

Sayı (Number): 3



Enerji ve İklim Değişikliği

Zekâi Şen

Şubat (February) 2017
İstanbul - Türkiye

YENİLENEBİLİR ENERJİ KÜLLİYESİ
TURKISH WATER FOUNDATION
RENEWABLE ENERGY FACULTY

YENİLENEBİLİR ENERJİ BÜLTENİ : SAYI 3

Enerji ve İklim Değişikliği

Zekai ŞEN

©2017 SU VAKFI

Tüm yayın hakları anlaşmalı olarak Su Vakfı'na aittir.
Kaynak gösterilerek alıntı yapılabilir, izinsiz çoğaltılamaz, basılamaz.

Basıma Hazırlayan :
Muhiddin YENİGÜN



SU VAKFI

Libadiye Cad. Doęanay Sokak No:6 Kat:4 Üsküdar İstanbul
Tel: (216) 412 3383 - Faks: (216) 412 3390
suvakfi@suvakfi.org.tr - www.suvakfi.org.tr

Enerji ve İklim Değişikliği

Zekâi Şen

Su Vakfı

1. Giriş

Enerji talebi kısmen hava şartlarına bağlıdır ve iklim değişikliğinin hava sıcaklığına olan etkilerinin enerji sistemleri üzerinde doğrudan tesirlere sahip olması muhtemeldir. Değişen bölge iklim deseni ve küresel ısınma dolayısı ile olabilecek iklim değişikliklerinin dünyanın çeşitli yerlerinde gelecek enerji tüketimi davranışını etkilemesi de beklenmektedir. Net etki bölgenin halen oldukça “soğuk” ve “sıcak” iklime sahip olmasına bağlı olarak mevsime göre değişiklik gösterecektir. 21. Yüzyılda insan topluluklarının en fazla ihtiyaç duyduğu enerji kaynaklarından, alışıla gelmiş olan fosil türden olanlarının, çevreyi ve atmosferi kirleterek iklim değişikliğine sebep olduğu bilinci yavaş yavaş insanlığın gündemine oturmaktadır. Özellikle son 20 yılda araştırma merkezleri, hükümet erkânı ve basın-yayın bu konudaki görüşleri ve araştırmaları hemen kamuoyunun gündemine getirmektedir. Fosil kaynakların yol açtığı anlaşılan sera etkisi, küresel ısınma, iklim değişmesi ve ozon tabakasının incilmesi gibi ülke sınırlarını aşan sorunların etkilerinin azaltılması için uluslararası bilinç ile hareket edilmesi gerekmektedir. Bu hedefe ulaşabilmek için son 30 yılda uluslararası toplantılar, araştırma projeleri ve eğitimler sürdürülerek kamu bilinçli hale getirilmek istenmektedir. Bu bilinçlenmenin artması ve istenmeyen çevre ve atmosfer sorunlarının yenilmesi için fosil

yakıtların yerine daha temiz ve çevre dostu olarak bilinen kaynakların kullanılmasına ağırlık verilmiştir. Diğer taraftan gelecek nesiller için fosil yakıt yataklarından kömürün 250 yıl petrolün ise 50 yıl sonra tükeneceği düşünüldüğünde bunların yerine yeni enerji kaynaklarının ikame edilmesinin ne kadar gerekli olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu konuda gittikçe artan duyarlılıklar atmosferi hiç kirletmemesi açılarından özellikle su (hidro-elektrik), rüzgâr, güneş (su ısıtması, fotovoltaik), gibi temiz enerji kaynakları yanında biokütle (özellikle bitkiler) jeotermal ve doğal gazdan elde edilecek enerjileri de ön safhaya getirmiştir. Bu enerjileri üretmek için gerekli alt yapı ve teknolojik yatırımların da gün geçtikçe artması sonucunda temiz enerji kaynakları artık ekonomik olarak kullanılabilirlik ölçğine girmiştir. Gelecekte yapılacak araştırma ve geliştirme çalışmaları ile bu konulardaki ekonomik yeterliliğin daha da artacağı anlaşılmaktadır. Temiz enerji kaynaklarına yenilenebilir, sürdürülebilir, çevre dostu enerji kaynakları gibi değişik isimlerde verilmektedir.

Enerji sorunlarının ne denli giderek büyüdüğü ve ülkemizin enerji açığının dışa bağımlılıkla giderilebileceği gerçeği bugün halka bile mal olmuştur. Kamuoyunda en fazla konuşulan konular arasında enerji sorunu, açığı, faturası, kısıtlaması ve tasarrufu gelmektedir. Fosil kaynakların ülkemizde

yeterli miktarlarda bulunmaması, bulunsa bile uzun vadede bu kaynakların dünyanın her ülkesinde yetersiz olacağı şimdiden yapılan ve ömür biçilen bir öngördür. Özellikle fosil kaynakların yakılması sonucunda atmosferin doğal dengesini bozacak oranlarda kirlenmesi sonucunda ortaya iklim değişikliğinin tesir edeceği birçok sektörün sorunları ortaya çıkmaktadır.

2. Enerji Arz ve Talebine Etkiler

Enerji üretiminin sıcaklık dalgalarına karşı duyarlılığı da çok önemlidir. Mesela, 2003 yılı yazında Fransa'dan birçok nehrin su seviyesi o kadar düşmüştür ki nükleer enerji santrallerinin soğutması tehlikeye girmiş ve bazı zamanlarda bu santraller zorunlu olarak kapatılmıştır.

