



Doosan Heavy Industries & Construction

5.5MW 및 8MW급 대형풍력터빈 개발 현황



Sang-II Lee, *Ph.D.*

Renewable Energy Development & Engineering Team2

제9회 Global Wind Day 풍력산업 심포지엄

2019년 6월 14일

- 두산 중공업 소개

- 5.5MW 풍력발전시스템

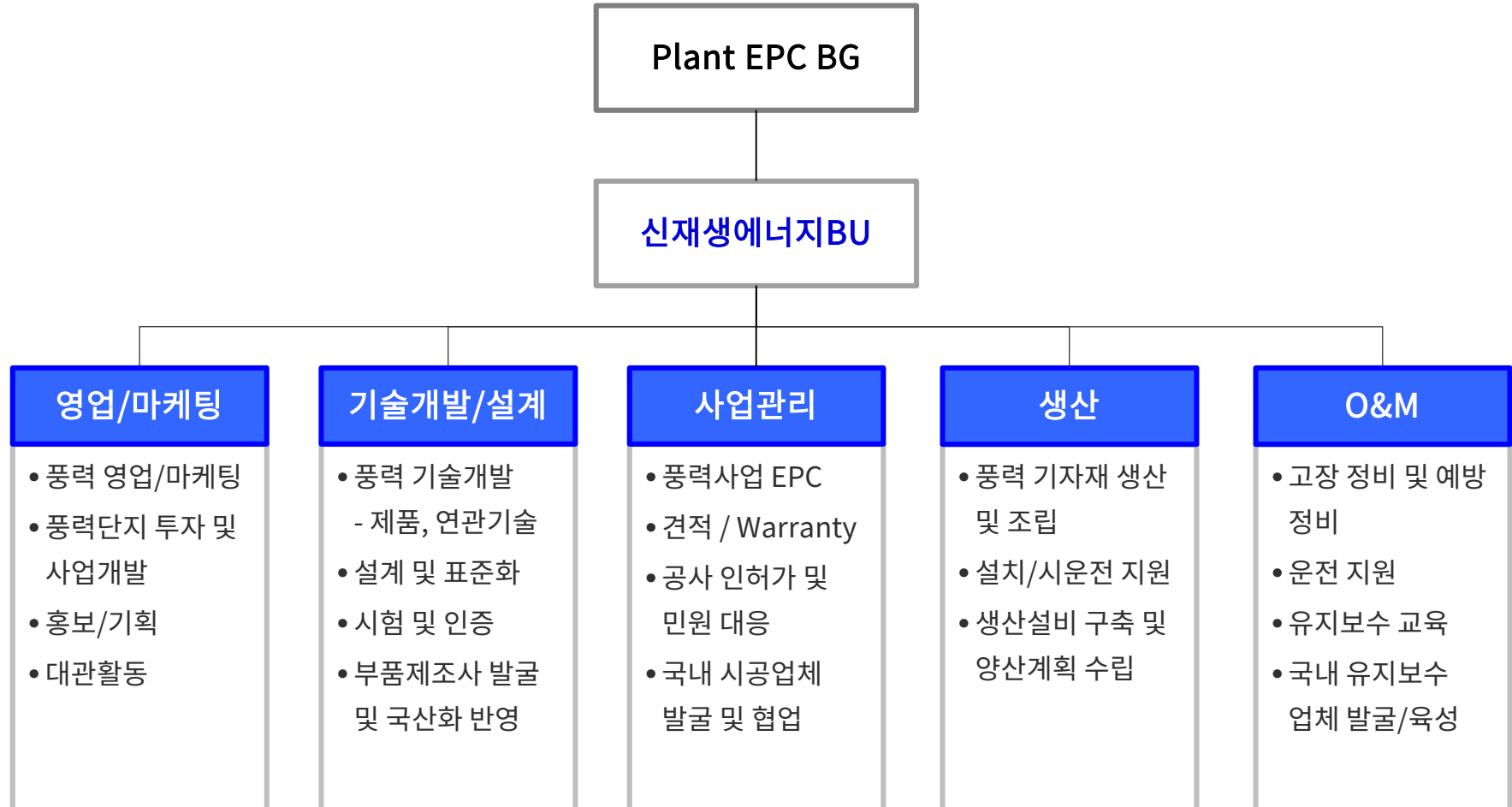
- 8MW 풍력발전시스템

두산중공업 현황



풍력사업 조직 현황

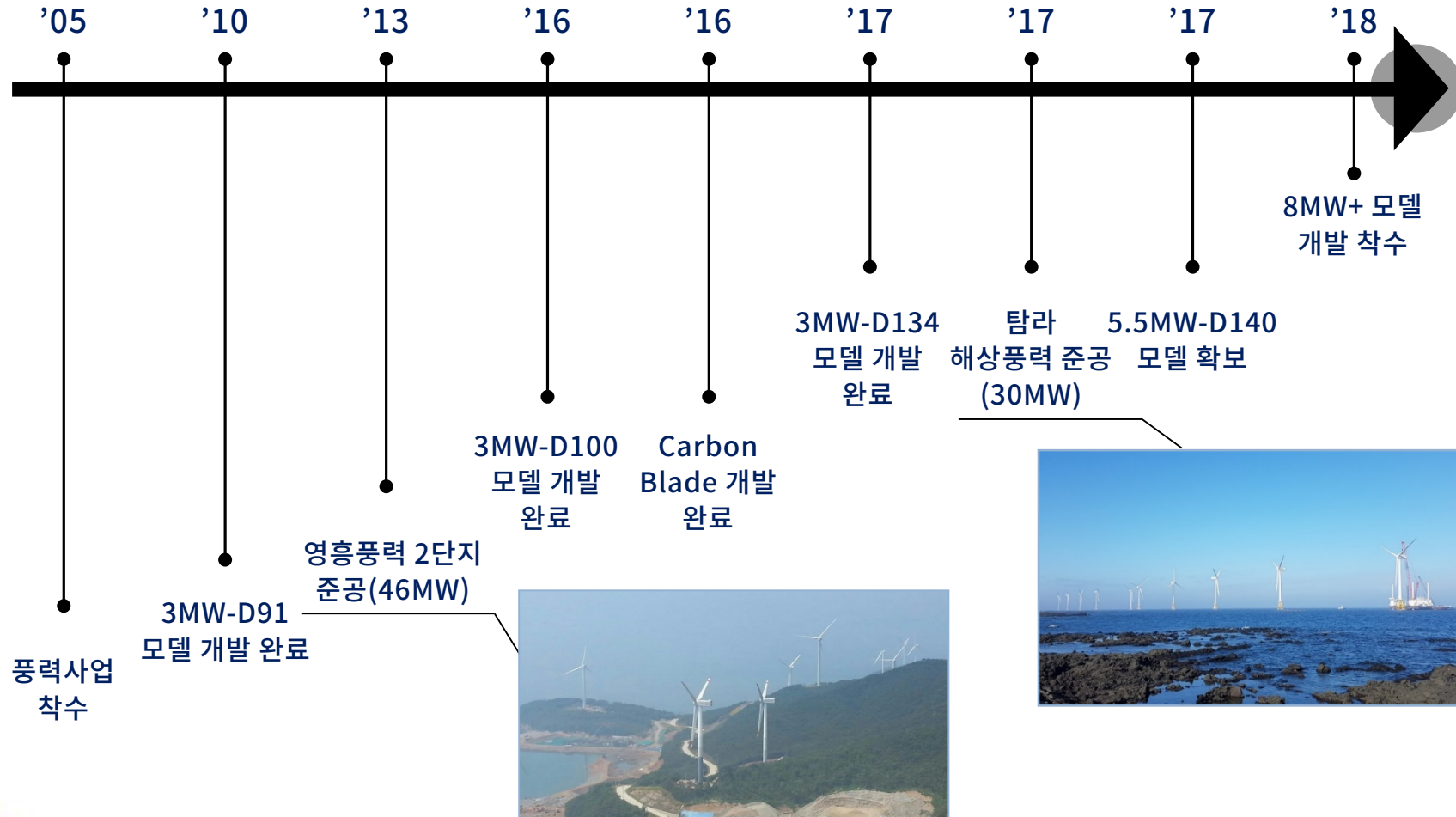
풍력사업은 Plant EPC BG 산하 신재생에너지BU에서 사업개발/수주/실행/사후관리 등 총괄



