Hoogheemraadschap van Delfland

Hoogheemraadschap van Rijnland

hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

ARCADIS

# Legger zeewering
## Technische uitgangspunten



| Datum | Versie | Auteur |
|---|---|---|
| Mei 2026 | 1.0 | Max de Bruijn (HH Delfland) i.s.m.<br><br>Chris Woltering (HH Delfland)<br>Jorrit Bakker (HH Delfland)<br>Joost Veer (HH Rijnland)<br>Marjan Duiveman (HHNK)<br><br>Kwaliteitsborging:<br>Laura Coumou (Arcadis)<br>Henk Steetzel (Arcadis) |

Dit document is het resultaat van een samenwerking tussen Hoogheemraadschap Delfland (hierna Delfland), Hoogheemraadschap Rijnland (hierna Rijnland), Hoogheemraadschap Noorderkwartier (hierna HHNK) en ingenieursbureau Arcadis (hierna Arcadis).

# 1. Inhoudsopgave


1. Inhoudsopgave 2
2. Inleiding 4
2.1 Legger 4
2.2 Aanleiding 5
2.3 Doel 7
3. Uitgangspunten 8
3.1 Duinveiligheidsberekeningen met MorphAn 8
3.1.1 XBeach erosiemodel 8
3.1.2 Grensprofielmodel 8
3.1.3 Tijdsanalysemodel 9
3.2 Veiligheidsbenadering 10
3.2.1 Zichtjaar 10
3.2.2 Faalkans op trajectniveau 10
3.2.3 Doelkans op raainiveau 11
3.2.4 Samenvatting 11
3.3 Zeespiegelstijging 12
3.4 Hydraulische belastingen 13
3.5 Korrelgrootte 15
3.6 Profielen 15
3.6.1 Locaties 15
3.6.2 Jaar geometrie 15
3.6.3 Meegroeiend strand 18
3.6.4 Dynamisch kustbeheer 19
3.6.5 Harde elementen 19
3.6.6 Samenvatting 20
3.7 NWO's 20
3.7.1 Bebouwing en bunkers 20
3.7.2 Aansluitingsconstructies 22
3.7.3 Kabels en leidingen 22
3.7.4 Begroeiing 22
3.7.5 Samenvatting 23

3.8 Robuustheid 23

**4. Referenties 26**

# 2. Inleiding

In deze rapportage gaan we in op de technische uitgangpunten voor het actualiseren van de legger voor de zeewering. Hierbij gaan we specifiek in op het profiel van vrije ruimte (PVVR) en waterstaatswerk. Eerst gaan we kort in op wat de legger inhoudt. Hierna gaan we in op de achtergrond en aanleiding voor dit project. Als laatste formuleren we de doelen helder.

## 2.1 Legger

Ieder waterschap heeft een legger. De legger is een verplicht, juridisch document dat valt onder de Omgevingswet. Hierin staat per kaart en tekst uitgelegd waar waterstaatswerken (waterkeringen, boezem, kunstwerken) liggen, waaraan ze moeten voldoen en wie verantwoordelijk is voor het onderhoud. Het dient als leidraad voor het waterbeheer en toont de actuele staat en de gewenste inrichting. De legger van de zeewering bestaat uit het waterstaatswerk (kern van de kering, hier gelden beperkingen) en beschermingszone (zijkant, hier gelden beperkingen).

Het PVVR is, net als het waterstaatswerk en beschermingszone, ook onderdeel van de legger en fungeert als ruimtereservering van toekomstige versterkingen. Het gaat om ruimte ter weerszijden van, boven en onder een waterstaatswerk die naar oordeel van de beheerder nodig is voor toekomstige verbeteringen. Het PVVR resulteert in de benodigde ruimte en deze ruimte wordt ook wel de reserveringszone genoemd. Voor de duinwaterkeringen wordt het PVVR ook wel de reservestrook genoemd.

In Figuur 2.1 geven we een voorbeeld van zoneringen.




*Figuur 2.1: Voorbeeld zoneringen. In dit voorbeeld staat geen ruimtereserveringszone opgenomen vanuit het PVVR.*

Definities en benamingen van de zones verschillen per waterschap. Tabel 2.1 geeft een overzicht hiervan met de zoneringen benoemd in bovenstaande tekst als basis.

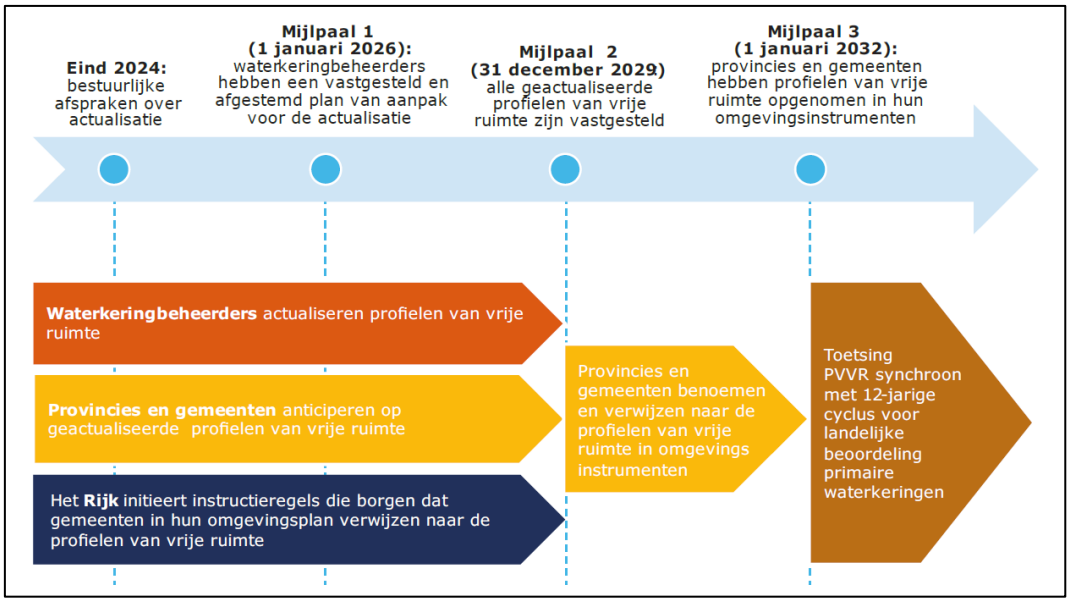
*Tabel 2.1: Benaming en definitie zoneringen zeewering waterschappen*

| Zonering | Delfland | Rijnland | HHNK |
|---|---|---|---|
| Waterstaatswerk | Waterstaatswerk: de kernzone van het duinlichaam of kunstwerk dat de waterkerende functie vervult. | Kernzone: idem. | Waterstaatswerk: is gelijk aan waterkering. De kernzone is waterkering + 5 m onderhoudsstrook. |
| Beschermingszone | Beschermingszone: de zone grenzend aan het waterstaatswerk waarin activiteiten effect kunnen hebben op het waterkerend vermogen. | Idem.<br><br>Grenzend aan de beschermingszone landzijde is een buiten-beschermingszone gedefinieerd waarin beperkingen zijn opgelegd. | Beschermingszone A: idem.<br><br>Beschermingszone B: grenzend aan beschermingszone A waarin beperkingen zijn opgelegd. |
| Profiel van vrije ruimte | Profiel van vrije ruimte: het benodigde profiel voor een voldoende sterke zeewering in de toekomst (ca. 200 jaar). | Idem. | Idem. |
| Reserveringszone | Reserveringszone: de extra ruimte die nodig is voor toekomstige versterkingen en volgt uit het profiel van vrije ruimte. | Idem. | Idem. |

Specifiek voor de zeewering willen we als waterschappen dat het aanwezige zandvolume binnen de waterkering reeds genoeg is voor de komende 50 jaar. Het bijbehorende afslag- en grensprofiel (bij een gesimuleerde storm over 50 jaar, meer hierover in hoofdstuk 3) moet hierbij binnen het gedefinieerde waterstaatswerk vallen. Eventueel kunnen bredere grenzen toegepast worden om bijvoorbeeld duindynamiek toe te staan. Met het PVVR maken we een zo goed mogelijke inschatting over welke ruimte nodig is voor over 200 jaar. Dit kan resulteren in extra ruimte naast het huidige waterstaatswerk (en mogelijk beschermingszone), maar het kan ook zo zijn dat de benodigde ruimte en het zandvolume al aanwezig zijn. In dat geval is er geen extra ruimtereservering nodig. Ook dat inzicht is waardevol.

## 2.2 Aanleiding

Ieder waterschap moet uiterlijk in 2029 de profielen van vrije ruimte (PVVR) hebben vastgesteld op basis van de gemaakte afspraken in de Handreiking PVVR voor waterschappen [Ref. 1], zie Figuur 2.2. Zo ook voor het PVVR van de zeewering.




*Figuur 2.2: Afspraken PVVR*

Het opstellen van een PVVR vraagt zowel invoer vanuit beleid als techniek. Dit document focust zich op de techniek. Als basis van het PVVR dienen afslagberekeningen uitgevoerd te worden die een storm nabootsen van in de verre toekomst. Hiermee wordt inzicht verkregen in de toekomstige (mogelijk) benodigde ruimte (PVVR), zodat deze ruimte gereserveerd en beschermd kan worden.

