

SAVAŞ ARNA
Kimya Yüksek Mühendisi

TAŞINABİLİR PİL VE BATARYALAR

Ni-MH



Çinko Gümüş Oksit



Ni-Kadmiyum



Zn-MnO₂
Manganez

Lityum



Lityum İyon

Çinko Karbon



Lityum Polimer





Savaş Arna
Kimya Yüksek Mühendisi

YAZAR HAKKINDA

Savaş Arna Londra Üniversitesinden 1968 yılında Kimya Yüksek Mühendisi olarak mezun olmuş ve bilahare meslek hayatının yaklaşık 36 yılını pil sanayinin çeşitli dallarında çalışarak geçirmiştir. Bu süreç içerisinde kendisi M.K.E. Kurumunun Antalya' da ki çinko-karbon pilleri üretimi yapan fabrikasında Müdür Muavinliği, Bilecik yakınlarındaki özel sektöre ait pil fabrikasında İşletme Müdürlüğü ve 1981 yılından itibaren 2003 yılı Kasım ayına kadar Kayseri' de kurulu şarjlı piller üretimini yapan ASPİLSAN A.Ş.' nin Genel Müdürlüğünü yürütmüştür.

Savaş Arna çalışma hayatı boyunca uluslararası birçok konferans, fuar ve seminerlere katılarak, sektörle ilgili deneyimlerini arttırmış ve son olarak da Ocak 2005-Ağustos 2006 tarihleri arasında Taşınabilir Pil Üreticileri ve İthalatçıları Derneğinin (TAP) Genel Sekreterliği görevinde bulunmuştur.

Bu yayın, bilindiği kadarıyla pil ve batarya konusunda tüketiciyi bilinçlendirmek amacıyla Türkiye' de yayınlanmış ilk kapsamlı çalışmadır.

Pil ve bataryalar, taşınabilir cihazlarda kullanılan ve kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürerek, depolayabilen aygıtlardır. Bu sistemler şarj edilemeyenler (primer) ve şarj edilenler (sekonder) olarak temelde iki gruba ayrılırlar.

Son elli yıl içerisinde elektrik/elektronik teknolojilerinde gerçekleştirilen baş döndürücü gelişmeler ev, büro ve kişisel kullanımlara mahsus çok çeşitli taşınabilir cihazların günlük yaşantımıza girmesine yol açmıştır. Tabi bunların en başında cep telefonları gelmektedir ve bugün insanın ayrılmaz bir parçası haline gelen cep telefonları nedeniyle pil, batarya ve şarj cihazı kavramları halkımızın gündeminde kaçınılmaz olarak daha fazla yer almaya başlamışlardır.

Diğer bir husus, çeşitli tip ve şekillerde üretilen pil ve bataryaların hizmet ömürlerini tükettikten sonra ne olduklarıdır? Son 20 yıl içerisinde Amerika, Japonya ve Avrupa ülkelerinde kullanılmış, atık haldeki taşınabilir enerji kaynaklarının insan ve çevre sağlığına zarar vermeyecek şekilde toplanması, geri kazanılması ve nihai bertarafı konularında ciddi çalışmalar yapılmış ve uygulaması zorunlu standartlar yürürlüğe konulmuştur.

Avrupa Birliğine girebilmek için uzun yıllardan beri çaba gösteren ülkemizde de, bu birliğin kapsamındaki ülkelere halen uygulanan standartlara paralel olarak, atık pillerin kontrolü yönetmeliği Çevre ve Orman Bakanlığınca kısa bir süre önce hazırlanmış ve 2005 yılı başından itibaren yürürlüğe girecek şekilde yayınlanmıştır. Atık haldeki pil ve bataryalar, çevreye zararlı kimyasal maddelere sahip olduklarından, bundan böyle tüketicinin eski alışkanlıklarından vazgeçerek, insan ve çevre sağlığının korunması bakımından gerekli gayreti göstereceklerine inanmaktayız. Ayrıca Avrupa Birliği karnesinde çevre sorunları notumuzun artırılması mecburiyeti konuya daha da önem kazandırmaktadır.

Bu yayın, yukarıda belirtilen hususlarda göz önünde tutularak, pil ve batarya kullanan tüketicimizin bilinçlendirilmesi ve eğitilmesi amacıyla

hazırlanan bir referans kitapçığıdır. Yayından uygulama ve denetleme makamlarında bulunan çeşitli kurum ve kuruluşlardaki kişilerinde yararlanacağı muhakkaktır.

Kitapçık mümkün olduğu kadar teoriye ve pil sistemlerinin kimyasına girmeden, karmaşık teknik tabirler kullanılmadan ve okuyucunun rahatlıkla anlayabileceği bir üslupla hazırlanmıştır. Bu nedenle pil ve batarya teknolojisinde sık rastlanan bazı temel kavramların tanımlanmasının hemen başlangıçta yer alması uygun görülmüştür. Çeşitli taşıt araçlarında kullanılan ve kısaca 'akü' adı altında bilinen kurşun-asit akümülatörleri farklı teknolojileri, özellikleri ve kullanım kriterleri nedeniyle bu çalışmada kapsam dışı bırakılmıştır.

Aleksandro Volta tarafından icat edilen ilk pilden bu yana 200 yıldan fazla bir zaman geçmiştir. Ancak günümüzün teknolojisi her geçen gün daha fazla enerjiye sahip, daha uzun ömürlü, daha az yer kaplayan, daha ucuz ve çevreye daha az zararlı piller geliştirme yarışındadır. Önümüzdeki 25 yıl içerisinde ne tür sistemlerin kullanıma gireceğini bugünden tam olarak düşünmek bile mümkün değildir.

Bu yayının hazırlanması esnasında yardımlarını esirgemeyen kızım Neslihan Cengiz'e ve yayının basımı ile dağıtımını mümkün kılan Mert İthalat İhracat Tic. Ltd. Şti. sahibi sayın Mümtaz Turhan'a teşekkürlerimi özellikle sunmak isterim.

Pil ve batarya tüketicilerinin, kurum ve kuruluşların bu yayını okuyup, yararlanmaları umduyla.

Savaş Arna

TANIMLAR

Aşağıda ele alınan tanımlar, tüketicinin pilin kullanımı, muhafazası, gerektiğinde şarjı ve ömrü sürecinde rastlayacağı bazı temel kavramları kapsamaktadır. Alfabetik bir sıralama yapılmamış, en basitinden başlanarak, daha teknik ve sayısal içerikli kavramlara doğru yönelinmiştir.

Pil

Taşınabilir cihazlar işletimleri için ihtiyaç duydukları elektrik enerjisini doğrudan şebeke ceryanı ile karşılama imkanları olmayabilir. Bu durumda, kimyasal reaksiyonlar sonucunda elektrik enerjisini depolayabilen, eksi (negatif) ve artı (pozitif) uçları cihaza bağlandığında gerekli elektrik akımını sağlayan, genelde kapalı bir kap içerisinde alınmış çeşitli tip ve boyutlardaki pillerden yararlanılır.

Gerilim

Satın alınan her çeşit pilin üzerinde, sahip olduğu kimyasal sisteme göre artı ve eksi uçları arasında yaratılan potansiyel farkını gösteren ve volt (V) cinsinden ifade edilen gerilim değeri muhakkak yazılıdır. Bu gerilim, pilin hiçbir harici devreye bağlı olmaksızın sahip olduğu açık devre gerilimi veya nominal gerilimidir. Sistemine göre yaratılabilen bazı nominal gerilim değerleri aşağıda verilmiştir.

PİL SİSTEMİ	NOMİNAL GERİLİM (V)
Primer Çinko-Karbon	1,5
Primer Alkali-Mangan	1,5
Primer Çinko-Gümüşoksit	1,55
Primer Çinko-Hava	1,40
Primer Çinko-Civaoksit	1,35
Primer Lityum	3,0 - 3,6
Sekonder Nikel-Kadmium	1,2
Sekonder Nikel-Metalhidrit	1,2
Sekonder Alkali-Mangan	1,5
Sekonder Bakım Gerektirmeyen Kurşun-Asit	2,0-2,1
Sekonder Lityum-İyon	3,6
Sekonder Lityum-Polymer	3,6

Bu aşamada, primer ifadesinin pilin şarj edilemediğini ve sekonder ifadesinde pilin defalarca şarj edilebilir türde olduğunu tekrar hatırlatalım. Ayrıca, primer çinko-civaoksit türündeki pillerin dünyada üretimine 2000 yılından itibaren son verildiği unutulmamalıdır.

Kapasite

Sekonder pillerin üzerinde genelde amper-saat (Ah) veya miliamper-saat (mAh) cinsinden akım değerleri veya başka bir deyişle sahip oldukları nominal enerji kapasiteleri yazılıdır. Bu değer, pilin bağlandığı cihaza verdiği sabit akımla (ki buna boşalma veya deşarj akımı denir) deşarjın başlangıcından deşarj sonu gerilim seviyesine ulaşmaya kadar geçen zamanın çarpılması sonucunda elde edilir. Örneğin üzerinde 2 Ah (veya 2000 mAh) yazılı bir pil bir saat boyunca 2 amperlik bir deşarj akımını veya yarım saat boyunca da 4 amperlik bir deşarj akımını teorik olarak üretebilir.

Batarya

Taşınabilir cihazlar çoğunlukla birden fazla pile ihtiyaç duyabilirler. Bu cihazın işletim gerilimine ve işletim akım değerine bağlıdır. Örneğin çinko-karbon pilleriyle 3 adet pilin artı ve eksi uçları birbirine bağlanarak (seri bağlama) 4,5 voltluk (1,5x3) gerilime sahip bir batarya elde edilebilir.

Aynı şekilde, bir saatte 1000 miliamper akım üretebilen 1,5 voltluk 3 adet benzer pilin artı uçları birbirlerine ve eksi uçlarında yine birbirlerine bağlanarak (paralel bağlama) 3000 miliamperlik akım üretebilen 1,5 volt gerilim değerine sahip bir batarya meydana getirilebilir.

Seri veya paralel bağlanacak pil sayısı dış etkenlere, özellikle sıcaklığa bağlı olarak tahditlidir. Ayrıca sekonder pillerin sistemin dengesini bozacağı nedeniyle paralel bağlanmaları tavsiye edilmez.

Elektrolit

Bir pilin elektrot tabir edilen artı ve eksi uçları arasında elektrik yüklü parçacıkların (iyonların) geçişine izin veren ve bu suretle iletgenlik sağlayan sıvı eriyiklere veya katı kimyasal maddelerin yarattığı ortama elektrolit adı verilir. Primer pillerde sıvı halindeki amonyum klorür, çinko klorür, gümüş oksit vb. maddeler elektrolit olarak kullanılırlar. Primer lityum türlerinde ise inorganik, anorganik ve katı haldeki muhtelif maddeler elektrolit vazifesini görür. Nikel-Kadmiyum ve Nikel-Metalhidrit cinsi sekonder pillerde bazik esaslı potasyum hidroksit çözeltisi (veya sodyum hidroksit) genelde elektrolit olarak kullanılır. Bakım gerektirmeyen ve sızdırmaz kurşun-asit akülerinde ise jel halindeki sülfirik asit bu görevi yapar.

Pilin Sızması

Pil bünyesinde bulunan elektrolit maddesinin dışarıya akmasına kısaca sızma denir. Bunun temel nedenleri pilin ağız çevresinde yeterli sızdırmazlık sağlanamaması, pilin ömrünü tüketerek pil gövdesinin herhangi bir noktasından delinmesi, pillerin aşırı yüksek seviyedeki deşarj akımlarına uzun sürelerle maruz kalması, sekonder sistemlerde çok yüksek şarj akımlarının devamlı kullanılması ve pil bünyesinde kısa devreler yaratacak harici etkenlerin oluşmasıdır. Günümüzde uygulanan modern teknolojiler sayesinde piller tam sızdırmaz olarak üretilmekte ve çok uzun sürelerce kullanılmadan muhafaza edilebilmektedir. Örneğin primer türdeki alkali piller bugün 8-10 yıl süreyle depolanabilmektedir. Ancak sıcaklık artışlarına maruz kalan ve yüksek rutubetli ortamlarda devamlı tutulan pillerin çok daha erken sızma göstereceği muhakkaktır.

Silindirik Pil

Çapı yüksekliğinden küçük olan pillerdir. Silindir biçimindeki pillerin kapasiteleri 0,5 Ah ile 15 Ah arasında değişebilir.

Düğme Pil

Çapı yüksekliğinden fazla olan pillere genelde düğme pil adı verilir. Elektrik kapasiteleri 1 Ah' te ulaşan düğme piller üretilmiştir.

Prizmatik Pil

Dikdörtgen prizması şeklindeki pillerdir. Sekonder bakım gerektirmeyen kurşun-asit pillerin tamamı bu şekildedir. Cep telefonlarında kullanılan sekonder nikel-metalhidrit ve lityum iyon pilleri ise iyice yassılaştırılmış ve yükseklikleri düşürülmüştür. Bazen içerisinde silindirik yapıda ve seri bağlanmış birden fazla pili barındıran prizmatik pillere de rastlanır. Bunun en yaygın örneği 6 adet primer veya sekonder pile sahip 7,2-9,0 voltluk çit-çit bağlantı uçlu prizmatik pillerdir.

Nihai Gerilim Değeri

Bu değere son nokta gerilimi adı da verilir. Piller ve birden fazla pili bünyesinde bulunduran bataryalar herhangi bir cihaza bağlanıp, cihazı çalıştırmaya başladıklarında cihaza elektrik akımı verirler ve bu suretle deşarj (boşaltma) işlemi başlar. İlk kullanıma giren primer pilin veya tam şarjlı sekonder pilin nominal gerilimi deşarj işlemini takiben düşmeye başlar, bilahare cihazın gerçek anlamda uzun süreyle çalıştığı ortalama gerilim değerine ulaşılır ve nihayetinde gerilim değeri daha da düşerek, cihazın artık verimli çalışmadığı son nokta gerilim değerine gelinir. Aşağıda yaygın kullanım gören bazı pil sistemlerinin pil başına gerilim karakteristikleri verilmiştir.

Nihai Gerilim değerine ulaşan pilleri daha fazla zorlamamalı, piller cihazdan çıkartılarak yenisiyle değiştirilmeli veya sekonder tipdeyse şarj işlemine alınmalıdır. Nihai gerilim değerine ulaşma veya halk arasında bilindiği şekliyle 'pili bitme' durumu radyo ve benzeri cihazlarda sesin azalması veya parazit oluşumu ile hemen anlaşılır. Diğer cihazlarda ve cep telefonlarında ise gerilim veya güç seviye göstergeleri izlenmelidir.

Pil Sistemlerinin Gerilim Değerleri

PİL SİSTEMİ	NOMİNAL GERİLİM (V)	ORTALAMA DEŞARJ GERİLİMİ (V)	NIHAI GERİLİM (V)
Primer Çinko-Karbon	1,5	1,2	0,90 - 0,75
Primer Alkali-Mangan	1,5	1,2	0,90 - 0,75
Primer Çinko-Gümüşoksit	1,55	1,4	0,9
Primer Çinko-Civaoksit	1,35	1,2	0,9
Primer Çinko-Hava	1,40	1,15	0,9
Primer Lityum-Mangandiyoksit	3,0	2,4	1,8 - 1,5
Sekonder Nikel-Kadmiyum	1,2	1,2	1,0 - 0,75
Sekonder Nikel-Metalhidrit	1,2	1,2	1,0 - 0,75
Sekonder Alkali-Mangan	1,5	1,2	0,9 - 0,75
Sekonder Bakım Gerektirmeyen Kurşun-Asit	2,0	1,8	1,7 - 1,6
Sekonder Lityum-İyon	3,6	3,6	3,0 - 2,7

Şarj Etme

Sekonder tip şarjlı pillerde enerji geri dönüşlüdür. Bundan kasıt, elektrik enerjisinin şarj işlemi vasıtasıyla tekrar kimyasal enerjiye dönüştürülebileceğidir. Dolayısıyla nihai gerilimine veya daha alt gerilime inmiş bir sekonder pile belirli değerdeki bir akımı belirli bir süre vererek, kimyasal reaksiyonları tersine çevirmek ve pili tekrardan şarjlı duruma getirmek mümkündür. Bu aşamada, primer pillerin tamamen deşarjından sonra, elektrik akımı verilerek, tekrar şarjlı duruma getirilmesinin imkansız olduğu belirtilmelidir. Bu tür pillerin ısıtılarak biraz daha enerji verebileceği hususu tüketicide yaygındır. Ancak pillerin hiçbir şekilde ısıtılmaması ve direk ısı kaynaklarının yakınında tutulmaması çok önemlidir. Aksi takdirde piller şişebilir, sızma gösterebilir, alev alır ve hatta patlayabilir. Bu duruma özellikle lityum pilleriyle son derece dikkat edilmelidir.

