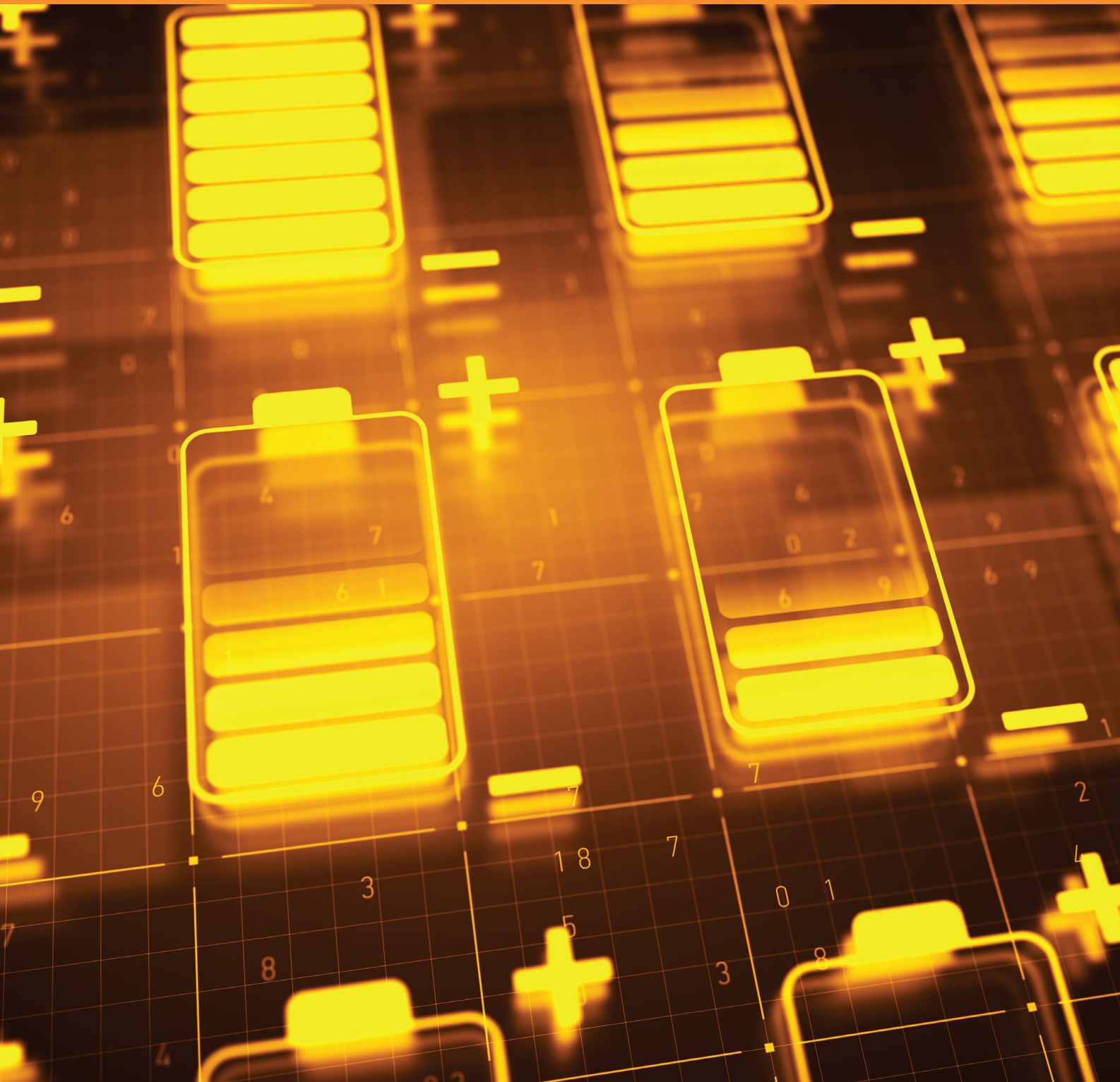


# GELECEĞİN YAKITI LİTYUM

Doç. Dr. Nuray Karapınar [ *Maden Mühendisi, MTA* ]

2019 Nobel Kimya Ödülü lityum iyon pillerin geliştirilmesi için yürütülen çalışmalara verilmişti. Lityum iyon pillerin şarj edilebilmesi cep telefonları ve dizüstü bilgisayarlar gibi taşınabilir elektronik cihazların önünü açtı. Elektrikli arabalarda da güç kaynağı olarak kullanılan ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin depolanmasını sağlayabilen bu teknoloji sayesinde fosil yakıtlardan arınmış bir dünya artık mümkün.





