

Het technologisch ontwerp van de afvalwaterzuiveringsinrichting Dokhaven (Rotterdam)

1. Inleiding

In het kader van het saneren van de ongezuiverde lozingen in de Rotterdamse agglomeratie zal onder andere een ondergrondse afvalwaterzuiveringsinrichting (awzi) in de Dokhaven worden gerealiseerd. Deze awzi zal zijn gelegen temidden van woonbebouwing die rond de Dokhaven is gepland danwel reeds is gerealiseerd. De inrichting krijgt een biologische capaciteit van 470.000 inwonerequivalenten en een maximale hydraulische capaciteit van 19.000 m³/h.



IR. H. A. MEIJER
Zuiveringsschap Hollandse
Eilanden en Waarden



IR. A. W. VAN DER VLIES
Zuiveringsschap Hollandse
Eilanden en Waarden



IR. W. G. WERUMEUS
BUNING
Zuiveringsschap Hollandse
Eilanden en Waarden

Het zuiveren van afvalwater temidden van woonbebouwing lijkt in strijd te zijn met de moderne opvattingen over milieuhygiëne en gezondheidstechniek. Het is tegenwoordig gebruikelijk het afvalwater via een stelsel van rioleringen en persleidingen te transporteren naar op geruime afstand van de woonbebouwing gelegen locaties, alwaar het aan een zuiveringsproces wordt onderworpen. Bij de keuze van een locatie voor een awzi dient in het algemeen een ruime afstand tot de woonbebouwing bijv. enige honderden meters in acht te worden genomen.

De bouw van de awzi Dokhaven zeer nabij de woonbebouwing vergt dan ook vergaande voorzieningen ter voorkoming van overlast voor de omgeving. Overlast kan bijv. worden veroorzaakt door geluid en het ontwijken van stankstoffen en potentieel ziekteverwekkende bacteriekiemen. Voorts dient ook zeer veel aandacht te worden besteed aan het milieu in de inrichting teneinde met name voor het bedienend personeel zo goed mogelijke werkomstandigheden te creëren.

In het onderstaande zal worden ingegaan op het technologisch ontwerp van de in-

richting waarbij achtereenvolgens aandacht zal worden besteed aan de waterbehandeling, het ventilatiesysteem, de lucht- en de slibbehandeling.

Met betrekking tot de voorgeschiedenis, die uiteindelijk heeft geleid tot het realiseren van de awzi Dokhaven wordt verwezen naar het artikel van ir. A. M. Meskers: ('De planvorming rond de afvalwaterzuiveringsinrichting Dokhaven', (H₂O (16), 1982, blz. 427)).

2. Waterbehandeling

Ten tijde van het 'compromisplan' (zie artikel ir. A. M. Meskers) werd voor de awzi Dokhaven uitgegaan van een laag belast actief slibproces met voorbezinking. Bij een dergelijk zuiveringssysteem zouden in de ondergrondse ruimte aanzienlijke oppervlakten met ruw afvalwater voorkomen. Dit werd voor het interne milieu van de inrichting als minder gewenst beschouwd. Nagegaan is derhalve of – mede gezien de specifieke situatie – aan een ander zuiveringssysteem de voorkeur zou moeten worden gegeven.

2.1. Systeemkeuze

In eerste instantie is een groot aantal alternatieve mogelijkheden beschouwd. Genoemd kunnen worden het ultra laag belaste actief slibstelsysteem, verschillende tweetraps actief slibsystemen, het zuivere zuurstofsysteem en het biorotorensysteem. Het ultra laag belaste actief slibstelsysteem viel af vanwege het relatief hoge energieverbruik en het grote ruimtebeslag. Het zuivere zuurstofsysteem werd in verband met de ligging van de inrichting in een woonwijk als te riskant gezien. Voor het

biorotorensysteem bleek de beschikbare constructiehoogte te gering om de elementen te kunnen vervangen. In een volgend stadium is een drietal systemen nader vergeleken, te weten:

