

Faas Development
T.a.v. dhr. J.P. Faas
IJKdok 69
1013 MM AMSTERDAM

ARCADIS NEDERLAND BV
Hanzelaan 286
Postbus 137
8000 AC Zwolle
Tel +31 38 7777 700
Fax +31 38 7777 710
www.arcadis.nl

Onderwerp:
Effect derde kelderverdieping Badhuis Cadzand

DIVISIE WATER & MILIEU

Geachte heer Faas,

Zwolle,
15 oktober 2014

In de, in uw opdracht uitgevoerde, veiligheidsbeschouwing inzake het effect van de nieuwbouwplannen voor het toekomstige 'Badhuis Cadzand' (het huidige Cadzandria) is uitgegaan van de destijds (najaar 2013) voorliggende plannen. In de opgeleverde rapportage (met kenmerk 077482770:0.1 d.d. 31 december 2013) vormde een onderkeldering met twee lagen het uitgangspunt. Ook werd daarbij uitgegaan van een relatief smalle opening tussen het nieuwe bouwwerk en het naastliggende pand op basis een interpretatie van de destijds beschikbaar gestelde informatie.

Contactpersoon:
dr.ir. H.J. Steetzel

Telefoonnummer:
+31 6 4612 9735

E-mail:
henk.steetzel@arcadis.nl

Inmiddels is aanvullende, meer gedetailleerde informatie beschikbaar gekomen en is in het ontwerp definitief uitgegaan van een drielaags-onderkeldering. De consequenties hiervan ten aanzien van de zogenaamde 'dichtzet-constructie' en het aanbrengen van een 'schort' aan de fundering komen in het volgende aan de orde.

Ons kenmerk:
078071132:A

Projectnummer:
C03041.003121.0100

Noodzaak dichtzet-constructie naastgelegen pand

In de 2013-rapportage is aangegeven dat er maatregelen zouden moeten worden genomen om de effecten van extra duinafslag in het gat tussen de voorziene constructie en het naastliggende pand (HR De Blanke Top) te voorkomen. Daartoe werd aanbevolen om tussen de beide kelders een 'wandje' te plaatsen. De afstand tussen de beide kelders blijkt achteraf gezien veel groter dan oorspronkelijk gedacht. Deze is geen 13,2 m (conform tekening 2792-RES BADHUIS CADZAND 22 08 13 controle gelijkvloers bovengrondse maten.pdf) maar 19,1 m. Het aanwezige gat tussen de beide kelders is dus veel (50%) breder. De noodzaak om de 'smalle opening' dicht te zetten hangt samen met de verhouding tussen de erosie in het gat en de breedte van het gat. De maximale reguliere teruggang van het (maatgevende 200 jaar) afslagpunt reikt tot RSP-135 m. Rekening houdend met een ongunstige profielvorm (5 m extra afslag) zou dit resulteren in een afslag tot RSP-140 m. Ten opzichte van de voorgevel (op RSP-114 m) is dit dus een teruggang van 26 m.

In de oorspronkelijke benadering (2013-rapportage) bedroeg de verhouding tussen teruggang in het gat en gatbreedte 26/13 is 2,0. Bij beschouwing van de



Divisie Water & Milieu is gecertificeerd voor:
ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, VCA-P,
SIKB BRL's en de CO2-Prestatieladder

ARCADIS

daadwerkelijke breedte van het gat (19 m) neemt deze verhouding significant af ($26/19 = 1,4$). Dit laatste maakt ook dat het nog additioneel in rekening te brengen 'gat-effect' minder ernstig wordt en kan er dus rekening worden gehouden met minder extra afslag.

De maximale extra teruggang (als gevolg van dit effect) is initieel geschat op 14 m (bij een zeer smal gat). Het maximale effect wordt in dit specifieke geval (bij de verhouding 1,4) minder en geschat op orde 5 m.

De afslag in het gat komt daarmee in plaats van $26 + 14 = 40$ m nu op $26 + 5 = 31$ m achter de voorzijde.

Omdat deze geringere extra teruggang nu nog slechts een fractie ($5/26$ is ongeveer 20%) van de reguliere afslag in het gat bedraagt, vervalt de noodzaak tot het daadwerkelijk dicht zetten van het gat.

Bovendien beperkt de vernauwing tussen de beide bouwwerken zich tot een afstand van orde 15 m vanaf de voorzijde van de bebouwing en komt de afslag sowieso tot voorbij de achterzijde van het HR De Blanke Top. Hier is ook in de breedte voldoende zand beschikbaar waardoor de extra achteruitgang nog zal worden beperkt.

Conclusie is derhalve dat het 'gat-effect' beperkt zal blijven omdat de breedte van het gat relatief groot is (ten opzichte van de afslag in het gat) en omdat de afslag sowieso tot voorbij de achterzijde van HR De Blanke Top komt en daar in de breedte ook veel afslagmateriaal beschikbaar is. Het effect van het gat wordt daarmee marginaal en de noodzaak tot het dichtzetten van het gat komt daarmee te vervallen. Deze conclusie is onderschreven door de betrokkenen van het verantwoordelijke waterschap (ref. email Adrie Provoost d.d. 9 april 2014).

Noodzaak aanbrengen 'funderingsschort'

Een van de andere doelen van deze technische uitwerking uit 2013 had betrekking op het in kaart brengen van de mogelijke effecten van het tijdens maatgevende omstandigheden ontwikkelen van een ontgrondingskuil direct voor de constructie. De aanwezigheid van een dergelijke kuil zou immers kunnen leiden tot een ondergraving van de constructie met mogelijke stabiliteitsproblemen tot gevolg. Deze laatste zouden mogelijk een negatief effect kunnen hebben op de veiligheid van de waterkering.

In de uitwerkingen is in eerste instantie het verwachte niveau van de ontgroning gekwantificeerd. Resultaat van deze berekeningen was dat er in zeer ongunstige omstandigheden rekening moet worden gehouden met een ontgroning tot het NAP+3 m niveau.

Op basis van dit resultaat werd aanbevolen om bij de dimensionering van de gevelconstructie uit te gaan van een ontgroning tot dit niveau (NAP+3 m) en de voorzijde van de fundering ook aan de beide zijgevels over een landwaartse afstand van 10 m door te trekken.

