



# Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

*Araştırma Makalesi*

## Ağır Treylere Seçiminin AHP Yöntemi ile Değerlendirilmesi

Ömer Faruk GÖRÇÜN<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> *Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Uyg. Bilimler Fakültesi, Kadir Has Üniversitesi, İstanbul, TÜRKİYE*

*\* Sorumlu yazarın e-posta adresi: omer.gorcun@khas.edu.tr*

### ÖZET

Ağır ve havaleli yüklerin taşınması süreçlerini de kapsayan proje lojistiği son derece hassas operasyonlardan oluşan lojistik bir faaliyettir. Treylere seçimine ilişkin kriterlerin ve karar noktalarının çok sayıda olması treylere seçimini son derece zorlaştırmaktadır. Seçime ilişkin süreçler etki eden faktörlerin ve değişkenlerin çok sayıda olması treylere seçimine ilişkin süreçlerde çok kriterli karar alma metodolojilerinin uygulanmasını iyi bir seçenek haline getirebilmektedir. Bu çalışmada çok kriterli karar alma yöntemlerinden birisi olan Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanılmıştır. Bu çalışma, proje lojistiği ve ağır taşımacılık faaliyetlerinde kullanılacak treylere seçimi ile ilgili olarak karar vericilerin hangi kriterlere daha fazla önem verdiklerinin yanı sıra, karar alternatifleri arasından yapacakları tercihlerin daha uygun ve rasyonel bir tercih olabileceğini sayısal bir perspektife tanımlamaya çalışmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** *Proje Lojistiği, Analitik Hiyerarşi Prosesi, Ağır Araç Seçimi*

## Evaluation of Selection of Heavy Trailers with AHP Method

### ABSTRACT

The project logistics that include transportation of heavy and bulky cargoes is a logistics activity that consists of extremely sensitive operations. Trailer selection can be extremely difficult because of there are too many factors, criteria, and decision alternatives in the selection processes. Therefore, utilization of the multi-criteria decision-making methods can be a good option in order to solve these kinds of problems. In this study, the Analytic Hierarchy Process (AHP) which is one of the methods of multi-criteria decision-making was used. It tried to examine which criteria are more important compared to others, according to project logistics companies in a trailer selection process. In addition to that, selection criteria and alternatives relating the decisions were also evaluated in the framework of quantitative basis.

**Keywords:** *Project Logistics, Analytic Hierarchy Process, Heavy Trailer Selection*

## I. GİRİŞ

**P**roje lojistiği; gerçekleştirilen operasyonların yanı sıra, ağırlık ve ölçüler açısından standart nitelikte olmayan yüklerin taşınması, yüklenmesi, boşaltılması ve yerleştirilmesi gibi lojistik uygulamaları kapsayan bir süreçtir. Operasyonun en önemli aşaması; kullanılacak ekipman, araç ve unsurların belirlendiği planlama sürecidir. Bu süreçte operasyonda kullanılacak araç ve ekipmanların seçilmesi operasyonun başarısını ya da başarısızlığını doğrudan etkileyebilmektedir. Seçilecek treylerin yapısal özellikleri sadece yükün ağırlık ve ölçü gibi özellikleri çerçevesinde değil, aynı zamanda güzergâhın fiziksel özellikleri, yol ve trafik koşulları vb. gibi çok sayıda faktör ve değişken tarafından etkilenmektedir. Örnek olarak son derece dar bir dağ yolunda yapılacak rüzgâr türbini taşımada güzergâhta manevra gereksinimi yüksek olabileceği için daha yüksek manevra kabiliyetine sahip araçlar kullanılabilirken, taşınan yükün ağır olması durumunda daha hafif ve mukavemetli treyler kullanımı gerekli olabilmektedir [1]. Proje lojistiği süreçlerinin bir bileşeni olan ağır ve havaleli yük taşımacılığı operasyonlarında kullanılacak ağır treylerlerin seçimine ilişkin kriterlerin ve karar noktalarının belirlenmesi için, ağır taşımacılık ve proje lojistiği faaliyetleri yürüten işletmelerin temsilcileri ve mesleki kuruluşun yönetim kurulu üyeleri ile toplantılar ve mülakatlar gerçekleştirilmiştir.

Beyin fırtınası şeklinde gerçekleştirilen toplantılarda öncelikle sürece etki etme derecesine bakılmaksızın olası tüm kriterler ve karar noktaları saptanmış, ardından tüm karar alıcıların mutabakatı ile önem ve etki dereceleri son derece düşük olan faktörler değerlendirme dışı bırakılmıştır. Nihai olarak 23 karar alıcının katıldığı çalışmada ağır treyler seçimine etki eden kriterler; seçilecek treylerin boş olarak ağırlığı, ikinci el piyasasının olup olmaması, toplam taşıma kapasitesi, treylerin marka bilinirliği, garanti süresi ve kapsamı, servis ağı genişliği, filoya uygunluk gibi kriterlerden oluşmaktadır. Karar alıcılar benzer nitelikte olan bir ağır treylerin satın alma fiyatının çoğunlukla aynı olmasından dolayı tercih sürecini önemli ölçüde etkilemediğini, bu nedenden dolayı söz konusu faktörün dışarıda bırakılmasının yerinde olacağını belirtmişlerdir.

Treylerin boş olarak ağırlığı, doğrudan taşıma kapasitesini etkilediği gibi, yetkili makamlarca belirlenmiş izin verilen toplam ağırlık sınırının aşılması gibi problemleri de azaltabilmektedir. Bunun yanı sıra hafif ve mukavemetli treylerin daha ağır yükleri taşıyabilme kabiliyetlerinden dolayı taşıma hizmeti talep eden kullanıcılar bu tür treylerlere sahip işletmeleri daha fazla tercih edebilmektedirler. Buna ek olarak bir diğer faktör; satın alınması planlanan ağır treylerlerin ikinci el piyasasının olup olmadığı ve ikinci el olarak kolayca müşteri bulup bulamadığı ile ilgilidir. Lojistik işletmeler özellikle ağır ve havaleli yüklerin taşınmasında kullanılan, bu nedenle kısa sürede standart treylerlere kıyasla deforme olabilen taşıma araçlarını ikinci el piyasada satarak, filolarında yer alan treylerleri sürekli yeni tutmak arzusu göstermektedirler. Bu nedenle ağır treylerlerin ikinci el piyasasının olması ve kolayca satılabilmesi lojistik işletmeler için treyler seçiminde önem arz eden bir başka faktördür.

Treylerlerin toplam taşıma kapasitesi treyler seçiminde dikkate alınan bir diğer kriterdir. Özellikle yasal düzenlemeler tarafından belirlenen ağırlık, ölçü ve boyutlara ilişkin sınırlılıklar treylerlerin taşıma kapasiteleri ile doğrudan ilişkilidir. Treylerin kapasitelerinin düşük olması, yaratacağı bir takım risklerin yanı sıra, yasal merciler tarafından yapılan kontrol ve denetlemelerde para cezaları gibi yaptırımlardan trafikten men edilmeye kadar farklı düzeyde cezai uygulamalara yol açabilmektedir. Öncelikli olarak cezai yaptırımlara maruz kalmamak, aynı zamanda olası riskleri azaltabilmek için işletmeler taşıma kapasitesi rakiplerinin sahip olduğu araçlara göre daha yüksek araçları öncelikli olarak tercih edebilmektedirler.

