

Ten geleide

Op 3 november jl. heeft Hare Majesteit de Koningin de geheel ondergronds gelegen awzi Dokhaven te Rotterdam officieel in gebruik gesteld. Deze awzi vormt een onderdeel van de sanering van de afvalwaterproblematiek in de Rotterdamse regio waarover reeds eerder in dit blad [H₂O (15) 1982, 423-432 en H₂O (19) 1986, 292-308] is gepubliceerd. Als onderdeel van het in 1978 vastgestelde compromisplan betekent het gereedkomen van deze awzi, na de awzi's De Groote Lucht en Kralingseveer, het sluitstuk van de verwezenlijking van dit plan.

De awzi Dokhaven heeft een capaciteit van 470.000 i.e. en 19.000 m³ per uur en moest met inachtneming van bijzondere randvoorwaarden worden gerealiseerd. De awzi moest namelijk worden gebouwd in de voormalige Dokhaven die de bestemming als haven had verloren en intussen tot woongebied was bestemd. Vanwege deze ligging temidden van woonbebouwing was het noodzakelijk aan het voorkómen van (stank)hinder veel aandacht te geven. Daarom werd indertijd besloten om de awzi geheel ondergronds te situeren, hetgeen de mogelijkheid gaf het geheel af te dekken met

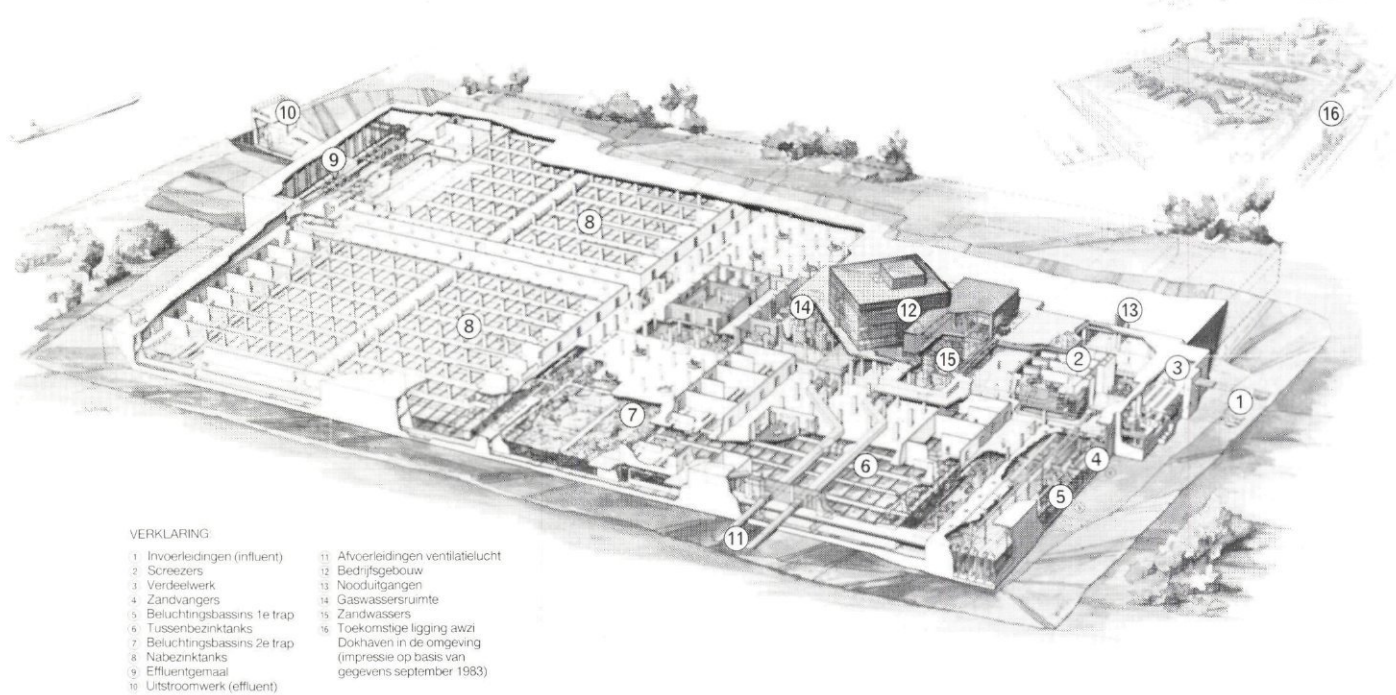
een park. Het beschikbare grondoppervlak was beperkt tot maximaal 4,5 ha. Verder moest rekening worden gehouden met afvalwater dat vanwege de aard van het rioolstelsel sterk aangerot zou aankomen op de awzi. Voor de slibverwerking was onvoldoende ruimte op de locatie Dokhaven beschikbaar, zodat deze op een andere locatie zou moeten plaatsvinden. Uiteindelijk hebben deze randvoorwaarden erin geresulteerd dat in de voormalige Dokhaven de afvalwaterzuiveringsinrichting is gesitueerd en op het 600 meter verder gelegen terrein aan de Sluisjesdijk de slibverwerking alsmede de lozing van de ventilatielucht via een 50 meter hoge schoorsteen plaatsvindt. De awzi kent een aantal bijzonderheden zoals onder andere het gekozen zuiveringssysteem: het AB-proces, het ventilatiesysteem dat een geheel nieuwe dimensie aan het project toevoegde, alsmede de besturingsinstallatie.

Het bijzondere karakter van de awzi is aanleiding geweest om een speciaal boek over de awzi Dokhaven uit te geven. In ruim 50 bijdragen worden door alle betrokkenen bij het project, opdrachtgever, ontwerpers,

aannemers en installateurs, de afzonderlijke aspecten beschreven. Voor dit themanummer van H₂O is gebruik gemaakt van bijdragen uit het ca. 200 pagina's omvattende boek. Om die reden worden geen afzonderlijke auteurs genoemd. Aan dit themanummer is meegewerkt door het zuiveringsschap, opdrachtgever en beheerder van de awzi Dokhaven, gemeentewerken Rotterdam en het adviesbureau Bongaerts, Kuiper en Huiswaard te 's-Gravenhage, respectievelijk hoofdadviseur en neven-adviseur voor de awzi en het Raadgevend Ingenieursbureau DHV te Amersfoort, adviseur voor het slibverwerkingsbedrijf Sluisjesdijk.

ir. A. W. van der Vlies
Zuiveringsschap Hollandse
Eilanden en Waarden

Afvalwaterzuiveringsinrichting DOKHAVEN, Rotterdam



VERKLARING

- | | |
|-------------------------------|------------------------------------|
| 1 Invoerleidingen (influent) | 11 Afvoerleidingen ventilatielucht |
| 2 Schroezers | 12 Bedrijfsgebouw |
| 3 Verdeelwerk | 13 Nooduitgangen |
| 4 Zandvangs | 14 Gaswassersruimte |
| 5 Beluchttingsbassins 1e trap | 15 Zandwassers |
| 6 Tussenbezinktanks | 16 Toekomstige ligging awzi |
| 7 Beluchttingsbassins 2e trap | Dokhaven in de omgeving |
| 8 Nabezinktanks | (impressie op basis van |
| 9 Effluentgemaal | gegevens september 1983) |
| 10 Uitstroomwerk (effluent) | |

De voorgescheidenis die uiteindelijk heeft geleid tot de realisering van de awzi Dokhaven, is in technisch en in bestuurlijk opzicht lang en gecompliceerd. Op deze voorgeschiedenis is in diverse voordrachten tijdens het NVA-symposium 'Aanpak en sanering afvalwater in de Rotterdamse regio' op 4 juni 1986 uitvoerig ingegaan. In dit themanummer kan daarom volstaan worden met een verwijzing naar deze voordrachten [H₂O (19) 1986 292-308].

Opdrachtgever

Op 1 december 1974 trad in Zuid-Holland de provinciale verordening tot regeling van het Waterkwaliteitsbeheer in werking. Hiermee verkreeg het waterschap IJsselmonde de waterkwaliteitstaak onder andere in Rotterdam-Zuid. Nadat in 1978 het compromisplan voor de afvalwaterzuivering in de Rotterdamse regio was aanvaard, gaf het waterschap eind 1979 aan Gemeentewerken Rotterdam opdracht om de awzi's Dokhaven en Maashaven – zoals in het compromisvoorstel besloten – te ontwerpen. Bij de verdere optimalisatie van de plannen bleek een concentratie bij de Dokhaven mogelijk waardoor alsnog Maashaven kon vervallen. Het definitieve ontwerpwerk kon beginnen op een moment dat de bestuurlijke structuur essentieel veranderde door een nieuwe taakverdeling op het gebied van het waterkwaliteitsbeheer in Zuid-Holland zuid.

Op 16 maart 1978 besloten provinciale staten van Zuid-Holland namelijk tot oprichting van een zelfstandig zuiveringsschap voor het gebied van de negen zuidelijke waterschappen, waarvan het de waterkwaliteitstaak per 1 januari 1981 zou overnemen. Na een korte voorbereidingstijd werd het zuiveringsschap op 24 juni 1980 feitelijk opgericht. Kort daarna, 9 oktober 1980, werd de verenigde vergadering van het zuiveringsschap zeer indringend geconfronteerd met haar toekomstige verantwoordelijkheid in Rotterdam. Door het dagelijks bestuur werd een voorstel voorgelegd voor de inhoudelijke bijstelling van de opdracht aan Gemeentewerken Rotterdam (de beperking tot Dokhaven) en voor het beschikbaar stellen van een krediet voor het maken van een definitief ontwerp. De dag tevoren, 8 oktober, 1980, was door dijkgraaf en heemraden van het waterschap IJsselmonde, een zelfde voorstel gedaan aan de verenigde vergadering van het waterschap. De bedoeling van deze dubbele besluitvorming was om een naadloze overgang te verkrijgen van de werkzaamheden van de voorbereiding van Dokhaven bij de overdracht van de waterkwaliteitstaak. Op 1 januari 1981 nam het zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden de verantwoordelijkheid voor het project

Dokhaven van haar rechtsvoorganger, het waterschap IJsselmonde over.

Projectorganisatie

In 1980 is voor de voorbereiding en de realisering van het project Dokhaven een plan van aanpak opgesteld. Op basis van dit plan van aanpak stelde het zuiveringsschap de structuur voor de organisatie van het project vast. De organisatiestructuur kenmerkte zich door een tweetal teams: een beleidsvoorbereidingsteam en een coördinatieteam.

In het beleidsvoorbereidingsteam (BVT) werden de acties voorbereid die nodig waren om tot realisering van het eigenlijke afvalwaterzuiveringsproject Dokhaven te kunnen overgaan. Tot deze acties behoorden:

- de verwerving van de ondergrond van de te bouwen awzi;
- de ontruiming van de haven en de kaden;
- het in de tijd op elkaar afstemmen van de bouw van de awzi en de omvangrijke aanpassing van het gemeentelijk rioleringsstelsel;
- het in overleg met de deelgemeente Charlois en het Gemeentelijk Havenbedrijf vinden van een aanvaardbare lokatie voor de schoorsteen voor de ventilatielucht uit de awzi;
- het onderling op elkaar afstemmen van de

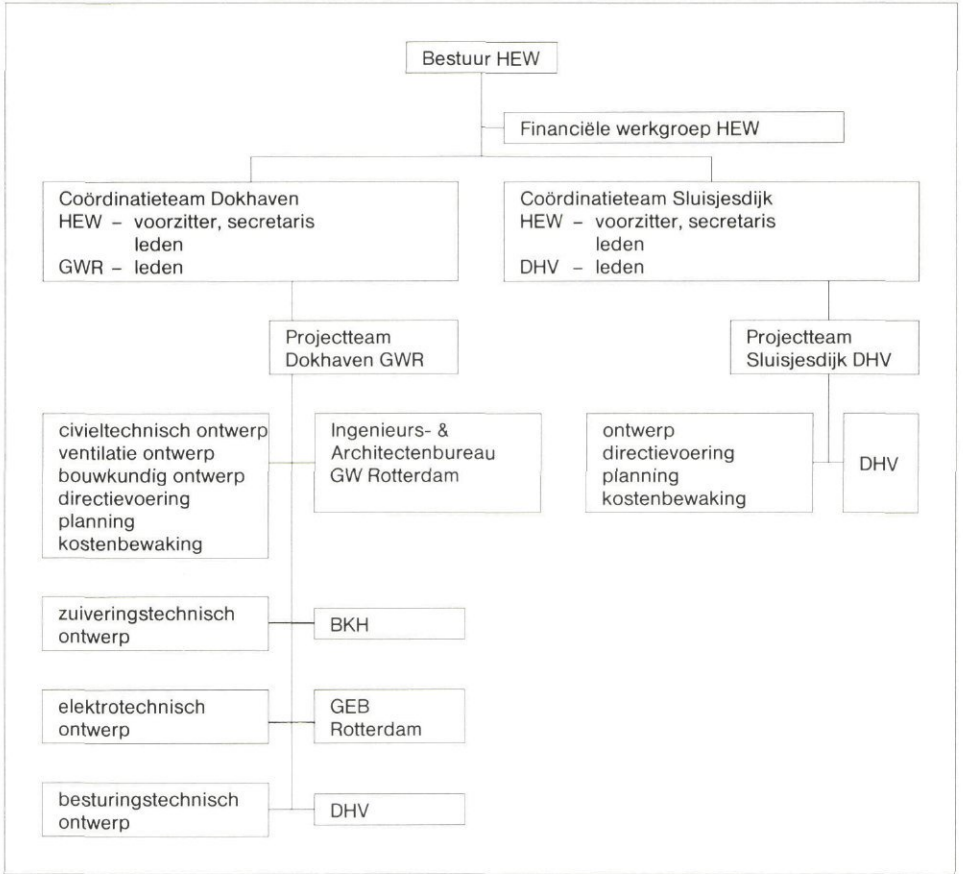
capaciteit van de awzi en de capaciteit van de eindgemalen van de gemeentelijke riolering;

- het onderling op elkaar afstemmen van de woningbouwplannen en de aanleg van het park in het Dokhavengebied en de bouw van de awzi;
- het voorbereiden van een vergunning voor het aansluiten van het gemeentelijk rioleringsstelsel op de awzi.

