

行政院及所屬各機關出國報告

出國類別：實習

(裝訂線)

報告題名：風力機組大型化之選用及規劃裝置技術

服務機關：台灣電力公司

出國人 職 稱：機械股長

姓 名：李文強

出國地區：德國

出國日期：91年12月14日至24日

報告日期：92年3月7日

93/009200266

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

風力機組大型化之選用及規劃裝置技術

頁數 14 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

李文強/台灣電力公司/營建處/機械股長/02-2366 6933

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：91年12月14日至24日 出國地區：德國

報告日期：92年3月7日

分類號/目

關鍵詞：風力機組、風力發電

內容摘要：(二百至三百字)

1. 簡介德國 NORDEX 和 ENERCON 二家風力發電機製造公司 1800KW 等級機組之技術特性
2. 介紹德國風機選用規劃以投資回收及利潤為優先考慮之觀念
3. 說明在風機開發案中，投資前先設立測風塔以取得準確風場資料的重要性
4. 針對發包規範及驗收程序，提出德國的做法供參考
5. 介紹德國風力營運中心的運作情形，作為本公司風機之運轉監控、維修、營運支出、發電量統計等整合營運之參考

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.gsn.gov.tw>)

風力機組大型化之選用及規劃裝置技術

目錄	頁數
壹、目的	3
貳、過程	3
三、心得	6
四、建議	7
附錄：風機性能資料	10

壹、目的

澎湖中屯風力發電計畫已安裝四部風力發電機組，容量為 600KW、德國 ENERCON 出產之 E-40、可變速風力發電機。完工後運轉情況良好，發電績效超過預期。行政院張院長 90 年 10 月 27 日並參加按鈕典禮，對本工程讚賞有加，由於中屯風力計畫的成功，後續之中屯風力擴建計畫、大潭、彰濱風力計畫也將陸續展開，預計到民國一百年本公司將裝置 200 台風力發電機。

由於風力機越做越大，以單機容量計算，500KW 以下稱為小型風機，500KW~999KW 者稱為中型風機，1000KW 以上稱為大型風機；目前最大的風機由德國 ENERCON 公司製造，安裝於柏林市郊，容量為 4500KW（機型代號 E-112 葉片直徑 112 公尺），為原型試驗機種，其他技術資料尚未公布。

風機出力和葉輪面積成正比，再加上大型風機製造技術已普遍且成熟，所以只要在客觀條件允許，一般均朝向使用大型風機，以獲得較佳經濟效益；本次出國計畫針對大型風機中容量為 1800KW 等級的機種。

本次參訪公司為 ENERCON 及 NORDEX 二家，均為德國著名風力機製造廠，1800KW 等級風機均為其成熟產品。

貳、過程

依公司 91 年 12 月 10 日電人字第 9112-0378 號函奉准後，即積極趕辦各種手續，時間很緊迫，於 12 月 14 日由中正機場搭機經由阿姆斯特丹轉機至德國不來梅，

Enercon 公司參訪

Enercon 公司位於德國不來梅北邊的 Aurich 小鎮，距離不來梅車程約 1.5 小時，無方便的公眾運輸工具，計程車車資打折後為 120 歐元；Aurich 人口約 45,000 人，十餘年來因著 Enercon 公司的發展，這個小鎮也受益良多，從公司員工到餐飲旅館都和 Enercon 有關；在計程車上和司機談話中，知道這小鎮以 Enercon 為榮；司機是本地人，他對風機的認識已遠超過一般人的水準，非常令人驚訝。

一路上看到路邊的草上都堆滿積雪，路上有撒鹽車，路旁湖面已結成冰，偶有人上面溜冰，農作物全部都沒有生長；田的邊界都種植高大的防風林，路邊有許多 ENERCON 的風機，不停在運轉，此地似乎是很好的風場。有一處 E-66

(1800KW)風機約有11台豎立在路上很壯觀。此地稱風力機為wind farm，亦即在田中與農作物共存。另外也有稱之為wind park，望文知意，顯示風力發電和環境共存的關係。

