

Bina Tasarımında Malzeme Seçimi için Model Çalışması

Feyza SEZGİN*¹, Gülser ÇELEBİ²

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, MMF Mimarlık Bölümü, ISPARTA

² Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü

ÖZET

Mimarlık mesleğinde bina tasarımı yapı malzemesi ile somutlaşır. Geleneksel anlamda yapı malzemesi seçiminde teknik performans, estetik kaygılar, kısa ve uzun dönem maliyeti, sosyal parametreler gibi özellikler dikkate alınmaktadır. Oysa, yapı malzemeleri, binaların ekolojik, yaşanabilir ve sürdürülebilir olarak tanımlanabilmesinde de önemli bir role sahiptir. Bu bağlamda, Sürdürülebilir mimarlık yaklaşımında yapı malzemesi seçiminde çevre-ürün etkileşiminin niteliği önem kazanır. Yapı malzemeleri yaşam döngülerinin her evresinde farklı çevresel etkilere sebep olur. Bu nedenle, hammadde edinimi, üretim, yapıya uygulama, kullanım, geri dönüşüm, yok edilme süreçlerinde yapı malzemesi-çevre etkileşiminin değerlendirilerek seçilmesi gereklidir. Bu çalışmada, öncelikli olarak malzeme seçimi üzerine geliştirilmiş modeller incelenecektir. Örnek modeller doğrultusunda ve çevresel etkiler bağlamında bir yapı malzemesi seçim modeli, sürdürülebilir bina tasarımında etkili olan Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD) sistemi ile ilişkilendirilerek ve sınanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yapı Yaşam Döngüsü, Malzeme Seçimi, Sürdürülebilirlik.

A Proposal Model for Material Selection in Building Design

ABSTRACT

Building design in the profession of architecture becomes concrete with building material. In the traditional context various properties such as technical performance, aesthetic concerns, short and long term costs and social parameters should be taken into account for the building material selection. However, building materials have crucial roles for the definition of buildings in ecological, livable and sustainable contexts. In this framework, the characteristics of environment-product relationship gains importance for the building material selection under sustainable architecture approach. Building materials cause distinct environmental effects in each phase of life cycles. Therefore, there should be a selection by evaluating the building material-environment interaction during the processes of raw material acquisition, production, application to the building, utilization, recycling, and disposal. In this study, models that are primarily developed for material selection are analyzed. A building material selection model is examined in parallel with sample models and in the context of environmental effects by associating it with Life Cycle Assessment (LCA) system that is effective in sustainable building design.

Keywords: Building Life Cycle, Material Selection, Sustainability.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yapı malzemeleri yaşam döngülerinin her evresinde farklı çevresel etkilere sebep olabilir. Bu çevresel etkilerin belirlenebilmesi için yapı malzemesine ait tüm verilerin hazırlanması ve bu verilerin değerlendirilmesi ile malzemenin uygunluğunun tespit edilmesi gerekmektedir [1]. Bu kapsamda farklı sektörlerdeki kuruluşlar, ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemi (ÇYS) Standartları serisini benimsemişlerdir. Bu standartlar, kuruluşlara çevre yönetimi konusunda yol gösterici ve sınırlandırıcı özellikte olup küreselleşen dünyada çevre konusunda ortak bir dil oluşturmaya çalışmaktadır [2-4].

Yapı ürünü-çevre etkileşimi yapı yaşam döngüsünün tüm süreçlerinde ele alınmaktadır. Hammadde edinimi, üretim, yapıya uygulama, kullanım, geridönüşüm, yok edilme süreçlerinde yapı ürünü- çevre etkileşiminin değerlendirilmesi gerekmektedir [3-5].

Farklı yapı ürünleri enerji, kaynak korunumu, atık kullanımı, oluşum enerjileri gibi özellikler açısından ele alınmakta ve her bir ürün için standartlar da göz önünde bulundurularak çevresel etki kriterleri belirlenebilmektedir [3-5]. Çevresel Etkiler; iklim değişikliği, stratosferdeki ozon tüketimi, asitleşme, besin birikimi, insan zehirlenmesi, ekolojik zehirlenme, kaynak tüketimi, fotokimyasal oksit oluşumu, kirlilik (hava-su-toprak), biyoçeşitliliğin zarar görmesi gibi başlıklar altında ele alınmaktadır.