Lojistik işletmelerin treyler seçiminde dikkate aldıkları bir başka kriter ise treylerin marka bilinirliğidir. Marka bilinirliği, treylerin ikinci el piyasada daha kolay satılabilmesinin yanı sıra, lojistik ve taşıma hizmeti talep eden müşteriler için de önemli bir husus olabilmekte, hizmet talep eden işletmeler lojistik hizmet üreten işletmelere iş verme konusunda daha istekli olabilmektedirler. Öte yandan sektörde yer alan birçok işletme kullandıkları ağır treylerin markasını prestij olarak da değerlendirebilmektedir.

Treyler üreten işletmelerin sağlayacağı servis hizmeti ve bu hizmetin yaygınlığı da treyler seçimine etki eden faktörlerden birisidir. Standart lojistik faaliyetlere kıyasla proje lojistiği süreçlerinde kullanılan ağır treylerlerin daha fazla yıpranma ve deformasyona maruz kalabilmesi sonucunda treyler sahipleri bakım ve onarım gibi hizmetlere daha etkin bir biçimde ulaşabilmek isteyebilmektedirler. Servis hizmetinin gelişmiş olması ve yaygınlığı, sahip olunan treylerlerin daha iyi durumda kalmalarına olanak sağlarken, beraberinde lojistik operasyonlar sürecinde ortaya çıkabilecek risklerin azaltılmasına olanak sağlayabilmektedir.

Son olarak, lojistik işletmeler satın alacakları treylerlerin sahip oldukları filo ile uyumlu olmasını dikkate alabilmektedirler. Özellikle filoda yer alan treylerlerin marka, özellik ve diğer yönlerden farklılaşması her bir treyler tipi için ayrı bir biçimde bakım ve onarım süreçlerinin planlanmasını zorunlu hale getirmekte, bunun sonucunda işletmelerin bu süreci yönetmeleri daha zor ve zahmetli olabilmektedir. Daha da önemlisi her treyler tipi farklı parça ve spesifikasyonlara sahip olduğundan her bir treyler tipi için yedek parça envanteri bulundurmak zorunlu hale gelmekte, aynı zamanda çok sayıda servisten hizmet almak gerekli olmaktadır. Bütün bu süreçler dikkate alındığında filoda yer alan treylerlerin farklı olması bakım ve onarım maliyetlerini de önemli ölçüde artırabilmektedir.

Treyler seçimine ilişkin kriterlerin ve karar alternatiflerinin belirlenmesi sürecinde ağır taşımacılık ve proje lojistiği faaliyetleri yürüten işletmelerin temsilcisi olan mesleki kuruluşun yönetim kurulu üyeleri ile birlikte sektörde geniş araç filosuna sahip işletmelerin sahipleri ile birlikte değerlendirme toplantıları gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda 23 işletme belirlenmiş ve bu işletmelerin sahiplerine treyler seçimine ilişkin sorular yöneltilmiştir. Alınan cevaplar çerçevesinde tercih kriterleri ve karar noktaları belirlenmiştir.

Çalışmada lojistik işletmelerin treyler seçimleri ile ilgili karar noktaları belirlenmiştir. Buna göre karar noktalarına bakıldığında ilk aşamada yurtiçi ve yurtdışında üretilen toplam yirmi treyler markası belirlenmiş, çalışmanın devamında karar alıcılar ile yapılan mülakatlarda en fazla pazar payına sahip markalara öncelik verilerek, eleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Elemanın sonunda pazar payının çok büyük bir kısmına sahip olan dört marka seçilmiş, proje lojistiği ve ağır taşımacılık gibi faaliyetler yürüten işletmelerin tercih ettikleri treyler markalarına ilişkin karar noktaları Marka-T, Marka-F, Marka-G ve Marka-S olarak isimlendirilmiştir. Gerçekte çok sayıda treyler üreticisi ve treyler markası olmasına rağmen belirlenen markaların dışında kalan treyler markalarının hem yurt içi hem de uluslararası piyasalarda sahip oldukları pazar paylarının son derece düşük olması nedeniyle bu markalar çalışmanın kapsamında değerlendirmeye alınmamışlardır.

Bu kapsamda kendi işletmelerine treyler satın alma konusunda nihai karar verme yetkisine sahip karar alıcılardan söz konusu kriter ve karar noktalarını ikili karşılaştırma anketi şeklinde düzenlenen sorulara yanıt vermeleri istenmiş, aynı zamanda her bir faktörün bir diğerine göre önem derecesini sayısal olarak belirlemeleri kendilerinden istenmiştir. Elde edilen sonuçlar Analitik Hiyerarşi Prosesi

(AHP) çerçevesinde analiz edilerek, karar alıcıların ağır treyler seçerken dikkate aldıkları kriterler ile karar noktaları önem derecelerine göre sıralandırılmıştır.

Çalışmada AHP yönteminin seçilmesinin temel nedenlerinden birisi; AHP yönteminin karar alıcılar tarafından kolay anlaşılabilir ve uygulanabilen bir yöntem olması, aynı zamanda ağır treyler seçimi sürecinde karar alıcıların dikkate aldıkları seçim kriterlerinin önemli bir kısmının sözel yargılara dayanması, sayısal ölçüklerin son derece sınırlı olmasıdır. AHP yöntemi karar alıcıların sözel yargılarının ölçülebilir sayısal değerlere dönüştürülebilmesi açısından son derece etkin sonuçlar ortaya koyabilen bir yöntem olduğu için tercih edilmiştir. Bunun yanı sıra, özellikle ağır treyler seçiminde, kriterler ve karar opsiyonları arasında bağımsızlık söz konusu olmamaktadır. Değerlendirmeye alınan bütün faktörlerin birbiri ile ilişkili ve hiyerarşik bir ilişkiler ağına sahip olması da AHP yönteminin seçilmesini gerektirmiştir. Öte yandan ağır treyler seçimine etki eden faktörler arası ilişkiler tek yönlü olup, karar alıcılar karar noktalarını değerlendirerek tercihlerini yapmamakta, gereksinimleri çerçevesinde seçim kriterlerini ve faktörlerini dikkate alarak, karar alternatiflerine ilerlemektedirler. Bütün bu perspektifler ışığında en iyi sonucu sağlayabilecek çok kriterli karar alma metodolojisi AHP olarak görülmektedir. Bunlardan farklı olarak, karar alıcıların eğitim ve kalifikasyon düzeyleri değerlendirildiğinde AHP yönteminin ilgili sektörde yer alan karar alıcılar tarafından kolayca uygulanabilir olması ve efektif sonuçlar vermesi, yöntemin seçilmesinde dikkate alınan bir başka faktör olarak gösterilebilir.

