

Lityum-İyon Batarya Modülünün Farklı Deşarj Akımlarında ve Hava Hızlarında Sıcaklıklarının Deneysel Olarak İncelenmesi

Yasin Sarıkaya^{1*}, Recai Özcan² ve Ferhat Koca²

^{1*} Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Bilimi ve Teknolojisi Mühendisliği, Türkiye

² Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği, Türkiye

*(yasinsrkaya@gmail.com)

(Received: 13 May 2025, Accepted: 19 May 2025)

(7th International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences ICAENS 2025, May 15-16, 2025)

ATIF/REFERENCE: Sarıkaya, Y., Özcan, R. & Koca, F. (2025). Lityum-İyon Batarya Modülünün Farklı Deşarj Akımlarında ve Hava Hızlarında Sıcaklıklarının Deneysel Olarak İncelenmesi. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 9(5), 210-215.

Özet – Bataryalar elektrikli araçlar (EA) için gerekli olan enerjiyi sağlayan en önemli parçadır. Aracın çalışması için gerekli olan akım ve gerilim miktarları bu parçadan temin edilir ve böylelikle araç hareketi sağlanmış olur. Bu parçada bulunan batarya hücreleri aracın kullanımı sırasında hem de hücreler şarj olurken yüksek oranda ısı enerjisi üretirler. Yükselen bu ısı, hücre içerisinde anot ve katot kutuplarının arasında bulunan ve elektronların rahat hareket edilmesinin sağlayan gözenekli yapıyı bozar ayrıca çeşitli gazlarında oluşmasını tetikleyen bu olay hücre içerisinde hasarlara yol açmaktadır. Bu ısının bataryalardan en üst seviyede verim alınabilmesi için belli bir aralıkta tutulması gerekir. Bu çalışmada soğutucu akışkan olarak hava kullanılarak EA'larda kullanılan bataryalarda kullanım sırasında oluşacak sıcaklık yükselmelerinin önüne geçilmeye çalışılmıştır. Yapılan bu çalışmada batarya kutusunun bulunduğu içerisine fan yardımıyla farklı hızlarda hava yönlendirilmiştir. Batarya modülü 1C, 3C ve 5C deşarj durumlarında deneyler yapılarak farklı deşarj hızlarındaki sıcaklık verileri karşılaştırılmıştır. Deşarj akımının yükselmesiyle batarya hücre sıcaklıklarının arttığı ve uygun çalışma aralığının üst sınırına yaklaştığı tespit edilmiştir. Doğal soğutmaya kıyasla, 5C deşarj akımında ve 2,37 m/s hava hızında %33,33 ısı performans sağlayarak daha iyi soğutma sağlamıştır. Batarya modülüne yönlendirilen hava hızının artırılmasıyla ısı transferinin daha yüksek oranda gerçekleşmesi sağlanmış ve hücrelerde oluşan sıcaklık çalışma sıcaklığı aralığında tutulmuştur.

Anahtar Kelimeler – Batarya Soğutma, Fanlı Soğutma, Hava İle Soğutma, Soğutma Kanalı, Isı Transferi.

