



RUIMTE VOOR CIRCULAIRE WINDTURBINES

Ontwerpend onderzoek naar de ruimtelijke effecten van de circulaire verwerking en levensduurverlenging van windturbines



Scope 3

INVENTARISATIE

Opbouw windturbines 5
Ruimte vraag materiaal windturbine 6
Circulaire strategieën 8
Ruimtelijke stappen per strategie 9
R3 Re-Use 10
R4 Repair en Repower 11
R4 Remanufacture en Repurpose 12
R5 Recycle 13
R6 Recover 14

ONTWERPEN ONDERZOEK

Thema's 16
Keuze te vervangen turbineonderdelen 17
Impact repowering turbines op zee 18
Impact refurbishen turbines op land 19
Ruimte vraag in de havens 20
Toekomstige ruimte vraag 21
Knelpunten havens 22
Locatie havens 23
Ruimte vraag ontmanteling 24
Locatie ontmanteling 25
Versnippering bladen 26
Pyrolyse 27
Bijmengen cementoven 28
Verwerken staal 29
Milieu en verwerking 30
Internationale context 31

CONCLUSIE

Keuzes en vervolgstappen 32
Bronnen 34

Appendix: Praatplaat

Scope

Nederland is volgens de klimaattafels in 2050 circulair en overgestapt op hernieuwbare energie. De windturbines die nu worden geplaatst in het kader van de energietransitie, zullen aan het eind van hun levensduur circulair worden verwerkt. Gezien de grote hoeveelheid turbines die zijn gepland en al zijn gebouwd, zal de circulariteitstransitie een wezenlijke ruimtelijke impact hebben. De provincies kunnen regionale sturing geven aan deze ruimtelijke impact, maar missen vooralsnog inzicht om bewuste keuzes te maken.

Om eerste inzichten te verkrijgen onderzochten de provincies Noord-Holland en Zuid-Holland met Generation Energy middels ontwerpend onderzoek **wat de ruimtelijke effecten zijn van de verwerking en levensduurverlenging van windturbines op zee en land.**

INVENTARISATIE

1. Welke levensduurverlengende en circulaire verwerkingsprocessen zijn er?
2. Wat zijn de ruimtelijke stappen van de verschillende verwerkingsprocessen
3. Welke verwerkingsprocessen passen binnen de provincies?

Resultaat:

- Overzicht circulaire verwerkingsprocessen
- Identificatie ruimtelijke stappen van de procesketens

Het onderzoek bestond uit drie stappen; een inventarisatie, ontwerpend onderzoek en een reflectie.

Inventarisatie: We maakten een overzicht van de verschillende manieren waarop turbines aangepast, hergebruikt en gerecycled kunnen worden. Middels een serie diagrammen maakten we de ruimtelijke stappen van de verwerkingsprocessen inzichtelijk. We besloten de fase met een werksessie met experts op het gebied van de circulaire verwerking van windturbines. De experts vulden het onderzoek aan.

Ontwerpend onderzoek: Samen met de experts uit de werksessie selecteerden we de circulariteitsprocessen waarvan het aannemelijk is dat ze een rol gaan spelen in de circulariteitstransitie van Noord-Holland

ONTWERPEND ONDERZOEK

1. Welke factoren beïnvloeden de ruimtevraag?
2. Welke specifieke locaties zijn nodig voor het verwerken van turbines?
3. Wat is de impact van de circulaire verwerking van windturbines op andere ruimtelijke ontwikkelingen binnen de provincies?
4. Wat zijn de knelpunten van de verwerking?

Resultaat:

- Plankaarten, diagrammen en principeschetsen met de ruimte impact van de verwerkingsprocessen

en Zuid Holland. Voor deze procesketens brachten we de belangrijkste ruimtevragen in beeld en onderzochten we hoe en waar deze ruimtevraag binnen de provincies landt.

Reflectie:

Samen met een bredere expertgroep met kennis op het gebied van de ontwikkeling van de provincies (bijv. de RES, ontwikkeling van de havens en RO) reflecteerden we op de impact van circulariteitsprocessen op de provincies en welke keuze de provincie hierin kan/moet maken. We maakten inzichtelijk hoe keuzes aan elkaar vastzitten, en bepaalden welke randvoorwaarden nodig zijn.


Dit rapport is een samenvatting van het onderzoek.

REFLECTIE

1. Welke keuzes kunnen/moeten de provincies maken over wat op hun grondgebied gebeurt?

Resultaat:

- Overzichtsplaat



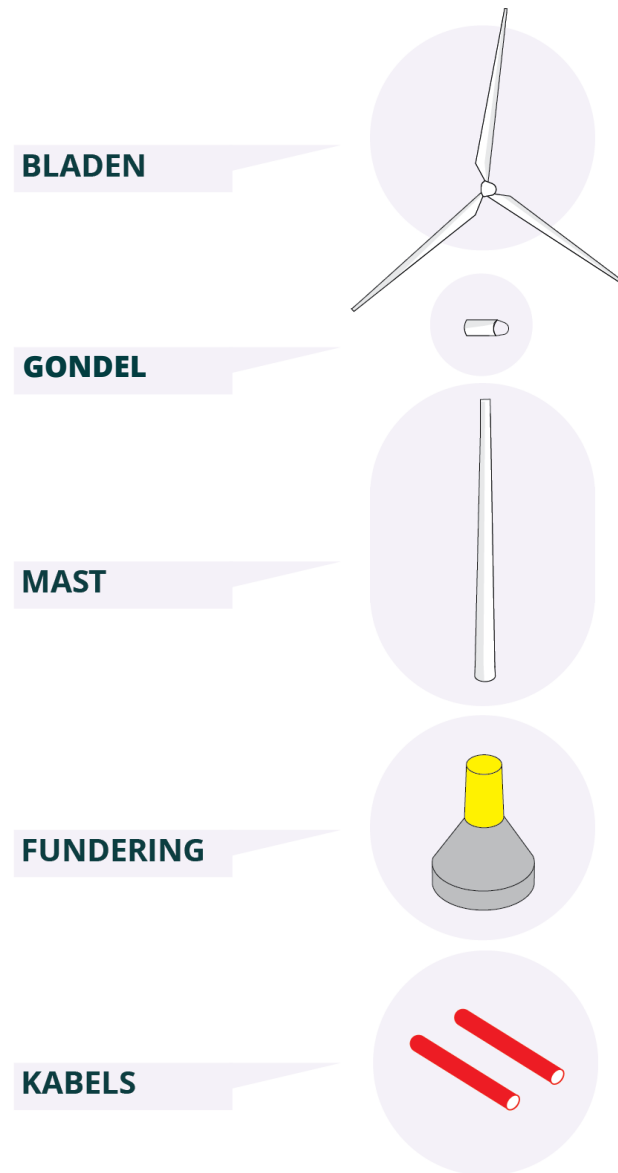
Een circulaire strategie voor het verwerken van turbineonderdelen is nodig om te voorkomen dat de bladen eindigen in landfills

Beeld: Bloomberg

Opbouw windturbine

Een windturbine kan onderverdeeld worden in vijf delen, elk met een eigen functie en materiaalgebruik. Het is uiteraard mogelijk om de turbine in meer detail op te delen, of meer onderdelen mee te nemen (denk bijvoorbeeld aan de transformatorhuizen, die vooral op zee direct onderdeel zijn van een windpark). Om het overzicht te bewaren en gegeven het verkennende karakter van het onderzoek richten we ons in het vervolg van het onderzoek vooral op de bladen, de gondel, de mast, de fundering en de kabels.

Windturbinebladen zijn verbonden en direct vastgeschroefd aan de naaf, die de drie losse bladen verbindt met elkaar en de gondel. Door de roterende beweging 'vangen' de bladen windenergie. De bladen en de naaf zijn verbonden met de gondel, waarin via een generator de kinetische energie wordt omgezet in elektriciteit. De mast ondersteunt en geeft de hoogte aan de gondel. Het type fundering van een windturbine verschilt per locatie. Kabels worden gebruikt om stroom van de locatie van het windpark naar de netinfrastructuur te transporteren.



Ruimte vraag materiaal windturbine

De onderstaande tabel geeft een grove indicatie van de hoeveelheid materiaal die een gemiddelde windturbine op de Noordzee bevat. Veel studies op het gebied van circulaire windturbines richten zich op de rare-earth-elements (REE's), die zich voornamelijk in de gondel bevinden. Deze materialen zijn schaars, duur en komen in veel gevallen uit landen waar minder of geen aandacht wordt besteed aan de omstandigheden van de mijnwerkers die de materialen winnen.

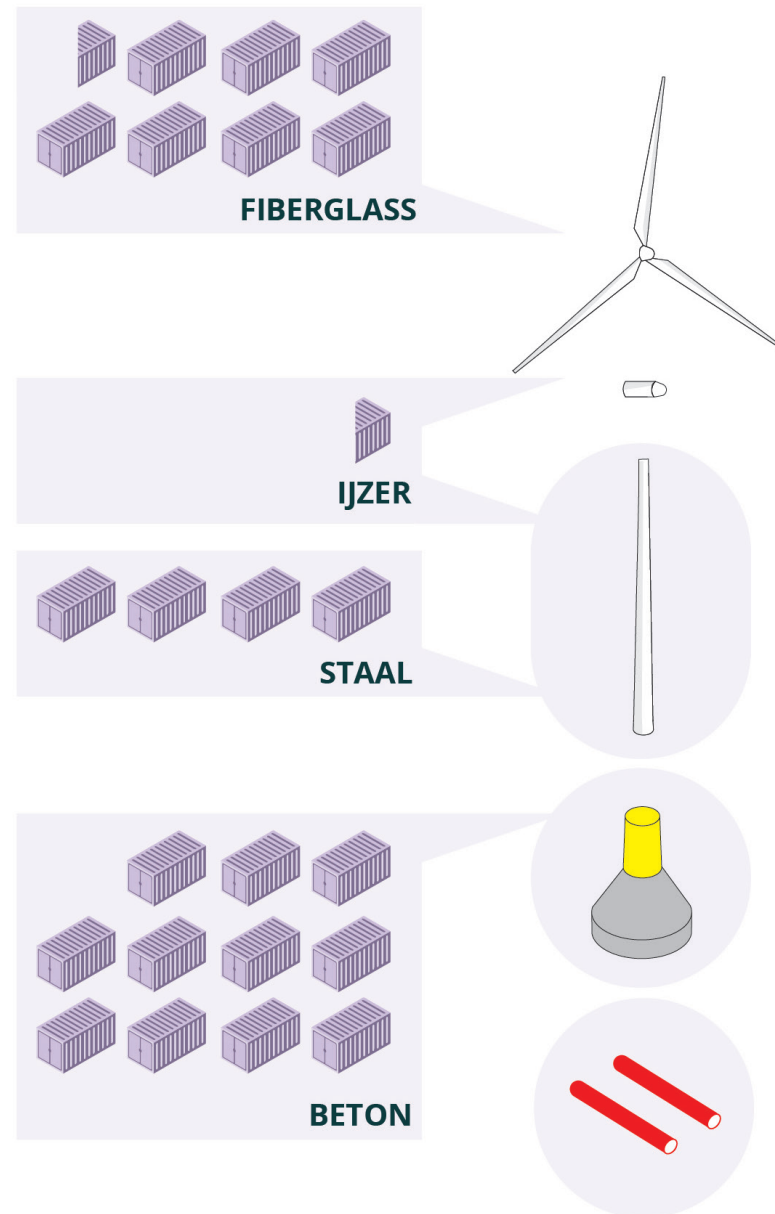
Het is belangrijk om deze materiaalketens te sluiten zodat we als Nederland niet afhankelijk zijn van deze landen. De REE's nemen echter een klein deel in van het totale volume en massa materiaal van een windturbine. Ze zijn daarom minder van belang het bepalen van de ruimtelijke impact van de circulariteitstransitie van windturbines.

In deze studie richt we ons daarom vooral op de materialen met de grootste ruimtelijke voetafdruk, zoals beton, fiberglas en staal. Deze materialen zitten vooral in de fundering, mast en bladen.

		Aluminium	Koper	Ijzer	Staal	Fiberglas	Epoxy	Beton
De verdeling van het materiaal over de turbineonderdelen	Fundering							100%
	Mast				77%			
	Gondel	100%	100%	69%	20%	21%		
	Rotor			31%	3%			
	Wieken					79%	100%	
Uitstoot broeikasgassen	(ton CO ₂ eq/ton)	2,77	2,27	0,37	0,67	5,82	2,8	1,42
Recyclebaarheid	(%)	95%	98%	98%	92%	15%	15%	50%
Kriticiteitrangschikking		Medium	Erg laag	Hoog	Hoog	Laag	Laag	
Massa	(ton)		30	117	2.000	21		1.800
Verhouding tot massa turbine	(%)	0,3%	0,4%	6%	33,9%	3%	1,3%	51,1%

Om de ruimtevraag van het materiaal van één turbine inzichtelijk te maken is de massa van de verschillende materialen omgerekend naar volumes. In de afbeelding hiernaast zijn de materialen met de grootste volumes weergegeven in 40ft zeecontainers. Opvallend is dat de hoeveelheid fiberglas qua gewicht slechts een klein aandeel van de turbine inneemt, maar qua volume meer ruimte inneemt dan al het ijzer en staal samen.

Op basis van de volumes kan een grove inschatting worden gemaakt van de ruimtevraag van de jaarlijkse stroom van het materiaal van windturbines aan het einde van hun levensduur. Tussen 2040 en 2050 zal ongeveer 6.300 containers materiaal per jaar verwerkt moeten worden, dit is enkel de materiaalstroom van de windturbines op zee. Om dit getal in context te plaatsen: 6.300 zeecontainers kun je stapelen tot een toren die 10% hoger is dan de hoogste toren van Nederland. Het is 2% van de containers die jaarlijks worden doorgevoerd in de Rotterdamse haven.



Circulaire strategieën

We bepalen de circulaire strategieën voor het verwerken van een windturbines aan de hand van de R-ladder. Het Planbureau voor de Leefomgeving onderscheidt 6 stappen in de R-ladder. De R-ladder geeft de mate van circulariteit aan. Hoe hoger een strategie op de R-Ladder staat, hoe efficiënter de strategie is.

R1. Refuse en Rethink Het afzien van producten of materialen die eigenlijk niet nodig zijn.

R2. Reduce Het efficiënter gebruiken van grondstoffen tijdens de productie en het gebruik van producten.

