

Batarya	Avantajları	Dezavantajları	Açıklama	Kullanıldığı Alanlar
Kurşun-Asid (Lead Acid)	Kanıtlanmış ve uygulanır teknoloji. Düşük maliyetli ve oldukça uzun ömürlü (1000 kez -cycle)	Düşük enerji ve güç yoğunluğu		Işıldaklar, güneş panelleri, rüzgar türbinleri
Nikel-Kadmium	Kurşun asid'e oranla iki kat enerji yoğunluğu	Kadmium son derece zehirli. 1,25 Volt/cell düşük voltaj. Aynı voltajı temin için çok sayıda hücre gerekli. İngiltere, Fransa, Almanya ve Japonya imalatçılar.	İkinci jenerasyon elektrikli araçlarda kullanıldı, özel amaçlı üretimler için	Portable Power Tools and model airplanes, portable matkaplar, tıraş makineleri, el aletleri
Lityum	Yüksek enerji ve güç yoğunluğu.	Yüksek Maliyetli, Patlama Riski mevcut	Orta sınıf batarya kategorisinde	Notebook ve cep telefonları
Sodyum Sülfür	Yüksek verim ve enerji yoğunluğu	Termal kabin ve termal yönetimi pahalıdır. Korozif bileşenler.	Opsiyon olarak düşünülebilmesi için çok sayıda teknik konuların aşılması gerekmektedir.	
Sodyum-Nikel Klorit	Yüksek Enerji ve Güç Yoğunlukları. Uzun kullanım Ömürleri (1000 kez).	Termal kabin ve termal yönetimi pahalıdır.	Orta sınıf bir ürün gözükmekte, fakat hedef fiyatın iki katı üstünde.	
Nikel-Metal Hidrat	Yüksek enerji yoğunluğu, uzun cycle doldur-boşalt ömrü. (2000 üstünde). Kurşun aside oranla iki kat fazla depolama ömrü	Maliyetli	İleriki zaman için bir opsiyon gözükmekte fakat hedef fiyatın iki kat üstü maliyette.	
Çinko-Hava	Yüksek enerji yoğunluğu, yüksek mekanik yeniden şarj özellikli (3 dakıda)	Altyapı gereksinimleri	Hızlı tekrar-şarj için ilginç alternatif opsiyon.	
Nikel-Demir	Yüksek Enerji Yoğunluğu, uzun ömür (1000 üstü derin şarj ve desarj özellikli)	Yayılan Hidrojen, emniyet gereksinimi. Periodik topping up with water is needed. 1900 lerin başındaki EV'lerde kullanılan Edison Batarya olarak da	Verim artırma araştırmaları, ve dezavantajları aşma uzun ömürlü batarya'ya yol açacaktır. Far more expensive.	

		bilinir. Yüksek cycle-life, slightly more energy delivery,		
Nikel-Hidrojen	Yüksek Eneji Yoğunluğu, Sıkı ve güvenilir. Aşırı şarj veya aşırı desarj hasarı yoktur.	Oldukça pahalı. (elle montaj sebebi ile)	Daha önce haberleşme uydularında kullanıldı. Yüksek cycle oprasyonları için maliyet avantajlı	

Elektrikli Arabalarda Kullanılan Umud Vadeden Pil Teknolojileri

1997 de Alüminyum Bataryalar ile ilgili olarak Finlandiya da patentler alınmış. Abundancy, low cost and high-energy storage

Nikel High dense and limited supply

Platin katalist kullanan fuel celllerde ise, material scarcity

In terms of energy storage, aluminium has one of the highest electrical charge storage per unit weight except for the alkali metals:

Aluminium	0.11 coulombs per gram	2.98 Ah per gram
Lithium	0.14 coulombs per gram	3.86 Ah per gram
Beryllium	0.22 coulombs per gram	5.94 Ah per gram
Zinc	0.03 coulombs per gram	0.82 Ah per gram

Lithium and beryllium are alkali metals and are not suitable for use with liquid electrolytes, due to rapid corrosion, so are normally used with solid electrolytes.



Gelişmiş lead-acid, Ni-MH ve Li-Ion bataryalar 100Wh/kg ...200W/kg aralığında pazarda ürünler mevcuttur.

500Wh Small Peak Power Batteries

30...100 kWh for Pure Electric Vehicles

30 Wh/kg Lead Acid Batteries

1960 by Solomon Zaromb working for the US Philco Company. In Zaromb's concept for an aluminium air cell, the anode was aluminium, partnered with potassium hydroxide, and air was the cathode. This battery could store 15 times the energy of lead-acid, achieving 500 Wh/kg and a plate current density of 1 A/sq cm. Dezavantajı OFF konumunda iken korozyon. Jelly Al OH oluşuyor ve evolution of hydrogen gas.

Batarya elektrik enerjisinin depolandığı bir cihazdır. Bataryalar kimyasal makinalardır. Bataryada kimyasal enerji elektrik enerjisine dönüştürülür. Elektrik bataryada potansiyel kimyasal bağ şeklinde; bataryanın aktif malzemeleri arasında depolanır. Batarya şarj edildikçe veya deşarj edildikçe, bunların kimyasal bileşimlerine de değişimler olur.

Bazı bataryalarda kimyasal reaksiyon tersinir değildir. Yani geri döndürülemez. Bu tür bataryalara tekrar şarj edilemeyen bataryalar (birincil bataryalar) adı verilir. Bu tip bataryalar sadece desarj edilebilir. Tek kullanımlık batarya gibi de düşünülebilir. Bu gibi bataryalara örnek olarak, ışıldak lambalar, radyolar, oyuncak arabalar v.s.'de kullanılan Çinko-Karbon (Zinc-Carbon) piller örnek verilebilir.

