

# Dağıtık Üretim Tesislerinin Şebeke Entegrasyonunda Yaşanabilecek Olası Problemler ve Entegrasyon Analizleri

**Dr. Hasan Basri ÇETİNKAYA**

**SIEMENS** San. ve Tic. A.S.  
Infrastructure & Cities  
Smart Grid / Service  
Power Technologies International  
**IC SG SE PTI**  
[hasan.cetinkaya@siemens.com](mailto:hasan.cetinkaya@siemens.com)

**Ferhat DUMLU**

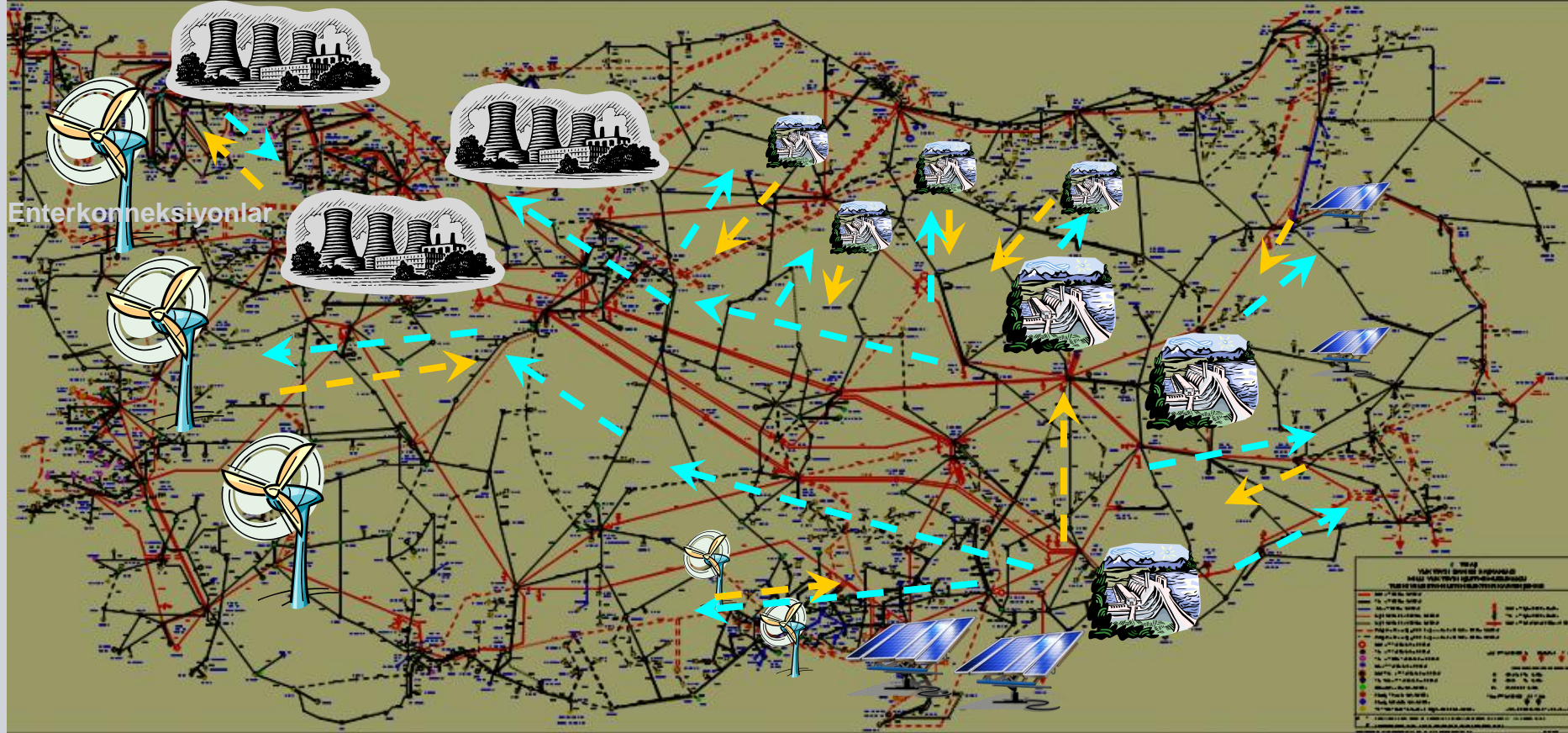
**SUR ENERGY**  
Burhaniye Mahallesi  
Abdullağa Caddesi No:21  
Üsküdar / İstanbul

