

# TEKNOFEST

## HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

### ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI

#### PROJE DETAY RAPORU

**TAKIM ADI:** SMART

**PROJE ADI:** SODYUM-İYON BATARYA İMALATI VE KARAKTERİZASYONU.

**BAŞVURU ID:** 401905



## İÇİNDEKİLER

1. ÖZET.....	3
2. PROBLEM.....	3
3. ÇÖZÜM.....	4
4. YÖNTEM.....	5
5. YENİLİKÇİ YÖNÜ.....	8
6. UYGULANABİLİRLİK.....	9
7. TAHMİNİ MALİYET VE PROJE ZAMAN PLANLAMASI.....	11
8. HEDEF KİTLESİ.....	12
9. RİSKLER.....	12
10. KAYNAKÇA.....	12



## 1. ÖZET

Tercih edilen imalat yöntemi ve hücre bünyesinde kullanılan kimyasallara göre, batarya hücresinin çevrim ömrü, maliyeti, enerji yoğunluğu, güç yoğunluğu ve güvenlik seviyesi gibi performans değerleri önemli ölçüde değişebilmektedir. Proje konusu; batarya hücresinin eksi kutbunda, geleneksel olarak kullanılan Anot Elektrotu yerine ağırlıkça %85 Aktif Karbon (AC) +%5 Karbon Ketjen +%5 Epoksi bağlayıcısı +%5 Elektrolit bazlı karışımını içeren Anolit (Elektrolitli Anot) bileşeninin kullanılmasını, artı kutbunda geleneksel olarak kullanılan Katot Elektrotu yerine ağırlıkça %70 Sodyum Alüminyum Fosfat (SAIP)+%20 Karbon Ketjen +%5 Epoksi bağlayıcısı +%5 Elektrolit bazlı karışımını içeren Katolit (Elektrolitli Katot) bileşeninin kullanılmasını ve ilgili bileşenlerin arasında ise 1M SAIP+Propilen Glikol bazlı Elektrolit bileşeninin kullanılmasını içermektedir.

Projenin amacı, 7 İş Paketi kapsamında, A planına göre ilgili karışımlara sahip ve B planına göre de geleneksel hücrelerin, ilgili performans değerlerinin karşılaştırmalı incelenmesidir. SAIP, elektrolit bünyesinde tuz, Katolit bünyesinde ise aktif malzeme görevini görmektedir. Epoksi reçinesi ise elektrot bünyelerinde bağlayıcı (binder) malzemesi ve hücre dışında ise hücre muhafaza kabı görevini görmektedir.

Sentezlenen bileşenlerin yüzey morfolojik analizini görmek için SEM görüntüleri ve kimyasal yapılanmaları için FTIR analizleri kullanılmıştır. İmal edilen prototip hücrelerin iletkenlik değerini ölçmek için empedans ölçümleri, redoks karakteristikleri için döngüsel voltametri ve şarj-deşarj kapasitelerini görmek için kronopotansiyometri gibi elektrokimyasal analizleri kullanılmaktadır.

Proje konusu Sodyum (Na)-iyon batarya hücresi, geleneksel Na-iyon hücreye göre bünyesinde ağır ve inaktif muhafaza kabı yerine hafif epoksi bazlı muhafazası olduğu için yüksek enerji yoğunluğuna; Anolit ve Katolit elektrot bünyelerinde kullanılan iyonik iletken elektroliti nedeniyle yüksek güç yoğunluğuna; yanma/patlama riski bulunmayan Propilen Glikol (PG) çözücülü elektroliti nedeniyle güvenli kullanıma; elektrotların şarj-deşarj esnasında kendini rejenere edebilen epoksiden kaynaklı jel formu nedeniyle, uzun kullanım ömrüne; hücre bünyesinde düşük maliyetli ve havadaki nem/oksijenden etkilenmeyen Epoksi, SAIP, AC, PG gibi kimyasallarının seri imalata imkan sağlayan ortam koşullarında sentez ve kurutma süreçleri nedeniyle, düşük maliyetli olması gibi performans değerlerine sahiptir.

Proje çıktısı olan batarya hücresi, elektromobilite segmentine hitap edecek olup ilgili segmentte güç kaynağı olarak kullanılması amaçlanmıştır. Batarya teknolojileri, 11. Kalkınma Planı ve 2023 Vizyon Belgesinde öncelikli ve stratejik alan olarak görülmektedir.

