



Cost effective design decision model for sustainable building renewal

Seda Serbest Yenidünya*^{ID}, Sevgül Limoncu^{ID}

Department of Architecture, Faculty of Architecture, Yıldız Technical University, 34349, Istanbul, Türkiye

Highlights:

- Sustainability criteria for building renewal in local context
- Analytic network process for selection between design alternatives
- Case study to test the proposed model

Keywords:

- Sustainability
- Built environment
- Cost effective
- Building renewal
- Sustainability criteria

Article Info:

Research Article
Received: 18.05.2023
Accepted: 05.03.2024

DOI:

10.17341/gazimmfd.1294986

Correspondence:

Author: Seda Serbest
Yenidünya
e-mail:
sserbest@yildiz.edu.tr
phone: +90 212 383 2617

Graphical/Tabular Abstract

In this study a network model was proposed to find the most appropriate alternative for cost effective sustainable building renewal. The criteria obtained by meta-analysis were eliminated according to the local context with expert panel and expert survey. The model contains 16 criteria in six clusters. The network model in Figure A shows the interactions and feedback for each cluster. The model is tested with a case study including three design alternatives.

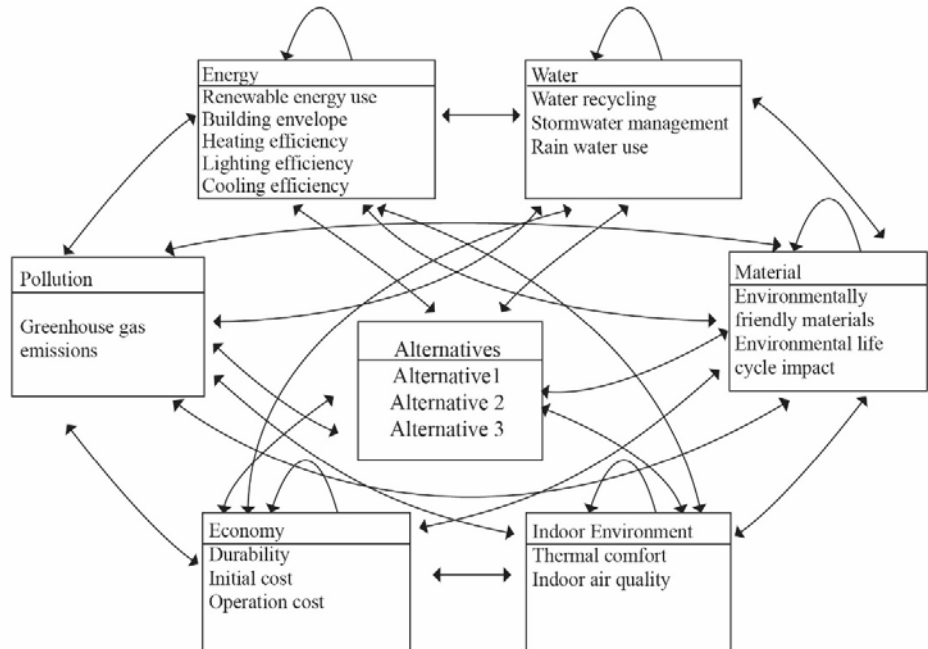


Figure A. Network model of cost effective design decision model for sustainable building renewal

Purpose: The study aims to develop a cost effective decision model for contractor firms in the design phase of building renewal at parcel scale dealing with all pillars of sustainability in accordance with the local conditions.

Theory and Methods: Sustainability criteria that was determined by a systematic literature review and meta-analysis were analyzed by an expert panel, and the most important criteria for renewal applications in Turkey were determined. Afterwards, the criteria that most affect the initial cost were defined by an expert survey and a network model was created using the analytical network process. Finally, the model was tested with a case study.

Results: The design alternative which has a lower thermal transmittance value, uses partially renewable energy, is environment-friendly on material selection, and includes systems for reducing water use has been evaluated as the most appropriate alternative for sustainable building renewal.

Conclusion: Cost-effective design decision is carried out with the subjective judgments of the decision makers with the proposed model considering sustainability criteria and the conditions of building renewal at the parcel scale. Sustainability principles will be included in the design phase of construction by contractors and the cost barrier, which is seen as the biggest obstacle in sustainable buildings, can be overcome.



Sürdürülebilir bina yenilemeye ilişkin maliyet etkin tasarım karar modeli

Seda Serbest Yenidünya*^{ID}, Sevgül Limoncu^{ID}

Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34349, Beşiktaş, İstanbul, Türkiye

ÖNEÇIKANLAR

- Bina yenileme için yerel sürdürülebilirlik ölçütleri
- Tasarım alternatifleri arasında seçim için analitik ağ süreci
- Önerilen modelin test edilmesi için örnek çalışma

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 18.05.2023

Kabul: 05.03.2024

DOI:

10.17341/gazimmfd.1294986

Anahtar Kelimeler:

Yapılı çevrede sürdürülebilirlik, maliyet etkin, bina yenileme, sürdürülebilirlik ölçütleri.

ÖZ

Kentsel dönüşüm çalışmaları, kentlerde deprem güvenliği ile birlikte birçok farklı iyileştirmenin de yapılabilmesi için fırsat oluşturmaktadır. Türkiye’de kentsel dönüşüm uygulamalarının bir türü olarak görülen parsel ölçeğinde bina yenileme, tekil olarak gerçekleştirilen projelerin sayılarının çokluğu nedeniyle kent genelinde oldukça geniş bir alanda etki yaratmaktadır. Sürdürülebilirlik kavramı, yapı sektöründe özellikle binaların enerji, malzeme ve su tüketimlerinin yüksek olması ve atık üretimi ve sera gazı salımında binaların büyük pay sahibi olması nedeniyle önem kazanmaktadır. Kentsel dönüşüm uygulamalarının, yerel koşullara uygun ve yasal gereklilikler doğrultusunda oluşturulan, çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik ilkelerini sağlamayı amaçlayan yöntemler kullanılarak uygulanması yapılı çevrede sürdürülebilirlik açısından gerekli görülmektedir. Çalışmanın amacı, Türkiye’de parsel ölçeğinde bina yenileme uygulamalarının koşullarına uygun, sürdürülebilirliğin üç bileşeni kapsayan, yüklenici firmalar için konut yapılarının tasarım sürecinde maliyeti göz önüne alarak sürdürülebilirliği maliyet etkin olarak sağlayacak bir karar modeli geliştirmektir. Bu doğrultuda çalışmada öncelikle, Delphi tekniği ile uzman paneli oluşturulmuş, daha sonra bir uzman anketi uygulanmış ve analitik ağ süreci ile karar verme modeli kurgulanmıştır. Çalışmanın son aşamasında oluşturulan model kurgusu bir örnek çalışma ile test edilmiştir. Örnek çalışma sonucunda, ısı geçirgenlik değeri diğer seçeneklerden daha düşük olan, yenilenebilir enerji kullanabilen, duyarlı malzeme seçimleri yapılmış ve su kullanımının azaltılmasını sağlayan sistemlerin yer aldığı bir tasarım seçeneği katılımcılar tarafından en uygun seçenek olarak belirlenmiştir.

Cost effective design decision model for sustainable building renewal

HIGHLIGHTS

Article Info

Research Article

Received: 18.05.2023

Accepted: 05.03.2024

DOI:

10.17341/gazimmfd.1294986

Keywords:

Sustainability in the built environment, cost effective, building renewal, sustainability criteria

ABSTRACT

Urban regeneration practices create an opportunity to make many different improvements in cities along with earthquake safety. Building renewal at parcel scale, which is seen as a type of urban regeneration practices in Turkey, has an impact on a wide area throughout the city due to the large number of individual projects. The concept of sustainability gains importance in the construction sector, especially because of the high energy, material and water consumption of buildings, and the large share of buildings in waste generation and greenhouse gas emissions. Implementation of urban regeneration practices by using methods that are suitable for local conditions, created in line with legal requirements and providing environmental, economic and social sustainability principles are considered necessary in terms of sustainability in the built environment. The aim of the study is to develop a decision model for the design process of residential building renewal that complies with the conditions of parcel-scale building renewal practices in Turkey, covers the three components of sustainability, and provides sustainability cost-effectively by evaluating the cost. In this context, firstly, an expert panel was formed with the Delphi technique, then an expert questionnaire was applied and a decision-making model was constructed with the analytical network process. The model setup created at the last stage of the study was tested with a case study. As a result of the case study, a design alternative that has a lower thermal permeability value than other alternatives, uses renewable energy, has low-impact materials, and has systems that reduce water use was determined as the most suitable alternative by the participants.

*Sorumlu Yazar/Yazarlar / Corresponding Author/Authors : *sserbest@yildiz.edu.tr, tuncel@yildiz.edu.tr / Tel: +90 212 383 2617

1. Giriş (Introduction)

Kentlerde ekonomik, sosyal, fiziksel ihtiyaçlar ve afetler nedeniyle ihtiyaç duyulan yenileme, dönüşüm ve iyileştirme amacıyla gerçekleştirilen kentsel dönüşüm, sosyal ortamı iyileştirirken çevresel sorunları çözmeyi ve ekonomik kalkınma sağlamayı hedeflemektedir [1]. Türkiye’de 1980’lerden başlayarak farklı kanun ve yönetmelikler ile geliştirilen ve kentin ihtiyaçlarına uygun hale getirilmeye çalışılan kentsel dönüşüm çalışmaları, 2000’li yıllarda ekonomideki hareketlilik, iş olanaklarının oluşturulabilmesi ve hızlanan rekabet ile birlikte küreselleşmenin de bir sonucu olarak artış göstermiştir [2]. Ülke genelinde kentsel dönüşüm çalışmaları 2012 yılında yürürlüğe giren 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun ile hız kazanmıştır. Kanun’un amacı “afet riski altındaki alanlar ile bu alanlar dışındaki riskli yapıların bulunduğu arsa ve arazilerde, fen ve sanat norm ve standartlarına uygun, sağlıklı ve güvenli yaşama çevrelerini teşkil etmek üzere iyileştirme, tasfiye ve yenilemelere dair usul ve esasları belirlemek” olarak yayımlanmıştır [3]. Ancak Kanun, net olmayan uygulama alanları ve bunun bir sonucu olarak rant üretimini desteklemesi nedeniyle eleştirilmektedir [4].

Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun’da yapılan riskli yapı tanımı sonucunda kentsel dönüşüm kapsamında gerçekleştirilen parsel ölçeğinde yenileme çalışmaları ‘parsel ölçeğinde bina yenileme’ olarak tanımlanmaktadır. Bu uygulamalar kent genelinde incelendiğinde oldukça büyük bir alanda etkili oldukları görülmektedir. Parsel ölçeğinde üretilen bu projelerin tekil olarak ele alınması, üst ölçekteki etkilerinin düşünülmemesi ve kent bütününe bir parçası olarak görülmemesi sonucunu doğurmaktadır. Dünyada tartışılan sürdürülebilirlik kavramı ile enerji tüketimi, salımlar, kaynakların sonlu olması, çevre kirliliği ve iklim değişikliği konuları önem kazanmıştır. Yapı sektörünün temiz suyun altında birini ve hammaddelerin %40’ını tüketmesi nedeniyle kaynakların tükenmesindeki payı büyüktür [5]. Bu doğrultuda sürdürülebilirlik ölçütlerinin yapı çevreinde uygulanması yapı sektörü açısından önem kazanmaktadır.

Parsel ölçeğinde bina yenileme, genellikle küçük ölçekli yüklenici firmalar tarafından, özellikle konut yapıları için uygulanmaktadır. Yapının tasarım sürecinde yıkım, tasarım, yapım, kullanım ve yıkım-söküm süreçlerini etkileyecek kararlar yüklenicilerin küçük ölçekli firmalar olmaları ve bunun yol açtığı finansal sınırlılıklar nedeniyle ekonomik ölçütler doğrultusunda alınmaktadır. Üretimi yap-sat yöntemiyle gerçekleştirilen konut binalarında yüklenicinin sorumluluğu özellikle kendisine ait konut birimlerinin satışı gerçekleşikten sonra sona ermektedir. Bu nedenle, binanın kullanım süreci ile ilişkili konular yüklenici firma açısından dikkate alınmamaktadır. Tasarım kararları, kullanım evresine ilişkin etkileri olsa bile maliyet göz önünde tutularak alınmaktadır. Bina yenilemenin yaşam döngüsünde sürdürülebilirlik konusu yüklenicilerin kapsamı dışında kalmaktadır. Bu durum binaların sürdürülebilirliği konusunda

sorunlar yaratmakta, bozulan toprak yapısı, artan bina yükseklikleri ile iklimsel sorunlar, mahallelerde değişen ölçek ve doku, yetersiz altyapı, sosyal yapıda farklılaşma gibi olumsuzluklara yol açmaktadır (Şekil 1). Bu nedenle, bina yenilemede enerji ve kaynakların korunması, farklı ölçeklerdeki ekonomik koşulların iyileştirilmesi ve şehirlerin daha yaşanılır hale gelmesi için farklı bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmaktadır.

