

해외 풍력 발전 단지 개발 현황 및 전망

손충렬, 인하대학교 선박해양공학과
 인천광역시 남구 용현동 253 402-751
 Tel : 032-860-7338. FAX : 032-864-5850
 E-mail : soncy@inha.ac.kr

1. 해외 풍력발전 시스템의 기술 개발 현황 및 보급 현황

1.1 해외 풍력에너지 동향

70년대와 80년대의 에너지파동을 거치면서 타 국가들에 비해 대체에너지의 필요성을 먼저 인식한 국가들은 정부차원의 지원과 장려책을 수립하여 현재 환경친화적이고 지속가능한 에너지의 확보는 물론, 세계 신재생에너지 산업의 선두권을 형성하고 미래 산업의 주역으로 육성하고 있다. 그림 5는 2003년 유럽에서의 풍력발전기 설치현황이다.

세계 각국은 자국의 여건에 맞는 지원육성 프로그램을 수립하여 풍력산업의 발전을 주도하기 위한 투자를 강화하고 있다. EWEA(유럽풍력협회)의 보고에 의하면, 2003년 12월말 현재 세계 45개 국가에 보급된 풍력발전기 규모는 총 39,294MW로, 유럽의 1,900만 가구에 또는 4,700만 사람들에게 전력을 공급할 수 있는 규모이다. 특히 유럽 국가들이 90년대 후반부터 원자력발전의 중심을 중지하면서부터 풍력발전기 이용보급은 비약적으로 성장하여, 연평균 30%가 넘는 성장률을 보이고 있으며, 세계 풍력발전기 보급규모는 2004년에 47,512MW, 2009년에는 130,000MW에 이를 것으로 전망되고 있으며, 1999년 약 38억불이었던 세계시장의 규모는 2004년에 280억불에 이를 것으로 전망되고 있다.

또한, 고용면에서 1999년 미국의 경우 풍력발전산업의 직접종사자만 2,000명으로, 2010년에는 약 150,000명의 일자리가 창출될 것으로 예측하고 있으며, 유럽풍력학회(EWEA)의 보고에 의하면 유럽지역에만 2010년에 512,000명의 고용이 창출될 것으로 보고되고 있다.

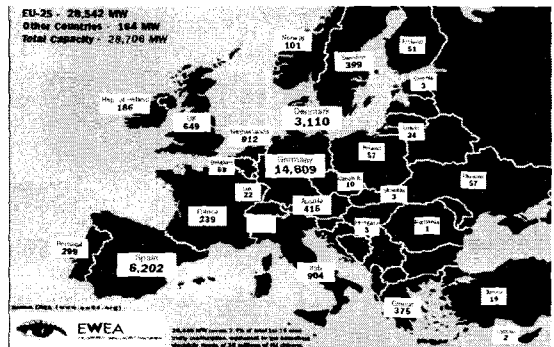


Fig. 1 Wind Power Installed in Europe by End of 2003

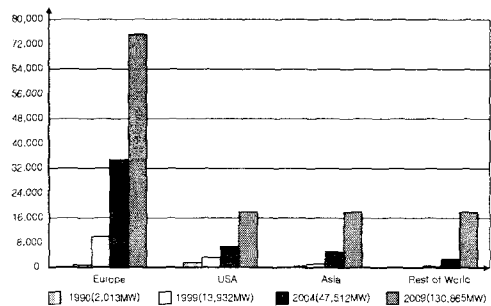


Fig. 2 외국의 풍력 에너지 개발량 변화

Table 1 유럽 풍력발전기 보급동향 및 설치현황 (단위 : MW)

국 가	2004년 초에 설치된 용량	2004년 10월 현재까지 설치된
독 일	14,609	15,600
스페인	6,202	7,049
덴마크	3,115	3,121
이태리	891	904
프랑스	240	248
영국	704	770
스웨덴	399	426
네덜란드	912	1,002
그리스	398	398
아일랜드	225	233
포르투갈	299	362
핀란드	47	78
오스트리아	415	457
벨기에	68	68
룩셈부르크	16	24
노르웨이	112	112
폴란드	58	58
우크라이나	51	57
폴란드	58	58
라트비아	24	24
터키	20	20
체코	10	10
러시아	7	7
스위스	5	5
기 타	8	14
유럽공동체	28,835	31,047