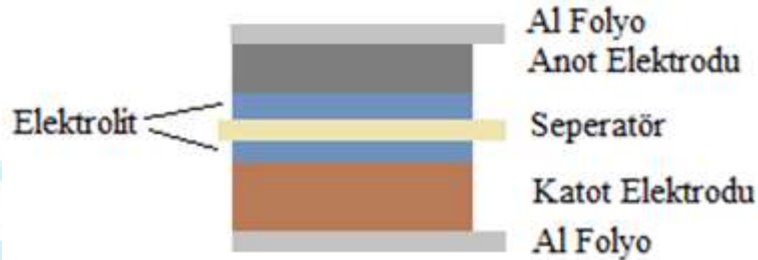
**Anahtar Sözcükler:** Anolit, Katolit, Sodyum-iyon Bataryası, Elektrokimyasal Hücre, Epoksi.

## 2. PROBLEM

Enerji depolama amaçlı batarya sistemlerinin gelişimini yönlendiren ana akımlardan birisi, çevreye duyarlı daha temiz araçlara duyulan ihtiyacın etkisiyle, mobilite alanında yaşanan gelişmelerdir. Enerji kaynağı olarak batarya teknolojilerinin kullanıldığı elektrikli araçlar daha yaygın hale geldikçe depolama teknolojilerine olan ihtiyaç ön plana çıkmaktadır. Batarya maliyetlerinin düşmesi, ağırlığının hafiflemesi, depolama hızının artması, enerji ve güç yoğun bataryaların üretilmesi elektrikli araçların geleceği için önem arz etmektedir [1]. Mevcut Na-iyon bataryaları, elektromobilite uygulamaları için en umut verici teknoloji olmasına rağmen, hâlâ aşılması gereken bazı zorluklar vardır. Geleneksel Na-iyon bataryası hâlâ enerji yoğunluğunda, hızlı şarj kabiliyetinde, maliyetinde, güvenli kullanımında ve uzun ömür sunması gibi performans değerlerinde iyileştirmelere ihtiyaç duymaktadır [2]. Bu hedef doğrultusunda, bu proje konusu,

bataryanın performansını artırmak amacıyla enerji ve güç yoğunluğunu artırmak, ömür süresini yükseltmek, güvenli kullanıma sahip olarak maliyetini düşürmek için farklı kimyasal ve üretim yöntemlerinin geliştirilmesi açısından kilit öneme sahiptir. Çünkü Sodyum-iyon bataryaların farklı malzeme kombinasyonları; benzersiz performans değerleri sağlayabilmektedir. Proje kapsamında yapılmakta olan Ar-Ge çalışmaları sonucunda ticarileşebilen öncü batarya teknolojilerine ulaşılması hedeflenmektedir.

Geleneksel olarak e-mobilite segmentinde kullanılan Na-iyon batarya elektrokimyasal hücrelerinin eksi kutbunda Alüminyum (Al) folyo bazlı Negatif Akım Toplayıcısı ve ilgili folyoya kaplanmış içinde karbon bazlı iletken katkılayıcı ve bağlayıcı malzeme ile birlikte AC bazlı Anot Elektrotu ve artı kutbunda ise Al folyo bazlı Pozitif Akım Toplayıcısı ve ilgili folyoya kaplanmış içinde karbon bazlı iletken katkılayıcı ve bağlayıcı malzeme ile birlikte Sodyum içeren Prusya Mavisi bazlı Katot Elektrotu bulunmaktadır. Anot ve Katot elektrotlarının arasında ise metalik tuz ve karbonat bazlı organik çözücü içeren Elektrolit çözeltisi ile birlikte, iyon geçişine izin verip elektron geçişine izin vermeyen Seperatör bulunmaktadır. Görüldüğü üzere mevcut Na-iyon batarya hücreleri, altı adet bileşenden oluşmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Altı bileşenli Na-iyon batarya hücresi.

Geleneksel Na-iyon batarya hücresinin dezavantajı; altyapı ve kimyasal olarak yüksek maliyetli üretim sürecini gerektirmesidir [3]. Ayrıca satın alım maliyetinin yüksek (77 \$/kWh), enerji yoğunluğunun düşük (120 Wh/kg), kullanım ömrünün sınırlı (2500 çevrim ömrü=7 yıl), şarj süresi uzun olan (30 dk =>%80) ve yanma ve patlama riski barındıran karbonat bazlı organik elektrolitinden dolayı güvenlik sorunlarının olması; mevcut Sodyum-iyon bataryasının en büyük dezavantajlarından [4]. Ayrıca çalışma sıcaklığının -20 ile +60 °C aralığında olması da ilgili bataryanın mobilite alanındaki şartlarda kullanımını zorlaştırmaktadır [5].

