Elektrik Tesisleri Dersi

Slayt 1

Dersin İçeriği

- Türkiye ve Dünyada Enerji Projeksiyonu
  - Dünya Genelinde Enerji Durumu
  - Dünyada Petrol, Kömür, Doğal Gaz, Rezervleri
  - Strateji Geliştirme
  - Ülkemizde Enerji Kaynakları ve Kullanımı
  - Ülkemizde Enerji İthalatı
  - Ülkemizde Gelecekte Enerji Talebi

Dünya Genelinde Enerji

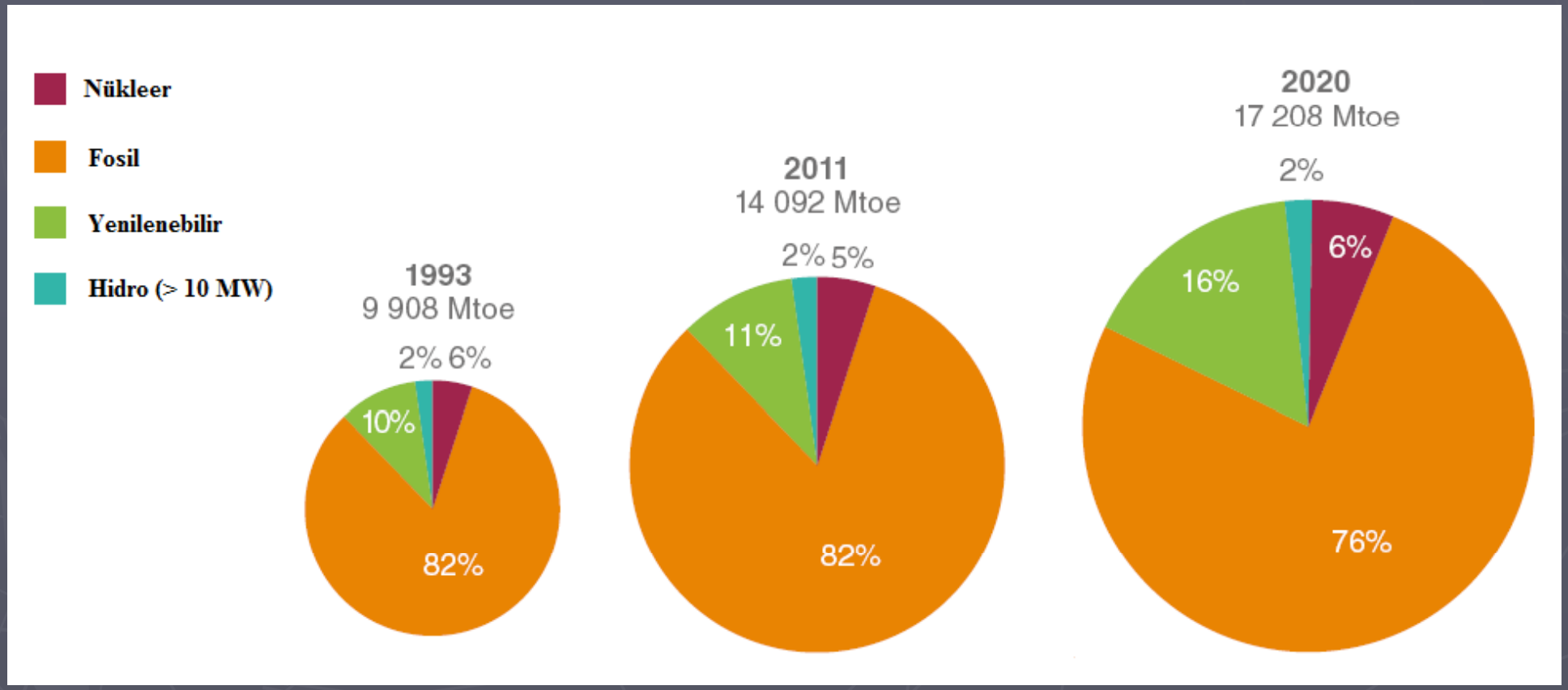
Fosil yakıtlı santraller, hidrolik santraller ve nükleer santraller, halen konvansiyonel enerji santralleri durumundadır.

Bilindiği üzere, halen, birincil ve en önde gelen enerji kaynakları fosil yakıtlardır.

Fosil yakıtlar, elektrik santralleri için kullanıldığı gibi, ulaşım ve konut sektörü için de önemli bir enerji kaynağı girdisi durumundadır. Böyle olunca da, günümüzde dikkatlerin üzerine toplandığı enerji kaynakları, fosil yakıtlar olmaktadır.

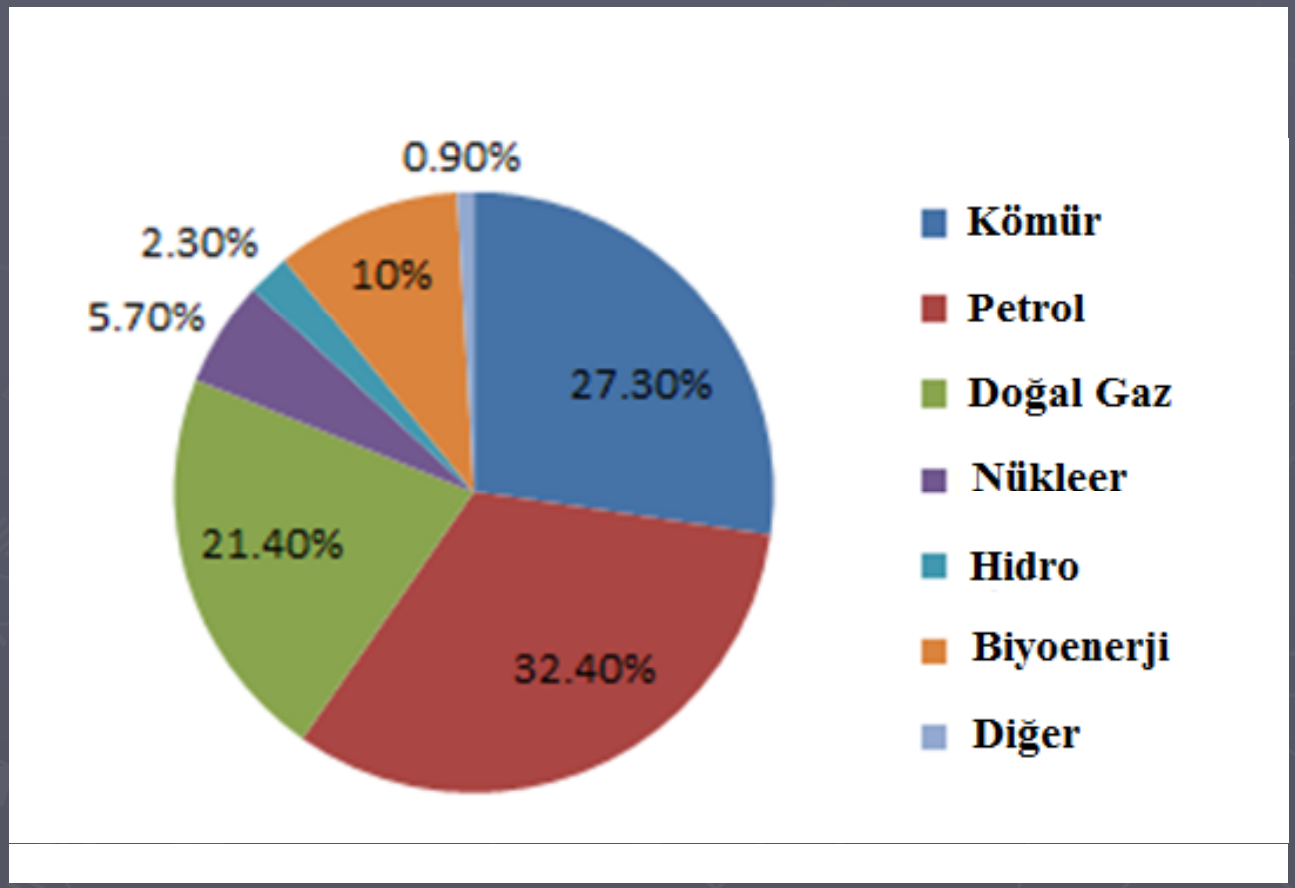
Dünya Geneli Enerji Kaynakları

Dünya Genelinde Enerji



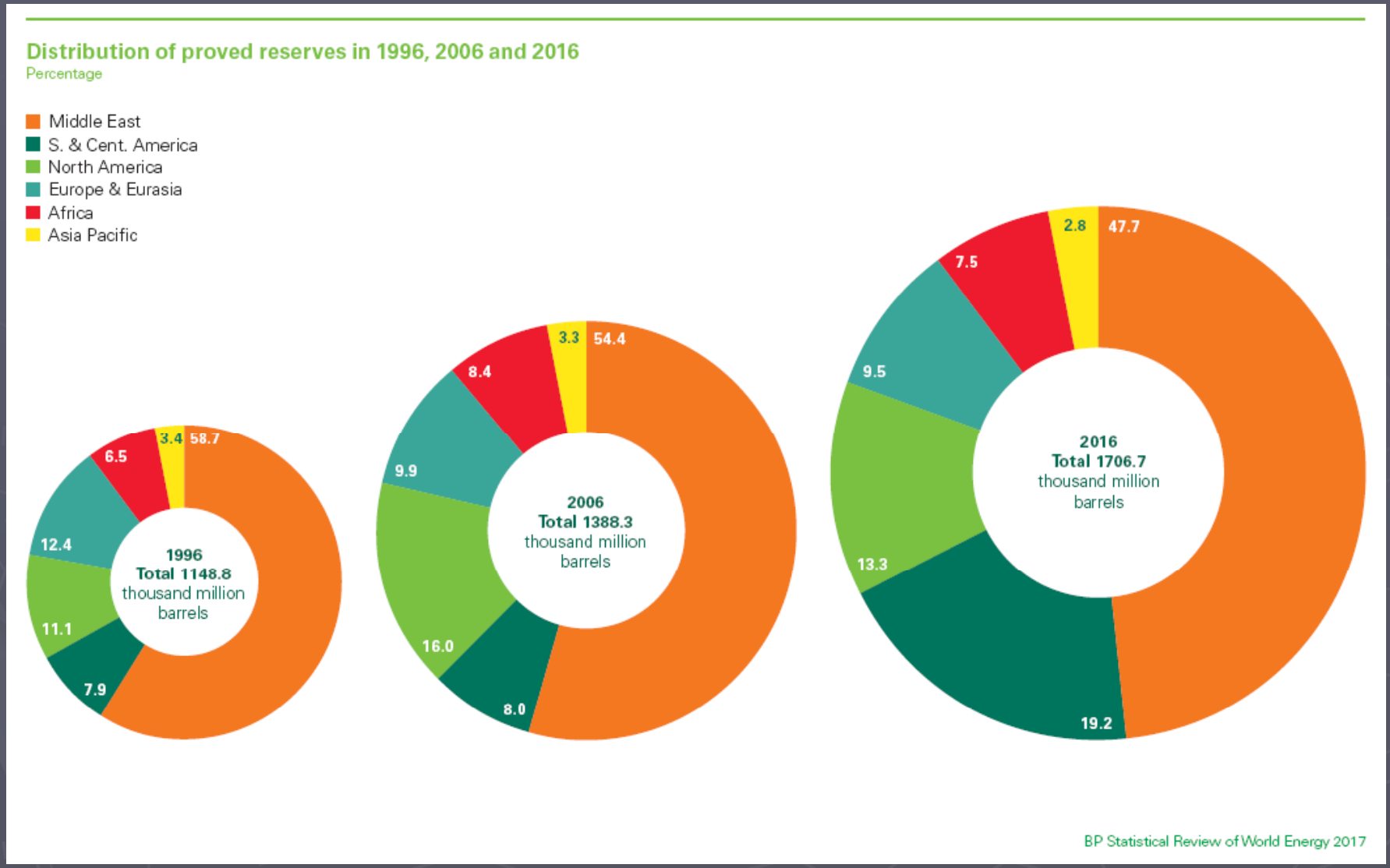
Dünya Geneli Enerji Arz Oranları (1993-2020)
Mtoe: Million tons of oil equivalent

Dünya Genelinde Enerji

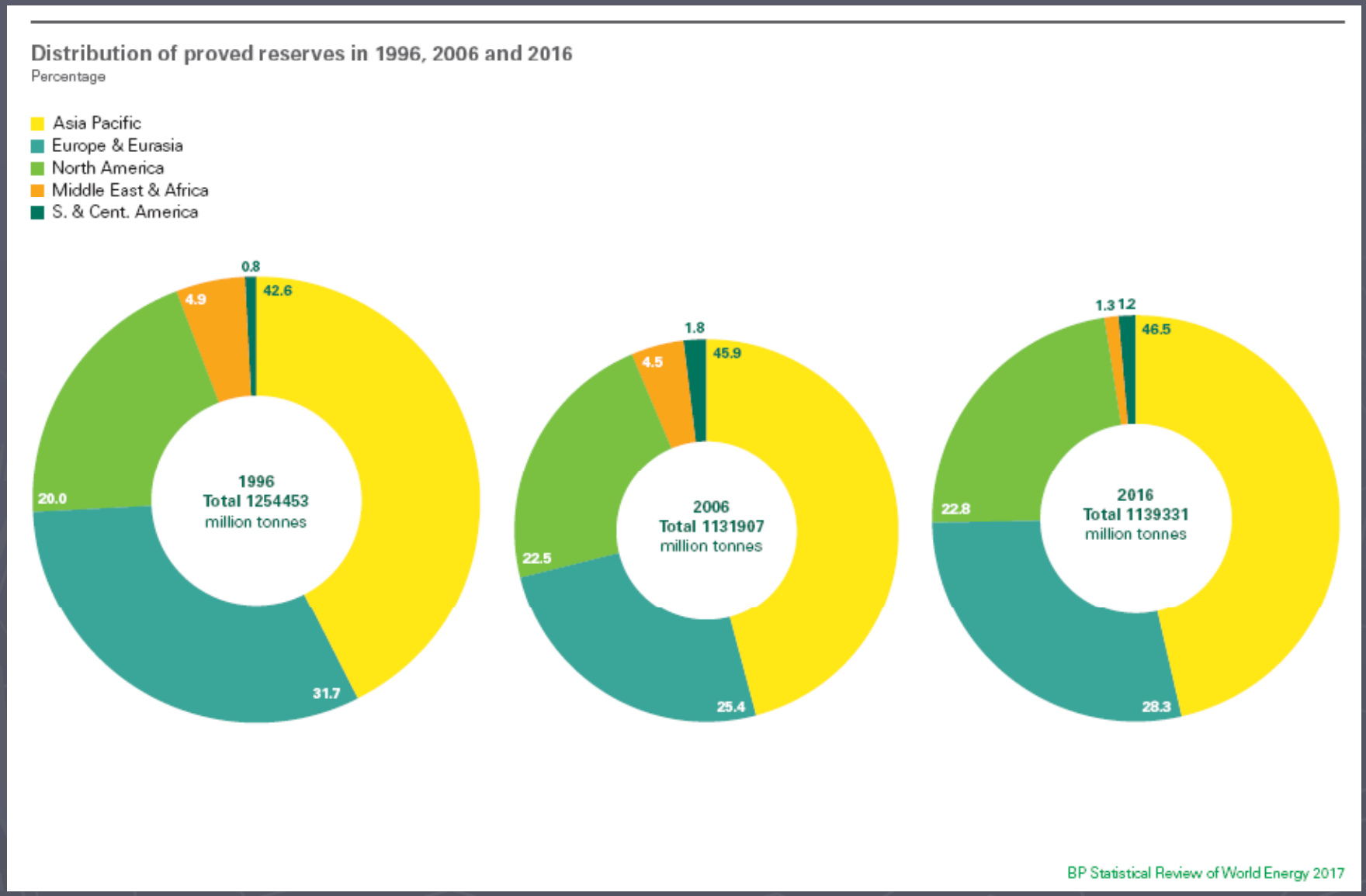


Dünya Geneli Enerji Arz Oranları (2012)

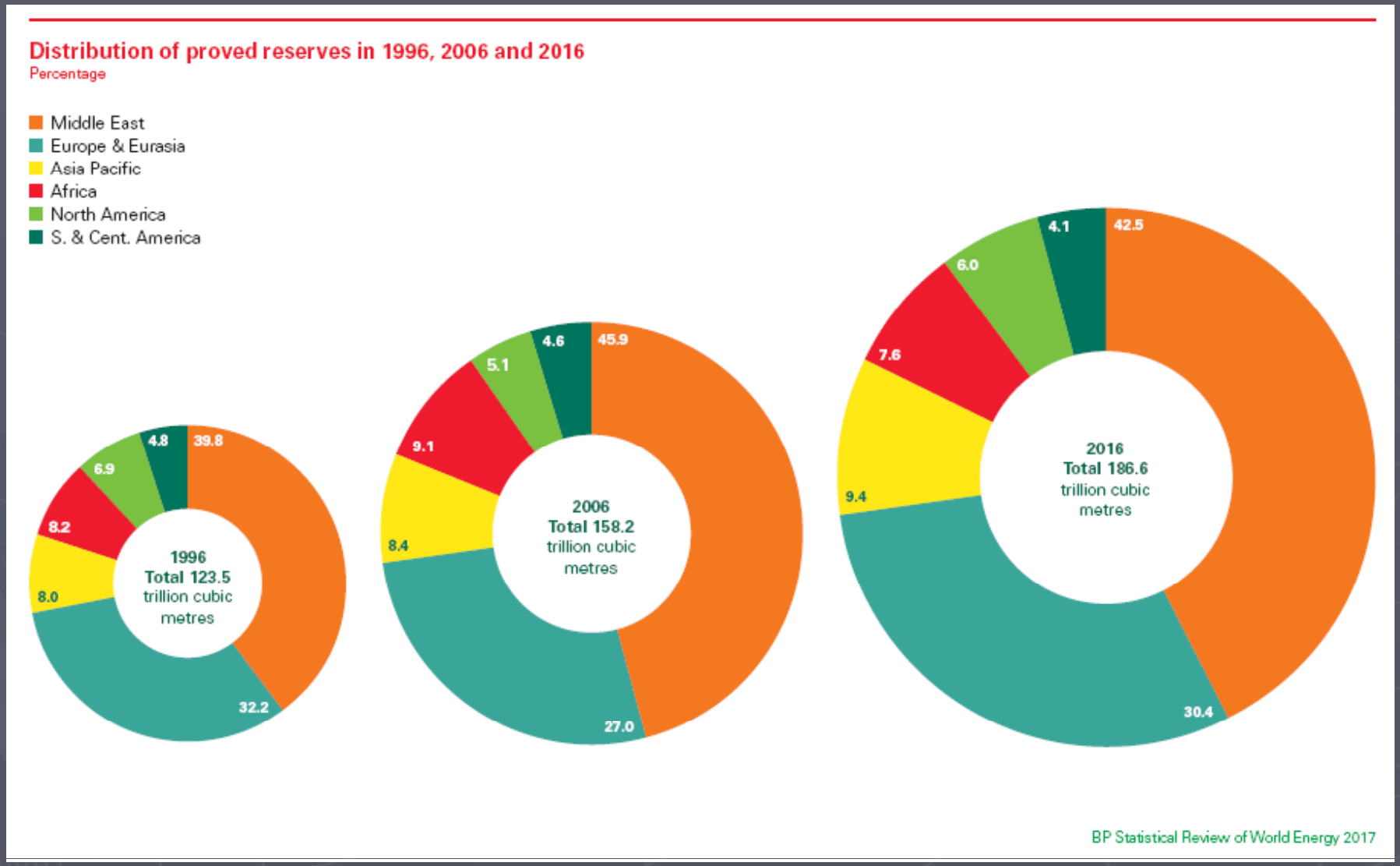
Dünya Geneli Petrol Rezervleri



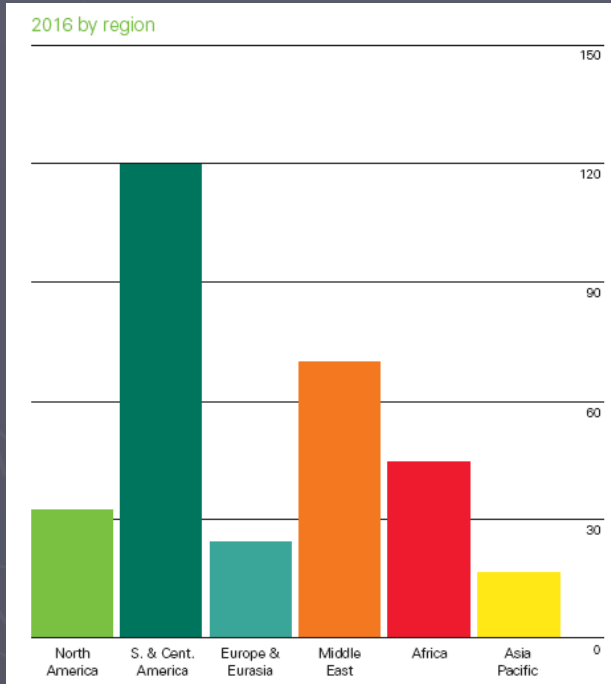
Dünya Geneli Kömür Rezervleri



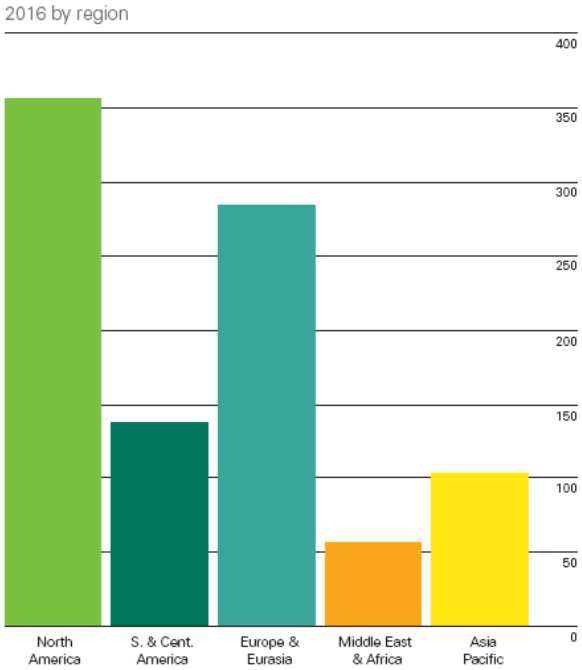
Dünya Geneli Doğalgaz Rezervleri



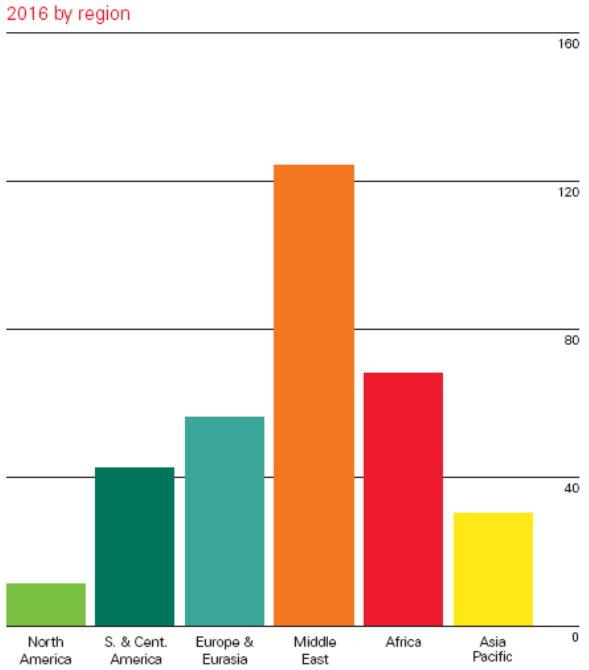
Dünya Geneli Fosil Enerji Kaynakları



50.6



153



52.5

Reserves-to-production (R/P) ratios
Years

Dünya Geneli Fosil Enerji Kaynakları

Tüm bu dağılım haritaları bir arada değerlendirilecek olursa, dünyanın enerji tüketen ve enerji kaynaklarına büyük ölçüde ihtiyaç duyan bölgeleri ile dünya petrol ve doğal gaz rezervlerine sahip bölgelerinin örtüşmediği görülmektedir. Enerji talebini giderek arttıran etkenler aşağıdaki gibi verilebilir:

Nüfus artışı,
Sanayileşme ve
Gelişen teknoloji ile

Aynı şekilde, halen enerjiyi büyük ölçüde tüketen bölgelerin de giderek daha fazla talepleri olmaktadır.

Strateji Geliştirilmesi

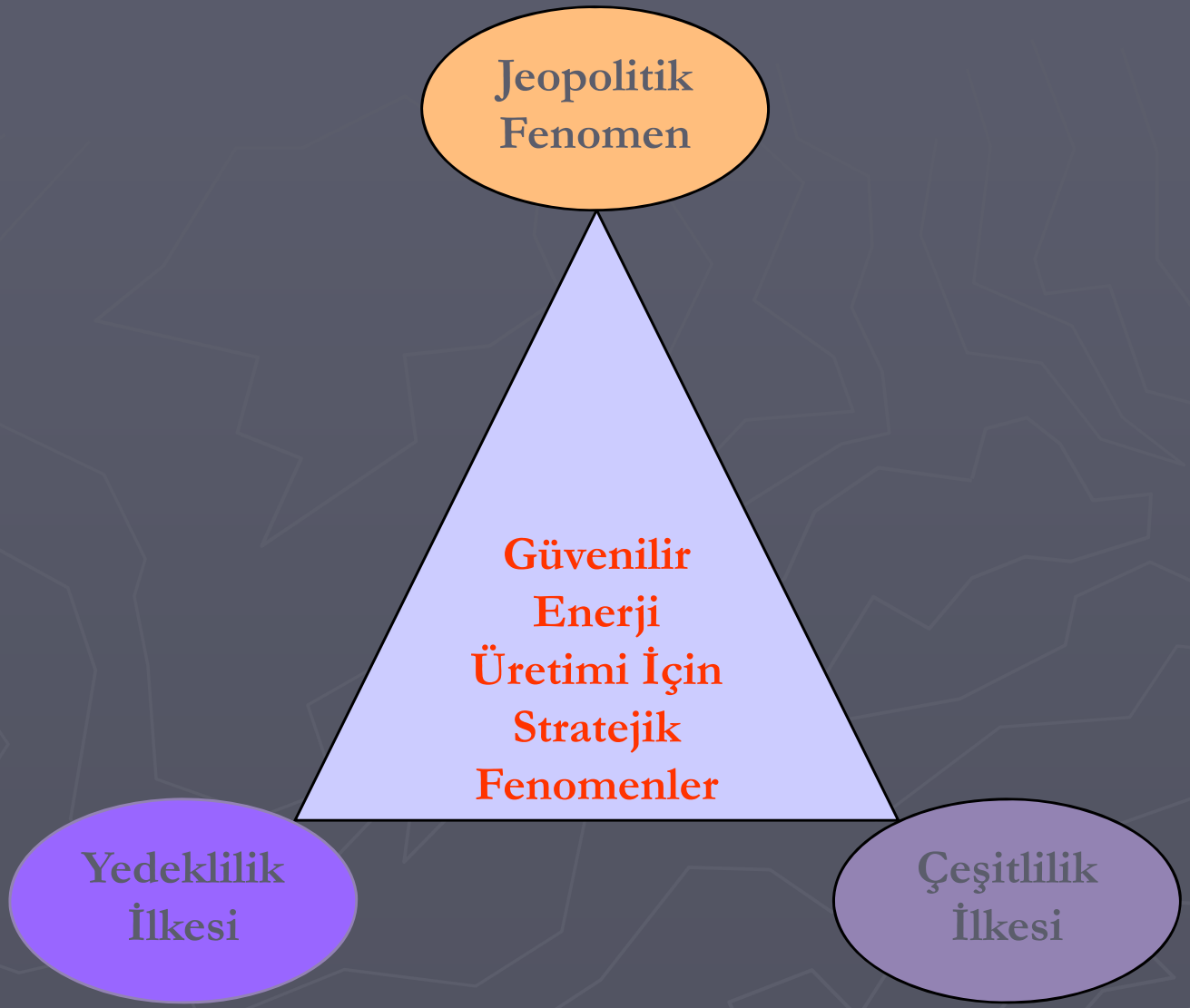
Ülke, veya bölge olarak enerji kaynaklarına sahip olma veya olmama şartlarına bağlı olarak, farklı enerji stratejileri geliştirmek mümkündür. Dolayısı ile, öncelikle, enerji kaynaklarını temin etmek veya ulaşmak ve kullanabilmek gereklidir. Ayrıca, enerji kaynaklarına sahip olmak veya ulaşmak bile yeterli güvenilirliği sağlamamakta, enerji ve/veya enerji kaynaklarının sürekli temin edilebilirliği önem kazanmaktadır.

Enerji temini açısından üç önemli stratejik fenomen söz konusudur:

- **Jeopolitik Fenomen**
- **Yedeklilik Fenomeni**
- **Çeşitlilik Fenomeni**

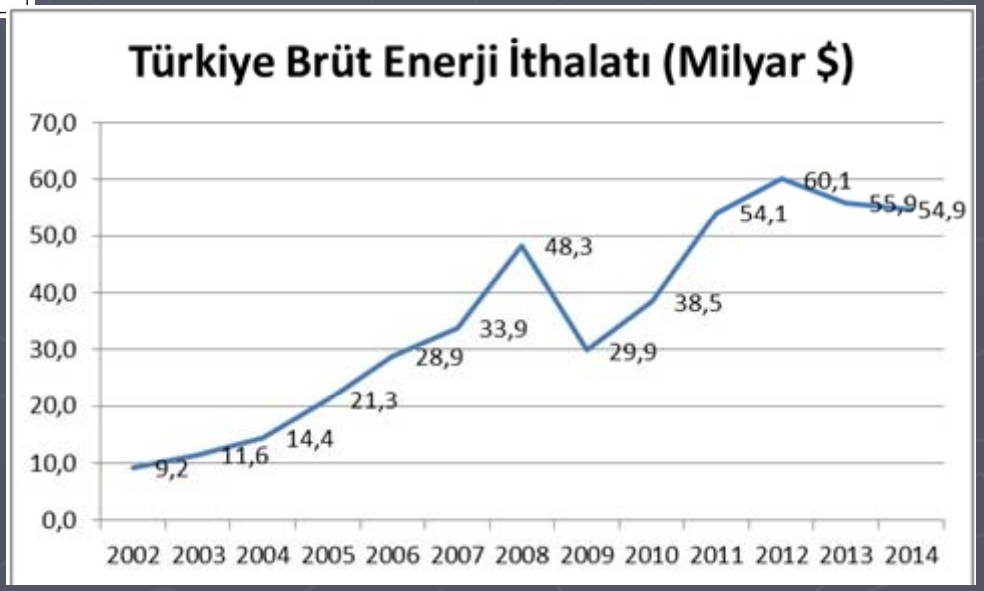
Strateji Geliştirilmesi

Jeopolitik fenomen, coğrafyaya bağlı olarak politika ve stratejilerin üretilmesini,
Yedeklilik fenomeni, aynı enerji kaynağının birden fazla yerden teminini ve
Çeşitlilik fenomeni de enerjinin farklı tipte enerji kaynaklarından teminini ifade etmektedir.



Ülkemiz Enerji İthalatı

(Milyar USD)	2009	2010	2011	2012
Ham Petrol ve Petrol Ürünleri	14,9	20,6	29,2	31,5
Doğal Gaz	11,6	14,1	20,2	23,2
Taş Kömürü	3,1	3,3	4,1	4,6
Toplam Enerji Girdileri İthalatı	29,9	38,5	54,1	60,1
Türkiye Toplam İthalatı	140,9	185,5	240,8	236,5
Petrol Ve Gaz İthalatının Toplam İthalat İçinde Payı	%18,8	%18,7	%20,5	%23,1



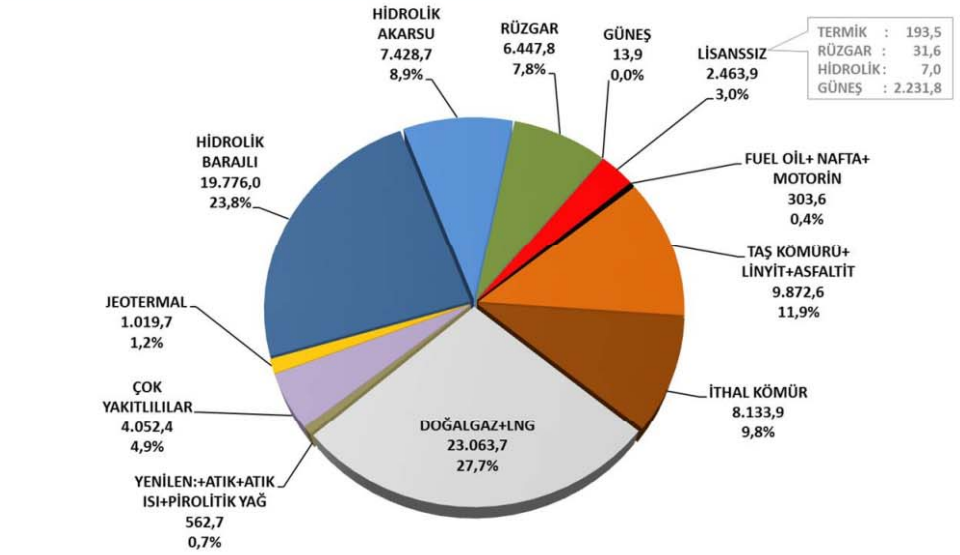
Petrol ve Doğalgaz İthalatı

Türkiye'nin petrole olan bağımlılığı; ithal petrol bağlamında yüksek görünmektedir. Bu durum değerlendirildiğinde, dünya petrol fiyatlarında etkilenmemizin, önemli ölçüde dünya piyasalarının yansıması olacağı anlaşılmaktadır.

Doğalgazın, fosil yakıtlar içinde CO_2 emisyonu açısından nispeten daha iyi olması ve doğal gaz santrallerinin ilk kurulum maliyetinin düşük olması ve diğer santrallere göre kısa kurulum süresine sahip olması, doğal gazın ve doğal gaz santrallerinin tercih edilir olması sonucunu doğurmaktadır.

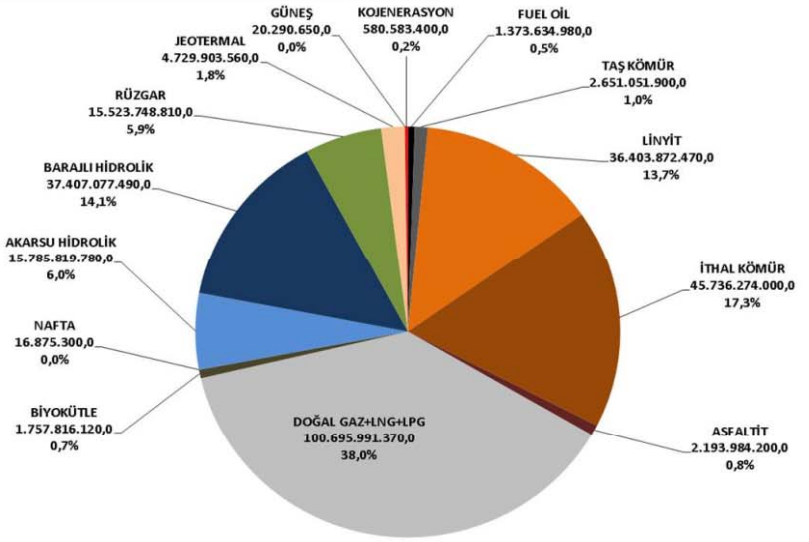
Ülkemiz Elektrik Üretim Potansiyeli

TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ENERJİSİ KURULU GÜCÜ – 2017 KASIM SONU



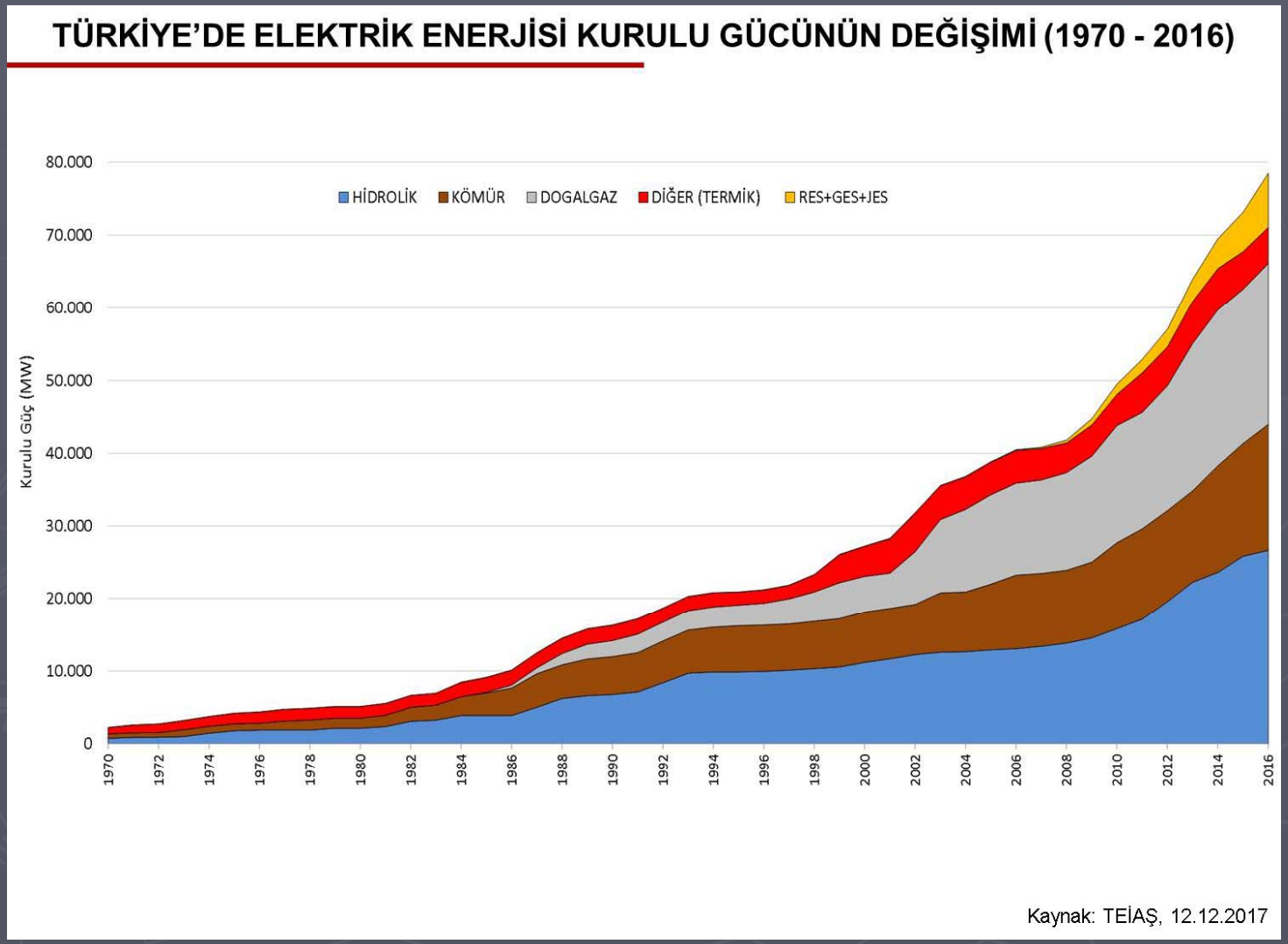
KURULU GÜÇ (11/2017) : 83.138,9 MW

TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ÜRETİMİ - 2017 KASIM SONU



ÜRETİM (11/2017) : 264.876.924.030 kWh
TÜKETİM (11/2017) : 264.380.709.320 kWh
NOT: Lisanssız Üretim Hariçtir.

Ülkemiz Elektrik Üretim Potansiyeli

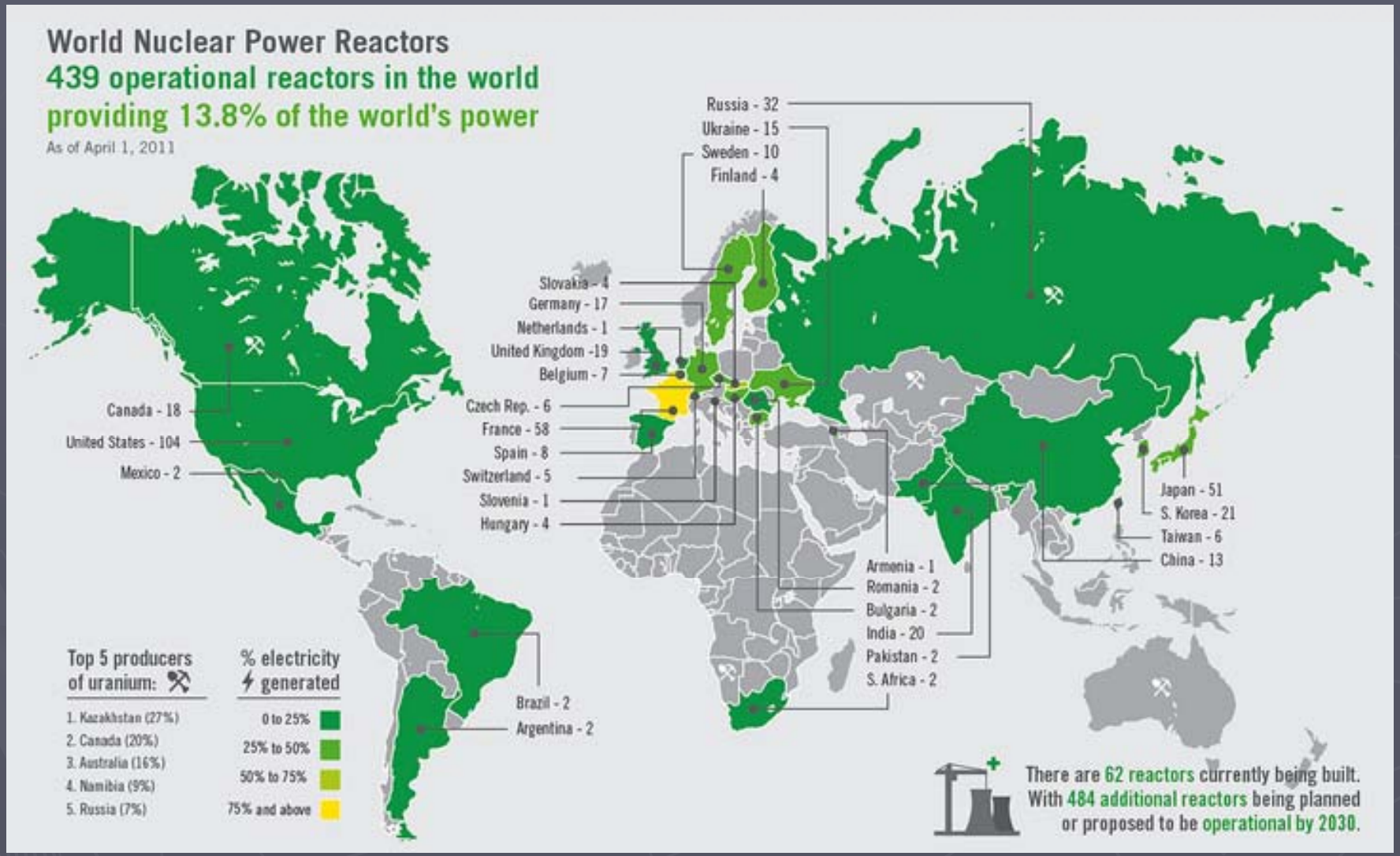


	Total price	Energy and supply	Network costs	Non-recoverable taxes and levies
EU-27	*0.184*	:	:	:
Euro area	*0.193*	:	:	:
Belgium	0.212	0.076	0.084	0.052
Bulgaria	0.087	0.042	0.030	0.015
Czech Republic	0.147	0.046	0.075	0.026
Denmark	0.298	0.068	0.064	0.166
Germany	0.253	0.081	0.059	0.114
Estonia	0.104	0.032	0.045	0.028
Ireland	0.209	0.115	0.060	0.033
Greece	0.124	0.073	0.028	0.024
Spain	0.209	0.093	0.076	0.041
France	0.142	:	:	:
Italy	*0.208*	*0.099*	*0.044*	*0.066*
Cyprus	0.241	0.167	0.036	0.038
Latvia	0.134	0.054	0.056	0.024
Lithuania	0.122	0.049	0.052	0.021
Luxembourg	0.166	*0.071*	*0.072*	*0.023*
Hungary	0.155	:	:	:
Malta	0.170	0.140	0.022	0.009
Netherlands	0.184	0.078	0.056	0.050
Austria	0.197	0.080	0.064	0.052
Poland	0.135	0.057	0.048	0.030
Portugal	0.188	0.063	0.044	0.081
Romania	0.109	0.032	0.050	0.026
Slovenia	0.149	0.061	0.054	0.034
Slovakia	0.171	0.065	0.074	0.032
Finland	0.137	0.058	0.045	0.034
Sweden	0.204	0.064	0.070	0.071
United Kingdom	0.158	0.117	0.033	0.008
Norway	0.187	0.054	0.082	0.052
Croatia	0.115	0.055	0.038	0.022
Turkey	0.115	0.063	0.029	0.023

(1) Annual consumption: 2 500 kWh < consumption < 5 000 kWh; data are currently unavailable online.
Source: Eurostat

*Avro / kWh, 2011 yılının ikinci yarısı için geçerli, ev kullanıcıları gözetilerek hazırlanmıştır.

Nükleer Santraller



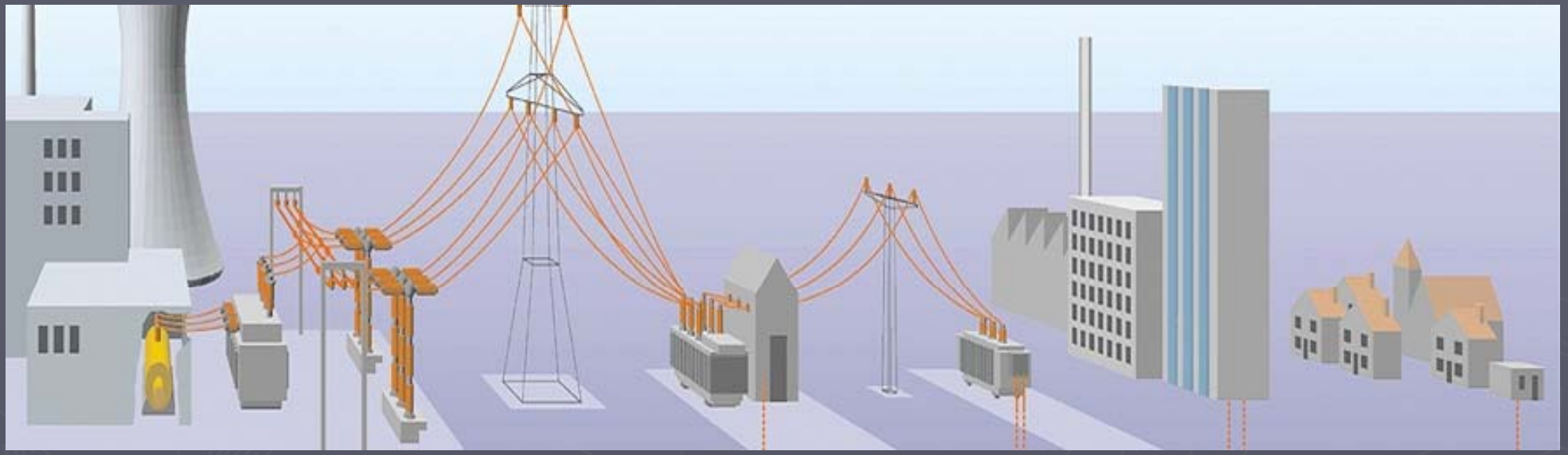
Elektrik Tesisleri Dersi

Slayt 2

Dersin İçeriği

- Elektrik Enerji Kaynakları ve Elektrik Enerjisinin Üretimi
  - Temel Elektrik Üretim Sistemleri
    - Hidroelektrik Santraller
    - Termik (Kömür) Elektrik Santralleri
    - Doğalgaz/Kombine Çevrim Doğalgaz Elektrik Santralleri
    - Nükleer Elektrik Santralleri
    - Rüzgar Santralleri
    - Güneş Santralleri
    - Jeotermal Santralleri
  - Elektrik Enerji Üretiminde Kullanılan Temel Jeneratör Yapıları
    - Senkron Jeneratörler
    - Asenkron Jeneratörler

Elektrik Enerjisi Üretimi



Üretim İletim Dağıtım

Üretim Kısmı:

- Ana üretim elemanları (Jeneratör, güneş panelleri vs)
- Şebeke bağlantı, kontrol ve kumanda elemanları (Kesici, ayırıcı, bara, transformatör, akım gerilim ölçü trafoları, röleler vs)
- Yardımcı elemanlar (Soğutma ekipmanları vs)

Elektrik Üretim Tesisleri

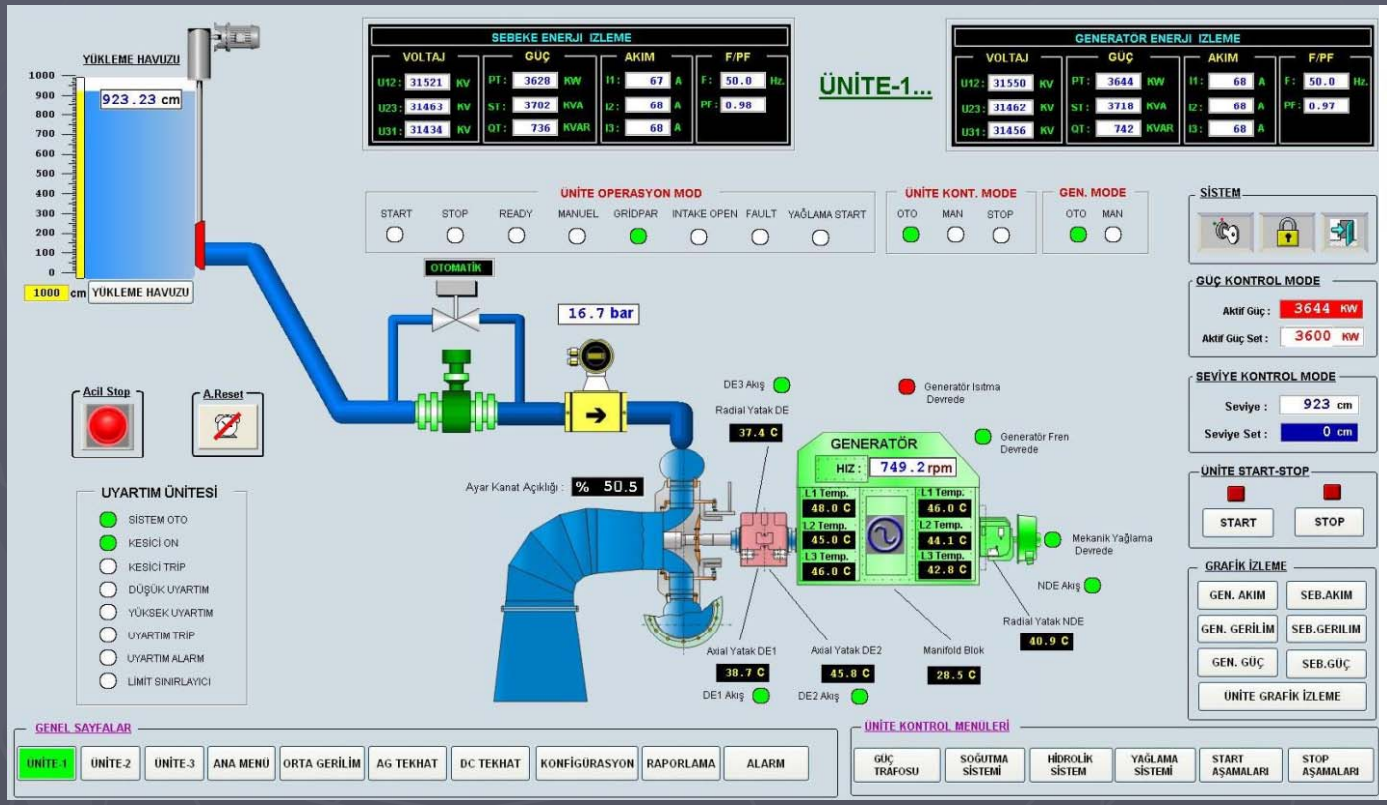
Temel Elektrik Üretim Sistemleri

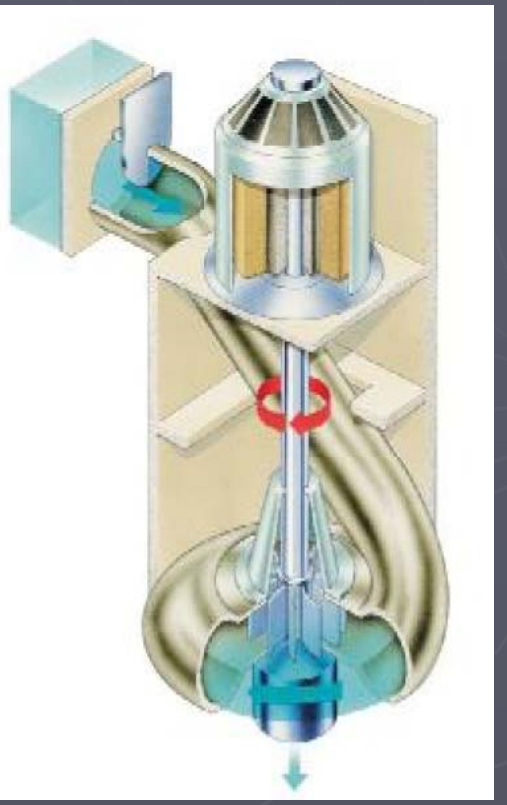
- Hidroelektrik Santraller
- Termik Elektrik Santralleri
- Doğalgaz/Kombine Çevrim Doğalgaz Elektrik Santralleri
- Nükleer Elektrik Santralleri
- Rüzgar Santralleri
- Güneş Santralleri
- Jeotermal Santraller

Hidroelektrik Santraller

Bir miktar yükseklik kazandırılmış suyun potansiyel enerjisine hidrolik enerji denir. Bu enerjinin önce çeşitli düzeneklerle mekanik enerjiye, oradan da elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle elde edilen elektrik enerjisine ise hidroelektrik enerji adı verilir.

Hidroelektrik Santraller





Hidroelektrik Santraller

Avantajları

- **Ekonomik ömrü uzundur**
- **Dünya genelinde yaygındır**
- **İşletme-bakım gideri düşüktür**
- **Yakıt gideri yoktur**
- **Kayıpları düşüktür**
- **Yüksek verimlidir**
- **Enerjinin birim maliyeti oldukça düşüktür**
- **Bakım maliyetleri düşük, yapısı basit ve sağlamdır.**

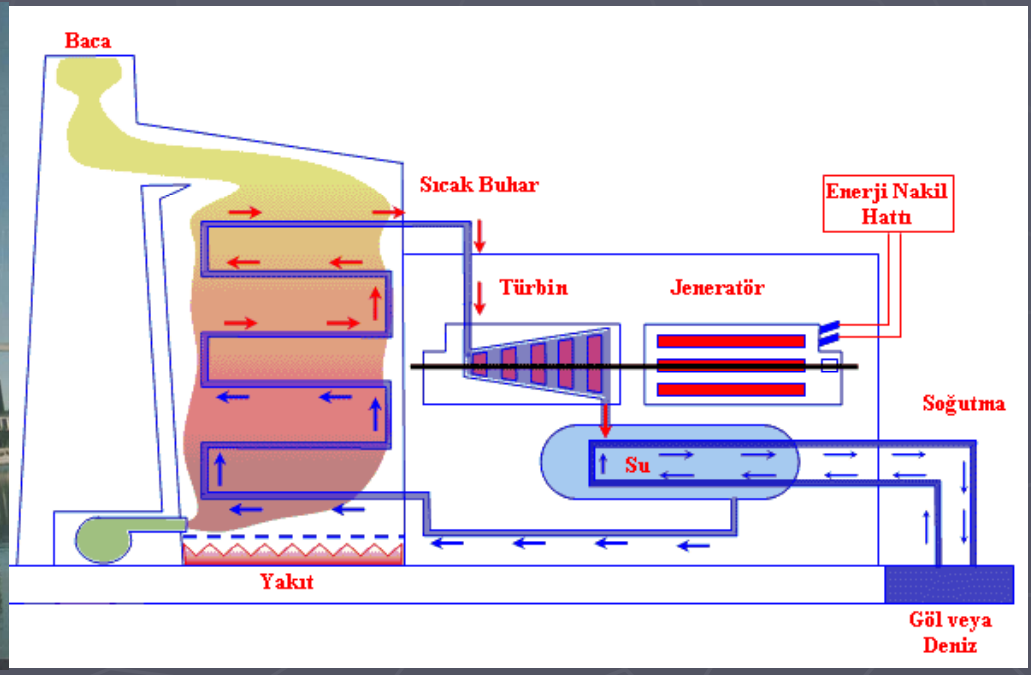
Hidroelektrik Santraller

Bazı Ülkelerin Hidroelektrik Potansiyeli (2008)

ÜLKE	Teknik potansiyel (Milyar kWh/yıl)	Geliştirilen potansiyel (Milyar kWh/yıl)	(%)
ABD	376	322	86
JAPONYA	132	103	78
NORWEÇ	171	116	68
KANADA	593	332	56
TÜRKİYE	216	53	24,5

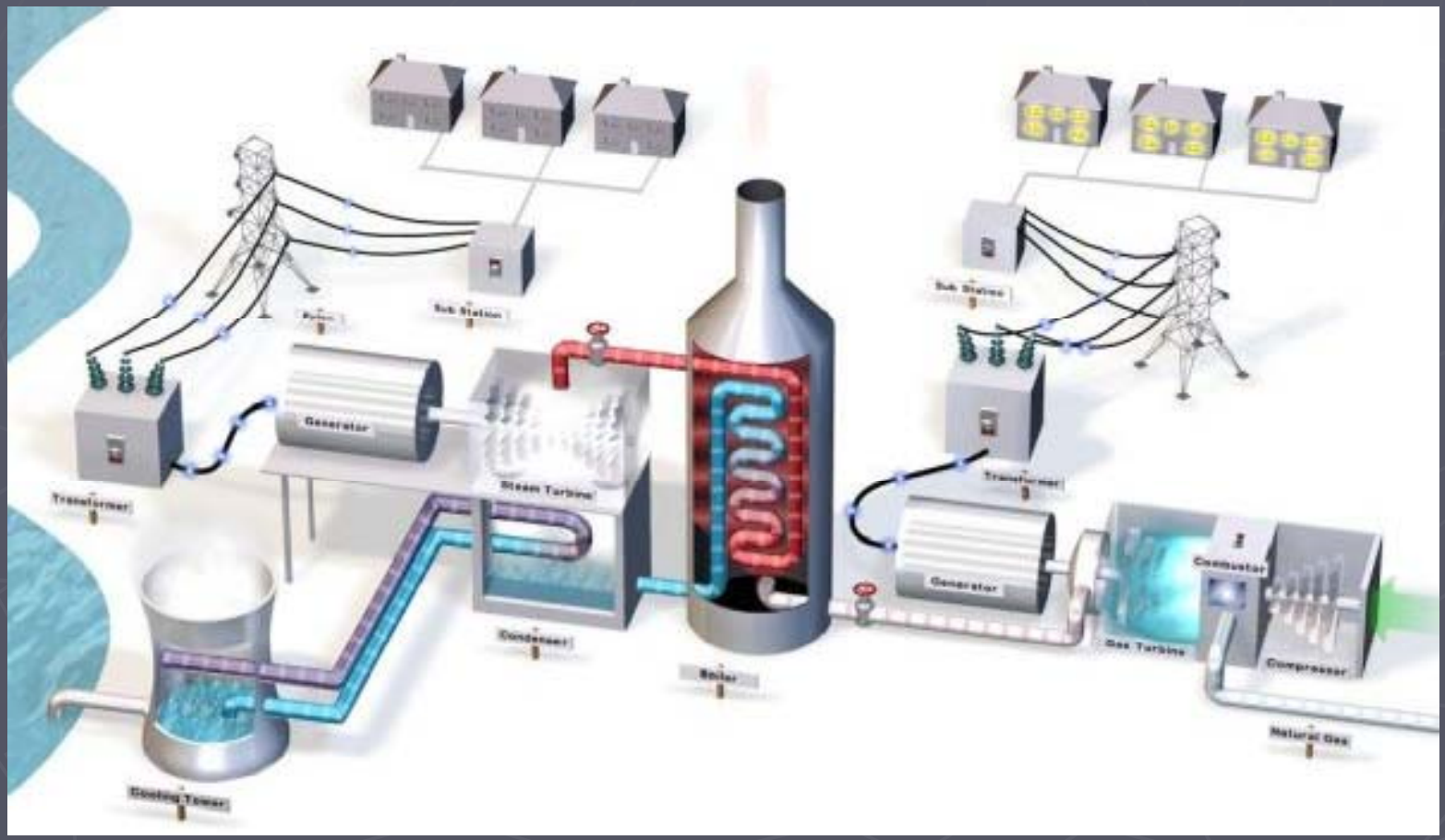
Termik Elektrik Santraller

Kömür kullanılması suretiyle suyun buhara dönüştürülerek sağlanan mekanik enerji ile elektrik enerjisinin elde edildiği santrallerdir.