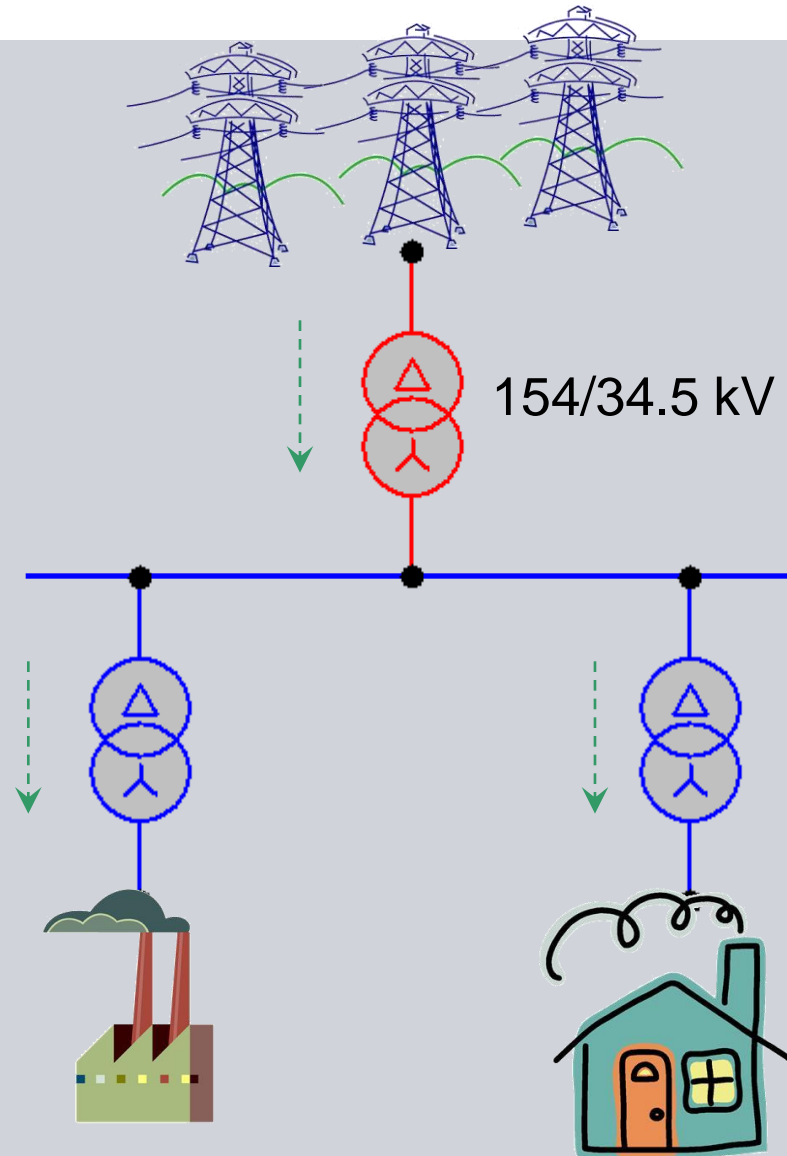
[ferhatdumlu@suryapi.com.tr](mailto:ferhatdumlu@suryapi.com.tr)