De fysieke consequenties van deze aanbeveling hangen natuurlijk af van de daadwerkelijk te realiseren kelderconfiguratie.

ARCADIS

Indien het bouwwerk wordt voorzien van een tweede kelderniveau (tot grofweg NAP+5 m), zal er dus een voorziening (schort) moeten worden aangebracht die ontgronding/ontgraving onder de hoofdconstructie voorkomt. In figuur 7 van de rapportage de positie van deze voorziening schematisch weergegeven.

Indien er uiteindelijk gekozen wordt voor een derde kelderniveau (tot grofweg NAP+2 m), is dit niet nodig omdat in dat geval de voorzijde van de constructie sowieso voldoende diep (tot onder het verwachte ontgrondingsniveau) reikt.

Het huidige ontwerp voorziet in het daadwerkelijk realiseren van een derde kelderniveau. In dit geval is het dus ook niet meer nodig om de zeezijde van de fundering te voorzien van een dergelijke schortconstructie. Deze eis komt daarmee te vervallen.

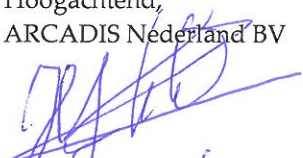
Omdat de derde kelderlaag volledig inpandig wordt aangebracht (en dus niet buiten de in eerste instantie aangehouden buitencontour van de tweede kelderlaag reikt) zijn er ten opzichte van het oorspronkelijke plan dus geen waterkeringstechnische consequenties.

Samenvattende conclusie is dan ook dat de noodzaak tot het aanbrengen van zowel de 'dichtzet-constructie' (wandje tussen bouwwerk en naastgelegen pand) als de aan de voorzijde van het bouwwerk voorziene 'funderingsschort' komt te vervallen.

Deze onderdelen spelen dan ook geen rol meer in de beoordeling van de vergunningsaanvraag.

In het vertrouwen u hiermee een passende toelichting op de consequenties van zowel de daadwerkelijke afstand tussen de beide bouwwerken als het realiseren van de derde kelderlaag te hebben verschaft,

Hoogachtend,
ARCADIS Nederland BV



dr.ir. H.J. Steetzel
Senior specialist

MEMO

Onderwerp:

Advies waterkeringstechnische eisen Badhuis
Cadzand

Zwolle,
31 december 2013

Projectnummer:
C03041.003121.0100

DIVISIE WATER

Van:
dr.ir. H.J. Steetzel

Opgesteld door:
dr.ir. H.J. Steetzel

Afdeling:
Divisie Water Zwolle

Ons kenmerk:
077482770:0.1

Aan:
J.P. Faas (Faas Development)

Kopieën aan:
Waterschap Scheldestromen

Achtergrond en aanleiding

Tijdens een in september gehouden overleg tussen de projectontwikkelaar en de heer H. Steetzel van Arcadis, zijn de nieuwbouwplannen voor zowel het toekomstige 'Badhuis Cadzand' (het huidige Cadzandria) als 'HR De Blanke Top' besproken. Vraag daarbij was in welke mate, vanuit een waterkeringstechnisch oogpunt, op voorhand al rekening moet worden gehouden met de bouwtechnische uitwerking voor deze ingrepen.

Tijdens dit overleg werd geconstateerd dat er sprake was van twee aandachtspunten die van direct belang kunnen zijn voor een dergelijke uitwerking.

Deze hebben betrekking op:

- De aanwezigheid van een *nauwe doorgang* tussen de beide objecten en de mogelijke effecten van het tijdens maatgevende omstandigheden optreden van extra teruggang van het duinfront in deze opening.
- De mogelijke effecten van het tijdens maatgevende omstandigheden ontwikkelen van een *ontgrondingskuil* direct voor een of beide constructies.

Het als eerste genoemde 'gatproblematiek' raakt direct aan de veiligheid van de waterkering en zou bij extreem veel extra afslag zelfs kunnen leiden tot een lokale doorbraak van de waterkering.

Een dergelijke situatie is natuurlijk ongewenst en kan worden voorkomen door het op een of andere manier 'dichtzetten' van deze opening waardoor er vanaf de zeezijde gezien sprake is van een min of meer aaneengesloten constructie en deze extra afslag niet meer kan optreden dan wel geen effect heeft op de veiligheid van de waterkering.

Het tweede punt heeft een directe relatie met de stabiliteit van de geplande bebouwing zelf. Voor het geval dat de afslag reikt tot aan de voorzijde van de constructie zou een hiervoor optredende ontgroning kunnen resulteren in een gedeeltelijke ondergraving van de constructie waardoor mogelijk de algehele stabiliteit van het bouwwerk in gevaar zou kunnen komen.

Ook deze situatie is ongewenst en kan worden voorkomen door het aanhouden van een voldoende laag funderingsniveau, dan wel het neerwaarts verlagen van de voorzijde van de constructie.

Afgeleide vraagstelling

Gegeven deze constatering doet zich dus de vraag voor:

- tot op welk niveau de voorzijde van de constructie moet doorgetrokken om ongewenste ondergraving van de constructie te voorkomen, alsmede voor welke bouwwerken dit aan de orde is,
- of en op welke wijze de als eerste genoemde 'gatproblematiek' thans en in de toekomst daadwerkelijk aan de orde is en hoe deze adequaat kan worden opgelost.

Duidelijk is dat deze effecten direct samenhangen met de omvang van het in het duin en op het strand aanwezige zandvolume en de positie van het bouwwerk ten opzichte van de voorzijde van het duin.

Beperking tot Badhuis Cadzand

Uit eerdere uitgevoerde verkenningen kwam reeds naar voren dat de voor 'HR De Blanke Top' voorziene oostelijke uitbreidingen zodanig ver landwaarts gelegen zijn dat de afslag niet tot aan de bebouwing zal reiken. De thans voorziene verdere versterking van het kustprofiel maakt de situatie alleen maar veiliger. De als tweede genoemde funderingsproblematiek speelt hier dan ook niet. Voor het toekomstige 'Badhuis Cadzand' speelt dit echter wel en reikt de maatgevende afslag in de onbebouwde situatie tot ver achter de voorzijde van de constructie. De funderingsproblematiek is hier dus wel degelijk een aandachtspunt en zal niet verdwijnen bij de voorziene kustversterking.

