



*sustainability*

IMPACT  
FACTOR  
3.3

CITESCORE  
6.8

Makale

# SECAP'ın Karar Alma Sürecinde Temel Araçlar Olarak Hibrit AHP Yaklaşımı ve CBS Tabanlı Yöntemler

Gabriele D'Orso, Marco Migliore, Giorgia Peri ve Gianfranco Rizzo

Özel Sayı

Çok Kriterli Karar Verme ve Sürdürülebilir Ulaşım

Düzenleyen

Dr. Sarbast Moslem, Dr. Tiziana Campisi, Dr. Nurten Akgün ve Prof. Dr. Kh Md Nahiduzzaman



<https://doi.org/10.3390/su15043660>



Makale

# SECAP'ın Karar Alma Sürecinde Temel Araçlar Olarak Hibrit AHP Yaklaşımı ve CBS Tabanlı Yöntemler

Gabriele D'Orso <sup>\*</sup>, Marco Migliore <sup>1</sup>, Giorgia Peri ve Gianfranco Rizzo <sup>1</sup>

Mühendislik Bölümü, Palermo Üniversitesi, 90133 Palermo, Italya

\* Yazışmalar: gabriele.dorso@unipa.it

**Özet:** İklim değişikliğine uyum sağlamak ve etkilerini hafifletmek günümüzde kentler için başlıca zorluklardır. Avrupa Komisyonu'nun son yıllarda belirlediği hedeflerden biri iklim değişikliği konusundaki eylemsizliği azaltmaktır ve bu konuda çeşitli siyasi eylemler hayata geçirilmiştir. Bu eylemler arasında yer alan Belediye Başkanları Sözleşmesi, Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planlarının (SECAPs) dünya çapında birçok şehir tarafından geliştirilmesine ve benimsenmesine yol açmıştır. Bir SECAP'ın geliştirilmesi sırasında yerel yönetimlerin karşılaşması gereken zorluklardan biri, plana dahil edilecek politikaların belirlenmesidir. Bu makale, SECAP'ların geliştirilmesi sırasında karar verme sürecinde yerel makamları desteklemek için hibrit bir analitik hiyerarşi süreci (AHP) yaklaşımı ve çeşitli coğrafi bilgi sistemi (CBS) tabanlı yöntemlerin kullanılmasının geçerliliğini göstermek için bir vaka çalışması sunmaktadır. Bu yöntemler, toplum ve paydaşlar arasındaki katılımı artırabilir, aynı zamanda emisyonları ve enerji tüketimini azaltmak ve mali kaynakları en iyi şekilde tahsis etmek için en iyi eylemlerin seçilmesini mümkün kılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planı (SECAP); ulaştırma sektörü; karar destek sistemi (KDS); analitik hiyerarşi süreci (AHP); çok kriterli karar analizi (MCDA)



**Alıntı:** D'Orso, G.; Migliore, M.; Peri, G.; Rizzo, G. SECAP'ın Karar Alma Sürecinde Temel Araçlar Olarak Hibrit AHP Yaklaşımı ve CBS Tabanlı Yöntemler. *Sürdürülebilirlik* **2023**, *15*, 3660. <https://doi.org/10.3390/su15043660>

Akademik Editörler: Tiziana Campisi, Kh Md Nahiduzzaman, Sarbast Moslem ve Nurten Akgün

Alındı: 12 Aralık 2022

Revize: 14 Şubat 2023

Kabul edildi: 14 Şubat 2023

Yayınlanma tarihi: 16 Şubat 2023



**Telif hakkı:** © 2023 yazarlar tarafından. Lisans sahibi MDPI, Basel, İsviçre. Bu makale Creative Commons Attribution (CC BY) lisansının hüküm ve koşulları altında dağıtılan açık erişimli bir makaledir (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## 1. Giriş

İklim değişikliği, kirlilik ve doğa kaybı günümüzde insanlığın karşı karşıya olduğu en ciddi çevresel tehditlerden bazılarıdır. Bu sorunların etkileri tüm dünyada doğal afetler, şehirlerdeki hava kirliliği, çölleşme, buzulların küresel olarak geri çekilmesi ve deniz seviyelerinin yükselmesi şeklinde görülmektedir.

Bu nedenle, belirgin iklim değişiklikleri, iklim değişikliğiyle ilgili etkilerin önlenmesi için siyasi eylemlere ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca, kirliliği, CO<sub>2</sub> emisyonlarını ve enerji tüketimini büyük ölçüde azaltmayı amaçlayan politikalar benimseyerek rotayı tersine çevirmek gerekmektedir.

Avrupa Birliği (AB) iklim değişikliğiyle mücadeleyle yönelik uluslararası çabaların ön saflarında yer almıştır. AB ve Üye Devletleri, ulusların küresel ısınmayı 2° C'nin oldukça altında tutması ve tercihen sanayi öncesi seviyelerin 1.5° C üzerinde sınırlandırması gereken 2015 Paris Anlaşmasını onaylamıştır. Ayrıca AB, 2030 yılına kadar toplam emisyonlarını 1990 yılına kıyasla %40 oranında azaltmayı amaçlayan başka iddialı hedefler de belirlemiştir. Ancak, Birleşmiş Milletler Çevre Programı [1] ve Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) [2] son raporlarına göre, sera gazı emisyonlarında acil, hızlı ve büyük ölçekli azaltımlar yapılmadığı takdirde, küresel ısınmayı yaklaşık 1.5° C veya hatta 2° C ile sınırlama hedefine ulaşılamayacaktır.

Aslında, bilim insanları ve aktivistlerin tekrarlanan çağrılarına rağmen, devletler iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak için çok az harekete geçmiştir. İklim değişikliği etrafındaki ideolojik kutuplaşma [3], sürdürülebilirlik geçişini üstlenecek fonların eksikliği ve iklim değişikliği riskinin düşük algılanması [4] yetkililerin, politika yapımcıların, imalatçı şirketlerin ve hatta vatandaşların eylemsizliğinin ana nedenleridir.

Bununla birlikte, kentsel alanlar iklim değişikliğine uyum sağlama ve iklim değişikliğini hafifletme konusunda "ilk müdahale edenler" olarak ortaya çıkmakta ve iklim değişikliği eylemine öncülük etmektedir [5].

Aslında, şehirler iklim değişikliğinin etkilerine karşı özellikle savunmasızdır; sıcak hava dalgaları ve seller gibi bazı iklim değişikliği sonuçları şehirlerde daha da artabilir.

Aynı zamanda, kentsel alanlar küresel karbon emisyonlarının %75'inden sorumludur. Kentleşme eğilimleri devam ettikçe bu oran artacaktır. Birleşmiş Milletler, 2050 yılına kadar dünya nüfusunun %68'inin kentsel alanlarda yaşayacağını tahmin etmektedir [6].

Bu nedenle, şehirlerdeki eylemler - yani iklim değişikliğine katkıda bulunan başlıca unsurlar - gelecekteki olayların seyrini değiştirmek için son derece önemlidir. Dolayısıyla şehirler iklim değişikliğinin sadece nedeni değil aynı zamanda çözümünün de bir parçası olabilir. Gerçekten de şehirler teknoloji ve inovasyon merkezleridir ve iklim değişikliği sorunlarının üstesinden gelebilecek araç ve kaynaklara sahiptir [7].

İklim değişikliği ile mücadelede kazanan yaklaşım, küresel düşünüp yerel hareket etmek, geniş coğrafi ölçekli planlamaya saygı duymak ancak eylemlerin sorumluluğunu yerel topluluklara bırakmaktır [8].

Bu nedenle, kentlerin iklim değişikliğine karşı kentsel dayanıklılık geliştirmesi ve yerel otoritelerin iklim değişikliğini azaltma ve uyum sağlama çabalarına yardımcı olabilecek eylemleri uygulamaya koyması gerekmektedir.

Bu nedenle iklim değişikliği eylemsizliğinin azaltılması, tüm dünyadaki şehirlerin üstlenmesi gereken bir zorluktur. Avrupa şehirlerinin bu zorluğu üstlenmeleri için siyasi bir baskı, AB tarafından birçok siyasi ve yasal eylem ve çeşitli faaliyet sektörleri için düzenleyici ve ekonomik önlemler yoluyla uygulanmıştır.

Bu girişimler arasında Avrupa Komisyonu 2008 yılından bu yana Belediye Başkanları Sözleşmesini desteklemektedir. Aralık 2022'de bu girişim 10,962 yerel yetkiliyi bir araya getirmiştir (<https://www.covenantofmayors.eu> (erişim tarihi 11 Aralık 2022)). Kilit başarı faktörlerinden biri de yerel yönetimlerin doğrudan katılımıdır. Sözleşmeyi imzalayan taraflar, imzadan sonraki iki yıl içinde belediye tarafından kabul edilmesi gereken bir Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planında (SECAP) ayrıntılı olarak açıklanan eylemler yoluyla sera gazı emisyonlarını 2030 yılına kadar %40 oranında azaltmayı gönüllü olarak taahhüt etmektedir.

Yerel yönetimlerin emisyonları azaltmak için uygulamak istedikleri politikalar ve eylemler bu plan tarafından tanımlanmalı ve programlanmalıdır. Hedef sektörler binalar, yerel elektrik üretimi ve ısıtma/soğutma üretimi, kamu alımları, arazi kullanım planlaması, bilgi ve iletişim teknolojileri ve atıktır.

Ancak, Belediye Başkanları Sözleşmesi'ne katılmak isteyen yerel yönetimler SECAP'ın hazırlanması sırasında zor bir görevle karşı karşıya kalırlar; yani farklı faaliyet sektörleriyle ilgili eylemleri veya her halükarda aynı faaliyet sektörünün parçası olsalar bile birbirlerinden çok farklı olabilecek eylemleri karşılaştırmak. Bu nedenle araştırma sorularımız şunlardır

(1) Belediye Başkanları Sözleşmesi tarafından belirlenen hedeflere ulaşmak için uygulanacak olası eylemler nasıl seçilebilir?

(2) SECAP'ların geliştirilmesi sırasında politika yapıcılarının karar alma süreçlerinde hangi yöntemler destekleyebilir?

Bu çalışmada, Eylem Planlarında uygulanacak ulaşım ile ilgili eylemlerin belirlenmesinde yerel makamları desteklemede geçerliliğini göstermek amacıyla bir vaka çalışmasını analiz etmek için [9]'da daha önce açıklanmış olan analitik hiyerarşi süreci (AHP) tabanlı bir metodoloji kullanılmıştır. Yerel yönetimlerin sınırlı ekonomik kaynaklara sahiptir; bu metodoloji, politika yapıcılarının emisyonları azaltma ve enerji verimliliğini artırma hedeflerine ulaşmak için hangi öncelikli eylemlerin finanse edilmesi gerektiğini belirlemelerine olanak sağlamaktadır. Ayrıca, çalışmanın ikinci amacı, coğrafi bilgi sistemlerinin (CBS) bir SECAP'ın geliştirilmesi sırasında oynayabileceği rolü vurgulamak ve yerel yönetimlerin karar vermesini destekleyebilecek çeşitli CBS tabanlı metodolojileri tanımlamaktır.

Bu çalışmada ulaşım sektörü ele alınmış ve belediyeler tarafından benimsenebilecek en önemli hareketlilik politikaları veya altyapı tedbirleri arasında emisyonları ve enerji tüketimini azaltmaya yönelik daha iyi ve daha uygun maliyetli eylemlerin seçilmesinde yerel yönetimlere yardımcı olacak geçerli bir araç sunulmuştur. Aslında ulaşım, AB-28'de küresel karbon emisyonlarına en fazla katkıda bulunan sektörler arasındadır.

