

## .1 Inleiding

De Het Ministerie van EZK is voornemens om kavel III/IV in het gebied IJmuiden Ver uit te geven voor het realiseren van windturbines op zee. Bij de aanleg van het windparken worden diverse uitgangspunten gehanteerd. Deze vormen onderdeel van de voorgenomen activiteit zoals in het MER voor IJmuiden Ver onderzocht zijn.

De volgende paragrafen beschrijven de volgende onderdelen van het voornemen in meer detail:

- individuele turbines;
- turbineopstellingen;
- type funderingen;
- aanlegwijzen funderingen;
- elektrische infrastructuur.

In onderstaande tabel zijn de afmetingen van de turbines zoals onderzocht gaan worden in het MER weergegeven. Ook zijn de verschillende funderingsvormen, aanlegwijzen en kenmerken van de elektrische infrastructuur samengevat. Hierbij is een bandbreedte gehanteerd van minimale en maximale afmetingen.

Tabel II.1 Bandbreedte voorgenomen activiteit

Onderwerp	Bandbreedte
totaal opgesteld vermogen per kavel	circa 1 GW
maximaal aantal turbines	50 - 67
vermogen individuele windturbines	minimaal 15 MW, maximaal 20 MW
tijphoogte individuele windturbines	maximaal 305 m
tiplaagte individuele windturbines	minimaal 25 m
rotordiameter individuele windturbines	236 - 280 m
onderlinge afstand tussen windturbines	minimaal 4 maal de rotordiameter
aantal bladen per windturbine	2, 3
type funderingen	monopaal, multipaal, gravity-based structure, suction bucket
geluidsnorm in geval van heien van fundering	160 en 164 dB $\mu$ P2s SELss (op 750 m van de geluidsbron)
in geval van heien van fundering: diameter funderingspaal/-palen en aantal palen per turbine:	
monopaal	1 paal van 11,5 - 15 m in diameter
multipile (waaronder 'tripods' en 'jackets')	3 tot 4 palen van 3 - 5 m in diameter
in geval van een fundering zonder heien: afmetingen op zeebodem:	
gravity based	tot 50 m in diameter
suction bucket	tot 30 m in diameter
elektrische infrastructuur (inter-array bekabeling)	66 kV, ingegraven op 1 tot 3 m en op diepte gehouden

