

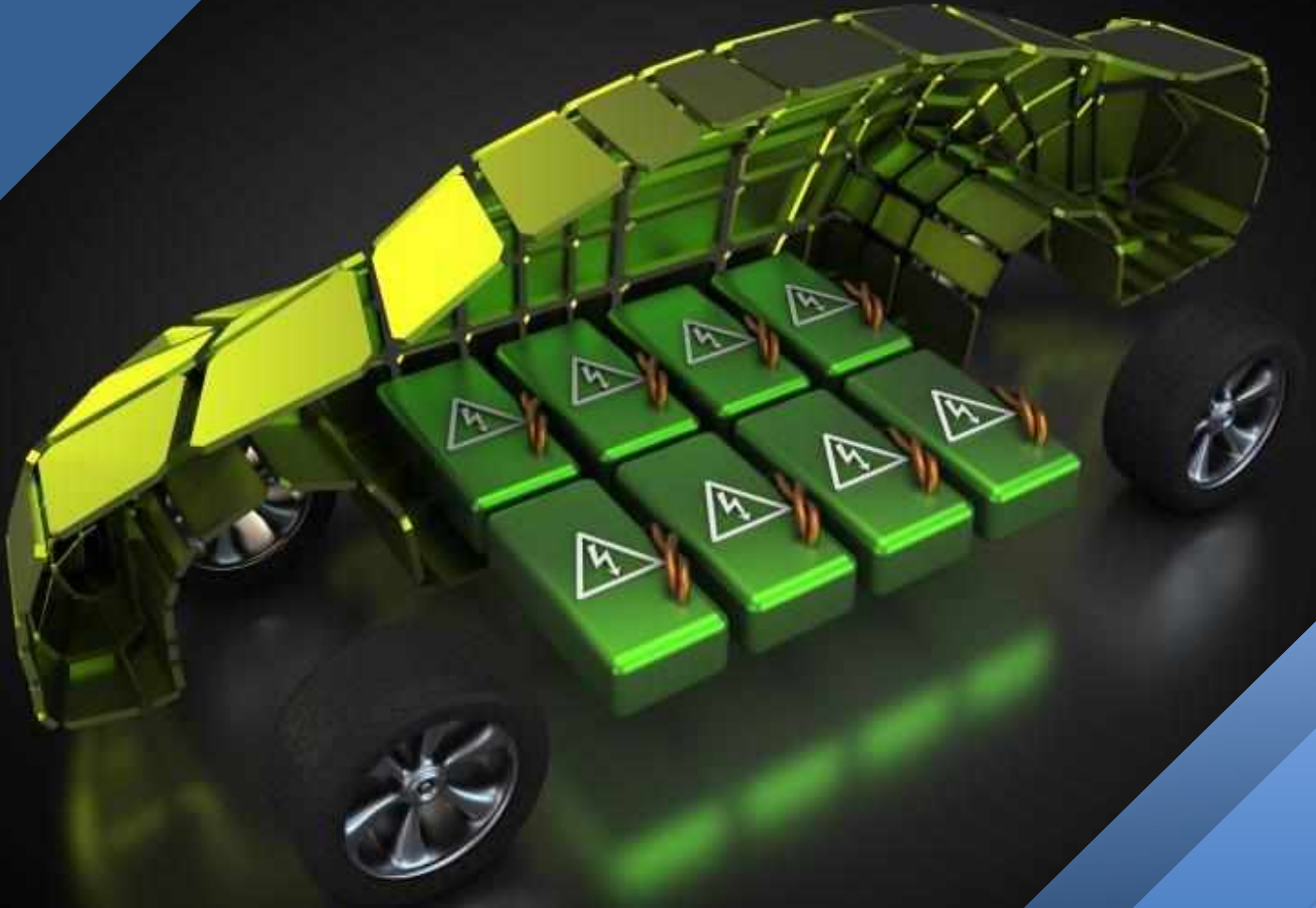


T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



Ankara İli Lityum İyon Batarya Hücresi Üretim Tesisi

Ön Fizibilite Raporu





T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



Ankara İli Lityum İyon Bataryası Hücresi Üretim Tesisi

Ön Fizibilite Raporu



2021

MART

RAPORUN KAPSAMI

Bu ön fizibilite raporu, yatırımcı çekmek amacıyla Ankara ilinde lityum iyon bataryası hücresi üretim tesisi kurulmasının uygunluğunu tespit etmek, yatırımcılarda yatırım fikri oluşturmak ve detaylı fizibilite çalışmalarına altlık oluşturmak üzere Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı koordinasyonunda faaliyet gösteren Ankara Kalkınma Ajansı tarafından hazırlanmıştır.

HAKLAR BEYANI

Bu rapor, yalnızca ilgililere genel rehberlik etmesi amacıyla hazırlanmıştır. Raporda yer alan bilgi ve analizler raporun hazırlandığı zaman diliminde doğru ve güvenilir olduğuna inanılan kaynaklar ve bilgiler kullanılarak, yatırımcıları yönlendirme ve bilgilendirme amaçlı olarak yazılmıştır. Rapordaki bilgilerin değerlendirilmesi ve kullanılması sorumluluğu, doğrudan veya dolaylı olarak, bu rapora dayanarak yatırım kararı veren ya da finansman sağlayan şahıs ve kurumlara aittir. Bu rapordaki bilgilere dayanarak bir eylemde bulunan, eylemde bulunmayan veya karar alan kimselere karşı Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ile Ankara Kalkınma Ajansı sorumlu tutulamaz.

Bu raporun tüm hakları Ankara Kalkınma Ajansına aittir. Raporda yer alan görseller ile bilgiler telif hakkına tabi olabileceğinden, her ne koşulda olursa olsun, bu rapor hizmet gördüğü çerçevenin dışında kullanılamaz. Bu nedenle; Ankara Kalkınma Ajansı'nın yazılı onayı olmadan raporun içeriği kısmen veya tamamen kopyalanamaz, elektronik, mekanik veya benzeri bir araçla herhangi bir şekilde basılamaz, çoğaltılamaz, fotokopi veya teksir edilemez, dağıtılamaz, kaynak gösterilmeden iktibas edilemez.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	1
TABLolar	2
ŞEKİLLER	3
1. YATIRIMIN KÜNYESİ	4
2. EKONOMİK ANALİZ	6
2.1. Sektörün Tanımı.....	6
2.2. Sektöre Yönelik Sağlanan Destekler	11
2.2.1. Yatırım Teşvik Sistemi.....	12
2.2.2. Diğer Destekler	12
2.3. Sektörün Profili.....	12
2.4. Dış Ticaret ve Yurt içi Talep	24
2.5. Üretim, Kapasite ve Talep Tahmini.....	27
2.6. Girdi Piyasası	28
2.7. Pazar ve Satış Analizi	30
3. TEKNİK ANALİZ	30
3.1. Kuruluş Yeri Seçimi	30
3.2. Üretim Teknolojisi.....	31
3.3. İnsan Kaynakları	37
4. FİNANSAL ANALİZ	39
4.1. Sabit Yatırım Tutarı	39
4.2. Yatırımın Geri Dönüş Süresi.....	40
5. ÇEVRESEL ve SOSYAL ETKİ ANALİZİ	40

TABLolar

Tablo 1. 31185 Sayılı ve 14 Temmuz 2020 Tarihli Resmî Gazete'nin Eki	11
Tablo 2. Bölgesel Teşvikler-Lityum İyon Pil Üretimi	12
Tablo 3. Dünya Lityum Rezervi.....	13
Tablo 4. 2015 ve 2016 Yılları Dünya Lityum Üretimi	13
Tablo 5. 2015 Yılı Firmaların Pazar Pay ve Değer Göstergeleri.....	15
Tablo 6. Bazı Araçlarda Kullanılan Lityum-İyon Bataryaların (LIB) Özellikleri.	20
Tablo 7. 2019 Yılı Lityum İyon Batarya İthalat ve İhracat Verileri	25
Tablo 8. Lityum İyon Batarya İthalat-İhracat Verileri	25
Tablo 9. Türkiye'nin En Çok İthalat Yaptığı Ülkeler (Bin Dolar) (GTIP 8507.60 için)	25
Tablo 10. Türkiye'nin En Çok İhracat Yaptığı Ülkeler (Bin Doları) (GTIP 8507.60 için)	26
Tablo 11. İthalat Yapılan Ülke Maliyetleri (GTIP 8507.60 için)	26
Tablo 12. Türkiye 2016 Yılı Lityum İyon Bataryaların İthalat ve İhracat Verileri.....	27
Tablo 13. Seri Üretime Geçildikten Sonraki Yedi Yıllık Tahmini Lityum İyon Batarya Talep Projeksiyonu.....	28
Tablo 14. Lityum İyon Pil Fabrikasında Üretimde Kullanılan Malzemelerin Ortalama Fiyatları	29
Tablo 18. Lityum İyon Pil Üretimi Sürecinde Kullanılan Genel Malzemeler	34
Tablo 19. 2019 Yılı Ankara'da Nüfusun Yaşlara Göre Dağılımı	37
Tablo 20. Ankara'da Çalışma Çağındaki Nüfus, 2015-2019.....	37
Tablo 21. Ankara'da Okuryazarlık Durumuna ve Cinsiyete Göre Nüfusun Dağılımı (%)	38
Tablo 22. 2018-2019 Yılı Eğitim Düzeyine Göre Nüfus Oranları	38
Tablo 23. Net Bugünkü Değer (NBD)	40

ŞEKİLLER

Şekil 1. Sektörel Bazda Dünya Lityum Talebi	7
Şekil 2. Çeşitli Şarj Edilebilir Pillerin Enerji Yoğunluklarının Karşılaştırılması	9
Şekil 3. Lityum İyon Pil Çeşitleri ve Yapıları	10
Şekil 4. Lityum-İyon Batarya Pil Değer Zinciri	14
Şekil 5. Şirketlerin Lityum-İyon Batarya Pazarındaki Payı, Hücre Sayısı	16
Şekil 6. Lityum-İyon Bataryanın Ürün Yelpazesine Göre Yıllık Büyüme Oranı	17
Şekil 7. Lityum-İyon Batarya Hücre Üretim Kapasitesinde Öngörülen Büyüme Oranları	17
Şekil 8. Şarj Edilebilir Pil Pazarı, 2025 Beklentileri ve Lityum-İyon Pillerin Pazar Payı	18
Şekil 9. Enerji Depolama Amacıyla Pil Batarya Kullanımının Yıllara Göre Artış Grafiği	19
Şekil 10. Lityum-İyon Pillerin Üretim Maliyetlerindeki Düşüş Grafiği	20
Şekil 11. Lityum-İyon Pil Üretiminde Öne Çıkan Ülkeler (Üst Resim) ve Kapasitelerine Göre 2018 Yılında Dünyanın En Büyük 5 Lityum-İyon Pil Üreticisi	21
Şekil 12. 2030 Yılına Kadar Lityum İyon Pillerine Duyulacak Olan Gwh Cinsinden Tahmini Talep	22
Şekil 13. 2025 Yılına Kadar Firmalar Tarafından Planlanan Kapasite Artışları	23
Şekil 14. 2028 Yılına Kadar Firmalar Tarafından Planlanan Üretim Kapasiteleri	23
Şekil 15. Lityum İyon Pil Bataryalarının Hücre ve Paket Olarak Fiyatları [14]	29
Şekil 16. Lityum İyon Pillerin Çalışma Prensibi Şeması	32
Şekil 17. Lityum İyon Pil Üretiminin Genel Hatları İle Şematik Gösterimi	35
Şekil 18. Bir Lityum İyon Pil Üretim Fabrikasının Genel Görünüşü	36

ANKARA İLİ LİTYUM İYON BATARYASI HÜCRESİ ÜRETİM TESİSİ ÖN FİZİBİLİTE RAPORU

1. YATIRIMIN KÜNYESİ

Yatırım Konusu	Lityum İyon Bataryası Hücresi Üretim Tesisi	
Üretilecek Ürün/Hizmet	Lityum İyon Bataryası Hücresi	
Yatırım Yeri (İl- İlçe)	Ankara- Gelişmiş ve merkezi bir OSB içinde	
Tesisin Teknik Kapasitesi	10.000 adet/yıl	
Sabit Yatırım Tutarı	1,5 milyon \$	
Yatırım Süresi	3 yıl	
Sektörün Kapasite Kullanım Oranı	%70	
İstihdam Kapasitesi	80 kişi	
Yatırımın Geri Dönüş Süresi	3 yıl 6 ay	
İlgili NACE Kodu (Rev. 3)	27.20.04 Şarj Edilebilir PİL ve Batarya İle Bunların Parçalarının İmalatı	
İlgili GTİP Numarası	8507.60.00 veya 8507.80.00 GTİP 8529.90.92.00.00 ve 9405.40.39.00.00 GTİP	
Yatırımın Hedef Ülkesi	Tüm Ülkeler	
Yatırımın Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına Etkisi	Doğrudan Etki	Dolaylı Etki
	Amaç 7: Erişilebilir ve Temiz Enerji Amaç 9: Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı	Amaç 8: İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme Amaç 11: Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar Amaç 12: Sorumlu Üretim ve Tüketim
Diğer İlgili Hususlar	Yaşam kalitesinin artırılarak devam etmesi için sürdürülebilir kaynak kullanımı ve çevrenin korunmasına yönelik oluşturulan eylem planlarında ileri teknolojilerin sisteme entegre edilerek sanayide yenilikçilik hareketi kapsamında erişilebilir temiz enerjiye sahip olarak karbon yakıtlar yerine elektrikli bataryalı araçların ve taşıtların altyapısı için batarya hücresinin üretimi ile sürdürülebilir üretim, şehir ve verimlilik dikkate alınmıştır.	

Subject of the Project	Lithium-Ion Battery Cell Production Facility	
Information about the Product/Service	Lithium Ion Battery Cell	
Investment Location (Province-District)	Ankara- In a developed and central organized industrial zone	
Technical Capacity of the Facility	10.000 pcs/year	
Fixed Investment Cost (USD)	\$1.5 million	
Investment Period	3 years	
Economic Capacity Utilization Rate of the Sector	70%	
Employment Capacity	80	
Payback Period of Investment	3 years 6 months	
NACE Code of the Product/Service (Rev.3)	27.20.04 Rechargeable Battery and Battery and Manufacturing of Their Parts	
Harmonized Code (HS) of the Product/Service	8507.60.00 or 8507.80.00 GTİP 8529.90.92.00.00 ve 9405.40.39.00.00 GTİP	
Target Country of Investment	All Countries	
Impact of the Investment on Sustainable Development Goals	Direct Effect	Indirect Effect
	Goal 7: Accessible and Clean Energy Goal 9: Industry, Innovation and Infrastructure	Goal 8: Decent Work and Economic Growth Goal 11: Sustainable Cities and Communities Goal 12: Responsible Production and Consumption
Other Related Issues	In the action plans for sustainable use of resources and protection of the environment in order to increase the quality of life, integrate advanced technologies into the system and have access to clean energy within the scope of the innovation movement in the industry and the production of battery cells for the infrastructure of vehicles and vehicles with electric batteries instead of carbon fuels, and sustainable production, city and efficiency It has been taken into account.	

2. EKONOMİK ANALİZ

2.1. Sektörün Tanımı

Endüstrinin farklı alanlarında yaygın olarak kullanılan lityumun en önemli iki bileşiği karbonat ve hidroksittir. Yüksek parlaklık ve dayanıklılık sağlayan lityum karbonat, cam ve seramik alanında kullanılmaktadır. Lityum hidroksit ise üretilen gres yağı vasıtasıyla suya ve ısıya karşı direnci artırarak askeri ve endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır. Klima ve endüstriyel kurutucularda, kuru pil bataryalarında, alkali bataryalarda kullanılan lityum ayrıca tıp, kozmetik, boya, waks ve diğer birçok endüstriyel üründe kullanılmaktadır¹.

En düşük yoğunluğa sahip metallere olan ve yukarıda belirtildiği gibi farklı alanlarda endüstriyel kullanımı olan lityum, kullanım alanı giderek artacağı düşünülen bir metaldir. Yapılan çeşitli araştırmalar termonükleer füzyon reaksiyonlarında lityumun kullanılabilirliğini göstermiştir. Bu tür bir kullanımın yaygınlaşması neticesinde lityuma olan talebin artacağı ve mevcut lityum üretim kapasitelerinin yeterli olmayacağı öngörülmektedir. Başka bir ifadeyle lityumun en önemli kullanım alanı potansiyel olarak nükleer enerji alanı olmaktadır².

Lityum arz güvenliği, teknoloji şirketleri için bir öncelik haline gelmiştir. Teknoloji şirketleri ile ar-ge şirketleri arasındaki stratejik ittifaklar ve ortak girişimler gerçekleşmiştir. Pil tedarikçileri ve araç üreticileri için güvenilir, çeşitlendirilmiş bir lityum teminini sağlamak için köprü kurma çalışmaları devam etmektedir².

Dünya lityum ticareti alıcı ve satıcı arasındaki anlaşmalarla, özel kontratlarla satış yapılarak gerçekleştirilmektedir. Pazar dört ana tedarikçi tarafından kontrol edilmektedir:

Sichuan Tianqi Lithium Industries; Çinli lityum üretici firma pazarın %40'ını kontrol etmektedir. 1995 yılında kurulan firma devlet tarafından desteklenmektedir.

Sociedad Quimica Y Minera De Chile (SQM); Şilili firma pazarın %26'sını kontrol etmektedir. 1968 yılında kamu kurumu olarak kurulan firma özelleştirilerek farklı firmaların hisse paylarına sahip hale gelmiştir.

Albemarle; Amerikalı firma 1887 yılında kâğıt üreticisi olarak kurulmuş olup bugün lityum pazarında %20 paya sahiptir.

FMC Corporation; 1883 yılında kimyasal ürün üretmek üzere kurulan Amerikalı firma Dünya lityum pazarında %12 paya sahiptir.

Günümüzde lityumun ana kullanım alanları; seramik-cam, elektrik-elektronik, endüstriyel gres yağları, metalürji (sürekli döküm), silikon, nano-kaynak, hava filtreleri, optik ve roketatarlar olmaktadır. Çin'deki kimya tesisleri, dünya lityum konsantresinin büyük bir kısmını tüketmektedir. Lityum pazarının 2020 yılına kadar %81 oranında artarak, 347 bin ton lityum karbonat eşdeğeri (LCE) oranında büyüyeceği ve önümüzdeki on yılda lityum iyon pil tabanlı elektrikli taşıtların birincil talep olacağı öngörülmektedir.

