

# 풍력 기술개발 동향과 산업전망

2020. 10. 16.

한국에너지기술평가원  
풍력PD 권 기 영



산업통상자원부

01. 글로벌 시장동향
02. 글로벌 기술동향
03. 발전단가
04. 풍력산업 동향분석
05. 풍력발전의 최근이슈
06. R&D 추진방향
  - 도출방향
  - 분야별 세부 목표
  - 기술분류체계
  - 인력/제도 개선방향



# 業의 개념

## ·「풍력 業」의 본질

- 친환경 전력을 안정적으로 공급할 수 있도록 신뢰성과 성능이 확보된  
경제적인 풍력발전기와 서비스를 통합적으로 제공하는 사업

## ·「풍력 業」의 특성

### 業의 세부 특성

#### 정책 주도 및 수주 量産業

- 국가別 전력社 위주 영업
- 量産品 수주/공급

#### 제품-설치-운영 통합솔루션 제공

- 기계/전기/설치 종합기술
- 단지건설을 위해 타 분야별  
전문업체와 긴밀한 협업

#### 신뢰도 및 가동실적 우선

- 시장진입 필수요건 가동 실적
- 제품 선정 핵심요소 COE

### 핵심 성공 요소

- (1) Local Contents 충족을  
위한 현지 생산 거점 등  
Supply Chain 구축
- (2) 본사 습득 양산 Know-  
How 현지 생산 거점 이식
- (3) 발주처와 전략적 협력을  
위한 투자 파트너사 확보

- (1) 핵심 엔지니어링 역량 확보  
- 발전기, 블레이드, 제어기술
- (2) 영역별 글로벌 전문업체와  
전략적 협업 체계 구축  
- 운송, 설치, 유지보수 등

- (1) 설치, O&M이 용이한 제품 개발
- (2) 원가, 품질 경쟁력 확보
- (3) 성능(AEP) 극대화 제품 개발
- (4) 국내외 실증 단지 확보



- 재생에너지 3020 이행계획(`17.12월)
- 재생에너지산업 경쟁력 강화방안(`19.4월)
- 제4차 에너지기술개발계획(`19.12월)
  - 이노베이션로드맵(풍력)
- 해상풍력 발전 방안(`20.7월)



# 01. 글로벌 시장동향



# 1. 글로벌 시장동향

## □ 유럽 · 미국기업이 주도하고 중국기업이 추격

- 유럽·미국 기업들은 육상 풍력시장에서의 기술력을 토대로 대형화 및 양산 기술을 확보하여 글로벌 시장을 주도하고 있으며 M&A를 통해 시장 지배력 유지

\* '17년 누적 설치규모: ①Vestas(91.6GW), ②Siemens(84.2GW), ③GE(64.4GW)

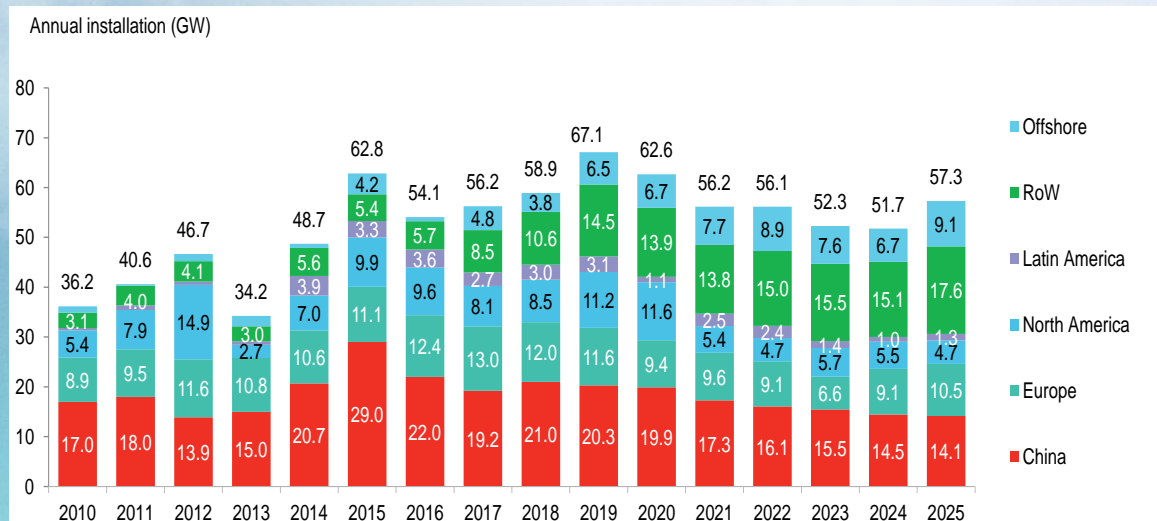
Siemens : Gamesa(스페인) 인수('17.4), GE : Alstom(프) 인수('15.11)

- 중국 기업들은 내수시장을 활용해 빠른 속도로 원가를 절감하고 기술 격차도 축소하여 세계시장의 40% 점유

\* 세계 터빈생산 상위 10개 기업 중 중국기업(시장점유율) : ③ Goldwind(10.5%),

⑥ Envision(6.0%), ⑧ Mingyang(4.7%)

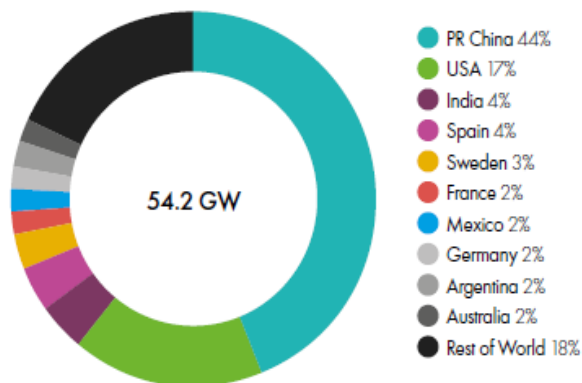
## 글로벌 육/해상풍력 시장 전망



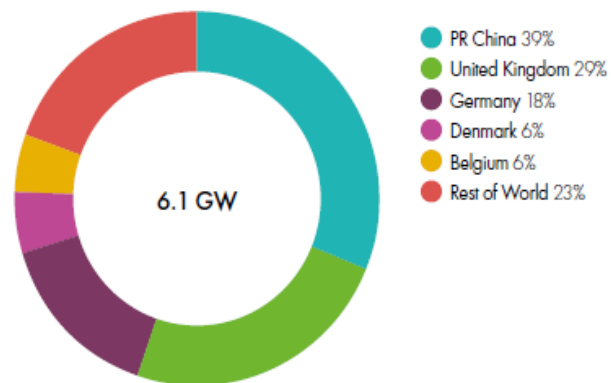
Source: Bloomberg New Energy Finance. Note: North America includes the U.S. and Canada. Some historical installation data has been revised.

## Top markets 2019

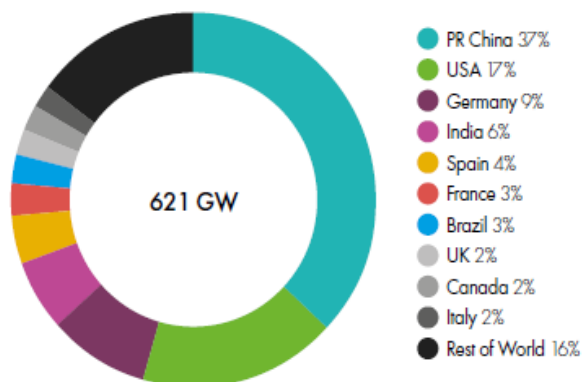
New installations onshore (%)



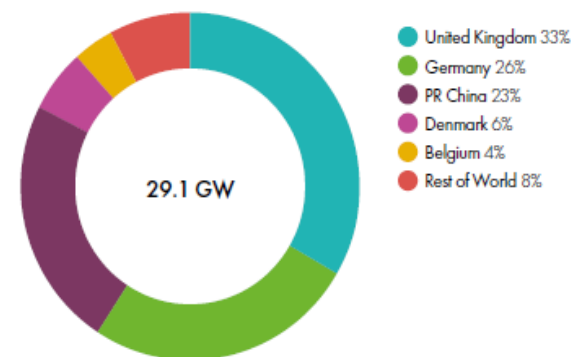
New installations offshore (%)



Total installations onshore (%)



Total installations offshore (%)



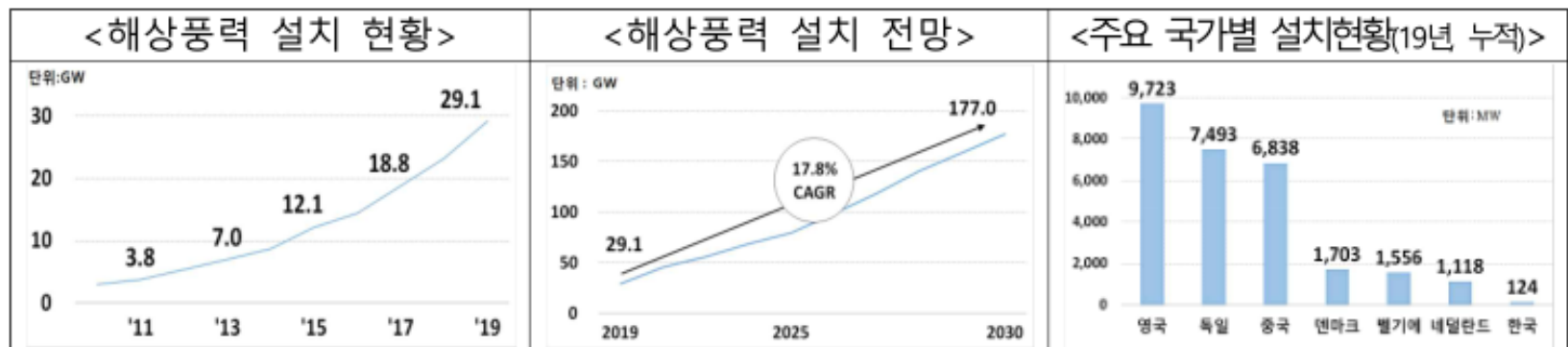
Detailed data sheet available in GWEC's member only area. For definition of region, see Methodology and Definitions in the Appendix  
Source: GWEC Market Intelligence, March 2020

GWEC | GLOBAL WIND REPORT 2019



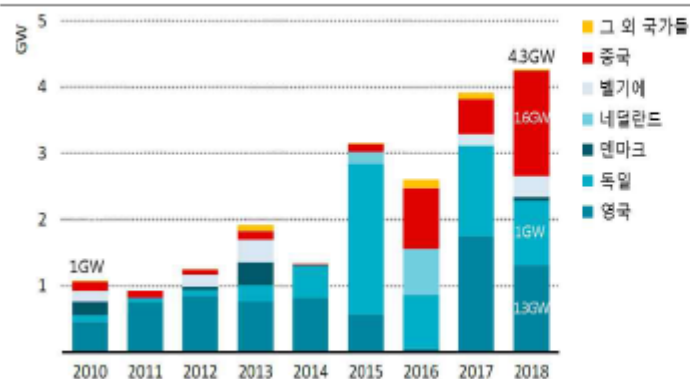
## 글로벌 해상풍력 현황 및 전망

- 전세계 해상풍력은 유럽, 중국을 중심으로 19년말 기준 29.1GW 설치
  - \* 최근 10년간(10년~19년) 연평균 증가율 : 육상풍력 13.7%, 해상풍력 28.7%
- 유럽, 중국 등이 설치를 지속 확대하는 가운데 일본, 대만 등도 해상풍력 확대를 추진하여 30년에는 177GW 누적 설치 예상
  - \* (대만) 25년까지 5.5GW, 30년까지 10GW 해상풍력 설치 계획
  - (일본) 40년까지 18GW 규모 해상풍력 설치를 통해 발전량 비중 7% 달성계획

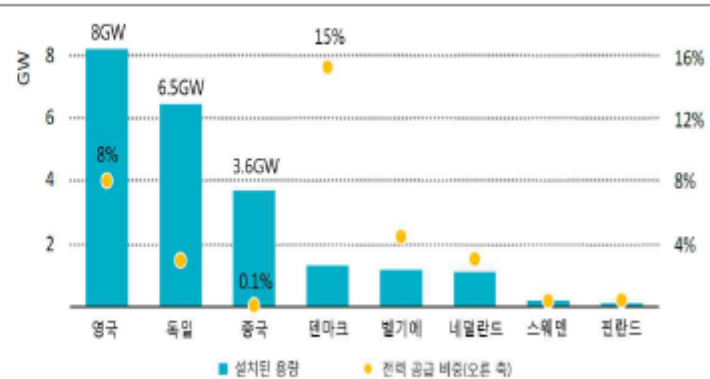


\* Global Wind Report(2019) 및 BNEF(2019) 참고

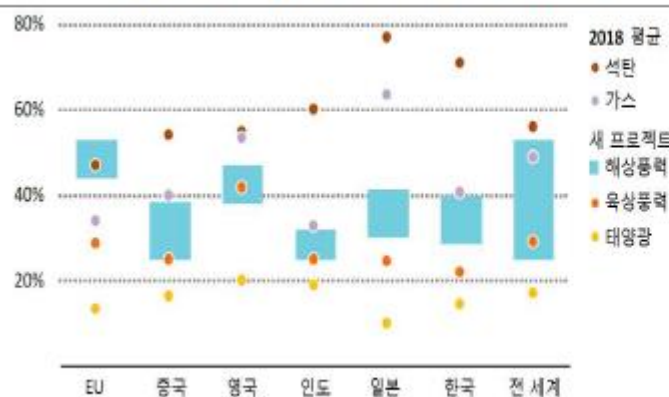
< 국가별 신규 설치용량(2010-2018) >



< 국가별 누적설치용량과 전력공급 비중(2018) >



< 지역 및 기술별 연간 설비이용률 >



< 지역별 해상풍력 및 태양광 설비이용률 >



■ 전 세계 해상풍력 설비이용률은 33%로 육상풍력 및 태양광보다 높음

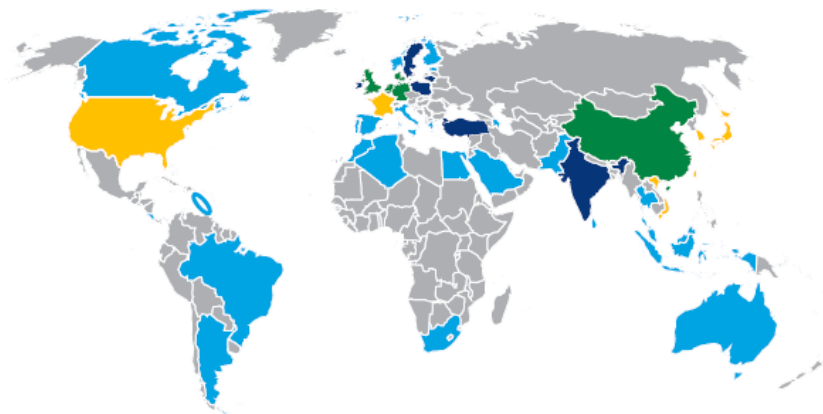
What to expect from an industry with unlimited potential?

woodmac.com

## There is virtually unlimited technical potential for offshore wind

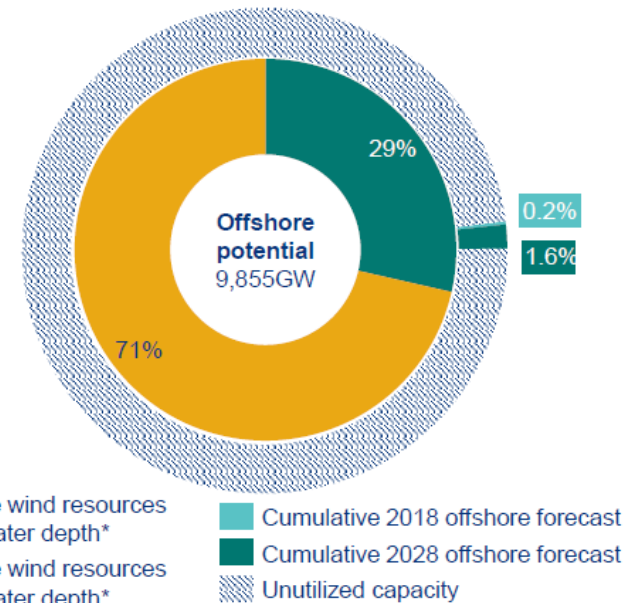
Offshore wind's technical potential far exceeds its demand and the question therefore becomes "what to expect from an industry with virtually unlimited potential?"

### Offshore market segmentations



- **Established offshore markets:** Markets with at least one commercial offshore wind project grid-connected in the past five years
- **Committed markets:** Markets where at least one commercial offshore wind project has been awarded a support scheme in the past five years
- **Emerging offshore markets:** Markets where an offshore wind-specific subsidy regime is progressing
- **Pre-emerging offshore markets:** Markets where none of the drivers above are in place, but first signs of interest have been expressed

### Technical potential of offshore wind\*



\*Europe, US, Japan and Taiwan included based on Carbon Trust and Industrial Technology Research Institute



What to expect from an industry with unlimited potential?

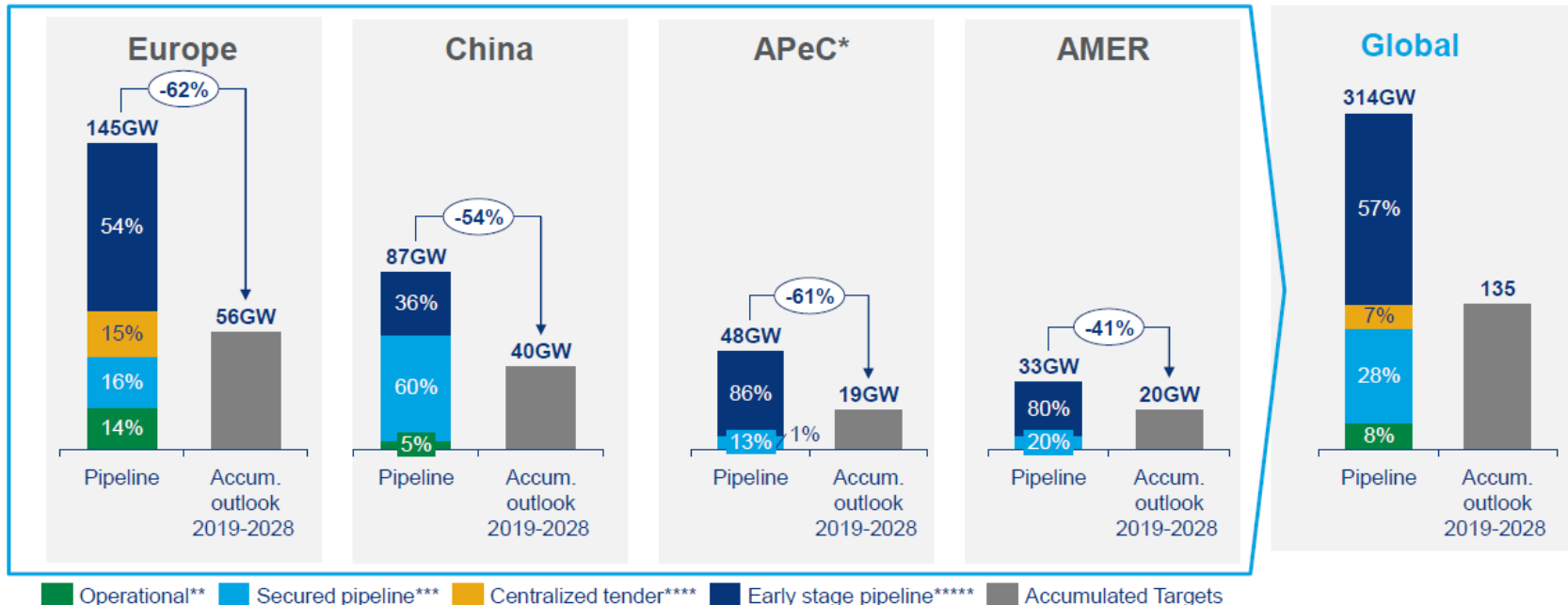
woodmac.com



## 314GW of offshore wind projects have been stacked up across the globe

The pipeline is set to expand further as the regulatory frameworks mature and new centralized tenders will be announced. Less than half of the pipeline will be built by 2028 leaving more than 154GW of pipeline unexploited

### Global and regional offshore wind portfolio



Note: \*Asia Pacific excluding China. \*\*\*'Operational' refers to capacity which is fully grid-connected (including decommissioned capacity). \*\*\*\*'Secured pipeline' refers to capacity which has been awarded a support scheme but is still not operational. \*\*\*\*\*'Centralized tenders' refers to capacity that has not been awarded yet, but where the tender has been announced\*\*\*\*\*'Early stage' refers to capacity which has not secured a support scheme.

Source: Wood Mackenzie

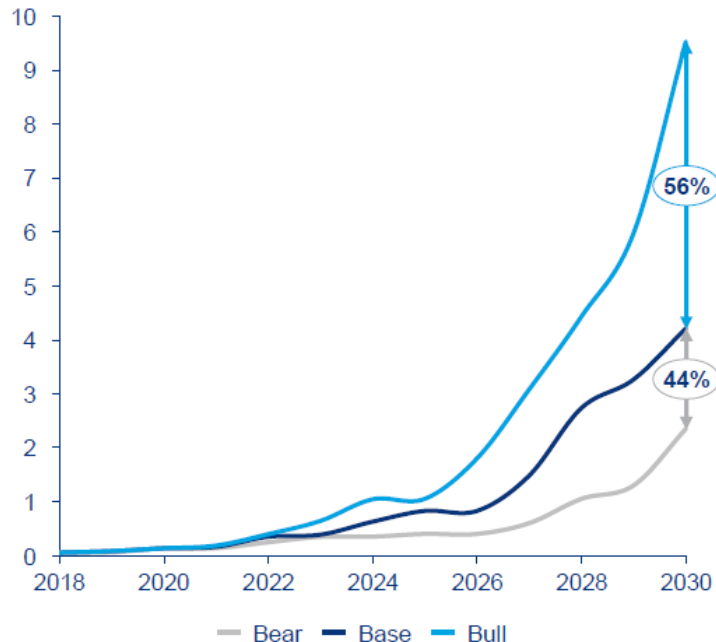
The Momentum of Floating Wind and its Outlook Implications

woodmac.com

## 4GW of floating wind will be grid-connected across the globe by 2030

Up to 10GW of floating wind could be deployed across 11 markets by YE/2030. For this to happen, new markets would need to enter the offshore wind scene and new regulatory frameworks would need to be formed.

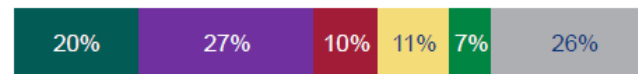
Cumulative floating wind scenario outlook (GW)



Note: Please consult the attached data sheet to access the underlying data.  
Source: Wood Mackenzie

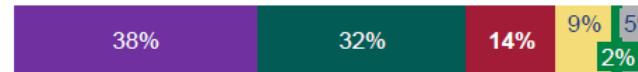
Country split by scenario, YE/2030

### Bull case



10 commercial markets

### Base case



4

### Bear case

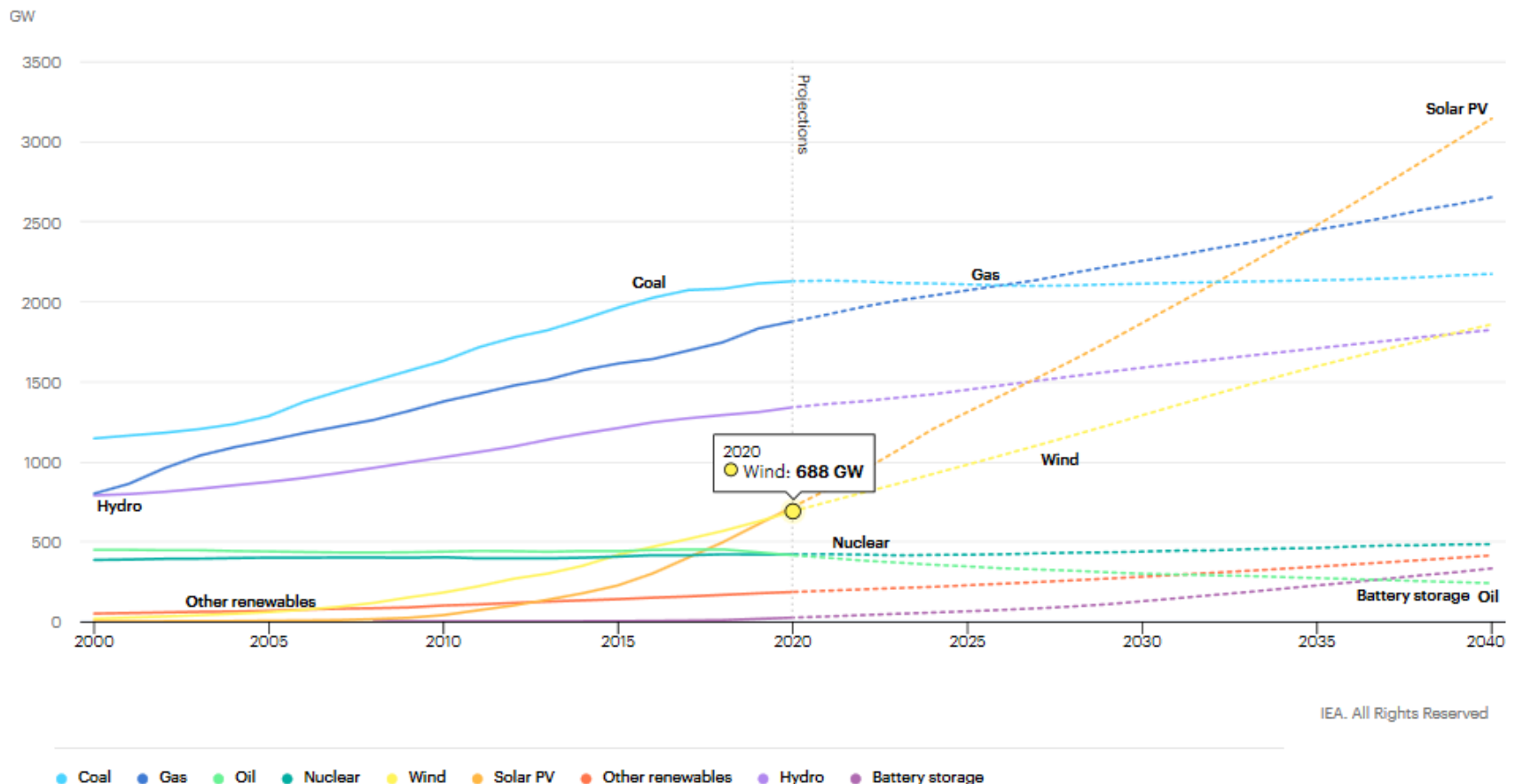


3

France South Korea Japan US UK Others

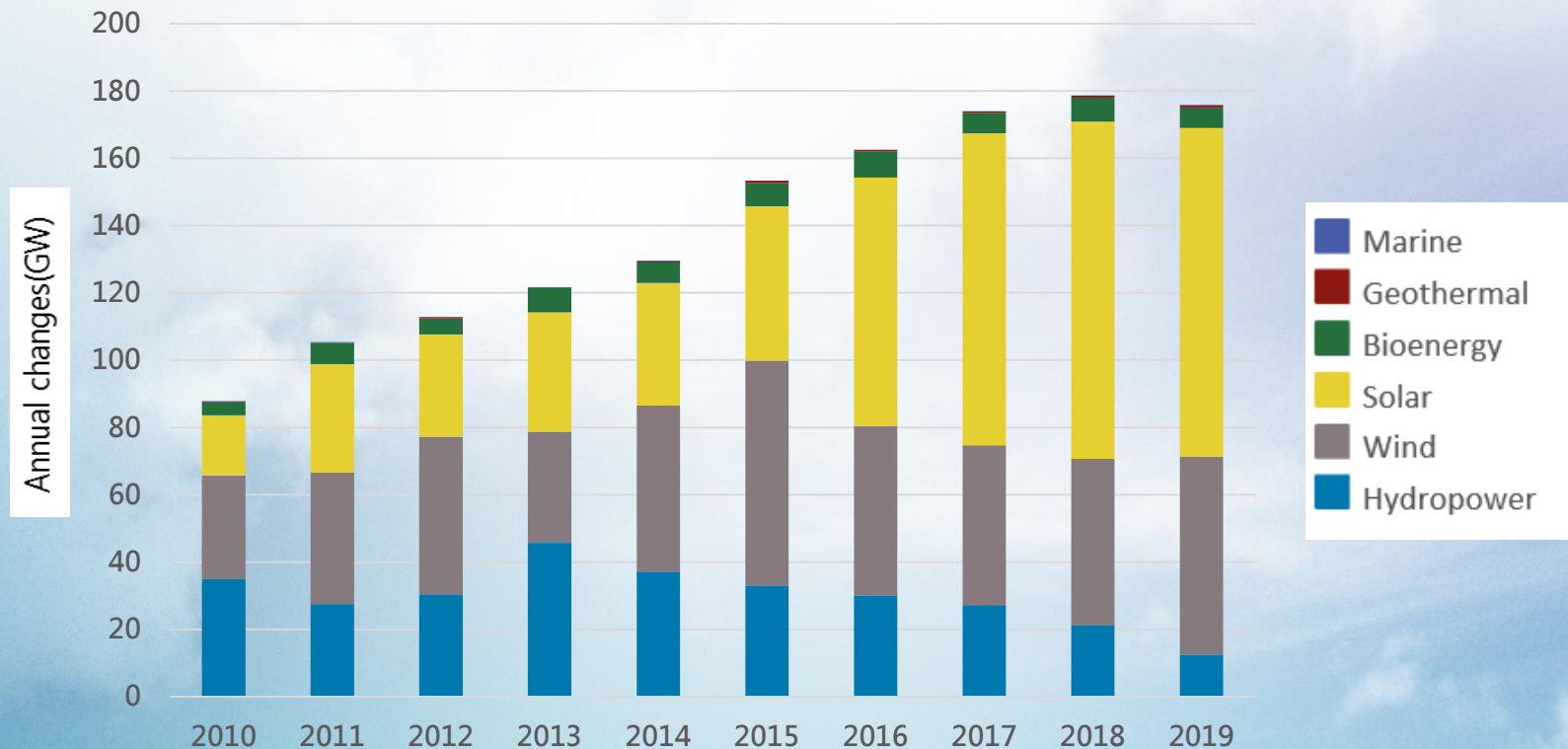
## Installed power generation capacity by source in the New Policies Scenario, 2000-2040

