

# TEKNOFEST

## HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

### ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI PROJE DETAY RAPORU

**TAKIM ADI:** Tekden Eğitim

**PROJE ADI:**  $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$  (NCM) Katot Kullanılarak Buton (Düğme) Tip Şarj Edilebilir Lityum Pil Üretimi

**BAŞVURU ID:** #77900

## İçindekiler

### 1.Proje Özeti (Proje Tanımı)

Gravimetrik ve volumetrik enerji yoğunlukları karşılaştırıldığında lityum pillerin enerji yoğunluklarının Ni-Cd ve Ni-MH pillere göre daha büyük oldukları görülmektedir. Özellikle gravimetrik enerji yoğunluğu bakımından lityum piller diğerlerine kıyasla iki kat büyük enerji yoğunluğuna sahiptir. Cep telefonundan dizüstü bilgisayara hatta elektrikle çalışan taşıtlara kadar birçok alanda kullanılan lityum iyon piller için yüksek elektrokimyasal kapasite ve düşük kapasite kaybına sahip katotlara olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Tabakalı yapıdaki NCM bileşiği son yıllarda ticari lityum pillerde katot aktif madde olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada NCM bileşiği glisin nitrat yakma yöntemi (çözelti esaslı yakma yöntemi) ile sentezlenmiştir. Bileşiğin faz analizi X-ışınları toz kırınım (XRD), yüzey morfolojisi taramalı elektron mikroskopi (SEM) ve spesifik şarj-deşarj kapasite/kapasite kayıp özellikleri kronopotansiyometri ölçüm tekniği kullanılarak batarya analiz cihazı ile yapılmıştır. Ülkemizde henüz ticari olarak bu tür piller ve bileşenleri yeni üretilmeye başlanmıştır. Enerji depolamada en avantajlı depolama sistemleri olan lityum pillerin ülkemizde üretilmesi ve bu bilgi birikiminin artırılması son derece önemlidir. Çünkü proje çıktısı ürün stratejik bir üründür ve öncelikle çoğunlukla Asya ülkeleri olmak üzere, Amerika Birleşik Devletleri ve birçok Avrupa ülkesi bu alana büyük miktarlarda yatırım yapmaktadır. Nihai ürün günlük hayatta ihtiyaç duyulan şarjlı ev aletinde kullanılabilecek temel özelliklere sahip olacaktır. Özellikle buton (düğme) pillerin kullanıldığı fotoğraf makinesi, saat, el feneri, hesap makinesi v.b. gibi birçok alette enerji kaynağı olarak kullanılabilecektir. Pil sisteminin şarj edilebilir olması da ülke ekonomisi ve çevre açısından çok avantajlıdır. Çünkü piyasadaki bu tip piller büyük bir oranda şarj edilebilir özellikte üretilmemektedir.