Çalışmanın geri kalanı aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir. Bölüm 2, SECAP'ların geliştirilmesinde benimsenen çok kriterli karar verme yöntemlerine kısa bir genel bakış sunmaktadır. Hibrit AHP yöntemi Bölüm 3'te özetlenmiştir; bu bölüm emisyonları ve enerji tüketimini azaltmak için uygulanabilecek ulaşım ile ilgili eylemleri inceleyerek başlamaktadır. SECAP'lar geliştirilirken karar destek aracı olarak CBS'lerin değeri Bölüm 4'te gösterilmektedir. AHP tabanlı yöntemin kararları nasıl destekleyebileceğini daha iyi anlamak için Bölüm 5'te bir vaka çalışması sunulmakta ve sonuçlar Bölüm 6'da tartışılmaktadır. Sonuçlar ve gelecekteki araştırmalar için fırsatlar Bölüm 7'de sunulmaktadır.

## 2. Literatür Taraması

SECAP geliştirmek bir karar verme problemidir [10]. Yerel yönetimler, uzun vadeli CO<sub>2</sub>azaltım hedeflerine ulaşmak için en iyi eylem setini belirlemek zorundadır. Bu karar verme süreci, bireysel bakış açılarını ve bağlamları kapsayan bazı belirsizlikler ve çoklu paydaşlar içerir; bu nedenle yapılandırılmış bir yaklaşımla yönlendirilmelidir. Çok kriterli karar yardımı (MCDA) yöntemleri, politika oluşturmada önemli destekleyici araçlar olabilir ve çeşitli alternatif senaryoların hangi etkileri yaratacağını tahmin etmeyi mümkün kılar. çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik açısından sahiptir [11].

SECAP'ın geliştirilmesi için bir yöntem geliştirilmiş ve Life Adaptate projesi kapsamında test edilmiştir [12]. Bu yöntem üç aşamaya ayrılabilir: yerel iklim değişikliği risklerinin ve kırılganlıklarının belirlenmesi, uygulanacak uyum eylemlerinin belirlenmesi ve SECAP'ın sonuçlandırılması. Sürecin her aşamasında halka açık bir paydaş toplantısı düzenlendiğinden, genel süreç büyük ölçüde paydaş katılımına dayanmıştır. İkinci adımda, ilgili tüm eylemleri değerlendirmek üzere paydaşlar tarafından çok ölçütlü bir analiz gerçekleştirilmiştir; bu analizde şu dokuz ölçüt dikkate alınmıştır: etkililik, verimlilik, hakkaniyet, esneklik, meşruiyet, aciliyet, sinerji, maliyet ve finansman. Paydaşlar her bir kritere ağırlık verilip verilmeyeceğini ya da tüm kriterlerin eşit kabul edilip edilmeyeceğini seçmiş ve en yüksek puan alan eylemler SECAP'a dahil edilmiştir.

Life Adaptate projesi, çok kriterli karar verme sürecinde her bir kriteri ağırlıklandırmak ve eylemleri karşılaştırmak için İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Tercih Sıralaması Tekniği (TOPSIS) metodolojisini kullanmıştır. Bu yöntemde bir alternatif, pozitif ideal çözüme en kısa mesafeye ve negatif ideal çözüme en büyük mesafeye sahipse seçilir. Ancak, ulaştırma sektöründe ideal bir pozitif veya negatif senaryo bulmak zordur; örneğin, toplu taşıma hızı veya özel araçların hızı ulaştırma ile ilgili eylemleri karşılaştırmak için kriterler olarak düşünüldüğünde, bu hızlar için ideal değerleri tanımlamak zordur.

Çok kriterli karar verme yöntemleri arasında 1970'lerin sonunda Thomas L. Saaty [13,14] tarafından geliştirilen AHP yöntemi, bir dizi alternatifin çeşitli kriterler ve alt kriterler göz önünde bulundurularak bir hedefe ulaşmadaki katkılarına göre önceliklendirilmesini sağlar.

AHP yönteminin bir özelliği de birkaç seviyeye dayanan hiyerarşik yapısıdır: en üst seviye ulaşılması gereken ana hedefi temsil eder, ara seviyeler farklı seçeneklere ilişkin kararların alındığı kriterlerdir ve en alt seviye ise kriterler ve alt kriterler aracılığıyla birbirleriyle karşılaştırılması gereken alternatifler listesidir. Saaty tarafından geliştirilen AHP yöntemi, Saaty Ölçeği kullanılarak hiyerarşinin her bir seviyesindeki unsurların bir üst seviyedekilerle ikili olarak karşılaştırılmasını içerir.

Literatürde, AHP yönteminin ulaştırma sektöründe uygulanmasına ilişkin birçok örnek bulunmaktadır. Bu konudaki literatürün bir incelemesi Baric ve diğerleri [15] tarafından yapılmıştır. Awashti ve Chauhan [16] hibrit AHP tabanlı bir yaklaşım kullanarak çevre dostu ulaşım önlemlerinin şehir sürdürülebilirliği üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Ignaccolo ve diğerleri [17], paydaşların ulaşım kararlarına katılımını simüle etmek için AHP yöntemini rol yapma oyunlarıyla birleştirmiştir.

Birçok araştırmacı AHP yöntemini CBS ile birleştirmiştir. Örneğin, Melese ve Belay [18] bir yeraltı suyu şarj bölgesini CBS ile entegre ederek değerlendirmiş ve tanımlamıştır.

AHP yönteminin CBS ortamında uygulanması. CBS yazılımında çeşitli tematik katmanlar oluşturularak ve ardından AHP tekniğini kullanarak bu katmanları ağırlıklandırarak yeraltı suyu için potansiyel bölgeler elde etmişlerdir. Yeraltı suyu potansiyel bölgelerinin belirlenmesinde benzer bir yaklaşım Saranya ve Saravanan tarafından da benimsenmiştir [19]. Aidinidou ve diğerleri [20] CBS tabanlı AHP yaklaşımını kullanarak yüksek riskli alanlardaki taşkın azaltma projelerini önceliklendirmiştir. Kamdar ve diğerleri [21] uygunluk analizi yapmak ve uygun düzenli depolama alanlarını bulmak için entegre bir CBS-AHP yaklaşımı kullanmıştır.

Oswald Beiler ve Threat [22] ulaştırma sektöründe, bütünleştirici bir CBS ve AHP yaklaşımı kullanarak proje önceliklendirme sürecini resmileştirmiştir.

AHP metodolojisi, SECAP'ların geliştirilmesiyle ilgili sorunları çözmek için mevcut en esnek çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olabilir. Aslında AHP yöntemi, alternatif eylemleri karşılaştırırken katılımcı bir yaklaşımı analitik bir araçla birleştirmeyi mümkün kılmaktadır. Bu nedenle, çalışmamız SECAP'ın geliştirilmesi ve ulaşım ile ilgili eylemlerin karşılaştırılması için hibrit bir AHP yaklaşımının uygulanmasını göstermeyi amaçlamaktadır. Bildiğimiz kadarıyla, sadece [9]'un yazarları bu amaçlar için hibrit bir AHP yöntemi önermişlerdir, ancak bu sadece teorik bir bakış açısıyla yapılmıştır; bu nedenle, bu makale yöntemi bir vaka çalışmasına uygulayarak önceki çalışmayı genişletmeyi amaçlamaktadır.

### 3. Hibrit AHP Tabanlı Yaklaşım

Literatür Taraması bölümünde de belirtildiği gibi, AHP yöntemi SECAP'a dahil edilecek eylemlerin belirlenmesi için umut verici bir araç olarak görünmektedir.

Vaka çalışmasını sunmadan önce, [9]'da önerilen hibrit AHP yöntemini açıklıyoruz; yöntem aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır:

- Hedef tanımı;
- SECAP'a dahil edilecek olası eylemlerin belirlenmesi;
- Kriterlerin ve alt kriterlerin (göstergelerin) seçiminde paydaşların katılımı;
- Kriterlere ve alt kriterlere atanan ağırlıkların tanımlanması;
- Eylemler arasında ikili karşılaştırmalar yoluyla hibrit AHP sürecinin uygulanması. Yöntem, SECAP'a dahil edilecek en iyi eylemlerin değerlendirilmesini sağlar.

Bu adımlar Şekil 1'de gösterilmekte ve şehir planlamacılarının, politika yapıcıların yapıcılar ve paydaşlar yöntemin farklı aşamalarında rol oynar.

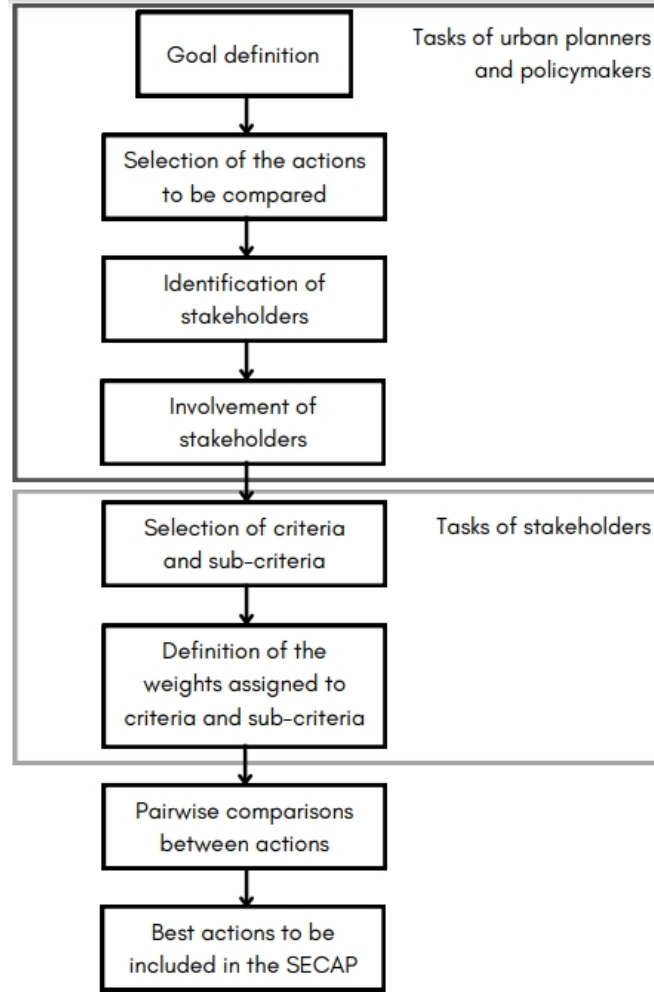
Politika yapıcılar ve şehir planlamacıları için ilk görev hedefin tanımlanmasıdır. Amaç, AHP yönteminin hiyerarşik yapısının ilk seviyesidir. Geliştirilen metodoloji bir SECAP'a dahil edilecek en etkili eylemleri belirlemeyi amaçladığından, hiyerarşinin en üstündeki hedef ekonomik kaynakların optimal tahsisi ile temsil edilir.

Karar vericilerin atması gereken ikinci adım, SECAP'a dahil edilecek ve AHP yöntemiyle karşılaştırılacak olası eylemlerin belirlenmesidir. Aslında, sera gazı emisyonlarını ve enerji tüketimini azaltmak için ulaşım ile ilgili birçok eylem uygulanabilir. İlk olarak, ilgili tüm eylemleri listelemek için bir "beyin fırtınası" oturumu düzenlenmelidir. Bu ön aşama, AHP yönteminin uygulanmasının önemli miktarda zaman almasını önlemek için çok önemlidir; yalnızca kısa veya orta vadede uygulanabilecek gerçekçi eylemler, yani yerel makamlar için teknik ve ekonomik olarak mümkün olan seçenekler dikkate alınmalıdır. Çeşitli yerel makamlar tarafından onaylanan SECAP'ların gözden geçirilmesi ve bunlarda belirtilen eylemlerin belirlenmesi, ilgili tüm eylemleri listelemek için geçerli bir yol olabilir. Olası eylemlerin bir listesi [9]'da rapor edilmiştir.

Bazı eylemler, özellikle işe gidip gelirken özel araçlara alternatif olarak toplu taşıma araçlarını tercih eden kullanıcı sayısını artırmak için toplu taşıma hizmetlerinin kalitesini iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Örneğin, ayrılmış otobüs şeritlerinin uygulamaya konulması, toplu taşımayı daha cazip hale getirerek araç hızının artmasına ve kullanıcılar için duraklarda bekleme sürelerinin kısılmasına olanak sağlayabilir.

