



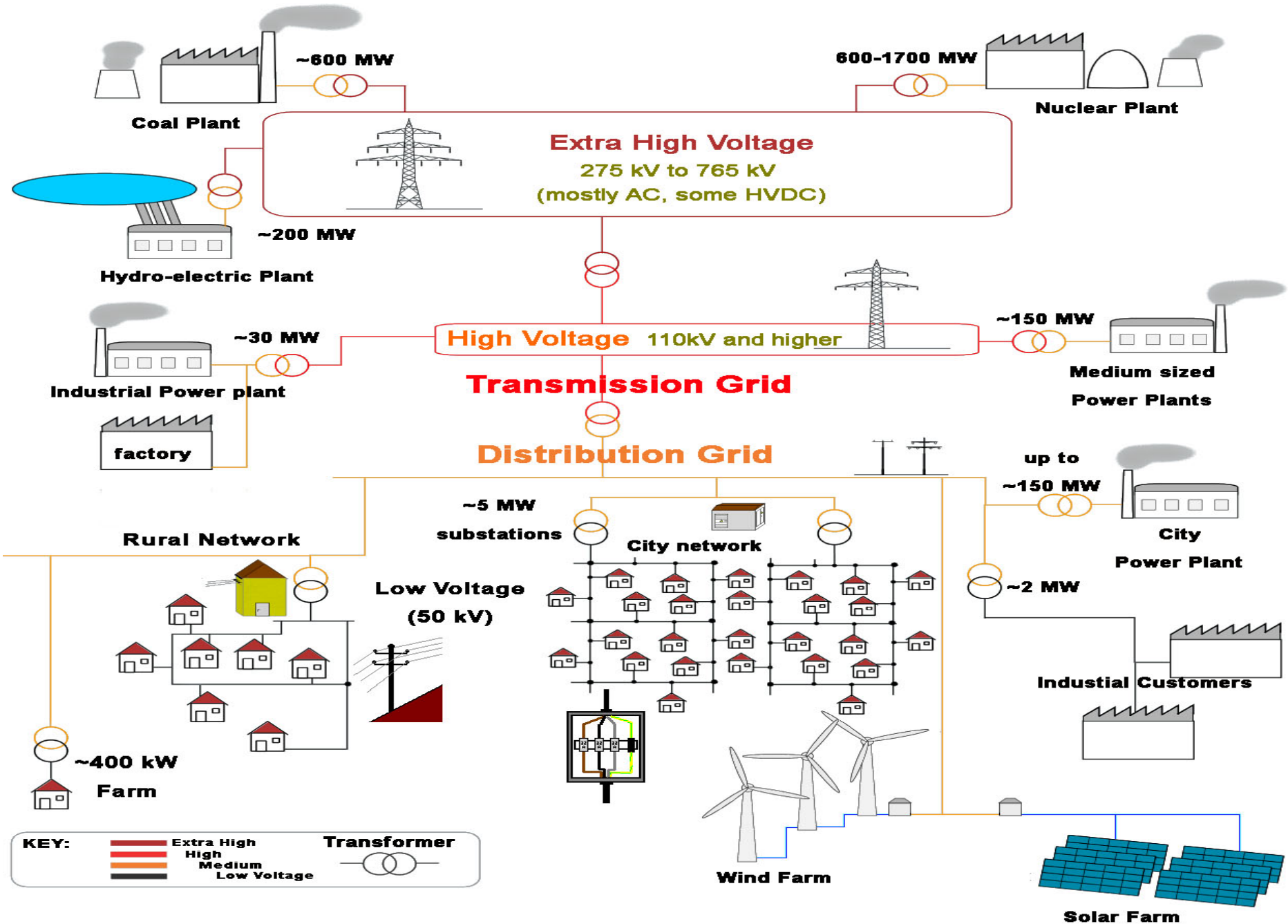
Sürdürülebilir bir gelecek için akıllı şebekeler, yenilenebilir enerji ve talep yönetimi

Doçent Dr. Murat Fahrioglu

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

ODTÜ

Kuzey Kıbrıs Kampusu





Elektrik Santralleri (1)

Baz yük karşılamak için temel santraller:

- Termik santraller
- Dizel santraller
- Gaz türbinleri
- Nükleer santraller (Termik)
- Hidro elektrik santralleri (HES)

Fuel	Estimate (kg CO ₂ /kWh _e)
Natural gas	0.443
Diesel	0.778
<i>Heavy oil</i>	<i>0.778</i>
Coal (with scrubbing)	0.960
Coal (no scrubbing)	0.1050



Fosil Yakıt CO₂ sorunu

- 1 kWh elektrik enerjisi üretmek için biz çevreye 0.75 kg CO₂ salıyoruz
- Yılda 1.6 Milyar kWh enerji üretiyoruz
 - Çevremize 1.2 Milyon ton CO₂ salıyoruz
- EPA (Çevre Koruma Dairesi): \$40 / ton CO₂ toplumsal zarar (çevre, sağlık, vs)
 - 48 milyon dolar toplumsal zarar
 - SO₂ ve NO_x gazları bu hesaba dahil değil



Elektrik Santralleri (2)

Alternatif ve Yenilenebilir Kaynaklar:

- Fotovoltaik (PV) santraller
- Termik Güneş santralleri
- Rüzgar Türbinleri
- Biyogaz, Biyokütle
- Jeotermal
- Dalga, vb.