Konut ve inşaat sektöründe temel değişikliğin mekân soğutma ve ısıtma için enerji talebinde artışlar olması beklenmektedir. Soğutucu ve buzdolabı yükü çevre hava sıcaklıkları ile yakından ilişkilidir. Bu yüzden hava sıcaklığı artışı ve iklim değişikliği ile doğrudan bağlantılıdır. Kışın mekân ısıtması gereken bölgelerdeki hava sıcaklığı artışları ısıtma enerjisinde tasarruf sağlayabilir. Sıcak bölgelerde mekân soğutması için artan enerji ihtiyacının net enerji ihtiyacını artırması beklenmektedir. Ancak ulusal ölçekte hesaplanan net enerji ihtiyacı enerji kaynaklarındaki farklılıkları gizleyebilir (Hadley vd., 2004). Soğutma için gerekli enerjinin ana kaynağı elektrik iken mekân ısıtma için enerji kaynakları arasında kömür, petrol, gaz, biokütle ve elektrik yer almaktadır. Hem soğutma hem de ısıtma için önemli ihtiyacı bulunan bölgeler diğer ısıtma enerji kaynaklarına talebin azalmasına karşın yıllık elektrik enerjisi talebinde artış gösterebilir.

Gelecekteki enerji talebini hesaplanmasında farklı araştırmacılar tarafından farklı yaklaşımlar kullanılmış ise de en yaygın olanı ısıtma ve soğutma derece-gün kavramıdır. Hadley vd. (2004) ABD'de enerji

talebinde ısınmanın etkilerinde önemli bölgesel farklılıklar olacağını ve toplam ihtiyacı karşılamak için 2025 yılına kadar yılda toplam 40 GW ilave elektrik gerektireceğini hesaplamıştır. Tol (2002) iklim değişikliğinin küresel enerji talebi üzerindeki etkilerini basit bir ülkeye (İngiltere) özgü modelden yola çıkarak hesaplamaktadır. Bu model ısıtma veya soğutma için kullanılan enerjiyi derece-gün ile kişi başına gelir ve enerji verimliliğini dikkate alarak hesaplamaktadır. Tol'e göre 2100 yılına kadar (azalan ısınmadan kaynaklanan) kazanım Gayrisafi Milli Hasılanın yaklaşık %0,75'i kadar olacak ve (azalan soğutmadan kaynaklanan) zarar yaklaşık %0,45'tir. Bu yüzden Tol net bir enerji talebi azalması hesaplamaktadır. Hitz ve Smith (2004) küresel enerji talebindeki artış ya da azalmaya ilişkin tartışmaların bir analizini yaparak enerji talebine ilişkin eğrinin küresel ortalama hava sıcaklığı için "U" şeklinde olacağını ileri sürmektedir. Buradaki önemli soru dünyanın şimdiden böyle bir eğrinin aşağı noktasının sağında mı (bu durumda küresel enerji tüketimi daha yüksek Greenwich Ortalama Zaman, Greenwich Mean Time, GMT, ile birlikte yükselecektir) yoksa hâlâ eğrinin azalan bir talebi gösteren kısmında (aşağı noktanın solunda) mı olacaktır. Araştırmacılar mevcut kaynaklara dayalı olarak karşımızdaki hasar ilişkisinin etkin şeklini belirlemenin mümkün olmadığı sonucuna varmaktadır.

Toplam küresel enerji talebine ilave olarak talepteki mevsimlik değişikliklerin de tartışılması önemlidir. Tropik ülkelerin büyük çoğunluğu yaz ayları boyunca aşırı sıcak sebebi ile soğutma için elektrik talebinde artış yaşamaktadır. Bazı hallerde alt yapı sınırlamaları yüzünden bu talep iletim sisteminin en büyük kapasitesini aşmaktadır. Mesela, 2002 yılı Temmuz ayında Hindistan'ın birçok bölgesini etkileyen ısı dalgasını birkaç aylık yoğun kuraklık izlemiştir. İletim sistemi güç yük artışı ile başa çıkma-

mamış ve sonuçta batı Hindistan'ın beş eyaletine yayılan bir kesinti yaşanmıştır. Batı şebekesindeki kesintinin giderilmesi uzun saatler gerektirmiştir. Bu olayın kurbanlarından birisi Hindistan demiryolu sistemi ve bu sistemde hizmet birkaç saat boyunca kesintiye uğramıştır. Normale dönüşü ise yaklaşık bir hafta almıştır. Bu durum farklı sektörlerin iklim değişikliğine bağlı olarak artan enerji taleplerinden doğan arz ve talep dengesizliklerinin dolaylı etkileri ile karşı karşıya kalabileceklerini göstermektedir.

İklim değişikliğinden etkilenen birçok sektör, mesela tarım ve enerji sektörü, üzerinde dolaylı etkiler beklenmektedir. İklim değişikliğinin hava sıcaklığı artışı ve değişen yağış kalıpları yolu ile tarımı etkilemesi de beklenmektedir (Fischlin vd., 2007). Mesela, buharlaşma oranının hava sıcaklığı artışı sebebi ile yükselmesi bu beklentiler arasındadır. İlave olarak genelde toplumun su tüketimi daha yüksek hava sıcaklıkları ile birlikte artacak ve böylece yerleşim yerlerinde daha yüksek su ihtiyacı doğuracaktır. Bu değişiklikler bir araya geldiğinde her ne kadar bazı bölgelerde yağış ve nemdeki artış bir ölçüde dengeleyebilir ise de yağış pompalama ve sulama için daha yüksek bir enerji talebine yol açacaktır.

