

Utrecht OVT

Afvoer hemelwater

Opdrachtgever **ProRail, afdeling Infraprojecten**
ir. M.K. Unger

Movares Nederland B.V.
Auteur ir. M.H. de Nijs
Kenmerk K23-IVE-AL-0700084 - Versie 3.0

Utrecht, 4 december 2007
vrijgegeven

© 2007, Movares Nederland B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Movares Nederland B.V.

Inhoudsopgave

Inleiding	3
1 Achtergrondinformatie	4
1.1 Scope project	4
1.2 Beleid	4
1.3 Watertoets	4
1.4 Huidige en toekomstige situatie	5
2 Inventarisatie	6
2.1 Inleiding	6
2.2 Bodemgesteldheid	6
2.3 Verontreinigingsgraad vrijkomende water	7
2.4 Beschikbare ruimte	7
2.5 Bodemkwaliteit	7
2.6 Compensatiemogelijkheden	7
3 Samenstellen varianten	8
3.1 Inleiding	8
3.2 Infiltratie	8
3.3 Berging	8
4 Infiltratie	9
4.1 Infiltratie ter plaatse van de perrons	9
4.1.1. <i>Uitgangspunten</i>	9
4.1.2. <i>Ontwerp</i>	9
4.1.3. <i>Werking systeem</i>	10
4.2 Infiltratie ter plaatse van toekomstig perron 8	11
4.2.1. <i>Uitgangspunten</i>	11
4.2.2. <i>Ontwerp</i>	11
4.2.3. <i>Werking systeem</i>	12
4.3 Kosten	12
5 Berging nabij perron 8	13
5.1 Uitgangspunten	13
5.2 Ontwerp	13
5.3 Werking systeem	14
5.4 Kosten	15
6 Kosten en aandachtspunten	16
6.1 Kosten	16
6.2 Conclusies	16
6.3 Aanbevelingen	16
Colofon	17

Bijlage I	Lengteprofiel bodemopbouw
Bijlage II	Inschatting koperemissie
Bijlage III	Globale raming investeringskosten infiltratievarianten
Bijlage IV	Globale raming investeringskosten Bergingsvarianten

Inleiding

ProRail bereidt de herinrichting van Utrecht CS voor. Hierbij worden perrons verlengd en nieuwe perronkappen gebouwd. Ook de kap van de Stationstraverse wordt vernieuwd. Als gevolg van deze herinrichting neemt de hoeveelheid verhard oppervlak toe, hiermee treedt een toename van de afvoer van hemelwater op. De gemeente Utrecht en het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden hebben ProRail te kennen gegeven dat deze extra hoeveelheid water niet zonder meer op riolering of oppervlaktewater mag worden geloosd.

In dat kader heeft ProRail Movares verzocht een onderzoek uit te voeren naar oplossingsrichtingen voor het afvoeren van dit extra hemelwater. In dit onderzoek is tevens de emissie van koper meegenomen.

Het onderzoek is gestart met een inventarisatie van de beschikbare gegevens omtrent de inrichting en de bodem. Op basis van het beleid van de waterbeheerder en de gegevens uit de inventarisatie zijn twee varianten samengesteld.

De rapportage van dit onderzoek is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 1 wordt ingegaan op achtergrondinformatie van de locatie en het vigerende beleid. In hoofdstuk 2 zijn de resultaten van de inventarisatie opgenomen. Hoofdstuk 3 gaat in op twee varianten. Deze varianten worden in de hoofdstukken 4 en 5 nader uitgewerkt. De rapportage wordt afgesloten met de aan het onderzoek te verbinden conclusies en aanbevelingen.

1 Achtergrondinformatie

1.1 Scope project

Toename hemelwaterafvoer

De scope betreft de daken van het station Utrecht (Stationstraverse + perronkappen) inclusief het busplatform en sneltram aan de westzijde (zijde Jaarbeurs).

Koper in de hemelwaterafvoer

Dit betreft specifiek het water van de perronkappen 1 tot en met 5 exclusief het gedeelte van deze perronkappen dat zich onder de traverse bevindt.

1.2 Beleid

Kwantiteit

Het programma Waterbeheer 21^e eeuw (WB21) heeft als doelstelling wateroverlast te voorkomen. Het hanteert daarbij de trits van doelstelling vasthouden, bergen, afvoeren. Het hemelwater dient zoveel mogelijk te worden vastgehouden op de plaats waar het valt. Als vasthouden niet mogelijk is, dient het water geborgen te worden. Pas in laatste instantie, en als alternatieven niet haalbaar zijn, kan gedacht worden aan lozen op oppervlaktewater en/of riolering. Een relatief nieuw wettelijk instrument om bovengenoemde doelstellingen te bereiken is de Watertoets. In paragraaf 1.3 wordt daar verder op ingegaan.

Het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden en de gemeente Utrecht dienen (via vergunningen) toestemming te verlenen voor lozingen.

Kwaliteit

In het Gemeentelijk Rioleringsplan Utrecht 2003 - 2006 is opgenomen dat lozing op een gemengd stelsel is toegestaan als zuivering noodzakelijk is en als zuivering op de centrale zuivering het meest doelmatig is. Doelstelling is om in de bestaande stad de hoeveelheid aangesloten verhard oppervlak op de centrale zuivering niet te laten toenemen en op de lange termijn zoveel als mogelijk te reduceren. Om dit te realiseren is het wenselijk om nieuwe verharde oppervlakken zoals daken, niet op het gemengde stelsel aan te sluiten. Bij voorkeur wordt het water geïnfiltreerd in de bodem of via een zuiveringsvoorziening geloosd op het oppervlaktewater. Het is niet toegestaan water van wegverhardingen direct te lozen op het oppervlaktewater.

1.3 Watertoets

Per 1 november 2003 is de Watertoets wettelijk verankerd in het Besluit op de ruimtelijke ordening. Dit besluit verplicht tot het opnemen van een waterparagraaf in de toelichting bij een ruimtelijk plan, bestemmingsplanwijzigingen en vrijstelling

van een bestemmingsplan. Doel is om na te gaan in hoeverre voldoende rekening wordt gehouden met water.

