

Zuiveringsinstallaties te Hamburg

In de eerste week van oktober 1969 werd in het kader van de postacademiale cursus „Gezondheidstechniek 1967/1968 TH Delft” een excursie gemaakt naar Hamburg ter bezichtiging van enkele zuiveringsinstallaties waarvan de belangrijkste de hiervolgende waren.

Installatie Köhlbrandhöft

De installatie is gelegen aan de zuidoever van de Nörder-Elbe op een kunstmatig aangelegd schiereiland van 9,5 ha. Het afvalwater van circa 1,1 miljoen inwoners en 330.000 i.e. van industrieën wordt met een gemiddelde van 16000 m³/h vanuit het gemaal Hafenstrasse naar de installatie gevoerd. Dit gemaal is weergegeven in afb. 1. Via moerriolen met diameter van 3 m vloeit het aangevoerde afvalwater in een verzamelruimte, waarna het over 4 kanalen kan worden verdeeld. De toevoer naar elk kanaal wordt geregeld met elektrische schuiven (1,4 x 1,4 m). Oliën en vetten worden vóór de schuiven met een pomp afgezogen, in een afscheider van water ontdaan en daarna afgevoerd. Elk kanaal bevat een automatisch harkrooster (spleetwijdte 100 mm) en een snijrooster (Rechenwolf met spleetwijdte van 13 mm en een capaciteit van 7200 m³/h). Vervolgens vloeit het

water via twee Geigerzandvangervang naar de vuilwaterkelder. Met mammothpompen wordt het zand uit de zandvangervang in twee uitwassilo's gepompt. Het uitgewassen zand gaat via transportbanden naar zandbunkers, van waaruit het per schip wordt afgevoerd. Het spoelwater gaat terug naar het aanvoerriool.

In het gemaal staan vier centrifugaalpomp opgesteld met een capaciteit van respectievelijk 10.800, 7.920 en 2.520 m³/h. Er is in het gemaal een continue wacht van 3 à 4 man, terwijl de totale bezetting 35 man is, waarvan 15 alleen voor de dagdienst. De investeringskosten waren 9.280.000 DM voor het bouwkundige deel en 1.307.000 DM voor het mechanische gedeelte.

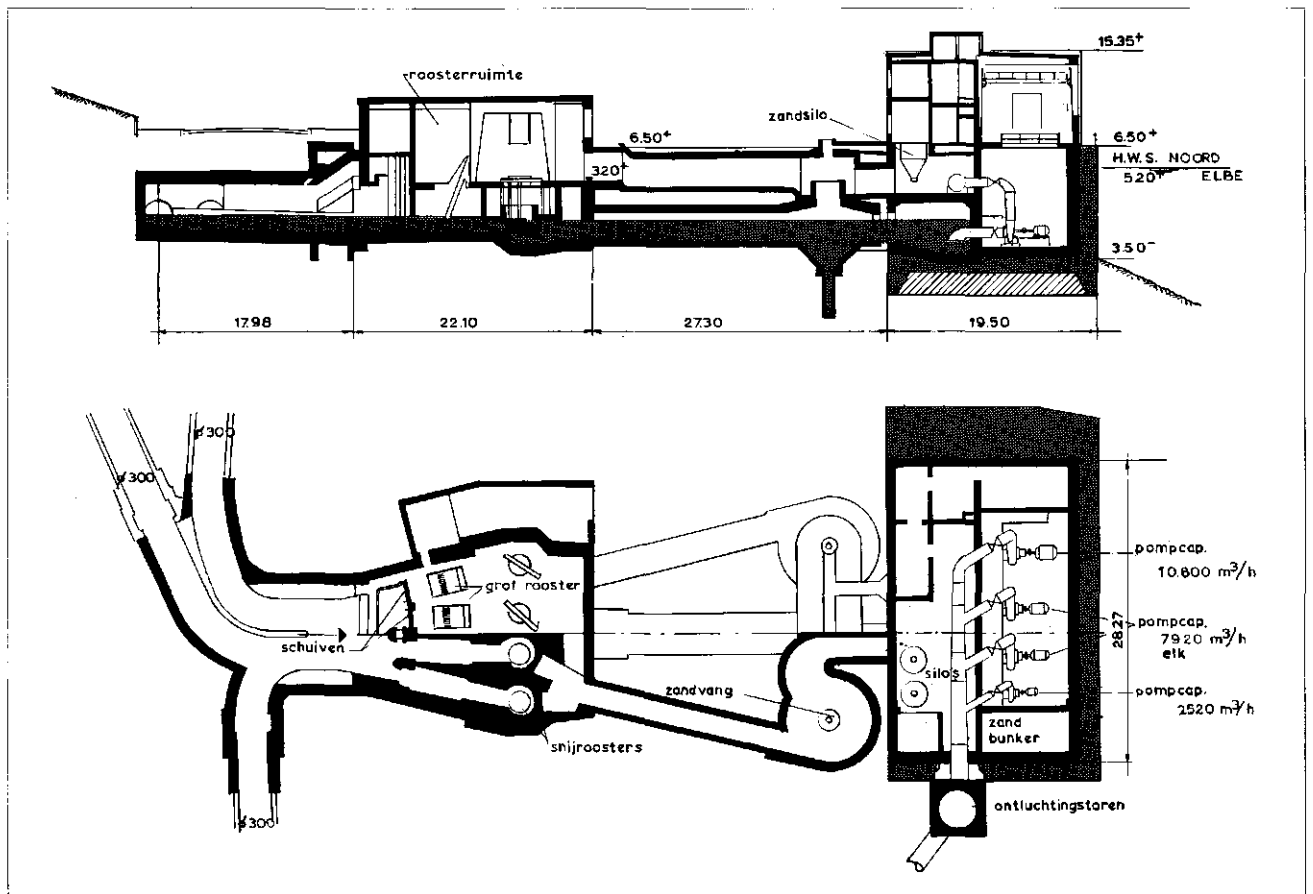
De zuiveringsinstallatie is schematisch weergegeven in afb. 2.

