

İnşaat Sektöründe Kalite Maliyeti Entegre Edilmiş Kazanılmış Değer Analizi Üzerine Bir Uygulama

Mehmet Nurettin Uğural^{1*}, Çağrı Şahin²

^{1*} İstanbul Kültür Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-8037-7603), m.ugural@iku.edu.tr

² İsterstone Mermer Granit Sanayi, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-0030-9310), mmrcagrisahin@gmail.com

(İlk Geliş Tarihi 27 Nisan 2020 ve Kabul Tarihi 9 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.727794)

ATIF/REFERENCE: Uğural, M, N. & Çağrı, Ş. (2020). İnşaat Sektöründe Kalite Maliyeti Entegre Edilmiş Kazanılmış Değer Analizi Üzerine Bir Uygulama *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 42-49.

Öz

Proje yönetiminin en önemli işlevlerinden biri, projenin zaman ve maliyet olarak takibi ve kontrolüdür. Ancak günümüz inşaat sektörü rekabet koşullarında müşteri memnuniyeti, kalite odaklı ölçülmektedir. Bu noktada sektörde müşterinin kalite anlamında yapılan işi görebildiği ve değerlendirdiği son nokta ince inşaat işleri olduğundan, her ne kadar imalatlar bitti denilse de teslimatlarda üst yönetimin veya müşterinin beğenmediği ve düzeltilmesini istediği birçok ilave işler çıkmaktadır. Son anda yapılması istenilen düzeltme ve proje dışı işler, önemli bir zaman ve maliyet kaybına neden olmaktadır.

Bu çalışmada, öncelikle aynı bölgede birbirine benzer üç ayrı konut projesine (A, B ve C projeleri) ait ince inşaat işlerinin dokuz farklı imalat kalemine Kazanılmış Değer Analizi (KDA) uygulanmış, zaman ve maliyet parametreleri hesaplanmıştır. Daha sonra her bir imalat için teslimat aşamasında müşteri beklentilerini sağlamak ve hedeflenen kaliteyi yakalamak adına harcanan ilave maliyet ve süreleri hesaba katılarak yeniden KDA uygulanarak süre ve maliyet endekslerinin değişimleri hesaplanmıştır. 1. ve 2. analiz sonuçlarına göre her üç projede ele alınan kümülatif zaman ve maliyet endekslerine bakıldığında A projesinin program başarı endeksi (SPI) değerinde %4, maliyet başarı endeksi (CPI) değerinde %10, B projesinin SPI değerinde %2, CPI değerinde %9, C projesinin ise SPI değerinde %2, CPI değerinde %6 oranında azalma görülmüştür. Bu durum her üç projede de maliyet ve zaman olarak artış olduğunu göstermiştir. 1. ve 2. KDA sonuçlarına göre imalat düzeyinde SPI değerleri kıyaslandığında en fazla süre kaybına neden olan imalatın %5'lik düşüşle alçı sıva imalatı olduğu, imalat düzeyinde CPI değerleri kıyaslandığında ise en fazla maliyet kaybının %23'lük düşüşle boya imalatı olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak bu çalışmada, sadece bütçe ve zaman unsurlarını hesaba katan KDA'ya kalite faktörünün de dâhil edilmesiyle performans endekslerinde oluşacak değişim incelenmiştir. Kalite faktörünün KDA'ya eklenmesiyle proje ve imalat düzeyi performans endekslerinde düşüş (yani maliyette ve sürede artış) olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Hata Maliyeti, Kalite Maliyeti, Kazanılmış Değer Analizi, Proje Yönetimi, Yapım Yönetimi.

Measuring the Effect of Quality Factor on the Performance Indices in the Construction Sector by Earned Value Analysis (EVA)

Abstract

One of the most crucial functions of project management is the monitoring and control of the project in time and cost. However, in today's construction industry, customer satisfaction is measured with a focus on quality. At this point, since the last point in the sector where the customer can see and evaluate the work done in terms of quality is fine construction works, even though it is said that the manufacturing is finished, there are many additional works in the deliveries that the top management or the customer dislikes and wants to be corrected. The correction and non-project works requested at the last-minute cause a significant time and cost loss. In this study, firstly, Earned Value Analysis (EVA) was applied to nine different manufacturing items of fine construction works belonging to three different residential projects (A, B and C projects) in the same region, and time and cost parameters were calculated.

* Sorumlu Yazar: m.ugural@iku.edu.tr

Then, the changes in the time and cost indices were calculated by taking the additional costs and times spent in each delivery to ensure customer expectations and to achieve the targeted quality, by applying the EVA again. According to the results of analysis 1 and 2, looking at the cumulative time and cost indices discussed in all three projects, the project success index (SPI) of project A is 4%, the cost achievement index (CPI) is 10%, the project B's SPI value is 2% and CPI value is %9, In C project, there is a 2% decrease in SPI value and a 6% decrease in CPI value. In other words, an increase in cost and time was observed in all three projects. Again, according to the 1st and 2nd EVA results, when the SPI values at the manufacturing level are compared, the plaster manufacturing with the 5% decrease in the production that caused the most time loss, and the painting works with the 23% decrease in the manufacturing which caused the most cost loss when the CPI values at the manufacturing level were compared.

As a result, in this study, the change in performance indices was examined by including the quality factor in the EVA, which takes into account only budget and time factors. With the addition of the quality factor to the EVA, it has been observed that there is a decrease in project and manufacturing level performance indices (ie increase in cost and time).