Şarj işlemi, sekonder pilin kapasitesine göre tasarlanmış şarj cihazı ile yapılmalıdır. Uygulanacak şarj akımının büyüklüğü, nominal kapasitenin alt ve üst katları olarak verilir. Örneğin nominal kapasitesi 4 Ah olan pil 4 amperlik bir şarj akımı vasıtasıyla bir saat sonrasında teorik olarak tam şarjlı duruma ulaşır. Aynı pilin 400 miliamperlik, yani ondabir değerdeki şarj akımı ile şarjlı duruma gelmesi ise 10 saat sürecektir. Ancak normalde şarj işleminin verimliliği düşük olduğundan süre %40-

60 fazlasıyla uygulanır ve standart şarj süresi 14-16 saate çıkar. Şarj işleminin oda sıcaklığında (15-25°C) yapılması tavsiye edilir. Sıcaklığın artması veya azalması şarj verimini etkiler. Pilleri hızlı şarj, tampon şarj, darbeli şarj vs. gibi şarj işlemleriyle şarj etmek mümkündür. Bu konu ilerde daha detaylı anlatılacaktır.

Şarjın Muhafazası

Gerek primer gerekse sekonder pil sistemleri kullanılmadıkları süre içerisinde, kendiliğinden yavaş yavaş deşarj olurlar. Bunun temel nedeni pillerin bünyesinde bulunan kimyasal maddelerin durdukları yerde dahi aktif olmalarıdır. Primer pillerin kendinden deşarj oranları sekonder pillere nazaran çok daha düşüktür ve bu nedenle uygun şartlarda 10 yıldan fazla muhafaza edilebilirler (özellikle çinko esaslı alkalimangan pilleri). Tabi bu kadar uzun süre beklemiş bir pilin yenisiyle aynı performansı göstermesi beklenemez. Diğer taraftan, başta nikel-kadmiyum türü olmak üzere, sekonder pillerde şarj kaybı sırasında ayda %30 oranına kadar yükselebilir. Başlıca neden bu türlerde elektrolit maddesini teşkil eden kimyasal çözeltiler arasındaki dengelerin daha zayıf olmasıdır. Bu dezavantaja karşılık sekonder pillerin yüzlerce kez şarj edilebildiği unutulmamalıdır. Bir önemli hususda, 4-5 ay bir kenara bırakılmış bir nikel-kadmiyum veya nikel-metalhidrit pilinin şarjının hemen hemen tamamını kaybettiği ve şarj edilmeden cihazınızı çalıştırmayacağıdır. Sıcaklık artışı şarj kaybını hızlandırır. Örneğin 20°C sıcaklıkta bir ay tutulan bir nikel-kadmiyum pil 40°C sıcaklıkta, aynı süre içerisinde yaklaşık iki misli şarj kaybına uğrar. Aşağıda bazı pil sistemlerinin 15-25°C oda sıcaklıklarında yaklaşık yıllık şarj kayıpları gösterilmiştir. En kötü kayba maruz kalan nikel-kadmiyum pilleri için verilen değer aylıktır.

PİL SİSTEMİ	ŞARJ KAYBI (%)
Çinko-Karbon	10
Alkali-Mangan	2
Çinko-Gümüşoksit	5
Çinko-Civaoksit	2
Lityum	0.5 - 1
Çinko-Hava	2
Kurşun-Asit	60 - 70
Nikel-Metalhidrit	10 - 15
Lityum-iyon	2 - 3
Nikel-Kadmiyum	25 - 30

Çevre Sıcaklığı

Ticari amaçla piyasada bulunan bütün pil türleri en yüksek çalışma verimlerini 15-25°C sıcaklıklarda gösterirler. Sıcaklığın artmasıyla pillerin özellikleri de değişmeye başlar. Deşarj hızlanırken daha çabuk nihai gerilim değerine ulaşılır. Ayrıca şarj kabul etme ve kendiliğinden şarj kaybı özellikleri kötüleşir. Pillerin devamlı yüksek sıcaklıkta kullanılmaları hizmet ömrünü kısaltan önemli bir etkidir. Özel türlerin dışında pillerin 40°C sıcaklığın üzerinde kullanılmaları tavsiye edilmez. Sıcaklık düşüşü ile pillerin aktivasyonlarında yavaşlar. Lityum türlerinin dışında primer piller 0°C sıcaklığın altında çok verimli çalışmazlar. Buna mukabil sekonder pillerin düşük sıcaklıklardaki performansları çok daha iyidir ve bazı sistemler -50°C sıcaklıkta dahi görev yapabilirler. Diğer taraftan, sekonder pillerin 0 - 40°C sıcaklık sınırları dışında şarj edilmeleri tavsiye edilmez. Bazı pil türlerinin çalışma sıcaklıkları aşağıda verilmiştir.

Çinko esaslı primer piller	: -10°C ile +50°C
Alkali-Mangan primer piller	: -20°C ile +50°C
Lityum primer piller	: -50°C ile +60°C
Sekonder kurşun-asit piller	: -20°C ile +50°C
Sekonder Ni-Cd piller	: -40°C ile +60°C
Sekonder Ni-MH piller	: -20°C ile +60°C
Sekonder lityum-iyon piller	: -20°C ile +60°C

Özel tasarımlanmış bazı lityum pillerinin +100°C sıcaklıkta görev yapmaları mümkündür.

Çevrim Ömrü

Çevrim ömrü ifadesi yalnız sekonder tip piller için geçerli olan bir kavramdır. Bu tür pillerde birbiri ardına gelen bir şarj ve bir deşarj işlemi bir çevrim olarak tanımlanır. Pilin hizmet süresi içerisindeki toplam çevrim sayısı onun çevrim ömrünü veya kısaca ömrünü verir. Bu bakımdan sekonder pillerinin ömrünün şu kadar ay veya şu kadar yıldır demek pek doğru değildir. Buna karşılık tüketici kullandığı şarjlı pilin çevrim sayısını takip edecek durumda değildir ve satın aldığı tarihi

aklında tutabiliyorsa “bu pil şu kadar süre dayandı” der. Pil ömrü öncelikle çevrim sıklığına bağlıdır. Bütün diğer etkenler aynı kalaraktan, günde iki çevrime uğramış bir pil veya bataryanın, günde bir çevrime tabi aynı tür pile nazaran yarı ömre sahip olması aşıkardır. İçlerinde sekonder pil sistemleri bulunan bazı cihazları evlerimizde zaman zaman kullanırız. Bunun basit örnekleri el feneri gibi aydınlatma cihazları, oyuncaklar ve matkap vs. gibi güç aletleridir. Bu cihazlardaki pillerin az çevrime tabi tutulmaları nedeniyle ömür boyu hizmet vereceklerini düşünmekte doğru değildir. Ancak normal koşullarda muhafaza edilmeleri kaydıyla 8-10 yıl ömür verebilen pil türleri mevcuttur. Genelde pil çapı veya hacmi arttıkça, pilin dayanıklılığı da artar. Nikel-Kadmiyum pilleri 1000 çevrime kadar kullanılabilirken, Nikel-Metalhidrit pillerin çevrim ömürleri bunun yaklaşık yarısı kadardır. Bakım gerektirmeyen kurşun-asit aküleri takriben 400-500 çevrim ömrüne sahiptirler. Lityum-iyon pillerinden 3 yıla kadar hizmet süresi elde edilebilir. Burada ifade edilen değerler pillerin oda sıcaklıklarında ve standart şarj/deşarj akımları ile kullanılması durumunda geçerlidir. Yüksek akımlarladeşarj, yüksek sıcaklıklarda kullanım ve depolama ve sürekli aşırı şarj şartları çevrim ömrünü kısaltıcı önemli etkenlerdendir. Ömür konusuna cep telefonu bataryaları bölümünde daha detaylı olarak değinilecektir.

Enerji Yoğunluğu

Pil sistemlerinin tanımlanmasıyla ilgili olarak en son enerji yoğunluğu kavramına değinilecektir. Bir pilin içerdiği enerji, yük altında gösterdiği ortalamadeşarj gerilim değeri ile nominal kapasite değerinin çarpımına eşittir ve Wat (w) olarak ifade edilir. Birim zamanda, örneğin bir saat içerisinde elde edilen enerji miktarı ise wat-saat cinsinden verilir. Pil sistemlerinin enerji değerleri birbirlerinden farklıdır ve bu değerlerin sahip oldukları kilogram (kg) cinsinden ağırlıklarına veya litre (l) cinsinden hacimlerine bölünmeleri sonucunda enerji yoğunlukları bulunur. Aşağıda pil sistemlerinin enerji yoğunlukları ile ısıtma amacı ile kullanılan butan gazının enerji yoğunluğunun mukayesesi verilmiştir.

PİL SİSTEMİ	ENERJİ Yoğunluğu W-Saat/Kg	ENERJİ Yoğunluğu W-Saat/L
Butan Gazı	14.000	7.800
* Lityum	300 - 500	500 - 800
* Alkali-Mangan	80 - 120	250 - 350
* Çinko-Karbon	25 - 70	80 - 170
** Kurşun-Asit	25 - 35	50 - 80
** Nikel-Kadmiyum	35 - 45	35 - 70
** Nikel-Metalhidrit	80 - 110	75 - 140
* Primer Pil		
** Sekonder Pil		

Yukarıdaki değerlerden görüleceği üzere, lityum sistemleri en yüksek enerji yoğunluğuna sahip pillerdir ve primer sistemlerin enerji yoğunlukları sekonder sistemlere nazaran daha fazladır. Ancak sekonder sistemlerin yüzlerce kez şarj edilebildikleri unutulmamalıdır. Cihazlar için seçilecek pil türlerinin belirlenmesinde enerji yoğunluğu önemli bir kriteri teşkil eder.

ŞARJSIZ (PRİMER) SİSTEMLER

Çinko-Karbon (Zn-C)

Çinko esaslı şarj edilemeyen ve kısaca primer tabir edilen pil türleri geçen yüzyıl boyunca en çok üretilen ve kullanım yeri bulan pil türleri olmuştur. Bunların başında 1865 yılında M. Leclanche tarafından icat edildiğine inanılan ve halk arasında 'kuru pil' tabiriyle de adlandırılan çinko-karbon pili gelmektedir. 1870 yılında senede 20.000 adet üretilmiş olan bu pilin üretimi, dünyada 1918' de birkaç milyon adede ve 1980'li yılların sonunda da birkaç milyar adede ulaşmıştır. Bugün büyük bir kısmı Çin' de ve bazı uzak doğu ülkelerinde olmak üzere, 100'e yakın üretim tesisi mevcuttur. Böylesine büyük bir talebin temel nedenleri çinko-karbon pillerinin ucuz, üretim teknolojilerinin nispeten kolay olması bakımından temininde güçlük çekilmemesi ve çevreye daha dost olmalarıdır. Bu pillerde eksi kutbu teşkil eden dış gövde çinkodan yapılmış olup, karbon esaslı gözenekli bir kömür çubuk ve mangan-dioksit maddesi artı kutbu meydana getirir. Elektrolit olarak amonyum klorür/çinko oksit karışımı uzun yıllar kullanılmış ancak 1960' lı yıllarda çinko klorür teknolojisine geçilmiştir. Ayrıca 1950 yılından itibaren elektrolit maddesinin kağıt üzerine emdirilmesi sonucunda yaratılan geniş iç hacim vasıtasıyla pilin performansı daha da artırılmıştır.

Uluslararası standartlara uygun olarak silindirik biçimde 5 değişik boy pilin üretimi yaygındır. Bunlar :

- 1- R20 rumuzuyla kodu D olan büyük boy pil
(Buna kalın pilde denmektedir).
- 2- R14 rumuzuyla kodu C olan orta boy pil.
- 3- R6 rumuzuyla kodu AA olan kalem boy pil.
- 4- R03 rumuzuyla kodu AAA olan ince kalem boy pil.
- 5- R01 rumuzuyla kodu N olan pil.

Yukarıdaki rumuz veya harf kodu pillerin dış etiketleri üzerinde muhakkak bulunur.

Çinko-Karbon pillerinin nominal gerilimleri 1,5 volt ve ortalama deşarj

gerilimleri 1,2 voltur. Elde edilebilen maksimum kapasite 8 ampersaat civarındadır. Pillerin yapısı nedeniyle iç dirençleri yüksek olduğundan, yüksek akımlar yaratamazlar. Kendiliğinden deşarj oranları düşüktür ve bu nedenle de zayıf akım tüketen uygulamalarda tercih edilirler. -10°C sıcaklığın altında ve $+45^{\circ}\text{C}$ sıcaklığın üzerinde çalışma verimleri çok düşer. Uygun koşullarda 2-3 yıl depolanabilirler.

Ülkemizde daha çok kırsal kesimlerde tercih edilen çinko-karbon pillerinin 10-15 yıl içerisinde yerlerini alkali pillere bırakacağı tahmin edilmektedir.

Alkali-Mangan (Zn-MnO_2)

Primer tipde alkali pillerin doğum yılı 1945' dir. Ancak bu piller ticari amaçlarla yaygın olarak 1960 yılından itibaren kullanılmaya başlanmıştır.

Alkali pillerin dış kabı çeliktir ve bu suretle ağız kısmında tam sızdırmazlık sağlanarak, elektrolit sızıntısı tamamen giderilmiştir. Alkali pil olarak adlandırılmalarının temel nedeni bazik esaslı potasyum hidroksit çözeltisinin elektrolit olarak kullanılmasıdır. Artı uç olarak ters çivi şeklinde çelik bir çubuk kullanılır. Çinko ve Mangandioksit artı ve eksi elektrotları teşkil eder.

Alkali pillerin nominal ve ortalama gerilimleri çinko-karbon pillerinde olduğu gibi 1,5 ve 1,2 voltur. Ancak 120-190 miliwat-saat/ cm^3 değerindeki enerji yoğunluğu alkali pillerde 200-300 miliwat-saat/ cm^3 'e yükselmiştir ve bu nedenle pillerden daha uzun sürelerle daha yüksek enerji sağlanması mümkündür. Silindirik tiplerde 15 ampersaat'lik kapasitelere ulaşılmıştır. Ayrıca 40-300 mAh arasında kapasitelere sahip düğme tip alkali piller yaygın olarak üretilir. Prizmatik, yassı ve silindirik biçimlerde 6 ve 9 voltluk bataryalar özel cihazlar için üretilmiştir.

Uluslararası standartların alkali piller için belirlediği rumuz L harfidir. Bu suretle LR20, LR14, LR6, LR03 ve LR01 kodları pillerin etiketi üzerinde bulunur. Alkali piller düşük sıcaklıklarda çinko-karbon pillerine nazaran biraz daha dayanıklıdır. Örneğin -20°C sıcaklıklarda kapasitelerinin

%40' ı ile çalışabilirler.

Teknolojideki gelişmeler sonucunda içlerindeki civa miktarı son derece azaltılmış olan (veya hiç bulunmayan) alkali pillerin oda sıcaklığında 10 yıla kadar depolanabilme özellikleri çok önemlidir.

Çinko-Gümüşoksit (Zn-AgO)

Bu grupta diğer bir primer sistem çinko-gümüşoksit pilleridir. Bu türlerin nominal gerilimleri 1,55 volt ve ortalama deşarj gerilimleri de 1,2 voltur. Yalnız düğme pil biçiminde 15-180 mAh kapasitelerde üretilirler. -10°C ile $+60^{\circ}\text{C}$ sıcaklık aralığında görev yapabilen bu tür piller 2 seneden fazla depolanabilirler.

