

Kruising watertransportleiding met 't Gein ten behoeve van de nieuwe plassenwaterleiding

Inleiding

Een van de twee pijlers waar de Amsterdamse watervoorziening op rust, is de plassenwaterleiding.

De grondstof voor de plassenwaterleiding is voornamelijk het kwelwater uit de Bethunepolder, gelegen ten zuiden van de Loosdrechtse Plassen. Dit kwelwater wordt geleid naar de ten noorden van deze plassen gelegen Loenderveense plassen die volledig dienstbaar gemaakt zijn voor de drinkwatervoorziening.

In deze zgn. waterleidingplas vindt een



IR. C. HOOGENDOORN
De Ruiter Verenigde Bedrijven



ING. D. LICHT
Publieke Werken Amsterdam:
Bureau Grondmechanika



IR. J. T. VAN DER ZWAN
Gemeentewaterleidingen
Amsterdam

voorzuiivering plaats, terwijl de eindzuivering te Weesperkarspel gebeurt. Hiertoe is het gedeeltelijk uit de vorige eeuw stammende pompstation Weesperkarspel volledig vervangen door een nieuw drinkwaterstation.

De uiteindelijke capaciteit van de plassenwaterleiding is met behulp van toekomstige suppletie uit het Amsterdam-Rijnkanaal 60 miljoen m³ drinkwater per jaar.

De bestaande capaciteit was 22 miljoen m³ per jaar.

Tussen de voorzuivering bij de waterleidingplas en de eindzuivering te Weesperkarspel vindt het watertransport plaats door een dubbele ruwwaterleiding. Deze transportleidingen vervangen een minder bedrijfszekere gietijzeren leiding die zich voor een deel in de waterkering langs het Amsterdam-Rijnkanaal bevindt.

Bovendien moesten door de toekomstige kanaalverbreding en verdieping de bestaande zinkers in het Amsterdam-Rijnkanaal toch worden vervangen.

De transportleidingen

De twee Ø 1000 mm ruwwatertransportleidingen met een lengte van bijna twaalf

kilometer bestaan in hoofdzaak uit buizen van voorgespannen beton en, waar nodig, op een aantal plaatsen uit betonnen buizen met plaatstalen kern of stalen buizen.

Ze doorkruisen het gebied tussen de Loosdrechtse plassen en Zuid-Oost Amsterdam, een landelijk poldergebied met rustieke riviertjes, watergangen en slootjes. Daarnaast moesten ook enkele grotere wegen en een belangrijk scheepvaartkanaal gepasseerd worden. Het tracé van de leiding is aangegeven op afb. 1.

Ondanks de slechts twaalf kilometer die de transportleidingen moesten overbruggen bacht dit gebied vele technische problemen met zich mee, waar oplossingen voor gevonden moesten worden.

Dit was het geval met de kruising met het Amsterdam-Rijnkanaal, die werd uitgevoerd door een zinkerpakket neer te laten, bestaande uit twee hoogwaardige stalenleidingen van elk 1020 mm diameter en een HPE-kabelkoker van 200 mm. Het pakket had een lengte van 105 m' en werd ter plaatse samengesteld.

Daar was ook de kruising met de rivier de Vecht, waar de zinkers van elk 85 m' niet ter plaatse werden gekonstrueerd, maar op de bouwplaats aan het Amsterdam-Rijnkanaal, waarna de zinkers afzonderlijk naar de plaats van bestemming werden gevaren en daar werden afgezonken.

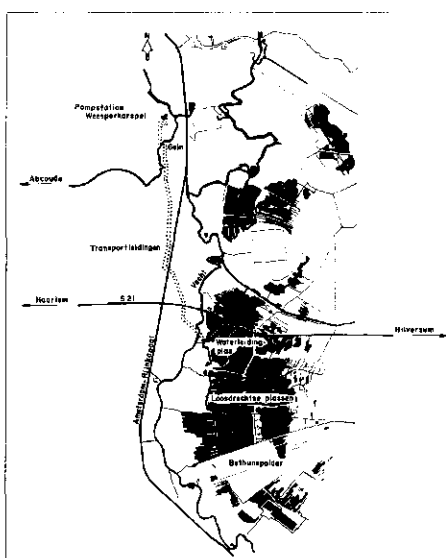
In belangrijke mate ook waren het bij de kruising met het landelijke riviertje 't Gein de technische problemen die hun invloed op het ontwerp deden gelden. De bijzondere problemen kenmerken hier de ongewone methode van uitvoering die gekozen is.

Vooronderzoek 't Gein

Situatie

Langs het gehele tracé van de transport-

Afb. 1 - Situatie van het leidingtracé.



leidingen werd grondonderzoek uitgevoerd en werd geadviseerd omtrent de toe te passen funderingswijze voor de leidingen en de zinkers.

Bij de kruising met het Gein was het van begin af aan duidelijk dat het leggen van een dubbele zinker bijzonder moeilijk zou zijn.

Uit de waterstaatkundige gegevens en het globale grondmechanische onderzoek was naar voren gekomen dat de bovengrond vrij slap was en de dijklichamen zo min mogelijk geroerd mochten worden.

De vaste zandlaag bevindt zich op NAP ÷ 7,0 m.

Het Gein zelf is een vrij ondiep riviertje met ter plaatse aan de westzijde een moerasachtig voorland en aan weerszijden twee smalle dijkjes die tevens als wegen dienst doen. Het was zeer bezwaarlijk deze twee dijkjes voor het verkeer af te sluiten. En niet in de laatste plaats was daar de natuur van Gein zelf, welke zo min mogelijk verstoord diende te worden.

