

ÇOK-ROTORLU RÜZGAR TÜRBİN SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

B. Kıvanç Deneçli¹, Mutlu BOZTEPE²

¹Türkerler Holding, ²Ege Ü. Müh. Fak. Elk.-Elo. Müh. Blm.

¹bkivanc.denecli@turkerler.com, ²mutlu.boztepe@ege.edu.tr

Potansiyel

- “A multirotor system (MRS) is defined as containing more than one rotor in a single structure. MRSs have a great potential as a wind turbine system, saving mass and cost, and showing scale ability”.

2019, A New Approach Toward Power Output Enhancement Using Multirotor Systems With Shrouded Wind Turbines, Ohya Yuji, Professor, Watanabe Koichi,

- “Soon there will be multi-rotors on the horizon! ”.

2010, Performance of windturbines in a closely spaced array. Renewable Energy World, 2(3):32–36, D. Ransom, J.J. Moore, and M. Heronemus-Pate.

TÜRKİYE'NİN RÜZGAR ENERJİSİ YATIRIMLARININ GELİŞİMİ



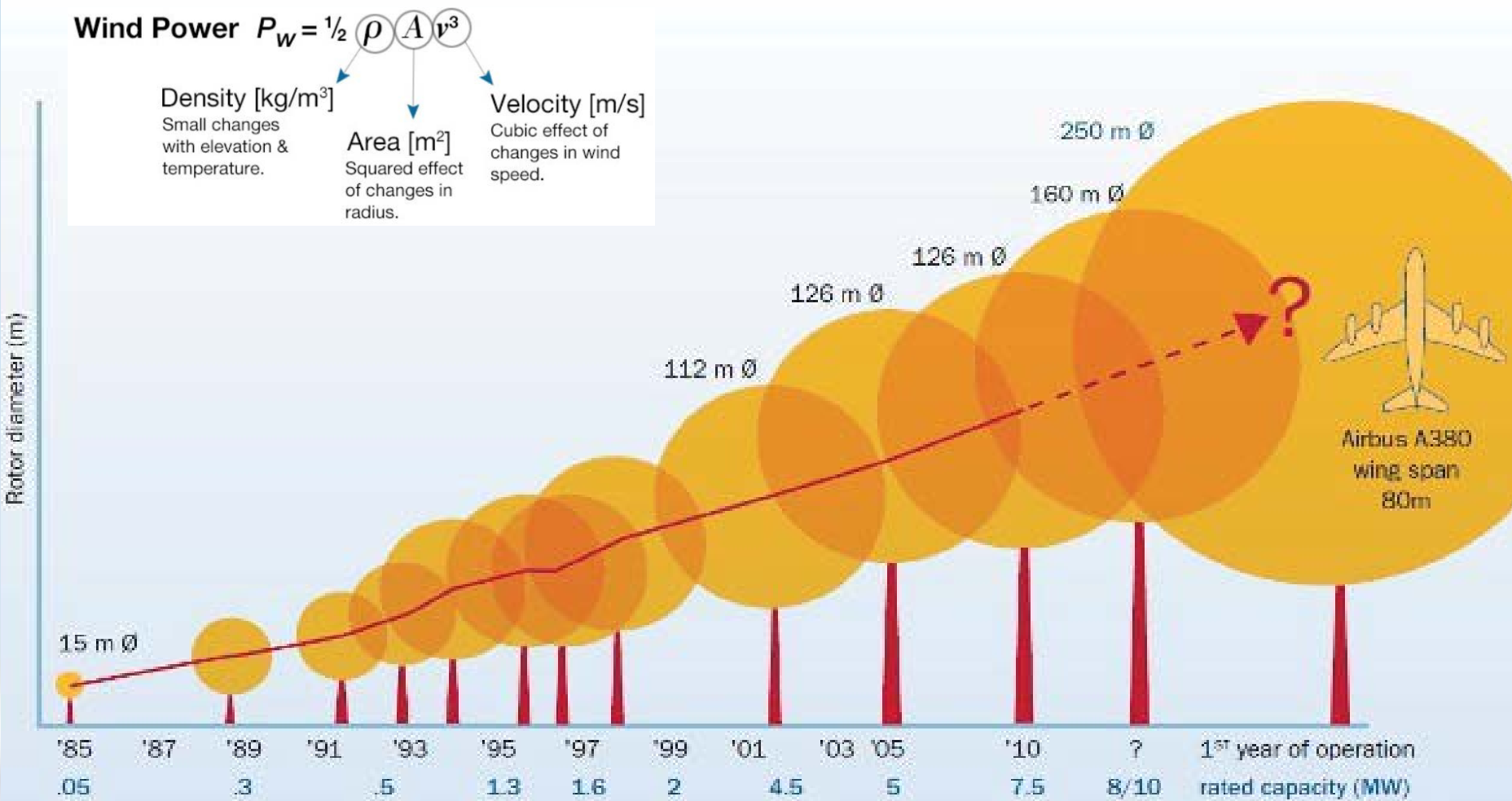
Tarama çapı ya da «kanat uzunluğu» açısından tekli rotor sisteminin gelişimi

Wind Power $P_w = \frac{1}{2} \rho A v^3$

Density [kg/m³]
Small changes with elevation & temperature.