Pil-batarya endüstrisi, lityumun kullanım alanı olarak en çok bilinen sektördür. Lityum pillerin kullanımının artma sebebi enerji depolanmasının kolay ve maliyetinin düşük olması yanında diğer pillere göre daha hafif olmasıdır. Son yıllarda lityum iyon pillere olan talebin artışının nedeni; lityum iyon bataryanın güç çıkışı üstünlüğünün alkali pillere göre iki kat fazla olmasıdır. Lityum piller hakkında 2025 yılı için öngörülen talep projeksiyonuna göre talep artışının katlanarak artacağı değerlendirilmektedir. Bunun sebebinin ise daha çok elektrikli portatif aletlerin, arabaların ve bisikletlerin kullanıma

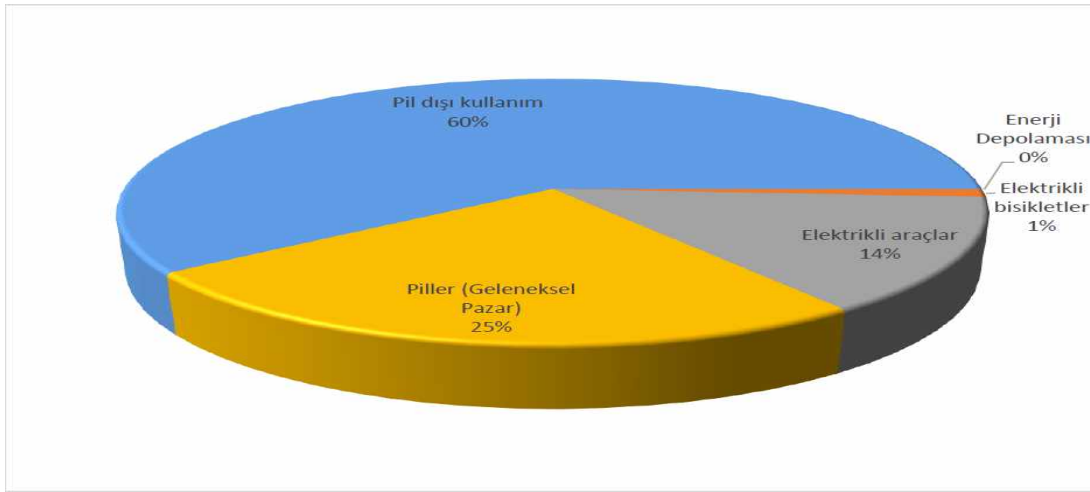
¹ Dünyada ve Türkiye'de Lityum. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü

² Akçök, Yusuf Ziya ve Şahiner, Mesut (2017, Haziran) Dünyada ve Türkiye'de Lityum. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü

başlanmasıyla beraber ortaya çıkacak talep artışına bağlı enerji depolama işlemleri ile ilgili olacağı düşünülmektedir.

Lityum talep artışının doğrusal olarak aksamadan artabileceği yönündeki tahmin, temiz enerjiye olan taleple birlikte desteklenmektedir. Karbon emisyonu konusunda hükümetlerin çevre örgütlerince baskı altında olmalarından dolayı, lityuma olan talep artışının daha hızlı gündeme gelebileceği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Şekil 1. Sektörel Bazda Dünya Lityum Talebi



Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından 2017 yılında hazırlanan “Dünyada ve Türkiye’de Lityum” adlı çalışmada, “Türkiye’de ekonomik değere sahip lityum kaynağı bulunmamaktadır” ifadesi yer almasına rağmen 2020 yılının Ekim ayında Ülkemizde farklı bir gelişme yaşanmış ve lityum üretimi için harekete geçilmiştir. Etimaden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Kırka (Eskişehir) İşletme Müdürlüğü’ndeki pilot tesiste ilk kez lityum üretimi gerçekleştirilecektir. Rafine bor üretimi sırasında ortaya çıkan atıklardan başlangıçta (2020 yılı sonuna kadar) yaklaşık 10 ton üretilecek olan lityumun hedef üretim miktarının 500 ton olacağı bildirilmiştir³.

Bir yandan katma değeri yüksek bir uç ürünün azda olsa ülkemizde üretilecek olması, diğer yandan ileriki dönemde kurulacak yüksek kapasiteli tesis ile elektrikli yerli otomobilin (TOGG) bataryalarında kullanılacak olan lityum ihtiyacını karşılayabilecek potansiyele ulaşmanın hedeflenmesi lityum ile ilgili ülkemizde yaşanan olumlu gelişmeler olarak değerlendirilmektedir.

Bir çeşit yeniden doldurulabilir batarya olan lityum-iyon batarya; özellikle ‘akıllı’ telefon, dizüstü bilgisayar gibi elektronik ürünlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu bataryaların kullanılmadıkları zamanlarda enerji kayıpları yavaş olsa da gerekli önlemler alınmazsa diğer batarya türlerine göre ömürleri daha kısa olabilir. Hafif olması, küçük olması, taşınabilir olması, şarj etmek için tam olarak boşalmalarının beklenilmesinin gerekmemesi ve şarj edilirken yarıda kesilebilmesi bu bataryaların olumlu yönlerini oluştururken, kullanım ömürlerinin üretim tarihlerinden itibaren başlaması, üretildikten sonra şarj edilseler de edilmeseler de ömürleri üretim tarihinden itibaren azalmaya başlaması, sıcak bir havada

³ Topkurulu, Hakan (2020, 14 Ekim) Lityum

arabada bırakmak gibi hatalı kullanılmaları halinde tehlikeli olabilmesi bu bataryaların olumsuz yönlerini oluşturmaktadır.

Taşınabilir cihazların kullanım ömrünü uzatan pil çeşidi olarak bilinen lityum iyon piller, geleneksel pillere nazaran daha uzun ömürlü, daha yüksek güç yoğunluğuna sahip, bir seviyeye kadar daha hızlı şarj olan bataryalardır. Geleceğin teknolojisi olarak görülen lityum-iyon bataryaların ortalama ömürleri 5 yıldır. Direkt güneş ışınlarından ve direkt ısıdan korunması gereken bu piller, hâlihazırda kullanılan en yaygın ve verimli olan pil/batarya türüdür.

Lityum-iyon piller, taşınabilir elektrik ve elektronik cihazlara artan talebin yanı sıra elektrikli arabaların taşıma sektöründeki öneminin artmasıyla da gün geçtikçe değer kazanmaktadır. Lityum-iyon piller sergiledikleri yüksek enerji yoğunlukları ve toksik olmamaları nedeniyle cep telefonu, diz üstü bilgisayarlar ve küçük ev aletlerinde ve salgıladıkları düşük seviyedeki karbondioksit gazı salınımı sebebiyle de çevre bilincine sahip tasarımcılar ve tüketiciler tarafından tercih edilmektedir. Azalan enerji kaynakları ve artan depolama sistemlerine duyulan ihtiyaç nedeniyle önemi artan lityum-iyon pillerine olan talep, yakın gelecekte elektrikli arabaların üretiminin artmasıyla daha da artacaktır.

Günümüzde hemen her bireyin hızlı, verimli ve kolay iletişim için taşınabilir elektronik aletlerden (bilgisayarlar, cep telefonları, kameralar, fotoğraf makinaları, MP3 çalarlar, CD çalarlar, DVD oynatıcılar, radyolar, televizyonlar) en az birisine sahip olduğu bilinmektedir. Ayrıca gün geçtikçe evde kullandığımız elektrikli aletlerin çoğu kablosuz kullanılabilir hale gelmektedir. Taşınabilir tüm bu elektronik ürünlerin geliştirilen fonksiyonlarını uzun süreli ve etkin olarak idame ettirebilmeleri için temel şart yüksek enerji yoğunluğuna sahip, güvenli, uzun ömürlü, bakımı kolay, kısa surede şarj edilebilen ve çevreye zarar vermeyen bir enerji kaynağına sahip olmalarıdır. Tekrar şarj edilebilen lityum-iyon piller günümüzde taşınabilir elektronik ve elektrikli eşyalarda sahip olduğu üstün özellikler sayesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapılan pek çok araştırma ise yakın gelecekte tükenmesi beklenen petrol kaynaklarından sağlanan enerjiyle çalışan birçok araca gerekli (araba, ısıtıcı, vd.) enerjinin depolanmasında lityum iyon pillerin kullanılacağını ortaya çıkarmıştır.

Lityum iyon piller diğer pillerle karşılaştırıldıklarında bakım gerektirmemesi, uzun ömürlü, geniş çalışma sıcaklık aralığı, uzun raf ömrü, çabuk şarj olabilmeye kabiliyeti, yüksek güçlü deşarj kapasitesi, yüksek enerji verimi, hafıza etkisinin olmayışı gibi üstünlüklere sahip olmakla birlikte; fiyatı, yüksek sıcaklıklarda bozulması, koruyucu devre ihtiyacının oluşu, aşırı şarj sonucunda kapasite kaybı veya termal bozulması gibi zayıf yönleri de mevcuttur.

Elektrik araçlarının satış ve katma değerini belirleyen etkenlerin %30'unu piller oluşturmaktadır. Orta vadede dizel ve benzinli araçların yerini alması beklenen elektrikli araçların en önemli aksamını oluşturan lityum pillerin üretimine yönelik yatırımların artması öngörülmektedir.

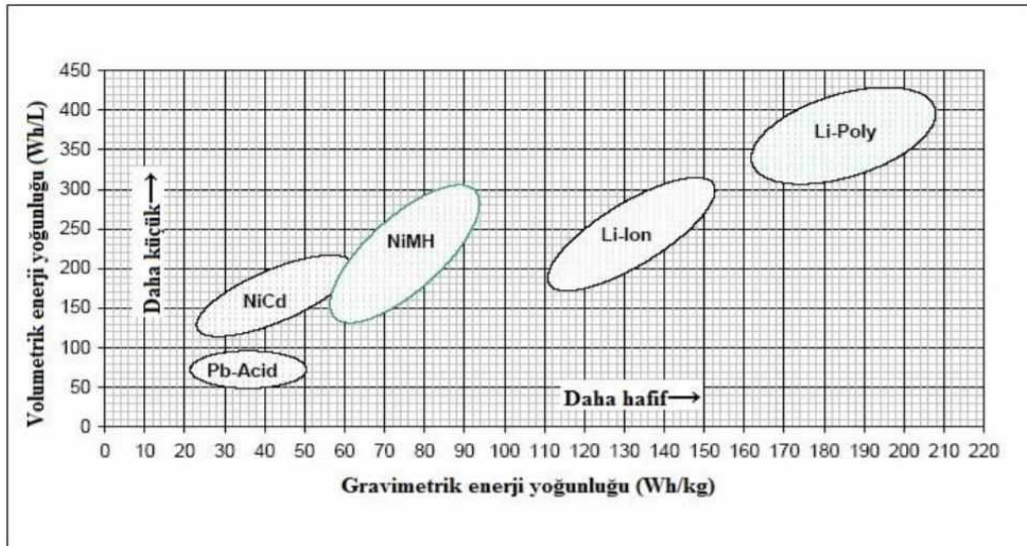
Günümüzde elektrikli araçların pillerinin aracın toplam katma değerinin %30'unu oluşturması, genel toplam üzerindeki pil payının bu denli yüksek olması nedeniyle pillerin seri üretimine yönelik ilgi giderek artmaktadır. Lityum iyon pillerinin üretimi iki aşamadan oluşmaktadır: Birinci aşamada pil hücresi üretiliyor. İkinci aşamada ise, söz konusu hücreler pil sistemleri oluşturacak şekilde birleştiriliyor. Pilin verimini ve kullanım ömrünü ve böylelikle maliyetini üretim teknolojisi belirlediğinden özellikle hücre üretim teknolojisine talepler artıyor.

Yeniden şarj edilebilir (rechargeable) Lityum-İyon piller, özellikle cep telefonundan dizüstü bilgisayara kadar çeşitli mobil cihazlar ve yüksek güç isteyen teknolojiler için (elektrikli araçlar ve askeri uygulamalar gibi) vazgeçilmez pil teknolojilerinden olup, Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistik Sınıflaması Nace Rev. 2'ye göre "27.20.04 Şarj Edilebilir Pil ve Batarya ile Bunların Parçalarının İmalatı" şeklinde sınıflandırılır.

1950'lerden sonra yarı-iletken malzemelerin keşfinden sonra hızla gelişen teknolojiler ve bilişim sektöründeki gelişmeler dijital ürünlerin hayatımızın her alanına girmesine yol açarak enerjiye olan ihtiyacımızı daha da artırmıştır. Akıllı telefonlar, fotoğraf makineleri, tabletler, bilgisayarlar, akıllı saatler, dronelar ve daha birçok dijital cihazın hemen hepsi ya elektrikle çalışmakta ya da enerjilerini pillerinde depoladıkları elektrikten elde etmektedir. Geçmişte kullanılan bazı teknolojilerin bugün artık kullanılan yeni nesil ürünlerde kullanılmaması da enerji ihtiyacı için insanoğlunu yeni teknolojiler bulmaya itmektedir.

Enerji depolama ortamlarından biri olan lityum-iyon piller, kompakt boyutları, şarj edilebilirlikleri, geri dönüştürülebilirlikleri ve yüksek yoğunluklu enerji çıkışları nedeniyle dijital ürünlerde yoğun bir şekilde kullanılmaya başlamıştır⁴. Şarj edilebilir lityum iyon piller üzerine yapılan araştırma geliştirme faaliyetleri, taşınabilir elektrik ve elektronik cihazlara artan talebin yanı sıra elektrikli arabaların taşıma sektöründeki öneminin artmasıyla da gün geçtikçe değer kazanmaktadır. Lityum iyon piller sergiledikleri yüksek enerji yoğunlukları (Bakınız Şekil 2) ve toksik olmamaları nedeniyle cep telefonu, diz üstü bilgisayarlar ve küçük ev aletlerinde ve salgıladıkları düşük seviyedeki CO2 gazı salınımı sebebiyle de çevre bilincine sahip tasarımcılar ve tüketiciler tarafından tercih edilmektedirler⁵. Geçmişte taşınabilir ev aletlerinde sıkça tercih edilen lityum iyon pillerin önemi azalan enerji kaynakları ile artan depolama sistemlerine olan ihtiyaç ve ayrıca yakın gelecekte elektrikli arabaların üretiminin artmasıyla daha da arttıracaktır.

Şekil 2. Çeşitli Şarj Edilebilir Pillerin Enerji Yoğunluklarının Karşılaştırılması



Kaynak: Nilay Akkuş, Şarj edilebilir lityum bataryalarda katot aktif madde olarak kullanılan LiMn2O4 bileşiğinin çoklu katyon katkılama ile döngü performansının incelenmesi (2011).⁶

Günümüz hayatının vazgeçilmez birer parçası olan elektronik ürünlerin fonksiyonlarını uzun süreli ve etkin olarak sürdürebilmeleri için temel şart yüksek enerji yoğunluğuna sahip, güvenli, uzun ömürlü, bakımı kolay, kısa sürede şarj edilebilen ve çevreye zarar vermeyen bir enerji kaynağına sahip olmalarıdır. Tekrar şarj edilebilen lityum-iyon piller günümüzde taşınabilir elektronik ve elektrikli eşyalarda sahip olduğu üstün özellikler sayesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapılan pek çok

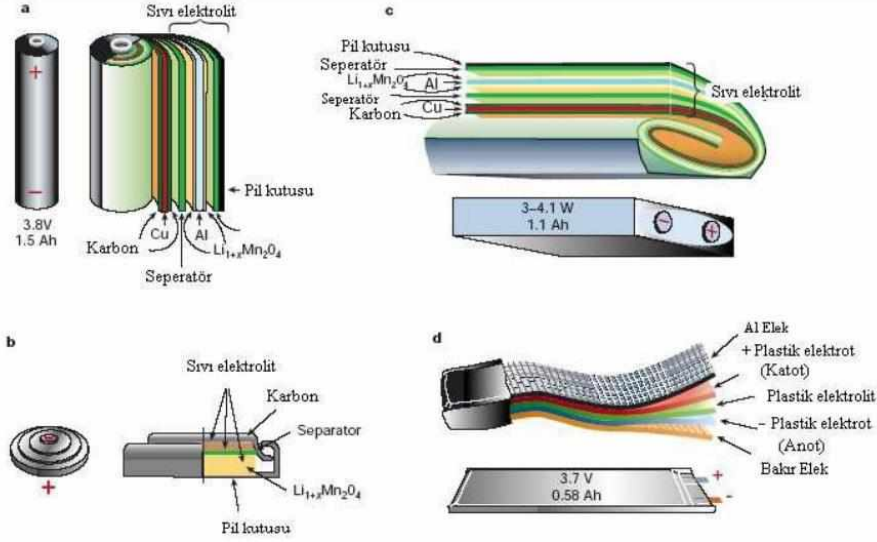
⁴ Teknolojide Lityum Bağımlılığı, ThinkTech, STM Teknolojik Düşünce Merkezi (2019)

⁵ Polat, B. D. ve Keleş, Ö. 2012. Lityum İyon Pili Teknolojisi. TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası, 42-48)

⁶ Tarascon, J. M. and Armand, M., Issues and Challenges Facing Rechargeable Lithium Batteries, Nature, 414, 359-367, 2012

araştırma ise yakın gelecekte tükenmesi beklenen petrol kaynaklarından sağlanan enerjiyle çalışan birçok araca gerekli (araba, ısıtıcı, vd.) enerjinin depolanmasında lityum iyon pillerin kullanılacağını ortaya çıkarmıştır.

Şekil 3. Lityum İyon Pil Çeşitleri ve Yapıları



Lityum-iyon pillerin bir diğer önemli özelliği NiCd (Nikel Kadmiyum) pillerde görülen hafıza etkisinin (memory effect) görülmemesidir. Hafıza etkisi NiCd pillerin üst üste, tam olarak boşalmadan şarj edilmesi sonucu, maksimum kapasitelerini kaybetme özelliğidir. Bu nedenle lityum-iyon pilleri şarj etmek için tamamen boşalmalarını beklemek veya tam olarak şarj etmek gerekmez. Ayrıca lityum-iyon pillerin zamana bağlı olarak kendi kendine deşarj olma hızı da nikel tabanlı teknolojilere göre hayli düşüktür.

Johan August Arfwedson tarafından 1817 yılında bulunan lityum elementi, periyodik tabloda 1. grup alkali metaller içinde yer alan, atom numarası 3, sembolü "Li" olan kimyasal bir elementtir. Doğada saf halde bulunmayan lityum, yoğunluğu en düşük metaldir. Yumuşak ve gümüş benzeri beyaz bir rengi olan lityum kesilebilir bir yapıya sahiptir⁷.

1970 yılında lityum metalinin enerji uygulamalarında kullanımına ait avantajlar fark edildikten sonra 1972'de Exxon ilk defa TiS₂ yapısında katot üreterek (lityum metali anot olarak kullanıldı) lityum pilini üretmiştir. 1980'de katmanlı yapıdaki sülfür içeren katot malzemelerinin uzun çevrimler boyunca kararlı kalmadığı keşfedilmiş, Goodenough ve arkadaşları alternatif malzeme olarak metal oksitlerin katot olarak kullanılmasını önermişlerdir. 1991 yılında ilk defa Sony bu görüşü geliştirerek ilk ticari Lityum iyon pili üretmiştir. LiCoO₂'nin katot, karbonun anot olarak kullanıldığı bu hücrelerde 3,6 V üstünde potansiyel elde edilmiş, uzun çevrimler boyunca kararlılık gösteren lityum iyon pillerin üretilmesi başarılmıştır. Daha sonraki yıllarda pil teknolojisinde rekabet hızla artmış ve özellikle pillerin çevrim ömürleri (şarj-deşarj çevrimi), özgül enerjileri, hacimsel enerji yoğunlukları, güvenlikleri ve yüksek sıcaklıklarda kararlı yapıları üzerinde gerçekleştirilen geliştirme çabaları hız kazanmıştır⁸.

Lityumun en önemli kullanımı elektrikli araçlar, şarj edilebilir enerji depoları, telefonlar, dizüstü bilgisayarlar, kameralar, oyun konsolları ve yüzlerce başka elektronik cihazlardır. Lityum iyon piller, bisikletler, elektrikli aletler, forkliftler, vinçler ve diğer endüstriyel ekipmanlar için giderek daha fazla

⁷ <https://www.britannica.com/science/lithium-chemical-element>

⁸ https://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi162/d162_4248.pdf

kullanılmaktadır. Lityum ayrıca, seramik ve cam yapımında, yağlayıcı ve alaşım sertleştirici maddelerin bileşiminde, A vitamini sentezinde, nükleer santrallerde soğutucu görevinde ve roketlerde itici kuvvet sağlamada kullanılır. Bazı lityum bileşikleri, beyin rahatsızlıkları ve psikolojik hastalıkların tedavisinde kullanılan ilaçların içeriğinde de yer alır⁹.