풍력사업 현황

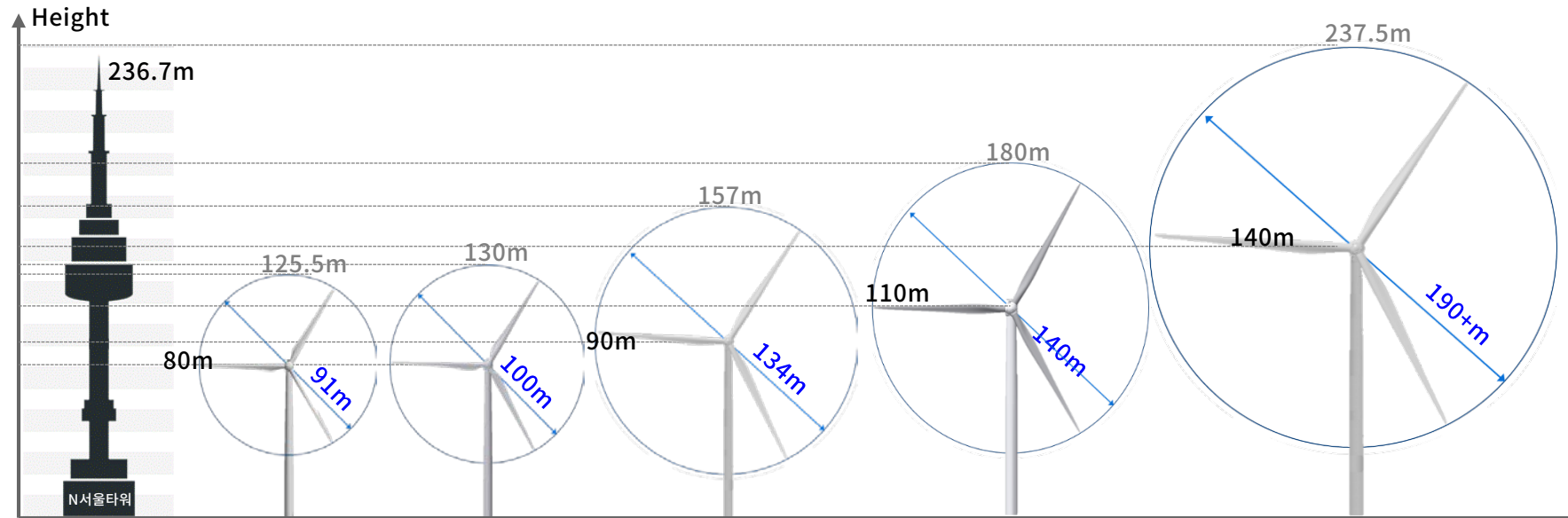
'05년 풍력사업 착수 이후, 10여년 간 1,000억원 이상 R&D 투자 및 단계적 사업 육성 추진 중

