



# Yüksek Rüzgar Katılım Oranlı Şebeke Planlaması İçin Olasılıksal Güç Akışı Analizi

---

İbrahim Küçük, Engin Karatepe

1 Kasım 2023, İzmir

Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü

# Motivasyon





# Sunum Planı

---

- Güç Akışına Genel Bakış
- Rüzgar Entegreli Olasılıksal Güç Akışı
- Test Şebekesi ve Senaryolar
- Simulasyonlar ve Sonuçlar
- Sonuç

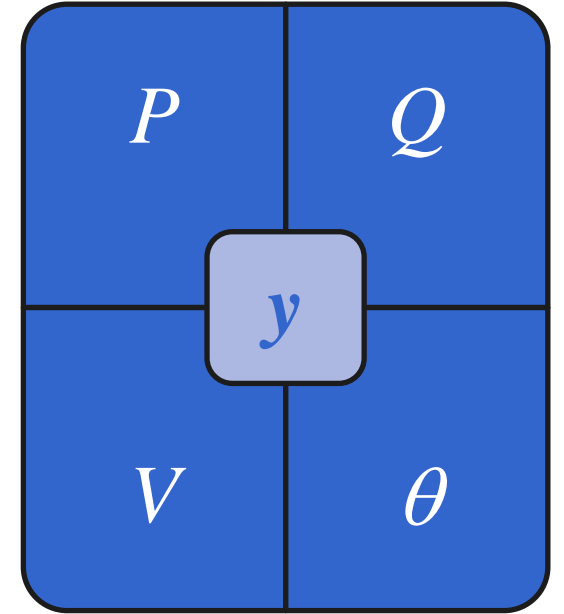
# Güç Akışına Genel Bakış

## *Deterministik ve Olasılıksal Güç Akışı*

Deterministik



Olasılıksal

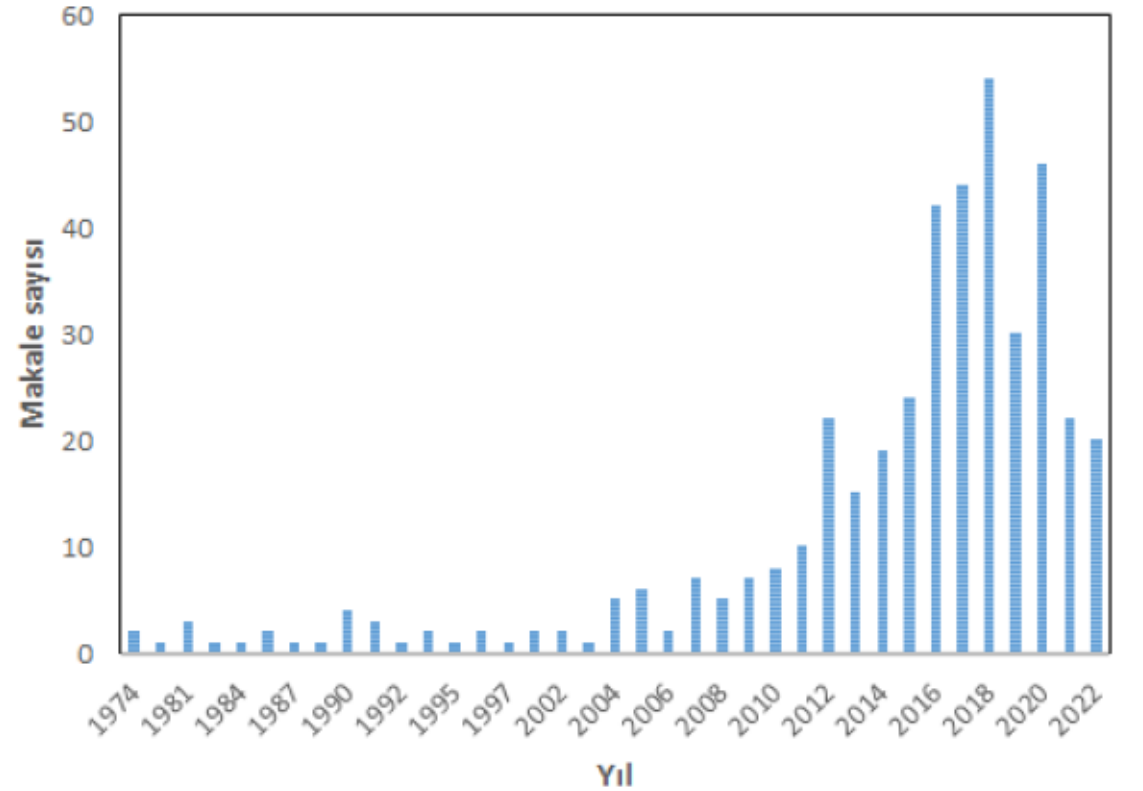


# Güç Akışına Genel Bakış

## *Bilimsel literatür*

Kesikli karakteristiğe sahip rüzgar enerjisi gibi kaynakların şebekeye katılım oranının artması ile birlikte olasılıksal güç akışı analizine yönelik çalışmalar yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Web of Science ortamında probabilistic power/load flow anahtar kelimesi

