





## Model proposal for the evaluation of facade technologies used in building envelope

Benay Çubukcuoğlu Paksoy<sup>1\*</sup> , N. Volkan Gür<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Building Science PhD Programme, Institute of Science and Technology, Mimar Sinan Fine Arts University, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>Department of Architecture, Faculty of Architecture, Mimar Sinan Fine Arts University, İstanbul, Türkiye

### Highlights:

- Use of technology in building production
- Evaluation of facade technologies
- Use of Dematel and Quality function deployment methodologies in architectural sciences

### Keywords:

- Building element
- Building envelope
- Technology
- Dematel
- Quality function deployment

### Article Info:

Research Article

Received: 11.08.2024

Accepted: 15.02.2025

### DOI:

10.17341/gazimmfd.1531814

### Correspondence:

Author: Benay Çubukcuoğlu Paksoy

e-mail: benaycubukcuoglu@hotmail.com

phone: +90 533 516 8384

### Graphical/Tabular Abstract

In this study, an algorithm was created for the model as a result of synthesizing the qualitative data obtained by literature review and quantitative data obtained by QFD and Dematel methods. The evaluation model consists of analysis, synthesis, evaluation and decision stages. In the analysis phase, the performance requirements and then the design criteria were determined with the help of the experts. The obtained data was transferred to the synthesis phase. In the synthesis phase, value assignments of design criteria were made with the help of Dematel method. Then, to reveal the preferred design criteria and then technologies in existing buildings, two separate tables were created and filled for the determined buildings. In the evaluation phase, a technology classification was made as a result of the information obtained during the study. After that, by using this classification as a basis, the priorities of the technologies according to design criteria and the façade types according to technologies were found with the help of QFD methodology. In the decision stage the designer can evaluate the technologies through applied examples and have information about whether to include it in design or not. All these stages are shown on the Figure A, algorithm diagram which was created within the scope of the study.

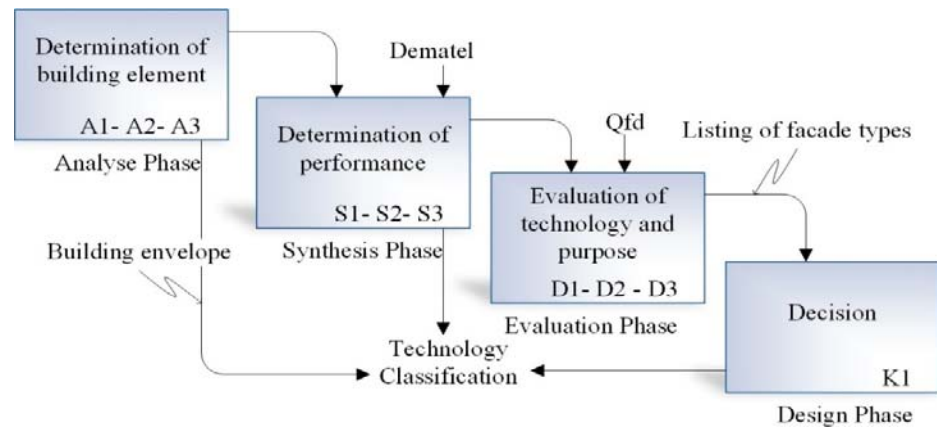


Figure A. Detailed algorithm diagram of the study

**Purpose:** The evaluation model was created to help architects to decide the use of technology at the design stage. The main idea of the model is evaluating the existing systems to support the use of technology and incorporating it into building production processes through the results obtained.

**Theory and Methods:** By mixed research method, qualitative data was obtained by conducting a detailed literature review with researching performance requirements, design criteria, building envelope and technologies. Dematel and QFD methodologies were preferred to obtain the quantitative data with the help of experts' opinions.

**Results:** The unique model, created within the scope of the study, has potential to be used for different building elements in projects of different sizes. The model enables to look at projects from a higher scale and anticipate problems that may be encountered in the future and take precautions.

**Conclusion:** As a result, it is possible to prevent time and financial losses due to future decision changes by creating a guide that facilitates decision making by evaluating the façade technologies used and guiding their use.



## Yapı kabuğunda kullanılan cephe teknolojilerinin değerlendirilmesi için model önerisi

Benay Çubukcuoğlu Paksoy<sup>1\*</sup>, N. Volkan Gür<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mimar Sinan Fine Arts University, Institute of Science and Technology, Building Science PhD Programme, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>Mimar Sinan Fine Arts University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, İstanbul, Türkiye

### Ö N E Ç İ K A N L A R

- Yapı üretiminde teknoloji kullanımı
- Cephe teknolojilerinin değerlendirilmesi
- Mimarlık bilimlerinde Dematel ve Kalite fonksiyon dağılımı metodolojilerinin kullanımı

### Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 11.08.2024

Kabul: 15.02.2025

### DOI:

10.17341/gazimmfd.1531814

### Anahtar Kelimeler:

Yapı elemanı,  
yapı kabuğu,  
teknoloji,  
dematel,  
kalite fonksiyon dağılımı

### ÖZ

Çok boyutlu bir süreç olan yapı üretiminde teknoloji kullanımını değerlendirmeyi amaçlayan bu çalışmada analiz- sentez- değerlendirme- karar olmak üzere 4 aşamalı bir model algoritması oluşturulmuştur. Çalışma, düşey yapı kabuğu özelinde sınırlandırılmıştır. İlk olarak performans gereksinme ve tasarım ölçütleri uzman görüşlerine başvurulmuş ve yapılan literatür taraması neticesinde belirlenmiştir. Dematel metodu ile etki analizi gerçekleştirilerek belirlenen 9 ana ve 27 alt tasarım ölçütünün önem ağırlıkları elde edilmiştir. Ardından oluşturulan yapı analiz tablosu ile yapıların ağırlıklı performans puanları elde edilmiştir. Performans puanı belirlenen yapılarda teknolojiyi araştırabilme amacıyla teknoloji araştırma tablosu belirlenen her yapı için doldurulmuştur. Kabukta teknoloji kullanımını cephe tipi ve uygulamalar özelinde sınıflandırmayı amaçlayan teknoloji sınıflandırma tablosu oluşturulmuştur. Daha sonra kalite fonksiyon dağılımı metodolojisi devreye sokulmuştur. Oluşturulan ardışık 2 kalite evi matrisi ile ilk olarak teknolojilerin, ardından teknolojilere göre cephe tipi ve uygulamaların önem ağırlıkları belirlenmiştir. Çalışma, belirlenen ölçütlerin önem ağırlıklarına göre hedeflenen performans uygun teknoloji ve ardından cephe tipi/ uygulama seçimini kuran model aracılığı ile sistematik bir şekilde özetlemekte ve teknolojinin avantajlarını göstermeyi hedeflemektedir. Oluşturulan ardışık matris sonuçları göstermektedir ki, mimarların tasarımlarına teknolojiyi dahil etmesinin öncelikli koşulu maliyet fazlalığı yaratmamasıdır. Sonuç olarak, yürütülen bu çok boyutlu çalışma sayesinde uygulanmış örnekler üzerinden cephede kullanılan teknolojilerin değerlendirilmesi gerçekleştirilerek tasarımcıya yol göstermek amaçlanmıştır.

## Model proposal for the evaluation of facade technologies used in building envelope

### H I G H L I G H T S

- Use of technology in building production
- Evaluation of facade technologies
- Use of Dematel and Quality function deployment methodologies in architectural sciences

### Article Info

Research Article

Received: 11.08.2024

Accepted: 15.02.2025

### DOI:

10.17341/gazimmfd.1531814

### Keywords:

Building element,  
building envelope,  
technology,  
dematel,  
quality function deployment

### ABSTRACT

In this study, which aims to evaluate the use of technology in building production, which is a multi-dimensional process, a 4-stage model algorithm was created: analysis-synthesis-evaluation-decision. The study was limited to the vertical building envelope. First the performance requirements and design criteria were determined by consulting expert opinions and as a result of the literature review. By performing an impact analysis with the Dematel method, the importance and relative importance weights of 9 main and 27 sub-design criteria were obtained. Then, with the building analysis table, the weighted performance scores of the determined structures were obtained. To research technology in buildings with determined performance scores, was filled for each determined building. A technology classification table was created that aims to classify the use of technology in the envelope according to facade type and applications. Then, the quality function deployment methodology was used. With two consecutive quality house matrices created, first the weights of the technologies then the facade types and applications according to the technologies were determined. The study systematically summarizes the selection of technology and facade type/application suitable for the targeted performance according to the importance weights of the determined criteria, through the established model, and aims to show the advantages of the technology. The consecutive matrix results show that the primary condition for architects to include technology in their designs is that it does not create cost overruns. As a result, thanks to this multi-dimensional study, it aims to guide the designer by evaluating the technologies used in the building envelope through applied examples.

## 1. Giriş (Introduction)

Yapı tasarımı, birden fazla yapı elemanı üzerinden ilerleyen çok boyutlu bir süreçtir. Teknoloji en ilkel sistemlerde bile bulunabilen bir yöntem bilgisidir. Teknolojinin yapı tasarımı ve üretimini ileriye taşıma potansiyelinden dolayı, yapı üretiminin tüm süreçlerinde kullanımı söz konusu olmaktadır. Ancak teknoloji kullanımında çoğu zaman, tasarıma ve üretime yanlış zamanda dahil etme ve yanlış şekillerde dahil etme gibi eylemler sonucunda iş gücü, malzeme, vakit ve nakit konularında öngörülemez ve telafisi oldukça zor hatalar meydana gelebilmektedir. Çalışmada teknolojinin tasarıma dahil edilmesi ile ilgili konular problem alanı olarak ele alınmakta ve yapılan araştırmalar aracılığı ile teknolojinin tasarım aşamasına dahil edilebilmesi sayesinde ortaya çıkacak gelişim olanakları ve bunun üretim aşamasında sağlayacağı avantajlar irdelenmektedir. Bu çalışma ile yapı elemanı tasarımı ve üretiminde uygulanmış örnekler üzerinden teknoloji araştırması yapılarak bir değerlendirme modeli oluşturulmuştur. Değerlendirme modeli ile teknolojinin uygulanmış örneklerdeki kullanım şekillerinin ve biçimlerinin araştırılması ve devamında sürece dahil edilmesi ile ilgili fikir sahibi olunması konularında tasarımcıya yardımcı olmak amaçlanmaktadır. Çalışmada teknoloji kullanımının uygulanmış örnekler üzerinden analizi ile yapı kabuklarının geçirdiği evrimi sistematik bir dil ile özetlemek hedeflenirken, teknoloji kullanımını desteklemek ve yapı üretim süreçlerine dahil etmek çalışmanın ana fikri olarak belirlenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot (Material and Method)

Oluşturulan model, kapsam olarak tüm yapı elemanlarına uygulanabilir nitelikte olduğundan, diğer yapı elemanları ile kıyaslandığında daha fazla performans gereksinmesini sağlaması beklendiğinden ve daha fazla veri elde etmeye imkân verebilecek potansiyele sahip olması sebebiyle çalışmanın yapı kabuğu özelinde sürdürülmesine karar verilmiştir. Yapı kabuğu tasarımı, birden fazla performans gereksinmesi ve tasarım ölçütünün sağlanması gereken çok disiplinli bir faaliyet olmasının yanında, belirlenen amaca/amaçlara cevap verebilmesi için, başından sonuna tüm girdi ve çıktıları ile planlı bir şekilde ilerlenmesi gereken bir süreçtir. Küresel enerji tüketiminin yaklaşık olarak %40'ından sorumlu olan inşaat sektörünün olumsuz etkisini daha da arttırmamak adına yapı kabuğu amacına uygun tasarlanarak üretim aşamasına geçilmelidir. Yapı kabuğu tasarımında müşteri istekleri, yeni eğilimleri yakalamak, hız kazanmak ve rekabet üstünlüğü gibi konularda geleneksel tasarım ve üretim yöntemlerinin yetersiz kalması sebebiyle tasarım ve üretim süreçlerinin teknoloji yardımı ile daha verimli, kaliteli ve üstün performanslı bir şekilde gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir. Bu çalışma ile yapı kabuğu tasarımının daha iyi ve amacına uygun gerçekleştirilebilmesi için cephede teknoloji kullanımını destekleyen bir model oluşturulmuştur. Ayrıca teknoloji kavramının oldukça geniş bir çerçeveye sahip olması nedeniyle, etkinlik ve verimlilik kapsamında sınırlandırılmasına karar verilmiştir.