Malzeme seçimi süreçlerinde çok boyutlu kriterler rol oynar. Bu kriterlere bağlı olarak gelişen karmaşık ilişkiler ağının sorgulanması gerekmektedir. Bu doğrultuda çalışmanın amacı, Yapı ürünü-çevre etkileşimini ele alan örnek malzeme seçim modellerinin incelenmesidir. Mühendislik malzemelerinin seçim modellerinin baz alınarak yapı malzemelerinin seçimine yönelik model hazırlanması düşünülmektedir. Karar verme aşamasında çevresel koşullara, tasarım aşamala-

* Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: fsezgin@mmf.sdu.edu.tr

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2011.14.3, 215-222

rına ve bütçesel gereklilikler gibi beklentilerin tümüne uygun malzeme seçimi önemli hale gelmektedir. Yanısıra, yapı malzemeleri, binaların ekolojik, yaşanabilir ve sürdürülebilir olarak değerlendirilmesinde de önemli bir role sahiptir. Bu bağlamda, Yapı malzemeleri yaşam döngülerinin her evresinde (hammadde edinimi, üretim, yapıya uygulama, kullanım, geri dönüşüm, yok edilme süreçlerinde) farklı çevresel etkilere sebep olduğu için, yapı malzemesi-çevre etkileşiminin değerlendirilerek karar verme aşamasının tamamlanması gereklidir [5].

2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

Malzeme Seçim Modellerinin İncelenmesi Ve Değerlendirilmesi;

Malzeme seçimi üzerine hazırlanmış pek çok model bulunmaktadır. İncelenen örneklerin önemli bir kısmı mühendislik malzemelerinin seçimi üzerine ya-

leri tasarımına yönelik olması, yapı ürünü tasarımında da malzeme seçim süreçlerine ait değerlendirme sistemi oluşturulmasına öncelik etmektedir.

Malzeme seçim evresi literatürde çeşitli yaklaşımlarla ele alınmaktadır, bunlardan incelenen modeller arasında; sıralama metodu (ranking methods), katalog tabanlı metod (index-based methods) ve fayda-maliyet analizi gibi diğer sayısal metodlar (other quantitative methods like cost-benefit analysis) kullanan modellere ulaşılmıştır. İncelenen modeller doğrultusunda yapı üretiminde malzeme seçimine yeni boyutlar getirilebileceği görülmektedir.

MILP modeli (Mixed integer linear program) tasarım ve bütçe açısından, LEED kredi sistemi özelliklerine göre, yeşil tasarıma yönelik malzeme seçimine yardımcı olmaktadır. Kredilere göre ısı transferi, geridönüşüm oranı, üretici ve araçların proje alanına uzaklığı, ve iç mekan emisyon değeri başlıkları açısın-

Tablo1. LEED tabanlı kredilendirme sistemi örneği [6]

Credit	Area	Name	Intent	Description
7.2 (Points;1)	Sustainable sites	Heat Island effect, roof	Reduce heat islands,	Use roofing materials having a solar reflectance index equal to or greater than 78 for low-sloped roofs or 29 for step-sloped roofs.
4.1 (Points;1)	Materials and resources	Recycled content-10%	Increase demand for building products that incorporate recycled content materials, reducing impacts from extraction and processing of virgin materials.	Use materials with recycled content such that the content contributes at least 10% (based on cost) of the total value of the materials in the project
4.2 (Points;1)		Recycled content-20%		Use materials with recycled content such that the content contributes an additional 100% beyond credit 4.1 (total of 10%, based on cost) of the total value of the materials in the project
5.1 (Points;1)		Regional materials, 10% extracted, processed & manufactured regionally	Increase demand for building materials and products that are extracted and manufactured within the region, supporting local economies and reducing the environmental impacts resulting from transportation.	Use building materials or products that have been extracted, harvested or recovered, as well as manufactured, within the same region of Project site for a minimum of 10% (based on cost) of the total materials value.
5.2 (Points;1)		Regional materials, 20% extracted, processed & manufactured regionally		Use building materials or products that have been extracted, harvested or recovered, as well as manufactured, within the same region of Project site for a minimum of 10% beyond credit 5.1 (total of 10%, based on cost) of the total materials value.
6 (Points;1)		Rapidly renewable materials	Reduce the use and depletion of finite raw materials and long-cycle renewable materials by replacing them with rapidly renewable materials.	Use rapidly building materials and products for 2.5% of the total value of all building materials and products used in the Project, based on cost.