- 풍력사업 목표 : 원천기술 내재화 및 국내 산업 육성



풍력발전시스템 Line-up

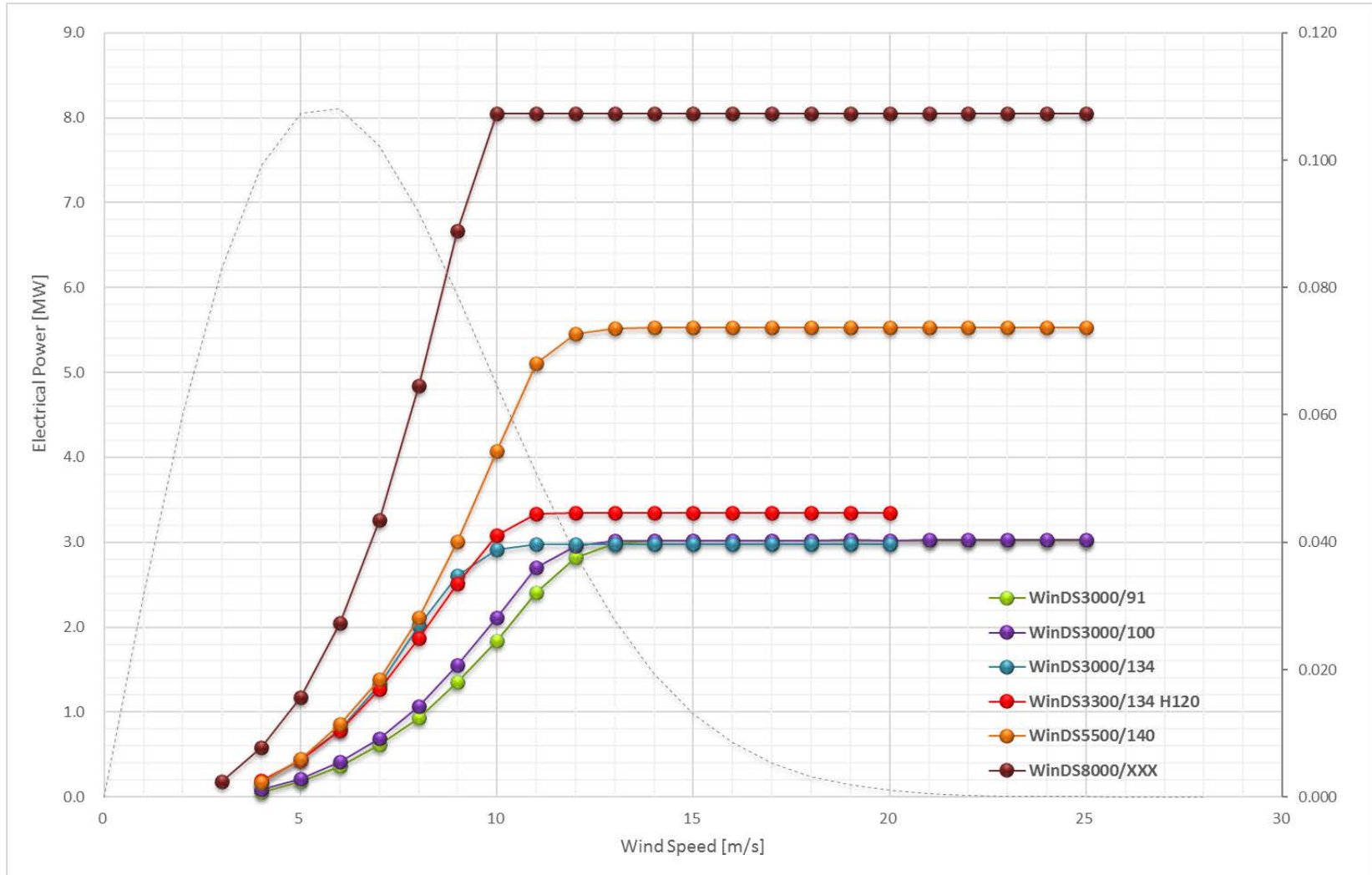
국내 산학연 R&D를 통한 원천기술 확보



모델명	WinDS3000/91	WinDS3000/100	WinDS3X/134	WinDS5500/140	WinDS8X/205 (개발 중)
정격용량	3.0 MW	3.0 MW	3.0MW & 3.3MW	5.56 MW	8.0 MW
풍속등급	I _A	II _A	Extreme: II Fatigue: III _A	I _B	I _B
로터 직경	91.3 m	100 m	134.4 m	140 m	190+ m
허브 높이	80 m	80 m	90 / 120 m	100 / 110 m	135 m
나셀 무게	128 ton	128 ton	132 ton	246 ton	400~450 ton