2.2. Sektöre Yönelik Sağlanan Destekler

31185 sayılı ve 14 Temmuz 2020 tarihli Resmî Gazete'nin 2020/8 tebliğ numaralı sayısında yayımlanan "İthalatta Kota ve Tarife Kontenjanı İdaresine İlişkin Tebliğ" ile "Bazı Sanayi Ürünlerinin İthalatında Tarife Kontenjanı Uygulaması Hakkında Karar" uyarınca açılan tarife kontenjanlarının ilk dağıtımları sonucunda artakalan kontenjanların dağıtım yöntemi ile başvuru ve kullanım usul ve esasları düzenlenmiştir.

8507.60.00 veya 8507.80.00 GTİP ile Yeniden Şarj Edilebilir Lityum İyon Polimer piller (batarya), Lityum İyon Akümülatörler, Lityum İyonlu (Li-Ion) Akümülatörler tanımlarında yer alan ve 8529.90.92.00.00 ve 9405.40.39.00.00 GTİP ile Yalnız LED Diyotlu Baskılı Devre Kartı tanımları yer alan eşyanın ithalatında karşılıklarında gösterilen miktarlarda artakalan tarife kontenjanlarının dağıtım usul ve esasları belirlenmektedir.

Söz konusu eşyayı üretiminde hammadde veya ara mal olarak kullanan sanayiciler ile tarife kontenjanı konusu maddeye ilişkin başvurunun yapıldığı yıl hariç son üç takvim yılında ithalat performansı olan geleneksel ithalatçılara talep toplama yöntemi ile dağıtım yapılması karara bağlanmıştır.

Tablo 1. 31185 Sayılı ve 14 Temmuz 2020 Tarihli Resmî Gazete'nin Eki

Ek-1
TABLO

No	G.T.P	Eşyanın Tanımı	Birim	Miktarı	Gümrük Vergisi %
1	8507.60.00 veya 8507.80.00	*Yeniden şarj edilebilir lityum iyon polimer piller (batarya): -nominal kapasitesi 1 060 mAh olan, -nominal gerilimi 7,4 V (ortalama gerilimi 0,2 C'de deşarj) olan, -8,4 V'luk (±0,05) voltajı olan, -uzunluğu 86,4 mm (±0,1) olan, -genişliği 45 mm (±0,1) olan, -yüksekliği 11 mm (±0,1) olan, yazar kasaların imalinde kullanılmaya mahsus (a).	Adet	50.000	0
2	8507.60.00	*Lityum-iyon akümülatör: -Kalınlığı 6 mm fazla olmayan, -Genişliği 100 mm fazla olmayan, -Uzunluğu 150,15 mm fazla olmayan, -Nominal kapasitesi 1.000 mAh veya daha fazla olan ancak, 10.000 mAh'den fazla olmayan, -Ağırlığı 150 gr'dan fazla olmayan, 8517.12.00 alt başlığında yer alan ürünlerin imalinde kullanılmaya mahsus (a).	Adet	2.500.000	0
3	8507.60.00	*Lityum İyonlu (Li-Ion) Akümülatörler: -Voltajı 150 V veya daha fazla olan ancak, 300 V'u geçmeyen, -Uzunluğu 290 mm veya daha fazla olan ancak 490 mm'yi geçmeyen, -Genişliği 670 mm veya daha fazla olan ancak 1120 mm'yi geçmeyen, -Yüksekliği 140 mm veya daha fazla olan ancak 230 mm'yi geçmeyen, 87. fasılda yer alan motorlu taşıtların imalinde kullanılmaya mahsus (a).	Adet	46.000	0
4	8529.90.92.00.00 veya 9405.40.39.00.00	*Yalnız LED Diyotlu Baskılı Devre Kartı; prizmalar/lensler ile donatılmış olsun ya da olmasın, bağlayıcı(lar) ile donatılmış olsun ya da olmasın, 85.28 başlığındaki ürünlerin arka ışık ünitelerinin imaline mahsus (a).	Adet	40.000.000	0

(a) : Bu eşya gümrük mevzuatının nihai kullanıma ilişkin hükümlerine tabidir.

* :Bu GTP'lerde sadece madde ismi sütununda özellikleri belirtilen ürünler için vergi oranı düşürülmüştür.

⁹ <https://thinktech.stm.com.tr/detay.aspx?id=240>

2.2.1. Yatırım Teşvik Sistemi

Lityum İyon Batarya üretimi sektör bakımından değerlendirildiğinde Orta Yüksek Teknolojili sektörler içerisinde yer almaktadır. 27.20.03 Akümülatör imalatı (kurşun asitli, nikel kadmiyum, nikel metal hidrit, lityum-iyon, lityum polimer, nikel demir ve diğer elektrik akümülatörleri) ORTA-YÜKSEK TEKNOLOJİ

Ankara ilinde lityum pil alanında en az 4 milyon TL'lik yatırım yapılması koşulu ile 1. Bölge bölgesel teşviklerden yararlanılması mümkündür.

Tablo 2. Bölgesel Teşvikler-Lityum İyon Pil Üretimi

Yatırımın Tanımı	Lityum pil üretimi
Yatırımın Yeri	Ankara
İlin Yer Aldığı Bölge	1. Bölge
Bölgesel Teşviklerde Asgari Yatırım Şartları	4 Milyon TL
Yararlanılacak Teşvik Bölgesi	1. bölge
KDV İstisnası	Evet
Gümrük Vergisi Muafiyeti	Evet
Yatırım Yeri Tahsisi	Var
SGK Teşviki	2 yıl-Yatırıma Katkı Oranı %10
Vergi İndirimi	%15 Yatırıma Katkı Tutarı-%50 Kurumlar Vergisi İndirimi

2.2.2. Diğer Destekler

Sektöre yönelik başka bir destek bulunmamaktadır.

2.3. Sektörün Profili

Önümüzdeki 50 yıl içerisinde araç sayısında önemli ölçüde bir artış beklenmekte ve bunun sonucu olarak da yeterli/ucuz yakıt temini riski ve egzoz emisyonlarından kaynaklanan çevresel problemler ile karşılaşılacağı öngörülmektedir. Bahsi geçen bu problemler ile birlikte egzoz emisyonları ile ilgili yasal düzenlemeler (Ör: Avrupa'da karbon emisyonuna göre yapılan vergilendirme) üreticileri özellikle elektrikli ve hibrit elektrikli araçlar konusunda çalışmalar yapmaya yönlendirmiştir. Ancak bu konuda yapılan mevcut çalışmalar incelendiğinde, elektrikli ve hibrit elektrikli araçlar farklı firmalar tarafından geliştirilmesine rağmen, bu araçların genellikle özel kullanımlara yönelik oldukları ve seri üretiminin henüz yeterince yaygınlaşmadığı görülmektedir. Dolayısıyla ulaşım sistemlerinin yüksek enerji ihtiyacının özellikle alternatif enerji sistemleri ile karşılanabilmesi amacı ile yapılan araştırma çalışmaları günümüzde oldukça yoğunlaşmıştır.

Bu çerçevede alternatif yaklaşımlar arasında yer alan ve araştırmaya açık bir alan olan elektrikli ve hibrit elektrikli araç teknolojilerine yönelik çalışmalar son zamanlarda oldukça önem kazanmıştır. Elektrikli ve hibrit elektrikli araçların konvansiyonel araçlara kıyasla daha çevre dostu olması, enerji verimliliği ve esnekliği sunması, düşük şarj maliyetleri, yatırım ve vergi teşvikleri, daha az hareketli mekanik parçalarının olması gibi avantajları bu konuda yapılacak çalışmalarda dikkate alınması gereken unsurlar olarak ortaya çıkmaktadır. Bu açıdan, günümüzün ve geleceğin araç sistemleri için en önemli teknoloji olarak görülen elektrikli ve hibrit elektrikli araç sistemleri alanında ülkemizin dünya çapında söz sahibi olabilmesi için bu alanda gerçekleştirilecek, yukarıda bahsi geçen unsurları dikkate alan detaylı araştırma projelerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Elektrikli ve hibrit-elektrikli araçların en kritik bileşenlerinden birisi bataryadır. Bu amaçla kullanılan batarya sistemlerinin başında Li-iyon bataryaları gelmektedir. Ancak mevcut Lityum-iyon batarya hücre teknolojilerinin bu araçlar için sağladığı performans (özellik enerji yoğunluğu, şarj süresi, maliyet ve pil ömrü) istenilen seviyelerde değildir. Bu nedenle dünyada batarya teknolojileri üzerine yoğun şekilde Ar-Ge çalışmaları yapılmaktadır.

Dünya lityum rezervinin % ve miktar olarak ülkelere göre dağılımı şu şekildedir:

Tablo 3. Dünya Lityum Rezervi

Ülke	Rezerv (Ton)	%
Bolivya	9.000.000	19
Şili	7.500.000	16
Çin	7.000.000	15
ABD	6.900.000	15
Arjantin	9.000.000	19
Avustralya	2.000.000	4
Diğer Ülkeler	5.500.000	12

Kaynak: Dünyada ve Türkiye'de Lityum. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü¹⁰

2015-2016 Yıllarında dünya lityum üretiminin miktar olarak ülkelere göre dağılımı ise şu şekildedir:

Tablo 4. 2015 ve 2016 Yılları Dünya Lityum Üretimi

Ülkeler	Üretim (ton)	
	2015	2016 (Geçici)
ABD	Veri yok	Veri yok
Arjantin	3.600	5.700
Avustralya	14.000	14.300
Brezilya	200	200
Şili	10.500	12.000
Çin	2.000	2.000
Portekiz	200	200
Zimbabve	900	900
Toplam	31.500	35.000

Kaynak: Dünyada ve Türkiye'de Lityum. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü

¹⁰ U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2017'den aktaran Akgök, Yusuf Ziya ve Şahiner, Mesut (2017, Haziran)

Aşağıdaki şekilde, lityum-iyon batarya pilleri için değer zinciri gösterilmektedir. Değer zinciri, hammadde madenciliğinden pil geri dönüşümüne uzanan yelpazeyi gösteren 6 bölüme ayrılmıştır. Madencilik ve kimya endüstrileri, anot, katot, elektrolit ve ayrıca dahil olmak üzere çeşitli hücre bileşenlerinin üretiminde kullanılan çok sayıda ham ve işlenmiş malzemeyi sağlamaktadır. Bu bileşenler daha sonra tek tek hücrelerde birleştirilmektedir. Bazı malzemeler yalnızca lityum-iyon hücre üretimi için kullanılırken, diğerleri başka amaçlar için kullanılabilir. Üretilen lityum-iyon hücrelerin çoğu, taşınabilir elektronik cihazlarda kullanılmak üzere bir araya getirilirken, hızla büyüyen bir pay ise, elektrikli araçlar için pil paketlerinde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Bataryalar, ilk uygulamasında kullanım ömrünün sonuna ulaştığında, geri dönüştürülebilmektedir veya alternatif olarak ikinci bir kullanım uygulamasına ayrılabilir. (Örneğin enerji depolaması).

Şekilde yer alan değer zinciri tablosundaki hücre üretimi bu çalışmanın konusu olacaktır.

Şekil 4. Lityum-iyon Batarya Pil Değer Zinciri



Kaynak: Avrupa Batarya Birliği; <https://www.eba250.com/about-eba250/value-chain/>

Lityum-iyon bataryalar en yaygın olarak elektronik endüstrisinde yeniden şarj edilebilir pil olarak kullanılmaktadır. Bu teknoloji, taşınabilir elektrik sağlayarak cep telefonları, dizüstü bilgisayarlar ve tabletler gibi elektronik aletlere güç sağlamaktadır. Bataryalar ayrıca tıbbi ekipmanlara, elektrikli araçlara ve elektrikli aletlere enerji sağlamak için kullanılmaktadır. Bu ürünün başlıca kullanım alanları:

Taşınabilir Güç Paketleri:

Şarj edilebilir Lityum-iyon bataryalar, elektronik cihazlara güç tedarik ederek taşınabilir elektrik sağlamaktadır. Lityum-iyon bataryaların hafif ve diğer pil türlerinden daha küçük olması taşımada kolaylık sağlamaktadır.

Batarya teknolojilerinin gelişimi, doğrudan cep telefonları, dizüstü bilgisayarlar ve tabletler gibi mobil elektronik cihazların küçükleştirilmesine bağlıdır. Bu taşınabilir cihazlar küçüldükçe, onlara güç sağlayan batarya hücreleri ve paketleri de buna göre küçülmüştür. Örneğin, daha küçük taşınabilir ve el elektroniğine yönelik tasarım eğilimi, lityum-iyon bataryaların hızlı çoğalmasına teşvik etmiştir¹¹.

Kesintisiz güç kaynağı:

Lityum-iyon bataryalar, güç kaybı veya dalgalanma durumunda acil yedek güç sağlamaktadır. Bilgisayar gibi ofis ekipmanlarının yanı sıra BT sunucuları, veri kaybını önlemek için güç kesintisi durumunda çalışmaya devam etmesi gerekmektedir. Hayat kurtarma ekipmanlarının kesintisiz çalışması bakımından yedek güç önem teşkil etmektedir¹².

Elektrikli Araçlar:

Elektrikli veya hibrit araçlar lityum-iyon bataryalar vasıtasıyla çalışmaktadır. Bu kapsamda bu ürüne otomotiv sanayisinden büyük bir talep vardır. Lityum-iyon batarya büyük miktarda enerji

¹¹ <https://www.electronicdesign.com/power-management/article/21799386/understanding-lithium-batteries-in-portable-electronics>

¹² <https://searchdatacenter.techtargget.com/definition/uninterruptible-power-supply>

depolayabildiğinden ve birden fazla kez sarj olmasından dolayı daha iyi sarj kapasitesi ve uzun ömür sunmaktadır. Elektrikli araçların önemli bir özelliği, sürücülerin onları yerleşik olmayan bir elektrik güç kaynağından şarj etmek için takabilmeleridir. Bu özellik elektrikli araçları hibrit araçlardan ayırmaktadır. Hibrit araçlarda batarya içten yanmalı motor ile desteklemektedir¹³.

Binek Araçlar:

Lityum-iyon bataryalar, tekerlikli sandalyeler, bisikletler ve skuterlar için kullanılmaktadır. Kadmiyum ve kurşun pillerin aksine, lityum iyon piller, kullanıcıların sağlığına zarar verebilecek kimyasallar içermemektedir.

Güneş Enerjisi Depolanması:

Lityum-iyon bataryalar, hızlı bir şekilde şarj edilebildikleri için güneş enerjisini güneş panellerinde depolamak için de kullanılır. Kurşun asitli akülere kıyasla daha hafif, daha kompakt ve daha yüksek miktarda enerji tutabilirler¹⁴.

Lityum iyon piller ilk olarak 1990'ların başında Sony tarafından ticarileştirilmiştir. O sırada kullanılan diğer şarj edilebilir kimyasallara göre daha üstün bir performans sağladıkları için alımları hızla artmıştır. Portatif elektronik cihazlara yönelik sayı ve ürün yelpazesi açısından artan talep, yüksek performanslı lityum iyon pillere olan ihtiyacı doğurmuştur. Asyalı batarya üreticilerinin artan talebe hızlı ve rekabetçi bir şekilde yanıt vermeleri pazarda hakimiyet kurmalarını sağlamıştır. Bu, Asya'da güçlü bir üretim üssünün kurulmasına ve daha sonra üretim hacminin hızla artırılmasına, teknolojinin daha da geliştirilmesine ve optimizasyonuna ve otomotiv dahil gelişmekte olan pazarlara doğru ürün yelpazesinin çeşitlendirilmesine olanak tanımıştır. Samsung SDI, LG Chem, Sanyo-Panasonic, Sony ve BYD gibi Asyalı şirketler lityum-iyon batarya üretimini domine etmişlerdir.

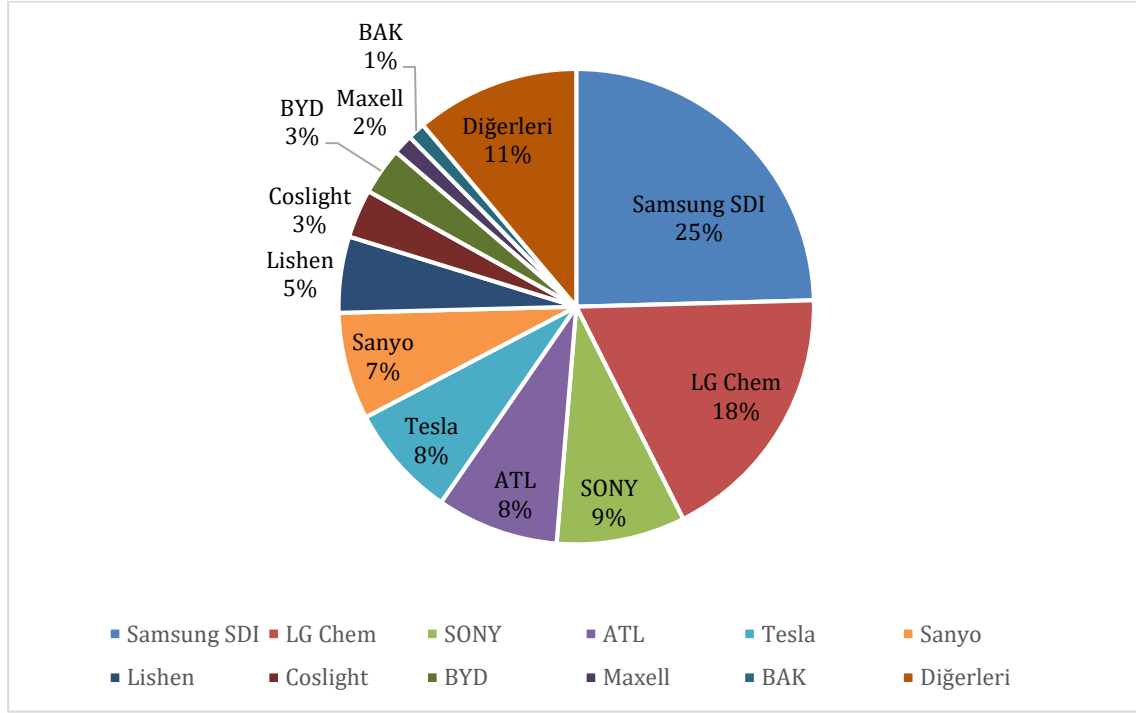
Tablo 5. 2015 Yılı Firmaların Pazar Pay ve Değer Göstergeleri

Şirket	2015 Yılında Pazar Payı, hücre sayısı (milyon)	Şirket	2015 yılında Pazar Değeri, Dolar (milyon)
Samsung SDI	1376	Samsung SDI	3000
LG Chem	1008	LG Chem	2530
SONY	490	ATL	1490
ATL	465	Sanyo	1125
Tesla	430	BYD	1120
Sanyo	408	SONY	1040
Lishen	290	Tesla	970
Coslight	185	Lishen	850
BYD	180	NEC	520
Maxell	76	Coslight	450
BAK	67	GS Yuasa	210
Diğerleri	625	Diğerleri	3395
Toplam	5600	Toplam	16700

Kaynak: Avicanne Energy

¹³ <https://www.energy.gov/eere/electricvehicles/electric-vehicle-basics>

¹⁴ <https://www.energysage.com/solar/solar-energy-storage/what-are-the-best-batteries-for-solar-panels/>

Şekil 5. Şirketlerin Lityum-iyon Batarya Pazarındaki Payı, Hücre Sayısı

Kaynak: Avicenne Energy (EUROBAT e-mobility- Battery R&D Roadmap 2030- Battery Technology for Vehicle Applications, 2015, EUROBAT. p. 36.)

Otomotiv uygulamalarına yönelik hücre üretimi yapan şirketler arasında Panasonic, Samsung SDI, LG Chem, AESC, GS Yuasa, Li Energy Japan, BYD, Wanxiang, Lishen Tianjin ve Toshiba gibi şirketler sıralanabilir¹⁵.

