

## Otomotiv Sektöründe Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ve Yeşil Mutabakattaki Rolü

Sermin GÜNASLAN<sup>1\*</sup>, Berrak Erol NALBUR<sup>2</sup>, S. Sıddık CİNDORUK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı/ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa Uludağ Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup>Çevre Mühendisliği Bölümü / Mühendislik Fakültesi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Türkiye

<sup>3</sup>Çevre Mühendisliği Bölümü / Mühendislik Fakültesi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Türkiye

\*(gunaslansermin@gmail.com)

**Özet** –Bu çalışmada Avrupa Yeşil Mutabakatı ve bu çerçevede ele alınan sera gazı azaltım hedefleri konusunda otomobillerin rolü ve Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi yöntemi ele alınmıştır. Günümüzde fosil yakıtların kullanımının artması sonucu çevreye verilen emisyon miktarlarının artması küresel boyutta tehdit haline gelmiştir. Bu amaçla adım atılan Avrupa Yeşil Mutabakatı 2050 yılına kadar sera gazı emisyonlarından arınmayı ve güçlü bir ekonomi politikasını hedef edinmiştir. Bu doğrultuda kullanımı yaygınlaştırılmaya yönelik olarak ve 2035 yılı itibariyle tamamen elektrikli araç kullanımına geçilmesi düşünülmektedir. Elektrikli araçların çevre ile uyumluluğu henüz tartışma konusudur. Ancak ilerleyen dönemlerde elektrikli araçların enerjisinin tamamen yenilenebilir enerjiden elde edilmesiyle bu tartışmanın bitmesi düşünülmektedir. Yaşam döngüsünde beşikten mezara yaklaşımıyla incelenerek içten yanmalı motorlu araçlara kıyasla etkileri kanıtlanabilir. Yapılan bazı karşılaştırmalı yaşam döngüsü analizlerinde içten yanmalı motorlu araçlara oranla elektrikli araçlar çeşitli etki kategorilerinde daha yüksek çevresel etkiye sahipken bazı kategorilerde daha çevreci olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar çeşitli politika ve karar vericiler için zorlaştırıcı olsa da ilerleyen dönemlerde daha düşük çevresel etkilerle tercih edilebilir olması beklenmektedir.

*Anahtar Kelimeler – Elektrikli Araç, Sera Gazı, Sürüdürebilir Çevre, Emisyon Azaltımı, İklim Nötr*

## I. GİRİŞ

Avrupa Birliği (AB) sera gazı emisyonlarını azaltmak ve uluslararası iklim müzakerelerinde temiz kaynaklardan gelen enerjiyi desteklemek için küresel eylemin ön safhalarında yer alma hedefini defalarca ifade etmiştir. Ancak AB sera gazı emisyonlarını bazı sektörler için kabul edilebilir seviyede azaltamamıştır [1]. Paris Anlaşması'nda belirtilen 1,5 °C hedefini karşılamak ve geri dönüşü olmayan iklim değişikliğini önlemek için AB'nin 2050 yılına kadar sıfır emisyonla ulaşması gerekmektedir [2]. Avrupa Yeşil Mutabakatı bu iddialı hedefi desteklemektedir [3]. Taşımacılık sektörü, AB'deki CO<sub>2</sub> emisyonlarının %27'sini oluşturarak iklim krizine en önemli katkıyı yapan sektördür. Bu emisyonlar 2008-2013 yılları arasında 2008/09 ekonomik krizi nedeniyle azalırken, o zamandan bu yana karayolu taşımacılığı, havacılık ve deniz taşımacılığından kaynaklanan emisyonlar her yıl artmaktadır [4]. Ulaşımla ilgili tüm emisyonların yaklaşık yarısı binek araçlardan ve otomotiv endüstrisinden kaynaklanmaktadır [5].