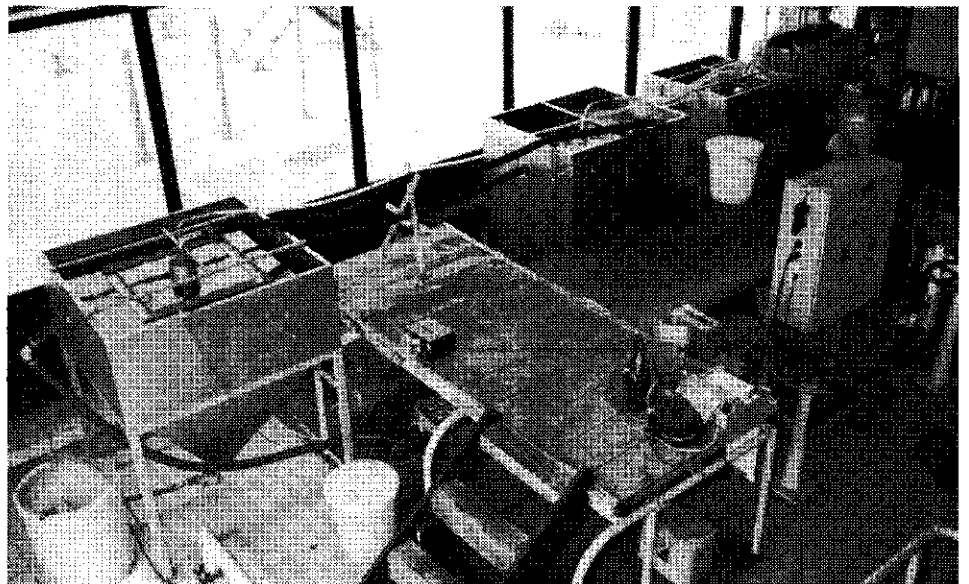
- het laag belaste actief slibstelsysteem met voorbezinking;
- het 'conventionele' tweetraps actief slibstelsysteem;
- een tweetraps systeem met een relatief zeer hoog belaste eerste trap.

De beide tweetrapsystemen hadden ten opzichte van het laag belaste actief slibstelsysteem het grote voordeel, dat het afvalwater direct na binnenkomst in contact met zuurstof wordt gebracht. De eventueel in het aangevoerde afvalwater aanwezige stankstoffen (ten gevolge van rottingsprocessen tijdens het transport) worden hierbij voor een aanzienlijk deel geoxideerd. Eind 1980 is in principe gekozen voor het tweetrapsstelsysteem met een relatief zeer hoog belaste eerste trap. Dit systeem kreeg de voorkeur boven het conventionele tweetraps actief slibstelsysteem met name vanwege de geringere energiebehoefte en het geringere ruimtebeslag, waardoor de inrichting gezien de gegeven plaatsruimte civieltechnisch eenvoudiger is te realiseren.

2.2. Systeemitwerking

Het principe van het gekozen tweetraps zuiveringssysteem is ontwikkeld door de Technische Universiteit van Aken [lit. 1]. Aangezien er nagenoeg nog geen praktijkervaring met dit systeem was opgedaan werd het voor de definitieve uitwerking noodzakelijk geacht praktijkonderzoek uit te voeren. Hierbij diende met name aandacht te worden besteed aan de werking

Afb. 1 - Overzicht proefinstallatie.



TABEL I - *Overzicht zuiveringsresultaten proefinstallatie.*

| Slibbelasting eerste trap (kg BZV/kg d.s. etm) | Slibgehalte eerste trap (kg d.s./m ³) | Verwijderingsrendement (%) | | | |
|--|---|----------------------------|------------|--------|------------|
| | | eerste trap | | totaal | |
| | | BZV | N-kjeldahl | BZV | N-kjeldahl |
| 4,5 | 1,4 | 30-80 | 15-25 | 90-99 | 80-95 |
| 4,5 | 2,0 | 55-75 | 10-25 | 85-99 | 80-95 |
| 2,7 | 2,0 | 65-80 | 20-35 | 98-99 | 90-95 |

TABEL II - *Dimensioneringsgrondslagen waterbehandeling awzi Dokhaven.*

| | | |
|----------------------|----------------------|---|
| 1e beluchtingstrap : | verblijftijd bij RWA | 0,25 h |
| | slibconcentratie | 2 kg d.s./m ³ |
| tussenbezinking : | oppervlaktebelasting | 3,0 m ³ /m ² . h |
| | kantdiepte | 2,6 m |
| 2e beluchtingstrap : | slibbelasting | 0,30 kg BZV/kg d.s.etm. |
| | slibconcentratie | 3,0 kg/m ³ |
| nabezinking : | oppervlaktebelasting | 1,25 m ³ /m ² . h |
| | kantdiepte | 3,0 m |

van de eerste trap. Opgemerkt dient te worden, dat in West-Duitsland inmiddels enige awzi's in bedrijf zijn genomen werkend volgens een dergelijk principe (Bad Honnef, Krefeld).

