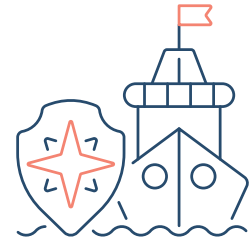


부유식 풍력발전

최신 동향 기술 세미나



2023.12.5 (화) 13:30~16:50 한국선급 3층 대강당



주최



후원



한국풍력산업협회
Korea Wind Energy Industry Association



(사)한국풍력에너지학회
KOREA WIND ENERGY ASSOCIATION



사단법인
한국신·재생에너지협회



한국신·재생에너지학회
The Korean Society for New and Renewable Energy

인사말

안녕하십니까,

한국선급은 지난 15년간 육해상 풍력발전시스템과 관련하여

다양한 연구개발과 인증을 수행하여 왔습니다.

이와 함께, 최근 해상 부유식 풍력발전시스템에 대한 한국선급 부유식풍력 가이드라인과

구조안전성 해석프로그램까지 개발을 완료하였고 다양한 분야에서 사용 및 적용중에 있습니다.

이에 산업계 여러분들을 모시고 안전 기술기준과 발전시스템 개발 최신현황을

공유드리고자 하오니 참석하여 주시길 부탁드립니다.

(사)해양산업통합클러스터·한국선급 회장

이형철



CONTENTS

| 제 1세션 | 부유식 풍력 관련 KR 활동 소개

제1주제 :: KS 풍력터빈 형식인증 및 프로젝트인증 관련 사업현황 소개	07
KR 풍력사업팀 이상래 팀장	
제2주제 :: 한국선급 부유식 풍력 가이드라인 및	현장 발표
SeaTrust-FOWT 개발 현황 소개	
KR 선박해양기술팀 김경태 팀장	
제3주제 :: 해외 부유식 해상풍력 규제현황과	23
해상풍력 설치 산업인력운송선박 국제안전기준	
KR 법령업무팀 허은정 책임	

| 제 2세션 | 사업현황 소개

제4주제 :: 부유식 해상풍력 시스템 기술개발 현황 소개	35
선박해양플랜트연구소 김경환 박사	
제5주제 :: Equinor 추진중인 부유식 해상풍력 개발 현황 소개	49
Equinor 김민철 상무	
제6주제 :: COP 개발 예정인 동해 부유식 해상풍력 현황 소개	65
COP 정하찬 팀장	

주제발표 1

**KS 풍력터빈 형식인증 및
프로젝트인증 관련 사업현황 소개**

KR 풍력사업팀 이상래 팀장



KR해상풍력 관련 사업 현황소개

KS/KOLAS인증, 프로젝트 인증, 안전점검 및 기타 정책 개발 등

2023년 12월 05일 (화)

한국선급 풍력사업팀
이상래 팀장, 공학박사
(sllee@krs.co.kr, 070-8799-8769)



01

KR 소개

KOLAS 공인제품인증기관 인정서

[사]한국선급

인증번호 : KPC002
 법인등록번호 : 114621-0000479
 (또는 고유번호)
 사업장소재지 : 부산광역시 김서구 경지호선사터2동 36
 최초인행일자 : 2020. 06. 12.
 인정유효기간 : 2020. 06. 12. ~ 2024. 06. 11.
 인증유형 : 제품
 인정분야 및 범위 : 해양구조물
 발행일자 : 2022. 05. 10.

상기 기관을 국가표준기본법 제24조, 적합성평가 관리 등에 관한 법률 제85조 및 AS Q ISO/IEC 17065:2014에 의거하여 KOLAS 공인제품인증 기관으로 인정합니다.



▶ 설립근거(1960설립, 민법 32조 사단법인)

- 해상에서의 인명과 재산의 안전 및 해양 환경 보호
- 조선, 해운, 해양의 기술진흥 도모
- 국제선급 기술단체, 선박검사/인증 업무의 비영리 공익법인

▶ KR의 지위

- 대한민국 등 82개 정부로부터 정부대행 검사권 수입
- 한국인증기구(KAS)의 국제공인 인증기관
- 국제선급연합회(IACS) 회원('88년 가입)

▶ 한국정부 대행업무 - 선박안전법 제60조(검사 등 업무의 대행) 제2항

해양수산부장관은 선박의 등록 및 감항성에 관한 평가의 업무(선급업무)를 하는 법인으로(선급법인) 해양수산부장관이 지정하여 고시하는 법인에게 등록하고자 하는 선박에 대하여 검사 등 업무를 대행하게 할 수 있다.

전세계 검사망



■ HEAD OFFICE : BUSAN, KOREA ■ REGIONAL HEADQUARTERS ■ EXCLUSIVE OFFICE ○ OFFICES TO BE ESTABLISHED
 Remark : The figures in the parenthesis refer to the page number in the Directory.

국제공인 선박검사 전문기관

✓ KR의 주요 사업 영역

정부대행 검사

- 선박안전법 제60조에 의한 선박 및 각종설비 검사
- 해양환경관리법 제112조에 의한 해양환경오염방지검사
- 해상교통안전법 제12조에 의한 안전관리체계 인증심사업무

Marine Service 분야

- 제3자 입장에서 선박에 대한 객관적이고 공정한 검사
- 선박 구조/강도, 선박용 재료, 기자재에 대한 각종 기술규칙 제정
- 선급 등록 및 유지 관련 선박 도면심사, 기술검토 및 승인, 검사
- 선박재료, 기자재의 인증 및 검사 업무
- 선박검사와 관련된 기술연구, 소프트웨어 및 규칙 개발 업무

신성장 사업 분야

- 녹색분야 : 에너지, 환경사업 기술검토 및 검사(풍력, 해양에너지, 플랜트 등)
- 인증분야 : 시스템 및 제품 인증업무(CE MARK, ISO9001/14001, OHSAS18001 등)
- 해상융합 R&D : 육해상 시설, 설비 및 기기에 대한 설계평가, 기술연구, 기술컨설팅, 엔지니어링 업무 등
- 함정분야 : 해군·해경 업무(함정/경비정 등의 도면승인, 규칙개발, 검사 등)
- 교육분야 : KR의 기술력을 활용한 해운조선업계 전문가 교육 등



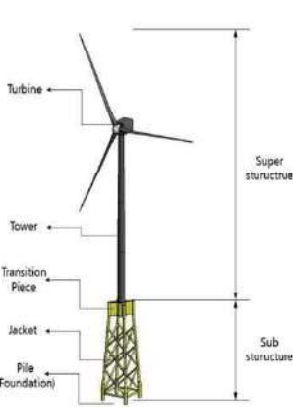
[IACS 멤버 구성]

KR의 KS/KOLAS풍력 인증 및 단지인증

✓ 설치 전 크게 2가지의 안전관련 점검이 존재

Ⅰ KS풍력설비 인증(한국에너지공단) 및 전기 설비 사용전 검사(전기안전공사)

- ✓ 설치 전 2개의 안전점검이 있으나, 설치이후는 실질적인 점검이 없음
- ✓ 한국에너지공단의 정기검사(1회/3년) 및 전기안전공사의 정기검사(1/3년)가 존재하나 대부분 문서/육안검사로 진행



구분	대상	관련법안	수행주체
터빈	낮셀(터빈+타워) 인증	신재생에너지 축진법	한국에너지공단 (KR등 위탁운영)
	하부구조물*	전기안전관리법	전기안전관리법
	전기설비(터빈) 사용전 검사	전기안전관리법	전기안전공사
발전 단지	발전단지 인증	-	-
	해상풍력발전단지 통행	해사안전법	교통안전진단 기관 (한국해양대 등)
	풍력발전단지 건설	건설기술진흥법	감리업체
	부유식 해상풍력 안전성**	선박안전법	KR

* 23년 이후, 전기안전공사에서 하부 구조물도 점검 중이나 실질적인 안전관리 역할을 못함
 ** 부유체의 안정성(Stability)부분만 검증하며, 공유수면점사용 허가(지방형만칭)시 확인

풍력터빈 KS 인증

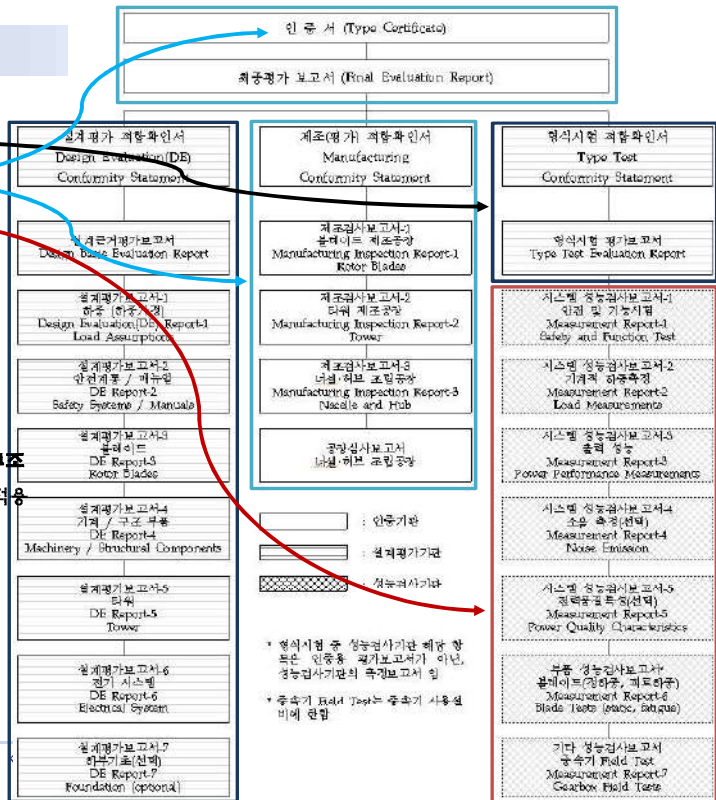
✓ 인증기관은 한국에너지공단

Ⅰ 다양한 위탁기관들에게 위임으로 진행

- ✓ 설계평가 : KR / DEWI-OCC
- ✓ 제조평가 : 한국에너지공단(KEA)
- ✓ 시험평가 : 예기연, 재료연* / DEWI
- * 블레이드의 이동 제약상을 고려, KS시험기관이 아닌 시험기관에서 수행되어도 과정 및 결과가 적합하다면 결과 수용

Ⅱ 풍력터빈 KS 인증의 특징

- ✓ IEC 61400-22, Type Cert 와 동일한 구조
- ✓ 신규 터빈만을 대상으로 하며, 모델 변경시 적용



풍력터빈 KS 인증

✓ KS 인증에서 KR의 역할

■ 설계평가 위탁기관으로 KS인증 수행

- ✓ 국내 도입되는 Siemens 터빈의 대부분을 KR이 수행
- ✓ KS 터빈 인증 운영위원회 위원으로 인증의 가부를 결정
- ✓ KS 표준 제정 및 부합화 위원으로 활동

■ 풍력 표준 KE C 제정을 위해 KR의 활동

- ✓ 한국에너지공단 풍력 에너지 전문위원
- ✓ KS 인증을 승인을 위한 인증위원회 위원
- ✓ IEC 표준 제정을 위한 Delegate of Korea

풍력터빈 KS 인증

✓ KS인증 Track Records

순서	신청기관	수행년도	인증 유형 및 제품명	비고
34	Samsung Heavy Industry	2015	Robot for Wind turbine blade	완료
35	DSME	2015	2MW Wind turbine System	완료
36	Hyundai Heavy Industry	2015	1.65MW Wind turbine System	완료
37	Gold Wind	2015	2.5MW Wind turbine System type2	완료
38	Gold Wind	2015	2.5MW Wind turbine System type3	완료
39	ENERCON	2016	E92(2.3MW) Wind turbine System type2A	완료
40	Unison	2017	Steel Tower for U-93	완료
41	Siemens	2017	SWT-3.6-130	완료
42	Siemens	2017	Steel Tower for SWT-3.0-108	완료
43	Siemens	2017	Steel Tower for SWT-3.2-113	완료
44	Siemens	2017	TR & SG for SWT-3.0-108 & 3.2-113	완료
45	Siemens	2018	SG132-3.456MW	완료
46	Siemens	2018	SG145-4.5MW	완료
47	Siemens	2018	SG132-3.456MW	완료
48	Siemens	2019	SG145-4.5MW	완료

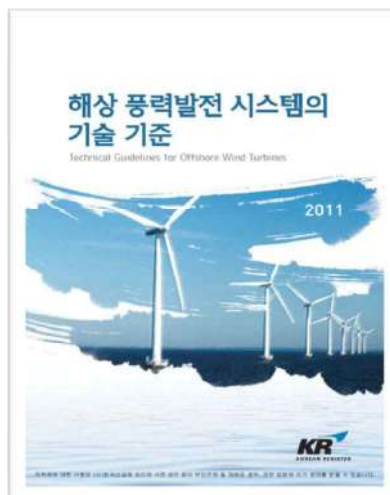
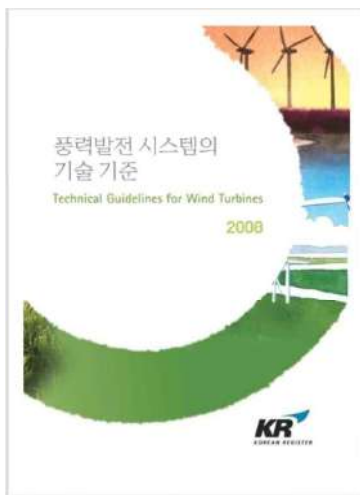
✓ KS 및 KOLAS인증 Track Records

Number	신청기관	수행년도	인증 유형 및 제품명	비고
49	Siemens	2019	SG145-5.5MW	완료
50	Siemens	2020	SG132-5.5MW	완료
51	Siemens	2020	SG145-4.5MW	완료
52	Siemens	2020	SG132-4.5MW	완료
53	한국해양풍력	2020	Project Certification 60MW wind farm at Southwest Sea	완료
54	Siemens	2021	TR & SG for SWT-4.5MW	완료
55	DMS	2021	DMS M Class -200KW	진행중
56	선택	2021	Wind Rose -100KW	진행중
57	바다에너지	2022	Project Certification Floating wind farm at East Sea	진행중
58	COP	2023	Project Certification Floating wind farm at East Sea	계약중
59	Siemens	2023	Blade, TR & SG for SWT-5.0MW	계약중

✓ 육해상 KR Technical Guidelines

■ 한국선급 발행 풍력 가이드 라인

- ✓ 육해상 풍력터빈 관련 Technical Guidelines 발간 완료
- ✓ IEC 및 관련 가이드라인을 참고하여 최신화 작업 수행중 (24년 재 발간 예정)



[육상 및 해상 풍력 관련 KR 가이드라인]

✓ **각 국 인증기관 발행 인증서 형태**



13 | Wind Energy Business Team

© Korean Register, All Rights Reserved

국내 최초 프로젝트 인증 수행 완료

✓ **세부 내용 및 수행 내역**

- 용역명 : 서남해 해상풍력 실증단지 건설공사 프로젝트 인증 용역
- 계약기관 : 한국해상풍력
- 계약기간 : 2017. 01. 02 ~ 2021. 07. 31 *
 - * 블레이드 파손 문제로 인해 계약 기간 1년 연장
- 평가 근거 : IEC61400-22 Testing and Certification
- 주요 평가 내용
 - ✓ Type Cert를 취득한 터빈을 대상으로, 설치 풍력 단지와의 적합성 평가
- 수행내역 (7종 23개 보고서)
 - ✓ 사이트평가 : 해상 풍력발전단지 외부 조건 (풍황, 해황등) 에 대한 평가 수행
 - ✓ 설계근거평가 : 단지 설계를 위한 적용 Code, 법규 및 내용등에 대해 평가
 - ✓ 통합하중해석 평가 : 풍력발전기와 해당 단지와의 하중 영향에 대한 평가
 - ✓ RNA (Rotor Nacelle Assemble) 설계평가 및 제조검사
 - ✓ 지지구조물 설계 및 제조검사 : 하부 지지 구조물의 설계 및 제조에 관한 평가
 - ✓ 이송 및 설치 감독 : 이송, 설치시 작용 하중이 설계 한계를 초과여부평가
 - ✓ 시운전 감독 : 관련 메뉴얼에 부합하여 시운전되는지 확인 및 평가



[블레이드 제작 검사 예]

| Wind Energy Business Team

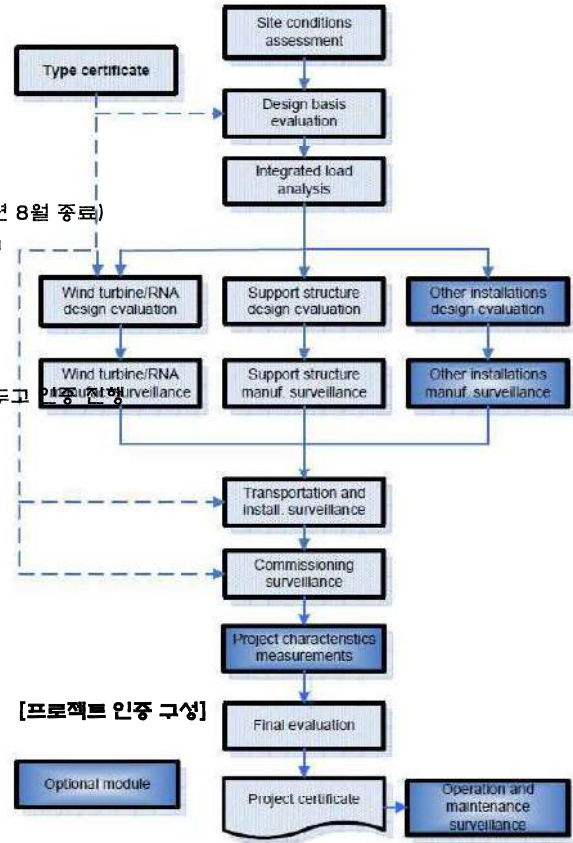
© Korean Register, All Rights Reserved

국내 최초 프로젝트 인증 수행 완료

발행 보고서 및 적합확인서 (SOC)

I Modules in Project Certification

- ✓ 서남해 단지(60MW)를 대상으로 국내 최초로 진행중 (21년 8월 종료)
- ✓ Type certificate 를 받은 3MW 터빈을 대상으로 수행
- ✓ 하부구조물에 대해 구조 안전성 평가(형식인증에서는 제외)
- ✓ 하중해석의 경우, KR의 수행 내역을 관리가 전적으로 수용
- ✓ 관리와 동일한 업무는 관리와 병행 수행
- ✓ 프로젝트 인증은 “풍력터빈” 과 “설치 환경” 에 초점을 두고



국내 최초 부유식 풍력 프로젝트 인증 수행 중



✓ BADA energy (GIG + Total) 부유식 풍력단지 인증

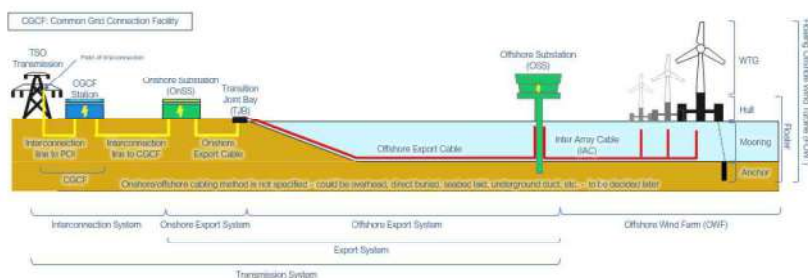
I 국내 최초, 부유식 해상풍력 단지 대상 단지 인증수행

- ✓ 프랑스 선급 (BV, Bureau Veritas) 과 KR의 공동 수행으로 프로젝트 진행중
- ✓ 프로젝트 인증 모듈 별 개별 선급 업무 수행 및 각각의 인증서 발행 예정

	Attachment A1.1 – SCOPE of WORK – Development Phase			Document Number: GW3.00-KCPV.RFO.000002	
				Revision: 00	Status: IFU
				Rev. Date: 11-FEB-2022	
Doc. Type : RFQ	Discipline : CMM	Phase : FE	Class : 3	Page 9 of 53	

3 OVERVIEW

COMPANY Project consists of two main parts, Offshore Wind Farm and Transmission System as shown in the below figure.



