

Inleiding

In het zuiveringsproces van een rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi) volgt na de biologische afbraak van organisch materiaal in de beluchtingstank een nabezinktank. Hierin wordt het slib onder invloed van de gravitatiekracht van het water gescheiden; het slib wordt deels als retourstroom teruggevoerd naar de beluchtingstank en deels als surpluslib verder behandeld in de slibverwerking. Volgens de STORA-richtlijn moeten nabezinktanks worden gedimensioneerd op basis van de slibvolumebelasting:



IR. K. MEINEMA
TUD
Thans werkzaam bij
DHV Water, Amersfoort



PROF. IR.
J. H. J. M. VAN DE GRAAF
TUD



PROF. IR. J. H. KOP
TUD

$$VS_A = \frac{G_A \cdot SVI \cdot Q}{A} \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$$

met
 G_A : droge-stofconcentratie aanvoer naar nabezinktank (kg/m³)
 SVI : slibvolume index (m³/kg)
 Q : debiet (m³/h)
 A : oppervlak nabezinktank (m²)

Deze slibvolumebelasting geeft een verband aan tussen de bezinkbaarheid en de concentratie van het slib, het debiet en het benodigde oppervlak van de nabezinktank. De grootte van dit oppervlak is recht evenredig met het slibgehalte van de aanvoer naar de tank. Wanneer nu deze concentratie aanzienlijk verlaagd zou kunnen worden, zou de omvang – en dus de kosten – van de nabezinktank verminderd kunnen worden. Een methode om het slibgehalte snel te verlagen is het plaatsen van een lamellenbezinker tussen de beluchtingstank en de nabezinktank. Deze kan een groot gedeelte van het slib afvangen en direct terugsturen naar de beluchtingstank, waardoor slechts een fractie van het slib de nabezinktank belast. Ook wordt

bereikt, dat de volumina van de aanvoer- en de retourslibstroom worden verminderd. Echter, het voordeel van een kleinere nabezinktank moet groter zijn dan het nadeel van het plaatsen van extra zuiveringsstap, de lamellenbezinker.

Opzet van het onderzoek

Om te beoordelen of het toepassen van een lamellenbezinker tussen een beluchtingstank en een nabezinktank technisch en economisch mogelijk is, is het volgende onderzoek uitgevoerd. In een perspex kolom is een aantal bezinkproeven uitgevoerd om de bezink-snelheid van het slib te bepalen. Deze snelheid dient als ontwerpparameter voor een lamellenbezinker. Op grond van literatuuronderzoek is gekozen voor het zogenaamde downflow-upflow type. Met deze lamellenbezinker is uitgebreid geëxperimenteerd. Eerst is een aantal proeven gedaan om het rendement te bepalen bij verschillende invoerdebiten. Vervolgens is door een aantal duurtesten onderzocht of de lamellen ook last hebben van dichtslibben. Tenslotte is op grond van de gevonden waarden een aantal varianten uitgewerkt, waarbij de lamellenbezinker werd toegepast. Hieruit kunnen conclusies worden getrokken over de economische toepasbaarheid.

Bezinksnelsnelheid

Er is een aantal bezinkproeven uitgevoerd in een perspex kolom met een hoogte van 2 meter. De concentratie van het slib varieerde van 2 tot 4,5 g/l en de hoogte van de slibkolom tussen de 1 en 2 m. Naast het bepalen van de concentratie op verschillende hoogtes is een aantal bepalingen verricht met als doel inzicht te krijgen in de nauwkeurigheid van de droge-stofbepaling. Hieruit bleek, dat bij een nauwgezette en accurate bepaling volgens de norm de onnauwkeurigheid ongeveer 0,1 g/l bedraagt. Wanneer deze waarde in acht wordt genomen bij het besruderen van de grafieken, waarin de hoogte van de slibspiegel tegen de tijd is uitgezet, kan geconcludeerd worden, dat er nauwelijks sprake is van een gradiënt over de hoogte van de slibkolom (zie afb. 1).