ENERCON 雖然在風機市場獨領風騷，卻是一家無股票上市的小公司，E-66(1800KW)機種是該公司大型風機之主力機種，國內外銷售狀況很好，參訪過程中由該公司 Project Manager Assistant Mr. Buchtman 陪同。首先到 E-66(1800KW)的風機葉片(BLADE)製造廠參觀，葉片是風機很重要的組件，主要是由 FRP 和 EPOXY 一層層的組合而成，能夠輕巧、堅固地將風能很有效率的轉換成機械能，我特別問他如此巨大的葉片如何做平衡，他找來工程師解釋，因為轉速很慢基本上是用以不同的支點稱重量，再和設計值比較，在不符合的位置增減重量做靜平衡處理，葉片和轉子組合處設計有二圈螺栓結合，這也是和其他廠牌不同之處。

緊鄰葉片工廠的是發電機裝配廠，ENERCON 風機是可變速(VARIABLE SPEED)、無齒輪變速箱的設計，風力機是直接由連接葉片的轉子(ROTOR)帶動發電不經增速，發電機的極數很多體積很龐大，稱之為(RING GENERATOR)；各種的繞線積片等工作都是手工處理，所以發電機的裝配及製造的技術要求很高。這一部份是該公司很獨特的設計，參觀時尚有人來關切擔心會有洩密發生。

接著參觀機艙(NACELLE)組裝工作，機艙裡頭包含有發電機、主軸承、迎風轉向系統(YAW)等重要風機組件，由於沒有增速齒輪，發電機緊接在風機轉子後方，所以風機機艙內部空間很寬廣，角落處還有一個小的懸臂吊車，利於維修保作業；即使要檢修葉片也可以從機艙內部穿過發電機，到達葉片根部附近，再深入檢視葉片則要用照相機垂進去檢查。(其他廠牌的風機在轉子外部有梯子，作為檢修用)

Enercon 風機是將發電機的交流電轉成直流電，Convertor 再依據系統的電壓及頻率，將直流電轉成交流電輸出至電網；這種控制設計和電梯的交流變壓變頻類似，只是過程相反；其整體機械構造很簡單，但是電氣控制較複雜，其中之一的特色是在系統電壓太高時，自動降載輸出；此點在孤立的電力系統上能對系統影響最小。

NORDEX 公司參訪

NORDEX 位於漢堡市郊，是一個大企業集團下的風力部門，其風機技術與 ENERCON 不同，主要差別在於有增速齒輪，將風機輸出轉速增加約 70 倍後輸出至發電機，因此發電機極數較少體積也較小。

NORDEX 公司近年擴張很快，在遠東地區是北京和日本都有分公司，而且經營策略採取和當地產業合作方式，將風機部份組件，諸如塔架、葉片等由當地公司製造，並積極參與協助當地國家的風機佈置規劃，期望能長久的經營合作。

一般人認為無變速齒輪的風機(以 enercon 為代表)優於齒輪式，但是 NORDEX 公司認為能為業主賺最多錢的風機才是最好，簡單可靠和耐久的設計理念，加上完整的財務規劃是風機成功的最重要條件。

NORDEX 對於 1800KW 等級的風機共有三種，分別為 1500KW/S70，2300KW/N90，2500KW/N80；其中 N80 和 N90 是新機種，N80 適合於風速較強地區，N90 適合風速較弱的內陸地區；二者都使用 pitch control 及 yaw system；以便得到最佳風能。

此次接待人員為該公司的主管標案副總，因此參訪重點為放在風機的規劃方面；另外 NORDEX 也安排北京分公司的業務經理李剛先生陪同座談，也順便介紹大陸的風機開發情況。以下是訪談的重點：

一、有關風場資料方面：

風機的成敗在於是否有足夠的風速，在內陸地區平均風速不高，若估計稍有偏差，其發電量會差很大。目前可行性報告的風速資料只能顯示是否有風力潛能，是屬於 MARCO 的角度，但是一旦要設置風機，還要進一步實測，最好是豎立風塔實際調查地表風速和塔高風速的關係大小，做 MIRCOC 的分析，尤其是位置在丘陵地區，地表有風高空未必有風，或者二者間有分層風切現象；一定不能省略測風塔，否則可能會發生嚴重的錯誤；甚至要拆下整個設備另找位置。以 NORDEX 德國公司以及在日本和中國大陸的分公司而言，都會設置測風塔詳細測量後才決定風機種類及容量，若未詳細規劃，會有失敗的風險。

二、風機容量的選擇

每一個風場特性不同，因此很難像買柴油機一樣，指定裝置容量，NORDEX

公司接受客戶委托，多是依據風場資料，規劃出不同的風機容量和數量的組合，選擇其中財務條件最佳的組合，再交由業主決定。因為風機並不負擔基載供電任務，用來評估風機的最重要因素便是財務條件，能夠為業主帶來最大收益的風機，才是值得投資。