Het PVVR is onderdeel van de legger (zie §2.1). De waterschappen moeten de legger periodiek actualiseren. Net als bij het PVVR dienen de afslagberekeningen als basis voor (actualisatie van) de legger. In het kader van meekoppelkansen gaan we naast het PVVR ook in op actualisatie van het huidige waterstaatswerk (en beschermingszone, maar niet binnen dit document). Het waterstaatswerk en de beschermingszone hebben overigens verschillende benamingen binnen de waterschappen (zie Tabel 2.1). Voor de eenvoud hanteren we de benamingen zoals bij Delfland: waterstaatswerk en beschermingszone.

Voor deze afslagberekeningen zijn gedragen uitgangspunten benodigd. Zodoende is de samenwerking tussen waterschappen langs de Hollandse kust (Hoogheemraadschap Delfland (hierna Delfland), Hoogheemraadschap Rijnland (hierna Rijnland), Hoogheemraadschap Noorderkwartier (hierna HHNK)) en advies- en ingenieursbureau Arcadis opgezocht. De technische uitgangspunten voor het PVVR en de legger van de zeewering zijn beschreven in deze rapportage.

***Kader: duinen en zandige kust (overgenomen uit [Ref. 1])***

*Bij duinen en zandige kusten wordt de sterkte van de waterkering met name bepaald door de hoeveelheid zand in een (dwars)profiel. De zone die daarbij van belang is, is zowel aan de land- als aan de zeezijde breder dan bij een dijk. Voor de bepaling van de sterkte van een duin worden zogenaamde afslagberekeningen gemaakt. Bij de bepaling van de dimensies van de reservestrook bij zandige kusten (vergelijkbaar met het profiel van vrije ruimte bij dijken) wordt in beginsel uitgegaan van een landwaartse versterkingen van de waterkering in zand. Bij die berekeningen worden een zichtperiode en klimaatscenario aangehouden. De lokale situatie en het beleid van het waterschap kunnen uiteraard invloed hebben op de uiteindelijke versterkingsstrategie en daarmee op de benodigde ruimtereservering voor toekomstige versterkingen.*

## 2.3 Doel

Het doel van dit document is het vastleggen van gedragen technische uitgangspunten voor het uitvoeren van duinafslagberekeningen. Deze afslagberekeningen dienen als basis voor het opstellen van het PVVR en het actualiseren van het waterstaatswerk. Stabiele, gedragen uitgangspunten bieden daarvoor een robuuste basis. Dit document dient met name als basis en hulpmiddel voor de waterschappen en als richtlijn voor het opstellen hiervan. Elk waterschap heeft de vrijheid om (onderbouwd) af te wijken van de beschreven uitgangspunten in dit document.

# 3. Uitgangspunten

## 3.1 Duinveiligheidsberekeningen met MorphAn

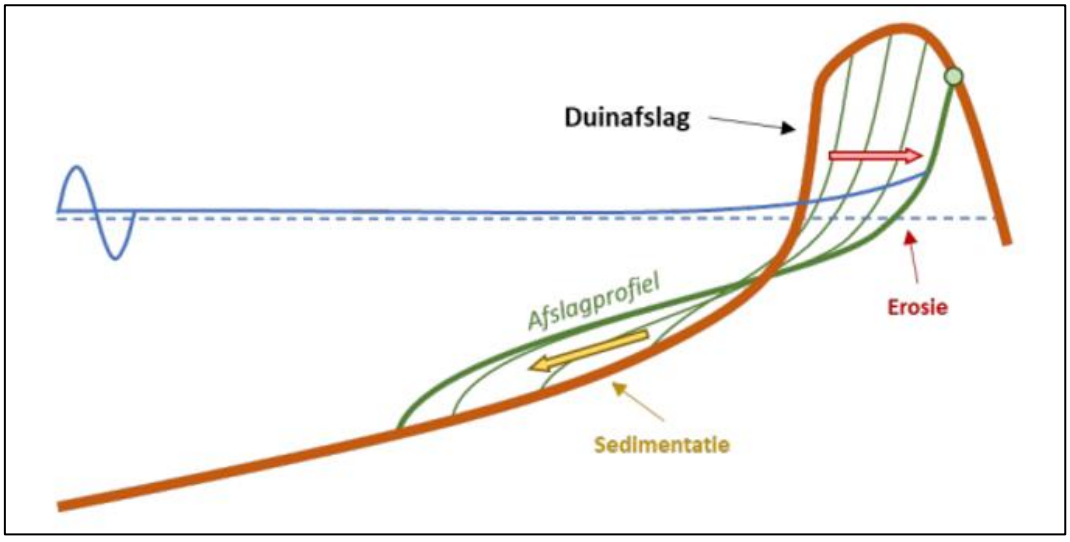
De waterkeringen die wij beschouwen zijn zandige waterkeringen. Bij het toetsen van de veiligheid van zandige waterkeringen geldt veelal dat er maar één relevant faalmechanisme en faalpad van toepassing is binnen het traject: duinafslag. In het programma MorphAn is het mogelijk om de effecten van duinafslag te simuleren. De afslagberekeningen worden uitgevoerd in MorphAn, zoals beschreven in de technische leidraad [Ref. 3] en handleiding overstromingskansanalyse faalpad duinafslag [Ref. 8].

Binnen MorphAn bouw je een "duinveiligheidsmodel". Deze bestaat uit drie verschillende modellen:

- XBeach erosiemodel;
- Grensprofielmodel;
- Tijdsanalysemodel.

### 3.1.1 XBeach erosiemodel

Dit is een numeriek model dat de profielverandering onder duinafslagomstandigheden voor een kustprofiel berekent op basis van zo goed mogelijk gemodelleerde fysieke processen (hydrodynamica en sedimenttransport) en een tijdsafhankelijk stormverloop. Een schematisch voorbeeld van deze profielontwikkeling tijdens een storm is gegeven in Figuur 3.1.

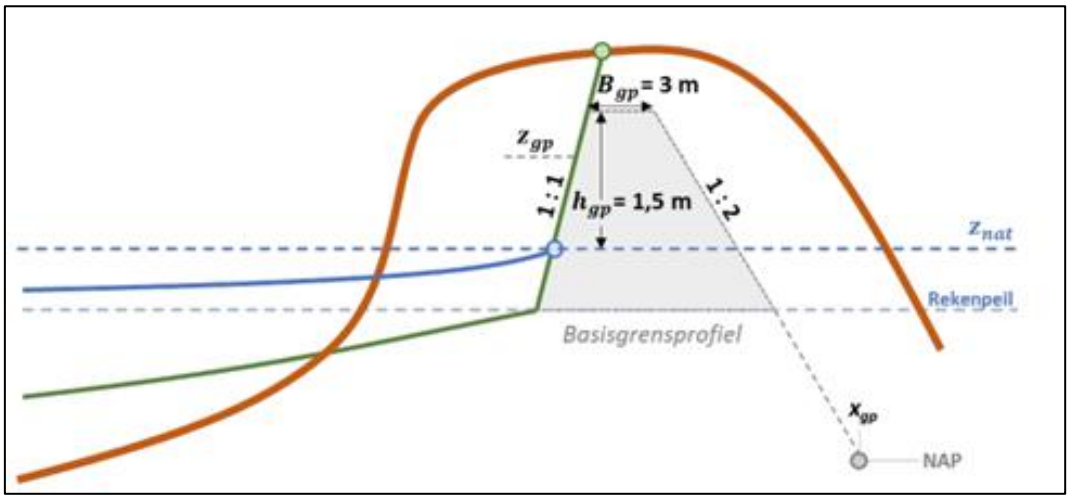



*Figuur 3.1: Voorbeeld profielveranderingen door duinafslag tijdens een storm [Ref. 3]*

### 3.1.2 Grensprofielmodel

Op basis van het XBeach erosiemodel wordt de reststerkte van het duinlichaam weergegeven die nodig is om niet-gemodelleerde vervolgprocessen te accommoderen. Door het grensprofiel in te passen, kunnen deze vervolgprocessen als verwaarloosbaar worden beschouwd en is de kans op doorbraak van de waterkering verwaarloosbaar klein.

Het grensprofiel staat voor het restprofiel dat landwaarts van het berekenende afslagfront minimaal nodig is voor een veilige zandige kering. Een voorbeeld van de basisdimensies van het grensprofiel is gegeven in Figuur 3.2.