Gedurende de bezinking neemt deze concentratie toe, waarbij er op de bodem enige ophoping is waar te nemen. De daling van de slibspiegel (zie afb. 2) is een maat voor de bezinksnelsnelheid, maar is niet gelijk aan de gemiddelde bezinksnelsnelheid van de slibdeeltjes. In dat geval zou de concentratie gedurende de proef niet veranderen, afgezien van de ophoping op

de bodem. Daarentegen is er een gradiënt van de bezinksnelsnelheid over de hoogte van de slibkolom met aan de slibspiegel de laagste en vlak boven de bodem de hoogste snelheid. Op grond van een berekening kan gesteld worden, dat de gemiddelde bezinksnelsnelheid van de slibdeeltjes ongeveer een factor 0,6 is van de bezinksnelsnelheid van de slibspiegel. Deze snelheid kan op een tweetal manieren worden berekend. Door raakklijnen te trekken aan de grafiek, waarin de hoogte van de slibspiegel tegen de tijd is uitgezet, wordt een snelheid gevonden. Met lineaire regressie kan vervolgens een exponentieel verband worden gevonden tussen de bezinksnelsnelheid en de concentratie:

$$v = v_1 \cdot e^{-k \cdot c} \text{ m/h}$$

Op de tweede manier wordt eerst een exponentiële lijn bepaald door de bezinkgrafieken. Na differentiatie en wederom lineaire regressie kan ook zo een exponentiële functie worden gevonden.

De uitkomsten van beide methoden zijn weergegeven in afb. 3.

Bij een waarde van $c = 4 \text{ g/l}$ wordt zodoende een bezinksnelsnelheid van ongeveer 1 m/h gevonden.

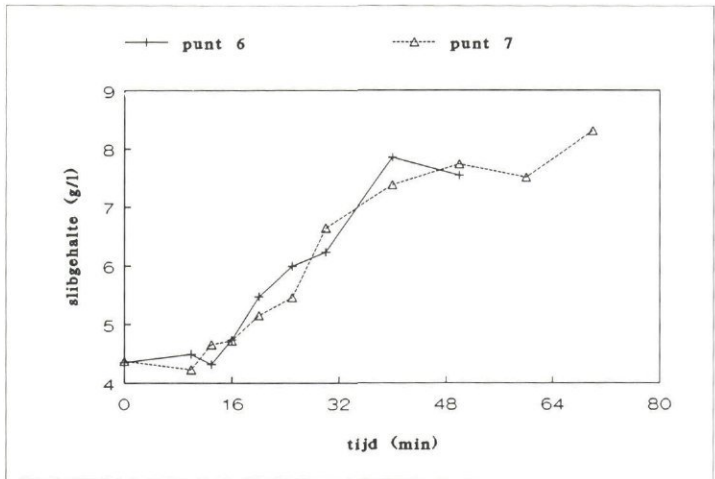
Ontwerp van een lamellenbezinker

Op basis van in de literatuur gevonden waarden is een ontwerp gemaakt voor een lamellenbezinker. De hoogte van de bezinker is 184 cm, de breedte 57 cm en de afstand tussen de lamellen 10 cm. Als uitvoeringsvorm is gekozen voor het zogenaamde downflow-upflow principe, zie afb. 4.

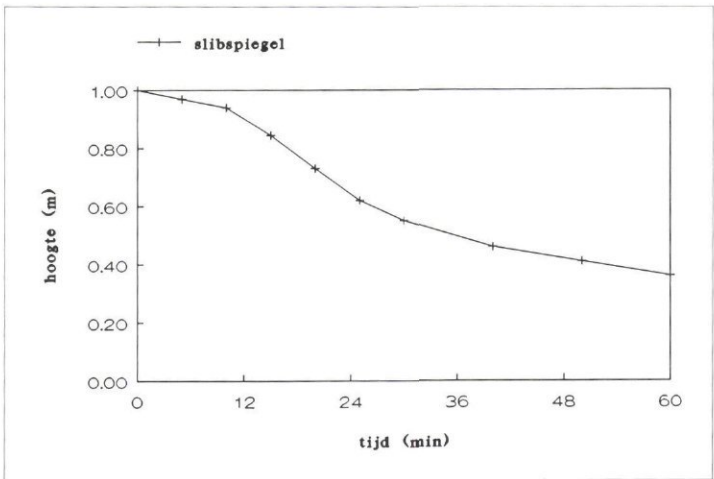
Op deze manier worden namelijk de voordelen van het meestroom- en het tegenstroomprincipe gecombineerd. Bij dimensionering op basis van het meestroomgedeelte krijgt men in het tegenstroomgedeelte een onderbelasting, die ervoor zorgt, dat alle niet-bezonken en opgewoelde deeltjes uit het eerste gedeelte worden verwijderd. Als wordt uitgegaan van een bezinksnelsnelheid van 1 m/h, is het ontwerpdebiet van de proefopstelling 0,58 m³/h. Bij dit debiet worden – theoretisch gesproken – alle deeltjes verwijderd.

