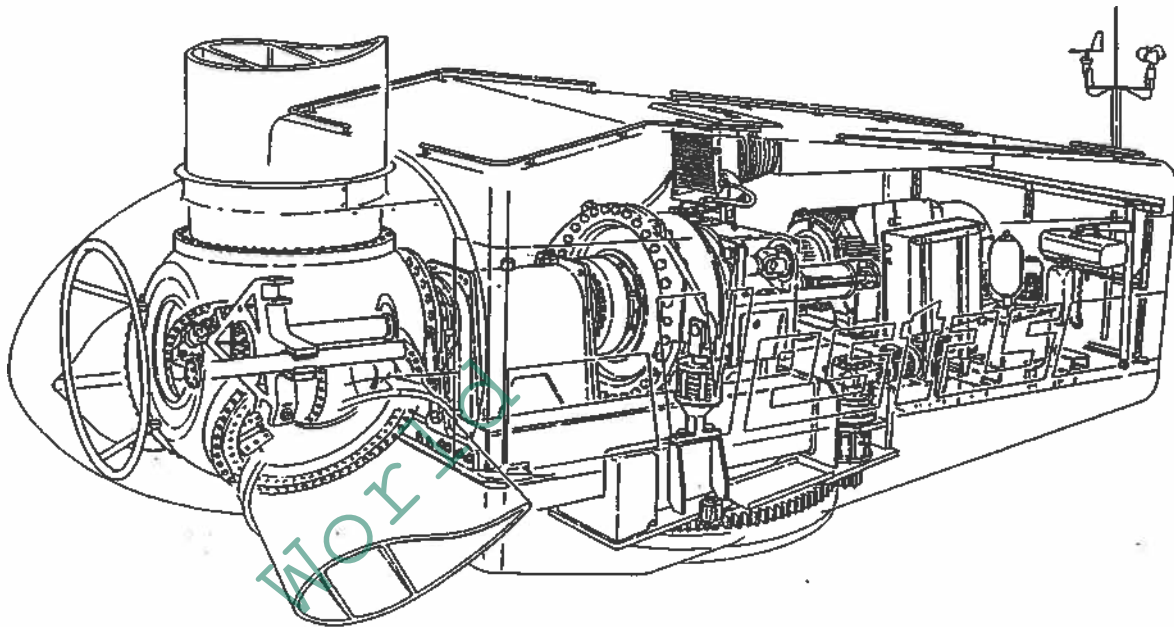


**600 kW**

**Variabel Slip Vindmølle**



**V42 - 600 kW**

**V44 - 600 kW**

**VESTAS 600 kW  
variabel slip vindmølle**

<b>Indholdsfortegnelse:</b>	<b>Side</b>
1 Introduktion . . . . .	1
2 Hoveddata . . . . .	1
3 Vind klima . . . . .	1
3.1 Site specifikke laster . . . . .	3
4 Effektkurve og årlig produktion . . . . .	4
4.1 V42 - 600 kW . . . . .	4
4.2 V44 - 600 kW . . . . .	6
4.3 Produktion ved forskellige gennemsnitsvindhastigheder og Weibull fordelinger . . . . .	8
5 Variabelt slip . . . . .	9
6 Generel Specifikation . . . . .	10
6.1 Maskin opbygning . . . . .	10
6.2 Generelle Specifikationer . . . . .	11
6.3 Komponenter på møllen . . . . .	12
6.4 Installation . . . . .	17
6.5 Generelle forbehold . . . . .	17

MWPS World

## 1 Introduktion

VESTAS 600 kW vindmøllen er udviklet på baggrund af erfaringer fra V39 - 500 kW vindmøllen.

VESTAS 600 kW vindmøllen fremstilles i 2 udgaver med forskellig bestrøget areal for tilpasning til forskellige placeringer med gennemsnitsvindhastighed på op til 12 m/s. Røtdiametrene er 42 og 44 m afhængigt af aktuelle vindforhold og laster.

Begge versioner er baseret på V42 - 600 kW basismodellen, som introducerede det nye overlegne variable slip koncept. Denne feature sikrer en jævn produktion samtidig med at systemet reducerer lasterne betydelig.

Den specielle VESTAS Optitip® feature er standard på begge VESTAS 600 kW møllerne. Denne feature sørger hele tiden for optimal tipvinkel med hensyn til strømproduktion og støj. Funktionen sætter også VESTAS i stand til at levere special versioner med lavt støj niveau (Se pkt. 6.2.5.).