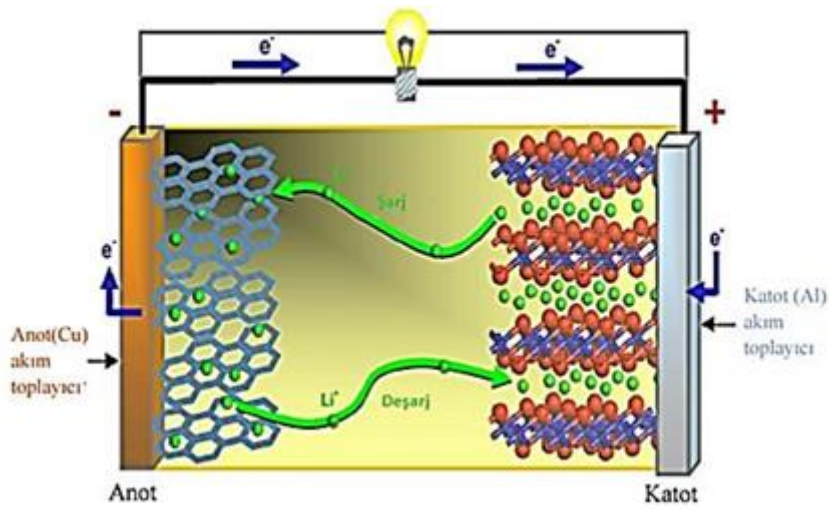
I. GİRİŞ

Dünyamızın nüfusu zaman geçtikçe artmaktadır bu artış hem enerji hem de gıda kaynaklarının giderek azalmasına yol açmaktadır. Dünyadaki kaynaklar giderek azaldığı için ihtiyaç duyulan kaynaklar için yeni alternatifler aranmaya başlanmıştır. Bu doğrultuda 21. Yüzyılda enerji kaynaklarındaki azalma, yeni kaynakların tedariğindeki maliyet ve yetersizlik gibi nedenlerden dolayı bilim insanları farklı enerji kaynaklarını depolayabilen, doğaya zararı olmayan, gelecek nesillere daha temiz bir dünya bırakabilmeye imkân veren çevre dostu araçları ve cihazları araştırmaya başlamışlardır [1]. Son yıllarda bu konuda büyük oranda hız kazanan önemli olan çalışmalardan biri de EA'lar üzerine yapılan çalışmalarıdır. Bu araştırmalar

son yıllarda EA sayısındaki artışa paralel olarak artmıştır. 2030 yılında toplam EA sayısının 250 milyondan fazla olacağı tahmin edilmektedir [2].

Bir EA'yı oluşturan en önemli parçalardan biri bataryadır, bu sebeple bir EA'ya uygun batarya tipinin seçimi oldukça önemlidir. Farklı batarya tipleri göz önüne alındığında kurşun asit, nikel-kadmiyum, nikel-metal hibrit, lityum-iyon (Li-ion), Li-ion polimer, Li-ion fosfat, çinko hava, lityum sülfür ve lityum hava tipi bataryalar EA'larda kullanılabilecek bataryalar olarak ön plana çıkmaktadırlar. Bu bataryalar arasından Li-ion bataryalar yüksek enerji yoğunluğu (118-250 Wh/kg), yüksek hacimsel enerji yoğunluğu (200-400 Wh/L), yüksek özgül güç (200-430 W/kg), özellikle Li-ion polimer pillerdeki yüksek çevrim ömrü (2000) ve uygun çalışma sıcaklığı (20°C-60°C) gibi özellikleri ile EA'larda kullanılması en uygun batarya çeşidi olarak öne çıkmaktadır [3].

Li-ion bataryaların çalışma sistemine kısaca değinirsek; bu bataryalar anot, katot ve elektrolit malzeme dediğimiz 3 ana elemandan oluşur [4]. Anot dediğimiz kısım negatif kutup katot diye isimlendirilen ise pozitif kutuptur. Lityum iyonlarının rahatça hareket edebilmeleri ve yer değiştirebilmeleri için katot kısmı gözenekli ve tabakalı yapıya sahip olması gerekir. Şarj esnasında lityum iyonları katot kutuptan anot kutba doğru, deşarj esnasında ise anottan katoda doğru hareket etmektedir [5]. Lityum pillerin çalışma sistemi Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Lityum bataryaların şarj ve deşarj döngü sistemi [4]

EA'larda genellikle Li-ion tipteki prizmatik veya silindirik şekillerdeki batarya hücreleri kullanılır. Bu hücreler birbirlerine paralel ya da seri bağlanarak grup, modül veya batarya paketi olarak nitelendirilen EA parçasını oluştururlar [6].