Al deze acties werden voorbereid door een breed samengesteld ambtelijk team waaraan zowel door vertegenwoordigers van Rotterdam als van het zuiveringsschap werd deelgenomen. Het beleidsvoorbereidings-team heeft aan de verwachtingen voldaan. Door de goede afstemming konden de verantwoordelijke bestuursorganen op het juiste moment de nodige besluiten nemen.

In het coördinatieteam Dokhaven vond de voorbereiding van de werkzaamheden voor de awzi plaats, waarbij de opdrachtgever in samenspraak met de adviseur de nodige stappen vastlegde. Dit team is belast geweest met de bewaking van de kwaliteit, de kostenontwikkeling en de tijdsaspecten van het project. In het coördinatieteam Dokhaven werd in overleg met de hoofdadviser bepaald hoe de plannen zouden worden voorbereid en uitgevoerd. Het ingenieurs- en architectenbureau van Gemeentewerken

Afb. 1 - Projectorganisatie.



Rotterdam heeft aan die plannen als hoofdadviseur inhoudelijk vorm gegeven. De hoofdadviseur werd daarbij bijgestaan door onderadviseurs; voor de zuiverings-technische installaties door het adviesbureau BKH te 's-Gravenhage, voor de besturing door het Ingenieursbureau DHV te Amersfoort; voor de elektrotechnische werken door het GEB van Rotterdam. De verschillende ontwerpende disciplines vormden een projectteam.

Voor het slibverwerkingsbedrijf Sluisjesdijk werd een afzonderlijk coördinatieteam opgericht. De doelstelling van dit coördinatieteam was dezelfde als van het team voor Dokhaven. Aan het coördinatieteam Sluisjesdijk werd deelgenomen door medewerkers van de technische dienst van het zuiveringsschap en van DHV Raadgevend Ingenieursbureau B.V.

Het voorzitterschap van beide coördinatieteams werd vervuld door de directeur van de technische dienst van het zuiveringsschap. In de coördinatieteams werden de aanbestedingen en de gunningsvoorstellen voor de talrijke onderdelen van de Dokhaven/Sluisjesdijkwerken voorbereid. De coördinatieteams voerden het overleg met Rijkswaterstaat en het RIZA over de verschillende ontwerpfases van het project voor de verkrijging van de goedkeuring op het plan van de minister van Verkeer en Waterstaat in het kader van de Wet verontreiniging oppervlaktewateren.

Voor een goede communicatie tussen het bestuur van het zuiveringsschap en de ambtelijke staf bij de voorbereiding van het project werd de voorzitter van het zuiveringschap nauw betrokken bij de werkzaamheden van de coördinatieteams. De leden van de verenigde vergadering van het zuiveringsschap werden iedere vergadering schriftelijk geïnformeerd over de stand van zaken van het project. De beoordeling van de technische plannen binnen het zuiveringsschap door de verschillende disciplines – afvalwater-technologie, beheer en nieuwbouw – is gecoördineerd door de afdeling coördinatie Nieuwbouw van het zuiveringsschap. Deze afdeling was ook belast met de algehele projectcoördinatie en voerde tevens het secretariaat van het beleidsvoorbereidings-team en van de beide coördinatieteams en was uit een oogpunt van kostenbeheersing eveneens vertegenwoordigd in de financiële werkgroep.

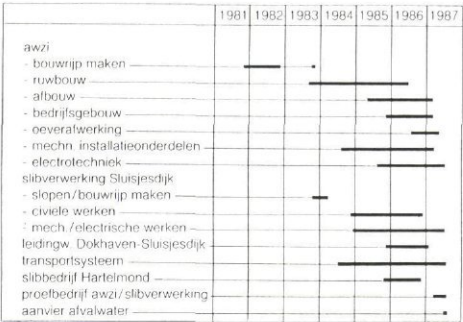
Plannen

Voor een goede beheersing van het project Dokhaven is vanaf het begin veel aandacht besteed aan een goede planning. De oorspronkelijke planning moest een

aantal malen worden bijgesteld, onder andere door:

- wijzingen in het ontwerp;
- afslanking van het ontwerp;
- complicaties bij besteksafwikkelingen;
- slechte aanbestedingsresultaten;
- minder werkbare dagen dan gepland;
- vertragingen bij diverse opleveringen.

Gedurende het bouwproces heeft er een zware druk gelegen op de algehele coördinatie. Meer dan 1000 activiteiten van 25 aannemers in verschillende ruimten moesten op zodanige wijze op elkaar worden afgestemd dat ook voor iedere aannemer de continuïteit in het eigen werk werd gehandhaafd. Deze coördinatie berustte bij Gemeentewerken Rotterdam. In het bijgevoegde tijdschema is het tijdsverloop aangegeven van de verschillende hoofdonderdelen van het project.



Afb. 2 - Tijdsverloop project.

Financiële consequenties

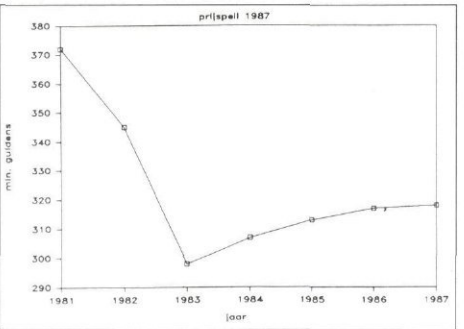
Op 9 oktober 1980 stelde de verenigde vergadering een eerste krediet beschikbaar voor de awzi Dokhaven. Dit krediet beperkte zich tot de voorbereidingskosten in 1981. Op 21 mei 1981 volgde de beschikbaarstelling van een krediet voor de grondkosten voor de awzi. Op 20 augustus 1981 is een krediet beschikbaar gesteld voor het bouwrijp maken waarna op 19 augustus 1982 de beschikbaarstelling van het krediet voor het totale project volgde. De manier waarop het project financieel werd begeleid, ambtelijk en bestuurlijk, is tijdens de uitvoering van het project aan veranderingen onderhevig geweest. Tot november 1984 is de totale financiële begeleiding verzorgd vanuit het coördinatieteam met behulp van inbreng van Gemeentewerken Rotterdam. De financiële verslaglegging naar het bestuur van het zuiveringsschap – de verenigde vergadering – vond gemiddeld één keer per jaar plaats. Gezien het groeiende financiële belang is in november 1984 besloten tot een meer frequente rapportage. Deze inbreng kreeg gestalte in de vorming van een financiële werkgroep ('kostengroep Dokhaven'). De belangrijkste taak van deze werkgroep was het signaleren van wijzingen in de project-

kosten en de rapportage aan het dagelijks bestuur, de commissie Financiële Zaken en de verenigde vergadering over de financiële ontwikkeling van het project. Deze rapportage vond viermaal per jaar plaats. Tijdens de uitvoering van het project vonden kredietaanpassingen plaats. Redenen daarvoor waren:

- completering van het plan. Te denken valt ondermeer aan de aanpak van de slibverwerking die pas later ter hand werd genomen;
- het unieke karakter van het project, waardoor ad hoc aanvullend onderzoek en tussentijdse planaanpassingen nodig waren;
- het stijgen van de lonen en de prijzen;
- aanbestedingsresultaten.

In onderstaand overzicht zijn de verschillende ramingen (inclusief BTW) door de jaren heen weergegeven. Begonnen is met de ramingen van 1981, omdat de projectonderdelen in dat stadium voldoende gedefinieerd konden worden.

jaar	prijspeil desbetreffende jaar	prijspeil 1987
1981	315 miljoen	372 miljoen
1982	315 miljoen	345 miljoen
1983	278 miljoen	298 miljoen
1984	294 miljoen	307 miljoen
1985	306 miljoen	313 miljoen
1986	316 miljoen	317 miljoen
1987	318 miljoen	318 miljoen



Afb. 3 - Kostenontwikkeling.

In onderstaand staatje staan de werkelijke kosten weergegeven gesplitst naar enkele bouwdelen. Per onderdeel is de bouwrente toegerekend.

bouwput awzi	15 miljoen
awzi	233 miljoen
slibverwerkingsbedrijf	54 miljoen
transportstelsel	12 miljoen
slibverwerkingsterrein Hartelmond	4 miljoen
totaal	318 miljoen

Gespecificeerd naar aard van de werkzaamheden, kan onderstaand overzicht worden samengesteld.

grondaankoop	6 miljoen
grondwerk bouwkundig	153 miljoen
mechanisch en elektrisch	109 miljoen
engineeringskosten	40 miljoen
bijkomende kosten	8 miljoen
inrichtingskosten	2 miljoen
totaal	318 miljoen

De financiële omvang van het project was zodanig, dat dit resulteerde in een forse stijging van het tarief. Gezamenlijk met Rijkswaterstaat is gezocht naar mogelijkheden om dit te beperken. Overeengekomen werd dat de gedeclareerde subsidiabele kosten bij wijze van voorschot voor 100% zouden worden uitbetaald tot het bereiken van het geraamde subsidieplafond voor het gehele project. Normaal zou slechts 56% van de subsidie-declaraties zijn betaald. Tevens werd geregeld dat betaling binnen twee weken plaatsvond. In 1986 is overeengekomen dat de subsidie op door het zuiveringsschap elders nog uit te voeren projecten het eerder genoemde subsidieplafond van Dokhaven vergroot.

De bouw van de awzi Dokhaven is van invloed geweest op het heffingstarief.

Een stijging van de kosten vond plaats vanwege de kapitaalslasten en de exploitatie van de awzi. Er vond een (kleinere) verlaging plaats doordat de heffing Rijkswateren verminderde. De totale jaarlijkse kosten bedragen circa f 22,6 miljoen. Dit betekent per gezuiverde inwoner-equivalent een bedrag van f 48,-. Deze toename van kosten heeft dan ook een verhoging van het heffings-tarief tot gevolg gehad. De stijging van het tarief is echter verminderd doordat tegelijkertijd het heffingsdraagvlak is ver-groot door zuivering van afvalwater afkomstig uit de beheersgebieden van de hoogheemraadschappen van Schieland en Delftland. Per saldo heeft dit een verhoging van het heffingstarief met f 15,50 gegeven.

Voorlichting

De sanering van het oppervlaktewater in de regio Rotterdam had grote gevolgen voor de inwoners en bedrijven in de directe omgeving van Dokhaven. De uitvoering van het werk leverde een behoorlijke overlast op. Voor de manier waarop de afvalwaterproblematiek in de regio Rotterdam werd aangepakt bestond ook buiten de regio grote belangstelling. Het zuiveringsschap en Gemeentewerken Rotterdam stelden in 1981 een gezamenlijk activiteitenplan voor de voorlichting op. Dit plan gaf richting aan het geven van informatie en voorlichting tijdens het

ontwerpen en de uitvoering van verschillende onderdelen van het totale werk. De doel-groepen die de meeste aandacht verdienden waren:

- direct omwonenden; de bewoners van Oud-Charlois;
- belangstellenden buiten de regio;
- de professioneel geïnteresseerden;
- de media.

In dit kader werden de volgende activiteiten ondernomen:

- het uitbrengen van bewonersbrieven;
- het opstellen van diverse brochures;
- de inrichting van een voorlichtingsruimte;
- het deelnemen aan tentoonstellingen;
- het organiseren van open dagen;
- het verzamelen van fotomateriaal;
- het verzorgen van inleidingen en rond-leidingen over de bouwplaats;
- het houden van lezingen voor vakgenoten;
- het publiceren in de vakliteratuur.

De belangstelling voor het project Dokhaven kwam van vele zijden, van direct om-wonenden tot buitenlanders en van leken tot professioneel geïnteresseerden.

In het dienstgebouw van de awzi is een permanente voorlichtingsruimte ingericht, geschikt voor het ontvangen van groepen. Tijdens het hele bouwproces lag het accent bij het geven van voorlichting op de voor-geschiedenis, de inpassing in de omgeving en de bouwkundige en civieltechnische aspecten. Na de officiële ingebruikneming spitst de voorlichting zich vooral toe op de algemene zorg van het zuiveringsschap voor de waterkwaliteit – ook in de rest van zijn gebied – en op de procestecnologie en de beheersaspecten van de awzi Dokhaven.

● ● ●

Afb. 4 - De eerste paal voor Dokhaven werd op 11 oktober 1983 geslagen door de minister van Verkeer en Waterstaat mevrouw drs. N. Smit-Kroes.



