
De V-polder[®]

Het principe

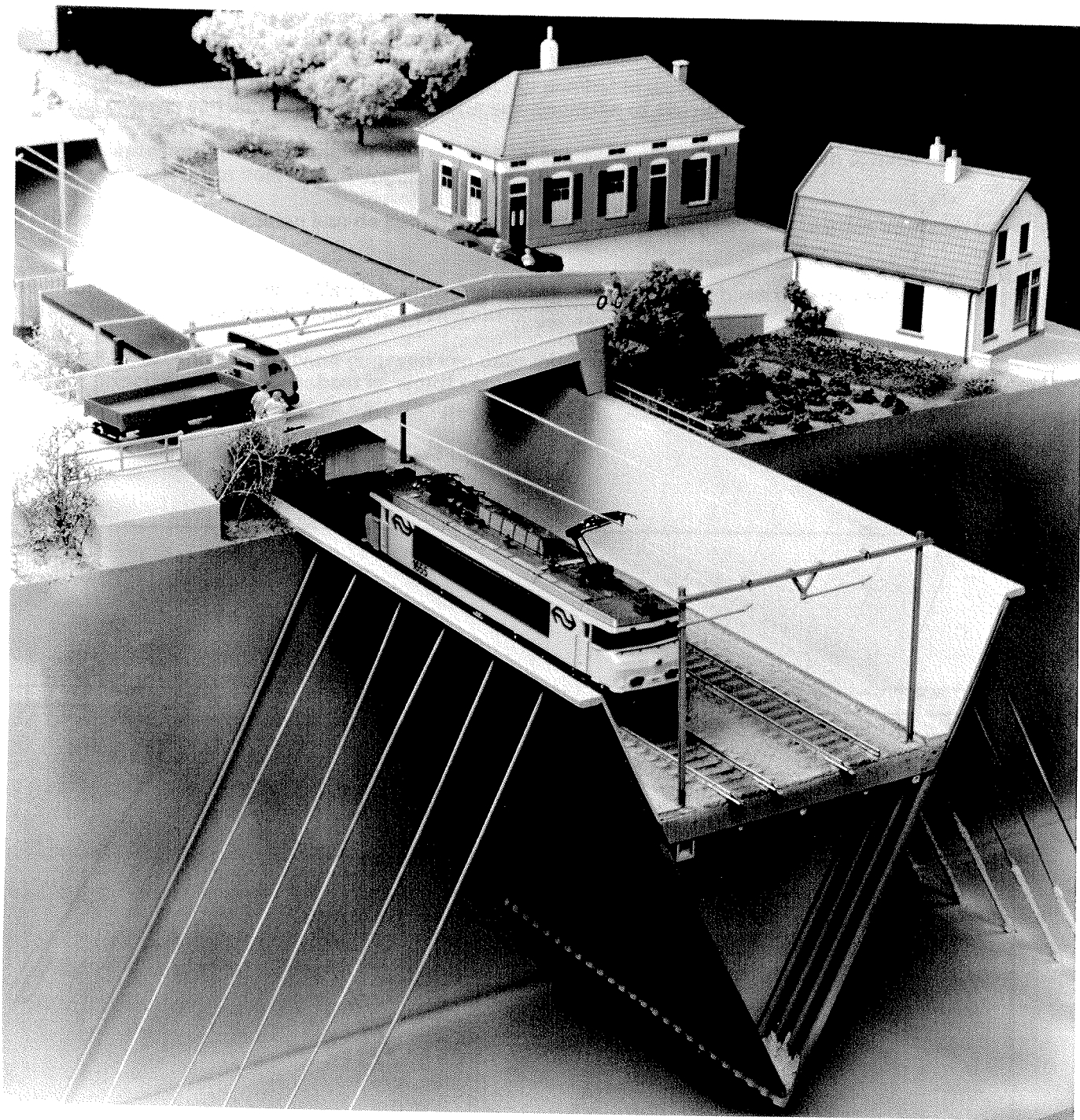
Van Hattum en Blankevoort
Van Splunder Funderingstechniek



Inhoud

Inleiding	5
Beschrijving van de V-polder	7
Voordelen van de V-polder	7
Vergelijking V-polder met andere oplossingen	8
Uitgangspunten van het ontwerp	9
Constructieve aspecten	9
Lekkage, neerslag, drainage en pompcapaciteit	10
Corrosieproblematiek	10
Kruisingen met (water)wegen	11
Aanvullende voorzieningen, geluidschermen en overkluizingen	11
Bouwschema	12
Heikbaarheid schuin geplaatste damwandplanken	13
Samenvatting, conclusies en aanbevelingen	14
Bijlagen:	
Damwand plaatsen	14
Ontgraven	17
Gereed voor gebruik	17
Dwarsdoorsnede	18
Maatvoering	19
Colofon	20





Inleiding

Nederlanders zijn vertrouwd met het idee dat een deel van het land bestaat uit polders die voor een groot deel zijn gelegen onder de zeespiegel.

De definitie van een polder is 'een door dijken afgesloten stuk land, waar de waterstand kunstmatig (door molens en/of gemalen) op een gewenst peil wordt gehouden'.