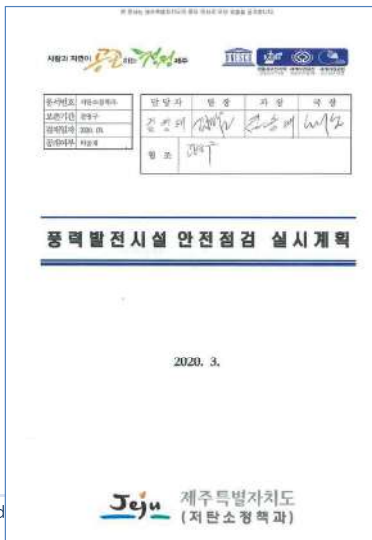
풍력관련 KR의 제공가능 서비스

제주 풍력발전단지 안전점검

✓ 제주 풍력단지 대상 안전검사 수행

II 22개 풍력단지 대상 연 1회 안전점검 실시

- ✓ 제주도청 위탁 기관으로 등록, 안전점검 및 안전보건 교육 수행
- ✓ 재보험회사(Swiss RE)와 연계하여 보험료 안정성 고려 추진
- ✓ 강원도, 전남도등을 대상으로 내륙 풍력발전단지로 확대 추진



제주특별자치도 풍력발전시설의 안전한 유지·관리를 위한 안전관리기준

제1조(목적) 이 기준은 「제주특별자치도 풍력발전사업 허가 및 허가 결정 등에 관한 조례(이하 "제주특별자치도법"라 한다)」 제18조제2항 제5호에 따라 풍력발전시설의 안전관리 업무 수행에 필요한 일반적 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조(적용범위) 제7조에 따라 전기사업 "제주특별자치도"라 한다) 내 설치된 발전사업자는 이 기준에 따라 매년 1회를 실시하여야 하며 그 결과를 안전점검자는 제3조에 따라 다음 각 시한 1월 말까지 도지사에게 제출하여야 하며 그 결과를 제4조에 따라 제출하여야 한다.

등급	시설물의 상태	평가초지기준
A (양호)	○ 문제가 없는 최상의 상태	○ 이상이 없는 시설
B (보통)	○ 주요부품에 결함의 경향이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며, 내구성 증진을 위하여 일보수가 필요한 상태	○ 지속적 관찰이 필요한 시설
C (미양)	○ 주요부품에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며, 상용제한 여부를 결정하여야 하는 상태	○ 보수보강이 이행되어야 할 시설로서 전체 결함상태가 크고, 일·결주 주요부품의 결함을 유발할 우려가 있는 시설
D (불량)	○ 주요부품에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위협이 있어 즉각 사용 중지하고 보강 또는 폐쇄운·관하여야 하는 상태	○ 결함사유를 경전이 우려되어 상용제한 등의 안전조치 검토가 필요한 시설

[안전점검 기준, 평가 기준 및 단지별 결과]

해상풍력발전 시스템 하부 구조물 검사

✓ 하부 구조물에 대한 3자 검사

Ⅰ 하부 구조물에 대한 검사 수행

- ✓ 현 대만프로젝트(삼강 M&T)의 경우 DNV의 독식중임
- ✓ 발주처가 덴마크 Orsted로 인해 KR의 참여가 불가
- ✓ 향후 국내 해상풍력발전단지 조성시 Local Contents 같은 제도 필요



[KR의 전세계 지부 현황]



해상 풍력 설치 공사등 안전 감독

✓ Marine Warranty Surveys

Ⅰ 선박안전법 39조, 43조에 근거 MWS의 일부 모듈 수행

- ✓ Load out, float out
- ✓ Lifting, lift off
- ✓ Towing, sea transportation
- ✓ Offshore installation
- ✓ Cable laying
- ✓ Sub-sea operation



풍력관련 KR의 정책연구 및 제도 개발

정책 연구 및 제도 개발

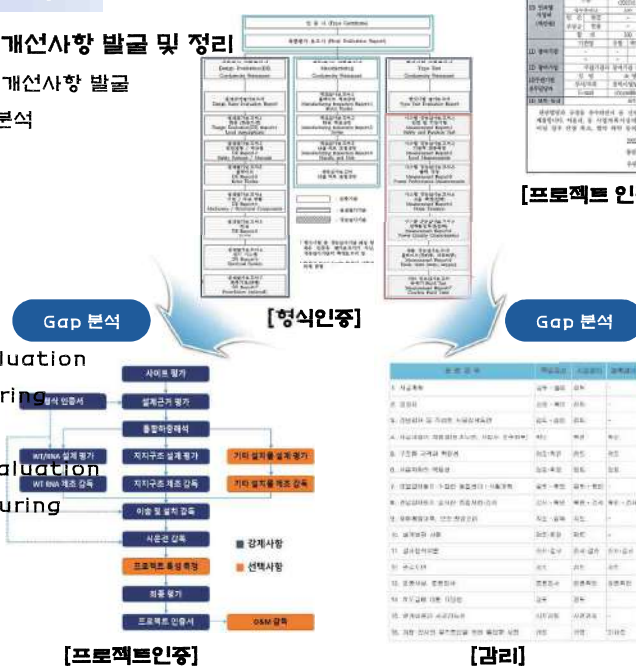
✓ KS 풍력인증(형식인증) 수정 계획

■ 중대형 풍력터빈 KS인증(형식인증) 개선사항 발굴 및 정리

- ✓ 현행 KS인증(형식인증) 재검토를 통한 개선사항 발굴
- ✓ 프로젝트 인증, 감리체계 등과의 Gap 분석
- ✓ RNA 인증모듈 추가 필요항목 도출

<인증모듈 추가 필요항목 예시>

- Site condition assessment
- Design basis evaluation
- Integrated load analysis
- Wind turbine/RNA design evaluation
- Wind turbine/RNA manufacturing surveillance
- Support structure design evaluation
- Support structure Manufacturing surveillance



[인증체계 개편]

인증대상	인증기준	인증절차	인증비용	인증유효기간
중대형 풍력터빈	KS인증(형식인증)	인증신청 -> 심사 -> 인증	인증비용	인증유효기간
중대형 풍력터빈	프로젝트인증	인증신청 -> 심사 -> 인증	인증비용	인증유효기간

[프로젝트 인증 용역 계획서]

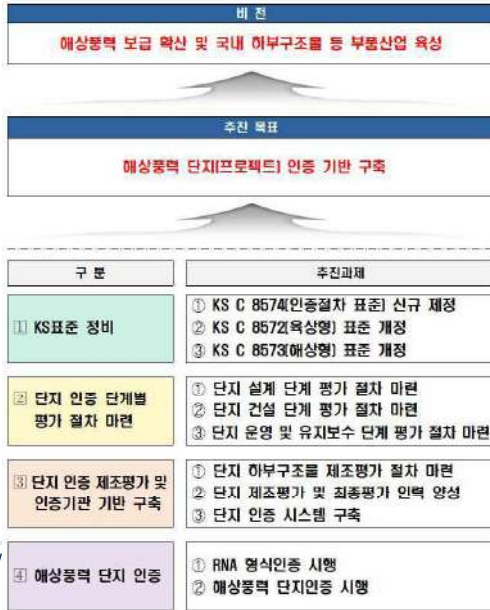
구분	구분	구분	구분
1. 사업계획	2. 사업계획	3. 사업계획	4. 사업계획
5. 사업계획	6. 사업계획	7. 사업계획	8. 사업계획
9. 사업계획	10. 사업계획	11. 사업계획	12. 사업계획
13. 사업계획	14. 사업계획	15. 사업계획	16. 사업계획
17. 사업계획	18. 사업계획	19. 사업계획	20. 사업계획
21. 사업계획	22. 사업계획	23. 사업계획	24. 사업계획
25. 사업계획	26. 사업계획	27. 사업계획	28. 사업계획
29. 사업계획	30. 사업계획	31. 사업계획	32. 사업계획

정책 연구 및 제도 개발

✓ 해상풍력발전대상 단지 인증 시스템 도입 검토

■ 형식인증인 현재의 KS인증외에 단지 인증 개념 도입 예정

- ✓ 하부구조물, 통합하중해석 등 형식인증에 소외된 내용의 고려 필요
- ✓ 해상풍력단지를 대상으로, RPS와 연계하여 REC 가치치 추진 예정



대외비

해상풍력 단지(프로젝트) 인증 추진계획(안)

2023. 11. 01.

한국에너지공단 | 신재생지원사업실

23 | W

ister, All Rights Reserved

정책 연구 및 제도 개발

✓ 해양시설관리법 제정 및 풍력단지 관리 검토

■ 대규모 개발 예정인 해상풍력발전단지 대상 관리 방안 연구

- ✓ 해상풍력발전단지에 대한 교통안전 확보 방안 연구
- ✓ 안전한 해상풍력발전단지 운영을 위한 정기 검사 개념 도입
- ✓ 안전한 해상풍력발전단지 개발 및 운영을 위한 제도적 장치 마련 추진



「2023년 선박통항로 안전성 평가 연구」 위탁연구 계획서(한국해양교통안전공단)

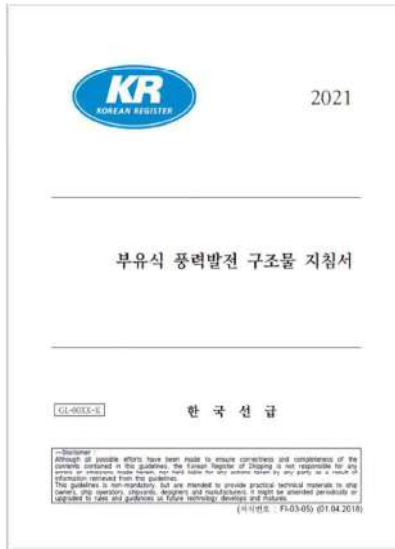
1) "2023년 선박통항로 안전성 평가 연구" 공단 과업 중 위탁 연구 수행체계

내용	항목	주요 내용	수행기관 / 책임연구원
해상교통망 구축분석결과 검토 시스템 연계 DB화 방안	*기본조사 및 현황조사	• 여선 여객선 등 여객선회의 동향 실태를 분석하여 국가 여객선류 기능 유지, 마일리지 지원에 필요 한 정책검토 식별(한국해대 협회)	* 한국에너지공단 / 김경은 책임
	*자료분석	• 통항어업 관련 대내외 출항인원통 위해 최근 10년 이내 개항별 통항 어업 분포(한국해대 협회)	
	*시사업 발굴	• 시사업 도출, 의견수렴 반영	
	*결과도출	• 20년 걸목된 해상교통망 구축 기준 적용 중 안전여과 해상교통흐름 분석을 통한 해상교통망(여) 지역 구축 방안 추가 검토	
해양시설 관리 제도화, 타당성 검토 및 업계 제정방안	*기본조사 및 현황조사	• 해외 및 국내 유사시설 실험사례 포함한 대규모 해양시설 제도 및 계획 방안 기술적 타당성 검토	* 한국에너지공단 / 이상재 팀장
	*자료분석	• 대규모 해양시설 등록 인증 검사 제도 도입 관련 타법 제도와의 중복 규제 여부 검토 및 신규 규제 사항에 대한 편익분석	
	*시사업 발굴	• 시사업 도출, 의견수렴 반영	
	*결과도출	• 대규모 해양시설 안전관리 제도화 에 따른 업계 지원방안 제시	

24 | Wind Energy Business Team

© Korean Register, All Rights Reserved

✓ 부유식 해상 풍력 안전 확보 방안 연구



[부유식 풍력 관련 KR 가이드라인]

- Design loads based on IEC 61400-1, 3-1, 3-2 (design loads in line with international standards)
- Welding & Material
- Floating body
- Station keeping system
- Stability, Subdivision & Freeboard
- Transportation and Installation
- Machinery / Electrical installation / Fire prevention / Escape
- Periodical survey



- > 한국선급 (KR) 은 풍력 분야 다양한 서비스 제공 기관임**

 - 한국에너지공단, KS인증 설계평가 위탁기관으로 다양한 Track Record 보유 (Siemes, Enercon, etc)
 - 제주도청 대행, 도내 22개 풍력발전단지에 대한 안전 검사 수행 기관
 - 서남해 60MW 발전단지 프로젝트 인증 완료 및 2단계(400MW) 계약 논의 중

- > 선급과 같은 해양 전문 기관과의 협력 필요**

 - 해양공사 관련 다양한 엔지니어링 서비스 제공 가능 (구조해석, 하중해석 등)
 - 해양공사 관련 선박 및 해양 구조물의 특화된 안전 관리 기관
 - 풍력터빈의 경우, 설치 이후 별도의 안전점검 절차 및 방안이 부재한 상태로 대책 마련 필요

- > 프로젝트 인증등 다양한 장치를 통한 해상 풍력 발전단지에 대한 안전 보장 필요**

 - 터빈에 대한 형식인증 평가 및 단지에 대한 사이트 적합성 평가를 통한 안전 확보
 - 대량 생산된 터빈과 실제 설치 지역과의 적합성 평가 수행
 - 형식인증에서 다루지 않는 하부구조물에 대한 안정성 평가 수행
 - 책임관리와의 상호 보완적인 역할을 통해 터빈 안정성 확보



주제발표 3

해외 부유식 해상풍력 규제현황과 해상풍력 설치 산업인력운송선박 국제안전기준

KR 법령업무팀 허은정 책임



해외 부유식 해상풍력 규제현황과 해상풍력 설치 산업인력 운송선박 국제안전기준

2023.12.05
한국선급 법령업무팀 허은정 책임



CONTENTS



01 해외 부유식 해상풍력 규제현황

1. 미국
2. 노르웨이
3. 마셜아일랜드
4. 영국
5. 일본

02 해상풍력 설치 산업인력 운송선박 국제안전기준 (SOLAS 제XV장 – IP Code)

03 맺는 말

1. (미국) 부유식 해상풍력설비는 해사법에서 선박인가?

The Maritime Executive

INTELLECTUAL CAPITAL FOR LEADERS

Are Floating Offshore Wind Turbines "Vessels" Under Maritime Law?



File image courtesy Untrakdrover / CC BY SA 3.0

PUBLISHED DEC 15, 2021 5:35 PM BY KEITH BILLOTTI AND HOYOON NAM

Offshore wind energy is an essential tool in the transition towards 100 percent renewable energy in the United States. The U.S. government has committed itself to promoting offshore wind projects (OSW) in the hopes of having 30 gigawatts (GW) of offshore wind energy generating capacity installed by 2030 and 110GW of offshore wind energy generating capacity by 2050. To put this into context, total global offshore wind energy generating capacity was roughly 32GW at the end of 2020. These ambitious goals will require an increase in offshore wind projects.

The implications of a structure being characterized as a vessel are numerous, including regulatory, environmental and tax law implications. However, perhaps one notable and significant consequence is that in connection with the financing of such a structure, a vessel mortgage may be recorded to perfect the financier's security interest. Depending on the structure of the financing, a vessel mortgage would provide better clarity in the perfection status of the financier's security interest than, for example, a UCC financing statement which is generally used to perfect a security interest in equipment. It would be anticipated that clarity in the financier's security interest may lead to additional financing alternatives for the construction of the offshore mobile units (and other offshore wind structures).

1. (노르웨이) 부유식 설비도 NOR에 등록

THE NORDIC PAGE
NORWAY

Norway Builds The World's Biggest Floating Offshore Wind Farm



Debt Capital Financing of offshore wind projects



A floating wind turbine may be registered in the Norwegian ordinary ship register (NOR) under section 33 subparagraph 1 no. 2 of the Maritime Act (Nw.: sjøloven)

1. (마셜아일랜드) 등록을 위한 가이드라인 발행





REPUBLIC OF
THE MARSHALL ISLANDS

MARITIME ADMINISTRATOR

Marine Guideline
No. 2-11-19
Feb/2022

TO: ALL SHIPOWNERS, OPERATORS, MASTERS AND OFFICERS OF MERCHANT SHIPS, AND RECOGNIZED ORGANIZATIONS

SUBJECT: Offshore Wind Farm Installation, Maintenance, and Support Vessels

Reference:

- (a) SOLAS, *International Convention of Life at Sea, Consolidated Edition 2020*
- (b) IMO Circular [MSC.1/Circ.1455](#), *Guidelines for the Approval of Alternatives and Equivalents as Provided for in Various IMO Instruments*, issued 24 June 2013
- (c) RMI Maritime Act 1990 ([MI-107](#))
- (d) RMI Maritime Regulations ([MI-108](#))
- (e) RMI Marine Notice [2-011-8](#), *National Safety Requirements for Miscellaneous Vessels*
- (f) RMI Marine Notice [2-011-34](#), *Special Purpose Ships*
- (g) RMI Marine Notice [2-011-35](#), *National Safety Requirements for Offshore Supply Vessels*
- (h) RMI Marine Notice [2-011-36](#), *National Safety Requirements for Vessels Carrying Persons in Addition to Crew*
- (i) RMI Marine Notice [2-034-1](#), *Safety Inspection Program*

PURPOSE

This guideline provides the information necessary to register certain vessels in the Republic of the Marshall Islands (RMI) that support offshore wind farm installations.

APPLICABILITY

This Marine Guideline applies to the following vessels where International Maritime Organization (IMO) instruments may not adequately address their innovative or technically advanced designs or operations.

- a. Crew Transfer Vessels
- b. Floating Offshore Wind Turbines**
- c. Service Operations Vessels
- d. Wind Farm Support Vessels
- e. Wind Turbine Installation Vessels



BW Ideol's floating wind technology

1. (영국) 등록을 위한 가이드라인 발행



Maritime &
Coastguard
Agency

MARINE GUIDANCE NOTE

MGN 654 (M+F)

Safety of Navigation: Offshore Renewable Energy Installations (OREIs) - Guidance on UK Navigational Practice, Safety and Emergency Response.

Notice to Other UK Government Departments, Offshore Renewable Energy Developers, Offshore Transmission Owners, Port Authorities, Ship owners, Masters, Ships' Officers, Fishermen and Recreational Sailors.

This notice replaces Marine Guidance Note 543 and should be read in conjunction with the following MCA documents:

- Marine Guidance Note 372 "Offshore Renewable Energy Installations (OREIs) - Guidance to Mariners operating in the vicinity of UK OREIs", and
- "Methodology for Assessing the Marine Navigational Safety Risks & Emergency Response of Offshore Renewable Energy Installations".

