



Konferans Bildirisi

Hava Akışı Optimizasyonunun Şarjlı Dik Süpürgelerde Batarya Ömrü ve Performans Üzerindeki Rolü

Onur Hamdi UZUN^{1*}, İzen ELMASLI^{2*}, Mohammadreza MASOUMISOUREH^{3*}, Mahir YAŞAR^{4*},
Selcen AKINCI^{5*}, Gizem Büşra GÖK^{6*}, Hafız ALİSOY^{7*}

¹ Technocast Otomotiv San. ve Tic. A.Ş R&D Center, Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0001-4730-9166>,
hamdi.uzun@technocast.com.tr

² Technocast Otomotiv San. ve Tic. A.Ş R&D Center, Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0001-3212-5647>,
izen.elmasli@technocast.com.tr

³ Technocast Otomotiv San. ve Tic. A.Ş R&D Center, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-3015-2764>,
reza.masoumi@technocast.com.tr

⁴ Technocast Otomotiv San. ve Tic. A.Ş R&D Center, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-9672-2080>,
mahir.yasar@technocast.com.tr

⁵ Technocast Otomotiv San. ve Tic. A.Ş R&D Center, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-7710-2836>,
selcen.caliskan@technocast.com.tr

⁶ Technocast Otomotiv San. ve Tic. A.Ş R&D Center, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-7573-8956>,
gizembusra.gok@technocast.com.tr

⁷ Namik Kemal University, Department of Electronics and Communication Engineering, Orcid ID:
<https://orcid.org/0000-0003-4374-9559>, halisoy@nku.edu.tr

* Correspondence gizembusra.gok@technocast.com.tr ; +90 543 271 07 83

(First received September 23, 2023 and in final form December 28, 2023)

**3rd International Conference on Design, Research and Development
(RDCONF 2023)
December 13 - 15, 2023**

Reference: Uzun, O., H., Elmaslı, İ., Masoumisoureh M., Yaşar, M., Akıncı, S., Gök, G., B., Alisoy, H. Hava Akışı Optimizasyonunun Şarjlı Dik Süpürgelerde Batarya Ömrü ve Performans Üzerindeki Rolü. Orclever Proceedings of Research and Development,3(1), 447-457.

Özet

Gelişen teknoloji ile birlikte hayatımızı kolaylaştıran ürünlere talep artmaktadır. Bunlardan bir tanesi olan ve son zamanlarda popülerliği artan şarjlı dik süpürgeler özellikle kablosuz kullanım kolaylığından dolayı büyük rağbet görmektedir. Fakat şarjlı dik süpürgelerde batarya ömrünü ve vakum performansını etkileyen birçok faktör olmasıyla birlikte bu faktörlerden en önemlisi



bataryanın ısınmasıdır. Bu probleme motordan çıkan havanın bir kısmının batarya paketine yönlendirilip sıcaklığın düşürülmesini ve vakum performansını artırmayı amaçlayan bir tasarım ile çözüm sağlanmıştır. Hava akış yolu kapalı ve hava akış yolu açık olarak testler yapılmıştır. Testlerin sonucunda, hava akış yolu açık olduğunda batarya performansı ve kullanım performansının yaklaşık olarak 30% arttığı görülmüştür.

Anahtar: Şarjlı dik süpürge, Hava akış yolu tasarımı, Isınma, Performans

The Role Of Air Flow Optimization For Battery Life And Performance In Cordless Stick Vacuum Cleaners

Abstract

As technology develops, so does the demand for products that make our lives easier. Cordless stick vacuum cleaners are one of these products and have become increasingly popular in recent years particularly for the convenience of being cordless. However, there are many factors affecting battery life and vacuum performance of cordless stick cleaners, the most important of these factors is the heating of the battery. One solution to this problem is a design that aims to reduce the battery temperature and increase the vacuum performance of the cleaner by directing some of the outlet air from the motor to the battery pack. Tests were carried out with the air flow path closed and the air flow path open. As a result of the tests, it was observed that the battery performance and usage performance increased by approximately 30% when the air flow path was open.