Area [m²]
Squared effect of changes in radius.

Velocity [m/s]
Cubic effect of changes in wind speed.



- E-126; 7,5 MW; 126m
- V164; 8MW; 164 mt
- SG10.0-193DD; 10MW; 193 mt
- GE Haliade 12 MW, 220mt

European Wind Energy Association, 2011.
 Upwind Design Limits And Solution for Very
 Large Wind Turbines: A 20 MW Turbine Is Feasible

| | | Reference wind turbine 5MW | Extrapolated turbine 10MW | Extrapolated virtual turbine 20 MW |
|---|--------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Rating | MW | 5 | 10 | 20 |
| Wind Regime | | IEC class 1B | IEC class 1B | IEC class 1B |
| No of blades | | 3 | 3 | 3 |
| Rotor orientation | | Upwind | Upwind | Upwind |
| Control | | Variable speed, control pitch | Variable speed, control pitch | Variable speed, control pitch |
| Rotor diameter | M | 126 | 178 | 252 |
| Hub height | M | 90 | 116 | 153 |
| Max rotor speed | Rpm | 12 | 9 | 6 |
| Rotor mass | Tones | 122 | 305 | 770 |
| Tower top mass | Tones | 320 | 760 | 880 |
| Tower mass | Tones | 347 | 983 | 2780 |
| Theoretical electricity production | GWh | 369 | 774 | 1626 |

Lojistik Sorunu

Videoda
görülen
normal
boyutlar
diyebileceğimi
z 3MW lık bir
türbinin 57
metrelik bir
kanadıdır



<https://www.youtube.com/watch?v=iTpZ5V4HrK4>

**Sadece kanatlar mı büyük iç ihtiyaç?*

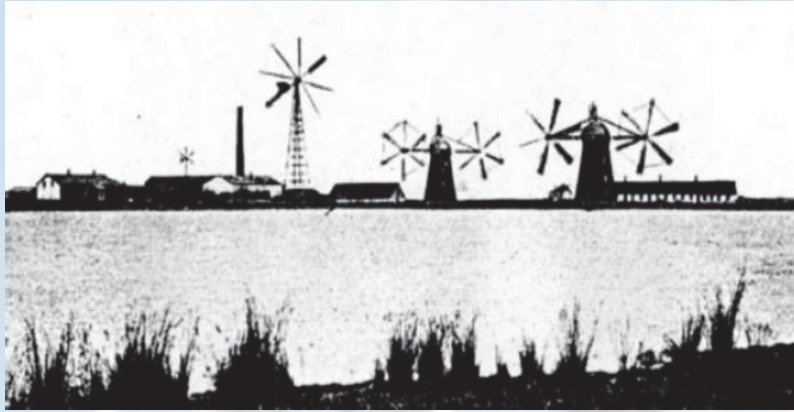


<https://www.youtube.com/watch?v=GDybp5pAkQ>

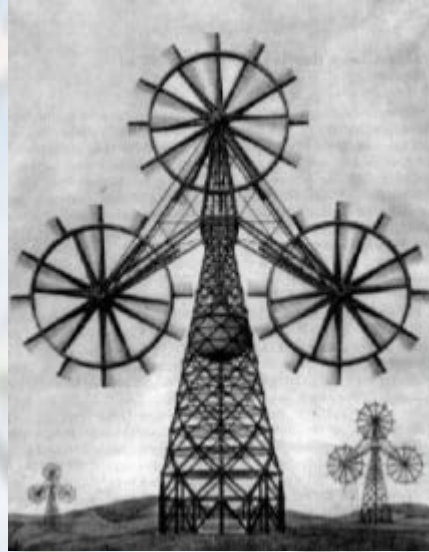


[https://www.enercon.de/fileadmin/Redakteur/Medien-Portal/broschueren/pdf/en/ENERCON Produkt en 06 2015.pdf](https://www.enercon.de/fileadmin/Redakteur/Medien-Portal/broschueren/pdf/en/ENERCON_Produnkt_en_06_2015.pdf)

Çok rotorlu sistemler (MRS)