1.2 해외 풍력발전 기술의 동향

90년대 이후의 국외 풍력발전기술의 동향은 계통연계형 풍력발전단지 조성이 활발해 짐에 따라 시스템의 대형화, 구조의 단순화를 통한 생산원가의 하락과 해양풍력발전 단지 개발이라는 경향을 보이고 있다. 블레이드 제작기술과 타워 구조물 제작 기술 등 관련 기술이 발달함에 따라 미국과 유럽을 중심으로 로터 직경과 허브 높이가 60~90m에 따르는 정격용량 1,000~3,000kW의 메가와트급 풍력발전기들이 개발되고 상용화되고 있다. 1992년 한 해 동안 독일에 설치된 풍력발전기 1기의 평균 용량은 200kW 미만이었던 것이 1995년에는 두 배 이상이 커진 450kW를 기록했고, 1999년에는 919kW, 2000년 상반기에는 1,071kW에 이르고 있으며, 2001년 현재는 2MW급 풍력발전기 모델이 상용화되어 공급중이며 3~4.5MW에 이르는 초대형 풍력발전기(Multi-Megawatt wind turbine)의 상

업화가 목전에 와 있는 실정이다. 이러한 풍력발전기 대형화의 이점은 첫째가 단위 용량 당 건설비 및 설비비의 감소이며 둘째는 대형화에 따른 에너지효율의 증가를 들 수 있다. 특히 대형 풍력발전기의 출력증가는 로터 직경의 2승이 아니라 2.35승에 비해 증가하게 되는데 이는 타워의 높이 상승에 따른 평균풍속의 증가로 용량 및 이용률이 증가하기 때문이다. 이런 대형화를 통해 풍력발전의 단가는 2004년에 4cents/kwh, 2010년에는 2.5cents/kwh로 낮아질 전망이다.

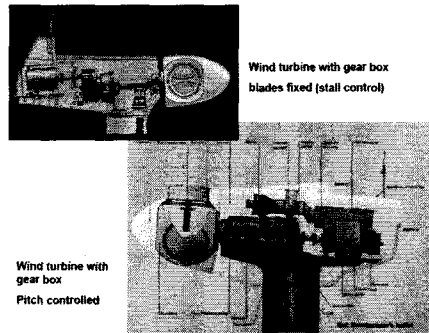


Fig. 3 Gear 타입 풍력발전 시스템

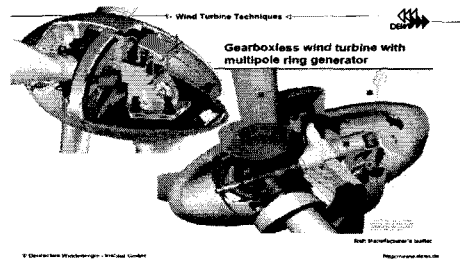


Fig. 4 기어가 없는 풍력발전 시스템

현대 들어 전력전자기술의 급격한 발전으로 풍력발전시스템의 구성 요소 중에서 기계장치 들이 전기장치로 교체됨으로써 기계적 구조가 단순되는 특징을 보이고 있다. 그림 7에서 위쪽 그림은 고전형 발전기의 동력전달체계이며, 아래쪽은 근래에 들어서 급속히 성장하고 있는 기어리스형 발전기의 개념도로서 붉게 표기된 부분이 회전하는 부품들이다. 고전적 풍력발전기는 로터의 회전속도를 증속기를 통해 발전기 동기속도로 증속시켜 유도발전기를 통해 계통에 직접 연계하는 풍력발전기가 가장 널리 보급되어왔

다. 그러나 근래에 들어와 로터의 회전속도를 증속장치가 아닌, 발전기 극수를 증대시킨 다극형 동력발전기를 이용하여 이를 전기적으로 해결하는 직접구동형 풍력발전기의 개발이 새로운 분야로 자리를 잡고 있다. 이는 근래들어 AC/DC/AC 계통연계 장치들을 포함한 전력제어 장치들의 제작기술이 발달과 반도체 소자 가격이 낮아져 지속적인 유지보수가 필요한 기계적 장치를 단순화하고 경량화와 효율 및 유지·보수면에서 유리한 전기적 장치로 대체하려는 현상이 두드러지고 있다는 것이다. 이러한 단순화의 경향은 특히 대형풍력발전기에서 더욱 두드러져 새롭게 개발 중인 2~3MW급 풍력발전의 많은 모델이 채택 중이거나 사용을 고려하고 있는 추세이다. 덴마크, 네덜란드, 독일 및 영국 등은 해안에서 수km떨어져 수심이 5m~20m 바다 위에 풍력발전기를 설치하는 해양풍력발전단지를 개발 중에 있다. 이 해양풍력발전단지는 내륙의 공간적 제약에서 벗어나 해상의 우수한 풍력자원을 이용하고 저난류성으로 인한 시스템의 수명증대를 가져올 수 있는 장점이 있다. 이런 장점에도 불구하고, 해상 구조물의 높은 설치비용으로 인해서 그동안 실용화 되지 못하였으나, 대형풍력발전기 개발의 성공으로 인하여, 단위의 용량을 대형화 할 수 있으므로 발전단가의 경쟁성을 확보해가고 있는 실정이다. 덴마크 전력회사들의 경제성분석 결과에 따르면 대당 용량 1,500kW 풍력발전기를 사용한 해상풍력발전단지의 경우 Tuno지역의 해상단지의 경우는 발전 원가는 kWh당 현재 6cents에서 3.8cents로 낮아질 것으로 전망하고 있다. 또한 국의 풍력발전기 전문제작사 들은 해양풍력단지용 모델로 대형발전기를 개발보급 중에 있으며, Enercon, GE, VESTAS, REPOWER사 등 많은 풍력발전기 제작사들이 해양풍력단지용 모델을 주력 모델로 내세우고 있는 실정이다.

