



OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE ENERJİ VERİMLİLİK STRATEJİSİ KRİTERLERİNİN AHP İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

İrem Düzdar Argun, İrem Nur Cengiz

Endüstri Mühendisliği, Düzce Üniversitesi, Türkiye

iremnurcengizz@hotmail.com Başlıca yazarın mail adresi

Özet – Enerji ülkelerin sosyal, ekonomik, teknolojik ve uluslararası alanlarda rekabet piyasasında var olabilmeleri için gereken en önemli unsurlardan biridir. Gelişen teknoloji ve enerji tüketiminin artması ile enerji verimliliğinin önemi ön plana çıkmaktadır. Bu bağlamda yapılan çalışmalarda da Otomotiv sanayisinde en fazla enerji tüketiminin gerçekleştiği ısı ve elektrik enerjisinde yapılabilecek tasarruf olanaklarına önem verilmiştir. Enerji yönetimi konusuna dikkat çekilerek enerji kayıplarının azaltılması, tekrar kullanılması ve bu sayede enerji verimliliğinin de sağlanacağı belirtilmiştir. Enerji yönetimi tüm sektörlerde olduğu kadar otomotiv sektöründe de ciddiye alınması gereken bir konudur. Enerjinin verimli kullanılmasıyla elde edilecek kazancın işletmeye kar sağlayacağı unutulmamalıdır. Çalışmada enerjinin yoğun kullanıldığı sanayi sektörünün önemli bir parçası olan otomotiv endüstrisi tercih edilmiştir. Otomotiv endüstrisinin enerjiye olan ihtiyacının yanı sıra diğer endüstrilerle olan etkileşimi de tercih edilme sebeplerinden biridir. Çalışmada, Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden faydalanılarak Otomotiv Endüstrisinde Enerji Verimlilik Stratejisi için gereken kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır. Literatür araştırmaları sonucunda dokuz ana kriter, otuz üç alt kriter belirlenmiştir. Kriter ağırlıkları hesaplaması sonucunda en önemli ve en az önemli kriterin belirlenmesi için AHP yöntemi tercih edilmiştir. AHP yönteminin tercih edilme sebebi literatürde sıklıkla karşımıza çıkarak sonuçların değerlendirilmesini sağlamasıdır. AHP’ den elde edilen verilere göre Otomotiv Endüstrisinde Enerji Verimlilik Stratejisi için en önemli üç kriter sırasıyla ; amortisman , akılcılık ve istihdam ; en az önemli üç kriter sırasıyla makine seçimi, çevre zararı ve veri toplanması olarak bulunmuştur. Çalışma; ortaya çıkan kriter ağırlıklarının ışığında enerji verimliliği sağlamak isteyen işletmelere ve yeni yatırım planlayan yatırımcılara hangi kriterlere önem vermeleri konusunda yardımcı olmayı amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler – Otomotiv Endüstrisi, Enerji Verimliliği, AHP, Verimlilik Stratejisi, ÇKKV

I. GİRİŞ

Enerji, insanın ihtiyaçlarını karşılamak için ihtiyaç duyduğu en önemli unsurdur. Türkiye ve Dünya’da dikkat çeken en önemli konulardandır. Gün geçtikçe gelişen teknoloji ve artan fosil yakıt tüketimi enerji verimliliğinin önemini gözler önüne sermektedir. Bu nedenle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde enerji tüketimini etkileyen faktörleri belirleyerek

enerji verimliliğini sağlama açısından yapılacak çalışmalar büyük önem arz etmektedir [1]. 1970’lerin bitimine doğru enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki yoğun bir şekilde incelemeye alınmıştır. Üretim yapan bir işletmede maliyetlerin büyük bölümünü ham maddeden sonra enerji oluşturmaktadır. Bu durum değerlendirildiğinde enerji maliyetlerinin düşürülmesi firmanın rekabet gücünü arttıracaktır.