AB'de 2019'un üçüncü çeyreğinde yeni otomobil tescillerinin %3,1'ini elektrikli otomobiller oluştururken %6,3'ünü hibrit otomobiller oluşturmuştur [6]. Son on yılda, Avrupa Komisyonu neredeyse her iki yılda bir yeni endüstriyel stratejiler yayınlamaktadır. Almanya ve Fransa'da son dönemlerde Avrupa Pili İttifakı için güçlerini birleştirmiş [7]. AB, 2009'da filo arabaları için yasal olarak bağlayıcı CO<sub>2</sub> limitleri getirmiş olsa da, ulaşımdan kaynaklanan sera gazı emisyonları artmaya devam ederek AB'nin genel iklim hedeflerini zorlamaktadır [8].

Bu çalışmada küresel düzeyde ele alınan ve geleceğimiz konusunda önemli bir etkisi olan Avrupa Yeşil Mutabakatı ve otomobil sektörü bağlantısını ele alarak araçların bu konudaki rolünü ve yaşam döngüsündeki etkisini incelemek amaçlanmıştır.

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Yaşam döngüsü değerlendirmesi

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA), bir ürünün üretimi, kullanımı ve kullanım ömrünün sonuna dahil olan tüm süreçlerle ilişkili çevreyle ilgili akışların bir envanterinin derlenmesini ve bu envanterin ilgili etkilere dönüştürülmesini içerir [9, 10]. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi çoğunlukla tüm yaşam döngüsü boyunca çevresel etkiyi ölçmek, hammadde aşamasından kullanım ömrünün

sonuna kadar incelemek amaçları için kullanılır. Fakat, elektrikli araçlar için LCA'lar ile çevresel etkinin hesaplanması zorludur. Farklı elektrikli araçların çalışmalarının sonuçları büyük ölçüde değişebilmektedir [11].

LCA prosedürü birbirini izleyen dört adımdan oluşmaktadır:

- amaç ve kapsam tanımı,
- envanter analizi,
- etki değerlendirilmesi
- sonuçların değerlendirilmesi ve yorumlanması.

Amaç ve kapsam tanımlaması sırasında, amaçlanan uygulama yani çalışma tarafından cevaplanacak sorular, araştırmayı gerçekleştirme motivasyonu ve amaçlanan hedef kitle tanımlanmalıdır. İncelenmekte olan ürünün sistem sınırlarının tanımlanması gerekmektedir. Etki değerlendirmesi aşamasında ilk olarak emisyonlar farklı etki kategorilerine göre sınıflandırılır. İkinci olarak potansiyel etkileri etki eşdeğeri cinsinden ifade edilmektedir (örn.CO<sub>2</sub>-eşdeğeri). Yorumlama aşamasında çalışmanın sonuçları incelenerek elde edilen çıktılar yorumlanır [12].

## III. BULGULAR

Son yıllarda elektrikli araçlar için bazı LCA gerçekleştirilen çalışmalar hız kazanmıştır [13, 14, 15, 16, 17]. Literatürdeki çalışmaların bir kısmında çeşitli elektrikli ve geleneksel içten yanmalı motorlu araçlarla kıyaslanarak bir takım sonuçlar elde edilmiştir.

### 3.1. Avrupa Yeşil Mutabakatı

AB stratejilerine göre dünyada ilk iklim-nötr kıta olma hedefi mutabakatın en büyük ifadesidir. Bazı çalışmalarda iklim-nötr hedefi karbon-nötr hedefi olarak adlandırılmakla birlikte sera gazı emisyonuna neden olan bireysel ve küresel boyutta karbondan arınma sürecini temsil etmektedir. Bu bağlamda AB "Avrupa Yeşil Mutabakat (A European Green Deal)" çerçevesini oluşturmuştur. Avrupa Yeşil Mutabakatı 2050 yılına kadar sera gazı emisyonu olmayan, verimli kaynaklar ve gelişmiş ekonomiye sahip bir büyüme stratejisidir. [18]. Bu anlaşmaya dayalı olarak içten yanmalı motorlu araçların kullanımının sona erdirilmesi ve elektrikli araçların kullanımının yaygınlaşması teşvik edilmektedir. Bu konuda araçlar için yaşam döngüsü değerlendirmesinin kapsamlı olarak ele alınması gerekmektedir.