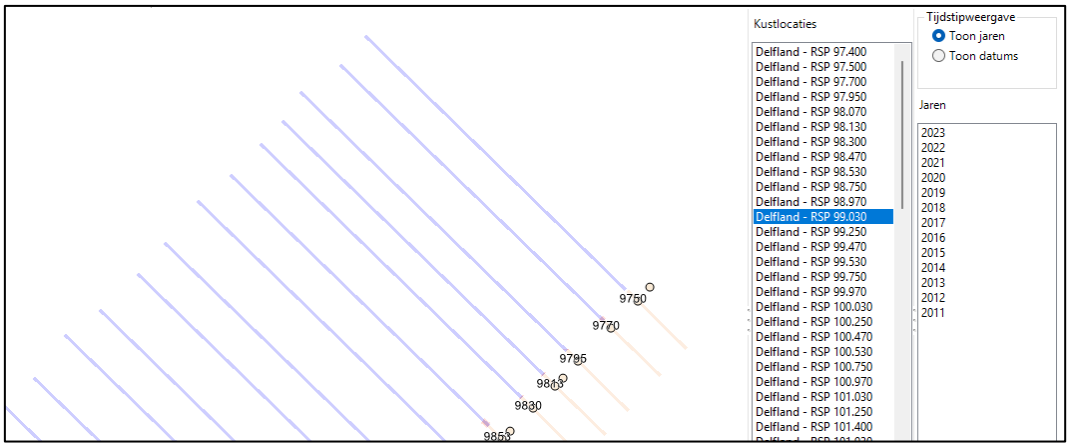

*Figuur 3.2: Berekende (basis)grensprofiel [Ref. 3]*

Hierbij is van belang dat het kruinniveau is gekoppeld aan het karakteristieke oploopniveau van de lange golven. Dit is in Figuur 3.2 aangegeven met de aanduiding $z_{nat}$. Deze is naast de stormcondities ook afhankelijk van de profielvorm en -ontwikkeling. De hoogte van het grensprofiel kan hierdoor verschillen tussen verschillende jaaropnames van dezelfde locatie bij dezelfde stormcondities.

Naast de basisdimensie van het grensprofiel kan ook een afwijkende combinatie van iets gereduceerde hoogte en een grotere breedte worden gebruikt (zie Handleiding Overstromingskansanalyse Zandige Waterkeringen [Ref. 8]. Deze afwijkende combinatie beschouwen we niet binnen dit document.

### 3.1.3 Tijdsanalysemodel

Dit model herhaalt de eerste twee stappen voor de verschillende, opgegeven jaren (vaak 15 jaar in een beoordeling). Door de dynamische kustomgeving varieert dit invoerprofiel over de jaren. Dit model zorgt dus voor continue inpassing van een grensprofiel over de jaren heen. Op basis hiervan kan in een overstromingskansanalyse het maatgevende jaar geselecteerd worden. Een voorbeeld van een profiel (Jarkus-raai) waarin meerdere jaren worden beschouwd, is gegeven in Figuur 3.3.



*Figuur 3.3: Voorbeeld berekende jaren van een profiel*

## 3.2 Veiligheidsbenadering

In de veiligheidsbenadering gaan we in op het zichtjaar en bijbehorende faalkans die we aanhouden.

### 3.2.1 Zichtjaar

Het zichtjaar is onder andere belangrijk voor het vaststellen van de hydraulische belastingen (inclusief zeespiegelstijging) die in de duinveiligheidsberekeningen meegenomen worden (zie §3.3 en §3.4). Conform de handreiking PVVR [Ref. 1] kijken we voor het vaststellen van het PVVR 200 jaar vooruit. Dit geldt voor zowel de zandige kust als zeedijken. Een conservatieve benadering van het einde van dit project waarin het PVVR vastgesteld wordt, betreft 2030. Delfland, HHNK en Rijnland kiezen voor een zichttermijn van 50 jaar voor het bepalen van het waterstaatswerk en 200 jaar voor het bepalen van het PVVR. Delfland kiest bijvoorbeeld als startjaar 2030 en hanteert daarmee een zichtjaar van 2230 voor het PVVR en 2080 voor het waterstaatswerk.

### 3.2.2 Faalkans op trajectniveau

De zeewering valt onder de primaire keringen. Voor alle primaire keringen geldt een norm, bestaande uit een signaleringswaarde en ondergrens. De signaleringswaarde heeft een kleinere faalkanseis dan (of is gelijk aan) de ondergrens en fungeert met name als vroegtijdige waarschuwing. De ondergrens is de harde wettelijke eis. Zodoende wordt de ondergrens aangehouden als faalkanseis voor zowel de afslagberekeningen ten behoeve van het PVVR als het waterstaatswerk. Deze zijn vastgelegd op basis van het rapport 'Achtergronden normeringen Nederland' [Ref. 4]. De actuele waarden zijn per traject beschikbaar op het waterveiligheidsportaal.

Voor de zandige kering langs het traject 14-5 (Hoek van Holland – Scheveningen) is de ondergrens gelijk aan 1:10.000 per jaar. Meer noordelijk van Katwijk tot IJmuiden (traject 14-10) is deze gelijk aan 1:30.000 per jaar (omdat hier de ondergrens gelijk is aan de signaleringswaarde). Ten noorden van IJmuiden (traject 13-1 en 13-3) is deze minder streng en gelijk aan 1:1.000 per jaar.

Ter plaatse van de Hondsbossche Duinen (traject 13-2) geldt 1:3.000 per jaar (omdat ook hier er geen verschil is tussen de ondergrens en de signaleringswaarde). In Tabel 3.1 is een overzicht met alle trajecten van de waterschappen opgenomen.

*Tabel 3.1: Kusttrajecten waterschappen*

| Traject | Waterschap(pen) | Signaleringswaarde [kans per jaar] | Ondergrens [kans per jaar] |
|---|---|---|---|
| 14-5 | Delfland | 1:10.000 | 1:30.000 |
| 14-6 | Delfland | 1:10.000 | 1:30.000 |
| 14-7 | Delfland en Rijnland | 1:10.000 | 1:30.000 |
| 14-8 | Rijnland | 1:10.000 | 1:30.000 |
| 14-9 | Rijnland | 1:30.000 | 1:30.000 |
| 14-10 | Rijnland | 1:30.000 | 1:30.000 |
| 13-1 | HHNK | 1:3000 | 1:1000 |
| 13-2 | HHNK | 1:3000 | 1:3000 |
| 13-3 | HHNK | 1:3000 | 1:1000 |
| 5-1 | HHNK | 1:3000 | 1:1000 |

### 3.2.3 Doelkans op raainiveau

Als langs een traject het faalpad duinafslag dominant is, kan er een directe koppeling worden gelegd tussen de faalkans op trajectniveau en de door te rekenen doelkansen voor een individueel dwarsprofiel. Hierbij moet rekening gehouden worden met het zogenaamde lengte-effect. Dit effect is gekoppeld aan het feit dat een langere waterkering in vergelijking tot een kortere waterkering een grotere kans op doorbraak zal laten zien. De faalkans horend bij de categoriegrens op trajectniveau moet worden gedeeld door de lengte-effectfactor tussen vakken (in de basis 1,2) en tussen raaien in een vak (1,0).

Een categoriegrens van in bijvoorbeeld 1:10.000 per jaar op trajectniveau komt dan dus overeen met een doelkans van 1:10.000/1,2/1,0 = 1:12.000 per jaar op raainiveau. Op deze manier zijn de resultaten van de zwakste raai direct te koppelen aan de uiteindelijke beoordeling op trajectniveau ([Ref. 8]). Dit betekent in dit voorbeeld dat we in Riskeer de rekenwaarden bepalen voor een doelkans van 1:12.000 per jaar op raainiveau, en deze rekenwaarden gebruiken voor de duinafslagberekeningen.

### 3.2.4 Samenvatting

Een samenvatting van de uitgangspunten van deze paragraaf is gegeven in Tabel 3.2.

*Tabel 3.2: Samenvatting uitgangspunten - veiligheidsbenadering*

| Onderwerp | Aangehouden uitgangspunt |
|---|---|
| Zichtjaar – waterstaatswerk en PVVR | Delfland, Rijnland en HHNK kiezen een zichttermijn van:<br>- 50 jaar ter bepaling van het waterstaatswerk.<br>- 200 jaar ter bepaling van het PVVR.<br><br>Delfland kiest bijvoorbeeld als startjaar 2030. Hiermee komt het zichtjaar voor het waterstaatswerk op 2080 en voor het PVVR op 2230. |
| Faalkans op trajectniveau | Zowel waterstaatswerk als PVVR: we hanteren de ondergrens cf. vastgelegde normering [Ref. 4] |

## 3.3 Zeespiegelstijging

Voor het PVVR kijken we 200 jaar en voor bepaling van het waterstaatswerk 50 jaar vooruit. Hierin is het aannemelijk dat er (significante) zeespiegelstijging (ZSS) optreedt volgens het KNMI. Het KNMI onderscheidt drie klimaatscenario's [Ref. 2]:

- Lage uitstoot: aangeduid met L, horend bij SSP1-2,6;
- Matige uitstoot: aangeduid met M, horend bij SSP2-4,5;
- Hoge uitstoot: aangeduid met H, horend bij SSP5-8,5.

SSP staat voor Shared Socioeconomic Pathways en is een set van vijf mondiale scenario's die door het IPCC zijn ontwikkeld om klimaatprojecties te maken. Deze scenario's worden gebruikt voor klimaatmodellen. KNMI koppelt zijn scenario's hieraan.