Lityum pilleri dışında kalan primer türler arasında çinko-civaoksit, çinko-hava (asidik) ve çinko-hava (bazik) sistemleri sayılabilir. Zayıf akım gerektiren uygulamalarda ve özellikle kol saatlerinde tercih edilen çinko-civaoksit pilleri, civanın zehirli özelliğinden dolayı, 2000 yılından itibaren tüm dünyada üretimden kaldırılmıştır. Yukarıda belirtilen diğer sistemlerin çok fazla bir ticari yaygınlığı olmadığından burada üzerlerinde durulmayacaktır.

Lityum (Li)

Lityum maddesinin elektro-kimyasal işlemlerde bir enerji kaynağı olarak kullanılabileceği düşüncesi ilk olarak 1909 yılında Thomas Alva Edison' dan gelmiştir. Zira lityum, elementlerin periyodik sisteminde gaz halindeki hidrojen ve helyum' dan sonra gelen katı haldeki ilk metaldir ve eksi kutup (anot) olarak elektro-kimyasal sistemde 3,02 voltluk bir gerilim yaratabilmektedir. Ancak o yıllarda teorelin pratiğe dönüşme imkanlarının çok kısıtlı olması nedeniyle lityumun taşınabilir bir enerji kaynağı haline gelmesi mümkün olmamıştır. Üzerinde en çok laboratuvar çalışmaları yapılan pil sistemi lityumdur. İlk olarak 1975' de Lityum-Vanadyumpentaoksit ($\text{Li-V}_2\text{O}_5$), 1978' de Lityum-Kükürdioksit (Li-SO_2) ve 1980' de de Lityum-Mangandioksit (Li-MnO_2) ve Lityum-Tiyoniklorür (Li-SOCl_2) pilleri ticari amaçlarla piyasaya girmeye başlamıştır. Ayrıca Amerika' da da bu yıllarda askeri amaçlarla lityum pilleri üzerinde çok

geniş araştırmalar yapılmış ve neticede bugün birçok değişik el telsizi Amerikan ordusunda lityum pilleri ile çalışır duruma getirilmiştir. Halen nominal gerilimleri 1,7 volt ile 3,6 volt arasında değişen 50' den fazla tipte primer lityum pil sistemi bilinmektedir. Bu piller silindirik ve düğme biçimlerinde üretilerek, 20 ampersaat'e varan kapasiteler elde edilebilmektedir.

Lityum pillerinin en büyük avantajı 3,6 voltu aşan yüksek bir gerilime sahip olmalarıdır. Enerji yoğunlukları 300-500 miliwat-saat/gram ve 500-800 miliwat-saat/cm³ gibi çok yüksek mertebelerdedir. -50°C sıcaklık ile sırasında +100°C' ta varan sıcaklık aralıklarında kullanılabilirler. Bu nedenle uzay araştırmaları ve askeri amaçlı uygulamalarda tercih edilirler. 10 yıla varan sürelerle depolanabilirler ve yıllık şarj kayıpları %1' den daha azdır. Buna karşılık iç dirençleri oldukça yüksektir. Üretimleri kuru ve %1' den az izafi rutubeti havi bir atmosfer gerektirir. Normal primer pillere nazaran 2-3 misli daha pahalıdır. Lityum maddesinin 180°C gibi düşük bir sıcaklıkta erimesi nedeniyle, ısı altında yanma, alevlenme ve hatta patlama riskleri yüksektir. Bu nedenle lityum pillerinin birbirleriyle seri veya paralel bağlanmaları esnasında her türlü koruyucu önlem alınmalıdır. Ayrıca 3,0-3,6 voltluk gerilim taşımaları nedeniyle 1,5 voltluk diğer primer sistemlerle kolaylıkla eşleştirilemez. Silindirik lityum pillerinde büyük boy, kalem boy ve orta boy gibi 3,0-3,6 voltluk türleri mevcuttur. Ayrıca 1/2 AA, 2/3 AA, 1/3 C, 2/3 C ve 5/4 C boyutlarında özel ölçülerde üretilirler.

Saat Pilleri

Literatürde pek fazla bilgi olmaması nedeniyle, saat pilleri konusunun burada özetle ele alınması yararlı görülmektedir.

Quartz teknolojisinin saatlere uygulanmaya başlaması ile birlikte pil kullanımı olayı gündeme gelmiş ve pil üreticileri arasında, özellikle kol saatleri için en uzun ömürlü ve en ucuz düğme pil üretimi yarışı başlamıştır. Bugün yalnız kol saatleri için yaratılmış büyük bir pil pazarı mevcuttur ve bu pazar birkaç büyük firma tarafından paylaşılmaktadır.

Kol saatlerinde kullanılacak piller için aranan önemli özellikler pilin boyutları (hacmi), kullanım sırasında deşarj geriliminin değişmemesi, uzun bir depolama ömrü, tam sızdırmazlık ve rutubet/sıcaklık değişikliklerinden dolayı pil özelliklerinin çok fazla değişmemesidir.

Buna göre, kendinden şarj kaybı çok yüksek olan, pahalı sekonder tip pillerin saatlerde ve özellikle kol saatlerinde kullanılamayacağı aşıkardır. Zira uzun bir ömür sağlamak amacıyla kol saatlerindeki pilin yerinden çıkartılıp, şarja alınması çok saçma olacaktır. Dolayısıyla tek alternatif, kalınlıkları 2mm'yi geçmeyen primer türdeki düğme piller olmaktadır.

Quartzlı saatlerde pil quartzı uyarak bir entegre devreye cereyan verir. Entegre devre de küçük bir motoru harekete geçirir ve bu suretle saatin saniye, kısa ve uzun kolları çalışmaya başlar. İlk hareket için masa saatlerinde 2mA' lik bir akım ve kol saatleri içinde 1mA' lik bir akım yeterlidir. Buna karşılık devamlı çalışma durumunda masa saatlerinde 0,02 mA ve kol saatlerinde de 0,0005 mA şiddetinde bir akım pilden çekilir. Dolayısıyla kol saatlerine çinko-gümüşoksit, alkali-mangan veya lityum tipi düğme piller kullanılarak 1,5-3 yıllık sürekli bir çalışma ömrü sağlanır. Masa saatleri için AA boyutlu alkali-mangan kalem pil ve duvar saatleri içinde C boyutlu alkali-mangan orta boy pil tercih edilir.

Kol saatlerinde sık karşılaşılan bir durum ani sıcaklık değişiklikleridir ve bu şartlarda saatin içindeki pilin dayanıklı olması çok önemlidir. Örneğin 30°C sıcaklıktaki bir ortamda, kolunuzun ve dolayısıyla kol saatinizin kar içerisine bir anda daldırılması durumunda çevre sıcaklığı hemen 0°C' ta inecektir. Bu durumda saat pilinin termal şoka çok dayanıklı olması gerekir. Diğer önemli bir hususta pilin hizmet ömrü içerisinde sızıp, çevresini kimyasal atıklarla kirletmemesidir. Böyle bir durumda saatin kullanılamaz hale gelmesi bile söz konusudur.

Bugün saat üreticileri quartz bünyesinde yer alan entegre devrelerin ihtiyaç duyduğu akım şiddeti değerlerini azaltmak ve bünyedeki motoru daha da geliştirmek suretiyle, kol saatlerindeki pil değiştirme aralığını 3-4 yıla çıkartma çabasındadırlar.

ŞARJLI (SEKONDER) SİSTEMLER

Kimyasal enerjinin pil bünyesinde elektrik enerjisine dönüştükten sonra, ikinci bir işlemle tekrar kimyasal enerji yaratılabiliyorsa o sistem geri dönüşlü ve sekonderdir. Bu kısaca şöyle ifade edilebilir:



Burada önemli olan sistemde dengelerin bozulmadan uzun süreyle muhafaza edilmesi, deşarj geriliminin makul seviyede seyrinin sağlanması, pil bünyesinde ucuz ve kolay temin edilebilen hammadde/malzemelerin kullanılması ve yaratılacak üretim teknolojisinin çok maliyetli olmamasıdır. Bu hususlara 90' ılı yıllardan itibaren atık hale gelmiş pilin çevreye zarar vermemesi şartı da ilave edilmiştir.

Bu bölümde ele alınacak sekonder piller nikel-kadmiyum (Ni-Cd), nikel-metalhidrit (Ni-MH), lityum-iyon (LiI), lityum-polimer (LiP) ve kısaca bakım gerektirmeyen kurşun-asit (Pb-Asit) sistemleridir.

Nikel-Kadmiyum (Ni-Cd)

Ni-Cd pilleri bilinen en eski sekonder sistemlerden birisidir ve yaygın şekilde kullanımları 1960' ılı yıllara gider. Silindirik yapıda olanları 10 Ah' te kadar ve düğme pil şeklinde olanları da 1 Ah' te kadar kapasite verecek şekilde üretilmişlerdir. Ancak geçen zaman içerisinde, kapasite artışı sağlamak bakımından, pil bünyesindeki elektrotlar önemli yapısal değişikliklere uğramışlardır.

Ni-Cd pilinin dış kabı çeliktir. Silindirik biçimde olanların içerisinde bir bobin şeklinde sarılmış artı ve eksi yüklü çelik şeritler elektrot görevini yaparlar. Bu şeritlerin üstü çok deliklidir ve pozitif elektrot üzerine nikel tozu ve negatif elektrotada kadmiyum hidroksit maddesi tatbik edilerek,

çok gözenekli ve geniş aktif yüzeyler elde edilir. Pozitif ve negatif elektrotlar arasına kısa devreyi önleyen, ancak iyon geçişine her iki yönde mücadele eden elyaf esaslı seperatör (ayırıcı) yerleştirilmiştir. Elektrolit maddesi olarak genellikle potasyum hidroksit çözeltisi kullanılır ve sistemin yarattığı teorik gerilim 1,3 volt olmakla beraber bu değer çok kısa bir sürede 1,2 volta iner ve sistemin görev yaptığı ortalama gerilim değeri olarak uzun süre muhafaza edilir. Pillerin üst kısımlarında, aşırı şarj, aşırı deşarj ve yüksek sıcaklık ortamlarında açığa çıkabilecek yüksek gaz basıncını dışarıya verecek bir delik (ventil) bulunur ve normal şartlarda bu delik küçük bir lastik tıkaçla kapatılmıştır. Pil bünyesinde kullanılan her türlü çelik bağlantı malzemeleri nikel kaplıdır ve bu suretle hem korozyon (aşınma) önlenir ve hemde iletkenlik artırılır.

1984-85 yıllarına kadar pozitif ve negatif elektrotlar yüksek sıcaklıklarda “sinterleme” metoduyla üretilmişler, daha sonra kapasite artışı sağlamak bakımından negatif elektrot elektroliz (kaplama) metoduyla yapılmış ve en son olarakda “foam” (köpük) teknolojisine geçilmiştir. Bu geçişler sonucunda pil kapasitelerinde önemli artışlar sağlanmıştır. Örneğin 1980' li yıllarda kapasitesi 500 mAh olan AA tipi Ni-Cd pilinin, elektrot teknolojisindeki gelişmeler sonucunda kapasitesi bugün 1000 mAh' te ulaşmış durumdadır. Ancak aynı orandaki artışın C ve D tipleri gibi büyük boyutlu pillerde sağlanamadığı belirtilmelidir.

Ni-Cd pillerinin enerji yoğunluklarının düşük ve başlangıç maliyetlerinin yüksek olmasına rağmen, yüzlerce kez (500-1000) şarj edilebildiklerinden uzun vadede çok ekonomik olmaları en önemli özellikleridir. Piller -45°C ile +60°C sıcaklıklar arasında kullanılabilirler, deşarj eğrileri 1,2 volt ortalama gerilim değerinde yatay bir karakteristik gösterir ve aşırı şarj ve deşarjlara çok mukavemetlidirler. Uzun ömürlü ve özellikle güvenilir olmaları nedeniyle askeri amaçlı kullanımlarda her zaman tercih edilirler.

En ciddi dezavantajları durdukları yerde kendiliğinden şarj kaybına uğramalarıdır. 15-25°C sıcaklık aralığında tam şarjlı bir Ni-Cd pili 30 gün sonunda şarjının %25-30' unu kaybeder. Sıcaklık düştükçe bu kayıp azalır. Diğer bir dezavantaj çinko-karbon ve alkali-mangan primer

pillere göre 3-4 misli daha pahalı olmalarıdır. Ayrıca ilk kullanım için bir şarj cihazı gereksinimi ilave maliyete yol açmaktadır.

Ni-Cd pillerinin diğer bir dezavantajı çok zehirli kadmiyum maddesini içermeleridir. Bu nedenle ve çevre koruma baskısının artması sonucunda 1990 yılından itibaren kadmiyum maddesi yerine hidrojenin bir alaşımı kullanılarak nikel-metalhidrit pilleri geliştirilmeye başlanılmıştır. Bu aşamada Ni-Cd ve Ni-MH tipi pillerin bünyesinde kurşun veya civa gibi diğer zehirli maddelerin bulunmadığı özellikle belirtilmelidir.

Ni-Cd pillerinin nominal kapasitelerinin onda biri oranındaki sabit bir akımla 14-16 saat süreyle şarjına standart şarj adı verilir. Ayrıca, pilleri 7-8 saat süreyle nominal kapasitenin beşte biri oranındaki bir akımla hızlandırılmış ve nominal kapasiteye eşit bir akımla 1-2 saat sürede hızlı olarak şarj etmek mümkündür. Ancak yüksek akımlarla sürekli hızlı şarjların pilin ömrünü kısaltıcı bir etken olduğu unutulmamalıdır. Bugün özellikle AA ve AAA ölçülerindeki Ni-Cd ve Ni-MH pillerini özel koruma devrelerine sahip gelişmiş cihazlarla 30 dakikada ve hatta 15 dakikada şarj etmek mümkündür. Ni-Cd pilleri nominal kapasitelerinin 30-100' de biri oranındaki çok zayıf akımlarla sürekli şarj edilerek (tampon şarjı) tam şarjlı olarak muhafaza edilebilir. Bu uygulama acil aydınlatma sistemleri için önem ifade eder. Bir diğer şarj şekli, nominal şarj akımı değerinin 5-10 misli kullanılarak, aralıklarla yapılan şarjdır ve buna darbeli şarj denir.

Silindirik türdeki Ni-Cd pillerini AA, AAA, C ve D ölçülerinde bulmak mümkündür. Ayrıca özellikle AA ve AAA türlerini 1/3, 2/3, 4/5, 7/5 vs. gibi ölçeklerde kısaltıp veya uzatarak imalatçılar pil çeşitlerini 20-25' e çıkarmışlardır. Diğer taraftan, bazı üreticiler yüksek sıcaklıklara mukavemetli T tipi adı altında ancak daha pahalı pilleri de üretmektedirler.

Düğme tipi Ni-Cd pillerde kütle (mass) şeklinde doldurulmuş pozitif ve negatif elektrotlar kullanılır. Bu tipler genelde 30, 60, 170 ve 280 mAh kapasitelere sahip olacak şekilde üretilirler. Düğme tipleri silindirik pillerin genel özelliklerini taşımakla birlikte, aktif maddelerinin küçük hacimli olması nedeniyle şarj kayıplarının çok daha düşük olma

avantajını taşırlar (oda sıcaklığında bir yıl içerisinde %40 gibi).

Ni-Cd pillerinin bünyesindeki kadmiyum maddesi üreticisi için her zaman bir baş ağrısı teşkil etmiştir. Bu nedenle üretim tesislerinde maliyetleri çok arttırıcı hava ve su arıtma sistemlerinin kullanılması ve atıkların sürekli kontrol altında tutulması zorunlu olmuştur. Avrupa Birliği ülkelerinde çevre kirlenmesine verilen önem ve uyulması gereken katı standartlar Ni-Cd pillerinin üretim ve kullanımını büyük ölçüde kısıtlamıştır. Nitekim 2010 yılından itibaren Avrupa Birliği ülkelerinde Ni-Cd pillerinin üretim ve ithalatının yasaklanması düşünülmektedir. Bu karara ne kadar uyulacağı bilinmemekle beraber, Ni-MH ve diğer sekonder pillerin rekabetine dayanamayan Ni-Cd pillerinin Pazar payının son 10 yıl içerisinde yavaş yavaş düştüğü ve bundan sonrada düşeceğine kesin gözle bakılmaktadır.