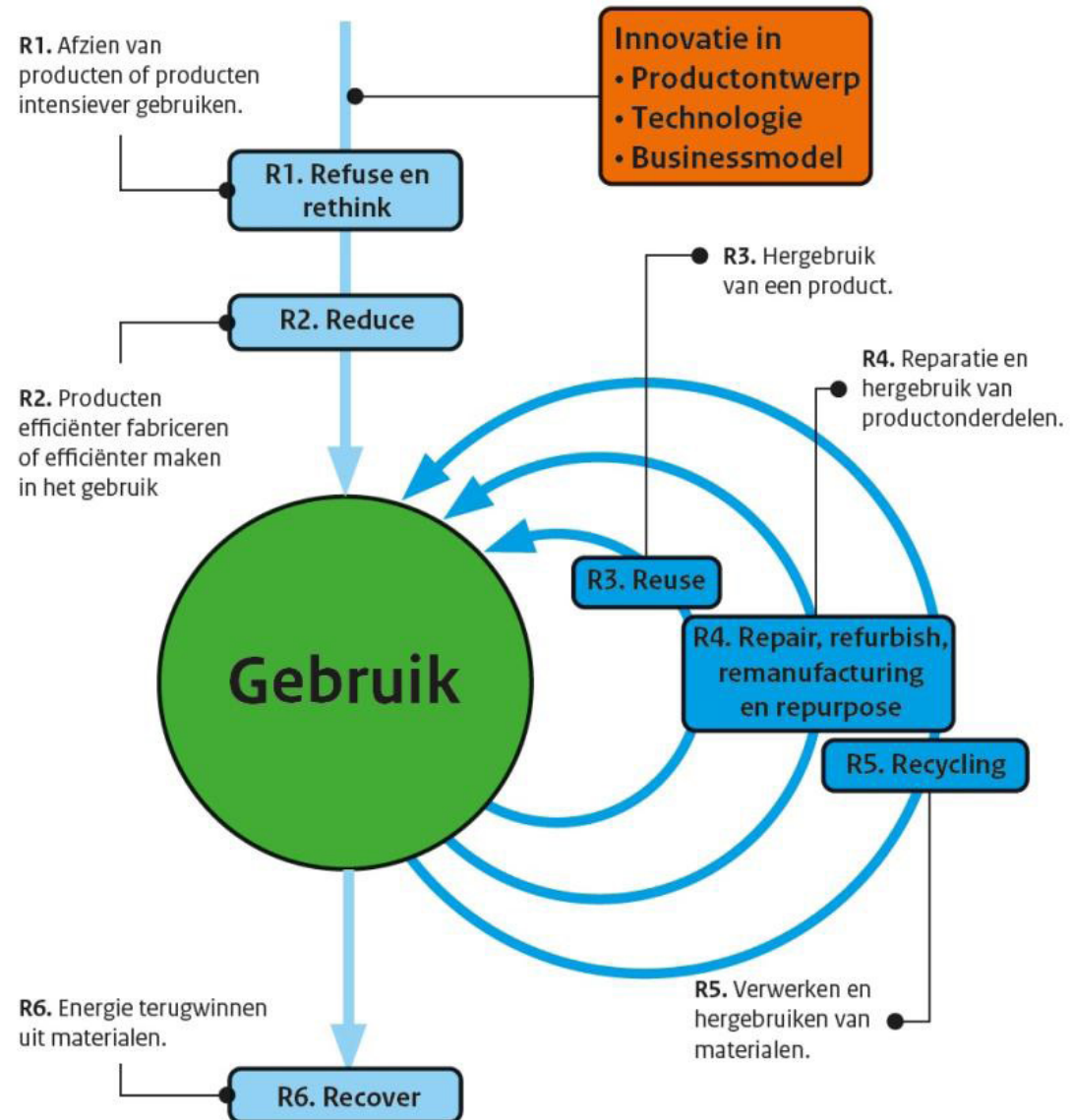
R3. Re-use Het opnieuw gebruiken van afgedankte (maar nog bruikbare) producten.

R4. Repair, Refurbish, Remanufacture en Repurpose Levenduurverlenging of hergebruik van (onderdelen van) producten.

R5. Recycling Materialen verwerken tot grondstoffen met dezelfde (hoogwaardige) of mindere (laagwaardige) kwaliteit dan de oorspronkelijke grondstof.

R6. Recover Het verbranden van materialen met energiet terugwinning. In een circulaire economie komt deze strategie zo min mogelijk voor.

R-ladder met strategieën van circulariteit



Ruimtelijke stappen per strategie

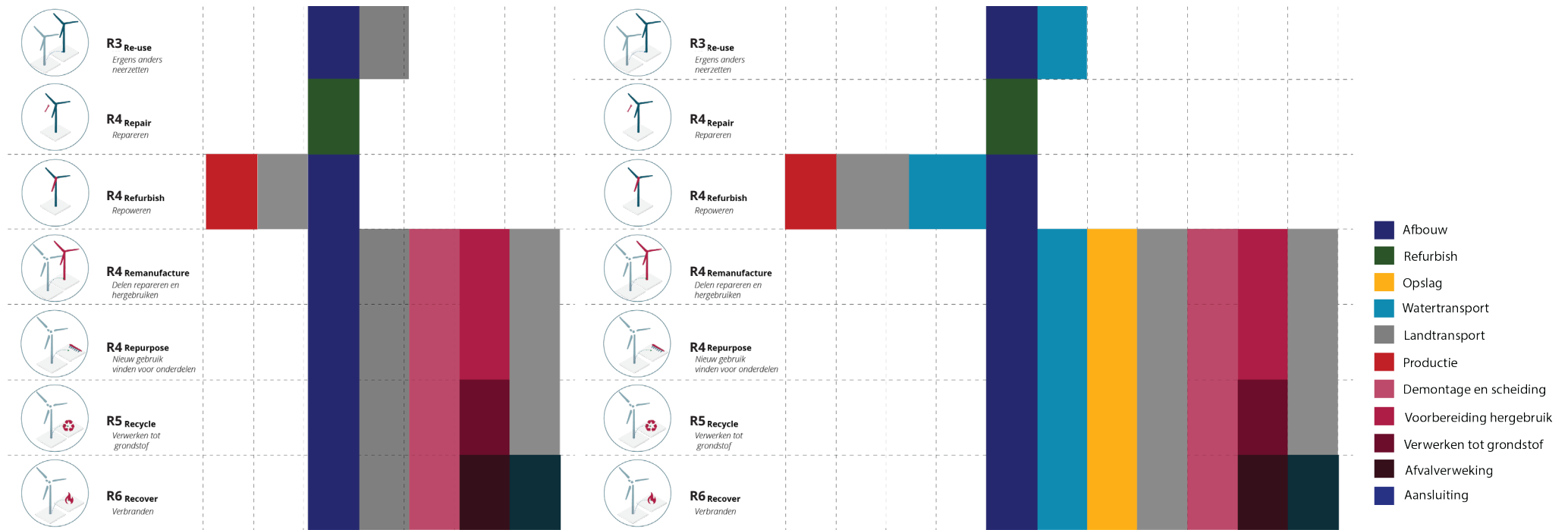
De strategieën Refuse, Rethink en Reduce (R1 en R2) reduceren de hoeveelheid materiaal door producten niet te gebruiken of anders te ontwerpen. Aangezien er in de klimaattafels en de RES is afgesproken om de energietransitie (deels) in te vullen met opwekking middels windturbines, spelen deze strategieën geen rol in dit onderzoek.

De strategieën R3 tot en met R6 zijn als end-of-life strategieën of strategieën voor levensduurverlening wel relevant.

Per strategie zijn zoveel mogelijk de *ruimtelijke* stappen van de procesketens in beeld gebracht. Met ruimtelijke stappen bedoelen we de verschillende locaties die nodig zijn voor het verwerkingsproces.

Het zou dus kunnen dat een ruimtelijke stap meerdere technische stappen bevat. We hebben de stappen zowel voor het verwerken van een turbine op land en een turbine op zee in beeld gebracht.

Hieronder staan de stappen in een overzichtstabel, op de volgende pagina's zijn ze in meer detail weergegeven.



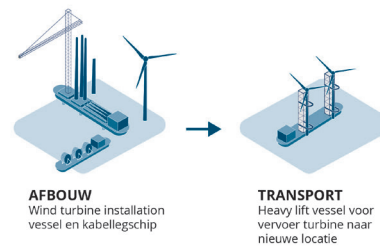
R3 Re-Use

Windturbines worden vaak voor 25 jaar vergund. Indien de vergunning niet wordt verlengd kunnen de turbines afgebroken worden en verscheept worden voor kunnen de turbines verscheept worden voor gebruik op een andere locatie. Echter, het ontwerp en de materialisatie van windturbines wordt steeds meer toegespitst op de vergunningsduur. Hierdoor wordt de vergunningsduur bepalend voor de gegarandeerde levensduur van een turbine of essentiële onderdelen van de turbine. Waar er nu nog een markt is voor tweedehands turbines zal in de toekomst de kwaliteit van de (onderdelen van) turbines na de vergunningstijd moeilijk te garanderen zijn.

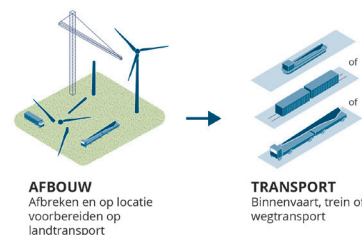
Tijdens de expertsessies waren de meningen over deze ontwikkeling verdeeld. Sommige experts zien door deze ontwikkeling in de toekomst geen mogelijkheid meer voor een re-use strategie. Anderen zagen het juist als een teken dat wetgeving nodig is om de kwaliteit van de turbines ook na 25 jaar te garanderen. Het zou immers zonde zijn als één van de duurzaamste verwerkingsstrategieën (met een grote invloed op het verkleinen van de materiaalstroom) niet meer kan worden toegepast door een kostenafweging op de korte termijn.

Re-Use

Zee



Land



Overzicht ruimtelijke stappen van circulaire verwerkingsstrategieën

R4 Repair en Repower

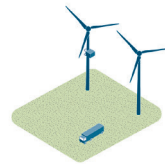
Repair

Zee



REPARATIE
Repareren op locatie

Land



REPARATIE
Repareren op locatie

Vanwege de vergunningsduur van 25 jaar is levensduurverlenging van windturbines vaak niet nodig. De levensduur van een turbine wordt immer meestal niet bepaald door het in verval raken. Wanneer de looptijd van een vergunning verlengd zou worden, bepalen vooral de wieken de fysieke levensduur van een turbine. De wieken zijn moeilijk te repareren maar kunnen wel vervangen worden. Verschillende producenten zijn bezig met het ontwikkelen van modulaire wieken, zodat het vervangen makkelijker wordt.

Ook de voortschrijdende ontwikkeling van nieuwe type turbines kan van invloed zijn op deze R-strategie. Een windparkontwikkelaar zal een turbine gaan vervangen op het moment dat de opbrengst van een nieuwer model de investering van een vervanging waard is.

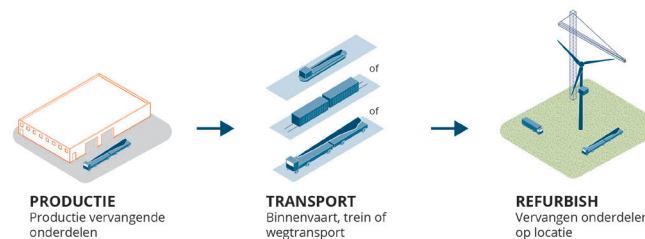
Het vervangen van onderdelen (refurbishen) om de opbrengst van een turbine te verhogen zou de gebruiksduur van de overige onderdelen kunnen verlengen. Refurbishen is daardoor een meer voor de hand liggende strategie om de levensduur van turbines te verlengen dan reparatie.

Refurbish

Zee



Land



Overzicht ruimtelijke stappen van circulaire verwerkingsstrategieën

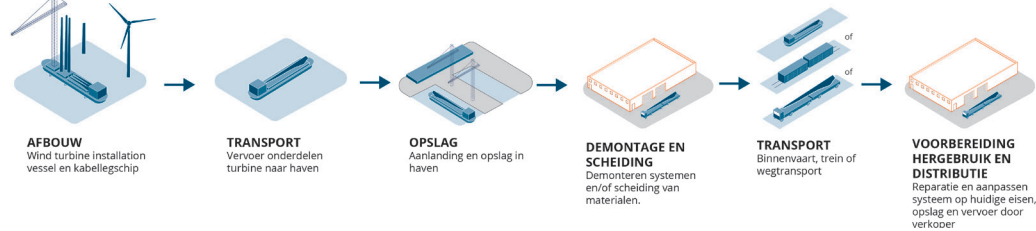
R4 Remanufacture en Repurpose

Wanneer turbines aan het eind van hun levensduur worden ontmanteld kunnen de onderdelen of losse materialen een nieuw leven krijgen. Delen van de turbine kunnen worden gerepareerd en daarna geïnstalleerd op een nieuwe turbine. Dit is vooral mogelijk voor kleinere onderdelen in de gondel.

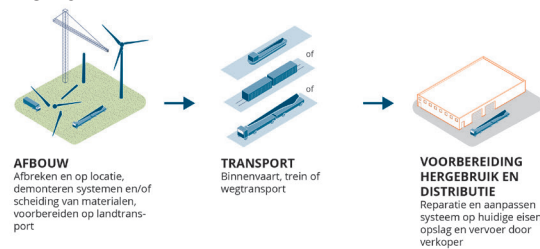
Voor de onderdelen met een grotere ruimtevraag, zoals de wieken en de mast is deze vorm van hergebruik minder gebruikelijk. Ze zijn moeilijk te repareren en de kosten van een nieuw product zijn vaak lager. Wel kunnen de materialen worden verwerkt en toegepast als nieuw product. Vooral voor de windturbinebladen worden zijn veel manieren van repurposing in ontwikkeling. Deze variëren van sympathiek maar weinig impactvol herbestemmen (zoals in speeltoestellen en ski's) tot speculatief maar met de potentie om op grote schaal toe te passen (zoals dakpannen, geluidswallen en damwanden).