풍력발전시스템 Line-up

모델별 출력 성능 비교



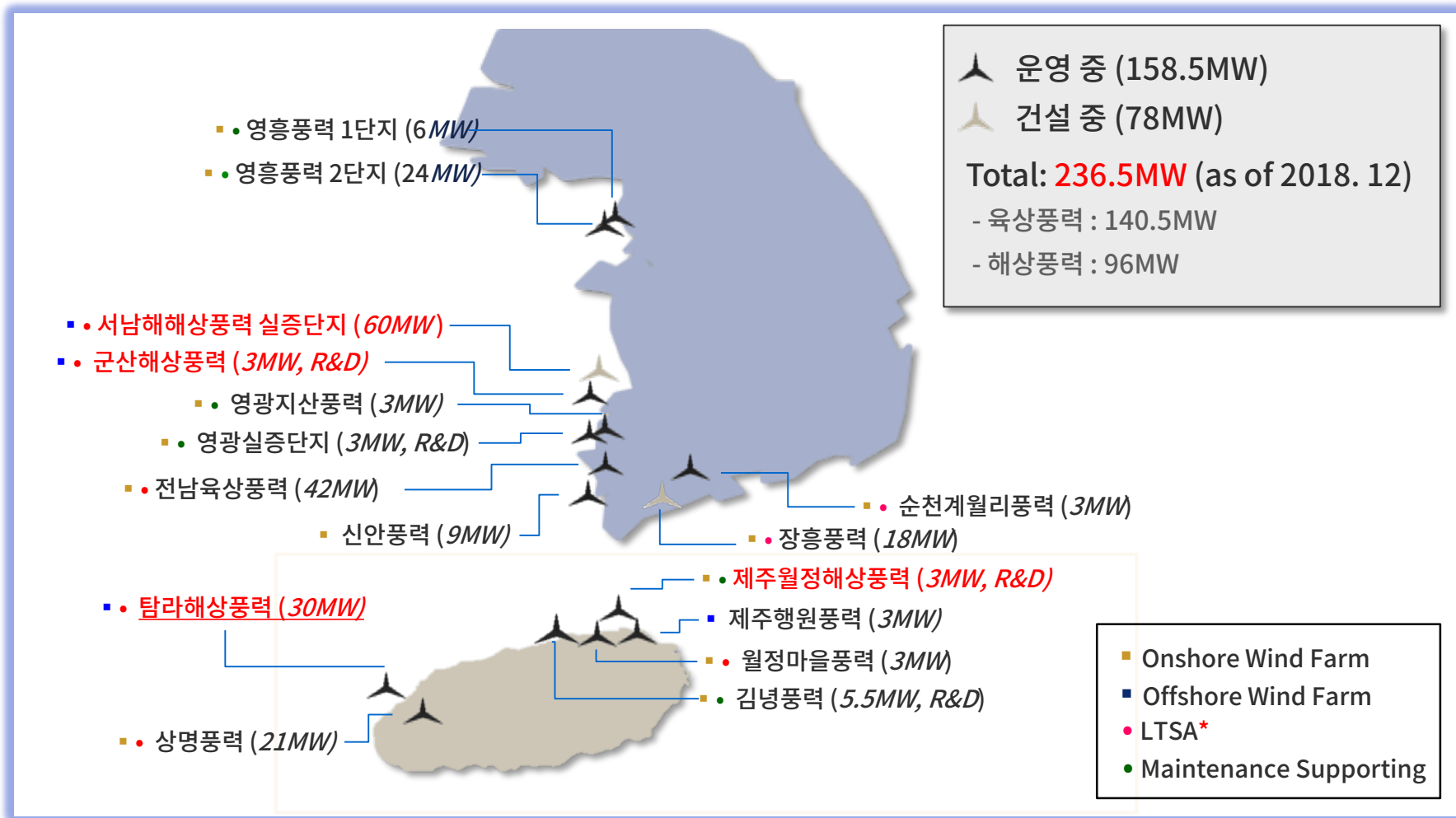
생산설비 현황 및 증설 계획 - 창원 본사

현재 연간 32기 제작 규모를 '21년 연간 100기 생산 규모로 증설 예정으로 투자 진행 중



풍력사업 공급 실적

'18년 12월 기준, 236.5MW 계약실적 및 국내 유일의 해상풍력 실적(96MW) 보유 업체



Contents

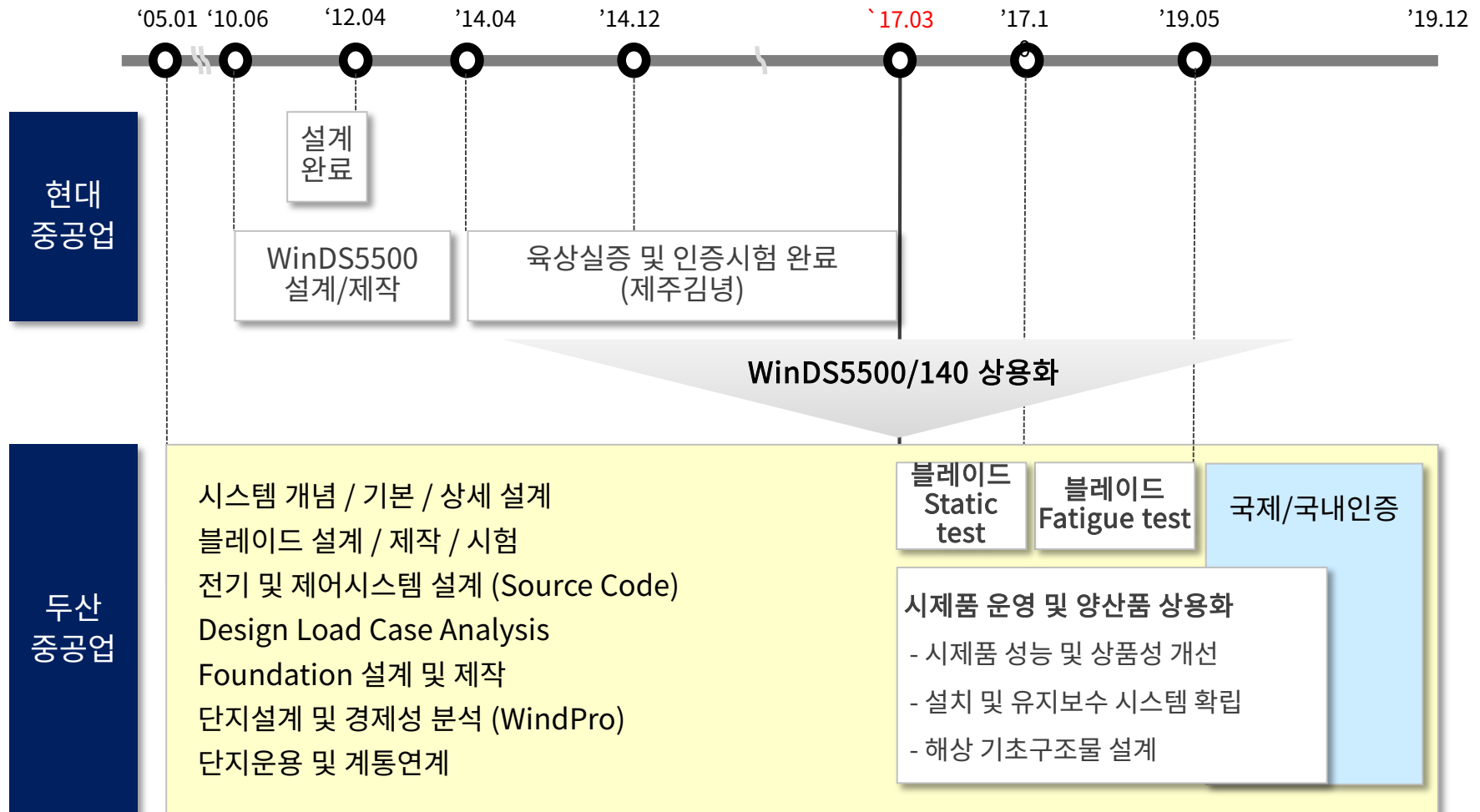
➤ 두산 중공업 소개

➤ 5.5MW 풍력발전시스템

➤ 8MW 풍력발전시스템

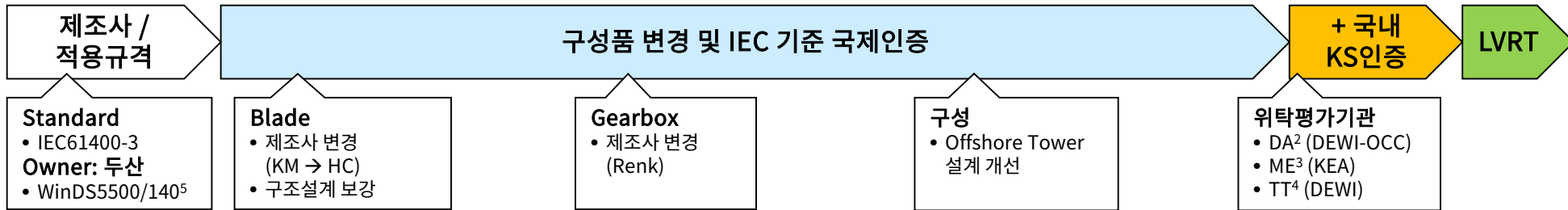
WinDS5500/140 개발경과

현대중공업 5.5MW 시제품 인수하여, 제품 신뢰성 향상 및 상품성 개량



5.5MW 개량 및 인증평가 범위

5.5MW 모델 두산 PMI¹작업완료 하였으며, 5.56MW로 정격출력 상향하여 '19.06 국제인증 취득 예정



변경사항	설계평가 항목	제조평가 항목	형식시험	✓: 진행 예정 항목
제조사 변경	• N/A	• 나셀 제조평가	• N/A	
설계규격 변경 (GL2005 → IEC61400-3)	• IEC기준 신규 하중해석 (5.56MW적용) • 기계구성품 설계 재평가	• N/A	• 제어시스템 현장 교체	
블레이드 구조설계 개선	• 블레이드 설계 평가	• 블레이드 제조평가 완료 - 휴먼컴퍼지트(HC)	• 구성품 시험완료 - Blade Static Test - Fatigue Test - Post-Fatigue Test	
증속기 설계/제작사 변경 (JAKE → RENK)	• 증속기 설계 재평가	• 증속기 제조평가 완료 - Renk	• 증속기 공장 시험 - 증속기 현장 교체 • 증속기 현장 시험	
+ KS 국내인증	• 위탁설계평가기간 평가	• 블레이드 제조평가 - 휴먼컴퍼지트(HC) • 나셀 제조평가	• 5.56MW 적용 형식시험 - 성능시험, 하중시험 (DEWI)	
+ LVRT			✓ • LVRT 시험 ('19/4Q 예정)	