Nikel-Metalhidrit (Ni-MH)

Nikel-Metalhidrit (Ni-MH) pillerinin çevre etkeni dışında geliştirilmelerinin tek temel nedeni, daha yüksek enerji yoğunluklarına ulaşarak, Ni-Cd pillerine nazaran performans verilerinin %40 oranında arttırılmasıdır. Hatırlanacağı üzere, ilk cep telefonu bataryaları oldukça hacimli ve kaba görünümlüydü ve bunlar Ni-Cd pilleri ile kullanılabiliyordu. Ancak teknolojik gelişmeler sonucunda telefonların küçülmesine ve enerji kapasitelerinin hızla artışına Ni-Cd pilleri dayanamamış ve yerini Ni-MH ve lityum sistemlerine bırakmışlardır.

Silindirik Ni-MH pilleri yapı olarak Ni-Cd pillerinin hemen hemen aynıdır. Ancak negatif elektrot olarak kadmiyum birleşigi yerine hidrit alaşımından elektrot kullanılmıştır. Ayrıca üst başlığa yerleştirilen emniyet ventilleri, zorlama sonucunda açıldıktan sonra, Ni-MH pillerinde tam sızdırmaz olarak tekrar kapanabilmektedir. Silindirik ve düğme tiplerine ilaveten cep telefonları, bilgisayarlar ve taşınabilir ses ve görüntü cihazları için yassı biçimlerde de üretilebilmektedirler.

Ni-Mh pillerinde daha yumuşak elektrotlar ve daha ince fakat güçlü separatör malzemeleri kullanılarak aktif madde oranı arttırılmış ve pil bünyesindeki etkin hacim genişletilmiştir. Neticede bugün AA tipinde

2300-2500 mAh ve AAA tipinde de 900-950 mAh kapasitelere ulaşılmış durumdadır. Bu kapasiteler 10 yıl önce hayal bile edilememekteydi. Şu andaki öncelikli uğraş portatif cihazlarda bir üst boy Ni-Cd pili yerine bir alt boy Ni-MH pilinin kullanılabilmesidir. (Örneğin AA boy yerine AAA gibi) Ni-MH pilleri Ni-Cd muadillerine göre yaklaşık 2 misli daha pahalıdırlar. Bir diğer dezavantaj düşük sıcaklıklarda verimlerinin Ni-Cd pillerine nazaran çok azalmasıdır. Aynı durum aşırı şarj vedeşarj akımlarının uygulanmasında da görülür. Örneğin Ni-MH pilleri nominal kapasitelerinin onda biri oranındaki şarj akımları ile uzun süre şarj edilebilirken, nominal kapasiteye eşit bir akımla yapılan uzun süreli şarjlarda akıntı veya deformasyon gösterebilirler.

Ni-Cd pillerinin kullanımı yanideşarjı esnasında piller sürekli olarak tam boşaltılmazlarsa ve diğer bir deyişle nihai gerilimlerine ulaşılmadan tekrar şarja alınırlarsa, pillerde 'hafıza etkeni' denen bir olay ortaya çıkar. Bu durumda pilden istenilen enerji tam olarak alınamadandeşarj sonuna ulaşılmıştır ve bu durumun tekrarı sonucunda tüketici pilin ömrünün tamamlandığına inanır. Her ne kadar 2-3 kere tekrarlanan tam şarj/tamdeşarj işlemleri sonucunda hafıza etkeni silinebilirse de, kullanıcının genelde bu imkanı bulunmadığından yapacağı pek fazla birşey yoktur. Ni-MH pilleri ise bu hafıza olayından çok az etkilendikleri için önemli bir avantaja sahiptirler.

Silindirik biçimli Ni-Cd pilleri ile Ni-MH pilleri aynı ölçülerde üretilebildiklerinden birbirleri yerine kolaylıkla kullanılabilirler. Diğer taraftan, özellikle taşınabilir güç aletleri (matkap, tornavida, vs.) için yüksek kapasitelerde Ni-MH pilleri geliştirilerek 12-15 Ah kapasitelere ulaşılmıştır. Bu pilleri 3-4 saat içerisinde şarj ederek, kullanıma hazır duruma getirmek mümkündür.

Ni-MH pillerinin çevrim ömürleri Ni-Cd pillerine nazaran daha kısadır. Bu piller oda sıcaklığında 500 çevrim sonucunda başlangıç kapasitelerinin %70' ine ulaşırlar.deşarj işlemlerinin derinliği çevrim ömrü üzerinde önemli bir etkindir ve derindeşarjlar Ni-MH pilinin daha kısa ömürlü olmasına yol açar. Genellikle Ni-Cd ve Ni-MH pillerinde orjinal kapasitenin %60' ı altına inildiğinde, o pilin artık ömrünü tükettiği kabul edilir.

Lityum-İyon (Lil)

Sekonder Lityum-İyon (Lil) pilleri üzerinde 1970-80 yıllarında yapılan çalışmalar başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Bunun tek nedeni güvenli bir pilin yaratılamamasıdır. Araştırmalarda, lityum metali bünyesinde mevcut zerre kadar küçük bir gayri safiyeinin dahi bir kısa devre yaratarak, pil sıcaklığını arttırdığı ve bunu takiben oluşan şiddetli reaksiyonlar sonucunda yanma ve patlama olaylarının ortaya çıktığı görülmüştür. Bu nedenle, en hafif metal olma özelliğine karşın, çok yüksek bir elektrokimyasal potansiyeli bulunan lityum metalinin tek başına sekonder bir pil sisteminde kullanılamayacağı ve özellikle şarj olayının çok risk doğuracağı anlaşılmıştır.

Bilahare lityum metali yerine lityumun iyon durumunda yer aldığı kimyasallara yönelinmiş ve 1991 yılında SONY lityumkobaltdioksit (LiCoO_2) kullanılarak, ticari amaçlı ilk Lil pilini piyasaya sürmüştür. Bu şekildeki pil, metal lityumu içeren pile nazaran daha düşük bir enerji yoğunluğuna sahip olsa dahi, şarj ve deşarj işlemlerinde bazı önlemler alınması kaydıyla, oldukça yüksek enerji yoğunluklu güvenilir bir pil sistemi oluşturmaktadır.

Sekonder Lil pilleri üzerinde 2000 yılından beri çok yoğun araştırmalar yapılmaktadır. İlk yıllarda karbon esaslı kottan yapılmış negatif elektrot daha sonra grafitte dönüştürülmüş ve bu suretle 2,5 voltluk deşarj sonu gerilimi 3,0 volta yükseltilerek kullanılabilir enerji miktarı arttırılmıştır. Ayrıca pozitif elektrot da kobalt yerine manganeez kullanılmaya başlanılmış ve her ne kadar enerji yoğunluğu biraz düşmüşse de, pil bünyesinde kullanılan koruyucu devreler basitleştirilebilmiş ve manganeezin daha ucuz olması nedeniyle pil maliyetleri düşürülmüştür. Kobaltlı piller geniş sıcaklık aralıklarında kullanılabilir ve özellikle yüksek sıcaklıklarda daha etkilidirler. Buna mukabil manganeezli sistemlerde $+40^\circ\text{C}$ sıcaklığın üzerinde kapasite kaybı başlamaktadır. Ayrıca kobaltlı bir Lil pili 300 çevrimi rahatlıkla verirken, (500 çevrimde %50 kapasiteye düşüş) manganeezli Lil pilinin ömrü daha da kısadır.

Lil pilleri Ni-Cd ve Ni-MH pillerine nazaran çevreye çok daha dosttur.(özellikle manganeez esaslılar) Buna karşılık bu sistem ticari

Amaçlı mevcut piller arasında en pahalı olanıdır. Bu yönde üretici firmalar ciddi araştırmalar yapmaktadırlar ve bugün Lil pillerin de ilk yıllara nazaran yaklaşık %50' lik bir ucuzlama sağlanılmıştır.

Lil pillerinde, gerilim ve sıcaklık artışları ısı sensörleri ve devre kesicileri şeklindeki harici koruma düzenekleri vasıtasıyla sürekli kontrol altında tutulur. Bu düzeneklerin pilin maliyetini arttırdığı unutulmamalıdır.

Kok elektrotlu pillerde şarj sonu tepe gerilimi 4,2 volttur ve nominal kapasiteye eşit bir akım şiddetiyle oda sıcaklığında bu gerilime 3 saatte ulaşılır ve pil şarjlı duruma geçer. Bu esnada pilin sıcaklığı $5-8^\circ\text{C}$ artar. Buna mukabil grafit elektrotlu pillerde şarj sonu tepe gerilimi 4,1 volt olup, aynı süredeki tam şarj durumuna gelişte sıcaklık artışı $2-3^\circ\text{C}$ ' tir. Şarj esnasında şarj akımlarını arttırmak genelde şarj süresini kısaltmaz ve bu tür piller yapıları itibariyle tampon şarj (sürekli şarj) kabul etmezler. Ancak pillere her 500 saatte veya 20 günde bir şarj yüklemesi gerekebilir ve bu durum açık devre geriliminin 4,05 volta inmesiyle anlaşılır.

Lil pilleri oda sıcaklığında bırakıldıklarında, ilk 30 gün içerisinde %3-5 oranında şarj kaybına uğrarlar. Bunu takip eden sürede aylık şarj kaybı %1-2 mertebesinde dir. Ayrıca pilin bünyesinde bulunan elektronik koruma devreleri de ayda %3' e ulaşan şarj kayıplarına sebep olabilir.

Lil pillerinin üreticileri çoğunlukla tek pil satışı yapmazlar ve batarya formasyonunu kendileri üstlenirler. Bunun tek nedeni güvenlidir ve pillerin şarj ve deşarj işlemleri esnasında limit değerler dışına taşılması durumunda veya kısa devre oluşumlarında yanma ve patlama risklerinin yüksek olması nedeniyle bunu makul görmek gerekir.

Lil pilleri 3,6 ve 7,2 volt nominal gerilimlere sahip olacak şekilde silindirik ve yassı biçimlerde üretilirler. Yassı türlerde 600-1900 mAh ve silindirik türlerde de 600-2200 mAh kapasiteye sahip pilleri bulmak mümkündür. En yaygın olarak üretilen silindirik Lil tipi 1850 modelidir. Burada 18 mm cinsinden pilin çapını 50' de yüksekliğini gösterir

Bugün Lil pilleri çeşitli türdeki cep telefonlarının vazgeçilmez enerji

kaynağı olmuş durumdadır. Ayrıca el ve dizüstü bilgisayarlarında, kameralarda ve digital fotoğraf makinalarında yaygın olarak kullanılırlar. Buna karşılık yüksek akım gereksinimi gösteren matkap, kalp şok aleti, sivil amaçlı telsizlerde ve pil sisteminin zaman zaman devreye alındığı cihazlarda Lil pilleri tercih edilmez.

Lityum-Polimer (LiP)

LiP tasarımının diğer pil sistemlerinden farkı katı halde bulunan bir elektrolit ortamının kullanılmasıdır. Plastik film şeklindeki bir polimer elektrot çift taraflı iyon transferine mücade eder, ancak iletkenliği yoktur. Pilde sıvı veya jel halinde elektrolitin kullanılmaması alevlenme ve yanma riskini ortadan kaldırdığından sistem çok daha güvenlidir. Diğer bir avantaj, film halindeki elektrolit vasıtasıyla pil kalınlığının 1 mm' ye kadar düşürülebilmesidir. Bu suretle kredi kartı biçimindeki enerji kaynaklarının yolu açılmaktadır. Diğer avantajları hafiflik, elektrolit sızıntısının olmaması ve aşırı şarja karşı sağlanan mukavemettir.

Ancak karşılaşılan en ciddi sorun LiP sisteminin çok zayıf iletkenliğe sahip olmasıdır. İletkenlik pilin 60°C sıcaklığa ısıtılmasıyla kabul edilebilir bir seviyeye gelmekteyse de, taşınabilir cihazların bu sıcaklıklarda kullanılma imkanı yoktur. Bu sorunun giderilmesi amacıyla yoğun mühendislik çalışmaları yapılmaktadır.

Günümüzdeki ticari amaçlı LiP pilleri Lil pilleriyle birleştirilerek ortaya çıkarılmış ikiz bir sistemdir ve katı haldeki elektrolit maddesine bir miktar jel elektrolit ilave edilerek iletkenlik artırılmıştır. Aslında bu suretle oluşan pil sistemine Lityum İyon Polimer denilmesi daha doğru olacaktır.

Bu sistemde pilin dış kabı yoktur. Bant şeklindeki artı ve eksi elektrotlarla aralarındaki elektrolit film maddesi üst üste sarılarak kesemsi bir şekil elde edilir ve bu kesenin bir ucundan artı ve eksi bağlantı uçları dışarıya çıkartılmıştır. Sağlanan bu geometri ciddi rekabet koşullarının yaşandığı cep telefonu sektörü için oldukça caziptir. Ancak LiIP sisteminin Lil piline nazaran çok daha düşük enerji yoğunluğuna sahip olması ve çevrim ömrünün kısalığı önemli dezavantajlardır. Ayrıca gaz çıkışları

nedeniyle pil şişebilmekte ve bir dış kap bulunmadığı için mekanik engeller bozulmaktadır. Kase şeklindeki pilin üretim maliyetleri halen silindirik Lil pillerine nazaran çok yüksektir. Buna ilaveten piller harici basınçlara, darbeye ve kıvrımlara da çok hassastır.

2000 yılından itibaren ticari amaçlarla piyasaya verilen LiIP pillerindeki satışlar yavaş yavaş artmaktadır. Mevcut teknik sorunların giderilmesi, pil kalınlıklarının daha da düşürülerek, kapasitenin artırılması ve seri üretimlerin sağlanarak maliyetlerin düşürülmesi sonucunda bu sistemin yarının taşınabilir bilgisayarları, cep telefonları, kameralar ve video cihazları için önde gelen bir enerji kaynağı olması kuvvetle ihtimal dahilindedir.

Şarj Edilebilir Alkali-Mangan (RAM)

Esas itibarıyla alkali-mangan teknolojisinin kullanıldığı ancak özel şarj cihazları ile şarj edilebilme imkanı yaratılan 1,5 voltluk nominal gerilime sahip pillerdir. En önemli dezavantajları 20-25 kere şarj edilebilmeleri ve bu nedenle düşük çevrim ömrüne sahip olmalarıdır. Ayrıca pil kapasitesi arttıkça çevrim ömrü de azalmaktadır. Şarj seviyelerini muhafaza etmeleri nedeni ile 1,5 voltluk gerilime ihtiyaç duyulan cihazlarda tercih edilebilirler. Ancak kontrollü bir şarj işleminin yapıldığı pahalı şarj cihazları gereksinimi ve yüksek kapasitelerde verim düşüklüğü nedeniyle RAM pilleri ülkemizde pek kullanım yeri bulamamıştır.

Bakım Gerektirmeyen Kurşun-Asit (Pb-H₂SO₄)

Akümülatör grubunda bulunan kurşun-asit sistemlerinin küçük ebatlı bakım gerektirmeyen cinsleri, taşınabilir cihazlarda da kullanıldığından bu bölümde kısaca ele alınacak ve pratik yönleri açıklanacaktır. Sekonder enerji kaynakları arasında ticari maksatlar için kullanılan en eski sistem kurşun-asit aküleridir ve 1859 yılında Fransız Gaston Plante tarafından keşfedilmiştir.