Yukarıda tartışılan doğrudan ve dolaylı talep üzerindeki etkilere ilave olarak, enerji sektörünün arz yönünün de iklim değişikliğinden etkilenmesi muhtemeldir. Etkilenmesi muhtemel enerji kaynağı hidro-elektrik enerji sektörüdür çünkü bu sektörün yağışın miktarı, zamanlaması ve coğrafi rejimi ve aynı zamanda hava sıcaklığına (yağmur veya kar erimesinin zamanına) karşı duyarlıdır. Azalan akarsu akışlarının da bazı bölgelerde hidro-elektrik enerji üretimini sıkıntıya sokması beklenebilir. Buna karşın zamanlamasına bağlı olarak daha fazla nehir akışı hidro-elektrik enerji üretimine yardım edebilir. Hatta burada hidro-elektrik enerji istasyonlarını tam kapasiteden daha az bir

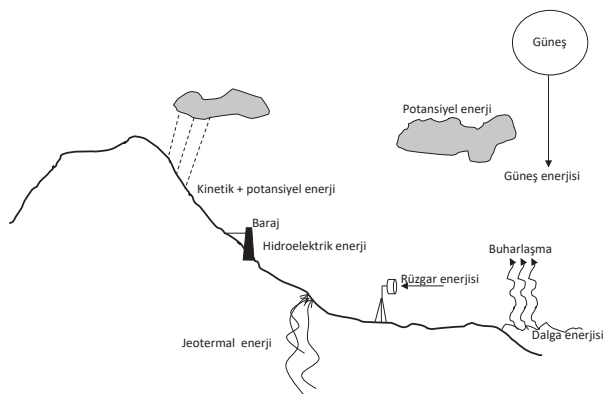
kapasite ile çalıştırmak ve böylelikle barajların daha büyük ve daha sık zirve akışları özümsemesini ve nehrin aşağı kısımlarında sel ve taşkını önlemesini sağlamak gerekli olabilir (Bolton 1983). İlave olarak bölgesel su sıkıntısı süreç sıcaklığını kontrol etmeye üzere pahalı olmayan suya bağımlı enerji tesislerinin özellikle nükleer enerji santrallerinin ihtiyaçlarını artırabilir. Breslow ve Saylor (2002) Kanada İklim Merkezi ve İngiltere'deki Hadley Merkezi'nden gelen Genel Dolaşım Modeli (GDM) çıktısını mevcut ve potansiyel rüzgâr enerjisi üretimi bölgelerinin korunmaya muhtaçlığını değerlendirmek üzere kullanarak rüzgâr hızları ve dolaysı ile rüzgâr enerjisi üzerinde iklim değişikliğinin potansiyel etkilerini araştırmıştır. Bu araştırmacıların analizine göre her ne kadar büyük oranda belirsizlik olsa da iklim değişkenliği ve uzun vadeli iklim değişikliğinin rüzgâr enerjisi tesislerinden söz ederken rüzgâr enerjisi alanı seçim karar sürecine korunmaya muhtaçlıkları dâhil etmek suretiyle değerlendirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

Diğer arz tarafındaki korunmaya muhtaçlıklar yağış değişikliklerinin bio-kütle enerjisi potansiyeli üzerindeki muhtemel etkilerini ve ağır hava olaylarının rüzgâr enerjisi istasyonları, elektrik iletim ve dağıtım şebekeleri, petrol ürünleri depolama tesisleri ve açık denizde petrol üretimi üzerindeki etkilerini içermektedir. Sera gazı salımlarının azaltılması politikalarının hem enerji talebini hem de arzı ve yakıt karışımını etkilemesi beklenmektedir. Çeşitli araştırma grupları enerji talebi ve yakıt karışımı üzerinde yumuşatma senaryolarının (iklim değişikliğine uyarılma) etkisinin analizini yapmaya çalışmıştır. Mesela, Kainuma vd. (2004) bir referans senaryoyu altı farklı sera gazı azaltma senaryosu ile karşılaştırmıştır. Referans senaryoda kömür kullanımı 2000 yılında %18'den 2100 yılında %48'e yükselmektedir. Buna karşın dünyanın nihaî enerji talebi önemli yumuşatma senaryolarında 2100'de

referans senaryodakinin yarısına yakın azalma kaydetmektedir. Bu azalma daha çok kömür kullanımının azalmasından gelmektedir. Buna karşın elektriğin payı artmaktadır. Kuik (2003) Avrupa için iki uzun vadeli alternatif iklim değişikliği senaryolarını değerlendirmiştir. Sonuçlar ekonomik verimlilik, enerji güvenliği ve karbon bağımlılığı arasında AB ülkelerinde bir uzlaşma bulunduğu göstermektedir.

Sosyal ve ekonomik gelişmelerin temel ihtiyaçları su ve enerji kaynaklarına ulaşarak bunların verimli olarak kullanılmasıdır. Özellikle gelecek yüzyıl hedefleri içinde fakirler için su ve enerji kaynaklarına ulaşmak çok önemlidir. Su, enerji ve iklim arasındaki ilişkiler karmaşıktır. Gelişmenin olabilmesi için gittikçe artan enerji teminine ihtiyaç vardır. Su kaynaklarının sınırlı olması durumunda artan enerji talebi su kaynakları üzerine de tesir ederek daha sıkıntılı su teminine sebep olabilir. Enerji üretiminin kendisi su kaynakları üzerine doğrudan etki yapar ve böylece insan kaynaklı iklim değişikliğine de önemli derecede katkıda bulunur. Bunun sonucunda su kaynaklarının kullanılmasında önemli bölgesel ve zaman kaymaları ortaya çıkabilir.

