



Toelichting Watertoets

Windpark Industrieterrein Moerdijk

projectnummer 267689
definitief revisie 02
31 maart 2016

Toelichting Watertoets

Windpark Industrierterrein Moerdijk

projectnummer 267689
definitief revisie 02
31 maart 2016

Opdrachtgever

Nuon Wind Development B.V.
Postbus 41920
1009 DC Amsterdam

datum vrijgave	beschrijving revisie 02
31 maart 2016	definitief

goedkeuring
drs. H.W. Lindeboom

vrijgave
ir. H.A.M. van de Wetering

Inhoudsopgave

Blz.

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel	1
1.3	Leeswijzer	1
2	Huidige situatie	2
2.1	Ligging plangebied	2
2.2	Bodem	2
2.3	Grondwater	3
2.4	Oppervlaktewater	3
2.5	Waterkering	5
2.6	Rioolpersleiding	8
3	Beleid	11
4	Randvoorwaarden en uitgangspunten	14
5	Toekomstige situatie	16
5.1	Ontwikkeling windturbines	16
5.2	Waterkwaliteit	17
5.3	Oppervlaktewater	17
5.4	Waterkering	18
5.5	Rioolpersleiding	23
5.6	Bemaling	23

Bijlage 1 Keurkaart waterstaatwerken, zones en profielen van vrije ruimte

Bijlage 2 Zoekproces locaties windturbines

Bijlage 3 Bijlage MER: Beoordeling effecten op de waterveiligheid van de primaire waterkering

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Nuon Wind Development B.V. is voornemens om in samenwerking met het Havenschap Moerdijk maximaal acht windturbines met bijbehorende voorzieningen te plaatsen op het westelijk en zuidoostelijk deel van Zeehaven- en Industrierrein Moerdijk. De ontwikkeling van Windpark Industrierrein Moerdijk draagt bij aan en past in de landelijke, provinciale en gemeentelijke beleidsdoelstellingen voor de productie van windenergie. De ontwikkeling is specifiek opgenomen in de Verordening ruimte van de provincie Noord-Brabant, het Regionale bod windenergie West-Brabant, de Structuurvisie Moerdijk 2030 en de Notitie windenergie Moerdijk 2013-2030. De voorgenomen ontwikkeling is niet mogelijk binnen het vigerende bestemmingsplan uit 1993 ev. voor het Zeehaven- en Industrierrein Moerdijk.

Ruimtelijke plannen moeten voorzien zijn van een waterparagraaf. Hiervoor moet het proces van de watertoets worden doorlopen. Het waterschap kijkt of in een plan voldoende rekening is gehouden met de waterhuishouding ter plaatse en geeft een wateradvies.

1.2 Doel

Het doel van de watertoets voor Windpark Industrierrein Moerdijk is waarborgen dat waterhuishoudkundige doelstellingen in beschouwing worden genomen bij het bestemmingsplan Windpark Industrierrein Moerdijk.

1.3 Leeswijzer

Deze Toelichting watertoets Windpark Industrierrein Moerdijk is als volgt opgebouwd:

- Hoofdstuk 2 bevat een beschrijving van de huidige waterhuishoudkundige situatie van het plan- en studiegebied;
- In hoofdstuk 3 is het beleidskader voor water toegelicht;
- Hoofdstuk 4 bevat een overzicht van de uitgangspunten en randvoorwaarden die waterschap Brabantse Delta stelt aan de ontwikkeling;
- In hoofdstuk 5 is de toekomstige situatie van het waterhuishoudkundig systeem weergegeven en welke maatregelen nodig zijn om een evenwichtig watersysteem te realiseren en te behouden.

In de waterparagraaf in het bestemmingsplan, die op basis van dit rapport wordt opgesteld, wordt de huidige- en toekomstige situatie beschreven. Voor de toekomstige situatie wordt beschreven welke maatregelen genomen moeten worden ten aanzien van het watersysteem om te voldoen aan het lokale, regionale en landelijke waterbeleid.

2 Huidige situatie

2.1 Ligging plangebied

Het plangebied (de locaties van de nieuwe windturbines) is gelegen op het Zeehaven- en industrieterrein Moerdijk dat langs het Hollandsch Diep ligt. De voorgenomen locaties van de windturbines liggen langs de Westelijke Randweg (4 of 5 locaties) en de Zuidelijke Randweg (3 locaties).



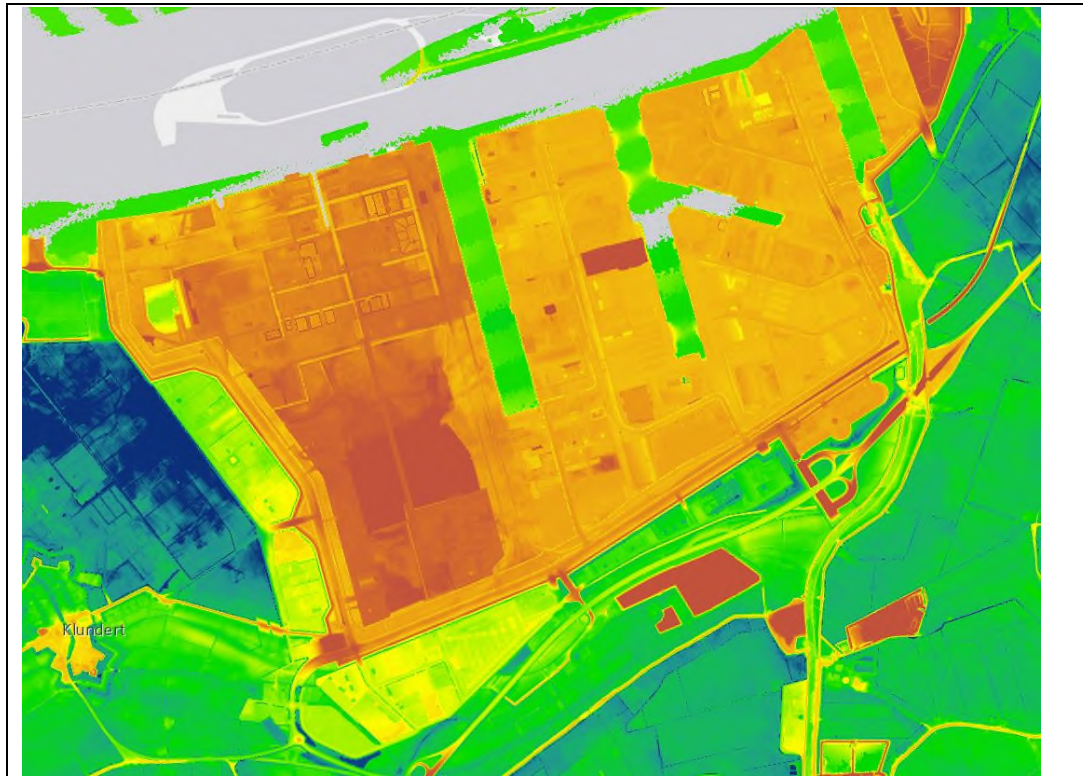
Figuur 1: Zoekgebied Windpark Industrierrein Moerdijk

2.2 Bodem

Maaiveldhoogte

Het maaiveld van het industriegebied, alsook het plangebied van het windpark ligt tussen NAP + 3 m en NAP + 5 m en de groenstrook rondom het industrieterrein tussen NAP + 0,5 m en NAP – 1 m. In figuur 2 is de hoogteligging van het plangebied en de omgeving weergegeven. De volgende hoogte hoort globaal bij de weergegeven kleuren in de figuur:

- Donker blauw = circa NAP < -1,0 m
- Blauw = circa NAP -1,0 tot 0 m
- Groen = circa NAP 0 tot + 1,0 m
- Geel = circa NAP + 1,0 tot + 2,0 m
- Oranje = circa NAP + 2,0 tot + 4,0 m
- Rood = > NAP + 4 m



Figuur 2: Hoogtekaart plangebied en omgeving (AHN2)

Bodemopbouw

Op basis van de beschikbare gegevens is de bodemopbouw ter plaatse van het plangebied beschreven. De ondiepe bodemopbouw, de Holocene deklaag, is vrij homogeen en bestaat tot NAP -4 a -6 m uit klei en veen. De onderliggende diepe bodemopbouw varieert sterk, maar bestaat overwegend uit fijn zand en kleiig zand, afgewisseld met zandige klei. Plaatselijk kunnen oude geulafzettingen aanwezig zijn. Op basis van beschikbare sonderingen en boringen bestaat de opbouw van de waterkering uit zand of sterk siltig zand, afgedekt met een circa 1 m dikke kleilaag.

2.3 Grondwater

In het DINOlوكet zijn geen recente metingen van de grondwaterstanden beschikbaar binnen het industrierrein of relevante punten in de buurt ervan. De verwachting, op basis van ervaringen bij andere projecten op dit terrein, is dat de grondwaterstand in het pakket ophoogzand sterk wordt bepaald door de waterstand van het Hollandsch Diep. Dat betekent dat er geen sprake is van ondiep grondwater.

Grondwaterbeschermingsgebied

Het plangebied is niet in een waterwingebied of grondwaterbeschermingsgebied gelegen.

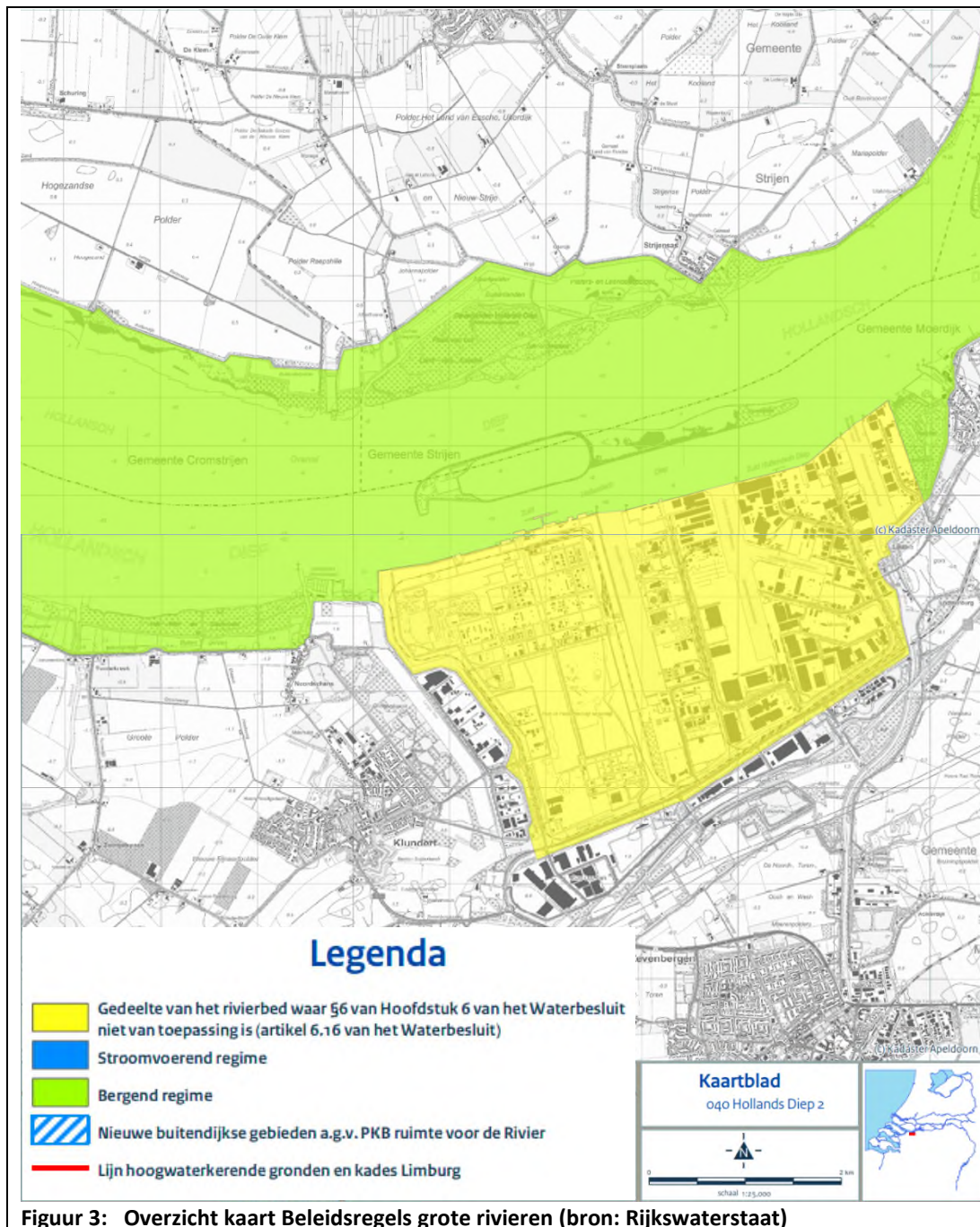
2.4 Oppervlaktewater

Rijkswateren

Het industriegebied is aan het Hollandsch Diep gelegen, dat onder de Rijkswateren valt. In het industriegebied zijn vier insteekhavens aanwezig. De oostelijk gelegen insteekhaven is door

middel van een schutsluis verbonden met de Roode Vaart, die ten tijde van hoogwater op het Hollandsch Diep kan worden dichtgezet.

Conform de Beleidsregels grote rivieren valt het buitendijks gelegen gebied van het industrierterrein Moerdijk grotendeels onder gebieden waar paragraaf 6 van hoofdstuk 6 van het Waterbesluit niet van toepassing is (artikel 6.16 van het Waterbesluit), zie figuur 3. Dit zijn gebieden die weliswaar deel uitmaken van het rivierbed, maar waar geen vergunningplicht op rust. Deze gebieden zijn uitgesloten van de toetsing aan de Beleidslijn Grote Rivieren.

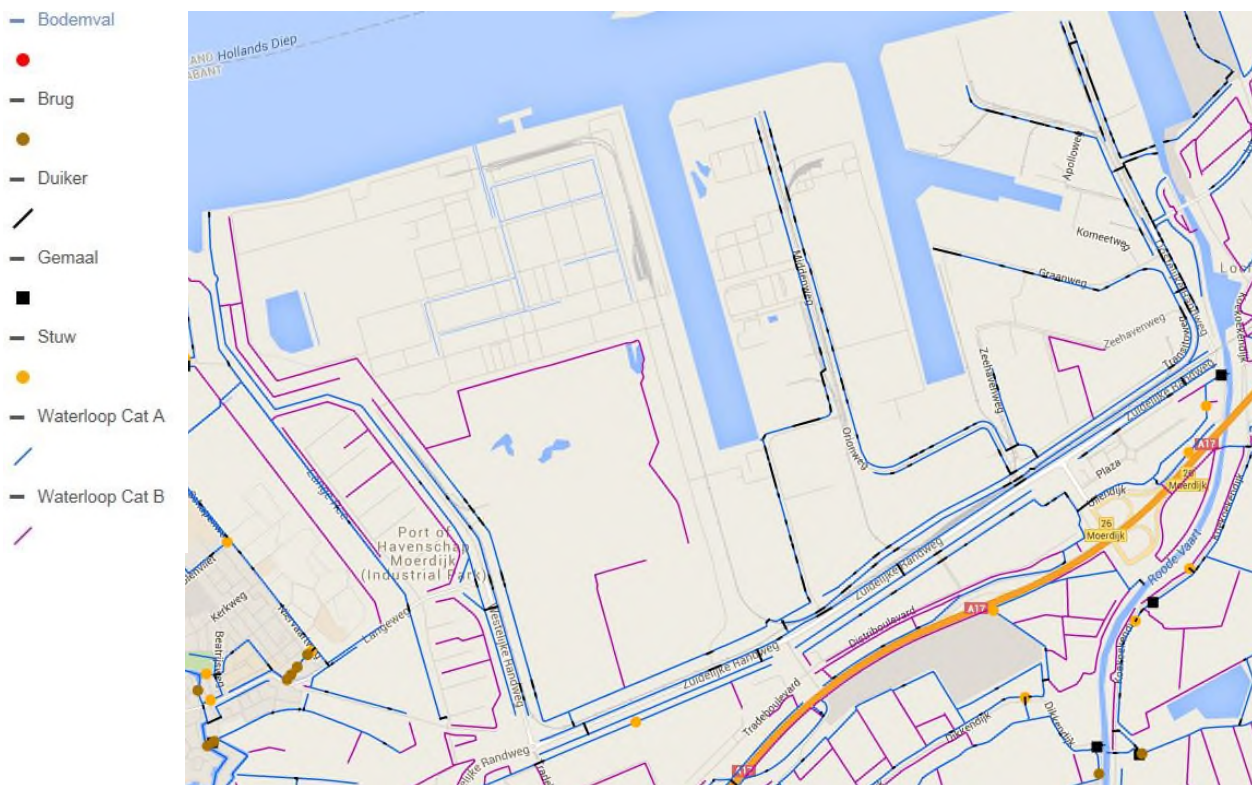


Figuur 3: Overzicht kaart Beleidsregels grote rivieren (bron: Rijkswaterstaat)

Waterlopen waterschap Brabantse Delta

Binnen het industrierrein zijn diverse waterlopen aanwezig, zowel categorie A-waterlopen als B-waterlopen. Een overzicht van de waterlopen is weergegeven in figuur 4. De waterlopen welke buitendijks zijn gelegen wateren uiteindelijk af op het Hollandsch Diep. De waterlopen welke binnendijks zijn gelegen zijn aangesloten op het regionale watersysteem (Voor vigerende zomer- en winterpeilen zie Peilenplan Tonnekreek-Keenehaven van waterschap Brabantse Delta).

De locaties van de nieuwe windturbines zijn allen buitendijks gelegen. Parallel aan de Zuidelijke Randweg en de Westelijke Randweg zijn A-waterlopen gelegen. De A-waterlopen zorgen voor afwatering van het terrein en wateren direct af op het Hollandsch Diep.



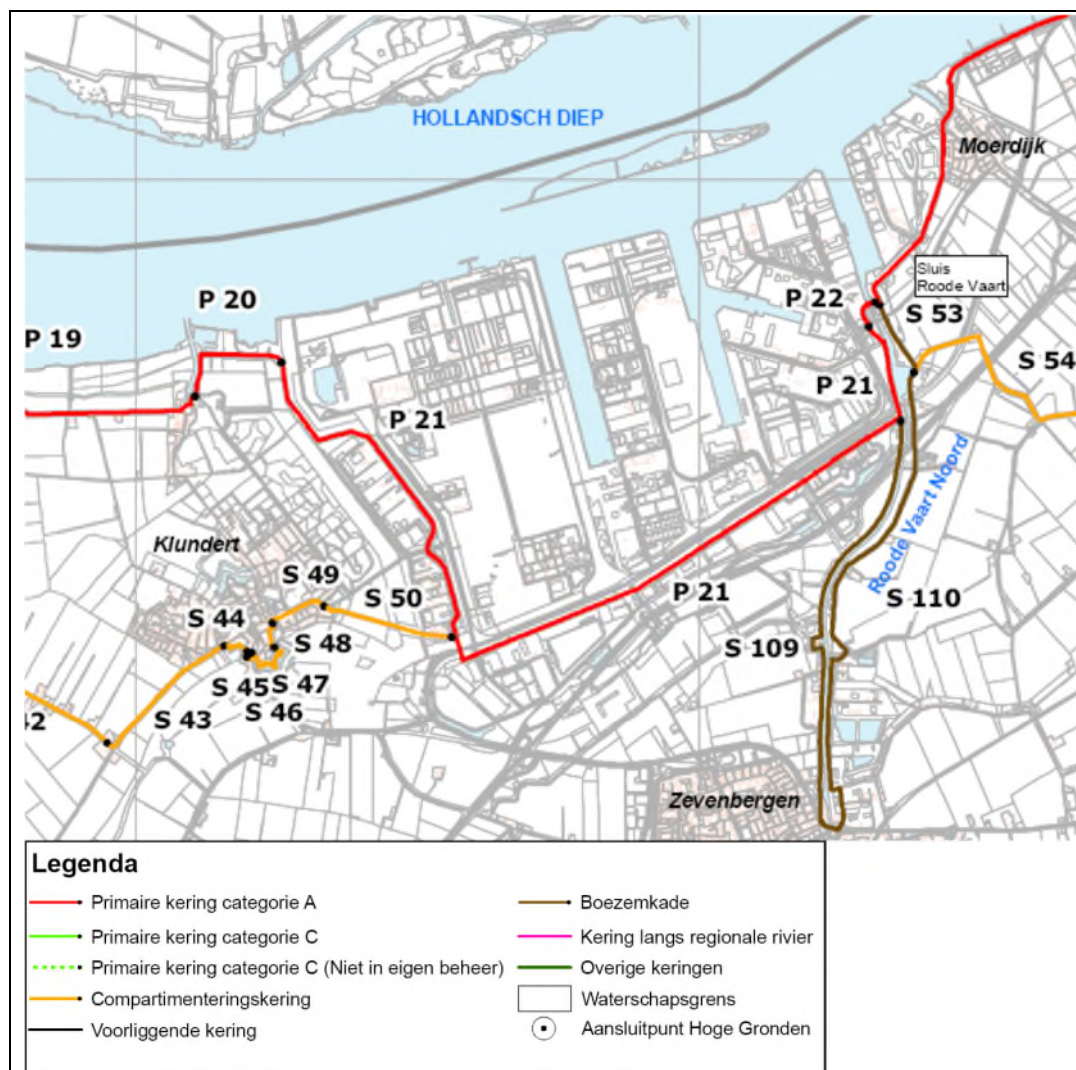
Figuur 4: Overzicht oppervlaktewatersysteem langs Westelijke – en Zuidelijke Randweg (bron: waterschap Brabantse Delta)

2.5 Waterkering

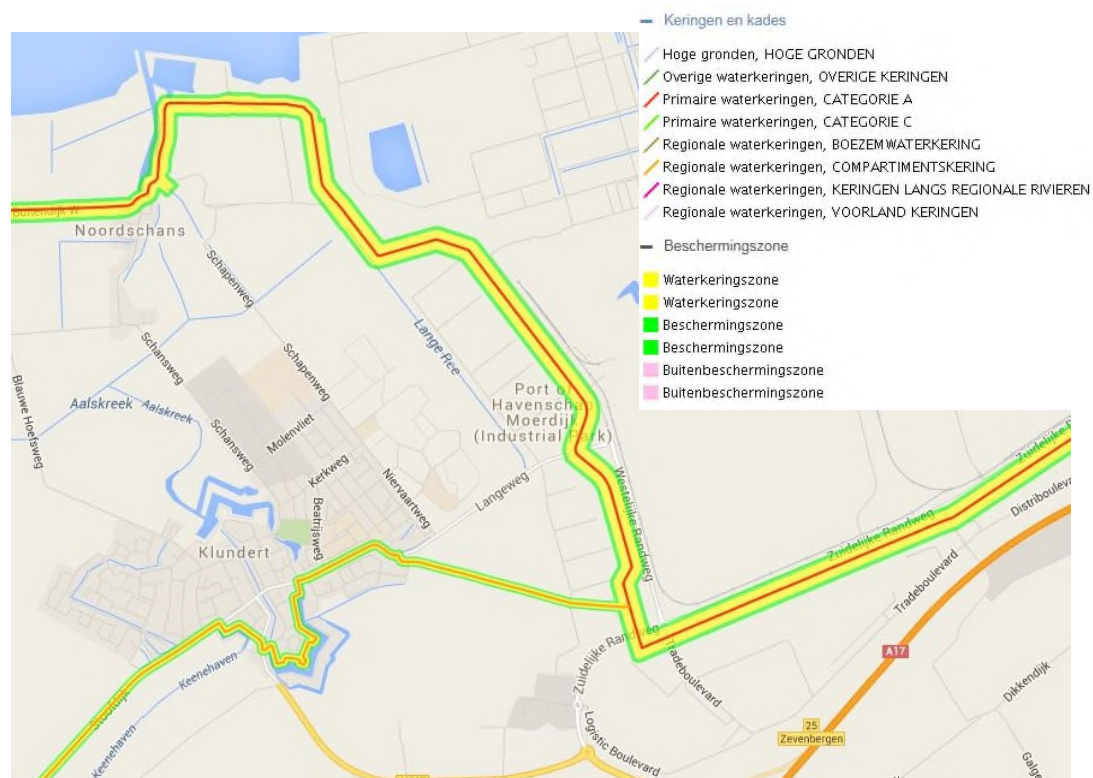
In de omgeving van het plangebied zijn primaire waterkeringen aanwezig, zoals weergegeven in figuur 5, figuur 6 en figuur 7. Het relevante dijklichaam ter hoogte van het industrierrein heeft een hoogte tussen circa NAP +5,5 en +6,0 m:

- Buitendijk rond het industrierrein Moerdijk (P21);
- Dijkvak bij Sluis Roode Vaart (P22);

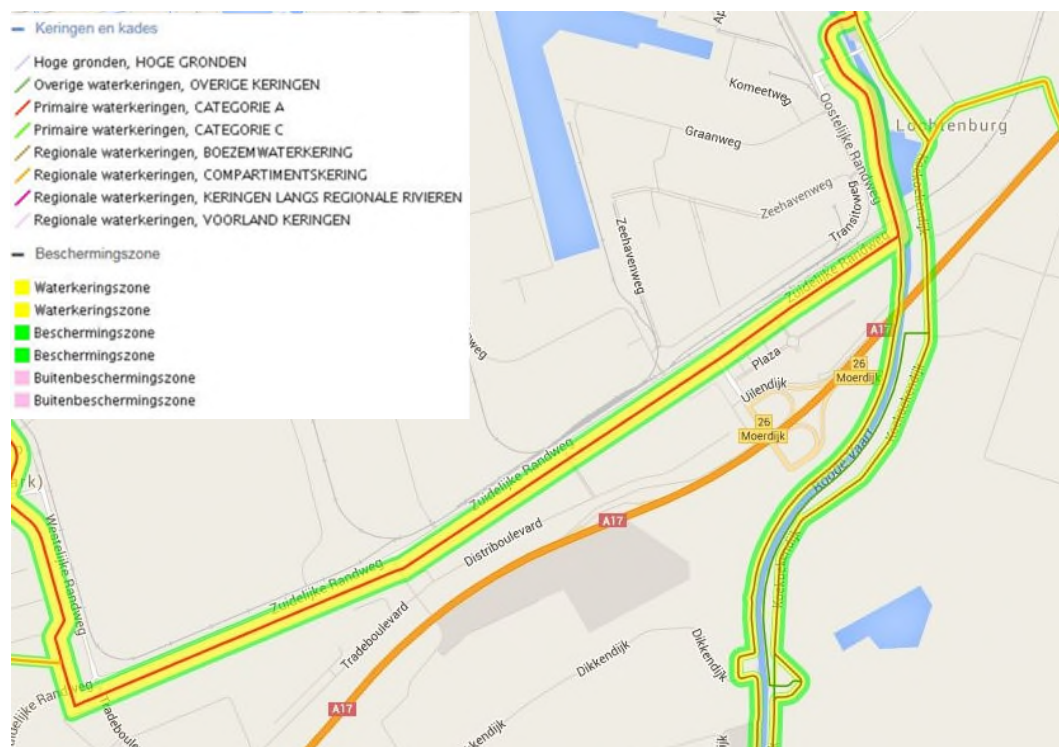
Daarnaast liggen er secundaire waterkeringen (compartimenteringskeringen en boezemkade) in de omgeving van het gebied, aan de westzijde: Nieuwe en Zandbergsedijk (S50) en aan de (zuid)oostzijde: de Schansdijk (S109), de Koekoekse Dijk (S110), de Lokkersgorsdijk en de Lapdijk (S54). Deze waterkeringen hebben een hoogte van circa NAP + 3,50 m.