Danimarka 1873



Honnef 1926

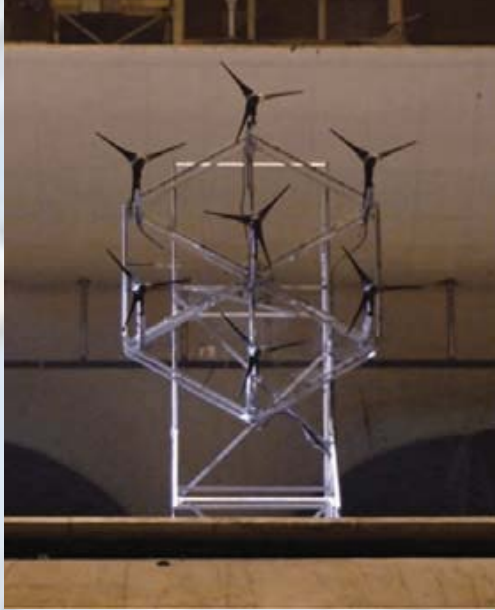


Heronemus 1976



Lagerway 1995

Heronemus



NASA 2010

- Patenti Heronemus'a ait olan 7 rotorlu sistem 2010 yılında Güney-Batı Araştırma Enstitüsü tarafından NASA Langley rüzgar tüneline test edilmiş ve rotorlar arasında hiçbir negatif etkileşim saptanmamıştır.
- 2014 yılında Chasapogiannis CFD simülasyonları ile 7 rotorlu sistemi simule etmiş ve %3 lük bir güç artışı tespit etmiştir.
- Daha büyük ölçekte Jamieson ve Branney 45 rotorlu 20 MW gücünde bir türbin kurgulamışlar ve bunun üzerinden kütle ve maliyette azalma olduğunu göstermişlerdir.

Mowian Projesi



- Almanya'da TU Berlin ve Brose işbirliğinde 24 rotorlu bir MRS hayata geçiriliyor.
- Bu çalışma üzerinden her biri 590 W gücünde 2 kanatlı 3900 rotorlu toplam 2,3MW kurulu gücünde bir önerme ortaya koyuyorlar.
- Bunu bir Enercon E-82 ile karşılaştırdığınızda %60 oranında ağırlıkta azalma olacağı öngörülüyor. E-82 nin sadece %20 si kadar bakır kullanılacağı raporlanıyor. Kapasitedeki artışı göz önüne aldığınızda masraftaki azalma çok büyük olduğu gözükmektedir.