Renewable Energy Design & Applications Research



Mission: Our group focuses on the multidisciplinary research and development of new application areas for renewable energy technologies from micro to macro scale, and the full system design including interface circuits for power generation, storage, and delivery. One of our primary interests is researching clean solutions to energy problems, including environmental economics and engineering aspects, in developing geographies like Northern Cyprus.

redar.ncc.metu.edu.tr

[Home](#) [People](#) [Collaborating Partners](#) [Projects](#) [Publications](#) [Contact](#) [METU NCC](#)



**Renewable
Energy
Design &
Applications
Research**

redar.ncc.metu.edu.tr

[Home](#)[People](#)[Collaborating Partners](#)[Projects](#)[Publications](#)[Contact](#)[METU NCC](#)

Collaborating Partners

Academic Institutions



METU

[Center for Solar Energy Research and Applications](#)



UNIVERSITY OF
LIVERPOOL

[Institute for Risk & Uncertainty](#)

[Center for Wind Energy](#)



Durham
University

[Durham Energy Institute](#)



[Institute of Solar Energy](#)



[Renewable Energy Research Center](#)





ODTÜ KKKK Güneş Enerjisi Santraline ait Teknik Veriler

- 1000 kW : Toplam kurulu güç
- 1.640.000 kWh : Yıllık tahmini elektrik üretimi
 - 4 kişilik 540 ailenin yıllık ortalama elektrik ihtiyacını karşılayabilir.
- 6.5-7 yıl : Tahmini amortisman süresi

***Yıllık önlenen karbondioksit salınımı 1,000,000 kg civarındadır.
Bu miktar yaklaşık 52,700 yetişkin ağacın bir yılda doğadan
emebileceği miktar kadardır.***



Enterkonnekte Bağlantılar

- KKTC kurulu gücü = 408 MW
 - 2 x 60 MW = 120 MW Buhar Türbini (Teknecik)
 - 8 x 17.5 MW = 140 MW Dizel (Teknecik)
 - 8 x 17.5 MW = 140 MW Dizel (Kalecik)
 - 1 x 8 MW komine çevrim buhar türbini (Kalecik)
- Enterkonnekte Bağlantı seçenekleri
 - Türkiye
 - Güney Kıbrıs (Bağlantı var 1.50-2.00 TL/kWh civarı bir ödeme yapıyoruz)