Algemeen uitgangspunt van het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden is dat bij een bui met een herhalingstijd van 10 jaar, de afvoer uit het gebied niet mag toenemen met meer dan 1,5 l/s/ha.

De Watertoets omvat het hele proces van vroegtijdig informeren, adviseren, afwegen en uiteindelijk beoordelen van ruimtelijke plannen en besluiten. Tevens beschrijft de watertoets de wijze waarop de waterbeheerder actief inbreng moet leveren op plannen voor de ruimtelijke ordening. Dit proces start direct in de initiatieffase, zodat waterbelangen hun plek krijgen voordat de plannen definitief zijn. Tijdens deze initiatieffase informeert en betreft de initiatiefnemende partij (overheid of private partijen) de waterbeheerder bij het ruimtelijke planvormingsproces. In de ontwikkeling- en adviesfase werken initiatiefnemer en waterbeheerder samen aan de planontwikkeling. Aan het einde van deze fase geeft de waterbeheerder een wateradvies. In de besluitvormingsfase weegt de initiatiefnemer de wateraspecten definitief af en verantwoordt dit in een waterparagraaf. Daarna wordt het plan voorgelegd aan de beoordelaar (waterbeheerder).

1.4 Huidige en toekomstige situatie

In de huidige situatie vindt afwatering van het station plaats op de gemeentelijke rioleringen aan de oost- en westzijde van het station.

De toename van het verhard oppervlak betreft 11.700 m².

Het hemelwater dat op de kap van de stationstraverse terechtkomt wordt via twee goten in langsrichting afgevoerd. Per zijde zijn er drie lozingspunten. De nieuwe kap heeft een totaal oppervlak van circa 22.800 m².

De afvoer van de nieuwe perronkappen bevindt zich in de kolommen. De breedte van een perronkap bedraagt gemiddeld 10 m. De huidige perronkappen 1 t/m 5 hebben een oppervlak van 10.515 m². In de toekomst neemt dit oppervlak toe tot 11.700 m².

2 Inventarisatie

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt onderzocht welk type water vrijkomt en wat de omstandigheden zijn om dit water te verwerken. Hierbij worden de volgende activiteiten verricht:

- inventarisatie bodemgesteldheid voor infiltratie (bodemopbouw, infiltratiecapaciteit, grondwaterstand);
- inschatting verontreinigingsgraad van het vrijkomende water op de traversekap en op de perronkappen;
- inventarisatie beschikbare ruimte voor infiltratie en berging;
- inventarisatie kwaliteit bodem (geen infiltratie nabij bodemverontreiniging);
- inventarisatie van compensatiemogelijkheden binnen peilgebied.

2.2 Bodemgesteldheid

Het maaiveld ter plaatse van het spoor varieert van NAP +3,0 m aan de zuidzijde van de traverse tot NAP +3,5 m aan de noordzijde van de traverse. De perrons liggen circa 1,5 m hoger.

Ter bepaling van de grondopbouw is gebruikt gemaakt van in het verleden uitgevoerde sonderingen en boringen. De bodemopbouw is als volgt geschematiseerd, zie tabel 1:

Tabel 5: Globale bodemopbouw

Diepte t.o.v. NAP (m)		Beschrijving
Van	tot	
mv*	+1,4	Ophoogmateriaal (zand, siltig, los gepakt)
+1,4	-0,7	Klei, siltig (soms tussenzandlaag)
-0,7	-2,0	Veen
-2,0	verkende diepte	Zand, matig vast gepakt tot vast gepakt

mv* = circa NAP +3,0 m tot NAP +3,6 m.

In bijlage I is een lengteprofiel van de bodemopbouw opgenomen. Onder de perrons is circa 2,0 m matig fijn tot matig grof zand aanwezig. Zand bezit, in het algemeen, een redelijk tot goede infiltratiecapaciteit.

Van de grondwaterstand zijn weinig gegevens bekend, op basis van de beschikbare gegevens is een gemiddeld hoogste stand (GHG) van NAP +0,50 m en een gemiddelde hoogste stand van NAP +1,2 m afgeleid. De stijghoogte van het 1^e watervoerende pakket bedraagt NAP +0,5 m (GHG).

2.3 Verontreinigingsgraad vrijkomende water

Als gevolg van het railverkeer kan er koper in het afstromende hemelwater terecht komen. Koper is afkomstig van de bovenleiding op het moment dat er een stroomafnemer (pantograaf) van de trein langs de bovenleiding glijdt (slijtage ten gevolge van glijdend contact). De bovenleiding bestaat uit twee koperen draden (rijdraad) bij een 1.500 V-systeem. De koperemissie van het railverkeer is van een groot aantal factoren afhankelijk: aantal treinpassages, gemiddelde snelheid van de trein, afstand rijdraden tot overkapping. In bijlage II is een schatting gemaakt van de concentratie koper in het af te voeren water:

- dak traverse: 10 - 15 ug/l (achtergrondconcentratie);
- perronkappen: 150 - 300 ug/l.

2.4 Beschikbare ruimte

Onder de perrons 1 t/m 5 is ruimte beschikbaar voor lokale infiltratie van water. Perron 8 wordt voorlopig niet aangelegd. Ter plaatse is ruimte beschikbaar voor infiltratie en berging van water. De ruimte wordt begrensd door de demarcatielijn (westgrens) en spoor 122 (oostgrens). De beschikbare breedte komt daarmee op circa 15 m. In lengterichting vormt de huidige kabeltunnel de noordgrens, de zuidgrens is gekozen op circa 170 m afstand (ter plaatse neemt de breedte van 15 m af).

2.5 Bodemkwaliteit

De bodemkwaliteit en dan met name de aanwezigheid van verontreinigingen in het grondwater, is van belang voor de infiltratiemogelijkheden van water. Hiertoe zijn milieukundige onderzoeken ingezien bij de Stichting Bodemsanering Nederlandse Spoorwegen (SBNS). Uit deze inventarisatie volgt dat onder de perrons geen verontreinigingen in het grondwater aanwezig zijn.

