

Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Transport & Planning

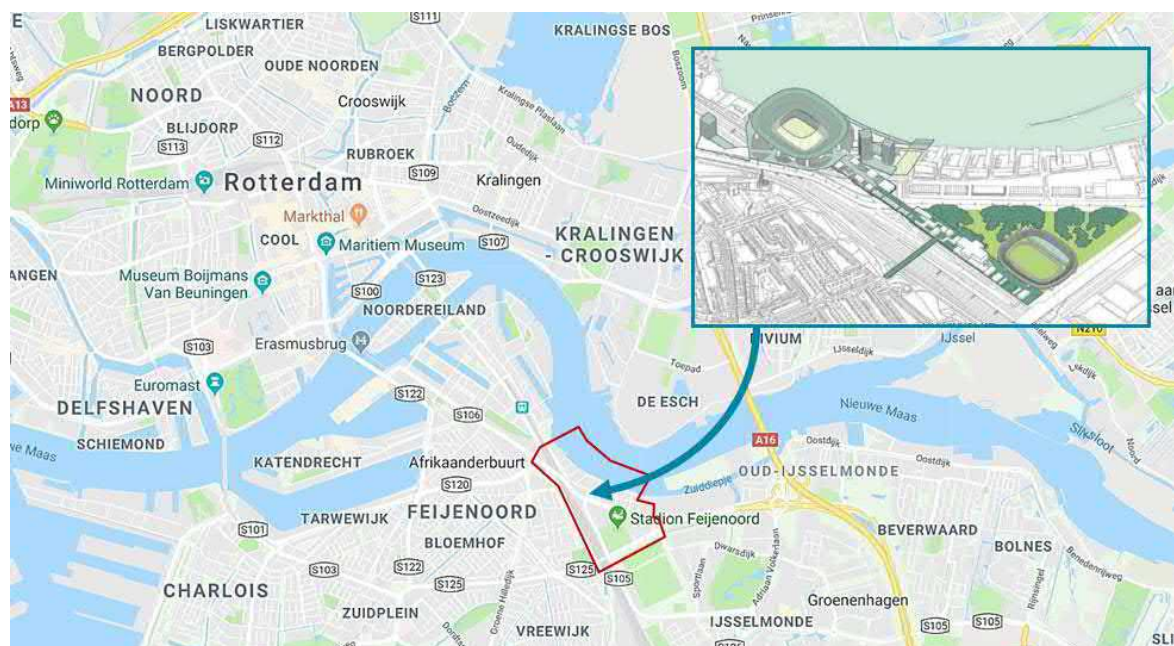
Aan: Waterschap Hollandse Delta
Van: Erik Arnold, Rob van der Smar (RHDHV)
Datum: 13/09/2019
Kopie: André Schram (RHDHV), Projectbureau Feyenoord City
Ons kenmerk: BF3499TPNT1909120844
Classificatie: Projectgerelateerd
Status: Definitief versie 1.0

Onderwerp: Feyenoord City - Alternatieven waterkering t.p.v. nieuwbouw stadion

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Het project Feyenoord City (FC) zal aan de linkeroever van de Nieuwe Maas te Rotterdam (zie Figuur 1-1) worden gerealiseerd op het eiland IJsselmonde (dijkkring 17, dijktraject 17-2, lengte 26,6 km). Het project ligt voor een groot deel in de uiterwaarde, maar ook voor een deel in de beschermingszone en in de kernzone van de primaire waterkering (zie Figuur 1-2). Dit dijktraject heeft een faalkansnorm met signaleringswaarde 1/3.000 per jaar en een Ondergrenswaarde van 1/1.000 per jaar. De beheerder van de waterkering is het Waterschap Hollandse Delta (WSHD). De bouw van project Feyenoord City op en nabij de waterkering (zie Figuur 1-3) dient te geschieden conform de uitgangspunten van Rijkswaterstaat (RWS) en het WSHD. Er zal dus een gecoördineerde vergunningsaanvraag worden gedaan bij RWS voor de realisatie en het gebruik van het nieuwe stadion en overige objecten behorende bij dit project. WSHD geeft advies aan Gemeente.