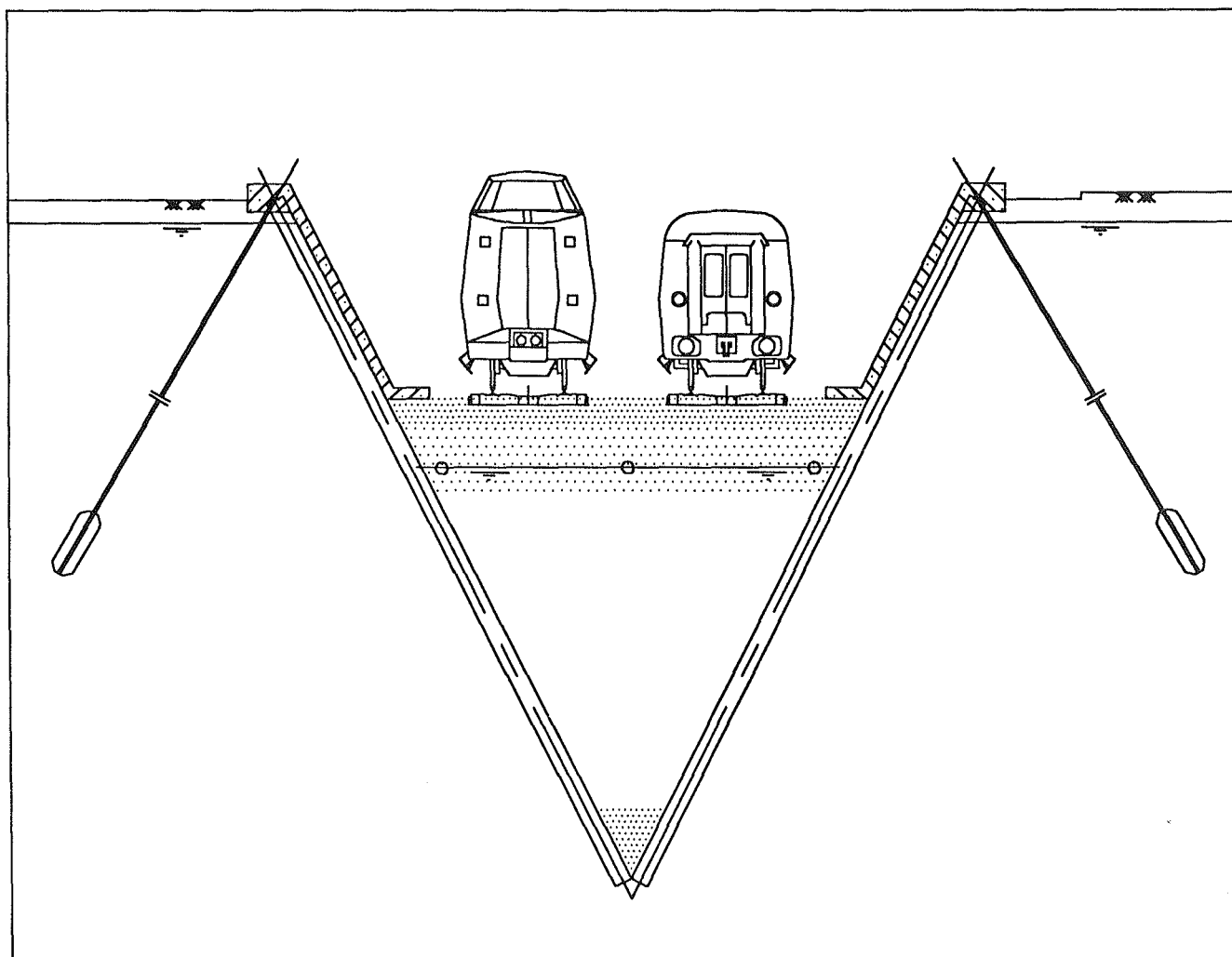
Het is dit oude Hollandse principe dat ten grondslag ligt aan het in dit rapport geïntroduceerde plan, namelijk het creëren van een smalle polder, waarin een spoorlijn of een autoweg kan worden aangelegd.

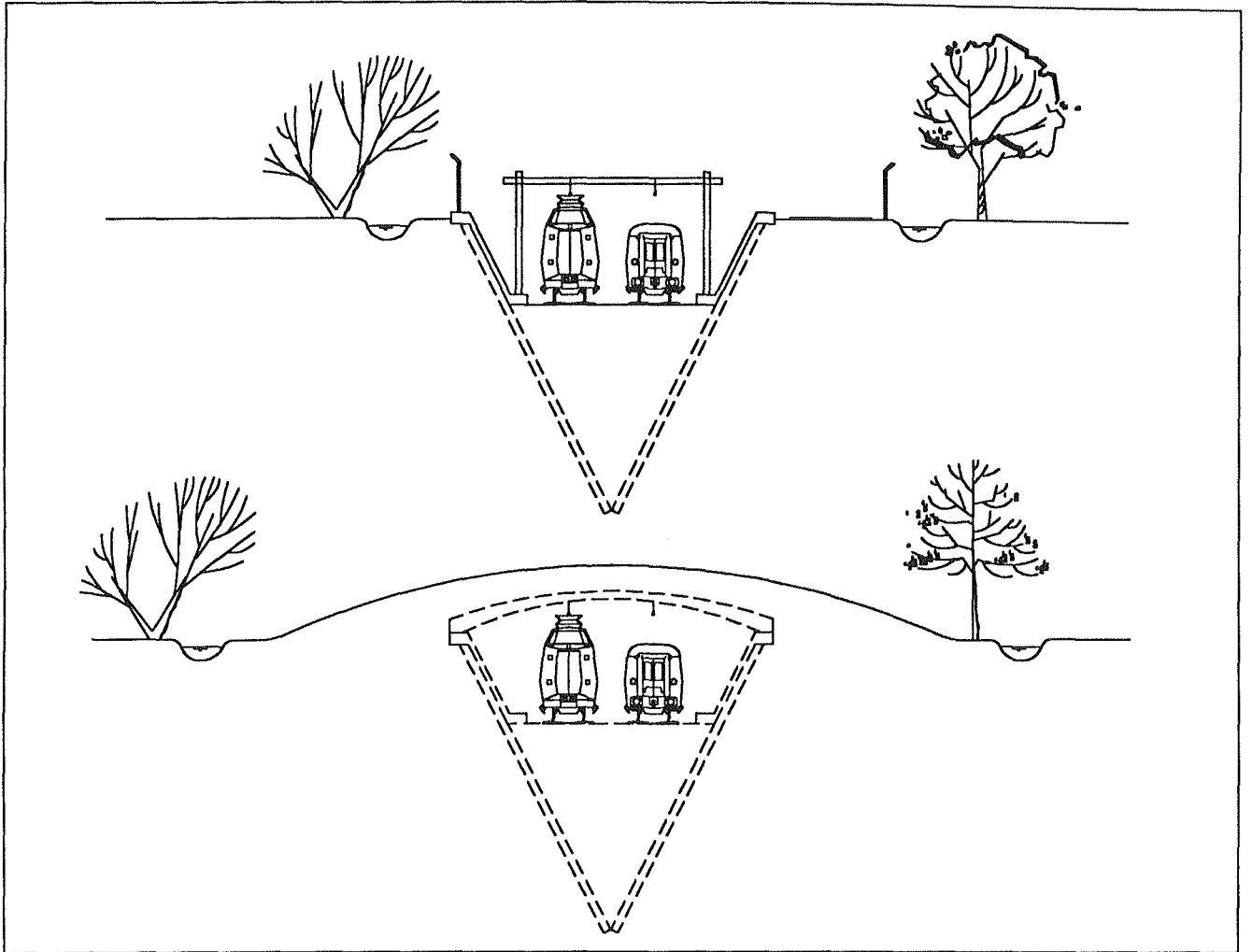
Door de verdiepte ligging van de (spoor)weg worden de bezwaren van geluidhinder en schade aan het landschap voor een groot deel ondervangen.

Voor relatief geringe meerkosten kan de polder - op plaatsen waar dit is gewenst - worden voorzien van een overkluizing.

Van Hattum en Blankevoort bv en Van Splunder Funderingstechniek bv hebben de V-polder ontwikkeld samen met andere concernmaatschappijen van Koninklijke Volker Stevin nv.

In dit rapport wordt een beschrijving gegeven van deze interessante en economische oplossing. Hoewel het principe overal toepasbaar is, wordt - om de gedachten te bepalen - in dit rapport uitgegaan van de mogelijke toepassing voor de Betuwe-lijn.





Beschrijving van de V-polder

Nadat aan weerszijden van het tracé een werkweg is aangelegd, worden achtereenvolgens twee damwandschermen in de grond gebracht. Het bijzondere van deze damwandschermen is dat deze niet verticaal maar onder een helling van 2:1 naar elkaar toe in de bodem worden getrild of geheid.