## 2 Hoveddata

Hoveddata for de 2 versioner er:

Model	Rotor Diameter	o/min.	Nav højde (Standard)
V42 - 600 kW	42 m	30.0	40.5
V44 - 600 kW	44 m	28.0	40.5

## 3 Vind klima

Vindforholdene for en opgiven placering er normalt specificeret ved en Weibull vindfordeling, beskrevet ved en A og C faktor. A faktoren er proportional med gennemsnitsvindhastigheden, og C faktoren definerer faconen på Weibull fordelingen eller med andre ord; langtidsvariation af timer ved forskellige vindhastigheder. Turbulensen er en faktor der giver korttidsvariationer/fluktuationer. Nedenfor listes vindforhold for begge versioner af VESTAS 600 kW vindmølle.

Version	Gennemsnits-Vindhastighed	Turbulens
V42 - 600 kW	Max. 10 m/s	Max. 17%
V44 - 600 kW	Max. 8 m/s	Max. 17%

Vindhastighed og turbulens i navhøjde.

Stop vindhastigheden er en designparameter. De maximale vindhastigheder er også vigtige for vindmøllens laster. De maksimalt tilladte ekstreme vindhastigheder samt stop vindhastighederne er listet nedenfor:

Version	Max. 10 min.	Max. 3 sek. vindstød	Stop vind hastighed
V42	50	70	25 m/s
V44	43	60	20 m/s

Ovennævnte skema kan bruges til at afgøre, hvilken type af VESTAS 600 kW vindmøllen, der er bedst egnet til en bestemt placering.

MWPS World

### 3.1 Site specifikke laster

Følgende formler og grafer kan bruges til at ekstrapolere de klimatiske forhold, tabellerne i pkt. 3.0 til udregning af levetidsfaktoren. Møllens forventede levetid er 20 år, når livetidsfaktoren er mindre eller lig med een. Der er selvfølgelig en vis usikkerhed forbundet med disse formler og grafer, derfor skal resultaterne bekræftes af VESTAS.

$$\text{Levetidsfaktor} = f_{\text{mean}} * f_{\text{dens}} * f_{\text{turb}}$$

$$f_{\text{mean}} = (((V_{\text{site}} - V_{\text{original}})/V_{\text{original}}) * 1/2) + 1$$

$$f_{\text{dens}} = (((\rho_{\text{site}} - \rho_{\text{original}})/\rho_{\text{original}}) * 1/2) + 1$$

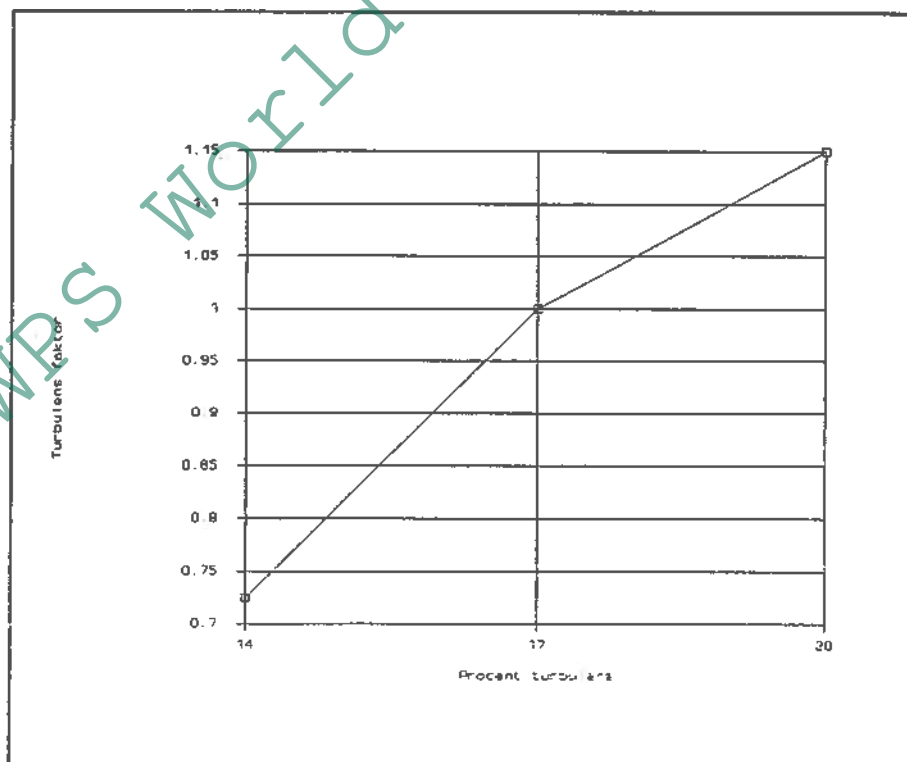
$$f_{\text{turb}} = \text{Turbulens faktor fra figur}$$

$$V_{\text{site}} = \text{Gennemsnitsvindhastighed for "siten" i m/sek.}$$

$$V_{\text{original}} = \text{Gennemsnitsvindhastighed for en specifik mølle fra ovennævnte tabeller.}$$

$$\rho_{\text{site}} = \text{"Site" specifik luftmassefylde. 1.30 min. 1.10)}$$

$$\rho_{\text{original}} = \text{Standard luftmassefylde} = 1.225 \text{ kg/m}^3$$



