

Toepassing van gasmotoren bij de aandrijving van luchtblowers bij actief slibinrichtingen

Inleiding

Op rioolwaterzuiveringsinrichtingen is energie onmisbaar om de zuiverings-technische processen te kunnen laten verlopen. Hierbij kan men langs twee wegen streven naar een minimaal energieverbruik in relatie tot de effluentkwaliteit: 1) door beperking van de energieconsumptie en 2) door een zo economisch mogelijke benutting van de potentieel aanwezige energiebronnen. Wat het eerste punt, het streven naar beperking van de energieconsumptie betreft, kan men



DRS. J. VERHAAGEN
Zuiveringschap West Overijssel
Zwolle

constateren, dat door de strenger geworden effluenteisen — denk aan de strengere 3ZV eis en stikstofeis — en door toepassing van aerobe slibmineralisatie thans zuiveringssystemen gekozen worden, die in het algemeen meer energie vragen dan vroeger het geval was. (zie tabel I).

TABEL I

Energieverbruik in kWh/i.e. j.
oxydatiebedden 5
aag belast actief slib 20
oxydatiesloten 44

De trend tot dusver heeft dus in het algemeen niet geleid tot het toepassen van minder energievragende systemen. Bij het ontwerpen van rioolwaterzuiveringsinrichtingen moet in de eerste plaats rekening worden gehouden met de eisen te stellen aan de kwaliteit van het effluent. Pas wanneer het zuiveringssysteem op grond van tal van verschillende overwegingen vast ligt, kan worden gestreefd naar maatregelen om het energieverbruik te beperken zonder daarbij de kwaliteit van het effluent te verslechteren. Die mogelijkheden zijn overigens beperkt. Aangezien bij zuiveringen met actief slibinrichtingen tenminste 2/3 deel van het energieverbruik voor rekening komt van het beluchtingsgedeelte kan het meeste nut verwacht worden van optimalisatie van het beluchtingssysteem. Het type beluchtingssysteem, aanpassing van de aeratie aan de wisselende O_2 vraag en beluchting tot een zodanig O_2 -gehalte, dat alle verschillende biologische processen op opsnelheid verlopen spelen hierbij een belangrijke rol, waarop in dit bestek niet verder wordt ingegaan. De tweede weg waarlangs men kan streven naar een minimaal energieverbruik is door de poten-

tieel aanwezige energiebronnen, de energiedragers, zo efficiënt mogelijk te benutten. Welke energiedragers staan ter beschikking? In principe als primaire energiedrager olie, aardgas, gistingsgas (bij anaerobe vergisting van het slib) en electriciteit als secundaire energiedrager. De aard van het zuiveringsstelsel bepaalt, welke beschikbaar zijn en ook zoals later zal blijken of er een zinvol gebruik van kan worden gemaakt. Bij conventionele actief slibinrichtingen wordt momenteel als volgt gebruik gemaakt van de energiedragers. De aandrijving van de beluchters vindt plaats met electro-motoren en het gistingsgas wordt naast aardgas gebruikt voor verwarmingsdoeleinden. Op deze manier wordt op jaarbasis in het algemeen ongeveer 60 % van het geproduceerde gistingsgas nuttig gebruikt en 40 % gespuid. In principe kan een nuttiger gebruik van de energiebronnen worden gemaakt, namelijk door de primaire energiedragers als brandstof voor verbrandingsmotoren te gebruiken, de ontwikkelde kracht om te zetten in electriciteit of direct te benutten en de restwarmte te gebruiken voor verwarmingsdoeleinden. Een dergelijke warmtekrachtinstallatie wordt „total energy” installatie genoemd, wanneer electriciteit wordt opgewekt en een „partial energy” installatie, wanneer hiermee direct machines worden aangedreven.

Na de invoering van aardgas hebben de zogenaamde gasmotoren opgang gemaakt, onder andere in Arnhem en Hilversum. Deze machines dienen speciaal om electriciteit op te wekken, terwijl de restwarmte voor verwarmingsdoeleinden wordt gebruikt. Door de stijgende energieprijzen is het toepassingsgebied in een versneld tempo vergroot. Gasmotoren kunnen eveneens toegepast worden bij de aandrijving van blowers nodig voor de beluchting in actief slibinrichtingen.