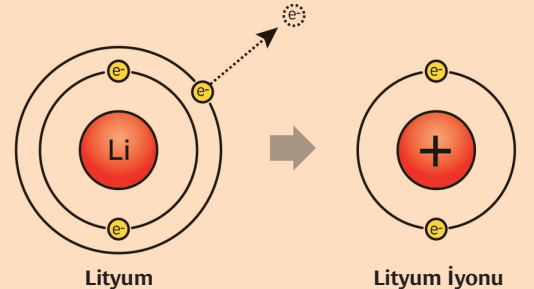
# Lityumun Özellikleri

Lityum (Li) periyodik tablodaki 1A grubunun ilk elementi, periyodik tablonun da üçüncü elementi olan alkali bir metaldir. En hafif metal olan lityumun yoğunluğu sadece 0,532 g/cm<sup>3</sup>tür, bu yüzden su üzerinde kolaylıkla yüzebilir. Ayrıca bıçakla kesilebilecek kadar da yumuşak bir metaldir. Lityumun Mohr skalasına göre sertliği 0,6'dır, bu özelliğiyle talktan bile daha yumuşaktır (Mohr skalasına göre en yumuşak mineral talk olup sertlik değeri 1 ile gösterilir). Lityum karbon ve sodyumdan daha sert (her ikisinin de sertliği 0,5), kurşundan (sertliği 1,5) ise daha yumuşaktır. Taze kesilmiş yüzeyleri metalik gümüş parlaklığına sahip olsa da hava ile temas ettiğinde çabucak mat griye dönüşür. Lityum 3,56 J/gK ısı kapasitesi ile katı elementler arasında en yüksek ısı kapasitesine sahiptir. Alkali metaller arasında en fazla polarize olan elementtir. Ayrıca elektronegativitesinin hidrojeninden daha büyük olması sebebiyle kimyasal enerjiyi etkin bir şekilde biriktirebilir. Lityum atomunun dış yörüngesinde tek bir değerlik elektronu bulunur ve bu elektronu serbestçe vererek kolayca bileşik oluşturabilir. Diğer bir deyişle, oldukça reaktif bir elementtir ve bu yüzden doğada saf metal hâlde bulunmaz. Lityum doğada ancak mineraller ve tuz bileşikleri hâlinde bulunur, kolayca tepkimeye girmesi nedeniyle de normalde yağ altında depolanır.

Lityumun ilginç bir özelliği de görünür kozmolojik tutarsızlığıdır. Çünkü lityum, hidrojen ve helyumun yanı sıra Büyük Patlama sırasında oluşan üç elementten biridir ve periyodik tabloda bu iki elementten sonra gelir. Ancak evrende en bol bulunan iki element hidrojen ve helyum iken lityumun evrendeki miktarı standart kozmolojik modele (SCM) göre tahmin edilenden çok daha azdır. Büyük Patlama'nın ilk birkaç dakikasında hidrojen, helyum ve

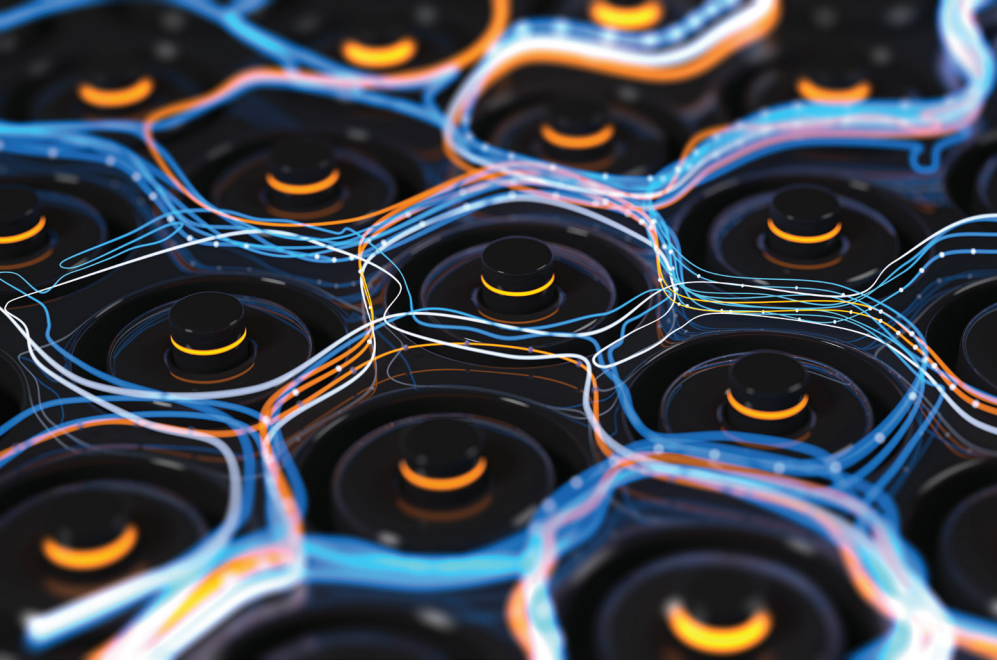
lityum oluşmuştur ve evrende bulunan hidrojen ile helyum miktarları SCM tarafından önerilen miktarlara uygundur fakat lityum (ayrıca berilyum ve bor) miktarı çok düşüktür. Lityumun bu tutarsızlığı bazı bilim insanları tarafından açıklanmaya çalışılsa da henüz çözümlenememiştir. Bu konuda şimdiye dek en kabul gören teori, yıldız oluşumunun ilk aşamalarında ortaya çıkan lityumun diğer elementlere dönüşmüş olmasıdır.

1	H				
3	Li	4	Be		
11	Na	12	Mg		
19	K	20	Ca	21	Sc
37	Rb	38	Sr	39	Y



Lityum bir metaldir. Dıştaki elektron kabuğunda sadece bir elektronu vardır ve bu elektronun başka bir atoma geçmek üzere lityumu terk etme yönünde güçlü bir eğilimi vardır. Bu gerçekleştiğinde artı yüklü-ve daha kararlı- olan lityum iyonu oluşur.