Indien ter plaatse van het snijpunt van de damwanden een waterdoorlatende grondlaag aanwezig is, wordt de ruimte tussen de twee damwandschermen geïnjecteerd met een waterremmende grout-injectie. Vanaf dat moment is de grondwaterstand in het gebied tussen de schermen volledig onafhankelijk geworden van de omgeving.

Door de schuine stand van de damwand is niet alleen veel minder bodeminjectie nodig dan bij verticale damwanden, ook de krachten op de damwandschermen zijn veel minder, waardoor met relatief lichte damwandprofielen kan worden volstaan.

Nadat de damwanden aan weerszijden zijn voorzien van een verankering in de vorm van trekpalen of trekankers kan worden gestart met de ontgraving. Vervolgens wordt in de polder 1,50 - 2,00 meter zand aangebracht (eventueel op een kunststof weefsel). In deze zandlaag worden de noodzakelijke drainage- en rioleringsvoorzieningen opgenomen. Afhankelijk van de kwaliteit van de ondergrond kan het noodzakelijk zijn tevens een grondverbetering, bijvoorbeeld in de vorm van zand- of grindpalen, aan te brengen.

Nadat het ballastbed is aangebracht, is de polder gereed voor het aanleggen van het spoor.

Indien gewenst worden de damwanden aan de ontgraven zijde voorzien van een (betonnen) beschermlaag.

Voordelen van de V-polder

Samengevat zijn de voordelen van de V-vormige polder:

- * Een snelle bouwmethode, waardoor de hinder voor de omgeving minimaal is.
- * Geen lange consolidatietijd van een dijklichaam (want er is geen dijklichaam).
- * Relatief eenvoudige passage van kruisend verkeer.
- * Relatief weinig ruimtebeslag.
- * De V-vorm is optisch vriendelijk voor de gebruiker (vooral bij wegen en onderdoorgangen).
- * Hoeveelheid (kostbare) bodeminjectie is minimaal.
- * Relatief lichte damwandprofielen door de helling en het aan de onderzijde op elkaar steunen van de damwandschermen.
- * Met relatief weinig meerkosten is de V-polder (eventueel in een later stadium) op plaatsen waar dit is gewenst te voorzien van een afdekking waardoor de milieu-overlast minimaal is.
- * Lagere bouwkosten dan traditionele verdiepte oplossingen (10 - 30% voordeliger).

Vergelijking V-polder met andere oplossingen

In de hierna volgende tabel zijn diverse liggingen van een spoorbaan kwalitatief met elkaar vergeleken.

Tabel 1						
<i>niveau</i>	<i>constructie</i>	<i>lawaai overlast</i>	<i>aantasting landschap</i>	<i>kruisingshinder</i>	<i>bouwkosten</i>	<i>bouwkosten risico</i>
hooggelegen	op viaduct	--	--	+	*	*
	op aardebaan	--	--	-	+	+
op maaiveld	op aardebaan	-	-	--	++	++
verdiepte ligging	zonder overkapping	*/-	*	*	*	+
	met overkapping	+	+	+	*	+
ondergronds	tunnel	+	++	++	--	--
++	= zeer goed	-	= slecht			
+	= goed	--	= zeer slecht			
*	= matig					

Uit de tabel blijkt duidelijk dat vanuit oogpunt van milieu de tunnel de minste en de hooggelegen oplossingen de meeste overlast geeft. De kosten van een tunnel zijn echter hoog. De verdiepte ligging blijkt een redelijk compromis.

In de tweede tabel zijn diverse varianten van verdiepte oplossingen met elkaar vergeleken.

Tabel 2					
<i>methode</i>	<i>constructie</i>	<i>geluidweerskaatsing</i>	<i>bouwruimte</i>	<i>bouwtijd</i>	<i>bouwkosten</i>
open bak	damwand, betonvloer, trekpalen	--	++	-	-
	betonwanden, betonvloer, trekpalen	--	++	--	--
polderprincipe	damwand met injectievloer	--	++	*	*
	diepwand met injectievloer	--	++	-	-
	folie met grondafdekking	-	-	+	++
	V-polder principe	-/*	+	+	+
++	= zeer goed	-	= slecht		
+	= goed	--	= zeer slecht		
*	= matig				



Uitgangspunten van het ontwerp

Bij het ontwerp zijn de volgende uitgangspunten gebruikt:

1) ten aanzien van het dwarsprofiel

- * het profiel van vrije ruimte volgens UIC Profiel GC, uitgave A, juli 1992
 - minimum hoogte dubbelsporige tunnels: 5460 + BS
 - minimum hoogte onder viaducten: 5700 + BS
 - hoogte zonder belemmering: 6000 + BS
- * ter weerszijden een inspectiepad
- * niveau bovenkant spoorrails 4,00 beneden maaiveld
- * helling damwand 2:1

2) ten aanzien van de belastingen

- * asbelastingen volgens VOSB 1963
- * bovenbelasting naast de polder $q = 10 \text{ kN/m}^2$
- * grondwaterstand buitenzijde maaiveld -0,50 m
- * grondwaterstand binnenzijde BS -1,70 m

3) ten aanzien van de bodemgesteldheid

- * voor dit rapport zijn drie significante sonderingen gebruikt, te weten:
 1. type Alblasserwaard: klei en veen op diepgelegen zandlaag.
 2. type Tiel: klei op ondiep gelegen zandlaag.
 3. type Arnhem: ondiep gelegen zandlaag.

Constructieve aspecten

Met de hiervoor genoemde uitgangspunten is een aantal damwandberekeningen gemaakt. Hierbij worden voor de drie genoemde locaties de buigende momenten in de damwanden en de ankerkrachten, zowel voor de schuine damwand van de V-polder als voor een traditionele verticale wand vergeleken.

Tabel 3		<i>Alblasser- waard</i>	<i>Tiel</i>	<i>Arnhem</i>
ontgraving		nat	nat	droog
maximaal ontgravingsniveau onder het maaiveld		-/- 9,00	-/- 7,00	-/- 5,00
verticale wand	buigend moment kNM/m	400	250	295
	ankerkracht kN/m	185	140	155
schuine wand	buigend moment kNM/m	265	190	175
	ankerkracht kN/m	125	105	95
verhouding	buigend moment	67%	76%	60%
schuin/verticaal	ankerkracht	68%	75%	62%

Uit de tabel blijkt dat de buigende momenten en de ankerkrachten bij de schuin geplaatste damwand ca. 25 à 40% lager zijn dan bij een traditionele damwand.

Bij de dimensionering van de damwand wordt in verband met eventueel optreden van corrosie voorlopig uitgegaan van een toelaatbare spanning van circa 67% van de normaal toelaatbare spanning.

Lekkage, neerslag, drainage en pompcapaciteit

Het waterbezwaar van de V-polder bestaat uit de volgende drie factoren:

- 1) lekkage door damwandsloten
- 2) lekkage door de groutinjectievoeg
- 3) regenwater

Globale berekeningen leiden tot het volgende water-bezwaar per strekkende meter polder:

*	lekkage damwandsloten	25	-	250	liter/etmaal
*	lekkage voeg	5	-	10	liter/etmaal
*	regenwater bij 100 mm neerslag/2x24 uur ¹⁾			750	liter/etmaal
Totaal maximaal				1.000	liter/etmaal

Bij een onderlinge afstand van de pompputten van bijvoorbeeld 500 meter moet dan voor een pompput gerekend worden op 500 m³/etmaal of circa 350 liter/minuut. Hiervoor is grofweg een vermogen van 0,5 kW benodigd.