Lityum-iyon batarya toplam pazar hacminde 1990 yılından 2010 yılına kadar 10 katlık bir artış gerçekleşmiştir (yaklaşık 2 GW'dan 20 GW'a). Bu artışın büyük bir kısmı taşınabilir elektronik cihazlardan dolayı olmuştur. Toplam pazar hacmi 2010 yılında 6.5 Milyar Avro'ya ulaşmıştır (Avicenne Energy, 2018, The Rechargeable Battery Market and Main Trends 2017-2025: 100 pages). 2010'dan itibaren Li-ion piller, üretim çıktısı açısından %26 ve değer açısından %20 oranında yıllık olarak büyümektedir. 2017 yılında Lityum-iyon batarya toplam piyasa büyüklüğü yaklaşık 120 GW'a çıkmıştır (24 Milyar Avro).

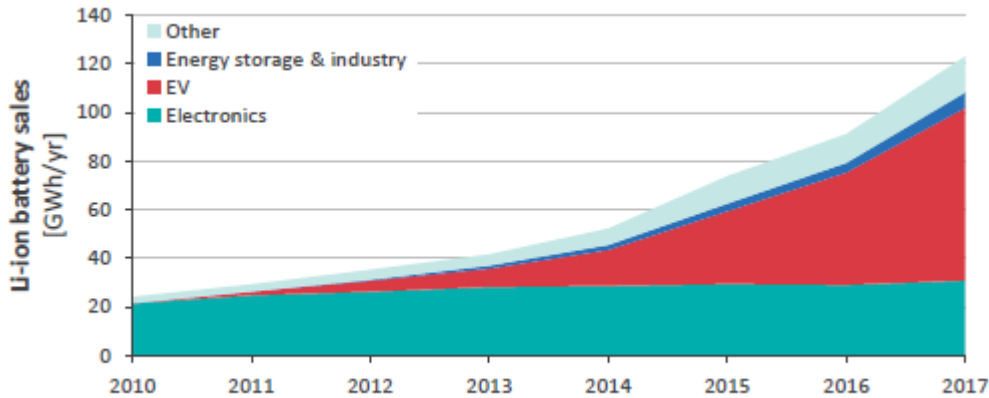
Lityum-iyon batarya pazarı elektrikli araç piyasasından gelen yüksek talep ve enerji depolama alanındaki gelişmelerden ötürü büyümektedir. Piyasaya sürülmelerinden bu yana geçen dört yıl içinde, elektrikli araçlar için yıllık Li-ion pil satışları elektronik için olanları geride bırakmıştır. Pazarda yıllık ortalama %67'lik büyüme olurken, bu eğilimin devam etmesi beklenmektedir. Sabit depolamaya yönelik Lityum-iyon batarya uygulamaları 2011 yılı itibariyle başlamıştır. Bu tarihten itibaren kurulu kapasiteleri hızla artarak 2017 yılında 2 GW'a ulaşmıştır¹⁶.

Yenilenebilir enerjinin yaygınlaşmasıyla birlikte, sabit depolamaya yönelik Li-ion pil satışlarının daha hızlı artması beklenmektedir. Genel olarak, elektrikli araçlar ve sabit depolama için Li-ion pillerin pazar payı, bu on yılın başlarında yaklaşık %5'ten 2017'de %60'ın üzerine çıkmıştır.

¹⁵ Anderman, M., Tesla battery report, 2014, Advanced Automotive Batteries. p. 39.

¹⁶ BNEF, 2018, Long-Term Electric Vehicle Outlook 2018 (EVO 2018), Bloomberg New Energy Finance (BNEF), pp: 1-100.

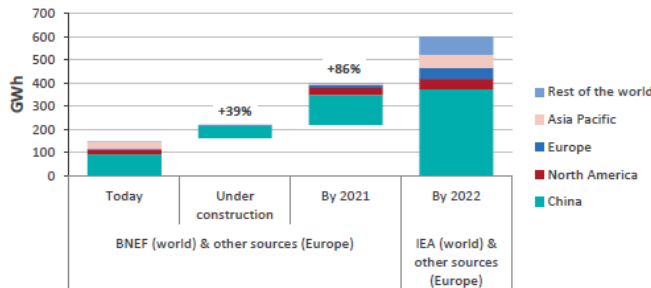
Şekil 6. Lityum-iyon Bataryanın Ürün Yelpazesine Göre Yıllık Büyüme Oranı



Kaynak: JRC Science for Policy Report, 2018

Elektrikli araçlar ve sabit depolama için Li-ion hücrelerin küresel üretim kapasitesi yaklaşık 150 GWh'dir ve kapasitenin üçte ikisi Çin'de bulunmaktadır. Lityum iyon batarya hücresi pazarı, kısa vadede 240 ile 450 GWh arasında değişen bir kapasitede büyüme öngörülmektedir. Şirketlerin yatırım planlarına göre, yakın gelecekte 240 ile 450 GWh arasında değişen bir büyüme öngörülmektedir. Diğer bir deyişle 2022'ye kadar Lityum iyon batarya hücre üretim kapasitesinin bugünkünden 2.5 ile 4 kat arasında daha yüksek olması öngörülmektedir. Hem elektrikli araç satışları hem de Lityum iyon batarya hücre üretim kapasitesindeki hızla artıştan ötürü, pazar durumunun yakın gelecekte daha iyi bir dengeye gelmesi beklenmektedir. Hücre üretim pazarının büyük payının gelecekte de Asya'lı kuruluşlara ait olması öngörülmektedir. En hızlı büyümenin de kısıtlı üretim kapasitesinden ötürü Avrupa'da gerçekleşmesi beklenmektedir (Şekil 6). 2022'ye kadar, Avrupa Li-ion pil hücresi üretim kapasitesinin küresel payının bugün yaklaşık %3'ten %8'e çıkması beklenmektedir. 2028 yılına kadar, Avrupa'daki ek kapasite ve tesis genişlemeleri nedeniyle, mevcut tüm planlar ve duyurular gerçekleşirse, toplam Li-ion hücre üretim kapasitesinin yaklaşık 105 GWh'ye ulaşabilmesi öngörülmektedir. Önümüzdeki on yılda, yeni üretim hatlarının faaliyete geçtiği yıl ve yakın vadeli pazar tahminlerine bağlı olarak, Avrupa küresel talebin %7'si ile %25'ine hizmet etmesi tahmin edilmektedir. Kapasitenin çoğunun İsveç, Almanya ve Polonya'da olması beklenmektedir.

Şekil 7. Lityum-iyon Batarya Hücre Üretim Kapasitesinde Öngörülen Büyüme Oranları



Günlük hayatımızda elektronik cihazların kullanımının giderek artması ve teknolojinin baş döndüren bir hızla ilerlemesi nedeniyle yüksek kapasiteli endüstriyel piller pek çok alanda önem kazanırken, bu trendin önümüzdeki yıllarda giderek çok daha önem kazanacağı tahmin edilmektedir.

Şarj edilebilir pil pazarının değeri 2014 yılında 49 milyar doları seviyesinde iken, pazarda en büyük payı %33,3 ile lityum-iyon pilleri almıştır. 2025 yılı tahminlerine göre pazar payının 112 milyar doları seviyesine çıkması, bu pazarda lityum-iyon pillerinin payının ise %70'e çıkması öngörülmektedir.

Şekil 8. Şarj Edilebilir Pil Pazarı 2025 Beklentileri ve Lityum-İyon Pillerin Pazar Payı

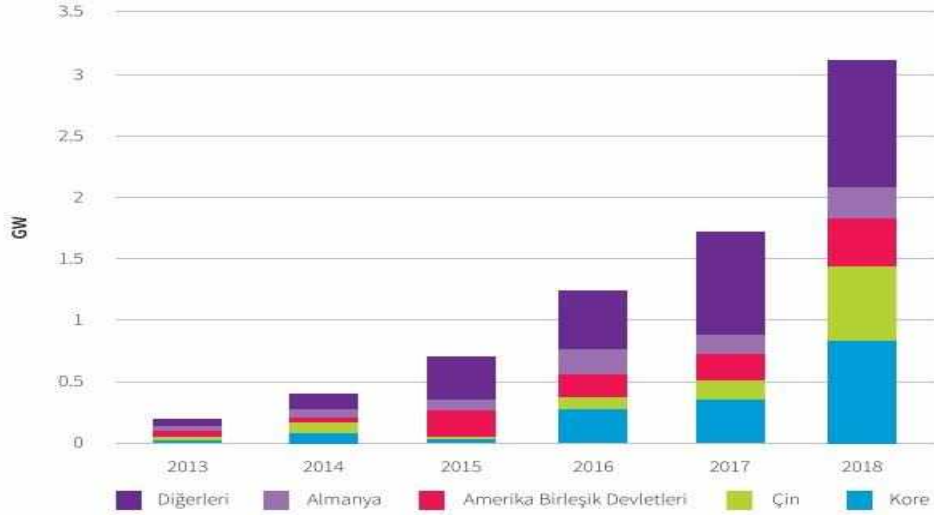


Bugün içinde bulunduğumuz enerji değişiminin merkezinde pil devrimi yer almaktadır. Günümüzde karbon yakıtlarla çalışan araçlar ezici çoğunluk olsa da elektrikli araçlara olan talep her geçen gün artmaktadır. Elektrikli araç stokları 2015-2016 yılları arasında iki katına çıkmıştır. Bunda akü üretimindeki artışla birlikte bataryaların pazar fiyatlarındaki düşüş de etkili olmuştur.

Otomotiv sektörü, pil endüstrisinin gelişimini yönlendirmiş olsa da pillerin sabit depolama özelliği birçok sektörde daha belirgin bir etki bırakabilir. Örneğin yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretiminde (rüzgâr, güneş enerjileri vs.) en büyük sorunlardan biri üretilen enerjinin depolanamamasıdır. Lityum-iyon ve benzeri enerji depolama ortamlarının daha ulaşılabilir ve makul fiyatlı hale gelmesi ile birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının eksikliğini duyduğu depolama sorununu azaltmada veya ortadan kaldırmada temel bir rol oynayabilir. Zamanla, elektriği saklama özelliğiyle yenilenebilir enerji kaynaklarının da enerji şebekesine önemli ölçüde entegrasyonunu sağlayacaktır.

Enerjinin nerede üretildiği konusu gün geçtikçe önemini artırırken, hâlihazırda Avrupa'nın birçok yerinde pilot projelerde uygulanmakta olan merkezi olmayan enerji üretimi ve depolamanın yaygınlaşması, daha küçük ölçekli batarya kurulum ihtiyacını artıracaktır. Dahası artan yenilenebilir elektrik enerjisi üretimi, mevcut şebekelerdeki esneklik ihtiyacının karşılanması ve sistemin dengelenmesine katkı sağlayacak batarya enerji depolama sistemlerinin daha fazla kullanılmasına neden olacaktır. Elektrikli araç ve enerji sistemlerinde olan uygulamaların yanı sıra, Nesnelerin İnterneti (IoT) ve cihaz elektrifi kasyonunda (örneğin e-kitaplar, akıllı saatler, akıllı telefonlar, akıllı anahtarlar vb.) yaşanan gelişmeler daha yüksek yoğunluklu bataryalara olan ihtiyacı hızla artırmaktadır¹⁷. Aşağıdaki şekilde görüldüğü üzere, özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin depolanması için pil batarya sistemlerinin kullanımı da yıldan yıla önemli oranda artmaktadır.

¹⁷ Enerji ve Ulaştırma Sektörleri Dönüşümünde Batarya Teknolojilerinin Rolü: Eğilimler, Fırsatlar ve Yenilikçi Uygulamalar, SHURA (www.shura.org.tr), (2019).

Şekil 9. Enerji Depolama Amacıyla Pil Batarya Kullanımının Yıllara Göre Artış Grafiği

Kaynak: IEA Energy Storage, 2019

Lityum-iyon pil teknolojisi elektrikli araç pazarı dışındaki pazarlar için de geniş kapsamlı etkilere sahiptir. Bu teknoloji için önemli pazarlardan biri de savunma sanayiidir. Pillerin zamanla farklı askeri sistemler tarafından kullanılması bu pazarda gerçekleşecek değişimin etkilerini artırabilir. Lityum-iyon piller, taşınabilir taktik telsizleri, termal kameraları ve taşınabilir bilgisayarlar gibi askeri uygulamalarda uzun süredir yaygın olarak kullanılmaktadır. Önümüzdeki yıllarda lityum pillerin kullanımının, askeri araçlar, tekneler, barınaklar, uçaklar ve füzeler gibi alanlara da genişlemesi beklenmektedir. Silahlı kuvvetlere eşsiz avantajlar sunan yeni nesil hafif lityum-iyon piller, geleneksel kurşun asit pillere göre çok daha güçlüdür. 10 yıllık kullanım ömrüne sahip, bakım gerektirmeyen lityum piller ile üç kat daha fazla enerji yoğunluğu sağlanmaktadır. Lityum-iyon piller bu sayede mevcut araç pillerinin sebep olduğu pahalı saha lojistiğini önemli ölçüde azaltacaktır¹⁸. Lityum-iyon piller denizaltılarda da büyük etkiler yaratabilir. Denizaltıların özellikle sualtında sessiz bir şekilde uzun süre hareket kabiliyetine sahip olmaları önemlidir. Lityum-iyon pillerin, daha uzun süre dayanabilmesi, hızlı şarj olması ve sessiz çalışabilmesi büyük avantaj sağlayabilir. Güney Kore, geliştirdiği pillerle denizaltı çalışma sürelerini iki katına çıkarabileceğini açıklarken, Japonya ilk lityum-iyon pillerle donatılmış denizaltısını tanıtmıştır.

¹⁸ <https://thinktech.stm.com.tr/detay.aspx?id=240>

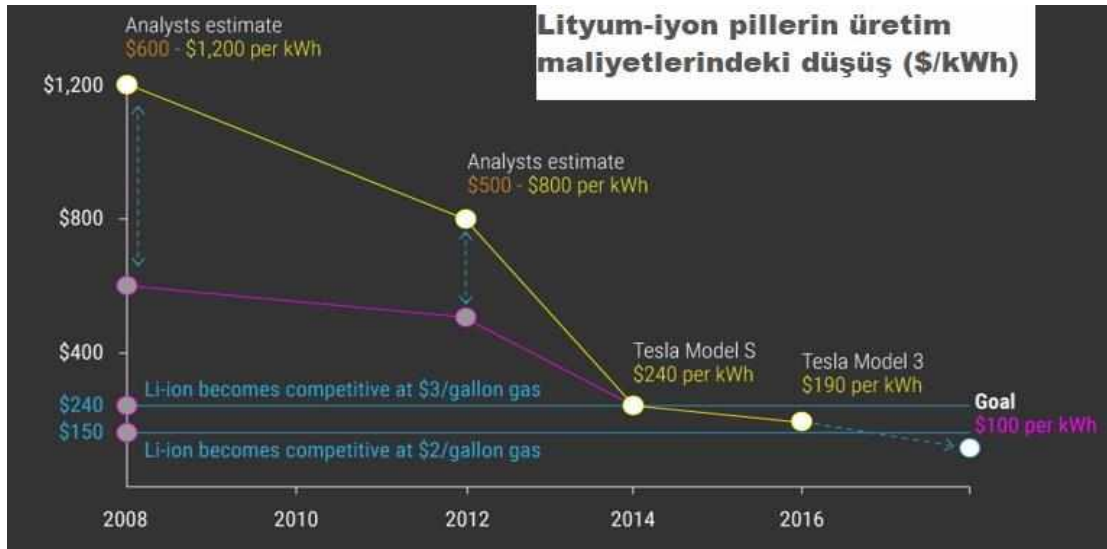
Tablo 6. Bazı Araçlarda Kullanılan Lityum-İyon Bataryaların (LIB) Özellikleri.

LIB SPECIFICATIONS						
	Capacity	Power	Operating Voltage	Main Attribute	Example	
AUTOMOTIVE APPLICATIONS	Hybrid Electric Vehicles (HEV)	1.1-1.4 kWh	25-60 kW	150-350 V	Power assist and limited electric drive	Toyota Prius, VW Jetta Hybrid
	Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEV)	7-16 kWh	40-110 kW	150-600 V	Power assist and extended electric drive	Ford C-Max Energi, Chevy Volt
	Full Battery Electric Vehicle (BEV)	20-24 kWh	70-130 kW	200-360 V	Full electric drive	Nissan Leaf, Ford Focus EV
	Full Battery Electric Vehicle (BEV)	40-85 kWh	310 kW	375 V	Full electric drive	Tesla Model S*

Kaynak: AAB, 2014

Lityum-iyon pillerin giderek daha fazla kullanılması, fiyatlardaki düşüşler ile mümkün olabilmektedir. Şekil 10'da yıllara göre üretim maliyetinin kWh başına USD maliyeti olarak düşüş değişimi görülmektedir. Günümüzde ise üretim maliyeti 150 \$ / kWh seviyelerindedir.

Şekil 10. Lityum-iyon Pillerin Üretim Maliyetlerindeki Düşüş Grafiği



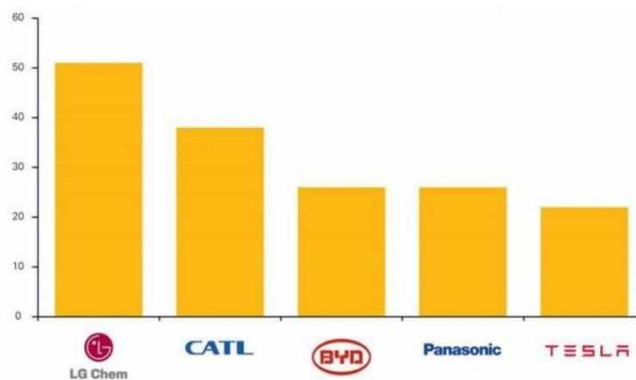
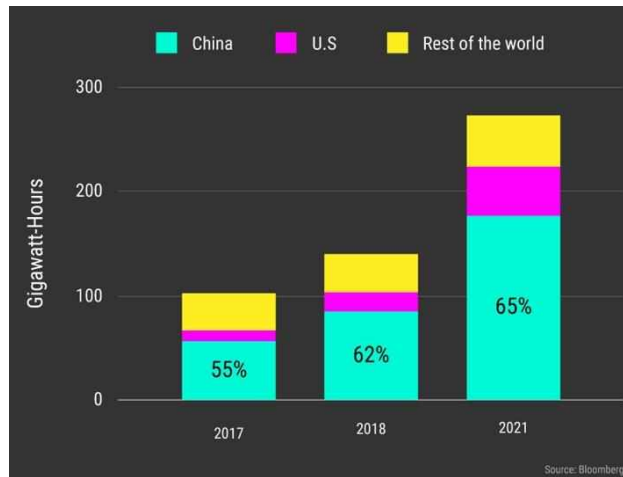
Dünya genelinde Lityum iyon pilleri üreten firmalara bakıldığında, mevcut durumda Asya ülkelerinin büyük ara önde oldukları göze çarpmaktadır. Güney Kore ve diğer Asya ülkeleri de önemli üreticiler olmakla birlikte, Asya'daki en büyük üretici açık ara Çin'dir. Üretim yapan ülkelerin kapasiteye göre üretim miktarları ve 2018 yılı itibariyle en büyük 5 lityum iyon pil üreten firmalar Şekil 10'da görülmektedir.

Bloomberg NEF tarafından yapılan analizlere göre, 2019 yılında lityum hücresi üretim kapasitesi 316 GWh seviyesindedir. En büyük üretici olan Çin'de kapasite %70'ler civarında iken, bu rakam ABD'de sadece %12 seviyesindedir.