Geçmiş yıllarda bataryalardan maksimum performans sağlanması ve bataryaları istenilen çalışma sıcaklığı aralığında tutmak için birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan bütün çalışmaların ortak özelliği kullanılan akışkandan en iyi soğutma performansının alınmaya çalışılmasıdır.

Değişik özelliklere sahip farklı deneyler yapılmış ve alüminyum kanat özelliğinin yanı sıra Faz Değişim Malzemesi (PCM) ile üzerindeki tesiri izlenmiştir. Yapılan tüm deneylerde, bataryaya 4 kez şarj ve deşarj döngüsü yapılarak bataryanın sıcaklığını gözlemlenmiştir. Birinci ve üçüncü örnekte grafen etkisi gözlemlenirken, ikinci çalışmada kullanılan örnekte alüminyum kanatlar arasına yerleştirilen PCM-grafen katkısının, grafen barındırmayan örneğe göre 1500 saniye daha erken sıcaklık düşüşünü sağlanmış ve bu katkının ısı transferini attırdığı sonucuna ulaşılmıştır [7]. Maral ve arkadaşları peltier malzemelerin EA bataryalarının sıcaklık kontrollerinde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Yaptıkları deneyde verileri kayıt altına almak için veri kayıt cihazı, akışkanın debisini ölçmek için rotametre, sıcaklık değişimlerini izlemek için termokupl, verileri işlemek için notebook, akışkanın giriş ve çıkış sıcaklığını ayarlamak için ara eleman (T-junction), pompa devir kontrolü için Pulse Width Modulation (PWM) devresi kullanarak karşılaştırmalı grafikler elde etmişlerdir. Bataryalarda peltier kullanılarak sıcaklığın belirli bir aralıkta tutulabildiği sonucuna varmışlardır [8]. Li-ion türünde, şarjlı ve uzun ömürlü olarak bilinen pillerden 21 adet pil

kullanarak 11,1 V gerilim değerinde ve 10500 mAh kapasiteye sahip batarya paketi tasarlayan Tören ve arkadaşları, batarya paketinin çevresini yanmaz bir malzemeye kaplayarak yüksek ısı ve alevlenme gibi tehlikelere karşı korunmayı amaçlamışlardır. Tasarlanman pakette içerisindeki hücre sayısına göre voltaj dengeleyen, hücre sıcaklığını izleyen, hücre sağlık ve sarj durumunu takip eden, özel algoritma kullanmışlardır. Farklı test koşulları altında Batarya Yönetim Sistemi (BYS) ile bataryanın daha uzun ömürlü ve verimli olmasını sağlamışlardır [9]. Hava giriş konumu ve hızının, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) simülasyonları kullanılarak EA’larda nikel-metal hidrür (Ni-MH) batarya paketinin soğutma performansı üzerindeki etkisi inceleyen Uzal ve arkadaşları Z tipi ve U tipi kanallı batarya paketi tasarlamışlardır. Farklı hava hızı ve farklı kanal çapları kullanarak batarya sıcaklık kontrolünde en iyi optimizasyonu bulmaya çalışmışlardır [10]. Piyasadaki bir araç markasını Matlab&Simulink programını kullanarak elektriksel ve termal olarak modelleyen Özel test sonuçlarını Ansys programı kullanarak doğrulamış ve araca ait katalog ile karşılaştırmıştır. Testlerde farklı şehirler ve mevsimler kullanarak 8 yıl boyunca simülasyon yapmıştır. Bataryanın elektriksel, termal ve kullanım ömrü gibi faktörleri grafiklere dönüştürerek literatüre katkı sağlamıştır [11]. Yapmış olduğu bir test çalışmasında lityum-polimer bataryanın hava ile soğutulmasını inceleyen Yaşar üç boyutlu yazıcı kullanarak yüzeylerini farklı kalınlıkta alüminyum kanatçık kaplayarak bir batarya tasarlamıştır. Parçacık görüntülemeli hız ölçer ve devir ayarlı fan ile hızı ayarlanabilen akışkan olarak hava kullanarak kanal içerisindeki bataryayı termal olarak incelemiş ve elde ettiği sonuçları simülasyon programıyla karşılaştırmıştır [12].