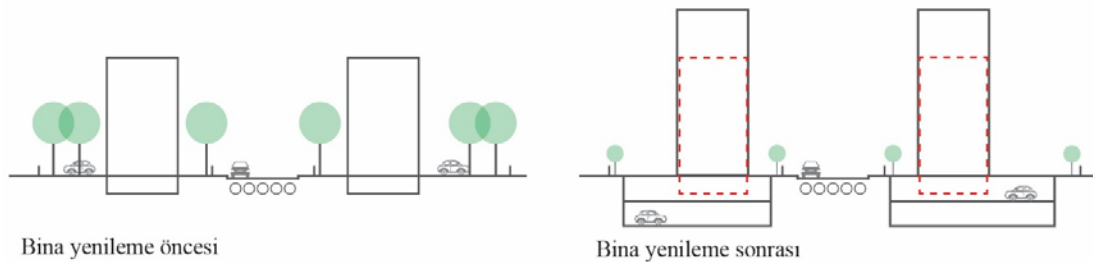
Sürdürülebilirlik ilkeleri projenin başlangıcından itibaren göz önüne alınırsa bina yenileme uygulamalarının neden olduğu çevresel, sosyal ve ekonomik sorunların büyük bölümü çözülebilir. Sürdürülebilir bina uygulamaları için görülen başlıca engeller, yüksek maliyet, müşterilerden talep eksikliği ve yasal gerekliliklerin yetersizliği olarak görülmektedir [6]. Bu engellere ek olarak, Türkiye’de sürdürülebilirlik kavramının görece yeni olması ve henüz yeterince gelişmemiş olan sürdürülebilirlik bilinci uygulamalar için sorun oluşturmaktadır.

Çalışmanın amacı, Türkiye’de parsel ölçeğinde bina yenileme koşullarında sürdürülebilirliği üç bileşeniyle ele alan, konut yapılarının tasarım evresinde maliyeti ele alarak yüklenici firmalar için sürdürülebilirliği maliyet etkin olarak sağlayacak bir karar modeli geliştirmektir. Ek olarak, maliyetin bina yenileme uygulamalarındaki rolünün değerlendirilmesi, sürdürülebilirlik ölçütlerinin analiz edilerek maliyeti etkileyen ölçütlerin belirlenmesi çalışmanın amaçları arasındadır. Bu doğrultuda, çalışmanın ilk aşamasında belirlenmiş olan sürdürülebilirlik ölçütleri bir uzman paneli tarafından değerlendirilmiş, Türkiye’de gerçekleştirilen bina yenileme uygulamaları için en önemli görülen ölçütler belirlenmiştir. Bir sonraki aşamada, ölçütlerin ilk yatırım maliyetine etki düzeyi uzman anketi ile belirlenmiş ve maliyet etki düzeyi yüksek ölçütler ile analitik ağ süreci uygulanarak bir ağ modeli oluşturulmuştur. Çalışmanın son aşamasında ise, oluşturulan tasarım seçimine yönelik karar modeli kurgusunu test etmek üzere, bir yüklenici firma ile örnek çalışma gerçekleştirilmiştir.

2. Literatür Özeti (Literature Review)

Sürdürülebilirlik kavramı, kentsel dönüşümün amaçları ile uyum içinde olan çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik bileşenlerinden oluşmaktadır [7]. Ek olarak sürdürülebilir yapı tasarımı, yapıyı oluşturan tüm sistemlerin yapı yaşam döngüsü süreçlerinde bütünsel olarak ele alınmasını içermektedir [8]. Bir binanın sürdürülebilir olarak tanımlanabilmesi için çevresel, sosyal ve ekonomik olmak üzere üç boyutta da sürdürülebilirliği sağlaması gerekmektedir [9]. Ancak bu üç boyut arasında denge bulunması önemlidir çünkü aynı anda çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik açısından en iyi seviyenin sağlanması çelişkilidir [10].

Yeşil bina kavramı binalarda sürdürülebilirlik tartışmalarının sonucu olarak ortaya çıkmış ve geliştirilen birçok farklı yeşil bina



Şekil 1. Bina yenilemede kütle değişimi (Building mass change in building renewal)

değerlendirme sistemi ile bilinirliği artmıştır. Tüm aktörlerin kolayca anlayabileceği, yasalar ile uyumu gözetilerek oluşturulan ve sürdürülebilirlik için genel bir çerçeve oluşturmayı amaçlayan değerlendirme sistemleri [11] literatürde birçok araştırmada yer almaktadır. Gerçekleştirilen çalışmalar irdelendiğinde, binalarda sürdürülebilirliğin sağlanmasına ilişkin ana konular;

- Yerel bağlam
- Kullanım kolaylığı
- Sürdürülebilirliğin üç boyutunun ele alınması olarak görülmektedir.

Var olan yeşil bina değerlendirme sistemleri farklı ülkelerdeki yerel koşullara tam olarak uygun bulunmamakta, çalışmalarda ülkeye özel sistemler geliştirilmektedir. Bu çalışmalarda, iklim, coğrafi koşullar, teknoloji, yasal zorunluluklar gibi faktörlere bağlı sınırlılıkların bulunması, yerel mimari, iş gücü ve malzemelerin farklılığı gibi nedenlerle yerel koşullara uygun ölçütleri önerilmektedir [11-13]. Yerel bağlama uygun sistemler oluşturan çalışmalar, çoğunlukla gelişmekte olan ülkelerde yapılmaktadır. Kullanım kolaylığı konusunu ele alan çalışmalar, yeşil bina değerlendirme sistemlerinin kullanılabilirliği için gerekli belgeye sahip uzmana ihtiyaç duyulmasının ek maliyete neden olduğunu belirtmektedir. Küçük yüklenicilerin uyguladığı bütçesi sınırlı projelerde uzmana ayrılmış bütçe bulunması mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, araştırmacılar tarafından kullanımı kolay değerlendirme araçları geliştirilmesi gerektiği belirtilmektedir [12]. Bu doğrultuda çalışmalar, var olan araçların karmaşık olduğunu belirterek, tasarım ekibinin uygulayabileceği, kullanıcı dostu, şeffaf, sonuçların güvenilirliğini ve karşılaştırılabilirliğini sağlayabilen sistemlerin geliştirilmesi ihtiyacına vurgu yapmaktadır [13, 14]. Son olarak, mevcut sistemler özellikle sürdürülebilirliğin çevresel boyutuna yönelik ölçütlere sahip olmaları nedeniyle eleştirilmektedir. Yapılı çevrenin çevresel, ekonomik ve sosyal olmak üzere her üç boyutta da etki yaratması açısından birçok çalışmada binalar için sürdürülebilirliğin üç boyutu ile ele alınması gerektiği vurgulanmaktadır. Uzmanlar ile yapılan bir çalışmada, çevresel boyutlar öne çıkarken, ekonomik ve sosyal boyutların da uzmanlar tarafından önemli bulunduğu belirtilmektedir [15].

Türkiye’de yapılı çevrenin sürdürülebilirliğine ilişkin yasal düzenlemeler 2000 yılında zorunlu hale getirilen TS825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı ile başlamıştır. Sonrasında, 2007 yılında kabul edilen 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ve 2008 yılında yayınlanan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ile enerji kimlik belgesi alınması hem var olan hem de yeni yapılar için zorunlu hale gelmiştir [16]. Türkiye’de enerji tüketimi incelendiğinde konutların toplam tüketiminin %22,3’lük payından sorumlu olduğu görülmektedir [17]. Dolayısıyla, sürdürülebilir gelişme için konut sektörü önem kazanmaktadır [15]. Bu doğrultuda, konutların yapılı çevrede sürdürülebilirlik için gerçekleştirilen çalışmalarda özel bir şekilde ele alınması, sonuçların etkisini arttıracaktır. Parsel ölçeğinde bina yenileme Türkiye’de sıklıkla uygulanması nedeniyle büyük bir potansiyel taşımakta ve yapılı çevrede sürdürülebilirliğin sağlanmasında önem kazanmaktadır.

Küçük yükleniciler tarafından uygulanan bina yenileme projelerinde ilk yatırım maliyeti ön plana çıkmaktadır. Sürdürülebilir bina üretimi için öncelikli koşul yatırımcının gereken mali yatırımı karşılamaya istekli olmasıdır [18]. Yatırımın teşvik edilmesi ve desteklenmesi yapılı çevrede sürdürülebilirliğin sağlanması açısından önem kazanmaktadır. Kamu kuruluşlarının sürdürülebilir yapıların teşvik edilmesi için yararlı olan değerlendirme sistemleri ve el kitaplarını desteklemesi ve uygulamaya koyması gerekmektedir [19]. Bir binanın üretiminde sürdürülebilirlik amacıyla ilk yatırım maliyetinin %2 oranında artırılması sonucunda, binanın yaşam döngüsünde bu yatırımın on katı kazanılmaktadır [18]. Ek olarak, sürdürülebilir bina

yatırımlarının, sektörde farklılık yaratacağı ve projenin rekabet açısından güçlenebileceği öngörülmektedir [6]. Ayrıca Kibert [18], performansı yüksek olan binaların piyasa değerlerinin bu binaların düşük kullanım maliyetine sahip olması ve iç ortam koşullarının sağlıklı olması nedeniyle daha yüksek olacağını belirtmektedir.

Türkiye’de sürdürülebilirlik ölçütlerinin ilk yatırım maliyeti üzerindeki etkisini ele alan sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Kamu binalarının iyileştirilmesinde kullanılmak üzere Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın yayınlamış olduğu rehber, gerçekleştirilecek projelerde ilk yatırım maliyetini değerlendirmektedir [20]. Rehber çalışmasında, enerji verimliliği sağlamak için alınabilecek önlemler, ilk yatırım maliyetine etkileri açısından üçlü bir ölçek (düşük, orta ve yüksek) kullanılarak ele alınmaktadır. Bir eğitim binası için yapılan karşılaştırmalı çalışmada BREEAM sertifikalı bir eğitim binası için geleneksel yapım maliyetine ek olarak ortaya çıkan maliyetin %10 olduğu ortaya konmuştur [21]. Bir ofis yapısını inceleyen çalışmalarında Yalılı Kılıç ve Yahşi [22], geleneksel yapıya yönelik ve yeşil bina olarak oluşturulan iki ayrı ofis tasarımının maliyetini hesaplayarak, özellikle yeşil binada yararlanılan ısıtma sistemi, su tesisatı, ısı pompası, yağmur suyu deposu, güneş panelleri gibi ek sistemler için ek maliyetlerin oluştuğunu belirtmiştir. Yenilenebilir enerji kullanımının en yüksek ek maliyeti oluşturduğu ancak yaklaşık yedi yıllık bir sürede sistemin geri ödemesini gerçekleştirdiği ortaya konulmuştur.

Sürdürülebilir yapı üretimi için sürecin anlaşılması ve süreçte mali boyutun ele alınması önem kazanmaktadır [18]. Bu nedenle çalışmalarda önerilen sürdürülebilir bina değerlendirme ve karar verme sistemleri, çok kriterli karar verme yöntemleri ile geliştirilmektedir [23]. Çalışmalarda yararlanılan karar verme yöntemleri, küresel ölçekteki ölçütlerin yerle özel ağırlıklarını belirlemektedir [24]. Çok kriterli karar vermede, analitik hiyerarşi süreci (AHS), TOPSIS (The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution), DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory), ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité) ve analitik ağ süreci (AAS) gibi başlıca çok kriterli karar verme yöntemleri, sıklık analizi ve bulanık karar verme yöntemleri kullanılmaktadır. Literatürdeki çalışmalar, analitik hiyerarşi sürecinden seçenekler arasında en uygun seçeneğin belirlenmesi ve sürdürülebilirlik ölçütlerinin önem ağırlıklarının oluşturulması amacıyla yararlanmaktadır. Tupenaite vd. [15], Baltık Ülkeleri’nde yeni geliştirilen konut projelerini değerlendirmek amacıyla sürdürülebilirlik ölçütlerini sıralamak için yaptıkları çalışmada analitik hiyerarşi süreci yöntemini kullanmışlardır. Analitik hiyerarşi sürecinden farklı olarak ilişkileri ağ şeklinde modelleyen Analitik Ağ Süreci (AAS), bina üretim sürecinde yer alan ölçütlerin çok yönlü olarak etkileşmesi, her projenin özgün özellikleri olması ve yöntemde ölçülebilir ve ölçülemez ölçütlerin bir arada yer alabilmesi nedeniyle sürdürülebilir binalar için uygun bir teknik olarak görülmektedir. Sürdürülebilirlik ölçütleri arasında oluşan çok yönlü etkileşimler ağ modeli ile modellenmektedir. Ayrıca, sürdürülebilir bina ölçütleri ve tasarım seçenekleri arasındaki ilişkiler hiyerarşik bir düzende kurgulanmamakta, karşılıklı ve farklı seviyelerde birbirine etki etmektedir. Buna karşın, analitik ağ sürecini sürdürülebilirlik ölçütleri doğrultusunda karar verme amacıyla kullanan sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır.

Literatürde incelenen çalışmalar genel olarak ele alındığında;

- Çalışmaların yerle uygunluk, kullanım kolaylığı ve sürdürülebilirliğin üç boyutunun ele alınması konularını vurguladığı,
- Sürdürülebilir binaların uygulanmasında maliyet ve bilgi eksiği gibi engeller ile bulunduğu,
- Maliyet ile ilgili değerlendirmelerin özellikle yaşam döngüsü maliyeti açısından yapıldığı görülmektedir.

Bu kapsamda, çalışmada kurgulanan model geliştirilirken, literatür taraması sonucu ortaya çıkan konular göz önünde bulundurularak, oluşan engellerin giderilmesi amacıyla adımlar tasarlanmış ve literatürdeki eksiklikleri karşılamak için çalışma yapılmıştır.

3. Metodoloji (Methodology)

Sürdürülebilir bina çalışmalarından elde edilen küresel ölçekteki ölçütlerin yerele uygun hale getirilmesi için ek çalışmalara gerek duyulmaktadır. Ayrıca ölçütlerin yapı türüne ve ölçeğine uygun olması da önem kazanmaktadır. Parsel ölçeğinde bina yenilemenin yapım süreçleri benzer olduğu halde geleneksel uygulamalardan farklı yönleri bulunmaktadır. Bu farklılıklar;

- Binanın arazisinin önceden belli olması,
- Kararların parsel ölçeği ile sınırlı olması,
- Kat maliklerinin sahip olduğu haklar,
- Küçük yükleniciler açısından maliyetin önemli bir ölçüt olması,
- Yapı yaşam döngüsünde tasarım sürecinden sonra eski yapının yıkım sürecinin bulunması olarak nitelendirilebilmektedir.