Diğer politikalar, kentsel alanlarda tıkanıklığın ve kirliliğin ana nedeni olan özel araç kullanımını caydırmayı amaçlamaktadır. Kısıtlı trafik alanlarının oluşturulması ve

Yol fiyatlandırması, şehirlerin belirli bölgelerindeki araç varlığını ve emisyon seviyelerini azaltmayı mümkün kılmaktadır.



Şekil 1. Metodolojik çerçeve. Metodolojik çerçeve.

Toplu taşımanın tamamlayıcısı olarak yürüme ve bisiklete binmenin yanı sıra paylaşımlı mobilite hizmetlerinin teşvik edilmesi, emisyonların azaltılması için etkili eylemler olabilir. Yerel yönetimler ayrıca dolaşımdaki özel araçların ve toplu taşıma filosunun kademeli olarak yenilenmesini teşvik edecek politikalar uygulayabilir. Son olarak, yük taşımacılığı da şehirlerde emisyon üretimine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır; bu nedenle, kentsel yük taşımacılığının rasyonelleştirilmesi etkili bir eylem olabilir.

Son olarak, bir SECAP geliştirirken, yerel makamlar Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planı (SUMP) ve diğer hareketlilik planları tarafından seçilen politikaları dikkate almalı ve bunların emisyonların azaltılmasına ne kadar katkıda bulunduğunu ölçmelidir. Ayrıca halihazırda finanse edilen politikaların kapsamını genişletebilir ve yenilerini önerebilirler. Bu nedenle, yerel makamlar tarafından kabul edilen planlar arasındaki yatay uyum dikkate alınmalı, çelişkilerden kaçınılmalı, belirli etkileşim alanları belirlenmeli ve planlar arasında sinerji sağlanmalıdır. Bu şekilde SECAP, hareketlilik planlarında yer alan ulaşım stratejileri ve politikalarının bir devamı veya bir uygulaması ya da entegrasyonu olarak düşünülebilir.

Bu nedenle, genel olarak kentsel trafik planlarında ve SUMP'ların referans senaryolarında öngörülen eylemlerin dikkate alınması gerekmektedir. Bu eylemler aynı zamanda SUMP için seçilen ve halihazırda finanse edilen tüm politikaları ve altyapı müdahalelerini ve kentsel trafik planları için seçilen daha az maliyetli kısa vadeli önlemleri de içermektedir.

AHP yöntemi ile karşılaştırılacak eylemler hiyerarşinin dördüncü seviyesidir.

Hedef ve yerel yönetimlerin uygulamaya koyabileceği olası eylemler tanımlandıktan sonra, ulaştırma ile ilgili eylemleri birbirleriyle ve SECAP kapsamındaki diğer sektörlerle karşılaştırmak için kriterlerin (AHP yönteminin hiyerarşik yapısının ikinci seviyesi) ve göstergelerin (üçüncü seviye) belirlenmesi gerekir.

Giaccone ve diğerleri [23] tarafından yapılan çalışma bir başlangıç noktası olarak kabul edilmiştir. Yazarlar, Sicilya Bölgesel Enerji Master Planının geliştirilmesinde bina sektörüne ilişkin eylemlerin karşılaştırılması için çeşitli kriterler ve göstergeler belirlemiştir.

Karşılaştırma için aşağıdaki kriterleri göz önünde bulundurduk:

- Enerji: enerji tüketiminde azalma;
- Çevre: sera gazı emisyonlarında azalma;
- Ekonomi: maliyetler;
- Yaşam kalitesi.

Enerji tüketiminin azaltılması ve çevresel sürdürülebilirlik SECAP'ların ana hedefleridir; bu nedenle enerji ve çevre alanlarının dahil edilmesi kolay anlaşılabilir.

Politikaların ekonomik açıdan da karşılaştırılması gerektiğinden ekonomi kriteri göz önünde bulundurulmuştur; daha önce de belirtildiği gibi, yerel makamlar genellikle finansman sıkıntısı çekmektedir.

Son olarak, her eylem vatandaşların yaşam kalitesini etkiler ve bazı politikaların başarısı da buna bağlı olduğundan bu etki dikkate alınmalıdır.

Hiyerarşinin bir sonraki seviyesine geçilerek alt kriterler belirlenmiştir.

Öncelikli tedbirleri belirlemek için etki göstergeleri (eylemlerin enerji tüketiminin azaltılmasına, emisyonların azaltılmasına ve yaşam kalitesinin iyileştirilmesine ne kadar katkıda bulunduğunun ölçülmesi) ve maliyet-etkinlik göstergeleri dikkate alınmalıdır.

Göstergelerin paydaşların katılımıyla tanımlanması gerekir. Paydaşlar, eylemlerin karşılaştırılmasında hangi göstergelerin dikkate alınması gerektiğine karar verebilir.

Aslında paydaşların katılımı SECAP'ların geliştirilmesinde temel bir adımdır [24]; şehir planlama departmanları, bölgesel hükümet ve üniversitelerin temsilcileri; ulaşım sektöründen uzmanlar; ulaşım sektöründe faaliyet gösteren ana şirketlerin ve başlıca çevre kurumlarının temsilcileri; sendikalar ve sürdürülebilir hareketliliği teşvik eden grupların planlama aşamasında yer alması gerekir.

Paydaşların sürece dahil edilmesi, belirli bir kentsel bağlama uygun bir dizi göstergenin ortaya çıkmasını sağlayabilir.

Metodolojinin bir sonraki adımı kriterlere ve alt kriterlere (göstergelere) ağırlıkların atanmasını içermektedir. Aslında, metodoloji ikinci seviye unsurlar (kriterler) için yerel ağırlıkların  $L_2$  ve üçüncü seviye unsurlar için yerel ağırlıkların  $L_3$  kabul edilmesini öngörmektedir. Bu aşamada, yöntemimiz geleneksel AHP metodolojisinden farklılaşmaktadır. Aslında, AHP yöntemi için hibrit bir şema öneriyoruz.

Uzmanlar, ikinci seviyenin (kriterler) unsurlarını birinci seviyenin (amaç) unsurlarıyla ve üçüncü seviyenin (alt kriterler) unsurlarını ikinci seviyenin (kriterler) unsurlarıyla ikiye ikiye karşılaştırmak için Saaty ölçeğini kullanmazlar. Kriterlere ve alt kriterlere yerel ağırlıklar atamak için farklı bir yöntem kullanılır:

- Kriterlerin yerel ağırlıkları  $L_2$ , her bir kriter için alt kriter (gösterge) sayısı ve toplam gösterge sayısı dikkate alınarak atanır. Bu nedenle,  $n/m$ 'ye eşittir; burada  $n$  tek bir kriter için gösterge sayısı ve  $m$  toplam gösterge sayısıdır. Örneğin, dört gösterge enerji kriterine aitse ve toplam sekiz gösterge kullanılıyorsa, bu kriter için yerel ağırlık  $L_2 0,5$ 'tir ( $=4/8$ );
- Göstergelere atanacak yerel ağırlıklar  $L_3$  paydaşlar tarafından bir tartışma yoluyla belirlenir. Bu tartışmada, katılımcılardan her bir kriter için hangi alt kriterin (göstergenin) daha önemli olduğunu oylamaları istenir; her bir göstergenin ağırlığı, toplam oy sayısına (yani toplam paydaş sayısına) göre elde edilen tercih sayısı sayılarak yüzde olarak elde edilir.

Tüm kriterlere atanan ağırlıkların toplamı 1'e eşit olmalıdır, tıpkı bir kritere ait göstergelere atanan ağırlıkların toplamının 1'e eşit olması gerektiği gibi.

Paydaşların rolü, yöntemi geliştirilebilir ve Belediye Başkanları Sözleşmesi kapsamında bir SECAP geliştiren her yerel yönetim tarafından kullanılabilir hale getirmiştir. Aslında, belediye alanındaki CO<sub>2</sub> kaynaklarına ve mevcut kaynaklara bağlı olarak, bazı politikalar ve bazı göstergeler diğerlerine göre daha uygun olacaktır ve paydaşlar en iyi seçeneklerin seçilmesine katkıda bulunacaktır.

Ağırlıklar tanımlandıktan sonra, geleneksel AHP yöntemi kullanılarak dördüncü seviyedeki alternatif eylemlerin ikili karşılaştırması yapılır. Geleneksel AHP yönteminde, bir tutarlılık kontrolü uygulanmalı ve bir tutarlılık endeksi hesaplanmalıdır. Bu işlem burada gereksizdir çünkü nicel göstergelerin kullanımı ikili karşılaştırmaların tutarlılığını sağlamıştır.

Karar verici tarafından fizibiliteleri ve kentsel bağlama uyumları temelinde seçilen eylemler, göstergeler aracılığıyla çiftler halinde karşılaştırılır: her gösterge için,  $i$  eyleminin  $j$  eylemine kıyasla göreceli önemini tanımlayan bir  $a_{(i)(j)}$  katsayısı değerlendirilir.

Örneğin, eylem 1 ile eylem 2 karşılaştırıldığında,  $ENI$  göstergesi için bir  $a_{12} = ENI_{(1)}/ENI_{(2)}$  katsayısı elde edilebilir; burada  $ENI_{(1)}$  ve  $ENI_{(2)}$  sırasıyla  $EN1$  göstergesinin eylem 1 ve eylem 2 için aldığı değerlerdir.

Bu katsayı her bir eylem çifti için hesaplanır ve her bir gösterge için bir kare  $n \times n$  matrisi (ikili karşılaştırma matrisi) elde edilir, burada  $n$  eylem sayısıdır. Böylece,  $m$  gösterge sayısına eşit olmak üzere  $m$  matrisimiz olur.

İkili karşılaştırma matrisleri doldurulduktan sonra, yerel öncelikleri değerlendirmek için bu matrislerin her birinin özvektörleri belirlenir. Özvektörleri belirlemek için, aşağıdaki formülle yaklaşık bir çözüm kullanarak bileşenlerini  $v_i$  hesapladık:

$$v_i = \sqrt[n]{a_{(i)(1)} \times a_{(i)(2)} \times \dots \times a_{(i)(n)}}$$

burada  $i = 1, \dots, n$  ve  $n$  eylem sayısıdır.

Ardından, özvektörlerin bileşenleri, aşağıdaki şekilde hesaplanan normleştirme faktörleri  $x_i$  uygulanarak normleştirilmiştir:

$$x_i = v_i / S$$

nerede

$$S = \sum_{i=1}^n v_i$$

$x_i$  elemanları, belirli bir gösterge için yerel öncelik vektörü  $L_{(4)}$ 'ün bileşenleridir ve eylemlerin dikkate alınan göstergeye göre önceliğini belirler. Bu nedenle, her gösterge için bir yerel öncelik vektörü belirlenmelidir.

Bu noktada, her bir gösterge için global öncelik vektörünü belirlemek üzere, yerel öncelik vektörünün  $x_i$  elemanlarını en üst seviyedeki elemanın global ağırlığı ile çarptık. Örneğin, A göstergesi için dördüncü seviyenin küresel ağırlığı şu şekilde hesaplanacaktır:

$$G_{4A} = G_{goal} \times L_2 \times L_3 \times L_{4A}$$

Burada  $G_{hedef}$  hedefe atanan ağırlıktır ve tek bir hedef olduğunda 1'e eşittir. Ardından, her bir eylem için, eyleme atanan yerel ağırlıklar küresel ağırlıklara dönüştürülür. Eyleme atanan ve çeşitli göstergelere atıfta bulunan tüm küresel ağırlıklar, eylemin ana hedefe ulaşmada sahip olduğu önemi elde etmek için toplanır.

Sürecin sonunda, eylemleri öncelik sırasına göre sıralamak mümkündür: en düşük maliyetle enerji tasarrufuna, emisyonların azaltılmasına ve vatandaşların yaşam kalitesinin iyileştirilmesine daha fazla katkı sağlayan eylemden, uygulanması daha düşük fayda ve daha yüksek maliyet içeren eyleme doğru. Dolayısıyla politika yapıcılar, eylem planına dahil edilecek ve öncelikli olarak uygulanacak müdahaleleri belirlemek için bu yöntemi kullanabilirler.