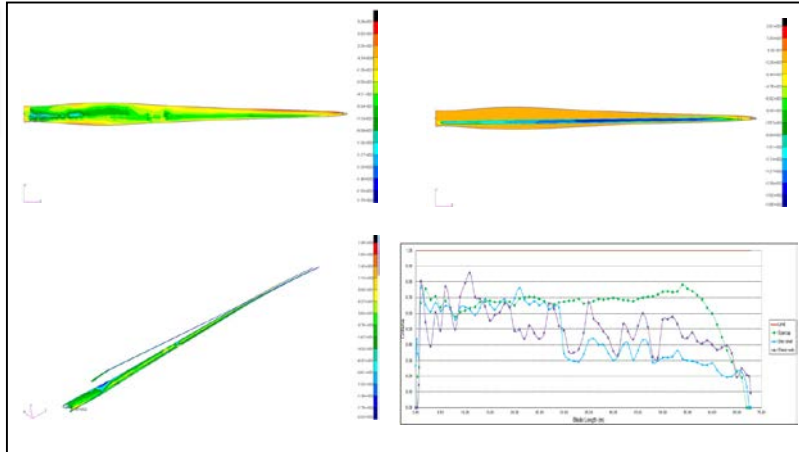


1. PMI (Post Merger Integration): 인수 이후 통합 작업을 통해 인수 완료하는 것을 의미
 2. DA (Design Assessment): 설계평가, 3. ME (Manufacturing Evaluation): 제조평가, 4. TT (Type Test): 형식시험
 5. Turbine Model: WinDS5500/140 (터빈 모델명 변경없이 정격출력 5,560 kW로 상향)

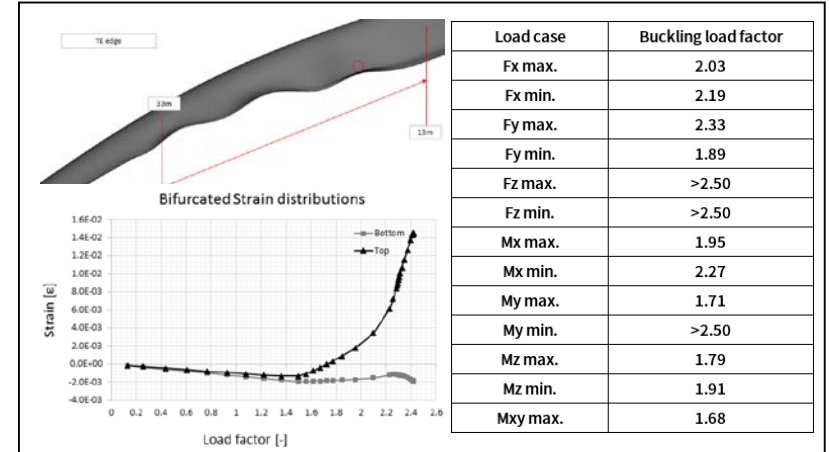
블레이드 구조설계

블레이드 FF/IFF, Buckling, Fatigue 및 Root connection 해석을 수행하여 구조건전성 검증을 완료함

구조해석



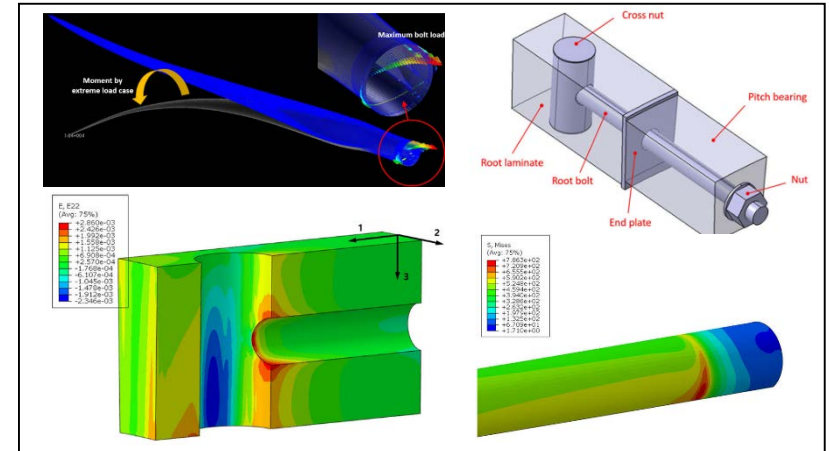
FF/IFF analysis



Buckling analysis



Fatigue analysis



Root connection analysis

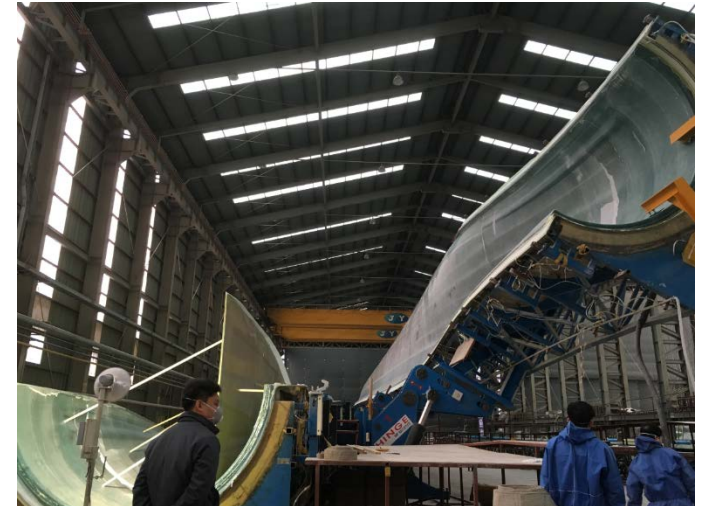
블레이드

구조시험용 블레이드 1기 제작

제작 및 검수



Main skin 제작



Component gap check

운송



블레이드 운송(군산 → 부안)



시험동 입고(부안)