Şekil 1. Proje çıktısı ürün

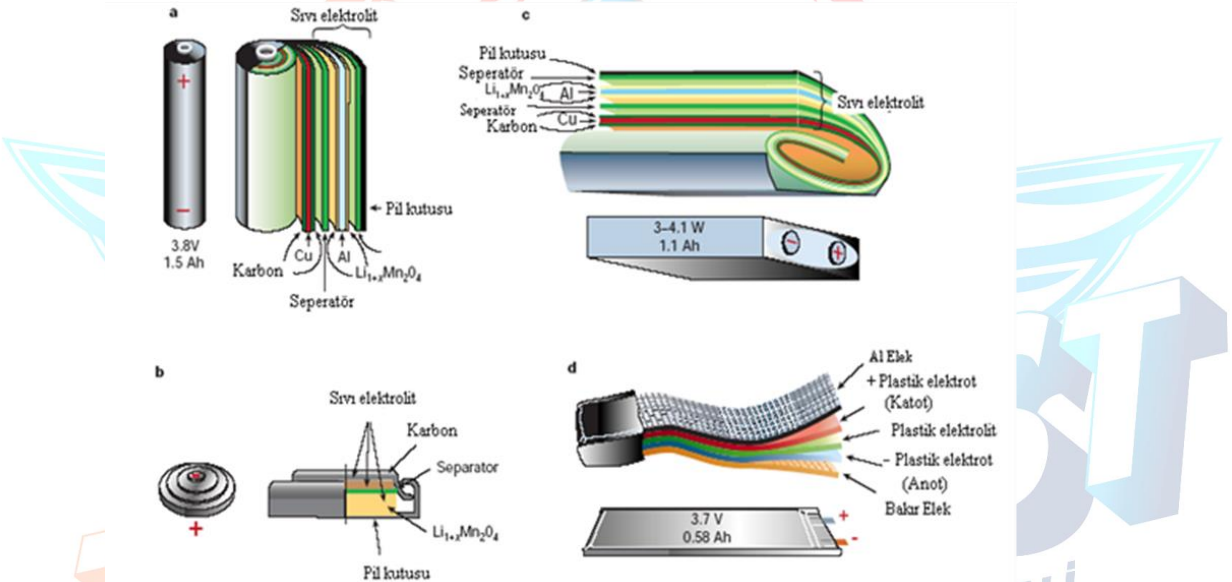
### 2.Problem/Sorun

i) Lityum iyon batarya katma değeri yüksek bir üründür. Bu yönüyle Türkiye'deki sanayi kollarının özlemini duyduğu katma değeri yüksek ürün(bilgi temelli) piyasasında yer almak konusunda yeni açılımlar sunabilecek ve kamunun dışa bağımlı alımlarında bir yerli tedarik imkânı sağlayacaktır. ii) Özellikle son yıllarda elektrikli araçlarda lityum iyon pillerin enerji kaynağı olarak kullanılması enerji yoğunluğu daha yüksek yeni nesil katot aktif maddelerine ihtiyacı artırmıştır. iii) Şu anda NCM bileşiği merkezi Amerika Birleşik Devletlerinde bulunan TESLA firması tarafından otomobil bataryalarında ticari olarak kullanılmaktadır. Bilimsel verilere göre katot aktif maddenin sentez yöntemi batarya performansını etkileyen en önemli parametrelerdendir. Buton (düğme) pilde kullanılacak olan katodun yeni, ekonomik ve hızlı bir yöntem olan glisin nitrat yakma yöntemi ile sentezlenecek olması batarya performansını olumlu etkileyeceği düşünülmektedir. iv) Ülkemizde yeni üretilcek olan lityum bataryaların üretim kabiliyeti ve geliştirilmesi konusunda bir bilgi birikimi

oluşturulacak ve böylece lityum-iyon hücre üretimi konusunda kendi özgün yöntemimiz geliştirilerek patent alınacaktır. v) Kamuda ve savunma sanayinde önemli bir dış alım kalemi Türkiye’de üretilebilir hale gelecektir. vi) Ulaştırma sektöründe petrole bağımlılığı ve emisyon yayılımını azaltacak bir teknolojinin Türkiye’de yaygınlaşması sağlanacaktır. vii) Türkiye’nin en önemli sanayi kolları arasında yer alan otomotiv sanayinin yeni ürünlerle (hibrid elektrikli araç (HEV) yada elektrikli araç (EV)) uluslararası pazarda yer alma çabasına katkı sağlanacaktır.

### 3.Çözüm

Şarjlı cihazlarda genellikle ticari olarak Ni-Cd veya Ni-MH pillerin kullanıldığı düşünüldüğünde lityum pillerin kullanılabilme imkanı artacak ticarileşmeye yani yaygın kullanımı sağlanacaktır [1]. Bu durum hem ülke ekonomisi hem de çevre açısından önem arz etmektedir. Ticari lityum iyon pilleri genel olarak anot, katot, elektrolit, ayıraç ve emniyet cihazından oluşmaktadır ve Şekil 2’de görüldüğü gibi silindir, düğme, prizmatik ve ince film olmak üzere dört farklı tipte dünya pazarında üretilmektedir [2].