1) Afhankelijk van de geaccepteerde grondwaterspiegel variatie kan deze waarde veel minder zijn (extreem is 800 mm/jaar)

Corrosieproblematiek

Staal is in principe gevoelig voor corrosie.

Uitgebreid onderzoek (onder andere voor de Stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg) heeft geleerd dat bij onbehandelde damwanden en/of stalen palen die zich in de grond en tevens onder de grondwaterspiegel bevinden geen of nagenoeg geen corrosie plaatsvindt.

In de grond boven de grondwaterspiegel treedt weliswaar enige corrosie op, maar het tempo van deze corrosie is zeer laag. Mits een goede conserverende laag wordt toegepast is corrosie van staal, dat in contact staat met de buitenlucht eveneens gering. In het algemeen wordt voor de veiligheid gerekend met corrosieverlies van enkele millimeters gedurende de levensduur van de constructie.

Een geheel ander fenomeen is het probleem zwerfstromen. Zwerfstromen kunnen optreden bij spoorbanen met gelijkstroomvoeding. Normaliter gaat de min-stroom via de rails naar het grondstation. Veelal is de afvoer van stroom via de rails echter niet perfect en vindt de stroom een gemakkelijkere weg via de ondergrond. Indien zich in de ondergrond een stalen voorwerp bevindt, zal de stroom zijn weg vinden via dit voorwerp. Op de plaats van het uittreden van de stroom vindt elektrolytische corrosie plaats. Dit verschijnsel heeft in het verleden bij spoorbanen op onverwachte plaatsen tot problemen geleid.

De kans dat zwerfstromen tot problemen zullen leiden bij de stalen damwanden van de V-polder is echter gering. De stalen damwanden zijn over de volle lengte volledig geaard en bovendien geleidend met elkaar verbonden. Een belangrijk gegeven is dat er thans zeer goede meetmethodes beschikbaar zijn om vast te stellen of er sprake is van zwerfstromen en dat er maatregelen kunnen worden getroffen om deze zwerfstromen te beteugelen. Het is dus een beheersbaar proces dat echter wel begeleid dient te worden door een ter zake kundig adviesbureau. Een levensduurbeschouwing van de stalen onderdelen zoals damwand en verankering waarin alle bovengenoemde aspecten aan de orde komen is noodzakelijk.

Overigens zijn er ook alternatieven voor de stalen damwand mogelijk, waarbij het corrosieprobleem niet bestaat. Genoemd worden bijvoorbeeld een verbuisde schroefboorpalenwand en een betonnen damwand met (jet)groutvoegen. Deze oplossingen zijn echter duurder. Bovendien is er minder goede ervaring mee. Nader onderzoek is nodig om vast te stellen of dergelijke alternatieven haalbaar zijn.



Kruisingen met (water)wegen

De wijze waarop de spoorweg wordt gekruist door (water)wegen is mede afhankelijk van de eisen van de beheerder van de betreffende (water)weg.

Voor de passage van wegen lijkt gezien de overspanning (16 tot 20 meter) een viaduct in de vorm van voorgespannen prefab balken de meest aangewezen weg. De bouwtijd van een viaduct inclusief het noodzakelijke grondwerk bedraagt minimaal 3 maanden.

Om de bouwtrein niet te verstoren is het beter de fundatie van het viaduct los te houden van de V-polder constructie.

Alleen bij landbouwwegen of wegen van ondergeschikt belang met voldoende alternatieve routes zal het aanvaardbaar zijn de weg voor zo'n periode buiten bedrijf te stellen. In alle andere gevallen zal het noodzakelijk zijn een omlegging met een tijdelijke overbrugging over de V-polder naast de toekomstige weg te creëren.

Het is uit oogpunt van efficiency van het bouwproces gewenst dat de bouwtrein zo min mogelijk wordt gestoord. Met een buiten gebruikstelling van de weg ten behoeve van de passage van de heistellingen en de verankeringsmachines gedurende bijvoorbeeld 2 x 12 uur in de nacht of in het weekeinde kan reeds een groot deel van de verstoring worden opgevangen.

Het aantal kruisingen van waterwegen kan sterk worden beperkt door de aanleg van watergangen evenwijdig aan de spoorweg. De meest eenvoudige kruising is een sifon over de (spoor)weg heen. Een duiker onder de (spoor)weg door is in principe ook mogelijk. Dit geeft echter waarschijnlijk meer verstoring van de bouwtrein.

Kruisingen met kabels en leidingen geven soortgelijke problemen.

Hierbij dient ook weer voldoende aandacht te worden gegeven aan maatregelen ter beheersing van het optreden van zwerfstromen.

Indien een vrije waterspiegel noodzakelijk is, moet worden gedacht aan een aquaduct. Bij een waterdiepte van bijvoorbeeld 2 meter zal de spoorbaan moeten worden verdiept tot 8 à 9 meter minus maaiveld.

Deze ontgravingsdiepte lijkt nog haalbaar met het V-polder principe met dien verstande dat de lengte en zwaarte van de damwand en de verankering hierop moeten worden aangepast.

Indien groter vaardieptes gewenst zijn zoals bijvoorbeeld bij het Amsterdam-Rijnkanaal moet worden overgegaan op traditionele tunnelconstructies.

Aanvullende voorzieningen, geluidschermen en overkluizingen

Het kan gewenst zijn naast de basis V-polder een aantal aanvullende voorzieningen te treffen.

Gedacht wordt bijvoorbeeld aan de aanleg van een dienstweg naast de V-polder, de aanleg van spoorloten en/of hekwerken. Mogelijk kan de V-polder of de dienstweg ook benut worden als plaats voor een leidingstraat of -koker ten behoeve van transportleidingen.

Afhankelijk van de locatie kan het gewenst zijn de V-polder te voorzien van geluidbeperkende bekleding, geluidschermen of zelfs van een complete overkluizing.

Een groot voordeel van het V-polder principe is dat deze geluidbeperkende maatregelen ook in een later stadium kunnen worden aangebracht. Dit in het geval dat de geluidoverlast achteraf toch te groot is dan wel dat door de aanleg van bijvoorbeeld een nieuwe woonwijk alsnog geluidmaatregelen noodzakelijk zijn geworden.

Verder is het mogelijk later twee natuurgebieden met elkaar te verbinden door de overkluizing te voorzien van een laag grond.

Bouwschema

Eén van de voordelen van de V-polder is dat de bouwtijd relatief kort is en dat derhalve de hinder voor de omgeving minimaal is.

Bij een V-polder is sprake van een repeterend werk, namelijk steeds dezelfde doorsnede over grote afstand.

Repeterende werken worden planningstechnisch anders aangepakt dan éénmalige projecten zoals bijvoorbeeld een gebouw of een autotunnel.