Rekabetin büyük öneme sahip olduğu sanayi alanı başta olmak üzere birçok alanda enerji yoğun olarak kullanılmaktadır. Enerji tüketiminde en geniş pay %25 ile sanayi bölgesine aittir [2]. Sanayide enerji verimliliği, üretim miktarı ve üretim kalitesinde azalmaya sebep olmadan, birim ürün başına enerjinin etkin kullanılarak enerji tüketiminin azaltılmasını hedeflemektedir **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**[3]. Enerjinin verimli kullanılması, yalnızca üretim süreçlerinde kullanılacak enerji için değil aynı zamanda üretim hollerinin ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma gibi gereksinimlerinde lazım olan enerji için de önemli olup ülkemiz ekonomisine ve çevreyi korumaya da katkı sağlayacaktır. Sanayi alanını oluşturan endüstrilerin de enerji tüketim miktarlarına dikkat ederek verimlilik çalışmalarına önem vermeleri maliyet ve rekabet açısından endüstrilere avantaj sağlayacaktır. Enerjiyi yoğun bir şekilde kullanan endüstrilerden biri de otomotiv endüstrisidir. Otomotiv sanayi, ekonomi alanında tüm sanayileşmiş ülkelerde olduğu gibi belirleyici sektörlerinden biridir. Bunun nedeni, ekonominin diğer sektörleri ile olan çok yakın ilişkisidir. Otomotiv sanayi, demirçelik ve diğer hafif metaller, petro-kimya, cam ve lastik gibi temel sanayi dallarında stratejik öneme sahiptir **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**[2]. Turizm, altyapı, inşaat, ulaştırma ve tarım sektörlerinin ihtiyacı olan her türlü motorlu araçlar otomotiv sektörü ürünleri ile karşılanmaktadır. Diğer sektörlerle olan yakın ilişki dolayısıyla otomotiv sektöründeki değişimler, ekonominin tümünü yakından etkilemektedir. Bu denli önemli bir sektörün enerji kullanım oranı göz ardı edilemez. Üretim işlemleri arasında yer alan pres, kaynak, boya ve montaj bölümleri başta olmak üzere otomotiv endüstrisi kapsamında yer alan enerji kullanımı içeren tüm unsurlar enerji verimliliği sağlamak açısından ciddi önem teşkil etmektedir [2]. Otomotiv sektöründe rekabetin vazgeçilmez olduğunu da dikkate alırsak; otomotiv endüstrisinde yapılacak enerji verimliliği çalışmaları otomotiv firmalarını öne geçirerek hem kendi ekonomilerini hem de içinde bulunduğu ülke

ekonomisini canlandırma açısından katkı sağlayacaktır. Bu yönüyle enerji verimliliği stratejik bir öneme sahiptir. Otomotiv endüstrisinde yaşanan enerji tüketimin önüne geçilmesi ve enerji verimliliğini arttırmayı hedefleyen kriterlerin literatür araştırmaları ile tespit edilip en önemli ve en az önemli kriterin belirlenmesi çalışmanın asıl hedefidir. Çok kriterli karar verme metodlarından olan Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) ile kriter ağırlıklandırma yapılmıştır.

