

국내외 풍력산업 부품, 소재부분의 기술 및 산업동향

김 만 응 단장

(사)한국선급 에너지환경사업단

mekim@krs.co.kr
042-869-9500

목 차

1	Introduction
2	Wind Turbine Blade
3	Gearbox
4	Generator
5	Bearings
6	Power Converter & Transformer
7	Castings & Forgings
8	Summary of Wind Turbine Accident Data

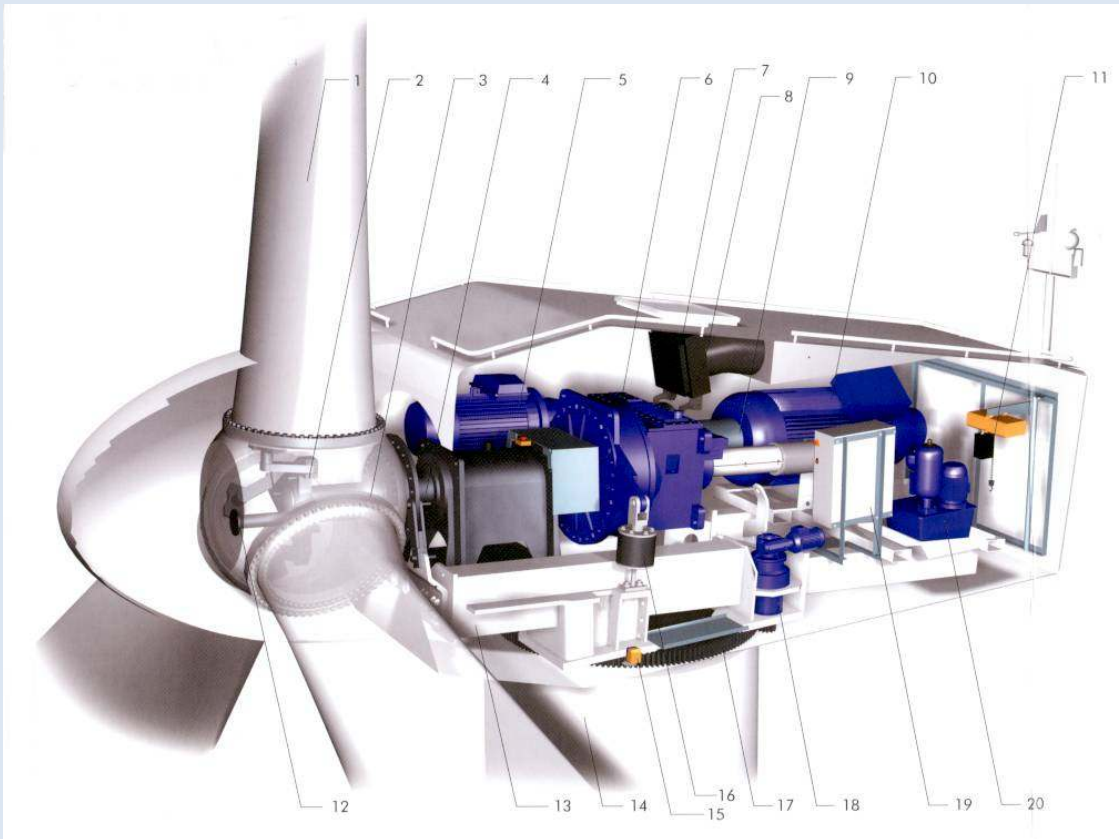
목 차

1	Introduction
2	Wind Turbine Blade
3	Gearbox
4	Generator
5	Bearings
6	Power Converter & Transformer
7	Castings & Forgings
8	Summary of Wind Turbine Accident Data

풍력발전 부품에 대한 요건

✓ 부품의 종류와 요건

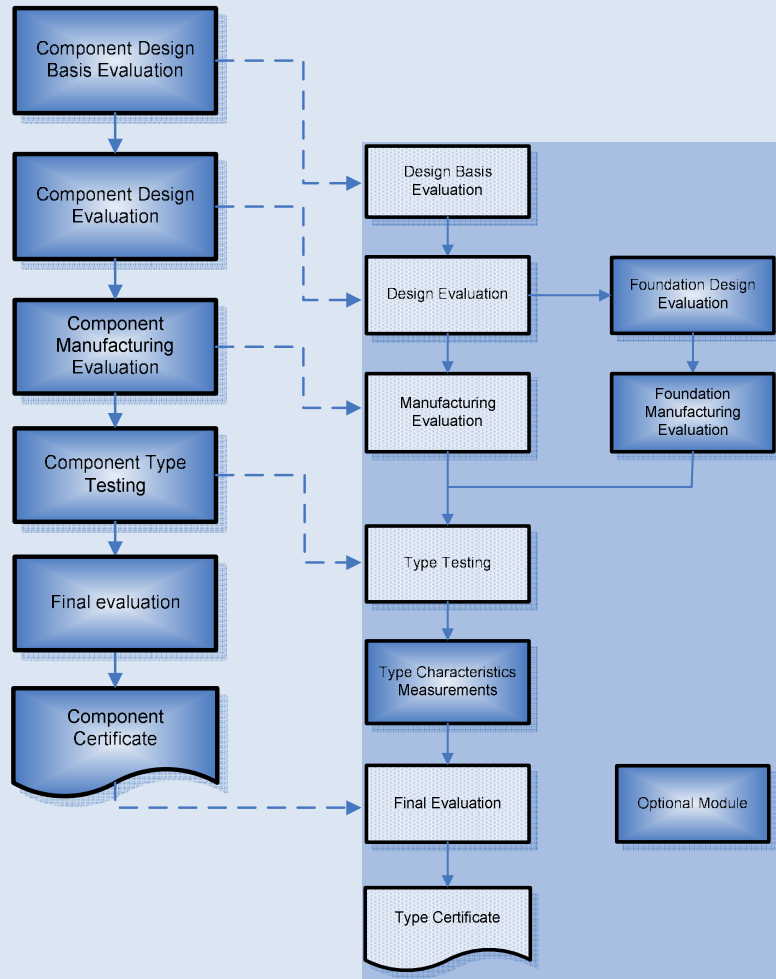
● Major Components와 Critical Components



1. Blade
2. Blade hub
3. Blade bearing
4. Main shaft
5. Secondary generator
6. Gearbox
7. Disk brake
8. Oil cooler
9. Cardan shaft
10. Primary generator
11. Service crane
12. Pitch cylinder
13. Machine foundation
14. Tower
15. Yaw control
16. Gear tie rod
17. Yaw ring
18. Yaw gears
19. VMP top control unit
20. Hydraulic unit

풍력발전 부품에 대한 요건

✓ 부품인증에 대한 요건



● 부품인증의 구성 모듈

- ✓ 설계근거평가
- ✓ 설계평가
- ✓ 형식시험
- ✓ 제조평가
- ✓ 최종평가

● 승인받아야 하는 부품

- ✓ rotor blades;
- ✓ rotor hub;
- ✓ rotor shaft;
- ✓ main, pitch and yaw bearings (pitch and yaw drives);
- ✓ main bearing housings;
- ✓ gear box;
- ✓ locking devices and mechanical brake;
- ✓ generator, transformer;
- ✓ main frame, generator frame;
- ✓ tower;
- ✓ sub-structure (optional);
- ✓ foundation (optional);
- ✓ bolted connections; and
- ✓ hub and nacelle assembly

풍력발전 산업 부품공급체계

✓ 현재의 부품공급체계

- 투자자들은 장기계약에 의해 핵심부품을 공급받는 **수직통합체계형** 풍력터빈 제작사를 선호하며, 따라서 풍력터빈 제작사는 수직통합체계구축 및 **핵심부품의 장기간 공급협정**이 중요하게 되었음.
- 풍력터빈이 대형화됨에 따라, 터빈 제작사는 새로운 기술과 고품질을 요구하는 반면, 이러한 기술요구에 신속히 대응 가능한 독립적인 부품제작사의 수가 제한적 임. (Top 10 터빈제작사: **핵심부품 자체제작 강화**)

Name	Blades	Gearbox	Generator	Controllers
Vestas	Vestas, LM	Bosch Rexroth, Hansen, Winergy, Moventas	Weier(VND/Vestas), Elin, ABB, LeroySomer	Vestas(Cotas), NEG(Dancontrol)
GE Wind	LM, Tecsis, MFG	Winergy, Bosch Rexroth, GE Transportation, China High-speed, Eikohoff	Loher, ABB, VEM	GE
Gamesa	Gamesa, LM	Gamesa, Winergy, Hansen, Moventas, Bosch-Rexroth	Cantarey(Gamesa), Ingeteam, ABB	Gamesa, Ingeteam
Enercon	Enercon	Direct drive	Enercon	Enercon
Suzlon	Suzlon	Hansen (Suzlon), Winergy, Jahnel-kestermann	Suzlon, Siemens	Suzlon, Mita Technic
Siemens	Siemens	Hansen, Winergy	Loher, ABB	Siemens, KK-Electric
Acciona	Tecsis, LM	Moventas, Winergy	Ingeteam, ABB	Ingeteam
Goldwind	LM, Huiteng	Chongqing Gearbox, China High-speed	CSR (Zhuzhou), Yongji, Nanqi	Goldwind
Nordex	Nordex, LM	Eikohoff, Bosch-Rexroth, Winergy	VEM, Loher, Elin	Nordex, Mita Technic
Sinovel	LM, Zhongfu Lianzhong	Dalian Heavy Industry, China High-speed	Lanzhou, Yongji, Dalian Tianyuan	Windtec