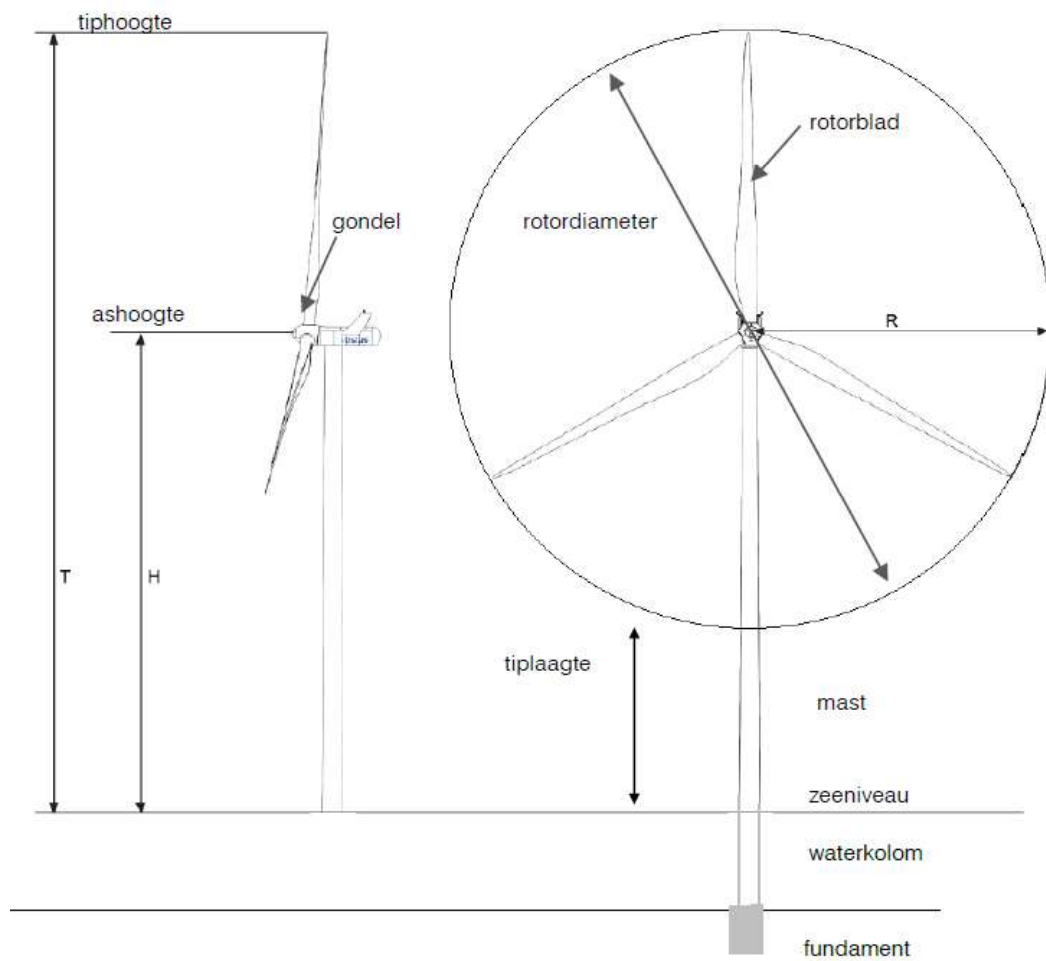
## Individuele windturbines

Het voornemen bestaat uit turbines met een vermogen van 15 tot en met 20 MW. De belangrijkste onderdelen van een windturbine zijn, ongeacht het type;

- de rotorbladen;
- de gondel waarin de generator zich bevindt, en;
- de mast;
- het fundament.

In onderstaande afbeelding zijn deze onderdelen weergegeven.

Afbeelding II.1 Toelichting onderdelen windturbine



In het MER voor kavels III en IV voor IJmuiden Ver wordt uitgegaan van onderstaande bandbreedte aan afmetingen.

Tabel II.2 Overzicht technische uitgangspunten

	15 MW turbine	20 MW turbine
vermogen	15 MW	20 MW
rotordiameter	236	280
ashoogte	143	165
tiphoogte	261	305
tiplaagte	25	25

## .2 Turbineopstellingen

Om goed de effecten van het windpark op zee te kunnen bepalen is het relevant om concrete opstellingen van windturbines te bepalen. Dit geldt bijvoorbeeld voor de effectbepaling van scheepvaartveiligheid.

In het MER wordt uitgegaan van een opstelling met 67 turbines van 15 MW en een opstelling van 50 turbines van 20 MW per kavel. Het uitgangspunt is namelijk 1 GW per kavel: wanneer je 1GW deelt door 15 of 20 MW dan weet je hoeveel turbines er nodig zijn om het gewenste vermogen te kunnen realiseren.

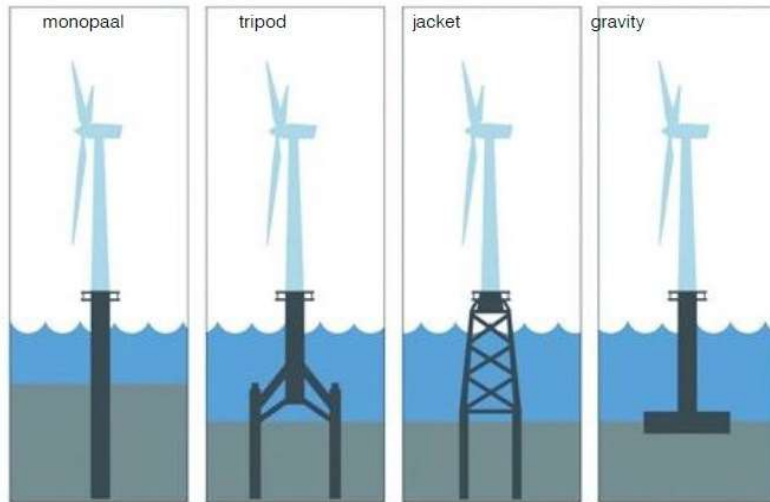
Ten behoeve van het MER zijn opstellingen bepaald waarbij primair is uitgegaan van een gelijkmatige verdeling van turbines over de kavel. In de volgende figuren zijn de opstellingen weergegeven. Niet-gelijkmatige opstellingen zijn vanwege het negatieve effect op de elektriciteitsopbrengst (windturbines staan dan soms dichterbij elkaar) en belasting op de turbines (windaanbod is minder constant) minder wenselijk en hebben geen grote milieuvoordelen. Derhalve zijn niet-gelijkmatige opstellingen verder niet beschouwd.