Figuur 5: Overzicht waterkeringen in omgeving plangebied (bron: Keurkaart waterkeringen waterschap Brabantse Delta)



Figuur 6: Primaire kering inclusief beschermingszone Westelijke Randweg (bron: waterschap Brabantse Delta)



Figuur 7: Primaire kering inclusief beschermingszone Zuidelijke Randweg (bron: waterschap Brabantse Delta)

Op basis van de Keur zijn bij de waterkering drie verschillende zones te onderscheiden, namelijk het waterstaatswerk zelf, de beschermingszone en het profiel van vrije ruimte. De beschermingszone beschermt het waterstaatswerk en het profiel van vrije ruimte maakt toekomstige verbetering van het waterstaatswerk mogelijk.

- Een kruinhoogte van NAP +4,25 m;
- Een kruinbreedte van 4,5 m;
- Een helling van 1:3 voor het binnen- en buitentalud;
- Een niveau van NAP +1,0 m voor de binnen- en buitenteen.
- De breedte van het waterstaatswerk bedraagt 24,0 m.

De beschermingszone A voor primaire keringen is aan weerszijden van de waterkering 30 meter, gemeten vanuit de teen. Beschermingszone B is aan weerszijden van de waterkering van 30 tot 50 meter gemeten vanuit de teen.

Het profiel van vrije ruimte ligt boven het ontwerpprofiel en wordt volgens opgave van WSBD begrensd door een afstand van 47 m buitendijks en 45 m binnendijks. Voor primaire keringen ligt het profiel van vrije ruimte 1 meter boven het ontwerpprofiel.

Opgemerkt wordt dat het beheersgebied van WSBD begrensd wordt door de beschermingszone B. Het voorland is in beheer van het havenschap Moerdijk.

De huidige normfrequentie van dijkkring 34 bedraagt 1 / 2.000 per jaar. De primaire waterkering behoort tot categorie A en keert het buitenwater van het Hollandsch Diep. Bij nieuwe elementen dient met ontwikkelingen gedurende de levensduur rekening gehouden te worden. Dit betekent dat er met de nieuwe normering (op basis van overstromingskansen) rekening gehouden dient te worden.

Aan Dijkvak P21 is het oordeel 'voldoet aan de norm' toegekend. Naast de wettelijke toetsing is in het kader van Veiligheid Nederland in kaart 2 (VНК2) in december 2011 voor dijkkring 34 de kans op overstroming bepaald. Deze resultaten geven een beeld van de overstromingsveiligheid. Voor het betreffende dijkvak P21 is het volgende geconcludeerd:

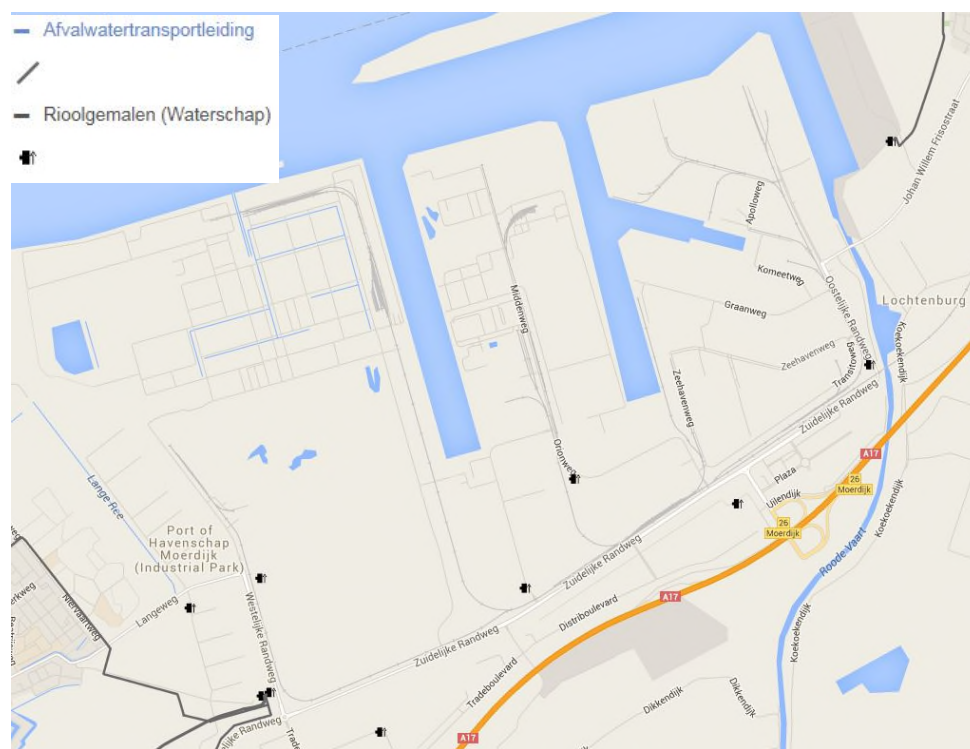
- De faalkans voor het dijkvak is $< 1 / 10.000$ jaar;
- Vanwege het zeer brede en hooggelegen voorland (industrierrein Moerdijk) zijn voor het ringdeel nabij Moerdijk geen overstromingsberekeningen gemaakt. Door de aanwezigheid van dit voorland is gesteld dat het zeer onwaarschijnlijk is dat er een bres ontstaat.

In zowel de VTV-toetsing in het kader van de Waterwet als bij Veiligheid Nederland in Kaart 2 (VНК2) is aangegeven dat het hooggelegen voorland een golf reducerende werking heeft en gunstig is ten aanzien van de stabiliteit van het voorland. Dit voorland is echter niet vastgelegd in de legger van het waterschap. Aanbevolen is in het VНК onderzoek om het voorland te beschermen en op te nemen in de legger van het waterschap.

Zie voor een nadere toelichting op de dijkveiligheidssituatie, bijlage 3.

2.6 Rioolpersleiding

In de omgeving van het plangebied ligt een afvalwatertransportleiding (rioolpersleiding) van waterschap Brabantse Delta en havenschap Moerdijk. De persleiding loopt vanaf de kern Moerdijk richting het westen (figuur 8 en figuur 9) naar persstation Moerdijk en voert uiteindelijk af naar de zuivering in Bath (RWZI).



Figuur 8: Ligging rioolpersleidingen en rioolgemalen waterschap Brabantse Delta



Figuur 9: Ligging rioolstelsel ten opzichte van varianten

3 **Beleid**

Algemeen

De beleidsdoelen ten aanzien van water zijn opgenomen in het Nationale waterplan 2016-2021, het Provinciaal Milieu- en Waterplan 2016-2021 van de provincie Noord-Brabant en het waterbeheerplan 2016-2021 van waterschap Brabantse Delta. De waterplannen op deze drie niveaus zijn gelijktijdig opgesteld en sluiten inhoudelijk op elkaar aan.

De basisprincipes van bovengenoemd beleid zijn: meer ruimte voor water en het voorkomen van afwenteling van de waterproblematiek in ruimte of tijd. Dit is uitgewerkt in de twee drietrapsstrategieën voor: waterkwantiteit (vasthouden, bergen, afvoeren) en waterkwaliteit (schoonhouden, schoon en vuil scheiden, zuiveren).

Europees beleid

Door de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) heeft Nederland een resultaatsverplichting voor het bereiken van de gewenste waterkwaliteit en ecologie van grond- en oppervlaktewatersystemen. Voor grote wateren of watersystemen, de zogenaamde KRW-waterlichamen, zijn hiertoe doelen opgesteld. De (bindende) maatregelen om de doelen te bereiken zijn vastgelegd in de stroomgebiedbeheerplannen. Voor de overige wateren geldt minimaal het stand-still principe. Waterbeheerders mogen hiervoor zelf aanvullende doelen opstellen.

Rijksbeleid

Een belangrijk instrument voor de uitvoering van het rijksbeleid is de watertoets. De watertoets wordt toegepast op nieuwe ruimtelijke plannen, zoals bestemmingsplannen en ruimtelijke onderbouwingen.

Provinciaal beleid

Het Provinciaal Milieu- en Waterplan 2016-2021 (PMWP) zet de nieuwe koers uit voor de provinciale inzet met betrekking tot water, bodem, lucht en de overige milieuaspecten. Het PMWP gaat voor:

- voldoende water voor mens, plant en dier;
- schone en gezonde leefomgeving (bodem, water en lucht);
- bescherming van Brabant tegen overstromingen en externe risico's;
- verduurzaming van onze grondstoffen-, energie- en voedselvoorziening

Regionaal beleid

Rijkswaterstaat

Voor het rivierengebied (Hollandsch Diep) geldt de Beleidslijn grote rivieren die de veiligheid waarborgt en de kansen biedt voor innovatieve ruimtelijke ontwikkelingen. Nieuwe activiteiten mogen de afvoercapaciteit van de rivier ter plaatse niet hinderen en geen belemmering vormen voor toekomstige verruiming van het rivierbed. Voor burgers en bedrijven die zich in het rivierbed vestigen geldt verder dat eventuele schade als gevolg van hoogwater voor eigen rekening is.

Zoals reeds weergegeven is het plangebied voor de windturbines gelegen in gebied waarvoor artikel 6.16 van het Waterbesluit geldt (zie figuur 2.4). Conform de Beleidsregels grote rivieren valt het buitendijks gelegen gebied van het industrierrein Moerdijk grotendeels onder gebieden waar paragraaf 6 van hoofdstuk 6 van het Waterbesluit niet van toepassing is (artikel 6.16 van het Waterbesluit). Dit zijn gebieden die weliswaar deel uitmaken van het rivierbed, maar waar geen

vergunningplicht op rust. Deze gebieden zijn uitgesloten van de toetsing aan de Beleidslijn Grote Rivieren.

Gemeente Moerdijk

Het waterbeleid van de gemeente Moerdijk is weergegeven in de Paraplunota Leefomgeving 2012-2030. De gemeente heeft 6 hoofddoelen tot 2030 geformuleerd:

1. Aandacht voor water vergroten
2. In 2015 voldoet het watersysteem aan de normen conform de kwaliteitsopgave waterbeleid in de 21e eeuw (WB21) en het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW)
3. Kwalitatief goed water in 2015 conform de Europese Kaderrichtlijn Water
4. Bij alle (her)inrichtings- en reconstructieplannen is water mede ordenend
5. Geen overlast van grondwater
6. Waterbeheer en -onderhoud afgestemd op de verschillende functies

Waterschap Brabantse Delta

Het waterschap Brabantse Delta is verantwoordelijk voor het waterbeheer in de gemeente. Het waterschap heeft de grondslag van haar beleid opgenomen in het waterbeheerplan 2016-2021. De langetermijnstrategie uit het voorgaande beheerplan wordt voortgezet voor de verschillende thema's, zoals waterkwaliteitsverbetering, vermindering van de kans op wateroverlast en verdrogingsbestrijding. Zo vaart het waterschap een toekomstbestendige koers. Daarnaast geven diverse ontwikkelingen aanleiding tot nieuwe accenten, waaronder het Deltaprogramma.

Nieuwe accenten in dit plan zijn:

- de versterking van de primaire en regionale keringen (de dijken langs de Rijkswateren en langs de regionale rivieren);
- inzet op waterbewustwording van watergebruikers: het waterschap wil investeren in het vergroten van inzicht in eigen handelingsperspectief;
- helder zijn over de beperkingen en mogelijkheden die er vanuit het watersysteem zijn voor de gebruiksfuncties;
- een meer integrale, gebiedsgerichte uitvoeringsstrategie (combineren van optimaliseren peilbeheer en inrichtingsmaatregelen);
- dynamisch waterbeheer: flexibel beheer op basis van actuele informatie over de situatie in het gebied en de regionale verschillen daarin.

Daarnaast heeft het waterschap waar nodig toegespitst beleid en beleidsregels op de verschillende thema's/speerpunten uit het waterbeheersplan en heeft het waterschap een eigen verordening; De Keur en de legger. De Keur Waterschap Brabantse Delta 2015 (vanaf 1 maart 2015) bevat gebods- en verbodsbepalingen met betrekking tot ingrepen die consequenties hebben voor de waterhuishouding en het waterbeheer. Voor hoge bouwwerken en constructies, zoals windturbines, is in de beleidsregel Bouwwerken waterkeringen opgenomen dat binnen de waterkering en beschermingszone A van de waterkering in principe geen watervergunning wordt verleend.

De legger geeft aan waar de waterstaatswerken liggen, aan welke afmetingen en eisen die moeten voldoen en wie onderhoudsplichtig is. Veelal is voor deze ingrepen een watervergunning van het waterschap benodigd.

Het waterschap hanteert bij nieuwe ontwikkelingen het principe van waterneutraal bouwen, waarbij gestreefd wordt naar het behoud of herstel van de 'natuurlijke' waterhuishoudkundige situatie. Vanwege dit principe wordt bij uitbreiding van verhard oppervlak voor de omgang met hemelwater uitgegaan van de voorkeursvolgorde infiltreren, bergen, afvoeren.

Watertoets

Het watertoetsproces is een belangrijk instrument om het waterbelang in ruimtelijke plannen en besluiten te waarborgen. Het gaat daarbij om alle waterhuishoudkundige aspecten, waaronder veiligheid, wateroverlast, watertekort, waterkwaliteit en verdroging, en om alle wateren: rijkswateren, regionale wateren en grondwater. Het is niet een toets achteraf, maar een proces dat de initiatiefnemer van een ruimtelijk plan en de waterbeheerder in een zo vroeg mogelijk stadium met elkaar in gesprek brengt.

4 Randvoorwaarden en uitgangspunten

In het kader van de watertoets voor Windpark Industrierrein Moerdijk zijn de randvoorwaarden en uitgangspunten van waterschap Brabantse Delta verzameld. In deze paragraaf zijn de belangrijkste aandachtspunten ten aanzien van het toekomstige situatie opgenomen.

- Het industrierrein (waaronder het plangebied voor de locaties van de windturbines) is voor een groot deel buitendijks gelegen, op één turbine na, namelijk de meest westelijke langs de Zuidelijke Randweg.
- Als binnen de plangrenzen nieuw oppervlaktewater wordt aangelegd moet bekeken worden wie dit gaat onderhouden. Wanneer overdracht van het onderhoud plaatsvindt aan het waterschap dient het oppervlaktewater te voldoen aan de "beleidsregel waterlopen op orde" van waterschap Brabantse Delta.
- In het buitendijks gelegen plangebied wordt bij toename van verhard oppervlak geen retentie geëist door het waterschap indien wordt aangetoond dat de ontvangende waterlopen voldoende bergings- en afvoercapaciteit hebben.
- Voor verschillende werkzaamheden in- op of nabij waterlopen en waterkeringen is een watervergunning of melding benodigd in het kader van de Waterwet. De aanvraag van de vergunning of melding dient bij de betreffende waterbeheerder (waterschap of Rijkswaterstaat) gedaan te worden. Daarnaast is voor verschillende onttrekkingen en lozingen op het oppervlaktewater en grondwater tevens een melding of vergunning in het kader van de Waterwet.
- Het belangrijkste aandachtspunt waarmee rekening gehouden dient te worden in het kader van de watertoets is de ligging van een aantal windturbines nabij de waterkering.
- Vanaf 1 maart 2015 is de Keur waterschap Brabantse Delta 2015 in werking getreden met de daarbij behorende algemene regels en beleidsregels. Voor hoge bouwwerken en constructies, zoals windmolens, is in de beleidsregel Bouwwerken waterkeringen opgenomen dat binnen de waterkering en beschermingszone A geen watervergunning wordt verleend.
- Het waterschap wil een onderbouwing zien waarom een aantal windturbines nabij de waterkering gesitueerd is.
- Het Waterschap heeft aangegeven dat ze ten aanzien van de windturbines in zone A (T-7 bij variant 1 en T-6 bij variant 2) afwijken van het beleid. Dit betekent dat ze medewerking verlenen aan de voorgenomen plaatsing/vergunningverlening van de windturbines in zone A. Eén en ander onder voorbehoud dat in een degelijke onderbouwing is weergegeven dat er geen nadelige effecten op de waterkering zijn. Het voorbehoud bestaat uit een degelijke beschouwing of er een effect op de waterkering is. Rekenkundig moet worden aangetoond dat de turbine binnen de gestelde veiligheidsnormen valt. Daarnaast wordt, zolang niet meer bekend is over trillingen, voorgeschreven dat bij bepaalde waterstanden de windturbine verplicht (al dan niet automatisch) buiten bedrijf moet worden gesteld.
- Binnen het profiel van vrije ruimte is geen enkele mogelijkheid voor de plaatsing van turbines. Dit is tevens zeer relevant voor de watervergunning.
- Daarnaast wordt aandacht gevraagd voor de effecten voor het beheer en onderhoud van de waterkering, denk hierbij ook aan de hekwerken, kabels (geen dijkkruisingen en niet parallel nabij de waterkering), afwatering van de plateaus/opstelplaatsen (tevens toename verhard oppervlak). Naast de aandacht voor de ligging van de windturbines nabij de waterkering

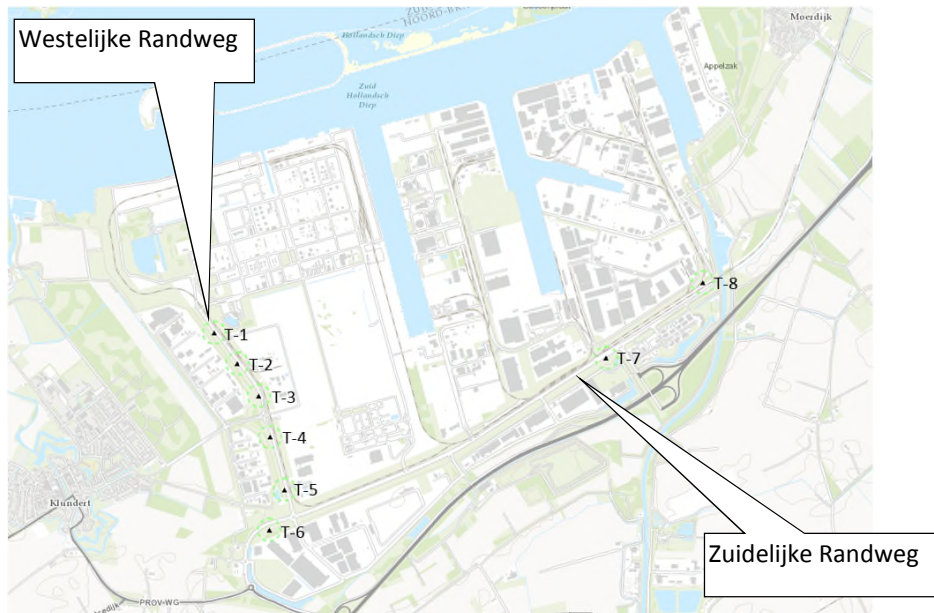
graag aandacht besteden aan het beheer en onderhoud van de waterlopen en de ligging van afvalwaterpersleidingen en gemalen nabij de windturbines en in dit geval specifieke aandacht voor de ligging van de windturbines buitendijks t.o.v. van de primaire waterkering.

- Het waterschap gaat er vanuit dat de turbines niet op eigendom van het waterschap zijn geprojecteerd.

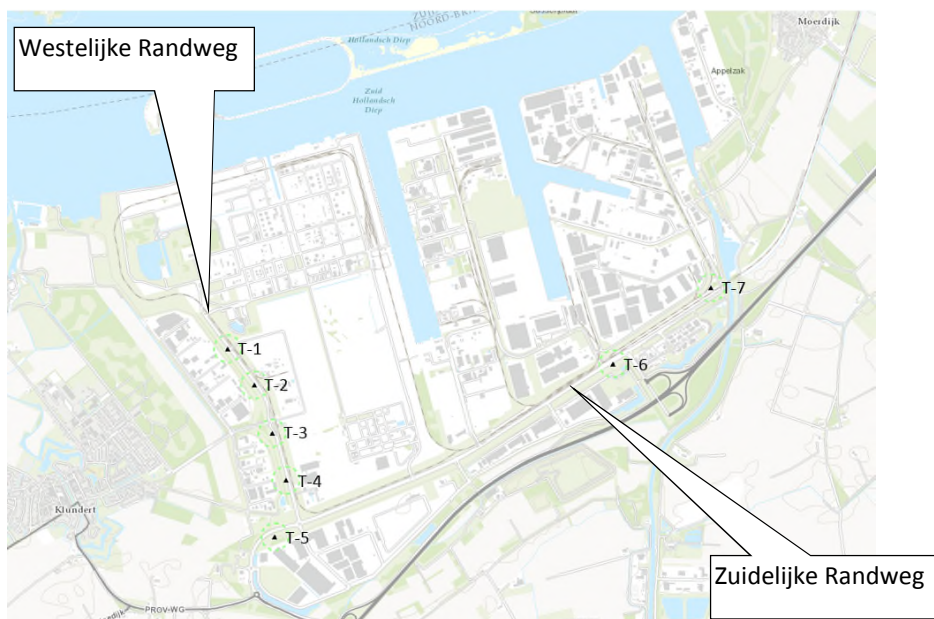
5 Toekomstige situatie

5.1 Ontwikkeling windturbines

Nuon Wind Development B.V. is voornemens om in samenwerking met het Havenschap Moerdijk maximaal acht windturbines met bijbehorende voorzieningen te plaatsen op het westelijk en zuidoostelijk deel van Zeehaven- en Industrierrein Moerdijk.