### 3. ÇÖZÜM

Proje konusu; batarya hücresinin eksi kutbunda, geleneksel olarak kullanılan Anot Elektrotu yerine ağırlıkça %85 AC +%5 Karbon Ketjen +%5 Epoksi bağlayıcısı +%5 Elektrolit bazlı karışımını içeren Anolitinin kullanılmasını, artı kutbunda geleneksel olarak kullanılan Katot Elektrotu yerine ağırlıkça %70 SALP+%20 Karbon Ketjen +%5 Epoksi bağlayıcısı +%5 Elektrolit bazlı karışımını içeren Katolitinin kullanılmasını ve ilgili bileşenlerin arasında ise 1M SAIP+PG bazlı Elektrolitinin kullanılmasını içermektedir.

Bileşenlerin bünyesinde kullanılan kimyasalların açılımı: AC tozu, Anolit bünyesinde Na iyonlarının tutunduğu/interkale olduğu aktif malzeme fonksiyonunu gören bir malzemedir; SALP ise elektrolit bünyesinde tuz, Katolit bünyesinde ise Na iyonlarının tutunduğu/interkale olduğu aktif malzeme görevini görmektedir. Epoksi reçinesi ise elektrot bünyelerinde bağlayıcı (binder) malzemesi ve hücre dışında ise hücre muhafaza kabı olarak görev görmektedir. Propilen Glikol (PG), elektrolit bünyesinde çözücü olarak kullanılmaktadır. Al metalik folyoları, hücrenin eksi ve artı kutuplarında sırasıyla, negative ve pozitif akım toplayıcı olarak görev görmektedir. Ketjen Black

(ketjen siyahı) ise iki elektrot bünyesinde elektronik iletken katkılayıcı olarak kullanılmaktadır. Hücrede kullanılan Seperatör ise iyonik iletkenliği ve elektronik yalıtkanlığı sağlayıcı bir araç olarak kullanılmaktadır.

Elektrikli taşıt sanayisi alanındaki talepler doğrultusunda düşük maliyetli, geniş termal kullanım aralıklı, yüksek enerji yoğunluklu, hızlı şarj kabiliyetli, güvenli ve yüksek çevrim ömrüne sahip bataryaların üretilebilmesi için yoğun çaba sarf edilmektedir. Bu projede, 7 adet İş Paketi (İP) kapsamında A ve B planlarına göre sırasıyla proje konulu ve geleneksel olmak üzere 2 adet farklı Na-iyon batarya hücre prototipleri imal edilmektedir.

Projenin amaçları;

1. Anolit ve Katolit bileşenlerinin içinde Epoksinin bağlayıcı/binder olarak kullanımının test edilmesidir.
2. Epoksinin, hücre dış muhafazası olarak kullanılabilirliğinin test edilmesidir.
3. Propilen Glikolün, elektrolit bünyesinde çözücü olarak kullanılabilirliğinin test edilmesidir.
4. SAIP'nin elektrolit bünyesinde tuz ve Katolit bünyesinde ise Aktif Malzeme olarak kullanımının test edilmesidir.
5. Hücrenin, eldivenli kabin veya kuru odada değil, ortam şartlarında imal edilebilirliğinin test edilmesi.
6. Hücre bileşenlerinin, pahalı kurutma makineleri yerine ortam şartlarında kurutulmasının/kürlenmesinin test edilmesidir.

Projenin hedefleri:

Yeni nesil Na-iyon batarya projesinde; uzun kullanım ömürlü (3500 çevrim ömrü=9,5 yıl) ve hızlı şarj özellikli (20 dk=>%100), yanma/patlama riski bulunmayan elektrolitinden dolayı güvenli kullanıma sahip olması, hücre bünyesinde geleneksel metalik veya plastik muhafaza kabı yerine hafif epoksi reçinesi bazlı muhafaza kullanıldığından dolayı (150 Wh/kg) yüksek enerji yoğunluklu ve düşük maliyetli (36 \$/kWh) olması gibi öngörülen performans/başarı kriterlerini içermesi, ulaşılmak istenilen niceliksel hedeflerdir.

#### 4. YÖNTEM

Proje, alttaki 7 İş Paketi (İP) kapsamındaki süreçle gerçekleştirilmektedir.