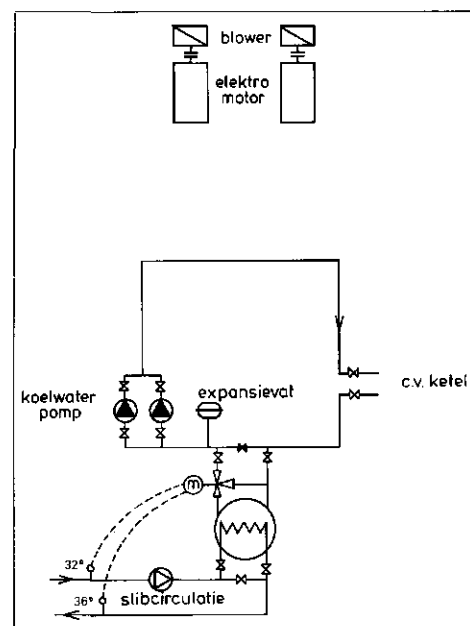
Motivering systeemkeuze

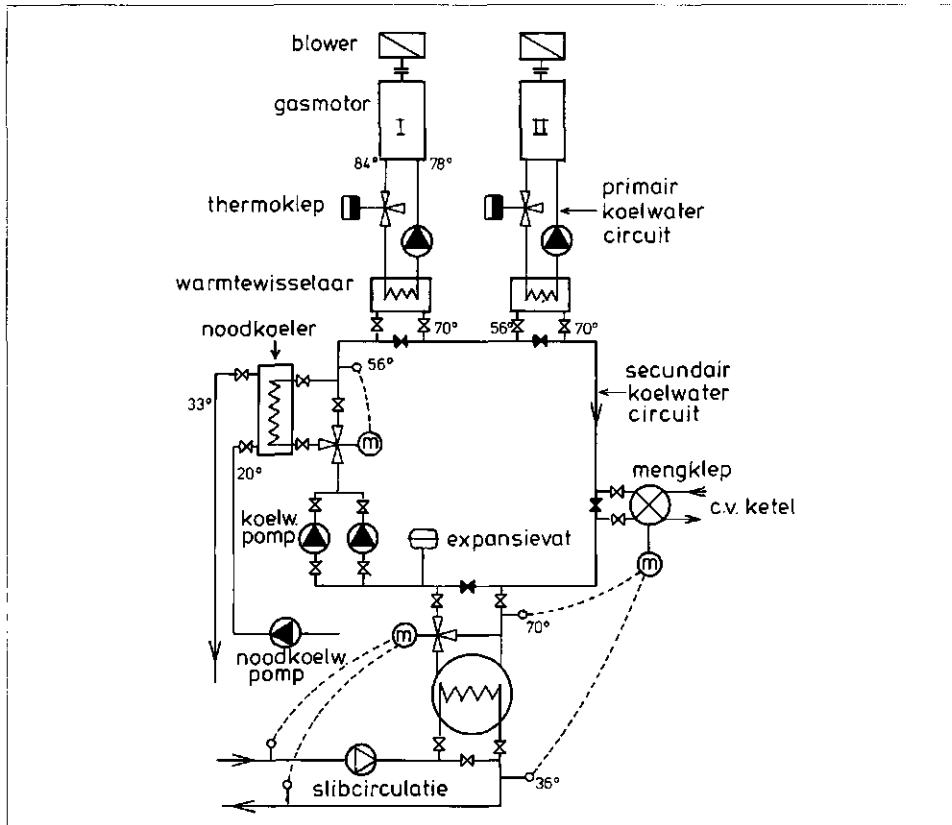
Uit het processchema blijkt dat warmte-technisch en regeltechnisch een rioolwaterzuiveringsinrichting met gasmotoren sterk verschilt met het vanouds bekende systeem (zie processchema 1 en 2). Men kan zich afvragen of de post energie bij het kwaliteitsbeheer zo belangrijk is, dat tot energiebesparende systemen moet worden overgegaan. Uit de begroting van het zuiveringschap West-Overijssel voor het jaar 1980 blijkt, dat ongeveer f 1.500.000,— van de f 29.500.000,— ofwel 5 % van de lasten schuilen in energiekosten. Globaal zal 70 % van deze energiekosten nodig zijn voor de diverse beluchtingsprocessen, ofwel rond f 1.000.000,— of 3,5 % van de jaaruitgaven. Relatief een gering bedrag, in

absolute zin een belangrijke uitgave. De hoogte van deze bedragen was voor het zuiveringschap voldoende aanleiding om bij het ontwerpen van rioolwaterzuiveringsinrichtingen terdege rekening te houden met de energiekosten.

Er is van de stelling uitgegaan, dat elke kostenverlaging, hoe gering ook, nagestreefd moet worden, uiteraard, met behoud van een optimaal beheer. De tweede stelling die als leidraad diende was dat energiekostenbesparing misschien niet direct maar wel in de nabije toekomst moet opwegen tegen de hoogte van de extra investeringen. Dus geen „energiebesparing tot elke prijs”. Aanvankelijk, in het prille bestaan van het zuiveringschap, werden de grotere rioolwaterzuiveringsinrichtingen volgens het conventionele actiefslib-procédé ontworpen (Steenwijk met centrifugaal blowers, aangedreven door electro-motoren, Deventer met puntbeluchting). Maar onder het motto „Ontwerpen is vooruitzien”, vroeg men zich in 1972, (dus voor de oliecrisis van oktober 1973) bij het zuiveringschap af, hoe de ontwikkeling van de energieprijzen zou kunnen zijn en of dit van invloed zou kunnen zijn op de in de toekomst toe te passen zuiveringsprocessen. Een studie waarin de kostenaspecten van oxydatiesloten met een grootte van 50.000 i.e. werden vergeleken met actief slibinrichtingen met eenzelfde capaciteit leerde, dat de oxydatiesloot 10 % minder investering vroeg, maar dat de jaarlijkse kosten bij een kWh-prijs van f 0,20 elkaar niet veel zouden ontlopen. De doorslag bij de beslissing om actief slibinrichtingen toe te passen gaf echter dat het bij toepassing van kleine bellenbeluchting mogelijk zou

Schema 1 - Processchema conventionele slibverwarming.





Schema 2 - Processchema warmteterugwinning bij toepassing gasmotoren.

