

## 1. Inleiding

De afvalverwerkingsinstallaties te Dordrecht, waar door Gevudo (Gemeenschappelijke Vuilverbranding voor Dordrecht en Omstreken) huisvuil voor een veertigtal gemeenten in de Zuid-Oosthoek van Zuid-Holland en rioolwater voor de gemeente Dordrecht worden verwerkt, zijn sedert vijf jaar in exploitatie. Aangezien de combinatie huisvuil-rioolwater aldaar gekenmerkt is door een nieuwe opzet en nieuwe elementen, die niet door een ieder voetstoots werden geaccepteerd, is het



IR. L. VAN DER BURG  
MIIE

Gemeenschappelijke Vuilverbranding  
Dordrecht en Omstreken



J. M. VAN DER KRAAN  
MIIE

Gemeenschappelijke Vuilverbranding  
Dordrecht en Omstreken



ING. W. G. WIESSNER

Gemeenschappelijke Vuilverbranding  
Dordrecht en Omstreken

wellicht nuttig een overzicht te geven van de bedrijfservaringen. Allereerst echter een korte beschrijving van het geheel.

### De Dordtse methode

Bij de ontwikkeling van de installaties in 1966/1967 werd gestreefd naar:

- a. zo onschadelijk mogelijke reststoffen;
- b. zo weinig mogelijk reststoffen;
- c. een zo economisch mogelijk werkend geheel.

Deze eisen leidden tot een opzet waarbij huis- en bedrijfsvuil in roosterovens wordt verbrand en tot rookgassen, schroot en slakken verwerkt. Andere methoden van vuilverwerking, zoals storten en composteren, werden verworpen [1].

Verbranden sloot trouwens aan bij de toenmaals in Dordrecht bestaande vuilverwerking, daar reeds sinds 1938 een vuilverbrandingsinstallatie aanwezig was.

De verbrandingstemperatuur werd op ten minste 1100 K gesteld, ten einde een zo volledig mogelijke verbranding te krijgen. De economische eis leidde ertoe, dat de installaties niet werden uitgerust met stoomketels en elektriciteitsgeneratoren.

Rookgaswassing werd gekozen als stof-afscheidingsmethode, omdat dit van de alternatieven, te weten: warmteonttrekking en elektrofilter, toevoeren van koude lucht en elektrofilter, diverse vormen van waterinspuiting en elektrofilter, alsmede wassing met afkoeling tot beneden 350 K, het voordeel had van gelijktijdige verwijdering van polaire gasvormige moleculen (HF, HCl, SO<sub>2</sub>) uit de rookgassen. De methode is slechts mogelijk als voldoende en goedkoop waswater beschikbaar en tevens de zuivering van het afgewerkte waswater mogelijk is.

Rioolwater kon volgens de toenmalige opvattingen overeenkomstig de gestelde eisen goed worden gezuiverd met een installatie, gekenmerkt door zandvang, voorbezinking, beluchting en nabezinking. Slibverwerking door vergisting, droging en slibverkoop speelde evenwel niet doeltreffend in op genoemde eisen. Daarbij werd overwogen dat de slibgisting een gevoelig en gemakkelijk te ontregelen proces is, dat bovendien grote investeringen vraagt; het bij de gisting ontstaande methaangas is koolzuur- en zwavelrijk en kon daarom niet aan het gasnet worden toegevoerd. De slibdroging op droogvelden vereiste veel dure grond (toen al f 70,— per m<sup>2</sup>) en hoge verwerkingskosten, terwijl het mechanisch drogen nog te weinig bedrijfszeker en zeker duur was.

De vooruitzichten van de slibverkoop (met positieve of negatieve opbrengsten) waren ongunstig, stellig indien men daarbij de gehele periode van de levensduur der installatie beschouwde.

In de overwegingen werd betrokken, dat de

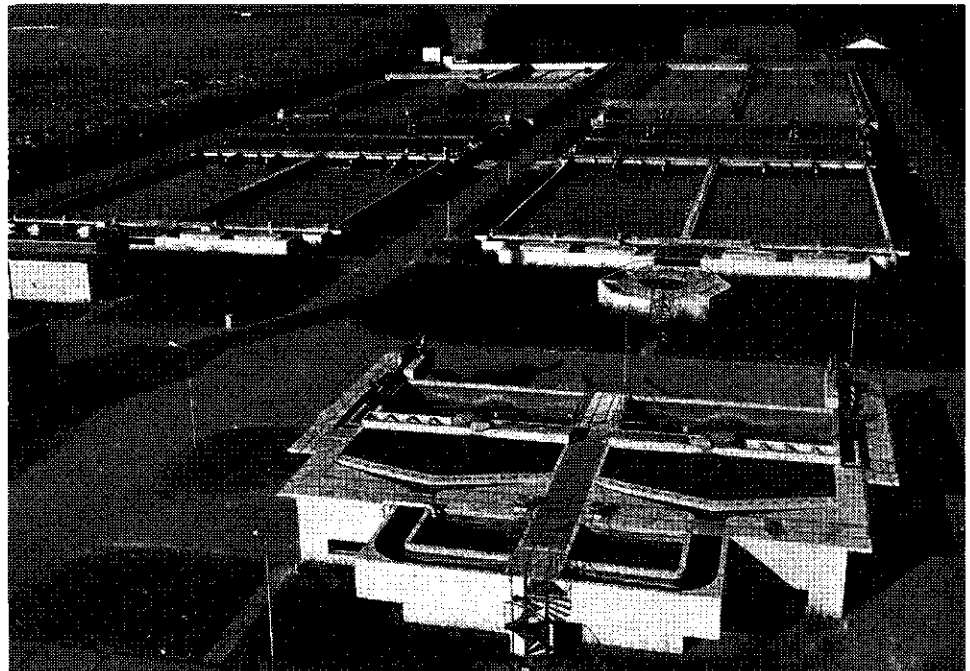
afzet in een gebied van veen en zware klei moeilijk zou zijn, terwijl een ongunstige beoordeling van de slibkwaliteit (bacteriën, toxische stoffen) toen reeds meespeelde, doch ook dat een verkooporganisatie een aan een overheidslichaam vreemd element is. Toegepast werd daarom een volledige mineralisatie van het slib, waarbij om economische redenen gekozen werd voor centrifugeren gevolgd door verbranden. Bij de verbranding wordt het warmtetekort gecompenseerd door een warmte-overschot van de vuilverbranding.