İP 1: Elektrolit Bileşen Sentezi olan İP 1'de 1M SAIP+PG bazlı Elektrolit bileşeni sentezlenmiştir. Hassas terazide (Şekil 2) tartılan ağırlıkça 1M SAIP malzemesine Propilen Glikol çözücüsü ekleyerek manyetik karıştırıcı üzerine konulan beherde bir araya getirilmiştir. İlgili karışım, manyetik karıştırıcıda homojen bir karışıma dönüşüncüye kadar karıştırılmıştır.



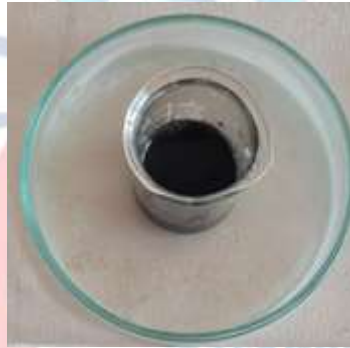
Şekil 2. Hassas Terazi.

İP 2: Anolit Bileşen Sentezi olan İP 2’de ağırlıkça %85 AC +%5 Karbon Ketjen +%5 Epoksi bağlayıcısı +%5 Elektrolit bazlı Anolit bileşeni sentezlenmiştir. Hassas terazide tartılan ilgili kimyasallara sahip Anolit bileşeni, manyetik karıştırıcı üzerine konulan beherde bir araya getirilmiştir. İlgili bileşen, manyetik karıştırıcıda homojen bir karışıma dönüşüncüye kadar 2 saat karıştırılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Manyetik karıştırıcıda sentezlenen Anolit bileşenleri.

İP 3: Katolit Bileşen Sentezi olan İP 3’te ağırlıkça %70 SAIP+%20 Karbon Ketjen +%5 Epoksi bağlayıcısı +%5 Elektrolit bazlı Katolit bileşeni sentezlenmiştir. Hassas terazide tartılan ilgili kimyasallara sahip Katolit bileşeni, manyetik karıştırıcı üzerine konulan beherde bir araya getirilmiştir. İlgili bileşen, manyetik karıştırıcıda homojen bir karışıma dönüşüncüye kadar 2 saat karıştırılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Beherde Katolit bileşeni.

İP 4: Malzeme Karakterizasyonu olan İP 4’te sentezlenmiş Anolit ve Katolit bileşenlerinin yüzey morfoloji analizleri için Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri ve kimyasal yapılanmaları için ise Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopi (FTIR) analizleri elde edilmiştir. İP 5: Batarya Hücre İmalatı olan İP 5’te A planına göre proje konusu batarya hücresi imal etmek için ilgili Anolit bileşeni Alüminyum folyoya, ilgili Katolit bileşeni de diğer bir eşdeğer Alüminyum folyoya Film Applicator cihazı (doctor blade yöntemiyle) ile 60 mikron kalınlığında kaplanarak ortam şartlarında 8 saat kürlenmiştir/kurutulmuştur (Şekil 5). Separatör, 1M SAIP+PG bazlı elektrolite daldırılarak ıslatılmış ve anolit ve katolitli akım toplayıcılar arasına yerleştirilmiştir. Hücre muhafazası için epoksi reçinesi, metalik akım toplayıcıların tableleri/uçları dışarıda kalacak şekilde fırça yardımıyla tam/full hücreye sürülmüş ve ortam şartlarında 8 saat kürlenmiştir/kurutulmuştur (Şekil 6). Performans karşılaştırması yapmak amacıyla, B planına göre ise geleneksel prototip batarya hücresi imal edilmektedir.



Şekil 5. Hücre Bileşenleri.



Şekil 6. Tam/full hücre.

İP 6: Elektrokimyasal Analiz olan İP 6'da prototiplerin, Döngüsel Voltametri (CV) testleri, indirgenme-yükseltgenme değerleri ve Elektrokimyasal Empedans Spektroskopi (EIS) ile empedans ölçümleri potansiyostat-galvonastat cihazında (Şekil 7) yapılmaktadır. Ayrıca farklı akım değerlerinde ölçülen şarj ve deşarj kapasiteleri ve çevrim ömrünü tespit etmek için kronopotansiyometri analizleri de yapılmaktadır.



