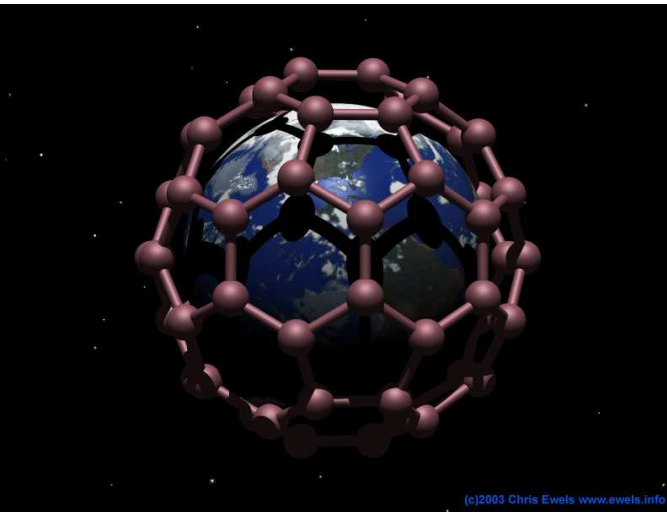


## NANOTEKNOLOJİ VE HİDROJEN DEPOLAMA

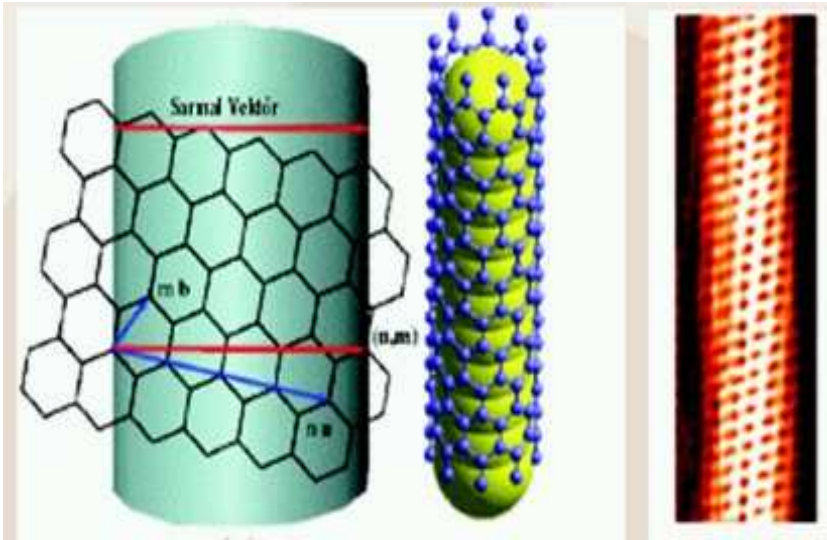
19. yüzyılın sonlarına doğru artık bilim adamları fizikte öğrenebileceklerinin çoğunu zaten öğrendiklerini düşünüyorlardı, 1899'da Amerikan Patent Dairesi Başkanı Charles H. Duell, "Artık icat edilebilecek yeni bir şey yok, olabilecek her şey icat edildi" demişti. 20. yüzyıl, yarı iletken malzemelerin lithografi yöntemleri (mikron düzeyinde) kullanılarak üretilen mikroişlemciler sayesinde Sayısal Teknoloji yüzyılıydı. Intel şirketinin ilk yaptığı 4 bit'lik bir mikroişlemci idi. Bugün ise her evde olan televizyonların içinde 8 bitlik en az iki mikroişlemci, DVD Player'larda ise 16 ya da 32 bitlik mikroişlemciler bulunuyor. Moore Kanunu, 42 yıldır geçerliliğini koruyan bir kanun. Bu kanuna göre yarı iletken bazlı sayısal teknolojinin performansı her 18 ayda ya iki katına çıkar ya da maliyeti yarıya düşer. Bu arada şunuda söyleyelim Moore, bu yasanın on yıl boyunca geçerliliğini koruyacağını tahmin etmişti. Maliyetin yarıya düşmesi devam edebilir ama performansın iki katına çıkması yada diğer bir deyişle birim alana yerleştirilebilecek derve elemanı sayısının iki katına çıkması konusunda artık sınıra yaklaşıldı. İki seçenek var gibi; nano lithografi veya nano ölçekte yeni malzemeler, cihazlar. Her iki seçeneğinde nano teknoloji alanına girmesine rağmen, ilk seçenekte fazla durmuyorum. Bunun sebebi o ölçeklerde "klasik yöntemlerle" yapılan devre elemanlarının üzerinde bulunan akıma olan direnci ve bunu oluşturduğu yüksek ısı ve/veya kuvantum etkilerinden dolayı düzgün çalışmaması. 21. yüzyıl ise Nano Teknoloji yüzyılı. Bu da atom boyutu, tek tek atomların işlenebildiği boyut!