풍력발전 산업 부품공급체계

✓ 현재의 부품공급체계

- 부품제작 기간 및 비밀유지 때문에 Top 10 터빈 제작사 중 절반이상이, 블레이드, 기어박스, 발전기, 제어장치를 자체 제작하고 있으며, 현재 대형 터빈 제작사 핵심부품 공급체계의 특징임.
- 자체제작 체계를 구축하지 못한 터빈 제작사들은 독립된 부품제작사들로부터 핵심부품을 공급받고 있음.
- 풍력터빈 제작사에 의해 설계된 부품의 제조/공급
 - 풍력터빈 제작사가 설계하고 부품 제작사가 제작 및 공급 함
 - 타워, 주조 및 단조 부품, 낫셀커버 및 스피너(nose)
 - 비교적 단순한 부품이므로 제작단가가 중요시되어 부품 공급자가 정기적으로 교체됨
 - 수송비용 절감을 위해 현지화 하는 경우가 많으며, 현지 업체는 특정 부품의 통합제작 거점 근처에 위치함
 - 즉, 타워의 경우 풍력발전단지 근방에 위치하고, 블레이드 및 허브 제작사는 터빈 조립공장 근처에 위치함
- 부품 제작사 자체 제품의 제조/공급
 - 부품 공급업체는 특별한 부품을 터빈 제작사에 공급하면서, 많은 기술력과 경험을 확보
 - 고급 기술력을 필요로 하는 부품
 - 블레이드, 제어시스템, 기어박스, 발전기, 컨버터

풍력발전 산업 부품공급체계

✓ 현재의 부품공급체계

- 신규 터빈 제작사들은 기술 및 경험의 확보를 위해 다수의 부품 공급사와 함께 하며, 기존의 터빈 제작사들은 기술 및 경험의 유출을 방지하기 위해 가능한 부품 공급사들을 배제하고 있음. (특별계약조건 유지)
- 지난 10년간, Siemens/Bonus 사는 동일한 부품 제작사로부터 제어시스템을 공급 받아 왔으며, 다른 제작사에게 부품공급을 불허하는 계약유지
- 풍력터빈 타입은 특정 블레이드를 장착하면 타입을 변경하기가 불가능하므로, LM사의 경우 독점공급 계약조건이 큰 문제가 되지 않았음
- Vestas의 경우 Hansen 사로 부터 3MW "integrated gear"를 공급받아오면서 다른 터빈 제작사로의 공급을 차단함
- 지난 2년 동안, 향후 풍력발전 시장의 확대예상에 따른 부품확보를 위해 풍력터빈 제작사와 부품공급업체간의 장기 독점계약이 진행됨에 따라, 부품공급이 원활하지 못함

목 차

1	Introduction
2	Wind Turbine Blade
3	Gearbox
4	Generator
5	Bearings
6	Power Converter & Transformer
7	Castings & Forgings
8	Summary of Wind Turbine Accident Data

풍력터빈 블레이드

✓ 블레이드 수요 및 공급

- 시장 지배력 강화를 위해 풍력산업을 선도하는 대다수의 제조자가 **수직적 통합전략**을 채택하였고, 세계시장 수요가 확대되면서 많은 **신규 블레이드 제작사**들이 등장함에 따라, 블레이드 총 생산량이 신규 풍력터빈 설치 율을 결정하는 시기는 지났음.
- 현재 대다수의 **블레이드(약 83 %)**는 풍력터빈 제조자가 **자체적으로 제작**하거나 **LM Glassfiber**사에서 공급하고 있으며, 그 외 14개 블레이드 제조사의 생산력을 고려하면, 2008년도에 공급 가능한 블레이드 총 용량은 26,565 MW에 달하였음. (2012년 : 50,785 MW 예상)
- 현재 새로운 생산설비들이 설치 및 확대되고 있으므로, 블레이드 생산능력은 향후 2년간의 수요를 충분히 소화 할 수 있을 것으로 예측됨. 그러나, 현재 **단 두 개의 블레이드 제조사**에 의해 **3 MW 이상의 블레이드가 공급**되는 상황에서, 해상풍력발전 시장의 확대에 따른 **대형 블레이드에 대한 수요-공급 불균형**이 예상됨.

주요 풍력터빈 제조사의 블레이드 공급원

Vestas	GE wind	Gamesa	Enercon	Suzlon	Siemens	Acciona	Goldwind	Nordex	Sinovel
Vestas LM	LM, Tecsis, MFG	Gamesa, LM	Enercon	Suzlon	Siemens	Tecsis, LM	LM, Huiteng	Nordex, LM	LM, Zhongfu Lianzhong

풍력터빈 블레이드

✓ 블레이드 재료

- 거의 대부분의 블레이드는 FRP 형태의 복합재료로 제작되며, resin(epoxy polymer 또는 polyester) 또는 matrix 재료와 같은 plastic 재료와 강화섬유(glass)로 구성됨.
- 일부 블레이드는 큰 하중이 작용하는 위치에 carbon fiber를 사용하고 있으나, LM사의 경우 carbon 사용을 회피하기 위해 블레이드에 pre-bend를 적용하고 있음. 이 기술은 특허로 보호되고 있음.
- 중량 8톤의 40 m 블레이드의 경우, glass fiber 60%와 plastic matrix 30%로 구성되며, sandwich core 재료, 금속파트(허브에 체결하기 위해 루트부에 삽입), 방식 페인트가 나머지 10%를 차지함.
- 낙뢰방지장치로써 스테인레스강 재질의 recepter와 블레이드 루트부로 통하는 구리 케이블을 가짐.
- 샌드위치 코어는 매우 가벼우며 블레이드 후판의 강성보강 역할을 함. 주로 balsa wood를 사용하며(Siemens, Vestas UK, LM) 주된 공급업체는 ALCAN사 임. Gamesa와 Vestas는 Pre-Preg 블레이드 제작을 위해 PVC form을 사용하기도 하며, 주로 DIAB 와 AIREX사에 의해 공급됨.
- 대부분의 블레이드는 UV 차단, 흡습 및 마모방지를 위해 polymer 겔코트를 사용함. 일부 제조자들은 최종 제작공정에서 블레이드 표면에 폴리우레탄 에나멜 스프레이를 도포하는 경우도 있음. 페인트는 블레이드 전체 무게의 2% 미만임

풍력터빈 블레이드

✓ 블레이드 제조 기술

Technology	Vacuum Infusion	Integral Blade [®] Vacuum Infusion	Pre-Preg	Wood Epoxy
Fiber	Glass/Carbon	Glass	Glass/Carbon	Wood/Glass/Carbon
Resin	Polyester/Epoxy	Epoxy	Epoxy (Pre-impregnated)	Epoxy
Surface finish	In mould gelcoat	Sprayed-on polyurethane enamel	In mould gelcoat + PU enamel	In mould gelcoat + PU enamel
Sandwich core	Balsa+PVC	Balsa	PVC	Balsa
Assembling of blade shells and web	Bonding	No bonding zones	Bonding	Bonding
Company examples	LM Glassfiber, TPI + Tecsis, Enercon	Siemens	Vestas, Gamesa	Vestas

Ref. BMT consult 2008

풍력터빈 블레이드

✓ 블레이드 기술개발 동향

- 풍력터빈이 대형화되면서 블레이드 직경이 증가함에 따라, 블레이드와 타워의 간섭을 방지하기 위한 주된 설계 고려 사항은 강성이며, 유지보수 감소 및 자중에 의한 하중경감을 위해 **가벼운 블레이드 설계** 또한 중요함. 우수한 구조적 댐핑과 피로특성을 통해 블레이드 사용연한을 연장할 수 있음.
- 블레이드 구조물의 심각한 손상에 의한 파손 및 터빈의 완전파손에 대한 추가적인 **블레이드 상태감시 장치**들이 개발되어 장착될 예정이며, 향후 해상풍력터빈은 이러한 상태감시 시스템을 반드시 장착해야 함.
- 향후 50 m 이상의 블레이드는 타워와의 간섭 방지를 위한 강성증가를 위해 **카본섬유의 사용이 확대**될 전망이다.
- Enercon의 6 MW 모델인 E126 터빈과 같이, 대형 블레이드의 이송을 위해 **분리형 블레이드**가 제작되기도 하며, E-126 블레이드의 inboard 50% 구간은 공력 면 유지를 위해 복합재료 shell이 덮힌 강 구조임.
- 블레이드 공력특성을 신속히 변화시키기 위해 Piezoelectric과 같은 **지능형 재료**, 블레이드와 터빈의 피로하중 경감을 위해 제어 가능한 **후연플랩** 등이 블레이드 시장에 출현하고 있음.
- LM Glassfiber는 **glass, carbon, thermoplastic**을 **혼합**하여 블레이드를 제조하는 기술을 위해 8백만 유로를 투자하였고, 몰드를 가열하여 thermoplastic을 녹이는 방식으로 블레이드 **제작시간을 50% 경감**시킬 수 있음.

풍력터빈 블레이드

✓ 주요 블레이드 공급업체 현황

- 풍력터빈 블레이드는 전 세계의 다양한 지역에서 제조되고 있고, LM 사가 25% 이상의 세계시장 점유율을 확보함.
- 풍력터빈 OEM 제작사들은 블레이드 개발 및 제작을 자체적으로 해결하고자 노력하고 있으나, 2007년 기준으로 자체 제작율이 66 %에서 58 % 수준으로 감소함.
- 이는 Vestas와 Enercon 등 자체 블레이드 제작사들의 시장점유율이 감소하는 추세이기 때문이며, Gamesa와 같은 풍력터빈 제작사들은 이중 혹은 다중 공급 정책을 추구함. GE wind 및 중국의 풍력터빈 제작사들은 아웃소싱 정책을 운영함.
- 소수의 블레이드 제작사들이 중대형 블레이드 시장을 선도하고 있으며, 시장을 이끌고 있는 LM 사가 거의 유일한 글로벌 공급업체임.
- TPI composite과 Tecsis와 같은 업체들 또한 수년간 상용 블레이드를 제작해왔으며, 최근 중국 내수 풍력시장의 확대에 따라, 일부 블레이드 제조사들이 중국시장에 출현 하였음.
- 대표적으로 Huiteng 사와 Zhongfu 사가 Goldwind와 Sinovel 등과 같은 중국내수 시장선도 기업들과 협력하고 있음.