Şarj edilebilir bataryalar olarak adlandırılan ikincil (tekrar kullanılabilen) bataryalar da ise, batarya aktif malzemeleri arasındaki kimyasal reaksiyon tersinirdir. Bu tip bataryaya uzun kullanım sonrası tekrar şarj edilebilirler. Piyasada yaygın olarak bulunan, NiCd(Nikel Kadmiyum), NiMH (Nikel-Metal Hidrat), Lead-Acid(Kurşun-Asit) aküler bunlar arasındadır. Örnek olarak, arabalarda kullanılan aküler, şarjlı matkap ve şarjlı tornavidalarda kullanılan aküler, cep telefonlarında kullanılan piller, uzaktan kumandalı arabalarda kullanılan aküler bunlar arasındadır.

Temel Akü Terimleri:

Volt-

İki nokta arasındaki elektriksel potansiyel farkını gösterir. Bu potansiyel farkı elektromotif kuvvet olarak bilinir ve emf ile gösterilir. Potansiyel farkı birimi Volt'dur. Potansiyel farkı, herhangi iki nokta arasındaki elektriksel olarak oluşan eşitsizliktir. Bu iki nokta birbirlerine bir tel yardımı ile bağlandığı takdirde, büyük potansiyel den düşük olan potansiyele doğru bir elektron akışı olur ki bu da elektrik akımını yaratır.

Potansiyel farkını su benzeşimi ile açıklarsak, suyun sabit basınçta aktığını farzedelim. Suyun bağlantıda akış yüksekliği ne kadar fazla ise, akan suyun basıncı daha yüksek olacak ve daha fazla su akacaktır. Burada Basınç farkı elektriksel sistemler için voltaj ile eşdeğerdir.

Arabalarda kullanılan elektriksel sistem binek araçları için 12 Volt DC, kamyon, otobüs v.b. Büyük araçlar için de DC 24 Volt'dur. Evlerde kullanılan elektriksel standard Avrupa ve Türkiye için AC 220Volt, Amerika için ise, AC 120 Volt'tur AC.

Akım (Amper)

Elektrik akım birimi amperdir. Birim zamanda iletken telden geçen elektron sayısı ile alakalıdır. Elektronların akış yönü sabit olabildiği gibi, aynı şekilde değişken de olabilir. Tek bir yönde akan akıma Doğru Akım (DC), yönü değişken olan akıma da Alternatif Akım (AC) adı verilir. Akülerdeki akım akışı sadece Doğru Akımdır.

Akım, hidrolik benzeşim ile, hortumdan akan su miktarı gibi düşünülebilir.

Rezistans (Direnc)

Herhangi bir malzemenin elektrik akımı geçişine karşı gösterdiği dirençtir. Tüm malzemelerin birer direnci vardır. Cam, kauçuk, plastik gibi malzemelerin elektrik akımına karşı direnci çok yüksektir. Bun tip malzemeler yalıtkan(insulator) olarak isimlendirilir. Bakır, alüminyum ve çoğu metaller, elektrik akımınının geçişine karşı daha az direnc gösterir, bu malzemeler iletken (conductor) olarak adlandırılır.

Hidrolik benzeşim ile değerlendirdiğimizde, direnc hortum çapı olarak düşünülebilir. Hortum çapı büyük olduğunda su daha fazla akacağı gibi, iletken tel çapı ne kadar büyük olursa, akım akışına karşı o kadar az direnc gösterir.

Voltaj Akım ve Direnç arasında,

$$\text{Voltaj} = \text{Direnç} \times \text{Akım}$$

şeklinde karşılıklı ilişki vardır.

Elektriksel Güç

Elektriksel güç voltaj ve akımın çarpımıdır ve Watt cinsinden ifade edilir. Watt iletilen güç miktarının bir ölçüsüdür. Örneğin 45 watt'lık bir lamba, 75 Watt'lık bir lamba ile değiştirildiğinde; 1 saat içinde her ikisinin de harcayacağı güç, 45 Watt-1saat ve 75 Watt-1Saat olacaktır. Her iki lamba da 10 saat boyunca yandığında;

45 Watt Lamba 10 saat yanarsa, $45 \text{ Watt} \times 10 \text{ Saat} = 450 \text{ Watt-Saat} = 0.45 \text{ kW-Saat}$ elektrik yakar;
75 Watt Lamba 10 saat yanarsa; $75 \text{ Watt} \times 10 \text{ Saat} = 750 \text{ Watt-Saat} = 0.75 \text{ kW-Saat}$ elektrik yakar.

Çoğu akü sistemler düşük voltaj seviyelerinde; 12Volt, 24 Volt veya 48 Volt seviyelerinde çalışır. 50 Watt'lık bir lamba ev elektriğinin kullanıldığı 220 Volt şebekede çalıştırıldığında; $50 \text{ Watt} / 220 \text{ Volt} = 0.22 \text{ Amper}$ akım çekerken

Aynı lamba 12 Volt akü grubundan çalışan bir sistem ile çalıştırıldığında ise; $50 / 12 = 4.16 \text{ Amper}$ akım çekecektir.

Bu çekilen akım akülü sistemler için önemli bir kriterdir. Çünkü elektrik sistemlerinde ilektenlerde meydana gelen kayıp; **Akım x Akım x Tel Direnci** şeklinde ifade edildiğinden dolayı; iletkenden ne kadar az akım geçerse, bir başka deyişle lamba veya ünite tesisattan ne kadar az akım çekerse, iletkende meydana gelen kayıplar da o kadar az olacaktır.

Elektrik tesisatında kullanılan kablolar ve anahtarlar, voltaj temelleri baz alınarak çekilecek olan akım değerlerine göre belirlenir. Dolayısı ile sistemden çekilecek olan akım burada da önemli bir kriter olarak göze çarpar.

Aynı şekilde, akü grupları depolama kapasitesi açısından Amper x Saat olarak değerlendirilir.

Kurulan bir sistemde, çekilecek Amper değeri ne kadar az olursa, akü dayanma ömrü de o kadar fazla olur.

Akü Kapasitesi (Amper-Saat) Ah

Akünün elektriksel enerji depolama kapasitesini belirtir. Amper-Saat olarak ifade edilir. Bataryanın amper-saat değeri ne kadar fazla ise, akü kapasitesi o kadar yüksek olur.