Keywords: Project Management, Earned Value Analysis, Construction Industry, Quality.

1. Giriş

İnşaat sektörü hem ulusal hem de küresel düzeyde ekonomilerin itici gücünü oluşturarak özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler için yarattığı katma değer ve istihdam olanaklarıyla ülkelerin ekonomilerinde önemli rol oynamaktadır. Sektör, kendisine girdi sağlayan 200'den fazla alt sektörle ilişki halinde olduğundan "lokomotif sektör" olarak adlandırılmaktadır.

Günümüz inşaat projelerinin büyük ölçekli olması ve müşteri taleplerinin artması nedeniyle projelerin karmaşıklığı artmıştır. Karmaşıklık nedeniyle proje hedeflerine ulaşmakta zorluklar yaşanmaktadır. Bu durum, belirsizlik ve risk durumunu doğurmuş, bütçe ve maliyet artışlarına neden olmuştur. Günümüzde maliyetleri minimize etmek isteyen şirketler, proje yönetimi kavramı üzerinde çalışmalarını arttırmışlardır.

Proje yönetimine göre, bir projeyi kontrol altında tutmak için süreçlerin izlenmesi ve kontrol edilmesi gerekmektedir. Projelerin ilerlemesini izlemek, proje maliyetini ve süresini tahmin etmek için Kazanılmış Değer Analizi (KDA) yöntemi sıklıkla kullanılmaktadır. KDA yöntemi ile projenin herhangi bir anında harcanılanlara karşı kazanılanlar tespit edilebilmektedir. KDA yöntemi ile projelerin planlanmış takvime uyup uymadığı, bütçe limitleri içinde kalıp kalmadığı ve ilerleme raporlarına göre tamamlanacağı tarihe ve maliyete uyup uymadığı bulunabilmektedir.

Kazanılmış değer analizi projelerin üç ana unsuru olan içerik, zaman ve maliyet boyutlarına odaklanmasına rağmen uzunca bir süre, kalite gibi önemli bir faktör göz ardı edilmiş ve kalite boyutu açık bir şekilde bu model içerisinde dikkate alınmamıştır. Bunun yerine kalite boyutunun içerik boyutunun bir parçası olduğu varsayılmıştır. 2011 yılında Amerikan hükümeti Savunma Bakanlığı (DoD) tarafından kalite faktörü de kazanılmış değer analizine dahil edilmesi önerilmiştir (Gupta, 2014).

Zaman, maliyet ve kalite; proje yönetiminin üç temel yapı taşını oluşturmaktadır. Yapılan çeşitli çalışmalar kalite hatalarının şantiyelerde sık görülen bir fenomen olarak kabul edildiğini ve bu sorunların giderilmesinin masraflı harcamalara yol açtığını göstermiştir. Boukamp ve Akıncı (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, inşaat maliyetinin %6-15'ini oluşturan kusurlu imalatların, vasıfsız işçiler gibi insan faktörlerinden, yetersiz inşaat denetimi ya da malzeme veya tasarım hatalarından kaynaklandığı belirlenmiştir. Çeşitli araştırmacılar tarafından zamanlama ve maliyetin, projenin performansı için tek gösterge olarak düşünülmemesi gerektiği, kalite vb. çeşitli parametrelerin daha etkin kullanılarak entegre bir çerçevenin geliştirilerek kalite gereksinimlerinin de KDA'ya entegre edilmesinin proje başarısı

için önemli bir gösterge olduğu ileri sürülmüştür (Solomon ve Young, 2007; Nassar vd, 2009).

Bu çalışmada, sadece zaman ve maliyet etkenleri üzerinden yapılan kazanılmış değer analizi hesaplamasında "kalite" faktörünün etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, öncelikle aynı bölgede, aynı nitelikteki ekiplerle, üç benzer konut projesine ait ince inşaat işlerinin Kazanılmış Değer Analizi (KDA) ile parametreleri bulunmuştur. Daha sonra, her imalat için teslimat aşamasında müşteri beklentilerini sağlamak ve hedeflenen kaliteyi yakalamak adına harcanan ilave maliyet ve süreleri hesaba katılarak yeniden KDA parametreleri hesaplanmıştır. Sonuçta, sadece bütçe ve zaman unsurlarını hesaba katan KDA'ya kalite faktörü de dâhil edilerek birinci ve ikinci analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

1.1. Kalite Maliyet Faktörü

Kalite yönetimindeki önemli konulardan biri olan kalite maliyeti terimi literatürde farklı şekillerde tanımlanmıştır. Bazı yazarlar, kaliteyi elde etmek için gerekli maliyetler olarak tanımlarken (Dahlgaard ve diğerleri, 1992), diğerleri düşük kalitenin ya da kalitesizliğin maliyeti olarak tanımlamışlardır (Sower ve Quarles, 2003). Kalite maliyetinin bileşenleri:

- Önleme maliyeti (Prevention Cost)
- Değerlendirme maliyeti (Appraisal Cost)
- Hata maliyeti (Failure cost) olarak sınıflandırılmaktadır (detaylı bilgi için bakınız: Feigenbaum, 1991)

Önleme maliyetleri inşaat sürecinin tüm aşamalarında hataların oluşmasını önlemeye yönelik olarak yapılan faaliyetleri içerir. Değerlendirme maliyeti, inşaat sürecinde gözden geçirme, birim test, doğrulama ve geçerli kılma faaliyetleri değerlendirme maliyeti olarak sayılmaktadır. Hata maliyetleri ise iç hata (proje tarafından bulunan) ve dış hata (müşteri tarafından bulunan) maliyetleri olarak iki grupta tanımlanmaktadır (Aydın, 2014). İç hata maliyetleri inşaat evresinde tespit edilen hataların giderilmesine yönelik harcanan maliyettir. Dış hata maliyeti ise müşteri/kullanıcı tarafından tespit edilen hataların giderilmesine yönelik olarak harcanan maliyettir. Bu çalışmada hata maliyetlerinin proje performans ölçümlerinde ve kazanılmış değer analizinde kullanımı esas alınacaktır.

