

Remmie Neef, Witteveen+Bos, thans Brightwork  
 Anne-Marie te Kloeze, Witteveen+Bos  
 Cora Uijterlinde, STOWA

# Energiezuinige beluchting van een rioolwaterzuiveringsinstallatie

Het doel van het STOWA-project 'Quick scan inventarisatie achtergronden energiezuinige beluchting rwzi's' is het opstellen van een portfolio van beschrijvingen van het beluchtingsysteem en -regelingen van rioolwaterzuiveringsinstallaties met een laag specifiek energieverbruik. Een eenduidig beeld dat kenmerkend is voor een energiezuinige beluchting, is niet naar voren gekomen. Wel is duidelijk dat het al dan niet aanwezig zijn van een voorbezinktank geen verschil maakt. De belasting van de beluchtingelementen doet dat wel. In deze laatste is een duidelijke relatie gevonden. Het type beluchtingelementen en de toegepaste regelingen bleken niet onderscheidend te zijn op basis van de beschikbare dataset. Om hét recept voor een energiezuinige beluchting te kunnen samenstellen, zijn meer gegevens nodig. Beluchting van grote rioolwaterzuiveringsinstallaties blijken energiezuiniger maar rwzi's met voorbezinktank vaak niet.

De waterschappen hebben afgesproken elk jaar de energie-efficiency van de zuiveringsinstallaties met twee procent te verbeteren. Het energieverbruik van een rwzi is afhankelijk van de grootte, het toegepast zuiveringssysteem, de belastinggraad en de nagestreefde effluentkwaliteit. Het elektriciteitsgebruik dat ingezet wordt voor de beluchting, is naar verhouding de grootste energieverbruiker (ongeveer de helft van het totale energieverbruik). Het toepassen van verbeterde beluchtingssystemen en geoptimaliseerde beluchtingregelingen wordt als mogelijkheid gezien om op korte termijn energiewinst te behalen met relatief lage kosten.

Volgens gegevens van de Bedrijfsvergelijking Zuiveringsbeheer 2006<sup>1)</sup> blijken 25 rwzi's in Nederland te voldoen aan een specifiek energieverbruik qua beluchting van minder dan 10 kWh/i.e.<sub>verwijderd</sub> en een stikstofverwijdering van meer dan 75 procent. Deze 25 rwzi's zijn middels interviews met waterbeheerders en technologen nader onderzocht op de inrichting en prestatie van de beluchtinginstallatie en de beluchtingregeling. Ook is een analyse van de beschikbare informatie uitgevoerd.

In 2006 bedroeg het gemiddelde energieverbruik van de beluchting per waterschap

14,8 kWh/i.e.<sub>verwijderd</sub> (rekenkundig gemiddelde). Belangrijk onderdeel van deze inventarisatie is de manier waarop het specifieke energieverbruik is berekend:

$$\text{energieverbruik (kWh/i.e.}_{\text{verw.}}) = \frac{\text{elektriciteitsverbruik voor beluchtingstank (kWh/dag)}}{\text{aantal verwijderde i.e. rwzi (als 136 gram TZV/dag)}}$$

recirculatie. Het aantal verwijderde i.e. heeft betrekking op de gehele rwzi (van influent-gemaal tot effluentlozing).

Het energieverbruik voor de beluchtingstank is inclusief menging, voortstuwing en

Bij het achterhalen van additionele informatie (zuiveringsproces, beluchting-

## Specifiek energieverbruik en capaciteit van rwzi's (met en zonder voorbezinking).

zuivering	capaciteit rwzi (i.e. = 136 g TZV/d)	specifiek energie- verbruik BVZ 2006 (kWh/i.e. <sub>verwijderd</sub> )	recent specifiek energieverbruik 2007 (kWh/i.e. <sub>verwijderd</sub> )
rwzi Bath	520.000	6,1	5,2
rwzi Zwijndrecht	251.470	7,2	8,7
rwzi De Groote Lucht	285.000	7,8	8,5
rwzi Walcheren	200.000	7,9	7,5
rwzi Nijmegen	440.000	8,1	9,3
rwzi Eindhoven	750.000	8,7	8,9
rwzi Nieuwe Waterweg	110.000	9,1	9,0
rwzi Hengelo	196.000	9,4	9,8
rwzi Waarde	87.000	9,6	9,8
rwzi Beilen	123.000	9,8	8,9

regeling, etc.) en nauwkeurig nalopen van de geleverde gegevens bleek dat twaalf van de 25 zuiveringen niet meegenomen konden worden in dit onderzoek. De gegevens bleken niet verifieerbaar, re-produceerbaar of waren gewoonweg niet beschikbaar. Vervolgens is nog een selectie toegepast op de 13 overgebleven rwzi's met een influentbelasting van kleiner dan 95 procent van de ontwerpbelasting om overbelaste rwzi's uit te sluiten. Uiteindelijk zijn tien rwzi's nader beschouwd (zie tabel op de vorige pagina).