Last updated 26 Nov 2019





## 재생에너지 연간 변화 (Renewable energy annual changes)

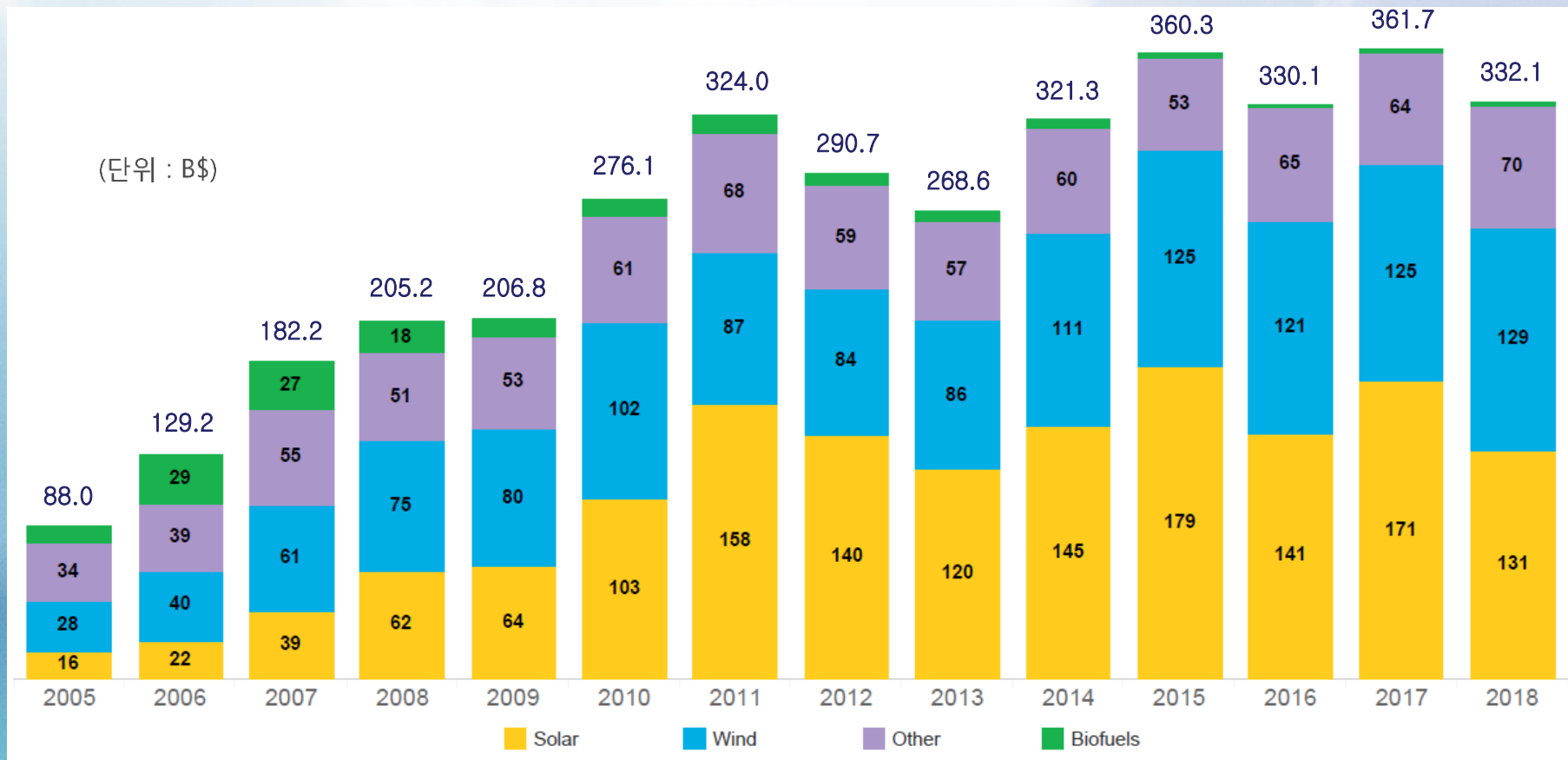


### Global Renewable Energy Annual Changes(2010-2019)

\* Marine energy covers tide, wave, and ocean energy

(Source : <http://www.irena.org>, March 2020)

## 세계 재생에너지 신규투자는 매년 400조원 규모



## 02. 글로벌 기술동향





## Most Powerful Wind Turbines in The World

Enercon E-126

7.58 MW

Siemens Gamesa 8.0-167 DD

8 MW

MHI Vestas V174

9.5 MW

General Electric Haliade-X

12 MW

E-126 7.58 MW

Height 198 m

Rotor 127 m

SG 8.0-167 DD

Height 212 m

Rotor 167 m

V174-9.5 MW

Height 197 m

Rotor 174 m

GE Haliade-X 12 MW

Height 260 m

Rotor 220 m

Eiffel Tower

Height 324 m

(1,063 ft)



References: <https://ecohungry.com/worlds-most-powerful-wind-turbines>



Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0

ECOHUNGRY.COM

Evwind, News Menu, offshore, Uncategorized, Wind Energy

GE Renewable Energy launches the uprated Haliade-X 13 MW wind turbine for the UK's Dogger Bank Wind Farm

September 22, 2020 reve

GE Renewable Energy to supply 190 Haliade-X wind turbines for Dogger Bank A and B wind power plants.

The wind energy project will be first in the world to feature the 13 MW variant of GE Renewable Energy's Haliade-X platform.

## **Siemens Gamesa 14 MW Wind Turbine unveiled**

June 8, 2020 / News

Read more: <https://www.siemensgamesa.com/>



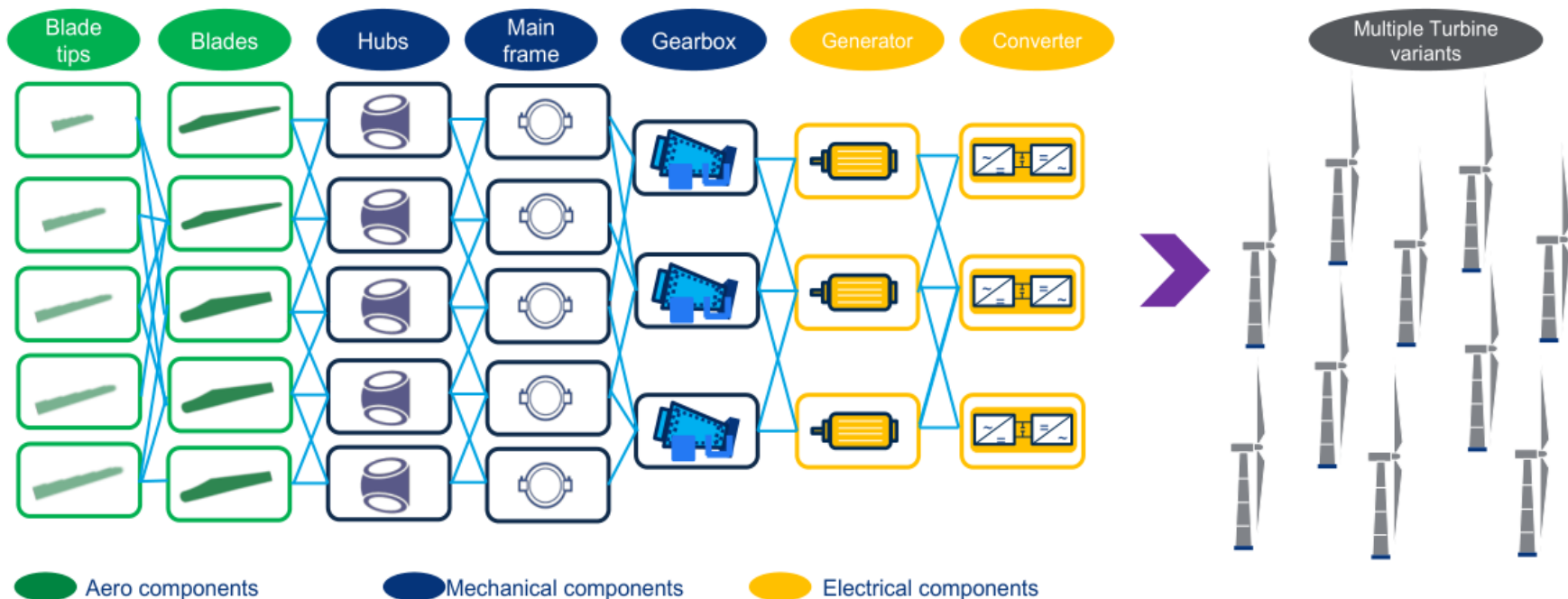
Siemens Gamesa unveils the new SG 14-222 DD, a new generation of offshore wind turbines of 14MW (up to 15MW with Power Boost) and based on Direct Drive technology with a total rotor diameter of 222m.

Global wind turbine technology trends 2019

woodmac.com

## Turbine OEMs adopting “LEGO blocks” approach shorten the time to market

Turbine OEMs need product agility to compete in a subsidy-free environment; reducing the industrial CAPEX and supply chain costs is paramount towards achieving this goal

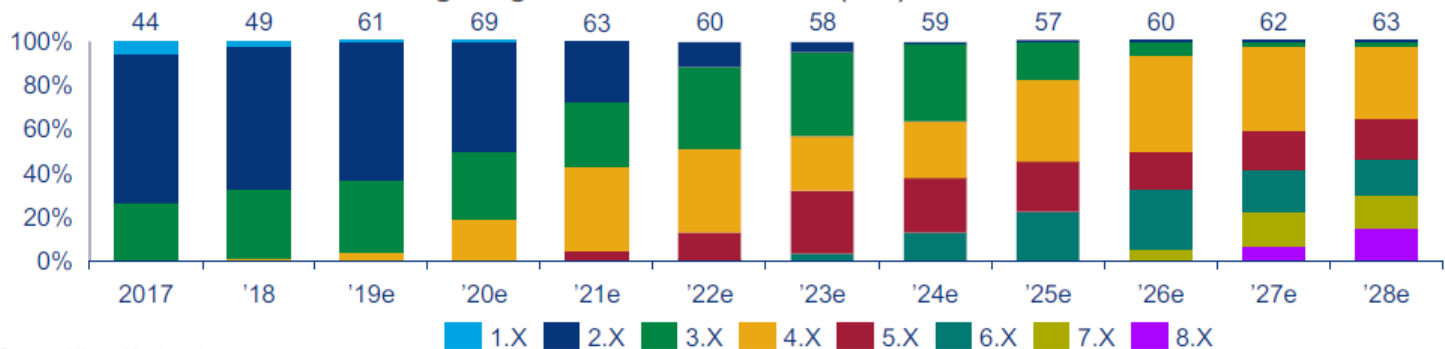




## Global onshore and offshore turbine MW ratings all on the upswing

Industry competition drives OEMs to pursue larger turbines as a competitive differentiator

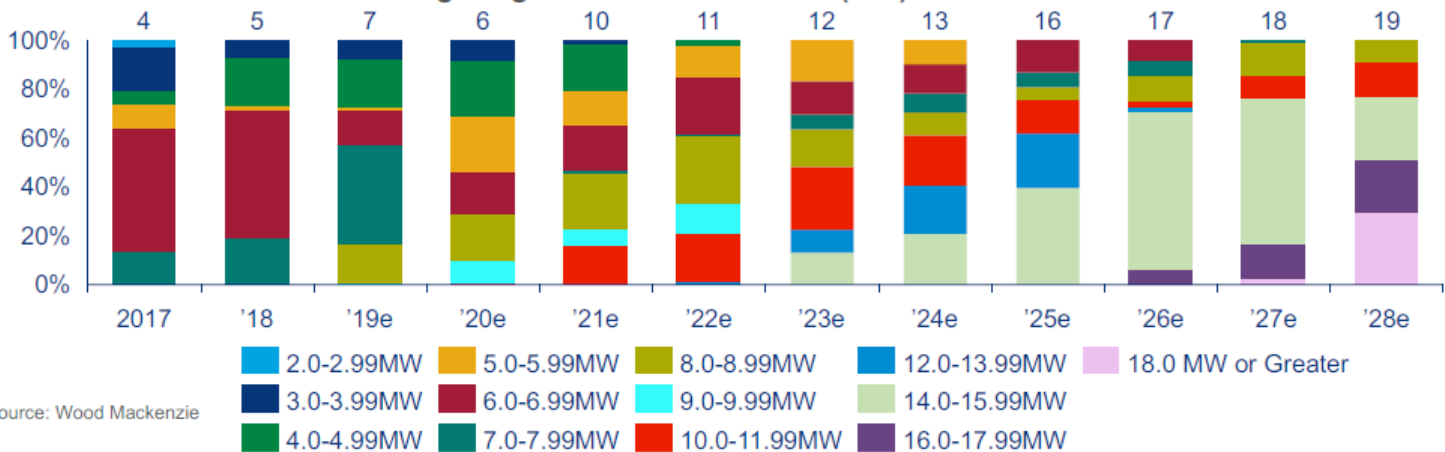
Global onshore turbine mw ratings segmentation 2017-2028e (GW)



Source: Wood Mackenzie

12+MW segment gains share post-2023 as leading OEMs launch next-generation technologies

Global offshore turbine mw ratings segmentation 2017-2028e (GW)



Source: Wood Mackenzie



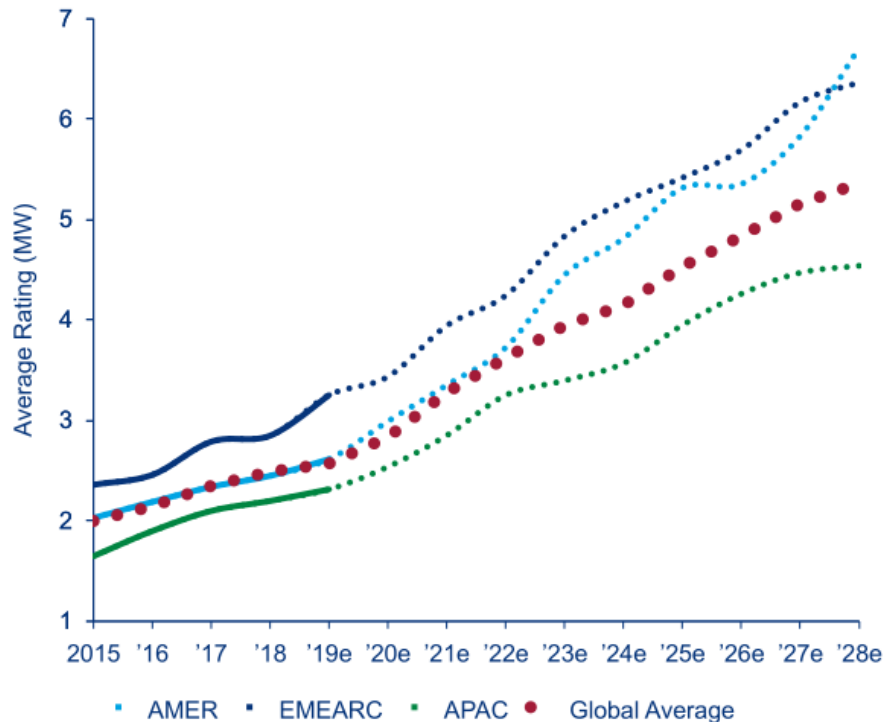
Global wind turbine technology trends 2019

woodmac.com

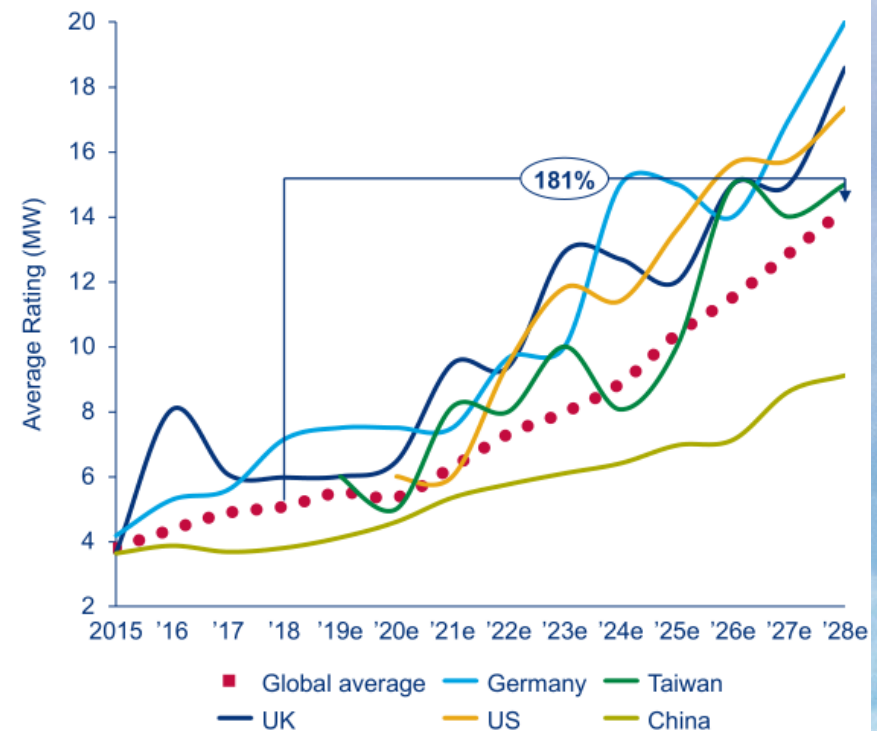


## Average offshore turbine rating set to double in the next decade due to favourable cost implications for project balance of plant

Regional onshore turbine technology rating trends 2015-2028e



Global offshore turbine technology rating trends 2015-2028e

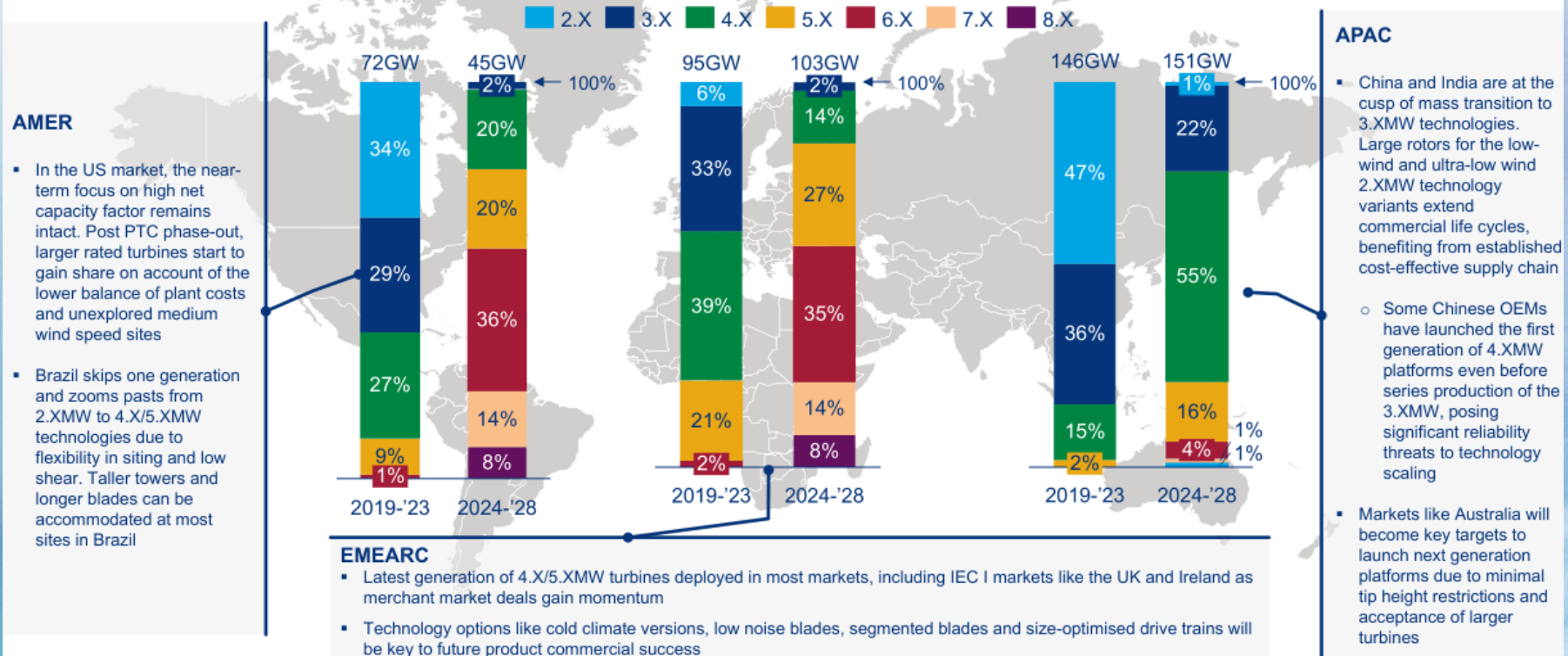


Global wind turbine technology trends 2019

woodmac.com

## Regional onshore turbine technology trends

### Regional onshore turbine rating trends 2019-2028e

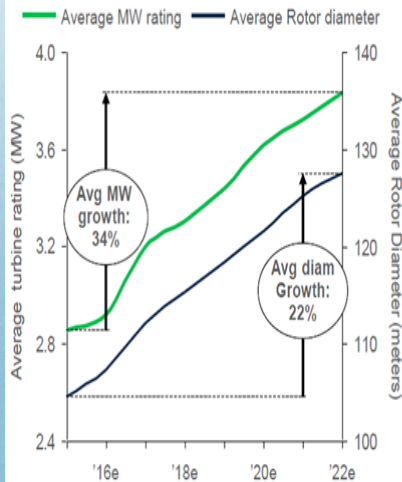


## 육상풍력 기술 Trend

Wind turbine product needs within each region are shifting

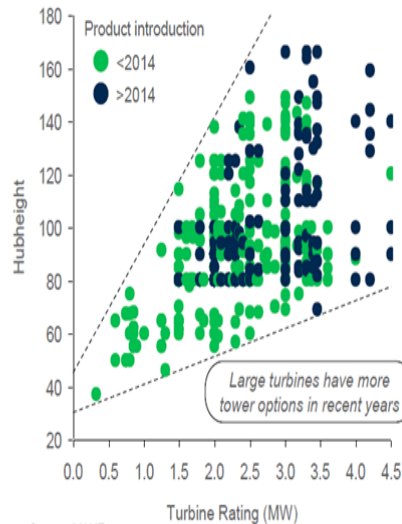
European onshore seeks higher towers, bigger turbines

### Average turbine evolution in Europe



Note: Averaged by number of turbines, Europe onshore only  
Source: MAKE

### Tower height options are a differentiator



Source: MAKE

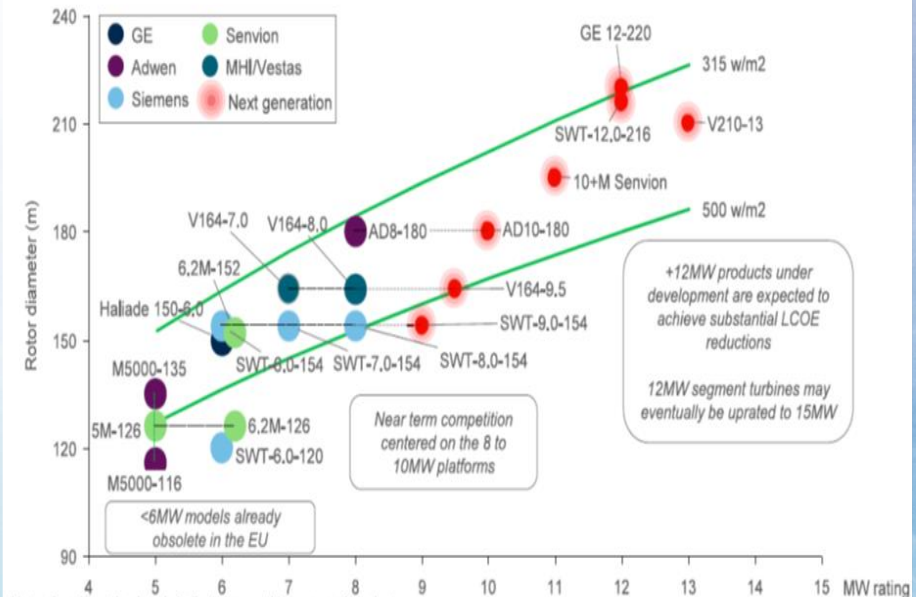
New German wind auction system expected to favor the largest turbines on taller towers.  
3MW class turbines on advanced towers reaching volumes that bring cost reductions.