Note: References contained in this document can be accessed via the MCA website at www.gov.uk/guidance/offshore-renewable-energy-installations-impact-on-shipping

Offshore Renewable Energy Installations	
MGN 654 Checklist	
a. Whether any feature of the OREI, including auxiliary platforms outside the main generator site, mooring and anchoring systems, inter-device and export cabling could pose any type of difficulty or danger to vessels underway, performing normal operations, including fishing, anchoring and emergency response.	✓
b. Clearances of fixed or <i>floating wind turbine</i> blades above the sea surface are not less than 22 metres (above MHWS for fixed). Floating turbines allow for degrees of motion.	✓

1. (영국) Statutory inspection

영국은 안전과 관련한 사항을 선급에서 관리하도록 규정

Other UK laws and regulations relevant to FOWT include:

- Electricity Act 1989
- Energy Act 2004
- The Management of Health and Safety at Work Regulations 1999
- Construction Products Regulation 2011 (CPR)
- Lifting Operations and Lifting Equipment Regulations 1998 (LOLER) • Work at Height Regulations 2005
- The Control of Noise at Work Regulations 2005
- Offshore Chemicals Regulations 2002

3.6 GUIDANCE NOTES BY LR

Lloyd's Register (LR) is a UK classification society which follows a slightly different approach as the previously presented class societies and IEC, having one comprehensive offshore standard on "Rules and Regulations for the Classification of Offshore Units", instead of multiple separate documents. LR does not have an explicit floating offshore wind standard, but a Guidance Note for Floating Wind is currently under development. The LR Guidance Notes for Offshore Wind Farm Project Certification, July 2019, which can be applied to both bottom fixed and floating offshore wind farms, mainly includes references to LR's main Standard on "Rules for the Classification of Offshore Units" and "Rules and Regulations for the Classification of Ships", as well as IEC and ISO, API, BS, DNV and IMO. Figure 2-5 provides the LR Guidance Notes standards framework related to the packages defined in Section 2.1.

LR GN for Offshore Wind Farm Project Certification						
General	IEC 61400series				Stability	IMO MODU Code LR Ship Rules ¹
Environmental and Soil Conditions	IEC 61400-1 IEC 61400-3 IEC 61400-12-1	IEC 61400-12-2 ISO 19900 ISO 19901-1	ISO 19901-2 ISO 19902 ISO 19903	ISO/IEC 17025 API RP 2A-WSD	Fatigue Limit State	IEC 61400-1 IEC 61400-3
Materials and Construction	ISO 9001 BS EN 10204				Transport and Installation	IEC 61400-22 IECRE OD-502
Safety Levels and Safety Concepts	IEC 61400-3				Commissioning, Surveys and O&M	IEC 61400-22 IEC 61400-3 IECRE OD-502
Design Methods and Loads	IEC 61400-1 IEC 61400-3	IEC 61400-22 IECRE OD-502	ISO 19904-1 LR Ships Rules ²	LR Craft Rules ³ DNVGL-ST-0119	Wind Turbine	IEC 61400-1 IEC 61400-3
Stationkeeping System and Anchor	IEC 61400-3 API RP 2SK LR Ship Rules ⁴ ISO 19901-4	ISO 19902	1 LR Rules and Regulations for the Classification of Ships 2 LR Rules and Regulations for the Classification of Special Service Craft		Other (Grid Compliance and EIA)	IEC 61400series IECRE OD-502 ISO/IEC 17020 ISO/IEC 17025

자료 출처 : Floating Offshore Wind – Application of Standards, Regulations, Project Certification & Classification – Risks and Opportunities

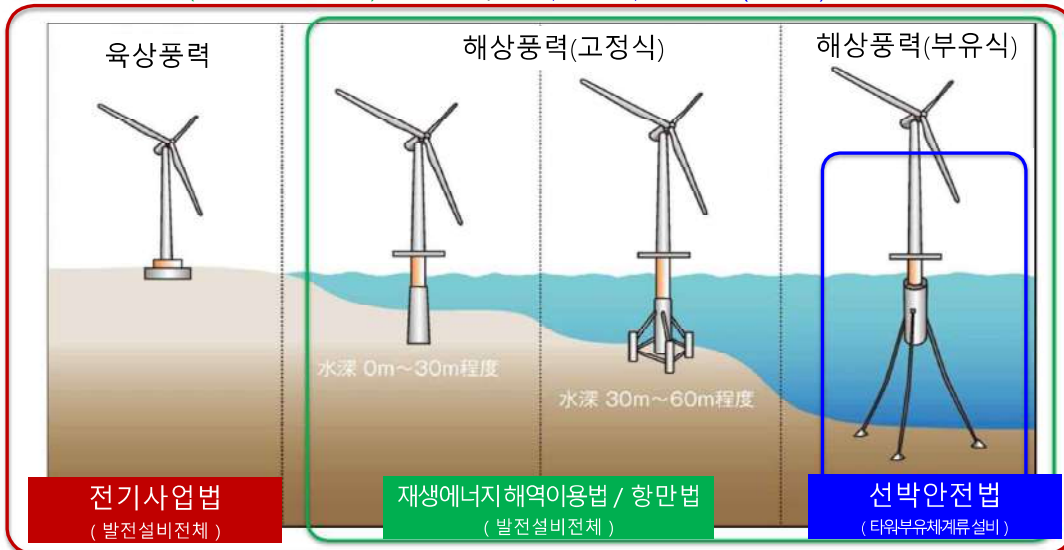
1. (일본) 부유식 풍력발전에 대한 법규제

< 풍력발전의 안전과 관련한 법률 >

2019년 7월 1일 ~

풍력발전기 • 발전설비전체 : 전기사업법

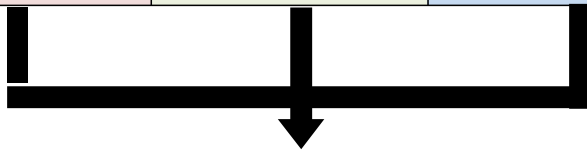
해상풍력 (고정식 • 부유식) : 항만법 / 타워, 부유체, 계류설비(부유식) : 선박안전법



자료 출처 : ClassNK, NEDO再生可能エネルギー白書

1. [일본] 부유식 풍력발전에 대한 법규제

	전기사업법(현행)	항만법	선박안전법
육상풍력발전소	○	×	×
해상풍력발전소 (고정식)	○	○	×
해상풍력발전소 (부유식)	○	○	○
인허가형식	공사계획신고 【정부에서 직접심사】 + 【등록적합성확인기관】	국토교통부에 등록된 연안기술연구센터 (CDIT)에 의한 적합성 확인	국토교통부에 등록된 일본선급(NK)에 의한 선급검사



□ ClassNK는 CDIT와 합동검사를 실시하고 있으며, 이중 검사가 되지 않도록 상호인정

자료 출처 : ClassNK

2. 현재의 풍력설비설치용 선박

중량물운반선



크레인바지



잭업타입 풍력설치선



사진 출처: courtesy Fred Olsen Windcarrie

2. (미국) 존스법 [Jones Act Act]

<일부발췌>

-The most far reaching of the coastwise trade statutes, is the Jones Act (46 U.S.C. § 55102), a section of the 1920 Merchant Marine Act that strictly speaking, only applies to merchandise being transported by water between U.S. points. The law requires that this cargo is to be shipped solely aboard vessels that are U.S.-built, U.S.-citizen owned, and, registered in the U.S., which means crewed by Americans. (중략)

- An often-asked question is "can the U.S.-owned, -built, -crewed, - registered requirements of the Jones Act be waived to allow foreign-flag vessels in some circumstances?" The answer is yes, however, Jones Act exemptions are rare as the only basis for an exemption is "interest of national defense." There are two types of Jones Act waiver request processes, one for the Secretary of Defense and one for non-Defense entities.

- It is important to note that regarding both processes the final issuer of any Jones Act waiver is the Secretary of Homeland Security. The Maritime Administration does not issue Jones Act waivers.(중략)

-If the waiver application passes the test for sufficient "interest of national defense", the Maritime Administrator is formally consulted regarding the availability of qualified United States flag capacity to meet the national defense requirements. The Maritime Administrator is also directed to provide advice regarding how the coastwise qualified U.S.-flag fleet can be enabled to meet the national defense needs. With these formal determinations onboard, the Secretary of Homeland Security makes the final Jones Act waiver decision.

결론) 미국 지점 간 화물의 해상 운송 시 적용되는 상선법이며, 법에 따라 해당 화물은 미국에서 건조되고, 미국 시민이 소유하고, 미국에 등록되어 미국인이 탑승하는 선박을 통해서만 배송되어야 한다.
해당 화물은 특정상황에서 외국국적 선박을 허용하기 위해 존스법의 미국 소유, 건조, 선원 등록 요건을 면제 할 수 있다.
단, 면제의 유일한 근거는 국방의 이익이기에 실제 면제되는 경우는 드물다.

2. 외국적 선박

선박법 제6조) 한국선박이 아니면 불개항장(不開港場)에 기항(寄港)하거나, 국내 각 항간(港間)에서 여객 또는 화물의 운송을 할 수 없다. 다만, 법률 또는 조약에 다른 규정이 있거나, 해양사고 또는 포획(捕獲)을 피하려는 경우 또는 해양수산부장관의 허가를 받은 경우에는 그러하지 아니하다.

<산업인력 운송선박>

외국선박의 불개항장 기항 등의 허가 요령 제4조(허가대상)
불개항장에서 한국영토로부터 사람, 물품의 양적하 선박
1호의 불개항장에서 개항이외 지역으로 부터 제반역무 제공받거나 특정목적 수행 선박

<풍력발전설비자재 운송선박>

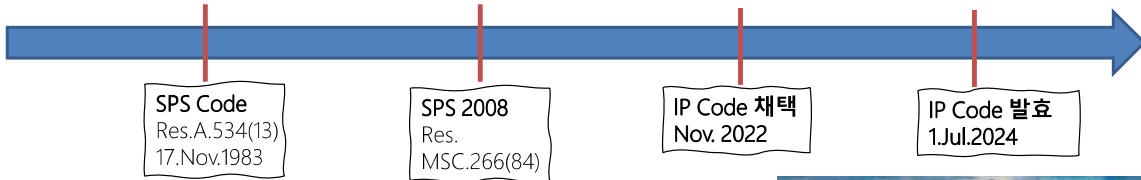
해운법에 따라 내항화물 운송사업에 등록 및 선박안전법 적용

2. IP Code 의 발효



1. IP Code 채택 및 발효 현황

SOLAS 제15장에 기반하여, 해상에서 작업할 산업인력을 운송하는 화물선에 적용 (2024.7.1. 발효)

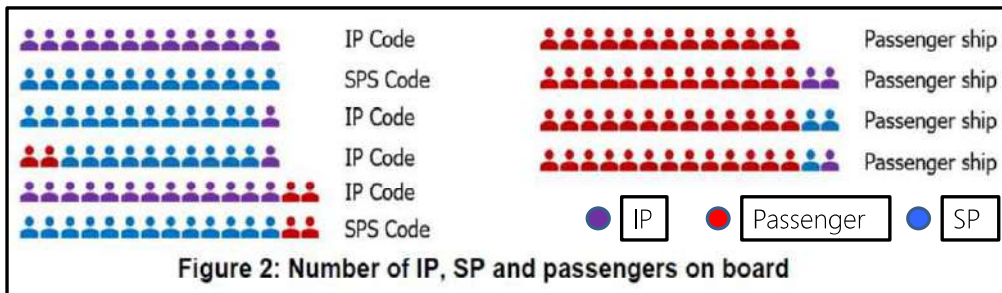


IP Code 목적 및 영향

- 선내에서 일하는 인력 외에 다른 인원을 운반하는 화물선과 관련된 최초의 강제규정
- 선내에서 일하지 않는 12명 초과인원을 이송할 때 적용
- SOLAS 협약에 의해 규정되는 화물선과 승객선 사이의 규정 상의 간극 조정
- 주로 해상 풍력 발전, 기타 작업을 위한 인력 운반이 필요한 작업을 수행하는 선박에 영향
- SPS Code 와 달리 강제 규정 (500 톤 이상 국제 항해 선박)



2. IP Code와 SPS Code의 적용상 차이점



여객이 13인 이상

협약상 여객선

특수인력이 13인 이상

협약상 특수목적선이나 강제규정 아님, SPS CODE를 수용했던 영국의 경우 SP에 IP가 포함

산업인력을 포함한 승선인원이 13인 이상

IP Code 적용 대상

2. IP Code 의 적용



핵심 규정 : Safe transfer (인력의 안전한 이동을 위한 준비요건)

- 산업인력과 선원을 위한 인력 이동 중 부상을 방지하기 위한 수단, 인력 이동 통로 조명 등
- 더불어 자재의 안전한 이송



사진 출처:marineregulations news



사진 출처:turbomachinery international

2. IP Code 의 상세 규정



1. IP Code 개발 배경

IP Code는 SPS 2008을 기초로 목표기반규정 (GOAL-BASED REGULATIONS)으로 개발되었음

2. 추가적으로 고려된 규정

1) Training (나이, 신체, 언어, 훈련, 친숙도)

- 비상 훈련, 개인 인명 구조 장비 사용법 교육, 퇴선 훈련, 생존정 탑승 훈련

2) Life-saving appliances (안전한 퇴선(safe abandonment)과 인명구조(recovery of persons))

3) Dangerous goods

- 위험물의 운송 및 취급으로 인한 위험을 고려하여, 위험물의 특성을 고려하여 탑승자 전원의 위험을 최소화

Selected Points of Comparison	IP Code Industrial Personnel	SPS Code Special Personnel
Mandatory	Yes	No
Specific training requirements (minimum age, fitness, language, fire safety, familiarization)	●	n/a
Requirements for the safe transfer of personnel and their equipment	●	n/a
Additional requirements about the carriage of dangerous goods	●	n/a
Additional requirements for high-speed cargo craft	●	n/a

3. 맺는 말



필수

해상풍력 개발 촉진을 위한 법령정비 지원

International Association of
Classification Societies
국제선급연합회 회원

Non-Governmental
International Organization
협약의 채택 및 개정에 조언



High Technical Advisor
가장 중요한 기술적 조언자

Powerful Supporter of the Korean
Government
한국 정부의 강력한 조력자

17

감사합니다.

한국선급 법령업무팀
허은정 책임
heoj@krs.co.kr

주제발표 4

부유식 해상풍력 시스템 기술개발 현황 소개

선박해양플랜트연구소 김경환 박사

【 KR 부유식 풍력발전 최신 동향 기술 세미나 】

부유식 해상풍력 시스템 기술개발 현황 소개

2023. 12. 5.(화)

한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소

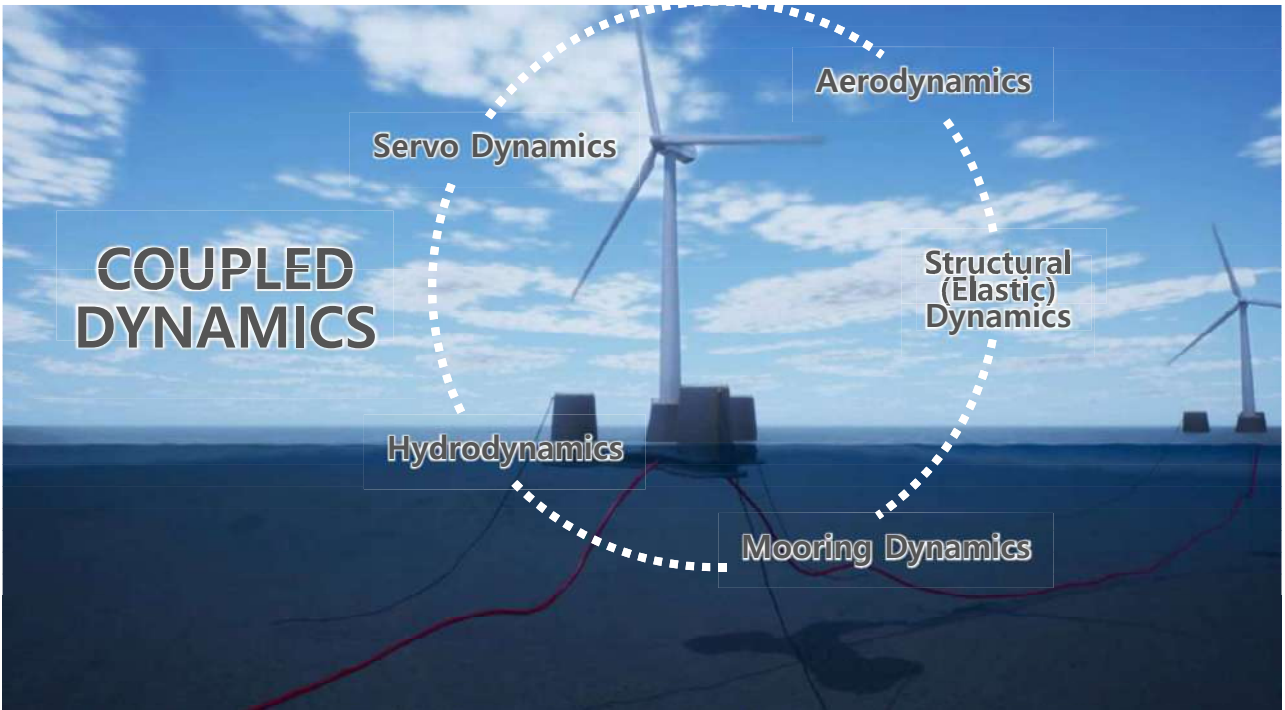
김경환 책임연구원



1

부유식 해상풍력 기술개발

부유식 해상풍력 시스템



부유식 해상풍력 플랫폼

터빈

1. 저하중 블레이드
2. 저중량 타워
3. 최적 제어기

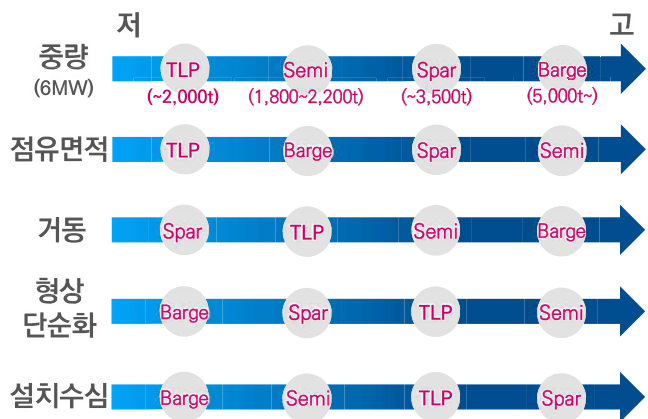
플랫폼

1. 안정성 및 운동성능
2. 저중량 구조물
3. 대량생산 가능
4. 설치/유지보수 용이

계류계

1. 좁은 점유면적
2. 쉬운 설치 및 저비용

출처: oedigital.com



플랫폼 형상별 특징 (GWEC, 2021)