pılmış yayınları kapsamaktadır. Bir kısmı da yaşam döngüsü değerlendirme modellerini örnek olarak oluşturulmuştur. İncelenen örneklerin mühendislik malzeme-

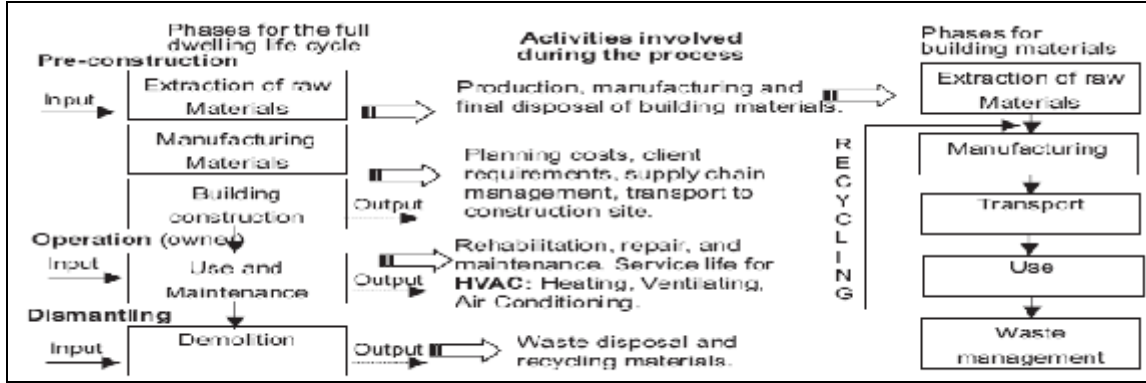
dan değerlendirilmektedir. Tablo 1’de, LEED tabanlı kredilendirme sistemini baz alan çalışmaya ait bir malzeme seçim modeli görülmektedir. Bu kredilendirme

lamanın daha karmaşık özelliklere yönelik olarak değerlendirilebilirliği konusunda yorum yapılmamıştır. Benzer bir çalışmada ise uygulama örneği malzemelere ait mekanik, termal, çevresel özelliklerine ait sayısal verilerin SimaPro yazılım programını kullanarak değerlendirilmesi ile yapılmakta ve sonucunda çıkarılan diyagramlar üzerinden yorumlanmaktadır (tablo 5) [12].

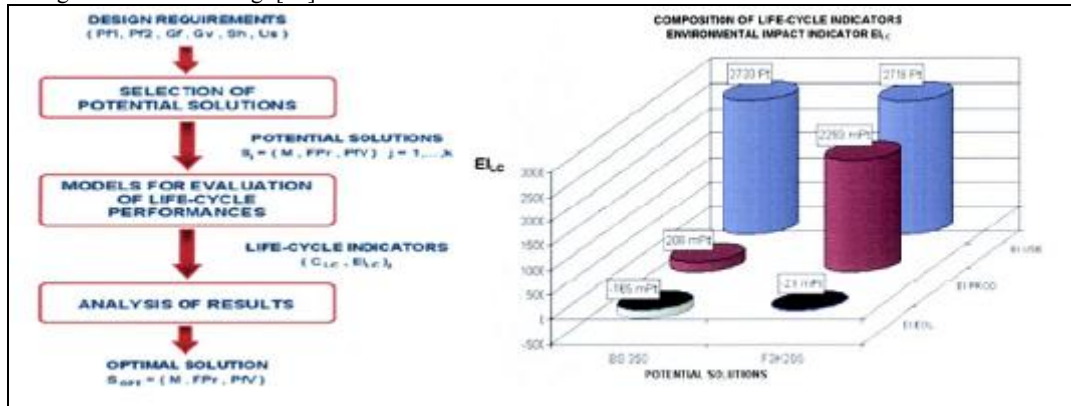
zeme seçimi çevresel etkiler üzerinden değerlendirilmekte ve ISO 14040 verilerinin (oluşum enerjisi, CO₂ salınımı) sonuçlarına göre malzemenin seçilebilirliği yorumlanmaktadır.