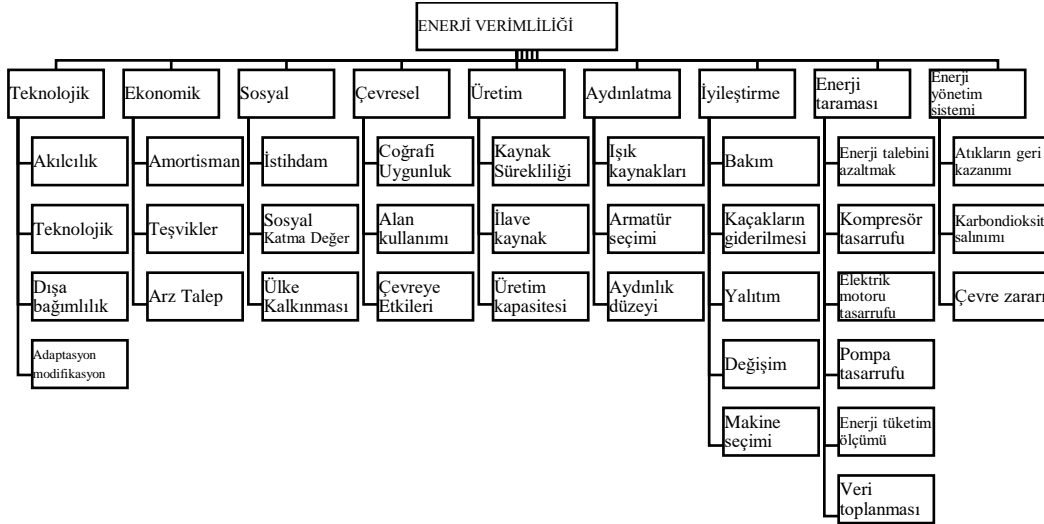
II. MATERYAL VE YÖNTEM

İnsanlar, hayatın her anında karar verme ihtiyacı içerisinde. Karar aşamasında birden çok kriter göz önüne alınmaktadır [4]. Bu durum karar verme sürecini oldukça karmaşık hale getirmektedir. ÇKKV bir dizi alternatif ve kriter arasından birini belirlemeye, seçmeye yarayan yöntemdir. Bu çalışmada belirlenen enerji verimliliği kriterleri ile sıralama yapılacaktır. Çalışmanın hedefi en önemli ve en az önemli kriterin belirlenmesidir. En önemli kriterlere ağırlık hesaplaması yapılarak karar verilecektir. Ağırlık hesaplamaları için literatürde sıklıkla karşımıza çıkan Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden olan AHP yöntemi kullanılacaktır.

AHP 1968 yılında Myers ve Alpert tarafından ileri sürülmüş ve 1977' de ise Profesör Thomas Lorie Saaty tarafından geliştirilerek çok kriterli karar verme problemlerinde kullanılması sağlanmıştır [5]. Yıllardır kullanılan ve literatürde oldukça fazla karşılaşılan AHP yöntemi kriter ağırlıklandırmada kullanılmaktadır [6]. İkili karşılaştırma tekniği ile hem alternatifler hem de kriterler karşılaştırılarak en iyi kriter ve alternatiflere ulaşmak amaçlanmaktadır. AHP yönteminin en önemli özelliklerinden biri de karar vericilerin durumları niteliksel ve niceliksel olarak birlikte değerlendirilme imkanındır. AHP de problem hiyerarşik biçimde gösterilmektedir.

Yöntemin adımları aşağıdaki gibidir:

İlk olarak karar probleminde alternatifler ve kriterler belirlenir.



Şekil 1. Analitik Hiyerarşi Tablosu

Kriterlerin kendi aralarında önem derecelerinin belirlenmesi amacıyla ikili karşılaştırma matrisi oluşturmak gerekir. Bu karşılaştırma için Saaty tarafından önerilen Tablo 1. Önem Skalası kullanılır. Kriter adedi "n" alınırsa; "Nxn" boyutlu, köşegen bileşenleri "1" olan bir kare matris oluşturulur [6].

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{21} & a_{31} & \dots & a_{n1} \\ 1/a_{21} & 1 & a_{32} & \dots & a_{n2} \\ 1/a_{31} & 1/a_{32} & 1 & \dots & a_{n3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{m1} & 1/a_{m2} & 1/a_{m3} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Tablo 1. Önem Skalası [6]

| Önem Derecesi | Tanım |
|---------------|---|
| 1 | İki kriter amaca eşit katkıda bulunuyor |
| 3 | Bir kriter diğerine göre amaca biraz daha fazla katkıda bulunuyor |
| 5 | Bir kriter diğerine göre amaca oldukça fazla katkıda bulunuyor |
| 7 | Bir kriter diğerine göre amaca çok fazla katkıda bulunuyor |
| 9 | Bir kriter diğerine göre amaca son derece önemli katkıda bulunuyor |
| 2,4,6,8 | Ara değerler (uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerler) |

Kriterlerin ağırlıklarının bulunması gerekir. Bunun için denklem (2)'de belirtildiği gibi öncelikle her bir eleman sütundaki tüm değerlerin toplamına bölünür. Bulunan kriter (C) elemanlarının oluşturduğu matristeki satır elemanlarının ortalaması (W) ile kriter ağırlıkları matrisi oluşturulur [6].

$$c_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \rightarrow w_i = \frac{\sum_{i=1}^n c_{ij}}{n} \rightarrow w = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

Çalışmanın tutarlılığı kontrol edilmelidir. Karar vericilerin tutarlılık oranı cevabın doğruluğunu sağlayacaktır. Tutarlılık oranını hesaplamak için sütun vektörü (D) elde edilmelidir, karşılaştırma matrisi (A)'yı öncelik matrisi (W) ile çarparak (D) elde edilir. Sütun vektörü D'nin her bir ögesi sütun vektörü W 'deki karşılıklı öğelere bölündüğünde elemanların aritmetik ortalaması ortaya çıkar ve karşılaştırmanın temel değeri elde edilir [6].