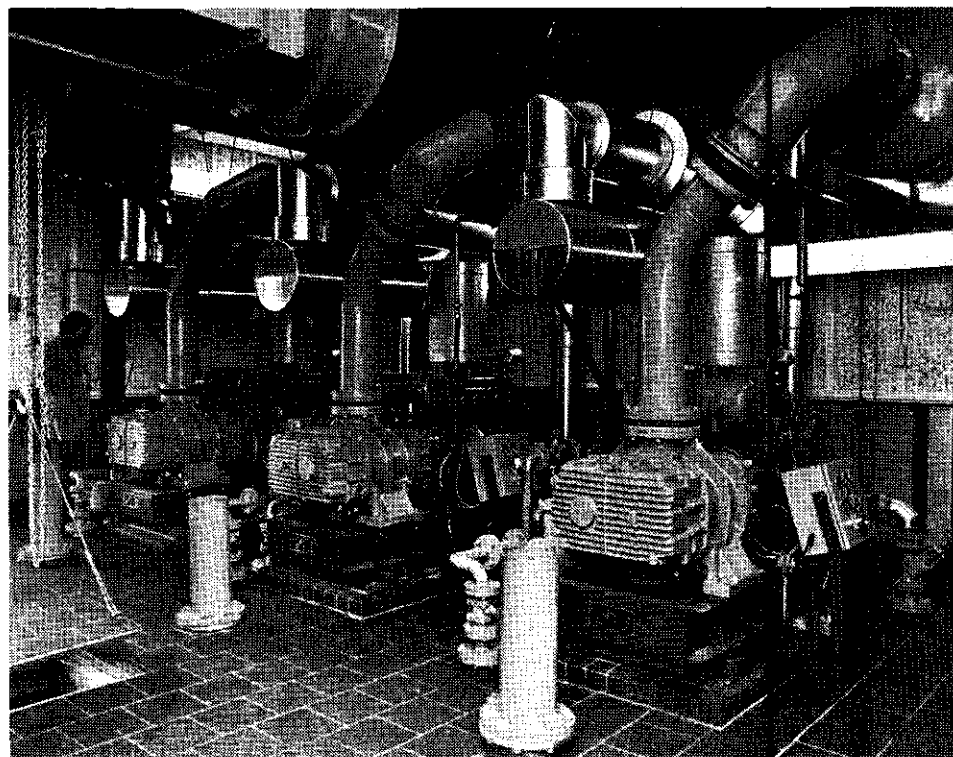
zijn een gasmotor als krachtbron te laten fungeren, met als voordelen:

- een optimaal gebruik van 65—75 % van de energie-inhoud van het te gebruiken gas door een gelijktijdige benutting van kracht en restwarmte;
- een rechtstreekse krachtoverbrenging van gasmotoren op blower, dus vermindering van energieverliezen in generator en electromotoren (15 %);
- volledig gebruik van het zelf geproduceerde gistingsgas;
- de mogelijkheid om aan de wisselende O_2 vraag van de aeratietank te kunnen voldoen, aangezien het toerental van de gasmotoren goed regelbaar is en het luchtdebiet dus eveneens (althans wanneer gebruik gemaakt wordt van de combinatie van een gasmotor met een blower van het Roots type).

Een bedrijfseconomische studie leidde tot de conclusie dat dit systeem ondanks een duurdere electromechanische installatie economisch aantrekkelijker zou zijn dan het conventionele systeem, zeker wanneer rekening gehouden werd met toekomstige stijgingen van de energieprijzen tot een niveau van f 0,20 per kWh. en hoger. Opgemerkt moet nog worden dat toetsing van de bovengenoemde conclusies in die jaren niet mogelijk bleek, eenvoudig omdat

in Nederland soortgelijke inrichtingen niet bekend waren. Pas veel later, toen de eerste zuiveringsinrichtingen van dit type bij het zuiveringschap (ook de eerste in Nederland) al functioneerden, bleek dat men

Gasmotor - Blowercombinatie in Raalte.



ook langs de Bodensee in Zwitserland een soortgelijke weg was ingeslagen.

Ontwerp

De door het zuiveringschap West-Overijssse gebouwde rioolwaterzuiveringsinrichting met een capaciteit van 50.000 of meer i.e. zijn alle volgens het actief slibstelsysteem opgezet, waarbij beluchting met kleine bellen wordt toegepast. Het slib wordt vergist. De maximale hoeveelheid lucht die nodig is voor het aeratieproces bepaalt in eerste instantie de capaciteit van de gasmotorblower combinatie. Aan de hand van de energiebalans van de motor kan berekend worden hoeveel restwarmte ter beschikking komt uit koelwater en uitlaatgassen. Deze restwarmte moet zo veel mogelijk gebruikt worden voor verwarming van de gistingstank en soms de bedrijfsgebouwen. Voor het laten draaien van de gasmotoren wordt gebruik gemaakt van het geproduceerde gistingsgas, dat bij een tekort wordt aangevuld met aardgas. Er zijn geen door electromotoren aangedreven luchtblowers opgesteld. Aansluiting op het elektriciteitsnet is evenwel toch nodig om te voorzien in de energiebehoefte van bijv. pompen en niet te vergeten de elektrische meet- en regelinstrumenten.

De gasmotoren moeten geschikt zijn voor de al eerder genoemde twee gassoorten, wa aangezien de calorische waarden niet te ver uiteen liggen (onderste verbrandingswaarde voor gistingsgas 23,1 MJ/Nm³, voor aardgas

1,8 MJ/Nm³ mogelijk is met één enkele arburator.

De actief slibinrichtingen waar hier sprake van is zijn alle van 2 parallelle straten voorzien, die afzonderlijk of samen in bedrijf kunnen zijn. Aangezien het toerental van de gasmotor gestuurd door het zuurtofgehalte in de aeratietank geregeld kan worden tussen 50 en 100 % van zijn capaciteit kan het luchtdebiet van de blower binnen dezelfde grenzen variëren.

Afhankelijk van het feit of de totale hoeveelheid benodigde lucht door meerdere blowers wordt geleverd is het mogelijk om de beluchting per aeratietank een groter egebereik te geven. Op de rioolwaterzuiveringsinrichtingen te Dedemsvaart en Holten is door de opstelling van één blower met reserve het luchtdebiet niet eerder terug te regelen dan tot 50 % van de opgestelde blowercapaciteit, in Raalte en Kampen kon door de plaatsing van blowers en één reserve de luchthoeveelheid per straat tot 25 % van de maximale capaciteit worden teruggeregeld. Vooral wanneer de zuiveringscapaciteit de eerste jaren niet volledig benut wordt kan de laatste opstelling de voorkeur verdienen.