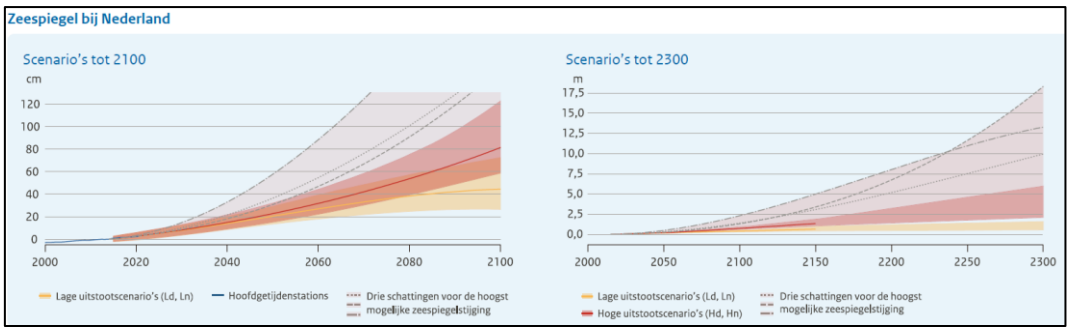
Uit het portaal met kerncijfers van het KNMI [Ref. 2] volgen bandbreedtes met een gemiddelde mate van zeespiegelstijging voor elk klimaatscenario. Dit is weergegeven in het linker gedeelte van Figuur 3.4 en Tabel 3.3.

*Tabel 3.3: Klimaatscenario's met bijbehorende zeespiegelstijging [Ref. 2]*

| **Periode** | | **Klimaatscenario** | | |
|---|---|---|---|---|
| | | **L (SSP1-2,6)** | **M (SSP2-4,5)** | **H (SSP5-8,5)** |
| **2050** | *Gemiddelde toename* | +24 cm | +25 cm | +27 cm |
| **2100** | *Gemiddelde toename* | +44 cm | +59 cm | +82 cm |

Het uitgangspunt van de handreiking PVVR [Ref. 1] om 2,5 m zeespiegelstijging aan te houden voor bepaling van het PVVR nemen we over. Bij de projecties van de zeespiegelstijging conform het SSP5-8,5 scenario staat de mediaan in 2192 gelijk aan 2,0 m en in 2265 gelijk 3,0 m zeespiegelstijging. Omdat het niet met zekerheid valt te zeggen hoe snel de zeespiegelstijging optreedt, nemen we de pragmatische keuze van 2,5 m zeespiegelstijging voor zichtjaar 2230 (eveneens in lijn met handreiking PVVR [Ref. 1]). De projecties van de zeespiegelstijging zijn weergegeven in Figuur 3.4.

Voor het actualiseren van het waterstaatswerk wordt als uitgangspunt aangesloten bij de mediaan van het scenario SSP5-8.5, in combinatie met het door de waterschap gekozen zichtjaar (zie §3.2). Dit leidt tot een indicatieve zeespiegelstijging van 0,55 m, waarbij het waterschap gemotiveerd kan kiezen voor een afwijkende waarde.




*Figuur 3.4: Projectie zeespiegelstijging KNMI [Ref. 5]*

Een samenvatting van de uitgangspunten van deze paragraaf zijn gegeven in Tabel 3.4.

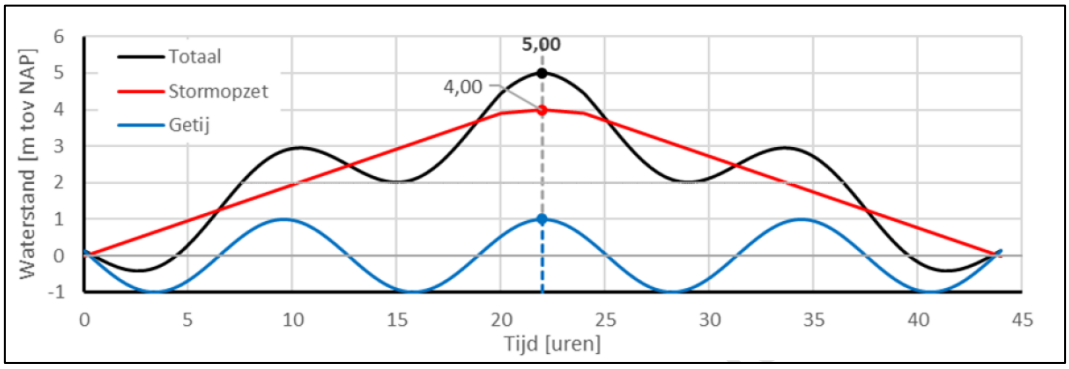
*Tabel 3.4: Samenvatting uitgangspunten - zeespiegelstijging*

| Onderwerp | Aangehouden uitgangspunt |
|---|---|
| Zeespiegelstijging – waterstaatswerk | 0,55 m i.c.m. door het waterschap gekozen zichtjaar. |
| Zeespiegelstijging – PVVR | 2,50 m i.c.m. door het waterschap gekozen zichtjaar. |

## 3.4 Hydraulische belastingen

Voor het bepalen van de duinafslag in XBeach zijn de hydraulische belastingen (HB) van groot belang. De semi-probabilistische rekenwaarden voor de hydraulische belastingen worden bepaald met het programma Riskeer [Ref. 9] voor de gewenste doelkans op raainiveau (zoals beschreven in §3.2). Riskeer is een softwarepakket van Rijkswaterstaat dat de waterkeringbeheerders kunnen gebruiken om veiligheidsanalyses van primaire waterkeringen mee uit te voeren en genereert dus ook hydraulische belastingen. Momenteel is het BOI bezig met het genereren van nieuwe HB-databases. Deze zijn naar verwachting gereed in Q4 2026 en houden we aan ter bepaling van het PVVR en het actualiseren van het waterstaatswerk.

Bij het hanteren van Riskeer wordt onder andere de locatie en de doelkans meegegeven. Het waterstandsverloop tijdens de storm wordt bepaald door de stormopzet (horend bij de gedefinieerde faalkans) en het getij te combineren. Een voorbeeld is gegeven in Figuur 3.5.




*Figuur 3.5: Voorbeeld waterstandsverloop [Ref. 3]*

Bij deze storm doet zich ook een van diep water inkomende golfaanval voor. De rekenwaarden voor de golfhoogte en golfperiode van de golven in diep water die ook als invoer voor de duinafslagberekeningen in MorphAn gebruikt worden, volgen ook uit de berekeningen met Riskeer.

Uit de Riskeerberekeningen volgen dus grofweg drie parameters:

- $R_p$: piekwaterstand o.b.v. waterstandsverloop
- $H_s$: significante golfhoogte
- $T_p$: golf piekperiode

Om de doorvertaling te maken van zeespiegelstijging (ZSS) naar de hydraulische belastingen, verhogen we het waterstandsverloop op basis van de uit Riskeer gegenereerde rekenwaarden voor de hydraulische belastingen met de mate van ZSS (o.b.v. klimaatscenario H SSP5-8,5, zie §3.3). Op het moment van schrijven kan dit nog niet worden meegenomen in het gehele waterstandsverloop dat in MorphAn wordt gegenereerd[1], maar hier wordt momenteel aan gewerkt vanuit het BOI. We gaan ervan uit dat de ZSS goed in het gehele waterstandsverloop kan worden doorgevoerd wanneer we de duinafslagberekeningen uitvoeren (Q4 2026). Mocht dit nog niet het geval zijn, dan zoeken we buiten MorphAn een oplossing om het waterstandsverloop te corrigeren voor de ZSS.

We behouden de rekenwaarden voor de golfbelasting (en het getij) zoals we deze berekenen in Riskeer en passen geen toeslagen toe om te corrigeren voor eventuele wijzigingen in de golfkarakteristieken door een grotere waterdiepte als gevolg van ZSS. De belangrijkste reden is dat de invloed van ZSS op de golfkarakteristieken op diep water ($H_s$ en $T_p$) waarschijnlijk relatief klein is [Ref. 6] en dat de invloed op de mate van duinafslag daarmee ook beperkt is[Ref. 6]. Het toepassen van een toeslag (bijv. in lijn met [Ref. 6]) kan dan ook een schijnnauwkeurigheid opleveren. Focussen op het juist schematiseren van het waterstandsverloop is belangrijker, aangezien deze een significante invloed uitoefent op de mate van duinafslag.

Een samenvatting van de uitgangspunten van deze paragraaf is gegeven in Tabel 3.5.

*Tabel 3.5: Samenvatting uitgangspunten - hydraulische belastingen*

| Onderwerp | Aangehouden uitgangspunt |
|---|---|
| Waterstandsverloop | Voor zowel het waterstaatswerk als PVVR hanteren we het waterstandsverloop op basis van het rekenpeil (en de rekenwaarden voor het getij) volgend uit Riskeer, en we verhogen deze met de ZSS binnen MorhpAn. Dit is naar verwachting mogelijk wanneer wij de afslagberekeningen willen uitvoeren (Q4 2026).<br><br>Mocht dit nog niet kunnen, dan zoeken we buiten MorphAn een oplossing om het waterstandsverloop te corrigeren voor de ZSS. |
| Golfbelasting | We behouden de rekenwaarden voor de golfbelasting volgend uit Riskeer en corrigeren niet voor eventuele wijzigingen in de golfbelasting door ZSS. |

[1] Als enkel het rekenpeil (RP) met de maat voor zeespiegelstijging (ZSS) opgehoogd wordt in MorphAn, wordt enkel de piek van de storm voldoende opgehoogd; de rest van het stormverloop wordt minder tot niet verhoogd. Hierdoor wordt de mate van duinafslag onderschat, wat niet wenselijk is. Hoe meer ZSS, hoe groter deze afwijking. Een alternatieve aanpak om ZSS mee te nemen, is om het hele profiel te verlagen met de mate van ZSS en de hydraulische belastingen hetzelfde te houden. Dit brengt complicaties met zich mee bij bepaling van de ligging van het (doorlopend) grensprofiel. De locatie van het grensprofiel wordt hierdoor namelijk bepaald op basis van een verlaagd geometrisch profiel (o.b.v. de zeespiegelstijging). Daarom heeft deze aanpak ook niet de voorkeur.