## Lityum Kaynakları

Lityum yer kabuğunda kütlece %0,002-0,006 oranında bulunuyor. Bununla birlikte, endüstriyel lityum kaynakları dünya genelinde nispeten yaygın olarak yer alıyor. Doğal lityum kaynakları genel olarak mineral kayaçlar (pegmatitler), tuzlu su kaynakları ve sedimanter kayaçlar olmak üzere üç kategoriye ayrılır. Bunlardan mineral kayaçlar ve tuzlu su kaynakları ekonomik lityum kaynaklarıdır. Kil mineralleri olan jadarit ve hektorit içeren sedimanter kayaçlar da lityum kaynağı olarak değerlendirilebilir. Ancak lityum içeren bu killerden lityum elde edilmesine yönelik birçok araştırma olmasına rağmen bu yöntemlerin ticari alanda uygulanabilir olduğu henüz kanıtlanamadı. Diğer yandan, özellikle yeni keşfedilen potansiyel lityum kaynakları ile birlikte (ABD Hektorit, Sırbistan-Jaderit kayaçları) lityum içeren killeri barındıran sedimanter kayaçlara olan ilgi de giderek artıyor. Ülkemizde de bor yataklarına bağlı killer lityum açısından potansiyel taşıyor. Deniz suyu, jeotermal sular ve petrol sahası tuzlu suları da üzerinde araştırmalar yürütülen lityum kaynakları arasındadır. Deniz suyunun ortalama lityum derişimi 0,17 ppm'dir ve muazzam bir lityum kaynağıdır

## Lityumun Keşfi

Lityum ismi Yunancada taş anlamında kullanılan "lithos" kelimesinden gelir. Elemente bu ismin verilmesinin nedeni, 1A grubunda yer alan ve bitkisel kaynaklarda keşfedilen sodyum ile potasyum elementlerinin aksine, lityumun mineral kaynağında keşfedilmesidir. Lityumun kimyasal geçmişi, spodumen ve petalit adlı alümina silikat minerallerinin tanımlanması ile başladı. Bu mineraller 19. yüzyılın başında Stokholm (İsveç) yakınlarındaki Üto adasında, Brezilyalı devlet adamı ve aynı zamanda doğa bilimci olan José Bonifácio de Andrada e Silva tarafından keşfedildi. Lityum ise 1817 yılında İsveçli kimyacılar Johan

August Arfwedson ve Baron Jöns Jacob Berzelius tarafından yeni bir mineral olan petalitin içerisinde bulunan ve daha önce bilinmeyen yeni bir element olarak keşfedildi. Arfwedson daha sonra lepidolit mineralinin içinde de lityum bulunduğunu tespit etti. Arfwedson lityum elementini keşfetmiş olsa da saf metalik lityumu izole etmeyi başaramadı.

Lityum metali, 1821 yılında İngiliz kimyager William Thomas Brande tarafından, lityum oksitin elektrolizi yoluyla ilk kez elde edildi. 1855'te ise Alman kimyacı Wilhelm Eberhard Bunsen ve İngiliz kimyacı Augustus Matthiessen, lityum kloridden elektroliz yöntemi ile lityum metalini izole etmeyi başardılar. Bu yöntem daha sonra Alman bir firma tarafından ticarileştirildi.

Mineral	Kimyasal Formülü	% Li <sub>2</sub> O	Yoğunluğu, g/cm <sup>3</sup>
Spodumen	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·Li <sub>2</sub> O·4SiO <sub>2</sub>	4-7	3.10-3.20
Ambligonit	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ·2LiF	7-9	2.88-3.09
Lepidoit	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·3SiO <sub>2</sub> ·2K <sub>2</sub> O·LiF	3-4	2.80-3.30
Petalit	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·Li <sub>2</sub> O·8SiO <sub>2</sub>	2-4	2.39-2.49

#### Ekonomik değer taşıyan lityum mineralleri

(230.000-250.000 mega ton). Ancak deniz suyundan da lityum elde etmek üzere ticari anlamda uygulanabilir ekonomik bir yöntem henüz geliştirilememiştir.

Lityum kaynaklarının çoğu lityum üçgeni olarak adlandırılan Güney Amerika'daki (Arjantin, Bolivya ve Şili) tuzlu su kaynaklarına dayanır. Bu bölge kıtasal tuz çölü baseni olup tuz gölleri, tuz düzlükleri ve salamuraları (salar) ile meşhurdur. Bu lityum üçgeni dışında, dünya geneline dağılmış birçok tuzlu su lityum yatağı da mevcuttur. Tuzlu su lityum yatakları bulunan ülkeler arasında Kanada, Çin, İsrail, Hindistan ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD) sayılabilir. ABD Jeolojik Araştırma Kurumu (USGS) verilerine göre, 2019 yılı dünya lityum rezervi (işletilebilir) yaklaşık 17 milyon tondur ve bu miktarın %52'si Şili'ye aittir. Arjantin, Şili ve Avustralya dünya lityum rezervinin %79'una sahiptir. Devam eden lityum arama çalışmaları ile birlikte potansiyel lityum kaynağı miktarının önemli oranda arttığı

ve hâlihazırda toplamda 80 milyon tona ulaştığı belirtiliyor. Gerek jeotermal kaynaklardan gerekse lityum içeren sedimanter kayalardan lityum kazanımına yönelik araştırmalar hız kesmeden devam ediyor. Artan lityum arama çalışmaları ile ortaya çıkarılan potansiyel kaynaklar aslında gelecekte lityuma olan talebin önemli ölçüde artacağına bir göstergesi olarak değerlendirilmelidir.