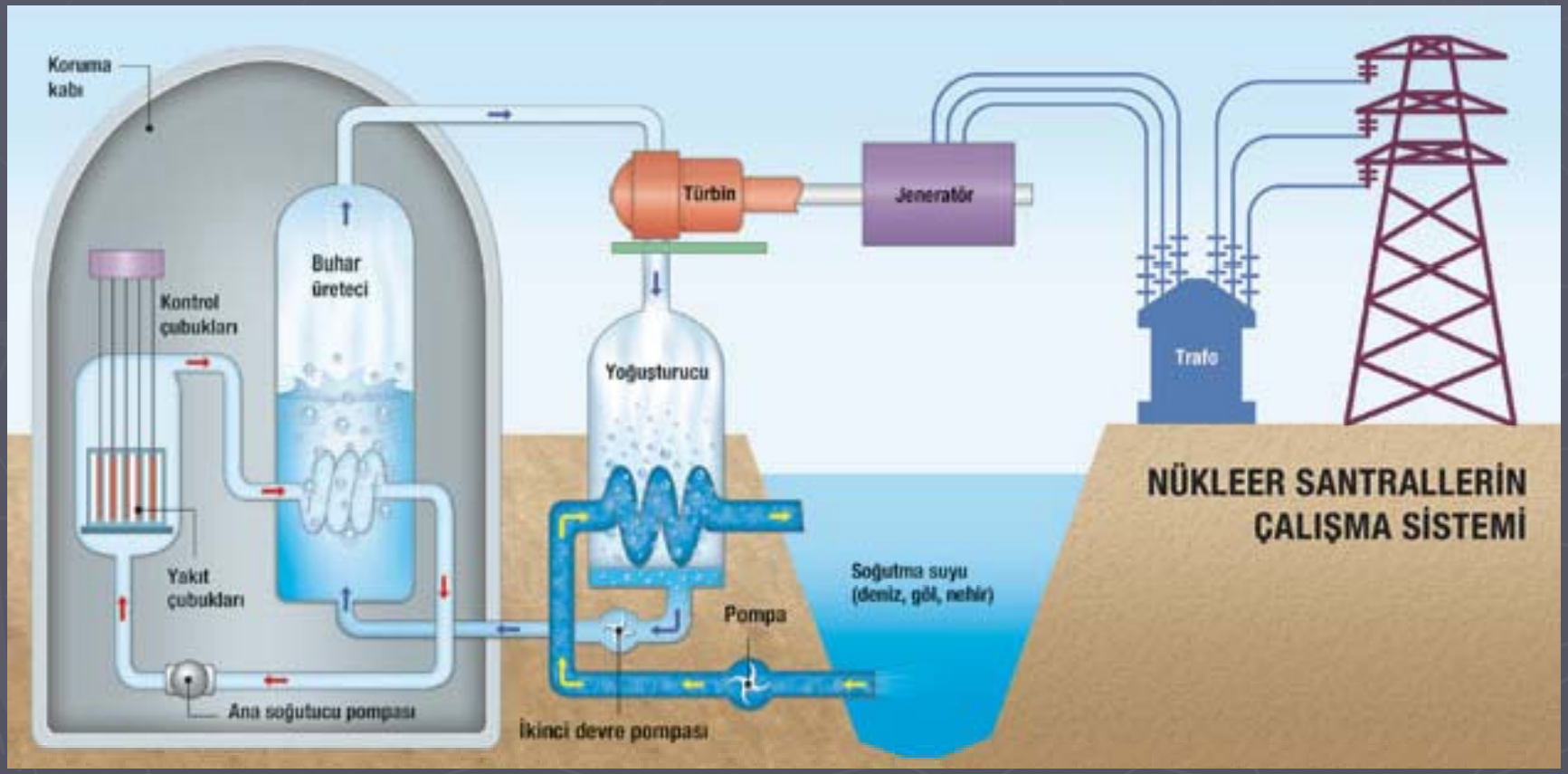
Doğalgaz/Kombine Çevrim Doğalgaz Elektrik Santralleri

Yakıt olarak doğalgazın kullanıldığı elektrik santralleridir.



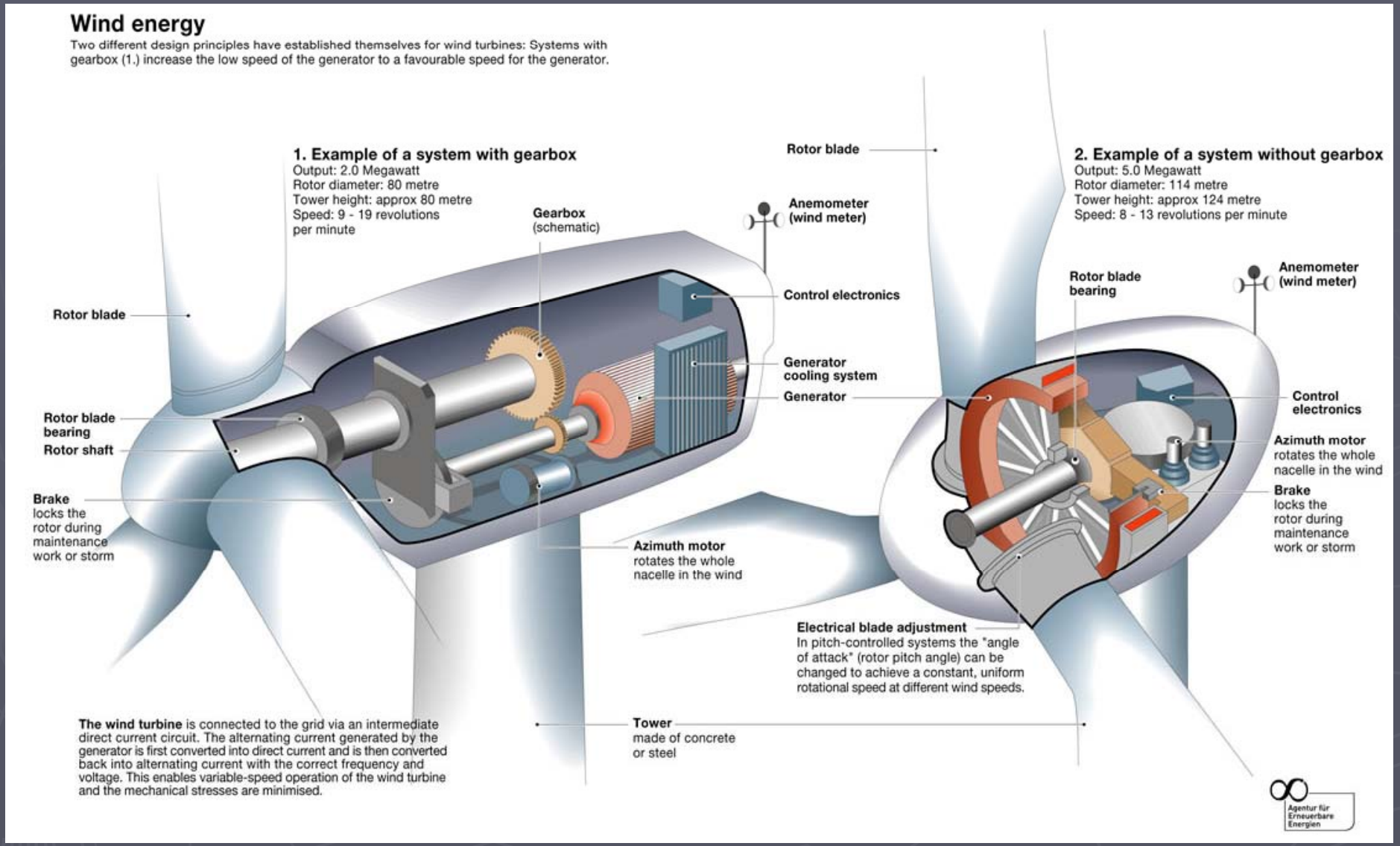
Nükleer Elektrik Santralleri

Yakıt olarak nükleer malzemelerin kullanıldığı ve buharın bu şekilde elde edildiği elektrik santralleridir.

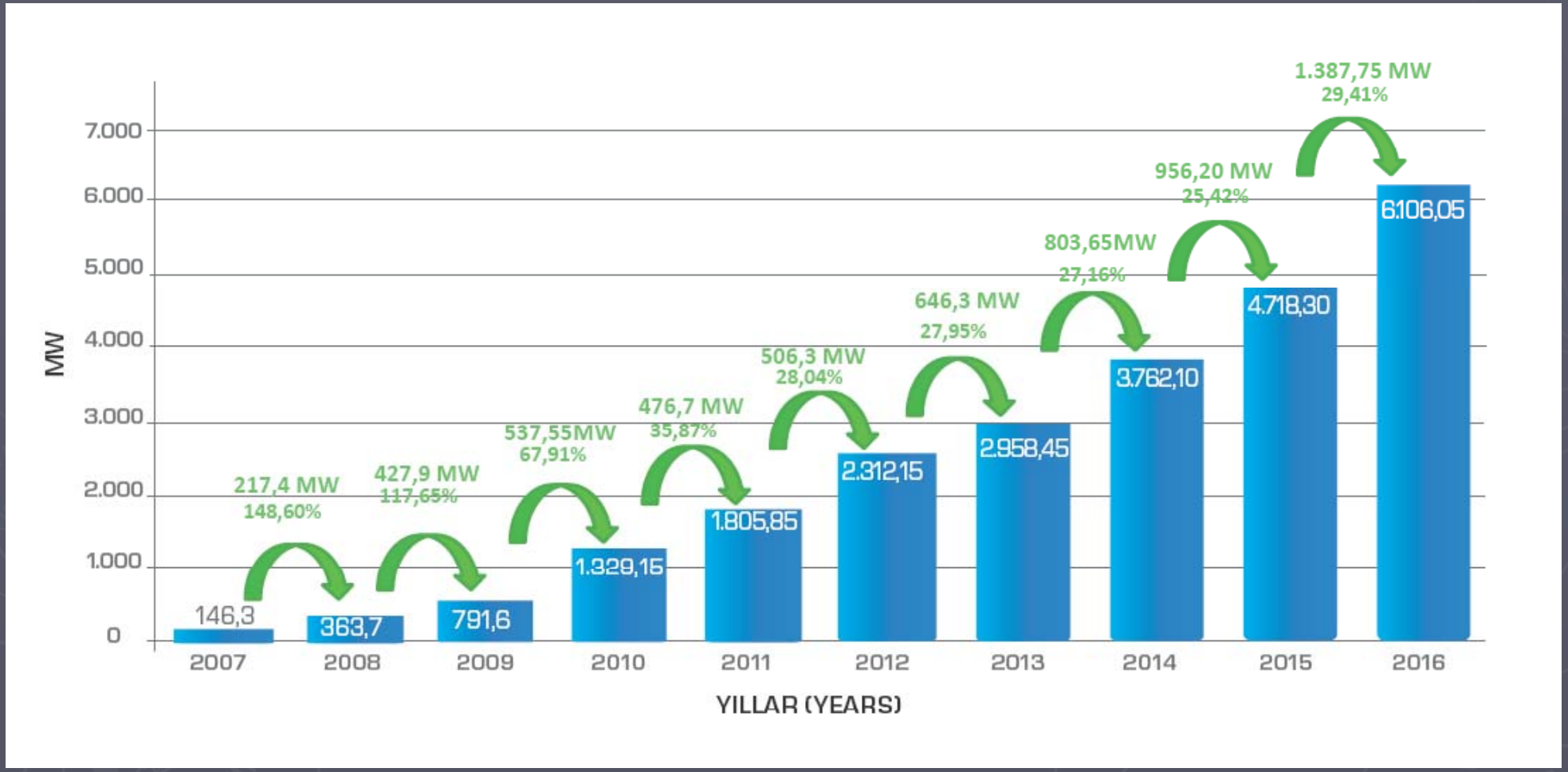


Rüzgar Santralleri

Rüzgar Türbinleri

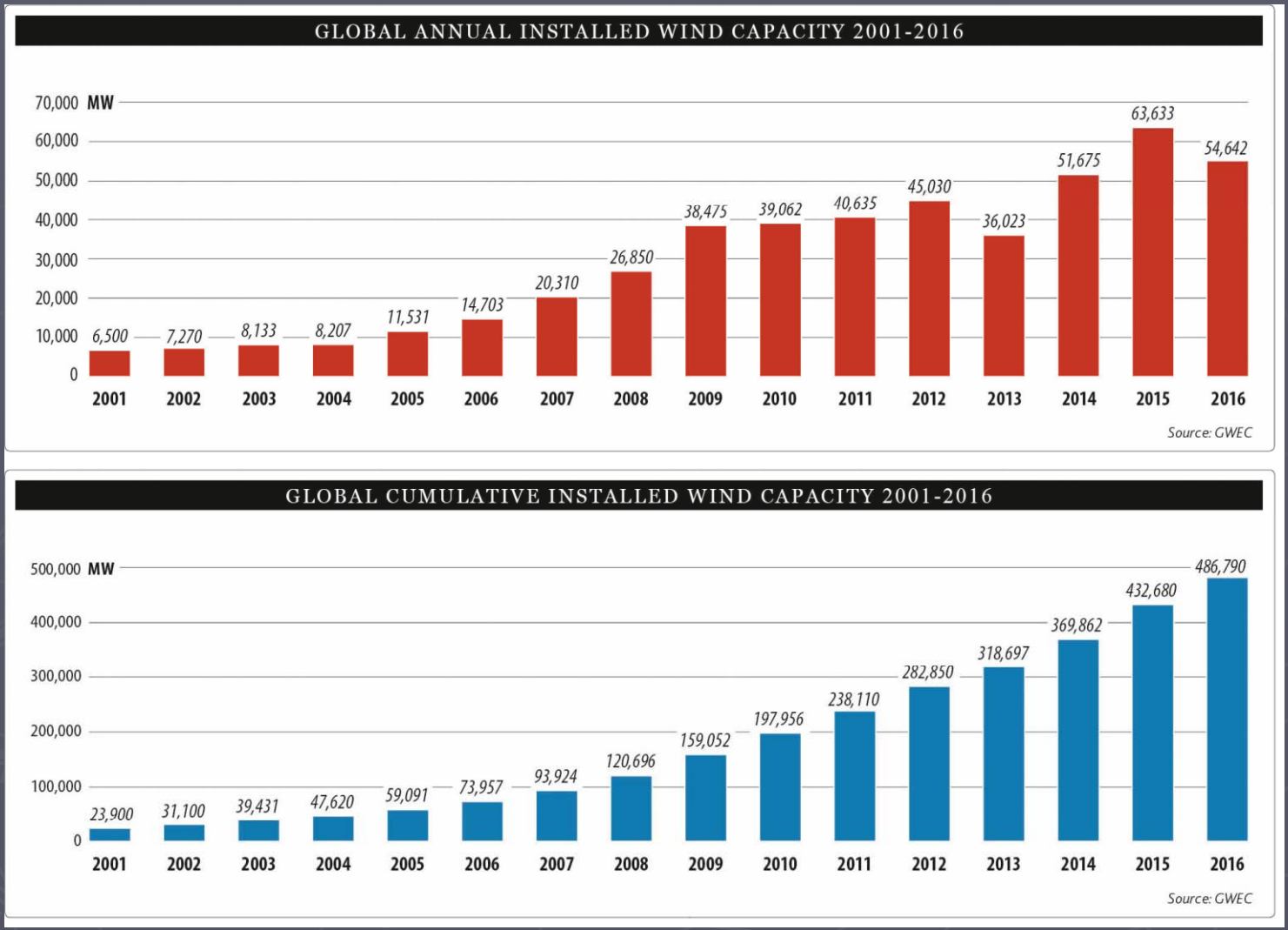


Rüzgar Santralleri



Türkiye'de Rüzgar Türbini Kurulu Gücü

Rüzgar Santralleri



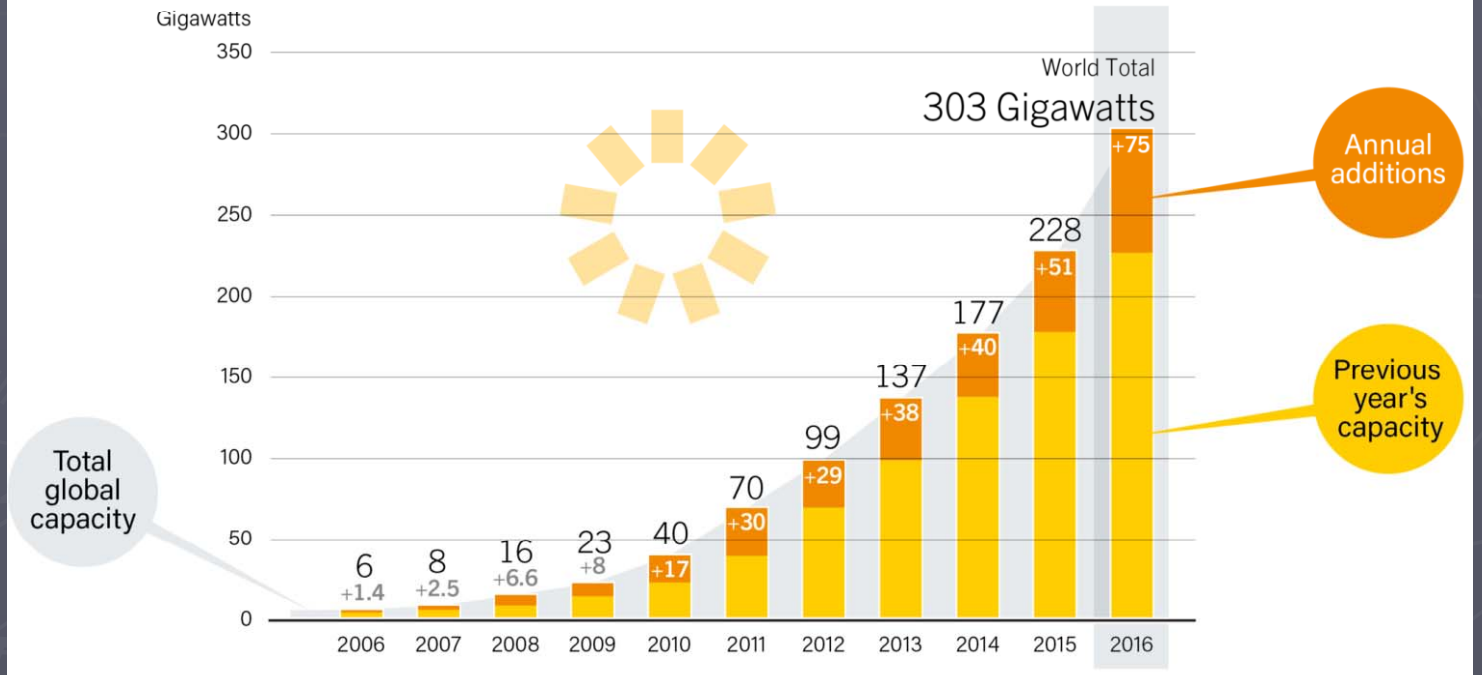
Dünya Geneli Rüzgar Türbini Kurulu Gücü

Güneş Santralleri

Güneş Tarlaları

Figure: 15

Solar PV Global Capacity and Annual Additions, 2006-2016



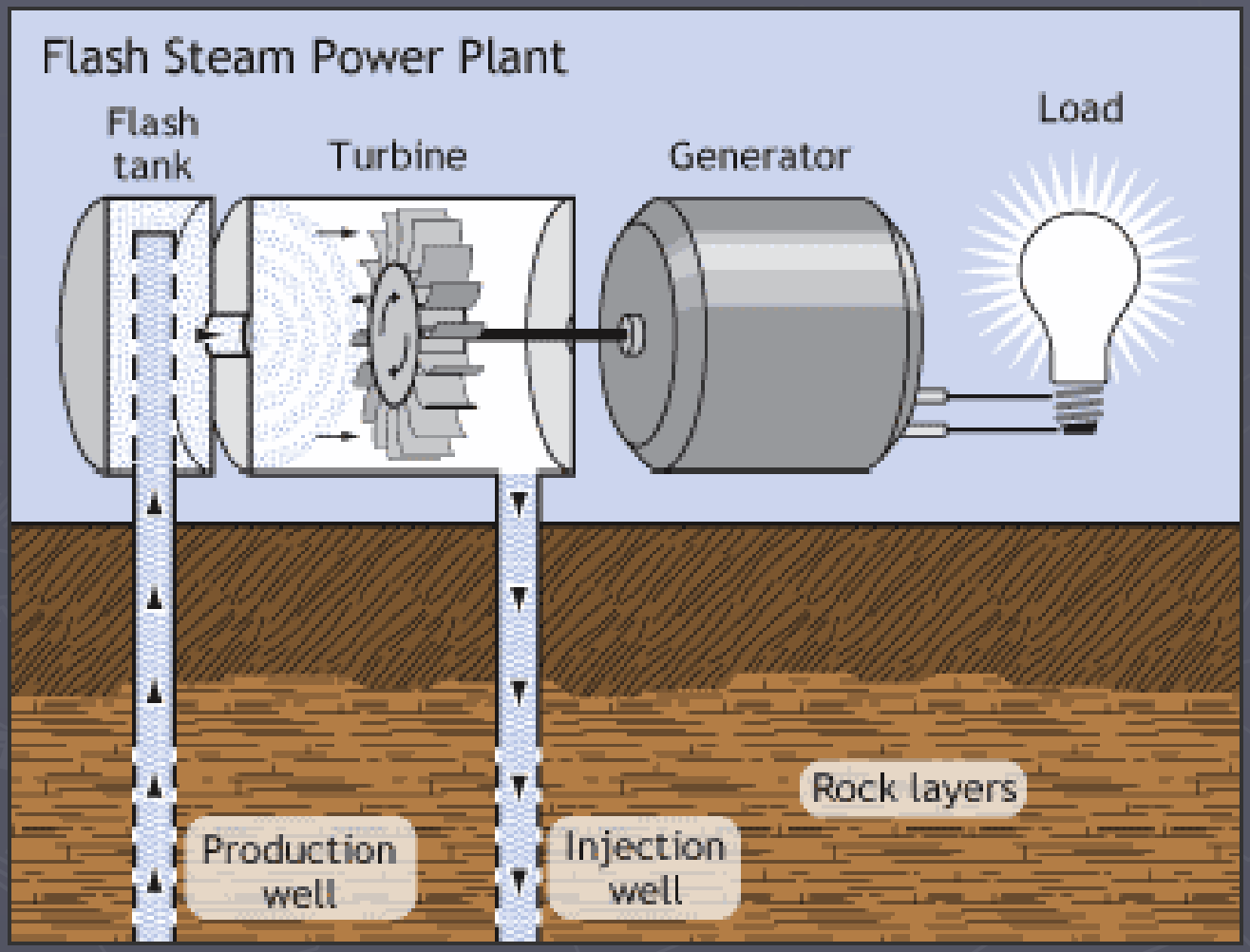
REN21 *Renewables 2017 Global Status Report*

Source: IEA PVPS.

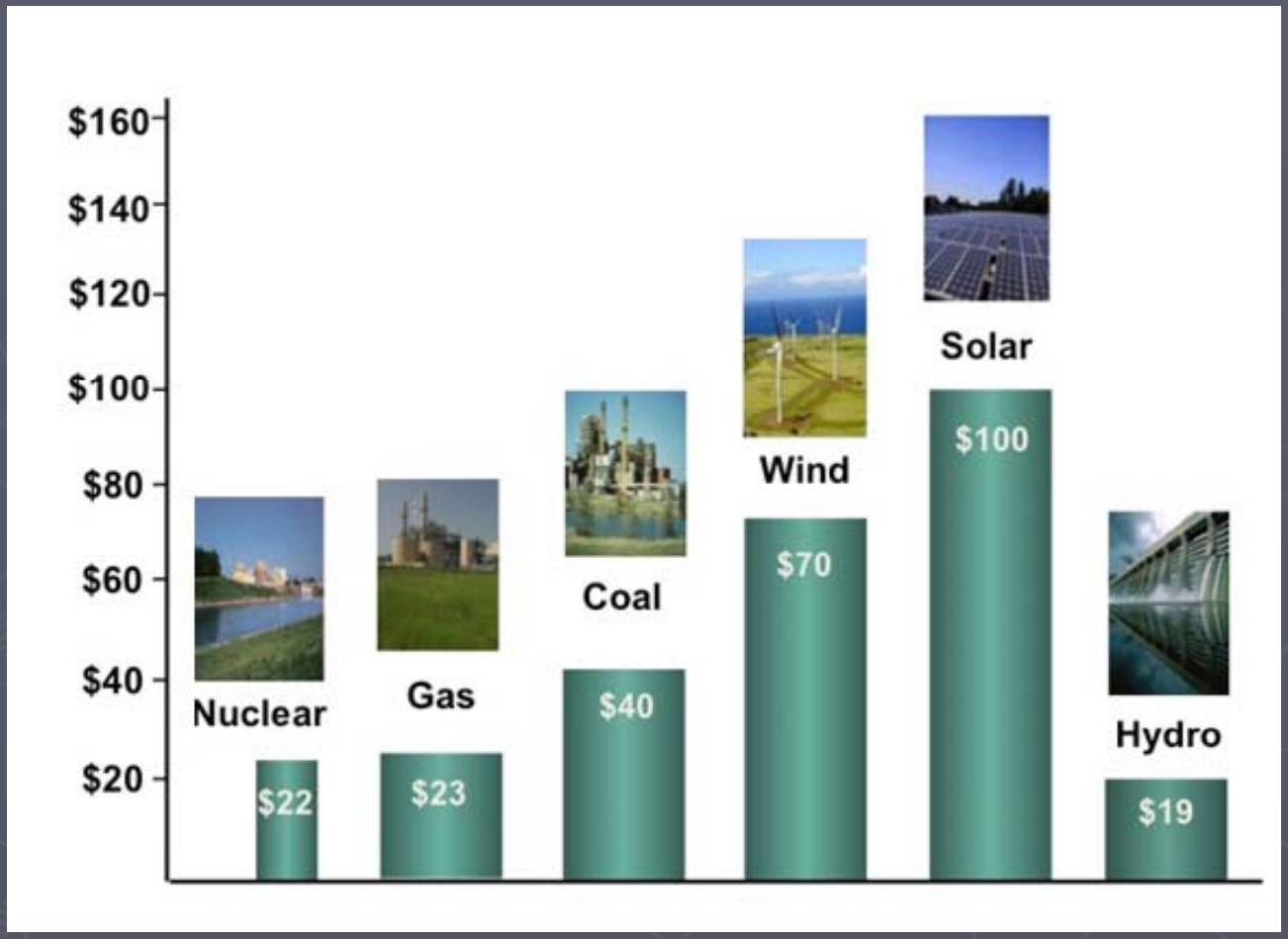
Dünya Geneli Fotovoltaik Panel Kurulu Gücü

Güneş Santralleri

Jeotermal Santraller

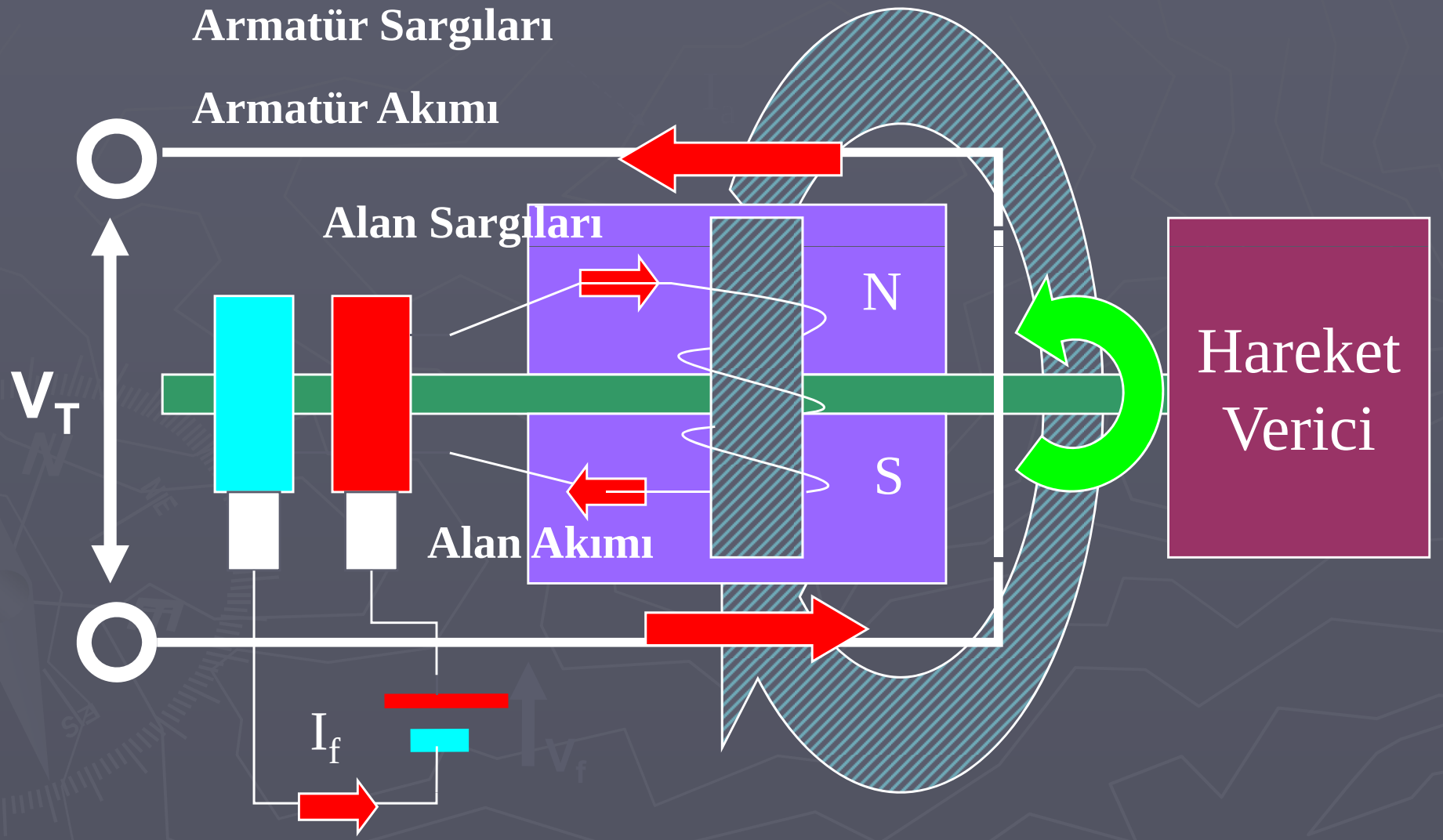


Elektrik Üretim Maliyetleri



2012 Yılı Baz Alındığında Üretilen Elektriğin MWh Maliyeti

Senkron Jeneratörler



Senkron Jeneratörler

- Rotor

  Senkron jeneratörlerin rotorlarında DA uyarı sargıları yer alır

- Stator

  Senkron jeneratörlerin statorlarında emf indüklenen 3-faz AA sargıları yer alır.

İki çeşit senkron makine vardır

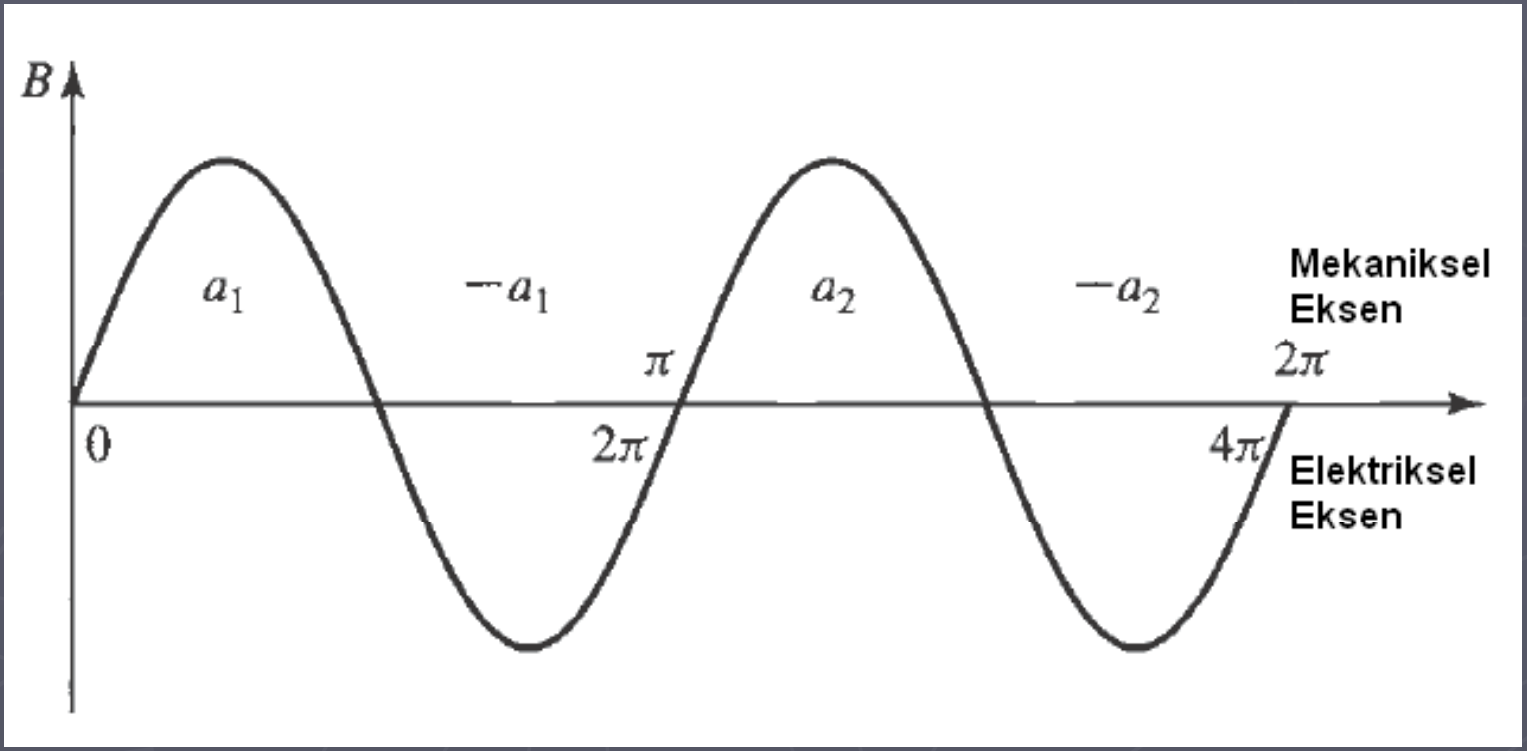
- Çıkıntılı Kutuplu Senkron Makine
- Silindirik Kutuplu Senkron Makine

Senkron Jeneratörler

Senkron Jeneratörlerde Elektrik Üretimi

- Jeneratörün rotoru bir hareketlendirici sistem ile döndürülür.
- Rotor üzerinde yer alan alan sargıları DA ile beslenir ve dönen rotor sebebiyle jeneratör içerisinde döner bir manyetik alan oluşur.
- Döner manyetik alan stator üzerindeki armatür sargılarında 3-Fazlı bir gerilimin indüklenmesini sağlar.

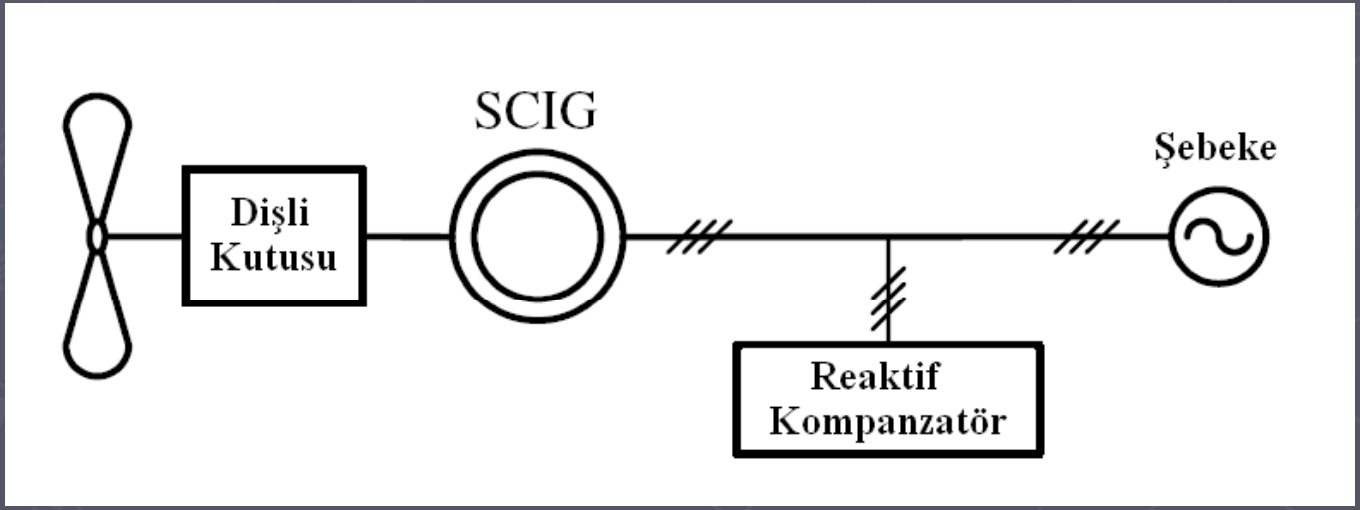
Senkron Jeneratörler



$$f_e = \frac{p}{2}\frac{n_s}{60}\ Hz$$

Asenkron Jeneratörler

- SCIG
  - Düşük Güçlü Sistemler
  - Sağlam Yapı
  - Reaktif Güç Kompanzasyonu
  - Sabit Hızlı İşletim (Kayma Miktarı Yaklaşık % 1)



Sincap Kafes Tipi İndüksiyon Jeneratör (SCIG: Squirrel Cage Induction Generator)

Senkronizasyon

Senkronizasyon için

- Voltajı değerleri birbirine eşit olmalı,
- Aynı faz dizisinde olunmalı,
- Faz açıları eşit olmalı,
- Aynı frekansta çalışıyor olunmalıdır.

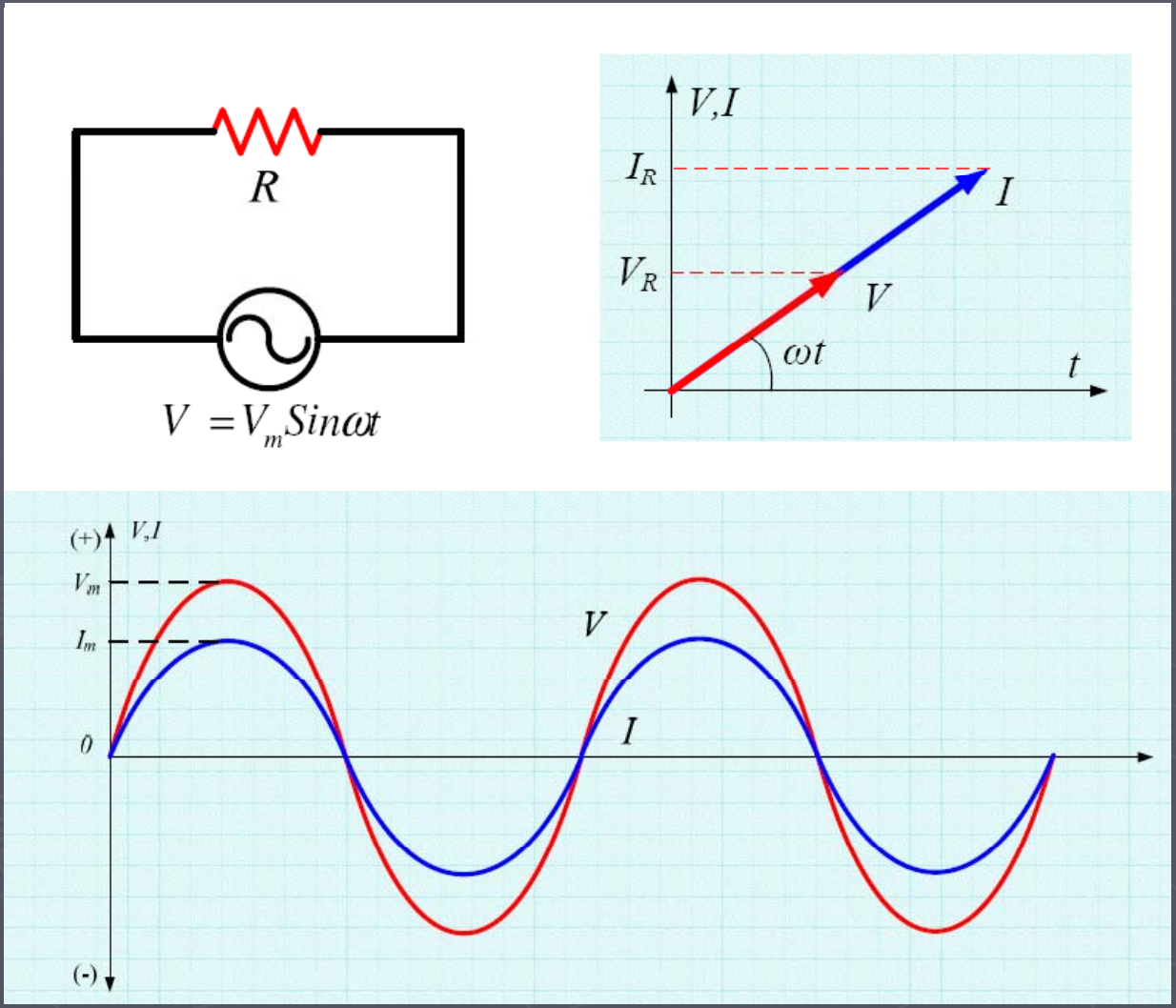
Elektrik Tesisleri Dersi

Slayt 3

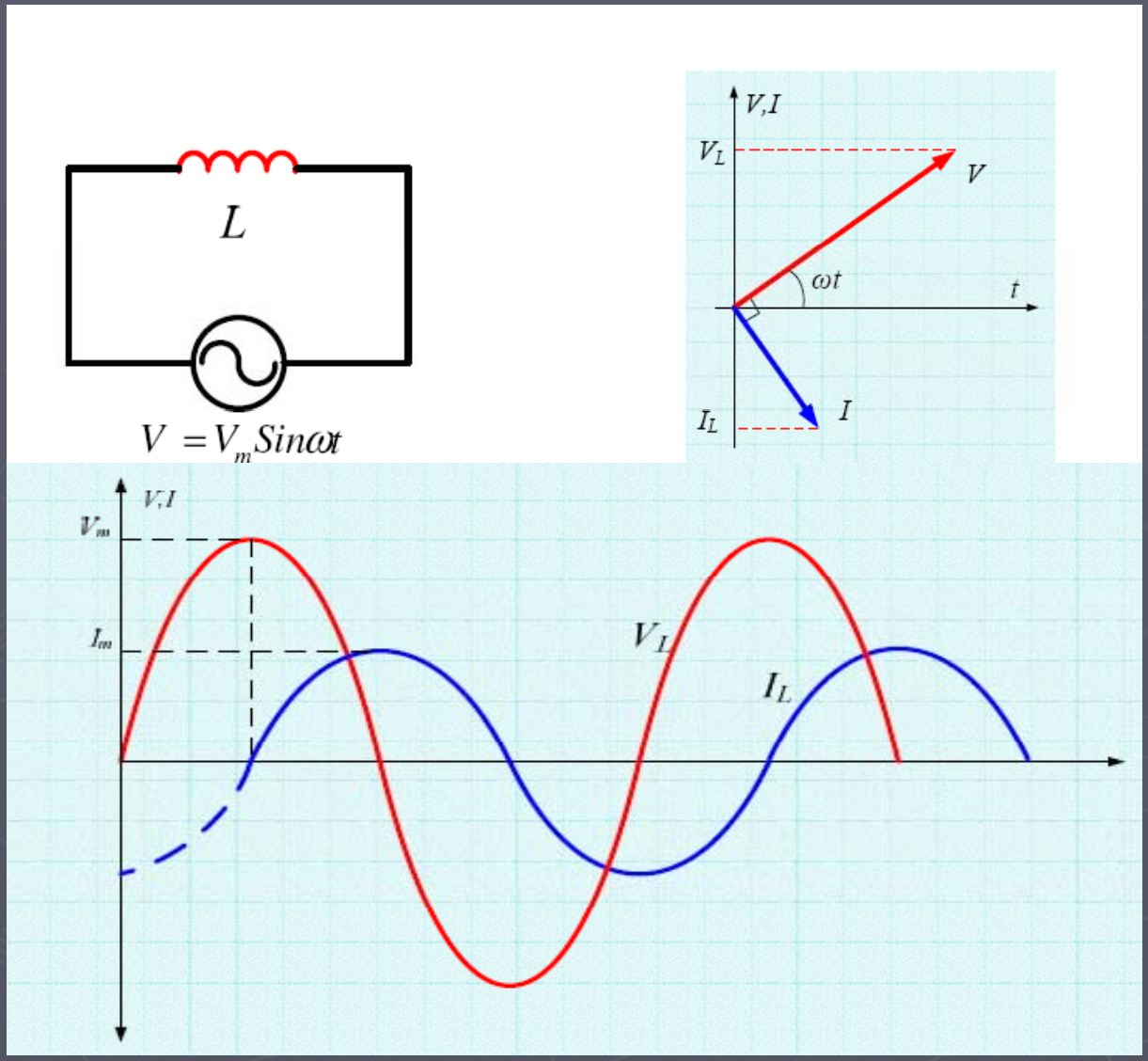
Dersin İçeriği

- Temel Elektriksel Kavram, İfade ve Bağıntılar
  - Alternatif Akım Devreleri
  - Üç Fazlı Sistemlerde Akım ve Gerilim İfadeleri
  - Üç Fazlı Sistemlerde Bağlantı Şekilleri
    - Y-Y Bağlantı
    - Y-Δ Bağlantı
    - Δ-Δ Bağlantı
    - Δ-Y Bağlantı
  - Dengesiz Üç Fazlı Sistemler

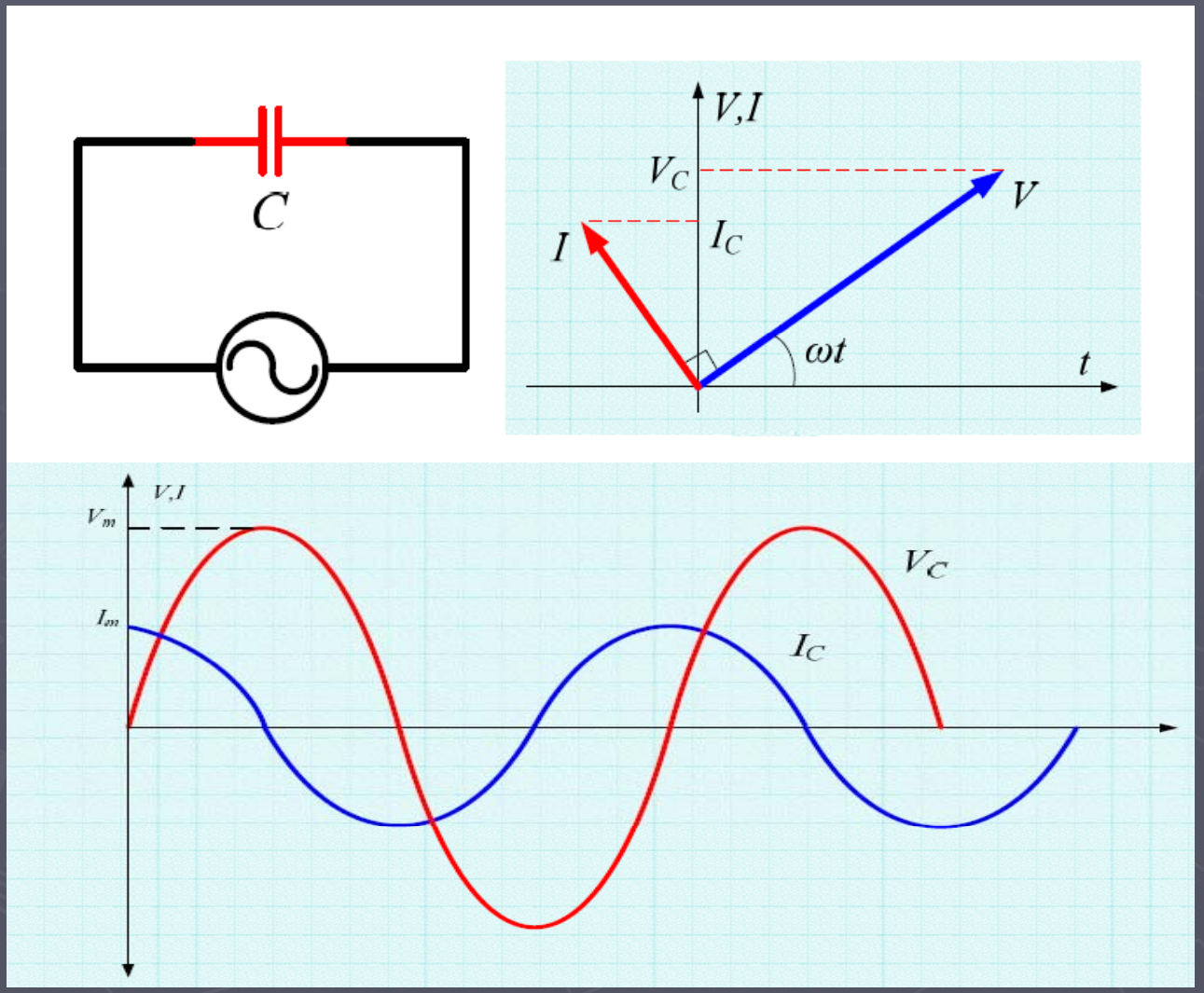
Alternatif Akım Devreleri



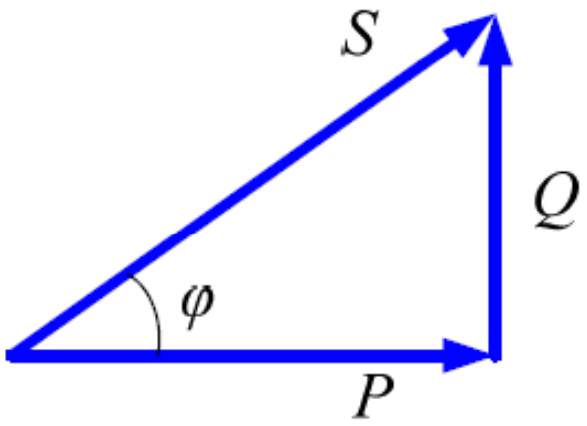
Alternatif Akım Devreleri



Alternatif Akım Devreleri



Alternatif Akım Devreleri

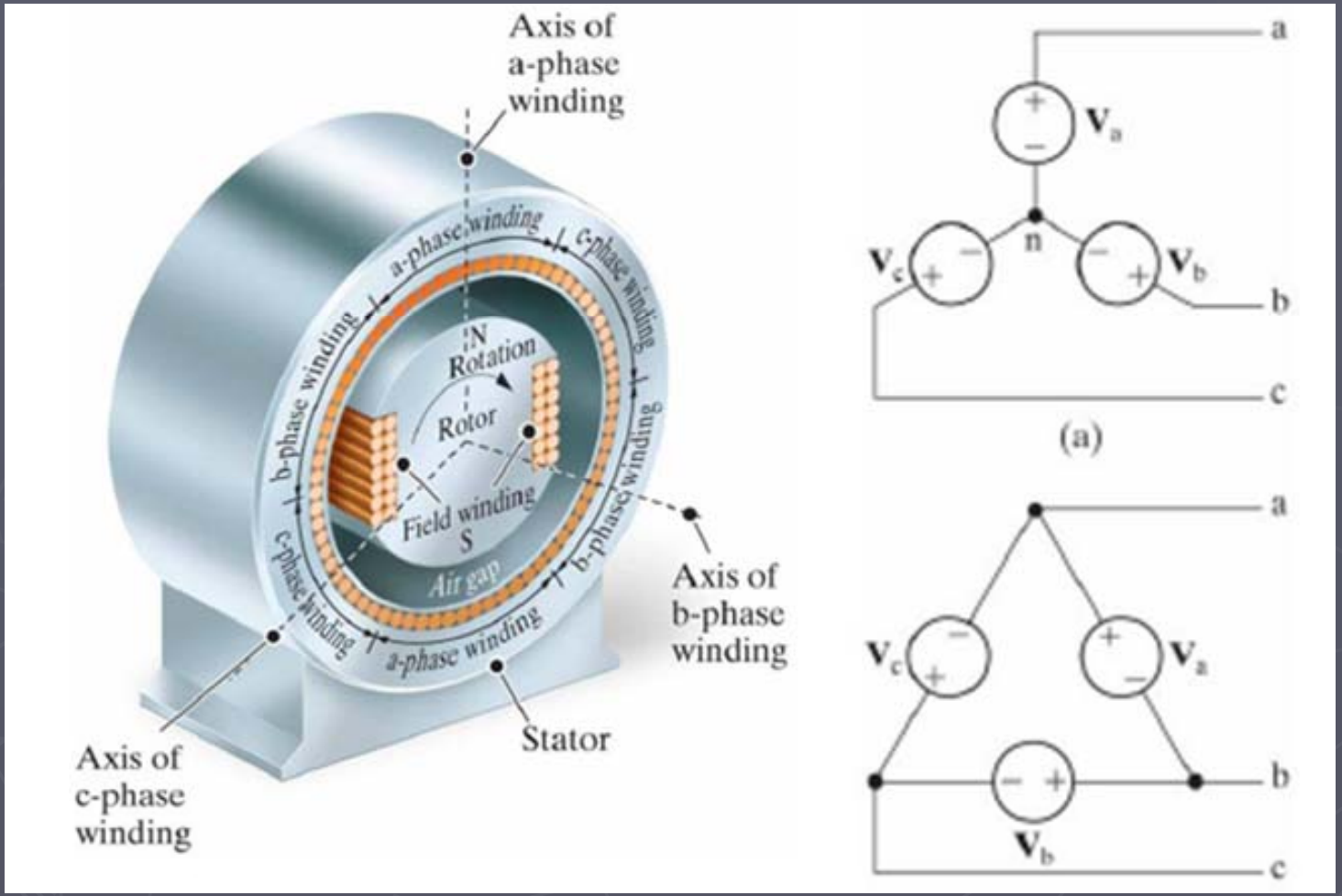


Aktif Güç	Reaktif Güç	Görünür Güç
P	Q	S
Watt	Var	VA

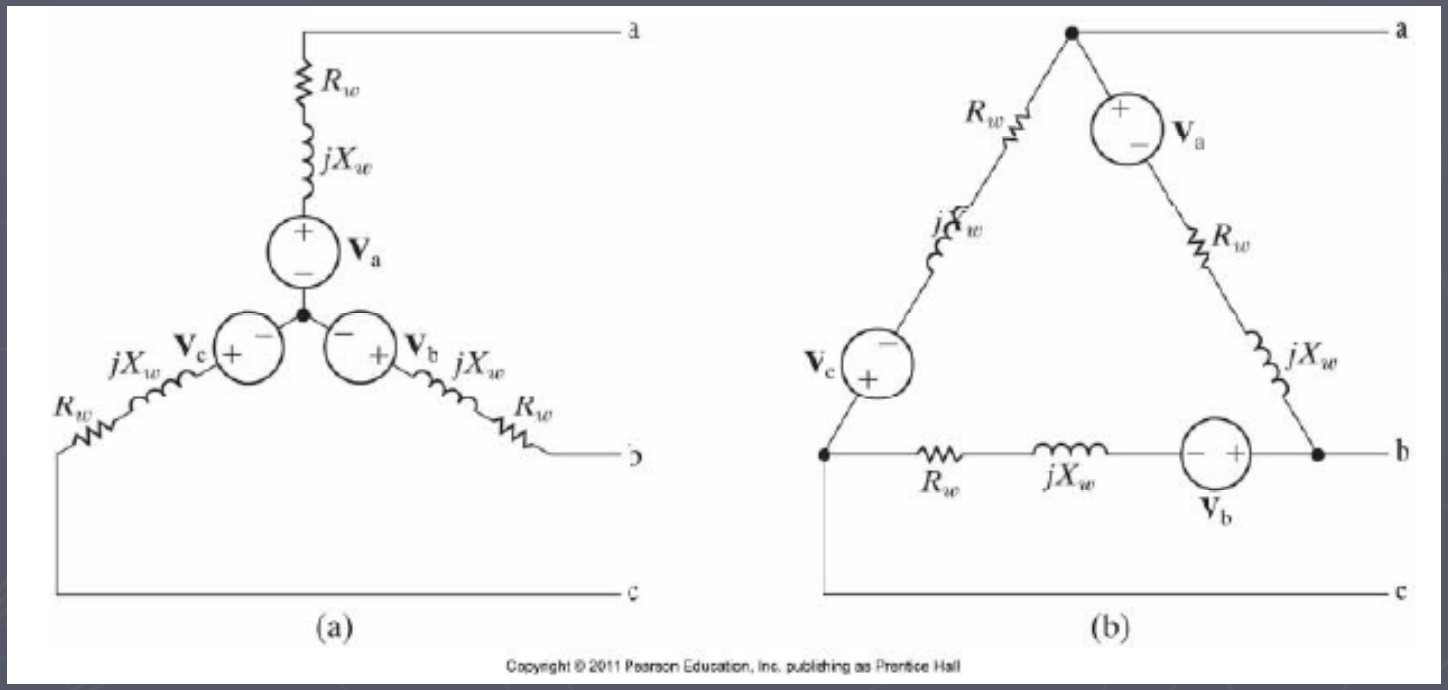
$$P = V.i.Cos\varphi$$

$$Q = V.i.Sin\varphi$$

Üç Fazlı Sistemler



Dengeli Üç Fazlı Sistemler

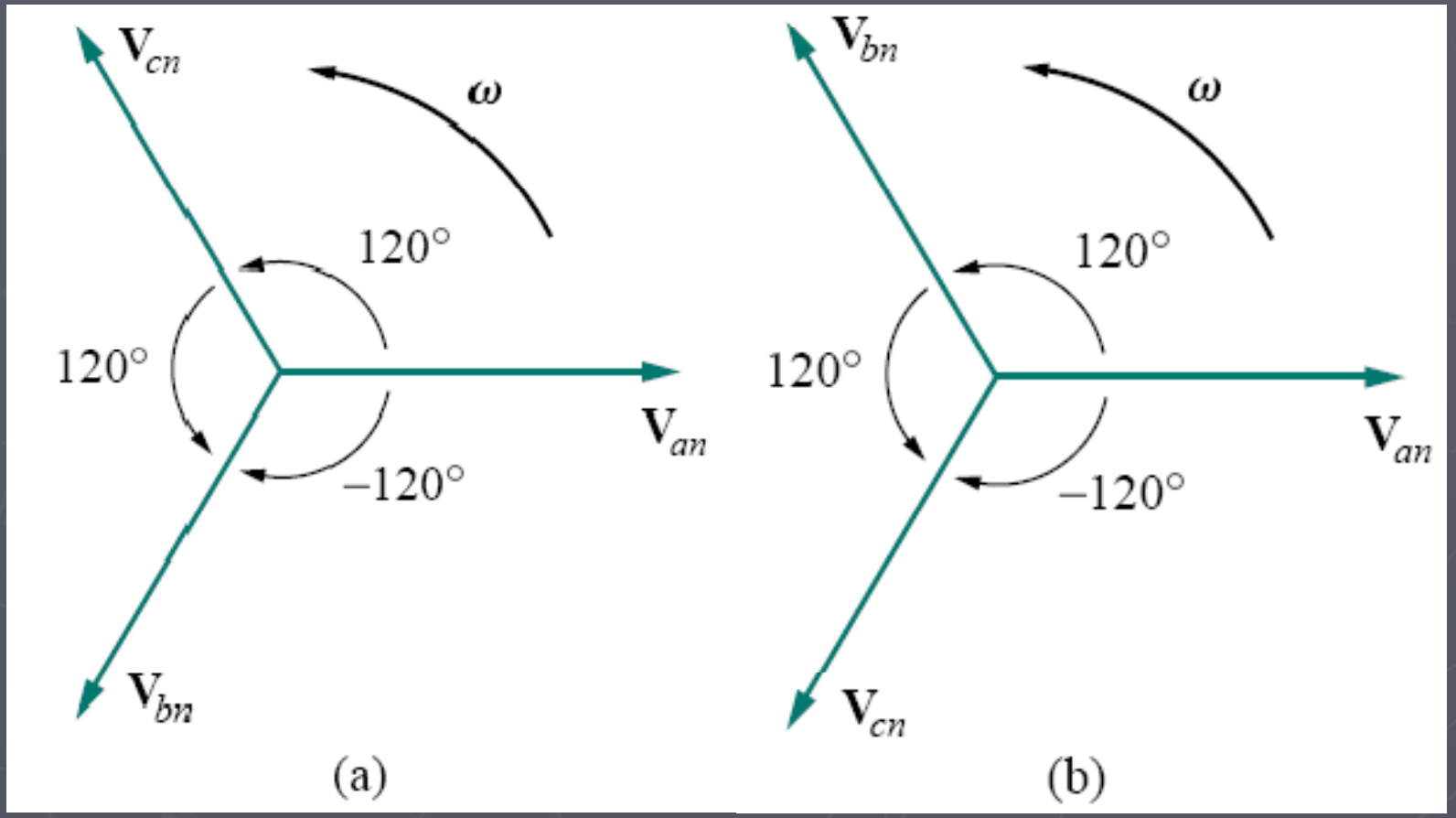


Copyright © 2011 Pearson Education, Inc. publishing as Prentice Hall

Üç Fazlı Sistemlerde Bağlantı Şekilleri

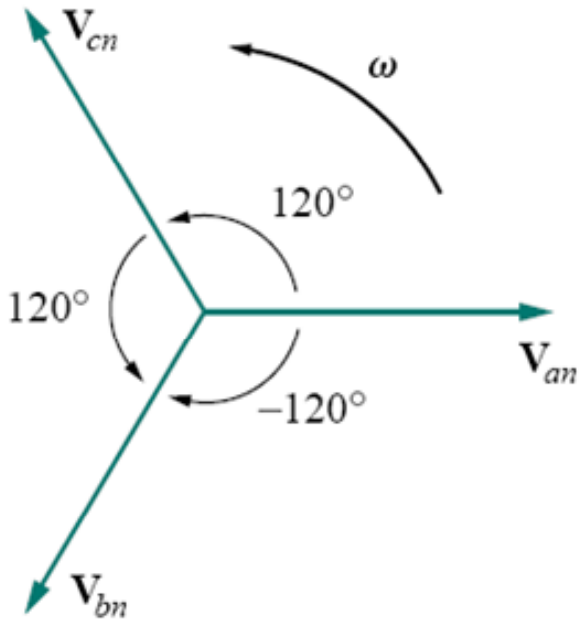
- Y-Y Bağlantı
- Y-Δ Bağlantı
- Δ-Δ Bağlantı
- Δ-Y Bağlantı