Sürdürülebilirlik ölçütleri bu doğrultuda değerlendirilirse, arazi seçimine yönelik ölçütler bina yenileme için uygun görülmemektedir. Ek olarak, şehir dokusu içerisinde gerçekleştirilen bina yenileme uygulamaları gerekli birçok altyapıya sahip olmaları nedeniyle birçok ölçüt için avantajlara sahiptir. Çalışma kapsamında, literatürde görülen ve parsel dışındaki olanakları ele alan ölçütler parsel ölçeğinde uygulamaların kısıtlılıklarına bağlı olarak ele alınmamaktadır.

Çalışmanın daha önce yayınlanmış olan ilk aşamasında, üç boyutta yer alan sürdürülebilirlik ölçütleri, parsel ölçeğinde bina yenilemeye ilişkin sınırlılıklar göz önünde bulundurularak meta analizi ile değerlendirilmiştir [25]. Meta analizi doğrultusunda, bu konuda üç sürdürülebilirlik boyutu açısından dokuz kategoride toplam 55 ölçüte yer verilmiştir. Çalışmada ele alınan ve literatürde en çok karşılaşılan bu ölçütler için, bina yenileme koşullarına uygun olmaları dışında yerel koşullar açısından bir değerlendirme yapılmamıştır. Bu amaçla, bu çalışmada, ölçütlerin ülke koşullarında önemli ve yerel koşullara uygun olanlarının belirlenmesi amacıyla uzman paneli, maliyet etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla uzman anketi ve karar verme aşamasında analitik ağ süreci tekniklerinden yararlanılmıştır.

3.1. Uzman Paneli (Expert panel)

Sürdürülebilirlik ölçütlerinin yerel koşullar bağlamında en önemlilerinin belirlenmesi için uzman görüşünün alınması amacıyla Delphi tekniği kullanılmıştır. Delphi tekniği, bir grup uzman ile görüşmeler sonucu görüşleri ortak bir noktada buluşturan ve böylece karmaşık sorunları çözebilen bir teknik olarak tanımlanmaktadır [26]. Delphi tekniği uzmanların öznel görüşlerini ortak nesnel sonuçlara dönüştürebilen esnek bir araştırma tekniğidir [27]. Geleneksel olarak süreç bir anketin tasarlanıp uzmanlara iletilmesi, cevaplanan anketlerin değerlendirilerek sonuçların özeti doğrultusunda geliştirilen yeni anketin tekrar uzmanlara gönderilmesi şeklinde ilerlemektedir. Bu şekilde katılımcılara tüm grubun değerlendirmesi sunularak kendi değerlendirmelerini gözden geçirmek için en az bir fırsat sunulmaktadır [26].

Anket sonuçları değerlendirilirken, uzlaşmanın sağlandığının anlaşılması amacıyla, çeyrekler arası açıklık değeri (IQR) için değerlendirilmede kullanılan ölçeklere göre farklı eşikler tanımlanabilmektedir [28]. Delphi sürecinde uzlaşmayı belirlemek amacıyla bu değer 5'li ölçekte 1, 7'li ölçekte ise 1,2'den küçük olması gerekmektedir.

Tüm uzmanların bir ölçüt için değerlendirmeleri küçükten büyüğe doğru sıralandığında;

- Medyan: Cevapların %50'sini soluna, %50'sini sağına alan nokta
- Birinci çeyrek: Cevapların %25'ini soluna %75'ini sağına alan nokta
- Üçüncü çeyrek: Cevapların %25'ini sağına %75'ini soluna alan nokta
- Çeyrekler arası açıklık: Üçüncü çeyrek ile birinci çeyrek arasındaki fark olarak belirtilmektedir.

Çeyrekler arası açıklığın yüksek olması, uzmanlar arasında görüş birliği olmadığını, az olması ise, görüş birliğinin olduğunu anlatmaktadır [29]. Çalışmada örneklem grubu olarak Türkiye'de sürdürülebilir binalar konusunda çalışmalar yürüten uzmanlar yer almaktadır. Uzman paneli, çalışmaları sürdürülebilir binalar konusunda özelleşen akademisyenler ile sektörde bu konuda danışmanlık hizmetleri veren uzmanları içermektedir. Çalışmada 14 anket değerlendirmeye alınmıştır.

Uzman paneline katılan 14 uzmanın uzmanlık alanları incelendiğinde; 6 kişinin mimar, 5 kişinin mühendis, 1 kişinin şehir plancısı, 1 kişinin iç mimar ve 1 kişinin de danışman olduğu gözlenmektedir. Uzmanların eğitim seviyelerine bakıldığında; 2 kişinin lisans, 9 kişinin yüksek lisans, 3 kişinin ise doktora seviyesine sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca sürdürülebilir binalar konusunda çalışma süreleri, 4 uzman için 1-5 yıl, 9 uzman için 6-10 yıl, 1 uzman için de 11-20 yıl olarak belirlenmiştir. Delphi panelinin ilk tur anketinde meta analizi ile belirlenmiş olan ölçütler yer almaktadır. Uzmanlardan ölçütlerin önem düzeyini 7'li ölçekte '1-önem düzeyi çok düşük', '7-önem düzeyi çok yüksek' olacak şekilde değerlendirmeleri istenmiştir. Anket sonucunda ölçütlerin en önemlilerinin belirlenmesi amacıyla göreceli önem indeksinden yararlanılmıştır. Göreceli önem indeksi Eş. 1'de yer alan formül ile ifade edilmektedir [30].

$$RII = \frac{W}{A \times N} \quad (1)$$

RII- Göreceli önem indeksi

A- Ölçekte yer alan en yüksek puan

W-Katılımcılar tarafından verilen toplam puan

N- Katılımcı sayısı

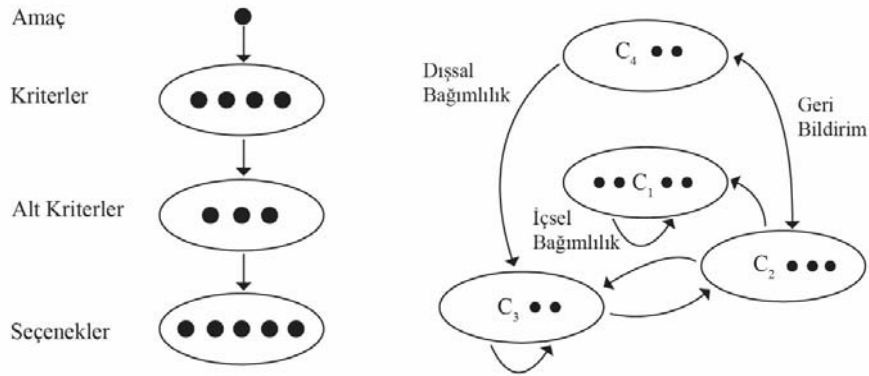
Meta analizi ile belirlenen 55 ölçüt, göreceli önem indeksinin uygulanması sonucunda 29 ölçüte indirgenmiştir.

3.2. Uzman Anketi (Expert Survey)

Sürdürülebilirlik ölçütlerinin Türkiye'de ilk yatırım maliyetine etkilerini ele alan yeterli çalışma bulunmaması sonucunda çalışmanın maliyet etkinliğini sağlamak amacıyla bir uzman anketi tasarlanmıştır. Uzman paneli ile göreceli önem indeksi kullanılarak azaltılan ölçütlerin maliyet konusundaki etki düzeylerini değerlendirmek için sürdürülebilir binalar konusunda danışmanlık yapan uzmanlar tarafından yanıtlanan bir anket çalışması yapılmıştır. Uzmanlardan ölçütleri 5'li Likert ölçeği ile değerlendirmeleri istenmiştir. Anket çalışması kapsamında, çok etkili seçeneği 5 puan, oldukça etkili seçeneği 4 puan, etkili seçeneği 3 puan, biraz etkili seçeneği 2 puan, hiç etkili değil seçeneği ise 1 puan ile tanımlanmıştır. Ölçütlerin maliyet etkisine yönelik anket formu, uzman panelinde yer alan 14 kişiden farklı uzmanlardan oluşan 20 kişilik bir grup tarafından yanıtlanmıştır.

3.3. Analitik Ağ Süreci (Analytic Network Process)

Sürdürülebilirlik ölçütlerinin birbirleri ile etkileşim içinde olması nedeniyle çalışmada ölçütlerin bir bütün olarak ele alınmasını sağlamak amacıyla birçok kriterli karar verme yöntemi olan analitik ağ süreci kullanılmıştır. Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen



Şekil 2. Hiyerarşi ve ağ yapısı arasındaki fark (Difference between hierarchy and network structure)

yöneylem araştırması tekniklerinden Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve Analitik Ağ Süreci (AAS) literatürde sıklıkla görülen çok kriterli karar verme yöntemleridir. İkili karşılaştırmalardan yararlanan bu iki teknik nicel ve nitel özelliklerin bir arada değerlendirilmesini sağlamaktadır [31]. AHS, problemi tanımlamak için hiyerarşik bir yapı oluştururken AAS ile bir ağ yapısı kurgulanmaktadır (Şekil 2). AHS, modelde aynı hiyerarşik düzeyde bulunan ölçütlerin birbirini etkilemedikleri ve bağımsız oldukları kabulü ile değerlendirilmektedir. Ancak, gerçekte birçok ölçütün birbirini karşılıklı olarak etkilemesi nedeniyle karşılıklı etkileşimleri göz önünde bulunduran modeller verilen kararların daha gerçekçi olmasını sağlamaktadır [32]. Ağ modeli karşılıklı etkileşimlere ve içsel bağımlılığa olanak sağlarken seçeneklerin ölçütler üzerindeki etkilerini de göz önünde bulundurmaktadır. Gerçekleştirilen ikili karşılaştırmalar doğrultusunda seçeneklerden en uygun olanı belirlenmektedir. AAS, ölçütlerin önem ağırlıklarını ve seçeneklerin önceliklerini, karar verme ölçütleri ve seçenekler arasındaki bağımlılıkları ve geri bildirimleri modelleyerek daha kesin olarak hesaplayabilmektedir [33]. Bu nedenle AAS ile karar verme sürecinin, AHS yöntemine göre daha esnek olduğu belirtilmektedir [34].

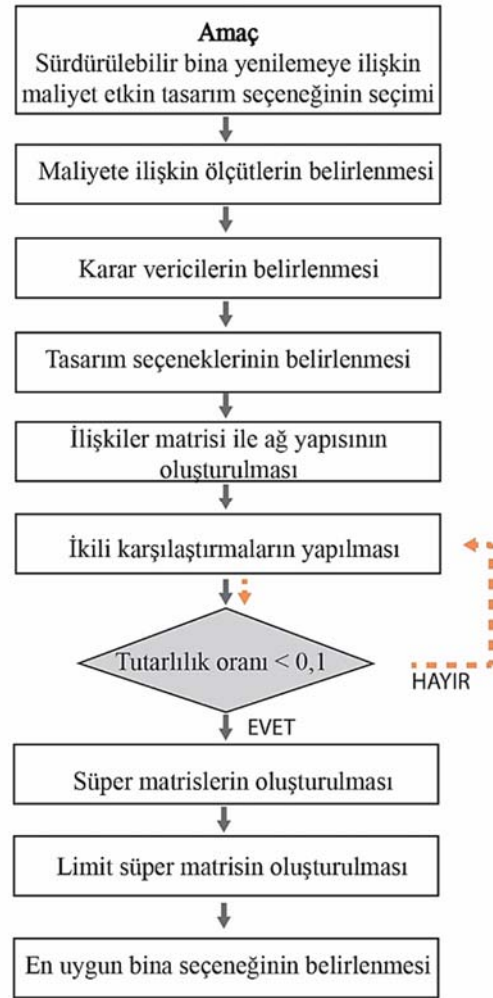
Analitik Ağ Süreci'nin uygulanması aşamalarında öncelikle ulaşılmak istenen amaç tanımlanmakta, ölçütler ve seçenekler belirlenerek ilişkili ölçütler ile kümeler oluşturulmaktadır. Sonrasında ölçütler arası ilişkilerin tek yönlü ya da karşılıklı olması irdelenerek ilişkiler modellenmektedir. Modellenen ilişkiler doğrultusunda ikili karşılaştırmalar Saaty'nin oluşturmuş olduğu 9'lu ölçek kullanılarak yapılmaktadır. Bir sonraki adımda tutarsızlık oranı hesaplanmaktadır. Analiz aşamasına geçilebilmesi için tutarsızlık oranının 0,10 değerinin altında olması beklenmektedir.

İkili karşılaştırmaların analizi sürecinde ağırlıklandırılmamış matris, ağırlıklandırılmış matris ve limit matris olarak isimlendirilen üç tür matristen yararlanılmaktadır. Ağırlıklandırılmamış süpermatris, ölçütler için gerçekleştirilen ikili karşılaştırmaların sonucunu ele alarak her ölçütün göreceli önem değerini belirlemektedir. Ağırlıklandırılmış süpermatris göreceli önem değerlerine küme ağırlığı ile çarparak yer vermektedir. Ağırlıklandırılmış matrisin limiti alınarak oluşturulan limit matris ile problemin geri bildirimlerine yer veren değerler hesaplanmaktadır [35]. Çalışma kapsamında analitik ağ sürecinin genel akış şemasının uygulanması aşamaları Şekil 3'te görülmektedir.