1.2. Kazanılmış Değer Analizi

Kazanılmış Değer (KD) kavramı 1960'lı yıllarda ABD Savunma Bakanlığı tarafından ortaya çıkarılmıştır. Daha sonra 1967'de ABD Savunma Bakanlığı KD kavramını 35 kriter dayalı "Cost/Schedule Control Systems Criteria(C/SCSC)" adıyla geliştirmiştir. Bu kriterler savunma sanayi yüklenicilerinin mali kontrol aracı olarak kabul edilmiştir.1996 yılında sadeleştirilip,

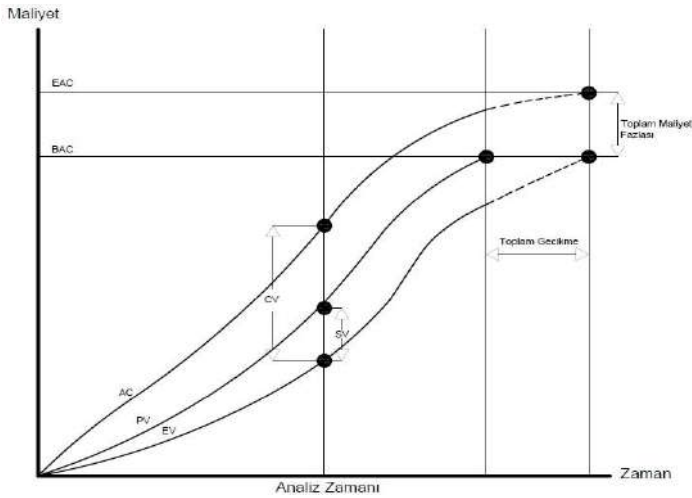
geliştirilerek “Kazanılmış Değer Analizi (KDA)” olarak yeniden adlandırılmıştır (Khamidi vd., 2011). Revize edilen bu yöntem, o günden beri ABD Enerji Bakanlığı, Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA), ABD Savunma Bakanlığı gibi çeşitli devlet kurumlarında kullanılmaktadır (Waris vd.,2012). KDA yöntemi, son yıllarda birçok ülke tarafından kamu ve özel sektördeki inşaat projelerinde, süre ve maliyet kontrolü sağlamak için sıklıkla kullanılmaktadır (Kwon vd., 2008).

KDA, proje yönetiminde sıklıkla kullanılan, süre, maliyet ve teknik performansı birleştiren projelerin ilerlemesini ölçmek, proje süresini ve maliyetini tahmin etmek için kullanılan etkili bir performans ölçüm yöntemidir. KDA yöntemi, proje ekibinin zamanında düzeltici önlemler almasını mümkün kılmaktadır. KDA hesaplamalarının yapılabilmesi için üç ana veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar; Planlanan Değer (PV), Gerçekleşen Değer (AC) ve Kazanılmış Değerdir (EV) (Gupta, 2014).

Bu çalışmada kullanılan başlıca KDA ile ilgili tanımlar ve formüller Tablo 1’de gösterilmektedir.

Eğer: $SPI=1$ ise gerçekleşen iş programı planlanan ile aynı, $SPI>1$ ise gerçekleşen ilerleme planlanandan daha hızlı, $SPI<1$ ise gerçekleşen ilerleme planlanandan daha yavaştır.

Eğer: $CPI = 1$ ise maliyet performansı tam ve gerçekleşen işin maliyeti bütçelenen maliyete eşit, $CPI < 1$ ise gerçekleşen işin maliyeti, planlanmış bütçenin üstünde, $CPI > 1$ ise gerçekleşen işin maliyeti, planlanmış bütçenin altındadır.



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.1.Planlanan Değer (PV), Gerçekleşen Değer (AC) ve Kazanılmış Değerin (EV) görünümü

Şekil 1’de Planlanan Değer (PV), Gerçekleşen Değer (AC) ve Kazanılmış Değerin (EV) maliyet-zaman grafiği görülmektedir. Program sapması değerinin eksi çıkması planlanan takvimin gerisinde olduğunu gösterir, projenin ne kadar geciktiği hakkında bilgi vermez. Maliyet sapmasının eksi değerde olması ise, proje maliyetinin planlanan bütçeyi aştığını gösterir.

1.3. İnşaat Projelerinde KDA ile İlgili Çalışmalar

Kazanılmış değer analizi konusunda inşaat sektöründe yerli ve yabancı birçok araştırmacı tarafından çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bahar (2008) tarafından yapılan çalışmada, Marmaray Projesi’ne MS Project yazılımı ile KDA yöntemi uygulanmıştır. Maliyet ve program sapmaları hesapları ile projenin gidişatı ve geleceği hakkında tahminler ortaya konulmuş, projenin tahmini bitirme maliyeti ve bitirme süresi hesaplanmış,

hedef maliyet ve süreye ulaşılması için alınması gerekli tedbirler değerlendirilmiştir (Bahar,2008). Gürbüz (2010) KDA metodunu, MS Project yazılımı yardımı ile bir tersane projesine uygulanmıştır. Ülkemizde kamu ve özel sektör ayrımı olmaksızın planlama ve denetime yeterince önem verilmediği sonucuna varmıştır (Gürbüz, 2010).