Enerji talebi su kaynaklarımız üzerinde etkili olan nüfus artışı, ekonomi, sosyal ve teknolojik süreçler, tüketim desenleri üzerine de etkisini gösterir. Enerji doğrudan suyu ilgilendirdiğinden diğer etkenler üzerinde etkisini dolaylı olarak gösterir.



Şekil 1. Doğal enerji döngüsü

Tüm bu ara ilişkilerde küresel iklim değişikliğine toptan bir çözüm yaklaşımında bulunabilmek için su, gıda ve enerji güvenliklerinin temin edilmesinin çevre sürdürülebilirliği ile eş zamanlı olarak gerçekleşmesi gerekir. Bu konuda küresel mutabakatla sera gazlarının azaltılması yoluna gidilerek su kaynaklarının sürdürülebilirliğine zarar vermemeye çalışmalıdır.

3. Enerji ve Su

Bugün için su ile enerji arasındaki ilişkiyi üç ayrı açıdan inceleyebiliriz. Bu incelemeler su ve enerji ilişkilerinin ayrıntılarına kadar bilgi verdiği gibi neden su kaynaklarına gelecekte ayrıcalık verilmesinin sebeplerini de açıklayacaktır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir.

1. Suyun doğada iletimi için gerekli olan enerji,
 2. Suyun istenilen yere iletimi için gerekli yapıy enerji,
 3. Suyun kendisinden enerji olarak istifade edilmesi,
- sayılabılır. Buradan çıkarılabilecek çok önemli bir sonuç sudan faydalanmak için enerjiye gerek olduğu gibi suyun kendisinden de enerji olarak faydalanılabilir. Diğer bir söyleyişle suyun içinde ve dışında enerji kaynakları söz konusudur. Şimdi bunlardan birinci ve üçüncü kısımları ayrıntılı olarak inceleyelim.

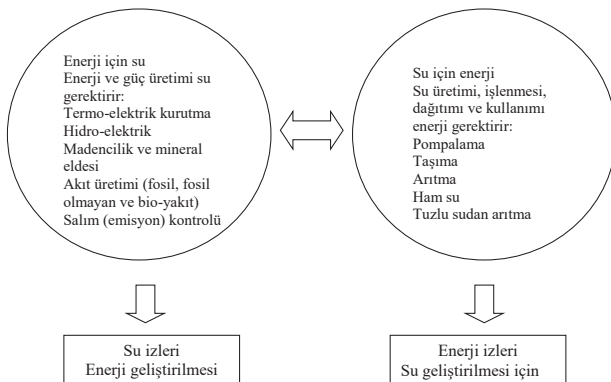
Suyun doğada hareketi için gerekli olan enerjinin kaynağı güneştir. Bir bakıma güneş enerjisi suya yüklenmekte ve su, doğal su döngüsü (hidrolojik çevrim) vasıtası ile atmosferde çok yükseklerle çıkarak potansiyel enerji depolar. Mesela Ağrı ve Everest dağlarının zirvesinde bulunan buzullar ve karların her biri su enerjisinin depolanmış halidir. Ülkemizde de Doğu Anadolu'nun engebelik yerlerindeki tepelerde biriken karların zamanla akarsulara ulaşması ile akış mecrasının eğim ve kıvrıntılara, genişliğine ve darlığına göre su hem potansiyel hem de kinetik enerjiye sahip olmaktadır. İşte suyun doğadaki bu dolaşımı sayesinde gü-

neşten alınan ilk enerjinin insan hizmetine yarar diğer enerjilere dönüşünü temsil eden doğal döngüye de enerji döngüsü adı verilir (bak Şekil 1). Aslında bu su döngüsünün aynıdır ama su tür ve miktarı yerine enerji türü şeklinde yorumlanmaktadır.

Enerji ve su birbirinden ayrılmayacak biçimde bağlıdır Enerji sektörü önemli bir su kullanıcısıdır çünkü enerji üretiminde önemli miktarlarda su tüketilir. Su (hidro-elektrik), dalga ve gelgit enerjisi üretiminde (suyun kinetik enerjisiye dönüştürülmesinde) etken bir rol oynar. Diğer durumlarda, termal ve nükleer birimlerin soğutulmasında veya bio yakıt üretiminde su daha dolaylı rol oynar ama bu tür enerjilerin üretiminde suyun daha az öneme sahip olduğu anlamına gelmez. Enerji üretimi için bu sebeplerden dolayı suya ihtiyaç vardır. Bu çalışmalar su miktar ve kalitesi üzerine ilave görevler getirir ve böylece tatlı su kaynakları sıkıntısı başlayabilir.

Diğer taraftan, su ile enerji arasındaki bir ilişki de su sektörünün enerji kullanması yolu ile olur. Mesela, suyun kullanımında ve özellikle de düşük kotlardan yükseltilmesi ve taşınmasında bol miktarda enerji gerekir. Arıtma sistemlerinde tuzlu sulardan tatlı su elde edilmesinde de enerjiye gerek vardır.