블레이드

블레이드 정하중 시험



< Flapwise Max. 방향 >



< Flapwise Min. 방향 >



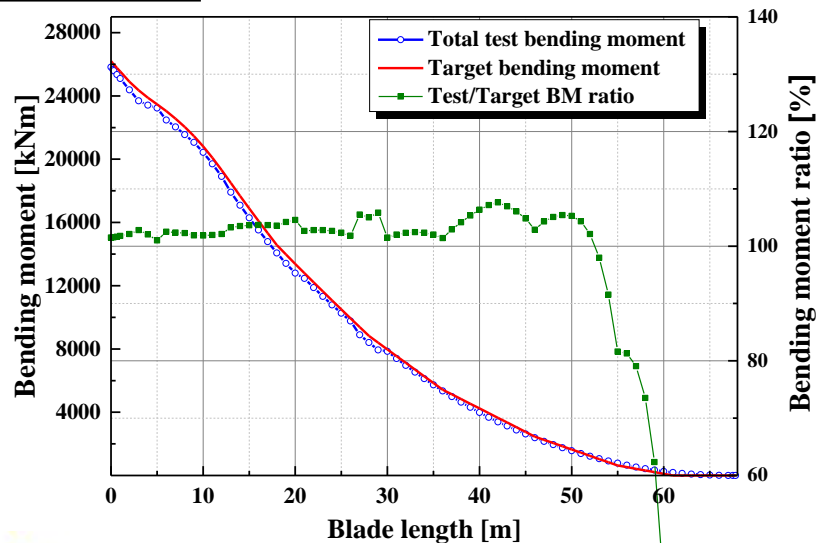
< Edgewise Max. 방향 >



< Edgewise Min. 방향 >

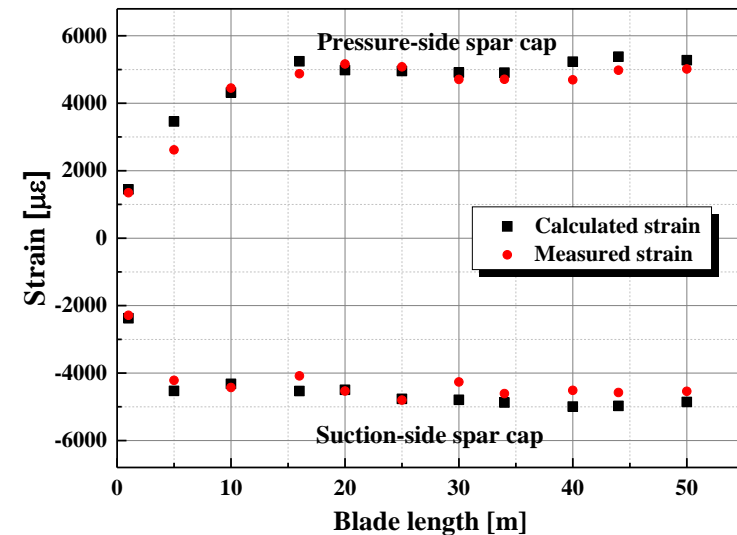
시험하중

Flapwise Max.



시험결과

Flapwise Max.



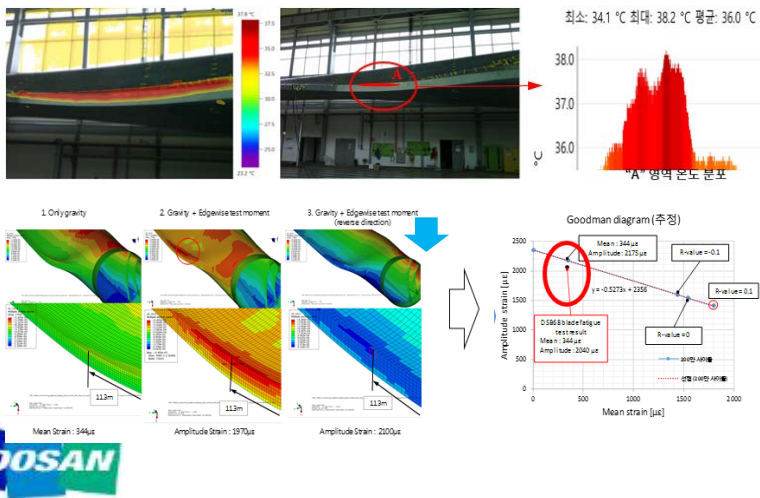
블레이드

피로하중 시험

Edgewise fatigue test (2M cycle)



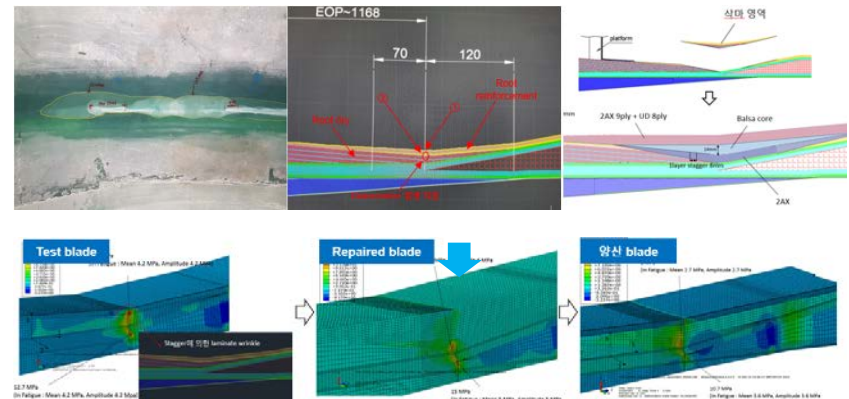
중요부위 피로성능 검증



Flapwise fatigue test (1M cycle)



국부 보강안 도출

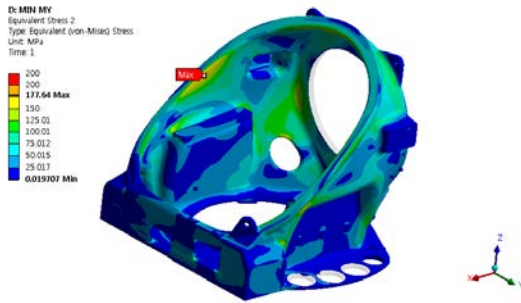


기계구성품

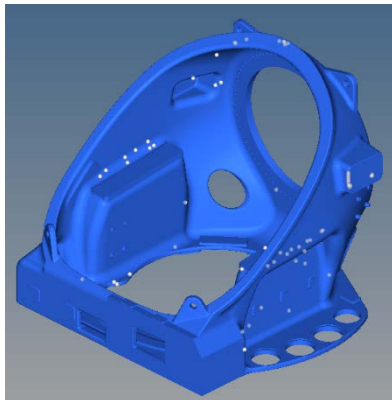
Casting류 구조해석 (IEC 하중 기준) - 극한강도, 피로수명분석

Mainframe

- Extreme safety margin : 1.13 (Safe)

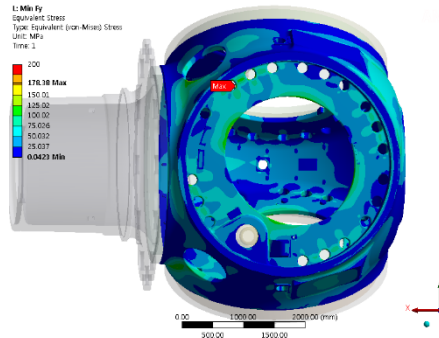


- Fatigue Damage Sum max : 0.18 (Safe)

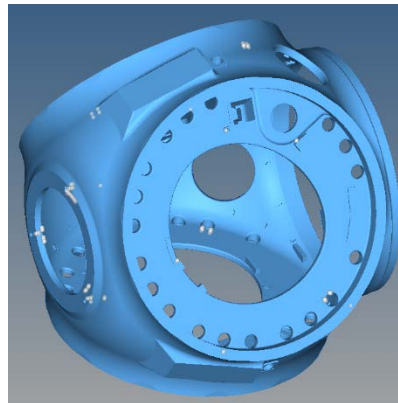


Hub

- Extreme safety margin : 1.12 (Safe)