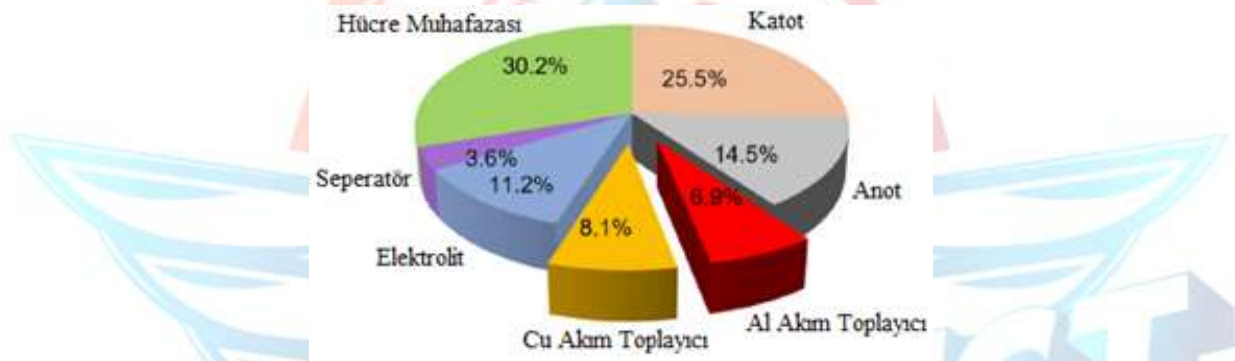
Şekil 7. Potansiyostat-Galvonastat cihazı.

İP 7: Hücre Optimizasyonu olan İP 7'de, üretilen prototip hücrelerde kullanılan kimyasallar, hedeflenen performans değerlerine ulaşmak için miktar, oran ve yüzde olarak optimize edilmektedir.

## 5. YENİLİKÇİ YÖNÜ

Tercih edilen hücre mimarisi, imalat yöntemi ve hücre bünyesinde kullanılan kimyasallara göre, batarya hücresinin çevrim ömrü, çalışma sıcaklık aralığı, enerji yoğunluğu, güç yoğunluğu ve güvenlik seviyesi gibi performans değerleri önemli ölçüde değişebilmektedir. Böylece proje konusu batarya hücresinin özellikleri:

1. **Yüksek Enerji Yoğunluğu:** Batarya hücresinin ağırlığı azaltılırsa, ilgili hücrenin enerji yoğunluğu artmaktadır. Hücre muhafazası için geleneksel olarak kullanılan ağır plastik veya metalik muhafazalar yerine (Şekil 8) düşük ağırlıklı ve talep edilen uygulamaya göre uyarlanabilen epoksi reçinesi kullanıldığından proje konusu hücrenin enerji yoğunluğu yüksektir [6].



Şekil 8. Geleneksel batarya hücresinin ağırlık yüzdesi [7].

2. **Hızlı Şarj (Güç Yoğunluğu):** Anolit ve Katolit olmak üzere her iki elektrot bileşeni bünyesinde 1M SAIP+PG bazlı elektroliti kullanıldığından, batarya hücresinin iyonik iletkenliği artarak hızlı şarj olanağına kavuşmaktadır [8].
3. **Güvenli Kullanım:** Geleneksel olarak kullanılan ve yanma/patlama riski bulunan karbonat bazlı organik çözücülü elektrolit yerine yanma riski bulunmayan, Erime Noktası (Mp) -59 °C ve Kaynama Noktası (Bp) +188 °C olup geniş termal stabilite aralığına sahip PG çözücülü elektrolit kullanılmaktadır [9].
4. **Uzun Çevrim Ömrü:** Her iki elektrot bileşeni olan Anolit ve Katolit yarı katı formda/halde olup kendini rejenere/yenileme/onarma özelliğinde olduğundan, proje konusu batarya hücresi, geleneksel Na-iyon pil hücrelerindeki gibi şarj-deşarj sürecinde Na iyonlarının kutup bünyelerinde aktif malzemenin kristal yapısını degradasyona maruz bırakarak bozmadığı için yüksek şarj-deşarj döngüsüne ulaştığından uzun kullanım ömrü sunmaktadır [10].
5. **Düşük Maliyet:** Proje konusu batarya hücresi, geleneksel hücrelerde olduğu gibi yüksek maliyetli ve toksik kimyasallar ve pahalı imalat yöntemleri yerine alttaki yaklaşımlarla hücre imalatı gerçekleştirilmektedir.

*i.* Anolit ve Katolit elektrotları bünyesinde yüksek maliyetli PVdF (Poliviniliden diflorür) bağlayıcısı ve pahalı ve toksik NMP (N-Metil-2-pirolidon) çözücüsü yerine herhangi bir



çözücü içermeyen düşük maliyetli Epoksi bazlı bağlayıcı kullanılmıştır [11].