三、 驗收方法

風機性能驗收最大的困難是無法知道風機前的正確風速，來驗證風機廠商投標時所提出的性能區線，而風機機艙上的風速計其位置在葉片的後方，受到葉片和機艙形狀的影響，會有擾流和亂流現象，並不能正確反應出風機前的風速；NORDEX公司認為這一點毫無問題，性能曲線本身已有公信力，不必再去驗證。

風機廠商要開發一台風機，從原型機到正式公布其性能區線，要經過數年之久；其中性能區線是經由第三者公信檢驗機構驗證，其過程嚴密而繁複，在重要的點取樣測試次數超過數百次，其正確性遠超過業主的現場測試，因此現場測試應是僅供參考，接受廠商的性能區線是最簡便的做法。

四、 風機營運

在德國的風機很多屬於私人所有，他們大多不懂工程技術，完工後將營運完全交給風機製造公司，業主只關心營運收入；因此每一個風機公司同時還兼管很多私人風機；因此NORDEX設有營運中心，利用網際網路監控包含私人和各大電力公司所有的該公司製造風機，有故障時馬上顯示，可派人去維修；該公司的營運中心時面積約100平方公尺，操作員示範連線到英國的風機，螢幕上很快顯示風機的各项參數，並可以進行統計分析。

參、 心得

風力機近年發展迅速，但因風力發電的成本仍較傳統的煤、石油、核能為高且無尖峰負載能力，若要持續發展風力發電機，最重要的是政府要有明確且永續的能源政策，其中風能電力收購價格佔最重要的角色，在德國由於收購價格的誘因，許多私人農場都興建風力機組；目前全國風力機裝置容量接近 100 萬 KW；風力機已成為德國鄉村普遍的景觀。

在德國有許多農莊，經常“零出資”就可以設立風力機組，其做法是農莊主人委托風機廠商提出評估計劃書，送交銀行審查，若財務條件可行，則由銀行撥

款安裝，日後由電費收入分期攤還。所以在政府、銀行、風機製造廠及業主收入的每一個環節緊緊相扣，造就德國風機產業的發展。在這種條件下，財務可行性評估成為最重要的成敗關鍵，技術水準反而不是最重要。

比較這次參訪的NENRCON和NORDEX，前者強調技術及服務，但是後者強調業主和地主國的參與。二家公司文化不同，前者是賣風機並且希望日後維修工作全包，業主只要數鈔票就好；後者是賣整套的服務，希望業主和地主國也能參與，從評估，佈置，選擇機種到部份零組件如塔架和葉片等在地主國自製，維修伙伴配合等，風機廠商擔任核心技術供應者，地主國提供周邊設備服務。其實這二種做法都很好，要看國內工業水準及周邊條件而定。

四、建議

此次出國參訪對於本公司風力發電有下列五點建議：

一、發包前宜豎立測風塔測量風場實際風速

可行性計劃之資料許多引用自氣象站，其數據為大面積調查值（marco survey），它的風速高度不同於日後風機高度，測站位置也和風機位置不同；真正要設立風機的地點應再豎立測風塔，作細部調查（mirco investigation），用檢驗證風機設立後的效益以免投失敗。

二、成立營運中心

風力發電應成立一個統合的營運中心，才能有效的管理，利用寬頻網路可以很方便的管控每一台風機，它的設置成本很低，但是有下列好處：

1. 因風力發電量很少又不能做為基載，在不同的電廠未必受到同樣的重視；故風力機的可用率可能會受影響，進而影響風機效率；唯有整合為一個單位才能確保每台風機都處於最佳狀態；並提升營運績效。
2. 可以監控各項風機參數，統計單獨或平均的風機績效；可以清楚的評估投資效益；非但可檢討舊案，還能作為評估新開發案的依據。
3. 營運中心也是利潤中心，掌握長期歷史資料，可以向當局建議適當的收購電價，使風力發電能在台灣蓬勃發展

4. 另一個潛在的機會是營運中心有機會在公司民營化後，轉變為風力發電公司。

三、 招標規範之效率評比及風機效率的驗收方法

傳統上台電公司購買發電設備都要做效率試驗，風機的驗收也是如此。但是最大的困難在於現場無法得到風機葉片前方的風速值，所以參考葉片後方機艙上方的風速計，但因葉片後方有大量的擾流，使風速計失真無法反應葉片前的風速值。