Te beschouwen vraagstukken

Teneinde antwoord te geven op de genoemde kwesties wordt zijn de volgende drie vraagstukken in beschouwing genomen:

1. Het leggen van de eenduidige relatie tussen de positie van het maatgevende afslagpunt en de omvang van het duin, inclusief de na versterking te verwachten ligging en rekening houdend met de effecten van een eventuele herziening van de zogenaamde BKL-ligging met als resultaat het eenduidig bepalen van het maatgevende dwarsprofiel;
2. Het voor de maatgevende situatie kwantificeren van het te verwachten ontgrondingsniveau en het op basis daarvan doen van een voorstel voor het aan te houden constructieniveau;
3. Het voor de maatgevende situatie kwantificeren van de potentiële extra teruggang van het afslagpunt tussen de beide constructies en het doen van een voorstel voor de positie (in dwarsrichting) en niveau (qua onderzijde) van een 'dichtzetconstructie'.

De eerste stap leverde daarbij het uitgangspunt voor de twee volgende activiteiten.

Ten behoeve van de tweede stap zullen enkele berekeningen worden uitgevoerd met een tijdsafhankelijk duinafslagmodel. Hiermee kan de ontwikkeling van het dwarsprofiel voor een constructie tijdens de maatgevende condities worden gesimuleerd.

Bij de derde stap zal waar mogelijk al worden aangesloten op de (tussen)resultaten van een in opdracht van Rijkswaterstaat uitgevoerde studie waarin de wijze van kwantificering van dergelijke effecten nader zal worden gespecificeerd.

In het volgende zijn de resultaten van de genoemde drie uitwerkingen nader toegelicht. Daarbij is voortgebouwd op een eerdere waterkeringstechnische beoordeling van het ontwerp van residentie 'Badhuis Cadzand' uit 2010.¹

Vraag 1 – Wat is het maatgevende profiel?

De positie van het zogenaamde maatgevende afslagpunt in relatie tot de positie van de voorzijde van de gevel van de constructie is van direct belang voor zowel het aan te houden funderingsniveau als de wijze waarop het zogenaamde 'gateffect' op een zo adequaat mogelijke wijze kan worden gemitigeerd. Ligt het maatgevende afslagpunt zeewaarts van de constructie, dan speelt dit natuurlijk niet en zijn er geen eisen aanvullende constructie-eisen aanwezig.

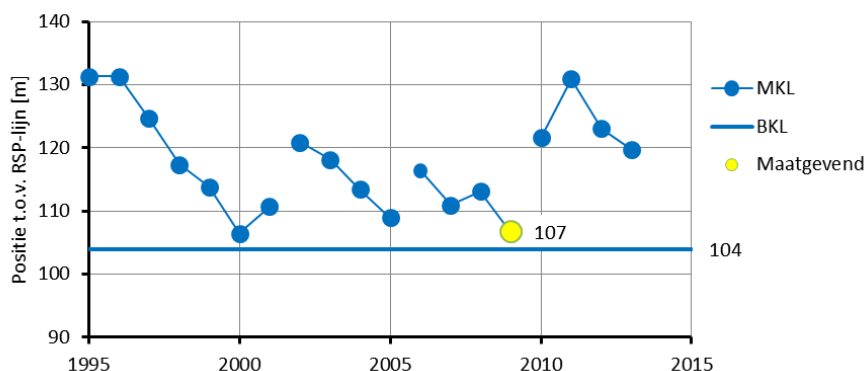
Zoals al in de inleiding genoemd, hangt de positie van het maatgevende afslagpunt direct samen met de hoeveelheid zand in het duinprofiel. Meer zand in het profiel, leidt tot een meer zeewaarts gelegen positie van het afslagpunt en daarmee op tot een afname van het mogelijke probleem.

Maatgevende situatie op basis van MKL-positie

Een maat voor de 'volheid' van het dwarsprofiel is de positie van de zogenaamde Momentane KustLijn (MKL). De tijdsontwikkeling van deze positie is weergegeven in Figuur 1 waarin een 'hoger' gelegen punt in deze grafiek samengaat met een meer zeewaarts gelegen kustlijn. De 'sprongen' hebben te maken met de momenten waarop een zandsuppletie is uitgevoerd.

In deze figuur is ook de meest recente positie uit 2013 toegevoegd. Deze laat zien dat deze, ten opzichte van 2012, weer enigszins in landwaartse richting is verschoven.

Voor de thans gegeven veiligheidsuitwerkingen is (in aansluiting op de eerdere uitwerkingen) wederom gebruik gemaakt van profielinformatie uit het jaar 2009 (gele markering in figuur). Zoals blijkt uit de figuur gaat het ook hierbij om een als minimaal aan te duiden situatie waarbij de MKL-positie (op RSP+107 m) slechts 3 m zeewaarts van de zogenaamde Basis Kustlijn (BKL) is gelegen (RSP+104 m).



Figuur 1 Ontwikkeling MKL-ligging km raai 12.41 (Cadzandria) sinds 1995.

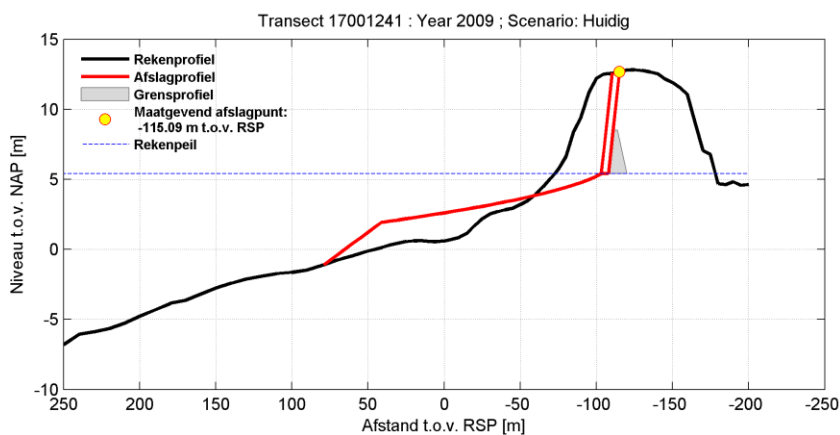
¹ Rapportage Veiligheidsbeoordeling zeewering t.b.v. de bouw van Badhuis Cadzand [Alkyon/Arcadis, project A2612, november 2010].