Hanna vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada, elektrik yüklenicilerinin inşaatın ilerlemesini izlemesine, projeye ilişkin öngörülerde bulunmasına, sahada meydana gelen sorunları ortaya çıkarmasına ve projedeki sorunlara mümkün olduğunca erken yanıt vermesine olanak sağlayan kazanılmış değer yönetim sistemi bir vaka çalışması üzerinde açıklanmıştır (Hanna, 2012). Shaik vd. (2014) tarafından yapılan bir diğer araştırmada, bir inşaat projesinin zamanında tamamlanmasına odaklanılmış, kazanılmış değer analizinin sunmuş olduğu izleme ve kontrol rolü proje genelinde incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, kazanılmış değer analizi yöntemi uygulanarak projenin başında potansiyel sorunların tespit edildiği ve proje genelinde olası maliyet ve zaman sapmalarının bu yöntem sayesinde kontrol edilebildiği tespit edilmiştir (Shaik vd., 2014).

Nkiwane vd. (2016) tarafından Güney Afrika’da bir altyapı inşaat projesine ilişkin yapılan çalışmada, kazanılmış değer yönetiminin izlenmesi ve doğrudan kullanımı araştırılmış ve proje maliyetine olan etkisi değerlendirilmiştir (Nkiwane vd., 2016). Susanty vd. (2016) tarafından bir hastane projesinin maliyet ve zaman performansları KDA ile değerlendirilmiştir. Zaman ve maliyet performansı sonuçlarına dayanarak projenin istenilen zaman ve maliyette bitirilebilmesi için projenin uygulanmasını hızlandırılması gerektiği tespit edilmiş, bu doğrultuda proje yeniden planlanmıştır. Hastane projesinin yeniden yapılandırılmasında ise PERT yaklaşımı kullanılmıştır (Susanty vd., 2016). Eirgash vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada, kazanılmış değer analizi yöntemi kullanarak küçük ölçekli bir inşaat projesinin performans ölçümünün teorik ve pratik boyutunu göstermek amaçlanmıştır. Ayrıca, KDA uygulaması ile proje performansının analiz edilmesi detaylı olarak anlatılmıştır.

Karaman ve Son (2018) tarafından yapılan çalışmada, yapımı tamamlanmış bir inşaat projesine ait bazı iş kalemlerinin KDA ya göre değerlendirilmesi yapılmış, süre ve maliyet performanslarına ilişkin analiz sonuçları incelenmiştir Koçak (2018) tarafından yapılan çalışmada, kazanılmış değer analizi yöntemi, Primavera P6 programı kullanılarak Rusya Federasyonu’nda 2016–2018 yılları arasında gerçekleştirilen bir alışveriş merkezi yapım işine uygulanmış, elde edilen sonuçlar listelenmiş ve bulgular tartışılmıştır. Urgiles vd. (2019), karmaşık hidroelektrik enerji üretim projelerinde simülasyon modellerine dayandırılan süre ve maliyet parametrelerini kazanılmış değer analizi yöntemi ile analiz etmiştir. Araştırma sonuçları, maliyet tahmininin zaman içinde giderek doğru sonuçlar verdiğini, ancak süre tahminlerinin yeterince güvenilir olmadığını göstermiştir (Urgiles vd., 2019).

İncelenen çalışmalarda çoğunlukla proje üzerinden KDA uygulamaları yapılmış, projelere ait süre ve maliyet performansları değerlendirilmiştir. Bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak proje yönetiminin üç temel yapıtaşından biri olan “kalite” faktörünün de KDA yöntemine dâhil edilmesi amaçlanmıştır. Benzer üç proje üzerinden imalatlar için teslimat aşamasında, müşteri memnuniyeti için harcanan zaman ve maliyet kalemleri hesaba katılarak KDA verilerinin ne oranda değiştiği incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, İstanbul ili, Alibeyköy ilçesinde üç farklı konut projesine ait inşaat işlerine ilişkin veriler kullanılmıştır. Her bir proje için dokuz farklı imalat kalemi belirlenip imalatlara ait bütçeler hesaplanmıştır. Her üç projenin de başlangıç ve bitiş tarihleri aynıdır. İş miktarı fazla olan projede iş programını yakalamak adına diğer projelerdeki ekiplerle aynı nitelikte çalışan sayısı artırılmıştır. Üç projede de çalışan ekiplerin günlük çalışma saatleri ve kişi başı günlük yapılan iş miktarı aynıdır.

Projelerin sözleşme başlangıç tarihi 15.02.2018 olmasına rağmen fiili başlangıç tarihi 25.02.2018'dir. Geçen on günlük süre mobilizasyon, iş gücü ve ekipman tedariki için kullanılmıştır. Projelerin bütçeleri, birim fiyatların toplam metrajla çarpılmasıyla bulunmuştur. A, B ve C şeklinde adlandırılan her üç projenin bütçeleri sırasıyla; 2.327.831,68 TL, 1.361.728,89 TL, 1.565.917,25 TL'dir. Her üç proje için de planlanan proje bitiş tarihi 03.03.2019'dur. Toplam proje süresi ise 381 gün olarak hesaplanmış projelere 190. günde, yani 24.08.2018'de, 1.KDA uygulanmıştır.