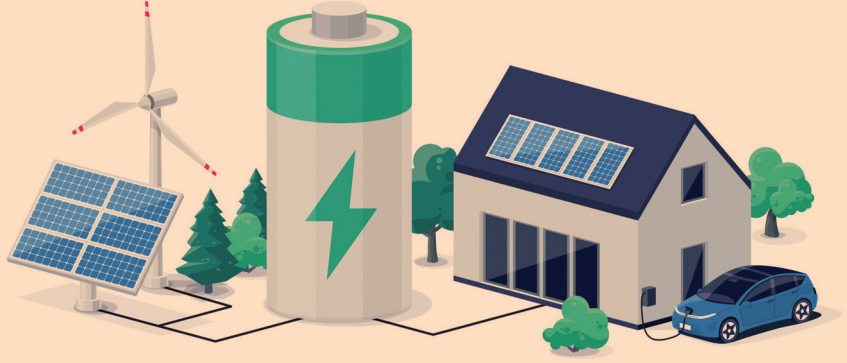
Lityum içeren 150'ye yakın mineral olmasına rağmen bunların çok azı ekonomik olarak değer taşır. Alüminyum silikat olan spodumen, ekonomik değer taşıyan en yaygın lityum mineralidir.

1980'den önce lityum madenciliği mineral kayaç kaynaklarına dayanıyordu. Daha sonra mineral bakımından zengin tuzlu sulardan daha düşük maliyetle lityum üretilmesiyle birlikte pazardaki lityumun çoğu tuzlu sulardan sağlanmaya başlandı. Günümüzde ise lityum tedarikinin çoğu, Güney Amerika'daki tuzlu su kaynaklarından ve Avustralya'daki mineral kayaç madenciliğinden elde ediliyor. 2018 yılı dünya lityum üretiminin yaklaşık %96'sı dört ülke tarafından (Avustralya (%54,4), Şili (%23,3), Çin (%9,7) ve Arjantin (%8,3)) temin edildi.



Kayaç madenciliği daha geleneksel madencilik yöntemidir. Bu yöntemde, genellikle %1'den az lityum içeren cevherlere mineral zenginleştirme işlemleri uygulanarak %4-8 lityum içeren konsantre elde edilir. Daha sonra bu mineral konsantresi, lityum bileşikleri üretmek için onu hammadde olarak kullanılan kimya endüstrisine veya doğrudan katkı maddesi olarak kullanan cam ve seramik üreticilerine satılır. Lityum mineral konsantresi kimya endüstrisi tarafından bir dizi kimyasal ve ısıl işlem sonrasında lityum karbonat gibi lityum bileşiklerine dönüştürülür.

Tuzlu sulardan lityum üretimi ise solar buharlaşma ile lityum karbonat veya lityum klorid elde edilmesi yoluyla sağlanır. Genel anlamda bu süreç; buharlaşma, çökeltme, soğurum ve/veya iyon değişimi işlemlerini içerir. Öncelikle tuzlu su havuzlara alınır, güneş enerjisinden faydalanarak suyun



buharlaşması sağlanır ve neticesinde lityum bakımından zenginleşmiş bir çözelti elde edilir. Sürecin tamamlanması yaklaşık 18-24 ay sürer. Bu arada havuz açık alanda olduğundan yağmur veya sel suları ile süreç daha da uzayabilir. Lityum derişimi, buharlaşma ile istenilen seviyeye ulaştığında havuzdaki su tesise alınır ve kimyasal işlemlerle lityum karbonat veya lityum klorid adlı lityum bileşikleri elde edilir. Havuzdan alınan lityum bakımından zengin tuzlu suda magnezyum elementi (Mg) de bulunur. Dolayısıyla, lityumdan önce tuzlu sudaki magnezyumun uzaklaştırılması gerekir. Bunun için çözeltiliye kalsiyum karbonat ilave edilerek magnezyum çökeltilir ve ortamdan uzaklaştırılır. Bu işlem sonunda lityum derişimi %5,5-6,5 civarına ulaşır. Daha sonra çözeltiliye sodyum karbonat ilave edilir ve (90 °C'de) çözünmüş hâldeki lityum, lityum karbonat olarak çökeltilir. Lityum ve magnezyum benzer kimyasal özelliklere sahip olduğundan bunları ayırmak zordur. Bu nedenle tuzlu suda Mg/Li oranı yükseldikçe bu elementleri ayırmanın maliyeti de artar.

## Lityumun Kullanım Alanları

Lityum ve bileşikleri geleneksel olarak birçok endüstride kullanılır. Başlıca kullanım alanları arasında cam, seramik, gres yağlama, metalürji, hava filtreleme ve pil sektörü yer alır. Ancak lityum iyon pillerin ticarileşmesi ile birlikte, pil endüstrisi lityum talebinin en yoğun olduğu sektör hâline geldi.

Lityum oldukça yüksek elektrokimyasal potansiyele sahiptir. Diğer bir deyişle, lityum iyon hücreleri diğer enerji depolama yöntemlerine göre daha fazla enerji sağlayabilir ve daha verimlidir. Ayrıca lityum en hafif metaldir. Özellikle elektrikli taşıtlarda ve taşınabilir elektroniklerde pillerin mümkün olduğunca hafif olması istenir. Dolayısıyla lityum iyon pil teknolojisi enerjiyi depolamak için kullanışlı ve uygulanabilir bir teknoloji olarak görülüyor. Lityum iyon pilin icadı sayesinde diz üstü bilgisayarlar, mobil telefonlar ve elektrikli taşıtlar geliştirilebildi; güneş ve rüzgâr