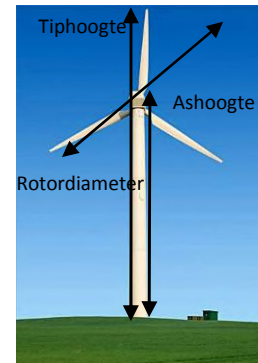
Figuur 10: Variant 1, ligging 8 windturbines (zwarte driehoeken) in omgeving



Figuur 11: Variant 2, ligging 7 windturbines (zwarte driehoeken) in omgeving

In de kenmerken van het windpark worden bandbreedtes aangehouden, omdat op dit moment nog niet exact bekend is welk type windturbine (ashoogte, rotordiameter, verschijningsvorm) wordt gebouwd.

- Aantal turbines: maximaal 8
- Vermogen per turbine: circa 2 - 5 MW
- Parkvermogen: 16 - 40 MW
- Tiphoogte: 140 - 196 meter
- Ashoogte: 90 – 130 meter
- Rotordiameter: 90 - 132 meter
- Verwachte elektriciteitsproductie: 50 - 100 GWh/jaar



Naast de windturbines bestaat het windpark uit een aantal voorzieningen. Dit zijn onder andere kraanopstelplaatsen ten behoeve van bouw en onderhoud van de windturbines, op sommige plaatsen toegangswegen met aansluitingen op de openbare weg en de aansluiting op het elektriciteitsnet. Dit laatste bestaat uit kabels die de turbines onderling verbinden, eventueel een schakelstation en aansluiting op het openbare netwerk van de netbeheerder (Enexis).

5.2 Waterkwaliteit

Het hemelwater dat terechtkomt op verhardingen wordt beschouwd als schoon wanneer geen milieuvervuilende of uitlogende materialen of stoffen (zoals lood, koper, zink en zacht PVC) gebruikt worden. Dit schone hemelwater dient gescheiden van het vuilwater te worden verwerkt conform het beleid van de gemeente Moerdijk en waterschap Brabantse Delta. Hierbij geldt de voorkeursvolgorde: schoonhouden, scheiden, zuiveren.

Voor de waterkwaliteit is het van belang dat de bestaande en toekomstige bouwwerken (waaronder de windturbines en de daarbij horende werken, zoals de fundering) geen uitlogende materialen bevatten. Daarnaast moet er zorg voor worden gedragen dat er geen milieuvervuilende materialen en stoffen in het grond- en oppervlaktewater terecht komen.

5.3 Oppervlaktewater

Wateroverlast

Per turbine wordt zo'n 3.000 – 3.500 m² oppervlak verhard (plateaus, opstelplaatsen en onderhoudswegen). Door de voorgenomen ontwikkeling neemt het hemelwater dat via verhard oppervlak (opstelplaatsen, funderingen en onderhoudswegen) vertraagd loost via de berm op de lokale watergangen (beperkt) toe. Gezien de naar verwachting de beperkte toename van de extra lozingen en vrijwel directe afvoer van de watergangen op het Hollandsch Diep kan effecten op eventuele wateroverlast worden uitgesloten.

Voor rechtstreekse lozingen op rivieren in beheer bij Rijkswaterstaat (Hollandsch Diep) is het waterschap niet bevoegd en geldt dat de vergunningen behandeld worden door Rijkswaterstaat.

Conform de Beleidslijn grote rivieren valt het buitendijks gelegen gebied van het industrierterrein Moerdijk grotendeels onder gebieden waar paragraaf 6 van hoofdstuk 6 van het Waterbesluit niet van toepassing is (artikel 6.16 van het Waterbesluit). Dit zijn gebieden die weliswaar deel uitmaken van het rivierbed, maar waar geen vergunningplicht op rust. Deze gebieden zijn uitgesloten van de toetsing aan de Beleidslijn Grote Rivieren. Niettemin wordt geadviseerd nieuwe ontwikkelingen in deze gebieden wel voor te leggen aan het bevoegd gezag: Rijkswaterstaat.

Voor de turbine welke binnendijs gelegen is, is het waterschap bevoegd gezag. Indien er in het binnendijs gebied sprake is van meer dan 2.000 m² nieuw verhard oppervlak dient 60 mm berging per m² toename verhard oppervlak worden gerealiseerd.

Aan- en afvoer via watergangen

De fundatie met opstelplaats van de turbines en toegangswegen worden zo geplaatst dat zo veel als mogelijk voorkomen wordt dat de aan- en afvoerfunctie van de watergangen wordt gehinderd. Door de voorgenomen ontwikkeling neemt het hemelwater dat via verhard oppervlak (plateaus, opstelplaatsen en onderhoudswegen) vertraagd loost via de berm op de lokale watergangen toe.

In het geval dat geloosd wordt op een lokale watergang in het buitendijs gebied geldt dat die watergang de lozing moet kunnen verwerken, zonder wateroverlast te veroorzaken in het buitendijs gebied. In die gevallen zullen eisen gesteld worden om de lokale waterhuishouding op orde te houden. Uitgangspunt is, dat de lokale watergang die benut wordt, naar behoren moet blijven functioneren zoals dat ook in het binnendijs gebied geldt en het beheer en onderhoud kan plaatsvinden. In het kader van de watervergunning dient te worden aangegeven dat de ontvangende waterlopen voldoende bergings- en afvoercapaciteit hebben voor de extra belasting.

Beheer en Onderhoud

De leggerwatergangen nabij de voorgenomen windturbines, moeten onderhouden worden zoals in de legger is opgenomen. Voor alle locaties geldt dat A-waterlopen (zie figuur 6) aanwezig zijn.

Het Hollandsch Diep is een rijkswater en wordt onderhouden door Rijkswaterstaat. De insteekhavens worden echter door het Havenschap Moerdijk gebaggerd en onderhouden.

Als door de aanleg van de windturbines nieuw oppervlaktewater wordt aangelegd moet bepaald worden wie dit gaat onderhouden.

Wanneer overdracht van het onderhoud plaatsvindt aan het waterschap dient het oppervlaktewater te voldoen aan de "beleidsregel waterlopen op orde" van waterschap Brabantse Delta.

5.4 Waterkering

In de nabijheid van de windturbinelocaties bevindt zich een primaire waterkering categorie A, dijkvak P21 (het havengebied ligt buitendijs).

In het Handboek risicozonering windturbines zijn richtlijnen opgenomen voor de ruimtelijke inpassing van windturbines in relatie tot waterkeringen. Het handboek sluit aan bij de "Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over Rijkswaterstaatwerken, ministerie van Infrastructuur en Milieu". Het dijklichaam in kwestie is echter geen Rijkswaterstaatswerk, maar valt onder het beheer van het Waterschap Brabantse Delta.

Wettelijke toetsing

Waterschappen leggen conform de Waterwet in een Keur regels vast omtrent de toelaatbaarheid van werken op, of in de nabijheid van dijklichamen die de waterkerende functie hiervan kunnen verstoren. Bij werken binnen de beschermingszone dient een watervergunning aangevraagd te worden bij het Waterschap.

Vanaf 1 maart 2015 is de Keur waterschap Brabantse Delta 2015 in werking getreden met de daarbij behorende algemene regels en beleidsregels. Voor hoge bouwwerken en constructies, zoals windmolens, is in de beleidsregel Bouwwerken waterkeringen opgenomen dat binnen de waterkeringszone en beschermingszone A geen watervergunning wordt verleend.

Het Waterschap heeft aangegeven dat ze ten aanzien van de windturbines in zone A (T-7 variant 1, T-6 variant 2) afwijken van het beleid. Dit betekent dat ze medewerking verlenen aan de voorgenomen plaatsing/vergunningverlening van de windturbines in zone A. Eén en ander onder voorbehoud dat in een degelijke onderbouwing is weergegeven dat er geen nadelige effecten op de waterkering zijn. Rekenkundig moet worden aangetoond dat de turbine binnen de gestelde veiligheidsnormen valt. Daarnaast wordt, zolang niet meer bekend is over trillingen, voorgeschreven dat bij een bepaalde waterstanden de windturbine verplicht (al dan niet automatisch) buiten bedrijf moet worden gesteld, en dergelijke.

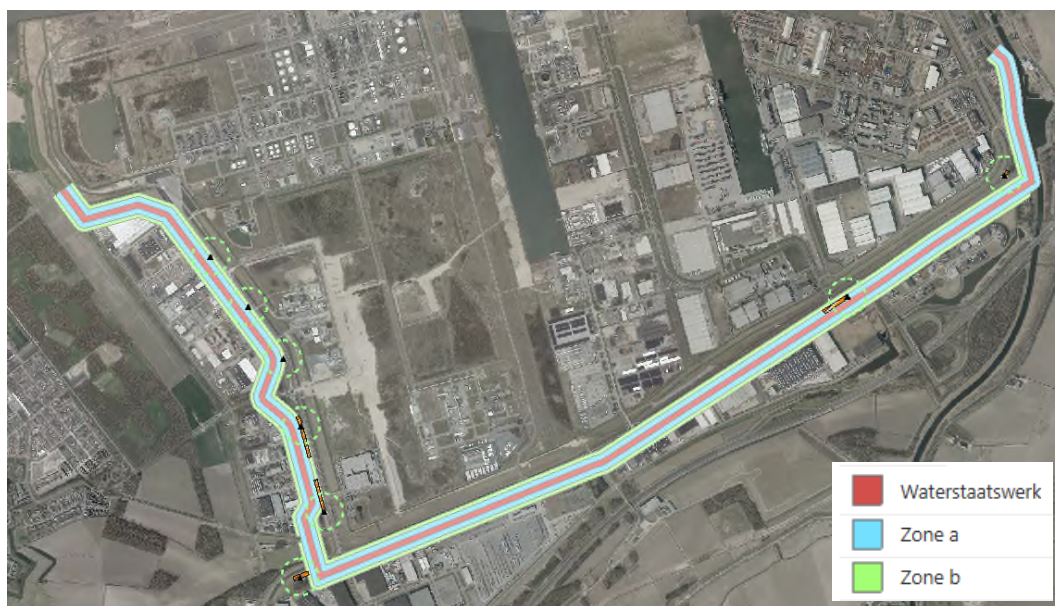
Toets turbines binnen de (beschermingszone) waterkering

Profiel van vrije ruimte

Het profiel van vrije ruimte betreft de ruimte ter weerszijden van en boven een waterkering, die als zodanig in de legger is opgenomen, die naar het oordeel van de beheerder nodig is voor toekomstige verbeteringen aan de waterkering. Voor het profiel van vrije ruimte wordt gehanteerd een minimale marge van 1,00 meter boven het ontwerpprofiel en 5,00 meter aan weerszijde van het ontwerpprofiel, zie bijlage 1 voor een principe dwarsprofiel. In de legger kan op basis van berekeningen een groter profiel van vrije ruimte vastgelegd zijn. Daar waar het werkelijke aanwezige profiel van de waterkering groter is dan deze afmetingen voor het profiel van vrije ruimte, wordt het werkelijke aanwezige profiel als profiel van vrije ruimte aangehouden.

De windturbinelocaties liggen nabij de primaire waterkering, dijkvak P21:

- Bij variant 1 is één turbine (T-7) gesitueerd in de beschermingszone A en vier turbines (T-1, T-2, T-3 en T-4) gesitueerd in beschermingszone B van de waterkering (zie figuur 12);
- Bij variant 2 is één turbine (T 6) gesitueerd in de beschermingszone A en drie turbines (T-1, T-2 en T-4) gesitueerd in beschermingszone B van de waterkering (zie figuur 13).



Figuur 12: Windturbinelocaties variant 1 nabij waterkering



Figuur 13: Windturbinelocaties variant 2 nabij waterkering

Onderbouwing geen alternatieve locaties

Nut en noodzaak

Nuon Wind Development B.V. heeft het voornemen op Industrierrein Moerdijk een windturbinepark met maximaal acht windturbines te ontwikkelen, aangeduid als 'Windpark Industrierrein Moerdijk'. In de balans tussen de drie P's (Planet, People, Profit) op industrieterrein Moerdijk levert het scheppen van (planologische) mogelijkheden voor windturbines een positieve balans op voor de *Planet*-kant:

- Windpark Industrierrein Moerdijk levert een elektriciteitsproductie van, afhankelijk van aantal en type turbines, 50 - 100 GWh/jaar. De elektriciteits-opbrengst is voldoende om voor circa 15.000 tot 30.000 huishoudens in hun jaarlijkse elektriciteitsbehoefte te voorzien;
- Door het oprichten van windturbines verduurzaamt de elektriciteitsproductie, de ontwikkeling is noodzakelijk om de gemeentelijke ambitie ten aanzien van windenergie (30% van de totale energiebehoefte in Moerdijk in 2030 wordt opgewekt in de vorm van windenergie) te realiseren;
- De ontwikkeling en realisatie van windpark Industrierrein Moerdijk draagt bij aan doelstellingen van het Rijk en de Provincie Noord-Brabant op het gebied van duurzame energie en windenergie in het bijzonder;
- Door de windturbineontwikkeling worden (CO₂-)emissies vermeden.

In het MER zijn de energieopbrengsten en vermeden emissies als gevolg van het windpark Industrierrein Moerdijk nader in beeld gebracht.

Door de inpassing van de windturbines op het industrierrein, de participatie van de omgeving bij het planproces en de zorgvuldige afweging van de belangen is tevens invulling gegeven aan de aspecten van *People*. Uiteraard zal het windpark ten minste voldoen aan de normen met betrekking tot de effecten in de leefomgeving, zoals die gelden voor geluid en slagschaduw. De omgeving kan tevens profiteren van de opbrengsten van het windpark: een gedeelte van de opbrengsten wordt door Nuon op een nader te bepalen manier aan de omgeving ter beschikking gesteld. Het windpark draagt daardoor bij aan de *Profit*, zowel op lokaal niveau –doordat de opbrengst deel ten goede komt van de directe omgeving- als op een hoger schaalniveau door de bijdrage aan de verduurzaming.

Locatiekeuze op regionaal niveau

Het westen van de Provincie Noord-Brabant kent een klimaat waar het krachtige windregime een van de belangrijke kenmerken is. Door het goede aanbod van wind is deze regio dan ook bij uitstek geschikt voor het exploiteren van windturbines.

De locatie van de windturbines op Industrierrein Moerdijk sluit tevens goed aan bij de landelijke, provinciale en regionale beleidsdoelstellingen voor windenergie. De turbines liggen in het zoekgebied voor windenergie (het grootschalige zeekleilandschap van West-Brabant), zoals in de Provinciale Structuurvisie Ruimtelijke Ordening en Verordening Ruimte van de provincie Noord-Brabant is weergegeven. Tevens voldoet het initiatief aan de Regels voor windturbines in stedelijk concentratiegebied zoals opgenomen in de Verordening Ruimte. Ook is de locatie als geschikte locatie aangewezen in het Regionale Bod Windenergie van de regio West-Brabant en het windenergiebeleid van de gemeente Moerdijk. Daarnaast is bij de verdere ontwikkeling van Industrierrein Moerdijk het uitgangspunt gehanteerd om een duurzaam terrein te realiseren, waarbinnen windturbines uitstekend passen.

Locatie-afweging op industrierrein

Op het industrierrein bevinden zich momenteel drie windturbines, deze zijn positief bestemd in het vigerende bestemmingsplan en ook opgenomen in het voorontwerp van het nieuwe bestemmingsplan Zeehaven- en Industrierrein Moerdijk. Er hebben in het verleden onder andere vier windturbines aan de kop van de Middenweg gestaan, de vier windturbines zijn echter gesloopt en de vergunning is hierdoor verlopen. Deze turbines zijn derhalve niet bestemd in het voorontwerp nieuwe bestemmingsplan Zeehaven- en Industrierrein Moerdijk.

De in deze watertoets beschreven mogelijke turbinelocaties zijn het resultaat van een lang proces waarin de mogelijkheden voor het plaatsen van windturbines op het industrierrein zijn

onderzocht. Sinds 2003 is Nuon betrokken bij dit zoekproces betrokken. Dit heeft in eerste instantie in 2009 geleid tot een samenwerkingsovereenkomst tussen Nuon en het Havenschap. Deze overeenkomst had betrekking op het oostelijk deel van het industrierrein.

Locatieafweging op het westelijk deel van het industrierrein

In samenwerking tussen Nuon, gemeente en het Havenschap is vervolgens onderzocht welke andere geschikte locaties voor windturbines er binnen de grenzen van het havengebied zijn. Daaruit is naar voren gekomen dat het gebied nabij de Westelijke en Zuidelijke Randweg het meest geschikt is (zie figuur 1).

Op het bedrijventerrein (de bedrijfskavels) is geen ruimte voor minimaal 3 turbines, omdat de turbines vanwege veiligheidsredenen niet mogelijk zijn of belemmeringen vormen voor de bestaande of nieuwe functies op het terrein. Deze locaties waren derhalve uitgesloten in de locatiestudie. Langs de westelijke kant van de Westelijk Randweg ligt o.a. de ondergrondse buisleidingenstraat. Ook hier zijn vanwege veiligheidsredenen eveneens geen turbines mogelijk. Deze locaties waren daardoor ook uitgesloten in de locatiestudie. T-7 variant 1 en T-6 variant 2 (dezelfde turbinelocatie) zijn gelegen buiten de kabels en leidingen. Tot slot waren overige locaties ook uitgesloten langs de Zuidelijke Randweg vanwege veiligheidsredenen. Een toelichting op het zoekproces is opgenomen in bijlage 2.

Deze locatie is bepaald in samenwerking en overleg met betrokken partijen. Op basis daarvan zijn het Havenschap en Nuon in 2014 opnieuw een samenwerkingsovereenkomst aangegaan waarbij Nuon de mogelijkheid heeft om binnen de aangegeven strook grond te onderzoeken welke opstelling van windturbines het meest optimaal is en die vervolgens Nuon de mogelijkheid geeft deze opstelling te realiseren.

Beoordeling effecten op dijkveiligheid

Door Royal HaskoningDHV is een rapportage opgesteld (opgenomen in bijlage 3) waarin een globale kwalitatieve beoordeling van de mogelijke effecten van het voorgenomen windpark op de dijkveiligheid is opgenomen. Hieruit is naar voren gekomen dat de plaatsing en aanwezigheid van het windpark geen negatieve invloed heeft op de stabiliteit van het voorland en de waterkering.

Daarnaast is de kans berekend dat een falende windturbine of windturbineonderdeel neerkomt in de kritische strook en daarbij een dusdanige schade veroorzaakt, dat de waterkerende functie niet meer kan worden gewaarborgd. Uit deze berekeningen is gebleken dat verwacht wordt dat de toename van de faalkans van de waterkering door aanwezigheid van de windturbines acceptabel is.

Voor de locaties binnen de beschermingszone van de dijk worden stabiliteitsberekeningen uitgevoerd in het kader van de watervergunning waarbij de additionele faalfrequentie nader worden gekwantificeerd en getoetst.

Overige aspecten waterkering

Bij plaatsing van windturbines nabij de waterkering dient het beheer en onderhoud van de waterkering gewaarborgd te blijven, naast de windturbines zelf moet hierbij ook gedacht worden aan eventuele hekwerken, kabels/leidingen en afwatering van verharde oppervlakken.

5.5 Rioolpersleiding

In de omgeving van het plangebied ligt een afvalwatertransportleiding (rioolpersleiding) van waterschap Brabantse Delta en havenschap Moerdijk (zie figuur 8 en 9). In de zuidwesthoek is het persstation Moerdijk gelegen met bijbehorende buffertoren, kelder(s) en persleidingen (leidingen met hoge waarde). De rioolpersleiding heeft een zakelijk rechtstrook van 2 meter aan beide zijde van de leiding. De windturbines zijn voorzien buiten de zakelijke rechtstrook van de rioolpersleiding.

Bij bouwen boven of nabij een afwatertransportleiding en het persstation dient goedkeuring van het waterschap en/of het havenschap verkregen te worden. Daarnaast dient rekening gehouden te worden met de eisen en beperkingen die de leiding met zich meebrengt.

5.6 Bemaling

Voor het in den droge aanleggen van de fundering van de windturbines (circa 3 m beneden maaiveld) en de aanleg van kabels moet mogelijk bemalen worden. Afhankelijk van de definitieve diepteligging van de fundering en kabels in relatie tot de grondwaterstand dient dit in een latere fase van het plan verder uitgewerkt te worden. Een permanente verlaging van de grondwaterstand in het plangebied is niet toegestaan, wel mag voor bijvoorbeeld de aanleg van de fundering en kabels tijdelijk bemaling plaatsvinden (afhankelijk van de duur, de consequentie voor de waterkering en het waterbezwaar van de bemaling dient een melding dan wel vergunning aangevraagd te worden bij waterschap Brabantse Delta).

Om na te gaan of een melding of vergunning in het kader van de Waterwet nodig is dient voorafgaand aan de realisatie van de windturbines met bijbehorende werken (fundering, kabels en leidingen) nagegaan te worden of een bemaling nodig is. Wanneer een bemaling nodig is dient een bemalingsadvies opgesteld te worden.

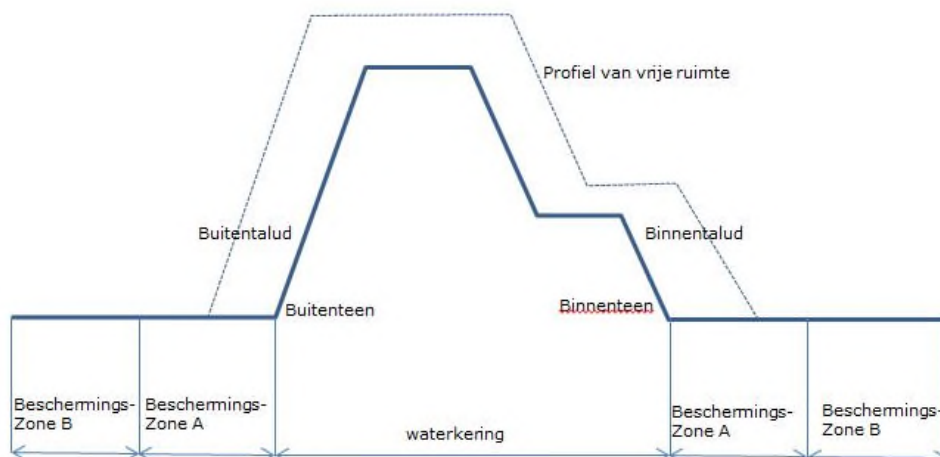
Bijlage 1 Keurkaart waterstaatwerken, zones en profielen van vrije ruimte

Bijlage 1 Keurkaart waterstaatswerken, zones en profielen van vrije ruimte

Binnen het keurgebied van de waterkeringen worden verschillende zoneringen onderscheiden:

- Het waterstaatswerk zelf en de beschermingszones. Het waterstaatswerk is gelegen tussen de buitenteen en binnenteen van de waterkering. Hierbij is de teen van de waterkering gedefinieerd als de snijlijn van het talud met het horizontale maaiveld, tenzij uit de legger een andere lijn voortvloeit.
- De beschermingszone A is bij primaire keringen 30 meter breed gerekend vanaf de begrenzing van het waterstaatswerk, tenzij uit de legger een andere afstand voortvloeit.
- De beschermingszone B is bij primaire waterkeringen 20 meter breed, gerekend vanaf de begrenzing van de beschermingszone A, tenzij uit de legger een andere afstand voortvloeit.
- De beschermingszone A is bij regionale keringen langs regionale rivieren 10 meter breed gerekend vanaf de begrenzing van het waterstaatswerk, tenzij uit de legger een andere afstand voortvloeit.

In onderstaand figuur zijn deze zones schematisch weergegeven. De zonering is vastgelegd in de legger van het waterschap.



Bijlage 2 Zoekproces locaties windturbines

Bijlage 2 Zoekproces locaties windturbines

De in deze watertoets beschreven mogelijke turbinelocaties zijn het resultaat van een lang proces waarin de mogelijkheden voor het plaatsen van windturbines op het industrierrein zijn onderzocht. Omstreeks 2000 is Nuon gestart met het zoekproces. In samenwerking tussen Nuon, gemeente en het Havenschap is gezocht naar geschikte locaties op het industrierrein.

Naast de vraag naar fysieke ruimte is hierbij bepalend geweest dat de windturbines geen belemmerende effecten mogen hebben op de ontwikkelingsruimte op bedrijfskavels en dat de veiligheid in relatie tot chemische industrie en ondergrondse buisleidingen voor vervoer van gevaarlijke stoffen gewaarborgd is.