Önerilen model ile, yapı üretim süreçlerine dahil edilecek olan performans gereksinmesi, tasarım ölçütü, teknoloji girdisi ve cephe tipi / uygulama için en uygun çözümün uygulanmış örneklerdeki ölçütlerin karşılanma durumları üzerinden bulunması amaçlanmakta ve tasarımcılara yapım sürecinde faydalanabilecekleri teknoloji araştırmaları konusunda yol göstermek hedeflenmektedir. Tasarımcı, model aracılığı ile elde edilen amaç- süreç ve sonuç verileri sayesinde oluşturulan yapı analiz ve teknoloji araştırma tabloları yardımı ile analizleri gerçekleştirilen farklı cephelerin performansı hakkında bilgi sahibi olabilmektedir. Teknoloji, yapılarda farklı hiyerarşik ölçekler ve amaçlar ile kullanılabilir olduğundan, cephe tipi ve uygulamaları içeren bir gruplama analizi ile yapılarda ne amaçla, nasıl bir teknoloji

kullanılacağı konusunda yol gösterici olacak bir teknoloji sınıflandırma tablosu oluşturulmuştur. Çalışma özelinde oluşturulan sınıflandırma tablosunda yer alan teknolojilerin, cephe tipi ve uygulamaların yapı analiz ve teknoloji araştırma tablolarından elde edilen performans puanları ile eşleştirilmesi neticesinde değerlendirme yapılabilmektedir.

Çalışmada oluşturulan değerlendirme algoritması için nicel ve nitel araştırma yöntemlerinin bir arada kullanıldığı karma araştırma modeli tercih edilmiştir. Yapılan literatür taraması neticesinde elde edilen verilerin sentezlenebilmesi amacıyla Dematel ve Kalite fonksiyon dağılımı olmak üzere iki farklı metodoloji tercih edilmiş ve model bu doğrultuda oluşturulmuştur.

Model; analiz, sentez, değerlendirme ve karar evreleri olmak üzere dört ana evreden oluşmaktadır. Karar evresi hariç her evrenin üç alt evresi bulunmaktadır.

Analiz evresinde sırasıyla, yapı elemanı kararı verilerek, uzman görüşmeleri ve ardından yapılan literatür taraması neticesinde yapı elemanının performans gereksinimleri ve tasarım ölçütleri belirlenmiştir. Ardından tasarım ölçütlerinin önem ağırlıklarını belirleyebilmek amacıyla etki analiz formu oluşturularak akademisyenlere iletilmiştir.

Sentez evresinde sırasıyla, akademisyenlerden gelen cevaplar doğrultusunda Dematel metodu yardımı ile etki analizi gerçekleştirilerek tasarım ölçütlerinin önem ağırlıkları belirlenmiştir. Ardından uygulanmış örneklerde kullanılan teknolojilerin analizini gerçekleştirilebilmek amacıyla oluşturulan yapı analiz tablosu ve teknoloji araştırma tablosu olarak adlandırılan ardışık iki ayrı tablo, öncelikle yapıların performans puanını belirlemek, ardından yapılarıdaki teknolojiyi araştırabilmek amacıyla belirlenen yapılar için doldurulmuştur.

Değerlendirme evresinde, önceki iki evreden elde edilen tüm bilgiler yardımı ile bir teknoloji sınıflandırması oluşturulmuş ve çalışma kapsamında kullanılacak bir diğer yöntem olan kalite fonksiyon dağılımı metodolojisi ile ilk olarak tasarım ölçütlerine göre teknolojilerin, ardından teknolojilere göre cephe tiplerinin öncelikleri belirlenmiştir.

Tasarımcı, karar evresinde, yapı kabuğunda kullanılan teknolojiler ile ilgili bilgi sahibi olarak bunu tasarıma entegre edip etmeme konusunda karar verebilmekte, bu sayede yanlış zamanda yanlış şekilde teknoloji kullanımının önüne geçilebilmektedir.

Literatürde; mimarlık, tasarım, yapı elemanı ve üretimi ile ilgili yapımda yönetim, sistemli tasarım metotları oluşturma ile ilgili çalışmalar olduğu, teknoloji ve mimarlık ile ilgili ise teknolojinin yapı üretim süreçlerinde yarattığı olumsuzluklar, bir kısmın ise, teknolojinin benimsenememesi ile ilgili olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, teknolojinin tasarım ya da üretim süreçlerinde kullanımını değerlendiren ve kullanılmış örnekleri inceleyerek farklı metodolojilerin kullanılması ile elde edilen nicel veriler yardımı ile analiz eden bir çalışma olmaması sebebiyle, çalışmanın literatürdeki bu boşluğu gerek hipotetik gerekse uygulamalar yönünden doldurması ve literatüre katkı yapması amaçlanmaktadır.

## 3. Literatür Taraması (Literature Review)

### 3.1. Yapı Kabuğu (Building Envelope)

Yapılar, çeşitli elemanların hiyerarşik olarak bir araya gelmesi ile oluşturulan karmaşık sistemlerdir. Yapı kabuğu ise, binayı çevreleyen iç ve dış ortamı fiziksel olarak ayıran [1], doğal havalandırma ve

aydınlatma sağlarken enerjiyi kontrol eden yapı elemanı [2] ve iç- dış ortam arasında karmaşık bir arayüzdür [3].

Gelişen teknoloji ile yapı kabuğu tasarımının sınırları her geçen gün genişlemekte, kabuktan beklenen performans potansiyeli de artmaktadır. Belirlenen amaçların sağlanabilmesi olarak tanımlanabilen performans, kabuk söz konusu olduğunda atmosferik etkilere, doğal afetlere ve insan kaynaklı etkilere dayanım olarak tanımlanabilmekte [4] ve iklim, yönlenme, bina formu, cam seçimi, gölgeleme ve tasarım kararı konuları ile sağlanabilmektedir [5]. Yapı kabuğu performans gereksinimleri, strüktürel, ısı, su- nem, yangın, akustik, gün ışığı, enerji, temizlik vb. olarak amaca göre artırılarak listelenebilmektedir.

Yapı kabuğunun belirlenen performans gereksinimlerine göre sağlanması gereken tasarım ölçütleri ise, ısı konfor, aydınlatma, havalandırma, enerji kaynaklarından yararlanma, ses geçirimsizliği, ısı yalıtımı, su nem koruması, yangından korunma, güvenli olma, estetik, mukavemet, temizlik vb. olarak listelenebilmektedir.

### 3.2. Mimaride Teknoloji (Technology in Architecture)

Geçmişten beri yaşamın her alanında kullanılan teknoloji, ürün üretimi için yöntemler topluluğu [6], ürün üretim tekniklerini oluşturan anlayış [7], yeni üslup, tarz ve sistemlere yönlendiren

kavramlar topluluğu [8] ve kullanımına odaklanılan ürün ve olaylar bütünü [9] olarak tanımlanabilmektedir.

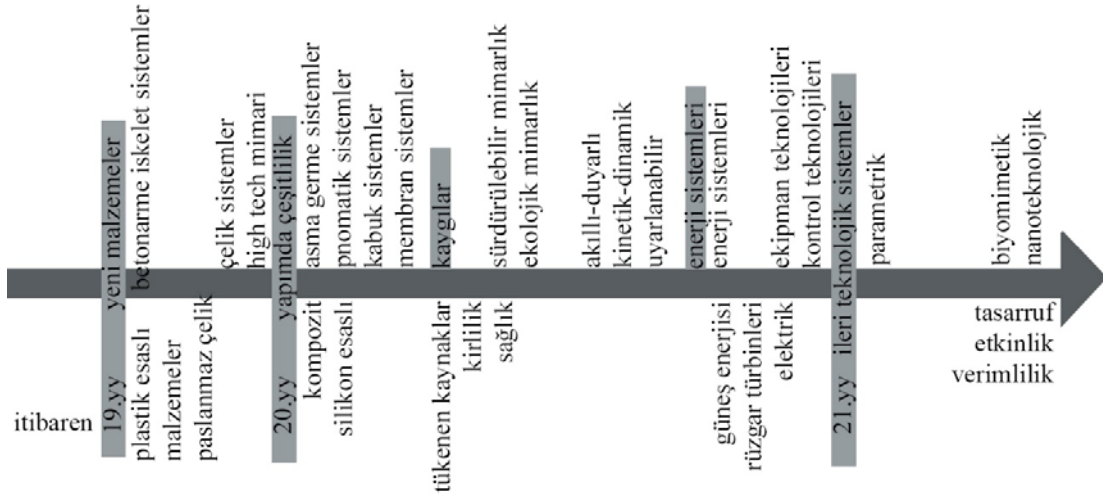
Mimarlıkta teknoloji kavramının geçmişten günümüze geçirdiği süreçler sistematik olarak incelendiğinde, yapılan literatür taraması neticesinde teknolojinin mimarlığa, yapım sistemlerine ve malzemeye yansımaları; Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'te kronolojik zaman çizelgeleri olarak gösterilmiştir.

### 3.3. Dematel metodu (Dematel Method)

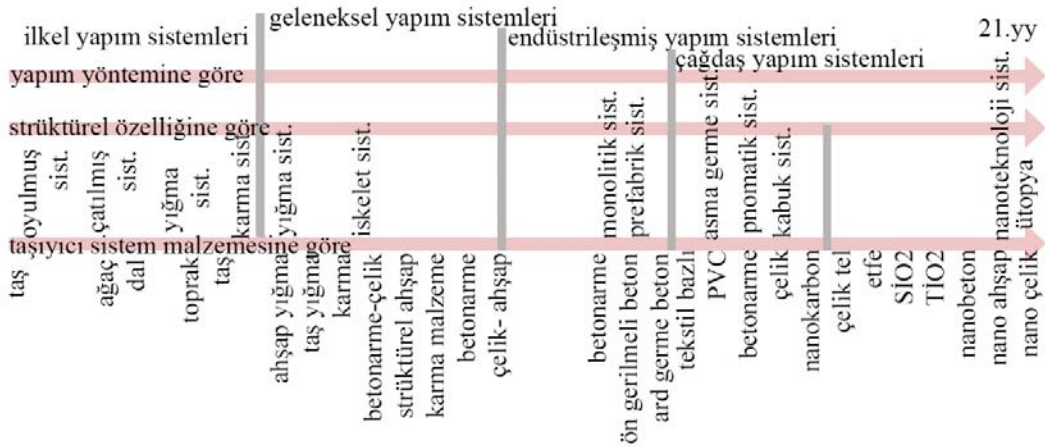
Çok kriterli süreç iyileştirme ve karar verme metodlarından olan Dematel metodu, belirlenen kriterlerin uzmanlar tarafından, birbirini etkileme durumlarının ortaya çıkartılması ve kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesine yarayan ve kriterler arası ilişkilerin nedenlerini ve etkilerini ortaya çıkarma yeteneğine sahip bir yöntemdir [10]. Dematel metodu ardışık sekiz adımdan oluşmakta ve her bir adımda elde edilen veriler bir sonraki adıma aktarılmaktadır.

*Adım 1/ Problemin tanımı:* İlk olarak problem belirlenmektedir [11].

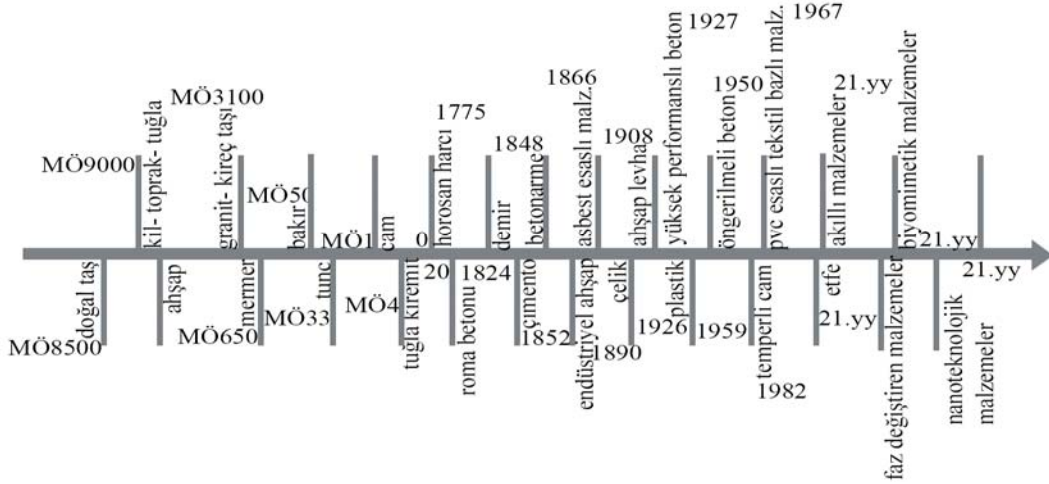
*Adım 2/ Kriterlerin belirlenmesi:* Belirlenen problemin çözümü amacıyla analizlerin doğru yapılabilmesi için kriterlerin doğru ve eksiksiz bir şekilde belirlenmesinin [12] ardından uzman görüşmeleri, beyin fırtınası vb. yöntemler ile kriterler ve varsa alt kriterler sıralanmaktadır [11, 13].