풍력터빈 블레이드

✓ 주요 블레이드 공급업체 현황

- 노르웨이 블레이드 제작사인 Umoe Ryving A/S 사는 주 고객인 Zephyros 사의 파산으로 인해 현재 공급을 중단한 상태임.
- 독일의 NOI Rotortechnik 사는 SINOI로 사명을 변경하였고, 현재는 중국기업인 Zhonfu Lianzhong 사의 자회사임.
- 현재 15개의 블레이드 제작사가 있으나, 풍력산업에서 사용되는 대부분(83%)의 블레이드는 자체적으로 제작되거나 LM 사로부터 공급되고 있음.
- 세계시장 점유율 Top 10에 드는 대형 제작사들은 거의 대부분 자체적으로 블레이드를 제작하고 있으며, 최근에는 Acciona 사가 2-블레이드 제조공장을 스페인 Navarre와 Lumbier에 건설함.
- LM 사는 전 세계 8개국에서 생산공장을 가동하고 있음. 대다수의 중소규모 블레이드 제작사들은 작은 규모의 풍력터빈 제작사에 블레이드를 공급하고 있으며, Euros의 경우 EU energy와 Winwind에만 공급하고 있음.
- NGup과 Knight & Carver 사는 유럽과 북미지역의 오래된 블레이드 수리에 집중하고 있음. 중국 내 블레이드 제작사의 과반수는 매우 작은 규모이거나, 시험생산을 완료한 상황임.
- 국내에서는 (주)KM이 3 MW 블레이드에 대한 시험생산 및 인증시험을 완료함

풍력터빈 블레이드

✓ 독립적인 블레이드 제작사

Company	Country
Europe	
LM Glassfiber A/S	Denmark
SINOI Ltd (formerly NOI)	Germany
Abeking & Rasmussen, Rotec GmbH & Co. KG	Germany
Euros	Germany
Aeroblades	Spain
Ngup	Netherlands
America	
TPI Composite Inc Vien Tek	USA
Molded Fiber Glass Companies (MFG)	USA
Knight & Carver	Canada-USA
Tecsis Technology	Sao Paulo-Brasil
Asia	
Japan Steel Work	Japan
Huiteng	Baoding-China
Zhongfu Lianzhong	Lianyungang-China
Shanghai FRP	Shanghai-China
Beijing Composite Material	Beijing-China
Ryle Zhufeng	Wuxi-China
Huayi Wind Power Blade	Baoding-China
China Energy Windpower Equipement	Baoding-China
KM Co. Ltd	South Korea

	In-house	LM (DK)	Tecsis (Brasil)	MFG (US)	Huiteng (PRC)	Zongfu (PRC)
Vestas	●	○				
GE		●	◎	◎		
Gamesa	●	◎				
Enercon	●					
Suzlon	●	○				
Siemens	●					
Acciona		●	○			
Goldwind		◎			●	
Nordex	●	◎				
Sinovel					◎	●

● Main supplier, ◎ Supplier, ○ Small supplier

Ref. BMT consult 2008

풍력터빈 블레이드

✓ 블레이드 제작 능력

- Top 10 풍력터빈 제작사의 2007년도 자체제작 블레이드 용량은 12,920 MW이며, 2008년도에는 15,500 MW 수준에 이르렀음. Repower와 Dongfang과 같은 풍력터빈 제작사들 또한 블레이드 제조능력을 보유하고 있음.
- LM 사가 세계시장의 25 %를 공급하고 있으며, 폴란드, 중국, 미국, 덴마크로 생산공장을 확대하여 지속적인 공급 율 확대를 유지할 것으로 전망됨. 2008년에 LM사는 7000 MW의 블레이드를 공급하였음.

	Vestas	Gamesa	Enercon	Suzlon	Siemens	Nordex
% of in-house capacity	90%	85%	100%	99%	93%	33%
Supply capacity 2007 (MW)	4000	2600	2800	2000	1300	220

Ref. BMT consult 2008

풍력터빈 블레이드

✓ 블레이드 제작 능력

Company	Announced annual capacity (MW)
LM Glassfiber A/S	5000
Abeking & Rasmussen, Rotec GmbH & Co. KG	n.a (1000 estim.)
Euros	300-350
Ngup	80
TPI Composite Inc VienTek	1200
Molded Fiber Glass Composite (MFG)	1000
Aeroblades	50-60
Knight & Carver	50
Tecsis Technology	n.a (1300, estim.)
JSW	50
Huiteng	1260 (actual capacity in 2007) 3500 (announced capacity)
Zhongfu Lianzhong	1500 (Include SINOI)
Shanghai FRP	n.a (100 estim.)
Beijing Composite Material	300
China Energy Windpower Equipment	1000 (announced capacity)
Ryle Zhufeng	After sample production
Huayi Wind Power Blade	After sample production
KM Co. Ltd	After sample production

Ref. BMT consult 2008

풍력터빈 블레이드

✓ 국내 블레이드 제작사 경쟁력 확보

- 블레이드는 고장 발생시 수리가 매우 어렵고 비용이 많이 필요하므로, 제품의 품질이 매우 중요함
 - 블레이드 손상원인의 50% 이상이 설계 및 제작 문제로 보고됨
 - 설계, 생산공정, 설비시설에 대한 경험적 기술이 중요
- 블레이드 설계기술력 확보 : 공력설계/복합재 구조설계
 - 공력설계 : 중대형 블레이드(~5MW) 국내 최적설계 기술확보(KR)
 - : 공력성능 개선 연구필요(에어포일 최적화, Vortex generator, 기타 고 양력장치)
 - : 실제 제작경험 없음
 - 구조설계 : 중대형 블레이드(~3MW) 국내 설계 기술확보(KIMS, KR)
 - : 3MW 급 블레이드 구조설계 및 제작경험 확보(KIMS-KM)
 - : 대형 블레이드의 강성/중량 최적화를 위한 탄소섬유 적용 및 구조설계 최적화 연구 필요
- 블레이드 성형제조 기술력 확보
 - Infusion 공정에 의한 제조는 가능하나, 유럽, 한국, 중국 등 보편화되어 있는 기술이라 경쟁력 부족
 - 품질 향상을 위해 일체성형기술(One Shot RIM) 및 분리형 블레이드 제조기술 확보가 필요
 - 자동화 공정/시설 도입에 의한 블레이드 품질 신뢰성 향상

풍력터빈 블레이드

✓ 국내 블레이드 제작사 경쟁력 확보

- 블레이드 부품인증 및 시험평가 기술확보
 - 신규 블레이드 제작사들의 가장 큰 문제점은 제품의 **품질 신뢰성**임
 - 국제적으로 공신력 있는 기관의 **부품인증**을 통해 생산된 제품의 품질 신뢰성 검증이 요구됨 (해외기관에 의존)
 - **국내 인증 및 시험평가 전문기관의 육성**과 대형 블레이드 (~ 5MW) 시험장치(정하중/피로하중) 구축을 통해 신속한 국산제품의 인증/평가가 이루어져야 함
- 블레이드 공력/구조/재료/성형 **기술인력** 절대적 부족
 - 현재 대부분의 제작사는 항공 등 유사 전공의 석/박사 인력 활용
 - 풍력발전 전공의 국내대학(학부)은 없음 (POSTECH, 제주대에서 특성화 대학원 운용)
 - 국내 시스템 및 부품 제작사 대부분이 고급인력 확보에 어려움을 겪고 있음
- 유리섬유/카본섬유/수지 등 **재료의 국산화**에 의한 가격경쟁력 확보

목 차

1	Introduction
2	Wind Turbine Blade
3	Gearbox
4	Generator
5	Bearings
6	Power Converter & Transformer
7	Castings & Forgings
8	Summary of Wind Turbine Accident Data

풍력터빈 기어박스

✓ 기어박스

- 풍력발전 시장의 폭발적인 확대에 따라 **기어박스 수요가 급증**하고 있으나, **소수의 부품제작사**로부터 대부분의 기어박스가 공급되고 있음
- 기존의 중공업분야에서 기어박스를 공급하던 많은 제작사들이 풍력산업에 진출할 기회를 찾고 있으나, 다음과 같은 이유로 진출하지 못함
 - 기술위험도가 매우 높음
 - 투자비용이 매우 높음
 - 이익률이 낮음 (전체 터빈의 15% 수준 - 기어박스 비용)
- 2007년 이후, 원자재가격상승으로 인한 풍력터빈의 가격 및 이윤이 상승하면서부터, 일부 신규 기어박스 제작사(중국)가 풍력발전 산업에 진출하였고, 기존의 풍력발전 기어박스 **시장을 선도**하던 **Winergy**와 **Hansen** 사는 세계시장 공급 능력을 확장함.
- 풍력발전단지 개발자들의 보고에 의하면, 현재까지 **주된 고장사례 대부분의 원인이 기어박스**로부터 발생함
- 따라서, 구동장치의 기술력향상을 위해 기어박스에 대한 지속적인 개선이 요구되고 있음

풍력터빈 기어박스

✓ 기어박스 부품제작사

Company	Country	Company	Country
EUROPE		AMERICA	
Winergy GmbH (Siemens)	GERMANY	GE Transportation	USA
Hansen Transmissions BV (Suzlon Energy)	BELGIUM	Brad Foote	USA
Bosch Rexroth A/G	GERMANY	ASIA	
Moventas OY	FINLAND	Ishibashi Manufacturing C	JAPAN
Eickhoff Kestermann GmbH	GERMANY	Hyosung Corporation	SOUTH KOREA
Voith Turbo GmbH & Co. KG	GERMANY	China High-speed Transmission Equipment Group	CHINA
Jahnel Kestermann GmbH	GERMANY	Chongqing Gearbox Co. Ltd	CHINA
RENK	GERMANY	Hangzhou Advance Gearbox	CHINA
Eschesa (Gamesa)	SPAIN	Dalian Heavy Industry	CHINA
Fellar	SPAIN	Sichuan Erzhong	CHINA

Red color : 2007년 이후 신규진출

Ref. BMT consult 2008

풍력터빈 기어박스

✓ 기어박스 부품공급 체계

	Vestas	GE	Gamesa	Suzlon	Siemens	Goldwind	Acciona	Nordex	Sinovel
In-house		◎	●						
Winergy	◎	◎	◎	◎	●		◎	○	
Hansen	◎		◎	●	◎				
Moventas	○	○	○				◎		
Bosch-Rexroth	◎	○	○					◎	
Elickhoff		○						●	
Jahnel-Kestermann				○					
Feller	○								
China High speed		○				◎			◎
Chongqing						●			
Dalian									●