Lityum iyon pillerin üretim artışındaki en büyük faktör, elektrikli araçlara olan talebin ve üretimin giderek artmasıdır. Şu anda pazarda %2 civarında payı olan elektrikli araç pazarının 3020'a kadar ortalama %30 civarında olacağı uzmanlarca tahmin etmektedir. Bu da elektrikli araç pazarının 2030 yılına kadar 15 kat artacağını ortaya koymaktadır. Bloomberg verilerine göre 2040 yılına kadar dünyadaki araçların yarısı elektrik pilleri ile çalışıyor olacaktır.

Yukarıdaki rakamlar sadece elektrikli araçlarla ilgilidir. Ama buna ilave olarak elektronik cihazlarda ve diğer otomobil dışı araçlarda (elektrikli bisiklet, kamyon, otobüs, tren, uçak vs.) ve özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin depolanması için talep duyulan lityum-iyon baterileri de eklersek lityum-iyon pazarında beklenen artışın çok yüksek olacağını söylemek mümkündür.

Şekil 11. Lityum-İyon Pil Üretiminde Öne Çıkan Ülkeler (Üst Resim) ve Kapasitelerine Göre 2018 Yılında Dünyanın En Büyük 5 Lityum-İyon Pil Üreticisi

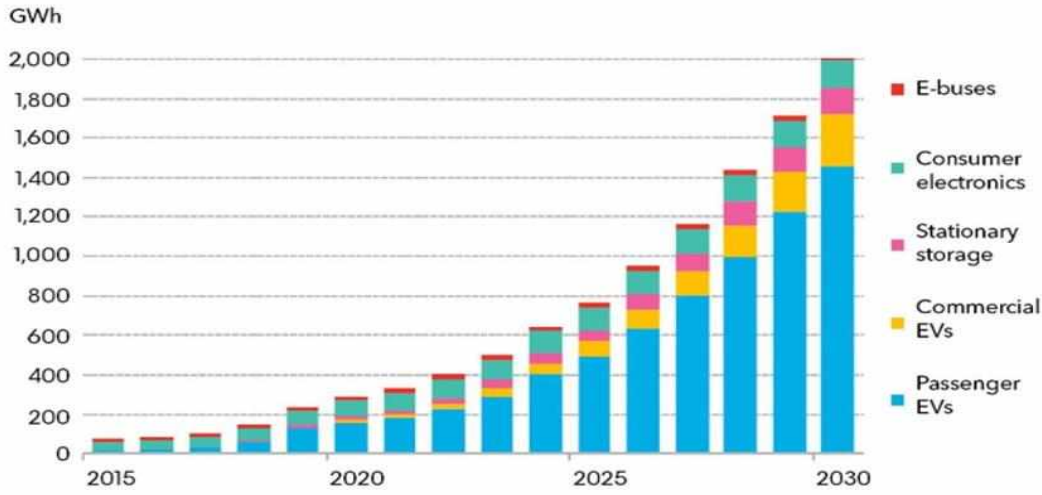


Kaynak: Benchmark Mineral Intelligence

Lityum iyon pillerine olan talebin önümüzdeki yıllarda nasıl olacağı uzmanlar tarafından incelenen başka bir önemli konudur. Bloomberg'in 2019 yılında yayınladığı analizde, 2015 yılından itibaren günümüze kadar gerçekleşen lityum iyon pil üretimi ve 2030 yılına kadar gerçekleşecek olan tahmini talep yayınlanmıştır.

Şekil 12’de görüldüğü üzere 2019’da yaklaşık 300 GWh olan lityum iyon pil ihtiyacının, 2030 yılına kadar 2000 GWh olması beklenmektedir. Şekilde de görüldüğü üzere bu artışta en büyük ihtiyaç elektrikli otomobillerde meydana gelecek, onu sırasıyla diğer elektrikli araçlar, enerji depolama için duyulan ihtiyaç ve insanların günlük hayatında kullandığı elektronik araçlarda duyulan lityum iyon pil ihtiyacı takip edecektir.

Şekil 12. 2030 Yılına Kadar Lityum İyon Pillerine Duyulacak Olan Gwh Cinsinden Tahmini Talep

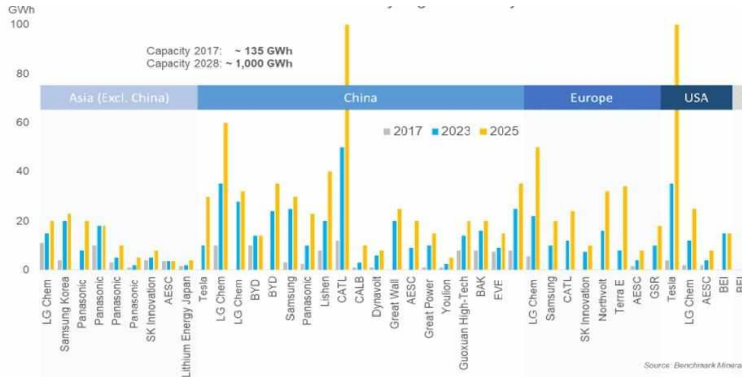


Kaynak: Bloomberg NEF, Electric Vehicle Outlook, 2019

Elektrikli araçların üretim sayılarının artması ile güçlü ve dayanıklı pillere olan talep hızla artacaktır. Başta Tesla, Samsung, LG, Panasonic ve BYD olmak üzere pek çok kuruluş dev pil fabrikalarının inşasına başlayarak sektörün lider pil tedarikçisi olmak için kıyasıya bir rekabete girmiş durumdadır.

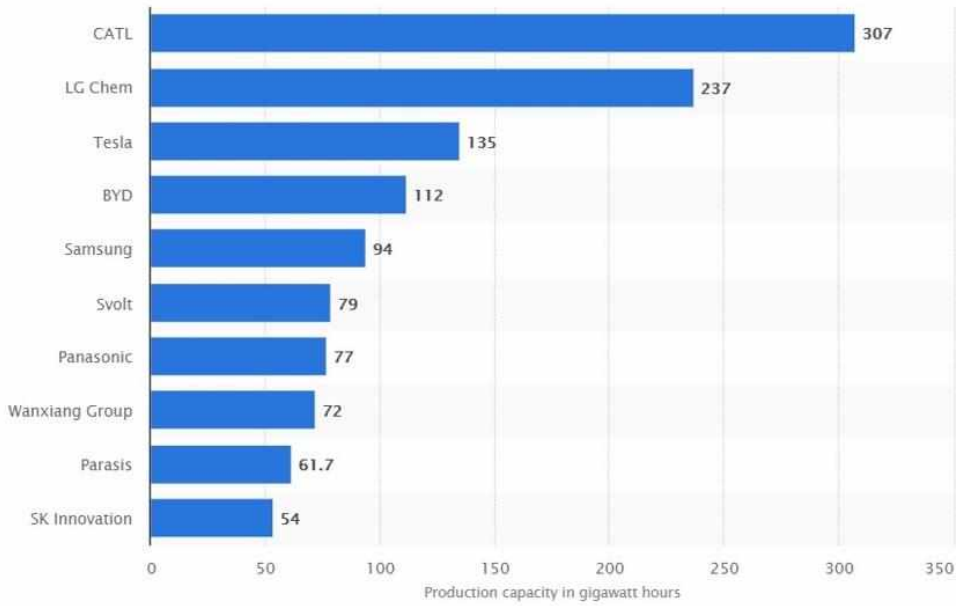
Kore firması olan LG Chemicals kapasite bakımından dünyanın en büyük lityum iyon pil üreticisidir. LG Chemicals Volkswagen, General Motors (GM) (Chevy), Ford (F), Geely (Volvo), Renault, Nissan, Hyundai, Kia ve benzeri otomotiv firmaları ile sözleşmeler yapmış durumdadır. LG Chemicals elektrikli araçlar için kullanılacak olan lityum iyon pil fabrika kapasitesini 2020 yılı sonuna kadar 110GWh'e çıkarmayı planlamaktadır.

Bu fabrikaların tamamlanmasıyla her yıl milyonlarca lityum iyon teknolojisine sahip pil piyasaya çıkacak ve bu piller başta otomobil olmak üzere tüm mobil elektronik cihazlarda kullanılacaktır. Lityum iyon pil üretimi konusunda 2025 yılına kadar belli başlı firmalar tarafından planlanan kapasite artışları Şekil 13'te gösterilmiştir.

Şekil 13. 2025 Yılına Kadar Firmalar Tarafından Planlanan Kapasite Artışları

Kaynak; Vincent Ledoux Pedailles, Can Europe Become a Fully Integrated Lithium-ion Battery Player to Support the Growth in Electric Vehicles?, <https://www.theassay.com/technology-metals-edition-insight/>

Benzer bir araştırma kapsamında global firmalar bazında 2028 yılına kadar planlanan kapasite değerleri aşağıdaki şekilde görüldüğü üzere tahmin edilmektedir.

Şekil 14. 2028 Yılına Kadar Firmalar Tarafından Planlanan Üretim Kapasiteleri

Kaynak; Melania Scerra, Lithium Ion Battery Production Capacity By Company 2028 (Temmuz 2020)

Türkiye'deki duruma bakıldığında, ülkede ilk lityum iyon pil üretim fabrikasının temelini ASPİLSAN tarafından Ağustos 2020'de atıldığı görülmektedir. ASPİLSAN'da yapılan yoğun çalışmalar, görüşmeler ve analizler sonucunda, 2030'lu yıllarda dünyada %40'luk pazar payıyla 47 milyar dolarlık hacme sahip olacak nikel magnezyum kobalt baz yapıda yılda 21 milyon adet üretim yapabilecek kapasiteyle, kullanım alanı en yaygın ve pazar payı en büyük olan silindirik pil üretimine başlamaya karar verilmiştir. ASPİLSAN Enerji, savunma ve sanayimizin kullandığı ve kullanacağı mobil araç ve sistemlerin ihtiyaç duyacağı lityum-iyon silindirik pillere ilave olarak prizmatik lityum iyon piller ile her türlü araç pili, yakıt

pili, süper kapasitör, katı elektrolit, sıvı hidrojen ve metal anotları özgün, yerli ve milli olarak eşgüdümü çalışmaları tasarlamayı ve üretmeyi planlamıştır.

Savunma Sanayii Başkanlığı ile Türk Silahlı Kuvvetleri'nin ihtiyaçlarının karşılanması başta olmak üzere elektrikli araç bataryaları, uçak aküsü ile sivil havacılık, batarya ihtiyacı bulunan elektrikli ev aletleri, UPS sistemleri, telekomünikasyon sistemleri, robotik sistemler gibi sivil sektör ve Türkiye açısından kritik önem arz eden enerji depolama sistemleri de bu yatırımın önemli kazanım hedefleri arasında bulunmaktadır.

ASPİLSAN yaklaşık 40 yıllık bir şirket olup tesislerinde halen yaklaşık 300 çeşit batarya sistemi ve 20 çeşit akü sistemi üretimi yapılmaktadır. Lityum-iyon pil üretimine ise ülkemizde ilk başlayan tesis olacaktır. Bu nedenle de lityum-iyon pillerinde ülkemiz pazarında en azından şimdilik lider duruma gelecektir. Ülkemizin ilk elektrikli otomobili olacak olan TOGG için başlangıçta bataryaların yurt dışından tedarik edileceği öngörülmüş olmasına rağmen, şimdi yerli batarya üzerinde durulmaya başlanmıştır. ASPİLSAN bataryaları muhtemelen TOGG için kullanılabilir. Yılda 175 bin adet otomobil üretilmesi planlandığına göre, lityum-iyon bataryalar için büyük bir talep ortaya çıkacaktır. Bu nedenle fizibilite konusu tesiste üretilen ürünler de başlangıçta TOGG için sözleşmeler dahilinde tedarik edilebilir. Bu proje kapsamında kurulacak tesis ASPİLSAN tesisine göre daha düşük kapasiteli olduğundan, ASPİLSAN ile ortak hareket edilerek ASPİLSAN'a tedarikçi olarak da hizmet sunabilir. Önümüzdeki yıllarda bu sektörün gelişeceği göz önüne alındığında, özel sektör yatırımlarının da başlaması muhtemeldir. Bu durumda proje konusu ürünlerin pazarı daha da genişleyecektir.

Elektrikli araçlar için üretilen bataryalar birçok silindirik lityum-iyon pilin bir araya getirilmesi ile oluşturulmaktadır. Bu nedenle üretilen silindirik piller sadece elektrikli araç bataryası olarak değil, başka sektörlerin kullanımı için de değerlendirilebilir.

Görüldüğü üzere ülkemizde lityum iyon pil konusunda büyük bir açık mevcut olup özellikle savunma sanayisi olmak üzere diğer elektronik cihazlar üretim üreten tesislerin ve elektrikli araç üreten firmaların (TOGG örneğinde olduğu gibi) lityum iyon pillere büyük oranda ihtiyacı olacaktır.

2.4. Dış Ticaret ve Yurt İçi Talep

Ön fizibiliteye konu olan lityum iyon bataryalar yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin kullanımı ile birlikte, elektrikli araçların hem üretimini hem de talebini artırmaya devam etmektedir. Özellikle gelişmiş ülkelerde, içten yanmalı motorlar yerine elektrikli araçların tercih edilmeye başlanması, yatırıma konu olan lityum iyon batarya üretiminin önemini artırmaktadır. Lityum iyon bataryaların elektrikli araçlar dışında, kullanımı giderek artan elektrikli ve elektronik cihazlarda da kullanılmaya başlaması bu alanda talebin artışı beraberinde getirmiştir. 8507.60.00.00 GTIP kodu ile ithalatı yapılan Lityum iyon bataryalarının ithalatında Türkiye dünya ithalatının %0,4'ünü oluşturmaktadır. Dünya lityum iyon batarya ithalatı sıralamasında ise 31. sırada yer almaktadır. Ülkemiz lityum iyon batarya ithalatında 2019 yılı verilerine göre en fazla ithalatı Çin'den gerçekleştirmiş ve Çin'i Japonya ve Kuzey Kore izlemiştir¹⁹.

GTIP 8507 – Lityum İyon Bataryalarına göre ithalat/ihracat verileri aşağıdaki tabloda paylaşılmıştır. 2019 yılı için ticaret açığı = 3.648- 396 = 3.252 tondur.

¹⁹ www.trademap.org

Tablo 7. 2019 Yılı Lityum İyon Batarya İthalat ve İhracat Verileri

	İthalat Adedi (Ton)	İthalat Tutarı (Bin/Dolar)	İhracat Adedi (Ton)	İhracat Tutarı (Bin/Dolar)
2019	3.648	131.305	396	6.141

Kaynak: Trademap, 2020

Tablo 8. Lityum İyon Batarya İthalat-İhracat Verileri

	İthalat Tutarı (Bin/Dolar)	İhracat Tutarı (Bin/Dolar)
2019	131.305	6.141
2018	74.351	4.514
2017	75.892	6.330
2016	65.050	5.172
2015	56.297	2.536

Kaynak: Trademap, 2020

Söz konusu GTİP kodu için (8507) Türkiye'nin en çok ithalat yaptığı ilk 4 ülke Çin, Japonya, Güney Kore ve ABD'dir. Söz konusu ülkelerden yapılan ithalat tutarları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 9. Türkiye'nin En Çok İthalat Yaptığı Ülkeler (Bin Dolar) (GTIP 8507.60 için)

Ülkeler	2015	2016	2017	2018	2019
Çin	42.040	47.162	52.937	54.006	52.689
Japonya	961	1.834	2.112	3.648	38.865
Güney Kore	2.229	1.379	2.971	2.997	12.415
ABD	1.684	3.400	7.892	1.787	7.700

Kaynak: Trademap, 2020

Söz konusu GTİP kodu için (8507) Türkiye'nin en çok ihracat yaptığı ilk 4 ülke Norveç, Cezayir, Birleşik Krallık ve Hollanda'dır. Söz konusu ülkelerden yapılan ihracat tutarları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 10. Türkiye'nin En Çok İhracat Yaptığı Ülkeler (Bin Doları) (GTIP 8507.60 için)

Ülkeler	2015	2016	2017	2018	2019
Norveç	0	0	1489	448	1978
Cezayir	1	6	11	522	578
Birleşik Krallık	14	12	5	136	531
Hollanda	74	75	77	163	346

Kaynak: Trademap, 2020

2019 yılı verilerine göre, Türkiye'nin 8507 GTIP kodu için ithalat yaptığı ülkeler Tablo 11'de detaylandırılmıştır. Ton başına ürün fiyatları ABD Doları üzerinden aşağıdaki tabloda verilmiştir. Tabloda ithalat yapılan ilk beş ülke dikkate alınmıştır.

Tablo 11. İthalat Yapılan Ülke Maliyetleri (GTIP 8507.60 için)

Ülkeler	Birim Fiyat (Ton/ABD \$)
Çin	23.079
Japonya	67.827
Güney Kore	46.498
ABD	53.846

Kaynak: Trademap, 2020

Ülkemizde lityum üretimi bulunmamakta ve lityum karbonat ve lityum hidroksit olarak tüketilen ürünlerin tamamı ithal edilmektedir. Ülkemiz 2016 yılında 93,5 milyon dolarlık lityum içerikli ürün ithal etmiştir. Bunun yaklaşık %70'ini (65 milyon \$) lityum iyonlu elektrik akümülatörleri, yaklaşık %13'ünü (12 milyon \$) ise lityum karbonatlar oluşturmaktadır. PİL çeşitlerinde ise yaklaşık 13 milyon dolarlık ithalat gerçekleştirilmiştir.

Tablo 12. Türkiye 2016 Yılı Lityum İyon Bataryaların İthalat ve İhracat Verileri

2016 Yılı	İHRACAT			İTHALAT		
Gümrük Tarife Adı	MİKTAR (KG)	MİKTAR (ADET)	DEĞER (\$)	MİKTAR (KG)	MİKTAR (ADET)	DEĞER (\$)
Lityum (Alkali metal)	0	0	0	98		35.998
Lityum oksit ve hidroksit	115	0	1.360	312.928		3.434.349
Lityum iyodür ve oksiiyodür	0	0	0	76		22.945
Lityum nitrat	1	0	196	37		3.509
Lityum karbonatlar	1.359	0	13.561	1.514.135		12.028.793
Lityumlu silindirik piller	17.402	330.488	401.109	159.417	10.633.628	6.995.705
Lityumlu düğme piller	1.140	277.337	33.693	63.665	13.074.946	1.725.650
Lityumlu diğer piller	23.676	392.644	271.010	24.872	337.113	4.281.471
Lityum iyonlu elektrik akümülatörleri	65.964	353.747	5.171.863	2.494.221	24.840.341	65.049.574
TOPLAM	109.657	1.354.216	5.892.792	4.569.449	48.886.028	93.577.994

2.5. Üretim, Kapasite ve Talep Tahmini

Günümüzde Lityum iyon (Li-iyon) bataryalar elektrikli araçlar başta olmak üzere, taşınabilir elektrik ve elektronik aletler için en yaygın depolama teknolojisini oluşturmaktadır. Lityum iyon piller, kullanım ömrü, bakım ihtiyacının fazla olmaması, kendi kendine deşarj ile birçok avantajı beraberinde sunmaktadır. Li-iyon bataryaların enerji yoğunluğu, eşdeğer bir Ni-H2 bataryasından yaklaşık 2 kat daha yüksektir. Li-iyon bataryalar maliyet, ağırlık ve performans bakımından en iyi sonuçtur²⁰.

Mevcut durumda ülkemizde lityum iyon batarya üretimi olmamakla birlikte şu anda yatırımlarına devam eden ve 2021 sonu itibari ile tamamlanması planlanan bir tesis ülkemizde ilk lityum iyon pil üretim tesisi olacaktır. Türkiye’de üretilmesi planlanan lityum iyon bataryaların, öncelikle elektrikli araçlar için satışı planlanmaktadır. Bununla birlikte, özel elektrik şebekesine bağlı depolama sistemleri için daha büyük bataryaların tasarımları ve prototip üretimleri de başlamıştır. Önümüzdeki birkaç yıl içinde pek çok GW Li-iyon pilin şebekeye bağlı uygulamalarda kurulacağı tahmin edilmektedir.