## Resultaten

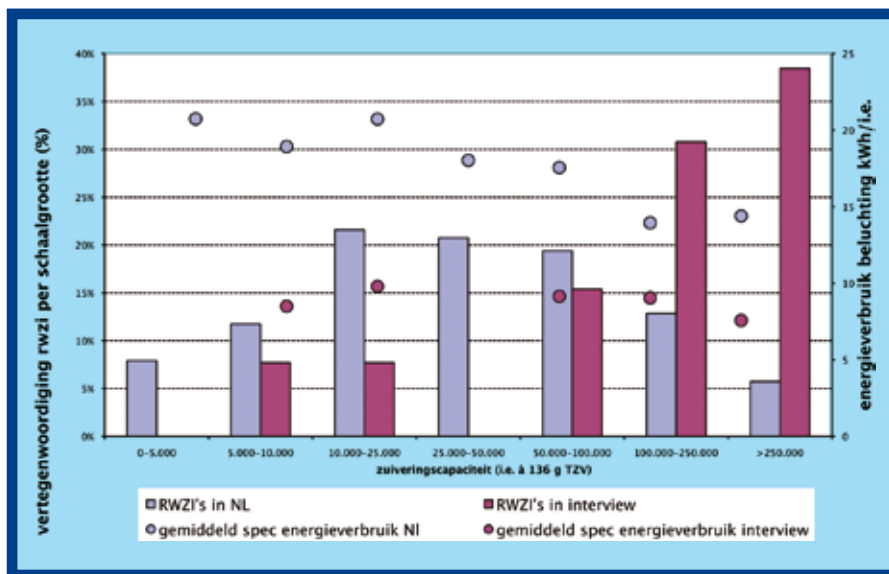
### Capaciteit

Negen van de energiezuinige zuiveringen zijn grote zuiveringen van meer dan 100.000 i.e. In heel Nederland is 19 procent van het aantal installaties groter dan 100.000 i.e. (zie afbeelding 1 voor de verdeling van de capaciteiten van Nederlandse rwzi's). Hierbij is onderscheid gemaakt in het landelijk percentage en het percentage van de energiezuinige rwzi's in dit onderzoek. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het totale aantal energiezuinige rwzi's 13 bedraagt en dat de categorieën 5.000 tot 10.000 i.e. en 10.000 tot 25.000 i.e. slechts één rwzi tellen. In deze vergelijking is te zien dat de grote rwzi's (meer dan 100.000 i.e.) in dit onderzoek oververtegenwoordigd zijn in vergelijking met de verdeling van alle rwzi's in Nederland.