Inzameling van het Rotterdamse afvalwater

De bouw van de awzi Dokhaven is mede aanleiding geweest tot een reconstructie van het Rotterdamse rioolstelsel. Het rioleringsstelsel in Rotterdam is gegroeid als een kwalitatieve sanering van het beheersingssysteem van oppervlaktewater zoals dat halverwege de vorige eeuw bestond. Dat werd zeer vervuild door de verstedelijking tijdens de eerste industriële revolutie. Het gevolg daarvan – en van het ontbreken van een drinkwaterdistributienet – waren enkele grote epidemieën, die veel slachtoffers eisten. Het bestuur van de stad besloot op twee fronten de strijd hiertegen te voeren: door de aanleg van een drinkwaterdistributienet en door de sanering van de afvalwatertoevoer. In de eerste plaats zou een oppervlaktewaterstelsel worden aangelegd van singels waarin geforceerde verversing mogelijk zou zijn. Dit zou gebeuren met vier grote stoomgemalen. Vervolgens zouden de open straatgoten plaatsmaken voor riolen die aanvankelijk het afvalwater en hemelwater op hygiënische wijze naar de singels moesten voeren. Een dergelijk stelsel is aangelegd. De eerste stoomgemalen kwamen omstreeks 1860 gereed. Het tempo waarin de stad groeide achterhaalde echter deze opvatting van afvalwaterafvoer vóór het stelsel volledig was gerealiseerd.

Verzamelriolen

Vervuiling van het oppervlaktewater in de singels leidde ertoe dat grote onderheide verzamelriolen werden aangelegd. Via de gemalen werd het afvalwater uit de riolen afgevoerd naar het oppervlaktewater van de rivier. Ook het overtollige water in de singels werd nu afgelaten op de hoofdriolen.

Ook bleken de gemalen slechts een beperkte actieradius te hebben, hetgeen de bouw van meer gemalen nodig maakte. Latere bouwplannen op lager gelegen terreinen buiten de oorspronkelijke stad – oudere voorbeelden zijn de polders Blijdorp en Berg & Broek en van jongere datum is de verstedelijking in Alexanderpolder – maakten de aanleg van onafhankelijke rioleringsseenheden met eigen gemalen noodzakelijk. Immers, was het gemiddeld straatpeil in de oude stad circa 1,50 meter beneden NAP, in deze polders was het peil drie tot vier meter lager.

Riooldistricten

Rond 1960 was de stedelijke riolering uitgegroeid tot een voor Rotterdam typerend stelsel van dertig riooldistricten. Die loosden elk het ingezamelde afvalwater in een onderheid collecteurriool dat uitkwam in de kelder van een elektrisch aangedreven gemaal. In deze gemalen was een naar landelijke opvattingen grote overcapaciteit – soms van 1,0 à 1,2 mm per uur geïnstalleerd. Deze pompcapaciteiten zorgden voor afvoer van het afvalwater en het hemelwater uit riolen en singels, via een gecompliceerd persleidingennet, naar een tiental lozingspunten op de rivier.

Structuurplan Waterhuishouding

Honderd jaar na de beslissing tot de eerste saneringsoperatie tekende zich de behoefte aan een tweede af. Het afvalwater, dat zo doeltreffend uit de bevolkingsconcentraties werd verwijderd, diende te worden gezuiverd voordat het op het ontvangend oppervlaktewater zou worden geloosd. Dat wilde zeggen: het afvalwater moest worden ontdaan van zuurstofverbruikende stoffen om het

aquatische leven in het oppervlaktewater te beschermen. Het overgrote deel van het rioolwater werd ongezuiverd geloosd. Daar kwam bij dat de locaties van enkele eerder gestichte awzi's achteraf gezien niet gelukkig waren gekozen. Er bestond eigenlijk behoefte om de awzi's op te heffen of door wijziging van de procesvoering, verbeteringen aan te brengen. Het saneren van een afvoerstelsel met veel open lozingspunten op de rivier gaat onvermijdelijk gepaard met ingrijpende wijzigingen. Er is een levendige discussie gevoerd over de beste locaties voor de te bouwen awzi's en de daaruit voortvloeiende wijziging en uitbreiding van het toch al gecompliceerde persleidingennet. Het heeft geresulteerd in een door de provinciale overheid ontwikkeld compromis tussen de gemeente en de waterkwaliteitsbeheerders. Dit compromisplan leverde de randvoorwaarden voor het tweede, grote gemeentelijke riolerings-saneringsplan dat dus ruwweg een eeuw na het eerste werd ontwikkeld: het structuurplan Waterhuishouding. Het stelsel diende zo te worden georiënteerd dat de afvalwaterstroom van de overeengekomen verzorgingsgebieden werd afgeleverd aan de daarvoor geprojecteerde of bestaande awzi's. Ook diende het stelsel te worden afgestemd op de overeengekomen afvoeren naar de awzi's. De maximale aanvoer werd – bij neerslag – vastgesteld op 50 liter per inwoner per uur vermeerderd met de droogweerafvoer van de industrie. Daarbij werd overeengekomen dat uitwisseling van volumestromen zou kunnen plaatsvinden tussen districten met een tekort en districten met een overschot aan bergingscapaciteit.

Overstortingsfrequentie

Het afvalwaterstelsel beïnvloedt het stedelijke oppervlaktewaterstelsel van singels en vijvers. Bij overbelasting van het rioolstelsel is overstort mogelijk naar het oppervlaktewater. Om de kwaliteit van dit vrij kwetsbare oppervlaktewater te ontzien, is met de kwaliteitsbeheerders van dit water en van het rijkswater overleg gevoerd over de wenselijke frequentie van deze overstorten. Op aandrang van de gemeente werd een frequentie van gemiddeld drie- à viermaal per jaar aangehouden, overeenkomend met de toestand van vóór de sanering. Toch zal, om te kunnen voldoen aan de aanvaarde normen voor het drooghouden van de stad bij hevige regenval, een aantal malen per jaar de hoeveelheid af te voeren afval- en hemelwater groter zijn dan de overeengekomen maximum aanvoer naar de awzi's. Om dan niet dadelijk de overstorten naar het stedelijke oppervlaktewater te laten werken, is in principe van bemalen overstort naar de rivier uitgegaan. In de gemalen is daarom naast de pompcapaciteit voor de afvoer naar

Afb. 1 - Stoomgemaal Noord rond de eeuwwisseling.





Afb. 2 - Centrale meld- en regelkamer van Gemeentewerken Rotterdam.

de awzi een extra pompcapaciteit geplaatst met directe lozing op de Nieuwe Maas.

Driefasen-systeem

Voor de bemaling van het rioolstelsel geldt dus een driefasensysteem:

- de droogweerafvoer, waarbij het afvalwater met normale pompcapaciteit wordt aangeleverd bij de awzi;
- de regenweerafvoer, waarbij het afval- en hemelwater met verhoogde pompcapaciteit bij de awzi wordt aangeleverd;
- de regenweerafvoer via de overstortbemaling naar de rivier, die in werking treedt als de afvoer naar de awzi het daarvoor geldende maximum dreigt te overschrijden. Voor de laatste fase werd met de beheerder van het rijkswater een inslagfrequentie van de overstortbemaling overeengekomen van gemiddeld twintig keer per jaar; in de toekomst terug te brengen tot tien keer per jaar. Het kan nu nog de gewenste drie- à viermaal per jaar voorkomen, dat ook de drempelhoogte van de vrije overstorten naar het stedelijk oppervlaktewater wordt overschreden.

De bemaling en peilbeheersing van dit oppervlaktewater gebeurt dan in normale omstandigheden zelfstandig en niet meer via het afvalwatersysteem.

Uitwerking structuurplan

Het structuurplan Waterhuishouding hield in: de realisering van een op genoemde randvoorwaarden gebaseerd afval- en oppervlaktewaterbemalingsstelsel voor de gehele gemeente Rotterdam. Als eerste projectonderdeel was de herberekening voorzien van het rioleringsstelsel in districten met behulp van een stationair stromingsmodel. Daaraan gekoppeld was een hoevelhedeninventarisatie en een berekening van de bergingskromme. Bij de berekeningen werd uitgegaan van actuele, ingemeten peilen. De regenintensiteit bij een gevuld riool werd gesteld op 40 liter per seconde. Dat zou overeenkomen met gemiddeld één-

à tweemaal per jaar 'water op straat'.

De juistheid van deze theoretische frequentie werd aan het klachtenregister getoetst en bleek goed te kloppen. Uit de herberekening volgde een aantastingsprogramma van het stelsel en vooral van de overstortconstructie op het binnenwater. In de loop van de jaren waren door uitbreidingen en toegevoegde vertakkingen in de stelsels knelpunten ontstaan. Deze werden zoveel mogelijk opgelost in combinatie met de uitvoering van onderhoudsprojecten.

Een aangename bevinding was dat de berging, mede door de grote onderhoudsprojecten in de jaren zeventig, behoorlijk op peil was gebracht. De spreiding over de stad was echter zeer ongelijk. De berging was gemiddeld toegenomen van 7,6 mm tot 9,1 mm. De spreiding ervan lag echter tussen 5,1 mm en 11,5 mm. De overeengekomen uitwisseling van volumestromen tussen districten was zeker nog nodig.

Afb. 3 - Gemaal Westersingel.



Bakmodel

Met gebruik van het bakmodel werden de capaciteiten van gemalen berekend. Voor de bepaling van de droogweerafvoer werden in de jaren zeventig reeds uitgebreide inventarisaties verricht door gemeenten en waterkwaliteitsbeheerders samen. Een hernieuwd onderzoek naar deze afvoer op basis van de prognoses van het drinkwaterverbruik, gaf in 1984 een bevestiging van de juistheid van de etmaalafvoeren. Wel kwamen er enigszins andere cijfers over de maximaal berekende uurafvoer tevoorschijn.

Bij de bakmodelberekeningen werd een afvloeiingscoëfficiënt ongelijk aan 1 gehanteerd. Het rekenmodel was tevens uitgebreid met een bemalen overstort.

De berekeningen leidden tot een systeemontwerp met benodigde capaciteiten van de gemalen en het persleidingennet. Op grond van deze uitkomsten werden de installaties in de gemalen vernieuwd en persleidingen gerenoveerd en nieuw aangelegd. Daarbij is in veel gevallen gezocht naar een compromis tussen wat wellicht technisch juist was en wat reeds aanwezig was. Verder kwam er een onafhankelijke singelbemaling voor het oppervlaktewater. Bij de berekening van de capaciteiten moest er rekening mee worden gehouden dat het peil in het oppervlaktewater niet hoger komt dan de peilen van de overstortdrempels, behalve wellicht tijdens overstortingen uit de riolering. In het plan werd een saneringsprogramma opgenomen voor de binnendijkse ongezuiverde lozingen van verspreide bebouwingen en volkstuincomplexen op het oppervlaktewater. Hetzelfde gold voor de buitendijkse gelegen gebieden die van oudsher rechtstreeks op het buitenwater afwaterden.

Transport van het Rotterdamse afvalwater

Transportsysteem en awzi vormen een tweeenheid. In de situatie van de awzi Dokhaven te Rotterdam wordt het transportsysteem beheerd door de gemeente. De zuivering van het afvalwater regardeert het zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden. Gelet op de strakke relaties tussen beide beheerssystemen zijn nadere eisen gesteld aan ontwerp en beheersafspraken.

De aanpassing van het Rotterdamse transportstelsel bestond in grote lijnen uit de volgende onderdelen: de aanleg van een aantal leidingen tussen districts-gemalen en de aanleg van de persleidingen van de eindgemalen naar de awzi en de aanpassing van de bemalingscapaciteit van de districts- en eindgemalen.

Het gedeelte van het transportstelsel dat is aangesloten op de awzi Dokhaven bestaat uit twee delen:

het transportstelsel voor het gebied op de Rechter Maasoever en dat voor het gebied op de Linker Maasoever.

De awzi Dokhaven ontvangt via de eindgemalen Wolphaertsbocht en Everlo op de Linker Maasoever en Heemraadsplein en Westersingel op de Rechter Maasoever.