Keywords: Cordless stick vacuum cleaner, air path design, heating, performance



1. Giriş

İlk elektrikli süpürge'nin geliştirilmesinden bu yana bir asır geçti. Elektrikli süpürgeler hantal bir canavardan artık küçük bir ev aletine dönüştü. Son zamanlarda ise şarjlı dik süpürgeler, küçük boyutlu olması ve kolay taşınabilmesi nedeniyle tüketicilerin ilk tercihi haline geldi. Bi ve Shao'nun 2023 yılında tüketiciler üzerinde yaptıkları bir araştırma sonucunda, bazı Avrupa ve Amerika ülkelerinde kablosuz şarjlı dik süpürgeleri seçme eğiliminin % 85 civarında olduğu görülmektedir [1]. Günümüzde bir çok elektronik üründe, yüksek enerji yoğunluğuna sahip ve yeniden şarj edilebilir lityum-iyon piller kullanılmaktadır [2]. Lityum-iyon piller 0-80°C aralığında etkin çalışma gösterir, fakat tasarlanan batarya sistemlerinde, pil içinde gerçekleşen kimyasal reaksiyon sebebiyle şarj veya deşarj işlemi sırasında ısı açığa çıkmaktadır. Bataryada oluşan sıcaklık artışı pil takımının performansını, kullanım ömrünü ve güvenliğini doğrudan etkileyerek zamanla etkinliğini kaybetmesine ve motor performansının düşmesine neden olur [3]. Rao ve Wang 2011 yılında, çeşitli havalandırma tiplerinin ve zorlamalı hava hızlarının etkilerini araştırmak için silindirik hücreler (LiFePO₄ hücresi) üzerinde ayrıntılı bir parametrik çalışma gerçekleştirmişlerdir [4]. Çalışmada bitişik hücreler arasındaki mesafenin, ortam sıcaklığının ve giriş havası sıcaklığının etkilerini de incelediler. Çalışmalarının sonucunda, hava akış hızındaki artışla yerel sıcaklığın düştüğü gösterilmiştir [5]. Bu çalışmada şarjlı dik süpürgelerde bataryaya yönlendirilen hava akış tasarımının hem batarya sistemine hem de verimliliğine etkisi incelenmektedir. Sunulan çalışmanın ana çıktısı, lityum-iyon piller ile hazırlanan bir batarya paketi için verimli hava soğutma sisteminin yeni bir tasarım aracılığı ile sunulmasıdır.

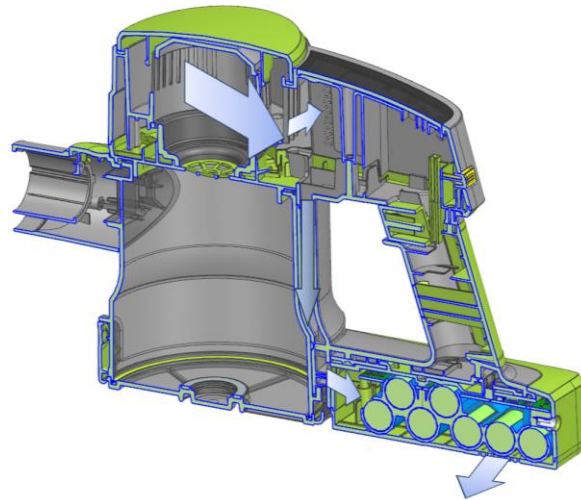
2. Materyal ve Yöntem

ASPİLSAN INR18650A28 2850mAh piller [6] kullanılarak hazırlanan batarya paketi, 300W BLDC motora sahip şarjlı dik süpürge özelliklerine uygun olarak tasarlanan batarya yönetim sistemi ile kontrol edilmektedir. Piller minimum 2850mAh ve maksimum 2950mAh kapasiteye sahip olduğundan tasarlanan batarya paketinde doğru dengeyi sağlamak için her bir pilin ayrı ayrı kapasite ölçümü yapılmalıdır. Kullanılan piller 0-80°C aralığında verimli çalışmaya sahiptir. Süpürge'nin kullanımı sırasında pillerin içinde meydana gelen kimyasal tepkimelerden dolayı batarya zamanla ısınmaktadır. Bataryadaki ısınma problemine çözüm yolu olarak, şarjlı dik süpürge'nin motorundan çıkan havanın bir kısmı batarya paketine yönlendirilerek batarya paketi içerisindeki sıcaklığı düşürecek bir tasarım yapılmıştır. Süpürge motorunun çıkış havası, egzoz hattı ve özel bir yol kullanılarak batarya paketine yönlendirilir. Isı transferi mekanizmasının tasarımı bu noktada önemlidir. Bu mekanizma, ısıyı bataryadan