Şekil 1. Teknolojinin mimarlığa yansımaları (Reflections of technology on architecture)



Şekil 2. Teknolojinin yapım sistemlerine yansımaları (Reflections of technology on construction systems)



Şekil 3. Teknolojinin malzemeye yansımaları (Reflections of technology on materials)

*Adım 3/* Direkt ilişki matrisi oluşturma: Karar verici uzmanlar yardımı ile bir önceki adımda belirlenen kriterlerin birbirini etkileme durumları ortaya çıkartılmaktadır. Kriterlerin birbirini etkileme durumlarını ortaya çıkartmak amacıyla oluşturulan etki analiz formu, ikili karşılaştırma ölçeği yardımı ile, 0-4 arası sayısal değerler ile ifade edilebilen her kriterin diğer kriter arasında etkisi yok- düşük derecede etkili- orta derece etkili- yüksek ve çok yüksek derecede etkili şeklinde ifade edilebilen şekilde doldurulmaktadır (Tablo 1). Uzmanlardan gelen cevapların ortalamasının alınmasıyla birlikte elde edilen değerlerin  $[a_{ij}]_{n \times n}$  (i kriterinin j kriteri üzerindeki etkisi) tipindeki matrise aktarılmasıyla karar vericilerin ortak kararlarının sonucu olarak direkt ilişki matrisi oluşturulmaktadır [14].

**Tablo 1.** İkili karşılaştırma ölçeği (Pairwise comparison scale)

Sayısal değer	Sözel değer
4	Çok yüksek derecede etkili
3	Yüksek derecede etkili
2	Orta derecede etkili
1	Düşük derecede etkili
0	Etkisi yok

*Adım 4:* Direkt ilişki matrisinin normalizasyonu: Eş. 1 ve Eş. 2'den yararlanılarak değeri 0- 1 arasında değişen normalize edilmiş direkt ilişki matrisi elde edilmektedir.

$$X = s \times A \quad (1)$$

$$s = \frac{1}{\max \sum_{j=1}^n |a_j^i|} \quad (2)$$

*Adım 5/* Toplam ilişki matrisinin oluşturulması: Eş. 3'te görüldüğü gibi, Köşegeni 1, elemanları 0 olan birim matristen X matrisinin çıkartılması ve tersinin alınmasının ardından X ile çarpılması ile toplam ilişki matrisi oluşturulmaktadır.

$$T = X + X^2 + X^3 + \dots = \sum_{i=1}^{\infty} X^i = X(1 - X)^{-1} \quad (3)$$

*Adım 6/* Kriterler arası ilişkinin belirlenmesi: Hangi kriterin diğer kriteri daha çok etkilediği ya da diğer kriterden daha çok etkilendiğinin belirlenmesi ile kriterler arası ilişkiler ortaya çıkartılmaktadır. Eş. 4 ve Eş. 5'te görüldüğü gibi toplam ilişki matrisinin satır ve sütun değerlerinin toplanması ile D ve R değerleri bulunmaktadır. D+R VE D-R ifadeleri bulunarak kriterlerin ilişki seviyeleri ortaya çıkartılmaktadır.

$$D_i = \left[ \sum_{i=1}^n t_{ij} \right]_{n \times 1} \quad (4)$$

$$R_i = \left[ \sum_j t_{ij} \right]_{n \times 1} \quad (5)$$

D+R ifadesi yüksek ise kriterin diğer kriterler ile fazlaca ilişkili, düşük ise daha az ilişkili olduğu, D-R ifadesi "+" ise kriterin etkileyen grupta "-" ise etkilenen grupta olduğu ortaya çıkartılmaktadır.

*Adım 7/* Ağ yapısının oluşturulması: Toplam ilişki matrisinin ortalamasının alınması ile belirlenen Eşik değerinin ( $\alpha$ ) baz alınması ile bir diyagram oluşturularak kriterlerin birbirini etkileme durumları bu diyagram ile görselleştirilmektedir [15].

*Adım 8/* Kriterlerin Ağırlıklarının Belirlenmesi: D ve R değerlerinin Eş. 6'da görüldüğü gibi toplamlarının ve farklarının karelerinin toplamının köklerinin alınması ile elde edilen değerlerin Eş. 7'de görüldüğü gibi toplam ağırlık değerine bölünmesi ile her kriterin ağırlığı ortaya çıkartılmaktadır.

$$W_{ia} = \sqrt{(D_i + R_i)^2 + (D_i - R_i)^2} \quad (6)$$

$$W_{ia} = \frac{W_{ia}}{\sum_{i=1}^n W_{ia}} \quad (7)$$

### 3.4. Kalite Fonksiyon Dağılımı (Quality Function Deployment)

Kalite fonksiyon dağılımı metodolojisi, Yoji Akaou tarafından 1966 yılında ortaya çıkartılmış olan, ürün üretim aşamalarında sadece üreticinin istek ve taleplerini dikkate almak yerine kullanıcıya da sürece dahil ederek kalite artırmayı amaçlayan bir metodolojidir [16]. Kalite fonksiyon dağılımı metodolojisi, kaliteli ürün üretimi amacıyla alınması gereken sorumluluk olarak da tanımlanmakta [17] ve müşteri isteklerinin belirlenmesi ile başlayan, müşteri isteklerinin uzmanlar tarafından teknik özelliklerinin belirlenmesi ve ardından teknik özelliklerin önem derecelerinin belirlenmesi ile devam eden, ardışık süreçlerden oluşmaktadır.

Kalite fonksiyon dağılımında ilk aşamada belirlenen müşteri ilişkilerinin önem ve bağıl önem dereceleri çalışmaya uygun olan çok kriterli karar verme metodolojilerinden biri tercih edilerek belirlenebilmektedir. Belirlenen önem dereceleri kullanılarak müşteri ilişkileri ve teknik özellikler arasındaki ilişkiler ve korelasyon matrisleri yardımı ile teknik özelliklerin önem ve bağıl önem

dereceleri, ilişkiler matrisi (Tablo 2) ve çatı matrisi sembolleri ile doldurularak hesaplanmaktadır [18].

Sonuç olarak ortaya çıkan tüm işlemlerin bulunduğu tablolara kalite evi denmekte ve kalite evi tüm süreçlerde yapılan işlemleri göstermektedir.

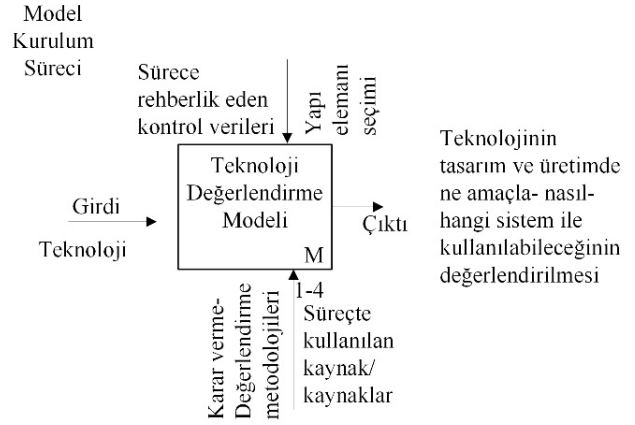
**Tablo 2.** İlişki matrisi sembolleri (Relationship matrix symbols) [19]

İlişki	Sembol	Ağırlık
Zayıf	Δ	1
Orta	○	3
Kuvvetli	⊙	9

**4. Yapı Kabuğunda Kullanılan Cephe Teknolojilerinin Değerlendirilmesi için Model Önerisi**  
(Model Proposal For The Evaluation of Facade Technologies Used in Building Envelope)

Çalışma kapsamında yapı kabuğunda kullanılan cephe teknolojilerinin etkinlik ve verimlilik açılarından değerlendirilmesi için uygulanmış örnekler üzerinden analizler yapmayı sağlayan bir model geliştirilmiştir. Yapı kabuğu tasarımında teknoloji kullanımını destekleme amacıyla oluşturulan sistemli yöntem ile tasarım eyleminin gelişmesinin en önemli bileşeni olan yapım olanaklarının ve malzemelerin gelişmesi ile yapılabirlik eyleminin sınırlarının genişlemesinin teknolojik imkanlar dahilinde gerçekleşebileceğinin ortaya çıkartılabilmesi amaçlanmaktadır.

Teknoloji girdi olarak, yapı elemanı sürece rehberlik eden kontrol verisi olarak ve karar verme- değerlendirme metodolojileri ise süreçte kullanılan kaynaklar olarak kullanılarak model kurulumu gerçekleştirilmiştir (Şekil 4).

