

# Fotosentez mi Verimli Fotovoltaikler mi?

Güneş enerjisi denince ilk aklımıza gelen şey yenilenebilir alternatif bir enerji kaynağı olsa da aslında güneş enerjisi hayatımızın her yerinde, hatta hayatımızın kaynağı. Çünkü hem hücrelerimizi oluşturan karmaşık biyomolekülleri bir arada tutan, hem de tüm yaşamsal faaliyetlerimizi sürdürmemizi sağlayan enerji, bitkilerin ve alglerin fotosentez yoluyla kimyasal bağlar biçiminde sakladığı güneş enerjisi. Varlığını bir bakıma güneş enerjisine borçlu olan

insanoğlunun Dünya üzerinde sürdürülebilir bir yaşama düzeni kurmak için başvurduğu enerji kaynaklarından biri de yine Güneş oldu. Günümüzde güneş enerjisi önemli bir yenilenebilir enerji kaynağı seçeneği olarak kabul ediliyor ve bu konuda üzerinde çalışılan, bir kısmı endüstriyel düzeyde uygulamaya konmuş çeşitli teknolojiler var. Peki acaba güneş enerjisini verimli şekilde kullanma konusunda doğa mı yoksa insanlık mı daha üstün geldi.

**G**üneş insanların erişebileceği en büyük ve sürdürülebilir enerji kaynağı. Dünyamıza ulaşan güneş enerjisi yıllık ortalama alındığında 120 bin terawatt gücünde, yani Dünyamıza saniyede ortalama 120 trilyon joule enerji geliyor. İnsanlığın dünya çapında yıllık bazdaki enerji ihtiyacının yaklaşık 15 terawatt güce denk olduğu düşünüldüğünde, Güneş'ten ne kadar büyük miktarda bir enerji geldiği daha iyi anlaşılabilir.

Güneş'ten 1 saat içinde gelen enerji, insanlığın bir senelik enerji ihtiyacını karşılayabilecek miktarda. Ancak güneş enerjisi Dünya'ya seyreli bir halde ulaşıyor. Metrekareye düşen güneş enerjisi, yıllık ortalama alındığında yaklaşık 170 W gücünde. Bu yüzden, her ne kadar Dünya'ya Güneş'ten toplamda büyük miktarda enerji geliyorsa da, bu enerjinin verimli bir şekilde yakalanıp depolanmasını sağlayacak teknolojiler önem taşıyor.

Bazı organizmaların birkaç milyar yıl önce buna yönelik bir mekanizmayı, yani fotosentezi geliştirmesi Dünya'yı bugünkü haline getiren temel değişim oldu. Bugünkü şeklini alması milyonlarca yıl sürmüş olan fotosentez sürecinin, geçmişte iki yüzyılı geçmeyen modern güneş enerjisi teknolojilerinden çok da-

ha verimli olması gerektiği akla gelebilir. Oysa durum pek de öyle değil. En yaygın güneş enerjisi teknolojisi olan fotovoltaik sistemlerde erişilen verim, fotosentetik organizmalarınkini geride bırakmış durumda. Ancak bu sonuca varmak, yani fotosentezin ve fotovoltaiklerin (PV) verimlerini karşılaştırmak pek kolay bir iş değil. Çünkü ilki güneş enerjisini biyolojik moleküllerde kimyasal bağlar biçiminde depolar-

ken ikincisi depolanmamış elektrik akımları oluşturuyor. Bu yüzden doğrudan

bir karşılaştırma yapmak elmayla armudu karşılaştırmaya benziyor. Elmaları elmalarla karşılaştırmak içinse, iki işlemin birbirine benzer biçimlerini ele almak gerekiyor. Bir grup araştırmacı 2011'de *Science*'ta yayımlanan bir çalışmada işte bunu yaptı. Araştırmacılar fotosentezle karşılaştırmak üzere, PV'lerin tıpkı fotosentezde olduğu gibi güneş enerjisini kimyasal bağlarda depolamak üzere kullanıldığı su elektrolizi sistemlerini ele aldı. Bu sistemler PV'lerden elde edilen elektrik enerjisini, suyu hidrojen ve oksijene ayırıştıran elektroliz işlemi için kullanıyor. Hidrojen enerji kaynağı olarak kullanılabilen yanıcı bir gaz olduğu için de bu karşılaştırmada fotosentez ürünü olan ve yine enerji kaynağı olarak kullanılabilen karbonhidratlara karşılık geliyor.