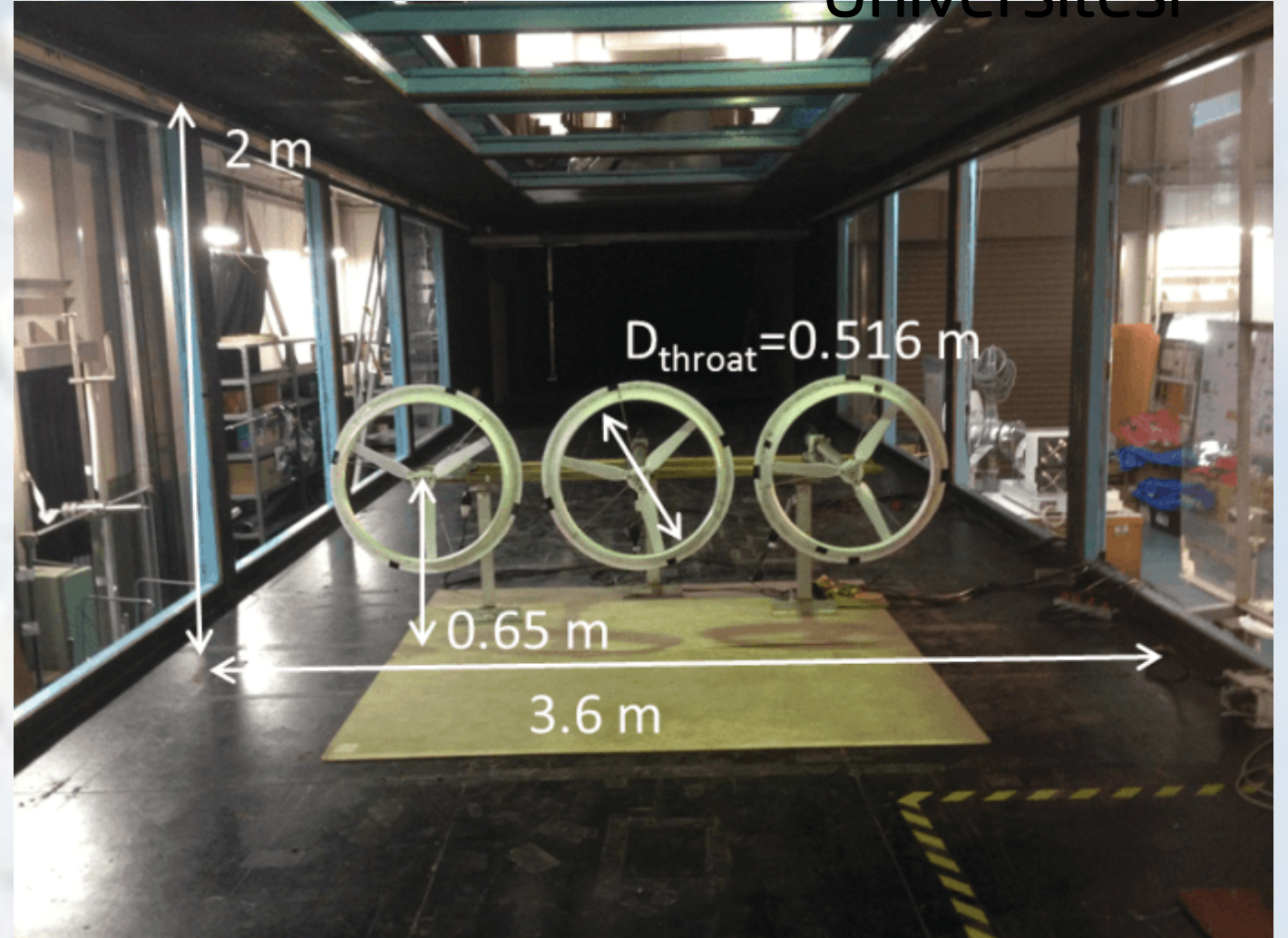
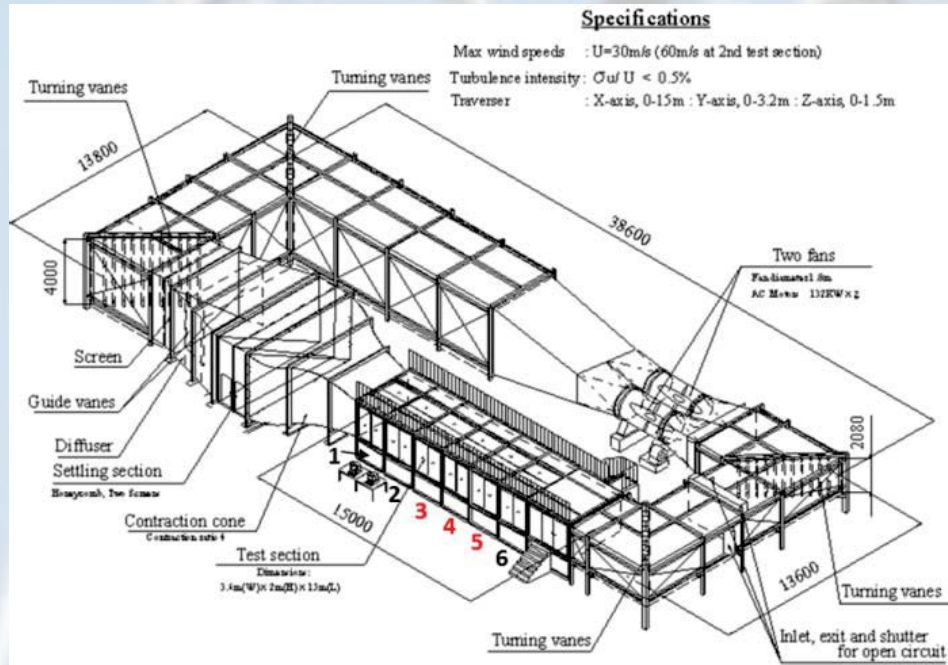
2016 Nisan: VESTAS 4R-V29

«It was definitely worth giving it a chance.»

- 900kW gücündeki bu türbin 2016 yılı başlarında ar-ge çalışması olarak Danimarka Teknik Üniversitesi test sahasında kurulmuştur. 4 adet 29 metrelik V29-225kW tipi türbinden oluşmaktadır. Yapılan ölçümlerde klasik