## 3.5 Korrelgrootte

Voor de rekenwaarde van de mediane korrelgrootte ($D_{50}$) hanteren we de basis-rekenwaarde voor de korrelgrootte uit het boundary-bestand voor MorphAn van IPLO. Dit hanteren we voor zowel het PVVR als de actualisatie van het waterstaatswerk. Deze rekenwaarde verschilt per locatie en is de waarde die karakteristiek is voor het lokale materiaal in de duinen. Voor locaties waar geen rekenwaarde beschikbaar is en/of deze door een grote ingreep in de zeereep niet meer representatief is, bijvoorbeeld bij de Hondsbossche Duinen, wordt de lokaal gemeten gemiddelde $D_{50}$ in het duin als uitgangspunt gehanteerd.

Een samenvatting van de uitgangspunten van deze paragraaf is gegeven in Tabel 3.6.

*Tabel 3.6: Samenvatting uitgangspunten - mediane korrelgrootte*

| Onderwerp | Aangehouden uitgangspunt |
|---|---|
| Mediane korrelgrootte | Waterstaatswerk en PVVR: korrelgrootte uit het boundary-bestand van IPLO. |

## 3.6 Profielen

Het bepalen van een locatie en het opstellen van een profiel zijn een belangrijk onderdeel van de afslagberekeningen. Dit behandelen we in deze paragraaf.

### 3.6.1 Locaties

De profielen (en locaties) die we normaliter hanteren zijn die van de jaarlijkse kustmetingen (Jarkus). Deze Jarkus-raaien zijn gemiddeld elke 200 meter aanwezig. Naast deze standaard Jarkus-raaien worden bij moeilijke of bijzondere locaties extra profielen door gerekend. Voorbeelden hiervan zijn:

- Strandopgangen: minder robuuste locaties dan omliggende stukken zeewering.
- Bochten in waterstaatswerk: het waterstaatswerk versmalt of verbreedt hier aanzienlijk en zodoende is het nuttig om hier een profiel door te rekenen.
- Locaties met relevante NWO's.

### 3.6.2 Jaar geometrie

Als uitgangspunt kiezen wij het jaar waarin de geometrie van de momentane kustlijn (MKL) het dichtst bij die van de basiskustlijn (BKL) ligt. Het Rijk heeft de wettelijke plicht om de kustlijn te handhaven, waarbij de BKL het leidende criterium vormt [Ref. 10]. De BKL beschrijft daarmee het minimale strand en vooroeverprofiel dat moet worden aangehouden. Dit betreft geen individueel vast profiel, maar een gegarandeerd zandvolume dat door periodieke suppleties wordt geborgd. Voor het bepalen van de MKL- en BKL-positie, gebruiken we het kustlijnontwikkelingsmodel in MorphAn waarbij we de vigerende begrenzing van het rekenvenster aanhouden uit de bijbehorende invoerbestanden van Rijkswaterstaat.

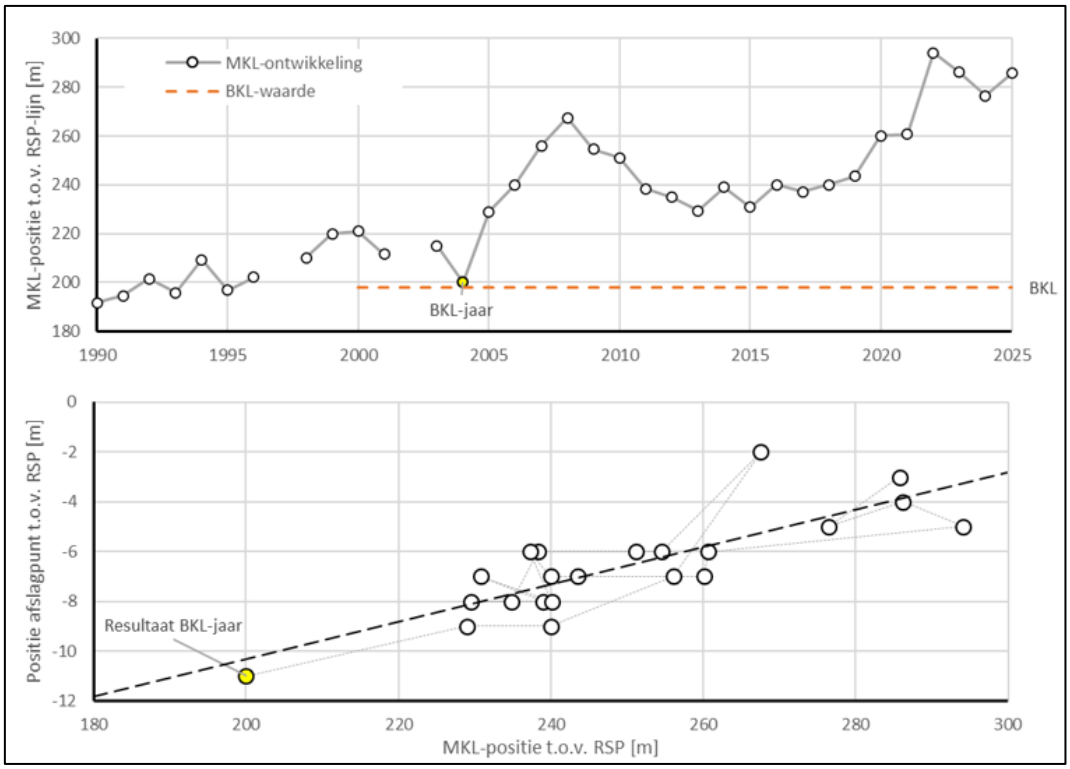
Door het jaar te selecteren waarin de MKL-positie het dichtst bij de BKL-positie ligt, kiezen we voor een nagenoeg minimaal profiel. Dit beschouwen we als een veilige, maar tevens realistische uitgangspositie.

De MKL-positie die het dichtst bij de BKL-positie ligt, vertoont bovendien doorgaans een sterke correlatie met het meest landwaarts gelegen afslagpunt (zie Figuur 3.6). Door de profielselectie te baseren op de MKL-positie in plaats van op het afslagpunt, voorkomen we dat voor deze selectie reeds uitgebreide afslagberekeningen nodig zijn. Indien nodig kijken we verder terug in de tijd om een MKL-positie te vinden die voldoende overeenkomt met de BKL-positie. Door terug te kijken tot ca. 1990 – toen het suppletiebeleid ingevoerd werd en de (eerste) BKL vastgelegd werd – kan voor de meeste profielen een 'BKL-profiel' gevonden worden. Het gebruik van een ouder profiel is daarbij veelal conservatief, aangezien duinen op de meeste locaties in de afgelopen decennia zijn aangegroeid en deze groei hiermee niet wordt meegenomen.

Wanneer voor een locatie geen representatief 'BKL-profiel' beschikbaar is (dat wil zeggen: de MKL-positie die het dichtst bij de BKL-positie ligt wijkt nog significant af), passen wij het profiel handmatig aan. Dit gebeurt door het profiel onder de duinvoet verticaal of horizontaal te verschuiven totdat de MKL-positie overeenkomt met de BKL-positie.

Daarnaast is de verdeling van het zandvolume binnen een profiel van belang, omdat deze invloed kan hebben op het duinafslagprofiel. Door te kiezen voor een MKL-positie dicht bij de BKL-positie selecteren wij een profielvorm die lokaal realistisch voor kan komen. Hoewel we ons bewust zijn van de invloed van de volumeverdeling, voeren we hiervoor in eerste instantie geen aparte gevoeligheidsanalyse uit. Alleen wanneer het gekozen MKL-profiel sterk afwijkt van omliggende profielen achten we een nadere analyse noodzakelijk.

Bij de selectie van het profiel met de gewenste MKL-positie beschouwen we de algemene trend en beoordelen we kritisch eventuele uitschieters of bijzondere meetresultaten.