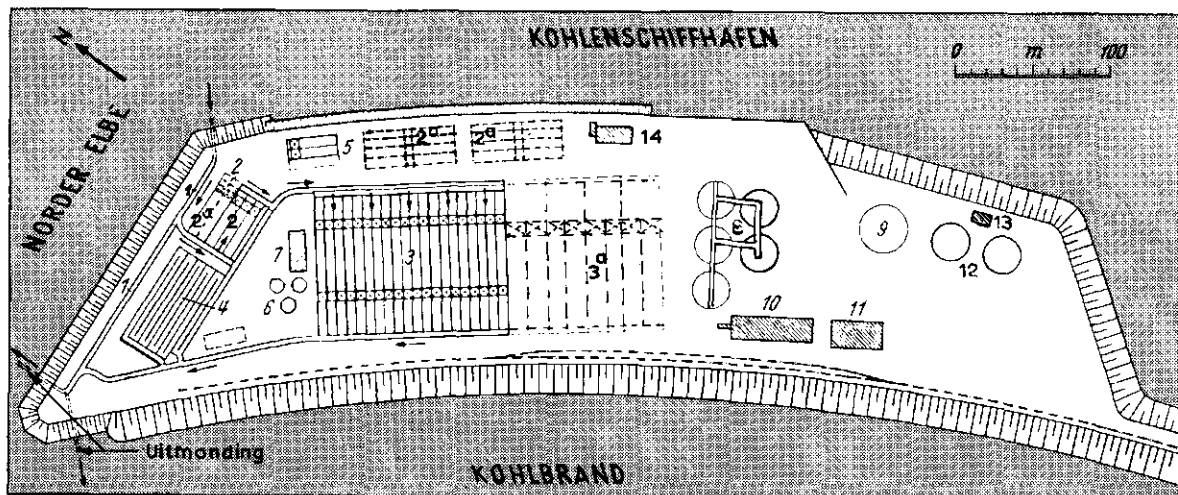
Na passage van een open toevoerkanaal doorloopt het water drie rechthoekige tanks (afb. 3). De installatie zal in eerste instantie nog met twee tanks van gelijke constructie worden uitgebreid.

De verblijftijd bij maximum aanvoer van 172.000 m³/dag zal dan 28 minuten worden en de oppervlaktebelasting 7,2 m³/m²/h.

Voordat het rioolwater in de voorbezinktanks komt

Afb. 1 - Gemaal Hafenstrasse.





- | | | | |
|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| 1 Toevoer en kortsluitkanaal | 3a Uitbreiding Hamburger-Beckens | 7 Vers slijkgemaal + schakelruimte | 11 Energiehal |
| 2 Bestaande voorbezinktank | 4 Chlorering tank | 8 Slijkgistingtanks | 12 Indikkers |
| 2a Uitbreiding voorbezinktank | 5 Indikkers 1e trap | 9 Gashouder | 13 Uitgegrist slijkgemaal |
| 3 Bestaande Hamburger-Beckens | 6 Indikkers 2e trap | 10 Verwarmingsgebouw | 14 Bedrijfsgebouw |

Afb. 2 - Installatie Köhlbrandhöft.

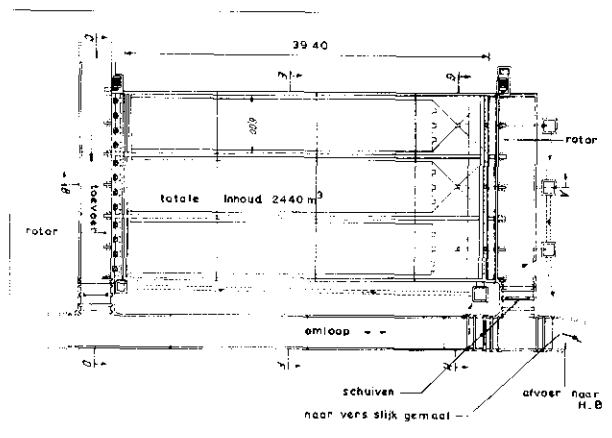
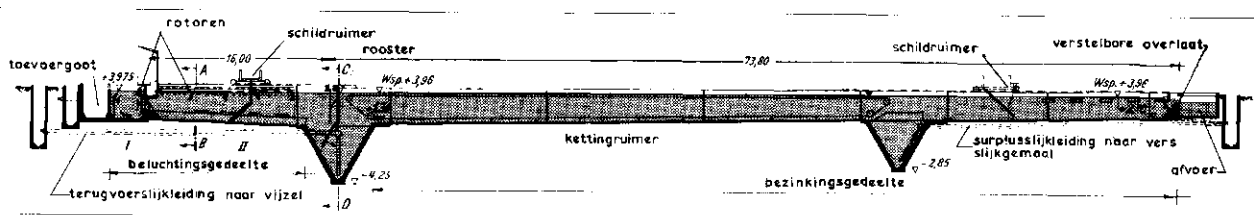
wordt het met behulp van Kessener-borstels belucht. Na de voorbezinktanks wordt het afvalwater nogmaals belucht en via een open kanaal afgevoerd naar de zogenaamde „Hamburgerbecken”, welke een beluchtungs- en een bezinkingsgedeelte bevatten zonder tussenwand. De vorm van de twintig aanwezige „Hamburgerbecken” is weergegeven in afb. 4.

De verblijftijd in het beluchtingsgedeelte is 30 minuten en in het bezinkingsgedeelte 90 minuten. Na uitbreiding van de installatie zal dit 42 minuten respectievelijk 138 minuten worden. Beluchtungsdeel II kan worden uitgeschakeld en bij het bezinkingsgedeelte worden gevoegd. De beluchting heeft plaats met borstels. Bij proeven met Inkabeluchting was gebleken, dat de roosters door fijne vezelstoffen snel verstoppingen. De beluchtungsruimten zijn voorzien van houten geleidewanden (afb. 5), om slibafzettingen op de bodem van de vrij diepe tanks te voorkomen.