Şekil 2- a) Silindirik, b) Düğme, c) Prizmatik ve d) İnce film(kese tipi) lityum iyon pilleri [3]

Ayrıca bu tip bir bataryanın geliştirilmesinde kullanılan bilgi birikimi katot, anot ve elektrolit geliştirilmesini de içerdiğinden kendisinden yeni modellerin üretilebileceği temel bir ürünün geliştirilmesi anlamına gelmektedir. Çünkü bu projenin bilgi birikimi ile silindirik, prizmatik ve ince film bataryalar da üretilebilecektir. Bu üretim için Marmara araştırma merkezi, İstanbul Teknik Üniversitesi ve Erciyes Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma Merkezi(ERNAM)’nde bulunan cihazları kullanılabilir.

Katodun sentezinde yeni bir yöntemin kullanılacak olması ise maliyet düşürücü veya standart/kalite yükseltici sonuçların elde edilmesi amacıyla yeni tekniklerin geliştirilerek uygulanması olarak düşünülebilmektedir.

Daha öncede belirtildiği gibi proje ürünü şarj edilebilir lityum düğme pildir. Bu üründe katot olarak son yıllarda batarya araştırmacıların dikkatini çeken yüksek enerji yoğunluğuna sahip, ekonomik, termal ve yapısal olarak kararlı NCM maddesi kullanılacaktır. Bir bataryanın performansını etkileyen en önemli bileşen katot olduğu için yeni bir yöntem kullanılarak NCM bileşiğinin sentezi son derece önemlidir [3].

## 4.Yöntem

**4.1.Katot aktif maddenin sentezi:** Glisin-nitrat yakma yönteminin; ısıtma işlem sıcaklığının düşük, sentez süresinin kısa, tanecik boyutunun küçük ve tanecik boyutu dağılımının homojen olması nedeniyle daha avantajlı olduğu bulunmuştur. Bu yüzden bu çalışmada  $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$  (NCM) sentezinde glisin nitrat metodu kullanıldı. Stokiyometrik oranda analitik saflıkta  $\text{Mn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (Sigma) ve  $\text{M}(\text{NO}_3)_2$  (M: Ni, Co) (Merck) tuzlarının saf suda doygun çözeltisi hazırlandı. Oluşan çözeltiye mol sayıları asetat anyonları ile aynı olacak şekilde derişik nitrik asit ve asetat anyonlarının  $\frac{1}{4}$  kadar olan glisin eklendi. Burada glisin hem yakıt olarak görev yapmakta hem de metal katyonlarını kompleks şeklinde bağlayarak çökmelerine engel olmaktadır. Nitrat ve asetat iyonları ise, glisinin yanması sırasında oksijen sağlamaktadır. Elde edilen çözelti, çözücünün fazlası uzaklaşana kadar manyetik karıştırıcılı ısıtıcı ile karıştırarak kontrollü bir şekilde ısıtıldı. Çözücünün fazlası uzaklaştığında oluşan viskoz kahverengi görünümdeki köpük, ısıtmaya devam edildiğinde kendiliğinden yanarak süngerimsi kül görünümde katı maddeye dönüştü. Katı madde stokiyometrik miktarda alınan  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  (Merck) ile aralıklarla öğütülüp bir kül fırınında  $800\text{ }^\circ\text{C}$ 'da 12 saat süre ile ısıtıldı.

## 4.2.Sentezlenen Bileşiklerin Karakterizasyonu

### 4.2.1. X-Işımı Toz Kırınımı Çalışmaları (XRD)

Sentezlenen bileşiklerin saflığını kontrol etmek ve birim hücre parametrelerini bulmak için Bruker marka AXS D8 model X-ışınları toz difraktometresi cihazı ile X-ışınları toz kırınım (XRD) deseni ölçüldü. DiffracPlus ve Win-Metric programları ile bileşiklerin XRD toz deseni indislenip birim hücre parametreleri hesaplandı.