*ii.* NMP çözücüsü kullanılmadığından elektrotların kurutma/kürleme prosesi de ortam şartlarında gerçekleştirilmektedir.

*iii.* Bünyesinde havadaki nem ve oksijene inert kimyasallar kullanılan proje konusu batarya hücrelerinin, Eldivenli kabin (Glove box) veya kuru oda (dry room) yerine seri imalata izin veren ortam koşullarında sentez ve imalatı gerçekleştirilmektedir (Şekil 9).



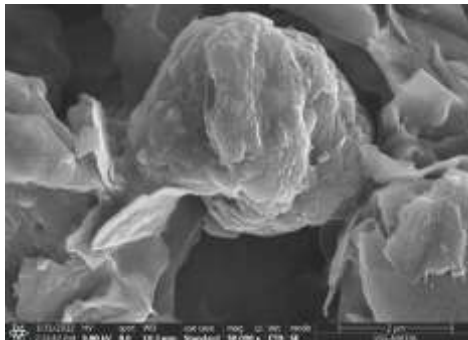
Şekil 9. Batarya Laboratuvarı.

*iv.* Elektrolit bünyesinde geleneksel olarak kullanılan pahalı ve flor içeren Sodyum Hegza Flofosfat ( $\text{NaPF}_6$ ) tuzu yerine düşük maliyetli SAIP'in tuz olarak kullanımı sağlanmıştır.

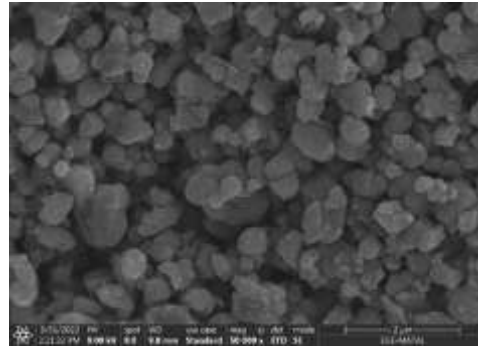
## 6. UYGULANABİLİRLİK

Mevcut lityum kaynaklarının sınırlı olması ve Lityum-iyon pillerin yüksek maliyeti, enerji depolama uygulamalarının önündeki en büyük engellerden biridir. Sodyumun dünya kabuğunda ve denizlerde bolca bulunması, kolay erişilebilirliği, çevre dostu olması ve çok daha düşük fiyatlar ile üretimi umut verici bir alternatif malzeme olmasını sağlamıştır [12].

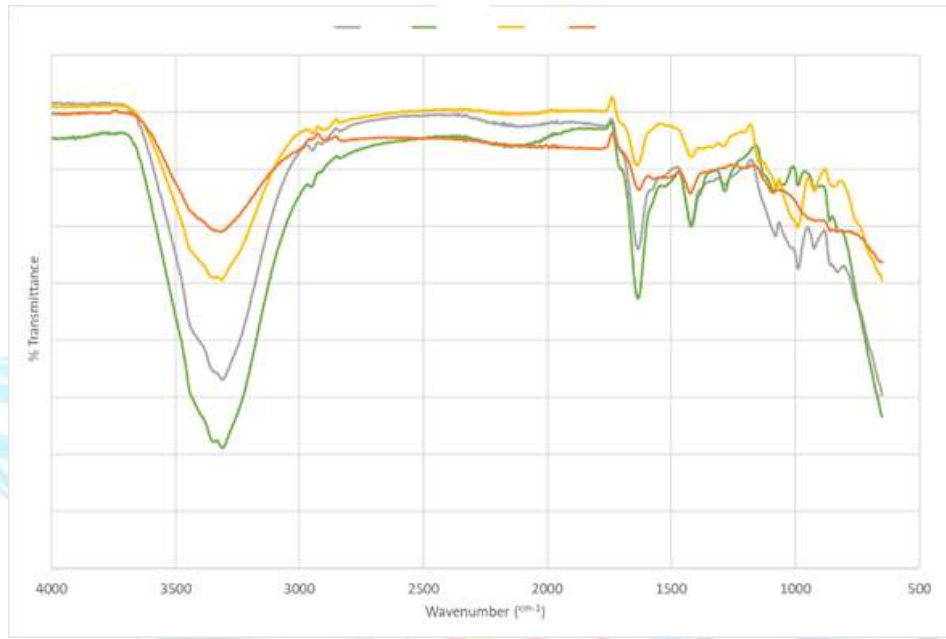
Altta Anolit (Şekil 10) ve Katolit (Şekil 11) bileşenlerinin 50 bin büyütme oranındaki (magnification rate) SEM görüntüleri mevcuttur. Görüldüğü üzere elektrotlara elektrolit katkılanması, ilgili bileşenlerin gözenekliliğini artırarak Na iyonlarının elektrot bünyelerinde interkale olmasını hızlandırarak hücre güç yoğunluğunu artırmaktadır. İlgili bileşenlerin FTIR (Şekil 12), EIS (Şekil 13) ve CV (Şekil 14) analizleri de yer almaktadır.