$$A * W = D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} & \dots & d_{2n} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & \dots & d_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{n1} & d_{n2} & d_{n3} & \dots & d_{nn} \end{bmatrix} \rightarrow \lambda$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

Tutarlılığını ölçmek gerekir. Tutarlılık hesaplaması için Tablo 2. rastgelelik indeksi (RI) değerleri kullanılmalıdır. (n) kriter sayısına bağlı olan bu indeks değerleri Tablo 2. 'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Rastal İndeks Tablosu [6]

| Kriter Sayısı (n) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------|---|---|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| Rastal İndeks (RI) | 0 | 0 | 0,58 | 0,9 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 |

Son aşamada tutarlılık oranı (CR) λ , n ve RI değerlerini kullanılarak hesaplanır. CR için üst sınır 0,1 sayılmaktadır. Değerin 0,1'den fazla çıktığı takdirde bir hata olduğu veya karar vericinin tutarsız olduğu yorumu yapılır **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.** Bu durumda Saaty ve Vargas karar vericilere kararlarını yeniden düşünmeleri konusunda tavsiyede bulunmuşlardır **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)}, \lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}, CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$$

Son olarak, her bir kriter için Mx1 boyutlu matrisler oluşturulmalıdır ardından matrisler yan yana yazıldığında MxN boyutunda bir karar matrisi oluşturulur. Oluşan karar matrisini kriter ağırlıklarıyla çarparak, her bir ögenin ağırlığını gösteren sonuç vektörü (L) bulunur [6].

$$L = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} & \dots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} & \dots & k_{2n} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} & \dots & k_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ k_{m1} & k_{m2} & k_{m3} & \dots & k_{mn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ l_3 \\ \vdots \\ l_m \end{bmatrix} \quad (5)$$

III. UYGULAMA VE BULGULAR

Uygulama otomotiv endüstrisi alanında yapılmıştır. Yöntemin uygulamanın adımları aşağıdaki gibidir. Uygulama Kriterlerden biri olan Üretim kriteri üzerinden açıklanacaktır:

AHP yönteminin uygulama adımlarında ilk olarak Tablo 3.'de gösterilen alternatifler ve kriterler belirlenir.

Tablo 3. Kriter ve Referans Tablosu

| | [1] | [2] | [3] | [9] | [10] | [11] | [12] | [13] | [14] |
|--|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| Akıcılık | | | | x | | | | | |
| Teknolojik Olgunluk | | | | x | | | | | |
| Dışa Bağımlılık | | | | x | | | | | |
| Adaptasyon Modifikasyon | | | | x | | | | | |
| Amortisman | | | | x | | | | | |
| Teşvikler | | | | x | | | | | |
| Arz Talep | | | | | x | | | | |
| İstihdam | | | | x | | | | | |
| Sosyal Katma Değer | | | | x | | | | | |
| Ülke Kalkınması | | | | | | x | | | |
| Coğrafi Uygunluk | | | | x | | | | | |
| Alan Kullanımı | | | | x | | | | | |
| Çevreye Etkileri | | | | x | | | | | |
| Kaynak Sürekliliği | | | | x | | | | | |
| İlave Kaynak | | | | x | | | | | |
| Üretim Kapasitesi | | | | | | | x | | |
| İşık Kaynakları | x | | | | | | | | |
| Armatür Seçimi | | | x | | | | | | |
| Aydınlık Düzeyi | | | x | | | | | | |
| Ekipman Bakımı | x | | | | | | | | |
| Kaçakların Giderilmesi | x | | | | | | | | |
| Yalıtım | x | | | | | | | | |
| Makine Değişimi | x | | | | | | | | |
| Verimli Makine Seçimi | x | | | | | | | | |
| Enerji Talebini Azaltmak | | x | | | | | | | |
| Kompresör Tasarrufu | | x | | | | | | | |
| Elektrik Motoru Tasarrufu | | x | | | | | | | |
| Pompa Tasarrufu | | x | | | | | | | |
| Enerji Tüketim Ölçümlerinin Yapılması | | | | | | | | x | |
| Veri Toplanması | | | | | | | | x | |
| Atıkların Geri Kazanımı (Kojenerasyon) | | | | | | | | | x |
| Karbondioksit Salınımı | | | | | | | | | x |
| Çevre Zararı | | | | | | | | | x |

Sonrasında kriterlerin kendi aralarında önem derecelerinin belirlenmesi için ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur [15]. Önem derecelerini belirlemek amacıyla otomotiv endüstrisinde üç farklı fabrikada çalışan üç uzman görüşünden

yararlanılmıştır. Uzmanlar karşılaştırma yapabilmek için Tablo 1. Saaty Önem Skalasını kullanmışlardır. Kriter adedi "n" alınır; "Nxn" boyutlu, köşegen bileşenleri "1" olan bir kare matris oluşturulur.