# Dağıtık Üretim & TÜRKİYE ENERJİ İLETİM SİSTEMİ

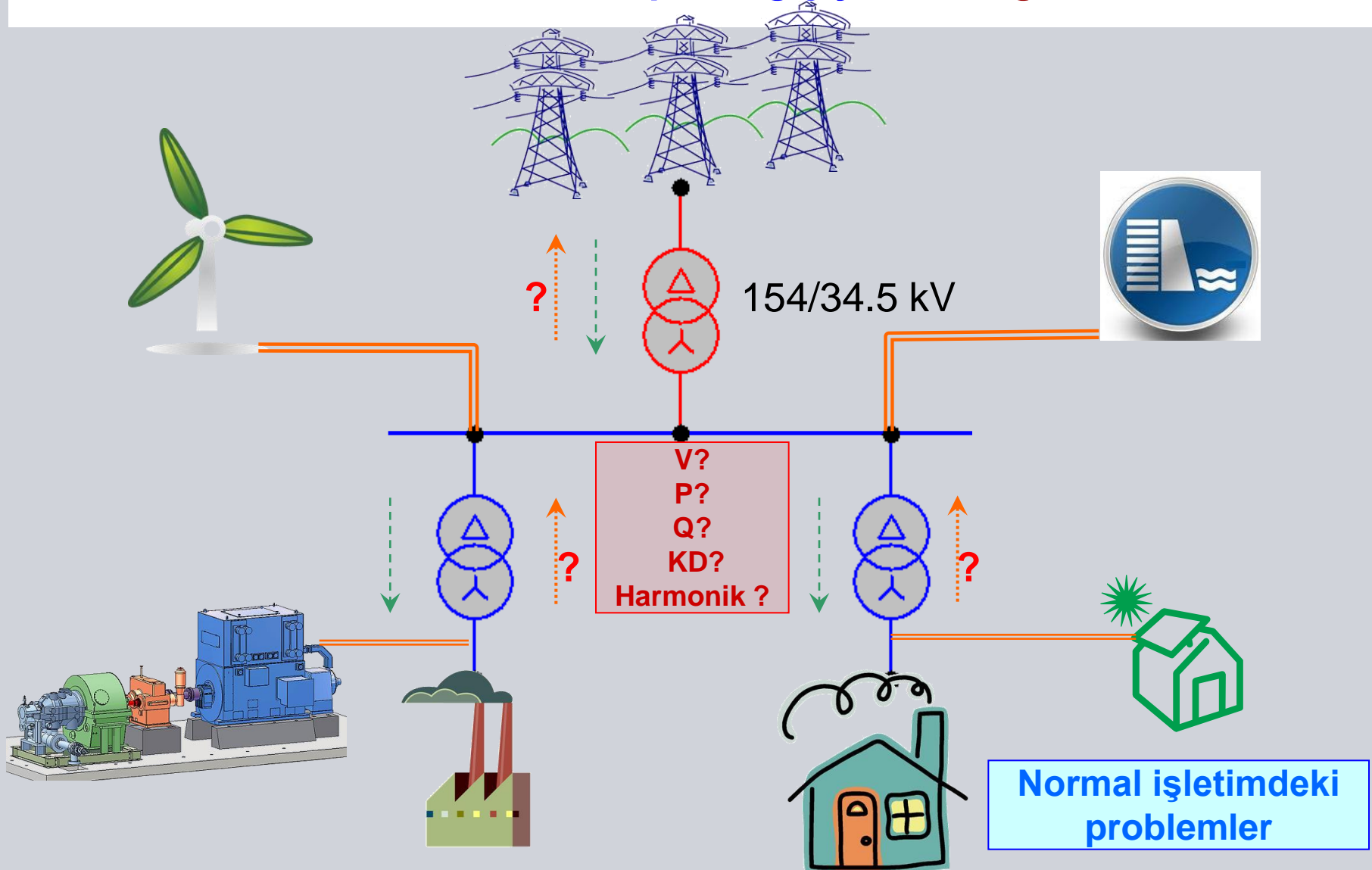
SIEMENS

Ulusal ve uluslar arası stratejiler, enerjinin **dağıtık üretim (DG)** yapısına dönüşeceğini gösteriyor !!