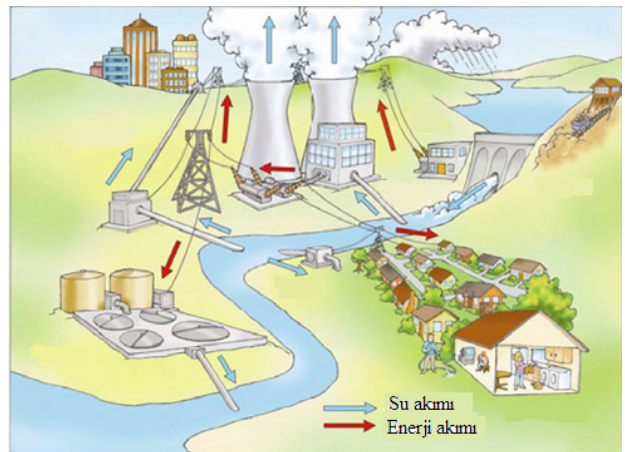
Su, enerji ve diğer etkiler arasındaki ilişki çok karmaşıktır ve genel olarak tümünün esasını nerede ise enerji sektörü teşkil eder. Şekil 2’de gösterildiği üzere su gerektiren enerji üretimleri su kaynakları ve çevre üzerine önemli etkilerde bulunur.



Şekil 2 Su ile enerji arasındaki ilişki (DHI, 2008)

Bu sebeplerden dolayı enerji iklim değişikliği ile yakından ilgilidir. Küresel olarak sera gazlarının atmosfere verilmişindeki temel faktör enerji üretimi ve fosil yakıtların kullanılmasıdır. Sera gazlarının azaltılması için daha temiz olan enerji kaynaklarının kullanılması gerekmektedir. Bu halde hidro-elektrik enerji üretimi sera gazları salımlanmaması açısından önemini daha da artırmaktadır. Ülkemizde temiz enerji kaynaklarının kullanılmasına son zamanlarda başlanmıştır. İleriki kısımlarda Türkiye enerji kaynakları ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

Su enerji sisteminin vaz geçilmez bir parçasıdır. Bu kaynakların geliştirilerek kullanılması soğutma suyu olarak nükleer ve termal enerji birimlerinde kullanılması ile su kaynaklarına olan baskılar artacaktır (Şekil 3). Barajlar genel olarak önemli miktarda suyun buharlaşmasına sebep olur. Enerji birimlerinde soğutma için kullanılan suların sadece %5’lik bir kısmı tükenmektedir. Geri kalan kısım kullanılabilir. Bu kullanımda kalitenin iyi olması gerektiğinden yeraltı suyu tercih edilir. Mesela, nükleer enerji üretiminde kullanılan soğutma suyu çıktı olarak çok sıcak sudur ve bunun doğal hale gelmesi için nehirde yeterli su miktarının bulunması gereklidir.

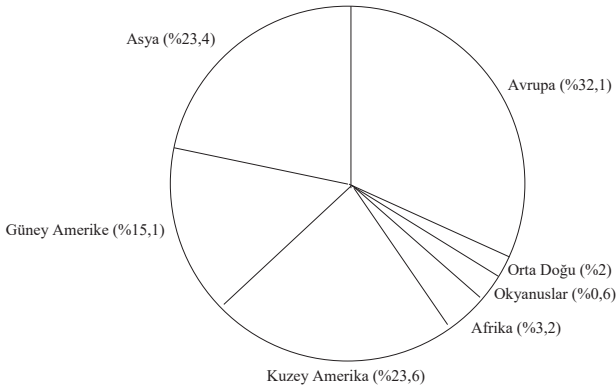


Şekil 3 Su ve enerji arasındaki ilişki (US Department of Energy, December 2006)

Enerji üretimi genel olarak fazlaca su kullanır ama bunun çoğunu yeniden kullanılabilir biçimde geriye döndürür. Ulus-

lararası Büyük Barajlar Komitesi, ICOLD, tarafından yapılan açıklamada hali hazırda barajların hidro-elektrik enerjisi olarak toplam enerji üretiminde payının %20 kadar olduğu belirlenmiştir. Bu oran nerede ise 1990 yılından beri sabit kalmıştır. Enerji sektöründe su kullanımının iyileştirilmesi için yapılacak çok işler vardır ve bunlar su şiddeti enerji üretim teknolojilerine göre farklı olur.

1970 petrol krizi ile beraber hidro-elektrik enerjisi üretimi sürekli olarak artmaktadır. Hidro-elektrik enerji üretimi halen yenilenebilir enerji kaynakları arasında en önemli olanıdır. İklim değişikliği sebebi ile bu artış devam edeceğe benzemektedir. Barajların ortak işletmesi başarılabilirse enerjiden başka sulama, taşkınlardan korunma, kurak sürelerin etkisinin azaltılması, su temini, tepe enerji taleplerinin anında karşılanması gibi faydaları vardır. Dünyada küçük ve büyük barajların inşa edilmesine devam edilmektedir. Bio-yakıt artarak kullanılmakta ancak enerji sektöründeki bu iyileşmenin su kaynakları üzerine ilave etkiler yapması beklenmektedir. Hidro-elektrik enerjisinin dünyada kullanımı Şekil 4’de gösterilmiştir.



Şekil 4 Hidro-elektrik kurulu gücü ve bölge dağılımı (Kaynak: WEC, 2001)

Çizelge 1 2002 yılı sonu itibari ile dünyanın değişik yerlerindeki hidro-elektrik enerjisi dağılımını göstermektedir.