## 해상풍력 기술 Trend

Offshore product development

+12MW turbines are pushing the design envelope

### Europe offshore product positioning and next-generation projections

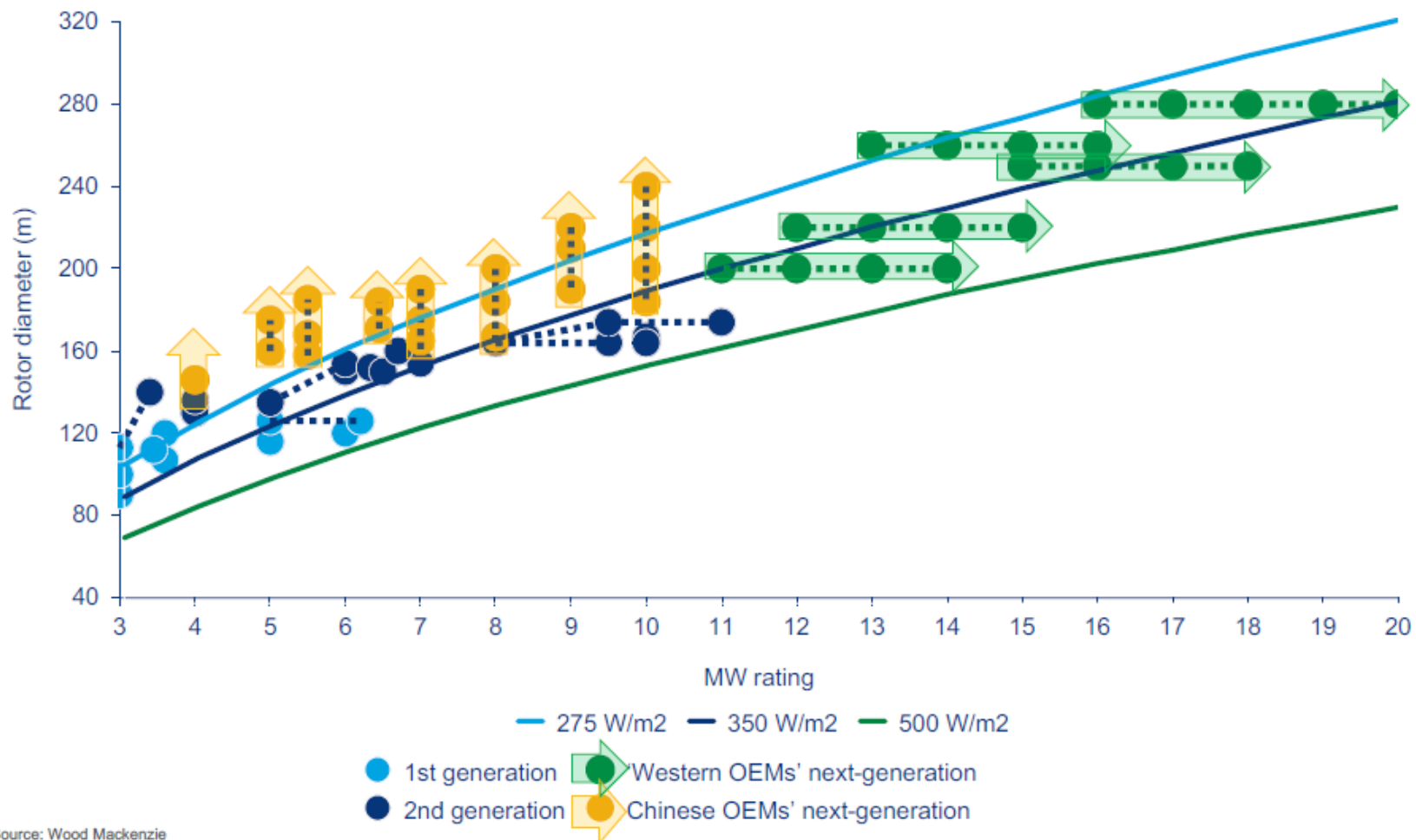


Note: Specific rating bands indicate competitive range of products  
Specific rating iso-lines shown to indicate the competitive range of products  
Source: MAKE

## Contrasting product moves on next generation offshore platforms

Offshore Western turbine OEMs thrive on power uprates, while Chinese emphasise rotor upgrades

Next-generation turbine projections for Western and Chinese turbine OEMs





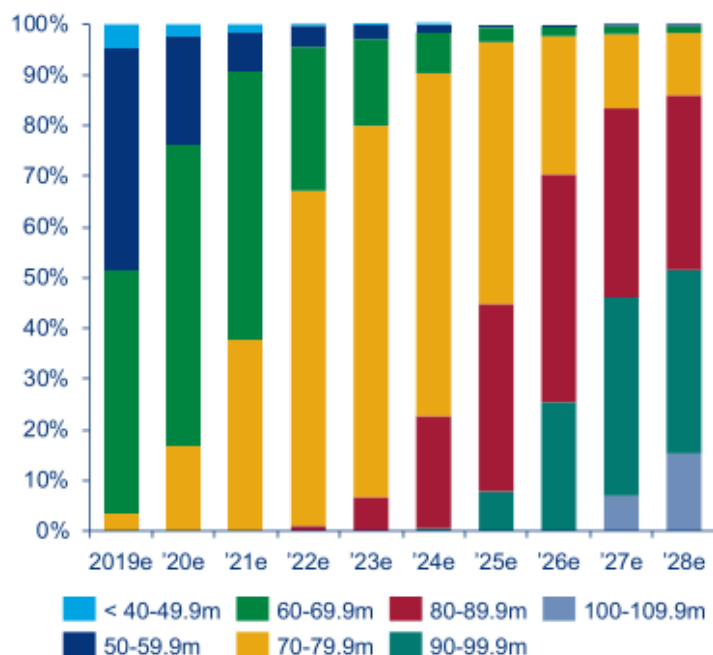
Carbon fibre blades gain prominence as SGRE and GE move away from glass fibre in their latest generation onshore turbines accelerating the adoption

Offshore blade innovation continues at a rapid pace, allowing for longer and lighter 100+m blades across key markets, resulting in 50% of cumulative installs

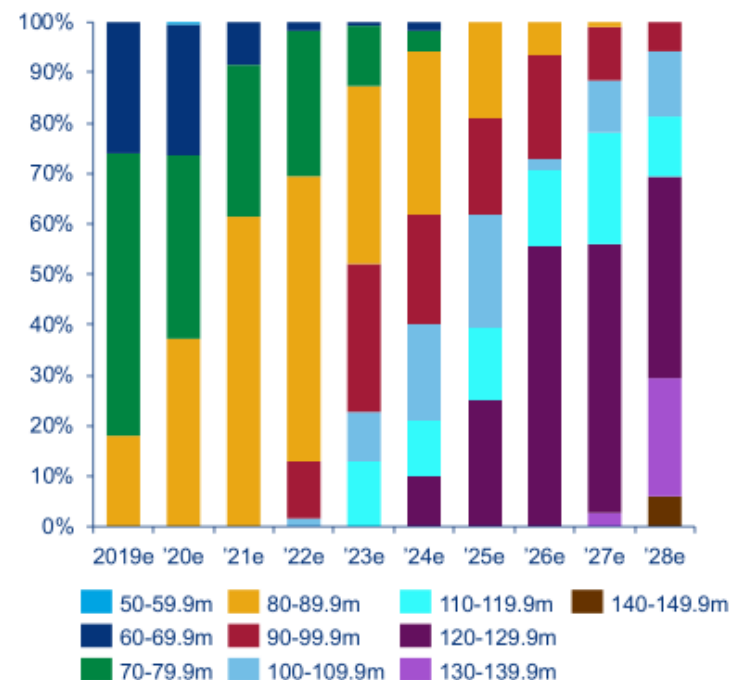
Offshore turbines drive the penetration of hydraulic drive pitch systems

Turbine OEMs challenged to balance performance and sound optimisation

Onshore blade length segmentation trends 2019-2028e



Global offshore blade length segmentation trends 2019-2028e

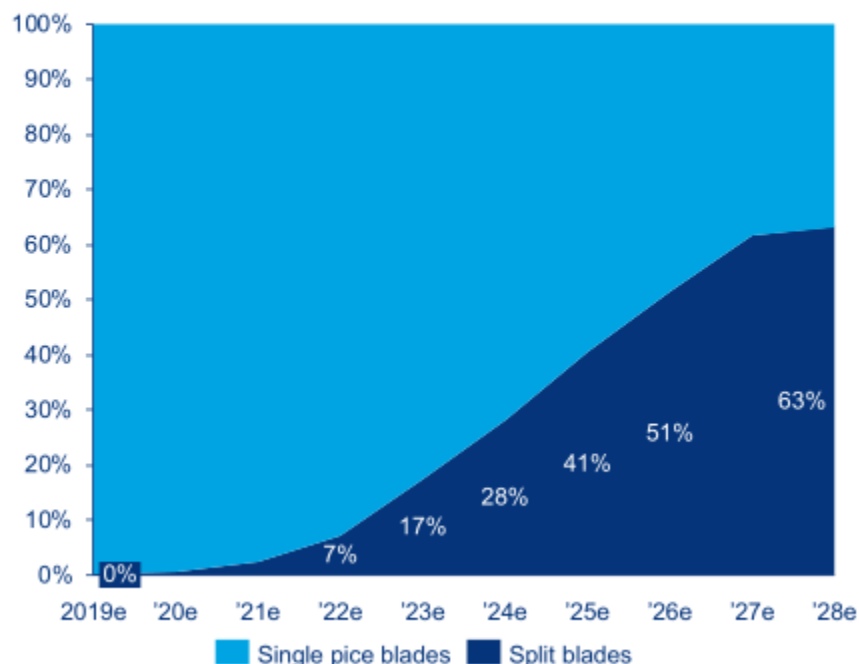


**Turbine OEMs and blade suppliers change blade designs and balsa shortages accelerate the shift to PET, resulting in PVC showing declines in market share**

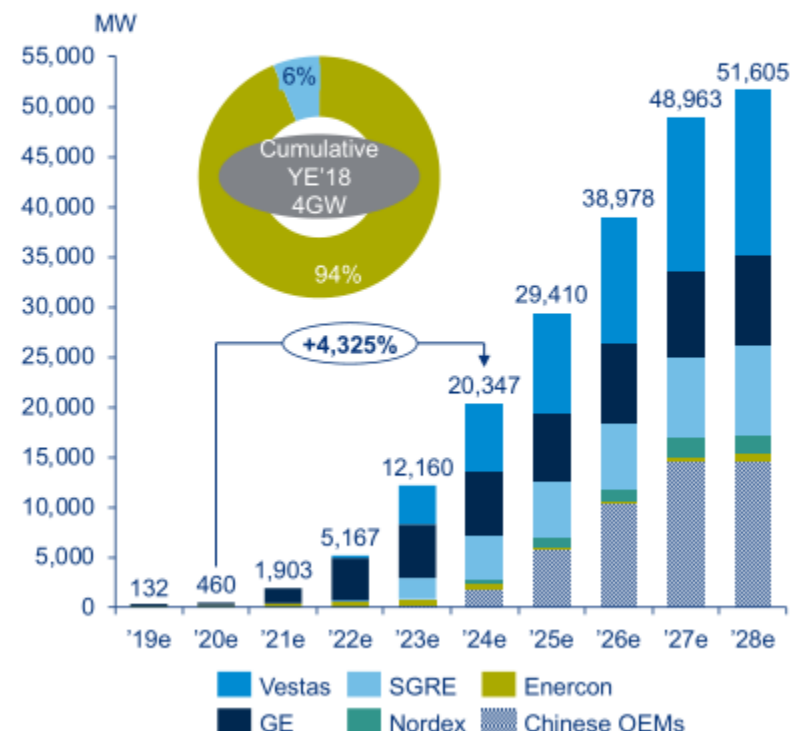
**Despite the aggressive launch of 8-10MW offshore turbines in China, those rotors will be dwarfed by Western peers until domestic blade manufacturers catch up**

**Growth of rotors past 160+m will fast-track split blade development across leading turbine OEMs, paving the way for 40X volume increase over the next five years**

Global segmentation of single piece vs split blades, 2019-2028e



Global split blade installs by leading OEMs, 2019-2028e



**Logistics savings become substantial on modular blades longer than 75m**

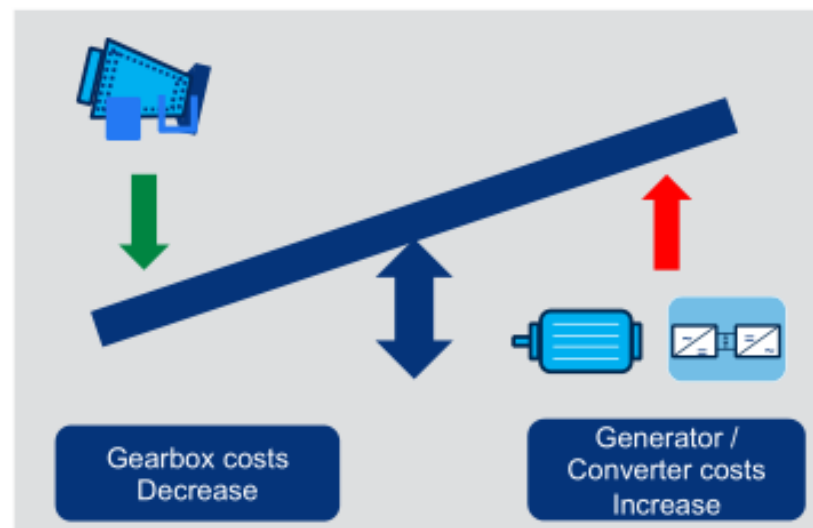
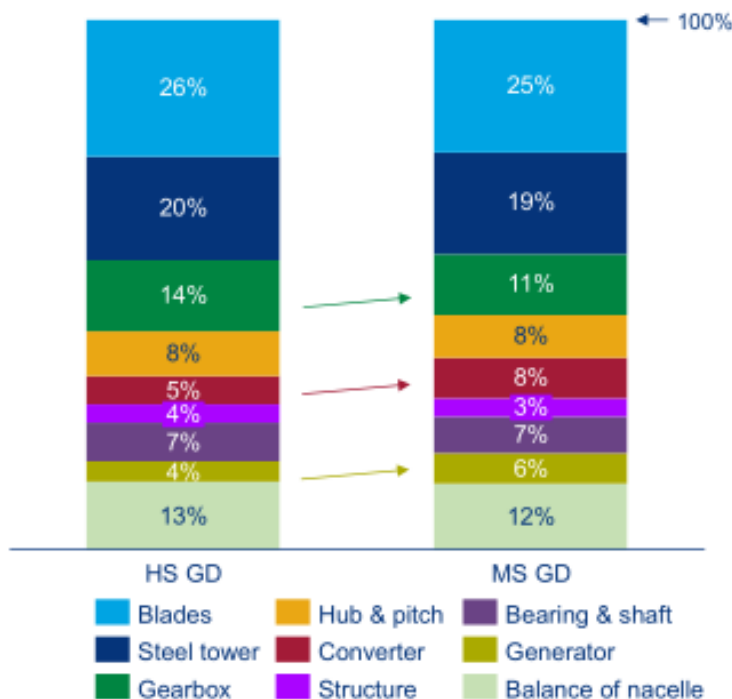
Global wind turbine technology trends 2019

woodmac.com



## The shift to medium speed drive trains will move costs from the gearbox to the generator and power converter

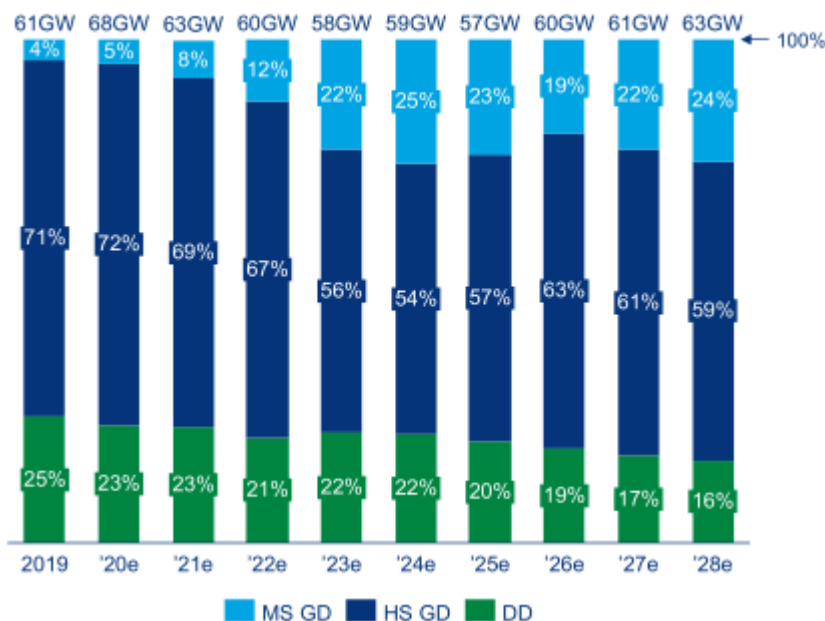
Turbine cost structure comparison of HS GD vs MS GD for 4.XMW Cost shift in a MS GD compared to HS GD for 4.XMW



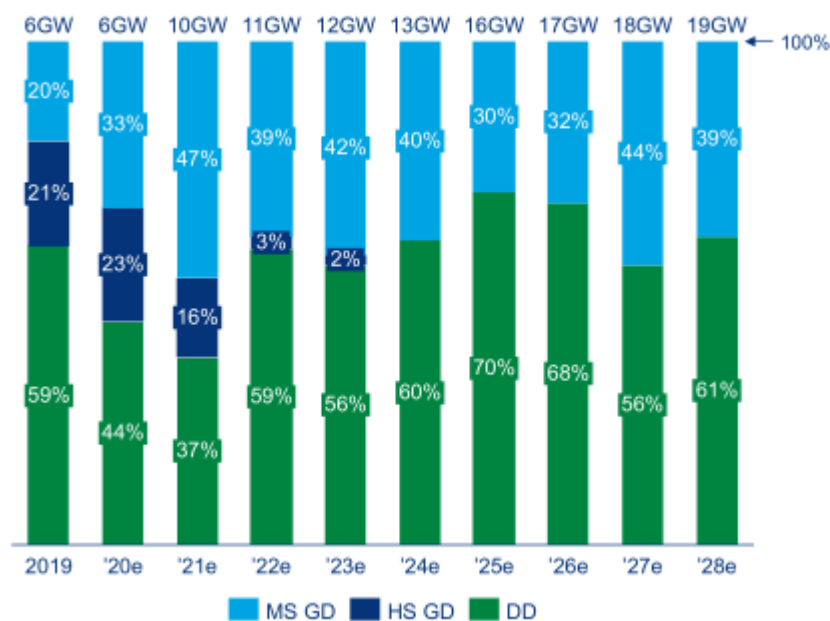
Onshore gearbox suppliers expanding presence in drive train supply chain, reflecting the platform strategy of leading players

Despite offshore Western turbine OEMs' preference for direct drive architecture, MS GD gains traction due to deployment of MHI Vestas and MingYang turbines

Global onshore drive train technology trends, 2019-2028e



Global offshore drive train technology trends, 2019-2028e



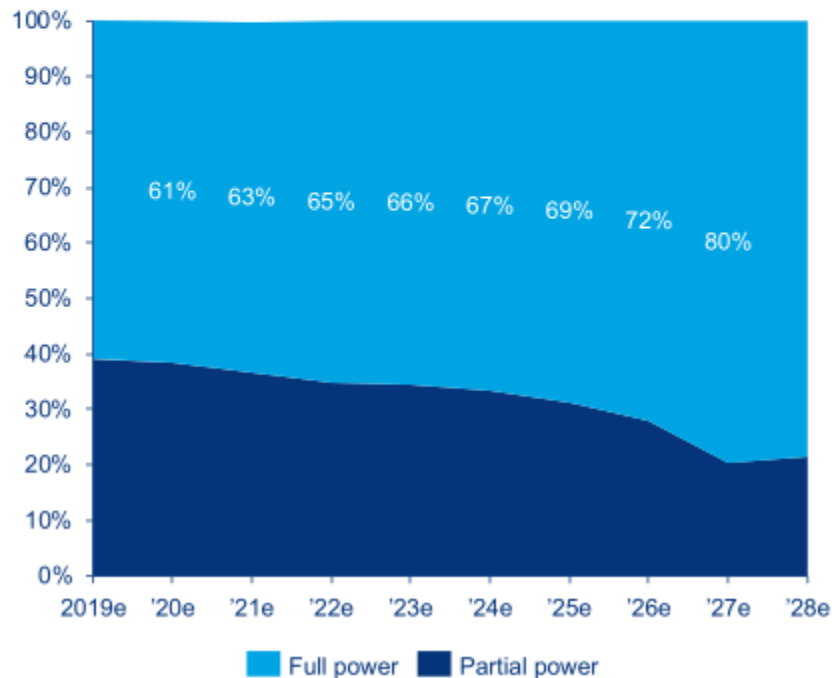


Global wind turbine technology trends 2019

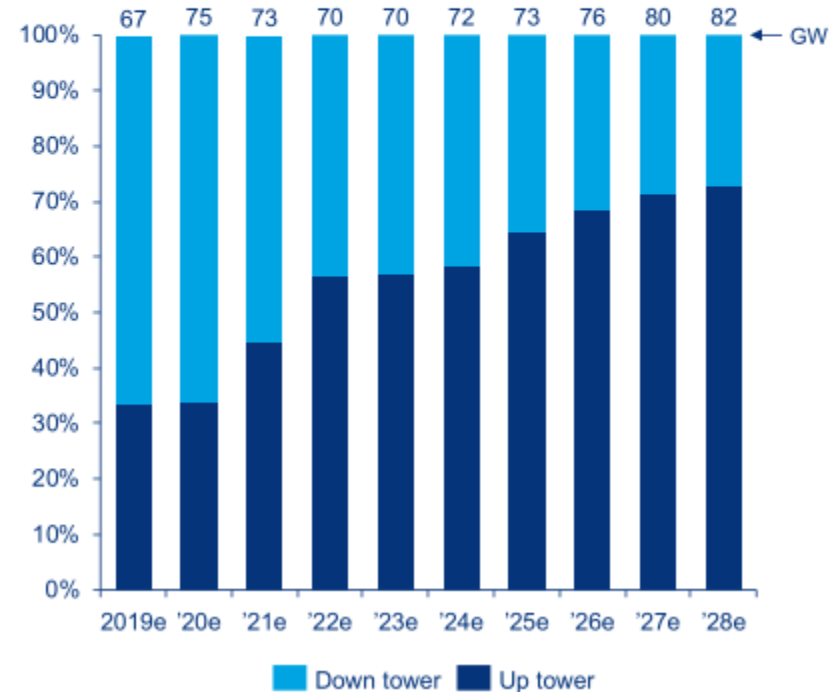
woodmac.com

**Despite leading Western turbine OEMs' deployment of partial power converters on the latest 4.X/5.XMW turbines, full power configuration grows due to Chinese demand**

Global converter technology segmentation, 2019-2028e



Global converter location segmentation, 2019-2028e

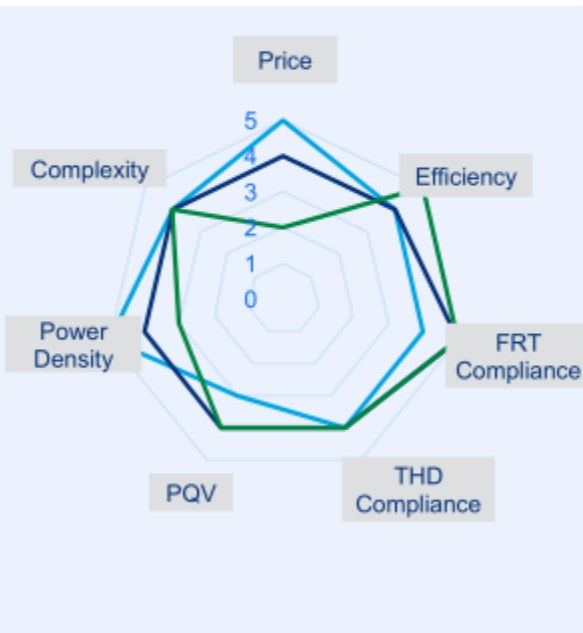


Global wind turbine technology trends 2019

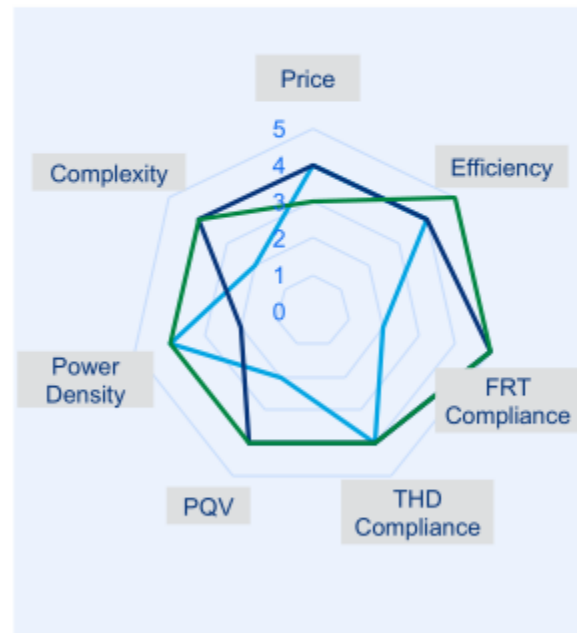
woodmac.com

## 10+MW offshore turbines will adopt full power converters with medium voltage due to performance and enhanced efficiency of HV-IGBT chip technology

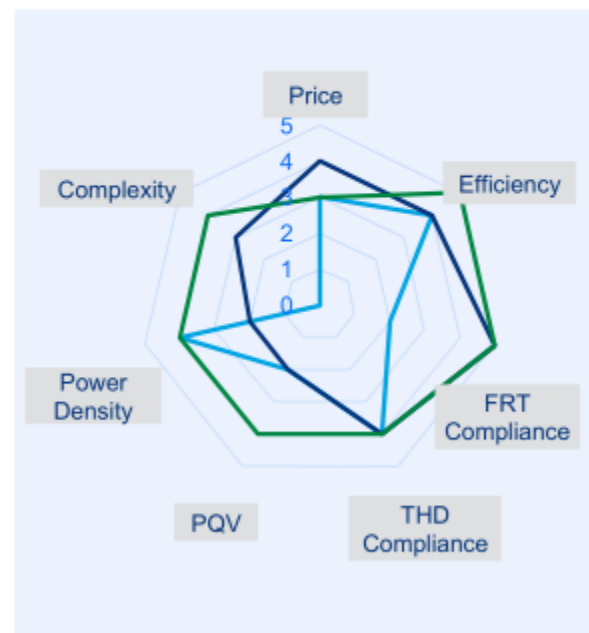
Converter topology benchmarking  
6MW turbines