Dit 2009-profiel kan dus worden gezien als het meest ongunstige opgetreden profiel dat qua volume niet/nooit zal worden onderschreven. Het dwarsprofiel uit dit jaar kan dus ook worden gebruikt voor de maatgevende berekeningen.

Tijdsontwikkeling maatgevende afslagpunten

Teneinde aanvullend inzicht te krijgen in het effect van verschillende dwarsprofielen, is in het volgende ook de tijdsontwikkeling van het maatgevende afslagpunt in beschouwing genomen.

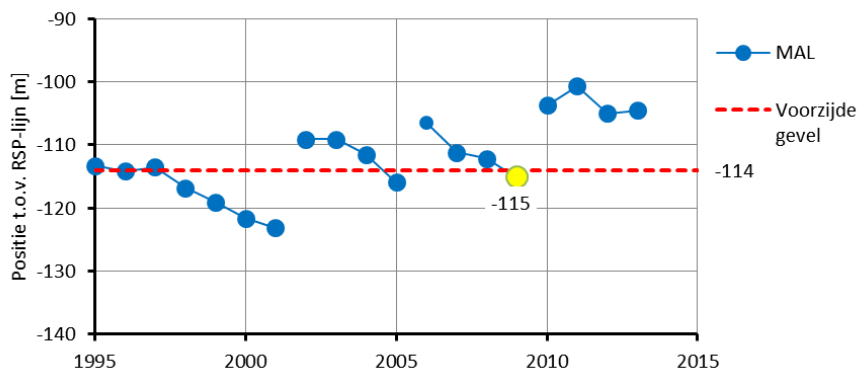
Ter illustratie is in Figuur 2 het resultaat gegeven van een afslagberekening voor het profiel uit 2009.



Figuur 2 Resultaat afslagberekening km raai 12.41 voor 2009-profiel voor huidige situatie.

De afslag reikt in deze situatie tot RSP-115 m (de gele punt in deze figuur).

In Figuur 3 is de tijdsontwikkeling van de positie van de Maatgevende AfslagLijn (MAL) gegeven. De hierin gegeven afslagposities hebben betrekking op afslagberekeningen waarbij de huidige hydraulische condities zijn gehanteerd.



Figuur 3 Ontwikkeling MAL-ligging (afslagpunt) km raai 12.41 sinds 1995 voor huidige situatie.

In het tijdvak tussen de suppleties (de openingen in de reeks) is hier wel sprake van een geleidelijke achteruitgang van het afslagpunt.

De suppleties zelf zorgen voor een geleidelijke zeewaartse verplaatsing van het afslagpunt en daarmee voor een geleidelijke toename van de veiligheid.

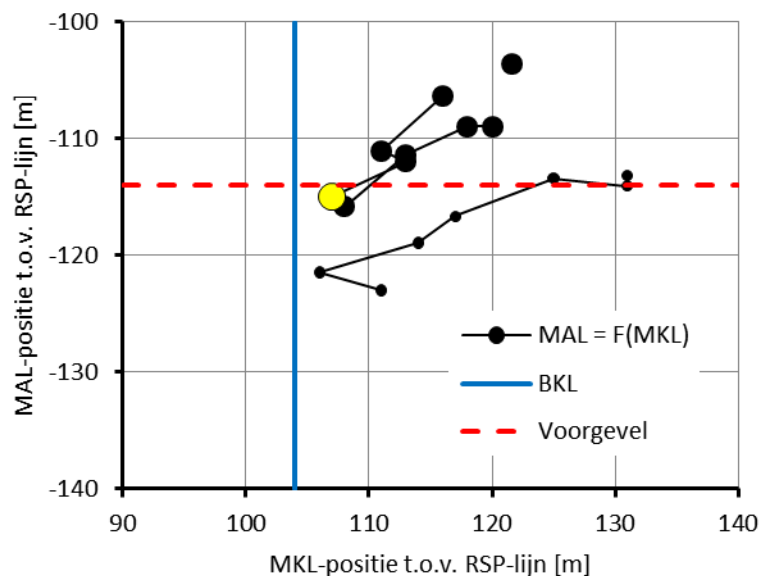
Uit de figuur blijkt overigens wel dat de 2009-situatie als maatgevend/karakteristiek kan worden beschouwd voor de situatie na 2001. De andere jaren laten een verder zeewaarts gelegen afslagpunt zien.

In Figuur 4 is voor deze locatie de relatie tussen de positie van de MKL en de MAL gegeven.

Ook is in deze figuur op de horizontale as de positie van de BasisKustLijn gegeven (BKL op RSP+104 m). Alle datapunten liggen hier in principe zeewaarts (rechts) van.

Op de verticale as is de positie van de voorzijde van de bebouwing gegeven (op RSP-114 m). Indien de afslagpunten zich zeewaarts (boven) deze lijn bevinden is er geen sprake van een probleem. Duidelijk is dat een groot aantal punten zich andwaarts van de voorzijde van de gevel bevinden.

In deze figuur zijn verder een tweetal groepen punten te onderscheiden, namelijk de bovenliggende groep (de dikke punten, met het 2009-punt in de linkeronderhoek) en een onderliggende groep met (dunne) datapunten van de jaren 2000 en eerder.



Figuur 4 Relatie tussen MKL- en MAL-ligging voor km raai 12.41 (Cadzandria) sinds 1995.

Zoals blijkt uit de figuur is de 2009-situatie karakteristiek voor de situatie na 2001. Indien echter ook de resultaten van voor 2001 in de beschouwing worden betrokken om zo te anticiperen op een ongunstiger ligging van het afslagpunt gegeven een minimale ligging van de MKL lijkt een marge van 5 m een redelijke maat.