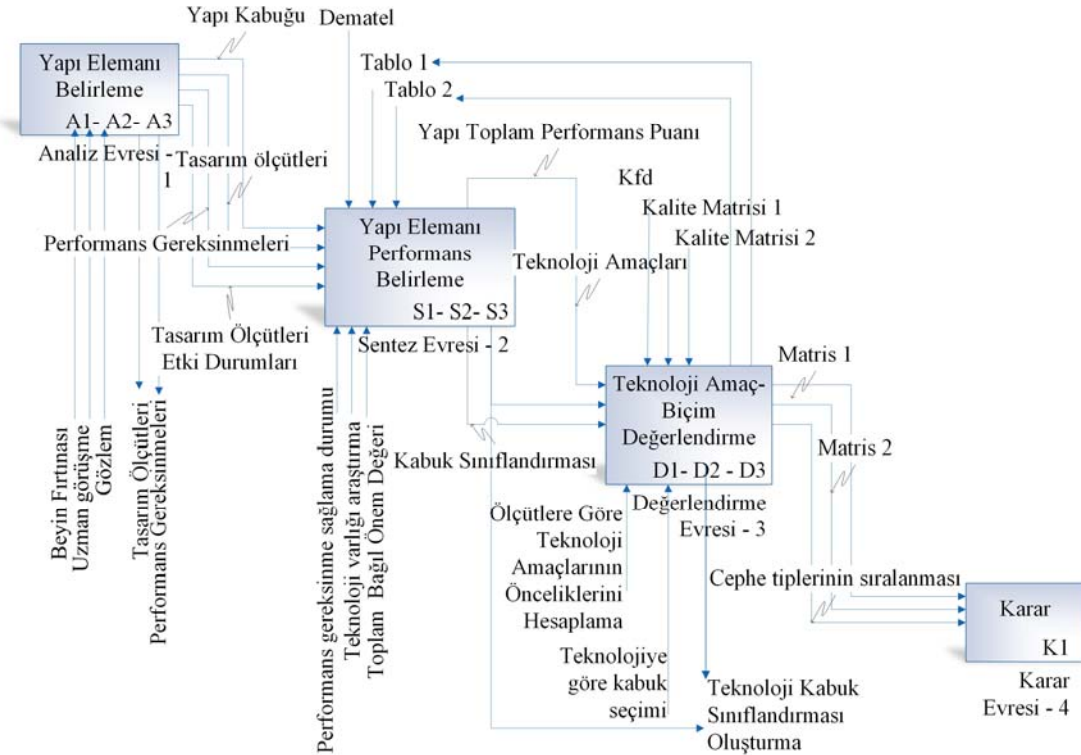


**Şekil 4.** Model kurulum süreci (Model setup process)

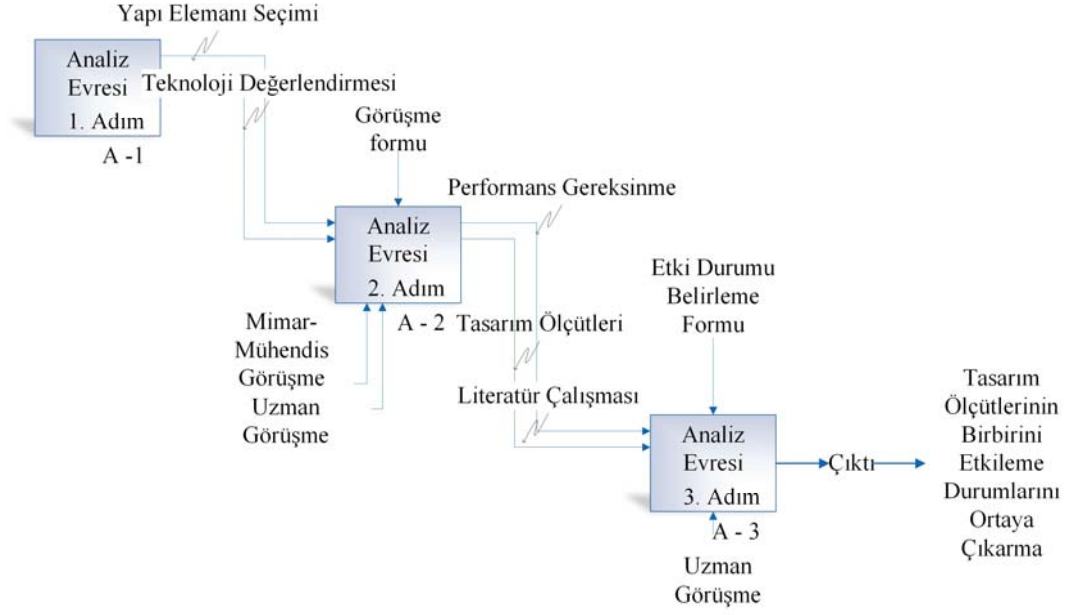
Tasarımcı, oluşturulan modelin basamaklarına uyarak teknoloji kullanımı konusundaki çekimserliğini aşabilmekte ve modelin yönlendirmesi ile tasarım eylemini geliştirebilmektir. Model; analiz-sentez- değerlendirme ve karar evrelerinden ve ilk üç evrenin üçer alt evresinden oluşmaktadır. Model algoritma görselinde görüldüğü üzere, her bir evrede elde edilen çıktılar bir sonraki evrenin girdisi olarak kullanılmakta, daha sonraki evrelerde de altlık olarak kullanılabilmektedir (Şekil 5).

**4.1. Model Analiz Evresi (Analyse Phase of the Model)**

Modelin ilk evresi olan analiz evresinde, A1, A2, A3 olmak üzere üç alt evre bulunmaktadır. Her bir alt evrenin çıktısı bir sonraki alt evrenin girdisi olmaktadır (Şekil 6).



**Şekil 5.** Model algoritması (Algorithm of the model)



Şekil 6. Model analiz evresi (Analysis phase of the model)

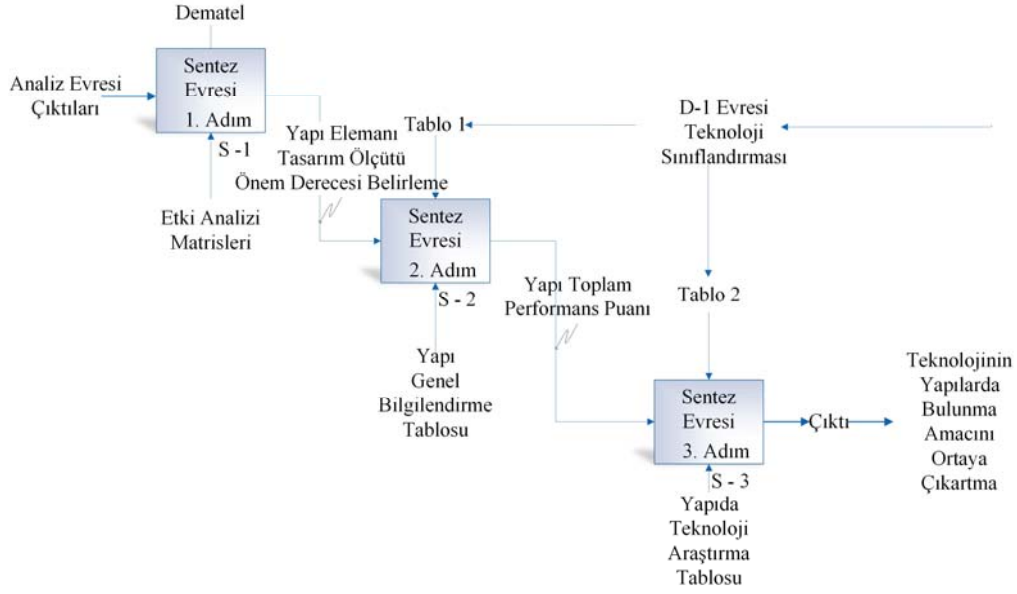
Tablo 3. Ana ve alt tasarım ölçütleri (Main and sub-design criteria)

Ana ölçütler	Ana ölçüte bağlı kodlama	Alt ölçütler
Görsel ölçütler	GÖ1	1 Estetik
	GÖ2	2 Doğal aydınlatma
	GÖ3	3 Yapay aydınlatma
Üretim dönemi ölçütleri	ÜR1	4 Üretim kolaylığı
	ÜR2	5 Montaj kolaylığı
	ÜR3	6 Nakliye kolaylığı
Enerji ölçütleri	EN1	7 Fiziksel koşullara uygun çevreye duyarlı tasarım
	EN2	8 Yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma
	EN3	9 Enerji korunumlu olma
Dayanım ölçütleri	DA1	10 Strüktürel dayanım
	DA2	11 Uzun ömürlü malzeme kullanımı
	DA3	12 Görsel dayanım
Yalıtım ölçütleri	YA1	13 Isı korunumu
	YA2	14 Su nem korunması
	YA3	15 Ses geçirimsizliği
Havalandırma ölçütleri	HA1	16 Doğal havalandırma
	HA2	17 Yapay havalandırma
	HA3	18 Hibrid havalandırma
Güvenlik ölçütleri	GÜ1	19 Yangına karşı güvenlik
	GÜ2	20 Yüklere karşı güvenlik
	GÜ3	21 Fiziksel güvenlik
Kullanım dönemi ölçütleri	KU1	22 Temizlik kolaylığı
	KU2	23 Bakım - onarım kolaylığı
	KU3	24 Kullanım kolaylığı
Maliyet ölçütleri	MA1	25 Üretim dönemi maliyeti
	MA2	26 Kullanım dönemi maliyeti
	MA3	27 Kullanım sonrası maliyet

Analiz A1 evresinde, yapı elemanı kararı verilmektedir. Çalışmada oluşturulan modelin birden fazla yapı elemanına uyarlanabiliyor olmasından dolayı çalışmada düşey yapı kabuğu üzerinden ilerlemeye karar verilmiştir. Çalışmayı daha da özelleştirebilmek amacıyla teknoloji araştırmaları etkinlik-verimlilik açılarından sınırlandırılmıştır. Analiz A2 evresinde, performans gereksinme ve tasarım ölçütlerine karar verebilmek amacıyla bir uzman görüşme formu hazırlanmış ve sektörde faaliyet gösteren firmalarda çalışan mimar ve mühendislerle iletilmiştir. Mimar ve mühendislerle öncelikli

performans gereksinme ve tasarım ölçütleri ile çoktan seçmeli sorular iletilmiştir. Ardından sektörde tercih edilen teknolojiler sorgulanmıştır. Gelen sonuçlar dahilinde ve yapı kabuğu- etkinlik-verimlilik ve teknoloji kavramları çerçevesinde yapılan detaylı literatür çalışması neticesinde tasarım ölçütleri belirlenmiştir. Evre kapsamında 9 ana ve 27 alt tasarım ölçütü belirlenmiştir (Tablo 3).

Analiz A3 evresinde, A2 evresinde belirlenen tasarım ölçütlerinin birbirini etkileme durumları üzerinden önem ağırlıklarını ortaya



Şekil 7. Model sentez evresi (Synthesis phase of the model)

Tablo 4. Tasarım ölçütleri önem ağırlıkları (Importance weights of the design criteria)

Sıra	Önem ağırlığı	Alt ölçüt	Ana ölçüte bağlı kodlama
1	0,0600	Üretim dönemi maliyeti	MA1
2	0,0545	Kullanım dönemi maliyeti	MA2
3	0,0526	Fiziksel koşullara uygun çevreye duyarlı tasarım	EN1
4	0,0484	Enerji korunumlu olma	EN3
5	0,0470	Yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma	EN2
6	0,0467	Doğal havalandırma	HA1
7	0,0449	Isı korunumu	YA1
8	0,0429	Doğal aydınlatma	GÖ2
9	0,0420	Hibrid havalandırma	HA3
10	0,0413	Estetik	GÖ1
11	0,0400	Yapay havalandırma	HA2
12	0,0380	Uzun ömürlü malzeme kullanımı	DA2
13	0,0359	Su-nem koruması	YA2
14	0,0349	Yapay aydınlatma	GÖ3
15	0,0325	Bakım- onarım kolaylığı	KU2
16	0,0322	Görsel dayanım	DA3
17	0,0311	Kullanım kolaylığı	KU3
18	0,0308	Üretim kolaylığı	ÜR1
19	0,0307	Strüktürel dayanım	DA1
20	0,0297	Ses geçirimsizliği	YA3
21	0,0295	Kullanım sonrası maliyet	MA3
22	0,0284	Montaj kolaylığı	ÜR2
23	0,0268	Temizlik kolaylığı	KU1
24	0,0265	Yangına karşı güvenlik	GÜ1
25	0,0253	Yüklere karşı güvenlik	GÜ2
26	0,0243	Fiziksel güvenlik	GÜ3
27	0,0232	Nakliye kolaylığı	ÜR3

çıkartabilmek amacıyla bir etki analiz formu hazırlanmış ve akademisyenlere iletilmiştir. Bu adımın da tamamlanması ile analiz evresi tamamlanmıştır.

#### 4.2. Model Sentez Evresi (Synthesis Phase of the Model)

Modelin 2. evresi olan sentez evresi, S1-S2 -S3 olmak üzere üç alt evreden oluşmaktadır (Şekil 7). Sentez S1 evresinde, Dematel metodu ile literatür taraması kısmında aktarıldığı şekilde sekiz adımda etki analizi gerçekleştirilerek tasarım ölçütlerinin önem ağırlıkları belirlenmiştir (Tablo 4).

Sentez S2 evresinde, mevcut yapılarda tasarım ölçütlerini araştırabilmek amacıyla bir yapı analiz tablosu oluşturulmuştur (Tablo 5).

Tablo, belirlenen 25 yapı için ayrı ayrı doldurulmuş ve yapıların tasarım ölçütleri üzerinden ağırlıklı performans puanları hesaplanmıştır.

Tablo 6'da çalışma kapsamında araştırılan örnek yapılardan biri için doldurulmuş olan yapı analiz tablosu örnek olarak sunulmuştur.