Çalışma toplamda dört bölümden oluşmakta, birinci bölümde treyler seçimine ilişkin kriterler ve karar noktaları tanımlanırken, bu kriterlerin ve karar noktaların nasıl belirlendiği ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde konu ile ilgili daha önceki çalışmalar gözden geçirilerek, gerçekleştirilen çalışmanın getirdiği yenilikler ve farklılıklar gösterilmiş, üçüncü kısımda AHP tanımlanarak uygulama adımları belirtilmiştir. Çalışmanın dördüncü kısmında ise elde edilen veriler ve bilgiler ışığında ağır treyler seçimine ilişkin kriterler ve karar noktaları AHP yöntemi ile analiz edilmiş, elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

## II. LİTERATÜR

AHP yöntemi çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisi olarak uygulama alanı son derece geniş bir yöntemdir. Bu nedenle literatür çalışması ile ilgili olarak AHP metodolojisi kullanılarak gerçekleştirilen çok sayıda çalışmaya rastlanmaktadır. Konut seçimi, tedarikçi seçimi [2], tedarik zincirinin tasarımı [3] gibi alanlarda da söz konusu yöntem kullanılarak gerçekleştirilen çok sayıda çalışmanın mevcut olduğu görülebilmektedir. Bunlara ek olarak, AHP yöntemi kullanılarak, hastaların hastane tercihinde etkili olan kriterler Ghasem ve Ehsan tarafından incelenirken [4], Kamaruzzaman yeniden inşa edilecek binaların seçiminde AHP metodolojisinin kullanılmasını önermiştir [5]. Konu ile ilgili bir diğer çalışma Ammarapala vd. tarafından gerçekleştirilen sınır aşan taşımalarda güzergâh seçimine ilişkin çalışmadır. Bu çalışmada güzergâh seçimine ilişkin kriterler ve karar noktaları AHP metodolojisi ile analiz edilmiş ve en iyi tercihler sıralanmıştır [6].

Bunların dışında treyler seçimi ile ilgili farklı perspektiflere sahip çalışmalara rastlansa da doğrudan AHP yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen ağır treyler seçimi ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Buna karşılık treyler seçimi ile ilgili çalışmalardan birisi Starkowski [7] tarafından gerçekleştirilen gıda ürünlerin taşınması ile ilgili treylerin seçimine ilişkin çalışmadır. Söz konusu çalışmada bahsi

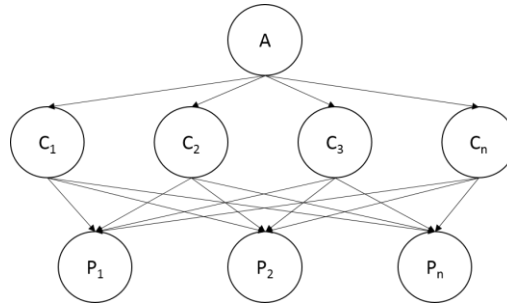
geçen metodoloji kullanılmadığı gibi, çalışma doğrudan standart yarı römorkların seçimine odaklanmaktadır.

Mevcut tüm çalışmalar değerlendirildiğinde proje lojistiği faaliyeti yürüten lojistik işletmelerin ağır ve havaleli yük taşımacılığında kullandıkları low-bed tipi ve modüler treylerlerin seçimine yönelik doğrudan bir çalışmanın olmadığı görülebilmektedir. Bu doğrultuda AHP yöntemi kullanılarak gerçekleştirilecek bir çalışmanın bu konuya ilişkin literatür eksikliğini bir ölçüde gidermenin yanı sıra, sektörde yer alan işletmelere de ağır treyler seçimi yaparken kendilerine ışık tutabileceği değerlendirilmektedir.

### III. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ (AHP) YÖNTEMİ

AHP yöntemi çok sayıda alternatif arasında tercih yaparken mevcut tüm kantitatif ve kalitatif faktör ve değişkenleri dikkate alan ve kalitatif unsurları sayısal değerlere dönüştürerek her bir faktörün diğer faktörlerle önem dereceleri çerçevesinde karşılaştırılabilmesini sağlayan bir yöntem olarak değerlendirilebilir. AHP yöntemi, karara etki eden bütün kriter ve faktörlerin yanı sıra karar alternatiflerini birlikte ele alarak son derece karmaşık olan bir seçim problemini kolay bir biçimde çözümlenebilmektedir [8].

Yöntem klasik olarak dört aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada öncelikle ulaşılmak istenen amaç belirlenmektedir. Bu perspektifte çalışmanın hedefinin tanımlanması gerçekleştirilecek analizin de çerçevesini belirlemektedir. Örnek olarak; en uygun aracın seçilmesi, en uygun evin tercihi vb. gibi amaçların ortaya konulması gerekmektedir. Amaç belirlendikten sonra, bu amaca ulaşabilmek için hangi kriterin, alt kriterlerin ve karar noktalarının sürece etki ettiğinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu aşamada karar alma sürecinde yer alan karar alıcılar tespit edilmekte ve bunlarla değerlendirmeye alınacak kriterler, alt kriterler ve karar noktalarını belirlemek üzere toplantı ve mülakatlar gerçekleştirilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre belirlenen amaca ilişkin kriterler ve karar noktaları saptanmaktadır.



**Şekil 1.** Analitik Hiyerarşi Prosesi Modeli

Şekil 1’de görüldüğü gibi C ile gösterilenler kararlara etki eden kriterleri, P olarak gösterilenler ise karar noktalarını sembolize etmektedir. İkinci aşamada karar alıcıların tümüne sorulmak üzere ikili karşılaştırma soruları hazırlanmakta, karar alıcılardan hangi kriterin diğerine göre daha önemli olduğunu yanıtlamaları istenirken, aynı zamanda bu önem derecesini puanlamaları istenmektedir. Çalışmada her bir kriter kendi aralarında ikili karşılaştırmaya tabi tutulurken, her bir karar noktası da belirlenen kriterler çerçevesinde ikili karşılaştırmalara tabi tutulmaktadır. Karşılaştırmada Saaty’nin 1-9 karşılaştırma ölçeği kullanılmakta, önem derecelerini tanımlarken karar alıcılar kesin yargılara ek

olarak, çift sayılarla tanımlanmış ara değerler de verebilmektedirler. Kriterlerin puanlanmasında Tablo 1 dikkate alınmaktadır.

**Tablo 1.** İkili Karşılaştırma Ölçeği [9]

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	İki faaliyetin de eşit tercih edilmesi
3	Çok az önemli	Bir faaliyetin diğerine göre biraz daha fazla tercih edilmesi
5	Kuvvetli derecede önemli	Bir faaliyetin diğerine göre çok daha fazla tercih edilmesi
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir faaliyetin diğerine göre çok kuvvetli şekilde tercih edilmesi
9	Mutlak önemli	Bir faaliyetin diğerine göre en yüksek derecede tercih edilmesi
2, 4, 6, 8	Ara değerler	1-3, 3-5, 5-7, 7-9 arası değerlendirmeler
Tersleri	Tersi karşılaştırmalar	

İkili karşılaştırma sorularına bütün karar alıcılardan yanıt alındıktan sonra, yöntemin üçüncü aşamasına geçilmektedir. Üçüncü aşamada elde edilen değerlerin tek bir matris bileşen değerine dönüştürülmek üzere geometrik ortalaması alınmaktadır. Geometrik ortalama alınarak belirlenen karşılaştırma değerleri matrise doğrudan yansıtılırken, bir  $i$  kriterinin  $j$  kriterine göre önem derecesinin çarpma işlemine göre tersi  $j$  kriterinin  $i$  kriterine göre önem derecesini ifade etmektedir.