Figuur 1-1: Ligging Feyenoord City in Rotterdam

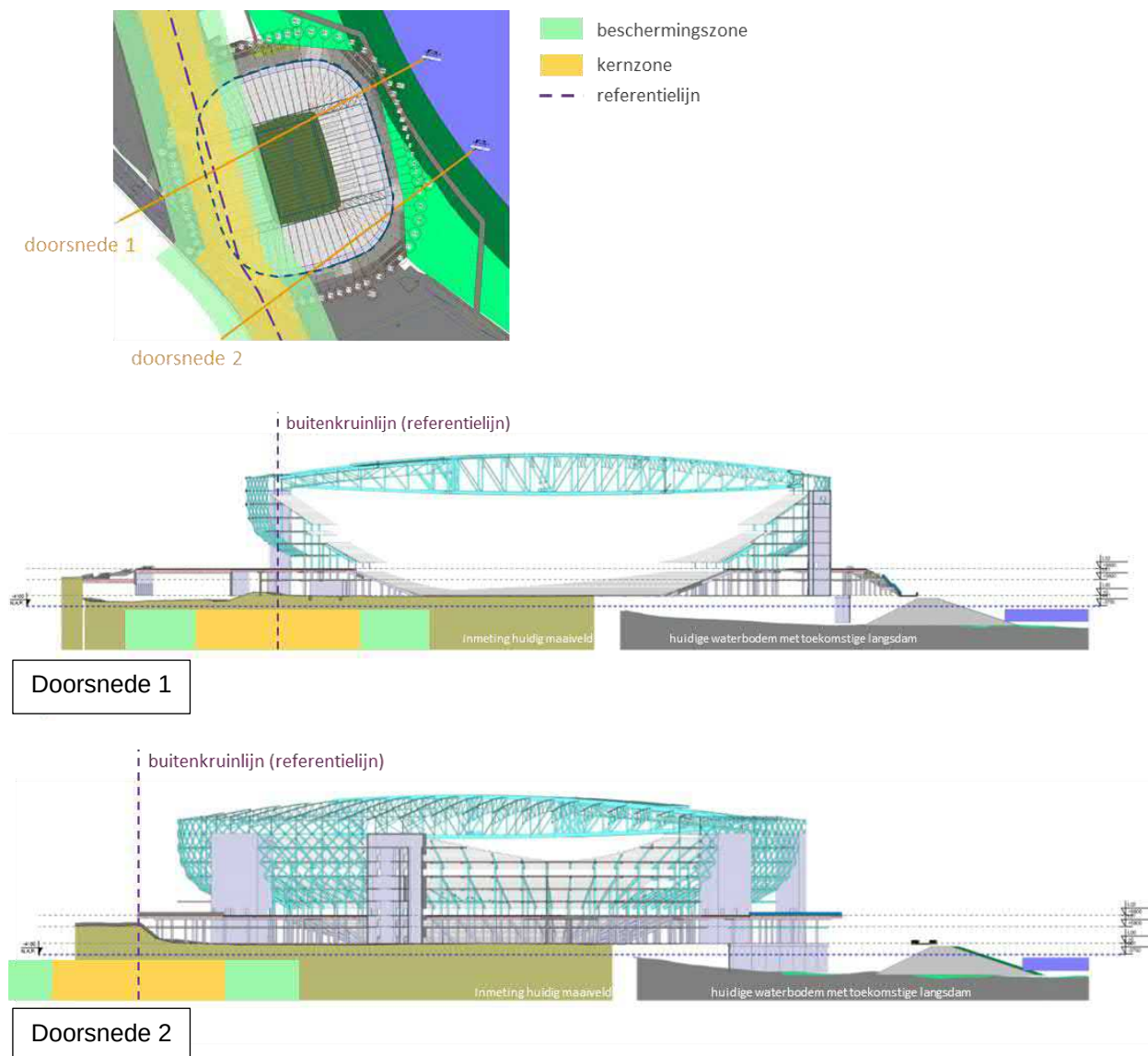
In het advies van het waterschap aan de Gemeente staan begrippen als robuustheid en uitbreidbaarheid hoog in het vaandel. Ook de primaire taken van het waterschap als dagelijks beheer en onderhoud, buitengewoon onderhoud, calamiteiten en uitvoering van de werkzaamheden moeten onverhinderd doorgang kunnen vinden tijdens en na de realisatie het project.

1.2 Doelstelling

Ten behoeve van de keuze van de benodigde maatregelen aan de primaire waterkering ter plaatse van het nieuwe stadion zijn drie alternatieven opgesteld en afgewogen. Bij de afweging van de alternatieven zijn de primaire taken van het waterschap meegewogen, zoals o.a. het dagelijks beheer en onderhoud, buitengewoon onderhoud en calamiteiten.



Figuur 1-2: Legger van waterschap Hollandse Delta t.p.v. project Feyenoord City



Figuur 1-3: Ligging stadion t.o.v. de primaire waterkering (kernzone, beschermingszone en referentielijn)

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 0 zijn drie alternatieven kwalitatief vergeleken (o.b.v. plussen en minnen) op de volgende aspecten: 1) invloed stadion op veiligheid waterkering; 2) dagelijks beheer en onderhoud; 3) veiligheid waterkering tijdens uitvoering stadion; 4) inspectie en aanpasbaarheid tijdens calamiteiten; 5) robuustheid en uitbreidbaarheid; 6) kosten en technische complexiteit. Dit hoofdstuk benoemt ook het alternatief dat het beste scoort.