**Tablo 5.** Yapı analiz tablosu (Building analysis table)

Örnek no: UÖ....	Yapı ismi:		
	Mimar:		
	Konum:		
	Kullanım amacı:		
	Kullanılan kabuk sistemi:		
Kabukta özellikle sağlanmak istenen özel bir performans gereksinmesi var mı?	Görsel performans Üretim dönemi Enerji performansı Dayanım performansı Yalıtım performansı	Havalandırma performansı Güvenlik performansı Kullanım dönemi ile ilgili Maliyet ile ilgili performans	
Hedeflenen performans değeri kabuk sisteminin hangi seviyesinde sağlanmaya çalışılmıştır?	Binanın tümü Yapı elemanı	Yapı bileşeni Yapı malzemesi	Yok
Tasarım ölçütleri	Ölçütler Üzerinden Ağırlıklı Performans Puanı		
Estetik	Strüktürel dayanım	Yangına karşı güvenlik	
Doğal aydınlatma	Uzun ömürlü malzeme kullanımı	Yüklere karşı güvenlik	
Yapay aydınlatma	Görsel dayanım	Fiziksel güvenlik	
Üretim kolaylığı	Isı korunumu	Temizlik kolaylığı	
Montaj kolaylığı	Su nem koruması	Bakım - onarım kolaylığı	
Nakliye kolaylığı	Ses geçirimsizliği	Kullanım kolaylığı	
Fiziksel koşullara uygun çevreye duyarlı tasarım	Doğal havalandırma	Üretim dönemi maliyeti	
Yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma	Yapay havalandırma	Kullanım dönemi maliyeti	
Enerji korunumlu olma	Hibrid havalandırma	Kullanım sonrası maliyet	
Yapı toplam performans değeri:			

**Tablo 6.** Kiefer sergi salonu ve ofis yapısı analiz tablosu (Kiefer exhibition hall and office analysis table)

Örnek no: UÖ6	Yapı ismi: Kiefer sergi salonu ve ofis ,2007		
	Mimar: Ernst Giselbrecht+Partner		
	Konum: Avusturya		
	Kullanım amacı: Sergi salonu ve Ofis Binası		
	Kullanılan kabuk sistemi:		
	Katlanabilir cephe sistemi		
	Otomasyon ve manuel kontrol sistemleri		
Yapı görseli:	Malzeme teknolojisi		
	Gün ışığı cephe sistemi		
Kabukta özellikle sağlanmak istenen özel bir performans gereksinmesi var mı?	X	Görsel performans Üretim dönemi performansı Enerji performansı Dayanım performansı Yalıtım performansı	Havalandırma performansı Güvenlik performansı Kullanım dönemi ile ilgili performans Maliyet ile ilgili performans
Hedeflenen performans değeri kabuk sisteminin hangi seviyesinde sağlanmaya çalışılmıştır?	X	Binanın tümü Yapı elemanı	Yapı bileşeni Yapı malzemesi
Tasarım ölçütleri	Ölçütler Üzerinden Ağırlıklı Performans Puanı		
Estetik	0,0413	Strüktürel dayanım	Yangına karşı güvenlik
Doğal aydınlatma	0,0429	Uzun ömürlü malzeme kullanımı	Yüklere karşı güvenlik
Yapay aydınlatma		Görsel dayanım	Fiziksel güvenlik
Üretim kolaylığı		Isı korunumu	0,0449 Temizlik kolaylığı
Montaj kolaylığı		Su nem koruması	Bakım - onarım kolaylığı
Nakliye kolaylığı		Ses geçirimsizliği	Kullanım kolaylığı
Fiziksel koşullara uygun çevreye duyarlı tasarım	0,0526	Doğal havalandırma	0,0467 Üretim dönemi maliyeti
Yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma		Yapay havalandırma	Kullanım dönemi maliyeti
Enerji korunumlu olma		Hibrid havalandırma	Kullanım sonrası maliyet
Yapı toplam performans değeri:	0,2284		

**Tablo 7.** Teknoloji araştırma tablosu (Technology research table)

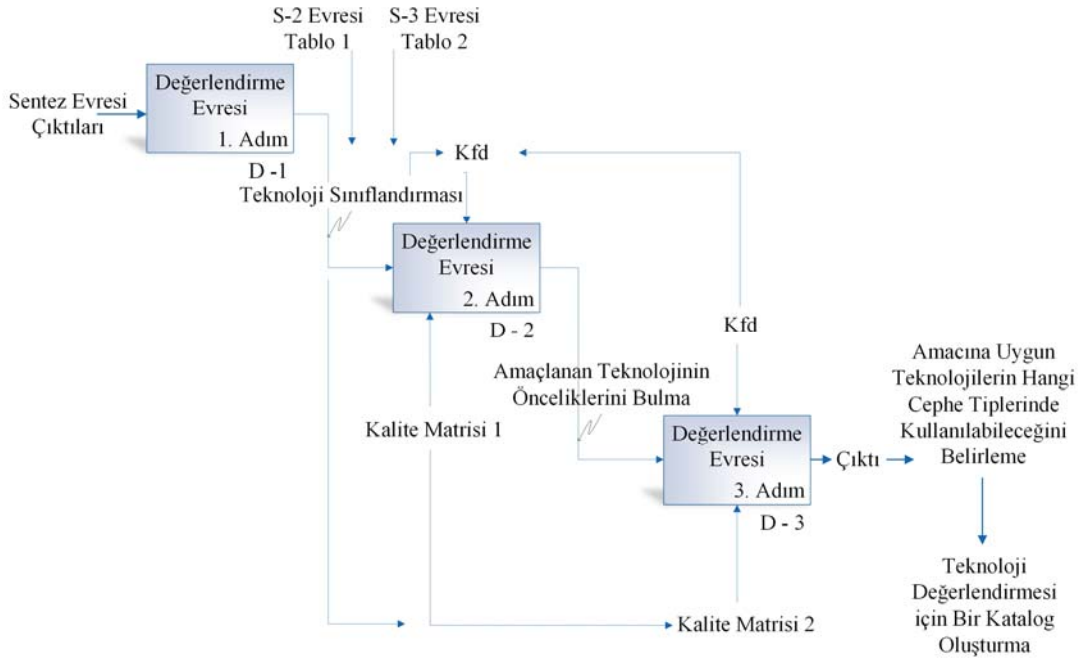
Örnek no: UÖ..	Yapı ismi:										
	Genel Yapı Bilgilendirme Tablosunda Elde Edilen Toplam Performans Puanı:										
Teknolojinin Yapıda Kullanım Amacı:	Enerji verimliliği amacıyla Yapım sistemini geliştirme amacıyla Kalite artırma amacıyla Konfor koşullarını artırma amacıyla Yapım hızını artırma İşçiliği azaltma amacıyla Uzun ömür amacıyla Tasarımı kolaylaştırma amacıyla Maliyeti azaltma amacıyla										
Amacı belirlenen teknolojinin yapıda nasıl kullanıldığı:											
Yapı kabuğu uygulamalarında “verimlilik- etkinlik” açılarından teknoloji kullanım potansiyeli olan çözüm alanları	Enerji teknolojisi	Işık gölge kontrol teknolojisi	Yapım teknolojisi	Bileşen teknolojisi	Malzeme teknolojisi	Isı – su kontrol teknolojisi	Yangın kontrol teknolojisi	Araç- gereç teknolojisi	Otomasyon teknolojisi	Esinlenme teknolojisi	
Güneş cepheleri											
Rüzgâr cepheleri											
Güneş kırıcı cephel. sist.											
Prefabrike sistemler											
Yerinde yapım sistemler (Kaplama)Opak yüzey uyg.											
Doğrama uygulamaları											
Saydam yüzey uygulamaları											
Malzeme uygulamaları											
Yalıtım uygulamaları											
Yangın kontrol uygulamaları											
Dijital Uygulamaları											
Çift cidarlı cephe sistemleri											
Havalandırılmalı cephe sistemleri											
Kinetik cepheler											
Gün ışığı cephe sistemleri											
Adaptif cephe sistemleri											
Biyomimetik cephe sist.											

**Tablo 8.** Kiefer sergi salonu ve ofis yapısı teknoloji araştırma tablosu (Kiefer exhibition hall and office analysis table)

Örnek no: UÖ6	Yapı ismi: Kiefer sergi salonu ve ofis yapısı, 2007										
	Genel Yapı Bilgilendirme Tablosunda Elde Edilen Toplam Performans Puanı: 0,2284										
Teknolojinin Yapıda Kullanım Amacı:	X	Enerji verimliliği amacıyla Yapım sistemini geliştirme amacıyla Kalite artırma amacıyla									
	X	Konfor koşullarını artırma amacıyla Yapım hızını artırma İşçiliği azaltma amacıyla Uzun ömür amacıyla Tasarımı kolaylaştırma amacıyla Maliyeti azaltma amacıyla									
Amacı belirlenen teknolojinin yapıda nasıl kullanıldığı:											
Yapı kabuğu uygulamalarında “verimlilik- etkinlik” açılarından teknoloji kullanım potansiyeli olan çözüm alanları	Enerji teknolojisi	Işık gölge kontrol teknolojisi	Yapım teknolojisi	Bileşen teknolojisi	Malzeme teknolojisi	Isı – su kontrol teknolojisi	Yangın kontrol teknolojisi	Araç- gereç teknolojisi	Otomasyon teknolojisi	Esinlenme teknolojisi	
Güneş cepheleri											
Rüzgâr cepheleri											
Güneş kırıcı cephel. sist.		X							X		
Prefabrike sistemler											
Yerinde yapım sistemler (Kaplama)Opak yüzey uyg.											
Doğrama uygulamaları											
Saydam y. uygulamaları		X		X	X						
Malzeme uygulamaları					X				X		
Yalıtım uygulamaları											
Yangın kontrol uygulamaları											
Dijital Uygulamaları											
Çift cidarlı cephe sistemleri											
Havalandırılmalı c. sistemleri											
Kinetik cepheler		X									
Gün ışığı cephe sistemleri		X							X		
Adaptif cephe sistemleri											
Biyomimetik cephe sist.											

**Tablo 9.** Teknoloji sınıflandırması 1 (Technology classification 1)

Teknolojik çözüm	Teknik	Teknolojiler	
1 Enerji amaçlı teknoloji	Pasif	Güneşten ısı enerjisi üretimi için Güneş penceresi Güneşten ısı enerjisi üretimi için Güneş duvarı/ Trombe duvarı Güneşten ısı enerjisi üretimi için Kış bahçesi	Güneş cepheleri
	Aktif	Güneşten elektrik enerjisi üretimi için PV paneller Güneşten ısıtma enerjisi üretimi için güneş kolektörleri	
	Pasif	Rüzgârdan elektrik enerjisi üretimi için Rüzgâr kepeçesi- Rüzgâr yakalayıcıları Rüzgârdan elektrik enerjisi üretimi için Venturi bacası	Rüzgâr cepheleri
	Aktif	Rüzgârdan elektrik enerjisi üretimi için Rüzgâr türbinleri	
2 Işık- gölge kontrol teknolojisi	Pasif	Panjur Jaluzi Sabit güneş kırıcılar Kinetik gölgeleme elemanları	Güneş kırıcılara sahip cepheler
	Aktif	Otomasyon kontrollü gölgeleme elemanları	
3 Cephe yapım teknolojisi	Prefabrikasyon teknolojileri	Prefabrike sistemler	
	Yerinde yapım teknolojileri	Yerinde yapım sistemler	

**Şekil 8.** Model değerlendirme evresi (Evaluation phase of the model)

Sentez S3 evresinde ağırlıklı performans puanı belirlenen yapılarda teknolojinin nasıl, hangi sistemler ve amaçlar ile kullanıldığı belirlenerek, teknoloji araştırması yapabilmek amacıyla bir teknoloji araştırma tablosu hazırlanmış ve belirlenen her yapı için ayrıca doldurulmuştur (Tablo 7). Teknoloji araştırma tablosunda, araştırılan yapının adı, mimarı, konumu, kullanım amacı, yapıda kullanılan kabuk sistemi, yapının sağlamayı amaçladığı özel bir performans gereksinmesi olup olmadığı ve yapıda bulunan tasarım ölçütlerinin araştırması yapılmış ve tasarım ölçütleri puanlanmıştır.

Tablo 8'de ise, belirlenen 25 adet yapıdan biri için doldurulan teknoloji araştırma tablosu örnek olarak sunulmuştur. Bu aşamanın tamamlanması ile sentez evresi tamamlanmıştır.

#### 4.3. Model Değerlendirme Evresi (Evaluation Phase of the Model)

Model değerlendirme evresi, sentez evresinde elde edilen bilgilerin girdi olarak kullanıldığı D1- D2 ve D3 olmak üzere üç alt evreden oluşmaktadır (Şekil 8).

Değerlendirme D1 evresinde çalışmanın önceki basamaklarında elde edilen tüm bilgiler ışığında bir teknoloji sınıflandırması oluşturulmuştur (Tablo 9, Tablo 10, Tablo 11).

Değerlendirme evresinin ilk adımı olan D-1 evresi, kapsamında oluşturulan teknoloji sınıflandırması ile, önceki evrelerin tümünden beslenen ve kendisinden sonraki tüm evreleri besleyen tek evredir.