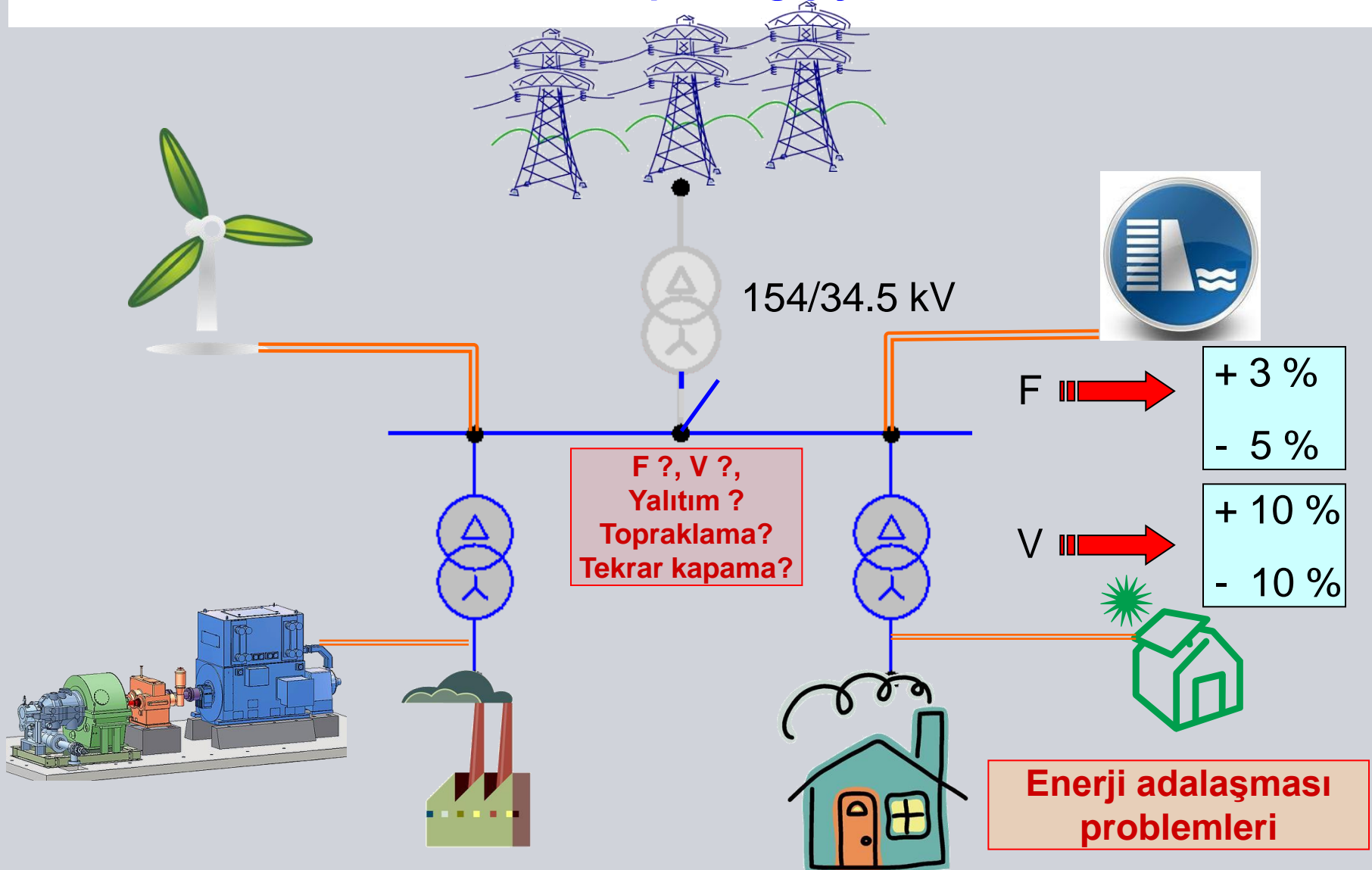




## DAĞITIM SİSTEMİ ..... komple değişiyor → Dağıtık Üretim



## DAĞITIM SİSTEMİ ..... komple değişiyor



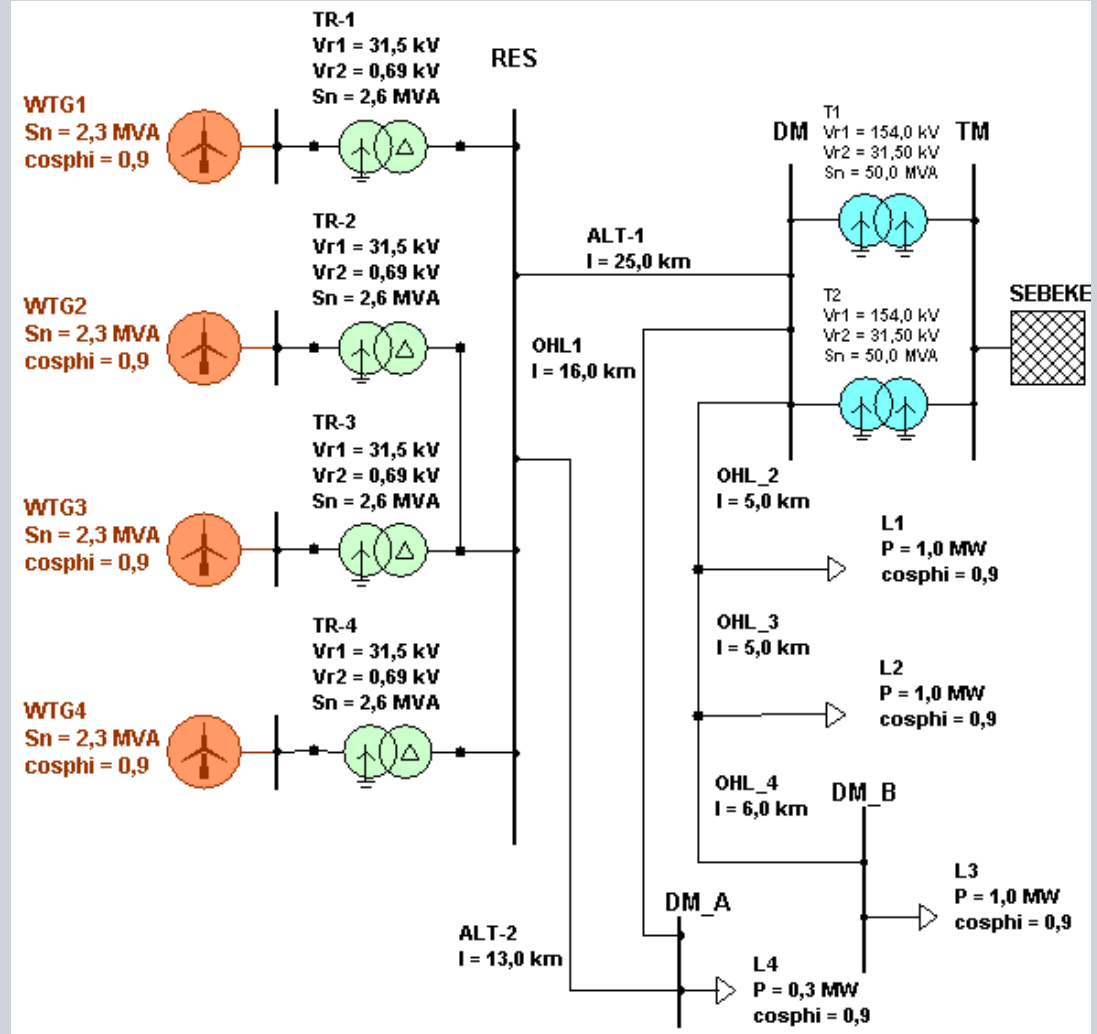
# ENERJİNİN KALİTESİ .....