Bir bataryada yapılan sistemin verimli ve güvenli çalışabilmesi için sıcaklığının en doğru bir biçimde ölçülebilmesi, hücrelerin balanslı (dengeli) bir şekilde şarj edilmesi ve oluşan sıcaklığın çalışma sıcaklığı aralığında tutulması çok önemlidir. C değeri bir bataryanın nominal akım değerinin kaç katı akım verebileceği veya o bataryadan nominal değerin kaç katı akım deşarj edileceği ile bağlantılı bir değerdir. Örneğin 1C değeri bataryadan veya pil hücresinden nominal kapasite kadar akım çekileceği veya pil hücresinin nominal kapasitesi kadar anlık akım verebileceği değerdir. 3C değeri ise bir bataryanın nominal kapasitesinin 3 katı kadar akım verebileceği değeri belirtir. 5C değeri ise bataryanın nominal kapasitenin 5 katı kadar akım verebilir olduğu bilgisini verir.

Bu çalışmada 18650 tip silindirik pil hücrelerinden oluşturulmuş bir deney düzeneğine fan yardımıyla farklı hızlarda hava yönlendirilmiştir. 1C, 3C ve 5C deşarj akımlarında ve farklı hava hızlarında deneyler yapılarak modülde oluşan sıcaklık verileri karşılaştırılmıştır. Bu konuda fazlaca yabancı kaynak bulunmaktadır ancak Türkçe kaynak sayısı oldukça azdır. Farklı deşarj akımlarında ve farklı hava hızlarında deneyler yapılarak bu konuda literatüre derinlik kazandırılması amaçlanmıştır.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada; 9 adet 18650 ölçülerinde nominal 1500 mAh kapasitede ve 15C değerine sahip Orion marka pil hücreleri kullanılarak üç seri üç paralel (3S3P) batarya paketi tasarlanmıştır. Tasarlanan batarya paketi şeffaf pleksiglas malzemeden yapılmış bir kanal içerisine konulmuş ve hücrelerin üzerlerine yüksekliği 32,5 mm (hücresinin orta noktası) denk gelecek şekilde T tipi kablo termokupllar yerleştirilmiştir. Kullanılan pil hücrelerinin elektriksel, fiziksel ve termal açıdan özellikleri Tablo 1’de, deney düzeneğini için yapılan batarya modülünün teknik özellikleri ise Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Pil hücresinin elektriksel, fiziksel ve termal özellikleri

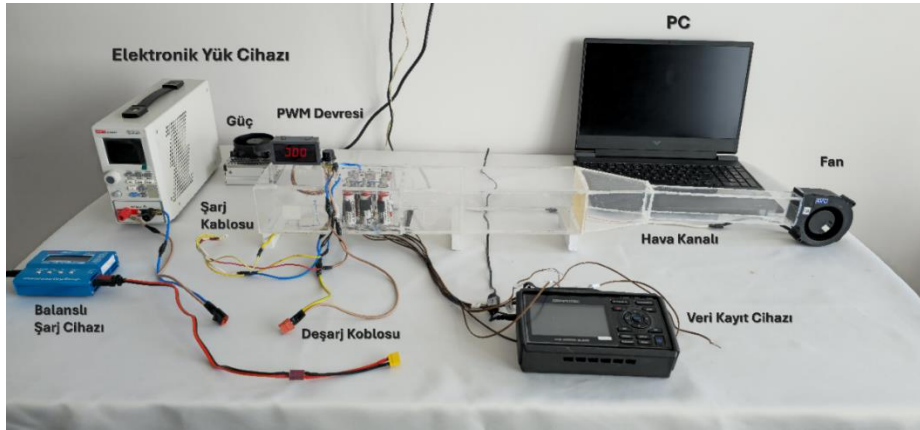
Pil Şekli	Silindirik, Li-ion,18650
Nominal Voltajı	3,6 V
Nominal Kapasitesi	1500 mAh
Çap	18 mm
Yükseklik	65 mm
Enerji Yoğunluğu	5,40 Wh
Şarj Kesme Voltajı	4,20 V
Deşarj Kesme Voltajı	3,00 V