Op de bedrijfskavels zelf bleek geen ruimte voor minimaal drie turbines, omdat de turbines vanwege veiligheidsredenen niet mogelijk zijn of belemmeringen vormen voor de bestaande of nieuwe functies op het terrein. De bedrijfskavels zijn zodoende gemedend. De resterende percelen zijn weergegeven in onderstaande figuur 1.



Legenda:

 = gronden die niet bestemd zijn als bedrijfskavels

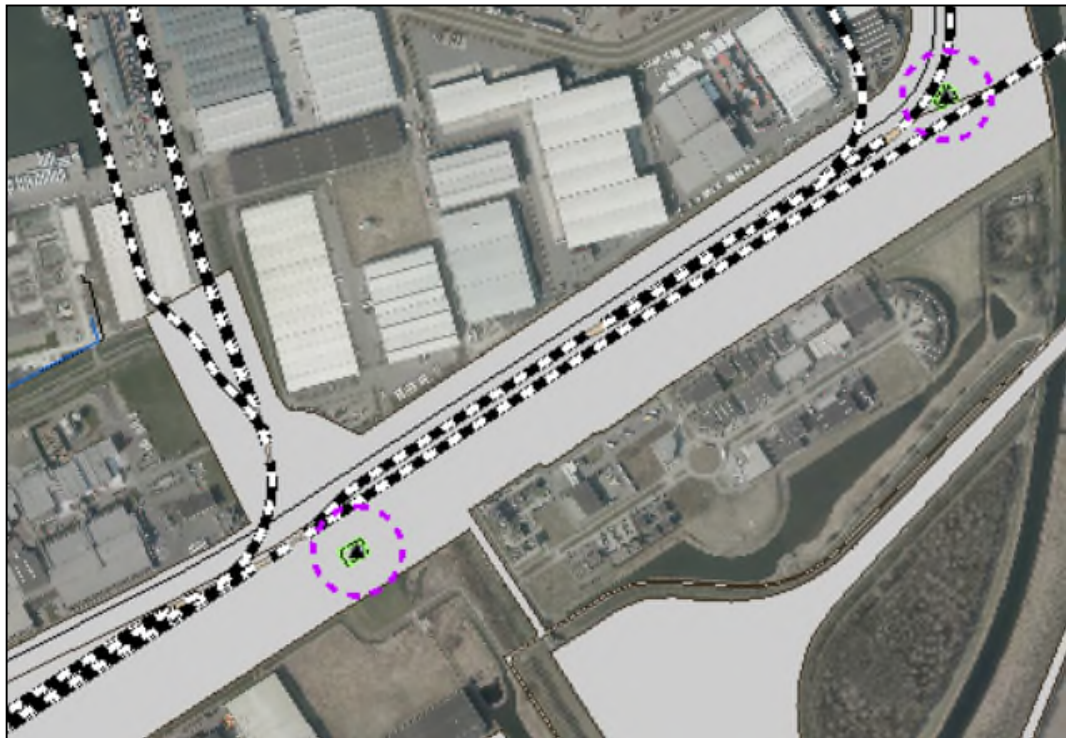
Figuur 1: Gronden welke niet bestemd zijn als bedrijven

Locatiestudie aan de zuidoostkant

In 2014 - 2015 zijn de mogelijkheden concreet onderzocht voor de plaatsing van windturbines aan de zuidoostkant van het industrierrein. Aan de Oostelijke Randweg bleek de ruimte echter te schaars. De rotorbladen van de turbines zouden dan over bedrijfspercelen heen draaien wat tot beperkingen leidt.

Aan de Zuidelijke Randweg aan deze kant van het industrierrein bleek slechts ruimte te zijn voor twee turbines. De overige ruimte is in gebruik voor infrastructuur (spoor, wegen, kabels en leidingen), of bevindt zich te dicht bij bedrijfslocaties. Daarnaast bevindt zich aan de zuidelijke randweg eveneens het spooreplacement waar in verband met het rangeren van gevaarlijke stoffen afstand tot aangehouden moet worden.

De twee turbinelocaties die in 2014-2015 als haalbaar zijn geïdentificeerd, zijn weergegeven in figuur 2.



Figuur 2: Geschikte locaties aan de zuidoost kant

Legenda:

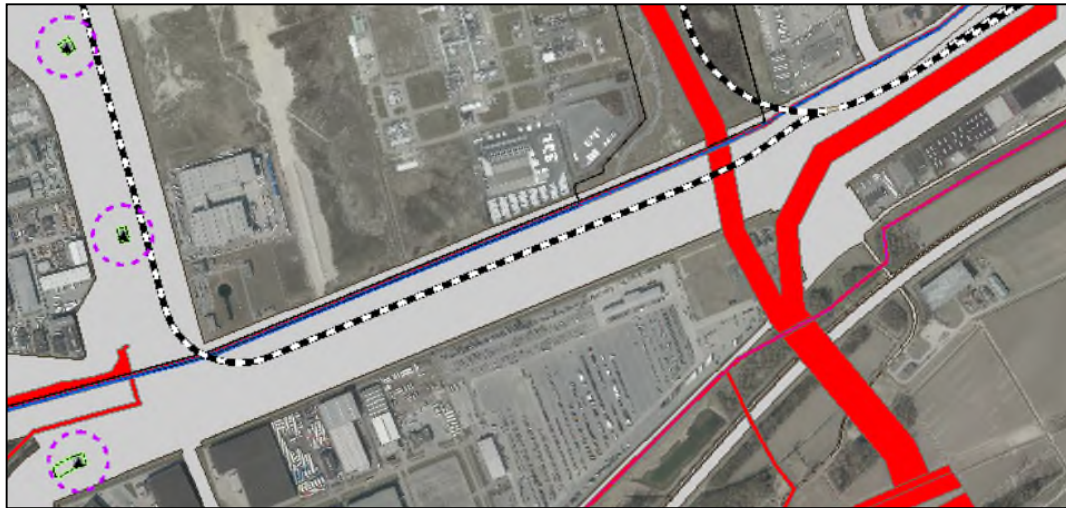
-  = gronden die niet bestemd zijn als bedrijfskavels
-  = rotordiameter turbinelocatie

De twee turbinelocaties die in 2014-2015 als haalbaar zijn geïdentificeerd zitten ook in het huidige parkontwerp. Twee locaties zijn echter onvoldoende om een rendabel windpark te kunnen ontwikkelen. Het zoekproces is in 2015 daarom gericht op de zuidwestkant.

Locaties aan de zuidwestkant

De plaatsingsruimte aan de Zuidelijke Randweg aan de westkant is beperkt. Dit komt door de aanwezigheid van de spoorlijn, hoogspanningsverbindingen en ondergrondse buisleidingen voor

vervoer van gevaarlijke stoffen. Tevens is een deel van de beschikbare grond langs de Zuidelijke Randweg een andere ontwikkeling voorzien. Aan de Zuidelijke Randweg is zodoende één geschikte locatie gevonden. Deze is weergegeven in figuur 3.



Figuur 3: Geschikte locatie aan de Zuidelijke Randweg

Legenda:

-  = gronden die niet bestemd zijn als bedrijfskavels
-  = rotordiameter turbinelocatie
-  = hoogspanningsverbindingen
-  = persriool
-  = buisleidingen voor vervoer van gevaarlijke stoffen

Tot slot zijn de meeste geschikte locaties gevonden aan de Westelijke Randweg. Hier kunnen nog vier windturbines geplaatst worden (zie figuur 4). Aandachtspunt hierbij is de aanwezigheid van het Industrial park aan de oostzijde van het industrieterrein, waar chemische industrie is gevestigd.

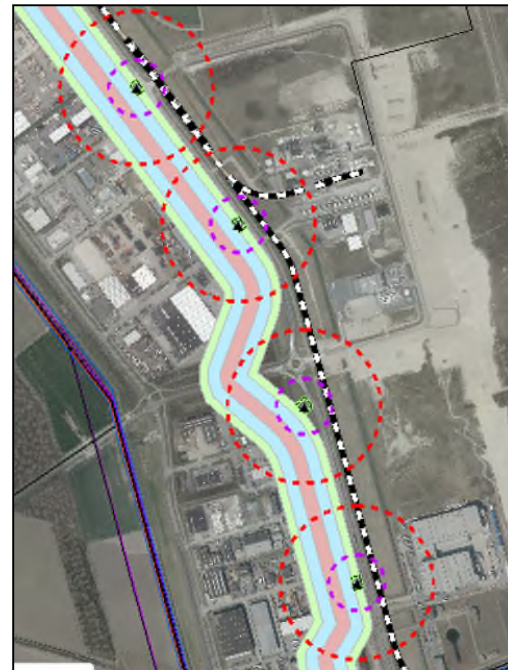
Windturbines in de beschermingszones

Drie turbines aan de Oostelijke Randweg zijn in de beschermingszone van de waterkering geprojecteerd. Dit is weergegeven in figuur 4 (T-1, T-2 en T-4 van variant 2).

Deze turbines kunnen niet verder naar het westen verplaatst worden omdat hier de Westelijke Randweg en de spoorlijn bevindt. Plaatsing aan de overzijde van de spoorlijn is eveneens onmogelijk omdat de afstand tot de aanwezige chemische installaties dan te klein is in verband met veiligheid (werpafstand van de windturbines). De meest zuidelijke turbine (T-5, variant 2) aan de Westelijke Randweg kan niet verder zuidelijk worden geplaatst in verband met de aldaar liggende buisleidingen voor vervoer van gevaarlijke stoffen.

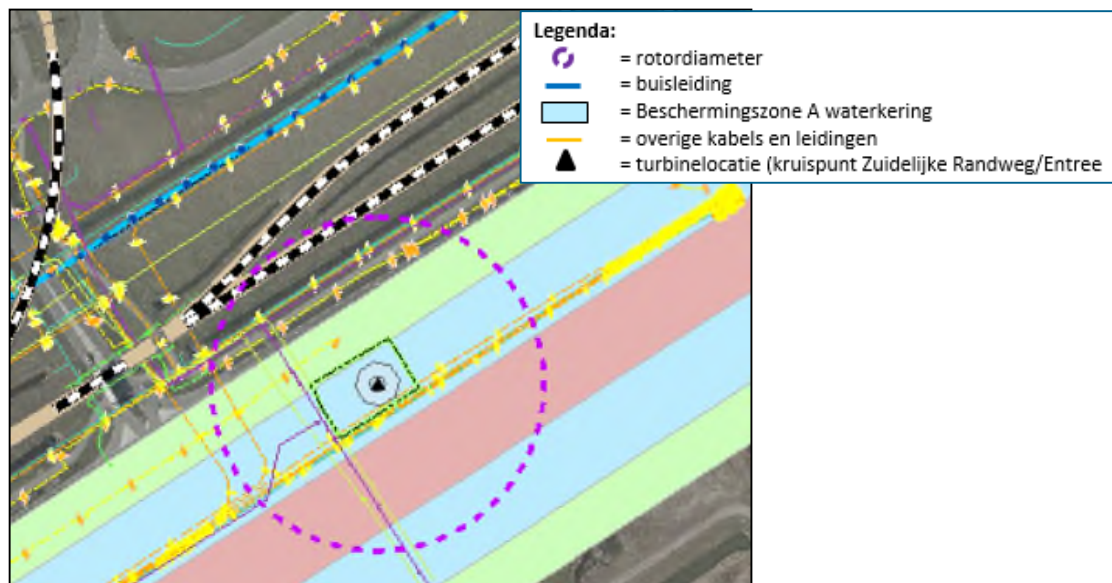
Legenda:

-  = rotordiameter
-  = werpafstand (effectgebied ert externe veiligheid)
-  = beschermingszone B waterkering
-  = buisleidingen



Figuur 4: Geschikte locaties (T-1, T-2 en T-4, variant 2) aan de Westelijke Randweg

Aan de Zuidelijke Randweg is één turbine gepositioneerd in beschermingszone A wat de waterkering (T-6, variant 2). Reden dat deze turbine niet verder noordwaarts geplaatst kan worden is de aanwezigheid van wegen, spoorwegen en een complex aan ondergrondse infrastructuur (kabels en leidingen), waaronder een hogedruk aardgastransportleiding. Desbetreffende turbinelocatie is weergegeven in onderstaande figuur 5.



Figuur 5: Geschikte locatie (T-5, variant 2) aan de Zuidelijke Randweg

Bijlage 3 Bijlage MER: Beoordeling effecten op de waterveiligheid van de primaire waterkering

Bijlage 3 Bijlage MER: Beoordeling effecten op de waterveiligheid van de primaire waterkering

RAPPORT

Windpark Moerdijk

Bijlage MER:
Beoordeling effecten op de waterveiligheid van de
primaire waterkering

Klant: NUON

Referentie: I&BBC5262R001F02

Versie: 02/Finale versie

Datum: 21-1-2016



HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Netherlands
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Windpark Moerdijk

Ondertitel: MER NUON WPM Effecten waterveiligheid
Referentie: I&BBC5262R001F02
Versie: 02/Finale versie
Datum: 21-1-2016
Projectnaam: M.E.R. NUON Windpark Moerdijk
Projectnummer: BC5262
Auteur(s): Jurgen Cools

Opgesteld door: Jurgen Cools

Gecontroleerd door: Andries van Houwelingen

Datum/Initialen:

Goedgekeurd door: Menno Roos

Datum/Initialen:

Classificatie

Projectgerelateerd



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded from the certificate of the quality management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001, ISO 14001 and OHSAS 18001.

Inhoud

1	Introductie	1
2	Projectomschrijving	3
2.1	Projectlocatie	3
2.2	Windparkonderdelen	4
2.3	Projectfasering	5
2.4	Waterkering	6
3	Eisen voor de waterkering	8
3.1	Eisen ten aanzien van veiligheid	8
3.2	Eisen ten aanzien van robuustheid	8
3.3	Eisen ten aanzien van beheer en onderhoud	8
3.4	Normen en richtlijnen	9
4	Uitgangspunten en randvoorwaarden	10
4.1	Zonering waterkering	10
4.2	Ontwerplevensduur	11
4.3	Hydrologische randvoorwaarden	11
4.4	Belastingen	12
4.4.1	Kruinbelasting	12
4.4.2	Belasting door trillingen	12
5	Terrein- en bodemgesteldheid	13
5.1	Geometrie	13
5.2	Beschikbare grondonderzoeken en bodemopbouw	14
5.3	Grondopbouw	17
6	Beoordeling grondmechanische effecten	18
6.1	Relevante faalmechanismen	18
6.2	Beoordeling effecten op overlopen en golfoverslag (HT)	20
6.3	Beoordeling effecten op binnenwaartse macrostabiliteit (STBI)	21
6.4	Beoordeling effecten op buitenwaartse macrostabiliteit (STBU)	22
6.5	Beoordeling effecten op piping (STPH)	24
6.6	Beoordeling microstabiliteit (STMI)	24
6.7	Beoordeling stabiliteit voorland (STVL)	25

7	Beoordeling effecten door falen van de windturbine	26
7.1	Aanpak risico-analyse	26
7.2	Kenmerken windturbine	27
7.3	Faalscenario's	27
7.4	Faalfrequentienorm	28
7.5	Toetsingscriterium	28
7.6	Trefafstanden	28
7.7	Kritische strook waterkering	29
7.8	Raakfrequenties	29
7.9	Restprofiel en responstijd	29
7.10	Additionele faalfrequentie	30

1 Introductie

NUON heeft het voornemen om een windpark te realiseren nabij het bedrijventerrein Moerdijk. Het windpark zal bestaan uit zeven of acht windturbines (twee park lay-outs) langs de Westelijke Randweg en de Zuidelijke Randweg, zie Figuur 1-1. De windturbines zijn voorzien nabij de primaire waterkering van dijkkring 34 'West-Brabant', welke wordt beheerd door Waterschap Brabantse Delta (WSBD).



Figuur 1-1 Situatie met geplande ligging van de windturbines ten opzichte van de waterkering (paars/roze strook)

Voor vijf of zes (afhankelijk van park lay-out) windturbinelocaties geldt dat het fundament en de kraanopstelplaats geheel of gedeeltelijk zijn gelegen in de beschermingszones A en B aan de buitenzijde van de primaire waterkering. De beschermingszones zijn gedefinieerd in de Legger en in de Keur van Waterschap Brabantse Delta. De meest recente versies van de Legger en Keur zijn per 1 maart 2015 in werking getreden.

Vier of vijf (afhankelijk van park lay-out) windturbines langs de Westelijke Randweg bevinden zich in beschermingszone B. Voor alle windturbine- en windparkonderdelen die deels of geheel zijn gelegen binnen beschermingszone B, dient conform de Keur te worden aangetoond dat de waterkerende functie en de stabiliteit van de waterkering is gewaarborgd. Daarnaast mag het doelmatig beheer en onderhoud aan de waterkering niet wordt bemoeilijkt en moeten de keringen in de toekomst versterkt kunnen worden.

Eén windturbine langs de Zuidelijke Randweg is voorzien in beschermingszone A. De huidige Keur staat niet toe om windturbines te plaatsen in beschermingszone A van de primaire waterkering. De keuze voor deze locatie is in 2013 in overleg met het waterschap gemaakt, gebaseerd op de destijds van toepassing zijnde leggerprofielen en beleidsregels. Voor de plaatsing van de windturbine zal WSBD een uitzondering dienen te maken, waarbij wordt afgeweken van de Keurregels.

Dit rapport betreft een kwalitatieve beoordeling van de mogelijke effecten van het windpark op de waterveiligheid. De effectbeoordeling dient om te worden opgenomen in de m.e.r. rapportage. Voor een toekomstige vergunningaanvraag zal de effectbeoordeling, waar nodig, kwantitatief verder worden uitgewerkt.

In dit rapport wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende twee beoordelingen:

- Beoordeling van de grondmechanische effecten op de waterveiligheid van de dijk bij de *bouw, gebruik en verwijderen* van de windturbines.
- Beoordeling van de additionele faalfrequentie van de waterkering ten gevolge van het mogelijk *falen* van de windturbines of een onderdeel hiervan.

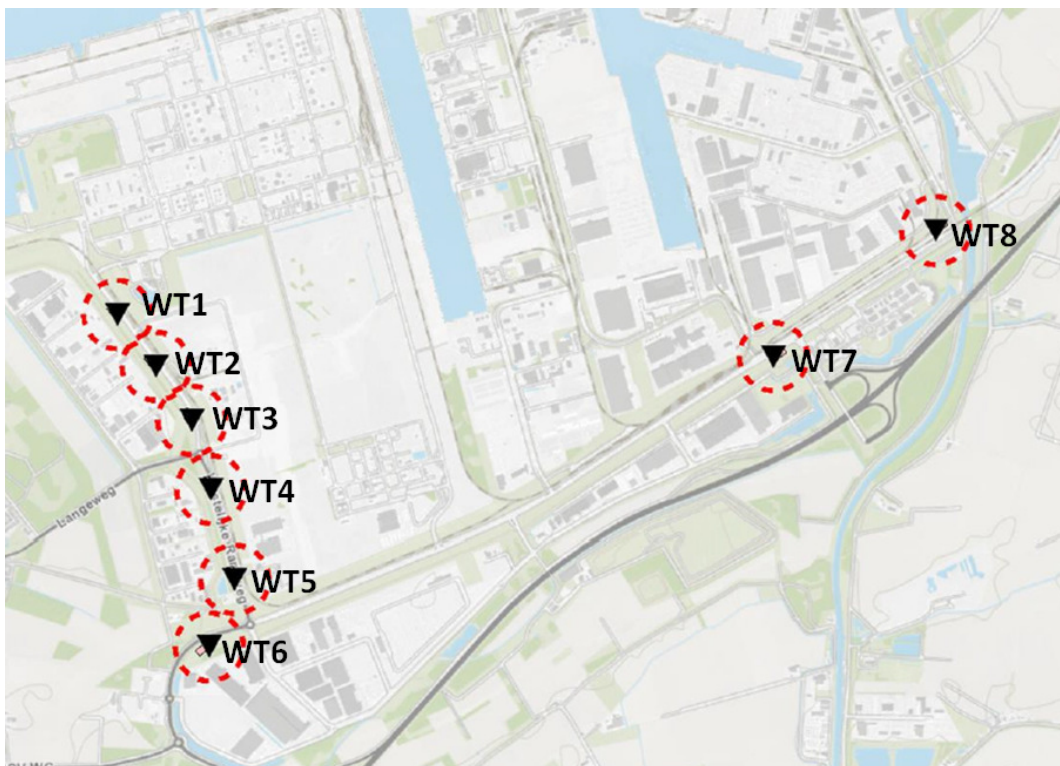
In de vervolgfase van het project dient een Watervergunning aangevraagd te worden bij WSBD. Als onderdeel van de vergunning zal de effectbeoordeling nader kwantitatief worden uitgewerkt. Hierbij worden de volgende zaken beoordeeld:

- Gevolgen voor de veiligheid en stabiliteit van de primaire waterkering categorie A, dijkvak P21, Buitendijk Havenschap Moerdijk.
- Gevolgen voor de veiligheid en stabiliteit van de compartimenteringskering Nieuwe en Zandbergsedijk
- Gevolgen voor het persstation Moerdijk met bijbehorende buffertoren, kelder(s) en persleidingen (leidingen met hoge waarde).
- Kans op toename trillingen door de aanwezigheid van windturbines en de gevolgen hiervan op bovengenoemde waterhuishoudkundige objecten.
- Gevolgen voor het watersysteem door de toename van verhard oppervlak.

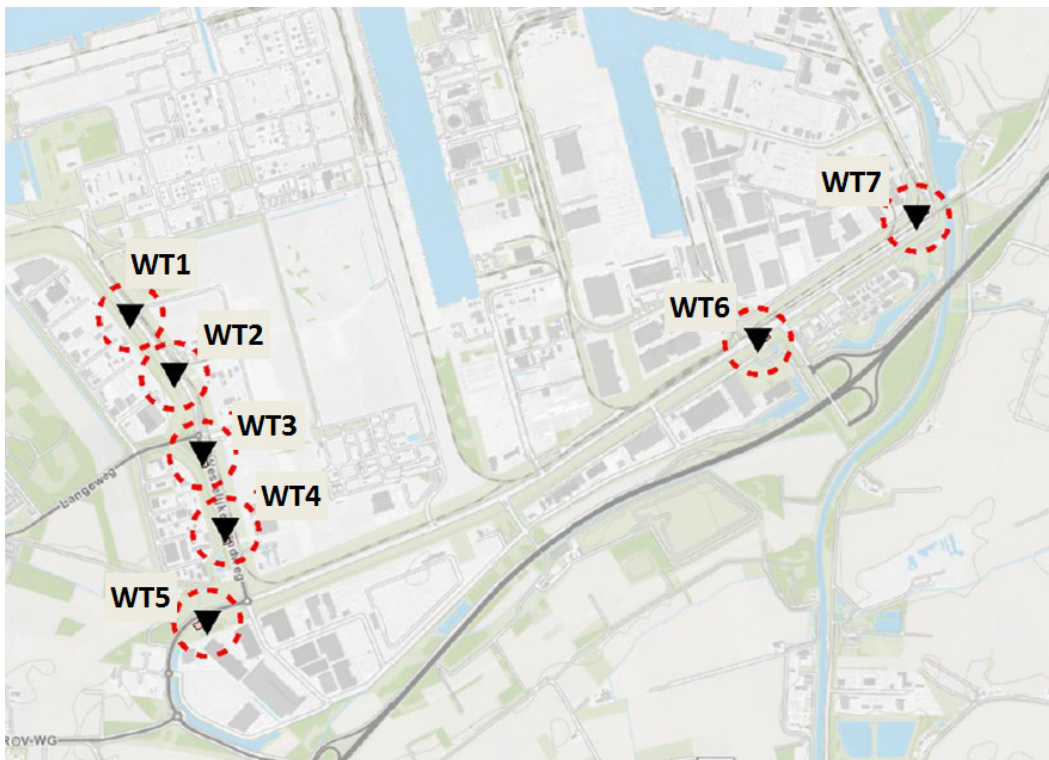
2 Projectomschrijving

2.1 Projectlocatie

Het windpark Moerdijk is voorzien nabij het haven- en bedrijventerrein Moerdijk. Het haven- en industriegebied zijn buitendijks gelegen met een hoog gelegen maaiveld op circa NAP +3 m tot NAP +5 m. De windturbines zijn voorzien aan de buitenzijde van de waterkering tussen de dijk en de parallel gelegen Randweg. De ligging van de windturbines is voor de twee beschouwde park lay-outs weergegeven in de Figuren 2-1 en 2-2.