Çevresel etkiyi değerlendiren DALY (A disability adjusted life year) modeli, iç mekana göre en-

Tablo 4. Yaşam döngüsü yönetimi model örneği [12]



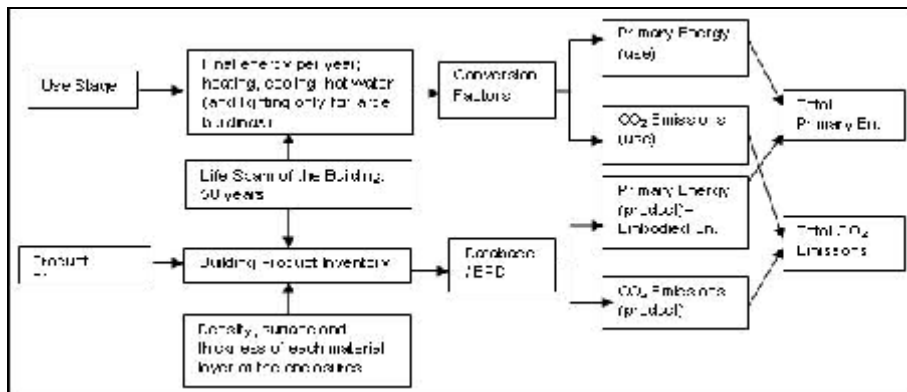
Tablo 5. Malzemelere ait mekanik, termal, çevresel özelliklerine ait sayısal verilerin SimaPro yazılım programını kullanarak değerlendirilmesi örneği [12]



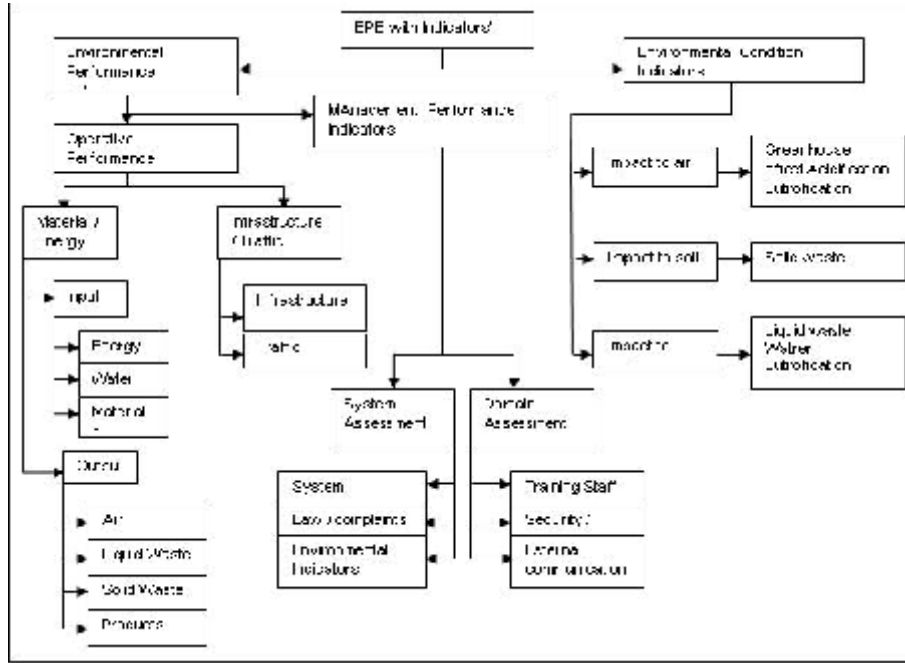
Yaşam döngüsü metodunu değerlendiren bir başka çalışmada, özellikle malzemelerin oluşum enerjisi ve emisyon değerleri ele alınmaktadır (tablo 6). BEDEC malzeme veritabanına ve CALENDER LCA bilgisayar programına göre örneklemeler yapılmıştır [13]. Yapı ürününe malzeme seçimine yönelik bu çalışmada mal-

vanter analizi yaparken [14], benzer olan bu çalışmada da yaşam döngüsü envanteri (LCI) modeli ele alınmaktadır (tablo 7). Veriler LCA sürecindeki çevresel etki başlıklarına göre tablolanmaktadır [14].