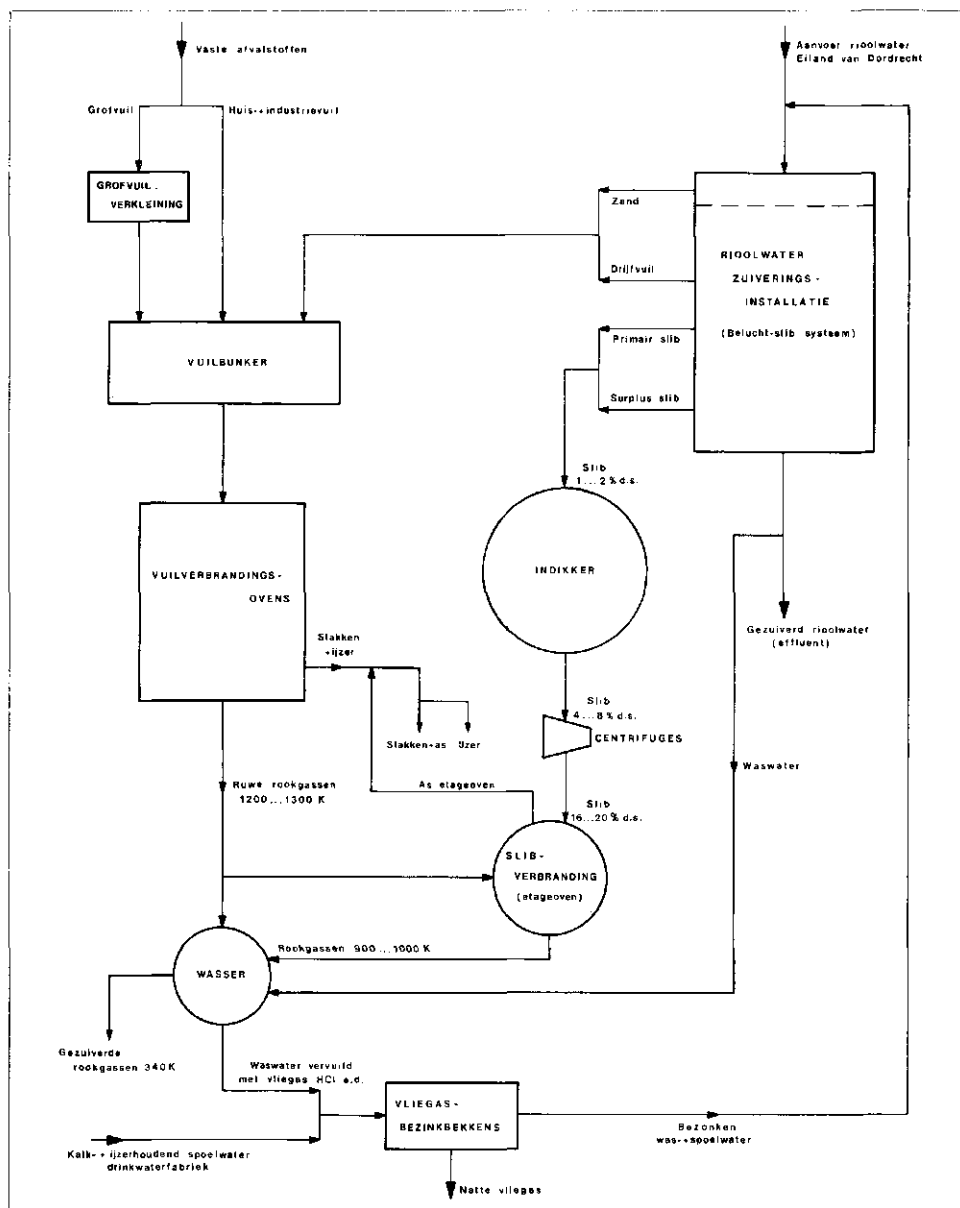
Bij de keuze van de installatie wilde men zich zo veel mogelijk vrijwaren voor verrassingen. Om een zo goed mogelijk werkend geheel te verkrijgen, diende tot nieuwe werkwijzen te worden besloten en op verschillende plaatsen voor moderne apparatuur te worden gekozen.

Om de economie van het geheel geen geweld aan te doen, werden daarom de volgende technische eisen geformuleerd:

- d. in elk procesonderdeel mag slechts dat worden gedaan, waarvoor het ontworpen is;
- e. er wordt slechts gebruik gemaakt van bouwelementen die voldoende technisch en technologisch ontwikkeld zijn, zodat voor ernstige kinderziekten niet behoeft te worden gevreesd;
- f. de technische verstregeling van water zuiveren en vuil verwerken mag niet leiden tot een zodanige interdependentie, dat storing of stilstand van een niet-essentieel onderdeel verstoring van de hoofdactiviteiten en daarmee het niet verwerken van de afvalstromen en/of ongewenste uitwerpen ten gevolge heeft.

Overzicht van de rioolwaterzuiveringsinstallatie Dordrecht.





Afb. 1 - Schema afvalverwerking systeem Dordrecht.

De vierde eis (d) weerhield ons ervan in één apparaat meerdere dingen tegelijk te willen doen, zonder dat het daarvoor was gebouwd. Zo werd afgezien van de verbranding van slib en huisvuil in één verbrandingsruimte omdat beide stoffen tegengestelde eisen stellen. Er werd een aparte slibdroog- en verbrandingsoven geïnstalleerd, waarbij de warmte van de vuilverbranding door de rookgassen aan het slib wordt doorgegeven. Deze etageoven was voor dit doel reeds ontwikkeld uit de roostovens der metallurgie. Andere processen waren ofwel niet beschikbaar, ofwel naar onze mening onvoldoende ontwikkeld.

In het algemeen kan worden gesteld dat het mengen van processtromen niet zonder bezwaar in de vaste fase kan geschieden,

doch slechts met behulp van vloeistoffen of gassen.

In afb. 1 is het verband tussen de verschillende onderdelen van de installatie weergegeven.

### 1.2. Vuilverbranding

De vuilverbrandingsoven werd ontworpen voor het verwerken van het huis- en bedrijfsvuil van een zevental stedelijke of verstedelijke gemeenten met 250.000 inwoners, die 84.000 Mg vuil met een verbrandingswaarde tussen de 6 en  $8\frac{1}{2}$  kJ/g (1400 tot 2000 cal/g) per jaar zouden aanbieden. Ze wordt gekenmerkt door de elementen:

- vuilbunker;
- kraaninstallatie;
- ovens (met terugschuifrooster, ontslakkers en ontijzering, fabrikaat Martin);

- géén ketelinstallatie voor stoom of heet water;
- radiaalstroomwassers (fabrikaat Lurgi) voor rookgassen;
- zuigtrekventilatoren;
- schoorsteen.

Vanaf de wassers is de installatie uitgevoerd in een speciale soort chloride-bestendig roestvrijstaal, namelijk Werkstoff 1.4571.

Aangevoerd wordt huis- en bedrijfsvuil — dit laatste kan slechts worden aanvaard als het verbrandbaar is in een roosteroven — terwijl als reststoffen worden geproduceerd: minerale reststoffen (ten onrechte meestal slakken genaamd; ze zijn niet gesmolten geweest), natte vliegas, schroot en gewassen rookgassen.

Als waswater voor de rookgaswassing wordt het effluent der waterzuivering gebruikt.

Een deel van dit waswater verdampt en verdwijnt door de schoorsteen. Een ander deel blijft als verontreinigd water van ca. 340 K achter. Vanwege de door het opnemen van zuren wisselende, soms lage pH-waarden (tussen 7 en 1) is pH-correctie nodig; het zure waswater zou anders het beton der sedimentatiebekkens aantasten. De pH-correctie zou door toevoeging van kalkmelk kunnen geschieden, maar in de Dordtse installatie vindt deze plaats door het bijmengen van de stroom calciumcarbonaathoudend spoelwater van het nabij gelegen drinkwaterbedrijf. Dit spoelwater bevat, naast een geringe hoeveelheid organische stof in suspensie, nog ijzer (III) hydroxide. Na deze bijmenging wordt het waswater gesedimenteerd en de waterstroom vervolgens toegevoegd aan het inkomende rioolwater.

### 1.3. Rioolwaterzuivering

De rioolwaterzuiveringsinstallatie heeft een capaciteit van ca. 200.000 i.e.. Het systeem is in het voorgaande reeds aangeduid. Het 'zand' in de zandvang, dat door de lange aanvoerleiding overigens slechts bij extreme regenval wordt aangevoerd en gemengd is met sigarettensfilters en lucifers, wordt met het huisvuil in de ovens verwerkt.