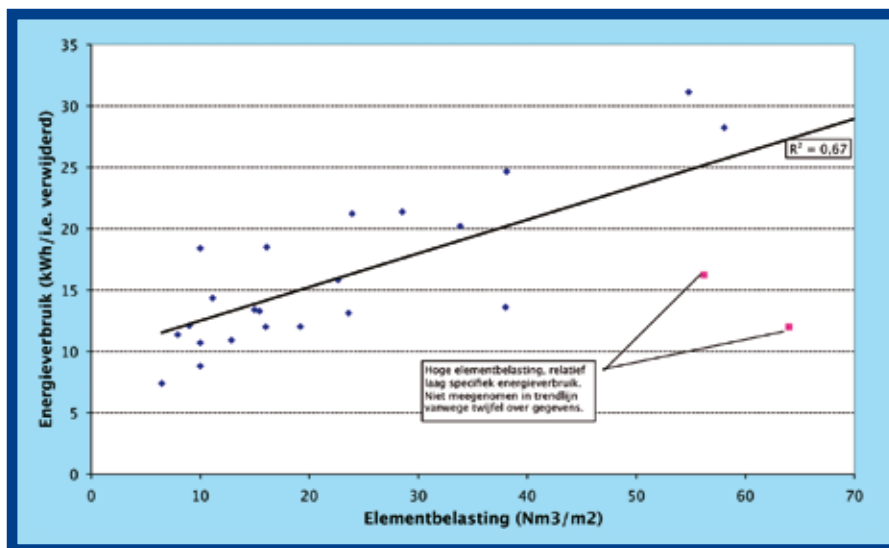
Uit afbeelding 1 blijkt dat energiezuinige rwzi's voornamelijk een hoge capaciteit hebben. Van de energiezuinige zuiveringen beschikt 69 procent over een capaciteit van meer dan 100.000 i.e. en 38 procent over een capaciteit van meer dan 250.000 i.e. Landelijk gezien ligt het aantal rwzi's met een capaciteit van meer dan 100.000 i.e. lager met 19 procent van het totaal aantal rwzi's. Het aantal zuiveringen met een capaciteit van meer dan 250.000 i.e. in Nederland bedraagt slechts zes procent. In Nederland wordt het grootste deel van de rwzi's vertegenwoordigd door zuiveringen met een capaciteit tussen 10.000 en 100.000 i.e. (namelijk 62 procent). In afbeelding 1 zijn tevens per capaciteit het gemiddelde energieverbruik per i.e.-verwijderd van alle 366 zuiveringen en de zuiveringen uit dit onderzoek weergegeven. Omdat de middenklasse rwzi's niet goed vertegenwoordigd zijn in de geselecteerde rwzi's, is een goede vergelijking met het landelijk gemiddelde niet mogelijk.

### Met of zonder voorbezinktank

Door het gebruik van een voorbezinktank wordt een relatief groot aandeel aan i.e. verwijderd, terwijl de energie-invoer hiervoor minimaal is. Dat betekent dat relatief minder beluchtingenergie nodig is voor de verwijdering van i.e. in de beluchtingstank. Algemeen geldt dat de kleinere rwzi's grotendeels niet zijn uitgerust met een voorbezinktank. Bij de geselecteerde rwzi's zijn slechts twee rwzi's niet voorzien van een voorbezinktank, waarvan één grote rwzi (meer dan 250.000 i.e.). Uit de analyse van de gegevens kwam naar voren dat rwzi's met voorbezinktank niet per definitie energiezuiniger zijn. De invloed van de voorbezinktank op



Afb. 1: Verdeling van capaciteit van alle rwzi's in Nederland en de energiezuinige rwzi's in dit onderzoek<sup>1)</sup>.



Afb. 2: Elementbelasting en energieverbruik.

het energieverbruik van de beluchting kan niet direct worden afgeleid. Installaties met voorbezinktanks hebben veelal een slibgisting en ontwatering, waarmee stikstofrijke reiectiewater naar de beluchting wordt gevoerd (zonder dat dit in de influentbelasting zichtbaar is), en moeten daardoor in werkelijkheid meer zuurstof voor ammoniumoxidatie inzetten. Een eerlijke vergelijking zal dan ook alleen opgaan als deze interne stromen duidelijk inzichtelijk en beheersbaar zijn.

### Type beluchting en beluchtingselementen

Op negen van de tien rwzi's wordt beluchting toegepast met verschillende typen beluchtingselementen (buizen, schotels en platen). Het type beluchtingselement blijkt niet het verschil te maken, maar de elementbelasting. Naast de geselecteerde rwzi's zijn aanvullende gegevens gebruikt van rwzi's van de waterschappen met de tien energiezuinigste rwzi's.

De energiezuinige rwzi's hebben een relatief lage elementbelasting (minder dan 25 Nm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>), behalve de rwzi's Strijen en Tilburg. In afbeelding 2 is te zien dat een

relatie bestaat tussen de elementbelasting en het energieverbruik. Een lage elementbelasting geeft een lager energieverbruik. De leeftijd van de beluchtingselementen is van invloed op de efficiency. De leeftijd van de beluchtingsinstallaties van de betrokken energiezuinige rwzi's varieert voor zover bekend van nul tot vijf jaar. Hoe de efficiency in de loop van jaren afneemt, is niet bekend. Bij continu hoogbelaste zuiveringen in combinatie met hoge luchtbelasting treedt snellere slijtage van de beluchtingselementen op.