### 4.2.2. Taramalı Elektron Mikroskobu Ölçümleri

Bileşiklerin tanecik boyutu, tanecik boyutu dağılımı ve yüzey morfolojisini incelemek için 20 kV gerilim değerinde çalışan Zeiss marka EVO LP-10 model taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanıldı.

### 4.2.3. Elementel Analiz

NCM'nin kimyasal bileşimini bulmak için Perkin Elmer marka 3110 model atomik absorpsiyon spektrometresi (AAS), Jenway marka PFP7 model alev fotometresi (FP) cihazları kullanıldı.

### 4.2.4. Termal Analiz

Kullanılan maddelerin kimyasal dönüşüm sıcaklığını bulmak için hava ortamında,  $50\text{-}800\text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklık aralığında ve  $20\text{ }^\circ\text{C}/\text{dakika}$  sıcaklık artış hızında termal analiz (DTA-TGA) ölçümleri yapıldı. Ölçüm için Perkin-Elmer marka Diamond model cihazı kullanıldı.

### 4.2.5. Elektrolitin Hazırlanması

Elektrolit çözeltisi olarak  $\text{LiPF}_6$ 'ın etilen karbonat (EC) ve dietil karbonatın (DEC) hacimce 1:1 karışımındaki 1 M çözeltisi kullanıldı.

### 4.2.6. Katodun hazırlanması

Ağırlıkça belli oranda elektroaktif madde (NCM), süper P karbon ve polivinilidenflorür (PVDF) den oluşan karışım agat havanda öğütüldükten sonra üzerine N-metil-2-pirrolidon (NMP) eklenerek süspansiyon haline getirildi. Elde edilen süspansiyon Dr.Blade tekniği ile Al folyo üzerine belli kalınlıkta kaplandı ve çözücüyü (NMP) uzaklaştırmak için vakumlu etüvde bir gece  $120\text{ }^\circ\text{C}$ 'de bekletildi ve son olarak MTI marka döner pres ile haddelendi.

### 4.2.7. Anodun hazırlanması

Anot olarak batarya fabrikaları için üretimi yapıp satılan LP-10 marka grafit kullanıldı.