100 Amper Saat Kapasiteye sahip bir aküden, 1 amper akım 100 saat boyunca çekilebilir; veya
100 Amper akım, 1 saat boyunca çekilebilir
10 Amper akım, 10 saat boyunca çekilebilir.

Araba bataryaları 60 veya 100 Amper-Saat kapasitesindedirler.

Genelde amper-saat kapasitesi, akünün fiziksel büyüklüğü ile orantılıdır.

Şarj Durumu (State of Charge)

Akü doluluk miktarının bir göstergesidir. Akünün daha ne kadar kapasitesi olduğunu gösterir. Bir aküde mevcut kapasitesinin tamamı kullanılabilir durumda ise, şarj durumu 100% dır. Akü kapasitesinin yarısı kullanıldığında ise, şarj durumu 50% mertebesindedir.

Spesifik Gravite (Özgül Ağırlık)

Kurşun-asit bataryalarda, asit ve su arasındaki oranı belirtmesi sebebi ile önemli bir kriterdir. Biraz teknik bir konu olması sebebi ile daha fazla detaya değinilmeyecektir.

Şarj ve Deşarj Oranı (Rate of Charge veya Rate of Discharge)

Batarya kapasitesi cinsinden ifade edilir. Batarya amper-saat kapasitesinin, zaman faktörü ile bölümüdür. Bu zaman faktörü, akünün kendini toplama zamanıdır.

Şarj veya Deşarj Oranı= Akü Amper-Saat Kapasitesi / Saat Cinsinden İfade Edilen Zaman Peryodu

Örnek 100 Amper-Saat kapasitesindeki bir akü, 10 saat içinde tamamen tükenmişse, neticede deşarj oranı 10 amperdir. Bu deşarj oranı C10 olarak adlandırılır.

100 Amper-Saat akü, 50 saatlik zaman diliminde tükenmişse, 2 amper çekimle, C50.

100 Amper-Saat akü, 20 saatlik zaman diliminde tükenmişse, 5 amper ortalama çekimle, C20.

Şarj Edilebilir Kurşun-Asit ve Nikel-Kadmiyum Bataryaların Kıyaslanması

Batarya Ailesi	Kurşun-Asit				Nikel-Kadmiyum
	Otomotiv Marş Aküleri	Dizel Marş Aküleri	Deep Cycle	Jel Akü	Sinterlenmiş
Kapasite Ah/Hücre	33...340	60...570	180...2200	1...40	0.1...20
Çalışma Voltajı	2 Volt				1.25 Volt
TamŞarj Voltajı	2.55 Volt				1.45 Volt
Kesim Voltajı	1.75 Volt		1.9 Volt	1.8 Volt	1.0 Volt
Enerji Verimi	75%				65%
Aylık Kayıp	6% Yeni 50% Eski				10 %
Şarj Ömrü	150...250	500	1500...2000	500...1000	1000
Kullanım Ömrü	2...5 yıl	8 yıl	5...15 yıl	2...5 yıl	10 yıl

Primary bataryalar (Tek Kullanımlı) elektriksel olarak şarj edilemez, fakat bu bataryalar yüksek

enerji yoğunluğuna ve iyi enerji depolama karakteristiklerine sahiptir.

Secondary bataryalar (Şarj Edilebilir) elektriksel olarak şarj edilebilir. Nikel-Kadmiyum ve Nikel - Metal Hidrat ve Kurşun-Asit bataryalar elektriksel olarak şarj edilebilir.

Elektrolit olarak Alkali çözelti kullanan aküler Alkalın akü olarak adlandırılır. Alkali çözeltinin yüksek iletkenlik kabiliyeti sebebi ile yüksek enerji yoğunluğuna sahiptirler. Alkaline-Manganez bataryalar birincil bataryalar, Nikel-Kadmiyum ve Nikel-Metal Hidrat elektrodların kullanıldığı bataryalar da ikincil batarya grubundadır.

Alkalın çinko bataryalarda, negatif elektrod malzemesi olan Çinko; Çinko Oksit oluşturacak şekilde oksitlenirken; Pozitif elektrodda olan MnO₂ (Mangan Dioksit) redüklenir(MnOOH). Alkaline Manganez Dioksit bataryadaki başlangıç hücre voltajı 1.5 Volt civarındır. Konsantre alkaline sulandırılmış elektrolit çözeltisi (genelde sulandırılmış potasyum hidroksit 30..45%) kullanır.

Nikel-Kadmiyum bataryalarda Anod malzemesi olarak Nikel Hidro Oksit, katod malzemesi olarak da Kadmiyum karışımı kullanır. Elektrolit olarak Potasyum Hidroksit kullanılır. Ana uygulama alanları, radyolar, biyomedikal ekipmanlar, profesyonel video kameralar, el aletleri. NiCd (nikel-kadmiyum) zehirli kadmiyum ihtiva ettiğinden, çevreye zararlıdır.

Nikel Metal Hidrat bataryalarda anod olarak, Nikel Kadmiyumda kullanılan malzemenin benzeri kullanılır. Katod malzemesi ise, metal hidratlardan yapılmış olan yüksek mertebede Hidrojen absorbe (emme) kapasitesine sahiptirler. Hidrojen absorbe eden alaşım, hidrojeni hem absorbe ederken aynı zamanda yayma (emission) özelliğine de sahiptir. Hidrojen gazı hızlı bir şekilde gaz fazında absorbe edilir.

Hidrojen absorbe eden alaşımlar 1960'lı yıllarda geliştirildi. 1970 ve 1980'li yıllarda Metal Hidrat absorbe alaşımları üzerine çalışmalar yapılmıştır. Çalışmaların büyük bir kısmı; LaNi₅ ve TiNi₃ bazlı alaşımlarda yoğunlaşmıştır. Sanyo Elektrik ve Matsushita firmaları LaNi₅ bazlı rare-earth (Nadir Toprak elementi) Nikel bazlı alaşımı kullanırlar. Bazı imalatçılar ise, TiNi₃ bazlı alaşımı kullanmaktadırlar.