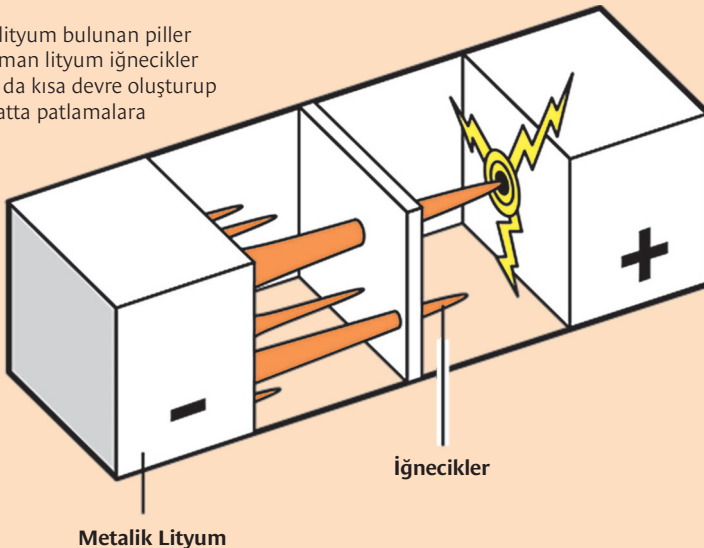




santrallerinin ürettiği enerji depolanabildi. Bu nedenle, lityum iyon pil teknolojisi insanlık için son derece büyük bir önem arz ediyor.

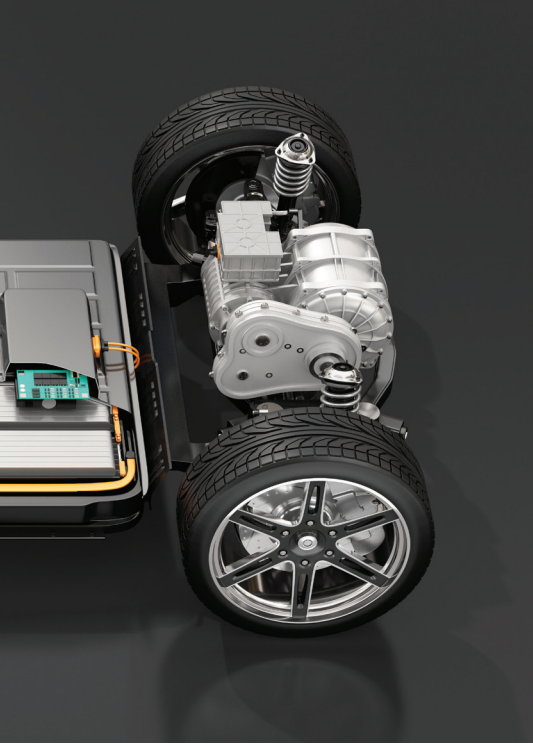
Lityum iyon pil teknolojisinin temelleri 1970'lerdeki petrol krizine dayanıyor. 20. yüzyılın ortalarında fosil yakıt ile çalışan arabaların sayılarının artması ile birlikte egzoz gazlarının yol açtığı zararlı etkilerin yanı sıra petrolün bir gün tükeneceğinin de farkına varan araba üreticileri ve petrol firmaları, elektrikli taşıtlara ve alternatif enerji kaynaklarına yatırım yapmaları gerektiğini anladılar. Ancak hem elektrikli taşıtlar hem de alternatif enerji kaynakları için büyük miktarda enerji depolayacak güçlü bataryalar gerekiyordu. O zamanlar piyasada iki çeşit şarj edilebilir batarya vardı: 1859 yılında icat edilen ve günümüzde fosil yakıtla çalışan araçlarda hâlâ kullanılan ağır kurşun bataryalar ve 20. yüzyılın ilk yarısında icat edilen nikel kadmiyum bataryalar.

Anotunda saf lityum bulunan piller şarj edildiği zaman lityum iğnecikler oluşur. Bunlar da kısa devre oluşturup yanmaya ve hatta patlamalara sebep olabilir.



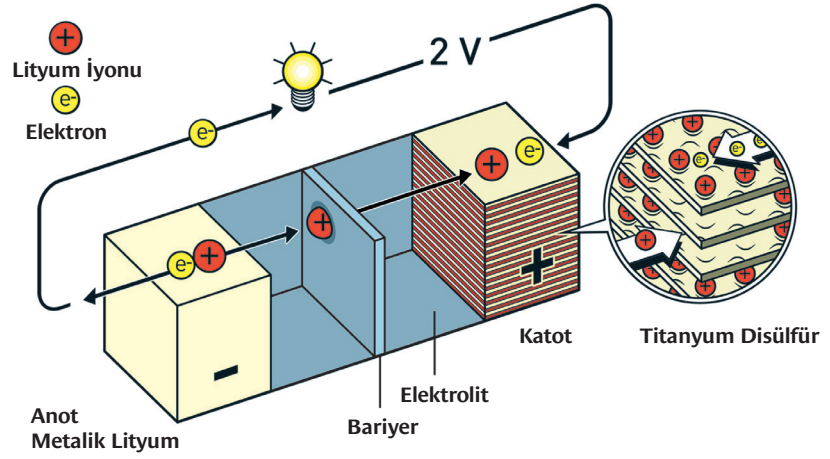
O dönemde, Stanley Whittingham gibi pek çok bilim insanı, fosil yakıt içermeyen enerji teknolojileri geliştirmek üzere çalışıyordu. Whittingham süperiletkenler üzerine çalışmaya başladı ve enerji yoğunluğu yüksek bir malzeme keşfetti. Keşfettiği malzemeyi

lityum pillerde yenilikçi bir katot oluşturmak için kullandı. Bu yeni katot, titanyum disülfitten yapılmıştı ve lityum iyonlarını barındırabilen moleküler düzeyde boşluklara sahipti. Potasyum iyonları ve titanyum disülfid arasındaki etkileşimler enerji açısından şaşırtıcı derecede zengindi. Whittingham malzemenin voltajını ölçtüğünde birkaç volt kadar olduğunu gördü. Bu miktar o zamanın pillerinin çoğundan daha iyi idi. Geleceğin elektrikli arabaları için enerjinin depolanabileceği teknolojiyi keşfetmişti. 1970'lerde Whittingham, katodu titanyum disülfitten, anodu lityum metalinden oluşan ilk fonksiyonel lityum pilini geliştirdi. Ancak bu pil anot olarak kullanılan lityum metali yüzünden patlayabilirdi ve dolayısıyla güvenli değildi.