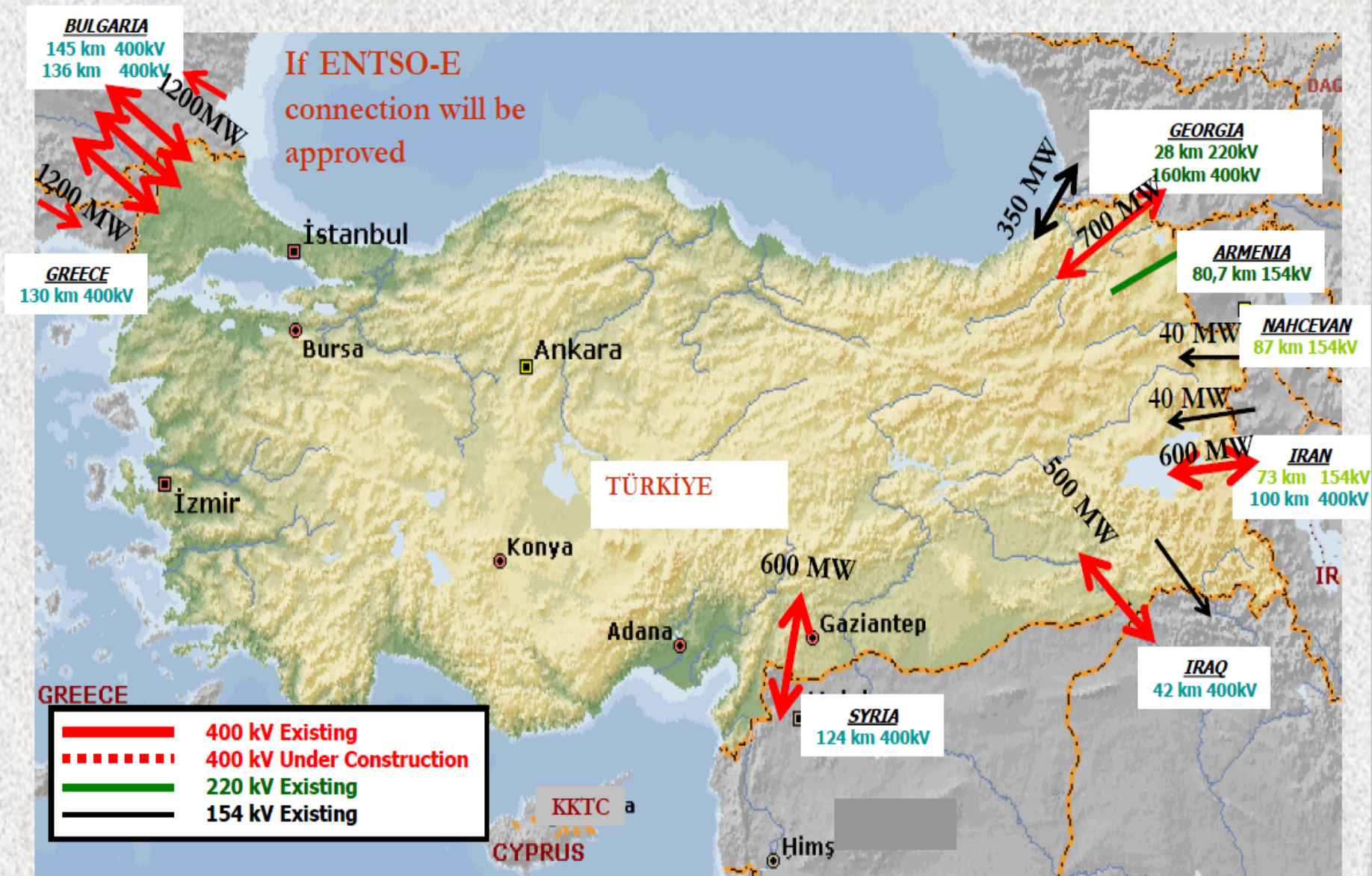


Israil – G. Kıbrıs – Yunanistan yatırım bedeli 3.5 Milyar Euro, sosyo-ekonomik değer 10 Milyar Euro (CESI)

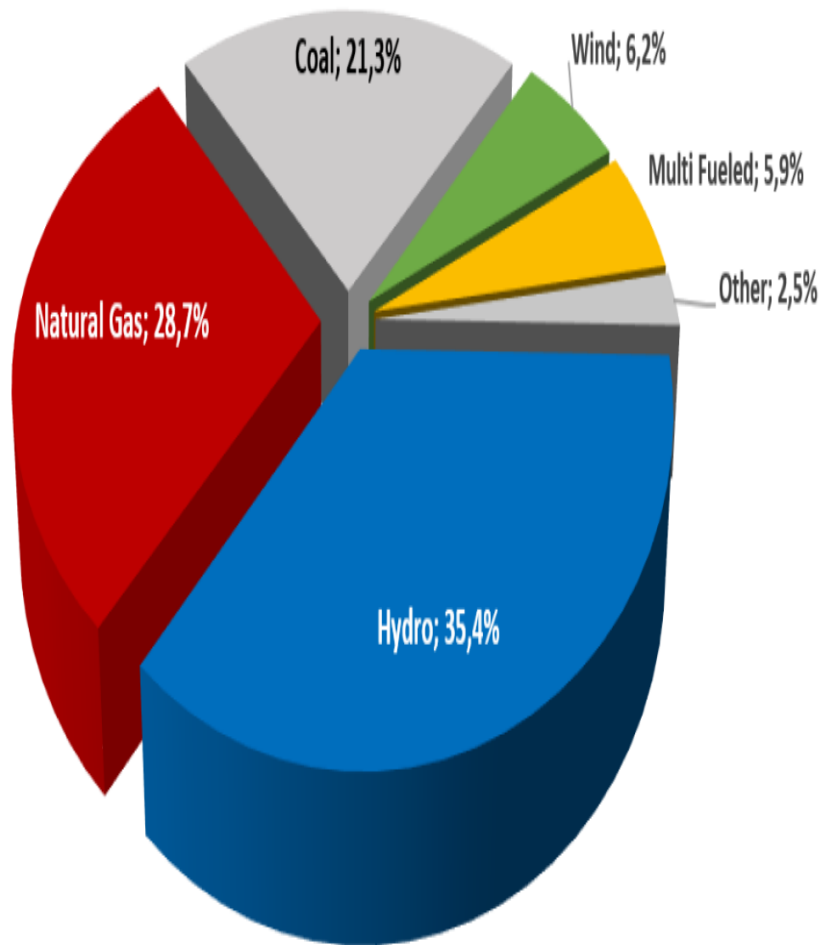


İsrail – G. Kıbrıs - Yunanistan

- **CESI (Teknik, Çevresel ve Ekonomik Analizi yapan danışma kuruluşu)**
- **Bağlantı yatırım bedeli 3.5 Milyar Euro**
- **Sosyo-ekonomik değer 10 Milyar Euro**
 - Çevre, sağlık
 - Verimli üretim, yenilenebilir enerji