국외 부유식 해상풍력 발전단지

유럽을 중심으로 준상용단지(Pre-commercial, TRL8) 구축 및 운용 중

 Hywind	<ul style="list-style-type: none"> • Hywind Demo Offshore Karmøy project - 2.3MW급 부유식 해상풍력 시스템 실증 (2009)
	<ul style="list-style-type: none"> • Hywind Scotland (세계최초 부유식 해상풍력 단지) - 6MW급 풍력터빈 5기 설치 (Siemens SWT-6.0-154) → 총용량 30MW, C.F. 57% 수준 도달
	<ul style="list-style-type: none"> • Hywind Tampen - 8MW급 풍력터빈 11기 설치 (Siemens SG-8.0-167) → 총용량 88MW
 WindFloat	<ul style="list-style-type: none"> • WindFloat Demonstration - 2MW급 실증용용 수형 (Vestas V80-2MW WT) (2011~2016, 16GWh 전력 생산)
	<ul style="list-style-type: none"> • WindFloat Atlantic Project - 8.5MW급 풍력터빈 3기 설치 (Vestas V164-8.4 MW WT) → 총용량 25MW
	<ul style="list-style-type: none"> • WindFloat KOWL Project - 9.5MW급 풍력터빈 5기 설치 (Vestas V164-9.5 MW WT) → 총용량 50MW



Hywind Scotland Park (30MW)

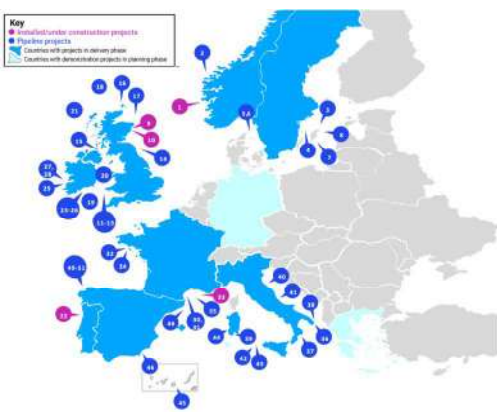


WindFloat Atlantic (25MW)



WindFloat Kincardine

국외 부유식 해상풍력 개발계획 및 실증



Project	MW
Norway	
1. Hywind Tampen	88
2. Froysholmen	500-1500
Sweden	
3. Östing	2000
4. Kalfåg	2150
5. Mørdal	2300
6. Prinsöden Head	1000
7. Svalbard	5000
8. Hevelin	2700
United Kingdom - floating target 5 GW by 2026*	
9. Hywind pilot park	30
10. Kincardine	50
11. Oribas (commercial)	600
12. Peloo	300
13. Celtic Deep	300
14. Blyth	58.4
15. North Shannan wind	400
16. Doldyn project	2000
17. Green Yawl	400
18. Coniston North trap	3000
19. Crown Estate Test & Demonstration	400
20. Celtic Sea Floating	4000
21. Scotford	15,000
Portugal	
22. WindFloat Atlantic	25

Project	MW
Maine	
76. Aqua Ventus 1	12
77. Maine Research Array	144
78. Future Floating*	450-1500
California	
79. Redwood	150
80. Humboldt WEA*	1600
81. Morro Bay*	700-1000
82. Lompoc/CADEMO	60
83. Caselle Wind*	1000
Hawaii	
84. Oahu Northwest*	400
85. Oahu South*	400
Oregon	
86. Coos Bay*	10,000
87. Bandon*	2,800
88. Brookings*	3,400
North Carolina	
89. Central Atlantic E*	1000
Texas	
90. Gulf of Mexico*	2000

Project	MW
Ireland	
23. Ormeau	1200
24. Inis-Eadraig	1000
25. Blackwater	1500
26. SSE Celtic Sea	800
27. Clarus	1000
28. Western Star	1500
29. Arkseypoint	1000-1500
France - floating target 3 GW by 2020**	
30. Orléans	30
31. Gulf du Lion	30
32. Gink & Baffette	26.5
33. Provence Grand Large	25.2
34. Triskel	500
35. Mollennec 1/2V	1500
Italy - floating target 5 GW by 2040**	
36. Orla Energia	1500
37. Akros Energia	6.5
38. Kalliterna	1200
39. Nova Energia	1200
40. Masche	840
41. Albasini	1760
42. Medford	2800
43. Mariposa	750
44. Sardegna Sud Occidentale	504

Project	MW
Spain - floating target of 1.5 GW by 2020*	
45. Canejas I & II	180
46. Mor de Agüta	300
47. Parque Transatlántico I	500
48. Parque Noroeste I	525
50. San Brander	490
51. SanCláudio	490

* target government set
** target set by industry



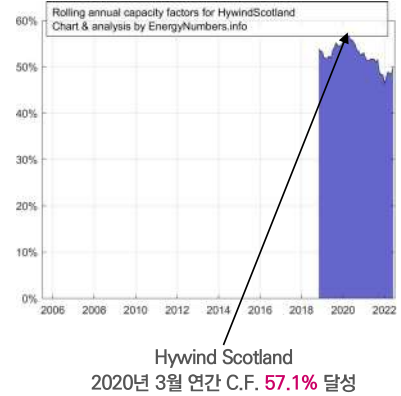
부유식 해상풍력 이용률

Energy Numbers

UK offshore wind capacity factors

All numbers are to the end of May 2022. Analysis by EnergyNumbers.info. Raw data from Ofgem and Elexon

	Latest rolling 12-month capacity factor	Life capacity factor	Age (y)	Installed capacity (MWp)	Total elec. gen. (GWh)	Power per unit area spanned (W/m ²)	Rolling annual capacity factors (click to enlarge)
Total	42.2%	39.6%	.	12,233	235,690	1.4	
Hywind Scotland	49.5%	52.6%	4.6	30	642	1.0	
Dudgeon	45.3%	47.5%	4.6	402	7,784	3.5	
Hornsea One	46.6%	47.3%	2.4	1,218	12,128	0.5	
Westermost Rough	45.2%	47.3%	7.0	210	6,122	2.8	
Galloner	45.8%	47.1%	4.1	353	6,030	1.5	
East Anglia ONE	43.4%	46.8%	1.8	714	5,392	2.1	
Walney 3 & 4	40.5%	46.0%	3.7	659	10,062	2.0	
Walney phase 2	41.4%	45.3%	9.9	184	7,258	1.8	
West of Duddon Sands	41.3%	45.2%	7.6	389	11,676	2.6	
Humber Gateway	41.7%	43.4%	7.0	219	5,830	3.5	
Race Bank	42.0%	43.4%	4.3	573	9,421	4.0	



- Hywind Scotland 준상용단지가 다른 고정식 해상풍력 상용단지보다 이용률이 높음
- 부유식 해상풍력은 CAPEX가 높으나 이용률이 높아 빠른 자본회수가 가능하며, 대규모일수록 많은 이익 실현이 가능

부유식 해상풍력 관련 연구개발 프로젝트

LIFES50+ 프로젝트

LIFES50+ 프로젝트(EU, 2015~2019, 3M Euros)

- 10MW급 차세대 부유식 해상풍력 플랫폼 개발 (부유체 구조물의 혁신적 개발)
 - 설계개념 및 최적화
 - 설계개념 평가 : 4종류 부유식 플랫폼 적용
 - 시험 : 2종류 플랫폼의 안전성 및 타당성 검증
 - 수치모델 검증
 - 기술산업화 : 인증, 설계평가 산업화 지원
 - 불확도/위험관리
 - 설계지침 : 대형 부유식 플랫폼 설계지침서 개발

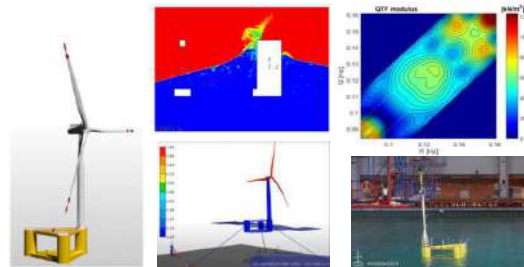


LIFES50+ Project (Nautilus-DTU, Star Wind Floater)

WINDMOOR 프로젝트

WINDMOOR (Norway & Industries, 2019~, 16.6MNOK)

- 부유식 해상풍력터빈 하중해석의 고도화를 통한 부유식 풍력단지 설계 효율화
 - 부유식 풍력터빈의 저주파 가진 및 감쇠에 대한 유체역학적 해석
 - 대기 안전성 및 풍하중이 부유식 해상풍력 역학에 미치는 영향에 대한 해석
 - 부유식 풍력단지 전역 해석을 위한 해석방법 개발 (풍하중에 따른 앵커, 다이내믹 케이블, 계류계의 영향)



WINDMOOR Project (12MW FWT)

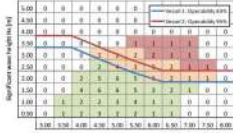
부유식 해상풍력 관련 연구개발 프로젝트

3

Maintenance JIP & OOAS

Offshore Maintenance JIP I & II

- 해상풍력에 대비한 다양한 유지보수 선박의 작동 기준을 결정하고 각 작업에 가장 적합한 유지보수 계획 수립
- 선원, 운용선박 및 장비들의 운용한계 기준 수립
- 운용선박의 유체역학적 거동
- 운용성 및 비용예측 모델 개발



OOAS JIP

- 해상풍력 운용선박과 해상풍력터빈의 연결에 따른 시뮬레이터 개발 및 유지보수 선박의 운용성 향상
- Gangway, DP시스템, Anti-roll tank 등을 고려한 선박 운동 시뮬레이터 개발
- OSV 운동 시뮬레이터의 실선 검증
- 선상 운영의사결정지원 시스템 개발



OOAS JIP

4

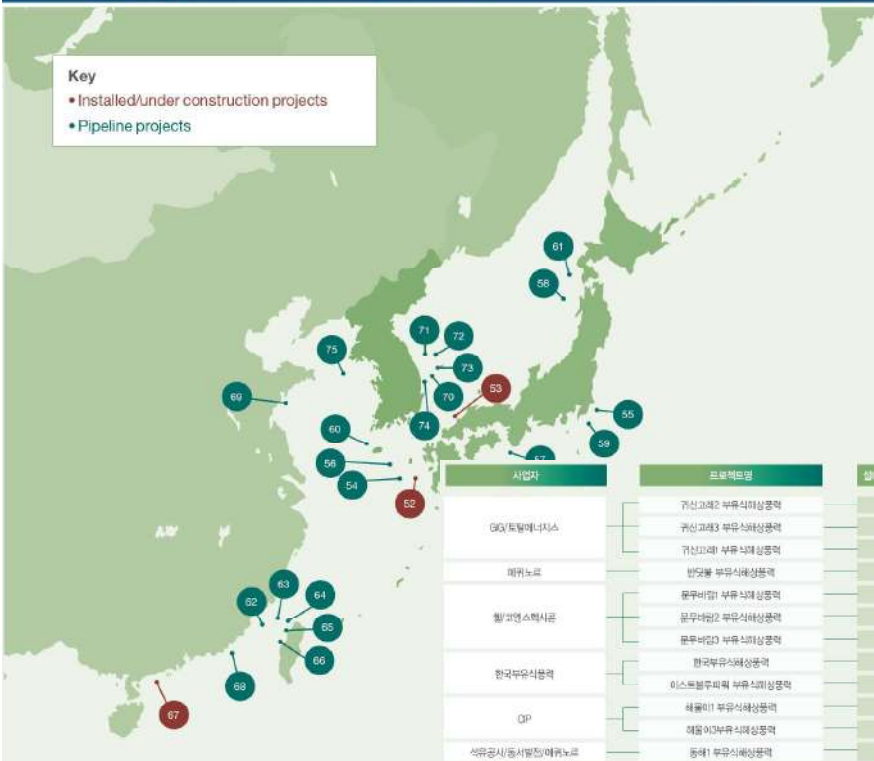
ARPA-E 프로젝트

ATLANTIS Project

- ARCUS 수직축 풍력터빈 개발 (SNL)
- 12MW TLP 방식 해상풍력 개발 (GE)
- 실스케일 부유식 해상풍력에 대한 디지털 트윈 기술 개발 (PPI)
- 저비용 수직축 풍력터빈 개발 (Univ. of Texas)
- 해상풍력 시뮬레이터 개발 (Univ. of Massachusetts)
- Ultraflexible 부유식 해상풍력 개발 (NREL)
- 풍향 연계 부유식 해상풍력 통합 제어기 개발 (NREL)
- FOCAL(부유식 풍력 제어기) 시험 프로그램 (NREL)
- 15MW급 부유식 풍력 구조물 스케일 시험 (Atkins)
- 부유식 해상풍력 모델 기반 시스템 설계 (Univ. of Central Florida)
- 초경량 콘크리트 기반 부유식 해상풍력 개발 (Univ. of Maine)



국내 부유식 해상풍력단지 개발계획



Japan	
52, Sakiyama	2
53, IDEOL Kitakyushu demo	3
54, Goto City	17
55, Sakura	520
56, Kyushu	1000
57, Kishuu	450
58, Toki I & II	1100
59, Progression Energy Floating	800
60, Goto Sakiyama Oki Oki	500
61, Seihoku-ouki	600
Taiwan	
62, Eoff Taiwan	500-2000
63, Chu Tin I & II	1300
64, Huan Ya	1400
65, Laileng	950
66, Hai Shuo	1350
China	
67, CTGNE Yangjiang Shapa	5.5
68, Longyuan Nari Island	4
69, Qingdao	2000
South Korea	
70, Ulsan Prototype	5
71, Donghae Sites	500-4500
72, Firefly	804
73, Munmu Baram	420-1500
74, Ulsan Floating	1000-2500
75, Incheon	1600

출처 : Carbon Trust(2022), 일렉트릭파워

부유식 해상풍력 국내외 현황 비교

용량 (MW)	해상풍력터빈	부유식 해상풍력 프로젝트	
		해외	국내
1~5 ▶	두산, 유니슨, Vestas, GE, Siemens Gamesa	<ul style="list-style-type: none"> • Hywind Demo (실증, 2.3MW) • WindFloat Demo (실증, 2MW) • Fukushima FWD (실증, 2MW) • Sakiyama (실증, 2MW) 	스파식 설계 완료 (R&D)
6~10 ▶	두산, 유니슨, Vestas, GE, Siemens Gamesa, MingYang	<ul style="list-style-type: none"> • Fukushima FWD (실증, 7MW) • MingYang (실증, 5.5MW) • Hywind Scotland (준상용화, 30MW) • WindFloat Atlantic (준상용화, 25MW) • Hywind Tampen (준상용화, 88MW) • WindFloat KOWL (준상용화, 50MW) 	반잠수식 실증 추진 중 (실증, 8MW)
11~15 ▶	Vestas, GE, Siemens Gamesa, MingYang	<ul style="list-style-type: none"> • INNWIND (R&D) • LIFES50+ (R&D) 	(개발사 등 연구개발 중)
15~20 ▶	MingYang	<ul style="list-style-type: none"> • DeepWind (R&D) 	-



KRISO 기술 개발 현황

부유식 해상풍력 수조모형시험

수조모형시험을 통한 성능평가

역학적 상사의 한계에 의한 터빈 거동 구현의 어려움

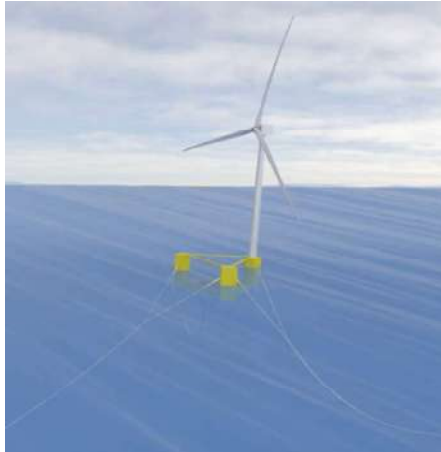
- Reynolds 및 Froude Scaling의 동시 상사 불가하여 부유식 해상풍력의 모형시험에 어려움 존재
 - 파랑 중 부유체 모형시험을 위한 Froude Scaling은 터빈 모형시험을 위한 Reynolds Scaling과 동시 상사가 불가
 - 특히, 블레이드 피치제어에 따라 변하는 터빈 외력이 전체 플랫폼 거동에 큰 영향을 미치나 모형시험에서 구현이 불가

Reynolds Scaling

- Wind Load
- Viscous > Inertia

Froude Scaling

- Wave Load
- Inertia, Gravity > Viscous
- Current Load (부분적 고려)
- Viscous > Inertia



WT Blade Pitch Control
RNA Dynamics
Tower Dynamics

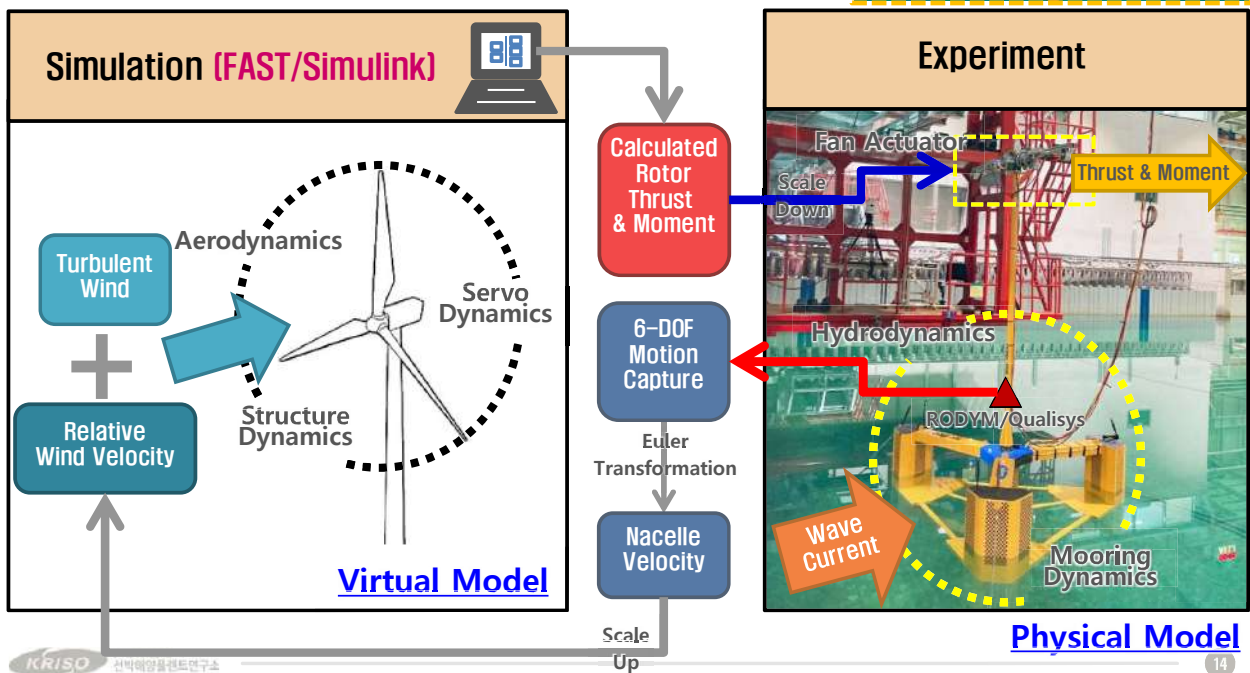
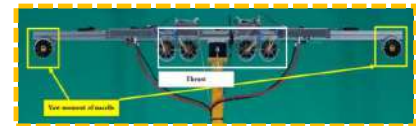
Floating Body Dynamics
Mooring Dynamics

[KRISO 15MW 부유식 해상풍력 플랫폼]