● Main supplier, ◎ Supplier, ○ Small supplier

Ref. BMT consult 2008

풍력터빈 기어박스

✓ 기어박스 연간 생산능력

Company	Current Capacity (MW)	Comments
Winergy GmbH (Siemens)	9000	세계시장 점유율 50%를 목표로 하는 Top 공급업체
Hansen Transmission (Suzlon)	7000	대규모 확장을 계획하고 있는 세계 2위의 공급업체
Bosch Rexroth	3400-3600	여전히 확장을 검토 중
Moventas OY	n/a (est.3000)	핀란드 Jyvaskyla에 새로운 풍력터빈 기어제작공장 설립
Voith Turbo	40	새로운 개념의 구동장치계 WindDrive를 공급(DeWind D8.2)
Eickhoff	1300	12년 이상의 저소음 기어박스 제작
Jahnel Kestermann	1200	24년 이상의 제작경험 보유
RENK	100	대형 및 해상풍력발전 시장에 집중
Echesa	2000	Gamesa의 자체제작 공급업체
Fellar	n/a(est.200)	-
GE Transportation	n/a(est.500)	2004년 부터 GE를 위해 기어박스를 제작
Brad Foote	2000	새로운 미국 업체, 750 kW ~ 2.5 MW
Ishibashi	500	미쓰비시가 2008년에 설립한 회사, 2.4 MW
Hyosung Corporation	200	효성중공업에만 공급
China Highspeed	2000	GE와 1.5 MW 기어박스의 50%를 생산하는 공급계약
Chongqing Gearbox Co. Ltd	800	중국에서 두번째로 큰 기어박스 제작사
Hangzhou Advance Gearbox	150	Windy와 Huayi 사가 고객, 280 KW ~ 880 kW
Dalian Heavy Industy	750	중국기업 Sinovel의 모회사 연간 생산능력을 2000 MW로 확장할 계획
Sichuan Erzhong	100	Dongfang 사에 1.5 MW 기어박스를 공급

Ref. BMT consult 2008

풍력터빈 기어박스

✓ 기어박스 제작을 위한 부품의 공급

- 풍력발전기 기어박스용 베어링은 베어링 제작사 총 공급량의 일부에 지나지 않으므로, 공급 우선순위에서 밀림
- 향후 풍력발전 시장의 확대예상에 따라, 새로운 베어링 제작사들이 공급에 나서고 있으나, 기어박스 제작사에 제공하여야 할 경험 및 트랙레코드의 부족으로 시장진출이 어려움
- 주 베어링의 납품 기간은 50 주 이상 소요되며, 새로 진출한 베어링 제작사의 경우 70 주 이상이 소요되기도 함
- Siemens Wind, Suzlon, GE Wind와 같은 터빈 제작사들은 Winergy(Siemens), Hansen(Suzlon), Echesa(Gamesa), GE Transportation(GE) 등 자체 제작사를 통해 공급받고 있음

Component and Raw materials	Lead time for supply	Manufacturing gear box	Assembly and testing
Bearings	Up to 56-72 weeks		
Steel parts	Up to 40 weeks		
Forged parts	Up to 30 weeks		
Castings	Up to 20 weeks		
Gears machining		10 weeks	
Gearbox housing machining		2-3 weeks	
Testing			2-3 weeks

Ref. BMT consult 2008

풍력터빈 기어박스

✓ 국내 기어박스 개발현황

제작사	개발현황	비고
효성	660kW급 헬리컬 방식 기어박스 개발 750kW급 유성기어 1단, 헬리컬 2단 제작 2MW급 유성기어 2단 헬리컬 1단 제작	자체생산(해외컨설팅)
두산중공업	3MW Differential 방식 기어박스 개발	자체생산(해외컨설팅)
현대중공업	1.65MW 유성기어 2단 헬리컬 1단 2.0MW 유성기어 2단 헬리컬 1단	해외 구매
유니슨	2MW 유성기어 2단 헬리컬 1단	해외 구매
삼성중공업	3MW, 5MW 기어박스 예정	해외 구매
한진산업	1.5MW 유성기어 1단 헬리컬 2단	해외 구매

풍력터빈 기어박스

✓ 국내 기어박스 제작사 경쟁력 확보

- 소형화, 경량화, 높은 신뢰성 및 긴 수명을 요구함
 - 발전기가 대형화됨에 따라 기어 비를 증가시켜 발전기 크기를 작게 설계하고 있음
 - 기어박스 손상 시 유지보수의 편리성을 고려한 설계가 중요함
 - 원활한 시장진입을 위해서는 장기간의 **트랙레코드** 확보를 통한 **품질 신뢰성** 향상이 매우 중요함
- 해외기술에 의존하여 풍력터빈 기어박스 제조
 - 독자적 설계 기술력 확보 필요
 - 고 신뢰성 확보 필요
 - **유지보수 편리성**을 고려한 제품개발을 통해 경쟁력 확보 필요
- 기어박스 부품인증 및 시험평가 기술확보
 - 신규 기어박스 제작사들의 가장 큰 문제점은 제품의 **품질 신뢰성 및 트랙 레코드 확보**임
 - 국제적으로 공신력 있는 기관의 **부품인증**을 통해 생산된 제품의 품질 신뢰성 검증이 요구됨 (해외기관에 의존)
 - **국내 인증 및 시험평가 전문기관의 육성**과 대형 기어박스 (~ 6MW) 시험장치 구축을 통해 신속한 국산제품의 인증/평가가 이루어져야 함

목 차

1	Introduction
2	Wind Turbine Blade
3	Gearbox
4	Generator
5	Bearings
6	Power Converter & Transformer
7	Castings & Forgings
8	Summary of Wind Turbine Accident Data

풍력터빈 발전기

✓ 발전기 제작사 및 제조역량

- 풍력터빈 발전기 공급은 다수의 대형 발전기 제작사가 또는 풍력터빈 제작사가 자체 제작하는 구조임
- 중국을 중심으로 새로운 발전기 제작사들이 등장하고 있음 (중국 - 8개 제작사)
- Top 10 터빈 제작사 중 5개의 선도사는 자체적으로 발전기를 제작공급 하고 있음
 - Enercon : 100 % 자체 제작
 - Gamesa, Suzlon, Siemens : 50 % 자체 제작
 - 중국 터빈 제작사 : 중국 내 발전기 제작사로부터 공급
- 발전기의 총 연간생산능력은 37,000 MW에 달하며, 2008년 수요는 26,565 MW로써 충분한 공급이 이루어 지고 있음
 - 2008년 중국 : 5,500 MW 생산 (국내 수요의 60 %를 자국에서 공급)
 - 발전기 제조역량 (중국) : 8,000 MW

풍력터빈 발전기

✓ 발전기 제작사 및 제조역량

Company	Country
Europe	
ABB	FINLAND
The Switch	FINLAND
Winergy (Loher)	GERMANY
VEM	GERMANY
VND/Vestas (Weier)	GERMANY&CHINA
Enercon	GERMANY
Ingeteam	SPAIN
Cantarey Reinosa (Gamesa)	SPAIN
Elin	AUSTRIA
Leroy Somer (Emerson)	FRANCE
America	
IEC Holden	CANADA

Company	Country
Asia	
Hitachi	JAPAN
Mitsubish	JAPAN
Lanzhou electric Corporation	CHINA
Yongji	CHINA
Shanghai Electric Machinery (Sewind)	CHINA
Dalian Tianyuan Motor	CHINA
CSR Times	CHINA
Nanjing Turbine & Electric Machinery (Nanqi)	CHINA
Dongfang electric	CHINA
Xiangtan Electric Manufacturing	CHINA

Ref. BMT consult 2008

풍력터빈 발전기

✓ 주요 터빈 제작사의 발전기 공급체계

	Vestas	GE	Gamesa	Enercon	Suzlon	Siemens	Goldwind	Acciona	Nordex	Sinovel
In-House	○		●	●	●					
ABB	◎	◎	◎			◎		●		
Winergy		◎			◎	◎			◎	
VEM		◎							●	
Ingeteam			◎					◎		
Elin	◎								○	
Leroy Somer	◎									
Lanzhou										◎
Yongji							◎			◎
Tianyuan										◎
CSR Times							◎			
Nanqi							○			

● Main supplier, ◎ Supplier, ○ Small supplier

Ref. BMT consult 2008

풍력터빈 발전기

Company	Current Capacity (MW)	Comments
ABB	n/a(est.8,000)	전세계 발전기 공급 1위 업체, 25년간의 제작 경험, 전세계 20,000 대 이상의 발전기 공급
The Switch	4,000 from 2009	기어 형, 세미-기어 형, 기어리스 형 영구자석 발전기를 공급 (6 MW 이상)
Winergy	6,000 (9,000 in 2010)	2005년에 Siemens에 합병됨, Loher의 기술경험을 바탕으로 발전기를 제작
VEM	1,850	1.5 ~ 5.4 MW 급 발전기 제작
VND/Vestas	1,200 ~ 1,500	1 ~ 5 MW 급 영구자석 유도형 발전기 제작(250 ~ 500 대/년), 중국에도 제조설비를 갖추
Enercon	2,800	100 % 자체제작
Ingeteam	2,500	2007년에 세계시장의 14 %를 점유
Cantarey Reinos	1,600	Gamesa의 자체제작을 위한 공급사, 수요의 50 %를 공급함
Elin	3,500 ~ 3,700	500 KW ~ 5 MW 급 생산
Leroy Somer	n/a(est. 2,800 ~ 3,000)	2009년부터 연간 1500 MW 규모의 중국공장 가동
IEC Holden	n/a(est. 50)	북미지역을 선도하는 모터 및 발전기 제조사, AAERO이 주 고객
Hitachi	n/a(est. 500)	Hitachi Power Systems America에서 북미시장에 발전기를 공급
Mitsubishi	450	100 % 자체제작
Lanzhou	700	750kW ~ 2MW 급 발전기 제작, 2.5 MW 급 발전기는 연구개발 중
Yongji	3,500	중국에서 가장 큰 발전기 공급사, 2010년부터 5000 MW /년 생산가능
Tianyuan	600	1.5 MW ~ 2 MW 급 발전기 제작, Sinovel과 Dongfang 이 주 고객
CSR Times	350	1.2 MW ~ 2 MW 급 발전기 제작, 일부는 Goldwind에 공급하며, 나머지는 자사의 풍력터빈에 공급함
Nanqi	100	2007년 말 VEM과 기술이전 협약을 체결함, 600 MW 까지 생산규모를 확장할 예정
Dongfang	300	Dongfang의 자회사이며, 모두 Dongfang에 공급함. 2.5 MW 발전기는 연구개발 중
Xiangdian	250	Huan XEMC's에 공급, 2010년에 1000 MW 규모로 확장예정
Sewind	100	확장계획 진행 중, 생산된 발전기는 전량 자사의 풍력터빈에 공급함