Remanufacture

Zee

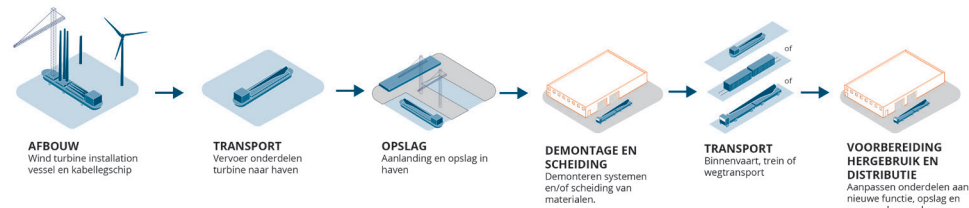


Land

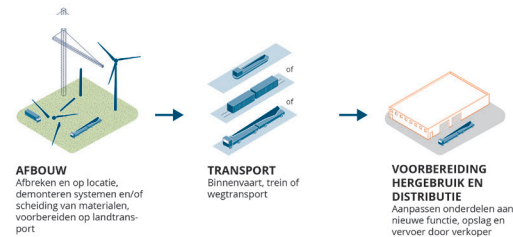


Repurpose

Zee



Land



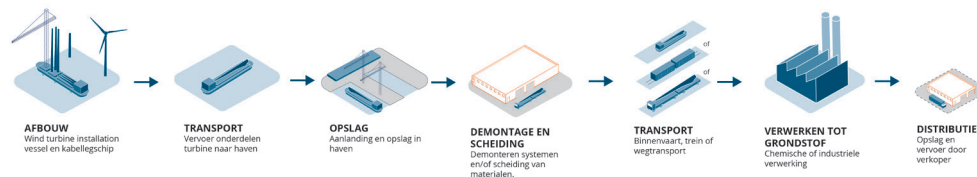
Overzicht ruimtelijke stappen van circulaire verwerkingsstrategieën

R5 Recycle

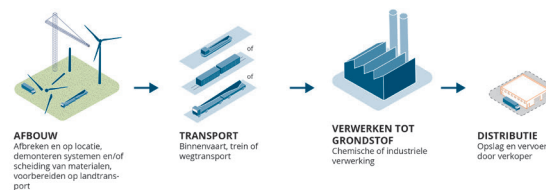
Wanneer een directere vorm van hergebruik niet mogelijk is kunnen materialen worden verwerkt tot een nieuwe grondstof. In sommige gevallen, zoals bij staal, is deze grondstof gelijkwaardig aan het verwerkte product. In andere gevallen, zoals bij fiberglas, is het eindresultaat laagwaardiger. Eigenlijk zijn er voor alle grote materiaalstromen van een windturbine vervuilende en energieverbruikende processen nodig om tot een nieuwe grondstof te komen.

Recycle

Zee



Land



Overzicht ruimtelijke stappen van circulaire verwerkingsstrategieën

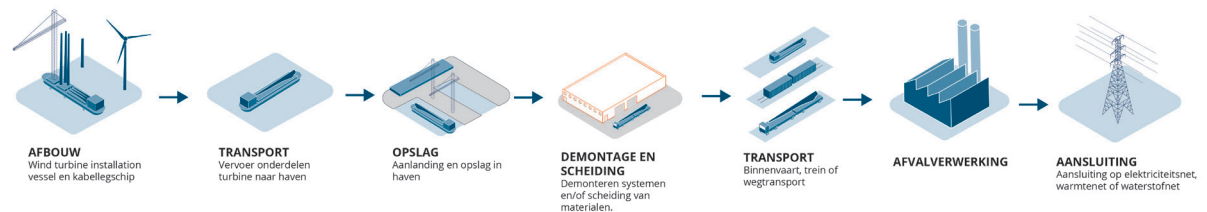
R6 Recover

Wanneer andere circulaire strategieën geen optie zijn kan een materiaal worden verbrand om energie terug te winnen. Vooral voor het materiaal van de wieken is dit nu vaak de (financieel) meest haalbare optie. Toch zijn in veel Europese landen recover processen (zoals verbranden) of het niet circulair verwerken (zoals het dumpen op een stortplaats) van turbineonderdelen verboden. Het bijmengen van wieken in een cementkiln (waarin een deel van de wijk fungeert als brandstof en een deel onderdeel wordt van het cement) wordt vaak nog wel toegestaan als transitie-optie.

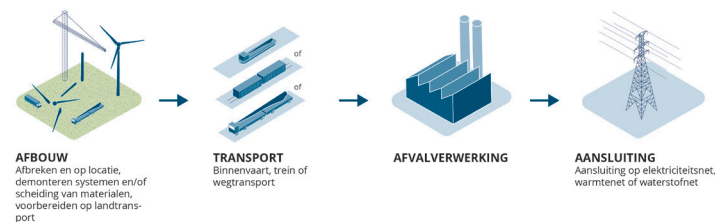
De experts tijdens de werksessies waren het er over eens dat een recoverstrategie niet gewenst is en (waar dat nog niet het geval is) waarschijnlijk ook in Nederland verboden gaat worden.

Recover

Zee



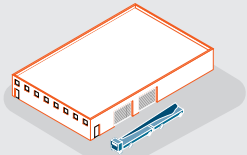
Land



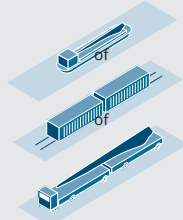
Overzicht ruimtelijke stappen van circulaire verwerkingsstrategieën

VOORBEREIDING

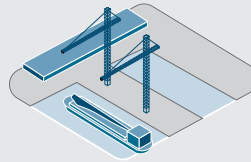
MATERIAALSTROOM VERKLEINEN



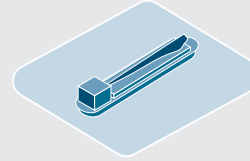
PRODUCTIE VERVANGENDE ONDERDELEN



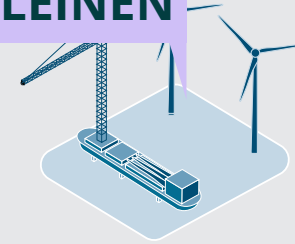
LANDTRANSPORT



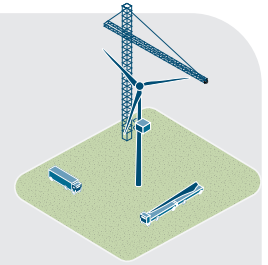
OVERSLAG



ZEETRANSPORT



REFURBISH ZEE



REFURBISH LAND

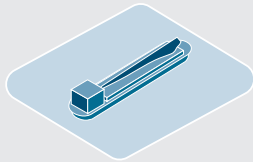
DECOM

DRUK OP DE HAVENS

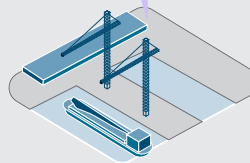
ONTMANTELLEN OP LAND



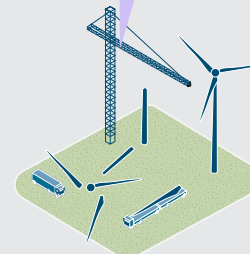
AFBOUW ZEE



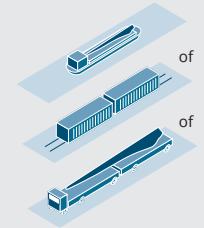
TRANSPORT



OPSLAG HAVEN



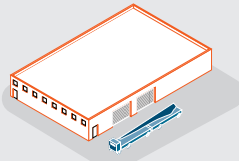
AFBOUW LAND



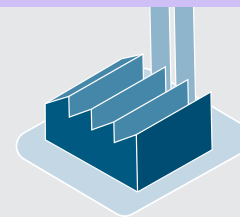
TRANSPORT

VERWERKEN

IMPACT VERWERKINGSMETHODES



VOORBEREIDING HERGEBRUIK



VERWERKEN TOT GRONDSTOF

Op basis van de inventarisatie en de gesprekken met de experts kwam er een overzicht naar voren van circulaire processen die waarschijnlijk een plaats moeten vinden in de provincies, en vier thema's waarvoor we de ruimtelijke impact verder onderzoeken.

Thema's

Tijdens de expertsessies kwamen vier thema's meerdere keren ter sprake (zie vorige pagina). Rond deze thema's is nog onzekerheid, wordt weinig onderzoek gedaan of kunnen potentieel keuzes worden gemaakt met een grote ruimtelijke impact.

Verkleinen materiaalstroom

Circulaire verwerkingsstrategieën hebben invloed op de ruimtevraag van de materiaalstroom van de windturbines. Om te sturen op een kleinere materiaalstroom is er kennis nodig over de ruimtelijke impact van de verschillende strategieën.

Druk op de havens

De voetafdruk van het te verwerken turbinemateriaal lijkt mee te vallen in vergelijking met de materiaalstromen die nu al worden verwerkt in Nederland. De verwerking van windturbines stelt wel ruimtelijke voorwaarden aan havens, waardoor het aantal havens waar verwerking plaats kan vinden beperkt is, om knelpunten te voorkomen moet de druk op deze havens in beeld worden gebracht.

Ontmantelen op land

De ontmanteling van turbines op land wordt vaak als een gegeven beschouwd. Om zeker te zijn dat hier geen problemen ontstaan moet de ruimtevraag van dit ontmantelingsproces duidelijk worden.

Impact verwerkingsmethodes

Elke verwerkingsmethode heeft een eigen ruimtelijke impact met een directe voetafdruk en een indirecte ruimteclaim in de vorm van milieu- en veiligheidsbuffers. Daarnaast heeft een verwerkingsfaciliteit een eigen bedieningsgebied, faciliteiten die te dicht bij elkaar worden geplaatst kunnen elkaar daardoor uit de markt concurreren.

In het vervolg van dit rapport duiken we dieper in de vier thema's. We beschouwen de thema's op verschillende schaalniveaus en stellen per schaal onderzoeksvragen die aansluiten op de discussies met de experts.

	Wat is de ruimtelijke impact van het beperken van de materiaalstroom?	Welke havens zijn geschikt voor de ontmanteling van turbines?	Wat is de impact van de ontmanteling van turbines op land?	Welke verwerkingsmethodes zijn wenselijk?
LOKAAL	Hoeveel materiaal wordt er bespaard door refurbishen en hoeveel ruimte levert dat op? Hoe beïnvloedt het refurbishen de impact op het lokale ecosysteem? (zee)	Wat is de ruimtevraag voor het opslaan van een windturbine?	Wat is de ruimtevraag voor het ontmantelen van een turbine op land?	Wat is de ruimtevraag van verschillende verwerkingsmethodes? (hierbij nemen we ook de indirecte ruimtevraag van bijvoorbeeld milieucontouren mee) Wat zijn de ruimtelijke voorwaarden voor de verwerkingsmethodes?
NATIONAAL/PROVINCIAAL	Welke locaties kunnen langer dan de huidige vergunningstijd gebruikt worden? (land)	Welke assets zijn al aanwezig in de havens voor het verwerken van turbines?	Waar is de benodigde ruimte voor het verwerken van een turbine op land beschikbaar?	Wat zijn mogelijke locaties voor verwerkingsmethodes binnen de provincie?
(INTER)	Waar draagt refurbishen met meest bij aan het lokale ecosysteem? (zee)	Welke havens zijn strategisch het meest geschikt voor het verwerken van turbines?		Wat gebeurt er al op het gebied van materiaalverwerking buiten de provincie?

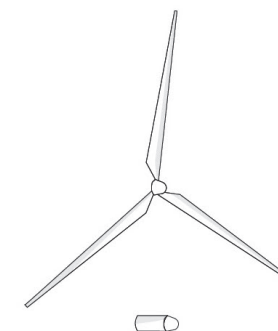
Keuze te vervangen turbineonderdelen

De levensduur van een windturbine wordt op dit moment vooral bepaald door de looptijd van de exploitatievergunning. Experts gaven aan dat turbines worden ontworpen om de 25 jaar van de vergunning te kunnen functioneren, maar het is technisch mogelijk om de turbines zo te ontwerpen dat ze langer meegaan.

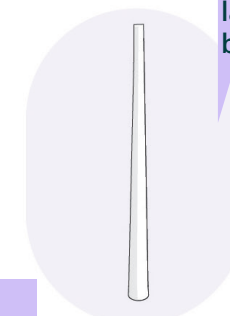
Ook de voortgang van de techniek werkt beperkend voor de levensduur van een turbine. Een windparkontwikkelaar zal een turbine gaan vervangen op het moment dat de extra opbrengst van een nieuwer model de investering van een vervanging waard is. Door de wieken en de gondel te vervangen (repowering) kan de opbrengst van een turbine verhoogd worden. De kabels, fundering en mast kunnen dan worden hergebruikt. Op deze manier kan de ruimtevrage van de materialenstroom met 60% worden verminderd.

		Staal	Beton
Massa	(ton)	31.000.000	36.200.000
Uitstoot broeikasgassen	(ton CO ₂ eq)	10.000	28.500
Ruimtevrage	(Zeecontainers)	60.000	220.000
Ruimtevrage bespaard	(%)	13%	47%

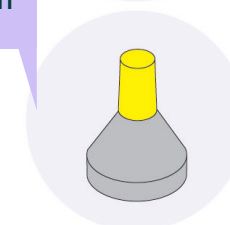
Besparing als vanaf 2025 alle turbines refurbished worden