Het surplusslib uit de nabezinking wordt na de zandvang aan het rioolwater toegevoerd en bezinkt in de voorbezinking. Het slib uit de voorbezinking gaat via een snijrooster naar de indikker. Naar behoefte wordt het ingedikte slib dan in centrifuges met laag toerental ( $30\text{ s}^{-1}$ ) verder ontwaterd van 6 tot ca. 18 % droge stof; het ingedikte slib is dan nog verpompbaar en wordt via pompen en leidingen aan de etage-oven toegevoerd, waar het wordt gedroogd en verbrand. Er blijft dan slechts een geringe

hoeveelheid as over; de rookgassen worden gewassen. Het dunsap van de centrifuges wordt teruggevoerd in de rioolwaterzuiveringsinstallatie en ondergaat daar wederom een zuiveringsproces.

Bij de rioolwaterzuivering worden dus rioolwater en spoelwater van het drinkwaterbedrijf alsmede het vervuilde waswater der rookgaswassers aangevoerd, terwijl effluent, as, natte vlieg-as en gewassen rookgassen de installatie verlaten.

## 2. Aanvoer

### 2.1. Huis- en bedrijfsvuil

In flagrante tegenstelling tot de oorspronkelijke opzet wordt thans het vuil niet aangevoerd uit een beperkt gebied rond Dordrecht, doch uit een regio omvattende de gehele Alblasserwaard, vrijwel de gehele Vijfheerenlanden, de Zuidoosthoek van IJsselmonde, alsmede van Dordrecht, Puttershoek, Strijen en een drietal gemeenten over de Lek. In totaal worden thans 43 gemeenten bediend met ca. 370.000 inwoners. Dit heeft uiteraard invloed op de aangevoerde hoeveelheid.

TABEL I - Aanvoergegevens vast vuil.

Jaar	Aantal gemeenten	Aantal inw. per 1 jan.	Aanvoer in Mg	Aanvoer in kg per inw./jaar
1973	15	232.632	86.937	305
1974	42	349.013	107.102	307
1975	43	357.173	114.299	321
1976	43	362.099	119.033	329
1977	43	366.137	127.936	350

Met ingang van 1978 hebben de gemeenten Ammerstol en Bergambacht afgehaakt wegens overgang naar de regio Gouda.

Door de vergroting van het gebied traden al spoedig problemen op met de verwerking van de hoeveelheid aangevoerd vuil. Hoewel in de weekends normaliter geen bedrijf wordt gevoerd, moest in 1975 op zaterdag regelmatig worden overgewerkt. Dit leverde tenslotte zoveel bezwaren op van de zijde van het personeel, dat vanaf 1976 afvoer van het overtollig vuil naar de NV Afvalverwerking Rijnmond (AVR) plaatsvond.

Door de beschikbare verbrandingscapaciteit zoveel mogelijk te benutten werd bereikt, dat gemiddeld niet 2 van de 3 ovens in bedrijf waren, doch bijna 2,5. Ook bleek het mogelijk per ovenuur 7,5 Mg vuil te verbranden in plaats van de nominale 7,0 Mg. Bedenkt men dan, dat de wisselingen in de aanvoer nu niet beperkend zijn voor het verbrandingsbedrijf, zodat er sprake is van volledige belasting, dan kan de jaarlijkse capaciteit worden bepaald op ca. 110.000 Mg. Dit blijkt ook uit de cijfers:

TABEL II - Aanvoer en verwerking van vuil.

Jaar	Aanvoer Mg	Verbrand	Afvoer naar AVR
1976	119.033	112.867	6.116
1977	127.936	113.158	14.778

Zouden de wisselende aanvoeren steeds week voor week moeten worden verwerkt, dan moet rekening worden gehouden met de onregelmatigheidsfactor 1,2, waarmee de verbrandingscapaciteit in dit geval bepaald is op ca. 90.000 Mg per jaar.

De inzameling en aanvoer van vuil geschiedt niet door Gevudo, doch door of voor de aangesloten gemeenten.

### 2.2. Rioolwater

De aanvoer van rioolwater — uitsluitend van de gemeente Dordrecht — levert geen capaciteitsproblemen.

TABEL III - Aanvoer rioolwater (gemeten).

Jaar	Aantal i.e.	Hoeveelheid m <sup>3</sup>
1973	67.835	12.040.000
1974	83.985	13.288.000
1975	65.383	11.426.000
1976	72.103	10.166.000
1977	104.403	12.451.000

De hoeveelheden afgetapt en verwerkt slib waren:

TABEL IV - Slibhoeveelheden

Jaar	Slibhoeveelheid	
	Uit voorbezinking m <sup>3</sup>	Uit indikker m <sup>3</sup>
1973	165.300	30.100
1974	186.900	33.800
1975	180.900	43.800
1976	153.700	52.800
1977	140.100	59.800

Het handelsmerk van de installatie: de waternevel.



In 1975 bleek, dat het aandeel colloïdale deeltjes, dat wel in de voorbezinking sedimenteerde, doch niet door de centrifuges werd gevangen, sterk was opgelopen.

In 1976 en 1977 werd daarom bij het centrifugeren meer polyelektrolyt gebruikt, waarbij werd geregeld op een gehalte van zwevende stof in het dunsap van 1 kg m<sup>-3</sup>, wat tenslotte leidde tot vermindering van de hoeveelheid slib uit de voorbezinking.

## 3. Technische ervaringen

### 3.1. Vuilverbranding

De werkzaamheid van Gevudo begint bij de weging. De wand van de bunkerhal is eenvoudig uitgevoerd, wat leidt tot het afzetten van stof, papier enz. op alle horizontale, dikwijls moeilijk bereikbare elementen. Om dit euvel te verminderen zal de bunkerhal in de loop der tijd zo glad mogelijk worden afgewerkt. De stapelmogelijkheid werd vergroot door het plaatsen van een schuine wand op een der kopeinden.

De beide kranen hadden oorspronkelijk een aangehangen, meerrijdende kraancabine; dit gaf rugklachten bij het bedienend personeel en betekende ook overigens dat de arbeidsomstandigheden niet optimaal waren.

Inmiddels zijn voor normaal bedrijf beide cabines vervangen door vaste cabines. Daarbij is de hoofdcabine uitgerust met airconditioning (stofdicht) en een ergonomisch verantwoorde stoel. De ovens (Martin, München) hebben goed gefunctioneerd. Erg nuttig is de montage gebleken van een stookautomaat, die de temperatuur der rookgassen regelt tussen 1200 en 1250 K door dosering van brandstof (vuil) en/of lucht en door de roosterbeweging. Door de temperatuur van de rookgassen naar boven te begrenzen tot 1300 K blijft het vuurvaste materiaal van de ovens gespaard. Dit blijkt bij de controles, die in een 12-weekse cyclus plaatsvinden. Slechts eenmaal moest een oven langer dan een week voor reparatie uit bedrijf worden genomen.

De Martin ontslakkers werkten feilloos. De slakkentransportband behoeft na 5 jaar nog niet te worden vervangen, wat voor ons aanleiding was de geplande reserve-transportband niet aan te brengen.