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad (1)$$

Elde edilen ikili karşılaştırma sonuçları dikkate alınarak bir  $i$  kriterinin  $j$  kriterine karşı önem derecesi belirlendiği zaman, eşitlik 1 de görüldüğü üzere  $i$  kriterinin  $j$  kriterine karşı önem derecesinin çarpma işlemine göre tersi alınarak  $j$  kriterinin  $i$  kriterine göre önem derecesi belirlenebilmektedir. Örnek olarak  $i$  kriteri  $j$  kriterine göre 5 kat önemliyse  $j$  kriterinin  $i$  kriterine kıyasla önem derecesi  $1/5$  olacaktır. Bütün faktörlerin ikili karşılaştırma sonuçları belirlendikten sonra, her bir ikili karşılaştırma değerinin bir matris elemanı olacağı şekilde eşitlik 2'de gösterildiği gibi bir A matrisi oluşturulmaktadır [10].

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Bütün değerlerin birbiri ile kıyaslanabilir olması için A matrisinin bileşenlerinin normalize edilmesi gerekmektedir. Normalizasyon işlemi; her bir matris elemanının, bulunduğu sütun değerlerinin toplamına bölünmesini ifade etmektedir. Ayrıca bu işlem ile ilgili formülasyon da eşitlik biçiminde verilebilir. A matrisinin her bir bileşeni normalize edildikten sonra, eşitlik 3 de görüldüğü gibi normalize edilmiş değerlerden oluşan bir C matrisi elde edilmektedir.

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ c_{n1} & c_{n2} & \cdot & c_{nn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Bir sonraki adımda normalize matrisin satır değerlerinin ortalamaları alınarak faktörlerin ağırlık değerleri hesaplanmakta, elde edilen değerlerden oluşan bir  $w$  vektörü oluşturulmaktadır.  $w$  vektör değerleri her bir faktörün önem değerini göstermektedir.

Üçüncü adımda ise karar noktası olarak adlandırılan her bir karar alternatifi için, belirlenen kriterler çerçevesinde ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmakta, bir önceki adımda olduğu gibi matrisler normalize edildikten sonra bunlar için de matrisler oluşturulmakta, aynı zamanda matrislerin satır değerlerinin ortalamaları alınarak, eşitlik 4 de gösterildiği gibi ağırlıklandırılmış değerlerini gösteren  $s$  vektörleri oluşturulmaktadır.

$$s = \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ s_m \end{bmatrix} \quad (4)$$

Bu aşamada  $n$  sayıda  $m \times 1$  boyutlu  $s$  vektörlerinin değerlerinden oluşan bir  $K$  matrisi oluşturulmaktadır.  $K$  matrisi her bir karar noktasının görelî olarak önem değerini göstermektedir.

$$K = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Eşitlik 5'te gösterilen  $K$  matrisi ile  $w$  vektörü çarpılarak  $l$  sütun vektörü elde edilmekte, bu vektörde her bir karar noktasının önem değeri yüz değeri ile çarpılarak karar noktalarının yüzdellik olarak değerleri belirlenmektedir.

$$l = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ l_m \end{bmatrix} \quad (6)$$

Dördüncü ve son aşamada ise değerlendirmeye alınan tüm kriterlerin ve karar noktalarının tutarlılıkları hesaplanmaktadır. Tutarlılık düzeyinin belirlenmesi; elde edilen sonuçların ne kadar gerçekçi olduğunun ortaya konulmasıdır. Dolayısıyla tutarlılığa sahip olmayan bir çalışmada elde edilen sonuçlar da gerçekçi, dolayısıyla tutarlı olmayacaktır. Tutarlılığın hesaplanabilmesi için gerçekleştirilecek işlemler dört aşamadan oluşmaktadır.

Eşitlik 7 de görüldüğü gibi, ilk aşamada A matrisinin her bir satır değerlerinin toplamı w vektör değerlerinin toplamı ile çarpıldıktan sonra d vektörü elde edilmektedir. Elde edilen d vektörünün her bir satırında yer alan değerler eşitlik 8 kullanılarak, karşılık gelen w vektörü elemanına bölünmekte ve bir e vektörü oluşturulmaktadır. Ardından e vektör değerlerinin toplamı alınmaktadır.

$$d = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ d_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$e_i = \frac{d_i}{w_i}; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

e vektörünün değerlerinin toplamı elde edildikten sonra, değerlendirmeye alınan faktörlerin sayısına bölünerek karşılaştırmaya ilişkin öz değer ( $\lambda$ ) elde edilmektedir. Öz değer tüm faktörlerin ortalamasını göstermesinin yanı sıra, diğer kriterlerin ve karar noktalarının tutarlılığını belirlemektedir [11].  $\lambda$  değeri eşitlik 9 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n} \quad (9)$$

Tutarlılık göstergesi (CI), eşitlik 10 kullanılarak hesaplanmaktadır. CI;  $\lambda$  ile tanımlanan öz değer ile faktör sayısı arasındaki farkın faktör sayısının bir eksiğine bölünmesiyle elde edilebilmektedir.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (10)$$



Son olarak, eşitlik 11 de gösterildiği şekilde tutarlılık göstergesi (CI) değerinin rassallık gösterge değerine (RI) bölünmesi ile tutarlılık değerine ulaşılabilir. Rassallık gösterge değerleri ve değerlendirmeye alınan faktör sayısına göre belirlenmiş sabit değerlerden oluşmaktadır. Faktör sayısına göre rassallık değerleri Tablo 2 de gösterilmektedir.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (11)$$

**Tablo 2.** Rassallık göstergeleri [12]

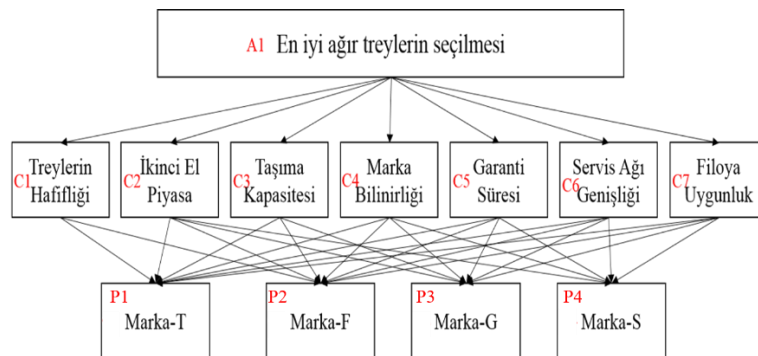
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Değer	0,0	0,0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Tutarlılık oranı 0.10'dan küçük ise karşılaştırma matrisi tutarlı kabul edilir.

Hesaplamalar sonucu elde edilen tutarlılık değeri (CR), eğer 0,10 değerinden küçük ise karşılaştırmaların tutarlı olduğu sonucuna varılmakta, CR'nin söz konusu değerden büyük olması halinde tutarsız olduğu değerlendirilmektedir. Bir analizin tutarsızlığı çoğunlukla karar vericilerin soruları yanıtlarken yapacakları hatalardan, yanlış anlamalardan vb. nedenlerden kaynaklanmakta, bu durum başlangıç adımından başlanarak çalışmanın yenilenmesini gerektirmektedir. Nihai olarak, tutarlılığın var olması halinde üçüncü adımda belirlenen önem değerlerinin de gerçekçi olduğu değerlendirilerek, ortaya çıkan sonuçlar yorumlanmakta, aldıkları skorlara göre alternatifler sıralandırılarak, karşılıklı önem dereceleri gösterilmektedir [13].