Converter topology benchmarking  
10MW turbines



Converter topology benchmarking  
15MW turbines



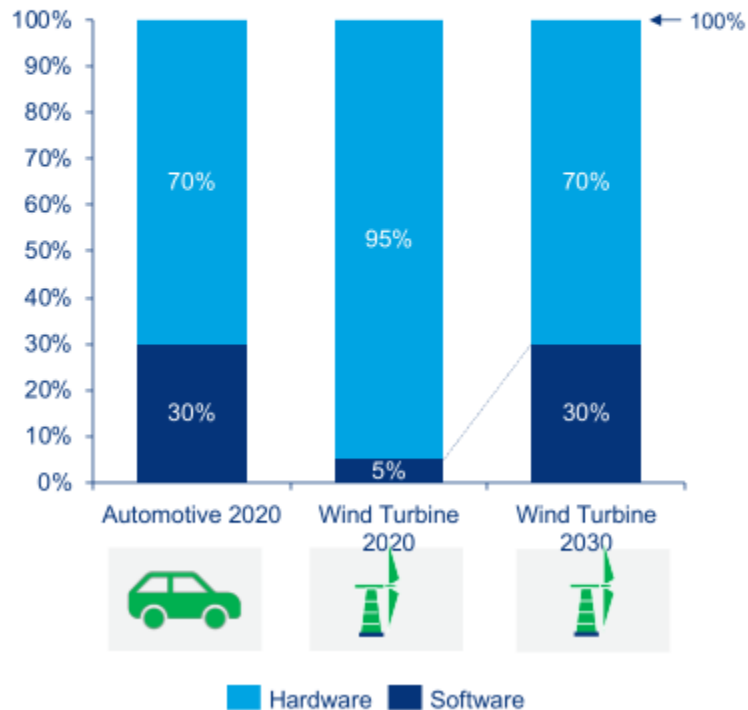
— DFIG PPC — LV FPC — MV FPC (IGBTs)

Global wind turbine technology trends 2019

woodmac.com

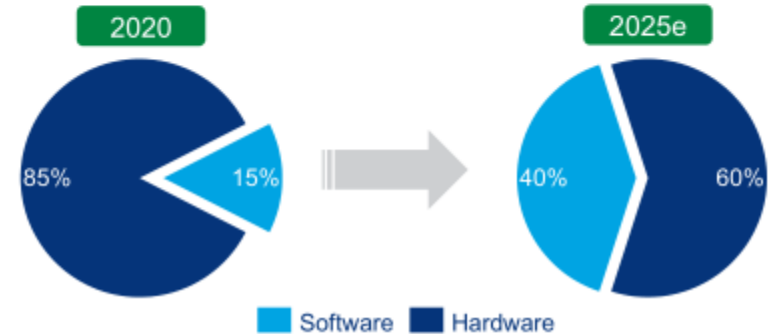
## Software penetration in wind turbines to follow automotive industry trends, with key suppliers accelerating this transition

Wind turbine software and hardware penetration comparison with automotive



- Automotive industry has gained from 120+years of experience and shifting from hardware to software functionality. Wind turbines will share the learnings and experiences from other industries, including automotive to steep the learning curve.
  - Wood Mackenzie anticipates, that wind turbines by the end of next decade will incorporate more than 30% of software functionality
  - The software functionality is rolled out to many capital components in the wind turbines and wind farms, towers, rotor blades for monitoring the loads and deflection, structural components, performance and predictive maintenance of main bearings, gearboxes, generators and blade bearings

Control system suppliers revenue split projections 2020 vs 2025



## Induction hardening is gaining prominence for main bearings as only the roller surface contact area is hardened to a pre-defined depth

### Scaeffler Asymetric spherical roller bearings:

- Since introduction in 2015, the designs have been continuously developed and enhanced
- The asymmetric design allows a larger contact angle to be deployed on the rolling element row subject to axial loads. An additional smaller contact angle on the row is subject mainly to radial loads
- This arrangement allows optimised load distribution while reducing the width of the bearings

### Induction hardening:

- The only roller surface contact areas are hardened to a pre-defined depth
- The remaining cross-sectional areas retain the original material properties
- These offer higher product reliability and performance
- The limitations for this process is "soft spot" at the running surface
- The new scan induction hardening process with three inductors is developed to address this challenge

### Main bearing configuration benchmarking

	S SRB	D SRB	D XTRB	OTRB
Technology maturity	●	●	◐	◑
Scaling capability	◐	◑	●	●
Reliability	◐	●	◐	◑
Cost reduction potential	◐	◐	◐	◑
Supply chain	●	●	◐	◑

#### Note:

S SRB- Single Spherical roller bearing

D SRB- Dual Spherical roller bearing

D XTRB- X type tapered Front X-tapered, rear cylindrical

O TRB – Large diameter tapered roller bearing

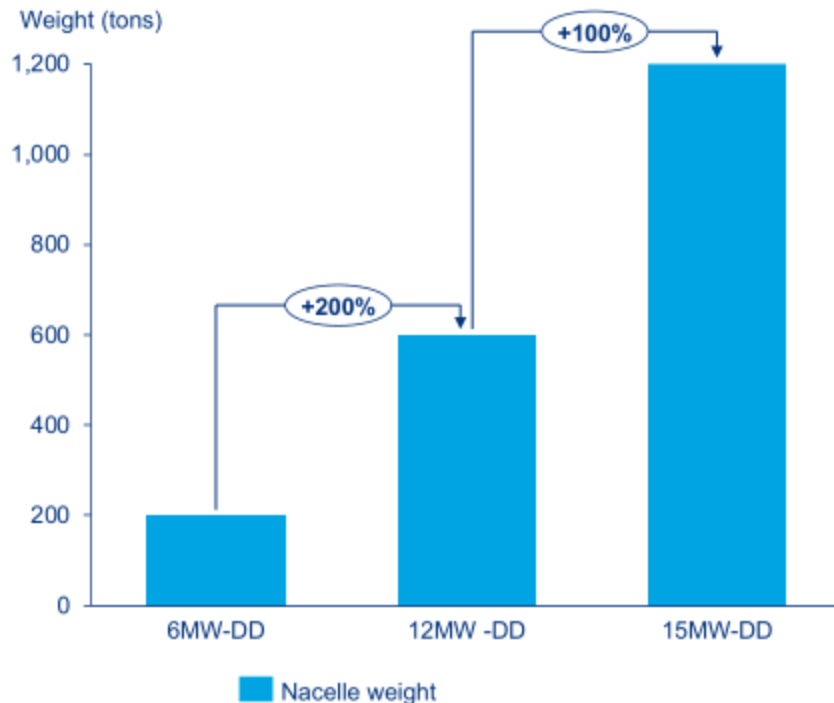


Global wind turbine technology trends 2019

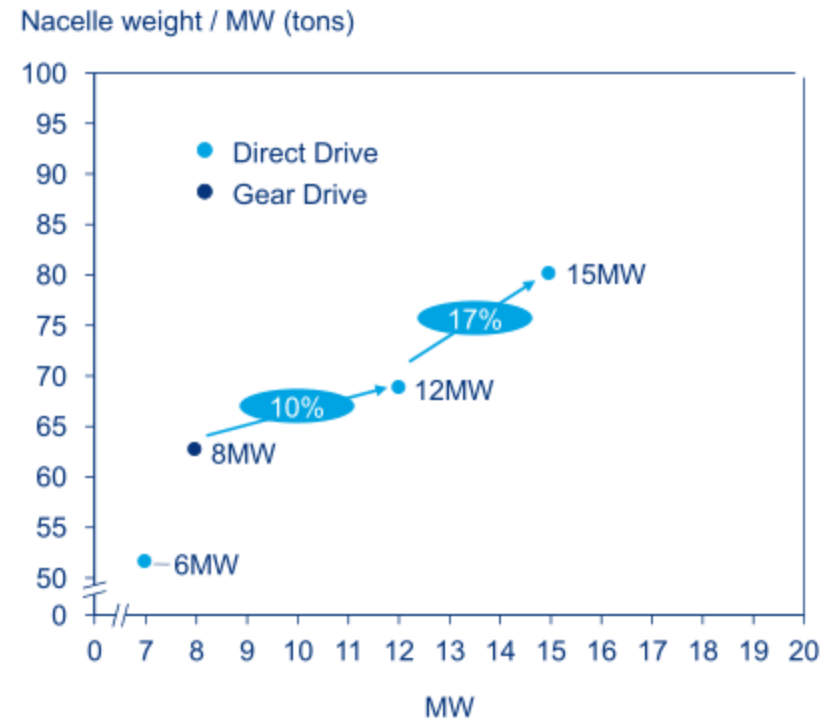
woodmac.com

## Offshore turbine nacelle weight increases by 100% with a 30% increase in the size of direct drive generators displaying the huge weight scaling challenges

Offshore nacelle weight scaling estimates



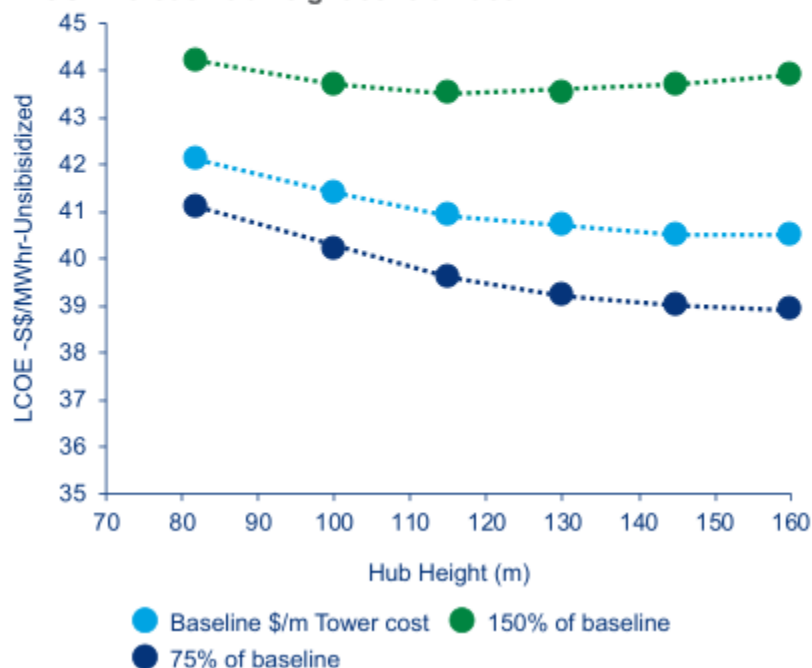
Offshore turbine nacelle weight trends



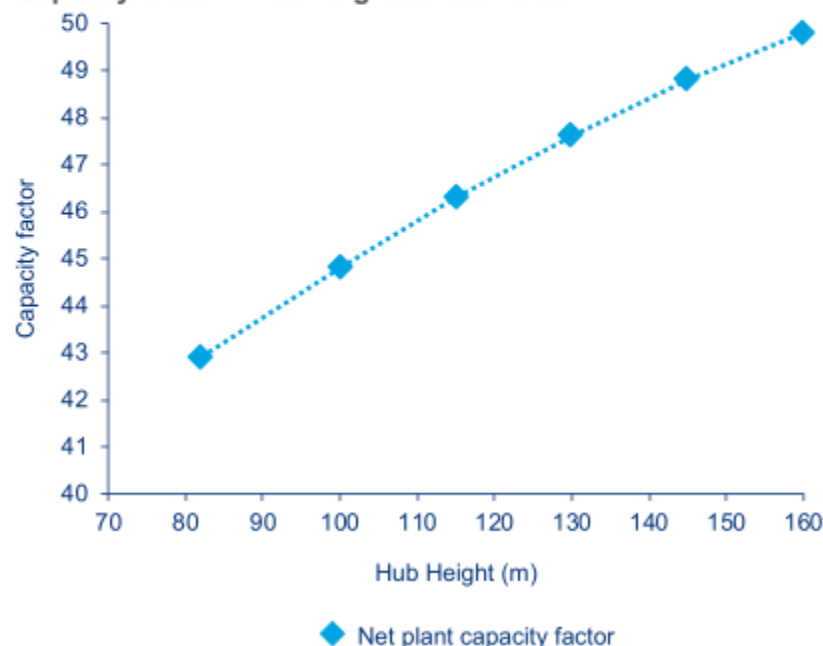
## Innovation in tower technology leads to taller towers that can lower LCOE

Despite CAPEX increases on taller towers, energy production can make up for associated price increases

LCOE versus hub height sensitivities



Capacity factor v. hub height sensitivities



**Tower heights are increasing across all regions, including the Americas, to harness higher wind speeds and increase AEP**

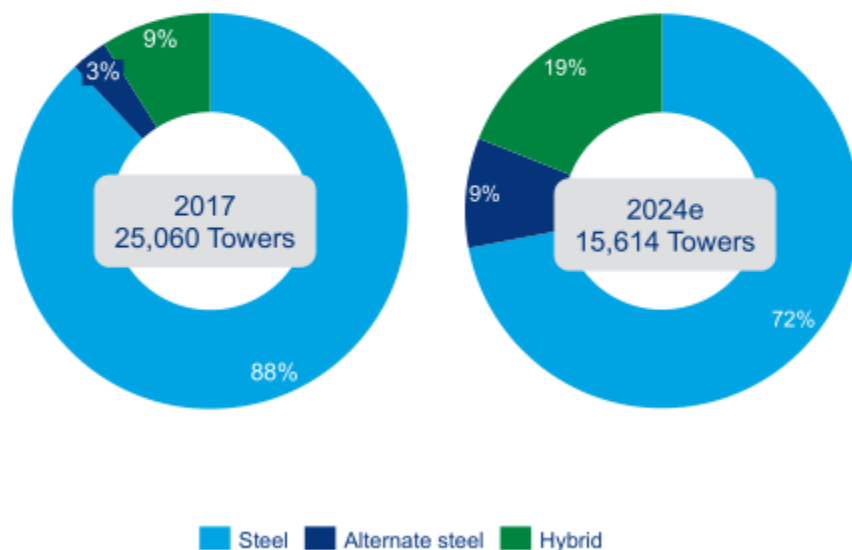
**Alternate wood tower technologies offering 30% cost reduction potential are under development, though commercial deployment yet remains unanswered**

Global wind turbine technology trends 2019

woodmac.com

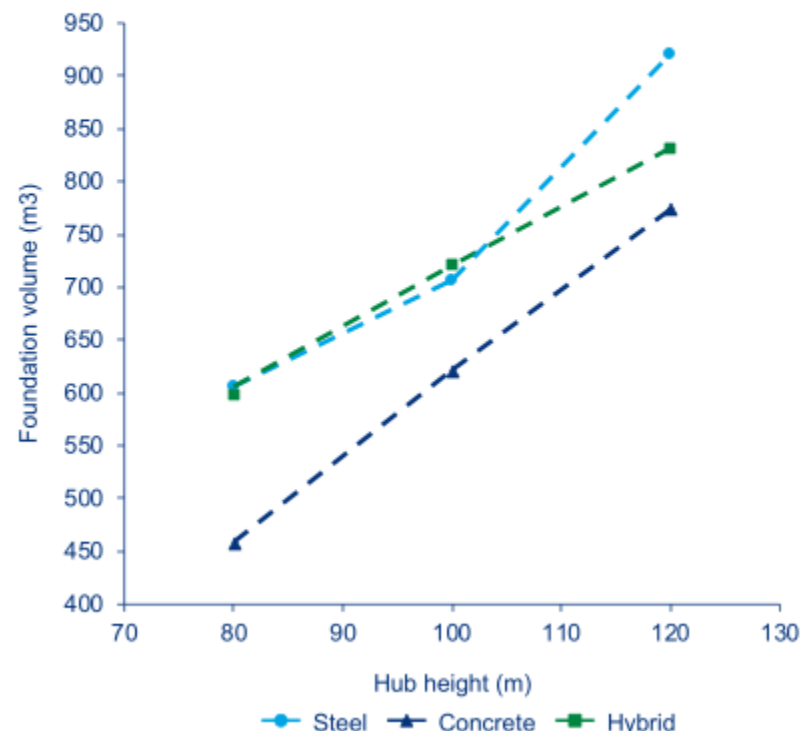
## Local content, import steel duties and inherent cost advantages drive hybrid and alternative steel towers adoption across markets

Global tower technology segmentation trends, 2017 vs 2024e



Note: Concrete hybrid also includes full concrete towers. Alternative steel include longitudinally segmented and bolted shell towers.  
Source: Wood Mackenzie

Foundation volume vs tower height sensitivities



Source: Wood Mackenzie

**Innovative tower concepts gain commercial momentum, as SGRE backs Nabrawind's self-erecting 144m steel tower to be deployed in Morocco**

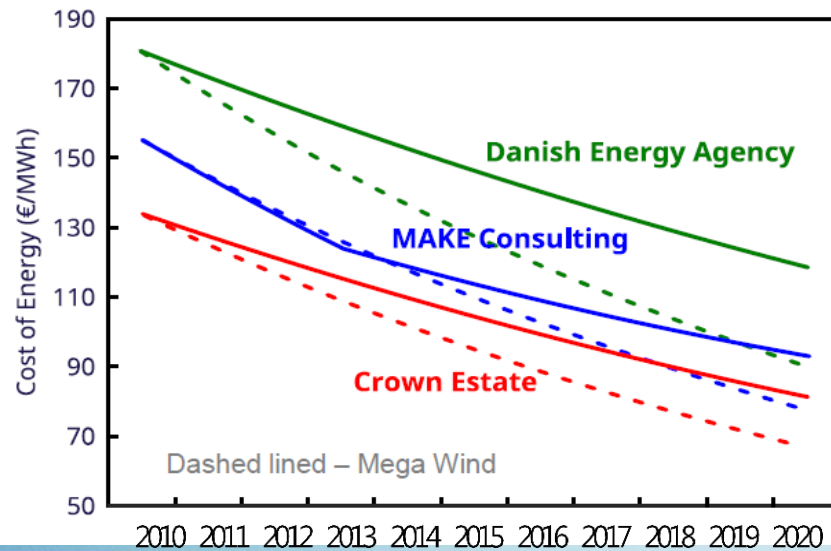
## 03. 발전단가





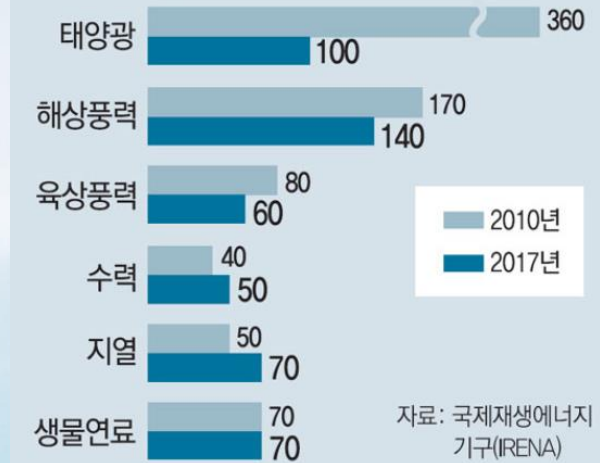


## 풍력 발전단가 하락 추세



## 신재생에너지 평균 균등화발전비용(LCOE)

추이 단위: 달러/MWh



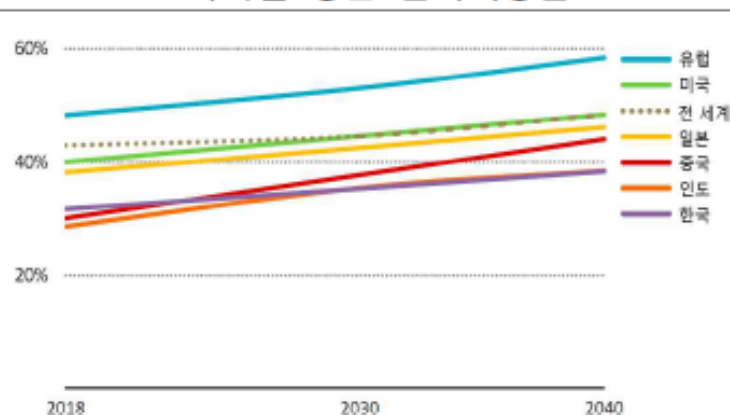
- 전 세계 해상풍력의 평균 LCOE는 2018년 \$140/MWh에서 2030년에 40% 감소한 \$90/MWh 이하, 2040년에는 60% 감소한 \$60/MWh로 전망

- 향후 새 프로젝트에 대한 LCOE는 건설비 및 운영유지비(O&M) 감소, 설비이용률 향상, 사업 위험성 감소로 인한 금융비용 절감으로 하락 예상
- 유럽, 중국을 비롯한 많은 지역에서 비용이 감소할 것으로 예측
  - 유럽은 \$104/MWh(2018) → \$60/MWh(2030), 중국은 \$125/MWh(2018) → \$70/MWh(2030)
- 해상풍력은 높은 설비이용률과 이용가능성으로 인해 기존 기저부하와 경쟁 가능

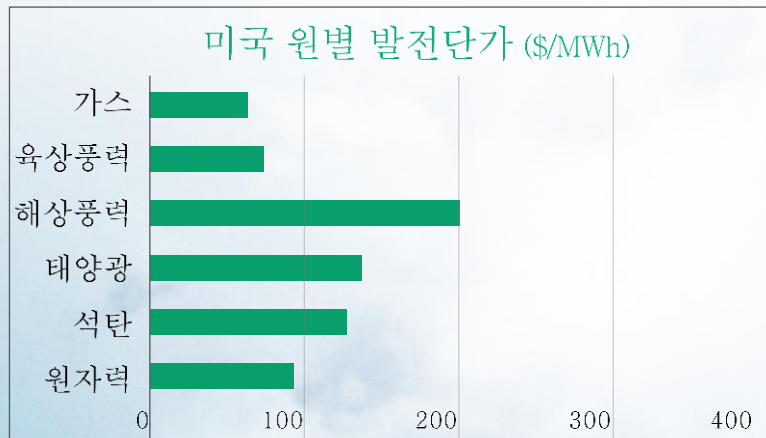
< 전 세계 해상풍력 평균 LCOE >



< 지역별 평균 설비이용률 >



現 시점에서 원자력 등과 비교하였을 때 비싼 에너지원



※ Source: 미국 EIA (2015)

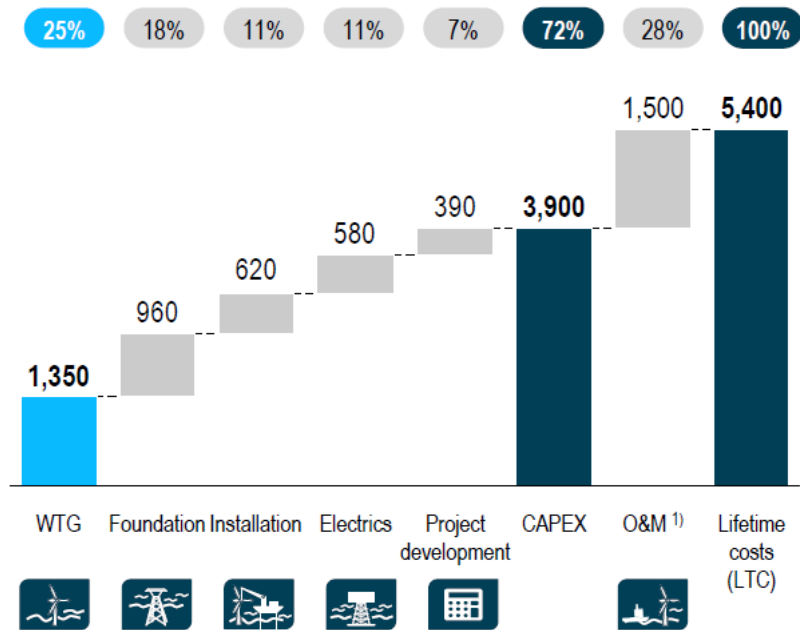


※ Source: 에너지경제연구원(2015), 전력거래소(2016)

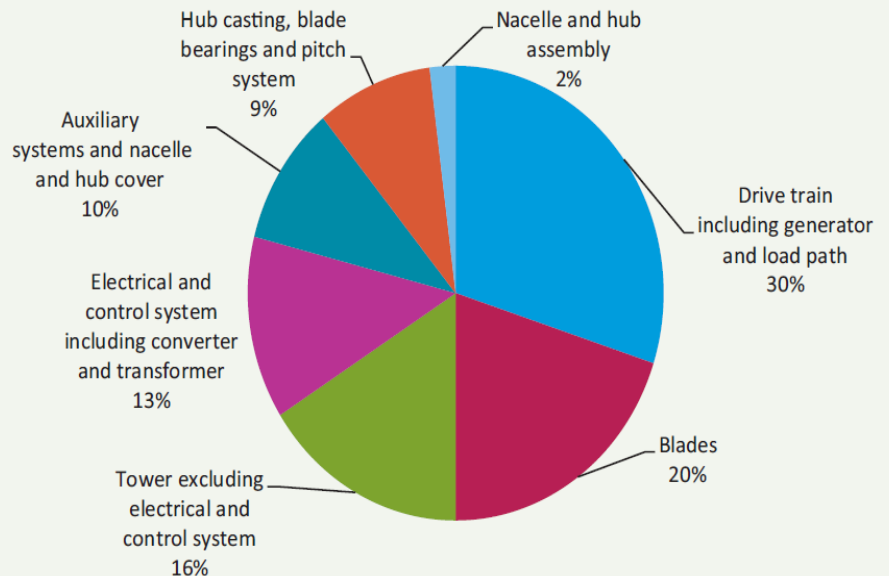


정부의 투자, 정책에 의한 보조 없이는 산업활성화에 어려움 존재

## COST STRUCTURE ['000 EUR/MW]



## Exhibit 3.16 Offshore wind turbine cost structure

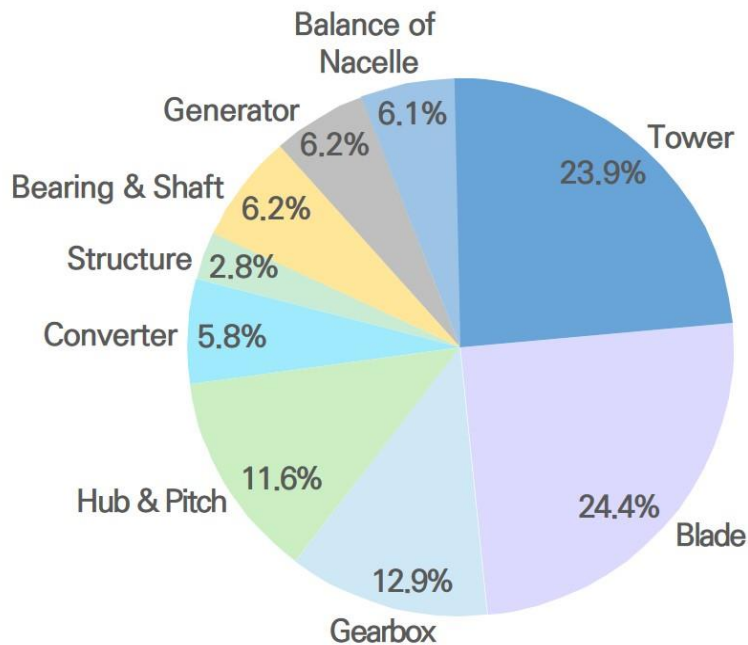


Source: BVG Associates



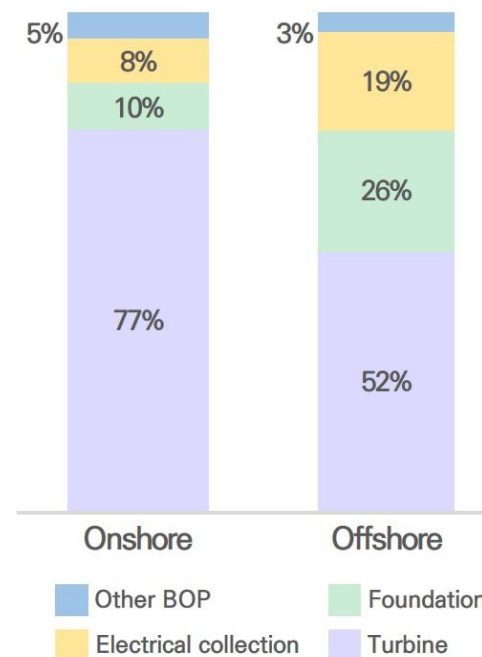
## 풍력터빈 주요부품 가격 비중

Typical cost distribution-baseline



Note : Cost distribution based on global supply chain  
Installation, logistics and other turbine capex elements not included  
Source : MAKE

