Enkele civieltechnische bijzonderheden van de rwzi-Horstermeer

Inleiding
Het rioolwaterzuiveringsproject Horstermeer is gelegen in de overgangszone van het hooggelegen Gooi naar de zeer laag gelegen Horstermeerpolder met daartussen veen- en plassengebieden. Een overgangsgebied van inzijging naar kwel, van zand- naar veengronden. Ook een gebied waar beschermde, natuurwetenschappelijke en landschappelijk waardevolle zones worden afgewisseld door vuilstortplaatsen en waar naast dichte, betrekkelijk jonge woongebieden zeer oude woningen en boerderijen voorkomen.



ING. M. A. TELLIER
Zuiveringschap
Amstel- en Gooiland



ING. P. L. WUITE
Witteveen + Bos
raadgevend ingenieursbureau



IR. A. G. POSTHUMUS
Witteveen + Bos
raadgevend ingenieursbureau



Afb. 1 - Aanleg persleiding door middel van zinken t.p.v. vuilstort.

De vele planologische en milieukundige overwegingen en besluiten in het kader van vergunningen hebben dan ook een belangrijke rol gespeeld bij de uitvoering van dit project.
In dit artikel wordt in hoofdzaak ingegaan op die aspecten van de civieltechnische uitvoering, die het gevolg zijn van deze overwegingen en besluiten.
De plaats van de gemalen en het tracé van de persleidingen naar de rioolwaterzuiveringsinrichting met de effluentleiding naar het uitstroomkanaal van de Horstermeerpolder is aangegeven op de overzichtskaart. (art. 1)

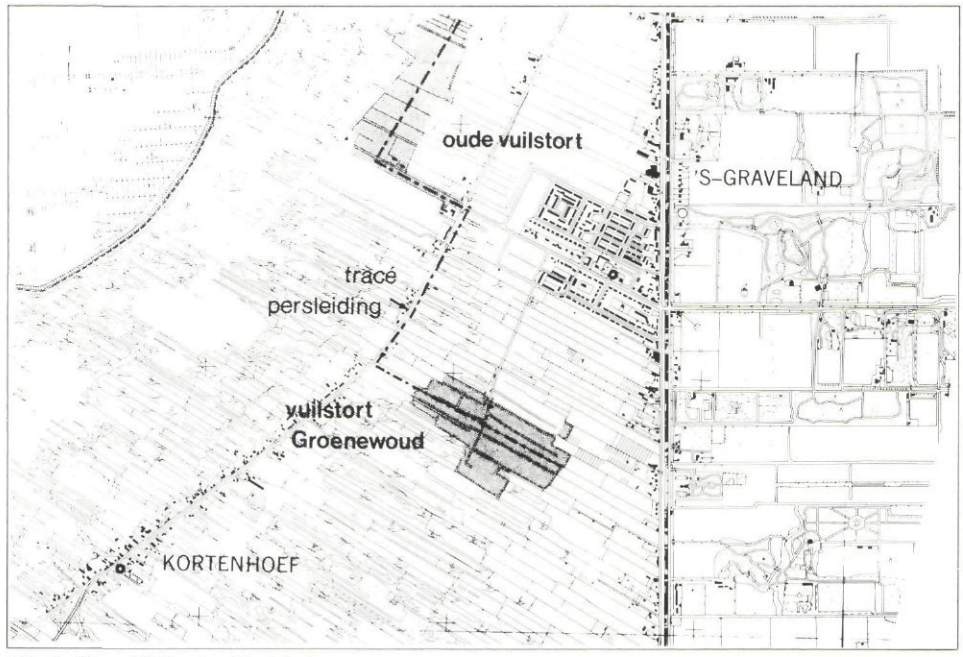
Persleidingen
De ligging van het project in een overgangszone betekende dat bij de aanleg van de 22,6 km persleidingen diverse bodemtypen werden doorsneden. Langs alle tracé's werd dan ook een bodemkundig- en cultuurtechnisch onderzoek verricht om gegevens te verzamelen over de optimale aanlegdiepte, funderingsmogelijkheden, grondbalans bij ontgraven en aanvullen van de sleuf en tenslotte de bij de aanleg benodigde bronbemaling.
Het onderzoek bestond hoofdzakelijk uit boringen, sonderingen, waterdoorlatendheidsbepalingen in situ, het plaatsen en waarnemen van peilbuizen, het bepalen van de korrelverdeling van zandmonsters en, indien de bodemopbouw daartoe aanleiding gaf, het uitvoeren van samendrukkingsproeven.
Op een aantal plaatsen langs het tracé zijn pompproeven uitgevoerd. Enerzijds had dit als doel de berekende bemalingscapaciteit te verifiëren, anderzijds kon daardoor op een aantal 'gevoelige' plaatsen de invloed van de bemaling op de omgeving worden vastgesteld.
Bij het beoordelen van de gevolgen van de bronbemaling werd met name aandacht besteed aan het optreden van droogteschade en/of zettingsschade. Het gevaar voor droogteschade bleek gering te zijn maar het risico van zettingsschade bestond daadwerkelijk. Dit gold niet alleen voor zetting van het maaiveld, maar ook (ongelijke) zetting van bouwwerken, vaak oude, slecht gefundeerde woonhuizen en boerderijen nabij het tracé.