Masten met een langere levensduur bevatten meer staal



Gravity base funderingen gaan tot 100 jaar mee



Door kabel te overdimensioneren blijven ze langer bruikbaar

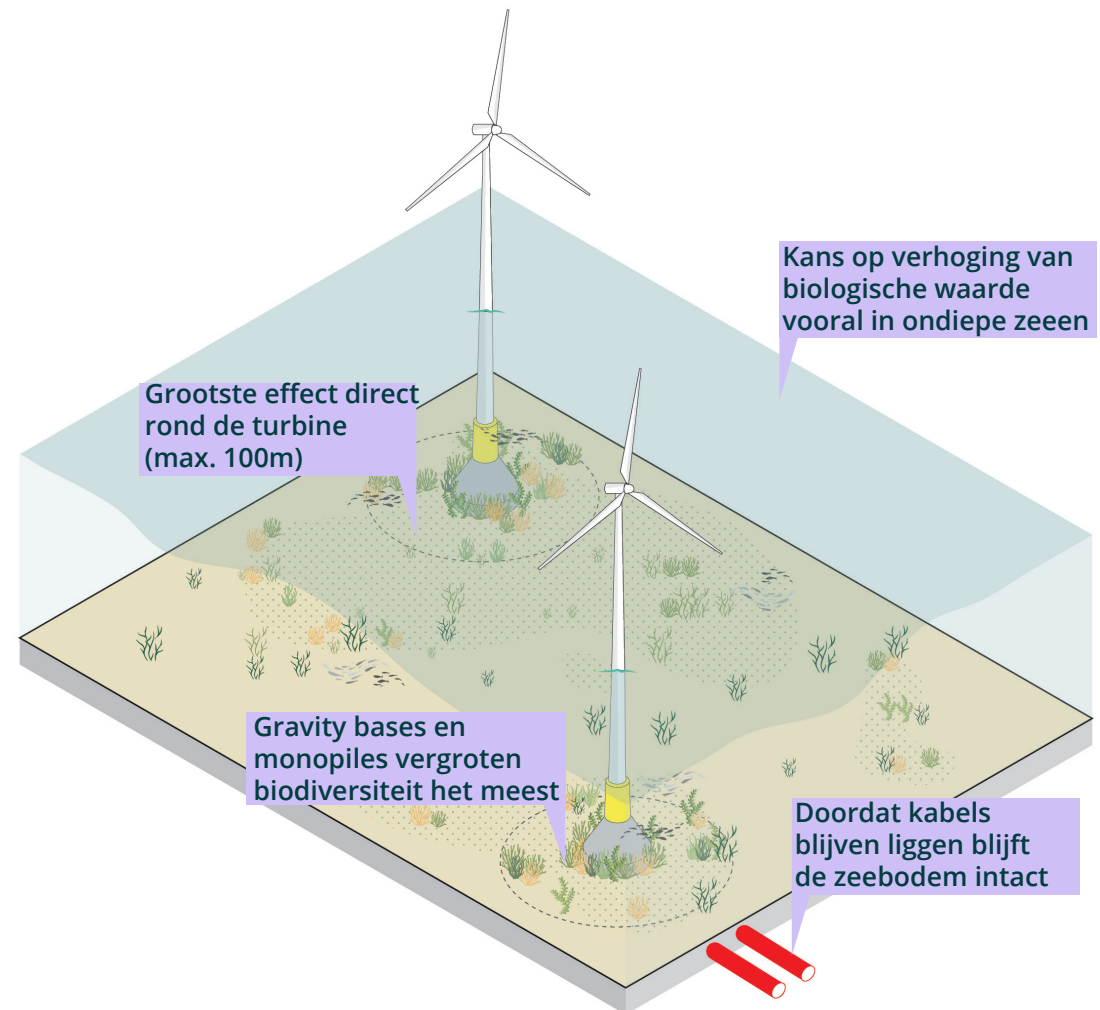


Voorwaarden voor het repoweren van een windturbine

Impact repowering turbines op zee

Rondom de fundering van een turbine ontstaat een kunstmatig rif. Dit rif vormt een habitat voor flora en fauna, vooral voor bodemdieren uit de bentische zone (de laag die loopt van net boven tot net onder de bodem). Ook vissen en zeezoogdieren kunnen voordeel hebben van de riffen. Op deze manier vergroot de fundering de biodiversiteit en verbetert het de biologische waarden als de lokale soorten voordeel hebben van het rif. Soorten hebben vooral voordeel van windparken in ondiepe zeeën (zoals delen van de Noordzee). Op andere plekken trekt het rif flora en fauna aan die concurreert met de soorten die al aanwezig zijn.

Het verwijderen van de fundering en de kabels verstoort de rifbiotoop. Door het repoweren van de wieken en de gondel blijven de kabels en de fundering langer liggen, hiermee draagt levenduurverlenging van de turbine bij aan het behoud van biodiversiteit. De ruimtelijke meerwaarde van deze r-trede is dus groter dan enkel het beperken van de ruimtvraag van het materiaal. De provincie kan sturen op deze meerwaarde door het verlengen van de vergunningstermijnen en het stellen van voorwaarden aan materiaalkeuze voor de kabels en funderingen.

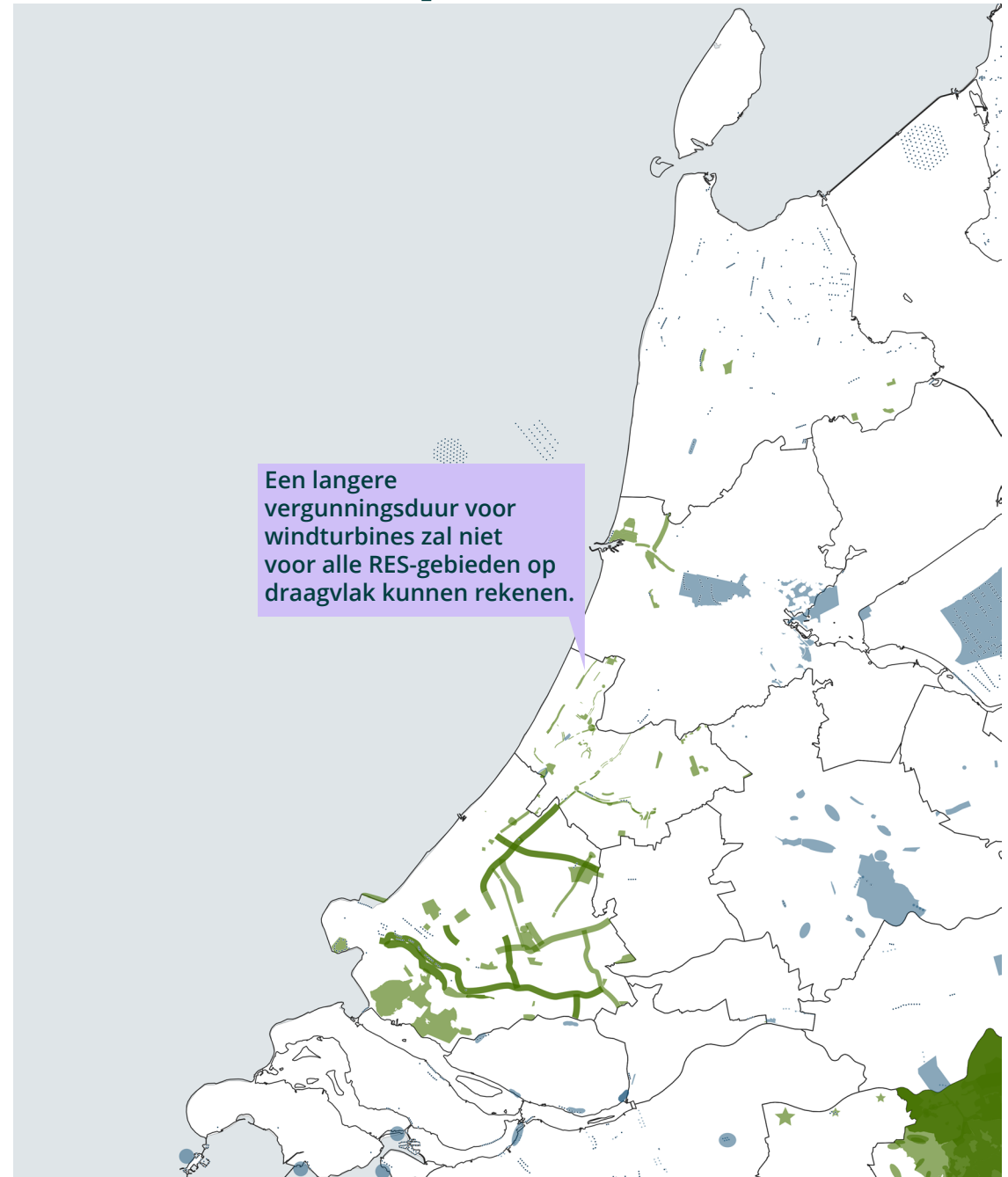


Impact refurbishen turbines op land

Ook op land zijn er ruimtelijke voordelen van het verlengen van de levensduur van windturbines, de materiaalstroom (en daarmee de ruimtevrage) wordt kleiner en ook hier hoeft de omgeving minder overhoop gehaald te worden (zie ook de ruimtelijke impact van de ontmantelen van turbines op land verderop in dit rapport).

Toch zal het moeilijk zijn om voldoende draagvlak te realiseren voor het langer dan 25 jaar laten staan van turbines op land. De vergunningsduur geeft een gevoel van tijdelijkheid. Experts vanuit de RES vertelden dat ze regelmatig het idee tegenkomen dat turbines als techniek niet permanent zijn en dat er (bijvoorbeeld aan het eind van de vergunningsduur in 2050), een nieuwe techniek zal zijn die turbines op land onnodig maakt.

Aan de andere kant wordt een turbine met een participatief verdienmodel juist aantrekkelijker wanneer deze langer blijft staan. Dit zou de draagkracht ook dus ook kunnen vergroten. Ook vragen verschillende circulariteitsexperts zich af of een vergunningsduur van 25 jaar in 2050 nog wel verdedigbaar is. Wordt het weghalen van goed functionerende turbines in een circulair Nederland tegen die tijd niet als verspilling gezien?



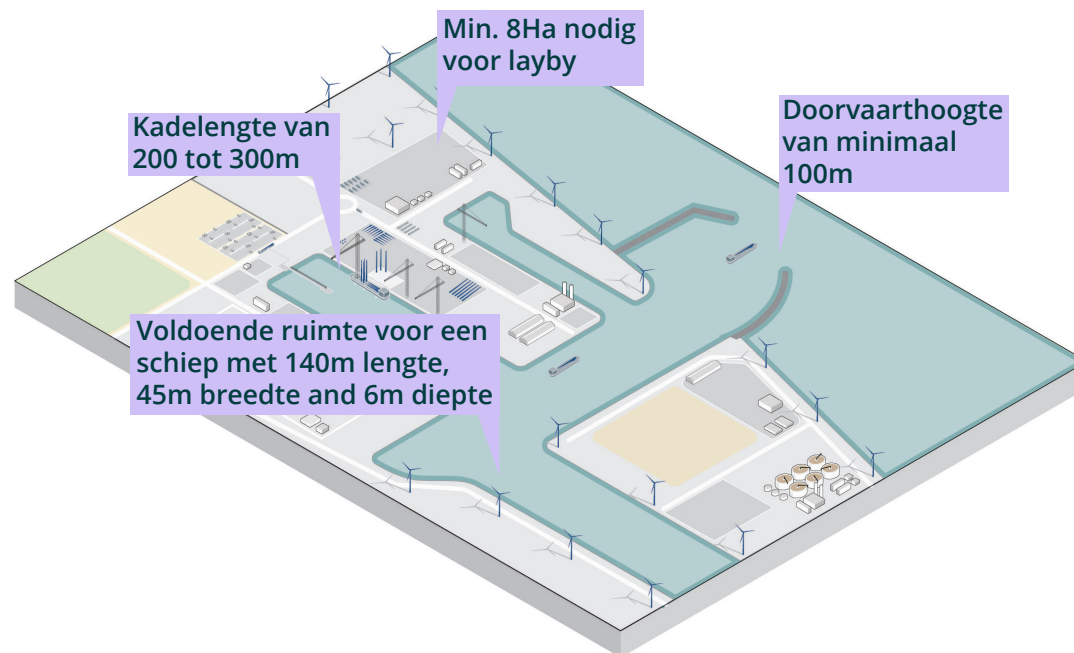
RES zoekgebied voor wind (of wind en zon) in en om de provincies

Ruimtevrage in de havens

Ontmantelingshavens zijn vergelijkbaar met installatiehavens, maar hebben met minder strenge eisen. Er hoeft immers minder voorzichtig te worden omgegaan met turbines aan het eind van hun levensduur. Idealiter hebben ontmantelingshavens bergings- en verwerkingsfaciliteiten op locatie en kunnen sommige havens expertise ontwikkelen voor bepaalde verwerkingsmethodes of soorten materiaal.

Volgens 'Guide to an offshore windfarm' zijn ruimtelijke eisen voor de havens doorgaans:

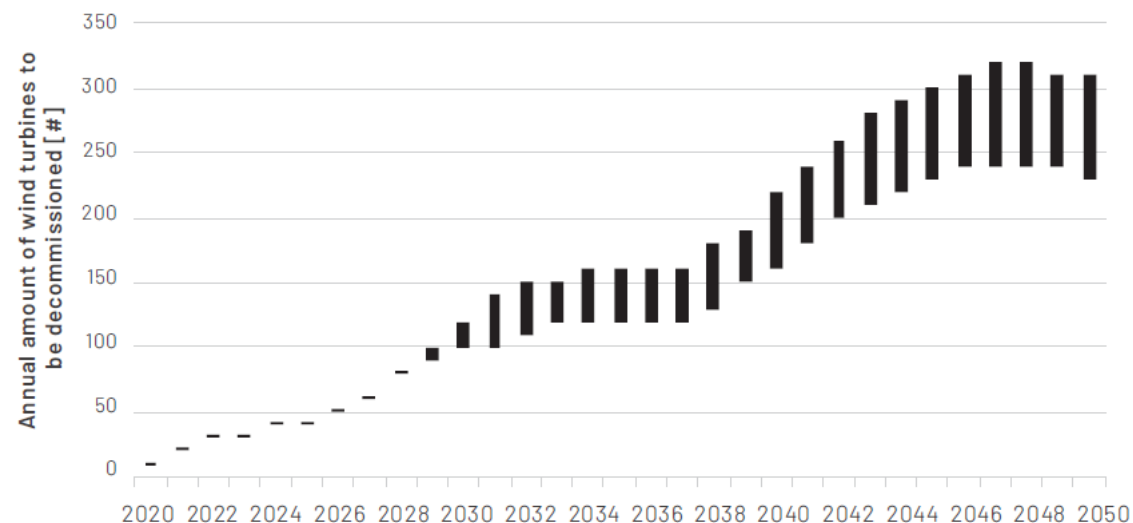
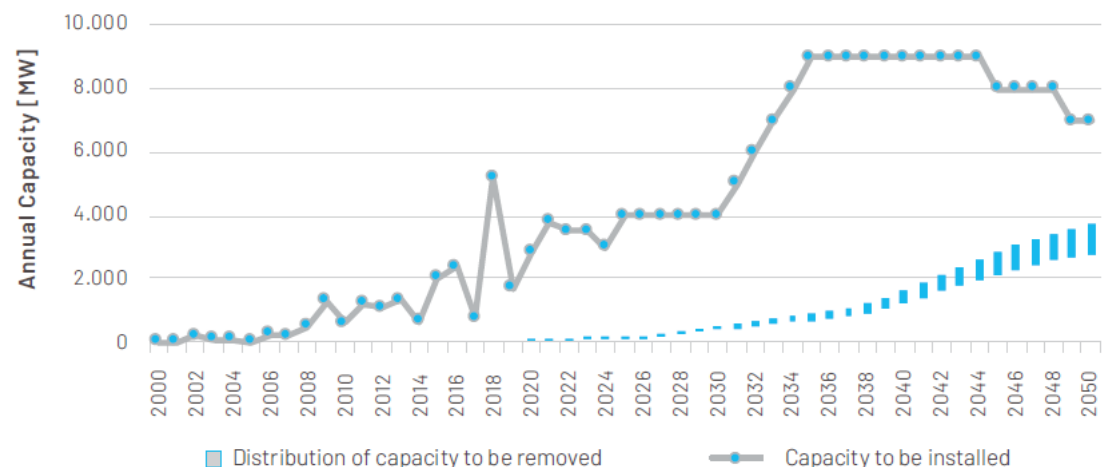
- Minimaal 8 hectare land voor legging en demontage
- Kade met een lengte van 200-300m en een hoog draagvermogen
- Toegankelijk voor schepen met een lengte tot 140m, een breedte van 45m en een diepgang van 6 m zonder getijden- of andere toegangsbeperkingen
- Vrije doorvaarthoogte van minimaal 100 m (voor het verschepen van de masten).
- Voor terreinen met strengere weersbeperkingen of voor grootschalige ontmanteling op locatie kan een extra aanleggebied nodig zijn, tot 30 hectare.