Sekonder sistemlerin arasında 25-35 wattaat/kg' lık en düşük enerji yoğunluğunu taşırlar ve 2 voltluk bir nominal gerilime sahiptirler. Genellikle 3 veya 6 birimin seri bağlanması sonucunda 6 veya 12 voltluk

bloklar halinde üretilirler. Ağırlık ve hacimleri önemli bir dezavantajdır. Ancak fiyatlarının Ni-Cd ve Ni-MH pillerine nazaran çok daha ucuz olması nedeniyle 1-30 Ah' lik güç gereksinimi duyan uygulamalarda zaman zaman tercih edilirler. Bunlar arasında kesintisiz güç kaynakları, güç aletleri, alarm sistemleri ve acil aydınlatma cihazları sayılabilir.

Ni-Cd ve Ni-MH pillerine nazaran kendiliğinden deşarj oranları çok daha azdır ve 300-500 çevrim ömrüne sahiptirler. Şarj işlemi 8-16 saatte gerçekleştirilir, ancak hızlı şarj kabul etmezler.

Alçak sıcaklıklarda performansları düşer ve sürekli derin deşarjla kapasite kayıplarına yol açar. Ancak en önemli dezavantajları şarjlı durumda muhafaza edilme zorunluluğudur. Örneğin bu tür bir batarya her 6 ayda bir 10-16 saat şarjda tutulmalıdır. Aksi takdirde kurşun plakalarda oluşan sülfatlanma akünün ömrünü oldukça kısaltır. Ayrıca bünyelerinde yüksek oranda kurşun bulundurduklarından çevreye dost değildirler.

CİHAZA UYGUN ENERJİ KAYNAĞI SEÇİMİ

Bu bölümde taşınabilir cihazlar için uygun pil sistemlerinin seçilme kriterleri incelenecek, pil kullanımında dikkat edilmesi gereken hususlar gözden geçirilecek ve pillerin depolanma şartları hakkında bazı tavsiyelerde bulunulacaktır.

Pil Seçimi

Taşınabilir cihazların enerji gereksiniminin karşılanması konusunda sorulacak ilk soru ne kadar ve ne süreyle enerjiye ihtiyaç duyulacağıdır. Bunu takiben kullanılacak pillerin ölçüleri, fiyatı, görev yapacağı şartlar, güvenilirliği ve çevreyi ne ölçüde kirleteceği göz önüne alınmalıdır.

Cihazların görev yapabilmeleri için ihtiyaç duydukları güç bellidir. Buna göre seçilecek bir nominal gerilim ve yük altında pil sisteminden çekilecek akım şiddeti değerinin tespitinden sonra, cihazın hangi süreyle çalıştırılacağı da göz önünde tutularak, kullanılacak pil sisteminin kapasitesi hesaplanabilir. Elde edilen sonuca göre sistemin türü ve sistemde bulunması gereken pil sayısı belirlenecektir. Ancak, her türlü şartlar altında, gerekli çalışma süresi boyunca pil geriliminin daima yeterli seviyede kalmasına dikkat edilmelidir.

Taşınabilir cihazın çektiği akımın şiddetine göre, hangi tür bir pil sisteminin seçileceği konusunda aşağıda sunulan bilgiler bir rehber olabilir.

a- Akım Şiddeti 0-0,5 mA

En zayıf akımların gerektiği bu grupta küçük düğme piller tercih edilir. Alkali-Mangan, Gümüşoksit, Hava Aktivasyonlu Çinko ve Lityum primer pilleri kullanılmaktadır. Kol saatleri, hesap makinaları ve elektronik devreler uygulama yerleridir.

b- Akım Şiddeti 0,5-5,0 mA

Çoğunlukla primer düğme piller kullanım yeri bulur. Cihaz türleri

arasında saatler, ısıtma cihazları, ölçüm aletleri ve elektronik sistemler sayılabilir. Ayrıca tampon şarj devresiyle beslenmek suretiyle devamlı şarjlı tutulabilen Ni-Cd ve Ni-MH düğme pil tipleri elektronik devrelerde hafıza koruyucuları olarak kullanılır.

c- Akım Şiddeti 5-500 mAh

Taşınabilir cihazlarda en yaygın olarak görülen akım şiddeti aralığıdır. Bu nedenle ticari amaçlı hem primer ve hem de sekonder tip piller AAA, AA, C, D, N ve prizmatik 9 volt boyutlarında çok üretilir. Alkali türlerin üst düzeyde kapasiteye sahip olmaları ve yük altında dayanıklılık özellikleri önemli bir tercih nedenidir. 300 mA akım şiddeti sınırına kadar düğme pillerde kullanılabilir. Ayrıca sekonder sistemler uzun vadede çok daha ekonomik olmaları nedeniyle, pilleri 2-3 haftada bir değişmesi gereken cihazlar için idealdir. Cihaz örnekleri arasında fenerler, radyolar, fotoğraf makinaları, ses kayıt cihazları, oyuncaklar, traş makinaları, el ve diz üstü bilgisayarlar, kordonsuz telefonlar, el telsizleri, cep telefonları ev aletleri ve güvenlik cihazları sayılabilir.

d- Akım Şiddeti 500 mA' in Üstü

Primer sistemler hala kullanılabilirlerse de, sürekli aşırı yüklerde verimin düşmesi nedeniyle, Ni-Cd, Ni-MH ve bakım gerektirmeyen Pb-asit sekonder sistemler daha fazla kullanım yeri bulur. Bazı uygulamalar için 3,0 - 3,6 voltluk primer lityum pilleri tercih edilir. Piller çoğunlukla 3,6 veya 12 voltluk batarya bloklarına dönüşmüştür. Matkap, tornavida, vs. gibi güç aletleri, acil aydınlatma sistemleri, kesintisiz güç kaynakları, askeri telsizler, vs. cihaz örnekleridir.

Yukarıdaki gruplamada adı geçen pil türlerini kesin sonuçlar içersinde düşünmemeli ve her zaman alternatiflerin olduğu göz önüne alınmalıdır. AAA, AA, C ve D boyutlarındaki piller hangi sisteme ait olurlarsa olsunlar (çinko-karbon, alkali-mangan, nikel-kadmiyum ve nikel-metalhidrit gibi) birbirleri yerine genellikle aynı cihaz içersinde görev yapabilirler.

Son olarak pil seçimi ile ilgili bir örneği aşağıda vermekten yarar görülmektedir. Nominal gerilimi 12 volt olan bir el telsizi düşünelim ve bu

cihaz nihai gerilim 7,5-8 volta düşene kadar görev yapabilsin.

Telsiz dinleme konumunda 10 mA ve konuşma konumunda da 300 mA'lık bir akım çeksın ve telsizin operasyon süresinin %90' nın dinleme ve %10' nun da konuşmayla geçtiğini varsayalım.

Dolayısıyla 7,5 - 12,0 voltluk bir çalışma gerilimi bandı içersindeki bir saatlik operasyon süresi için gereken pil kapasitesi,

$$1 \times 300 + 9 \times 10 = 390 \text{ mAh olacaktır.}$$

Bu duruma göre, telsizin beklemede kalma sürecinde de çok düşük bir akım çekeceği göz önüne alınarak, bir saatlik çalışma periyodu için 500 mAsaat kapasiteye sahip bir pil yeterli olacak ve 400 mA'lık akım çekişi sistemi bir saat sonunda nihai gerilimin altına düşürmeyecektir. Sonuç olarak seri bağlantılı 8 adet AA boy alkali-mangan pili veya 8 adet aynı boy Ni-MH pili telsiz için yeterli olacaktır.

Dikkat Edilecek Hususlar

Primer veya sekonder pil sistemlerinin kullanım, şarj ve depolama süreçleri esnasında bazı kurallara uyulması sistemin ömrü, ekonomiklik, insan sağlığına verilebilecek zararlar ve çevre kirliliği bakımlarından önem arz eder. Bu kuralların belli başlıları aşağıda sıralanmıştır.

- Türkiye' de halen pil üreticisi bulunmamaktadır ve ülkemize her çeşit pil yurt dışından getirilmektedir. Bu nedenle menşei belli olmayan piller satın alınmamalı, dünyaca tanınmış markalardaki piller tercih edilmeli ve piller güvenilir tedarikçilerden temin edilmelidir. Menşei tam belli olmayan pillerin hiçbir garantisi yoktur ve bunların etiketleri üzerinde verilen teknik değerler karşılanamayabilir. Geçmişte aslında primer olup, etiketinde Ni-Cd yazan piller dahi Türkiye piyasalarında satılmıştır. Sekonder pillerin kapasite kriteri çok önemlidir ve gerçekte 1500 mAh kapasiteye sahip bir pilin etiketinde 2000 mAh yazılıp, satılabilir. Tüketicinin bunu başta ayırabilmesi pek mümkün değildir ve ucuzluğu nedeniyle doğal olarak tercih eder. Neticede, gerçek 2000 mAh kapasiteli pili satan ithalatçı mağdur edilmiş olur.

- Farklı gerilim ve tiplerdeki piller ve şarjlı/şarjsız piller aynı cihaz içinde kullanılmamalıdır. Bu gibi durumlarda piller arasında en düşük gerilime sahip olanı öncelikle deşarj olup ömrünü tüketecek ve bilahare bu pil şişecek, delinecek ve akacaktır. Ayrıca bu pil iyi konumda olan diğer pilleri de bozacaktır. Cihazdaki piller değiştirilirken, tamamı yenileriyle değiştirilmelidir.

- Pillerin artı ve eksi kutupları bellidir ve kullanılacakları cihaza doğru yönde ve zorlanmadan yerleştirilebilmelidirler. Bu sekonder pillerin şarj durumu içinde geçerlidir. Kutuplarına göre şarj cihazına ters yerleştirilmiş bir pil şarj yerine deşarj olacak ve anormal kimyasal reaksiyonlar sonucunda ısınma, yanma ve patlama riskleri ile karşı karşıya kalınabilecektir.

- Piller hiçbir şekilde ısıtılmamalı ve ateşe atılmamalıdır. Bu nedenle piller devamlı güneş ışığı alan yerlerde tutulmamalı, soba veya radyatör gibi ısı kaynaklarından uzakta muhafaza edilmeli ve özellikle yazın arabaların torpido gözlerinin içerisinde bırakılmamalıdır. Yüksek sıcaklıklarda önce pilin plastik kısımları deforme olup, eriycek ve bilahare pil bünyesinde oluşacak kısa devreler ve iç gaz basıncının artması sonucunda sızma, yanma, alevlenme ve hatta patlama görülebilecektir.

- Pillerin artı ve eksi uçları birbirlerine iletken bir madde ile kazara birleştirildiğinde kısa devre oluşacaktır. Bunun sonucunda açığa çıkan yüksek seviyedeki akım pilde elektrolit sızıntısına, yanmaya ve patlamaya yol açabilir. Özellikle iç dirençleri düşük Ni-Cd pillerinde bu tür kısa devrelerden kaçınılmalıdır. Yüzük, bilezik vs. gibi metal eşyaların ellerde yanıklara yol açtığı çok görülmüştür.

- Piller ve her çeşit batarya sökülmemeli, içleri açılmamalı, delinmemeli ve ezilmemelidir. Bu gibi durumlarda pilin bünyesindeki genelde bazik esaslı elektrolit maddesi dışarıya sızacak ciltle ve hatta gözle temas edebilecektir. Yapılacak ilk şey temas noktalarının uzun süre yıkanmasıdır. Elektrolit maddesi göze kaçtıysa sorun çok ciddidir ve yıkama işlemine en az 15 dakika devam ettikten sonra derhal hastaneye gidilmelidir.

- Piller küçük çocukların oynayacağı şekilde ortalıkta bırakılmamalıdır. Düğme piller çocuklar tarafından kolayca yutulabilir. Bu gibi durumda derhal doktorla temas kurulmalıdır.

- Primer piller ve özellikle primer lityum pilleri kesinlikle şarj edilmemelidir. Aksi takdirde gaz çıkışı, ısınma, şişme, akma, yanma, alevlenme ve patlama riski çok yüksektir.

- Sekonder piller kendilerine mahsus cihazlarda, 0-40°C sıcaklık aralığında, belirlenen şarj sürelerine uyularak şarj edilmelidir. Birden fazla pil aynı cihazda beraberce kullanılacaksa, aynı şarj seviyesini sağlamak üzere, kullanımdan önce pillerin tamamı beraberce şarja alınmalı, farklı kapasitelerdeki piller beraber şarj edilmemeli ve aşırı süreli şarjlardan kaçınılmalıdır. Ayrıca şarj cihazları kurcalanıp, sökülmemelidir.

- Lil pilleri çok yüksek enerji kapasitelerine sahiptirler. Bu nedenle bahis konusu pillerin kullanımı, testi ve şarj işlemleri esnasında çok dikkat edilmeli ve yukarıda anılan durumlardan kaçınılmalıdır.

- Cep telefonlarına ait şarj cihazları kendi bünyelerinde koruma devrelerine sahiptirler. Bu nedenle bu tür cihazlar rastgele satın alınmamalı ve pille birlikte verilen orjinal şarj cihazı kullanılmalıdır. Aksi takdirde pillerin yanması ve hatta patlaması durumlarıyla karşılaşılabilir.

- Deşarj edilen pil nihai gerilimine ulaştıktan sonra daha da zorlanırsa gerilimi sıfır volta iner ve akabinde polarite (kutup) değişikliği oluşur. Bu gibi hallerde pil ömrünü tükettiği gibi şişme ve patlamada görülebilir.

- Uzun süre kullanılmayan cihazlardaki piller çıkartılmalı, kutupları kuru bir bezle silinmeli ve üst artı kutbu bir bantla kapatılarak, naylon bir torbada muhafaza edilmelidir. Ayrıca yeni satın alınmış piller kullanılıncaya kadar orijinal ambalajından çıkartılmamalıdır.

- Piller su, deniz suyu ve diğer oksitleyici maddelerle temas ettirilmemelidir. Bu tür maddeler başlık ve diğer metalik kısımlarda paslanmaya yol açacaktır.

- Pillerin artı veya eksi uçlarına rastgele bir iletken veya kablo lehimlenmemeli veya puntalanmamalıdır. Özellikle sekonder piller, yüksek sıcaklıklar yaratacağından, lehimleme işlemlerine tabi tutulmamalıdır.
- Genelde 12 adetten fazla Ni-Cd veya Ni-MH pili seri halde birbirlerine bağlanmamalıdır. Aksi takdirde elektrik şokları, yüksek sıcaklıklar ve sızma oluşabilecektir. Sekonder pillerin paralel bağlanmaları tavsiye edilmez. Böyle bir uygulama için pil üreticisine danışılmalıdır. Ni-Cd ve Ni-MH batarya sistemlerinin havalandırması olan ortamlarda kullanılması faydalıdır.
- Piller bünyelerinde kurşun, kadmiyum ve civa gibi zehirli maddelerle birlikte çevreye zararlı çeşitli kimyasalları ihtiva edebilirler. Bu bakımdan kullanılmış piller çöpe atılmamalı, toprağa gömülmemeli, akarsu veya göllere bırakılmamalı ve yakılmamalıdır. Yapılacak en uygun işlem atık haldeki pilleri türlerine göre ayırarak belirli mahallere konulmuş atık pil toplama kaplarına koymak veya pilin satın alındığı kaynağa geri götürmektir. Bu konu ilerde detaylı olarak ele alınacaktır.

Depolama

Piller zamanla bozulabilen ürünlerdir ve bu bozulma pil üretim tesisini terk ettiği andan itibaren başlayarak, sıcaklık artışlarıyla birlikte hızlanarak devam eder. Bazı sistemler için bozulma yavaş seyrederse de, pillerin kullanılmadan önce uzun sürelerle depolanmaması tavsiye edilir.

Bütün pil türleri serin ve kuru ortamlarda tutulmalıdır. Bunun için buzdolapları tavsiye edilir. Ancak buzluk kısmı kullanılmamalıdır, zira bazı sistemlerin kimyası donma sıcaklıklarına uygun değildir. Piller kuru bir plastik torba içersine yerleştirilerek, dolabın sebzelik kısmında tutulabilir.

Ni-Cd pillerini 5 sene süreyle depolamak mümkün olmuştur, ancak şarjsız şekildeki depolamalar daha iyi sonuçlar vermiştir. Uzun süre depolamada kalan (6 ay ve fazlası) Ni-Cd ve Ni-MH pilleri depolamadan

sonra uygulanacak 2-3 tam şarj ve tam deşarj işlemi sonucunda kendilerini toparlarlar. Depolama sıcaklığı yükseldikçe, pillerin kendilerini toparlaması için gereken bu tür çevrim sayısı artar.