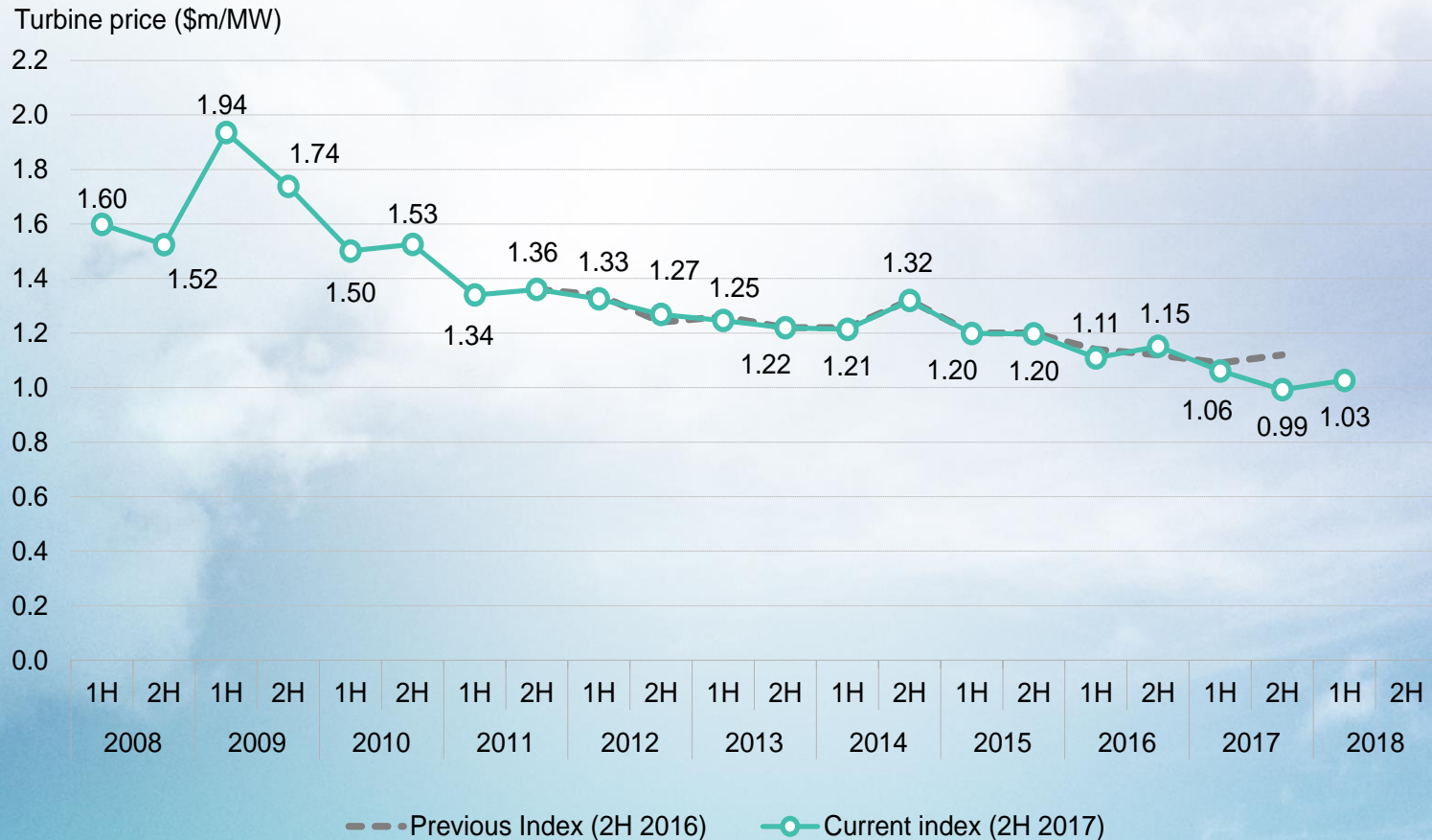
Typical CAPEX distribution-wind plants



Note : Turbine incorporates all turbine-related CAPEX elements Dose not include any OPEX contributors  
Source : MAKE

출처 : Make, Global wind turbine trends 2017

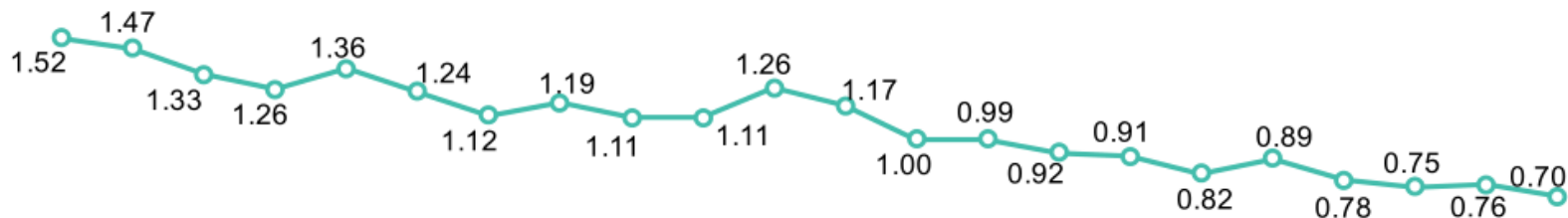
## Wind Turbine Price Index – mean turbine price



Source: Bloomberg New Energy Finance Note: Contract prices include turbine plus towers and transport to site, and they exclude VAT. Turbine contracts signed for delivery in China are excluded from this Index. All values are converted to dollars at the exchange rate at contract-signing date.

## Economics: Global wind turbine price index by signing date

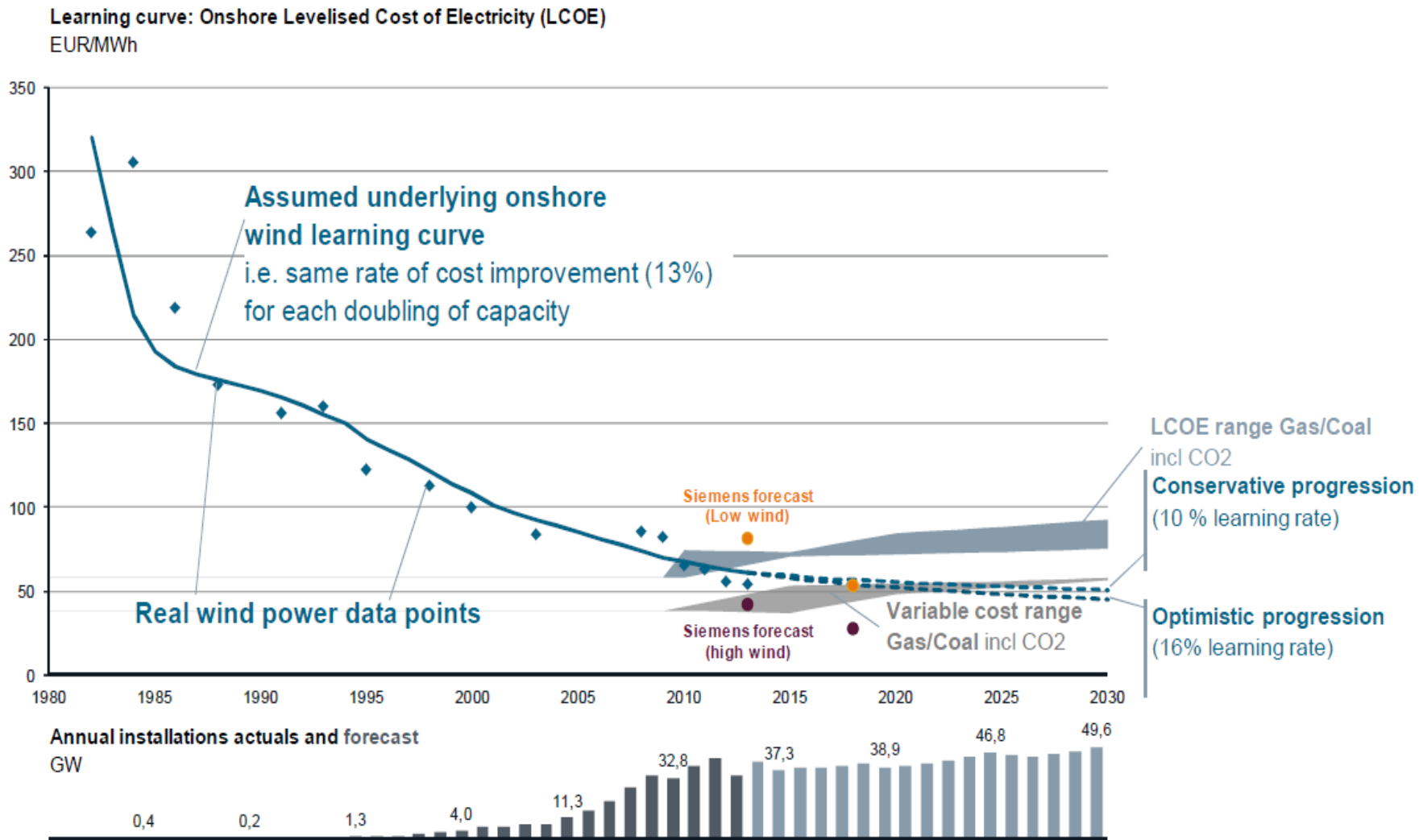
\$m/MW



1H	2H	1H	2H	1H	2H	1H	2H	1H	2H	1H	2H	1H	2H	1H	2H	1H	2H	1H	2H	1H	2H
2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	

- Since 2009, global turbine prices have fallen 58% to \$0.70 million/MW. In 2019, Turbine makers reported sector-wide price stabilization on a per-turbine basis.
- The price for U.S. wind turbine contracts signed in 2019 tracked with the global average price, at \$700,000 per megawatt. Historically, North American prices have tended to fall below the global average. However a series of tariffs imposed in the U.S.-China trade war have removed this discount. The tariffs, which hit gearboxes, blades, and, to a lesser extent turbine towers, were estimated to increase prices by 5-10%.
- Despite tariff uncertainties, contract prices for turbines signed in 2019 dropped by about 10% from 2018 levels. As turbines get taller, capacity factors improve, which contributes to lower levelized costs for U.S. wind as well.
- Even as prices per turbine stabilize, the capacity of individual turbines is increasing, meaning that prices per-megawatt will continue to drop.

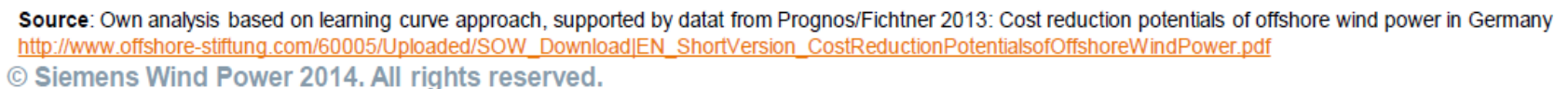
Source: BloombergNEF Notes: Values based on BloombergNEF's Global Wind Turbine Price Index. Values from the Index have been converted from EUR to USD on contract execution date and are nominal.



Source: own analysis by learning curve methodology of known LCOE datapoints and market installation actuals and forecasts

© Siemens Wind Power 2014. All rights reserved.





## 04. 풍력산업 동향분석



# 풍력 산업 동향 분석

## 정책 동향

- **(해외)** 주요 선도국에서는 해상풍력 분야에 대한 정책적 지원 강화
  - EU는 해상풍력 보급목표로 '20년 40GW, '30년 150GW, '50년 460GW로 설정
- **(국내)** '정부 8차 전력수급계획'과 '재생에너지 3020 계획'에 따라 2030년까지 16.5GW 풍력(육상 3.5GW, 해상 13GW) 신규 공급 계획

## 기술 동향

- **(대형화)** 10MW급 이상 대형 풍력터빈 개발 경쟁 본격화
  - Siemens社 : 8MW 양산중, GE社 : '21년까지 12MW 개발 예정
- **(해상풍력)** 부유식은 아직 초기단계이나, 시장선점 경쟁 치열해질 전망
- **(국내)** 핵심부품 경쟁력 다소 부족, 타워·단조부품은 글로벌 경쟁력 확보

## 시장 동향

- **(미국·유럽)** 효율이 높은 대형풍력 기술력과 가격 경쟁력으로 시장 주도
  - 미·유럽 기업 상용화 풍력터빈 용량 : 육상 4.8MW, 해상 9.5MW 완료
- **(중국)** 내수 시장 활용 원가 절감, 기술격차 축소 → 세계시장 20% 점유
- **(국내)** 내수시장 제약(주민수용성, 환경 규제)으로 투자와 기술 축적이 제한

# 국내 풍력 산업 현황

## ◇ 소수의 풍력터빈 기업과 중소 부품기업군으로 산업구조 형성

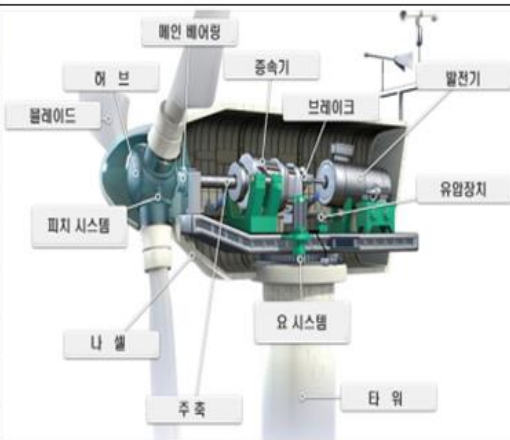
□ (풍력터빈) 두산중, 유니슨, 효성, 한진산업 등 4개사가 2~3MW급 중소형 터빈을 주력으로 생산

\* 주력품목 : (두산중) 3MW급-5.5MW-8MW개발중, (유니슨) 2.3MW급-4.2MW, (한진산업) 2MW급-4.X개발중

□ (부 품) 타워·단조부품은 다수 기업이 생산하고 있으나, 터빈맞춤형으로 설계·제작 되는 핵심부품(블레이드·증속기 등)은 생산기반 취약

\* 핵심부품 생산가능 기업 : 블레이드, 증속기, 발전기, 전력변환기 각1~2개사

< 풍력터빈 주요 부품 구조 >

부품명	가격비중	
타워	23%	
블레이드	21%	
증속기	16%	
허브 & 피치	10%	
나셀 커버	9%	
전력변환기	6%	
구조물	5%	
메인 베어링 & 주축	5%	
발전기	5%	



7. Doosan WindS500

Power ratings: 5.5MW Rotor diameter: 140m  
Drivetrain: high-speed geared IEC Class: I

Korean firm Doosan acquired the rights to manufacture this 5.5MW offshore turbine in 2017, following in the footsteps of Dongfang and Hyundai Heavy Industries, which both signed licence agreements with its designer, US-based ASMC Windtec Solutions.

The turbine has been around for some time now. Dongfang installed the first prototype at an onshore site in China back in 2012, and the second at the Rudong intertidal wind farm in eastern China the following year.



유니슨 4.2MW



# 국내 풍력 분야 경쟁력

## ◇ (터빈) 선진국에 비해 기술 격차에 더하여 가격 경쟁력도 부족

구 분(가격)	한 국	EU	중국
육상터빈	120%	100%	90%
해상터빈	130%	100%	95%

### □ 투자수요 부족으로 상용화 터빈 규모, 이용률 등 기술력 열위

\* 상용화 터빈 : (국산) 육상 ~ 4.2MW / 해상 5.5MW급(8MW 개발 착수)  
(외산) 육상 ~ 5.3MW / 해상 8MW급(10MW 이상 개발중)

### □ 가격 경쟁력 확보를 위해서는 기업당 연 300MW(약 100기) 규모의 일감 필요

\* 연간 설치 규모('16 ~ '18년) : 국내 4개社 합계 103MW, Vestas社 8GW 이상

#### 육상풍력의 잠재량

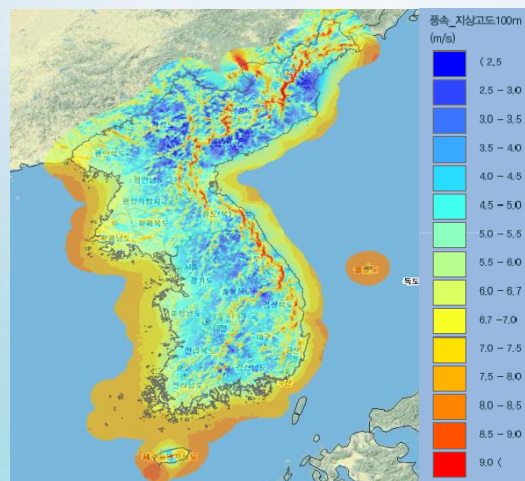
이론적 - 499GW

기술적 - 352GW

시장 - 17GW

#### ▶ 육상 및 해상풍력자원 잠재량 지도

<https://kredc.kier.re.kr/kierflex/#>

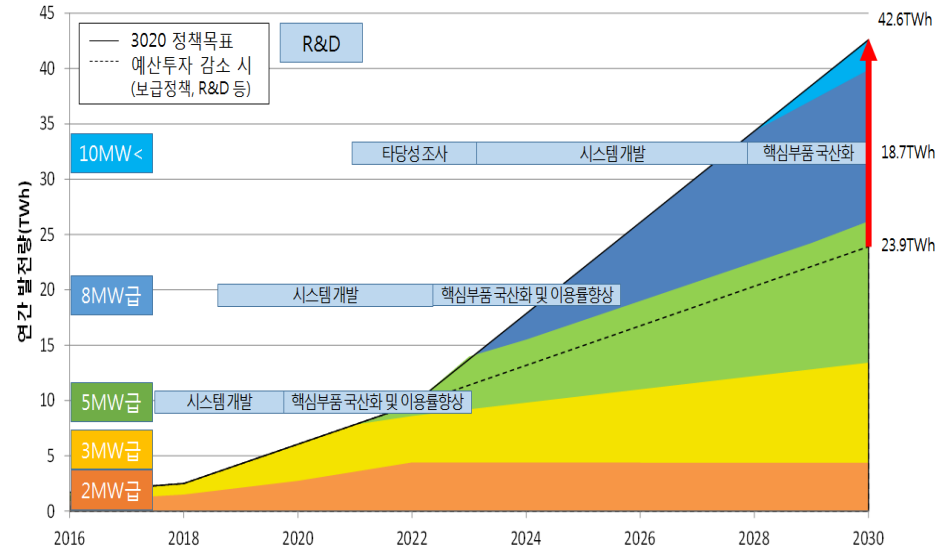


풍속 지상고도 100m

잠재량 단계	잠재량 정의
이론적잠재량	현재의 과학적 지식 하에서 어떠한 제약도 존재하지 않을 때 이론적으로 활용가능한 에너지의 양
기술적잠재량	이론적잠재량 중 지리적 영향요인과 기술적 영향요인을 반영할 때 활용가능한 에너지의 양
시장잠재량	기술적잠재량 중 경제적 영향요인과 정책적(지원, 규제) 영향요인 하에서 실질적으로 활용가능한 에너지의 양

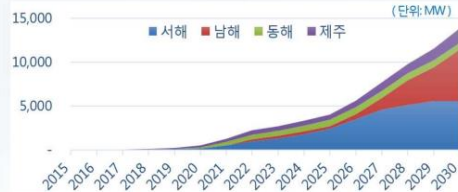
# 투자 성과 분석

구 분(단위)		~2016				2018	2022	2030
시스템 대형화 및 이용률 향상	단위용량 (MW)	2	2.3	3		5.5	8	10*
	최적 풍속	중풍속	저풍속	중풍속	저풍속	중풍속	중풍속	중풍속
	이용률 (%)	32.1	40.9	26.2	32.2	32.2	37.6	33.0
	발전량 (MWh)	5,619	8,239	6,885	8,462	15,514	26,350	28,908
	발전량 증가율(%)	-	46.6	-	22.9	83.3	69.8	9.7
	비고	이용률 향상				시스템 대형화		



## 전력계통 연계를 고려한 해상풍력 개발 시나리오

### □ 해상풍력 시나리오



- 국내 여건을 고려하여 단계적 개발 필요
  - '25년까지는 개발 추진 중인 단지 반영
  - '25년 ~ '30년 : 대규모 외해형 개발 추진
- '25년 4.04 GW, '30년 13.88 GW
- 전력계통 제약조건에 가장 민감



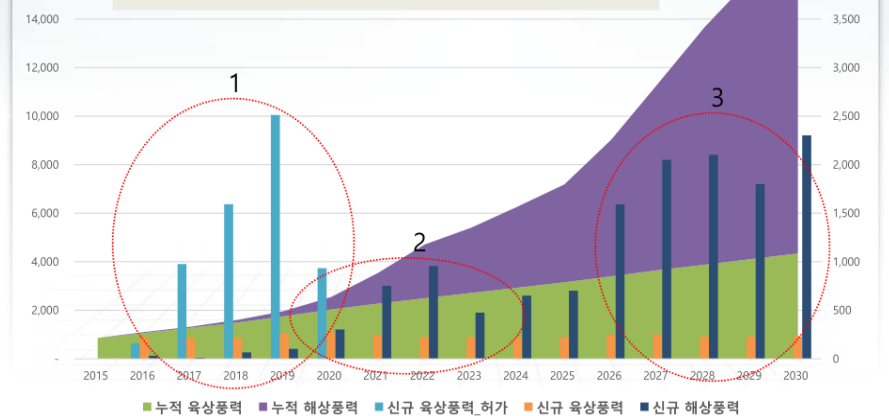
### □ 사업모델

1단계: 소규모 연안형 (1.74 GW)	2단계: 대규모 외해형 (2.54 GW)	3단계: HVDC+해상풍력 (9.6 GW)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 100 MW 이내 소규모 개발</li> <li>- 해안 인근, 낮은 수심</li> <li>- 기존 전력계통 최대 활용</li> <li>- 단기적 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 500 MW급 중규모 개발</li> <li>- 1단계 단지 확장, 외해, 중수심</li> <li>- 기존 전력계통 보강</li> <li>- 중기적 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- GW 급 대규모 개발</li> <li>- 외해형, 중대수심</li> <li>- 대규모 전력계통 보강 (HVDC)</li> <li>- 장기적 개발('25년 이후)</li> </ul>

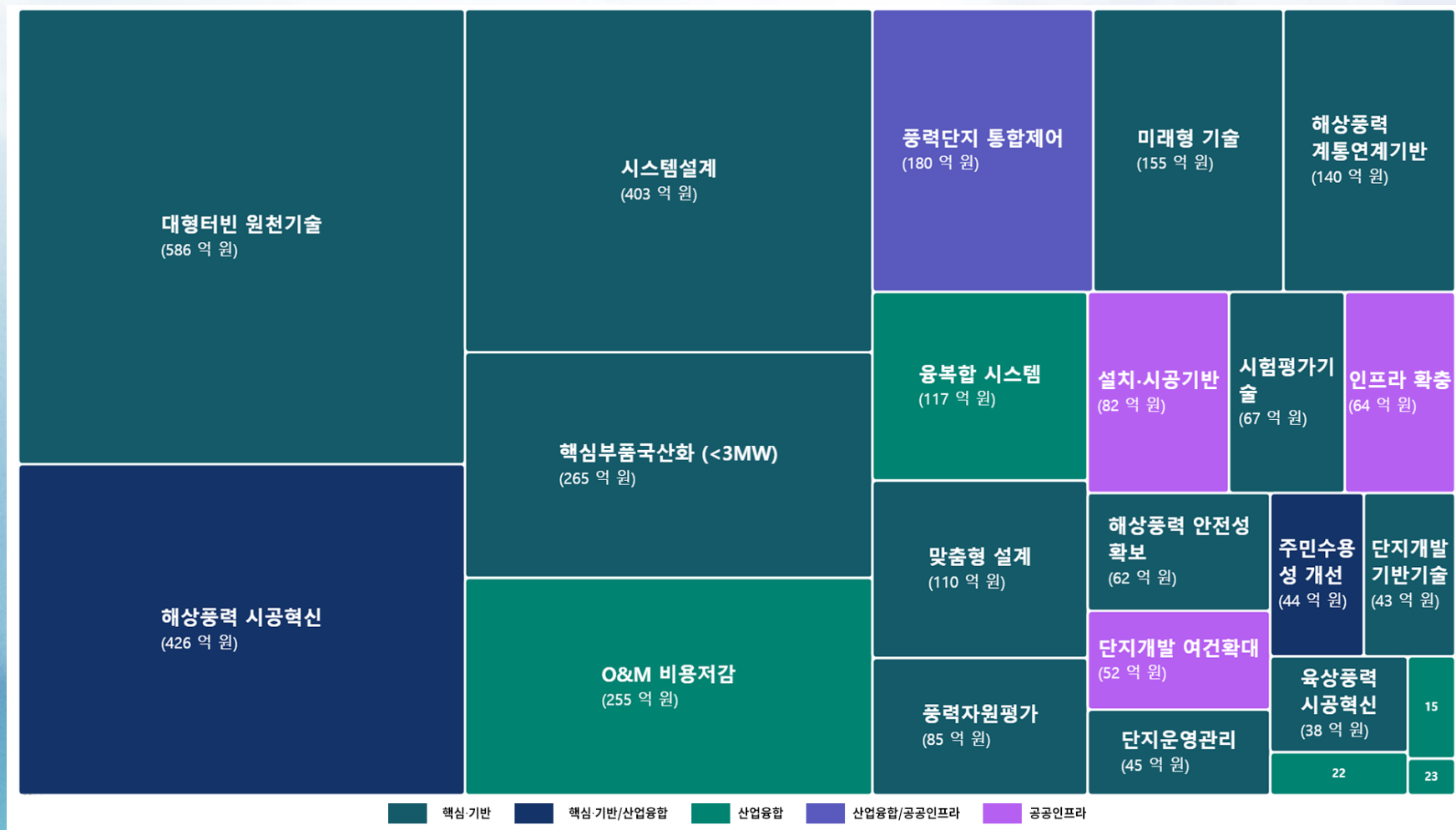
## 국내 풍력 개발목표 달성을 위한 핵심 지점

(단위: MW)