## 4.2 V44 - 600 kW

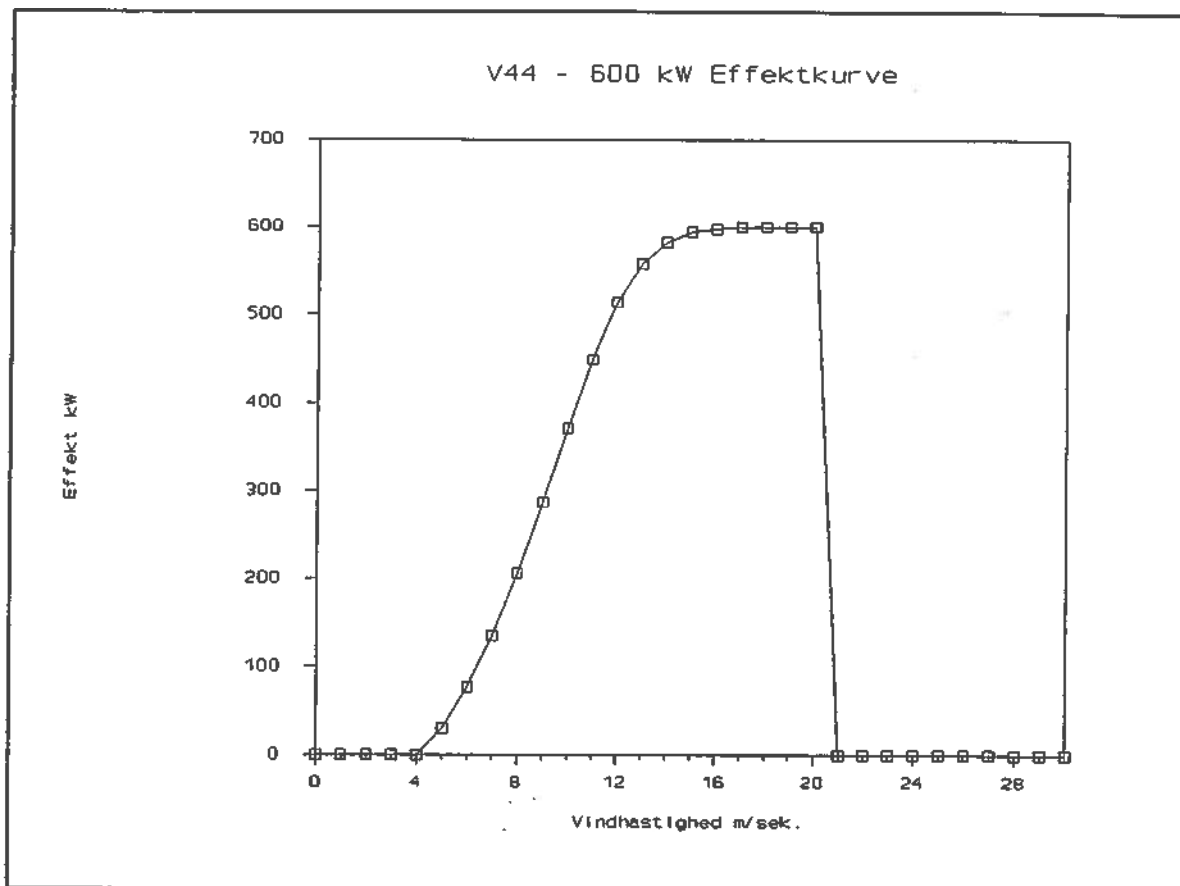
Effektkurverne er udregnet på grundlag af NACA63.600 og FFA-W3 airfoil data.  
Vindhastighed: 10 min. middelhastighed i navhøjde og vinkelret på rotoren.

Parametre for de uregnede kurver: 50 Hz/60 Hz

Tip vinkel : Fitchreguleret.  
Turbulens : 10 %.