Technische mogelijkheden

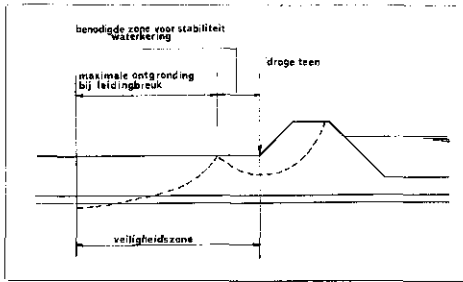
De gedachte aan een doorpersing was op deze manier snel geboren. De technische mogelijkheden van een zinkerlegging en de van het begin af aan aanwezig geachte mogelijkheden van een doorpersing die bovendien een bijzonder milieuvriendelijke oplossing zou zijn, betekenden dat voor het schetsontwerp gekozen werd voor een doorpersing. Eventuele alternatieve ontwerpen voor een zinkerlegging waren vooralsnog niet noodzakelijk.

Als mogelijkheden voor een doorpersing werden gezien:

1. Een doorpersing van grens veiligheidszone tot grens veiligheidszone, dus onder het Gein en de beide voor het verkeer bestemde dijkjes aan Oost- en Westzijde.
2. Een doorpersing vanuit een midden in het riviertje te maken perskuip naar west- en oostzijde tot de grenzen van de veiligheidszones.

NB: Onder veiligheidszone wordt verstaan de strook grond, gemeten uit de droge teen van de waterkering die in verband met de stabiliteit van de waterkering ongestoord moet blijven vermeerderd met de afstand vanaf de leiding zelf, die geroerd zou worden door eventuele lekkage (afb. 2).

Aan de sterkte van de leiding binnen de grenzen van de veiligheidszone werden hogere eisen gesteld dan daarbuiten. Vast stond ook dat beter tot buiten de veiligheidszones geperst moest worden om extra voorzieningen (zoals verstijvingen rond de buis) te ontlopen. Indien de eerstgenoemde oplossing werd gekozen zou de gehele lengte van ± 75



Afb. 2 - Veiligheidszone.

meter geperst moeten worden. De maximale persdruk zou ± 600 ton bedragen waartoe een zeer zwaar gekonstrueerde perskuip nodig was. Een geringe afwijking zou echter problemen gaan opleveren bij het passeren van de sparingen in de achter- en voorwanden van de kistdammen. Tevens was niet te voorspellen wat de verdichting van de grond door de eerste persing voor invloed zou hebben op de tweede persing. Mogelijk zou die verdichting nog hogere perskrachten teweeg brengen of een afwijking in de richting veroorzaken.

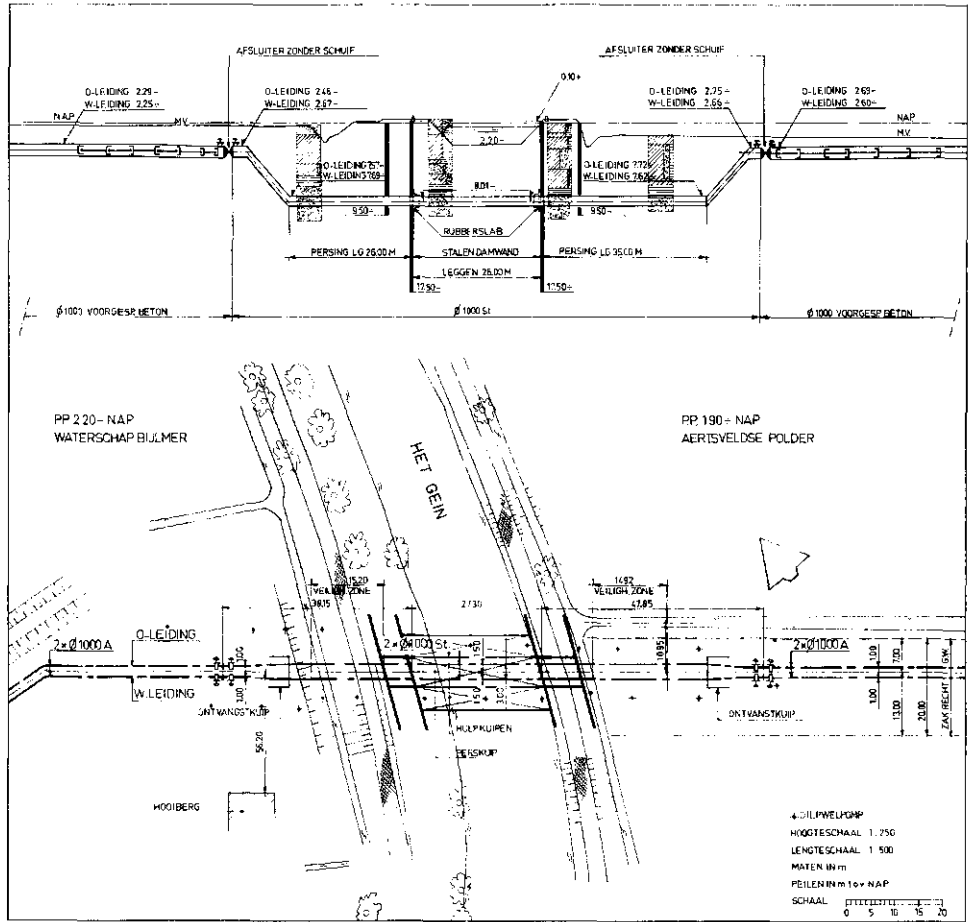
In verband met het aanbrengen van de vereiste afdichtingen in de kistdammen, de rubberen slabben, zouden in 't Gein hulpkuipen aangebracht moeten worden. Omdat het heiwerk met een zware (45 ton) dragline vanaf de kwetsbare dijken minder wenselijk was zou vanaf het water gewerkt moeten worden.

De bovengenoemde moeilijkheden werden aanzienlijk minder groot ten aanzien van de tweede oplossing.