Figuur 2-1 Park layout 1 met 8 windturbines



Figuur 2-2 Park layout 2 met 7 windturbines

2.2 Windparkonderdelen

Voor de beoordeling van de effecten op de waterveiligheid wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende onderdelen:

- Windturbine en fundatie;
- Civiele werken: kraanopstelplaats en toeritten (verbinding tussen de Randweg en kraanopstelplaats);
- Elektrische werken: windparkbekabeling

De onderdelen zijn hieronder nader omschreven.

Windturbine en fundatie

Op dit moment is nog niet bekend wat voor type windturbine toegepast zal worden. In de effectbeoordeling wordt uitgegaan van de eigenschappen zoals aangegeven in Tabel 2-1.

Tabel 2-1: eigenschappen park lay-out 1 en 2

	Park lay-out 1	Park lay-out 2
Aantal windturbines	8	7
Vermogen per windturbine	3 MW	5 MW
Hubhoogte	max.125 m	Max. 132 m
Rotordiameter	max. 117 m	Max. 120 m

Voor de risicoanalyse (hoofdstuk 7) is een worst case benadering gehanteerd, waarbij voor de windturbine wordt uitgegaan van een maximale tiphoogte van 196 m. Momenteel bestaat een turbine met deze tiphoogte nog niet. Er is daarom gerekend met een Vestas V126 turbine, waarvan de afmetingen zijn opgeschaald. Voor de turbine geldt een ashoogte van 127 m en een rotordiameter van 138 m. Overige eigenschappen zijn opgenomen in Bijlage 1.

De fundering zal bestaan uit een ronde funderingsplaat, welke wordt gefundeerd op palen. De diameter van de fundering bedraagt maximaal 17,5 m voor de grootste windturbines van park-layout 2. De onderkant van de fundering dient boven het profiel van vrije ruimte te blijven, dat in verticale richting is begrensd op NAP +2,0 m. De palen zullen grondverdringend en heidend op diepte worden gebracht tot in het matig vaste zandpakket beneden circa NAP -20 m. De paallengte bedraagt dan circa 25 meter.

Ontwerp kraanopstelplaats

Naast elke windturbine zal een permanente kraanopstelplaats worden gerealiseerd met afmetingen van maximaal 30 m x 60 m. De kraanopstelplaats kan worden belast door stempels met een maximale funderingsdruk van 200 kPa. Voor de kraanopstelplaats zal in de beschermingszone, *maar boven het profiel van vrije ruimte*, tot 0,5 m beneden maaiveld tijdelijk worden ontgraven om de kleiige toplaag te vervangen door goed verdicht zand. Hierop zal een laag menggranulaat worden aangebracht, eventueel in combinatie met meerdere lagen geogrid om de laagdikte te minimaliseren. Indien de grondslag het niet toestaat om op staal te funderen zal ter plaatse van de kraanstempels een fundering op palen nodig zijn. Hierbij kan dan gedacht worden aan 4 tot 6 korte grondverdringende palen tot in het zand onder de deklaag.

Ontwerp op- en afritten

Transport naar en van de windturbinelocaties zal grotendeels plaatsvinden via de bestaande verhardingen, waaronder de Westelijke Randweg en de Zuidelijke Randweg. Tussen de provinciale weg en de kraanopstelplaatsen zullen op- en afritten worden aangelegd. De wegverharding bestaat doorgaans uit een laag menggranulaat van circa 400 mm op een laag geogrid. Ter plaatse van de kruising met watergangen zullen duikers worden aangebracht.

Windparkbekabeling

Voor de aansluiting van de windturbine zullen kabels worden aangelegd. Voor de diepteligging en tijdelijke ontgraving voor de kabels wordt uitgegaan van een sleuf met een diepte van 1,0 m en een breedte van 0,3 m.

2.3 Projectfasering

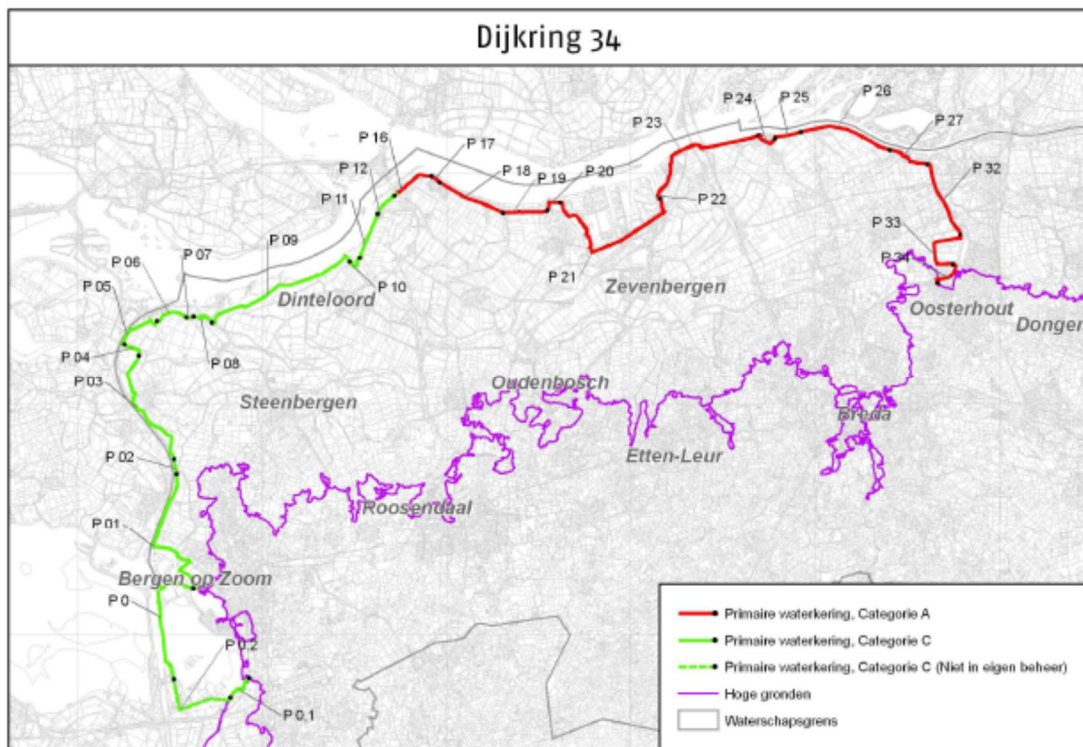
In de beoordeling van de invloed van de windparkonderdelen op de functionaliteit van de waterkering worden de volgende fasen onderscheiden:

- *Bouwfase*: deze fase betreft de realisatie van alle windparkonderdelen, waaronder het aanbrengen van grondophogingen, inbrengen van funderingselementen en ontgravingen ten behoeve van bekabeling;
- *Gebruiksfase*: het operationeel zijn van alle windparkonderdelen;
- *Verwijderingsfase*: deze fase betreft het na de gebruiksfase, deels of volledig, verwijderen van de windparkonderdelen. Voor de verwijdering van de windturbinefundering is ervan uitgegaan dat de paalfundering gehandhaafd blijft.

Uitgangspunt is dat alle bouw- en verwijderingswerkzaamheden plaatsvinden buiten het gesloten seizoen (van 1 oktober tot 1 april). In deze fase zal geen rekening worden gehouden met optreden van maatgevende hoge waterstanden.

2.4 Waterkering

De te beoordelen waterkering is onderdeel van dijkkring 34 'West-Brabant' en is in beheer bij Waterschap Brabantse Delta. De totale lengte van de dijkkring bedraagt ruim 100 km. De waterkering is onderverdeeld in 31 dijkvakken met de status primaire waterkering. Hiervan zijn 16 vakken van categorie a en 15 vakken van categorie c, beide circa 50 km lang. De huidige normfrequentie van dijkkring 34 bedraagt 1/2.000 per jaar. De windturbines zijn voorzien langs de waterkering van dijkvak P21, zie figuur 2-3. De waterkering behoort hier tot de categorie a en keert het buitenwater van het Hollands Diep.



Figuur 2-3: dijkkringgebied 34

Uitgevoerde dijkversterking

In 1997 is geotechnisch en geohydrologisch onderzoek door Grontmij verricht naar de primaire waterkering tussen Willemstad en Geertruidenberg, waar de projectlocatie onderdeel van uitmaakt. In dit onderzoek kwamen tekortkomingen aan de kering aan de licht. Daarop is in 1999 door Grontmij een dijkverbeteringsplan opgesteld. Dit plan is in de periode 2000-2002 uitgevoerd.

Geotechnische lengteprofielen uit het onderzoek van Grontmij zijn door Waterschap Brabantse Delta ter beschikking gesteld

Huidige veiligheid

De in het kader van de 3^e landelijke toetsronde uitgevoerde veiligheidstoetsing van dijkkring 34 geeft inzicht in de huidige waterstaatkundige veiligheid. Deze toetsresultaten betreffen de meest recente opname van de veiligheidstoestand op basis van de door het Rijk vastgestelde vigerende normen en leidraden.

In de derde veiligheidstoetsing is voor dijkvak P21 het oordeel 'Voldoet aan de norm' toegekend. Dit oordeel is toegekend op basis van het beheerdersoordeel. Op basis van de technische toetsing kon geen oordeel worden gegeven voor het toetsspoor 'stabiliteit voorland' in verband met het ontbreken van voldoende gegevens van het verloop van de geul. Dit technisch oordeel is echter 'overruled' door het beheerdersoordeel. De onderbouwing hiervan is gelegen in historische gegevens met betrekking tot de afwezigheid van zettingsvloeiingsgevoelige of afschuivingsgevoelige lagen in het gebied.

Opgemerkt wordt dat voor veel toetssporen het oordeel 'goed' is toegekend op basis van stap 2, waarin is bepaald dat de waterkering bij de dijkversterking is ontworpen op basis van de vigerende ontwerprichtlijnen.

Naast de wettelijke toetsing is in het kader van Veiligheid Nederland in Kaart 2 (VНК2) in december 2011 voor dijkkring 34 de kans op overstroming bepaald. De resultaten van VНК2 geven een beeld van de overstromingsveiligheid. De resultaten van VНК2 dienen niet te worden verward met die van de VTV-toetsing in het kader van de Waterwet. In de toetsing wordt beoordeeld of de primaire waterkeringen voldoen aan de wettelijke normen. Deze normen zijn niet gedefinieerd als overstromingskansen maar als overschrijdingskansen van waterstanden die de waterkeringen veilig moeten kunnen keren. Ondanks dat de kans op overstroom niet kan worden getoetst aan wettelijke normen, biedt het wel inzicht in de huidige veiligheid. Voor het betreffende dijkvak P21 is het volgende geconcludeerd:

- De faalkans voor het dijkvak is < 1/10.000 jaar.
- Vanwege het zeer brede en hooggelegen voorland (haven- en industrieterrein Moerdijk) zijn voor het ringdeel nabij Moerdijk geen overstromingsberekeningen gemaakt. Door de aanwezigheid van dit voorland is gesteld dat het zeer onwaarschijnlijk is dat er een bres ontstaat.

In zowel de VTV-toetsing als bij VНК2 is aangegeven dat het hooggelegen voorland een golfreducerende werking heeft en gunstig is ten aanzien van de stabiliteit van het voorland. Dit voorland is echter niet vastgelegd in de legger van het waterschap. Aanbevolen is in het VНК onderzoek om het voorland te beschermen en op te nemen in de legger van het waterschap.

Aangezien er momenteel geen plannen zijn voor het buitendijks gebied zal in de effectbeoordeling voor het voorland worden uitgegaan van de huidige situatie met een hoge ligging boven het maatgevende hoogwaterpeil.

Verwachte ontwikkeling

Er zijn voor de projectlocatie momenteel geen dijkversterkingen gepland. Voor zover bekend zijn er geen andere werkzaamheden voorzien nabij de waterkering die invloed kunnen hebben op het windpark en/of de waterkering.

3 Eisen voor de waterkering

Op basis van de Keur en de hierop van toepassing zijnde beleidsregels zijn eisen afgeleid ten aanzien van de veiligheid, de robuustheid en beheer en onderhoud van de primaire waterkering. De eisen zijn beschreven in de volgende paragrafen.

3.1 Eisen ten aanzien van veiligheid

Voor de waterkering gelden de volgende eisen:

- De veiligheid van de waterkering dient gewaarborgd te zijn bij een maatgevende buitenwaterstand die hoort bij een normfrequentie van 1/2.000 per jaar.
- Binnen het waterstaatswerk is nieuwbouw van bouwwerken niet toegestaan.
- Binnen de waterkering en beschermingszone A mogen geen holle ruimtes (kruipruimten of ringbalken) worden gemaakt of aanwezig zijn, ook niet boven het profiel van vrije ruimte. (Beleidsregels Bouwwerken waterkering)
- Als bouwwerken binnen beschermingszone A en buiten het profiel van vrije ruimte worden gerealiseerd, moet dat boven het bestaande maaiveld plaatsvinden. Daarbij mag het maaiveld niet worden verlaagd. (Beleidsregels Bouwwerken waterkering)
- Het aanbrengen van werken beneden het maaiveld is mogelijk als aangetoond wordt dat hierdoor geen negatieve invloed op de stabiliteit en piping ontstaat in de huidige situatie, en op het profiel van vrije ruimte. (Beleidsregels Bouwwerken waterkering)

3.2 Eisen ten aanzien van robuustheid

Ten aanzien van robuustheid (toekomstvastheid) gelden de volgende eisen:

- Conform de 'Beleidsregel Hoogtecriteria waterkeringen' geldt dat voor windturbines dient te worden uitgegaan van een ontwerpwaterpeil dat verwacht wordt aan het einde van de technische levensduur van 20 jaar. Om rekening te houden met onzekerheden in de waterstanden gedurende de technische levensduur dient conform Leidraad Rivieren rekening te worden gehouden met een robuustheidstoeslag van 0,3 m op de maatgevende hoogwaterstand (MHW). Het ontwerppeil is gelijk aan deze MHW +0,3 m. De minimale waakhogte bedraagt 0,5 m.
- Constructies inclusief funderingen mogen het profiel van vrije ruimte en de waterkering niet doorsnijden. Bovenop het profiel van vrije ruimte zijn zij wel toegestaan. Paalfundaties van bouwwerken mogen buiten het waterstaatswerk het profiel van vrije ruimte wel doorsnijden. Voor paalfundaties moet een grondverdringend paalsysteem zonder verbrede voet worden toegepast. (Beleidsregels Bouwwerken waterkering)
- De daadwerkelijke aanleg van het profiel van vrije ruimte nu of in de toekomst moet mogelijk zijn zonder dat hierdoor schade aan het aan te brengen werk ontstaat. Ook moet voor toekomstige versterking voldoende werkruimte aanwezig blijven. Door middel van berekeningen moet worden aangetoond dat de windturbine met fundatie daarvan geen schade op zal lopen door de belasting van het grondlichaam conform het toekomstige profiel van vrije ruimte.

3.3 Eisen ten aanzien van beheer en onderhoud

Voor de waterkering gelden de volgende eisen (conform 'Beleidsregels Waterkering, waterkwantiteit en grondwater'):

- Werken mogen niet belemmerend zijn voor inspectie, monitoring of het algehele beheer van de waterkering.

-
- Als het werk zich op waterschapseigendom bevindt dient er privaatrechtelijke toestemming te zijn of te worden verkregen.
 - Het uitvoeren van het onderhoud moet op een doelmatige wijze mogelijk blijven.
 - Verweving van functies is niet toegestaan.
 - In het gesloten seizoen mogen geen handelingen plaatsvinden.
 - Het gebruik van de waterkering mag niet ten koste gaan van de kwaliteit van de grasmat.

Voor de watergangen (categorie A) dient aan beide zijden een onderhoudsstrook van 5 m te worden gehandhaafd conform het 'Leggerboek van de Gemeente Moerdijk'.

3.4 Normen en richtlijnen

De hoogte en stabiliteit van de waterkering dient te worden geverifieerd conform de vigerende normen en richtlijnen. Voor de primaire waterkering is de Leidraad Rivieren van toepassing. Bij deze leidraad zijn ook de volgende rapporten van toepassing:

- Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies (TRWG), Technisch Adviescommissie voor de Waterkeringen, Delft, juni 2001.
- Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken (TRWD), Technisch Adviescommissie voor de Waterkeringen, Concept 2003. .
- Addendum bij het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies. ENW, Den Haag, juli 2007.

Het nieuwe Ontwerp Instrumentarium (OI) is voor deze globale kwalitatieve effectbeoordeling niet toegepast. Bij de toekomstige nadere kwantitatieve effectbeoordeling kan deze, in overleg met WSBD, worden toegepast.

4 Uitgangspunten en randvoorwaarden

4.1 Zonering waterkering

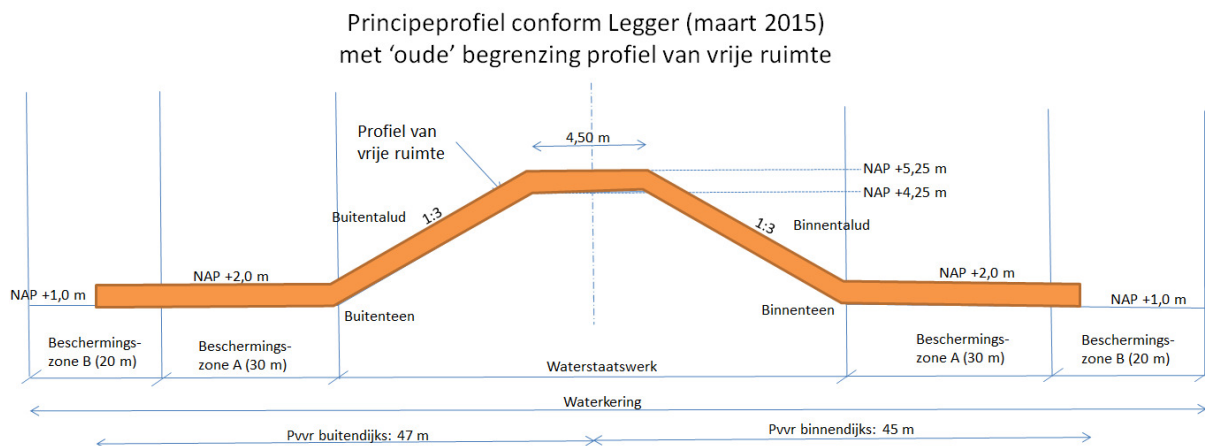
Op basis van de Keur zijn bij de waterkering drie verschillende zones te onderscheiden, namelijk het waterstaatswerk zelf, de beschermingszone en het profiel van vrije ruimte. De beschermingszone beschermt het waterstaatswerk en het profiel van vrije ruimte maakt toekomstige verbetering van het waterstaatswerk mogelijk.

Het waterstaatswerk wordt gekenmerkt door (zie ook Figuur 4-1):

- Een kruinhoogte van NAP +4,25 m;
- Een kruinbreedte van 4,5 m;
- Een helling van 1:3 voor het binnen- en buitentalud;
- Een niveau van NAP +1,0 m voor de binnen- en buitenteen.
- De breedte van het waterstaatswerk bedraagt 24,0 m.

De beschermingszone A voor primaire keringen is aan weerszijden van de waterkering 30 meter, gemeten vanuit de teen. Beschermingszone B is aan weerszijden van de waterkering van 30 tot 50 meter gemeten vanuit de teen.

Het profiel van vrije ruimte ligt boven het ontwerpprofiel en wordt volgens opgave van WSBD begrensd door een afstand van 47 m buitendijks en 45 m binnendijks. Voor primaire keringen ligt het profiel van vrije ruimte 1 meter boven het ontwerpprofiel.



Figuur 4-1: zonering waterkering

Opgemerkt wordt dat het beheersgebied van WSBD begrensd wordt door de beschermingszone B. Het voorland is in beheer van het havenschap Moerdijk.

Belangrijk voor de effectbeoordeling is dat wordt uitgegaan van de huidige situatie met aanwezigheid van een hoog en breed voorland. Als gevolg van het voorland zal de waterkering niet direct worden belast door het buitenwater. Het voorland is echter slechts tot 25 m vanaf het waterstaatswerk in beheer bij het WSBD, waardoor theoretisch rekening gehouden zou moeten worden met een situatie met beperkt voorland. Op dit moment zijn echter geen plannen bekend die kunnen leiden tot aanpassing van de bestaande vooroever.

NUON heeft aangegeven dat maatregelen zullen worden genomen, indien binnen de technische levensduur van 20 jaar het voorland in de beschermingszone wordt ontgraven, waarbij de huidige beschermde werking wordt verminderd. De maatregelen kunnen bestaan uit het verwijderen van de windturbines of het (lokaal) versterken van de waterkering. Indien deze situatie zich voordoet, zal bepaald worden wat nodig is om de waterveiligheid te garanderen.

4.2 Ontwerplevensduur

De ontwerplevensduur voor de windturbine is vastgesteld op 20 jaar. Dit betekent dat hoogte en stabiliteit van de kering voor een periode van minimaal 20 jaar gewaarborgd dient te zijn.

4.3 Hydrologische randvoorwaarden

Ontwerppeil

De maatgevende hoogwaterstand bedraagt NAP +2,7 m (Hydraulische Randvoorwaarden 2006-2011, HR2006). In de beoordeling wordt rekening gehouden met een robuustheidstoeslag van 0,3 m, waardoor het ontwerppeil gelijk is aan NAP +3,0 m.

Gemiddelde hoogwaterstand

De gemiddelde hoogwaterstand bedraagt NAP +0,7 m (slotgemiddelden Moerdijk).

Slootpeil

Voor het achterland gelden de volgende slootpeilen (zie ook Figuur 4-2):

Tabel 4-1: polderpeilen

Naam:	Roode Vaart	Keensche Gorzen NRD	Groote Polder
Identificatie:	W-P01	W-Y13	W-Z15
Zomerpeil (mNAP):	-0.9	-0.7	-2.25
Winterpeil (mNAP):	-0.9	-0.7	-2.45
Marge (cm):	10	10	15



Figuur 4-2: peilgebieden

4.4 Belastingen

4.4.1 Kruinbelasting

In de verschillende projectfasen wordt geen (toename van) de kruinbelasting verwacht.

4.4.2 Belasting door trillingen

Extra belasting op de waterkering wordt verwacht door trillingen als gevolg van het heien van palen, windbelastingen tijdens gebruik van de windturbine en het verwijderen van het funderingsblok en palen.

De trillingsintensiteit zal het hoogst zijn bij het heien van palen. Als gevolg van het heien zullen grondversnellingen optreden, die leiden tot toename van de belasting op de waterkering. Het heien zal plaatsvinden buiten het gesloten stormseizoen en daardoor niet gelijktijdig plaatsvinden met maatgevende hydraulische belastingen.

Trillingen tijdens de gebruiksfase als gevolg van cyclische windbelastingen zijn doorgaans een factor 10 à 40 kleiner zijn dan de trillingen welke optreden tijdens het heien van palen.

De te verwachten versnellingen als gevolg van het verwijderen van het fundament en de palen liggen doorgaans tussen de waarden voor het heien van palen en de waarden voor de windturbine in gebruik.

Net als bij het heien zullen sloopwerkzaamheden plaatsvinden buiten het gesloten stormseizoen en daardoor niet gelijktijdig plaatsvinden met maatgevende hydraulische belastingen.