Toekomstige ruimtevrage

De stroom van windturbines die aan het eind van de levensduur weer aan land worden gebracht komt langzaam op gang. Deze turbines komen nu aan in de installatiehavens die ook worden gebruikt voor het plaatsen van nieuwe turbines op zee. Dit betekent het totaal aantal windturbines dat door deze havens komt, de komende jaren steeds groter zal worden. Rond 2050 zullen twee keer zoveel windturbines door de havens heen komen als vandaag. Ervan uitgaande dat het genereren van windenergie op zee een onderdeel zal blijven van de Nederlandse energiestrategie zal de grotere ruimtevrage blijvend zijn. Het is daarom aannemelijk dat de capaciteit van de havens aanzienlijk zal moeten worden uitgebreid.

De druk op de havens kan worden weggenomen door de havencapaciteit voor windturbines te verdubbelen, of door de materiaalstroom te verminderen, bijvoorbeeld door middel van het refurbishen van de turbines of hergebruik van de molens.

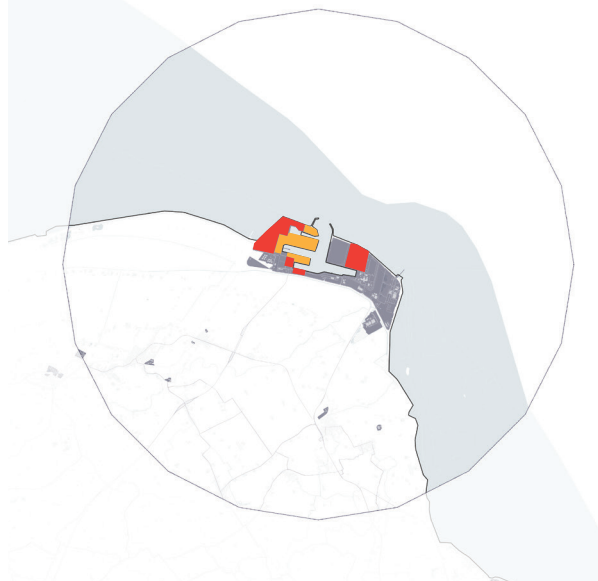


Knelpunten havens

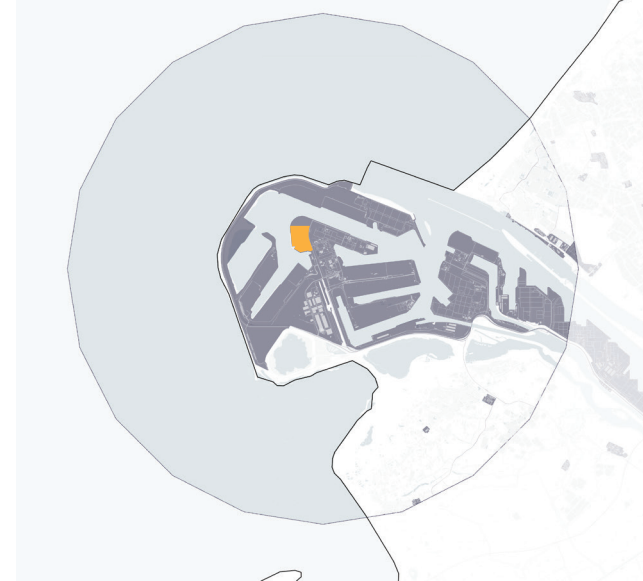
Er zijn op dit moment vier havens in Nederland die gebruikt worden voor het installeren en ontmantelen van turbines; Een aantal van deze havens heeft plannen om de capaciteit voor wind uit te breiden. Ook kleinere havens zoals de Port of Den Helder hebben ambities rond het ontwikkelen van capaciteit voor het circulair verwerken van turbines. Deze ambities zijn afhankelijk van lokale ontwikkelingen en de wijze waarop de ontmantelde turbines naar de haven vervoerd worden (zie de volgende pagina).

De ambities en uitbreidingsplannen zijn geen onderdeel van een grotere strategie die is afgesteld op de verwachte materialenstroom. Het zou dus kunnen dat er knelpunten ontstaan rond de havens. Zeker aangezien circulaire windturbines niet de enige ruimteclaim zijn die op de grote havens afkomen. Veel circulaire processen hebben ruimte in de haven nodig en ook andere ontwikkelingen zoals verstedelijking zouden gebruik maken van de ruimte in en rond de havens, bijvoorbeeld de ruimte die vrijkomt door het verdwijnen van de petrochemische industrie.

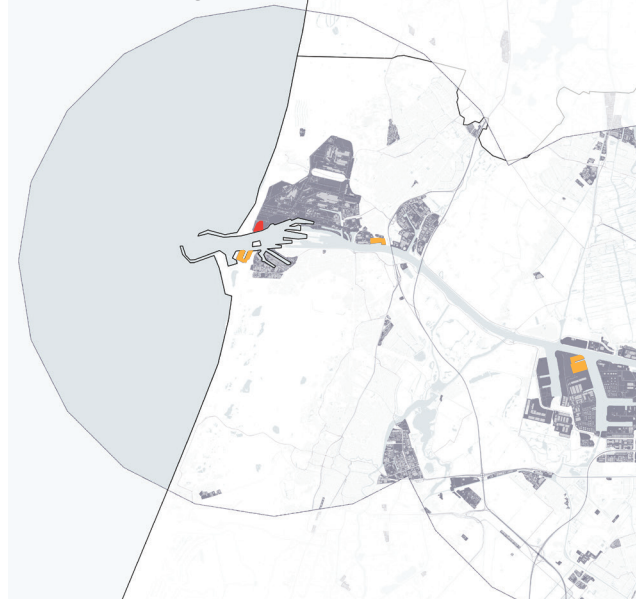
Eemshaven



Maasvlakte



Noordzeekanaalgebied



Vlissingen

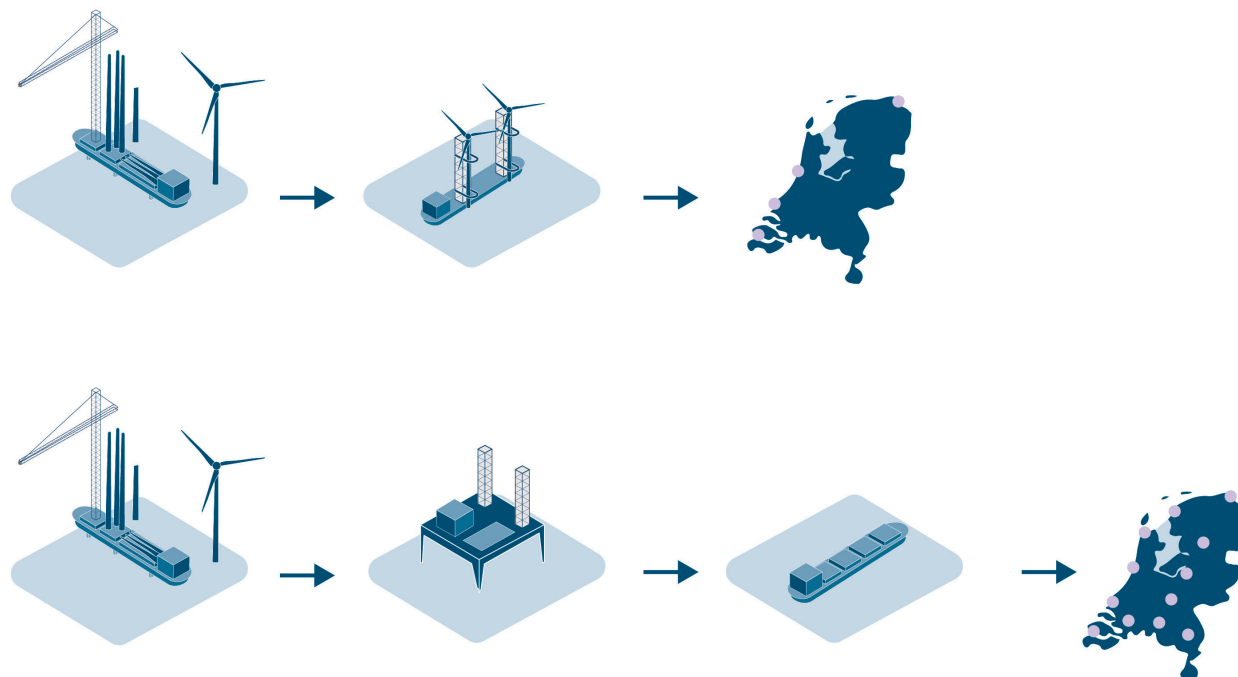


■ Huidige en ■ geplande havenfaciliteiten voor de installatie en het ontmantelen van windturbines

Locatie havens

Op dit moment worden windturbines na ontmanteling op zee zo snel mogelijk aan land gebracht om daar verder te worden verwerkt. De tijd op zee tot een minimum beperkt uit veiligheidsoverwegingen en om de kosten te beperken. De schepen waarmee turbines op zee ontmanteld worden zijn duur. Hoe meer tijd op zee besteed wordt, hoe groter de kans dat het weer omslaat en de werkzaamheden daardoor uitlopen en een schip voor langere tijd gehuurd moet worden.

Deze aanpak heeft als gevolg dat grote turbineonderdelen aan land worden gebracht door schepen die enkel in de installatiehavens aan kunnen meren. Als de turbines op zee al tot kleinere delen verwerkt worden, kunnen de onderdelen door reguliere containerschepen (die in de meeste havens passen) aan land worden gebracht. Zo kunnen kleinere havens zoals Den Helder ook in gezet worden voor het ontmantelingsproces. Dit zou ook een deel van de ontmantelingskosten wegnemen, aangezien de grote versleepschepen de tijdrovende (en daardoor dure) toch naar de haven dan niet meer hoeven te maken.



Principe: turbines die op zee worden ontmanteld kunnen in meer verschillende havens aan land worden gebracht.

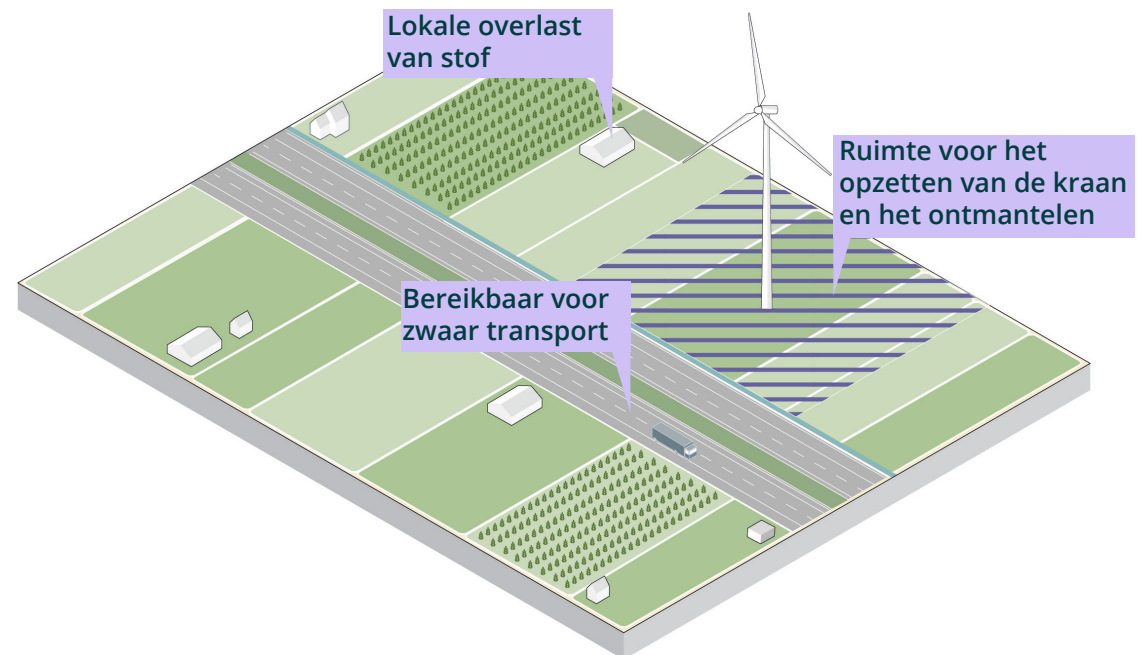
Ruimtevrage ontmanteling

De demontage van een windturbine kent meerdere stappen. Allereerst is er ruimte nodig voor het opzetten van de kraan. Vervolgens worden de rotor en de bladen gedemonteerd en in één handeling door de kraan op de grond geplaatst, de bladen en de naaf worden ter plekke gedemonteerd en de rotorbladen op zwaarlasttransporters geladen.

Daarna worden de afzonderlijke stalen torendelen gedemonteerd en in één handeling neergelaten en op zware transporters geladen. Ook kunnen de torendelen tijdelijk worden opgeslagen om ter plaatse te worden versnipperd, bijvoorbeeld met behulp van snijbranders. Het versnipperde staal kan in containers worden getransporteerd naar een afvalverwerkingsbedrijf.