2.6 Compensatiemogelijkheden

De toename van het verhard oppervlak bedraagt 11.700 m². Bij directe lozing op het oppervlaktewater (of indirect via een hemelwaterriool) schrijft het Hoogheemraadschap voor dat binnen het peilgebied gezocht moet worden naar compensatie in de vorm van extra wateroppervlak. Deze compensatieplicht bedraagt 10% van het extra afvoerend verhard oppervlak, circa 1.200 m². De binnenstad van Utrecht behoort tot het peilgebied Uithof. In dit kader wordt opgemerkt dat de gemeente Utrecht in de Uithof en langs de Kromme Rijn nieuw oppervlaktewater heeft gerealiseerd. Dit betreft een oppervlakte van circa 3.000 m². Voor de aanleg van de HOV - baan (Hoogwaardig Openbaar Vervoer) is reeds circa 1.000 m² gereserveerd door de gemeente Utrecht. Het overige deel (2.000 m²) is door ProRail aangekocht. Dit deel was in principe bedoeld voor de watercompensatie in het kader van deelproject ABU van VleuGel: echter naar verwachting is in dit project geen compensatie noodzakelijk. Mogelijk kan de aangekochte compensatie worden aangewend voor het onderhavige project.

3 Samenstellen varianten

3.1 Inleiding

Bij het samenstellen van varianten wordt als leidraad het landelijk beleid aangehouden:

- vasthouden (infiltratie in de bodem);
- berging (opslaan en geleidelijk afvoeren);
- afvoeren (direct afvoeren en compensatie in hetzelfde peilgebied).

Op verzoek van de opdrachtgever worden (voorlopig) twee varianten onderzocht:

- infiltratie;
- berging.

3.2 Infiltratie

Infiltratie van water kan lokaal plaatsvinden of ter plaatse van (toekomstig) perron 8. Dit leidt tot twee subvarianten:

- lokale infiltratie onder de perrons;
- infiltratie ter plaatse van toekomstig perron 8;

Lokale infiltratie

Bij deze subvariant wordt er van uitgegaan dat het water van de perronkappen 1 t/m 5 via afvoerpijpen in de kolommen naar de ondergrond wordt afgevoerd. Aandachtspunten bij de uitwerking van deze variant zijn het risico op dichtslibben van de ondergrondse voorziening en de verhoging van de grondwaterstand in verband met de drooglegging van de spoorbaan.

Infiltratie ter plaatse van het toekomstig perron 8

Gezien de beschikbare ruimte, kan infiltratie hier bovengronds worden uitgevoerd. Aandachtspunt bij de uitwerking van deze variant is de verhoging van de grondwaterstand (drooglegging omgeving).

3.3 Berging

Het extra water is afkomstig van de Traverse en wordt opgevangen in een bak of vijver en vertraagd afgevoerd naar het oppervlaktewater. Aandachtspunten bij de uitwerking van deze variant zijn de combinatie met het toekomstige perron 8 en de kwaliteit van het water.

4 Infiltratie

4.1 Infiltratie ter plaatse van de perrons

4.1.1. Uitgangspunten

Voor het ontwerp van een systeem voor infiltratie van hemelwater in de perrons worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- het systeem dient een bui van 35 mm ($T = 10$ jaar) te kunnen verwerken;
- het systeem verwerkt het water van de perronkappen 1 t/m 5;
- infiltratie mag niet leiden tot vermindering van de drooglegging van de spoorbanen;
- het systeem dient onderhoudbaar te zijn;
- het systeem dient een overloop te bezitten.

4.1.2. Ontwerp

Systeemkeuze

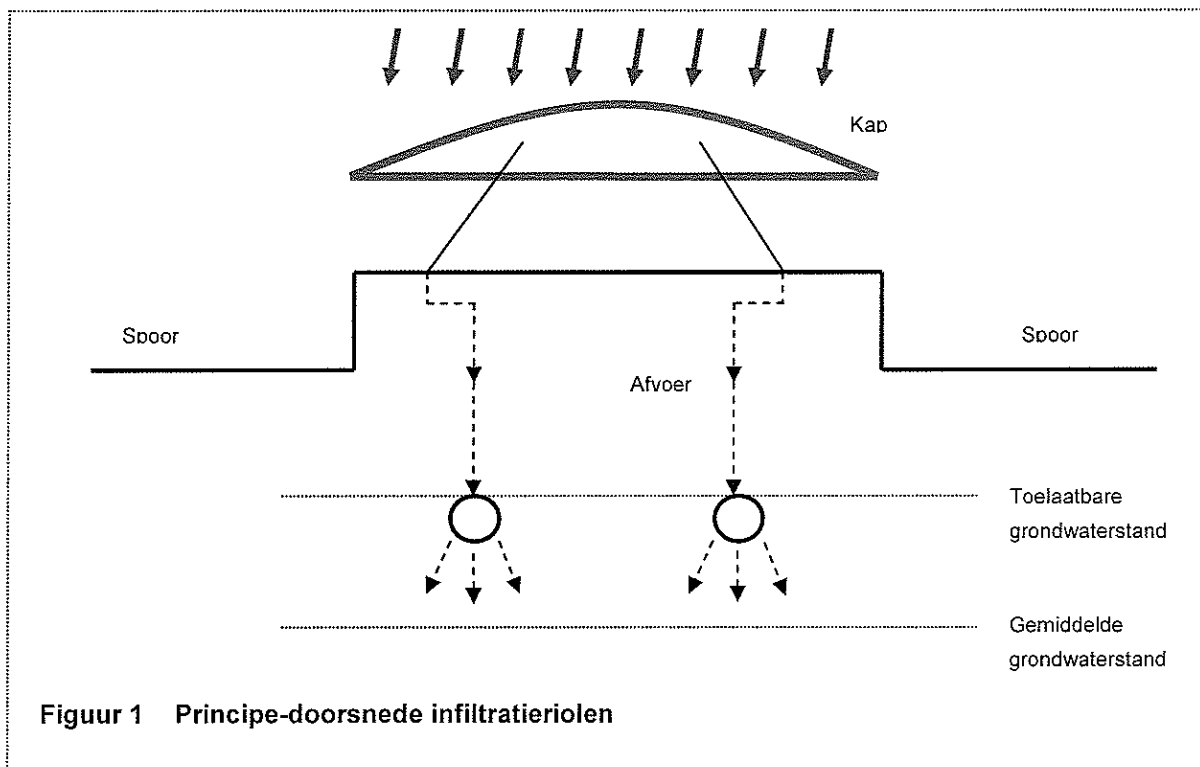
Ondergrondse infiltratie kan worden uitgevoerd met kratten, sleuven (gevuld met natuurlijke materialen zoals grind) of infiltratieriolen. Een infiltratieriool is voorzien van openingen of heeft een poreuze structuur. Daardoor kan het regenwater in de bodem infiltreren. Eventueel wordt een geotextiel toegepast om inspoeling van bodemmateriaal tegen te gaan. In tegenstelling tot andere ondergrondse infiltratievoorzieningen, kan een infiltratieriool gereinigd worden aan de binnenzijde. Bovendien zorgt het riool tevens voor transport van overtollig water naar de overloop. Op grond hiervan wordt voor dit project uitgegaan van het gebruik van infiltratieriolen. Voor de perrons 1, 2, 4 en 5 wordt uitgegaan van één infiltratieriool, onder perron 3 worden twee infiltratieriolen aangebracht.