Tek tek atomların işlenmesi ile yeni materyallerin elde edildiği bu teknoloji 20 yıldır bir gelişme içinde. Bu gelişmeler hayata "geçirilebilirse" bilgisayar devrimi küçük bir değişim gibi kalacak. Bilinen malzemelerin, diyelim katı haldeki, sahip olduğu mekanik, yapısal, elektriksel vs özellikler nanometre düzeyine inildiğinde değişmektedir. Nanoboyutlara inildiğinde madde makro-

boyutlardan çok daha farklı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler kazanmaktadır. Örneğin normalde

kırılğan bir malzeme olan seramik, tanecik büyüklüğü nanometre düzeyine indirildiğinde kolaylıkla deforme olup şekillendirilebilmektedir. Bir diğör örnek, nano büyüklükteki tozlarla takviyelendirilen kompozit malzemeler çok daha yüksek performans değerlerine ulaşmaktadır. Örneğın, alüminyum folyoyu küçük şeritler halinde parçaladığınızda, mikroskopla görülebilecek kadar küçük parçalara ayırsanız dahi alüminyumun fiziksel özelliklerine sahip olacaktır. Ama parçalamayı sürdürürseniz, belirli bir noktadan sonra –alüminyum için 20 ila 30 nanometre– parçalar patlayabilir! Tam anlamıyla bildiğimiz futbol topuna benzeyen Karbon 60 molekülü, Karbon nanotüpler ve benzeri nanoteknoloji



yapı taşlarının geliştirilmesi ile 0.1 (hidrojen atomu) - 100 (virüs) nm arası ile uğraşan nano teknoloji uygulanabilirliğe oldukça yaklaştı. Günümüzde moleküler düzeyde üretim yöntemleri açısından çok da ileri bir durumda olmadığımızda rahatlıkla söyleyebiliriz. Karbon nanotüpler. 1991 'de, Japon araştırmacı Iijima tarafından tesadüfen keşfediler, içi boş silindir halinde sarılmış

karbon atomu yaprakları. Çelikten 10 kat güçlü, 6 kez hafifler. Tek sorun, laboratuvar kaynaklı en uzun nanotüpün 10 milimetre boyunda olması! Nanobilime yatay bilim denmektedir, çünkü tüm teknoloji sektörlerinde fiilen uygulanabilmektedir. ABD Ulusal Bilim Vakfı 20 yıl içerisinde nanoteknoloji pazarının 1 trilyon dolara ulaşacağını tahmin etmektedir. Ülkemizde nanoteknoloji araştırmaları TÜBİTAK tarafından hazırlanan Vizyon2023 Programı'na öncelikli alanlardan biri olarak alınmış bulunmaktadır.

Yoğun etkilenecek sektörlerden biride enerji sektörü. Dünyadaki yakıt rezervlerinin giderek azalması ve bu tür kaynakların kullanımıyla oluşan hava ve çevre kirliliği nedeniyle, son yıllarda enerji üretimi alanındaki araştırmalar, yenilenebilir ve temiz enerji üreten kaynaklar üzerinde durulmaktadır. Güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren filmler, güneş enerjisini ısı enerjisine çeviren toplayıcı sistemler ve kaplamalar şu anda kullanılmaktadır. Bunlarda nano ölçekli kaplamalar denilebilir. Güneş enerjisi veya kombinasyonu ile dünyamızın ihtiyacı olan enerjinin çok daha fazlasını gönderen güneşi daha verimli kullanabileceğimiz nanoteknolojik yaklaşımlarla beraber temiz enerji kaynağı olan hidrojenin nanoteknolojik yaklaşımlarının günlük hayatımızda oldukça etkisi olacaktır. Hidrojen enerjisi, yüksek ısı değeri ve çevreyi kirlilememesi nedeniyle gittikçe tükenmekte olan fosil yakıtların

yerini alacak en önemli alternatif enerjidir. Nanoteknoloji ile üretilen ve şu anda ticarileşmiş olan proton filitreleri kullanan hidrojen yakıtlı taşıtlar ve üreteçler yakında sahaya çıkacak. Hidrojen



havada, suda ve bütün hidrokarbon kaynaklarında olan bir madde. Kullanılır hale gelmesi, ayrıştırılmasıyla mümkün oluyor. Hidrojeni elde ettikten sonra elde edilen hidrojenin güvenli şekilde saklanması ve taşınması gerekli. Ancak, hidrojen en hafif elementtir, en küçük atom yarıçapına sahip olması nedeni ile çok yüksek difüzyon kabiliyetine sahip olduğundan özellikle depolanma problemi göstermektedir. Hidrojen patlayıcı bir madde ve yüksek basınçlı tanklarda tutulması ve taşınması gerekiyor. Hidrojen gaz veya sıvı olarak saf halde tanklarda depolanabileceği gibi, fiziksel olarak karbon nanotüplerde veya kimyasal olarak hidrür