Ardından kriterlerin ağırlıklarının bulunması gerekmektedir. Üç uzmanın değerlendirmelerinin geometrik ortalaması alınarak (A) işleme başlanmıştır. Tablo 4.' de bulunan (A) değeri; kaynak sürekliliği ve ilave kaynak ile ilgili üç uzmanın oluşturduğu karşılaştırmaların geometrik ortalamasıdır. Geometrik ortalamanın ardından sütun değerleri toplanır. Bunun için öncelikle her bir sütundaki tüm değerler toplanmıştır.

Tablo 4. Geometrik Ortalama Tablosu

| üretim kriterler (geo) | kaynak sürekliliği | ilave kaynak | üretim kapasitesi |
|------------------------|--------------------|--------------|-------------------|
| kaynak sürekliliği | 1 | 3,00 | 7,611 |
| ilave kaynak | 0,333 (A) | 1 | 4,217 |
| üretim kapasitesi | 0,131 | 0,237 | 1 |
| TOPLAM | 1,464 | 4,237 | 12,828 |

Ardından her bir eleman sütundaki değerlerin toplamına bölünür. Her bir elemanın sütundaki değerlerin toplamına bölünmesiyle yeni değerler elde edilir. Elde edilen yeni kriter değerlerinin (C) aritmetik ortalaması alınarak kriter ağırlığı (W) hesaplanır. Sonucunda normalize tablolar elde edilir.

Tablo 5. Üretim Kriterleri Normalizasyon Tablosu

| Üretim Kriterler (Geo) | Kaynak Sürekliliği | İlave Kaynak | Üretim Kapasitesi | Kriter Ağırlığı (W) |
|------------------------|--------------------|--------------|-------------------|---------------------|
| Kaynak Sürekliliği | 0,682 (C) | 0,708 | 0,593 | 0,661 (W) |
| İlave Kaynak | 0,227 | 0,236 | 0,328 | 0,264 |
| Üretim Kapasitesi | 0,089 | 0,055 | 0,077 | 0,074 |

Geometrik ortalamaların oluşturduğu tablodaki her bir değer o satıra ait kriter ağırlığı değeri ile çarpılarak Tablo 6' da yeni tablo değerleri elde edilir. Örneğin; 0,220 (D) = 0,333 (A) * 0,661 (W).

Ardından TOPLAM değerlerini elde etmek amacıyla satır değerleri toplanır.

Tablo 6. Üretim Kriterleri Satır Toplamı Tablosu

| Üretim Kriterler (Geo) | Kaynak Sürekliliği | İlave Kaynak | Üretim Kapasitesi | Toplam |
|------------------------|--------------------|--------------|-------------------|--------|
| Kaynak Sürekliliği | 0,661 | 0,792 | 0,567 | 2,021 |
| İlave Kaynak | 0,220 (D) | 0,264 | 0,314 | 0,798 |
| Üretim Kapasitesi | 0,086 | 0,062 | 0,074 | 0,224 |

λ değeri bulunduğundan sonra çalışmanın tutarlılığını ölçmek gerekir. Tutarlılık hesaplaması için Tablo 2. rassal indeks (RI) değerine ihtiyaç duyulmaktadır.

λ değerini bulmak için toplam / kriter tablosunun aritmetik ortalaması hesaplanır. Son olarak tutarlılık hesaplaması için CI ve RI değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} \quad (6)$$

Tablo 7. Toplam ve Kriter Ağırlığı Tablosu

| TOPLAM | KRİTER AĞIRLIĞI | TOP/KR |
|--------|-----------------|--------|
| 2,021 | 0,661 | 3,055 |
| 0,798 | 0,264 | 3,024 |
| 0,224 | 0,074 | 3,005 |

λ değerini bulmak için toplam / kriter tablosunun aritmetik ortalaması hesaplanır.

Hesaplama sonucu $\lambda = 3,028$ bulunur.

$$CI = (3,028 - 3) / (3-1)$$

$$CI = 0,014$$

RI değerinin n = 3 için Tablo 2. rassal indeks tablosundan bakılarak 0.58 olduğu görülmektedir.