Aşağıda Tablo 1’de Avrupa Yeşil Mutabakat eylemi alanları gösterilmiştir.

Tablo 1. Avrupa yeşil mutabakat eylem alanları [18]

Eylem alanları	Alt aksiyon/eylem
İklim	Avrupa iklim yasası Avrupa iklim anlaşması Uyum stratejileri İklim diplomasisi
Çevre	Orman stratejileri Biyçeşitlilik stratejileri Sıfır kirlilik eylem planı Döngüsel ekonomi eylem planı Atık ve geri dönüşüm Sürdürülebilirlik için kimyasal stratejiler Sürdürülebilir bataryalar Organik eylem planı Tarladan çatala stratejileri Çevre eylem planı Su ürünleri politikaları Mavi ekonomi stratejileri
Enerji	Enerji sistem entegrasyon stratejileri Renovasyon dalgası Hidrojen stratejileri Metan stratejileri Açık deniz yenilenebilir enerji stratejileri Enerji için Avrupa ötesi ağlar
Ulaşım	Sürdürülebilir ve akıllı ulaşım stratejileri Avrupa tren bağlantısı
Tarım	Ortak tarım politika reformu Ortak tarım strateji planları Organik tarım eylem planı AB tarımsal gıda (agri-food) politikaları Çiftlik hayvanlarının sağlığı Pestisitlerin sürdürülebilir kullanımı Yiyecek etiketleme
Finans ve bölgesel gelişme	Yeni nesil AB Yeni nesil AB yeşil tahviller İyileştirme ve dirençlilik olanağı Sürdürülebilir finans Adil geçiş mekanizması

Endüstri	Endüstriyel stratejiler Avrupa batarya ittifakı Avrupa temiz hidrojen ittifakı Avrupa ham madde ittifakı Döngüsel plastik ittifakı
Araştırma ve inovasyon	Horizon Avrupa Projeleri

### 3.2. Otomobil sektöründe karşılaştırmalı yaşam döngüsü değerlendirmesi

Elektrikli araçlara geçiş, hem ulaşım sektörünün karbondan arındırılması hem de yoğun nüfuslu kentsel alanlarda hava kalitesinin iyileştirilmesi için büyük bir fırsat olarak görülmektedir [19]. Elektrikli araçlar sıfır egzoz emisyonuna güvenilir ancak içten yanmalı motorlu araçları elektrikli araçlarla değiştirmenin çevresel etkilerini anlamak için bir yaşam döngüsü yaklaşımı gerekmektedir [20]. Yakın zamanda birçok karşılaştırmalı yaşam, döngüsü değerlendirme çalışmaları ana hatlarıyla belirtildiği şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu karşılaştırmalı LCA'lardan elde edilen sonuçlar, çoğu çevresel etki kategorisi (örn. iklim değişikliği, hava asitlenmesi) için elektrikli arabaların geleneksel arabalara tercih edildiğini göstermektedir [19]. Bunun aksine, bazı etki kategorileri için dizel, benzinli ve elektrikli arabalar neredeyse aynı performansı gösterirken, diğer kategorilerde (örn. tatlı su ekotoksitesitesi) elektrikli arabalar kötü performans sergilemiştir [13]. Bu çerçevede, yaşam döngüsü etki değerlendirmesinde (LCIA) birkaç göstergenin kullanılması, sonuçların yorumlanmasını ve tanımlanmasını karar vericiler için zorlaştırmaktadır [21]. Otomotiv endüstrisinin, araç verimliliğini artırmanın ve sonuç olarak, bir aracın baskın kullanım aşamasında emisyonları azaltmanın çeşitli yolları vardır. Bunlar artan aktarma organı verimliliğini [22, 23], alternatif yakıt sistemlerini [24] [25] ve araç ağırlığının azaltılmasını [26] içermektedir. Genellikle otomotiv endüstrisinde yaygın olarak kullanılan çelik malzemelerin yerine polimer kompozit malzemeler gibi araç ağırlığını azaltmaya yönelik yenilikçi tasarım ve malzemeler kullanmak araç ağırlığını azaltmaya katkı sağlayabilir [27].