Aanlegsnelheid
Om de schade zoveel mogelijk te beperken zijn bij het afgeven van de diverse vergunningen voor grondwateronttrekking speciale eisen gesteld. De belangrijkste eis was het toepassen van retourbemaling op sommige tracégedeelten. Voorgeschreven werd dat het bronneringswater in de bodem moest worden teruggebracht vóór en achter de open liggende sleuf.
Bij de uitvoering bleek echter dat deze retourbemaling het waterbezwaar in de sleuf zodanig vergrootte, dat dit de uitvoering sterk vertraagde. Om die reden werd de retourbemaling weliswaar niet gestaakt, maar wel sterk verminderd. Juist in dergelijke terreinen bleek een hoge aanlegsnelheid van de leiding van groot belang te zijn.
Een bijzonder geval deed zich voor bij de aanleg van de ∅ 1.200 mm effluentleiding, in de Horstermeerpolder.
Op grond van de opgedane ervaringen werd verwacht dat bij een geplande passage van een boerderij ontoelaatbare zetting van de fundering zou optreden. Om dit te voorkomen werd een praktijkproef op werkelijke schaal gehouden. Hiertoe werd een paar honderd meter vóór de boerderij een raai peilbuizen geplaatst loodrecht op de sleuf. Tijdens de passage zijn deze peilbuizen zeer frequent gemeten. Op grond van deze gegevens werd een retourbemalingssysteem ontworpen en nabij de boerderij geïnstalleerd. Tijdens de passage langs de boerderij (die 3 x 24 uur vergde) werden niet alleen alle peilbuizen continu waargenomen, maar ook de aangebrachte zettingsmeetpunten continu bewaakt. Dankzij deze proefbemaling werd schade aan de boerderij geheel voorkomen.

Vuilstortplaatsen
Een markant punt bij de aanleg vormt de doorsnijding van een aantal oude vuilstortplaatsen in de Kortenhoefse polder in de gemeente 's-Graveland (zie overzichtskaart vuilstortplaatsen).
Ten zuiden van de bebouwing tussen 's-Graveland en Kortenhoef bevindt zich de in de begin jaren zeventig gesloten vuilstortplaats 'Groenewoud' en ten westen van deze bebouwing ligt een vuilstort, dat vlak na de oorlog is gesloten.

De vuilstort 'Groenewoud' bestaat globaal uit 2,5 tot 3 meter op het oude maaiveld gestort (huis)vuil, circa 50 cm veen en daaronder pleistoceen zand. Plaatselijk zijn er zandwinputten gezogen tot op circa