Değişen yapı nedeniyle bozulmamalıdır.

Yönetmelikler izlenmeli, ön analizler ile tespitler yapılmalıdır.

SIEMENS

- Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği
- Elektrik Piyasası Şebeke Yönetmeliği
- Elektrik Piyasası Dağıtım Yönetmeliği
- Elektrik Piyasasında İletim ve Dağıtım Sistemlerine Bağlantı ve Sistem Kullanımı Hakkında Tebliğ
- Elektrik Piyasasında Dağıtım Sisteminde Sunulan Elektrik Enerjisinin Tedarik Sürekliliği, Ticari ve Teknik Kalitesi Hakkında Yönetmelik
- “Dağıtım Sisteminde Santral Bağlantıları” sunumları, TEDAŞ
- TEDAŞ Yönetim Kurulu kararları, imzalanan protokoller
- Dağıtım Şirketi Uygulamaları



# Tesis gücüne ve lokasyonuna bağlı olarak..... Gerçekleştirilebilecek Analizler

**SIEMENS**

**Yük Akışı Analizi:** Değişken yük durumlarında, güç akışlarını, yüklenmeleri, bara gerilimleri

**Kısa Devre Analizi:** Dağıtım sistemine bağlanılan noktada, üretim tesisi baralarında ve komşu baralarda oluşan kısa devre seviyeleri. Kabloların, hatların dayanım sınırları.

**Koruma Koordinasyonu:** Yük akışı ve kısa devre sonuçlarına bağlı olarak birden fazla işletim durumu oluşuyorsa koruma selektivitesi oldukça önemli.

**Harmonik ve Fliker Analizi:** İlgili üretim biriminin dağıtım sisteminde oluşturduğu harmonik bozunum ve fliker şiddeti, rezonans durumları

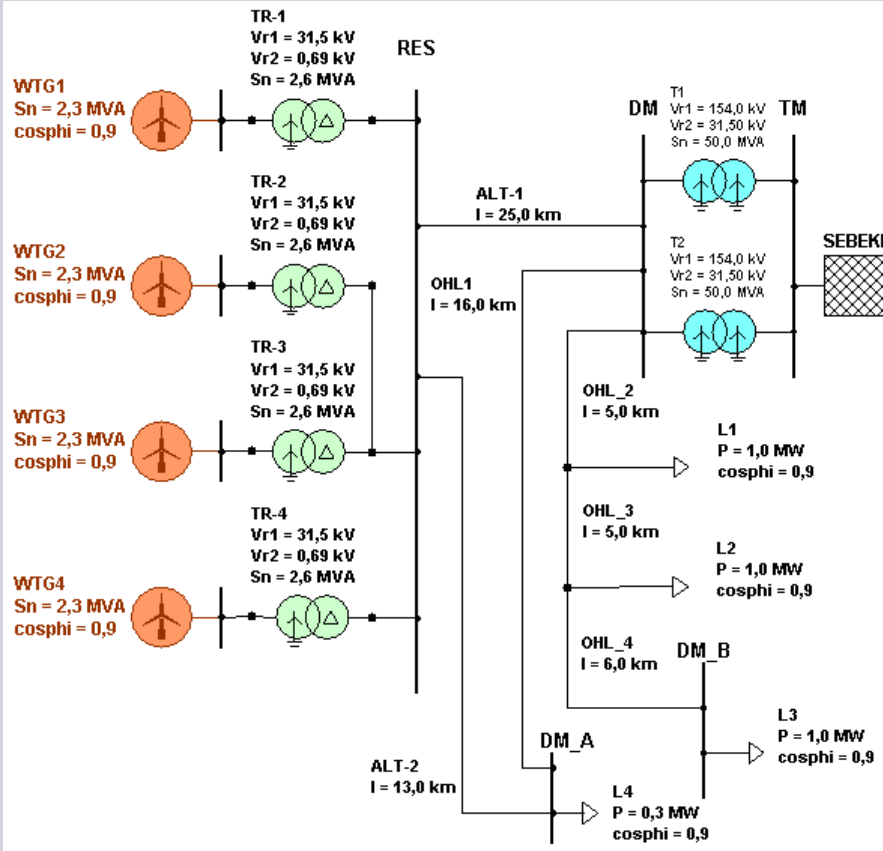
**Dinamik Analizler:** Sistemin zamana bağlı dinamik tepkisini inceleme, oluşturulan aktif ve reaktif güç tepki hızını belirleme. Adalaşma durumlarında oluşacak frekans ve gerilim tepkisi