5 Terrein- en bodemgesteldheid

Voor het beoordelen van de veiligheid van de waterkering ten aanzien van geotechnische faalmechanismen zijn beschikbare gegevens over de terrein- en bodemgesteldheid geïnventariseerd. De relevante gegevens hebben betrekking op:

- geometrie van de bestaande situatie;
- de bodemopbouw met classificatie van de grondsoorten;
- de geotechnische grondeigenschappen;

5.1 Geometrie

De windturbines in het beheersgebied van het waterschap zijn voorzien tussen de Randweg en de waterkering. Ten aanzien van de geometrie kunnen de windturbines worden gegroepeerd, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen de volgende locaties (zie ook figuren 2-1 en 2-2):

- Westelijk gelegen turbines WT1 t/m WT5 (park lay-out 1) en WT1 t/m WT4 (park lay-out 2)
- Oostelijke turbine WT6 (park lay-out 1) en WT5 (park lay-out 2)

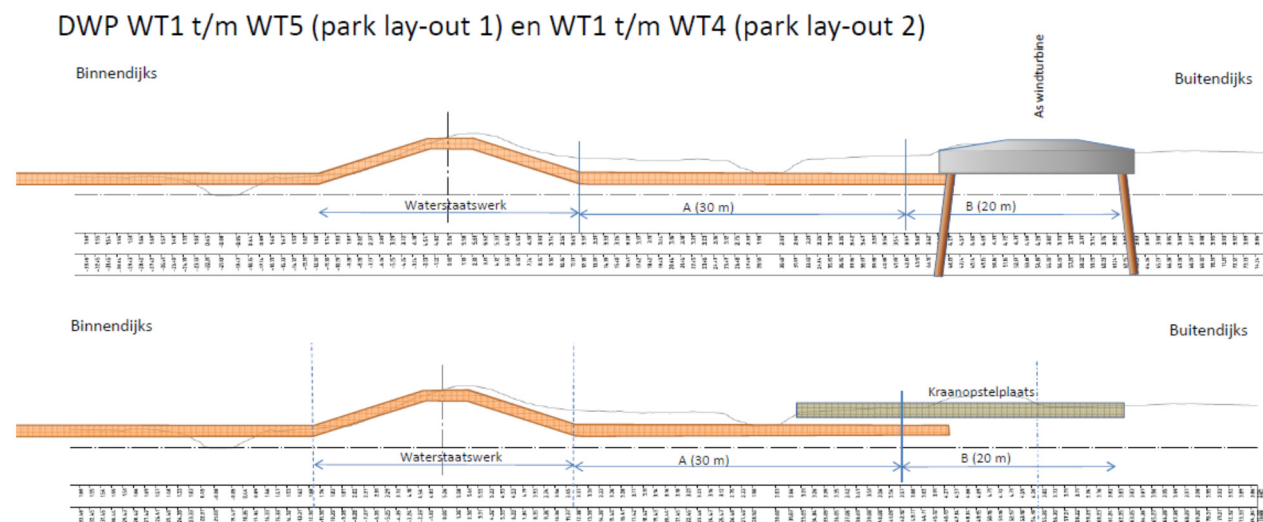
De locaties WT6 en WT8 van park lay-out 1 en WT5 en WT7 van park lay-out 2 liggen buiten de beschermingszone en worden niet nader beschouwd.

Voor de onderscheiden groepen zijn kenmerkende dwarsprofielen weergegeven in de Figuren 5-1 en 5-2.

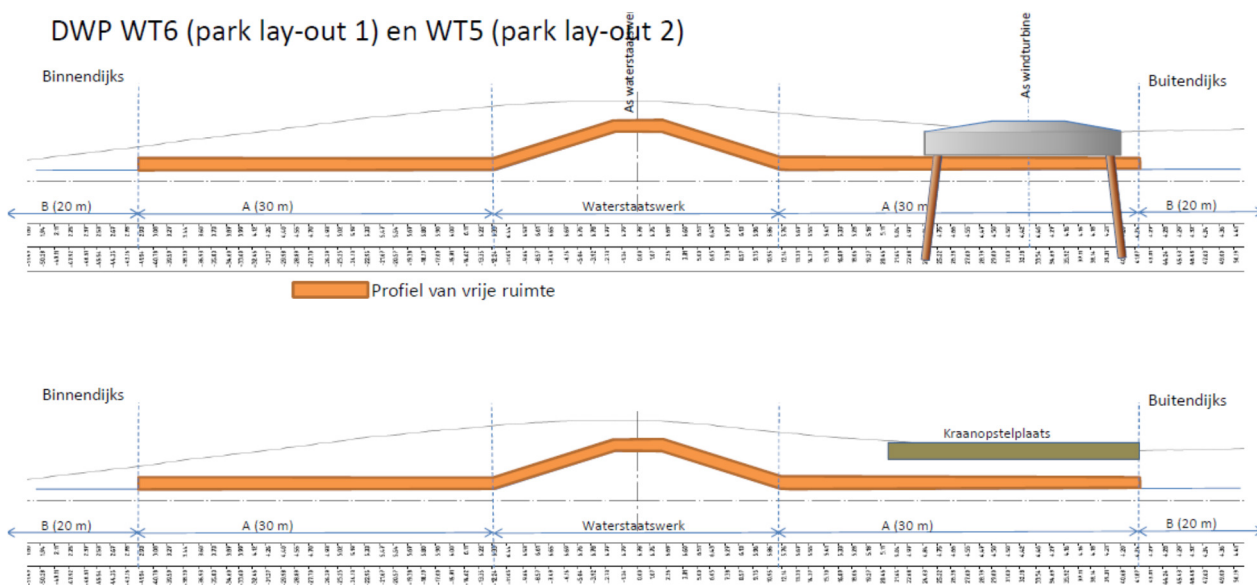
Uit Figuur 5-1 en overige beschikbare inmeetgegevens blijkt het volgende:

- Aanwezige kruinhoogte: NAP +5,2 à +5,6 m
- Buitentalud: 1:3 à 1:3,5
- Binnentalud: 1: 2,7 à 1:2,8

Uit Figuur 5-2 blijkt dat op locatie WT6 (park lay-out 1) en WT5 (park lay-out 2) sprake is van een dijkprofiel met zeer flauwe taluds en grote kruinhoogte (NAP +6,8 m).



Figuur 5-1: kenmerkende geometrie voor WT1 t/m WT5 (park lay-out 1) en WT1 t/m WT4 (park lay-out 2)



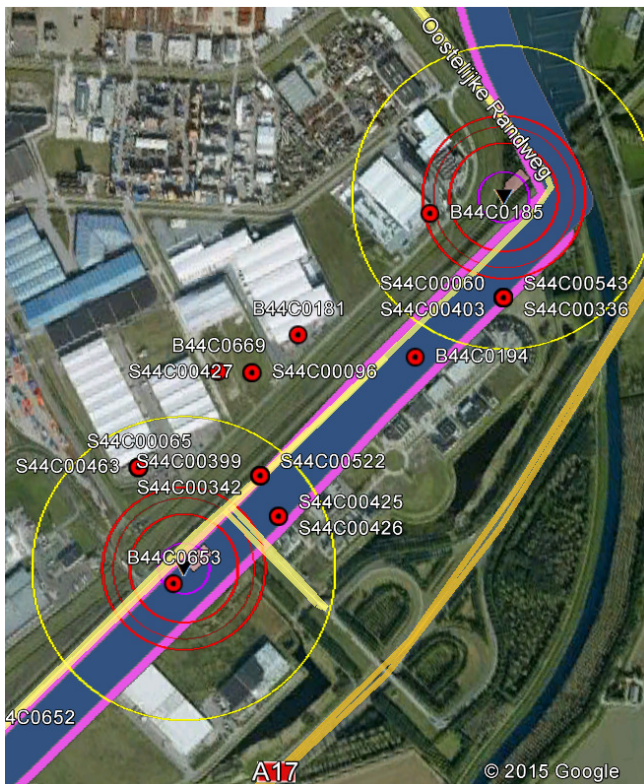
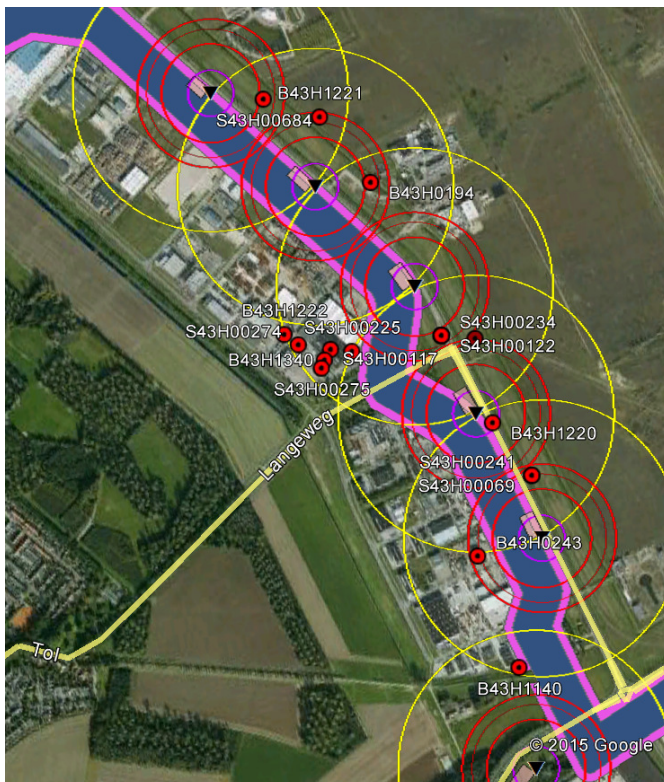
Figuur 5-2: kenmerkende geometrie voor WT6 (park lay-out 1) en WT5 (park lay-out 2)

5.2 Beschikbare grondonderzoeken en bodemopbouw

Er is grondonderzoek beschikbaar nabij de projectlocatie op basis waarvan globaal de bodemopbouw kan worden bepaald. De beschikbare onderzoeken betreffen:

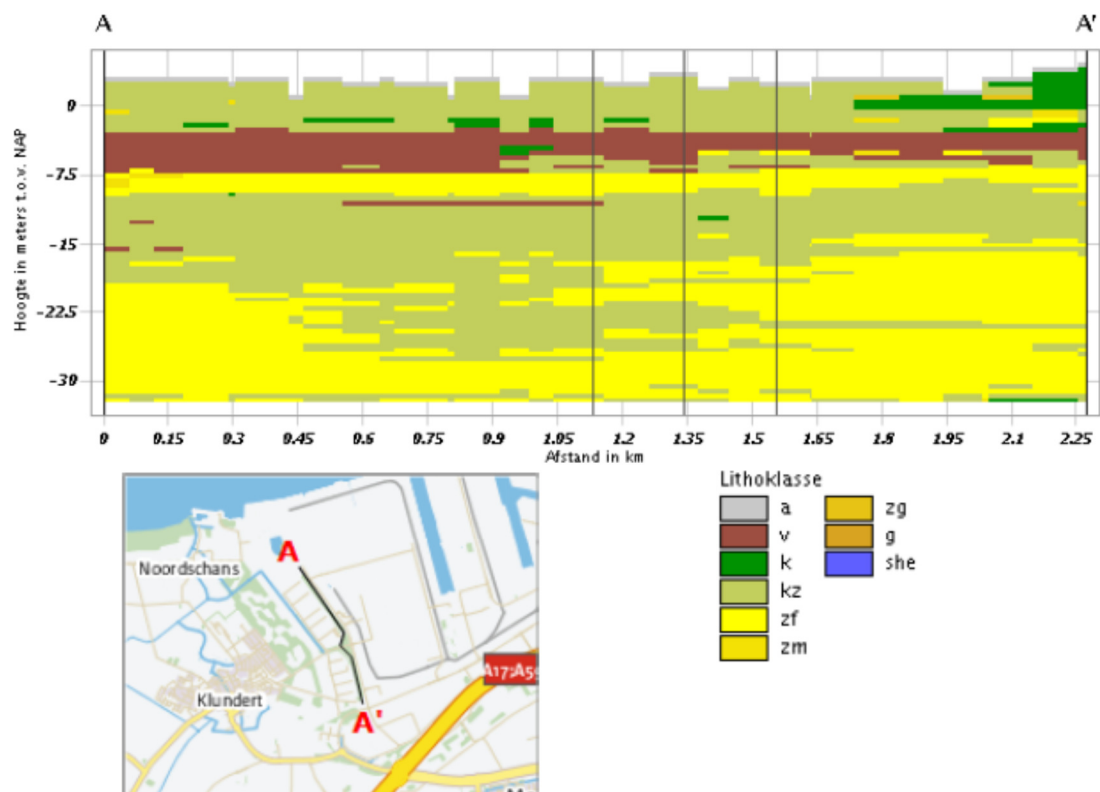
- Geotechnische lengteprofielen van Waterschap Brabantse Delta: als onderdeel van de dijkverbeteringsontwerpen zijn door Grontmij geotechnische lengteprofielen opgesteld. De profielen dekken niet het volledige projectgebied en de boringen/sonderingen zijn niet exact op de windturbinelocaties uitgevoerd.
- Boringen DinoLoket: een aantal boringen en sonderingen is beschikbaar in de nabijheid van de projectlocatie. De locatie van de boringen (B) en sonderingen (S) is aangegeven in Figuur 5-3. Tevens is een ondergrondmodel beschikbaar op basis waarvan het voorkomen van de meest waarschijnlijke grondsoorten is bepaald, zie Figuur 5-4.

De afstand van de beschikbare sonderingen/boringen tot de windturbines varieert van 50 tot 200 m. Er is niet overal een boring/sondering in de kruin uitgevoerd, waardoor de opbouw van de dijk nog onzeker is. Vanwege deze onzekerheid zal het grondonderzoek in een latere fase worden aangevuld met nog uit te voeren grondonderzoek.

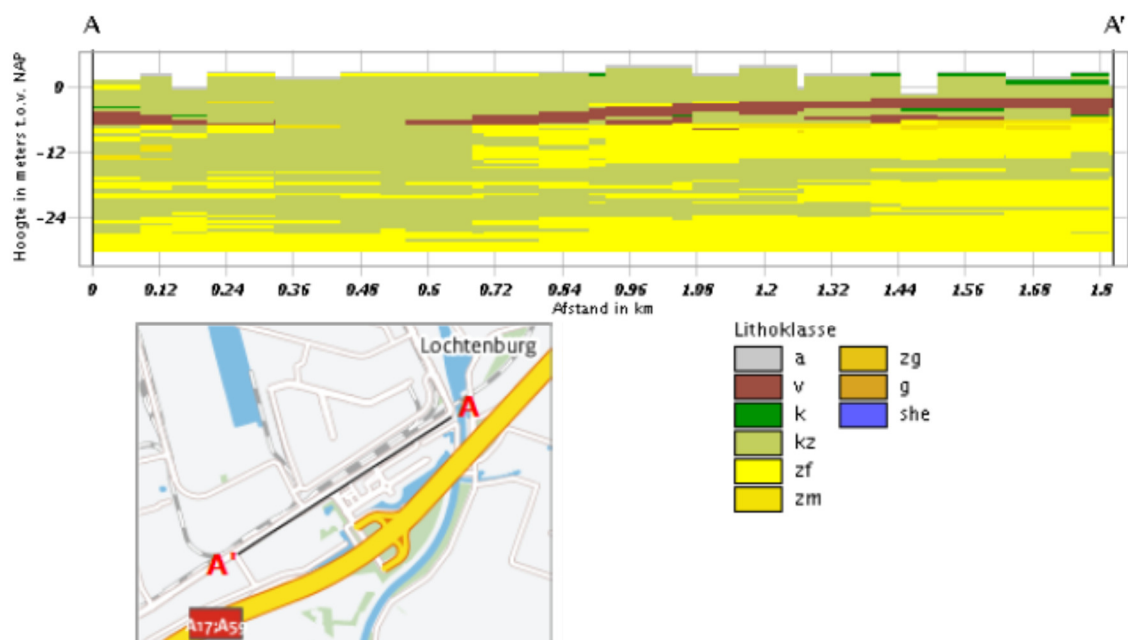


Figuur 5-3: beschikbaar grondonderzoek DinoLoket

A'



Figuur 5-4 Doorsnede Westelijke randweg met meest waarschijnlijke grondsoort



Figuur 5-5 Doorsnede Zuidelijke randweg met meest waarschijnlijke grondsoort

5.3 Grondopbouw

Uit het beschikbare grondonderzoek blijkt dat de dijk globaal bestaat uit zand of sterk siltig zand, afgedekt met een circa 1 m dikke kleilaag. De ondiepe bodemopbouw, de Holocene deklaag, is vrij homogeen en bestaat tot NAP -4 à -6 m uit klei en veen. De onderliggende diepe bodemopbouw varieert sterk, maar bestaat overwegend uit fijn zand en kleig zand, afgewisseld met zandige klei. Plaatselijk kunnen oude geulafzettingen aanwezig zijn.

Op basis van het beschikbare onderzoek wordt uitgegaan van de volgende globale bodemopbouw:

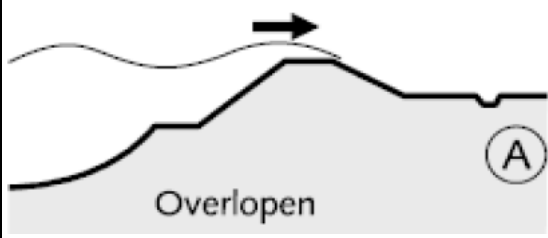
- Vanaf kruinniveau (NAP +5,2 à +6,8 m): Klei, deklaag ca. 1 m dik;
- Vanaf NAP +4,2 à +5,8 m tot ca. NAP 0 m: ZAND, sterk siltig, los gepakt;
- Vanaf ca. NAP 0 m tot ca. NAP -3 m: KLEI;
- Vanaf ca. NAP -3 m tot NAP -5 m: VEEN;
- Vanaf ca. NAP -5 m tot ca. NAP -9 m: ZAND, matig vast
- Vanaf ca. NAP -9 m tot NAP -14 m: KLEI, zandig en ZAND, sterk kleig
- Vanaf ca. NAP -14 m: ZAND, matig vast

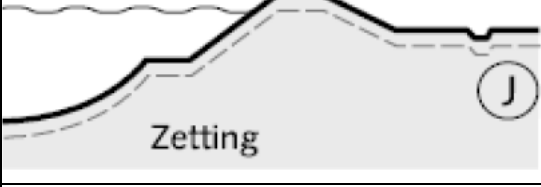
6 Beoordeling grondmechanische effecten

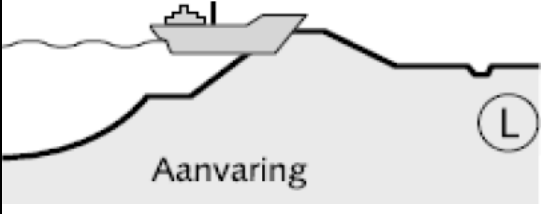
6.1 Relevante faalmechanismen

Het beschouwen van mogelijke effecten van de windturbines op de waterveiligheid wordt bepaald aan de hand van verschillende faalmechanismen. Een korte beschrijving van de verschillende faalmechanismen waartussen de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) onderscheid maakt, is gegeven in Tabel 6-1. Ter indicatie is in deze tabel tevens aangegeven of de plaatsing van de windturbines effect heeft op de sterkte van of de belasting op de waterkering.

Tabel 6-1: Omschrijving faalmechanismen (VTV2006)

Faalmechanisme	Omschrijving effecten op belasting/sterkte
 Overlopen (A)	Overlopen betreft inundatie van het dijkkringgebied door een combinatie van hoge waterstand en golfoverslag zonder dat de waterkering bezwijkt. De weerstand wordt bepaald door de hoogte van de kruin. Door heitrillingen kan zakking van de kruin optreden.
 Golfoverslag (B)	Golfoverslag kan leiden tot erosie van het binnentalud door de kracht van het stromend water. De belasting wordt gevormd door de hydraulische randvoorwaarden en het daaruit voortvloeiende overslagdebiet. De sterkte wordt bepaald door de erosiebestendigheid van het binnentalud. De windturbines zijn voorzien aan de buitenzijde van de waterkering en zullen een golfreducerende werking hebben. Daarnaast hebben ze geen invloed op de erosiebestendigheid van het binnentalud. Ook is het voorland dusdanig breed en hooggelegen, waardoor geen directe belasting tegen de waterkering wordt verwacht. Dit onderdeel wordt niet nader beschouwd.
 Afschuiven binnentalud (C)	Instabiliteit (afschuiven) van het binnentalud kan optreden, hetzij door infiltratie van het overstromend water bij een combinatie van hoge waterstand en golfoverslag, hetzij door waterdruk tegen de waterkering en verhoogde waterspanning in de ondergrond. De windturbines zijn voorzien aan de buitenzijde en hebben geen invloed op de belastingen door de waterdrukken. Wel kunnen heitrillingen leiden afname van de sterkte van de grond: het losgepakte zand in de dijk kan verweken. Ook kunnen heitrillingen leiden tot extra grondbelastingen.
 Wegschuiven (D)	Wegschuiven van een grondlichaam, eveneens door waterdruk tegen de waterkering en verhoogde waterspanning in de ondergrond. De sterkte wordt bepaald door de schuifweerstand onder waterkering. Door het hooggelegen voorland zal geen waterdruk tegen de waterkering optreden, waardoor dit mechanisme niet relevant is. De windturbine heeft bovendien ook geen invloed op de waterdrukken.

Faalmechanisme	Omschrijving effecten op belasting/sterkte
 Afschuiven buitentalud (E)	Instabiliteit (afschuiven) van het buitentalud na een snelle daling van de buitenwaterstand. De sterkte wordt bepaald door de geometrie van de waterkering en de grondopbouw. Tijdelijke ontgravingen kunnen de weerstand doen afnemen. Daarnaast kunnen trillingen door heien of tijdens gebruik leiden tot afname van de schuifsterkte van de grond in de waterkering (los gepakt zand) en kunnen grondbelastingen toenemen.
 Micro-instabiliteit (F)	Instabiliteit van het binnen- (of buiten)talud door uittredend kwelwater door het grondlichaam, analoog aan faalmechanisme C, maar bij lagere waterstanden. De belasting wordt bepaald door de buitenwaterstand en de doorlatendheid van het dijklichaam. De sterkte wordt bepaald door de geometrie van de waterkering en de grondopbouw. De windturbines hebben geen invloed op de belasting of op de opbouw van de waterkering. Dit mechanisme zal dan ook niet verder worden beschouwd.
 "Piping" (G)	Piping als gevolg van kwelstroming door de ondergrond waarbij achter de dijk erosie ontstaat en grond meegevoerd wordt (zandmeevoerende wellen). Ontgravingen en het inbrengen van funderingselementen kunnen de kwelweglengte verkorten, waardoor de belasting (kwelstroming) kan toenemen.
 Erosie buitentalud (H)	Erosie van het buitentalud of de vooroever door stroming of golfbeweging. Harde objecten, zoals fundaties, in of nabij het buitentalud kunnen leiden tot lokale stroomversnelling en dus toename van de belasting. De windturbines zijn echter voorzien op enige afstand van het buitentalud. Daarnaast wordt geen langsstroming of golfbeweging verwacht vanwege het brede en hoge voorland.
 Erosie vooroever (I)	Instabiliteit vooroever als gevolg van afschuiving en zettingsvloeiing. Wanneer de grondslag hiervoor gevoelig is, kunnen trillingen deze initiëren. De plaatsing als ook het gebruik van de windturbines heeft mogelijk een effect op het initiëren van dit faalmechanisme.
 Zetting (J)	Zettingen van het grondlichaam. Door trillingen en toename van de belasting op de ondergrond kan er zetting van de ondergrond optreden. De zetting kan effect hebben op overlopen (A) of golfoverslag (B).
 Kruidend ijs (K)	Mechanische bedreiging ten gevolge van kruidend ijs. Door de aanwezigheid van het hoge en brede voorland is de aanwezigheid van kruidend ijs tegen de waterkering verwaarloosbaar klein. De plaatsing en aanwezigheid van de windturbines heeft geen ongunstig effect op dit mechanisme. Om deze redenen is dit faalmechanisme niet relevant voor deze waterkering en niet verder uitgewerkt.

Faalmechanisme	Omschrijving effecten op belasting/sterkte
	Mechanische bedreiging ten gevolge van scheepvaart. Vanwege het hoge en brede voorland is de kans op aanvaring tijdens een hoogwater uitgesloten. De plaatsing en aanwezigheid van de windturbines heeft geen invloed op dit mechanisme. Om deze redenen is dit faalmechanisme niet relevant voor deze waterkering en niet verder uitgewerkt.

Aan de hand van het voorgaande overzicht kan gesteld worden dat de volgende faalmechanismen relevant zijn voor de effectbeoordeling:

- (A) Overlopen en (B) Golfoverslag (samen de hoogte (HT) van de waterkering)
- (C) Afschuiven binnenwaarts (STBI)
- (E) Afschuiven buitenwaarts (STBU)
- (F) Microstabiliteit (STMI)
- (G) Piping (STPH)
- (I) Stabiliteit voorland (STVL)

Deze potentiële faalmechanismen worden hierna kwalitatief beoordeeld. De overige faalmechanismen worden in deze rapportage niet verder beschouwd.