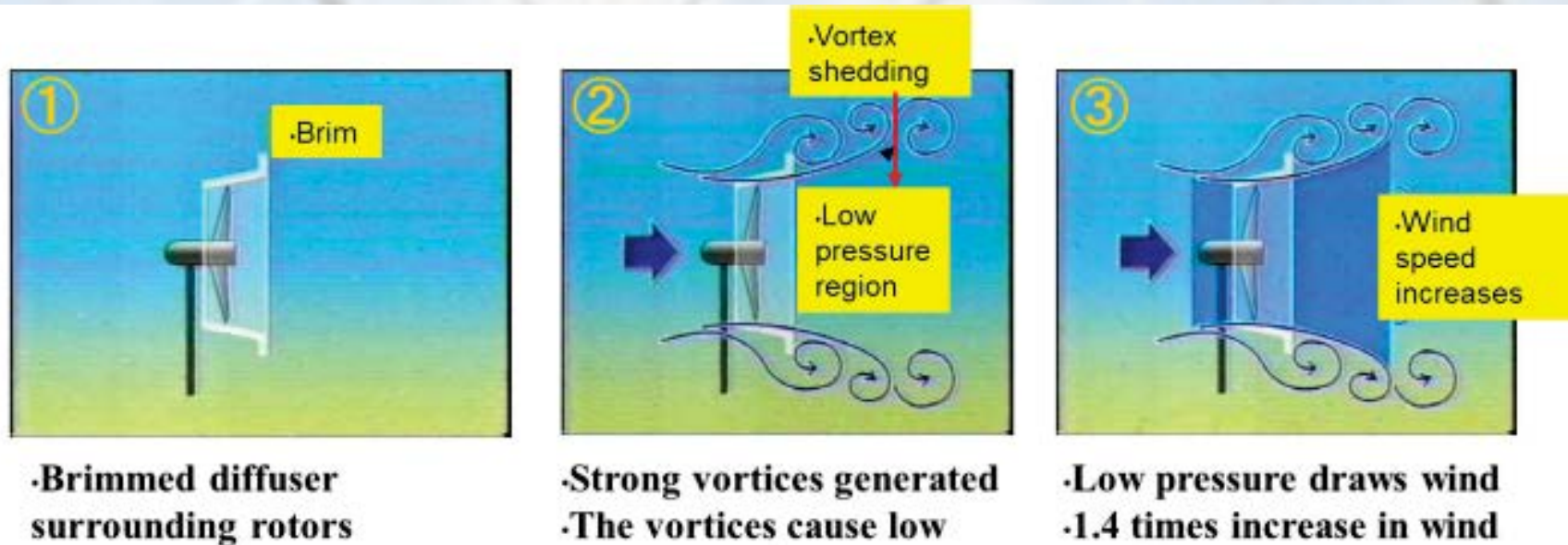


2017 Şubat; Aerodynamics of Multi-Rotor Wind Turbine, Araştırmacı: Uli Göltenbott, Yürütücü: Prof. Yuji Ohya, Kyushu Üniversitesi



DAWTs (Diffuser Augmented Wind Turbines)

- Türbin performansını arttırmak için, rüzgar akışını arttırmak üzere türbin etrafını sarmalayan bir geçiş kanalı.
- Rainbird and Lilley, Foreman et al, Igra and Abe et al gibi birçok araştırma yapılmış ve 2007 yılında CFD sonuçları ile birlikte deneysel sonuçlarını yayınlayan Hansen et al ve van Bussel performans artışı tespit etmişlerdir.



2017 Şubat;

Aerodynamics of Multi-Rotor Wind Turbine, Araştırmacı: Uli Göltenbott, Yürütücü: Prof. Yuji Ohya, Kyushu Üniversitesi

- Deneysel sonuçlarda %8-%10 oranında güç artışı elde edilmiştir.
- Optimum S/D oranını 0.1-0.2 olarak belirlemiştir.