Uitgaande van de berekeningsresultaten voor het 2009-profiel, zou dan als ongunstige aanname een extra correctie op het berekende afslagpunt van 5 m in rekening kunnen worden gebracht. Hiermee wordt geanticipeerd op effecten van ongunstige dwarsprofielvormen.

Eindconclusie maatgevende situatie

De berekeningsresultaten laten zien dat de afslag in de huidige situatie (met het 2009-profiel resulterend in RSP-115 m) net voorbij de voorzijde van de constructie (op RSP-114 m) reikt. Het in rekening brengen van de genoemde extra robuustheidscorrectie van 5 m maakt dat het afslagpunt op

RSP-120 m terecht komt en er dus een zeer beperkte interactie met de constructie zal plaatsvinden. In dat geval zal er dus ook enige ontgronding voor de constructie plaatsvinden.

Een dergelijk effect zal in ieder geval optreden indien er met toekomstscenario's voor klimaatverandering wordt gerekend. Voor een zeer extreme situatie met 200 jaar zeespiegelstijging volgens het maximumscenario reikt de afslag in de basisuitwerking tot RSP-133 m zijnde 19 m voorbij de constructiegrens. Het in rekening brengen van de extra correctie van 5 m maakt dat deze op 24 m komt te liggen en daarmee dus slechts beperkt verder landwaarts verschuift.

Geconcludeerd kan worden dat het dwarsprofiel uit 2009 als uitgangspunt voor de verdere uitwerkingen kan worden gebruikt en dat het toevoegen van een extra afslag van 5 m een robuuste benadering levert.

Vraag 2 - Maximaal te verwachten ontgrondingsniveau voorzijde bouwwerk

De vraag doet zich voor welke eisen er dienen te worden gesteld aan de fundering van de constructie van de buitengevel van de voorziene constructie. Zoals al in de oorspronkelijke rapportage uit 2010 is aangegeven, dient deze in principe als een keermuurconstructie te worden uitgevoerd.

De achterliggende reden is dat er ter plaatse van deze locatie sprake is van een situatie waarbij het afslagpunt zich potentieel landwaarts van de voorzijde van de constructie bevindt.

De voorzijde van de constructie wordt hierbij verondersteld zich te bevinden op RSP-114 m. Volgens de oorspronkelijke berekeningen reikt de afslag in de huidige situatie (HR2006) tot RSP-115 m en voor een zeer ongunstig scenario (200 jaar maximum scenario) tot RSP-133 m.

Overzicht verwachte overschrijding constructiegrens

Deze laatste resultaten zijn, samen met die voor andere scenario's, samengebracht in Tabel 1. De gegevens in de tweede kolom komen overeen met de oorspronkelijke resultaten voor een situatie met bodemstijging.²

Situatie	Positie afslagpunt [m tov RSP]	Na correctie [m tov RSP]	Overschrijding [m]
Huidige situatie (HR2006)	-115	-120	6
+50 jaar middenscenario	-116	-121	7
+50 jaar maximumscenario	-126	-131	17
+100 jaar maximumscenario	-129	-134	20
+200 jaar maximumscenario	-133	-138	24

Tabel 1 Overzicht positie maatgevende afslagpunten en overschrijding gevelgrens

In de derde kolom is het, op basis van de eerste vraagstelling afgeleide, voor ongunstige omstandigheden aan te houden resultaat gegeven. Hierbij is het afslagpunt dus over een afstand van 5 m in landwaartse richting verschoven. De laatste kolom geeft de omvang van de landwaartse overschrijding van de voorzijde van de gevel. Afhankelijk van het beschouwde scenario en de tijdshorizon varieert deze dus tussen de 6 en 24 m.

² Rapportage Veiligheidsbeoordeling zeewering t.b.v. de bouw van Badhuis Cadzand [Alkyon/Arcadis, project A2612, november 2010].

Effect overschrijding constructiegrens

In werkelijkheid zal een dergelijke overschrijding niet optreden en zich zeewaarts van het bouwwerk mogelijk een ontgrondingskuil ontwikkelen. De omvang van deze erosie (en de diepte van de kuil) is van direct belang voor de benodigde diepte van de funderingsconstructie. De mate van overschrijding heeft effect op de omvang van deze erosie en dus ook op de aan de constructie te stellen eisen.

Omdat het hier gaat om de fundering van een constructie wordt voorgesteld bij de dimensionering uit te gaan van een zichttermijn van 100 jaar in combinatie het maximumscenario. Op deze wijze wordt een conservatieve bovengrens gevonden. Dit leidt dus tot een situatie waarbij er sprake is van een overschrijding van de voorgevelpositie van 20 m (voorlaatste regel in de tabel). Deze situatie is in het volgende als maatgevend beschouwd.

Maatgevend onthoudingsvolume

Voor de beschouwde situatie (100 jaar maximum scenario) met een rekenpeil op NAP+6,65 m en een kruinniveau van ongeveer NAP+12,5 m, leidt dit tot een potentiële onthouding van afslagmateriaal ter grootte van ongeveer $100 \text{ m}^3/\text{m}^1$ (20 m maal 6 m laagdikte minus de 1 : 1 driehoek van het afslagfront is $120 - 6 \times 6 / 2$ is $102 \text{ m}^3/\text{m}^1$).

De aanwezigheid van de constructie leidt in deze, als maatgevend beoordeelde situatie, tot een onthouding van $100 \text{ m}^3/\text{m}^1$ aan de vrije vorming van het afslagprofiel.

Effect onthoudingsvolume op profielontwikkeling

Het effect van een dergelijke onthouding (of achterliggend, de aanwezigheid van een constructie binnen de ongestoordeafslagzone) op de profielontwikkeling is veelal driedelig, te weten:

- De aanwezigheid van de constructie zorgt dat deze afslag niet optreedt;
- De reductie in (mogelijke) afslag maakt dat het totale afslagprofiel iets kantelt en mogelijk de teen van de afzetting enigszins in landwaartse richting verschuift. Het afslagprofiel komt dus iets lager te liggen;
- Ter plaatse van de teen van de constructie ontwikkelt zich een (soms langgerekte) ontgrondingskuil waardoor extra materiaal ten behoeve van het afslagprofiel ter beschikking komt.