2. 해상 풍력 단지

현재 진행되고 있는 전 세계의 해상 풍력 발전 단지 사업은 9개소에 이르고 있다. 해상풍력 발전 단지의 개발 시작은 초기 1990년대에 이르러 덴마크 해안 발틱에 2개의 단지가 형성되면서 불이 형성되어갔다. 볼란드(Lolland) 섬 북쪽에 있는 Vindeby 풍력 발전단지 내 11기의 450kW급(Bonus)이 1991년에 설치되었으며 1995년에는 Samso섬과 Jutland 반도의 동쪽 해안 사이에 있는 Tuno Knob에 10기의 500kW급 (Vesta)이 설

치되었다. 이러한 추세는 1997년에 Gotland 스웨덴 섬 해안 근처인 Bockstigen 풍력발전단지에 5기의 550kW급(현 NEG Micon)이 설치되었다.

두 개의 프로젝트가 네덜란드에서도 진행되었으며 지난 2년 동안에는 해상 풍력 발전단지 건설이 영국의 뉴캐슬근처에 Blyth 풍력단지와 스웨덴에 2단지가 시행되었고, 덴마크의 Middlegrund(40MW), Horns Rev(160MW)와 Mysted(165.6MW) 같은 해상풍력단지는 세계에서 제일 큰 해상 풍력 발전 단지로 건설되었다.

미래에는 더욱 큰 규모의 해상 풍력 발전 단지가 추진 중에 있으며, 특히 독일은 50,000MW이상 설치 계획 중이고 덴마크는 2030년경에는 전기 생산량의 50%이상을 풍력으로 대치할 계획을 갖고 있다. 이러한 가능성은 오로지 해상 풍력발전기의 개발로 가능한 것이고, 이로 인한 단지 개발 및 계획은 영국, 스웨덴, 아일랜드, 네덜란드 등으로 확산되고 있는 실정이며, 북해의 모양이 해상 표면상 달라지게 보이게 될 것이다.

3. 해상풍력 발전기의 개발 과정

초기엔 덴마크의 동해에 2개의 풍력단지가 90년 초에 설치되었는데, Bonus Energy사가 1991년에 11개의 450KW급 발전기를 Lolland 섬 북쪽에 있는 "Vindeby" 단지에 설치하였고, Vestas 회사가 1995년에 10기의 500KW급 발전기를 tland 동연안과 Samso 사이에 있는 "Tuno Knob" 단지에 설치하였다. Windworld A/S - 현 NEG Micon 사가 1997년에 스웨덴의 Gotland 앞바다에 있는 "Bockstigen"단지에 5기의 550KW급 발전기를 설치하였다. 또한 네덜란드의 Ijsselmeer 해역에도 2개의 프로젝트 (NedWind 500KW급 4기와 Nordtank 600KW급 28기)가 진행되고 있으며, 지난 2년 동안엔 영국의 Newcastle에 있는 "Blyth"단지에 Vestas사 제품 2MW 발전기 2기가 설치되었고, 스웨덴의 Kalmarsund에 있는 Utgrunded에는 Enron Wind 사의 1.5MW급 발전기 7기가 설치되었으며, Yttre Steengrund에는 NEG Micon사의 2MW급 발전기 5기가 설치되었으며, 더욱이 현존하는 최대 해상 풍력 발전단지는 코펜하겐 문턱에 준하는 1.7km에서 3.5km 떨어진 해안가에 Bonus Energy사의 2.0MW급 발전기 20기가 설치되었다. 이렇듯 향후 얼마간은 덴마크의 Vestas, Bonus 그리고 NEG Micon사 제품이 해상풍력

발전단지에 주로 설치되어 질 것이다.