Het onderzoek is in de periode december 1980 – mei 1981 uitgevoerd op één van de op de awzi aan te sluiten gemalen (gemaal Westkous) met een semi-technische proefinstallatie van de fa. Esmil Hubert BV. Het afvalwater van dit gemaal wordt representatief geacht voor het afvalwater, dat op de awzi zal worden aangevoerd. Afb. 1 geeft een overzicht van de proefinstallatie.

Uit het onderzoek is gebleken dat voor het stabiel verlopen van het zuiveringsproces in de eerste trap volledige aerobie een vereiste is. Voorts diende het slibgehalte in deze trap minimaal 2,0 kg d.s./m³ te bedragen. Bij lagere slibgehalten verliep het zuiveringsproces duidelijk instabiel; in het bijzonder bij een verhoogde aanvoer van primair slib.

In tabel I is een overzicht gegeven van de zuiveringsresultaten bij de diverse onderzochte proefomstandigheden. Hierbij dient te worden opgemerkt, dat de slibbelasting van de tweede trap gemiddeld $\pm 0,15$ kg BZV/kg d.s. etm. heeft bedragen. Voorts is o.a. gebleken, dat het slib in de eerste trap zeer goede bezinkingseigenschappen bezit. De slibvolume-index varieerde van 40–50 ml/g. In een vervolgartikel zal nog nader op het onderzoek worden teruggekomen.

In tabel II zijn de technologische grondslagen weergegeven zoals deze uiteindelijk zijn vastgesteld. Deze grondslagen zijn voor wat betreft de beide beluchtingstrappen gebaseerd op de resultaten van de proefinstallatie. Voor de tussen- en nabezinking zijn tevens praktijkervaringen in de beschouwingen betrokken.

Ten aanzien van de slibbelasting van de

2e beluchtingstrap kan worden opgemerkt, dat in eerste instantie de voorkeur uitging naar een lagere slibbelasting (0,15 kg BZV/kg d.s. etm.). Echter bij een slibbelasting van 0,30 kg BZV/kg d.s. etm., waarbij in de proefinstallatie ook een voldoende effluentkwaliteit werd verkregen, bleek een zodanig eenvoudigere lay-out mogelijk, dat aanzienlijk op de investeringskosten kon worden bespaard.

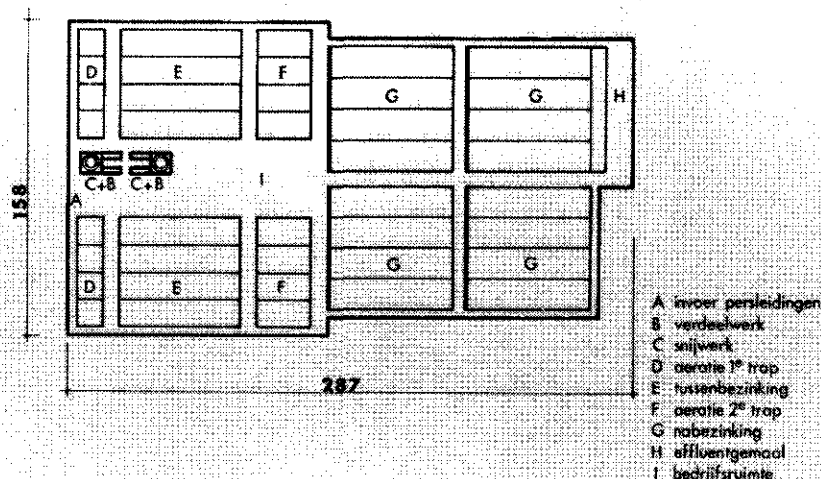
Ten gevolge van de relatief geringe beschikbare ruimte (lengte ca. 280 m, breedte 158/140 m) moest voor de grote onderdelen worden gekozen voor rechthoekige units. In afb. 2 is de plattegrond van de inrichting schematisch weergegeven.