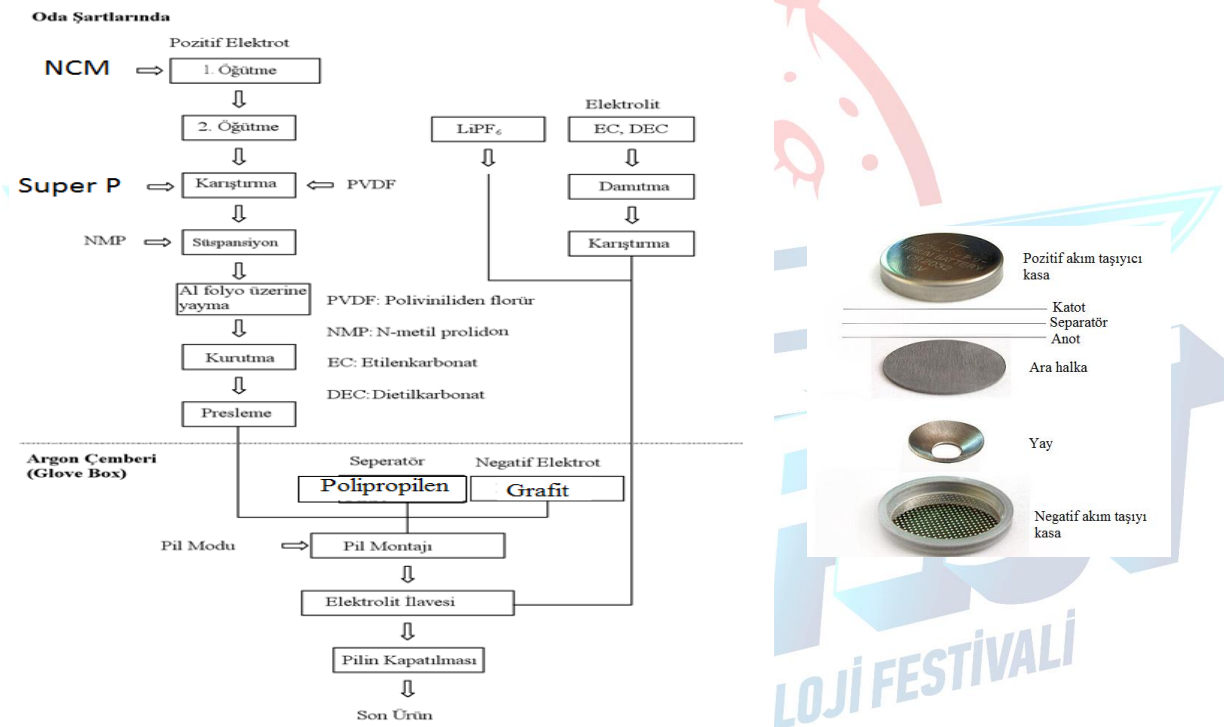


İşlemler katot hazırlığındaki gibi tekrarlandı. Anot hazırlamada Cu folyo kullanıldı.

### 4.3. Kronopotansiyometrik Ölçümler

Pilin yapımı, elektrolit hazırlanması glove box içinde gerçekleştirildi. Kronopotansiyometrik ölçümler için şekil 3’de görülen paslanmaz çelikten yapılmış çapı 20 mm yüksekliği 2,5 mm olan düğme tip hazır pil kalıbı kullanıldı [4].

Anot ve katot arasına birbiriyle doğrudan temasını engellemek için elektrolit emdirilmiş 17 mm çapında Celgard™ marka polipropilen seperatör yerleştirildi. Anot, katot ve elektrolitin yerleştirilmesinden sonra pilin dengeye ulaşması için 24 saat bekletildi. Dengeye gelmiş olan pil, MTI marka çok kanallı batarya analiz cihazı ile karşı 2.3 - 4.3 V potansiyel aralığında, farklı akım yoğunluğunda ( $1 C = 280 \text{ mA g}^{-1}$ ) doldurulup-boşaltıldı. Pilin kapasitesinin dolma-boşalma çevrim sayısı ile değişimini bulmak için bu işlem tekrarlandı. Elde edilen verilerden kapasite/voltaj grafiği ve şarj/deşarj döngü sayısına karşı kapasite grafikleri çizildi. Pil yapım aşamaları şekil 3’de görülmektedir. [4].