Lityum iyon batarya üretimine ilişkin yaklaşık 10.000 Adet/yıl üretim kapasitesine sahip olacak olan tesiste, elektrikli araçlar için gerekli olan 50kWh kapasiteli bir lityum iyon batarya üretimi için üretime geçilmesini müteakip ilk yıl 10.000 adet üretim hedeflenmiştir. Ülkemizde yatırımı devam eden

²⁰ Akü ve Pil Üretim Tesisleri, Aralık 2017

Türkiye'nin Otomobili Girişim Grubu'nun (TOGG), 2022 yılında üretimine başlanması planlanmakta birlikte tesisin yılda 5 modelde yılda 175.000 adet üretim kapasitesine sahip olması planlanmaktadır. Özellikle ön fizibiliteye konu olan Lityum İyon Bataryalarının kullanacağı elektrikli araçların ülkemizde üretiminin yapılması bu alanda talebi artıracak unsurlardan olacaktır. İlk yıl için tesisin kapasitesinin 10000 adet/yıl olması beklenmektedir. Üç yıllık talep tahminleri aşağıdaki tabloda detaylandırılmıştır. Tablo da ikinci yıldan itibaren talep tahminleri öngörülmüştür. Talep miktarı TOGG projesinin ilk yıl için 75.000 adet/yıl üretim yapılması öngörülerek belirlenmiştir. Sonraki yıllarda yatırım artırılarak kapasite oranları da artırılması öngörülmektedir.

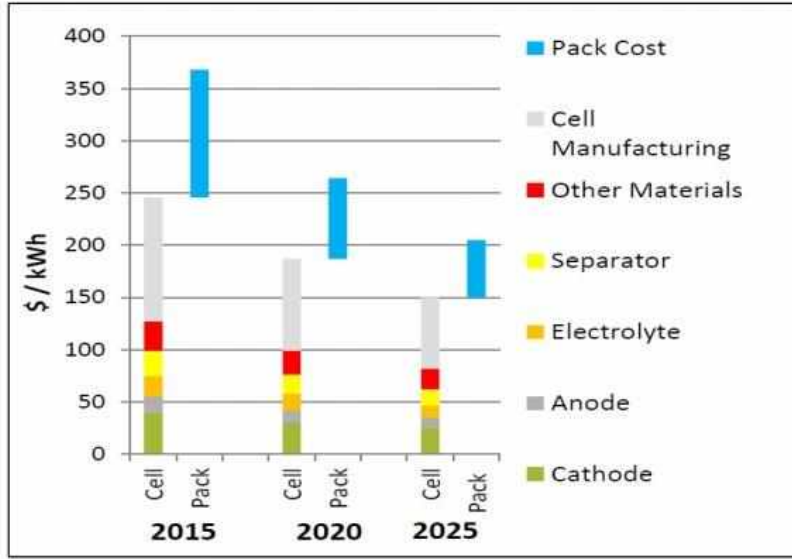
Tablo 13. Seri Üretime Geçildikten Sonraki Yedi Yıllık Tahmini Lityum İyon Batarya Talep Projeksiyonu

Yıl	Talep
1	-
2	7000
3	9000
4	10000
5	10000
6	10000
7	10000

2.6. Girdi Piyasası

Lityum İyon pil üretimi için kullanılan beş önemli hammadde; lityum, kobalt, manganez, nikel ve grafit şeklinde karbondur. Önümüzdeki yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin kullanımı ile birlikte elektrikli araçlara olan üretim ve talebin artışı lityum iyon batarya üretiminde kullanılan hammaddelere olan ihtiyacı da artırması beklenmektedir. Günümüzde lityum iyon batarya üretiminde Çin dünya pazarında lider konumdadır. Lityum iyon pillerinde yüksek performansı ve pilin kalitesini belirleyen faktörler içerisinde tasarım ve üretim teknolojisi kadar hammadde seçimi de önem arz etmektedir. Bu yönüyle ülkemizde üretimi yapılmayan lityum pillerinin temininde maliyet kadar üretilecek olan üründen maksimum fayda elde edilmesi amacıyla uygun bir tedarik zinciri planlanacaktır. Bu kapsamda özellikle dünyada önemli lityum iyon batarya üreticilerinin hammadde temininde tercihleri de araştırılarak çoklu seçenekler, tasarım ve teknoloji seçimi göz önünde bulundurularak hammadde temini yapılacaktır. Ülkemizin ekonomik kalkınmasında önemli bir role sahip olan lityum iyon pillerin tasarımı, araştırma geliştirme çalışmaları önemi giderek artmaktadır.

Batarya üretiminde kullanılan hammaddelerin büyük bir bölümü genel olarak yurt dışından temin edilecektir. Bu nedenle pil üretimi maliyetlerinde ham madde açısından fazla bir avantaja sahip olmadığımız söylenebilir. Fakat bataryaların üretiminde maliyetlerden biri de işçiliktir. Ülkemiz şartları göz önüne alındığında, proje kapsamında kurulacak tesis, örneğin Avrupa'da kurulacak tesise göre (işçilik maliyetleri göreceli olarak daha düşük olacağından) maliyet açısından daha avantajlı ürünler sağlayacaktır.

Şekil 15. Lityum İyon Pil Bataryalarının Hücre ve Paket Olarak Fiyatları [14]

Bir lityum iyon pil fabrikasında üretimde kullanılan malzemelerin fiyatları bölgeden bölgeye ufak tefek farklılıklar göstermekle birlikte, genel olarak malzeme fiyatları aşağıdaki tabloda görüldüğü gibidir.

Tablo 14. Lityum İyon Pil Fabrikasında Üretimde Kullanılan Malzemelerin Ortalama Fiyatları

Malzeme	Tanımı	Birimi	Fiyatı
Anot Aktif Malzemesi	Doğal grafit	ABD \$ / kg	14.5
	Sentetik grafit		17.0
Bağlayıcı Madde	SBR	ABD \$ / kg	6.0
Çözücü Madde	Su	ABD \$ / kg	-
Akım Kolektörü	Yuvarlak bakır	ABD \$ / m ²	1.8
Katot Aktif Malzemesi	NMC333-G	ABD \$ / kg	27
İletken Malzemeler	Karbon siyah	ABD \$ / kg	7.0
Bağlayıcı	PVDF	ABD \$ / kg	28
Çözücü Madde	NMP	ABD \$ / kg	17.0
Akım Kolektörü	Alüminyum	ABD \$ / m ²	0.8
Ayırıcı	PP (kaplanmamış)	ABD \$ / m ²	2.0
	PVDF bazlı malzeme		5.0
Elektrolit	EC/DMC vs.	ABD \$ / kg	19.0

Yukarıdaki şekilde görüldüğü üzere bir lityum iyon pilinde maliyetler kWh başına \$ olarak verilmektedir. 2020 yılı itibarıyla 1 kWh üretim için yatırım toplam maliyeti 130 \$ olarak alınabilir. Bu durumda 50 kWh kapasiteli bir lityum iyon batarya üretim maliyeti 6500 \$ yani yaklaşık 50.000 TL olacaktır (ABD \$ kuru 7,7 TL olarak alınmıştır). Yılda 10.000 adet batarya üretimi yapıldığı varsayılırsa; fabrika kapasitesi 50 kWh x 10.000 = 500.000 kWh yani 500 MWh olacaktır. Bu durumda toplam yatırım miktarı 65 milyon \$ = 500 milyon TL (yaklaşık) olacaktır.

2.7. Pazar ve Satış Analizi

Lityum iyon piller, geleneksel pillere nazaran daha uzun ömürlü, daha yüksek güç yoğunluğuna sahip, bir seviyeye kadar daha hızlı şarj olan ve daha hafif bataryalardır. Li-ion pillerde klişe hale gelen şarj etmek için pilin tamamen boşalması durumuna gerek bulunmamaktadır. Direkt güneş ışınlarından ve direkt ısıdan korunması gereken bu piller, halihazırda kullanılan en yaygın ve verimli olan pil/batarya türüdür. Li-ion bataryalar, kapasitelerini her yıl %20 ila %30 arasında kaybederler. Ortalama ömürleri 5 yıldır.²¹ Günümüzde çeşitli markalardan 100'ün üzerinde elektrikli araç marka ve modelleri bulunmaktadır. Kısa ve orta vadede elektrikli araç üretimi ve pazara yeni girecek olan yatırımcıların da etkisiyle elektrikli araç marka ve model sayısının 500'ü aşması beklenmektedir. Tesla, Samsung, LG, Panasonic ve BYD gibi uluslararası markalar başta olmak üzere pek çok kuruluş, dev pil fabrikalarının inşasına başlayarak sektörün lider pil tedarikçisi olmak için gerekli çalışmalara başlamıştır. Bu fabrikaların tamamlanmasıyla her yıl milyonlarca lityum iyon teknolojisine sahip pil piyasaya sunulacaktır.

Mevcut durumda lityum iyon batarya üretiminde Çin lider konumdadır. Çin'in pazardaki lider konumu olmasında en büyük etken maliyet etkin bir fiyat politikası benimsemiş olmasıdır. ABD'de faaliyet gösteren pil üreticileri ülkede yer alan elektrikli araç üreticilerine olan coğrafi yakınlıktan ötürü avantajlı konumdadır. Japonya'da lityum iyon pil üretimi yapan firmalar, ülkede elektrikli araç üreten firmaların var olması açısından avantajlı kılmaktadır.

Fabrikadan çıkış yapan piller kara ve deniz yoluyla bayi kanalına ya da doğrudan yurt dışı elektrikli araç üreten fabrikalara ihracatı yapılacaktır.

Elektrikli araç üretimi yapan fabrikaların faaliyet gösterdiği tüm ülkeler yatırımın hedef grubu içerisinde yer almaktadır.

Ülkemiz yenilenebilir enerji kaynakları açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynakları yatırımları devlet desteklerinin de etkisiyle hızla artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları için en büyük problem üretilen elektriğin depolanması sorunudur. Bu nedenle proje kapsamı tesiste üretilen bataryalar yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üreten tesis ve işletmeler için de çok önemli bir pazardır.

3. TEKNİK ANALİZ

3.1. Kuruluş Yeri Seçimi

İç Anadolu Bölgesinin ortasında yer alan Ankara, bulunduğu coğrafi konum itibarıyla ülkemizin tüm illerine geçişte kara yolu ve demir yolu bağlantıları sağlamaktadır. Ayrıca son yıllarda birçok il ile hava bağlantıları da kurulmasıyla birlikte ulaşımda bir dağıtım merkezi haline gelmiştir. Başkent olmanın gerektirdiği hizmetleri verebilecek bir şehrin kurulması amacı ile başlatılan alt ve üst yapı inşaatları ile sağlanan tüm imkânlar büyük ölçüde Ankara'nın çehresini değiştirmiş, üniversiteler açılmış ve sağlık kurumlarının birleştirilmesiyle büyük bir sağlık kuruluşu olan şehir hastaneleri oluşumu başlatılmıştır. Bu durum beraberinde ticaret hayatına hareketlilik getirmiş ve bağlı olarak ticari malların üretildiği, yani sanayileşen bir Ankara ortaya çıkmıştır. Gelişmiş kara yolu, hava yolu ve demir yolu bağlantıları ile sanayi ve ticaret mallarının önemli bir bölümünün Ankara üzerinden sağlanması ticaretin de gelişmesini sağlamıştır. Gelişen sanayisi ile, bölgenin ticaret merkezi konumundaki Başkent Ankara, İç Anadolu Bölgesi'nin ekonomik ve sosyal tüm göstergelerini yükseltmektedir. Ankara bulunduğu bölgenin hem çekim hem de yayılma merkezi konumundadır. Ankara, konumu itibarıyla bulunduğu bölgenin merkezi

²¹ <https://www.enerjiportali.com/lityum-iyon-pil-nedir-ozellikleri-nelerdir/#:~:text=Lityum%20iyon%20piller%2C%20geleneksel%20pillere,tamamen%20bo%2C%20Falmas%20durumuna%20gerek%20yoktur>

statüsünde iken, aynı zamanda ülkenin büyük metropol niteliği kazanmış illerinden biridir. Üretime konu olan ürünün gerekli nitelikli iş gücü için ildeki üniversitelerin teknik donanımlı mezun sayısı fazla olmasından dolayı yatırım yeri insan kaynakları açısından ihtiyacı her zaman karşılayacak şekildedir.

Yatırımın yapılacağı yer; Organize Sanayi Bölgesinde yer almasından dolayı OSB yönetimden arsa tahsisi ya da kiralama yapılması öngörülmüştür. Ham madde kaynaklarına erişilebilirlik, ulaşım ve haberleşme sistemi, su-elektrik-doğal gaz erişimi, arazi kullanımı, yan sanayi, dağıtım ve pazarlama olanakları açısından oldukça uygundur.

Ankara orta-ileri ve ileri teknoloji alanlarında, yerel birim sayısı, istihdam, maaş ve ücretler ve ciro gibi göstergelerin tamamı bakımından Türkiye ortalamasının üzerinde yer almaktadır.

3.2. Üretim Teknolojisi

Lityum İyon Pillerin Çalışma Prensipli Ve Yapısı:

Tekrar şarj edilebilen lityum iyon pillerde, hücreler diğer pil sistemlerinde olduğu gibi enerjiyi üretmek ve depolamaktan birincil derece sorumlu üç ana bileşenden oluşmaktadır. Bunlar anot, katot ve elektrolit olarak sıralanabilir. Anot malzeme negatif elektrot, katot ise pozitif elektrot olarak görev alır. Pozitif elektrotlar genelde tünel veya tabakalı yapılara sahip metal oksitlerden (LiMOx) oluşurlar.

Lityum-iyon bataryalar, katot için lityum nikel, lityum kobalt ve lityum manganit gibi lityum kompozit oksitler ve anot için ise grafit gibi karbon malzemelerden oluşur. Elektrotlar arasında lityum iyonların geçişini desteklemek için bataryanın içi etilen karbonat gibi organik çözücülerden yapılmış elektrolitle doldurulur ve LiPF₆ gibi lityum tuzları elektrolitlerinde çözülür.

Katot (pozitif elektrot) için lityum nikel mangan kobalt (NMC), lityum nikel kobalt alüminyum oksit (NCA), lityum mangan oksit (LMO) ve lityum demir fosfat (LFP) içerir. Mevcut tasarımların çoğunda anot malzemesi grafit olmakla birlikte, özellikle ağır iş uygulamalarında, çevrim ömrünü uzatma kapasitesinden dolayı lityum-titanat (LTO) da kullanılmaktadır²².

NMC ve NCA teknolojilerinin ana faydası, LDV'lerde hayati öneme sahip olan ve böylece hafif hizmet tipi akü piyasasına hâkim olan diğer kimyasallarla karşılaştırıldığında daha yüksek enerji yoğunluğudur. LFP, daha yüksek çevrim ömrü ve güvenlik performanslarından yararlandığı için, NMC ve NCA'dan daha düşük enerji yoğunluğuna rağmen, ağır hizmet EV'leri (yani otobüsler) için benimsenen ana kimyadır.

NMC bazlı katotların enerji yoğunluğu nikel içeriğiyle orantılıdır. Daha yüksek bir enerji yoğunluğu, belirli bir miktarda aktif malzeme için depolanan enerji miktarını artırır. Diğer her şey eşittir, bu da depolanan enerji birimi başına ölçüldüğünde üretim maliyetini azaltır. Örneğin, NMC 111'in tekdüze bir içeriğine sahip bir katottan, nikel atomlarının katodun %60'ını oluşturduğu bir yere taşınması, %7'lik bir maliyet düşüşü getirebilir. Nikel içeriğinde bir artış, pil hücrelerinin termal dengesindeki azalmayı da belirlemektedir.

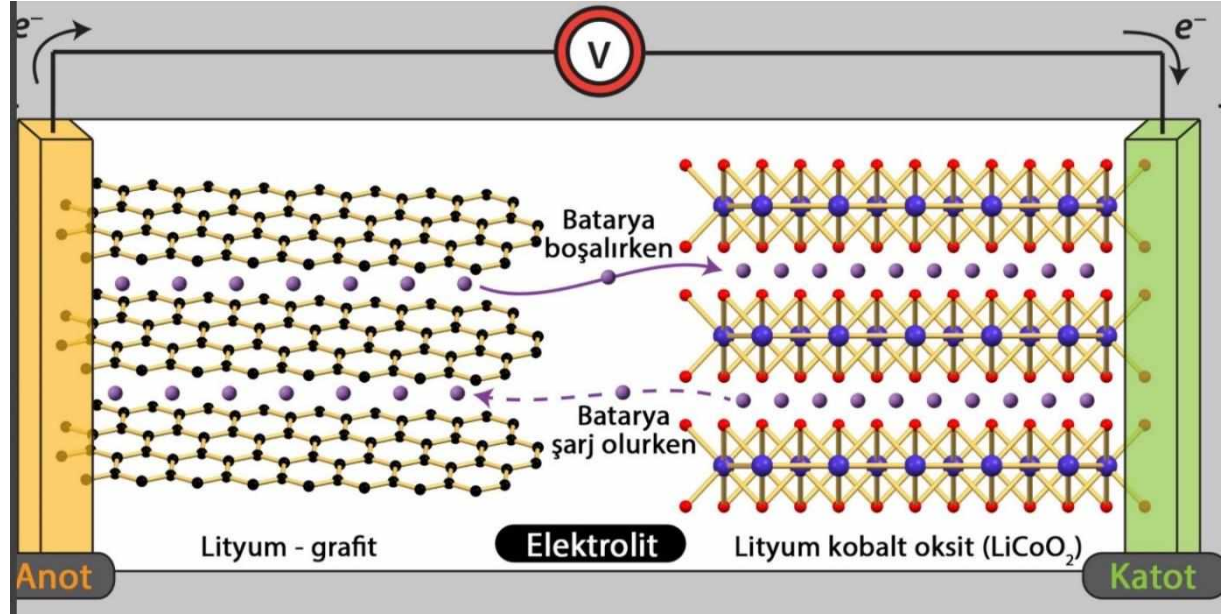
Nikel içeriği, aktif malzemede bulunan malzemeleri belirledikçe maliyetleri de etkiler. Örneğin, kobalt gibi kritik ve pahalı malzemelere daha az dayanan batarya kimyaları, maliyet düşüşlerini mümkün kılabilir ve kobalt fiyatlarına olan duyarlılığı azaltabilir.

Negatif elektrot (Anot) malzemeler de tabakalı yapılara (grafit gibi) sahiplerdir. Bu yapılar sayesinde hücrenin/pilin şarjı ve deşarjı esnasında Li iyonları pozitif ve negatif elektrotları arasında karşılıklı olarak yer değiştirebilmektedir. Bu yer değiştirme (topotaktik) reaksiyonu olarak tanımlanır. Bu reaksiyonda aktif malzemeler anot ve katot olup lityum için ev sahipliği görevini görürler, lityum ise misafir olarak bir

²² Şahin Akman, Lityum İyon Pillerde Maliyet ve Performans Görünümü (2018) <https://www.enerjiportali.com/lityum-iyon-pillerde-maliyet-ve-performans-gorunumu>

elektrottan diğerine yer değiştirir. Altta şekilde, lityum iyon hücresi ve negatif ve pozitif elektrotlarda oluşan reaksiyonlar verilmiştir.