**Tablo 10.** Teknoloji sınıflandırması 2 (Technology classification 2)

Teknolojik çözüm	Teknik		Teknolojiler		
4 Bileşen teknolojisi	(Kaplama) Opak yüzey uygulamaları	Kaplamalı sistemler	Ahşap esaslı cephe kaplama sistemleri Pişmiş Toprak Esaslı cephe kaplama sistemleri Doğal taş esaslı cephe kaplama sistemleri Çimento esaslı cephe kaplama sistemleri Plastik esaslı cephe kaplama sistemleri Metal esaslı cephe kaplama sistemleri Kompozit Malzeme cephe kaplama sistemleri Cam cephe kaplama sistemleri	Kaplama (opak yüzey) teknolojileri	
	Doğrama uygulamaları	Metal Ahşap Pvc		Doğrama teknolojileri	
		Enerji etkin camlar	Güneş kontrol camları Isı kontrol camları	Isı soğuran Yansıtıcı Low- e kaplamalı camlar Seçici geçirgen camlar Yalıtım amaçlı çok tabakalı camlar	
	Saydam yüzey uygulamaları	Akıllı camlar	Pasif camlar	Fotokromik camlar Termokromik camlar Termotropik camlar Elektrokromik camlar Gazokromik camlar Asılı partiküllü akıllı camlar	Saydam yüzey teknolojileri
5 Malzeme teknolojileri	Geleneksel Malzemeler	Beton Çelik Ahşap			
	Kompozit malzemeler	Elyafli beton Ahşap türevleri			
	Akıllı malzemeler	Faz değiştiren malzemeler Adezyon değiştiren malzemeler Işık yayan malzemeler Elektrik üreten malzemeler Enerji değiş tokuşu yapan malzemeler Madde değiş tokuşu yapan malzemeler			Malzeme teknolojileri
	İleri teknolojik malzemeler	Yüksek performanslı beton Ultra yüksek performanslı beton			
	Nanoteknolojik malzemeler	Yanmayan- yapışmayan malzemeler Kir tutmayan malzemeler Kolay temizlenebilen malzemeler Tekstil esaslı malzemeler			

**Tablo 11.** Teknoloji sınıflandırması 3 (Technology classification 3)

Teknolojik çözüm		Teknik		Teknolojiler
6	Isı- su kontrol Teknolojileri	Isı yalıtımı	Katman uygulamaları	Yalıtım teknolojileri
		Su- nem yalıtımı	Püskürtme uygulamaları Sürülebilir uygulamalar Serilebilir uygulamalar	
7	Yangın kontrol teknolojileri	Yangın önleme koruma yalıtımı	Kaplama uygulamaları Serilebilir uygulamalar Elemanın kendisi ile yapılan uygulamalar	Yangın kontrol teknolojileri
8	Araç gereç teknolojileri	Bilgisayar destekli tasarım Esnek kalıp teknolojileri 3D Yazıcı sistemleri		Dijital teknolojiler
9	Otomasyon teknolojisi	Soğutma kontrolü		Çift cidarlı cephe sistemleri
		Havalandırma kontrolü		Havalandırma cephe sistemleri
9	Otomasyon teknolojisi	Isıtma kontrolü		Kinetik cepheler
		Su kontrolü		Gün ışığı sistemleri
		Enerji üretimi		Adaptif sistemler
		Enerji kontrolü		
		Aydınlatma kontrolü		
10	Esinlenme teknolojileri	Doğadan esinlenme Ekosistemden esinleme		Biyomimetik cephe sistemleri

Teknoloji sınıflandırma tablosu sonraki basamaklarda belirlenen “teknolojilerin” ve “cephe tipi ve uygulamaların” önem ve bağlı önem ağırlıklarının hesaplanması ve önceliklendirilmesi için tercih edilen KFD metodolojisinde altlık olarak kullanılmıştır.

Değerlendirme D2 evresinde bir önceki basamakta oluşturulan teknoloji sınıflandırmasından yararlanılarak KFD metodolojisi yardımı ile tasarım ölçütlerine göre amaçlanan teknolojilerin öncelikleri bulunmuştur (Tablo 12).

Müşteri istekleri bölümüne 27 adet tasarım ölçütü, teknik gereksinimler bölümüne ise 10 adet teknoloji yazılarak literatür taraması kısmında aktarıldığı şekilde kalite evi oluşturulmuştur. Tablo 12’de tasarım ölçütlerinin Dematel metodu ile elde edilen önem ağırlıkları ve bağlı önem ağırlıkları kalite evinde müşteri istekleri bölümünde konumlandırılarak teknik gereksinimler olarak konumlandırılan teknolojiler arasındaki ilişkiler ilişki matrisi sembolleri ile doldurularak hesaplanmıştır. Tablo 13’te ise Kalite fonksiyon dağılımı metodolojisi yardımı ile teknolojilerin önem ağırlıkları belirlenmiş ve listelenmiştir.

1 no’lu kalite evi matrisi göstermektedir ki, enerji verimliliği söz konusu olduğunda, mimarlar tasarımlarında en fazla “ışık- gölge teknolojilerini” kullanmayı tercih etmektedirler.

Matris sonuçlarına göre 2. en fazla öneme sahip teknolojinin “esinlenme teknolojileri” olarak ortaya çıkmış olması mimarların tasarım ve üretim aşamalarında geleneksel yaklaşımların yanında yeni teknolojileri de araştırma potansiyelleri olduğunu göstermektedir.

3. en yüksek değere sahip teknoloji, kullanım dönemi maliyetini önemli ölçüde azaltması sebebiyle “enerji amaçlı teknoloji” olarak ortaya çıkmış; tasarım ve üretim aşamalarında maliyet kısıtlaması olmadığında aktif, maliyet kısıtlaması olduğunda ise pasif olarak enerji elde etmeye yönelik yaklaşımlar üzerinde durulduğu önem ağırlıklarına göre belirlenmiştir. Matriste, kabuğun görünüşünü ve estetiğini etkileyen unsurların başında gelen “bileşen teknolojileri” 4. en yüksek değere sahip teknoloji olmuştur.

Matriste, kullanım dönemindeki maliyeti düşürme amacını taşıyan “ısı- su kontrol” 5. ve üretim ve kullanımda kolaylık amacını taşıyan “cephe yapım teknolojileri” 6. en fazla öneme sahip teknoloji olarak

belirmiştir. Özetle, 1 no’lu kalite matrisi sonuçları göstermektedir ki, işlevsellik ve görselliğe verilen önem sebebiyle üretim ile ilgili teknolojiler geri planda kalmakta, üretim aşamasına geçildiğinde ön plana çıkmaktadır (Tablo 12) (Tablo 13). Tablo 13’te teknolojilerin önem ağırlıklarının belirlenmesinin ardından elde edilen sonuçların girdi olarak kullanılacağı 2 no’lu kalite evi matrisi oluşturulduğu D3 aşamasına geçilmiştir (Tablo 14).

Değerlendirme D3 evresinde ise, KFD metodolojisinden yararlanılarak oluşturulan kalite evi matrisi ile D2 evresinde bulunan teknolojilerin önem ağırlıkları kullanılarak amacı belirlenen teknolojilerin hangi cephe tipi ve uygulamalarda tercih edilebileceği belirlenmiştir (Tablo 14 ve Tablo 15). 2 no’lu kalite matrisinde müşterinin sesi bölümüne teknolojiler ve 1 no’lu kalite matrisinde elde edilen önem ağırlıkları yazılmış, teknik gereksinimler bölümüne ise “teknoloji sınıflandırması” aşamasında belirlenen “cephe tipi ve uygulamalar” yazılmıştır (Tablo 14). İlişkiler matrisi sembollerine göre matris oluşturulmuş ve yapılan hesaplamalar dahilinde belirlenen 18 adet “cephe tipi ve uygulamasının” önem ağırlığı bulunmuş, Tablo 15’te listelenmiştir.

2 no’lu kalite evi matrisi sonuçlarına göre, aktif ve pasif çoğu sisteme göre daha az maliyetli olması ve kolay uygulanabilir olması sebebiyle en yüksek önceliğe sahip cephe tipi “güneş kırıcılara sahip cepheler” olarak belirlenmiştir. En az önem ağırlığına sahip cephe tipi ve uygulamalar ise son teknolojik gelişmelerden olmasına rağmen yüksek maliyet sebebiyle oldukça az tercih edilen “dijital uygulamalar” ve tasarım aşamasında değil üretim aşamasına geçildiğinde önem kazanan “yerinde yapım sistemler” olarak belirlenmiştir. Matristen elde edilen tüm sonuçlar Tablo 15’te listelenmektedir. Görülmektedir ki, teknolojinin tasarıma dahil edilebilmesinin öncelikli koşulu fazla maliyetli olmamasıdır.

#### 4.4. Model Karar Evresi (Decision Phase of the Model)

Karar evresi, çalışma kapsamında oluşturulan modelin son evresidir. Çalışma boyunca elde edilen bilgilerden faydalanılarak uygulanmış örnekler üzerinden yapılan araştırma neticesinde, düşey yapı kabuğunda kullanılan cephe teknolojilerinin değerlendirilmesi ile, teknolojinin hangi amaçla kullanıldığı ve hangi cephe tiplerinde ve uygulamalarında kullanılabileceğine karar verilebilecektir.

**Tablo 12.** Kalite evi matrisi 1 (House of quality matrix 1)

NE?		NASIL?	Teknik Gereksinimler (Teknolojiler)	Enerji Amaçlı Teknoloji	Işık- Gölge Kontrol Tekn.	Cephe Yapım Teknolojisi	Bileşen Teknolojisi	Malzeme Teknolojileri	Ist- Su -Ses Kontrol Tekn.	Yangın Kontrol Tekn.	Araç Gereç Teknolojileri	Otomasyon Teknolojisi	Esinlenme Teknolojileri	
Sıra	Ana ö.	Tasarım ölçütleri (Müşterinin sesi)	Önem Ağırlığı	Bağıl Önem Ag. %	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	GÖ	Estetik	0,0413	4,13	Δ	⊙	Δ	⊙	⊙			⊙	⊙	⊙
2		Doğal Aydınlatma	0,0429	4,29	⊙	⊙		⊙						
3		Yapay Aydınlatma	0,0349	3,49	⊙	⊙		⊙						
4	ÜR	Üretim Kolaylığı	0,0308	3,08	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	⊙		⊙	
5		Montaj Kolaylığı	0,0284	2,84	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	⊙		⊙	
6		Nakliye Kolaylığı	0,0232	2,32	Δ	Δ	⊙	⊙	Δ	Δ	Δ		Δ	
7	EN	Fiz.Koş.Uyg. Çevr.Duy.Tas.	0,0526	5,259		⊙			⊙	⊙				⊙
8		Yenilenebilir Enerji K.Y.	0,047	4,7	⊙	⊙							Δ	
9		Enerji Korunumlu Olma	0,0484	4,84	⊙	⊙				⊙				
10	DA	Str. Dayanım	0,0307	3,07			⊙					Δ		
11		Uz.Öm. Malzeme Kullanımı	0,038	3,8	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙
12		Görs. Dayanım	0,0322	3,22	⊙			⊙	⊙					⊙
13	YA	Isı Korunumu	0,0449	4,49	⊙	⊙				⊙			⊙	
14		Su-Nem Koruması	0,0359	3,59						⊙			⊙	⊙
15		Ses Geçirimsizliği	0,0297	2,97				⊙		⊙			⊙	
16	HA	Doğal Havalandırma	0,0467	4,67		⊙				Δ	Δ		⊙	
17		Yapay Havalandırma	0,04	4	⊙						Δ		⊙	
18		Hibrid Havalandırma	0,042	4,2	⊙	Δ				Δ	Δ		⊙	
19	GÜ	Yangına Karşı Güvenlik	0,0265	2,65					⊙		⊙		⊙	⊙
20		Yüklere Karşı Güvenlik	0,0253	2,53										
21		Fiziksel Güvenlik	0,0243	2,43				⊙						
22	KU	Temizlik Kolaylığı	0,0268	2,68		Δ		⊙	⊙					⊙
23		Bakım- O. Kolaylığı	0,0325	3,25		⊙		⊙	⊙					⊙
24		Kullanım Kolaylığı	0,0311	3,11	Δ	⊙		⊙	⊙					⊙
25	MA	Üretim Dönemi Maliyeti	0,06	5,999	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
26		Kullanım Dönemi Maliyeti	0,0545	5,449	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
27		Kullanım Sonrası Maliyet	0,0295	2,95	⊙	⊙	⊙							
		Önem ağırlığı												
		Bağıl önem ağırlığı (%)												