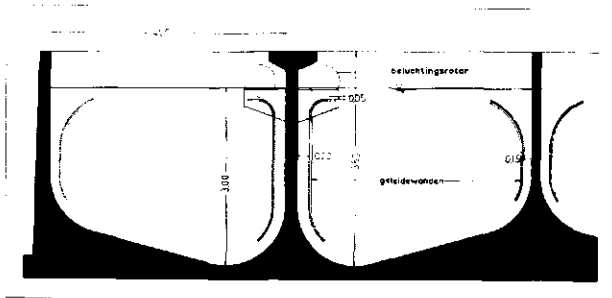
Over de kettingruimer in het middengedeelte van het „Hamburgerbecken” is het oordeel niet gunstig. Men schat de onderhoudskosten op 15-20 % van de investering en de afschrijvingstermijn op 10 jaar.

Het zuurstofgehalte van het water wordt continu gemeten. Al naar gelang van de zuurstofbehoefte wordt automatisch de verstelbare overlaat aan het einde van het bezinkingsgedeelte hoger of lager gesteld, om de indompeldiepte van de borstels te regelen. Het bezonken slib wordt met een slibterugvoervijzel met een capaciteit van 7200 m³/h teruggevoerd naar het beluchtingsgedeelte. Het surplus-slib gaat naar een indikker. Het chloreringsbassin is nooit in gebruik geweest.

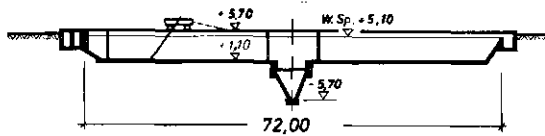
Afb. 4 - Hamburgerbecken (oude type).



Afb. 3 - Voorbezinktanks.



Afb. 5 - A rattetank met geleide wanden.



Afb. 6 - Lengtedoorsnede nieuwe voorbezinktank.

Voor aansluiting van nieuwe gebieden wordt de installatie thans uitgebreid. Als voorbezinking zijn twee eenheden met 4 rechthoekige tanks geprojecteerd (zie afb. 6). De verblijftijd wordt bij een aanvoer van 328.000 m³/dag 42 minuten en de oppervlaktebelasting 5 m³/m²/h. De slijzak is in het midden van de tank geprojecteerd. Men neemt aan, dat in het eerste gedeelte het meeste slijk zal bezinken. De ruimer pendelt daarom tweemaal in het eerste gedeelte tegen eenmaal in het tweede gedeelte. Vanuit de voorbezinking vloeit het water naar een verbeterd „Hamburgerbecken” met puntbeluchters (afb. 7).

Om de turbulentie tussen beluchtungs- en bezinkingsgedeelte te verlammen zal in plaats van een rooster een flocculatiesysteem met roerwerken worden tussengeschakeld.

In verband met het beperkte terrein is het bezinkingsgedeelte in twee étages geprojecteerd. De verblijftijd wordt 36 minuten in de beluchting en 111 minuten in de nabezinking.

Indikkers

Het slijk uit de voorbezinktanks wordt via een slijkgemaal naar drie cilindrische indikkers (tweede-trap) met een totale inhoud van 2400 m³ (zie afb. 8) gepompt, maar het kan, indien nodig ook naar de rechthoekige tanks (eerste-trap) met een inhoud van 1200 m³ worden gevoerd.

Het slijk uit de „Hamburgerbecken” wordt via indikkers eerste-trap onder eigen verval naar genoemd slijkgemaal gevoerd en doorgepompt naar indikkers tweede-trap. Het slijkwater vloeit terug in de toevoer van de „Hamburgerbecken”.

De indikkers tweede-trap zijn uitgerust met roerwerken en een in hoogte verstelbare slijkwater-aftapleiding.

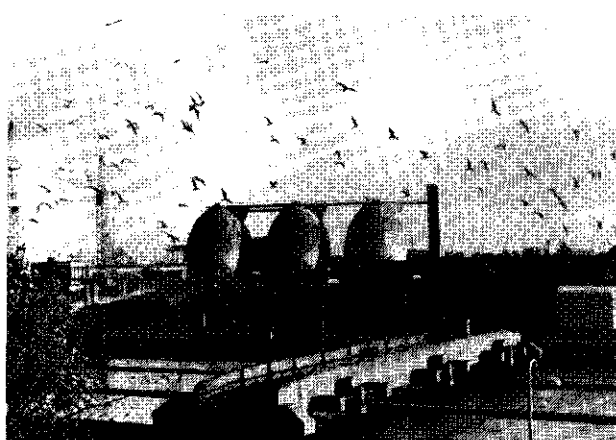
In deze leiding is een dichtheidsmeter geplaatst. Bij een bepaalde dichtheid van het slijkwater gaat de afluut automatisch omhoog.

De vers-slijkpompen (electrisch-pneumatisch bestuurd) slaan aan als de toevoerleiding naar een indikker geopend is en slaan af op een maximum peil in de tank. Het ingedikte slijk wordt op dezelfde wijze naar de vijf peervormige slijkgistingstanks, met elk een inhoud van 8000 m³, gepompt (afb. 9).

De tanks zijn uitgevoerd in voorgespannen beton met



Afb. 8 - Slijkindikkers tweede trap met op voorgrond voorbezinktanks en beluchtingsborstels.



Afb. 9 - Slijkgistingstank met op voorgrond de voorbezinktanks.

een isolerende laag van steenwol en afgedekt door asbest-cement platen.

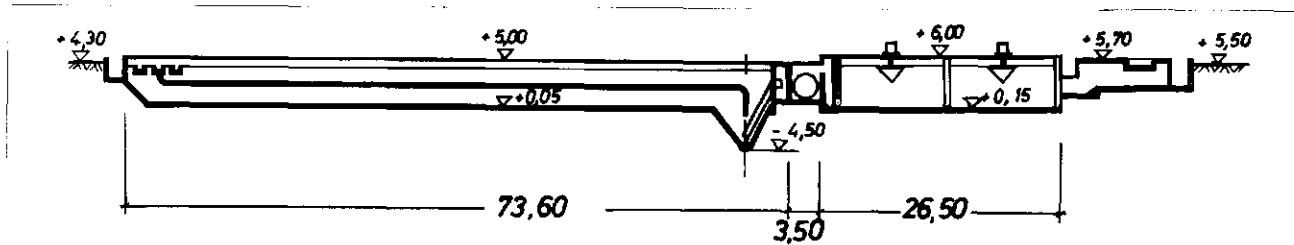
Elke tank is uitgerust met een MAN mixer (cap. 3600 m³/uur, 475 omw./min.). De mixers zijn omkeerbaar en discontinu in bedrijf.