EL-effekt [kW] som funktion af vindhastighed [m/s] og luftens massefylde [ $\text{kg/m}^3$ ]:

$V_{10}$	1,225	1,06	1,09	1,12	1,15	1,18	1,21	1,24	1,27
4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	30.4	24.7	25.8	26.8	27.8	28.9	29.9	31.0	32.0
6	77.3	65.2	67.4	69.6	71.8	74.0	76.2	78.4	80.6
7	135	115	119	123	126	130	134	137	141
8	206	176	181	187	192	198	203	209	214
9	287	246	253	261	268	275	283	290	298
10	371	320	329	338	348	357	366	375	384
11	450	393	404	415	425	436	445	454	463
12	514	461	471	482	492	503	511	518	525
13	558	517	525	534	542	551	556	560	565
14	582	557	563	568	573	579	581	584	586
15	594	581	584	587	589	592	593	594	595
16	598	593	594	595	596	598	598	598	599
17	600	598	598	598	599	599	599	600	600
18	600	599	599	600	600	600	600	600	600
19-20	600	600	600	600	600	600	600	600	600



V44-600 kW effektkurve er beregnet på grundlag af målinger udført af Windtest, Tripod og Vestas. Effektkurven er beregnet ved en gennemsnitsmassefylde på  $1.225 \text{ kg/m}^3$  og en turbulens på 10 %. Ved andre turbulensværdier og luftmassefylder vil kurven variere.

MWPS World

## 4 Effektkurve og årlig produktion

### 4.1 V42 - 600 kW

Effektkurverne er udregnet på grundlag af NACA63.600 og FFA-W3 airfoil data.  
Vindhastighed: 10 min. middelhastighed i navhøjde og vinkelret på rotoren.

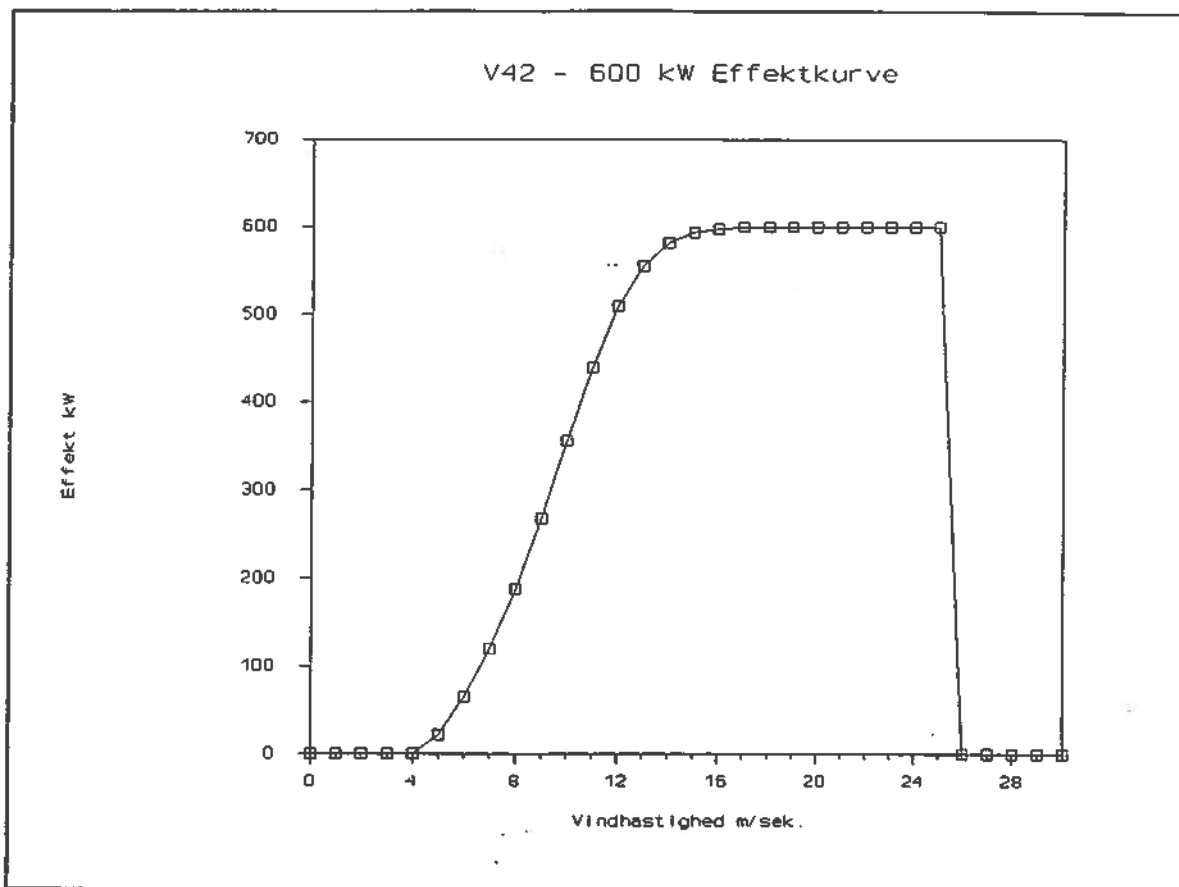
Parametre for de udregnede kurver: 50 Hz/60 Hz

Tip vinkel : Pitchreguleret.  
Turbulens : 10 %.