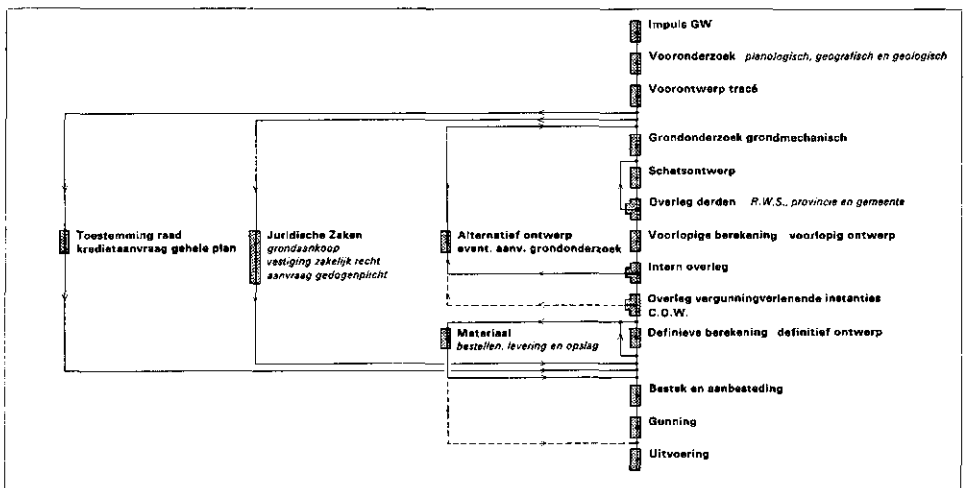
Besloten werd daarom een perskuip in het water te maken en vanuit deze kuip naar twee kanten te persen. De perslengten werden zodoende gereduceerd tot resp. 25 en 35 meter (zie afb. 3).

Schetsontwerp

Met het schetsontwerp waarbij werd uitgegaan van een doorpersing vanuit het midden was de basis aanwezig voor het voeren van overleg met Rijkswaterstaat, Provinciale Waterstaat, Gemeentelijke diensten, waterschappen en vooral ook het Centrum voor Onderzoek Waterkeringen. Dit en alle daaropvolgende overleg was naast het verkrijgen van de vergunning gericht op het regelen van de technische details, waarbij zoveel rekening gehouden werd met de belangen van een ieder (afb. 4). De vergunningverlenende instantie de Provinciale Waterstaat van Noord-Holland verlangde dat het ontwerp, de sterkteberekeningen en de uitvoering van deze leidingkruising met het Gein en zijn waterkeringen werden uitgevoerd conform de richtlijnen van de Pijpleidingkode 1974 uitgegeven door de Provinciale Waterstaat



Afb. 3 - Situatie van de kruising met het Gein.



Afb. 4 - Stroomschema van het gehele ontwerp.

van Zuid-Holland. Het grondonderzoek, het grondmechanische advies en de sterkteberekeningen werden uitgevoerd door het Bureau Grondmechanica van de dienst Publieke Werken te Amsterdam.

Grondmechanisch advies en sterkteberekeningen

Geologische beschrijving

De sedimenten, waaruit de gronden in dit gebied zijn opgebouwd, zijn van verschil-

lende ouderdom en herkomst. In deze lagen zijn te onderscheiden de volgende geologische tijdvakken:

1. Pleistoceen

Verreweg het grootste deel van de pleistocene afzettingen in dit gebied bestaat uit een dekzandformatie uit het laatste deel van het pleistoceen, het Weichselien. Dit dekzand, behorend tot de formatie van Twente, is een eolische afzetting bestaand

uit fijn zand en heeft een zwak golvend reliëf met talrijke oost-west verlopende ruggen.

Deze laag werd afgezet gedurende de laatste ijstijd, toen hier een toendraklimaat heerste. De bovenste begrenzing van deze formatie bevindt zich t.p.v. het Gein op ca. NAP \div 7,0 à \div 7,5 m.

2. Het Holoceen

Na de laatste ijstijd, het Weichselien, steeg de temperatuur geleidelijk, waardoor grote hoeveelheden ijs smolten en de zeespiegel langzaam rees. Door deze rijzing steeg in het achterland ook de grondwater-spiegel. Er ontstonden moerassen en zoetwatermeren waarin veenvorming plaatsvond. De aldus gevormde veenlaag vinden we in grote delen van West-Nederland terug als het basisveen.

Door de steeds verder rijzende zeespiegel en als gevolg daarvan het verdere binnendringen van de zee werd het basisveen in het westen van Noord- en Zuid-Nederland overstromd. De daar door de zee afgezette lagen worden de afzettingen van Calais of oude zeeklei genoemd.

Het gebied van de leidingkruising met het Gein is juist buiten deze latere mariene invloeden gebleven, zodat de veenvorming daar ongestoord kon verlopen tot het gebied in ontginning werd genomen. In het stroomgebied van het Gein, dat deel uitmaakt van het stroomgebied van Vecht en Rijn, werden bovendien door de sterk meanderende riviertjes stroomruggen van zand en klei afgezet. Bij zeer grote rivierwaterafvoeren traden deze stromen regelmatig buiten hun oevers, zodat soms over grote oppervlakten pakketten rivierklei en verslagen veen werden afgezet. Deze rivieren konden zich vaak diep in de weinig weerstand biedende bodem insnijden, zodat grote hoeveelheden veen en soms zelfs delen van de pleistocene zandlaag werden geërodeerd.

Grondmechanische beschrijving

Uit de beschikbare gegevens, verkregen uit boringen en sonderingen blijkt, dat de keuze van het buisasniveau van de leidingkruising van groot belang is voor de funderingskeuze, de vervorming van de buis en de spanningen die hierbij optreden en de uitvoeringswijze.