Een repeterend werk kan worden gezien als een lopende band waarbij de band stilstaat maar waarbij de productie-eenheden zich langs het project verplaatsen.

Voorbeelden van repeterende werken in de beton- en waterbouw zijn de Zeelandbrug, de Oosterschelde

Stormvloedkering, de Metrobouw en diverse grote kademuren in Rotterdam.

Bij repeterende werken zijn de volgende zaken van belang:

- 1) De definiëring van de activiteiten waaruit de produktietrein bestaat.
- 2) De produktiesnelheid van de langzaamste activiteit. Deze activiteit bepaalt de voortgangssnelheid van de bouwtrein. Er moet naar gestreefd worden dat de voortgang van de diverse activiteiten zoveel mogelijk gelijk is. Verschil in voortgangssnelheid geeft onherroepelijk wachttijden (filevorming).
- 3) De tijden tussen de diverse activiteiten op eenzelfde doorsnede.
Een kleine vertraging in een activiteit mag niet direct invloed hebben op de voortgang van de volgende activiteiten. Te korte tijd tussen twee activiteiten geeft onherroepelijk afstemmingsproblemen.

Bij het V-polder project kan de bouwtrein als volgt worden opgedeeld:

Tabel 4 <i>activiteit</i>	<i>productie snelheid</i>	<i>start volgende activiteit t.o.v. voorgaande activiteit</i>	<i>afstand tot de volgende activiteit</i>
werkweg	12,5 m/dag	5	62,5
heien damwand	12,5 m/dag	5	62,5
heien trekpalen	12,5 m/dag	5	62,5
betonsloof	12,5 m/dag	5	62,5
ontgraven	12,5 m/dag	5	62,5
grondaanvulling	12,5 m/dag	5	62,5
bemalen	12,5 m/dag	5	62,5
drainage	12,5 m/dag	5	62,5
verdichten	12,5 m/dag	5	62,5
ballastbed	12,5 m/dag	5	62,5
railbaan	12,5 m/dag	5	62,5
afwerking	P.M.		
Totaal	60	750,0	meter

Uitgaande van een bouwtijd voor de Betuwelijn van bijvoorbeeld minimaal 4 jaar ofwel circa 800 werkbare dagen blijven na aftrek van aanloop- en afbouwwerkzaamheden circa 600 werkbare dagen over voor de werkelijke productie.

Bij een voortgangssnelheid van 10 à 15 meter/dag (dit is 10 damwandplanken per dag) betekent dit dat met één bouwtrein $600 \times 12,5 = 7.500$ meter kan worden geproduceerd. Ervan uitgaande dat 75 km met deze bouwwijze wordt gerealiseerd betekent dit dat tegelijkertijd met 10 bouwtreinen moet worden gewerkt.



Heibaarheid schuin geplaatste damwandplanken

Het V-polder principe is gebaseerd op het inbrengen van damwandplanken onder een helling van 2:1 (60° ten opzichte van het horizontale vlak). Dit was echter, voor zover bekend, nog niet eerder uitgevoerd. Het heien van stalen palen onder dezelfde helling of zelfs nog flauwer (1:1; 45°) is wel een bekende techniek. Het is bovendien erg belangrijk te weten wat het gedrag is van een damwandplank, die onder zo'n helling wordt ingetrild.

De 'heitolerantie' van verticaal ingetrilde planken is uit ervaring bekend. Uit praktijkonderzoek is thans gebleken, dat de plaatsingsnauwkeurigheid van schuin ingetrilde damwandplanken niet afwijkt van die van verticaal ingetrilde damwandschermen.

Gegevens van het onderzoek

Datum:	Tussen 5 en 19 april 1993
Plaats:	Bouwplaats stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg
Heistelling:	Hitachi KH 300 GLS van Van Splunder Funderingstechniek
Triblok:	Hoogfrequente vibrator, type ICE 420
Meetsysteem:	Inclinometer in meetbuis, zodat op ieder punt van de damwandplank de helling kan worden gemeten
Damwandplanken:	Hoesch 155 (circa 16 meter lang) Arbed AZ 18 (circa 15 meter lang)
Bodemgesteldheid:	Opgebrachte zandlaag van NAP +3,50 meter tot NAP -4,50 meter Daaronder tot NAP -11,50 meter voornamelijk klei, zwak zandig

Tabel 5
Plaatsingsnauwkeurigheid

<i>damwand- plank nummer</i>	<i>damwand type</i>	<i>afwijking teen cm</i>	<i>inbrengtijd minuten</i>
3	Hoesch 155	10	10
4	Arbed AZ 18	20	15

Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

De in dit rapport beschreven V-polder vormt een interessante oplossing voor verdiepte (spoor)wegen, onder andere op plaatsen waar een waterdichte laag ontbreekt.

Ten opzichte van andere verdiepte oplossingen heeft de V-polder als voordeel de snelle bouwwijze en de relatief lage kostprijs.

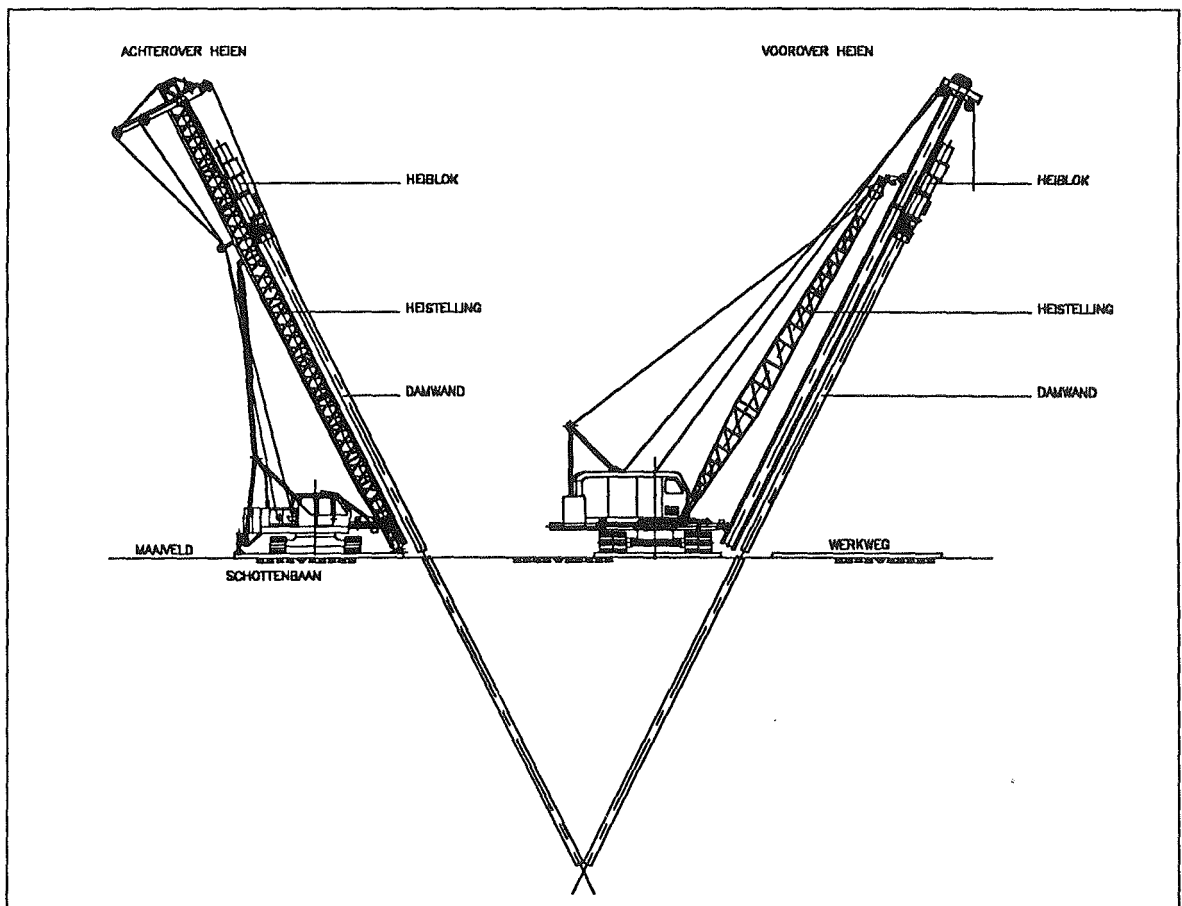
Corrosie van stalen damwand onder meer als gevolg van zwerfstromen behoeft geen probleem te zijn, mits de juiste maatregelen worden genomen.