Acoustische aspecten

Zowel de blower als de gasmotor produceert veel geluid (In Raalte werd in de motorenruimte bij 2 motoren in bedrijf 92 dB (A) gemeten). De situering moet zodanig zijn dat de motorenruimte zo veel mogelijk is afgescheiden van de overige verbruimten. De geluidsoverdracht kan beperkt worden door de fundering, vloeren en wanden gescheiden te houden van de rest van het gebouw. Bij de nieuwere inrichtingen bij het zuiveringschap worden de motor-blowercombinaties in gescheiden ruimten opgesteld om een betere werkomgeving te verschaffen bij onderhoudswerkzaamheden. Uiteraard worden de wanden en plafonds voorzien van geluidabsorberend materiaal. Voorts dienen ventilatie-openingen voorzien te zijn van speciale dempers bijv. coulissedempers en ook gasafvoerleidingen en luchtleidingen aan geluiddempers. Hierbij moet er wel rekening mee worden gehouden dat door een wisselend toerental de frequentie van het geluid varieert. Veel hinder kunnen luchtleidingen veroorzaken, omdat de rootsblowers een pulserende luchtstroom produceren. Omdat niet te voorspellen is hoe groot deze geluidshinder zal zijn wordt er tijdens de ontwerpfase rekening mee gehouden dat de luchtleidingen op de aeratietank extra geïsoleerd moeten kunnen worden. Op de nieuwste rioolwaterzuiveringsinrichting te Kampen worden de

leidingen zo veel mogelijk onder de grond en onder water aangebracht.

Brandstof

De geschiktheid van gistingsgas als brandstof hangt af van onder andere de verbrandingswaarde, dus van het gehalte CH₄ dat globaal 70 % bedraagt. Voor het overige bestaat het gas voornamelijk uit CO₂. Hiernaast komt ook nog H₂S voor in een hoeveelheid die bij de rioolwaterzuiveringsinrichtingen bij het zuiveringschap West Overijssel kan variëren tussen 50 en 2000 ppm. Aangezien het H₂S-gehalte in de brandstof aan een maximumgrens is geboden — dit in verband met corrosie verschijnselen — zal het gistingsgas soms onzwaveld moeten worden. Bij het ontwerp zal dus rekening gehouden moeten worden met plaatsing van een gaszuiveringsinrichting.

De omschakeling van gistingsgas op aardgas en omgekeerd wordt bepaald door de stand van de gashouder, waarin het gistingsgas is opgeslagen. Bij het omschakelen stoppen de motoren niet, slechts een korte tijdsperiode is een geringe toerentalvermindering merkbaar.

Restwarmtewinning

De restwarmte uit koelwater en smeerolie wordt teruggewonnen door het primair koelwatercircuit van de gasmotor aan te sluiten op een secundair circuit (zie proceschema 2), dat in hoofdzaak bestaat uit warmtewisselaars en circulatiepompen. Het koelwater voor de gasmotor wordt op de juiste temperatuur gehouden door een thermoklep. In de warmtewisselaar wordt warmte afgegeven aan het secundair circuit.

In de volgende warmtewisselaar wordt deze warmte overgedragen op het circulerende slib uit de gistingstank. Voor het geval de temperatuur in het secundair circuit te hoog oploopt (regeling tussen 55 en 70 °C) wordt een noodkoeler ingeschakeld, wordt de temperatuur te laag dan wordt door middel van een verwarmingsketel warmte gesuppleerd. De noodkoeler kan luchtgekoeld zijn, gekoeld met effluent via een warmtewisselaar of kan direct als koelspiraal in de beluchtingstank worden gehangen. Ook de warmte uit de uitlaatgassen kan teruggewonnen worden. Of hiertoe moet worden overgegaan hangt af van de vraag naar restwarmte. Bovendien gaat deze warmte-terugwinning met meer problemen gepaard omdat het toegepaste materiaal bestand moet zijn tegen de hoge uitlaatgas-temperatuur. Tot dusver is men bij het zuiveringschap niet verder gegaan dan een watergekoeld uitlaatspruitstuk.

Bedrijfservaring

De eerste met een gasmotor-blowercombinatie uitgeruste rioolwaterzuiveringsinrichting te Raalte is in bedrijf sinds 4 april 1977. Vervolgens werd de rioolwaterzuiveringsinrichting te Dedemsvaart op 26 juni 1977 in werking gesteld en die in Holten-Markelo op 14 november 1977. De inrichting te Kampen wordt in april van dit jaar in gebruik genomen. Nu drie van dergelijke rioolwaterzuiveringsinrichtingen ruim 2 jaar in bedrijf zijn heeft het zin een balans op te maken van de ervaringen op technisch en technologisch gebied en een kostenbeschouwing aan dit systeem te wijden.