Whittingham'ın yenilikçi bataryasını duyan John Goodenough, katot olarak metal sülfür yerine metal oksit kullanılırsa daha fazla enerji potansiyeli oluşacağını öngördü. 2 volt enerji üreten Whittingham bataryasının yerine katot olarak lityum kobalt oksit kullanarak hemen hemen iki katı enerjiye sahip 4 voltluk batarya geliştirdi. 1980'de bu buluşunu yayımladı ve yoğun enerjili bir katot malzemesi ile düşük ağırlığına rağmen güçlü ve yüksek kapasiteli bir batarya icat ettiğini duyurdu. Bu gelişme, kablosuz devrime giden belirleyici bir adım olarak kabul ediliyor.

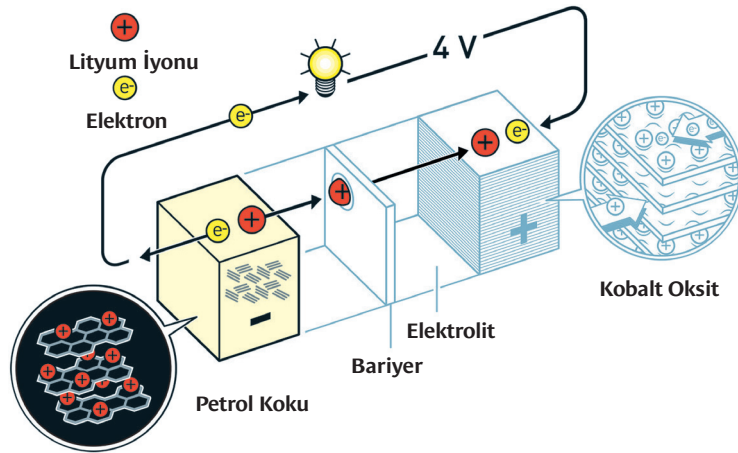
Japonya'da da elektronik firmaları; video kameralar, taşınabilir telefonlar ve bilgisayarlar için hafif ve şarj edilebilir batarya



ilk şarj edilebilir pillerin elektrotlarında elektrolitle kimyasal olarak etkileşimlerinde bozunuma uğrayan katı malzemeler bulunuyordu. Bu da pillerin ölmesine neden oluyordu. Whittingham'ın tasarladığı lityum pilinin avantajı, lityum iyonlarının katottaki titanyum disülfür içindeki boşluklarda depolanmasıydı. Pil kullanıldığı zaman lityum iyonları anottaki lityumdan katottaki titanyum disülfüre akıyordu. Pil şarj edildiğinde ise lityum iyonları geri akıyordu.

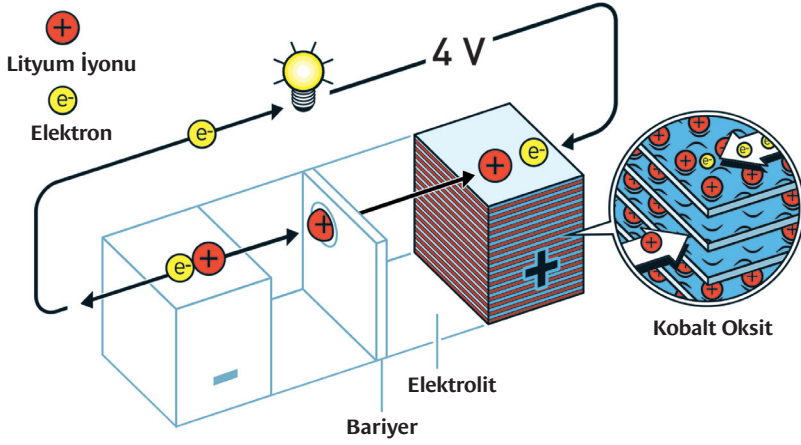
geliştirmeye çalışıyordu. Akira Yoshino, Goodenough bataryasında anot yerine karbon temelli farklı malzemelerle denemeler yaptı. Bu amaçla grafit kullanılması durumunda, grafitin batarya elektroliti tarafından parçalandığı daha önce araştırmacılar tarafından gösterilmişti. Bu yüzden Akira anot olarak petrokok kullandı ve kobalt oksit katot gibi petrokok anotun da lityum iyonlarını içine aldığı tespit etti. Petrokok elektronlarla şarj olduğunda lityum

iyonları malzemeye çekiliyordu. Tersi durumda ise elektronların ve lityum iyonunun katottaki kobalt okside doğru akması söz konusuydu. Yoshino tarafından geliştirilen bu batarya, duraylı (kararlı) idi ve 4 volt üretebiliyordu. Akira'nın geliştirdiği lityum pilinin en önemli avantajı lityum metali içermemesi idi, bu da bataryanın güvenliğini artırmıştı. Bu gelişme ile birlikte 1991 yılında lityum iyon pilleri ticarileşti.