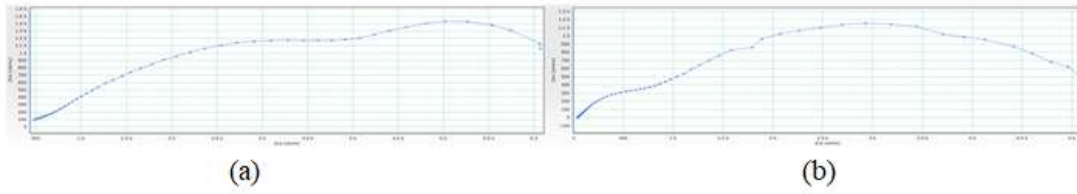
Şekil 10. Anolit bileşeninin SEM görünümü.



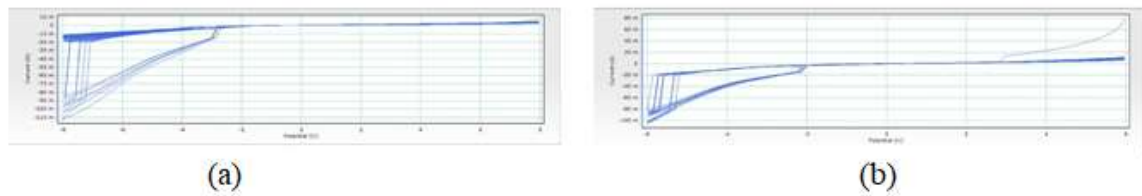
Şekil 11. Katolit bileşenin SEM görünümü.



Şekil 12. Bileşenlerin FTIR analizi.



Şekil 13. (a) Anolit ve (b) Katolit bileşenlerinin EIS analizleri.



Şekil 14. (a) Anolit ve (b) Katolit bileşenlerinin CV analizleri.

Altta ise mevcut/geleneksel ve proje kapsamında imal edilmiş yeni Na-iyon hücrelerin hedeflenen performans değerlerinin karşılaştırması mevcuttur (Çizelge 1).

Mevcut Na-iyon	TEKNİK ÖZELLİK	Yeni Na-iyon
120 Wh/kg	Enerji Yoğunluğu	150 Wh/kg
30 dk=>%80	Şarj Süresi	20 dk=>%100
2500=>7 Yıl	Çevrim Ömrü	3500=>9,5 Yıl
X	Güvenli Kullanımı	✓
77 \$/kWh	Maliyeti	36 \$/kWh

Çizelge 1. Hücrelerin Karşılaştırma Tablosu.

Proje konusu batarya ürününün ihraç ve ithal ikame potansiyeli bulunmaktadır.

## 7. TAHMİNİ MALİYET VE PROJE ZAMAN PLANLAMASI

Projenin gider kalemleri (Çizelge 2) alttadır.

Maliyet Kalemleri	Tutar (TL)
Kimyasallar	550
Malzeme Karakterizasyonu	400
Elektrokimyasal Analiz	650
<b>TOPLAM MALİYET</b>	<b>1 600</b>

Çizelge 2. Maliyet Tablosu.

Altta ise 7 İş Paketi (İP) kapsamı dahilindeki süreci içeren ilgili projenin, iş-zaman çizelgesi yer almaktadır (Çizelge 3).

PROJE ADIMLARI	Aylar (2022)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
İP 1: Elektrolit Sentezi	■							
İP 2: Anolit Sentezi		■						
İP 3: Katolit Sentezi			■					
İP 4: Malzeme Karakterizasyonu (SEM, FTIR)				■				
İP 5: Batarya Hücre İmalatı					■			
İP 6: Elektrokimyasal Analiz (EIS, CV, Kronopotansiyometri)					■	■	■	
İP 7: Optimizasyon Aşaması							■	■

Çizelge 3. Proje İş-Zaman Tablosu.