*Figuur 3.6: Voorbeeld van de MKL-positie van een raai t.o.v. BKL-positie over tijd (boven) en de relatie tussen deze MKL-posities en het bijbehorende afslagpunt tijdens een maatgevende storm (onder).*

Ook bij een duinverzwaring, een wijziging van de BKL en/of een suppletie zoeken we in veel gevallen verder terug in de tijd naar een MKL die dicht bij de BKL ligt. Daarbij hanteren wij de volgende aandachtspunten:

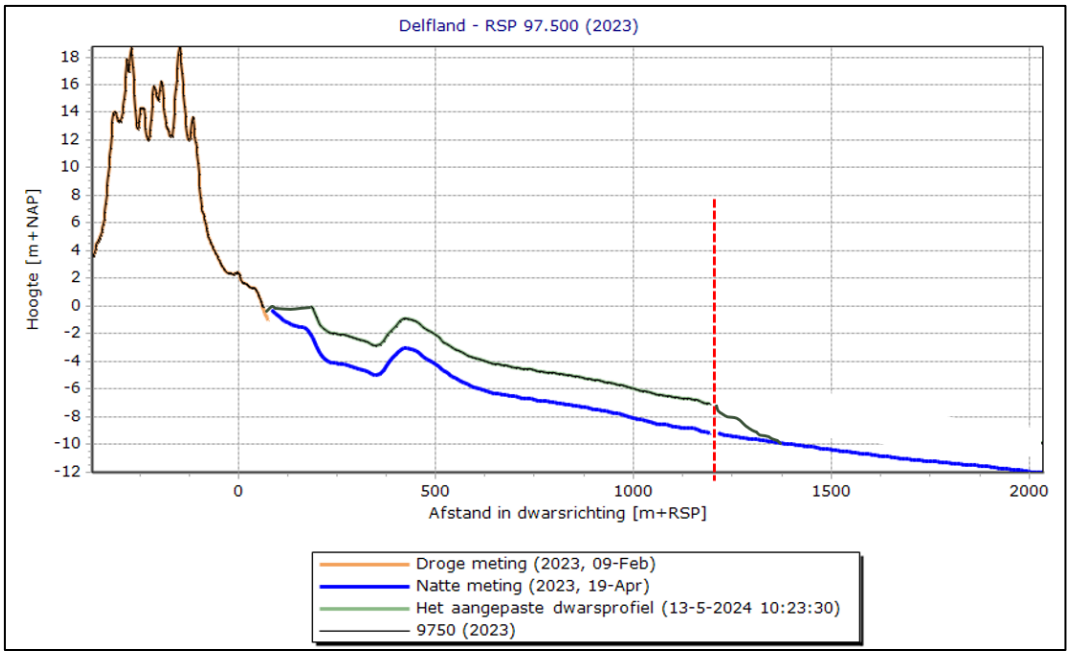
1. **Duinverzwaring:** een duinverzwaring heeft geen invloed op de MKL, aangezien het strand en de vooroever de MKL bepalen. Bij een significante en blijvende duinverzwaring kan worden gewerkt met een gecombineerd, gegarandeerd minimaal profiel: onder de duinvoet het oudere BKL-profiel en boven de duinvoet een recenter duinprofiel waarin de verzwaring is opgenomen.
2. **Wijziging van de BKL:** per locatie beoordelen we de aanleiding voor een BKL-wijziging en of oudere profielen nog representatief zijn voor de huidige situatie. Een BKL-wijziging hoeft namelijk niet altijd samen te hangen met een fysieke profielverandering. Bij het bepalen van een MKL dicht bij de BKL hanteren wij altijd de vigerende BKL (zoals bijv. in 2023 [Ref. 11]).
3. **Suppleties:** profielen waarin (grote) suppleties zijn uitgevoerd die niet hebben geleid tot aanpassing van de BKL beschouwen wij als niet representatief. Een voorbeeld hiervan is de Zandmotor (2011), die als experimentele suppletie is aangelegd en niet door het reguliere suppletieprogramma in stand wordt gehouden. Deze hoeveelheid zand wordt daarom niet meegenomen in de afslagberekeningen.

### 3.6.3 Meegroeiend strand

Voor het bepalen van het waterstaatswerk (zichtjaar van 50 jaar) en het PVVR (zichtjaar van 200 jaar) gaan we uit van een meegroeiend strand en meegroeiende vooroever. Zoals hierboven benoemd, is het de plicht vanuit het Rijk om de kustlijn te handhaven. Dit doet het Rijk aan de hand van de BKL [Ref. 10]. Het programma kustlijnzorg bestaat uit zandsuppleties uitgevoerd door het Rijk. Hiermee wordt de vooroever en het strand opgehoogd, waardoor de kustlijn op dezelfde plek blijft, ook bij zeespiegelstijging, en de waterdiepte voor het strand ongeveer gelijk blijft.

In de afslagberekeningen, voor het bepalen van het waterstaatswerk en het PVVR, wordt het geselecteerde profiel van het strand (tot aan de duinvoet) en de vooroever opgehoogd met de aangenomen maat van zeespiegelstijging. Hierbij houden we de begrenzing van het rekenvenster aan dat Rijkswaterstaat gebruikt om de MKL- en BKL-positie te bepalen. Deze begrenzing is opgenomen in de boundary-bestanden die als input voor het MorphAn kustlijnontwikkelingsmodel gebruikt worden. Aan de boven- en onderzijde van het rekenvenster sluiten we het profiel weer geleidelijk aan op de rest van het profiel, waarbij aan de bovenzijde het nieuwe duinvoetniveau horizontaal (of landwaarts oplopend) aan wordt gesloten op het huidig duinfront.

We gaan er dus vanuit dat de diepere vooroever tot aan -20 m NAP niet (volledig) meegroeit met ZSS. Ook nemen we aan dat het duingebied niet meegroeit met zeespiegelstijging. In Figuur 3.7 is een voorbeeld van de schematisatie van 'meegroeiend strand' gegeven.




*Figuur 3.7: Voorbeeld van de schematisatie 'meegroeiend strand' waarin de rode stippellijn de begrenzing vanuit het boundary-bestand is.*

Ook hier geldt, net als in §3.6.2, dat de zandvolumeverdeling effect heeft op de duinafslag. Naar alle waarschijnlijkheid zal de toename van het zandvolume niet overal even groot zijn als in Figuur 3.7. Dit heeft een (klein) effect op de duinafslag. Tenslotte geldt dat de duinen eveneens kunnen meegroeien met zeespiegelstijging. Dit effect nemen we echter niet mee. Dit beschouwen we als een conservatief uitgangspunt.

### 3.6.4 Dynamisch kustbeheer

Afhankelijk van de locatie vindt er wel of geen dynamisch kustbeheer in de duinen plaats. Dynamisch kustbeheer betekent dat er ruimte wordt gegeven aan natuurlijke processen in en voor de duinen, waarbij de doelstellingen zijn afgestemd met die van de natuurgebieden met Natura2000-status in het duingebied. Dit wel onder de voorwaarde dat de veiligheid van de zandige kust niet in gevaar komt.

Hoewel dynamisch kustbeheer tot erosie kan leiden aan de zeezijde van de duinen, is ervoor gekozen dit niet in het dwarsprofiel te verwerken, maar gewoon de gemeten geometrie te hanteren (JARKUS-raaien). De belangrijkste reden hiervoor is de onvoorspelbaarheid van deze erosie en de intentie om huidige en niet toekomstige geometrieën te toetsen. Hetzelfde geldt voor locaties waar geen dynamisch kustbeheer plaatsvindt: hier wordt eveneens de gemeten geometrie gehanteerd.

### 3.6.5 Harde elementen

Harde elementen die in een dwarsprofiel aanwezig zijn en geen waterkerende functie hebben, zoals duinvoetverdedigingen en de bestrating van boulevards in Scheveningen en Kijkduin, schematiseren we als zandvolume. We nemen aan dat deze materialen grotendeels uit elkaar vallen en dat dit een verwaarloosbaar effect op de kering en het duinafslagproces heeft. Het is conservatief om deze materialen (steen, beton, asfalt) als zand te schematiseren in de duinafslagberekening, aangezien deze materialen in praktijk minder snel afslaan dan zand. Als laatste geldt dat er ook (nog) geen software is waarin harde elementen goed meegenomen kunnen worden in duinafslagberekeningen.

Daarnaast zijn er ook nog niet-waterkerende objecten (NWO’s) die wel effect kunnen hebben op het duinafslagproces. Deze objecten behandelen we in §3.7.

### 3.6.6 Samenvatting

Een samenvatting van de uitgangspunten van deze paragraaf is gegeven in Tabel 3.7.

*Tabel 3.7: Samenvatting uitgangspunten - profielen*

| Onderwerp | Aangehouden uitgangspunt |
|---|---|
| Locatie | Voor zowel het waterstaatswerk als PVVR hanteren we de locatie van de Jarkus-raaien met additioneel locaties op zwakke of moeilijke plekken (bijv. strandopgangen of sterke variërende breedte waterstaatswerk). |
| Jaar geometrie | Voor zowel het waterstaatswerk als de PVVR hanteren we het profiel in het jaar waarin de MKL-positie het dichtst bij de BKL-positie ligt. Hierbij kijken we zorgvuldig naar duinverzwaringen, wijzigingen van de BKL of suppleties die zijn uitgevoerd. Bij de selectie van het profiel met de gewenste MKL-positie beschouwen we de algemene trend en beoordelen we kritisch eventuele uitschieters of bijzondere meetresultaten. |
| Dynamisch kustbeheer | Voor zowel het waterstaatswerk als PVVR houden we geen rekening met dynamisch kustbeheer binnen de schematisatie van onze duinafslagberekeningen. |
| Harde elementen | We schematiseren harde elementen zonder waterkerende functie zoals steen, beton en asfalt i als zand in onze afslagberekeningen. Dit geldt voor zowel het waterstaatswerk als het PVVR. |

## 3.7 NWO’s

In het kustgebied zijn niet-waterkerende objecten (NWO’s) aanwezig. Dit zijn objecten die in of nabij het waterstaatswerk aanwezig zijn en invloed kunnen hebben op de sterkte van de kering, maar geen waterkerende functie hebben. Voorbeelden zijn:

- Bebouwing en bunkers;
- Bunkers;
- Aansluitingsconstructies;
- Kabels en leidingen;
- Begroeiing.