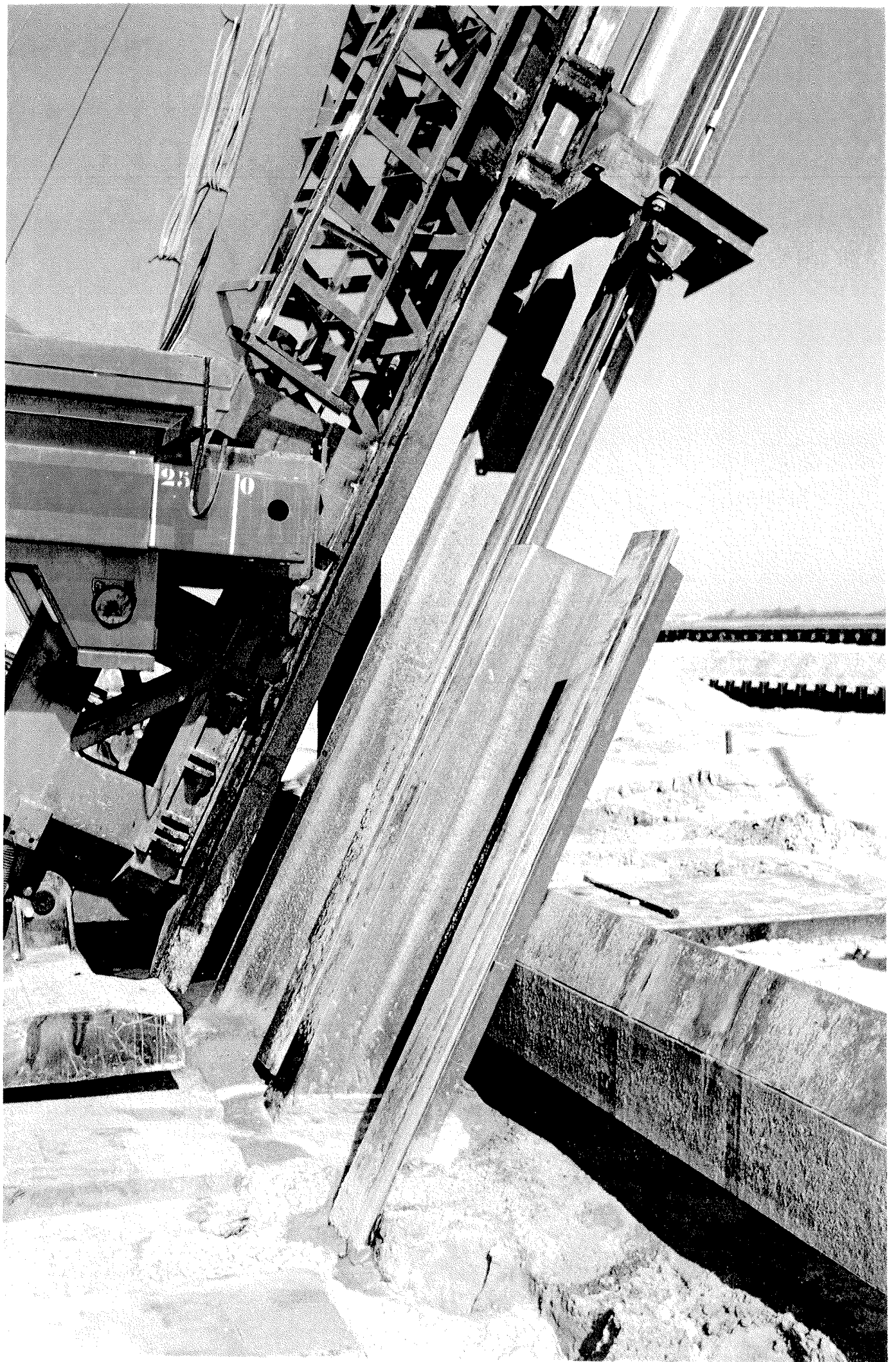
De pompcapaciteit die nodig is om regenwater weg te pompen is ruimschoots voldoende om ook eventueel lekwater door de damwandconstructie te verwijderen.

Nader onderzoek naar de volgende onderwerpen lijkt zinvol:

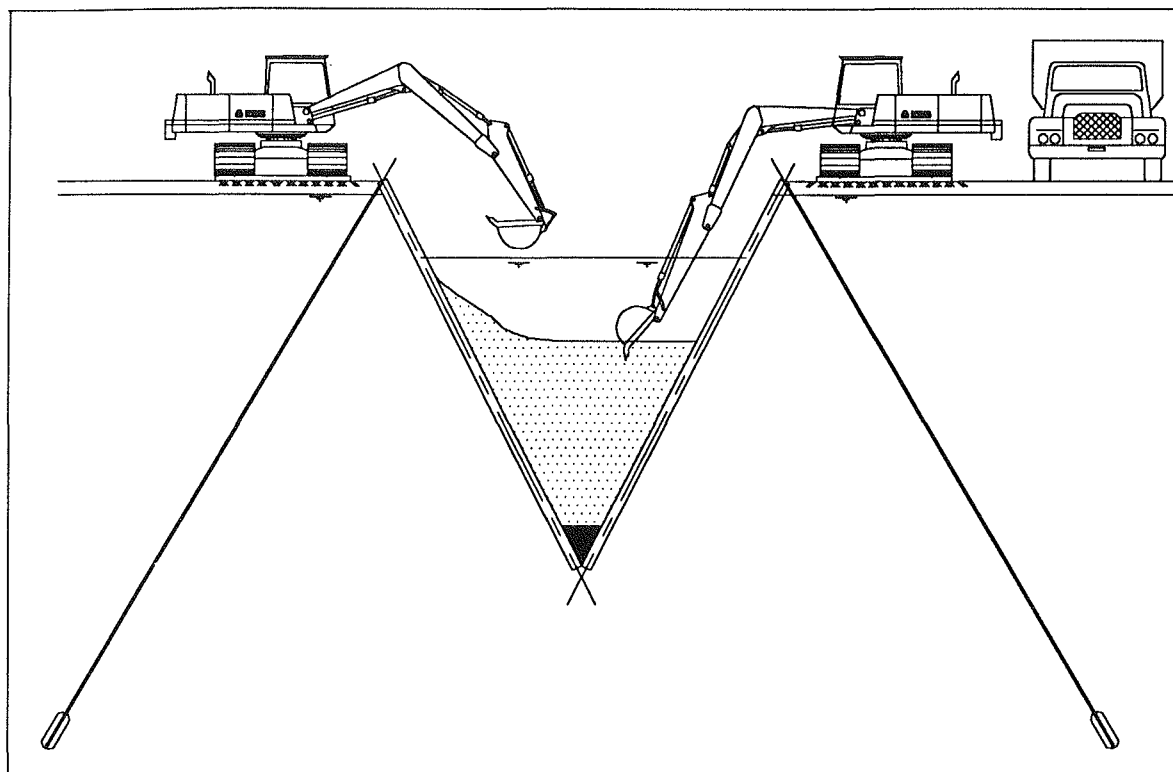
- * Omdat bij het V-polder concept gebruik wordt gemaakt van bestaande technieken is dit principe op korte termijn toepasbaar, bijvoorbeeld in een proefproject.
- * Aan de hand van zo'n proefproject kan nader worden bekeken of de V-polder mogelijk een oplossing vormt voor lange tracés, zoals de Betuwe-lijn en de HSL.