- 육상풍력 발전사업 허가 용량의 실개발 비율
- 해상풍력 사업계획 용량의 실제 개발 가능성
- 대규모 해상풍력단지 개발을 위한 체계적 준비 여부 (계획 입지, 전력계통)



## < 기술별(34개) 정부 연구개발 투자비중('14~'19) >

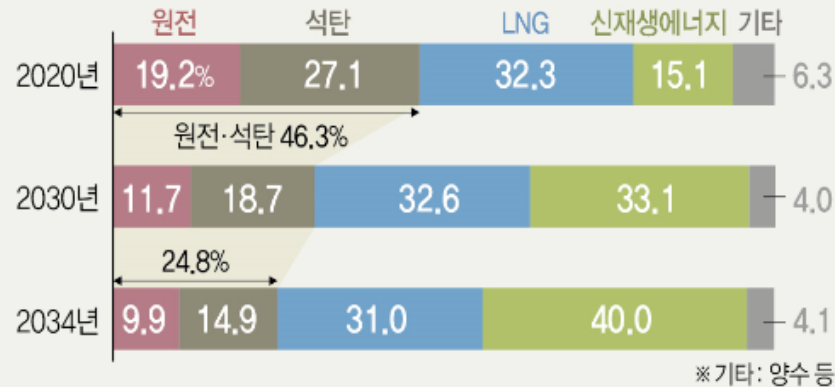




# 제9차 전력수급기본계획

## 제9차 전력수급기본계획 초안

### 발전원별 설비 비중 전망



### < 8차 계획 >

◇ 에너지 전환 패러다임 변화에 따른 전원 Mix 기본틀 정립  
(원전 ↓, 신재생에너지 ↑)

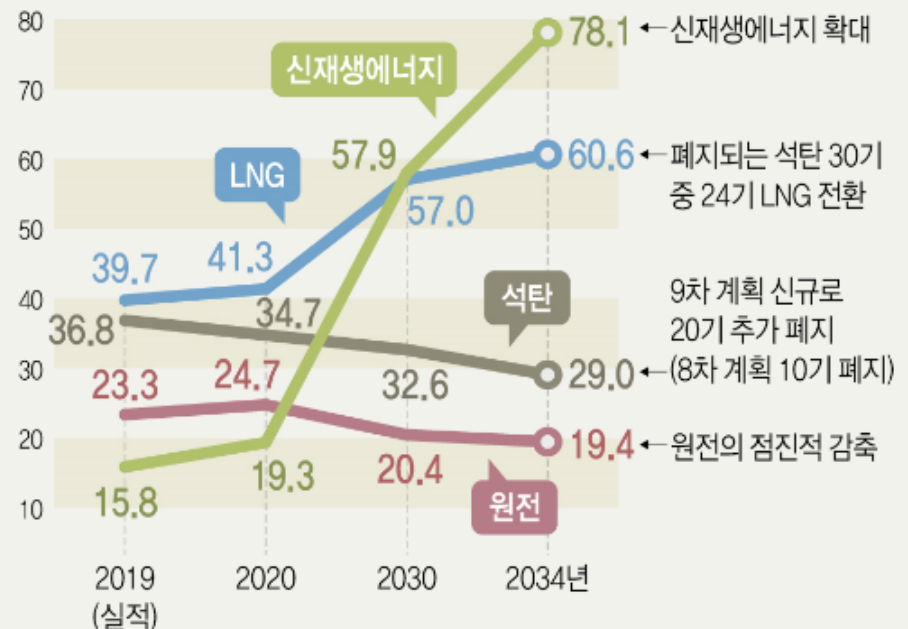
\* 에너지전환 로드맵('17.10)  
재생에너지 3020 이행계획('17.12) 반영

### < 9차 계획 >

◇ 안정적 전력수급 전제  
친환경 발전 전환 가속화  
(석탄 ↓, LNG ↑)

\* 온실가스감축 수정로드맵('18.7)  
제3차 에너지기본계획('19.6) 반영

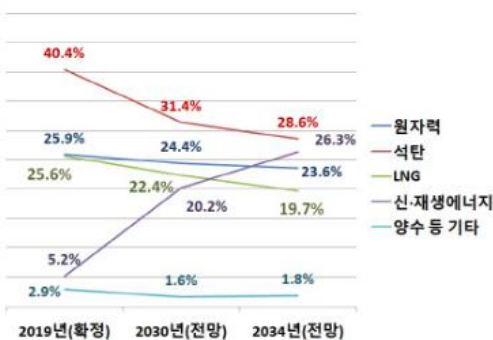
### 발전원별 설비 용량 전망 단위: GW



### 8차 전력수급기본계획(2017년·최종) 발전원별 발전량 비중 전망



### 9차 전력수급기본계획(2020년·전문가 권고안) 발전원별 발전량 비중 전망



제8차 전력수급기본계획과 제9차 전력수급기본계획 전문가 권고안의 발전원별 발전량 비중 전망. 수치=산업통상자원부 및 제9차 전력수급기본계획 수립 총괄분과위원회의 제공

자료/ 제9차 전력수급기본계획 워킹그룹



# 에너지전환을 통한 일자리창출



2018년부터 2022년까지 양질의 일자리 약 **17만개** 창출  
(2030년까지는 약 58만개 창출)

태양광 산업

7.9만개

\* 태양광 셀 • 모듈, 폴리실리콘 분야 등



풍력 산업

6.5만개

\* 풍력발전시스템, 타워, 블레이드 분야 등



스마트  
에너지 인프라

2.4만개

\* 지능형 전력시스템, 에너지통합관리 서비스 등



## 05. 풍력의 최근 이슈







## New-look generator opens door to 25MW offshore wind turbines

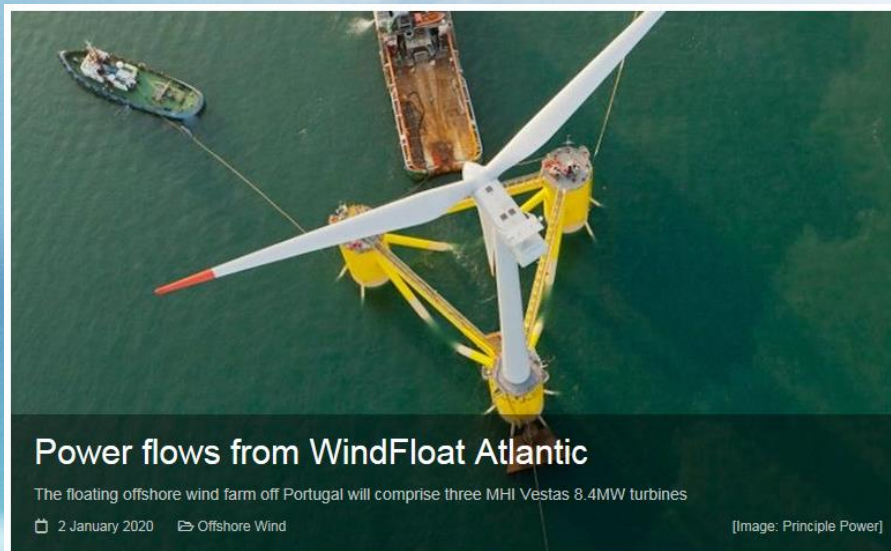
GreenSpur's cost-cutting 'rare-earth-free' design could be market-ready by 2022

Replacing high-price rare-earth materials with **ferrites** – a waste material produced in steel-making – would cut the cost of PMG magnets from £40/kg (\$50/kg) to around £1/kg, according to GreenSpur calculations, meaning the design could carve around 33% out of the capital cost of direct-drive generator, and so almost 5% off the price of a turbine.



# 부유식 풍력

MHI Vestas waves off the third and final *V164-8.4 MW* turbine atop Principle Power's semi-submersible foundation as it sets sail for the 25MW WindFloat Atlantic site, 19km off the coast of Portugal.







HOME

OUR PRODUCTS

Turbine Installation

Turbine Transportation

Major Component Replacement

Offshore

Most Viewed Products

Wind Turbine Brand

WIND TURBINE PART

Nacelle

Rotor / Blade / Hub

Tower

Foundation

ABOUT LIFTRA

Authorized Service Providers

Career

Contact

Press Center

SEARCH

## Major Component Replacement

When major components require changing, time is of the essence. Our solutions for major component replacement are designed to make these operations more efficient, cost-effective and flexible.



**LT1200 Liftra Self-Hoisting Crane**  
CRANELESS REPLACEMENT OF MAJOR COMPONENTS



**LT1000 Liftra Self-Hoisting Crane**  
CRANELESS REPLACEMENT OF MAJOR COMPONENTS

Turbine part

All

Area of work

Major Component Replacement

Turbine brand

All



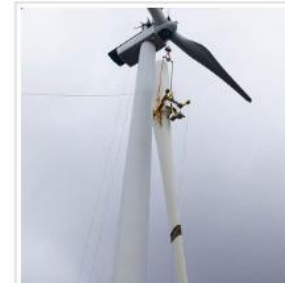
**LT1000 Liftra Self-Hoisting Crane**  
CRANELESS REPLACEMENT OF MAJOR



**LT1100 Blade Way**  
SINGLE BLADE AND PITCH BEARING



**LT1200 Liftra Self-Hoisting Crane**  
CRANELESS REPLACEMENT OF MAJOR



**LT1104-1 Blade Skylark**  
VERTICAL REPLACEMENT OF BLADES

## **NABRAWIND** ADVANCED WIND TECHNOLOGIES

### **Conventional WTG**

Large Cranes



130-170 Boom  
750-1600T Cranes

### **Nabralift**

Small Cranes for WTG Assy

Nabralift Self-Erection



70-80 Boom  
500-600T Cranes



Nabralift  
Self Erection System



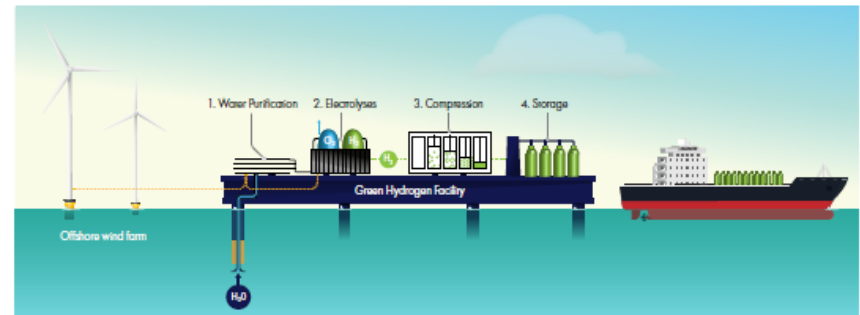
# 융복합 (PtoG)

It is critical to scale up green hydrogen projects and manufacturing to achieve the foreseen cost reductions and ensure the economic viability of hydrogen so that it can fulfil its potential as a long-term enabler of the energy transition.

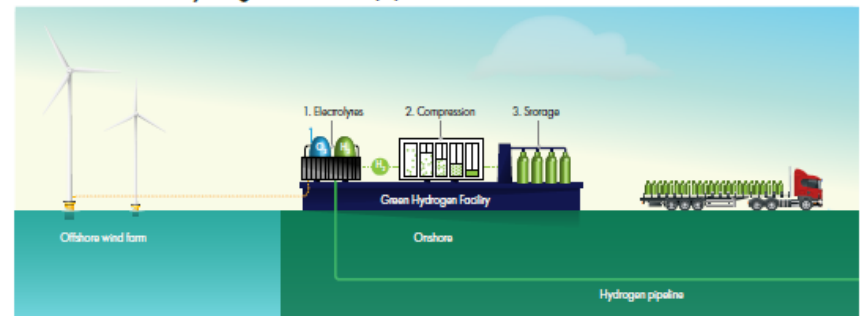
**A key to meeting climate goals:  
offshore wind-to-hydrogen**

Green hydrogen —  
a key enabler of the energy transition

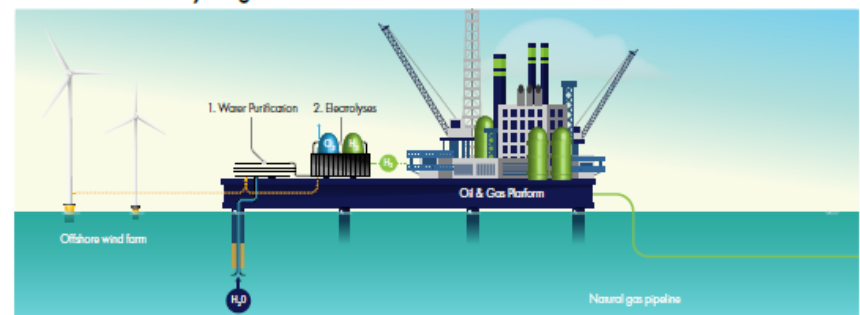
Offshore wind to hydrogen solution 1 (a)



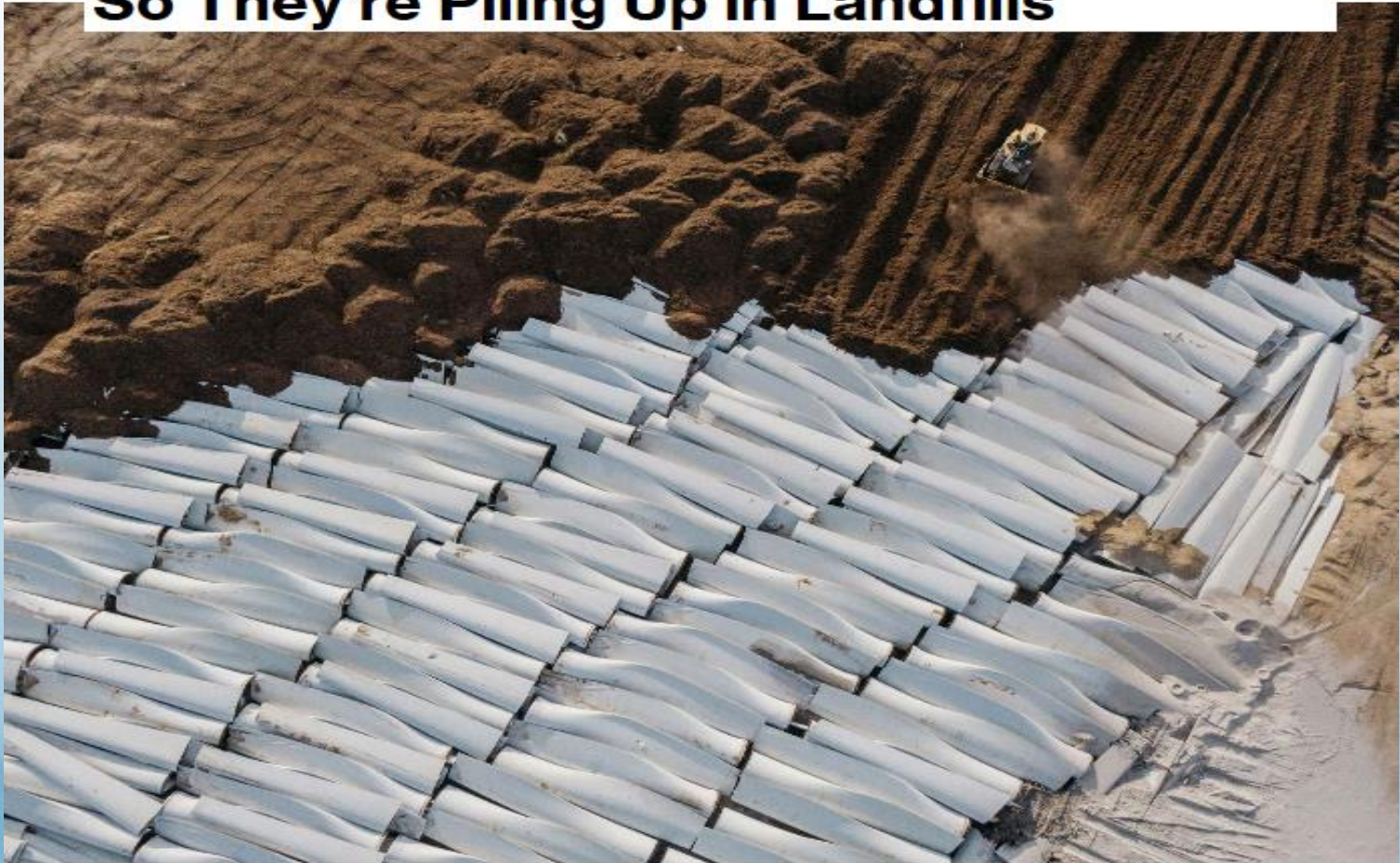
Offshore wind to hydrogen solution 1 (b)



Offshore wind to hydrogen solution 2



## Wind Turbine Blades Can't Be Recycled, So They're Piling Up in Landfills



Fragments of wind turbine blades await burial at the Casper Regional Landfill in Wyoming.  
Photographer: Benjamin Rasmussen for Bloomberg Green

사업명	과제명	주관기관	사업기간	총정부출연금 (억원)
신재생에너지핵심기술개발	화학분해법을이용한풍력발전용복합소재블레이드섬유유기소재 회수/고부가가치화기술개발및폐기재사용기준개발	한국과학기술 연구원	2018.10~ 2021.09	39



# 안전



## **VIDEO: Crane collapses on China-built offshore wind vessel at German facility**

용량 5000ton, 한번에 A380 9대 선적 가능, boom 길이 160m/ 높이 90m  
(2020.05.04)



**ORE Catapult's Levenmouth Demonstration Turbine (LDT) Is Unique Among Offshore Wind Testing Facilities. The Towering 7MW Machine Is The World's Most Advanced, Open-Access Offshore Wind Turbine Dedicated To Research And Plays Host To Some Of The Industry's Most Exciting New Technologies For Testing And Validation.**



## 06. R&D 추진 방향 및 목표



# R&D 추진 방향

- 이러한 필요성 및 문제점에도 불구하고 그간에는 해외 선진국과의 기술격차 줄이기 위해 **개별 기술단위 중심으로 지원하여**, 경제성 및 주민수용성 확보, 보급 시장 활성화가 지연
- 향후에는 경제성 및 주민수용성을 확보하고 **보급시장 활성화**를 위해 **개별 기술 개발과 더불어 법과 제도와 연계한 패키지로 지원이 필요**





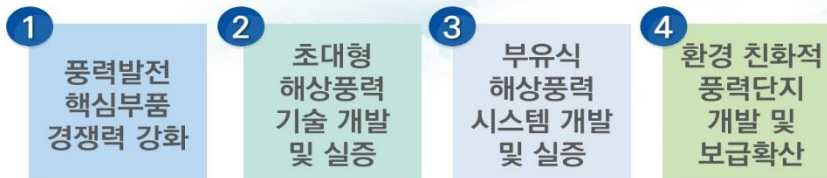
## 비전

국산풍력 경쟁력 확보를 위한  
**산업생태계 경쟁력 제고**

## 목표

- ✓ 풍력발전 핵심부품 개발 및 기술고도화를 통한 경쟁력 강화
- ✓ 초대형 해상풍력 및 부유식 해상풍력 기술자립 및 풍력시장 연계형 기술개발을 통한 초대형 해상풍력 경쟁력 확보

## 전략과제 개요



## 전략 과제

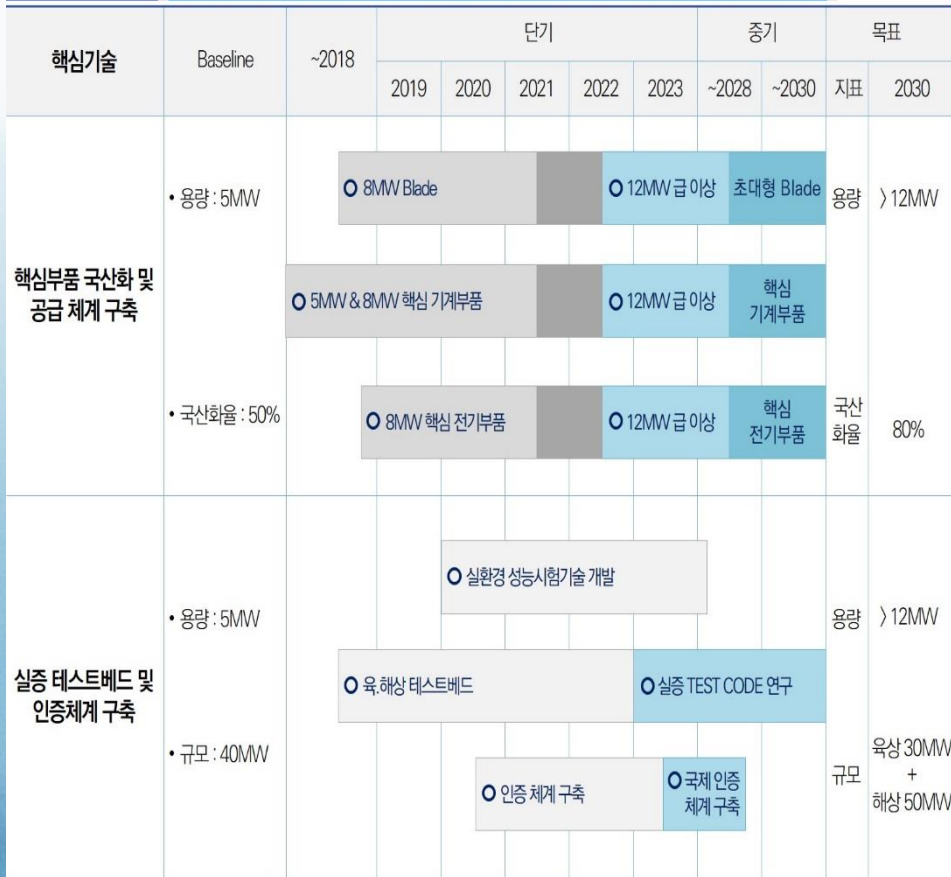
### 시장진입 전략

- ✓ 대형 풍력터빈 핵심부품 국산화 및 경쟁력 강화
- ✓ 육해상 대형 풍력터빈 및 핵심부품 Track-record 확보를 위한 실환경조건 실증 테스트베드 및 단지 구축
- ✓ 혁신적 LCOE 저감이 가능한 초대형 해상풍력 발전시스템 및 기술융합형 풍력발전 플랫폼 개발
- ✓ 대형 부유식 해상풍력 플랫폼, 통합제어, 실증운용 기술 개발
- ✓ ICT 통합 풍력단지 운영 유지보수 기술, 단지설계기술, 단지 수용성 향상모델 개발을 통한 풍력시장 연계형 기술개발