Bakım gerektirmeyen Pb-Asit aküleri iki seneye kadar depolanabilirler, ancak bu süre içerisinde azami 6 ayda bir şarj işlemine alınmalıdırlar.

Lil pilleri şarjlı durumda saklanmalıdırlar. Bahis konusu piller 2,5 voltluk gerilim değerinin altında 3 aydan fazla süreyle bekletilirse, geri kazanılmayan kapasite kayıpları oluşur. Bazı tip Lil pillerinde gerilim kritik seviyenin altına düşmüşse tekrardan şarj işlemi başlatılamaz ve bu durum pilin kimyasal yapısını değiştirdiğinden, yeniden şarj işlemi risklidir. Lil pillerinde en iyi depolama sonuçları kapasite düzeyi %70-90 iken alınmaktadır.

Modern alkali-mangan pillerinin depolanma süreleri 10 hatta 12 yıl olarak verilmektedir. Bu süreler çok uzundur ve pilin ne zaman satın alındığı bir süre sonra unutulduğundan takibi zordur. Dolayısıyla alkali piller temin edilirken üzerlerinde son kullanma tarihinin bulunup bulunmadığına muhakkak bakılmalıdır.

CEP TELEFONU BATARYALARI

Bugün cep telefonlarında, kişisel bilgisayarlarda ve diğer muhtelif digital portatif cihazlarda sekonder pil sistemleri enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. İlk cep telefonlarında Ni-Cd pilleri bulunurken bilahare Ni-MH pillerine geçilmiş ve daha sonrada yüksek enerji kapasitelerine ve uzun ömre sahip Lil pilleri piyasaya girmiştir. Bu arada, kalınlık ve geometrisi yönünden avantajlı görülen Lil polimer pilleri bazı telefon üreticileri tarafından tercih edilmiştir.

Lil pilleri halen 3 mm kalınlıklarda üretilmektedirler, üretim maliyetleri polimer türüne göre daha düşüktür, daha iyi performans gösterirler ve çevrim ömürleri daha uzundur. Bahis konusu piller çok az bakıma ihtiyaç gösterirler, yani periyodik deşarjlara gerek yoktur ve şarja alınabilmeleri için pilin tam olarak boşaltılması gerekmez. Ayrıca şarj işlemi Ni-MH piline nazaran çok daha basittir. Ancak şarj cihazları çok daha dar teloranslar dahilinde kontrollü olarak çalışır. Bu tür piller aşırı şarj ve tampon şarj kabul etmezler ve en önemli dezavantajları kullanımasalar dahi zaman içerisinde aktivitelerini kaybetmeleridir. Bu bakımdan cep telefonunun pili değiştirileceği zaman yeni pil üzerindeki üretim tarihine dikkat edilmelidir.

Piyasada maalesef kalite yönünden standartların oldukça altında kalan cep telefonu bataryalarını bulmak mümkündür. Bunların kullanımı kesinlikle güvenli değildir. Ucuzluk sağlamak üzere bazı Lil pillerine koruyucu devreler konulmamıştır ve bu gibi piller tam şarjlı duruma gelince, şarj akımı kesilmediğinden, sistem ısınmaya başlar. Isının daha da artması telefonun plastik kısımlarının erimesine ve devrelerinin tahrip olmasına yol açacaktır.

Telefon üreticileri batarya değişimlerinde yalnız tavsiye edilen markaların satın alınmasını önerirler. Aksi takdirde verilen garantilerin iptali söz konusudur. Tüketici orijinal ve kopya pili birbirinden ayıramaz. Etiketinde Lil pili olduğu yazılan ancak gerçekte Ni-MH esaslı pilin kullanıldığı cep telefonları görülmüştür. Bazen piyasada ucuz ve sahte şarj cihazlarına da rastlanmaktadır. Bunlarda koruma devreleri bulunmaz ve şarj sonunda şarjın kesilmesi için pil bünyesindeki

kesicilere güvenilir. Bu çok risklidir ve şarj akımının kazara kesilmemesi halinde, özellikle Lil pilleriyle alevlenerek yanma görülecektir.

Cep telefonlarında kullanılan çeşitli tür piller çevre koşullarına karşı genelde dayanıklı bir şekilde üretilmelerine rağmen, farklı kimyasal yapıdaki sistemlerin bu koşullara reaksiyonu farklı olmaktadır. Uzun bir pil ömrünü sağlamak amacıyla toplam çevrim sayısını belirleyen faktörleri analiz edecek şekilde yaygın testler yapılmıştır. Bu faktörler arasında pillerin muhafaza şartları, aşırı şarj ve deşarj ve pillerin maruz kaldığı deşarj derinliği bulunmaktadır. Bunlar aşağıda daha detaylı olarak ele alınmıştır.

Muhafaza Şartları

Cep telefonu kullanıcılarının çok sık yaptıkları bir yanlışlık özellikle gündüz sıcaklığında telefonun araç torpido gözünde bırakılmasıdır. Yazın araç içerisinde sıcaklık rahatlıkla 80°C' ı aşabilir ve güneş ışığına direk maruz kalan araçların konsolunda bu sıcaklık 120°C' ta kadar çıkabilir. Pil sisteminin kimyasal yapısı ne olursa olsun, sıcaklık artışı pilin performansını kötü yönde etkiler. Yüksek sıcaklıklarda sürekli kalan pillerin bünyesindeki aktif madde bozulmaktadır. 60°C sıcaklıkta devamlı tutulmuş bir cep telefonu bataryası için üreticilerin verdikleri ömür yaklaşık 3 aydır ve bir yıl gibi makul sayılan bir ömrü elde edebilmek için çevre sıcaklığının 45°C' ı geçmemesi şarttır. Cep telefonlarının muhafaza edildikleri sıcaklık ne kadar düşük olursa, çevrim ömrünün 500 veya üstüne çıkma şansı o kadar fazladır.

Ni-MH pillerinin kimyasal yapısı, yüksek sıcaklıklara cep telefonlarında kullanılan Lil ve LiP sistemlerine nazaran çok daha fazla hassastır. Örneğin Ni-MH pilli bir cep telefonu sürekli 45°C sıcaklıktaki bir ortamda kalırsa ömrünün %60' ını kaybeder. Kimyasal sistemler arasında sıcaklığa en dayanıklı olanı Ni-Cd pilleridir, ancak bunların cep telefonlarında kullanıma durumu artık kalmamıştır. Lil pillerinin yüksek sıcaklıklardaki performansları nispeten Ni-Cd pillerine yakındır.

Buna karşılık benzer kimyasal yapıya sahip olmalarına rağmen, metal bir dış gövdeleri bulunmaması nedeniyle, LiP cep telefonu pilleri

yüksek sıcaklıklarda şişme ve deformasyon gösterirler.

Şarj ve Deşarj

Cep telefonu pillerinin şarj ve deşarj işlemleri esnasında karşı karşıya gelecekleri gerilim ve akım şiddeti değerleri pillerin çevrim ömrünü büyük çapta etkileyebilir.

Ni-MH gibi bünyesinde nikel bulunan pillerde aşırı şarj ile sıcaklık artar, pil kurumaya başlar ve sonuçta elektrot plakalarındaki aktif madde bozulur. Bu nedenle Ni-MH pilli cep telefonlarında aşırı şarjı önlemek maksadıyla, pilde meydana gelecek ısı artış oranı kontrol altında tutulabilir, tepe gerilimi tespit edilerek şarj kesilir veya zamanlama ölçümüyle şarj sona erdirilir. Bunlardan ilk iki yöntem daha verimlidir ve uygulandığında pillerden daima 500 çevrimden fazla ömür alınmıştır. Zaman kontrolü daha ziyade ucuz fiyatlı pillerde uygulanır ve düşük şarj akımlarını kapsar. Ancak pillerin her zaman aşırı ısıya girme riski bulunduğundan, çevrim ömründe %30' a kadar azalmalar görülmektedir.

Cep telefonu tasarımcıları şarj işleminin nasıl sonuçlandırılacağını önceden hesaba katarlar. Ancak ürünün fiyatını çok arttırmamak için tasarımcı bazen pil sisteminin performansından biraz fedakarlık yapar. Lil tipli cep telefonu bataryalarında aşırı şarjı takiben gerilimin pil başına 4,5 voltun üzerine çıkması durumunda ısınma, yanma ve patlama riskleri doğar. Genelde bu tür pillerde en iyi çevrim performansı sistemin 4,1 volta kadar şarj edilmesi sonucunda alınır. Üreticinin tavsiye ettiği gerilim değeri çoğu kez 4,2 volttur ve bu şarjlarda pilden 500 veya üzerinde çevrim ömrü elde edilir. Aşırı şarjın 0,1-0,25 volt aralığında oluşması güvenlik açısından bir risk teşkil etmese de, çevrim ömrünü %80 seviyelerine kadar düşürür.

Cep telefonu batarya üreticilerinin Ni-MH pilleri için belirlediği nihai gerilim değeri 1,0 volt ve lityum sistemleri içinde 2,7-3,0 volttur. Bu seviyelerin altına düşülmesi çevrim ömrünü azaltıcı bir etkidir ve bu nedenle cihazlarda belirli gerilimin altına düşüldüğünde devreye giren

kesiciler kullanılır. Ni-MH sistemlerinde sürekli olarak 0,2 volt düzeyindeki aşırı deşarj çevrim ömrünü %40' lara varan düzeyde kısaltırken, lityum sistemlerinde 0,3 voltluk benzer bir aşırı deşarj pil ömrünü üçte iki oranında kısaltabilir.

Deşarj Derinliği

Deşarj derinliği, pil sisteminin deşarj işlemi sonucunda ulaştığı gerilimin seviyesi olarak tanımlanır. Örneğin %100' lük deşarj derinliği pil üreticisinin tavsiye ettiği en düşük pil gerilimine veya kapasiteye ulaşılmasıdır. %20' lik bir deşarj derinliği pilin kapasitesinin yalnız %20' sinin kullanıldığı anlamına gelir ve bu seviyedeki deşarjlara 'sığ' deşarj denir. Cep telefonu batarya sistemlerinde deşarj ne kadar sığ ise çevrim ömrü o kadar artmaktadır. Ancak Ni-MH pil sistemleriyle aynı sığıltaki devamlı deşarjlar az da olsa 'hafıza etkeni' ni yaratma ihtimalini doğurur. Yapılan araştırmalar cep telefonu kullanıcılarının genellikle pil sistemini mevcut enerji kapasitesinin yalnızca %25-30' unu kullandıktan sonra şarja koyduklarını göstermektedir. Bu kadar düşük seviyedeki deşarj derinliğinde kullanılan bir Lil cep telefonu bataryasının çevrim ömrü, %100 deşarj derinliğinde kullanılan aynı pil sistemine nazaran 5-6 kat daha fazla olabilmektedir.

Cep telefonları değişik özelliklerine göre farklı kullanım profillerine sahiptir ve bu nedenle uygulamada farklı deşarj derinlikleri elde edilir. Cep telefonu üreticilerinin verdikleri bilgiler standart şarj ve deşarj koşulları altında %100 deşarj derinliğine kadar pil sisteminin kullanılmasını esas tutar.

Cep telefonu bataryalarının istenilen performansı sağlayabilmeleri, bataryanın gerekli şarj seviyesine ulaşması ile elde edilir. Bunun için batarya üreticilerinin tanımladığı bir şarj akımı seviyesi ve şarj süresi mevcuttur. Orijinal olarak satın alınan cep telefonları beraberinde verilen şarj cihazlarında şarj akımı bellidir ve öngörülen sürelerle şarj işleminin yapılması halinde batarya hiçbir risk taşımaz. Ayrıca hem şarj cihazları ve hem bataryaların bünyesinde belirli sıcaklığa ulaşıldığında şarj akımını kesen özel koruyucu devreler mevcuttur. Şarj işlemi için tavsiye edilen sıcaklıklar 15-25°C' tir. Bu nedenlerle doğru şarj cihazı kullanımı çok önemlidir ve hasarlı bir cihazla yapılacak şarj işlemleri risk taşır.

Cep telefonu bataryası bünyesindeki pil veya piller kalitesiz ve rastgele seçilmişlerse ve özellikle sistemde koruyucu devreler bulunmazsa, şarj esnasında yanma ve bilahare patlama olasılıkları mevcuttur. Cep telefonunuz lityum esaslı bir batarya ile çalışıyorsa, bir pratik önlem olarak, şarj süresinin 4 saatle sınırlandırılmasında yarar vardır. Ayrıca cep telefonu üreticisinin verdiği kitapçıkta ve bataryanın üzerinde belirtilen ikazlara muhakkak uyulmalıdır. Güvenilir markaların kullanılması ve piyasada satılan ucuz şarj cihazlarına itibar edilmemesi de çok önemlidir.

Cep telefonu bataryalarının aşırı bir sıcaklık artışı olmadan veya bu sıcaklık artışını yaratacak bir kısa devre oluşmadan, durduğu yerde yanması ve patlaması söz konusu değildir.

KULLANILMIŞ PİLLER NE OLACAK ?

Dünyada her yıl çeşitli türlerden milyarlarca pil ve batarya üretilip, tüketilmektedir. Bünyelerinde zehirli zehirsiz çok değişik metalleri ve kimyasal birleşimleri bulunduran bu pil ve bataryalara kullanıldıktan sonra ne yapılmalıdır? Buna verilebilecek tek yanıt pillerin tüketiciden geri alınarak depolanmaları, sınıflandırılmaları, çeşitli fiziki ve kimyasal işlemlerle bünyelerindeki bazı değerli maddelerin geri alınmaları veya başka yöntemlerle bertaraf edilmeleri olmalıdır.

Geçmişte atık piller kör maden ocaklarına ve derin çukurlara kapalı kasalarla bırakılmış veya açık denizlere dökülmüştür. Ancak bu tür yöntemler çok pahalı ve eziyetli olduğu gibi, her hangi bir maddenin geri kazanımını içermediğinden ekonomik de değildir.

Taşınabilir pil sistemleri bünyelerinde çelik, çinko, gümüş, lityum, manganez, civa, nikel, kadmiyum, kurşun, kobalt, vs. gibi metalleri, potasyum veya sodyum hidroksit türü elektrolit eriyiklerini ve bazı metal tuzlarını barındırır. Piller içersinde ayrıca plastik ve lastik esaslı maddelerle, elektronik komponentlerde bulunabilir. Yukarıda sayılan metallerden civa, kurşun ve kadmiyum zehirlidir. Bu maddeleri içeren atık piller çöp depolama alanlarına bırakıldıklarında, zamanla ayrışarak toprağa karışırlar ve yeraltı veya yüzeysel sulara geçerek besin zincirinde insan bünyesine dönerler. Balıklar bu tür maddeleri taşıyabilen araçlardır. Pillerin yakılarak bertarafı da çözüm değildir. Zira yanma sonucunda bahis konusu zehirli metallerin daha da zehirli oksitleri gaz halinde oluşur ve teneffüs ettiğimiz havaya karışır. Bu bakımdan çöpe veya çevreye rastgele atılmış birkaç pilin ne gibi bir zararı var diye düşünenler fazlası ile yanılmaktadırlar.

Taşınabilir piller sınıfına giren sistemler bünyesinde bulunan maddelerin piller tükendikten sonra nasıl değerlendirildiği hususu aşağıda özetlenmiştir. Bu arada, Avrupa Birliği ülkelerinde 2003 yılından itibaren her tip ve şekildeki pilin çevreyi kirlettiği kabul edilerek, atık pillerin toplanma mecburiyetinin getirildiğini belirtelim.