Zuiveringsschap

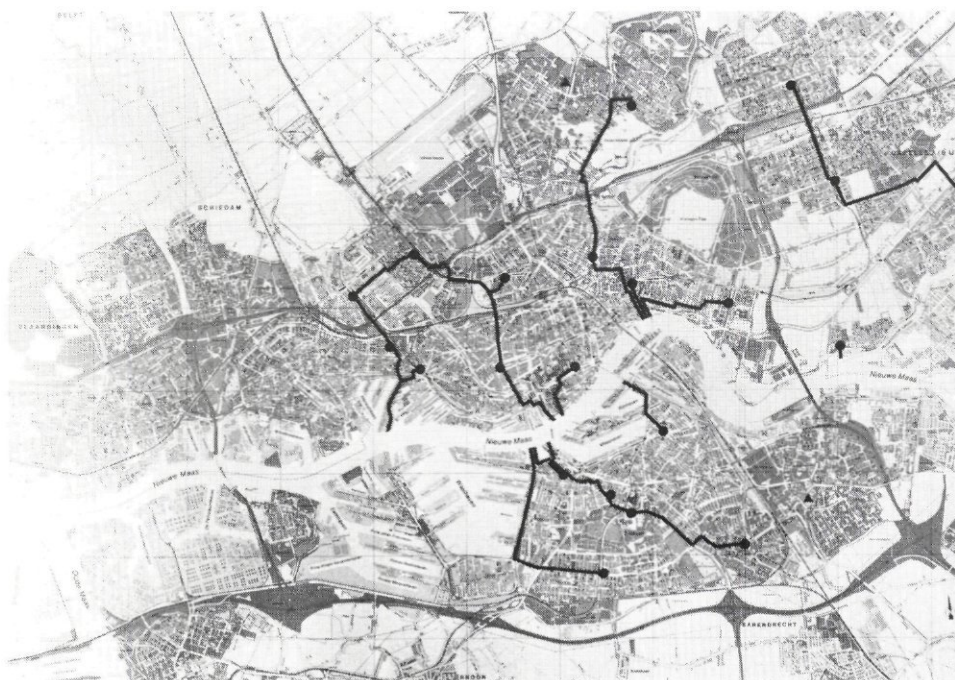
De maximale aanvoer uit de eindgemalen naar de awzi kan bij droog weer 9.100 m³/uur en bij regenweer 19.000 m³/uur bedragen. De eindgemalen van Rotterdam kunnen echter belangrijke grotere debieten verzetten. Deze meerdere hoeveelheid wordt via een zogenaamde bemalen overstort direct op de Nieuwe Maas gebracht. Dit gegeven vormt de voornaamste reden voor een belangwekkende taakscheiding.

De gemeente Rotterdam beheert de eindgemalen en persleidingen terwijl het zuiveringsschap zorgdraagt voor de reiniging van het aangeboden afvalwater. Onder andere doordat in een optimaliseringsfase is besloten het afvalwater van de Afrikaanderwijk en Feijenoord eveneens naar Dokhaven af te voeren in plaats van afvoer naar een tweede ondergrondse awzi is het zuiveringsschap ook als opdrachtgever betrokken geraakt bij de aanleg van transportleidingen en de ombouw van gemalen in de stad.

Voor het zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden betekent een en ander dat voor circa 10 miljoen gulden is meegefinancierd in de aanpassing van het Rotterdamse transportstelsel naar de awzi Dokhaven.

Bouwteams

Voor het zuiveringsschap is het van het grootste belang het beheer van het transport van het afvalwater op de voet te volgen, aangezien er een nauwe relatie bestaat met de bedrijfsvoering van de awzi Dokhaven. Vooral bij calamiteiten in het transportstelsel



Afb. 1 - Transportsysteem vóór sanering.

en in de awzi, dienen de besturing van de awzi en de besturing van het transportstelsel nauwgezet op elkaar te zijn afgestemd.

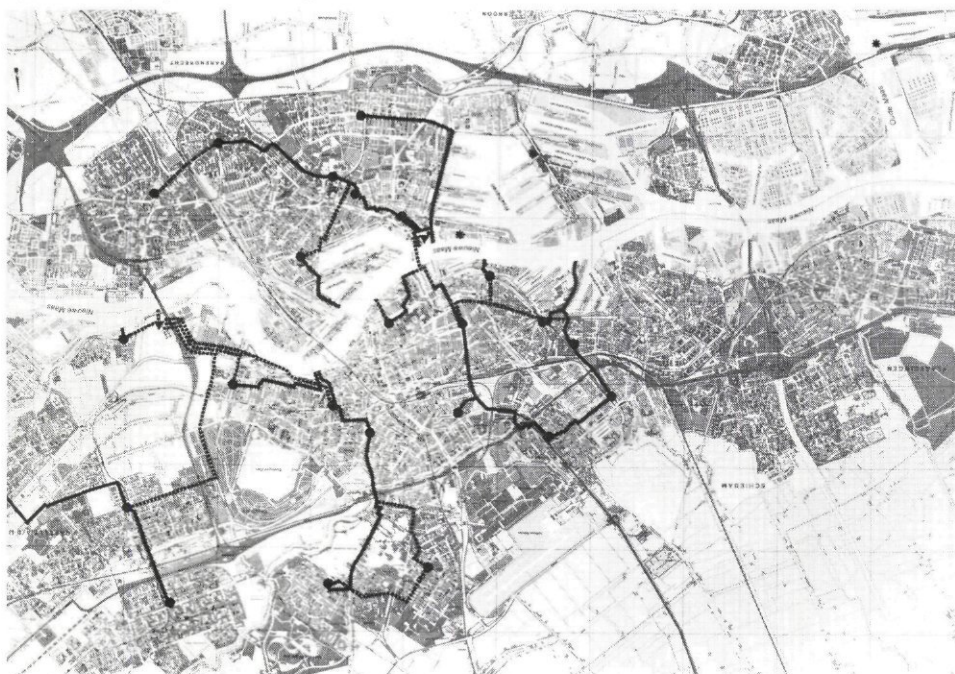
Door deze wederzijdse belangen is de voorbereiding en de uitvoering van het transportstelsel begeleid door bouwteams waarin naast de gemeente Rotterdam, de hoogheemraadschappen van Delfland en Schieland en het zuiveringsschap zitting hadden.

Afstemming

De bedrijfsvoering van het inzamelings- en transportsysteem en de bedrijfsvoering van

de awzi Dokhaven zijn onlosmakelijk aan elkaar verbonden. Enerzijds streeft de beheerder van het transportsysteem ernaar de stad droog te houden en het afvalwater zo effectief mogelijk op te vangen en te verpompen. Anderzijds probeert de beheerder van de awzi door een optimale bedrijfsvoering een zo goed mogelijk zuiveringsrendement te verkrijgen. Door een goede communicatie tussen de bedrijfsvoering van het transportstelsel – die plaatsvindt via de centrale meld- en regelkamer (CMRK) bij Gemeentewerken Rotterdam – en de be-

Afb. 2 - Transportsysteem na sanering.



drijfsvoering in de centrale wachtruimte van de awzi Dokhaven, worden de bemaling van het transportstelsel en de procesvoering van de awzi optimaal op elkaar afgestemd.

De bedrijfsvoering van de awzi wordt voortdurend en in detail op de hoogte gehouden van het door de gemeente gevoerde bemalingsregime. Onder meer met het oog op het gebruik van de bypassvoorziening in de awzi en de beschikbare lozingsmogelijkheid vanuit de gemalen direct op de rivier is door middel van een signaleringssysteem vanaf de CMRK naar de awzi steeds bekend welke pompen in de eindgemalen in werking zijn, wat het kelderniveau in de eindgemalen is, en of er sprake is van urgente of niet urgente storingen in het eindgemaal.

Andersom wordt de gemeente op de hoogte gehouden van – onverhoopte – storingen in het zuiveringsproces. De instelling van afwijkende bedrijfssituaties van het transportstelsel raakt in principe niet direct de procesvoering in de awzi maar deze kan er wel door worden beïnvloed. Indien mogelijk

zal dan ook vooraf overleg plaatsvinden met de bedrijfsvoering van de awzi.

Calamiteiten

Bij calamiteuze situaties in de awzi Dokhaven is het noodzakelijk dat de bedrijfsvoering van de awzi direct ingrijpt op de bedrijfstoestand van de gemalen. Bij calamiteiten is sprake van noodbedrijf op de awzi en is vooraf geen overleg mogelijk. Situaties die een directe ingreep in het bemalingsregime noodzakelijk maken, zijn signalering van explosiegevaar in de awzi, inundatiegevaar in de awzi, het uitvallen van de besturingsinstallatie en het uitvallen van de stroomvoorziening in de awzi. Om het optreden van explosiegevaar in de awzi te voorkomen uit het oogpunt van veiligheid voor het bedienend personeel en de directe woonomgeving, is gasdetectie-apparatuur geplaatst in de toevoerende eindgemalen en in het effluentgedeelte van de awzi.

Wanneer een explosief mengsel in de riolering terechtkomt, bijvoorbeeld door een ongeval

met een tankauto, zullen na het aanspreken van de detectie-apparatuur in het gemaal direct via het autonome besturingssysteem in het gemaal automatisch de pompen worden uitgeschakeld. Wordt door de detectie-apparatuur in de awzi een explosief mengsel gemeten, dan worden via een automatisch commandosignaal naar de CMRK alle pompen van de vier toevoerende eindgemalen automatisch uitgeschakeld.

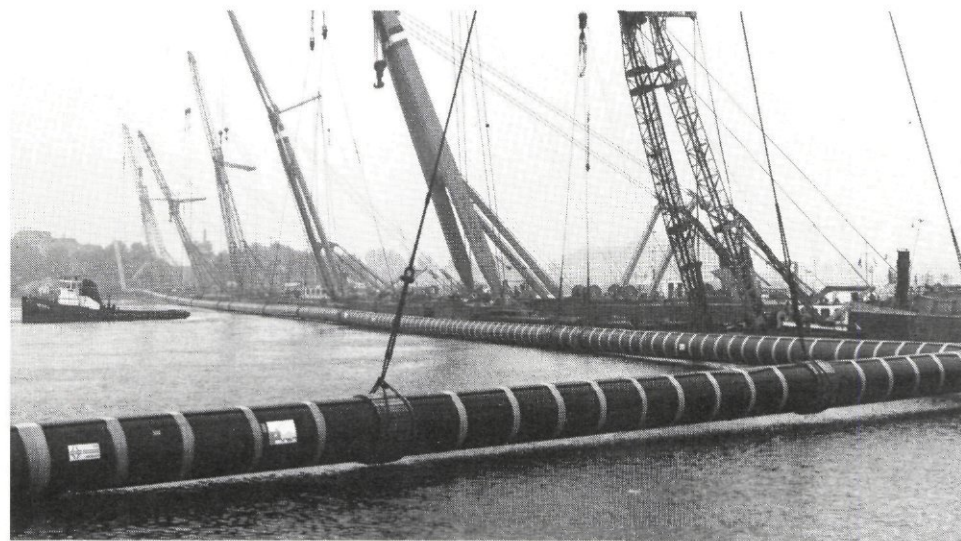
Dit commandosignaal zal ook worden gebruikt in geval van inundatiegevaar, het uitvallen van de besturing van de awzi en het uitvallen van de stroomvoorziening in de awzi.

Hoofdafsluiters

Wanneer het uitschakelcommando voor de pompen van de gemalen faalt – bijvoorbeeld door een storing in de signaalkabel van de awzi naar de CMRK – en de toevoer naar de awzi niet tot stilstand komt, worden de hoofdafsluiters in de awzi Dokhaven gesloten. De tijd waarbinnen de hoofdafsluiters worden gesloten is overigens zo gekozen dat zich geen problemen met waterslag zullen voordoen. Bij het afschakelen van de pompen zoals hiervoor is geschetst, is steeds sprake van een automatische handeling zonder menselijke tussenkomst. Naast de genoemde noodsituaties kunnen er zich andere noodsituaties voordoen waarbij uit preventief oogpunt is vereist dat de bedrijfsvoering van de awzi moet besluiten tot uitschakeling van de gemalen. De aanwezigheid van giftige stoffen in het influent kan bijvoorbeeld het zuiveringsproces ernstig verstoren. Hoewel in principe de uitschakeling van de gemalen zal plaatsvinden via overleg met de bedrijfsvoering van de CMRK, is het mogelijk dat via een handbediend commando de pompen van de gemalen worden uitgeschakeld.

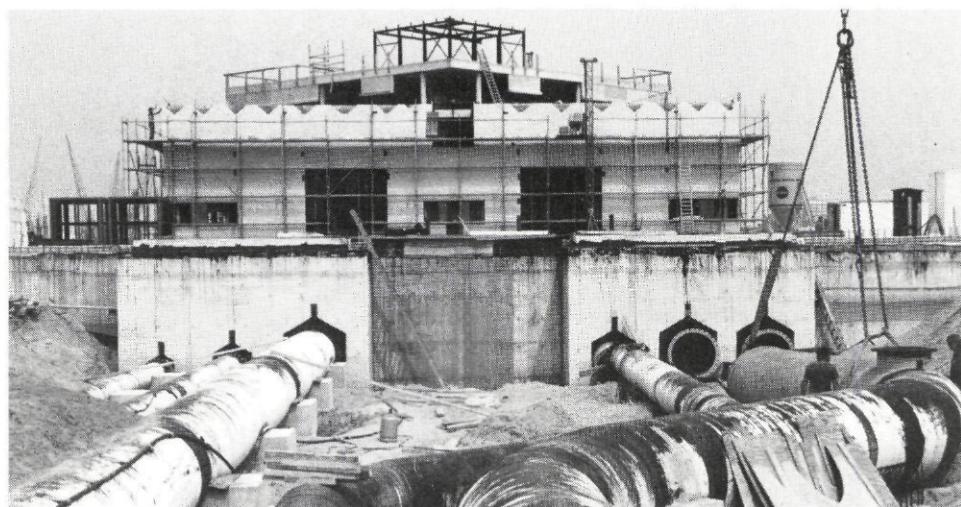
Een situatie waarbij de pompen van één of meerdere gemalen zijn geblokkeerd, zal pas kunnen worden opgeheven na overleg tussen de beide bedrijfsvoerders. Dat kan betekenen dat direct naar oppervlaktewater moet worden gepompt, aangezien explosieve mengsels evenmin lang in een woonwijk kunnen blijven. Het systeem van besturing en alarmering van de gemalen zoals genoemd voor wat betreft de noodsituaties, voorziet in terugmelding van de gegeven signalen over en weer alsook in een bezettingssignalering van de CMRK en de centrale wachtruimte van de awzi.