uzaklaştırır ve bataryayı soğutma işlemini gerçekleştirir. Böylece hem batarya ömrünün uzamasına hem de batarya ve süpürge verimliliğine doğrudan etkili olur. Batarya paketinin sıcaklığını izlemek için uygun sıcaklık sensörleri entegre edilir. Bu sensörler, batarya sıcaklığını sürekli olarak izleyerek aşırı ısınma olduğunda sistemde otomatik bir durma veya soğutma işlemi başlatılmasını sağlar. Hava akış tasarımı sayesinde aşırı ısınmaya kadar geçen süre uzamış olur. Egzoz havasının batarya paketine yönlendirilmesi, mekanik tasarım ve uyum gerektirir. Sistem, süpürge performansını olumsuz etkilemeden ve kullanım kolaylığını bozmadan entegre edilir.

2.1. Bataryaya Yönlendirilen Hava Akış Yolu Tasarımı

Aşırı ısınan bataryalar uzun vadede pil yapısında deformasyona neden olmakta ve hem pilin hem de şarjlı dik süpürge verimliliğinin azalmasına sebep olmaktadır. Pil paketi üzerindeki BMS (Battery Management System) kartında bulunan NTC (Negative Temperature Coefficient) sensör sayesinde yazılım ısınma durumu anında kendini korumaya alarak sistemi kapamaktadır. Şekilde 1 de görüldüğü üzere, bu aşırı ısınma durumuna karşı bir önlem olarak şarjlı dik süpürge egzoz havasının bir kısmını bataryaya yönlendirip bir hava akış yolu tasarımı yapılmıştır. Bu şekilde yapılan bir tasarım neticesinde pildeki oluşan ısının bir kısmı uzaklaştırılmış olacaktır.



Şekil 1: Şarjlı dik süpürgede, motorun egzozundan çıkan havanın bir kısmının bataryaya yönlendirilme tasarımı

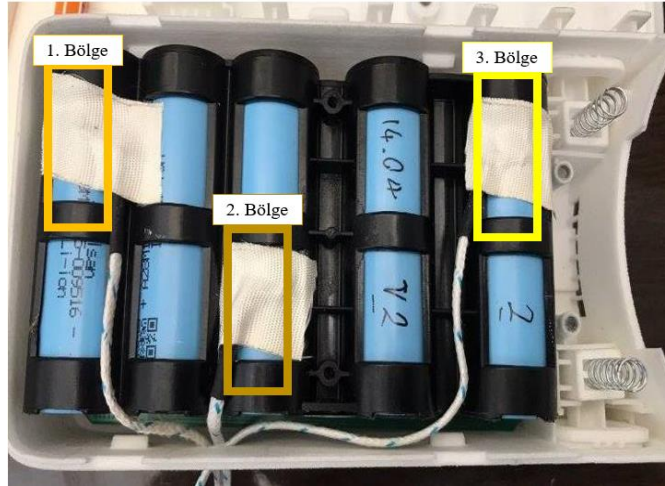
7 adet Aspilsan Lityum-İyon pil kullanılarak hazırlanan batarya paketi yapısı Şekil 2’de gösterildiği gibidir. Piller seri veya paralel bağlanır ve bu pillerin kontrolü için BMS kullanılır.



Şekil 2: 7 adet Li-iyon pilin karkasta gösterimi

2.2. Batarya Paketindeki Test Noktaları

Batarya paketi hazırlandıktan sonra pillerden 3 farklı bölge belirlenir ve bu bölgelere ısı çifti bağlanarak sıcaklık ölçümleri alınır. Şekil 3 de ısı çiftlerinin bağlandığı 3 bölge gösterilmektedir.