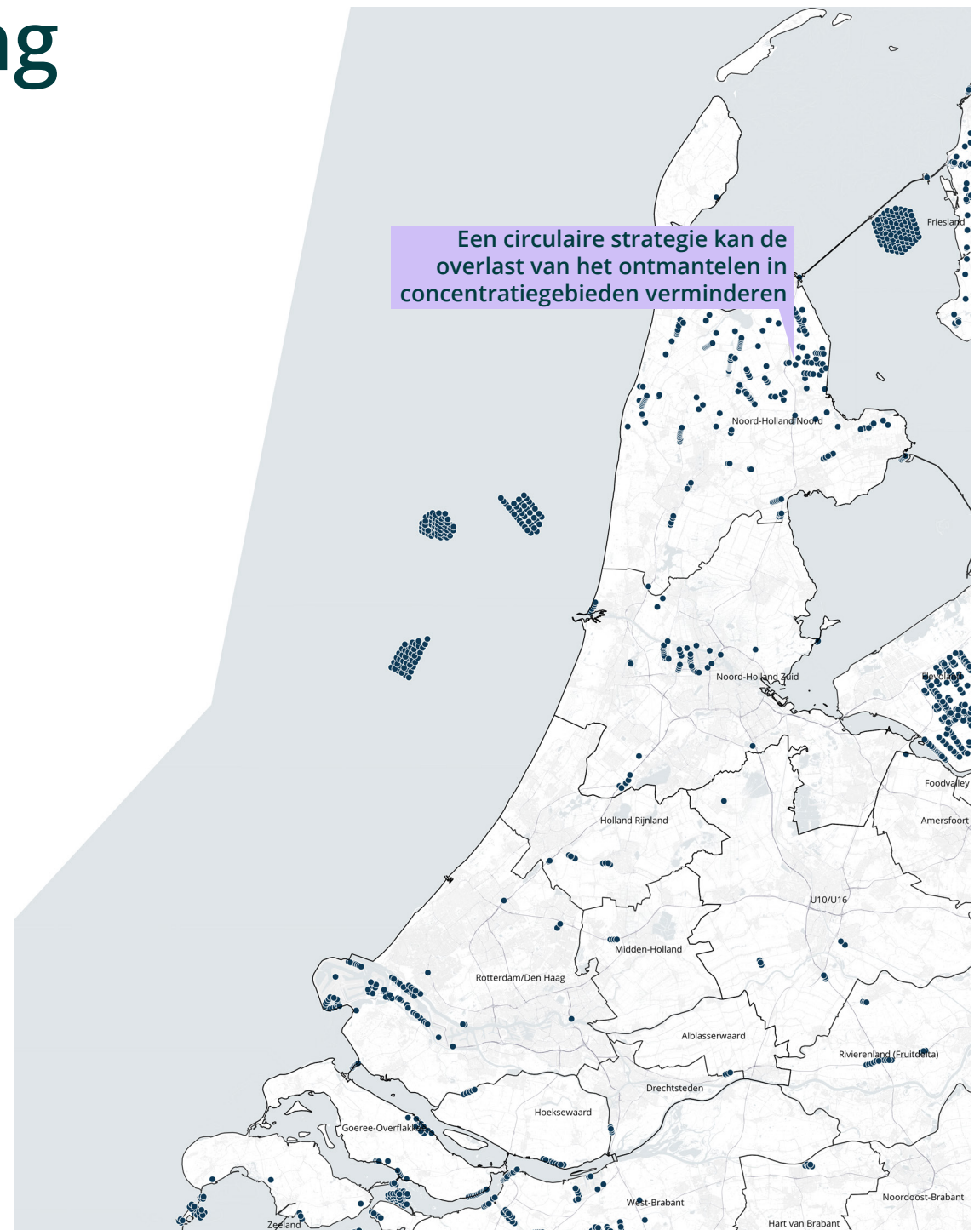
De fundering wordt eerst gebroken met een hydraulische beitel en de blootliggende fragmenten vervolgens uitgebaggerd.

Het complete proces brengt overlast met zich mee voor omwonenden en gebruikers van het gebied rondom de turbine.



Locatie ontmanteling

De overlast van het afbreken van één of enkele turbines zal voor omwonenden en gebruikers van het gebied rondom de turbine niet onoverkomelijk zijn. Er zijn echte plekken binnen de provincies waar grote concentraties turbines bij elkaar geplaatst zijn. Denk bijvoorbeeld aan de Wieringermeer. Vaak zijn deze turbines grotendeels gelijktijdig geplaatst, dit betekent dat ze ook gelijktijdig zullen worden afgebroken. In dit soort gebieden moet worden nagedacht over het beperken van overlast door ontmanteling. Een circulaire strategie zoals levensduurverlenging kan bijdragen aan het verminderen van de overlast door de noodzaak van het ontmantelen uit te stellen.



Bestaande turbines in en om Noord- en Zuid-Holland

Versnippering bladen

Hoe werkt het?

Het turbineblad vermalen en het verkregen recyclaat als vulstof gebruiken is een van de eenvoudigste en snelste methoden van hergebruik. Het proces vereist een zorgvuldige inzameling, sortering en reiniging van het composietafval. Deze verwerkingsmethode heeft als nadeel dat het materiaal zwaar wordt gedowncycled.

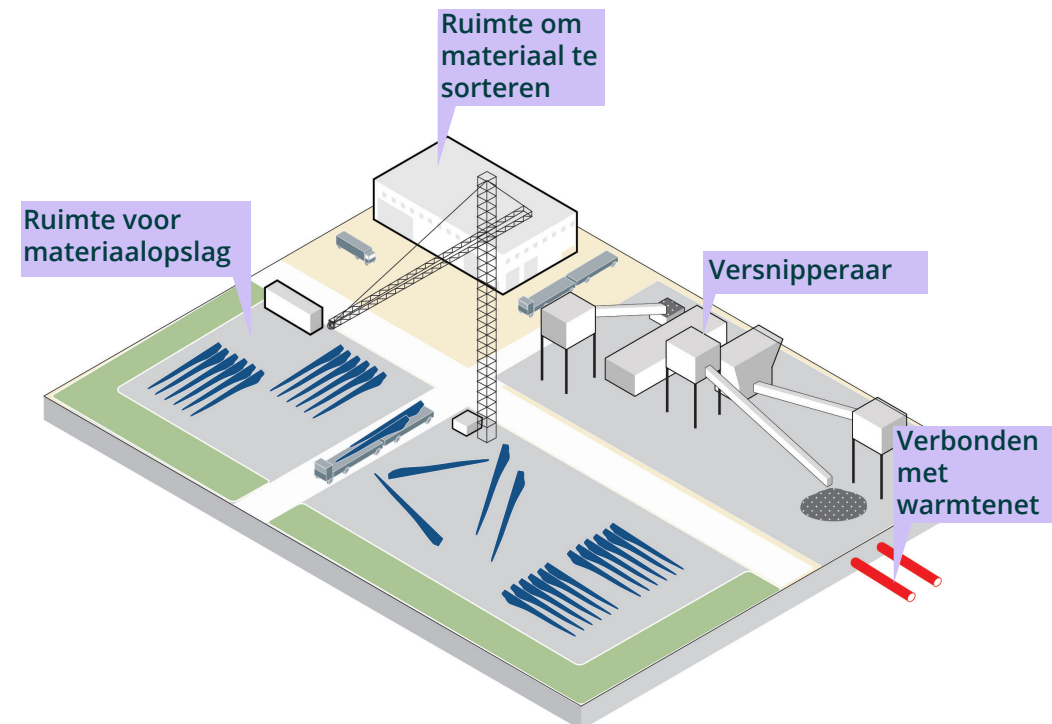
Andere mechanische verwerkingsmethodes van de bladen of het smart-crushen van beton hebben een ruimtevraag die lijkt op het versnipperen, ook al zijn de processen wezenlijk anders.

Wat zijn de ruimtelijke voorwaarden/ benodigheden?

- Een veiligheidsafstand van 300m of 700m tot kwetsbare objecten (afhankelijk van de grootte)
- Berging en opslag

Wat zijn de ruimtelijke consequenties?

- Tot 40% van het materiaal zal als afval moeten worden geborgd
- Lokale overlast van vervuilende stoffen
- Kan vanwege de relatief lage milieucategorie op veel plekken plaatsvinden



Pyrolyse

Hoe werkt het?

Het pyrolyseproces verwarmt het turbineblad totdat de organische componenten afbreken, terwijl de glasvezels intact blijft. Wanneer het proces op gang is gebracht houdt het zichzelf in gang en is er in theorie geen extra brandstof nodig. De vezels worden gescheiden en hergebruikt. Een alternatief voor conventionele pyrolyse is microgolfpYROLYSE. Door gebruik te maken van microgolven kunnen relatief gematigde temperaturen worden gebruikt.

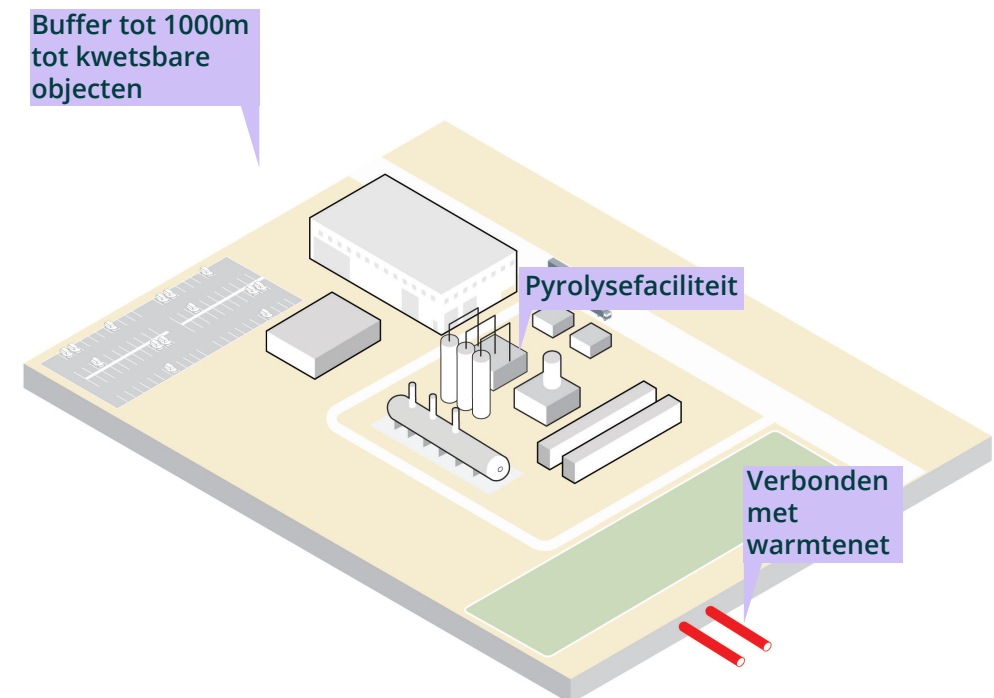
Solvolyse en high voltage pulse fragmentation hebben een ruimtevraag die lijkt op die van pyrolyse, ook al zijn de processen wezenlijk anders.

Wat zijn de ruimtelijke voorwaarden/ benodigheden?

- Een veiligheidsafstand van 700m tot kwetsbare objecten
- Versnipperaar om de bladen tot bruikbare pellets te verwerken

Wat zijn de ruimtelijke consequenties?

- Lokale overlast van vervuilende stoffen
- Restwarmte (niet bij microgolfpYROLYSE): koppeling aan warmtenet?
- Kan vanwege de relatief hoge milieucategorie slechts op enkele plekken plaatsvinden



Bijmengen cementoven

Hoe werkt het?

Cementovens worden gebruikt voor de productie van cement. Een cementmolen verhit grondstoffen tot sintertemperatuur (1450 °C). De resulterende klinker wordt vervolgens vermalen tot cement.

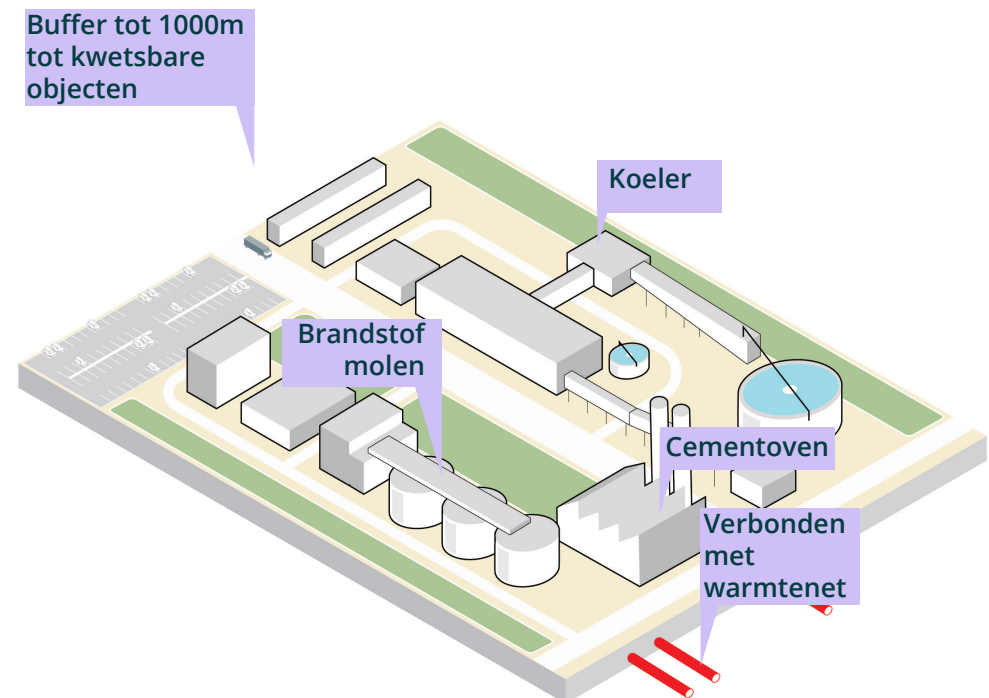
Een versnipperd turbineblad kan gebruikt worden voor de coproductie van cement. Bijna 90% van het turbineblad wordt dan hergebruikt. Meer dan 65% van het blad vervangt grondstoffen om het cement te maken. Ongeveer 28% levert energie voor de chemische reactie in de cementoven.

Wat zijn de ruimtelijke voorwaarden/ benodigdheden?

- Een geluidsafstand van 500m of 1000m (afhankelijk van de grootte) tot kwetsbare objecten
- Versnipperaar om de bladen tot bruikbare pellets te verwerken
- Koeling
- Opslag brandstof (inc. veiligheidsruimte)

Wat zijn de ruimtelijke consequenties?

- Lokale overlast van vervuilende stoffen
- Restwarmte: koppeling aan warmtenet?
- Kan vanwege de relatief hoge milieucategorie slechts op enkele plekken plaatsvinden



Verwerken staal

Hoe werkt het?

