

Waaruit bestaat een windturbine?

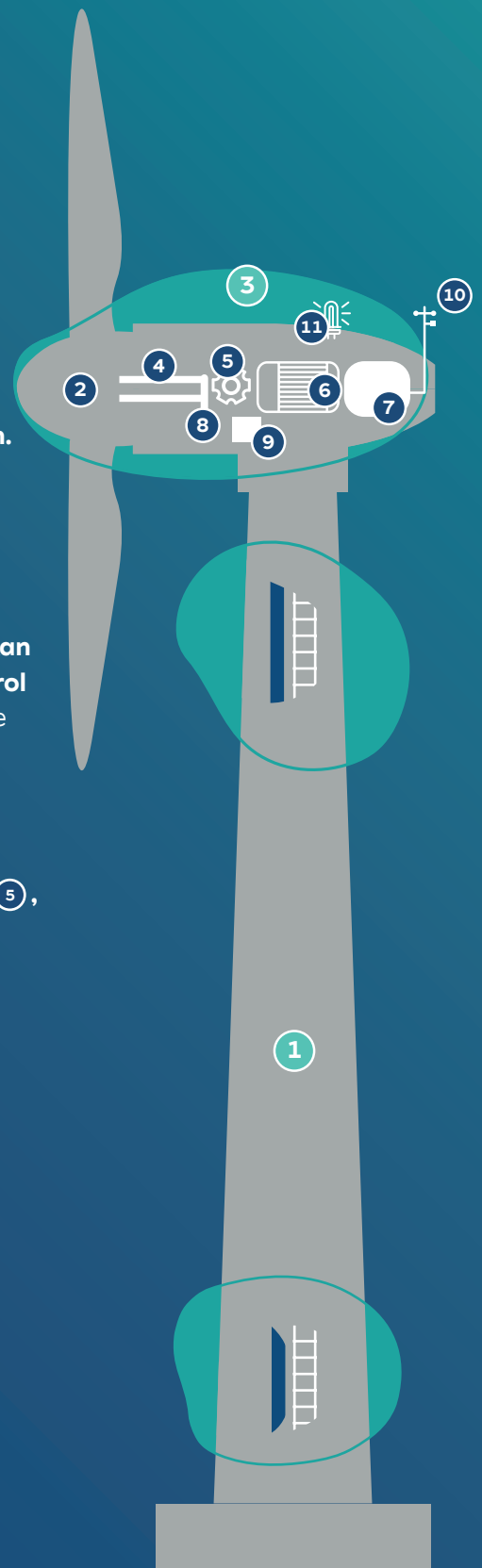
Een windturbine bestaat uit verschillende hoofdonderdelen:

De toren ① is meestal een buisconstructie van geprefabriceerde secties die ter plaatse worden geassembleerd en kan **tot 170 meter hoog worden**. Hij heeft een dubbele functie: **hij absorbeert de trillingen die worden veroorzaakt door de rotatie van de rotorbladen en ondersteunt zowel de rotor als de gondel**.

De rotor ② bestaat uit drie bladen die zijn bevestigd aan een draaipunt, de zogenaamde naaf. **De hoek van de bladen ten opzichte van de wind kan worden aangepast** met behulp van een regelmechanisme dat **pitch control** wordt genoemd. In de juiste hoek beginnen de bladen de kinetische energie te oogsten.

De gondel ③ vormt het bovenste deel van de windturbine en herbergt de belangrijkste onderdelen om mechanische energie om te zetten in elektrische energie. Hiertoe behoren **de aandrijfas** ④, **de tandwielkast** ⑤, **de generator** ⑥, **de transformator** ⑦, **het remsysteem** ⑧ en **het krui-systeem** ⑨, dat de oriëntatie van de turbine rond zijn verticale as regelt, waardoor de rotor wordt uitgelijnd met de windrichting.

De anemometer of windsensor ⑩, bevindt zich op de gondel en meet de windsnelheid en -richting, waardoor de prestaties van het systeem worden geoptimaliseerd. **De detectieverlichting voor de luchtvaart** ⑪ maakt gebruik van knipperende lichten om vliegtuigen te waarschuwen voor de aanwezigheid van de windturbine om de veiligheid in het luchtruim te garanderen.