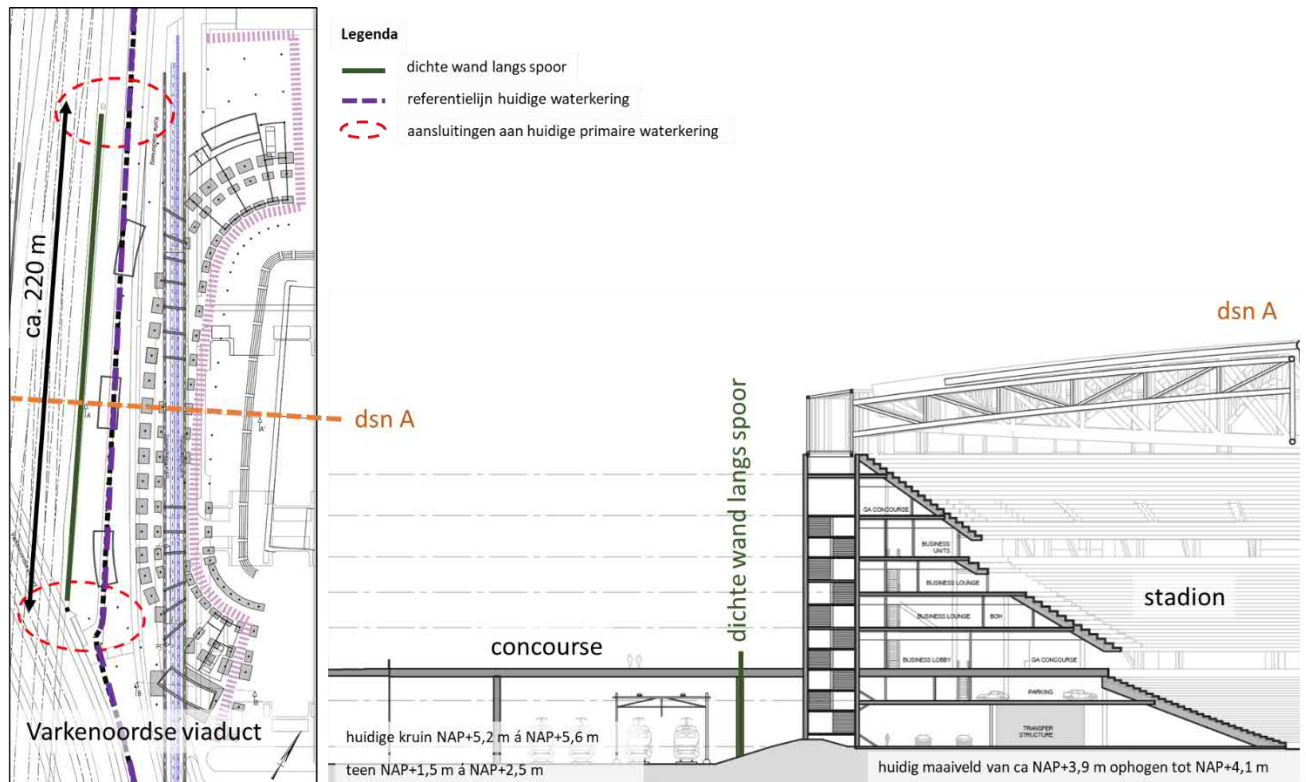
2 Beschrijving maatregelen aan waterkering t.p.v. nieuwe stadion

In dit hoofdstuk beschrijven we in paragraaf 2.1 aan de hand van een bovenaanzicht het tracé van de waterkering nabij het nieuwe stadion. Dit tracé geeft inzicht in de inpassingsopgave ter plaatse van het nieuwe stadion. Vervolgens beschrijven we de alternatieven op basis van een principeschets (doorsnede) en vergelijken we de alternatieven kwalitatief. In paragraaf 2.2 benoemen we het alternatief dat het beste scoort.

2.1 Tracé met aansluitconstructies

In het huidige binnentalud van de primaire waterkering is een steunpunt voorzien van het concourse (toegang naar stadion), welke bestaat uit een dichte wand langs het spoor gefundeerd op palen (zie Figuur 2-1). Tevens worden enkele steunpilaren met trappenhuizen van het stadion in de huidige waterkering voorzien welke als niet-waterkerende objecten moeten worden beschouwd. De waterkering zal voor een deel worden overdekt door de concourse en het stadion, waardoor een grasbekleding niet meer toepasbaar is en een alternatieve erosiebestendige bekleding of harde constructie noodzakelijk is. In deze notitie is gekeken wat het beste alternatief is voor het handhaven van de huidige waterkering inclusief de uitbreidbaarheid hiervan. De alternatieven zijn het handhaven van de huidige waterkering met beperkte aanpassingen (alternatief grond), de wand onder de concourse een waterkerende functie geven ten aanzien van enkel het faalmechanisme macrostabiliteit (alternatief stabiliteit) of gecombineerd met faalmechanisme hoogte (alternatief vervangend). In de volgende paragrafen wordt dit verder uitgewerkt.