**Topraklama Analizleri:** Kurulan sisteme ait işletme ve koruma topraklama sistemlerinin dizaynı ve kontrolü, adalaşmada işletme toprağının durumu.

**Yalıtım Koordinasyonu Analizleri:** Olası aşırı gerilimlerde sistem ekipman dayanımlarının uygunluğunu sorgulama. Anahtarlama esnasında, arızalarda ve sistem ayrılmalarında. Ayrıca rüzgar parkında yaşanacak olası yıldırım durumları

# Analizlerle ilgili

## Örnek bir sistem (Rüzgar Enerjisi Entegrasyonu)



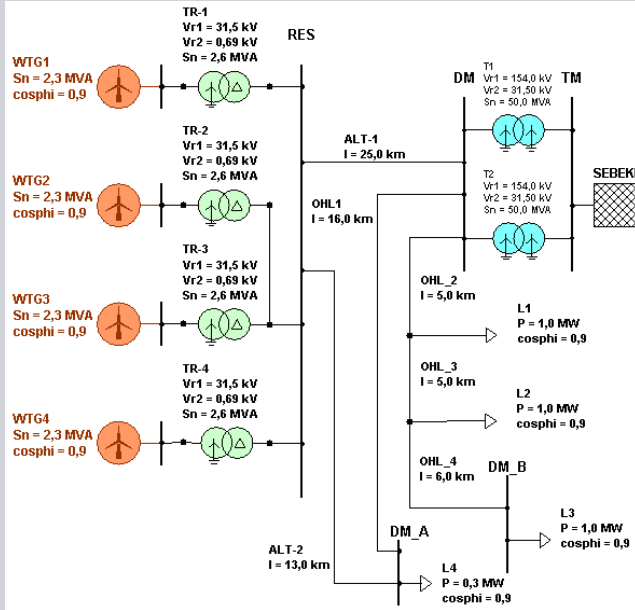
### İki farklı bağlantı noktası için toplam 20 senaryo;

- 3.0 AWG opsiyonu
- Tek 477 MCM opsiyonu
- Çift 477 MCM opsiyonu
- Minimum üretim
- Maksimum üretim
- Minimum yük
- Maksimum yük

### İncelenen sistem büyüklükleri

- Gerilim düşümleri/gerilim yükselmeleri
- Hat, trafo, kablo yüklenmeleri
- Kayıplar
- Baralarda oluşan kısa devre seviyeleri
- Hat ve kablolardaki kısa devre dayanımları

# Örnek bir sistem (Rüzgar Enerjisi Entegrasyonu) Sonuçlar – Yük Akışı Analizi / Kayıplar



Senaryolar	Bara Gerilimleri (V/Vn) - %					
	25 km (Alternatif-1)			13 km (Alternatif-2)		
	Tam kapasitif	Tam endüktif	*0* reaktif güç	Tam kapasitif	Tam endüktif	*0* reaktif güç
RES	105,31	98,84	107,21	105,51	104,12	108,15
DM	100,31	99,57	100,52	100,25	100,11	100,51
DM_A	100,31	99,57	100,52	102,98	102,12	104,62
DM_B	99,87	99,13	100,09	99,81	99,67	100,07

## Bara gerilimleri

### Minimum yük durumu, 3/0 AWG

Senaryolar	Kayıplar (MW)					
	25 km (Alternatif-1)			13 km (Alternatif-2)		
	Tam kapasitif	Tam endüktif	*0* reaktif güç	Tam kapasitif	Tam endüktif	*0* reaktif güç
Aktif Güç Kayıpları (MW)						
ALT-1	0,650	1,113	0,634	-	-	-
ALT-2	-	-	-	0,340	0,570	0,325
OHL1	-	-	-	0,391	0,673	0,373
TOPLAM	0,650	1,113	0,634	0,731	1,243	0,698