Proeven met de lamellenbezinker

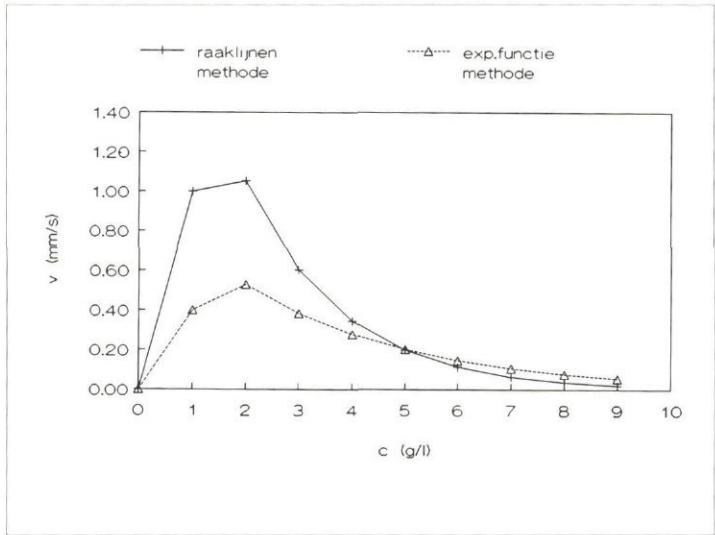
In de eerste plaats is een serie proeven gedaan, waarbij het invoerdebiet constant werd gehouden, maar de verhouding tussen effluent en slibafvoer werd gevarieerd van 0,1 tot 0,9. Het invoer-



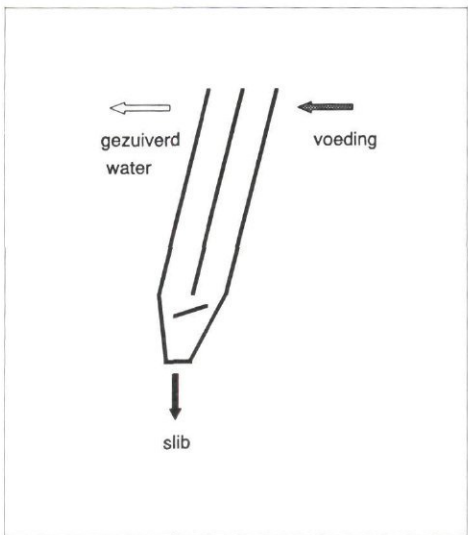
Afb. 1 - Slibgehalte als functie van de tijd.



Afb. 2 - Slibspiegel als functie van de tijd.



Afb. 3 - Bezink-snelheid als functie van het slibgehalte.



debiet lag tussen de 1,0 en 3,6 m³/h. Het doel van deze proeven was het rendement te bepalen bij overbelasting. Voor de interpretatie van de proeven moest eerst het rendement duidelijk worden gedefinieerd.

Het is van belang een zo groot mogelijke scheiding aan te brengen tussen slib en water. Met andere woorden, de concentratie van het effluent moet zo laag mogelijk zijn. Dit wordt weergegeven door het slibrendement:

$$\eta = 1 - \frac{C_e}{C_i}$$

Echter, daarnaast is het de bedoeling, dat de hoeveelheid effluent zo groot mogelijk is. Dit kan worden uitgedrukt door de verhouding tussen de hoeveelheid effluent en influent: Q_e/Q_i . Wanneer deze twee rendementen worden gecombineerd, wordt een formule verkregen, die een optimum aangeeft tussen slibverwijdering en hoeveelheid effluent:

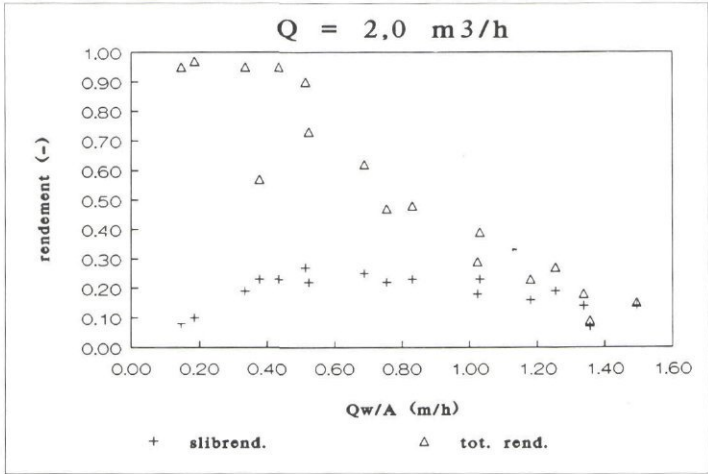
$$\beta = \frac{Q_e}{Q_i} \cdot \left(1 - \frac{C_e}{C_i}\right)$$

De resultaten van één van deze proeven zijn weergegeven in afb. 5. De rendementen zijn uitgezet tegen de oppervlaktebelasting Q_e/A (m³/m² · h).

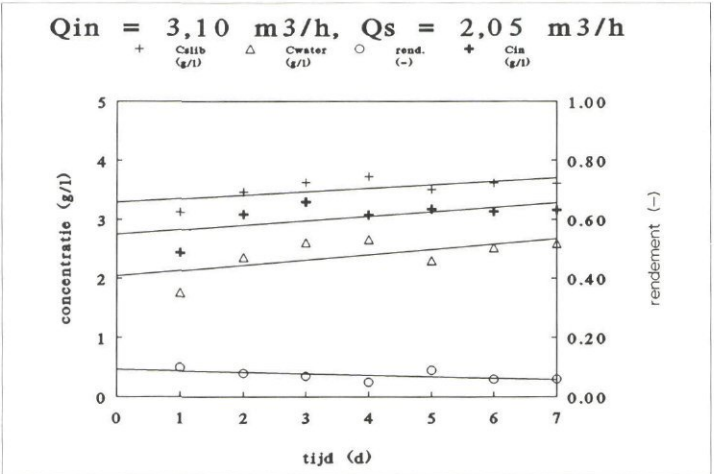
In alle grafieken valt een knikpunt af te lezen bij een oppervlaktebelasting van ≈ 0,6 m/h. Bij dit punt is de opwaartse snelheid van het water even groot als de bezinksnelheid van het slib, waardoor de slibdeeltjes nog net niet worden mee-gevoerd met het water en dus het rendement bijna 1 is. Na deze proeven is een aantal duurproeven uitgevoerd; eerst van 5 uur, later van één week. Bij deze proeven werden de water- en slibstromen constant gehouden. Het doel was te onderzoeken of er sprake zou zijn van dichtslibben van de lamellen. De conclusie van deze proeven is, dat bij juiste dimensionering de lamellen geen last hebben van verstopping (zie afb. 6).

Praktijktoeepassing
Het laatste deel van het onderzoek was een berekening of het toepassen van lamellenbezinkers tussen (of in) de beluchtingstank en de nabezinktank economisch interessant is. Hiervoor is een aantal varianten onderzocht.

1. Er wordt een lamellenbezinker gebouwd tussen een beluchtingstank en een nabezinktank. Deze lamellenbezinker wordt ontworpen op basis van een optimale slibverwijdering tijdens maximale belasting (RWA).
2. Ook in deze situatie (RWA) wordt een lamellenbezinker gebouwd tussen de aëratietank en de nabezinktank, maar nu wordt gekozen voor een lager rendement, waardoor de lamellenbezinker kleiner en goedkoper kan zijn.
3. In deze situatie (RWA) wordt de lamellenbezinker in de vorm van twee of meer lamellen langs de randen van de beluchtingstank gemonteerd. Hierdoor zal slechts een gedeelte van het slib bezinken, maar is geen extra unit nodig.



Afb. 5: Rendement.



Afb. 6: Duurproef van één week.

Voor de berekeningen is uitgegaan van een middelgrote rwzi van circa 100.000 i.e. Alle varianten zijn uitgewerkt voor goed bezinkbaar slib (SVI = 100 ml/g) en slecht bezinkbaar slib (SVI = 200 ml/g). In de eerste plaats is uitgegaan van een gemengd rioolstelsel, waarbij de hoeveelheid regenwaterafvoer ongeveer drie maal de hoeveelheid droogweerafvoer is. Daarnaast zijn alle alternatieven onderzocht op basis van een strikt gescheiden stelsel, zodat gedimensioneerd kan worden op DWA.