In Figuur 2-1 (links) is de inpassingsopgave gegeven ter plaatse van het concourse / stadion met de benodigde aansluitingen aan weerszijde van dit tracé. Het gaat om een tracé van ca. 220m. Aan de noordzijde waar de dichte wand langs het spoor ophoudt (groene lijn) sluiten we aan op de huidige primaire waterkering (paarse lijn). Aan de zuidzijde waar de dichte wand langs het spoor ophoudt sluiten we aan op het Varkensoordse Viaduct. Het Varkenoordse viaduct maakt deels uit van de primaire waterkering.



Figuur 2-1: Tracé met aansluitingen

2.1.1 Alternatief 1: Grond

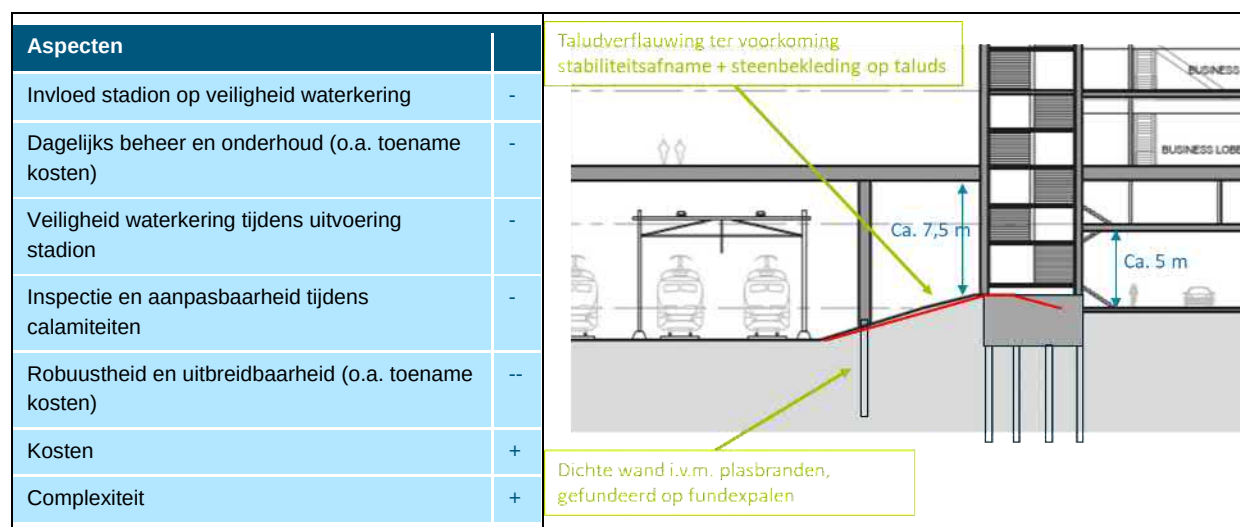
In Figuur 2-2 (rechts) is een principeschets gegeven van het alternatief 'grond'. Bij dit alternatief blijft het huidige grondlichaam van de primaire waterkering gehandhaafd. Om de erosiebestendigheid te kunnen garanderen ter plaatse van de overkapping van het concourse / stadion zal een steenbekleding op de kruin en de taluds worden aangebracht. Ten behoeve van het aanbrengen van de steenbekleding wordt de grasbekleding en het daaronder liggende grondlichaam voor ca. 0,8 m afgegraven. Vervolgens wordt daarop een kleilaag gelegd met een steenbekleding. Om de stabiliteit van het binnentalud niet te laten verslechteren ten opzichte van de huidige situatie wordt het binnentalud wat verflauwd.

Tijdens de bouw kan de waterkering gehandhaafd blijven. Echter ter plaatse van de steunpunten dienen tijdelijke bouwkuipen te worden aangebracht welke als tijdelijke waterkeringen dienen te worden ontworpen.

De taluds en de aanwezigheid van de steunpunten in de waterkering geeft extra knelpunten bij het dagelijks en buitengewoon beheer en onderhoud evenals bij calamiteiten.

Het beheer en onderhoud zal ook duurder worden in verband met onderhoud aan steenbekleding, opruimen extra zwerfafval, mollenbestrijding en ook neemt de vandalismegevoeligheid toe.