EL-effekt [kW] som funktion af vindhastighed [m/s] og luftens massefylde [ $\text{kg/m}^3$ ]:

$V_{10}$	1,225	1,06	1,09	1,12	1,15	1,18	1,21	1,24	1,27
4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	21.5	17.0	17.8	18.6	19.4	20.2	21.1	21.9	22.7
6	65.2	54.7	56.6	58.5	60.4	62.3	64.2	66.1	68.1
7	120	102	105	108	112	115	118	121	125
8	188	160	165	170	175	180	185	190	195
9	268	230	237	244	251	258	264	271	278
10	356	308	316	325	334	343	351	360	368
11	440	386	397	407	419	427	436	445	453
12	510	460	470	481	492	499	506	513	520
13	556	519	528	536	545	550	554	559	563
14	582	560	565	570	577	579	581	583	585
15	594	583	586	588	591	592	593	594	595
16	598	594	595	596	597	598	598	598	599
17	600	598	598	599	599	599	599	600	600
18	600	599	600	600	600	600	600	600	600
19-25	600	600	600	600	600	600	600	600	600





V42-600 kW effektkurven er udregnet baseret på målinger udført af Windtest, Tripod og Vestas. Effektkurven er målt med en gennemsnitsmassefylde på  $1.225 \text{ kg/m}^3$  og en turbulens på 10 %. Ved andre turbulensværdier og luftmassefylder vil kurven variere.

MWPS WORLD

### 4.3 Produktion ved forskellige gennemsnitsvindhastigheder og Weibull fordelinger

	Gennemsnitsvindhastighed m/sek. Produktion i MWh (C=1.5)						
Mølle	6	7	8	9	10	11	12
V42 - 600	1187	1568	1922	2237	2516	X	X
V44 - 600	1251	1633	1986	X	X	X	X

	Gennemsnitsvindhastighed m/sek. Produktion i MWh (C=2.0)						
Mølle	6	7	8	9	10	11	12
V42 - 600	1029	1480	1920	2319	2680	X	X
V44 - 600	1108	1562	2000	X	X	X	X

	Gennemsnitsvindhastighed i m/sek. Produktion i MWh (C=2.5)						
Mølle	6	7	8	9	10	11	12
V42 - 600	922	1416	1921	2389	2804	X	X
V44 - 600	1012	1511	2014	X	X	X	X

	Dansk ruhedsklasse - Beldringe korrektion. Produktion i MWh			
Mølle	Klasse 0	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
V42 - 600	2.048	1.340	1.079	722
V44 - 600	2.102	1.412	1.149	783

Vestas	600 kW vindmølle med variabelt slip			
	Date: 20. jan 1995	Class: 1	Item no.: 941614.R0	Page: 9 of 17

## 5 Variabelt slip

Hidtil har hastigheden af vindmøllens asynkrone generatorer været næsten konstant. En induktionsgenerator kører normalt indenfor området 100% til 101% af nominal hastighed. For en 4 polet generator betyder dette drift fra 1500 omdr. (tomgang) til 1515 omdr. (fuld last) ved 50 Hz frekvens. Denne mindre variation anses for ubetydelig, og derfor kaldes driftstilstanden for konstant hastighed.

Når vindhastigheden ændres resulterer det i tilsvarende ændringer i produktionen. Når nominal effekt er opnået er strøm fluktuationerne uønskede. VESTAS introducerede pitchregulering, fordi det muliggør at den maksimale effekt begrænses til nominal, som et gennemsnit ved høje vindhastigheder. Dog, - ved en almindelig generator, er effekt fluktuationerne så hurtige, at det kun er muligt at holde den gennemsnitlige effekt konstant. Hurtige fluktuationer vil opstå. Disse hurtige fluktuationer bidrager til belastningen af møllen. I et forsøg på at reducere lasterne introducerede VESTAS det variable slip koncept sammen med V42 - 600 kW vindmøllen. Denne feature betyder at det er muligt elektronisk at variere slippet indenfor 10% < 1500-1650 omdrejninger/min.