Het zuiveringsproces laat zich als volgt kort beschrijven: het afvalwater, dat met behulp van 5 persleidingen zal worden aangevoerd, komt samen in een verzamelbassin. Vervolgens wordt de afvalwater-

stroom in een gesloten systeem in tweeën gesplitst. Elke splitsing voert naar een conventioneel verdeelwerk alwaar een verdere verdeling in vieren plaatsvindt. Per straat (totaal 8) zal een snijrooster worden geplaatst. Het in het afvalwater aanwezige grof materiaal kan hier worden versneden.

Hierna wordt het afvalwater in de 1e beluchtingstrap (8 stuks) gevoerd. De voor het zuiveringsproces benodigde zuurstof zal met behulp van puntbeluchters worden ingebracht. In de 8 tussenbezinktanks wordt vervolgens het slib afgescheiden. De slibruiming zal door kettingruimers geschieden. Het retourslib zal met behulp van pompen naar de eerste beluchtingstrap worden teruggevoerd.

Vanwege de beschikbare bouwhoogte van ca. 9 m kan het afvalwater de gehele inrichting niet onder vrij verval doorstromen. Het effluent van de tussenbezinktanks wordt derhalve via een tussenopvoer in de 2e beluchtingstrap gebracht. Deze zal in 4 straten worden uitgevoerd. De benodigde zuurstof zal evenals in de 1e beluchtingstrap met puntbeluchters worden ingebracht. In de nabezinktanks, per beluchtingstank 4 stuks, wordt het slib afgescheiden en met behulp van kettingruimers geruimd. Slibpompen zullen het retourslib naar de 2e beluchtingstrap terugvoeren. Het effluent zal tenslotte op de Nieuwe Maas worden geloosd. Het in het afvalwater aanwezige zand zal met hydrocyclonen uit de spuislibstroom van de eerste trap worden verwijderd. Het aldus ontzande slib zal tezamen met het spuislib van de tweede trap naar het slibverwerkingsterrein aan de Sluisjesdijk worden getransporteerd (zie hiervoor punt 5).

Afb. 2 - *Layout awzi Dokhaven.*

De installatie-onderdelen zullen door een gangenstelsel worden gescheiden. Voorts zal elke beluchtungs- en bezinktank in een afzonderlijke ruimte worden geplaatst. In het centrale deel van de inrichting zullen naast verdeelwerken en snijroosters ook de zandverwijderingsinstallatie, de luchtbehandelingsinstallatie (zie punt 4), magazijnen, schakelruimten, liften en trappenhuizen worden ondergebracht. Het dienstgebouw zal boven het centrale deel van de inrichting worden gesitueerd. Hierin zullen o.a. worden opgenomen ruimten voor werkplaatsen, verticaal transport, energievoorziening, kantoor, kantine, ontvangst, procesbewaking en laboratorium. Bij het nader uitwerken van het ontwerp heeft evenals bij de keuze van het zuiveringssystem het creëren van een zo goed mogelijk intern milieu in de inrichting een grote rol gespeeld. Getracht is de plaatsen waar (stank-)stoffen en/of bacteriekiemen vrij kunnen komen zoveel mogelijk te beperken en plaatsen waar toch (stank)stoffen en bacteriekiemen kunnen ontwijken af te schermen van ruimten waar regelmatig personeel moet verblijven.

Een en ander heeft onder andere tot gevolg, dat:

- de zandverwijdering niet plaats zal vinden met de gebruikelijke oppervlakte-zandvangsters in de waterstroom, doch met hydro-cyclonen in de spuislibstroom van de eerste beluchtingstrap;
- de verdeelwerken, snijroosters, beluchtingstanks eerste en tweede trap, en overstortgoten van de bezinktanks zullen worden afgedekt;
- in plaats van de gebruikelijke retour-slibvijzels retour-slibpompen zullen worden toegepast vanwege de gesloten uitvoering;
- in de Dokhaven geen slibdickers zullen worden geplaatst, doch dat het spuislib in niet ingedikte vorm naar het slibverwerkingsterrein aan de Sluisjesdijk zal worden getransporteerd.