Tablo 2. Oluşturulan batarya modülünün teknik özellikleri

Hücre Sayısı	9 adet
Bağlantı Tipi	3 seri 3 paralel (3S3P)
Nominal Kapasite	5000 mAh
Nominal Voltajı	10,8 V

Çalışmada 18650 tip 9 adet Li-ion pil hücresi ile 3 seri ve 3 paralel bağlantı (3S3P) kullanılarak oluşturulan deney seti ortalama 21°C ortam sıcaklığında 1C, 3C ve 5C deşarj akımı hızlarında testlere tabi tutulmuştur. Testler sırasında pil hücreleri üzerine farklı hız değerlerinde hava akışı sağlanmıştır. Oluşturulan deney düzeneği Şekil 2’de gösterilmiştir.

Akışkan olarak hava ve hava hızını ayarlamak için 100 kademeli 4 Amperlik bir PWM devresi kullanılmıştır, 97x97x33 mm ölçülerinde ve 12 Volt 2,4 A akımla çalışan salyangoz tip fan kullanılmıştır. Ayrıca hava hızını ölçmek 0,1 m/s hassasiyette UT363 model UNİT marka bir anemometre, Bataryanın sabit akımda ve dengeli bir şekilde şarj edilebilmesi için İmax B6 mini model balanslı şarj aleti ve bataryanın sabit akımda deşarj edilebilmesi için 150V 40A 400W gücünde Unit marka UTL8211 model DC elektronik yük cihazı, verilerin kaydedilebilmesi için GRAPHTEC marka ve GL240 model datalogger ve verilerin işlenmesi için bir adet notebook kullanılmıştır.

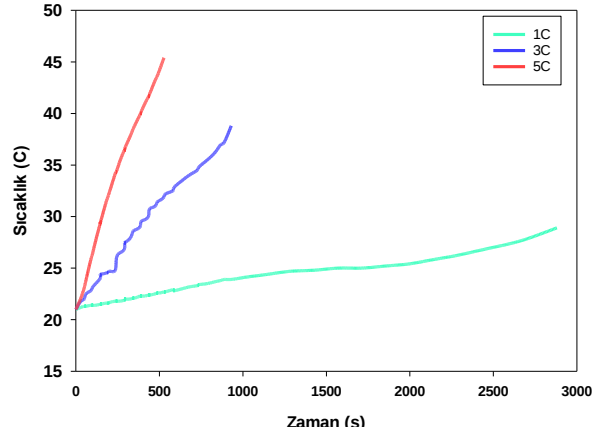


Şekil 2. Deney düzeneği görseli

III. TARTIŞMA

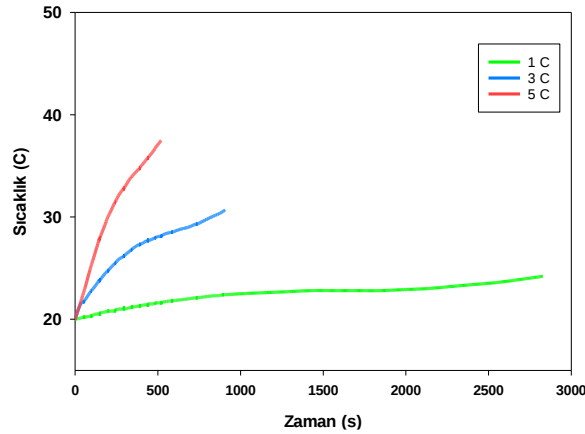
Bu çalışmada EA’larda bulunan ve kullanılan Li-ion bataryaların farklı deşarj hızlarında meydana gelen sıcaklık yükselmeleri test edilerek ölçülmüştür. Elde edilen sayısal veriler karşılaştırılarak sonuç olarak aşağıda gösterilmiştir.