Günümüz inşaat sektöründe kendisinden önceki imalatın teslimatı yapılmadan sonraki imalatlara başlanılamamaktadır.

Tablo 1. Kazanılmış Değer (EV) ile İlgili Tanımlar ve Formüller

İsim	Tanım	Formül
Planlanan Değer (PV)	Projenin/faaliyetin planlanan bütçesidir.	-
Gerçekleşen Değer (AC)	Gerçekleşen işin gerçekleşen maliyetidir.	-
Kazanılmış Değer (EV)	Gerçekleşen işin bütçelenen maliyetidir.	$EV = \text{Tamamlanma Yüzdesi} \times BAC$ (Tamamlanmadaki Bütçelenen Maliyet)
Program Sapması (SV)	Tamamlanmış olan işlerin değeri ile planlanmış olan işlerin değeri arasındaki farktır.	$SV = EV - PV$
Program Başarı Endeksi (SPI)	Tamamlanmış olan işlerin değerinin planlanan değere bölünmesiyle bulunur.	$SPI = EV / PV$
Maliyet Sapması (CV)	Tamamlanmış olan işlerin değeri ile gerçekleşen işlerin maliyetleri arasındaki farktır.	$CV = EV - AC$
Maliyet Başarı Endeksi (CPI)	Tamamlanmış olan işlerin değerinin gerçekleşen değere bölünmesiyle bulunur.	$CPI = EV / AC$
Toplam Bütçe (BAC)	Proje veya faaliyet için toplam planlanan bütçedir.	-
Tahmini Bitiş Maliyeti (EAC)	Projenin tamamlanma zamanı için öngörülen maliyettir.	$EAC = PV / CPI$
Tamamlanma Maliyetindeki Sapma (VAC)	Tahmini bitiş maliyeti ile toplam bütçe arasındaki farktır.	$VAC = EAC - BAC$

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Tablo 2'de imalatların başlangıç ve bitiş tarihleri görülmektedir. Bu tarihler üç proje için de geçerlidir. 24.08.2018 (190. gün) tarihine kadar geçen sürenin, imalat süresine oranı planlanan ilerleme yüzdeleri vermektedir. Tablo 2'de hesaplanan planlanan ilerleme yüzdelerinin Tablo 3'deki imalat

Örneğin; duvar imalatlarının teslimatı bitirilmeden alçı sıva imalatına veya şap ve zemin düzeltme imalatlarının teslimatı bitirilmeden seramik imalatlarına başlanılamamaktadır. Projenin planlanan seyrinde ilerleyebilmesi, teslimatların zamanında yapılması ve imalat kalitesinin istenilen düzeyde olmasına bağlıdır.

Bu çalışmada kalite faktörünün performans endekslerine etkisi araştırıldığı için, aynı günde (24.08.2018 tarihinde) yapılan iki analizden 1.KDA'ya teslimat sırasında harcanan süre ve maliyetler dahil edilmeyip, 2. KDA'ya ek süre ve maliyetler atanarak performans endekslerinin proje ve imalat düzeyinde nasıl değiştiği araştırılmıştır. İnce inşaat işlerinde imalatlar bittikten sonra işin teslimi sırasında müşteri beklentilerini karşılamak adına harcanan bu ilave süre ve maliyetler, aslında hedeflenen "kalite" için harcanmıştır. Bu çalışmada, KDA uygulamalarına dâhil edilmeyen, proje yönetimin üç temel ayağından biri olan kalite faktörünün KDA'ya dâhil edilmesi amaçlanmıştır.

maliyetleriyle çarpılmasıyla 190. gündeki planlanan imalat maliyetleri bulunmuş, imalat maliyetlerinin toplanmasıyla da proje maliyetleri elde edilmiştir.

Tablo 3'de gösterilen planlanan maliyetler 1. ve 2. KDA uygulamaları için de kullanılmıştır. Çünkü planlanan maliyetler iş programına bağlı olduğundan değişmemektedir.

Tablo 2. İmalatların Başlangıç, Bitiş Tarihleri ve Planlanan İlerleme Yüzdeleri

İmalatlar	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi	İmalat Süresi (gün)	190. Gün	190. Güne (24.08.2018) Kadar Geçen Süre (gün)	24.08.2019 Günü Planlanan İlerleme Yüzdesi (%)
Duvar imalatları	25.02.2018	10.10.2018	227,00	24.08.2018	180	79,30
Su ve ısı yalıtımı imalatları	5.05.2018	29.09.2018	147,00	24.08.2018	111	75,51
Alçı sıva imalatları	2.04.2018	12.10.2018	193,00	24.08.2018	144	74,61
Kara sıva imalatları	28.03.2018	21.09.2018	177,00	24.08.2018	149	84,18
Şap ve zemin düzeltme imalatları	5.05.2018	29.09.2018	147,00	24.08.2018	111	75,51
Alçıpan imalatları	17.05.2018	14.02.2019	273,00	24.08.2018	99	36,26
Boya imalatları	11.08.2018	3.03.2019	204,00	24.08.2018	13	6,37
Seramik imalatları	4.06.2018	7.11.2018	156,00	24.08.2018	81	51,92
Dış cephe kaplama imalatları	25.06.2018	16.11.2018	144,00	24.08.2018	60	41,67