De verwarming tot $\pm 34^{\circ} \text{C}$ geschiedt door warmtewisselaars met het koelwater van de opgestelde gasmotoren.

De leidingen, kabels enzovoort van en naar de tanks zijn in overdekte gangen ondergebracht.

Het uitgediste slijk wordt in twee na-indikkers, elk met een inhoud van 1500 m³ gebracht en van daaruit met een droge stofgehalte van circa 10 % in één van de twee kustvaarders van een rederij gepompt. Elke kustvaarder heeft een laadvermogen van 1200 m³ slijk. Per jaar wordt circa 200.000 m³ slijk afgevoerd tegen een afveerprijs van 3 DM per m³.

Afb. 7 - Hamburgerbecken (nieuwe type).



Het slijk wordt op 30 km uit de kust gedumpt in een gebied van 3,5 bij 3,5 km en een waterdiepte van 10 m. De gehele zuiveringsinstallatie is sterk geautomatiseerd en wordt vanuit een schakelruimte in het vers-slijkgemaal bestuurd.

De energie wordt geleverd door drie gasmotoren, elk met een vermogen van 950 kw, welke sedert 1963 in bedrijf zijn.

De motoren krijgen het rioolgas toegevoerd vanuit een gashouder met een inhoud van 10.000 m³.

In 1967 is er nog een dual-fuelmotor bijgeplaatst met een capaciteit van 1000 kw. Het teveel aan opgewekte energie wordt door het stedelijke elektriciteitsbedrijf afgenomen.

De investeringskosten van de installatie waren, inclusief proefinstallatie en grondkosten, 22 DM per i.e.

De uitbreiding, welke in 1972 gereed moet zijn, is begroot op 30 DM per i.e.

Installatie Stelling Moor

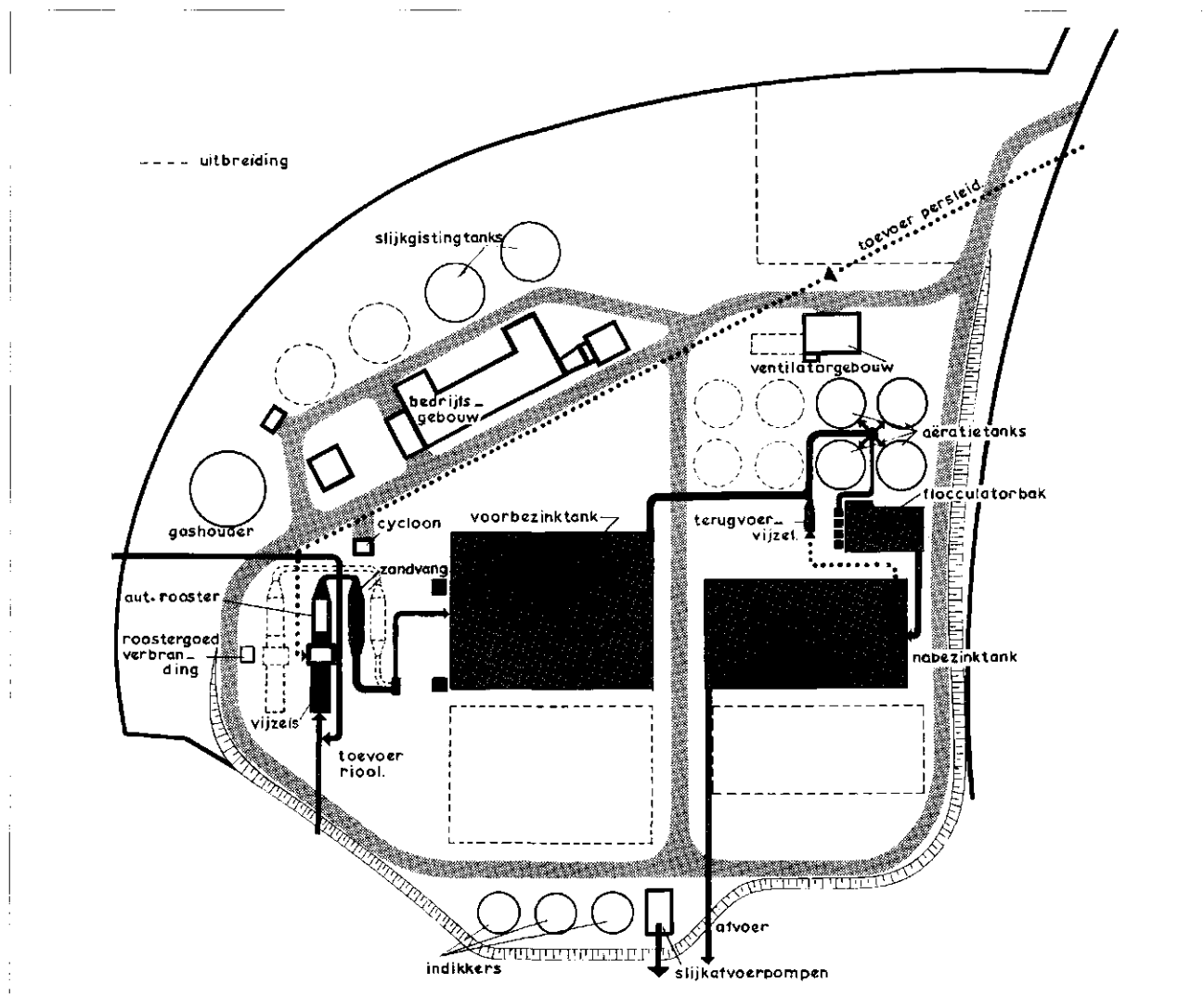
De installatie verwerkt het afvalwater van het westelijk gedeelte van de stad met een afwateringsgebied van circa 5000 ha. Via 4 hoofdgemalen wordt het rioolwater aangevoerd. De installatie is opgezet voor de verwerking van het afvalwater van 200.000 inwoners en 300.000 i.e. van de industrie. De droogweeer-aanvoer bedraagt 65000