Tablo 6. BEDEC malzeme veritabanına ve CALENDER LCA bilgisayar programına göre örneklemeler [13]



Tablo 7. Çevresel etki değerlendirme örneği [14]



EPE (Environmental performance evaluation; Çevresel performans değerlendirme) modeline göre malzemelere ait tüm tasarım aşamaları içerisinde (beşikten mezara) kullanılmak istenen evreye ait çevresel etki verileri tablo haline getirilerek grafiklere dönüştürülmüştür [15].

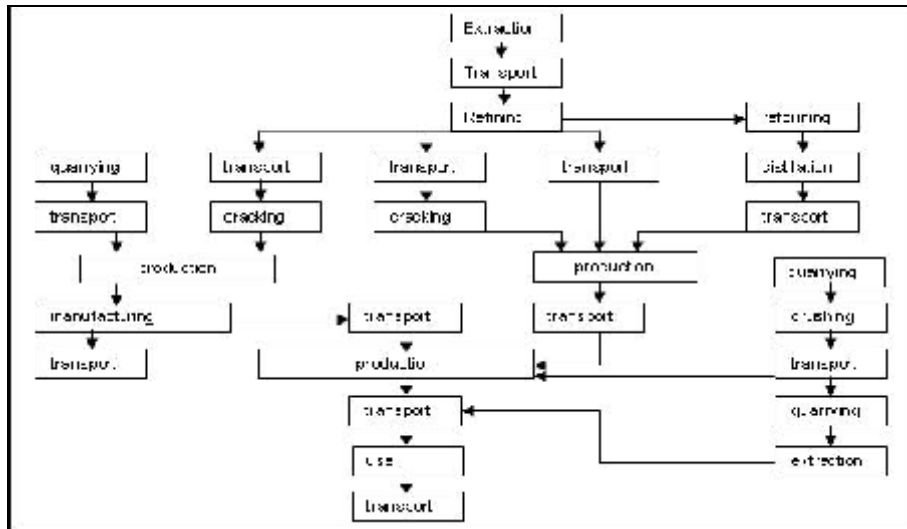
Döşeme malzemelerine ait örnekleme içeren çalışmada malzemelerin kullanıma kadar olan akış şemaları oluşturulmuş, kullanılan malzemeye ait sayısal veriler ile bütünleştirilmiştir (tablo 8) Akış şemaları üzerinden malzemelerin üretim evrelerindeki enerji kullanım değerlerine ve çevresel etki değerlerine ait (salınımlar) sayısal verilerin diyagramlara dökülerek yorumlanmasına çalışılmıştır [16]

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSION)

Örneklenen Malzeme Seçim Modellerinin Analizi;

Malzeme seçimindeki temel amaç, verilen soruna ve duyulan ihtiyacı karşılamaya yönelik kurgulanan tasarımı elde edebilmek için belirlenen çalışma koşulları altında çalışabilecek uygun ve yaşam döngüsü açısından uzun ömürlü malzemeyi seçmektir. Bu seçimi gerçekleştirmek içinde tasarım aşamasında malzeme seçimi kriterlerine, yöntemlerine, adımlarına ve döngüsüne hakim olunması gerekliliği çalışmanın giriş kısmında vurgulanmıştır.

Tablo 8. Akış şeması örneği [16]



Malzeme seçiminde ele alınması gereken tüm özellikler; Fiziksel özellikler, Mekanik özellikler, Termal özellikler, Teknolojik özellikler, Kimyasal özellikler, Akustik özellikler Optik özellikler, Ekonomik açıdan değerlendirme, Kullanıcı istekleri olarak ele alınmaktadır.

Tablo 10’da belirtilen malzeme özelliklere ait verilerin yanısıra malzemenin yaşam döngüsüne ait verilerinde elde edilmeye çalışılması ve oluşum enerjisi, enerji tüketimi, maliyeti gibi verilerinde programın kullanımı aşamasında değerlendirilmesi gerekmektedir

İncelenen kaynaklarda malzeme seçimi çalışmalarının daha çok mühendislik malzemeleri konusunda

daha az çevresel etkiye sahip bir başka malzemenin binada kullanılması gibi çalışmaları içermektedir. Yapı malzeme/bileşenlerinin Yaşam döngüsü ise ürünlerin karşılaştırılması, yeni ürünlerin uygulanması ve ürünlerin çevresel etkilerinin iyileştirilmesine yönelik çalışmalardan oluşmaktadır. Çalışmalarda YDD’ nin genellikle iç mekanların çevresel etkisi veya iç mekanlarda farklı yapı malzemelerinin enerji tüketimi ve çevresel etkileri üzerine yapıldığı görülmektedir.