Son olarak CI / RI yapılarak tutarlılık hesaplaması yapılır.

$$CI/ RI = 0,024$$

0,02 < 0,10 olduğundan dolayı değerlerin tutarlı olduğu yorumu yapılabilir.

Tutarlılık oranının geçerli sayılabilmesi için 0,10 dan küçük olması gerekmektedir.

Ana kriterin kriter ağırlığı ile her bir üretim alt kriterinin kriter ağırlığı çarpılarak kriterlere ait son ağırlıklar tespit edilir. Son ağırlıklar büyükten küçüğe doğru sıralanarak genel sıralamalar elde edilir.

Tablo 8.' de Ana Kriterlerin hesaplanan kriter ağırlıkları gösterilmektedir.

Tablo 9.' da Alt Kriterlerin kriter ağırlıkları ile sıralamada kullanılan son ağırlıkları gösterilmiştir.

Tablo 8. Ana Kriterler Kriter Ağırlığı Tablosu

| ANA KRİTERLER | KRİTER AĞIRLIĞI |
|------------------------|-----------------|
| Teknolojik Kriterler | 0,263 |
| Ekonomik Kriterler | 0,191 |
| Sosyal Kriterler | 0,158 |
| Çevresel Kriterler | 0,111 |
| Üretim Kriterler | 0,081 |
| Aydınlatma Kriterler | 0,071 |
| İyileştirme | 0,056 |
| Enerji Taraması | 0,039 |
| Enerji Yönetim Sistemi | 0,025 |

Tablo 9. Kriterler Son Ağırlık ve Sıralama Tablosu

| Teknoloji Kriterler | Alt Kriter Ağırlığı | Son Ağırlık | Sıralama |
|---------------------|---------------------|-------------|----------|
| Akılcılık | 0,473 | 0,125082 | 2 |
| Teknolojik Olgunluk | 0,277 | 0,073303 | 5 |
| Dışa Bağımlılık | 0,185 | 0,048902 | 7 |

| | | | | |
|--------------------------|-----|-----------------|-------------|----|
| Adaptasyon/ Modifikasyon | | 0,063 | 0,016633 | 16 |
| Ekonomi Kriterler | Alt | Kriter Ağırlığı | Son Ağırlık | |
| Amortisman | | 0,667 | 0,127543 | 1 |
| Teşvikler | | 0,247 | 0,047282 | 8 |
| Arz-Talep | | 0,085 | 0,016381 | 17 |
| Sosyal Alt Kriterler | | Kriter Ağırlığı | Son Ağırlık | |
| İstihdam | | 0,7 | 0,111081 | 3 |
| Sosyal Katma Değer | | 0,217 | 0,034469 | 10 |
| Ülke Kalkınması | | 0,082 | 0,013042 | 20 |
| Çevresel Kriterler | Alt | Kriter Ağırlığı | Son Ağırlık | |
| Coğrafi Uygunluk | | 0,683 | 0,076004 | 4 |
| Alan Kullanımı | | 0,215 | 0,023997 | 12 |
| Çevreye Etkileri | | 0,1 | 0,011144 | 21 |
| Üretim Alt Kriterler | | Kriter Ağırlığı | Son Ağırlık | |
| Kaynak Sürekliliği | | 0,661 | 0,05414 | 6 |
| İlave Kaynak | | 0,264 | 0,02162 | 13 |
| Üretim Kapasitesi | | 0,074 | 0,006102 | 27 |
| Aydınlatma Kriterler | Alt | Kriter Ağırlığı | Son Ağırlık | |
| Armatür Seçimi | | 0,58 | 0,041747 | 9 |
| Aydınlık Düzeyi | | 0,298 | 0,021465 | 14 |
| Işık Kaynakları | | 0,12 | 0,008689 | 23 |
| İyileştirme Kriterlerler | Alt | Kriter Ağırlığı | Son Ağırlık | |
| Bakım | | 0,469 | 0,026468 | 11 |
| Kaçakların Giderilmesi | | 0,244 | 0,013808 | 19 |
| Yalıtım | | 0,134 | 0,007569 | 24 |
| Değişim | | 0,101 | 0,005745 | 28 |
| Makine Seçimi | | 0,049 | 0,002814 | 31 |