De ontijzering van het residu gaf aanvankelijk veel problemen door slijtage van de rond de magneet draaiende rubberband. Door keuze van het materiaal samen met een leverancier en vergroting van de diameters der rollen, is thans een goed resultaat bereikt en een band van het laatste model is 2 jaar onafgebroken in bedrijf geweest. Om onverklaarbare redenen is de magneet een keer doorgebrand; er zijn

extra koelribben aangebracht. De rookgaskanalen en de hete delen der rookgaswassers zijn met vuurvast materiaal bekleed. De kanalen moesten enkele malen met vuurvaste beton worden gerepareerd. De bekleding van de wassers bestaat uit stenen. Er ontstond wat verhoogde slijtage. Dit bleek veroorzaakt doordat in de weekends, wanneer de ovens niet in bedrijf zijn, toch de hoofdsproeiers van de wassers in bedrijf moesten worden gehouden, om te voorkomen dat andere delen van de wassers een te hoge temperatuur zouden krijgen.

De bemetseling nam daardoor te veel water op en er ontstond schade bij het opstoken; ook de verankering corrodeerde. Om dit euvel tegen te gaan is een temperatuurgeregelde klep aangebracht in de hoofdsproeileiding die ervoor zorgt, dat de temperatuur in de wassers niet boven 355 K komt. Dit bespaart in de stilstandperiode bovendien waswater.

De onderdruk in een huisvuiloven wordt geregeld door de rookgasweerstand van de wasser te regelen met een schotel; dit voldeet goed.

Bij de overgang van de eerste naar de tweede trap van de wasser treedt erosie op; corrosie van het materiaal (Werkstoff 1.4571) is verwaarloosbaar. Enkele kleine reparaties moesten worden uitgevoerd. De rookgasafvoer kent de elementen: zuigtrekventilator, rookgaskaanaal, druppelvanger ( $\phi$  4,4 meter), schoorsteen ( $\phi$  2,65 meter) en diffusor ( $\phi$  2,28 meter) en is geheel vervaardigd uit roestvrijstaal 1.4571. De diffusor (vernaauwing) dient om de rookgassen bij uittrede in de atmosfeer een grotere snelheid te geven en daardoor de menging met de buitenlucht te verbeteren. Met het oog daarop was de hoogte van de schoorsteen aanvankelijk beperkt gehouden in de verwachting dat de nevelpluim niet aan de grond zou komen. De pessimisten kregen echter gelijk want het bleek dat dit bij nat en koud weer soms toch gebeurde.

De schoorsteen werd in 1973 verhoogd tot 55 meter boven maaiveld; genoemd bezwaar trad daarna niet meer op.

Bij uit- en inwendige inspectie door specialisten, de Steeplejacks van Santon Ltd. in de zomer van 1977 bleek dat het materiaal nog dezelfde dikte had als oorspronkelijk. Het laswerk vertoonde hier en daar corrosie en haarscheuren; dit laatste wordt toegeschreven aan de slappe constructie van de schoorsteen, die bij harde wind duidelijk ovale vervorming liet zien. Ten einde de vervorming zoveel mogelijk tegen te gaan, werd de constructie stijver gemaakt; op advies van Tebodin werden verstijvingsringen aangebracht, zowel op de druppelvanger als aan de bovenzijde van de



*Inspectie van de schoorsteen.*

schoorsteen, terwijl de diffusor werd verwijderd.

### 3.2. Zuiveringsinstallatie

De Dorr-zandvangens gaven geen problemen. Om te voorkomen dat bevriezing van de schraapgoot optreedt, werd alsnog een verwarmingsmogelijkheid geïnstalleerd en met 6 maal  $\frac{1}{2}$  kW per schraper, geschakeld op de buitenluchttemperatuur.

De aandrijfkettingen van de ruimers der voorbezinking waren na 5 jaar versleten en werden vervangen.

De ruimkettingen zien er nog goed uit en vermoed wordt, dat ze nog ca. 3 jaar meekunnen. De spiraalvormige drijfslagruimers doen hun werk goed. Het afvoeren van de drijfslag uit verzamelgoten is minder eenvoudig. Volgens de regels moesten deze goten dagelijks met water worden geruimd, waarbij de drijfslag via een riool in de slibkelder naar de indikker wordt afgevoerd.

Daar wordt dan weer een drijfslag gevormd, die wordt afgevoerd naar de drijfslagput; het materiaal uit deze put gaat naar de centrifuges, drijft daar ook en wordt met het dunsap naar de voorbezinking gevoerd, waardoor de kring gesloten is. Ook direkte afvoer van drijfvuil van indikker en voorbezinking is mogelijk.

Verder treden op vele plaatsen — bijv. in het riool — verstoppingen op. Ter vermindering van deze dwaze toestand wordt het drijfvuil nu opgevangen in een korf en in de vuilverbrandingsoven verbrand. Voor de toekomst wordt een droge ruiming van de verzamelgoten ontworpen. De BSK Favorit-beluchters voldeden niet aan de besteisen en vertoonden bovendien een instabiel hydraulisch gedrag.

Dit laatste werd vermoedelijk veroorzaakt, doordat de beluchters, die van boven afgesloten zijn, zich soms geheel met water vulden; dit had tot gevolg dat het stroomverbruik sterk toenam en de motor thermisch werd uitgeschakeld. De beluchters werden door de leverancier vervangen door BSK-First SO-beluchters, welke van boven open zijn. Bij de technologische ervaringen zal nader op de gevolgen hiervan worden ingegaan.

De motoren en reductiekasten der beluchters hebben geen problemen gegeven; de indompelverstelrichtingen daarentegen vertonen thans duidelijk slijtage. De driemaal 16 kwadraat voedingskabels bleken 7 % spanningsverlies te geven. Onlangs begaven deze kabels het doordat in een bundel van 120 kabels de warmte niet voldoende werd afgevoerd en de kabels doorbrandden.

Nieuwe driemaal 25 kwadrats kabels werden gespreid gelegd; het spanningsverlies bedraagt nu 2 %.

De nabezinking geschiedt in rechthoekige bakken. De ruiming met pendelschildruimers.

Met name deze laatste zorgden voor problemen. De rubberen wielbanden hebben het nog al eens begeven; zo ook de rondsels der aandrijvingen in de lagers.

Demontage der wielen bleek niet mogelijk, zodat een geheel nieuwe constructie bedacht en uitgevoerd moest worden.

De bewaking tegen schranken was zodanig afgesteld, dat een noodstop plaatsvond bij een verschil tussen de linker- en rechterwielen van één omwenteling. Dit bleek evenwel te leiden tot het klemrijden van de brug. Nu wordt uitgeschakeld bij een verschil van een kwart omwenteling.

De obstakelbeveiliging daarentegen was te scherp afgesteld; bij de geringste sneeuwval stopten de ruimers. De stroomvoerende kabels werden aanvankelijk op kleine brede haspels op en af gerold. Door de voortdurende buiging braken de kabels. Nieuwe smalle haspels met grote diameters gaven wel verbetering, doch geen oplossing. De grote haspels waren uiteraard gevoelig voor zijwind.

Thans wordt een constructie toegepast, waarbij platte voedings- en signaleringskabels aan rollers zijn opgehangen aan staaldraden.

De slibhevels werkten naar tevredenheid; op de regeling van de slibhoeveelheid wordt bij de technologische ervaringen teruggekomen.

De slibvijzels waren uitgerust met traploos verstelbare snaaraandrijvingen; dit verslond V-snaren en andere onderdelen. De vijzel-aandrijvingen werden vervangen door elektromotoren met twee toerentallen, waarbij de laagste snelheid zodanig is ge-

kozen, dat in de slijbretourgoot geen rotting optreedt.