Şekil 3/ Pil yapım basamakları ve düğme pil bileşenleri

### 5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

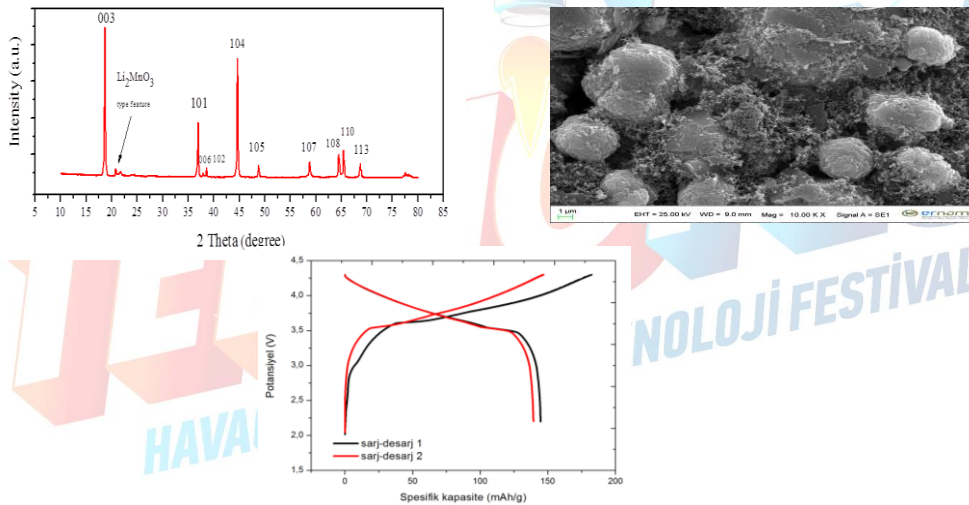
Lityum pillerin nominal gerilimi 3.6 volt iken Ni-Cd/Ni-MH pillerin nominal gerilimi lityum pillerin 1/3’ü kadar olup 1.25 voltdur. Bunun anlamı ancak üç seri bağlanmış Ni-Cd veya Ni-MH pilin ancak bir lityum pilin nominal gerilimine eşit olacağı anlamına gelir [5].

Panasonic, Maxcell, Renata ve Seiko firmaları dünya genelinde şarj edilebilir lityum düğme pilleri üretmekte ve pazarlamaktadır. Bu firmaların ürettiği bu pillerde katot olarak mangan dioksit veya vanadyum pentaoksit kullanılmaktadır. Anot olarak ise lityum alüminyum alaşımı kullanılmaktadır. Bu piller dünya pil pazarında birçok küçük cihaz için gerekli enerjiyi karşıladığı için ve fiyat bakımından diğer şarj edilebilir piller ile rekabet edebildiği için yaygın olarak kullanılsa da negatif elektrot olarak lityum içerikli bir alaşımın kullanılması güvenlik problemi oluşturmaktadır. Her ne kadar pil hava geçirmez olsa da pilin hava ile temasında metalik lityum aniden hava ile reaksiyona girerek patlamalara ve zehirli gaz çıkışına neden olabilmektedir. Bu olumsuz durum ürünün MSDS (Material Safety Data

Sheets) belgesinde de belirtilmektedir[6,7]. Bir diğer uluslararası üretici firma Multicomp olup, bu firmanın ürettiği şarj edilebilir lityum düğme pillerde katot olarak  $\text{LiCoO}_2$  bileşiği, anot olarak ise grafit kullanılmaktadır. Bu pil katot ve anot aktif maddesi şu anda ticari cep telefonu pillerinde kullanılan ile aynıdır. Fakat  $\text{LiCoO}_2$  katot aktif maddesi ekonomik değildir, çevreye zararlı etkisi vardır, yüksek sıcaklıkta kararlı değildir. Bu olumsuzlukları gidermek ve rekabet edilebilir bir ürün çıkarmak için bu projede katot olarak ekonomik, termal ve yapısal olarak kararlı NCM maddesi, lityuma göre daha güvenli grafit kullanılmaktadır.

## 6.Uygulanabilirlik

XRD ölçümleri sonucunda NCM bileşiğinin safsızlık piki içermediği ve uzay grubu R-3m olan hekzagonal  $\alpha\text{-NaFeO}_2$  yapısında olduğu bulunmuştur (Şekil 4a). Şekil 4b’de katot olarak hazırlanan NCM nin SEM fotoğrafı görülmektedir. SEM fotoğrafında görüldüğü gibi katotun homojen tanecik boyutu dağılımına sahip topaklaşmış taneciklerden oluştuğu görülmektedir. Şekil 4c’ ayrıca NCM katot grafit anot kullanılarak hazırlanan pilin deşarj kapasite değerinin 0.1C akım yoğunluğunda teorik kapasitenin yaklaşık %85’ine ulaştığı görülmektedir. Deneysel sonuçlar ticari pil üreticilerin yayınladığı özellikler ile uyum içindedir. Bu sonuçlar şarj edilebilir düğme tipi lityum pil üretilebileceğini göstermektedir. Katot aktif madde NCM sentezi, karakterizasyonu, katot karışımının hazırlanması, alüminyum akım taşıyıcı folyoya kaplanması, anot karışımının hazırlanması, bakır akım taşıyıcı folyoya kaplanması, elektrolitin hazırlanması ve pilin kapatılması işlemleri sırası ile laboratuvar ortamında prototip olarak yapılmıştır.