In Figuur 2-2 (links) is het alternatief 'grond' kwalitatief gescoord op de genoemde aspecten. Vanwege de geringe maatregelen aan de waterkering scoort alternatief 'grond' goed op kosten en technische complexiteit / maakbaarheid (+). Wanneer wordt gekeken naar de aspecten met betrekking tot de primaire taken van het waterschap zoals o.a. het dagelijks beheer en onderhoud, buitengewoon onderhoud en calamiteiten dan scoort dit alternatief minder (-). Vooral op het aspect robuustheid en uitbreidbaarheid scoort dit alternatief slecht (--). Door de insluiting van de primaire waterkering door de toekomstige overkapping (t.p.v. het concourse), het spoor en het daarnaast liggend stadion is de uitbreidbaarheid van de waterkering in de toekomst sterk belemmerd. Hierdoor is aanleg van een stabiliteitsscherm of langsconstructie na realisatie van het stadion lastig. Eventuele drainage in de teen om de stabiliteit van het grondlichaam te verhogen geeft risico's ten aanzien van zettingsschade. Dit alternatief 'grond' is daarom alleen kansrijk wanneer kan worden aangetoond dat de huidige waterkering reeds voldoet voor de komende 100 jaar, maar dit zal niet over de gehele dijkstrekking ter plaatse van het stadion het geval zijn. Het eventuele aanbrengen van een steunberm aan de binnendijkse zijde is niet wenselijk vanwege de aanwezigheid van de spoorwegen en maar beperkt mogelijk in verband met de onderdoorgang van de sporen met het Varkenoordse Viaduct.



Figuur 2-2: Principeschets alternatief 1 Grond en afweging

Voor de kostenindicatie (zie bijlage 1) is uitgegaan van het afvlakken van het binnentalud en het aanbrengen van een kleilaag en een steenbekleding. Bij dit alternatief heeft de dichte wand langs het spoor geen functie ten aanzien van de waterkering. In de kostenvergelijking zijn de kosten van de dichte wand en de paalfundatie meegenomen voor een eerlijk vergelijk van de alternatieven. De extra kosten die de aannemer moet maken tijdens de bouwfase om de steunpunten te realiseren zijn niet meegenomen omdat nog niet duidelijk is hoe een en ander zal worden uitgevoerd. Wel is bij de afweging de veiligheid tijdens uitvoering stadion negatief gescoord, omdat er extra maatregelen noodzakelijk zijn. Er dient dus rekening mee te worden gehouden dat de totaalkosten hoger zullen zijn.

2.1.2 Alternatief 2: Stabiliteit

In Figuur 2-3 (rechts) is een principeschets gegeven van het alternatief 'stabiliteit'. Bij dit alternatief blijft net als bij alternatief 'grond' het huidige grondlichaam gehandhaafd dat deels de waterkerende functie blijft vervullen. Daarnaast wordt een stabiliteitsscherm aangebracht onder de dichte wand langs het spoor om de stabiliteit van de waterkering in de toekomst te garanderen. Hierbij krijgt de fundatie van de dichte wand langs het spoor ook een waterkerende functie. Hierbij denken we aan een damwand, diepwand, soilmix-wand of een combinatie van damwand en paalfundatie. Omdat het grondlichaam deels de waterkerende functie blijft vervullen hoeft het stabiliteitsscherm minder zwaar te worden uitgevoerd dan wanneer het huidige grondlichaam helemaal wordt afgegraven en de stabiliteitsscherm de gehele waterkerende functie overneemt.

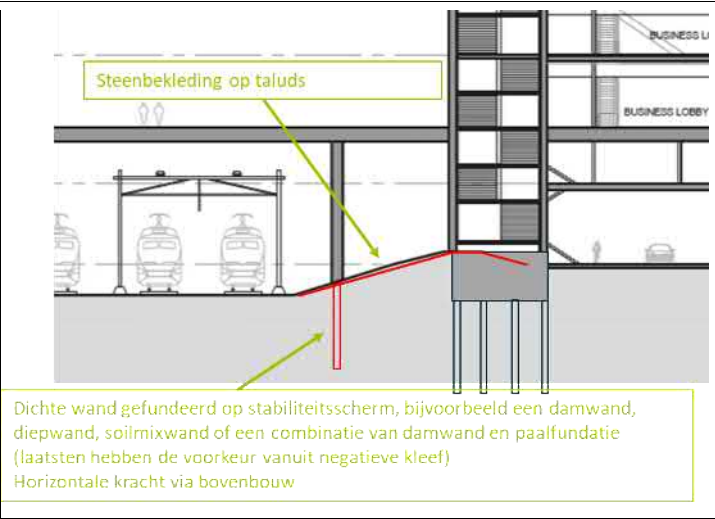
Tijdens de bouw kan de waterkering gehandhaafd blijven. Echter ter plaatse van de steunpunten dienen tijdelijke bouwkuipen te worden aangebracht welke als tijdelijke waterkeringen dienen te worden ontworpen.

De taluds en de aanwezigheid van de steunpunten in de waterkering geeft extra knelpunten bij het dagelijks en buitengewoon beheer en onderhoud evenals bij calamiteiten.

Het beheer en onderhoud zal ook duurder worden in verband met onderhoud aan steenbekleding, opruimen extra zwerfafval, mollenbestrijding en ook neemt de vandalismegevoeligheid toe.