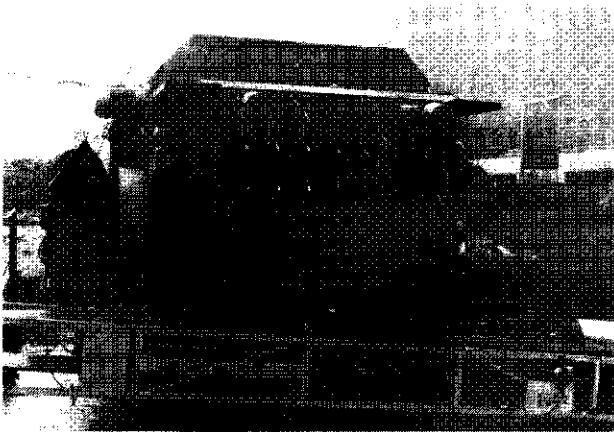
m³/dag. De pH van het aankomende water varieert tussen 2 en 13, dit wordt veroorzaakt door de metaalverwerkende bedrijven en de pH van het effluent tussen 5 en 8. De installatie kan maximaal 2 x de droogweeer-aanvoer verwerken. De toekomst is gerekend op 800.000 i.e., met een droogweeer-aanvoer van 115.000 m³/dag. Een schema van de installatie is weergegeven in afb. 10. In het vijzelgemaal staan twee vijzels, elk met een capaciteit van 2880 m³/h en een lengte van 14,8 m opgesteld. Een deel van het afvalwater wordt echter met een persleiding aangevoerd achter de vijzels.

Na de vijzels passeert het rioolwater twee verticale staafrusters met spleetwijdte van 25 mm en elk 2 m breed.

Met automatisch werkende roosterharken wordt het roostergoed verwijderd en via een transportband in een verzamelbak van 14 m³ inhoud gebracht. In deze bak komt ook het roostergoed van enkele andere installaties, waarbij voor ± 1.330.000 i.e. op 12 m³ roostergoed per dag wordt gerekend. Het roostergoed wordt met een transportband, welke tevens de bodem van de verzamelbak vormt, naar een vernalingsapparaat gevoerd (afb. 11) en vervolgens naar een roostergoedpers (afb. 12). Vullen, persen en ledigen duurt 1 minuut. Veel hinder wordt ondervonden van stenen, waardoor sterke slijtage van de drukcilinder optreedt.

Afb. 10 - Installatie Stelling Moor.

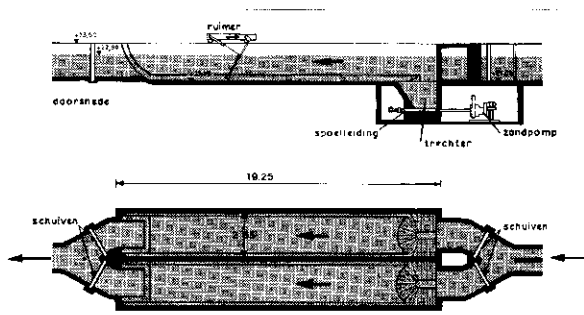




Afb. 11 - Vermalingsapparaat.



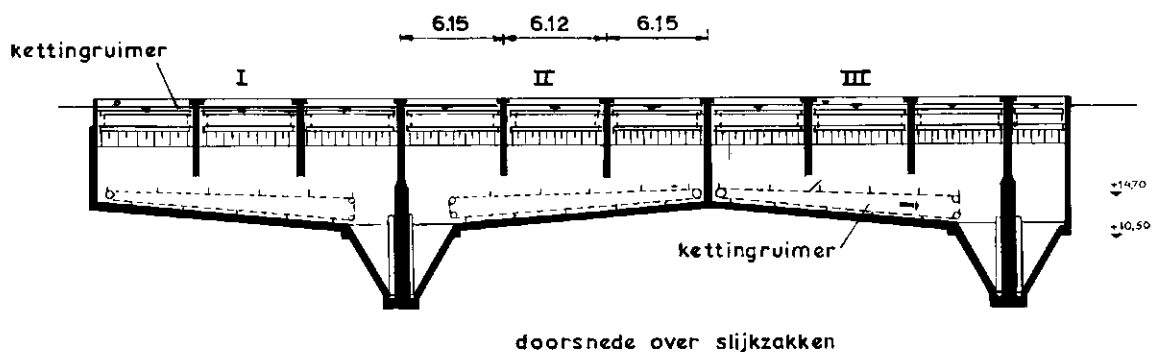
Afb. 12 - Roostergoedpers (Passavant).



Afb. 13 - Zandvanggoten.

Afb. 14 - Voorbezinktank.

VOORBEZINKTANK IN GROEPEN



De pers staat in een tijdelijk gebouwtje boven een proefinstallatie voor verbranding van de perskoek.

De perskoek met een watergehalte van 60 % valt via een klep in de verbrandingsoven. Het eindproduct is roestbruin van kleur en reukloos. Het wordt gedumpt in containers. De kostprijs voor de verwerking is 35 DM per m³ roostergoed. De afvoergassen worden afgeleid via een gaswasser en een cycloon. In de leidingen treedt sterke condensatie op, hetgeen veel onderhoud vergt. Het geheel verkeert nog in een experimenteel stadium.

Na passage van de roosters doorloopt het rioolwater twee rechthoekige zandvangsers (afb. 13).

