

T.C
SAHA İSTANBUL & TÜBİTAK TÜSSİDE
SAHA AKADEMİ MBA YÖNETİCİ GELİŞTİRME PROGRAMI

Savunma Sanayii Batarya Sistemleri
Güvenli Tedarik ve Yüksek Yerlilik Üretim Yöntemi



Danışman
Dr. Uğur TARÇIN
İstanbul – 2025

1. SAHA İstanbul Yönetim Kurulu kararıyla, 2024-2025 eğitim döneminden itibaren SAHA AKADEMİ MBA katılımcılarına “Araştırma Projesi” hazırlama yükümlülüğü getirilmiştir. Bu uygulama; katılımcıların sektörel bilgi, stratejik düşünme ve akademik üretkenlik yetkinliklerini geliştirmeyi hedeflerken, savunma sanayii ekosistemine bilimsel katkıyı artırmayı amaçlamaktadır. Bu girişim, Türk savunma sanayii ekosisteminde bilimsel katkıyı artırmaya yönelik önemli bir adımdır.

2. SAHA İstanbul-SAHA AKADEMİ tarafından yayımlanan bu çalışma, ilgili yazar tarafından özgün biçimde hazırlanmış ve beyan edilmiştir. Çalışmada yer alan görüşler yazara ait olup, SAHA İstanbul’un kurumsal görüşünü yansıtmamaktadır. İçerikte sunulan bilgi, yorum ve sonuçların doğruluğu sorumlu yazara aittir. SAHA AKADEMİ; benzerlik oran tespiti yapmıştır.

3. Bu çalışma, [Hakan ADIGÜZEL] tarafından hazırlanmıştır. Araştırma Projesi danışman tarafından değerlendirilmiş ve sunumu [11 Mayıs 2025] tarihinde yeterli görülerek kabul edilmiştir.

Araştırma Projesi Sunum Jüri Üyeleri

Başkan	Dr. Uğur Tarçın (SAHA AKADEMİ Öğr.Görevlisi)	<i>e-imzalıdır</i>
Üye	Ayşe Çağın (SAHA AKADEMİ Yöneticisi)	<i>e-imzalıdır</i>
Üye	Muzaffer Ünsaldı (Kurumsal İletişim ve Marka Yöneticisi)	<i>e-imzalıdır</i>

(Formun aslı, imzalı olarak ilgili dosyada muhafaza edilmektedir.)

İÇİNDEKİLER

1. ÖZET.....	3
2. Teklif Konusu	3
3. Teklifin Kapsamı.....	4
4. Teklifin Amacı.....	5
5. Teklifin Maliyeti.....	6
6. Teslimat ve Zamanlama.....	6
7. Garanti ve Destek Şartları.....	6
8. Sonuç	7
9. Kaynakça.....	9



SAVUNMA SANAYİİ BATARYA SİSTEMLERİ GÜVENLİ TEDARİK VE YÜKSEK YERLİLİK ÜRETİM YÖNTEMİ

(Öneri-Teklif)

Hakan ADIGÜZEL

Ottomotive Mühendislik

hakan.adiguzel@ottomotive.tech

1. Özet

Savunma sanayiindeki artan enerji ihtiyacı, batarya sistemlerini stratejik hale getirmiştir. Ancak lityum-iyon batarya üretiminde ham maddede dışa bağımlılık ciddi riskler doğurmaktadır. Bu teklif, en karmaşık kısım olan anot-katot üretimi yerine, hücre montajından itibaren yerli üretime odaklanarak sürece dâhil olmayı hedeflemektedir. Böylece yerlilik oranı artacak, tedarik süreçleri esneklik ve maliyet avantajı kazanacaktır. Proje, 2 yıl içinde kara geçmeyi, 5 yılda 1.2 GWh üretime ulaşmayı planlamaktadır. Bu yaklaşım, savunma sanayiinde batarya teknolojilerinin yerleşmesine katkı sağlayacaktır.

2. Teklif Konusu

Savunma sanayi, gelişen teknolojilere paralel olarak daha fazla ekipmanlarla birlikte giderek daha fazla elektrik enerjisine ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle batarya sistemlerinin savunma sanayiinde enerji kaynağı olarak kullanılması yaygınlaşmaktadır.

Ancak Lithium-Ion batarya üretiminde ham madde olarak dışa bağımlılığımız nedeni ile savunma sanayiinde batarya tedarik süreçleri risk teşkil etmektedir.

Başlıca riskleri değerlendirmek gerekirse;

- Olası yaptırımlar ile ham madde tedarik sorunları,
- Tedarik güzergahlarındaki olumsuz süreçlerde (savaş, korsan saldırısı, vb) tedarik süreçlerinin aksaması,
- Olası ek gümrük uygulamaları ile maliyet artışı,
- Batarya hücrelerinin tehlikeli madde olmasından dolayı lojistik süreçlerdeki zorluklar olarak değinebiliriz.

Bu teklif konusu, lityum batarya hücreleri üretim proseslerinin başlangıç fazını geriye çekilerek ikinci fazdan başlamak ve böylece daha güvenli ham madde tedariği ile tedarik yol ve yöntemlerini alternatiflendirmektir.