Ligging

De gemiddelde ligging van het spoor (BS) bedraagt NAP +3,7 m. Bij een vereiste drooglegging van 1,7 m betekent dit dat de grondwaterstand niet mag stijgen tot NAP +2,0 m. Dit niveau wordt gekozen als bovenzijde riolering. Dit betekent dat het riool continu gaat afvoeren, indien de grondwaterstand stijgt tot NAP +2,0 m. Dit zal overigens bijna nooit voorkomen aangezien de gemiddeld hoogste grondwaterstand NAP +1,2 m bedraagt. Om te voorkomen dat het infiltratieriool direct leegloopt in het oppervlaktewater, wordt een drempel aangebracht. Als het riool bijna vol is, zal de overloop gaan werken.

De overloop wordt aangesloten op een verzamelleiding. Voor het stelsel aan de zuidzijde wordt er van uitgegaan dat de verzamelleiding in de kabelkoker kan worden aangebracht. Voor de noordzijde wordt gedacht aan een ligging direct naast de middentunnel. In dit kader wordt opgemerkt dat ProRail momenteel de aanleg van een ringleiding laat onderzoeken. Hierop kan ook worden aangesloten.

In figuur 1 is een principe-dwarsdoorsnede opgenomen.



4.1.3. Werking systeem

Kwantitatief

Bij het dimensioneren van de voorziening is er van uitgegaan dat de gehele hoeveelheid (35 mm) in het riool moet worden geborgen. Dit is worst-case aangezien in werkelijkheid tijdens de bui al infiltratie van water optreedt.

De werking van het systeem is getoetst aan de hand van de waterbalans. De waterbalans geeft aan hoeveel water op jaarbasis infiltreert naar de bodem versus de hoeveelheid die overloopt naar riolering of oppervlaktewater.

Bij de toetsing is gebruik gemaakt van de Leidraad Riolering (module C2200). Hierbij wordt uitgegaan van neerslagreeksen (15 minuten) van de periode 1955 – 1979. Uit de berekening volgt dat bij de gekozen afmetingen, de afvoer naar de ondergrond (dus via de voorziening) 100 % bedraagt. Opgemerkt wordt dat gerekend is met de huidige neerslagomstandigheden.

Kwalitatief

Tijdens het afspoelproces zal een groot deel van de koperverontreiniging zich hechten aan slib. Een groot deel van het slib blijft achter in het riool en wordt periodiek verwijderd.

4.2 Infiltratie ter plaatse van toekomstig perron 8

4.2.1. Uitgangspunten

Voor het ontwerp van het systeem worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- het systeem dient een bui van 35 mm ($T = 10$ jaar) te kunnen verwerken;
- infiltratie mag niet leiden tot vermindering van de drooglegging van de spoorbaan;
- het systeem dient onderhoudbaar te zijn;
- het systeem dient een overloop te bezitten;

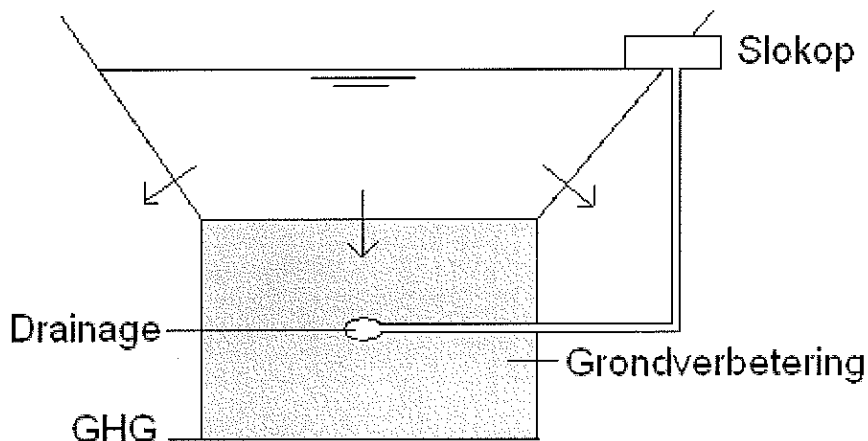
4.2.2. Ontwerp

Systeemkeuze

Gezien de aanwezige ruimte en de noodzaak tot beheersing van de grondwaterstand komt een wadi in aanmerking. Een wadi is een combinatie van een ondergrondse en een bovengrondse voorziening. Onder de bodem van de wadi wordt een grondverbetering in een cunet gerealiseerd. De infiltratie van regenwater naar de ondergrond vindt plaats op een aantal manieren:

- infiltratie via de wanden rechtstreeks naar de ondergrond;
- infiltratie via de bodem van de wadi naar de grondverbetering;
- infiltratie vanuit de grondverbetering naar de ondergrond;

De grondverbetering wordt voorzien van een drainagebuis. Hierop zijn de zogenaamde slokops aangesloten. De slokop is een overloop van de bovengrondse berging. Deze slokop is aangesloten op de drainage. De drainagebuis zorgt voor afvoer van het water dat overloopt via de slokops. De drainagebuis zorgt ook voor een gelijkmatige verdeling van het water in het ondergrondse deel van de voorziening. In figuur 2 is een principe-schets opgenomen.