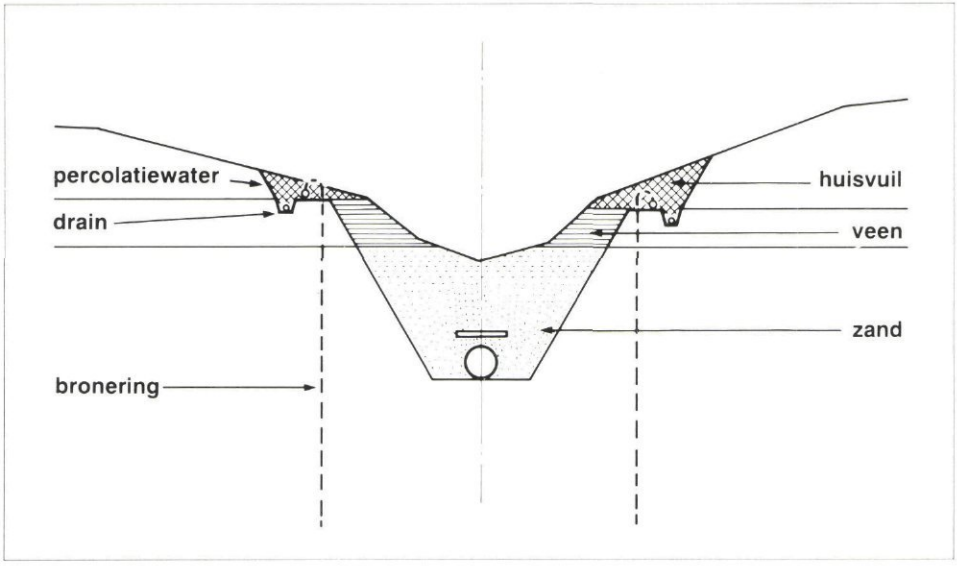
6 meter diepte, welke eveneens zijn volgestort met (huis)vuil.
Een proefbemaling gedurende 8 dagen in 1980 over 20 m proef-sleuf in de vuilstort wees uit dat het grondwater in het zandpakket onder het veen van betere kwaliteit was dan het omringende oppervlaktewater zelf. Het was echter geenszins zeker, dat gedurende de uitvoeringsperiode van de bronbemaling het grondwater aan de te stellen lozingseisen kon voldoen. Op grond hiervan is besloten het bronbemalingswater t.p.v. de vuilstort rechtstteeks op de persleiding naar de rwzi-Horstermeer te lozen. Dit had als consequentie, dat de aanleg door de vuilstort eerst na gereedkomen van de rwzi en aansluitende persleidingen kon plaatsvinden en de oude rwzi-Hilversum-West tot ruim na het gereedkomen van de rwzi-Horstermeer intact moest blijven.
Om de risico's tijdens de aanleg en na voltooiing van de leiding te beperken, is de leiding niet dwars door de vuilstort gelegd, maar circa 2,5 m onder de bodem van een door de vuilstort lopende sloot. Direct boven de buis zijn betonplaten aangebracht om de leiding te beschermen tegen mogelijke beschadiging tijdens baggerwerkzaamheden. Voor de zekerheid zijn voor dit tracé gedeelte glasvezelgewapende kunstharsbuizen toegepast. Dit materiaal heeft een relatief hoge resistentie tegen mogelijk sterk chemische verontreinigingen in het grondwater, hoewel een dergelijke verontreiniging niet is aangetroffen.
Het meest westelijke gedeelte van de leiding in de vuilstort is over een lengte van 135 m tussen stalen damwanden afgezonken. (afb. 1) Voor deze uitvoeringswijze is gekozen, omdat de leiding aan de rand van een diepe, met vuil gevulde zandwinput kwam te liggen.
Aanleg in den droge met bronbemaling had het risico in zich, dat een grote bemalingscapaciteit nodig zou zijn. De zijdelingse aanvoer van grondwater vanuit de naastliggende diepe vuilstortput kon hoog zijn, omdat de vuilstort sterk waterdoorlatend is. Bovendien was het risico groot, dat sterk verontreinigd grondwater vanuit het vuil zou worden opgepompt. Door de leiding af te zinken werden deze risico's geëlimineerd.
Het oostelijke gedeelte van de leiding is in een open sleuf aangelegd. Het bronbemalingswater is afgevoerd naar de rwzi.
In de veenlaag is aan weerszijden van de sleuf een drainagebuis gelegd, om het uittredende percolaat vanuit de vuilstort op het oude maaiveld op te kunnen vangen en op enige afstand in de vuilstort terug te kunnen pompen. Aldus is vermenging van het sterk verontreinigde percolaat met grondwater voorkomen (afb. 2).



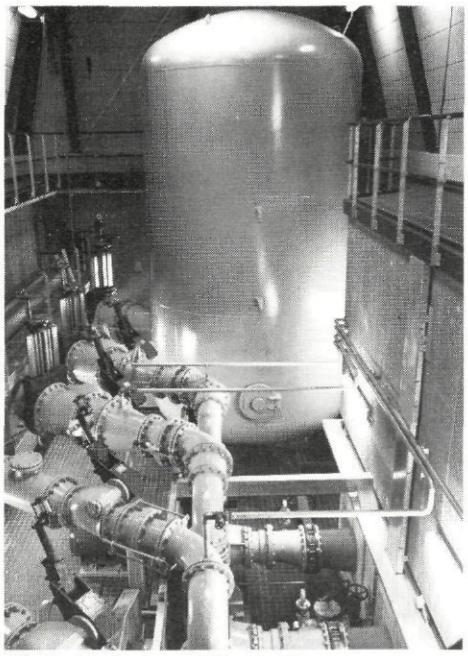
Afb. 3 - Overzichtskaart vuilstortplaatsen.

De vooroorlogse vuilstort ten westen van 's-Graveland (zie overzichtskaart) bestaat uit een 1 à 2 meter dikke laag huisvuil die eveneens op het oude maaiveld is gestort. De veenlaag is ter plaatse 50 à 100 cm dik. Het huisvuil zag er gecomposteerd uit met plaatselijk vaste afvalstoffen als koolas, hout, gebakken potten en ijzer.
Met name de vervuilingswaarde van het percolaat was aanmerkelijk lager dan die van de vuilstort Groenewoud (CZV 5 x lager, zware metalen een factor 2 tot 200 x lager; alleen zink was hoger, 0,7 mg/l tegen max. 1,7 mg/l in de vooroorlogse vuilstort).