# R&D 로드맵

## [풍력]

### 풍력발전 핵심부품 경쟁력 강화



#### [기술획득전략]

- 자체개발
- 국제공동연구
- 기술도입
- ◇ 라이선싱

#### [진행중 기술]

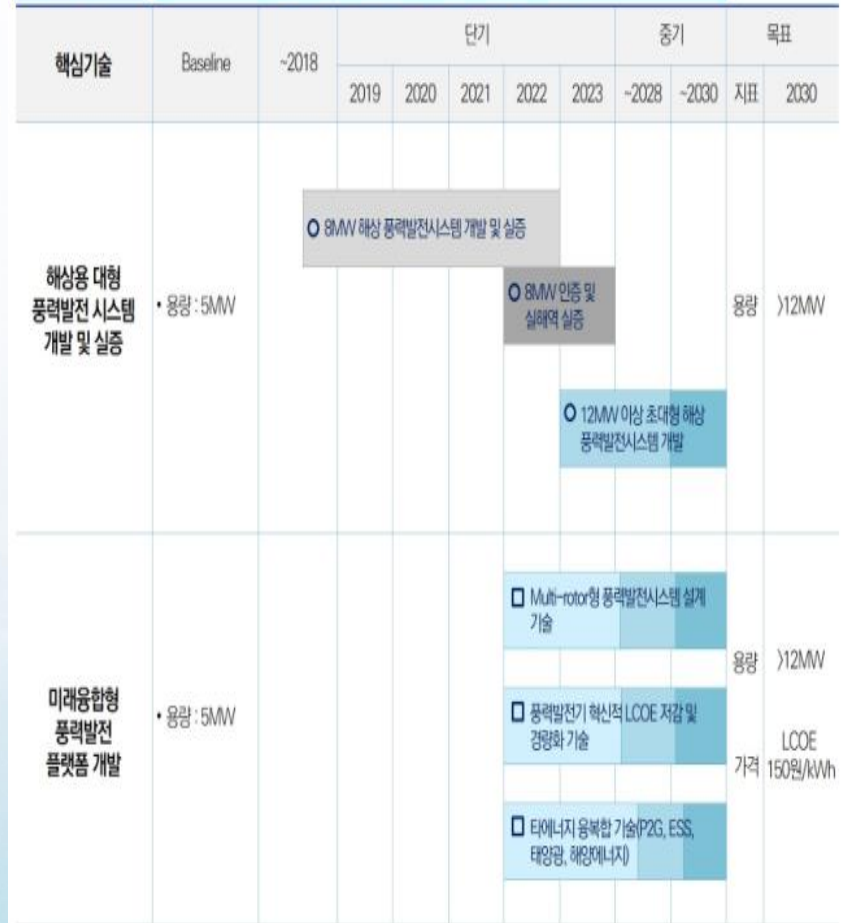
- 기초
- 응용
- 실증/상용화

#### [개발할 기술]

- 기초
- 응용
- 실증/상용화

## [풍력]

### 초대형 해상풍력 기술 개발 및 실증



#### [기술획득전략]

- 자체개발
- 국제공동연구
- 기술도입
- ◇ 라이선싱

#### [진행중 기술]

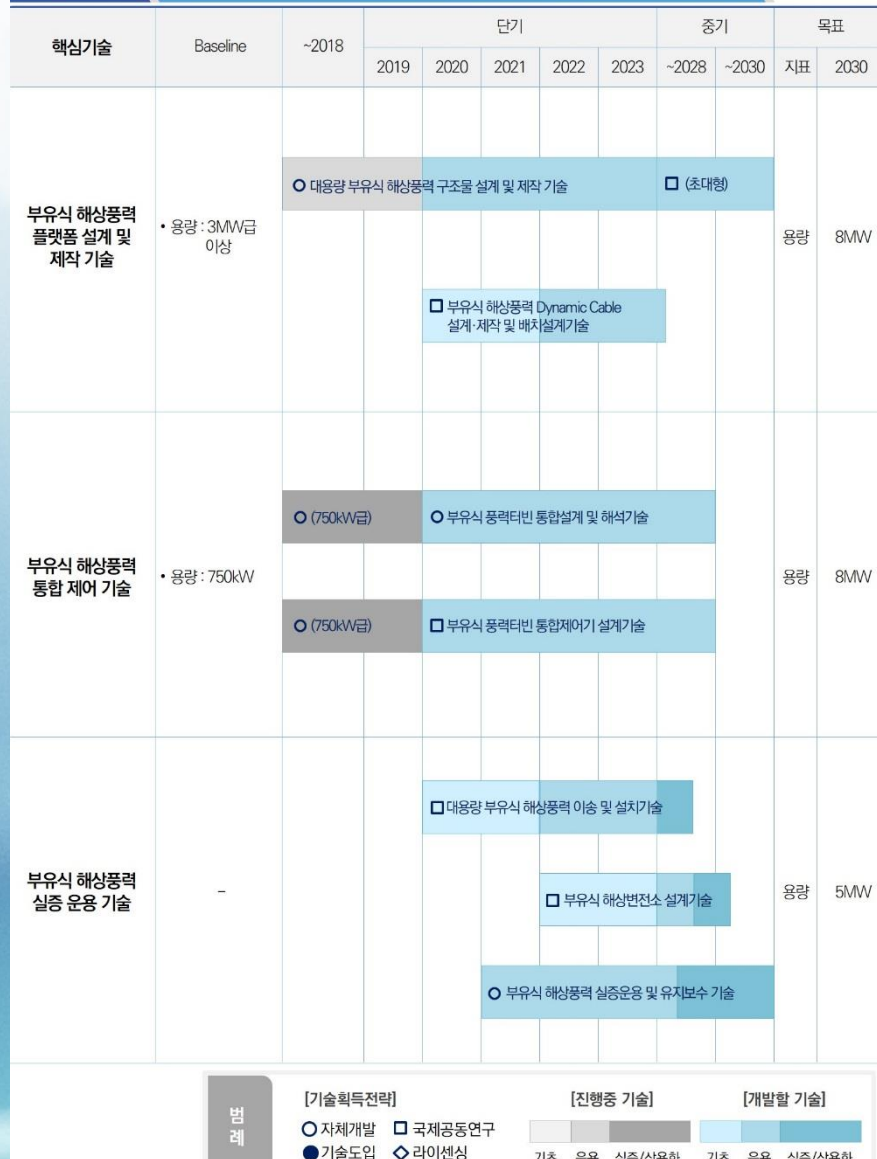
- 기초
- 응용
- 실증/상용화

#### [개발할 기술]

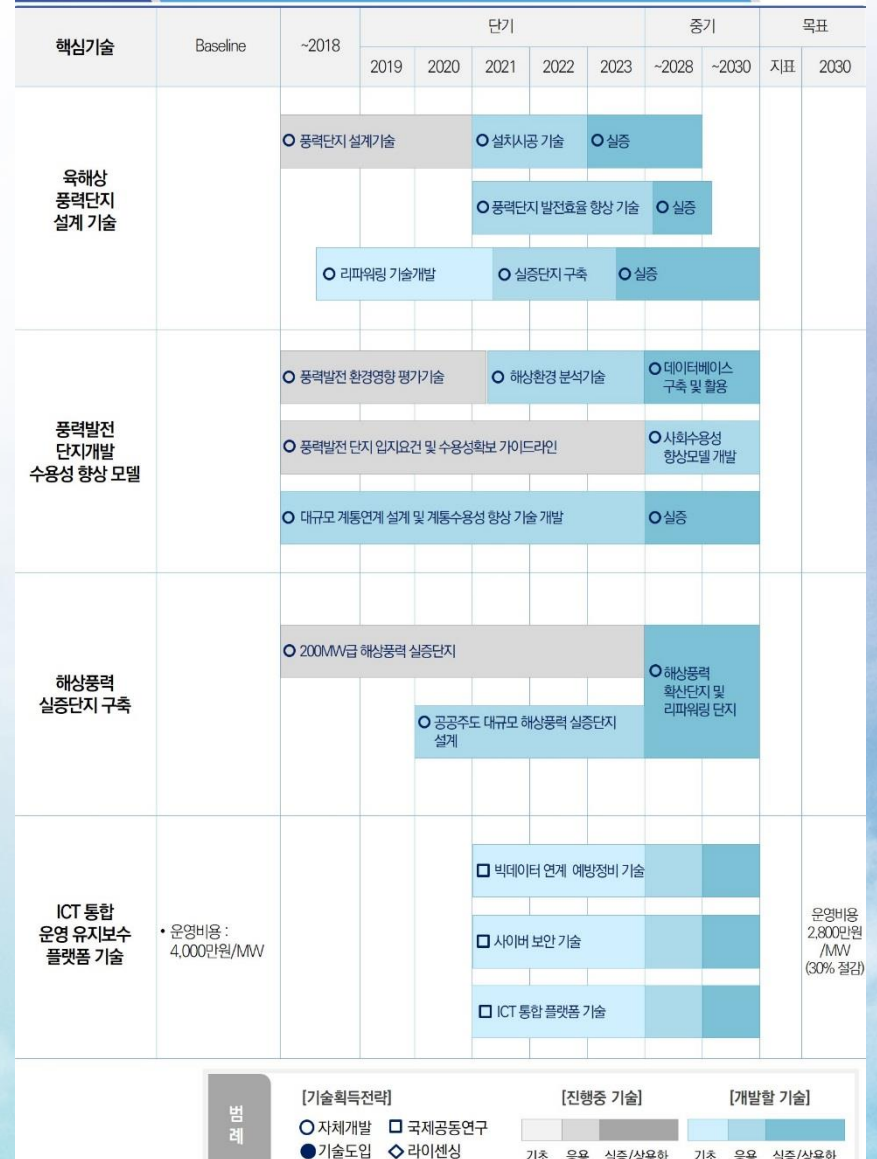
- 기초
- 응용
- 실증/상용화

# R&D 로드맵

## [풍력] 부유식 해상풍력 시스템 개발 및 실증



## [풍력] 환경 친화적 풍력단지 구축 및 보급확산 기반기술 개발



# R&D 성과 목표

## R&D 패키지

## 단기목표(`22년)

## 중장기목표(`30년)

## 최종목표(`30년)

### 경제성 확보(A)

LCOE  
(육상) 100원/kWh  
(해상) 200원/kWh

LCOE  
(육상) 80원/kWh  
(해상) 150원/kWh

### 보급시장 확보(B)

계획입지제도 연계 대규모  
(500MW급) 풍력단지 구축

계획입지제도 연계 대규모  
(1GW급) 풍력단지 구축

### 사회수용성 개선(C)

- 민관 협의체 구성
- 주민참여형 보급제도 확보

- 지역 주도형 상생 BM 개발
- 이익공유제 실현 모델 개발

### 지원체계 구축(D)

- 법/제도 정비 및 인프라 확충
- 국제인증체제 구축

- 연계계통 용량 확충
- 산업단지 클러스터 구축
- 신뢰성 확보 테스트베드 구축

- 풍력 신규 설비용량  
16.5GW 달성
  - (육상) 4.5GW
  - (해상) 12GW

- 풍력 연간 발전량  
1.99TWh→42.57TWh  
(발전비중 0.4%→ 6.8%)



# 인력/제도 개선

## ▶ 인력양성

- 풍력 분야 시스템 설계, 운송 및 설치, O&M, 안전 등 밸류체인 전반에 걸쳐서 인력양성이 요구됨

번호	구분	사업명	주요 내용
1	현행	에너지인력양성(에특) (일몰, 후속사업 예타추진중)	신재생에너지 개발·보급 확대를 위한 전문 인력 육성
2	수요	현장 산업인력 육성	시스템 설계, 운송 및 설치, O&M, 안전, 시험 등 현장 실무 위주의 전문인력 양성
3		해상풍력 전문연구 센터 (타당성조사 추진중)	산업 클러스터, 대학 등과 연계하여 해상풍력 분야 인력 양성을 위한 전문연구기관 추진

## ▶ 제도 개선

제도이슈	관련 법/제도	주요 내용
계획입지 도입	신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법	- 대규모 태양광, 풍력을 지자체 주도로 집단적으로 설치·운영할 수 있도록 지원하는 제도
REC 개선		- REC 발급제도 고도화 - 부유식 해상풍력, 리파워링 등 단지개발 신규 유형 수요에 대한 가중치 검토

# <플래그십 프로그램>

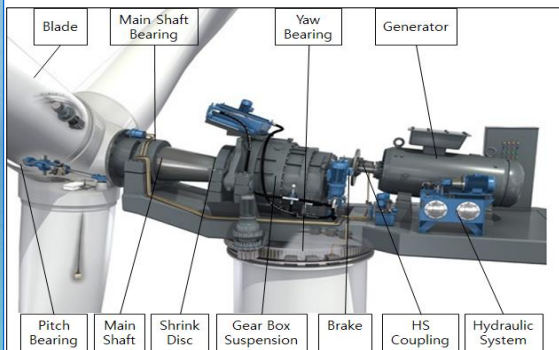
## (비전) 글로벌 수준 선도기술 확보

## (목표) 4대 핵심부품 국산화('22), 국내시장 점유율 50% 확보

### 핵심부품 국산화를 통한 제품 경쟁력 강화

- ① 블레이드 2.3억원/MW ('18, 2.8억원/MW)  
3~5MW급 증속기 20% 경량화
- ③ 직접구동형 발전기 8MW급 국산 터빈  
적용
- ④ 친환경 운송공법 및 전용 설치 선박  
설치공기 3일/기 ('18, 5일/기)

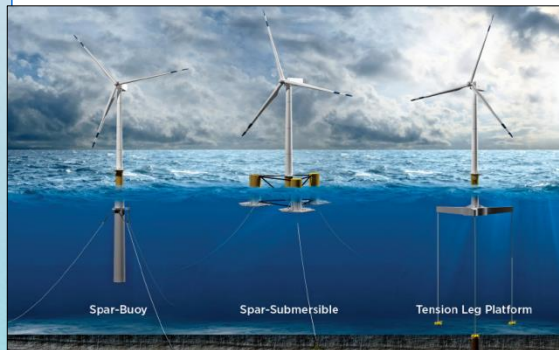
### 플래그십 프로그램



### 차세대 풍력 기술개발로 선도기술 확보

- 부유식 풍력 터빈 및 부유체 개발 및  
실증으로 미래시장 선점
- \* 가동률 90%, 부유체 국산화율 90%
- 12MW급 초대형 풍력 터빈 관련 부품  
패키지 기술 개발 → 30% 경량화

### 플래그십 프로그램



### 풍력단지 최적화 기술개발로 신시장 창출

풍력 O&M 기술과 AI CBM기술 융합으로  
최적설계 기술 개발 → 비용 30% 절감

ICT 기반 O&M 기술 개발  
O&M비용(년) : 4,000→2,800만원/MW  
\* 운영 비용 30% 절감



# 참고자료

- 해상풍력 발전 방안
- 부유식 풍력



# 해상풍력 발전 방안

## Ⅲ. 해상풍력 발전 방안

목 표	◇ 30년 12GW 준공을 통한 세계 5대 해상풍력 강국 성장
비 전	◇ 주민과 함께하고, 수산업과 공존하는 상생여건 조성

### 3대 추진방안

정부주도 입지발굴 및 인허가 간소화	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ (입지) 정부주도 적합부지 발굴                     <ul style="list-style-type: none"> <li>* 입지정보도 → 해상풍력 고려구역 설정 → 기초타당성 조사</li> </ul> </li> <li>- 지자체 주도 집적화단지 형태로 대규모 단지 개발</li> <li>◆ (인허가) 해양공간계획과 정합성 제고, 인허가 통합기구 설치 검토</li> </ul>
주민수용성 및 환경성 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ (지원) 주변지역 및 주민 지원 확대                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해상풍력 특성에 맞게 발주법 개정</li> <li>- 주민참여/지자체주도 모델로 주민·지역과 이익공유</li> <li>- 해상풍력-수산업 공존 실증사업 추진</li> </ul> </li> <li>◆ (절차) 발전사업허가 前 의견수렴 절차 강화</li> <li>◆ (환경) 순주기(시공→모니터링→원상복구) 환경성 제고</li> </ul>
대규모 프로젝트 연계 산업경쟁력 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 대규모 프로젝트 조기착공 및 선제적인 계통연계</li> <li>◆ 산업경쟁력 강화 지원                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대응량·부유식 시스템 적기 개발</li> <li>- 지원부두, 실증·인력양성·제조단지 등 인프라 구축</li> </ul> </li> <li>◆ 프로젝트 경제성 향상 지원 강화                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- REC 가중치 개편 및 예비통보 서비스 실시</li> <li>- 탄소저감 보증제도(녹색보증) 신설</li> </ul> </li> </ul>

- ◇ 12GW 준공을 통한 연간 8.7만개 수준 일자리 창출
- ◇ 발전수의 공유를 통해 지역사회·주민과의 상생발전 지원

## 1 정부주도 입지발굴 및 인허가 간소화

- ◇ 어업 영향이 적으면서 해상풍력에 적합한 부지를 지속적으로 발굴  
→ 지자체 주도 수용성 확보를 통한 집적화단지로 체계적 개발

### < 정부주도 추진 지원시스템 >

계획적 입지발굴	집적화단지 지정·개발	인허가 간소화
<ul style="list-style-type: none"> <li>△ 입지정보도 구축</li> <li>△ 고려구역 발표</li> <li>△ 타당성조사 지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>△ 민관협의회 통한 주민수용성 확보</li> <li>△ 공모로 사업자 선정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>△ 에너지개발구역 지정</li> <li>△ 인허가 통합 추진</li> </ul>

## 1 계획적 입지발굴

### ① 입지정보도 구축

- 풍황정보, 규제정보(17종), 어선활동정보(해경), 어획량정보(수협) 등을 통합·분석하여 1단계 **입지정보도 연내 구축**(20년 추경 10억원)
  - \* 해양환경공단, 수협중앙회, 에너지공단, 전력研, 에너지기술研, 환경정책평가研 등 참여
- 2단계로 해역 등급화 및 웹서비스용 디지털지도 제작(21년)
- EEZ 지역에 대한 풍황정보 수집으로 입지정보도 지속 업데이트

### ② 'Consideration Zone(고려구역)' 발표

- 입지지도로 바탕으로 사업성이 좋으면서 어업 영향이 적은 해역에 **'해상풍력 Consideration Zone'** 발표(21.상) → 단계적 확대
  - \* 관계부처 협의 및 민간 전문가위원회 구성을 통해 구역선정

### ③ 기본 타당성 조사 지원

- 고려구역에 풍황계측기, 환경모니터링 설비 설치를 통해 **경제성·환경성**에 대한 **기본 타당성조사** 실시(20년부터 2개 권역씩 2년간 조사)
  - \* 공공주도 대규모 해상풍력단지 개발사업(20년~, 20년 25억원 + 추경 35억원)
- 풍황계측(1년), 기본타당성 조사(6개월) 등 사업기간 단축 지원

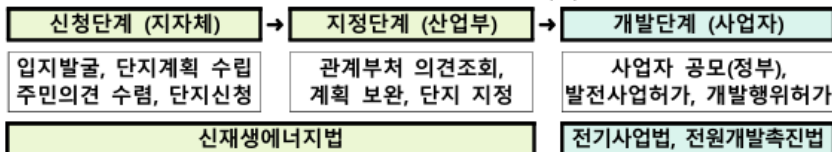
## 2 집적화단지 제도 도입

↳ 집적화단지 : 40MW 이상 재생에너지(태양광, 풍력) 발전시설을 설치운영하기 위한 구역

- '해상풍력 Consideration Zone' 등에 대해 **지자체 주도**로 대규모·체계적 개발 추진

- 「신재생법」 시행령 및 고시 제·개정을 통해 시범사업 실시(20.10월)

< 집적화단지 지정 및 개발 절차(안) >



- 계획수립 단계부터 **민관협의회** 구성을 통해 지역주민 의견수렴 강화

\* 공공주도 해상풍력 민관협의회 운영 가이드라인 마련(20.11월) → 민간사업에도 적용 권고

- 민관협의회에는 **지구별 수협 등 실질적 이해당사자가 참여\***하여 집적화단지 추진여부 결정

\* 수협중앙회는 어선활동 정보, 어획량 정보 등을 제공하여 실질적 이해당사자가 민관협의회에 참여할 수 있도록 지원

< 민관협의회 및 주민협의 운영 사례 >

- ☑ 전북 서남권 해상풍력은 19.7월이후 전북도 주도로 부안군, 고창군 주민과 11차례 민관협의회 개최를 통해 추진 결정(20.7.10)
- ☑ 제주도는 마을총회에서 주민투표 등을 통해 풍력발전단지 유치를 동의한 마을에 한하여 풍력발전지구 지정을 위한 후보지 공모자격 부여

- 집적화단지 개발 추진을 위해 **다양한 인센티브** 마련·제공

- **계통연계** 및 풍황계측기 설치 통한 **타당성조사 우선 지원**
- 집적화단지로 지정시, 지자체주도 사업으로 인정하여 지자체에 **개별 프로젝트마다 REC 가중치 최대 0.1** 추가 부여(RPS고시 개정, 20.10월)
- 민관협의회를 통해 주민수용성이 확보된 만큼, 해양공간계획 상 **에너지개발구역**으로 반영 및 **전촉법** 통한 조속 추진 지원

## 3 인허가 절차 개선

- ① 해상풍력과 해양·수산업에 대한 정책적 정합성 제고

- 해양공간계획의 에너지개발구역 지정이 해상풍력의 원활한 추진을 지원하도록 제도개선

- **집적화단지** 지정시 해양공간계획 상 **에너지개발구역으로 우선 지정**

- 민간주도 사업의 경우도 **발전사업허가 이후** 지자체가 환경성과 주민수용성을 검토하여 **에너지개발구역으로 지정**할 수 있도록 개편\*

\* 「해양공간계획 수립 및 관리규정」 개정('20.下)

- 산업부-해수부 해상풍력 협의회(20.3월~) 지속 운영을 통해 정책간 정합성 제고 및 제도적 개선사항 발굴 지속 추진

- ② 발전사업허가시 사업이행 능력 검토 강화

- 일부사업자의 선점식 풍황계측기 설치 방지를 위해 **풍황계측기 우선권 축소** 및 **육상계측기 인정범위 별도평가** 추진

\* 「전기사업법」 발전사업허가기준 별표1 및 별표2(풍황자원계측 기준) 개정('20.下)

- ③ 인허가체계 합리화 추진

- 100MW 이상 해상풍력 설비에 중복성으로 시행되고 있는 **환경영향평가 및 해역이용협의 일원화** 추진('20년내)

- 집적화단지 추진성과를 토대로 정부주도로 발전지구를 계획적으로 개발하고, 인허가를 일괄 처리하는 **계획입지제도\*** 재추진

\* 17.12월 신재생에너지법 개정안 상정 후 국회에서 논의되었으나, 폐기

- 국내환경에 적합한 **인허가 통합기구** 설치 추진

- 영국, 덴마크\*, 네덜란드 등 해외사례 연구(20.6월~12월)를 통해 연내 입법안 마련

\* 덴마크는 발전지구 발굴, 환경영향평가 및 인허가 일괄처리, 발전단지 공모 등 해상풍력 전과정을 에너지청(DEA)에서 일괄담당

2

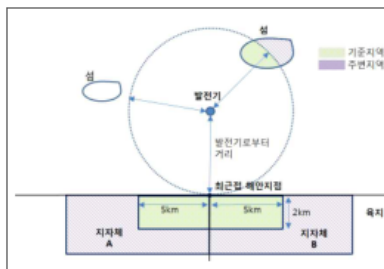


## 1

[1]

★

- 

 $\wedge$ 

- ①

- 

 $\wedge$ 

기존 일반기준		해상풍력 기준 신설(안)	
주변지역 면적비율 40%	⇒	발전소 설치 해역에서 어로활동이 가능한 주변지역에 등록된 어선수 비율	40%
주변지역 인구비율 30%		발전소가 설치된 해역 공유수면 관리지역	20%
발전소 소재지 20%		거리 가중치'를 곱한 기준지역 면적비율	15%
		거리 가중치'를 곱한 기준지역 인구비율	15%
산업부 장관 10%		산업통상자원부 장관	10%

★

2

- 

☆

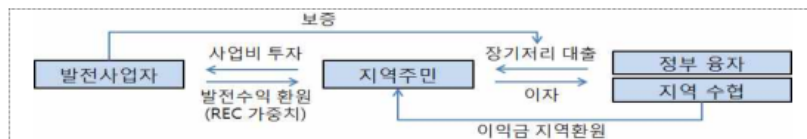
- 

- 

★

✱

- 

 $\wedge$ 

## 3

- 

★

- 

★

&lt;

- 수산자원 조성 및 어업기반 확충 사업
- 어업공동체 육성 및 어촌관광 활성화 사업
- 해양환경 개선 및 정화 사업
- 해상풍력단지 주변 생활환경 개선사업



#### ④ 해상풍력-수산업 공존

- **통항 및 어업활동 허용**을 통해 조업구역 축소 최소화 추진
  - 수산업 공존형 단지 설계, 사업자의 안전관리 강화 등 통해 발전기 사이 공간에서 **통항 및 어업활동을 허용**
  - \* 전북 서남권 해상풍력의 경우 해수부 해상교통안전진단을 통해 단지내 10톤이하 연안어선의 통항 및 어선어업 허용 예정(20.하)
- 통항·어업허용 등 고려, **공유수면 점·사용료\*** 합리적 수준 조정 검토
  - \* 최근접 해안지역 공시지가 기준으로 산정되어 공시지가가 높은 지역의 사업 추진 부담
- 해상풍력 하부구조물을 활용한 **양식자원 복합단지** 구성 추진
  - 해상풍력단지 내 양식장 조성, 어구·어법 개발, 인공어초 설치 등 수산업과 공존기술 실증 실시(20~22년간 총 50억원, 20년 추경 20억원)
  - \* 전북도 부안·고창, 전남도 신안, 제주도 등 우선 실시

➡ 해상풍력과 연계하여 인근지역 **관광업, 수산가공업 활성화** 추진

#### ⑤ 이익공유 가이드라인 마련(21.상)

- 과도한 보상, 지역발전 지원금 등에 의해 “보상을 위한 반대” 양산 및 사업성 악화 방지를 위해 **이익공유 가이드라인** 마련
    - **피해보상 및 주민·지역 지원은 3가지로 투명화**
- 수산업법에 의한 개별보상, ●발주법에 의한 주변지역 지원,
  - REC 가중치(지자체주도형, 주민참여형)를 통한 이익공유
- 입지정보도를 활용한 주민참여형 사업의 주체별(어선어업, 맨손어업, 양식, 비어업주민 등) 참여가능 금액 범위설정 방안 등 마련
  - 지자체 주도형 사업에 부여되는 REC 가중치에 대해 지역위원회 구성 등을 통한 가중치 활용사업 결정방법 제시

## 2 주민 의견을 적극 수렴하는 해상풍력

### ① 입지컨설팅 절차 신설

- \* 「전기사업법」 발전사업허가기준 별표 1(발전사업허가 심사기준) 개정(20.下)
- 발전사업허가 前 전문기관의 **해양입지 컨설팅** 절차를 신설하여 컨설팅 결과를 전기위원회의 **발전사업허가 참고자료로 활용**
- \* 에너지공단 내 풍력추진 지원단을 활용하여 해양수산개발원, 해양환경공단, 전력연구원, 환경정책평가연구원 등 전문기관의 의견을 종합하여 전기위원회에 제출
- 각종 규제정보 외 입지정보도 기반으로 사업해역의 **어업활동 정보** 제공을 통해 실질적 이해관계자의 의견수렴 지원

### ② 발전사업 허가 前 사전고지 절차 신설

- \* 「전기사업법」 개정 완료 및 시행령 제정 중(20.10월 시행 예정)
- 사업 초기단계에 주민, 이해관계자 등의 의견수렴을 위하여 일정 규모 이상의 사업에 대해 **사전고지 절차 신설**
- 사업자가 허가신청 14일전까지 지역신문 등에 사업 내용을 고지, 의견수렴 결과를 전기사업 허가권자에 제출

### ③ 주민수용성 가이드라인 마련(21.상)

- 실질적 이해당사자 중심의 의견수렴을 강화하기 위한 **주민수용성 가이드라인** 마련
  - 풍력추진 지원단이 입지정보도를 기반으로 의견수렴 범위, 주요 이해관계자 설정 등을 지자체에 지원
- 사업자측면에서도 실질적 이해당사자가 아닌 소수 주민의 반대로 추진이 장기간 지연되는 것 방지

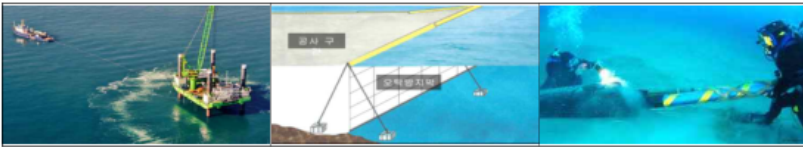
### 3 환경 친화적 해상풍력

#### ◇ 건설-운영-철거 등 해상풍력 소주기 환경성 제고

##### 1 환경영향 최소화 시공공법 도입 및 제품 사용

- 공사 중 소음, 진동, 부유사 발생 최소화를 위한 시공공법\* 적용
  - \* 지반에 기초 관입시 수압차 방식 이용한 무진동무향타 시공공법 등 개발(21.7월, 한전)

< 환경영향 저감 공법(예시) >  
 < 무향타 공법 >      < 오탁방지 공법 >      < 전자파 방지 >



- 해상풍력용 KS 인증을 받은 제품을 사용한 발전단지에 한해 REC 가중치를 부여하여 기자재 환경성, 안전성 제고(RPS고시 개정, 20.10월)
  - \* 현행 육상용과 해상용에 대해 별도기준을 적용하여 KS 인증 중이나, 해상풍력에 육상용 KS 인증받은 제품도 사용 가능

##### 2 해양환경 모니터링 의무화

- 해상풍력 설비 조성 완료 후 최대 3년까지 해양환경에 미치는 영향 조사를 실시하고, 피해가 발생할 경우 피해저감 조치 시행
  - \* 「해양환경관리법」 시행령 개정('20.下)
- 환경전문기관을 통한 중장기 환경영향분석 연구를 통해 해상풍력이 국내 해양환경에 미치는 영향 분석 실시
  - \* 해상풍력 해양공간 환경영향분석(20-24년, 환경정책·평가연구원, 해양과학기술원 등)

##### 3 사업종료 후 원상회복 의무이행 담보 규정 신설

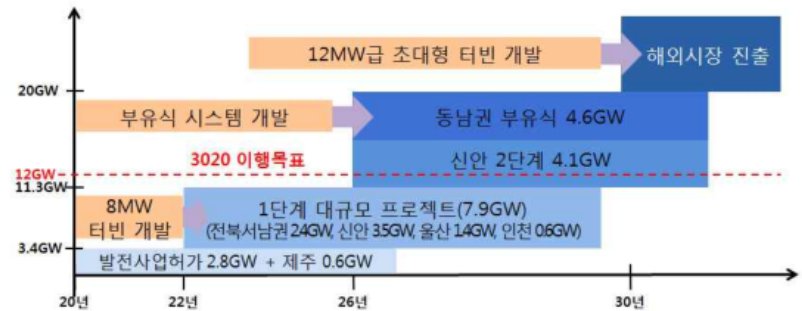
- 사업이 종료 또는 중단된 경우, 사업자가 설비에 대한 원상회복 의무를 적기에 이행하도록 이행보증금 예치방안 마련
  - \* 사업자 부담을 최소화하는 방향으로 적정 금액, 예치 시기, 납부 방식 등에 대한 규정 마련 추진('20.下)