In het nabezinkingsbassin ontstaat door de hoge watertemperatuur in een groot deel van het jaar een fikse drijfslag. Onder de ruimerbruggen werd een ringleiding met sproeiers gemonteerd. Daar als sproeiwater het water uit de nabezinking wordt gebruikt, dient het gefiltreerd te worden ter voorkoming van verstopping der sproeiers; na enig geëxperimenteer zijn nu grote kaarsenfilters in bedrijf, die goed voldoen. Het rechte stuk der aanvoergoot van de venturimeting van het effluent bleek te kort, waardoor de metingen links en rechts nogal wat afweken. Door het plaatsen van geleideschotten in de haakse bocht werd de doorsnede van de goot verkleind tot vijf parallele doorsneden, waardoor een goede meting is verkregen.

De centrifuges, type Flottweg Z3L, hebben thans 15.000 draaiuren en zijn vooralsnog niet aan een algehele revisie toe; verwacht wordt dat ze tot dat moment nog 10.000 uren meekunnen. In de afgelopen jaren zijn ze tweemaal gedemonteerd voor inspectie, waarbij enkele lagers werden vervangen en de invoerpijpen op lengte werden gebracht.

Eén der schroeftransporteurs, die de dikstof der centrifuges afvoert naar de etage-ovenvul pomp en die wegens de grote lengte uitgevoerd is met een tussenlager, vertoont aan dat lager veel slijtage.

De pompen (18 % droge stof) zijn uitgevoerd als schroefpompen Mohno; ze vertonen begrijpelijkerwijs nogal wat slijtage en dienen na 1000 uur een onderhoudsbeurt te krijgen.

Daar 100 % reserve aanwezig is behoeft dat geen probleem op te leveren.

De toevoer van het gecentrifugeerde slijb aan de etage-oven moet zo worden geregeld, dat op de eerste etage voldoende materiaal aanwezig is om te verhinderen, dat het aangevoerde slijb als vloeistof naar beneden druipet en de verbranding op de daarvoor ingerichte etages 9 en 10 plaatsvindt.

De etages 11 en 12 van boven dienen voor enige afkoeling van de asrest. De installatie heeft tot nu toe geen problemen opgeleverd. De etage-oven vereiste nauwelijks onderhoud.

De asafvoer van de etage-oven geschiedde aanvankelijk met behulp van een wormschroef naar een container. De gesloten container was uitgerust met een pneumatische verdeelinrichting. Behalve dat deze verdeelinrichting de nodige problemen gaf, kwam bij het ledigen van de container veel stof vrij. Er is daarna in eigen beheer geëxperimenteerd met pneumatisch transport naar de ontslakkers der huisvuilovens; dit gaf enerzijds vrij veel slijtage aan de pijpen en anderzijds verstoppingen en diensten-

gevolge stof in de ovenhal. Thans wordt gewerkt met een kettingtransporteur. De ervaringen dienen te worden afgewacht; wel kan reeds gezegd worden, dat het aantal verstoppingen nihil en het systeem weinig storingsgevoelig is. Daar de afvoer thans op de slakkentransportband van de huisvuilovens terecht komt, dient dit zonder stuiven te geschieden. De bevochtiging der as verkeert in het experimentele stadium.

De koellucht, welke de holle as en de schrapperarmen van de etage-oven koelt (bij uitrede  $6 \text{ m s}^{-1}$ ; 700 K) kan thans worden gebruikt om de voor verbranding van het huisvuil nodige primaire lucht vóór te verwarmen; dit is van belang bij een slechte verbrandingswaarde van het vuil.

Voor de polyelektrolytaanmaak is een nieuw programma ontwikkeld. Ook mechanisch bleken wijzigingen noodzakelijk, bijv. om te voorkomen dat poedervormig polyelektrolyt op de grond terecht kan komen, zodat de soms levensgevaarlijke gladheid niet meer optreedt.

Niveaumetingen met capacitieve methoden vereisten veel reiniging der elektroden. In slijbelders is dit slechts mogelijk met gebruik van persluchtmaskers; bovendien zijn dergelijke ruimten vaak slecht toegankelijk. Om deze reden is overgegaan tot de zgn. echopeiling, welke nu geruime tijd functioneert.

#### 4. Technologische ervaringen

##### 4.1. Vuilverbranding

###### 4.1.1. Verbrandingswaarde

Het zal geen verbazing wekken, dat de aard en samenstelling van het aangevoerde vuil aan wisselingen onderhevig is.

Het is door de inhomogeniteit moeilijk

*De gevolgen van de explosie van een acetyleen-cylinder in één der ovens.*



om de verbrandingswaarde van het vuil door meting te bepalen, zodat alleen grove waarnemingen kunnen worden vermeld. Bedrijfsvuil heeft vaak een hogere verbrandingswaarde door het aandeel van hout, papier en verpakkingsmateriaal daarin. Het huishoudelijk afval bevat meer water. Tuin- en marktafval leveren een vaak zeer slecht brandbaar vuil. Gemiddeld wordt de verbrandingswaarde tussen 6,7 en 7,5 kJ/g (1600 en 1800 cal/g) getaxeerd. In het najaar van 1974 daalde de verbrandingswaarde ver onder deze getallen, waardoor een relatief grote fraktie niet volledig verbrandde en de ovens zelfs enkele malen doofden; als oorzaken werden onderkend:

- de zeer overvloedige en langdurige regen, die nat vuil opleverde;
- de hoge oudpapierprijs, waardoor het vuil weinig papier bevatte.

Sedertdien is een opwarming van de primaire verbrandingslucht met enkele tientallen graden geïnstalleerd, waarbij gebruik wordt gemaakt van afvalwarmte van de etage-oven (koellucht van de holle as).

##### 4.1.2. Grofvuil

Grofvuil kan verstopping geven in de ovens of in de ontslakkers en moet daarom worden verkleind. Dit geschiedt met een schaar (Lindemann).

Gebleken is dat met het grofvuil veel fijn vuil wordt aangevoerd, waardoor de schaar langer in aktie is dan nodig. Door een betere sortering bij het inzamelen hoopt men de hoeveelheid te verkleinen vuil te verminderen. Thans is de schaar ca. 25 uur per week in gebruik.

##### 4.1.3. Moeilijk verwerkbaar afval

Door de aard der roosterovens zijn vuilsoorten, die vloeibaar of pasteus zijn of dit in de ovens worden, niet verwerkbaar. Het acceptatiebeleid is daarop gericht. Ook stoffen, waarvan bij verbranding extra corrosie te verwachten is, kunnen niet worden verwerkt. De verwerking dient dan te geschieden in speciale ovens elders.

##### 4.1.4. Rookgas en rookgasreiniging

De rookgassen worden na hun reactietijd — ca. 4 seconden — toegevoerd aan rookgaswassers. Bij deze wassers — zgn. radiaalstroomwassers — worden rookgassen en effluent van de waterzuivering in een spleet gemengd en dan radiaal verspreid. De spleetdoorlaat is verstelbaar met een schotel; het drukverschil over de spleet dient zowel de menging van rookgas met water als het handhaven van een onderdruk in de ovens.

De waswaterhoeveelheid wordt zo gekozen, dat de eindtemperatuur ca. 345 K is; een kwart gedeelte van het water verdampt adiabatisch en driekwart blijft vloeibaar.