Driemaal per dag wordt het bezonken zand in de trechter geschoven, automatisch gespoeld en naar één van de twee zandcyclonen gepompt, waarin het nogmaals gewassen wordt. Vervolgens wordt het zand in een verrijdbare bak opgevangen. Het waswater wordt naar het vijzelgemaal teruggevoerd.

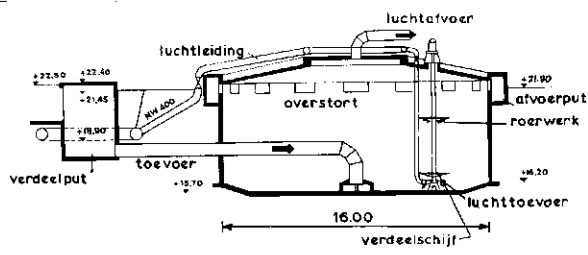
Het afvalwater komt dan in de voorbezinktanks, welke uit drie groepen bestaan, maar waarvan er wegens de nog geringe aanvoer maar één in gebruik is.

De ruiming geschiedt door middel van kettingruimers, waarbij een dwarsruimer het slijk in de slijpzak schuift (afb. 14).

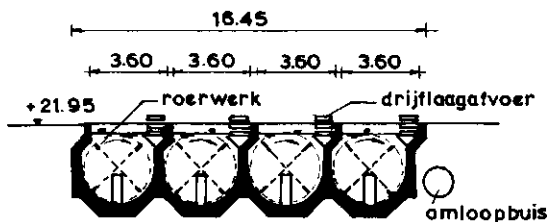
De oppervlaktebelasting is 1 m³/m²/h en de verblijftijd 1,4 h. Eventuele toxiciteit van het aankomende water wordt automatisch gesignaleerd, waarna dit water in één van de leegstaande groepen wordt opgevangen. Ook bij volbelaste installatie zal één van de groepen als buffer worden gebruikt, van waaruit het vergiftigde water in kleine hoeveelheden zal worden teruggevoerd naar het vijzelgemaal ter verdunning.

Van de achter de voorbezinking geschakelde en tegen stankhinder overdekte vier aanwezige aërietanks, elk met een inhoud van 1200 m³, zijn er twee in gebruik (afb. 15).

Elke tank wordt op vier plaatsen voorzien van lucht door middel van een geperforeerde ring. De grote luchtbellens worden door een verdeelschijf verdeeld in fijnere delen, waarbij tevens een goede menging ontstaat. De grens van de zuurstoftoevoer ligt tussen 1,5 - 2,1 kg O₂/kwh. Het zuurstofgehalte wordt continu gemeten en de zuurstoftoevoer automatisch geregeld. Vanuit de aërietanks vloeit het water in vier zogenaamde flocculatietanks, elk voorzien van vier, om een horizontale as draaiende roerwerken (afb. 16). Gezien hun gering nuttig effect zullen deze in de uitbreiding komen te vervallen.



Afb. 15 - Aëratietank.



Afb. 16 - Flocculatietanks.

Van de hierna volgende zes in etagebouw uitgevoerde nabezinktanks zijn er drie in gebruik (afb. 17).

De hoeveelheid terug te voeren slib wordt met telescoopbuizen geregeld en daarna door twee vizels naar de invoer van de aëratietanks gevoerd. Het effluent wordt onder vrij verval op de Elbe geloosd. Het uit te gisten slijk gaat naar één van de 2 peervormige slijkgistingstanks, elk met een inhoud van 6500 m³. De constructie ervan is analoog aan die van Köhlbrandhöft, evenals de opzet van de ondergrondse leidingengang. De totale slijkaanvoer bedraagt thans ± 130 m³/d, waarvan 50 % van elders (nl. visindustrie en installatie Volksdorf) wordt aangevoerd.

Het indikkingsproces is slecht te noemen, zelfs bij ge-

ringe belasting en een verblijftijd van circa 50 dagen. Men wijdt dit aan de grote hoeveelheid detergenten, nl. 1 tot 2 % van de droge stof, in het slijk. Het slijk wordt met een droge stof gehalte van gemiddeld 3,5 % naar de 3 indickers afgelaten, welke een gezamenlijke inhoud hebben van 3600 m³. Tot op heden is het niet gelukt in deze indickers een scheiding van slijk en slijkwater te verkrijgen, zodat het slijk met hetzelfde droge stof gehalte van 3,5 % door twee in serie geschakelde pompen via een 6,5 km lange persleiding in schepen wordt gepompt om te worden afgevoerd naar de Noordzee.

De energiebehoefte is thans 7300 kwh, welke op 5 % na door eigen gasproductie wordt gedekt. Voor de toekomst wordt echter gerekend op een tekort van 50 %. De energie wordt opgewekt door een gasmotor met bijbehorende generator. Het tekort levert het stadsenergiebedrijf.

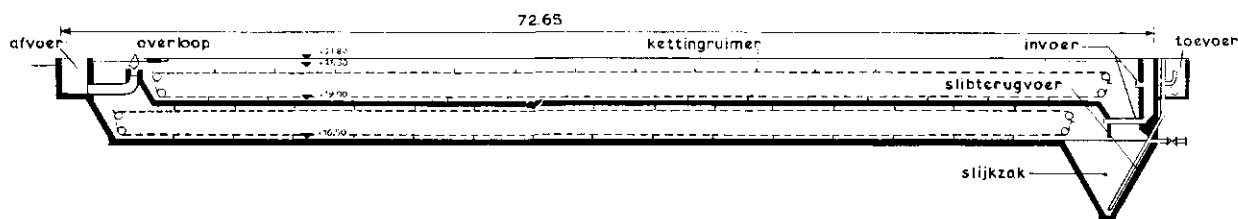
Het schakel- en controlepaneel staat in een enorme ruimte opgesteld (afb. 18).

De bouwkosten van de eerste fase van de installatie bedroegen 15.860.000 DM, waarvan voor het slibverwerkingsgedeelte 4.610.000 DM.

Installatie Volksdorf

Deze in de vijftiger jaren voor 10.000 i.e. gebouwde installatie zal in de toekomst komen te vervallen, daar het rioolwater dan naar de installatie Köhlbrandhöft zal worden gevoerd.