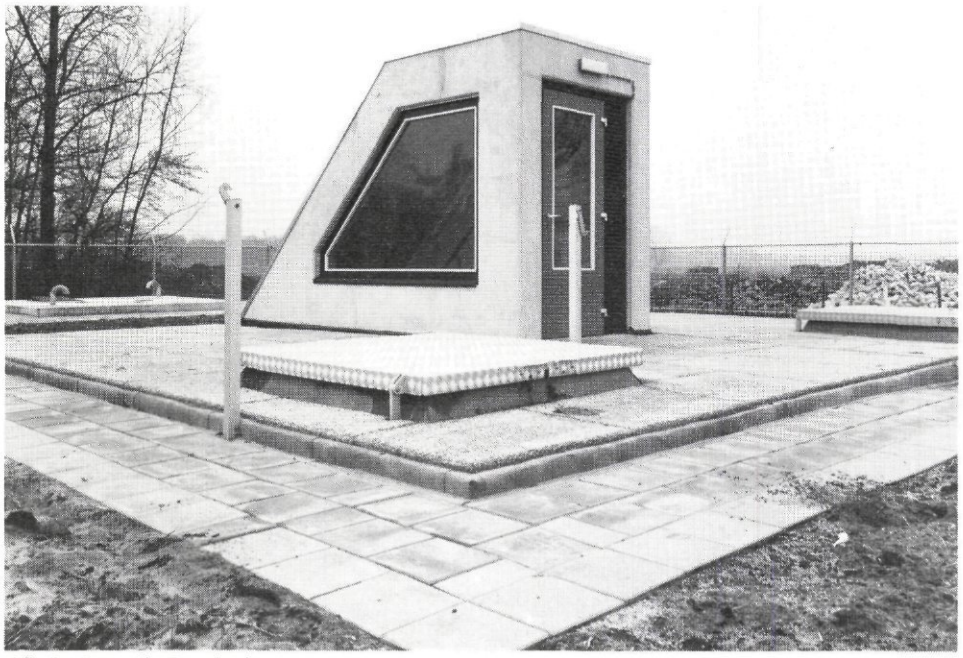
Afb. 2 - Dwarsprofiel leidingsleuf t.p.v. vuilstort.



Gemalen
De grote gemalen Naarden/Bussum en Hilversum-West, capaciteit respectievelijk 2.740 en 1.400 m^3/h, bestaan uit de gebruikelijke ontvangkelder met slingergoten en een pompenkelder waarin twee droogweerafvoer (DWA) pompen, twee regenwaterafvoer (RWA) pompen en een windketel staan opgesteld (afb. 4). In het gemaal Hilversum-West is nog een ondergemaal met afzonderlijke ontvangkelder opgenomen. De omgeving van de twee gemalen is geheel verschillend. Het gemaal Naarden/Bussum ligt dicht bij de natuurgebieden Laeges Kamp en het Naardermeer, terwijl het gemaal Hilversum-West, gesitueerd op het terrein van de rwzi Hilversum-West, binnen de bebouwing ligt. De vergunning voor de grondwateronttrekking stelde dan ook met betrekking tot de bemaling van de open bouwput voor het gemaal Hilversum-West geen bijzondere voorwaarden.



Afb. 4 - Interieur gemaal Naarden/Bussum.



Afb. 5 - Gemaal 's-Graveland.

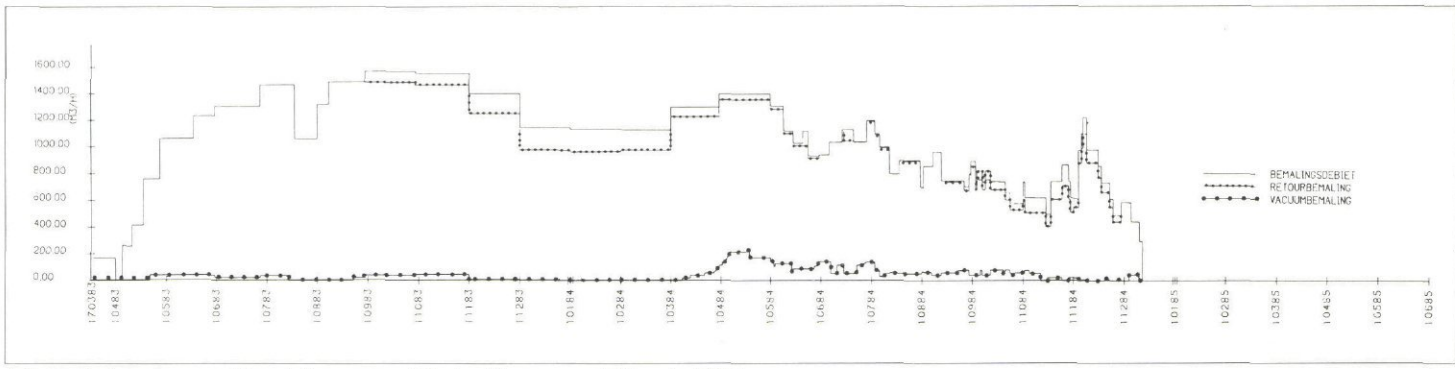
Voor het gemaal Naarden/Bussum lag dit duidelijk anders. Berekeningen wezen uit, dat het invloedsgebied van een dergelijke bemaling zich tot in het Naardermeer zou uitstrekken en dat de verlagingen van het grondwater ter plaatse van het natuurgebied Laeges Kamp en de rondom gelegen weilanden schade zou kunnen veroorzaken. Het toepassen van retourbemaling werd niet verstandig geacht, daar het grootste deel van het opgepompte grondwater afkomstig zou zijn uit de naastliggende Karnemelksloot, met (zoals de naam al aangeeft) een slechte waterkwaliteit. Retourbemaling zou dit slechte water in de ondergrond verspreiden.