3. Ventilatiesysteem

Het ventilatiesysteem in de inrichting wordt voor een aanzienlijk deel bepaald door uit het afvalwater ontwijkende vluchtige stoffen, stankstoffen en bacteriekiemen.

Specifieke vluchtige stoffen zijn in het algemeen van industriële herkomst. Op basis van de beschikbare gegevens van de op de inrichting aan te sluiten industrieën en de aard van de industrieën wordt geen aanvoer van (potentieel) vluchtige stoffen in zodanige concentraties verwacht, dat hiermede rekening moet worden gehouden. Om de grootte van de emissie aan stank-

stoffen in de inrichting af te kunnen schatten is in eerste instantie inzicht nodig in de aanvoer van deze stoffen. Hiertoe zijn in april en augustus 1981 metingen uitgevoerd op de gemalen, die op de awzi Dokhaven zullen worden aangesloten. Alle bemonsteringen zijn uitgevoerd in perioden met droog weer. Met name is onderzoek gedaan naar de stankstoffen die door aanroting van het afvalwater kunnen ontstaan. Sulfide is hierbij als parameter gehanteerd. De op de diverse gemalen gemeten sulfidegehalten zijn vergeleken met de met behulp van de formule van Boon & Lister berekende sulfidegehalten.

Met de empirische formule van Boon & Lister [lit. 2] is een afchatting te maken van de sulfidevorming in afvalwater dat door middel van persleidingen wordt getransporteerd. De gemeten en de berekende waarden doen onder droog weer omstandigheden een sulfideconcentratie in het aangevoerde afvalwater verwachten van maximaal 1,5 mg/l.

Bij een verwachte droog weer aanvoer van ca. 9100 m³/h betekent dit een vracht van ca. 14 kg sulfide/uur. Op basis van voorhanden zijnde praktijkgegevens en theoretische beschouwingen is vervolgens een afchatting gemaakt van de sulfide emissie, die in de diverse installatie-onderdelen kan worden verwacht. De sulfide ontwijkt hierbij in de vorm van zwavelwaterstof.

Nadat gebleken was, dat het zonder verdere voorzieningen praktisch niet mogelijk is een goed intern milieu in de inrichting te realiseren, is gekozen voor een scheiding van het ventilatiesysteem in twee stromen: een vuile en een schone stroom (zie afb. 3).

De vuile stroom omvat de ventilatie van de afzonderlijk afgedekte ruimten, zoals verdeelwerken, snijroosterruimten, beluchtingstanks en overstortgoten van de bezinktanks (zie ook 2.2.) alsmede de ruimte waar de zandverwijdering zal plaatsvinden. De schone stroom omvat in hoofdzaak de ventilatie van gangen en bezinktanks met

uitzondering van de overstortgoten. Voor de ruimten waar slechts met hoge uitzondering personeel behoeft te verblijven wordt een maximale zwavelwaterstofconcentratie van ca. 150 mg/m³ toelaatbaar geacht.

Het personeel zal deze ruimten pas mogen betreden nadat door bijv. het uitschakelen van het desbetreffende onderdeel danwel het verhogen van het ventilatiedebiet een goed milieu is gecreëerd.

In de ruimten waar wel regelmatig personeel aanwezig moet zijn, bijv. in de ruimten waarin de bezinktanks zich bevinden is de maximaal toelaatbare zwavelwaterstofconcentratie gesteld op 0,1 mg/m³. Deze waarde is gebaseerd op de in de Bondsrepubliek Duitsland bestaande MIC¹ waarde van 0,14 mg/m³. Voor Nederland is tot dusver geen MIC waarde vastgesteld.