Damwand plaatsen

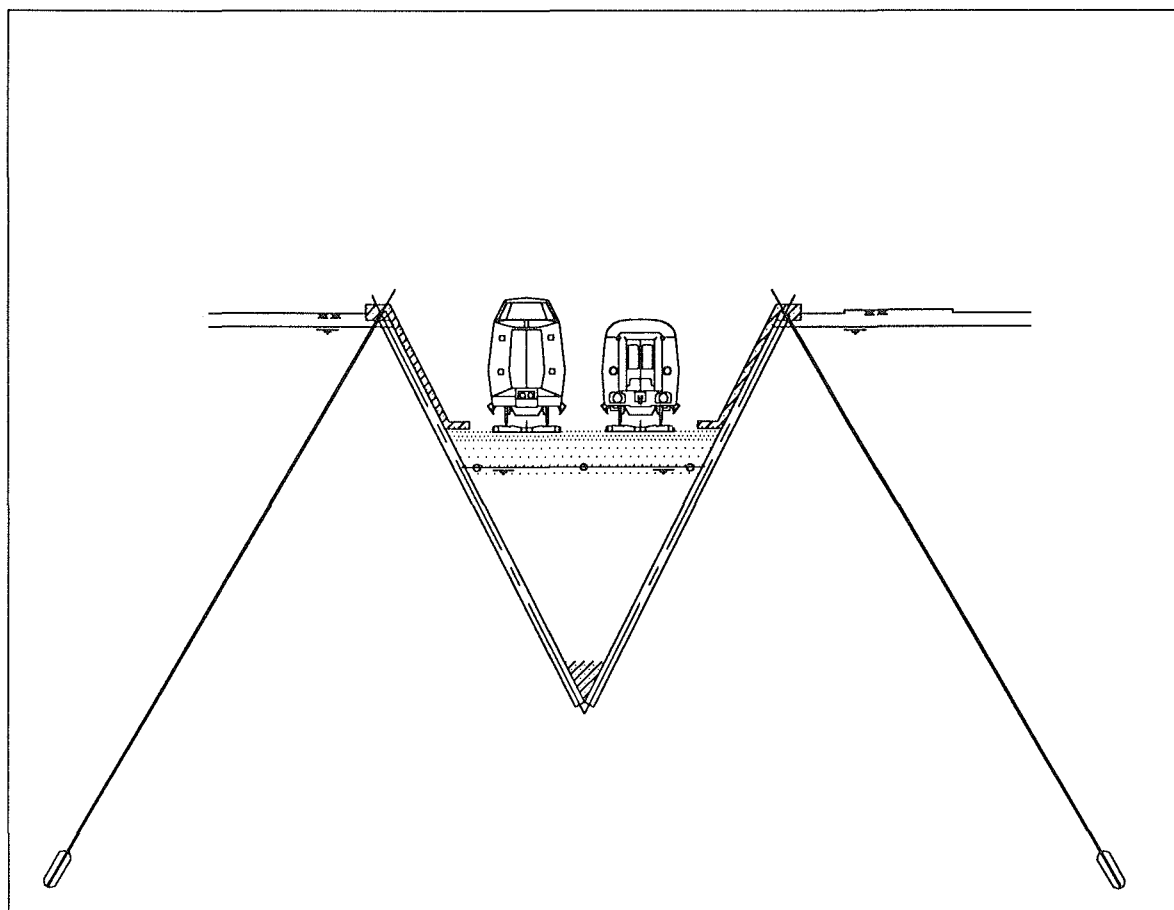




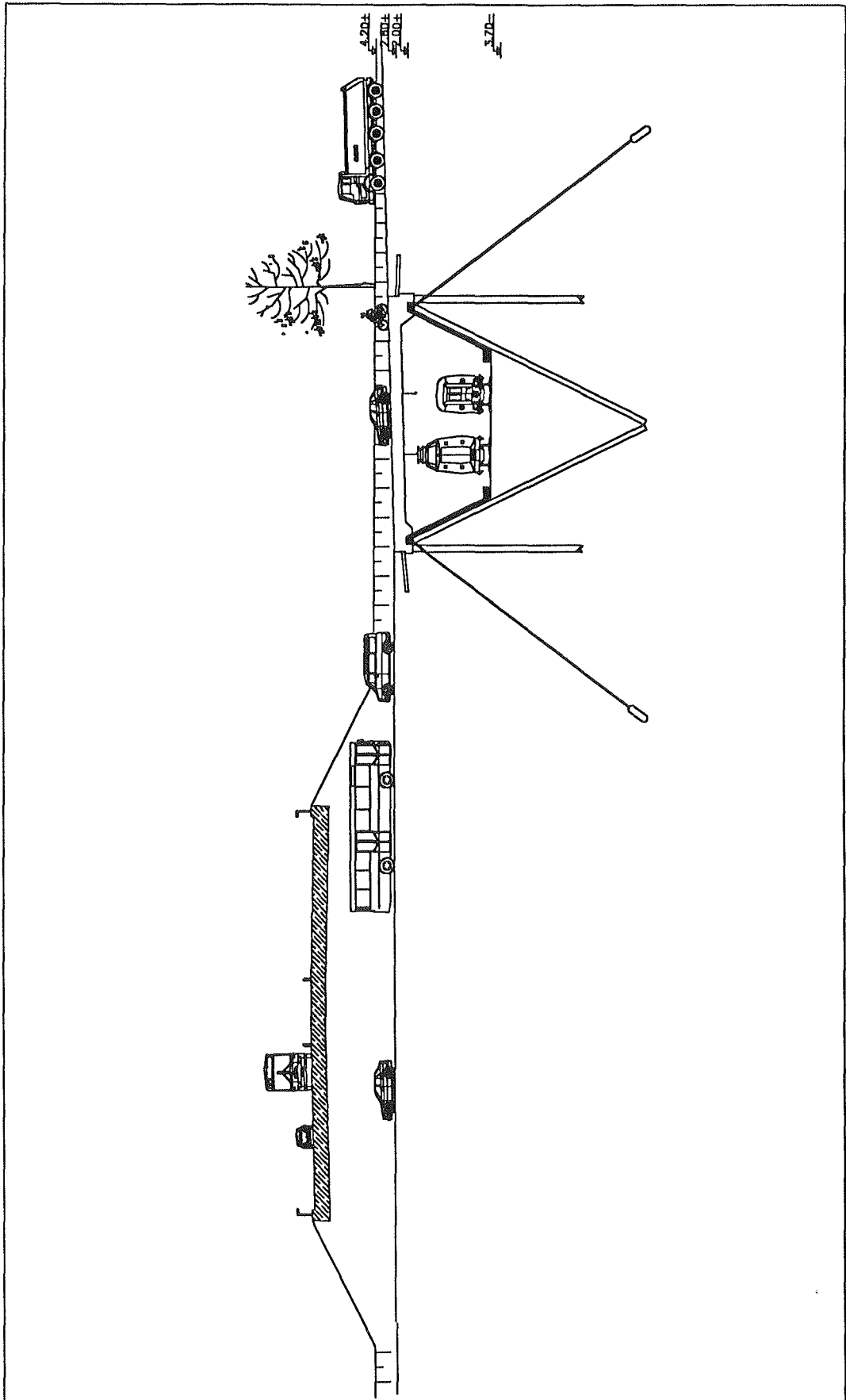
Ontgraven



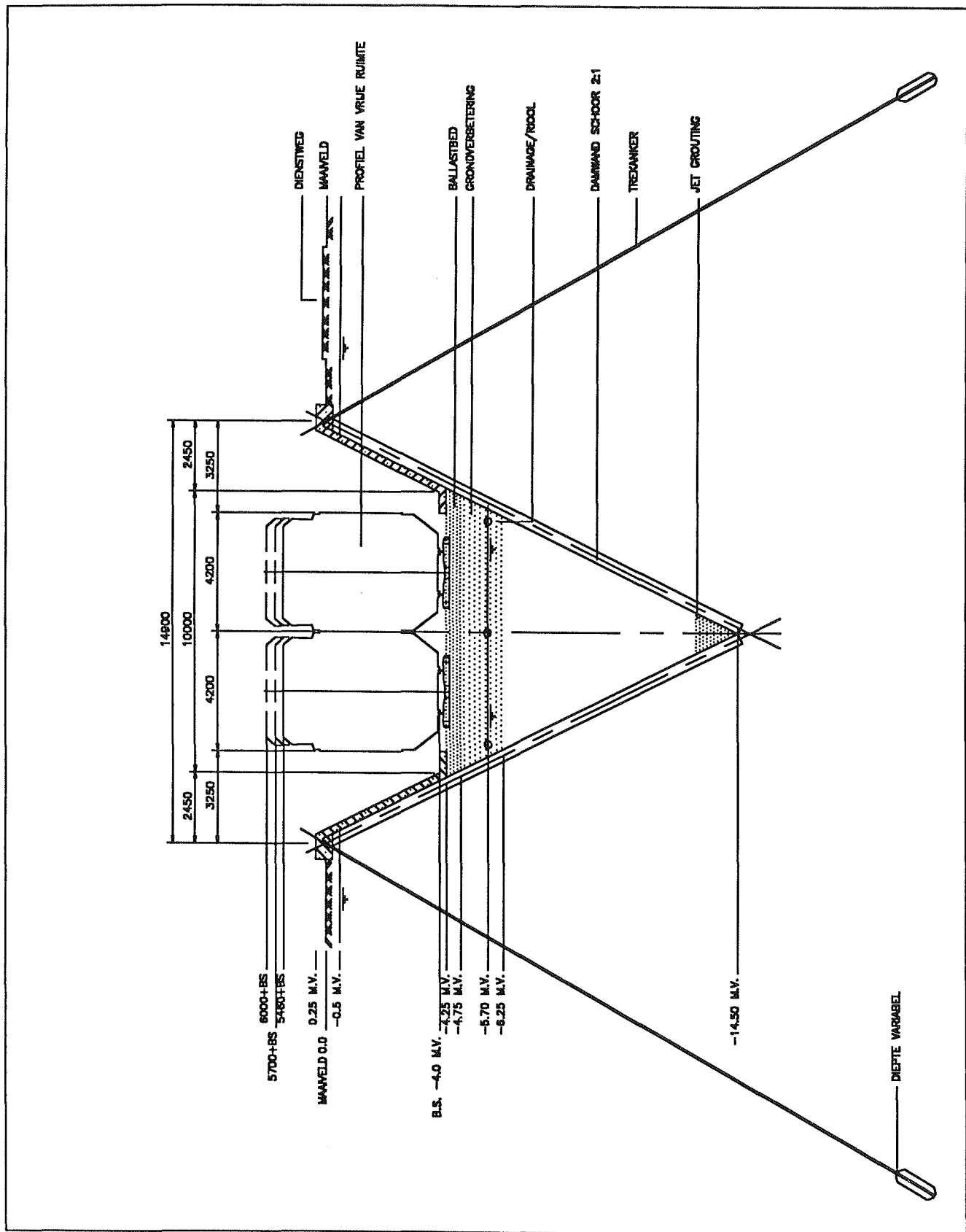
Gereed voor gebruik



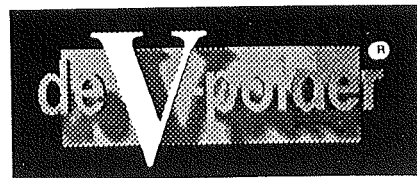
Dwarsdoorsnede



Maatvoering



Colofon



Combinatie V-polder

Heijplaatstraat 21
Postbus 54548
3008 KA Rotterdam
Telefoon 010-4282288
Telefax 010-4298393

Projectleider:

J. Boneveld

Van Hattum en Blankevoort bv

Korenmolenlaan 2
Postbus 525
3440 AM Woerden
Telefoon 03480-35100
Telefax 03480-35111

Contactpersoon:

J. Boneveld

Van Splunder Funderingstechniek bv

Heijplaatstraat 21
Postbus 54548
3008 KA Rotterdam
Telefoon 010-4282288
Telefax 010-4298393

Contactpersoon:

H. Spek

Copyright: februari 1993 (tweede aangevulde uitgave: mei 1993)
Niets uit deze uitgave mag op enige wijze worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt
zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de Combinatie V-polder.
Aan deze uitgave kunnen geen rechten worden ontleend.