Technische aspecten

De installaties te Dedemsvaart en Holten-Markelo konden vlot in bedrijf worden genomen en vertoonden ook later geen kinderziekten, dit in tegenstelling tot de inrichting te Raalte. Voordat de inrichting definitief in gebruik wordt genomen blijkt het raadzaam een langdurige beproeving (3 x 24 uur) van de motoren uit te voeren. Hierbij constateert men veelal, dat diverse drukken en temperaturen niet juist zijn ingesteld, dat kleppen niet werken en dat in de elektrische installatie bedradingsfouten voorkomen. Uit trillingsmetingen (opnemen als dwingend eis in het bestek) moet blijken of de fundering aan de eisen voldoet. Het instrumentenpaneel is geen lang leven beschoren als het gehandhaafd blijft op de plaats waar het bij aflevering bevestigd is, namelijk aan de motor. Ook startbatterijen dienen niet geplaatst te worden in bakken die aan de fundatie zijn bevestigd. Olieverversingen dienen frequent, dat wil zeggen om de 500 uur, plaats te vinden, waarbij de afgewerkte olie in een speciaal daarvoor aangebrachte bak wordt afgelaten en nieuwe olie wordt toegevoerd uit een olievoorraadtank. Aangezien op de betreffende rioolwaterzuiveringsinrichtingen het H₂S-gehalte van het gistingsgas in het algemeen beneden 1000 ppm ligt, behoeft volgens de gasmotorfabrikant het gas niet gezuiverd te worden. In de praktijk gebeurt dit inderdaad niet in Raalte en Dedemsvaart. In Holten-Markelo waar een gaszuiversilo in het ontwerp is meegenomen werd het gas wel ontdaan van H₂S.

Aangezien de bediening van de apparatuur ongemakkelijk is en de gekozen uitvoering vrij veel energie vraagt om de vereiste temperatuur te handhaven is de silo sinds kort buiten bedrijf gesteld. Zoals reeds vermeld heeft de gasmotor-blowercombinatie in Raalte problemen

gegeven. Allereerst moest de fundatie verbeterd worden. Voorts viel bij het overschakelen van aardgas op gistingsgas bij een laag toerental de gasmotor regelmatig uit, waarbij de startmotoren tijdens het uitlopen voortijdig inschakelden. Het uitvallen van de gasmotor is verholpen door de motor tijdens het overschakelen kortstondig vrijwel onbelast te laten draaien (door de onbelast aanloopklep even te openen en weer te sluiten).

Voorts bleken de in het beluchtingsysteem ingebouwde meetflenzen nogal wat extra weerstand in het beluchtingsysteem te veroorzaken, waardoor de gasmotoren langdurig overbelast werden. Met het gevolg, dat versterkte slijtage van de motoren optrad. De belangrijkste lering die getrokken kan worden uit deze aanloopproblemen is dat het vermogen van de gasmotor niet te krap dient te worden gekozen. Deze moet bij voorkeur 30 % boven het benodigde vermogen van de blower liggen.

Wat de geluidsproblematiek betreft zijn verschillende praktijkervaringen opgedaan, waar de verklaring nog niet voor gevonden is. De tijdens de bouw aangebrachte acoustische voorzieningen bleken n.l. voldoende in Holten-Markelo, maar niet in Raalte en Dedemsvaart. In Raalte moesten luiken op leidingkokers bekleed worden en in Dedemsvaart werden achteraf de luchtleidingen op de bordessen van aeratietanks geïsoleerd. Hierdoor werd de geluidsproductie op 1 meter afstand van de leidingen van 85 dBA teruggebracht tot 67 dBA, een 6 voudige vermindering van het geluid!

Technologische aspecten

Bij de bedrijfsvoering in technologisch opzicht komt het er op aan zo weinig mogelijk aardgas in te kopen o.a. door zoveel mogelijk nuttig gebruik te maken van het zelf geproduceerde gistingsgas. Spuigas verliezen moeten dus worden voorkomen, alsmede het gebruik van de noodkoeler. Om de gasproductie zo groot mogelijk te doen zijn op het moment dat de zuurstofvraag het grootst is wordt gepoogd het verse slib tijdens de piekaanvoer van het afvalwater in de gistingstank te brengen. De vrijwel ogenblikkelijk toenemende gasproductie wordt versterkt door de inhoud van de gistingstank goed te mengen (op de rioolwaterzuiveringsinrichtingen bij het zuiveringschap West Overijssel door gas in te blazen), waardoor aan de vaste deeltjes gehecht gas vrijkomt.

Van eminent belang is dat het slib zo ver mogelijk wordt ingediktd voordat het in de gistingstank wordt gepompt. Het gebruik van aparte voorindickers is welhaast noodzakelijk om het slib voldoende te

kunnen laten indikken om voldoende bufferend vermogen te hebben, zodat daarmee de vraag naar- en aanbod van energie op elkaar kan worden afgestemd. Het is duidelijk dat bij een gering volume slib ook minder warmte behoeft te worden toegevoerd dan bij een grote hoeveelheid dun slib. Bovendien wordt de verblijftijd van de vaste stof in de gistingstank vergroot, zodat de gasproductie per kg organische stof wat toeneemt. Een probleem op zich is de indikking van al dan niet met primair slib gemengd surplus actiefslib (vooral wanneer de slibindex hoog is). Het lijkt verstandig de conventionele gravitatie indikking te verlaten en over te schakelen op voor Nederland nieuwere systemen. In dit opzicht zou wat meer aandacht moeten worden gegeven aan flotatie van actief slib, dat een aantrekkelijk alternatief lijkt.

Een ander zeer belangrijk punt is dat de gistingsgasproductie zo hoog mogelijk moet worden opgevoerd. Uit metingen in West Overijssel is gebleken dat de gasproductie tussen 230 en 640 l per kg toegevoerde organische stof varieert, een waarde die o.a. afhankelijk is van de samenstelling van de organische stof en de gistingstijd. Volgens Gibson en Taylor [1] is de netto gasproductie (dat is de hoeveelheid gas dit overblijft voor andere doeleinden dan voor het verwarmen van de slibgistingstank zelf) optimaal bij een gistingstijd van 15 à 20 dagen.