Figuur 2 Principe-doorsnede wadi

Dimensies en ligging

Het maaiveldniveau bedraagt minimaal NAP +3,0 m. Ter plaatse is de scheidende laag aangetroffen op NAP +1,5 m. De hoogte van het nabijgelegen spoor bedraagt NAP +3,7 m. Rekening houdend met een drooglegging van 1,7 m wordt de drainage op een hoogte van NAP +2,0 m gelegd. Voor de diepte wordt uitgegaan van 0,5 m, de slokop (overloop) zit op een hoogte van 0,4 m. In het ondergrondse deel wordt 0,7 m kleikorrels (granulaat) en 0,3 m humushoudend zand aangebracht. Bij een bodembreedte van 6,0 m is dan een lengte van circa 90 m benodigd.

4.2.3. Werking systeem

Kwantitatief

De werking van het systeem is gecontroleerd volgens de methodiek in de Leidraad Riolering (module C2200), dus onder de huidige neerslagomstandigheden. Uit de berekening volgt dat bij de gekozen afmetingen, de afvoer naar de ondergrond (dus via de voorziening) 100 % bedraagt.

Kwalitatief

Tijdens de infiltratie blijft een eventuele metalenverontreiniging achter in de humusrijke bodem (adsorptie). Een wadi is dus ook geschikt voor verwerking van het hemelwater van de perrons.

4.3 Kosten

In bijlage III zijn de globale investeringskosten van de twee infiltratievarianten opgenomen. Hieruit volgt dat de wadi veel lagere investeringskosten vergt dan de infiltratie-riolen. Opgemerkt wordt dat de afvoer van de ontgraven grond bij de variant Wadi een grote invloed op de kosten heeft: indien de grond op een ander deel van de locatie kan worden hergebruikt kan een belangrijke kostenbesparing worden gerealiseerd. Voorts wordt opgemerkt wordt dat een wadi niet toekomstvast is: bij daadwerkelijke aanleg van perron 8 dient voor een andere oplossing te worden gekozen. //

5 Berging nabij perron 8

5.1 Uitgangspunten

Voor het ontwerp van een waterberging nabij het toekomstig perron 8 worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- het systeem dient een bui van 35 mm ($T = 10$ jaar) te kunnen bergen, dit leidt tot een capaciteit van 410 m^3 ;
- ligging ten zuiden van de Traverse;
- Opvang hemelwater vanaf de traverse kap;
- het systeem dient onderhoudbaar te zijn;
- afvoerfactor stedelijk gebied $1,5 \text{ l/s/ha}$.

5.2 Ontwerp

Systeemkeuze

Voor het ontwerp zijn drie hoofdvarianten mogelijk:

- bassin onder het toekomstig perron;
- constructieve voorziening in combinatie met toekomstig perron;
- vijver op de locatie van het toekomstig perron.

Bassin

Deze variant houdt in dat een bassin wordt aangelegd en dat het perron er later overheen wordt gebouwd, zonder dat daar constructieve aanpassingen voor nodig zijn. Uit praktisch oogpunt komen betonnen rioolbuizen of duikers in aanmerking.

Constructieve voorziening

Vooruitlopend op de bouw van perron 8, kan tussen de keermuren een bassin worden gecreëerd. Hierbij zijn extra keermuren in dwarsrichting nodig, ook dient een folie te worden aangebracht. In droge tijden zal de bak geen water bevatten. Bij de daadwerkelijke realisatie van het perron, dient het bassin te worden afgesloten. Daarbij zullen ingrijpende constructieve aanpassingen noodzakelijk zijn.

Vijver

Een vijver kan geheel ondergronds of gedeeltelijk bovengronds worden aangelegd. Een folie is noodzakelijk om het wegstromen van water in droge tijden te voorkomen. Een vijver wordt uitgevoerd met beplanting en heeft daardoor een hoge belevingswaarde. Om in droge tijden de waterkwaliteit te waarborgen dient een fontein te worden aangebracht, tevens dient dan de mogelijkheid te bestaan dat water wordt ingelaten. Opvang van water door middel van een vijver is een tijdelijke oplossing, bij de bouw van het perron 8 dient in een nieuwe opvang voor hemelwater te worden voorzien.

Dimensies

Bassin

De grootste maat rioolbuis heeft een diameter van 2,0 m, de grootste maat van een betonnen duiker is $2,5 \times 2,5 \text{ m}^2$. Ter beperking van de lengte (zodat de gehele berging onder het toekomstig perron kan) wordt uitgegaan van een betonnen duiker. Bij een berging van 410 m^3 is dan een lengte van 65 m benodigd. Het deel van het toekomstig perron 8 dat ten zuiden van de kabelkoker ligt, is circa 80 m lang. De bovenzijde van de buis wordt op maaiveld gelegd (NAP +3,0 m). De onderzijde ligt dan op NAP +0,5 m. Gezien de stijghoogte in het 1^e watervoerende pakket is dan voor de aanleg geen uitgebreide bemaling noodzakelijk.

