

## ENERJİ DÖNÜŞÜM OLANAKLARI

Doç. Dr. H. NUSRETYÜKSELER  
İTÜ Elektrik Fakültesi öğretim Üyesi

Enerji sorunları petrol bunalımlarının ortaya çıkışından beri son yılların güncel ve çok yönlü konusu olma durumunu korumaktadır. Asrımızın başında da enerji konusu büyük önem kazanarak, tüm bilim ve mühendislik dünyasının ilgisini üstüne toplamıştır. 1910 yılında Einstein tarafından verilen ve çok iyi tanınan  $E = Mc^2$  bağıntısı ile kütle ve enerjinin eş anlamlı olduğu anlaşılıyor. Tüketim nedeniyle tüm dünyanın bir günlük enerji gereksinimi 1 kg'lık kütleyle eşdeğer olmaktadır. O halde, büyük bir kütle üzerinde yaşayan ve şimdiden dışdaki diğer gök ci-

simlerine ulaşabilecek teknolojiye sahip olan, Ay'a gidip gelmekte olan insanoğlu neden enerji sıkıntısı çekiyor? Sorunun yanıtı dönüşüm olanaklarının getirdiği sınırlamalar teknolojik güçlükler, tamamlanamamış bilimsel araştırmalarla açıklanabilir. Güçlüklerin bir kısmı yakın bir zamanda atlatılabilecek ve gene bir kısım çalışmaların tamamlanması fazla zaman almayacak ise de bol, güvenilir, kolaylıkla temin edilebilir bir enerjiye kavuşmak en yakın önümüzdeki asırda birkaç on yıl geçmeden önce pek mümkün olmayacaktır.

Doğada enerji birçok şekillerde bulunmaktadır. Isı, kinetik, kimyasal, nükleer, elektrik, elektromagnetik gibi temel şekilleri hemen belirleyebiliriz.

Bu enerji şekilleri birçok bakımdan gruplandırılabilir. Bir bakıma doğada kolaylıkla yararlanılabilir bollukta bulunan enerji kaynaklarına birincil kaynaklar deniyor. Genellikle enerjinin tüketimi, bu şekliyle olmamakta ve bir veya birkaç ara dönüşümlerle enerji birincil şekilden tüketilebilir durumuna gelmektedir, örneğin evlerde kullanılan bir ısı şeklindeki, bir mikser kinetik şeklindeki enerji gereksinimini karşılamaktadır ve bu enerjiler elektrik enerjisinin dönüşümüyle elde edilmektedir. Oysa elektrik enerjisinde bir elektrik santralında kömür enerjisinin önce ısıya sonra elektrik enerjisine veya suyun kinetik enerjisinin elektrik enerjisine çevrilmesiyle karşılanmaktadır. Bu bakımdan kullanım göz önüne alındığında enerji şekilleri bu amaçla gruplandırılabilir. Gruplandırmalar enerji şeklinin alışılmış (konvansiyonel) veya yeni bir durumda olmasına, kaynağın yenilenebilir, örneğin su enerjisi gibi, olup olmamasına göre, maliyete göre, teminindeki kolaylığa göre ve bunun gibi diğer başka şekillerde olabilmektedir. Bütün bunlar arasında elektrik enerjisinin yeri nedir? Uygulama göz önüne alındığında görülüyor ki genellikle elektrik enerjisi bir ara enerjisidir, birincil veya tüketimdeki son şekil değildir. Bir ara enerji olarak elektrik enerjisinin kullanılmasında nedenler ekonomik veya teknik zorunluluklar olabilir. Güvenilir, ekonomik, çevre kirliliği yaratmayan, pratik bir enerji şekli oluşu, taşıma, dağıtım ve tüketim sorunlarına uygunluğu elektrik enerjisine dönüşümü zorunlu kılan esas nedenlerdir.

Elektrik enerjisinin üretiminin ve tüketiminin artarak yayılması teknolojinin en önemli konularından olan bu daldaki meslektaşlarımıza önemli araştırma, geliştirme, uygulama görevleri getirmektedir. Atom yapısında elektrik yükleri bulunur. Canlıların var olması, varlık durumunu sürdürmesi birçok elektriksel mekanizmaların çalışmasını gerektirir. Teknolojinin diğer dallarında elektrik, kaynak, kontrol, ölçü gibi birçok amaçlarla kullanılmaya zorundadır. Bunlar elektrik mühendisliğinin ilgi ve çalışma alanlarını çok genişletiyor.