4. 독일의 해상 풍력 단지화 계획

독일 풍력 연구소(DEWI)의 연구보고서에 의하면 2030년까지 독일의 북해와 동해 해상 쪽에 20,000MW에서 25,000MW정도의 설치 용량을 추진하고 있다. 여기서 생산 될 수 있는 전기생산량을 연간 8천만에서 1억 kWh 정도 될 것이고, 향후 30년간 전기 사용량의 변화가 크게 없다면, 이는 독일의 전기 생산량의 15%에서 20%정도 감당할 수 있을 것으로 본다. 독일은 2001년 11월에 처음으로 해상 풍력 발전단지 공사 허가를 내주었다. 초기 단지화의 의미는 실험적으로 단지를 꾸미는 의미도 있어서 우선 12기의 5MW급 발전기를 Borkum 섬 북쪽 45km지점에 설치하게 되고 이 프로젝트는 Leer에 있는 Prokon Nord회사가 시행하게 되었다. 총건설 비용은 대략 1억 2천 5백만 유로(Euro)화에서 1억 4천 5백만 유로화 정도 들 것으로 보고 있다. 더욱이 12마일 해상을 벗어난 지역에 설치되는 단지로서는 세계 최초가 될 것이고, 이러한 단지화 계획은 기후 변화 협약에 대응해서 신재생에너지 이용에 박차를 가할 수 있는 계기가 독일 내에서 이루어질 것이며, 사회적, 정치적 측면에서 보면 지역 경제 활성화와 고용 창출이라는 큰 의미가 있다고 강조되고 있다.

이 단지가 최종적 목표인 208기의 발전기들이 설치되면 15억 유로화가 투자되어질 것이고 이는 해상 풍력 발전단지화 계획의 원동력이 될 것으로 보고 있다. 이러한 추세로 본다면 2030년까지 투자되어질 비용 400억 유로화가 될 것으로 추정하고 있다. 지금까지 신청된 해상 풍력 발전단지 프로젝트들은 독일의 북해와 동해 지역으로서, 북해 쪽에는 22개 프로젝트가 신청되고 동해 쪽에는 7개의 프로젝트가 신청되었다. 이 프로젝트들은 대개 중소기업들에 의해 제출되었고 전체 설치 계획된 용량은 50,000MW정도나 된다.(표2,3참조)

12마일 해안 범위 안에 설치하려고 계획하고 있는 풍력 단지들은 특히 Schleswig-Holstein 과 Mecklenburg-Vorpommern 해안 지역이 되고있다. 이 지역 지방 정부의 강력한 지원아래 "Sky2000"프로젝트가 검토되어지고 있는데, 위치는 Fehmarn의 남동쪽에 서 15~20km 떨어진 지점으로서 설치 용량은 100MW

정도 계획하고 있다. 현재 환경 영향평가를 어업, 철새 이동, 관광등에 대하여 실시하고 있고, 해안지역에 접해 있기 때문에 배의 항해에 미치는 위험성등에 대해 조사를 하고 있다. 이러한 계획들은 주민들에게 또한 관광객들에게도 알려주기 위해 자주 전시회를 열어 홍보를 하게 될 것이다. 이 계획을 추진하고 있는 팀들은 연안 지역의 장점을 살리기 위해 풍향조사를 하기 위한 측정 Platform를 제작하여 설치 예정지에서 측정 실시할 것으로 되어 있다.(표3 참조)

5. 미래를 위한 해상풍력 발전단지 계획

덴마크는 "에너지 계획 2030" 보고서에서 북해의 "Horns Rev"단지에 4,000MW 설치 용량을 계획하고 있다고 발표했으며, 현재는 풍력발전 단지에서의 생산 발전량의 전체의 20%정도 되지만 2030년엔 50%에 달할 것이라고 하였다. 5개의 프로젝트가 추진되고 있으며 160MW 단지화는 이미 결정 되었고, 2007년 까지는 모든 계획들이 현실화 될 것이다.(그림 1 참조) 스웨덴의 Gotland 서쪽 해안 앞에 있는 Klasarden 단지에는 NEG Micon 사의 2MW급 발전기 21기를 설치할 계획을 갖고 있다.