Şekil 16. Lityum İyon Pillerin Çalışma Prensi Şeması



Hücrede katot ve anot reaksiyonlarının oluşması için elektrot malzemelerinin elektrik iletkenliği sağlanmalıdır. Bu amaçla, elektrot malzemeleri yüksek iletken metal folyolar üzerine lamine edilir veya folyo üzerine biriktirilir. Folyoların üzerindeki elektrotlar arasında gerçekleşmesi muhtemel kısa devreyi önlemek için mikro gözenekli seperatörler ve iletkenliği sağlamak için sıvı/jel/ katı elektrolitler kullanılarak hücre içerisinde lityum iyonlarının yer değiştirmesi sağlanır.

Elektrolit, pil çalışmalarında katot ve anotla birlikte en önemli bileşenlerden biridir. Şarj edilebilir piller için genellikle bir tuz ve bu tuzu çözecek çözücüler kullanılarak hazırlanmış elektrolitler önerilir. Örneğin LiPF₆, karbonat çözücülerde hızlı çözünen, düşük maliyetli ve iyi bir iletkenidir. Li-iyon pillerde LiPF₆ gibi bir inorganik tuz, çeşitli çözücülerle birleştirilerek elektrolit oluşturulmaya çalışılır. LiPF₆ inorganik tuzlarını çözebilecek uygun çözücüler, dimetil karbonat (DMC) ve dietil karbonat (DEC) gibi zincirli esterler olabilir. Bunlarla birlikte propilen karbonat (PC) ve etilen karbonat (EC) karbonik asit esterler de çözücü olarak kullanılabilirler²³.

Ayırıcılar da piller için çok büyük bir öneme sahiptir. Pil içerisindeki görevi ise katot ve anot arasında elektron akışını engelleyerek pilde kısa devre olmasını engellemek ve lityum iyonlarının katot ve anot arasında geçişini sağlamaktır. Ayırıcılar organik ve inorganik olarak ikiye ayrılabilir. Lityum iyon pillerde organik ayırıcı olarak, PoliEtilen (PE) ve PoliPropilen (PP) kullanılmaktadır²⁴.

Tekrar şarj edilebilir lityum iyon pillerde verim, kapasite ile belirlenir. Hücrede aktif olan malzeme miktarı ile belirlenen kapasite, tam olarak şarj edilmiş bir pilden belirli deşarj koşulları altında elde edilen toplam amper saat (Ah) olarak tanımlanır.

²³ Erdinç Öz, Bor katkılı lityum iyon pil üretimi ve elektriksel performanslarının karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi (2015)

²⁴ Erdinç Öz, Bor katkılı lityum iyon pil üretimi ve elektriksel performanslarının karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi (2015)

Günümüzde farklı kimyasalların ve malzemelerin kullanıldığı birçok tip lityum-iyon batarya teknolojisi mevcuttur²⁵:

Lityum Kobalt Oksit (LCO, LiCoO_2) batarya, bir kobalt oksit katodu ve bir grafit karbon anot kullanır. Yüksek özgül enerji özelliği sayesinde, telefonlar, dizüstü bilgisayarlar ve dijital kameralar gibi mobil uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Lityum kobalt hücrelerinin temel dezavantajları, nispeten kısa ömürlü olmaları, sınırlı güç kapasiteleri ve düşük ısı kararlılıklarıdır.

Lityum Manganez Oksit (LMO, LiMn_2O_4) bataryalar, katot materyali olarak lityum manganez oksitten faydalanır. Bataryaların tasarımı, elektrot üzerinde iyonların daha iyi akışını sağlayan üç boyutlu bir spinel yapıdan oluşur. Bu tasarım, yüksek termal kararlılık ve daha iyi güvenlik unsurları getirirken, elektrikli araç ve el aletleri gibi yüksek yüke sahip uygulamalarda kullanılmalarına olanak sağlar. Ana dezavantajları, göreceli kısa takvim ve döngü ömürlü olmalarıdır.

Lityum Nikel Manganez Kobalt Oksit (NMC, LiNiMnCoO_2) bataryalarında nikel, manganez ve kobalt elementlerinin bir arada bulunmasının oluşturduğu sinerjik etki, bu maddelerin yüksek enerji-düşük akım ve yüksek güç-düşük kapasite gerektiren durumlara uyum sağlayarak esneklik oluşturması nedeniyle en başarılı sistemlerden biri olarak kabul görmesine yol açmaktadır. Bu esneklik, katot maddesinin elektrikli araçlardan tıbbi cihazlara kadar birçok endüstriyel uygulamada kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Ayrıca, kobaltın bir kısmının nikel ile değiştirilebilmesi, diğer Lityum-iyon teknolojilerine kıyasla maliyeti düşürmektedir.

Lityum Demir Fosfat (LFP, LiFePO_4) bataryası ucuz, çevre dostu, şarj/deşarj sırasında hacim değişiminin küçük, döngü ömrünün uzun, termal ve elektrolitte yükseltgenmiş halde kararlı olması, darbeli akım ve dayanıklılık gerektiren uygulamalarda kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Araçlarda marş aküsü olarak kurşun asit akülerin yerine kullanılabilir. Ancak LiFePO_4 maddesinin katot olarak kullanılabilmesi için düşük olan lityum iyonik ve elektronik iletkenliğinin artırılması gerekmektedir.

Lityum Nikel Kobalt Alüminyum Oksit (NCA, LiNiCoAlO_2) bataryası NMC teknolojisine benzer ancak termal olarak daha kararsız ve diğer katot maddelerine göre daha pahalıdır. Genel olarak endüstriyel uygulamalarda ve elektrikli güç aktarma organlarında kullanılırlar.

Lityum Titanat (LTO, $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$) bataryalar, lityum-iyon bataryalardaki geleneksel olarak kullanılan grafit yerine, anottaki titanatı kullanır. Katotlar lityum-manganez oksit veya NMC olabilir. Lityum-titanat, termal olarak kararlıdır ve şarj sırasında elektrolitelektrot ara yüz filmi oluşturmaz. Sahip olduğu spinel yapı nedeniyle şarj/deşarj sırasında ihmal edilebilir hacim değişimine bağlı olarak uzun döngü ömrüne sahiptir. Ancak yüksek potansiyel nedeniyle düşük olan enerji yoğunluğu, maliyetin yüksek olmasına neden olmaktadır. Elektrikli güç aktarıcılar ve kesintisiz güç kaynaklarında kullanılmaktadır (UPS).

Bir lityum iyon pilinde kullanılan malzemeleri genel olarak (pil türüne göre malzemelerde değişiklikler olabilir) Tablo 18'de gösterildiği gibidir.

²⁵ Enerji ve Ulaştırma Sektörleri Dönüşümünde Batarya Teknolojilerinin Rolü: Eğilimler, Fırsatlar ve Yenilikçi Uygulamalar, SHURA (www.shura.org.tr), (2019)

Tablo 15. Lityum İyon PİL Üretimi Sürecinde Kullanılan Genel Malzemeler

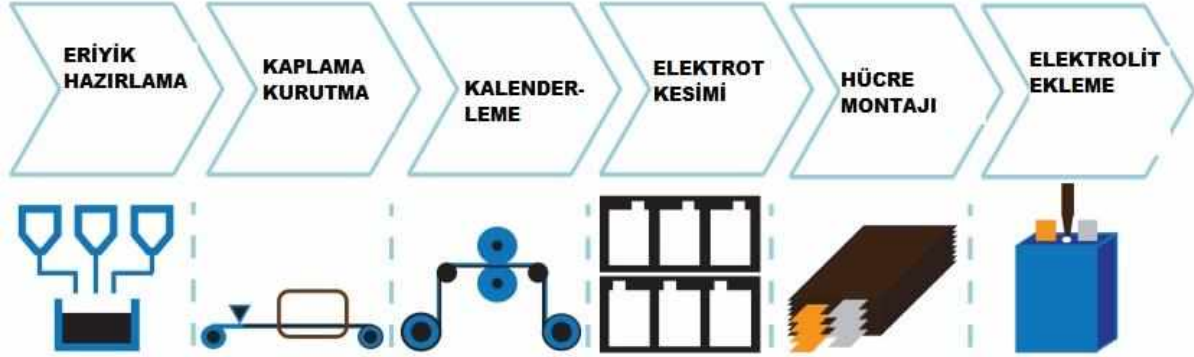
	MALZEME / İŞLEM
Hücre Üretimi İçin Bileşenler	NMC111 TOZ
	GRAFİT
	SİYAH KARBON
	BAĞLAYICI ELEMAN POLİVİNİDİLEN FLUORİT (PVDF)
	BAKIR
	ALUMİNYUM
	ELEKTROLİT: LİTYUM HEXAFLUOROFOSFAT (LiPF ₆)
	ELEKTROLİT: ATİLEN KARBONAT (EC)
	ELEKTROLİT: DİMETİL KARBONAT (DMC)
	PLASTİK: POLİPROPİLEN (PP)
	PLASTİK: POLİETİLEN (PE)
	PLASTİK: POLİETİLEN TEREFTALAT (PET)
Modül Bileşenleri	BAKIR
	ALUMİNYUM
	PLASTİK: POLİETİLEN (PE)
	YALITIM MALZEMESİ
	ELEKTRONİK MALZEMELER
Paketleme Malzemeleri	BAKIR
	ALUMİNYUM
	ÇELİK
	YALITIM
	SOĞUTUCU
	ELEKTRİK MALZEMELERİ

Kaynak; Erik Emilsson, Lisbeth Dahllöf, Lithium-Ion Vehicle Battery Production (2019)

Lityum İyon Pillerinin Üretim İşlemi

Lityum iyon pillerinin üretim prosesi, aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi ana hatlarıyla önce anot malzemesinin hazırlanması, presten geçirilip kesilmesi, daha sonra hücrenin oluşturulması ve en son olarak da elektrolit eklenerek paketleme işleminin tamamlanması işlemlerinden oluşur.

Şekil 17. Lityum İyon PİL Üretimine Genel Hatları İle Şematik Gösterimi



Kaynak; Jelle Smekens, Rahul Gopalakrishnan, Nils Van den Steen, Noshin Omar, Omar Hegazy, Annick Hubin and Joeri Van Mierlo, Influence of Electrode Density on the Performance of Li-Ion Batteries: Experimental and Simulation Results, Energies (2016)

Eriyik Hazırlama: Bu aşamada aktif malzeme (AM), bağlayıcı malzeme ve iletken malzeme çözücü maddeler ve diğer katkı maddeleri ile birlikte belirlenen oranlarda karıştırılarak eriyik haline getirilerek Kompozit Elektrot (CE) oluşturulur. AM'nin düşük iletkenliğini artırmak için genellikle elektron iletkenliği yüksek katkı maddeleri karışıma eklenir. Bu katkı maddeleri çoğunlukla asetilen siyah, Ketjen siyah, süper-P, karbon grafit gibi karbon parçacıklarıdır. Pozitif elektrotlar (PE) polivinidilen difluorit (PVDF) ile karıştırılmış lityum metal oksitten meydana gelir. Negatif Elektrot (NE) için ise günümüzde genellikle AM olarak karbon kullanılır.

Kaplama Kurutma: Burada ise konveyör bant üzerinde bulunan akım kolektörleri (bakır veya alüminyum) üzerine bir önceki aşamada hazırlanan eriyik ince bir tabaka halinde dökülerek kaplanır. NE için bu malzeme bakır iken PE is bu malzeme alüminyumdur. Eriyiğin kolektör malzemeler üzerine homojen bir kalınlıkta serilmesi önemli bir noktadır. Her santimetrekare başına kullanılan AM miktarı elektrotların Azami Mevcut Kapasite (MAC) değeri için önemlidir. Kaplama işleminden sonra elektrotlar PE ve NE üzerinde bulunan çözeltilerin kuruması için bir fırından geçirilir.

Kalenderleme: Gözenekli elektrotlar burada malzemenin kompakt hale gelmesi ve gözenekli yapının düzenlenmesi amacıyla iki büyük silindir arasından geçirilerek preslenir. 300 ila 2000 Kg-cm² arasında değişen yüksek basınç değerleri uygulanarak elektrot kalınlığı kontrol edilmek istenen kalınlığa getirilir. Bu işlem sırasında gözeneklilik değeri de %40 oranında azaltılmış olur. Bu işlemden sonra elektrotlar bir kez daha kurutulur tüm su kontaminasyonu uzaklaştırılır. Bundan sonraki tüm işlemler kuru oda şartları altında gerçekleşir.

Elektrot Kesimi (Cutting/Slitter/Punching): Bir önceki aşamada hazırlanan elektrotlar bu aşamada istampalama veya kesme yöntemi ile istenen şekle getirilir. Elektrotlar üzerinde kalıntı veya çözücü parçacıkları kalmaması için bir vakumlama ile kurutulur. Kesim işleminde NE'lar, lityum depozisyonunu önlemek ve kenarlarda dendrit oluşumunu engellemek için PE'ye göre daha büyük kesilir.

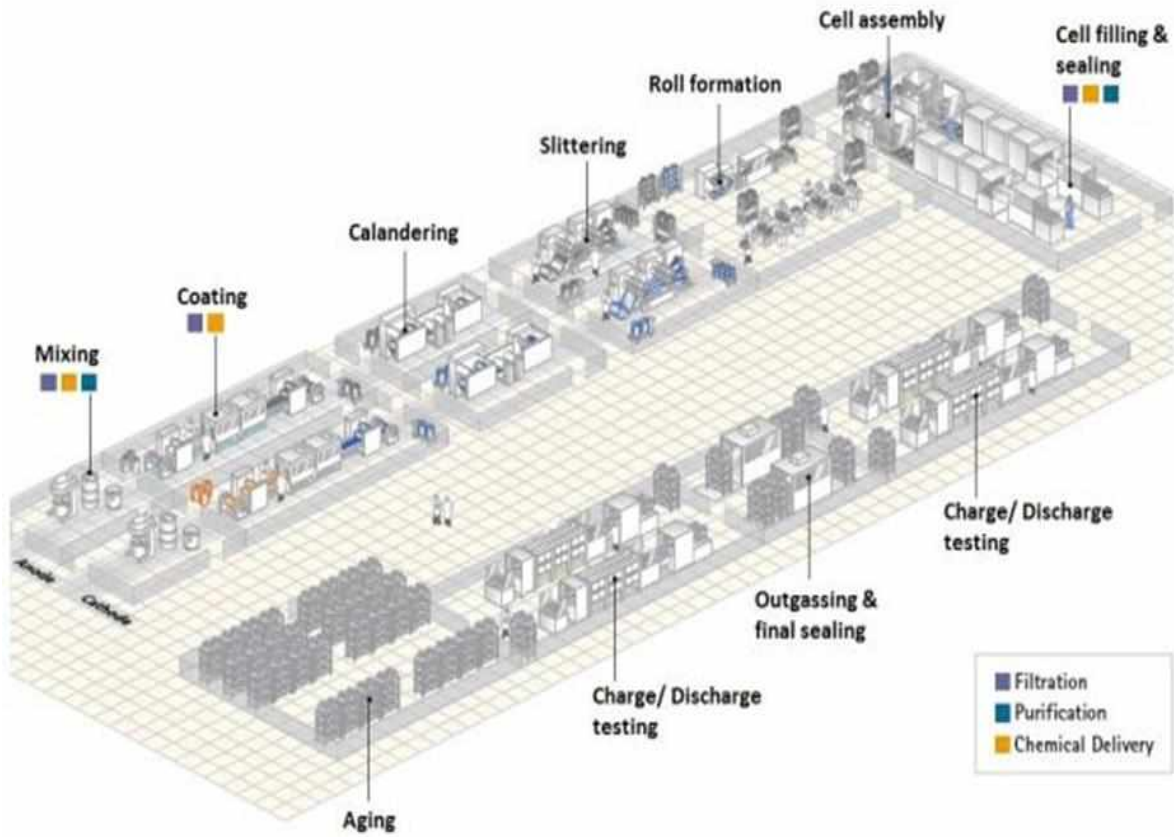
Hücre Montajı: Elektrotlar bir paket şeklinde düzenlendikten sonra (paket içinde anot, katot ve bir ayırıcı bulunur) harici bir iletkenle bağlanır ve hücre kabı içine yerleştirilir.

Elektrolit Ekleme: Kap içine yerleştirilen elektrotların arasına elektrolit yerleştirilir ve tüm bileşenler sınıksız kapatılır, bantlanır. Bantlama işlemi genellikle vakum şartları altında yapılır. Azami ıslaklık şartlarının sağlanması için elektrolitin ayırıcı ve elektrot içindeki deliklere ve gözeneklere tamamen girmesi ve penetre etmesi gereklidir. ıslaklık derecesinin az olması hücre empedansının artması şeklinde istenmeyen bir sonuç doğuracaktır.

Lityum İyon Pil Üretiminde Kullanılan Makineler

Bir lityum iyon pil üretim tesisinin genel fabrika yapısı ve görüntüsü aşağıdaki şekilde verildiği gibidir. Şekilde görüldüğü gibi iş akışı şu şekilde gerçekleşir: mixing (aktif malzeme ve bileşenlerin karıştırılıp çamur/eriyik elde edilmesi), coating (kaplama işlemi), calendering (kalenderleme işlemi), slitting (presleme işlemi), roll formation (silindir hale getirme işlemi), cell assembly (hücre montajı), cell filling and sealing (hücre doldurma ve pakitleyip sızdırmazlığı sağlama), charge/discharge testing (şarj ve deşarj kapasite kontrolü), outgassing and final sealing (nihai paketlenme işlemi), charge/discharge testing (şarj ve deşarj kapasite kontrolü) ve aging (yaşlandırma).

Şekil 18. Bir Lityum İyon Pil Üretim Fabrikasının Genel Görünüşü



3.3. İnsan Kaynakları

Türkiye İstatistik Kurumu 2019 yılı verilerine göre Ankara ilinin 15-65 yaş arasındaki nüfus bilgileri ve %'leri aktarılmıştır. Genç Nüfus istatistikleri ve bu istatistiğin Çalışma Çağındaki Nüfusa Oranı Ankara ilinde diğer illere göre oldukça üst seviyedir.

Çalışma çağındaki nüfusun son beş yıl itibarıyla durumuna bakıldığında toplam nüfusa oran olarak değişiklik olmadığı gözlenmektedir. 2019 yılı itibarıyla çalışma çağındaki nüfusun 4.154.515 olduğu görülmektedir.

Tablo 16. 2019 Yılı Ankara'da Nüfusun Yaşlara Göre Dağılımı

Yaş Grubu	Nüfus	Nüfus %
0-4	380.870	6,75
5-9	398.576	7,07
10-14	400.050	7,09
15-19	396.982	7,04
20-24	440.512	7,81
25-29	442.091	7,84
30-34	459.048	8,14
35-39	473.052	8,39
40-44	439.914	7,80
45-49	404.607	7,18
50-54	349.470	6,20
55-59	318.904	5,66
60-64	248.217	4,40
65-69	181.718	3,22
70-74	129.406	2,29
75-79	82.274	1,46
80-84	50.580	0,90
85-89	30.863	0,55
90+	11.942	0,21

Kaynak: TÜİK, Nüfus İstatistikleri, 2020

Tablo 17. Ankara'da Çalışma Çağındaki Nüfus, 2015-2019

	Çalışma Çağı Nüfusu (15-65 Yaş)	Toplam Nüfusa Oranı %
2015	3.893.294	73,87
2016	3.950.008	73,88
2017	4.019.688	73,82
2018	4.054.115	73,66
2019	4.154.515	73,67

Kaynak: TÜİK, ADNKS İstatistikleri, 2020

Ankara ili nüfusunun eğitim durumu incelendiğinde, il nüfusunun diğer illere göre daha eğitilmiş olduğu ve ilde okuma yazma bilmeyenlerin sayısının giderek azaldığı görülmektedir. Nüfusun büyük çoğunluğunu lise ve üstü eğitim alanlar oluşturmaktadır. Devlet ve özel üniversitelerin köklü olması, kamu kurum ve kuruluşlarının ana merkezi olması Ankara'nın öne çıkan özelliklerindedir.