3. Teklifin Kapsamı

Batarya hücre üretim metodu başlıca 3 ana kısma ayrılmaktadır.

- Elektrod (Anot-Katot) rulolarının oluşturulması
- Batarya hücresi montajı
- Elektrolit dolumu ve testler

Bu süreçlerin en zorlusu ve en maliyetli olanı anot ve katot rulolarının oluşturulduğu ilk süreçtir. Anot katot rulolarının oluşturulduğu üretim ortamı sıfır nem, negatif basınç, filtre sistemi ve sabit düşük sıcaklıkta olmalıdır. Bunun yanında homojen üretim sağlayabilmek için kesintisiz üretim gerektiren bir süreçtir.

Batarya hücrelerinin normal üretim sürecinde rulo haline getirilen anot ve katot, bir sonraki aşamada batarya hücresinin içerisine konulacak şekilde işlem görmektedir. Bu işlemin;

- Sarma yöntemi
- Z-Kat bükme yöntemi
- İstifleme yöntemi

olmak üzere başlıca üç yöntemi vardır. Batarya hücresi, bu yöntemlerin birisi sonucunda ürün olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu sürecin yerel üretimle kontrol altında olması, özellikle savunma sanayii açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu teklif kapsamında, batarya hücre üretimine, bu üretiminin üç ana prosesinin ikincisi olan hücre montaj kısmından başlanarak tamamlanması hedeflenmektedir. Prosesin ilk kısmının çıktısı olan anot-katot rulosu ham madde olarak doğrudan tedarik edilecektir.

4. Teklifin Amacı

Yakın geçmişte yaşanan ve etkisi halen devam eden Süveyş Kanalı krizi ile 30 gün olan tedarik süreleri 60 gün üzerine ve lojistik maliyetleri yaklaşık 2 katına çıkmıştır. Ayrıca bazı gemiler saldırıya uğramış ve tedarik süreçleri gerçekleşmemiştir.

Bunun yanında alternatif tedarik yöntemlerinden olan gemi ve demiryolu taşımacılığı, batarya hücrelerinin tehlikeli madde olması dolayısı ile ya bu yükleri kabul etmemiş ya da 3-4 katı maliyetler ile kabul etmişlerdir.

Tüm bu süreçler, savunma sanayii projelerinin süreç, süre ve maliyetlerini büyük ölçüde olumsuz etkilemiştir.

Hazır tedarik edilen anot-katot ruloları ile oluşturulan batarya hücrelerinin kullanıma hazır olabilmesi için, bir sonraki aşama olan elektrolit dolumu ve test süreçlerinden geçmesi gerekmektedir.

Bu aşamada hücreye düşük seviyede elektrolit dolumu ve sonrasında ön şarj yapılmaktadır. Bu süreçte bir sorun görülmemesi halinde tam elektrolit dolumu ve tam şarj-deşarj döngüsü yapılmaktadır.

Bu üretim süreçlerinin zorluklarını değerlendirmek gerekirse, anot-katot rulo üretim dışındaki süreçler tamamen robotik olarak ülkemizde yapılabilecek ve geliştirilebilecek süreçlerdir.

Bu üretim süreçlerinin yerli olarak yapılması ile batarya teknolojilerinin tüm süreçlerinin yerli olarak geliştirilmesine önemli katkı sağlayacaktır. Ayrıca batarya hücresi tedariği, ham madde tedariğine indirgenebilecektir.

Batarya üretim süreçlerinin ilk ve en maliyetli üretim süreci olan “Elektrot Rulo Üretim” süreci çıktısı olan elektrot rulolarını tedarik edilerek, batarya üretim sürecini bu aşamadan itibaren başlatılması ile aşağıdaki kazanımlar elde edilebilir;

- Yerlilik oranının arttırılması
- Teknoloji (Know-how) transferi
- Lojistik süreçlerde maliyet avantajı
- Lojistik süreçlerde yol ve yöntem çeşitliliği

- Bir sonraki üretim aşamasına hazır bulunma
- Belirli bir hacimde üretime kadar, üretim maliyet avantajı

5. Teklifin Maliyeti

Proje sonucunda ortaya çıkan ürün olan Lityum Batarya Hücresinin ortaya çıkması için ön fizibilite çalışması ve pazar maliyet araştırması yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda hücre malzemelerinin maliyeti ile birlikte elektrot rulolarının üretilmesinde gerekecek makine yatırımı projenin gider kalemleri olacaktır.

- Gider Kalemleri:
- İlk Üretim İçin Makine Hattı Maliyeti: 1.142.890 USD
- Hammadde ve Mühendislik Geliştirme Maliyeti: 517.674 USD
- Hedeflenen Hücre Birim Maliyeti: 39,03 USD/ kWh
- Hedeflenen Hücre Satış Maliyeti: 80 USD/ kWh

6. Teslimat ve Zamanlama

Proje kapsamında projede mühendislik geliştirme faaliyeti ve üretim makineleri tasarım çalışmaları süresi 12 Ay. Prototip üretimleri ve test doğrulama faaliyetleri 12 Ay. Mühendislik çalışmaları sonrası seri üretim başlaması hedeflenmektedir.