## Kayıplar

### Maksimum yük durumu, 3/0 AWG

Senaryolar	Bara Gerilimleri (V/Vn) - %					
	25 km (Alternatif-1)			13 km (Alternatif-2)		
	Tam kapasitif	Tam endüktif	*0* reaktif güç	Tam kapasitif	Tam endüktif	*0* reaktif güç
RES	103,00	98,07	101,73	104,75	98,40	105,49
DM	100,83	99,80	100,57	100,44	99,65	100,53
DM_A	100,83	99,80	100,57	104,31	99,41	104,88
DM_B	100,40	99,35	100,13	100,00	99,21	100,10

## Bara gerilimleri

### Minimum yük durumu, çift devre 477 MCM

Senaryolar	Kayıplar (MW)					
	25 km (Alternatif-1)			13 km (Alternatif-2)		
	Tam kapasitif	Tam endüktif	*0* reaktif güç	Tam kapasitif	Tam endüktif	*0* reaktif güç
Aktif Güç Kayıpları (MW)						
ALT-1 (477 MCM no:1)	0,062	0,098	0,060	-	-	-
ALT-1 (477 MCM no:2)	0,062	0,098	0,060	-	-	-
ALT-2 (477 MCM no:1)	-	-	-	0,030	0,054	0,029
ALT-2 (477 MCM no:2)	-	-	-	0,030	0,054	0,029
OHL1	-	-	-	0,406	0,731	0,396
TOPLAM	0,124	0,196	0,120	0,466	0,839	0,454

## Kayıplar

### Maksimum yük durumu, çift devre 477 MCM

**9 MW güç → Rüzgar parkı barasında gerilim yükselmesi**

**Nedeni → Gücün uzun bir hat boyunca taşınma zorunluluğu ve yakınında önemli bir tüketici bulunmaması**

**Gerilim yükselmesi → Diğer tüketicileri de etkiler.**

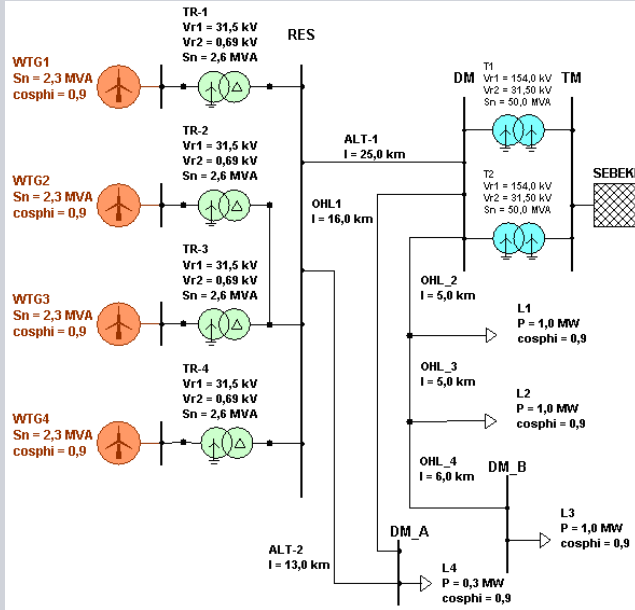
**Dağıtım sisteminden entegre olacak rüzgar enerjisi entegrasyonları → Reaktif güç desteği beklenmemekte**

**Ancak reaktif güç desteği beklenmesi durumunda → yüksek olan bara gerilimi nedeniyle reaktif güç desteği mümkün değil. Gerilim yükselmesinin önlenmesinin çözümü hat mesafesini elektriksel olarak kısaltmaktır.**

**Kayıplar değerlendirilirken → Genelde rüzgar türbinin çıkış noktasında değil (RES), dağıtım sistemine entegre oldukları noktada (DM) → 477 çift devre MCM'de 5 kat azalma.**

**Gerilim profili ve kayıplar açısından değerlendirildiğinde en iyi alternatifin, 25 km mesafeye sahip çift devre 477 MCM olduğu görülmektedir.**

# Örnek bir sistem (Rüzgar Enerjisi Entegrasyonu) Sonuçlar – Kısa Devre



Senaryolar	Bara No	3 faz maksimum kısa devre başlangıç akımı I'' (kA)			
		25 km (Alternatif-1)		13 km (Alternatif-2)	
		Kısa devre dayanımı (kA)			
		Maksimum	Gerçek	Maksimum	Gerçek
RES	16	1,73	1,67	1,54	1,50
DM	16	16,18	10,74	16,17	10,74
DM_A	16	2,18	2,04	2,44	2,30
DM_B	16	2,18	2,04	2,18	2,04

**Kısa Devre**  
Minimum yük durumu, 3/0 AWG

Senaryolar	Bara No	3 faz maksimum kısa devre başlangıç akımı I'' (kA)			
		25 km (Alternatif-1)		13 km (Alternatif-2)	
		Kısa devre dayanımı (kA)			
		Maksimum	Gerçek	Maksimum	Gerçek
RES	16	4,63	4,08	3,56	3,24
DM	16	16,21	10,77	16,20	10,77
DM_A	16	3,67	3,31	3,52	3,20
DM_B	16	2,18	2,04	2,18	2,04

**Kısa Devre**  
Minimum yük durumu, çift devre 477 MCM

Rüzgar türbinleri → **DFIG** ? **FULL CONVERTER** ?