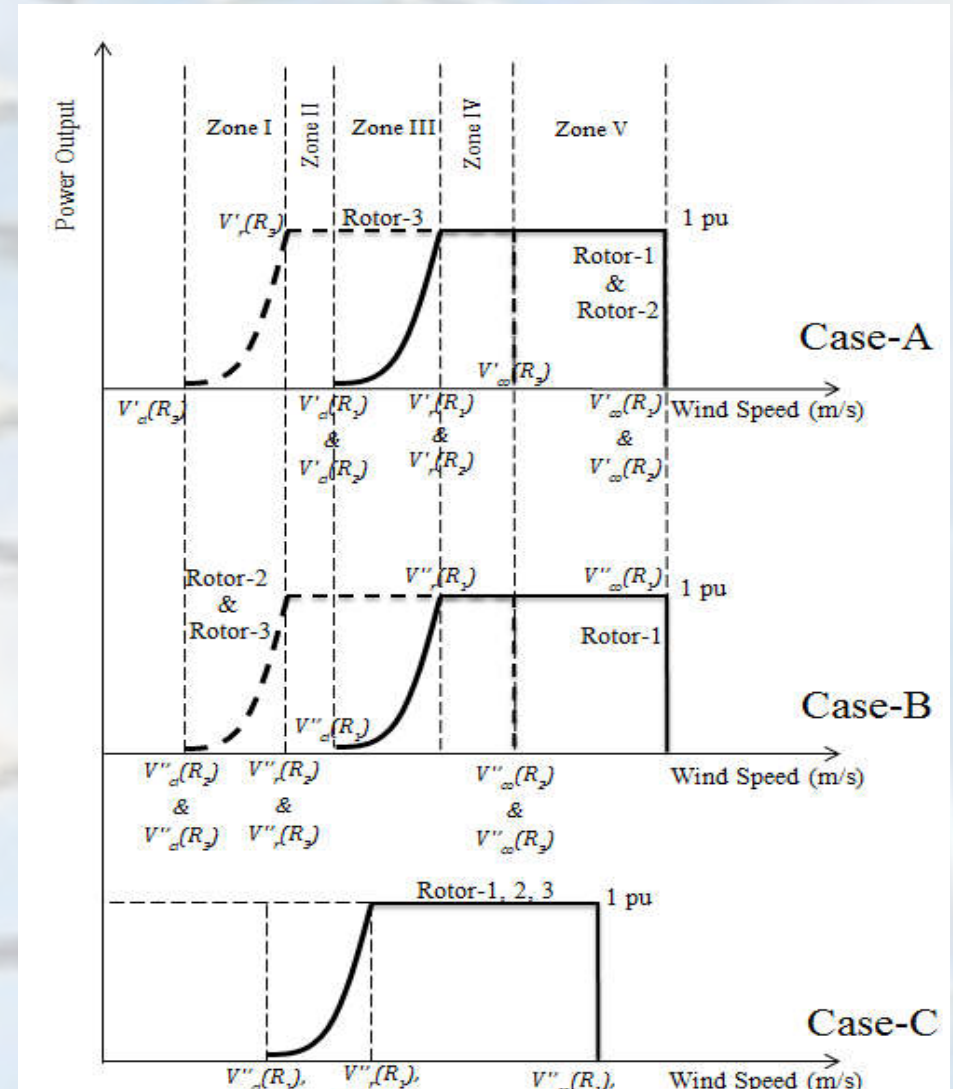
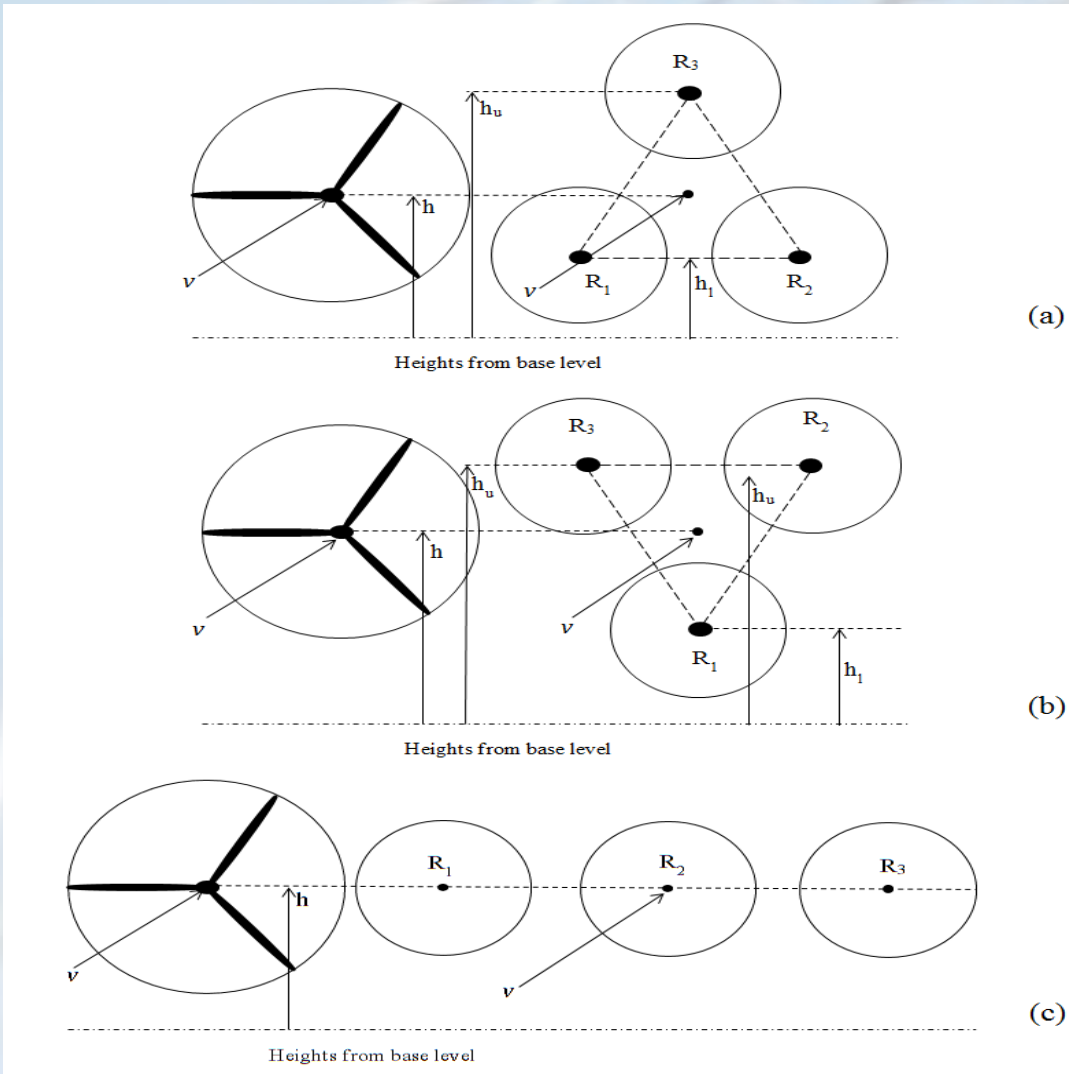