Şekil 3: Batarya paketinde ısı çifti takılan 3 pil bölgesi

3. Sonuçlar

Şarjlı dik süpürge ve süpürücü aksesuarının emiş ağzı kapatılarak yapılan performans ölçüm testi; Turbo, Orta ve Düşük modlar için, batarya tam doluyken gerçekleştirilmiştir. Süpürge emiş ağzı tam kapalı bir şekilde 15 saniye bekletildiğinde 10. saniyede motorun çalışmayı durdurduğu görülmüştür.

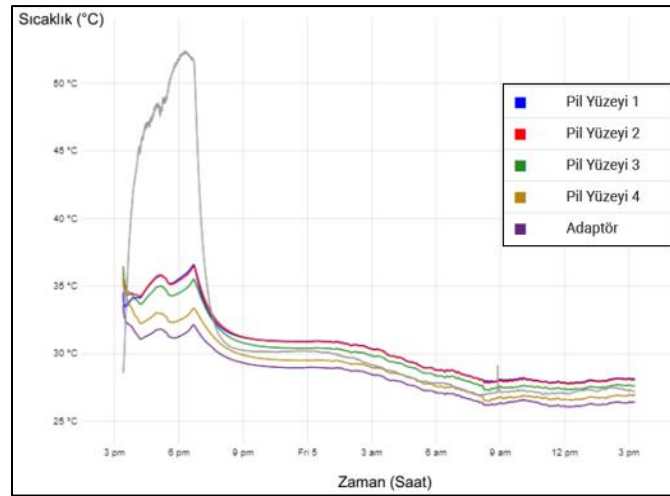
3.1. Batarya paketindeki pillerin çalışma fonksiyonu ve süreleri

Batarya paketini Şarj edebilmek için Tablo 1 bilgileri verilen AC/DC adaptör kullanılmıştır.

Tablo 1: Batarya şarj bilgileri

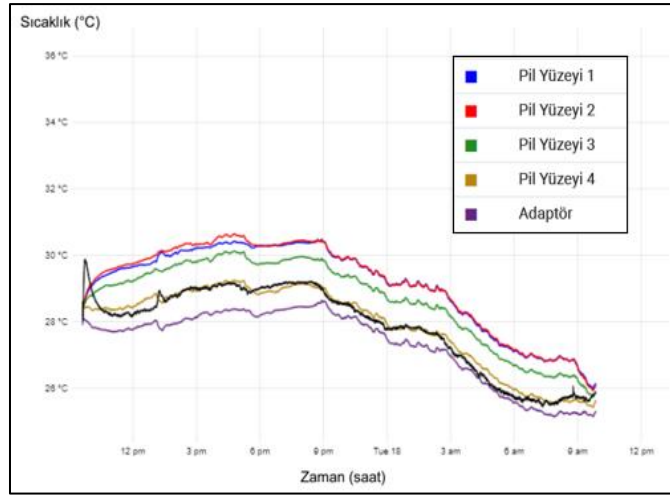
Model	DK33-300120H-V	Sıcaklık	40°C		
Giriş Gerilimi	100-240 V	Akım	1 A	Frekans	50-60 Hz
Çıkış Gerilimi	30,0V	Akım	1,2 A	Güç	36,0 W

Boş durumda olan batarya paketi şarj olurken, 3 farklı pil yüzeyinden alınan 24 saatlik zamana göre sıcaklık değişim verilerinin grafiği Şekil 4’de gösterilmektedir. Bu grafiğe göre pillerin şarj olmaya başladığı andan, tam dolduğu duruma ulaşana kadar geçen süre 3 saattir. Bu süre boyunca pil yüzeylerinde sıcaklık artışı görülmektedir, pil yüzeylerinin bu esnada ulaştıkları maksimum sıcaklık $\sim 36^{\circ}\text{C}$ ’dir. 3. Saatin sonunda tam dolan piller güç almayı bırakarak zamanla soğumaya başlar ve 18. Saatin sonunda $\sim 25^{\circ}\text{C}$ ’ye ulaşarak ilk sıcaklıklarına dönerler.



