

Vergelijking van de resultaten van dit onderzoek met die van een soortgelijk onderzoek, uitgevoerd door Nenov, laat slechts zeer geringe verschillen zien.

c. Aan de hand van het onderzoek is gebleken, dat de invloed van de temperatuur, vooral bij lage temperaturen, groter is dan andere correctieformules doen veronderstellen.

Literatuur

1. Sweeris, A., *Meting van het zuurstoftoevoervermogen*, H₂O nr. 25, 1969.
2. Sweeris, S., en Trietsch, R., *Bepaling van het zuurstoftoevoervermogen in Carroussels*, H₂O nr. 5 en 6, 1974.
3. Metcalf and Eddy, Inc., *Waste Water Engineering*, McGraw-Hill, New York 1972.

4. Pöpel, H. J., *Aeration and Gas Transfer*, Collegedictaat, Delft, 1974.
5. Pasveer, A., *Untersuchungen über das Belebtschlammverfahren für die Reinigung von Abwasser*, Gesundheits Ingenieur 1955, Heft 21/22.
6. Gloppen, R. C. and Roeber, J. A., *Rating and Application of surface aerators*, Tappi Vol 48 (12), 103A - 105A (1965).
7. Nenov, N., *Techniques and pitfalls in measuring efficiencies of aeration equipment*, 77th National Meeting of AIChE, June 2 - 5 1974, Pittsburgh, Pennsylvania.
8. Imhoff, K. R. and Albrecht, D., *Zum Einfluss von Temperatur und Turbulenz auf den Sauerstoffeintrag in Wasser*, GWF-Wasser/Abwasser 113 (1972) H6.
9. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 13th ed. American Public Health Association, New York, 1971.
10. Beek, W. J., *De fysisch technologische aspecten van de gasabsorptie in actief-slibinstallaties*, H₂O nr. 21, 1969.
11. Johnstone, R. E. and Thring, M. W., *Pilot Plants, Models and Scale up Methods in Chemical Engineering*, McGraw-Hill, New York 1955.



Vissterfte in de Tungelroijsebeek

De politie onderzoekt momenteel de verontreiniging van de Tungelroijsebeek en de Nederbeek nabij Budel. In die twee riviertjes zijn hoge concentraties van zink, cadmium en ijzer geconstateerd, die veroorzaakt kunnen zijn door de N.V. Budelco. Deze firma zou met name te veel cadmium in het water hebben geloosd. Dit antwoordde minister Westerterp op vragen van het Tweede Kamerlid Konings (PvdA).