1. Hoog aanlegniveau (ca. NAP \div 3,0 à \div 4,9 m)

Bij een keuze van bovengenoemd aanlegniveau ligt de leiding in een matig slappe kleilaag met zand en veenlaagjes. De gemeten conusweerstand op dit niveau bedragen gemiddeld ca. 0,5 N/mm²

(5 kgf/cm²); het volumegewicht van deze klei bedraagt gemiddeld ca. 15 kN/m³ (1,5 t/m³).

Gezien het geringe draagvermogen dat aan deze laag kan worden ontleend, de grote zettingsverschillen op buis-ASNiveau waardoor een te hoog spanningsniveau in de buis optreedt, zal een paalfundering over de gehele lengte noodzakelijk zijn. De inheidipte van deze palen zal ongeveer NAP \div 10,0 m bedragen.

Bij een keuze van dit aanlegniveau zal uitvoering in open bouwput de meest geschikte werkwijze zijn.

2. Diep aanlegniveau (ca. NAP \div 8,0 m)

Op een diepte van ca. NAP \div 8,0 m vinden we over de gehele lengte van de kruising met het Gein de vaste pleistocene zandlaag. De gemeten conusweerstand op dit niveau bedragen gemiddeld ca. 10 N/mm² (100 kgf/cm²). Het draagvermogen van deze zandlaag is ruim voldoende voor een fundering op staal. Op dit niveau treden geen zettingen op; slechts uitvoeringszettingen zouden in rekening gebracht dienen te worden. De zettingsverschillen zullen door homogeniteit van deze laag zeer gering zijn, waardoor een relatief laag spanningsniveau in de buis zal optreden. Bij dit aanlegniveau is een doorpersing de meest geschikte uitvoeringswijze; bovendien behoeven geen uitvoeringszettingen tengevolge van de doorpersingen in rekening te worden gebracht. Ter plaatse van de opgaande einden zal, teneinde de vervorming van de buis en het hierbij optredende spanningsniveau te beperken, een grondverbetering moeten worden toegepast om de zettingen te verkleinen of een paalfundering moeten worden ontworpen.

Bepaling grondmechanische invoer

De sterkteberekeningen van de stalen buis werden uitgevoerd met het computerprogramma Belipo. De voor deze berekeningen benodigde grondmechanische factoren zijn:

- Beddingskonstanten.
- Zetting van de grond op buisasniveau.
- Wrijving.
- Evenwichtsdraagvermogen.
- Passieve en neutrale gronddruk.
- Horizontale steundruk.

Aan de hand van de resultaten van het laboratorium-onderzoek konden deze waarden worden bepaald.

Gezien de moeilijkheid de beddingskonstanten op buisniveau te bepalen en gezien de grote invloed van de uitvoeringswijze van de leidingkruising op de zetting van de grond op buisniveau worden deze beide parameters hieronder apart behandeld.

a. de beddingskonstanten

Voor de bepaling van de beddingskonstante wordt over het algemeen een plaatdrukproef uitgevoerd. Hierbij wordt een cirkelvormige plaat de grond ingedrukt en wordt de bovenbelasting bepaald die nodig is voor een verplaatsing van 10 mm.

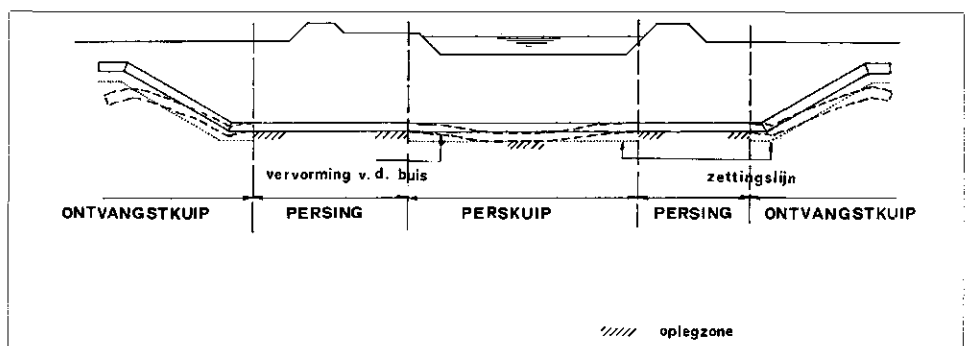
Deze proef is bij uitstek geschikt voor het bepalen van de beddingskonstante aan het maaiveld, bijv. voor kraanbanen, maar is ongeschikt voor uitvoering op grote diepten (hier ca. 9 meter onder maaiveld) waar men bijv. op de bodem van een boorgat zou moeten werken.

Hierbij verandert men echter de spannings-toestand van de grond onder de buis, terwijl men ook geen inzicht heeft in de afwerking van de bodem van het boorgat waarop de plaatdrukproef moet worden uitgevoerd.

Daarom is gekozen voor het bepalen van de elasticiteitsmodulus van dit zand in het triaxiaalapparaat waar de totale spannings-situatie zoals deze in de grond aanwezig is wordt nagebootst. Door middel van een gewijzigde triaxiaalproef is het mogelijk de elasticiteitsmodulus te bepalen. Deze is om te rekenen in de beddingskonstante zoals deze nodig is voor de invoer voor het computerprogramma.

b. de zetting van de grond op buisasniveau
Bij de keuze van een doorpersing vanuit het Gein onder beide waterkeringen door op een diepte waar zich de vaste zandlaag

Afb. 5 - Optredende zettingen en vervormingen.