Şekil 4: Batarya şarj olurken ısınma testi

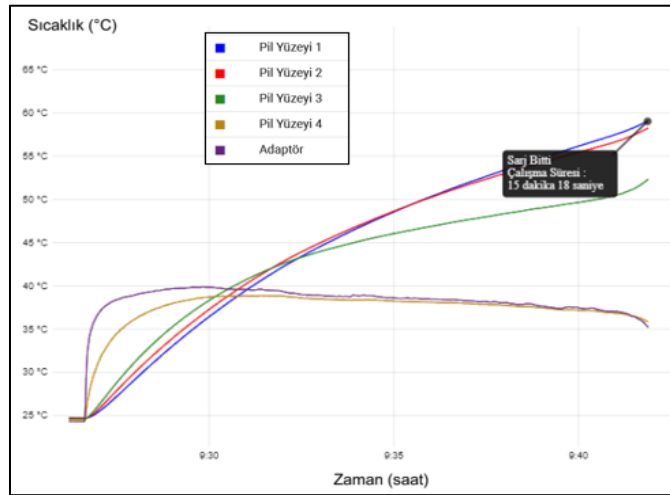
Tam dolu durumda bulunan batarya 24 saat şarj da bekletildiğinde, bataryanın sıcaklık zaman değişim grafiği Şekil 5’de verilmektedir. Grafiğe göre; pil yüzeylerinde birkaç derece sıcaklık artışı görünse de 24 saatlik dilimde bir enerji alışverişi olmadığı görülmektedir.



Şekil 5: 24 saat şarjda beklemede sıcaklık zaman grafiği

NTC 70 °C olacak şekilde ayarlandığında, hava yolu açık ve hava yolu kapalı olacak şekilde performans testleri gerçekleştirilmiştir.

Hava yolu açık ve emiş ağzı açık durumda, ürün turbo modda çalışırken pil yüzeylerinden alınan zamana göre sıcaklık değişim grafiği Şekil 6 'de gösterilmektedir. Tablo 2 'de pil bölgelerinin maksimum sıcaklıkları gösterilmektedir. Toplam çalışma süresi 15 dakika 18 saniyedir ve bu süre sonunda şarjı tamamen bitmektedir.



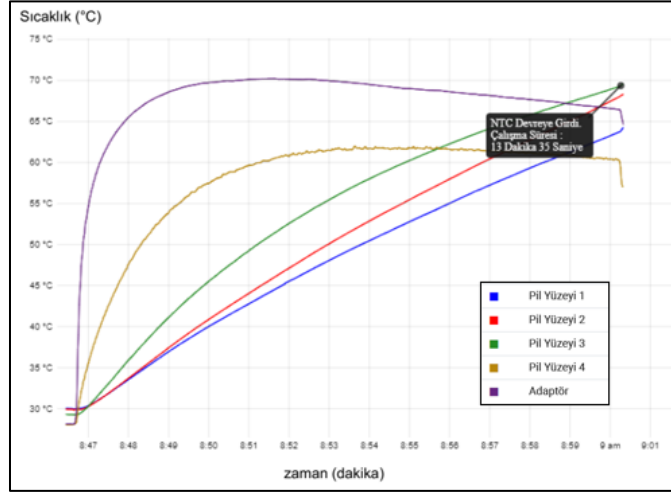
Şekil 6: Hava yolu açık ve emiş ağzı açık ısınma testi

Tablo 2: Hava yolu açık durumda iken pil bölgelerinin maksimum sıcaklıkları

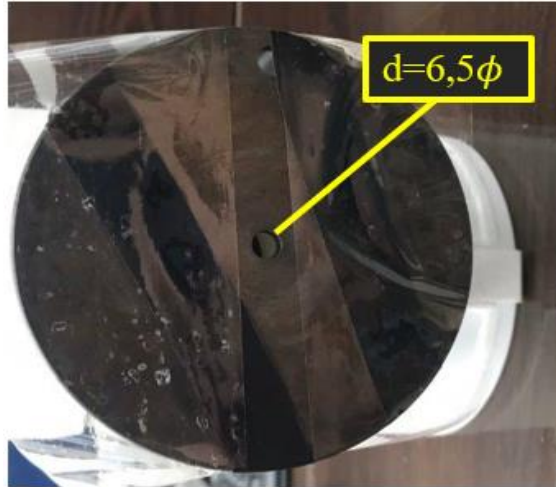
1. Bölgenin Maksimum sıcaklığı	58,97 °C
2. Bölgenin Maksimum sıcaklığı	58,14 °C
3. Bölgenin Maksimum sıcaklığı	52,21 °C