#### IV. AHP YÖNTEMİ İLE AĞIR TREYLER SEÇİMİNE İLİŞKİN BİR UYGULAMA

Çalışmanın birinci aşamasında amaç olarak proje lojistiği süreçlerinde en iyi ağı treylerlerin seçilmesi hedefi belirlendikten sonra gerçekleştirilen toplantılar ve mülakatları sonucunda elde edilen kriterler ve karar noktaları Şekil 2'de olduğu gibi gösterilmiştir.



**Şekil 2.** En İyi Ağır Treylerin Seçilmesi için Oluşturulan Hiyerarşik Model

Hiyerarşik model oluşturulduktan sonra karar alıcılara sorulmak üzere ikili karşılaştırma soruları hazırlanmış ve her bir kriterin değerine göre öneminin yanı sıra önem derecesini de 1-9 ölçeğine göre

belirlemeleri istenmiştir. Aynı zamanda her bir karar noktasının her bir kriter çerçevesinde ikili kıyaslamalarının da yapılması karar alıcılardan istenmiştir. Karar alıcılar karşılaştırmaları yaparak kriterlerin ve karar noktalarının önem derecelerini puanladıktan sonra her bir karşılaştırma için tek bir önem derecesi saptanmak üzere verilen puanların geometrik ortalamaları alınmış ve ardından ikili karşılaştırma matrisi olan A matrisi elde edilmiştir.

$$A_1 = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 & C_6 & C_7 \\ C_1 & \left[ \begin{array}{ccccccc} 1,00 & 4,20 & 1,61 & 1,46 & 1,15 & 1,50 & 0,90 \\ 0,24 & 1,00 & 0,70 & 1,36 & 1,34 & 1,90 & 0,80 \\ 0,62 & 1,42 & 1,00 & 2,80 & 2,49 & 2,31 & 1,16 \\ 0,68 & 0,74 & 0,36 & 1,00 & 2,18 & 1,71 & 1,07 \\ 0,87 & 0,75 & 0,40 & 0,46 & 1,00 & 1,92 & 0,74 \\ 0,67 & 0,53 & 0,43 & 0,58 & 0,52 & 1,00 & 0,74 \\ 1,11 & 1,25 & 0,86 & 0,93 & 1,34 & 1,36 & 1,00 \end{array} \right] \\ C_2 & & & & & & & \\ C_3 & & & & & & & \\ C_4 & & & & & & & \\ C_5 & & & & & & & \\ C_6 & & & & & & & \\ C_7 & & & & & & & \\ \Sigma & 5,18 & 9,88 & 5,37 & 8,60 & 10,0 & 11,7 & 6,42 \end{matrix} \quad (12)$$

A matrisi elde edildikten sonra tüm matris bileşenleri kendi sütun toplamlarına bölünerek, normalize edilmiş, treyler seçimlerine ilişkin kriterler için normalize matris olarak nitelendirilen T<sub>1</sub> matrisi elde edilmiştir.

$$T_1 = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 & C_6 & C_7 \\ C_1 & \left[ \begin{array}{ccccccc} 0,1930 & 0,4245 & 0,3002 & 0,1703 & 0,1149 & 0,1283 & 0,1408 \\ 0,0459 & 0,1012 & 0,1312 & 0,1578 & 0,1337 & 0,1623 & 0,1249 \\ 0,1198 & 0,1438 & 0,1863 & 0,3257 & 0,2483 & 0,1974 & 0,1808 \\ 0,1318 & 0,0746 & 0,0665 & 0,1163 & 0,2178 & 0,1464 & 1,1667 \\ 0,1675 & 0,0755 & 0,0748 & 0,0532 & 0,0997 & 0,1643 & 0,1160 \\ 0,1286 & 0,0533 & 0,0806 & 0,0679 & 0,0518 & 0,0855 & 0,1150 \\ 0,2135 & 0,1262 & 0,1605 & 0,1078 & 0,1338 & 0,1158 & 0,1158 \end{array} \right] \\ C_2 & & & & & & & \\ C_3 & & & & & & & \\ C_4 & & & & & & & \\ C_5 & & & & & & & \\ C_6 & & & & & & & \\ C_7 & & & & & & & \\ \Sigma & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 & 1,00 \end{matrix} \quad (13)$$

Elde edilen C matrisinin satır değerlerinin ortalaması alındığında w vektörü oluşturulmaktadır. w vektörü her bir kriterin ortalamasını göstermenin yanı sıra, önem derecelerini de ortaya koymaktadır. Buna göre C matrisinde yer alan her bir satırın ortalaması alındığında aşağıdaki w vektörü elde edilebilmektedir.

$$w = \begin{bmatrix} 0,2104 \\ 0,1224 \\ 0,2003 \\ 0,1314 \\ 0,1073 \\ 0,0832 \\ 0,1449 \end{bmatrix} \quad (14)$$

Vektör w hangi kriterin yüzdelik olarak ne kadar önem derecesine sahip olduğunu göstermektedir. Buna göre w vektörü ele alındığında, C<sub>1</sub> olarak kodlanan treylerin hafifliğinin %21,04 ile en yüksek öneme sahip kriter olduğu, bunu sırasıyla C<sub>3</sub> taşıma kapasitesi (%20,03), C<sub>7</sub> filoya uygunluk (%14,49) ve C<sub>4</sub> marka bilinirliği (%13,14) kriterlerinin izlediği görülmektedir.

Karar noktalarının karşılıklı önem derecelerinin analizine geçmeden önce kriterlere ilişkin tutarlılık analizin yapılması uygun olabilir. Bu kapsamda öncelikli olarak A matrisinin satır değerlerinin

toplamı ile  $w$  vektörünün değerlerinin toplamı çarpılmıştır. Her satır için elde edilen değer her bir  $w$  vektörü değerine bölünerek  $e$  vektörü elde edilmektedir. Eşitlik 8 kullanılarak  $e$  vektörü eşitlik 15 de görüldüğü gibi oluşmaktadır.

$$e = \begin{bmatrix} 7,6982 \\ 7,4329 \\ 7,4917 \\ 7,3715 \\ 7,3609 \\ 7,3770 \\ 7,4711 \end{bmatrix} \quad (15)$$

Elde edilen  $e$  vektörünün değerlerinin toplamı alındığında toplam olarak 52,20 değerine ulaşılmakta, buna göre  $\lambda$  değeri eşitlik 9 kullanılarak eşitlik 16, 17 ve 18 de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n} = \frac{52,20}{7} = 7,4576 \quad (16)$$

$\lambda$  değeri belirlendikten sonra buna bağlı olarak da tutarlılık göstergesi  $CI$  hesaplanabilmektedir.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} = \frac{7,4576 - 7}{7 - 1} = 0,0763 \quad (17)$$

Son olarak tutarlılık gösterge değeri  $CI$ , tabloda 7 kriterli bir analiz için belirtilen rassallık göstergesi ( $RI$ ) olan 1,32 değerine bölüldüğünde tutarlılık değeri  $CR$  hesaplanabilmektedir. eşitlik 18 görüldüğü gibi  $CR$  değeri 0,10 dan küçük olduğu için karşılaştırmanın tutarlı olduğundan bahsedilebilir.