bevond, zullen deze gedeelten zettingsvrij zijn. Ter plaatse van de perskuip en beide ontvangstuipen evenwel zal deze zandlaag geroerd en gedeeltelijk ontgraven en later aangevuld worden, waardoor hier wel zettingszones te verwachten zijn (afb. 5). De vergunningverlenende instantie schreef bij overgang van de geperste buis naar de gelegde buis — gezien de onzekerheden tijdens de uitvoering — een sprongzetting voor van 10 cm. Deze sprong in de zetting kan in bepaalde gevallen veel groter zijn dan de grondmechanisch berekende. De sprongzetting veroorzaakt, mede door de hoge bovenbelasting en relatief grote stijfheid van de buis t.o.v. de grond, bijzonder hoge oplegdrücken. Ten gevolge van deze krachten ontstaan vervormingen van de buisdoorsneden, die tot ontoelaatbare ringspanningen leiden. Deze spanningen kunnen slechts met behulp van verstijvingsringen rond de buis tot toelaatbare waarden verminderd worden. Deze hoge ringspanningen treden op in de oplegzones van de geperste buis nabij de perskuip, waar onmogelijk verstijvingsringen kunnen worden geplaatst. In het overleg dat hierna volgde tussen Gemeentewaterleidingen en de vergunningverlener is dit probleem gezamenlijk opgelost door stringente eisen te stellen aan de uitvoering, met name de verdichting van de geroerde grondslag en de controle daarop. Hierdoor is het namelijk mogelijk de vervorming van de buis in pers- en ontvangstuipen zodanig te beperken, dat de optredende ringspanningen de toelaatbare niet overschrijden. Bovendien werd vastgesteld, teneinde de vervormingen van de opgaande einden te verminderen, een zand-aanvulling aan te brengen onder de opgaande buizen. Hiertoe werd besloten onder meer omdat de landstrekkingen van de leiding, die uitgevoerd werden in voorgespannen beton, op staal gefundeerd waren. De eisen waaraan de uitvoering van de verdichting van de geroerde grondslag en de controle daarop moesten voldoen, werden aan de hand van een uitgevoerde modelproef vastgesteld.

De modelproef

Gezien de bestaande ervaring met het verdichten van grond, werd besloten tot de volgende werkwijze:

- het zand dient te worden aangebracht in lagen van ca. 0,35 m dikte en vervolgens verdicht;
- het vochtgehalte waarbij deze verdichting plaatsvindt dient 12 - 14 % te bedragen (t.o.v. het droge gewicht);
- de proef dient te worden uitgevoerd op

hetzelfde zand, waarmee de aanvulling zal geschieden en verdicht met behulp van hetzelfde verdichtingsapparaat.

Uitvoering

Een zandlaag van 0,35 m dikte met een vochtgehalte van 12 - 14 % werd tweemaal verdicht, waarna op 3 plaatsen de dichtheid werd bepaald. Ditzelfde werd herhaald na driemaal en viermaal verdichten. Bovendien werden in het laboratorium van een drietal zandmonsters het minimum en het maximum poriënvolume bepaald teneinde de gevonden poriënvolumen hieraan te kunnen relateren (min.por.vol. = meest vaste pakking; max.por.vol. = meest losse pakking). Hiertoe werden de gevonden absolute poriënvolumen omgerekend naar relatieve poriënvolumen, waarbij

$$n_{rel} = \frac{n_{situ} - n_{min}}{n_{max} - n_{min}} 100 \%$$

Voor het zand uit de perskuip op een diepte van circa NAP ÷ 8,0 m is.

n_{min} = minimum poriënvolume = 34,0 %
 n_{max} = maximum poriënvolume = 47,3 %
 zodat

$$n_{rel} = \frac{n_{situ} - 34,0}{47,3 - 34,0} 100 \%$$

Deze waarde gaf een duidelijk beeld omtrent de bereikte verdichting in relatie tot de maximale verdichting, zoals deze onder laboratoriumomstandigheden kon worden bereikt.

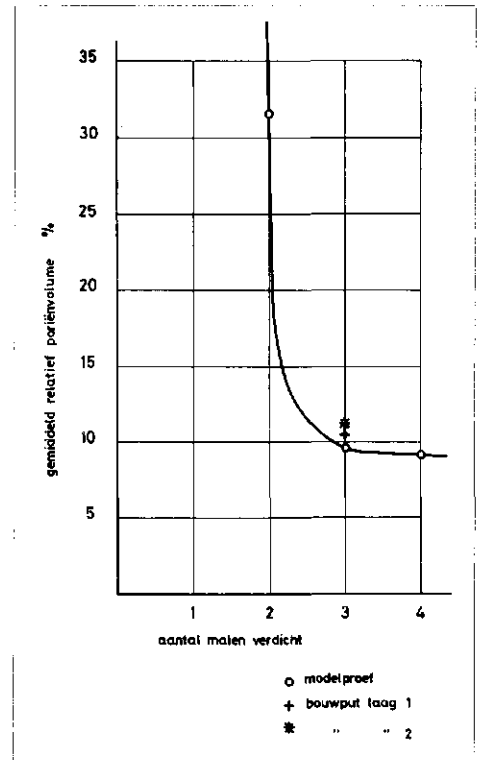
De resultaten zijn vermeld in afb. 6.

In het werk is de bereikte dichtheid van het zandpakket op zeven verschillende plaatsen per laag gecontroleerd. De aanvulling is in twee lagen aangebracht, zodat in totaal veertien controles op de bereikte verdichting hebben plaats gevonden.

In grafiekvorm is de gemiddeld per laag gevonden dichtheid ingetekend op afb. 7. Gezien de uitermate lage waarde van het relatief poriënvolume na driemaal verdichten kan gesteld worden dat onder de be-

Afb. 6 - De resultaten van de modelproef.

aantal verdichtingen	proef	poriënvolume n %	gemiddelde poriënvolume n %	gemiddelde relatief poriënvolume n _{rel} %
2	A ₁	38,82	38,18	31,58
	A ₂	37,83		
	A ₃	37,90		
3	B ₁	36,21	35,29	9,77
	B ₂	34,58		
	B ₃	35,07		
4	C ₁	35,21	35,22	9,17
	C ₂	35,35		
	C ₃	35,09		



Afb. 7 - Poriënvolumen modelproef en bouwput.

schreven omstandigheden de optimale verdichting is bereikt.