Başka enerji şekillerinden elektrik enerjisine, elektrik enerjisinden diğer şekillere geçişde izlenecek dönüşüm yöntemleri bu tabloda belirtilmiştir. Planlama ve uygulamaya geçişde bu yöntemlerin dikkatli bir şekilde ele alınması gerekir.

Enerji ile ilgili sorunlar üç şekil göstermektedir. Bunlar acil, kısa sürede ve uzun sürede ele alınacak sorunlardır.

Tablo 1'de enerji şekilleri ve bunların bir diğerine dönüşümlerine olarak veren yöntemler gösterilmiştir.

| GUI Enerji*   | Dönüşüm Yöntemi   | Çıktı, Enerji    |
|---|---|------------------|
| Elektromagnetik<br>Kinetik<br>Isı                             | Güneş bataryaları, Fotocel.<br>Bataryalar, elektroliz<br>Nükleer batarya<br>Dolu, döşük ve MHD<br>Termoelektrik, Forroelektrik<br>Urmolyonk | Elektrik         |
| Kimyasal<br>Nükleer<br>Elektrik                               | Kamilluminans<br>Traakijyonim A. bombası<br>Halifan "y" foto<br>IM radyasyonu<br>EJK. n. i., El. lurn.                                      | Elektromagnetik* |
| Nükleer<br>Kinetik<br>Elektromagnetik<br>Elektrik             | Radyasyon kataliz.<br>iyoniyasyon<br>Radyolu<br>Aynsan, kayrama<br>Fotokimyasal, Fotosentez<br>Batarya dolusu                               | Kimyasal         |
| Kinetik<br>Elektromagnetik<br>Kimyasal<br>Elektrik            | γ-nöron Reaksiyonlar  | Nükleer          |
| Isı<br>Elektromagnetik<br>Kimyasal<br>User<br>Elektrik        | Isı itnksmeti, Iç yanmalar<br>Radyomen solar batarya<br>Adok<br>RadyoaktMta, A. bombaa<br>Motor, aloknarksiyon                              | Kinetik          |
| Elektromagnetik<br>Kimyasal<br>Nükleer<br>Kinetik<br>Elektrik | Solar tutucu<br>Yanım<br>Fizyon, Filzyon<br>SÖrBme<br>SiktInme  | Isı              |

Tablo 1. Enerji dönüşüm olanakları.

Acil sorunlar, önemsenmeyen veya ekonomik olmayan kaynakların hemen harekete geçirilmesini, tüketim programlarında ayrıntılı ekonomilere girişilmesini, gerekli ölçülerde zorunlu kısıtlamalar uygulanmasını önemsenmeyen kaçak ve artıkların süratle değerlendirilmesini zorunlu kılar. 10-15 yılı kapsayan, kısa süreli sorunlar ise yeni kaynak araştırmaları, üretim ve tüketim yöntemlerinin geliştirilmesi ve genişletilmesi, ülkenin doğal kaynaklarından en fazla yararlanma olanaklarının yaratılması çabalarını gerektirir. Uzun süreli sorunlar ise enerji dönüşüm yöntemlerinde yenilikler getirmeyi, çok uzun süreli kaynaklar yaratmayı amaçlar. Acil ve kısa süreli sorunlar için ülkemizde de geniş çalışmalar olduğu biliniyor. Türkiye 3. enerji kongresinde de yapılan eleştiri, değerlendirmeler, bilgi aktarımı ve incelemelerle bu çalışmalara önemli katkılar getirilmeye çalışılmıştır.

Tüm kullanılan enerji şekilleri içinde elektrik enerjisinin kullanım yüzdesi önemli bir göstergedir. Bu yüzdenin büyümesi kalkınmanın bir simgesidir. Türkiye için bu göstergenin artış durumunda olması sevindiricidir (1).