Dengeli Üç Fazlı Sistemler



a) abc - pozitif faz dizilimi b) acb - negatif faz dizilimi

Dengeli Üç Fazlı Sistemler



$$\mathbf{V}_{an} = V_p \angle 0°$$

$$\mathbf{V}_{bn} = V_p \angle -120°$$

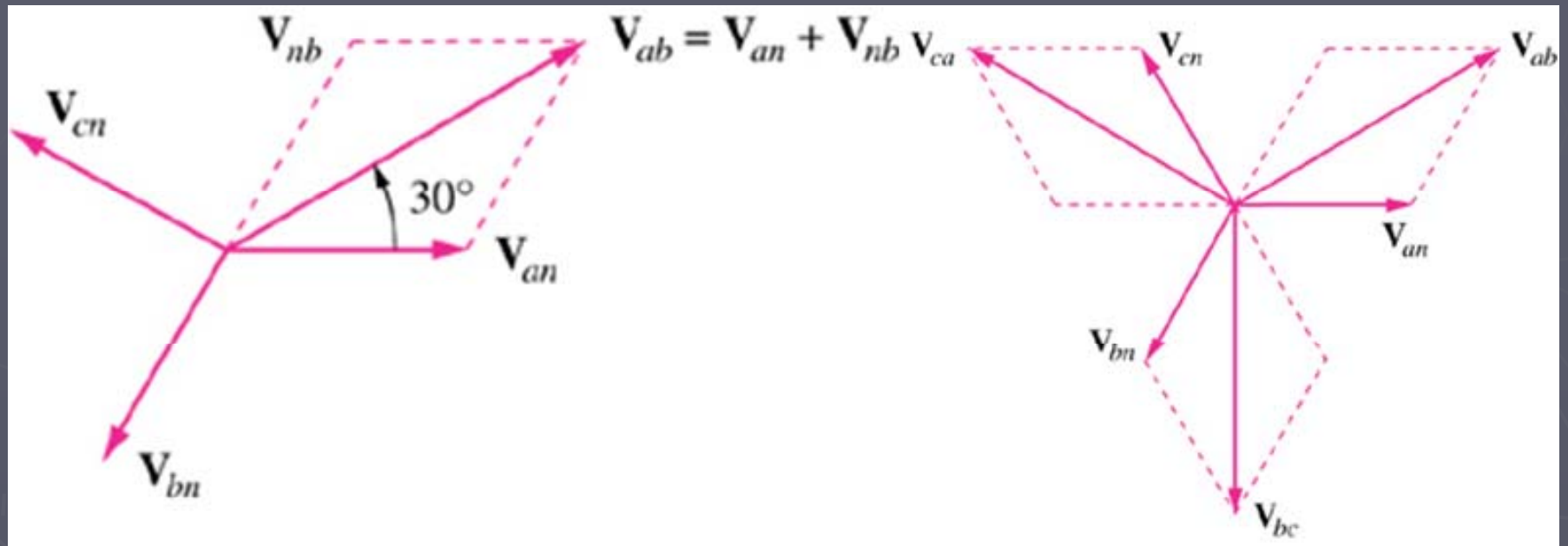
$$\mathbf{V}_{cn} = V_p \angle -240° = V_p \angle +120°$$

$$\mathbf{V}_{an} + \mathbf{V}_{bn} + \mathbf{V}_{cn} = 0$$

$$|\mathbf{V}_{an}| = |\mathbf{V}_{bn}| = |\mathbf{V}_{cn}|$$

$$\begin{aligned}\mathbf{V}_{an} + \mathbf{V}_{bn} + \mathbf{V}_{cn} &= V_p \angle 0° + V_p \angle -120° + V_p \angle +120° \\ &= V_p(1.0 - 0.5 - j0.866 - 0.5 + j0.866) \\ &= 0\end{aligned}$$

Dengeli Üç Fazlı Sistemler



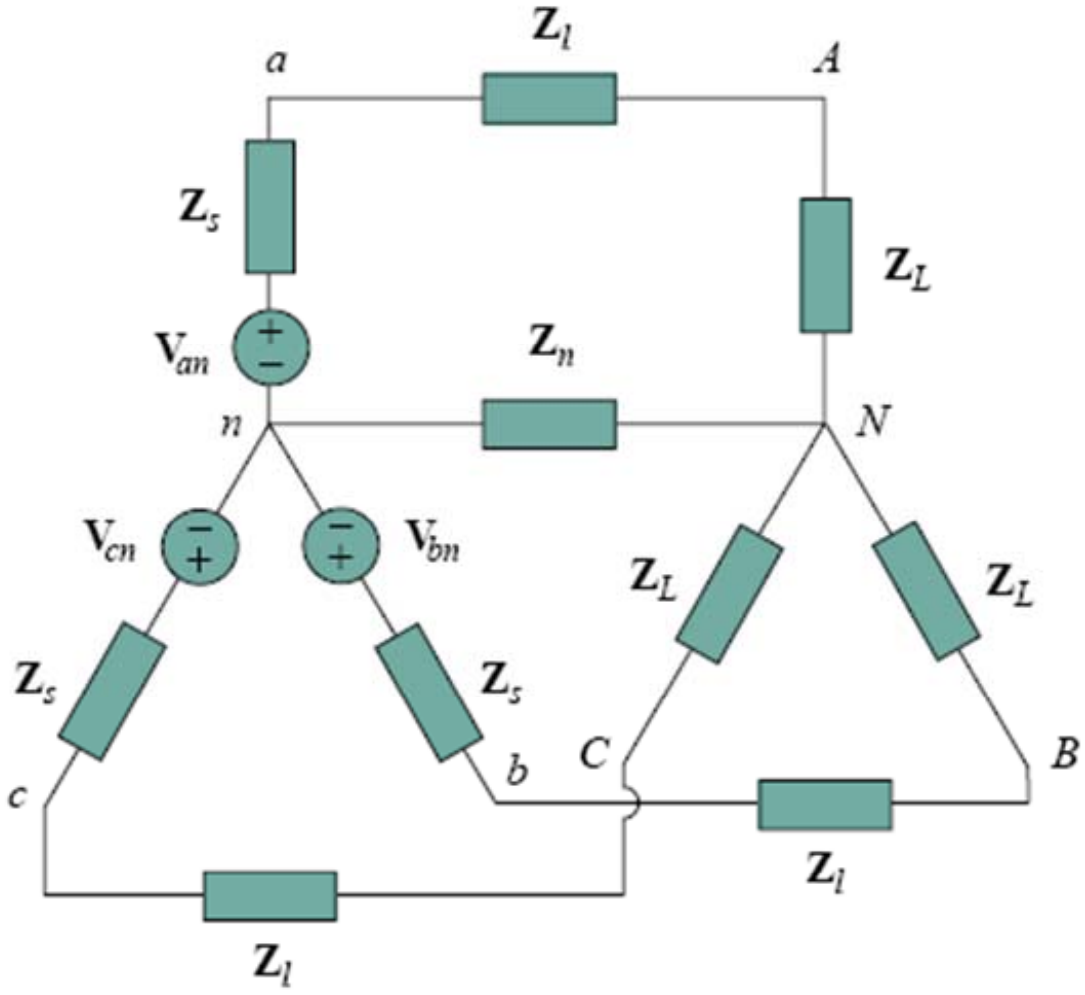
$$V_{an} = V_p \angle 0°, \quad V_{bn} = V_p \angle -120°, \quad V_{cn} = V_p \angle +120°$$

$$V_{ab} = V_{an} + V_{nb} = V_{an} - V_{bn} = \sqrt{3} V_p \angle 30°$$

$$V_{bc} = V_{bn} - V_{cn} = \sqrt{3} V_p \angle -90°$$

$$V_{ca} = V_{cn} - V_{an} = V_{an} + V_{bn} = \sqrt{3} V_p \angle -210°$$

Dengeli Y-Y Üç Fazlı Sistemler



$$\mathbf{V}_{an} = V_p \angle 0^\circ$$

$$\mathbf{V}_{bn} = V_p \angle -120^\circ$$

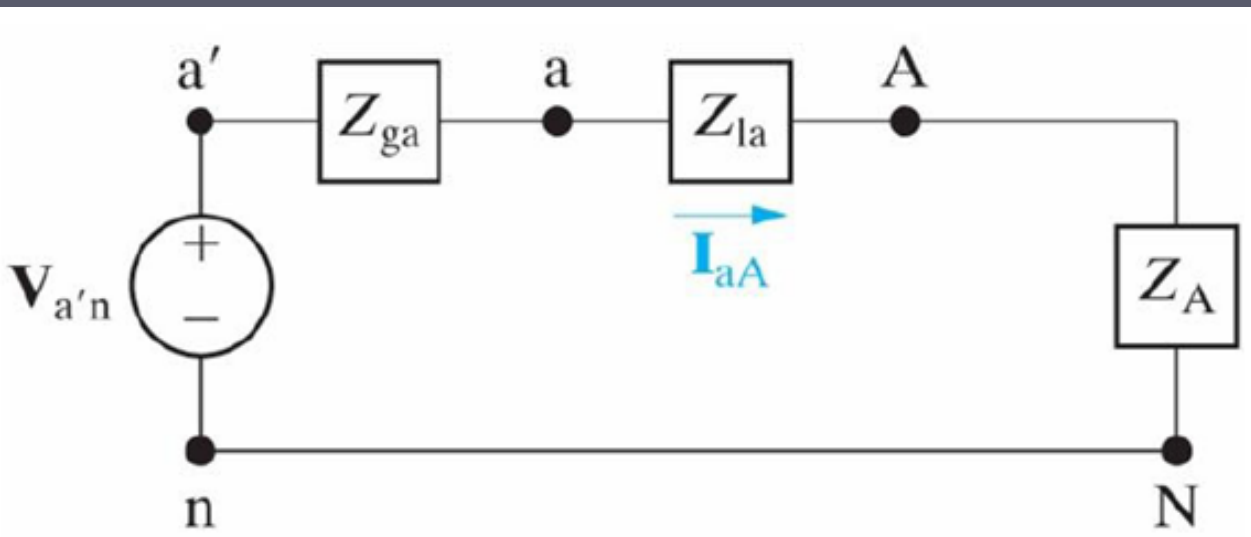
$$\mathbf{V}_{cn} = V_p \angle +120^\circ$$

$$V_L = \sqrt{3} V_p$$

$$V_p = |\mathbf{V}_{an}| = |\mathbf{V}_{bn}| = |\mathbf{V}_{cn}|$$

$$V_L = |\mathbf{V}_{ab}| = |\mathbf{V}_{bc}| = |\mathbf{V}_{ca}|$$

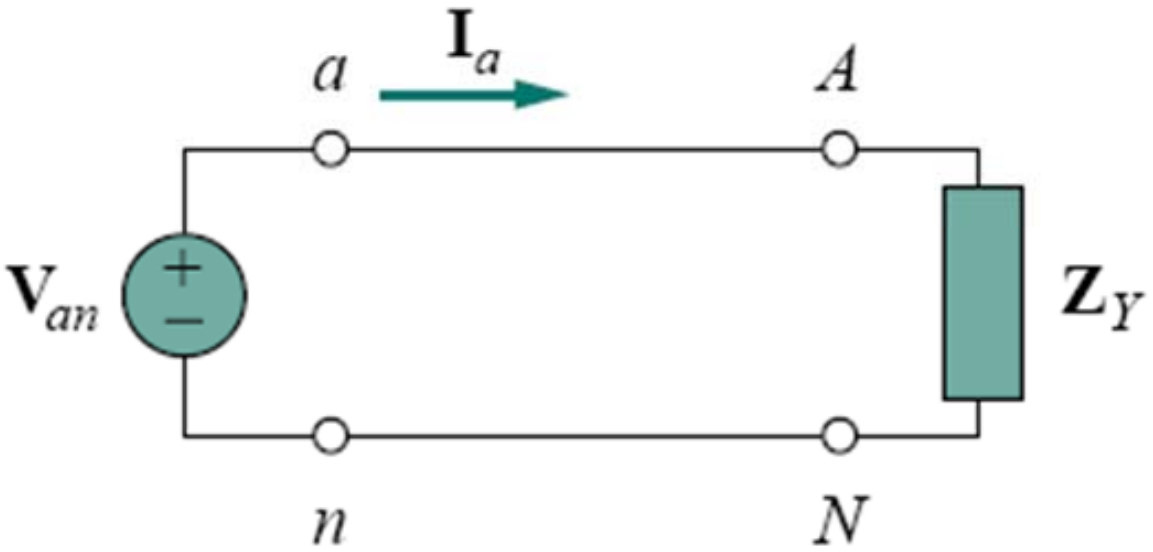
Dengeli Y-Y Üç Fazlı Sistemler



$$\mathbf{I}_a = \frac{\mathbf{V}_{an}}{\mathbf{Z}_Y}$$

$$\mathbf{I}_b = \frac{\mathbf{V}_{bn}}{\mathbf{Z}_Y}$$

$$\mathbf{I}_c = \frac{\mathbf{V}_{cn}}{\mathbf{Z}_Y}$$

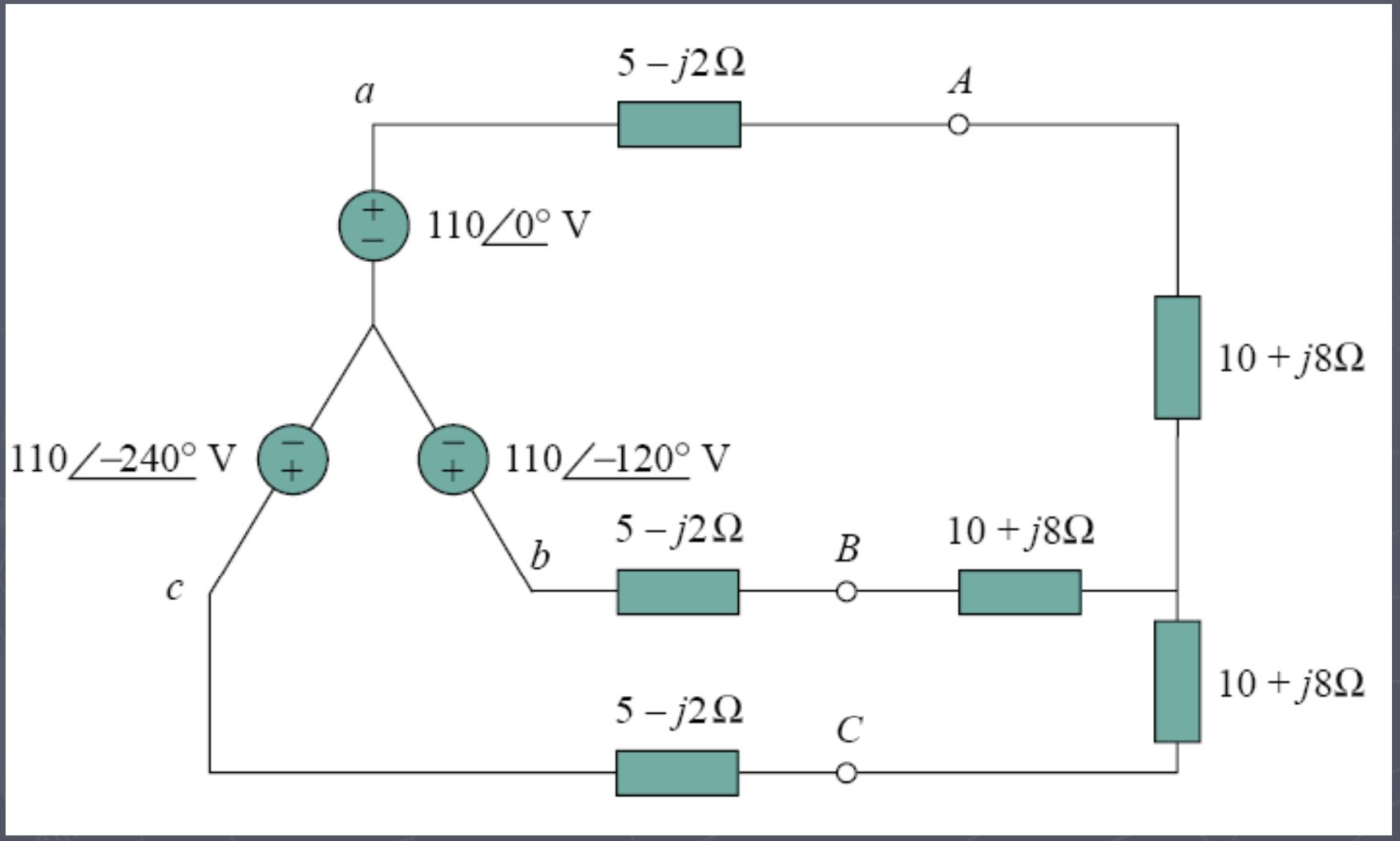


$$\mathbf{I}_a + \mathbf{I}_b + \mathbf{I}_c = 0$$

$$\mathbf{I}_b = \mathbf{I}_a \angle -120^\circ$$

$$\mathbf{I}_c = \mathbf{I}_a \angle -240^\circ$$

Dengeli Y-Y Üç Fazlı Sistemler



Dengeli Y-Y Üç Fazlı Sistemler

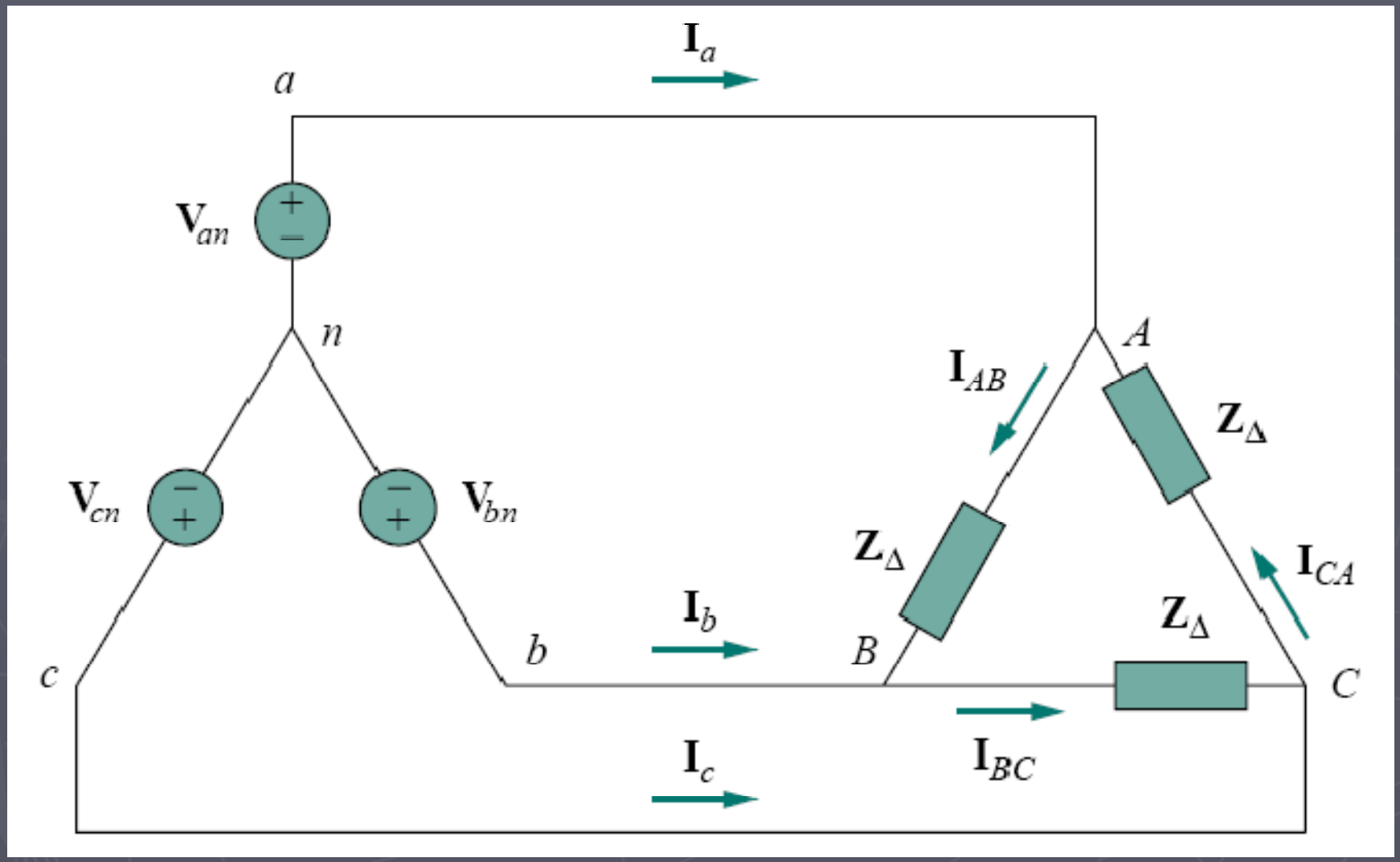
$$\mathbf{Z}_Y = (5 - j2) + (10 + j8) = 15 + j6 = 16.155\angle 21.8^\circ$$

$$\mathbf{I}_a = \frac{110\angle 0^\circ}{16.155\angle 21.8^\circ} = 6.81\angle -21.8^\circ \text{ A}$$

$$\mathbf{I}_b = \mathbf{I}_a\angle -120^\circ = 6.81\angle -141.8^\circ \text{ A}$$

$$\mathbf{I}_c = \mathbf{I}_a\angle -240^\circ = 6.81\angle -261.8^\circ \text{ A} = 6.81\angle 98.2^\circ \text{ A}$$

Dengeli Y-Δ Üç Fazlı Sistemler



Dengeli Y-Δ Üç Fazlı Sistemler

$$\mathbf{V}_{an} = V_p \angle 0^\circ$$

$$\mathbf{V}_{bn} = V_p \angle -120^\circ, \qquad \mathbf{V}_{cn} = V_p \angle +120^\circ$$

$$\mathbf{V}_{ab} = \sqrt{3} V_p \angle 30^\circ = \mathbf{V}_{AB}, \qquad \mathbf{V}_{bc} = \sqrt{3} V_p \angle -90^\circ = \mathbf{V}_{BC}$$

$$\mathbf{V}_{ca} = \sqrt{3} V_p \angle -210^\circ = \mathbf{V}_{CA}$$

$$\mathbf{I}_{AB} = \frac{\mathbf{V}_{AB}}{\mathbf{Z}_\Delta}, \qquad \mathbf{I}_{BC} = \frac{\mathbf{V}_{BC}}{\mathbf{Z}_\Delta}, \qquad \mathbf{I}_{CA} = \frac{\mathbf{V}_{CA}}{\mathbf{Z}_\Delta}$$

Dengeli Y-Δ Üç Fazlı Sistemler

$$\mathbf{I}_a = \mathbf{I}_{AB} - \mathbf{I}_{CA}, \qquad \mathbf{I}_b = \mathbf{I}_{BC} - \mathbf{I}_{AB}, \qquad \mathbf{I}_c = \mathbf{I}_{CA} - \mathbf{I}_{BC}$$

$$\mathbf{I}_a = \mathbf{I}_{AB} - \mathbf{I}_{CA} = \mathbf{I}_{AB}(1 - 1\angle -240^\circ)$$

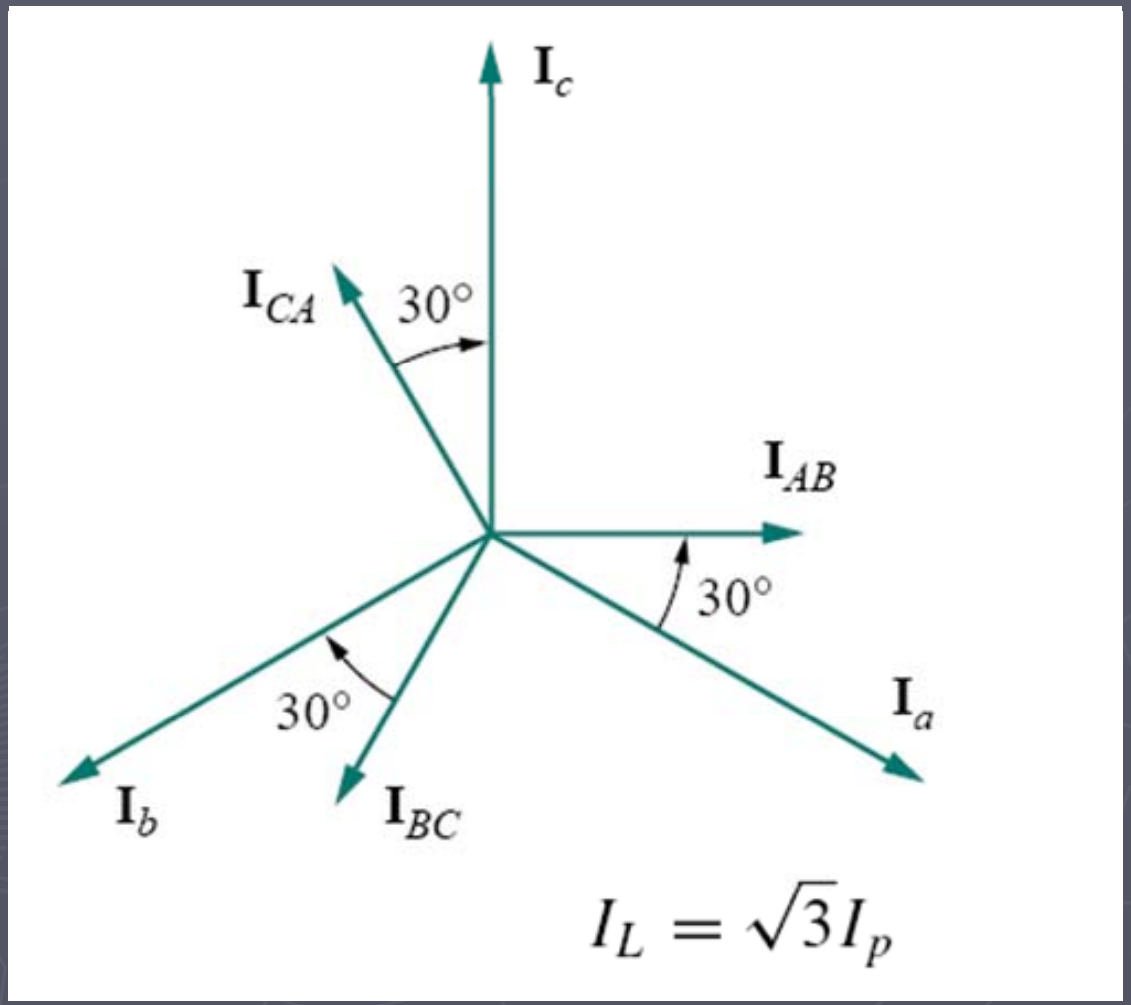
$$= \mathbf{I}_{AB}(1 + 0.5 - j0.866) = \mathbf{I}_{AB}\sqrt{3}\angle -30^\circ$$

$$I_L = \sqrt{3} I_p$$

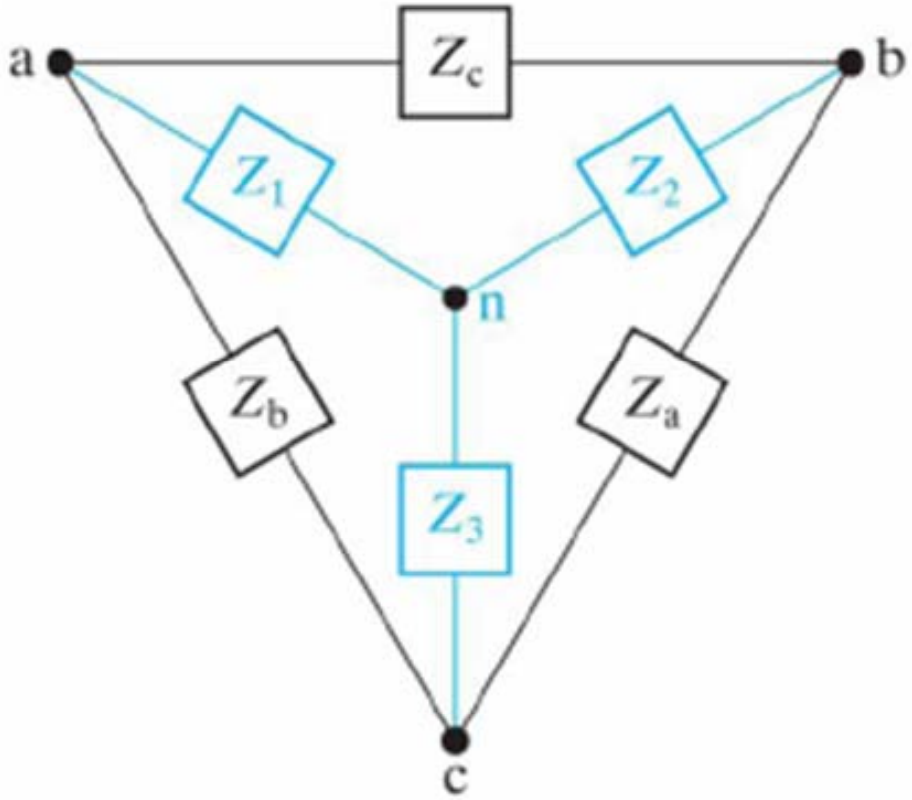
$$I_L = |\mathbf{I}_a| = |\mathbf{I}_b| = |\mathbf{I}_c|$$

$$I_p = |\mathbf{I}_{AB}| = |\mathbf{I}_{BC}| = |\mathbf{I}_{CA}|$$

Dengeli Y-Δ Üç Fazlı Sistemler



Dengeli Y-Δ Üç Fazlı Sistemler



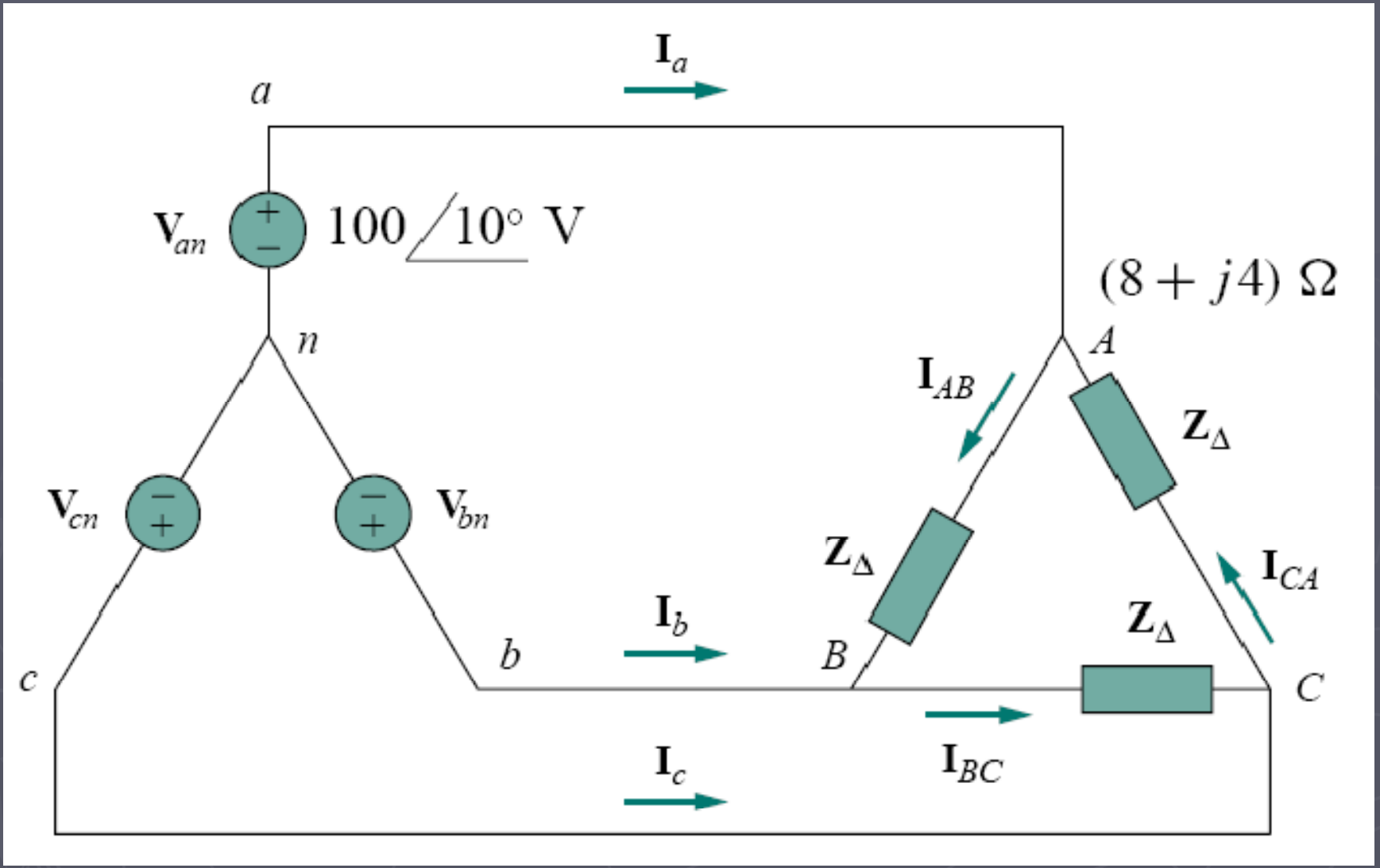
$$Z_1 = \frac{Z_b Z_c}{Z_a + Z_b + Z_c}$$

$$Z_2 = \frac{Z_c Z_a}{Z_a + Z_b + Z_c}$$

$$Z_3 = \frac{Z_a Z_b}{Z_a + Z_b + Z_c}$$

$$Z_a = Z_b = Z_c \qquad Z_Y = \frac{Z_\Delta}{3}$$

Dengeli Y-Δ Üç Fazlı Sistemler



Dengeli Y-Δ Üç Fazlı Sistemler

$$\mathbf{Z}_\Delta = 8 + j4 = 8.944 \angle 26.57^\circ \ \Omega$$

$$\mathbf{V}_{ab} = \mathbf{V}_{an}\sqrt{3} \angle 30^\circ = 100\sqrt{3} \angle 10^\circ + 30^\circ = \mathbf{V}_{AB}$$

$$\mathbf{V}_{AB} = 173.2 \angle 40^\circ \ \text{V}$$

$$\mathbf{I}_{AB} = \frac{\mathbf{V}_{AB}}{\mathbf{Z}_\Delta} = \frac{173.2 \angle 40^\circ}{8.944 \angle 26.57^\circ} = 19.36 \angle 13.43^\circ \ \text{A}$$

$$\mathbf{I}_{BC} = \mathbf{I}_{AB} \angle -120^\circ = 19.36 \angle -106.57^\circ \ \text{A}$$

$$\mathbf{I}_{CA} = \mathbf{I}_{AB} \angle +120^\circ = 19.36 \angle 133.43^\circ \ \text{A}$$

Dengeli Y-Δ Üç Fazlı Sistemler

$$\mathbf{I}_a = \mathbf{I}_{AB}\sqrt{3}\angle -30^\circ = \sqrt{3}(19.36)\angle 13.43^\circ - 30^\circ$$

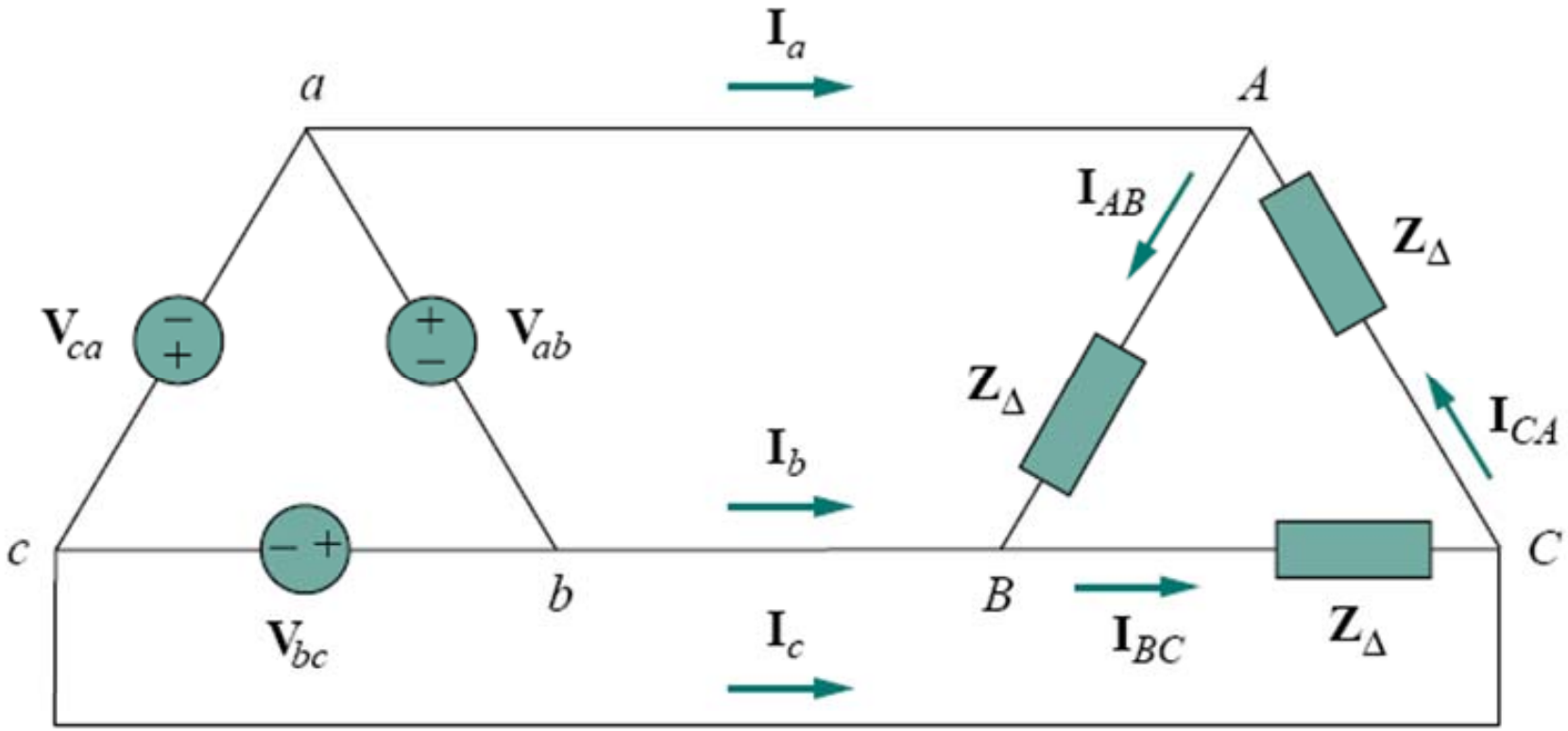
$$= 33.53\angle -16.57^\circ \text{ A}$$

$$\mathbf{I}_b = \mathbf{I}_a\angle -120^\circ = 33.53\angle -136.57^\circ \text{ A}$$

$$\mathbf{I}_c = \mathbf{I}_a\angle +120^\circ = 33.53\angle 103.43^\circ \text{ A}$$

$$\mathbf{I}_a = \frac{\mathbf{V}_{an}}{\mathbf{Z}_\Delta/3} = \frac{100\angle 10^\circ}{2.981\angle 26.57^\circ} = 33.54\angle -16.57^\circ \text{ A}$$

Dengeli Δ -Δ Üç Fazlı Sistemler



$$\mathbf{V}_{ab} = V_p \angle 0^\circ$$

$$\mathbf{V}_{bc} = V_p \angle -120^\circ \qquad \mathbf{V}_{ca} = V_p \angle +120^\circ$$

Dengeli Δ -Δ Üç Fazlı Sistemler

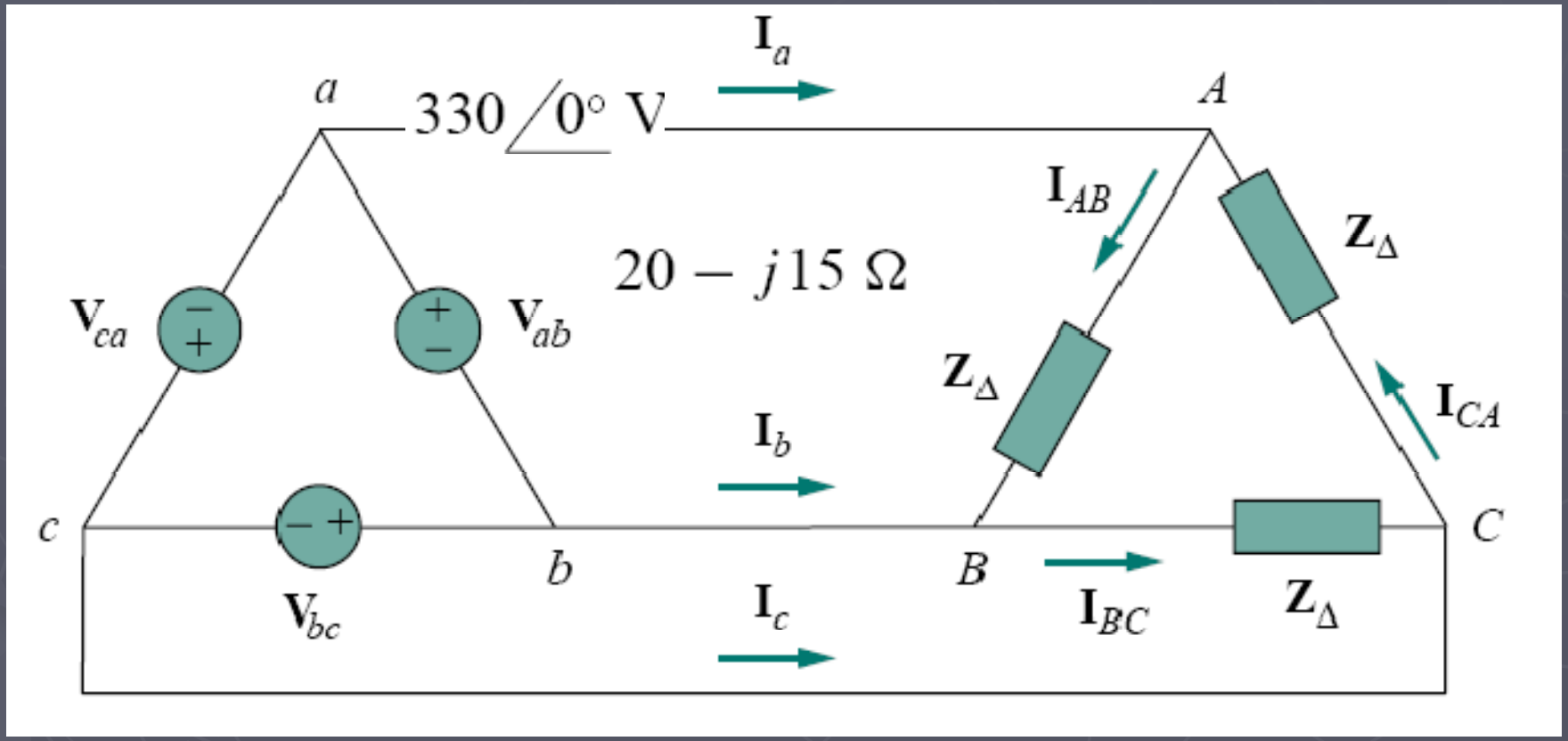
$$\mathbf{V}_{ab} = \mathbf{V}_{AB} \qquad \mathbf{V}_{bc} = \mathbf{V}_{BC} \qquad \mathbf{V}_{ca} = \mathbf{V}_{CA}$$

$$\mathbf{I}_{AB} = \frac{\mathbf{V}_{AB}}{Z_\Delta} = \frac{\mathbf{V}_{ab}}{Z_\Delta} \qquad \mathbf{I}_{BC} = \frac{\mathbf{V}_{BC}}{Z_\Delta} = \frac{\mathbf{V}_{bc}}{Z_\Delta}$$

$$\mathbf{I}_{CA} = \frac{\mathbf{V}_{CA}}{Z_\Delta} = \frac{\mathbf{V}_{ca}}{Z_\Delta}$$

$$\mathbf{I}_a = \mathbf{I}_{AB} - \mathbf{I}_{CA} \qquad \mathbf{I}_b = \mathbf{I}_{BC} - \mathbf{I}_{AB} \qquad \mathbf{I}_c = \mathbf{I}_{CA} - \mathbf{I}_{BC}$$

Dengeli Δ -Δ Üç Fazlı Sistemler



Dengeli Δ -Δ Üç Fazlı Sistemler

$$\mathbf{Z}_\Delta = 20 - j15 = 25\angle -36.87^\circ\ \Omega$$

$$\mathbf{I}_{AB} = \frac{\mathbf{V}_{AB}}{\mathbf{Z}_\Delta} = \frac{330\angle 0^\circ}{25\angle -36.87} = 13.2\angle 36.87^\circ\ \text{A}$$

$$\mathbf{I}_{BC} = \mathbf{I}_{AB}\angle -120^\circ = 13.2\angle -83.13^\circ\ \text{A}$$

$$\mathbf{I}_{CA} = \mathbf{I}_{AB}\angle +120^\circ = 13.2\angle 156.87^\circ\ \text{A}$$

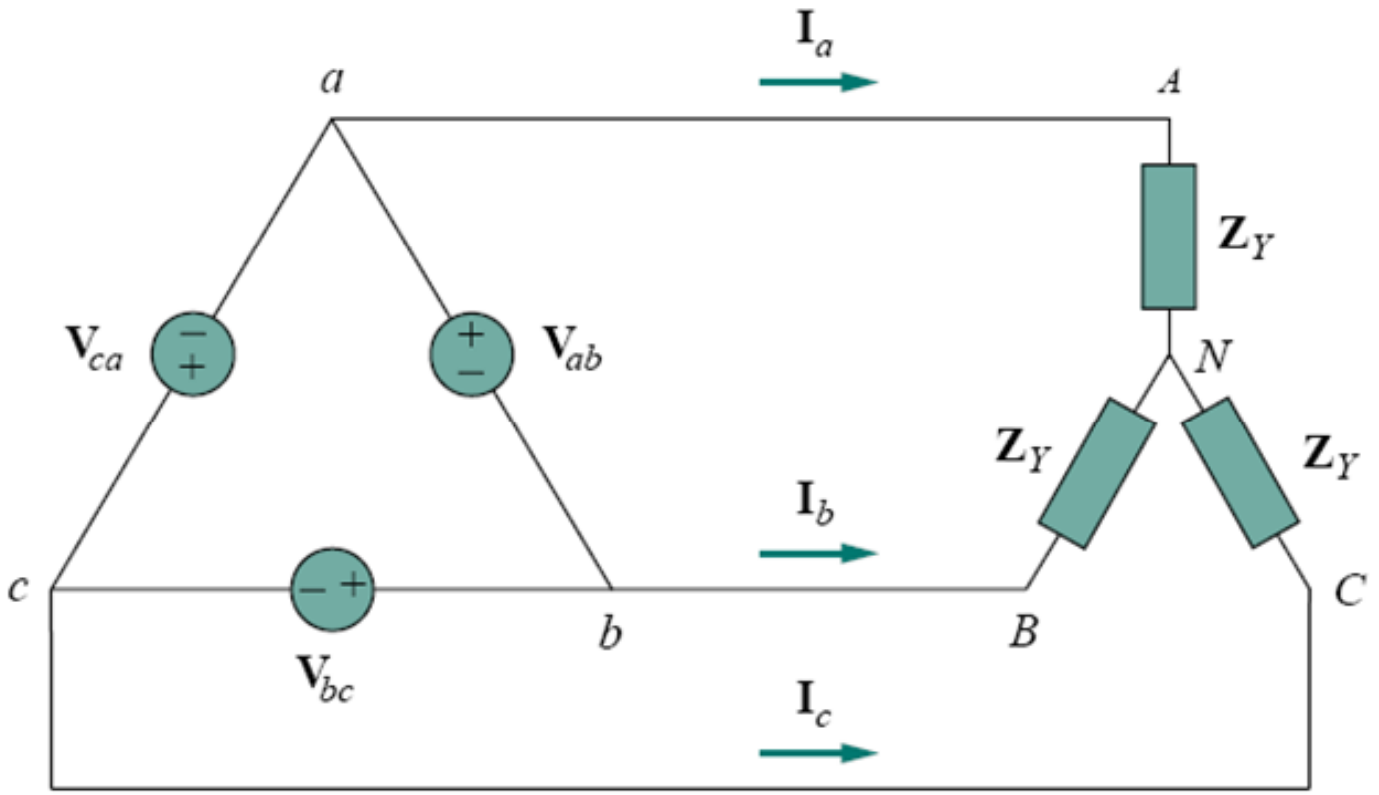
$$\mathbf{I}_a = \mathbf{I}_{AB}\sqrt{3}\angle -30^\circ = (13.2\angle 36.87^\circ)(\sqrt{3}\angle -30^\circ)$$

$$= 22.86\angle 6.87^\circ\ \text{A}$$

$$\mathbf{I}_b = \mathbf{I}_a\angle -120^\circ = 22.86\angle -113.13^\circ\ \text{A}$$

$$\mathbf{I}_c = \mathbf{I}_a\angle +120^\circ = 22.86\angle 126.87^\circ\ \text{A}$$

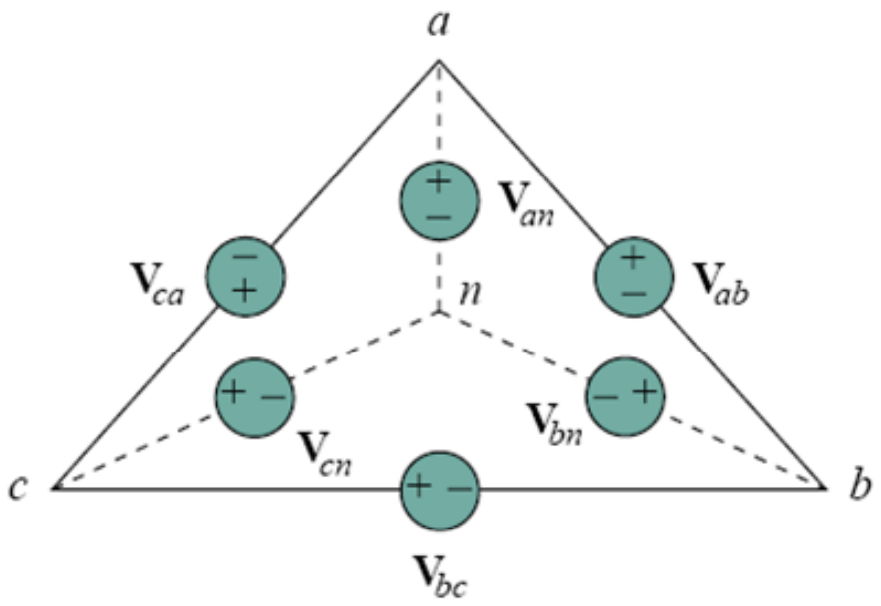
Dengeli Δ -Y Üç Fazlı Sistemler

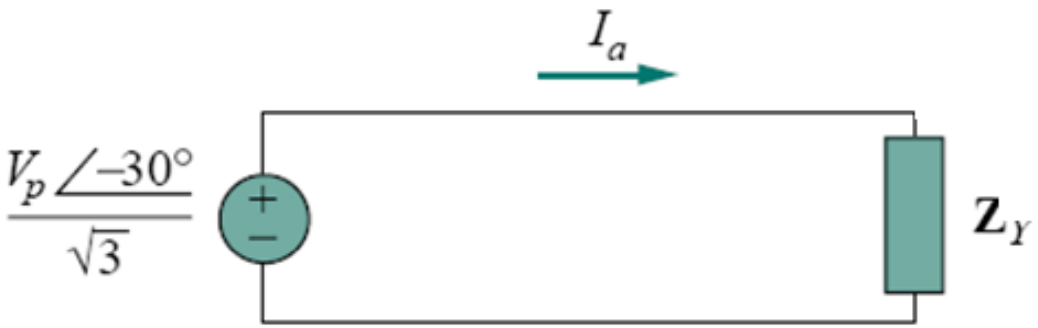


$$\mathbf{V}_{ab} = V_p \angle 0^\circ \qquad \mathbf{V}_{bc} = V_p \angle -120^\circ$$

$$\mathbf{V}_{ca} = V_p \angle +120^\circ$$

Dengeli Δ -Y Üç Fazlı Sistemler





$$\mathbf{V}_{an} = \frac{V_p}{\sqrt{3}} \angle -30°$$

$$\mathbf{V}_{bn} = \frac{V_p}{\sqrt{3}} \angle -150°$$

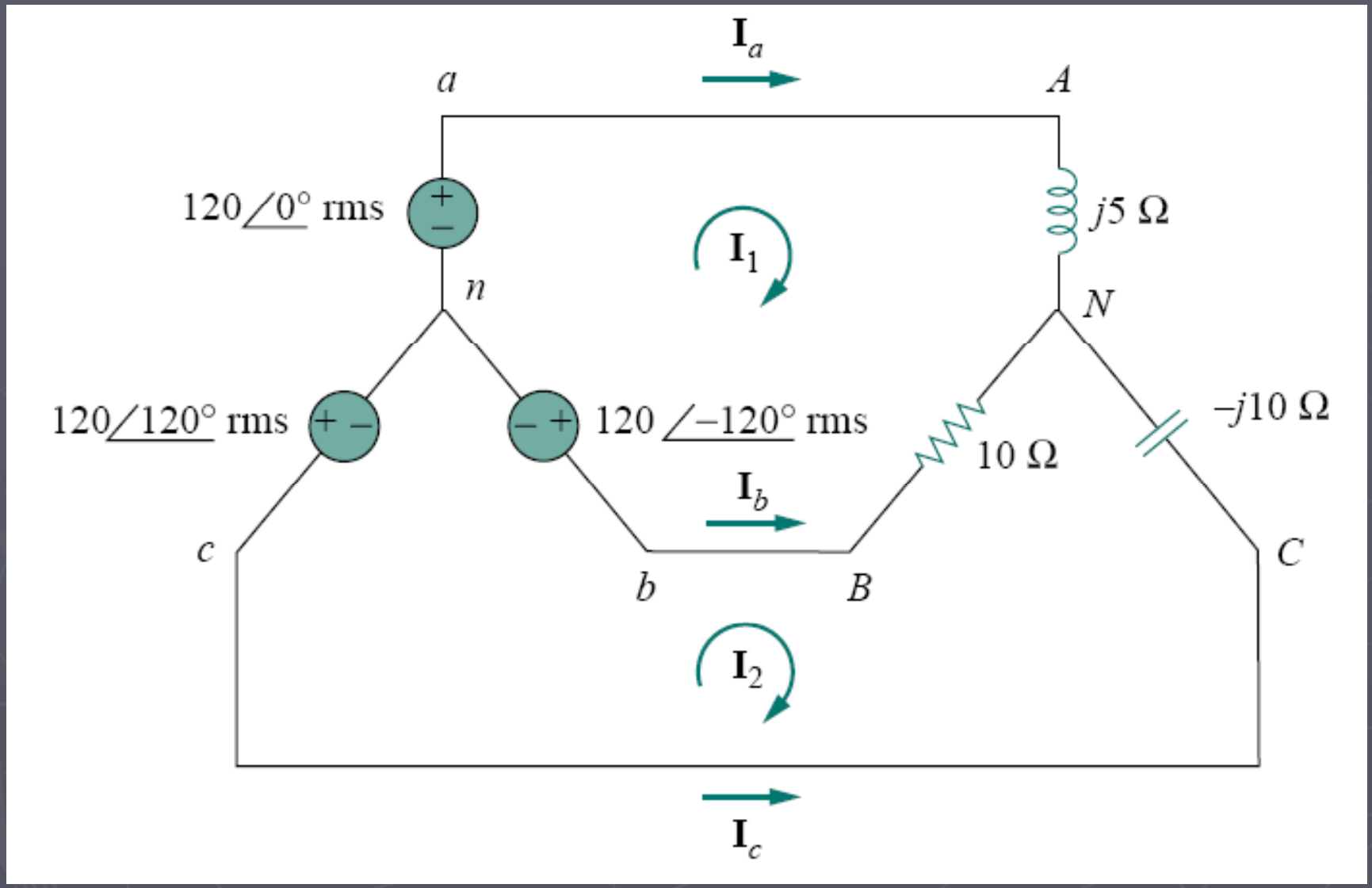
$$\mathbf{V}_{cn} = \frac{V_p}{\sqrt{3}} \angle +90°$$

$$\mathbf{I}_a = \frac{V_p/\sqrt{3} \angle -30°}{\mathbf{Z}_Y}$$

$$\mathbf{I}_b = \mathbf{I}_a \angle -120°$$

$$\mathbf{I}_c = \mathbf{I}_a \angle +120°$$

Dengesiz Üç Fazlı Sistemler



Dengesiz Üç Fazlı Sistemler

$$(10 + j5)\mathbf{I}_1 - 10\mathbf{I}_2 = 120\sqrt{3}\angle 30^\circ$$

$$-10\mathbf{I}_1 + (10 - j10)\mathbf{I}_2 = 120\sqrt{3}\angle -90^\circ$$

$$\mathbf{I}_a = \mathbf{I}_1 = 56.78 \text{ A}$$

$$\mathbf{I}_b = \mathbf{I}_2 - \mathbf{I}_1 = 38.78 + j18 - 56.78 = 25.46\angle 135^\circ \text{ A}$$

$$\mathbf{I}_c = -\mathbf{I}_2 = 42.75\angle -155.1^\circ \text{ A}$$

Dengesiz Üç Fazlı Sistemler

$$\mathbf{S}_a = \mathbf{V}_{an}\mathbf{I}_a^* = (120\angle 0°)(56.78) = 6813.6\ \text{VA}$$

$$\mathbf{S}_b = \mathbf{V}_{bn}\mathbf{I}_b^* = (120\angle -120°)(25.46\angle -135°)$$

$$= 3055.2\angle 105° = -790 + j2951.1\ \text{VA}$$

$$\mathbf{S}_c = \mathbf{V}_{cn}\mathbf{I}_c^* = (120\angle 120°)(42.75\angle 155.1°)$$

$$= 5130\angle 275.1° = 456.03 - j5109.7\ \text{VA}$$

$$\mathbf{S}_s = \mathbf{S}_a + \mathbf{S}_b + \mathbf{S}_c = 6480 - j2159\ \text{VA}$$

Elektrik Tesisleri Dersi

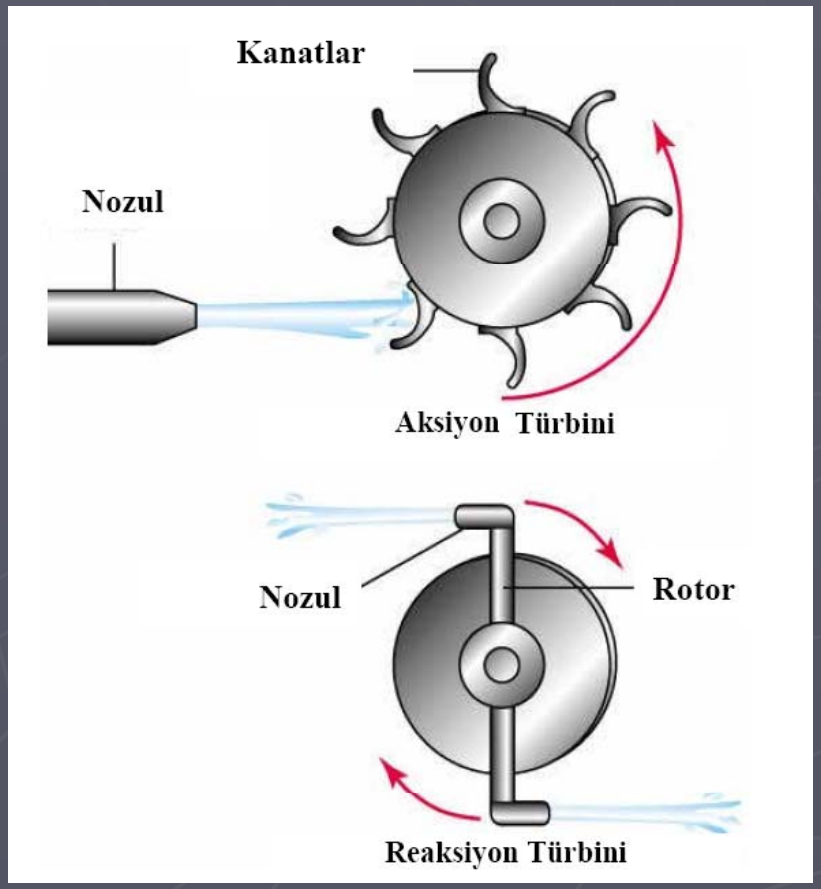
Slayt 4

Dersin İçeriği

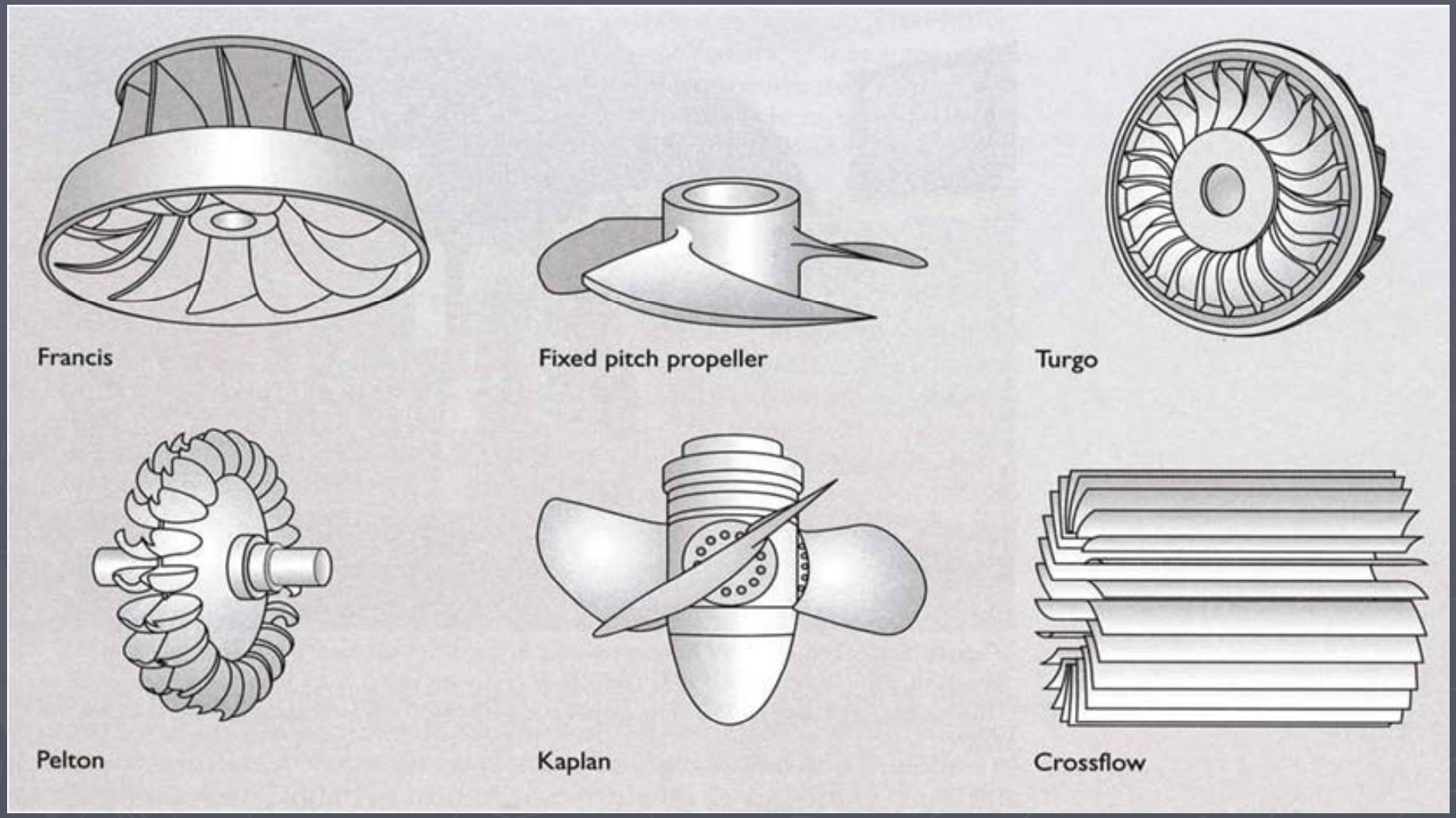
- Elektrik Santrallerinin Temel Bileşenleri ve Genel Kavramlar
  - Mekanik Kısım ve Bileşenler
  - Elektromekanik Kısım ve Bileşenler
  - Elektrik-Elektronik Kısım ve Bileşenler
- Şalt Sahaları
  - Transformatörler
  - Kesiciler, Ayırıcılar, Aşırı Gerilim Önleyiciler, İzolatörler