Ref. BMT consult 2008

풍력터빈 발전기

✓ 국내 발전기 및 전기제어 장치 개발현황

- 발전기
 - ▣ 효성 : 750kW급 유도발전기 자체 개발 완료
 - ▣ 유니슨 : 750kW급 동기발전기 개발 완료
 - ▣ 현대중공업 : 1.5/2/3MW급 발전기 개발 완료(3MW는 동기발전기)
- 제어시스템
 - ▣ 한국전기연구원 : 750kW급 제어 및 계통연계장치 개발 완료
- 전력변환장치
 - ▣ 플라스포 : 750kW급 개발 완료, 2MW급 개발 및 인증 추진 중
 - ▣ 현대중공업 : 자사 발전기를 위한 변환장치를 자체 개발 중
- 전기 부품의 경우, 세계수준 대비 75%정도 기술 확보로 평가됨
- 특히 제어 시스템은 대외 경쟁력에 매우 취약한 상태
 - ▣ 중대형 풍력발전시스템의 제어시스템을 순수국내기술로 개발하여 상용화 및 운영 사례는 파악되지 않고 있음(2010년 초 기준)

풍력터빈 발전기

✓ 국내 발전기 제작사 경쟁력 확보

- **가격** 및 **운영유지보수 비용**의 경쟁력 확보가 중요함
 - 현재 DFIG 방식이 가격경쟁력 측면에서는 유리함
 - 향후, 증속기 제거를 통한 풍력터빈 유지보수비용 저감 측면에서 **대용량 PMSG** 방식의 발전기 **개발**이 필요함
 - 최근에는 유지보수가 까다로운 코일형 발전기 보다 자석형 발전기를 사용하는 것이 추세임
- 발전기 설계 및 시험경험 부족
 - 현재 3MW 발전기까지 생산 가능한 국내 기술은 국외 대비 4년간의 기술격차 존재
 - 해상풍력발전 확대예상에 따른 **3 ~ 6 MW 급 발전기 개발**이 필요 (DFIG & PMSG)
 - 국제적으로 공신력 있는 기관의 **부품인증**을 통해 생산된 **제품의 품질 신뢰성 검증**이 요구됨
 - 종합적인 발전장비 시험설비 부족으로 정밀시험이 불가능하여, 성능 및 수명에 대한 정확한 수준의 예측이 어려움
 - 개발된 발전기의 성능시험을 위한 **대형 시험설비**(~ 6 MW) 구축이 필요
 - 향후, 국내 생산제품에 대한 **신뢰성 향상**을 위한 연구가 필요함

목 차

1	Introduction
2	Wind Turbine Blade
3	Gearbox
4	Generator
5	Bearings
6	Power Converter & Transformer
7	Castings & Forgings
8	Summary of Wind Turbine Accident Data

풍력터빈 베어링

✓ 풍력발전용 베어링

- 기어박스, 주 축 및 발전기용 대형 베어링은 특정 형식의 풍력터빈에서 주된 문제를 발생시키고 있음
- 현재 풍력터빈에 사용되는 베어링은 구형 롤러베어링, 테이퍼 롤러베어링, 원통형 롤러베어링, 볼 베어링, 슬루잉 베어링 등이 있음
- 풍력발전용 베어링 주요 공급사들은 주로 터빈 제작사 및 부품 공급업체 근처에 생산시설을 구축함
- 터빈 제작사의 새로운 기술요구사항 및 특정 모델의 수요에 신속히 대응하는 것이 주요 이슈임

Bearing type	Corresponding components
Spherical roller bearings	Main shaft, gearbox
Single/Double row large diameter tapered roller bearings	Main shaft, gearbox
Cylindrical roller bearings	Main shaft, gearbox, generator
Ball bearings	Generator
Slewing bearings	Yaw, Pitch

Ref. BMT consult 2008

풍력터빈 베어링

✓ 풍력발전용 베어링 주요공급 체계

업체명	국가	제품	업체명	국가	제품
15년 이상 경력업체			15년 이하 경력업체		
SKF	스웨덴	모든 베어링	NTN	일본	모든 베어링
FAG	독일	모든 베어링	Timken	미국	모든 베어링
Rothe Erde	독일	요/피치	NSK	일본	Cylindrical roller
Liebherr	독일	Slewing	Koyo	일본	모든 베어링
Rollix	프랑스	Slewing	IMO	독일	블레이드/요
Keydon	미국	볼, Slewing	PSL	슬로바키아	주축/요/블레이드
			Laulagun	스페인	Slewing
			Luoyang LYC	중국	주축/Slewing
3미만 경력업체 (신규진입)			국내 제조 업체		
Wafangdian	중국	Slewing	신일정밀	대한민국	Slewing
Zhejiang Tianma	중국	Slewing	신라정밀	대한민국	Slewing
Daliang	중국	Slewing	평산	대한민국	Slewing
FangYang	중국	Slewing	태웅	대한민국	요/피치

풍력터빈 베어링

✓ 풍력발전용 베어링 공급체계

- 기어박스 및 풍력터빈 제조자에 의하면, 낫셀 조립을 위해 필요한 베어링 공급이 원활하지 않음
- 풍력터빈용 베어링 공급체계는 다음과 같은 문제점이 있음
 - 주축과 기어박스 베어링 공급 부족현상이 수년간 지속되고 있음
 - 풍력시장이 활성화되면서, 피치 슬루잉 베어링(대직경)이 향후 가장 극심한 공급부족현상을 초래할 것으로 예상
 - 발전단지 운용사의 경우 기어박스 및 발전기 고장으로 대형 베어링의 교체를 위해 수개월 동안 기다려야 함
- 베어링공급 부족으로 SKF와 FAG(세계최대)가 지속적으로 생산능력 확장을 진행 중
 - SKF는 대형 베어링 생산능력 확장을 위해 유럽과 미국에 대규모 생산시설을 건립함
 - 중국 Dalian에서 2006년부터 가동하기 시작된 SKF 베어링 공장의 생산규모 확장예정
 - 스웨덴 회사가 인도 Ahmadabad 지역에 대형 베어링 생산 시설 건립 중
 - SKF의 2004년 생산규모가 2009년에 3배로 확장되었으며, 2011년에는 최소 4배 이상 확장 될 것으로 전망
 - FAG는 2004년 루마니아 및 2007년 헝가리에 대형 베어링 생산 시설을 설립함
 - 독일 및 중국의 FAG 생산시설은 지속적으로 확장되고 있음

풍력터빈 베어링

✓ 풍력발전용 베어링 공급체계

- 새로운 경쟁자의 시장 진입
 - 풍력발전 산업에서 요구하는 베어링의 수요를 확보하기 위해 새로운 경쟁자들이 시장에 진입
 - 중국의 신규 제작사들은 자국 내 피치 및 요 베어링을 공급함
 - 중국 내수 시장에서의 경험과 기술축적 및 중국 정부의 지원을 통해 중국기업들의 경쟁력이 빠르게 향상 됨

✓ 현재의 베어링 공급 부족현상에 대한 분석

- 풍력터빈 용량증가에 따른 기어박스 대형화로 인해 대형 터빈용 베어링의 수요가 증가됨
 - 수요의 증가에 따른 공급부족 현상 심화
 - 부가하중 증가에 따른 기어박스 파손으로 교체 품 수요 증가
 - 풍력터빈이 대형화 됨에 따라 예상치 못한 기어박스 베어링 파손사고가 빈번하게 발생하고 있음
 - Vestas의 경우 현재까지도 보증기간내에 있는 터빈의 기어박스 베어링 교체 비용으로 수백만 유로를 들이고 있음

풍력터빈 베어링

✓ 현재의 베어링 공급 부족현상에 대한 분석

- 베어링 steel은 모든 steel 타입 중 가장 까다로운 요구조건을 만족해야 함
 - 품질이 검증된 우수한 링 제작 단조 회사를 찾기가 어려움
 - 잠재적 역량이 있는 단조회사로부터 엄격한 품질 기준에 적합한 제품을 공급받는데 많은 시간이 필요
 - 베어링 공급기간 지연 및 생산시설 확장 제한의 원인임
- 18개의 베어링 제작사 중 5개사만이 모든 풍력터빈용 베어링을 제작할 수 있음
- 전체 제작사 중 30 ~ 40 % 만이 발전기, 기어박스, 로터 샤프트 용 대형 베어링을 공급할 수 있음
- 향후, 가장 공급부족 현상이 심화될 베어링은 피치 슬루잉 베어링으로 전망되고 있음
 - 풍력시장 확대에 따라 요 슬루잉 베어링의 3배 이상의 수요 발생 예상

풍력터빈 베어링

✓ 국내 부품제작사 경쟁력 확보방안

- 풍력터빈용 베어링은 국제적으로 시장 공급이 원활하지 못한 공급자 우위 시장
 - 베어링은 풍력터빈 수명기간 동안 (~20년) 계속 회전하므로, 높은 강도와 긴 수명이 요구됨
 - Failure 발생에 대한 리스크가 매우 커서, 풍력터빈 베어링 시장은 신규 업체의 진출이 드문 실정
 - 공급이 수요를 따라가지 못하고 있으며, 공급 부족 현상은 당분간 지속될 것으로 보임
- 국내 산업 현황
 - 신일, 평산, 삼현엔지니어링 : 요 베어링, 피치 베어링등에 적용되는 Slewing Bearing 제작
 - 메인 샤프트에 사용되는 베어링을 생산하는 국내 업체는 없음
 - 현재 세계 시장에서의 베어링 공급 기간은 평균 18개월
 - 수명기간 동안의 신뢰성 확보가 필수적임