또한 스웨덴과 덴마크 사이에 있는 Oresundbruke (대교) 기슭에 "Lillegrund" 단지가 72MW 설치 용량으로 계획되고 독일의 Enercon사 제품 40기가 설치 될 것이다. 스웨덴도 총 100MW의 해상 풍력 발전 단지를 계획하고 있다. 노르웨이는 수력발전이 풍부하나, 부족한 전력을 덴마크의 화력발전에서 생산된 전력을 수입 계획하였으나, 이를 풍력으로 대체하려고 계획하여, Trondheim근처 Valsneset Fjord에 Nordex사 제품 2.5MW급 1기를 설치하기로 했다. 반면 핀란드에선 수력 발전이라면 영국에선 풍력이 수력 발전 역할을 하게 될 것이다. 향후 영국은 13 예정지역에 18개의 해상 풍력 발전단지를 계획하고 있다. 유럽에 설치된 풍력 발전 용량과 해상 풍력 발전 단지 계획에 대한 것은 표4에 있는 바와 같다. 이렇듯 유럽대륙의 나라들은 (스웨덴, 프랑스, 벨기에, 네덜란드) 나름대로 해상풍력 발전 단지화를 꿈꾸고 있으며, 대단위 단지는 아니지만 중소 규모의 단지화 계획을 추진하고 있는 실정이다.

Table 2 유럽의 해상풍력 단지 계획표

No.	Country	Name of park	In Operation (Y/n)	Commissioned	Installed Capac.	No. Turbines	Type of Turbine	Production GWh/yr	Dist. from coast km	Sea
65	Ireland	Blackwater Bank 1	N	n.a.	260	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
66		Blackwater Bank 2	N	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
67		Arklow Bank	N	2003-2006 (phased)	520	200	n.a.	n.a.	7-12	n.a.
68		Codling and Greater Codling Bank	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
69		Bray Bank and kish Bank	N	2003	up to 300MW	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
70		Dundalk Bay	N	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1	Sweden	Rone Gotland	n.a.	n.a.	35	35	Nordic 1MW	n.a.	n.a.	n.a.
2		Klasården	n.a.	2003	42	21	NEG Micon 2.0MW	n.a.	n.a.	n.a.
3		Gotland-Hockstigen	Y	1998	2.75	5	Wind World 550KW	n.a.	4.5	Baltic Sea
4		Utgrunden	Y	2001	10.5	7	Tacke TW1.5s	n.a.	12.5	Baltic Sea
5		Blekinge Oland Southern Skane	n.a.	n.a.	30	100	1MW	n.a.	n.a.	n.a.
6		Blekinge Oland	n.a.	n.a.	300	100	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7		Yttre Stengrund	Y	2001	10	5	NEG Micon 2.0MW	n.a.	5	n.a.
11		Ystad Skane	n.a.	n.a.	10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
13		Lillgrund BankBarsebank	n.a.	n.a.	86.4	48	Enercon E66/18.70	n.a.	n.a.	n.a.
14		Barsebank	n.a.	n.a.	750	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Table 3 유럽의 해상풍력 단지 계획표

No.	Country	Name of park	In Operation (Y/n)	Commissioned	Installed Capac.	No. Turbines	Type of Turbine	Production GWh/yr	Dist. from coast km	Sea
45	The Netherlands	Q7	N	2003	120	60	Vestas V80 2MW	350	23	North Sea
46		Egmond aan Zee	n.a.	2004	100	36	NEG Micon 2.75MW	n.a.	n.a.	North Sea
49	UK	Kentish Flats	n.a.	n.a.	n.a.	30	n.a.	n.a.	8	n.a.
50		Gunfleet Sands	n.a.	n.a.	29.8	n.a.	n.a.	n.a.	7	n.a.
51		Scroby Sands	N	n.a.	50	25	Vestas V80 2.0MW	98	2.3	n.a.
52		Cromer	n.a.	n.a.	n.a.	30	n.a.	n.a.	6.5	n.a.
53		Lynn	n.a.	n.a.	n.a.	60	n.a.	n.a.	5.2	n.a.
54		Inner Dowsing	n.a.	n.a.	n.a.	60	n.a.	n.a.	5.2	n.a.
55		Teesside	n.a.	n.a.	n.a.	30	n.a.	n.a.	1.5	n.a.
56		Blyth Offshore	Y	2000	n.a.	2	Vestas V6 2.0MW	n.a.	0.8	North Sea
57		Solway Firth	n.a.	n.a.	n.a.	60	n.a.	n.a.	9	n.a.
58		Barrow	n.a.	n.a.	n.a.	30	n.a.	n.a.	10	n.a.
59		shell Flat	n.a.	n.a.	n.a.	90	n.a.	n.a.	7	n.a.
60		Southport	n.a.	n.a.	n.a.	30	n.a.	n.a.	10	n.a.
61		Burbo	n.a.	n.a.	n.a.	40	n.a.	n.a.	5.2	n.a.
62		North Hoyle	n.a.	n.a.	n.a.	60	n.a.	n.a.	6	n.a.
63		Rhyl Falts	n.a.	n.a.	n.a.	60	n.a.	n.a.	8	n.a.
64	SCarweather Sands	n.a.	n.a.	n.a.	30	n.a.	n.a.	9.5	n.a.	