• • •



Afb. 3 - Het leggen van de zinker onder de Nieuwe Maas.

Afb. 4 - Eindpunt van het aanvoersysteem 'de Dokhaven'.



Ontwerp afvalwaterzuivering Dokhaven; Bouwkundige aspecten

Planvorming

De eerste plannen voor een afvalwaterzuiveringsinrichting (awzi) in de Dokhaven dateren van 1976 en gingen uit van een natte bouwwijze met behulp van caissons. De voornaamste overweging voor de keuze van deze bouwmethode was, dat een langdurige bemaling van het diepe grondwater, noodzakelijk bij een bouw in den droge, zou leiden tot onaanvaardbare zettingen in het gebied rondom de Dokhaven.

Na de prestatie van de eerste plannen in 1976 tot aan de vaststelling van het definitief ontwerp in 1983 heeft de vormgeving van de awzi enkele wijzingen ondergaan:

- de oorspronkelijke lay-out met ronde caissons werd al snel verlaten en vervangen door rechthoekige caissons die aansluitend zouden worden afgezonden;
- door een beperking van de aanlegdiepte tot max. 5,00 m –NAP werd het mogelijk alsnog over te gaan op een bouwwijze in een open bouwput;
- doordat de noodzaak om het proces-onderzoek onder te brengen in afzonderlijke caissons verviel, was het mogelijk een doelmatig gebruik te maken van de beperkte ruimte van de Dokhaven. De capaciteit van de awzi, die in de aanvang was gesteld op 300.000 i.e. kon aanzienlijk worden vergroot, waardoor een tweede awzi in de Maashaven kwam te vervallen. De maximale capaciteit die voor de awzi is overwogen, bedroeg 600.000 i.e.;
- na de keuze voor het A-B-systeem als zuiveringsproces, het vaststellen van de definitieve capaciteit en het besluit tot beperking van de hydraulische capaciteit van de tweede trap tot 75% van de maximale aanvoer kon de definitieve dimensionering van de awzi worden vastgesteld.

Definitief ontwerp

Kenmerkend voor de thans gerealiseerde lay-out is onder meer:

- de procesruimten hebben alle een rechthoekige vorm;

- het zuiveringsproces is onderverdeeld in vier identieke straten. De afzonderlijke elementen in een straat zijn zoveel als mogelijk in één lijn gegroepeerd met korte verbindingen tussen de elementen;
- de aanlegdiepte is max. 5,00 m –NAP en de bovenkant van het dak ligt op 4,00 m +NAP, met uitzondering van het dak boven het centrale deel dat ligt op 5,00 m +NAP.

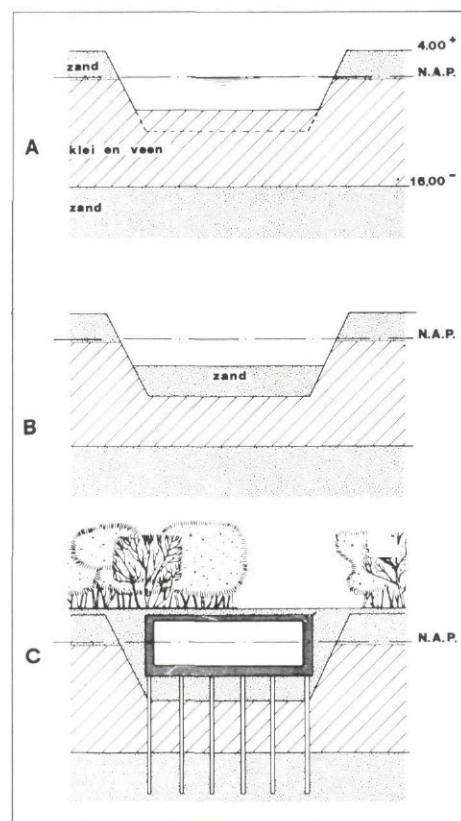
De awzi heeft een grondvlak van 237 bij 158 meter. In hoofdzaak zijn de volgende onderdelen te onderscheiden:

- het ontvangedeelte met ontvangputten, screezers en het verdeelwerk;
- de beluchte zandvang;
- de beluchting van de A-trap;
- de tussenbezinking;
- de beluchting van de B-trap;
- de nabezinking;
- het effluentgemaal;
- het centrale deel met daarin opgenomen een aantal centrale voorzieningen zoals bijvoorbeeld de ventilatoren voor de ventilatie, de gaswasinstallatie, de slibbuffer, de zandwasinstallatie etc.

Rondom de procesruimten is een gangen-systeem in twee niveaus aanwezig.

Het onderniveau wordt benut voor het onderbrengen van leidingstraten en kabel-tracés. Op dit niveau zijn tevens de zand- en slibretour- en de effluentpompen geplaatst.

De gangen op het tweede niveau (ongeveer NAP) zijn bestemd voor bediening en onderhoud. Op dit niveau zijn in de water-voerende procesruimten, uitgezonderd de nabezinkbassins, vlak boven de waterspiegel afdekkingen aangebracht bestaande uit betonnen vloeren voorzien van sparingen en luiken. Deze afdekkingen voorkomen dat het bedienend personeel in direct contact komt met het afvalwater. In de nabezinkbassins zijn deze afdekkingen alleen aangebracht bij de invoer- en de overstortgoten waar sprake is van turbulentie van water.



Afb. 2 - Schematische weergave van de bouwfasen:

A. oorspronkelijke toestand van de bouwput;

B. drooggepompte bouwput na baggeren en aanvullen;

C. uiteindelijke toestand.

Boven op het dak van de awzi, ter plaatse van het centrale deel zijn een 3 bouwlagen tellend dienstgebouw en een werkplaats gerealiseerd. In dit dienstgebouw zijn onder andere ondergebracht de centrale meld- en regelkamer en een laboratorium. Via trappen en liften is het ondergrondse deel toegankelijk voor het bedienend personeel. In de werkplaats zijn voorzieningen aanwezig voor het transport van groot materieel.

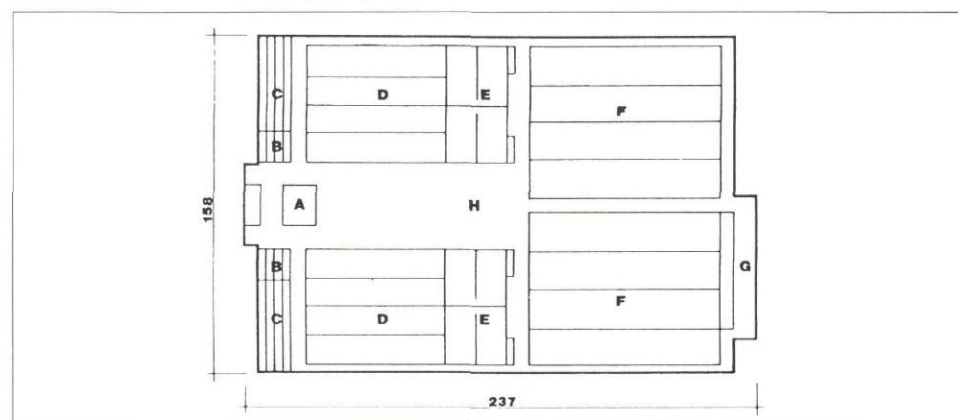
Rondom het dienstgebouw zal op het dak van de awzi nog een park worden gerealiseerd.

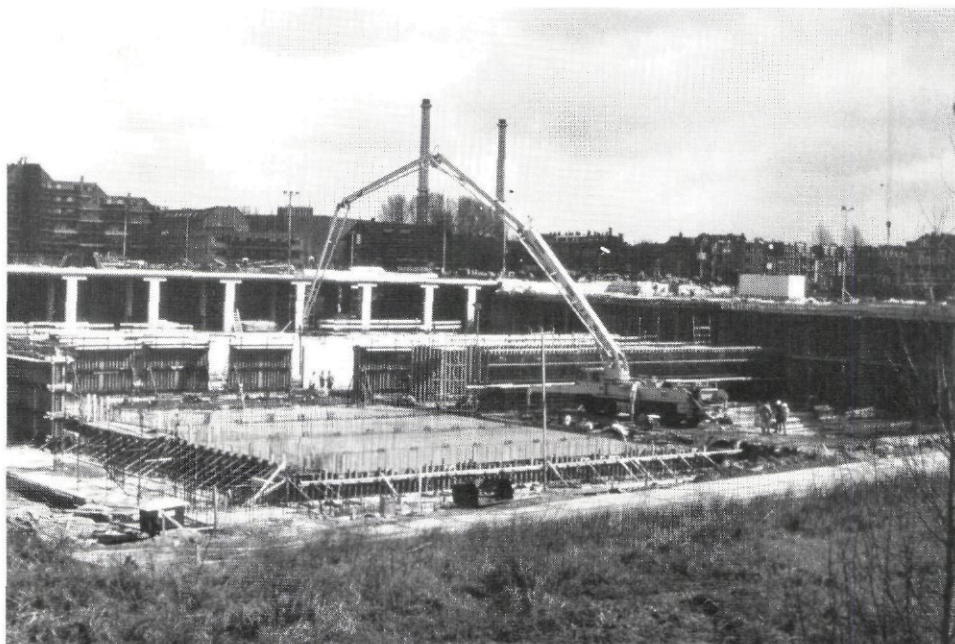
Dit in samenhang met en ten behoeve van de woningbouw rondom de Dokhaven. In het park zullen de twaalf nooduitgangen zichtbaar zijn die gesitueerd zijn op de kruispunten van de gangen in de awzi.

Kenmerkend voor de awzi Dokhaven is, dat als gevolg van de parkaanleg op het dak, de verschillende onderdelen van de awzi niet bereikbaar zijn via een wegensysteem buiten de awzi. In het dienstgebouw en de werkplaats zijn voorzieningen ondergebracht voor het verticaal transport van personen en goederen naar de onderliggende niveaus.

Ten behoeve van het horizontaal transport is bij de dimensionering van de gangen rekening gehouden met een vrij transport-profiel. Dit profiel is afhankelijk van de afmetingen van onderdelen die door de desbetreffende gang vervoerd moeten kunnen worden.

Afb. 1 - Plattegrond awzi met hoofdafmetingen in meters.





Momentopname tijdens de bouw.

De breedte varieert tussen de 2,5 en de 7,0 meter afhankelijk van de plaats. De hoogte van het vrije transportprofiel is voor de onderlaag vastgesteld op 2,70 m en voor de tussenlaag op 2,50 m. Het horizontaal transport vindt plaats met behulp van elektrisch aangedreven mobiele transportmiddelen. In de influentvde en het effluentgemaal zijn elektrisch aangedreven bovenloopkranen gemonteerd. Daarnaast zijn op diverse plaatsen in de awzi loopkatbalken en hijsogen aangebracht voor incidenteel verticaal transport.

Bouwrijp maken Dokhaven

De bodem van de haven lag op 5,00 m – NAP. Hieronder bevond zich een sliblaag met een dikte van 1 à 2 meter, en voorts samen-drukbare veen- en kleilagen tot 16 m – NAP.

Daarna begint het pleistocene zand. De stijghoogte van het spanningswater in dit zand varieert van 1 m – NAP tot NAP; hierbij is enige invloed van het getij op de Nieuwe Maas merkbaar. Het niveau van de bouwputbodem moet liggen op 4,5 en 5,0 m – NAP. Omdat een langdurige verlaging van de stijghoogte van het diepe grondwater niet aanvaardbaar was, is de stabiliteit van de bouwputbodem verkregen door het weg-baggeren van de sliblaag en een gedeelte van de veen- en kleilagen en deze te vervangen door een zandpakket met een dikte van 4,0 m, zwaar genoeg om de druk van het spanningswater te compenseren. Om veiligheidsredenen is een spannings-bemaling geïnstalleerd die in onvoorziene situaties bij opbarsten van de bodem de stabiliteit zou kunnen garanderen. De haven werd afgesloten met een vrijstaande

damwand. Voor voldoende inklemming van de damwand werd de bodem over een breedte van 50 m weggebaggerd tot 10,00 m – NAP en werd een zandpakket geformeerd van 6 à 7 meter dikte. Aan de rivierzijde werd een dam van mijnsteen gelegd waardoor de damwand gevrijwaard werd tegen aanvaring. Tussen de Dokhaven en de Sint-Janshaven werd een met grondankers verankerde damwand aangebracht. Deze wand moest 8 m grond keren. In verband met op de landtong gelegen rioolpersleidingen moesten de vervormingen worden beperkt.

Fundering

De grondwaterstand rond de installatie komt overeen met de waterstand op de rivier en zal met enige naijling de getijdebeweging volgen. Als gemiddelde waterstanden zijn aangehouden:
– hoogwater 1,5 m – NAP;
– laagwater 0,5 m – NAP.
Extreme standen zijn respectievelijk 3,0 m – NAP en 1,0 m – NAP. In de berekende belastingtoestanden zijn voorts meegenomen de invloed van kleef, leegstand van een aantal bassins, de situatie van afgemeten grondwater en watersnood (hoogte tot 4,5 m + NAP).
De awzi is gefundeerd op 2.250 geprefabriceerde betonpalen met een schachtdoorsnede van 450 x 450 mm² en stalen palen type CU 16-2/20-2 onder de buitenwanden. De inheidiepte is 20 à 22 m – NAP. Onder gemiddelde grondwaterstanden treden in de palen drukkrachten op van maximaal 1.200 kN en trekkrachten van 300 kN. In extreme situaties kunnen deze krachten met 40% toenemen tot respectievelijk 1.680 kN druk en 420 kN trek.