목 차

1	Introduction
2	Wind Turbine Blade
3	Gearbox
4	Generator
5	Bearings
6	Power Converter & Transformer
7	Castings & Forgings
8	Summary of Wind Turbine Accident Data

풍력터빈 전력변환 장치

✓ 전력변환장치

- 가변 속도형 풍력터빈 개념의 실현
 - 최적의 에너지를 생산 할 수 있도록 운전 가능
 - 기어와 동력전달장치의 하중경감 (바람 변화에 의한 하중은 블레이드 회전 속도 변화에 의해 완충됨)
 - 저 풍속영역에서의 소음 감소
- 전력계통에서 풍력발전단지의 실제 제어가 가능
 - 풍력발전단지로부터 생산된 유효/무효 전력조류 제어가 가능
 - 국부 무효 전력원 (weak grid의 경우)
 - 계통안정화
 - flicker level 감소, 저조파 필터링, 단락전력 제한에 의한 전력 품질 향상

풍력터빈 전력변환 장치

✓ 전력변환장치 적용의 장단점

Power electronics properties	Advantages	Disadvantages
주파수 제어가능 (풍력터빈에 중요한 항목)	<ul style="list-style-type: none"> • 최적 에너지 생산 운전 • 동력구동장치 하중경감 • 하중제어 • 기어리스 구현 가능 • 소음 감소 	<p>추가비용 추가적 손실 발생</p>
발전소 특성 (계통에 중요한 항목)	<ul style="list-style-type: none"> • 유효/무효 전력제어 • 국부적 무효 전력 원 • 계통안정성 향상 • 전력품질 향상 <ul style="list-style-type: none"> - Flicker level 감소 - 저조파 필터링 - 단락전력 제한 	<p>고조파</p>

Ref. BMT consult 2008

풍력터빈 전력변환 장치

✓ 전력변환장치 주요 공급사

- 전력 변환장치는 자체제작 및 독립 부품제작사에 의해 공급됨
- 중국 내수 시장 공급을 위해 8개의 중국기업이 시장에 진출함에 주목
- Nordex, Acciona, Sinovel 등 Top 10 터빈 제작사들은 수직 통합 전략에 따라 자체 제작을 하고 있음

Company	Country
EUROPE	
ABB	FINLAND
The Switch	FINLAND
Winergy	GERMANY
SEG	GERMANY
Windtec(AMSC)	AUSTRIA
Converteam	FRANCE
Ingeteam	SPAIN
KK Electronic	DENMARK
IDS	SWITZERLAND
AMERICA	
Emerson	US
Xantrex	CANADA
ASIA	
China-Harvest Wind Power	CHINA
Hefei Sungrow	CHINA
Beijing Corona	CHINA

Ref. BMT consult 2008

풍력터빈 전력변환 장치

✓ 전력변환장치 주요 공급사

	Vestas	GE	Gamesa	Enercon	Suzlon	Siemens	Acciona	Goldwind	Nordex	Sinovel
In-house	◎	◎	●	●	●	●		◎		
ABB	◎		◎					●		
The Switch								◎		
Winergy		○			○	○				
Windtec										●
Converteam						○			◎	
Ingeteam			◎				●			
IDS									●	
SEG									◎	

● Main supplier, ◎ Supplier, ○ Small supplier

Ref. BMT consult 2008

풍력터빈 전력변환 장치

✓ 전력변환장치 제조역량

- 전력변환장치는 자체제작이 주로 이루어지고 있으며, 전세계적으로 **14개의 부품공급 업체**가 존재함
 - 이중 5개의 북미 및 중국 제조업체는 소규모이며 여전히 개발 초기 단계에 머물러 있음
 - 미국의 Emerson이 가장 큰 규모의 제작사지만, 지금까지 중국 내 2개의 풍력터빈 제조자에게만 공급함
- 풍력터빈 발전기 시장을 선도하는 ABB는 모든 발전기 타입에 전력변환장치를 공급하고 있음
- Convertteam 사 또한 시장선도 제작사이며, 2008년부터 미국과 인도에서 생산을 시작함
 - 영국, 독일, 중국 내 공장에서부터 연간 4 GW 규모의 전력변환장치를 공급하고 있음
- Ingeteam은 세계 시장의 14 %를 공급하고 있음
- Winergy사는 기어박스 및 발전기와 함께 전력변환장치도 공급하고 있으나, 자체 생산되는 발전기에만 사용함
- Windtec사는 최근 생긴 풍력터빈 제작사에 주로 공급하고 있음, Sinovel, Dongfang, AAER, CRS
- The Switch 사는 5GW 이상의 공급을 목표로 유럽과 아시아 고객확장에 주력하고 있음
- 풍력발전 시장의 확대에 따라 전력변환장치 제작에 필요한 부품공급에 대한 문제는 없음

풍력터빈 변압기

✓ 변압기

- 변압기는 다른 주요부품에 비해 높은 기술이 요구되지 않음
- 중국 업체들이 ABB나 Siemens에 비해 낮은 가격으로 공급하고 있음
- ABB
 - 가장 광범위한 변압기 및 관련제품을 공급하고 있음
 - 전 세계에 6000 대 이상의 변압기를 공급함
- Pauwels
 - 세계시장을 선도하는 제작사 중 하나
 - SLIM® 제품으로 유럽시장 수요의 25 %를 공급함
- ABB, Pauwels, Schneider, SGB, Areva, T&D, Siemens, GE에 의해 유럽 및 북미 시장 분할
- 아시아 시장의 증가로 중국과 한국의 제조자가 시장에 진출함
 - 효성중공업이 풍력발전 변압기 시장의 50 %를 점유함
 - 중국시장에서는 가격경쟁력을 앞세운 10 개의 중국 기업들이 국외 기업과 경쟁
 - 중국산 풍력터빈처럼, 중국산 변압기 또한 곧 북미 시장에 진출 할 수 있을 것으로 예상

풍력터빈 변압기

✓ 변압기

Company	Country
EUROPE	
ABB	FINLAND
Siemens	GERMANY
SGB	GERMANY
Areva T&D (Alstom T&D)	FRANCE
Schneider	FRANCE
Pauwels	BELGIUM
AMERICA	
GE	USA
ASIA	
Hyosung	SOUTH KOREA
Huapeng	CHINA
Sunten Electric	CHINA
China electric equipment group	CHINA
Tian Electric	CHINA
Tianwei	CHINA
Jiangsu Baosheng	CHINA

Company	Country
ASIA	
Sanbian Sci-Tech	CHINA
China Chint	CHINA
Yinchuan Wolong	CHINA
Guangdong zengcheng	CHINA
Liaocheng Xinda	CHINA

Ref. BMT consult 2008

풍력터빈 전력변환 장치

✓ 국내 부품제작사 경쟁력 확보방안

- 전력변환장치 및 변압기는 발전기 제조회사가 함께 공급하는 것이 일반적임
 - 유니슨, 두산, 현대로템 : PMSG 타입의 발전기 용량과 동일한 용량의 전력변환장치 사용
 - 효성 : DFIG 타입의 발전기를 사용하며 부분용량의 전력변환장치 사용
 - PMSG 를 적용한 대용량 발전기가 개발되면서 전력변환장치의 용량도 커지고 있음
- 전력변환장치 필요 기술
 - i)전력용 stack 설계기술, ii)제어기 개발 기술, iii)제어 알고리즘, 4)시험평가기술
 - 전력용 stack을 구성하는 반도체를 제외한 나머지 기술은 이미 세계적인 수준으로 평가됨
 - 전력용 반도체 시장은 인피니언, ABB, 미쯔비시등 유럽과 일본의 업체가 장악
- 세계 주요 풍력업체들은 이미 6MW 이상의 시제품의 시험을 완료한 상태
 - 현대중공업, 플라스포 : 2MW 급 전력변환장치 개발 완료
 - 제작중인 풍력발전기에 적합한 3MW ~ 5MW 급 전력변환장치를 각 업체에서 개발 중
 - 계통 안정성 및 해외 시장 수출을 위해 LVRT 기능이 필수이나, **현재 국내에는 LVRT 인증 받은 제품이 전무한 실정**
 - 플라스포 : 3MVA급 계통사고모의시험장치 개발 중 (2011년 하반기 완성 목표)

목 차

1	Introduction
2	Wind Turbine Blade
3	Gearbox
4	Generator
5	Bearings
6	Power Converter & Transformer
7	Castings & Forgings
8	Summary of Wind Turbine Accident Data

풍력터빈용 주조제품

✓ 주조제품

- 750 KW ~ 3 MW 급 풍력터빈용 주조 부품은 메인프레임과 허브, 기어박스 하우징 임
- 풍력터빈은 연간 5000 ~ 7000 시간 동안 큰 하중에 노출되어 있는 기계장치 임
 - 주조 부품을 사용함으로써 피로 파손 방지
- 거의 대부분이 부품 제작사로부터 공급 됨
 - Vestas, Enercon, Dongfang, Sinovel 정도가 자체 제작을 하고 있으나 충분한 공급은 어려움
 - 최근 Suzlon도 자체 제작을 계획 중
- 유럽, 미국, 아시아를 중심으로 46개의 공급사가 있으며, 많은 중국업체가 시장에 진입함
- 2008년 기준으로 시장의 수요와 공급이 거의 일치하였으나, 향후 공급 부족 상황이 예상됨
 - 현재 생산이 가능한 주조시설의 확장계획이 2012년까지의 풍력발전 시장 확대 추세를 따라가지 못함
 - 대형 풍력발전기의 등장으로 터빈 제작사와 기어박스 제작사의 품질요구 수준이 급격히 상승
 - 현재 수준에서 유럽의 4개 업체 만이 대형 주조부품(5~7 MW 터빈)에 대한 품질요구 수준을 충족할 수 있음