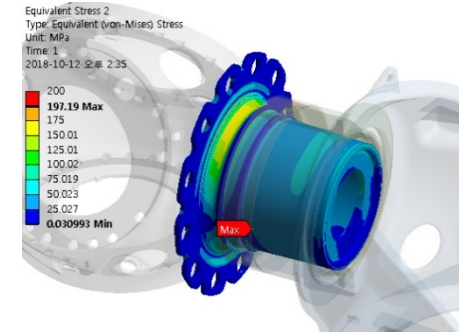


- Fatigue Damage Sum max : 0.29 (Safe)

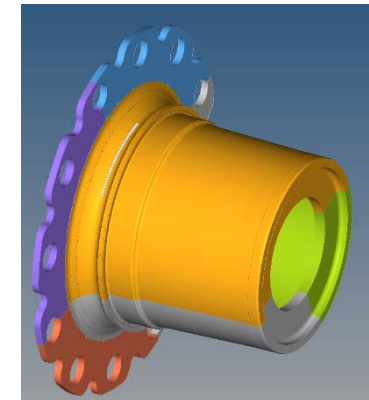


Hub spacer / Main bearing housing

- Extreme safety margin : 1.01 (Safe)



- Fatigue Damage Sum : 0.1 (Safe)



증속기

신규제작 및 현장교체

시제품 제작
및 공장시험



• Gearbox 시제품 조립 '18.04



• Gearbox 공장시험

증속기 현장교체



- 쿨링 라인 및 냉각수 제거 / 로터 브레이크 및 디스크, 커플링 분해 완료, 기존 증속기(Jake사) 해체
- 로터 브레이드 및 디스크 조립 / 신규 증속기 (RENK) 및 커플링 조립

기계구성품

제조평가용 나셀 1기 제작

제조평가용
나셀 제작



• Hub 용탕 주입



• Mainframe 주조



• Nacelle Frame 조립

제어장치
현장교체



• HCA, PCC, HCC 캐비닛, 피치모터 교체 (ISO13849-1)



• 나셀/타워 캐비닛 변경

Contents

- 두산 중공업 소개
- 5.5MW 풍력발전시스템
- 8MW 풍력발전시스템

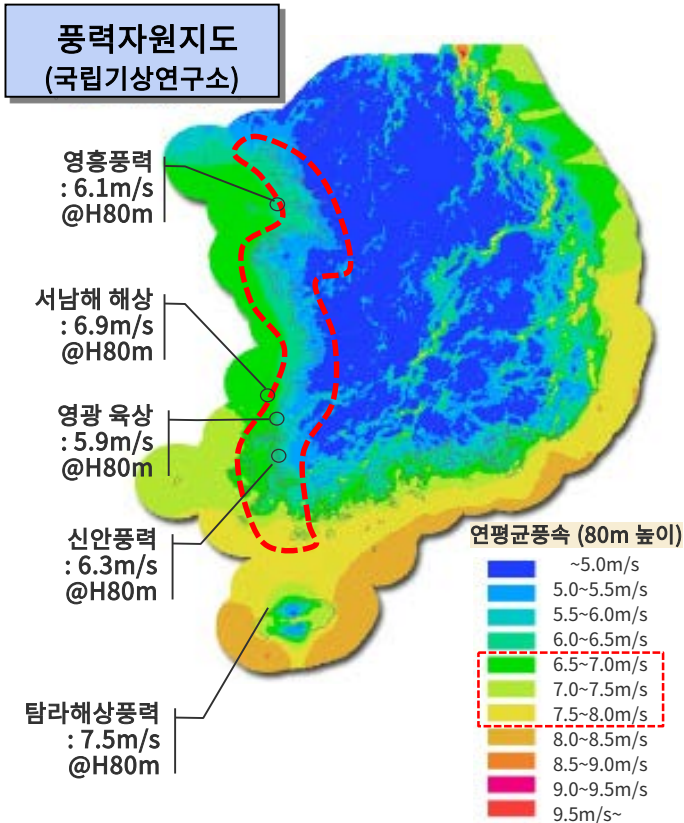
8MW급 대용량 해상풍력발전시스템 개발 개요

국책과제 수주를 통해 '18. 6월부터 개발 착수하였으며, '22년 형식인증 획득 예정임

블레이드 길이	<ul style="list-style-type: none"> 초대형 블레이드는 제품 설계개념 및 신뢰성 검증을 위해 비용/기간 크게 증가 국내 제작사 및 시험기관 가용역량 한계
이용률	<ul style="list-style-type: none"> 국내 저풍속 해상지역에서 경제성 향상 태풍에 대한 고려 필요 <ul style="list-style-type: none"> 서해지역 : TC-II (59.5m/s) 남해/동해지역 : TC-I, TC-II 지역 공존 제주지역 : TC-I (70m/s)
Supply Chain	<ul style="list-style-type: none"> 8MW 이하 주요 기기 수급 가능 10MW급 이상 상용화 경험 없음 → 개발 및 신뢰성 검증 기간/비용 증가 Direct-Drive Type

목표 제품 사양 (안)		
General	Rated Power	8,000 kW
	IEC Class	I _B
	Cut-in Wind Speed	3.5 m/s
	Cut-out Wind Speed	25 m/s
	Rated Wind Speed	10 m/s
	Hub Height	135m
	Gearbox	N/A
Electrical	Total Head Mass	N/A
	Generator Type	PMSG
Rotor	Converter Type	IGBT, Full-power
	Rotor Diameter	190m+
	Blade Length	90m+
	Power density	280 W/m ² 이하
Dimension	Blade Material / Weight	CFRP+GFRP / 50톤 이하
	Nacelle (W × H × L)	N/A
Add. Data	Extreme Survival Wind Speed	70m/s
	System Design Life	25 years