**FULL CONVERTER** → KD katkısı yaklaşık 1 p.u. (OG barada)

**DFIG** → KD katkısı yaklaşık 3-4 p.u. (OG barada)

→ Dizaynda değerlendirilmelidir.

**477 MCM çift devre** kullanıldığında KD büyüyor, ancak RES barasının dizayn değerinden oldukça uzak.

**RES bağlanabilme kriteri** → Bağlanıldığı noktadaki minimum kısa devre seviyesi → Rüzgar türbini üreticileri tarafından, kısa devre seviyesinin belirli bir değerin üzerinde olması beklenir

**25 km'lik alternatifte çift devre 477 MCM kullanılması, ilgili noktada kısa devre seviyelerinin aşılma riski oluşmadığı durumda, avantajlı konuma gelmektedir.**

# Örnek bir sistem (Rüzgar Enerjisi Entegrasyonu)

## Ana Sonuçlar

1. Dağıtım sistemlerinin, gücün sadece dağıtımı için tasarlandığı, üretim sistemlerinin entegrasyonuna uygun dizayn edilmediği bilinmektedir.
2. İletim sisteminden gerçekleşecek üretim entegrasyonları da incelenmeye değer olmakla birlikte, özellikle dağıtım sisteminden gerçekleşecek olan üretim entegrasyonlarında doğru analizler gerçekleştirilip, doğru önlemler alınmadığı takdirde, enerji kalitesini bozucu, can ve ekipman güvenliğini tehlikeye düşürecek, üretilen gücün yeteri kadar verimli kullanılmamasına neden olabilecek sonuçlar ile karşılaşılması muhtemeldir.
3. Kurulacak üretim sisteminin **tipine** ve **büyüklüğüne** göre gerekli analizlerin yapılıp, uygun entegrasyon alternatiflerinin değerlendirilmesi ve sistemi bozucu etkileri varsa, entegrasyon öncesi gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.
4. Bu önlemler **akıllı şebeke teknolojilerinin** ve **ürünlerinin** kullanımı ile mümkün olabilmektedir. (Gelişmiş röle, transformatör, güç kontrolü. Hızlı haberleşme ve otomatik karar alabilme vb.)



SIEMENS



## İZLEDİĞİNİZ İÇİN TEŞEKKÜRLER

### Kaynaklar

1. IEEE Application Guide for IEEE Std 1547™, IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems, IEEE Std 1547.2TM-2008.
2. IEEE Recommended Practice for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems Distribution Secondary Networks, IEEE Std 1547.6TM-2011.
3. Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği, [www.epdk.gov.tr](http://www.epdk.gov.tr)
4. Elektrik Piyasası Şebeke Yönetmeliği, [www.epdk.gov.tr](http://www.epdk.gov.tr)
5. Elektrik Piyasası Dağıtım Yönetmeliği, [www.epdk.gov.tr](http://www.epdk.gov.tr)
6. Elektrik Piyasasında İletim ve Dağıtım Sistemlerine Bağlantı ve Sistem Kullanımı Hakkında Tebliğ, [www.epdk.gov.tr](http://www.epdk.gov.tr)
7. Elektrik Piyasasında Dağıtım Sisteminde Sunulan Elektrik Enerjisinin Tedarik Sürekliliği, Ticari ve Teknik Kalitesi Hakkında Yönetmelik, [www.epdk.gov.tr](http://www.epdk.gov.tr)
8. Sakarya O. "Dağıtım Sisteminde Santral Bağlantıları" sunumu, TEDAŞ.
9. Dağıtım tesislerine bağlanacak üretim santralleri için fider kriterleri, TEDAŞ.

### Dr. Hasan Basri ÇETİNKAYA

Dynamic Analyses Group  
Electrical Engineer (Ph.D.)

**SIEMENS** San. ve Tic. A.Ş.  
Infrastructure & Cities  
Smart Grid / Services

Power Technologies Int. Group

**IC SG SE PTI**

[hasan.cetinkaya@siemens.com](mailto:hasan.cetinkaya@siemens.com)