以往風力招標規範中以保證權重平均輸出 (GWAO) 作為重要的評比資料，以風機在 5、9、13、17 及 21 m/sec 的風速下的輸出值分別乘以 2.7、2.7、2.7、1.6 及 0.3 做為保證權重平均輸出。這種做法有以下的盲點：

1. 以上的風速和權重作為風機輸出的投標評比，並不能反應現場實際風速發生的機率，目前各風場風場平均風速最多在 7m/sec 附近，高風速發生的機會很少，應該平均風速時的輸出值權重佔最大，所以這種方式並無法買到最適合此風場的風機。
2. GWAO 的風速是指機艙上的風速計的值，而風機性能曲線所指的風速是風機葉片前方的風速值，二者並不相同；機艙上的風速計設計是供轉向及其他作用，例如：起動 (CUT IN) 停止 (CUT OUT)，在運轉中的各項負載控制不受此風速計影響，因此不能用來核對性能曲線用，若勉強用來對比輸出能力，其資料僅供參考，並無公信力。
3. 對一個負責任的公司而言，很難填寫 GWAO，但是對於志在得標的公司，如果隨便的填，而事後又無法驗證而以許多原因來解釋，反而造成驗收的困擾。

針對以上困難，提出下列方法供以後發包工作參考：

1. GWAO 方法可繼續使用，但是風速以風機葉片前方的風速值為準，輸出及權重以風機廠商型錄所載之出力，並使用實際風場的風速分佈曲線機率做為權重，亦即如果 4m/sec 到 5m/sec 的風速佔 30%，則風機在這一段的輸出乘以 30%，全部加總起來可以得到最適合這個風場特性的風機。
2. 風機性能有關效率部份之驗收不必再做現場試驗，直接引用型錄數據驗

收即可；因為廠商要開發一台風機，從原型機到正式公布其性能區線，要經過數年之久；其中性能區線是經由第三者公信檢驗機構驗證，其過程嚴密而繁複，在重要的點取樣測試次數超過數百次，其正確性遠超過業主的現場測試，因此現場測試應是僅供參考，接受廠商的性能區線是最簡便的做法。

3. 對於驗收者而言，若合約中已事先規定清楚，驗收程序反而簡單，最重要的是不會有後遺症，不會有任何廠商抗議，或者質疑其公平性。
4. 要測量葉片前的風速，只有依 code ICE 61 400 12 的規定；在風車前 2.5 倍轉子位置豎一支風速塔架，其他推定方法都不準確。測一次的代價是 8 萬歐元，時間可能持續數月；其結果和型錄曲線誤差在 5% 以內為合格；若是廠商提出是無誤差保證值，則會先將認證合格曲線扣 5%，整個過程很繁複。其實相信第三公証機構驗證過的性能區線是最簡單有效的驗收方法。

四、使用輕柴油之離島發電應推廣設置風力機組」

在使用輕柴油發電時，安裝風力機的替代經濟效益極高，而且離島地區的風速都較高，風機出力較大，唯一要考慮的是離島負載容量很低，為避免風機出力影響電力系統穩定，宜選用無齒輪式風力發電機，其電力調節功能很強，在系統電壓太高時會自動減低出力，很適合在小離島大力推廣

五、參加世界性風機展覽會

全世界風機廠商每年都會聯合舉辦風機展覽，本公司若要持續發展風力發電，應派員參觀，廣泛收集風機產業最新資料，作為發包依據。

附錄：風機性能資料

- 1、 NORDEX 公司 N-80 (2500KW) 及 N-90 (2300KW) 規格表
- 2、 NORDEX 公司 S-70 (1500KW) 及 S-77 (1500KW) 規格表
- 3、 ENERCON 公司 E-66 (1800KW) 規格表
- 4、 ENERCON 公司 E-66 (1800KW) 性能公証紀錄

Facts and Figures.