Voorts is van belang hoe de dagelijkse gasproductie zich verhoudt tot de zuurstofbehoefte (in kg BZV + 4,57 N) in de beluchtingstank. Deze verhouding wordt voor een belangrijk deel bepaald door de aard van het afvalwater, dat verwerkt moet worden, m.a.w. of de verontreiniging in vaste of colloïdale en opgeloste vorm aanwezig is. Deze verhouding kan beïnvloed worden door het toevoegen van flocculatiemiddelen aan het ruwe afvalwater. Op één van de drie hier besproken inrichtingen, namelijk op die in Raalte worden langjarige experimenten uitgevoerd op het gebied van

defosfatering. De laatste jaren wordt gedefosfateerd door middel van pre-precipitatie met AVR, waarbij de hoeveelheid primair slib toeneemt en daardoor ook de hoeveelheid geproduceerd gistingsgas. Door de vergrote hoeveelheid primair slib neemt de warmte behoefte van de slibgistingstank toe, waarvoor een deel van de vergrote gasproductie zal moet worden aangewend. Uiteraard neemt de belasting van de beluchtingstank sterk af, zodat de hoeveelheid beschikbaar gistingsgas ten opzichte van de zuurstofvraag toeneemt. C hiermede een deel van de defosfateringskosten kan worden goedge maakt en of dit opweegt tegen de grotere hoeveelheid slib die verwerkt moet worden zal nader onderzoek leren.

Kosten

Wanneer de investerings- en jaarlijkse kosten van de aan de orde zijnde systemen op zichzelf worden gezien verkrijgt men geen informatie over de financieel-economische haalbaarheid. Om tot een meer relevant kosteninzicht te komen zijn twee gelijk gedimensioneerde en gelijk belaste zuiveringsinrichtingen met elkaar vergeleken en wel :

1. het systeem met een gasmotor-blower combinatie met warmte recuperatie systeem
2. het systeem waarbij de blowers aangedreven gedacht zijn door thyristor gestuurde regelbare gelijkstroommotoren. Op basis van prijspeil '77 zijn voor beide systemen de verschillen in investeringen berekend (zie tabel II). De investeringen omvatten de compleet samengebouwde gas- c.q. electromotoren met blowers, het warmteterugwinningssysteem, de electriciteitsinstallatie, gasmeters, leidingen, gasdetectie, acoustische-ventilatie- en smerolievoorzieningen. Verder zijn inbegrepen de kosten van trillingsmetingen aan het fundatieblok BTW, advies- en toezichtskosten en aansluiting nutsbedrijven. Bij deze investering

TABEL II

	RAALTE Gasmotoren — Elektromotoren	DEDEMSVAART Gasmotoren — Elektromotoren	HOLTEN/ MARKELO Gasmotoren — Elektromotoren
Ontwerpbelasting i.e.	51.000	37.000	54.000
Geïnst. vermogen P.K. (K.W.)	3 x 75 (55)	2 x 128 (94)	2 x 145 (107)
Blower capaciteit Nm ³ /h.	3 x 2.670	2 x 4.000	2 x 6.000
Investerings	f 738.000,—	388.000,—	522.000,—
Meer investering		213.000,—	776.000,—
Gasmotor-Blower combinatie	f 350.000,—	309.000,—	437.000,—
Kostenbesparing 1978	f 50.100,—	50.840,—	55.960,—
Kostenbesparing 1979	f 37.240,—	57.360,—	65.910,—
Time of Pay off (jaar) 1978	7	6	6
Time of Pay off (jaar) 1979	9,5	5,5	5

zijn buiten beschouwing gebleven de overige installatie-onderdelen die voor beide systemen gelijk zijn, te weten de lucht- en afvoerleidingen, de beluchtings-elementen, alsmede het gebouw waarin de apparatuur is ondergebracht. In tabel III A zijn de jaarlijkse kosten aangegeven. Hierbij dient het volgende te worden toegevoegd. De investeringen bij beide systemen worden op basis van annuïteiten afgegrensd in 15 jaar, waarbij 9 % rente wordt berekend (annuïteit 12, 41). Bij de kostenvergelijking is aangenomen, dat voor beide rioolwaterzuiveringsinrichtingen evenveel aardgas moet worden ingekocht ten behoeve van verwarming van de bedrijfsgebouwen. Voorts is er bij electromotorenbedrijf van uitgegaan dat de produktie aan gistingsgas voldoende is om in de warmtebehoefte van de gistingstank te kunnen voorzien. De in tabel III a en b opgevoerd elektriciteitskosten worden berekend als volgt: De

energie-inhoud van de door de gasmotor verbruikte hoeveelheid gas wordt afhankelijk van de belastingsgraad en het toerental van de motor voor een wisselend percentage in kracht en warmte omgezet. Bij de berekening is voor de omzetting in kracht een percentage van 32 aangehouden. Wanneer de calorische onderwaarde van gistingsgas en aardgas op resp. 23,1 MJ/Nm³ en 31,8 MJ/Nm³ wordt gesteld, en het rendement van een electromotor 0,80 is kunnen de elektriciteitskosten worden berekend, wanneer de door de gasmotoren opgewekte kracht geleverd had moeten worden door electromotoren.

$$\frac{\text{(Hoeveelheid gistingsgas x calorische onderwaarde + hoeveelheid aardgas x calorische onderwaarde)} \times \eta \text{ kracht gasmotor} \times (\text{omrekeningsfactor MJ/kWh}) \times 1}{\eta \text{ electromotor}} \times \text{kWh prijs.}$$

De in tabel III a opgegeven kosten aan aardgas worden gemaakt voor aandrijving van de gasmotoren alsmede voor verwarming van de slibgistingstanks. * In het onderste deel van tabel III a zijn enige zuiveringstechnische resultaten aangegeven. Bij een nadere beschouwing van tabel III a valt op, dat de post rente en afschrijving van de gasmotor-blower combinatie zwaar weegt. Het overigens niet gespecialiseerde personeel blijkt in een goed functionerende inrichting niet meer dan 200 uur per jaar te besteden aan werkzaamheden aan de gasmotoren. Verder valt op dat in Raalte tengevolge van de aanloopproblemen de personeels- en onderhoudskosten hoog waren. Ook ziet men, dat bij alle zuiveringen aardgas in belangrijke hoeveelheden moest * De totale besparing in energiekosten wordt verkregen door de aardgaskosten af te trekken van de elektriciteitskosten.