KRISO 모형시험 기법

❖ KRISO MiLS(Model-in-the-Loop Simulation)

- 물리 및 가상 모델의 실시간 연성을 통한 첨단 성능평가 기법

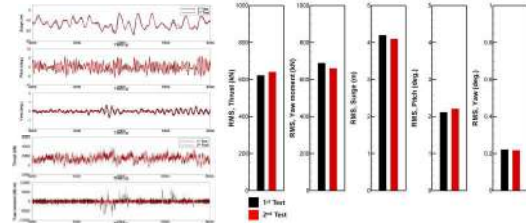


KRISO MiLS 기술 검증

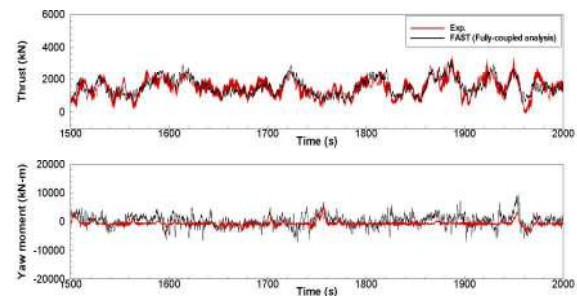
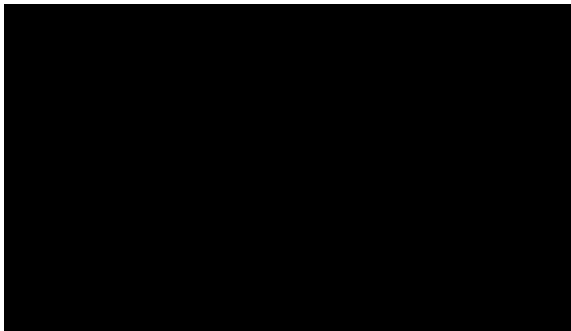
MiLS 기술 검증

MiLS 모형시험 및 Fully-coupled Analysis와 비교 검증

- 부유식 해상풍력 MiLS와 Fully-coupled Analysis의 비교 검증 완료 (하윤진 등, 2021; Ha et al., 2022[2nd review])
 - MiLS 시스템의 반복성능 검증
 - 부유식 해상풍력터빈 운용조건 하에서 Fully-coupled Analysis(NREL FAST)와 MiLS에 의한 추력 및 Yaw 모멘트 비교검증



[반복성 검증 (Hs = 2.46m, Tp = 6.75sec, Vw = 11.4m/s (Turbulence))]



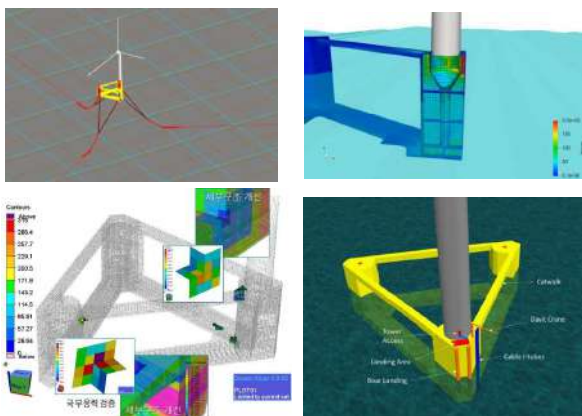
[부유식 풍력터빈 운용조건 중 추력 및 Yaw 모멘트 구형 비교 (Hs = 2.46m, Tp = 6.75sec, Vw = 11.4m/s (Turbulence))]

부유식 해상풍력 플랫폼 개발

15MW급 반잠수식 플랫폼 개발

KRISO 15MW급 부유식 해상풍력 플랫폼 개발

- 국내 동해 해양환경 및 조선소 제작이 가능한 15MW급 반잠수식 해상풍력 플랫폼 개발
- 5각형 컬럼 적용 및 Y형 계류계 적용(특허 등록)
- 운동성능, 수조모형시험, 구조설계 등 완료 (KR AIP 획득)

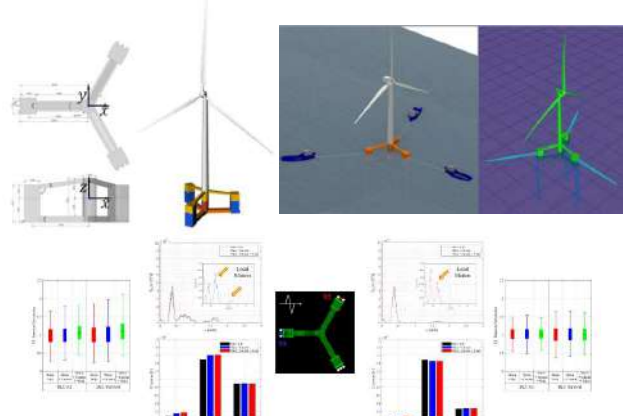


KRISO 15MW급 반잠수식 플랫폼 개발

15MW급 인장각형 플랫폼 개발

대수심을 고려한 인장각형 부유식 해상풍력 플랫폼 개발

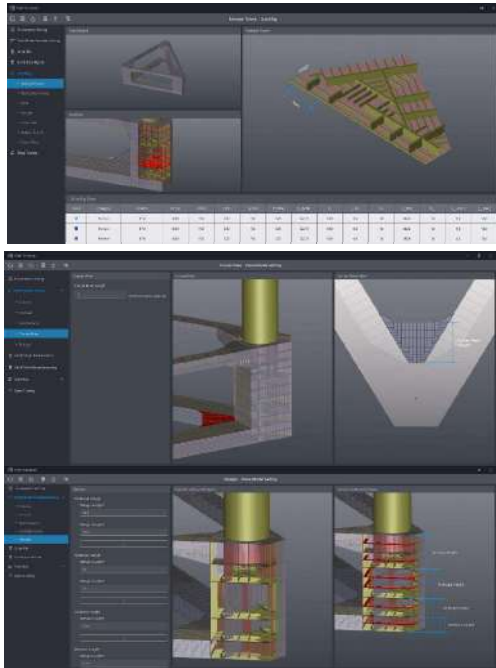
- 좁은 계류면적, 저중량의 장점이 있는 인장각형 부유식 플랫폼 개발 ('23 BOD 및 개념설계, '24 기본설계, '25 선급인증)
- 이송 설치에 대한 해상검증보정(MWS) 획득 예정
- 국내 인장각형 부유식 해상풍력 적용후보지 도출



KRISO 15MW급 인장각형 플랫폼 개발

부유식 해상풍력 초기 구조해석 모델 자동생성

초기 구조모델 자동생성



Mass Tuning GeniE API 연동

- 경험기반 알고리즘
- 총 중량 0.1% 오차범위
- COG 0.5% 이내

수밀 수정 격벽 설계 인자 입력

주요 치수 및 구획 구분 사용자 입력

- 주요 변수 설계
- 구획 구분 정보 처리

Top-Brace 구조 배치정보 처리

- 필수 구조부재 치수
- 스캔틀링 정보 포함
(Global 해석 결과
선행 입력)

구조 스캔틀링 자동 계산

- 최신 DNV ST-0119
적용한 스캔틀링 로직

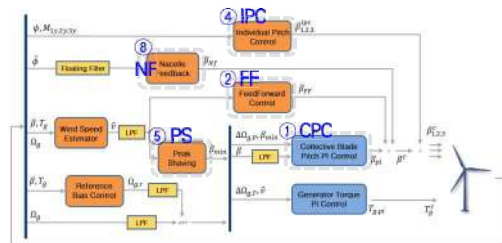
존톤 구조 배치 정보 처리

- 주요 구조부재 배치
- 스캔틀링 정보 입력

부유식 해상풍력 제어기 기초연구

부유식 해상풍력 제어기 기초연구 (강원대)

- 부유식 해상풍력에 적합한 제어기 모델 개발 기초연구
 - 문헌 분석을 통한 부유식 터빈 제어 개념 도출
(2000년~2003년의 제어기 관련 논문 조사 및 분석)
 - 제어요소별 적용기술 조사 및 변수 민감도 해석



IEA 15MW 반잠수식 풍력터빈 적용 제어기술 및 제어 파라미터 분석 결과

제어 요소별 적용 제어기술 분류

번호	제어 요소 (목적)	제어 요소별 적용 제어 기술	
		고정식(10건)	부유식(10건)
1	정격출력 추종	CPC, FF	CPC, FF
2	소프트 하중 저감	DD	-
3	블레이드 하중저감	IPC, PS	IPC, PS
4	타워 하중저감	TD, RA	RA
5	부유체 모션저감	-	NF

* 제어기술 약어 정리

CPC: Collective Pitch Control DD: Drivetrain Damper FF: Feed-Forward RA: Resonance Avoidance
IPC: Individual Pitch Control TD: Tower Damper PS: Peak Shaving NF: Nacelle Feedback

번호	제어 기술	적용 파라미터		부유식WT 적용 제어기술
		입력 신호	튜닝 변수	
1	CPC	회전속도	교차 주파수	0
2	FF	회전속도, 풍속	피드포워드 게인	0
3	DD	회전속도	드라이브트레인 램퍼 게인	-
4	IPC	블레이드 하중, 방위각	개별피치제어 게인	0
5	PS	풍속	최대허용 추력	0
6	TD	나셀 가속도	타워램퍼 게인	-
7	RA	회전속도	공진회피 구간	-
8	NF	나셀 각가속도	나셀 피드백 게인	0

부유식 해상풍력 제어기 기초연구

부유식 해상풍력 제어기 기초연구 (강원대)

- 적용된 CPC, IPC, FF, PS, NF 제어기술에 대하여 각각의 최적의 파라미터 적용 및 동적 시뮬레이션 수행
- 정격풍속 시뮬레이션, PS 제어에서 발전량 4%감소, 부유체 피치 모션이 17% 저감, FF 제어에서 회전속도 편차 12%저감
- 정격풍속 이상구간 시뮬레이션, NF 제어를 통해 피치 모션 50% 저감, IPC 제어를 통해 블레이드 피로하중 22% 저감

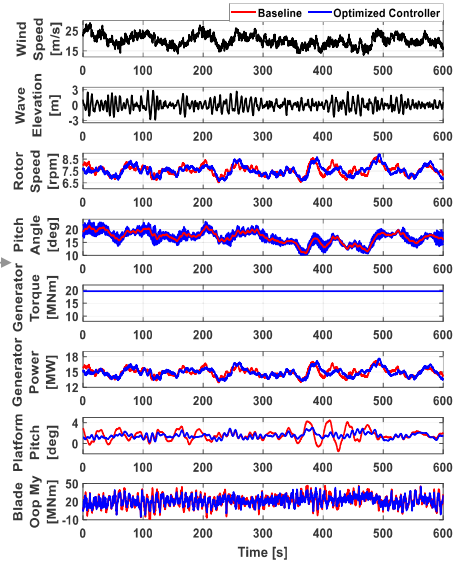
동적 시뮬레이션 결과 1) DLC 1.1 정격풍속구간-NTM (10m/s, 18%), NSS (1.54m, 7.65s)

구분	제어기	표준편차			손상등가하중(DEL)	
		발전기 출력 [MW]	로터 회전속도 [rpm]	부유체 피치 모션 [deg]	타워하부 하중 [MNm]	블레이드 루트하중 [MNm]
A	Baseline*	11.79	0.54	0.79	121.33	32.94
B	Optimized Controller	11.32	0.47	0.65	116.46	30.21
(B-A)/A*100 [%]		-3.99	-12.96	-17.72	-4.02	-8.30

동적 시뮬레이션 결과 2) DLC 1.1 정격풍속이상구간-NTM (20m/s, 14%), NSS (3.62m, 8.52s)

구분	제어기	표준편차			손상등가하중(DEL)	
		발전기 출력 [MW]	로터 회전속도 [rpm]	부유체 피치 모션 [deg]	타워하부 하중 [MNm]	블레이드 루트하중 [MNm]
A	Baseline*	14.96	0.41	0.99	272.39	52.09
B	Optimized Controller	14.94	0.41	0.49	263.70	40.41
(B-A)/A*100 [%]		-0.13	0.00	-50.51	-3.19	-22.43

* Baseline : CPC (교차주파수 0.1 rad/s) 만 적용된 제어기



“ 감사합니다 ”

대전광역시 유성구 유성대로 1312번길 32
TEL 042.866.3941 www.kriso.re.kr



주제발표 5

Equinor 추진중인 부유식 해상풍력 개발 현황 소개

Equinor 김민철 상무



EQUINOR Offshore Wind

Dec. 2023

Equinor solution for Offshore Wind Power in Korea

- 01. Equinor and Renewable energy
- 02. Equinor projects in Ulsan area

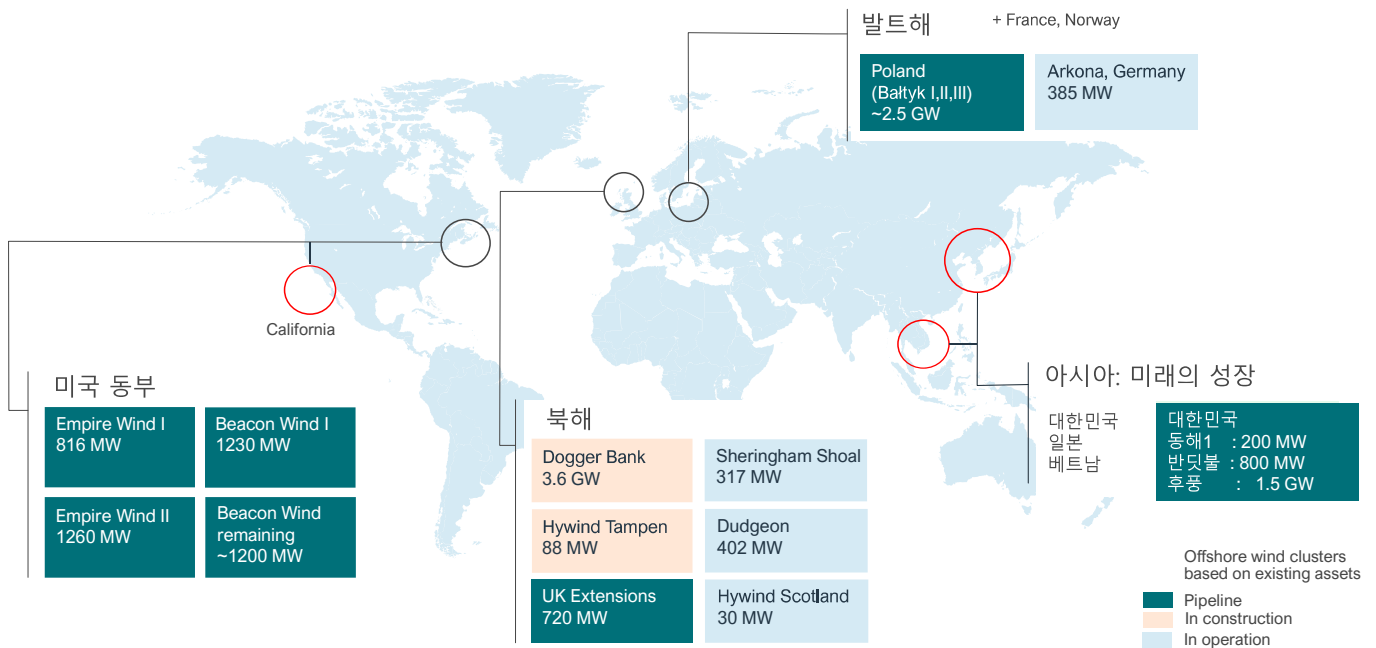


1. Equinor and Renewable Energy



3

EQUINOR REN. Projects – Global offshore wind projects



02. EQUINOR REN. projects

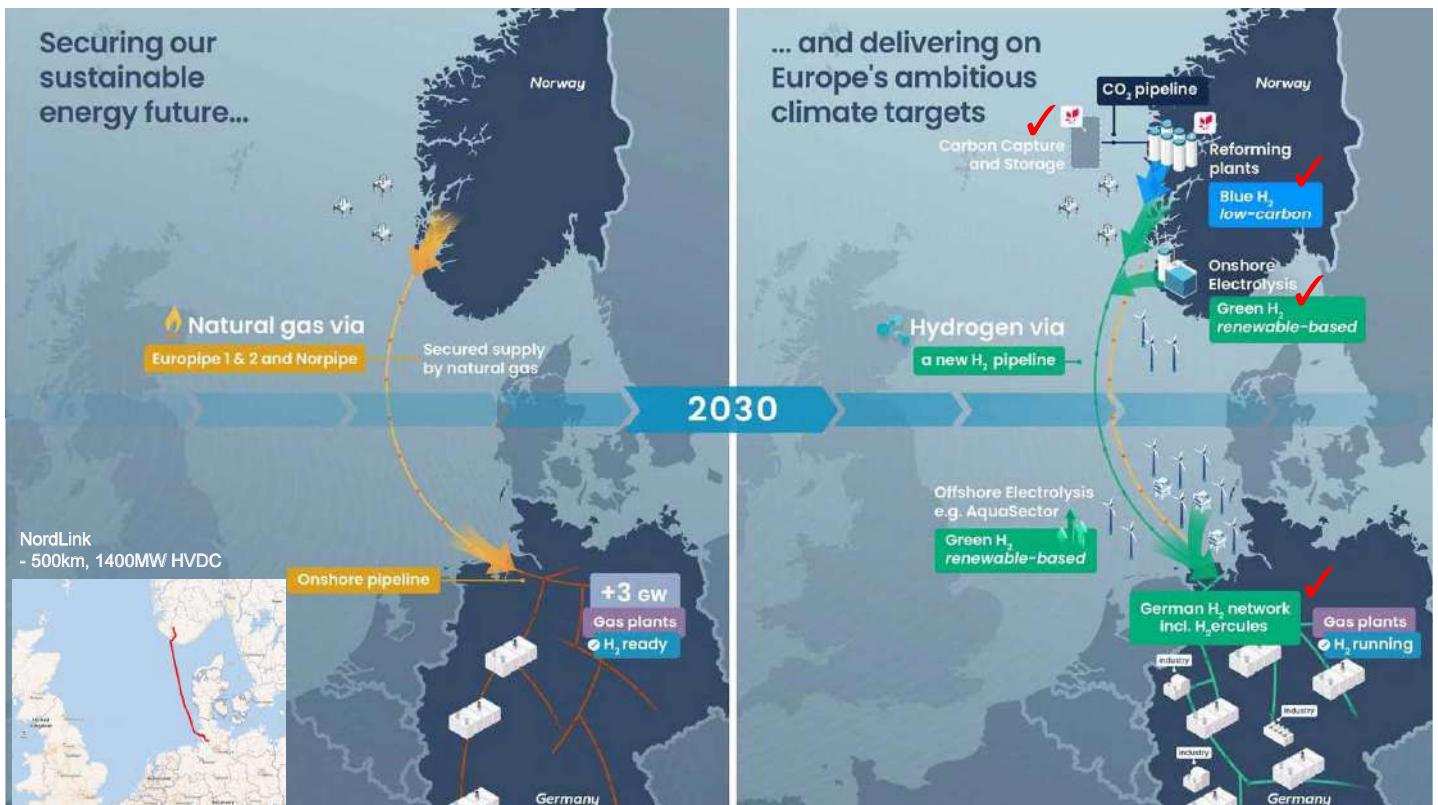


해상 풍력 발전소 운영 현황

발전소명 (설비용량)	사업 위치	준공일	비고
Hywind (30 MW)	영국 북해 스코틀랜드 동쪽 29km 해상	2017.10	세계최초 부유식 해상풍력 (6MW×5기)
Arkona (360 MW)	독일 발틱해 루겐섬 북동쪽 35km 해상	2018.09	해상풍력 (6MW×60기)
Dudgeon (402 MW)	영국 북해 노스노포크 동쪽 32km 해상	2017.10	해상풍력 (6MW×67기)
Sheringham (317 MW)	영국 북해 노스노포크 동쪽 23km 해상	2012.09	해상풍력 (3.6MW×88기)



5 | Equinor Floating Offshore Wind Farm



EQUINOR REN. projects



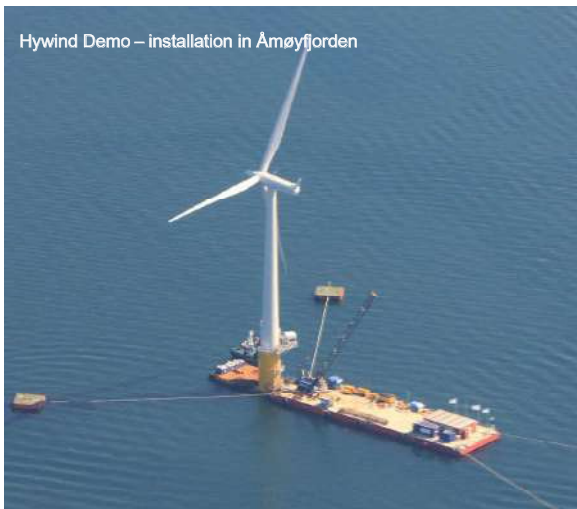
7 | Equinor Floating Offshore Wind Farm

EQUINOR REN. projects



1. Hywind Demo – 부유식 해상풍력 첫걸음

- 2009년 노르웨이 앞바다(Karmøy)에 Hywind Demo 설치.
- 2.3MW 터빈(날개 직경 85m) 설치 후 8년간의 운영을 통해 Hywind 해상풍력의 개념 확인 및 검증 완료함.