#### 4. SECAP'ın Geliştirilmesi Sırasında Kararların Desteklenmesi için CBS Tabanlı Yöntemler

CBS'ler aynı zamanda SECAP'ın hazırlanması sırasında kullanılacak geçerli bir araçtır. İlk olarak, CBS'ler, basitleştirilmiş CBS tabanlı haritalar ve modellerin kullanımı yoluyla etkileşimli katılımı kolaylaştırarak, yerel düzeyde, özellikle de marjinalleştirilmiş nüfus arasında SECAP'a ilişkin farkındalığı artırmak ve toplum katılımını teşvik etmek için yararlı olabilir. Bu şekilde, CBS'ler SECAP'ın yerel düzeydeki etkilerini görselleştirmek için kullanılabilir.

Ayrıca, karşılaştırılması gereken eylemler, AHP süreci aracılığıyla etkileri değerlendirilebilecek ve birbirleriyle karşılaştırılabilir şekilde tasarlanmalıdır. Araç paylaşımı ve bisiklet paylaşımı hizmetlerinin başlatılması gibi bazı politikaların tasarlanması aşamalarında CBS yazılımları geçerli bir yardımcı olabilir.

Örneğin, istasyon bazlı araç paylaşım hizmetleri tamamen CBS ortamında geliştirilen bir yöntem izlenerek tasarlanabilir [25]. Aslında, istasyon tabanlı bir araç paylaşım hizmetinin istasyonları için en uygun alanları belirlemek amacıyla bir uygunluk analizi gerçekleştirilebilir. Yaklaşım, mekanın ortogonal bir ızgara ile ayrıştırılmasını ve kentsel alanın, araba paylaşım kullanıcılarının en yakın araba paylaşım istasyonuna ulaşmak için ortalama olarak yürümeye istekli olacakları maksimum mesafeye karşılık gelen kenar uzunluklarına sahip  $n$  kare hücreye bölünmesini içerir. Bir veya daha fazla araç paylaşım istasyonunun yerleştirilmesi için  $n$  ızgara hücresinin uygunluğu, bu hücrelerin bir istasyonun yerleştirilmesini haklı çıkarabilecek araç paylaşım talebi üretme kabiliyetine göre belirlenir.

Bu nedenle, hizmetin hedef müşterilerinin demografik profillerinin doğru bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir, çünkü araç paylaşım talebi esas olarak bu kullanıcılardan kaynaklanmaktadır. Uygunluk analizinde, her bir grid hücresine, grid hücresi sakinlerinin hedef kullanıcı profiliyle ne ölçüde eşleştiğine bağlı olarak 0 ile 1 arasında değişen bir uygunluk puanı atanır.

Böylece, CBS'ler araç paylaşım talebini ifade eden alanlardaki istasyonları konumlandırmak için kullanılabilir ve bu talep CBS ile bir havza alanı yaklaşımı kullanılarak da tahmin edilebilir [26]. Ayrıca, konumun optimizasyonu ve talebi karşılamak için gereken araç paylaşım istasyonlarının sayısının belirlenmesi CBS yazılımı kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bu problem bir konum tahsis problemi olarak çözülebilir. Bu şekilde, talebi karşılamak için gereken minimum araç paylaşım istasyonu sayısı, bunların konumları ve potansiyel kullanıcı sayısı değerlendirilebilir ve enerji tüketimi ve emisyonlardaki azalmayı ve yatırım maliyetini tahmin etmek için girdi verileri olarak kullanılabilir.

Aynı yaklaşım rıhtım tabanlı bisiklet paylaşım hizmetleri için de benimsenebilir.

Yeni bisiklet yollarının oluşturulması bile CBS teknolojisi ile desteklenebilir. [27,28]'de açıklanan yöntem, yeni bisiklet yollarının nerede inşa edileceğine karar vermek için kullanılabilir.

Yeni bisiklet yollarının CBS tabanlı tasarımı, yeni bisiklet yollarının takip edebileceği rotaları belirlemek için aşağıdaki faktörleri dikkate almalıdır: teknik kısıtlamalar (yetersiz genişliğe sahip yollar, yüksek trafik akışına sahip yollar, güvenli bisiklet geçitlerinin olmaması, topografya); bisiklet yollarının araç akışını bozmayacak yol aksları boyunca konumlandırılması amacıyla araç akışıyla etkileşim; bisiklet yollarının en kısa güzergah üzerinden ana ilgi noktalarına (POI'ler) bağlanması amacıyla hizmet edilecek talep; ve bisiklet yollarının tren istasyonları ve tramvay durakları gibi en önemli intermodal düğüm noktalarının yakınına yerleştirilmesini amaçlayan çok modluluk. Ancak yeni bisiklet yollarının tasarımı gerçekleştirildikten sonra yeni bisiklet altyapısının etkileri değerlendirilebilir. Son olarak, bir SECAP için karar verme sürecinde CBS kullanımının bir başka örneği de yürünebilirliği iyileştirmek için en iyi eylemleri bulmaktır [29]. Makro ve mikro ölçekli yürünebilirlik değerlendirmeleri CBS yazılımı kullanılarak gerçekleştirilebilir ve bu sayede yürünebilirlik iyileştirilebilir ve hangi öncelikli eylemler uygulamaya konulmalıdır.

#### 5. Örnek Olay İncelemesi

AHP temelli metodolojinin SECAP'ların geliştirilmesinde yerel yönetimlere nasıl yardımcı olabileceğini göstermek amacıyla, SECAP'ları oluşturmak isteyen orta büyüklükte bir belediyenin vaka çalışması yapılmıştır.

Burada bir SECAP sunulmaktadır. Bu belediye, ulaşım ile ilgili aşağıdaki eylemlerden hangilerini uygulayacağını ve SECAP'a dahil edeceğini seçmek zorundaydı:

- Eylem A-Trafik şerit ayırıcıları yerleştirilerek sıkışık bir bölgede 5 km ayrılmış otobüs şeritlerinin oluşturulması. Bu eylem, bu yollardaki toplu taşıma hizmetlerinin kalitesindeki iyileşme, otobüs gecikmeleri ve iptallerindeki azalma ve kullanıcılar için seyahat süresindeki azalma sayesinde toplu taşımaya doğru küçük bir modal kaymaya neden olacaktır. Müdahale, otobüs hatlarının sıklıklarında bir değişiklik içermeyecektir. Ayrıca, mevcut yol alanında bir azalma olmasına rağmen, müdahalenin otomobil dolaşımını etkilemeyeceği varsayılmıştır;
- Eylem B-Trafik akışları açısından oldukça cazip bir kentsel alanda yaklaşık 7 km<sup>2</sup> uzunluğunda trafiğe kapalı bir alanın oluşturulması. Orijinal haliyle bu alan, yol ağının şekli nedeniyle pik saatlerdeki trafik baskısını karşılayamamakta ve tıkanıklığa neden olmaktadır. Kısıtlı trafik alanı, çevredeki alanlardaki trafik sirkülasyonunu tehlikeye atmadan yeterli erişim yöntemlerini sağlarken geliştirilecektir; bu, yönlendirilen motorlu trafiği emebilecek çevresel bir güzergahın belirlenmesi anlamına gelecektir. Bu nedenle, bu eylemin uygulanması, bitişik yolların, yoğun saatlerde tıkanıklık yaratmadan kısıtlı alana erişemeyen araçları barındıracak bir artık kapasiteye sahip olacağını ve yeterli park yerinin mevcut olacağını varsayacaktır. Ayrıca, kısıtlı alandaki toplu taşıma sisteminin, özel araçlardan yönlendirilen kullanıcıları karşılamak için artık kapasiteye sahip olacağı varsayılmıştır. Bu eylemin mevcut durumdaki trafik akışını 3000 araç/saat azaltabileceği varsayılmıştır;
- Eylem C-Şehir geneline dağıtılmış 50 istasyon ve 500 bisikletten oluşan rihtim tabanlı bir bisiklet paylaşım sisteminin kurulması. Bu eylemin kullanıcıları çekeceği ve özel araçlardan bisikletlere küçük bir modal bölünmeye neden olacağı varsayılmıştır. Bisikletler GPS ile donatılmış normal bisikletler olacak ve rihtimlerden alınıp bırakılacaklardır. Bisikletlerin teslim alınması ve ödeme bir mobil uygulama üzerinden yapılacaktır. Kullanım ücreti dakika başına olacak ve ilk 30 dakika ücretsiz olacaktır. Yıllık abonelik gerekecektir. Hizmet başlatıldığında ortalama günlük ciro oranının bisiklet başına iki kiralama olacağı varsayılmıştır;
- Eylem D-Şehir geneline dağıtılmış 85 istasyon ve kullanıcılar için 150 Euro 6 benzinli araçtan oluşan istasyon bazlı bir araç paylaşım sisteminin başlatılması. Kullanım ücreti bir saatlik ve bir kilometre ücretinden oluşacaktır. Yıllık bir abonelik gerekecektir. Kullanıcılar bir mobil uygulama aracılığıyla rezervasyon yapacak, ödeme yapacak ve araç kapılarının kilidini açacaktır. Ortalama abone sayısının 4000 kişiye eşit olduğu varsayılmıştır;
- Eylem E-70 yeni Euro 5 otobüs alımı yoluyla otobüs filosunun yenilenmesi.

Daha önce planlamacılar tarafından belirlenen ana paydaşlar, şehirde faaliyet gösteren toplu taşıma şirketlerinin temsilcileri, şehirde bir hizmet başlatmakla potansiyel olarak ilgilenen paylaşımlı mobilite şirketlerinin temsilcileri, belediye ve bölge temsilcileri, bisiklet ve diğer sürdürülebilir ulaşım türlerinin kullanımını teşvik eden kuruluşlar ve ulaşım konularıyla ilgilenen üniversitelerin temsilcileriydi. Bizim vaka çalışmamızda bu gruplara mensup 54 paydaş toplantıya katılmıştır.

Tartışma sırasında paydaşlar tarafından seçilen göstergeler şunlar olmuştur:

- Enerji kriteri için dikkate alınan eylemin (*ENI*) ömrü boyunca tasarruf edilen toplam enerji miktarı;
- Çevre kriteri için önerilen eylemlerin (*ENVI*) ömrü boyunca önlenen CO<sub>2</sub> emisyonları;
- Bireysel eylemleri uygulamak için gerekli yatırım maliyeti (*ECI*) ve ekonomi kriteri için 2030 yılına kadar tasarruf edilen her bir ayak parmağı (*EC2*) ve kaçınılan her bir tCO<sub>2</sub> için ortalama maliyet (*EC3*);
- Yaşam kalitesi kriteri için ortalama otomobil hızı (*QLI*) ve toplu taşıma filosunun ortalama hızı (*QL2*).