In 1966 is de installatie tijdelijk geschikt gemaakt voor de verwerking van het afvalwater van 25.000 i.e. met een maximum aanvoer van 250 m³/h. Het rioolwater doorloopt een vertikaal staafrooster met een staafastand van 25 mm en is voorzien van een automatische roosterhark. Het roostergoed wordt met een transportband in een kruiwagen gebracht en afgevoerd naar een slibdroogbed, waar het met chloorkalk wordt bestrooid en naar behoefte afgevoerd.



Afb. 17 - Nabezinktank met kettingruimer.

Afb. 18 - Schakelruimte.



Het afvalwater komt vervolgens via twee rechthoekige zandvanggoten in een rechthoekige voorbezinktank. Het effluent hiervan vloeit in een aërietetank met puntbeluchters, waarvan één de zogenaamde Hamburgerbeluchter wordt genoemd. Deze is in samenwerking met de firma Geiger ontwikkeld en gebouwd (afb. 19).

De andere beluchter is van het Simcartype. De verblijftijd van het water in de beluchtingstank is 1,56 h en de BOD₅ belasting 2,67 kg/m³/etm.

Tegen het spatten zijn de tanks geheel afgedekt (afb. 20). In de rechthoekige nabezinktank met kettingruimers is de verblijftijd van het water 2,1 h en de oppervlaktebelasting 0,84 m³/m²/h. Behalve de beluchtingstank is ook nog een oxydatiebed met een tweede nabezinktank in gebruik.

De schuimvorming bij het lozingspunt van het effluent van de installatie wordt doelmatig bestreden met een korf (afb. 21).

De slijkgistingstank is sedert augustus jongstleden buiten bedrijf gesteld, daar het economischer bleek het verse slijk met kolkenzuigers af te voeren naar de installatie Stelling Moor.

Shell-raffinaderij Hamburg-Harburg

Naast de zuivering van huishoudelijk en industrieel afvalwater is een tweede belangrijke stap bij de sanering van de Elbe het weren van lozingen van olie- en phenolhoudend afvalwater geweest.

In begin der zestiger jaren is de Shell er dan ook toe overgegaan een zuiveringsinstallatie te bouwen.

De raffinaderij staat ten dele op de zuidelijk en ten dele

op de noordelijke oever van de Süder-Elbe. Via een duiker wordt het afvalwater van het zuidelijke deel naar de zuiveringsinstallatie op de noordzijde gevoerd. Om de investeringskosten zo laag mogelijk te houden was het een vereiste de hoeveelheid afvalwater gering te houden. Dit werd gerealiseerd door directe afvoer van het hemelwater van het terrein op het buitenwater, het invoeren van diverse kringlopen voor het koelwater en door scheiding van de behandeling van het olie-arme phenolhoudende afvalwater en het olie-rijke proceswater.

De installatie kan 300 m³/uur verwerken. Het schema van de zuiveringsinstallatie is weergegeven in afb. 22. Het olie-rijke proceswater van de twee delen der raffinaderij wordt in twee afzonderlijke verzameltanks (elk 1000 m³) gevoerd.

In deze tanks wordt de opdrijvende olie afgevoerd en weer in het raffinageproces opgenomen, terwijl de resterende vloeistof door Shell-platenafscidders wordt geleid (afb. 23).

De onder de drijvende kap verzamelde olie gaat terug naar de raffinaderij. Het effluent van de platenafscidders bevat nog circa 50 mg/l olie, hetgeen te veel is voor het biologisch gedeelte van de zuiveringsinstallatie. Het water wordt daarom in een flocculatietank van 1500 m³ inhoud gevoerd, waar ijzerhydroxyde wordt toegevoegd. Door deze chemische klaring wordt het oliegehalte van het water teruggebracht tot circa 20 mg/l. Tot 1966/67 verliep het flocculatieproces zonder storingen, doch ten gevolge van toepassing van andere grondstoffen in de raffinaderij worden thans moeilijkheden ondervonden. Ongeveer 20 % van het slib bezinkt nog wel, doch de rest komt opdrijven. Door het slib van boven af te tappen tracht men dit euvel op te vangen. Deze situatie is echter weinig bevredigend, zodat men thans een nieuwe tank bouwt, waarin de slibaftap aan de bovenzijde is geprojecteerd en waarbij bezinking van het slib wordt tegengegaan door het inblazen van lucht.

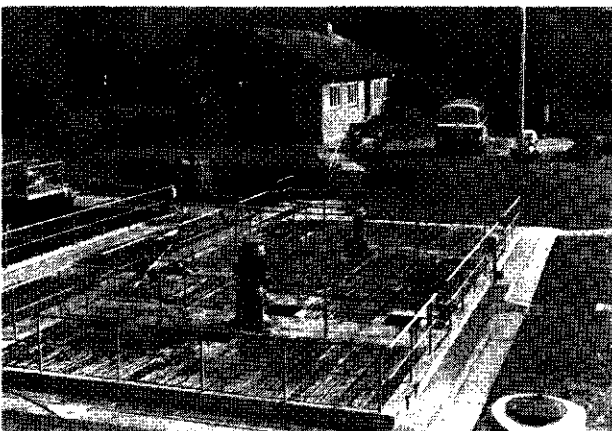
Het phenolhoudende afvalwater met 200 tot 300 mg/l phenol wordt, na passage van een olieafscheider en een wasser voor de verwijdering van zwavelwaterstof, in een verzameltank gevoerd en vervolgens in een aëroaccelerator tezamen met het overige proceswater met actief slib gezuiverd onder toevoeging van ammoniumfosfaat (afb. 24).

Aangezien er uit de aëroaccelerator nog te veel lichte slibdelen en olie worden afgevoerd ondergaat het effluent nog een nabehandeling in een cyclator, waar ijzersulfaat wordt toegevoegd. Het te lozen water bevat dan nog circa 1 mg/l phenol en minder dan 10 mg/l olie.