Tablo 3. Projelere Ait Planlanan Maliyetler

	A Projesi		B Projesi		C Projesi	
	Proje maliyeti (BAC)	Planlanan maliyet (PV)	Proje maliyeti (BAC)	Planlanan maliyet (PV)	Proje maliyeti (BAC)	Planlanan maliyet (PV)
	2.327.831,68TL	1.323.851,38 TL	1.361.728,89 TL	821.592,19 TL	1.565.917,25 TL	960.357,76 TL
Duvar imalatları	640.749,65 TL	508.083,42 TL	434.462,61 TL	344.507,80 TL	508.285,57 TL	403.045,83 TL
Su ve ısı yalıtımı imalatları	33.631,17 TL	25.394,97 TL	20.921,34 TL	15.797,75 TL	19.812,80 TL	14.960,69 TL
Alçı sıva imalatları	374.183,88 TL	279.183,83 TL	220.871,09 TL	164.795,01 TL	230.215,67 TL	171.767,13 TL
Kara sıva imalatları	64.020,07 TL	53.892,60 TL	83.698,49 TL	70.458,05 TL	135.039,47 TL	113.677,29 TL
Şap ve zemin düzeltme imalatları	196.434,28 TL	148.327,93 TL	90.402,99 TL	68.263,48 TL	103.036,15 TL	77.802,81 TL
Alçıpan imalatları	539.668,39 TL	195.703,92 TL	206.075,11 TL	74.730,53 TL	200.147,71 TL	72.581,04 TL
Boya imalatları	262.635,52 TL	16.736,58 TL	152.858,36 TL	9.740,97 TL	173.890,16 TL	11.081,24 TL
Seramik imalatları	61.582,66 TL	31.975,61 TL	95.378,23 TL	49.523,31 TL	136.380,03 TL	70.812,71 TL
Dış cephe kaplama imalatları	154.926,06 TL	64.552,53 TL	57.060,67 TL	23.775,28 TL	59.109,69 TL	24.629,04 TL

Tablo 3'e göre 24.08.2018'de A, B ve C projelerine ait planlanan maliyetler sırasıyla; 1.323.851,38 TL, 821.592,19 TL ve 960.357,76 TL olarak hesaplanmıştır. Ayrıca Tablo 3'te 24.08.2018'de güncel ilerleme yüzdelere göre projelere ait

kazanılmış değerler ve gerçekleşen maliyetler de dikkate alınarak 1. KDA'nın performans endeksleri hesaplanmıştır. Yukarıda da belirtildiği gibi 1.KDA'ya teslimat aşamasında ilave harcanan süre ve maliyetler dâhil edilmeyip ilave süre ve maliyetler 2. KDA'da atanmıştır. Böylece iki analiz sonucunu karşılaştırabilme imkânı doğmuştur. İlave süre, projenin geç

bitmesi anlamına geldiğinden, 24.08.2018'de güncel ilerleme yüzdesi azalmaktadır. Bunun sonucunda da kazanılmış değerler değişmektedir. İlave maliyetler ise, gerçekleşen maliyetin artmasına yol açmıştır. Yeni hesaplanan kazanılmış değer ve gerçekleşen maliyet verilerinden 2. KDA'nın performans endeksleri hesaplanmıştır.

Tablo 4. Proje Düzeyinde SPI ve CPI Değerlerinin Karşılaştırılması

	A Projesi				B Projesi				C Projesi			
	SPI		CPI		SPI		CPI		SPI		CPI	
	1. KDA	2. KDA	1. KDA	2. KDA	1. KDA	2. KDA	1. KDA	2. KDA	1. KDA	2. KDA	1. KDA	2. KDA
Duvar imalatları	0,92	0,87	0,83	0,78	0,97	0,95	1,00	0,97	0,93	0,90	1,06	1,01
Su ve ısı yalıtımı imalatları	0,83	0,81	0,70	0,65	0,83	0,81	0,88	0,79	0,89	0,88	0,91	0,86
Alçı sıva imalatları	0,90	0,82	0,88	0,79	0,83	0,80	0,87	0,82	0,84	0,82	0,91	0,86
Kara sıva imalatları	0,84	0,80	0,73	0,61	0,89	0,89	0,90	0,86	0,99	0,98	1,03	1,01
Şap ve zemin düzeltme imalatları	0,90	0,88	0,81	0,77	0,83	0,82	0,92	0,91	0,87	0,86	1,02	0,98
Alçıpan imalatları	0,90	0,89	0,84	0,82	0,93	0,92	0,94	0,90	0,80	0,79	0,97	0,92
Boya imalatları	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	0,81	0,79	0,59	0,35	0,34	0,24	0,19
Seramik imalatları	0,78	0,75	0,75	0,60	0,74	0,71	1,08	0,93	0,89	0,87	0,93	0,89
Dış cephe kaplama imalatları	0,93	0,89	0,88	0,77	0,95	0,92	0,96	0,80	0,78	0,75	0,82	0,68
Kümülatif performans endeksleri	7,00	6,70	6,42	5,78	7,79	7,63	8,34	7,57	7,33	7,19	7,90	7,40
Artış oranı	-0,04		-0,10		-0,02		-0,09		-0,02		-0,06	
	%4 düşüş		%10 düşüş		%2 düşüş		%9 düşüş		%2 düşüş		%6 düşüş	

Tablo 4'te 1. ve 2. KDA sonuçlarına göre proje düzeyinde, kümülatif SPI ve CPI değerlerine bakıldığında A projesinin SPI değerinde %4, CPI değerinde %10 oranında düşüş gözlenmektedir. B projesinin SPI değerinde %2, CPI değerinde

%9 oranında düşüş gözlenmektedir. C projesinin ise SPI değerinde %2, CPI değerinde %6 oranında düşüş gözlenmektedir. Aynı çalışmalar aşağıda Tablo 5 ve Tablo 6'da imalat düzeyinde incelenmiştir.