Belangrijkste onderdelen van een windturbine

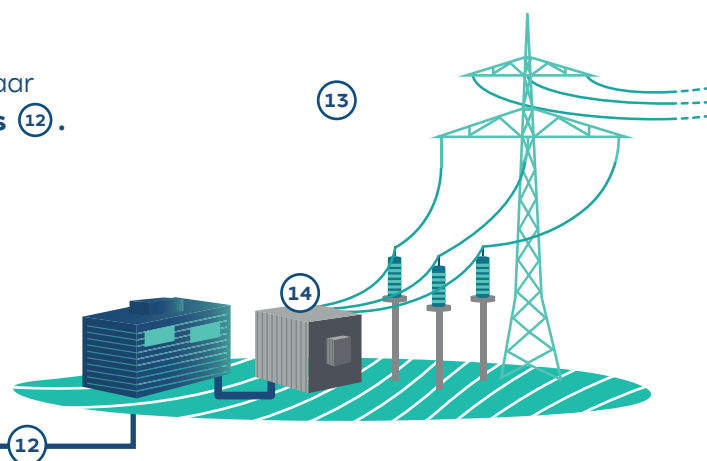
- | | |
|----------------|-----------------------|
| ① Toren | ⑦ Transformator |
| ② Rotor | ⑧ Remsysteem |
| ③ Gondel | ⑨ Krui-systeem |
| ④ Aandrijfas | ⑩ Anemometer |
| ⑤ Tandwielkast | ⑪ Detectieverlichting |
| ⑥ Generator | |



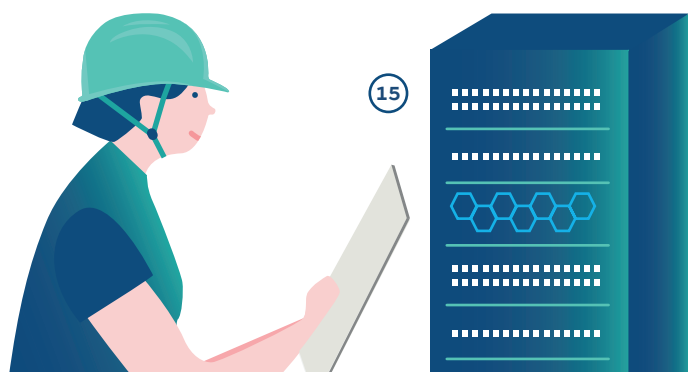
Een windpark bestaat uit meerdere windturbines die met elkaar verbonden zijn door ondergrondse **middenspanningskabels** ⑫. De opgewekte elektriciteit wordt meestal omgezet naar hoogspanning in een **onderstation** ⑬ met behulp van een **transformator** ⑭ voordat ze wordt ingevoerd in het transmissie- of distributienetwerk.

Windturbine

- ⑫ Middenspanningskabels
- ⑬ Onderstation
- ⑭ Transformator
- ⑮ SCADA



Het Toezicht-, Controle- en Data-verzamelingssysteem, bekend als **SCADA** ⑮, is vaak ondergebracht in een apart gebouwtje nabij het windpark. Met dit systeem worden de **turbines dag en nacht gemonitord** en kunnen ze, ook op afstand, worden bediend.



Hoe werkt een windturbine?

Windturbines zetten de kinetische energie van de wind om in mechanische rotatie-energie, die op haar beurt wordt omgezet in elektrische energie.

In de windturbine wordt mechanische energie omgezet in elektrische energie, die vervolgens aan het openbare elektriciteitsnet wordt geleverd.

Zodra de **windsnelheid** ① (kinetische energie) de minimale startdrempel van ongeveer **3 meter per seconde (m/s) bereikt, schakelt de driebladige rotor** ② over van de ruststand naar de werkstand en wordt de kinetische energie omgezet in mechanische energie. De rotorsnelheid neemt evenredig met de windsnelheid toe totdat de **maximale snelheid wordt bereikt bij ongeveer 25 m/s**.

Onderdelen van de werking van windturbines

- | | |
|---------------------|-------------------------|
| ① Windsnelheid | ⑤ Tandwielkast |
| ② Driebladige rotor | ⑥ Generator |
| ③ Gondel | ⑦ Transformator |
| ④ Aandrijfas | ⑧ Middenspanningskabels |

De rotor is verbonden met **de gondel** ③ via **de aandrijfas** ④, die met **dezelfde snelheid draait als de bladen** (max. 16 omwentelingen per minuut).

De mechanische energie wordt eerst versterkt door een **tandwielkast/versnellingsbak** ⑤ (met een factor van ongeveer 100) en vervolgens overgebracht naar **de generator** ⑥, waar de **mechanische energie** met behulp van een spoel en magneet wordt omgezet in **elektrische energie**.