Dilataties

De betonconstructie is uitgevoerd in ter plaatse gestort, gewapend beton (280 kg Hoogovencement per m³). Vanwege de afmetingen van de constructie en gelet op de vervormingen als gevolg van hydratatie-warmte, krimp en temperatuursinvloed was het toepassen van dilatatievoegen onvermijdelijk.

Omdat in de definitieve toestand de installatie geheel ondergronds ligt, zullen de temperatuurschommelingen, zowel die per etmaal als per seizoen, niet leiden tot grote vervorming van de constructie. Door het treffen van maatregelen om de vervorming als gevolg van krimp en hydratatie-warmte tot een minimum te beperken, kon worden volstaan met het toepassen van één dilatatievoeg in ondervloer en buitenwanden. Genoemde maatregelen hadden betrekking op het storten van de vloer in secties van 30 x 30 m² en het zolang als mogelijk openhouden van stortstroken.

Ook in de wanden werden stortstroken toegepast. Bovendien werden het cementgehalte en de watercementfactor laag gehouden. Door een zorgvuldige keuze van de wapeningspercentages en de verdeling van de wapening zijn de scheurwijdtes beperkt. In de praktijk heeft grote scheurvorming zich niet voorgedaan en bleef de scheurwijdte beneden de vereiste waarde. Bij de beproeving op waterdichtheid bleek een aantal scheuren toch water door te laten. Deze scheuren zijn geïnjecteerd.

Betonbescherming

In de awzi zijn de procesonderdelen ondergebracht in afgesloten ruimten. De door rotting in het afvalwater aanwezige sulfiden komen vrij in de vorm van H₂S. Dit wordt onder bepaalde omstandigheden omgezet in agressief zwavelzuur waardoor beton wordt aangetast. De concentratie van aanwezig H₂S werd als criterium genomen voor het treffen van maatregelen inzake de betonbescherming.

In alle ruimten waar, ondanks de uitgebreide ventilatie, gedurende langere tijd concentraties H₂S groter dan 0,5 mg/m³ kunnen ontstaan, zijn alle betonvlakken boven de waterspiegel bekleed met een pvc-beplating. Deze beplating werd in de bekisting opgenomen. Door middel van een doorlopende T-verankering is de beplating hecht aan de beton verbonden. Spijkergaatjesnaden en hoekaansluitingen werden na het ont-kisten met strippen en een speciale lijm gedicht.

In ruimten waar de concentratie H₂S beneden de 0,5 mg/m³ blijft, zijn geen specifieke maatregelen getroffen. Wel is voorzien in een betonspeciesamenstelling welke leidde tot een dicht beton.



Technologisch en mechanisch/elektrisch ontwerp awzi Dokhaven

Aan het ontwerp van awzi Dokhaven werden bijzondere eisen gesteld vanwege de volgende met elkaar samenhangende kenmerkende aspecten van de awzi:

- de ligging temidden van de woonbebouwing;
- de ondergrondse bouw.

De ligging temidden van de woonbebouwing vergde vergaande voorzieningen ter voorkoming van overlast voor de omgeving. De ondergrondse bouw stelde bijzondere eisen aan onder andere het ruimtebeslag en het interne arbeidsklimaat.

Systeemkeuze

Vanwege de ondergrondse bouw van de awzi diende meer dan gebruikelijk aandacht te worden besteed aan de arbeidsomstandigheden, bediening en onderhoud en technische realiseerbaarheid.

Uit een groot aantal beschouwde alternatieven werden de volgende systemen geselecteerd voor nadere afweging:

- het laagbelaste actiefslibstelsysteem met voorbezinking;
- het conventionele tweetraps actiefslibstelsysteem;
- het tweetrapsstelsysteem met zeer hoog belaste eerste trap (AB-systeem). Het laatstgenoemde AB-systeem kreeg de voorkeur met name vanwege:
- het ontbreken van voorbezinktanks, die een belangrijke stankbron kunnen vormen;
- het kleinste ruimtebeslag;
- de laagste energiekosten.

Beproeving van het AB-systeem

Omdat met het AB-systeem in Nederland geen praktijkervaring was opgedaan, werd een onderzoek op semitechnische schaal verricht.

Hierbij werd nagegaan in hoeverre de ontwerpcriteria onder Nederlandse praktijkomstandigheden aanpassing behoeft.

Dit onderzoek werd ondersteund met laboratoriumonderzoek. Uit de proeven is onder meer gebleken, dat:

- bij een minimale hydraulische belasting van

15 minuten in de 1e trap en een slibgehalte van 2 kg/m³ een stabiel proces wordt verkregen met een BZV-verwijderingsrendement van 60-70%.

De slibleef tijd bedroeg ca. 10 uur;

- het slibgehalte in de 1e trap een meer geschikte dimensioneringsgrondslag was, dan de slibbelasting. Bij slibgehalten beneden ca. 2 kg/m³ was het proces minder stabiel;
- de 1e trap steeds onder aërobe condities dient te worden bedreven. Dit in afwijking van Duitse ervaringen, waarbij de 1e trap ook onder facultatief aërobe omstandigheden een goed rendement zou geven;
- de BZV- en N_{Kj}-reductie van het AB-systeem 99 respectievelijk 94% bedroegen (temperatuur 18 °C). De BZV-slibbelasting van de 2e trap bedroeg 0,15 kg/kg · dag en de slibleef tijd ca. 9 dagen.

De resultaten van de proefinstallatie zijn samengevat in tabel I.

Uit aanvullend onderzoek bleek, dat vergelijkbare rendementen werden verkregen bij BZV-slibbelastingen in de 2e trap tussen 0,25 en 0,39 kg/kg · dag.

Ontwerp en dimensionering

De awzi Dokhaven is ontworpen voor 470.000 inwonerequivalenten en een maximale influent-volumestroom van 19.000 m³/h.

De installatie bestaat in hoofdzaak uit de volgende onderdelen:

Onderdeel	aantal eenheden
• screezerinstallatie	4
• beluchte zandvang	8
• beluchting 1e trap	8
• tussenbezinking	8
• beluchting 2e trap	4
• nabezinking	8

Vanwege de geringe beschikbare ruimte zijn de grote onderdelen rechthoekig uitgevoerd. In tabel II zijn de dimensioneringsgegevens van de hoofdonderdelen samengevat. Ten aanzien van voornoemde onderdelen kan het volgende worden opgemerkt:

Screezerinstallatie

Voor het verwijderen van grote bestanddelen

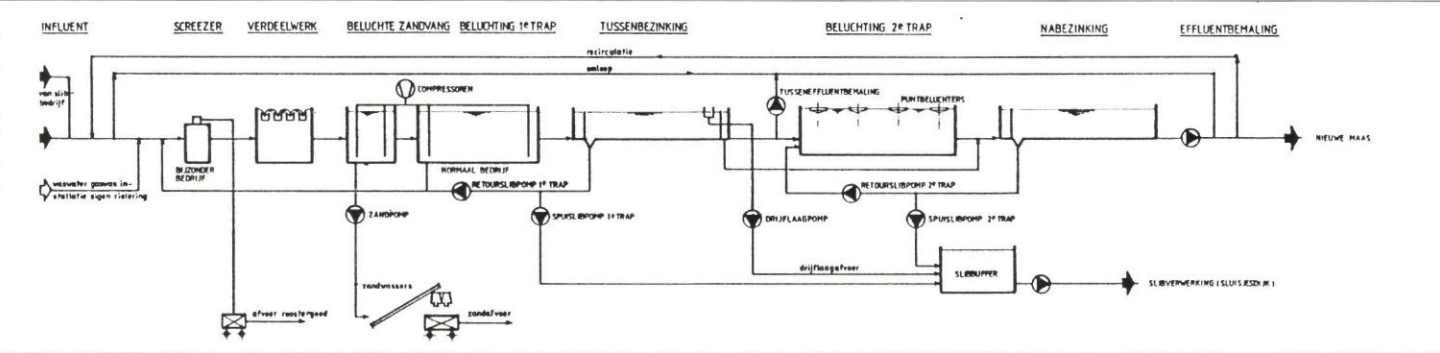
TABEL I – Overzicht zuiveringsresultaten proefinstallatie.

BZV-slibbelasting eerste trap (kg/kg · d)	Slibgehalte eerste trap (kg/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 hoofdonderdelen.

Onderdeel	Dimensioneringsgrondslag	
screezerinstallatie	spleetwijdte	7 mm
beluchte zandvang	verblijftijd bij RWA	4 min
1e trap beluchting	verblijftijd bij RWA	15 min
	slibconcentratie	2 kg/m ³
	BZV-slibbelasting	2,7 kg/kg · d
tussenbezinking	oppervlaktebelasting	3,0 m ³ /m ² · uur
	kandtepte	2,6 m
2e beluchtingstrap	BZV-slibbelasting	0,3 kg/kg · d
	slibconcentratie	3 kg/m ³
nabezinking	oppervlaktebelasting	1,25 m ³ /m ² · uur
	kandtepte	2,5 m

Afb. 1 - Processchema zuiveringsproces.



en vezelachtige stoffen is een screezerinstallatie opgesteld, die uit vier eenheden bestaat. Elke eenheid bestaat uit een zeef-trommel, gevolgd door een screezer, die is samengesteld uit een zeeftrommel, een hydraulisch verticaal transport en een hydraulische roostergoedpers. Het systeem werkt zo, dat ook het roostergoed van de voor de screezer geplaatste zeeftrommel naar de screezer wordt gevoerd.

Uit praktijkervaringen in het buitenland is gebleken, dat het AB-systeem gevoelig is voor vorming van zogenaamde spinsels. Dit zijn worstvormige conglomeraten van vezelig materiaal, die ernstige verstoring van mechanische apparatuur kunnen veroorzaken. In de screezers worden vezelachtige stoffen zoveel mogelijk verwijderd. Het is niet uitgesloten, dat desondanks toch spinsels worden gevormd. Deze spinsels kunnen worden verwijderd door het retourslib eveneens via deze screezers te leiden.

Beluchte zandvangen

Gekozen is voor beluchte zandvangen vanwege het relatief geringe ruimtebeslag in vergelijking met oppervlaktezandvangen. Wanneer het retourslib via de screezerinstallatie wordt geleid om eventueel gevormde spinsels te verwijderen, doorstroomt het slib/watermengsel de beluchte zandvang alvorens in de beluchting 1e trap te worden geleid. In dat geval fungeert de zandvang tevens als 1e trap beluchting. In Duitsland zijn enkele voorbeelden bekend, waarbij de beluchte zandvang werd omgebouwd tot 1e trap beluchting.

Beluchting 1e trap

Oppervlakte-actieve stoffen worden in de 1e trap nauwelijks afgebroken; de oppervlakte-spanning in het slibwatermengsel is dan ook gering. Bij toepassing van oppervlaktebeluchting zou daardoor onvoldoende turbulentie optreden om het slib in suspensie te houden. Derhalve is gekozen voor bellenbeluchting.

Op grond van de resultaten van de proefinstallatie is een zodanig zuurstoftoevoervermogen geïnstalleerd, dat het zuiveringsproces steeds aëroob kan worden bedreven. De verwachting bestaat, dat tijdens regenweer na langdurige droge perioden in korte tijd grote hoeveelheden bezinkbare stoffen uit het rioolstelsel kunnen worden aangevoerd. De zuurstofbehoefte kan hierdoor in korte tijd sterk toenemen. Vanwege de korte slijbleeftijd en een sterke slijbaanvoer bij RWA kan het slijbgehalte binnen korte tijd sterk fluctueren.

Daarom is gekozen voor een automatische slijbconcentratie-regeling op basis van continu-meting van de slijbconcentratie. Hiertoe is een vergelijkend onderzoek verricht tussen drie verschillende fabrikaten

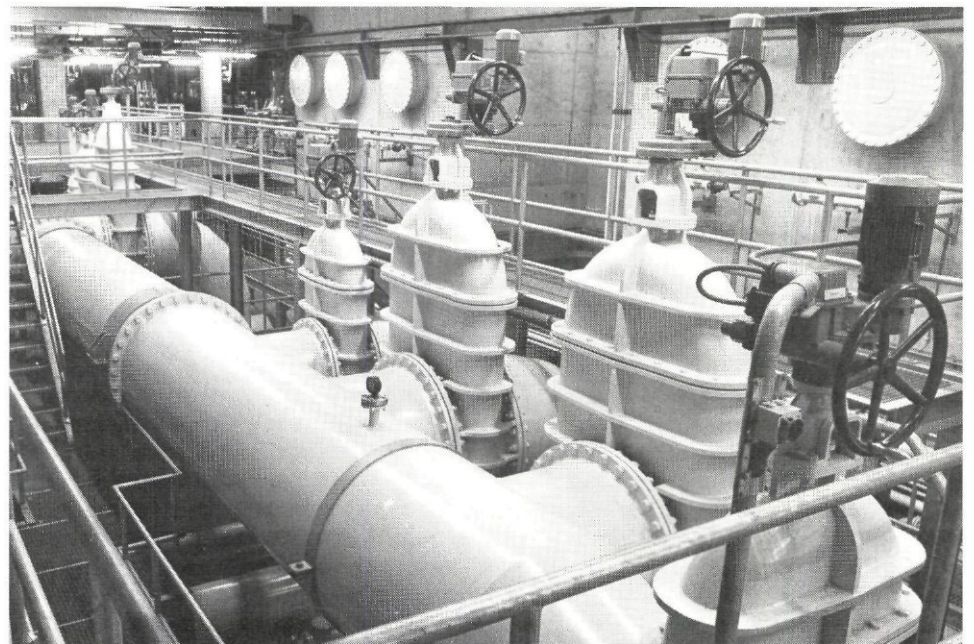
slijbconcentratie-meters.