(a) 3kW MRS



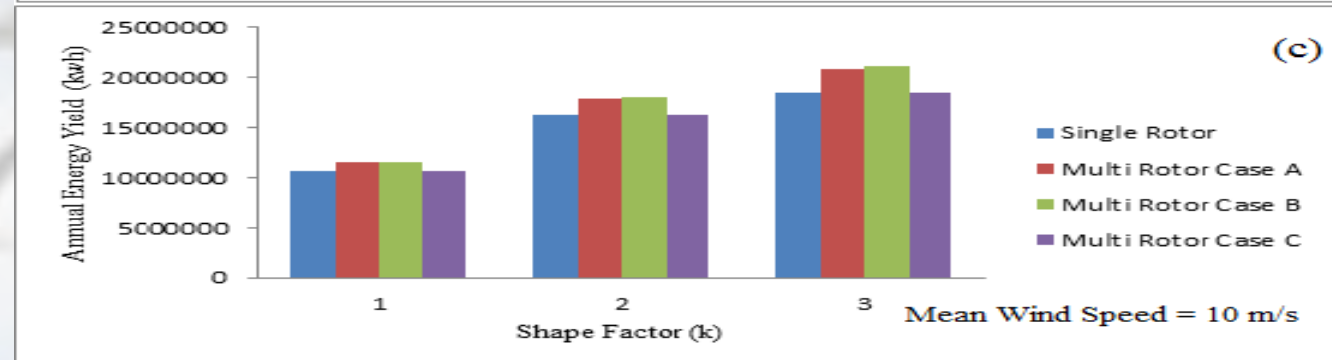
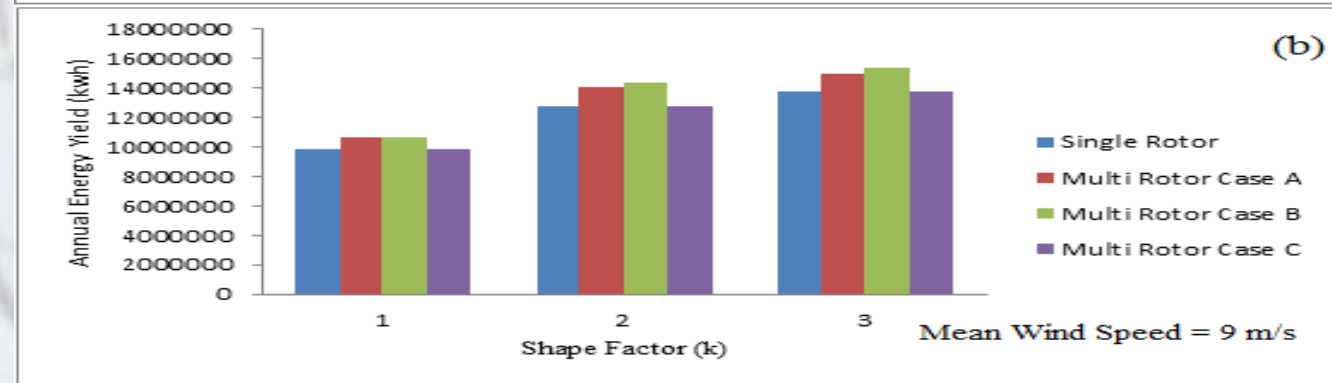
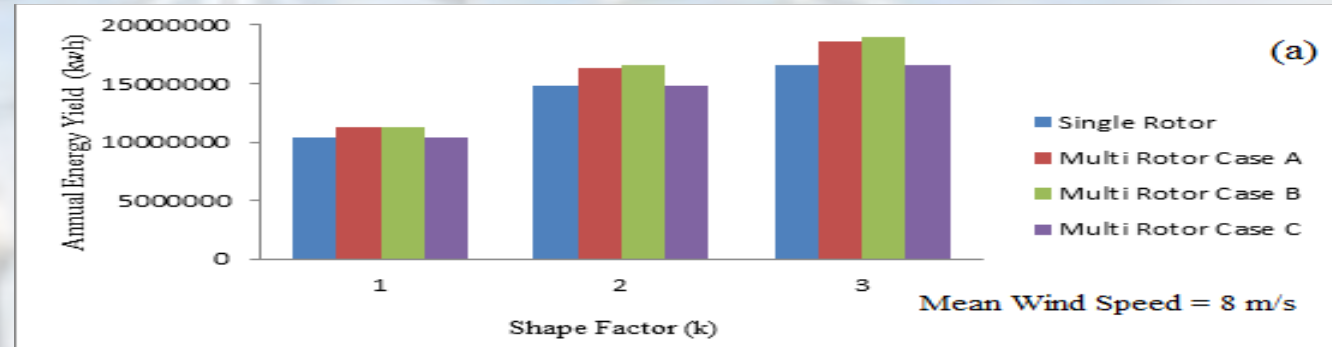
(b) 10kW MRS