Türkiye 3. enerji kongresinde verilen aşağıdaki tablolar (Tablo 2 ve 3) ülkemizin durumu ve geleceği bakımından bir görüş vermektedir (2). Bu tablolarda 1997 yılına kadar bir dönemde elektrik enerjisi gereksiniminin karşılanması ve elektrik enerjisi üretilebilecek ulusal enerji kaynaklarımızın yıllara göre kullanıma oranları istatistik bilgileri şeklinde verilmiştir. Görülmektedir ki termik ve hidrolik üretim, ulusal şebekeyi besleyen esas kaynaklardır.

|                      | 1983 | 1987  | 1992  | 1997  |
|----------------------|------|-------|-------|-------|
| Tüketim (MW)         | 7960 | 12560 | 20870 | 32620 |
| Hidrolik Üretim (MW) | 4814 | 8284  | 17156 | 26000 |
| Termik Üretim (MW)   | 5842 | 8648  | 12448 | 15000 |

Tablo 2.

|                              | 1982 | 1987 | 1992 | 1997  |
|------------------------------|------|------|------|-------|
| Katı Fosil Yakıt Potansiyeli | 40,1 | 58,9 | 73,2 | 100,0 |
| Hidroelektrik Potansiyel     | 16,8 | 37,6 | 78,0 | 100,0 |

Tablo 3.

Dergimizde verilen diğer bir incelemede ise (3) tasarruf konusunda aydınlık getiren bilgiler verilmiştir. Bu incelemede verilen bilgilere göre ise 1982 yılı başı itibariyle durumumuz :

3160,9 (MW) kurulu güçte termik (% 57,8)  
2310,8 (MW) kurulu güçte hidrolik (% 42,2)  
santral bulunmakta ve bunlardan da yılda ortalama 27 milyar kWh elektrik enerjisi üretme olanağı tahmin edilmektedir.

Yeni enerji kaynakları verim ve kullanma bakımından da henüz gelişmekte, ulusal şebekeye büyük bir katkıları olmamakta ve daha ziyade yerel olarak kullanılmaktadır, örneğin bir jeotermal üretimde verim 0,30 değerine ulaşabilmektedir (4).

Esas kaynaklar üzerine akla şu sorular geliyor : Bu kaynakların durumu nedir? Gelişen enerji dönüşüm olanaklarının gözden geçirilmesi (5) ve büyük araştırma laboratuvarlarınca verilen yeni sonuçlar (6) bu soruları aydınlatıcı olmakta ve yakın bir gelecekte üretime sokulacak yöntemleri belirlemektedir. 2 ve 3 nolu tablolar asrımızın sonuna kadar tüm katı fosil ve hidroelektrik potansiyelin hizmete sunulacağını tahmin etmekte. Gene bu sıralara doğru birçok yönden hızla gelişen nükleer santrallerinde üretime sunulacağı açıklanmaktadır.

Bu noktaya kadar verilen genel görünüm ve aşağıdaki açıklamalar en önemli noktanın, üretimde seçilen dönüşüm yönteminin yeni gelişmelere göre uygun seçiminde olduğunu gösteriyor. Tüm üretimde büyük bir yüzdeye sahip fosil yakıt potansiyelinde verim geliştirilmesi düşünülen yeni enerji kaynaklarının getireceği katkının pek çok üstünde bir üretim artışı, doğal kaynaklardan yararlanma yüksekliği ve ekonomik kazançlar sağlar. Yukarı-

da değindiğimiz Dergimizde (3) bulunan ve tasarruf konusundaki incelemede de belirlendiği üzere elektrik enerjisi üretimi ile sanayi gereksinimi buharın ve proses ısısının birlikte sağlandığı kombine tesislerde verim % 60'ın üstüne çıkarılmaktadır. Bunun açık anlamı doğal kaynaklardan aynı miktar tüketimle iki misline yaklaşan faydalı enerji sağlamaktır. Bu sadece bir kombinasyon sonucu, diğer bir deyişle bilinen yöntemlerin uygun bir düzenlenmesi ile kazanılan enerji artışıdır. Ayrıntılarına başka bir yazımızda değinmeye çalışacağımız yeni bir üretim yöntemi MHD ise (Magnetohidrodinamik) dönüşüm farklılığı nedeni ile verimde büyük bir artış sağlıyor. Bir buhar türbününde verim % 30-40 tavan değer civarındadır. MHD ise bunu %60'a çıkarıyor. Kombine sistemlerle % 80 değerlere ulaşabileceği şimdiden görülebilmektedir. Bu değerler dönüşüm yönteminin önemini açıkça ortaya koyar. Verilen verim yükselişi pek çok santralin şebekeye getireceği üretim artışı ile eşdeğer olmaktadır. MHD yöntemler halen bazı büyük devletlerin ulusal şebekelerini beslemekte (8) ve incelenmeleriyle konu hızla gelişmektedir.