De rookgassen worden van waterdruppels ontdaan door centrifugale stroming en vervolgens via zuigtrekventilatoren en de schoorsteen in de atmosfeer geloosd; door de afkoeling in de buitenlucht condenseert onmiddellijk waterdamp en ontstaat de nevelpluim, die afhankelijk van de atmosferische omstandigheden langer of korter is. Het waswater neemt vaste stoffen, doch ook gassen op. In het laatste geval beter naar mate het molecuul meer polair is. De dipoolmomenten van gassen worden als volgt opgegeven [2]:

HF:  $6,1 \times 10^{-30}$  Cm (Coulombmeter)  
 SO<sub>2</sub>:  $5,4 \times 10^{-30}$  Cm  
 HCl:  $3,6 \times 10^{-30}$  Cm  
 NO<sub>2</sub>:  $1,0 \times 10^{-30}$  Cm  
 NO:  $0,5 \times 10^{-30}$  Cm  
 CO:  $0,4 \times 10^{-30}$  Cm  
 CO<sub>2</sub>:  $0,0 \times 10^{-30}$  Cm

Slechts de drie eerstgenoemde stoffen zullen in enigszins belangrijke hoeveelheden worden opgenomen door het polaire water ( $6,2 \times 10^{-30}$  Cm).

Bij het wassen van rookgassen is er door de geringe verblijftijd in de wasser geen sprake van het bereiken van een evenwichtstoestand. Daarom zijn naast de concentratie van de betreffende stof in de ruwe rookgassen factoren als de water- en rookgasverhouding, de pH van het waswater en de effectiviteit van de menging van belang. Er wordt van afgezien in de wasser de pH te beïnvloeden. Een overzicht van de rookgaswassing wordt gegeven in de onderstaande tabellen in enkele karakteristieke gevallen (drie ovens in bedrijf = volledige belasting). (Zie tabel V.)

Bij de berekening van de opgenomen hoeveelheden is ervan uitgegaan, dat per wasser van de 90 m<sup>3</sup> toegevoerd water (effluent) 20 m<sup>3</sup> verdampt. De in water opgenomen hoeveelheid 'COD' is berekend als verschil van twee grote getallen en derhalve niet betrouwbaar. De conclusie kan worden getrokken, dat door het waswater weinig of geen oxydeerbaar materiaal wordt opgenomen. De opgenomen hoeveelheid SO<sub>2</sub> wordt voornamelijk (ca. 80 - 85 %) teruggevonden als sulfaat-ion; blijkbaar vindt tijdens de wassing verdere oxydatie plaats. Het is hier niet doenlijk op de kinetiek daarvan in te gaan.

TABEL V - Samenstelling waswater.

component	voor wasser	na wasser	opname in waswater
F-	1,3	9,0 g/m <sup>3</sup>	1,5 kg/h
Cl-	204	625 g/m <sup>3</sup>	76 kg/h
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	127	320 g/m <sup>3</sup>	33 kg/h (als SO <sub>2</sub> : 22 kg/h)
COD	60	90 g/m <sup>3</sup>	3 kg/h
warmte	15 °C	75 °C	53 GJ/h

TABEL VI - Samenstelling rookgassen.

component	gewassen rookgas gemeten		opname in waswater tabel V kg/h	rendement wassing %	ruwe rookgassen, droog berekend		
	conc. mg/m <sup>3</sup>	uitworp kg/h			uur bel. kg/h	conc. mg/m <sup>3</sup>	id. lit. * mg/m <sup>3</sup>
F-	0,6	0,08	1,5	95	1,6	13	11
Cl-	50	6	76	93	82	680	700
SO <sub>2</sub>	90	11	22	67	33	275	367

\* Ter vergelijking: commissie rookgasreiniging stedelijk afval juni 1977.

TABEL VII - Samenstelling rioolwater.

component	vóór menging	na menging met waswater	opname, berekend
F-	0,39 g/m <sup>3</sup>	1,59 g/m <sup>3</sup>	2,1 kg/h
Cl-	192 g/m <sup>3</sup>	245 g/m <sup>3</sup>	93 kg/h
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	123 g/m <sup>3</sup>	140 g/m <sup>3</sup>	29 kg/h (= 19 kg SO <sub>2</sub> /h)
warmte	16 °C	24 °C	60 GJ/h

TABEL VIII - Zuiveringseffect.

Jaar	COD			BOD			Kjeldahl-N		
	voor na zuiv. (g/m <sup>3</sup> )	effekt %		voor na (g/m <sup>3</sup> )	effekt %		voor na (g/m <sup>3</sup> )	effekt %	
1974	286	112	61	88	16	82	28	21	25
1975	236	36	85	98	11	89	31	21	31
1976	308	41	87	133	14	89	36	23	35
1977	374	41	89	163	20	88	38	20	49

Voor de analyse wordt het restant SO<sub>2</sub> chemisch geoxydeerd met waterstofperoxide en de gehalten aan sulfaat-ion bepaald. Naar de stikstofoxyden en koolmonoxyde werd geen onderzoek ingesteld, zodat ter zake van verdergaande oxydatie van deze stoffen niets kan worden gezegd. Per oven worden 40.000 m<sup>3</sup> rookgassen geproduceerd (zie tabel VI). De overeenstemming tussen de berekende samenstelling van de ruwe rookgassen en de literatuur is goed te noemen. Het waswater wordt na sedimentatie geloosd op de rioolwaterzuivering (zie tabel VII). Genoemde cijfers moeten met enige voorzichtigheid worden gehanteerd, daar het hier gaat om een gemiddelde van een beperkt aantal waarnemingen, waarin de spreiding aanzienlijk is; bovendien hebben de cijfers betrekking op een andere periode dan die van tabel V. Er is sprake van een goede overeenstemming van de opnamecijfers met de uit het waswater berekende getallen.

#### 4.1.5. Corrosie

In de roestvrijstalen rookgasafvoeren is de

corrosie verwaarloosbaar; de lasnaden zijn het meest kwetsbaar gebleken, wat niet te verwonderen is, gelet op de van het staal afwijkende chemische samenstelling ervan.

De vraag kan zelfs worden gesteld, of bij de bouw aan het lassen wel voldoende aandacht werd besteed. Corrosie van Werkstoff 1.4571 moest door het soms hoge halogenidegehalte op grond van ervaringen elders wel worden verwacht; een verklaring voor het achterwege blijven is misschien, dat de inwendige oppervlakten steeds vochtig blijven door een condensaat, waarin een inhibitor — mogelijk het uit de stikstofoxyden door oxydatie gevormde salpeterzuur — aanwezig is.

#### 4.2. Rioolwaterzuivering

##### 4.2.1. Zuiveringseffekten

Het zuiveringseffect is af te lezen uit de gegevens in tabel VIII. Het COD na zuivering is vanaf 1975 bepaald na filtratie.

Op grond van deze gegevens kan het zuiveringseffect in inwonerequivalenten worden berekend. Zoals bekend luiden de formules:

voor influent X = (COD + 4,57N) Y / 180 en voor biologisch effluent Z = (2,5 BOD + 4,57N) Y / 180, waarin Y de hoeveelheid gezuiverd rioolwater en N de concentratie aan Kjeldahl — stikstof aangeeft.

In tabel IX is zowel de zuurstofcomponent als de stikstofcomponent apart weergegeven.

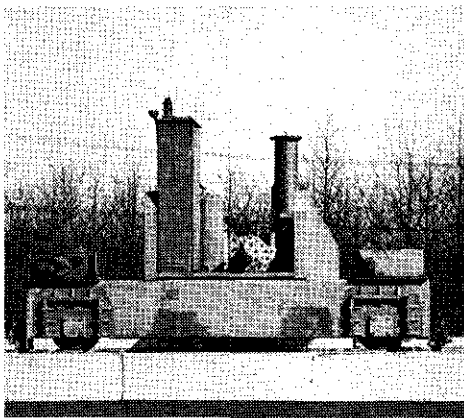


TABEL IX - Reductie inwonerequivalent volgens Rijksformules.