De investeringskosten (in kf) van de alternatieven zijn in de tabellen I t/m IV weergegeven. Voor de tabellen geldt, dat I de situatie is met goed bezinkbaar slib en II met slecht bezinkbaar slib.

Er is alleen naar investeringskosten gekeken, omdat de verschillen in energiekosten, bedienings- en onderhoudskosten voor de verschillende alternatieven ongeveer even hoog worden ingeschat.

Conclusies

In het geval van regenwaterafvoer (RWA) zijn de kosten van de alternatieven, waarbij een aparte lamellenbezinker tussen de aëratietank en de nabezinktank wordt gebouwd, hoger dan de kosten van de referentiesituatie met alleen een nabezinktank.

Ook zijn bij de dimensionering op basis van RWA de varianten met lamellen in de aëratietank duurder dan de referentiesituatie.

Bij goed bezinkbaar slib zijn de alternatieven relatief duurder ten opzichte van de referentiesituatie dan bij niet goed bezinkbaar slib.

Het aanbrengen van twee lamellen in de aëratietank met een rendement bij RWA van 10% is iets duurder dan de referentiesituatie. Tijdens DWA (90% van de tijd) zullen de lamellen wel 20% van het slib

blijvend afvangen. Hierdoor vermindert de belasting op de nabezinktank, wat een verbetering van het effluent kan inhouden. Een nadeel van dit alternatief kan zijn, dat als er langs alle wanden lamellen worden aangebracht de tank volledig gemengd moet zijn en er bijvoor-

TABEL I – Investeringskostenoverzicht nabezinktank en lamellenbezinker tussen aëratietank en nabezinktank (RWA)

	Referentie: geen lamellen- bezinker	met lamellen- bezinker met optimaal slib- rendement	met lamellen- bezinker met lager slib- rendement
I	3.828	8.844	6.364
II	6.432	9.555	9.013

TABEL II – Investeringskostenoverzicht nabezinktank en lamellen in beluchtingstank (RWA).

	Referentie: 2 lamellen*) geen lamellen- bezinker	4 lamellen	5 lamellen
I	3.828	3.990	4.856
II	6.432	7.144	7.614

* In situatie II zijn dit 3 lamellen, daar in geval van 2 lamellen het rendement nul is. Voor situatie I geldt, dat het rendement bij 2 lamellen gelijk is aan het rendement bij 3 lamellen, waardoor de laatste afvalt.

TABEL III – Investeringskostenoverzicht nabezinktank en lamellenbezinker tussen aëratietank en nabezinktank (DWA).

	Referentie: geen lamellen- bezinker	met lamellen- bezinker met optimaal slib- rendement	met lamellen- bezinker met lager slib- rendement
I	1.840	3.204	2.570
II	2.482	3.448	3.540

TABEL IV – Investeringskostenoverzicht nabezinktank en lamellen in beluchtingstank (DWA).

	Referentie: 2 lamellen geen lamellen- bezinker	3 lamellen	4 lamellen
I	1.840	2.174	2.135
II	2.482	2.842	3.180

beeld geen sprake kan zijn van anoxische zones voor nitraatverwijdering.

Voor dimensionering op DWA geldt, dat bijna alle alternatieven, zowel met een aparte lamellenbezinker als met lamellen geïntegreerd in de aëratietank, duurder zijn dan de referentiesituatie met alleen een nabezinktank.

In het geval van dimensionering op DWA is het alternatief, waarbij vier lamellen in de aëratietank worden aangebracht, goedkoper dan de referentiesituatie, als er sprake is van goed bezinkbaar slib.

In de kostenafweging is geen rekening gehouden met de grondprijs. Bij ruimtegebrek zouden de alternatieven met lamellenbezinker goedkoper kunnen worden dan de referentiesituatie.

Verantwoording

Dit artikel is gebaseerd op het afstudeerrapport van K. Meinema getiteld 'Lamellenbezinkers tussen beluchting en nabezinking'. Het onderzoek is uitgevoerd in het laboratorium en op de zuiveringsinstallatie van de vakgroep Gezondheidstechniek & Waterbeheersing van de Faculteit der Civiele Techniek, Technische Universiteit Delft, onder begeleiding van de hoogleraren prof. ir. J. H. J. M. v. d. Graaf en prof. ir. J. H. Kop.

● ● ●