| Enerji Taraması Alt Kriterler | Kriter Ağırlığı | Son Ağırlık | |
|--------------------------------------|-----------------|-------------|-----------|
| Enerji Talebini Azaltmak | 0,366 | 0,014546 | 18 |
| Kompresör Tasarrufu | 0,228 | 0,009046 | 22 |
| Elektrik Motoru Tasarrufu | 0,184 | 0,007315 | 25 |
| Pompa Tasarrufu | 0,114 | 0,004548 | 29 |
| Enerji Tüketim Ölçümü | 0,072 | 0,002866 | 30 |
| Veri Toplanması | 0,033 | 0,001324 | 33 |
| Enerji Yönetim Sistemi Alt Kriterler | Kriter Ağırlığı | Son Ağırlık | |
| Atıkların Geri Kazanımı | 0,664 | 0,016825 | 15 |
| Karbondioksit Salınımı | 0,267 | 0,006765 | 26 |
| Çevre Zararı | 0,068 | 0,001734 | 32 |

Tablo 9’ da AHP’ den elde edilen sonuca göre Otomotiv Endüstrisinde Enerji Verimlilik Stratejisi için en önemli üç kriter sırasıyla ; amortisman, akılcılık ve istihdam ; en az önemli üç kriter sırasıyla makine seçimi, çevre zararı ve veri toplanması olarak bulunmuştur.

IV. TARTIŞMA

Çalışmada AHP ile kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Çalışmanın asıl hedefi otomotiv endüstrisinde enerji verimlilik stratejisine uygun kriterleri belirleyerek en önemli ve en az önemli olanı belirlemektir. Bu bağlamda dokuz ana kriter otuz üç alt kriter arasından en önemli ve en az önemli kriter belirlenmiştir. Literatüre bakıldığında AHP ile kriter ağırlıklandırma işlemlerine sıklıkla rastlanırken; otomotiv endüstrisi özelinde AHP ile kriter ağırlıklandırmaya fazla rastlanmamıştır. Bu durum çalışmanın orijinalliğini öne çıkarmaktadır.

V. SONUÇLAR

21. Yüzyılda insan yaşamı standartları gelişen teknolojiyle birlikte daha konforlu hale gelmiş ve bunun sonucunda enerjiye olan talep paralel olarak artmıştır. Enerjide dışa bağımlı olan Türkiye’nin, enerjiyi verimlilik prensibiyle tasarruflu kullanarak bu tüketimi karşılaması önemlidir. Enerjide dışa bağımlılıktan kurtulmayı sağlayacak tavsiye olarak, mevcut enerji kaynaklarının sayısını ve enerji

üretimini arttırmak önerilebilir. Daha da önemlisi ve uzun vadeli olanı ise; tüketicileri bilinçlendirerek tüketicilerin mevcut enerjiyi verimli kullanma bilincine ulaştırmaktır. Tüketicilerin enerji israfından uzaklaşması gerekir. Sanayi sektöründe enerji yoğunluğunun azaltılması, enerji verimliliğindeki iyileştirmeler ve yapısal değişikliklere bağlıdır [16]. 2018 yılı nihai enerji tüketiminin % 33’ü ve net elektrik tüketiminin % 46’sı sanayi sektöründe gerçekleşmektedir. Bu durum değerlendirildiğinde gelişmiş ülkelere oranla Türkiye ekonomisinin “enerji yoğun” ekonomilerden olduğunu ifade etmek mümkündür **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı..** Enerji verimlilik stratejisi konusu tüm sektörlerde olduğu gibi otomotiv sektöründe de önemli bir paya sahiptir. Enerji alanında gerçekleşecek tasarruf sayesinde yalnızca otomotiv sektörü değil aynı zamanda yer aldığı ülke de etkilenecektir. Enerji verimliliği çağımızın getirdiği önemli hedeflerdendir. Çalışma bu durumu dikkate alıp sanayide büyük oranda paya sahip olan otomotiv endüstrisi ile çağımızın sorunlarından olan enerji konusunu entegre etmeyi amaçlamıştır. Bu hedef ile beraber otomotiv endüstrisinde enerji verimlilik stratejisi sağlamak için gereken kriterler literatür incelemeleri ile belirlenerek çok kriterli karar verme yöntemleri ile çözümlenmiştir. Kriter ağırlıklandırma yöntemlerinden olan AHP çalışmada tercih edilmiştir. AHP yöntemi literatürde sıklıkla kullanılan kriter ağırlıklandırma yöntemidir. Bu bağlamda dokuz ana kriter otuz üç alt kriter arasından en önemli ve en az önemli kriter belirlenmiştir. Literatüre bakıldığında AHP ile kriter ağırlıklandırma işlemlerine sıklıkla rastlanırken; otomotiv endüstrisi özelinde AHP ile kriter ağırlıklandırmaya fazla rastlanmamıştır. Bu durum çalışmanın orijinalliğini öne çıkarmaktadır. Tüm sektörler ile bağlantısı olması ve enerji tüketim oranı neden ile otomotiv endüstrisi seçilmiştir. Otomotiv sektöründe uzman olan üç karar verici tarafından kriterler değerlendirilerek çözüme başlanmıştır. AHP yöntemi çözüm aşamaları sonucunda ekonomi ana kriterine ait amortisman alt kriteri 0,127 kriter ağırlığı ile en önemli kriter olarak belirlenirken; enerji taraması ana kriterine ait veri toplanması alt kriteri 0,001 kriter ağırlığı ile en az önemli kriter olarak belirlenmiştir. Firmalara, önemli kriteri dikkate alarak o alan üzerine çalışmalar yapması tavsiye edilir. Firmalara veri toplanması kriteri üzerine çalışmalarını azaltmaları