	N80/2500kW	N90/2300 kW	Power Curve N80/2500kW		
Rotor			Wind speed	Power	Cp
Number of blades	3	3	[m/s]	[kW]	
Rotor speed	10.9 to 19.1 rpm	9.6 to 16.9 rpm	4	15	0.076
Rotor diameter	80 m	90 m	5	120	0.312
Swept area	5,026 m ²	6,362 m ²	6	248	0.373
Power regulation	Pitch	Pitch	7	429	0.406
Cut-in wind speed	4 m/s	3 m/s	8	562	0.420
Cut-out wind speed	25 m/s	25 m/s	9	964	0.430
Rated power at	14 m/s	12 m/s	10	1306	0.424
Survival wind speed	65 m/s. corresponding GL type class 1	55.3 m/s. corresponding GL type class 2	11	1658	0.405
Pitch regulation	Individual pitch	Individual pitch	12	1994	0.373
Weight	c. 50,000 kg	c. 51,000 kg	13	2264	0.335
Blades			14	2450	0.290
Blade length	38.8 m	43.8 m	15	2450	0.236
Material	GRP	GRP	16	2470	0.196
Weight	c. 8,600 kg	c. 9,600 kg	17	2500	0.165
Gearbox			18	2500	0.139
Type	Planetary gearbox	Planetary-spur-gear	19	2500	0.118
Gear ratio	1 : 68.1	1 : 77.44	20	2500	0.102
Weight	c. 18,000 kg	c. 16,000 kg	21	2500	0.088
Oil quantity	360 l	360 l	22	2500	0.076
Oil change	Annual check, change as required	Annual check, change as required	23	2500	0.067
Main shaft bearing	Cylindrical roller bearing	Cylindrical roller bearing	24	2500	0.059
Generator			25	2500	0.052
Power	2,500 kW	2,300 kW	Rounded values based on measurements of Windtest Grevenbroich and aerodynamical calculations		
Voltage	680 V	660 V	Power Curve N90/2300 kW		
Type	Asynchronous double-fed, liquid cooled	Asynchronous double-fed, liquid cooled	Wind speed	Power	Cp
Speed	700-1,300 rpm	740 - 1,310 rpm	[m/s]	[kW]	
Insulation class	IP 54	IP 54	4	70	0.281
Weight	c. 12,500 kg	c. 12,500 kg	5	183	0.376
Yaw system			6	340	0.404
Yaw bearing	Ball bearing	Ball bearing	7	563	0.421
Brake	Hydraulic disc brake	Hydraulic disc brake	8	857	0.430
Yaw drive	Two asynchronous motors	Two asynchronous motors	9	1225	0.431
Speed	c. 0.6 %s	c. 0.5 %s	10	1607	0.412
Control system			11	1992	0.384
Type	PLC, Remote Field Controller (RFC)	PLC, Remote Field Controller (RFC)	12	2208	0.328
Grid connection	Via IGBT converter	Via IGBT converter	13	2300	0.269
Scope of monitoring	Remote monitoring of more than 300 different parameters, e.g. temperature sensors, hydraulic sensors, pitch parameters, wind sensor set		14	2300	0.215
Recording	Production data, event lists with filter function, long and short-term trends		15	2300	0.175
Visualisation	Panel-PC in switchboard and remote monitoring software		16	2300	0.144
Brake			17	2300	0.120
Design	Three independent systems, fail safe (individual pitch), various braking sequences		18	2300	0.101
Aerodynamic	Individual pitching of blades	Individual pitching of blades	19	2300	0.086
Mechanical	Disc brake	Disc brake	20	2300	0.074
Tower			21	2300	0.064
Type	Tubular: conical steel, epoxy coating Lattice: hot-dip galvanized		22	2300	0.055
Hub heights	Tubular tower 60 m, Certificate IEC 1, DIBt 3 Tubular tower 80 m, Certificate IEC 1, DIBt 3 Tubular tower 100 m, Certificate DIBt 3 Lattice tower 105 m, Certificate on request	Tubular tower 80 m, Certificate DIBt 3 Tubular tower 100 m, Certificate DIBt 2 Lattice tower 105 m, Certificate on request	23	2300	0.049
			24	2300	0.043
			25	2300	0.038

As of 2/2002, subject to change

Facts and Figures.