Mekanik Bileşenler

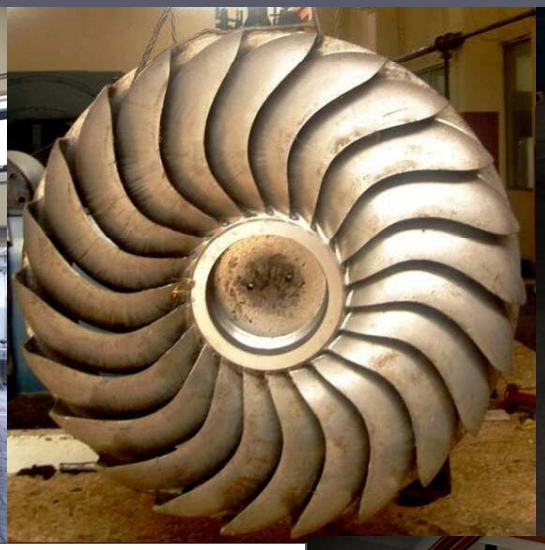
- Hidroelektrik Santral Türbinleri
  - Aksiyon (Etki) Tipi Türbinler:
    - Pelton Türbinleri
    - Turgo Türbinleri
    - Banki (Michell-Ossberger) Türbinleri
  - Reaksiyon Tipi Türbinler:
    - Francis Türbini
    - Kaplan (Uskur) Türbini



Mekanik Bileşenler

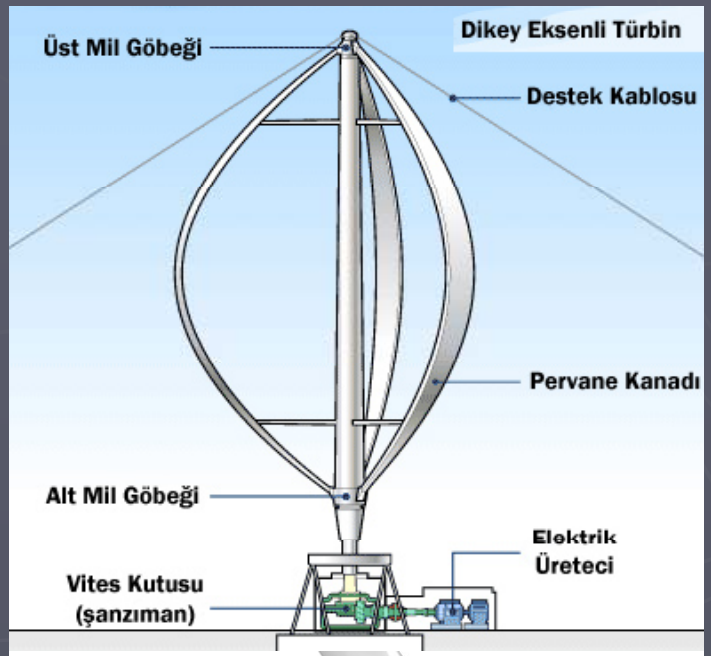


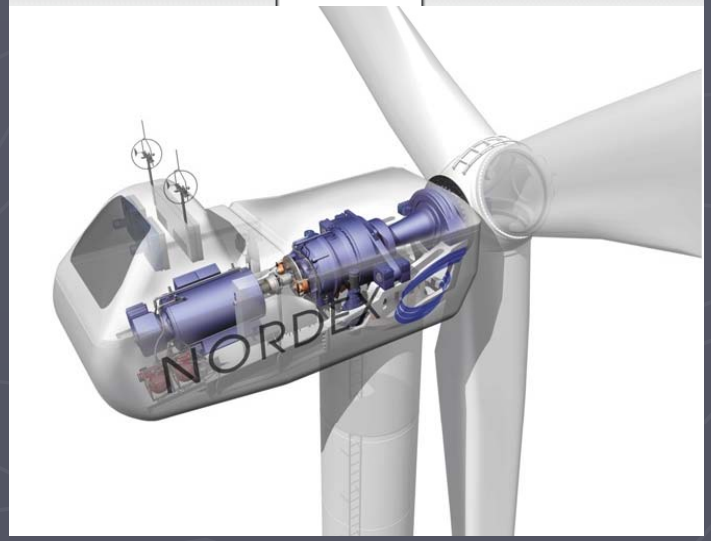
Mekanik Bileşenler



Mekanik Bileşenler

- Rüzgar Santrali Türbinleri
  - Dikey Eksenli Türbinler
  - Yatay Eksenli Türbinler

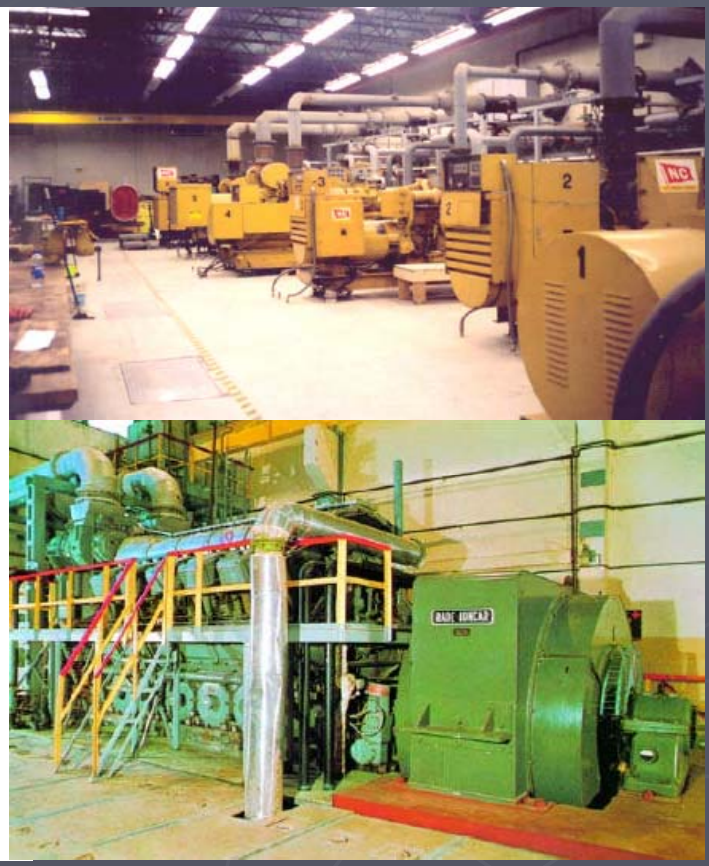




Mekanik Bileşenler

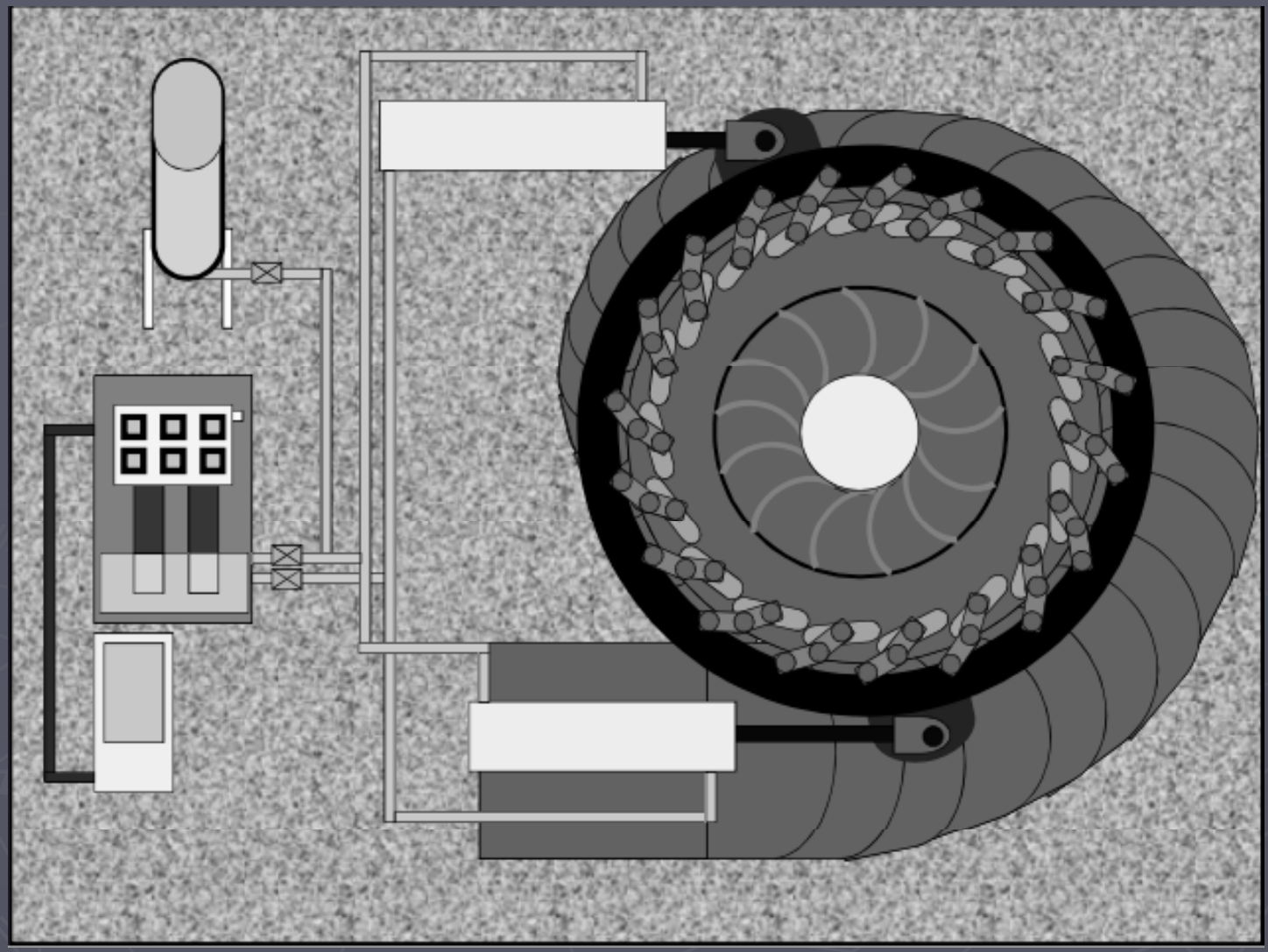
Mekanik Bileşenler

Kondenser

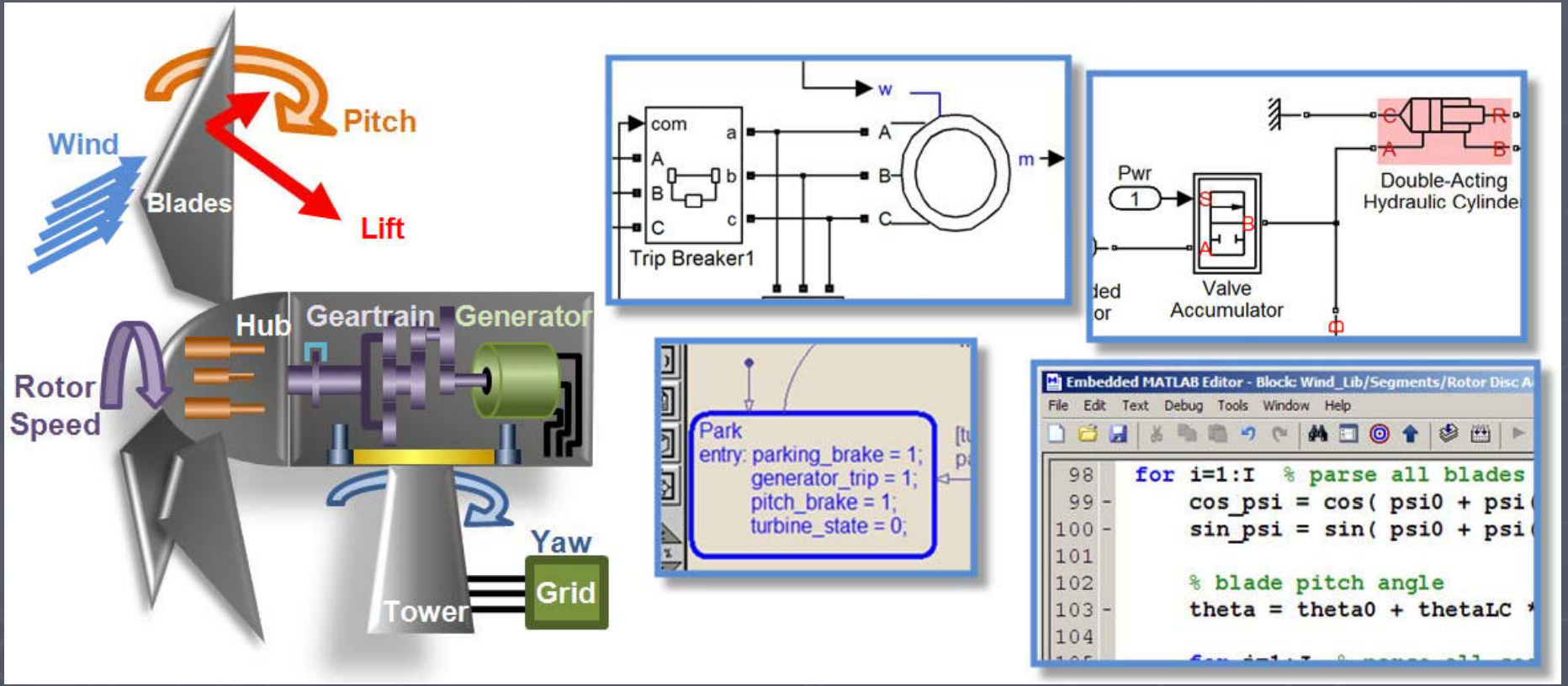


Dizel Santral

Elektromekanik Bileşenler



Elektromekanik Bileşenler

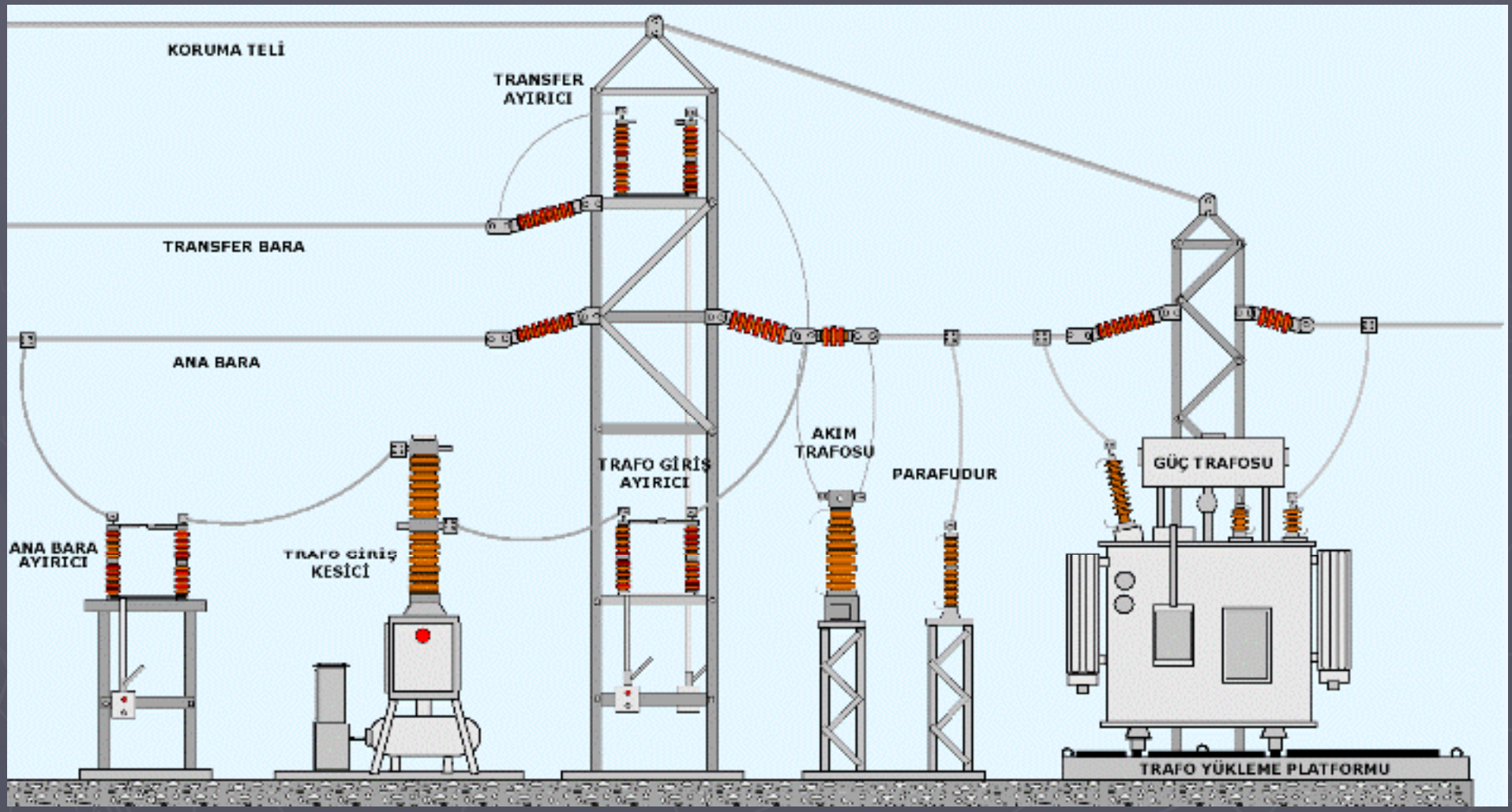


Elektrik-Elektronik Bileşenler

- Santraller Arası Kuranportör (Haberleşme) Sistemi

Hat Tıkacı, Kaplin Kapasitör, Hat Ayar Kutusu, Sızdırma Bobini, Kuranportör

Şalt Sahası (Switchyard)



Şalt Sahası

Şalt Sahası:

Trafo merkezlerinde güç transformatörleri, baralar, bir kısım yardımcı teçhizat ile bu cihazları irtibatlandırmakta kullanılan çeşitli bağlama elemanlarının (kesici ve ayırıcılar) bir arada bulunduğu, enerjinin toplandığı ve dağıtıldığı tesislerdir.

Şalt sahası, elektrik santrali ile dahil olduğu şebeke arasındaki bağlantıyı sağlayan yüksek gerilim ünitelerinin bulunduğu alandır.

Şalt Sahası Ekipmanları

- Şalt Sahası
  - Güç Transformatörleri
  - Akım Transformatörleri
  - Gerilim Transformatörleri
  - Kuranportör Cihazı
  - Pilonlar (Direkler)
  - Kesiciler
  - Ayırıcılar
  - Baralar
  - Parafudurlar
  - İzolatörler

Şalt Sahası Transformatörleri

Güç Transformatörleri: Santral çıkışındaki elektrik geriliminin yükseltilerek iletim hattı için uygun hale getirilmesini sağlayan transformatörlerdir.

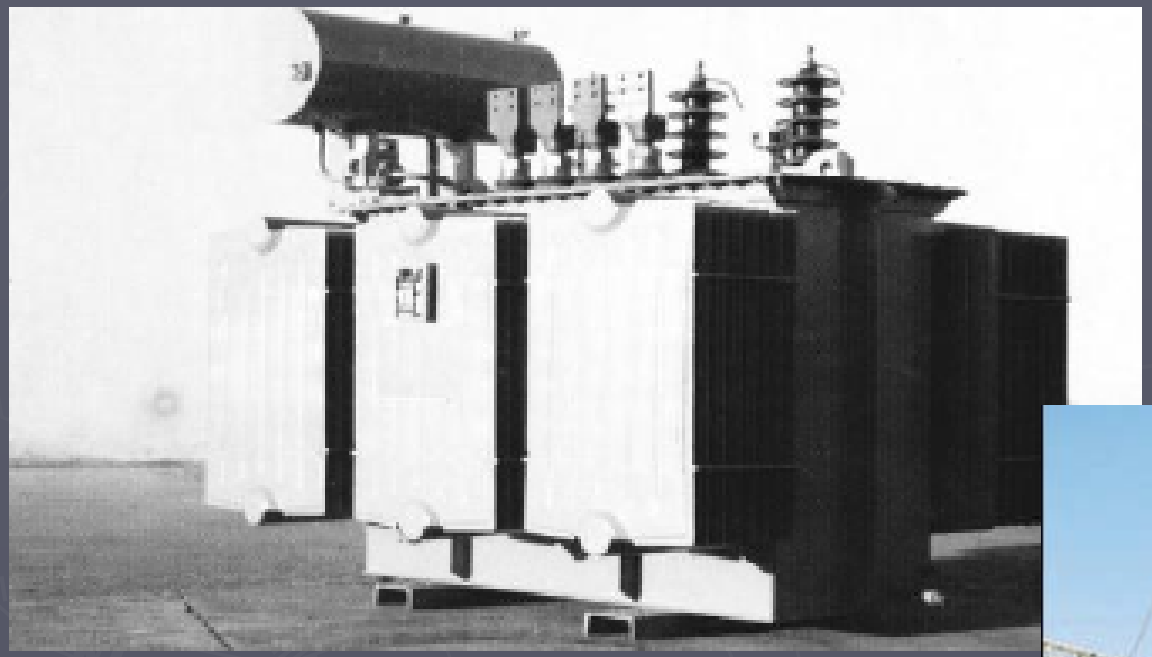
Akım ve Gerilim Transformatörleri

Yüksek gerilimde istenilen değerlerin ölçülebilmesi için ölçü aletleri direk şebekeye bağlanamaz. Yüksek gerilime uygun değerlerde izolasyonu sağlamak ve uygun büyüklükte cihaz imal etmek zordur. Bu yüzden ölçü aletlerinin ve koruma rölelerin devreye bağlanması için yardımcı elemana ihtiyaçları vardır. Bu amaçla akım ve gerilim değerlerini istenilen değerlerde tutan elemanlara ölçü transformatörleri adı verilir.

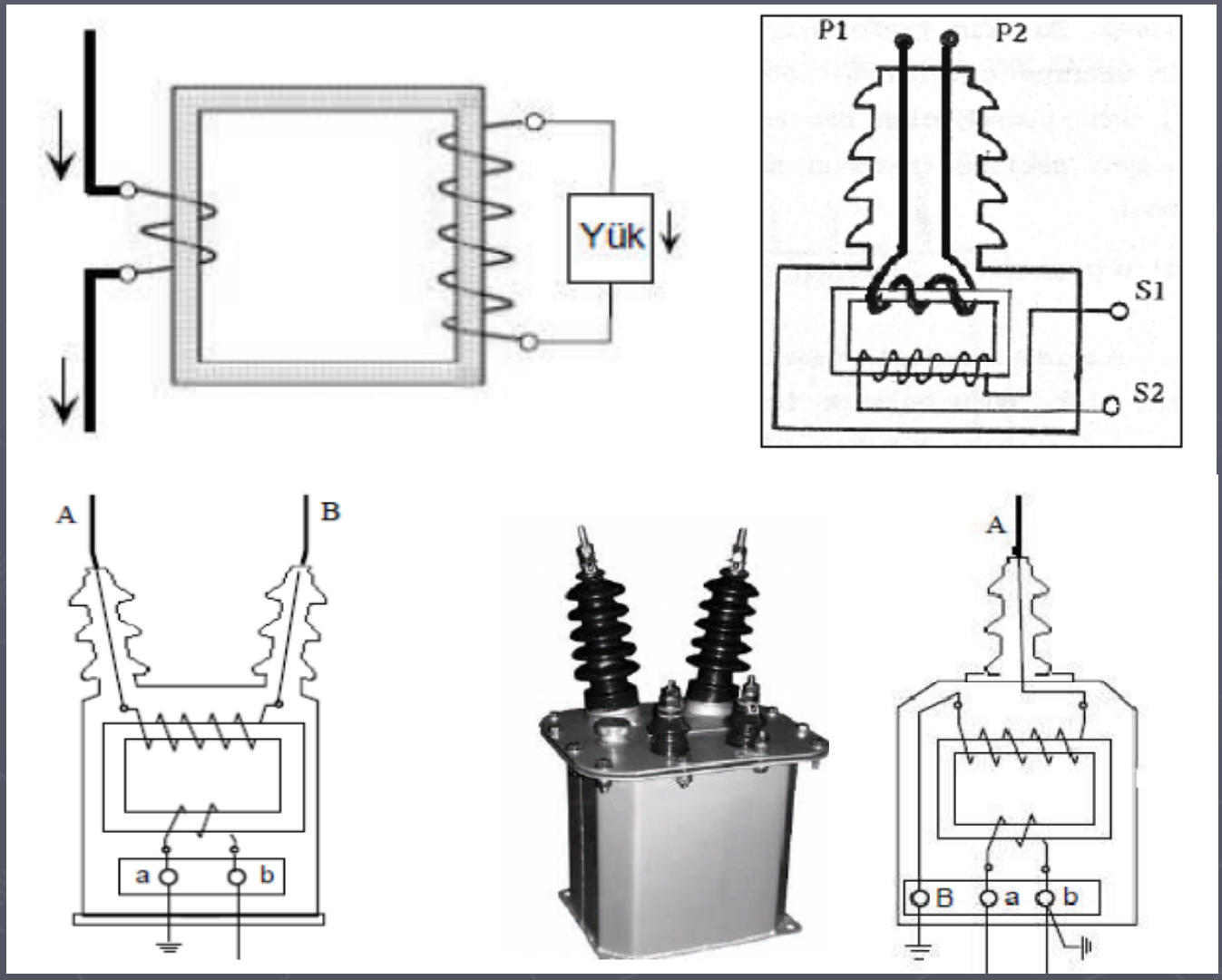
Akım Transformatörleri: Büyük değerli akımların ölçülmesinde akım transformatörleri kullanılır ve aynı zamanda rölelerin ve ölçü aletlerinin yüksek gerilim sisteminden yalıtımını da sağlar.

Gerilim Transformatörleri: Yüksek gerilimleri ölçmek veya koruma rölelerini çalıştırmak için kullanılan transformatörlerdir.

Güç Transformatörleri



Akım ve Gerilim Transformatörleri



İzolatörler

İzolatörler:Enerji nakil hava hatlarında kullanılan iletkenlerin direklere tespitine yarayan, iletkenleri hem taşımaya hem de toprak ile diğer iletkenlere karşı izole etmeye yarayan şebeke malzemelerine izolatör denir.

Porselen, Cam, Epoksi Reçine ve Silikon İzolatörler

Silikon (Kompozit) İzolatörlerin Avantajları

- Darbelere karşı dayanıklıdır.
- Hafif olduğundan tesise ek bir yük getirmez.
- Gerilme vb. kuvvetlere karşı dayanımı çok yüksektir.
- Üzerinde yağmur suyu, kar suyu tutunamadığından ark gibi önemli bir elektriksel olumsuzluk olmaz.
- Çatlama ve kırılma riski çok azdır.
- Çok soğuk ve çok sıcak havalarda bile özelliğini kaybetmez.
- Güneşin ultraviyole ışınlarından etkilenmez.
- Kurulumu kolaydır.

Kesiciler

Kesiciler: Kesiciler, orta ve yüksek gerilim şebekelerinde yük akımlarını ve kısa devre akımlarını kesmeye yarayan cihazlardır. Bu cihazlar devreyi, boşta, yükte ve özellikle kısa devre halinde açıp kapayabildikleri gibi otomatik kumanda yardımı ile açılıp kapanmasına da olanak sağlarlar. Böylece insanları tehlikeden korumakta, alçak ve yüksek gerilim cihazlarında meydana gelebilecek hasarı önleyip en aza indirgemektedir. Kesiciler hem ark söndürme özelliğine, hem de çok hızlı hareket etme özelliklerine sahiptir. Enerjiyi keserken önce kesici, daha sonra ayırıcı açılmalıdır.

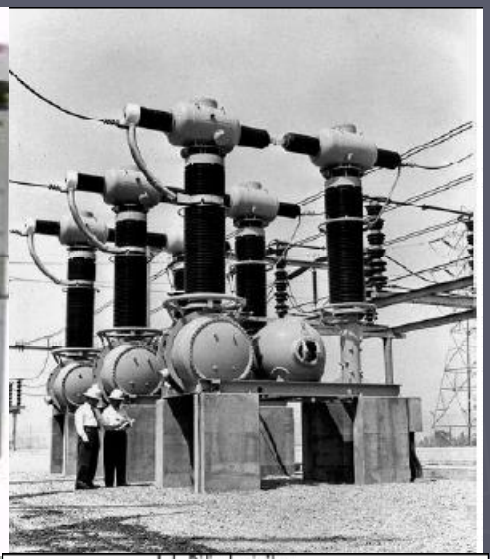
Bir kesicinin görevi kapalı durumda devreden güç akışını sağlamak, açık durumda ise güç akışını engellemektir. Bu iki görevden ilkini kontak elemanları arasında iyi bir temas oluşturarak ikinci görevi ise kontak elemanlarını ayırarak elektriksel olarak yerine getirir.

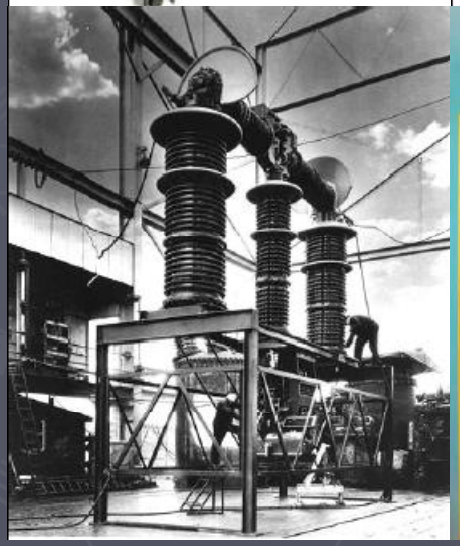
Kesiciler

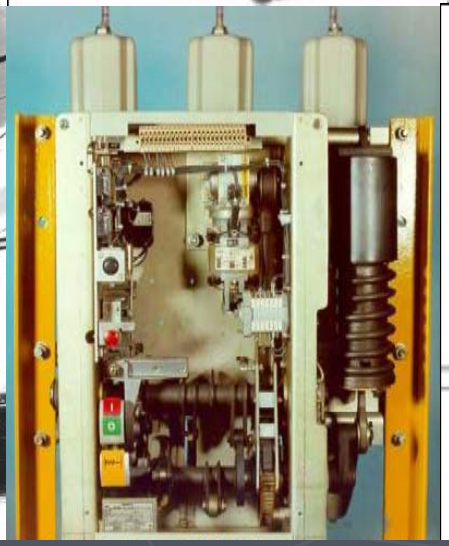
- Ark Söndürme Ortamına (Yöntemine) Göre Kesiciler
  - SF_6 Gazlı Kesiciler
  - Vakumlu Kesiciler
  - Basınçlı Hava Üflemeli Kesiciler
  - Tam Yağlı Kesiciler
  - Az Yağlı Kesiciler
  - Manyetik Üflemeli Kesiciler

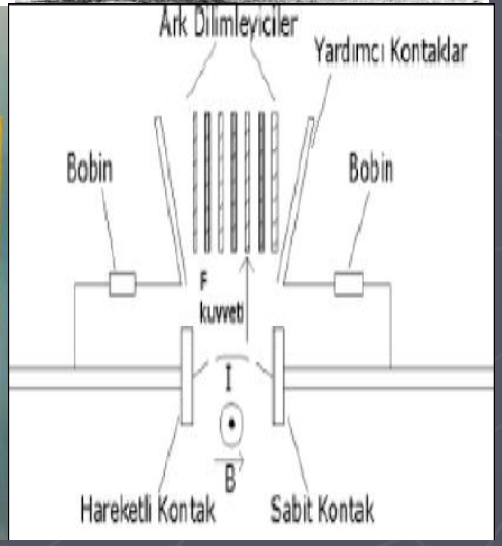
Kesiciler

elimsan



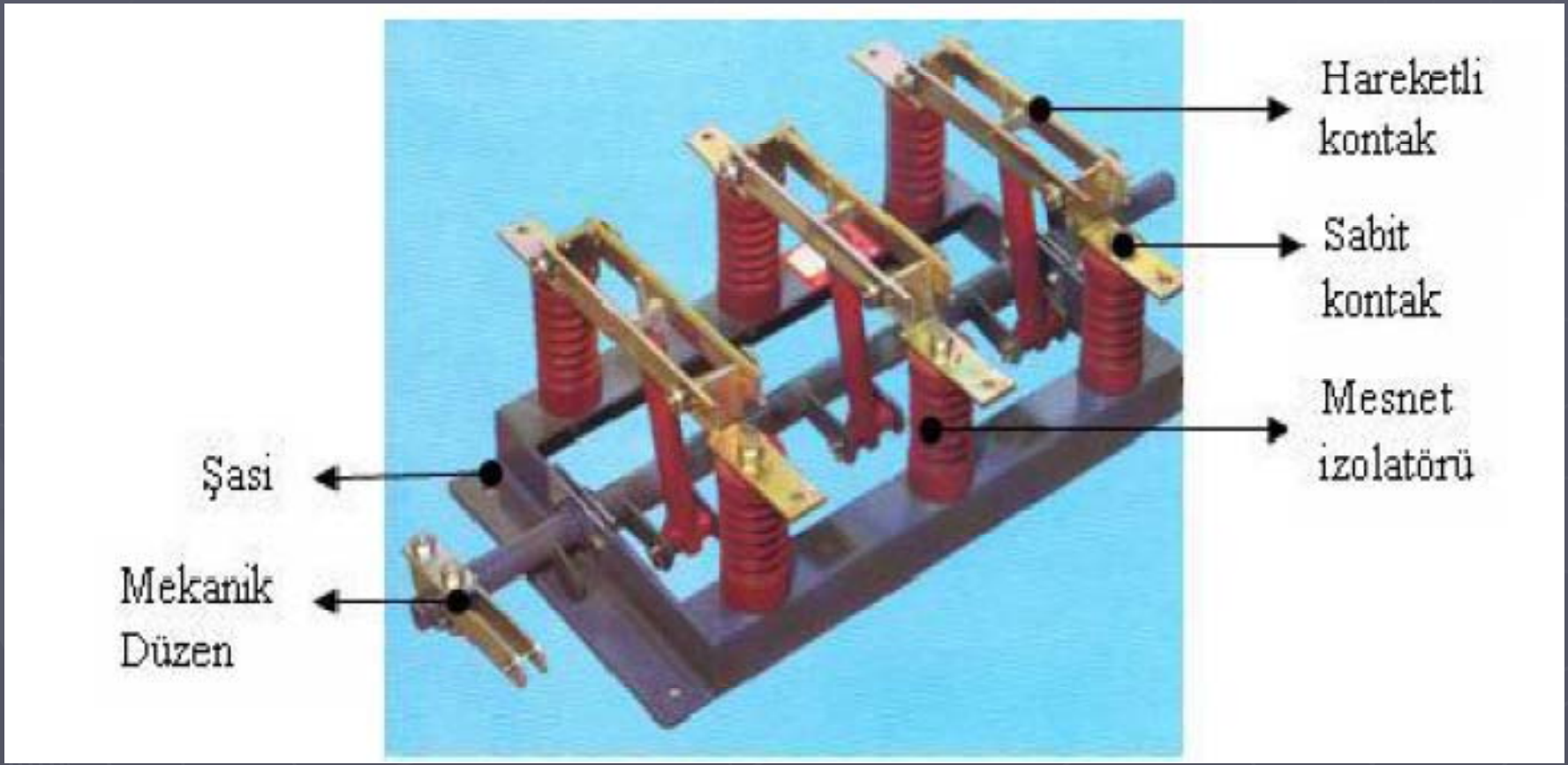





Ark Dilimleyiciler
Yardımcı Kontaklar
Bobin
Bobin
F
kuvveti
I
B
Hareketli Kontak
Sabit Kontak

Ayırıcılar

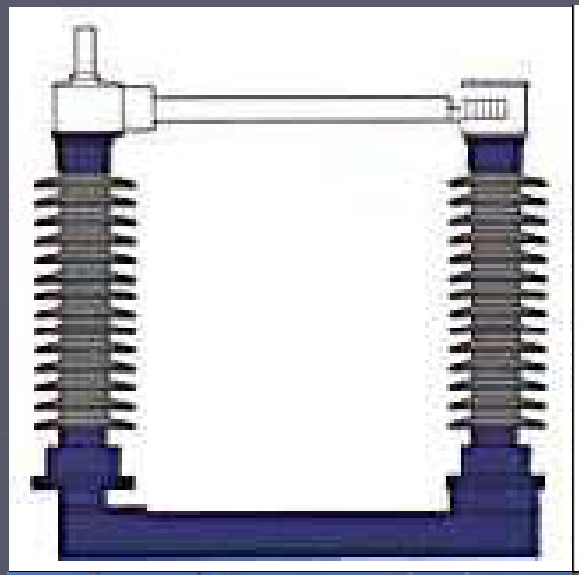
Ayırıcılar:Orta ve yüksek gerilim sistemlerinde devre yüksüz iken açma ve kapama işlemi yapabilen ve açık konumda gözle görülür bir ayırma aralığı oluşturan şalt cihazıdır.

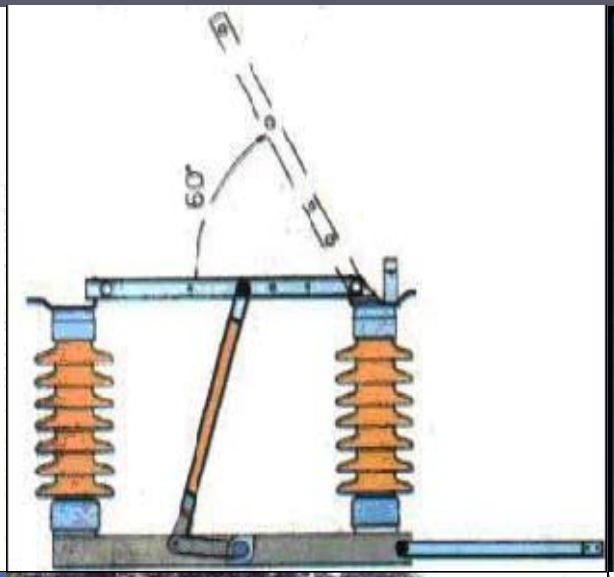


Ayırıcılar

- Görevlerine Göre Ayırıcılar
  - Hat Ayırıcısı:Enerji nakil hatlarının giriş veya çıkışlarında beraber kullanıldığı kesici ile hat arasına bağlanır.
  - Bara Ayırıcısı: Enerji nakil hatlarının baralara girişinde ve çıkışında kesici ve bara arasına bağlanır.
  - Toprak Ayırıcısı:Enerjisi kesilmiş devre veya hatların üzerinde kalan artık birikmiş enerjiyi toprağa akıtmaya yarayan ayırıcılardır.
  - By-Pass Ayırıcısı:Tek bara sistemlerinde Kesici arızalandığında ve bakıma alındığında kesici gibi kullanılarak devreye enerji veren bir yük ayırıcısıdır.
  - Transfer Ayırıcısı:Çift bara sisteminde, ana bara ile yedek barayı (transfer bara) birbirine bağlayan ayıcılardır.
  - Bara Bölümleyici Ayırıcılar:Aynı gerilimli baraların birleştirilmesinde veya ayrılmasında kullanılan ayrıcılardır.

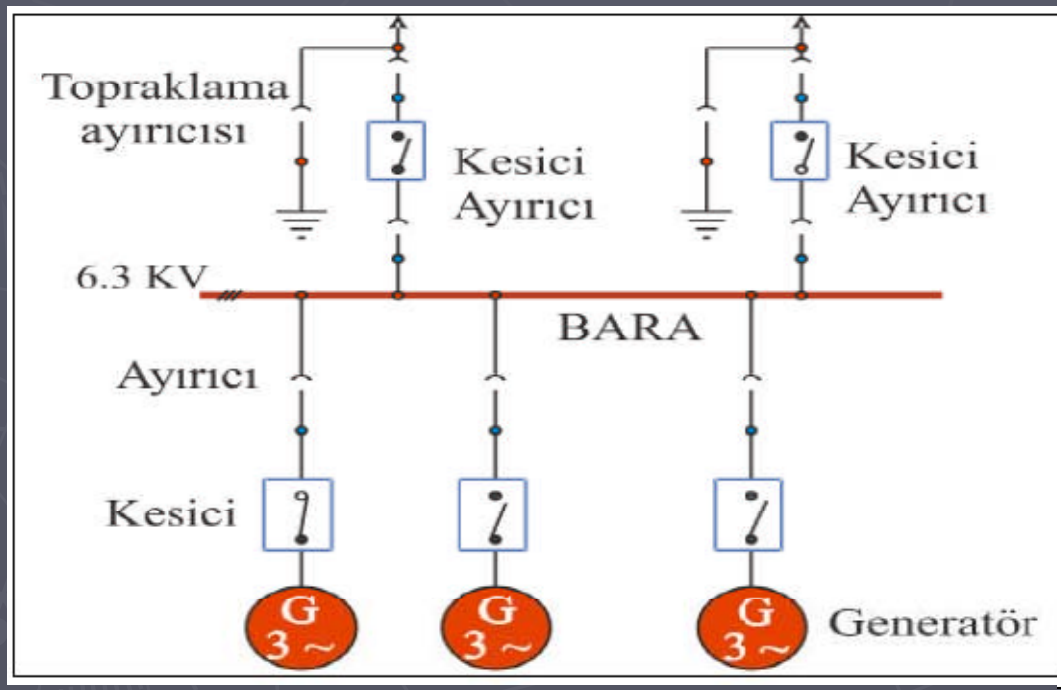
Ayırıcılar

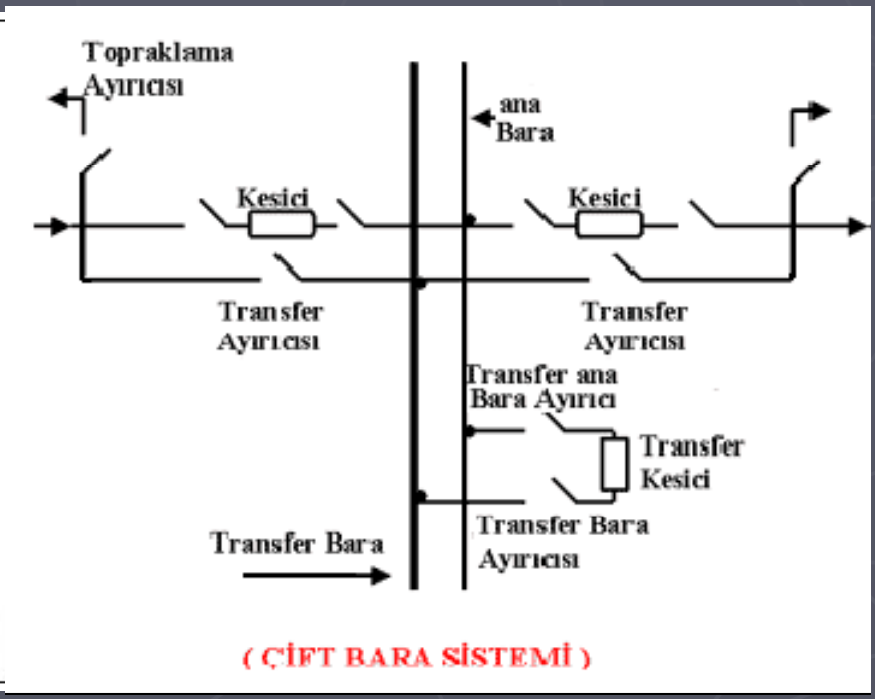




Bara ve Ayırıcılar

Baralar: Santrallerde üretilen enerjiyi dış devrelere ve abonelere baralar yardımı ile iletilir. Baralar, elektrik teçhizatının birleştiği düğüm noktalarıdır. Genellikle bakırdan ve alüminyumdan yapılmaktadır. Bakır boru, lama veya tel şeklinde olabilir.





Parafudurlar

Parafudurlar: Yüksek gerilim cihazlarının hat arızaları, yıldırım düşmeleri ve kesici açması gibi manevralar sonucu meydana gelen aşırı ve zararlı çok yüksek gerilim şoklarının ve enerji iletim hatlarında meydana gelen yürüyen dalgaların hasar etkisini önleyen cihazlara veya kısaca enerji nakil hatlarında meydana gelen aşırı gerilimi toprağa deşarj eden koruma elemanlarına parafudur denir.

Parafudurlar

- Yapılarına Göre Parafudurlar
  - Değişken Dirençli Parafudurlar
  - Metal Oksit Parafudurlar
  - Borulu Parafudurlar
  - Deşarj Tüplü Parafudurlar

Elektrik Tesisleri Dersi

Slayt 5

Dersin İçeriği

- Hidroelektrik Santrallerin Temelleri ve Temel Kavramlar
- Türbin Seçimi
- Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması
- Ülkemizdeki Başlıca Hidroelektrik Santraller
- Hidrolik Santrallerin Avantaj ve Dezavantajları

Hidroelektrik Santrallerin Temelleri

Hidroelektrik sistemlerde, suyun akış enerjisinden faydalanmak üzere su bir cebri boru veya kanal yardımıyla yüksek bir yerden alınarak türbine verilmekte ve mekanik enerjiye çevrilmektedir. Türbinlerin tahrik ettiği jeneratörlerin dönmesi ile de elektrik enerjisi üretilmektedir.

Türbinden elde edilen güç, suyun düşü (üst ve alt kotlar arasındaki düşey mesafe) ve debisine (türbinlere birim zamanda verilen su miktarı) bağlıdır.

Hidroelektrik Santrallerin Temelleri

1 kg lık bir kütle 1 m yükseklikten düştüğünde ;

W (kg m^2/sn^2=Nm=joule)= **m**(kg)* **g**(m/sn^2)***H**(m)= 9.8 J'lik iş yapılmış olur. Net düşüsü 100 m olan bir barajda 1 ton suyun yaptığı iş;

W= 1000*9.8*100=980 000 j'dir.

1 kWh= 3 600 000 j olduğundan, 1 ton suyun ilgili şartlarda sağladığı enerji;

980 000/3 600 000= 0.27 kWh olacaktır.

Bir başka deyişle; 1 kWh enerji için, 3.600.000/980.000=3,67 m^3 su harcamak gerekmektedir. 1 kWh enerji sağlamak için harcanması gereken su miktarına Özgül Su Sarfiyatı denir.

Hidroelektrik Santrallerin Temelleri

Hidrolik Düşü

Bir hidroelektrik güç tesisindeki su kaynağının en üst düzeyi ile türbin su çıkışı arasındaki yükseklik farkına hidrolik düşü veya su düşüsü denir. Hidrolik düşünün birimi genellikle 'metre (m)' cinsinden ifade edilir ve 'H' harfi ile gösterilir.

Debi

Herhangi bir akışkanın birim zamanda birim alandan geçen miktarına debi denilmektedir. Diğer bir ifadeyle, bir akarsuyun taşıdığı su miktarına debi veya akarsu debisi denir. Debinin birimi genellikle metreküp/saniye (m3/s) olarak ifade edilir ve 'Q' harfi ile gösterilir. Bir türbin tesisi kurulmadan önce bu tesisi besleyecek suyun debisinin doğru bir şekilde tespit edilmesi gerekmektedir.

Hidroelektrik Santrallerin Temelleri

Cebri Boru

Hidroelektrik güç tesislerindeki su kaynağı ile türbin arasındaki basınçlı borulara cebri boru adı verilir. Bir cebri borudan ayrılmış kollara cebri boru ayrımı veya cebri boru branşmanları adı verilir.

Hidroelektrik Santrallerin Temelleri

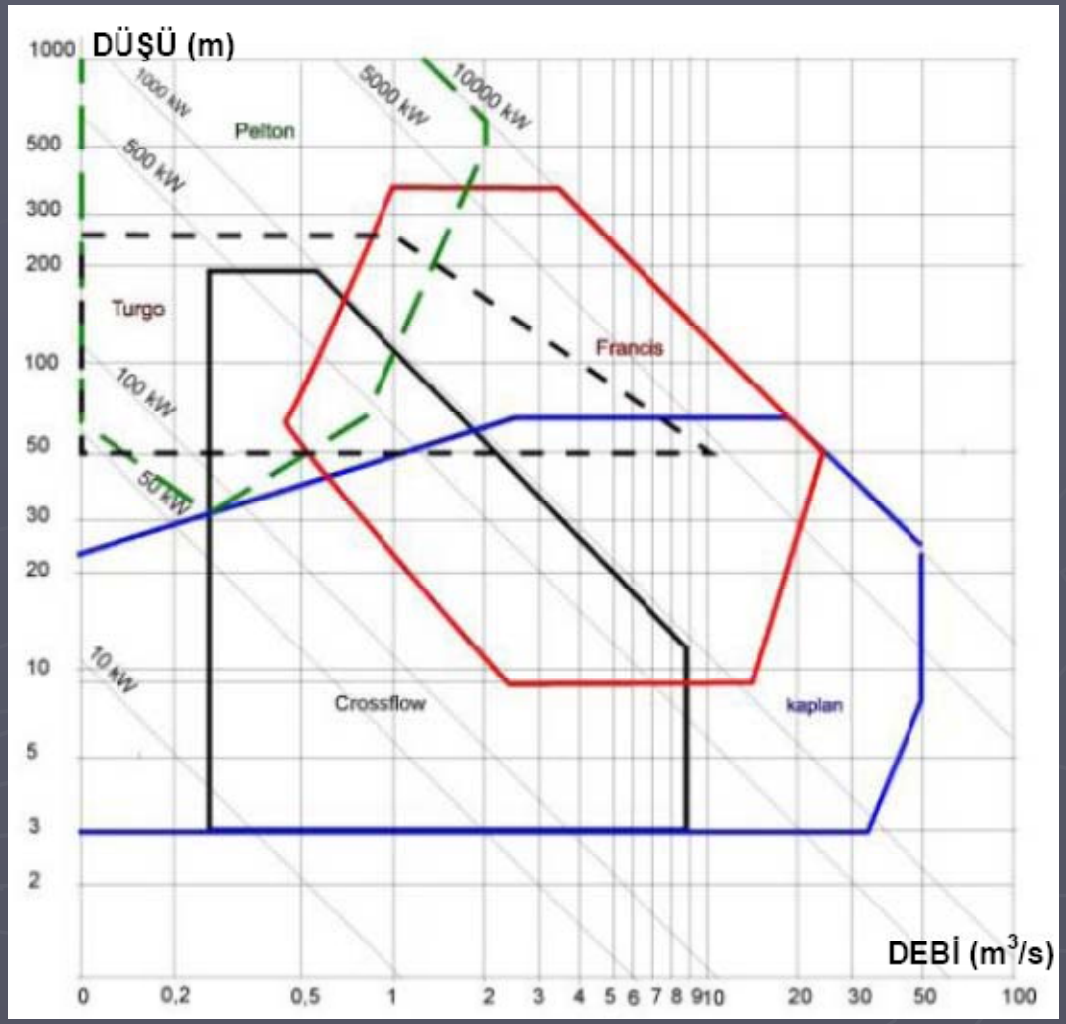
Türbin

Türbinler, Akışkanın hidrolik enerjisini mekanik enerjiye çeviren mekanik yapılardır. Basit olarak bir mil ve bu mil üzerindeki kanatçıklardan oluşurlar. Sistemdeki akışkan (su) türbinin kanatçıklarına çarparak türbin miline hareket vermekte, hareket milin çıkışında mekanik işe dönüşerek ve mekanik işten jeneratörler vasıtasıyla elektrik üretilmektedir.

Bir türbinin sahip olduğu potansiyel üretim gücü;

$P = 9.8 x Q x H x \eta_T x \eta_J \ \ kW$ eşitliği ile verilebilir.

Türbin Seçimi



Debi ve Düşü Değerlerine Göre Uygun Türbin Seçimi

Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması

- Düşü Değerine Göre
  - Alçak Düşülü H < 10 m
  - Orta Düşülü H = 10 – 50 m
  - Yüksek Düşülü H > 50 m
- Kurulu Güce Göre
  - Mikro (Çok Küçük) Tip Sistemler < 100 kW
  - Mini (Küçük) Tip Sistemler= 100 – 1000 kW
  - Orta Kapasiteli Sistemler= 1000 – 10000 kW
  - Büyük Kapasiteli Sistemler> 10000 kW

Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması

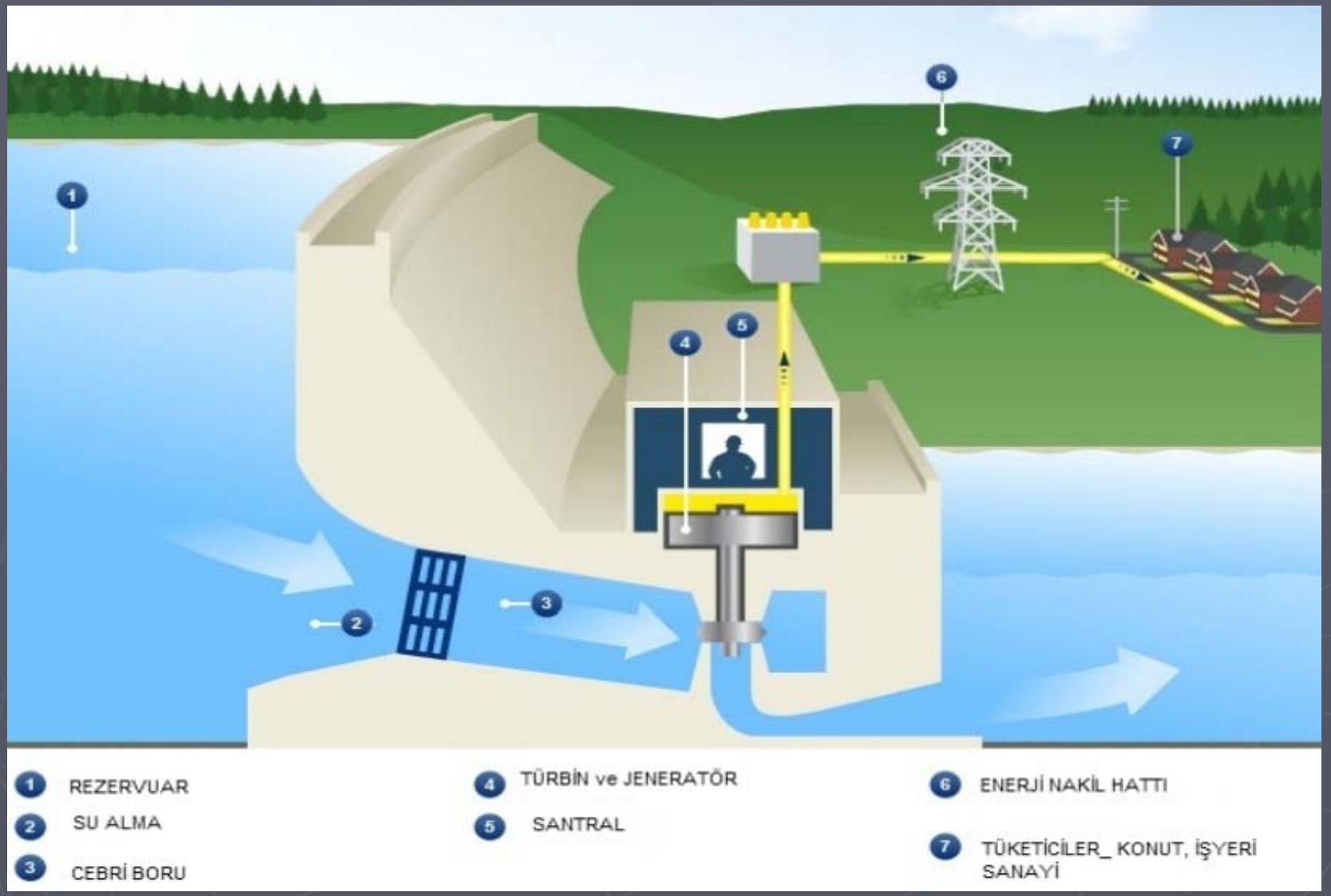
- Yapısına Göre
  - Rezervuarlı (Barajlı) Tip
  - Akarsu (Nehir) Tipi
  - Gel-Git Tipi
  - Depresiyon Tipi
  - Diğer Santraller

Rezervuarlı Hidroelektrik Santraller

Bu tip santrallerde akarsu üzerine barajlar yapılarak önce büyükçe bir yapay göl meydana getirilir ve burada su biriktirilir. Bu suyun belli bir potansiyel enerjisi vardır. Dolayısıyla kurak geçen yıllarda bile bu tip hidroelektrik santrallerde elektrik üretilebilir.

Üç Boğaz Barajı Çin Kurulu Güç: 22.500 MW, Francis Türbin 75 d/d

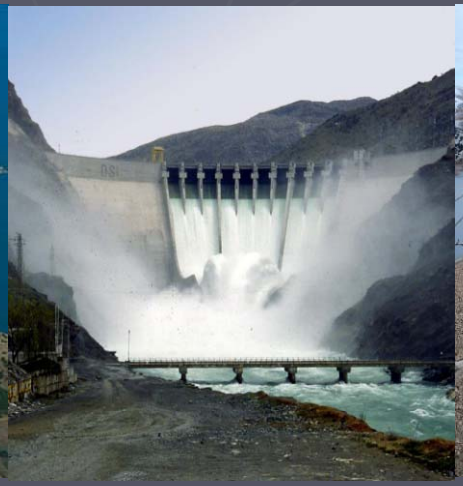
Rezervuarlı Hidroelektrik Santraller



Rezervuarlı Hidroelektrik Santraller

Barajlı hidroelektrik santraller enterkonnekte sisteme uyum sağlarlar ve pik yüklerini çok rahat karşılar. Çünkü her an yeterli su potansiyeline sahiptir. Santralin kuruluş maliyeti pahalıdır ve yapımları uzun zaman gerektirir. Günümüzde dünyada en yaygın kullanılan hidroelektrik santral çeşididir. Atatürk, Karakaya ve Keban Hidroelektrik Santralleri ülkemizin önemli barajlı santrallerindendir.

Atatürk Barajı
2405 MW



Karakaya Barajı
1800 MW

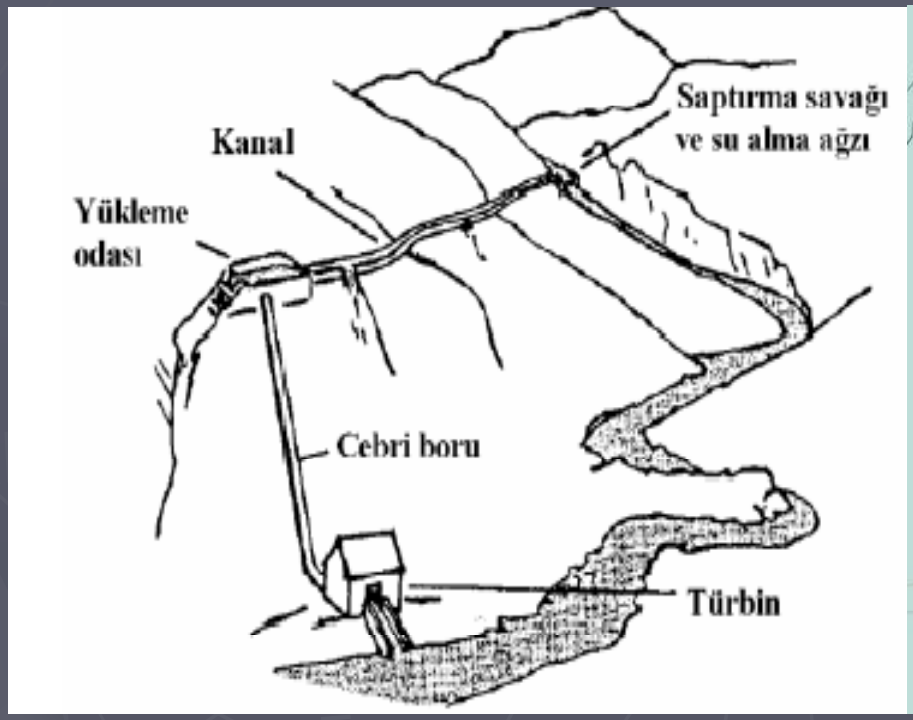
Keban Barajı
1330 MW

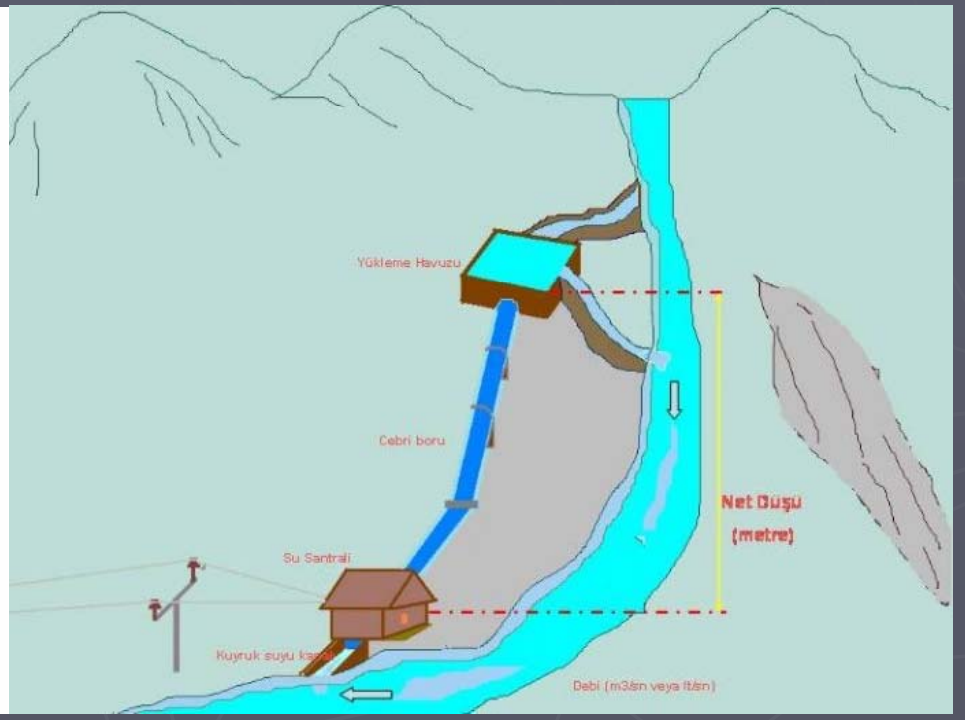
Akarsu Tipi Hidroelektrik Santraller

Bu santrallerde elektrik üretmek için baraj yapılmaz. Akarsu, bir kanal veya tünele alınarak belli bir meyil kazandırılır. Türbin ise bir köprü gibi kanalın üzerine kurulur. Barajsız hidroelektrik santrallerin kurulacağı akarsuyun türbin milini çevirebilecek potansiyele ve yıllık debisinin asgari elektrik üretimine yetecek kadar olması gerekir.

Akarsu tipi santrallerde, su iletim hattı sonunda yer alan yükleme havuzları, bir taraftan su seviyesini düzenler ve diğer taraftan cebri boruların sürekli basınç altında çalışmasını temin eder. Bazı durumlarda günlük enerji talebine ve pik saatlerdeki ihtiyaçlara cevap verecek şekilde çok büyük hacimli olarak da tertip edilebilirler.