MHD 1985'den önce ticari alana girecektir (7). Aşağıdaki 4 ve 5 numaralı tablolar, kömür yakıtlı geliştirilen, enerji santrallerinin mukayeselerini ve bunlardaki elektrik maliyetini göstermektedir (6).

Bu tablolar büyük çapta üretimde MHD yöntemin kaçınılmazlığını ortaya koymaktadır. Tablo 4'den görüldüğü üzere MHD için elektrik maliyeti  $32,6 \cdot 10^{-3}$  £/kWh ile en küçüktür ve bu diyagramda belirtilen yüzdelerle kapital, yakıt, bakım ve işletme masrafları kapsanmaktadır. Tablo 5'de de MHD'nin belirli bir firmadaki ve şu andaki verimi görülmektedir. İkinci sırada görülmekte ise de önceden belirlendiği üzere MHD için verim kombine olmayan sistemlerde dahi % 60'a yaklaşarak erişilmezliğini korumaktadır (8). Mamafih Tablo 5'de görülen ve birinci sırayı alan tiplerdeki yöntemlerde gözden, uzak tutulmalıdır. Bunların faydalarına tipik bir örnek Tablo 6'da ve muhtelif çevrimlerdeki verimleri Tablo 7'de gösterilmiştir (6).

| Santral                                      | Kademe (MWe) | Yaklaşık ısı kademesi (kJ/kWh) | Verim % |
|--|--------------|--------------------------------|---------|
| Karbonat eriyikli yakıt hücreleri            | 635          | 6950                           | 49,6    |
| MHD  | 1932         | 7050                           | 48,3    |
| Potasyum üst çevrim                          | 996          | 7650                           | 44,4    |
| Kombine gaz türbünü/1649° C/Alçak Btu        | 640          | 7650                           | 44,0    |
| Helium çevrimli                              | 476          | 8550                           | 39,9    |
| Kombine gaz türbünü/1316° C/Alçak Btu        | 585          | 8550                           | 39,6    |
| Buhar/basınçlı akışkan yataklı/538° C/538° C | 904          | 8550                           | 39,2    |
| Buhar/atm akışkan yataklı/538° C/649° C      | 843          | 9350                           | 37,1    |
| Buhar/atm akışkan yataklı/538° C/538° C      | 814          | 9700                           | 35,8    |
| Buhar santrali                               | 747          | 10500                          | 31,8    |

Tablo 4. Kömür yakıtlı, gelişmiş enerji santrallerinin mukayesesi.

Buhar santrali Ircicrans)

MHO

CCGT M6=C/LBtu

Buhar MFB/511C/511C

Buhar /FB/S3-C/S3-C

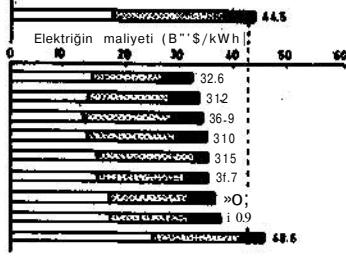
Buhar /AFB/131C/S50C

CCGT/3MC/1Btu

MCFC

\*Potasyum üst çevrimli

Helyum çevrimli



ANAHTAR : Kapital CD

Vakit C3

Bakım ve işletme

MCFC- Kartaat eriyikli ya'l hücre

MHO - MagiklakMraalMmik

CCGT - KamUM çevrimli gai tirbinü

AFB - Atımskrik akı>kan yataklı

PFB - Batıncılt <ak-kc\* yataklı

Tablo 5. Muhtelif kömür yakıtlı enerji santrallerinde elektrik maliyeti.

| Yakıtlar              | Gaz, sıvı, kömür  |
|-----------------------|---|
| Çevre                 | Kirlilik yaratmayan<br>Kolayca donanım<br>Alçak gürültü düzeyleri |
| Yüksek santral verimi | 47-60%  |
| Çıkış; Gazları        | Kombine uygulamalarda<br>700-750°C ideal uygunlukta               |
| Elektrik Maliyeti     | Cazib, 50. 10 <sup>-3</sup> £/kWh civarında                       |
| inşa Malzemeleri      | Bol ve bağıl olarak düşük maliyetli                               |