### 3 대규모 프로젝트와 연계된 산업경쟁력 강화

#### ◇ 대규모 프로젝트 중심 초기수요 창출로 시장-산업 퀀텀점프 추진

##### 1 대규모 프로젝트 조기착공

< 해상풍력 추진로드맵 >



##### (1) 전북 서남권 해상풍력(2.4GW) : '10년 로드맵, '11년 협약서 체결

- 전북 서남권 해상풍력은 MOU 체결\*(20.7월)을 기반으로 22년부터 2.4GW 단계적 착공 추진

\* 민관협의회 개최(19.7월~20.7월)를 통해 추진여부 확정 → MOU 체결(7.17일)  
 \* (22년) 400MW 착공 → (23년) 2GW 착공 → (25년) 400MW 준공 → (28년) 2GW 준공  
 ※ 당초 계획에 포함된 전남 영광 지역은 별도 민관협의회를 거쳐 추진

##### (2) 신안 해상풍력(8.2GW) : '블루 이코노미' 비전 발표(19.7월)

- 1단계 4.1GW 중 지자체 주도 3.5GW\*는 주민의견수렴 통해 23년부터 단계적 착공 추진

\* 추진(안) : 한전SPC(1,500), 전남개발공사(400), SM E&C(600), 늘샘(600), SK E&S(400)

- 민간발전사 주도 기추진중 사업\*(0.6GW)은 21년부터 착공 추진

\* 기허가(MW) : 한화(400), SK E&S(96), 압해(60), 원원드(33), 어의(16)

- 2·3단계 4.1GW은 적합부지 발굴 및 타당성조사를 거쳐 26년부터 추진





### 3 산업경쟁력 강화 지원

#### ① 대용량·부유식 기술개발 및 실증 지원 강화

- 국내 대규모 프로젝트에 적용이 가능하도록 저풍속 환경에 적합한 **8MW급 대용량 터빈개발** 및 실증을 적기 완료 추진(22.上)

< 국내외 기종별 발전량 및 이용률 비교(풍속 7m/s 기준) >

	국내 저풍속 모델 8MW-D205(목표)	해외 고풍속 모델	
		8MW-D170	12MW-D220
단지규모	96MW(8MW×12기)	96MW(8MW×12기)	96MW(12MW×8기)
연간발전량	265.6GWh/y	233.7GWh/y	211.8GWh/y
이용률	31.6%	27.8%	25.2%

- 국내 경험을 기반으로 세계시장 진출을 지원하기 위해 **26년부터 12MW** 등 초대형 터빈 개발 착수
- 미래 발전가능성이 큰 **부유식 해상풍력 시스템**, 부유체, 계류시스템, 해상풍력 발전용 케이블 등 개발 추진
  - \* 부유식 해상풍력 관련 R&D 지원 : 20~24년 총 380억원

#### ② 인프라 구축 확대

- 풍력단지 조성시기에 맞춰 **배후 항만** 및 **설치장비**(전용선박 등) 구축 지원\*
  - \* 배후항만 : 대규모 해상풍력 단지 인근 지원부두 구축  
전용선박 : 1.3만톤급 해상풍력발전기 전용설치선 개발(18-21년, 국비 116억원)
- **해상풍력 지원센터** 신설(2개소)을 통해 인력양성, 기업 지원 및 물류시스템 운영 등을 통합 지원하는 **융복합 플랫폼** 구축 추진
- 너셀 테스트베드(창원, 20~24년), 실증단지(영광, 20~22년) 등을 통해 기술개발 및 실증 지원
  - \* 너셀 테스트베드 : 터빈 핵심부품의 집합체인 너셀 국산화 테스트베드 구축
  - \* 실증단지 : 대형 풍력터빈 실증 및 인증지원 기반구축

### 4 프로젝트 경제성 향상 지원

#### ① REC 개편

##### ① 경제성 확보를 위한 해상풍력 **REC 가중치 개편**(21.上)

- 현재 거리기준에 수심 등 추가 요인을 고려하여 실제 공사비 평가 → REC 가중치 기준 개편
  - \* 현행 기준은 해안선에서 단지까지의 연계거리별 차등을 주어 거리에 따른 수심이 상대적으로 깊은 제주도, 동해는 서해에 비해 경제성 확보에 불리
- 현재 REC 기준상의 '**산업기여도**' 적용을 위한 구체적인 절차, 기준 등을 규정하여 불확실성 최소화

##### ② REC 가중치 **예비통보 서비스** 실시(20.10월)

- 해상풍력 건설기간이 REC 가중치 재검토 주기(3년) 보다 더 긴 특성을 고려, 사업초기 REC 가중치의 예상정보 사업자에 제공
  - \* REC 가중치는 완공된 후 사용전 검사를 완료하면 신재생에너지센터의 설비 확인 후 확정

#### ② 탄소저감 보증제도 신설(20.下)

- 재생에너지 기술 및 설비를 대상으로 '**탄소가치평가**'를 실시하고 기술보증기금에서 기업 및 발전사업자에 보증 제공
  - \* 기보가 보증 제공하고, 금융기관은 보증을 담보로 용자지원
- 정부출연 및 RE100 수익금 일부출연을 통해 기술력 있으나 신용도 낮은 기업을 대상으로 보증을 통해 저리 용자 지원

## V. 향후 추진일정

세부 추진과제	시기	주관(협업)기관
<b>1. 해상풍력 원활한 추진을 위한 지원시스템 구축</b>		
<b>① 계획적 입지발굴</b>		
· 입지정보도 구축	20.12월	산업부·해수부 환경부
· 고려구역(Consideration Zone) 발표	21.상	산업부·해수부 환경부
· 기본타당성 조사 지원	20년~	산업부·해수부 환경부
<b>② 집적화단지 제도 도입</b>		
· 신재생에너지법 시행령 및 고시 개정	20.10월	산업부
· 공공주도 해상풍력 민관협의회 운영방안 마련	20.11월	산업부·해수부
· 집적화단지 시범사업 추진	20.11월~	산업부
<b>③ 인허가 절차 개선</b>		
· 에너지개발구역 지정 관련 고시개정	20년	해수부
· 해상풍력 협의회 운영	20년~	산업부·해수부
· 발전사업허가시 풍황계측기 관련 규정 강화	20.12월	산업부
· 환경영향평가와 해역이용협의 일원화	20년	환경부, 해수부
· 계획입지제도 도입을 위한 신재생에너지법 개정안 발의	21년	산업부
· 인허가 통합기구 설치 위한 입법안 마련	20.12월	산업부
<b>2. 주민수용성과 환경성 강화</b>		
<b>① 주민들이 원하는 해상풍력</b>		
· 발주법 시행령 개정·시행	20.8월	산업부
· 주민참여형 모델 마련	20.12월	산업부·해수부
· 주민참여 사업에 대한 장기저리 용자 실시	20년~	산업부
· 지자체주도형 사업 관련 RPS고시 개정	20.10월	산업부
· 해상풍력-수산업 공존기술 실증	20년~	산업부·해수부
· 공유수면 점·사용료 합리적 수준 조정 검토	21.하	해수부
· 이익공유 가이드라인 마련	21.상	산업부·해수부

세부 추진과제	시기	주관(협업)기관
<b>② 주민 의견을 적극 수렴하는 해상풍력</b>		
· 입지컨설팅 절차 신설	20.12월	산업부
· 발전사업허가 前 사전고지절차 신설	20.10월	산업부
· 주민수용성 가이드라인 마련	21.상	산업부·해수부
<b>③ 환경친화적 해상풍력</b>		
· 해상풍력용 KS 인증제품 사용 관련고시 개정	20.10월	산업부
· 해양환경 모니터링 관련 해양환경관리법 개정	20.12월	해수부
· 해상풍력의 중장기 환경영향분석	20~24년	산업부·해수부 환경부
· 원상회복 이행 위한 이행보증금 예치방안 마련	20.12월	해수부·산업부
<b>3. 대규모 프로젝트와 연계된 산업경쟁력 강화</b>		
<b>① 대규모 프로젝트 조기착공 지원</b>		
· 지자체 주도 대규모 프로젝트 추진지원	20년~	산업부
· 국두조정실 조정 기능 강화	20.7월~	국무조정실
<b>② 선제적 계통 연계</b>		
· 공용접속망 선제적 구축	21년~	산업부
· 공동접속설비 구축방안 마련	20.12월	산업부
<b>③ 산업경쟁력 강화 지원</b>		
· 8MW 대용량 터빈 적기 개발	22.1분기	산업부
· 12MW 초대용량 터빈 거발 추진	26년~	산업부
· 부유식 시스템 개발 완료	24.12월	산업부
· 해상풍력 설치 전용선박 개발	21.12월	산업부
· 해상풍력 산업지원센터 등 인프라 구축	20~25년	산업부
<b>④ 프로젝트 경제성 향상 지원</b>		
· REC 가중치 개편	21.상	산업부
· REC 가중치 예비통보 서비스 실시	20.10월	산업부
· 탄소저감 보증제도 신설	20.하	산업부

# 부유식 풍력기술이란?

K-FLOATWIND

부유식 해상풍력기술은 심해 설치가 가능해 민원이 적고, 우수한 바람자원을 활용할 수 있어서  
2030년경 풍력산업의 판도를 바꿀 게임 체인저(**Game Changer**)기술



스파형

Spar-Buoy

반잠수식

Semi-Submersible

인장계류식

Tension Leg Platform



# 해상 및 부유식 관련 해외 정책 동향

K-FLOATWIND



- ✓ 2030년 신재생에너지 발전비중 목표 27%
- ✓ 해상풍력 40GW('20) → 150GW('30) → 460GW ('50)
- ✓ 해상풍력 슈퍼그리드 계획 추진



- ✓ 해상풍력 7GW('18) → 30GW 이상('30), 전력 수요의 1/3 이상 공급 목표
- ✓ 세계최초 부유식 풍력단지 30MW가동, 건설 단계 52.8MW, 승인단계 110MW



- ✓ 해상풍력 2.7% ('18) → 12.5% ('30)
- ✓ 독일 북서부 해상풍력단지 개발로 남부 지역 송전을 위한 계통연계 인프라 확충



- ✓ Wind Vision 발표 | 해상풍력 86GW 건설
- ✓ 하와이 재생에너지 100% ('45) 계획  
→ 부유식풍력단지 계획(400MW, 816MW)



- ✓ 중국 | '20년까지 해상풍력 10GW 설비 착공
- ✓ 대만 | 원전폐지('25) 대응 부유식 풍력 투자 확대
- ✓ 일본 | 상용규모 부유식 풍력 실증 프로젝트 확대 (FORWARD I, II, III 프로젝트 추진)

## 시사점

SUGGESTION

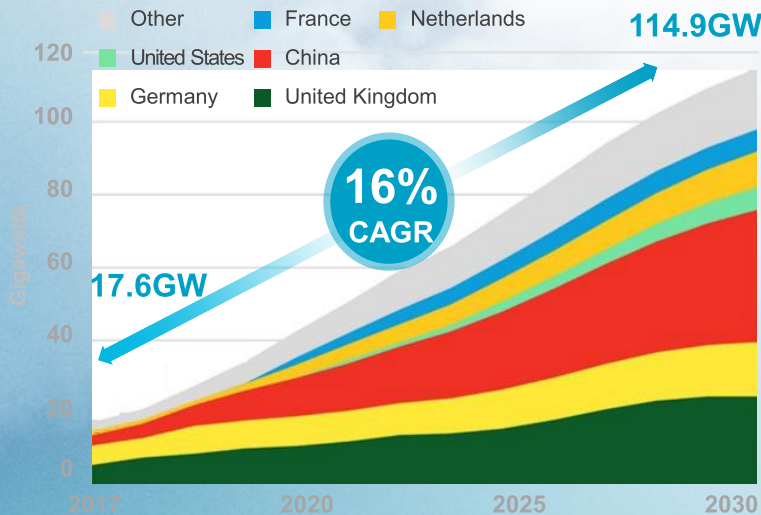
발전원으로서의  
해상풍력  
역할 증대

풍력 산업의  
**Game Changer**로써  
부유식  
해상풍력 부상

해상풍력 연평균 성장률 16%, 2025년 이후 부유식 풍력시장 본격 전개 전망



해상풍력 연평균 성장 16% '17-'30



부유식 풍력 유망시장

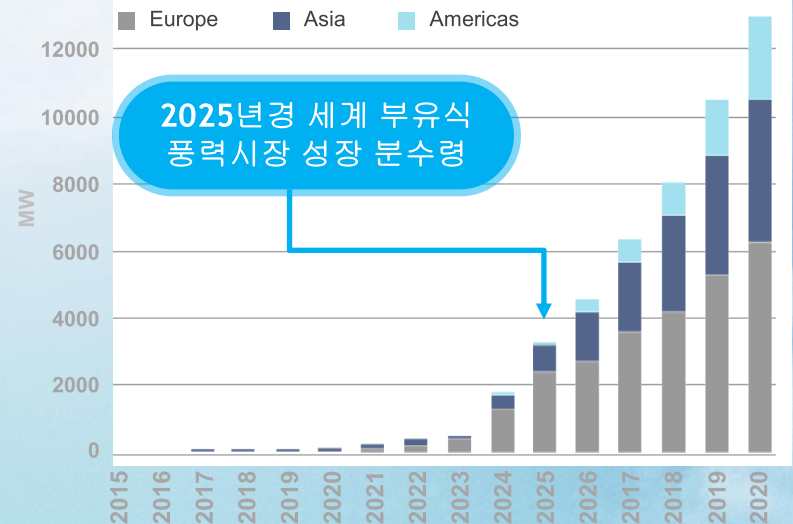
일본, 미국(서부), 서유럽, 한국 등 (IRENA 2016)



2020년 이후 부유식 풍력 시장전망

237MW('20)

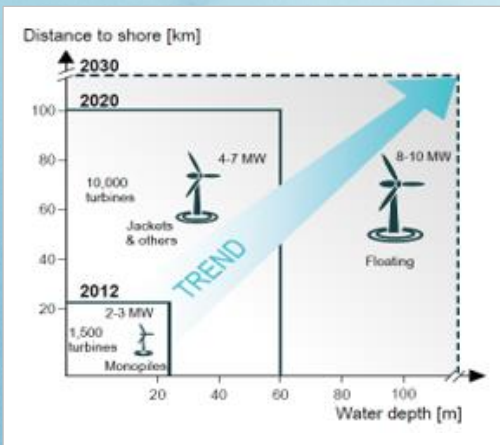
13GW ('30)



Equinor(舊 Statoil), 2017

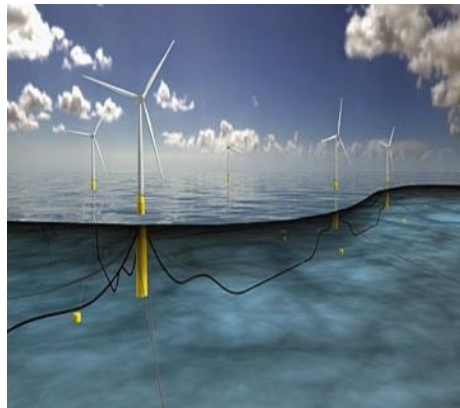
세계 풍력기술 트렌드는 “대형화”, “부유식”, “LCOE 저감”

## 대형화



풍력 터빈 크기가  
**2MW→5/6MW→8/10MW**  
이상급으로 발전

## 부유식



세계 최초 부유식 해상풍력  
Hywind Scotland 단지  
**Capacity Factor 65%** 달성

육상 : 25-30% 고정식 : 35-40%

## LCOE 저감

2009년  
2.3MW 급  
Hywind Demo 건설비용

MW당  
**238**억원

2017년  
30MW급  
Hywind Scotland  
(pre-commercial) 건설비용

MW당  
**100**억원

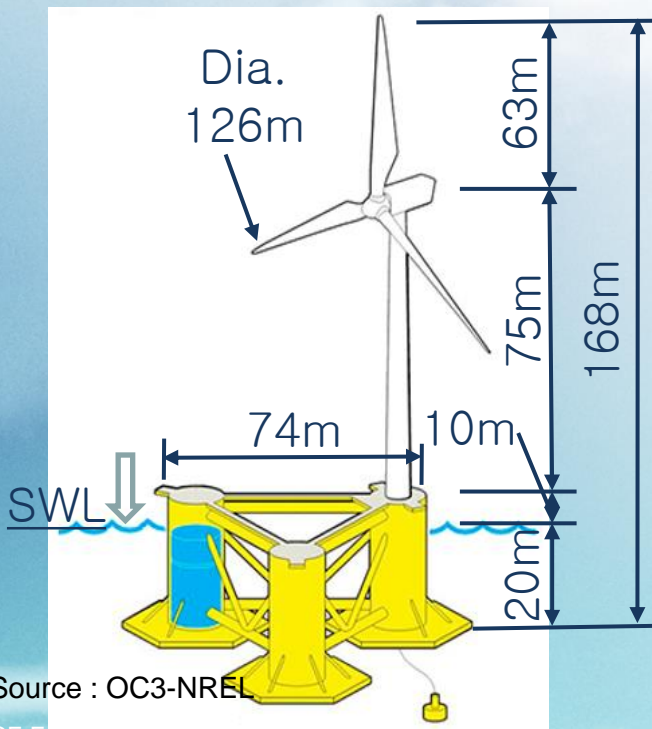
LCOE는 프로토타입에서  
양산단계로 진행되면  
**CAPEX & OPEX 1/2 감소**





## Semi-Submersible

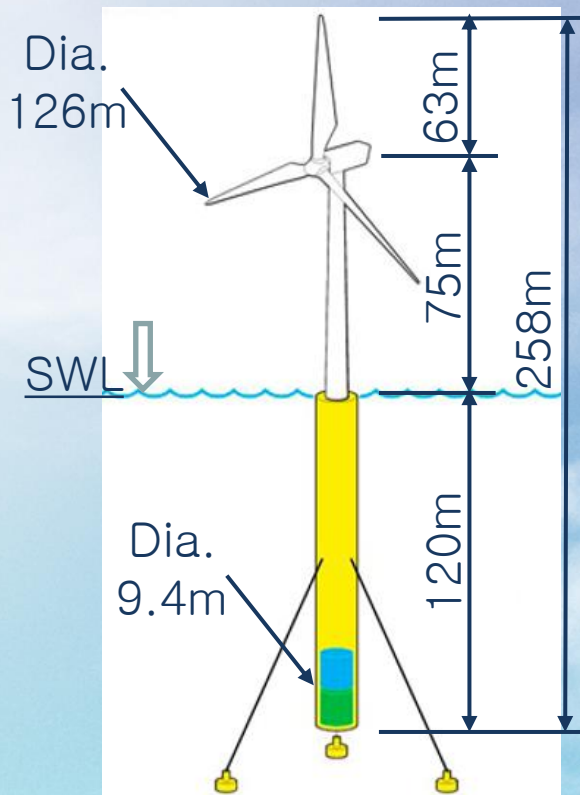
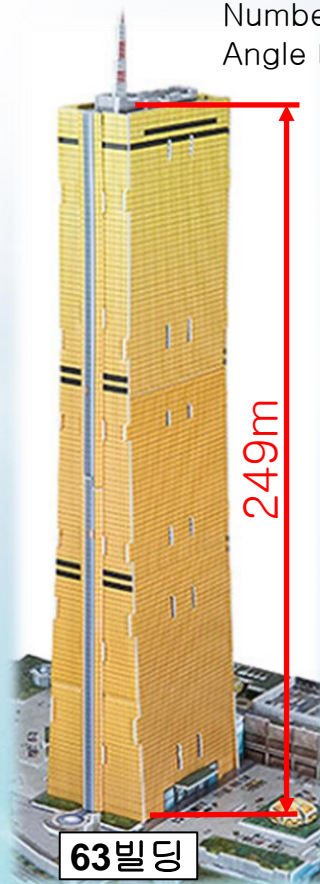
- 5MW Turbine  
Diameter : 126m
- Spar buoy  
Depth to Platform Base Below SWL(Total Draft) : 20m  
Elevation of main column above SWL : 10m  
Spacing between offset columns : 50m  
Diameter of offset columns : 12m  
Diameter of base columns : 24m
- Mooring  
Number of Mooring Lines : 3  
Angle Between Adjacent Lines : 120



Source : OC3-NREL

## Spar buoy

- 5MW Turbine  
Diameter : 126m
- Spar buoy  
Depth to Platform Base Below SWL(Total Draft) : 120m  
Platform Diameter : 9.4m
- Mooring  
Number of Mooring Lines : 3  
Angle Between Adjacent Lines : 120

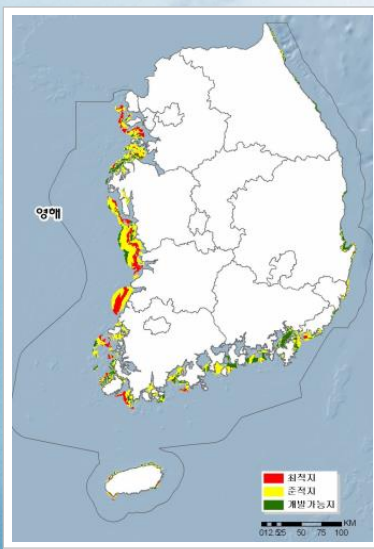


# 풍력자원 잠재력(부유식)

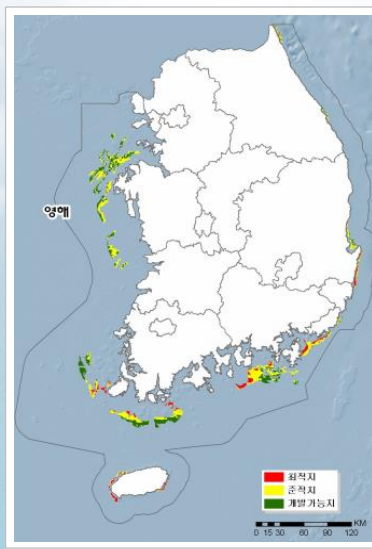
K-FLOATWIND

우리나라 해상풍력자원의 90%가 50m 이상의 심해지역에 위치  
부유식 해상풍력은 영해 및 공해상에 설치가 가능한 기술

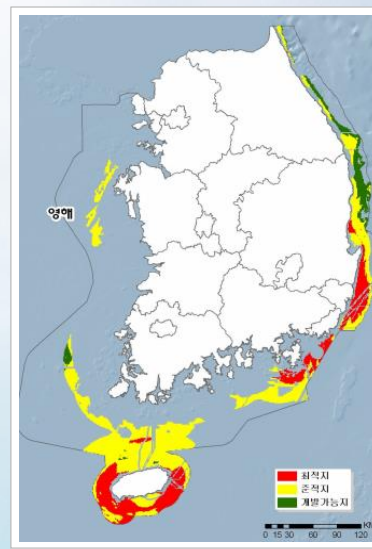
수심 30m 이내



수심 30~50m 사이



수심 50m 이상



해상풍력 (영해, 수심 80m 이내)

설비  
밀도

5MW/km<sup>2</sup>

이론  
적  
잠재  
력

462GW

기술  
적  
잠재  
력

387GW

시장  
잠재  
량

22GW

강용혁 외, 신재생에너지 자원지도 고도화 및 시장  
잠재량 분석, 2017

제주  
&  
경북

5등급

- 고도 80m 기준
- 연평균 풍속 8.0~8.6m/s

남해안  
(전남·경남)

4등급

- 고도 80m 기준
- 연평균 풍속 7.5~8.0m/s

에너지기술연구원, 신재생에너지자원지도시스템, 2018

# 해외 부유식 풍력 프로젝트 추진현황

10

K-FLOATWIND

프로젝트 단계	프로젝트명	국가	단위 용량 (MW)	터빈 수	총 용량 (MW)	수심	하부구조	가동	실시 주체
Demo	Hywind Demo	노르웨이	2.3	1	2.3	220	스파	2009	Statoil
	WindFloat Demo	포르투갈	2	1	2	50	반잠수식	2011	Principle power
	Kabashima/Goto	일본	2	1	1	91	스파	2013	MOE
	Fukushima FORWARD I	일본	2	1	2	120	반잠수식	2013	METI
	Fukushima FORWARD II	일본	7	1	7	120	반잠수식	2015	METI
	Fukushima FORWARD II		5	1	5	120	Advanced spar	2017	METI
	Floatgen	프랑스	2	1	2	33	바지선형	2017	Gamesa/Ideol
	Kitakyushu NEDO..DEMO	일본	3	1	3	75	바지선형	2018	NEDO
	Vertiwind Demo	프랑스	2	1	2	50	반잠수식	2018	EDF
	Dounreay Tri	영국	5	2	10	-	다중터빈반잠수식	2018	Hexicon
Precommercial	Hywind Scotland	영국	6	5	30	100	스파	2017	Statoil
	WindFloat Atlantic	포르투갈	8.33	3	25	100	반잠수식	2018	Principle power
	Aqua Ventus	미국	6	2	12	100	반잠수식	2019	University of Marine
	Kincardine	영국	6 & 2	9	50	62	Semi-spar hybrid	2018	Pilot offshore renewable
	La Groix (french tender)	프랑스	6.15	4	24.6	60	바지선형	2020	Eolfi
	Faraman (french tender)	프랑스	8	4	24	99	TLP	2020	EDF
	Gruissan (french tender)	프랑스	6.15	4	24.6	70	바지선형	2021	Quardren/Ideol/
	Leucate (french tender)	프랑스	6	4	24	70.5	반잠수식	2021	Engine/EDPR/CDC
	Flocan5	스페인	5-8	4	25	85	반잠수식	2020	Canary Island Government
Commercial (상용화 단지)	Oahu Northwest	미국	6-8	-	408	850	반잠수식	2020	Alpha Offshore Wind
	Ohau South	미국	6-8	-	408	600	반잠수식	2020	Alpha Offshore Wind
	Trident Winds Morro Bay	미국	8 이상	-	1000	900	반잠수식	2024	Trident Energy
	Progression Ohau South	미국	8 이상	-	400	650	반잠수식	2022	Progression energy
	Fukushima FORWARD III	일본	7	143	1000	-	반잠수식		METI



# 성과목표 체계

K-FLOATWIND

2030년  
성과

부유식 해상풍력

2GW

균등화발전단가

LCOE 120원/kWh

일자리 창출

7만명

CO2저감

294만tCO2

사업목표  
(성과목표)

부유식 해상풍력실증단지 구축을 통한 기술자립

가동률



90%

부유체 국산화율



90%

국제인증 획득



3건 이상

성과지표

가동률 90%

부유체 국산화율 90%

국제인증 3건

경제성모델 개발

O&M가이드

CAPEX 40억/MW

성능평가센터

인증체계 확립

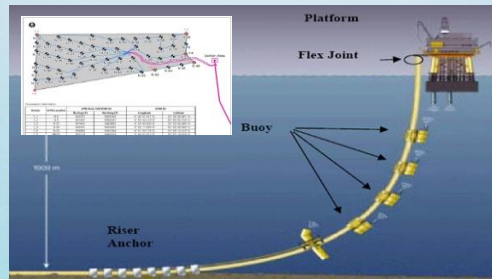
인허가 획득...

내역사업

MW급부유식풍력 실해역 실증



부유식 풍력단지 계통연계 기술



부유식 풍력 상용화 기반 확보



# 감사합니다

KOREA INSTITUTE OF ENERGY TECHNOLOGY  
EVALUATION AND PLANNING