Hava yolu açık ve emiş ağızı yarım açık ($d = 6,5 \text{ Ø}$) yani zorlanma durumu olduğunda ürün turbo modda çalışırken pil yüzeylerinden alınan zamana göre sıcaklık değişim grafiği Şekil 7 'de gösterilmektedir. Toplam çalışma süresi 13 dakika 35 saniyedir. NTC devreye girmiştir. NTC soğuduğunda ürün yeniden çalışmaya devam etmiştir. Tablo 3 'te pil bölgelerinin maksimum sıcaklıkları gösterilmektedir.



Şekil 7 :Hava yolu açık ve emiş ağızı yarım açık ısınma testi ($d = 6,5 \text{ Ø}$)



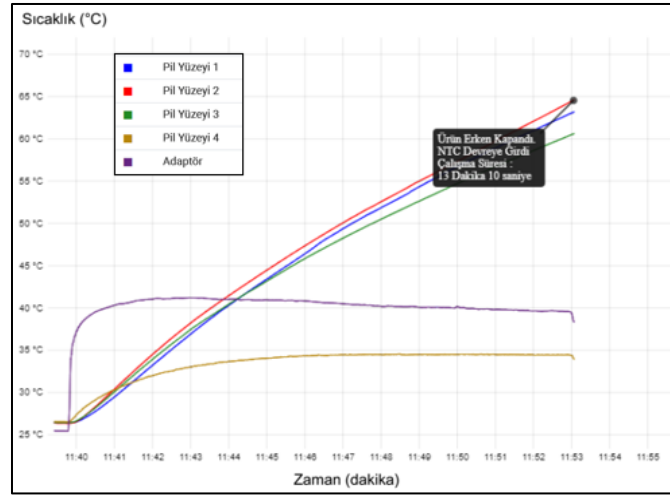
Şekil 8: Emiş ağızı $d=6,5\phi$ olan hava yolu görünümü

Tablo 3: Hava yolu açık ve emiş ağızı yarım açık durumda iken pil bölgelerinin maksimum sıcaklıkları

1. Bölgenin Maksimum sıcaklığı	63,69 °C
--------------------------------	----------

2. Bölgenin Maksimum sıcaklığı	68,05 °C
3. Bölgenin Maksimum sıcaklığı	61,85 °C

Hava yolu kapalı ve emiş ağızı açık olduğunda da ürün turbo modda çalışırken pil yüzeylerinden alınan zamana göre sıcaklık değişim grafiği Şekil 9 'de gösterilmektedir. Toplam çalışma süresi 13 dakika 10 saniyedir. NTC devreye girmiştir. NTC soğuduğunda ürün yeniden çalışmaya devam etmiştir. Tablo 4 'te pil bölgelerinin maksimum sıcaklıkları gösterilmektedir.



Şekil 9 : Hava yolu kapalı ve emiş ağızı açık ısınma testi

Tablo 4: Hava yolu kapalı durumda iken pil bölgelerinin maksimum sıcaklıkları

1. Bölgenin Maksimum sıcaklığı	63,19 °C
2. Bölgenin Maksimum sıcaklığı	64,49 °C
3. Bölgenin Maksimum sıcaklığı	60,61 °C

Yapılan testler sonucunda Şarjlı dik süpürge motorunun Turbo, orta ve düşük modlara karşılık gelen güç, zaman, performans değerleri ölçülmüştür ve bu ölçümler Tablo 5 'te verilmiştir.

Tablo 5: Turbo, orta ve düşük modlara karşılık gelen; d: Ağız açıklığı, q: debi, h: Vakum, P: çıkış gücü verileri

TURBO MOD				ORTA MOD				DÜŞÜK MOD			
d (mm)	q (L/s)	h (kPa)	P (W)	d (mm)	q (L/s)	h (kPa)	P (W)	d (mm)	q (L/s)	h (kPa)	P (W)
50	0,00	0,00	0,00	50	0,00	0,00	0,00	50	0,00	0,00	0,00
40	0,00	0,00	0,00	40	0,00	0,00	0,00	40	0,00	0,00	0,00
30	10,02	0,34	0,43	30	0,00	0,00	0,00	30	0,00	0,00	0,00
23	10,74	1,12	1,52	23	7,15	0,49	3,50	23	0,00	0,00	0,00
19	10,25	2,19	2,84	19	7,13	1,05	7,49	19	3,80	0,30	1,14
16	9,18	3,50	4,06	16	6,57	1,77	11,63	16	3,76	0,58	2,18