Speciale voorzieningen
Het gemaal Naarden/Bussum is om bovengenoemde redenen gebouwd in een gesloten bouwkuip, bestaande uit een stalen damwand en een afsluitende vloer van onderwaterbeton. Op basis van een kostenvergelijking is gekozen voor de toepassing van trekpalen ter vermindering van de vloerdikte.
Een dergelijk gesloten bouwkuip heeft voordelen, zoals geen bemaling, een droge werkvloer, gemakkelijk regenwatervrij en schoon te houden, korte transportweg en kleiner bouwterrein. Daar tegenover staat dat de bouwtijd langer is en dat ten opzichte van uitvoering met bemaling en open bouwput, de bouwsom 12 tot 15% hoger is.

Om stankhinder te voorkomen zijn de ontvangkelders van de twee grote gemalen geheel afgesloten en worden deze afgezogen. De afgezogen lucht wordt gezuiverd door een compostfilter. Het afsluiten van de ontvangkelders impliceerde tevens dat rekening moest worden gehouden met agressieve stoffen (H_2SO_4) die het beton aantasten. Daarom zijn alle betonoppervlakken in deze kelders (uitgezonderd de slingergoten) geheel bekleed met ingestorte pvc-platen voorzien van T-vormige ribben ter verankering in het beton.

Overige gemalen
Bij 's-Graveland is een gemaal gebouwd, bestaande uit een ontvangkelder met slingergoten en een pompenkelder waar twee pompen zijn opgesteld die elkaars reserve zijn, capaciteit 360 m³/h (afb. 5). De pompen zijn voorzien van poolomschakelbare (tweetoeren) motoren. Dit gemaal injecteert het afvalwater van 's-Graveland in de persleiding van Hilversum-West naar de rwzi-Horstermeer. Als het gemaal Hilversum-West bij regen veel afvoert en de druk in de persleiding dus toeneemt wordt de afvoercapaciteit van de pomp in gemaal 's-Graveland minder. Automatisch schakelt de pomp dan op het hoge toerental, waardoor de vereiste afvoercapaciteit weer wordt bereikt.
Dit gemaal heeft alleen een kleine bovenbouw ten behoeve van de toegang tot de pompenkelder.
De betonoppervlakken in de ontvangkelder zijn ook hier bekleed met ingestorte pvc-platen. De kelder wordt niet afgezogen maar op natuurlijke wijze geventileerd.
Het gemaal is gesitueerd op een oude vuilstortplaats en bij het graven van de bouwput zijn dezelfde voorzieningen getroffen als bij de aanleg van de persleiding in de vuilstort. Het percolaatwater uit de vuilstort werd in een rondgaande drainleiding opgevangen en weggepompt naar de bestaande bezinkbakken van de afvalwaterbehandelingsinrichting van 's-Graveland.
In verband met andere nabij gelegen vuilstortplaatsen is de noodzakelijke bronbemaling gecombineerd met een retourbemaling om het invloedsgebied te beperken en zo weinig mogelijk verontreinigd grondwater aan te trekken.
De overige twee gemalen van het rwzi-Horstermeerproject zijn gelegen bij Ankeveen en Nederhorst den Berg, capaciteit respectievelijk 70 en 240 m³/h. Dit zijn zogenaamde natte gemalen met alleen een ontvangput, waarin twee dompel (onderwater)pompen zijn opgesteld.
Beide gemalen zijn prefab uitgevoerd en het beton is beschermt met een teerexpoxy.
Ingevolge de vergunning voor de grondwateronttrekking bij het gemaal Ankeveen met circa 60 m aanvoerleiding, is een expertise uitgevoerd bij alle woningen binnen een straal van 300 meter en is het maaiveld op dalingen gecontroleerd. Een kostbare zaak in verhouding tot de bouwkosten van het gemaal.