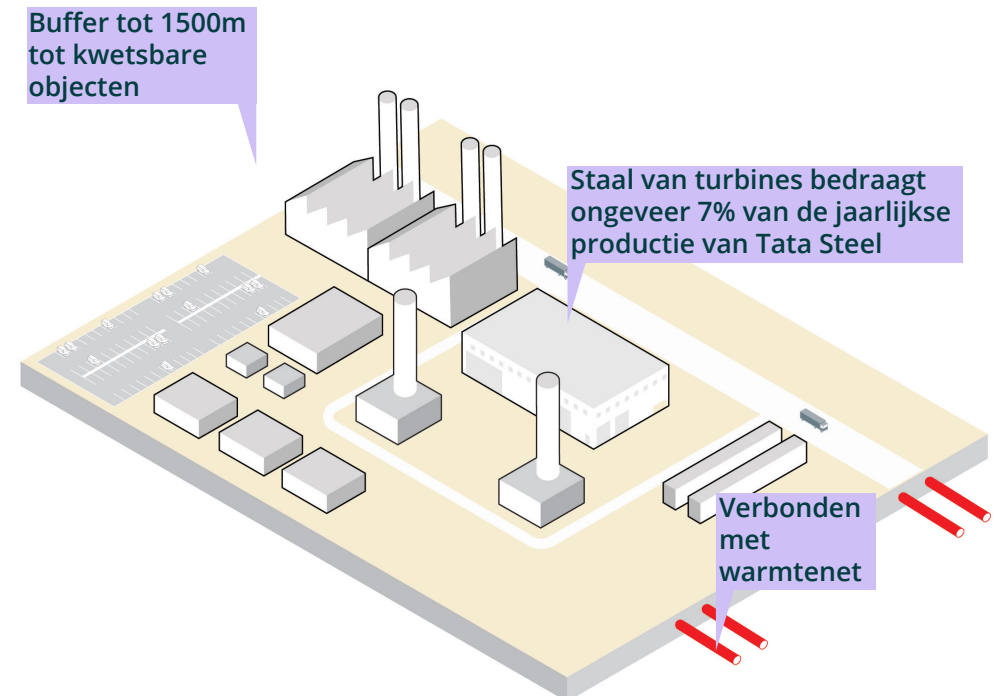
Staal is 100% recyclebaar zonder verlies van inherente materiaaleigenschappen. Het is het meest gerecyclede industriële materiaal. In theorie zou al het nieuwe staal gemaakt kunnen worden van gerecycled staal. De wereldwijde vraag naar staal overtreft echter het aanbod van schroot. Moderne staalproductieprocessen kunnen worden onderverdeeld in drie stappen: 1) het smelten van ijzer tot staal, 2) het toevoegen of verwijderen van elementen als legeringsmiddelen en opgeloste gassen, 3) het gieten in platen of rollen. Per jaar produceert Tata Steel in IJmuiden zo'n 7 miljoen ton staal. Tussen 2040 en 2050 zal er jaarlijks grofweg een half miljoen ton staal van turbines van zee moeten worden verwerkt, voldoende van 1/14e van de productie van Tata Steel.

Wat zijn de ruimtelijke voorwaarden/benodigdheden?

- Een veiligheidsafstand van 700m of 1500m (afhankelijk van grootte)
- Opslag brandstof (inc. veiligheidsruimte)

Wat zijn de ruimtelijke consequenties?

- Overlast van vervuilende stoffen
- Restwarmte: koppeling aan warmtenet?
- Kan vanwege de relatief hoge milieucategorie slechts op enkele plekken plaatsvinden



Milieu en verwerking

De meeste verwerkingsprocessen (in ieder geval de processen verder onderaan de R-ladder) hebben een hogere milieucategorie. Het kaartbeeld rechts geeft de spreiding van bedrijven met de hoogste milieucategorie in de provincie Zuid-Holland aan. Opvallend is dat veel van deze bedrijven op locaties rondom havens gevestigd zijn. Daarmee leggen processen verder onderaan de R-ladder extra druk op plekken met toch al veel ruimteclaims. Door in te zetten voor circulaire strategieën hoger op de r-ladder kunnen verwerkingsfaciliteiten ook elders een plaats vinden.

De vraag is hoe de keuze voor een bepaalde verwerkingsfaciliteit gestuurd kan worden. Deels kan dit door zonering en regulering, maar deels zullen gewenste processen gestimuleerd moeten worden. Ook draagvlak gaat een rol spelen, is een verwerkingsmethode met een hoge energievraag nog wel verdedigbaar, midden in een energietransitie? En willen we de beperkte ruimte op het netwerk op deze manier inzetten?

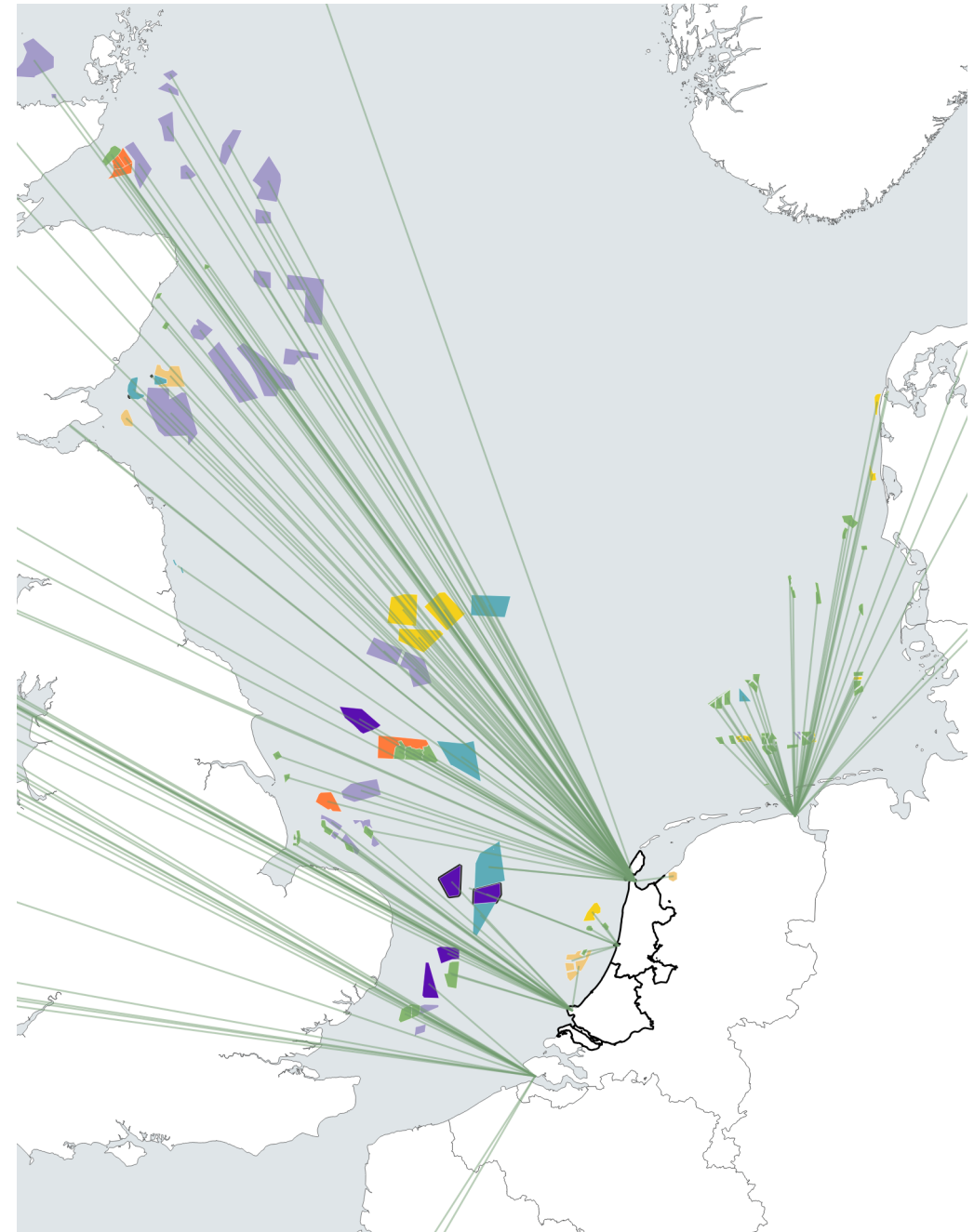


Kaart overzicht locaties industrie met milieucategorie 6 in Zuid-Holland

Internationale context

De mogelijkheid voor het plaatsen van verwerkingsfaciliteiten wordt niet alleen bepaald door sturing op provinciaal of landelijk niveau. Ook de (internationale) context is van belang. Bijvoorbeeld: als bepaalde faciliteiten al aanwezig zijn in buurlanden (bij pyrolysefaciliteiten is dit in Duitsland al het geval) wordt het moeilijker om voor eenzelfde faciliteit in Nederland de businesscase sluitend te krijgen. Een manier om de businesscase van een faciliteit te verbeteren is door niet alleen in te zetten op het verwerken van materiaal van de Nederlandse windparken. De Nederlandse havens liggen gunstig ten opzichte van een aantal windparken van onze buurlanden. Aangezien de kosten van het verschepen van de turbineonderdelen naar de havens een groot deel van de totale kosten zijn, zijn de Nederlandse havens ook voor deze havens een aantrekkelijke plek om turbines naartoe te verschepen.

Als Nederland besluit de internationale circulaire markt op te gaan zal de wetgeving hierop moeten worden aangepast. Vaak vallen te verwerken materialen in het grijze gebied tussen grondstof en afval. Is het een grondstof dan mag de stroom verscheept worden. Wordt de stroom gezien als afval, dan mag deze op dit moment niet naar het buitenland geëxporteerd worden.



Locatie havens in relatie tot windparken op zee

Keuzes en vervolgstappen

Nederland is volgens de klimaattafels in 2050 circulair en overgestapt op hernieuwbare energie. De windturbines die nu worden geplaatst in het kader van de energietransitie, zullen aan het eind van hun levensduur circulair worden verwerkt. De ruimtelijk voetafdruk van het materiaal dat zal moeten worden verwerkt is met ongeveer 6.300 zeecontainers per jaar behoorlijk. Deze ruimtevraag kan aanzienlijk verminderd worden door levensduurverlenging van de turbines door hergebruik (R3) of reparatie en refurbishment (R4). Het succes van de reductie van de materiaalstroom is deels afhankelijk van het verlengen van maximale vergunningsduur voor het exploiteren van een windturbine, deze zal langer moeten worden dan de huidige 25 jaar.

De ruimtelijke impact van het circulair verwerken van windturbines zal waarschijnlijk niet de grootste ruimtelijke opgave worden in Nederland in de komende jaren. Toch zullen er keuzes gemaakt moeten worden om het proces optimaal in te passen en mogelijkheden te bieden voor meervoudig ruimtegebruik en synergie met andere ontwikkelingen.

Op een aantal thema's zal actief actie ondernomen moeten worden:

Sluit de materiaalcirkel

De provincies hebben houvast nodig om vooruit te kunnen plannen. Er moet, op nationaal niveau, een keuze gemaakt worden over de wijze waarop de materialencirkel gesloten wordt. De vraag is op welke schaal (nationaal of internationaal) Nederland deze cirkel sluit, volgens welke trede van de R-ladder, en welke materialen voor eigen gebruik behouden moeten worden. Vervolgens kan de wetgeving en de beschikbare ruimte op deze keuzes worden ingericht.

Ontmanteling op zee

Ontmantelde windturbines worden zo snel mogelijk aan land gebracht en verwerkt. De schepen die hiervoor gebruikt worden zijn groot en kunnen slechts in vier havens aanmeren; Vlissingen, de Maasvlakte, het Noordzeekanaalgebied en Eemshaven. Deze havens kunnen ruimtelijke knelpunten gaan vormen bij het verwerken van de materiaalstromen van ontmantelde windturbines. De druk op deze knelpunten kan verminderd worden door de windturbines op zee alvast tot kleinere delen te verwerken. Deze kleinere delen kunnen dan ook in andere zeehavens zoals Den Helder aan land worden gebracht of zelf direct naar binnenhavens worden verscheept.

Ontlast knelpunten

De ruimtelijke druk op de vier ontmantelingshavens is niet enkel logistiek. Verwerkingsprocessen lager op de R-ladder zullen op industrieterreinen met een hoge milieucategorie terecht komen. In theorie zou dit op veel plekken kunnen, maar in de praktijk is de kans groot dat deze faciliteiten in de buurt van de grote havens terecht komen. Een keuze voor een duurzame trede op de R-ladder zal de druk op de ruimte rondom de havens verminderen.

Let op de omgeving

Het verwijderen van de fundering en de kabels van wind op zee verstoort rifbiotopen. Door de wieken en de gondel te repoweren kunnen de kabels en de fundering langer blijven liggen, hiermee draagt de keuze voor een hogere trede op de R-ladder bij aan het behoud van biodiversiteit. Wellicht heeft de keuze voor een bepaalde trede op de R-ladder ook op andere plekken een positief ruimtelijk effect. Dit zal tijdens het uitrollen van een circulaire strategie onderzocht moeten worden.

Behoud het draagvlak voor windturbines

Op plekken waar grote concentraties windturbines op land bij elkaar zijn geplaatst zal ontmanteling van de turbines voor aanzienlijke overlast zorgen voor omwonenden en gebruikers van het gebied. Ook verwerkingsfaciliteiten met een hoge milieucategorie kunnen voor overlast zorgen in de omgeving. Een goed doordachte circulaire strategie kan deze overlast verminderen en daarmee het draagvlak voor wind op land vergroten.

Zorg voor maatwerk

Door de maximale vergunningsduur voor het exploiteren van een windturbine te verlengen, kan de materiaalstroom van windturbines aanzienlijk verkleind worden. De vergunningsduur zal hiervoor langer moeten worden dan de huidige 25 jaar. Op zee zal de verlenging van de vergunningsduur voor weinig problemen zorgen. Veel van de complexiteiten rond het afgeven van een vergunning voor windturbines op zee zijn niet afhankelijk van de looptijd van een windpark.

Op land is de situatie anders. Keuzes rond de vergunningsduurverlenging van turbines zullen invloed hebben op het draagvlak voor het plaatsen van windturbines onder de lokale bevolking.

Voor sommige zoekgebieden die tijdens de RES zijn aangewezen voor het plaatsen van windturbines, is de tijdelijkheid van het zoekgebied een voorwaarde voor het mogelijk plaatsen van turbines. Hier zal het verlengen van de vergunningstijd voelen als het niet houden van een afspraak. Op andere plekken, waar bewoners financieel participeren, kan het vooruitzicht van extra inkomsten (vanwege de langere exploitatieduur) de bereidheid tot het plaatsen van turbines juist vergroten. De ideale vergunningsduur voor wind op land zal van plek to plek moeten worden bekeken.

Vervolgonderzoek

Keuzes rond circulariteit, zoals de minimale trede van de R-ladder, worden vooral gemaakt op basis van CO₂ uitstoot, criticiteit van materiaalbehoud en de potentie van de businesscase voor een bepaalde verwerkingsfaciliteit. Het is waardevol om in een vervolgfase de ruimtelijke impact van het circulair verwerken van wind naast deze (niet-ruimtelijke) criteria te leggen voor een kosten-baten analyse. Op die manier kunnen circulaire keuzes gemaakt worden die ruimtelijke wenselijk en haalbaar zijn.

Bekijk de opgave in haar context

De ruimtelijke impact van het circulair verwerken van windturbines zal waarschijnlijk niet de grootste ruimtelijke opgave worden. Echter, dit is slechts één van de circulariteitstransities die in de komende jaren op Nederland afkomen, en veel van deze transitie hebben een grotere voetafdruk dan de circulaire verwerking windturbines. De ruimteclaims van de verschillende circulariteitstransities zullen overlappen en kunnen, wanneer de ruimte niet optimaal wordt ingericht, elkaar beconcurreren. Om de circulaire verwerking van windturbines een plek te geven is een cohesieve strategied nodig die de circulariteitstransitie als een geheel beschouwd.