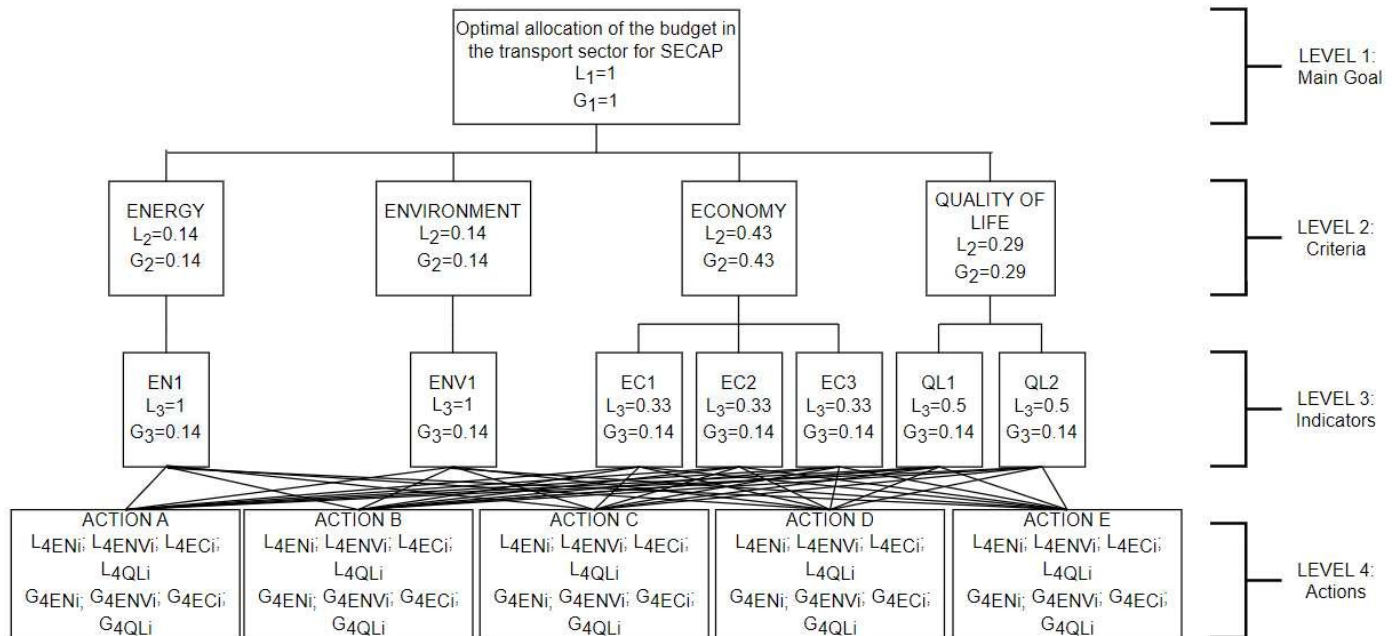
Aşağıdaki gelişmeler de bu tartışmadan kaynaklanmıştır:

- Metodolojinin amacı, ulaşım ile ilgili eylemlerin önceliklendirilmesi ve bunlardan hangilerinin uygulanarak SECAP'a dahil edilmesi gerektiğinin değerlendirilmesi olarak belirlenmiştir. Paydaşlar bu hedefe 1'e eşit yerel bir ağırlık atfetmiştir;
- Paydaşlar, belirli bir göstergeye aynı kritere ait diğer göstergelerden daha fazla önem atfetmek istememiş ve hedefe ulaşmak için tüm göstergelere aynı önemi atfetmişlerdir. Bu, paydaşların tüm alternatif seçeneklerin aynı sayıda oya sahip olacağı şekilde oy kullandıkları anlamına geliyordu. Tablo 1, dört değerlendirme alanına ait her bir gösterge için oy kullanan paydaşların yüzdesi olarak ifade edilen oylamanın sonucunu rapor etmektedir; toplam yüzde her bir alan için 100'e eşittir. Bu durumda, göstergelerin yerel ağırlıkları  $L_3$  1/n'ye eşittir; burada n tek bir kritere ait gösterge sayısıdır. Dolayısıyla, göstergelerin aldığı yerel ağırlıklar EN1 ve ENV1 için 1; EC1, EC2 ve EC3 için 0,33; ve QL1 ve QL2 için 0,5 olmuştur;
- Kriterlerin yerel ağırlıkları  $L_2$ , her bir kriter için gösterge sayısı ve toplam alt kriter sayısı dikkate alınarak atanmıştır. Dolayısıyla kriterlerin yerel ağırlıkları enerji için 0,14 (yedi göstergeden biri:  $1/7 = 0,14$ ), çevre için 0,14 (yedi göstergeden biri:  $1/7 = 0,14$ ), ekonomi için 0,43 (yedi göstergeden üçü:  $3/7 = 0,43$ ) ve yaşam kalitesi için 0,29 (7 göstergeden ikisi:  $2/7 = 0,29$ ) olarak belirlenmiştir.

**Tablo 1.** Paydaşlar tarafından önerilen göstergeler için ifade edilen tercihlerin yüzdelere dönüştürülmüş hali.

|                  | EN1 | ENV1 | EC1 | EC2 | EC3 | QL1 | QL2 |
|------------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>Tercihler</b> | 54  | 54   | 18  | 18  | 18  | 27  | 27  |
| <b>%</b>         | 100 | 100  | 33  | 33  | 33  | 50  | 50  |

Bu vaka çalışması için AHP yönteminin hiyerarşik yapısı Şekil 2'de gösterilmiştir.

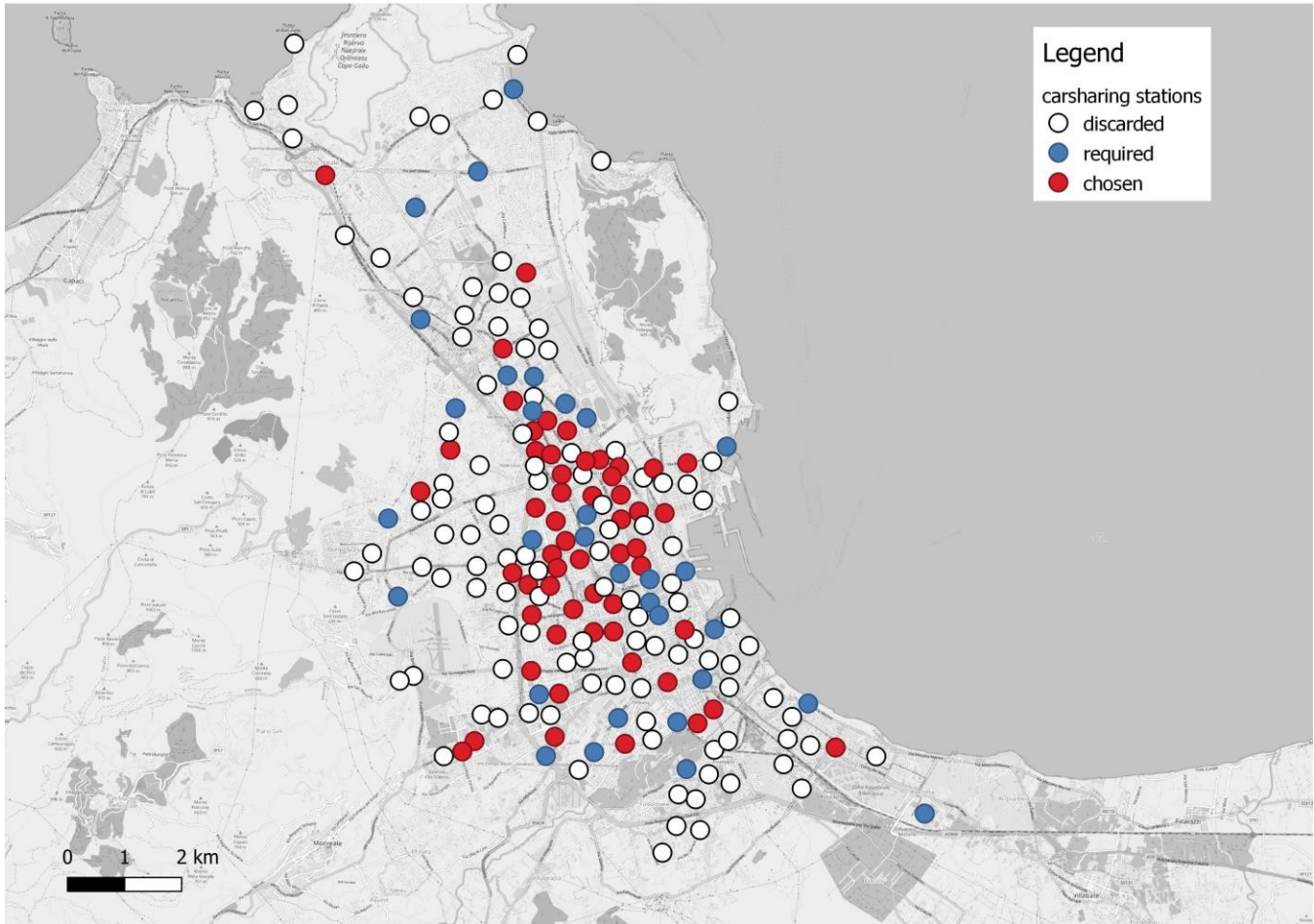


**Şekil 2.** Vaka çalışması için AHP yönteminin hiyerarşik yapısı.

Metodolojiyi uygulamak için, her yıl önlenen CO<sub>2</sub> emisyonları ve her bir eylem için enerji tasarrufu açısından faydaların tahmin edilmesi gerekiyordu. Girdi verileri gerekiyordu ve

CBS tabanlı yöntemlere ve geleneksel ulaşım anketlerine dayalı olarak tahmin edilmesi gerekiyordu. Bu girdi verileri, eylemler sayesinde kaçınılması mümkün olan otomobil kullanılarak kat edilen kilometre sayısını, bisiklet paylaşımı ve araç paylaşımı için devir oranlarını, bir bisiklet paylaşımı yolculuğu veya bir araç paylaşımı yolculuğu sırasında kat edilen ortalama mesafeleri, araç paylaşımına katıldıktan sonra özel bir araçla kat edilen kilometrelerdeki azalmayı içeriyordu, Filonun emisyon standartları açısından bileşimi ve ortalama dolaşımdaki filodan farkı, potansiyel araç paylaşımı ve bisiklet paylaşımı kullanıcılarının sayısı, toplu taşımının çekeceği yeni yolcu sayısı ve yeni araçlar ile değiştirilecek araçlar arasındaki emisyon farkı.

CBS, araç paylaşım istasyonları için en iyi konumları ve bu yazılımın sağladığı konum tahsis algoritması aracılığıyla hizmetin çekeceği potansiyel talebi belirlemek için kullanılabilir. CBS, Şekil 3'te gösterildiği gibi bu tür verileri görselleştirmek için de kullanılabilir.



Şekil 3. CBS yazılımında çalıştırılan bir konum tahsis analizinin sonuçları.

Enerji tasarruflarını ve önlenen CO<sub>2</sub> emisyonlarını hesaplamak için, bir eylem sayesinde özel araçlarla kat edilen kilometre sayısındaki azalmayı tahmin ettikten sonra COPERT metodolojisi veya ortalama emisyon faktörleri kullanılabilir [30]. İtalya için, İtalyan Ulusal Çevre Koruma ve Araştırma Enstitüsü (<http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/fetransp> (erişim tarihi 13 Şubat 2023)) tarafından sağlanan karayolu taşımacılığı ortalama emisyon faktörleri veritabanında resmi olarak mevcut olan emisyon faktörleri kullanılabilir.

Örnek olarak bisiklet paylaşımını ele alabiliriz: bisiklet başına günde iki kiralama devir hızı ile yılda 365.000 kiralama tahmin ediyoruz. Ortalama yolculuk uzunluğunun 2,5 km olduğunu varsayarsak, bisiklet paylaşımı kullanıcılarının yılda bisikletle kat ettiği kilometre şu şekilde olacaktır

912.500 km. Bu kilometrelerin sadece %40'ının özel araçlarını bırakıp bisiklete binenler tarafından kat edileceğini, geri kalan %60'ının ise yürümek veya toplu taşıma yerine bisiklet kullananlardan kaynaklanacağını varsaydık. Bu durumda, tüm bisiklet paylaşımı kullanıcıları tarafından bir yıl içinde önlenecek özel araçlarla kat edilen kilometre 365.000 km olacaktır. Özel otomobiller için ortalama emisyon faktörü uygulandığında 167,11 gCO<sub>2</sub>/km, eylemin 60,99 tCO<sub>2</sub>/yıl önlenmesine ve 232,78 MWh enerji tüketiminin önlenmesine yol açacağı hesaplanmıştır.