In Figuur 2-3 (links) is het alternatief 'stabiliteit' kwalitatief gescoord op de aspecten. Dit alternatief scoort beter dan alternatief 'grond' op het aspect robuustheid en uitbreidbaarheid omdat de waterkering gedimensioneerd wordt op een levensduur van 100 jaar. Door de insluiting van de primaire waterkering door de toekomstige overkapping (t.p.v. het concourse), het spoor en het daarnaast liggend stadion blijft het grondlichaam echter slecht bereikbaar voor beheer & onderhoud, inspectie en aanpasbaarheid tijdens calamiteiten. Daarom scoort dit alternatief minder op deze aspecten (-). Dit alternatief scoort daarnaast negatief (-) op technische complexiteit omdat het scherm vlaklangs het spoor moet worden ingebracht, waardoor restricties zullen worden gesteld (door ProRail) bij het intrillen van damwanden. Hierdoor komen de damwandplanken (29 m lang) mogelijk niet op diepte, ook wanneer gebruik gemaakt wordt van mitigerende maatregelen zoals fluïderen en voorboren. Indien een diep scherm niet mogelijk blijkt te zijn kan ook worden gekozen voor een paalfundatie (stalenbuispaal fundex) in combinatie met een minder diep scherm (damwand). De paalfundatie en het scherm zijn in dat geval aan de bovenzijde verbonden door middel van een sloof.

Aspecten	
Invloed stadion op veiligheid waterkering	-
Dagelijks beheer en onderhoud (o.a. toename kosten)	-
Veiligheid waterkering tijdens uitvoering stadion	-
Inspectie en aanpasbaarheid tijdens calamiteiten	-
Robuustheid en uitbreidbaarheid (o.a. toename kosten)	+
Kosten	-
Complexiteit	-



Figuur 2-3: Principeschets alternatief 2 Stabiliteit

Voor de kostenindicatie (zie bijlage 1) is uitgegaan van AZ26 van 29 m (NAP+3,0 m tot NAP-26 m). Mocht gekozen worden voor paalfundatie (stalenbuispaal fundex) in combinatie met een minder diep scherm (damwand) in verband met het aspect maakbaarheid dan schatten we in dat dit binnen de gegeven kostindicatie valt. De extra kosten die de aannemer moet maken tijdens de bouwfase om de steunpunten te realiseren zijn niet meegenomen omdat niet duidelijk is hoe een en ander zal worden uitgevoerd. Wel is bij de afweging de veiligheid tijdens uitvoering stadion negatief gescoord, omdat er extra maatregelen noodzakelijk zijn. Er dient dus rekening mee te worden gehouden dat de totaalkosten hoger zullen zijn.

2.1.3 Alternatief 3: Vervangend

In Figuur 2-4 (rechts) is een principeschets gegeven van het alternatief 'vervangend'. Bij dit alternatief wordt de huidige waterkering geheel afgegraven en vervangen door een waterkerende constructie. Hierdoor krijgt het stabiliteitsscherm, aangebracht onder de dichte wand van het concourse, de volledige waterkerende functie en moet daarom zwaarder worden uitgevoerd dan het alternatief 'stabiliteit'. Ook heeft de constructie een dragende functie vanuit de concourse. Hierbij denken we net als bij alternatief 'stabiliteit' aan een damwand, diepwand, soilmix-wand of een combinatie van damwand en paalfundatie.

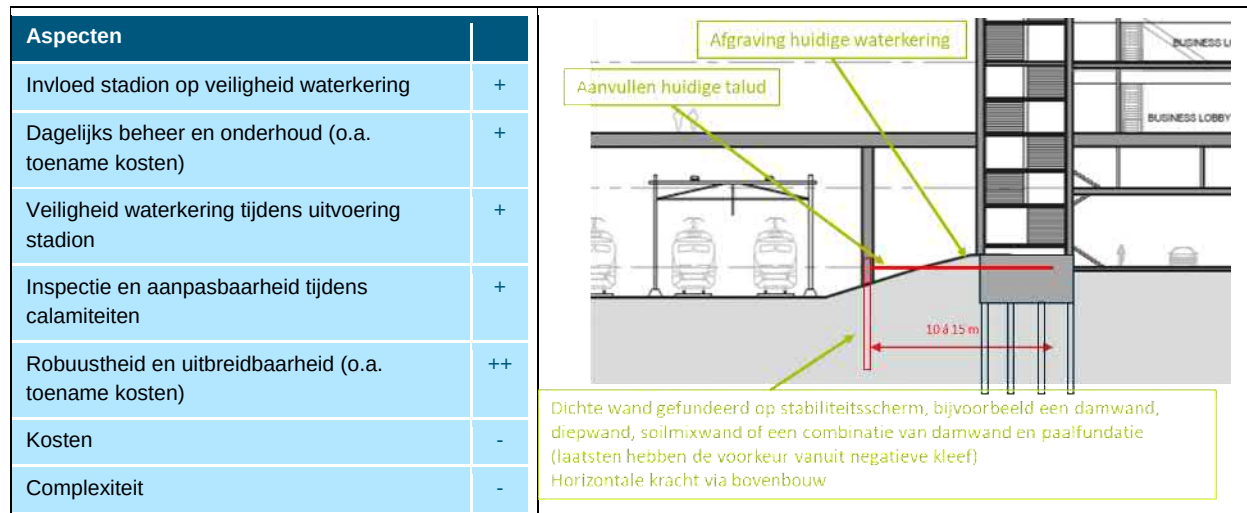
Tijdens de bouw van het stadion is een vervangende waterkering aanwezig waarbij ontgravingen ten behoeve van het aanbrengen van steunpunten van het stadion aan de buitendijkse zijde toelaatbaar zijn. Bij dit alternatief zijn dus geen dure tijdelijke bouwkuipen meer noodzakelijk.