6.2 Beoordeling effecten op overlopen en golfoverslag (HT)

Overlopen en golfoverslag kan erosie van het binnentalud veroorzaken. Of het overslaande water daadwerkelijk leidt tot erosie van het binnentalud hangt af van het gemiddelde overslagdebiet en de sterkte van de bekleding op het binnentalud. Het gemiddelde overslagdebiet is op zijn beurt weer afhankelijk van de maatgevende hydraulische randvoorwaarden. Over het algemeen wordt verondersteld dat bij een gemiddeld overslag debiet kleiner dan 0,1 l/s/m er geen risico is op erosie van het binnentalud. De belangrijkste aspecten die de veiligheid van de waterkering bepalen voor het faalmechanisme overlopen en golfoverslag zijn:

- de kruinhoogte (overslagdebiet);
- de geometrie van het buitentalud en de vooroever (golfoploop);
- de weerstand van de bekleding op de kruin en binnentalud.

Per aspect zijn hieronder de te verwachten effecten beschreven.

Kruinhoogte

Tijdens de plaatsing van de funderingspalen kunnen door heitrillingen zettingen optreden in los gepakte zandlagen, welke zijn aangetroffen in de waterkering. De zetting is afhankelijk van de pakkingsdichtheid, samenstelling en dikte van de grondlagen. De zetting bedraagt doorgaans enkele centimeters tot decimeters nabij de palen en blijft beperkt tot circa 10 m afstand. Gezien de afstand van de fundering tot de waterkering wordt geen of nagenoeg geen kruinverlaging verwacht.

Daarnaast blijkt uit de geometrie van de dijk dat in de huidige situatie een ruime kruinhoogte marge aanwezig is (circa 2 m terwijl 0,5 m vereist is). Het golfoverslagdebiet zal veel lager zijn dan de acceptabele 0,1 l/m/s. Een zeer geringe kruinhoogteverlaging zal acceptabel zijn.

Geometrie

In de huidige situatie is de locatie van de windturbines niet overstroombaar vanwege de hoge ligging van het voorland (havengebied). In deze situatie is het faalmechanisme 'overlopen en golfoverslag' niet relevant.

Het voorland is echter niet in beheer bij het WSBD, waardoor theoretisch rekening gehouden moet worden met een situatie zonder voorland. De windturbines en bijhorende windparkonderdelen zijn voorzien buiten het profiel van vrije ruimte en leiden niet tot wijziging van het leggerprofiel van de waterkering.

Indien het voorland in de toekomst (gedeeltelijk) verwijderd wordt, dan zal de aanwezigheid van de windturbine en kraanopstelplaatsen een golfremmende werking hebben. Wel kunnen de constructies leiden tot geconcentreerde stroming, waardoor bij verbetermaatregelen aandacht zal moeten worden besteed aan erosiebestendigheid. Zoals eerder gesteld zal NUON de windturbine verwijderen of compenserende maatregelen nemen, indien deze situatie zich voordoet. Hierdoor hebben de windturbines geen effect op dit faalmechanisme.

Weerstand bekleding op de kruin en binnentalud

Er zijn geen werkzaamheden voorzien nabij de kruin of het binnentalud die de sterkte van de bekleding kunnen aantasten. Er worden geen negatieve effecten verwacht.

Op basis van het voorgaande wordt geconcludeerd dat de plaatsing en aanwezigheid van het windpark geen noemenswaardige effecten zal hebben op de hoogte, geometrie en bekleding van de waterkering, en daardoor niet op de mechanismen 'overlopen' en 'golfoverslag'.

6.3 Beoordeling effecten op binnenwaartse macrostabiliteit (STBI)

Instabiliteit (afschuiven) binnentalud ontstaat ten gevolge van infiltratie van instromend water of door de waterdruk tegen de buitenzijde van de kering en verhoogde waterspanningen in de ondergrond. De belangrijkste aspecten die de veiligheid van de waterkering bepalen voor dit faalmechanisme zijn:

- de grondopbouw;
- de geometrie van het dijklichaam;
- de eventuele aanwezige bovenbelasting in het aandrijvende deel.

Per aspect is hieronder aangegeven wat de te verwachten effecten zijn.

Grondopbouw

De ontwikkeling van het windpark leidt niet tot verandering van de bodemopbouw van de waterkering of ondergrond. Wel kan de bouw en het verwijderen van de windturbines en paalfunderingen leiden tot afname van de schuifsterkte van de grond.

Tijdens het plaatsen en verwijderen van de funderingspalen zullen (tijdelijk) trillingen optreden in de ondergrond. Deze trillingen kunnen leiden tot (tijdelijke) afname van de schuifsterkte van de grond als gevolg van verweking (toename grondwaterdruk). Deze afname van de sterkte wordt verwacht in het losgepakte zand in de waterkering.

Als gevolg van de afname van de sterkte zal de stabiliteit afnemen. De uitvoering zal echter plaatsvinden buiten het gesloten seizoen, waardoor de afname van schuifsterkte niet samenvalt met de maatgevende hydraulische belastingen op de waterkering. Een eventueel afschuiven zal dan ook niet leiden tot overstromen van het achterland. Er worden tijdens de bouw- en verwijderingsfase dan ook geen negatieve effecten op de waterveiligheid verwacht.

Geometrie waterkering

Door ontwikkeling van het windpark aan de buitenzijde van de waterkering worden geen wijzigingen in geometrie verwacht die invloed kunnen hebben de binnenwaartse macrostabiliteit.

Belastingen

Tijdens het inbrengen van heipalen en het verwijderen van het fundament worden trillingen verwacht die leiden tot grondversnellingen. Deze grondversnellingen leiden, in combinatie met afname van de schuifsterkte van de grond, tot een afname van de stabiliteit. De uitvoering zal echter plaatsvinden buiten het gesloten seizoen, waardoor de afname van schuifsterkte niet samenvalt met de maatgevende hydraulische belastingen op de waterkering. Een eventueel afschuiven zal dan ook niet leiden tot overstromen van het achterland. Er worden tijdens de bouw- en verwijderingsfase dan ook geen negatieve effecten op de waterveiligheid verwacht.

Tijdens het gebruik van de windturbines worden de horizontale windbelastingen via de fundering overgedragen naar de ondergrond. Deze belastingen resulteren in geringe trillingen (grondversnellingen). De belastingen blijven veelal beperkt tot de bovenste grondlagen en dempen uit naarmate de afstand tot het fundament toeneemt. Doordat de windturbines worden geplaatst aan de buitenzijde van de dijk zal de trilling ter plaatse van het binnentalud verwaarloosbaar zijn. Het effect op de binnenwaartse stabiliteit zal dan ook gering zijn.

Op basis van het voorgaande wordt ten aanzien van 'binnenwaartse macrostabiliteit' geconcludeerd dat tijdens de gebruiksfase een gering negatief effect wordt verwacht. Door middel van stabiliteitsberekeningen zal in het kader van de watervergunning in het vervolg van het project dienen te worden aangetoond dat voldaan kan worden aan het vereiste veiligheidsniveau.

6.4 Beoordeling effecten op buitenwaartse macrostabiliteit (STBU)

Instabiliteit (afschuiven) van het buitentalud kan ontstaan na een snelle daling van de buitenwaterstand, bijvoorbeeld na een dijkdoorbraak in de directe omgeving. De freatische lijn in het dijklichaam kan de daling van de buitenwaterstand niet één-op-één volgen, waardoor deze een belasting vormt op de waterkering. De belangrijkste aspecten die de veiligheid van de waterkering bepalen voor het faalmechanisme afschuiving buitentalud zijn:

- de grondopbouw;
- de geometrie van het dijklichaam en de vooroever;
- de eventuele aanwezige bovenbelasting in het aandrijvende deel.

De ontwikkeling van het windpark is voorzien aan de buitenzijde op enige afstand van het buitentalud. Per aspect is hieronder aangegeven wat de te verwachten effecten zijn.

Grondopbouw

De plaatsing van de windturbines heeft geen effect op de grondopbouw. Ter plaatse van het fundament en de kraanopstelplaats wordt grond ontgraven en vervangen door beton en granulaat. Deze grondvervanging vindt echter plaats buiten het invloedsgebied voor de buitenwaartse macrostabiliteit. Daarnaast wordt de slappe grond vervangen door beton of granulaat met een hogere schuifsterkte.

Geometrie

De geometrie van het waterstaatswerk blijft onveranderd. Wel zal in de beschermingszone tijdelijk worden ontgraven voor de bouw van de fundering, kraanopstelplaats, wegen of bekabeling. Ontgravingen zijn van tijdelijke aard en zullen plaatsvinden buiten het gesloten stormseizoen. Ophogingen voor de kraanopstelplaatsen hebben een positieve invloed op de macrostabiliteit (extra weerstand).

Belastingen

Net als voor de binnenwaartse stabiliteit geldt dat tijdens het plaatsen en verwijderen van de funderingspalen (tijdelijk) trillingen zullen optreden. Deze trillingen leiden tot extra grondbelastingen en afname van de schuifsterkte van het losgepakte zand in de waterkering. Als gevolg van deze grondbelastingen en sterkte-afname zal de stabiliteit afnemen.

De uitvoering zal echter plaatsvinden buiten het gesloten seizoen, waardoor de extra belasting en afname van schuifsterkte niet samenvallen met de maatgevende hydraulische belastingen op de waterkering. De waterkering wordt onder deze omstandigheden niet direct belast door de buitenwaterstand (hoog voorland). Er worden tijdens de bouw- en verwijderingsfase geen negatieve effecten op de waterveiligheid verwacht.

De *verticale* belasting van de windturbines wordt tijdens de gebruiksfase door de fundering overgedragen aan de ondergrond. Hierdoor vormt de windturbine geen extra verticale belasting op de waterkering. Door het groot aantal palen, kan dit zelfs worden gezien als een stabiliteitsscherm (of dijkvernageling); een glijcirkel kan zich niet manifesteren door de fundering. In dit opzicht is het aannemelijk dat de sterkte van de waterkering toe zal nemen door de aangebrachte fundering. Doordat een afschuiving plaatsvindt over een grotere lengte (enkele tientallen meters), heeft de fundering ook een positief effect op de direct naastgelegen dijkstrekking.

De *horizontale* windbelastingen van de windturbine worden via het fundament en de palen overgedragen aan de ondergrond. Effecten hiervan op de belasting en sterkte worden als volgt beoordeeld:

- Doordat de trillingen een factor 10 à 40 kleiner zijn dan bij het heien van de palen zal het losgepakte zand in de waterkering niet opnieuw verweken. Als gevolg van het heien kan al verdichting hebben plaatsgevonden, wat resulteert in een hogere schuifsterkte. Er wordt dus geen afname van de sterkte verwacht.
- De trillingen resulteren in een geringe extra grondbelasting (grondversnelling). De grondbelasting heeft een gering negatief effect op de buitenwaartse stabiliteit. Echter, gezien het flauwe buitentalud (1:3 à 1:3,5) en de geringe kerende hoogte wordt verwacht dat een ruime veiligheidsmarge aanwezig is. Een geringe afname van de veiligheid zal naar verwachting acceptabel zijn.

Op basis van het voorgaande wordt geconcludeerd dat tijdens de gebruiksfase de windturbines een zeer gering negatief effect kunnen hebben op de 'buitenwaartse macrostabiliteit'. Naar verwachting is deze afname acceptabel door aanwezigheid van een ruime veiligheidsmarge.

Door middel van stabiliteitsberekeningen dient in het kader van de watervergunning in het vervolg van het project te worden aangetoond dat voldaan kan worden aan het vereiste veiligheidsniveau. Indien blijkt dat de stabiliteit niet gewaarborgd kan worden, kunnen oplossingen worden gezocht in de uitvoeringswijze

(trillingvrij paalsysteem) of (tijdelijke) aanpassing van de geometrie. Deze maatregelen hebben naar verwachting geen (negatief) effect op de waterkering doordat deze tijdelijk zijn en in het stormseizoen niet meer op de waterkering aanwezig zijn.

6.5 Beoordeling effecten op piping (STPH)

Door het verval over de waterkering kunnen onder de dijk zandmeevoerende wellen ontstaan. Voorwaarde voor piping is dat een afdekkende slecht doorlatende grondlaag onder de dijk, of een slecht doorlatende dijk op een zandondergrond aanwezig moet zijn. De belangrijkste aspecten die de veiligheid van de waterkering bepalen voor het faalmechanisme 'piping' zijn:

- de grondopbouw (afdekkende grondlaag op zand);
- de geometrie (horizontale en verticale kwelweglengte);
- het verval over de waterkering.

Per aspect is hieronder aangegeven wat de te verwachten effecten zijn.

Grondopbouw en geometrie

De afdekkende slecht doorlatende grondlagen worden verwacht tot NAP -3 à -5 m (zie paragraaf 5.3). Ontgravingen ten behoeve van het fundament, grondverbetering voor de kraanopstelplaats en bekabeling blijft beperkt tot boven NAP +2,0 m (boven het profiel van vrije ruimte). De deklaag zal niet worden doorsneden als gevolg van ontgravingen. Wel zullen palen worden aangebracht door de deklaag. De palen zijn grondverdringend zonder verbrede voet (zie paragraaf 3.2), waardoor geen hydraulische kortsluiting kan ontstaan. Er wordt geen negatieve invloed op de bodemopbouw of geometrie verwacht.

Verval over de waterkering

De plaatsing en gebruik van de windturbines leidt niet tot verandering van de hydraulische randvoorwaarden. Het verval over de waterkering blijft ongewijzigd, waardoor geen negatieve invloed op het verval wordt verwacht.

Geconcludeerd wordt dat de ontwikkeling van het windpark geen negatieve invloed zal hebben op het mechanisme piping. De fundaties worden voorzien buiten het profiel van vrije ruimte en ruim boven de onderzijde van de deklaag. Door middel van aanvullend lokaal grondonderzoek zal dit in een latere fase worden geverifieerd. Voorwaarde voor de paalfundering is dat een grondverdringend paalsysteem zonder verbrede voet wordt toegepast.

6.6 Beoordeling microstabiliteit (STMI)

Micro-instabiliteit is een lokale instabiliteit van het talud door uittreden van kwelwater uit het grondlichaam. Micro-instabiliteit manifesteert zich door het opdrukken en afschuiven van een bekleding (bij een afdekkende kleibekleding) of door het uitspoelen van granulair materiaal (bij een waterkering bestaande uit granulair materiaal).

Op basis van beschikbaar grondonderzoek wordt verwacht dat de waterkering bestaat uit granulair materiaal en is afgedekt met een kleibekleding. In dit geval zijn de drijvende factoren voor het faalmechanisme micro-instabiliteit de freatische lijn nabij het talud van de waterkering en de eigenschappen van het kernmateriaal (doorlatendheid).

Plaatsing van een windturbine beïnvloedt de ligging van de freatische grondwaterstand in het dijklichaam niet, ongeacht de locatie. Het eventueel extra intredende water via de constructie is miniem vergeleken

met het bergend vermogen en de doorlatendheid van het zandlichaam. Ten aanzien van dit faalmechanisme worden daarom geen (negatieve) effecten verwacht.

6.7 Beoordeling stabiliteit voorland (STVL)

Heitellingen of gebruikstrillingen kunnen schuifspanningen initiëren, waardoor afschuiving of zettingsvloeiing van de vooroever op kan treden. De weerstand tegen afschuiven of zettingsvloeiing wordt bepaald door de schuifsterkte van de ondergrond en geometrie van de vooroever en geul.

De afstand van de meest noordelijke windturbine tot de geul bedraagt circa 1400 m. De geuldiepte van het Hollandsch Diep bedraagt NAP -6 à -8 m (RWS). De geul ligt zo ver van de waterkering, dat bij het mechanisme afschuiving of zettingsvloeiing geen effect op de waterkering wordt verwacht. Wanneer uitgegaan wordt van een geuldiepte van 11 m is de lengte van de zettingsvloeiing globaal 220 m, waarbij het talud na zettingsvloeiing grofweg 1 op 20 is. De afstand tussen geul en waterkering is ruim groter dan de eerder genoemde 220 m, waardoor instabiliteit van het voorland geen effect op de waterkering zal hebben.

Op basis van het voorgaande kan worden geconcludeerd dat de plaatsing en aanwezigheid van het windpark geen negatieve invloed heeft op de stabiliteit van het voorland.

7 Beoordeling effecten door falen van de windturbine

Naast de gebruikelijke faalmechanismen van de waterkering dient ook te worden beschouwd het mogelijk falen als gevolg van incidenten van onderdelen van de windturbine of de windturbine als geheel. Het falen van een onderdeel van de windturbine of de windturbine als geheel heeft een mogelijk negatief effect op de waterkerende functie van de waterkering.

Ten behoeve van de m.e.r. wordt tevens in dit hoofdstuk verkend welke faalmechanismen van toepassing zijn, de mogelijke effecten op de waterkering en de mogelijke gevolgen van de effecten. Ten behoeve van de effectbeoordeling zijn trefkansberekeningen uitgevoerd door Antea Group in opdracht van NUON. De uitwerking hiervan is opgenomen in Bijlage 1 van dit rapport.

De risicoanalyse heeft als doel het bepalen van de totale additionele faalfrequentie als gevolg van de aanwezigheid van de windturbines en het effect op de autonome faalfrequentie van de primaire waterkering. Waterschap Brabantse Delta stelt als eis dat de veiligheid van de waterkering door de aanwezigheid van de windturbines niet wezenlijk mag verminderen ten opzichte van de situatie zonder windturbines. Als toetsingscriterium wordt gesteld dat de totale additionele faalkans maximaal 1% van de autonome faalfrequentie (1:2000 per jaar) mag bedragen, ofwel $5 \cdot 10^{-6}$ per jaar.

7.1 Aanpak risico-analyse

Voor het bepalen van de additionele faalfrequentie zijn de volgende stappen doorlopen.

Stap 1: Vaststellen faalscenario's

De risicoanalyse wordt uitgevoerd in lijn met het Handboek Risicozonering Windturbines van 2013 (HRW2013). Het handboek stelt dat er drie faalscenario's zijn die een extern risico opleveren voor de directe omgeving. De drie faalscenario's zijn:

1. Het omvallen van de turbine, inclusief gondelhuis en rotor;
2. Het neerkomen van het gondelhuis en/of de rotor;
3. Bladbreuk of het afbreken van delen van een rotorblad.

Stap 2: Vaststellen faalfrequentie per scenario

Voor elk van de scenario's is op basis van het HRW2013 de faalfrequentie vastgesteld. Uitgegaan is van de beoogde hoogste en zwaarste windturbineklasse.

Stap 3: Vaststellen kritische strook waterkering

De begrenzing van de kritische strook van de waterkering is in eerste instantie gelijk gesteld aan de begrenzing van de beschermingszones 'B' aan de binnen- en buitenzijde van de waterkering. Hierbij wordt aangenomen dat het neerkomen van een windturbine, of een onderdeel hiervan, in de kritische strook direct kan leiden tot falen van de waterkering.

Stap 4: Vaststellen raakfrequentie

Per faalscenario is door Antea Group het maximale valbereik of trefafstand van een falende windturbine of windturbineonderdeel vastgesteld. In combinatie met de kritische strook is de trefkans bepaald, uitgedrukt als 'totale raakfrequentie', zie bijlage 1.

Stap 5: Bepalen kans op falen restprofiel tijdens de herstelperiode

Op basis van een grondmechanische beschouwing kan een inschatting worden gemaakt van de te verwachte schade (kraterdiepte) aan de waterkering bij neerkomen van de windturbine of windturbineonderdeel. Op basis van de te verwachten schade kan het restprofiel van de waterkering

worden bepaald. Het resultaat van deze stap is een inschatting van de maximale buitenwaterstand, die het restprofiel nog kan keren. De faalfrequentie van de kering wordt bepaald door de kans dat deze waterstand optreedt tijdens de reparatieperiode.

Stap 6: Berekenen additionele faalfrequentie en toetsing aan criterium

Tenslotte is per scenario de additionele faalfrequentie bepaald op basis van de faalfrequenties voor het falen van de windturbine, de totale raakfrequenties en de kans op falen van de kering tijdens reparatie. Wanneer de totale faalkansbijdrage van alle windturbines gezamenlijk kleiner is dan het criterium van 1%, is aangetoond dat de geplande windturbine niet leidt tot een noemenswaardige risicoverhoging.

7.2 Kenmerken windturbine

7.3 Faalscenario's

Conform het Handboek Risicozonering Windturbines [HRW 2013] worden de risico's van een windturbine voor personen en objecten in de directe omgeving gevormd door drie faalscenario's:

1. Mastbreuk: het omvallen van de turbine, inclusief gondelhuis en rotor;
2. Het neerkomen van het gondelhuis en/of de rotor;
3. Bladbreuk of het afbreken van delen van een rotorblad.

Het faalmechanisme 'omvallen volledige windturbine' wordt beschouwd als het worst case scenario dat kan optreden als de verbinding met het fundament of het fundament bezwijkt, waardoor de windturbine als geheel omvalt. Conform het handboek is het maximale valbereik de som van de ashoogte en een halve rotordiameter. Waarbij wordt opgemerkt dat de werkelijke impactzone voornamelijk wordt bepaald door de lengte van de toren en afmeting van het gondelhuis, de rotorbladen zullen over het algemeen versplinteren en een beperkte impact hebben. Door Antea is in de trefkansberekeningen daarom uitgegaan van een valbereik die gelijk is aan de som van de hoogte van de mast (127,2 m) plus de hoogte van de gondel (4,8 m). In totaal is de aangehouden hoogte 132 m.

Het faalmechanisme 'neerstorten gondelhuis' houdt in dat de verbinding tussen de toren en het gondelhuis bezwijkt. In dat geval komt het gondelhuis in zijn geheel naar beneden. De praktijk heeft uitgewezen dat de zone van het neerkomen van het gondelhuis niet verder reikt dan een halve rotordiameter. Het handboek hanteert dan ook een uiterst valbereik van een ½ rotordiameter, ofwel 69 m.

Het faalmechanisme 'afwerp rotorblad' houdt in dat een rotorblad als geheel of een onderdeel van het rotorblad losraakt tijdens het draaien. Afhankelijk van de positie van het rotorblad en het toerental op het moment van het losraken van het rotorblad, kan een rotorblad enkele honderden meters ver worden geworpen. In Bijlage 1 zijn de werpafstanden bepaald op 170 m bij nominaal toerental en 358 m bij overtoeren.

De grote van de impact wordt onder meer bepaald door de hoek waaronder het rotorblad neerkomt en welk deel van het rotorblad als eerste inslaat. Afhankelijk van het gewicht en de snelheid van het rotorblad is er een risico dat ze, wanneer deze afbreken, een krater veroorzaken op de locatie waar ze terechtkomen. Hiermee vormt plaatsing van de windturbines binnen een afstand van enkele honderden meters uit de waterkering een risico op de standzekerheid van de waterkering.

7.4 Faalfrequentienorm

De faalfrequenties voor de voorgenomen maatgevende windturbines (zie Tabel 2-1) zijn afkomstig uit het HRW2013 en zijn in onderstaande tabel weergegeven. De waarden zijn geldig voor windturbines vanaf 1 MW tot en met 5 MW.

Tabel 7-1: scenario's en faalfrequenties voor de windturbines

Scenario	Faalfrequentie [1/jaar]
Omvalen van de mast (inclusief gondel/rotor)	$1,3 \cdot 10^{-4}$
Neerstorten van de gondel en/of de rotor	$4,0 \cdot 10^{-5}$
Bladbreek	$8,4 \cdot 10^{-4}$

7.5 Toetsingscriterium

Waterschap Brabantse Delta hanteert voor de additionele faalfrequentie per faalscenario maximaal 1% van de autonome faalfrequentie. De waterkering heeft een normfrequentie van 1:2.000 ($5 \cdot 10^{-4}$ per jaar). Het toetsingscriterium is dan:

Toegestane additionele faalfrequentie $< 5 \cdot 10^{-6}$ per jaar (1:200.000)
--

7.6 Trefafstanden

Omvalen windturbine

De tip van een rotorblad kan maximaal op een afstand van de masthoogte + de hoogte van de gondel van de mastvoet terecht komen. Zoals in paragraaf 2.2 beschreven is uitgegaan van een worst case 'fictieve' windturbine, waarvoor de trefafstand gelijk is aan: $127,2 + 4,8 = 132$ meter.

Opgemerkt wordt dat bij omvalen van de windturbine de afstand waarop bladen neer kunnen komen groter is, namelijk tot $127,2$ plus $138/2 = 196$ m. De mast en gondel zullen echter de grootste schade veroorzaken. De schade door de bladen zal niet significant zijn.