Tablo 2, her bir eylem için göstergelerin alacağı değerleri göstermektedir. Ayrıca yatırım maliyetlerinin yanı sıra tasarruf edilen bir toe enerji ve önlenen bir tCO<sub>2</sub> için ortalama maliyetleri de göstermektedir. Yatırım maliyetleri, kamu filosunun yenilenmesi durumunda tek bir otobüsün maliyeti dikkate alınarak elde edilmiştir; araç paylaşımı ve bisiklet paylaşımı durumunda, filo araçlarının satın alınmasının yanı sıra rezervasyon ve ödemelerin yönetilmesi için sistemin maliyeti dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

**Tablo 2.** Vaka çalışmasında karşılaştırılacak eylemlere ilişkin veriler.

| m Eylem Kodu | Açıklama                                                          | Topla<br>Yatırım<br>Maliyet (Milyon<br>EUR) | Yaşam<br>Süresi<br>(Yıl) | Tasarruf<br>Edilen<br>Enerji<br>(Toe/Yıl) | CO <sub>2</sub> Emisyonları<br>Önlenen<br>(tCO <sub>2</sub> /Yıl) | Kurtarılan<br>Bir Ayak<br>Parmağının<br>Ortalama<br>Maliyeti<br>(EUR/ayak<br>parmağı) | Bir tCO <sub>2</sub> 'nin<br>Ortalama<br>Maliyeti <sub>2</sub><br>Önlenen<br>(EUR/tCO <sub>2</sub> ) |
|--------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|              | tercihli şeritler                                                 |                                             |                          |                                           |                                                                   |                                                                                       |                                                                                                      |
| A            | Giriş                                                             | 0.65                                        | 10                       | 74.55                                     | 216.00                                                            | 871.92                                                                                | 300.93                                                                                               |
| B            | Uygulama<br>kısıtlı<br>bisiklet paylaşımı araç<br>trafik alanları | 1.50                                        | 10                       | 2244.58                                   | 6500.00                                                           | 66.83                                                                                 | 23.08                                                                                                |
| C            | Promosyon<br>paylaşımı                                            | 2.00                                        | 10                       | 20.02                                     | 60.99                                                             | 9992.50                                                                               | 3279.23                                                                                              |
| D            | Promosyon<br>nakliye filosu                                       | 3.00                                        | 10                       | 229.67                                    | 700.00                                                            | 1306.25                                                                               | 428.57                                                                                               |
| E            | Yenilenmesi<br>kamu                                               | 20.00                                       | 10                       | 776.44                                    | 2375.00                                                           | 2575.86                                                                               | 842.11                                                                                               |

Kısıtlı trafik alanı söz konusu olduğunda, erişimin telematik kontrolü ve elektronik kapılar için altyapı oluşturulması değerlendirilmiştir. Ayrılmış otobüs şeritlerinin uygulamaya konulmasıyla ilgili olarak, yatay işaretlerin kurulum maliyeti, şerit ayırıcıların satın alınması ve kurulum maliyeti ve işçilik maliyeti dikkate alınmıştır.

Bu nedenle, karşılaştırılan eylemler için göstergelerin alacağı değerler, eylemlerin ömrü olarak on yıl göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir. Tablo 3 bu değerleri göstermektedir. Ekonomi kriterinin göstergeleri için, diğer göstergeler için geçerli olan aynı kriteri kullanmak amacıyla değerlerin terslerinin dikkate alındığına dikkat edilmelidir; bu sayede daha yüksek değerler daha büyük faydalara karşılık gelmektedir; bu adım gerekliydi çünkü aksi takdirde çok yüksek maliyetler model tarafından bir dezavantaj olarak değil bir avantaj olarak yorumlanacaktı.

**Tablo 3.** Hesaplanan enerji Hesaplanan enerji, çevre, ekonomi ve yaşam kalitesi göstergeleri.

| Eylem Kodu | EN1 (ayak<br>parmağı) | ENV1 (tCO <sub>2</sub> ) | EC1 (1/EUR)             | EC2 (toe/EUR) | EC3<br>(tCO <sub>2</sub> /EUR) | QL1 (km/s) | QL2 (km/s) |
|------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|---------------|--------------------------------|------------|------------|
| A          | 745.48                | 2160.00                  | 0,15 × 10 <sup>-5</sup> | 0.0012        | 0.0033                         | 16.00      | 12.00      |
| B          | 22,445.76             | 65,000.00                | 0,07 × 10 <sup>-5</sup> | 0.0150        | 0.0433                         | 17.00      | 12.00      |
| C          | 200.15                | 609.90                   | 0,05 × 10 <sup>-5</sup> | 0.0001        | 0.0003                         | 16.08      | 11.00      |
| D          | 2296.65               | 7000.00                  | 0,03 × 10 <sup>-5</sup> | 0.0008        | 0.0023                         | 16.18      | 11.00      |
| E          | 7764.40               | 23,750.00                | 0.01 × 10 <sup>-5</sup> | 0.0004        | 0.0012                         | 16.00      | 11.00      |

*QL1* ve *QL2* göstergeleri ile ilgili olarak, müdahalelerin olmadığı durumdaki değerlerin özel araçlar için 16 km/s ve otobüsler için 11 km/s olduğu varsayılmıştır. Bu, trafik sıkışıklığının acil bir sorun olduğu orta-büyük ölçekli bir şehrin durumu olacaktır. Hız artışları, her bir eylemin modal değişimi nasıl tetiklediğinin bir sonucudur. Her bir eylemin uygulanmasından sonra özel araçların hızındaki artışın belirlenmesi için, modal bölünme değerlendirildikten sonra, deterministik bir kullanıcı dengesi kullanarak ortalama bir iş gününde yoğun saatlerde çıkış-varış matrisini yol ağı grafiğine atamak mümkün olmuştur (bu, kısıtlı trafik alanları, araç paylaşımı ve bisiklet paylaşımı için özel araçların hızında değişikliklere yol açmıştır). Toplu taşıma için, tek bir eylemin tek bir yol kesimindeki otobüslerin ticari hızındaki artış üzerindeki etkisi ve ardından tüm ağ için faydaları değerlendirilmiştir (bu, kısıtlı trafik alanı ve ayrılmış otobüs şeritleri için toplu taşıma hızında değişikliklere yol açmıştır).

İkili karşılaştırma matrisleri her gösterge için  $a_{(ij)}$  katsayıları hesaplanarak elde edilmiştir. Örneğin, *ENI* göstergesi için  $a_{A,B}$  katsayısı şuna eşittir:

$$a_{A,B} = \frac{ENI_A}{ENI_B} = \frac{745,48}{22,445.76} = 0.033$$

Bu nedenle matris aşağıdaki şekli almıştır:

|     | A      | B     | C       | D     | E     |
|-----|--------|-------|---------|-------|-------|
| (A) | 1      | 0.033 | 3.725   | 0.325 | 0.096 |
| B   | 30.109 | 1     | 112.147 | 9.773 | 2.891 |
| C   | 0.268  | 0.009 | 1       | 0.087 | 0.026 |
| D   | 3.081  | 0.102 | 11.475  | 1     | 0.296 |
| E   | 10.415 | 0.346 | 38.793  | 3.381 | 1     |

Ardından, özvektör bileşenleri değerlendirilmiştir. Örneğin:

$$v_A = \sqrt[5]{1 * 0.033 * 3.725 * 0.325 * 0.096} = 0.329$$

*ENI* göstergesi için özvektör aşağıdaki şekli almıştır:

$$\begin{pmatrix} 0.329 \\ 9.906 \\ 0.088 \\ 1.014 \\ 3.427 \end{pmatrix}$$

Normalleştirme için özvektör bileşenlerinin toplamı hesaplanmıştır. *ENI* göstergesi için bu değer  $S = 14.764$ 'e eşitti.

Yerel öncelik vektörü  $x_i = v_i/S$  normalleştirme faktörlerinden oluşuyordu. Örneğin ilk normalleştirme faktörü şuna eşitti:

$$x_A = \frac{v_A}{S} = \frac{0.329}{14.764} = 0.022$$

Bu nedenle, *ENI* göstergesi için yerel öncelik vektörü aşağıdaki şekli almıştır:

$$L_{4,ENI} = \begin{pmatrix} 0.022 \\ 0.671 \\ 0.006 \\ 0.069 \\ 0.232 \end{pmatrix}$$

Yerel bir öncelik vektörü, şu ana kadar açıklanan adımlar tekrarlanarak tüm göstergeler için değerlendirilmelidir.

Küresel öncelik vektörünü belirlemek için küresel ağırlıkların değerlendirilmesi gerekliydi. ENI göstergesi ve A eylemi için:

$$G_{4,(EN) (1),A} = G_{(hedef)} * L_{2,Enerji} * L_{3,(EN) (1)} * L_{4,(EN) (1), (A)} = 1 * 0.14 * 1 * 0.022 = 0.003$$

Böylece, her bir göstergenin tüm küresel ağırlıkları A eylemi için değerlendirilmiştir ( $G_{(4), (EN) (1), (A)}$ ,  $G_{4,ENV1,A}$ ,  $G_{4,EC1,A}$ ,  $G_{4,EC2,A}$ ,  $G_{4,EC3,A}$ ,  $G_{4,QL1,A}$ ,  $G_{4,QL2,A}$ ). Bu ağırlıkların toplanmasıyla A eyleminin hedefe ulaşmadaki önemi değerlendirilmiştir.

Bu adımlar tüm eylemler için takip edilmiştir. Böylece Tablo 4'te raporlanan öncelik sıralaması elde edilmiştir. Bu vaka çalışmasında, kısıtlı bir trafik alanının uygulamaya konulması, politika yapıcıların öncelikli olarak uygulaması ve CO<sub>2</sub>emisyollarını ve enerji tüketimini azaltma hedefine ulaşmak için kaynak ayırması gereken en iyi eylem olmuştur.

**Tablo 4.** AHP sürecine dayalı öncelik sırası.

| Rütbe | Açıklama                               | Eylem Kodu |
|-------|----------------------------------------|------------|
| 1     | Kısıtlı trafik alanlarının uygulanması | B          |
| 2     | Ayrılmış otobüs şeritlerinin tanıtımı  | A          |
| 3     | Toplu taşıma filosunun yenilenmesi     | E          |
| 4     | Araç paylaşımının teşvik edilmesi      | D          |
| 5     | Bisiklet paylaşımının teşvik edilmesi  | C          |

## 6. Sonuçlar

Metodolojik yaklaşımın kullanışlılığı, AHP sürecinden elde edilen sıralama ile sadece bir kriter, özellikle de ekonomik kriterler dikkate alınarak elde edilen sıralama karşılaştırılarak daha iyi vurgulanabilir. Tablo 5 sıralamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

**Tablo 5.** Tek göstergeye veya bunların kombinasyonuna dayalı eylemler için sıralamaların karşılaştırılması.

| Rütbe | Göstergeye Dayalı Öncelik EUR/toe | Tasarruf Edilen Enerjiye Dayalı Öncelik | CO <sub>2</sub> Emisyonların a Dayalı Öncelik Kaçınıldı | AHP Metodolojisine Dayalı Önceliklendirme |
|-------|-----------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1     | B                                 | B                                       | B                                                       | B                                         |
| 2     | A                                 | E                                       | E                                                       | A                                         |
| 3     | D                                 | D                                       | D                                                       | E                                         |
| 4     | E                                 | A                                       | A                                                       | D                                         |
| 5     | C                                 | C                                       | C                                                       | C                                         |

Dikkat edileceği üzere, dört sıralama ilk ve son sıralarda farklılık göstermemiştir. Kısıtlı trafik alanı her zaman ilk sırada yer almıştır çünkü toplu taşımanın ve artık kapasitenin yeterince kullanılmadığı sıkışık bir şehri vaka çalışması olarak ele aldık. Sadece ekonomik göstergeye dayalı sıralamada, araç paylaşım hizmetinin sunulması, filonun yenilenmesini geride bırakarak AHP metodolojisine dayalı sıralamadan daha yüksek bir konum elde etmiştir. Öte yandan, sadece önlenen CO<sub>2</sub>ve enerji tasarrufu açısından faydalar dikkate alınsaydı, merkezi sıralamalar çok farklı olurdu; filonun yenilenmesi ikinci sırada, araç paylaşımı üçüncü sırada ve ayrılmış otobüs şeritlerinin devreye sokulması dördüncü sırada yer alırdı.