Taşınabilir enerji kaynaklarının geri kazanılmasında önderliği

kurşun-asit akümülatörleri yapmıştır. Bunun temel nedeni geçen asrın başından itibaren hızla gelişen otomotiv sektörünün bu tür akülere olan büyük talebidir. Kurşun-asit akü üretimi yapan tanınmış markaların hemen hemen hepsinde atık akümülatör geri kazanım tesisi bulunmakta ve bu tesislerde kurşun geri kazanılmaktadır. Bazı ülkelerde atık akümülatörlerin toplanabilmesi için, satın alma aşamasında, satıcıya akümülatör başına ödenen fazla paranın bilahare kullanıcıya geri ödenmesini esas alan depozito sistemi yürürlükte. Amerika' da bugün kurşun-asit akülerinin geri kazanılma oranı %95' i aşmış durumdadır. Sekonder piller bölümünde adı geçen bakım gerektirmeyen kurşun-asit akülerinin atık durumda olanlarının da, akümülatörlerin kontrolü esaslarına göre akü üreticileri veya ithalatçıları tarafından toplanıp, geri kazanma birimlerine gönderilmesi gerekmektedir.

Ni-MH pilleri çevreye nispeten dost olmalarına rağmen bu sistemlerinde geri kazanılmasına 1993 yılında Japonya' da başlanılmıştır. Geri alınan madde yarı zehirli nikel metalidir ve bu metalin borsa değeri oldukça yüksektir. Ni-MH pillerinin bünyesinde mevcut potasyum hidroksit eriyiği çok miktarlarda biriktiğinde çevreye zarar vereceğinden dikkat edilmelidir.

Civa oksitli pillerin 2000 yılında üretimi tüm dünyada durdurulmuş ve pillerdeki civa oranı giderek azaltılmıştır. 2001 yılına kadar üretilen alkali-mangan ve çinko-karbon pilleri yüksek oranda civa maddesi içerebiliyorlardı. Ancak bu yıldan itibaren pillerdeki civa değeri 5 ppm (milyonda 5 kısım) ile sınırlandırılmış ve bu suretle bahis konusu pillerin geri kazanımı için daha elverişli koşullar yaratılmıştır.

Primer lityum pilleri metalik lityum maddesini içerir ve bu türlü sistemlerde zehirli bir kimyasal yoktur. Ancak atık haldeki lityum pili çürüme esnasında suyla veya rutubetli bir ortamla karşılaşır, basınç altında kalırsa veya ısınır lityum maddesi alevlenerek, yanabilir. Bu nedenle büyük miktarlardaki lityum pili veya atıklarının yangın çıkarma riski vardır ve geçmişte örnekleri yaşanmıştır (Uzak doğuda bir kargo uçağı içinde lityum pilli kol saatlerinin yanması ve Haziran 2001' de Los Angeles hava limanında lityum pillerinin çıkardığı yangın gibi). Lityum metalinin geri kazanıldığı tesisler mevcuttur, ancak metalik lityumun

layıkıyla geri alınabilmesi için pillerin tamamen deşarjlı durumda olmaları gerekmektedir.

Lil ve LilP sekonder pil sistemleri metalik lityum ihtiva etmezler ve bu nedenle çevreye direk zarar verici bir etkileri yoktur. Ancak bu sistemlerin bünyesinde zehirli ve yanıcı elektrolit maddesinin bulunduğu unutulmamalıdır. Japonya' da 1995 senesinden itibaren Lil pillerinin geri kazanılması zorunlu hale getirilmiştir ve halen Sony ve Sumitomo Metal firmaları Lil ve Lilpolimer tipi sekonder pillerin bünyesinde bulunan kobalt metali ile diğer değerli metalleri geri kazanma tesisleri kurmuşlardır.

Yaygın olarak kullanılan ve özellikle kırsal kesimlerde daha çok tercih edilen primer çinko-karbon pillerinin dış kabı çinkodur. Çinko düşük sıcaklıklarda eriyebilen bir metal olduğundan, atık halde ki bu tür piller kazanlarda toplanarak ısıtılırlar. Erime sıcaklığında çinko dışındaki diğer maddeler cüruf halde üstte toplanır ve alttaki sıvı çinko kepçelerle alınarak kalıplara dökülür. Geri kazanılan çinko yaklaşık %99,5 safiyettedir. Bu işlemin geniş çapta yapılması mümkündür, ancak çıkan baca gazlarının atmosferi kirletmemesi için gereken tedbirler alınmalıdır.

Nikel-Kadmiyum pilleri çevreye en zarar verici pil sistemi olarak kabul edilirler. Zira bu tür piller ağırlıklarının %18'ine kadar zehirli kadmiyum maddesi içerebildiklerinden, çevre ve insan sağlığı bakımından ciddi sorunlar oluşturmaktadırlar. Kadmiyum kurşuna nazaran 30 misli zehirli bir maddedir ve insan bünyesinde akciğer, böbrek ve kan hastalıklarına yol açabilmektedir. Bu nedenlerle Ni-Cd pilleri yerine kadmiyum içermeyen ve verilen hacme göre daha yüksek enerji kapasitelerine ulaştırılmış Ni-Mh veya Lil pillerinin kullanılması her zaman tavsiye edilir. Diğer taraftan, bugün çok yaygın olarak kullanılan güç aletlerinde, acil aydınlatma sistemlerinde ve bazı askeri amaçlı cihazlarda hala Ni-Cd sistemlerinin bulunması, atık pillerin geri toplanılması hususunu ön planda tutmaktadır. Ni-Cd pilleri bünyelerinde ortalama %30 nikel ve %15 kadmiyum bulundurur. Bu pillerin çevreye verdikleri zararı azaltmak için kadmiyum oranının azaltılması ilk bakışta bir çözüm olarak görülebilirse de, böyle bir uygulama sonucunda pillerin performansı

son derece etkilenmekte ve istenilen verim düşmektedir. Ni-Cd pilleri faal haldeyken çevreye hiçbir zararları yoktur. Ayrıca bu pillerin uzun ömürlü olmaları çevre kirlenmesini daha az etkilemektedir. Aslında sigara içilmeyen toplumlarda insan vücuduna çeşitli kaynaklardan alınabilecek kadmiyumun yalnız %0,54' ü kadmiyum üretimi ve Ni-Cd gibi kadmiyumlu ürünlerden gelmektedir. Esas tehlikenin fosfatlı gübreler, yakıtlar, hava, su, toprak gibi tabii kaynaklar, demir/çelik üretimi ve en önemlisi sigaradan geldiği hatırlanmalıdır.

Atık pillerin geri kazanılması Batı Avrupa' da yerleşik bazı uzman işletmelerce yapılmaktadır. Pillerin çevre kirliliği bakımından önemi arttıkça bu kuruluşların sayısı da artmaktadır. Bugün Fransa, Hollanda, İsviçre ve Almanya da ki tesislerde atık pillerin bünyesindeki çelik, nikel, kadmiyum, çinko, mangan ve kobalt gibi maddeler geri kazanılarak ekonomik getiri sağlanabilmektedir. Çinko-Karbon ve Alkali pil sistemleri kapsamında civanın bulunmaması geri kazanım işlemlerini kolaylaştırmaktadır. Buna karşılık primer Lityum pillerinden lityumun geri kazanılması için İsviçre de yeni bir tesis işletmeye açılmış durumdadır.

Geri kazanımda en önemli etken atık pillerin türlerine göre önceden ayıklanarak, sınıflandırılmalarıdır. Bu sınıflandırma işlemi manuel, yarı elektronik veya tam elektronik sistemlerle yapılabilmektedir. Ancak düşük hızla hareket eden bantların üzerindeki pillerin manuel işleme tabi tutulmaları, otomatik ayıklama sistemlerine nazaran çok daha verimli sonuçlar vermektedir. Diğer bir husus, çok uzun sürelerle depolarda beklemiş, akmış, sızmış ve bir çamur haline gelmiş atık pillerin geri kazanım değerinin pek fazla olmadığı ve bu tür atıkların işletmelerce kabul edilmedikleridir. Normal şartlarda piller atık haline geldikten sonra 9 ay içerisinde geri kazanım tesislerine gönderilmelidir. Türkiye de henüz atık pilleri işleyecek bir tesis kurulmamıştır ve bu nedenle yurtdışındaki işletmelerden yararlanma zorunluluğu vardır. Bu durumda atık pillerin işlenecekleri tesise sevkiyatı ve ambalaj masrafları önemli bir maliyet teşkil etmektedir. Özellikle kara yolu taşımacılığı hem pahalı ve hem de ilgili ülkelerden geçiş izni alınması bakımından eziyetli olmaktadır.

Geri kazanma tesislerine gelen çeşitli pil sistemleri önce türlerine göre ayrılırlar. Geri kazanma işlemine termal oksitleme fırınlarında bünyedeki plastik ve izolasyon maddelerinin alınmasıyla başlanır. Bilahare piller küçük parçalara ayrılır ve bünyelerindeki metaller ayrışmaya kadar ısıtılır. Bu arada metal olmayan kısımlar önce gaz haline dönüştürülür ve sonra bir çamur haline getirilerek atılır. Toplanan metaller yoğunluklarına göre ayrı ayrı katmanlar oluşturur ve sistemden sırasıyla alınırlar. Kadmiyum vakum altında önce buhar haline getirilir ve bilahare soğutularak sıvı ve daha sonrada %99,95 safiyette katı hale dönüştürülür. Bahis konusu geri kazanma tesislerinin kuruluş maliyetleri oldukça yüksektir. Ayrıca yüksek enerji giderleri nedeniyle işletim masrafları fazladır. Böyle bir tesisin ekonomik olarak çalışması çok miktarlarda atık pilin teminine bağlıdır ve borsada yüksek getirisi olan nikelden dolayı en verimli çalışma Ni-Cd/Ni-MH pilleri ile sağlanmaktadır.

Ülkemizde atık pilleri değerlendirebilecek tesislerin zaman içerisinde kurulması beklenilmektedir. Ancak böyle bir tesisin ekonomik bir şekilde çalışmasını sağlayacak miktarlarda atık pil toplanması bugün için zor görünmektedir. Ülkemizde, gelir gruplarına bağlı olarak değişmekle beraber, yılda ortalama kişi başına 5-6 adet pil tüketilmektedir. Bu rakam Amerika' da 40-45 ve Japonya' da 60' ın üzerindedir.

2004 yılının sonuna doğru Çevre ve Orman Bakanlığı çevreye olan zararları nedeniyle pillerin kullanım ve atıklarını kontrol altına almak ve ekolojik sistemlerin dengesinin bozulmasını önlemek amacıyla bir yönetmelik yayınlamıştır. Bu yönetmelik, 2005 yılından itibaren pil türlerine göre her yıl artan yüzdelerdeki atık pillerin üretici ve ithalatçıları tarafından tüketicilerden geri toplama yükümlülüğünü getirmektedir. Yönetmelik ayrıca atık pillerin toplanması, depolanması ve geri kazanılmasında uygulanacak usul ve esasları belirlemektedir.

Yönetmeliğin uygulanmasında başlangıç için en zor aşamanın atık pillerin özel olarak hazırlanmış kaplarda toplanması veya pillerin satın alındıkları yerlere geri getirilmesi olacağı düşünülmektedir. Ülkemiz insanında, diğer atıklarda olduğu gibi kullandığı pilleri çöpe atma alışkanlığı mevcuttur. Bu nedenle tüketicinin eğitimi ve bilinçlendirilmesi

için doğru stratejilerin öncelikle tespiti gerekmektedir. Bu nedenle belediyeler, okullar, polis teşkilatı, askeri birlikler, vs. gibi kurum ve kuruluşlarla işbirliği yapılarak müşterek sorumluluk ve birlikte çalışma imkanlarının değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Ayrıca pil dağıtım ve satışını yapan kuruluşların belirli yükümlülükler alması kaçınılmazdır. Amerika' nın bazı eyaletlerinde atık piller merkezi depolama yerlerine posta ücreti önceden ödenmiş zarflarla veya paketlerle gönderilmektedir. Posta ücretleri ise atık pil değerlendirme kuruluşlarınca karşılanmaktadır.

Diğer taraftan, insanların yoğun yaşadığı yerler göz önünde tutularak, seçilecek bir veya birkaç pilot bölgede tüketiciye ulaşılması başlangıç için uygun mütalaa edilmektedir. Buna paralel olarak medyaya piller konusunda bilgi verilmesi, radyo, televizyon, kitap, broşür, ilan, anket, vs. gibi kanalların kullanılması gerekecektir. Okullardaki öğrencilerin atık pillerin toplanması konusunda teşvik edilerek, ödüllendirme sisteminin getirilmesi yarar sağlayacaktır. Ayrıca Avrupa Birliği ve diğer gelişmiş ülkelerdeki uygulamalar ve sonuçları muhakkak incelenmelidir.

Yeterli sayıdaki toplama kaplarının uygun yerlere yerleştirilmesi çok önemlidir. Belediyelerle koordineli çalışarak okullar, park ve bahçeler, otobüs terminalleri, hava alanları, tren istasyonları, alışveriş merkezleri, turistik tesisler, uydu kentler ve insanların yoğun olarak bulunduğu yerler düşünülebilecek dış ve iç mekanlardır.

Pil toplama kaplarının tasarımı ve üretimi, atık pillerin ara depolara taşınması, ara depolama yerlerinden bertaraf deposuna nakli, nakil araçlarının temin ve işletimi, bertaraf depolarının tasarımı ve inşası başlı başına birer iştir. Dolayısıyla başarılı sonuç alınabilmesi için çok iyi bir mühendislik tasarımı, planlama, organizasyon, doğru zamanlama, eğitim, personel yönetimi ve yeterli finansman gerekecektir. Ayrıca böyle bir devasa projenin finansmanının ne olacağı hususu ve atık pil toplamının ekonomik getirisi olmadan nasıl kaynak yaratılacağı ciddi bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu nedenlerle uygulamanın özellikle ilk yıllarda olumlu sonuçlar vermesi kolay olmayacaktır ve en az 2 yılın deneme dönemi olarak

kabul edilmesi gerekli görülmektedir. Pillerin toplandığı Avrupa ülkelerinde bu günkü değerlere 10-15 senede ulaşılabilirdiği unutulmamalıdır.

GELECEĞE BAKIŞ

Son 50 yıl içerisinde pil sistemlerindeki gelişmeler ne olmuştur şeklinde bir soru sorulduğunda diğer teknolojilerle mukayese edilerek, orta düzeyde demek yanlış olmayacaktır. Piller hala düşük enerjilere sahip, nispeten hacimli, ağır ve kısa ömürlü düzeneklerdir. Diğer enerji sistemlerine göre çok daha maliyetlidirler ve piller küçüldükçe bu maliyet artar. Bütün bunlara rağmen pil sistemleri yaşantımızın ayrılmaz bir parçasıdır.

Cihazların taşınabilirliği ve hareket kabiliyetleri enerjisini sağlayan pile bağlıdır. Bu tür cihazların tasarımında başlangıç noktası olarak pil alınır, yani mevcut pil türlerine göre cihaz tasarımı yapılır ve bunun tersi uygulanmaz. Diğer bir deyişle elektronik sektöründe görünen hızlı değişim ve gelişmeler, pil sistemlerindeki gelişmelerin çok ötesine geçmiştir. Halbuki pil sistemleri daha hızlı aşamalarla gelişebilseydi cihazların taşınabilirlikleri ve tasarımları çok daha kolaylaşacaktı. Bugünün taşınabilir cihazlarında güç gereksinimi 10-15 yıl öncesine nazaran çok daha azalmıştır. Ancak diz üstü bilgisayarlarının çok daha çabuk işlem hızına ulaştırılmaları ve cep telefonlarında daha çabuk bilgi transferi yarışı güç gereksinimi ters yönde etkilemektedir.

Piller üzerinde dünyada çığırca bir araştırma-geliştirme faaliyeti sürdürülmektedir. Buna rağmen sağlanabilen yıllık ortalama pil kapasitesi artışı %6 mertebesinde-dir. Diğer taraftan mikro-elektronik teknolojilerindeki gelişmeler bunun çok daha ötesine geçmiş durumdadır. Geçen yüzyılın ikinci yarısında gündeme getirilen Moore yasasına göre her entegre devredeki transistör sayısı her iki yılda bir iki katına çıkmaktadır. Bu durum yaşadığımız yüzyılda da devam etmektedir. Yalnız akü ile çalışan motorlu araçların henüz tam başarılı olamaması, kullanılan enerji kaynaklarının hacimli, kısa sürede şarj gereksinimi göstermesi ve kısa ömürlü olmalarındandır. Otomotiv sanayinde en az araç ömrü kadar akü ömür garantisi aranırken, akü üreticileri 10 yıllık bir hizmet süresini garanti edememektedirler. Moore yasası akü ve pil teknolojileri için geçerli olabilseydi, araç akülerinin boyutları bugün bir madeni para ölçülerine kadar indirilmiş olacaktı.