Rioolwaterzuiveringsinrichting Horstermeer
De geohydrologische omstandigheden van de lokatie van de rwzi-Horstermeer in de noordoosthoek van de gelijknamige polder hebben in hoofdzaak de bijzondere civieltechnische aspecten van de bouw van de zuivering bepaald.
Ter plaatse van de zuiveringsinrichting kan de bodemopbouw in geohydrologisch opzicht worden geschematiseerd zoals in afb. 7 is aangegeven.
De stijghoogte van het grondwater in het watervoerende zandpakket ligt ter plaatse van de bouwputten circa 0,60 m hoger dan de ondiepe grondwaterstand. Nabij de dijk van



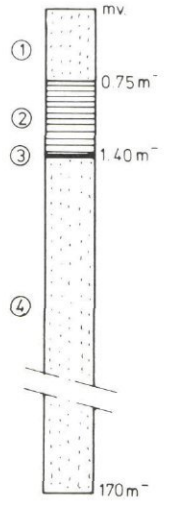
Afb. 6 - Verloop van onttrekkingsdebiet en retourdebiet in m³/h van maart 1983 tot eind 1984.

de Ankeveense Plassen neemt dit stijghoogteverschil toe, ten gevolge van het hogere peil dat in die plassen wordt gehandhaafd. Er treedt derhalve een grote wegzijging op vanuit de omringende gebieden naar de Horstermeerpolder (circa 40.000 m³/dag).
Op basis van een pompproef in 1977 is een ontwerp gemaakt voor een bronbemaling om de stijghoogte van het grondwater te verlagen tot onder de laagste aanlegdiepte van 7,30-NAP.
De benodigde grondwateronttrekking zou volgens het eerste fase ontwerp (ongeveer de helft van de gebouwde inrichting) gemiddeld 37.000 m³/d bedragen gedurende 68 weken, terwijl het bijbehorende invloedsgebied in de orde van 2.000 à 2.500 m zou liggen.
Een bronbemaling van een dergelijke grote omvang gaat gepaard met vele – veelal ongewenste – neveneffecten en dat met, zoals eerder genoemd, zeer waardevolle gebieden in de directe omgeving.
Deze neveneffecten betroffen hier met name het aantrekken van de zoute kwel in de polder, het veroorzaken van extra wegzijging uit de Ankeveense plassen en het overbelasten van de polderwatergangen bij het afvoeren van het bronneringswater.

Diverse alternatieven ter beperking van de bronbemaling en haar gevolgen zijn onderzocht, zoals retourbemaling, bouwputten met waterdichte wanden en bodemafdichting en verhoging van de installatieonderdelen door tussenschakeling van een gemaal.
Op grond van landschappelijke inpassing, bouwtechnische, bedrijfstechnische, proceskundige en financiële consequenties werd toch de voorkeur gegeven aan een bronbemaling.
Teneinde de technische haalbaarheid van het op grote schaal terugbrengen van bronneringswater in de bodem te kunnen beoordelen is in 1982 een uitgebreide retourbemalingsproef uitgevoerd.

Retourbemaling
Op grond van de goede resultaten van deze proef is de vergunning voor grondwateronttrekking verkregen op die voorwaarden dat:
– een retourbemaling werd toegepast binnen een straal van 400 meter uit het onttrekkingsgebied;
– buiten deze straal geen verlaging groter dan 0,05 meter zou mogen optreden in de stijghoogten in de pleistocene zandlagen.

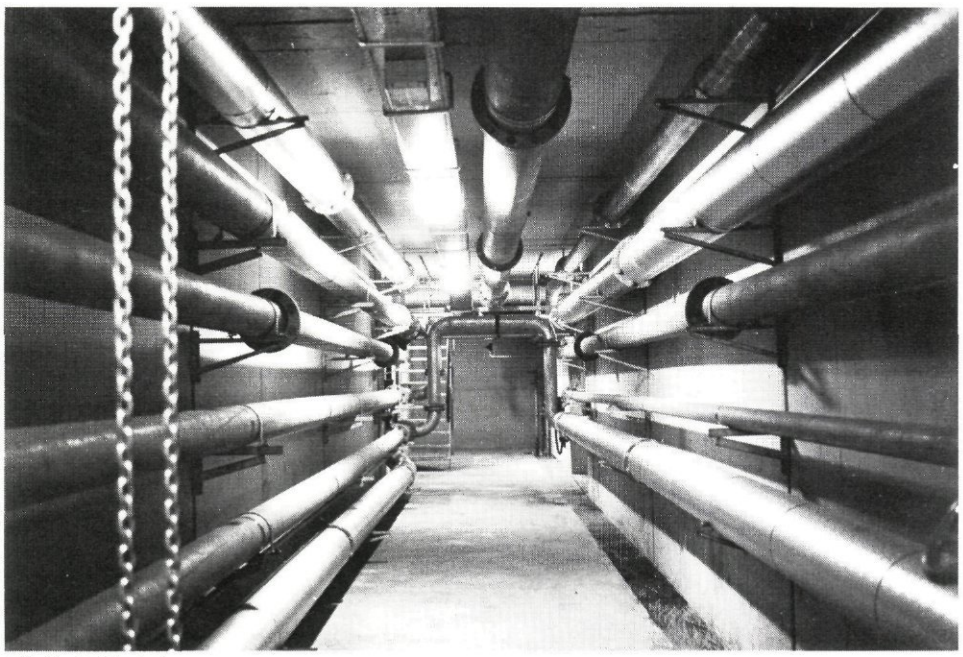
Afb. 7 - Bodemopbouw t.p.v. rwzi.