Akarsu Tipi Hidroelektrik Santraller





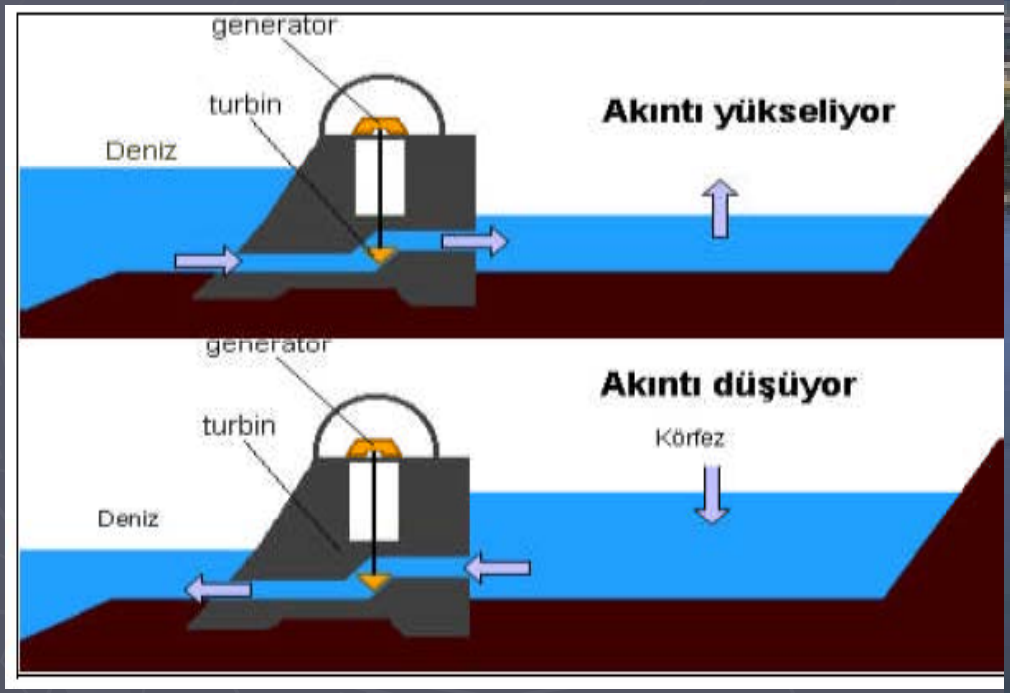
Akarsu Tipi HES

Gel-Git Tipi Hidroelektrik Santraller

Okyanuslarda meydana gelen gel-git olayından yararlanılarak elektrik enerjisi üreten santrallerdir. Yükselen denizin suyu bir koya alınır. Su alma işi kapaklar yardımıyla yapılır. Su yükselirken (hazneye dolarken) türbin çalışmaya başlar. Yükselme tamamlanınca su alma kapağı kapanır ve tutulan su kanal yardımıyla türbine verilir. Su çekilirken de türbin çalışır ve elektrik üretir. Yani hazneye su dolarken de boşalırken de türbin çalışır ve elektrik üretir. Suyun çekilmesi tamamlanınca kapaklar tekrar açılır ve su girişine hazır tutulur.

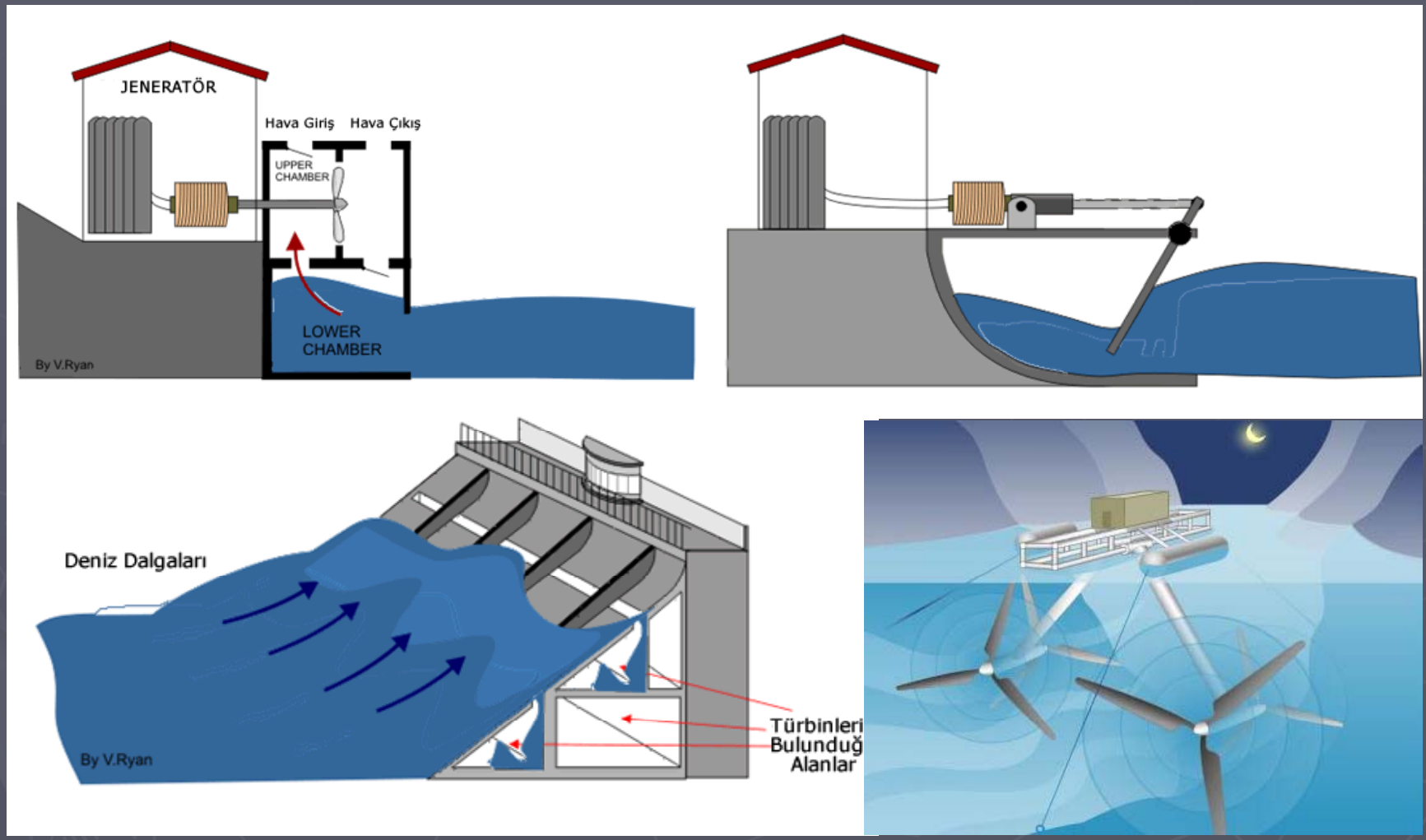
Ülkemiz, gel-git enerjisi bakımından uygun değildir. Ancak dünyada uygulamaları vardır. Örneğin; Fransa'nın Atlantik Okyanusu sahilinde her biri 10 MW gücünde 24 adet santral vardır. Elektrik üretiminin sürekli olmaması gel-git enerjisi santrallerinin dezavantajıdır.

Gel-Git Tipi Hidroelektrik Santraller



Gel-Git Tipi HES-De La Rance Tidal (Fransa)

Diğer Uygulamalar



Ülkemizdeki Hidroelektrik Santraller

Atatürk Barajı ve Hidroelektrik Santrali

Şanlıurfa ve Adıyaman illeri arasında Fırat Nehri üzerinde kurulu olup enerji ve sulama amacıyla kurulmuştur. 2405 MW gücüyle yıllık 8900 GWh elektrik üretim kapasitesine sahiptir.

2017 yılı Ocak ayı itibari ile ülkemizde 116 adet barajlı ve 481 adet de akarsu tipi hidroelektrik santral bulunmaktadır.

Barajlı Tip Santral Kurulu Gücü: 19559 MW (% 24.9)
Akarsu Tipi Santral Kurulu Gücü: 7136 MW (% 9.1)

Hidroelektrik Santrallerin Avantajları

- Kullanımı sırasında gaz ve kül gibi çevre için zararlı atıklar oluşturmaz.
- Pik enerji gereksiniminde hızlı bir şekilde devreye girebilirler.
- Doğal kaynaklar kullanıldığı için yakıt olarak dışa bağımlılık yoktur.
- Elektrik üretiminin yanı sıra sulama ve içme suyu sağlanması gibi farklı gereksinimler için de kullanılabilir.
- Balıkçılık ve turistik amaçlı olarak kullanılabilir.

Hidroelektrik Santrallerin Dezavantajları

- Akarsu akış düzeninin değişmesi sonucu biyolojik dengenin bozulması.
- Akarsu tipi santrallerde yıllık ortalama debinin % 10'u olarak uygulanan can suyu miktarının yetersiz kalması.
- Baraj haznelerinin geniş alanları su altında bırakması sonucu tarihi yapılar ile tarım alanlarının su altında kalması.
- Bazı baraj haznelerinin yerleşim alanlarını su altında bırakması sonucu buralarda yaşayan insanların yaşadıkları yerleri terk etmek durumunda kalması.

Elektrik Tesisleri Dersi

Slayt 6

Dersin İçeriği

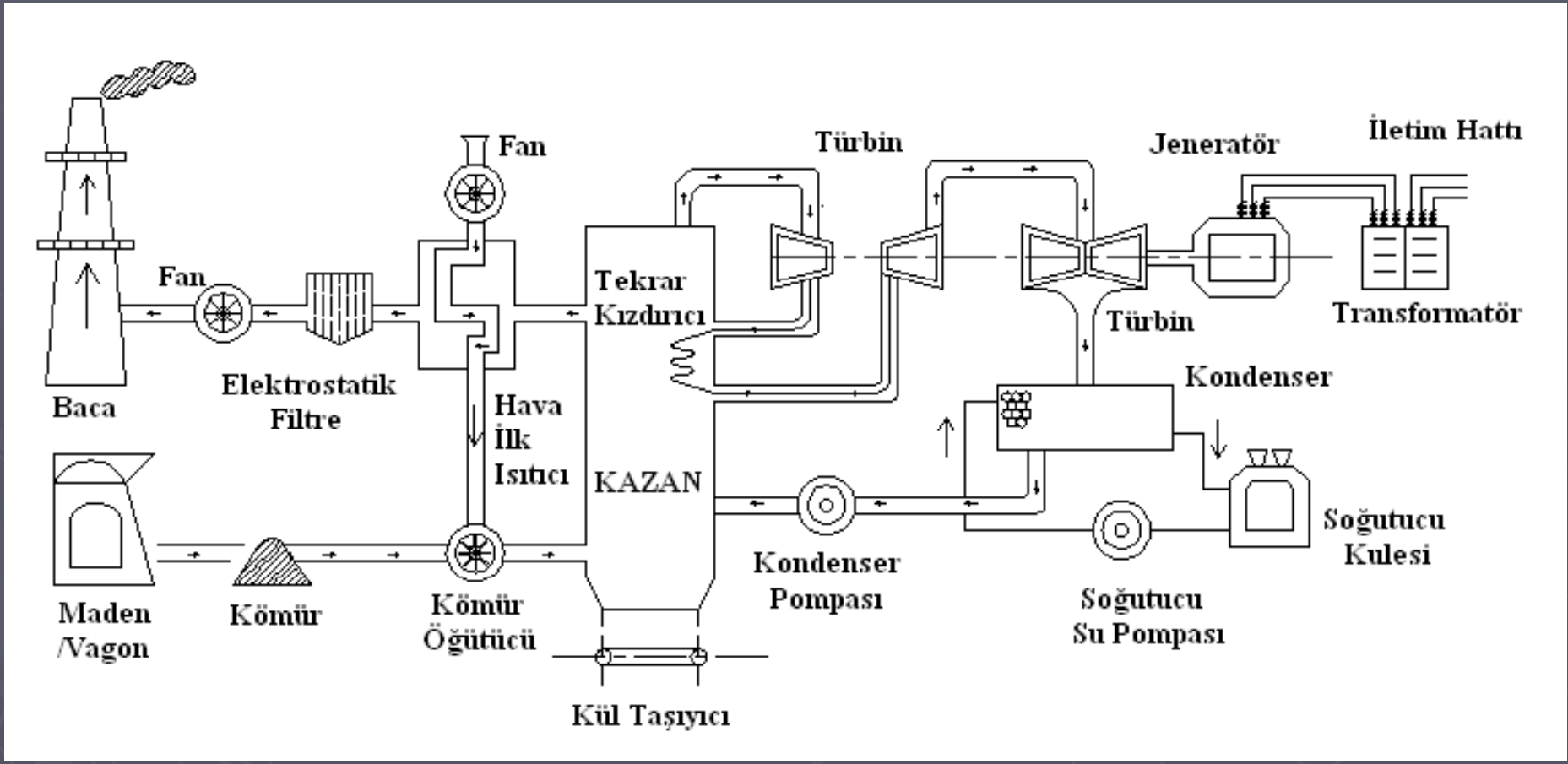
- Termik Elektrik Santral Çeşitleri
  - Kömürlü (Buhar Türbinli) Termik Santraller
  - Kombine Çevrim (Buhar ve Gaz Türbinli) Doğalgaz Termik Santraller
  - Dizel Santraller
  - Nükleer Santraller
- Termik Santrallerin Verimleri
- Ülkemizdeki Başlıca Termik Elektrik Santraller

Termik Elektrik Santrallerin Temelleri

Termik santraller katı, sıvı ve gaz halindeki yakıtlarda var olan kimyasal enerjiyi ısı enerjisine, ısı enerjisini mekanik enerjiye ve mekanik enerjiyi de elektrik enerjisine dönüştüren tesislerdir. Termik santrallerde üretilen elektrik enerjisinin birim maliyeti hidroelektrik santrallerde üretilen elektriğe göre daha pahalıdır.

Günümüzde kömür, doğal gaz, petrol ürünleri, biyogaz, nükleer yakıt gibi termik kaynakları kullanan çok sayıda termik santral vardır.

Kömürlü Termik Santraller



Termik Santral

Kömürlü Termik Santraller

Kondenser ve Soğutma Kuleleri

Türbinden çıkan, buhar enerjisi diğer bir deyişle basınç ve sıcaklığı azalmış buhar yoğunlaştırıcı (kondenser) denilen bölümde soğutulup su haline dönüştürülür. Oluşan su sonra, tekrar kullanılmak üzere santralın ısı üretilen bölümüne geri gönderilir. Yoğunlaştırıcıda soğutma işini sağlayabilmek için deniz, göl veya ırmaklarda bulunan su kullanılır. Su kaynaklarından uzak bölgelerde ise santralın hemen yanında bulunan soğutma kuleleri kullanılır.

Kömürlü Termik Santraller

Kömürle çalışan santrallerde dumanın daha sonra elektrostatik düzenekler yardımıyla tozu alınır ve bacadan dışarı atılır. Bu arada türbinde oluşturulan mekanik enerji jeneratöre iletilir ve burada elektrik enerjisine dönüştürülür. Türbojeneratör grubunun uzunluğu 600 MW'lık güç için 50m civarlarında olup modern bir termik santralın verimi %40 dolayındadır. Dünyada elektrik enerjisi üretmek amacıyla termik santrallarde yakıt olarak kullanılan kömürlerin orijinal ısı değerleri 800 kcal/kg'dan 5000-7000 kcal/kg seviyelerine kadar çıkmaktadır. Bu kömürlerin içerdikleri kül oranı ise ağırlık olarak % 6-7'den % 30~40'lara kadar çıkmaktadır. Taş kömürlerinin ısı değerleri 5000~7000 kcal/kg arasında değişirken içerdikleri kül oranı ağırlık olarak % 6-12 arasında olmaktadır.

Kömürlü Termik Santraller

Linyit kömürlerin ısı değerleri 148 kcal/kg den başlayıp, 1000 ile 4000 kcal/kg arasında değişirken içerdikleri kül yüzdeleri ise 20 ile 40 arasında değişmektedir. Türkiye'de termik elektrik santrallerinde kullanılan kömürlerin ısı değerleri 1000 kcal/kg ile 3500 kcal/kg değerleri arasında, içerdikleri kül miktarları ağırlıklı olarak % 15 ile 35 arasında değişen linyit kömürleridir.

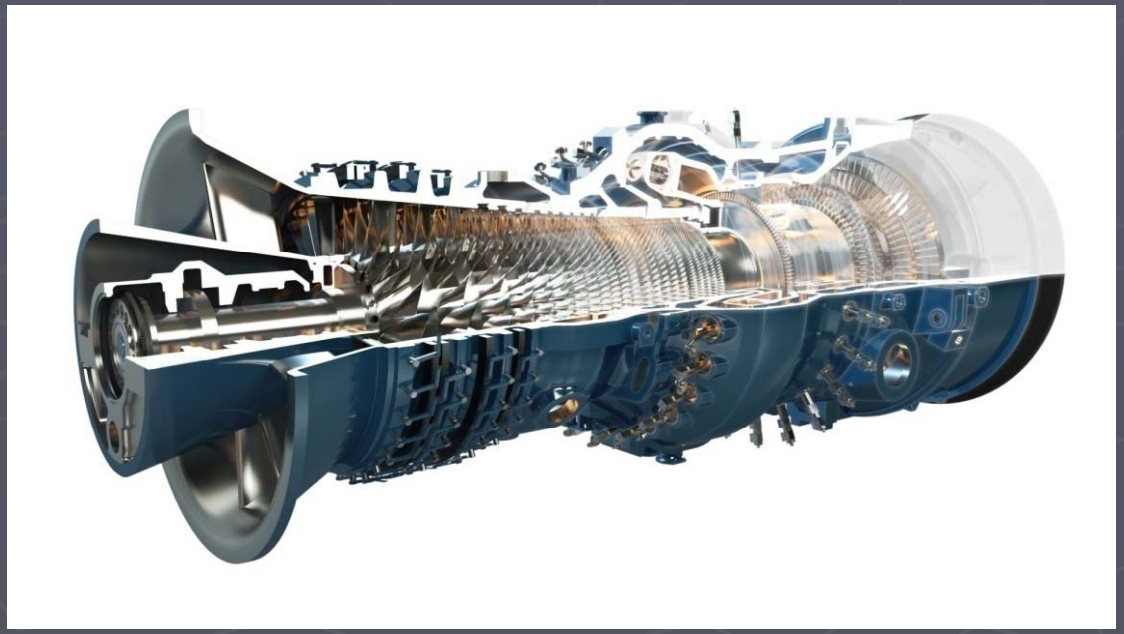
Kömürlü Termik Santraller

Termik santrallerinin çevresel etkileri şöyle sıralanabilir:

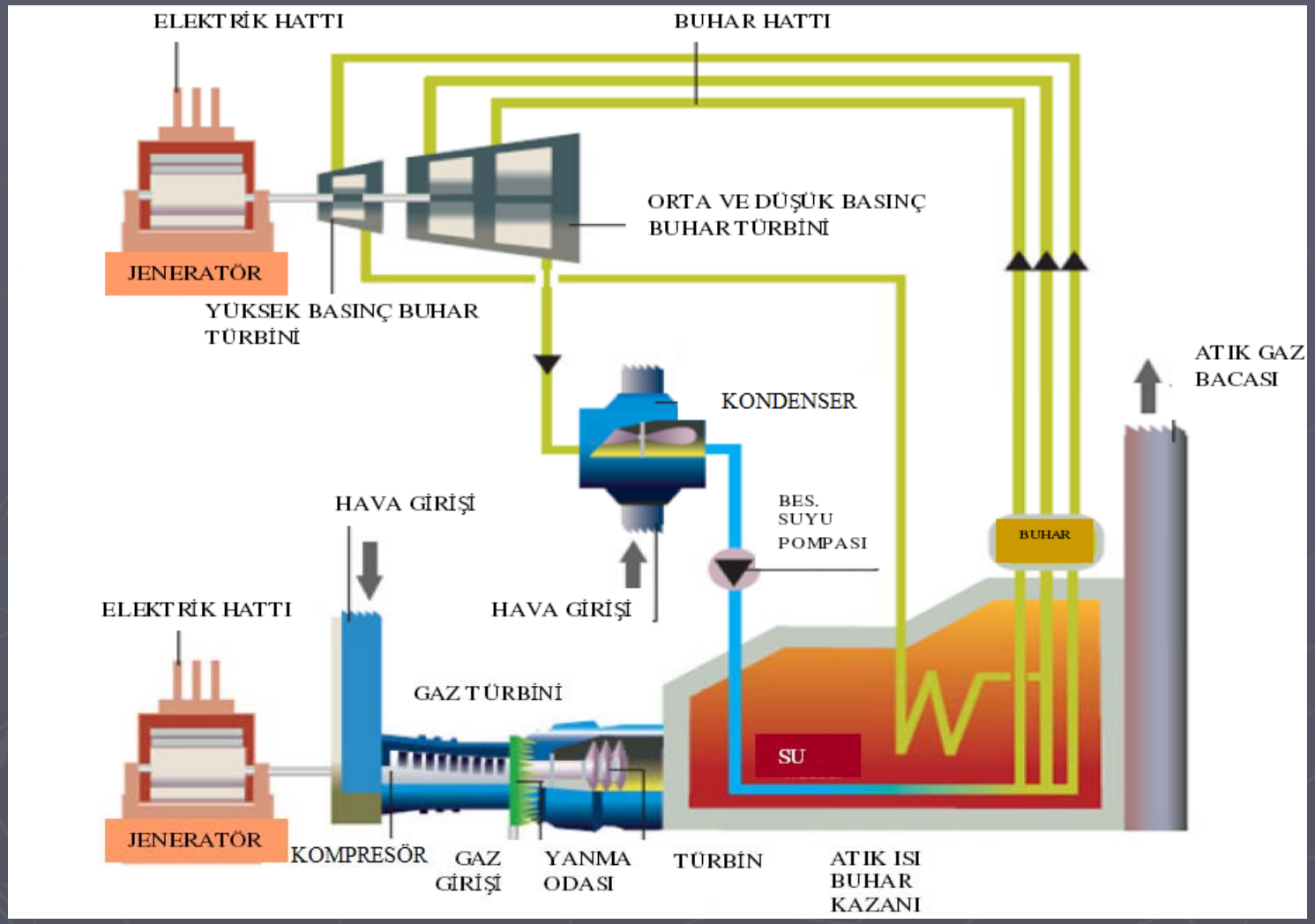
- Hava Kirliliği
- Su Kirliliği
- Toprak Kirliliği
- Canlılar üzerinde Yaptığı Etkiler
- Arazi Kullanımı Üzerindeki Etkileri

Kombine Çevrim Doğalgaz Santrallerin Temelleri

- Kombine çevrim doğalgaz santrallerinde hem gaz türbini hem de buhar türbini vardır.
- Gaz türbininin sıcak egzos gazları, bir buhar kazanından geçirilerek elde edilen buhar türbini hareket ettirmekte kullanılır.
- Her bir türbinde birer adet jeneratör yer almakta olup aynı anda elektrik üretiminde kullanılmaktadır.



Kombine Çevrim Doğal Gaz Santrallerin Temelleri

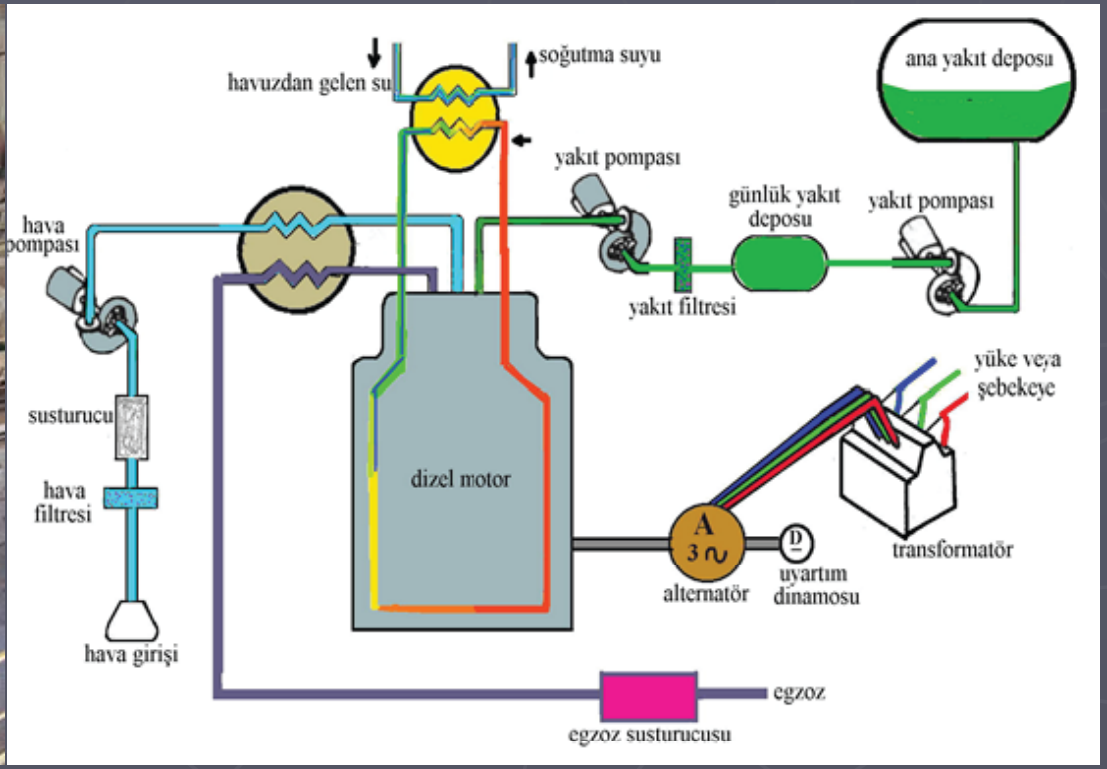


Kombine Çevrim Doğalgaz Santrali

Dizel Santraller

Dizel santrallerde yakıt olarak mazot kullanılır. Dizel santrallerde mekanik enerjiyi oluşturan kısım dizel motordur. Süzgeç ve susturucudan geçerek basınç ve sıcaklığı artırılmış hava, dizel motora verilir. Motorun pistonları tarafından sıkıştırılan bu havanın içine basınçlı yakıt (Mazot) püskürtüldüğünde, ortamda bir yanma oluşur. Bu yanma etkisi ile sıkışan pistonlar geriye doğru itilir. Bu olay zincirleme devam eder. Pistonların ucuna bağlı bir volan sayesinde hareket düzgün dairesel harekete çevrilir. Buradaki mekanik enerji dizel motorun miline bağlı jeneratörü döndürerek, elektrik enerjisine çevrilir.

Dizel Santraller



Nükleer Santraller

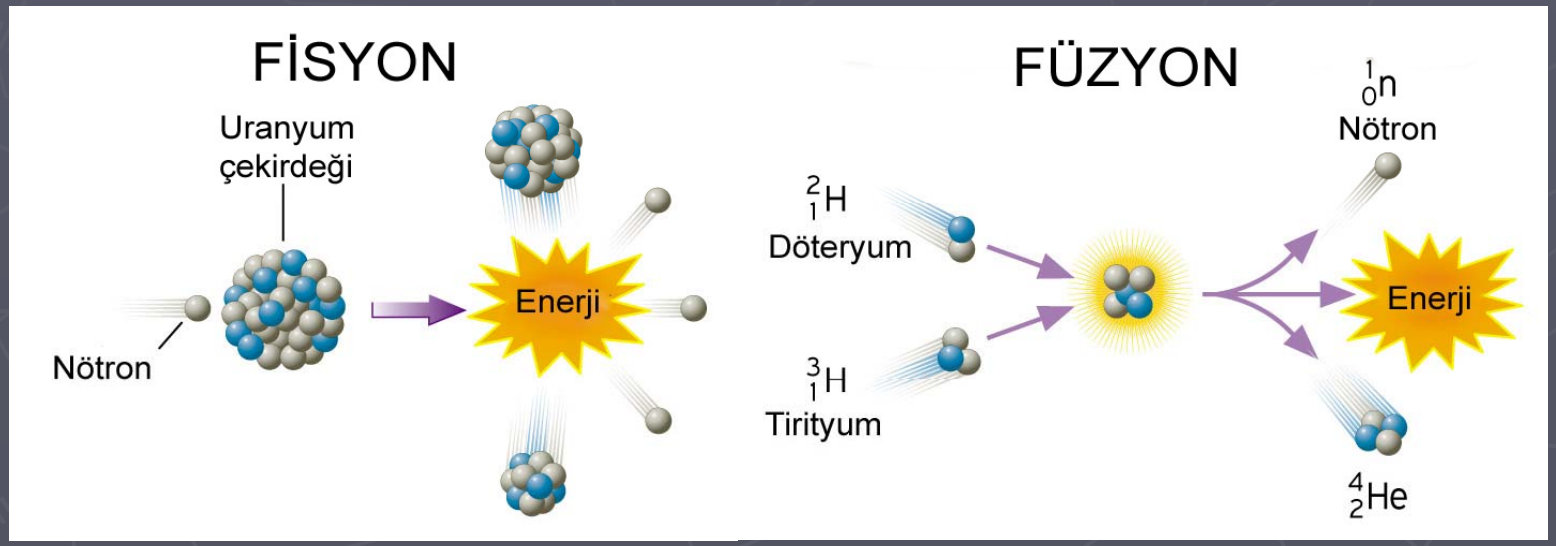
Nükleer santral; radyoaktif maddelerin atomlarının kontrollü bir şekilde reaktörlerde parçalanması sonucu çok yüksek derecede ısı enerjisi açığa çıkmaktadır. Bu ısı enerjisinden buhar kazanındaki su ısıtılarak, yüksek sıcaklıkta ve basınçta buhar elde edilmektedir. Meydana gelen buhar, türbine verilerek mekanik enerjiye çevrilir. Buhar türbininin miline bağlı olan jeneratör döndürülerek, elektrik enerjisi elde edilir.

Fisyon ve füzyon tepkimeleri ile elde edilen enerjiye "çekirdek enerjisi" veya "nükleer enerji" adı verilmektedir.

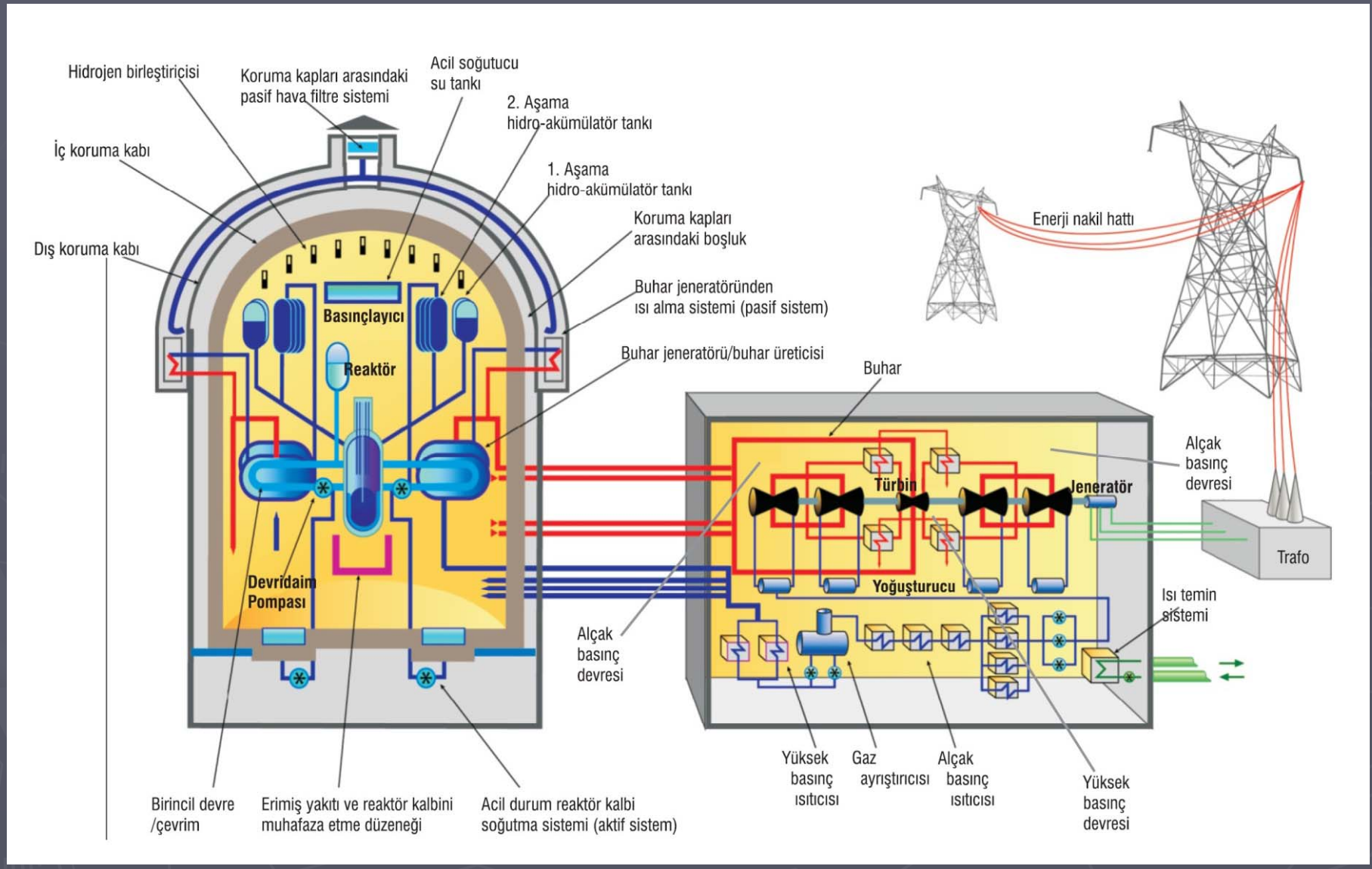
Nükleer Santraller

Fisyon Tepkimeleri: Ağır radyoaktif atomların bir nötronun çarpması ile daha küçük atomlara bölünmesidir. Nükleer reaktörlerde fisyon reaksiyonu ile edilen enerji elektriğe çevrilir.

Füzyon Tepkimeleri: Hafif radyoaktif atomların birleşerek daha ağır atomları oluşturması sonucu çok büyük bir miktarda enerji açığa çıkar. Güneşteki reaksiyonlar füzyon reaksiyonudur.



Nükleer Santraller



Nükleer Santrallerin Avantajları

•Nükleer santraller, yenilenebilir enerji kaynaklı santraller gibi dış koşullara (iklim koşullarına), kömür santralleri gibi yakıtın kalitesine, petrol ve doğalgaz santralleri gibi rezerv miktarına bağlı olmadığı için elektrik üretiminde süreklidir.

•Nükleer enerji üretim zinciri, tümüyle ele alındığında sera gazı salımı konusunda en temiz seçenektir. Fosil yakıtların yanmasıyla açığa çıkan karbon monoksit, karbondioksit, sülfür dioksit ve azot dioksit gibi sera gazı oluşumuna sebep olan zararlı gazlar, nükleer santraller çalışırken atmosfere salınmaz.

•1 kilogram uranyumdan elde edilen enerji için, 3000 ton kömür gerekmektedir.

Nükleer Santrallerin Avantajları

•Nükleer santrallerden çıkan atık miktarının çok az olmasıyla çok az yer kaplayacağından yer üstündeki depolarda güvenli bir şekilde depolanabilmektedirler. Örneğin, 1000 MWe gücündeki bir nükleer santralden yılda yaklaşık 30 ton nükleer atık çıkmaktadır. Aynı büyüklükteki bir fosil santralinden ise yaklaşık 2.000.000 ton petrol atığı veya kömür atığı çıkmaktadır.

•nükleer yakıt fiyatlarındaki değişimin elektrik üretim maliyetine etkisi fosil yakıtlara oranla çok daha azdır. Yakıt fiyatlarının iki katına çıkması doğalgaz santralleriyle üretilen elektriğin maliyetine %66, kömür santralleriyle üretilen elektriğin maliyetine %31 oranında yansımaktayken bu oran nükleer santraller için sadece %9'dur.

Termik Santrallerin Maksimum Verimleri

- Nükleer Santraller % 36
- Doğalgaz Santralleri % 39
- Dizel Yakıtlı Santraller % 40
- Fuel-Oil Yakıtlı Santraller % 44
- Linyit Yakıtlı Santraller % 47
- Taş Kömürü Yakıtlı Santraller % 47
- Doğalgaz Kombine Çevrim Santraller % 58

Ülkemizdeki Başlıca Termik Santraller

- Eren Enerji Zonguldak Termik Santrali 2790 MW
- Afşin Elbistan B Termik Santrali 1440 MW
- Afşin Elbistan A Termik Santrali 1355 MW

- Enkapower Gebze Kom. Çev. Sant. 1540 MW
- Enkapower İzmir Kom. Çev. Sant. 1520 MW
- Bursa Doğal Gaz Kom. Çev. Sant. 1400 MW

- Akkuyu Nükleer Enerji Santrali (2020) 4800 MW

Elektrik Tesisleri Dersi

Slayt 7

Dersin İçeriği

- Yenilenebilir Enerji Kaynakları
  - Güneş Enerjisi
    - Fotovoltaik Paneller
    - Güneş Kollektörleri ve Elektrik Santralleri
    - Ülkemizde Güneş Enerjisi
  - Jeotermal Enerji
    - Elektrik ve Elektrik Dışı Sistemler
    - Ülkemizde Jeotermal Enerji
  - Rüzgar Enerjisi
  - Biyokütle
  - Hidrojen ve Yakıt Pilleri
  - Hidro Sistemler

Yenilenebilir Enerji Kaynakları

- Yenilenemeyen Enerji Kaynakları
  - Fosil Yakıt Kaynakları
  - Nükleer Enerji
- Yenilenebilir Enerji Kaynakları
  - Güneş Enerjisi
  - Rüzgar Enerjisi
  - Biyokütle Kaynakları
  - Jeotermal Enerji
  - Hidrojen ve Yakıt Pilleri
  - Hidroelektrik
    - Akarsu Kaynakları
    - Dalga Enerjisi
    - Med-Cezir

Güneş Enerjisi

Güneş Enerjisi, yer kürenin her köşesinde var olup, büyük bir enerji potansiyeline sahiptir. Yenilenebilir bütün enerji kaynaklarının kaynağı da güneş enerjisidir.

Fotovoltaik paneller (güneş pilleri), güneşten almış oldukları ışık enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren yapılardır. Bu panellerin yapımı yüksek maliyetli olup üretimleri için de yüksek oranda zararlı bileşenler içeren maddelerin kullanımı gerekmektedir. Ancak üretimin ardından bu panellerin çevreye zararlı herhangi bir etkisi olmamakla birlikte ilgili sistemler bakım gerektirmeden çalışabilme avantajına sahiptirler. Dolayısı ile bu sistemlerin bakımın zor olabileceği uzak bölgelerde kullanımı daha uygundur.

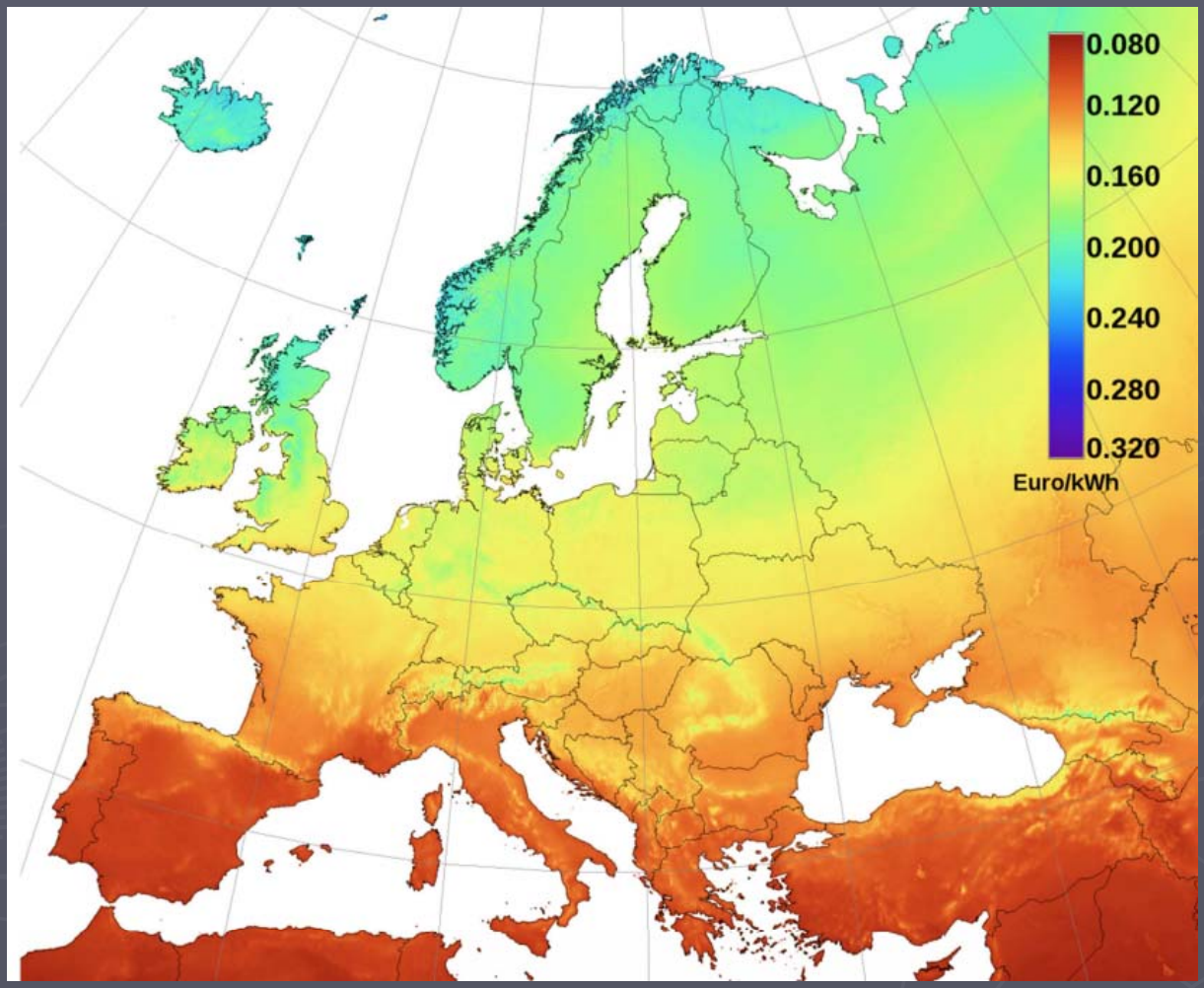
Güneş Enerjisi

Fotovoltaik panellerin verimleri oldukça düşük olup (% 15 - % 25) yaklaşık olarak m2 de maksimum 200W civarında güç sağlayabilirler. Bu panellerden elde edilen elektrik iki kritere bağlıdır:

- Işık Şiddeti
- Panel Alanı

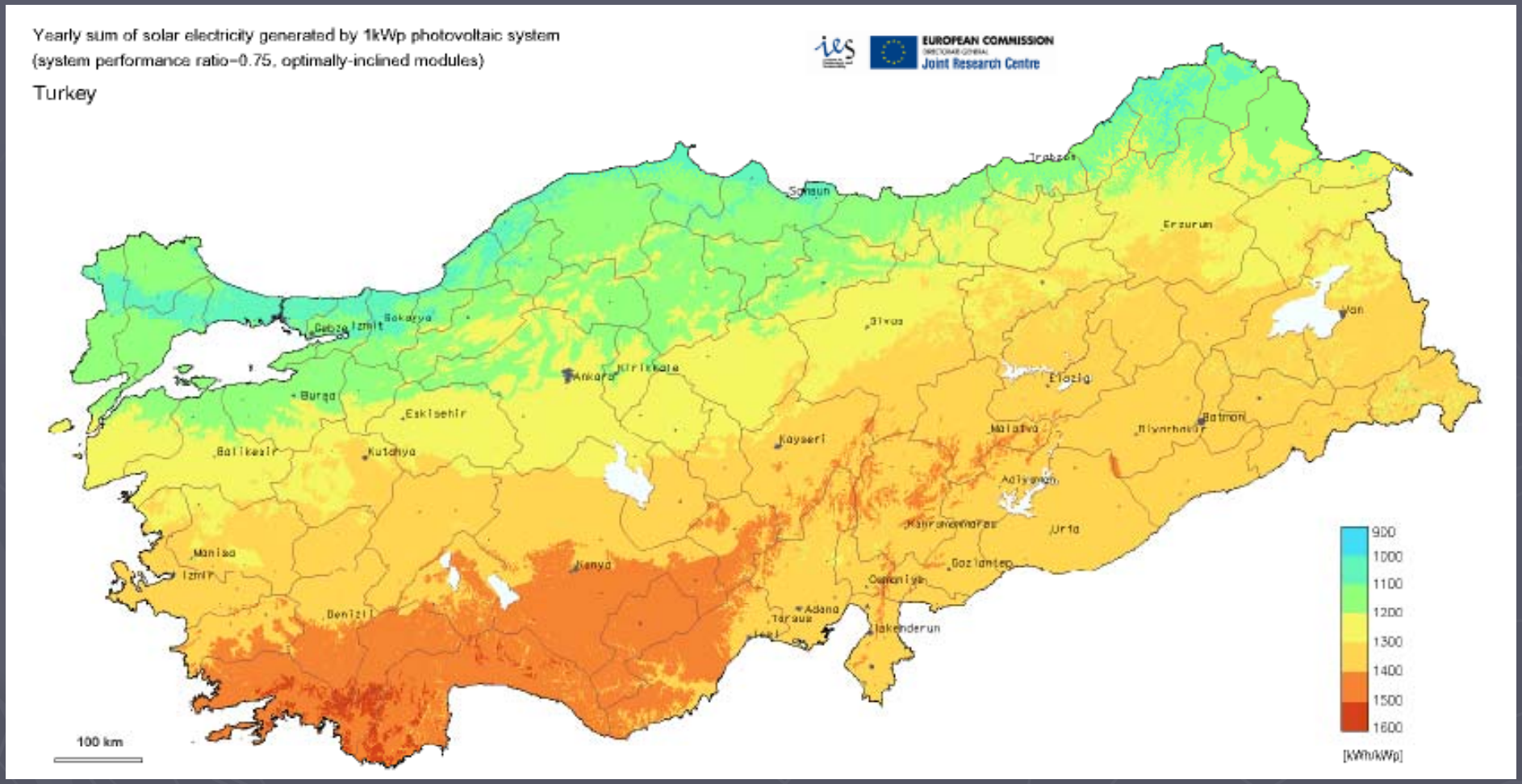
Dolayısı ile istenilen seviyede elektrik enerjisi elde edilebilmesi için oldukça büyük alanların bu panellerle kaplanmasına gereksinim duyulmaktadır.

Ülkemizde Güneş Enerjisi



Fotovoltaik Elektrik Üretim Sistemlerinde
Elektrik Üretim Maliyeti (2013)

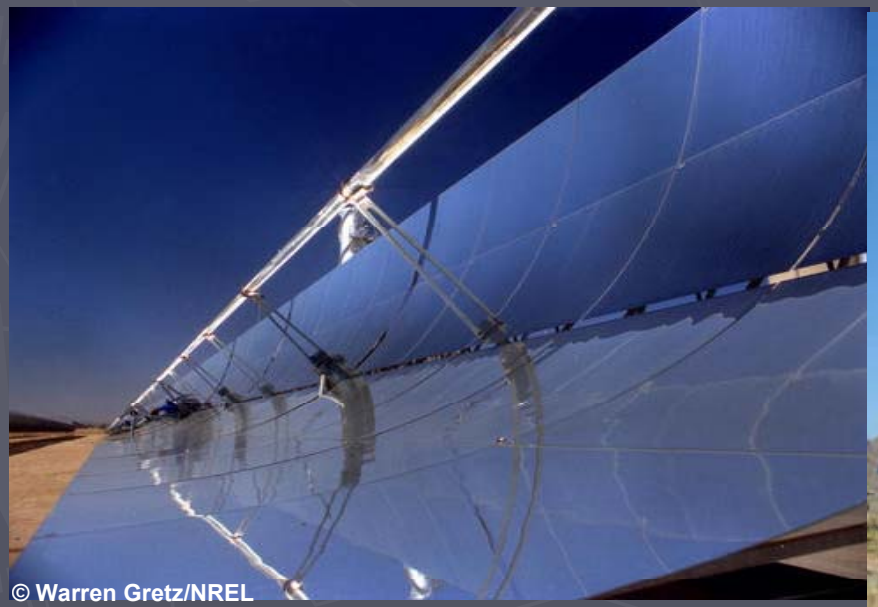
Ülkemizde Güneş Enerjisi



Ülkemizde 1kWp Fotovoltaik Sistemden Yıllık Elde Edilebilecek Elektrik Enerjisi

Güneş Elektrik Santralleri ve Kollektörler

- Güneş Kollektörleri
  - Düzlemsel Güneş Kollektörleri
  - Yoğunlaştırıcı Güneş Kollektörleri
    - Parabolik Oluklu Kollektörler (Doğrusal Yoğunlaştırıcı)
    - Çanak Sistemleri (Noktasal Yoğunlaştırıcı)



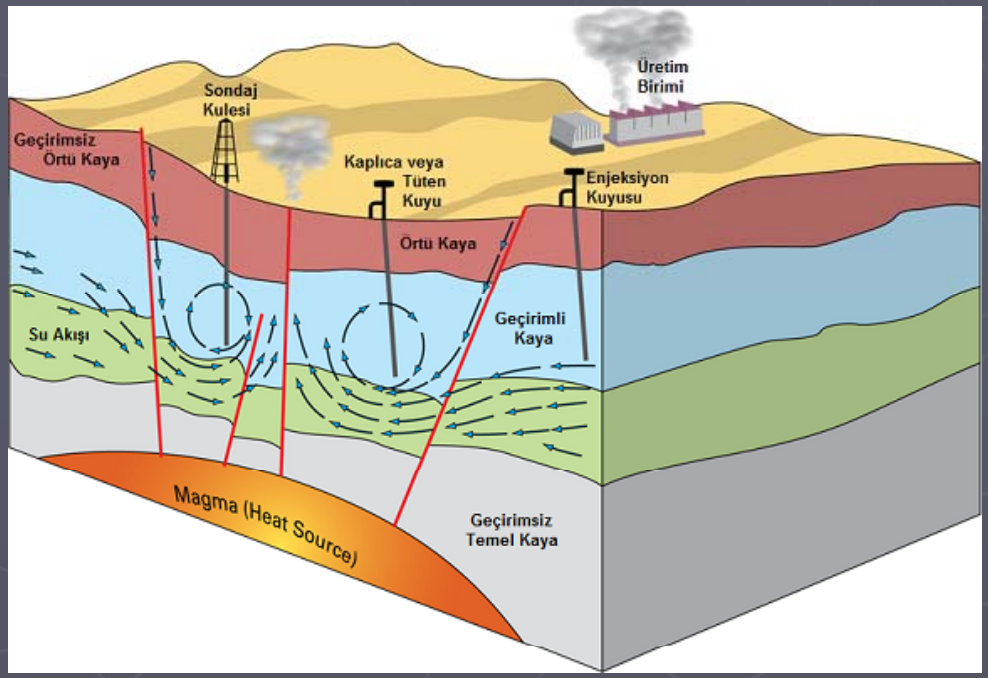
Güneş Elektrik Santralleri ve Kollektörler

Güneş Elektrik Santralleri

Jeotermal Enerji

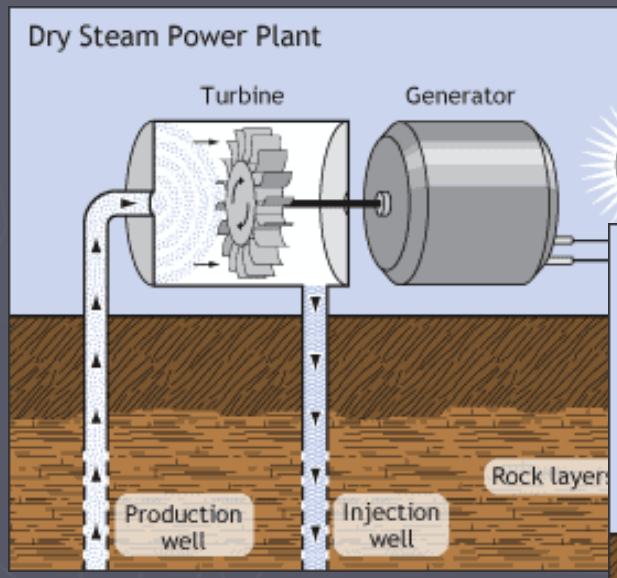
Jeotermal enerji, jeotermal kaynaklardan gelen sıcak su, su-buhar, buhar enerjisinden oluşmaktadır.

- Jeotermal Sistemler
  - Düşük Sıcaklık 20 ºC-70 ºC
  - Orta Sıcaklık 70 ºC-150 ºC
  - Yüksek Sıcaklık > 150 ºC

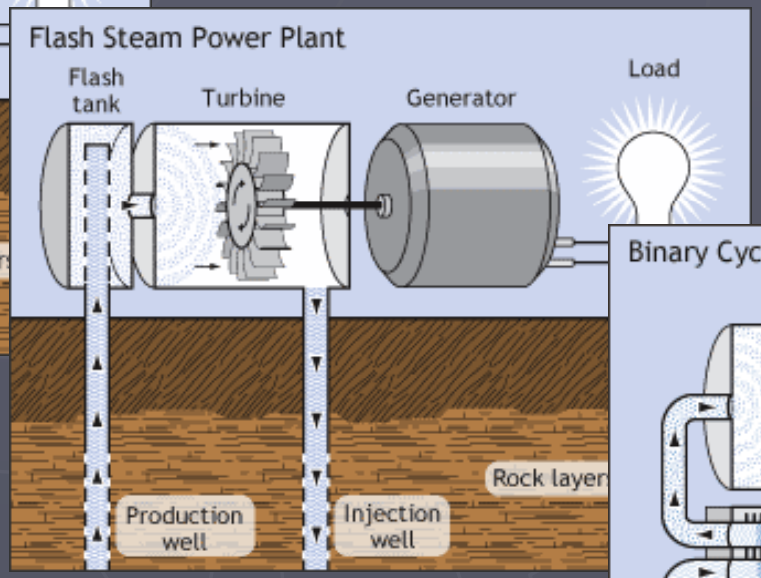


Jeotermal Sistem

Jeotermal Elektrik Santralleri

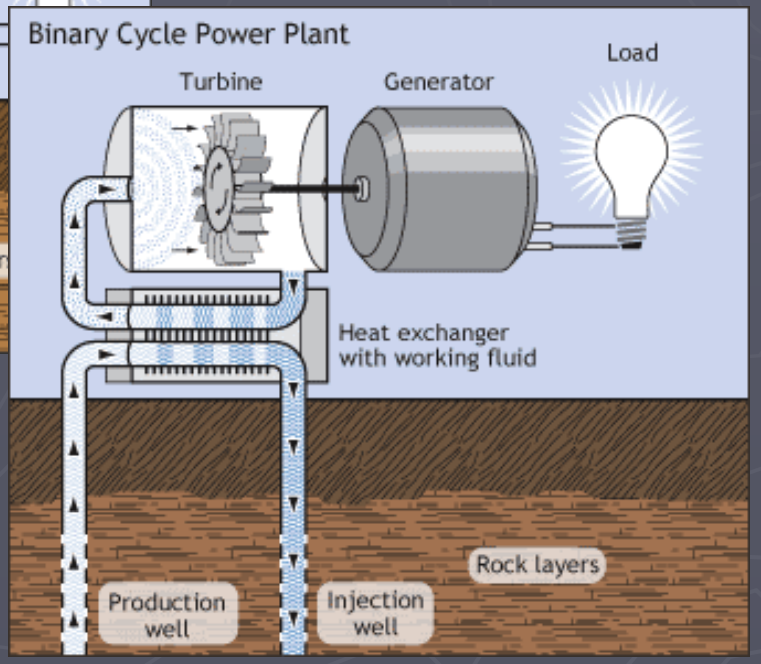


Kuru Buhar Santralleri

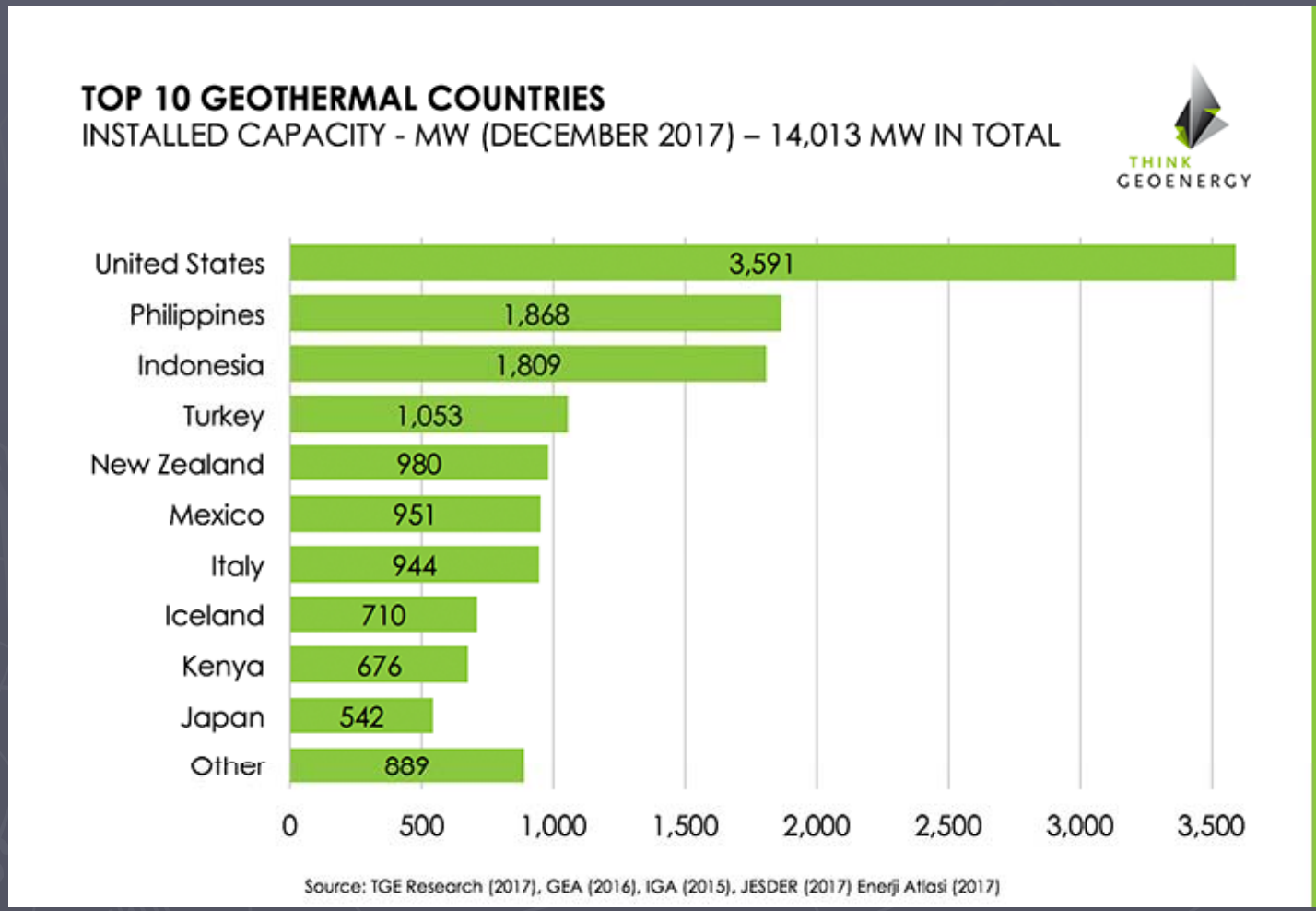


Püskürtmeli
Buhar Santralleri

İkili Çevrim
Buhar Santralleri



Jeotermal Enerji

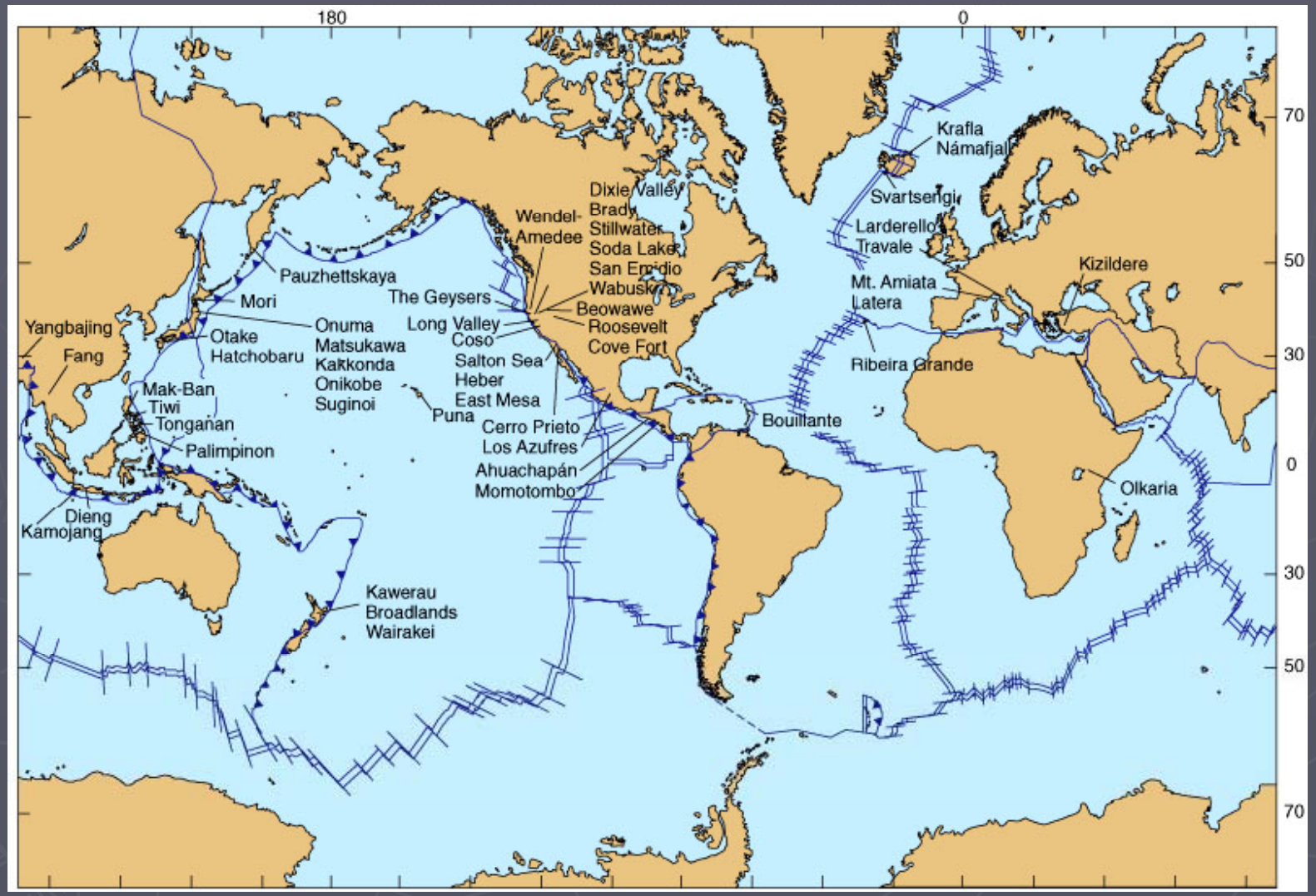


Geothermal installed power generation capacity

14,013 MWe

Top 10 countries present 13,124 MWe or ~94%.

