

İnşaat proje sisteminde eşzamanlı mühendislik modeli

Hesna Semra MUTLUAY*, Murat ÇIRACI

İTÜ Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34437, Taşkışla, Taksim, İstanbul

Özet

İmalat sektöründe uygulanan eşzamanlı mühendislik yaklaşımının inşaat proje sistemine uygulanması, nesnenin yaşam çemberinde rol alan tüm aktörlerin tasarım sürecine katılarak isteklerini ifade etmelerini ve tasarımın bu isteklerin optimize edilmesiyle belirlenen hedef değerler doğrultusunda geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bunun sonucunda projedeki katılımcı profilinin ve sözleşme yapısının farklılaşması alternatif bir proje teslim yöntemi ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışmada eşzamanlı mühendislik ilkelerinin uygulanmasına yönelik genel bir proje teslim yöntemi iskeleti oluşturmak amacıyla geliştirilen "İnşaat Proje Sisteminde Eşzamanlı Mühendislik" (IPS-EM) modeli tanıtılmakta, bu modeldeki tasarım öncesi ve tasarım aşamalarının temel aktiviteleri, bu aktivitelerin gerçekleştirilmesinde rol alan katılımcılar ve temel yükümlülükleri açıklanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Eşzamanlı mühendislik, inşaat proje sistemi, proje teslim yöntemi.

Concurrent engineering in construction project system

Abstract

Concurrent engineering is an alternative product development approach in manufacturing sector, in which the development of the design is based on a set of target values defined by optimizing the needs and limitations of the product's lifecycle participants. In order to determine the needs and limitations of the lifecycle participants, these participants should involve to the design process, express their needs and limitations and these data should be optimized by the design team. The application of these concurrent engineering principles to construction projects requires all lifecycle participants to join to the design stage of the project, which results in a differentiation of the contract structure. Hence, an alternative project delivery method emerges while the general framework of this method needs to be described. In order to satisfy this need, a model, called "Concurrent Engineering in Construction Project System" is developed. The aim of this model is to yield a system, in which the needs and limitations of a facility's lifecycle participants are determined and optimized by the design team so that the development of the design is based on a set of target values, with which all lifecycle participants agree. In this study, Concurrent Engineering in Construction Project System model is represented, the main activities in the pre-design and design stages are described, the participants in these activities and their main obligations are defined.

Keywords: Concurrent engineering, construction project system, project delivery method.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Hesna Semra MUTLUAY. suntracker42@yahoo.com; Tel: (212) 631 50 30.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Mimarlık Fakültesi'nde tamamlanmış olan "Eşzamanlı mühendislik ilkelerinin inşaat proje sisteminde uygulanmasına yönelik bir model" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 23.06.2005 tarihinde dergiye ulaşmış, 29.07.2005 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 30.06.2007 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Giriş

İnşaat nesnelere mal sahibinin girişimiyle ve çok sayıda uzmanın katılımıyla geliştirilen, mal sahibi ve/veya diğer kişiler tarafından kullanılan ve girdi oluşturdukları çevre üzerinde etkiler yaratan karmaşık, yüksek maliyetli ve uzun ömürlü ürünlerdir. Bu bakımdan inşaat nesnelere yaşam çemberinde çok sayıda aktör rol almaktadır. Bu aktörlerin farklı amaçları olan alt sistemler olmaları nesneyle ilgili istek ve beklentilerinin farklılaşmasına yol açmakta, bu istek ve beklentileri karşılamayan nesnelere geliştirilmesi maliyet, süre ve kalite sapmalarına, katılımcılar arasında çatışmalara ve nesnenin kullanım değerinin azalmasına neden olarak mal sahibinin amaçlarına ulaşmasını engellemektedir.