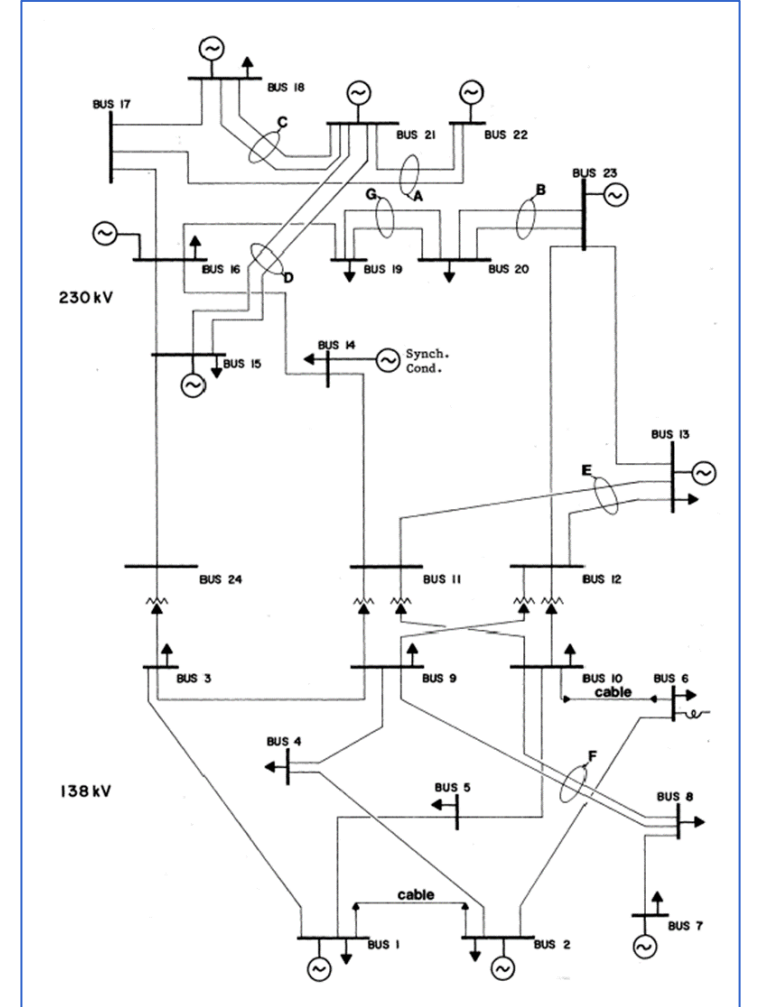


# Rüzgâr Entegreli Olasılıksal Güç Akışı

## Monte Carlo Simulasyonu

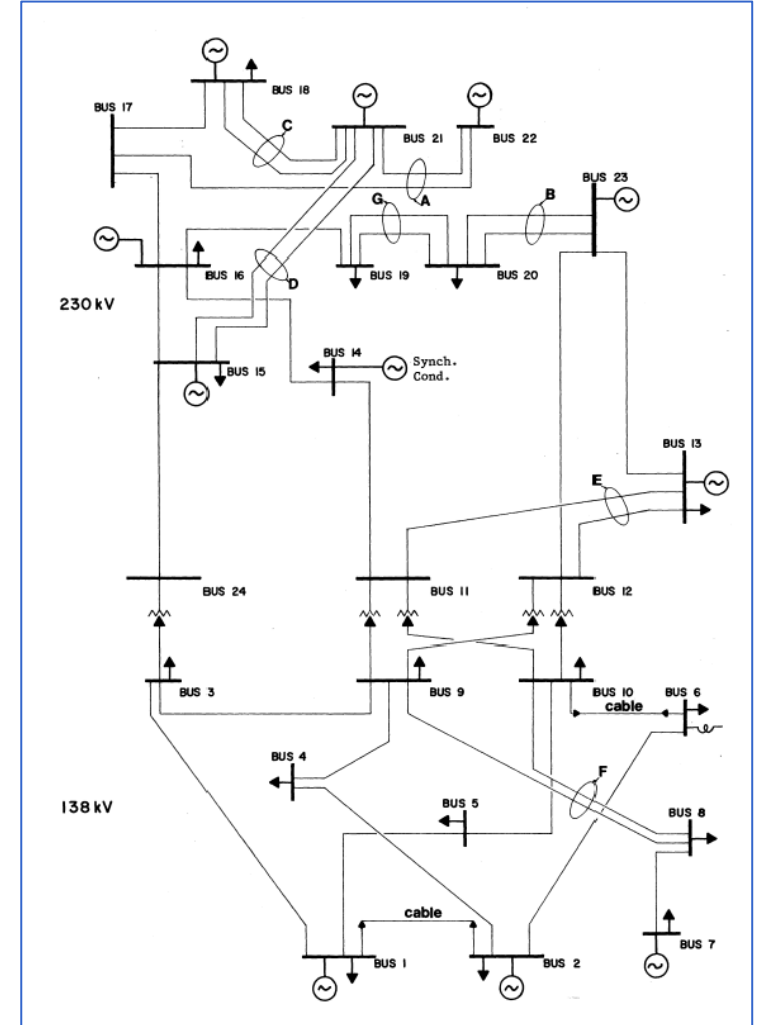
Bu bildiri çalışmasında, rüzgâr ve yük belirsizlikleri altında Monte Carlo Simulasyonu kullanılarak bara gerilimlerinin ve hat akışlarının olasılık dağılım fonksiyonları elde edilerek gerilim ve hat kapasitelerindeki ihlal olasılıkları incelenmiştir.

Konvansiyonel santrallerin yerine zamanla stokastik bir karakteristiğe sahip rüzgâr enerji santralleri devreye alınmış ve dört farklı penetrasyon senaryosu IEEE 24 baralı test sistemi üzerinde olasılıksal güç akışı analizi ile incelenmiştir.



# IEEE 24 Baralı Test Sistemi

- Yayınlayan: IEEE Reliability Subcommittee
- Toplam yük: 2850 MW
- Toplam kurulu güç: 3405 MW
- İki farklı gerilim seviyesi
  - 138 kV: hatlar 175 MVA kapasitede
  - 230 kV: hatlar 500 MVA kapasitede



# Baraların ve Yükün Modellenmesi

## Rüzgar Baraları

Şebeke yönetmelikleri günümüzde ve gelecekte rüzgar santrallerinin gerilim kontrolü yapabilecek şekilde tasarlanmalarını talep etmektedir. Bu doğrultuda, bu çalışmada rüzgar bağlantısı olan baralar PV bara olarak modellenmiştir.



Şebeke yönetmeliklerine uygunluk düşünülerek rüzgar santrallerinin reaktif güç kapasiteleri  $\pm 0.95$  güç faktörü aralığında çalışabilmesi varsayılmıştır.