Jeotermal Enerji



Dünya Üzerindeki Jeotermal Elektrik Santraller

Ülkemizde Jeotermal Enerji

2013 Yılı Sonu İtibari İle;

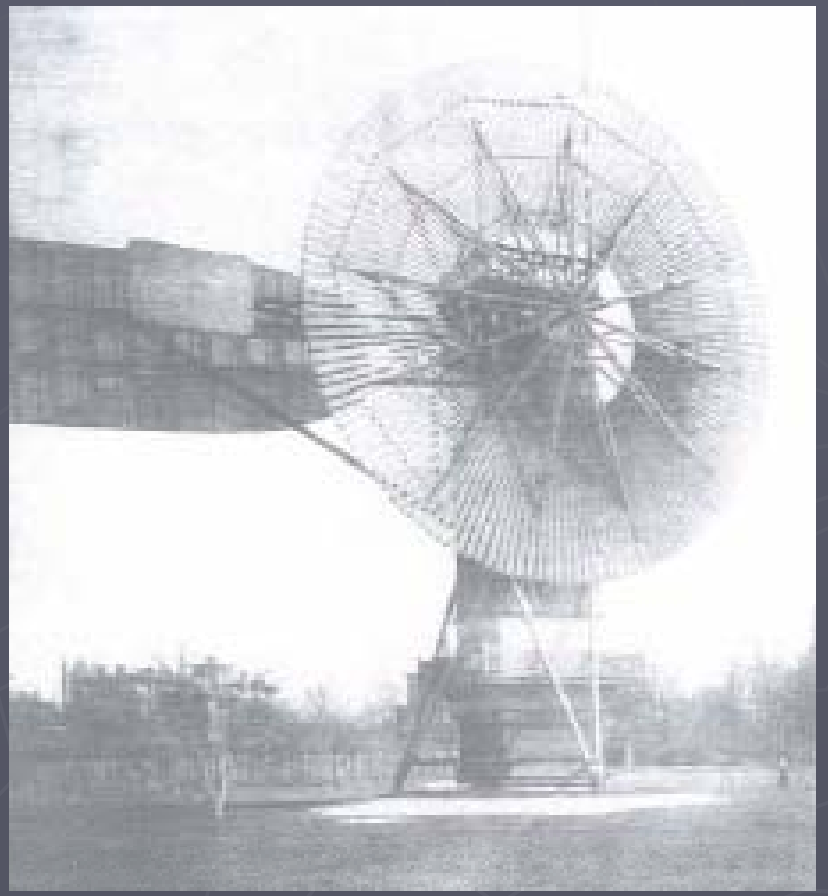
- Toplam Jeotermal Potansiyel :31500MW
  - % 79 Batı Anadolu
  - % 8.5 Orta Anadolu
  - % 7.5 Marmara
  - % 4.5 Doğu Anadolu
  - % 0.5 Diğer Kısımlar
- Elektrik Üretimi (2018 Ocak) :1053 MWe
  - Devre Bulunan Santral Sayısı : 40
    - Efeler (Aydın) : 115 Mwe
    - Kızıldere 3 (Denizli) : 99 Mwe
    - Kızıldere 2 (Denizli) : 80 Mwe
    - Pamukören (Aydın) : 68 MWe
  - Kurulumu Devam Eden : 190 MWe
  - Toplam : 1919 MWe

Ülkemizde Jeotermal Enerji

Türkiyede Volkanik Faaliyetler ve Jeotermal Alanlar

Rüzgar Enerjisi

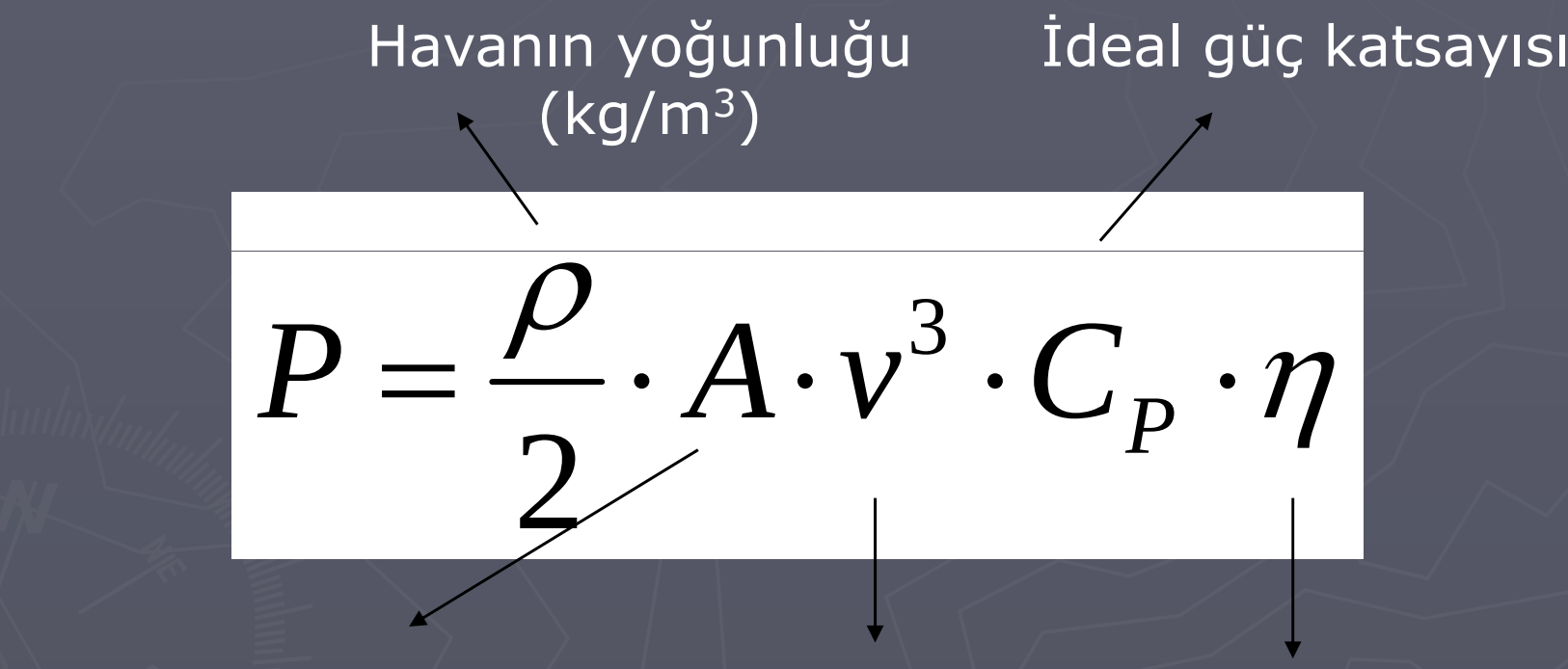
- Dünyanın ilk rüzgar santrali olarak Brush Türbini (1887) kabul edilmektedir.
  - Rotor çapı 17 m
  - Kanat Sayısı 144
  - 12 kW Jeneratör



Rüzgar Enerjisi

- Rüzgar türbinleri elektrik üretimi amacıyla ilk kez 19. yüzyılın sonlarında kullanılmaya başlanmıştır.
- Günümüzdeki türbinlerine yönelik önemli değişiklikler 1940-1950 yılları arasında uygulanmıştır.
  - Üç kanatlı türbin yapısı kullanılmaya başlanmıştır.
  - DC jeneratörlerin yerine AC jeneratörler kullanılmaya başlanmıştır.
- 1970'li yıllardaki petrol krizi nedeniyle rüzgar türbinleri üzerine çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir.
- Danimarka, Almanya ve İspanya bu süreçte rüzgar enerjisi üzerine Avrupa'da en fazla gelişmenin ve çalışmaların gerçekleştirildiği ülkelerdir.

Rüzgar Türbinleri



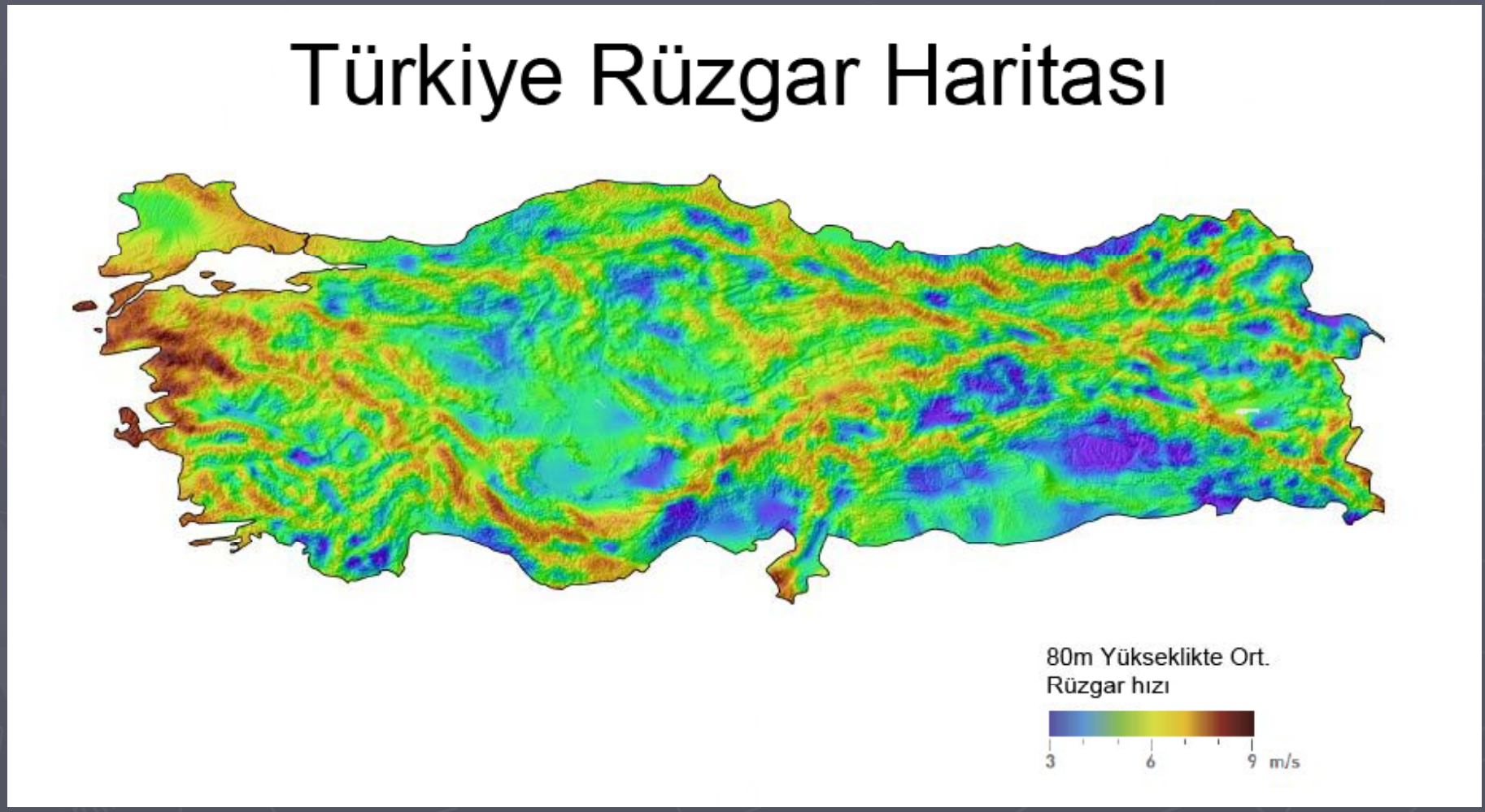
Rüzgar Türbinleri

Bir rüzgar türbininden enerji üretiminin bağlı olduğu kriterler

- Rüzgar türbini yüksekliği
- Rüzgar türbin rotorunun çapı
- Rüzgar türbin rotorunun aerodinamik yapısı
- Hava yoğunluğu
- Rüzgar hızı

$$P_e = 0.38 P_w$$

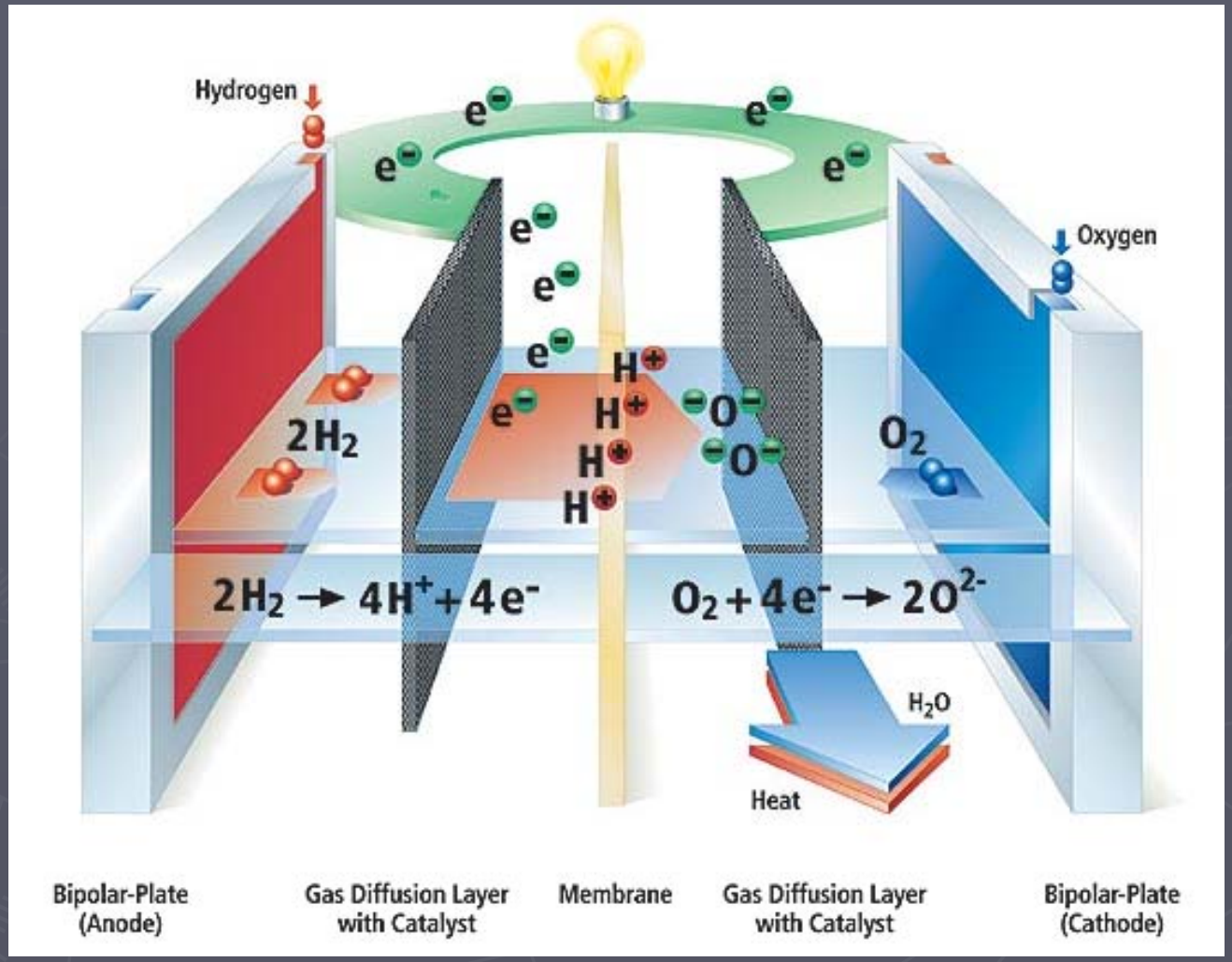
Rüzgar Enerjisi



Yakıt Pillerinin Çalışma Prensibi

Hidrojen anot elektrota, oksijen ise katot elektrota gönderilir. Anot elektroda gönderilen hidrojen molekülü, anot üzerinde yer alan kanalcıklardan geçerken elektron bu molekülden ayrılır ve molekül iyon yapıya dönüşür. Elektron geçişine izin vermeyen elektrolit, yalnızca hidrojen iyonunun geçişine ve katot elektroda ulaşmasına izin verir. Elektron ise harici bir devreden katoda iletilir. Katotta buraya gönderilen O2 elektrolit üzerinde gelen hidrojen iyon ve dış devreden gelen elektron reaksiyona girerek çevrim tamamlanır. Açığa ise emisyon olarak saf su çıkar. Dış devre üzerindeki elektron hareketi ise DC elektrik akımını oluşturur. Reaksiyon sonucu ayrıca ısı enerjisi de elde edilir. Yakıt pillerinde reaksiyon hızını arttırmak için katalizör kullanımı da söz konusudur. Yakıt pilinde anot, katot ve elektrolitten oluşan her bir birime "Membran Elektrot Grubu" (MEA) denir. Her bir MEA'den sağlanan elektriksel gerilim değeri 1.2 volt seviyelerinde iken bu değer gerçekte 1 voltun altına düşer. Yüksek gerilim elde etmek için ise her bir MEA seri olarak bağlanır ve istenilen gerilim düzeyine ulaşılır. Bu sisteme Yakıt Pili Ünitesi adı verilir. Daha yüksek akım elde etmek içinse temelde yüksek akımlara ulaşmak için reaksiyona giren molekül sayısını arttırmak gereklidir. Bu ise anot, katot ve elektrolit yüzeylerinin arttırılması ile sağlanır.

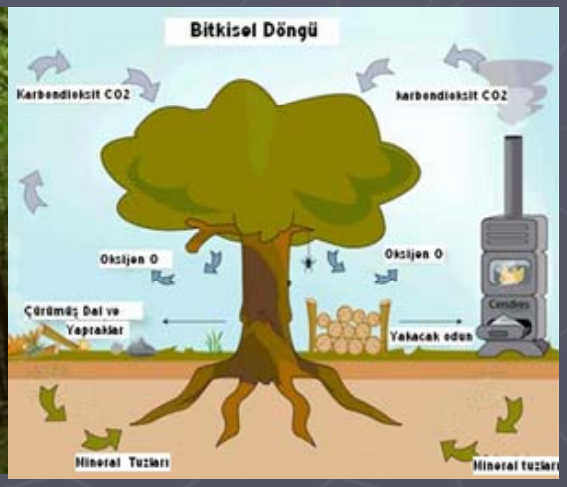
Yakıt Pillerinin Çalışma Prensibi



Yakıt Pili

Biyokütle Kaynakları

Enerjinin çevresel kirliliğe yol açmadan sürdürülebilir olarak sağlanabilmesi için kullanılacak kaynaklardan birisi de biyokütle enerjisidir. Biyokütle için mısır, buğday gibi özel olarak yetiştirilen bitkiler, otlar, yosunlar, denizdeki algler, hayvan dışkıları, gübre ve sanayi atıkları, evlerden atılan tüm organik çöpler (meyve ve sebze artıkları) kaynak oluşturmaktadır. Bitkilerin ve canlı organizmaların kökeni olarak ortaya çıkan biyokütle, genelde güneş enerjisinin fotosentez yardımıyla depolayan bitkisel organizmalar olarak adlandırılır. Biyokütle, bir türe veya çeşitli türlerden oluşan bir topluma ait yaşayan organizmaların belirli bir zamanda sahip olduğu toplam kütle olarak da tanımlanabilir.



Biyokütle Kaynakları

- Biyokütle Enerjinin Çeşitleri
  - Klasik Biyokütle Enerjisi: Ağaç kesiminde elde edilen odun ve hayvan atıklarından oluşan tezeğin basit şekilde yakılması ile elde edilen enerji.
  - Modern Biyokütle Enerjisi: Enerji bitkileri, enerji ormanları, tarım kesimindeki bitisel atıklar, kentsel atıklar, endüstri atıklarından elde edilen bio-dizel, etanol gibi çeşitli yakıtlar.

Elektrik Tesisleri Dersi

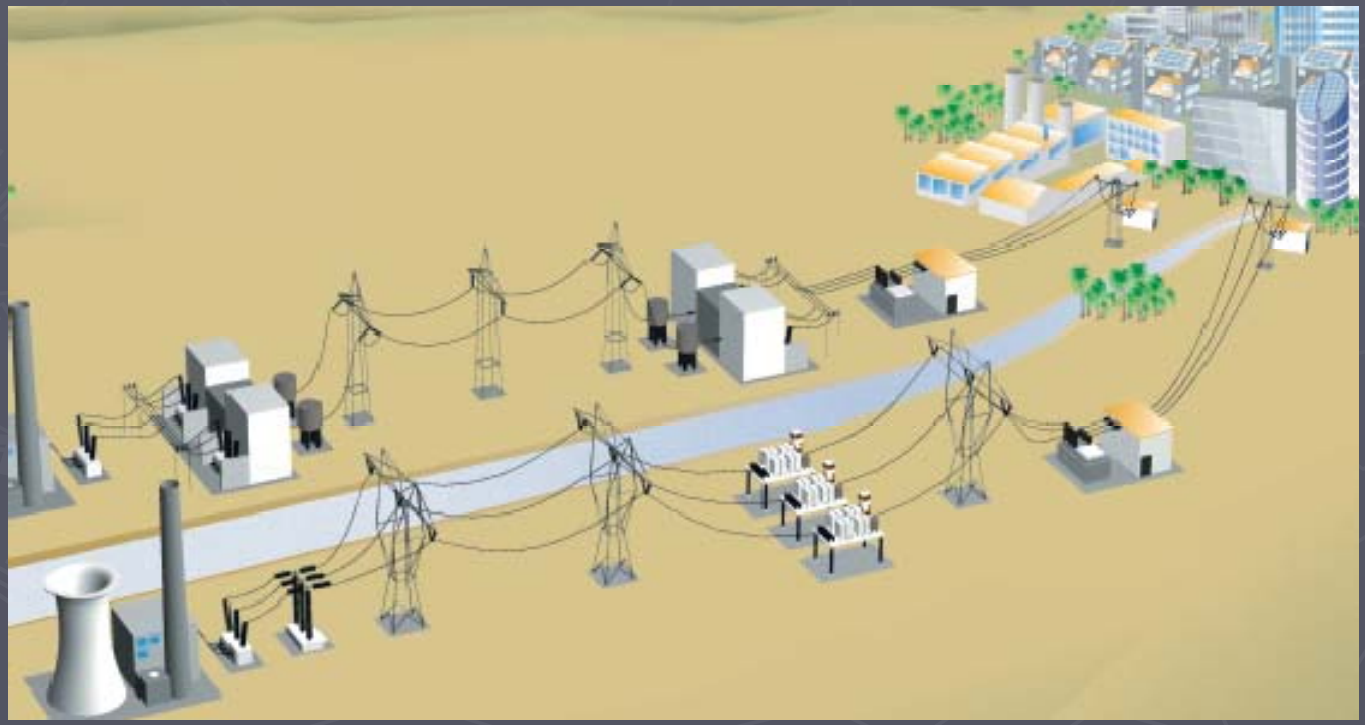
Slayt 8

Dersin İçeriği

- Elektrik Enerjisi İletimi ve Dağıtımı
  - Şebeke ve Gerilimler
  - Elektrik Dağıtım Merkezleri ve Dağıtım Bağlantıları
  - Enerji İletimi Çeşitleri
    - İletim Tipi Açısından
    - Akım Türü Açısından
  - Hava Hattı İletkenlerinin Çeşitleri ve İlgili Kavramlar
  - Direk Çeşitleri
  - Direk Başı Ekipmanları

Elektrik Enerjisi İletimi

Genellikle birbirinden uzak olan elektrik üretim santralleriyle tüketim merkezleri arasındaki bağlantı, iletim şebekesi ve enterkonnekte sistemlerle sağlanır. Elektrik üretildiğinde hemen kullanıcıya ulaştırılması gerekir ki, bu da üretim ve tüketimin her an dengede tutulması anlamına gelir. Enterkonnekte sistemler, üretimi tüketim düzeyindeki değişimlere uyarlamayı sağlayan sistemlerdir.



Şebeke ve Gerilimler

Aynı anma gerilimli, birbirine bağlı elektrik tesislerinin tümüne şebeke denir. İletimde kullanılan şebekelere iletim şebekeleri, dağıtımda kullanılan şebekelere de dağıtım şebekeleri denir.

İletilen gerilim ne kadar yüksek olursa, bir hattın iletebileceği güç miktarı da o kadar yüksek olur. Üretim santrallerinden çıkan çok büyük miktarlardaki akımı iletebilen hatlar Türkiye' de 380kV veya 154kV düzeyindedir.

Uzak mesafeler arasına kurulan büyük iletim şebekeleri ve enterkonnekte sistemler bu tip hatlardan oluşur. Bu şebekeler, bütün üretim santrallerini birbirine bağlar. Elektrik, gerilimi düşürüldükten sonra bölgesel şebekelere iletilir ve bu şebekeler yardımıyla ayrılarak dağıtım merkezlerine gönderilir.

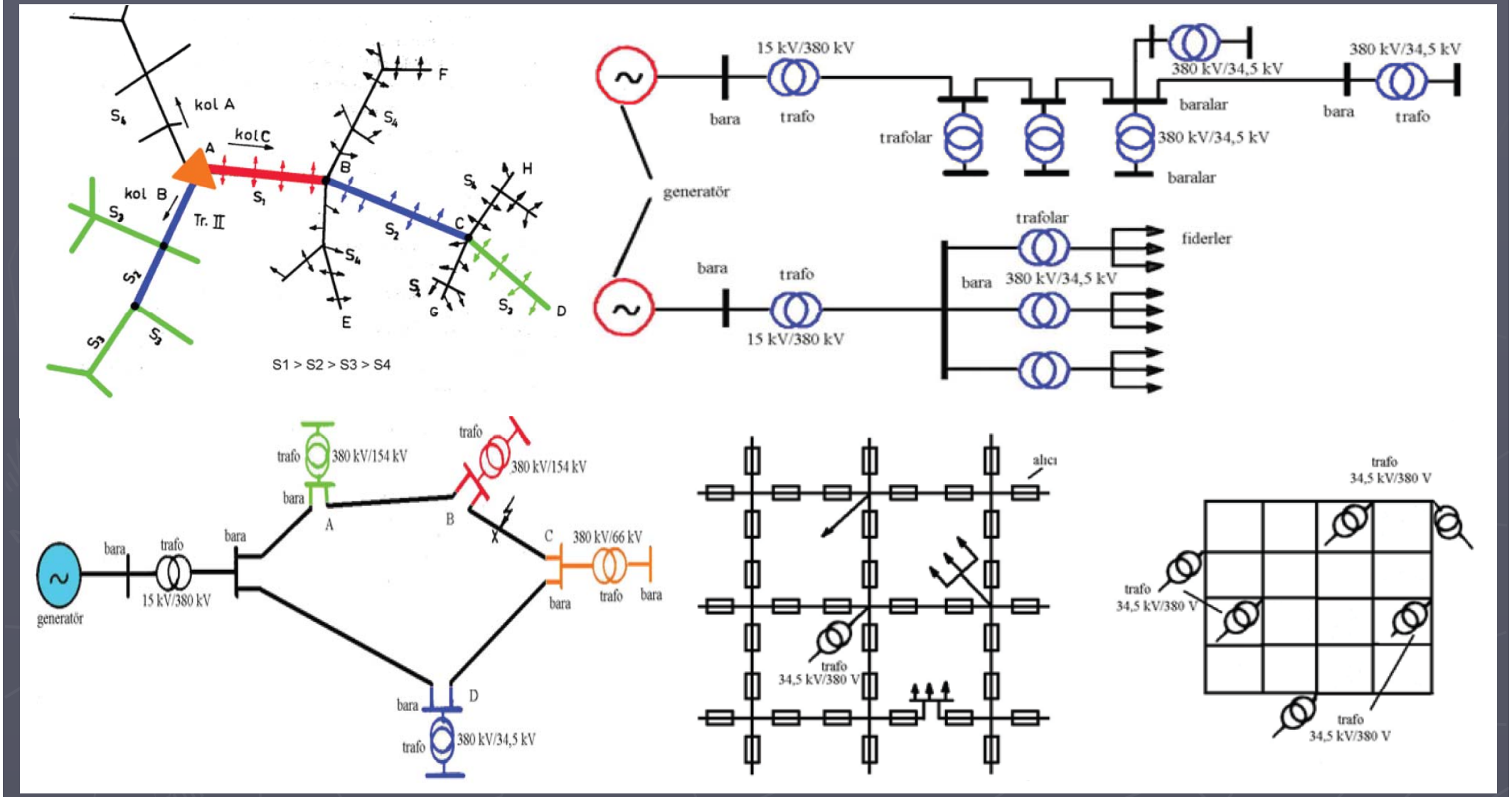
Şebeke ve Gerilimler

- Gerilim Seviyeleri Açısından Şebekelerin Sınıflandırılması
  - Alçak Gerilim Şebekeleri: 1kV altındaki gerilim değerlerine sahiptir.
  - Orta Gerilim Şebekeleri: 1kV-34.5kV aralığındaki gerilim değerlerine sahiptir.
  - Yüksek Gerilim Şebekeleri: 34.5kV-154kV aralığındaki gerilim değerlerine sahiptir.
  - Çok Yüksek Gerilim Şebekeleri: 154kV üzerindeki gerilim değerlerine sahiptir.

Şebeke ve Gerilimler

- Şebekelerin Çeşitleri
  - Dallı Şebeke: Yerleşim merkezleri, sanayi merkezleri, şehir, kasaba, köy gibi yerlerde beslemesi genellikle tek kaynaktan yapılan ve şekli ağacın dallarına benzeyen şebeke türüne dallı şebeke denir.
  - Ring Şebeke: Şehir, kasaba, köy ve sanayi merkezlerinde uygulanan, beslemenin birden fazla trafo ile yapıldığı ve bütün trafoların birbirine paralel şekilde kapalı bir sistemin oluşturduğu şebeke tipine ring şebeke denir.
  - Ağ (Gözlü) Şebeke: Şehir, kasaba, köy ve sanayi merkezlerinde uygulanabilen, beslemenin birden fazla trafo ile yapıldığı ve alıcıları besleyen hatların bir ağ gibi örülerek, gözlerin oluşturulduğu şebeke tipine ağ şebeke denir.
  - Enterkonnekte Şebeke: Taşımada, iletimde, nakilde kârlılık ve güvenilirliğin artırılması amacıyla, özellikle önemli miktarlardaki enerji alışverişi için iki ya da daha fazla sistem veya şebeke arasında bölgeler arası ya da uluslar arası bağlantı olanağı sağlayan elektriksel sistemdir.

Şebeke ve Gerilimler



Dallı, Ring ve Ağ Tipi Şebekeler

Elektrik Enerjisi İletimi

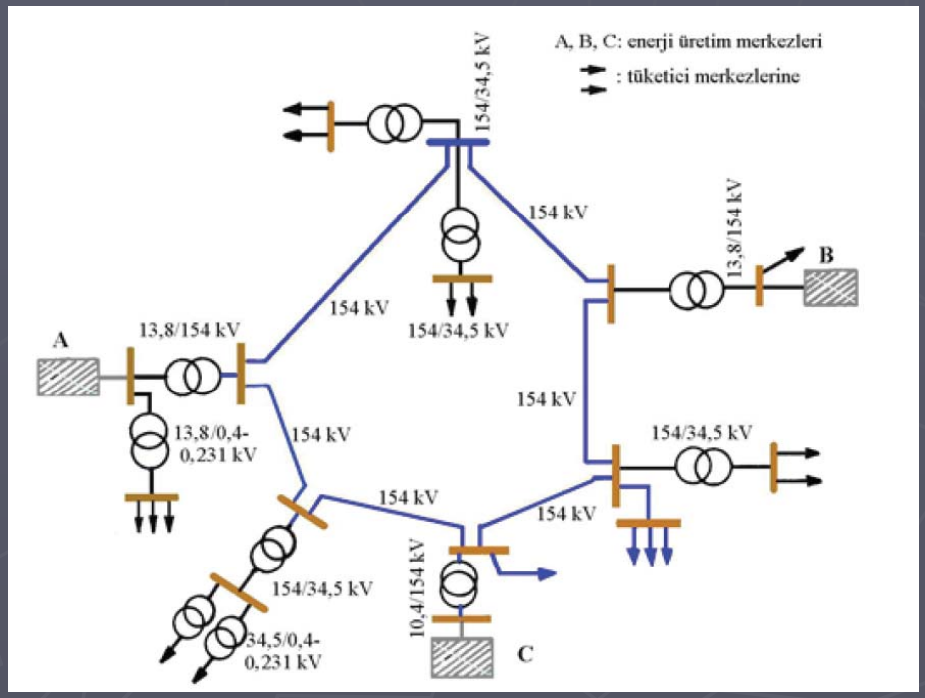
Enterkonnekte Sistemlerin Avantajları

•İhtiyaca göre farklı elektrik üretim santrallerinin seçilebilmesine olanak sağlar.

• Yedek sistemlere olan gereksinimi minimuma indirir.

• Sistemde yer alan santrallerden bazılarının arızalanması durumunda merkezlerin enerjisi kesilmez.

• Yüksek verimli bir sistem olup ekonomiktir.



Enterkonnekte Şebeke Sistemi

Elektrik Dağıtım Merkezleri ve Dağıtım Bağlantıları

Elektrik akımının iletimi ve dağıtımı şebekeye bağlı dağıtım merkezlerince (transformatör istasyonları) yapılır. Şebeke dağıtım merkezlerinin iki ayrı temel işlevi vardır:

- Hatların birbirine bağlanmasını sağlamak
- Gerilimin seviyesini değiştirme işlevini yerine getirmek

Transformatör istasyonları transformatör, kesici ve ayırıcılarla donanmıştır. Transformatörler, duruma göre elektrik akımının gerilimini yükseltir veya alçaltır; dolayısıyla, iletim ve dağıtıma en uygun gerilim seçilerek elektriğin taşınmasında büyük önem taşır.

Enerji İletim Çeşitleri

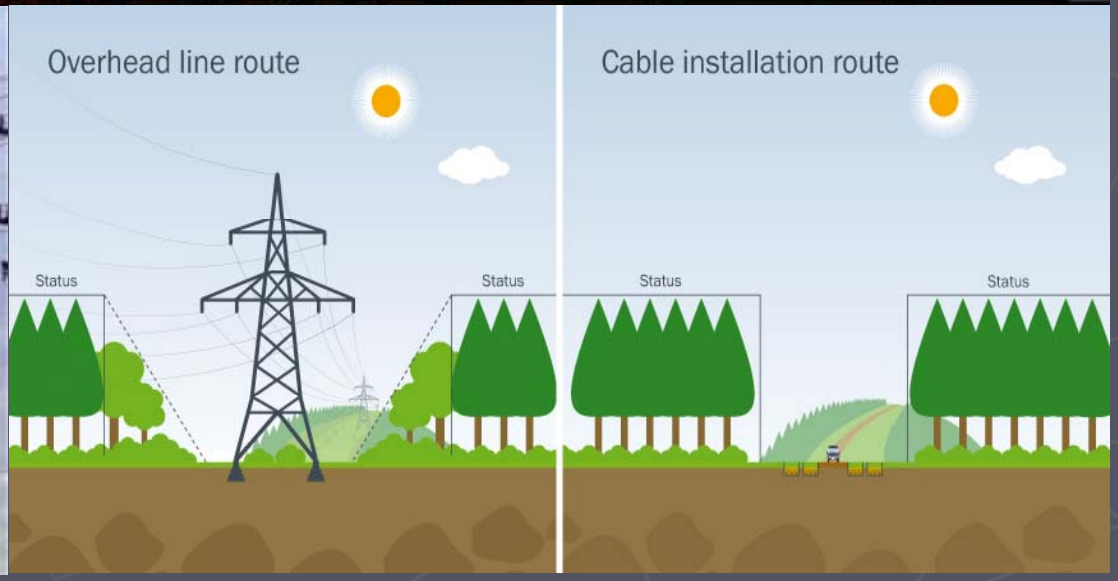
- Enerji İletim Çeşitleri
  - İletim Tipine Göre Enerji İletimi
    - Hava Hattı ile İletim
    - Yeraltı Kablosu ile İletim
  - Akım Türü Açısından Enerji İletimi
    - Alternatif Akımla (AC) İletim
    - Doğru Akımla (DC) İletim

Enerji İletim Çeşitleri

İletim Tipine Göre Enerji İletimi

- Hava Hattı ile İletim: Havai hat ile yapılan iletimde iletkenler açık hava ile temas ettiğinden iletim esnasında oluşan ısıyı dışarıya kolaylıkla verebilir ve dolayısıyla da daha fazla enerji transfer edebilirler. Maliyetleri yer altı kablosu ile iletime göre çok daha düşüktür. 50m'lik yer altı kablosu sistemi maliyetine 1km'lik havai hat kurulabilir.
- Yeraltı Kablosu ile İletim: Havai hatlara göre çok daha güvenilir bir sistemdir. Havai hatlar yıldırım, dal değmesi ya da kuşlar sebebiyle kısa devre tehlikelerine daha açıktır.

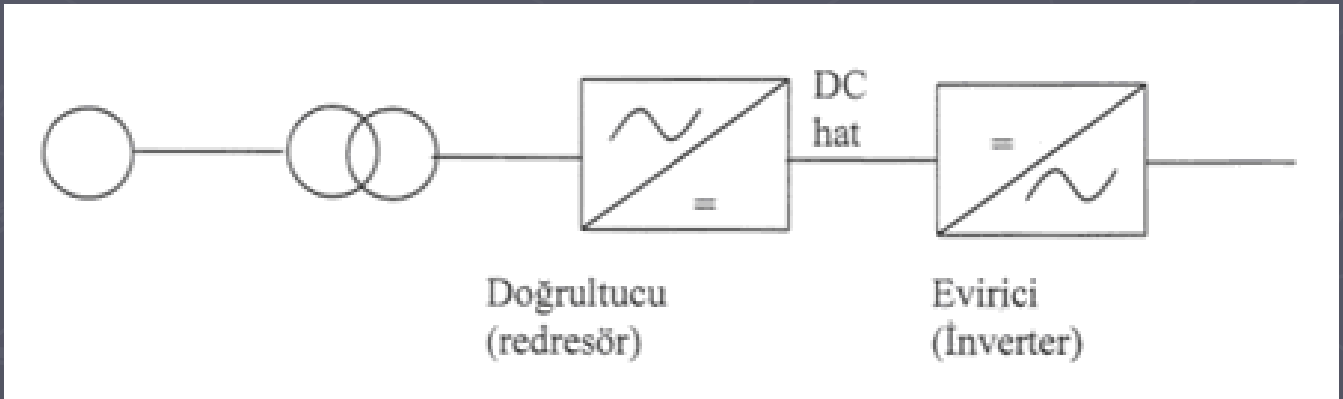
Enerji İletim Çeşitleri



Enerji İletim Çeşitleri

Akım Türüne Göre Enerji İletimi

- Alternatif Akımla İletim
- Doğru Akımla İletim



Doğru Akımla Enerji İletimi Prensip Şeması

Enerji İletim Çeşitleri

Doğru Akımla İletimin Avantajları

- Hattın sahip olduğu omik direnç daha düşüktür.
- Kullanılan direklerin boyları daha düşüktür.

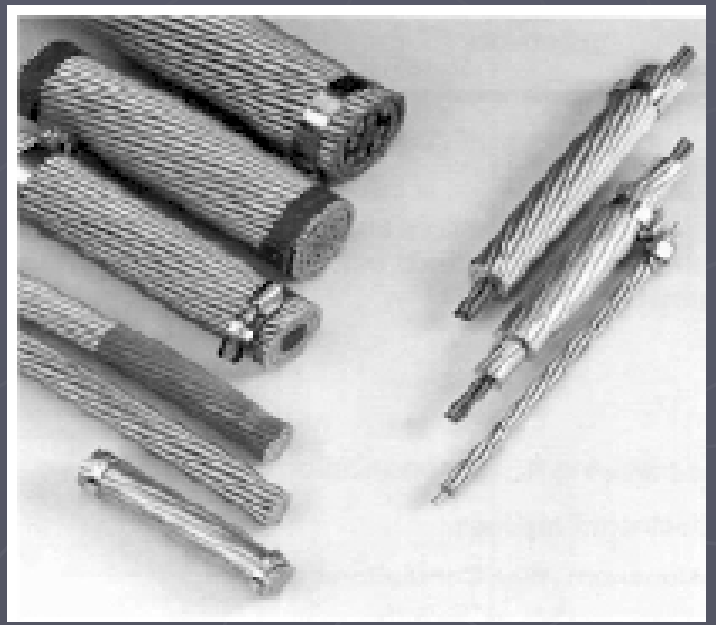
Doğru Akımla İletimin Dezavantajları

- Çevirici istasyonlar sebebiyle maliyet yüksektir.
- Çevirici istasyonlar sisteme harmonik üretirler.
- Kullanılan teçhizatlar genel olarak daha yüksek maliyete sahiptir.

Hava Hattı İletkenleri ve Özellikleri

Elektrik enerjisini, direkler üzerinde taşıyan hatta hava hattı veya havai hat, kullanılan iletkenlere ise hava hattı iletkenleri denir. Hava Hattı iletkenlerinin seçiminde dikkate alınan kriterler aşağıdaki gibidir:

- İletkenlik
- Mekanik Dayanım
- Termik Dayanım
- İletken Çapı
- Sehim
- Özgül Ağırlık
- Titreşim Eğilimi



Hava Hattı İletkenleri ve Özellikleri

İletkenlik: Havai hatlarda kullanılacak iletken malzemenin, çok iyi iletkenliğe sahip olması gerekir. Eğer, iletkenliği yüksek olan malzemeden yapılan iletkenler kullanılır ise hatlardaki güç kaybı da o nispette az olur. Bakırın iletkenliğin %100 kabul edilirse, aynı ebatlarda alüminyumun iletkenliği % 61'dir.

Mekanik Dayanım: Hava hattı iletkenleri daima dış etkilere ve bunların neden olduğu yüklere maruz kalırlar. Hava hatlarına gelebilecek yükler (kar, buz, rüzgar) ve kendi ağırlığı, iletken tarafından güvenli bir şekilde taşınabilmelidir. Bu taşımada iletkenin, gerilme kuvvetini de taşıyabilecek bir elastikiyete sahip olması gerekir.

- Termik Dayanım: Hava hattı iletkenleri, gerek atmosferik gerekse kısa devrelerde oluşan akımlardan ve çalışma akımlarından dolayı ısınırlar. Isınmadan dolayı mekanik dayanımları azalır. İletkenin bu sayılan nedenlerle oluşan ısı artışlarında, emniyetli bir çalışmaya elverişli olması gerekir. İletkenler ısı dayanımları bakımından çelik-alüminyum, bronz, aldrey, bakır ve alüminyum şeklinde sıralanabilir.

Hava Hattı İletkenleri ve Özellikleri

İletken Çapı: Bakıra göre daha az iletkenliğe sahip olan iletkenlerin çapı, daha büyük olur. Çap büyüdüğünde, iletkene gelen buz yükü, rüzgar yükü ve gerilme kuvveti daha büyük olur. Bu durum, iletkenin mekanik dayanımını olumsuz etkiler. Mekanik dayanımın azalması, özellikle kar yağışı fazla olan bölgelerde, iletkenlerin kopmasına ve kısa devrelere neden olmaktadır.

Sehim: Her iletkenin aynı uzaklıktaki sehimi farklıdır. Bir hava hattı iletkeni, üzerinden geçtiği yerin özelliğine göre belli bir mesafeden fazla yere yakın olmamalıdır.

Sehim Miktarını Etkileyen Faktörler:

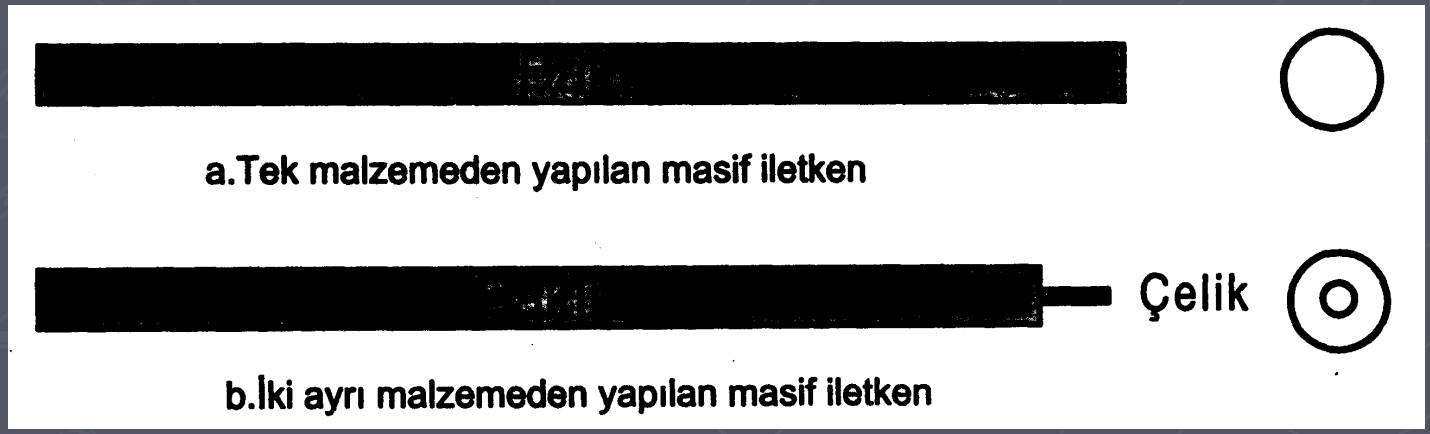
- -iletkenin kullanıldığı bölgenin buz yükü miktarı
- -İletkenden çekilecek akım
- -Direkler arası mesafe
- -İletkenin cinsi

Hava Hattı İletkenleri Çeşitleri

- İmal Ediliş Şekline göre Hava İletkenleri
  - Masif İletkenler
  - Masif Örgülü İletkenler
  - Ortası Boş Örgülü İletkenler
  - Demet Şeklindeki İletkenler
- Yapıldığı Malzemeye göre Hava İletkenleri
  - Bakır İletkenler
  - Alüminyum İletkenler
  - Alüminyum-Çelik İletkenler
  - Bakır Zırhlı-Çelik İletkenler
  - Bronz İletkenler
  - Aldrey İletkenler

Hava Hattı İletkenleri Çeşitleri

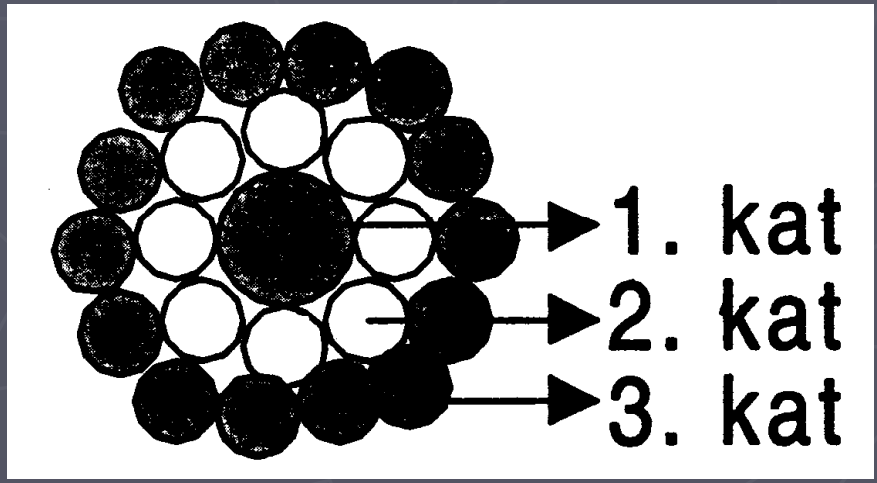
- İmal Ediliş Şekline göre Hava İletkenleri
  - Masif İletkenler: İçi dolu olarak tek cins malzemeden 10 mm^2 kesite kadar yapılan iletkenlerdir. Bazı özel durumlarda kesit 16 mm^2'ye kadar çıkmakta, bazen de içi çelik dışı bakır olarak üretilmektedir.



Masif İletkenler

Hava Hattı İletkenleri Çeşitleri

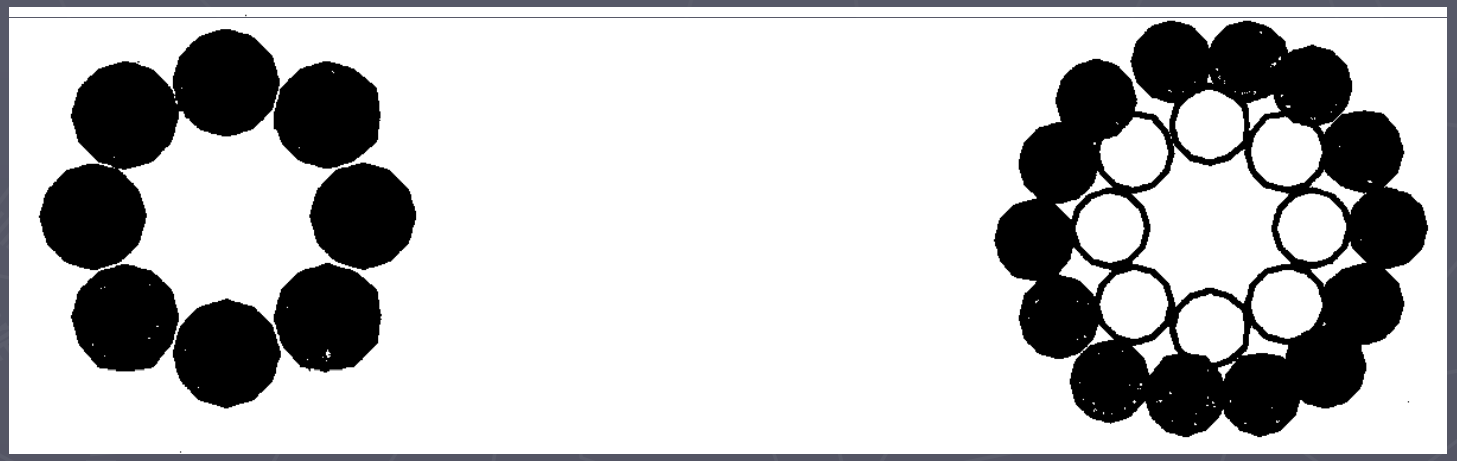
- İmal Ediliş Şekline göre Hava İletkenleri
  - Masif Örgülü İletkenler: Masif iletkenlerin kesitleri büyütüldüğünde montajda, taşımada ve kangal haline getirilmelerinde problemler çıkmaktadır. Bunu önlemek için masif örgülü iletkenler yapılmıştır. Aynı veya ayrı cins iletkenlerin birbiri üzerine sarılmasıyla elde edilir. İletkenin mekanik dayanımını artırmak için, kesit ve kullanılacağı yere göre içine çelik teller yerleştirilir.



Masif örgülü iletkenler ve kat yapıları

Hava Hattı İletkenleri Çeşitleri

- İmal Ediliş Şekline göre Hava İletkenleri
  - Ortası Boş Örgülü İletkenler: Genellikle, aynı cins iletkenlerin birbirlerine sarılması ile elde edilir.

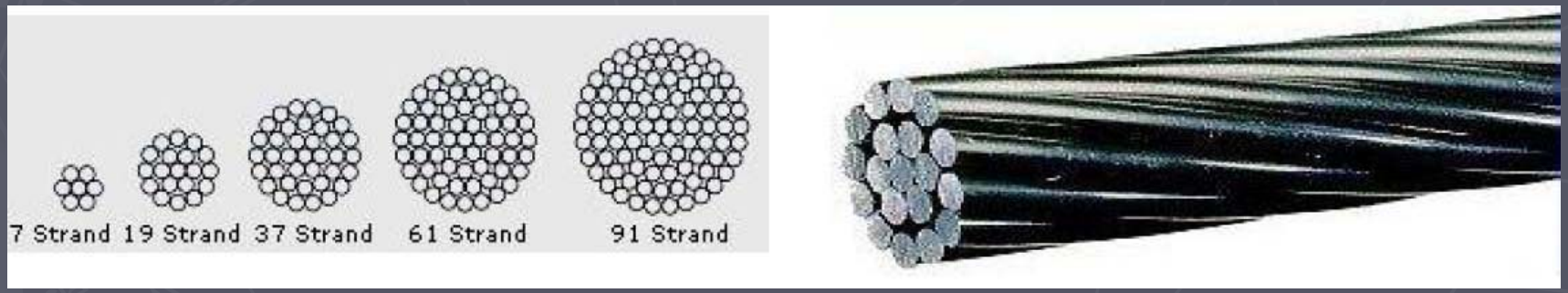


Ortası boş örgülü İletkenler

Hava Hattı İletkenleri Çeşitleri

- İmal Ediliş Şekline göre Hava İletkenleri
  - Demet Halindeki İletkenler: Hatlarda meydana gelen korona kayıplarının yanında diğer kayıpları da en aza indirmek için, fazlara ait iletkenler iki veya daha fazla sayıda yapılabilir. İletkenler arasında belli bir mesafe olmalıdır.

Örgülü iletkenleri damarlar meydana getirir. Damar sayısı kat adedine ve katlan oluşturan damarların aynı çapta olup olmadığına bağlıdır. Örgülü iletkenlerin damar sayılan $3x^2+3x+1$ formülüyle bulunur. Formülde x kat adedini gösterir.



Çeşitli Çap ve Kesitte Alüminyum Örgülü İletkenler

Hava Hattı İletkenleri Çeşitleri

- Yapıldığı Malzemeye göre Hava İletkenleri
  - Bakır İletkenler: Bakır hem elektrik geçirgenliği yüksek, hem de mukavemeti (mekanik dayanımı) iyi olan bir iletkendir. Hava hatlarında kullanılan bakırın 20°C'deki özgül iletkenliği 56 m/Ωmm^2 ve özgül ağırlığı 8,89 gr/cm^3 'dir.
  - Alüminyum İletkenler: Alüminyum, hava hatlarında kullanılan bakır iletkenlerden sonra gelen en iyi iletkendir. Saf alüminyum çok yumuşak olduğundan dayanımını arttırmak için demir, silisyum, çinko ve bakır gibi maddeler katılır. 20 °C'de özgül ağırlığı 2,703 gr/cm3 ve özgül iletkenliği 35 m/Ωmm^2. Alüminyum iletkenlerin mekanik dayanımları bakıra göre daha az olduğundan, uzun menzilli direklerde sehimleri, bakıra göre fazladır. Bu durum, direk boylarının uzun seçilmesine neden olmaktadır.

Hava Hattı İletkenleri Çeşitleri

- Yapıldığı Malzemeye göre Hava İletkenleri
  - Alüminyum-Çelik İletkenler: Alüminyum iletkenlerin dayanımını arttırmak için, alüminyum iletkenin merkezine çelik tel konularak yapılan iletkendir. Alüminyum-çelik iletkenlerin kesitleri bakır iletkenlere göre daha büyüktür. Bu da korona kayıplarını azaltmaktadır. Fakat merkezde bulunan çelik tel etrafında oluşan manyetik alanın oluşturduğu mıknatıslanma, kayıplara neden olmaktadır.
  - Bronz İletkenler: Bronz, silisyum ve kalay karışımından elde edilen iletkenlerdir. Mekanik dayanımları bakıra göre fazla olmasına rağmen, iletkenlik açısından kötüdür.
  - Aldrey İletkenler: Tam alüminyum iletkenlerin sakıncalarını gidermek için geliştirilmiş iletkenlerdir. % 98,7 alüminyum %0,5 magnezyum %0,5 silisyum ve %0,3 demir bileşiminden meydana gelmiştir. Örgülü aldrey iletkenlerin kopma gerilmesi saf alüminyum iletkenlere göre % 75 daha fazladır. Özgül direnci 0,0333 $\Omega mm^2/m$ ve özgül iletkenliği $30m/\Omega mm^2$'dir. Mukavemeti fazla olmasına rağmen iletkenliği alüminyuma göre %15, bakıra göre de %87 daha azdır.

Hava Hattı İletkenleri Çeşitleri

- Yapıldığı Malzemeye göre Hava İletkenleri
  - Bakır Zırhlı-Çelik İletkenler: Uzun açıklıklı direkler arası iletimde kullanılan iletkenlerdir (nehir geçmesi, sarp kayalıklı yerler vb.). Çelik teller bakır bir tabaka ile kaplanır ve örülerek bu tip iletkenler elde edilir. Bu iletkenlerin gerilme kuvveti bakıra göre çok fazla olmasına karşın, iletkenliği düşüktür. İletkenliği bakırın 0,35 katıdır. Eğer büyük akım taşıma kapasitesi gerekiyorsa, bakır kaplı çelik teller arasına bakır teller de sarılır .

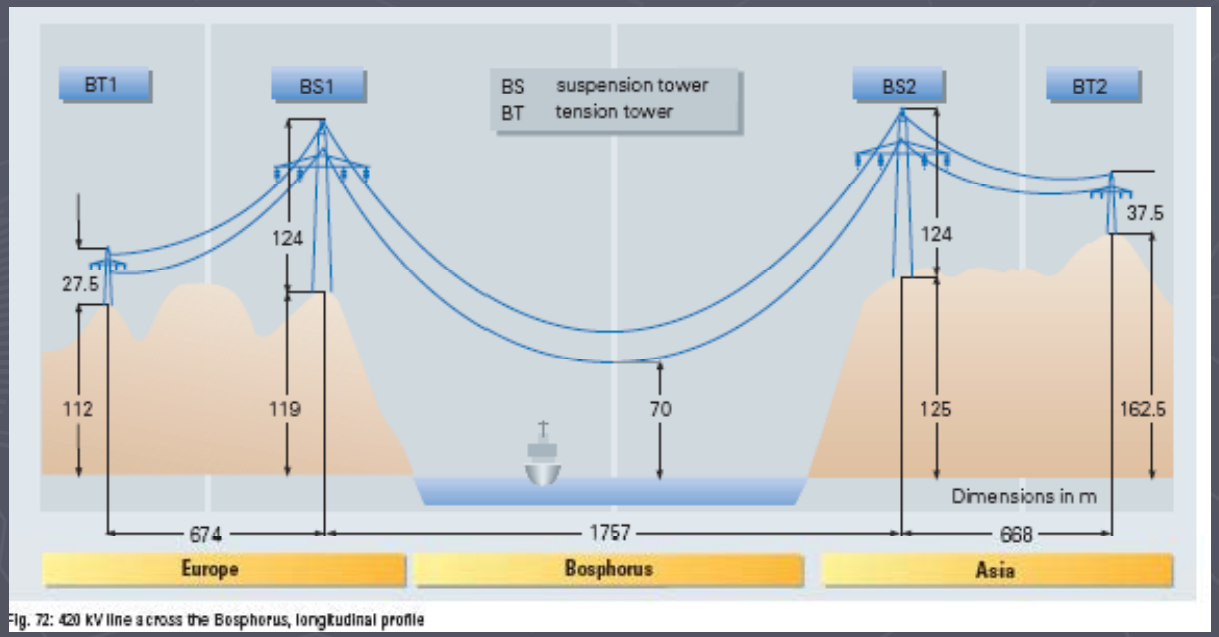
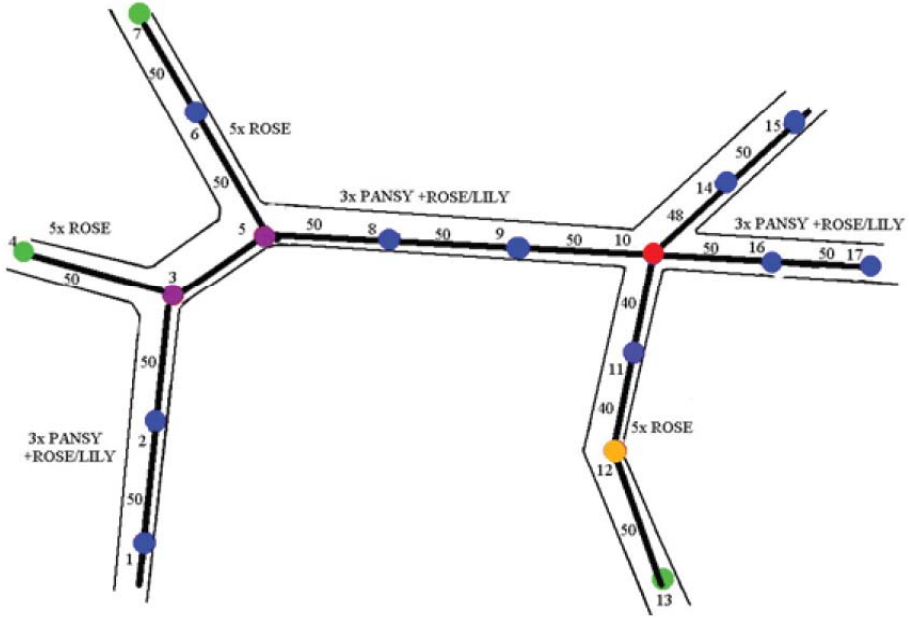


Fig. 72: 420 kV line across the Bosphorus, longitudinal profile

İletim Direkleri ve Çeşitleri

- Kullanılış Yerlerine göre Çeşitleri
  - Normal Taşıyıcı Direkler
  - Köşede Taşıyıcı Direkler
  - Normal Durdurucu Direkler
  - Köşede Durdurucu Direkler
  - Son (Nihayet) Direkler
  - Branşman Direkleri
  - Tevzi (Dağıtım) Direkleri
  - Geçit Direkleri
- Yapılarına göre Çeşitleri
  - Ağaç Direkler
  - Beton Direkler
  - Demir Direkler



Şekil 12.1 Dağıtım durumuna göre direklerin yerleri

Yukarıdaki şekilde;

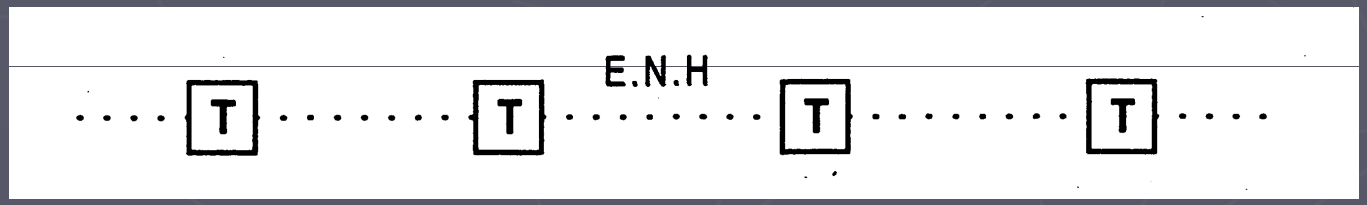
- 1, 2, 6, 8, 9, 11, 14, 15, 16 ve 17 no'lu direkler taşıyıcı direk
- 3 ve 5 no'lu direkler branşman direk
- 12 no'lu direk köşede taşıyıcı direk
- 4, 7 ve 13 no'lu direkler nihayet direkleri
- 10 no'lu direk tevzi direğidir.