## IV. TARTIŞMA

Yeşil Mutabakat konusunda hükümetler arasında bazı anlaşmazlıklar ve tatmin edici sonuçların alınmaması konusunda endişeler yaşanmaktadır.

Özellikle otomobil sektörü bazında ele alınacak olursa elektrikli araçların çevreci olmaları konusunda bazı kararsızlıklar yaşanmaktadır. Bu otomobillerin tamamen çevreci olmaları sağlanması amacıyla fosil yakıt kullanımının azaltılması ve temiz enerjiye eğilim artırılmalıdır. Yapılan yaşam döngüsü analizi çalışmalarının yanında, elektrikli otomobillerin özellikle kullanım aşamasındaki çevresel etkilerinin azaltılmasına yönelik iyileştirici adımlar atılmasıyla daha iyi sonuçlar alınması ve çevreyle tamamen uyumlu hale getirilmesi sağlanmalıdır. Bunların yanısıra bu araçların üretim aşamasında en çok emisyon sebep olan aşamalar belirlenerek bu aşamalarda kullanılan malzeme ve yakıt alternatifleri araştırılmalıdır.

## V. SONUÇLAR

2050 yılı itibariyle karbon nötr hedefi planlayan Yeşil Mutabakat kademeli olarak karbon emisyonu azaltımıyla bu yönde ilerlemektedir. Dünyada sera gazı salımı konusunda önemli etkiye sahip otomobil endüstrisinin de elektrikli araçlara geçişle birlikte bu konuya katkı sağlayacağı düşünülmektedir. İncelemeler sonucunda Avrupa Yeşil Mutabakat konusunda otomobil sektörünün ayrıntılı olarak ele alınarak tüm çevresel şartlarının değerlendirilmesi ve yaşam döngüsü analizi yardımıyla süreç ayrıntılarını takip ederek çevresel açıdan etkilerinin incelenmesi ve gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Aynı zamanda elektrikli araçların kullanımının yaygınlaşmasının yanısıra ihtiyaç duyulan enerjinin, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmesi teşvik edilmelidir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Tübitak 22AG001 No'lu Elektrikli Taşıtlar için Batarya Teknolojileri Araştırma ve Geliştirme Platformu (BATEG) tarafından desteklenmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] G. Claeys, S. Tagliapietra and G. Zachmann, *How to make the European Green Deal work*. JSTOR: 2019; Vol. 5.
- [2] T. F. Pignolet, "A policy framework for climate and energy in the period from 2020 up to 2030: Impact Analysis," vol., pp., 2015.
- [3] E. EC, "The European green deal," *Annex to the Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*, vol., pp., 2019.