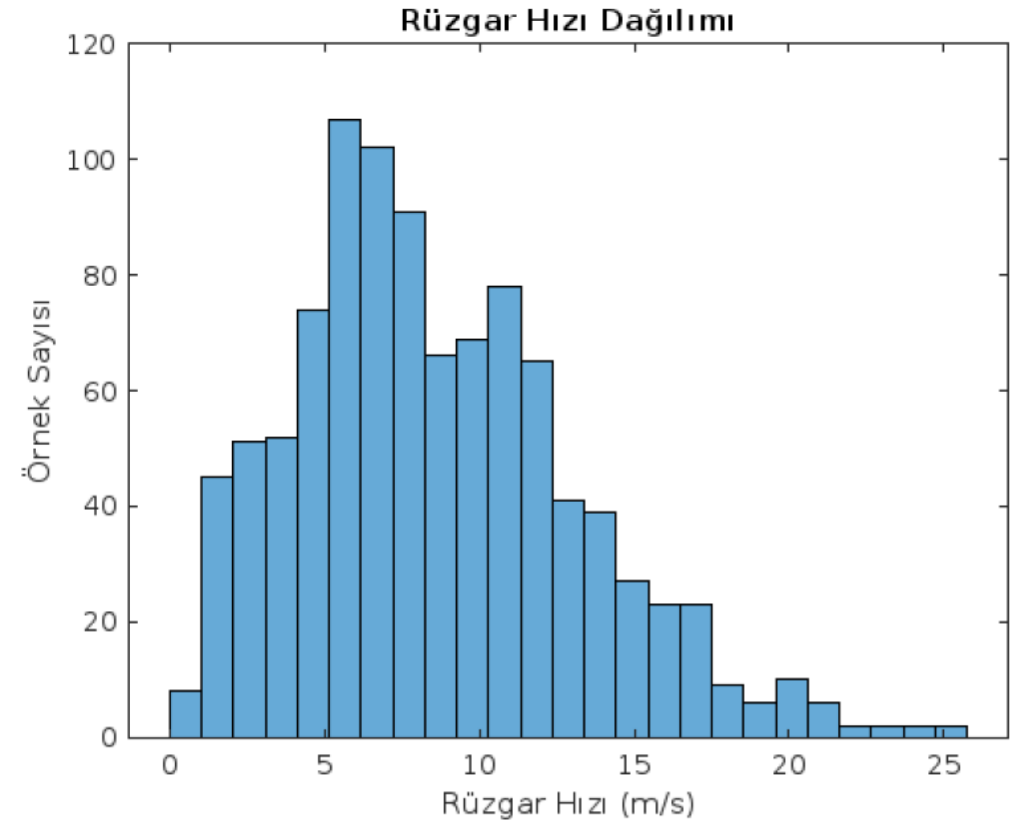
## Yük

- Sistemdeki yüklerin olasılıksal davranışı normal dağılım kullanılarak modellenmiştir.
- Normal dağılımın ortalama değeri test sistemindeki referans değer, standart sapma ise %25 olarak alınmıştır.



# Rüzgar ve Rüzgar Türbini Karakteristiği

- Rüzgar hızı Weibull dağılımı kullanılarak modellenmiştir.
  - Şekil parametresi: 2
  - Ölçek parametresi: 10
- 5 MW'lık bir türbin olduğu varsayılmıştır. Bu türbinin bazı parametreleri aşağıdaki gibidir:
  - Devreye girme: 3.68 m/s
  - Devreden çıkma: 25 m/s
  - Maksimum güç: 10 m/s