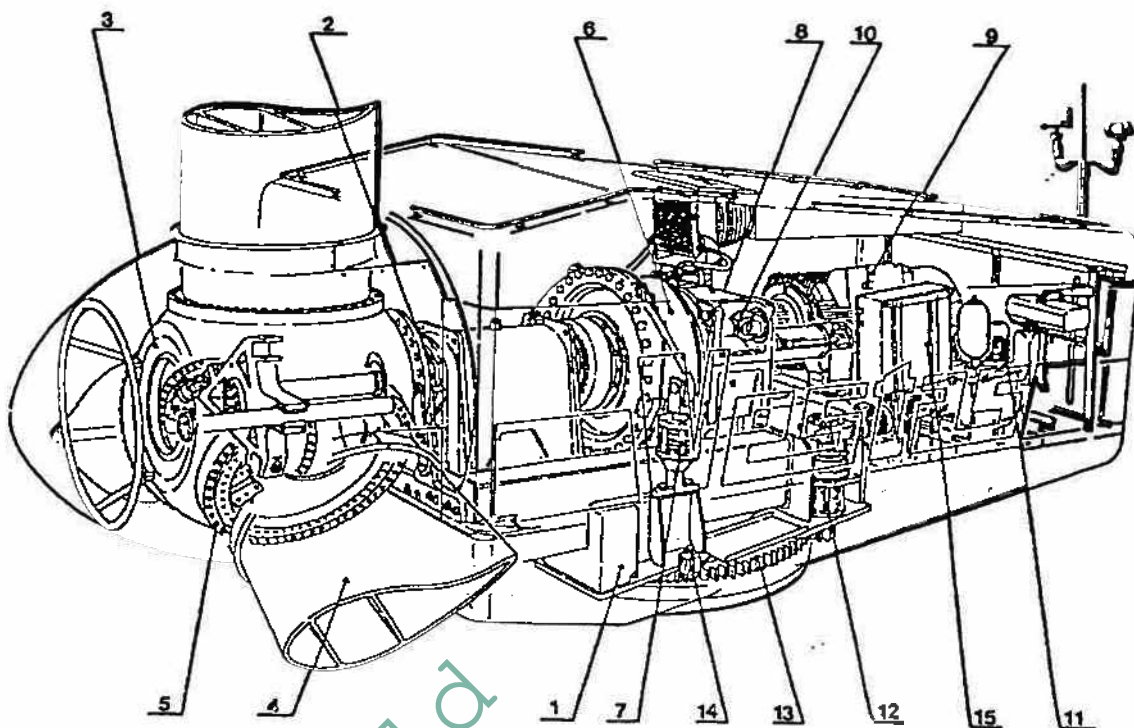
Når et vindstød rammer rotoren tillader styringen at generatorens hastighed stiger en smule. På samme tidspunkt drejer pitch systemet vingerne i en mindre belastet vinkel, og reducerer derved rotorens omdrejningstal. Resultatet er 100% konstant og jævn strøm produktion ved et minimum af belastninger på vinger, hovedaksel og gearkasse.

Variabelt slip er en meget simpel, driftssikker og omkostningsbesparende måde at opnå lastreduktioner sammenlignet med mere komplekse løsninger som fuld variabelt hastighed.

MWPS WORLD

## 6 Generel Specifikation

### 6.1 Maskin opbygning



- |    |              |     |                  |
|----|--------------|-----|------------------|
| 1. | Bundramme    | 9.  | Generator        |
| 2. | Hovedaksel   | 10. | Kardan aksel     |
| 3. | Vinge nav    | 11. | Hydraulikstation |
| 4. | Vinge        | 12. | Krøjegear        |
| 5. | Vinge leje   | 13. | Krøjekrans       |
| 6. | Gearkasse    | 14. | Krøjekontrol     |
| 7. | Gearstag     | 15. | VMP- Topstyring  |
| 8. | Skive bremse |     |                  |

## 6.2 Generelle Specifikationer

### 6.2.1 Rotor

Diameter:	<b>42 m</b>	<b>44 m</b>
Bestrøget areal: (m <sup>2</sup> )	1357	1521
Omdrejningstal, rotor:	30 o/min	28 o/min.
Omdrejningsretning:	Med uret (set forfra)	
Orientering:	Opvind	
Antal vinger:	3	
Luftbremse:	Kantstilling	

### 6.2.2 Vinger

Profil:	NACA 63.600 + FFA-W3
Korde: (vingerod/vingetip)	1.6 m/0.6 m
Vrid: (vingerod/vingetip))	15°/0°

### 6.2.3 Tårn

Højde:	39.0 m
Diameter top:	2.0 m
Diameter bund:	3.0 m

#### Gittermast:

Højde	40.0 m
-------	--------

### 6.2.4 Vægte:

Tårn (excl. fundamentsbolte):	app. 23,200 kg
Gittermast:	app. 18,500 kg
Møllehat:	app. 17,300 kg
Rotor (incl. nav):	app. 8,400 kg

TOTAL (tårn): app. 48,900 kg

TOTAL (gittermast): app. 44,200 kg

### 6.2.5 Støj niveau: (Kildestyrke)

Målt i.h.t.:	V42	V44	Reduktion [kWt]
Dansk standard 304			
I dB (A) re 1 PW	100	100	
Optitip O1	99	99	2%

<b>Vestas</b>	<b>600 kW vindmølle med variabelt slip</b>						
	Date:	20. jan 1995	Class:	1	Item no.:	941614.R0	Page:

### 6.3 Komponenter på møllen

#### 6.3.1 Vinger

Fabrikat: VESTAS  
Princip: Bærende bjælke med pålimede skaller  
Materiale: Glasfiber armeret polyester  
Bolteforbindelse: Limet aluminiumsring

#### 6.3.2 Vingeleje

Fabrikat: Rollix  
Type: 4 punkts drejekrans

#### 6.3.3 Vingenav

Fabrikat: VESTAS  
Type: Støbt  
Materiale: SG - jern (GGG 40)

#### 6.3.4 Hovedaksel

Fabrikat: VESTAS  
Materiale: 34 CRNiM0<sub>6</sub>  
Type: Smedet med flange  
Aksel/hav forbindelse: Bolte 10.9

#### 6.3.5 Hovedlejehus

Fabrikat: VESTAS  
Type: Støbt rørkonstruktion  
Materiale: SG - jern (GGG 40)

#### 6.3.6 Hoved lejer

Fabrikat: SKF/FAG  
Type: Sfæriske rullelejer

#### 6.3.7 Bundramme

Fabrikat: VESTAS  
Type: Svejst rørkonstruktion  
Materiale: St. 44,3 DIN 17100

<b>Vestas</b>	<b>600 kW vindmølle med variabelt slip</b>						
	Date:	20. jan 1995	Class:	1	Item no.:	941614.R0	Page:

### 6.3.8 Krøjesystem

Fabrikat: VESTAS  
 Type: Glideklodssystem med indbygget friktion  
 Materiale: Støbt (Mechanite SF500) (GGG 50)  
 Krøje hastighed: < 0,5°/sec.  
 Tænder: M12, Z = 177

### 6.3.9 Krøjegear (2 stk)

Fabrikat: Bonfiglioli-Transmittal eller tilsvarende  
 Type: Planet og snekegear  
 Beregnet moment: 2 x 15.000 Nm  
 Tænder: M12, Z = 16

### 6.3.10 Krøje motor

Fabrikat: ABB eller tilsvarende  
 Type: Induktion/Asynkron  
 Omdrejningshastighed: 940 o/min.(50 Hz) og 1130 o/min. (60 Hz)  
 Nominel effekt: 1,5 kW

### 6.3.11 Tårn

Fabrikat: VESTAS  
 Type: Konisk rør  
 Materiale: FE360-C, FE360-B, FE360-D  
 Højde: 39 m  
 Overflade behandling: Metallisering + Maling  
 Vægt: Ca. 23.200 kg  
 Bund diameter: 3.0 m  
 Top diameter: 2.0 m

#### MALESYSTEM, Udvendigt:

Sandblæsning: SA 3 (DS 2019)  
 Metallisering: DSI/ISO 2063 Zn 80  
 1 lag: UV resistent min. 120 µm (2 lag)  
 Top coat: UV resistent min. 40 µm (1 lag)  
 Korrosionsklasse (DS/R 454): 3

#### MALESYSTEM, Indvendigt:

Sandblæsning: SA 2,5 (DS 2019)  
 Zinkholding grundmaling: Min. 50 µm (1 lag)  
 Top coat: Min. 100 µm (1 lag)  
 Korrosionsklasse (DS/R 454): 2

#### GITTER MAST:

Fabrikat: Carl C. Jensen  
 Type: Gitter konstruktion  
 Højde: 40.0 m  
 Overfladebehandling: Galvaniseret  
 Vægt: 18.500 kg

<b>Vestas</b>	<b>600 kW vindmølle med variabelt slip</b>			
	Date: 20. jan 1995	Class: I	Item no.: 941614.R0	Page: 14 of 17

### 6.3.12 Gearkasse

Fabrikat:	HANSEN	VALMET
Type:	Planet	Parallel
Nominel effekt:	1150 kW	1100 kW
Oliemængde:	120 l	
Langsomtgående aksel:		Hul aksel
Køling		Oliepumpe med oliekøler
Stilstandsopvarmning:		1000 W

### 6.3.13 Koblinger

#### Hovedaksel - gearkasse:

Fabrikat:	Stüve eller tilsvarende
Type:	Konisk spændelement

#### Gear - generator:

Fabrikat:	Klein, Elbe el. Löbro
Type:	Kryds kardan

### 6.3.14 Generator

Fabrikat:	Weier	
Type:	Asynkron, variabelt slip	
Effekt:	600 kW	
Spænding:	690 VAC	480 VAC
Frekvens:	50 Hz	60 Hz
Isoleringsklasse:	F	F
Beskyttelsesklasse:	IP54	IP54
Pol antal:	4	4
Omdrejningstal: (o/min.)	1515-1650	1818-1980 RPM
Strøm:	565 A	792 A
Effekt faktor:	0.89	0.90
Optaget reaktiv effekt ved tom gang:	221 kVAr	177 kVAr
Fasekompensering:	225 kVAr	187.5 kVAr
Resulterende effektfaktor:	0.99	0.99
Resulterende strøm:	507 A	732 A