Indien in de bouwput onder bovengenoemde omstandigheden zou worden aangevuld, d.w.z. lagen van circa 0,35 m dikte met een vochtigheid van 12 % à 14 %, kon dit pakket effectief worden verdicht indien het verdichtingsapparaat overal driemaal passeert.

Behoudens de plaatsen waar de sluitlassen gemaakt moeten worden, kan de leiding in de bouwput onder deze omstandigheden als vrijwel zettingsvrij worden beschouwd.

De sterkteberekeningen

Alvorens de sterkteberekeningen uit te kunnen voeren moest worden vastgesteld welk leidinggedeelte moest worden doorgekend.

De lengte hiervan wordt namelijk mede bepaald door de veiligheidszones aan beide zijden buiten de waterkering. Buiten deze zones mag worden overgegaan op een ander buismateriaal (bijv. voorgespannen beton) en mag met hogere toelaatbare spanningen worden gerekend.

De toelaatbare spanningen voor het leidingdeel binnen de veiligheidszone worden verlaagd met een faktor, die afhankelijk is van het gebruik, de bewoning en de belangrjkheid van het achterliggende polderland. De belangrjkheid van het water voor de scheepvaart speelde hierbij ook een rol. De toelaatbare spanningen konden tot maximaal 75 % gereduceerd worden.

Overzicht van de gemaakte sterkte-berekeningen

Het computerprogramma Belipo heeft niet de mogelijkheid om een berekening met en zonder inwendige druk in één berekeningsgang uit te voeren, evenmin als een berekening met hoge en lage waarden voor de wrijving en beddingskonstanten. Met het programma zijn, zoals overeengekomen in het vooroverleg met het Centrum voor Onderzoek Waterkeringen de volgende berekeningen gemaakt:

wrijving hoog

beddingskonstante hoog — inw. druk 10 ato
belastingssituatie a*
belastingssituatie b**

beddingskonstante laag — inw. druk 10 ato
belastingssituatie a
belastingssituatie b

wrijving laag

beddingskonstante hoog — inw. druk 10 ato
belastingssituatie a
belastingssituatie b

beddingskonstante laag — inw. druk 10 ato
belastingssituatie a
belastingssituatie b

* belastingssituatie a = inwendige druk + eigen gewicht + zettingen

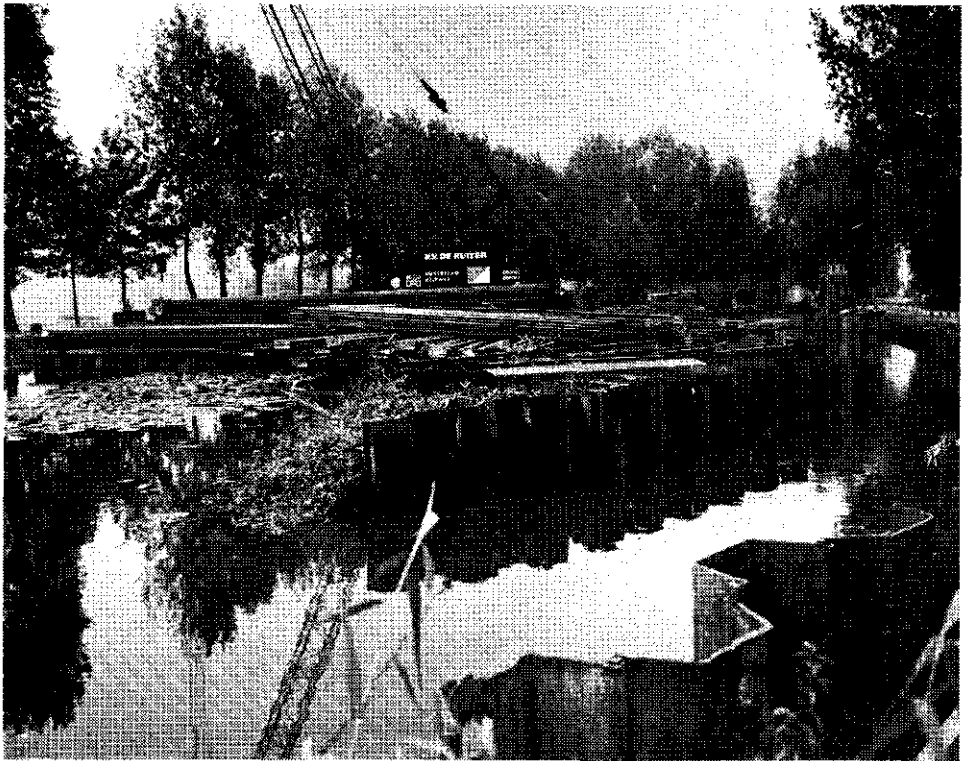
** belastingssituatie b = inwendige druk + eigen gewicht + temperatuur + zettingen

Vervolgens werd het maatgevende belastinggeval nogmaals doorgerekend met een inwendige druk = 0 ato voor belastingssituatie a en b.

De uitvoering

Met het grondmechanisch advies en de sterkteberekeningen waren de randvoorwaarden naast de voorwaarden van de vergunningverlener en voorwaarden en wensen van derden, bekend. Voor het definitieve ontwerp moest hiernaast ook gedacht worden aan de te nemen maatregelen die voor een zorgvuldige uitvoering nodig waren. Rekening houdend met de beschikbare tijd (25 weken) werd een tijdschema opgesteld.