**Tablo 13.** Teknolojilerin önem ağırlıkları (Importance weights of technologies)

	Teknik gereksinimler (teknolojiler)	Önem ağırlığı	Bağıl önem ağırlığı (%)
1	Enerji Amaçlı Teknoloji	352,7	11,92
2	Işık- Gölge Kontrol Teknolojisi	493,6	16,68
3	Cephe Yapım Teknolojisi	269,7	9,12
4	Bileşen Teknolojisi	328,1	11,09
5	Malzeme Teknolojileri	229	7,74
6	Isı- Su Kontrol Teknolojileri	327,5	11,07
7	Yangın Kontrol Teknolojileri	194	6,56
8	Araç Gereç Teknolojileri	177,5	6,00
9	Otomasyon Teknolojisi	219,9	7,43
10	Esinlenme Teknolojileri	366,7	12,39

**Tablo 14.** Kalite evi matrisi 2 (House of quality matrix 2)

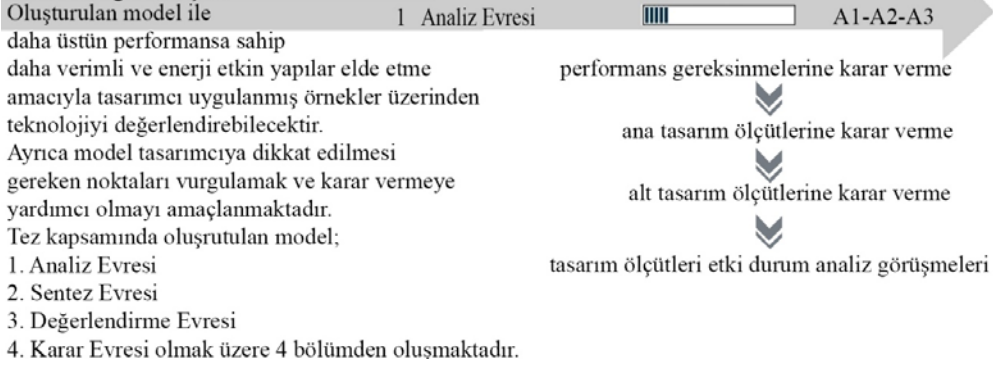
Sıra	Teknoloji türleri (müşterinin sesi)	Önem ağırlığı	Bağıl Önem Ağ.-%	Nasıl?																		
				Ne?	Cephe Tipleri (Teknik Gereksinimler)	Güneş Cepheleeri	Rüzgar Cepheleeri	Güneş Kırıcılarına Sahip Cepheleer	Prefabrikte Sistemler	Yerinde Yapım Sistemler	Kaplama (Opak Yüzey) Uyg.	Doğrama Uygulamaları	Saydam Yüzey Uygulamaları	Malzeme Uygulamaları	Yalıtım Uygulamaları	Yangın Kontrol Uygulamaları	Dijital Teknolojiler	Çift Cidarlı Cephe Sistemleri	Havalandırma Cephe Sistemleri	Kinetik Cepheleer	Gün Işığı Sistemleri	Adaptif Sistemler
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	Enerji Amaçlı Tekn.	352,65	11,92	Ø	Ø							Δ			Ø			Δ			Ø	
2	Işık- Gölge Kontrol Tekn.	493,64	16,68	Ø		Ø					Ø	Δ			Ø	Ø		Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
3	Cephe Yapım Tekn.	269,70	9,12	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Δ						Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Δ
4	Bileşen Tekn.	328,12	11,09	Ø	Ø	Ø	Ø		Ø	Ø	Ø	Δ	Ø	Ø		Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	
5	Malz. Tekn.	229,00	7,74	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø		Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
6	Isı- Su- Ses Kontrol Tekn.	327,48	11,07			Ø			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø			Ø	9					
7	Yangın Kontrol Tekn.	194,03	6,56									Ø	Ø	Ø		Ø	Ø					Δ
8	Araç Gereç Tekn.	177,47	6,00				Ø	Ø							Ø							
9	Otomasyon Tekn.	219,91	7,43	Ø	Ø	Ø							Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø			Ø	
10	Esinlenme Tekn.	366,69	12,39						Ø		Δ	Ø		Ø				Δ	Ø	Ø	Ø	Ø
	Önem. Ağ. Bağıl Ön. Ağ.																					

**Tablo 15.** Cephe tipi ve uygulamaların önem ağırlıkları (Importance weights of facade type and applications)

Teknik Gereksinmeler (Cephe Tipleri ve Uygulamalar)	Önem Ağırlığı	Bağıl Önem Ağırlığı (%)
1 Güneş Cepheleri	384,72	6,11
2 Rüzgâr Cepheleri	334,68	5,32
3 Güneş Kırıcılara Sahip Cepheler	501,75	7,97
4 Prefabrikte Sistemler	305,55	4,86
5 Yerinde Yapım Sistemler	205,74	3,27
6 Kaplama (Opak Yüzey) Uygulamaları	407,97	6,48
7 Doğrama Uygulamaları	278,22	4,42
8 Saydam Yüzey Uygulamaları	331,53	5,27
9 Malzeme Uygulamaları	379,53	6,03
10 Yalıtım Uygulamaları	328,47	5,22
11 Yangın Kontrol Uygulamaları	219,57	3,49
12 Dijital Teknolojiler	206,67	3,28
13 Çift Cidarlı Cephe Sistemleri	476,85	7,58
14 Havalandırma Cephe Sistemleri	393,15	6,25
15 Kinetik Cepheler	448,27	7,12
16 Gün Işığı Sistemleri	367,62	6,24
17 Adaptif Sistemler	450,45	7,16
18 Biyomimetik Cephe Sistemleri	246,89	3,92

#### Yapı Kabuğunda Kullanılan Cephe Teknolojilerinin Değerlendirilmesi İçin Model

Cephe teknolojileri için oluşturulan değerlendirme modeli; yapı kabuğu üzerinde kurgulanmış olsa da, farklı yapı elemanları ile de oluşturulabilme esnekliğine sahip şekilde tasarlanmıştır. Model, girdi olarak teknoloji, sürece rehberlik eden kontrol verileri olarak yapı elemanı, süreçte kullanılan kaynaklar olarak uygun metodolojiler ile sonuca ulaşmayı hedefleme üzerine kurgulanmıştır.



**Şekil 9.** Yapı kabuğunda kullanılan cephe teknolojilerinin değerlendirilmesi için oluşturulan model kılavuzu 1-analiz evresi  
(Model guide created for the evaluation of façade technologies used in the building envelope 1-analysis phase.)

Bu sayede mimar, tasarımın ilk aşamasında verilen kararlar doğrultusunda belirlediği hedeflere ulaşabilmekte ve amacına uygun teknoloji, ardından cephe tipi ve uygulamayı projesine dahil edebilmek için nelere dikkat etmesi gerektiğini görebilecektir.

Tasarımcı, çalışma kapsamında kullanılan Dematel ve Kalite fonksiyon dağılımı metodolojilerinden elde edilen veriler neticesinde ortaya çıkarılan tasarım ölçütlerine göre cephe teknolojilerinin ve cephe teknolojilerine göre cephe tipi ve uygulamaların bağıl önem ağırlık verilerinden faydalanarak oluşturulan modelden elde edilen verilerin sonuçlarını inceleyerek kullanmak istediği teknoloji/ cephe tipi- uygulama ile ilgili bilgi sahibi olabilecektir.

Tasarımcı, çalışma kapsamında kullanılan metodolojilerin uygulamasını bir daha gerçekleştirmeye gerek kalmadan tasarımında kullanmak istediği teknolojilerin hangi cephe tipi/ uygulamalarında kullanılabileceğini çalışmanın çıktılarından gözlemleyebilecektir. Her evrede yapılan çalışmaları detaylıca özetleyen ve her evreye has ayrı ayrı oluşturulan “teknoloji kullanım kılavuzu” tüm süreçleri özetleyerek tasarımcıya yol göstermeyi amaçlamaktadır. (Şekil 9- Şekil 10- Şekil 11- Şekil 12).

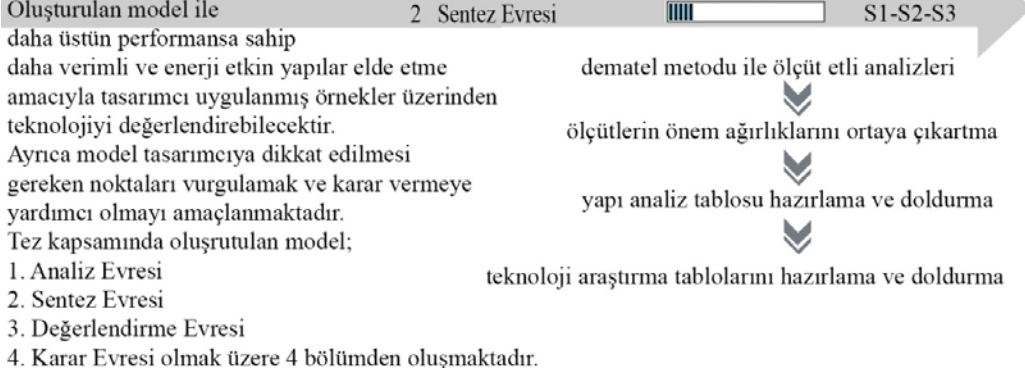
#### 5. Modelin Sınanması (Testing the model)

Oluşturulan modelin sınanması için, ilk tercih edilen şekilde “tasarım ölçütlerine göre teknolojilerin” ve “teknolojilere göre cephe tipi ve uygulamaların” önem ağırlıklarının belirlenmesi yerine “cephe tipi ve uygulamaların” önem ağırlıklarının iki aşama yerine doğrudan “tasarım ölçütleri” üzerinden belirlenmesi yoluna başvurulmuştur. Bu doğrultuda oluşturulan üçüncü bir kalite evi matrisi ile, müşterinin sesi bölümüne 27 alt tasarım ölçütü konumlandırılmış, teknik gereksinmeler bölümüne ise cephe tipi ve uygulamalar konumlandırılmıştır. Tasarım ölçütlerinin çalışmanın ilk aşamasında dematel metodu yardımı ile belirlenen önem ağırlıklarından faydalanılarak matris hesaplamalarına geçilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, en fazla öneme sahip cephe tipi ve uygulamalar sırasıyla, adaptif sistemler, güneş kırıcılara sahip sistemler, kinetik ve çift cidarlı cephe sistemleri olarak belirlenmiştir. En az öneme sahip cephe tipi ve uygulama ise yerinde yapım sistemler olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, enerji kontrolü, üretimi ve tüketimi, aydınlatma, ısıtma ve soğutma kontrolü konularının mimarlar tarafından oldukça önemsendiğini göstermektedir.

## Yapı Kabuğunda Kullanılan Cephe Teknolojilerinin Değerlendirilmesi İçin Model

Cephe teknolojileri için oluşturulan değerlendirme modeli; yapı kabuğu üzerinde kurgulanmış olsa da, farklı yapı elemanları ile de oluşturulabilme esnekliğine sahip şekilde tasarlanmıştır.

Model, girdi olarak teknoloji, sürece rehberlik eden kontrol verileri olarak yapı elemanı, süreçte kullanılan kaynaklar olarak uygun metodolojiler ile sonuca ulaşmayı hedefleme üzerine kurgulanmıştır.

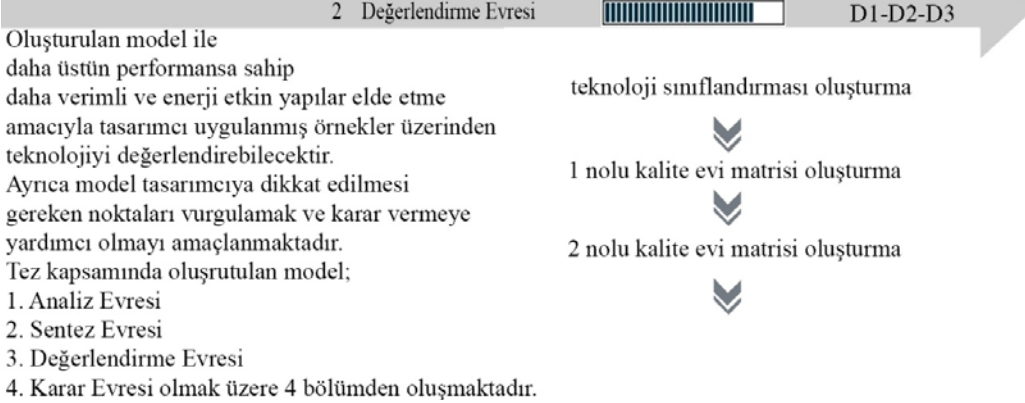


Şekil 10. Yapı kabuğunda kullanılan cephe teknolojilerinin değerlendirilmesi için oluşturulan model kılavuzu 2- sentez evresi (Model guide created for the evaluation of façade technologies used in the building envelope 2- synthesis phase.)