S70/1500 kW

S77/1500 kW

Rotor		
Number of blades	3	3
Rotor speed	10.6-19.9 rpm	9.9-17.3 rpm
Rotor diameter	70 m	77 m
Swept area	3,848 m ²	4,657 m ²
Power regulation	Pitch	Pitch
Cut-in wind speed	3 m/s	3 m/s
Survival wind speed	56.3 m/s (at 65 m hub height)	50.1 m/s (at 85 m hub height)
Pitch regulation	Individual electromotive pitch	Individual electromotive pitch
Total weight	c. 32,000 kg	c. 32,000-34,000 kg
Blades		
Blade length	34 m	37.5 m
Material	GRP	GRP
Weight	c. 5,400-5,900 kg	c. 6,500 kg
Gearbox		
Type	Combined planetary and spur gear	Combined planetary and spur gear
Gear ratio	1 : 94	1 : 104
Weight	c. 14,000 kg	c. 14,000 kg
Oil quantity	300 l	300 l
Oil change	Annual check, change as required	Annual check, change as required
Main shaft bearing	Self-aligning roller bearing	Self-aligning roller bearing
Generator		
Power	1,500 kW (adjustable)	1,500 kW (adjustable)
Voltage	690 V	690 V
Type	Double fed asynchronous generator, air cooled	
Speed	1,000-1,800 rpm ± 10 %	1,000-1,800 rpm ± 10 %
Enclosure class	IP 54	IP 54
Coupling	Multiple steel disc, insulated	Multiple steel disc, insulated
Efficiency	Efficiency c. 95 % at full load, (electrical system overall)	
Weight	c. 7,000 kg	c. 7,000 kg
Power factor	Variable, 1.0 to 0.95 ind.	Variable, 1.0 to 0.95 ind.
Yaw system		
Yaw bearing	Four-point bearing	Four-point bearing
Brake	Hydraulic disc brake with 10 calipers	Hydraulic disc brake with 10 calipers
Yaw drive	4 induction motors	4 induction motors
Speed	0.75 %s	0.75 %s
Control system		
Type	Microprocessor	Microprocessor
Grid connection	Via IGBT converter	Via IGBT converter
Scope of monitoring	Remote monitoring of more than 300 different parameters, e.g. temperature sensors, hydraulic sensors, pitch parameters, vibration, speed, generator torque, wind speed and direction, etc.	
Recording	Production data, event list, long and short-term trends	
Brake		
Design	Three independent systems, fail safe (individual pitch)	
Operational brake	Electromotive blade pitch	Electromotive blade pitch
Secondary brake	Disc brake	Disc brake
Tower		
Type	Conical tubular steel tower with polyurethane coating Lattice tower, hot-dip galvanized	
Hub heights	Tubular tower 65 m, Certificate GL 2, DIBt 3 Tubular tower 85 m, Certificate GL 4, DIBt 2 Lattice tower 85 m, Certificate DIBt 2 Lattice tower 98 m, Certificate DIBt 2 Lattice tower 114.5 m, Certificate DIBt 2	Tubular tower 61.5 m, Certificate DIBt 2 Tubular tower 85 m, Certificate DIBt 2 Tubular tower 90 m, Certificate DIBt 2 Tubular tower 100 m, Certificate DIBt 2 Lattice tower 96.5 m, Certificate DIBt 2 Lattice tower 111.5 m, Certificate DIBt 2

Power Curve S70/1500 kW

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Cp
4	24	0.159
5	86	0.292
6	188	0.369
7	326	0.403
8	526	0.436
9	728	0.424
10	1006	0.427
11	1271	0.405
12	1412	0.347
13	1500	0.290
14	1500	0.232
15	1500	0.189
16	1500	0.155
17	1500	0.130
18	1500	0.109
19	1500	0.093
20	1500	0.080
21	1500	0.069
22	1500	0.060
23	1500	0.052
24	1500	0.046
25	1500	0.041

Rounded values based on measurement of
WINDTEST GmbH
Report no. WT 138/00 Nov. 99 - Feb. 00

Power Curve S77/1500 kW

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Cp
4	25	0.137
5	87	0.244
6	214	0.347
7	377	0.385
8	589	0.403
9	855	0.411
10	1162	0.407
11	1453	0.383
12	1500	0.304
13	1500	0.239
14	1500	0.192
15	1500	0.156
16	1500	0.128
17	1500	0.107
18	1500	0.090
19	1500	0.077
20	1500	0.066

As of 15.12.00 calculated values
Certification is under preparation

As of 2/2002, subject to change

Model: ENERCON E-66

Rated capacity: 1,800 kW

Rotor diameter: 70 m

Hub height: 65/85/98 m
(variety of towers and foundations)