İletim Direkleri ve Çeşitleri

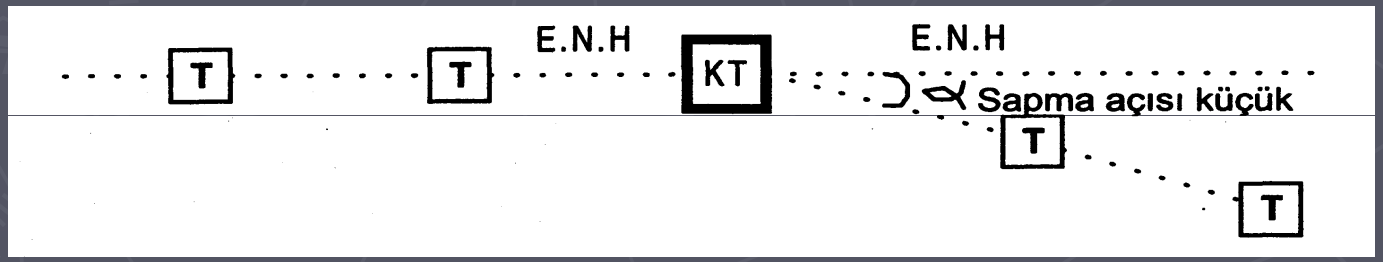
- Taşıdıkları Devre Sayısına göre Çeşitleri
  - Tek Devreli Direkler
  - Çok Devreli Direkler
- Kullanıldıkları Hattın Gerilimine göre Çeşitleri
  - Alçak Gerilim Direkleri
  - Orta Gerilim Direkleri
  - Yüksek ve Çok Yüksek Gerilim Direkleri

İletim Direkleri ve Çeşitleri

- Kullanılış Yerlerine göre Çeşitleri
  - Normal Taşıyıcı Direkler (T): Enerji nakil hattının, doğrusal olarak geçtiği yerlerde, iletkenlikleri taşımak için kullanılan direklerdir.

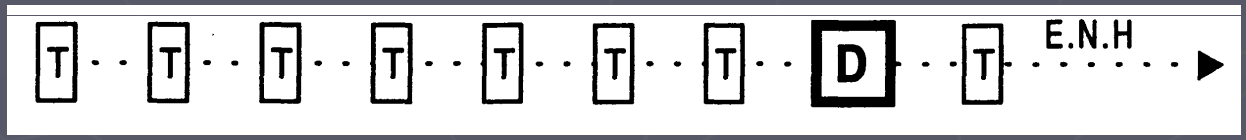


  - Köşede Taşıyıcı Direkler (KT): Doğrusal olarak giden hattın, yön değiştirdiği yerlerde (küçük sapmalarda) kullanılan direklerdir.

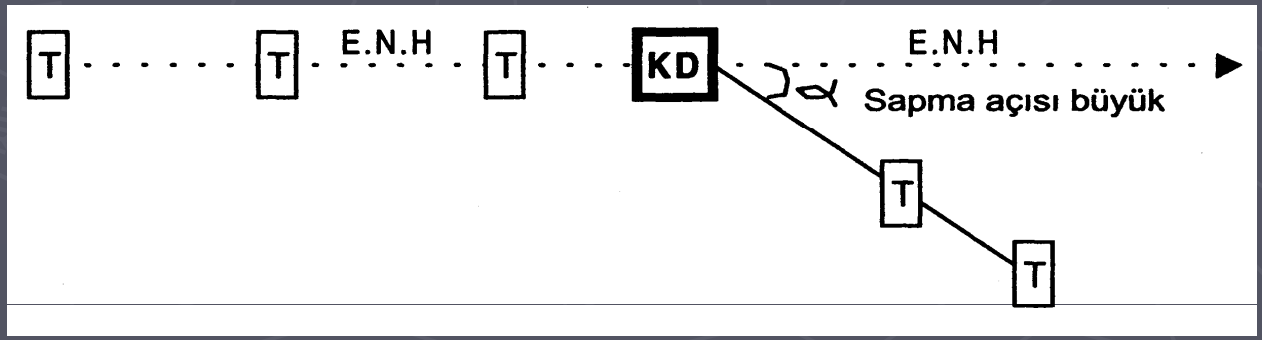


İletim Direkleri ve Çeşitleri

- Kullanılış Yerlerine göre Çeşitleri
  - Normal Durdurucu Direkler (D): ENH'de düz hattı durdurmak amacıyla kullanılan direklere denir. Taşıyıcı direklere bağlanan iletkenlerin gergin durmasını sağlar. İletkenlere gelen gerilme kuvveti durdurucu direklerle temin edilir. Genellikle durdurucu direkler arsında 7 adet taşıyıcı direk bulunur.

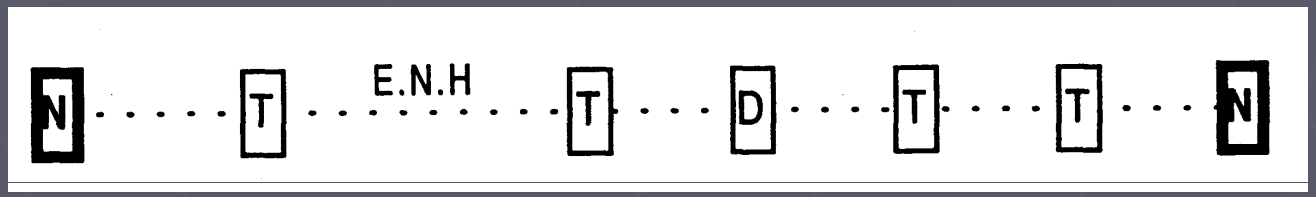


Köşede Durdurucu Direkler (KD): Enerji nakil hava hatlarının köşe noktalarında kullanılan ve aynı zamanda durduruculuk görevi yapan direklere köşede durdurucu direkler denir.



İletim Direkleri ve Çeşitleri

- Kullanılış Yerlerine göre Çeşitleri
  - Son (Nihayet) Direkleri (N): Enerji nakil hatlarının başlangıç ve bitiminde kullanılan direklerdir.



  - Branşman Direkleri (B): YG hava hatlarında taşıyıcı ve köşede taşıyıcı durumda olan direklerden bir veya iki yönde kol veya şube hattı ayrılıyorsa, bu durumdaki taşıyıcı ve köşede taşıyıcı direklere branşman direkleri denir.
  - Tevzi Direkleri: Enerji nakil hava hatlarında ikiden fazla nihayet bağı ile bağlı olan hatların tevzi edildiği yani kollara ayrılarak dağıtımının yapıldığı direklere denir. Direkteki hatlardan kesiti en büyük olan hat, ana hat olarak kabul edilir. Bunun dışında kalan diğer hatlar bu ana hattın birer branşmanı veya kolu durumundadır.
  - Geçit Direkleri (G): Geçit mesafesi uzun, nehir, boğaz, kanal, karayolu gibi yerlerden geçişlerde (atlamalarda) kullanılan direklerdir. Örneğin; İstanbul Boğazı atlaması (1600 m), Mesina Boğazı atlaması (İtalya, 3646 m).

İletim Direkleri ve Çeşitleri

- Yapıldıkları Malzemeye Göre Direk Çeşitleri
  - Ağaç Direkler: 35 kV'ye kadar olan gerilimlerin taşınmasında kullanılan, iğne yapraklı (çam, köknar, ardıç ve ladin) ağaçların kesildikten sonra tornalanmasıyla elde edilen direklerdir.

  Avantajları
  -Ucuzdur
  -Hafif olduğundan taşınması kolaydır
  -Boyama masrafları yoktur
  -Kaçak akımlara karşı güvenlidir
  -Sökülerek başka yerlerde kullanılabilir.

  Dezavantajları
  -35 kV'nin üstündeki gerilimlerde kullanılamaz
  -Dış etkilere karşı fazla dayanıklı değildir
  -Ömürleri uzun değildir
  -Tepe kuvvetlerine dayanımları azdır.

İletim Direkleri ve Çeşitleri

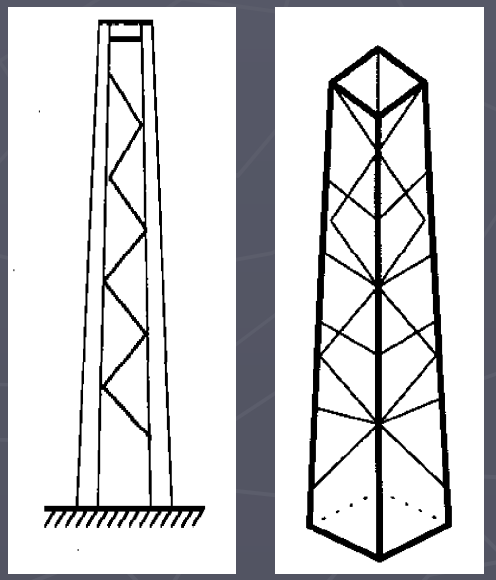
- Yapıldıkları Malzemeye Göre Direk Çeşitleri
  - Beton Direkler: Çimento, kum, su ve çakılın uygun oranlarda karşılaştırılmasıyla elde edilen beton ile, yüksek dayanımlı çelik tel ve halatları kullanarak, titreşim (vibrasyon) veya santrifüj (savurma) yöntemleriyle yapılan direklerdir. Direğin ömrü, kullanılan betona bağlıdır. Yapılabilen en üstün beton, santrifüj betondur. Direğin tepe kuvvetlerine dayanımı, içinde kullanılan çelik tellere bağlıdır. Doğa şartlarından pek etkilenmeyen beton direkler, dairesel kesitli ve konik şekilde yapılırlar. Beton direklerde kullanılan, izolatörlerin monte edildiği traversler de betondan yapılmıştır. Genellikle orta ve alçak gerilimlerde kullanılır.

    Orta ve alçak gerilimde kullanılan santrifüj beton direkler dayanabilecekleri tepe kuvvetinin 1/100 ü ile isimlendirilir. Örneğin; 9 tipi direk denilince, tepe kuvveti 9x100 = 900 kg olan direk anlaşılır.

İletim Direkleri ve Çeşitleri

- Yapıldıkları Malzemeye Göre Direk Çeşitleri
  - Demir Direkler:
    - Boyalı-kaynaklı direkler: Genellikle orta ve alçak gerilimde kullanılır.
    - Galvanizli-civatalı demir direkler : Yüksek ve çok yüksek gerilimlerde ve kimyasal etkilere maruz kalınan yerlerde kullanılır.

Demir direkler, uzun ömürlü olmaları ve tepe kuvvetlerinin her türlü ihtiyaca cevap verebilecek kapasitede olması nedeniyle tercih edilirler. Demir direklerin temellerine kesinlikle, taş, kum ve toprak doldurulmamalı, sadece beton kullanılmalıdır. Özellikle yüksek gerilim için kullanılan demir direk temelleri çok dikkatli yapılmalıdır. Çünkü temeldeki küçük bir eğim, yukarıda bariz olarak direğin bir yana doğru eğimli olmasına neden olur. Alçak gerilim şebekelerinde, A ve kafes tipi demir direkler kullanılmaktadır.

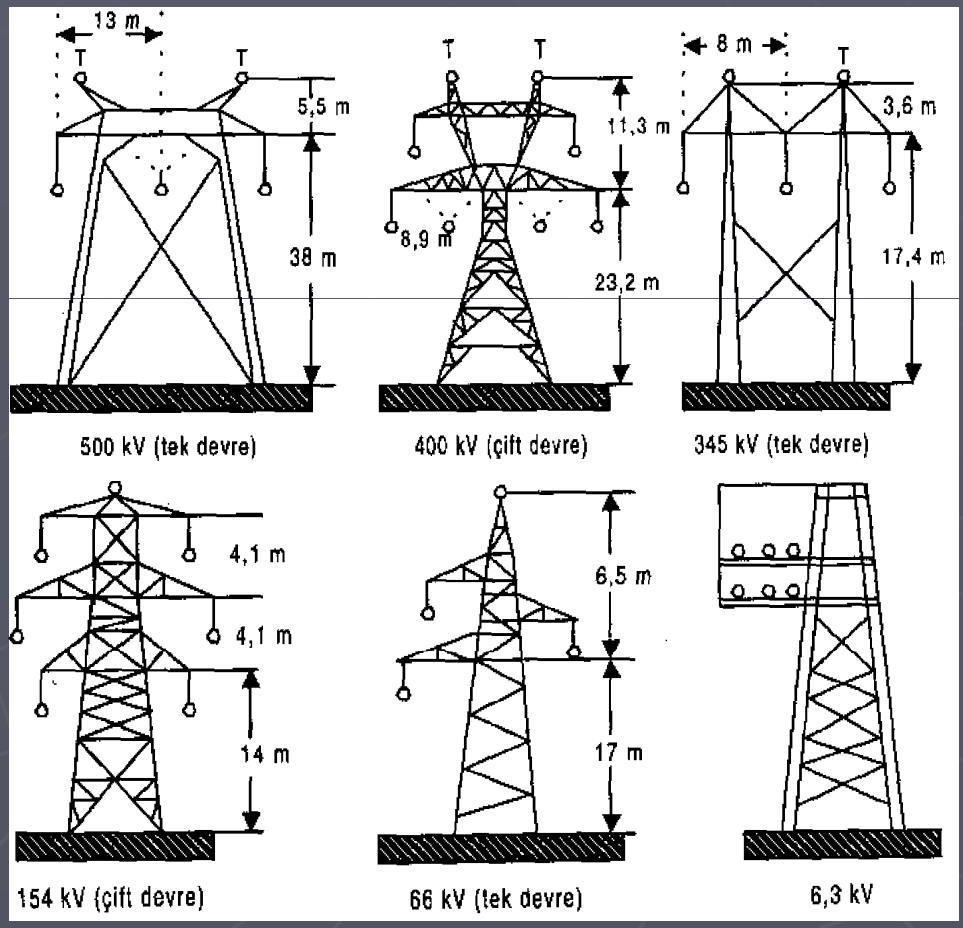


İletim Direkleri ve Çeşitleri

- Kullanıldıkları Hattın Gerilimine Göre Direk Çeşitleri
  - Alçak Gerilim Direkleri
  - Orta Gerilim Direkleri
  - Yüksek ve Çok Yüksek Gerilim Direkleri

Avantajları
- Tepe kuvvetleri büyüktür
- Ömürleri uzundur ve onarımları kolaydır
- Taşınmaları ve montajları kolaydır.

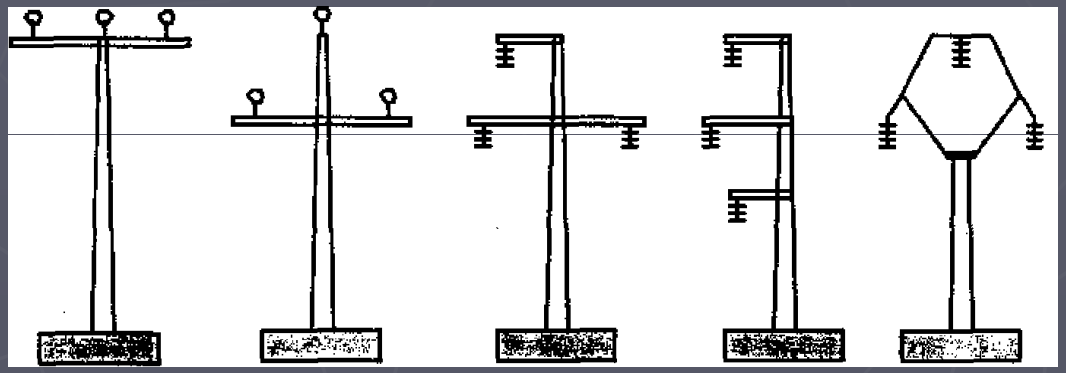
Dezavantajları
- Maliyeti yüksektir
- Rutubet etkisine karşı boyanmalıdır
- Kaçak akımlara karşı çok güvenli değildir.



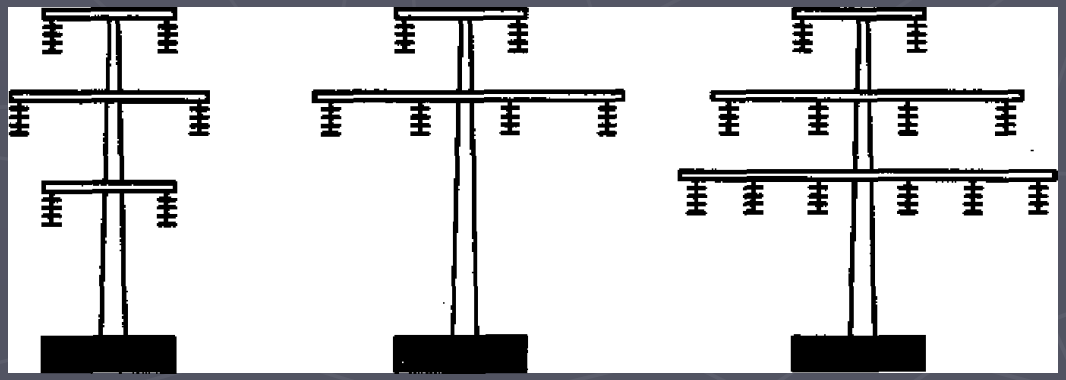
Orta ve yüksek gerilimde kullanılan demir direkler

İletim Direkleri ve Çeşitleri

- Taşıdıkları Devre Sayısına Göre Direk Çeşitleri
  - Tek Devreli Direkler: Sadece bir alternatif akım devresi iletkenlerini taşıyan direklerdir.



  - Çok Devreli Direkler: İki ve daha fazla alternatif akım iletkenlerini taşıyan direklerdir.



Direk Başı Donanımları

Elektrik enerjisinin direkler vasıtasıyla taşınmasında, direkler üzerinde bazı donanımlara ihtiyaç vardır:

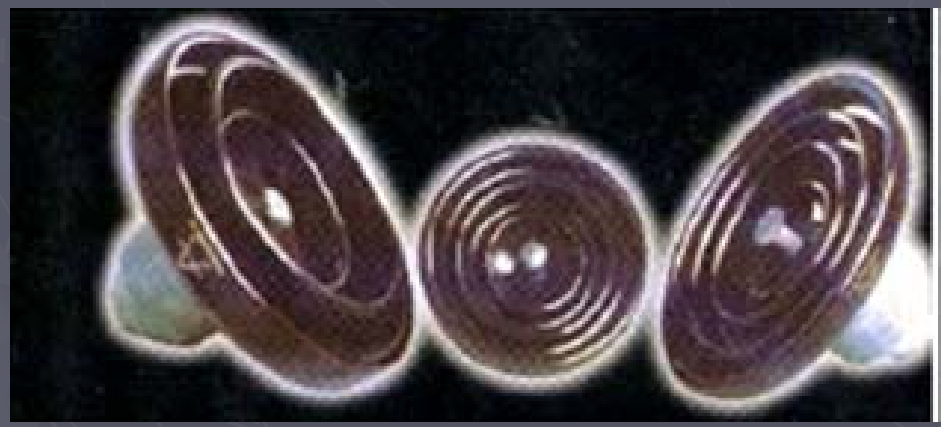
- Direk Başı Donanımları
  - Traversler
  - İzolatörler
  - Korkuluklar
  - Damperler
  - Camper
  - Spacer (Aralayıcı)

Direk Başı Donanımları

- Direk Başı Donanımları
  - Traversler: Enerji nakil hatlarında kullanılan iletkenleri birbirinden ve direkten, belli bir mesafede tutmaya ve taşımaya yarayan, beton veya demirden yapılan elemanlardır.

Direk Başı Donanımları

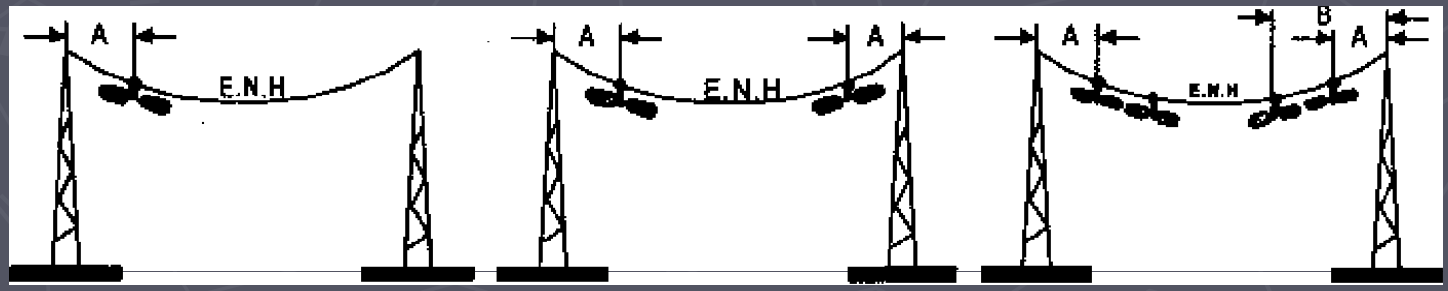
- Direk Başı Donanımları
  - İzolatörler: Enerji nakil hatlarını ve baraları, tespit edildikleri yerden yalıtan ve taşıyan elemanlara izolatör denir. İzolatörler genellikle, elektrik akımına karşı büyük direnç gösteren, sıcak ve soğuk hava şartlarına dayanıklı malzemeler olan, porselen ve camdan imal edilirler.



Direk Başı Donanımları

- Direk Başı Donanımları
  - Korkuluklar: Korkuluklar demir direklerde kullanılır. İnsanların ve tırmanma özelliğine sahip canlıların, direklere çıkmalarını önlemek İçin kullanılan, metalden yapılmış elamanlardır. Korkulukların ebatları ve tipleri kullanılacağı direğe göre değişiklikler gösterir.
  - Damperler (Amortisör): Enerji nakil hatları çeşitli nedenlerle titreşim yaparlar ve bu titreşimler iletkenlerin ağırlığından dolayı izolatörlere binen yükü bir kaç kat daha artırarak, kopmalarına neden olabilir. İşte bu titreşimlerin etkisini azaltmak için, izolatörlere yakın yere monte edilen elemanlara damper denir.

    Direkler arası mesafe (a) a<200m ise; bir taraftaki direkte 1 adet,
    200m<a<500m ise; her iki taraftaki direklere birer adet,
    500m<a<1500m ise; her iki taraftaki direkte ikişer adet damper kullanılır.

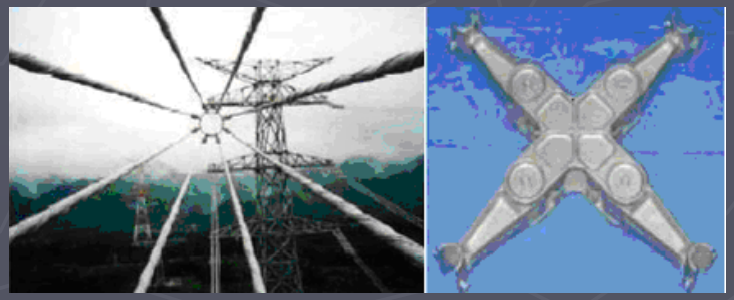


Direk Başı Donanımları

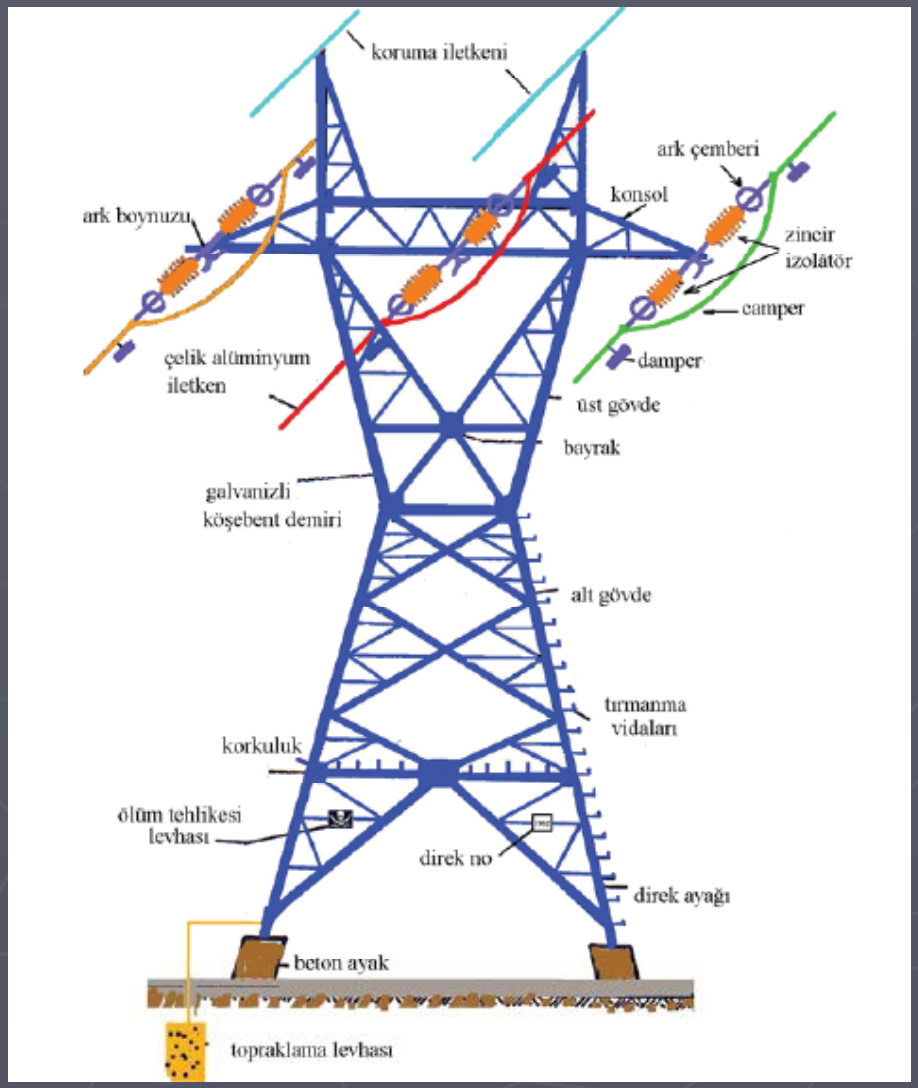
- Direk Başı Donanımları
  - Camper (Gevşek İrtibat): direk üzerinde enerji nakil hatlarının giriş ve çıkışını birleştiren iletkenlere camper denir. Camper için kullanılacak iletken kesiti, birleştireceği hattın kesitiyle aynı olmalıdır. Bağlantı için genellikle klemens kullanılır.

Direk Başı Donanımları

- Direk Başı Donanımları
  - Spacer (Aralayıcı): Çok yüksek gerilimli elektrik enerjisinin hava hatları ile iletilmesinde aynı faza ait iletkenlerin kesitleri yeterli olmadığı takdirde iletken sayıları 2-3 veya 4 demet şeklinde çekilir. Ülkemizin enterkonnekte şebeke sistemine dâhil olan 380 kV enerji nakil hatlarında A WG veya MCM Rail tipi çelik özlü alüminyum iletkenler kullanılmaktadır. Kullanılan bu iletkenin akım taşıma sınırı 1010 amperdir. Eğer hava hattından 1010 amperin üzerindeki değerden daha yüksek değerde bir akım iletilmesi gerekirse aynı fazlara ait iletken sayıları 2- 3 veya 4 hat şeklinde tesis edilir. Aynı faza ait iletkenler 2'li-3'lü veya 4'lü demet şeklinde çekildiği zaman rüzgârın etkisiyle birbirlerine çarparak temas edebilir. Bu durumda alüminyum iletkenin dış kısmında ezilme şeklinde zedelenmeler olur. Bu olumsuz durumu önlemek için aynı faza ait olan bu iletkenler hat boyunca 60-70 metre aralıklarla karşılıklı olarak birbirlerine esnek bir parça ile tutturulur. Aynı faza ait olan iletkenleri birbirlerine tutturan bu esnek parçaya spacer denir.



Direk Başı Donanımları



Çatal Direk ve Bileşenleri

Elektrik Tesisleri Dersi

Slayt 9

Dersin İçeriği

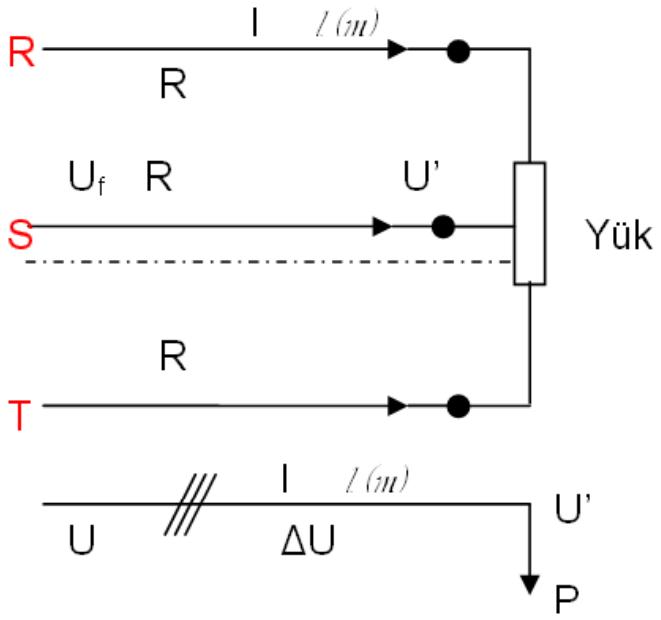
- Elektriksel Gerilim Düşümü
  - Temel Kavramlar
  - Üç Fazlı Devrelerde Gerilim Düşümü
  - Gerilim Düşümü Hesap Örneği
- Topraklama Sistemleri
  - Topraklama ile İlgili Temel Kavramlar
  - Topraklamanın Sebepleri
  - AG Şebekelerinde Topraklama Sistemleri
  - Topraklama Çeşitleri
  - Topraklama İşlem Süreci
  - Topraklama Hesap Örneği
- İç Tesisat Projelerinin İçeriği

Gerilim Düşümü

Üç fazlı bir sistemde enerjiyi belli bir uzaklığa iletmek için kullanılan iletkenler üzerinde gerilim düşümü ve güç kaybı oluşur. Kullanılan şebeke çeşidine göre uygun görülen gerilim düşümü yüzdesinin belirli bir değerin üstünde olmaması gerekir ve dolaysıyla iletken kesitlerinin izin verilen gerilim düşümünden daha fazla bir gerilim düşümüne sebep olmaması istenir.

Bunun yanında iletken kesiti gereğinden fazla olursa ekonomik olarak uygun bir sistem söz konusu olmaz. Bu sebeple elektrik enerjisi iletim ve dağıtım şebekelerinde kullanılan iletkenlerin kesitleri, izin verilen gerilim düşümü yüzdelerine uygun kalınlıkta hesap edilmelidir.

Üç Fazlı Devrelerde Gerilim Düşümü



$$I_o = I_R + I_S + I_T = 0$$

$$\%e = \frac{U - U'}{U} 100$$

$$\%e = \frac{100 \ell P}{k S U^2}$$

Üç Fazlı Devrelerde Gerilim Düşümü

Örnek: Bir elektrik santralindeki şalt sahasından 110 km uzaklıktaki indirici trafo merkezine 154 kV, 100 MW ve güç katsayısı 0,8 olan üç fazlı bir elektrik enerjisi iletilecektir. Enerji nakil hattı alüminyum iletkenli ve enerji taşınmasında %5'lik gerilim düşümüne müsaade edildiğine göre;

•Enerji nakil hattındaki alüminyum iletkenden geçen akımı ve iletkenin kesitini hesaplayınız.
•Standart kesite göre toplam gerilim düşümünü ve yüzdesini hesaplayınız.

$$P = \sqrt{3}.U.I.\cos\varphi$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}.U.\cos\varphi} = \frac{100.000.000}{1,73.\mathbf{154000}.0,8} = \frac{100.000}{1,73.\mathbf{154}.0,8} = \frac{100.000}{\mathbf{213.14}} = \mathbf{469,18A}$$

Üç Fazlı Devrelerde Gerilim Düşümü

$$\%e = \frac{100.L.P}{k.S.U^2} \rightarrow S = \frac{100.L.P}{k.e.U^2} \qquad S = \frac{100.(110.10^3).(100.10^6)}{35.5.(154.10^3)^2} = 265\,mm^2$$

Bulunan değere en yakın üst değerdeki iletken seçilir. 280,84 mm2

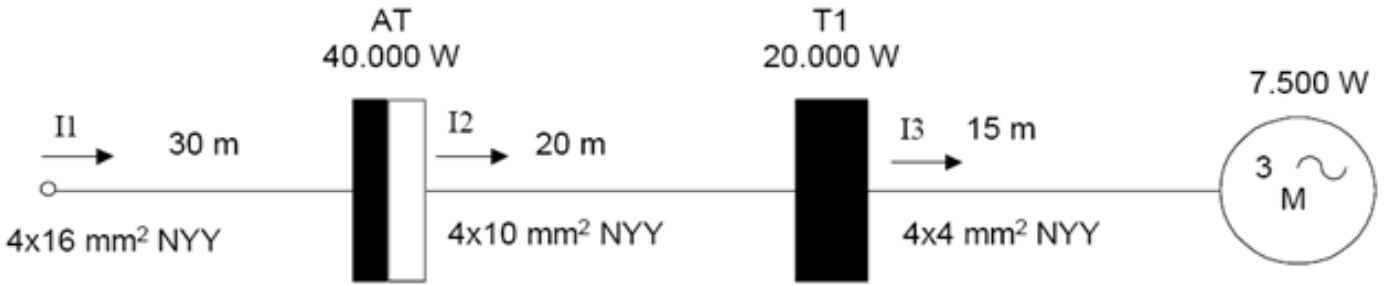
$$\Delta U = \frac{L.P}{k.S.U} = \frac{(110.10^3).(100x10^6)}{35.280,84.(154.10^3)} = \frac{110.10^8}{1513727,6} = 7266,82V$$

$$\%e = \frac{100.L.P}{k.S.U^2} = \frac{100.(110.10^3).(100.10^6)}{35.280,84.(154.10^3)^2} = 4,71$$

Üç Fazlı Devrelerde Gerilim Düşümü

ÇELİK ÖZLÜ ALÜMİNYUM İLETKENLERİN KARAKTERİSTİKLERİ						
İLETKEN ACSR	Anma Kesit MCM	477	795	954	954	1272
	Kod İsmi	HAWK	DRAKE	RAIL	CARDINAL	PHEASANT
STANDART KESİT(mm^2)	Alüminyum	241,65	402,56	484,40	484,53	645,08
	Çelik	39,19	65,44	33,60	62,81	81,71
	Toplam	280,84	468,00	517,00	547,34	726,79
KATMAN SAYISI		3	3	4	4	5
KATMANLARDAKİ TEL SAYISI		1/6/10/16	1/6/10/16	1/6/9/15/21	1/6/12/18/24	1/6/12/12/18/24
ÖRGÜDEKİ ALÜMİNYUM TELİN	Adedi	26	26	45	54	54
	Çapı(mm)	3,44	4,44	3,70	3,38	3,90
ÖRGÜDEKİ ÇELİK TELİN	Adedi	7	7	7	7	19
	Çapı(mm)	2,67	3,45	2,48	3,38	2,34
STANDART ÇAP(mm)	Komple İletken	21,77	28,11	29,60	30,42	35,10
	Çelik Nüve	8,01	10,36	7,4	10,14	11,70
ANMA KOPMA KUVVETİ(kgf)		8798	14165	11864	15589	20357
BİRİM AĞIRLIK (kg/km)		973	1624	1600,2	1829	2423,5
NİHAİ ELASTİSİTE MODÜLÜ (kg/mm^2)		7700	7700	6700	7000	6800
ORTALAMA ISIL UZAMA KATSAYISI ($1/^0CX10^{-6}$)		18,9	18,9	19,5	19,3	19,4
BİR MAKARADA ALÜMİNYUM TELLERDEKİ İZİN VERİLEN EKLERİN SAYISI		4	4	5	5	5

Üç Fazlı Devrelerde Gerilim Düşümü



$\cos\varphi = 0{,}95$

$$\%e_1 = \frac{100.L_1.P_1}{k.S_1.U^2} = \frac{100.30.40000}{56.16.380^2} = 0.927$$

$$\%e_2 = \frac{100.L_2.P_2}{k.S_2.U^2} = \frac{100.20.20000}{56.10.380^2} = 0.494$$

$$\%e_3 = \frac{100.L_3.P_3}{k.S_3.U^2} = \frac{100.15.7500}{56.4.380^2} = 0.347$$

$\%e_T = \%e_1 + \%e_2 + \%e_3 = 0{,}927 + 0{,}494 + 0{,}347 = \%1{,}768 < \%3$ olduğundan kesit uygundur.

Üç Fazlı Devrelerde Gerilim Düşümü

$$I_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3}.U.\cos\varphi} = \frac{40000}{\sqrt{3}.380.0{,}95} = 64A < 100\ A$$

$$I_2 = \frac{P_2}{\sqrt{3}.U.\cos\varphi} = \frac{20000}{\sqrt{3}.380.0{,}95} = 32A < 77\ A$$

$$I_3 = \frac{P_3}{\sqrt{3}.U.\cos\varphi} = \frac{7500}{\sqrt{3}.380.0{,}95} = 12A < 58\ \text{A}$$

olduğundan akım yönünden de kesit uygundur.

Kabloların Taşıyacağı Akım Kapasite Tablosu

Anma kesiti (mm^2)	Tel Sayısı	İletken Çapı (mm)	Direnç (ohm/km)	Akım Taşıma kapasitesi	
				Toprakta (A)	Havada (A)
1x1,5	1	1,38	11,9	37	26
1x2,5	1	1,80	7,14	50	35
1x4	1	2,26	4,47	65	46
1x6	1	2,80	2,97	83	58
1x10	1 – 7	4,1	1,79	110	80
1x16	1 – 7	5,2	1,12	145	105
1x25	7	6,4	0,712	190	140
1x35	7 – 19	7,7	0,514	235	175
1x50	19	9,2	0,379	280	215
1x70	19	11	0,262	350	270
1x95	19	12,7	0,189	420	335
1x120	37	14,4	0,150	480	390
2x1,5	1	1,38	12,1	30	21
2x2,5	1	1,80	7,28	41	29
2x4	1	2,26	4,56	53	38
2x6	1	2,80	3,03	66	48
2x10	1 – 7	4,1	1,83	88	66
3x1,5	1	1,38	12,1	27	18
3x2,5	1	1,80	7,28	36	25
3x4	1	2,26	4,56	46	34
3x6	1	2,80	2,03	58	44
3x10	1 – 7	4,1	1,83	77	60
4x1,5	1	1,38	12,1	27	18
4x2,5	1	1,80	7,28	36	25
4x4	1	2,26	4,56	46	34
4x6	1	2,80	3,03	58	44
4x10	1 – 7	4,1	1,83	77	60
4x16	1 – 7	5,2	1,15	100	80
3x25+16	7	6,4	0,727	130	105
3x35+25	7 – 19	7,7	0,524	155	130
3x50+25	19	9,2	0,387	185	160
3x70+35	19	11	0,268	230	200
3x95+50	19	12,7	0,193	275	245
3x120+70	37	14,4	1,153	315	285

Topraklama

- Topraklama

Elektrik tesislerinde işletme akım devresinin bir noktası ya da bir tesisisin akım taşımayan iletken kısımları ile toprak arasında iletken bir bağlantı kurmaktır.

- Topraklama Gerekliliği
  - Elektrik sistemlerinin devamlılığını sağlamak ve insan hayatını güvenceye almak için elektrik sistemlerinde gerilim altındaki kısımların yalıtımında meydana gelebilecek bir hata durumunda, insan hayatını güvenceye almak.
  - Şebekelerin düzgün çalışmasını sağlamak.
  - Cihazların, bina aksamının ve benzeri elemanların aralarında, işletme esnasında potansiyel farkın meydana gelmemesini temin etmek.

Topraklama

- Koruma Topraklaması

  Bir yalıtım hatasında, elektrik devresinin aşırı akım koruma aygıtları ile açılmasını sağlayarak insanları tehlikeli dokunma gerilimlerine karşı korumak için gerilim altında olmayan iletken tesis bölümlerinin topraklayıcılara ya da topraklanmış bölümlere doğrudan doğruya bağlanmasıdır.
- İşletme Topraklaması

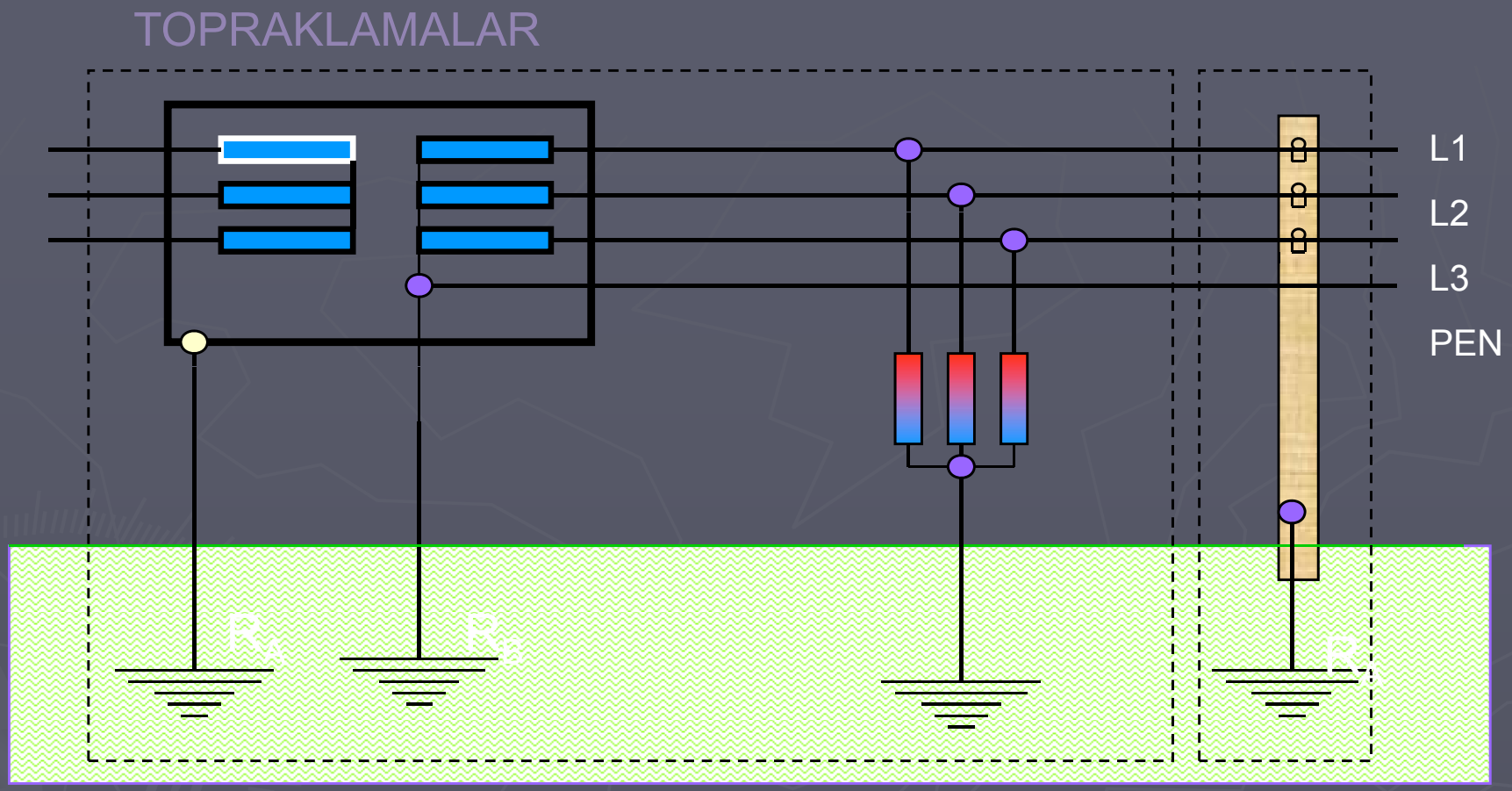
  Aktif bölümlerin ve sıfır iletkeninin topraklanmasına işletme topraklaması adı verilir.

  Empedanssız işletme topraklaması: topraklama devresine direnç koymadan, doğrudan doğruya yapılan topraklamadır.

  Empedanslı işletme topraklaması: Bir direnç üzerinden yapılan topraklama olup genellikle orta gerilim sistemlerinde uygulanır.
- Fonksiyon Topraklaması

  Bir iletişim tesisinin veya bir işletme elemanının istenen fonksiyonu yerine getirmesi için yapılan topraklamadır. Yıldırım etkilerine karşı koruma, raylı sistem topraklaması, zayıf akım cihazlarının topraklanması vb.

Topraklama



Koruma topraklaması

İşletme topraklaması

Fonksiyon topraklaması

Koruma topraklaması

Alçak Gerilim Şebekelerinde Topraklama

Tesisat yönetmelikleri, alçak gerilim şebekelerinde kullanılmak üzere, temel olarak üç çeşit topraklama bağlantısı bildirmektedir. Bağlantı şekillerini belirleyen isimlerde ilk harf, trafonun sıfır noktasının toprakla bağlantı durumuna işaret etmektedir.

T Toprağa bağlı,

I Topraktan yalıtılmış.

İkinci harf ise cihazların toprağa bağlantı durumunu göstermektedir.

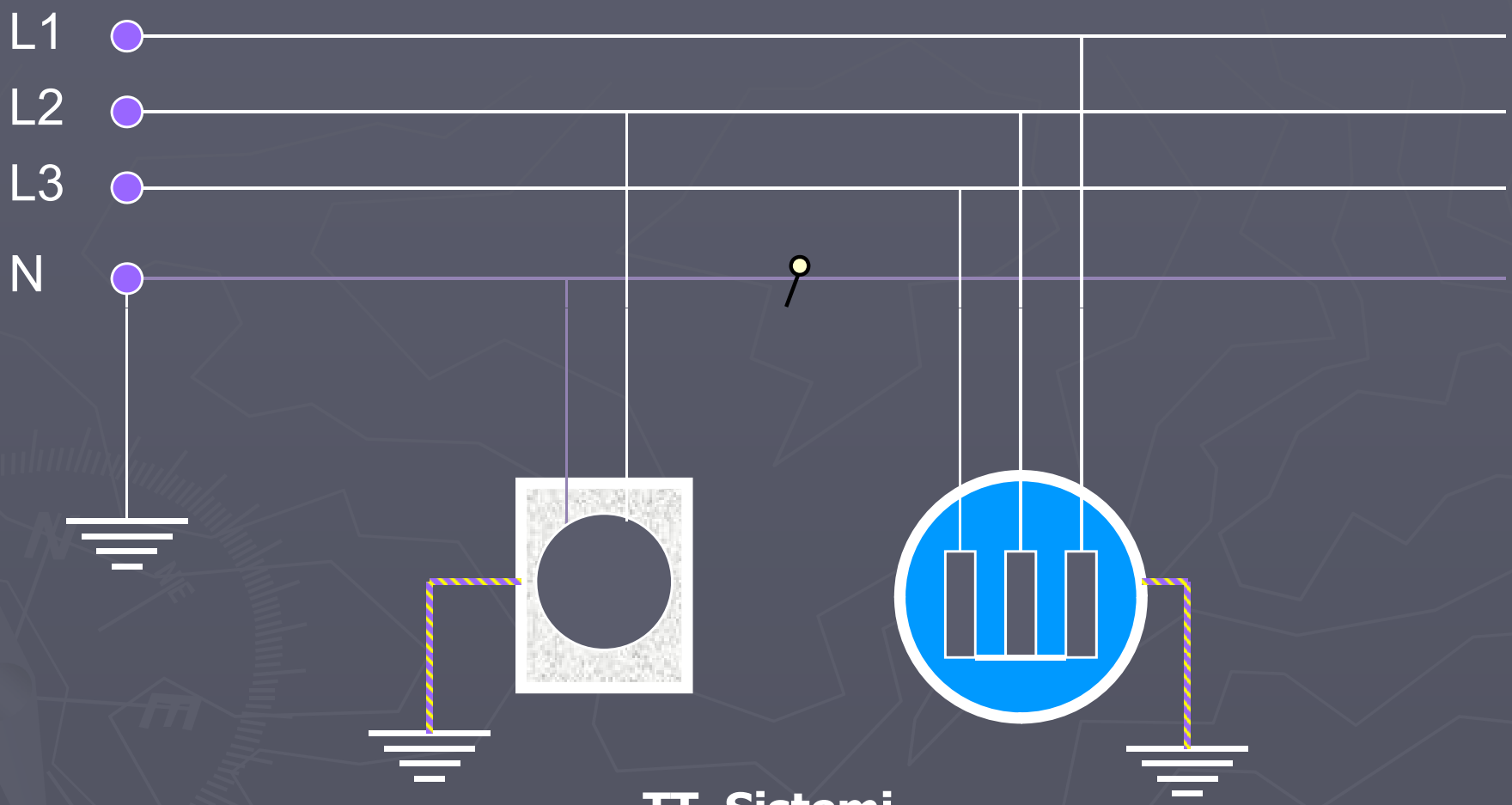
T Toprağa bağlı

N Sıfır hattına bağlı

Bu duruma göre üç ana sistem TT, TN, IT şeklinde oluşmakta TN sistemin ise yine üç adet alt grubu meydana gelmektedir.

TN-C, TN-S, TN-C-S

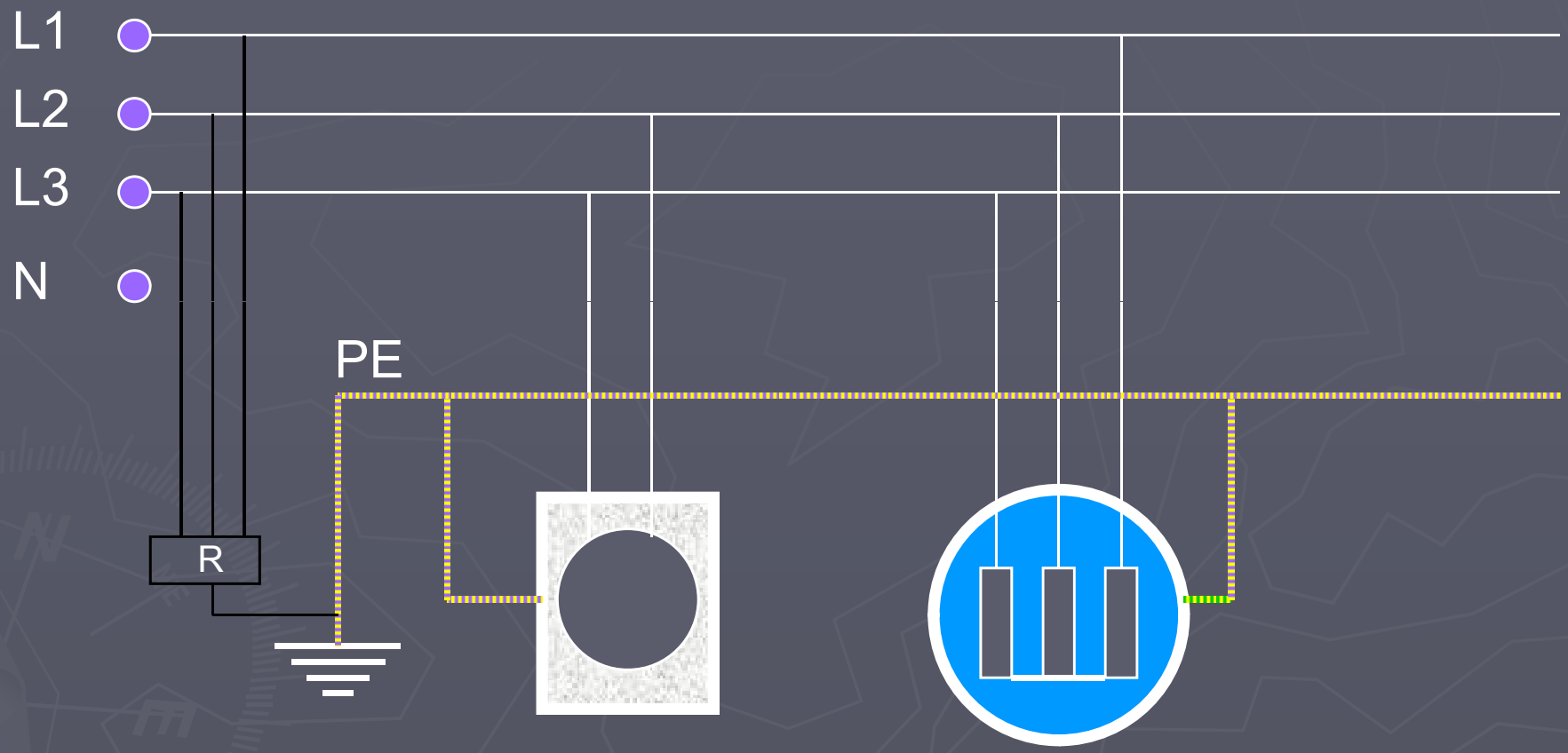
Alçak Gerilim Şebekelerinde Topraklama



TT Sistemi

Sistem nötrü ve cihazlar ayrı ayrı topraklanmış

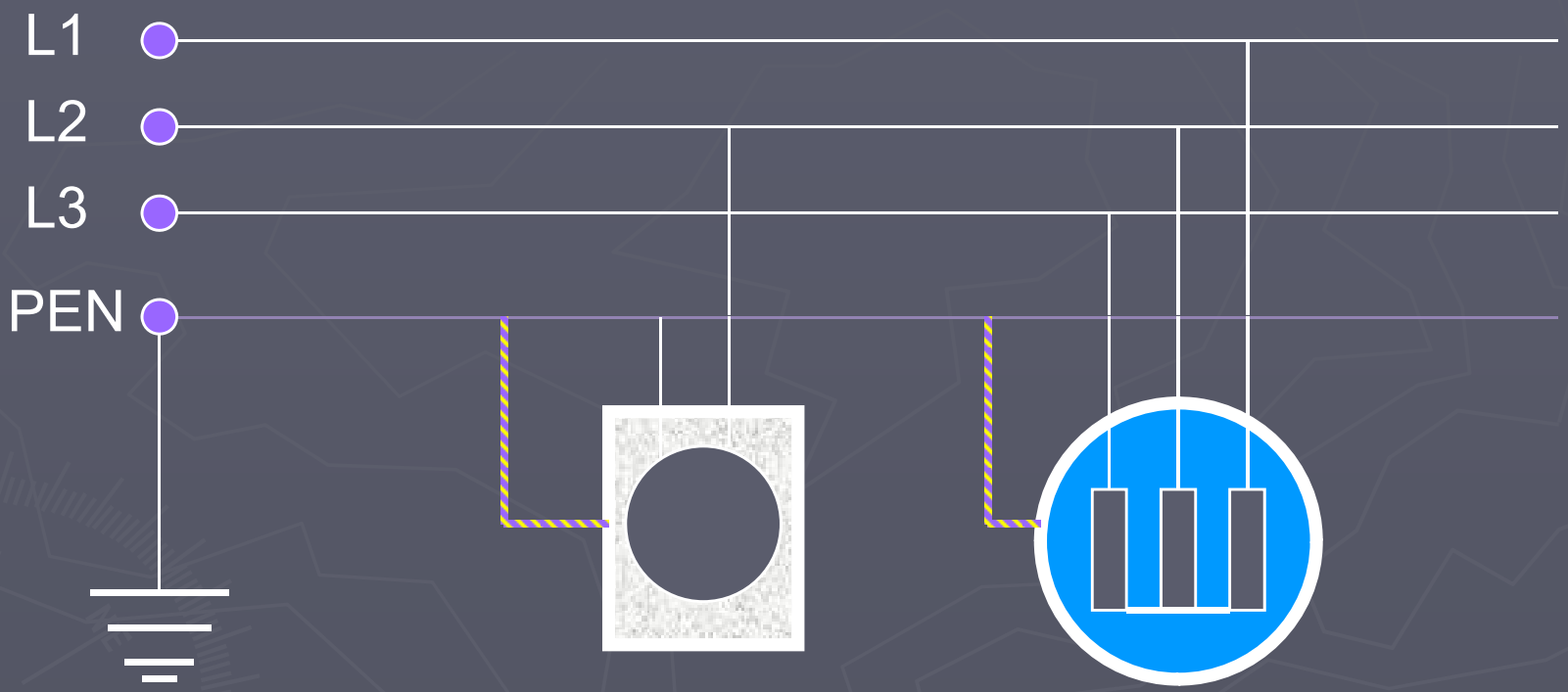
Alçak Gerilim Şebekelerinde Topraklama



IT Sistemi

Sistem nötrü yalıtılmış ve cihazlar topraklanmış

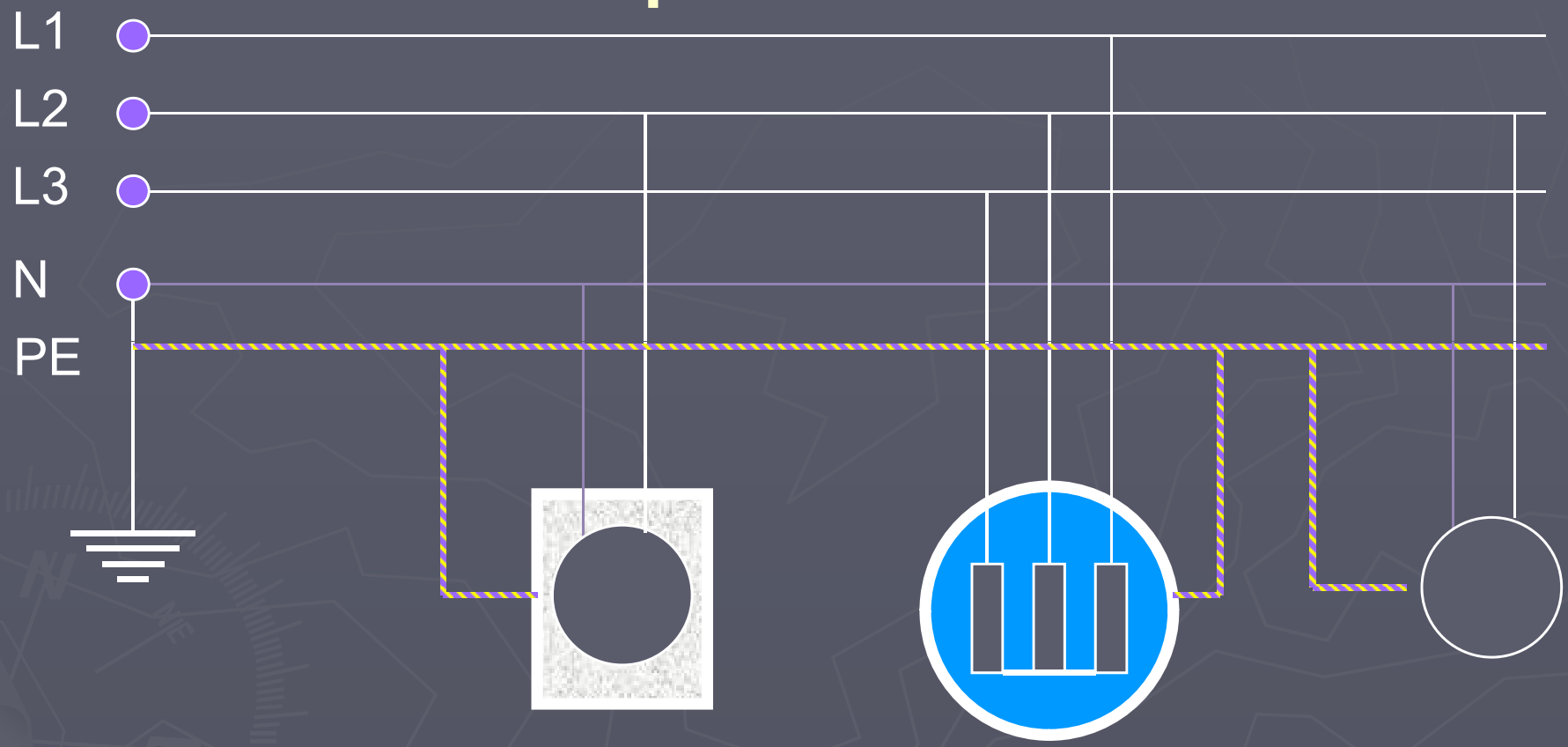
Alçak Gerilim Şebekelerinde Topraklama



TN-C Sistemi

Koruma ve nötr fonksiyonları birleştirilmiş

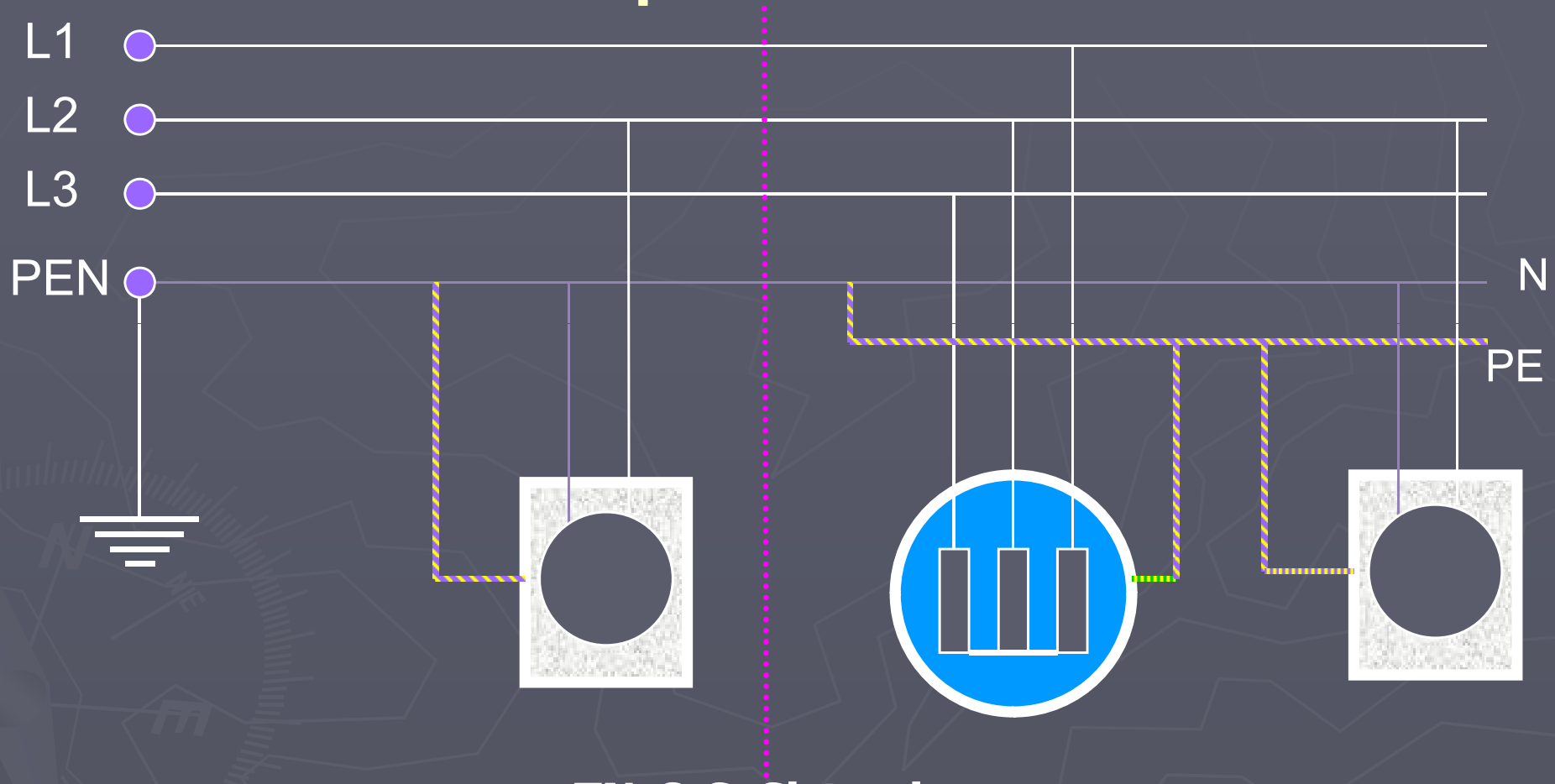
Alçak Gerilim Şebekelerinde Topraklama



TN-S Sistemi

Koruma ve nötr fonksiyonları ayrı iletkenlerle yalıtılmış

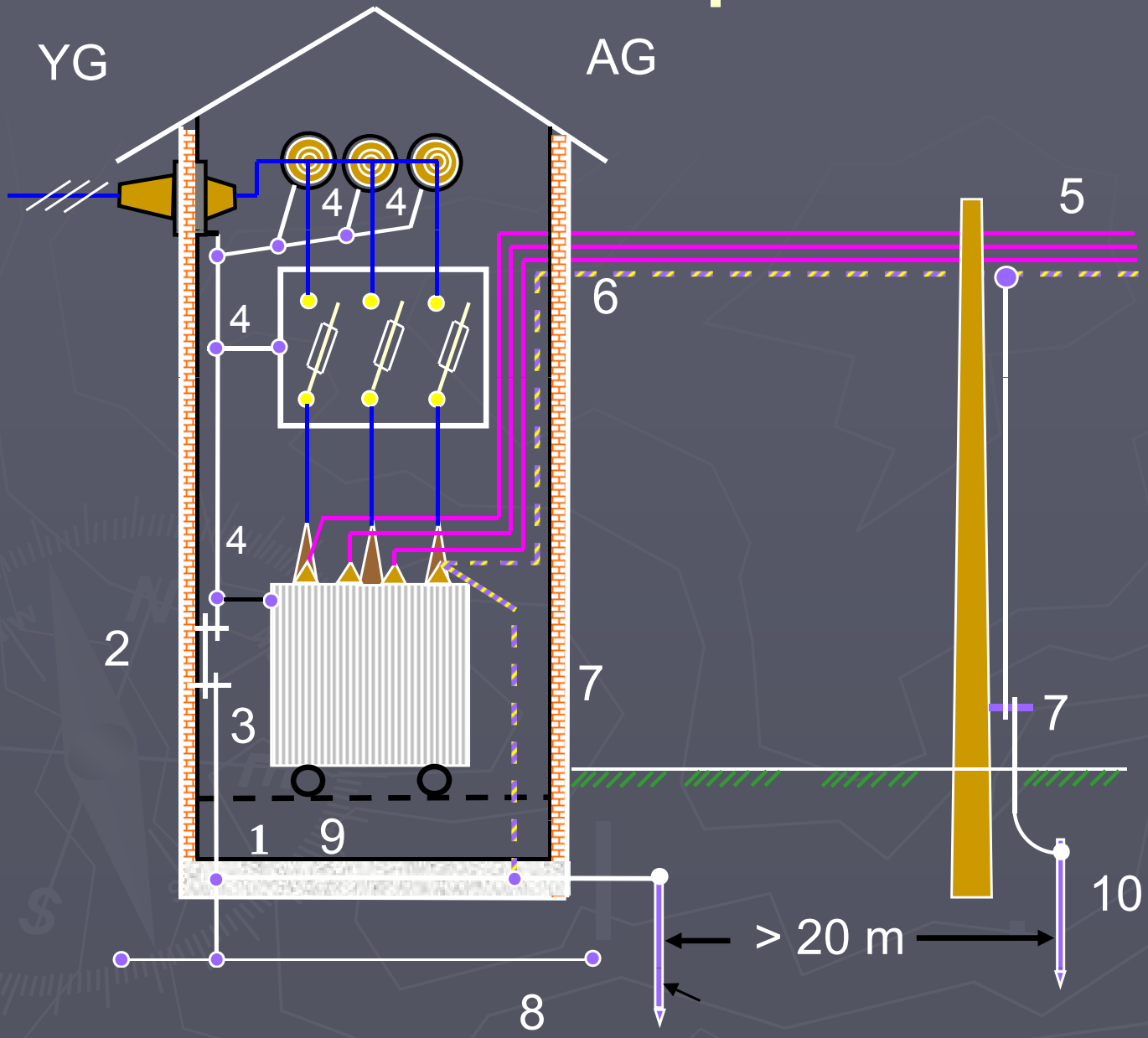
Alçak Gerilim Şebekelerinde Topraklama



TN-C-S Sistemi

Koruma ve nötr fonksiyonları şebekenin bir bölümünde birleştirilmiş

Topraklama



1. Koruma topraklaması
2. Potansiyel dengeleme barası
3. Topraklama iletkeni
4. Koruma iletkeni
5. A.G.hava hattı
6. Nötr (N) veya PEN
7. İşletme topraklaması
8. Potansiyel düzenleyici topraklayıcılar
9. Temel topraklama
10. Derin topraklayıcı