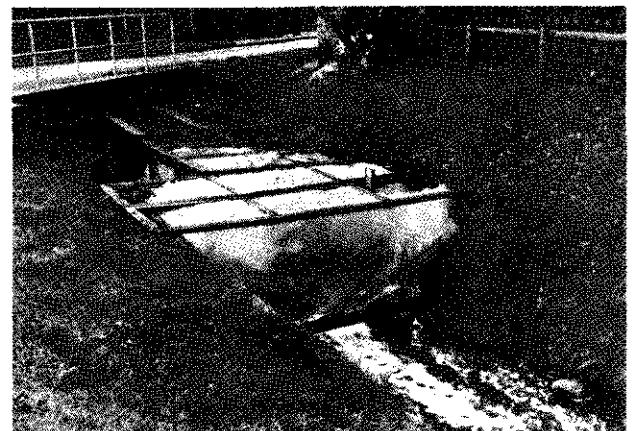


Afb. 19 - Hamburger beluchter.

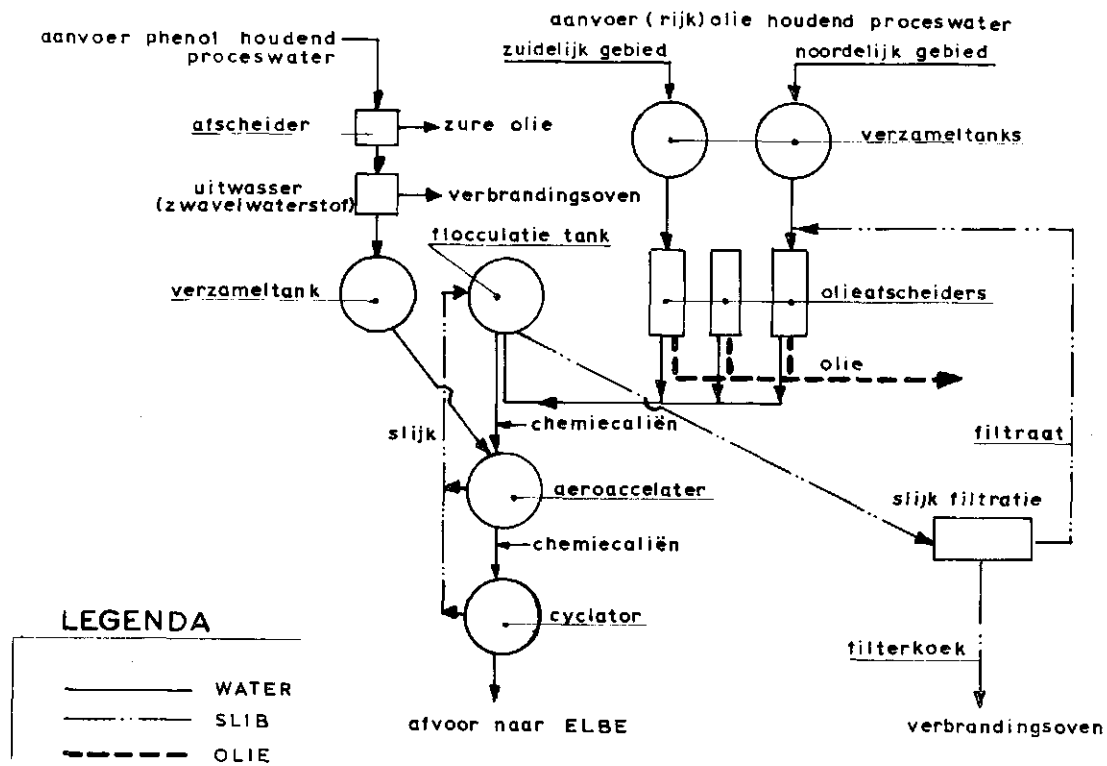
Afb. 20 - Overdekte beluchtingstank.



Afb. 21 - Lozingspunt.



SHELL RAFFINADERIJ HAMBURG-HARBURG



Afb. 22 - Schema v. d. zuiveringsinstallatie.

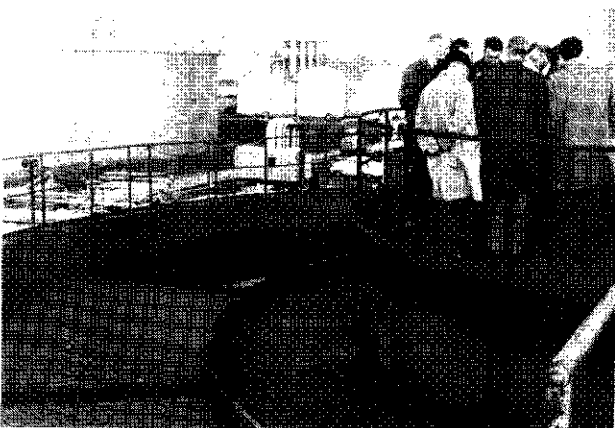
Het slib uit de aëroaccelerator en de cyclator wordt naar de flocculatie tank gevoerd. Het surplusslib uit deze tank gaat naar een filterpers, waarna de filterkoek (50 % water) wordt verbrand.

De bouwkosten van de installatie bedroegen 9,6 miljoen DM en de kosten per m³ afvalwater zijn 0,5 DM. Opvallend is, dat alle tanks in staalbouw zijn uitgevoerd en geheel in het beeld van de raffinaderij passen.

Literatuur overzicht

Stuewer, U., *Das Hamburger Hauptklärwerk Köhlbrandhöft*. GWf 100 (1959) H 20 S 489/455. GWf 102 (1961) H 24 S 661/674. GWf 102 (1961) H 24 S 978/984.
 Wachter, J. v., *Der Energiehaushalt des Hamburger Hauptklärwerk Köhlbrandhöft*. GWf 104 (1963) H 4 S 103/106.
 Von der Emde, W., *Die neue Abwasser-Reinigungsanlage der Raffinerie Hamburg-Harburg der deutsche Shell AC*. GWf 104 (1963) H 4 S 94/96.

Afb. 24 - Aëroaccelerator.



Afb. 23 - Platen afscheiders.