Constructieve voorziening

Vooruitlopend op de bouw van perron 8, kan tussen de keermuren een bassin worden gecreëerd. Hierbij is een folie nodig. Bij een breedte van 10 m en een beschikbare hoogte van 1,5 m, is een lengte van circa 30 m benodigd. Het ruimtebeslag bedraagt circa 300 m^2 . Bij de daadwerkelijk realisatie van het perron, zijn ingrijpende constructieve maatregelen noodzakelijk.

Vijver

De diepte van de vijver is opgebouwd uit waakhoogte (0,5 m), beschikbare berging (1,0 m) en de minimale waterdiepte (1,0 m). Bij een diepte van 2,5 m, taluds van 1:2 en een bodembreedte van 5 m bedraagt de breedte aan maaiveld circa 15 m. Gezien de benodigde berging (410 m^3) is een lengte van circa 40 m afgeleid. Het ruimtebeslag bedraagt dan circa 600 m^2 .

5.3 Werking systeem

Kwantitatief

Het doel van de berging is het regenwater vertraagd af te voeren. De afvoer dient dan maximaal gelijk te zijn aan de 'normale' afvoer in een stedelijk gebied. De werking van het systeem is voor alle genoemde varianten getoetst aan de ontwerpbui ($T = 10$ jaar) en volgens de systematiek van de Leidraad Riolering.

Ontwerpbui

De inhoud van de berging bedraagt 410 m^3 . Bij een afvoerfactor van 1,5 l/s/ha en een oppervlakte van 1,2 ha is mag dan 1,8 l/s oftewel $155 \text{ m}^3/\text{dag}$ worden afgevoerd. Het leeglopen van de berging tijdens de ontwerpbui duurt dan ongeveer 2,5 dag.

Leidraad Riolering

De globale werking van het systeem is getoetst met de systematiek in de Leidraad Riolering (module C2200), dus onder de huidige neerslagomstandigheden. Bij een afvoercapaciteit van 0,5 mm/uur en een berging van 35 mm volgt uit tabel B2.6 dat het systeem hooguit eenmaal per jaar kortdurend overloopt (ofwel dat eenmaal per jaar de afvoer uit de berging hoger is dan 1,8 l/s). Dit komt overeen met een hoeveelheid van 3 mm/jaar.

Kwalitatief

Het water van de Traverse heeft de achtergrondkwaliteit van neerslag. In de berging treedt door bezinking van slib (met aangehechte verontreinigingen) een lichte kwaliteitsverbetering op.

5.4 Kosten

In bijlage IV zijn de globale investeringskosten van de drie bergingsvarianten opgenomen: Bassin (A), Perronbak (B) en Vijver (C). Opgemerkt wordt dat kosten voor afvoer van grond bij variant C van grote invloed zijn. Voorts wordt opgemerkt dat de varianten B en C niet toekomstvast zijn, variant A is dat wel.

6 Kosten en aandachtspunten

6.1 Kosten

In dit onderzoek zijn vijf varianten onderzocht. Uitgangspunt voor het ontwerp van deze varianten was het bergen van een bui met een herhalingsdij van 10 jaar. Op basis van enkele criteria zijn de varianten met elkaar vergeleken. Deze vergelijking is vermeld in tabel 2.

Tabel 2 **Vergelijking varianten**

Variant	Kwaliteit*	Toekomstvast	Beleving	Kosten**
Infiltratie-riolen	++	Ja	N.v.t.	5
Wadi	++	Nee	Matig/hog	1
Bassin	0	Ja	N.v.t.	4
Perronbak	0	Nee	Laag	2
Vijver	+	Nee	Hog	3

* Betreft verbetering van de kwaliteit van het water

** Rangschikking kosten van laag (1) naar hog (5)

6.2 Conclusies

Uit het onderzoek zijn de volgende conclusies getrokken:

- een wadi is een kosteneffectieve methode om tegemoet te komen aan de eisen van het Hoogheemraadschap; een wadi is echter wel een tijdelijke oplossing;
- infiltratie van water heeft een belangrijke verbetering van de kwaliteit van het water tot gevolg, dit is van belang voor de koperemissie;

6.3 Aanbevelingen

Indien de voorkeur wordt gegeven aan een wadi, wordt aanbevolen de mogelijkheid te onderzoeken om het hemelwater van de perrons hierop te lozen.

Kosten voor afvoer van grond hebben een grote invloed op de investeringskosten van de varianten Wadi en Vijver. Het verdient aanbeveling na te gaan of de ontgraven grond kan worden hergebruikt op de locatie.

Colofon

Opdrachtgever ProRail, afdeling Infraprojecten
ir. M.K. Unger

Uitgave Movares Nederland B.V.

Leidseveer 10
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Telefoon 030-265 3920