풍력터빈용 주조제품

✓ 주조제품 제작사

Company	Country
EUROPE	
Vestas Casting Group A/S*	Denmak
Mesto Foundries Karlstad	Sweden
Mesto Foundries Jyvaskyla	Finland
CAS AG	Norway
MAN B&W Diesel AG's Foundry	Germany
Eisengiesserei CHL Torgelow GmbH*	Germany
Siempelkamp Giesserei GmbH	Germany
Gusstec Weiherhammer GmbH	Germany
Friederich Wilhelms-Hutte GmbH	Germany
Flender Guss A.friederick Flender AG	Germany
Meuselwitz Guss*	Germany
MTA Metalltechnologie	Germany
HegerGuess GmbH	Germany
Sakana S.COOP	Spain
TS Fundiciones SA	Spain
FM Felguera Melt SA	Spain

* : 세계 10대 제조업체, Ref. BMT consult 2008

Company	Country
Fonderia Vigevanese*	Italy
AMERICA	
Hodge Foundry	USA
ATI Casting services	USA
Cast-Fab Technologies Inc	USA
Ellwood Group Inc	USA
ASIA	
WUXI FAW Foundry Co. Ltd	China
Dongqi Foundry Co. Ltd	China
Shaanxi Qinchuan Foundry	China
Ningbo Yeong-Shang Casting Iron*	China
Ningbo Riyue Foundry Co. Ltd*	China
Jiangyin Jixin Machinery Co. Ltd*	China
Shannxi Diesel engine Heavy Industry	China
Henan Hongyu Special Castings Stock	China
Dalian Huarui Heavy Industry Steel Casting	China
Wuxi Xihua Foundry Co. Ltd*	China
Hangzhou Sound Foundry Co. Ltd*	China
Patel Alloy Pvt. Ltd*	India

풍력터빈용 주조제품

✓ 주조제품 수요와 공급

Continent/Region	Identified supply 2008	Expected Supply 2012	Forecasted Demand by 2008	Forecasted Demand by 2012	Comments
	Tons/year	Tons/year	Tons/year	Tons/year	
Europe	255,000	300,000	166,000	316,000	수요와 공급 일치
Americas	35,000	Est. 70,000	133,000	245,000	심각한 공급부족
China	294,500	457,000	92,000	151,000	심각한 공급과잉
India	62,000	Est. 90,000	34,000	67,000	충분한 공급
South & East Asia	356,500	547,000	129,000	232,000	심각한 공급과잉
OECD Pacific			14,000	30,000	외부 공급자에 의존
Rest of world			4,000	30,000	외부 공급자에 의존
Total:	646,500	917,000	446,000	853,000	
Practical available supply for the wind industry (after reduction factors)					
Geographical distribution and distance	-10 %	-5 %	2008년에는 충분한 공급이 가능하나, 향후 수년간 신규 생산설비의 증가가 없으면 2012년 부터 공급부족 초래 다음과 같은 두 가지 방법으로 충분한 공급량 확보가능 1) 공급자의 품질 개선 가속화 및 미국 시장과 같은 수요가 많은 지역으로의 생산설비 배치 2) 모든 풍력터빈 제작사가 수용하지 않는다 하더라도, 장거리 이송 및 고난도 물류 비용에 대한 추가 비용 포함		
Quality requirements not met	-15 %	-10 %			
Other limiting factors, e.g. skewed distribution of size/ton per item	-5 %	-5 %			
Total reduction of identified supply	-30 %	-20 %			
Practical available supply Tonnes	452,550	733,600			

Ref. BMT consult 2008

풍력터빈용 단조제품

✓ 단조제품

- 풍력터빈에서 주요 단조제품은 주 축(main shaft), 기어박스 구동부, 대형베어링 외륜 및 내륜, 플랜지 임
- 풍력터빈용 단조강의 품질요구수준은 높은 편이며, 단조부품은 CrNiMo 합금강을 사용함
 - 34 CrNiMo 6와 42 CrMo 4가 주 축에 많이 사용됨
 - 17 CrNiMo 6와 42 CrMo 4가 기어박스 피니언 샤프트와 중공 샤프트에 많이 사용됨
- 대부분의 단조부품들은 유럽, 아시아, 미국에서 공급되며, 풍력터빈 제작사들이 자체 제작하지 않음

Size of turbine	Forged material (Tones/MW)	% of demand in 2007*
Turbines<1,500kW	6	47.1
Mainstream 1,501 kW to 2,500kW	10	47.6
Turbines > 2,500 kW	15	5.3
Weight Avg.	8.4	100

풍력터빈 용량 별 MW 당 단조부품 사용량 추산 값은 타워 플랜지는 고려되지 않음, 유럽 및 아시아의 단조부품 제작사에 의하면 MW 당 타워 플랜지가 약 6.6 tons 임. 따라서, Weight Avg.는 15 tons/MW 임.

Ref. BMT consult 2008

풍력터빈용 단조제품

Company name	Country
Europe	
Euskal Forging SA*	Spain
Skoda Kovarny Plzen(Pilzen Steel)	Czech Republic
Bruck GmbH	Germany
Franchini Acciai	Italy
America	
Ellwood Group Inc	USA
A. Finkl & Sons Inc	USA
AJAX Rolled Ring & Machine	USA
CAB Incorporated*	USA
McKees Rocks Forgings	USA
Asia	
TAEWOONG Co. Ltd*	S. Korea
Hyunjin Materials Co. Ltd*	S. Korea
Pyeong San Metal(PSM) Co. Ltd	S. Korea
Yonghyun Base Material Co. Ltd*	S. Korea
Wind&P Co. Ltd*	S. Korea
Unison Co. Ltd*	S. Korea
Jiang Yin Huaxi Flange & Pipe Fitting Factory*	China

* : 세계 10 대 풍력터빈 단조제품 제작사

Company name	Country
Wuxi Dachang Heavy-duty Ring Unit Co. Ltd	China
Jiang Yin Wind Power Flange Co. Ltd	China
Shanxi Dong Huang Wind Power Flange	China
Fangyuan Ringlike Forging & Flange*	China
Pinghu Zhongzhou Heavy Machinery Co. Ltd	China
Jiang Yin zhenghong Heavy-duty forging	China
China Wind energy Technology Co. Ltd	China
Dingxiang Yanshi Forging	China
Jiangsu Jinyuan Forging Co. Ltd	China
Shandong Tongyu Group	China
Titan Metal	China
Wuxi Forging Factory	China
Zhangjiagang Sanlin Flange	China
Dingxiang Sanyou Forging Factory	China
Shanxi Shuanghuan Flange*	China
Bharat Forge Limited	India
Echjay Forgings Pvt. Ltd	India
Rajkumar Forge Ltd	India
Bay – Forge Ltd	India

Ref. BMT consult 2008

풍력터빈용 단조제품

✓ 단조제품 수요/공급 현황

- 현재 풍력터빈 단조부품 제작용량은 충분한 상황이며, 공급량이 수요보다 크게 많은 것으로 평가됨
 - 일부 핵심 단조부품에 대한 공급은 여전히 부족한 실정
 - 고 품질 기어박스 및 베어링 단조부품 제작사는 많지 않아 공급이 부족한 실정
- 풍력터빈 용량이 증가함에 따라 대형 플랜지 및 주 축 수요가 급증
 - 장거리 이송 및 물류에 대한 추가비용 지급을 꺼림 (풍력터빈 제작사)
 - 일부 지역의 부품 제작사들이 곤란을 겪고 있음
 - 유럽, 미국, 아시아 지역의 50 % 제작사 만이 주축 단조부품을 공급할 수 있음
 - 50 % 중 소수만이 3 MW 급 이상의 풍력터빈 주축을 공급 할 수 있음
- 공급 부족 해결방안
 - 풍력시장에 새로 진출하는 단조부품 제작사의 생산품질능력 향상
 - 제작사의 포트폴리오에 따른 제품용량 확장
 - 지역별 공급 확대 및 고 수요지역에 신규 생산시설 확충 : 미국, 유럽
 - 최적화된 아웃소싱 체계 구축을 통한 물류비용 최소화

풍력터빈용 단조제품

✓ 단조제품 수요/공급 현황

Continent/Region	Identified supply 2008	Expected Supply 2012	Forecasted Demand by 2008	Forecasted Demand by 2012	Comments
	Tons/year	Tons/year	Tons/year	Tons/year	
Europe	62,500	Est.90,000	148,000	282,000	심각한 공급부족
Americas	57,000	Est.90000	118,000	220,000	심각한 공급부족
China	266,000	306,000	83,000	135,000	심각한 공급과잉
India	13,000	28,000	30,000	60,000	충분한 공급
South & East Asia	279,000	334,000	116,000	207,000	심각한 공급과잉
South Korea	401,000	570,000	2,300	7,500	심각한 공급과잉
OECD Pacific	401,000	570,000	13,000	26,500	심각한 공급과잉
Rest of world			3,500	26,500	외부 제작사에 의존
Total:	799,500	1,074,000	399,000	762,000	
Practical available supply for the wind industry (after reduction factors)					
Geographical distribution and distance	-10 %	-5 %	<p>2008년까지는 수요를 만족시킬 수 있는 공급이 가능하였으나 일부 공급 부족 상황이 있었음. 향후, 2012년까지 생산시설 확장계획에 따라 이러한 국지적 공급 부족현상은 해소 될 것으로 전망됨</p> <p>그러나, 전 세계 단조부품 생산능력이 확장되더라도 미국과 유럽 일부 지역은 여전히 공급부족에 시달릴 것으로 전망되며, 유럽과 미국 지역의 시장선도 풍력터빈 제작사들은 한국기업에 아웃소싱하고 있음</p>		
Quality requirements not met	-20 %	-10 %			
Other limiting factors, e.g. skewed distribution of size/ton per item	-20 %	-10 %			
Total reduction of identified supply	-50 %	-25 %			
Practical available supply	399,750	805,500			