Bronnen

Algemeen

'Guide to an offshore windfarm' (2022) <https://guidetoanoffshorewindfarm.com>

'R-ladder - strategieën van circulariteit' (2020) <https://www.rvo.nl/onderwerpen/r-ladder>

Hajonides van der Meulen, T., Bastein, T., Krishna Swamy, S., Saraswati, N., & Joustra, J. (2020). Offshore wind farm decommissioning. www.smartport.nl

Lundsberg Baumgartner, C. (2021). Status Overview. Decom offshore wind farms, recycling, reusing and selling of components/materials

Metabolic, Copper8, Polaris, Quintel (2021). Towards a circular energy transition - Exploring solutions to mitigate surging demand for critical metals in the energy transition

Lobregt, M., Kamper, S., Besselink, J., Knol, E., & Coolen, E. (2021). The ideation process focused on circular strategies in the wind industry.

Roelofs, B.M. (2020) Material Recovery from Dutch Wind Energy - A dynamic material flow analysis of Dutch wind turbines towards 2050 including recycling approaches for recovery of key materials.

Cefic, EuCIA, Wind Europe (2020) Accelerating Wind Turbine Blade Circularity

Provincie Zuid-Holland (2021) Circulariteit van windenergie in Zuid-Holland - Wat is de rol van provincie Zuid-Holland bij circulariteit van windenergie?

Biodiversiteit

Bergström, L. (2014) Effects of offshore wind farms on marine wildlife—a generalized impact assessment Ruimtevrage havens

Topham and McMillan (2017) Sustainable decommissioning of an offshore wind farm

Ashley, M., Mangi, S.C., Rodwell, L.D. (2013) The potential of offshore windfarms to act as marine protected areas – A systematic review of current evidence

Verwerkingsfaciliteiten

Akesson, D., Foltynowicz, Z., Christe, J., Skrifvars, M. (2013) Microwave pyrolysis as a method of recycling glass fibre from used blades of wind turbines

<https://ondernemersplein.kvk.nl/wetten-en-regels/industrie/milieu-en-omgeving-in-de-industrie/>

<https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/stookinstallaties/grote/>

<https://ondernemersplein.kvk.nl/gevaarlijke-stoffen-opslaan/>

<https://vng.nl/artikelen/bedrijven-en-milieuzonering>

<https://www.ge.com/news/reports/concrete-benefits-recycling-old-wind-turbine-blades-could-help-cement-industry-cut-co2>

Ontmanteling op land

Wind Europe (2020) Decommissioning of Onshore Wind Turbines - Industry Guidance Document

Colofon

Generation.Energy

Corne Strootman
Emma Flores Herrera
Michiel Raats
Anubhuti Chandna

Provincie Zuid-Holland

Cas Bulder

Provincie Noord-Holland

Dennis Hermans

Deelnemers expertsessies

Nina Vielen-Kallio - ECHT
Michiel Kraak
Dorothy Winters
Maikel Kivits
Bouwe van den Oever - Provincie Noord-Holland
Odile Rasch - RES Noord-Holland Noord
Bob van der Nol
Suzanne van den Noort - Port of Den Helder
Marco Berkhout - RES Noord-Holland Zuid



Contactpersoon

Corne Strootman
corne@generation.energy
+31 6 483 13 496

Dit onderzoek is mogelijk gemaakt met een bijdrage van het Stimuleringsfonds Creatieve Industrie

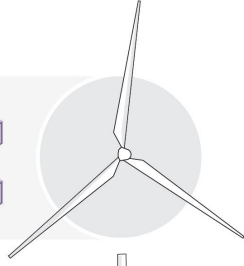


RUIMTE VOOR CIRCULAIRE WINDTURBINES

Nederland is in 2050 circulair en overgestapt op hernieuwbare energie. De windturbines die nu worden geplaatst in het kader van de energietransitie, zullen aan het eind van hun levensduur circulair worden verwerkt.

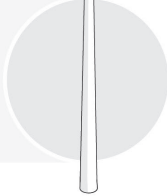
Gezien de grote hoeveelheid turbines die zijn gepland en gebouwd zal de circulariteitstransitie een wezenlijke ruimtelijke impact hebben. Zo bevatten de bladen van een gemiddelde turbine op zee 21.000 kg fiberglass met een ruimteclaim van ongeveer 7,5 zeecontainers (40 ft.). Een fundering bevat ongeveer 11 zeecontainers aan beton.

Fiberglass (21.000Kg)

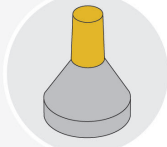
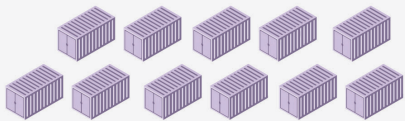


Ijzer (117.000Kg)

Staal (2.000.000Kg)



Beton (18.000.000Kg)



Tussen 2040 en 2050 zal ongeveer 6.300 containers materiaal jaarlijks terugkomen van zee en verwerkt moeten worden. Dit staat gelijk aan:

Een stapel containers 10% hoger dan de hoogste toren van Nederland (Zalmhaventoren)

110%



2% van de containers die jaarlijks worden doorgevoerd op de Maasvlakte

De R-ladder geeft de mate van circulariteit van een verwerkingsstrategie aan. Hoe hoger op de R-Ladder, hoe circulaire de strategie is. Het PBL onderscheidt 6 treden:



R1 Refuse en Rethink

Zie af van producten of materialen die eigenlijk niet nodig zijn.



R2 Reduce

Gebruikt grondstoffen efficiënter tijdens de productie en het gebruik.



R3 Re-use

Hergebruik afgedankte (maar nog bruikbare) producten.



R4 Repair, Refurbish, en Repurpose

Levensduurverlenging of hergebruik van (onderdelen van) producten.



R5 Recycling

Verwerk producten tot grondstoffen met dezelfde of mindere kwaliteit.

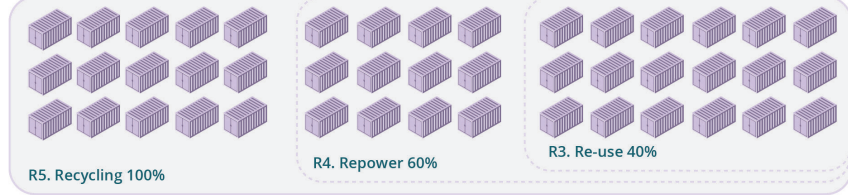


R6 Recover

Verbrand materialen om de energie terug te winnen.

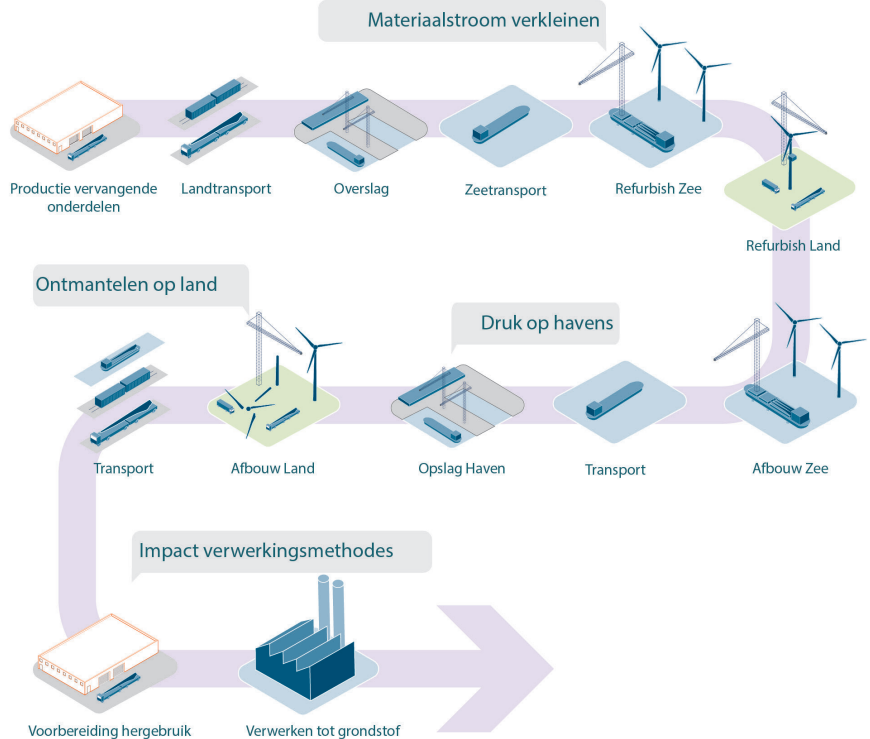
Vooraf processen uit trede R4 en R5 zullen toepasbaar zijn op het verwerken van windturbines, maar over het algemeen geldt, hoe hoger op de R-ladder, hoe lager de ruimteclaim van het te verwerken materiaal. Zo zorgt een R4 strategie voor 40% minder materiaalvolume ten opzichte van een R5 strategie. Een R3 strategie wordt door experts als minder plausibel beschouwd maar zou het materiaalvolume met bijna 60% kunnen verminderen.

Volumes materiaal bij verschillende tredes R-ladder



Op basis van huidige technieken en de Nederlandse wetgeving zullen de onderstaande circulaire processen een plek moeten krijgen binnen de provincies. Vier processen zijn uitgelicht in het onderzoeksrapport, hierover is nog veel onzekerheid, wordt weinig onderzoek gedaan of kunnen potentieel keuzes worden gemaakt met een grote ruimtelijke impact.

- 1 Verkleinen materiaalstroom** - Om te sturen op een kleinere materiaalstroom is er kennis nodig over de ruimtelijke impact van de verschillende circulaire strategieën.
- 2 Druk op de havens** - De verwerking van windturbines stelt ruimtelijke voorwaarden aan havens, waardoor het aantal havens waar verwerking plaats kan vinden beperkt is.
- 3 Ontmantelen op land** - Om zeker te zijn dat hier geen overlast of knelpunten ontstaan moet de ruimteclaim van het ontmantelingsproces duidelijk worden.
- 4 Impact verwerkingsmethodes** - Elke verwerkingsmethode heeft een eigen ruimtelijke impact met een directe voetafdruk en een indirecte ruimteclaim in de vorm van milieu- en veiligheidsbuffers.



RUIMTE VOOR CIRCULAIRE WINDTURBINES

De ruimtelijke impact van het circulair verwerken van windturbines zal waarschijnlijk niet de grootste ruimtelijke opgave worden in Nederland in de komende jaren. Toch zullen er keuzes gemaakt moeten worden om het proces optimaal in te passen en mogelijkheden te bieden voor meervoudig ruimtegebruik en synergie met andere ontwikkelingen. Een selectie van deze keuzes zijn hiernaast weergegeven

De circulaire verwerking van windturbines is slechts één van de circulariteitstransities die in de komende jaren op Nederland afkomt. Veel van deze transitie hebben een grotere voetafdruk dan de circulaire verwerking van windturbines. De ruimteclaims van de verschillende circulariteitstransities zullen overlappen en kunnen, wanneer de beschikbare ruimte niet optimaal wordt ingericht, elkaar beconcurreren. Om de circulaire verwerking van windturbines een plek te geven is een cohesieve strategie nodig die de circulariteitstransitie als een geheel beschouwt.

SLUIT DE MATERIAALCIRKEL

De provincies hebben houvast nodig om vooruit te kunnen plannen. Er moet, op nationaal niveau, een keuze gemaakt worden over de wijze waarop de materiaalencirkel gesloten wordt. De vraag is op welke schaal (nationaal of internationaal) Nederland deze cirkel sluit, volgens welke trede van de R-ladder, en welke materialen voor eigen gebruik behouden moeten worden. Vervolgens kan de wetgeving en de beschikbare ruimte op deze keuzes worden ingericht.

LET OP DE OMGEVING

Het verwijderen van de fundering en de kabels van wind op zee verstoort rifbiotopen. Door de wiken en de gondel te repoweren kunnen de kabels en de fundering langer blijven liggen, hiermee draagt de keuze voor een hogere trede op de R-ladder bij aan het behoud van biodiversiteit. Wellicht heeft de keuze voor een bepaalde trede op de R-ladder ook op andere plekken een positief ruimtelijk effect. Dit zal tijdens het uitrollen van een circulaire strategie onderzocht moeten worden.

ONTLAST KNELPUNTEN

De ruimtelijke druk op de vier ontmantelingshavens is niet enkel logistiek. Verwerkingsprocessen lager op de R-ladder zullen op industrieterreinen met een hoge milieucategorie terecht komen. In theorie zou dit op veel plekken kunnen, maar in de praktijk is de kans groot dat deze faciliteiten in de buurt van de grote havens terecht komen. Een keuze voor een duurzame trede op de R-ladder zal de druk op de ruimte rondom de havens verminderen.

ONTMANTELING OP ZEE

Ontmantelde windturbines worden zo snel mogelijk aan land gebracht en verwerkt. De schepen die hiervoor gebruikt worden zijn groot en kunnen slechts in vier havens aanmeren; Vlissingen, de Maasvlakte, het Noordzeekanaalgebied en Eemshaven. Deze havens kunnen ruimtelijke knelpunten gaan vormen bij het verwerken van de materiaalstromen van ontmantelde windturbines. De druk op deze knelpunten kan verminderd worden door de windturbines op zee alvast tot kleinere delen te verwerken. Deze kleinere delen kunnen dan ook in andere zeehavens zoals Den Helder aan land worden gebracht of zelf direct naar binnenhavens worden verscheept.

BEHOUD HET DRAAGVLAK VOOR WINDTURBINES

Op plekken waar grote concentraties windturbines op land bij elkaar zijn geplaatst zal ontmanteling van de turbines voor aanzienlijke overlast voor omwonenden en gebruikers zorgen. Ook verwerkingsfaciliteiten met een hoge milieucategorie kunnen voor overlast zorgen in de omgeving. Een goed doordachte circulaire strategie kan de overlast verminderen en daarmee het draagvlak vergroten.

ZORG VOOR MAATWERK

Keuzes rond de vergunningsduurverlenging van turbines op land zullen invloed hebben op het draagvlak voor het plaatsen van windturbines onder de lokale bevolking. Voor sommige zoekgebieden voor het plaatsen van windturbines die tijdens de RES zijn bepaald, is de tijdelijkheid van het zoekgebied een voorwaarde voor het mogelijk plaatsen van turbines. Hier zal het verlengen van de vergunningstijd voelen als het niet houden van een afspraak. Op andere plekken, waar bewoners financieel participeren, kan het vooruitzicht van extra inkomsten (vanwege de langere exploitatieduur) de bereidheid tot het plaatsen van turbines juist vergroten. De ideale vergunningsduur voor wind op land zal van plek tot plek moeten worden bekeken.