Het is niet uitgesloten, dat ondanks de nauwe spleetwijdte van de zeeftrommels in de screezerinstallatie en de mogelijkheid om het retourslib via de screezerinstallatie te leiden, toch spinselvorming in de beluchtingstanks optreedt. Deze spinsels kunnen zich aan de beluchtingselementen hechten en het beluchtingsproces verstoren. Om hierop te kunnen anticiperen zijn in de tweede trap van de awzi Groote Lucht (sterke spinselvorming) op praktisch schaal proeven genomen met zogenaamde 'antispinselschotten'. Antispinselschotten zijn platen die op de bodem van de beluchtingstank zijn gemonteerd en

die reiken tot juist beneden de beluchtingselementen. De proefresultaten waren gunstig en op basis hiervan werd besloten om in één van de acht beluchtingstanks van de 1e trap antispinselschotten te monteren teneinde het effect hiervan bij het AB-proces te kunnen vergelijken met de tanks zonder antispinselschotten. Bij gebleken noodzaak en goede werking kunnen ook de andere tanks met antispinselschotten worden uitgerust.

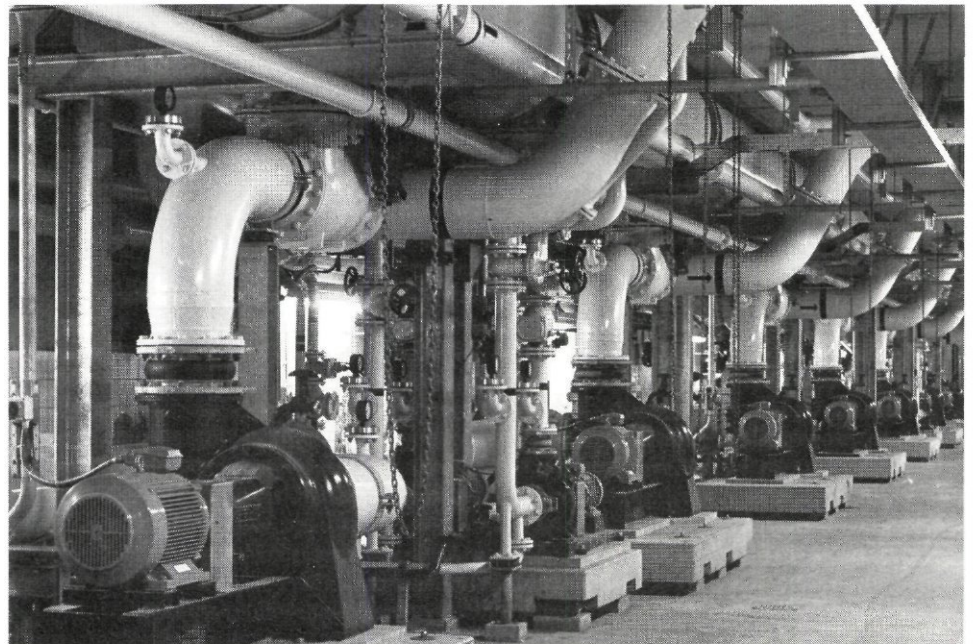
Tussenbezinktanks

De slijbindex van het slib uit de 1e trap bedroeg 40-60 ml/g, zodat een oppervlaktebelasting van 3,0 m³ per m² per uur



Afb. 2 - Influentuide.

Afb. 3 - Retour- en surpluslibpompen (1e trap).



aanvaardbaar werd geacht. Slibruiming in de tussenbezinktanks vindt plaats met behulp van kettingruimers.

Hiervoor werd gekozen vanwege:

1. de geringe bouwhoogte in vergelijking met schildruimers;
2. het kleinere benodigde oppervlak in vergelijking met hevelruimers. Wanneer hevelruimers zich aan het einde van de tank bevinden, wordt de tank hydraulisch belast met het influentdebiet plus het retourlib-debiet. Het bezinkoppervlak dient dan ook te worden gebaseerd op de influentvolumestroom plus gemiddeld $\frac{1}{3}$ van de retourlib-

volumestroom. Bij toepassing van kettingruimers wordt het retourlib aan het begin van de tank onttrokken. Het bezinkoppervlak kan in dit geval worden gebaseerd op de influentvolumestroom.

Beluchting 2e trap

Ten aanzien van de slibbelasting van de 2e trap kan worden opgemerkt, dat in eerste instantie de voorkeur uitging naar een lagere BZV-slibbelasting ($0,15 \text{ kg/kg} \cdot \text{d}$). Ervaringen in Duitsland wezen er evenwel op, dat met het AB-systeem bij een BZV-slibbelasting van $0,3 \text{ kg/kg} \cdot \text{d}$ een effluentkwaliteit kan worden verkregen vergelijkbaar

met de effluentkwaliteit van een eentraps-systeem met een BZV-slibbelasting van $0,15 \text{ kg/kg} \cdot \text{d}$.

Dit werd bevestigd door onderzoek in de proefinstallatie. Derhalve is gekozen voor een BZV-slibbelasting van $0,3 \text{ kg/kg} \cdot \text{d}$. Een en ander had een zodanig eenvoudigere lay-out tot gevolg, dat aanzienlijk op de investeringskosten kon worden bespaard. In de 2e trap beluchting vindt afdoende afbraak plaats van oppervlakte-actieve stoffen, zodat hier voor puntbeluchters kon worden gekozen. Een voordeel van deze beluchters boven bellenbeluchting is, dat op eenvoudiger wijze toezicht op het afgedekte beluchtingsproces kan worden uitgeoefend. Elk van de vier beluchtingstanks bestaat uit vier in serie geschakelde compartimenten elk voorzien van een puntbeluchter. Hierdoor wordt zoveel mogelijk een propstroom benaderd. Voorts is de mogelijkheid van retourlibreaëratie in het eerste compartiment ingebouwd, wat eveneens gunstig kan werken op de bezinkingseigenschappen van het slib.

Nabezinktanks

In het streven naar kostenbesparing is het oppervlak van de nabezinktanks teruggebracht met 25%. Dit betekent, dat bij een maximale afvalwateraanvoer van $19.000 \text{ m}^3/\text{uur}$ mogelijk 25% van het water buiten de 2e trap moet worden omgeleid en na gedeeltelijke zuivering in de 1e trap direct op de Nieuwe Maas moet worden geloosd. Hiervoor is een tusseneffluentbemaling gerealiseerd.

In de praktijk zal worden nagegaan in hoeverre de belasting van de nabezinktanks kan worden verhoogd als gevolg van betere bezinkeigenschappen van het slib, dan waarvan in het ontwerp is uitgegaan. De keuze van de kettingruimers is op dezelfde overwegingen gebaseerd als voor de tussenbezinktanks.

Overige voorzieningen

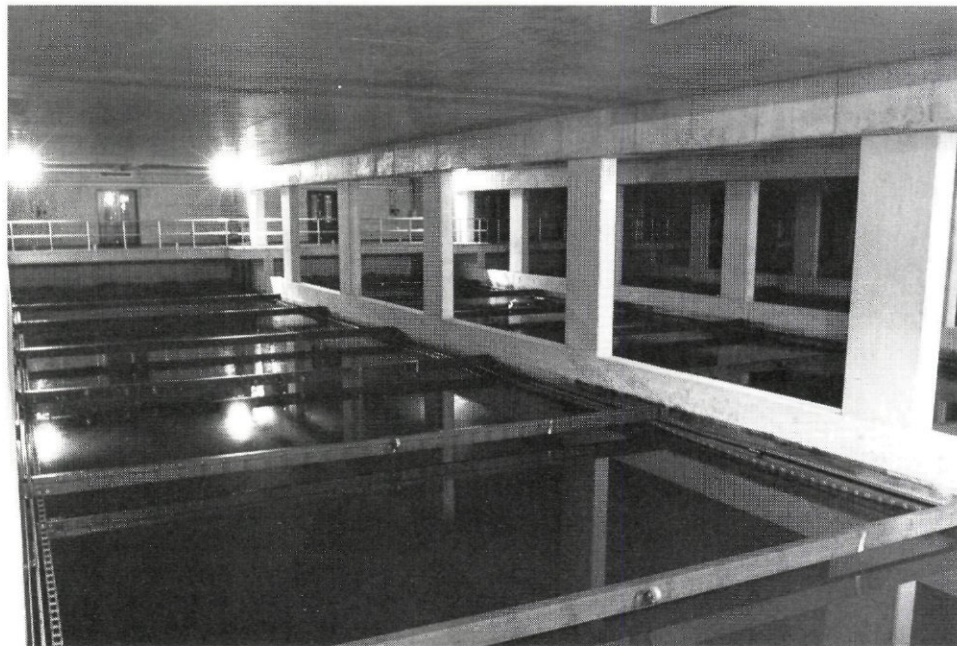
Het in de zandvangen bezonken zand wordt met kettingtransporteurs naar verzamel-punten gevoerd. Vervolgens wordt het zand/watermengsel uit de verzamelputten afgevoerd naar twee wasinstallaties. Het gewassen zand wordt opgeslagen in zandsilo's. Afvoer vindt plaats met gesloten containers, waarvoor een automatisch laadstation is geïnstalleerd.

Voor de tijdelijke opslag van surplusslib van de 1e en 2e trap en drijfllaagafvoer is voorzien in een opslagtank met een inhoud van 38 m^3 . Het slib wordt verpompt naar het slibverwerkingsbedrijf op Sluisjesdijk (ca. 600 m verwijderd van de awzi Dokhaven).



Afb. 4 - Afgedekte beluchting (2e trap).

Afb. 5 - Nabezinktanks.



Inleiding

Het spuislib van de awzi Dokhaven wordt, wegens ruimtegebrek op de locatie Dokhaven en planologische afwegingen, verwerkt in het slibverwerkingsbedrijf aan de Sluisjesdijk. De afstand van het slibverwerkingsbedrijf tot de awzi bedraagt circa 550 meter. Tussen de awzi en het slibverwerkingsbedrijf liggen in een leidingstraat de volgende verbindingen:

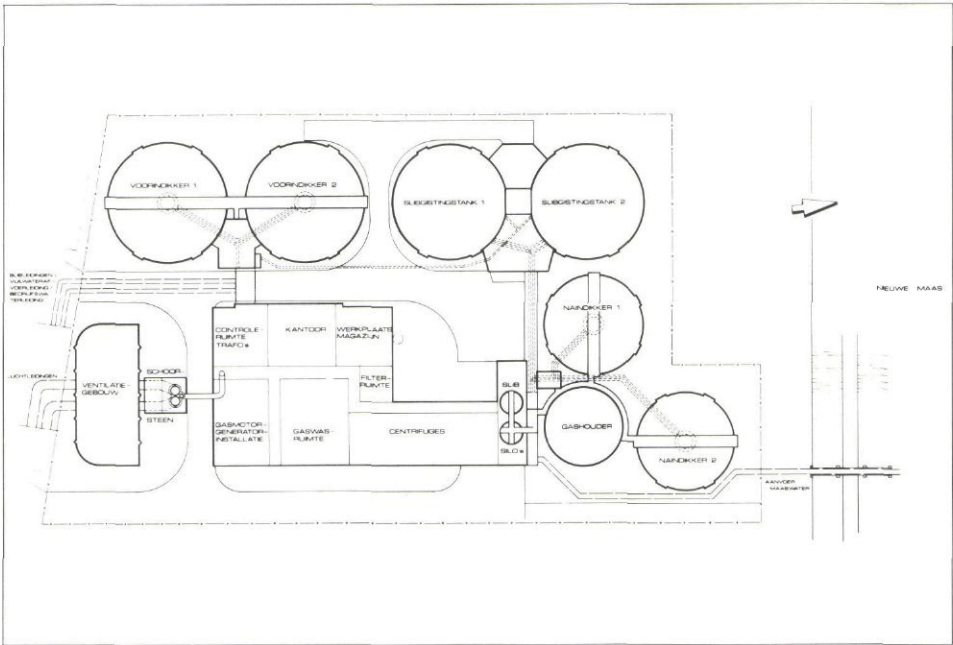
- twee persleidingen voor de aanvoer van slib en drijfslaag;
- een persleiding voor de terugvoer van overloopwater van de indikkers en het centrifugaat van de slibontwatering;
- een bedrijfswaterleiding (gefilterd Maaswater) van de microfilterinstallatie op Sluisjesdijk naar de awzi;
- hoogspanningskabels, stuurstroomkabels en signaleringskabels;
- luchtleidingen voor het transport van de gezuiverde ventilatielucht van de awzi naar de schoorsteen op de locatie Sluisjesdijk.