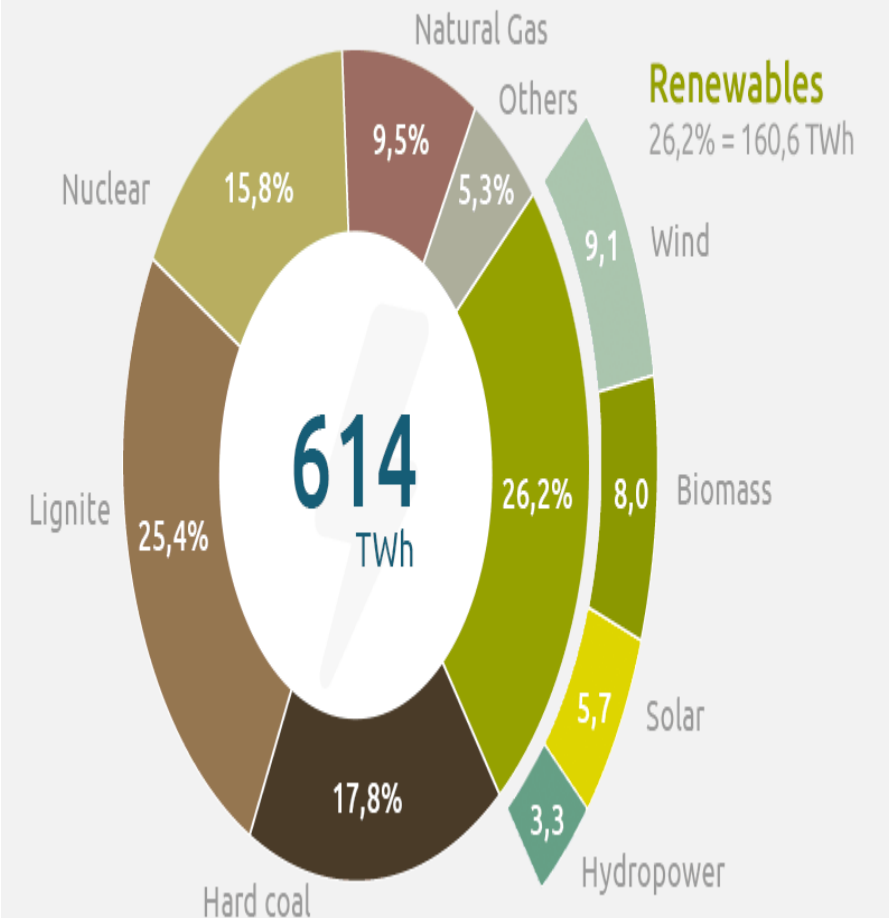


Türkiye Elektrik Üretim 2015



GERMANY'S ENERGY MIX 2014

Share of Germany's power generation - Renewables accounted for 26,2 %



Daten: Renewable Energies Agency

CC BY NC STROM-REPORT.DE



AB Hedef

- 20/20/20
 - 2020 yılına kadar
 - %20 Yenilenebilir Enerji
 - %20 zararlı sera gazlarında azalma
 - %20 enerji verimliliğinde artış
- %10 Avrupa Birliği üyeleri arası enterkonnekte bağlantı mecburiyeti

Elektriksel Enterkonnekte Orani (EEO)

Country	EIL (EEO)
Luxembourg	245 %
Croatia	69 %
Slovenia	65 %
Slovakia	61 %
Denmark	44 %
Hungary	29 %
Austria	29 %
Sweden	26 %
Belgium	17 %
Netherlands	17 %
Czech Republic	17 %
Greece	11 %
Bulgaria	11 %
Germany	10 %
France	10 %
Ireland	9 %
Italy	7 %
Romania	7 %
Portugal	7 %
Poland	4 %
Spain	2 %



Akıllı Şebeke nedir?