4. Bulgular (Results)

Çalışmanın gerçekleştirilmiş olan ilk aşamasında, meta analizi ile çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik kategorileri altında dokuz başlık ile 55 ölçüt belirlenmiştir (Şekil 4). Çevresel sürdürülebilirlik kategorisi 27 ölçüt içermekte ve arazi, enerji, atık, su,

kirlilik, malzeme kategori başlıklarından oluşmaktadır. Ekonomik sürdürülebilirlik altında tek başlık altında toplanmış 11 ölçüt yer almaktadır. Sosyal sürdürülebilirlik kategorisinde ise iç çevre ve sosyal olarak iki başlık oluşturulmuştur ve iç çevrede altı, sosyalde 11 olmak üzere bu kategoride toplam 17 ölçüt bulunmaktadır [36].



Şekil 3. Analitik Ağ Süreci akış şemasının maliyet etkin tasarım karar sürecindeki uygulama adımları (Analytic Network Process flowchart and implementation steps in cost effective design decision process)

Sürdürülebilirlik Ölçütleri

Çevresel Sürdürülebilirlik	Ekonomik Sürdürülebilirlik	Sosyal Sürdürülebilirlik
<i>Arazi</i>	<i>Ekonomik</i>	<i>İç çevre</i>
Alana yerleşim ve arazi kullanımı	Mekan esnekliği	İşitsel konfor
Bitkilendirme	Dayanıklılık	Isıl konfor
Isı adası etkisi	İlk yatırım maliyeti	Görsel konfor
İnşaat sürecinde inşaat alanı etkisi	Yaşam döngüsü maliyeti	Gün ışığı
Mikroklima	Kullanım maliyeti	İç hava kalitesi
<i>Enerji</i>	Bakım maliyeti	Doğal havalandırma
Yenilenebilir enerji kullanımı	Temizlik ve bakım kolaylığı	<i>Sosyal</i>
Bina kabuğu	Mekan optimizasyonu	Bina güvenliği
Isıtma etkinliği	Yatırım ve ilişkili riskler	Dış mekan niteliği
Enerji ölçümü	Değer istikrarı	Erişilebilirlik
Aydınlatma etkinliği	Yerel ekonomiye etki	Maliyet açısından erişilebilirlik
Soğutma etkinliği		Topluluk uyumu
Bisiklet için depo alanı		İşgücü sağlığı ve güvenliği
<i>Atık</i>		Aktörlerin katılımı
Yapım atığı		Bina estetiği
Atıkların azaltılması		Mahremiyet
Atıkların değerlendirilmesi		Dışa saydam elemanlarla açılan ve havalandırılan mekanlar
<i>Su</i>		Görüş alanı
Temiz su tüketimi		
Suyun geri dönüşümü		
Yüzey suyu yönetimi		
Yağmur suyu kullanımı		
<i>Kirlilik</i>		
Sera gazı salımı		
Işık kirliliği		
Hava kirliliği		
Gürültü kirliliği		
<i>Malzeme</i>		
Çevre dostu malzeme kullanımı		
Yerel malzeme kullanımı		
Çevresel yaşam döngüsü etkisi		
Malzemelerin etkin kullanımı		

Şekil 4. Meta analizi ile belirlenen sürdürülebilirlik ölçütleri [25] (Sustainability criteria determined by meta-analysis)

4.1. Türkiye'de Bina Yenileme Koşullarına Uygun Sürdürülebilirlik Ölçütlerinin Belirlenmesi

(Determination of Sustainability Criteria for Building Renewal Conditions in Türkiye)

Türkiye koşullarında ve parsel ölçeğinde bina yenileme kapsamında sürdürülebilirlik ölçütlerinin önem düzeylerinin belirlenmesi için gerçekleştirilen Delphi sürecinin şeması Şekil 5'te yer almaktadır. İlk anket sonucunda katılımcıların değerlendirmelerinin medyan, birinci çeyrek, üçüncü çeyrek ve çeyrekler arası açıklık değerleri hesaplanmış ve sonuçların analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz doğrultusunda ikinci tur Delphi anketi tasarlanmıştır. Anket formu, her ölçüt için katılımcının ilk turdaki yanıtını ve hesaplanan değerleri gösterecek şekilde hazırlanmıştır. Katılımcılardan verilen analiz değerleri doğrultusunda uzlaşma sağlanamayan ölçütler için yanıtlarını yeniden değerlendirmeleri beklenmiştir.

Anket süreci değerlendirildiğinde, ilk tur sonucunda 34 ölçüt için önem değeri konusunda uzlaşma sağlandığı gözlenmektedir. İlk turda çoğunlukla çevresel sürdürülebilirlik kategorisindeki ölçütler için uzlaşma sağlandığı görülürken, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik kategorilerinde yer alan ölçütler için daha az uzlaşma görülmektedir. Delphi sürecinde iki tur sonucunda katılımcılar tüm ölçütler için uzlaşmaya varmıştır. Anket turlarının sonuçları Tablo 1'de görülmektedir. Uzman paneli, meta analizi ile belirlenen 55 ölçütün

azaltılmasını sağladığı ve böylece çok kriterli karar verme yöntemi uygulanmasını kolaylaştıracağı için önem kazanmaktadır. Bu doğrultuda, analiz değerlerinin yanı sıra sürdürülebilirlik ölçütlerinin önem düzeylerinin görülebilmesi ve en önemli ölçütlerin belirlenmesi amacıyla ölçütler için göreceli önem indeksi değeri hesaplanmıştır. Değerlendirme sonuçları incelendiğinde ölçütler için 0,53 değerinden düşük bir değer olmadığı, ölçütlerin en az yüksek orta önem aralığında yer aldığı gözlenmektedir. Çalışma kapsamında ölçüt sayısının azaltılması amacıyla göreceli önem indeksi %85'ten yüksek olan 29 ölçüt çalışmanın bir sonraki aşamasında ele alınmaktadır.

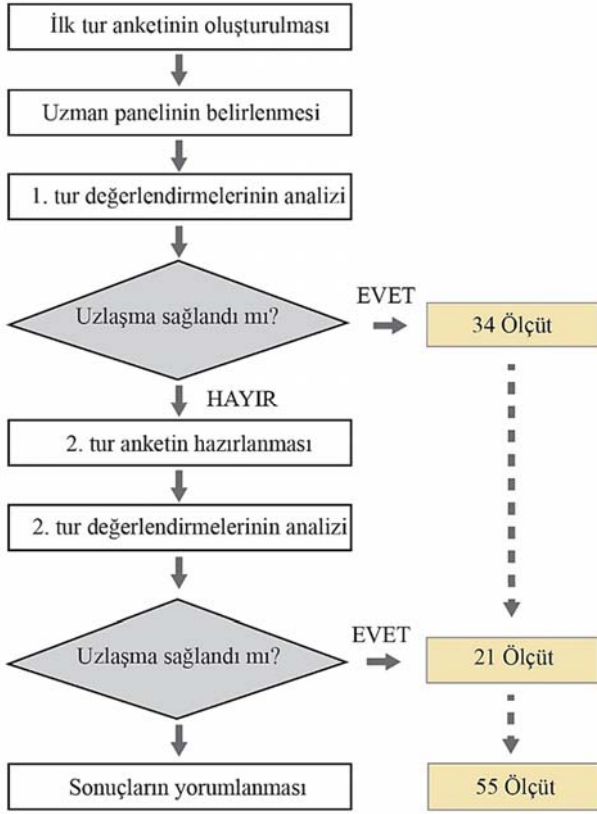
Uzman paneli sonucunda belirlenmiş ve bir sonraki aşamada uzman anketi ile maliyet açısından değerlendirilecek olan 29 ölçüt Şekil 6'da yer almaktadır. Çevresel sürdürülebilirlik kategorisinde altı alt kategoride 19 ölçüt, ekonomik sürdürülebilirlik boyutunda 4 ölçüt ve sosyal sürdürülebilirlik boyutunda iki alt kategoride altı ölçüt ele alınmaktadır.

4.2. Maliyet Etkin Tasarım Karar Modelinde Kullanılacak Sürdürülebilirlik Ölçütlerinin Belirlenmesi

(Determination of the Sustainability Criteria for Cost-Effective Design Decision Model)

Sürdürülebilirlik ölçütlerinin ilk yatırım maliyeti üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla uzman anketi gerçekleştirilmiştir.

Anketin değerlendirilmesinde uzman cevaplarının birleştirilmesinde (aggregation), uç değerlerin etkisini dengelemek amacıyla geometrik ortalama kullanılarak ölçütler için maliyet etki düzeyi değerine ulaşılmıştır (Tablo 2). Değerlerin analizi sürecinde maliyete etki düzeyi düşük ölçütlerin elenmesi için bir eşik değer belirlenmiş ve geometrik ortalaması 2,40 ve üstü değere sahip sürdürülebilirlik ölçütlerinin modelde yer almasına karar verilmiştir. Uzman paneli tarafından Türkiye’de bina yenileme uygulamaları için en önemli olarak değerlendirilen ölçütlerin, uzman anketi sonucunda maliyete etki düzeyleri doğrultusunda elenmesi ile oluşturulan altı kategori ve 16 ölçütten oluşan ölçüt seti, analitik ağ süreci kullanılarak oluşturulan karar verme modelinde yer almaktadır (Şekil 7).



Şekil 5. Delphi süreci akış şeması (Delphi process flowchart)

4.3. Sürdürülebilir Bina Yenilemeye İlişkin Maliyet Etkin Tasarım Karar Modeli (Cost Effective Design Decision Model for Sustainable Building Renewal)

Sürdürülebilirlik ilkelerinin bina tasarım süreci içerisinde henüz tasarım evresindeyken ele alınması, hem uygulamaların veriminin artması, hem de üretim sürecinde yaşanabilecek zaman kayıpları ve oluşabilecek ek maliyetlerin önüne geçilmesi açısından önem kazanmaktadır. Kurgulanan modelin amacı, maliyete ilişkin ölçütler ile seçenekler arasından en uygun seçeneğin belirlenmesini sağlamaktır. Bu kapsamda oluşturulan karar modelinin Şekil 8’de yer alan kurgu kapsamında tasarım sürecine girdi oluşturması hedeflenmektedir. Karar modeli ile yapılacak seçim tasarım sürecinin tüm evrelerinde verilecek kararlar için etkili olacaktır.

Çalışmada bina yenileme uygulamalarının tasarım kararı aşamasında Analitik Ağ Süreci (AAS) tekniği kullanılarak en uygun tasarım seçeneğinin seçilmesini amaçlayan bir model tasarlanmıştır. Analitik Ağ Süreci tekniğinin seçilmesinde;

- Sürdürülebilirlik ölçütleri arasında dışsal bağımlılık, geri bildirim ve içsel bağımlılık şeklinde ilişkiler olması,
- Karar probleminde soyut ve somut olguların bulunması,
- Model ile ilk yatırım maliyeti ve diğer ölçütlerin ilişkilendirilebilmesi ve böylelikle maliyet etkinliğinin oluşturulabilmesi,
- Her projenin kendi özgün yapısına yönelik olarak karar modelinde ölçütler ve seçeneklerin projeye özel etkileşimler ile kurgulanabilmesi,
- Modelde yer alan seçeneklerin karar üzerinde etkilerinin olması özellikleri etkili olmuştur.

İlk yatırım maliyetine etki düzeyi yüksek olarak değerlendirilen 16 ölçüt ve seçenekler ile oluşturulan kurguda ilişkiler proje bazında her uygulamaya özel olarak şekillenebilmektedir. Uzman anketi sonucunda belirlenen ve sürdürülebilirliğin üç boyutunda altı ölçüt kümesinde yer alan ölçütler Şekil 7’de belirtilmektedir. Ölçütlerin önem ağırlığı ile indirgenerek model kapsamında yer alması analitik ağ sürecinin uygulanmasında soru sayısını azaltarak uygulama süresini kısaltmaktadır. Modelin yüklenici firmalar tarafından benimsenmesi amacıyla süreç için uygulama kolaylığı yaratılması önem kazanmaktadır.

4.4. Örnek Çalışma (Case study)

Modelin bina yenileme uygulamalarında sürdürülebilirliğin sağlanması amacıyla kullanımına yönelik bir örnek çalışma gerçekleştirilerek modelin uygulanabilirliği test edilmiştir. Sürdürülebilir bina yenileme uygulamaları amacıyla kullanılan ağ modelinde, uygun seçeneğin belirlenmesi aşamasında maliyeti etkileyen ölçütler enerji, su, malzeme, kirlilik, ekonomi, iç çevre kategorilerinde ele alınmış ve maliyet ile ilişkileri kurularak karar verilmesi amaçlanmıştır.

4.4.1. Örnek çalışmanın amaç ve kapsamı (Purpose and scope of the case study)

Parsel ölçeğinde bina yenileme, kentin merkezinde yer alan, gelişmiş ulaşım olanaklarına ve yüksek ekonomik değere sahip alanlarda uygulanmaktadır. Yüklenici firmalar yenileme sonrasında yüksek ekonomik değerlerin devam edecek olması nedeniyle bu alanlarda yoğun olarak çalışmaktadır [37]. Çalışma kapsamında, İstanbul’da bina yenileme uygulamalarının yoğun bir şekilde gerçekleştirildiği Kadıköy, Bağdat Caddesi ve çevresinde parsel ölçeğinde bina yenileme uygulamaları yapan bir küçük ölçekli yüklenici firma ile örnek çalışma yürütülmüştür.