tavsiye edilir.

KAYNAKLAR

- [1] Cabak, B. (2018). Tekstil Fabrikasında Enerji Verimliliği Uygulamaları.
- [2] Cengiz, M. S., & Mamiş, M. S. (2015). Endüstriyel Tesislerde Verimlilik Ve Güneş Enerjisi Kullanımı. Bitlis Eren University Journal Of Science.
- [3] Uylukçuoğlu, Ö. E. (2009). Otomotiv Sanayinde Enerji Verimliliği Ve Enerji Tasarruf Olanaklarının Belirlenmesi.
- [4] Koca, G., & Akçakaya, E. D. (2021). Giyilebilir Teknolojik Ürünlerin Tasarımında Etkili Olan Faktörlerin Best-Worst Metodu (Bwm) İle Değerlendirilmesi. Bşeu Fen Bilimleri Dergisi.
- [5] Yaralıoğlu, K. (2001). Performans Değerlendirmede Analitik Hiyerarşi Proses. Dokuz Eylül Üniversitesi, 129-142.
- [6] (Onur, Ekmekçi, & Isık)Teknoloji Takımları Performanslarının Ahp-Promethee Yöntemleri Kullanarak Ölçümü Ve Oecd Ülkelerindeki İhracata Etkisine Yönelik Bir Çalışma. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 931-958.
- [7] (Akbaş, Kaya, & Eyidoğan) Bir Otomobil Montaj Fabrikasının Enerji Tüketim Analizi Ve Enerji Tasarrufu Potansiyelinin Değerlendirilmesi. Mühendis Ve Makina, 85-100.
- [8] Dündar, S., & Ecer, F. (2008). Öğrencilerin Gsm Operatörü Tercihinin Analitik Hiyerarşi Süreci
- [9] Dölek, B. (2019). Bir Fabrikanın Enerji Yatırım Politikasının Çok Kriterli Melez Karar Verme Sistemleri İle Belirlenmesi.
- [10] Dinçer, M. Z. (2018). Mikro Ekonomi.
- [11] Yaylı, H. (2012). Çevre Etiği Bağlamında Kalkınma , Çevre, Nüfus. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi.
- [12] Akçimen, C., & Antmen, F. (2019). Kısıtlar Teorisinde Kapasite Kısıtı Ve Bir Üretim İşletmesinde Uygulaması. Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi, 618-626.
- [13] Söğüt, Z., & Oktay, Z. (2006). Sanayi Sektöründe Enerji Taramasının Enerji Verimliliğine Etkisi Ve Bir Uygulama. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.
- [14] (Karyeyen, Aksoy, Özgören, & Koçak). Konya Sanayisinde Enerji Verimliliği. Mevlana Kalkınma Ajansı.
- [15] Adıgüzel, O. (2009). Personel Seçiminin Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemiyle Gerçekleştirilmesi. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi.
- [16] Doğan, H., & Yılkıran, N. (2015). Türkiye'nin Enerji Verimliliği Potansiyeli Ve Projeksiyonu. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi.
- [17] Keskin, T., & Güven, A. (2020). Dünyada Ve Türkiyede Enerji Verimliliği