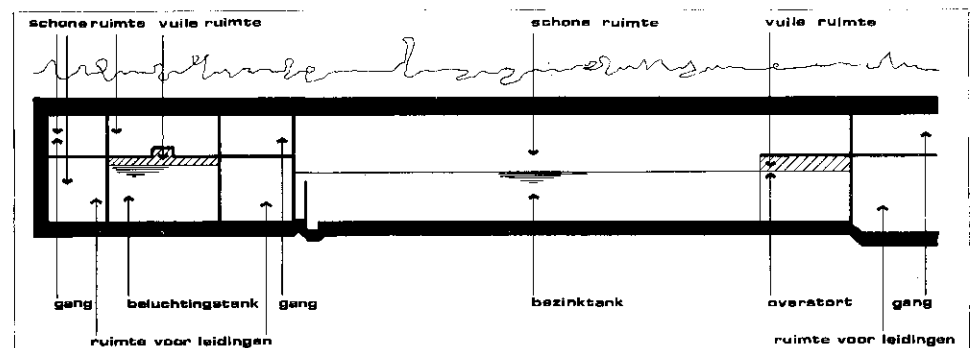
De MAC² waarde voor zwavelwaterstof bedraagt 14 mg/m³. Dit betekent, dat de zwavelwaterstofconcentraties in de ruimten waar regelmatig personeel aanwezig is aanzienlijk lager zullen zijn dan uit een oogpunt van arbeidsomstandigheden nog aanvaardbaar wordt geacht. Voorts zullen de gangen ten opzichte van de procesruimte een overdruk bezitten. Aldus wordt voorkomen, dat bij bijv. het openen van deuren, lucht met eventueel daarin aanwezige stankstoffen vanuit de procesruimten in het gangenstelsel kan terechtkomen. De voor de gangen benodigde ventilatielucht zal voor gebruik worden geconditioneerd, waardoor o.a. condensvorming kan worden voorkomen.

Het is in principe niet uitgesloten, dat er zich situaties zullen voordoen, waarin de emissie van zwavelwaterstof hoger zal zijn dan wordt verwacht. Te denken valt hierbij

¹ Onder de MIC waarde wordt verstaan de maximum concentratie, waaraan men 24 uur per dag gedurende 365 dagen per jaar mag worden blootgesteld.

² Onder MAC waarde wordt verstaan de maximum concentratie, waaraan een volwassen werknemer gedurende 8 uur per dag en 5 dagen per week mag worden blootgesteld.

Afb. 3 - Principe ventilatiesysteem awzi Dokhaven.



aan bijv. een aanzienlijk hoger sulfidegehalte in het aangevoerde afvalwater, danwel storingen in het zuiveringsproces. In de dimensionering van het ventilatiesysteem is dientengevolge een overcapaciteit van 50 % opgenomen. Het debiet van de vuile stroom zal max. 80.000 m³/h bedragen; het debiet van de schone stroom maximaal 232.000 m³/h.

Voor het geval, dat in de inrichting aanzienlijk meer stankstoffen ontwijken dan thans wordt voorzien en ook met inschakeling van de overcapaciteit van het ventilatiesysteem niet het gewenste interne milieu in de inrichting kan worden gerealiseerd, is voorzien in een opstelling voor het toevoegen van waterstofperoxyde aan het afvalwater in de aanvoerende persleidingen.

Bacteriekiemen komen bij de behandeling van afvalwater vrij op plaatsen waar een sterke turbulentie optreedt. Voor de awzi Dokhaven mag op basis van elders uitgevoerd onderzoek [lit. 3] worden verwacht, dat de grootste emissie van bacteriekiemen vanuit de beluchtingstanks zal plaatsvinden. Als minder belangrijke bronnen kunnen worden genoemd de overstorten van verdeelwerken, tussen- en nabezinktanks en de snijroosterruimten. Al deze ruimten zijn zoals reeds eerder aangegeven afzonderlijk afgedekt en worden gescheiden van de 'werkruimten' geventileerd. Contact tussen bacteriekiemen en personeel is dan ook onder normale bedrijfsomstandigheden nagenoeg uitgesloten.

4. Luchtbehandeling

In het in het najaar van 1979 aangenomen Compromisplan werd voor de behandeling van de ventilatielucht nog uitgegaan van een verwerking in de vuilverbrandingsinstallatie van de ROTEB aan de Brielseaan. De lucht zou hier als onderwind worden ingevoerd in de verbrandingsovens en aldus verbrand worden bij een temperatuur van 800 à 900 °C. De aanwezige stankstoffen en bacteriekiemen zouden hierbij volledig worden geëlimineerd. Bij de nadere uitwerking is echter van deze wijze van luchtbehandeling afgezien. De redenen hiervoor waren met name:

— de beperkte verwerkingscapaciteit voor de ventilatielucht van de ROTEB namelijk 110.000 m³/h;

— het niet in bedrijf zijn van de verbrandingsinstallatie in het weekend. Hierdoor zouden voorzieningen moeten worden getroffen om ook in het weekend de lucht te kunnen behandelen. Op het terrein van de ROTEB was voor deze voorzieningen onvoldoende ruimte beschikbaar.