8 | Equinor Floating Offshore Wind Farm

EQUINOR REN. projects

2. Hywind Scotland – 상업용 부유식 해상풍력 첫걸음

- 30MW (6MW x 5기) 규모의 세계최초 부유식 해상풍력 발전소로 2017년 부터 전력을 생산하고 있음

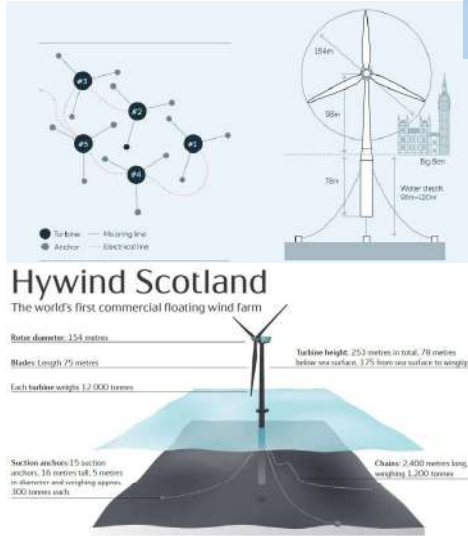


Hywind Scotland
World's first commercial-scale floating wind farm

- Each blade is similar in length to an Airbus A380 wingspan which is **79.8m**
- The turbines can be placed in water with depths of up to **800m**
- Will generate electricity to approximately **20,000** UK homes
- Will reduce carbon emissions by **63,000 tons**
- Location: 20km off the coast of Peterhead, Scotland where the average wind speed is about 10m per second.

Total Height: **253m**

Hywind Scotland is a partnership between Masdar (75%) and Statoil (25%)

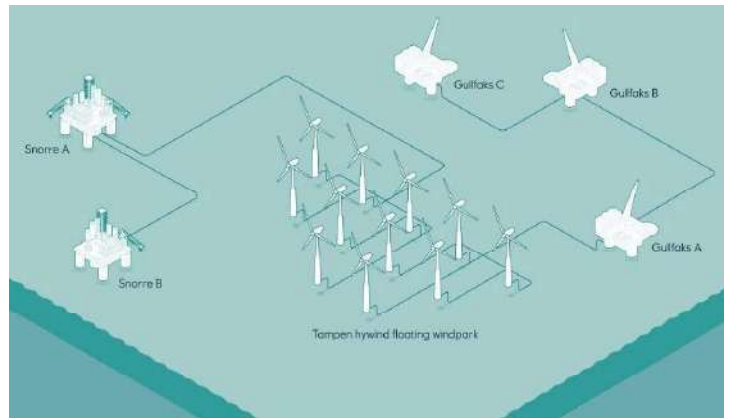
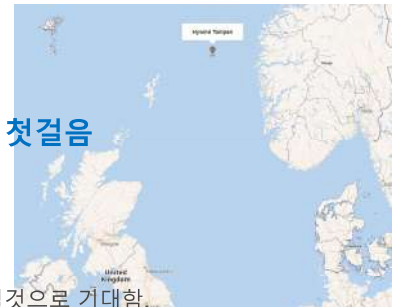


9 | Equinor Floating Offshore Wind Farm

EQUINOR REN. projects

3. Hywind Tampen – Oil & Gas 해상플랜트에 신재생 에너지 공급의 첫걸음

- 북해에 위치한 88MW (8MW x 11기) 규모의 세계 최대 부유식 해상풍력 단지
- 상업운전 개시 : 2022년 3분기
- 해상풍력 단지 주변 해상플랫폼(Snorre, Gullfaks) 소요전력의 약 35%를 공급 예정
- 대단지 부유식 해상풍력 단지 실현의 첫 걸음이며, 향후 해상풍력의 산업화에 발판이 될 것으로 기대함.

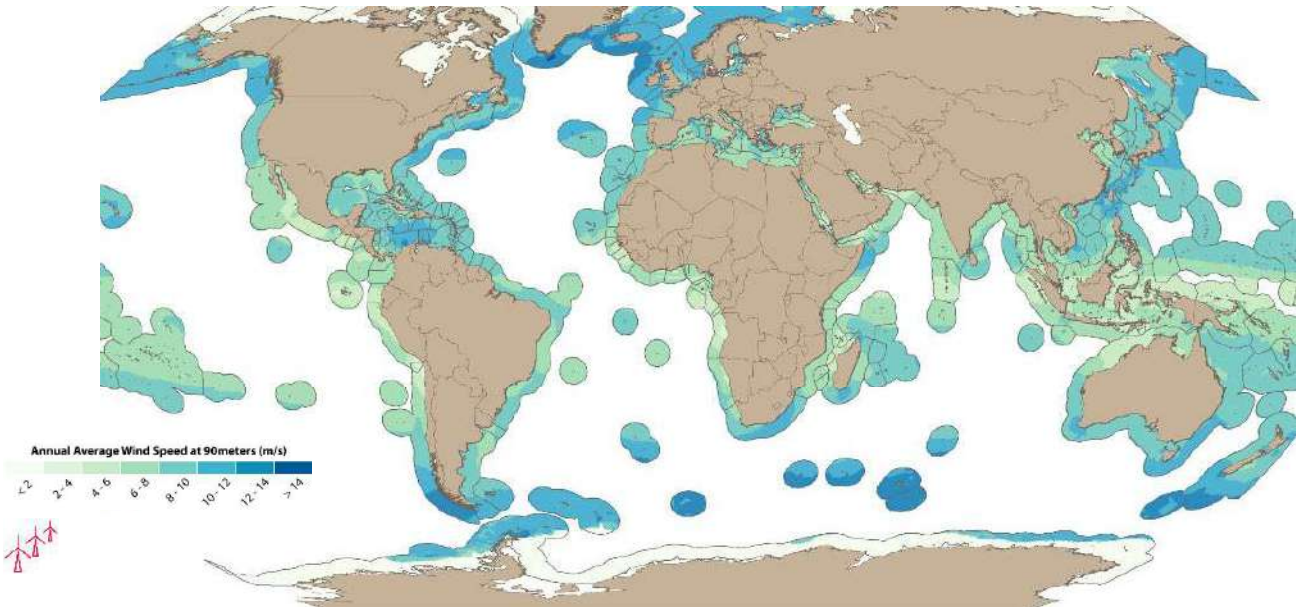


10 | Equinor Floating Offshore Wind Farm

EQUINOR REN. – Offshore Wind



해상 풍황 자원의 80% 이상이 수심 60m 이상의 EEZ에 위치



11 | Equinor Floating Offshore Wind Farm

EQUINOR REN. – Semisubmersible vs Spar



Semisubmersible



- + well known concept
- + acceptable motion performance
- + large floater for small topsides
- + ballast systems & damage stability

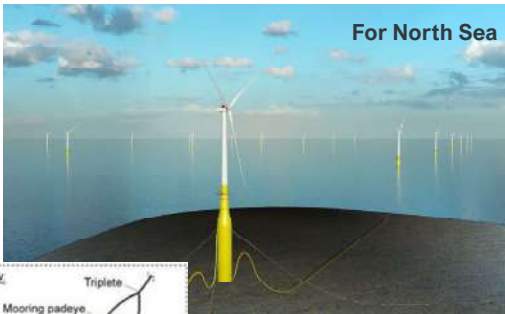
Spar



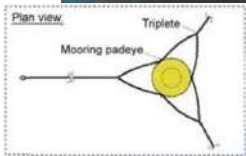
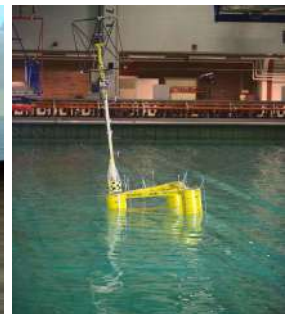
- + suitable for unmanned, unconditionally stable
- + cost efficient substructure
- + good motion performance (cables & equipment)
- + limited space for cable hang-off
- + requires large water depth (field & mating site)

12 | Equinor Floating Offshore Wind Farm

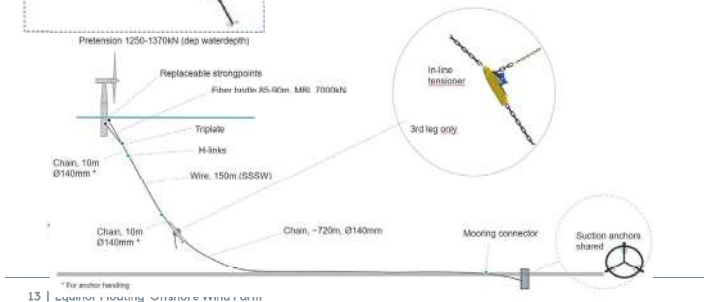
EQUINOR REN. – Hywind vs Firefly



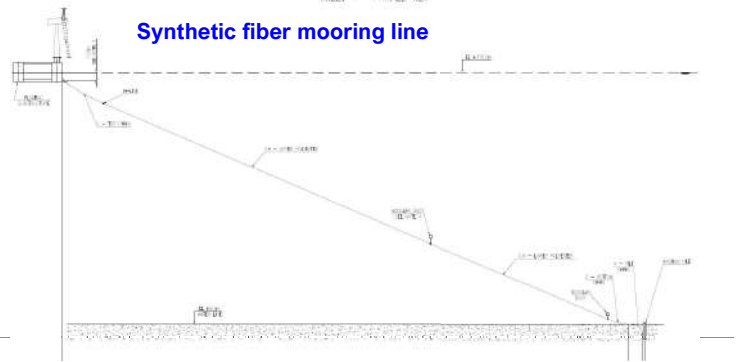
For North Sea



Steel chain mooring line

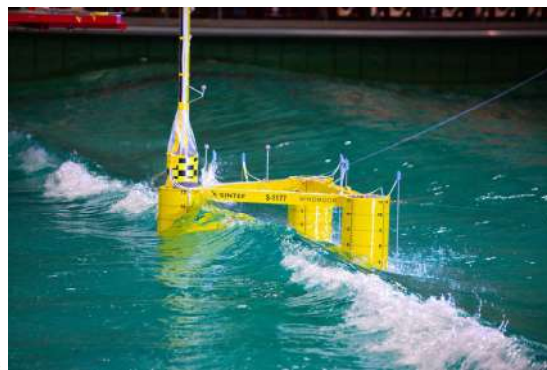
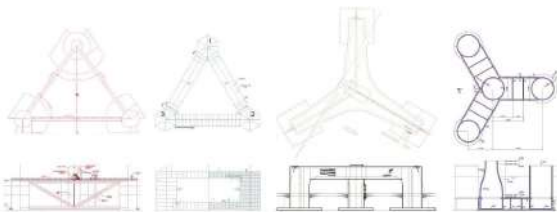


Synthetic fiber mooring line



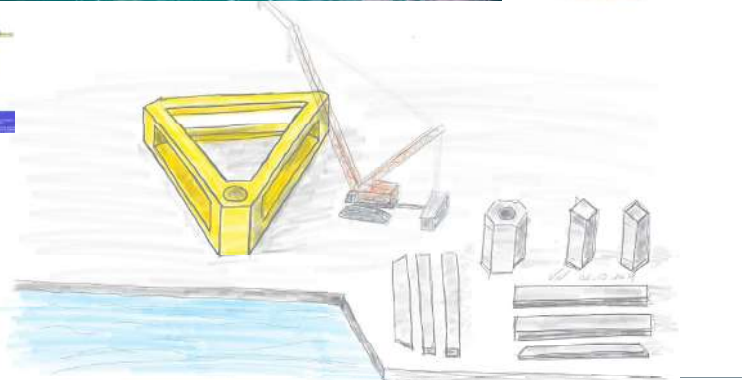
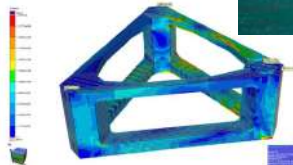
13 | Equinor mooring system

Engineering & Design for Firefly

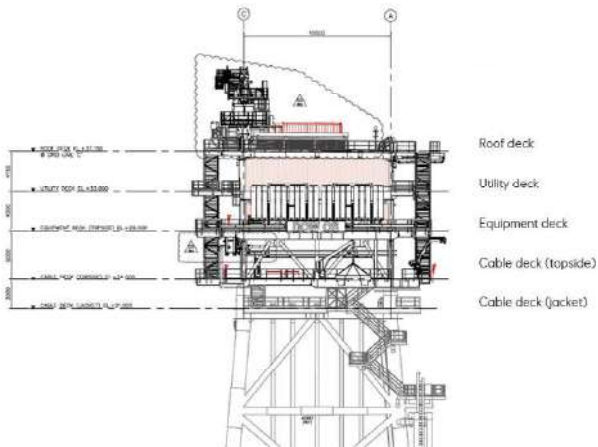


Design:

- Triangular steel semi
- Ring pontoon / Triangle pontoon
- Passive ballast
- Allow overtopping of waves
- Three mooring lines - preferable fiber lines
- As far as possible use flat panel construction - ship building technology
- Optimized on draught, column diameter, free board, column distance and plate thicknesses
- Unmanned hull, closed without normal access
- DNVGL standard + Equinor input for allowable angles and accelerations
- 12-15 MW generator – 220 - 250 m rotor



Offshore Substation

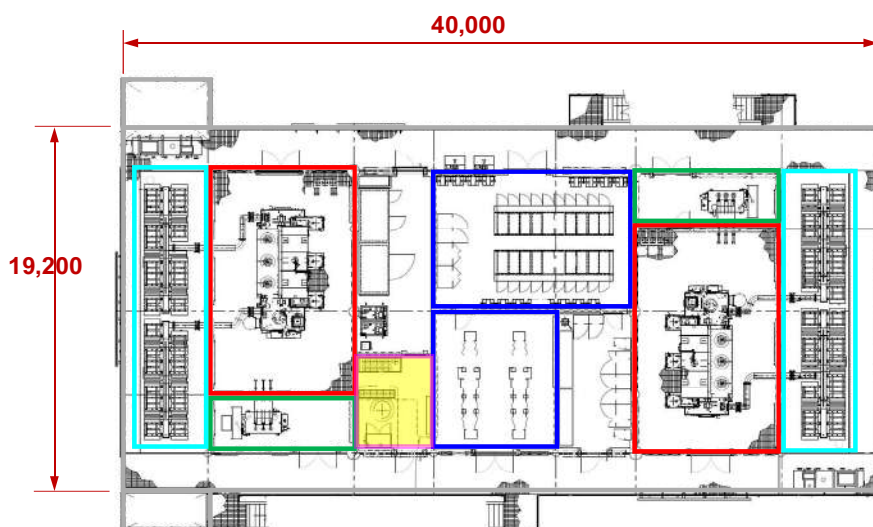


- 모든 HV electrical system은 육상에서 Operation (through SCADA system)
- 유지/보수는 주로 AUX system이 대상이나, Transformer 등 HV 장비에 대한 Check도 진행
Safety system (fire alarms, extinction system, lifeboats), Diesel backup generator, HVAC (heating, ventilation)
- 유지/보수 작업은 보통 3달 주기로 시행, Service vessel로 이동
- DC substation의 경우 필요 작업이 늘어남 (Air quality and ventilation 포함)

15

Offshore Substation – Equipment deck

Dudgeon Offshore Substation



Main equipment

- Power transformer
- Transformer cooler
- Auxiliary transformer
- HV GIS
- Control panel
- HVAC duct
- Firefighting system (Inert gas/Foam)
- Reactor / Resistor