Şekil 4. a. NCM katodun XRD toz deseni, b. SEM görüntüsü, c. 0.1 C akım yoğunluğunda şarj deşarj eğrileri

## 7.Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Maliyet hesabı bir adet yaklaşık 40 mAh’lik CR2025 tip şarj edilebilir lityum pil için aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Katot aktif madde üretim maliyeti; 1Kg katot aktif madde üretimi için 388 g  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ , 1015 g  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , 1015g  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , 856 g  $\text{Mn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , 523 g Glisin, 1000 g %65’lik  $\text{HNO}_3$  kullanımı gerekir. Sigma-Aldrich şirketinin online satış fiyatları üzerinden 1Kg katot üretimi için maliyet aşağıdaki gibidir. (Kimyasallar içindeki kimyasal üretici firmalardan daha ucuza temin edilebilir)

1Kg  $\text{Li}_2\text{CO}_3$   $104\text{€} \cdot 0.388 = 40 \text{€}$       1Kg  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$   $135 \text{€} \cdot 1.015 = 135 \text{€}$

1Kg  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$   $520 \text{€} \cdot 1.015 = 520 \text{€}$       1Kg Glisin  $90 \text{€} \cdot 0.523 = 45 \text{€}$

1Kg %65'lik  $\text{HNO}_3$   $75\text{€} \cdot 1.00 = 75 \text{€}$       **Toplam = 867 €**

Proje özetinde verilen şekilde görüldüğü gibi 0.1C akım yoğunluğunda pilin spesifik kapasitesi yaklaşık 150 mAh/g bulunmuştur. Bu kapasite değerine göre 40 mAh'lik bir pil üretmek için pilde kullanılması gereken katot aktif madde miktarı yaklaşık 0.25 g olmalıdır. Bu durumda bir adet pil için katot maliyeti  $0.25\text{g} \cdot 867\text{€} / 1000 \text{g} = 0.22\text{€} \cdot (10.5\text{TL}) / 1 \text{€} = 2,3 \text{ TL}$  dir. Bir adet düğme pil için kullanılması gereken diğer madde ve malzeme maliyetleri aşağıda hesaplanmıştır. Bu maliyet hesabında MTI Corpşirketinin fiyatları esas alınmıştır [8].

Alüminyum folyo (1.5 cm)	0.012\$
Bakır folyo (1.5cm)	0.035\$
Separatör (2 cm)	0.025\$
Grafit Anot (0.16g)	0.072\$
Elektrolit	0.325\$
Pil kalıbı (CR2025)	0.90 \$
Toplam	1.37 \$*8.6 TL/1 \$= 11,8 TL
Pil adeti başına toplam madde malzeme maliyeti	11,8TL+ 2,3 TL (katot) = 14,1 TL

Maliyet analizine göre geliştirilen prototip ürünün fiyatı Avrupa ve Amerika'da satılan muadillerine göre çok daha ucuz ( vergiler hariç 40-60 TL/adet [9],[10]), Çinde satılanlara göre ise biraz daha pahalı (vergiler hariç 11-13 TL/adet, [11]) olduğu görülmektedir. Pazar analizine göre seri üretimde rekabet edebilir bir ürün olacağı anlaşılmaktadır. Proje çalışma planında iş zaman tablosu aşağıda verilmiştir.