**6.3.15 Bremse**

Fabrikat, kalipre:	Brembo
Type:	Disc brake
Diameter:	600 mm
Kalipre:	3 hydraulisk aktiverede
Skive materiale:	SG - jern

**6.3.16 Hydraulisk enhed**

Fabrikat:	Islef + Hagen A/S
Pumpe kapacitet:	14 l/min.
Max. tryk:	145 bar
Bremse tryk:	35 bar
Tryktransducer:	Piezoelektrisk
Olie mængde:	60 l
Motor:	4.0 kW

**6.3.17 Anemometer**

Fabrikat:	VESTAS
Type:	Optoelektrisk

**6.3.18 Vindfane**

Fabrikat:	VESTAS
Type:	Optoelektrisk

**6.3.19 Styring**

Fabrikat:	VESTAS
Type:	VMP-2500

Stærkstrøm:

Spænding:	3x690V, 50 Hz	3x480V, 60 Hz
Aflåselig maksimal knivafbryder:	800 A	800 A
Forsyning til lys:	1x10 A/230 V	1x16A/110 V
Generator indkobling:	Via thyristorer	Via thyristorer
Fasekompensering:	225 kVAr	187,5 kVAr

Computer:

CPU:	2 x 80c186 etc.
Intern kommunikation:	ArcNet-2
Intern hukommelse	RAM/EPROM (flash)
Programmeringsprog:	Modula-2
Opbygning:	Modules
Betjening:	Nummerisk tastatur + funktionstaster
Display:	4x40 tegn

Top processor:

Overvågning/Kontrol:	Krøjning Hydraulik Omgivelser (Vind, Temperaturer) Rotation Generator Pitch system
----------------------	---

Bund processor:

Overvågning/Kontrol:	El-net Fasekompensering Thyristorer Fjernovervågning
----------------------	---

Operatør panel(option):

<u>Information:</u>	Drift data Produktion Drift log Alarm log
---------------------	--

Kommandoer:

	Drift/Pause Man. Krøje Start/Stop Service rutiner
--	---

Fjernovervågning

	Mulighed for tilslutning af seriel kommunikation f.eks. VESTAS Remote Panel (VRP).
--	--

<b>Vestas</b>	600 kW vindmølle med variabelt slip						
	Date:	20. jan 1995	Class:	1	Item no.:	941614.R0	Page:

## 6.4 Installation

### TERRÆN:

Hvis terrænet indenfor en 100 m radius fra mølle hælder mere end 5°, skal der tages særlige hensyn.

### KLIMATISKE BETINGELSER:

Møllen er designet til omgivelsestemperaturer fra -20°C til +40°C. (10 min. middelværdier). Udenfor dette temperatur interval vil møllen stoppe, og der skal tages særlige hensyn.

Vindmæssigt er møllen designet efter IEC.TC88 (Draft) klasse 2, iflg. DS472 (Teknisk Grundlag), Germanischer Lloyd af 1993 og NEN 6096/2.

Møllerne kan umiddelbart stilles op i parker, hvor afstanden mellem møllerne er min. 170 m, og afstanden mellem rækker er min. 210 m.

Ved drift i andet vindklima bedes VESTAS kontaktet.

Luftfugtigheden accepteres op til 100% (max. 10% af tiden). Korrosionsbeskyttelse svarende til korrosionsklasse 3 udvendigt og 1 el. 2 indvendigt (DS/R 454).

### TILSLUTNING TIL ELNET:

Intermitterene eller hurtige fluktuationer af nettets frekvens kan forårsage alvorlig skade på møllen. Frekvens variationer indenfor +1/-3 Hz /-3 Hz er acceptable. Netspændingen skal være indenfor 690V +6/-10%.

Netudfald må højst forekomme gennemsnitlig 1 gang pr. uge i møllens levetid.

En jordforbindelse på max. 10 Ω skal forefindes. Desuden bør møllen tilsluttes et TN-net.

I tilfælde af mindre selvstændig net, skal de aktuelle forhold undersøges.

## 6.5 Generelle forbehold

Ved kombinationer a f.eks. høj vind, lav spænding, høj temperatur kan periodiske driftsforstyrrelser forekomme.

Det anbefales generelt at netspændingen er så tæt på nominal som muligt.

I forbindelse med netudfald og meget lave temperaturer, må der påregnes en vis opvarmningstid før møllen starter op efter reetablering af nettet.

Som følge af løbende videreudvikling og ajourføring af vore produkter, forbeholder vi os ret til ændringer i specifikationerne.