Table 4 유럽의 해상풍력 단지 계획표

No.	Country	Name of park	In Operation (Y/n)	Commissioned	Installed Capac.	No. Turbines	Type of Turbine	Production GWh/yr	Dist. from coast km	Sea
47	Belgium	Thornton Bank	n.a.	end-2005	n.a.	60-120	2.5-3.6MW	1000	n.a.	North Sea
48		Vlakte van de Raan	n.a.	2003	100	50	Bestas V80 2.0MW	n.a.	12	North Sea
12	Denmark	Middelgrund en	Y	2001	40	20	Bonus2.0 MW	81	1.7~3.5	n.a.
17		Gedser Rev	on hold	n.a.	144	96	n.a.	n.a.	6-20	n.a.
20		Roedsand	N	2003	165.6	72	Bonus 2.3MW	480	9-10	Baltic Sea
21		Orno Stalgrunde	on hold	n.a.	150	96	n.a.	n.a.	10	n.a.
22		Vindeby	Y	1991	4.95	11	Bonus 450KW	11.73	1.5~3.0	Baltic Sea
23		Samsø	N	2003	23	10	Bonus 2.3MW	n.a.	n.a.	n.a.
24		Tuno Knob	Y	1995	5	10	Vestas 500KW	12.7	6	Kattegat Sea
25		Laeso	on hold	2003	150	78	n.a.	n.a.	40	n.a.
26		Horns Rev	Y	2002	160	80	Vestas V80 2.0MW	n.a.	14-20	North Sea
71		France	Nord-Pas-de-Calais	n.a.	n.a.	775	n.a.	n.a.	2400	5-8
72	Manche, Basse-Normandie		n.a.	n.a.	3500	n.a.	n.a.	10800	5-10	n.a.
73	Bretagne		n.a.	n.a.	2050	n.a.	n.a.	6300	3-10	n.a.
74	Languedoc-Roussillon		n.a.	n.a.	2800	n.a.	n.a.	10600	3.5-10	n.a.

Table 5 유럽의 해상풍력 단지 계획표

No.	Country	Name of park	In Operation (Y/n)	Commissioned	Installed Capac.	No. Turbines	Type of Turbine	Production GWh/yr	Dist. from coast km	Sea
8	Germany	Pommersche Bucht	N	n.a.	1000	200	5MW	n.a.	42	Baltic Sea
9		Arkona Becken Südost	N	n.a.	945	189	4-5MW	n.a.	n.a.	Baltic Sea
10		Adlergrund	N	n.a.	790	158	3-5MW	n.a.	40	Baltic Sea
15		Kriegers Flak	N	n.a.	315	75	3-5MW	n.a.	35	Baltic Sea
16		Pilot Mecklenbug-Vorpommern	N	n.a.	40	21	Nordex, Neptun, Brand Elektro)	n.a.	15	Baltic Sea
18		Baltsee	N	n.a.	415	83	3-5MW	n.a.	30	Baltic Sea
19		Sky 2000	N	n.a.	100	50	2MW(1/3 Vestas, rest open)	n.a.	19	Baltic Sea
27		Dan Tyll	N	n.a.	1500	300	5MW	n.a.	60	Baltic Sea
28		Weisse Bank	N	n.a.	600	120-170	3.5-5MW	n.a.	60	Baltic Sea
29		Butendiek	N	n.a.	240	80	3MW	n.a.	30	Baltic Sea
30		Offshore Helgoland	N	n.a.	200	100	2MW(Vestas)	n.a.	13	Baltic Sea
31		Schleswig Holstein Nordsee	N	n.a.	800-1000	200	4-5MW	n.a.	15	Baltic Sea
32		Amrumbank West	N	n.a.	up to 288	72	3-4MW	n.a.	35	Baltic Sea
33		Amrumbank/Nordsee-Ost AWZ	N	n.a.	1250	250	5MW(96x repower NOK 5)	n.a.	17	Baltic Sea
34		Meerwind	N	n.a.	819	234	3.5MW	n.a.	n.a.	Baltic Sea
35		Nordergründe	N	n.a.	>200	76	2.5-5MW	n.a.	12-15	Baltic Sea
36		Wilhelmshaven	N	n.a.	4.5	1	4.5MW(Encon E-112)	n.a.	<10	Baltic Sea
37		Dollart	N	n.a.	9	5	1.8MW(Encon)	n.a.	n.a.	Baltic Sea
38		Juist	N	n.a.	1400	280	5MW	n.a.	n.a.	Baltic Sea
39		Borkum III(or Borkum West)	N	n.a.	60(later 100)	12(later up to 285)	3.5-5MW	n.a.	40	Baltic Sea
40		Borkum Riffgrund	N	n.a.	180	180	3.5MW	n.a.	34	Baltic Sea
41		Borkum IV	N	n.a.	400	90-160	2.5-4.5MW	n.a.	n.a.	Baltic Sea
42		Riffgat	N	n.a.	135	30	4.5MW(Encon)	n.a.	15	Baltic Sea
43		Borkum Riffgrund West	N	n.a.	1800	458	2.5-5MW	n.a.	40	Baltic Sea
44	Sandbank 24(Europe Pipe West)	N	n.a.	2600(1st phase 260)	120	3MW	n.a.	120	Baltic Sea	