Oluşturulan modüldeki sıcaklık, kullanılan akım değerlerine bağlı olarak değişmektedir. Yüksek akımlarda daha yüksek sıcaklıklar oluşurken, düşük akımlarda da az oranda yükselme olduğu görülmüştür. Normal koşullar altında 1C, 3C ve 5C deşarj hızlarında soğutma akışkanı kullanılmayan doğal olarak oluşan soğutmada sıcaklık zaman eğrisi Şekil 3’te gösterilmiştir.

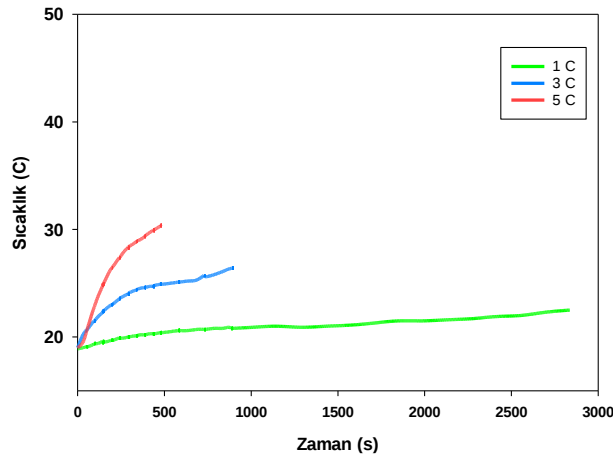


Şekil 3. Farklı deşarj akımlarına göre bataryada zamana bağlı olarak doğal sıcaklık değişimi

Deney sonuçları da gösteriyor ki Li-ion bataryaların çalışma ortam sıcaklıklarına, çalışma şartlarına bağlı olarak sıcaklıkları çok yüksek seviyelere ulaşmaktadır. Bu bataryalardan yüksek seviyede verim alınabilmesi için sıcaklıklarının uygun çalışma sıcaklığı aralığında tutulması büyük önem arz etmektedir. Şekil 4'te 0,95 m/s hızda ve Şekil 5'te ise 2,37 m/s hızda havanın batarya hücreleri üzerinden geçirildiği fanlı bir sistemde 1C, 3C ve 5C deşarj akımlarında oluşan sıcaklık zaman grafiği verilmiştir.



Şekil 4. 0,95 m/s hava hızında oluşan zamana bağlı sıcaklık değişimi



Şekil 5. 2,37 m/s hava hızında oluşan zamana bağlı sıcaklık değişimi

Oluşturulan sistemde hava hızı arttıkça batarya modülünde oluşan soğutma veriminin arttığı gözlemlenmiştir. Tablo 3'te farklı deşarj ve farklı hava hızlarıyla oluşturulan ısı performansın doğal sisteme göre verim artışları gösterilmiştir.

Tablo 3. Farklı deşarj ve farklı hava hızlarındaki ısı performansların doğal soğutmaya göre verim artışı

Deşarj Hızı	Hava Hızı	
	0,95 m/s	2,37 m/s
1C	%16,26	%22,15
3C	%20,87	%32
5C	%17,40	%33,33

IV. SONUÇLAR

Batarya hücreleri üzerinde hava akımı oluşturulmasının hücrelerin için uygun bir ısı transferi ortamı sağladığı görülmüştür. Hava hızı arttıkça ısı performansın da arttığı gözlenmiştir.

Seçilecek batarya hücrelerinin C oranlarının ve kapasitelerinin yüksek olması batarya performansını doğrudan etkileyeceği için batarya hücresi seçilirken kullanılacak sistemin enerji ihtiyacını karşılayacak nitelikte hücreler seçilmelidir.