TABEL III A - Jaarlijkse kosten 1978.

	RAALTE		DEDEMSVAART		HOLTEN/MARKELO	
	Gasmotoren	Elektromotoren	Gasmotoren	Elektromotoren	Gasmotoren	Elektromotoren
rente + afschrijving	f 91.550,—	48.140,—	64.780,—	26.430,—	96.300,—	54.230,—
onderdelen-storing-service	f 8.400,—	500,—	2.000,—	500,—	1.000,—	500,—
meerolie	f 1.520,—	50,—	1.380,—	50,—	1.900,—	50,—
personeel (f 35,—/uur)	f 11.970,—	1.050,—	6.230,—	1.050,—	6.440,—	1.050,—
aardgas (f 0,27/m ³)	f 29.050,—		42.200,—		16.300,—	
elektriciteit (f 0,15/kWh)	f	99.350,—		101.100,—		80.000,—
totale kosten	f 142.490,—	149.090,—	116.590,—	129.130,—	121.940,—	135.830,—
toeslagen	f	6.600,—		12.540,—		13.390,—
gistingsgasproduktie m ³ /j.	198.287		142.439		135.728	
spec. gasprod. l/kg org.	519		243		538	
BZV ruimtebel. kg/m ³ d.	0,22 (0,6) *		0,90 (0,7) *		½ 0,49 (0,6) *	
BZV slibbel. kg/kg d.	0,19 (0,2) *		0,15 (0,2) *		½ 0,18 (0,2) *	
gasprod./BZV + 4,57 N l/kg	316		116		400	
BZV effluent mg/l	8		7		9	
5 Kj. effluent mg/l	18		8		19	
IO ₂ + NO ₃ effluent mg/l	20		17		20	

.....) * = ontwerp grondslag

TABEL III B - Jaarlijkse kosten 1979.

	RAALTE		DEDEMSVAART		HOLTEN/MARKELO	
	Gasmotoren	Elektromotoren	Gasmotoren	Elektromotoren	Gasmotoren	Elektromotoren
rente + afschrijving	f 91.550,—	48.140,—	64.780,—	26.430,—	96.300,—	54.230,—
onderdelen-storing-service	f 15.200,—	500,—	5.700,—	500,—	400,—	500,—
meerolie	f 570,—	50,—	820,—	50,—	1.140,—	50,—
personeel (f 41,—/uur)	f 11.770,—	1.230,—	8.200,—	1.230,—	4.630,—	1.230,—
aardgas (f 0,29/m ³)	f 19.500,—		39.000,—		8.100,—	
elektriciteit (f 0,17/kWh)	f	82.500,—		109.300,—		78.400,—
totale kosten	f 138.590,—	132.420,—	118.500,—	137.510,—	110.570,—	134.410,—
toeslagen	f	6.170,—		19.010,—		23.840,—
gistingsgasproduktie m ³ /j.	204.375		169.000		160.400	
spec. gasprod. l/kg org.	421		315		613	
BZV ruimtebel. kg/m ³ d.	0,13 (0,6) *		1,0 (0,7) *		½ 0,34 (0,6) *	
BZV slibbel. kg/kg d.	0,05 (0,2) *		0,29 (0,2) *		½ 0,08 (0,2) *	
gasprod./BZV + 4,57 N l/kg	999		176		350	
BZV effluent mg/l	4		18		8	
5 Kj. effluent mg/l	1,5		24		14	
IO ₂ + NO ₃ effluent mg/l	33		10		17	

.....) * = ontwerp grondslag

worden ingekocht en dat bij aandrijving met electromotoren de electriciteitskosten verreweg het belangrijkste deel zouden uitmaken van de totale kosten. Beschouwt men de totale kosten van de twee zuiverings-systemen dan ziet men dat door toepassing van gasmotoren in 1978 een besparing t.o.v. het conventionele systeem werd verkregen. Ook in 1979 werd een dergelijk resultaat geboekt zoals tabel III b laat zien. In Raalte echter vond in 1979 een belangrijke revisie van de gasmotoren plaats met als gevolg, dat de jaarlijkse kosten hoger opliepen dan bij electromotoren bedrijf het geval zou zijn geweest.

Uit het voorgaande kan de conclusie worden getrokken dat de bedrijfsresultaten in het algemeen gunstig waren. Dit geeft goede hoop voor de toekomst, en wel omdat tot dusver twee van de drie zuiverings-inrichtingen onderbelast werkten — zij zijn gedimensioneerd op een afvalwaterstroom in het jaar 1990 — waardoor het geïnvesteerde kapitaal nog niet volledig rendabel kon worden gemaakt.

De financiële merites van beide zuiverings-systemen kunnen ook nog op andere wijze aanschouwelijk worden gemaakt, zoals tabel II laat zien. Hierin is aangegeven wat de jaarlijkse exploitatiekosten verschillen zijn, exclusief rente en afschrijving. Men ziet, dat het verschil in investering in globaal 6 jaar is terugverdiend.