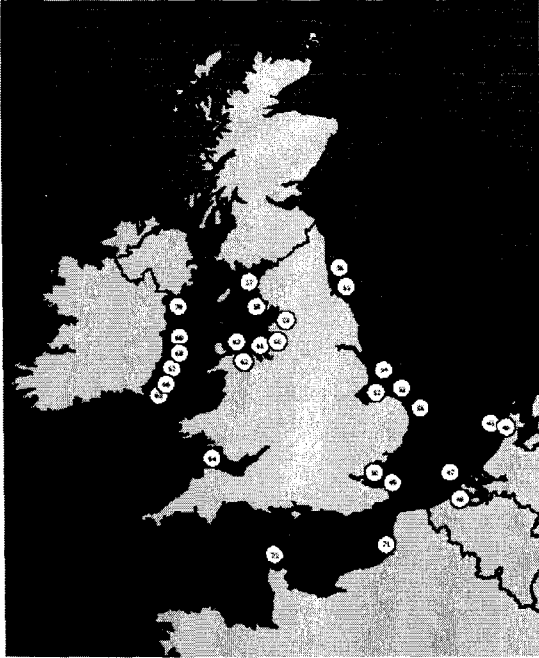


Fig. 5 유럽의 해상풍력 단지

6. 해안 및 해상풍력단지의 운용 계획 및 현황

가) 해안 풍력단지

풍력단지 "Moorhusen-Stoerdof"의 운용 현황을 분석해보기로 한다.

풍력단지의 위치는 엘베강 어구 근처의 Moorhusen에 위치하고 있으며, 풍력발전기 용량은 NEG Micon 사의 1500kW급 Stall 타입으로 총 15기를 설치 예정으로 되어 있어서 2000년에 5기, 2001년에 10기 설치되어 운용되게 된다. 이지역의 평균 풍속은 풍력발전기 주탑 높이 68m 위치에서 6.9-7.1m/s가 되는 아주 양질의 풍력을 얻고 있다. 계통선 연결은 이미 전력공급사와 협조가 이루어졌고, 전력공급은 380kV로 연결된다. 이 단지의 순수 연간 총 발전량은 46,626MW가 될 것이라고 전문가들은 예측하고 있다.

단지 투자 금액은 (1)합자회사의 자본금 17,700,000DM과 Koenig X 찬 회사 200,000DM, KC Wind-Energy 회사 10,000DM, KVT Trenhand 회사 10,000DM과 (2)의 부지원자금으로 ERP-대부 29,250,000DM, DTA-대부

16,400,000DM, 당좌계정신용(대부) 2,600,000DM으로 총 66,170,000DM 투자 되었으며, 이중 풍력단지 구성하는데 든 비용이 58,500,000DM이고 초기 컨설팅과 타당성조사, 회계처리비용 등으로 491,000DM, 단지 건설 감독비 40,000DM, 신탁관리비용 132,000DM, 단지 선정보장 비용으로 350,000DM, 초기투자비이자 1,320,000DM, 금융중계비 1,700,000DM, 마케팅비용 1,504,500DM이 들고, 정화할증금 대부 656,000DM, 유동자산비축금 1,476,500DM으로 총 66,170,000DM이 사용되는 것으로 산출되었다.

이 풍력 발전단지에 대한 투자금의 분배액은 2021년까지는 계속해서 증가하여 23%까지 할당 될 것으로 예측되며, 총분배금의 합계는 251%로 예상 되어진다. 이러한 배당금 산정은 독일의 경우 전기 매입가가 풍력발전의 경우 17.8%로 결정되고, 전기 매입가 산출 근거에 의해, 투자분석을 했기 때문에 이루어 질 수 있는 것이다.