Çizelge 1 Hidro-elektrik enerji kapasitesi (WWDR2, 2006)

Bölge	Toplam teorik kapasite (TWh/sene)	Teknik kullanılabilir kapasite (TWh/yıl)
Afrika	> 3892	> 1917
Kuzey Amerika	7122	> 2873
Güney Amerika	6920	> 2880
Asya	18695	> 6844
Avrupa	2638	> 1071
Orta Doğu	533	> 195
Okyanuslar	493	> 119
Dünya	> 40293	> 15899

4. Enerjinin Etkisi

Enerji için su enerji sektörünün elektrik ve güç üretiminde su kullanması gerekir. Su için enerji ise su temini, dağıtımı ve arıtması için enerji sektörüne ihtiyaç olduğu bilinmektedir. Birçok enerji üretim sektörü fazla miktarda suyun kullanılmasını gerektirir. Enerji üretimi için kullanılan su diğer sektörlerde (tarım, endüstri ve evsel kullanım) olduğu gibi suyun kirlenmesi veya tekrar kullanılmayacak biçimde devre dışı kalmasına sebep olmaz. Termal ve nükleer enerji üretiminde tıpkı hidro-elektrik enerjisi kullanımında olduğu gibi kullanılan suyun tekrar kullanılması mümkündür. Böylece su tüketimi fazlaca olmamaktadır.

Çizelge 2’de gösterildiği üzere su tüketimi oranı özellikle hidro-elektrik güç üretiminde fazla değildir. Bu çizelge ABD için hazırlanmıştır ama diğer ülkeler içinde bir gösterge olarak kullanılabilir.

Çizelge 2 Değişik enerji üretimi için harcanılan su miktarları

Enerji türü	Tüketilen yaklaşık toplam su (m ³ /MWsaat)	ABD günlük enerji üretimi için tüketilen su (m ³)**	ABD kişi başına günlük tüketim eşdeğeri (kişi sayısı)***
Güneş	0,001	0,011	44 bin
Rüzgâr	0,001	0,011	44 bin
Doğal gaz	1	11	44 milyon
Kömür	2	22	88 milyon
Nükleer	2,5	27,5	110 milyon
Petrol	4	44	176 milyon
Hidro-elektrik	68	748	3 milyar
Bio-Yakıt*	178	1958	7,8 milyar

*Ham madde üretiminde su tüketimi, petrol saflaştırılmasında su tüketimi, enerji tesislerinde su tüketimi, bitki tarafından su tüketimi.

** Eğer tüm ABD enerji ihtiyacı sadece bir tür enerji olsa bu sütun ABD'nin günlük 11 milyon MWh'lik üretimi için kullanılan suyun miktarını gösterir.

*** Gösterilen sayıda kişiler tarafından tüketilen yıllık ortalama su miktarı (ABD'de kişi başına 250 lt/kişi/gün). Eğer ABD %100 rüzgâr enerjisine dönüştürülürse günlük su tüketimi 44.000 kişinin kullandığı su miktarı kadar olur.

5. Su için Enerji

İlk su yönetimi sistemleri son zamanlara kadar yerçekimi (cazibe) ile olmuştur. Suyun pompalarla daha yüksek seviyelere ulaştırılması için pompa kullanılması oldukça yenidir. Mesela, sulamada 20. Yüzyılda petrol ve bundan üretilen elektrik enerjisi suyun arazide dağıtılması için yaygın kullanılmaya başlanmıştır.

Enerji aynı zamanda sadece sulama için değil ayrıca kurutma (drenaj) işleri içinde kullanılır. Mesela, Hollanda'da deniz seviyesine karşı inşa edilen "polder" denilen duvarların arkasındaki suların tahliye edilmesinde pompalar ve enerji kullanılır. Özellikle, Güney Asya'da kırsal alanlara elektrik enerjisinin ulaşması ile su temini ve yeraltı suyu için pompaların kullanılmasına başlanmıştır. Tarım alanında gıda sürekliliği için soğuk depoların kullanılması ile yine enerji kullanılmaya dayanıklıdır. Belediye ve endüstri sektörlerinde enerji kullanılmama-

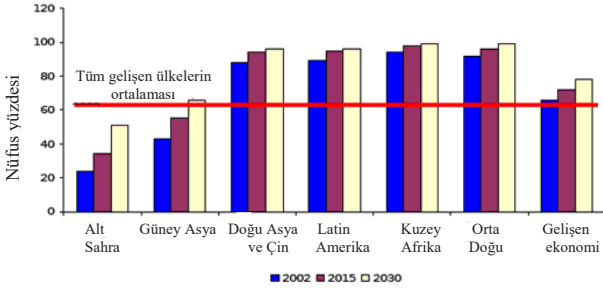
sı sürekli artmaktadır. Belediye hizmetleri arasında ulaştırma ve suyun arıtılması işlemlerinde enerji kullanımı vardır.

20. Yüzyılda sulu tarım ile gıda üretiminin fazlaca artması "yeşil devrim" diye nitelendirilmiştir. Bu başarı düşük su ve enerji fiyatları sayesinde olmuştur. Küresel olarak enerji desteği (süspansiyonu) su desteği gibi devam etmektedir. Değişik kaynaklarda bu sübvansiyon miktarı 100 milyar ile 300 milyar TL civarında olduğu söylenmektedir. Kırsal alanlara verilen elektrik enerjisinin de sübvansiyonlu olması sayesinde tarım alanları artmış ve hatta tarımın pek yapılması söz konusu olmayan yerlerde bile yapılmaya başlanmıştır. Bu çalışmalar bazı yörelerde nüfus artmasına rağmen olması mümkündür. Bu destekler sayesinde yeraltı sularının yüzeye çıkarılması ile tarım faaliyetleri yayılarak artmıştır. Tarımda kullanılan suyun %40'da fazlası yeraltı sularından elde edi-

lır hale gelmiştir. Enerji fiyatları artmaya meyillidir ve gelecekte enerji fiyatlarında olabilecek artış su kaynaklarını da etkileyecektir. Son zamanda dünya mutabakatında enerji fiyatlarının artması söz konusudur. Enerji, su arıtması fiyatlarının %60 - %80 civarındaki maliyetleri kapsar. Bu bakımdan enerji tasarrufu su tasarrufunu da beraberinde getirecektir.