Rotor/gondelval

De maximale trefafstand voor het naar beneden vallen van het gondelhuis en/of rotornaaf is gelijk aan de halve rotor diameter, ofwel: $138/2 = 69$ meter

Bladbreek

Op basis van het Handboek zijn de effectafstanden van bladafworp bepaald, zie bijlage 1. Hierbij worden twee scenario's onderscheiden. Nominaal toerental en overtoeren (2x nominaal toerental). De werpafstand is bepaald op **170 m** voor het scenario bladbreek bij nominaal toerental. De werpafstand bedraagt **358 m** voor het scenario bladbreek bij overtoeren (2x nominaal toerental). Binnen deze afstanden liggen zowel de beschermingszone en het waterstaatswerk.

7.7 Kritische strook waterkering

De kans dat de waterkering faalt door neerkomen van de windturbine of windturbineonderdeel is afhankelijk van de trefafstand van het onderdeel en de kritische strook van de waterkering. De kritische strook is gedefinieerd als de zone, waarbinnen het neerkomen van de windturbine of windturbineonderdeel kan leiden tot falen van de waterkering. Bij het neerkomen van de windturbine of windturbineonderdeel buiten de kritische strook zal de waterkering blijven functioneren.

Als kritische strook is de volledige breedte van de waterkering aangehouden. De waterkering heeft een breedte van **132 m**, waarvan 31,1 m voor het waterstaatkundig werk, 60,5 m voor beschermingszone A en 40,4 m voor beschermingszone B.

7.8 Raakfrequenties

Berekend is de kans dat een falende windturbine of windturbineonderdeel neerkomt in de kritische strook en daarbij een dusdanige schade veroorzaakt, dat de waterkerende functie niet meer kan worden gewaarborgd. Vermenigvuldiging van de faalfrequentie met de trefkans en het aantal windturbines resulteert in de raakfrequentie. In bijlage 1 zijn de raakfrequenties voor de verschillende park lay-outs berekend. In onderstaande tabel zijn de raakfrequenties samengevat.

Tabel 7-2: Totale raakfrequenties waterkering

Scenario	Park lay-out 1 (8 windturbines)	Park lay-out 2 (7 windturbines)	Eenheid
Vallen mast: effect mast	$5,04 \times 10^{-4}$	$4,53 \times 10^{-4}$	[1\]
Vallen mast: effect gondel	$4,19 \times 10^{-4}$	$3,77 \times 10^{-4}$	[1\]
Vallen gondel	$1,46 \times 10^{-4}$	$1,34 \times 10^{-4}$	[1\]
Bladbreuk	$2,85 \times 10^{-3}$	$2,59 \times 10^{-3}$	[1\]
Totale raakfrequentie waterkering	$3,92 \times 10^{-3}$	$3,55 \times 10^{-3}$	[1\]

In dit hoofdstuk wordt voor elk van de drie faalscenario's voor de windturbine de additionele faalfrequentie berekend door het vermenigvuldigen van de kansen voor de verschillende gebeurtenissen. Nagegaan is of de additionele faalfrequentie lager is dan het criterium van 1% van de autonome faalfrequentie.

7.9 Restprofiel en responstijd

Indien de windturbine of een windturbineonderdeel neerkomt buiten de kritische strook, dan zal de waterkering intact blijven met voldoende stabiliteit en hoogte om tijdens herstel de maatgevende buitenwaterstand te kunnen keren. Er geldt dan geen beperking ten aanzien van de responstijd voor herstel van schade.

Bij neerkomen binnen de kritische strook geldt dat schade aan de waterkering zal optreden door kratervorming. In deze fase zijn nog geen gedetailleerde berekeningen gemaakt om de kraterdiepte te bepalen. Op basis van eerdere projecten is bekend dat bij neerkomen van een gondel een kraterdiepte van 3 à 4 m is te verwachten. Bij neerkomen van een rotorblad is de indringing veelal kleiner dan 1,5 m.

Voor het neerkomen van de windturbine of windturbineonderdeel binnen de kritische strook, geldt dat nog wel sprake is van een restprofiel, dat nog een bepaalde waterstand kan keren. Voor het windpark Moerdijk is een ruim restprofiel mogelijk door de aanwezigheid van het hoge en brede voorland. Er is in dat geval een responstijd tot herstel. De herstelperiode is voor alle faalscenario's aangenomen op 2 weken. Dit betekent dat binnen 2 weken een noodreparatie dient te worden uitgevoerd.

Het niveau van het voorland varieert globaal tussen NAP +3,1 m en NAP +4,0 m. Voor de windturbinelocatie in beschermingszone A is het voorland hoger gelegen tussen NAP +4,0 m en NAP +4,5 m. Er is zelfs bij optreden van het ontwerppeil van NAP +3,0 m een ruime kruinhoogtemarge aanwezig om optreden van overloop/overslag te voorkomen. De herhalingstijd van de maatgevende buitenwaterstand bedraagt 1/2000 per jaar.

De faalfrequentie van de kering tijdens de herstelperiode na falen van een turbine, of onderdeel daarvan, is dan:

$$P_{(\text{falen tijdens herstel})} = 1/2000 \times (14 \times 24/8760) = 1,64 \cdot 10^{-5}$$

7.10 Additionele faalfrequentie

De additionele faalfrequentie van de dijk bij elke van de verschillend efaalscenario's is bepaald als product van de volgende faalfrequenties:

- de faalfrequentie van het betreffende scenario (zie tabel 7-1);
- de kans dat (een deel van) de windturbine op de kritische strook terecht komt (zie par. 7.8);
- de kans dat de beschadigde waterkering faalt tijdens de herstelperiode (zie par. 7.9).

De faalfrequentie van het scenario maal de trefkans is bepaald als de raakfrequentie, zie paragraaf 7.8.

Er geldt dan:

$$\text{Faalfrequentie van waterkering bij falen van een turbine of onderdeel} = \text{Raakfrequentie}_{(\text{scenario})} \times P_{(\text{falen tijdens herstel})}$$

Door te vermenigvuldigen met het aantal windturbines wordt per faalscenario de totale faalfrequentie bepaald. De resultaten zijn samengevat in tabel 7-3.

Tabel 7-3: faalfrequentie waterkering bij falen windturbine

Scenario	Park lay-out 1		Park lay-out 2		Eenheid
	Per WTG	Voor 8 WTG's	Per WTG	Voor 7 WTG's	
Vallen mast: effect mast	$8.27 \cdot 10^{-9}$	$6.61 \cdot 10^{-8}$	$7.43 \cdot 10^{-9}$	$5.20 \cdot 10^{-8}$	[1\j]
Vallen mast: effect gondel	$6.87 \cdot 10^{-9}$	$5.50 \cdot 10^{-8}$	$6.18 \cdot 10^{-9}$	$4.33 \cdot 10^{-8}$	[1\j]
Vallen gondel	$2.39 \cdot 10^{-9}$	$1.92 \cdot 10^{-8}$	$2.20 \cdot 10^{-9}$	$1.54 \cdot 10^{-8}$	[1\j]
Bladbreek	$4.67 \cdot 10^{-8}$	$3.74 \cdot 10^{-7}$	$4.25 \cdot 10^{-8}$	$2.97 \cdot 10^{-7}$	[1\j]

In tabel 7-4 is per scenario de additionele faalfrequentie bepaald ten opzichte van de autonome normfrequentie van 1:2.000 ($5 \cdot 10^{-4}$ per jaar).

Tabel 7-4: additionele faalfrequentie waterkering bij falen windturbine

Scenario	Park lay-out 1 (8 windturbines)	Park lay-out 2 (7 windturbines)
Vallen mast: effect mast	0.01%	0.01%
Vallen mast: effect gondel	0.01%	0.01%
Vallen gondel	0.00%	0.00%
Bladbreek	0.07%	0.06%

Uit tabel 7-4 blijkt dat per faalscenario de additionele faalfrequentie ruim kleiner is dan de toegestane 1%. De toename van de faalkans van de waterkering door aanwezigheid van de windturbines is acceptabel.

Bijlage 1 Trefkansberekeningen

Memo

datum 20 januari 2015
 aan Martin Ars Nuon
 van Tom van der Linde Antea Group
 Jelte Janzen
 kopie
 project Windpark Haven- en industriegebied Moerdijk
 projectnr. 275955
 betreft Trefkansberekeningen dijkzones

Inleiding

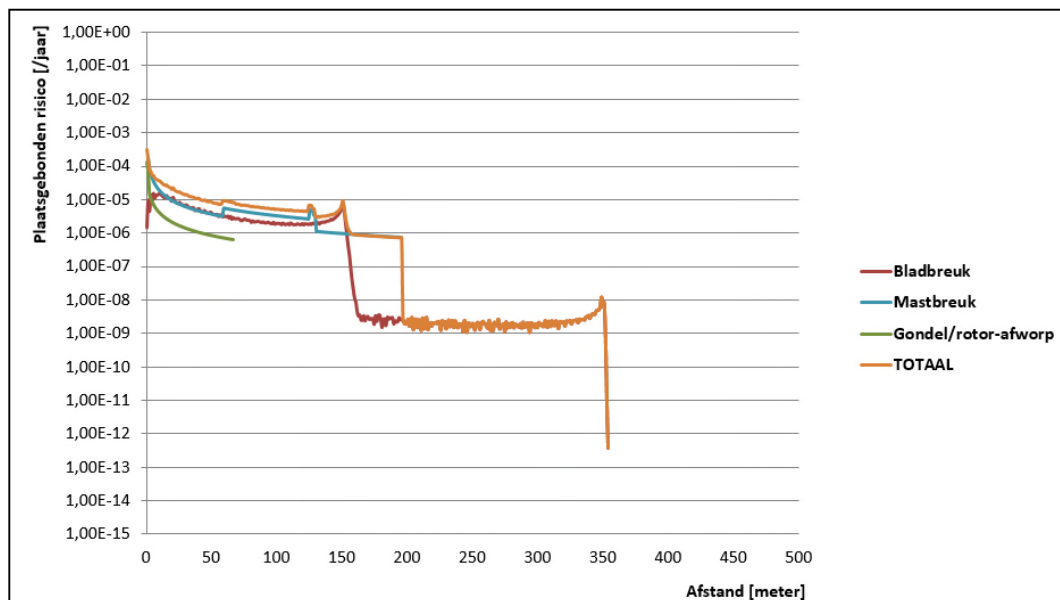
Nuon is voornemens op Haven- en industriegebied Moerdijk een windpark te ontwikkelen. Het windpark bevindt zich in de nabijheid van een primaire waterkering. Ten behoeve van de MER heeft Nuon Antea Group gevraagd te berekenen wat de kans is dat in geval van een calamiteit een turbine-onderdeel op de dijkzones terecht komt.

Uitgangspunt windturbines

In de MER wordt uitgegaan van een maximale tiphoogte van 196 meter. Momenteel bestaat een turbine met deze tiphoogte nog niet, maar mogelijk op het moment dat de turbinekeuze gemaakt wordt wel. Als worstcase uitgangspunt is daarom gerekend met een Vestas V126 turbine waarvan de parameters dusdanig zijn aangepast dat de tiphoogte 196 meter is. De eigenschappen van deze fictieve turbine zijn weergegeven in tabel 1, de resultaten van de bijbehorende risicoberekening in figuur 1.

Tabel 1: Eigenschappen V126 (worst case)

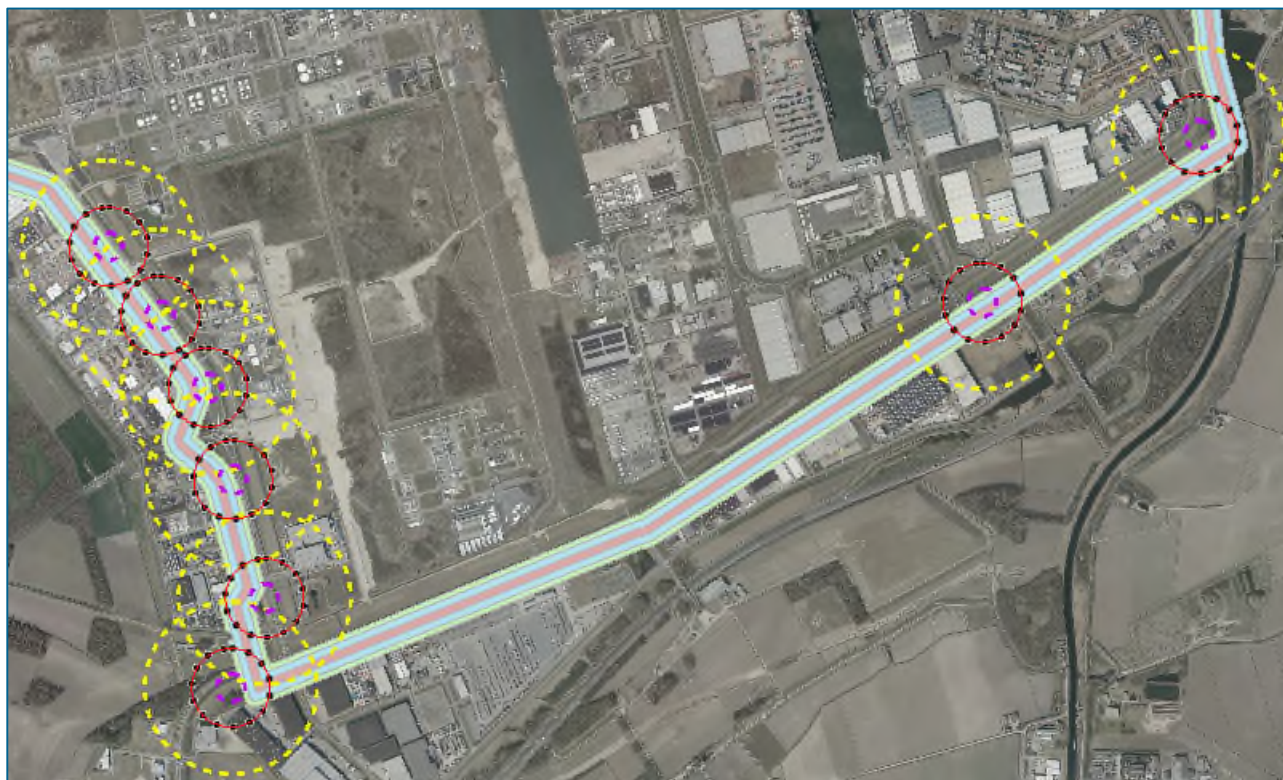
	V126 (worstcase)
Ashoogte	127meter
Rotordiameter	138 meter
Nominaal toerental	15,1 rpm
Oppervlakte weggeworpen blad(deel)	220 m ²
Massa weggeworpen blad(deel)	16.400 kg
Zwaartepunt afgeworpen deel	17,3 meter
Rotor draait tegen de klok (-1) met de klok mee (1)	1
Diameter van de toren	9,00 meter
Hoogte van de gondel	5 meter
Maximale waarde van de lengte en breedte van de gondel	14 meter
Solidity (opp.bladen/opp. rotor)	0,05
Kies weerstation voor windgegevens	Rotterdam



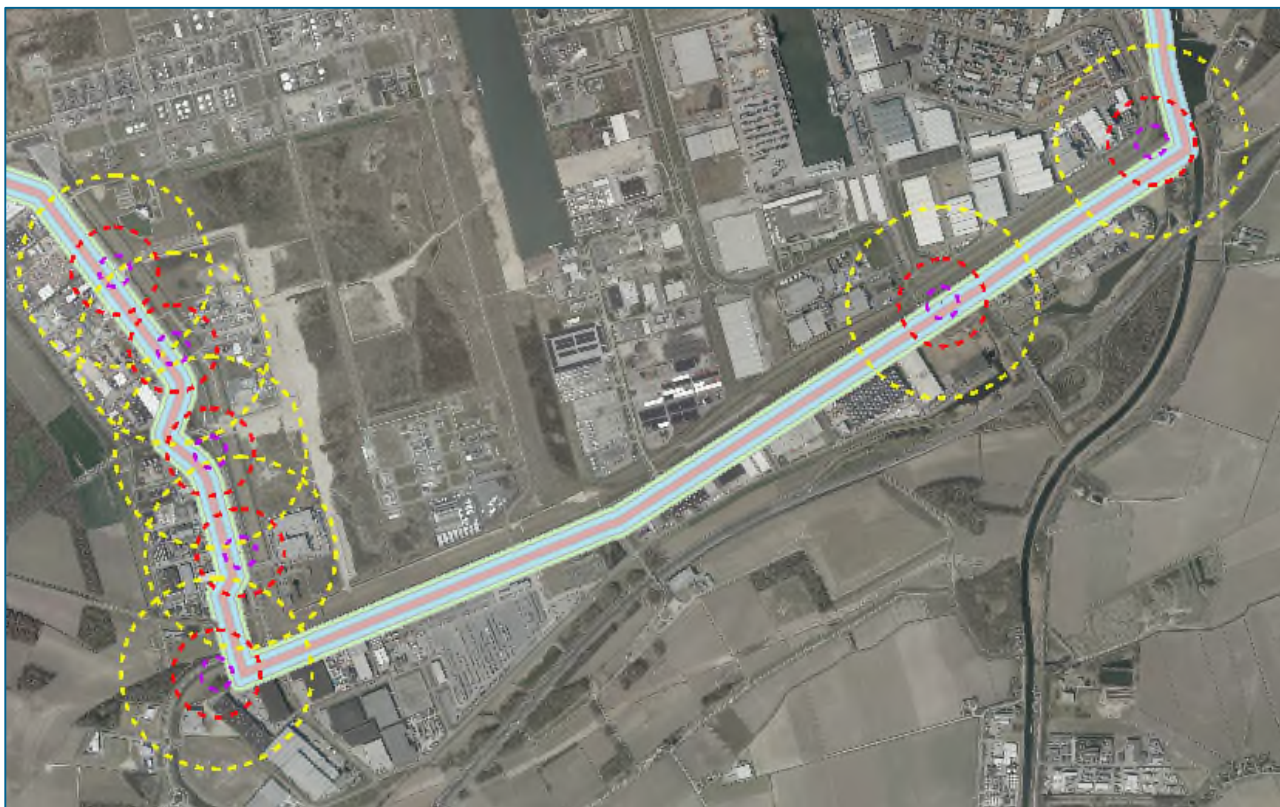
	V126 (worstcase)
PR 10^{-5} contour	42 meter
PR 10^{-6} contour	158 meter
Werpafstand bij nominaal toerental	170 meter
Werpafstand bij overtoeren	358 meter

Figuur 1: met luchtkrachten model berekende plaatsgebonden risico afstanden van de fictieve V126, inclusief tabel met karakteristieke afstanden.

Varianten



Figuur 2: variant 1



Figuur 3: variant 2

Trefkans berekeningen van de primaire zeekering

Methodiek

Berekend is de trefkans als gevolg van een viertal faalscenario's:

- Bladbreuk
- Mastbreuk: effect mast
- Mastbreuk: effect gondel
- Falen gondel plus rotor.

Op de volgende wijze is de berekening uitgevoerd:

Zeekering:

De primaire zeekering bestaat uit een:

- Waterstaatkundig werk (breedte 31,1 meter)
- Zone A (overall breedte 91,6 m (met daarin 31,1 m waterstaatkundig werk)
- Zone B (breedte 132 m (met daarin 91,6 m zone a).

Oppervlakken zijn berekend gebruikmakend van uitsluitend zone B met als breedte 132 m.

Bladbreek:

De plaatsgebonden risico afstanden grafiek heeft voor bladbreek grofweg twee niveaus: een hoog niveau met een hoogte van gemiddeld 5×10^{-6} /jaar in het bereik 0 tot 170 m en een laag niveau met een hoogte van gemiddeld 5×10^{-9} /jaar in het bereik 170 tot 358 m.

De raakfrequentie per vierkante meter kan afgeleid worden uit de hoogte van het plaatsgebonden risico: het plaatsgebonden risico is de raakfrequentie van een persoon en dient gedeeld te worden door de schaduwfactor (1,5) en door het kritische bladoppervlak (176 m^2). Door nu op te meten hoeveel vierkante meter zeewering valt in het hoog risico deel en hoeveel vierkante meter in het laagrisico deel en deze oppervlakten te vermenigvuldigen door de bij behorende raakfrequentie per vierkante meter, kan de totale raakfrequentie gevonden worden.

Mast falen:

Mast falen gaat er van uit dat wanneer de mast faalt zowel de mast als de gondel naar beneden komen. De cirkel die zo bestreken kan worden bestaat uit de hoogte van de mast (127,2 m) plus de hoogte van de gondel (4,8 m). In totaal dus een hoogte van 132 m.

Bij variant 1 is het effect van de gondel apart geïnventariseerd van het effect van de mast. Verondersteld is een uniforme verdeling van de valrichtingen over de diverse windrichtingen. De kans op raken wordt nu bepaald door het cirkelsegment waarin de primaire zeewering ligt. Dit kan worden berekend via een graden benadering of een cirkelsegment benadering.

Gondel en rotor falen:

Wanneer de gondel/rotor loskomt van de mast en naar beneden valt is een bivariate verdeling over de afstand tot de mast van toepassing volgens het Handboek. Het bereik van dit scenario is de halve rotor diameter. Om een bivariate verdeling in de berekening te brengen is hebben we de volgende benadering gekozen:

De windturbines staan vlak naast of net in een zeeweringszone. De cirkel die het invloedsgebied weergeeft wordt vrijwel geheel doormidden gesneden: aan de ene kant de zeewering en aan de andere kant geen zeewering. Bij een precies gehalveerde cirkel zou ook de raakfrequentie van de zeewering gehalveerd zijn. We gaan er vanuit dat wanneer we berekenen via een oppervlakte benadering welke de fractie van de cirkel overlapt met de zeewering, deze fractie ook aangeeft welke fractie van de basis faalfrequentie gondel falen van toepassing is. Wanneer de cirkel niet precies door midden wordt gedeeld en de zeeweringdelen die wel binnen het invloedsgebied vallen verder weg zijn gelegen, geeft deze methode een overschatting van de resultaten: er wordt namelijk impliciet een soort van gemiddelde raakkans per vierkante meter verondersteld. Bij verder weg gelegen zeeweringdelen is de werkelijke raakkans lager dan de impliciet gebruikte gemiddelde kans. Gezien het feit dat gondel en rotor falen niet de belangrijkste bijdragen geven in de totale raakfrequentie van de zeewering is deze grove benadering in eerste instantie acceptabel.

Resultaten

Resultaten:

In onderstaande tabel zijn de resultaten getoond van variant 1

Totale raakfrequentie zeewering door bladbreek	2,85E-03	[1\j]	73%
Totale raakfrequentie zeewering door vallen mast: effect mast	5,04E-04	[1\j]	13%
Totale raakfrequentie zeewering door vallen mast: effect gondel	4,19E-04	[1\j]	11%
Totale raakfrequentie zeewering door vallen gondel	1,46E-04	[1\j]	4%
Totale raakfrequentie zeewering	3,92E-03	[1\j]	100%

In onderstaande tabel zijn de resultaten getoond van variant 2

Totale raakfrequentie zeewering door bladbreek	2,59E-03	[1\j]	73%
Totale raakfrequentie zeewering door vallen mast: effect mast	4,53E-04	[1\j]	13%
Totale raakfrequentie zeewering door vallen mast: effect gondel	3,77E-04	[1\j]	11%
Totale raakfrequentie zeewering door vallen gondel	1,34E-04	[1\j]	4%
Totale raakfrequentie zeewering	3,55E-03	[1\j]	100%

Over Antea Group

Van stad tot land, van water tot lucht; de adviseurs en ingenieurs van Antea Group dragen in Nederland sinds jaar en dag bij aan onze leefomgeving. We ontwerpen bruggen en wegen, realiseren woonwijken en waterwerken. Maar we zijn ook betrokken bij thema's zoals milieu, veiligheid, assetmanagement en energie. Onder de naam Oranjewoud groeiden we uit tot een allround en onafhankelijk partner voor bedrijfsleven en overheden. Als Antea Group zetten we deze expertise ook mondiaal in. Door hoogwaardige kennis te combineren met een pragmatische aanpak maken we oplossingen haalbaar én uitvoerbaar. Doelgericht, met oog voor duurzaamheid. Op deze manier anticiperen we op de vragen van vandaag en de oplossingen van de toekomst. Al meer dan 60 jaar.

Contactgegevens

Beneluxweg 125
4904 SJ OOSTERHOUT
Postbus 40
4900 AA OOSTERHOUT
T. 0612 48 7000
E. info.nl@anteagroup.com

www.anteagroup.nl

Copyright © 2016

Niets uit deze uitgave mag worden
verveelvoudigd en/of openbaar worden
gemaakt door middel van druk, fotokopie,
elektronisch of op welke wijze dan ook,
zonder schriftelijke toestemming van de
auteurs.