Door het ontbreken van taluds zijn de knelpunten bij het dagelijks en buitengewoon beheer en onderhoud evenals bij calamiteiten, beperkter door een betere bereikbaarheid vanaf de stadionzijde. Vanaf de spoorzijde blijft de waterkering niet goed bereikbaar.

Verder is een voordeel van dit alternatief dat het een harde constructie betreft in tegenstelling tot de grondconstructies bij de andere alternatieven. Hierdoor is tijdens een calamiteit (hoogwater) geen directe noodzaak tot inspectie in tegenstelling tot bij de andere alternatieven.

Het beheer en onderhoud zal ook goedkoper zijn dan bij de andere alternatieven zoals onderhoud aan steenbekleding, opruimen extra zwerfafval, mollenbestrijding en ook is de vandalismegevoeligheid lager bij deze vervangende waterkering als verticale constructie met aansluitend horizontale maaiveld met verharding (i.p.v. taluds met steenbekleding).

In Figuur 2-4 (links) is het alternatief 'vervangend' kwalitatief gescoord op de aspecten. Dit alternatief scoort net als alternatief 'stabiliteit' erg goed (++) op het aspect robuustheid en uitbreidbaarheid omdat de waterkering gedimensioneerd wordt op een levensduur van 100 jaar. Door de volledige afgraving van het huidige grondlichaam is de stabiliteitsscherm goed bereikbaar voor beheer & onderhoud, inspectie en aanpasbaarheid tijdens calamiteiten. Bovendien verdwijnen de taluds, waardoor meer vlak terrein beschikbaar komt. Daarom scoort dit alternatief goed op deze aspecten (+). Dit alternatief scoort negatief (-) op technische complexiteit omdat het scherm vlaklangs het spoor moet worden ingebracht, waardoor restricties zullen worden gesteld (door ProRail) aan het intrillen van damwanden. Hierdoor komen de damwandplanken (29 m lang) mogelijk niet op diepte, ook wanneer gebruik gemaakt wordt van mitigerende maatregelen zoals fluïderen en voorboren. Indien een diep scherm niet mogelijk blijkt te zijn kan ook worden gekozen voor een paalfundatie (stalenbuispaal fundex) in combinatie met een minder diep scherm (damwand). De paalfundatie en het scherm zijn in dat geval aan de bovenzijde verbonden door middel van een sloof. Een combi-wand is niet mogelijk omdat bij het indraaien van de stalenbuispalen geen slot aangebracht kan worden op de buispalen ten behoeve van de tussenliggende damwandplanken.



Figuur 2-4: Principeschets alternatief 3 Vervangend

Voor de kostenindicatie (zie bijlage 1) is uitgegaan van AZ36 van 29 m (NAP+3,0 m tot NAP-26 m). Mocht gekozen worden voor paalfundatie (stalenbuispaal fundex) in combinatie met een minder diep scherm (damwand) in verband met het aspect maakbaarheid dan schatten we in dat dit valt binnen de gegeven kostindicatie. In de kosten is geen rekening gehouden met de baten die gemoeid zijn met de mogelijkheid om de gecreëerde horizontale maaiveld (in tegenstelling tot de taluds van de andere alternatieven) voor andere doeleinden dan waterkering in te richten, omdat hier nog geen invulling aan is gegeven. Indien dit wordt meegenomen zal het kostenplaatje van dit alternatief gunstiger worden.

2.2 Voorstel voorkeursalternatief

Het alternatief 'vervangend' scoort het best in de kwalitatieve afweging (zie Tabel 2-1), waarbij rekening is gehouden met de primaire taken van het waterschap zoals o.a. het dagelijks beheer en onderhoud, buitengewoon onderhoud en calamiteiten. Dit alternatief is wel duurder en bovendien technisch complex omdat het scherm vlaklangs het spoor moet worden ingebracht, waarvoor trillingrestricties gelden. Gezien de trillingsrestricties zal een diepe damwandscherm naar verwachting niet haalbaar zijn in verband met inbrengen. Een paalfundatie (trillingsvrij inbrengbare stalen buispalen) in combinatie met een minder diep scherm (damwand) ligt dan meer voor de hand. Op dit moment wordt voorgesteld om de aannemer deze keuzevrijheid te geven in zijn ontwerp op basis van zijn aanvullende grondonderzoek.