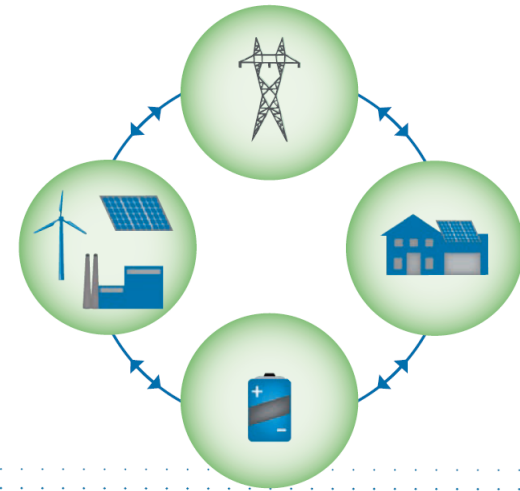
- Akıllı Şebeke, bir dizi gelişmiş bilgiyi, algılamayı, iletişimi, kontrolü ve enerji teknolojilerini yakalayan bir kavram ve vizyondur.
- Akıllı Şebekeler, elektrik enerjisinin “akıllı” bir şekilde kullanılmasını sağlar
- Sürdürülebilir, ekonomik ve güvenli elektrik kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılmasına imkan verir



Yenilenebilir Enerji ve Akıllı Şebekeler

- Elektrik enerjisi talebi sürdürülebilir bir şekilde karşılanmalıdır
- Sürdürülebilirlik ancak kullanılan kaynakların yenilenebilir olmasıyla sağlanabilir
- Akıllı şebekeler yenilenebilir enerji kaynaklarını daha etkili kullanmamıza yardım eder

Working Paper: Smart Grids and Renewables
By IRENA (Int. Renewable Energy Agency)





Talep Yönetimi

Motivasyon

- Elektrik kesintilerini önlemek için sistemsel etkili talep yönetimi sağlamak
- Maksimum müşteri faydası (memnuniyeti), minimum maliyet ve yeterli arz mevcudiyetinden kaynaklanmaktadır
- Bu "Mevcudiyet riskini" paylaşmak isteyen müşteriler, talep yönetimi programlarına katılım yoluyla daha fazla fayda sağlayabilir



Optimal Sözleşmeler

Elektrik Şirketi:

Belirli bir talep azaltma miktarı için ne kadar ödemek istediğini belirtmek için optimal bir teşvik fonksiyonu geliştirir.

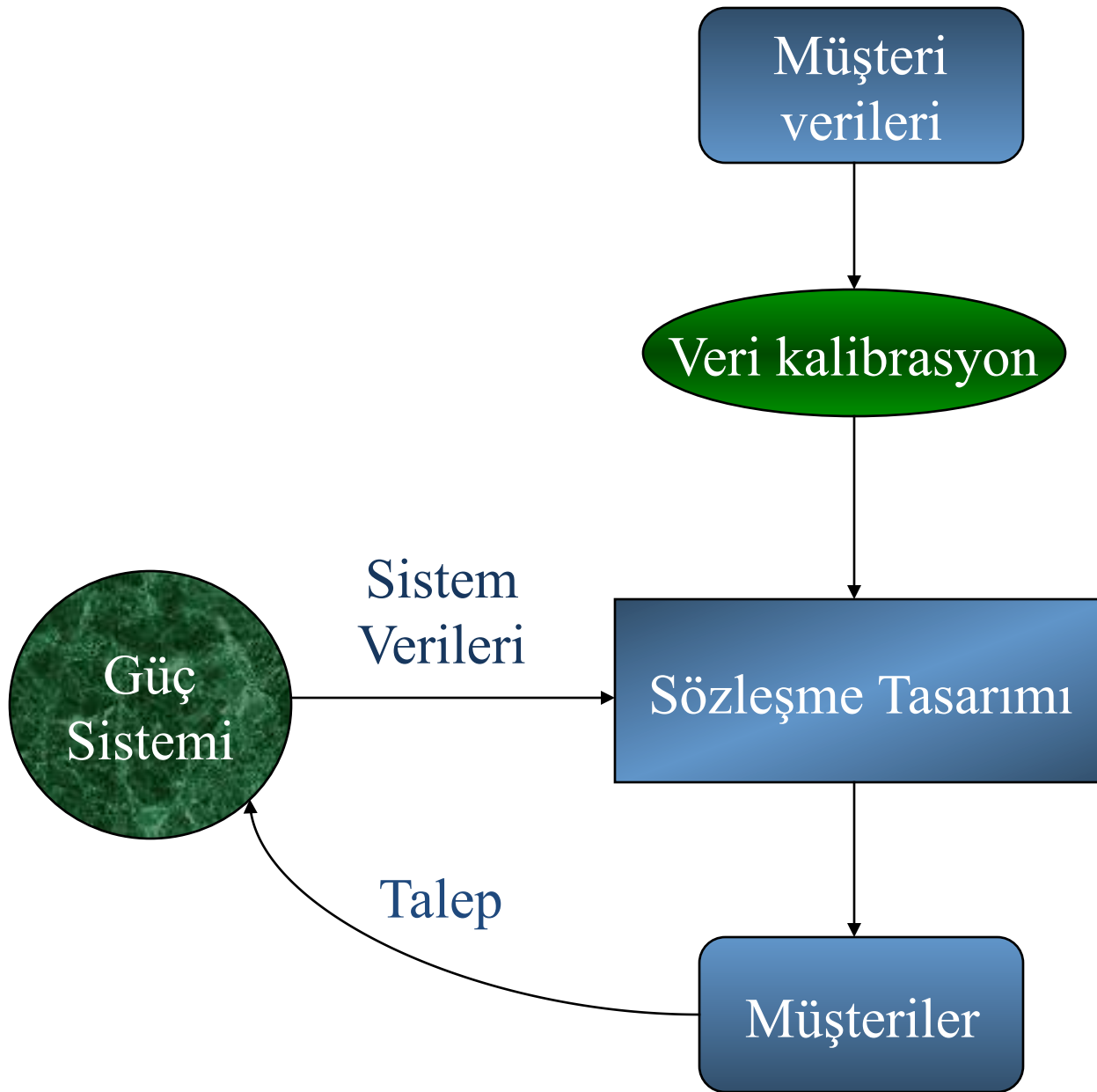
Müşteriler:

Onlara sunulan teşvik fonksiyonunun incelenmesine dayalı olarak azaltmanın miktarını seçerler

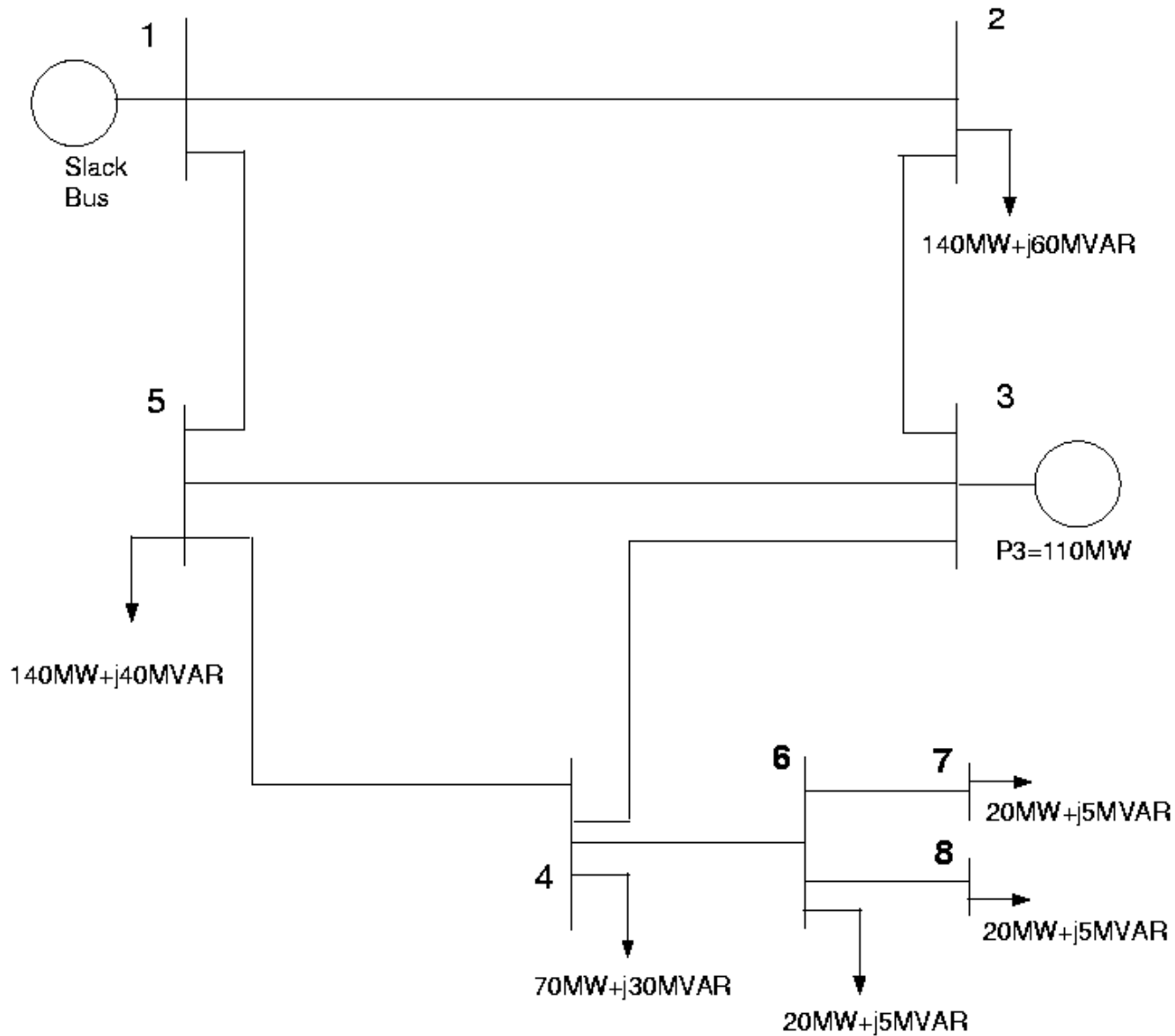


En uygun sözleşme tasarım anahtarları

- Müşteriler arasında ayırt etme kabiliyeti
 - Farklı ebat
 - Farklı kesinti maliyetleri
- Müşteri kesintisi maliyetlerini tahmin etme yeteneği
- Müşterilerin lokasyonel niteliklerini sözleşme tasarımına dahil edebilme becerisi