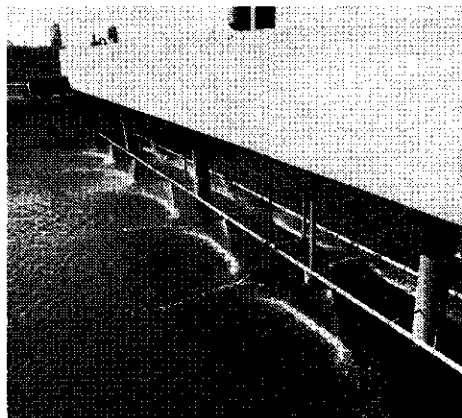
Jaar	COD	Influent		BOD	Effluent		effekt %
		N	totaal		N	totaal	
1974	57.835	26.150	83.985	8.090	19.780	27.870	67
1975	40.900	24.180	65.080	4.760	16.950	21.710	67
1976	47.223	24.880	72.103	5.366	16.188	21.554	70
1977	71.004	33.512	104.516	9.500	17.106	26.606	75

TABEL X - Vergelijking BOD en COD in i.e.

Jaar	COD	Influent		COD	Effluent	
		BOD	verhouding		BOD	verhouding
1974	57.835	44.500	1,29	22.650	8.090	2,68
1975	40.900	42.470	0,97	6.240	4.760	1,31
1976	47.223	50.983	0,93	6.733	5.366	1,26
1977	71.004	77.425	0,92	7.790	9.500	0,84



De ruimerbruggen met toegankelijk gemaakte wielen.



Een ruimerbrug met spoeïinstallatie.

Bijlagen 1 en 2.

AFVALWATERZUIVERINGSINSTALLATIE: "EILAND VAN DOR- DRECHT" VERSLAGJAAR: 1977											
Type: A-aktief slib		Biologisch: 200.000 i.e. (2 x 100.000 i.e.) Hydraulisch: 6.000 m <sup>3</sup> /h									
ONTWERPKAPACITEIT		Gemiddeld		Gem. van de 5 hoogste weerk belastingen		Gem. van de 5 laagste weerk belastingen					
Belasting											
i.e. volgens rijksformul		72.103	101.821	47.709							
afvalwater m <sup>3</sup> /dag		27.800	44.800	20.460							
afvalwater m <sup>3</sup> /h		1.150	1.860	850							
Onderdelen		Aant.	Opp. st. m <sup>2</sup>	inh. m <sup>3</sup>	Opp. v. bel. m <sup>2</sup> /h	inh. m <sup>3</sup> /h	Verbl. tijd h				
					5 H	5 L	ontw.	gem.	5 H	5 L	
Zandvang	2	100	150	30	5,8	9,3	4,3	0,16	0,26	0,16	0,35
Voorbezink	4	750	1500	2	0,4	0,6	0,3	1	5,2	3,2	7
Beluchtingst	2	1110	3000	2,7	0,5	0,8	0,4	1	5,2	3,2	7
Nabezink	4	1500	3000	1	0,2	0,3	0,14	2	10,4	6,5	14
Indukker	1	250	1500	0,1	0,1			60	60		
* 5 H - gemiddelde van de 5 hoogste hydraulische weerk belastingen											
* 5 L - gemiddelde van de 5 laagste hydraulische weerk belastingen											
Technologische gegevens											
		CZV	BZV	N kj	NO <sub>x</sub>	NO <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl <sup>-</sup>	pH		
Influent	g/m <sup>3</sup>	308	133	35,6	0,05	2,0	49,1	210	7,7		
Afloop voorbezink	g/m <sup>3</sup>	189	60	26,6					7,3		
Effluent totaal	g/m <sup>3</sup>	41	14	23,1	0,63	11,6	23,4	35,7	8,0		
Rendement totaal		87%	89%	35%			42%				
Gemiddelde van 147 waarnemingen											
Biologisch gedeelte		Beluchtingstanks									
		Ontw.	Gem.	Lijn 1		Lijn 2					
				5 H	5 L	Ontw.	Gem.	5 H	5 L		
i.e. Belasting	i.e./m <sup>3</sup>	33	8	18	4	33	8	18	4		
BZV belasting	BZV/m <sup>3</sup> /dag	1,1	0,28	0,63	0,13	1,1	0,28	0,63	0,13		
SLUB belasting	kg BZV/kg ds/dag	0,23	0,05	0,12	0,01	0,23	0,07	0,10	0,03		
Slibindex	ca 100	88	96	97	ca 100	133	129	104			
Droge stof gehalte	kg/m <sup>3</sup>	5	9,8	5,2	6,3	5	4,2	8,1	4,2		
Droge stof geh. het slib	kg/m <sup>3</sup>	9,0					5,5				
Hoeverheid surplus	m <sup>3</sup> /dag	55					60				
Slibleefijd	dagen	5					58				
De slibleefijd is bepaald op de hoeverheid slib in de beluchtingstank en de nabezinkstank.											
1 i.e. voorbezoeken - 35 g BZV/dag											
* 5 H - gemiddelde van de 5 hoogste biologische weerk belastingen (BZV = 85 g/m <sup>3</sup> )											
* 5 L - gemiddelde van de 5 laagste biologische weerk belastingen (BZV = 37 g/m <sup>3</sup> )											

is de vergelijking van beide oxideerbaarheidsparameters (zie tabel X). Bij de beoordeling van deze resultaten dient te worden bedacht, dat de tempera-

tuur van het influent door de toevoeging van het gesedimenteerde waswater ca. 7 graden stijgt. Men lette ook op de mededeling na tabel VIII.

Gedetailleerde informatie wordt gegeven in de bijlagen 1 en 2.

De stikstofverwijdering is sterk wisselend; de weekcijfers variëren van 20 tot 86 %. Een duidelijke correlatie met de influenttemperaturen kon niet worden vastgesteld. Evenmin bleek een numerieke invloed van het weekend, waarbij géén opwarming van het rioolwater door de rookgaswassing optreedt, aantoonbaar.

4.2.2. Beluchters

De vervanging van de BSK-Favorit-beluchters door de BSK-First SO-beluchters had een duidelijke verbetering van de hydraulische stabiliteit ten gevolge. Dit betekende, dat meer stroom kon worden afgenomen, waardoor de bestekseis voor het zuurstofinbrengvermogen van 283 kg O<sub>2</sub>/h kon worden bereikt.

De zuurstofinbrengefficiency in leidingwater van de First-beluchters werd bepaald op 1,7 g O<sub>2</sub>/Wh; die van de Favorit-beluchters is niet bepaald.

Op grond van praktijkproeven werden beide typen vergeleken in de periode 30 juni tot 13 oktober 1976; door het overheersende aandeel van de endogene ademhaling is de nauwkeurigheid van deze vergelijking evenwel gering, zodat geen conclusies konden worden getrokken.