Zwerfstroom

Zwerfstroom als gevolg van het spoor kan worden opgevangen door extra damwandplanken te slaan, die worden opgeofferd. Dit dient in de uitwerking van het ontwerp nader te worden meegenomen.

Effect op grondwaterstand

Er zijn geen peilbuizen beschikbaar ten behoeve van de meting van de freatische grondwaterstand. Op basis van het milieukundige bodemonderzoek lijkt de freatische grondwaterstand te verlopen van het zuidoosten naar het noordwesten. De keerwand komt dan min of meer loodrecht op de grondwaterstand en zal maar een beperkte invloed hebben. Wel is het zo dat de grondwaterstand ter plaatse van de oostzijde van de greppel tussen de primaire waterkering en het spoor rond het maaiveld ligt, ofwel stroomt mogelijk af in de greppel. Dit zal na het aanbrengen van de kering niet veranderen. We verwachten op basis hiervan geen significante wijzigingen van de freatische grondwaterstand.

Tabel 2-1: Kwalitatieve afweging alternatieven

Aandachtspunt	Alternatief 1 GROND	Alternatief 2 STABILITEIT	Alternatief 3 VERVANGEND
Invloed stadion op veiligheid waterkering	-	-	+
Dagelijks beheer en onderhoud (o.a. toename kosten)	-	-	+
Veiligheid waterkering tijdens uitvoering stadion	-	-	+
Inspectie en aanpasbaarheid tijdens calamiteiten	-	-	+
Robuustheid en uitbreidbaarheid (o.a. toename kosten)	--	+	++
Kosten	+	-	-
Complexiteit	+	-	-

Bijlage 1: Kostenraming (nauwkeurigheid $\pm 50\%$)

totale lengte waterkering

220 m

<i>Alternatief 1: Grond</i>		ontgraven	15 m ³ /m			
		kleiafdekking	15 m ³ /m			
		steenbekleding	15 m ² /m			
		wand langs spoor D:800mm	8,9 m/hoopte			
		fundexpaal 0,52m Ø L26,5m	1 st/m ¹			
		kosten	hoev.	eh	€ / ehd	subtotaal totaal
		stalenbuispaal fundex	220 st		€ 3.100,00	€ 682.000
		toeslag werken langsspoor	1 pst		100000	€ 100.000
		betonwand	1958 m ²		600	€ 1.174.800
		ontgraven	3300 m ³		40	€ 132.000
		kleiafdekking	3300 m ³		30	€ 99.000
		steenbekleding	3300 m ²		47	€ 155.100
		indirecte kosten	25% over		€ 2.342.900	€ 585.725
						€ 2.928.625

<i>Alternatief 2: Stabiliteit</i>		ontgraven	15 m ³ /m			
		kleiafdekking	15 m ³ /m			
		steenbekleding	15 m ² /m			
		wand langs spoor D:800mm	8,9 m/hoopte			
		fundexpaal 0,52m Ø L26,5m	0 st/m ¹			NIET OPGENOMEN
		Stalen permanent damwand AZ26 drukken	29 m/m ¹			
		kosten	hoev.	eh	€ / ehd	subtotaal totaal
		stalenbuispaal fundex	0 st		€ 3.100,00	€ -
		toeslag werken langsspoor	0 pst		100000	€ -
		betonwand	1958 m ²		600	€ 1.174.800
		toeslag 20%	1958 m ²		120	€ 234.960
		balk/overgangsprofiel damwand>betonwand	220 m ¹		500	€ 110.000
		Stalen damwand permanent drukken	220 m ¹		6350	€ 1.397.000
		toeslag werken langsspoor	1 pst		150000	€ 150.000
		ontgraven	3300 m ³		40	€ 132.000
		kleiafdekking	3300 m ³		30	€ 99.000
		steenbekleding	3300 m ²		47	€ 155.100
		indirecte kosten	25% over		€ 3.452.860	€ 863.215
						€ 4.316.075

<i>Alternatief 3: Vervangend</i>		ontgraven	15 m ³ /m			
		zand aanvullen	15 m ³ /m			
		verharding	15 m ² /m			
		wand langs spoor D:800mm	8,9 m/hoopte			
		Stalen damwand AZ36 permanent drukken	29 m/m ¹			
		kosten	hoev.	eh	€ / ehd	subtotaal totaal
		betonwand	1958 m ²		600	€ 1.174.800
		toeslag 20%	1958 m ²		120	€ 234.960
		Stalen damwand permanent drukken	220 m ¹		7500	€ 1.650.000
		balk/overgangsprofiel damwand>betonwand	220 m ¹		500	€ 110.000
		toeslag werken langsspoor	1 pst		150000	€ 150.000
		ontgraven	3300 m ³		40	€ 132.000
		zand aanvulling	3300 m ³		22	€ 72.600
		verharding	3300 m ²		70	€ 231.000
		indirecte kosten	25% over		€ 3.755.360	€ 938.840
						€ 4.694.200