## 8. HEDEF KİTLESİ

Proje çıktısı olan batarya ürünü, modüler yapıya sahip olduğu için talep edilen enerji ve güç kapasitesinde ölçeklenebildiğinden; elektrikli taşıtlarda Güç Kaynağı olarak kullanılması amaçlanmıştır. 2021 yılı itibarıyla elektrikli taşıtlarda kullanılacak güç kaynaklı batarya depolama sisteminin; dünya genelinde 130 milyar, yurtiçinde ise 500 milyon dolarlık bir piyasası mevcuttur. Bu segmente hitap eden batarya piyasasının dünya çapındaki yıllık büyüme hızı ise % 14'tür [13].

## 9. RİSKLER

Proje süresince karşılaşılabilecek riskler ve ilgili risklerin çözümü için uygulanacak B planı altındadır (Çizelge 4).

İş Paketi	Risk	Olasılık	Etki	Risk Notu	B Planı
İP 1-7	Destek miktarı, projenin gereksinimlerini karşılamayabilir.	2	1	Düşük	Özkaynak Kullanımı.
İP 1-7	Kimyasal tedarikinde gecikme.	1	3	Düşük	Farklı tedarikçi şirketlerden temin edilmesi.
İP 6	İstenen performans değerlerine ulaşamaması.	1	3	Düşük	Altı bileşenli geleneksel hücrenin sentez ve analizi yapılacaktır.

Çizelge 4. Olasılık-Etki Matrisi. (Risk Notu=Olasılık x Etki)

## 10. KAYNAKÇA

- Aksoy, H., ve Soytas, S. H. (2019). Enerji ve Ulaştırma Sektörleri Dönüşümünde Batarya Teknolojilerinin Rolü: Eğilimler, Fırsatlar ve Yenilikçi Uygulamalar. SHURA, SUNUM, 10-31.
- Abraham, K. M. (2020). "How Comparable Are Sodium-Ion Batteries to Lithium-Ion Counterparts?". ACS Energy Letters. 5 (11): 3544–3547.
- Peters, J. F., Peña C A., Weil, M. (2019). "Exploring the Economic Potential of Sodium-Ion Batteries". Batteries. 5 (1): 10.
- Sun, Y., Myung, S., Hwang, J. (2017-06-19). "Sodium-ion batteries: present and future". Chemical Society Reviews. 46 (12): 3529–3614.
- Ma, S., Jiang, M., Tao, P., Song, C., Wu, J., Wang, J., Deng, T., ve Shang, W. (2018). Temperature effect and thermal impact in lithium-ion batteries: A review. Progress in Natural Science: Materials International, 28, 653-666.
- Moyer, K., Meng, C., Marshall, B., Assal, O., Eaves, J., Perez, D., Karkkainen, R., Roberson, L., ve Pint, C.L. (2020). Carbon fiber reinforced structural lithium-ion battery composite: Multifunctional power integration for CubeSats. Energy Storage Materials, 24, 676-681.

- 7 Zhu, P., Gastol, D., Marshall, J., Sommerville, R., Goodship, V., ve Kendrick, E. (2021). A review of current collectors for lithium-ion batteries. *Journal of Power Sources*, 485.
8. Hua, Q., Osswald, S., Daniel, R., Zhu, Y., Wesel, S., Ortiz, L., ve Sadoway, D. R. (2011) Graft copolymer-based lithium-ion battery for high-temperature operation. *Journal of Power Sources*, 196, 5604–5610
9. Url: [https://en.wikipedia.org/wiki/Propylene\\_glycol](https://en.wikipedia.org/wiki/Propylene_glycol) Eriřim Tarihi: 05.05.2022
10. Wu, Y., Huang, L., Huang, X., Guo, X., Liu, D., Zheng, D., Zhang, X., Ren, R., Qu, D., ve Chen, J. (2017). A room-temperature liquid metal-based self-healing anode for lithium-ion batteries with an ultra-long cycle life. *Energy Environ. Sci.*, 10, 1854–1861.
11. Bunzel, F., Wagner, M.D., Stammen, E., ve Dilger, K. (2015). Development of an alternative binder for lithium ion batteries based on epoxy resin. *Journal: TechConnect Briefs*, 2, 21-24.
12. Nayak, P. K., Yang, L., Brehm, W., Adelhelm, P. (2018). "From Lithium-Ion to Sodium-Ion Batteries: Advantages, Challenges, and Surprises". *Angewandte Chemie International Edition*. 57 (1): 102–120.
13. Automotive Li-Ion Batteries: Current Status and Future Perspectives (Report). U.S. Department Of Energy. 2019-01-01. p. 26. (Eriřim tarihi 01.05.2022)