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,0763}{1,32} = 0,058 \quad (18)$$

Karar noktaları dikkate alındığında her bir karar alternatifi belirlenen tercih kriterleri çerçevesinde ikili karşılaştırmaya tabi tutulduğunda eşitlik 2 de görüldüğü şekilde matrisler elde edilmektedir.

#### Treylerin Hafifliği

$$A_2 = \begin{matrix} & P_1 & P_2 & P_3 & P_4 \\ P_1 & [1,00 & 0,68 & 0,68 & 0,78] \\ P_2 & 1,48 & 1,00 & 1,21 & 2,00 \\ P_3 & 1,47 & 0,83 & 1,00 & 1,78 \\ P_4 & 1,28 & 0,50 & 0,56 & 1,00 \\ \Sigma & 5,23 & 3,00 & 3,45 & 5,56 \end{matrix}$$

#### İkinci El Piyasa

$$A_3 = \begin{matrix} & P_1 & P_2 & P_3 & P_4 \\ P_1 & [1,00 & 0,84 & 0,60 & 0,56] \\ P_2 & 1,20 & 1,00 & 1,19 & 1,49 \\ P_3 & 1,68 & 0,84 & 1,00 & 1,70 \\ P_4 & 1,79 & 0,67 & 0,59 & 1,00 \\ \Sigma & 5,66 & 3,35 & 3,38 & 4,75 \end{matrix}$$

#### Taşıma Kapasitesi

$$A_4 = \begin{matrix} & P_1 & P_2 & P_3 & P_4 \\ P_1 & [1,00 & 0,44 & 0,44 & 0,47] \\ P_2 & 2,28 & 1,00 & 1,17 & 1,15 \\ P_3 & 2,30 & 0,86 & 1,00 & 1,74 \\ P_4 & 2,13 & 0,87 & 0,57 & 1,00 \\ \Sigma & 7,70 & 3,16 & 3,18 & 4,37 \end{matrix}$$

#### Marka Bilinirliği

$$A_5 = \begin{matrix} & P_1 & P_2 & P_3 & P_4 \\ P_1 & [1,00 & 0,71 & 0,47 & 0,64] \\ P_2 & 1,42 & 1,00 & 1,24 & 1,64 \\ P_3 & 2,12 & 0,80 & 1,00 & 1,91 \\ P_4 & 1,57 & 0,61 & 0,52 & 1,00 \\ \Sigma & 5,66 & 3,35 & 3,38 & 4,75 \end{matrix}$$

**Garanti Süresi ve Kapsamı**

	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$
$A_6 =$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$
	1,00	0,88	0,89	1,17
	1,13	1,00	1,10	1,76
	1,13	0,91	1,00	1,73
	0,85	0,57	0,58	1,00
$\Sigma$	4,12	3,36	3,56	5,66

	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$
$A_8 =$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$
	1,00	0,85	0,99	1,08
	1,18	1,00	1,56	2,04
	1,01	0,64	1,00	2,53
	0,93	0,49	0,40	1,00
$\Sigma$	4,12	2,98	3,94	6,65

**Servis Ağı Genişliği**

	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$
$A_7 =$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$
	1,00	1,45	1,53	1,90
	0,69	1,00	1,78	2,29
	0,65	0,56	1,00	2,28
	0,53	0,44	0,44	1,00
$\Sigma$	2,78	3,45	4,75	7,47

**Filoya Uygunluk**

Her bir seçim kriteri çerçevesinde oluşturan karar noktalarına ilişkin karşılaştırma matrisleri normalize edildiğinde eşitlik 3 de görüldüğü şekilde T matrislerine ulaşılabilmektedir.

**Treylerin Hafifliği**

	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$s_1$
$T_2 =$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$s_1$
	0,1911	0,2251	0,1971	0,1402	0,1884
	0,2826	0,3328	0,3499	0,3600	0,3313
	0,2812	0,2759	0,2901	0,3201	0,2918
	0,2450	0,1661	0,1629	0,1797	0,1884
$\Sigma$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

**Garanti Süresi ve Kapsamı**

	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$s_5$
$T_6 =$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$s_5$
	0,1298	0,1385	0,1370	0,1078	0,1283
	0,2962	0,3162	0,3678	0,2636	0,3109
	0,2982	0,2706	0,3148	0,3996	0,3208
	0,2758	0,2747	0,1804	0,2290	0,2400
$\Sigma$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

**İkinci El Piyasa**

	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$s_2$
$T_3 =$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$s_2$
	0,1766	0,2501	0,1766	0,1176	0,1802
	0,2111	0,2989	0,3532	0,3140	0,2943
	0,2960	0,2505	0,2960	0,3578	0,3001
	0,3163	0,2005	0,1742	0,2106	0,2254
$\Sigma$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

**Servis Ağı Genişliği**

	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$s_6$
$T_7 =$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$s_6$
	0,1298	0,1385	0,1370	0,1078	0,1283
	0,2962	0,3162	0,3678	0,2636	0,3109
	0,2982	0,2706	0,3148	0,3996	0,3208
	0,2758	0,2747	0,1804	0,2290	0,2400
$\Sigma$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

**Taşıma Kapasitesi**

	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$s_3$
$T_4 =$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$s_3$
	0,1298	0,1385	0,1370	0,1078	0,1283
	0,2962	0,3162	0,3678	0,2636	0,3109
	0,2982	0,2706	0,3148	0,3996	0,3208
	0,2758	0,2747	0,1804	0,2290	0,2400
$\Sigma$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

**Filoya Uygunluk**

	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$s_7$
$C_8 =$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$s_7$
	0,2429	0,2841	0,2516	0,1623	0,2352
	0,2871	0,3357	0,3945	0,3071	0,3311
	0,2449	0,2158	0,2536	0,3801	0,2736
	0,2251	0,1644	0,1003	0,1504	0,1600
$\Sigma$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

**Marka Bilinirliği**

	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$s_4$
$T_5 =$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$s_4$
	0,1298	0,1385	0,1370	0,1078	0,1283
	0,2962	0,3162	0,3678	0,2636	0,3109
	0,2982	0,2706	0,3148	0,3996	0,3208
	0,2758	0,2747	0,1804	0,2290	0,2400
$\Sigma$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Bütün karar noktaları için normalize matrisler oluşturulduktan sonra, her bir matrisin satır değerlerinin ortalamaları alınarak tüm karar noktaları için s vektörleri elde edilmektedir. Bir sonraki adımda vektörler birleştirilerek K matrisleri elde edilmektedir. Ardından K matrisi ile w vektör çarpıldığında

her bir karar noktası için öncelik skorları elde edilebilmektedir.