Nadir-toprak elementlerinden yapılan Nikel bazlı alaşımlar, Misch metal. Nikel metal hidrat batarya sabit akım ile şarj edilir. Aynı ölçülerdeki Nikel-Kadmiyum bataryalara oranla; Nikel metal hidrat bataryalar 1.5...1.8 kat daha fazla enerji depolama kapasitesine sahiptir.

Nikel- Metal Hidrat bataryalar 1990'lı yıllarda ticarileştirilmeye başlanmıştır. Nikel-Kadmiyum pillere oranla daha yüksek enerji yoğunluğuna sahiptirler. Zehirli malzeme içermezler. Mobil telefonlar ve laptop bilgisayarlarda bir önceki nesil batarya tipidir.

Lityum Primer Bataryalar;

Lityum elektrod potansiyeli -3.0 Volt civarındadır; tüm metaller arasında en düşük değerdir. 0,54 gr/cm³ gibi düşük yoğunluğa ve düşük elektrokimyasal eşdeğere sahiptir. Bu fiziksel özellikler sebebi ile, Lityum kullanan sulandırılmamış elektrolit bataryalar yüksek voltaj ve yüksek enerji yoğunluğu sunarlar. Lityum ile kararlı olan organik ve inorganik çözeltiler, lityum bataryalarda elektrolit olarak seçilir.

Primary lityum bataryalar bu üstünlükleri sunarlar ve aynı zamanda iyi düşük-sıcaklık kabiliyetleri de sağlarlar. Değişik katod aktif maddelerinin kullanıldığı çok sayıda lityum batarya tipi vardır. Bunlar arasında Lityum-Manganez Dioksit, Lityum Karbon Mono Florid ve Lityum-Thinonly Chloride bataryalar sayılabilir.

Avrupada ilk elektrik kullanımı 1660 yılında; büyük bir sülfür küreden yapılan aletle başlandı. Sülfür küreye sürtülüp döndürüldüğünde, tüyleri ve ufak kağıtları çekiyordu. Volta'nın ilk elektrik denemeleri metan gazı ile dolu kavanoza kablolar ile elektrik arkı verildiğinde, kavanozun patladığı görüldü. 1791 de Luigi Galvani bologna üniversitesinde çalışırken, kurbağa bacağının, metalik objeye dokunduğunda kasıldığını farkettiler. Volta'nın çinko, kurşun ve demirin pozitif plaka olarak; bakır, gümüş, altın ve grafitin ise negatif plaka olarak kullanıldığı bir dizi deneyler yaptı. 1800'lü yılların başlarında bu deneyler neticesinde, belirli akışkanların metaller ve elektrodlar arasında iletken olarak kullanıldığında, elektrik akımını oluşturduğu keşfedildi. Bu batarya teknolojisinin temeli idi, bu voltaik hücreler seri olarak birbirlerine bağlandıklarında, üretilen elektrik geriliminin arttığı görülmüştür.

Humpry Davy bataryayı kömür elektrodla bağlayarak ilk elektrik ışığını buluyor. Bazı maddelerden elektrik akımı geçirildiğinde, bu maddeler ayrışmakta idi, bu işlem sonraları elektroliz olarak adlandırıldı. Üretilen voltaj, elektrolit (sıvı çözelti) ve kullanılan metaller arasındaki etkileşim ile orantılı idi.

1802 yılında, Cruicshank seri üretime uygun ilk elektrik bataryayı üretti. Kare bakır plakalar uçlarından lehimleniyor ve uçlarından lihimlenen çinko plakalar ile birlikte paketlenerek ilk seri üretim batarya oluşturulmakta idi. Bu paketler çimento ile sızdırmazlık sağlanmış uzun bir ağaç kutuya konmakta, kutuya açılan kanallar ile plakalar arası mesafe korunmakta ve sonra elektrolit olarak tuzlu su (brine) veya sulandırılmış asit eklenmekte idi.

Üçüncü elektrik üretim (manyetik alan ile elektrik üretimi) metodu sonraları bulundu. 1820 yılında, Amper elektrik akımı taşıyan bobin haline getirilmiş tellerin bazı durumlarda birbirlerini çektiklerini, bazı durumlarda da birbirlerini ittiklerini farkettiler.

1831 yılında, Faraday, kuvvetli manyetik alanda döndürülen bakır bir diskin, nasıl sabit elektrik akımı akışı sağlayabildiğini gösterdi. Davy ve onun araştırma takımına yardımcı olan Faraday, tellerin sarılı olduğu bobin veya manyetik alan sürekli olarak döndürüldüğü sürece, sonsuz bir elektrik enerjisi üretilebileceğini gösterdi. **Elektrik jeneratörü keşfedilmişti.** Bu proses sonraları tersine çevrilerek, yani manyetik alan içinden bir elektrik akımı geçirilmek suretiyle, dönme hareketinin elde edildiği, **elektrik motoru keşfedilmiştir.** Bundan kısa bir zaman sonra, trafolar bulunarak, üretilen elektrik istenilen voltaj seviyesine dönüştürülebilmiştir.

1836 yılında kimyacı olan Daniell Volta'nın cihazına nazaran daha düzenli elektrik akımı üreten bir batarya geliştirdi.

1859 yılında, Plante ilk şarj edilebilir bataryayı buldu. Bu batarya kurşun asit kimyasını temel almakta ve hala kullanılmakta olan kurşun-asit bataryaların temelini teşkil eder.

1800'lü yılların sonlarına doğru, büyük jeneratörler ve transformatörler imal edildi. İletim hatları kuruldu ve elektrik insanların kullanımına sunuldu.

1900'lü yılların başlarında bulunan vakum tüpü sayesinde elektrik sinyallerinin kontrol edilebilmesini, yükseltilebilmesini ve ses devrelerinde kullanılabilmesini sağlamıştır. Bundan sonra bulunan radyo, sayesinde kablosuz haberleşme imkan dahiline gelmiştir.