şeklinde depolanabilmektedir. Orta veya küçük ölçekte depolama için en çok kullanılan yöntem sıvılaştırılmış hidrojenin yüksek basınç altında çelik tüpler içinde depolanmasıdır. Sıkıştırılmış hidrojen ise otobüs gibi büyük araç uygulamalarında kullanılabilirken, küçük portatif cihaz uygulamaları için bir seçenek değildir. Enerji üretimi ve depolanması alanında etkin hidrojen depolama için nanoteknolojinin ayrıca yalıtım, nakil ve aydınlatma alanlarında ciddi enerji kazanımı sağlamaları beklenmektedir. Bu amaçla yapılan araştırmaları şu başlıklarda toplayabiliriz; *Sıkıştırılmış Gaz, Sıvı Hidrojen, Hidrokarbonlar (Metanol, etanol gibi hidrokarbonlu yakıtlar), Karbon Nanotüpler, Metal Hidrürler, Sodyum Borhidrür*. Bu başlıklar çoğaltılabilir.

Karbonun diğer metallere göre düşük atom ağırlığı ve yoğunluğu sebebiyle hidrojeni tutması ve yakıt hücresi olarak kullanılması amacıyla karbon malzemeleri üzerinde hidrojenin depolanması konusunda yapılabilecek çalışmalar önem kazanmıştır. Karbon nanotüplerinin keşfinden ve üretim tekniklerinin çeşitlendirilmesi ile birlikte mikrogözenek hacminin ve yüzey alanının fazlalığından dolayı bu malzemelerin özellikle hidrojen depolama amaçlı iyi bir adsorbent olabileceği düşüncesi ile pek çok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bir diğer aday olan Bor elementi fiziksel ve kimyasal olarak bulunduğu ortam ve şartlara göre metal ve/veya ametal gibi davranış sergilemektedir. Genellikle doğada tek başına değil, başka elementlerle bileşikler halinde bulunur. Doğada yaklaşık 230 çeşit bor minerali vardır. Oksijenle bağ yapmaya yatkın olması sebebiyle pek çok değişik bor-oksijen bileşimi bulunmaktadır. Bor-oksijen bileşimlerinin genel adı borattır. Bor ve Hidrojen birbirlerine karşı ilgisi (affinity) en yüksek olan iki elementtir. Bu çekimin meydana getirdiği sodyum bor hidrür ( $\text{NaBH}_4$ )

bileşigi doğada çok yaygındır ve bol miktarda kullanım sahası bulunmaktadır. Bu nedenle, son yıllarda araştırmaların çoğu hidrojenin kimyasal hidrürlerde özellikle de NaBH<sub>4</sub> depolanması üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Günümüzde artık silahlanma ve askeri gücün yerini bilgi kullanım hızı ve yeteneği, ülkelerin uygarlaşma derecesi almaktadır. Dünyamızın kıt kaynakları, enerjinin önemini bugün daha da arttırmıştır. Bir ülkenin ayakta kalabilmesi için gereken en önemli unsurlardan biri enerjidir. Bir ülkenin milli güvenliği ve refahı o ülkenin enerji gücü ile ölçülebilir. Dünyanın her yerinde farklı enerji kaynakları için arayış başlamış, alternatif enerji kullanımını hayata geçirebilmeye yönelik çalışmalara büyük yatırımlar yapılmıştır. Hidrojen enerjisi bu çözümler içerisinde hem çevre dostluğu, hem verimliliği, hem de gelecekte öngörüldüğüne göre ekonomik oluşu açısından ideal bir seçim olarak ortaya çıkmaktadır. Hidrojen bazlı yakıtların en uygun kaynağı (yukarıda bahsettiğimiz bor hidrür için seçeneği için) dünyada en büyük rezervlerin Türkiye’de olduğu Bor madeni. Benzer şekilde Hidrojen Karadenizde hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) olarak bol miktarda bulunmaktadır. Bor’un Türkiye de uç ürün olarak üretilip kullanılması yönelik çalışmaların artırılması ve hızlandırılması gereği açıktır.

## **KAYNAKLAR**

- [1] E. Fakıoğlu, Y. Yürüm, T.N. Veziroğlu, Int. J. Hydrogen Energy 29 (2004) 1371.
- [2] Sefa Kocabaş "Karbon nanotüpleri üzerinde hidrojen adsorpsiyonunun incelenmesi" Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Doktora Tezi, 2006.
- [3] Proceedings International Hydrogen Energy Congress and Exhibition IHEC 2005 Istanbul, Turkey, 13-15 July 2005.
- [4] III. Ulusal Hidrojen Enerjisi Kongresi Bildiri Kitabı,UHK 2006.
- [5] <http://www.nano.bilkent.edu.tr/>
- [6] <http://nano.cankaya.edu.tr/>
- [7] Bilim ve Teknik dergisi .
- [8] Tubitak Nanobilim ve Nanoteknoloji Stratejileri Vizyon2023 Projesi, Nanoteknoloji Strateji Grubu Augustos 2004, ANKARA .