Telefax 030-265 5241

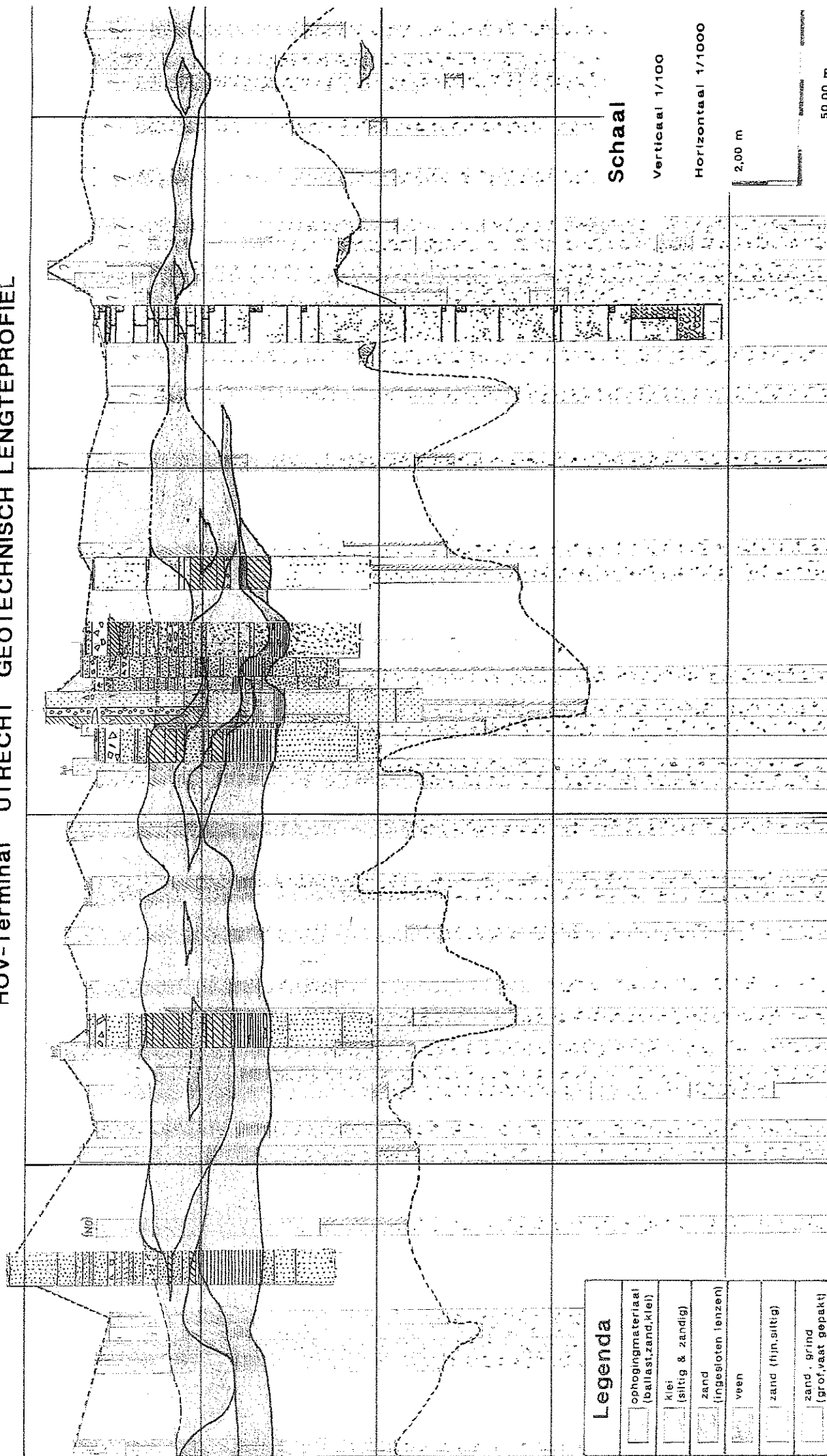
Auteur ir. M.H. de Nijs
Adviseur Geohydrologie

Projectnummer MR100330

Bijlage I Lengteprofiel bodemopbouw



HOV-Terminal UTRECHT GEOTECHNISCH LENGTEPROFIEL



Legenda	
	opvoedingmateriaal (ballast, zand, klei)
	klei (siltig & zandig)
	zand (ingesloten lenzen)
	veen
	zand (hijn, siltig)
	zand, grind
	grof, vaal gepakt

Bijlage II Inschatting koperemissie

Processen die bij de emissie een rol spelen

Koper dat op de perronkappen terechtkomt, is zowel het gevolg van ‘natuurlijke’ achtergrondwaarden (neerslag) als het gevolg van de aanwezigheid van het spoor.

De emissie van het spoor komt voor een groot deel op het ballastbed terecht, als gevolg van verwaaiing en de turbulentie bij een treinpassage zal een deel op de perronkappen neerslaan.

Het deel van de koperemissie van het spoor dat op de perronkappen terechtkomt, zal samen met neerslag en zwevend stof afstromen naar het oppervlaktewater.

Emissie-patroon

Voor de bepaling van de emissie van koper wordt het spoor geschematiseerd als een lijnbron. Op basis van in het verleden uitgevoerde verdelingsonderzoeken (meting van de depositie als functie van de afstand tot het spoor) kan dan worden ingeschat welke percentage van de emissie op de perronkap terechtkomt. Het percentage van de emissie als functie van de afstand tot het spoor, wordt de verdelingsfactor genoemd.

Methodiek berekening kopergehalte in lozingswater

De koperemissie van de stroomdraad is afgeleid uit diverse onderzoeken. Deze bedraagt 1 à 2 g/m/jaar bij 10.000 treinpassages. Dit is de emissie bij een treinsnelheid van 100-120 km/uur. Op Utrecht CS zal de gemiddelde snelheid 20-40 km/uur bedragen. De koperemissie wordt dan ingeschat op 0,5 à 1,0 g/m/jaar per 10.000 treinpassages.

Voor dit project is per spoor het aantal treinpassages voor het jaar 2020 ingeschat op 23.000 per jaar. Tussen een perron liggen twee sporen, een perronkap ontvangt dus per zijde koper als gevolg van 46.000 treinpassages.

In het onderzoek “Hoge Snelheids Lijn, Emissie van stoffen”(NSTO/4/10.402/0055, februari 1996) zijn verdelingsfactoren voor koper vermeld. De in dit rapport vermelde verdelingsfactoren van koper zijn afkomstig uit onderzoek naar de spooremissie nabij conventionele banen (Veenendaal en Harmelen). De gemiddelde snelheden liggen echter beduidend hoger dan bij een station. Bij een tweesporig perron bedraagt de afstand tussen de perronkappen 8 m. Bij een “normale” treinsnelheid komt dan 60% van het koper op de perronkap terecht. Voor het emplacement Utrecht wordt deze depositie ingeschat op 30 % (of met andere woorden: er zal meer koper op de trein en direct naast het spoor terechtkomen dan in een situatie met hogere treinsnelheden).

Met bovenstaande gegevens is de koperemissie per meter perronkap ingeschat op 1,4 à 2,8 g/jaar. Met een neerslag per jaar van 1.000 mm en een kapbreedte van gemiddel 10 m leidt dit tot een concentratie van 140 à 280 ug/l. De achtergrondconcentratie koper in neerslag in stedelijk gebied bedraagt 10 à 15 ug/l.