1899 yılında Jungner, nikel-kadmiyum bataryaları keşfetmiştir, burada nikel pozitif elektrod olarak kullanılırken, kadmiyum negatif plaka olarak kullanılıyordu. İki yıl sonra, Edison kadmiyum yerine demir kullanarak Nikel-Demir bataryayı bulmuştur. Kuru hücrelere veya kurşun-asit bataryalara oranla, Nikel-Kadmiyum ve Nikel-Demir bataryaların yüksek maliyeti sebebi ile, bunlar kısıtlı

kullanımda kalmıştır.

Shlecht ve Ackerman 1932 yılında, sinterlerlenmiş plakaların batarya kutupları olarak kullanılmasını keşfetmişlerdir. Bu sayede yüksek yük akımları ve uzun akü ömürlerine ulaşılmıştır. Sızdırmazlığı sağlanmış Nikel-Kadmiyum batarya ise, 1947 yılında Neumann tarafından imal edilmiştir.

1990'lu yıllarda toksik kadmiyum yerine Metal Hidrat plakaların negatif elektrod olarak kullanıldığı Nikel-Metal Hidrit bataryalara ticari kullanıma sunulmuş, 1999 yılında ise, Metal Hidrat elektrod yerine Lityum plakaların kullanıldığı Lityum-Ion bataryalar ticari kullanıma sunulmuştur.

Kurşun-Asit (Lead-Acid) bataryalar yüksek güç gerektiren uygulamalar için en ekonomik çözümdür. Hastane, mobil telefon santralleri, elektrikli sandalyeler, elektrikli bisikletler, acil aydınlatma üniteleri, kesintisiz güç kaynakları, güneş panelleri ve rüzgar türbin sistemleri için ilk tercih edilen akü grubudur.

Lityum-Ion, hızlı gelişen pil teknolojisidir, yüksek enerji yoğunluğu ve hafiflik birinci öncelik olduğunda geçerlidir. Diğer pil teknolojilerine oranla daha pahalı ve su ile temas halinde patlayıcıdır. Notebook bilgisayarlar ve cep telefonlarında kullanılan pil teknolojisi budur.

Tekrar-kullanılabilen alkalın piller, atılabilir pillerin yerine geçen pillerdir Düşük güçlü uygulamalar için uygundur. Kısıtlı kullanım ömürleri, düşük olan kendiliğinden boşalma ömürleri ile kompanze edilmiştir. Bu sayede taşınabilir eğlence cihazları ve ışıldaklar (flashlights) için uygundur.

Taşınabilir Ürünlerde Kullanılan Pil Teknolojileri ve Kıyaslaması

	NiCd	NiMH	Lead-Acid	Li-Ion	Li-Ion Polymer	Reusable Alkalın	
Enerji Yoğunluğu (Wh/kg)	45-80	60-120	30-50	110-160	100-130	80	
İç Direnci	100-200	200-300	<100	150-250	200-300	200-2000	
Şarj-Deşar Ömrü	1500	300-500	200-300	500-1000	300-500	50	
Hızlı Şarj Süresi	1 saat	2-4 s	8-16 s	2-4 s	2-4 s	2-3 s	
Aşırı Şarj Toleransı	orta	düşük	yüksek	Çok düşük	Düşük	Orta	
Kendiliğinden Boşalma /Aylık	20%	30%	5 %	10 %	10%	0.3%	
Hücre Voltajı	1.25 V	1.25 V	2 V	3.6 V	3.6 V	1.5 V	
Yüklenme Akımı	En Fazla	20 C	5C	5C	>2C	>2C	0.5 C
	En Uygun	1C	<=0.5C	0.2C	1C	1C	0.2C
Çalışma Sıcaklığı	-40...60	-20...60	-20...60	-20...60	0...60	0...65	
Bakım	30...60 gün	60...90 gün	3...6 ay	gereksiz	gereksiz	gereksiz	
Tipik Maliyet	0.04 \$	0.12 \$	0.1 \$	0.14 \$	0.29 \$	0.1...0.5 \$	
İlk Piyasaya Çıkışı	1950	1990	1970	1991	1999	1992	

Gözlemlendiğinde, Ni-Cd piller en kısa şarj ömrü, yüksek yük akımı, şarj ve desarj ömrü açısından değerlendirildiğinde en düşük maliyet sunarken, bakım gereksinimleri daha fazladır.

Nikel-Kadmiyum Piller, NiCd

1899 yılında Jungner'in keşfine dayanmaktadır. Diğer pil tiplerine oranla malzemeleri pahalıdır ve özel uygulamalar için kullanılır. 1932 yılında gözenekli nikel-kaplı elektrod üstüne aktif materyaller kaplandı. 1947 yılında sızdırmazlık sağlayan Ni-Cd bataryalar hakkında araştırmalar yapıldı. Şarj sırasında üretilen iç gazların, dışarıya atılması yerine, yeniden raksiyon sonucu orijinaline dönüştürülmesi ile, sızdırmaz olan Nikel-Kadmiyum bataryalar kullanıma sunuldu.

Nikel kadmiyum piller, hızlı şarjdan, yavaş şarja ve darbeli şarj(pulse charge)'dan DC (doğru akımlı şarj) şarja kadar değişik şekillerde şarj edilebilir. Diğer tüm kimyalar, sık şarj ve orta yük akımları sunarken, Nikel-Kadmiyum kuvvetli ve sessiz bir işçidir; zor şartlar altında çalışabilir. Zor şartlar altında en uygun olan pil tipidir. Taşınabilir ekipmanlarda kullanılan pil tiplerinin 50% civarındaki NiCd'dur. Buna rağmen, yüksek enerji yoğunluğuna ve daha az zehirli malzemelere sahip yeni batarya teknolojilerinin geliştirilmesi sonucu NiCd piller eski cazibesini yitirmektedir.