PROJE ÇALIŞMA PLANI					
İŞ	MAYIS'21	HAZİRAN'21	TEMMUZ'21	AĞUSTOS'21	EYLÜL'21
1.İŞ PAKETİ	NCM sentezi				
2.İŞ PAKETİ	NCM karakterizasyon	NCM karakterizasyon	Elektrolitin hazırlanması		
3.İŞ PAKETİ		Katot ve Anotun Hazırlanması	Pilin Hazırlanması	Elektrokimyasal Çalışmalar	Elektrokimyasal Çalışmalar

### 8.Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar):

Buton (düğme) tipi piller günlük hayatta şarjedilebilir bir çok cihazda enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Saat, fotoğraf makinası, uzaktan kumanda aletleri, işitme cihazları v.b. gibi bir çok cihazda güvenle kullanılabilir. Ayrıca pilin şarj edilebilir tipte olması defalarca kullanılmasını yani daha ekonomik ve çevre dostu bir ürün olmasını sağlayacaktır.

## 9.Riskler

**i. İş Yönetimi;** Uyum içerisinde çalışan takım olmamızdan dolayı bu iş paketinde risk görülmemektedir.

**ii. Malzeme Siparişi ve Satın alma Süreci;** Yurt dışı alımlarında malzeme stokları ve gümrük sürecinden dolayı gecikmeler söz konusu olabilir. Çözüm olarak gecikmelerin olması durumunda alternatif ürünlerin alınmasına yönelik sentez aşamasında ve pil üretiminde plan değişikliğine gidilecektir.

**iii. Katot ve Anotun hazırlanması;** Katot ve anotun hazırlanması sürecinde kimyasal bileşenlerin oranı ve karıştırılma önceliği önemlidir. Projede kullanılması planlanan bağlayıcı malzemelerin, çözücülerin ve yıkama solüsyonlarının uyumsuzluğu ve kaplama kalınlıkları risk oluşturabilir. Çözüm olarak yeni karışım oranları ve bağlayıcı, iletken karbon tipleri denenecektir.

**iv. Üretilen katodun karakterizasyonu;** Hizmet alımı yapılacak laboratuvar ya da cihazda sorun çıkması bu iş paketinde risk oluşturabilir. Çözüm olarak farklı laboratuvarlardan hizmet alımı yapılması söz konusu olacaktır.

**v. Elektrokimyasal Testler;** Üretilen düğme pilin elektrokimyasal kapasitesi ticari pillerinkine göre daha düşük olabilir ve test prosedüründeki hatalar risk oluşturabilir. Bu durumda yeni katot bileşiminde sentez yapıp pil hazırlanacaktır. Aynı zamanda elektrokimyasal ölçümler gözden geçirilerek parametre aralıkları daha uygun hale getirilerek analizler yapılacaktır.

## 10.Kaynakça

1. Linden, D. and Reddy, T. B., Editors, Handbook of Batteries, 3<sup>rd</sup> Ed. McGraw-Hill, New York, 2001.
2. Tarascon, J. M. and Armand, M., Issues and Challenges Facing Rechargeable Lithium Batteries, Nature, 414, 359-367, 2001.
3. Ohzuku, T., Makimura, Y., Layered Lithium Insertion Material of  $\text{LiCo}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$  for Lithium-Ion Batteries, Chem. Lett., 7, 642-643, 2001.
4. PatatŞ., Değişik Metal Katkılanmış İçerme Bileşiklerinin Sentezi, Karakterizasyonu ve Doldurulabilir Lityum Piler, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans, E.Özkan (Öğrenci),2003.
5. Dell, R. M. and Rand D. A. J., Understanding Batteries, Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2001.
6. <http://www.digikey.com/en/product-highlight/p/panasonic/lithium-rechargeable-coin-batteries>
7. <http://www.batterypoweronline.com/main/markets/batteries/portablepower/renata-develops>
8. <http://www.mtixtl.com>
9. <https://www.ebay.co.uk/itm/202735830880>
10. <https://www.ebay.com/itm/181292037914>
11. <https://www.aliexpress.com/item/1005001292532749.html>