나) 해상 풍력단지

◆ 덴마크의 40MW 풍력발전 단지 Middelgrunden 의 투자현황

- 위치 : 코펜하겐 항구에서 3 km 떨어진 곳
- 평균풍속 : 타워위 63m Hub 위치에서 7.1 m/s
- 발전기 구성
 - 제작사 : Bonus
 - 용량 : 2MW (asynchronous generator)
 - 회전자 직경 : 76m
 - 타워 높이 : 64m
 - 회전자 타입 : 3 Blade
 - Blade 제작사 : LM (날개 길이 37m)
- 무게
 - 회전자 : 50 ton
 - Nacelle : 75 ton
 - 타워 : 85 ton
- 총 비용
 - 발전기 : 27.0 million EURO (270억)
 - 기초부 : 9.5 million EURO (95억)
 - 내부계통선 : 4.6 million EURO (46억)
 - 외부계통선 : 4.1 million EURO (41억)
 - 제 잡 비 : 4.1 million EURO (41억)

- ▶ 총 합계 : 49.2 million EURO (472억)
- MW당 비용 : 1.2 million EURO (12억)
- 전력비 : (추정 연간 생산 전력 : 89GWh)
-20년 사용시 : 5.3 EURO-cent Per kWh (53원)

◆ EU Joule III Project에 의한 해상풍력단지 시스템 최적설계

- 주요설계자료
 - 풍력단지용량 : 300MW
 - 풍력 발전기 : WTS 80M (3MW - 80m)
 - 지지 구조물 : Soft-Soft mono pile (단일지주형)
 - 해상 계통선 : AC 해저 케이블 24/150kV
 - 배열 효율 : 93% (10D 균일가격)
 - 전달 효율 : 96%
 - 유효성 : 96.5%
 - 연간 생산량 : 787 GWh/year
- 선정단지 위치 자료
 - 위치 : 네덜란드 북해, Ljmuiden 근해
 - 년 평균풍속(60m 위치) : 8.4 m/s
 - 해안에서의 거리 : 11.4 ~ 18.6 km
 - 수심 : 14 ~ 19 m
- 총 투자비용
 - 풍력 발전기 : 170 million ECU (1,710억)
 - 기초 및 설치비 : 118 million ECU (1,180억)
 - 해상계통선 연결비 : 77 million ECU (770억)
 - 사업운영비 : 전체비용의 2%
 - 전체 사업비 : 373 million ECU (3,720억)
 - 운전 보수비 : 9 million ECU (9억)
 - 운전 수명 : 20년
 - 전력 생산비 : 5.1 EURO-cent Per kWh (51원)

7. 맺음말

풍력발전은 가장 실용성 있는 재생에너지원으로써 정부의 신재생에너지 보급 목표인 2011년 7%에 큰 역할을 할 것이다. 국내의 육상 풍력은 부지 확보 문제로 인한 단지화 조성에 제한적 요인이 있으므로 향후 해상 풍력에 대한 기반 조성이 필요하다. 특히 해상 풍력 발전 사업은 밝은 미래에 대해 무한한 가능성을 갖고 있으며 새로운 기업 분야로 확립되어야 한다. 해상 풍력 사업의 활력은 점점 더 커지고, 새로운 전망이 더욱 개발 될 것이며, 새로운 개발 역할 분담과 경험을 통한 성장이 이루어 질 것이고, 이 분야에 대한 기술들은 더욱 개척되고 진보되어 질 것이다. 국가적인 정책이나 정치적인 지원만이 무한한 해상 풍력의 청정 자원을 우리에게 갖다 줄 것이다. 특히 우리나라가 갖고 있는 지리적 여건을 본다면 해상 풍력이야말로 기후 협약에 대처해 나갈 수 있는 절호의 청정 신재생에너지이다.

8. 참고문헌

- (1) 김은일 : "신흥 풍력산업 육성책"
- (2) 손충렬 : "해상 풍력에너지 개발 현황 및 미래"2003 한국 풍력기술 연구회, 한국풍력기술 및 정책 Workshop
- (3) "OFFshore Wind Energy", "REFOCUS, May/June 2003
- (4) 손충렬 : "미래의 북해 해상 풍력발전 단지 개발 및 계획 현황 "제14회 신재생에너지 Workshop, 2002. 11
- (5) C. Hinsch, "Die Meere verändern ihr Gesicht" Wind Energie 2002
- (6) EWEA, "ENABLING OFFSHORE WIND DEVELOP MENTS", 2002