Örnek Sistem



Konumun Önemi

Gerilim Çöküşüne Hassasiyet

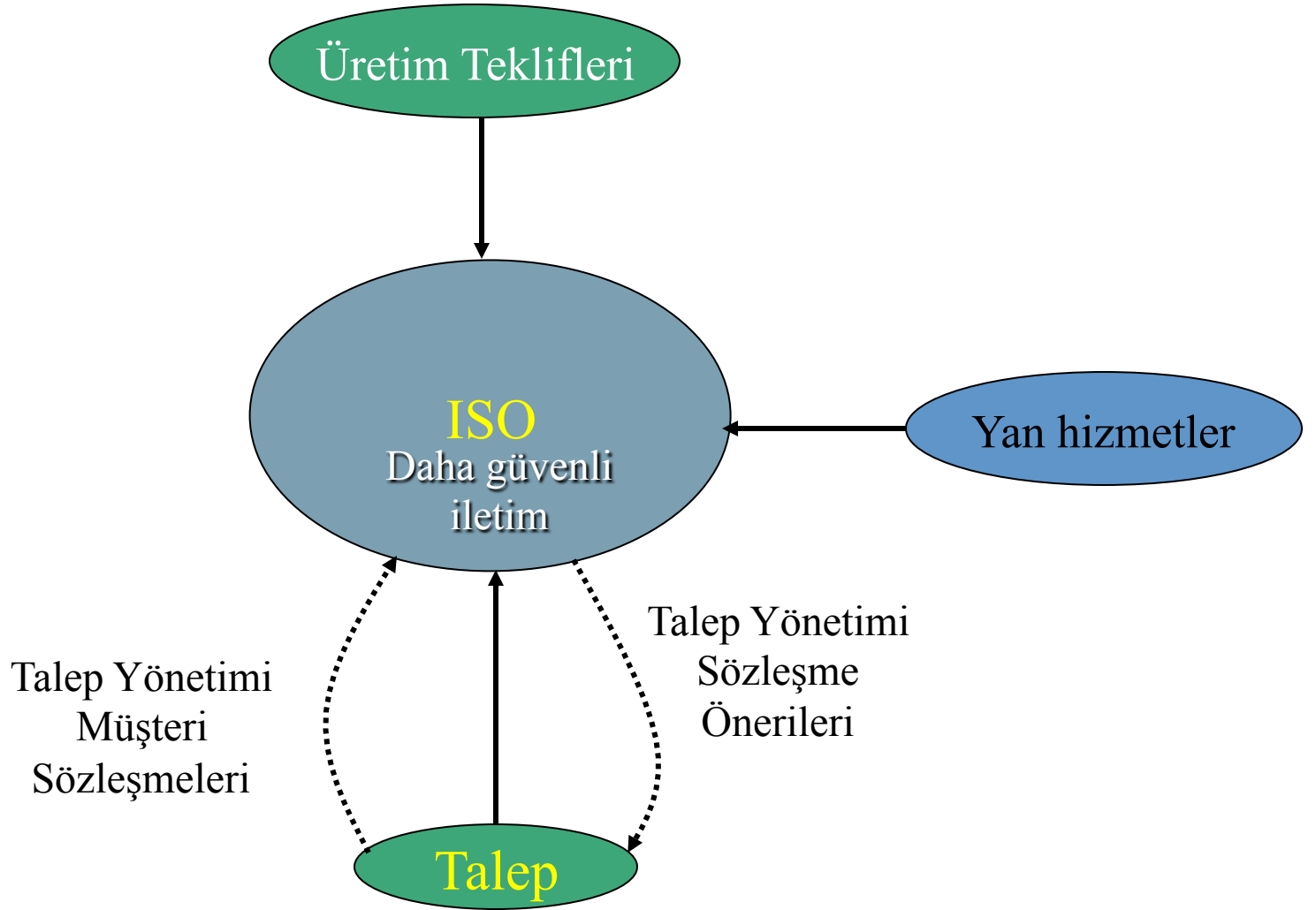
Talep Konum	Hassasiyet (MW/MW*)
2	0.03
4	0.89
5	0.12
6	1.48
7	1.73
8	1.73