## .3 Type funderingen

Een windturbines vereist een stevige fundering. De volgende type funderingen kunnen gebruikt worden voor de te plaatsen turbines:

- monopaal;
- tripod (tripaal);
- jacket (tripaal);
- gravity based;
- suction bucket.

Afbeelding II.2 Type funderingen



De diepte van de funderingen is afhankelijk van onder meer het turbinetype, de waterdiepte en de bodemgesteldheid. Bij de monopaal, tripile, tripod en jacket ligt de diepte van de funderingen tussen de 30 en 50 m.

### Monopaal

Het monopaal funderingstype is over het algemeen geschikt voor ondiep water tot middelgrote waterdiepten (tot ongeveer 40 m diepte). Het bestaat uit één enkele stalen paal die met een hydraulische hamer in de grond wordt gedreven. De dikte en de diameter van de paal zullen in het algemeen toenemen met de waterdiepte waarin deze geplaatst wordt en met de grootte van de windturbine. De monopaal is de meest gebruikte fundatietechniek voor offshore windturbines op het Nederlands Continentaal Plat.

### Jacket

Het jacket is een constructie die de windturbine draagt, welke veelal gebruikt wordt voor offshore platforms. Het bestaat uit 3 of meer palen die in de zeebodem staan en die met een aantal verbindingen met elkaar zijn verbonden, waar boven op de windturbine wordt geplaatst. De grootte van het jacket is afhankelijk van de waterdiepte en de turbine.

### Tripod

Een tripod kan het best vergeleken worden met het driepotige statief van een fotocamera. De centrale koker (turbinepaal) vormt de basis voor de turbine en deze paal wordt ondersteund door 3 funderingspalen die de turbinepaal dragen. De constructie bevindt zich onder het wateroppervlak. Dit type fundering is vooral geschikt voor diep water.

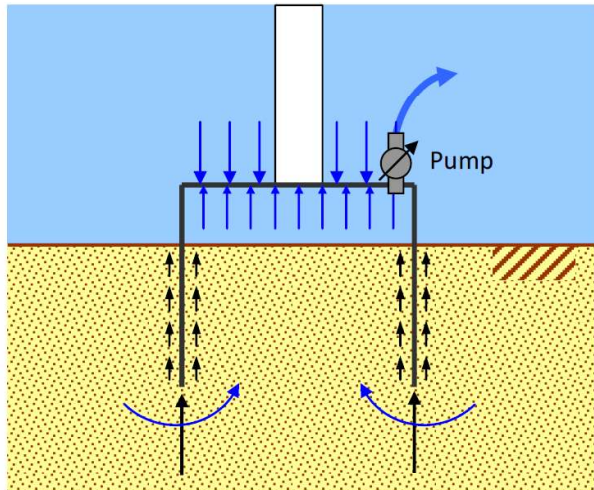
### Gravity Based

Dit funderingstype is geschikt voor plaatsen met een stabiel zeebed en vaste grondmaterialen. De fundering heeft een basis van beton of van een staalconstructie die met stenen, zand of water wordt gevuld. Voorafgaand aan de plaatsing van de basis op de zeebodem kan een laag van rotsen/stenen worden aangebracht, waarop deze basis geplaatst wordt. Waar de waterdiepte of de geologie monopalen ongeschikt maken, zijn 'gravity based' fundaties een goed alternatief. De diameter van de gravity based is afhankelijk van het turbinetype dat geplaatst wordt.