Akira Yoshino ticari olarak uygulanabilir ilk lityum-iyon pili geliştirdi. Yoshino, Goodenough'ın katotta kullandığı lityum-kobalt oksit malzemeyi, anotta ise karbon temelli bir malzeme olan ve lityum iyonlarını yine interkalasyon yoluyla bünyesine alabilen petrol kokunu kullandı. Bu pilin işleyişini aşındırıcı kimyasal tepkimelere değil, lityum iyonlarının elektrotlar arasında ileri-geri akmasına dayanıyor -bu da pilin ömrünü uzatıyor!





Goodenough lityum pilin katotunda kobalt oksit kullanmaya başladı. Bu, pilin potansiyelini neredeyse ikiye katladı ve pili daha güçlü hâle getirdi.

Lityum iyon pilin en büyük avantajı, iyonların elektrotlarda araya girmesidir. Diğer pillerin çoğu, elektrotların yavaş ve güvenli adımlarla değiştirdiği kimyasal reaksiyonlara dayanır. Bir lityum iyon pil şarj edildiğinde veya kullanıldığında, iyonlar çevreleri ile reaksiyona girmeden elektrotlar arasında akar. Bu durum, pilin uzun ömürlü olmasını ve performansı azalmadan yüzlerce kez şarj edilebilmesini sağlar.

Bu üç bilim insanı (John Goodenough, Stanley Wittingham ve Akira Yoshino) çalışmaları ile lityum iyon pilleri geliştirdi, kablosuz ve fosil yakıtsız bir toplum için doğru şartları oluşturdu ve insanlığa büyük bir katkı sundu. İşte bu katkıları dolayısıyla 2019 Nobel Kimya Ödülü bu üç bilim insanına verildi.

Lityum günümüzde uçak imalatı, uzay endüstrisi, otomotiv, nükleer enerji gibi ileri teknoloji

endüstrilerinde ve enerji depolama sistemlerinde giderek daha popüler hâle geliyor. Elektrikli arabaların üretimindeki artış ile birlikte lityuma “geleceğin yakıtı” ve “beyaz petrol” de denilmeye başlandı. Diğer yandan, gerek elektrikli arabaların bataryalarında gerekse rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerjinin depolanmasında kullanımı sayesinde lityum aynı zamanda “yeşil dönüşümün yakıtı”.

Son yıllarda lityum talebi ve tüketimi sürekli artmakta olup bu artış eğiliminin devam

edeceği öngörülüyor. Ancak dünya lityum rezervlerinin dağılımı ülkeler bazında eşit olmadığından lityuma erişim teknolojik gelişimin sağlanmasında ve teknolojik rekabetin korunmasında önemli bir rol oynayacak. Bu nedenle Avrupa Birliği'nin 2020 yılında yayınladığı kritik hammadde listesinde lityum da yer alıyor.

Bu bağlamda, ülkemizde, Eskişehir, Kurka'daki bor tesislerinde yan ürün olarak pilot ölçekte lityum karbonat üretilmesi; en azından ülkemizin ihtiyaç duyacağı lityumun yerel kaynaklardan temin edilmesine katkı sağlayabilir. Lityum tedarikinin sağlanabileceği bir diğer kaynak ise ömrünü tamamlamış lityum iyon pillerinin geri kazanımıdır. Bu konuda da ülkemizde ve dünya genelinde çalışmalar devam ediyor.



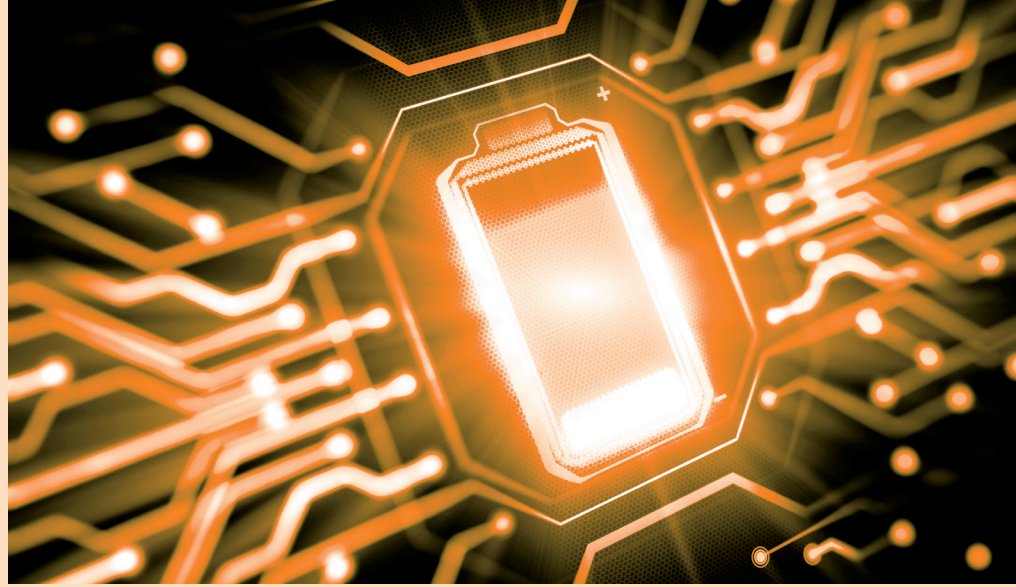
# Yeşil Dönüşümün Yakıtı Lityum

Elektrikli arabaların geliştirilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarına erişimin ucuzlaması için enerji depolamada yeterince iyi bataryaların geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Lityum iyon pillerin ticarileştirilmesi sayesinde söz konusu yeşil dönüşüm mümkün hâle geldi.