Tablo 18. Ankara'da Okuryazarlık Durumuna ve Cinsiyete Göre Nüfusun Dağılımı (%)

	Okuma Yazma Bilen		Okuma Yazma Bilmeyen	
	Erkek	Kadın	Erkek	Kadın
Türkiye	99,1	94,83	0,90	5,17
Ankara	99,56	96,78	0,44	3,22

Kaynak: İstatistiklerle Ankara, 2019

Yüksek öğrenim mezunları sayısında işgücüne en yüksek katkı veren il olarak Ankara göze çarpmaktadır. Ankara'da üniversiteye giriş puanına göre en üst sıralarda yer alan yüksek öğrenim eğitimi veren kuruluşlar yer almaktadır. Mühendislik ve tıp alanında 21 adet yüksek öğrenim eğitimi veren kuruluş bulunmaktadır. 240. 000'den fazla öğrenci ve üniversitelerde 18.000'den fazla akademisyen bulunmaktadır. Türkiye'de bilimsel yayınların %34,3'ü ile Ankara, en yüksek oranda katkı veren şehir olarak ön plana çıkmaktadır.

Tablo 19. 2018-2019 Yılı Eğitim Düzeyine Göre Nüfus Oranları

Eğitim Düzeyi	Türkiye	Ankara	İstanbul	İzmir
Okuma Yazma Bilmeyen	3,55	2,12	2,27	1,60
Okuma Yazma Bilen Fakat Bir Okul Bitirmeyen	4,62	2,10	2,84	3,68
İlkokul Mezunu	21,07	16,30	18,49	22,03
İlköğretim Mezunu	14,28	10,11	13,96	12,63
Ortaokul Veya Dengi Mezunu	14,06	12,96	14,04	12,67
Lise Veya Dengi Mezunu	23,91	28,54	25,27	25,40
Yüksekokul Veya Fakülte Mezunu	15,77	23,00	19,15	19,04
Yüksek Lisans Mezunu	1,60	3,31	2,56	1,91
Doktora Mezunu	0,33	0,80	0,46	0,43
Bilinmeyen	0,79	0,76	0,95	0,59

Kaynak: Ankara Bölgesel Yenilik Stratejisi, 2019

İl ve ilçelerde yatırım konusunun gerektirdiği nitelikteki istihdama erişim durumu incelendiğinde ise Ankara'da eğitim düzeyi ile işgücüne katılım ve istihdam arasında pozitif bir ilişki vardır ve en yüksek işgücüne katılım oranı yükseköğretim düzeyindedir. Ankara'da istihdam edilme biçimlerine göre çalışanların durumu değerlendirildiğinde, %82'sinin ücretli veya yevmiyeli olarak çalıştığı görülmektedir. Bu oran Türkiye genelinde %75'ler düzeyindedir. Ankara'da bu payın yüksek olmasının önemli bir nedeni kamu istihdamının yüksek olmasıdır. Diğer taraftan bakıldığında da bu bulgu halen girişimcilik

ekosisteminin iyileştirilmesi gerektiğini de göstermektedir. Bu anlamda gerek yerel ekosistemden üretilen girişimci potansiyel gerekse de küresel ekonomiye dair yukarı yönlü tahminlerin güçlenmesi ile birlikte yükselen risk iştahı yeni yatırımcılar için de Ankara'da önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. İlin ekonomisi sanayi ağırlıklı olması nedeniyle yatırım konusundaki istihdam için incelenen İŞKUR verilerine göre erişim konusunda sıkıntı yaşanmayacağı gözlemlenmiştir.

Yatırım kapsamında 80 kişi istihdam edilecektir. İstihdam edilecek personeller lisans, lisanüstü, lise ve dengi okullardan mezun olan kişilerden seçilecek ve teknik eleman olarak görev alacaklardır.

4. FİNANSAL ANALİZ

4.1. Sabit Yatırım Tutarı

Gider Kalemi	Yaklaşık Fiyat (TL)	Yaklaşık Fiyat (\$)
Arazi Bina Maliyeti		
Arazi	600.000	77.922
Bina	1.500.000	194.805
Makine Teçhizat Maliyeti		
Batarya Üretim Makinesi	13.600.000	1.766.233
Sigorta vb. giderler		
Sigorta ve Taşıma Giderleri	300.000	38.961
TOPLAM	16.000.000	2.077.922

ABD \$ kuru 7,7 TL olarak alınmıştır.

Lityum İyon Batarya üretiminde kullanılacak makine ekipman, inşaat giderleri ve diğer giderler yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Üretim yeri olarak Ankara'da yer alacak OSB'ler ile görüşme yapılarak arsa tahsisi talebinde bulunulacaktır. Detaylı fizibilite raporunda etüt proje gideri, arazinin yapı kullanılmasına uygun hale getirilmesi için hazırlık giderleri, inşaat giderleri, lityum iyon bataryanın üretiminde yardımcı makine ve teçhizatları içeren giderler, öngörülmeleyen giderler ve genel giderler hesaba katılarak sabit yatırım tutarı kesin değer kazanacaktır.

Toplam Yatırım Tutarı

Endüstriyel tesislerin pil üretimi için ölçeklendirilmesinin maliyetler üzerinde olumlu bir etkisi vardır., çünkü yatırım maliyetleri daha büyük bir pil üretimine yayılabilir ve bu da ölçek ekonomilerine olanak sağlar. Mevcut durumda tipik bir fabrika kapasitesinin yaklaşık 0,5 GWh/yıl ile 8 GWh/yıl arasında değiştiğini, ancak en büyük fabrikaların çoğunun 3 GWh civarında kapasiteye sahip olduğunu göstermektedir [9]. Tipik bir batarya kapasite aralığı 20-75 kWh olan bu fabrika kapasiteleri, yıllık üretim hacmine 6 bin ila 400 bin paket arasında değişmektedir.

Elektrikli araçlarda (EV) kullanılan pillere baktığımızda; bu araçlarda kullanılan pil boyutlarının önemli ölçüde değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Hafif hizmet tipi EV'ler için aralık yaklaşık 20-100 kWh'dir. En çok satan üç Çinli EV, 18.3-23 kWh arasında değişen batarya boyutlarına sahiptir, çünkü bunlar küçük araçlardır ve tasarımları satın alınabilirlik üzerine odaklanır [9]. Avrupa ve Kuzey Amerika'daki

orta ölçekli otomobillerin 23-60 kWh arasında değişen pil kapasiteleri vardır. Daha büyük otomobiller ve SUV'ler 75-100 kWh arasında akü kapasitesine sahiptir.

Bu bölümde bir otomobilde kullanılacak olan lityum iyon batarya örneğini ele alalım. Bir otomobil için ortalama 50 kWh gücünde bir elektrik motoru gerekecektir. Lityum iyon pillerinin maliyetlerine baktığımızda, aşağıdaki gibi bir tablo ile karşılaşırız.

4.2. Yatırımın Geri Dönüş Süresi

2020 yılı itibarıyla 1 kWh üretim için yatırım toplam maliyeti 130 ABD \$ olarak yaklaşık belirlenmiştir. Bu durumda 50 kWh kapasiteli bir lityum iyon batarya üretim maliyeti 6500 ABD \$ yani yaklaşık 50.000 TL olacaktır (ABD \$ kuru 7,7 TL olarak alınmıştır). Yılda 10.000 adet batarya üretimi yapıldığı varsayılırsa; fabrika kapasitesi 50 kWh x 10.000 = 500.000 kWh yani 500 MWh olacaktır. Bu durumda toplam yatırım miktarı 65 milyon ABD \$ = 500 milyon TL (yaklaşık) olacaktır.

Tablo 20. Net Bugünkü Değer (NBD)

İskonto Oranı (Sermaye Maliyeti)	10%	
Yatırım Tutarı	16.000.000 ₺	2.077.922 \$
1. Yıl Gelir	7.000.000 ₺	909.090 \$
2. Yıl Gelir	9.000.000 ₺	1.168.831 \$
3. Yıl Gelir	13.000.000 ₺	1.688.311 \$
4. Yıl Gelir	14.000.000 ₺	1.818.181 \$
Net Bugünkü değer	33.130.933 ₺	4.302.718 \$
Bugünkü değer	17.130.933 ₺	2.224.796 \$

Yatırımın geri dönüş süresi: $4 + (16000000 - 8827948) / 14.000.000 = 4,51$: 4 yıl 6 ay
Öngörülen verilerle yatırımın geri dönüş süresi 4 yıl 6 ay'dır.

5. ÇEVRESEL ve SOSYAL ETKİ ANALİZİ

Yatırım konusu tesis Çevresel Etki Değerlendirmesine tabi olacaktır.

Yatırım konusu olan elektrik bataryalı araç ve taşıtların ana malzemesi olan lityum iyon batarya hücresi üretimi tesisi kurulduğu bölgede yaratacağı istihdam sayesinde bölgeye olumlu katkı yapacaktır. Ayrıca lityum iyon batarya hücresinin üretiminin komplike olması nedeniyle alt tedarikçilere yeni iş sahası yaratılacağından daha küçük ve orta ölçekli firmalar desteklenmiş olacaklardır.

Söz konusu yatırım teknoloji seviyesi yüksek bir ürün olduğundan bölgede hem ortaöğretim hem de yükseköğretim bazında eğitim niteliğinin artmasına destek sağlayacaktır. Bölgedeki eğitim kurumları ile yapılabilecek anlaşmalarla öğrencilere işyeri eğitimi ve staj imkânları sağlanabilecek, öğrenciler teşvik edilebileceklerdir. Özellikle bölgedeki ilgili mesleki ortaöğretim programları bu yolla canlandırılabilir ve cazibesi artabilir.

KAYNAKLAR

Akgök, Yusuf Ziya ve Şahiner, Mesut (2017, Haziran) Dünyada ve Türkiye’de Lityum. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü

Topkurulu, Hakan (2020, 14 Ekim) Lityum.

<https://www.enerjiportali.com/lityum-iyon-pil-nedir-ozellikleri-nelerdir>

https://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi162/d162_4248.pdf

Teknolojide Lityum Bağımlılığı, ThinkTech, STM Teknolojik Düşünce Merkezi (2019).

Polat, B. D. ve Keleş, Ö. 2012. Lityum İyon Pil Teknolojisi. TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası, 42-48.

Nilay Akkuş, Şarj edilebilir lityum bataryalarda katot aktif madde olarak kullanılan LiMn2O4 bileşiğinin çoklu katyon katkılama ile döngü performansının incelenmesi (2011). (Tarascon, J. M. and Armand, M., Issues and Challenges Facing Rechargeable Lithium Batteries, Nature, 414, 359-367, 20012den alınmıştır).

Mahmut Sancak, Lityum iyon pil kullanımının artmasıyla kobaltın fiyatı % 150 arttı (2017)
<https://www.haberturk.com>.

Anand Murali Sunny Sen, <https://factordaily.com/reliance-adani-lithium-ion-battery-factories-india/>

Matt Bohlsen, A Look At The Top 5 Lithium-Ion Battery Manufacturers In 2019
<https://seekingalpha.com/article/4289626-look-top-5-lithium-ion-battery-manufacturers-in-2019>

Vincent Ledoux Pedailles, Can Europe Become a Fully Integrated Lithium-ion Battery Player to Support the Growth in Electric Vehicles?, <https://www.theassay.com/technology-metals-edition-insight/>

Melania Scerra, Lithium ion battery production capacity by company 2028 (Temmuz 2020).

Şahin Akman, Lityum İyon Pillerde Maliyet ve Performans Görünümü (2018)
<https://www.enerjiportali.com/lityum-iyon-pillerde-maliyet-ve-performans-gorunumu>

Erdinç Öz, Bor katkılı lityum iyon pil üretimi ve elektriksel performanslarının karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi (2015).

Jelle Smekens, Rahul Gopalakrishnan, Nils Van den Steen, Noshin Omar, Omar Hegazy, Annick Hubin and Joeri Van Mierlo, Influence of Electrode Density on the Performance of Li-Ion Batteries: Experimental and Simulation Results, Energies (2016).

Enerji ve Ulaştırma Sektörleri Dönüşümünde Batarya Teknolojilerinin Rolü: Eğilimler, Fırsatlar ve Yenilikçi Uygulamalar, SHURA (www.shura.org.tr), (2019).

Erik Emilsson, Lisbeth Dahllöf, Lithium-Ion Vehicle Battery Production (2019).

Christelle Herriot, Contamination Control in high-tech industries: place of Li-Ion batteries (2012).

Steen, M. Lebedeva, N. Di Persio, F. Boon-Brett, L. EU Competitiveness in Advanced Li-ion Batteries for E-Mobility and Stationary Storage Applications – Opportunities and Actions, AB Komisyonu Raporu (2017).

Donald Chung, Emma Elgqvist, Shriram Santhanagopalan, CEMAC, Automotive Lithium ion battery supply chain and US competitiveness consideration (2015).

<https://www.electronicdesign.com/power-management/article/21799386/understanding-lithium-batteries-in-portable-electronics>

<https://searchdatacenter.techtarget.com/definition/uninterruptible-power-supply>

<https://www.energy.gov/eere/electricvehicles/electric-vehicle-basics>

<https://www.energysage.com/solar/solar-energy-storage/what-are-the-best-batteries-for-solar-panels/>

Avicenne Energy(EUROBAT e-mobility - Battery R&D Roadmap 2030 - Battery Technology for Vehicle Applications, 2015, EUROBAT. p. 36.)

Anderman, M., Tesla battery report, 2014, Advanced Automotive Batteries. p. 39

AA Haber sitesi, 02.10.2020).

Ek-1: Fizibilite Çalışması için Gerekli Olabilecek Analizler

Yatırımcı tarafından hazırlanacak detaylı fizibilitede, aşağıda yer alan analizlerin asgari düzeyde yapılması ve makine-teçhizat listesinin hazırlanması önerilmektedir.

- Ekonomik Kapasite Kullanım Oranı (KKO)

Sektörün mevcut durumu ile önümüzdeki dönem için sektörde beklenen gelişmeler, firmanın rekabet gücü, sektördeki deneyimi, faaliyete geçtikten sonra hedeflediği üretim-satış rakamları dikkate alınarak hesaplanan ekonomik kapasite kullanım oranları tahmini tesis işletmeye geçtikten sonraki beş yıl için yapılabilir.

Ekonomik KKO= Öngörülen Yıllık Üretim Miktarı /Teknik Kapasite

- Üretim Akım Şeması

Fizibilite konusu ürünün bir birim üretilmesi için gereken hammadde, yardımcı madde miktarları ile üretimle ilgili diğer prosesleri içeren akım şeması hazırlanacaktır.

- İş Akış Şeması

Fizibilite kapsamında kurulacak tesisin birimlerinde gerçekleştirilecek faaliyetleri tanımlayan iş akış şeması hazırlanabilir.

- Toplam Yatırım Tutarı

Yatırım tutarını oluşturan harcama kalemleri yıllara sari olarak tablo formatında hazırlanabilir.

- Tesis İşletme Gelir-Gider Hesabı

Tesis işletmeye geçtikten sonra tam kapasitede oluşturması öngörülen yıllık gelir gider hesabına yönelik tablolar hazırlanabilir.

- İşletme Sermayesi

İşletmelerin günlük işletme faaliyetlerini yürütebilmeleri bakımından gerekli olan nakit ve benzeri varlıklar ile bir yıl içinde nakde dönüşebilecek varlıklara dair tahmini tutarlar tablo formunda gösterilebilir.

- Finansman Kaynakları

Yatırım için gerekli olan finansal kaynaklar; kısa vadeli yabancı kaynaklar, uzun vadeli yabancı kaynaklar ve öz kaynakların toplamından oluşmaktadır. Söz konusu finansal kaynaklara ilişkin koşullar ve maliyetler belirtilebilir.

- Yatırımın Kârlılığı

Yatırımı değerlendirmede en önemli yöntemlerden olan yatırımın kârlılığının ölçümü aşağıdaki formül ile gerçekleştirilebilir.

Yatırımın Kârlılığı= Net Kâr / Toplam Yatırım Tutarı

- Nakit Akım Tablosu

Yıllar itibariyle yatırımda oluşması öngörülen nakit akışını gözlemek amacıyla tablo hazırlanabilir.

- Geri Ödeme Dönemi Yöntemi

Geri Ödeme Dönemi Yöntemi kullanılarak hangi dönem yatırımın amorti edildiği hesaplanabilir.

- Net Bugünkü Değer Analizi

Projenin uygulanabilir olması için, yıllar itibariyle nakit akışlarının belirli bir indirgeme oranı ile bugünkü değerinin bulunarak, bulunan tutardan yatırım giderinin çıkarılmasıyla oluşan rakamın sıfıra eşit veya büyük olması gerekmektedir. Analiz yapılırken kullanılacak formül aşağıda yer almaktadır.

$$NBD = \sum_{t=0}^n (NA_t / (1-k)^t)$$

NAt : t. Dönemdeki Nakit Akışı

k: Faiz Oranı

n: Yatırımın Kapsadığı Dönem Sayısı

- Cari Oran

Cari Oran, yatırımın kısa vadeli borç ödeyebilme gücünü ölçer. Cari oranın 1,5-2 civarında olması yeterli kabul edilmektedir. Formülü aşağıda yer almaktadır.

$$\text{Cari Oran} = \frac{\text{Dönen Varlıklar}}{\text{Kısa Vadeli Yabancı Kaynaklar}}$$

Likidite Oranı, yatırımın bir yıl içinde stoklarını satamaması durumunda bir yıl içinde nakde dönüşebilecek diğer varlıklarıyla kısa vadeli borçlarını karşılayabilme gücünü gösterir. Likidite Oranının 1 olması yeterli kabul edilmektedir. Formülü aşağıda yer almaktadır.

$$\text{Likidite Oranı} = \frac{\text{Dönen Varlıklar} - \text{Stoklar}}{\text{Kısa Vadeli Yabancı Kaynaklar}}$$

Söz konusu iki oran, yukarıdaki formüller kullanılmak suretiyle bu bölümde hesaplanabilir.

- Başabaş Noktası

Başabaş noktası, bir firmanın hiçbir kar elde etmeden, zararlarını karşılayabildiği noktayı/seviyeyi belirtir. Diğer bir açıdan ise bir firmanın, giderlerini karşılayabildiği nokta da denilebilir. Başabaş noktası birim fiyat, birim değişken gider ve sabit giderler ile hesaplanır. Ayrıca sadece sabit giderler ve katkı payı ile de hesaplanabilir.

$$\text{Başabaş Noktası} = \frac{\text{Sabit Giderler}}{\text{Birim Fiyat} - \text{Birim Değişken Gider}}$$

Ek-2: Yerli/İthal Makine-Teçhizat Listesi

İthal Makine / Teçhizat Adı	Miktarı	Birimi (Adet, kg, m ³ vb.)	F.O.B. Birim Fiyatı (\$)	Birim Maliyeti (KDV Hariç, TL)	Toplam Maliyet (KDV Hariç, TL)	İlgili Olduğu Faaliyet Adı

Yerli Makine / Teçhizat Adı	Miktarı	Birimi (Adet, kg, m ³ vb.)	Birim Maliyeti (KDV Hariç, TL)	Toplam Maliyeti (KDV Hariç, TL)	İlgili Olduğu Faaliyet Adı



Aşağı Öveçler Mah. 1322. Cad. No: 11 06460 Çankaya / ANKARA
Tel: 0 (312) 310 03 00 – Faks: 0 (312) 309 34 07

E-posta: bilgi@ankaraka.org.tr | www.ankaraka.org.tr

Kalkınma Ajansı Yayınları Bedelsizdir, Satılamaz