Feitelijk is er dus sprake van een balans tussen minder vraag (landwaartse verschuiving en kanteling van het afslagprofiel) en meer aanbod van materiaal (ontstaan ontgrondingskuil). Het is dus niet zo dat het volledige tekort (de onthouding van $100 \text{ m}^3/\text{m}^1$) door de ontgrondingskuil hoeft te worden geleverd (want dat zou leiden tot erg omvangrijke ontgrondingen).

Verkenning effect onthouding aan de hand van DurosTA-berekening

Teneinde inzicht te krijgen in de te verwachten omvang en vorm van de erosie voor de constructie is gebruik gemaakt van enkele berekeningen met behulp van het tijdsafhankelijke duinafslagmodel DurosTA.³ De meest relevante resultaten hiervan zijn in deze rapportage opgenomen.

Uitgangspunt hierbij vormt de eerder beschouwde situatie behorende bij 100 jaar maximum scenario. De voor de TRDA-berekeningen gehanteerde uitgangspunten zijn hierbij dan ook gebruikt voor de aansturing van het DurosTA-model.

³ Steetzel, 1993. Cross-shore transport during storm surges. Proefschrift Technische Universiteit Delft, september 1993.

Samengevat gaat het daarbij om:

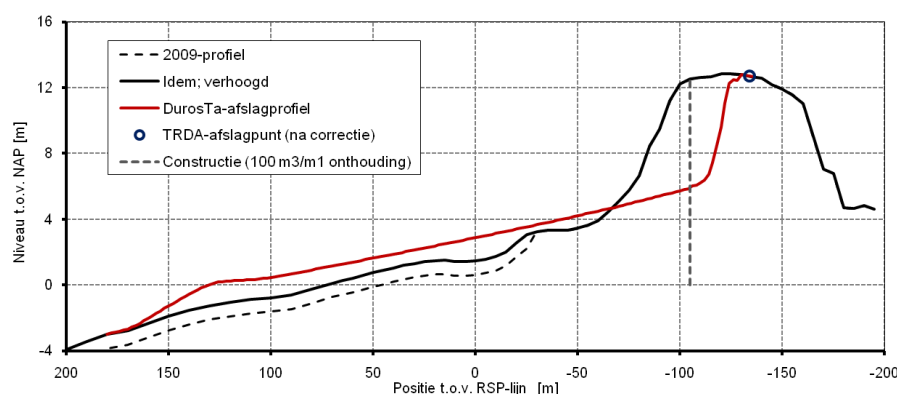
- Het dwarsprofiel van km raai 12.41 uit 2009;
- Een verhoging van de vooroever met 0,85 m (de omvang van de zeespiegelstijging over 100 jaar);
- Een korreldiameter D van 212 μm ;
- Een waterstand gelijk aan het rekenpeil van NAP+6,65 m;
- Een golfhoogte van H_s van 4,83 m;
- Een piekperiode van 12,4 s.

Voor de berekening is gebruik gemaakt van een constante golfaanval gedurende 5 uur als maatgevende omstandigheid.

Het eindresultaat van deze berekening is gegeven in Figuur 5.

In deze figuur is naast het initiële 2009-profiel met verhoogde vooroever (effect 100 jaar zeespiegelstijging), ook het met behulp van het DurosTa-model berekende afslagprofiel gegeven.

Uit deze figuur volgt dat de DurosTa-berekening leidt tot een afslag welke reikt tot ongeveer halverwege het duin.



Figuur 5 Resultaat karakteristieke afslagberekening met DurosTa-model voor km raai 12.41 (2009).

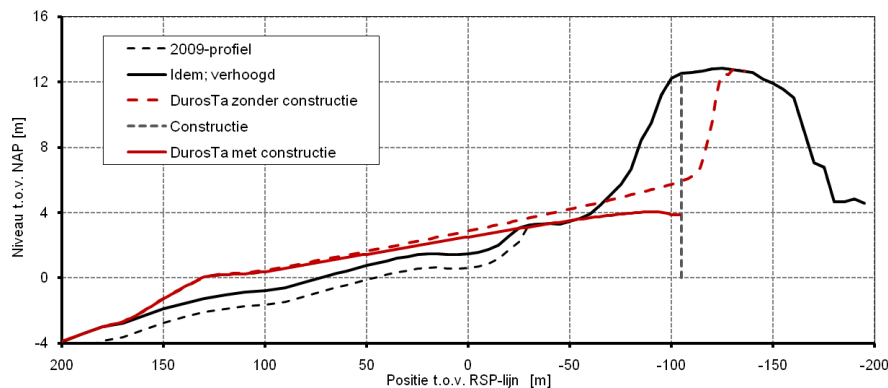
Conform een meer reguliere TRDA-berekening zou het afslagpunt zich overigens moeten bevinden op RSP-134 m (zie Tabel 1). Het resultaat van de DurosTa-berekening ligt hierbij in de buurt. Omdat het gaat om het effect van een constructie op de profielontwikkeling zeewaarts van de constructie, doet de exacte positie van het berekende afslagpunt er in deze zin iets minder toe.

Wel van belang is de positie van de voorzijde van de constructie ten opzichte van het afslagpunt. De positie van de constructie (zie figuur) is in de DurosTa-berekening zodanig gekozen dat er landwaarts van deze constructie ongeveer $100 \text{ m}^3/\text{m}^1$ aan potentieel onthouden afslagmateriaal aanwezig is.

Het gaat hier immers om krijgen van inzicht in het effect van deze onthouding. In dit geval leidt dit tot een 'rekenconstructie' op RSP-104 m (zie figuur).

Zou een constructie op RSP-114 m gekozen zijn, zou dit leiden tot een ongewenste onderschatting van het te kwantificeren effect.

Het effect van de constructie (en de onthouden afslag) op de profielontwikkeling is vervolgens bepaald door de eerdere berekening opnieuw uit te voeren voor een profiel waarin een verticale constructie op deze positie (RSP-104 m) is opgenomen. Het resultaat van deze berekening is gegeven in Figuur 6.



Figuur 6 Resultaat karakteristieke afslagberekening met DurosTa-model met constructie.