### Type regeling

Met betrekking tot de regelingen komt geen eenduidig beeld naar voren. In de meeste gevallen wordt een combinatieregeling toegepast, waarbij primair wordt geregeld op zuurstof met bijsturing op basis van het ammonium-setpoint. Vooral rwzi's met een capaciteit van meer dan 100.000 i.e. regelen op ammonium en zuurstof. Omdat grote rwzi's in veel gevallen beschikken over een sliblijn met slibgisting, is een dergelijke geavanceerde meting benodigd om de wisselende ammoniumvrachten afkomstig van de sliblijn beter te kunnen controleren.

Daarnaast beschikken rwzi's met een gisting bijna altijd over één of meerdere voorbezinktanks. Ook regelingen op enkel zuurstof en op redox komen voor bij de energiezuinige zuiveringen.

De energiezuinige zuiveringen maken allemaal gebruik van relatief eenvoudige regelmethode. In geen van de gevallen wordt een complexe (geavanceerde) regeling of een tabelregelaar toegepast.

### Beluchtingstank en zuurstofinbrengvermogen

De inbrengdiepte van de lucht is een belangrijk aspect bij de energie-efficiëntie van beluchtingssystemen. Daarbij spelen tegengestelde processen een rol. Hoe langer het contact tussen ingebrachte zuurstof(lucht) en het (water)medium, met andere woorden: hoe dieper de lucht wordt ingebracht, des te groter de overdracht. Maar doordat de luchtbel groter wordt naarmate de bovenstaande waterkolom wordt doorlopen, daalt het specifieke inbrengrendement (per meter stijghoogte). Qua inbrengdiepte bestaat een zeker optimum dat bepaald wordt door de specifieke inbrengcapaciteit, het type afvalwater, de slibconcentratie en het beluchtingstank waarvoor inbrengdieptes tot circa 8,5 meter efficiënt zijn. Boven 8,5 meter ontstaan andere negatieve aspecten, zoals ontgassing, die de bezinkprocessen weer nadelig kunnen beïnvloeden.

Bij toepassing van fijne bellenbeluchting ligt de inblaasdiepte in de aëratietanks van de geselecteerde tien rwzi's tussen de 3,9 en 6,9 meter. Bij deze diepte is een goede relatie tussen de diepte van de tanks en de effectiviteit van de zuurstofoverdracht. De rioolwaterzuiveringsinstallaties van Walcheren, Bath en Eindhoven zijn dieper (respectievelijk 6,5 en 6,9 meter). De eerste twee staan hoog in de lijst van energiezuinige rwzi's. De spreiding tussen de OC-waarden is groot, tussen de 3,2 en 30,2 gram zuurstof per i.e. Rwzi Bath heeft de laagste OC-waarde met 3,2 gram zuurstof per i.e., wat ook terug te zien is in de lage elementbelasting van rwzi Bath ( $9 \text{ Nm}^3/\text{m}^2$  tegenover  $24,6$  gemiddeld voor rwzi's, zie afbeelding 2). Enkel bij rwzi Beilen ligt de OC-waarde aanmerkelijk hoger (30,2 gram zuurstof per i.e. per uur). Een oorzaak van deze hoge waarde is niet bekend.

### Effluenteisen

Het energieverbruik heeft een directe relatie met de kwaliteitseisen van het effluent, waardoor de effluenteis een belangrijke rol speelt in het energieverbruik op rwzi's. In dit onderzoek zijn rwzi's opgenomen die een stikstofrendement hebben van minimaal 75 procent. Ten tijde van dit onderzoek zijn niet alle eisen achterhaald. Een strengere eis vraagt een groter aandeel aan i.e.-verwijdering, wat resulteert in meer energieverbruik voor beluchting. Op rwzi Hengelo is de eis voor stikstof-totaal  $15 \text{ mg/l}$ . Op de meeste rwzi's ligt deze eis lager: op  $10 \text{ mg/l}$ . Deze relatief hoge waarde als effluenteis van de rwzi Hengelo kan een verklaring zijn waarom deze in de lijst van energiezuinige rwzi's staat. Rwzi Bath loost op open water, waarbij pieken in het ammoniumgehalte voorkomen.

Dit resulteert in lagere zuiveringsinspanning, waardoor het energieverbruik voor beluchting relatief laag is.

Meer informatie met betrekking tot effluenteisen van andere rwzi's is nodig om hieraan een conclusie te kunnen verbinden.