Transformer room

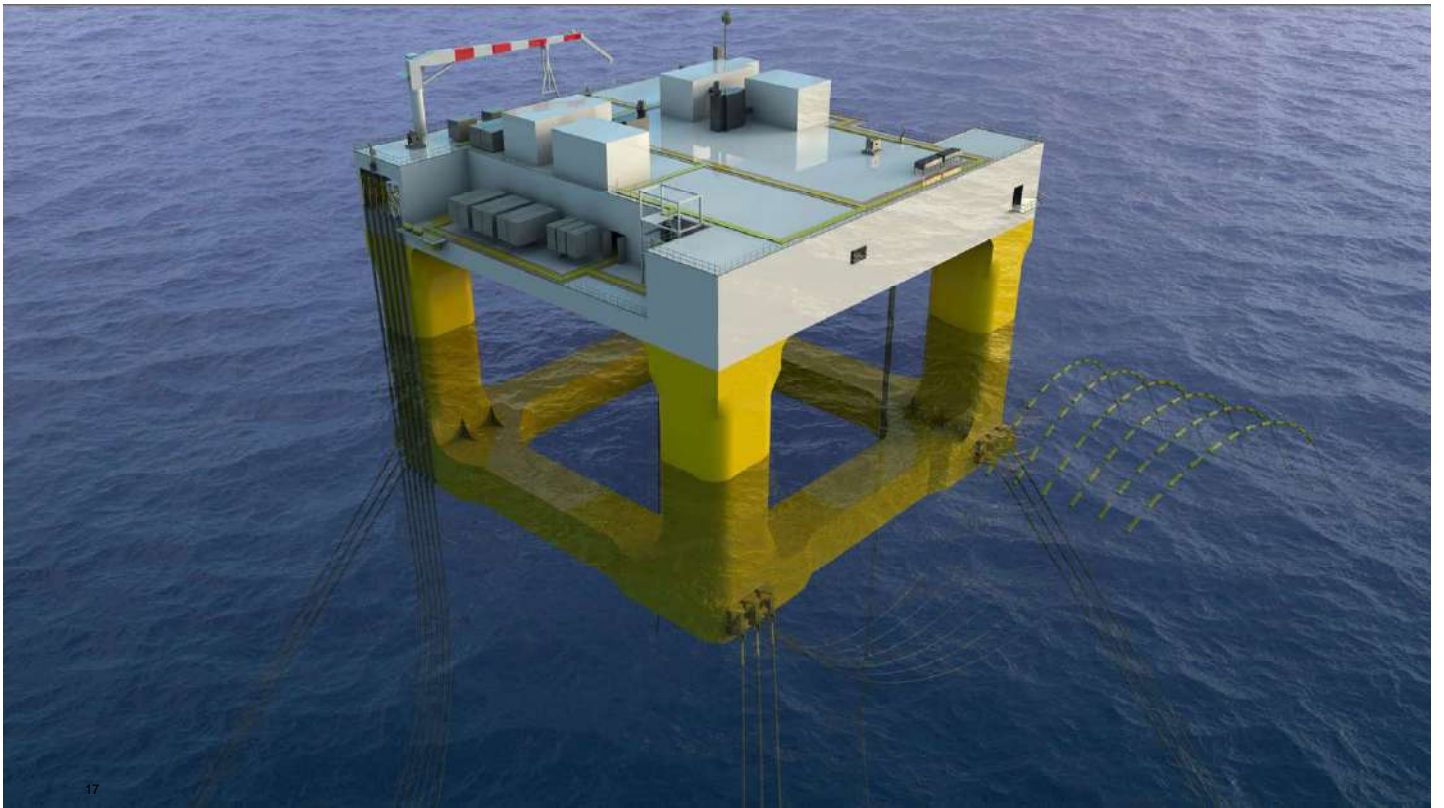
Transformer Cooler

AUX/Earth transformer

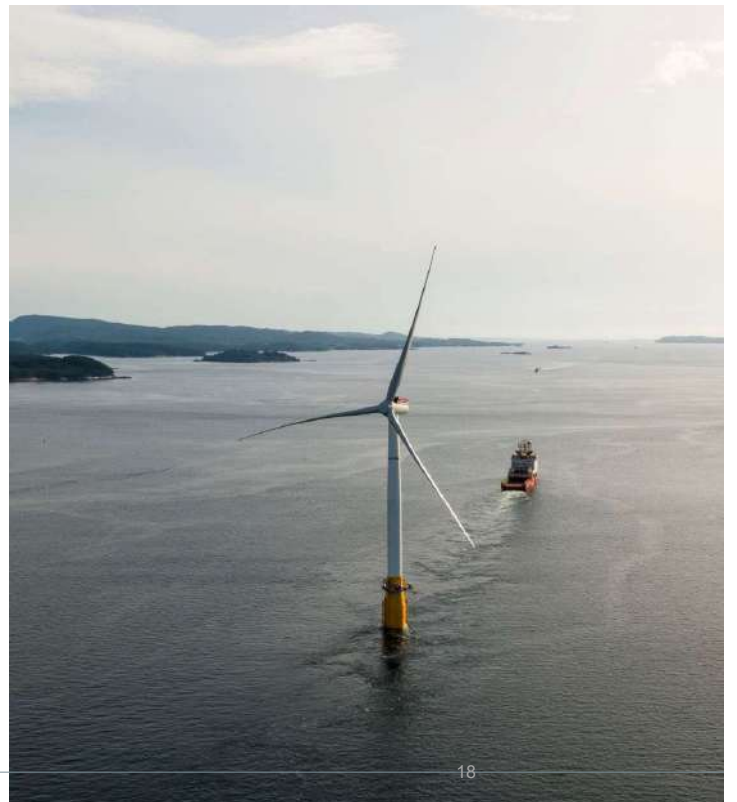
Switch gear room

Firefighting

16



2. Equinor projects in Ulsan area



한국 사업소개 - 울산 동해1/반딧불 부유식 해상풍력 발전



울산 동해1 해상풍력 발전소 위치

울산시향 동측 약 58km 떨어진 공유수면
(소요부지 면적: 약 80km²)

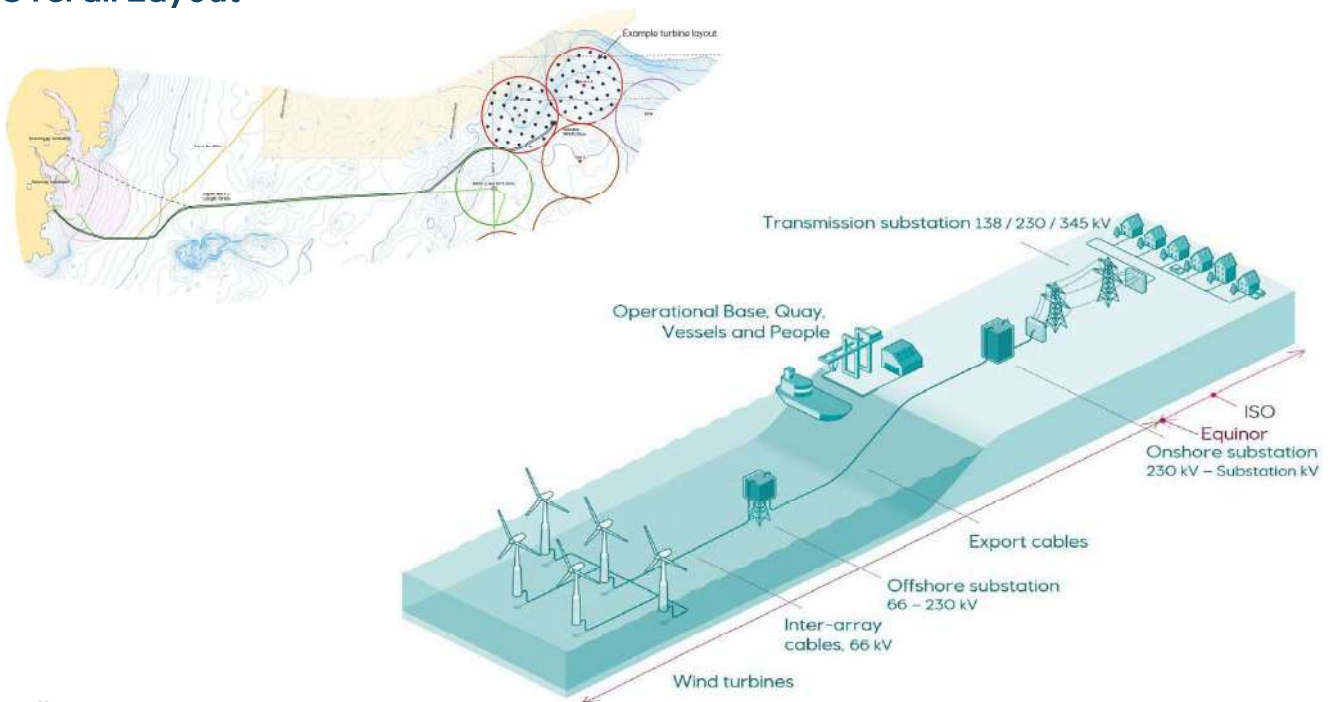


울산 반딧불 해상풍력 발전소 위치

울산시향 동측 약 60~70km 떨어진 공유수면
(소요부지 면적: 약 160km²)



Overall Layout



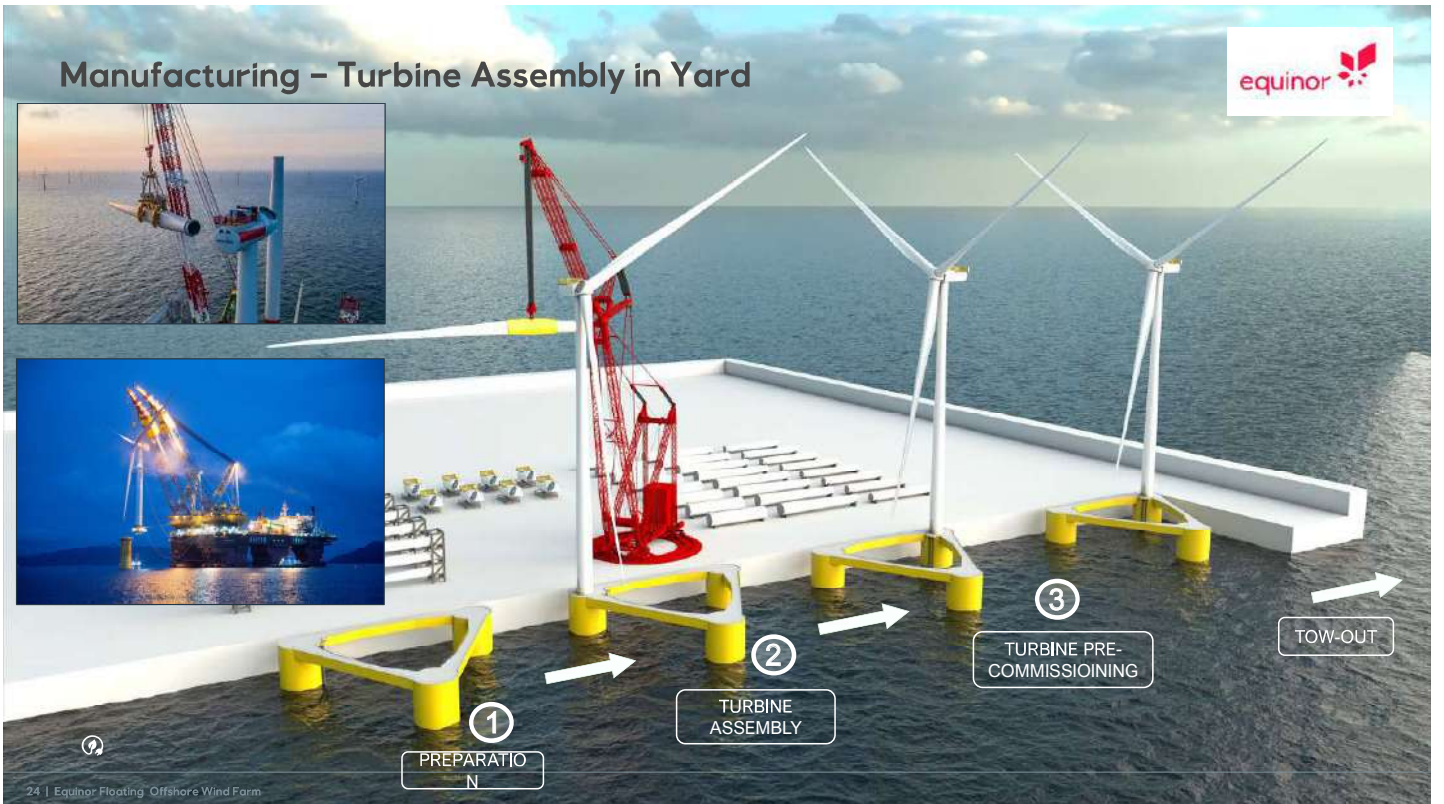
인허가 계획 일정



Offshore Wind Turbine Installation



Onsite assembly





감사합니다
THANK YOU

27 | Equinor Floating Offshore Wind Farm

주제발표 6

COP 개발 예정인 동해 부유식 해상풍력 현황 소개

COP 정하찬 팀장

Haewoori Offshore Wind Projects

Project presentation



Only the right/intended addressees are allowed to access and read this document. This document may contain confidential information and shall not be disclosed to any third party, referred to or published without CIP's prior written approval.

Agenda

1. Introduction to CIP/COP	3
2. Introduction to Haewoori I-III	11

CIP in brief

CIP is specialised in investing in large and complex greenfield renewable energy infrastructure projects

~35 greenfield CIP investments in utility-scale renewable energy infrastructure assets across key markets and technologies

EUR ~25 billion AUM from ~150 global investors across 11 funds since establishment of CIP in 2012

~14 GW in operation or construction and ~120 GW¹ in development with a market leading and pioneering investment pipeline of offshore wind², Power-to-X, solar PV, onshore wind, and other renewable technologies

Global, fully integrated and scalable platform with +1,200 professionals across five continents, with more than 300 people employed in CIP and more than 900 people employed across projects³

Solid investment performance with expected net IRR of 10-13% across all CI Flagship Funds⁴ with cautious approach to leverage and moderate energy price risk exposure

Dedicated climate impact profile with all funds since March 2021 classified as **Dark Green** (SFDR Article 9)⁵

Focus on capturing attractive greenfield premium through early entry, strong origination skills, **industrial value creation** and de-risking approach, and high execution certainty⁶

Notes: 1) Gross capacity including partnership share if CI Fund does not own 100% of asset; 2) CIP has 50 GW of offshore wind incl. floating wind which equals ~15-20% of expected capacity added by 2035 excl. China according to BNEF 1H 2022 Offshore Wind Market Outlook (Jun 2022); 3) Including CISC, COP, and other project people; 4) CI I, CI II, CI III, CI IV, Expected net IRR includes planned optimizations not yet realised (selected early divestments or re-financings) and is based on the highest fee-paying investor; 5) All CI Funds marketed after 10 March 2021 (CI IV, CI ETF I, CI GCF I, CI ABF II); 6) The terms "de-risking" and "high execution certainty" do not imply that any investment by the Fund will be safe, principal protected, or that an investment in the fund is a safe investment. Investment in the Fund necessarily involves risk, including a risk of loss of the entire investment.

CIP has established 11 dedicated renewable funds

CIP has reached key milestones, expanded into new markets and technologies, and raised some of the largest clean energy funds

2012: Establishment of CIP and CI I with PensionDanmark as sole investor and investments in UK

2017-2018: CI III with entry into APAC (offshore wind Taiwan) and expansion in Europe (Germany/Spain)

2020: CI IV (largest renewable fund amid global pandemic) with large global diversified investment portfolio

2022: CI ABF I with production of green gases and fuels amidst energy crisis and growing regulatory support

2014-2016: CI II, expansion of investor base, and entry into the US renewables market

2019: CI NMF I with entry into new attractive markets incl. India, Brazil, Vietnam, and Eastern Europe

2021: CI ETF I with market leading PtX portfolio decarbonizing hard to abate sectors

2022: CI GCF I with ability to provide project financing to clean energy developers

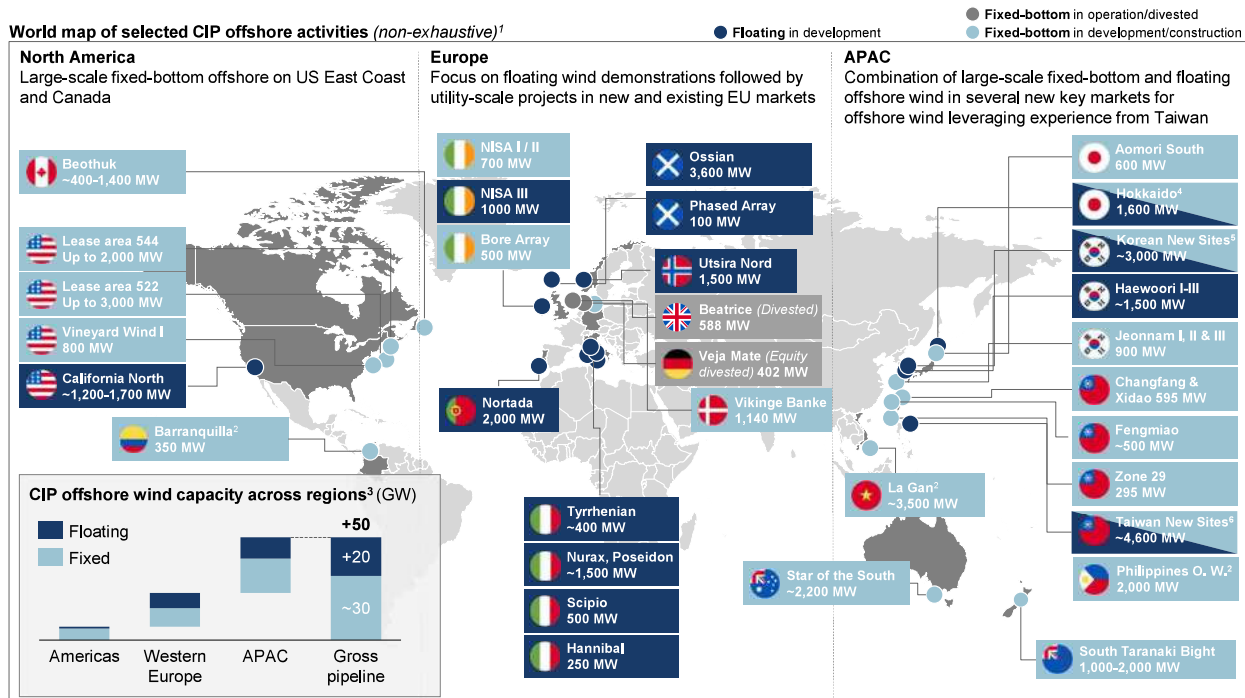
2023: With a Seed Portfolio of EUR +18bn and an attractive market opportunity, CI V reached first close at EUR 5.6bn on 30 June 2023

Important information: There can be no assurance that potential investments will ever be consummated, or the commitments will be made to facilitate the consummation of such potential investments, or if consummated, that such investments will be executed on terms similar to those described herein.

CIP's global portfolio of fixed-bottom and floating offshore wind

CIP is present in all key markets for offshore wind including opportunities to pioneer floating wind

World map of selected CIP offshore activities (non-exhaustive)¹



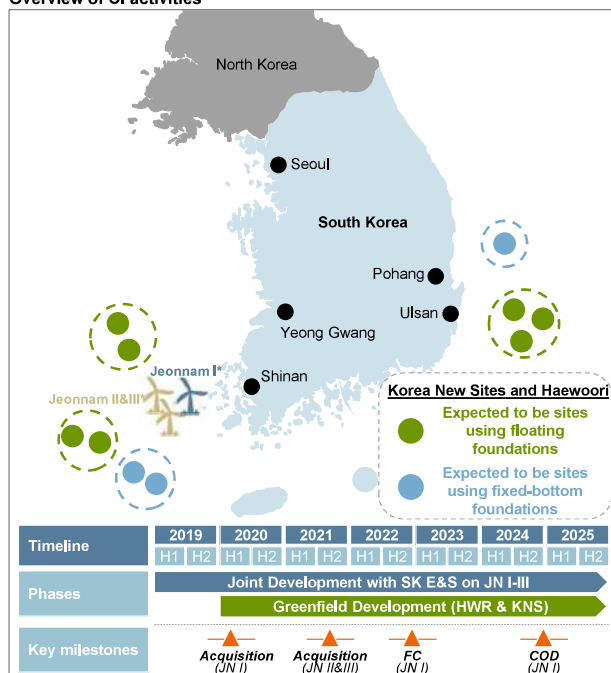
Important information: There can be no assurance that these investments will ever be consummated, or if consummated, that such investments will be executed on terms similar to those described herein.