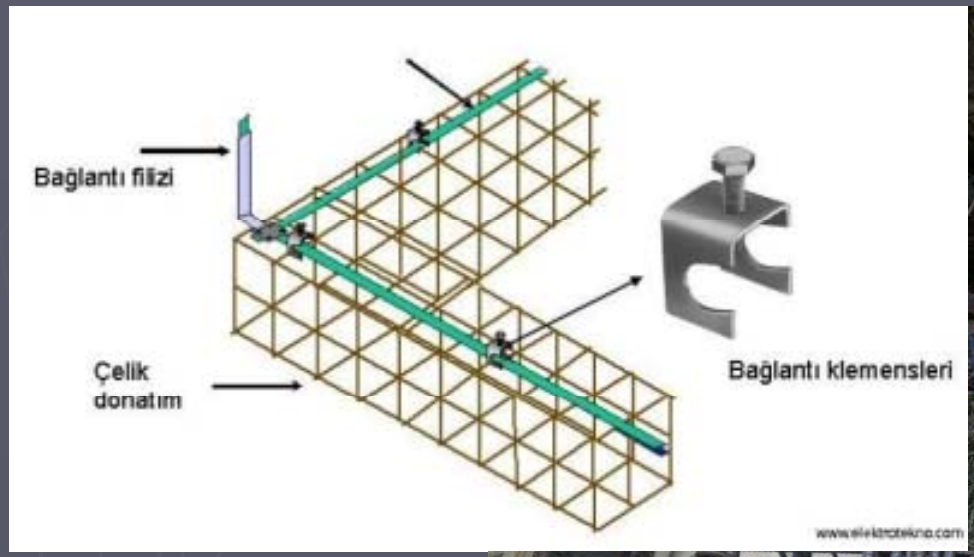
Topraklama İşlem Sırası

- Topraklama Yapılacak Yerin Belirlenmesi
- Toprak Özgül Direncinin Ölçülmesi
- Topraklama Tipinin Belirlenmesi
- Toprak Yayılma Direncinin Hesaplanması
- Tesisin Kurulması
- Bağlantıların Kontrol Edilmesi
- Ölçümlerin Tekrar Yapılması

Topraklama Çeşitleri

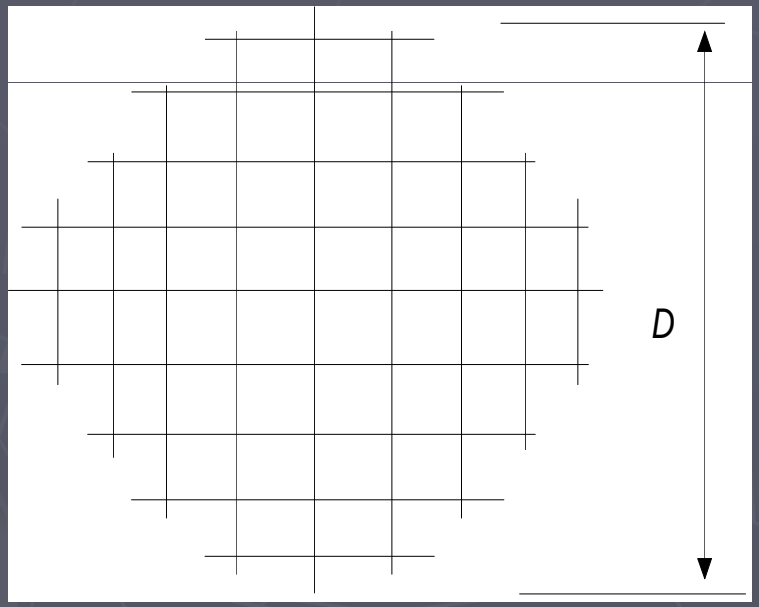
- Topraklama Yöntemleri
  - Küre Topraklayıcı Kullanarak
  - Yarım Küre Topraklayıcı Kullanarak
  - Çubuk (Derin) Topraklayıcı Kullanarak
  - Şerit (Yüzeysel) Topraklayıcı Kullanarak
  - Yıldız Topraklayıcı Kullanarak
  - Gözlü Topraklayıcı Kullanarak
  - Daire Şeklinde Levha Topraklayıcı Kullanarak
  - Kare Şeklinde Levha Topraklayıcı Kullanarak

Temel Topraklama



Topraklama Hesabı Örneği

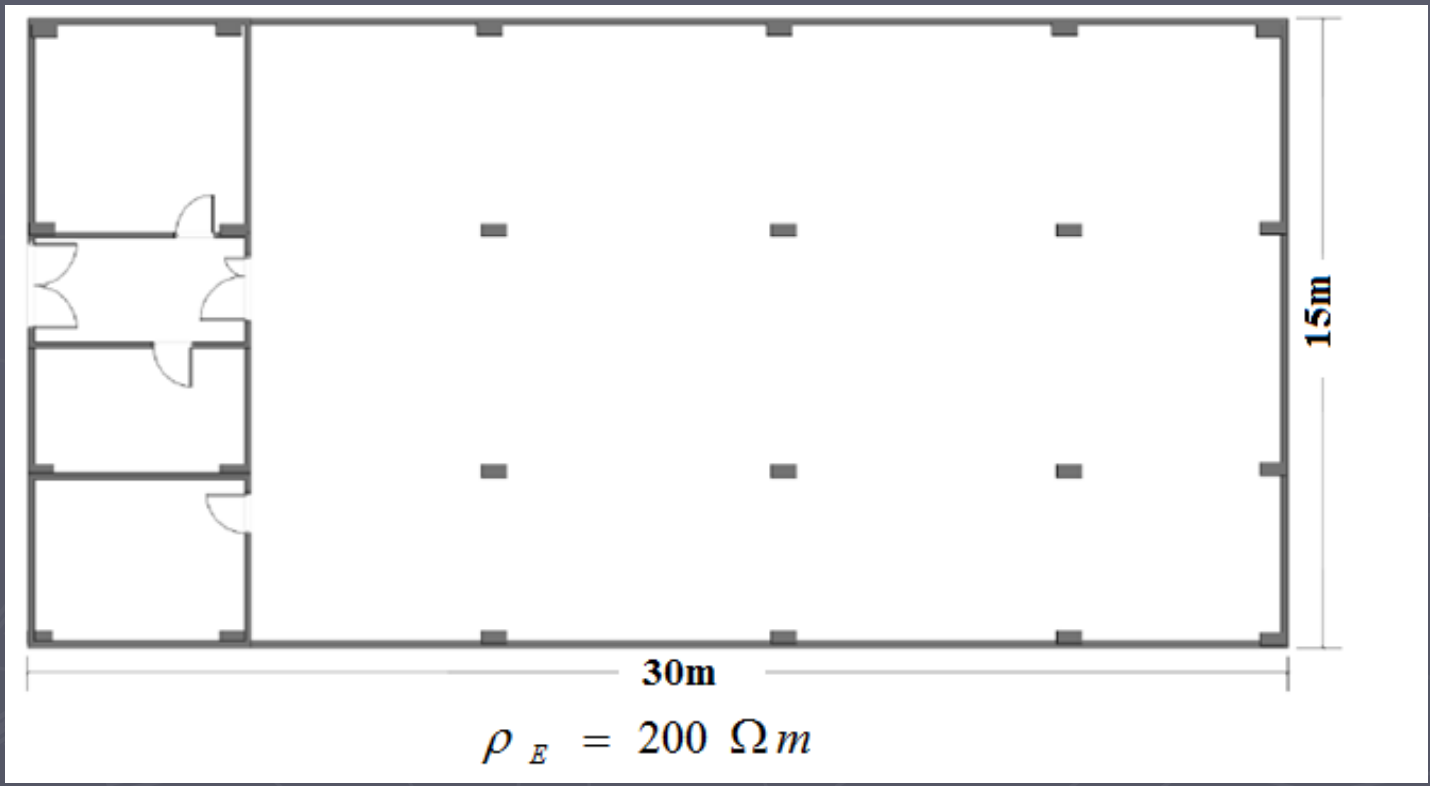
Gözlü Topraklayıcı Kullanarak



$$R_E = \frac{\rho_E}{2.D} + \frac{\rho_E}{L}$$

D gözlü topraklayıcının alanına eşit alanlı dairenin çapı, L topraklayıcıda kullanılan toplam iletken uzunluğu ve ρE toprak özdirencidir. 20x20m'den daha büyük olmayan gözlerden bir ağ oluşturulması gerekir.

Topraklama Hesabı Örneği



Toplam Temel Boyu İletken Boyu

Temelin boyuna paralel iletken sayısı ile temel boyu çarpılarak bulunur. Temel boyu 30 metre, en az iki kol bulunması gerektiğinden 30x2=60 metre olarak bulunur.

Topraklama Hesabı Örneği

Toplam Temel Eni İletken Boyu

Temelin enine paralel iletken sayısı ile temel eni çarpılarak bulunur. Temel boyu 20 metreden büyük olduğundan 20 metrelik göz oluşturmak için 3 kol yapılırsa, temel eni 15 metre, 15x3=45 metre olarak bulunur.

L=45+60=105 m

Şerit Çapı

Topraklama ağının kapladığı alanın eşdeğer daire çapı bulunur.

$$D = 2\sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

Topraklama Hesabı Örneği

$$D = 2\sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4\ x15\ \ x\,30}{3\,.14}} = 23\ \ .94\ \ m$$

$$\rho_E = 200\ \ \Omega\ m \Rightarrow$$

$$R_E = \frac{\rho_E}{2\ D} + \frac{\rho_E}{L}$$

$$R_E = \frac{200}{2\ x\ 23\ \ .94} + \frac{200}{105}$$

$$R_E = 4\,.18\ \ + 1\,.9 = 6\,.08\ \ \Omega$$

İç Tesisat Projelerinin İçeriği

- Projeler yürürlükte bulunan yönetmeliklere uygun hazırlanır.
- Projede Bulunması Gerekenler
  - Başlık (Kapak)
  - Vaziyet Planı
  - Yerleşim Planları
  - Kolon Şeması
  - Yük Dağılım Tablosu
  - Kısa Devre Hesapları
  - Gerilim Düşümü ve Akım Taşıma Kapasitesi Hesabı
  - Topraklama Hesapları
  - Aydınlatma Hesabı ve Armatür Resimleri
  - Sembol Listesi

Elektrik Tesisleri Dersi

Slayt 10

Dersin İçeriği

- Enerji Verimliliği
  - Tanım
  - Enerji Verimliliği Kanunu
  - Konutlarda ve Hizmet Binalarında Enerji Tüketimi
  - Elektrikli Ev Aletlerinde Enerji Verimliliği
  - Ülkemizde Enerji Tüketimi Verileri
  - Enerji Verimliliğini Bileşenleri
  - Ülkemizde Enerji Verimliliği Çalışmaları

Enerji Verimliliği

•Enerji kaynaklarının üretimden tüketime kadar tüm aşamalarda yüksek etkinlikte değerlendirilmesi,

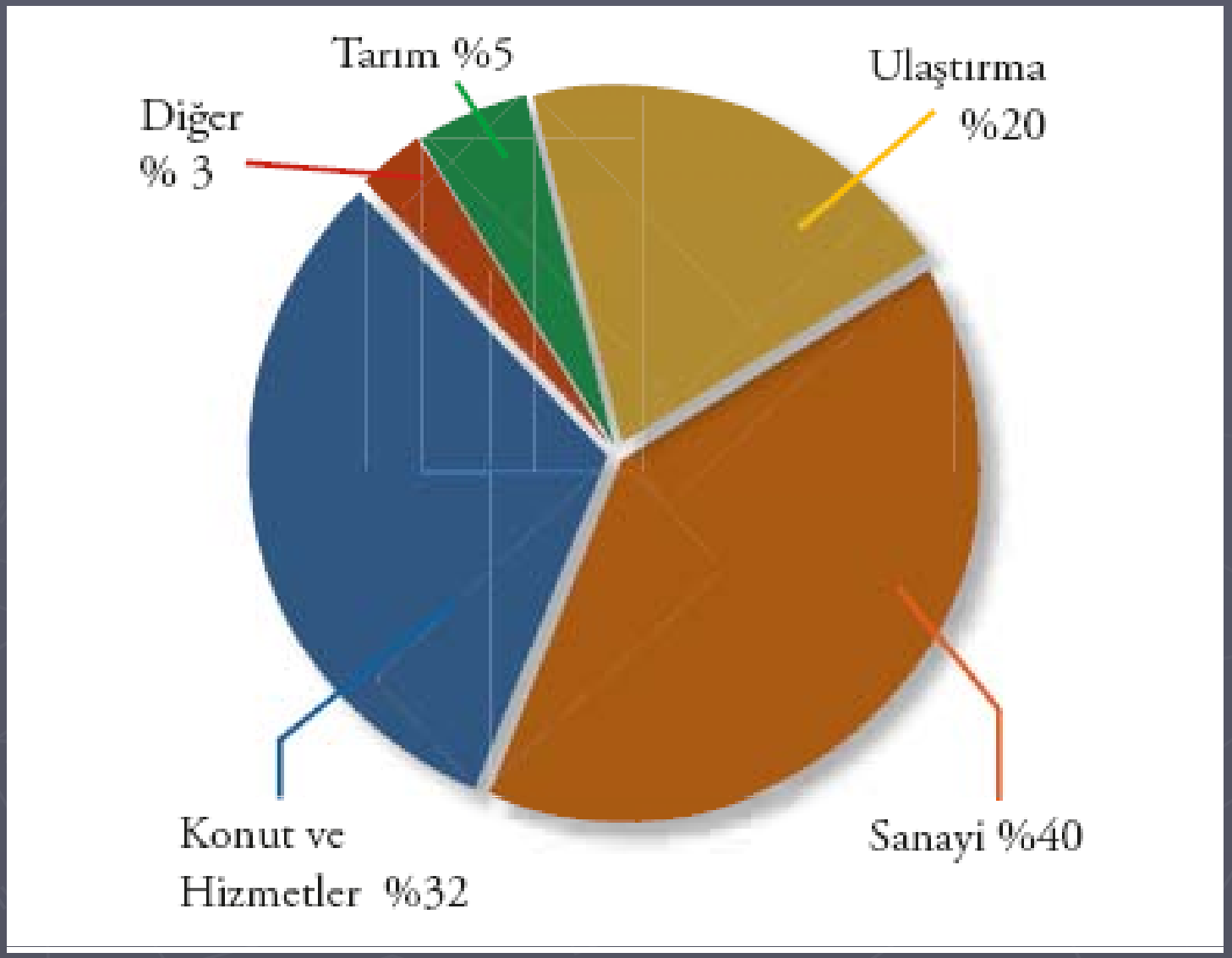
•Yeni teknolojilerin kullanımı ile üretimi kaliteyi ve performansı düşürmeden, sosyal refahı engellemeden enerji tüketiminin azaltılmasıdır.

Yasal Düzenlemeler

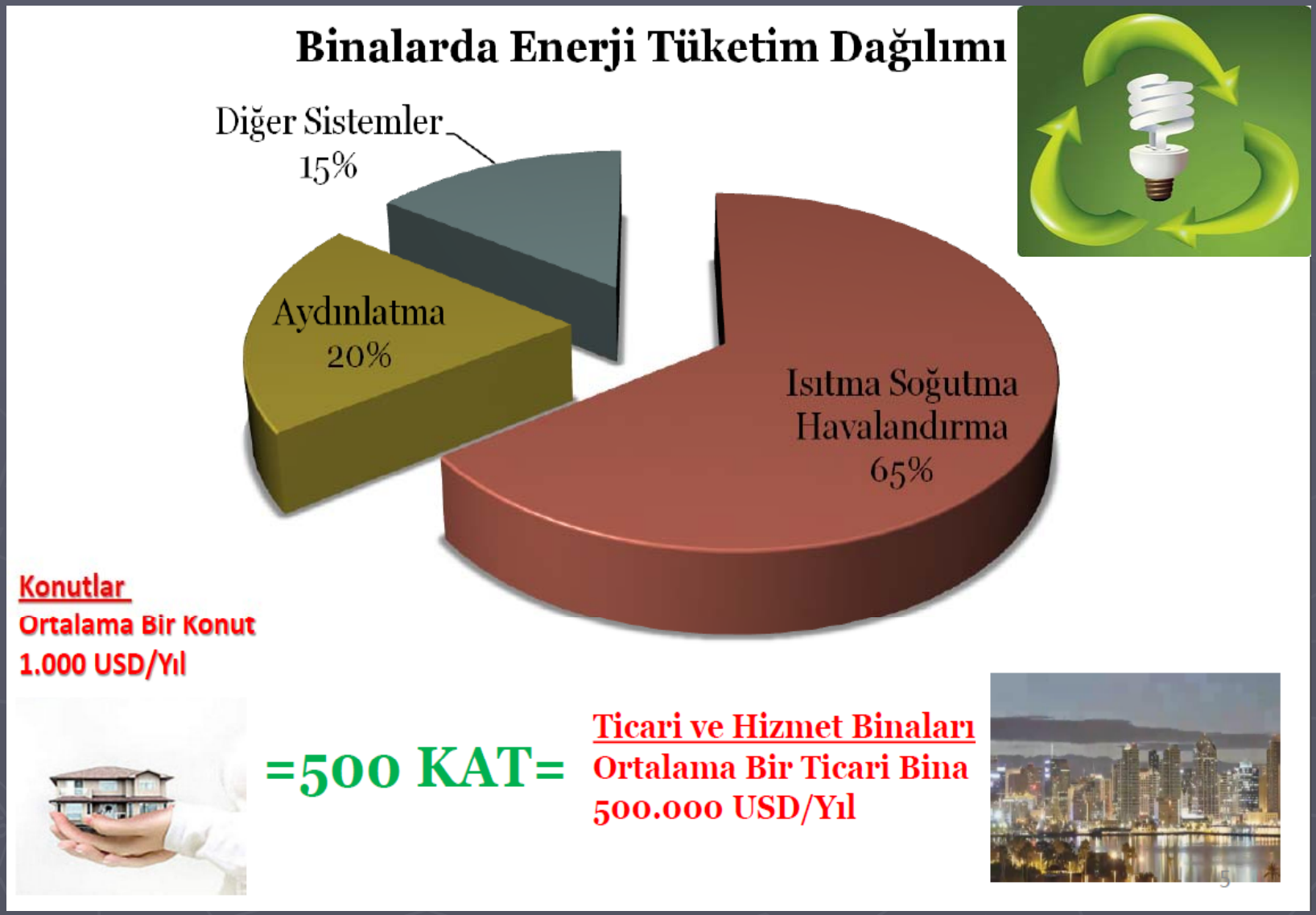
Enerji Verimliliği Kanunu
Kanun No: 5627
Yayımlanma Tarihi: 02.05.2007

Enerji Verimliliği Kanununun Amacı
Bu Kanunun amacı: enerjinin etkin kullanılması, israfın önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin arttırılmasıdır.

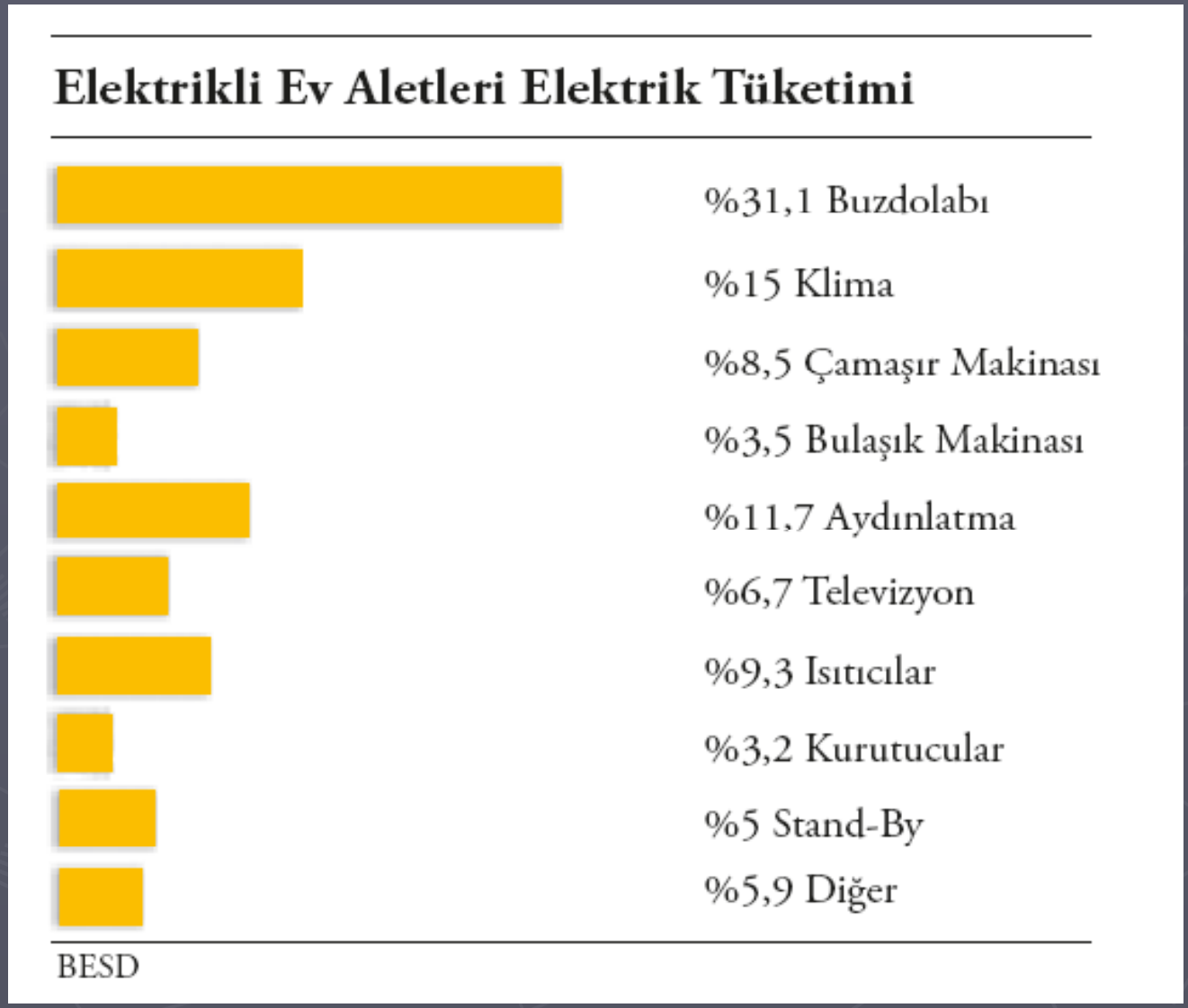
Enerji Tüketimi



Enerji Tüketimi



Elektrik Enerjisi Tüketimi



Elektrikli Ev Aletlerinde Enerji Verimliliği

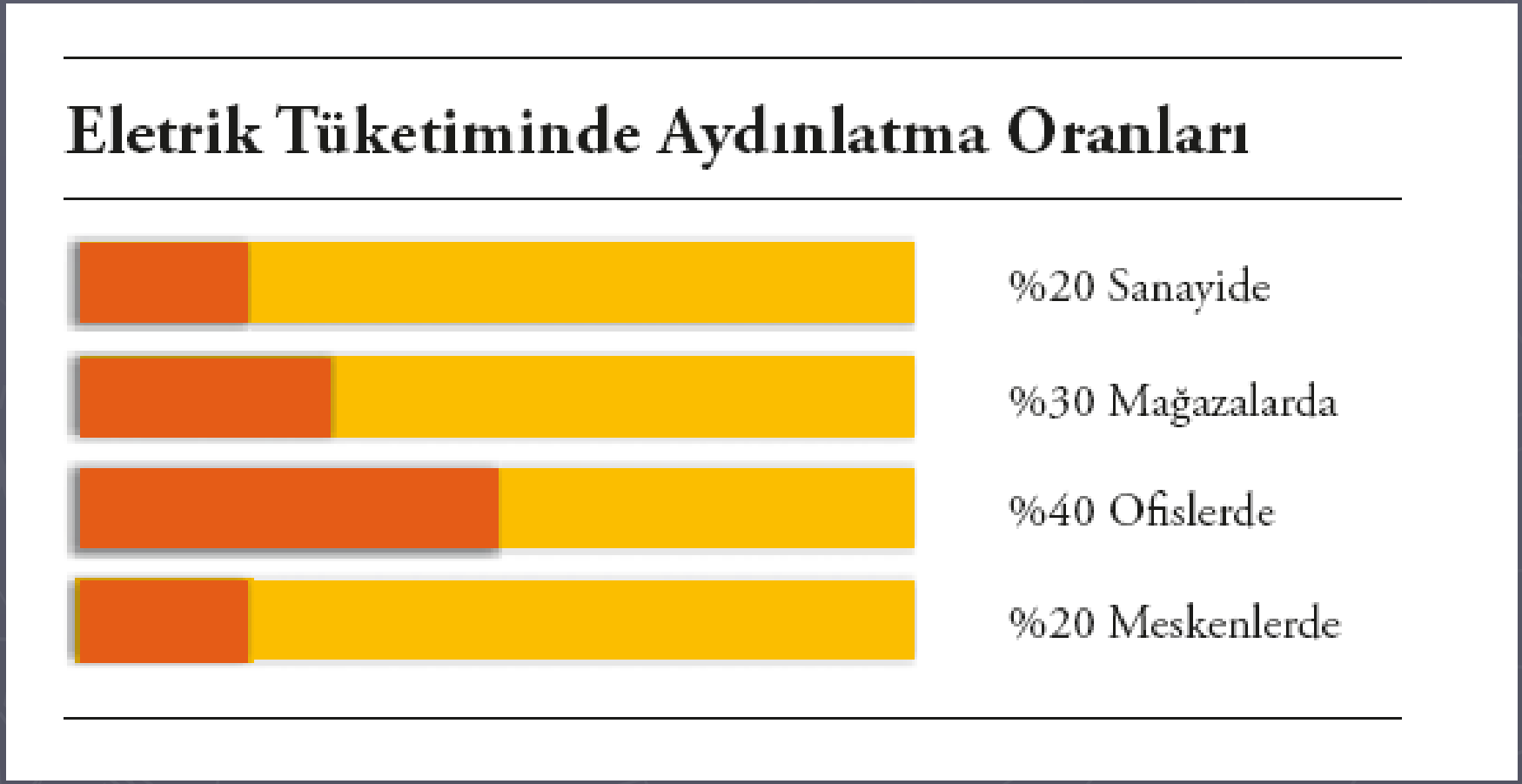
Derin Dondurucu Örneği		
Enerji Verimliliği Sınıfı	Yıllık Elektrik Gideri	Yıllık Elektrik Sarfiyatı
A++	71.10 TL	237kWh
A+	85.20TL	284kWh
A	114.90TL	383kWh
B	153.90TL	513kWh
C	195.30TL	651kWh
D	225.00TL	750kWh
E	248.70TL	829kWh

Elektrikli Ev Aletlerinde Enerji Verimliliği

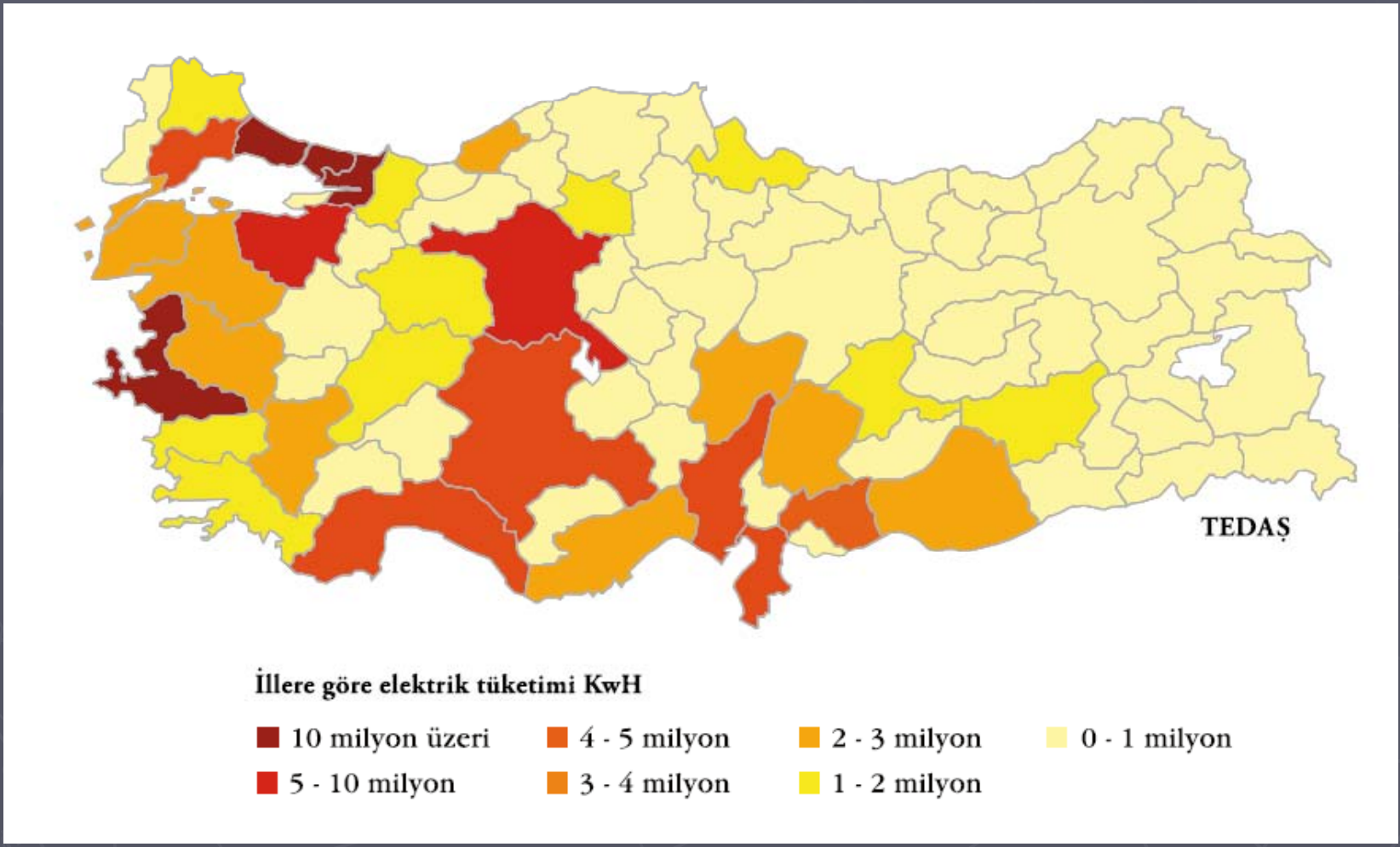
Normal Aydınlatma Armatürü İle Tasarruflu Armatür Arasındaki Enerji Tüketim Farkı (1 Adet için)

LAMBA TİPİ	100W AKKOR FLAMANLI	23W KOMPAKT FLORESAN
Satın alma fiyatı	1 TL	6 TL
Lamba ömrü	750 saat	10 000 saat
Günlük kullanım saati	4 saat	4 saat
İhtiyaç duyulan lamba sayısı	6 yılda 12 adet	6 yılda 1 adet
Toplam lamba maliyeti	12 TL	6 TL
6 yılda tüketilen elektrik enerjisi miktarı	876 kWh	202 kWh
Toplam elektrik maliyeti (0.33 TL / kilowatt - saat)	289 TL	66,60 TL
Toplam maliyet (6 yıl süresinde)	***301 TL***	***73 TL***

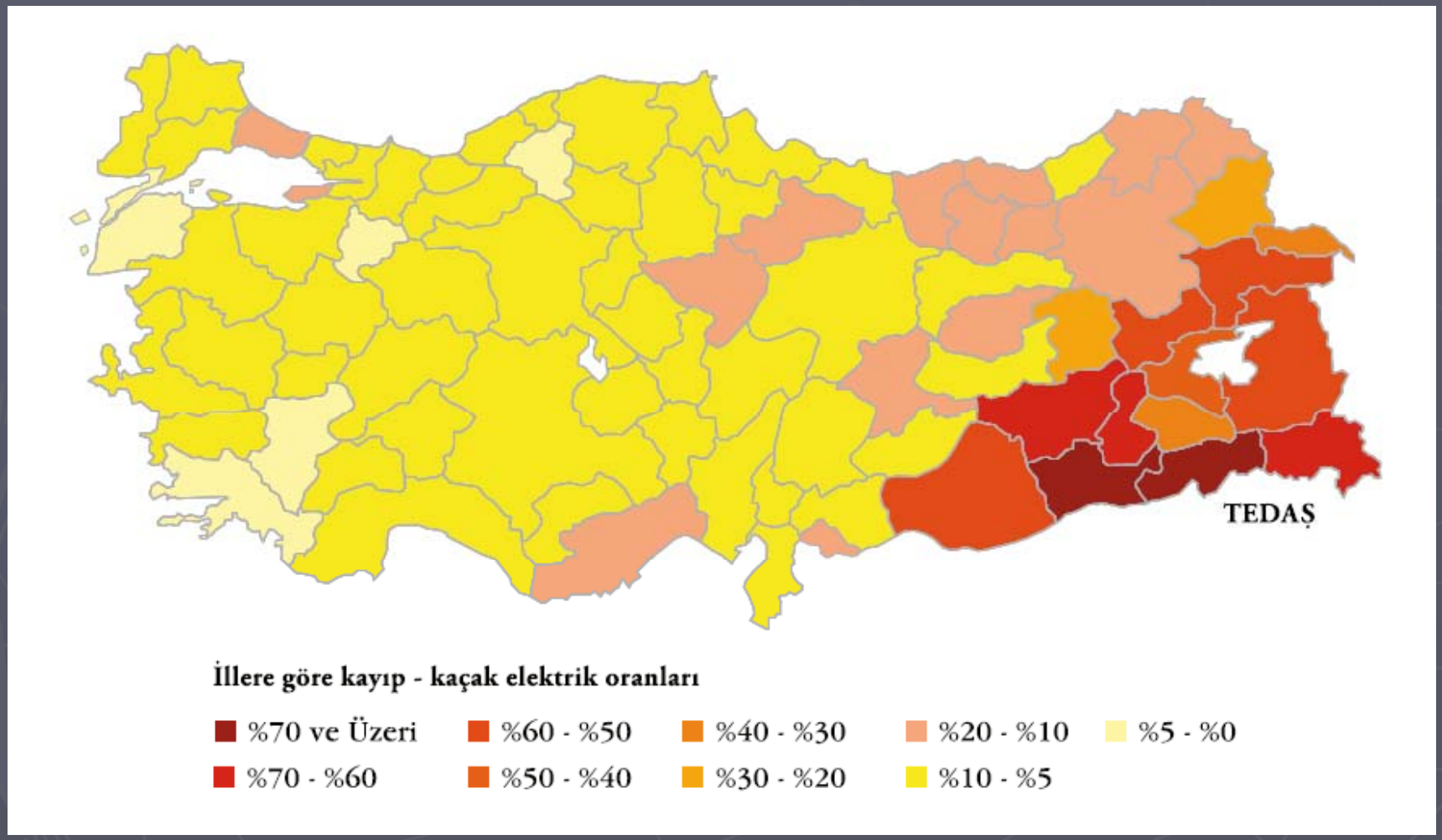
Enerji Tüketimi



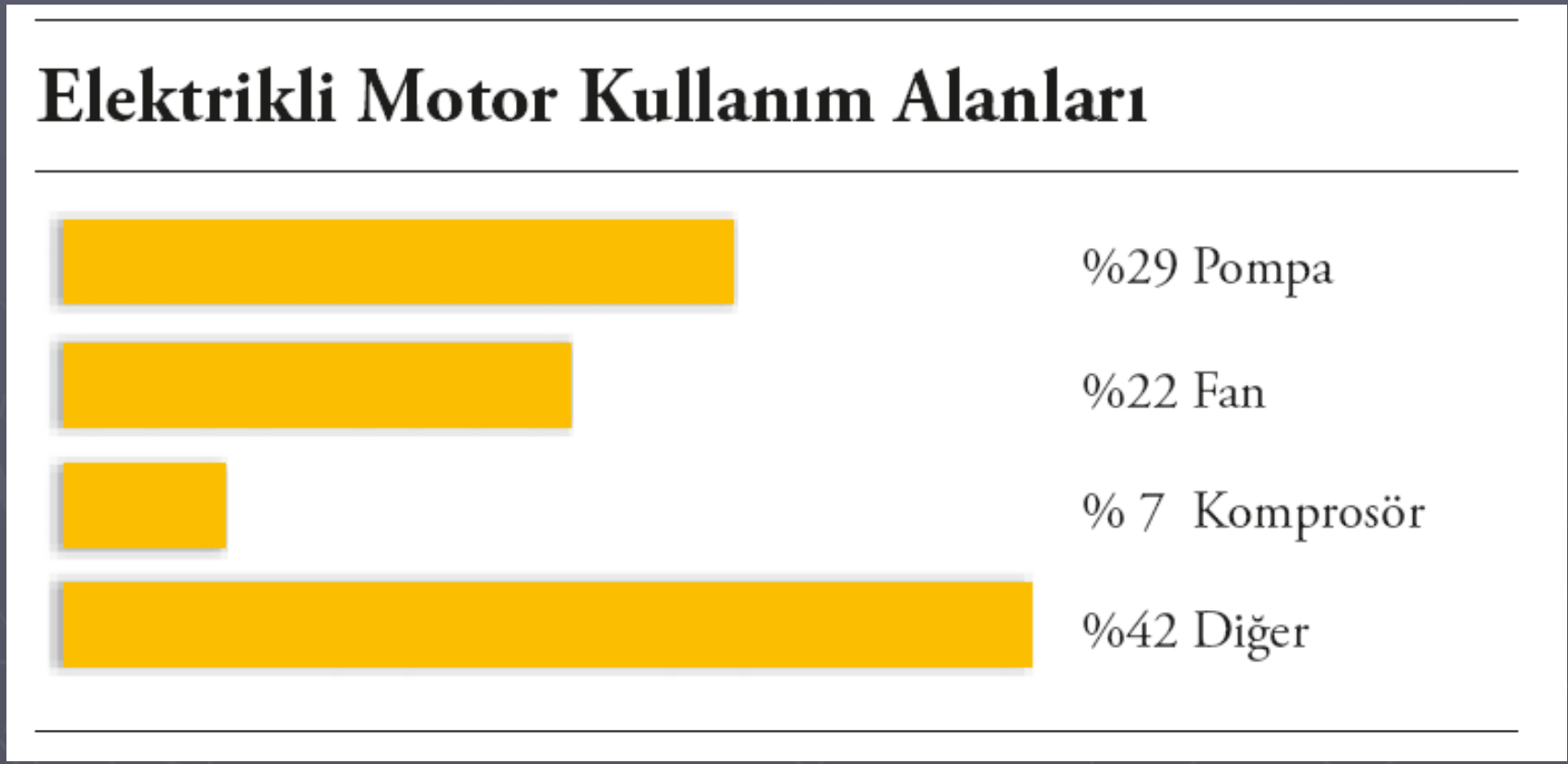
Ülkemizde Elektrik Enerjisi Tüketimi



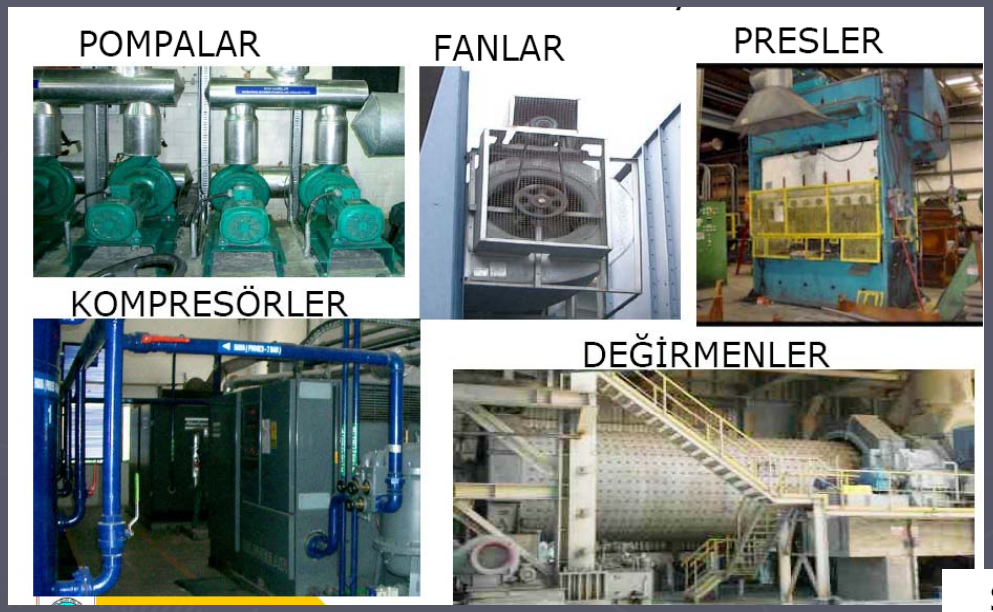
Ülkemizde Kaçak-Kayıp Elektrik Oranları

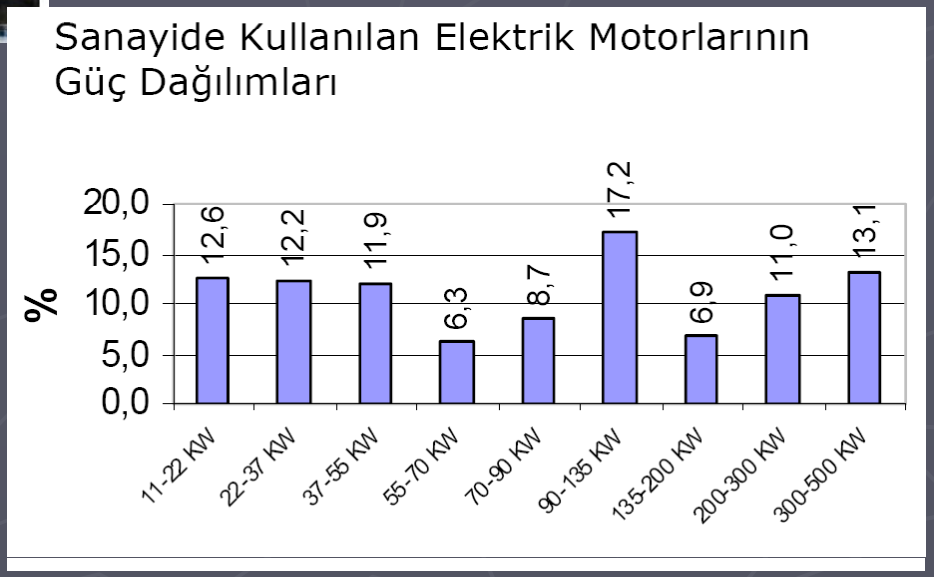


Enerji Verimliliği

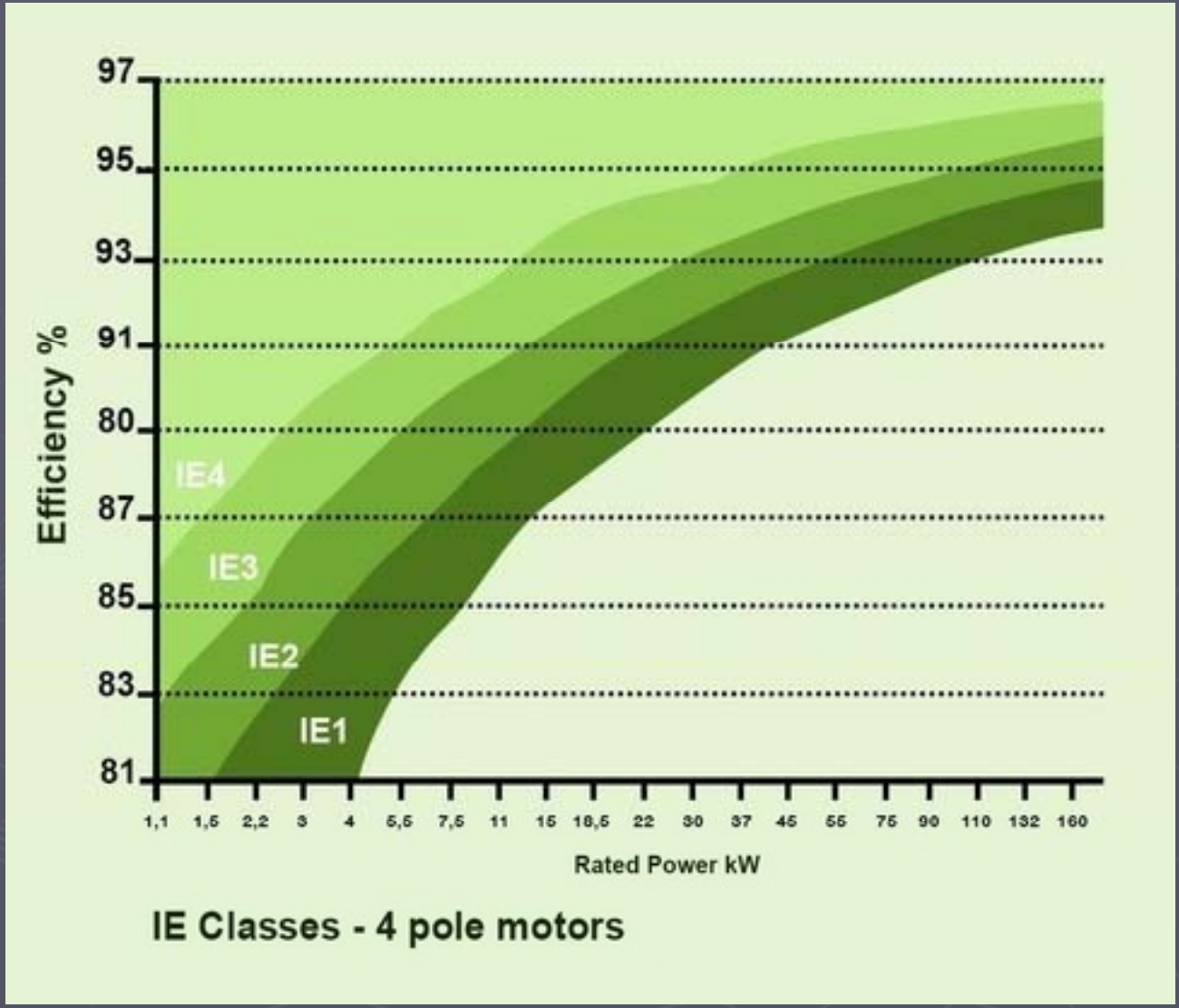


Sanayide Enerji Verimliliği





Sanayide Enerji Verimliliği



Sanayide Enerji Verimliliği

Avrupa Elektrik Makinaları ve Güç Elektroniği İmalatçıları Komitesi (CEMEP)'e Göre Motor Verim Sınıfları

Çıkış Gücü (kW)	2 Kutuplu Motorlar (%)			4 Kutuplu Motorlar (%)		
	EFF1	EFF2	EFF3	EFF1	EFF2	EFF3
1,1	>= 82,8	>= 76,2	< 76,2	>= 83,8	>= 76,2	< 76,2
1,5	>= 84,1	>= 78,5	< 78,5	>= 85,0	>= 78,5	< 78,5
2,2	>= 85,6	>= 81,0	< 81,0	>= 86,4	>= 81,0	< 81,0
3	>= 86,7	>= 82,6	< 82,6	>= 87,4	>= 82,6	< 82,6
4	>= 87,6	>= 84,2	< 84,2	>= 88,3	>= 84,2	< 84,2
5,5	>= 88,6	>= 85,7	< 85,7	>= 89,2	>= 85,7	< 85,7
7,5	>= 89,5	>= 87,0	< 87,0	>= 90,1	>= 87,0	< 87,0
11	>= 90,5	>= 88,4	< 88,4	>= 91,0	>= 88,4	< 88,4
15	>= 91,3	>= 89,4	< 89,4	>= 91,8	>= 89,4	< 89,4
18,5	>= 91,8	>= 90,0	< 90,0	>= 92,2	>= 90,0	< 90,0
22	>= 92,2	>= 90,5	< 90,5	>= 92,6	>= 90,5	< 90,5
30	>= 92,9	>= 91,4	< 91,4	>= 93,2	>= 91,4	< 91,4
37	>= 93,3	>= 92,0	< 92,0	>= 93,6	>= 92,0	< 92,0
45	>= 93,7	>= 92,5	< 92,5	>= 93,9	>= 92,5	< 92,5
55	>= 94,0	>= 93,0	< 93,0	>= 94,2	>= 93,0	< 93,0
75	>= 94,6	>= 93,6	< 93,6	>= 94,7	>= 93,6	< 93,6
90	>= 95,0	>= 93,9	< 93,9	>= 95,0	>= 93,9	< 93,9

Sanayide Enerji Verimliliği

CEMEP ile Gönüllü Anlaşma Yapan ve Yapmayan AB Ülkelerinde ve Türk Sanayisinde Verim Sınıflarına Göre Motor Kullanımları

	CEMEP	CEMEP DIŞI	TÜRKİYE
EFF1	%7	%6	%7
EFF2	%85	%66	%28
EFF3	%8	%28	%65

Sanayide Enerji Verimliliği

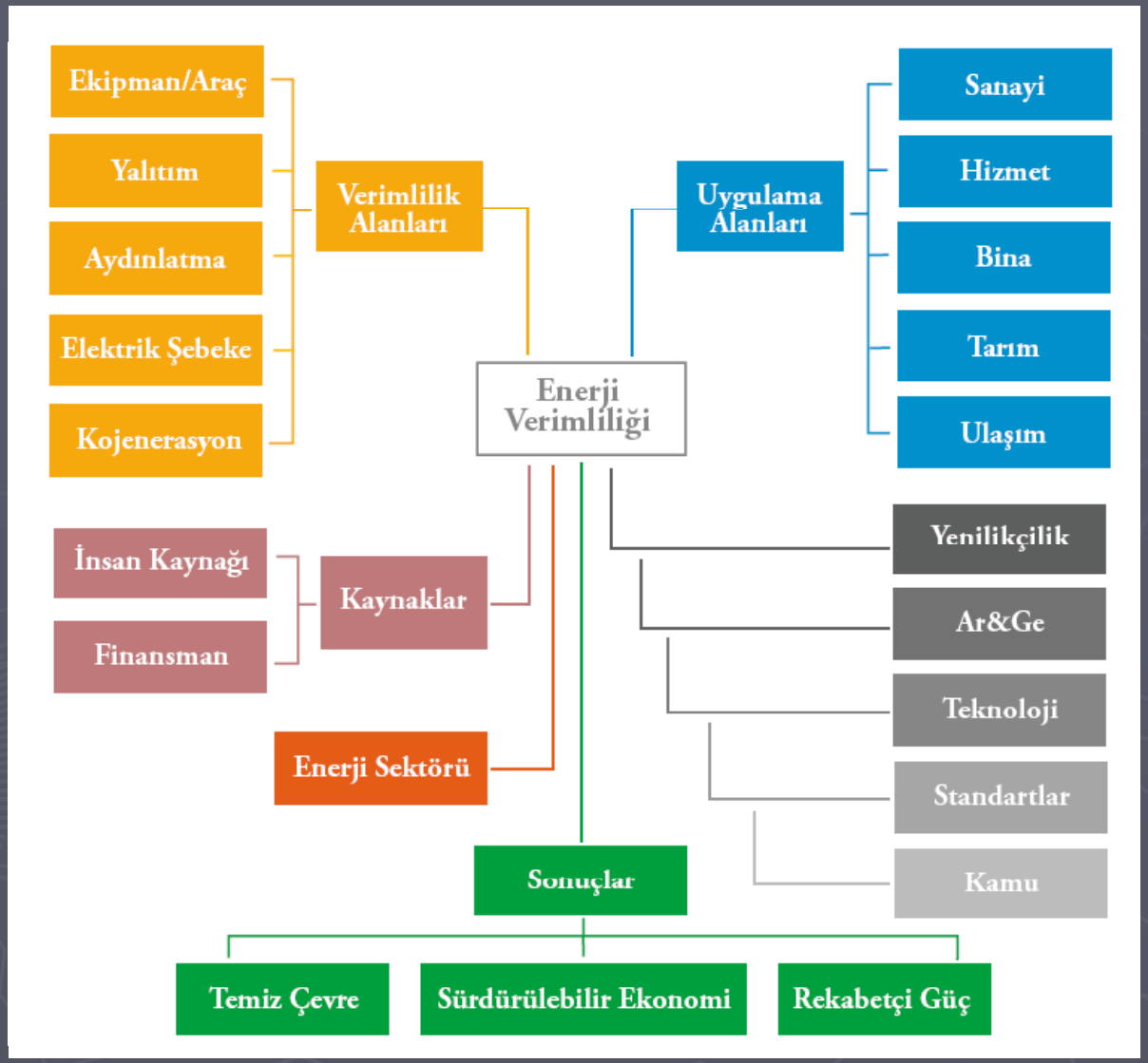
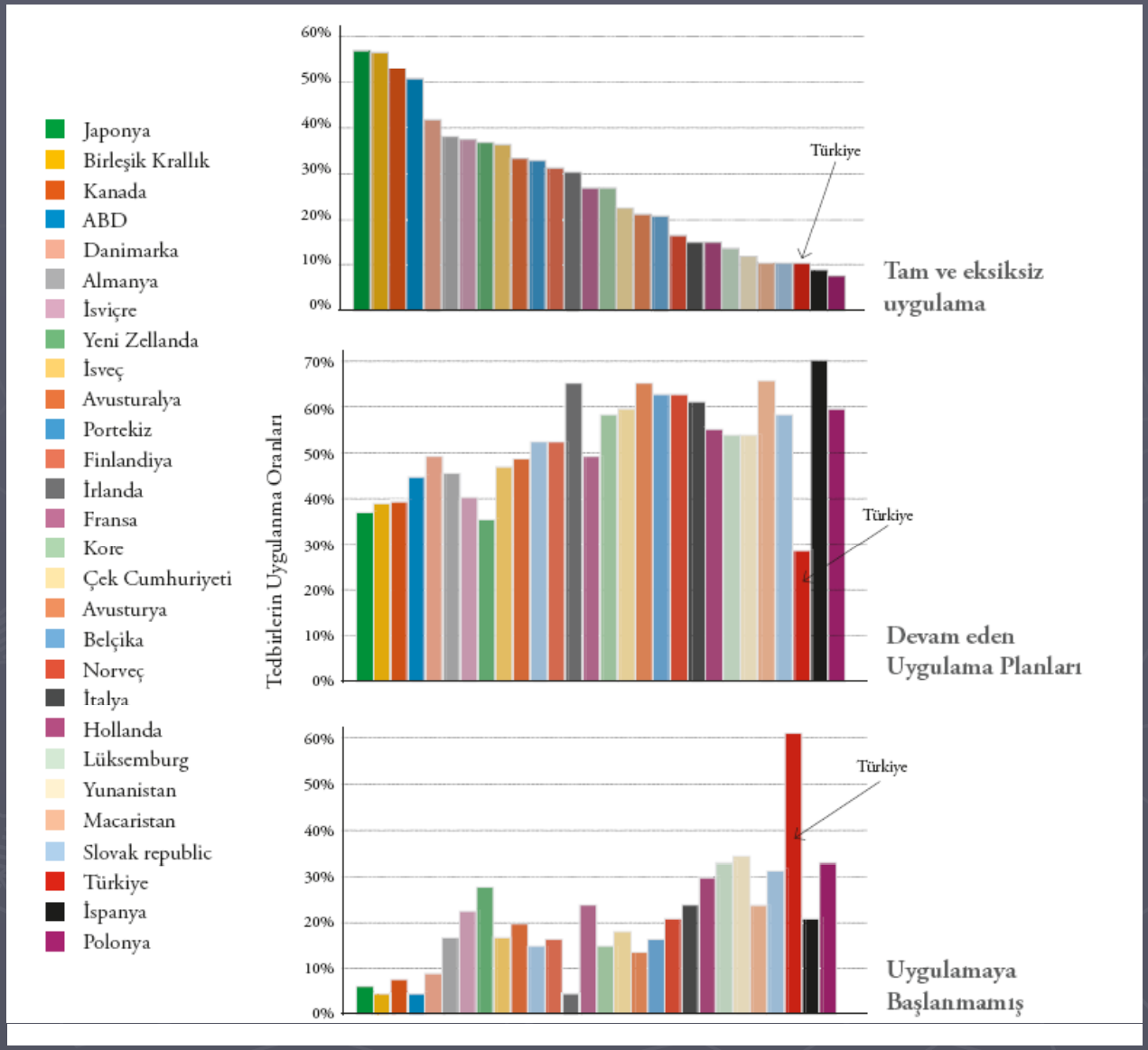
Değişken Hız Sürücüsü (DHS)

Yüküne göre alternatif akımın frekansını ve dolayısıyla motorun dönüş hızını ve elektrik gücünü kontrol ederek motoru uygun devirde tutan değişken hız sürücüleri ilave tasarruf fırsatı sunuyor.

Kendini sağladığı tasarruflarla 1-2 yıl içerisinde ödeyebilen bu sürücüler;

- Yerleşim bölgelerinin su şebekesinde kullanıldığında %50,
- 40 beygir gücünde motor kullanan bir yürüyen merdivende %36 tasarruf sağlayabiliyor.

Enerji Verimliliği



Enerji Verimliliği Çalışmaları