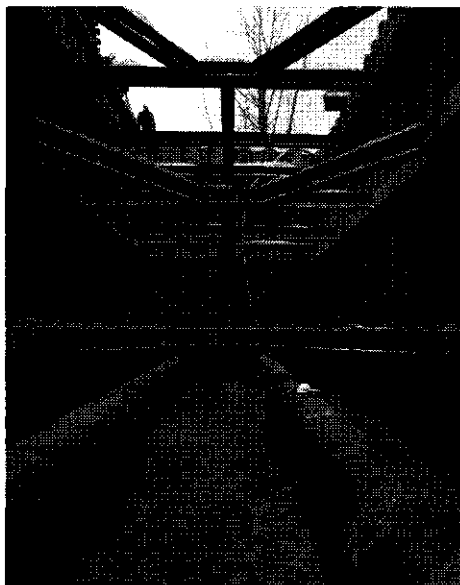
De te volgen werkzaamheden lagen nu vast. Aan de westzijde werd naast de weg de blijvende kistdam en aansluitend de perskuip met daarnaast gelegen hulpkuipen geheid. De hulpkuip diende aan de ene zijde als opslag voor de te verwerken materialen. Op de andere zijde was de dragline geplaatst. Nadat een hulpbrug gekonstrueerd was voor het verkeer op de oostzijde kon de kistdam in de oostelijke waterkering aangebracht worden. Omdat er een doorstroming van $2 \text{ m}^3/\text{sec.}$ in het Gein gewaarborgd moest blijven, werd gebruik gemaakt van de kistdam aan de westzijde. Deze werd tussen de voor- en achterwand tot $1,50 \div \text{NAP}$ ontgraven en voorzien van een uitstroombroef. Tevens kon nu de



Afb. 8 - Werkterrein met omloop.

kleine scheepvaart van deze doorgang gebruik maken (afb. 8). In de te ontgraven perskuip tot $\text{NAP} \div 9,5 \text{ m}$ werden stempelramen aangebracht op $\text{NAP} \div 1,5, 4,0$ en $6,7 \text{ m}$. Bij de plaatsing van de stempels werd er rekening mee gehouden, dat stalen buizen $\text{Ø} 1000$ met lengten van $\pm 11,0 \text{ m}$, zonder te steken, naar beneden gebracht konden worden. Daardoor moesten enkele stempels door schoren vervangen worden (afb. 9). Nadat de persvloer en de persinstallatie gesteld was, werd eerst naar oostelijke

Afb. 9 - De bouwkuip.

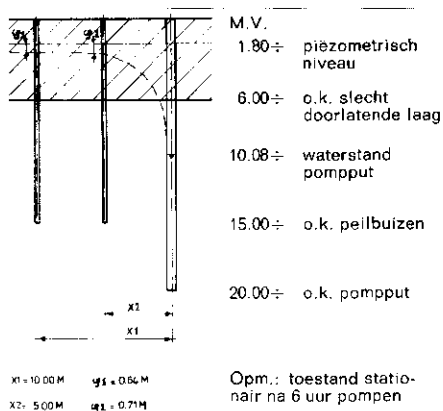


daarna naar westelijke richting geperst. De maximale drukkracht is $\pm 300 \text{ ton}$ geweest.

De persing van de buis werd uitgevoerd in continue dienst, met twee persploegen en een lasploeg. Zo gauw de buis zover weggeperst was dat een volgende gesteld kon worden was de lasploeg aanwezig. Tevens werd op dat ogenblik de Röntgen Technische Dienst (RTD) gewaarschuwd voor de vereiste controle op de las. Het lassen van de buis moest met veel zorg gebeuren vanwege de hoge staalkwaliteit, nl. staal 60,7. Door de wanddikte, nl. 21,5 mm moesten ca. 40 laslagen gelegd worden. Door het lassen bleef de buis op de vereiste verhoogde temperatuur. Nadat de las klaar en afgekoeld was, werd de kwaliteit ervan door de RTD ultrasonoor onderzocht. Dit had het voordeel dat direct de kwaliteit van de gemaakte las bekend was. Na goedkeuring van de las werd de buis op een temperatuur van ca. $300 \text{ }^\circ\text{C}$ gebracht om met poly-ethyleenpoeder de bekleding aan te brengen. Daarna werd doorgedaan met het persen van de aangelaste buis.

De bemaling

Geplaatste peilfilters toonden aan dat een spanningsbemaling noodzakelijk was. Het spanningswater reikte tot $\text{NAP} + 2,5 \text{ m}$ terwijl de perskuip tot $\text{NAP} \div 9,5 \text{ m}$ ontgraven moest worden. Omdat er geen afsluitende lagen aanwezig waren, zou een oppersing van de bodem



Afb. 10 - Pompproef 'Het Gein'.

tijdens het ontgraven van de perskuip optreden. Een spanningsbemaling met onderwaterpompen moest daartoe aangebracht worden. Omdat van het gebied rondom het Gein weinig bekend was over het doorlaatvermogen van de bodem moest een pompproef uitgevoerd worden op de sterk watervoerende lagen. Aan de hand van die pompproef werd bepaald hoe zwaar de te installeren diepwelbemaling moest worden. Hiertoe werd een boorgat Ø 350 mm met een diepte van m.v. ÷ 20,0 m tot pompput ingericht met behulp van een pvc spleetfilter lang 5,0 m en een 15,0 m lange pvc-buis Ø 200 mm. Het filter werd over de onderste 10,0 m met filtergrond afgestort. In het filter werd een diepwelpomp van 80 m³/h geïnstalleerd, op afstanden van m.v. ÷ 13,0 - 15,0 m.

Na 6 uur pompen werd in de peilfilters geen verlaging meer waargenomen. De verlaging in de pompput zelf was m.v. ÷ 10,08 m (zie afb. 10).