13	7,54	5,44	5,19	13	5,54	2,89	16,01	13	3,33	1,03	3,43
10	5,46	8,19	5,63	10	4,12	4,57	18,83	10	2,56	1,73	4,43
6,5	2,73	11,33	3,91	6,5	2,10	6,53	13,71	6,5	1,34	2,61	3,50
0	0,00	15,54	0,00	0	0,00	9,08	0,00	0	0,00	3,72	0,00
Turbo Mod çalışma süresi: 12 dakika 17 saniye				Orta Mod çalışma süresi: 36 dakika 38 saniye				Düşük Mod çalışma süresi: 1 saat 44 dakika			

4. Tartışma

Yapılan bu çalışma sonucunda, şarjlı dik süpürgeye bataryaya yönlendirilen hava akışı tasarımının, batarya performansı üzerinde olumlu etkileri gözlemlenmiştir. Turbo modda yapılan test sonuçlarına göre bataryaya yönlendirilen hava akış yolu açık olduğunda bataryanın zamana göre sıcaklık etkilerinin, bataryaya yönlendirilen hava akış yolunun kapalı olduğu duruma göre yaklaşık olarak %30 daha iyi bir performans sergilediği görülmüştür. Bu sonuca göre sıcaklık sensörü olarak kullanılan NTC devreye girmeden batarya paketinin kapasitesinin tamamı kullanılabilir. Ürün çalışma süreleri Tablo 6 da verilmiştir.

Tablo 6: Turbo, orta, düşük modlarda farklı zeminler üzerinde çalışma süreleri

Ölçüm türü	Aksesuarsız ölçüm (saat:dakika:saniye)	Aksesuarlı ölçüm (Sert Zemin) (saat:dakika:saniye)	Aksesuarlı ölçüm (Halı) (saat:dakika:saniye)
Ölçüm Modu			
Turbo Mod	00:17:35	00:16:26	00:16:20
Orta Mod	00:41:51	00:33:53	00:33:56
Düşük Mod	01:57:20	01:33:23	01:30:12

5. Teşekkür

Bu çalışmaya konu olan Şarjlı dik süpürenin motorundan bataryaya yönlendirilen hava akış tasarımının 2023/012526 numaralı patent başvurusu bulunmaktadır.

Referanslar

- [1] Q. Bi ve D. Shao, "Loss Analysis of High-Speed Permanent Magnet Motor for Cordless Vacuum Cleaner," Journal of Physics: Conference Series, 2nd International Conference on Green Energy and Power Systems (ICGEPS 2023), Changsha, China, 2023, Volume 2488. doi:10.1088/1742-6596/2488/1/012021
- [2] K. Kirad ve M. Chaudhari, "Design of cell spacing in lithium-ion battery module for improvement in cooling performance of the battery thermal management system," J. Power Sources. vol. 481, 229016, Jan. 2021.
- [3] A. A. Pesaran, "Battery thermal models for hybrid vehicle simulations," J. Power Sources, vol. 110, no. 2, pp. 377-382, Aug. 2002.
- [4] Z. Rao ve S. Wang, "A review of power battery thermal energy management," Renew. Sust. Energ. Rev., vol. 15, no. 9, pp. 4554-4571, Dec., 2011



- [5] S. Sahahid ve M. Agelin-Chaab, "Development and analysis of a technique to improve air-cooling and temperature uniformity in a battery pack for cylindrical batteries," *Therm. Sci. Eng. Prog.*, vol 5, pp. 351-363, Mar, 2018.
- [6] ASPİLSAN Enerji Sanayi ve Ticaret A.Ş. Pil ve Batarya Sistemleri, "INR18650A28 Datasheet", [Çevrimiçi]. Mevcut: https://www.aspilsan.com/wp-content/uploads/2023/07/A28_Public_Datasheet_rev05.pdf . [Erişim: 22 Aralık 2023].