1 : Een ten behoeve van de bouw opgebracht zandpakket.
2 : Een veenpakket dat de funktie van afdekkende semi-permeabele laag vervult. In deze laag wordt een zo konstant mogelijk polderpeil van ca. 1.30⁻ m.v. gehandhaafd.
3 : Op de overgang van de veenlaag naar het onderliggende zand is een dunne inspoelingslaag aangetroffen die in vertikale richting zeer slecht waterdoorlatend is.
4 : Een zandpakket dat het eerste watervoerend pakket vormt. De stijghoogte van het grondwater hierin bedraagt ca. 2.84⁻ N.A.P., hetgeen overeenkomt met de oorspronkelijke maaiveldhoogte.

Voor het realiseren hiervan is een bronbemalingsinstallatie ontworpen, bestaande uit 26 pompputten, diep 26 m, en 20 retourputten, diep 36 m. De pompputten werden, afhankelijk van de bouwfase in werking gesteld.
Het stroomlijnenpatroon dat onder invloed van de gekozen puttenconfiguratie ontstaat is weergegeven in afb. 9.
Dit patroon geeft inzicht in zaken als verblijftijden van het grondwater, onderlinge beïnvloeding van de putten e.d.
In afb. 6 is het verloop van het onttrekkings- en retourdebiet weergegeven. De netto onttrekking (= onttrekkingsdebiet min retourdebiet) overschrijdt de 180 m³/h niet. Per retourput werd 40à 70 m³/h geretourneerd gedurende circa 2 jaar. Bij de toegepaste filterlengte van 20 m komt dit overeen met 2 à 3,5 m³/h per meter filter.
De bemaling heeft naar verwachting gefunctioneerd en de gevolgen voor de omgeving zijn beperkt gebleven.

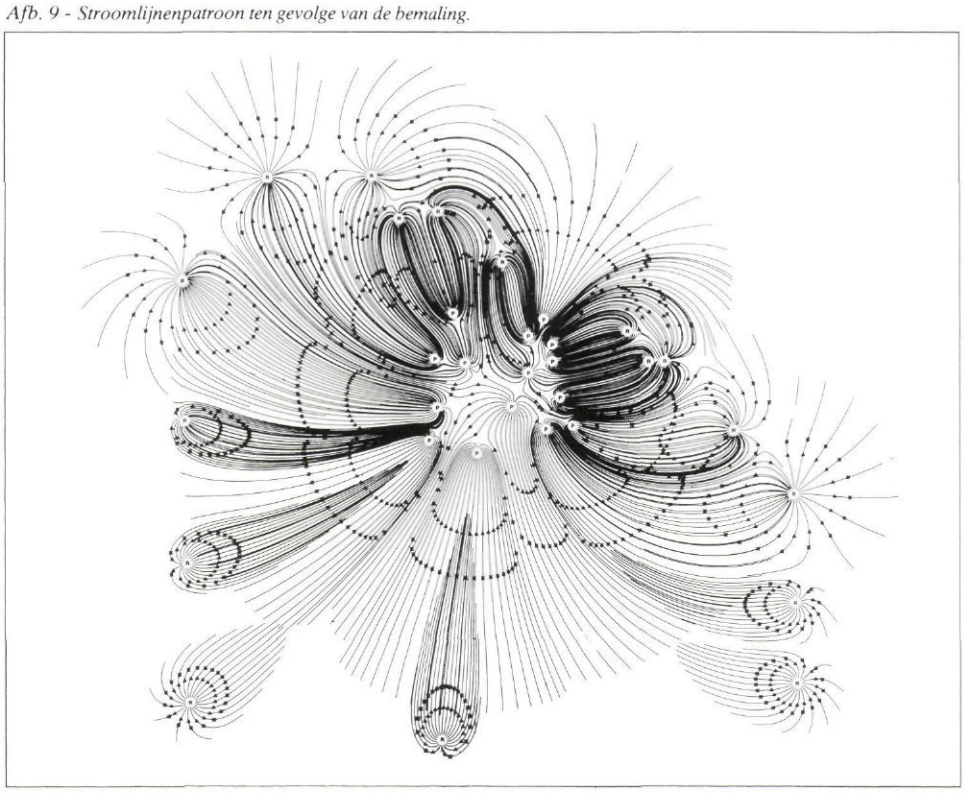
Vermindering bemalingsdebiet
Ter beperking van de bemalingsdebieten zijn nog enkele maatregelen getroffen.
Het effluentgemaal (diepste onderdeel van de zuivering) is gebouwd in een van damwanden en onderwaterbeton voorziene bouwput zoals beschreven bij het gemaal Naarden/Bussum. Voorts is voor het droogzetten van de diepste punten van de vier nabezinkingstanks, zijnde de slibzakken met slibafvoerleiding, een aanvullende vacuümbemaling toegepast.
De hoge grondwaterdrukken na het stopzetten van de bemaling maakten het noodzakelijk speciale aandacht te besteden aan het gevaar van het opdrijven van de onderdelen bij het droogzetten. Dit geldt vooral voor de beluchtingstanks, de nabezinkingstanks en het effluentgemaal. Bij alle overige onderdelen gaf het eigengewicht van de op sterkte en waterdichtheid gedimensioneerde constructie voldoende veiligheid tegen opdrijving.
Bij het effluentgemaal, dat in een bouwkuip met onderwaterbeton is gebouwd, zijn de trekpalen doorgevoerd tot in de constructie-