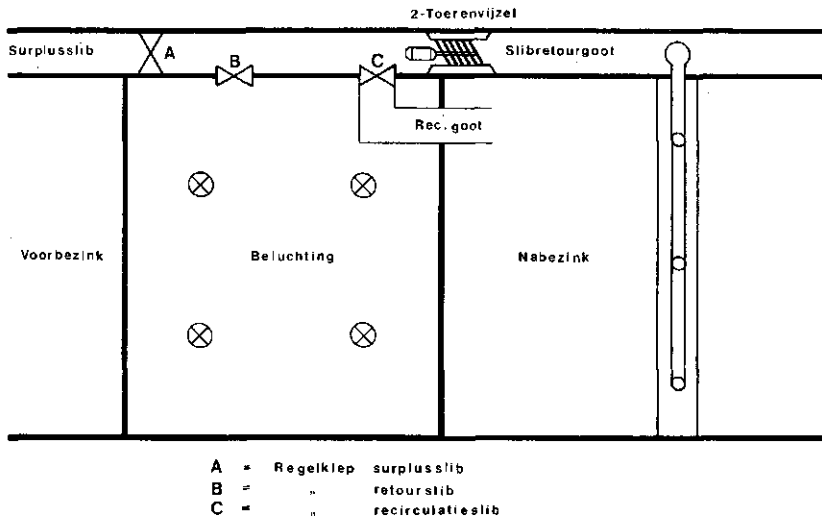
4.2.3. Nabezinking

Het meest kenmerkend voor de nabezinking is het langdurig optreden van een drijf-laag; de denitrificatie en daarmee de drijf-laagvorming wordt bevorderd door de temperatuurverhoging ten gevolge van het toevoegen van het waswater.

De drijf-laag wordt effectief bestreden door sproeien vanaf de ruimers met water uit de nabezinking na filtratie door een kaarsenfilter. Om te voorkomen, dat het effluent drijf-laag meeneemt, zullen bij de afvoertoten alsnog duikschotten worden gemon-teerd.

De laterale slibretourgoten worden gevuld door hevels. De regeling van de slibafvoer was gedacht door regulering van de waterstand in die goten met traploos regelbare vijzels, waarbij een lage waterstand uiter-aard veel en een hoge waterstand door een geringer niveauverschil weinig slibafvoer betekende.

De regeling kon echter niet werken; bij geringe slibafvoer is de waterstand in de goot hoog en daarmee de waterinhoud groot. Dit laatste gecombineerd met de dan juist lage afvoer betekende een extreem lange verblijftijd van het slib, waardoor een anaerobie en rotting optrad. Er moest dus een andere regeling worden bedacht: met zo'n regeling moet zowel de slibconcentratie in de beluchtingsbassins als



Afb. 2 - Principeschema stromen secundair slib.

de slibhoeveelheid in de nabezinking (slibleeftijd) kunnen worden geregeld. Dit kan geschieden door een constante hoeveelheid slib aan de nabezinking te onttrekken en vervolgens aan beide bekkens de benodigde hoeveelheden slib separaat toe te voegen. Wat teveel is wordt dan als surpluslib afgevoerd naar de voorbezinking. De automatisering van een en ander is afhankelijk van een goede slibconcentratie-meting. Na een aantal mislukkingen is thans een meter gevonden, welke twee jaar in gebruik is en goed voldoet (Hydrochemie Conhag, Biospherics model 52LE-N4M).

In eerste instantie zal de slibconcentratie in het beluchtingsbassin constant worden gehouden.

De klep C, die slib direkt in de nabezinking terugbrengt, zal continu worden geregeld. De surpluslibklep A blijft vooralsnog tijdklok-geregeld.

In een later stadium wordt gedacht aan een continu geregelde B-klep en het verwijderen uit het systeem van het surpluslib via een overstort.

#### 4.2.4. Slibverwerking

De slibverwerking met indikker, centrifuges en etage-oven heeft nauwelijks problemen opgeleverd. Waar die optraden, waren het verstoppingen door drijfslaag of bezonken vezelige structuren. Weliswaar is er na de slibpompen een desintegrator geschakeld, die zorgt voor verkleining, doch in de indikker vormen zich weer klonterige en draderige substanties. Een eenvoudig rek is voor de centrifuges geplaatst; het voldoet goed, doch vereist wat naloop. In de ontwerpfase is nogal wat twijfel uitgesproken over het ontstaan van stank tijdens de droging van het slib in de etage-oven. Bij het bedrijf zoals wij dat voeren, is de

eindtemperatuur ten minste 900 K (630 °C) en is er geen stank ooit waargenomen. De bij verbranding ontstaande as is nogal licht en wordt door de schrapers regelmatig omgeroerd. Het behoeft geen verbaazing, dat een deel ervan wordt meegevoerd met de rookgassen. De rookgaswassing zorgt dan weer voor verwijdering en de vlieg-as sedimenteert in de daarvoor bestemde bekkens.

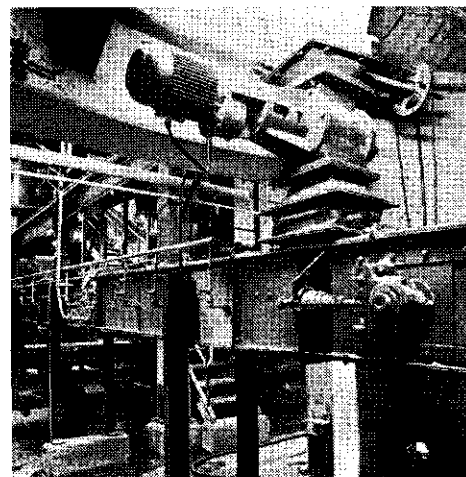
#### 5. Kosten

Tot slot moge een beknopt overzicht volgen van de kosten van de installatie.

TABEL XI - Kostenoverzicht vuilverbranding.

Jaar	totaal	Kosten per ton	per inwoner
1973	f 2.760.890	f 31,76	f 9,39
1974	f 3.650.543	f 34,08	f 10,38
1975	f 4.195.696	f 36,71	f 11,75
1976	f 5.367.689	f 45,09	f 14,82
1977	f 5.850.000	f 45,75	f 16,00

De asafvoer van slibverbrandingsoven.



De administratie van de rioolwaterzuivering wordt deels door Gevudo, anderdeels door de gemeente Dordrecht gevoerd. Volstaan wordt daarom met een opgave van het per inwonerequivalent in rekening gebrachte bedrag. Daarbij dient te worden bedacht dat het aantal voor de omslag in rekening gebrachte inwonerequivalenten belangrijk groter is dan het gemeten aantal (in 1976 resp. 116.073 en 72.103).

TABEL XII - Kostenoverzicht rioolwaterzuivering.

Jaar	Kosten per i.e. (Zuiveringsrecht)
1973	f 16,15
1974	f 19,25
1975	f 19,25
1976	f 27,30
1977	f 35,00

De geïnteresseerde lezer wordt voor gedetailleerde gegevens verwezen naar de jaarverslagen.

#### 6. Conclusie

In de vijf jaar, dat het Dordrechtse proces in exploitatie is, is gebleken dat het systeem goed voldoet. Kinderziekten zijn niet opgetreden en er waren geen grote bedragen nodig om belangrijke procesonderdelen te vervangen. Op een aantal detailpunten bleken wijzigingen nodig of gewenst; deze leidden echter nooit tot verstoring van het begrotingsbeeld en konden successievelijk tot uitvoering worden gebracht.

#### Literatuur

1. Burg, ir. L. van der. *De installaties voor vuilverbranding en rioolwaterzuivering te Dordrecht*. H<sub>2</sub>O 6, 1973 nr. 12 pag. 296.
2. Handbook of Chemistry and Physics, 56th Edition, E-63.
3. Jaarverslagen.