Ref. BMT consult 2008

풍력터빈용 단조제품

✓ 국내 타워제작사 현황

구분	업체명	세부사항
Tower	동국 S &C	-육상 및 해상 Wind Tower 제작 업체 -독자적인 기술로 2006년 수출 7000만 달러, 2007년 1억 달러 수출을 기록함. -세계 풍력발전기 타워시장 40%를 차지하며 세계 1위를 차지
Tower	동국산업	-Wind Tower 생산업체 동국 S&C 자회사로 보유, 고덕 풍산발전 인수, 신안풍력발전 설립
Tower	스페코	-육상 Wind Tower 생산업체

목 차

1	Introduction
2	Wind Turbine Blade
3	Gearbox
4	Generator
5	Bearings
6	Power Converter & Transformer
7	Castings & Forgings
8	Summary of Wind Turbine Accident Data

풍력발전 산업 사고발생 사례분석

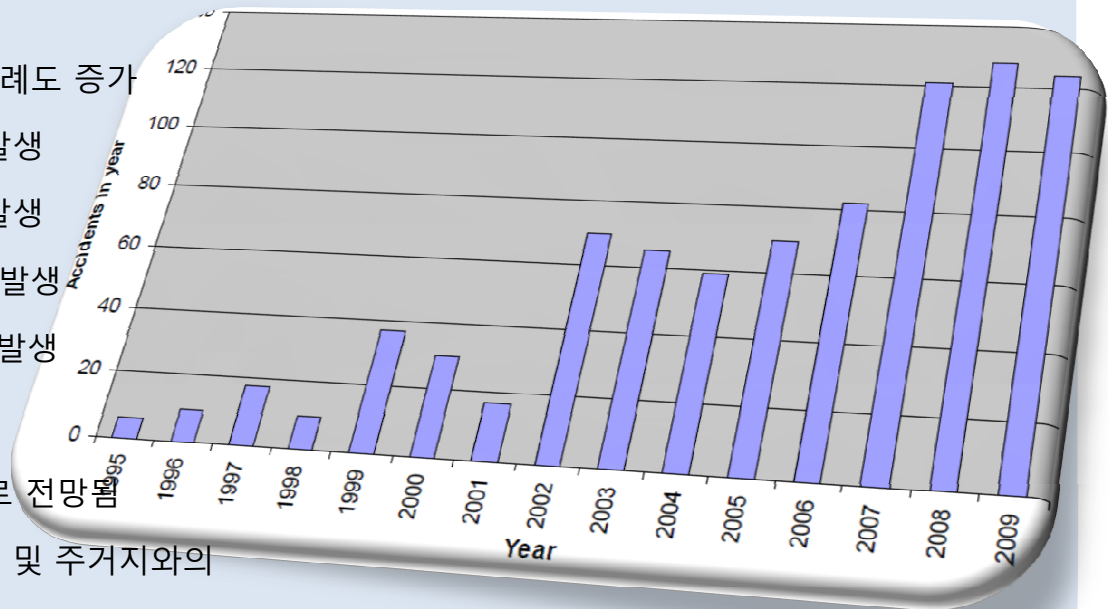
✓ 풍력터빈 사고발생 현황

- 풍력발전 산업의 활성화에 따라 전 세계 각국에 많은 풍력터빈이 설치됨

- 풍력터빈 설치 용량증가에 따라 사고사례도 증가
- 1995-99 : 평균적으로 16회/년의 사고발생
- 2000-04 : 평균적으로 48회/년의 사고발생
- 2005-09 : 평균적으로 105회/년의 사고발생
- 2007-09 : 3년 평균시 124회/년의 사고발생

- 사고발생 빈도는 향후 급속도로 증가할 것으로 전망됨

- 유럽 : 신규 풍력터빈 설치 지역과 건물 및 주거지와의 최소안전거리 확보 요구 (2 km)
- 프랑스 : 운전중인 풍력터빈 설치 주변지역 500 m 접근 금지 지역선언



풍력발전 산업 사고발생 사례분석

✓ 연도별 사고발생 수

Year	70s	80s	90-94	95-99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10*
No.	1	9	17	81	30	17	70	65	59	70	82	121	128	124	41

1) 전체 사고 수 : 915, 2010년 6월 30일까지 검토

✓ 치명적 사고 발생 수

Year	70s	80s	90-94	95-99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10*
No.	1	8	8	7	3	0	1	4	4	3	5	4	9	5	1

- 1) 전체 치명적 사고 수 : 63, 2010년 6월 30일까지 검토
- 2) 풍력산업 및 현장지원 근로자(maintenance/engineers), 소형 풍력터빈 소유자/운영자 : 49 건
- 3) 풍력산업과 직접관련 없는(예, 수송 근로자) 일반사고 : 20 건

✓ 사상자 발생 수

Year	70s	80s	90-94	95-99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10*
No.	0	0	2	3	4	1	2	2	2	6	10	14	15	7	4

- 1) 전체 사상자 수 : 72, 2010년 6월 30일까지 검토
- 2) 풍력산업과 연관된(construction/maintenance 인원포함) 사상자 수 : 61 명
- 3) 풍력산업과 직접관련 없는(예, 수송근로자) 사상자 수 : 11 명 (이중 5명은 영국의 공무원 임)

풍력발전 산업 사고발생 사례분석

✓ 블레이드 파손

Year	70s	80s	90-94	95-99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10*
No.	0	0	3	32	4	6	15	13	15	12	16	22	20	25	10

- 1) 전체 사고 수 : 182, 2010년 6월 30일까지 검토
- 2) 가장 빈번한 사고 중 하나가 블레이드 파손임. 블레이드 파손은 다양한 원인이 있을 수 있으나, 파손된 블레이드의 일부 혹은 전부가 떨어져나가는 심각한 상황을 초래 함 (현재까지 193 차례 발생)
- 3) 파손된 블레이드 파편은 1300 m 까지 날라가는 것으로 보고되며, 독일에서는 주택 지붕 및 빌딩 근처에서 블레이드 파편들이 발견된 사례가 있음
- 4) 따라서, 유럽지역은 이를 근거로 주민의 안전과 소음 및 그림자발생에 대한 영향을 최소화 하기 위해 풍력터빈 설치지역과 주거지역의 거리를 최소 2 km 이상 두도록 하는 것으로 판단됨

✓ 화재

Year	70s	80s	90-94	95-99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10*
No.	0	0	1	5	3	2	24	17	15	14	12	21	17	16	2

- 1) 전체 사고 수 : 149, 2010년 6월 30일까지 검토
- 2) 두 번째로 빈번한 사고사례가 화재임, 화재는 다양한 원인으로 발생할 수 있음
- 3) 풍력터빈 화재의 가장 큰 문제는 허브 높이가 높아서 화재 진압이 거의 불가능하다는 점임
- 4) 화재 발생시 잔해로 인해 주변지역에 광범위하게 퍼져나갈 우려가 있으며, 두 건의 화재사고로 풍력산업 종사자들의 사망사고가 보고된바 있음

풍력발전 산업 사고발생 사례분석

✓ 구조물 파손

Year	70s	80s	90-94	95-99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10*
No.	0	1	1	13	9	3	9	7	4	7	9	13	9	16	3

- 1) 전체 사고 수 : 104, 2010년 6월 30일까지 검토
- 2) 세 번째로 빈번한 사고사례는 구조물 파손이며, 태풍 등의 상황에서 터빈과 타워의 파손을 말함.
- 3) 유지보수 및 주요부품 교체가 원활하지 못하여 발생하기도 함
- 4) 구조물 파손에 의한 피해규모가 블레이드 파손에 비해 훨씬 크지만, 인명사고 발생 율은 낮은 편에 속함.
- 5) 소형 풍력터빈이 도심지 내부 혹은 학교 건물에 다수 설치됨에 따라 사고 발생 빈도는 더욱 증가할 것으로 예상됨

✓ Ice throw

Year	70s	80s	90-94	95-99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10*
No.	0	0	0	9	0	0	2	2	4	4	3	0	3	4	0

- 1) 전체 사고 수 : 31, 2010년 6월 30일까지 검토
- 2) 풍력터빈으로 부터 떨어져나간 얼음덩어리는 140 m 까지 날라간다고 보고됨
- 3) 일부 캐나다 지역 풍력터빈 사이트의 경우, 얼음이 어는 상황에서는 풍력터빈에 305 m 이상 접근하지 못하도록 경고함
- 4) 2003년에 발표된 보고자료⁽¹⁾에 의하면, 작은 사고사례까지 모두 포함할 경우 1990년부터 2003년까지 독일에서만 880건 이상이 보고됨

⁽¹⁾ "A statistical Evaluation of Icing Failures in Germany's '250 MW Wind' Programme – Update 2003, M Durstwitz, BOREAS VI 9-11 April 2003, Finland"

풍력발전 산업 사고발생 사례분석

✓ 수송

Year	70s	80s	90-94	95-99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10*
No.	0	0	0	0	0	0	4	0	3	6	6	19	10	11	3

1) 전체 사고 수 : 62, 2010년 6월 30일까지 검토

✓ 환경파괴 (조류 등)

Year	70s	80s	90-94	95-99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10*
No.	0	0	1	0	0	1	1	7	1	6	5	10	21	13	8

1) 전체 사고 수 : 74, 2010년 6월 30일까지 검토

2) 보호 조류의 사망 사고 : 31 건

풍력발전 산업 사고발생 사례분석

✓ 기타

Year	70s	80s	90-94	95-99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10*
No.	0	0	1	12	7	4	12	13	11	12	16	18	24	27	10

- 1) 전체 사고 수 : 167, 2010년 6월 30일까지 검토
 - 2) 구조파손에 영향을 미치지 않은 부품손상 데이터임,
 - 3) 유지보수 무시, 전기적 파손(화재제외), 건설, 낙뢰(블레이드 손상 또는 화재발생 상황은 제외) 등의 사고 데이터 중심
 - 4) 낙뢰의 경우 1996년의⁽¹⁾ 보고서에 따르면, 1992~1995년 까지 독일 지역에서만 393회의 낙뢰가 발생하였고, 이중 124회는 풍력터빈에 직접 떨어짐
- ⁽¹⁾ "External Conditions for Wind Turbine Operation – Results from German '250MW Wind' Programme", M Durstewitz, et al. EUWEC, Goeteborg, 1996

A large, light blue silhouette of a world map serves as the background for the central text.

**We are always by your side
Wherever and whenever you need**