Turbine concept: gearless, variable speed, variable blade pitch

Rotor with pitch control

Type: upwind rotor with active pitch control

Direction of rotation: clockwise

Number of blades: 3

Swept area: 3,848 m²

Blade material: fiberglass (reinforced epoxy)
with integral lightning protection

Rotor speed: variable, 10–22 rpm

Tip speed: 35–76 m/s

Pitch control: three synchronised blade pitch systems
with emergency supply

Generator with drive train

Hub: rigid

Main bearings: tapered and cylindrical roller bearings

Generator: direct-driven synchronous ENERCON ring generator

Grid feeding: ENERCON inverter

Braking system:

- 3 independent pitch control systems with emergency supply
- rotor brake
- rotor lock for service and maintenance

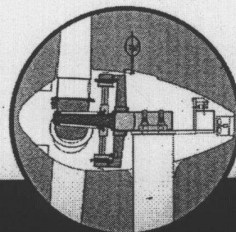
Yaw control: active through adjustment gears,
load-dependent damping

Cut-in wind speed: 2.5 m/s

Rated wind speed: 12.0 m/s

Cut-out wind speed: 28–34 m/s

Remote monitoring system: ENERCON SCADA



TECHNICAL FOCUS E-66 1,800 KW

**Auszug aus Messbericht:
Zwischenbericht DEWI-PV 0002-05-F**

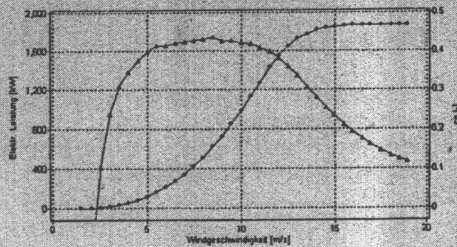
Windenergieanlage: Enercon E-66/18.70
Hersteller: Enercon GmbH
D-26605 Aurich



WEA-Daten:
 Nennleistung: 1800 kW
 Rotordurchmesser: 70 m
 Nabenhöhe: 65 m → *hub height*
 Pitchwinkel: variabel
 Rotordrehzahl: variabel → *rotor rpm*

Messungen:
 gemäß IEC 61400-12: 1998 und MEASNET
 - Messperiode 14.04.2000 – 19.12.2000
 - Standort: Hage (Niedersachsen)
 - Mittelungsperiode: 10 Min.
 - Windgeschwindigkeitsmessung in 65 m Höhe
 - Auswertesektor: 283°-349°
 - Meteorologische Standardatmosphäre
 - Anemometer: Vector A100L2
 - Anemometerkalibration: DEWI gemäß MEASNET
 - Messunsicherheit:
 - Anemometer (nach Kalibration): 0.1 m/s
 - Leistungsumformer: 10.5 kW
 - Temperatursensor: 1.0 °C
 - Luftdrucksensor: 2.0 hPa

Bin-No.	v-Bin	P-Bin	n	Cp
[-]	[m/s]	[kW]	[-]	[-]
3	1.48	-4.54	3	-0.591
4	2.07	-2.46	41	-0.118
5	2.50	3.82	137	0.104
6	3.01	15.34	204	0.239
7	3.49	30.97	280	0.309
8	4.00	51.82	294	0.345
9	4.51	81.12	277	0.376
10	5.00	116.76	274	0.397
11	5.50	161.68	236	0.413
12	5.99	206.76	247	0.413
13	6.51	272.96	208	0.420
14	6.98	338.74	190	0.423
15	7.50	424.35	181	0.428
16	7.96	510.11	177	0.430
17	8.49	628.18	143	0.436
18	8.98	725.60	128	0.426
19	9.49	859.77	109	0.427
20	10.01	991.00	99	0.420
21	10.48	1135.17	102	0.419
22	10.98	1274.96	118	0.409
23	11.52	1430.38	106	0.398
24	12.00	1549.43	118	0.381
25	12.48	1648.14	127	0.360
26	12.98	1729.38	95	0.337
27	13.49	1770.20	56	0.307
28	14.01	1817.16	36	0.281
29	14.52	1841.40	24	0.256
30	14.96	1847.38	14	0.235
31	15.49	1864.44	25	0.213
32	15.96	1865.73	19	0.195
33	16.50	1866.64	18	0.177
34	16.91	1867.27	10	0.164
35	17.52	1865.64	11	0.148
36	18.07	1866.95	6	0.135
37	18.48	1865.79	7	0.126
38	18.90	1866.32	3	0.118



Gemessen durch: Deutsches Windenergie-Institut GmbH

Datum: 27.02.2001
Unterschrift und Stempel:


 (i.V. Dr. Klug)




 (i.A. Dipl.-Phys. D. Westermann)