Het is verleidelijk nu een voorspelling te wagen over de toekomst-resultaten. Gesteld dat de zuiveringsinrichtingen volledig belast zullen zijn dan kan aangenomen worden, dat de kracht benodigd voor de beluchting nagenoeg evenredig zal toenemen met de belasting van de aeratietank evenals de personeelskosten. De onderhoudskosten zullen om de 3 jaar een kleine piek vertonen wegens de dan noodzakelijke motor-revisiewerkzaamheden. De gasproductie neemt globaal evenredig toe, de warmtebehoefte van de slibgistingstank neemt echter minder dan evenredig toe, omdat de post uitstraling gelijk blijft. M.a.w. de hoeveelheid in te kopen aardgas zal minder dan evenredig met de belasting toenemen.

De rente en afschrijving van de investering blijft uiteraard gelijk. Aangezien de electriciteitskosten de grootste variabele post in de kostenvergelijking vormen en dus in absolute waarde het sterkst stijgen is het zeer waarschijnlijk dat in de toekomst bij een grotere belastingsgraad van de rioolwaterzuiverings-inrichting het kostenverschil tussen de gasmotorblower-combinatie en het electro-motor-blower-systeem verder in het voordeel van de eerste zal uitvallen. Bij de thans reeds volbelaste rioolwaterzuiverings-inrichting te Dedemsvaart is het niet extreem grote kostenverschil te verklaren

uit het feit (zie tabel III b) dat de gistingsgasproductie per kg toegevoerde organische stof laag is. Bovendien is de hoeveelheid afgescheiden slib relatief gering, zodat de hoeveelheid gistingsgas klein is t.o.v. de belasting van de beluchtingstank, uitgedrukt in kg (BZV + 4,57 N). Dit betekent dat relatief veel aardgas ingekocht moet worden voor de krachtopwekking. Voorts blijkt het verse primaire slib niet voldoende ingedikt in de gistingstank te kunnen worden gebracht zodat extra veel thermische energie nodig is voor verwarmingsdoeleinden.

Interessant is nog op te merken dat door pre-precipitatie van fosfaat een heel ander beeld ontstaat. Bij de Raalter installatie namelijk leidt een ongeveer even grote slibproductie met een hoger droge stofgehalte en een hogere gasproductie per kg organische stof naast een veel geringere biologische belasting tot een hoge waarde voor de gasproductie, betrokken op de vuilverwijdering in de actiefslibinrichting uitgedrukt in kg BZV + 4,57 N. (zie tabel III b). Met dit alles zij aangetoond dat de grootte van besparing in exploitatiekosten niet alleen afhangt van de belasting van de inrichting maar ook van de samenstelling van het slib, het droge stofgehalte hiervan en het feit of de verontreiniging in opgeloste dan wel vaste vorm in het afvalwater voorkomt.

Afgezien van de duidelijk „gunstige” invloed van stijgende energieprijzen blijkt het bedrijfsresultaat dus niet exact voorspelbaar.

Dankbetuiging

De heren ir. M. W. IJssink, ing. D. Horning en ing. W. Kolvoort betuig ik mijn dank voor de opbouwende kritiek en de vele berekeningen die nodig waren voor de tot standkoming van dit artikel.

Literatuur

D. C. Gibson, M. R. G. Taylor, *The objectives and economies of sludge digestion with particular reference to power generation.*



Ing. C. J. Mink overleden



Op 5 mei jl. is op 66-jarige leeftijd na een vrij langdurige ziekte overleden de heer ing. C. J. Mink, oud-hoofd van de Technische Dienst van het KIWA.

Bij de door velen bijgewoonde crematieplechtigheid heeft de directeur van het KIWA, ir. G. Wijnstra, de heer Mink herdacht. Hij memoreerde diens aanvankelijk loopbaan bij de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage, waar de heer Wijnstra vo het eerst kennis met hem maakte. Het is uit die tijd, zo zei spreker, dat ik hem leerde kennen als een man met een buitengewoon scherp intellect, een groot inventief vermogen met daarnaast veel toewijding en inzet.

In 1963 ging de heer Mink over naar het KIWA om de leiding van de Technische Dienst op zich te nemen. De ontwikkeling van die dienst is onder zijn leiding uitermate spectaculair geweest. De dank daarvoor is bij zijn afscheid van het KIWA, anderhalf jaar geleden, gelukkig reeds uitgesproken. Nu wilde spreker volstaan met te constateren, dat de naam van de heer Mink zowel in Nederland als ook ver over onze landsgrenzen bekend en gewaardeerd is geworden. En dat niet alleen omdat hij als uitermate begaafd technicus zijn taak met veel inzet en toewijding, zo goed vervulde, maar ook door zijn persoonlijke eigenschappen. Hij was een bescheiden man die, hoewel vasthoudend in zaken waarover hij een mening had gevormd, bereid was naar anderen te luisteren en als het niet anders kon, ook bereid was tot compromissen. Hij was voor zijn medewerkers een chef die enerzijds veel van hen vroeg, ma anderzijds ook altijd voor hen op kwam. Wij hadden de hoop, dat hij na zijn pensioring nog ad hoc bepaalde werkzaamheden met name in ontwikkelingslanden voor or zou kunnen verrichten. Ik weet, hoe graag hij dat had gedaan, want hij had plezier in dat werk. Helaas heeft dat niet zo mogen zijn. Toen hij in het begin van het vorige jaar terug kwam van een lange reis naar Brazilië, Vietnam en Bangla Desh bleek dat de gevreesde ziekte zich opnieuw had geopenbaard en er weinig of geen hoop was op herstel.

Wij gedenken met grote erkentelijkheid het vele dat hij voor het KIWA heeft gedaan. Hij zal in onze herinnering blijven als een zeer begaafd en sympathiek medewerker die met grote inzet heeft gewerkt, aldus de heer Wijnstra.