4. SONUÇLAR (CONCLUSION)

Yapı tasarımı ve uygulamalarında, sürdürülebilirliğin sağlanması için uygulanan YDD yönteminin yapı malzeme/bileşenlerinin veya tüm binanın enerji tü-

Tablo 9. Yapı Malzemelerinin Genel Özellikleri

YAPI MALZEMELERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ				
Yaşam Döngüsü Evreleri				
1. Üretim	2. Yapım (konstrüksiyon)	3. Kullanım	4. Bakım-onarım	5. Kullanım sonrası
Malzeme Özellikleri	Fiziksel Özellikler	Kuru Birim Hacim Ağırlığı, Tane Birim Hacim Ağırlığı, Su Emme,...		
	Mekanik Özellikler	Basınç Dayanımı, Yük Dayanımı, Çekme Dayanımı, Darbe Dayanımı,...		
	Termal özellikler	Isı ve elektrik iletkenliği, genleşme ve uzama değerleri, özel ısı değerleri,...		
	Fiziko kimyasal özellikler	Su emme ve geçirme özellikleri (şişme ve büyüme),...		
	Kimyasal özellikler	Bileşim, atomik yapı ve atom ağırlıkları ile atmosfer ve korozyon etkilerine dayanım özellikleri,...		
	Akustik ve Optik özellikler	Ses iletimi ve yansıtma özellikleri,...		
	Ekonomiklik değerleri	(Bir malzemenin ekonomi faktörü; malzemenin fiyat ve kullanma zamanı yani ömrü ile birlikte düşünülmelidir.)		
	Kullanıcı istekleri;	Kullanıcı isteklerinin çalışmaya ne şekilde katılması gerektiği veya katılıp katılamayacağı üzerinde tartışılması gerekmektedir.		
ISO 14040 Enerji değerleri				
Oluşum Enerjisi			CO ₂ Salınım Değeri	

tercih edildiği görülmektedir. Mühendislik malzemelerinin seçim kriterleri genel olarak sayısal verilerin ve matrislerin değerlendirilmesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu seçim sistemlerinin yapı üretim sürecinde malzeme seçim kararlarına da yansıtılması ve günümüzdeki çalışmalarda değerlendirilen şekli olan çevresel etki değerlendirme kriterlerinin tüm veriler ile bütünleştirilmesi gerekmektedir. Yazılım programlarının kısıtlarının bu anlamda geliştirilmesi gerekmektedir.

Mevcut yapılar için bakıldığında kültürel tüketim davranışlarından gelen çevresel etkiler, kullanım safhasındaki çevresel etkiler, daha iyi yalıtım alternatifi veya

ketimi ve çevresel etkilerinin saptanması için uygulandığı çalışmalar incelendiğinde, çalışmaların kaynakların etkin bir şekilde kullanımı, enerji tüketiminin azaltılması ve kirliliğin engellenerek çevre kalitesinin geliştirilmesini içerdiği görülmektedir. Binaların yaşam döngülerinin her bir binada değiştiği görülmekte, yapım teknikleri, mimari stil ve iklim, kültürel tüketim davranışları ve ev kullanım büyüklüğü gibi özellikler ve binanın yaşam döngüsü safhası süresince tasarımda olan bir değişiklik çevreyi farklı etkilemektedir. Yapı malzemeleri/ürünlerinde (bileşenlerinde) ise işlemler tek bir ürün üzerine olmaktadır.