Bu nedenle, AHP metodolojisi farklı kriterlerin dikkate alınmasını mümkün kılar ve paydaşların rolünü temel hale getirir; kullanılacak göstergelere ve göstergelere ve kriterlere atanacak ağırlıklara karar vererek, paydaşlar en uygun çözümü en iyi şekilde bulabilirler.

Ancak, paydaşlar yeterli sayıda olmalı ve kişisel rahatlık için bir eylem yerine diğerini tercih etmeyi amaçlayan oyları dışlayabilmek için uzmanlık ve bağlılık alanlarına göre çeşitlendirilmelidir.

Bu nedenle, ilgili tüm paydaş kategorilerini dahil etmek amacıyla paydaşların seçimi için iyi oluşturulmuş bir prosedür değerlendirilmelidir. Ayrıca, kullanılan göstergelerin seçimi doğrudan ilgili paydaşlara bağlıdır. Paydaşlar, bağlantıları nedeniyle temel olarak teknik göstergeler önerebilirler: aslında, ulaşım hizmetlerinin yönetimi ve sağlanmasında yer alan şirketlerin temsilcileri olabilirler. Bu nedenle, kar amacı gütmeyen kuruluşlar ve vatandaş örgütleri de, sosyal konularla ilgili yaşam kalitesi göstergeleri gibi teknik olmayan göstergeleri uygun bir şekilde dahil etmek için karar sürecine dahil edilmelidir.

Açıkçası, hibrit AHP yöntemini kullanarak elde ettiğimiz sıralama doğrudan vaka çalışmasına dahil olan paydaşların gösterge ve ağırlık seçiminden kaynaklanmaktadır. Eğer başka göstergeler eklenseydi ya da tartışma sonucunda başka ağırlıklar ortaya çıksaydı, sıralama çok farklı olurdu. Bu nedenle, göstergelere ve ağırlıklara karar verme aşaması çok hassastır ve dengeli ve rasyonel bir karar elde etmek için ulaştırma sektöründen uzmanların sürece dahil edilmesi gerekmektedir.

Paydaşların kriter seçimlerinin ve alt kriter ağırlıklarının nihai sıralama üzerindeki etkisini daha iyi açıklamak için bir analiz daha yapılmıştır. Orijinal sıralama, paydaşların farklı ağırlıklar atadığı varsayılan iki varsayımsal senaryo ile karşılaştırılmıştır. Özellikle, birinci senaryoda (yeşil odaklı senaryo), paydaşların enerji ve çevre kriterlerine daha yüksek ağırlıklar atfettiği, ekonomi ve yaşam kalitesi kriterleri için daha az gösterge seçtiği varsayılmıştır (*EC1* ve *Q1* göstergeleri kaldırılmıştır). Bu senaryoda *EN1*, *ENV1*, *EC2*, *EC3* ve *QL2* için ağırlıklar sırasıyla 1.00, 1.00, 0.50, 0.50 ve 1.00 olmuştur.

İkinci senaryoda (maliyet tasarrufu senaryosu), paydaşların yatırım maliyetleri (*EC1*) ve araç hızı (*Q1*) ile ilgili göstergelere daha yüksek ağırlıklar atfettiği varsayılmış ve dikkate alınan gösterge sayısı değişmemiştir. Bu senaryoda *EN1*, *ENV1*, *EC1*, *EC2*, *EC3*, *QL1* ve *QL2* için ağırlıklar 1,00, 1,00, 0,90, 0,05, 0,05, 0,75 ve 0,25 olarak belirlenmiştir, sırasıyla.

Tablo 6, dikkate alınan senaryolar için elde edilen sıralamaların bir karşılaştırmasını göstermektedir. Toplu taşıma filosunun yenilenmesi ve araç paylaşımının teşvik edilmesinin yeşil odaklı senaryoda konum kazandığı, bisiklet paylaşımının ise maliyet tasarrufu senaryosunda araç paylaşımından daha iyi bir sıralamaya sahip olduğu görülebilir.

**Tablo 6.** Dikkate alınan senaryolar için sıralamalar arasında karşılaştırma.

| <b>Sıra</b> | <b>Öncelik Temelinde<br/>Orijinal Senaryo</b> | <b>Öncelik Temelinde<br/>Yeşil Odaklı Senaryo</b> | <b>Öncelik Temelinde<br/>Maliyet Tasarrufu<br/>Senaryosu</b> |
|-------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 1           | B                                             | B                                                 | B                                                            |
| 2           | A                                             | E                                                 | A                                                            |
| 3           | E                                             | D                                                 | E                                                            |
| 4           | D                                             | A                                                 | C                                                            |
| 5           | C                                             | C                                                 | D                                                            |

## 7. Sonuçlar

Bir SECAP geliştirme sürecine dahil olduklarında, yerel yönetimler önemli bir zorlukla karşı karşıya kalırlar: Belediye Başkanları Sözleşmesi tarafından belirlenen hedeflere ulaşmak için uygulanacak en iyi eylemleri seçmeleri gerekir. Olası eylemlerin yelpazesi geniş ve ekonomik kaynaklar sınırlıdır. Hedeflere ulaşmada hangi müdahalelerin en etkili olduğunu ve kaynakların nereye tahsis edileceğini belirlemek, öncelikli eylemleri değerlendirmek anlamına gelir. Bunu yapmak için, enerji, çevresel, ekonomik ve sosyal etkileri göz önünde bulundurarak olası politikaları karşılaştırmayı mümkün kılan bir yöntem önerdik.

Bu yöntem, alternatif eylemleri karşılaştırmak için kriterleri ve alt kriterleri seçen ve bunlara ağırlıklar atayan paydaşların temel bir rol oynadığı hibrit bir AHP yaklaşımına dayanmaktadır. Aslında, paydaşların katılımı SECAP'ların geliştirilmesinin temel dayanaklarından biridir.

Çeşitli MCDA yöntemleri arasında bu yöntemi kamu yönetimi için önerdik çünkü özdeğerlere dayalı analitik yapısı sayesinde kullanım kolaylığı ile biçimsel titizliği bir araya getirmekte ve basit bir elektronik tablo aracılığıyla önerilen çeşitli eylemlerin içsel olarak karşılaştırılmasına olanak sağlamaktadır: bu nedenle, bu alanda uzman olmayanlar da dahil olmak üzere herkes bu yöntemi kullanabilir. Gerçekten de literatürde, Alkharabsheh ve diğerlerinin [31] çalışması gibi, AHP yönteminin sınırlamalarının üstesinden gelmeyi mümkün kılan başka yöntemler öneren birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak, bu yöntemler genellikle daha fazla hesaplama karmaşıklığı içermektedir; burada önerilen hibrit AHP yöntemi hesaplama açısından daha az karmaşıktır ve kamu yöneticileri tarafından kullanımını kolaylaştırmaktadır.

Giaccone ve diğerleri [23] tarafından kullanılan yöntemi, önemli bir yenilik olan yaşam kalitesi kriterini de dahil ederek geliştirdik. Bu şekilde, eylemlerin uygulanmasından kaynaklanan sosyal içerikli konular ve faydalar da dikkate alınmıştır.

Alternatif eylemleri karşılaştırmak için nicel göstergeler kullanılarak ve geleneksel AHP yönteminin gerektirdiği Saaty ölçeği kullanılmadan hibrit bir AHP yöntemi geliştirilmiştir. Bu nedenle, uzman paydaşlar kriterlerin ve alt kriterlerin seçimine ve bunlar için ağırlıkların tanımlanmasına dahil edilmiştir; ancak alt kriterler, CBS tabanlı araçlar gibi ölçümler veya simülasyon araçları kullanılarak değerlendirilebilecek nicel göstergelerdir.

Bu şekilde, geleneksel AHP metodolojisinin bir sınırlaması aşılmıştır: eylemler arasındaki ikili karşılaştırmalar uzmanların öznel yargılarına dayanmamaktadır ve yargıların tutarlılığının kontrol edilmesi gerekmemektedir. Aynı zamanda, paydaşların temel rolü, bu göstergeler için ağırlık seçimiyle garanti altına alınmıştır.

Ayrıca, İtalyan mevzuatı, şehirlerin "Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planları"na ait bazı nicel göstergeleri ölçmelerini ve bu göstergelerin izlenmesini gerektirmektedir. Dolayısıyla, hibrit AHP yöntemi, halihazırda ellerinde bulunan göstergeleri doğrudan kullanabildiği için belediye yönetimleri tarafından uygulanabilecek kolay bir aracı temsil edebilir.

Yöntem aynı zamanda farklı kentsel bağlamlara da uyarlanabilir, çünkü uygun göstergeler tartışma sırasında paydaşlar tarafından enerji tüketicileri, emisyon kaynakları, emisyon azaltma hedefleri ve parasal fonlar dikkate alınarak seçilebilir.

Ayrıca, bir SECAP tarafından tanımlanacak eylemler ulaşım, inşaat sektörü veya atık gibi farklı sektörlerle ilgili olabilir. Burada sunulan hibrit AHP yöntemi, nicel göstergeler kullanarak çok farklı eylemleri karşılaştırmayı mümkün kılmakta ve farklı sektörlerle ilişkili eylemlerin daha kolay ve daha objektif bir şekilde ikili olarak karşılaştırılmasına yol açmaktadır.

AHP yaklaşımının geçerliliğini göstermek için bir vaka çalışması sunulmuştur. Bu vaka çalışmasında, yerel yetkililer SECAP'a dahil edilmek üzere beş olası eylemi karşılaştırmak istemiştir: şehrin sıkışık bir bölgesinde ayrılmış otobüs şeritlerinin uygulamaya konulması, şehir merkezinde trafiğe kapalı bir alanın uygulanması, rıhtım tabanlı bir bisiklet paylaşım hizmetinin uygulamaya konulması, istasyon tabanlı bir araç paylaşım hizmetinin uygulamaya konulması ve otobüs filosunun yenilenmesi. AHP yöntemi gibi çok kriterli bir yaklaşımın, sadece bir kriter dikkate alındığında belirlenen sıralamalardan çok farklı bir eylem sıralamasına yol açtığını gördük. Gerçekten de, dört sıralama ilk ve son sıraların atanmasında farklılık gösterme de, toplu taşıma filosunun yenilenmesi, AHP yöntemi kullanılarak, EUR/toe göstergesine dayalı öncelik dikkate alındığında araç paylaşım hizmetinin başlatılmasının sahip olduğu sıralamaya kıyasla daha iyi bir sıralamaya sahip olmuştur. Bu durum, SECAP'ın geliştirilmesi sırasında ulaşım ile ilgili kararlarda birden fazla kriterin dikkate alınmasının önemini göstermektedir.

Yöntemin uygulanabilmesi için, ikili karşılaştırmalarda yer alan eylem ve politikaların tasarlanması gerekmektedir. Dolayısıyla, bu makale CBS'lerin bu politikaların birçoğunu tasarlamak ve etkilerini tahmin etmek için nasıl kullanılabilecek geçerli araçlar olduğunu da göstermiştir.

Bu nedenle, AHP yöntemi ve CBS'ler SECAP'ların geliştirilmesi sırasında yararlı araçlardır.

Gelecekteki çalışmalar, metodolojinin diğer sektörler uygulanmasına odaklanmalıdır. Aslında bu metodoloji, atık veya bina sektörleri gibi CO<sub>2</sub> emisyonlarının ve enerji tüketiminin üretilmesinde rol oynayan diğer sektörler de genişletilebilir. Bu şekilde, yerel yönetimler farklı sektörler için çok farklı eylemleri birbirleriyle karşılaştırabilecektir.

**Yazar Katkıları:** Kavramsallaştırma, M.M. ve G.R.; metodoloji, G.P., G.R., M.M. ve G.D.; yazılım, G.D.; doğrulama, G.P.; resmi analiz, G.D.; araştırma, G.D.; kaynaklar, G.D.; veri küratörlüğü, G.D.; yazı-oriijinal taslak hazırlama, G.D.; yazı-inceleme ve düzenleme, M.M. ve G.R.; görselleştirme, G.D.; gözetim, M.M. ve G.R.; proje yönetimi, G.R. ve M.M.; fon sağlama, G.R. ve M.M. Tüm yazarlar makalenin yayınlanan versiyonunu okumuş ve kabul etmiştir.