Nikel Metal Hidrat Piller, NiMH

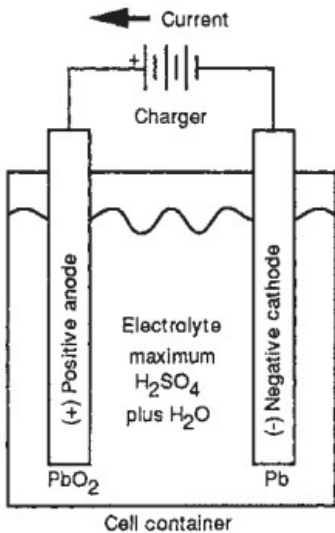
1970li yıllarda Hidrojeni depolamak için kullanılan Hidratların keşfi ile gelişim göstermiştir. Günümüzde nikel hidrojen piller, uygun uygulamalarda kullanılmaktadır.

NiMH pillerin ilk denemelerinde, metal hidrat alaşımlar hücre ortamlarına uygun değildi, ve istenen performans karakteristiklerine ulaşamamıştı. Neticede, NiMH gelişimi yavaştı. 1980'li yıllarda geliştirilen yeni Hidrat alaşımlarının keşfedilmesi sonucu, hücrelerde kullanılması uygun olmuştur. 1980 sonrasında NiMH teknolojisi düzgün bir gelişme göstermiş ve yüksek enerji yoğunluklarına ulaşmıştır.

Yeni NiMH pillerde, Kadmiyum pillere oranla, 40% daha fazla enerji yoğunluğuna ulaşılmıştır.

Hem Ni-Cd hem de NiMH piller kendiliğinden boşalma meyilimi gösterirler. İlk 24 saate Ni-Cd piller 10% kapasitesini kendiliğinden boşaltarak kaybeder. NiMH pillerde kendiliğinden boşalma hızı 1.5 kat daha fazladır.

Kurşun Asit Piller (Lead Acid) Piller



Plante'nin 1859 daki keşfine dayanmaktadır ve ticari kullanım açısından ilk şarj edilebilir pildir. Günümüzde, su doldurmalı kurşun asit aküler (Flooded Lead Acid-Taşmalı Kurşun Asit) , arabalarda, forkliftlerde ve büyük güç kaynaklarında kullanılmaktadır.

1970'li yıllarda bakım gerektirmeyen kurşun-asit piller konusunda yapılan araştırmalar neticesinde sıvı elektrolit (Flooded sulandırılmış sülfürik asit), nemlendirilmiş seperatörlere dönüştürülmüş ve dış kabin de sızdırmazlık sağlanmıştır. Şarj ve desarj sırasında anodda oluşan oksijen ve katodda oluşan hidrojen gazlarına sızdırmazlık temini için, kapalı kaplara emniyet valfleri geliştirilmiş ve böylece aşırı şarj durumunda akünün hasar görmesi önlenmiştir.

Farklı uygulamalar neticesinde iki farklı tipte batarya ön plana çıkmıştır. Sızdırmaz Kurşun Asit Aküler (SLA) ve Valf Regüleli Kurşun Asit Aküler (VRLA). Teknik açıdan her iki akü de aynıdır. SLA akünün ne zaman VRLA akü olacağı konusunda bilimsel bir tanım mevcut değildir. Mühendisler, “sealed lead acid”-sızdırmaz kurşun asit-, kelimesinin yanlış bir isimlendirme olduğu konusunda hem fikirdirler, çünkü hiçbir zaman SLA aküler tamamen sızdırmaz yapılmazlar. Esasında bunların tamamı valf regülelidir.

SLA akü kapasiteleri 0.2Ah...30Ah kapasitelerdedir ve taşınabilir ekipmanlar ile tekerlekli sandalyelerde kullanılmaktadır. Kişisel UPS üniteleri, ufak acil aydınlatma üniteleri, hasta bakımı vantilatörleri ve tekerlekli sandalyeler gösterilebilir. Düşük maliyet, servis ve bakım gereksinimi azlığı sebebi ile, SLA bataryalar biyomedikal, hasta sağlığı ve yaşlı bakım evi üniteleri için tercih edilirler.

VRLA aküler genelde sabit uygulamalar içindir. 30Ah...250 Ah'lere kadar kapasitelerde kullanılırlar. Büyük UPS sistemleri ve güç besleme üniteleri için tercih edilir. Tipik kullanım olarak, mobil santral hücreleri, banka üniteleri için güç beslemesi, hastane, hava alanı ve askeri uygulamalar için güç beslemelerinde kullanılırlar.

Su takviyeli kurşun asit pillerden farklı olarak (Flooded Lead Acid), hem SLA hem de VRLA düşük aşırı şarj potansiyeli olacak şekilde tasarlanmıştır ki; şarj sırasında akülerin gaz üretme potansiyeline ulaşması engellenir. Aşırı şarj olması durumunda, gaz oluşumu meydana gelir ve su kaybı oluşur. Sonuç olarak, SLA ve VRLA aküler tam şarj gerilimlerinde asla şarj edilmemelidir.

Modern şarj edilebilir piller arasında, kurşun asit piller en düşük enerji yoğunluğuna sahiptirler (30...60 Wh/kg). Neticede SLA piller taşınabilir uygulamalar için ekonomik çözüm iken; VRLA piller de sabit uygulamalar için ekonomik çözüm olarak tercih edilir.

SLA piller hızlı şarj için uygun değildirler. Tipik şarj zamanları 8...16 saat civarındadır. SLA piller daima şarjlı konumda depolanmalıdır. Akülerin boş konumda iken depolanması, sülfat oluşumuna sebep olur.

NiCd akülerdeki gibi, SLA piller deep charge için uygun değildir. Deşarj ve çalışma sıcaklıklarına bakıldığında, SLA genelde 200...300 kez kullanım ömrüne sahiptirler. Kısa ömürlerinin sebebi, pozitif elektrodaki izgara kozrozyonudur, aktif malzemenin tükenmesi, ve pozitif plakaların genişlemesidir.

SLA pillerin sarj/deşarj ömürlerini artırmak için bazı metodlar vardır. VRLA aküleri için en uygun çalışma sıcaklığı 25 derecedir. Kural olarak her bir 8 derece artış, pil ömrünü yarı yarıya azaltır.

Kurşun asit aküler desarjlı konumda iken depolanmamalıdır.

SLA aküler 5 saat desarj ömürleri (0.2C) olarak üretilmiştir. Bazı aküler, daha düşük desarj zamanlarında (20 saat) üretilirler.