Deze NWO’s hebben over het algemeen geen aantoonbaar positieve invloed op de sterkte van de zandige waterkeringen, maar kunnen wel de mate van duinafslag (negatief) beïnvloeden. Zodoende dienen NWO’s, afhankelijk van het type, geschematiseerd te worden in de afslagberekeningen. Voor elk van de NWO’s zijn de uitgangspunten toegelicht. Naast het schematiseren in afslagberekeningen houden we ook rekening met NWO’s in het inpassen van het doorlopende grensprofiel (niet behandeld in dit document, maar in het beleidsspoor).

### 3.7.1 Bebouwing en bunkers

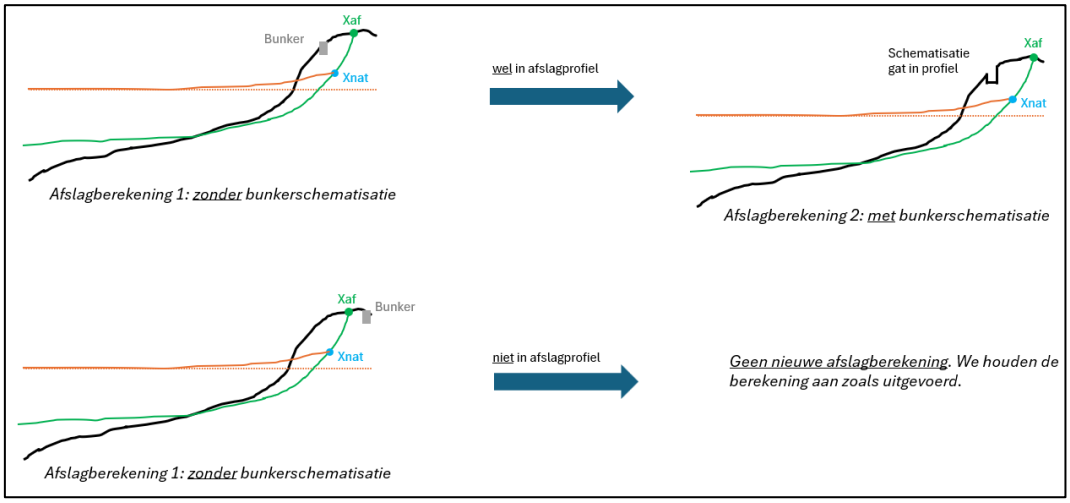
Voor zowel het opstellen van de PVVR als het actualiseren van het waterstaatswerk nemen we bunkers en bebouwing (pragmatisch) mee.

Bebouwing kan negatieve invloed hebben op de sterkte van de zandige waterkering. Dit geldt met name wanneer de bebouwing gepositioneerd is in het zandige profiel zoals bij een losse kelder, bunker of garage.

NWO's boven het zandige profiel (bijv. kleinschalige constructieve elementen of strandbebouwing) hebben meestal geen aantoonbaar positief of negatief effect. Het effect hiervan wordt sowieso klein verondersteld als de constructie in kleinere constructieonderdelen uiteen kan vallen. Er wordt vanuit gegaan dat bij vergunningverlening in en rondom het waterstaatswerk hier rekening mee is gehouden. Zodoende worden constructies boven het zandige profiel niet meegenomen in de afslagberekeningen.

Voordat we bebouwing of bunkers beschouwen in een afslagberekening maken we een overzicht van de bestaande bunkers en bebouwing (gebruikmakend van eerdere inventarisaties). Het schematiseren van bebouwing en bunkers in het zandige profiel (kelder, bunker of garage) doen we enkel mits deze zich in de afslagzone bevinden, omdat ze dan pas invloed hebben op het afslagproces. Dit betekent dat we eerst alle afslagberekeningen doen zonder bebouwing of bunkers te schematiseren. Vervolgens checken we of de bebouwing en bunkers zich in de afslagzone zouden bevinden. Vanuit hier zijn twee opties mogelijk (zie ook Figuur 3.8):

- De bunker/bebouwing bevindt zich wel in de afslagzone: de bunker/bebouwing schematiseren we alsnog in de berekening. We voeren de berekening opnieuw uit.
- De bunker/bebouwing bevindt zich niet in de afslagzone: we houden de berekening zoals uitgevoerd.




*Figuur 3.8: Opties schematisatie bebouwing en bunkers*

Mochten we overgaan tot schematisatie van de bunker/bebouwing dan beschouwen we zowel 'spoor 1' (ontgravingseffect) als 'spoor 2' (onthoudingseffect) van schematiseringshandleiding NWO's in duinen [Ref. 7].

### 3.7.2 Aansluitingsconstructies

Bij aansluitingsconstructies geldt dat in de omgeving van de (kustlangse) overgang van een duin naar een dijk (of andersoortige harde constructie) potentieel meer duinafslag kan optreden als gevolg van de overgang van hard naar zacht. Dit wordt echter als verwaarloosbaar beschouwd en niet meegenomen in de schematisatie.

### 3.7.3 Kabels en leidingen

Voor zowel het opstellen van de PVVR als het actualiseren van het waterstaatswerk nemen we leidingen (pragmatisch) mee.

Het is mogelijk dat er kabels of leidingen lopen door of langs de zeewering. Het falen van kabels (bijv. ontploffen) heeft een dermate klein effect, dat deze niet worden meegenomen in de schematisatie. Voor leidingen, met name gasleidingen en leidingen met significante diameters (> 0,5 m), geldt dat afhankelijk van de grootte en positie in de zeewering, deze bij ontploffingen een serieuze erosiekrater kunnen achterlaten.

De wijze van meenemen van leidingen komt overeen met die van bunkers en bebouwing:

1. Eerst inventariseren we welke leidingen aanwezig en relevant zijn (o.b.v. eerdere inventarisaties);
2. We voeren een afslagberekening uit. Als de leiding en/of eventuele erosiekrater van de leiding zich in deze afslagzone bevindt, hanteren we spoor 1 en 2 (ontgravings- en onthoudingseffect) [Ref. 7] om de leiding en erosiekrater in de afslagberekening te schematiseren en opnieuw te berekenen. Mocht de leiding en erosiekrater zich niet in de afslagzone bevinden, dan heeft de leiding geen effect op de duinafslag en behouden we de originele berekening.

### 3.7.4 Begroeiing

Met name in de duingebieden (en soms tevens N2000-gebieden) is begroeiing aanwezig. De maatgevende, grootste begroeiing aan zeezijde betreft veelal grasland (bijv. helmgras), op de duinen met name struikgewas (bijv. duindoorn, meidoorn) en verder landwaarts bomen (bijv. kruipwilg, berken). Bij het weg- of omwaaien van deze begroeiing ontstaat een te verwaarlozen ontgrondingskuil in vergelijking met de grootte van de zeewering. Zodoende is begroeiing niet meegenomen in de afslagberekeningen.

### 3.7.5 Samenvatting

Een samenvatting van de uitgangspunten van deze paragraaf zijn gegeven in Tabel 3.8.

*Tabel 3.8: Samenvatting uitgangspunten - NWO's*

| Onderwerp | Aangehouden uitgangspunt |
|---|---|
| Bebouwing en bunkers | Bij zowel het opstellen van het waterstaatswerk als het PVVR geldt dat bebouwing en bunkers enkel relevant zijn wanneer ze in het zandige profiel zijn gesitueerd.<br><br>We werken van grof naar fijn:<br>1. We maken een overzicht van de bestaande bunkers en bebouwing (gebruikmakend van eerdere inventarisaties).<br>2. We voeren afslagberekeningen uit zonder schematisatie van bebouwing/bunkers.<br>3. We beoordelen de afslagberekeningen i.c.m. aanwezige bebouwing/bunkers in het zandige profiel. Mochten de bebouwing/bunkers:<br>a. het afslagprofiel wel snijden: we schematiseren de bunker/bebouwing alsnog en voeren de afslagberekening opnieuw uit.<br>b. het afslagprofiel niet snijden: we houden de afslagberekening zoals uitgevoerd (geen invloed bunker/bebouwing) |
| Aansluitingsconstructies | Verwaarloosbaar, nemen we niet mee in de afslagberekeningen (zowel waterstaatswerk als PVVR). |
| Kabels en leidingen | Kabels nemen we niet mee in de duinafslagberekeningen.<br><br>Voor zowel het PVVR als het waterstaatswerk nemen we wel leidingen mee (gasleidingen en leidingen met significante diameter). Hierbij houden we dezelfde methode aan als voor bunkers en bebouwing, waarbij we rekening houden met de erosiekrater die de leiding kan veroorzaken. |
| Begroeiing | Begroeiing nemen we niet mee in de afslagberekeningen (zowel waterstaatswerk als PVVR). |

## 3.8 Robuustheid

Bij het opstellen van de uitgangspunten voor een maatgevende storm over 50 jaar (ter bepaling van het waterstaatswerk) of 200 jaar (voor het PVVR) zit veel onzekerheid, aangezien er veel kan veranderen in deze tijd. Vanuit de Handreiking PVVR [Ref. 1] staat de optie beschreven voor een robuustheidstoeslag om onzekerheden zo goed mogelijk te ondervangen. Deze toeslag moet goed worden onderbouwd en mag geen dubbeling vormen met andere robuustheidstoeslagen (bijv. bij geotechnische onzekerheden die worden afgedekt met de schematiseringsfactor bij rivierdijken).