### Suction bucket

Een suction bucket is een cilindrische constructie waarvan de bovenkant is afgesloten (omgekeerde emmer, zie afbeelding II.3). Een suction bucket wordt geïnstalleerd door het op de zeebodem te plaatsen en vervolgens een pomp te activeren die water uit de bucket verwijdert waardoor de bucket zich vastzuigt en in de bodem dringt. Boven op de suction bucket wordt de turbinepaal gemonteerd.

Afbeelding II.3 Suction bucket



Er zijn ook drijvende turbinefundaties, die met ankers op hun plek worden gehouden. Vooral in diepere wateren zijn er voordelen van een dergelijke constructie, omdat fundamente daar kostbaar zijn. Vanwege de (geringe) waterdiepte in kavel III (20 - 30 m) liggen drijvende turbines minder voor de hand.

#### .4 Aanlegwijze paalfunderingen

De funderingen die gebruik maken van palen, te weten monopaal, jacket, tripod of suction bucket, kunnen op verschillende wijzen worden aangelegd:

- intrillen;
- heien;
- boren;
- suction;
- afzinken.

Onderstaand wordt dit nader toegelicht.

##### Intrillen

Door trilapparaten te bevestigen boven op de funderingspaal, die aan een kraan hangt, kan door middel van trillingen de funderingspaal de grond in worden gebracht. Terwijl de paal langzaam neergelaten wordt, zorgen de trillingen ervoor dat de paal onder zijn eigen gewicht in de bodem zakt. Specifieke combinaties van trillingsfrequentie en energie zijn nodig voor verschillende paalafmetingen en grondcondities. Voor palen met grote diameter kunnen in plaats van één groot trilapparaat enkele kleinere apparaten gezamenlijk worden toegepast. Trillen is een gebruikelijke methode om damwanden te installeren in een stedelijke omgeving.

##### Heien

Afhankelijk van de bodemcondities, de diameter van de fundering en de hei-energie wordt geheid binnen de geluidnorm. Deze geluidnorm is relevant als het gaat om het in beeld brengen van de gevolgen van onderwatergeluid voor met name zeezoogdieren. Heien is voornamelijk de standaardtechniek.

##### Boren

2 varianten zijn te onderscheiden bij het boren, namelijk variant 1 waarbij eerst een gat wordt geboord waarna de fundatiepaal wordt geplaatst, en variant 2 waarbij van binnenuit een monopaal wordt geboord. Een voordeel van boren is dat minder geluid wordt gegenereerd dan bij heien.

### Suction

Een suction bucket wordt geïnstalleerd door het op de zeebodem te plaatsen en vervolgens een pomp te activeren die water uit de bucket verwijderd. Hierdoor wordt een drukverschil opgewekt wat resulteert in een neerwaartse kracht. Hierdoor wordt de suction bucket in de zeebodem gedrukt. Wanneer de pomp is uitgeschakeld wordt de fundering ondersteund door wandwrijving en draagkracht op de onderrand van de bucket, waardoor samen voldoende draagkracht wordt gemobiliseerd. De offshore olie- en gasindustrie heeft uitgebreide ervaring met suction buckets. Een voordeel van suction is dat er minder geluid wordt gegenereerd dan bij heien. Monopalen, tripods, tripiles en jackets kunnen door middel van suction buckets geïnstalleerd worden.

### Afzinken

Een gravity based funderingstype wordt naar de juiste locatie gevaren en vervolgens afgezonken met ballast van water en zand. Voorafgaand aan de plaatsing van de basis op de zeebodem kan een laag van rotsen/stenen worden aangebracht, waarop deze basis geplaatst wordt.

## .5 Elektrische infrastructuur

De inter-array bekabeling, dat wil zeggen de kabels binnen het windpark tussen de turbines en het nabijgelegen transformatorstation van TenneT op zee wordt uitgevoerd op een spanningsniveau van 66 kV. De kabels hebben een diepteligging van 1 m om beschadigingen te voorkomen. Hiertoe wordt een initiële (= aanleg) begraafdiepte aangehouden van zo'n 1,5 à 2 m.