In het af te voeren water worden de volgende concentraties verwacht:

- dak traverse, kwaliteit gelijk aan achtergrondconcentratie: 10 - 15 ug/l;
- perronkappen: 150 – 300 ug/l.

Uit bovenstaande beschouwing volgt dat er diverse onzekerheden aanwezig zijn in de voorspelling van het gehalte koper in het te lozen water. Een van de onzekerheden betreft de koperemissie per pantograafpassage. Een betrouwbare waarde voor de rijdraadslijtage kan worden verkregen uit de onderhoudsgegevens van ProRail: de dikte van de rijdraden wordt periodiek gemeten zodat een vervangingstermijn kan worden vastgesteld. Uit deze gegevens kan dan de koperemissie worden afgeleid.

Bijlage III Globale raming investeringskosten infiltratievarianten

Bijlage III A

Globale kostenraming Infiltratie onder perrons

Activiteiten	Eenheid	Aantal	Eenheidsprijs	Bedrag
Materiaal				
Infiltratie-riolen				
- diameter 600 mm	m	650	125	81.250
- diameter 700 mm	m	550	170	93.500
Putten				
- doorgaande putten	stuks	18	945	17.010
- eindputten	stuks	14	875	12.250
Aansluiting infiltratietoel - hemelwaterafvoer perronkap	stuks	200	350	70.000
Drainagezand	m3	1000	20	20.000
Aanlegkosten				
Grondverzet	m3	7.500	4	30.000
Leggen riolering	m	1.200	10	12.000
Maken aansluitingen (HOH 10 m)	stuks	200	150	30.000
SUBTOTAAL KOSTEN				366.010
Onvoorzien en ter afronding	%	40		146.404
TOTAAL KOSTEN (exclusief BTW)				510.000

Uitgangspunten

Materiaalkosten inclusief levering
Kosten ontgraving dieper dan NAP +3.0 m zijn meegenomen, daarboven ten laste van het NSP-OVT-project
Kosten aanleg afvoerleiding niet meegenomen
Vrijkomende grond is schoon en kan op locatie worden hergebruikt

Bijlage III B

Globale kostenraming Wadi nabij perron 8

Activiteiten		Eenheid	Aantal	Eenheidsprijs	Bedrag
Materiaal					
Zand		m3	160	15	2.400
Granulaat (kleikorrels of grind)		m3	380	30	11.400
Drainage		m	180	10	1.800
PVC-controleputten		stuks	20	200	4.000
Geotextiel		m2	540	2	1.080
Beplanting (gras)		m2	810	5	4.050
Slokops en aansluiting op drainage		stuks	5	1000	5.000
Aanlegkosten					
Ontgraving		m3	880	10	8.800
Afvoer grond (categorie 1)		ton	1496	25	37.400
Aanbrengen grondverbetering		m3	160	10	1.600
Aanbrengen granulaat		m3	380	10	3.800
Slokops, drainage en aansluiting op drainage		stuks	200	5	1.000
Afwerking en inzaaien		m2	540	5	2.700
SUBTOTAAL KOSTEN					85.030
Onvoorzien en ter afronding		%	40		34.012
TOTAAL KOSTEN (exclusief BTW)					120.000

Uitgangspunten

- Materiaalkosten inclusief levering
- Afvoer (drainage) via bestaande riolering
- Kosten toevoer niet meegenomen
- Grond voor hergebruik geschikt

Bijlage IV

Globale raming investeringskosten Bergingsvarianten

Bijlage IV A

Globale kostenraming Bassin t.p.v. perron 8

Activiteiten		Eenheid	Aantal	Eenheidsprijs	Bedrag
Materiaal					
Betonnen duiker doorsnede 25 x 2,5 m2		m	65	1800	117.000
Aanlegkosten					
Ontgraving		m3	900	10	9.000
Afvoer grond		ton	765	25	19.125
Verwerking grond (aanvulling)		m3	450	4	1.800
Leggen riolering		m	65	80	5.200
Overloop		post	1	20000	20.000
SUBTOTAAL KOSTEN					172.125
Onvoorzien en ter afronding		%	40		67.875
TOTAAL KOSTEN (exclusief BTW)					240.000

Uitgangspunten

- Materiaalkosten inclusief levering
- Afvoer via bestaande riolering
- Grond voor hergebruik geschikt
- Kosten toevoer niet meegenomen

Bijlage IV B

Globale kostenraming Perronbak

Activiteiten	Eenheid	Aantal	Eenheidsprijs	Bedrag
Materiaal Keerwanden Folie	m	80	300	24.000
	m2	500	10	5.000
Aanlegkosten Ontgraving Afvoer grond (categorie 1) Aanbrengen keerwanden Aanbrengen folie Overloop	m3	1100	10	11.000
	ton	510	25	12.750
	m	80	65	5.200
	m2	500	40	20.000
	stuks	1	20.000	20.000
SUBTOTAAL KOSTEN				97.950
Onvoorzien en ter afronding				39.180
TOTAAL KOSTEN (exclusief BTW)				140.000

Uitgangspunten

- Materiaalkosten inclusief levering
- Afvoer (overloop) via bestaande riolering
- Kosten toevoer niet meegenomen
- Grond voor hergebruik geschikt

Activiteiten	Eenheid	Aantal	Eenheidsprijs	Bedrag
Materiaal				
Folie	m2	700	10	7.000
Beplanting	m2	100	10	1.000
Aanlegkosten				
Ontgraving	m3	1100	10	11.000
Afvoer grond (categorie 1)	ton	1870	25	46.750
Aanbrengen folie	m2	700	40	28.000
Beplanting	m2	100	10	1.000
Overloop	stuks	1	20.000	20.000
SUBTOTAAL KOSTEN				114.750
Onvoorzien en ter afronding	%	40		45.250
TOTAAL KOSTEN (exclusief BTW)				160.000

Uitgangspunten

- Materiaalkosten inclusief levering
- Afvoer (overloop) via bestaande riolering
- Kosten toevoer niet meegenomen
- Grond voor hergebruik geschikt