- [4] M. Pichler, N. Krenmayr, E. Schneider and U. Brand, "EU industrial policy: Between modernization and transformation of the automotive industry," *Environmental Innovation and Societal Transitions*, vol. 38, pp. 140-152, 2021.
- [5] L. Ntziachristos, Z. Samaras, S. Eggleston, N. Gorissen, D. Hassel and A. Hickman, "Copert iii," *Computer Programme to calculate emissions from road transport, methodology and emission factors (version 2.1)*, European Energy Agency (EEA), Copenhagen, vol., pp., 2000.
- [6] E. A. M. Association, "New Passenger Car Registration by Fuel Type in the European Union," *Quarter*, vol. 3, pp. 2018, 2018.
- [7] M. Nienaber, France, Germany to support battery cell consortium including PSA, Saft. Reuters. In 2019.
- [8] T. Haas and H. Sander, "Decarbonizing Transport in the European Union: Emission Performance Standards and the Perspectives for a European Green Deal," *Sustainability*, vol. 12, pp. 8381, 2020.
- [9] J. B. Guinée, *Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards*. Springer Science & Business Media: 2002; Vol. 7.
- [10] M. A. Curran, *Environmental life-cycle assessment*. In Springer: 1996.
- [11] A. Nordelöf, M. Messagie, A.-M. Tillman, M. Ljunggren Söderman and J. Van Mierlo, "Environmental impacts of hybrid, plug-in hybrid, and battery electric vehicles—what can we learn from life cycle assessment?," *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 19, pp. 1866-1890, 2014.
- [12] P. Egede, T. Dettmer, C. Herrmann and S. Kara, "Life cycle assessment of electric vehicles—a framework to consider influencing factors," *Procedia Cirp*, vol. 29, pp. 233-238, 2015.
- [13] T. R. Hawkins, B. Singh, G. Majeau-Bettez and A. H. Strømman, "Comparative environmental life cycle assessment of conventional and electric vehicles," *Journal of industrial ecology*, vol. 17, pp. 53-64, 2013.
- [14] R. Faria, P. Moura, J. Delgado and A. T. De Almeida, "A sustainability assessment of electric vehicles as a personal mobility system," *Energy Conversion and Management*, vol. 61, pp. 19-30, 2012.
- [15] M. Messagie, "Environmental performance of electric vehicles, a life cycle system approach," vol., pp., 2013.
- [16] D. A. Notter, M. Gauch, R. Widmer, P. Wager, A. Stamp, R. Zah and H.-J. Althaus, Contribution of Li-ion batteries to the environmental impact of electric vehicles. In ACS Publications: 2010.
- [17] C. Samaras and K. Meisterling, Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from plug-in hybrid vehicles: implications for policy. In ACS Publications: 2008.

- [18] M. E. Mirici and S. Berberoğlu, "Türkiye perspektifinde yeşil mutabakat ve karbon ayak izi: tehdit mi? fırsat mı?," *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, vol. 8, pp. 156-164, 2022.
- [19] P. Girardi, A. Gargiulo and P. C. Brambilla, "A comparative LCA of an electric vehicle and an internal combustion engine vehicle using the appropriate power mix: the Italian case study," *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 20, pp. 1127-1142, 2015.
- [20] L. Gao and Z. C. Winfield, "Life cycle assessment of environmental and economic impacts of advanced vehicles," *Energies*, vol. 5, pp. 605-620, 2012.
- [21] P. Girardi, C. Brambilla and G. Mela, "Life cycle air emissions external costs assessment for comparing electric and traditional passenger cars," *Integrated environmental assessment and management*, vol. 16, pp. 140-150, 2020.
- [22] C. Manzie, H. Watson and S. Halgamuge, "Fuel economy improvements for urban driving: Hybrid vs. intelligent vehicles," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 15, pp. 1-16, 2007.
- [23] H. L. MacLean, L. B. Lave, R. Lankey and S. Joshi, "A life-cycle comparison of alternative automobile fuels," *Journal of the air & waste management association*, vol. 50, pp. 1769-1779, 2000.
- [24] H. Helms and U. Lambrecht, "The potential contribution of light-weighting to reduce transport energy consumption," *Int. J. Life Cycle Assess*, vol. 12, pp. 58-64, 2007.
- [25] A. B. Lovins and D. R. Cramer, "Hypercars, hydrogen, and the automotive transition," *International Journal of Vehicle Design*, vol. 35, pp. 50-85, 2004.
- [26] S. Das, "The life-cycle impacts of aluminum body-in-white automotive material," *JOM*, vol. 52, pp. 41-44, 2000.
- [27] S. Dell'Ambrogio, S. Menato, J. Nika, L. Canetta and M. Sorlini In *Design of circular economy enhancing journeys for automotive manufacturing industry*, 2022 IEEE 28th International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC) & 31st International Association For Management of Technology (IAMOT) Joint Conference, 2022; IEEE: 2022; pp 1-6.