Kadıköy İlçesi 1952-54 yıllarında planlanmaya başlamış, bu yıllarda Bağdat Caddesi ve çevresinde yükseklik sınırı 9,50 olarak belirlenmiştir [38]. Sayfiye bölgesi olan alanda, 1970’li yıllarda 1965 Kat Mülkiyeti Kanunu ile apartmanlaşma ve nüfus artmıştır [39, 40]. Köşkler ve müstakil konutların yoğun olarak görüldüğü bölge 1973 yılında açılan Boğaziçi Köprüsü ve beraberinde oluşan ulaşım kolaylığı nedeniyle daha çok tercih edilmeye başlamıştır. 1998 yılında emsal değerini 2,07 olarak belirleyen düzenleme ile yap-sat yöntemi uygulanarak apartmanlaşma artmıştır [39]. Son olarak 2018 yılı imar durumu incelendiğinde, sahil yolunda ilk sırada yer alan parseller için TAKS değeri 0,25, yükseklik izni ise 11 metre, ikinci sırada yer alan parseller için yükseklik izni ise 14,50 metre olarak belirtilmektedir. Sahilden kuzeye doğru ikinci ada itibarıyla yükseklik izni 15 kata çıkarken, TAKS değeri 0,35 olmaktadır. Bağdat Caddesi’nde bulunan tüm parseller için yükseklik sınırı 18 metre olarak belirtilmektedir. Bölgede yer alan tüm diğer parseller için ise, KAKS oranı 2,07, yükseklik sınırı ise 15 kat olarak belirlenmiştir.

Tablo 1. Delphi 1. Tur ve 2. Tur sonuçları (Delphi Round 1 and Round 2 results)

Ölçütler	Medyan		Açıklık		Önem Düzeyi		Önem Sırası		Göreceli Önem İndeksi	
	1. Tur	2. Tur	1. Tur	2. Tur	1. Tur	2. Tur	1. Tur	2. Tur		
Arazi	Ç.1.1 Alana yerleşim ve arazi kullanımı	7	7	1	0,75	6,42	6,5	6	4	0,93
	Ç.1.2 Bitkilendirme	5,5	5,5	1	1	5,67	5,71	21	22	0,82
	Ç.1.3 Isı adası etkisi	6	6	1	1	6,17	6,14	14	18	0,88
	Ç.1.4 Yapımda inşaat alanı etkisi	5	5	2	1	5,08	5,5	26	25	0,79
	Ç.1.5 Mikroklima	5,5	6	1,25	1	5,42	5,71	23	22	0,82
Enerji	Ç.2.1 Yenilenebilir enerji kullanımı	7	7	1,25	1	6,17	6,21	14	14	0,89
	Ç.2.2 Bina kabuğu	7	7	0,25	0	6,75	6,79	1	1	0,97
	Ç.2.3 Isıtma etkinliği	7	7	1	1	6,5	6,5	3	4	0,93
	Ç.2.4 Enerji ölçümü	6	6	2	1	5,75	5,79	19	21	0,83
	Ç.2.5 Aydınlatma etkinliği	6	6	1	1	6,25	6,29	13	13	0,9
	Ç.2.6 Soğutma etkinliği	6,5	6,5	1	1	6,42	6,43	6	9	0,92
	Ç.2.7 Bisiklet için depo alanı	3,5	4	1,5	1	3,5	3,71	27	27	0,53
Atık	Ç.3.1 Yapım atığı	6	6	2	1	5,92	6,21	18	14	0,89
	Ç.3.2 Atıkların azaltılması	6,5	7	1	1	6,42	6,5	6	4	0,93
	Ç.3.3 Atıkların değerlendirilmesi	7	7	1	1	6,42	6,5	6	4	0,93
Su	Ç.4.1 Temiz su tüketimi	7	7	0,25	0,75	6,75	6,71	1	2	0,96
	Ç.4.2 Suyun geri dönüşümü ve yeniden kullanımı	7	7	1,25	1	6,42	6,43	6	9	0,92
	Ç.4.3 Yüzey suyu yönetimi	7	7	1	1	6,5	6,5	3	4	0,93
	Ç.4.4 Yağmur suyu kullanımı	7	7	1,25	1	6,33	6,36	11	11	0,91
Çevresel Sürdürülebilirlik	Ç.5.1 Sera gazı salımı	7	7	1	1	6,5	6,57	3	3	0,94
	Ç.5.2 Işık kirliliği	5,5	6	2	1	5,17	5,71	25	22	0,82
	Ç.5.3 Hava kirliliği	7	7	1	1	6,33	6,36	11	11	0,91
	Ç.5.4 Gürültü kirliliği	6	6	1	1	5,25	5,43	24	26	0,78
	Ç.6.1 Yenilenebilir malzeme kullanımı	6	6	1,25	1	5,67	6,07	21	19	0,87
Malzeme	Ç.6.2 Yerel malzeme kullanımı	6	6	1,25	0,75	5,75	5,86	19	20	0,84
	Ç.6.3 Çevresel yaşam döngüsü etkisi	6	6	1,25	1	6,17	6,21	14	14	0,89
	Ç.6.4 Malzemelerin etkin kullanımı	6	6	0,25	1	6,08	6,21	17	14	0,89
	E.1.1 Mekan esnekliği	5	5	0,25	0,75	5,25	5,21	8	9	0,74
Ekonomik Sürdürülebilirlik	E.1.2 Dayanıklılık	7	7	1,25	0,75	6,17	6,36	2	1	0,91
	E.1.3 İlk yatırım maliyeti	6	6	2,25	0,75	5,5	5,93	5	4	0,85
	E.1.4 Yaşam döngüsü maliyeti	6,5	6	1,25	1	6,25	6,21	1	2	0,89
	E.1.5 İşletim/ Kullanım maliyeti	6	6	1,25	1	6,08	6,07	3	3	0,87
	E.1.6 Bakım maliyeti	6	6	2,25	0	5,58	5,79	4	5	0,83
	E.1.7 Temizlik ve bakım kolaylığı	6	6	1,25	0,75	5,33	5,43	6	6	0,78
	E.1.8 Mekan optimizasyonu	5,5	5,5	1	1	5,33	5,29	6	7	0,76
	E.1.9 Yatırım ve ilişkili riskler	5	5	1	1	4,83	4,86	11	11	0,69
	E.1.10 Değer istikrarı	5	5	2,5	1	4,92	5,14	10	10	0,73
	E.1.11 Yerel ekonomiye etki	5,5	5,5	2,5	1	5,17	5,29	9	7	0,76
	İç Çevre	S.1.1 İşitsel konfor	6	6	1,5	0,75	5,42	5,71	11	10
S.1.2 Isıl konfor		7	7	1,25	1	6,33	6,57	4	1	0,94
S.1.3 Görsel konfor		6	6	1	1	5,33	5,29	12	12	0,76
S.1.4 Güneşliği		7	7	1	1	6,58	6,36	3	4	0,91
S.1.5 İç hava kalitesi		7	7	0	0	6,83	6,57	1	1	0,94
S.1.6 Doğal havalandırma		7	7	0,25	0,75	6,67	6,43	2	3	0,92
Sosyal Sürdürülebilirlik	S.2.1 Bina güvenliği	5	5	2	1	4,83	5,07	16	15	0,72
	S.2.2 Dış mekan niteliği	5,5	6	1,25	1	5	5,21	13	14	0,74
	S.2.3 Erişilebilirlik (Herkes için tasarım)	7	7	1	1	6,08	6,14	5	5	0,88
	S.2.4 Maliyet açısından erişilebilirlik - ödenebilirlik	6	6	2	0,75	5,5	5,57	10	11	0,8
	S.2.5 Topluluk uyumu	6	6	2,25	1	5	5,29	13	12	0,76
Sosyal	S.2.6 İşgücü sağlığı ve güvenliği	6	6	1	0,75	6	5,79	6	8	0,83
	S.2.7 Aktörlerin katılımı	6	6	2	0,75	5,92	5,93	7	6	0,85
	S.2.8 Bina estetiği	5	5	2	1	4,75	5	17	17	0,71
	S.2.9 Mahremiyet	5	5	2	1	4,92	5,07	15	15	0,72
	S.2.10 Dışarıya elemanlarla açılan ve havalandırılan mekanlar	6	6	2	1	5,67	5,86	8	7	0,84
	S.2.11 Görüş alanı	6	6	1,25	0,75	5,67	5,79	8	8	0,83

Bina Yenileme Sürdürülebilirlik Ölçütleri

Çevresel Sürdürülebilirlik		Ekonomik Sürdürülebilirlik	Sosyal Sürdürülebilirlik
<i>Arazi</i>	<i>Su</i>	<i>Ekonomik</i>	<i>İç çevre</i>
Alana yerleşim ve arazi kullanımı	Temiz su tüketimi	Dayanıklılık	Isıl konfor
Isı adası etkisi	Suyun geri dönüşümü	İlk yatırım maliyeti	Gün ışığı
<i>Enerji</i>	Yüzey suyu yönetimi	Yaşam döngüsü maliyeti	İç hava kalitesi
Yenilenebilir enerji kullanımı	Yağmur suyu kullanımı	Kullanım maliyeti	Doğal havalandırma
Bina kabuğu	<i>Kirlilik</i>		<i>Sosyal</i>
Isıtma etkinliği	Sera gazı salımı		Erişilebilirlik
Aydınlatma etkinliği	Hava kirliliği		Aktörlerin katılımı
Soğutma etkinliği	<i>Malzeme</i>		
<i>Atık</i>	Çevre dostu malzeme kullanımı		
Yapım atığı	Çevresel yaşam döngüsü etkisi		
Atıkların azaltılması	Malzemelerin etkin kullanımı		
Atıkların değerlendirilmesi			

Şekil 6. Bina yenilemede önem indeksi yüksek sürdürülebilirlik ölçütleri
(Sustainability criteria with high importance index in building renewal)

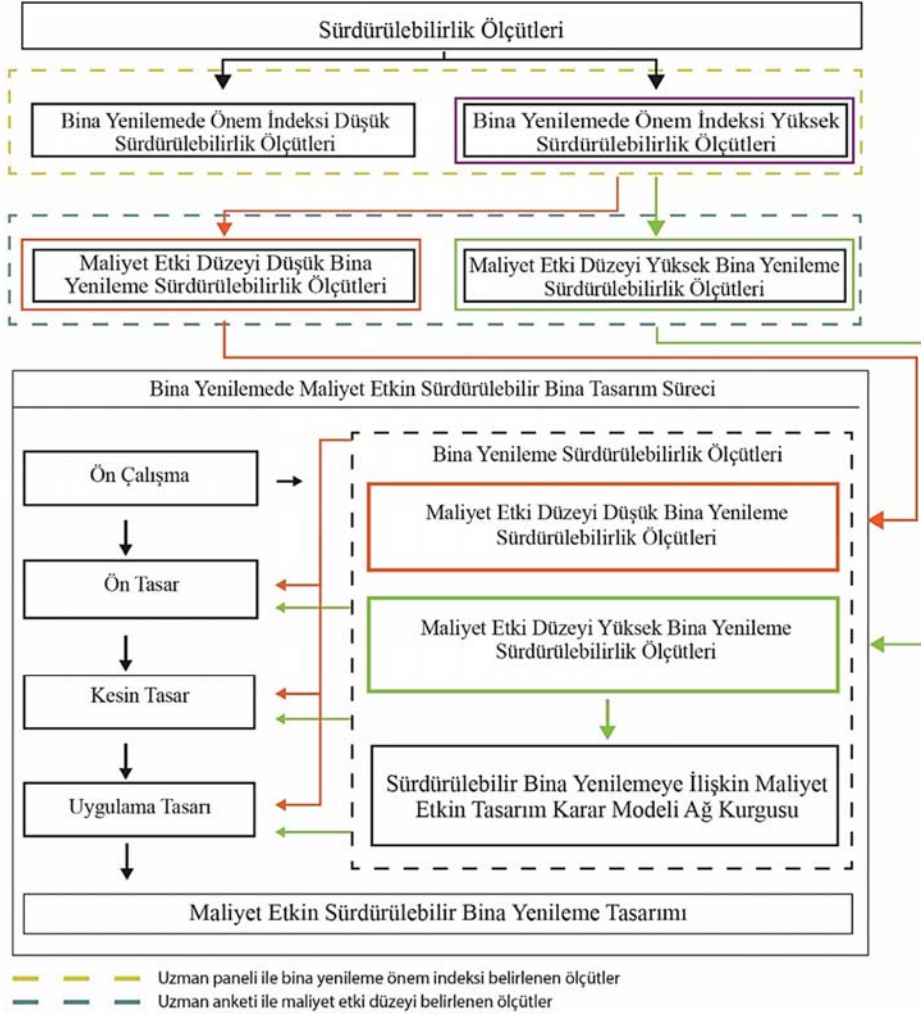
Tablo 2. Uzman anketi sonuçları (Expert survey results)

ÖLÇÜTLER		ORTALAMA	EŞİK
Çevresel Sürdürülebilirlik			
Arazi	Ç.1.1 Alana yerleşim ve arazi kullanımı	1,820	
	Ç.1.3 Isı adası etkisi	2,038	
Enerji	Ç.2.1 Yenilenebilir enerji kullanımı	3,696	X
	Ç.2.2 Bina kabuğu	2,976	X
	Ç.2.3 Isıtma etkinliği	3,055	X
	Ç.2.5 Aydınlatma etkinliği	2,544	X
	Ç.2.6 Soğutma etkinliği	3,255	X
Atık	Ç.3.1 Yapım atığı	1,828	
	Ç.3.2 Atıkların azaltılması	1,665	
	Ç.3.3 Atıkların değerlendirilmesi	2,065	
Su	Ç.4.1 Temiz su tüketimi	1,900	
	Ç.4.2 Suyun geri dönüşümü ve yeniden kullanımı	3,274	X
	Ç.4.3 Yüzey suyu yönetimi	2,628	X
	Ç.4.4 Yağmur suyu kullanımı	2,920	X
Kirlilik	Ç.5.1 Sera gazı salımı	2,509	X
	Ç.5.3 Hava kirliliği	2,230	
Malzeme	Ç.6.1 Çevre dostu malzeme kullanımı	2,576	X
	Ç.6.3 Çevresel yaşam döngüsü etkisi	2,439	X
	Ç.6.4 Malzemelerin etkin kullanımı	2,195	
Ekonomik Sürdürülebilirlik			
Ekonomik	E.1.2 Dayanıklılık	2,509	X
Sosyal sürdürülebilirlik			
İç Çevre	S.1.2 Isıl konfor	2,692	X
	S.1.4 Güneş ışığı	2,257	
	S.1.5 İç hava kalitesi	3,111	X
	S.1.6 Doğal havalandırma	2,010	
Sosyal	S.2.3 Erişilebilirlik (Herkes için tasarım)	1,805	
	S.2.7 Aktörlerin katılımı	1,634	

Maliyet Etkin Bina Yenileme Sürdürülebilirlik Ölçütleri

Çevresel Sürdürülebilirlik		Ekonomik Sürdürülebilirlik	Sosyal Sürdürülebilirlik
<i>Enerji</i>	<i>Kirlilik</i>	<i>Ekonomik</i>	<i>İç çevre</i>
Yenilenebilir enerji kullanımı	Sera gazı salımı	Dayanıklılık	Isıl konfor
Bina kabuğu	<i>Malzeme</i>	İlk yatırım maliyeti	İç hava kalitesi
Isıtma etkinliği	Çevre dostu malzeme kullanımı	Kullanım maliyeti	
Aydınlatma etkinliği	Çevresel yaşam döngüsü etkisi		
Soğutma etkinliği			
<i>Su</i>			
Suyun geri dönüşümü			
Yüzey suyu yönetimi			
Yağmur suyu kullanımı			

Şekil 7. Maliyet etki düzeyi yüksek bina yenileme sürdürülebilirlik ölçütleri
(Sustainability criteria with high impact on cost in building renewal)



Şekil 8. Maliyet etkin sürdürülebilir bina yenileme tasarım süreci (Cost effective sustainable building renewal design process)

Çalışma kapsamında Bağdat Caddesi ve çevresi;

- Tekil bina dönüşümlerinin bölgede yoğun olarak görülmesi,
- Parsel ölçeğinde bina yenilemenin küçük yüklenici firmalar tarafından yap-sat yöntemi ile gerçekleştirilmesi,
- Bina yenileme uygulamaları sonucunda oluşan çevresel, sosyal ve ekonomik sorunlar nedeniyle örnek çalışma için alan olarak seçilmiştir.