(*) Sistem Güvenlik miktarına olan etki



Sistem Operatörleri (ISO or TSO)

- ISO, sistem hat yüklenmelerini yönetir
 - Bu durumlarda piyasa zarar görür
- ISO, yüklenme fiyatlaması veya kesilebilir enerji sözleşmeleri kullanımı arasında seçim yapma durumu olacaktır
- Kesintili talep sözleşmeleri belirli bir fiyattan "teslimat" için "hazır" teklifler olarak görülebilir
- Kesintiye uğrayan müşteriler spot piyasaya katılır
- Spot fiyatlamamanın yetersiz veya çok yavaş olduğu durumlarda, ISO sistem güvenli bir şekilde çalışması için talep yönetim sözleşmelerine güvenebilir

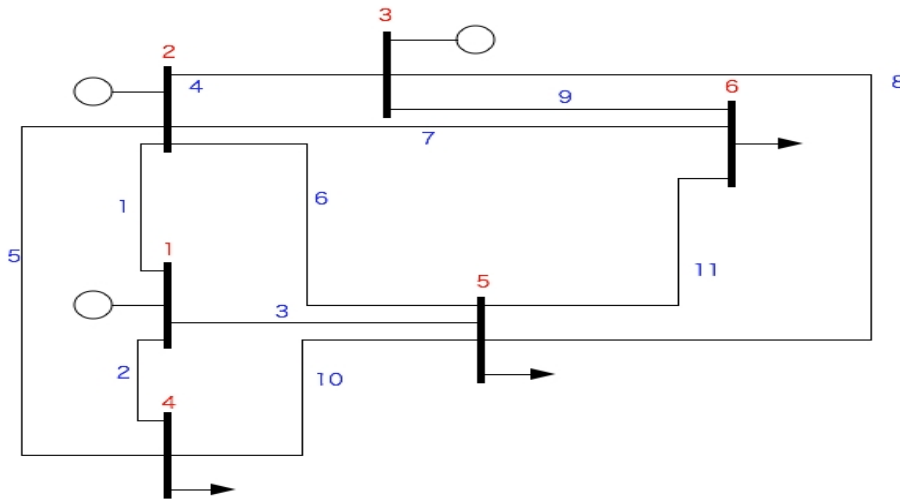


Talep ve Yük Akışı (PTDF's)

Power Transfer Distribution Factors (PTDF)

$$PTDF = \frac{\Delta P_{lineflow}}{\Delta P_{loadchange}}$$

PTDF temel olarak, herhangi bir yükteki değişikliğin belirli bir iletim hattındaki akışı ne kadar etkilediğini bize gösterir.



From Bus	To Bus	Bus1	Bus 2	Bus 3	Bus 4	Bus 5	Bus 6
1	2	0	0.4706	0.4026	0.3149	0.3217	0.4064
1	4	0	0.3149	0.2949	0.5044	0.2711	0.296
1	5	0	0.2145	0.3026	0.1807	0.4072	0.2976
2	3	0	-0.0544	0.3416	-0.016	0.1057	0.1907
2	4	0	-0.3115	-0.2154	0.379	-0.1013	-0.2208
2	5	0	-0.0993	0.0342	-0.0292	0.1927	0.0266
2	6	0	-0.0642	0.2422	-0.0189	0.1246	0.4100
3	5	0	-0.0622	-0.2890	-0.0183	0.1207	-0.1526
3	6	0	0.0077	-0.3695	0.0023	-0.015	0.3433
4	5	0	0.0034	0.0795	-0.1166	0.1698	0.0752
5	6	0	0.0565	0.1273	0.0166	-0.1096	0.2467

11 iletim hattı, 3 yük



Sistem Güvenliğinin Maliyeti

- Her güç sistemi için problem senaryoları biliniyor
- En fazla etkiye sahip yükler belirlenebilir
- Sonra akıllı şebekeler yardımıyla sorunu hafifletmek için hızlı işlemler yapılabilir
- Talep kesinti sözleşmeleri mevcutsa, sistem güvenliğinin maliyetini de bilebiliriz



Sonuç

- ✓ Sürdürülebilir bir gelecek için kullandığımız enerji yenilenebilir kaynaklardan gelmelidir
- ✓ Talep Yönetimi, sistem çöküşlerini engelleyebilir
- ✓ Etkili talep yönetimi, ilave üretim ve iletim için bir alternatiftir
 - ✓ "Eksi Yük", "Artı Üretime" benzer
- ✓ ***Kısacası talep yönetiminin etkisinin bilinmesi, bir Akıllı Şebekede çok yararlı olabilir***
- ✓ Talep yönetimi sözleşmeleri Elektrik piyasaları ortamında da tek şirket ortamında da uygulanabilir