1 yıl sonunda 240 MWh, 3 yıl sonunda 720 MWh ve 5 Yıl sonunda 1.2 GWh toplam kapasitede hücre satışı öngörülmektedir. Bu satış hedefleri ile 2 yıl içerisinde mühendislik çalışmalarının ve ilk üretim için harcanan gider kalemlerinin kara geçişi hedeflenmektedir.

7. Garanti ve Destek Şartları

Proje sonucunda ortaya çıkacak ürün lityum batarya hücresidir. Bu ürün için garanti şartları üreticiler tarafından ürün şarj-deşarj döngüsü (cycle life) olarak verilmektedir.

Günümüzde ortalama kalitedeki hücreler 2500 döngüye sahipken, özel kullanım amacı ile üretilen 8000 döngüye sahip hücreler de olabilmektedir.

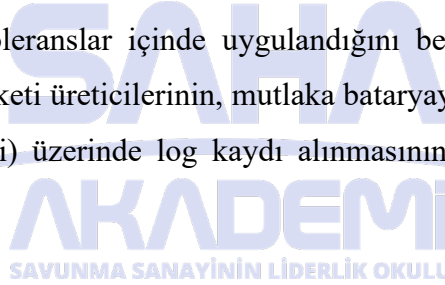
Bu kullanım ömrünün sağlanabilmesi için hücre sıcaklığının depolama ve çalışma koşullarında belirli bir değerin etrafında olması gereklidir. Lityum hücreler için ideal çalışma sıcaklığı 25 derece civarındadır, ancak 0 derece ile 55 derece arasında güvenli olarak çalışabilirler.

Çok düşük ve çok yüksek sıcaklıklardaki çalışma koşullarında batarya hücrelerinin kullanım ömürleri çok kısılacaktır. Örneğin 50 derecede çalışan bir hücrenin ömür döngü sayısı, 25 derecede çalışan bir hücreye göre yarıdan az olacaktır.

Batarya hücrelerinin ömrünü belirleyen bir diğer unsur ise şarj-deşarj akımıdır. Normal kullanımda maksimum 0.5C (kapasitesinin yarı değerinde) şarj-deşarj akımına maruz kalması gereklidir. Bu değerlerin üzerinde şarj-deşarj akımlarında hücre ısınacak ve elektrotlar zarar görecektir. Bu durumda hücrenin ömrünü büyük oranda olumsuz etkileyecektir.

Bu bilgiler doğrultusunda, doğru depolama ve doğru çalışma koşullarında kullanılan batarya hücreleri için şarj-deşarj döngüsü değeri garanti olarak verilebilir.

Bu kullanım senaryolarının toleranslar içinde uygulandığını belirleyebilmek için ise, batarya hücrelerini kullanan batarya paketi üreticilerinin, mutlaka bataryayı gözlemlemesi gerektiğinin ve BMS (batarya yönetim sistemi) üzerinde log kaydı alınmasının garanti süreci için gerekliliği belirtilmelidir.



8. Sonuç

Teknolojik gelişmelerle birlikte sivil kullanımda artık çok yaygınlaşan lityum batarya kullanımı, savunma sanayiinde şimdiye kadar yardımcı ünitelerin güç kaynağı olmuştur.

Ancak son yıllarda, IHA SIHA, askeri taktik araçları ve tanklar gibi çok sayıda araç için ana güç ve çekiş sistemi lityum bataryalar olan çok sayıda proje hayata geçirilmiş ve uygulamalardaki başarıları gözlemlenmiştir.

Bu nedenle, lityum bataryaların yakın gelecekte savunma sanayi için ana ihtiyaç ürünü olacağı görülmektedir.

Savunma sanayiinin vazgeçilmez bir süreci olan yerileştirme süreçlerine, en yakın zamanda lityum bataryalar içinde girilmesi ve savunma sanayiine özgü hücrelerinde üretilmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu öneri ile, yüksek maliyetli ve yüksek bilgi birikimi gerektiren lityum batarya hücresi üretim sürecine, bir alt seviyeden girerek düşük maliyetli ve orta seviye bilgi birikimi ile gerçekleştirilmesi öngörülmektedir.



9. Kaynakça:

Gülcan, M. F., Alkan, E., Çotuker, O., & Yuca Doğdu, N. (2024). Lityum iyon batarya üretiminde kullanılan hammaddelerin tedarik süreçleri ve Türkiye'nin potansiyeli. BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 11(1), 204–217. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.1345500>

Özdemir, A. T. (2023). Türkiye'de Li-Ion pil üretimi yatırımları ve hücre üretim süreçleri. ADYU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19, 79–86. <https://doi.org/10.37094/adyumbd.1300119>

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2021). Ankara ili lityum iyon batarya hücresi üretim tesisi ön fizibilite raporu. Ankara Kalkınma Ajansı Yatırım Destek Ofisi.

TÜBİTAK. (2011, Şubat). Yeni nesil lityum-iyon pil teknolojileri. Bilim ve Teknik Dergisi, (526), 28–33. <https://bilimteknik.tubitak.gov.tr>