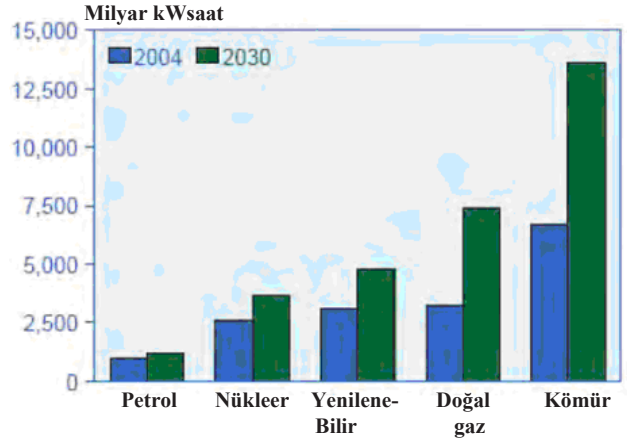
6. Enerji için Su

Dünyada ilk endüstri gelişimi hidro-elektrik enerji kaynaklı olmuştur. Dünya enerji ihtiyacı bugünkü durumun sürmesi halinde 2030 yılına kadar %55 artması beklenmektedir. Bu artışın yaklaşık %45 kadarı Hindistan ve Çin için gereklidir. Toplam enerji artışının yaklaşık %75 kadarı da gelişmekte olan ülkeler tarafından kullanılacaktır. Şekil 5 elektrikleşme oranlarını gösterir.



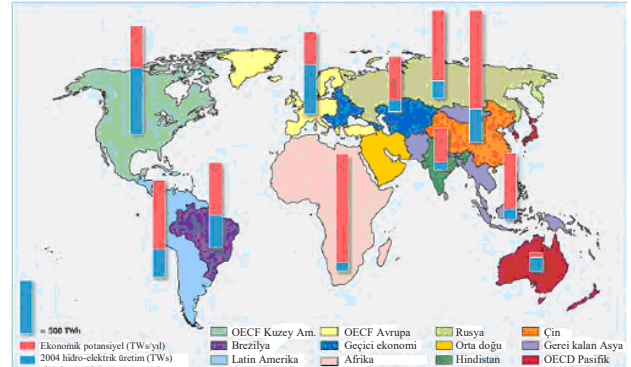
Şekil 5 Bölge bölge elektrikleşme oranları (IEA World Energy Outlook 2004)

IEA'ya göre hidro-elektrik ve diğer temiz enerji kaynaklarından üretilebilecek elektrik üretimi 2004-2030 yılları arasında ortalama yıllık oran olarak %1,7 kadar olması beklenmektedir. 2030 yılına kadar bu artış %60 civarındadır. Bu artış su kaynaklarına olan etkisi bakımından önemli olmasına karşılık temiz enerji toplam içinde oldukça az bir miktarı kapsamaktadır (Şekil 6).



Şekil 6 Enerji kaynaklarının kWsaat üretim miktarları. [Energy Information Administration (EIA, 2004). International Energy Annual, 2004 (Mayıs-Temmuz 2006), web sitesi: www.eia.doe.gov/iea. 2030: ve System for the Analysis of Global Energy Markets (2007)].

Hidro-elektrik gücüne göre gelecek gelişmelerde iki ana faktör bulunmaktadır. Bunlardan ilki alan ve jeofizik potansiyel olarak yeni hidro-elektrik enerjisi üretiminin artırılması sınırlıdır. Birçok ülkede en iyi hidro-elektrik enerji üretim yerleri kullanılmıştır (Şekil 7). İkinci sınırlayıcı faktörde yatırım kapasitesidir.



Şekil 7 Gidiş eğilimleri ve gelecek öngörülerini. IEA veri tabanı ve Hidro-elektrik potansiyel için WEC (2004)

Son zamanlarda fosil yakıtlar yerine bio-yakıt kullanımına eğilim gösterilmesi su kaynaklarına daha fazla yük yükleyecektir. Yapılan çalışmalar bio-enerji üretimi için kullanılacak su miktarının diğer temiz enerji kaynaklarına göre 70 ile 400 kat fazla olmaktadır. Bio-yakıt bitki türüne, üretim sistemine ve iklime bağlıdır. Dünyanın değişik yerlerinde elde edilen bio-yakıt verimi Hollanda, ABD ve Brezilya'da sırası ile 24 m³/GJ, 58 m³/GJ ve 61 m³/GJ kadar olmuştur.

tur. Batı ülkelerinde kişi başına olan ortalama enerji 100 GJ/kişi/yıl kadardır. Hâlbuki kömür, ham petrol, doğa gaz ve uranyum karışımından sadece 35 m³/kişi/yıl'dır (<http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/electricity.pdf>).

Orta vadede beklenen yüksek petrol ve doğal gaz fiyatları yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeyi güçlendirmektedir. Nükleer güç gibi yenilenebilir enerji kaynakları çevre ve iklim değişikliği bakımından tercih edilir hale getirmektedir. Tüm fosil kaynaklardan elde edilen enerji miktarını kapsayamayacak olmasına rağmen hükümetler ve yerel yöneticiler tarafından cesaretlendirilmesi gereklidir. Bütün bunlara rağmen yenilenebilir enerjinin tüm enerji tüketimi içindeki payı gittikçe artacaktır.