$$K = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 & C_6 & C_7 \\ P_1 & \left[ \begin{array}{ccccccc} 0,1884 & 0,1802 & 0,1283 & 0,1648 & 0,2402 & 0,3367 & 0,2352 \end{array} \right. \\ P_2 & \left[ \begin{array}{ccccccc} 0,3313 & 0,2943 & 0,3109 & 0,3131 & 0,2980 & 0,3028 & 0,3311 \end{array} \right. \\ P_3 & \left[ \begin{array}{ccccccc} 0,2918 & 0,3001 & 0,3208 & 0,3202 & 0,2830 & 0,2265 & 0,2736 \end{array} \right. \\ P_4 & \left[ \begin{array}{ccccccc} 0,1884 & 0,2254 & 0,2400 & 0,2019 & 0,1788 & 0,1340 & 0,1600 \end{array} \right. \end{matrix}$$

$$I = \begin{matrix} P_1 & \left[ \begin{array}{ccccccc} 0,1884 & 0,1802 & 0,1283 & 0,1648 & 0,2402 & 0,3367 & 0,2352 \end{array} \right. \\ P_2 & \left[ \begin{array}{ccccccc} 0,3313 & 0,2943 & 0,3109 & 0,3131 & 0,2980 & 0,3028 & 0,3311 \end{array} \right. \\ P_3 & \left[ \begin{array}{ccccccc} 0,2918 & 0,3001 & 0,3208 & 0,3202 & 0,2830 & 0,2265 & 0,2736 \end{array} \right. \\ P_4 & \left[ \begin{array}{ccccccc} 0,1884 & 0,2254 & 0,2400 & 0,2019 & 0,1788 & 0,1340 & 0,1600 \end{array} \right. \end{matrix} \cdot \begin{matrix} \left[ \begin{array}{c} 0,2104 \\ 0,1224 \\ 0,2002 \\ 0,1314 \\ 0,1072 \\ 0,0832 \\ 0,1448 \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c} 0,1969 \\ 0,3143 \\ 0,2933 \\ 0,1954 \end{array} \right]$$

En son elde edilen matris tüm karar noktaları için yüzde cinsinden alternatiflerin tercih edilebilme değerlerini göstermektedir. Buna göre P<sub>1</sub> olarak kodlanan Marka-T %19,7 tercih edilebilirliğe sahipken, P<sub>2</sub> kodlu Marka-F'nin tercih edilebilme değeri %31,4, P<sub>3</sub> kodlu Marka-G'nin %29,3, P<sub>4</sub> Marka-S'nin ise tercih edilebilirlik değeri %19,3 olarak belirlenmiştir. Bu durumda Marka -F olarak bahsedilen karar alternatifi diğerlerine kıyasla daha yüksek düzeyde tercih edilebilir bir seçenek olduğu görülebilmektedir.

Son olarak tüm karar noktalarının tutarlılıkları gözden geçirildiğinde kriterler için gerçekleştirilen tutarlılık düzeyi hesapları aynı şekilde gerçekleştirilmiş, değerlendirmeye alınan kriterler çerçevesinde P<sub>1</sub> den P<sub>4</sub> e kadar olan karar noktalarının her birisi için sırasıyla tutarlılık değeri CR; 0,012; 0,032; 0,014; 0,023; 0,004; 0,030; 0,034 olarak hesaplanmış, tümünün tutarlı oldukları tespit edilmiştir. Dolayısıyla gerçekleştirilen analizin güvenilir olduğu görülebilmektedir.

## V. SONUÇ

Proje lojistiği ve onun önemli bileşenlerinden birisi olan ağır ve havaleli yük taşımacılığı son derece hassas lojistik operasyonlar olarak tanımlanabilmektedirler. Bu süreçlerde faaliyetlerin hatasız, yüksek performans ve etkinlik düzeyinde gerçekleşmesi doğru ekipman seçimi ile yakından ilişkilidir. Ekipmanların lojistik operasyonların özelliklerine göre en uygun biçimde seçilmesi lojistik operatörlerin faaliyetlerini kusursuz bir biçimde gerçekleştirmelerine olanak sağlayabilmektedir. Proje lojistiği operasyonları hassas olmalarının yanı sıra, taşınan ve elleçlenen (yükleme, boşaltma ve aktarma türü işlemler) yüklerin standart yüklere kıyasla oldukça ağır ve boyutlarının yüksek olması taşıma süreçlerinde meydana gelmesi olası riskleri de büyük ölçüde artırabilmektedir.

Söz konusu riskler sadece taşınan yük ve araca değil, aynı zamanda trafikte seyreden insan ve diğer varlıklara da ciddi tehditler oluşturabilmektedir. Operasyonların planlandığı gibi mükemmel bir biçimde gerçekleştirilebilmesi operasyonel etkinliği artırırken, maliyetleri ve riskleri de önemli ölçüde azaltabilmektedir. Dolayısıyla doğru ekipman seçimi proje lojistiği operasyonlarında hayati bir role sahiptir.

Bu perspektifte tercih edilecek taşıma ekipmanlarının seçiminde yer alan karar alıcılar da bu süreçte son derece önemli bir rol üstlenmektedir. Sezgisel yaklaşımlar ya da kişisel görüşler temelinde gerçekleştirilen satın alma süreçleri olumsuz sonuçlar yaratabilmektedir. Özellikle karar noktalarının ve karar alma süreçlerine etki eden faktörler ile kriterlerin çok sayıda olması tercih sürecinde nesnel ve tümüyle doğru kararların alınmasını zorlaştırabilmektedir. Buna karşılık çok kriterli karar alma metodolojilerinden birisi olan Analitik Hiyerarşi Prosesi bu problemin çözümünü son derece kolay ve yalın hale getirebilmekte, karar alıcılara ağır treyler seçimi ile ilgili ışık tutabilmektedir.

Bu çalışmada proje lojistiği yürüten lojistik işletmelerin ağır treyler seçimlerine ilişkin faktörler, kriterler ve karar noktaları AHP Yöntemi kullanılarak değerlendirilmiş, karar alıcılara bu perspektifte rasyonel düzeyde karar alabilmeleri için yol gösterilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın uygulama sürecinde uluslararası düzeyde ağır ve havaleli yük taşımacılığı gerçekleştiren aynı zamanda geniş araç parkına sahip proje lojistiği işletmelerine ek olarak bu alandaki mesleki kuruluş ile çeşitli düzeyde görüşmeler ve toplantılar gerçekleştirilmiştir. Toplamda 23 işletmenin satın alma kararlarını alan ya da nihai olarak onaylayan sahipleri ile görüşmeler ve yuvarlak masa toplantıları yürütülmüştür.

Karar alıcılar tarafından en fazla dikkate alınan kriterler ve karar noktaları belirlenmiş, bu faktörler ikili karşılaştırma soruları olarak dizayn edilerek karar alıcılara hangi faktörün diğerine kıyasla daha önemli olduğu sorulurken, aynı zamanda 1-9 ölçeğinde bu önem derecesini puanlaması istenmiştir. Elde edilen veriler AHP yöntemi ile analiz edilmiş, bunun sonucunda ağır treyler seçiminde karar alıcıların en fazla önemi treylerin hafif olması kriterine verdikleri (0,2104), ardından taşıma kapasitesinin yüksek olması kriterinin ikinci en yüksek önem derecesine sahip olduğu belirlenmiştir (0,2003).