Technologisch ontwerp

Voor de slibverwerking is uitgegaan van het systeem indikken, anaërobe stabilisatie, indikken, ontwateren en afvoer van het ontwaterde produkt. Het geproduceerde biogas wordt gebruikt in een warmte-krachtinstallatie, die tevens de functie heeft van noodstroomvoorziening voor zowel de awzi als het slibverwerkingsbedrijf.

Indikkers

Het via de persleidingen aangevoerde slib wordt via een verdeelwerk naar de twee voorindikkers gevoerd. De indikkers zijn ontworpen uitgaande van een droge-stof-



Afb. 2 - Lay-out slibverwerking Sluisjesdijk.

aanvoer van 35.000 kg per dag. Voor de dimensionering is uitgegaan van een droge-stofbelasting van 40 kg per m² per dag, resulterend in twee indikkers met een diameter van 23,6 meter en een kantdiepte van 3 meter. De indikkers zijn voorzien van een drijfslaagafvoersysteem.

Slibgistingstanks

Het ingedikte slib en de drijfslaag wordt met monpompen in de slibgistingstanks gepompt. Bij de dimensionering van de slibgistingstanks is uitgegaan van een aanvoer van

870 m³ per dag met een droge-stofgehalte van 4%, verblijftijd 20 dagen, temperatuur 33 °C. De twee tanks hebben een diameter van 22 meter en een hoogte van 23 meter. Om het gistingproces optimaal te laten verlopen en de vorming van drijfslagen tegen te gaan wordt de tankinhoud intensief gemengd met behulp van een gasinblaas-systeem. De geïnstalleerde capaciteit bedraagt 2 m³ per m² per uur. Om te voorkomen dat het gistingsgas een voor de gasmotoren te hoog gehalte aan H₂S bevat, wordt FeCl₃ in de gistingstanks gedoseerd.

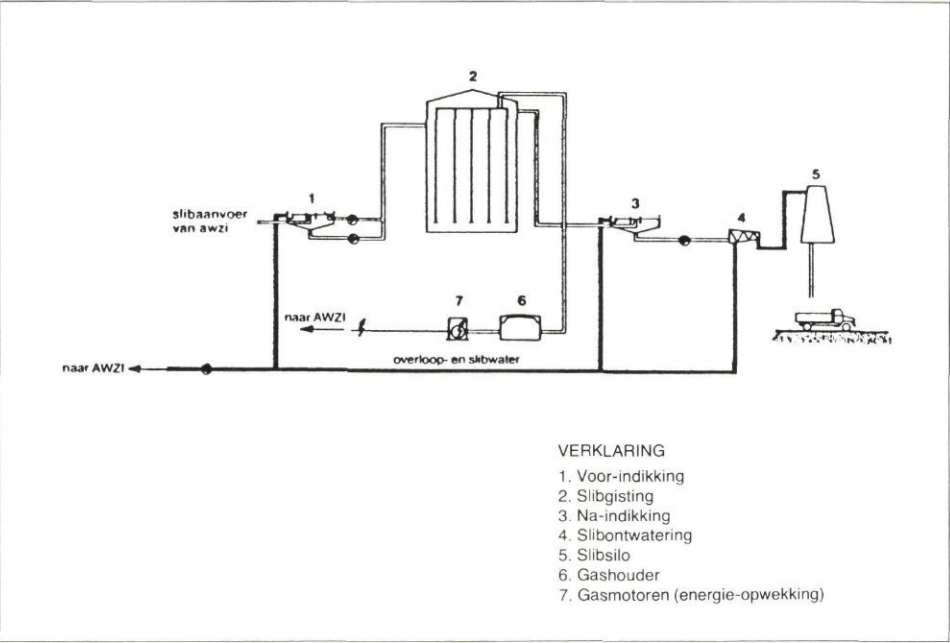
Gashouder

Voor een gelijkmatige toevoer van gistingsgas naar de gasmotoren en het opvangen van pieken in de gasproductie is een gashouder aanwezig. Uitgaande van een gasproductie van 300 liter per kg toegevoerde organische stof bedraagt de gasproductie circa 8.400 m³ per dag. De inhoud van de gashouder is 1.500 m³ (5 à 6 uur buffering).

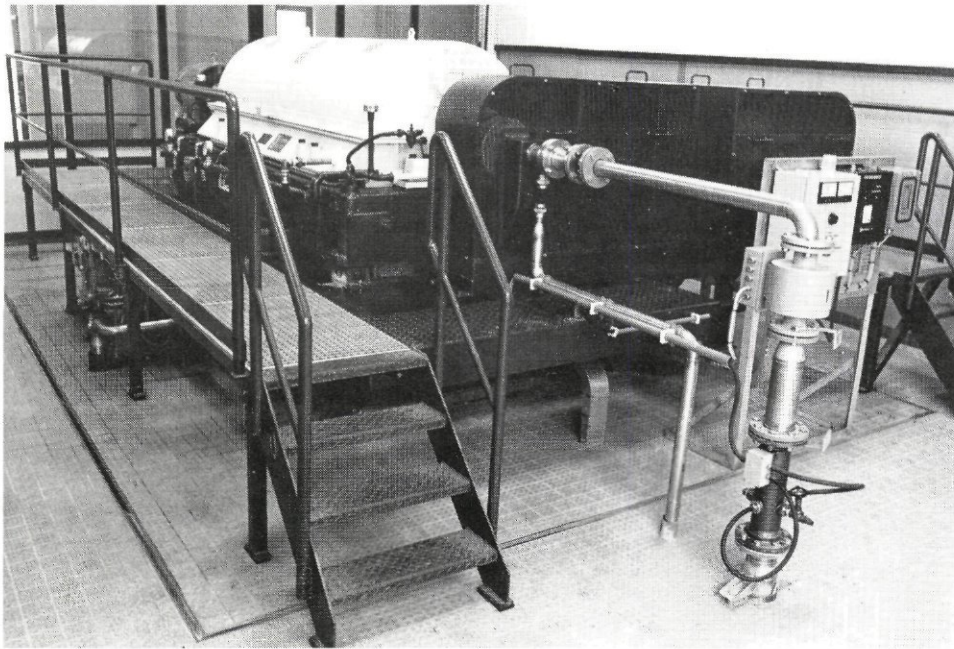
Na-indikkers

Het uitgediste slib wordt via een verdeelwerk in de twee na-indikkers gevoerd. De indikkers zijn gedimensioneerd uitgaande van 4 dagen verblijftijd en dienen tevens als buffer. De slibaanvoer uit de slibgistingstanks is 859 m³ per dag resulterend in twee na-indikkers met een diameter van 19,5 meter en een kantdiepte van 5,75 m. In verband met de beperkte ruimte op de locatie is gekozen voor indikkers met een grotere kantdiepte dan de gebruikelijke 3 meter. Na indikking bedraagt de slibhoeveelheid 560 m³ per dag met een droge-stofgehalte van 4%.

Afb. 1 - Processchema slibverwerking.



- VERKLARING
- 1. Voor-indikking
 - 2. Slibgisting
 - 3. Na-indikking
 - 4. Slibontwatering
 - 5. Silosilo
 - 6. Gashouder
 - 7. Gasmotoren (energie-opwekking)



Afb. 3 - Centrifuge.

Slibontwatering

Het uitgegiste ingedikte slib wordt met polymeren geconditioneerd en in centrifuges ontwaterd.

In het kader van het ontwerp van de slibverwerking zijn vergelijkende proeven uitgevoerd tussen zeefbandpersen en centrifuges waaruit bleek dat globaal dezelfde ontwateringsresultaten worden geleverd. Gekozen is voor centrifuges omdat deze in verhouding gemakkelijk stankdicht uitgevoerd kunnen worden, een geringer ruimtebeslag hebben en eenvoudiger te automatiseren zijn. Bij de dimensionering van de centrifuges is uitgegaan van een 80-urig bedrijf per week. Er zijn twee centrifuges opgesteld elk met een capaciteit van 40 m³ per uur.

Het ontwaterde slib met een droge-stofgehalte van naar verwachting 20-25 % wordt met een tweetal plunjerpompen in de slibsilo's gebracht.

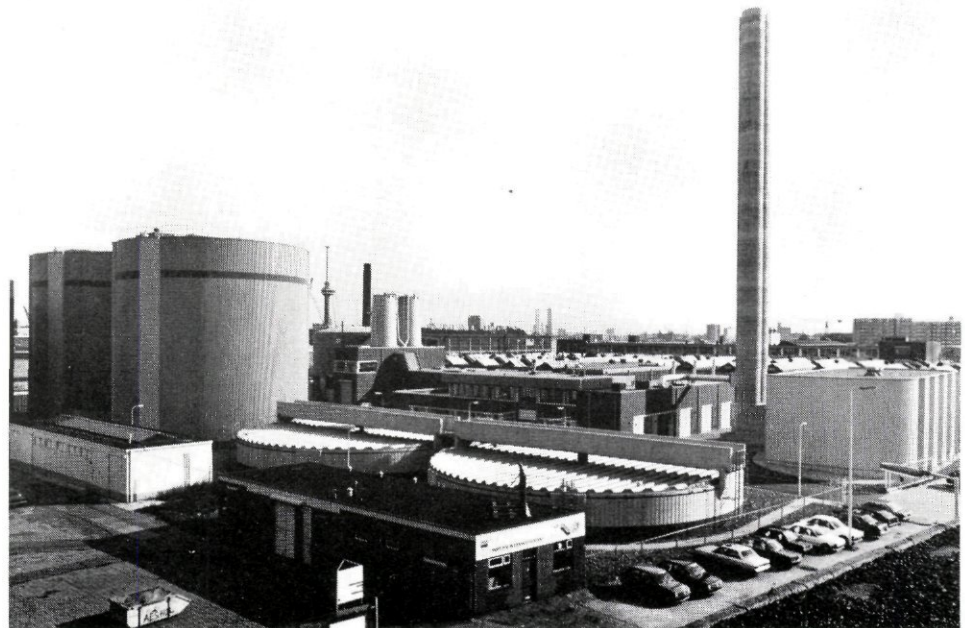
De slibsilo's hebben een inhoud van elk 150 m³, de gemiddelde dagafvoer aan ontwaterd slib is circa 200 m³ per werkdag. Het slib wordt met vrachtauto's afgevoerd naar het slibverwerkingssterrein Hartelmond A en vervolgens, na verdere natuurlijke droging, gestort in de slibstortlocatie Hartelmond B.

Milieu-maatregelen

Het slibverwerkingsbedrijf is gesitueerd op een dichtbebouwd industrieterrein met minimale afstanden tussen de installaties voor de slibverwerking en de aangrenzende bebouwing. Vanwege de zeer korte afstanden ten opzichte van de aangrenzende bebouwing zijn in de hinderwetvergunning van het slibverwerkingsbedrijf stringente voorwaarden

opgenomen om eventuele overlast voor de omgeving te voorkomen. De belangrijkste eisen die directe gevolgen voor het ontwerp hebben gehad zijn geluideisen en eisen betreffende verspreiding van stankstoffen. Om aan de gestelde eis van maximaal 55dB(A) etmaalwaarde op de terreingrens te kunnen voldoen zijn de gevels van die ruimten waarin zich de belangrijkste geluidbronnen (gasmotoren, centrifuges, gascompressoren en gaswassers) bevinden uitgevoerd in gewapend beton en voorzien van geluiddempende deuren. De luchttoevoer- en afvoerleidingen van de gebouwen zijn voorzien van geluiddempers.

Afb. 4 - Schoorsteen als lozingspunt voor de ventilatielucht.



Om overlast voor de omgeving door geuremissie tot een minimum te beperken, worden alle geuremitterende onderdelen van de installatie afgedekt en afgezogen. De ventilatielucht van deze onderdelen wordt behandeld in twee meertraps gaswasinstallaties en geloosd via de 50 meter hoge schoorsteen.

Energievoorziening/noodstroom

Het geproduceerde gistingsgas wordt gebruikt voor het opwekken van elektrische energie met gasmotor-generatorunits waarbij de warmte uit het koelwater en de uitlaatgassen wordt benut voor onder andere de verwarming van de slibgistingstanks. Bij het ontwerp van de installatie heeft verder een rol gespeeld de eis dat onder alle omstandigheden een noodstroomvermogen van circa 850 kW geleverd moet kunnen worden. In geval van storing in de elektriciteitsvoorziening van het GEB wordt automatisch overgeschakeld op noodstroombedrijf voor zowel de awzi Dokhaven als het slibverwerkingsbedrijf.

Alleen de installatie-onderdelen die strikt noodzakelijk zijn blijven ingeschakeld, zoals bijvoorbeeld de ventilatie.

De elektrische koppeling met Dokhaven is in verband met de vereiste bedrijfszekerheid opgebouwd uit twee hoogspanningskabels (10 kV) en twee transformatoren.

Bij normaal bedrijf op gistingsgas wordt meer energie geproduceerd dan voor het slibverwerkingsbedrijf nodig is.

De resterende energie wordt geleverd aan de awzi Dokhaven via de 10 kV hoogspanningsverbindingen parallel aan het 10 kV distributienet van het GEB.