De generator produceert laagspanningselektriciteit, die vervolgens door de **transformator** van de turbine wordt verhoogd naar middenspanning ⑦.



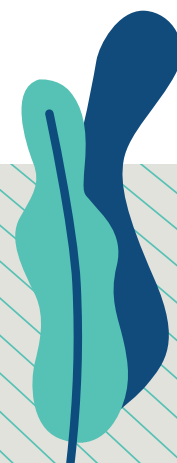
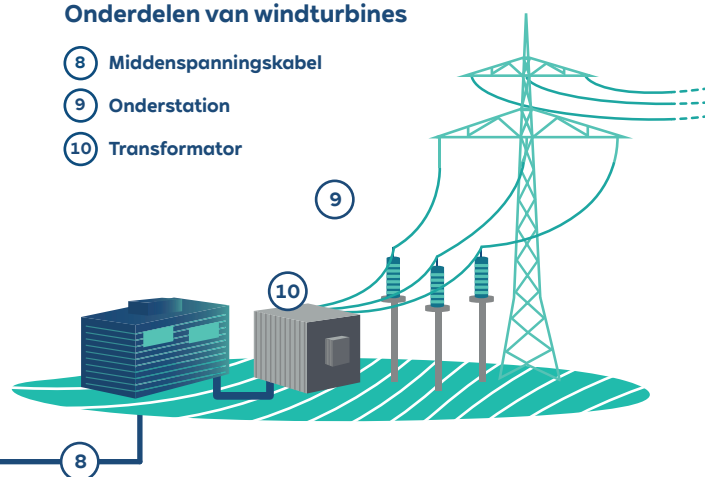


De elektriciteit die wordt opgewekt door de turbines van het windpark wordt via **ondergrondse kabels** ⑧ naar een **onderstation** ⑨ geleid dat verbonden is met het openbare elektriciteitsnet. Daar wordt de elektriciteit met behulp van een **transformator** ⑩ omgezet in hoogspanning en aan het net geleverd.

Zo gebruiken windparken wind om op een duurzame manier elektriciteit op te wekken.

Onderdelen van windturbines

- ⑧ Middenspanningskabel
- ⑨ Onderstation
- ⑩ Transformator



Hoe wordt een windturbine gebouwd?

Eerst wordt de infrastructuur aangelegd die nodig is voor het transport en de installatie van de onderdelen.

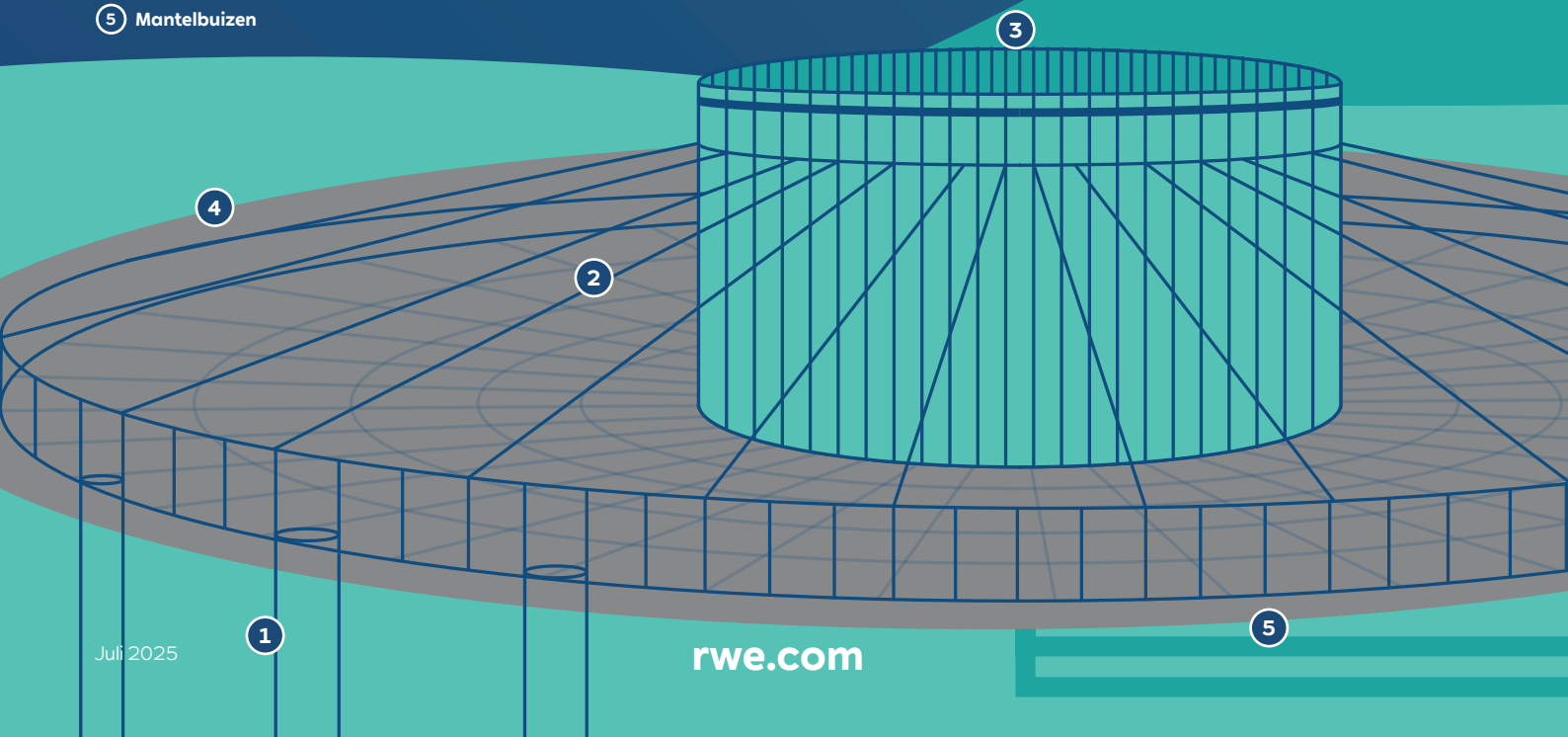
De belangrijkste infrastructurele werken zijn **de funderingen van de windturbines, kraanopstelplaatsen en de toegangswegen binnen en buiten het windpark.**