Voor de duinafslagberekeningen kiezen we ervoor om geen extra robuustheidstoeslag toe te passen op bijvoorbeeld het rekenpeil of het duinafslagvolume. Het uitgangspunt is om de berekeningen zo 'zuiver' en transparant mogelijk te houden. Daarnaast zit al veel robuustheid in de aangehouden uitgangspunten zoals eerder in dit hoofdstuk beschreven.

De belangrijkste robuuste uitgangspunten betreffen de:

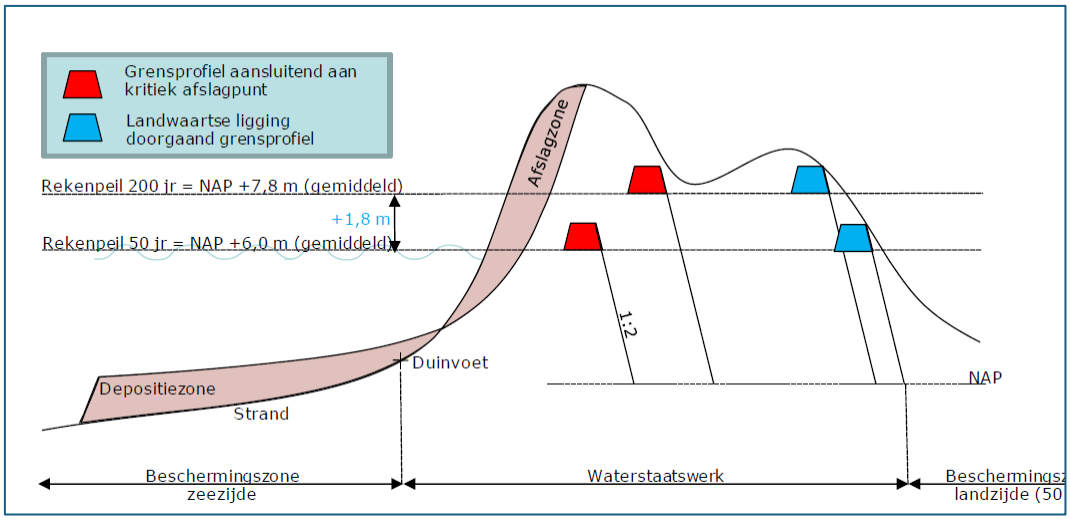
3. **Hydraulische belastingen (HB):** we houden rekening met zeespiegelstijging conform klimaatscenario H (zie §3.4) voor het gekozen zichtjaar. Dit is het meest extreme klimaatscenario en betekent een significante toeslag op het waterstandsverloop en daarmee op de berekende mate van duinafslag.
4. **Profielkeuze:** we gaan uit van een profiel uit een jaar waarin de MKL-positie zo dicht mogelijk bij de BKL-positie ligt. We houden dus een minimaal profiel (oftewel volume) aan. Door een jaar te kiezen dicht bij de BKL rekenen we veelal met een profielgeometrie van jaren geleden. Hierin zit ook de duingeometrie uit het verleden en dus nemen we geen duinaangroei van de tussentijd mee. Ook eventuele toekomstige duingroei en meegroeien van de diepe vooroever met ZSS nemen we niet mee. Dit zijn uitgangspunten waarmee we aan de veilige, maar toch realistische kant zitten.

Met bovengenoemde uitgangspunten wordt er geacht voldoende realisme en robuustheid in de afslagberekeningen te hebben ingebouwd. Tegelijkertijd wordt er geaccepteerd dat het voorspellen van omstandigheden die zich over 50 en 200 jaar voordoen gepaard gaat met enige onzekerheid. Bovendien wordt het PVVR synchroon met de landelijke beoordeling van de primaire waterkeringen in een 12-jaarlijkse cyclus getoetst (zie Figuur 2.2), waardoor eventueel voortschrijdend inzicht later nog meegenomen kan worden.

Naast de rekenkundige robuustheid bestaat de optie om na het uitvoeren van de duinafslagberekeningen meer robuustheid in te bouwen. Dit kan aan de hand van het inpassen van het grensprofiel binnen het duinlichaam. Hierbij kan het grensprofiel niet direct achter het afslagprofiel ingepast worden, maar meer aan de landzijde van de kering (dat naar verwachting sowieso nodig is voor een doorlopend grensprofiel). Figuur 3.9 illustreert dit principe. Hierdoor wordt een extra buffer gecreëerd tussen het afslagprofiel en het grensprofiel. Bovendien is de hoogte van het grensprofiel conform het BOI gebaseerd op de lokale hydraulische condities bij het afslagprofiel. Bij een landwaartse verplaatsing van dit profiel hoort veelal een minder hoog grensprofiel. Door het in MorphAn berekende grensprofiel landwaarts te verplaatsen bouw je zo eigenlijk ook extrarobuustheid in.

Bij afslagprofielen in stedelijk gebied bestaat overigens de kans dat hier nauwelijks tot geen marge aanwezig is om het grensprofiel meer landelijk in te passen. Hier kan na de afslagberekening dus minder robuustheid worden toegepast. In deze gevallen dienen we kritisch te kijken naar de algehele robuustheid bij het opstellen van het PVVR of het waterstaatswerk.

Het inpassen van het grensprofiel en de keuzes voor het inbouwen van robuustheid hierin valt onder vertaling van afslagberekeningen naar het PVVR/waterstaatswerk. Dit werken we uit binnen het beleidsspoor en is dus verder geen onderdeel van deze rapportage.




*Figuur 3.9: Voorbeeld positionering grensprofiel (LET OP: dit is een afbeelding uit het oude instrumentarium en is puur gebruikt voor visuele verduidelijking. Het grensprofiel wordt conform het vigerende instrumentarium t.o.v. $Z_{nat}$ ingepast en dus NIET t.o.v. rekenpeil).*

Een samenvatting van de uitgangspunten van deze paragraaf is gegeven in Tabel 3.9.

*Tabel 3.9: Samenvatting uitgangspunten - robuustheid*

| Onderwerp | Aangehouden uitgangspunt |
|---|---|
| Robuustheid - afslagberekeningen | Voor zowel het waterstaatswerk als de PVVR zetten we in op realistische afslagberekeningen en houden we ons aan de voorschriften en leidraden hiervoor. Tegelijkertijd zitten we aan de veilige kant met de volgende uitgangspunten:<br>- HB: we houden rekening met het ergste klimaatscenario (en daarmee meer zeespiegelstijging).<br>- Profielkeuze: we hanteren jaar waarin de MKL het dichtst bij de BKL ligt. Dit komt neer op een (nagenoeg) minimaal profiel. Daarnaast nemen we duinaangroei over de jaren niet mee bij het kiezen van een MKL uit het verleden. |

# 4. Referenties

[Ref. 1] Handreiking profiel van vrije ruime voor waterschappen, Arcadis en Berenschot, 7 november 2024
[Ref. 2] https://klimaatscenarios-data.knmi.nl/kerncijfers, KNMI, geraadpleegd op vrijdag 21 november
[Ref. 3] Technische Leidraad Katern Zandige Waterkeringen v1.0, Rijkswaterstaat, 7 februari 2023
[Ref. 4] Achtergronden bij de normering van de primaire waterkeringen in Nederland, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 28 juni 2016
[Ref. 5] KNMI'23 klimaatscenario', Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, 2023
[Ref. 6] Systeemanalyse waterveiligheid – Deelrapport Deelrapport Zandige waterkeringen kust, Rijkswaterstaat, 1 april 2023
[Ref. 7] Handreiking NWO's in duinen 2014 – schematiseringshandleiding, Deltares en Arcadis, november 2014, 1208163-001-HYE-0012
[Ref. 8] Handleiding Overstromingskansanalyse Zandige Waterkeringen, Rijkswaterstaat, juli 2023
[Ref. 9] Riskeer – software voor de veiligheidsanalyse van primaire waterkeringen versie 23.1.1, Rijkswaterstaat, 28 mei 2023
[Ref. 10] Factsheet suppletieprogramma Kustlijzorg – Uitgangspunten totstandkoming programma, Rijkswaterstaat, oktober 2024
[Ref. 11] Basiskustlijn 2023 – herziening van de ligging van de basiskustlijn. Rijkswaterstaat, 24 mei 2023