Karar modeli doğrultusunda kurgulanan örnek çalışma, ilk yatırım maliyetini etkileyen ölçütlerin ve belirlenmiş olan tasarım seçeneklerinin analitik ağ süreci ile değerlendirilmesini kapsamaktadır. Örnek çalışma küçük ölçekli bir yüklenici firma ile gerçekleştirilmiştir. Analitik ağ süreci uygulanmasında Super Decisions yazılımı kullanılmıştır. Super Decisions, Analitik Hiyerarşi Süreci ve Analitik Ağ Süreci modellerini oluşturmaya, karşılaştırmalar yapmaya ve sonuçları hesaplamaya yardımcı olan bir karar verme destek yazılımıdır [41].

Örnek çalışmada, parsel ölçeğinde bina yenileme uygulamaları gerçekleştiren yüklenici bir firmanın inşaat mühendisi sahibi ve üç mimar ile çalışılmıştır. Söz konusu firma, 1989 yılından beri Bağdat Caddesi bölgesinde yap-sat yöntemi ile bina yapım ve yenileme uygulamaları yapmaktadır. Çalışmada yer alan mimarların bölgede gerçekleştirilen bina yenileme uygulamalarındaki deneyim süreleri yedi yıl, üç yıl ve iki yıl olarak belirlenmiştir. Karar vericiler belirlendikten sonra, bina tasarım seçenekleri kurgulanmıştır. Sonrasında, karar vericiler tarafından belirlenen ölçütler arası ilişkiler doğrultusunda ağ yapısı modellenmiştir. Anketin bir sonraki aşamasında yapılan ikili karşılaştırmaların değerlendirilmesi sonucunda ise, en uygun tasarım seçeneği belirlenmiştir.

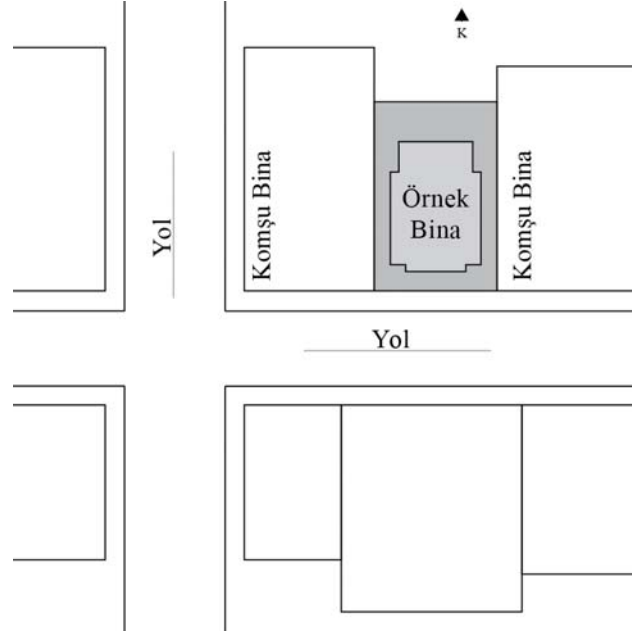
4.4.2. Seçeneklerin belirlenmesi (Determination of alternatives)

Modelde oluşturulan ağ kurgusunu test etmek için kurgulanan söz konusu proje için farklı senaryolar oluşturulmuştur. Projeye eklenen ve seçenekler arasında farklılık gösteren özellikler tanımlanmıştır. Seçeneklerin belirlenmesinde ölçütler düşünülerek ölçütlere etki edebilecek özellikler belirlenmiştir. Bu şekilde ağ kurgusunda değerlendirilecek üç tasarım seçeneği oluşturulmuştur. Alan çalışmasında değerlendirilmek üzere, İstanbul Kadıköy Bağdat Caddesi çevresinde yer alan dokuz katlı ve katta iki dairesi olacak şekilde yenilenen bir bina kurgusu tasarlanmıştır. Şekil 9'da sunulan vaziyet planında, belirtilen alanda ve tanımlanan formda uygulanması tasarlanan yeni binanın ve çevresinde yer alan komşu yapıların dokuz katlı binalar olduğu kabul edilmektedir.

Binanın yapımında;

- Bahçede açık renk kaplama malzemeleri ve yumuşak zemin kullanıldığı,
- Binada atıkların geri dönüşümü için alan ayrıldığı,
- Bahçede ışık kirliliğinin azaltılmasına yönelik aydınlatma elemanlarına yer verildiği,
- Dairelerde havalandırmanın doğal olarak sağlandığı,
- Pencerelerde motorlu panjur kullanıldığı,
- Temiz su tüketimini azaltmak üzere önlemler alındığı,
- Malzemelerin yakın yerel üreticilerden sağlandığı,
- Seçilen malzemelerin temizliğinin ve bakımının kolay olmasına özen gösterildiği,
- Malzemelerin dayanıklılığına önem verildiği,
- Erişilebilirlik konusunda özenli bir tasarım yapıldığı,
- Binada kullanıcılar için ortak sosyal alanlar oluşturulduğu kabul edilmektedir.

Kurgu bina için belirtilen özelliklere ek olarak, çalışmada yer alan ölçütler doğrultusunda oluşturulan yeni yapı seçeneklerinin özellikleri Tablo 3'te yer almaktadır.



Şekil 9. Örnek çalışma için vaziyet planı kurgusu (Site plan setup for case study)

Seçenekler oluşturulurken, bir seçeneğin uygulaması gerçekleştirilen binalara yakın özelliklerde olmasına dikkat edilmiştir. Diğer seçenekler, belirlenen özellikler artırılarak oluşturulmuştur. Ele alınan özellikler; enerjiye, su kullanımına, malzemeye ve iç çevreye ilişkin özellikler olarak gruplandırılmıştır. Ekonomik özelliklere ilişkin olarak ise, karar vericilerin yargılarını etkileyeceği düşünüldüğü için bir tanımlama yapılmamıştır.

4.4.3. İlişkiler matrisi (Relationship matrix)

Maliyete ilişkin sürdürülebilirlik ölçütleri arasındaki etkileşimlerin belirlenmesi amacıyla ilişkiler matrisi oluşturularak bir anket formu hazırlanmıştır. Karar vericilerin bir ölçütün başka bir ölçüt üzerinde etkili olup olmadığını işaretlemeleri istenmiştir. Çalışmaya katılan dört karar vericiden üçünün belirlediği ilişkilerin var olduğu kabul edilmiştir. İlişkiler matrisinde ölçütler arası ilişkilerin yanında tüm seçenekler birbirleri ve tüm ölçütler ile karşılıklı olarak ilişkilendirilmiştir. İlişkilerin modellenmesi aşamasında Super Decisions yazılımı kullanılmıştır. Bina kabuğu ve ısı konfor ölçütleri diğer ölçütleri en çok etkileyen ölçütler olurken, ilk yatırım maliyeti ve kullanım maliyeti ölçütlerinin diğer ölçütler tarafından en çok etkilenen ölçütler olduğu görülmektedir.

4.4.4. Ağ modeli (Network model)

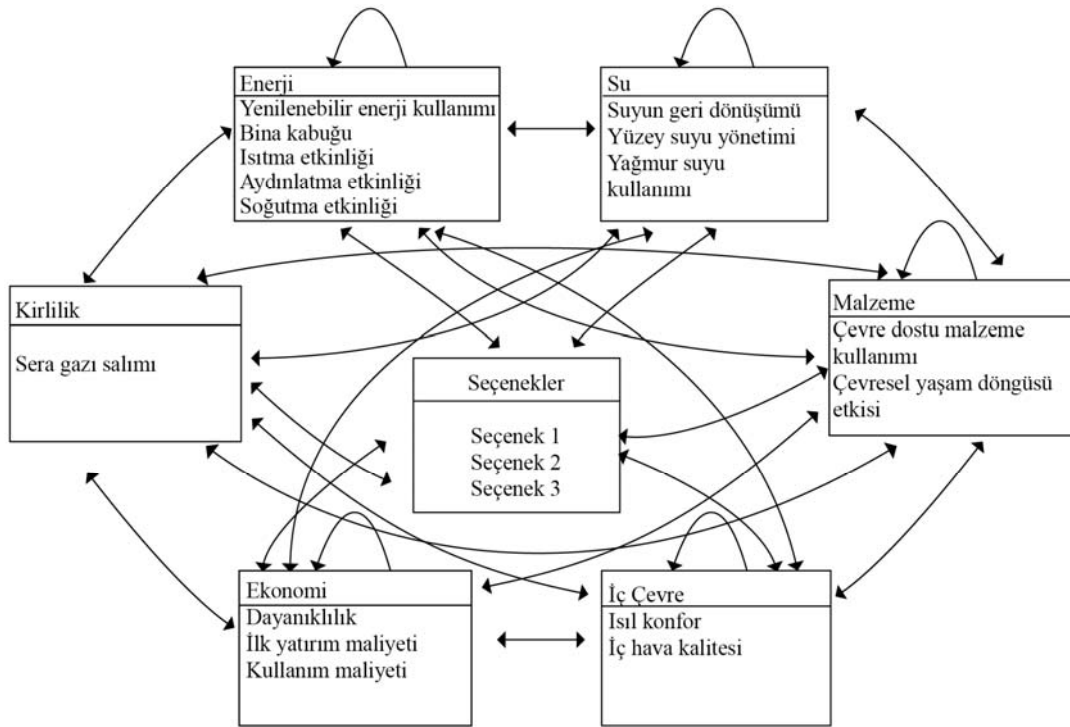
Analitik ağ süreci ile ikili karşılaştırmalar değerlendirilerek ölçütler arasındaki etkileşimler ve geri bildirimler doğrultusunda ölçütler ve seçenekler için önem sıralaması oluşmaktadır. Bu doğrultuda ilişkiler matrisi oluşturulduktan sonra matriste belirtilen ilişkiler kullanılarak ağ kurgusu modellenmektedir. Altı küme ve 16 ölçüt ile modellenen ağ kurgusunda seçenekler kümesinde çalışmada oluşturulmuş olan üç tasarım seçeneği yer almaktadır. Sonuç olarak oluşturulan ağ modeli Şekil 10'da görülmektedir.