Vergelijking van de beide eindprofielen (die zonder en met verticale constructie op RSP-104 m) laat zien dat er inderdaad sprake is van de eerder genoemde effecten.

Het afslagprofiel in het laatste geval ligt in landwaartse richting gezien steeds verder onder het oorspronkelijke afslagprofiel (er is sprake van een kanteling).

Van specifiek belang is ook de profielontwikkeling aan de voorzijde van de constructie. Hier ontwikkelt zich inderdaad een soort van ontgrondingskuil. Deze is hier niet heel erg geprononceerd. Dit laatste heeft te maken met het feit dat de constructie toch nog redelijk ver in het duin in gelegen. Zou deze zich rond de duinvoet bevinden, dan was de kuil meer nadrukkelijk aanwezig.

De erosie van het voor de constructie gelegen kuil voor de constructie leidt in dit specifieke geval tot een ontgrondingsniveau van ongeveer NAP+3,8 m, zijnde ongeveer 2 m onder het ongestoorde niveau van het hier aanwezige afslagprofiel (zie Figuur 6). Het is juist deze laatste waarde die van belang is.

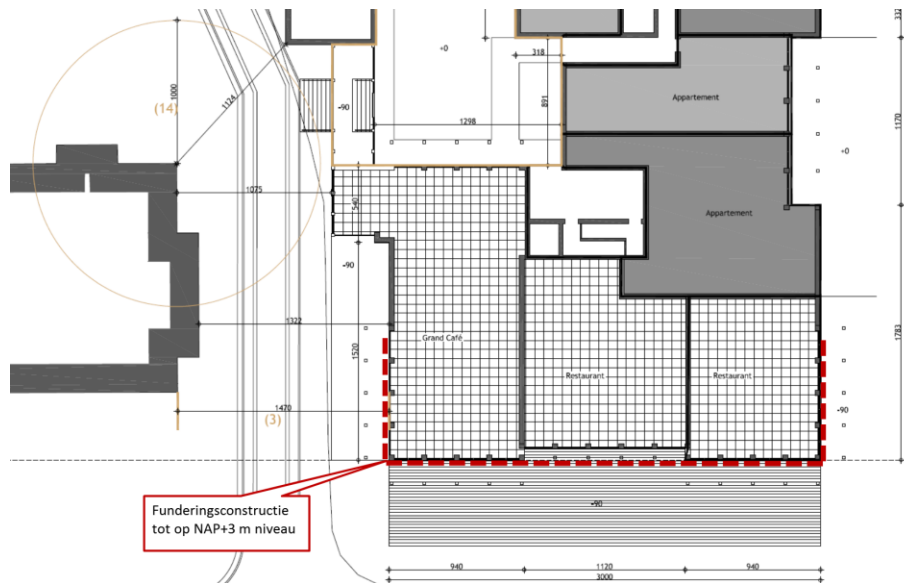
Eindconclusie verwacht ontgrondingsniveau

De conservatief ingestoken uitwerking leidt bij een onthoudingsvolume van $100 \text{ m}^3/\text{m}^1$ tot een ontgroning tot ongeveer 2 m beneden het ongestoorde niveau. Indien voor dit ongestoorde niveau wederom het resultaat van de oorspronkelijke TRDA-afslagberekening (zie Figuur 2) van NAP+5 m wordt gehanteerd, leidt dit tot een niveau van NAP+3 m. Deze waarde is dus iets conservatiever dan het directe resultaat uit de DurosTa-berekening (NAP+3,8 m conform Figuur 6).

Op basis van dit resultaat wordt aanbevolen om bij de dimensionering van de gevelconstructie uit te gaan van een ontgroning tot een niveau van NAP+3 m.

Aanbevolen wordt tevens om deze constructie ook aan de beide zijgevels over een landwaartse afstand van 10 m door te zetten teneinde ondergraving van de constructie aan beide zijden van het bouwwerk te voorkomen.

De locatie van deze funderingsmaatregelen is schetsmatig aangegeven in Figuur 7.



Figuur 7 Overzicht aansluiting conform tekening '2792-RES BADHUIS 22 08 13' met locatie 'funderingaanpassing'.

Indien het bouwwerk wordt voorzien van een tweede kelderniveau (tot grofweg NAP+5m) zal er dus een voorziening moeten worden aangebracht die ontgroning/ontgraving onder de constructie voorkomt.

Indien er uiteindelijk gekozen wordt voor een derde kelderniveau (tot grofweg NAP+2 m) is dit natuurlijk niet nodig omdat in dat geval de constructie sowieso voldoende diep reikt.

De voorzijde van de constructie zal weliswaar door golfaanval worden belast, maar deze belasting wordt (gegeven de aard van de constructie) niet als maatgevend beoordeeld. De constructie zal immers relatief zwaar zijn.

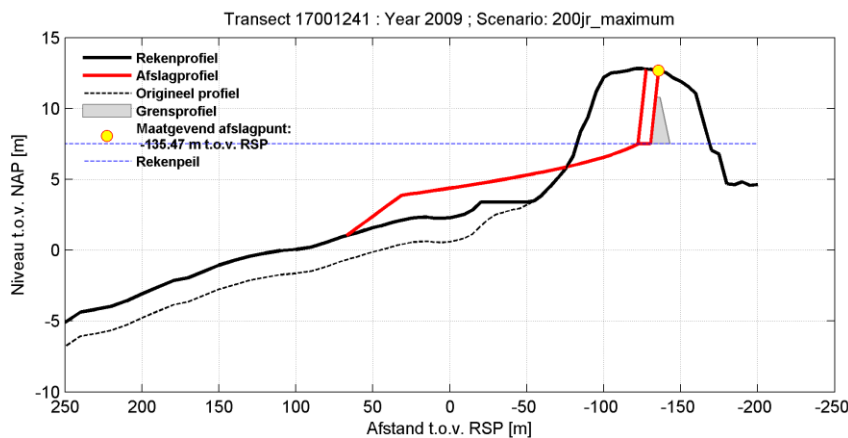
Vraag 3 – Noodzaak en aard maatregelen ter plaatse van 'opening'

Uit de vorige uitwerking volgt dat er onder maatgevende omstandigheden sprake is van een behoorlijke onthouding van het afslagvolume. Voor de situatie '100 jaar maximale condities' gaat dit om ongeveer $100 \text{ m}^3/\text{m}^1$.