Bu aşamada 'fuel cell' tabir edilen yakıt pillerine kısaca göz atmakta yarar görülmektedir. Yakıt pili elektro-kimyasal bir sistemdir. Bu konsept ilk olarak İngiliz William Grove tarafından 1839 yılında geliştirildiyse de, içten yanmalı motor teknolojisinin başarısı karşısında 20nci yüzyılın ikinci yarısına kadar hep arka planda kalmıştır.

Yakıt pilleri hidrojeni yakıt olarak (pozitif elektrot) kullanır ve oksijenle (negatif elektrot) birleştiğinde elektrik enerjisi, ısı ve su ortaya çıkar. Yakıt pili bir çok bakımdan normal pile benzer, ancak şarj işlemi yerine dışarıdan devamlı hidrojen ve oksijenle besleme gerektirir. Oksijen direk havadan alınırken, hidrojen basınçlı kaplar vasıtasıyla sisteme girer. Hidrojen yakıtı yerine metanol (metil alkol), propan, butan ve doğal gazda kullanılabilir. Tek bir yakıt pili yük altında 0,6-0,8 voltluk bir gerilim sağlar ve birkaç birim seri bağlanmak suretiyle daha yüksek gerilimler elde edilebilir. Atık olarak sistemden yalnızca su çıktığından yakıt pilleri çevreye son derece dostturlar. Methanolun sıvılaştırılması sonucunda elde edilen yakıt pillerinden lityum-iyon pil sistemine nazaran beş misli enerji yoğunluğuna ulaşmıştır.

En büyük dezavantaj yakıt pili maliyetinin yüksek olmasıdır. İçten yanmalı motorla mukayese edildiğinde, bir kilowatt'lık bir enerji yakıt piliyle 10-20 kat daha pahalıya mal olmaktadır. Dolayısıyla endüstriyel kullanımlarda bugün için tercihi söz konusu değildir. Buna mukabil sekonder pil sistemlerinden Ni-Cd ile mukayese edildiğinde bu maliyet çok da fazla değildir. Önemli bir sorun enerji dönüşümünde elde edilen verimin %20-30 gibi düşük seviyede kalmasıdır. Buna mukabil aynı dönüşüm Ni-Cd pilinde hemen hemen %100'dür. Diğer bir husus yakıt pillerinin düşük sıcaklıklarda devreye giriş sürelerinin çok yavaş oluşudur.

Yakıt pillerinin gelecekte kol saatleri, diz üstü bilgisayarları ve cep telefonlarının enerji kaynağı olarak bugünün primer ve sekonder pil sistemleri ile rekabete gireceği muhakkaktır. (örneğin cep telefonlarının dolma kalem kartuşu şeklinde yakıt pili kullanıp, kartuş bitince yenisiyle değiştirilmesi gibi). Bunun için halen öngörülen tarih 2008-2010' dur. Taşınabilir sistemlerin gerektirdiği boyut sorunu ve beher watsaatlik enerji maliyetinin yüksekliği yakıt pillerinde henüz aşılamamıştır. Diğer

tarafından ilk yakıt pilli otomobillerin 2020-25 yıllarından önce hizmete girmesi de beklenilmemektedir.

Halen 2000' den fazla araştırma organizasyonu yakıt pilleri üzerinde çalışma yürütmektedir. Buna rağmen geçen son 10 yıl içerisinde sağlanabilen gelişmeler üst düzeyde değildir. Örneğin yakıt pilinin seri olarak üretimi henüz pek gerçekleştirilememiştir.

Mucizevi özellikleri olan bir pil sistemi bugün ortada yoktur ve yakın zamanda da böyle olay beklenilmemektedir. Pillerin temelinde elektro-kimyasal işlemler yattığı sürece enerji yoğunluğu ve kısa ömür sendromu ile hep karşı karşıya gelinecektir. İnsanoğlu küçük, güçlü, ucuz ve çevreye zararsız bir enerji kaynağı peşindedir. Bir sistemin dezavantajlarının yaratılan yeni bir sistemle giderilirken, yeni sistemin farklı dezavantajları beraberinde getirdiği unutulmamalıdır. İleride çok gelişmiş yakıt pilleri ve atomik füzyon bataryaları günlük yaşamımıza girebilecektir. Ancak bu tür enerji kaynakları bir çoğumuzun yaşamı boyunca göremeyeceği nesnelerdir.

Son olarak, mevcut pil ve akümülatör sistemlerinin yarınına kısaca değinilecektir.

Dünyada halen 50 milyar dolar civarında bir pil ve akümülatör pazarı mevcuttur ve bunun yaklaşık 5,5 milyarlık kısmı sekonder sistemlere aittir. Pazarın önümüzdeki yıllarda senelik %6 dolaylarında bir artış göstereceği tahmin edilmektedir ve Çin, Hindistan, Brezilya, Çek Cumhuriyeti ve Güney Kore gibi ülkeler satışlarında pazar paylarını arttırma yolundadırlar. Amerika' daki talebin 2007 yılında toplam 14 milyon dolar civarında olması beklenilmektedir. Gelişmiş digital kameralar, kameralı telefonlar ve yüksek performanslı yeni jenerasyon taşınabilir tür cihazlar talep artışında önemli bir etken olacaktır.

Primer pil pazarlarında alkali sistemlerin hakimiyetlerini sürdürmeleri beklenilmektedir. Alkali pillerin diğer tüm primer pil sistemlerinin toplamına nazaran iki misli satış yapmaları çok muhtemeldir. Primer sistemler arasında özellikle lityum ve çinko-hava sistemlerinin gelişme göstereceği tahmin edilmektedir.

Sekonder sistemlerde pazarın yarısı kurşun-asit akümülatörlerine yönelecek görülmektedir. Bunun temel nedeni otomotiv sektörü ve stationer sistemlerden gelen büyük taleplerdir. Lityum esaslı pillerin fiyatlarının düşürülmesi ve servis ömürlerinin arttırılmasıyla, bazı çeşit kurşun-asit türlerinin önüne geçmesi muhtemeldir.

Hem akü ve hem akaryakıtla çalışan “hibrit” türü taşıt araçları 150 volt civarında yüksek bir gerilime ihtiyaç duyarlar. Bugün bahis konusu gerilim değerlerine özel tasarımı ve bünyesinde seri bağlantılı Ni-MH pillerini bulunduran batarya blokları ile ulaşılabilmektedir. Ancak bu batarya blokları bir taşıt aracının motoru kadar pahalıdır ve istenilen 8-10 yıllık hizmet ömrü garantisini verememektedir.

Taşınabilir cihazlar için Lil pil sistemleri liderliklerini sürdüreceklerdir. Ni-Cd pazarı ise gittikçe küçülmektedir ve 2012-2013 yıllarında talebin iyice düşmesi beklenilmektedir. Buna mukabil Ni-MH pil sistemlerinin de hızlı kapasite artışlarının sağlanması (özellikle AAA ve AA boyutlarında) ve çok hızlı şarj imkanlarının yaratılması sonucunda yıllık %15-20' lik bir pazar payı artışı tahmin edilmektedir.

Kartuş biçimindeki yakıt pillerinin cep telefonlarında kullanılmaya başlanmasının 2010 yılından önce gerçekleşmeyeceği tahmin edilmektedir. Ancak diğer yakıt pili sistemleri maliyet ve performans dezavantajları nedeniyle uzunca bir süre daha yaygınlaşamayacaklardır. Yeni elektro-kimyasal enerji kaynaklarının keşfi olasılığı önümüzdeki 10 yıl için %7 olarak verilmektedir. Bu bakımdan mevcut sistemlerle bir süre daha idare edilmesi kaçınılmazdır.

Pil ve akümülatör sektöründe rekabet son derece büyüktür ve firmaların sürekli birleşme çabaları görülmektedir. Son birkaç yıldır Japon firmaları takriben %80' lik bir oranla pazarı ellerinde tutmaktadırlar. Ancak Çin, Güney Kore ve Hindistan' dan bazı firmalar ucuz fiyatları ve gelişmekte olan kaliteleri nedeniyle dünya liderleri arasına girme aşamasındadırlar. Lityum-iyon pillerinin son birkaç yıldır fiyatları %20-50 gibi yüksek düzeylerde düşmüştür. Bu durum dünyanın tanınmış üreticilerinin tesislerini düşük maliyetler yaratabilen Çin' e kaydırmalarına sebep

olmaktadır. Son yıllarda Ni-Cd ve Ni-MH pillerinde de fiyat düşüşleri görülmüş, ancak bunun mertebesi %10-20 düzeyinde kalmıştır.

Önümüzdeki on yıl içerisinde Amerika ve Avrupa daki firmaların daha çok endüstriyel kullanımlı ve askeri maksatlı pil sistemlerini geliştirmeleri beklenilmektedir. Buna karşılık, seri olarak çok miktarlarda üretilen uzak doğu menşe'li pillerin Amerika ve Avrupa muadillerine göre hala çok daha ucuz kalacağına kesin gözle bakılmaktadır.

PİL KULLANIMINDA NE YAPILMALI, NE YAPILMAMALI

Bu kitapçığın “Cihaza Uygun Enerji Kaynağı Seçimi” bölümünde ve diğer bölümlerde yer yer belirtilmiş olmakla beraber, pil kullanımı ve atık piller ile ilgili olarak neler yapılması ve neler yapılmaması hususlarının aşağıda tekrar özetle belirtilmesinden yarar görülmektedir.

Ne Yapılmalı

- Uzun sürelerle kullanılmayacak piller cihazlarından çıkartılmalı, artı ve eksi uçları kuru bir bezle silinmeli ve kısa devre yaratmayacak şekilde naylon bir torbada muhafaza edilmelidir.
- Yeni satın alınmış piller kullanım aşamasına kadar orijinal ambalajlarında tutulmalıdır.
- Piller buzdolabında saklanabilir. Ancak buzluk veya derin dondurucu kısımlarına konulmamalıdır.
- Sekonder piller kendilerine mahsus cihazlarda, mümkün olduğu kadar oda sıcaklığında ve verilen şarj sürelerine uyularak şarj edilmelidir.
- Atık haldeki piller ayrı bir yerde (naylon torba, kutu, kavanoz, vs. içersinde) biriktirilmelidir.
- Evinizde veya işyerinizde atık haldeki piller uzun sürelerle muhafaza edilmemelidir.
- Atık piller bulunduğunuz yere en yakın mahaldeki atık pil toplama kutusuna atılmalı veya satın alındığı yere götürülmelidir.
- Atık pillerin bünyelerindeki bazı metallerin geri kazanılabileceği unutulmamalıdır.
- Atık pillerin toplanması için düzenlenecek kampanyalara gönüllü olarak iştirak edilmelidir.
- Çevrenizdeki atık pil toplama noktalarının nerelerde olduğu araştırılmalı ve sorumluluklarının bilincinde olan satış noktalarından pillerin temin edilmesine çalışılmalıdır.
- Çevrenizde pil kullananları yukarıda anlatıldığı şekilde davranmaya davet ederek, onlara örnek olunmalıdır.

Ne Yapılmamalı

- Piller hiçbir şekilde ısıtılmamalı, ateşe atılmamalı ve devamlı güneş

ışığı alan yerlerde tutulmamalıdır.

- Piller sökülmemeli, içleri açılmağa çalışılmamalı, delinmemeli ve ezilmemelidir.
- Piller küçük çocukların oynayabileceği şekilde ortalıkta bırakılmamalıdır. Düşme tipi pillerin küçük çocuklar tarafından kolaylıkla yutulabileceği unutulmamalıdır.
- Pillerin artı ve eksi uçları herhangi bir metal iletkenle birleştirilip, kısa devreler yaratılmamalıdır.
- Şarj edilmeyen piller ve özellikle lityum pilleri kesinlikle şarj işlemine tabi tutulmamalıdır. Aksi takdirde aşırı ısınma, şişme, gaz çıkışları, alevlenme ve hatta patlama görülebilir.
- Farklı gerilimlere sahip, farklı yapılarıdaki piller ve şarjlı/şarjsız piller aynı cihaz içerisinde kullanılmamalıdır.
- Pil ile çalışan cihazlar kalorifer, soba, ocak, vs. gibi ısı kaynaklarından uzakta tutulmalı ve nakil vasıtalarının torpido gözlerinde veya direkt güneş ışığı alabilen konsolları üzerinde uzun sürelerle bırakılmamalıdır.
- Piller su, deniz suyu veya diğer oksitleme özelliğine sahip maddelerle temas ettirilmemelidir.
- Pillerin seri veya paralel bağlantıları uzman kişilerce yapılmalı, lityum esaslı pillerde bu tür bağlantılardan kaçınılmalı ve nikel-kadmiyum / nikel-metalhidrit pilleri özel koruma devreleri olmadan paralele bağlanılmamalıdır.
- Ev veya işyerlerinde atık piller çöplere kesinlikle karıştırılmamalı ve piller rastgele sokaklara atılmamalıdır.
- Atık piller toprağa gömülmemelidir.
- Atık piller denizlere, akarsulara, göllere veya kanalizasyon kanallarına dökülmemelidir.
- Atık nikel-kadmiyum pillerinin insan sağlığına zararlı kadmiyum maddesi içerdiği unutulmamalıdır.

Son olarak çevreye dost olan pillerin 1865 yılından beri insanlığın hizmetinde olduğunu, çevrenin pek sevmediği civa ve kadmiyum elementlerini içeren pillerdeki sağlığa zararlı maddelerin azaltıldığını ve bu türdeki pil atıkları için yüksek toplama hedeflerinin konulduğunu unutmayınız.

**GELECEK KUŞAKLARA
LÜTFEN DAHA TEMİZ BİR TÜRKİYE BIRAKALIM.**

KAYNAKÇA

- 1 - Portable Batteries - H.A. Kiehe and 7 co-authors.
- 2 - Sealed Nickel Cadmium Accumulators - Dr. D. Sprengel.
- 3 - Batteries in a Portable World - Isidor Buchmann.
- 4 - Battery Power Products and Technology - Alay Mehta / Marty Jegers (August 2000)
- 5 - Battery Power Products and Technology - George A. Kerchner (July 2002)
- 6 - Handling of Household Hazardous Waste
2006 Publication by Newmarket Municipality, Ontario / Canada



everywhere **fun** everytime



kesintisiz eğlence

En yüksek kapasiteye sahip en uzun ömürlü piller ile kesintisiz eğlence.

400 değişik pil modeliyle, her türlü pil ihtiyacınız için kesin çözüm.

5 sene başka pil satın almayın

GP Powerbank modellerinden birini tercih etmeniz durumunda içinde bulunan 4 adet NiMH şarj edilebilir AA Kalem pilleri ile en az 5 sene pil ihtiyacınız olmayacak.

GP NiMH şarj edilebilir pilleri 1.000 sefere kadar şarj imkanıyla en ekonomik ve en güçlü seçenekleri sunar.

bol çeşit

Dünya devi GP bol çeşidiyle de tüm ihtiyaçlarınıza cevap veriyor.

- Her çeşit Market Pilleri
- Telsiz Telefon Pilleri
- Digital Fotoğraf Makinası Pilleri
- Kamera Pilleri
- Fotoğraf Makinası Pilleri
- Saat Pilleri
- Li-Ion Piller

YETKİLİ TÜRKİYE DİSTRİBÜTÖRÜ :



MERT İTHALAT İHRACAT TİC. LTD. ŞTİ.

www.mertithalat.com
mertitd@superonline.com



www.tap.org.tr

Biten pillerinizi çöpe atmayın.
Biriktirin, size en yakın atık pil toplama kutularına atın.



GP Batteries