Araştırmacılar karşılaştırma için iki zemin belirlemiş. Biri, fotosentezin ve silikon güneş gözelerinin elektromanyetik spektrumun -yani farklı dalga boylarındaki ışığın oluşturduğu yelpazenin- ne kadarlık bir kısmından yararlanabildiğiyle ilgili. Bu konuda silikon güneş gözeleri daha üstün, çünkü morötesinden kızılötesine uzanan geniş bir aralıktaki fotonları soğurabiliyor. Fotosentetik organizmalarsa sadece 400-700 nanometre dalga boyu aralığındaki görünür ışıktan faydalanabiliyor. Araştırmacıların iki sistem için kullandığı diğer karşılaştırma zemini ise enerji dönüşümünün verimliliğiyle ilgili. PV'lerin enerji dönüşümü verimliliği genellikle, oluşan elektrik gücü sistemin aldığı güneş enerjisi gücüne oranlanarak hesaplanıyor. Ancak bu, enerjinin saklanması ve iletimini hesaba katmıyor. Fotosentez enerjisi kimyasal bağlarda saklıyor. Bu enerjinin büyük bir kısmı organizmanın yaşamını sürdürmesi ve çoğalması için kullanılıyor. Fotosentezin enerji etkinliğiyle belirli bir bölgede yıllık olarak hasat edilebilen biyokütle enerjisi içeriğinin (fotosentezin doğrudan ürünü olan glikozun standart koşullar altında yanarak karbondioksit ve su oluşturması sonucu oluşan enerji) aynı bölgeye düşen güneş enerjisi miktarına oranı şeklinde hesaplanıyor.

Araştırmacılar doğrudan bir karşılaştırma için PV'lerin su elektrolizinde kullanıldığı sistemlere odaklanmış. Ticari olarak kullanılabilen tek-elemli (tek fotosistemli) silikon güneş gözeli modüllerinin güneş enerjisinden elektrik üretirken sergilediği tipik enerji dönüşümü verimliliği %18 civarında. Günümüz ticari elektroliz sistemlerinin enerji verimliliği, Dünya'ya ulaşan güneş enerjisinin yıl içindeki değişkenliği, PV'lerin ürettiği elektriksel voltajla elektrolizin gerektirdiği elektriksel voltaj arasındaki uyumsuzluklar da hesaba katıldığında PV bağlantılı elektroliz sistemleri için bu verimlilik oranı %10-11 civarına düşüyor.

Fotosentetik organizmalara gelince... Aslında fotosentezin yapıldığı organel olan kloroplastlarda kuantum verimliliği, yani soğurulan fotonların ne kadarının kararlı foto-ürünler oluşturduğunu ifade eden oran, %100'e yakın. Ancak fotosentez ancak görünür ışık da denen 400-700 nm dalga boyu aralığındaki ışıkla yapılabildiği için fotosentetik yapılara gelen fotonların yaklaşık yarısı boşa gidiyor. Uygun dalga boyundaki fotonlarınsa önemli bir kısmı soğurulamıyor ya da kloroplast dışındaki yapılara düşüyor. 400-700 nm dalga boyu aralığındaki fotonlardan düşük dalga boyundakilerin (yüksek enerjili olanların) enerjisinin, sadece yüksek dalga boyundakilerin (düşük enerjili olanların) enerjisine karşılık gelen kadarı kullanılabildiği için bir miktar enerji

kayboluyor. Sonunda glikozda depolanan enerjinin büyük bir kısmı da organizma tarafından kullanılıyor. Tüm bunlar hesaba katıldığında Güneş'ten gelen enerjinin kuramsal olarak sadece %5-6 kadarlık bir kısmı net ürüne dönüşebiliyor. Gözlemlenen verimliliklerse bunun da altında... Tarımsal bitkilerdeki yıllık ortalama olarak, bazı istisnalar dışında, optimum koşullarda %1'i geçmiyor, biyoreaktörlerde çoğaltılan alglerinkiyse %3'ün biraz üzerinde. Büyüme dönemlerinde C3 tipi bitkilerde %3,5'i, C4 tipi bitkilerde %4,3'ü, biyoreaktörlerde çoğaltılan alglerdeyse %5-7'yi bulabilen verimlilikler gözlemlenmiş.



Sonuç olarak söz konusu araştırmada yapılan karşılaştırma güneş enerjisini dönüştürme verimliliği açısından fotovoltaik sistemlerin, fotosentetik sistemlerden daha üstün olduğunu gösteriyor. Ancak araştırmacılar bu karşılaştırma yapılırken hesaplanan farklı aşamalarda verimlilik kayıplarının, her iki sistemde yapılabilecek geliştirmeler için yol gösterici olabileceğini vurguluyor. Zira sadece güneş enerjisi dönüştürme sistemlerini değil, dünyanın artan besin ihtiyacını karşılamak üzere tarımsal bitkilerin fotosentetik sistemlerini de daha verimli hale getirme çalışmaları gündemde.



#### Kaynaklar

- Blankenship, R. E. ve ekipleri, "Comparing Photosynthetic and Photovoltaic Efficiencies and Recognizing the Potential for Improvement", *Science*, Cilt 332, Sayı 6031, s. 805-809, 2011.
- Zhu, X. G., Long, S. P., Ort, D. R., "What is the maximum efficiency with which photosynthesis can convert solar energy into biomass?", *Current Opinion in Biotechnology*, Cilt 19, Sayı 2, s. 153-159, 2008.