Een fundering bestaat doorgaans uit **fundatiepalen** ①, een **fundatie** ② met daarin opgenomen een **stalen ankerkooi** ③. Het fundament is verstevigd met **stalen vlechtwerk**. Ankerkooi en fundament worden volgegoten met **beton** ④.

In de funderingen worden mantelbuizen ⑤ gelegd om **elektrische kabels en glasvezel** door te laten.

Fundering van een windturbine

- ① Fundatiepaal
- ② Fundatie
- ③ Ankerkooi
- ④ Beton
- ⑤ Mantelbuizen





Voor de bouw van de windturbine worden **stukken terrein verhard** ③ en gebruikt om onderdelen op te slaan en kranen op te stellen. De terreinen zijn ongeveer 5.000 tot 10.000 vierkante meter groot en **de kranen** ④ kunnen ladingen van meer dan 100 ton hijsen tot een hoogte van 170 meter - vergelijkbaar met een 45 verdiepingen hoog gebouw.

De toren ⑤ is opgebouwd uit verschillende segmenten die op de ankerkooi worden geplaatst. Met een kraan worden ze op elkaar geplaatst. **De gondel** ⑥, die alle belangrijke technische componenten bevat, wordt op de toren gehesen. Wanneer ook **de naaf** ⑧

aan de gondel is bevestigd, worden **de rotorbladen** ⑦ één voor één met de bouwkraan naar de naaf gehesen en vastgemaakt.

Het vervoeren van de hoofdonderdelen van een windturbine is een **logistiek huzarenstukje**. Onderdelen zoals de gondel en torensegmenten wegen evenveel als **60 middelgrote auto's**. De bladen zijn ook ongelooflijk groot. **Ze kunnen 70 tot 80 meter lang** zijn, bijna zo lang als een voetbalveld.

Om het milieu te beschermen en ingrepen zoals het kappen van bomen te voorkomen, worden innovaties zoals de **"Bladlift"** ⑨ gebruikt. Tijdens het transport kunnen de bladen dankzij deze technologie tot 80° worden gekanteld met behulp van hydraulica. Hierdoor kunnen ze door smalle straatjes worden vervoerd en hebben transporten minder ruimte nodig, wat vooral handig is op bochtige wegen.

Onderdelen van de windturbine

- ③ Kraanopstelplaats
- ④ Kraan
- ⑤ Toren
- ⑥ Gondel
- ⑦ Rotorbladen
- ⑧ Naaf
- ⑨ "Bladlift"