Pillerin atıkları açısından bakıldığında, NiCd pillere oranla SLA piller daha az toksiktir, fakat SLA aküde bulunan kurşun miktarı, ağır metal olması dolayısı ile çevreye zararlıdır. Geri dönüşüm olarak düşünüldüğünde 90% kurşun-asit piller geri dönüşüme tabi tutulur.

Lityum İyon Piller

Öncü çalışmalar 1900'lü yılların başlarına dayanmakta ise, ilk şarj edilemez lityum iyon piller 1970'li yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Lityum metaller içinde en hafif olan malzemedir ve elektrokimyasal enerji potansiyeline ve ağırlık açısından bakıldığında en yüksek enerji yoğunluğuna

sahiptir. Lityum metal anodların (negatif elektrod) elektrod olarak kullanıldığı tekrar şarj edilebilir piller, hem yüksek veltaj hem de yüksek kapasite sağlarlar.

Tekrar şarj edilebilen lityum iyon pillerde çok sayıda araştırma yapıldıktan sonra, lityum elektrodta tekrarlı şarjın değişimler oluşturduğu bulundu. Bu dönüşümler, normal aşınma ve yırtılma şeklinde, ısı verimliliği düşürmektedir. Bu meydana geldiğinde, hücre sıcaklığı hızlı bir şekilde lityum ergime sıcaklığına ulaşmakta, “venting with flame”, olarak adlandırılan çok şiddetli bir reaksiyona sebebiyet vermektedir. Şarj edilebilir lityum iyon pillerin büyük bir çoğunluğu, 1991 yılında Japonya'ya gönderildi. Cep telefonunda kullanılan pillerden çıkan alev gazlarının kullanıcıların yüzlerini yakmasında sebep olduğundan dolayı.

Şarj sırasında lityum malzemenin doğal kararsızlığı sebebi ile, lityum iyonlarının kullanıldığı metal olmayan lityum bataryalar üstünde araştırmalar yapılmaya başlandı. Lityum metaline oranla biraz az enerji yoğunluğu olmasına rağmen, Li-Ion emniyetli idi. 1991 yılında, SONY firması Li-Ion pilleri ticarileştirdi. Diğer imalatçılar da bunu takip etti. Günümüzde Li-Ion en hızlı gelişme gösteren ve en umut veren pil teknolisisidir.

NiCd pillere oranla enerji yoğunlukları iki kat fazladır. Li-Ion piller düşük bakım gerektiren akülerdir. Kendiliğinden boşalması NiCd ve NiMH pillere oranla yarı yarıya azdır. Li-Ion pillerin yüksek hücre voltajları sayesinde, tek bir hücreden ibaret olan akü paketlerinin yapılmasına olanak tanır. Günümüzde kullanılan cep telefonlarının çoğunluğu, tek bir Li-Ion hücre ile çalışmaktadır.

So yıllarda, çok farklı tiplerde lityum iyon piller ortaya çıkmıştır. Sony'nin orijinal tasarımında, Li-Ion coke (kok), bir kömür çeşidi, negatif elektrod olarak kullanılır. 1997'den beri çoğu Li-Ion'lar (Sony dahil) Graphite'e kaydı. Bu elektrod, coke'a oranla, daha düz bir deşarj voltajı sağlar deşarj durumunda keskin diz bükümü sağlar. Netice olarak, grafit sistemi depolanan enerjiyi, 3.0 V iken deşarj ederken, kok versiyonu benzer çalışma şeklini sağlayabilmek için 2.5V'a boşaltılmalıdır. Ek olarak grafit versiyonu yüksek akım, temin ederken aynı zamanda şarj sırasında daha soğuk kalabilmektedir.

Pozitif elektrod olarak iki farklı kimya kullanıldı. Bunlar Kobalt ve Spineldir(manganeze olarak da bilinir). Kobalt uzun süredir kullanımda olmasına rağmen, spinel dogal olarak daha emniyetlidir ve kötü kullanımlar için daha merhametlidir. Cep telefonları için ufak prizmatik spinel paketleri sadece termal sigorta ve sıcaklık sensörü barındırır. Ek olarak basitleştirilmiş koruma devresindeki, maliyet avantajları, hammadde maliyetleri açısından, kobalta oranla daha azdır.

Genel meyilim açısından, spinel daha düşük enerji yoğunluğu sağlarken, 40 derece üstünde kapasite kaybı oluşur, kobalta oranla daha hızlı yaşlanır.

Kobaltta enerji yoğunluğu 140 Wh/kg
Manganez de enerji yoğunluğu 120 Wh/kg şeklindedir.

Kobalt yerine Nikel kullanıldığı durumda, amper/saat ömrü artarken imalat maliyeti düşer fakat hücrenin emiyeti daha az olur.

Kurşunasit ve NiCd pillere oranla kıyaslandığında LiIon piller daha az çevreye zararlıdır. Çöp olarak değerlendirdiğimizde spinel daha az zararlıdır.

Dezavantajları arasında en göze çarpan, LiIon pillerin kırılğan olmaları sebebi ile, koruma devrelerine gereksinim duyarlar. Şarj sırasında koruma devreleri, her bir hücrenin maksimum voltajı

aşmasına engel olurken ve hücre voltajının desarj sırasında daha fazla düşmesine de mani olur. Bu ön tedbirler alındığında, aşırı şarj sırasında oluşan metalik lityum kaplama da elimine edilir.

Yaşlanma Li-Ion piller için de dikkate alınması gereklidir. Bilinmeyen sebeplerden dolayı pil imalatçıları bu konu hakkında sessizdirler. Bir yıl sonunda oluşan kapasite bozulması veya batarya kullanılmadığı durumlardaki kapasite kaybı dikkate değerdir. İki veya 3 yıl içinde, piller sık-sık hasar görür. Bu NiMH piller yüksek sıcaklıklara maruz kaldıklarında da geçerlidir.