Tablo 5. İmalat düzeyinde SPI Değerlerinin Karşılaştırılması

İmalatlar	Duvar		Su ve ısı yalıtım		Alçı sıva		Kara sıva		Şap ve Zemin Düzeltme		Alçıpan		Boya		Seramik		Dış cephe kaplama	
1. ve 2. KDA'lar	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
A Projesi	0,92	0,87	0,83	0,81	0,90	0,82	0,84	0,80	0,90	0,88	0,90	0,89	0,00	0,00	0,78	0,75	0,93	0,89
B Projesi	0,97	0,95	0,83	0,81	0,83	0,80	0,89	0,89	0,83	0,82	0,93	0,92	0,83	0,81	0,74	0,71	0,95	0,92
C Projesi	0,93	0,90	0,89	0,88	0,84	0,82	0,99	0,98	0,87	0,86	0,80	0,79	0,35	0,34	0,89	0,87	0,78	0,75
Kümülatif performans endeksleri	2,81	2,72	2,55	2,50	2,57	2,44	2,72	2,66	2,60	2,56	2,63	2,60	1,18	1,15	2,41	2,33	2,66	2,56
Artış oranı	-0,03		-0,02		-0,05		-0,02		-0,02		-0,01		-0,02		-0,03		-0,04	
	%3 düşüş		%2 düşüş		%5 düşüş		%2 düşüş		%2 düşüş		%1 düşüş		%2 düşüş		%3 düşüş		%4 düşüş	

Tablo 5'e göre imalat düzeyinde üç projenin verilerinden hareketle 1. ve 2. kazanılmış değer analiz sonuçlarının kümülatif performans endeksleri karşılaştırıldığında en fazla süre kaybına neden olan imalatın %5'lik düşüşle alçı sıva imalatı olduğu tespit edilmiştir. Bütün imalatlarda teslimat aşamasında ilave süre harcandığı için, bütün SPI değerinin düşeceği önceden söylenilebilir.

Tablo 6. İmalat düzeyinde CPI Değerlerinin Karşılaştırılması

İmalatlar	Duvar		Su ve ısı yalıtım		Alçısiva		Karasıva		Şap ve Zemin Düzeltme		Alçıpan		Boya		Seramik		Dış cephe kaplama	
1. ve 2. KDA'lar	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
A Projesi	0,83	0,78	0,70	0,65	0,88	0,79	0,73	0,61	0,81	0,77	0,84	0,82	0,00	0,00	0,75	0,60	0,88	0,77
B Projesi	1,00	0,97	0,88	0,79	0,87	0,82	0,90	0,86	0,92	0,91	0,94	0,90	0,79	0,59	1,08	0,93	0,96	0,80
C Projesi	1,06	1,01	0,91	0,86	0,91	0,86	1,03	1,01	1,02	0,98	0,97	0,92	0,24	0,19	0,93	0,89	0,82	0,68
Kümülatif performans endeksleri	2,89	2,76	2,48	2,30	2,66	2,46	2,66	2,48	2,76	2,67	2,76	2,64	1,03	0,79	2,77	2,41	2,67	2,25
Artış oranı	-0,05		-0,08		-0,07		-0,07		-0,03		-0,04		-0,23		-0,13		-0,16	
	%5 düşüş		%8 düşüş		%7 düşüş		%7 düşüş		%3 düşüş		%4 düşüş		%23 düşüş		%13 düşüş		%16 düşüş	

Tablo 6'ya bakıldığında, imalat düzeyinde üç projenin verilerinden hareketle analiz sonuçlarının kümülatif performans endeksleri karşılaştırılırsa, en fazla maliyet kaybına neden olan imalatın %23'lük düşüşle boya imalatı olduğu görülmüştür. Bütün imalatlarda teslimat aşamasında ilave maliyet artışı olduğu için, bütün CPI değerlerinin düşeceği önceden düşünülebilir.

4. Sonuç

Proje yönetiminde zaman-maliyet-kalite üçlüsü birbirinden ayrılmaz bir bütündür. Projelerin başarılı olabilmesi için zaman, maliyet ve kalite hedeflerinin bir bütün olarak yakalanması önemlidir. Proje yöneticileri çoğu zaman maliyet ve zaman hedeflerini kalite hedeflerinden önde tuttuğu için projelerde başarısızlıklar görülebilmektedir.

Günümüz inşaat sektöründe müşteri odaklı satış ve pazarlama politikaları geliştirilmiştir. İnşaat sektöründe müşteri beklentilerini ve gereksinimlerini karşılamak zorunlu hale gelmiştir. Çünkü küreselleşmeyle birlikte rakipleri artan şirketler bu rekabet ortamında ayakta kalabilmek için kaliteye maliyet ve zaman kadar önem vermek mecburiyetindedir. İnşaat şirketleri rekabet ortamında pazarda yerini koruyabilmek için proje tesliminden sonra 5 yıla kadar garanti vermektedir. Garanti süresince yapılan tüm bu harcamalar aslında kaliteli ürün veya mal satımının devamlılığını sürdürmek içindir.