# Senaryolar

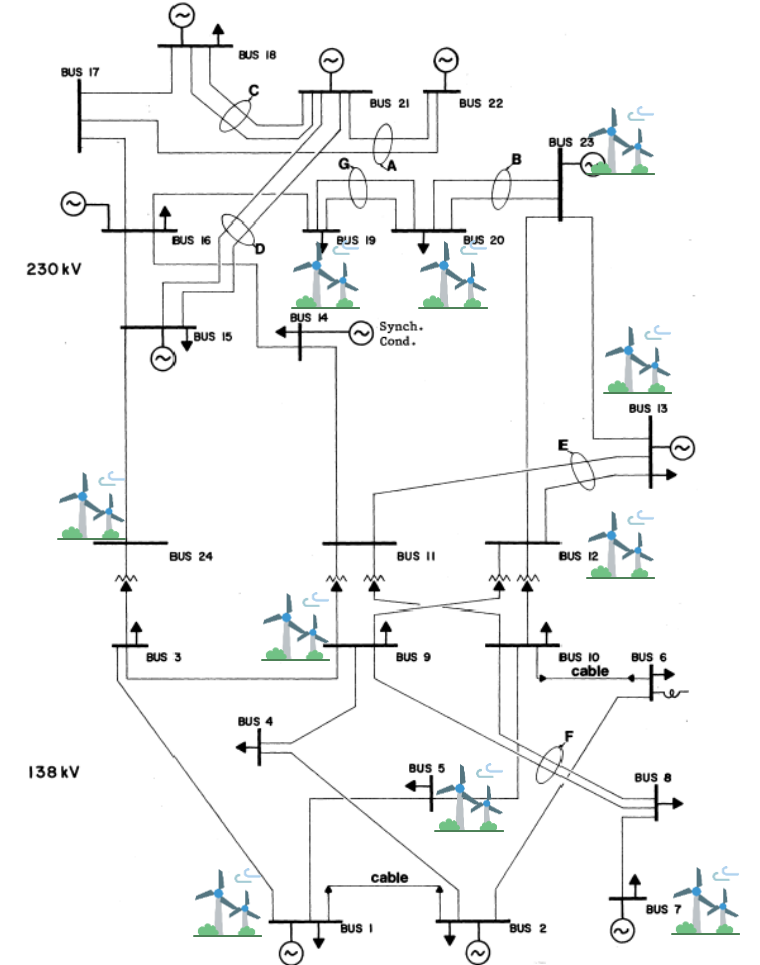
- Rüzgar ve yüklerin olasılıksal davranışı betimleyebilmek amacı ile 1000 adet örneklem toplanmıştır.
- İlk senaryo referans senaryo olmak üzere rüzgar entegrasyonu yapılmamıştır ve devam eden 3 senaryoda rüzgar entegrasyonu %20'lik adımlarla arttırılmıştır.



# Senaryolar

Devreye alınan, devreden çıkarılan üretim birimleri

	Devreden Çıkarılanlar	Devreye Alınanlar	Toplam Penetration
<b>Senaryo 1 (referans)</b>	-	-	%0 (0 MW / 3405 MW)
<b>Senaryo 2</b>	Bara 1: -20 ve -76 Bara 2: -20 ve -76 Bara 7: -100 Bara 23: -155 Bara 13: -197	Bara 19: +100 Bara 9: +300 Bara 1: +150 Bara 13: +150	%20.2 (700 MW / 3461 MW)
<b>Senaryo 3</b>	Bara 1: -20 ve -76 Bara 2: -20 ve -76 Bara 7: -100 Bara 23: -155 Bara 13: -197	Bara 7: +150 Bara 12: +300 Bara 23: +150 Bara 5: +100	%39.8 (1400 MW / 3517 MW)
<b>Senaryo 4</b>	Bara 7: -100 Bara 13: -197 Bara 23: -350	Bara 13: +150 Bara 7: +150 Bara 24: +300 Bara 20: +100	%58.8 (2100 MW / 3570 MW)



# Sonuçlardan bir örnek

- Bara 5: Barada gerilimin 0.95 pu altına düşme olasılığı oldukça fazlayken rüzgar katılımı arttıkça gerilim dağılımının düzeldiği görülmektedir.
- Bara 11: Bu bara direk 500 MVA hat kapasitesine bağlı olduğu için, hatlarda aşırı yüklenme olasılığı çok düşüktür. Bara gerilimlerindeki ihlal olasılıklarının da azaldığı rüzgar entegrasyonu ile beraber gözlenmiştir.

	P(V<0.95)			
	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4
Bara 5	0.840	0.389	0.261	0.346
Bara 11	0.536	0.132	0.164	0.155

	Aşırı yüklenme olasılığı			
	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4
Hat 1-5	0.532	0.321	0.487	0.712
Hat 5-10	0.986	0.630	0.491	0.635
Hat 11-13	0.009	0.004	0.003	0.011



# Genel Deęerlendirme

---

- Daha düşük gerilim seviyesine sahip iletim bölgesinde gerilimin 0.95 pu altına düşme olasılığının yüksek olduğu gözlemlenmiştir.
- Rüzgar katılımının gerilim kontrolü yapacak şekilde modellenmesi ve dağıtık yapıda olması baralarda gerilimin istenilen düzeyde kalma olasılığının arttığı gözlemlenmiştir.



# Soru - Cevap

---