4.4.5. Örnek çalışma (Case study)

Değerlendirme aşamasında kullanılan ikili karşılaştırmalar, matriste katılımcılar tarafından belirlenen ve ağ modelinde modellenen ilişkiler ile oluşturulmuştur. Super Decisions yazılımı ile yapılması

Tablo 3. Seçeneklere ilişkin özellikler (Specifications for alternatives)

Özellikler	Seçenek 1	Seçenek 2	Seçenek 3	
Enerji	<ul style="list-style-type: none"> ● Yenilenebilir enerji kullanımı ■ Bina kabuğu ▲ Isıtma etkinliği © Aydınlatma etkinliği ★ Soğutma etkinliği 	<ul style="list-style-type: none"> ● Yenilenebilir enerji kullanılmıyor. ■ Dış duvar U değeri:0,57 ■ Pencere U değeri: 1,8 ■ Saydamlık oranı: Güney cephesi %30 Doğu ve Batı cepheleri %10 Kuzey Cephesi %10 ▲ Tekil ısıtma sistemi ★ Tekil soğutma sistemi © Manuel sistem-Kompakt floresan kullanımı 	<ul style="list-style-type: none"> ● Bahçe aydınlatmasında Güneş enerjili aydınlatma ■ Dış duvar U değeri: 0,52 ■ Pencere U değeri: 1,8 ■ Saydamlık oranı: Güney cephesi %35 Doğu ve Batı cepheleri %15 Kuzey Cephesi %15 ▲ Merkezi ısıtma sistemi ★ Tekil soğutma sistemi © Manuel sistem-Led kullanımı 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ortak alanların elektrik enerjisi ihtiyacı için PV panel ■ Dış duvar U değeri: 0,48 ■ Pencere U değeri: 1,8 ■ Saydamlık oranı: Güney cephesi %40 Doğu ve Batı cepheleri %20 Kuzey Cephesi %20 ▲ Merkezi ısıtma sistemi ★ Tekil soğutma sistemi © Klasik otomasyon sistemi
Su	<ul style="list-style-type: none"> ● Suyun geri dönüşümü ■ Yağmur suyu ▲ Yüzeysel suyu yönetimi 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Yağmur suyunun kullanımı 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Yağmur suyunun kullanımı ● Gri suyun dönüştürülmesi 	
Malzeme	<ul style="list-style-type: none"> ● Çevre dostu malzeme ■ Malzemelerin çevresel yaşam döngüsü etkisi 	<ul style="list-style-type: none"> ● ■ Geri dönüştürülmüş malzeme kullanımı 	<ul style="list-style-type: none"> ● ■ Geri dönüştürülmüş malzeme kullanımı ■ Yıkım atıklarının bir kısmının geri dönüşüme gönderilmesi 	
İç Çevre	<ul style="list-style-type: none"> ● Isıl konfor ■ İç hava kalitesi 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Uçucu organik bileşikler içermeyen boya ve yapıştırıcı kullanılması 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Uçucu organik bileşikler içermeyen boya ve yapıştırıcı kullanılması 	

Şekil 10. Sürdürülebilir Bina Yenilemeye İlişkin Maliyet Etkin Tasarım Karar Modeli Ağ Kurgusu**Şekil 10.** Sürdürülebilir bina yenilemeye ilişkin maliyet etkin tasarım karar modeli ağ kurgusu
(Network model of cost-effective design decision model for sustainable building renewal)

gereken ikili karşılaştırmalar belirlenmekte, ölçüt kümeleri ve ölçütler açısından gerekli tüm karşılaştırmalara yazılımın 'comparisons/karşılaştırmalar' sekmesinden ulaşılabilmektedir.

Çalışmada karar vericilerin tanımlanmış olduğu ilişkiler ve seçenekler ile 183 ikili karşılaştırmayı içeren bir anket formu hazırlanmıştır. Karşılaştırma ölçeğinin anketteki sunum biçimi Şekil 11'de

görülebilmektedir. Anket formunda karar vericilerden daha önemli buldukları ölçüte yaklaşan bir değer belirlemeleri beklenmiştir.

İkili karşılaştırmalar değerlendirilirken her karşılaştırma için karar vericiler tarafından verilen değerlerin geometrik ortalaması kullanılarak ortak karar belirlenmiştir. İkili karşılaştırma değerleri Super Decisions yazılımında matrise işlenmiştir. Öncelikli olarak yapılan tutarlılık kontrolünde tüm matrislerin tutarsızlık oranının 0,10 değerinin altında olduğu görülmektedir. Sonrasında ilk olarak matrisler için ortaya çıkan karşılaştırma değerleri birleştirilerek ağırlıklandırılmamış matris oluşturulmuştur. Limit matris ile belirlenen ve Tablo 4'te yer alan önem ağırlıkları incelendiğinde

ekonomi kümesinde kullanım maliyeti ölçütünün, enerji kümesinde ısıtma etkinliği ve bina kabuğu ölçütlerinin öne çıktığı görülmektedir. İç çevre kümesinde ise, ısıl konfor en önemli görülen ölçüt olmuştur. Kirlilik kümesinde tek bir ölçüt yer aldığı için sera gazı salımı ölçütünün %100'lük önem değerine sahip olduğu gözlenmektedir. Malzeme kümesinde yer alan iki ölçüt birbirilerine yakın değerlerdedir. Su ölçüt kümesinde ise, yağmur suyu kullanımı ölçütü karar vericiler tarafından önemli bulunmaktadır.

Ölçütlerin önem ağırlıkları Şekil 12'de grafik şeklinde sunulmaktadır. Ağırlıklar değerlendirildiğinde en önemli görülen ölçütün kullanım maliyeti olduğu görülmektedir. Ekonomi kümesinde yer alan tüm

Örnek soru:

"Yenilenebilir enerji kullanımı" söz konusu olduğunda aşağıdaki iki ölçütten hangisinin önemi daha fazladır?

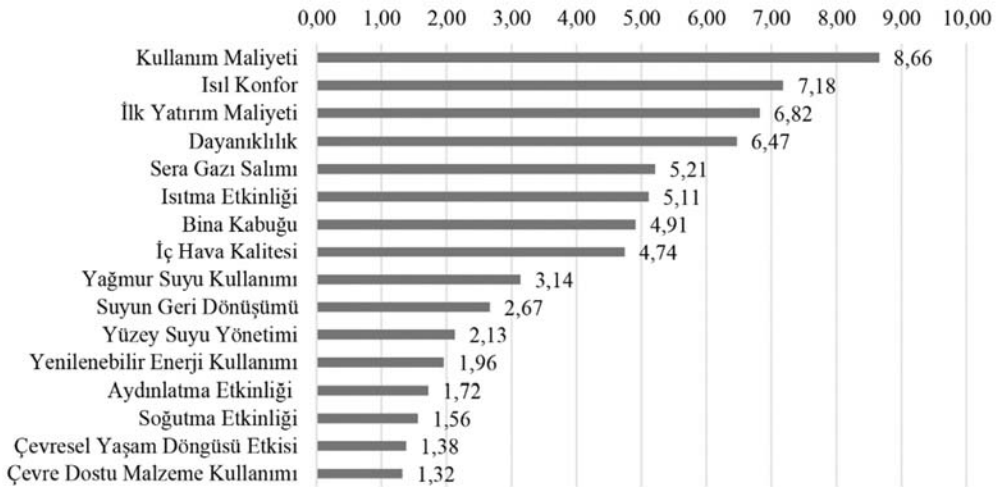
1= Eşit 3=Biraz daha fazla 5=Daha fazla 7=Çok daha fazla 9= Aşırı derecede daha fazla

İlk yatırım maliyeti	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kullanım maliyeti
----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-------------------

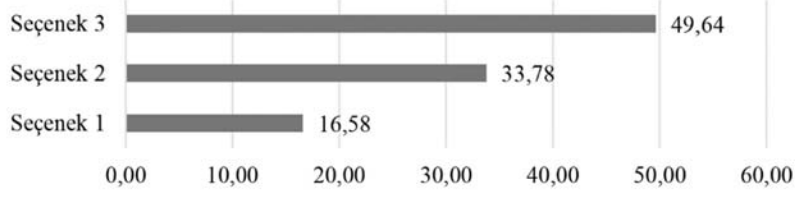
Şekil 11. Ankette yer alan soru tipi ve karşılaştırma ölçeği (Question type and comparison scale in the questionnaire)

Tablo 4. Ölçütler ve seçenekler için önem ağırlıkları (Importance weights for criteria and alternatives)

Ölçüt Kümesi	Ölçütler	Önem ağırlığı (%)	Küme içi (%)
Ekonomi	Dayanıklılık	6,47	29,47
	İlk Yatırım Maliyeti	6,82	31,06
	Kullanım Maliyeti	8,66	39,47
Enerji	Aydınlatma Etkinliği	1,72	11,26
	Bina Kabuğu	4,91	32,20
	Isıtma Etkinliği	5,11	33,46
	Soğutma Etkinliği	1,56	10,23
	Yenilenebilir Enerji Kullanımı	1,96	12,85
İç Çevre	Isıl Konfor	7,18	60,24
	İç Hava Kalitesi	4,74	39,76
Kirlilik	Sera Gazı Salımı	5,21	100
Malzeme	Çevre Dostu Malzeme Kullanımı	1,32	48,89
	Çevresel Yaşam Döngüsü Etkisi	1,38	51,11
Su	Suyun Geri Dönüşümü	2,67	33,64
	Yağmur Suyu Kullanımı	3,14	39,53
	Yüzey Suyu Yönetimi	2,13	26,83
Seçenekler	Seçenek 1	5,80	16,58
	Seçenek 2	11,83	33,78
	Seçenek 3	17,38	49,64



Şekil 12. Ölçütlerin önem ağırlıkları (The importance weights of the criteria)



Şekil 13. Seçeneklerin önem ağırlıkları (The importance weights of alternatives)

ölçütlerin genel olarak önemli bulunduğu gözlenmektedir. En az önemli olarak değerlendirilen ölçütler çevre dostu malzeme kullanımı ve malzemelerin çevresel yaşam döngüsü etkisi olmuştur. Seçeneklere ilişkin önem ağırlıkları ise Şekil 13'te grafik olarak yer almaktadır. Sonuçlar değerlendirildiğinde, en çok özelliğe sahip olan Seçenek 3 en uygun seçenek olarak görülmektedir. Seçenek 2, 33,78 önem ağırlığı ile ikinci uygun seçenek olurken, uygulamalara en yakın özelliklere sahip olan Seçenek 1 ise, 16,58 değeri ile en düşük önem ağırlığına sahip seçenek olarak değerlendirilmektedir.

Çalışmada karar vericilerin yapmış oldukları ikili karşılaştırmalar sonucunda malzeme ölçüt kümesinde yer alan 'çevresel yaşam döngüsü etkisi' ve 'çevre dostu malzeme kullanımı' ölçütleri tasarım kararında pek etkili görülmemektedir. Karar vericiler tarafından önemli bulunan 'kullanım maliyeti' ölçütü enerji giderleri ile ilişkili olduğu için enerji tüketimi az olan seçeneklerin önemini artırmaktadır. Önemli bulunan 'ısı konforu' ve 'bina kabuğu' ölçütleri de benzer şekilde 'kullanım maliyeti' ile ilişkili görüldüğü için bu ölçütler açısından öne çıkan seçenekler daha önemli bulunmuştur. Son olarak, 'yağmur suyu kullanımı', 'suyun geri dönüşümü' ve 'yüzey suyu yönetimi' ölçütleri ortalama önem düzeyine sahip olmalarına rağmen bu ölçütlerin diğer ölçütler ile etkileşiminin bir sonucu olarak su kullanımına ilişkin özelliklere sahip seçenekler önem kazanmaktadır. Ölçütler arası tüm etkileşimlerin sonucunda yenilenebilir enerji kullanımına, daha yüksek yalıtım değerine ve su kullanımına yönelik özelliklere sahip seçeneklerin daha uygun olarak değerlendirildiği görülmektedir.

Örnek çalışma sonucunda en uygun seçeneğe karar verilmesinin yanı sıra ölçütlerin önem ağırlıkları belirlenmiştir. Böylece tasarım seçenekleri için tüm ölçütler göz önünde bulundurularak bir değerlendirme mümkün olmaktadır. Ek olarak, ölçütlerin önem sıralaması, tasarım kararlarında en çok önem verilmesi gereken konuları da ortaya koymaktadır.

Çalışmada kurgulanan karar modelinin adımları bir örnek çalışma ile değerlendirilmiştir. İlk olarak kurulan ilişkiler matrisi ile bir sonraki aşamada ölçüt kümeleri, ölçütler ve seçenekler arasında karar vericiler tarafından ikili karşılaştırmalar gerçekleştirilmiştir. Analitik ağ sürecinin uygulanması sonucunda en uygun seçenek olarak değerlendirilen 'Seçenek 3' kısmen yenilenebilir enerji kullanan, yönetmelikte belirtilen sınır değerinin altında bir ısı geçirenlik değerine sahip, su kullanımının azaltılmasına yönelik sistemlere yer veren ve malzeme seçimi konusunda duyarlı bir seçenek olmuştur. Örnek çalışma, var olan parsel ölçeğinde bina yenileme uygulamalarına en yakın seçenek olan 'Seçenek 1'in en düşük önem ağırlığına sahip olduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda, karar vericilerin bina yenilemede var olan uygulamaları uygun seçenek olarak görmediği belirlenmiştir. Örnek çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde, karar vericiler tarafından en uygun bulunan seçenek ile var olan uygulamalar arasındaki farkın, yasal gerekliliklerin sınırlı kapsamda olması, parsel ölçeğinde bina yenileme uygulamaları için sürdürülebilir tasarım ilkelerine yönelik bir rehber sunulmaması ve sürdürülebilirlik bilincinin yeterli seviyede

olmamasının bir sonucu olarak piyasada talebin eksik olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu doğrultuda, yasal gerekliliklerin bina yenilemeye ilişkin sürdürülebilirlik ilkelerini içerecek şekilde düzenlenmesi, yüklenicilerin uygulamalarında sürdürülebilirlik ölçütlerine yer vermesi için teşvik modelleri tasarlanması ve uygulamaların denetiminin düzenlenmesi gerekli görülmektedir.

5. Sonuçlar ve Tartışmalar (Results and Discussions)

Dünyada benzeri pek bulunmayan ancak Türkiye'de kentsel dönüşüm çalışmaları kapsamında yoğun olarak gerçekleştirilen parsel ölçeğinde bina yenilemede sürdürülebilirliğin sağlanmasını amaçlayan bir çalışma bulunmamasına bağlı olarak uygulamaların kentsel sorunlara neden olduğu görülmektedir. Bu çalışma, parsel ölçeğinde bina yenileme uygulamalarına özel olarak uygulamaların koşullarını göz önünde bulunduran ve uygulamalarda üç boyutta sürdürülebilirliği sağlamaya yönelik bir maliyet etkin tasarım modeli önermektedir. Önerilen maliyet etkin modelin yükleniciler tarafından gerçekleştirilen bina yenileme uygulamalarının tasarım aşamasında sürdürülebilirlik ilkelerinin ele alınmasını sağlayacağı ve en büyük engel olarak nitelendirilen maliyet engelini aşmak konusunda fayda sağlayacağı öngörülmektedir.