Lityum iyon pilleri yeşil dönüşümün yakıtı yapan lityum elementine dair iki özellik:

► Lityum (dolayısıyla da lityum iyonu) oldukça yüksek elektrokimyasal potansiyele sahiptir:

Pil Hücresi	Standart voltaj
Lityum iyon (kobalt)	3,6V
Kurşun asit	2,0V
NiMH	1,2V
NiCd	1,2V



► Lityum periyodik tablodaki en hafif metaldir. Pillerin mümkün olduğunca hafif olması, özellikle elektrikli arabalarda, tercih edilen bir durumdur.

Lityumun pil üretim sektöründe kullanımı son on yılda önemli ölçüde arttı. Çünkü şarj edilebilir lityum iyon piller; büyüyen bir pazara sahip taşınabilir elektronik cihazlar, elektrikli aletler, elektrikli araçlar ve yenilenebilir enerji depolama uygulamalarında giderek daha fazla kullanılıyor.

Genel anlamda, bir lityum iyon pili, metalik veya plastik bir kutu içinde tekli veya çoklu elektrokimyasal hücrelerden oluşur. Lityum iyon pillerde bir hücre, geçiş metali bileşiğinden oluşan bir katot, grafitten oluşan bir anot, akım toplayıcılar olarak alüminyum (Al) ve bakır (Cu) ile elektrolit olarak lityum tuzunun yanı sıra anot ve katodun birbirine temas ederek kısa devre oluşturmasını engelleyen fakat iyon geçişine izin veren polimerik bir ayırıcıdan oluşur.

Uygulama	Market payı (%)	Kullanılan Lityum Ürünler
Piller: taşınabilir elektronik cihazlar, hibrit arabalar, elektrikli araçlar, enerji depolama uygulamaları	71*	$\text{Li}_2\text{CO}_3$ , LiOH, lityum hexaflorofosfat elektrolit tuzları, lityum klorür, lityum metali, lityum alaşımları, lityum kobalt oksit ve diğer lityum elektrot bileşimleri
Seramik ve cam	4	Spodumen- $\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2$ ; $\text{LiCO}_3$
Gres: yağlama	9	LiOH
Metalürji (toz), polimer, hava arıtımı	2; 2; 1	Lityum organometaller, lityum metali, LiCl, lityum alüminyum hidrit, butil lityum, lityum sitrat
Diğer	6	Lityum bileşikleri

\*2012 yılında bu oran sadece %22 idi.

## Ne kadar lityum var?



**51kg**  
Tesla Model S

**10-63kg**  
Diğer Elektrikli  
Arabalar



**10kg**  
Tesla Powerwall 2.0



**0.8-2kg**  
Hibrit Araçlar



**40-60g**  
Elektrikli aletlerde  
bulunan piller



**30-40g**  
Dizüstü bilgisayar  
bataryaları



**20-30g 2-3g**  
Tablet ve Akıllı Telefon  
Bataryaları

Lityum günümüz teknolojilerinin temel bileşenidir.

Kullanım alanı (%)	2012	2018	2019	2020
Seramik ve cam	30	23	18	14
Pil imalatı	22	56	65	71
Gres-yağlama	11	6	5	4
Hava arıtımı	4	2	1	1
Metalürji	4	3	3	2
Polimer üretimi	3	4	3	2
İlaç sanayi	2			
Birincil alüminyum üretimi	1			
Diğer kullanımlar	23	6	5	6

Lityum metali ve bileşiklerinin son 10 yıldaki kullanım alanlarındaki değişim.

Pil bileşeni	Ağırlık (%)	Yapısında en genel kullanılan malzemeler
Kutu	25	Çelik, plastik
Katot	27	$\text{LiCoO}_2$ , $\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z\text{O}_2$ , $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ , $\text{LiNiO}_2$ , $\text{LiFePO}_4$
Anot	17	Grafit, $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$
Bakır ve alüminyum folyo ve akım toplayıcılar	13	Cu, Al
Elektrolit	10	Propilen karbonat, etilen karbonat veya dimetil sülfoksit içinde çözülmüş $\text{LiPF}_6$ , $\text{LiBF}_4$ , $\text{LiClO}_4$ ve $\text{LiSO}_2$ çözeltilisi
Ayırıcı	4	Mikro gözenekli polipropilen
Bağlayıcı	4	Polivinylidene diflorür (PVDF)

## Kaynaklar

İlay Çelik Sezer, "2019 Nobel Kimya Ödülü Dünyanın En Güçlü Pili Geliştirenlere", *Bilim ve Teknik*, Şubat 2020.

C. Helvacı, M. Çolak ve İ. Gündoğan, "Presence and Distribution of Lithium in Borate deposits and some recent lake waters of West-Central Turkey", *International Geology Review*, 2020.

Necati Yıldız, *Lityum*, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, 2016.

U.S. Geological Survey, Mineral commodity summaries 2013; 2019; 2020; 2021.

Omar Velázquez-Martínez, Johanna Vallo, Annukka Santasalo-Aarnio, Markus Reuter and Rodrigo Serna-Guerrero, "A critical review of lithium ion battery recycling process from a circular economy perspective", *Batteries*, 5, 68, 2019.

<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2019/pressrelease/>

<https://www.visualcapitalist.com/lithium-fuel-green-revolution/>

<https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/img/LİTYUM.pdf>

<https://doi.org/10.3390/resources7030057>

<https://doi.org/10.1595/205651317X696676>