Thans wordt uitgegaan van een behandeling van de sterk vervuilde stroom in een drietraps natchemische wasser in de awzi Dokhaven. De eerste twee trappen zullen worden bedreven met water waaraan chloorbleekloog en loog kan worden toegevoegd, de derde trap met water waaraan eventueel loog kan worden toegevoegd. De zwavelwaterstof en bacteriekiemen zullen hierbij (nagenoeg) volledig uit de luchtstroom worden verwijderd. De aldus behandelde lucht zal tezamen met de relatief schone luchtstroom worden afgevoerd naar een op ca. 550 m vanaf de Dokhaven gelegen locatie aan de Sluisjesdijk. De totale luchtstroom zal hier via een schoorsteen worden gespuid.

De definitieve keuze van het luchtbehandelingssysteem is eerst gedaan, nadat met behulp van verspreidingsberekeningen was aangegeven, dat de op deze wijze behandelde lucht naar verwachting voor de omgeving geen overlast tot gevolg zal hebben. De verspreidingsberekeningen zijn uitgevoerd met het Gaussische Pluimmodel [lit. 4].

Op het terrein aan de Sluisjesdijk zal ruimte worden gereserveerd om indien dit op grond van metingen na ingebruikname noodzakelijk blijkt een verdergaande luchtbehandeling ook eventueel van de relatief schone luchtstroom te kunnen toepassen.

5. Slibbehandeling

Aangezien de slibbehandeling minder ver is uitgewerkt dan de waterbehandeling, het ventilatiesysteem en de luchtbehandeling kan slechts in grote lijnen iets over de behandelingsmethode worden aangegeven. De slibbehandeling zal plaatsvinden op het terrein aan de Sluisjesdijk waar ook de ventilatielucht van de awzi Dokhaven zal worden gespuid.

Het slib zal vanuit de Dokhaven in niet ingedikte vorm met behulp van persleidingen worden aangevoerd. Na een voorindikking zal het slib worden vergist. Vervolgens zal het slib na een na-indikking mechanisch met behulp van zeefbandpersen worden ontwaterd.

Als eindbestemming voor het slib wordt vooralsnog uitgegaan van een verwerking tot zwarte grond.

6. Slobeschouwing

In het vorenstaande is getracht enig inzicht te verschaffen in de aspecten, die bij het ontwerp van de awzi Dokhaven tot dusver aan de orde zijn geweest.

Ten gevolge van het voor Nederlandse omstandigheden specifieke karakter van de inrichting moet er bij het ontwikkelen van

het definitieve ontwerp rekening mee worden gehouden, dat met name uit praktische overwegingen op onderdelen van het technologisch ontwerp afgeweken gaat worden.

Rekening moet worden gehouden met de beschikbare ruimte voor water- en luchtleidingen, de bereikbaarheid van installatieonderdelen, de dakconstructie etc. Voorts moet bijv. nog nader uitgewerkt worden in welke ruimten en op welke wijze betonbescherming moet worden toegepast en dient aandacht te worden besteed aan de consequenties van het optreden van condens in de watervoerende ruimten.

Tenslotte kan worden opgemerkt, dat indien één en ander volgens de huidige planning verloopt de inrichting eind 1985 in gebruik zal worden genomen.

Literatuur

1. Böhnke, B. *Das Adsorptions - Belebungsverfahren*. Korrespondenz Abwasser 24 (1977) 2, 33-42.
2. Boon, A. G. and Lister, A. R. *Formation of Sulphide in Rising Main Sewers and its Prevention by Injection of Oxygen*. Progress in Water Technology, 7 (1975) 2, 289-300.
3. Wanner, H. U. *Luftkontamination durch Kläranlagen*. H₂O (10) 1977, 223-226.
4. Bruce Turner, D. *Workbook of atmospheric dispersion estimates*. Public Health Service Publication no. 999-A.P.-26.