Afb. 8 - Leidingkoker.

vloer van het gemaal, waardoor de onderwatervloer met trekpalen een gewichtsonderdeel blijven van het gemaal.
De wapening in de trekpalen is daarop aangepast.
De vloeren van de nabezinkingstanks zijn zogenaamde gewichtsvloeren en hebben een van buiten naar het midden verlopende dikte van 0,25 m tot 1,30 m.
De twee beluchtingstanks bestaan elk uit drie afsluitbare compartimenten. Op basis van kosten- en bedrijftechnische overwegingen is gekozen voor gedeeltelijk droogzetten van de compartimenten, dat wil zeggen, als het middelste compartiment geheel gevuld blijft, kunnen de buitenste twee drooggezet worden en omgekeerd als de middelste drooggezet moet worden, moeten de buitenste gevuld blijven.
Omdat vanwege de enorme kwel het droogzetten van onderdelen en dergelijke hier niet eenvoudig is, is dit gegeven een belangrijk argument geweest om de vele leidingen tussen de indikkers, inclusief flotatie-indikkers en het bedrijfs/machinegebouw, alsmede tussen de slibgistingstanks en dit gebouw, in beloopbare gewapendbetonnen kokers aan te brengen (afb. 8).

Afb. 9 - Stroomlijnenpatroon ten gevolge van de bemaling.



Besluit

Resumerend kan worden gezegd, dat in het kader van de realisatie van het gehele rioolwaterzuiveringsproject Horstermeer bijzonder veel aandacht is besteed aan alle mogelijke milieuaspecten. Een goed overleg met alle belanghebbenden is hierbij onontbeerlijk.

● ● ●

• *end of page 193*

H_2O (19) 1986, nr. 10; 211
U.D.C. 628.32 (492.622) : 712

L. A. J. VOETEN:

Adaption to the landscape

In 1976 the waste water treatment authority appointed Buro Maas to make a plan for the adaption to the landscape and the plantation of the sewage treatment plant Horstermeer.
From a number of alternatives it was decided to locate the plant in the north-eastern part of the Horstermeerpolder, close to the dike and adjoining the nature reserve of the wetlands of Ankeveen.
Using the original vegetation of the nature reserve as a background it was possible to mask the buildings of the plant visualy by means of plantation without too many changes in the relatively open Horstermeerpolder.
The shape of the terrain of the sewage treatment plant is arisen from the adjacent polderdike and rectangular parcel pattern of the meadow landscape. The design aims at a transition of the landscape plantation, with indegenous species along the border of the terrain, to a cultivated plantation in the most intensively used part of the terrain. By making various transitions the plantation of the terrain of the sewage treatment plant will be a potential place for a varied flora and fauna.

H_2O (19) 1986, nr. 10; 213
U.D.C. 556.182 (492.622)

E. G. M. PRINS and P. J. T. VERSTRAELEN:

Water management in the northern Vecht area

Present water management in the northern Vecht area is described with reference to existing supply and quality problems. Water shortages exist since last century and are due to the reclaiming of the Horstermeerpolder and groundwater extractions.
Water quality problems marked by an increasing eutrification, exist for some five decades and are caused by areabound wastewater discharges and excessive nutrient concentrations in water supplied from the river Vecht.
Watermanagement objectives are aimed at the maintenance and restoration of the original ecosystems by restoring the former physical and chemical composition of groundwater and surfacewater. Prior to decision making several management alternatives including ecological effects are developed.