Bunlara ek olarak, filoya uygunluk (0,1449), marka bilinirliği (0,1314), ikinci el piyasasının olması (0,1224), garanti süresi (0,1073), geniş servis ağı kriteri ise en düşük değer olan 0,0832 değerini almıştır. Buna göre önem hiyerarşisi  $C_1 > C_3 > C_7 > C_4 > C_2 > C_5 > C_6$  şeklinde oluşmaktadır. Karar noktaları dikkate alındığında, Marka-F'nin (0,314) ile en yüksek önem değerine ulaştığı, onu sırasıyla (0,293) önem değeri ile Marka-G, (0,197) önem değeri ile Marka-T ve (0,195) önem değeri ile de Marka-S'nin izlediği görülmektedir. Bu durumda karar noktaları arası hiyerarşi  $P_2 > P_3 > P_1 > P_4$  olarak oluşturulabilir.

Kriterlerin yanı sıra, tüm karar noktaları için tutarlılık düzeyleri gözden geçirildiğinde tüm kriter ve karar noktalarının tutarlı oldukları görülmektedir. Nihai olarak sonuçlar değerlendirildiğinde karar alıcılar operasyonel düzeyde kendilerine avantaj sağlayacak ve yasal sınırlamalar nedeniyle faaliyetlerinin aksamasına olanak vermeyecek treyler özelliklerine daha fazla önem atfettikleri görülmektedir. Treylerin hafifliği ve treylerin taşıma kapasitesinin yüksek olması beraber değerlendirildiğinde daha ağır yüklerin yüklenmesi ve taşınmasında kısıtlar yaşamamak ve yasal sınırlılıklara takılmamak, lojistik işletmeler için hayati düzeyde önemli görünmektedir.

Proje lojistiği işletmeleri; uzun garanti süresi, geniş servis ağı vb. diğer gereksinimlerin bir şekilde karşılanabileceği düşünülse de ağırlığa ilişkin bu tür bir problemin operasyonu aksatması halinde çözümün zor hatta imkânsız olabileceğinin farkındadırlar. Proje lojistiği ve ağır taşımacılık operatörlerinin açısından dikkate alınan gereksinimlerinin Marka-F tarafından sağlanacağını düşünmektedirler. Bu nedenle Marka-F'nin tercih edilebilirliğinin yüksek olmasının gerekçesini açıklayabilmektedir.

Bu bulgular çerçevesinde lojistik faaliyet yürüten işletmelerin ağır treyler seçimlerini daha rasyonel bir perspektife oturtabilecekleri düşünülmekte, aynı zamanda treyler üreten işletmelerin bu kriterleri göz önüne alarak, kendilerine daha yüksek düzeyde katma değer yaratabilecek faktörlere daha fazla önem vererek, yüksek katma değer yaratmayacak faktörleri dışarıda bırakmaları uygun olacaktır. Bu sayede proje lojistiği yürüten işletmelere arz edilen ağır treylerlerin gereksinimlere daha yüksek düzeyde cevap vermesi sağlanırken, süreçte yer alan tüm aktörlerin elde edeceği faydanın artırılması mümkün olacaktır.

Öte yandan elde edilen sonuçlar değerlendirildiği zaman proje lojistiği ve ağır taşımacılık süreçlerinde kullanılacak ağır treylerlerin seçimine ilişkin bir çalışmanın mevcut olmadığı görülmektedir. Bu çalışma literatürde görülen eksikliğin giderilmesine büyük ölçüde katkı sağlayabileceği gibi, elde edilen sonuçlar çerçevesinde ağır araç seçiminde bulunan karar alıcıların da kullanabileceği sistematik bir model tanımlanmış olmaktadır. Bu kapsamda karar alıcılar verecekleri ağır treyler seçimi ile ilgili kararların rasyonel bir düzlemde verilip verilmediğini gözden geçirebilme olanağına sahip olabilecektir.

**TEŞEKKÜR:** Bu çalışmaya uzmanlar kurulu üyesi olarak katılan tüm uzman yöneticilere, mesleki kuruluşlara ve temsilcilerine, çalışmada karar alıcı olarak iştirak ederek Ağır Treyler seçimi ile ilgili görüşlerini paylaşan lojistik ve taşımacılık ve vinç işletmeciliği faaliyeti yürüten işletmelerinin yönetici ve sahiplerine içtenlikle teşekkür ederiz.

## V. KAYNAKLAR

[1] Görçün, Ö.F, “Simulation and Planning Project Logistics Operations: A Case Study of Transportation Operation of Autoclave from Petkim Port to Gördes Building Site” 4th International Conference on Mechatronics and Robotics Engineering, Valenciennes, France, 2018, pp. 28-32.

- [2] Ecer, F. Küçük, O, “Tedarikçi Seçiminde Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve Bir Uygulama,” *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, c. 11, s.1, ss. 355-369, 2010.
- [3] Özyörük, B. Özcan, E, “Analitik Hiyerarşi Sürecinin Tedarikçi Seçiminde Uygulanması: Otomotiv Sektöründen Bir Örnek,” *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, c.13, s.1, ss.133-144, 2008.
- [4] Ghasem, A. Ehsan, A, “Prioritizing of Marketing Mix Elements Effects on Patients’ Tendency to the Hospital Using Analytic Hierarchy Process,” *International Journal of Healthcare Management*, vol.10, no.1, pp. 34-41, 2017.
- [5] Kamaruzzaman, S. N. Lou, E. C. W. Wong, P. F. Wood, R.; Che-Ani, A. I, “Developing Weighting System for Refurbishment Building Assessment Scheme in Malaysia Through Analytic Hierarchy Process (AHP) Approach,” *Energy Policy*, vol.112, pp. 280-290, 2018.
- [6] Ammarapala, V. Chinda, T. Pongsayaporn, P. Ratanachot, W. Punthutaecha, K. Janmonta K, “Cross-Border Shipment Route Selection Utilizing Analytic Hierarchy Process (AHP) Method,” *Songklanakar in Journal of Science & Technology*, vol.40, no.1, pp. 31-37, 2018.
- [7] Starkowski, D, “Choosing a Semi-Trailer – a Systematic Analysis,” *Technical Transactions*, vol.1, pp.71-85, 2018.
- [8] Öcalır, E, *Using Decision Support Systems for Transport Planning Efficiency*. Hershey, USA: IGI Global Publications, pp. 205-206.
- [9] Saaty, T.L., “Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process,” *Management Science*, vol.32, pp.841–855, 1986.
- [10] Saaty, T.L, “Decision-Making with The AHP: Why is the Principal Eigenvector Necessary,” *European Journal of Operational Research*, vol. 145, pp. 85–91, 2003.
- [11] Ömürbek, N. Üstündağ, S. Helvacıoğlu, Ö. C., *Yönetim Bilimleri Dergisi Kuruluş Yeri Seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Kullanımı: Isparta Bölgesi’nde Bir Uygulama*, Cilt: 11, Sayı: 21, ss. 101-116, 2013
- [12] Saaty, T. L, *Fundamentals of Decision-Making and Priority Theory with the AHP*. Pittsburg, PA, USA: RWS Publications, 1994, pp.201-217.
- [13] Wang, G. Huang S. H. Dismukes J. P, “Product-Driven Supply Chain Selection Using Integrated Multi-Criteria Decision-Making Methodology,” *International Journal of Production Economics*, vol. 91 no.1, pp.1-15, 2004.