Çalışmada Türkiye koşullarına uygun bir ölçüt setinin oluşturulmasında Delphi tekniği ve göreceli önem indeksi kullanılarak konut tasarımında yer alması gerekli görülen ölçütler sunulmaktadır. Uzman paneli, çalışmanın ölçüt sayısını azaltarak analitik ağ sürecinde kullanılan ölçütleri sınırlandırmıştır. Ölçüt sayısının az olması analitik ağ sürecinin bir sınırlılığı olarak görülse de modelin yükleniciler için daha anlaşılır olmasını ve kullanımının kolaylaşmasını sağlamaktadır. Örnek çalışma, piyasa koşullarında gerçekleştirilen bina yenileme uygulamalarının sürdürülebilirlik doğrultusunda geliştirilerek uygulanmasının mümkün olduğunu göstermektedir.

Örnek çalışmada sürdürülebilirliğe ilişkin en çok özelliği içeren seçeneğin katılımcılar tarafından uygun olarak değerlendirilmesi, bina yenilemenin tasarım kararlarını alan aktörlerin sürdürülebilirlik konusunda istekli olduğunu ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, Bağdat Caddesi ve çevresinin, sürdürülebilirlik ölçütlerinin getireceği ek maliyetler için gayrimenkul değeri ile uygun piyasa koşullarını sunduğu sonucuna varılabilir. Ancak, ülke geneli ele alındığında imar koşulları ve ekonomik kısıtlılıklar doğrultusunda devlet tarafından uygulamalarda sürdürülebilirliğin sağlanmasına yönelik teşvikler sunulması önemli bulunmaktadır. Teşvikler sonucunda, zamanla piyasanın sürdürülebilirlik doğrultusunda evrilerken, rekabette yer almak isteyen yüklenicilerin bu doğrultuda daha fazla adım atmasını zorunlu hale getireceği öngörülmektedir.

Kurgulanan modelde mülk sahibi, yüklenici firma ve yerel yönetimlerin sürdürülebilirlik konusunda bilgi sahibi olmaları beklenmektedir. Bu amaçla, karar vericiler için sürdürülebilirlik bilinci ve bilgisini artırmaya yönelik çalışmaların gerçekleştirilmesi önemli bulunmaktadır. Mülk sahiplerinin bilinçlenmesinin

sağlanması sürdürülebilirliğe yönelik bir talep oluşmasını sağlayacak, yüklenicilerin bilinçlenmesi ise modelin uygulanabilirliğini artıracaktır.

Çalışmada sunulan karar modeli karar vericilerin öznel yargılarını kullanarak bir tasarım seçimi yapılmasını sağlamaktadır. Gelecek çalışmaların, en uygun seçenek olarak belirlenen seçenek için maliyet analizlerini ele alması, modelin finansal geçerliliğini artıracaktır. Önerilen model, uygulama için bir uzmana ihtiyaç duymaktadır. Yöntemin bir yazılım haline getirilmesi, uzman ihtiyacını ortadan kaldırarak ve ölçütlerin, değişkenlerin ve seçeneklerin kolaylıkla değiştirilmesini sağlayarak modelin kullanım kolaylığını artıracaktır.

Geliştirilen sürdürülebilirliğe ilişkin maliyet etkin tasarım karar modelinin; yerel yönetimler ve yüklenici firmalar tarafından uygulamalarda sürdürülebilirliği sağlamaya ve artırmaya yönelik bir araç olarak kullanılabilmesi, çalışmada kullanılan araştırma adımlarının farklı yapı ölçeklerinde ve farklı yapı türlerinde tekrar uygulanabilmesi, karar modelinin farklı ülke koşullarında uygulanabilmesi şeklinde yaygın etkilere sahip olduğu düşünülmektedir. Ek olarak, modelin yüklenicilerin ihtiyaçları doğrultusunda esneklik gösterebilmesi, sadece küçük ölçekli yükleniciler tarafından değil, tüm yükleniciler tarafından kullanımını kolaylaştırmaktadır.

Çalışmada önerilen tasarım karar modeli, sürdürülebilirliğin üç boyutunu kapsayan ölçütler bağlamında, kentsel alanın ve kentsel yaşamın niteliği, ülke ekonomisi, kaynakların sürdürülebilirliği, kullanıcı konforu ve sağlığı açısından önem kazanmaktadır. Modelin tasarım sürecinin erken evrelerinde kullanılması, parsel ölçeğinde bina yenileme uygulamalarının ilk yatırım maliyetlerinde sürdürülebilirlik ölçütlerini sağlamak amacıyla yaşanacak artışın azaltılmasını sağlayacaktır.

Kaynaklar (References)

- Polat,S., Dostoğlu, N., Kentsel dönüşüm kavramı üzerine: Bursa'da Kükürtlü ve Mudanya örnekleri, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 12 (1), 61-76, 2007.
- Görgülü, Z., Kentsel Dönüşüm ve Ülkemiz, TMMOB İzmir Kent Sempozyumu, İzmir, 8-10 Ocak 2009.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun, Resmi Gazete Sayı:28309, 2012.
- Özlüer, F., Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun ve uygulama sorunları, Mimarlık, 366, 2012.
- Doan, D. G. A., Naismith, N., Zhang,T., Ghaffarianhoseini, A., Tooke, J., A critical comparison of green building rating systems, Building and Environment,123, 243-260, 2017.
- Zhang, X., Shen, L., Wu, Y., Green strategy for gaining competitive advantage in housing development: a China study, Journal of Cleaner Production, 19, 157-167, 2011.
- World Commission on Environment and Development (WCED), Our Common Future, Oxford University Press, Oslo, 1987.
- Levent Ş., İ. Çetiner İ., Production and construction process environmental impact assessment of waterproofing, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 37 (1), 145-158, 2022.
- Mateus, R., Braganca, L. Sustainability assessment and rating of buildings: developing the methodology SBToolPTeH, Building and Environment, 46 (10), 1962-1971, 2011.
- Kamali, M., Hewage, K., Milani,A., Life cycle sustainability performance assessment framework for residential modular buildings: aggregated sustainability indices, Building and Environment, 138 (6), 21-41, 2018.
- Hak,T., Moldan,B., Dahl, A., Sustainability Indicators A Scientific Assessment, Washington DC: Island Press, 2007.
- Lützkendorf, T., Assessing the environmental performance of buildings: trends, lessons and tensions, Building Research and Information, 46 (2), 1-21, 2018.
- Markelj, J., Kuzman,M., Grošelj,P., M. Zbašnik-Senegačnik, A simplified method for evaluating building sustainability in the early design phase for architects, Sustainability, 6, 8775-8795, 2014.
- Tomsic, M., Zavrl, M., Development of a sustainability assessment method for buildings – the OPEN HOUSE case, Facilities, 36 (1/2), 76-102, 2018.
- Tupenaite, L., Lill, I., Geipele, I., Naimaviciene, J., Ranking of sustainability indicators for assessment of the new housing development projects: case of the Baltic States, Resources, 6 (4), 55, 2017.
- Çetiner, İ., Edis, E., An environmental and economic sustainability assessment method for the retrofitting of residential buildings, Energy and Buildings, 74, 132-140, 2014.
- International Energy Agency, Energy Policies of IEA Countries, Turkey, 2016. <https://www.iea.org/countries/turkey>. Erişim tarihi Haziran 11, 2019.
- Kibert, C. Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery, Hoboken, NJ: John Wiley& Sons, Inc., 2013.
- Balaban, O., Puppim de Oliveira, J., Sustainable buildings for healthier cities: assessing the co-benefits of green buildings in Japan, Journal of Cleaner Production, 163, 68-78, 2017.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Kamu Binalarının Enerji Verimli Yenilemesine Yönelik Rehber, Ankara: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020.
- Akgül,T., Beşken, İ., Karabyıkoğlu, O., BREEAM sertifikalı bir eğitim binasının yapım maliyetinin geleneksel yapım maliyetiyle karşılaştırılması, Türk Doğa ve Fen Dergisi, 9 (1), 49-54, 2020.
- Yalılı Kılıç, M., Yahşi, S. Sürdürülebilir enerji kullanımının yeşil bir ofise uygulanması, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9 (3), 557-568, 2019.
- Zavadskas, E., Šaparauskas, J., Antucheviciene, J. Sustainability in construction engineering, Sustainability, 10 (7), 2018.
- Ali,H., Al Nsairat,S., Developing a green building assessment tool for developing countries – case of Jordan, Building and Environment, 44 (5), 1053-1064, 2009.
- Serbest Yenidünya, S., Limoncu, S., Bina yenileme uygulamaları için sürdürülebilirlik ölçütlerinin belirlenmesi: sistematik literatür taraması ve meta analizi, Megaron, 15 (2), 270-284, 2020.
- Linstone, H., Turoff, M., The Delphi Method Techniques and Applications, Reading: Addison- Wesley, 1975.
- Profillidis, V.A., Botzoris, G., Modeling of Transport Demand, Amsterdam: Elsevier, 2019.
- Ramos, D. P. Arezes, P., Alfonso, P., Application of the Delphi method for the inclusion of externalities in occupational safety and health analysis, DYNA, 83 (196), 14-20, 2016.
- Ercan,T., Yapım firmalarında inovasyon alanlarının örgüt performansına etkisinin irdelemesi, Megaron, 11 (2), 300-308, 2016.
- Kumar,B., Bommareddy, S., Asadi, S., Evaluation of factors declining cost variation for construction of endowment buildings, International Journal of Civil Engineering and Technology, 9 (6), 235-245, 2018.
- Balaban, Y., Baki, B., Analitik ağ süreci yaklaşımıyla en uygun katı atık bertaraf sisteminin belirlenmesi: Trabzon örneği, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 24 (3), 183-194, 2010.
- Dağdeviren M., Dönmez N., Kurt M., Developing a new model for supplier evaluation process for a company and its application, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 21 (2), 247-255, 2006.
- Kadoic,N., Redep,N., Divjak, B., Decision Making with the Analytic Network Process, SOR 17 Proceedings, Bled, Ljubljana, 2017.
- Sipahi, S., Timör,M., The analytic hierarchy process and analytic network process: an overview of applications, Management Decision, 48 (5), 775-808, 2010.
- Üstün, Ö., Sağır Özdemir, M., Aktar Demirtaş, E., Kıbrıs sorunu çözüm önerilerini değerlendirmede analitik serim süreci yaklaşımı, Endüstri Mühendisliği Dergisi, 16 (4), 2-13, 2005.
- Serbest Yenidünya, S., Sürdürülebilir bina yenilemeye ilişkin maliyet etkin tasarım karar modeli önerisi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2021.
- Serbest Yenidünya, S., Limoncu, S., Bina Yenilemenin Aktörler ve Amaçlar Bağlamında Değerlendirilmesi, 1. İstanbul Konut Kurultayı, İstanbul, 2018.
- Z. Yazıcıoğlu, 1950-1970'lerde İstanbul'da konut mimarisi: Bağdat Caddesi örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2001.

39. Yazıcıoğlu Halu, Z. Kentsel mekan olarak caddelerin mekansal karakterinin yürünebilirlik bağlamında irdelenmesi Bağdat Caddesi örneği, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2010.
40. Altuner, D., Marmaray projesinin etki alanında kalan Haydarpaşa – Bostancı banliyö güzergâhının kültürel miras bağlamında değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, MSGSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016.
41. Super Decisions, «www.superdecisions.com,» Erişim tarihi Eylül 19, 2023.
42. Vyas, G., Jha, K., Identification of green building attributes for the development of an assessment tool: a case study in India, Civil Engineering and Environmental Systems, 33 (4), 331-334, 2016.
43. Morris, P. Matthiessen, L., Cost of Green Revisited: Reexamining the Feasibility and Cost Impact of Sustainable Design in the Light of Increased Market Adoption, Davis Langdon, 2007.
44. Davis Langdon, Cost of building to the Code for Sustainable Homes, Department for Communities and Local Government, London, 2011.
45. Çakmanus, İ., Göksal Özbalta, T., Binalarda Sürdürülebilirlik: Ömür Boyu Maliyete İlişkin Yaklaşımlar, İstanbul: Doğa Yayıncılık, 2008.
46. Şimşek, E.P. Sürdürülebilirlik bağlamında yeşil bina olma kriterleri Kağıthane Ofis park projesi örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012.
47. Çakır, İ., Yerleşim ölçeğinde uygulanan ekolojik kriterlerin getirdiği ek maliyet ve geri kazanımı, Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016.
48. Saaty, T.L., Vargas, L.G., Decision Making with the Analytic Network Process, New York: Springer, 2013.
49. Saral, M., Parsel ölçeğinde kentsel dönüşüm projeleri ile değişen ve dönüşen kentsel mekan: Kadıköy Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2019.
50. Aydın Gök, S.F., Kentsel dönüşüm sürecinde konut kalitesi değerlendirme modeli önerisi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2019.
51. Berkmen, N., Turgut, S., Kentsel dönüşüm kısıcında Bağdat Caddesi, Megaron, 14 (Suppl. 1), 155-166, 2019.
52. Nalewaik, A., Venters, V., Costs and Benefits of Building Green, AACE International Transactions, 2008.
53. Ömürbek, N., Şimşek, A., Analitik hiyerarşi süreci ve analitik ağ süreci yöntemleri ile online alışveriş site seçimi, Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi, 12 (22), 306-327, 2014.
54. Patzlaff, J., Stumpf Gonzalez, M.A., Parisi Kern, A., The assessment of building sustainability in micro and small building firms- case study on Southern Brazil, Revista Ingenieria de Construccion, 29 (2), 151-158, 2014.
55. Taemthong, W., Chaisaard, N., An analysis of green building costs using a minimum cost concept, Journal of Green Building, 14 (1), 53-77, 2019.
56. Zarghami, E., Azemati, H., Fatourehchi, D., Kaamloo, M., Customizing well-known sustainability assessment tools for Iranian residential buildings using fuzzy analytic hierarchy process, Building and Environment, 128 (1), 107-128, 2018.