Tablo 10. Malzeme seçim modellerinin veri analizi

	Örnek Model 1	Örnek Model 2	Örnek Model 3	Örnek Model 4	Örnek Model 5	Örnek Model 6	Örnek Model 7	Örnek Model 8	Örnek Model 9	Örnek Model 10	Örnek Model 11	Örnek Model 12
Tasarım Evresi (Beşikten Mezara)	1	1	1	1,2,3,4,	1	1	2	2	3	1	1,2,3,4,	1,2,3,4
Fiziksel Özellikleri	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mekanik Özellikleri						X	X					
Termal Özellikleri	X						X				X	X
Fiziko-Kimyasal Özellikleri	X	X	X	X	X							
Kimyasal Özellikleri												
Akustik ve Optik Özellikleri												
Ekonomik Özellikleri			X		X							
Kullanıcı İstekleri												
ISO14040 Oluşum Enerjisi Değeri					X	X	X	X	X	X	X	X
ISO14040 doğrultusunda CO ₂ Salınım Değerleri					X	X	X	X	X	X	X	X

Örnek modeller doğrultusunda ve çevresel etkiler bağlamında bir yapı malzemesi seçim modeli, sürdürülebilir bina tasarımında etkili olan Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD) sistemi ile ilişkilendirilerek kurulmalı ve simülasyon programlarının kullanımı ile desteklenmelidir. Malzeme seçiminin hangi evrede, hangi özellikleri doğrultusunda yapılacağıın karar verileceği ve değerlendirileceği bir sistem modelinin oluşturulabileceği düşünülmektedir.

Malzeme seçimine yönelik geleneksel faktörlerin değişmiş olduğu görülmekte, performans beklentilerini karşılamak üzerinde yoğunlaşılın modeller ele alındığında öncelikle performans beklentilerinin ortaya konması gerekliliği görülmektedir. Hazırlanan veri tablosu üzerinde metoda yönelik düzenlemeler yapılarak alternatif malzemelerin değerlendirilebileceği bir dōngüsel bir model planlanmaktadır.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- 1) Yapı Malzemeleri Yönetmeliği Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Web Sitesi; www.bim.org.tr, Şubat 2010.
- 2) LCA Software, www.life-cycle.org, Şubat 2010.
- 3) Building LCA, <http://buildlca.rmit.edu.au/downloads/Toolsdescription.pdf>, Şubat 2010.
- 4) Databases, <http://www.uni-weimar.de/scc/PRO/DATA/survey.html>, Şubat 2010.
- 5) Environmental Software, www.environmentalexpert.com, Şubat 2010.
- 6) Castro-Lacouture, D., Sefair, J. A., Flo'rez L., Medaglia A.L., "Optimization model for the selection of materials using a LEED-based green building rating system in Colombia" Building and Environment 44 p:1162-1170, 2009.
- 7) Shanian, A., Savadogo, O., "A material selection model based on the concept of multiple attribute decision making" Materials and Design 27 p:329-337, 2006.

- 8) Ljungberga, L.Y., Edwardsb, K.L., “Design, materials selection and marketing of successful products” *Materials and Design* 24 p:519–529, 2003.
- 9) Sapuan, S.M., “A knowledge-based system for materials selection in mechanical engineering design” *Materials and Design* 22, p:687-695, 2001.
- 10) Ljungberg, L.Y., “Materials selection and design for development of sustainable products” *Materials and Design* 28 p:466–479, 2007.
- 11) Ortiz, O., Bonnet, C., Bruno, J.C., Castells, F., “Sustainability based on LCM of residential dwellings: A case study in Catalonia, Spain” *Building and Environment* 44 p:584– 594, 2009.
- 12) Giudice, F., Rosa, G.L., Risitano, A., “Materials selection in the Life-Cycle Design process: a method to integrate mechanical and environmental performances in optimal choice” *Materials and Design* 26 p:9–20, 2005.
- 13) Bribia'n, I.Z., Uso' n, A.A., Scarpellini, S., “Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification” *Building and Environment* 44 p:2510–2520, 2009.
- 14) Li, X., Zhu, Y., Zhang, Z., “An LCA-based environmental impact assessment model for construction processes” *Building and Environment* 45 p:766–775, 2010.
- 15) Verbeeck, G., Hens, H., “Life cycle inventory of buildings: A calculation method” *Building and Environment* 45 p:1037–1041, 2010.
- 16) Papadopoulos, A.M., Giama, E., “Environmental performance evaluation of thermal insulation materials and its impact on the building” *Building and Environment* 42 p:2178–2187, 2007.