Li-Ion pillerde oluşan yaşlanmanın önüne pillerin soğuk ortamda depolanması ile yavaşlatılabilir. İmalatçılar 15 derece depolama sıcaklıkları önermektedir. Ek olarak, piller depolanacakları zaman kısmen şarj edilmelidir.

Lityum Polymer Piller

Kullanılan elektrolit açısından diğer batarya sistemlerinden farklıdır. 1970 yıllarına uzanan orijinal tasarım, kuru katı polimer elektrolit kullanmaktaydı.

Elektrikli Araç Batarya Teknolojileri

Pazar gereksinimleri iki farklı kategoride olmaktadır:

1. 500Wh ufak ekstrem-yük (peak power) güç gereksinimleri (2kWh for hibritler)
2. 30...100kWh üniteler, tamamen elektrikli olan araçlar için

850 kg ağırlığında bir araba baz alındığında, 250 kg pil için kullanılır.

Alüminyum bataryalar yeni bir çığır açabilir, nikeldeki yüksek maliyet ve kısıtlı nikel kaynakları sebebi ile problemlidir. Benzer şekilde platin katalizör olarak kullanılan yakıt hücrelerinde, ürün temini güçlüğü ana problem.

Enerji depolama kapasitesi açısından bakıldığında; birim ağırlık başına en yüksek enerji depolama kapasitesine sahiptir; lityum ve berilyum gibi alkali metaller hariç. Lityum ve berilyum, hızlı korozyon sebebi ile, sıvı elektrodlar ile kullanım için uygun değildir; ve normal olarak katı elektrolitler ile birlikte kullanılır.

Alüminyum	2,7 gr/cm ³	0.11 coulomb/gram	2980 Ah/kg
Lityum	0,53 gr/cm ³	0.14 coulomb/gram	3860 Ah /kg
Berilyum	1,85 gr/cm ³	0.22 coulomb /gram	5 940 Ah/kg
Çinko	7,13 gr/cm ³	0,03 coulomb/gram	820 Ah/kg

1960'da Zaromb konsepti, alüminyum-air hücre şeklinde idi. Anod alüminyum, KOH elektrolit ve katod ise hava idi. Bu batarya kurşun-asit bataryalara oranla 15 kez daha fazla enerji depolama kapasitesine sahip, 500 Wh/kg enerji yoğunluğu ve plaka akım yoğunluğu olarak da 1 A /cm²'ye ulaşabilmiştir. Ana dezavantajı kapalı konumda iken, jöle şeklinde Alüminyum Hidroksit üretmesi ve hidrojen gazı çıkarması idi.

Kimyasal Reaksiyon $Al + 3 H_2O = Al(OH)_3 + 3/2 H_2$ şeklindeydi.

1985 yılında aine elektrolitler kullanılarak bir başka deneme yapıldı. Kalay, İndium ve galyum gibi korozyon potansiyelini negatif doğrultuda taşımak için, ufak miktarlarda elementler eklendiğinde,

kama şekilli anaodlar kullanılarak, mekanik yeniden şarj, bazı durumlarda deniz suyunu elektrolit olarak kullanmıştı. Bu pilin kısıtlı miktarda, ekstrem yük (peak power) kabiliyeti vardı, elektrolitdeki iletkenlik kısıtlamaları sebebi ile.

Diğer denemeler Alüminyum Klorit (chloroamuminite), oda sıcaklığında erimiş tuz olan, klorinin grafit elektrodta tutunması ile yapıldı. Grafitin yüksek omik direnci dolayısı ile, düşük performans verdi. Gileadi ve takım arkadaşlarının, alüminyumun organik çözeltilerden biriktirilmesi, reaksiyon mekanizmaları sayesinde, başarılı bir çalışma yapıldı.

Yeni konseptli alüminyum bataryalar, alüminyum-air hücrelerin dezavantajlarını elimine etmek üzerine yapıldı. Anodda kaplanmış alüminyum ve katodda saf alüminyum kullanılan şarj edilebilir bir batarya geliştirildi. Elektrolit iki elementin karışımı şeklindedir. (a) 68 gr 25% ammonia-water ile 208 gr Al(OH)₃ alüminyum hidroksit karışımıdır, kalanı ise 1 lt su karışımın oluşturacak şekilde su tamamlanır. (b) metal aminlerini ihtiva eden yarı organik eklentiler (additives).

Bu eklentilerin tam formülasyonu ticari bir sırdır. Mucit, bu elektrolitin charge carrier mobilitesinde, büyük artış sağladığı ve neticede 1246 Wh/kg enerji yoğunluğuna ulaşılmıştır. Batarya -40... +70 derece gibi büyük bir aralıkta çalışabilmektedir. Hücre voltajı 1.5 Volt şeklindedir. Toyota Prius pillerinde kullanılan 32 mm çap x 58 mm uzunluğunda D paketleri ile değerlendirildiğinde, 150 gram pil 6.8 Ah ve 100 amper ekstrem-akım kapasitesine sahiptir. Eğer D paketi, 1246 Wh/kg uniteden imal edersek, bu neticede 150 Ah verecektir. Netice olarak çok yüksek mertebelerde deşarj akımlarına ulaşılabilir. Mucit pazardaki hücrelerden 20 kat daha fazla güç kapasitesine sahip olduğunu iddia ediyor. Bu yüksek akımları kaldırabilecek termal direncin ise, aşılması gereken bir konudur.

Bu keşfi destekleyen bir başka konu da ultracapacitörlerin ve elektrolitik kapasitörlerin kullanılmasıdır, her ikisi de alüminyum elektrod kullanırlar ve biyolojik elektrodlardır. Ultracapacitörler Rusya'da 150 mm çap x 600 mm boylarda 20 000 joul enerji depolayacak şekilde dizel motorlarına -40 derecelerde yol vermede kullanılmaktadır.

Elektrik Motor ve Sürücü Kontrol Sistemi Tasarımları

Nelco Ltd, elektrikli endüstriyel kamyonlar için, fırçalı DC motor üretmiştir. Sonra da elektrik ve hibrid sürücülü araçlar için, geliştirilmiş fırçasız motorlara bakılacaktır.