De onthouding voor de situatie '200 jaar maximale condities' is van dezelfde orde van grootte. De extra afslag van 4 m (zie Tabel 1) gaat hierbij immers samen met een reductie in de resterende duinhoogte waardoor het totaal volume min of meer gelijk blijft.

Conclusie is dus dat $100 \text{ m}^3/\text{m}^1$ als het maatgevende onthoudingsvolume mag worden aangehouden.

Verder is het voor deze uitwerking van belang om de meest ongunstige situatie (met '200 jaar maximale condities') te beschouwen. Het resultaat voor de ongestoorde situatie (zonder extra afslag) is gegeven in Figuur 8. De afslag reikt in dit geval tot RSP-135 m, zijnde 21 m achter de voorzijde van de constructie (zie ook Tabel 1).



Figuur 8 Resultaat afslagberekening km raai 12.41 voor 2009-profiel voor 200-jaars-situatie.

Effect onthouding op extra afslag in gat

In het kader van lopend onderzoek naar het effect van een onthouding op de omvang van de extra afslag naast een constructie is tot nu toe name gekeken naar de situatie met een solitaire constructie.⁴ De situatie met twee relatief dicht naast elkaar staande constructies is nog niet beschouwd.

Wel is het zo dat er voor een dergelijke situatie gewerkt kan worden met een conservatieve bovenschatting zoals beschreven in een reeds in 1994 uitgevoerde studie.⁵

De maximale extra teruggang in een smalle opening in doorgaande bebouwing kan in dat geval worden gevonden door het quotiënt van het onthoudingsvolume en de hoogte van het onderste deel van de afslagzone.

Voor een maatgevende niveauverschil van ongeveer 7 m (van NAP-2 m als onderbegrenzing van de afzetting tot NAP+5 m voor het niveau waarop het ongestoorde afslagprofiel de voorzijde van de constructie snijdt) en een onthoudingsvolume van 100 m³/m¹, leidt dit tot een extra verschuiving van $(100 / 7 \approx)$ ongeveer 14 m.

Teruggang afslagfront in gat

Het maatgevende afslagpunt komt daarmee op RSP-135 m plus de extra 5 m achteruitgang (ter verrekening van ongunstige profielvormen) plus de extra verschuiving van 14 m als gevolg van het 'gateffect' op RSP-154 m. De maximale afslag in het gat reikt daarmee dus tot $(154 - 114 \approx)$ 40 m achter de voorzijde van de constructie.

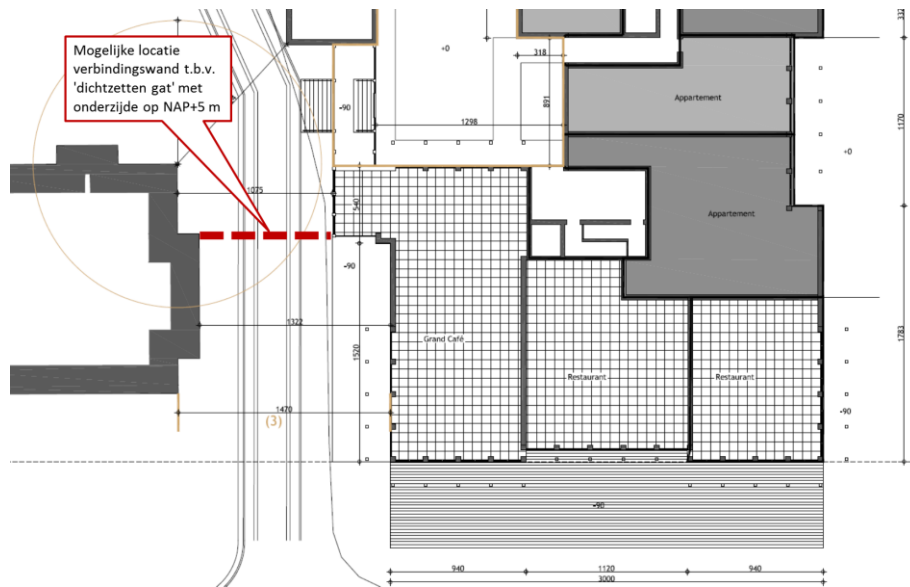
Aangezien dit op de grens is van wat hier waterkeringstechnisch mogelijk is en deze maat sowieso met grote onzekerheid is omgeven wordt aanbevolen om de opening tussen de bouwwerken (Badhuis en HR De Blanke Top) dicht te zetten.

Dicht zetten opening

⁴ Deltares/Arcadis, 2013. Handreiking NWO in Duinen 2013. Interimconcept project 1208163-000 d.d. 15 november 2013.

⁵ Steetzel, H.J., 1994. Effect bebouwing op de mate van afslag; Deel II, Nadere kwantificering effecten. Rapportage Waterloopkundig Laboratorium, H1696, april 1994.

De exacte locatie van deze verbinding in dwarsrichting is niet zo relevant en kan worden afgestemd op de constructieve mogelijkheden. In Figuur 9 is een mogelijke locatie voor deze verbinding weergegeven.



Figuur 9 Overzicht aansluiting conform tekening '2792-RES BADHUIS 22 08 13' met mogelijke locatie 'verbinding'.

Omdat een meer landwaartse positie in het maatgevende geval sowieso minder zal worden belast heeft een 'locatie achterin' natuurlijk voordelen. Er kan dus ook worden gekozen voor een nog 5 m verder landwaarts gelegen positie van de 'verbinding'.

Voor de onderzijde van deze constructie kan het funderingsniveau van het bouwwerk (ca. NAP+5 m) worden aangehouden. Deze waarde bevindt zich voldoende onder het hier verwachte niveau van het afslagprofiel.

Door het aanbrengen van een dergelijke constructie bestaat er geen gevaar meer voor het lokaal doorbreken van de waterkering en zijn er vanuit waterkeringstechnische argumenten geen bezwaren meer aan te voeren tegen dit bouwwerk.