2018 Aralık, Performance and Economic Analysis of Multi-Rotor Wind Turbine Navjot Singh Sandhu, Saurabh Chanana



2018 Aralık,
Performance and Economic Analysis of Multi-Rotor Wind Turbine
Navjot Singh Sandhu, Saurabh Chanana

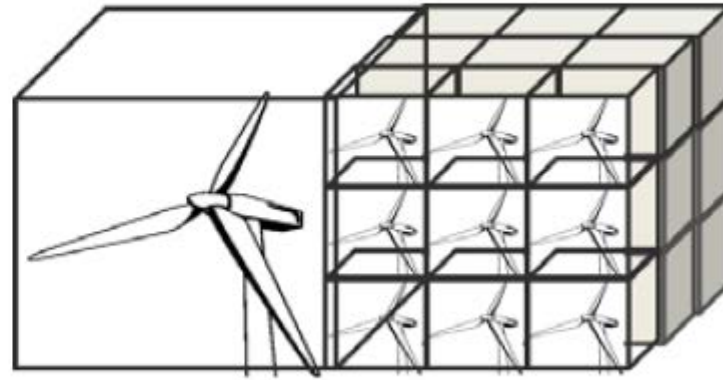
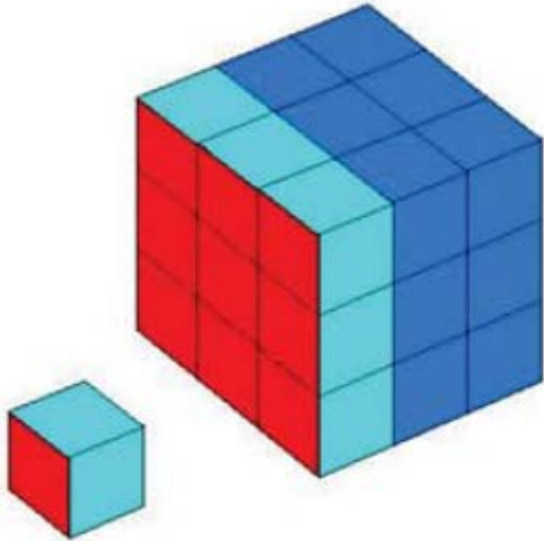
- Weibull dağılımı simülasyonu ile elde edilen sonuçlar



Kütle rotor sayısının kökü oranında azalıyor!

Göltenbott, 2017 de yaptığı bir çalışmada tek ve çok rotorlu modellemede toplam kütle oranı arasındaki ilişkiyi çıkararak “rotor sayısı arttıkça toplam kütleden tasarruf edildiğini” saptamıştır.

$$m = \frac{1}{\sqrt{n}} M$$



2018 Aralık,
Performance and Economic Analysis of Multi-Rotor Wind Turbine
Navjot Singh Sandhu, Saurabh Chanana

Maliyet düşüşü :
16%

| [24-26] | Project Cost of 3000 kW Wind Project → | | 4433000 USD |
|-------------------|--|---|---|
| | Cost of Single Rotor Wind Turbine of 3000 kW → | | 3058770 USD |
| Sr No | Wind turbine component | Component costs (\$) of Single-rotor wind turbine | Component costs (\$) of Multi-rotors wind turbine |
| 1 | Rotor Blades | 627604 | 581740 |
| 2 | Rotor Hub | 102214 | 141336 |
| 3 | Rotor Bearing | 72780 | 49308 |
| 4 | Pitch System | 163477 | 158611 |
| 5 | Gearbox(with kg=1) | 366272 | 366272 |
| 6 | Tower | 726125 | 508287 |
| 7 | Foundation | 709280 | 409502 |
| 8 | Other components | 291018 | 291018 |
| 9 | Support Structure (Spars + Cables) | ----- | 46872* |
| Total Cost | | 3058770 | 2552946 |

*prices as per USA market

AVANTAJLARI

- Kanat, rotor, generator vb arızalarda daha az enerji kaybı.
- Bakım Masrafları
- Standardizasyon
- V_{cut-in} düşük, ve daha hızlı.
- Maliyet
- Düşük türbülans

Teşekkürler





Furling