### Conclusies

Het rapport 'Quick scan inventarisatie achtergronden energiezuinige beluchting rwzi's' geeft een portfolio van beschrijvingen van het beluchtingstank en -regelingen van rwzi's met een laag specifiek energieverbruik. Voor dit onderzoek zijn gegevens gebruikt van het CBS<sup>2)</sup>, de BZV<sup>1)</sup> en specifieke data aangeleverd door zuiveringsbeheerders. Tussen de data van de verschillende bronnen is de discrepantie opvallend. De data verschillen onderling, zijn incompleet en er bestaat een definitieverschil in energiegelden. Door deze inconsequenties is het zeer moeilijk eenduidige conclusies over de energiezuinigheid van beluchting te trekken. Hierdoor is geen eenduidig beeld naar voren gekomen dat kenmerkend is voor een energiezuinige beluchting. Daarvoor zijn meer gegevens nodig.

Het toepassen van een voorbezinktank leidt niet per definitie tot een lager energieverbruik van de beluchtingstank. Een laag belaste rwzi zonder voorbezinktank kan op eenzelfde energieverbruik uitkomen als een hoog belaste rwzi met voorbezinktank.

Met betrekking tot de regelingen komt geen duidelijk beeld naar voren. In de meeste gevallen (veelal rwzi's groter dan 100.000 i.e.) wordt een combinatie van regelingen toegepast, waarbij de primaire zuurstofregeling wordt bijgesteld op basis van een actuele ammoniummeting. Grote rwzi's beschikken in veel gevallen over een slibgisting. Dan is een dergelijke regeling nodig om de wisselende ammoniumvrachten afkomstig van de sliblijn beter te kunnen verwerken.

De gegevens van de rwzi's zijn aangevuld met specifieke data om vooral de elementbelasting vast te kunnen stellen. Er bestaat een duidelijk relatie tussen energieverbruik en de luchtbelasting van de beluchtingselementen. De gevonden relatie geeft aan dat bij het ontwerp van de beluchtinginstallatie uitgegaan dient te worden van een lage luchtbelasting om de doelstelling van een energiezuinige rwzi te kunnen bereiken. Uit de inventarisatie blijkt overigens niet direct dat plaatbeluchting per definitie beter scoort dan bijvoorbeeld schotel.

### Vooruitblik

Verschuivende interpretaties van het energieverbruik kunnen zorgen voor een scheef beeld. Om meer duidelijkheid te scheppen, is nader onderzoek nodig op een specifiek aantal zuiveringen. De hoofdvraag is dan vast te stellen wat de invloed van geavanceerde regelingen op het specifiek energieverbruik is.

Als de werkelijke i.e.-verwijdering in de aëratietank wordt meegenomen in de

berekening van het specifiek energieverbruik voor beluchting (inclusief menging, voortstuwing en interne recirculatie), dan ontstaat een opmerkelijk beeld. De installaties die hoog in de oorspronkelijke lijst van energiezuinige rwzi's stonden, blijken immers volgens de bovenstaande analyse minder efficiënt te zijn qua beluchting. Om meer inzicht te krijgen en te komen tot eenduidige conclusies is een aangepaste dataset van rwzi's nodig. Vervolgens kunnen hieruit rwzi's worden geselecteerd die vergelijkbaar zijn qua belasting, uitvoering en procesvoering om vervolgens te bepalen welke parameter ze op energieverbruik onderscheidend maken.

Bij een vervolgonderzoek dienen de volgende zaken aan de orde te komen:

- de invloed van voortstuwing en recirculatie op het energieverbruik van de beluchting;
- de i.e.-verwijdering uitgesplitst per zuiveringsonderdeel;
- implementatie, werking en bedrijfsvoeringsaspecten van sensoren;
- toepassen van geavanceerde regelingen;
- de  $\alpha$ -factor van het te beluchten water;
- de effluenteis voor de lozing op oppervlaktewater.

Ten aanzien van de beluchting moeten nog enkele specifieke aspecten in het vervolgonderzoek meegenomen worden, zoals het rendement van turbocompressoren ten opzichte van rootsblowers, de vervuiling van beluchtingselementen in de tijd, de effectieve indompeldiepte van beluchtingselementen en de geïnstalleerde beluchtingcapaciteit in relatie tot het opgenomen vermogen.

### LITERATUUR

- 1) Unie van Waterschappen (2006). Bedrijfsvergelijking Zuiveringsbeheer 2006.
- 2) CBS (2006). Zuivering van stedelijk afvalwater, dataverzameling energieverbruik en -opwekking (productie van biogas voor elektriciteitsopwekking en verwarming van het slibgistingproces, verbruik van biogas en andere energiedragers).