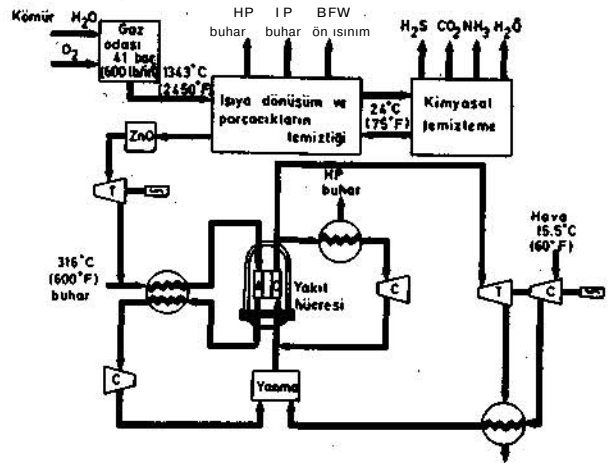
Tablo 6. Karbonat eriyikli yakıt hücrelerinin faydaları.

| Yakıt     | Alt çevrim | Verim |
|-----------|------------|-------|
| Kömür *   | Yok        | 37%   |
| Doğal Gaz | Yok        | 45%   |
| Kömür     | Var        | 47%   |
| Doğal Gaz | Var        | 60%   |

\* Kömür dönüşüm verimi = 78 %

Tablo 7. Karbonat yakıt hücreli santrallerin verimi.

Aşağıdaki Şekil 1 ise tipik bir karbonat eriyik yakıt hücreli enerji santral çevrimini göstermektedir.



Şekil 1. Tipik bir karbonat eriyikli yakıt hücreli enerji santral çevrimi.

Ancak kombine sistemlerde beklenen % 80 verim, düşük maliyet, teknolojik üstünlük ve gelecek için en uygun olma özellikleri nedeniyle büyük santrallerde MHD uygulanması kaçınılmaz olacaktır.

Zaman hızla geçiyor ve enerji uzmanları için önümüzdeki 1985-1990 yılları bambaşka bir görünümde. Önümüzdeki asnn başları ise daha bir başka tablo ile karşımıza çıkacak görünüyor. Füzyon enerjisinin gelişimi, radyasyon korkusu olmayan direkt nükleer-MHD üretim yöntemlerini insanlığın hizmetine sunacaktır (9).

MHD yöntemler bu tip için ideal olduğundan geleceğin, üretim yöntemi olarak da büyük önem kazanmaktadır.

#### REFERANSLAR :

- (1) H. Nusret Yükseler; "Elektrik Enerjisi Üretiminde Genel Görünüm", İ.T.O. Elektrik Fakültesi Konferanslar Serisi, Sayı 15,1980.
- (2) S. Kıcınan; "Uzun Dönem Elektrik Enerjisi Üretimi ve BirincilEnerji Kaynaklarımız", Türkiye S. Genel Enerji Kongresi.
- (3) Orhan Zeki Demiray; "Elektrik Enerjisinde Tasarruf", Elektrik Mühendisliği Dergisi, Cilt 27, Sayı 284, 1982/4.
- (4) Orhan Mert öglü; "Jeo termal Akışlardan Türkiye'de Elektrik Enerjisi Üretimi ve Sonuçları", Elektrik Mühendisliği Dergisi, Git 27, Sayı 282, 1982/2.
- (5) H. Nusret Yükseler; "Enerji Dönüşüm Tekniğinde Gelişmeler ve Ekonomik Etkileri", Türkiye 3. Genel Enerji Kongresi.
- (6) Robert C. Osthoff; "Molten Carbonote Fuel Cells - 80 Perçem Energy Utilisation PromUsed", Modern Power Systems, Volume 2, No. 5, June 1982.
- (7) "MHD Research Centre To Be Set Up", Modern Power Systems; Volume 2, No 1, January/February 1982, World Digest, pg. 10.
- (8) Sheindlin, A.E.; Jackson, WJ>; Brzovski, W.S.; Rietjens, I.H. Th;"Magnetohydrodynamic Power Generation", Onuncu Dünya Enerji Konferansı, 3.6-1.
- (9) W.E. Scott; Australian Scientists Favour Laser Route to Fusion Power; Energy International, Volume 15, Number 10,October1978.