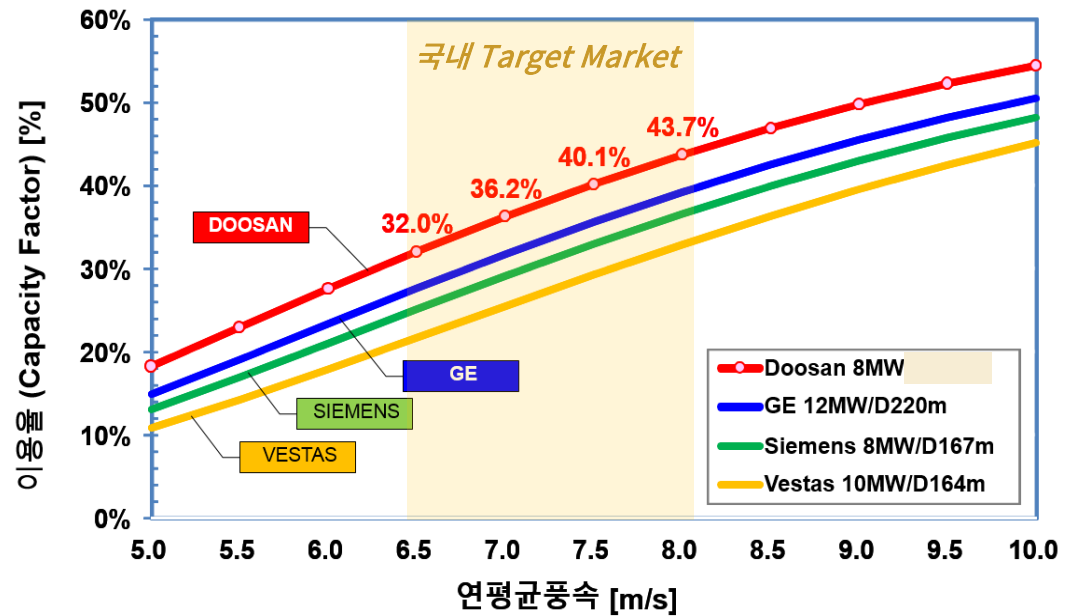
8MW 대용량 해상풍력모델 개발 목표



- 국내해상은 제주도를 제외하고 저풍속 지역이며, 해외 고풍속 지역 적합 제품과 차별화 필요

대용량 모델 개발목표

- 정격용량 : 8MW
- 이용율 : 32%¹⁾ @ 평균풍속 6.5m/s
(Siemens, GE 모델의 동일 풍속 이용률은 각각 23%, 28%)



1) 이용률 계산은 단지효율 90%, 가동율(Availability) 95% 가정

8MW급 대용량 블레이드 개발

공력설계

Blade	Design
Root length [m]	2.6
Blade mass [ton]	43
Tip speed [m/s]	90.3
Rated rotor speed [rpm]	8.4
Cp Max from SOL	0.486



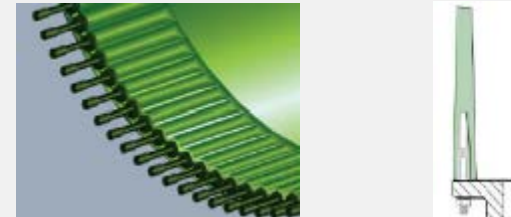
구조소재 및 연결부

Pultrusion*



- 적층 모듈화로 제작 효율 향상
- 블레이드 제작/운송/보관 용이
- 국내 소재 업체 개발 필요

Insert Type



- 하중 지지 능력 증대 및 블레이드 무게 감소 가능
- 시험을 통한 설계검증 필요
- Insert type 전용 mold 필요

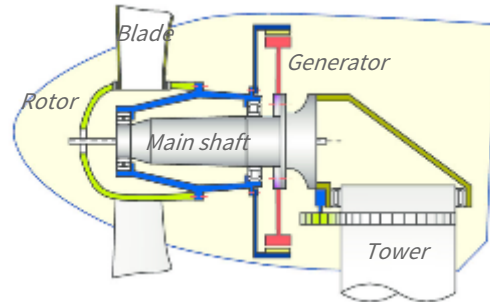
* Pultrusion(인발성형공법): 카본섬유를 수지에 함침된 상태로 당기면서 성형 후 열을 가하여 고체 상태의 중간재를 만드는 방법

Drive Train Type 선정

Direct Drive Type

Geared Type

나셀구성



특징

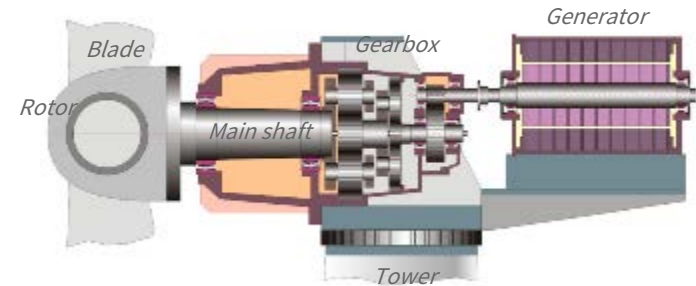
- 로터가 발전기로 직체결되는 구조
- 유지보수 품목 감소로 O&M 역무 감소(비용 감소)
- 대형 구조물 제작과 발전기 공극 유지 구조설계 필요

고장율

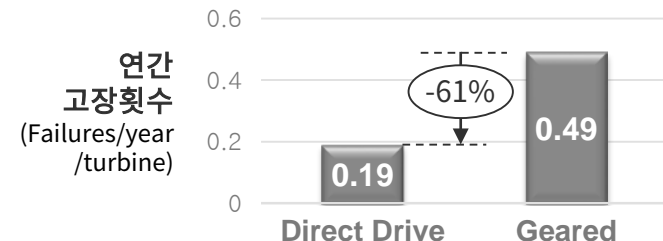
- Geared 형식 대비 Direct drive 형식 고장율이 낮음
- Geared 형식은 Bearing과 치면에서 고장 가능성 내포

양산비용

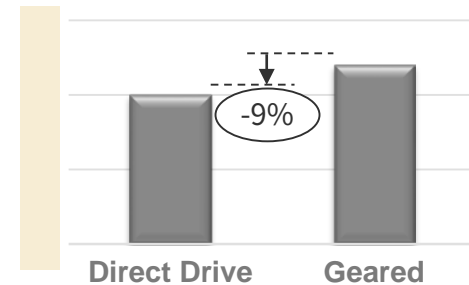
- Direct drive 형식이 양산가격 경쟁력 있음
 - Geared 형식 : 증속기 + 발전기
 - Direct drive 형식 : 발전기 + support frame



- 제품 개발 경험 보유로 개발 Risk 저감
- 대형 Gearbox 공급은 일부업체로 제한
- Oil 교환, 진동감시 등 O&M 비용 증가



Drive Train Cost



지구와 인류의 미래를 위해
어떤 기술이 필요할까요?

지금의 에너지를 만드는 자원은 영원할 수 없기에

그래서 누군가는 반드시 새로운 에너지를 찾아야 하기에

두산은 지구의 무한한 바람과 수소에서 인류의 에너지를 찾고 있습니다

이것은 인류가 영원히 쓸 수 있는 에너지를 만드는 기술

지금은 조금 낯선 에너지지만

미래엔 지구와 사람을 지켜줄 생명의 에너지입니다

두산은 지금 내일을 준비합니다



감사합니다.

sang-il.lee@Doosan.com



국내 최대 해상풍력발전단지 건설



세계 최대 수송 수소연료전지 차량

두산은 무한한 바람과 수소를 활용한
풍력 및 수소연료전지(수소발전)의
신재생 에너지 기술로 지구와 인류의
미래를 준비하고 있습니다