KDA, projelerin maliyetini ve zamanını tahmin etmek için kullanılan performans ölçüm yöntemidir. KDA yönteminde sadece zaman ve maliyet unsurları dikkate alınarak hesaplama yapılmaktadır. Bu çalışmada, ince inşaat işlerinde proje teslimi ve sonrasında müşteri beklentilerini ve gereksinimlerini karşılamak adına yapılan harcamalar, ilave zaman ve maliyet olarak 2. KDA hesaplamalarına dâhil edilmiştir. 2. KDA uygulamasında, performans endekslerinin proje ve imalat düzeyinde nasıl değiştiği araştırılmıştır. Bunun sonucunda 1. ve 2. KDA sonuçlarını karşılaştırma fırsatı doğmuş ve KDA yöntemine maliyet ve sürenin yanına kalite faktörü, dâhil edilerek daha gerçekçi sonuçlar elde edilmiştir. Kalite faktörünün devreye girmesiyle performans endekslerinde belli yüzdelerde düşüş olduğu görülmüştür. Ayrıca, hedeflenen kaliteyi yakalamak için hangi imalatın en fazla süre kaybına, hangisinin en fazla maliyet kaybına neden olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışma doğrultusunda, diğer sektörlerde de KDA yöntemine kalite faktörünün etkisi araştırılmalıdır. Bundan

sonraki çalışmalarda, KDA yöntemine zaman-maliyet-kalite üçlüsünü dâhil edecek tüm sektörlerde kullanılabilecek ortak bir teknik geliştirilmesinin uygun olacağı değerlendirilmektedir.

Kaynakça

- Aydın, M. K. (2014). "İnşaat Projelerinde Kalite Yönetimi Uygulamaları, Erişim Tarihi", 01.09.2019. http://www.mustafakemalaydin.com/wp-content/uploads/2014/08/Insaat_Projelerinde_Kalite_Yoneti_mi_Uygulamalari.pdf.
- Bahar M., (2008). "Hizmet Alımı Tipli Sözleşmelerde Kazanılmış Değer Analizi Modeli ve Bir Uygulama", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Boukamp F. & Akinci B. (2007). "Automated processing of construction specifications to support inspection and quality control, *Automation in Construction*." Elsevier, New-York, USA, Vol. 17, No. 1, 90- 106.
- Dahlgaard, J. J., Kristensen, K., & Kanji, G. K. (1992). Quality costs and total quality management. *Total quality management* (Print), 3(3), 211-221.
- Eirgash, M. A., Toğan, V., & Kazaz, A. (2017). "Application of Earned Value Based Metrics to Enhance the Performance Measurement of Engineering Project Management", *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6 (ICOC EE 2017 Özel Sayı), 431-439.
- Feigenbaum, A. V. Total Quality Control, 3rd ed. Singapore: McGraw-Hill, Inc., 1991.
- Gupta, R. (2014). "Earned Value Management System", *International Journal of Emerging Engineering Research and Technology*, 2/4, 160-165.
- Gürbüzer A. (2010). "Kazanılmış Değer Analizi Metodunun Bir Tersane Projesine Uygulanması", Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknoloji Enstitüsü, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Hanna, A. S. (2011). "Using the Earned Value Management System to Improve Electrical Project Control", *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(3), 449-457.
- ISO 9000:2000: Kalite Yönetim Sistemleri – Temel Terimler ve Sözlük
- Kaplan O. (2012). "Proje Yönetiminde Maliyetlerin Minimizasyonu ve İnşaat Sektöründe Uygulanması", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

- Koçak S. (2018). “İnşaat Projelerinde Kazanılmış Değer Analizi ile Primavera P6 Destekli Maliyet Kontrolü ve Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kwon, O., Kim, S., Paek, J., and Eom, S. (2008). “Application of earned value in Korean construction industry – a case study”, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 7, 69 – 76.
- Nassar, N. K. (2009). “An integrated framework for evaluation of performance of construction projects.” PMI Global Congress 2009, North America, Orlando, FL.
- Nkiwane, N. H., Meyer, W. G., & Steyn, H. (2016). “The Use of Earned Value Management for Initiating Directive Project Control Decisions: A Case Study”, *South African Journal of Industrial Engineering*, 27(1), 192-203.
- Shaik, M. M., Devanand, R., & Harsha, H. N. (2014). “An Analysis on Resource Planning, Cost Estimation & Tracking of Project by Earned Value Management”, *International Journal of Engineering & Innovative Technology*, 4(4), 42-48.
- Solomon, P.J., and Young R.R. (2007). “Performance-based earned value.” J. Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Sower, V. E. ve Quarles, R. (2003). Cost of quality: Why more organizations do not use it effectively. In *ASQ World Conference on Quality and Improvement Proceedings* (pp. 625-637). Kansas: American Society for Quality.
- Susanty, A., Pekerti, A. L., & Sari, D. P. (2016). “Analisis Kinerja Proyek Pembangunan Rumah Sakit Banyumanik II Dengan Menggunakan Earned Value Analysis (Eva) Dan Project Evaluation Review Technique (Pert)”, *J@ ti Undip: Jurnal Teknik Industri*, 11(2), 61-72.
- Urgilés, P., Claver, J., & Sebastián, M. A. (2019). “Analysis of the Earned Value Management and Earned Schedule Techniques in Complex Hydroelectric Power Production Projects: Cost and Time Forecast”. Complexity. <https://doi.org/10.1155/2019/3190830>, alındığı tarih:20.06.2019.
- Waris, M., Khamidi, M. F., & Idrus, A. (2012). “The Cost Monitoring of Construction Projects through Earned Value Analysis”, *Journal of Construction Engineering and Project Management*, 2(4), 42-45.