Notes: 1) As of May 2023, Capacity is gross including partnership share. Some projects and project capacities are not disclosed for confidentiality reasons. Therefore, totals will not add up; 2) Part of CI New Markets Fund I portfolio; 3) Excl. Greenfish; 4) Hokkaido includes both Fixed-bottom (1000MW) and Floating (600MW); 5) KNS includes both Fixed-bottom (1,500MW) and Floating (1,500MW); 6) TNS includes both Fixed-bottom (1,300MW) and Floating (3,300MW). Includes future auctions in 2023/24 and beyond.

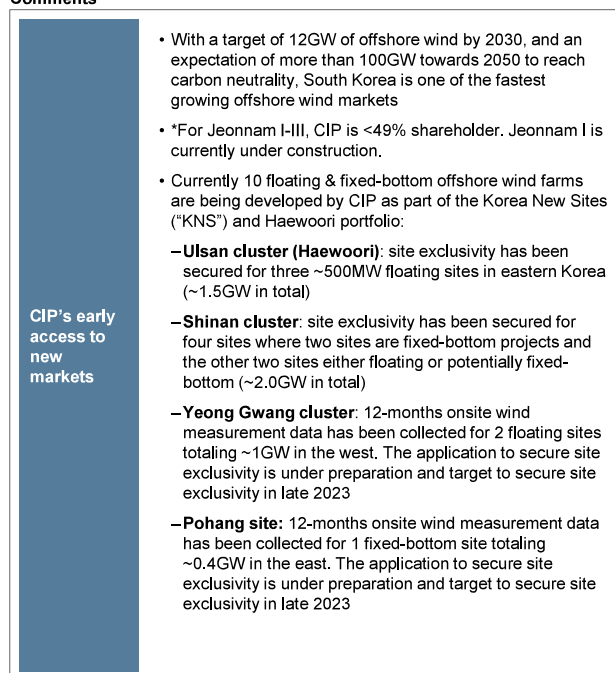
CIP/COPs Activities in South Korea

Jeonnam I has been a key enabler for CIP/COP to establish a strong position in the South Korean offshore wind market

Overview of CI activities



Comments



Agenda

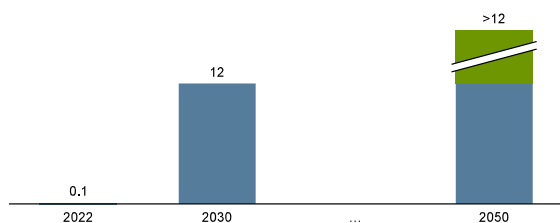
1. Introduction to CIP/COP	3
2. Introduction to Haewoori I-III	11

Korea wind market outlook

Wind installation capacity target as per government's plan

Offshore wind installed capacity target per 3020 Renewable Plan

- Target to reach 12GW of offshore wind by 2030 and achieve carbon neutrality in 2050

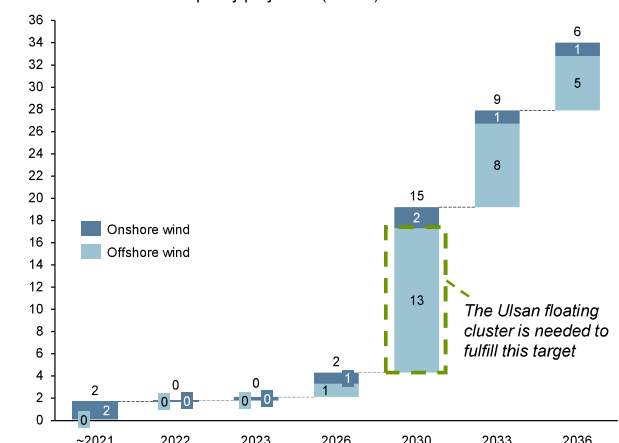


Key highlights

- Target of carbon neutrality by 2050 and the 12GW offshore wind build-out plan by 2030 has been reconfirmed by the new administration inaugurated in May 2022.
- It is further expected in the renewable energy supply plan presented in the Power Policy Committee in Oct 2022 that the wind capacity of 19.3GW by 2030 with onshore wind of 5GW and offshore wind of 14.3GW. To achieve this plan, installations would need to increase more than ten times from current levels. This figure can be reached only when 2.2 GW of new installed capacity is expanded annually by 2030.
- Offshore wind will play a critical role in achieving the 2050 carbon neutrality target** since the scope to deploy onshore wind and solar is constrained by geographical limitations.

Wind power facility supply target per Power Policy Committee¹⁾

- Cumulative installed capacity projection (in GW)



- Wind power facility supply target for upcoming years (in GW)

	2023	2026	2030	2033	2036
Onshore wind	0.3	1.0	1.9	1.2	1.2
Offshore wind	-	1.2	13.0	7.5	4.9
Total	0.3	2.2	14.9	8.7	6.1

Note: 1) Figure shared during the Korean power policy committee (전력정책심의회) October 2022. The projection was made based on the 3020 Renewable Plan.

Organization chart of the Haewoori project team

Dedicated and highly experienced development team to be in place

Description

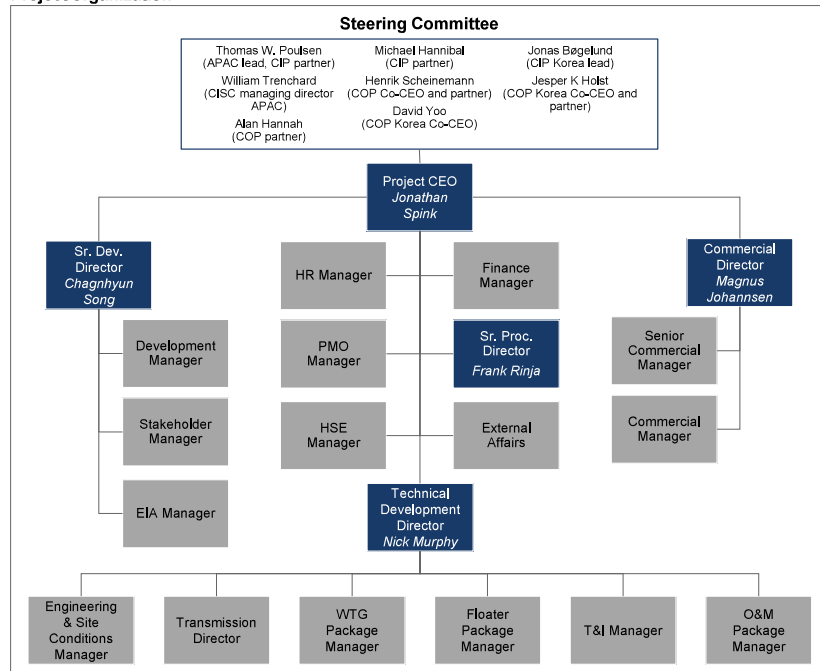
Highly experienced organization

- A well-structured and well-resourced organization has been put in place, consisting of industry leading offshore wind development experts, and resources with extensive local knowledge and network to key local stakeholders and authorities
- Total team of ~45 dedicated FTEs currently working on the project with an expected increase to ~55 by the end-2023

Key COP profiles in the team

	Jonathan Spink (Project CEO) <ul style="list-style-type: none"> 17 years of experiences in energy infrastructure project development
	Changhyun Song (Sr. Develop. Director) <ul style="list-style-type: none"> 20 years of experience in Korean and International infrastructure industries
	Frank Rinja (Sr. Proc. Director) <ul style="list-style-type: none"> 18 years of experiences in energy and infrastructure project development
	Magnus Johannsen (Comm. Director) <ul style="list-style-type: none"> 14 years of experiences within the commercial field of offshore wind
	Nick Murphy (Tech. Develop. Director) <ul style="list-style-type: none"> 18 years of experience within offshore wind technical development

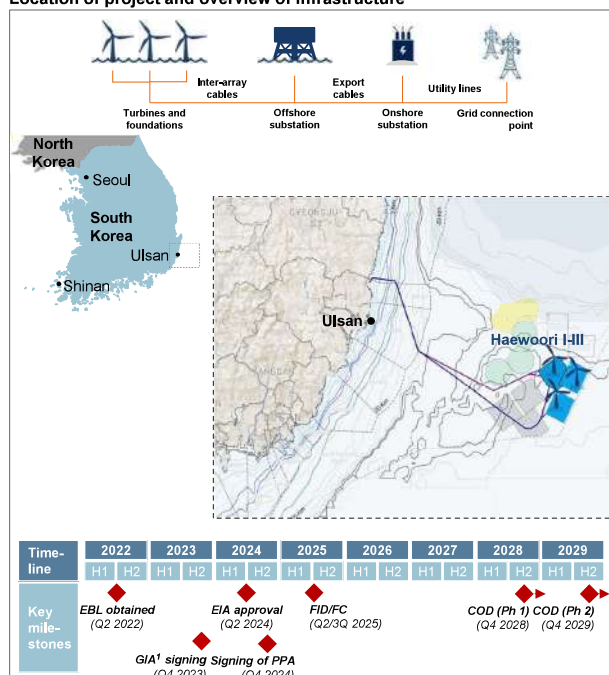
Project organization



Introduction to Haewoori I-III

Three floating offshore wind sites in Ulsan city, Korea with combined capacity of ~1.5GW (3 x ~500MW)

Location of project and overview of infrastructure

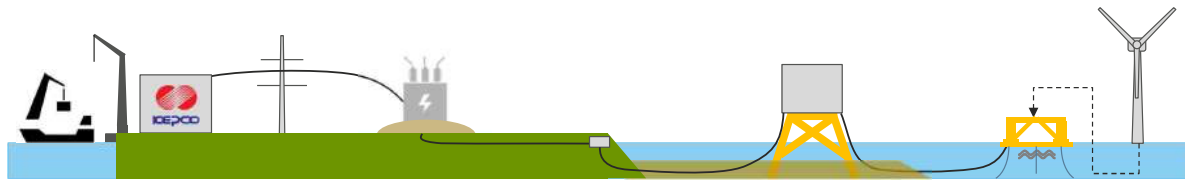


Key project facts

Capacity	• 3 x ~500MW floating offshore wind sites (combined ~1,500MW)
Location	• 75 - 85km off the coast of Ulsan City, South-eastern part of Korea
Site conditions	• Water depth: 130 - 150m • Wind speed: 8.5 - 8.7m/s
Permitting	• Electricity Business License (EBL) for all three sites obtained in Q2 2022 with site exclusivity granted • The projects have applied for grid connection to Korea Electric Power Corporation (KEPCO) in Sep 2022 and is targeting to sign Grid Interconnection Agreement (GIA) in Q4 2023 • Environmental Impact Assessment (EIA) first draft to be issued in March 2023 with public briefing session in April 2023 and final approval by Ministry of Environment by Q2 2024
Offtake	• Offtake to be awarded for a 20-year term according to an annual auction framework with bids based on expected market price + a REC (Renewable Energy Certificate) component • Annual capacity to be auctioned under the scheme is expected to be around 2,000MW /year making phasing of the project likely, with earliest auction participation in Q3 2024, subject to final EIA • The REC component is multiplied with a factor based on site characteristic, incl. water depth and distance to shore when calculating the offtake price
Grid capacity	• Earliest grid availability expected in 2028 • At the request of KEPCO, CI and Bada Energy (Corio-Total consortium) have signed an agreement to build a joint grid connection facility to connect to the national grid
Technology	• WTG: Joint WTG procurement together with other CIP portfolio projects in APAC currently underway and result due Q4 2023 • Foundation: Pre-FEED for semi-submersible floating concepts completed in 2023. FEED planned for later Q4 2023.
Timeline	• Expected 1 st phase ² : FID H2 2025, COD H2 2028

Notes: 1) Grid Interconnection Agreement; 2) Current project scenario is 1GW with FID in H2 2025 (COD in H2 2028) and additional 500MW one year later in 2026 although scenario remains subject to further phasing

Project Scope – Haewoori I, II and III Internal Base Case



	Harbours	Grid Connection ¹⁾	Onshore Export line	Onshore substation		Onshore Export Cables	Offshore Export Cables	Offshore Substations	Inter Array Cable	Foundations	Wind Turbine Generators (WTG)
				CGCF ³⁾	Individual Onshore Substation ²⁾						
HWR 3 510 MW	Under investigation	345kV Eastern Ulsan To be confirmed upon approval	2x345kV overhead line Underground as back-up 2.5 km	345kV GIS	550MVA 345/220kV PTR Reactive compensation Grid Compliance Equipment	220kV XLPE2000, Cu 1Cx6 2.5 km	220kV XLPE1400, 3Cx2 Alu from OSS to shore 89-121 km	Fixed Bottom OSS: 2x225MVA 220/66kV PTR Reactive compensation XL Jacket foundations – 130-140m	66kV 70km	Floating type – Semi-submersible	510 MW generation WTG ~15MW
HWR 2 495 MW	Under investigation	345kV Eastern Ulsan To be confirmed upon approval	2x345kV overhead line Underground as back-up 2.5 km	345kV GIS	550MVA 345/220kV PTR Reactive compensation Grid Compliance Equipment	220kV XLPE2000, Cu 1Cx6 2.5 km	220kV XLPE1400, 3Cx2 Alu from OSS to shore 89-121 km	Fixed Bottom OSS: 2x225MVA 220/66kV PTR Reactive compensation XL Jacket foundations – 130-140m	66kV 70km	Floating type – Semi-submersible	495 MW generation WTG ~15MW
UHWR 1 495 MW	Under investigation	345kV Eastern Ulsan To be confirmed upon approval	2x345kV overhead line Underground as back-up 2.5 km	345kV GIS	550MVA 345/220kV PTR Reactive compensation Grid Compliance Equipment	220kV XLPE2000, Cu 1Cx6 2.5 km	220kV XLPE1400, 3Cx2 Alu from OSS to shore 89-121 km	Fixed Bottom OSS: 2x225MVA 220/66kV PTR Reactive compensation XL Jacket foundations – 130-140m	66kV 70km	Floating type – Semi-submersible	495 MW generation WTG ~15MW

Note: 1) Grid connection to KEPCO's facility will be available in Q4 2026. KEPCO is now establishing the grid plan in Ulsan region thus specific set up will be confirmed after Grid Connection Agreement with KEPCO forecasted on Q4 2023. 2) Individual facility (including ONSS for each project) will be built by Haewoori 1,2,3 and connected to the CGCF. The property boundary proposed by CIP & Bada-Energy and to be negotiated with KEPCO. 3) Common Grid Connection Facility (CGCF) will host a shared 345kV connection 'bus-bar' and be handed over to KEPCO at COD.

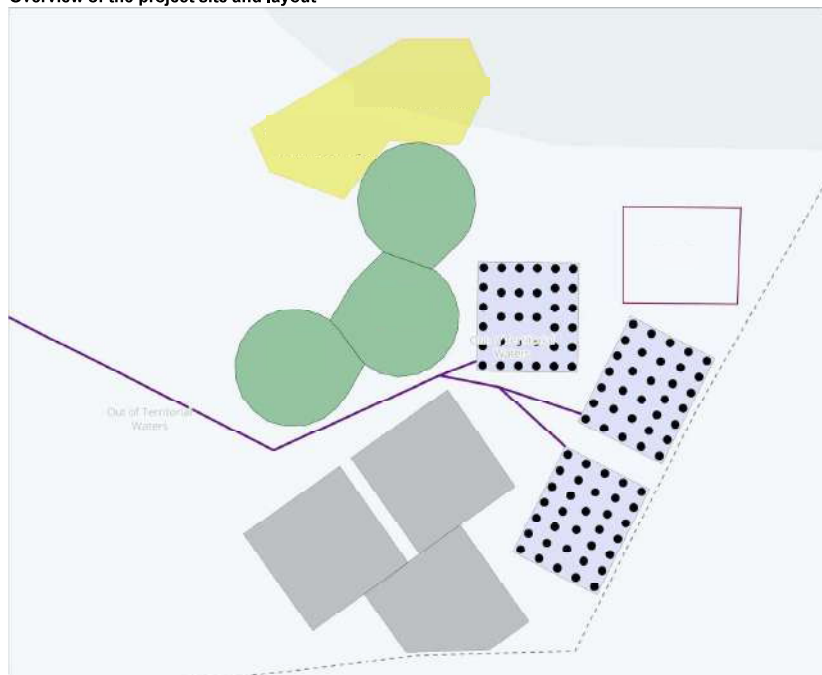
11



Optimized wind farm site and layout considering wake effects

Wind farm site located and optimized to minimize the potential wake effects

Overview of the project site and layout



Description

Wind farm site located to minimize the external and internal wake effects

- WTGs create wake by extracting energy from the wind, which can be described as an area with lower wind speed behind the WTG, this induces a reduction of energy production on WTGs downstream
- Haewoori wind farm sites have been positioned considering the wind direction and neighbouring wind farm's location to minimize the potential wake effects while following the regulations

Optimized layout based on the energy yield

- The energy yield has been estimated separately for Haewoori project only and for the full project cluster (taking into account the external wake effects the neighbouring wind farms)
- The wake effects have been estimated internally using industry standard method
- The internal layout of the Haewoori project is optimized to utilize the available wind resource to its fullest
- Location selection on OSS and related IAC arrangement are also being optimized considering floating aspects of the wind farms.

NOTE: Site boundaries may not be up-to-date, not reflecting latest information from EIA, MTSA and other permit activities,

Legal disclaimer

This document has been prepared by Copenhagen Infrastructure Partners I K/S and/or Copenhagen Infrastructure Partners II P/S and/or Copenhagen Infrastructure Partners P/S (together referred to as "CIP").

This document contains confidential information and shall not be disclosed to any third party, referred to or published without CIP's prior written approval.

The information contained in this document is provided on an "as is", "as available", and illustrative basis only with no guarantee of completeness, accuracy, timeliness or of the results obtained from the use of this information, and without warranty or undertaking of any kind, express or implied, is or will be made by CIP, subsidiaries of CIP, partners of CIP for funds managed by CIP including (without limitation) any directors, partners, employees, advisers, consultants, agents, investors or investment committee members for any information contained herein.

CIP accepts no liability or responsibility for the accuracy, content, errors, omissions, completeness, legality, or reliability of the information contained in this document or obtained in relation to this document and CIP shall not be liable for any loss or damage of whatever nature (direct, indirect, consequential, or other) whether arising in contract, tort or otherwise, which may arise as a result of your use of (or inability to use) information contained in or derived from this document.

This document shall in no event and under no circumstances be considered to constitute marketing or promotion of (without limitation) securities, limited partnership shares or other financial instruments.

Only the right/intended addressees are allowed to access and read this document. If you are not the right/intended addressee, please notify CIP immediately and return the document. If you regardless of this read this document you accept that CIP, subsidiaries of CIP and funds managed by CIP including any partners, directors, employees, advisers, consultants, agents, investors or investment committee members accept no responsibility in relation to this document and shall not be liable in respect of any loss, damage or expense of whatsoever nature which is caused by any use you may choose to make of this document, or which is otherwise consequent upon the gaining of access to the document. Further, you accept that this document shall not be quoted, disclosed, referred to or published in whole or in part, whatsoever.

This document is governed by Danish law.



주최



후원



해양산업진흥공사



한국풍력산업협회
Korea Wind Energy Industry Association



(사)한국풍력에너지학회
KOREA WIND ENERGY ASSOCIATION



한국신·재생에너지협회



한국신·재생에너지학회
The Korean Society for New and Renewable Energy