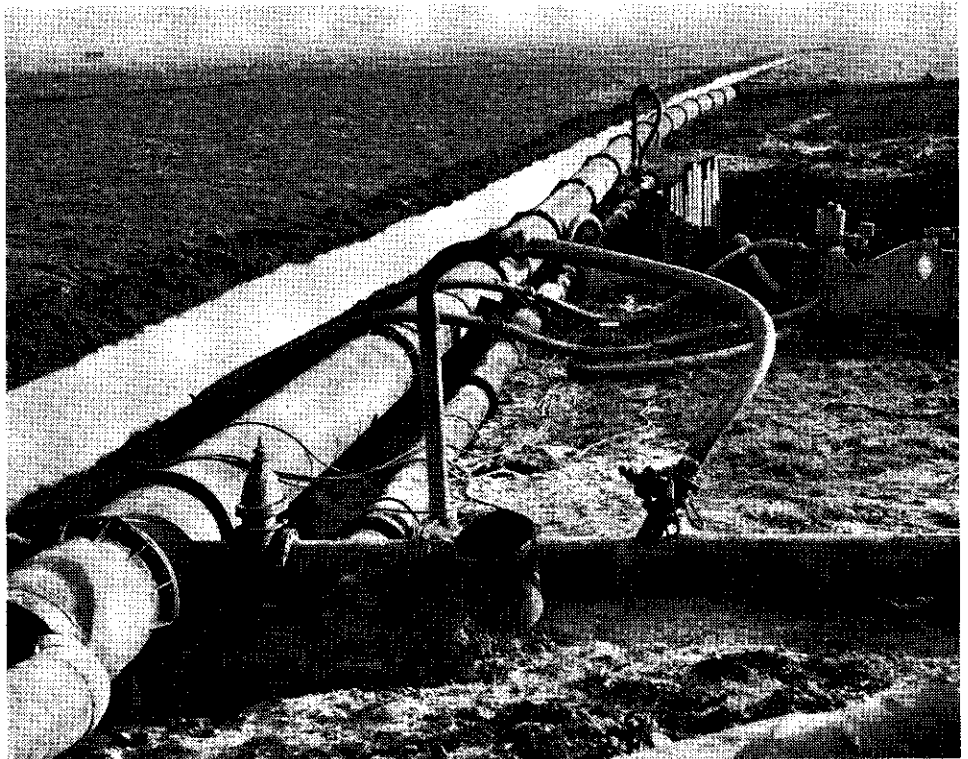
Met behulp van de twee peilfilters kon het doorlaatvermogen KH bepaald worden met de formule:

$$KH = \frac{Q (\ln x_2 - \ln x_1)}{2 \pi (\varphi_2 - \varphi_1)}$$

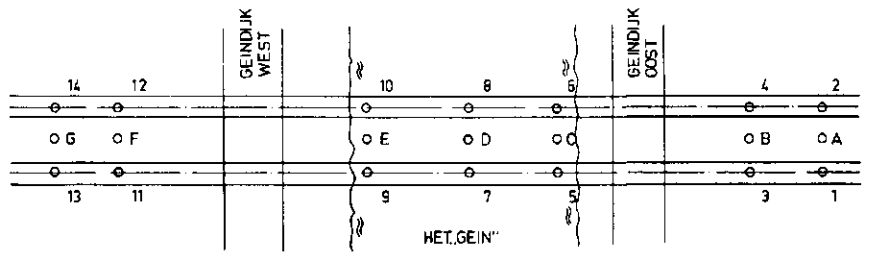
waarin:
 KH: het doorlaatvermogen van de grond (m/etm.);
 Q: de opbrengst van de put (m³/etm.);
 x: de afstand van het waarnemingsfilter tot de put (m);
 φ: de verlaging in het peilfilter (m).
 Het doorlaatvermogen bleek ca. 3000 m/etm. te bedragen.

Bij de gewenste verlaging van de grondwaterstand van 9,50 m betekende dit dat er ± 1.800 m³/uur afgepompt moest worden.

Totaal werden er over het gehele werk 23 stuks onderwaterpompen geïnstalleerd met elk een maximale capaciteit van 90 m³/uur. De voor de onderwaterpompen benodigde stroom kon door het GEB van



Afb. 11 - De persleiding ten behoeve van de diepwelbemaling.



Afb. 12 - Plaats van de zet- en zakbakens.

Amsterdam geleverd worden na ombouw van een nabijgelegen transformatorhuisje. De aansluiting was geschikt voor 400 Amp. De onderwaterpompen hingen in pvc-filters Ø 250 mm, welke reikten tot NAP ÷ 22,0 m. De filters waren geperforeerd van NAP ÷ 12,0- 20,0 m. Aanvankelijk was toestemming gegeven het bemalingswater te lozen op het Gein.

De samenstelling van het bemalingswater bleek echter voor het milieu van het Gein zeer schadelijk te zijn. De hoeveelheden ijzer en ammoniak waren gemiddeld 20 en 35 mg/l. Het chlooriongehalte bedroeg 1500 mg/l. Bovenstaande chemische verontreinigingen zouden het zuurstofgehalte zeer sterk reduceren, waardoor het water van het Gein te zeer belast zou worden gezien de grote totale hoeveelheid te lozen water. Een retourbemaling was niet mogelijk vanwege het hoge ijzergehalte. Omdat zowel de inhoud van het Gein als de doorstroming naar het Amsterdam-Rijn-

kanaal te gering was, werd besloten een afvoerleiding naar het kanaal te leggen. Een gelukkige bijkomstigheid was dat de opvoerkapaciteit van de onderwaterpomp voldoende was om het water via de 1500 m lange persleiding Ø 700 weg te persen (afb. 11).

Zettingen en zakkingen

Na het aanbrengen van de opgaande einden in de ontvangstuipen en het sluitstuk in de perskuip werden zet- en zakbakens aangebracht in de grond en op de buis (afb. 12). Dankzij de genomen maatregelen tijdens het aanvullen t.w. het laagsgewijs aantillen volgens de beschreven modelproef, bleven de zettingen en zakkingen binnen aanvaardbare grenzen. Het grootste deel van de zettingen en zakkingen was het gevolg van het trekken van de stalen damwanden.