Bataryanın şarj edilmesi esnasında hücrelerin balanslı(dengeli) şarj edilmesi büyük önem arz etmektedir. Balanslı şarj edilmeyen hücreler hem insan sağlığı için tehlike (patlama ve yangın) oluşturmakta hem de batarya performansı açısından risk oluşturmaktadır. Olumsuz durumların önüne geçilmesi için BYS devresi kullanılarak veya balanslı şarj aleti kullanılarak şarj edilmelidir.

Bu ve benzeri deney düzeneklerinde sabit akımlı deşarj aleti kullanılmalıdır. Ayrıca batarya deşarj kesme voltajı 9,5V altına düşürmek batarya hücrelerinin sağlığını olumsuz etkileyecek, ani sıcaklık yükselmelerine neden olacak ve hücre bozulmalarına neden olacaktır.

Özellikle yüksek akım değerlerinde çalışan bataryalarda soğutma sağlanması hem performans hem de batarya sağlığı açısından önemli bir durumdur.

KAYNAKLAR

- [1] Torun E., Buyruk E., (2023), Elektrikli araçlarda kullanılan pasif, aktif ve hibrit batarya soğutma sistemlerine ait bir çalışma. 3. Rumeli Sürdürülebilir Çevre için Enerji ve Tasarım Sempozyumu, Sayfa no:1-6
- [2] URL-1. Global EV Outlook 2019, <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2019>. Erişim Tarihi: 05 Nisan 2025.
- [3] Kaba, Y.M, Kalkan, O., & Celen, A. (2021). Elektrikli Araçlarda Kullanılan Bataryalar ve Termal Yönetim Sistemlerinin İncelenmesi. Konya Journal Of Engineering Sciences, 9(4), 1119-1136.
- [4] D. Linden, T.B. Reddy, (2002) "Handbook of Batteries", Third Edition, McGraw-Hill, Bölüm 22 ve 35.
- [5] Yoon, S. J., Patil, A., Vaishali, P., Shin, D.W., Choi, J.-W., Paik, D.-S., (2008), Issue and challenges facing rechargeable thin film lithium batteries, Materials Research Bulletin, 43, 1913-1942.
- [6] Celen, A., Kaba, Y.M. (2021), Elektrikli Araçlarda Kullanılan Silindirik Lityum İyon Bataryaların Soğutulmasının Parametrik İncelenmesi. Fırat Üniversitesi Müh. Bil. Dergisi (C. 33, Sayı 1).
- [7] Aydın, Y. (2023). Batarya Soğutma Performansını İyileştirmek İçin Alüminyum Fin Yapı İçerisinde Grafen Katkılı Pcm Malzemesinin Değerlendirilmesi. Bursa Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, (Yüksek Lisans Tezi)70-90
- [8] Maral, Y. Polat, F., Aktaş M. (2018) Elektrikli Araçlarda Kullanılacak Batarya Yönetim Sistemi Geliştirilmesi Umas 2017'de sunulmuş ve genişletilmiş bildiridir. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, Journal of Advanced Technology Sciences, ISSN: 2147-2455
- [9] Tören, M., Mollahasanoğlu, H., Kaya, S. M., (2022). Elektrikli Araçların Batarya Yönetim Sisteminin Soğutma Sistem Tasarımı ve Kontrolü. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Araştırma Makalesi (Research Article), Journal of Scientific Reports-B, E-ISSN: 2717-8625
- [10] Uzal, H., Şener, R., & Oktay, H. (2023). Elektrikli Araçlarda Hava Giriş Konumu ve Hızının Batarya Soğutma Performansına Etkisinin Araştırılması. International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences, 35(1), 116-124.
- [11] Özel, M.A. (2019). Elektrikli Araçlarda Kullanılan Batarya Paketinin Termal Modeli ve Analizi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.) 20-70
- [12] Yaşar, O. (2023). Lityum-Polimer Bataryalarda Soğutma Uygulamalarının Optimizasyonu. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 50-150