## Yapı Kabuğunda Kullanılan Cephe Teknolojilerinin Değerlendirilmesi İçin Model

Cephe teknolojileri için oluşturulan değerlendirme modeli; yapı kabuğu üzerinde kurgulanmış olsa da, farklı yapı elemanları ile de oluşturulabilme esnekliğine sahip şekilde tasarlanmıştır.

Model, girdi olarak teknoloji, sürece rehberlik eden kontrol verileri olarak yapı elemanı kararı, süreçte kullanılan kaynaklar olarak uygun metodolojiler ile sonuca ulaşmayı hedefleme üzerine kurgulanmıştır.



Şekil 11. Yapı kabuğunda kullanılan cephe teknolojilerinin değerlendirilmesi için oluşturulan model kılavuzu 3- değerlendirme evresi (Model guide created for the evaluation of facade technologies used in the building envelope - 3- evaluation phase.)

## 6. Sonuçlar (Conclusions)

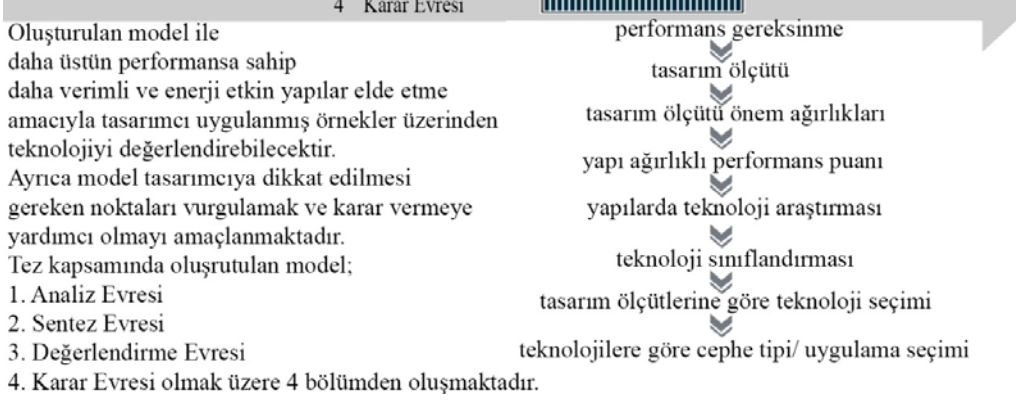
Yapı kabuğunda kullanılan cephe teknolojilerinin değerlendirilmesi için oluşturulan model ile eş zamanlı ve birbirinden farklı zamanlarda çok boyutlu bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan model algoritması dahilinde, analiz- sentez- değerlendirme evrelerinde elde edilen bulgular sonraki evrelere girdi olarak aktararak karar evresine geçilmiştir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen işlemler sırasıyla şunlardır:

- Hazırlanan görüşme formu yardımıyla sektörde çalışan mimar ve mühendislerin görüşleri ve yapılan literatür taraması doğrultusunda performans gereksinmelerinin belirlenmesi,
- Görüşme formundan elde edilen bilgiler ve yapılan literatür taraması neticesinde tasarım ölçütlerinin belirlenmesi,

- Hazırlanan etki analiz formu yardımıyla akademisyenlerin görüşlerinin alınması ile tasarım ölçütlerinin etki analizlerinin Dematel metodu ile belirlenmesi,
- Oluşturulan yapı analiz tabloları ile yapıların ağırlıklı performans puanlarının hesaplanması,
- Hazırlanan teknoloji araştırma tabloları ile yapılarda kullanılan teknolojilerin nasıl, hangi amaçla ve hangi sistemler ile kullanıldığının belirlenmesi,
- Teknoloji sınıflandırması oluşturulması,
- Teknoloji sınıflandırmasının altlık olarak kullanılması ile kalite fonksiyon dağılımı metodolojisi yardımıyla tasarım ölçütlerine göre amaçlanan teknolojilerin önceliklerinin belirlenmesi,
- Son olarak belirlenen teknolojilere göre cephe tipi ve uygulamaların önceliklerinin belirlenmesi olarak ardışık çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

### Yapı Kabuğunda Kullanılan Cephe Teknolojilerinin Değerlendirilmesi İçin Model

Cephe teknolojileri için oluşturulan değerlendirme modeli; yapı kabuğu üzerinde kurgulanmış olsa da, farklı yapı elemanları ile de oluşturulabilme esnekliğine sahip şekilde tasarlanmıştır. Model, girdi olarak teknoloji, sürece rehberlik eden kontrol verileri olarak yapı elemanı kararı, süreçte kullanılan kaynaklar olarak uygun metodolojiler ile sonuca ulaşmayı hedefleme üzerine kurgulanmıştır.



**Şekil 12.** Yapı kabuğunda kullanılan cephe teknolojilerinin değerlendirilmesi için oluşturulan model kılavuzu 4- karar evresi (Model guide created for the evaluation of facade technologies used in the building envelope 4- decision phase.)

Elde edilen sonuçlara göre, teknolojinin yapı performansını iyileştirme amacıyla malzeme uygulamalarından oluşan uygulamalarına, yalıtım uygulamalarından cephe yapım teknolojilerine kadar oldukça geniş bir çerçevede kullanılabilirliği belirlenmiştir. Tasarruf, etkinlik ve verimlilik kaygısı ile teknoloji kullanımı, günümüz olanaklarının yakalanması sayesinde, daha hızlı, üstün performansa sahip ve kolay üretilebilen sistemlerin, daha az enerji tüketerek daha az zaman kaybı ve daha az maliyet ile üretilebileceğini göstermektedir. Oluşturulan üç matrisin sonuçlarına göre, mimarların yeni teknoloji, sistem ve uygulamaları sürekli araştırdığı, enerji ve verimlilik amacıyla cephede teknoloji kullanımının düşük maliyetler ile kullanıcı konforunu artırma amacını taşıdığı görülmektedir.

Yeni teknolojilerin yapı tasarımına dahil edilmesi fikri geçmişten beri mimarların öncelikleri arasındadır. Tasarım aşamasında genellikle konsept bazlı ilerlendiği için yapım sistemi, malzeme, bileşen ve yalıtım uygulamaları konularındaki kararlar ön karar olarak belirlenmekte ve son kararlar üretim aşamasına geçildiğinde verilmektedir. Dolayısıyla, ilk etapta verilen kararlar çoğu zaman değişmektedir. Cephede teknoloji kullanımını uygulanmış örnekler üzerinden değerlendirmeyi amaçlayan bu çalışma ile, mimar ilk aşamada verilen kararları gözetip sistemli şekilde ilerleyerek elde edilen sonuçlar dahilinde amacına uygun teknoloji ve ardından cephe tipi ve uygulamayı projesine dahil edebilmek için kendisine yardımcı olacak bilgiye erişebilmektedir. Özetle, oluşturulan model, cephe teknolojilerinin değerlendirilmesi ile kullanımlarını yönlendirerek karar vermeyi kolaylaştıran bir kılavuz oluşturmakta ve projelere üst ölçekte bakabilmeyi ve ileride oluşabilecek sorunları öngörerek önlem alabilmeyi sağlamaktadır.

Gerçekleştirilen ardışık çalışmalar sonucunda, bir yapının performansını iyileştirebilme amacıyla teknolojinin malzeme, bileşen, yalıtım uygulamalarından cephe yapım teknolojilerine kadar oldukça geniş bir çerçevede kullanılabilirliği belirlenmiştir. Verimlilik ve etkinlik sağlamak üzere yapıda teknoloji kullanımının, daha az zamanda, daha az enerji tüketimi ve maliyet ile daha hızlı, daha üstün performanslı ve kolay üretilebilen yapılar elde etmek gibi avantajları olduğu ortaya çıkartılmıştır. Bu sonuçlara ulaşılırken tasarım ölçütlerinin önem ağırlıklarının belirlenmesi için Dematel metodunun kullanılması ve ölçütlere göre teknolojilerin, teknolojilere göre ise

cephe tipi ve uygulamaların belirlenebilmesi için Kalite fonksiyon dağılımı metodolojisinin kullanılmış olması, mimarlık alanında farklı metodolojilerin kullanımını bütünleşik bir yaklaşımla örneklemektedir.

### Kaynaklar (References)

1. Deniz, Ö. Ş., Bina Çevreyici Sistemi-1. Yalıtım, Mayıs- Haziran, 60-68, 2011.
2. Najafi, E., Faizi, M., Evolution of Building Envelopes Through Creating Living Characteristics, Journal of Civil Engineering And Architecture, 11, 1186-1102, 2017.
3. Yaman G.Ö., The effect of building facades window/wall ratio and window properties on energy performance, Journal of the Faculty of Engineering Architecture of Gazi University, 38 (2), 851-864, 2023.
4. Orbay, A., Binalarda Cephe Sistemlerinin İncelenmesi ve Performans Kriterlerinin Belirlenmesi, (Yüksek Lisans Tezi), HKU, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep, 2019.
5. Ersan, P. U., Saydam Cephelerde Soğutma Yüklerinin Azaltılmasına Yönelik Bir Karar Destek Sistemi Önerisi, (Doktora Tezi), Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2021.
6. Türkcan, E., İktisadi Kalkınmada Bilim ve Teknoloji Doktora Tezi Özetleri, AÜ SBF Dergisi, 28 (01), 1972.
7. Pamir, H., Teknoloji ve Detay, Xxi Mimarlık Kültürü Dergisi, 1 (8), 19-22, 2001.
8. Gündük, M. B., Satıcı, B., Teknolojik Gelişmelerin Mimariye ve Malzemeye Etkisi. İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi, 4 (2), 77-86, 2021.
9. Metin, R. Y., Yapı yapma kültüründe teknoloji yönetimi, (Yüksek Lisans Tezi), Bursa Uludağ Üniversitesi, Mimarlık, Bursa, 2022.
10. Şen G., Demirel E., Avcı S., Aladağ Z., Evaluation of effective risk factors in COVID-19 mortality rate with DEMATEL method, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 36 (4), 2151-2166, 2021.
11. Özdemir, M., Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri-Açıklamalı ve Karşılaştırmalı Sağlık Bilimleri Uygulamaları, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, 2018.
12. Çelikkbilek, Y., Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, 2018.
13. Seker, S., Zavadskas, E. K., Application of fuzzy DEMATEL method for analyzing occupational risks on construction sites, Sustainability, 9 (11), 2083, 2017.
14. Tsai, W. H., Chou, W. C., Selecting management systems for sustainable development in SMEs: A novel hybrid model based on DEMATEL, ANP, and ZOGP, Expert systems with applications, 36 (2), 1444-1458, 2009.

15. Song, S., Zuo, Z., Cao, Y., Wang, L., Analysis of social risk causes of rail transit construction projects based on DEMATEL-ISM, 5th International Conference on Transportation Engineering, 1868-1875, 2015.
16. Akao, Y., An Introduction to quality function deployment, Quality function deployment (QFD): Integrating Customer Requirements into Product Design, Productivity Press, Cambridge, Massachusetts, 1990.
17. Bozkurt, A., Topraklı, A., Kalite Fonksiyon Yayılımı: İnşaat Sektöründe Bir Literatür Taraması, International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR), 6 (41), 2206-2221, 2019.
18. Yang, Q., Yang, S., Qian, Y., Kraslawski, A., Application Of House Of Quality In Evaluation Of Low Rank Coal Pyrolysis Polygeneration Technologies, Energy Conversion And Management, 99, 231-241, 2015.
19. Andersen, B., Business process improvement toolbox, ASQ Quality Press, Milwaukee, Wisconsin, 2007.