**Finansman:** Bu çalışma 201594LT3F numaralı "SEAP için Araştırma: Belediye Başkanları Sözleşmesine katılan belediyeler için bir platform" ve 20174ARRHT numaralı "WEAKI TRANSIT: WEAK-demand areas Innovative TRANsport Shared services for Italian Towns" araştırma projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. İtalya Eğitim, Üniversite ve Araştırma Bakanlığı'nın Programmi di Ricerca Scientifica di Rilevante Interesse Nazionale (PRIN) tarafından finanse edilmiştir. Bu araştırma ayrıca Avrupa Birliği-FESR veya FSE, 2014-2020-DM 1062/2021 Araştırma ve Yenilik Ulusal Operasyonel Programı (NOP) tarafından da finanse edilmiştir.

**Kurumsal İnceleme Kurulu Beyanı:** Geçerli değil.

**Bilgilendirilmiş Onam Beyanı:** Geçerli değil.

**Veri Kullanılabilirlik Beyanı:** Geçerli değil.

**Çıkar Çatışmaları:** Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması beyan etmemektedir.

## Referanslar

1. Birleşmiş Milletler Çevre Programı. Uyum Açığı Raporu 2022: Çok Az, Çok Yavaş-İklim Uyumdaki Başarısızlık Dünyayı Riske Atıyor. Nairobi. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://www.unep.org/adaptation-gap-report-2022> (13 Şubat 2023 tarihinde erişilmiştir).
2. Pörtner, H.-O.; Roberts, D.C.; Tignor, M.; Poloczanska, E.S.; Minterbeck, K.; Alegría, A.; Craig, M.; Langsdorf, S.; Löschke, S.; Möller, V.; ve diğerleri (Eds.) *İklim Değişikliği 2022: Etkiler, Uyum ve Kırılabilirlik. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Altıncı Değerlendirme Raporuna Çalışma Grubu II'nin Katkısı*; Cambridge University Press: Cambridge, UK; New York, NY, USA, 2022; pp. 3-33. [CrossRef]
3. Chu, H.; Yang, J.Z. İklim değişikliğini şimdi ve burada ele almak - Psikolojik mesafe ile ideolojik kutuplaşmayı hafifletmek. *Glob. Environ. Chang.* **2018**, *53*, 174-181. [CrossRef]
4. Wang, C.; Geng, L.; Rodriguez-Casallas, J.D. Daha yüksek iklim değişikliği risk algısı daha az iklim değişikliğini nasıl ve ne zaman teşvik eder eylemsizlik. *J. Clean. Prod.* **2021**, *321*, 128952. [CrossRef]
5. Mi, Z.; Guan, D.; Liu, Z.; Liu, J.; Viguié, V.; Fromer, N.; Wang, Y. Şehirler: İklim değişikliği azaltımının çekirdeği. *J. Clean. Prod.* **2019**, *207*, 582-589. [CrossRef]
6. Birleşmiş Milletler, Ekonomik ve Sosyal İşler Dairesi, Nüfus Bölümü. *Dünya Kentleşme Beklentileri: 2018 Revizyonu*; Birleşmiş Milletler: New York, NY, ABD, 2018.
7. Obringer, R.; Nateghi, R. Antroposen'de bir şehri 'akıllı' yapan nedir? İklim değişikliği altında akıllı şehirler üzerine eleştirel bir inceleme. *Sürdürmek. Şehirler Soc.* **2021**, *75*, 103278. [CrossRef]
8. Cinocca, A.; Santini, F.; Cipollone, R. Kamu Yönetimini desteklemek üzere Sürdürülebilir Enerji Eylem Planları için izleme metodolojileri ve araçları. *Energy Procedia* **2018**, *148*, 758-765. [CrossRef]
9. D'Orso, G.; Migliore, M.; Peri, G.; Rizzo, G. SECAP'lar çerçevesinde ulaştırma sektöründeki eylemlerin önceliklendirilmesi için AHP metodolojisinin kullanılması. İçinde 2020 IEEE Uluslararası Çevre ve Elektrik Mühendisliği Konferansı Bildirileri ve 2020 IEEE Endüstriyel ve Ticari Güç Sistemleri Avrupa, IEEEIC/IEECPs Avrupa 2020, Madrid, İspanya, 9-12 Haziran 2020. [CrossRef]
10. Marinakis, V.; Papadopoulos, A.; Siskos, J.; Psarras, J. Sürdürülebilir enerji toplulukları: Yerel ve bölgesel paydaşların desteklenmesi için metodolojik bir çerçeve. Enerji Kaynakları ve Sistemlerinin Yönetimi. Hellenic Operational Research Society (HELORS) 23. Ulusal Konferansı Bildiriler Kitabı, Atina, Yunanistan, 12-14 Eylül 2012.
11. Marinakis, V.; Doukas, H.; Xidonas, P.; Zopounidis, C. Yerel enerji planlamasında çok kriterli karar desteği: Sürdürülebilir Enerji Eylem Planı için alternatif senaryolarının değerlendirilmesi. *Omega* **2017**, *69*, 1-16. [CrossRef]
12. Jakobsone, A.; Delgado Marín, J.P.; Martins, S.; Rosa, M.; Kamenders, A. SEAP'tan SECAP'a yükseltme: 6 Avrupa ülkesinin deneyimi Belediyeler. *Çevre. İklim. Technol.* **2021**, *25*, 254-256. [CrossRef]
13. Saaty, T.L. *The analytic Hierarchy Process*; McGraw-Hill: New York, NY, ABD, 1980.

14. Saaty, T.L. Nasıl karar verilir? Analitik hiyerarşi süreci. *Eur. J. Oper. Res.* **1990**, *48*, 9-26. [CrossRef]
15. Baric', D.; Pilko, H.; Strujic', J. Yol kesiti tasarımı değerlendirme için bir analitik hiyerarşi süreci modeli. *Taşımacılık* **2016**, *31*, 312-321. [CrossRef]
16. Awasthi, A.; Chauhan, S.S. Sürdürülebilir ulaşım çözümlerini değerlendirmek için AHP ve Dempster-Shafer teorisinin kullanılması. *Environ. Model. Softw.* **2011**, *26*, 787-796. [CrossRef]
17. Ignaccolo, M.; Inturri, G.; García-Melón, M.; Giuffrida, N.; Le Pira, M.; Torrisi, V. Analitik Hiyerarşi Sürecinin (AHP) Birleştirilmesi Karmaşık ulaştırma kararlarında paydaş katılımı için rol yapma oyunları ile. *Transp. Res. Procedia* **2017**, *27*, 500-507. [CrossRef]
18. Melese, T.; Belay, T. Bir körfez olan muga havzasında analitik hiyerarşi süreci ve CBS kullanılarak yeraltı suyu potansiyel bölgesi haritalaması havza, Ehtiopia. *Glob. Chall.* **2021**, *6*, 2100068. [CrossRef] [PubMed]
19. Saranya, T.; Saravanan, S. Analitik hiyerarşi süreci (AHP) ve CBS kullanılarak kancheep- uram bölgesi, Tamilnadu, Hindistan için yeraltı suyu potansiyel bölge haritalaması. *Model. Toprak Sist. Environ.* **2020**, *6*, 1105-1122. [CrossRef]
20. Aidinidou, M.T.; Kaparis, K.; Georgiou, A.C. sürdürülebilirlik boyutlarına ve bir mekânsal/değer AHP-GIS sistemine dayalı olarak taşkın azaltma projelerinin analizi, önceliklendirilmesi ve stratejik planlaması. *Uzman Sist. App.* **2023**, *211*, 118566. [CrossRef]
21. Kamdar, I.; Ali, S.; Bennui, A.; Techato, K.; Jutidamrongphan, W. Entegre bir CBS-AHP yaklaşımı kullanılarak belediye katı atık depolama sahası yer seçimi: Songkhla, Tayland'dan bir vaka çalışması. *Kaynak. Conserv. Recycl.* **2019**, *149*, 220-235. [CrossRef]
22. Oswald Beiler, M.R.; Treat, C. Sürdürülebilirlik Ölçütlerini Kullanarak Ulaşım Altyapısını Önceliklendirmek için CBS ve AHP'nin Entegrasyonu. *J. Infrastruct. Syst.* **2015**, *21*, 04014053. [CrossRef]
23. Giaccone, A.; Lascari, G.; Peri, G.; Rizzo, G. Bir konut sektörünün enerji ana planının paydaşların tercihlerine dayalı bir ex-post eleştirisi: Sicilya bölgesi vaka çalışması. *Energy Effic.* **2017**, *10*, 129-149. [CrossRef]
24. Delgado Marín, J.P.; Meseguer, P. Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planlarının Hazırlanması Kılavuzu 2019. Mevcut çevrimiçi: <https://lifeadaptate.eu/wp-content/uploads/LIFE-Adaptate-SECAP-Guide-1.pdf> (13 Şubat 2023 tarihinde erişilmiştir).
25. D'Orso, G.; Migliore, M. İstasyon Bazlı Tek Yönlü Araç Paylaşım Hizmetlerinin Tasarlanması için Bütünsel CBS Tabanlı Bir Yaklaşım: Bir vaka çalışması Palermo, İtalya. (yayınlanmamış çalışma).
26. Migliore, M.; D'Orso, G. Palermo'da araç paylaşımının mevcut ve gelecekteki rolü: Toplanan verilerin analizi ve bir müşteri memnuniyeti anketinin sonuçları. İçinde 2018 IEEE Uluslararası Çevre ve Elektrik Mühendisliği Konferansı ve 2018 IEEE Endüstriyel ve Ticari Güç Sistemleri Avrupa Bildirileri, IEEEIC/I ve CPS Europe 2018, Palermo, İtalya, 12-15 Haziran 2018. [CrossRef]
27. Capodici, A.E.; D'Orso, G.; Migliore, M. Bisiklet ve Raylı Ulaşım Sistemleri Arasında Çok Modlu Taşımacılıktaki Artışın Değerlendirilmesi için CBS Tabanlı Bir Metodoloji. Palermo'da Bir Vaka Çalışması. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* **2021**, *10*, 321. [CrossRef]
28. Migliore, M.; D'Orso, G.; Capodici, A.E. Okula bisikletle gitmeyi teşvik etmek için Go2School projesi: Palermo'da bir vaka çalışması. *Temiz. Sorumlu Tüketim.* **2021**, *2*, 100019. [CrossRef]
29. D'Orso, G.; Migliore, M. Bir yaya çevresinin yürünebilirliğini değerlendirmek ve yatırımlarını önceliklendirmek için CBS tabanlı bir yöntem. *J. Transp. Geogr.* **2020**, *82*, 102555. [CrossRef]
30. Migliore, M.; D'Orso, G.; Caminiti, D. Araç paylaşımının çevresel faydaları: Palermo örneği. *Transp. Araştırma Prosedürü* **2020**, *48*, 2127-2139. [CrossRef]
31. Alkharabsheh, A.; Moslem, S.; Oubahman, L.; Duleba, S. Kentsel Toplu Taşıma Sistemlerinin Değerlendirilmesi için Çok Kriterli Karar Verme ve Gri Teorinin Bütünleşik Bir Yaklaşımı. *Sürdürülebilirlik* **2021**, *13*, 2740. [CrossRef]

**Sorumluluk Reddi/Yayıncının Notu:** Tüm yayınlarda yer alan ifadeler, görüşler ve veriler yalnızca yazar(lar)a ve katkıda bulunan(lar)a aittir, MDPI ve/veya editör(ler)e ait değildir. MDPI ve/veya editör(ler), içerikte atıfta bulunulan herhangi bir fikir, yöntem, talimat veya üründen kaynaklanan insanlara veya mallara gelebilecek herhangi bir zarar için sorumluluk kabul etmez.