Enerji üretimi ile ilgili olarak birbiri ile kısmen rakip ve oldukça karmaşık durum enerji üretimi ile ilgili çevre ve su kaynakları yönetimidir. Diğer taraftan, dünyada temel enerji ve ekonomik gelişmeyi bekleyen milyarlarca insana ulaşılması gereklidir. Su ile ilgili olarak enerji tüketiminde büyük bir dengesizlik mevcuttur. OECF ülkelerinde kişi başına ortalama ticari enerji kullanımı yaklaşık 5000 kg petrol eşdeğeridir ama gelişmekte olan ülkelerde bu miktar 500 kg altındadır. (World Bank, 2002). Böylece, enerji tüketimi gelişmekte olan ülkelerde artacaktır. Bu da onların ekonomik gelişmeleri için gereklidir. Bunlar arasında fakirlikle mücadele ve bazen de çevre sistemlerine verilen zararların (ormansızlaştırma, doğal kaynakların kötüleşmesi, vb.) en aza indirilmesi gereklidir.

Fakirler için enerji ihtiyacını karşılamak enerji gelişmelerinde çok önemli bir noktadır. Hidro-elektrik enerji üretimi için yapılacak barajların çevre ve sosyal açılardan tartışmaları daha da sürecektir. Bu arada alt tarafta bulunanların suya olan ihtiyaçları ve eko-sistemlerin sürdürülebilirliği için su sa-

linması da yerinde olacaktır. Termal enerji birimlerinin yaygınlaştırılması suya olan ihtiyacı soğutma amacı ile daha da artıracaktır. Biriktirme haznelere olan doğal buharlaşmanın dışında bu su kullanımları yok olmamasına rağmen bunların çevre etkileri bakımından önemli sonuçları vardır. Bundan başka nükleer atıkların depolanması yeraltı sularının kirlenmesine sebep olabilir.

Enerji ile olabilecek yeni gelişimlere su kaynaklarına olabilecek etkileri bakımından dikkat etmemiz gerekir. Bunlar arasında gelecekteki iklim değişikliği etkilerini daha da fazlaca etkileyebilecek enerji kullanımlarına bakmalıyız. Politik sistemler üzerine iklim değişikliği baskısı gün geçtikçe artmaktadır. Her hükümet artık sera gazları ve iklim değişikliğine sebep olabilecek kirlenmeleri azaltmak zorunda kalmaktadır.

İklim değişikliği enerji üretiminde arazi kullanımlarına varıncaya kadar bazı durumların yeniden düzenlenmesini gerektirir. Maalesef, 2030 yılına kadar iklim değişikliğine sebep olan fosil yakıtların yine fazla kullanılması söz konusudur. Özellikle bio-yakıt dolayısı ile enerji artmasındaki veya değişikliğindeki çalışma ve gelişmeler su kaynaklarına tesir edecektir. İklim değişikliği sebebi ile hidro-elektrik enerjisinde artma olabilecektir.

Bu konuda çok daha fazla bilgiler ve özellikle de Türkiye ile ilgili olanlar Su Vakfı yayınlarında mevcuttur.

Kaynaklar

- Hitz, S., Smith, J., 2004. Estimating global impacts from climate change. *Global Environmental Change*, this issue
- Fischlin, A., Midgley, G.F., Price, J.T., Leemans, R., Gopal, B., Turley, C., Rounsevell, M.D.A., Dube, O.P., Tarazona, J., Velichko, A.A., 2007. Ecosystems, their properties, goods and services. In: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. & Hanson, C.E. (eds.), *Climate change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 211–272.
- Rowntree, P.R., and J.A. Bolton, Simulation of the atmospheric response to soil moisture anomalies over Europe, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 109, 501-526 1983.
- Breslow, P.B., Sailor, D.J., 2002. “Vulnerability of wind power resources to climate change in the continental United States”. *Renew. Energy*. Issue 27, p 585–598.
- Sutou, Y.; Imano, Y.; Koeda, N.; Omori, T.; Kainuma, R.; Ishida, K.; Oikawa, K. Magnetic and martensitic transformations of NiMnX(X = In,Sn,Sb) ferromagnetic shape memory alloys. *Appl. Phys. Lett.* 2004, 85, 4358–4360.
- Energy Demands On Water Resources Report To Congress On The Interdependency Of Energy And Water U.S. Department Of Energy December 2006
- World Energy Council 2001
- World Energy Council 2004
- IEA (2004), *World Energy Outlook 2004*, OECD/IEA, Paris.

SU VAKFI YENİLENEBİLİR ENERJİ KÜLLİYESİNDE DAHA ÖNCE YAYINLANAN BÜLTENLER

SAYI 2	Energy Generation Possibility From Bosphorus Currents Boğaziçi Akıntılarında Enerji Üretme İmkanları <i>Zekai ŞEN</i>
2017 Ocak (January)	
İNGİLİZCE	
SAYI 1	Hidroelektrik Enerji Potansiyeli Üzerine İklim Değişimi Etkisi <i>Sadık Alashan ve Zekâi Şen</i>
2016 Aralık (December)	
TÜRKÇE	

Tüm Su Vakfı bültenlerini <http://bulten.suvakfi.org.tr> adresinden bilgisayarınıza indirebilirsiniz.



SU VAKFI

Libadiye Cad. Dođanay Sokak No:6 Kat:4 Üsküdar İstanbul
Tel: (216) 412 3383 - Faks: (216) 412 3390
suvakfi@suvakfi.org.tr - www.suvakfi.org.tr