Literatürdeki çalışmalar inşaat projelerinin maliyet, süre ve kalite sapmalarına maruz kaldıklarını ve bu sapmaların önemli bölümünün tasarım hatalarından ve işin verilmesinden sonra projede yapılan değişikliklerden kaynaklandığını ortaya koymaktadır (Love, 2002; Diekmann ve Nelson, 1985; Arditi ve Gunaydin, 1998). Bundan başka, tasarımla kullanım arasında güçlü bir bağ olduğu, bu bakımdan tasarım kararlarının verilmesinde nesnenin kullanım aşamasının mutlaka dikkate alınması gerektiği ifade edilmektedir (Gibson ve Bell, 1992; Tunstall, 2000). Başka çalışmalarda, inşaat projelerinde yaşam çemberi aktörlerinin tasarım sürecine katılmamasının yapım ve yapım sonrası/teslim aşamalarında çeşitli çatışmalara yol açtığı ve bu çatışmaları önlemek için söz konusu aktörlerin projenin erken aşamalarında bir araya getirilmesinin gerekli olduğunu belirtilmektedir (Sanvido vd., 1992; Gardiner ve Simmons, 1995).

Yukarıda sözü edilen çalışmalar, tasarım aşamasında verilen kararların nesnenin tüm yaşam çemberi üzerinde etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bağlamda maliyet, süre ve kalite sapmalarının ve katılımcılar arasındaki çatışmaların azaltılması, nesnenin kullanım değerinin yükseltilmesi ve böylece mal sahibinin hedeflerine ulaşabilmesi için tüm yaşam çemberi aktörlerinin tasarım sürecine katılmaları gerekmektedir.

İnşaat nesnelere yaşam çemberi aktörlerinin bağımsız birimler olması aralarında tasarım sürecine katılabilmelerini sağlayan sözleşme ilişkileri kurulmasını zorunlu kılmaktadır. İnşaat proje sisteminde katılımcılar arasındaki sözleşme strüktürü proje teslim yöntemi olarak adlandırılan yapıyı meydana getirmekte ve katılımcıların yükümlükleri sözleşme dokümanlarında betimlenmektedir. Bu açıdan bakıldığında, inşaat proje sisteminde tüm yaşam çemberi aktörlerinin isteklerini karşılayacak bir inşaat projesi geliştirmek ve böylece mal sahibinin amaçlarına ulaşmasını sağlamak için nesnenin tüm yaşam çemberi aktörlerini resmi olarak tasarım sürecinde bir araya getiren bir sözleşme yapısının geliştirilmesi gerekmektedir. Bu amaca yönelik olarak çözümlenmesi gereken temel problem; mal sahibi, kullanıcı, işletmeci, tasarımcı, yapımçı, alt yüklenici ve diğer yaşam çemberi aktörlerini tasarım sürecinde bir araya getiren bir proje teslim yöntemi geliştirmek ve katılımcıların proje sürecindeki temel yükümlülüklerini betimlemektir.

İnşaat proje sisteminde uygulanmakta olan geleneksel yaklaşım, yapımçının tasarım tamamlandıktan sonra seçtiği yöntemdir. Bu yöntemde kullanıcıların, çevre temsilcilerinin, yapımçıların, alt yüklenicilerin ve işletmecilerin tasarım sürecine katılmasına yönelik düzenlemeler bulunmamakta, dolayısıyla işlevsellik, inşa edilebilirlik ve işletilebilirlik konuları tasarımcıların bilgi ve deneyimine bırakılmaktadır. Geleneksel teslim yöntemlerine alternatif olarak geliştirilen yapım yönetimi ve tasarım/yapım yöntemleri yapımçının tasarım sürecine katılarak inşa edilebilirlik girdisi sunmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte bu yöntemler kullanıcıların, çevre temsilcilerinin, alt yüklenicilerin ve işletmecilerin tasarım sürecine katılmalarına yönelik düzenlemeler içermekte, bu bakımdan yukarıda tanımlanan problemin çözümünde yetersiz kalmaktadır. Çeşitli yazarlar bu sorunun çözümü için imalat sektöründe uygulanmakta olan eşzamanlı mühendislik yaklaşımının ilkelerinin inşaat projelerinde uygulanmasını önermektedirler (Oxman, 1995; Anumba vd., 1997; Eldin, 1997; Jaafari, 1997; Kamara vd., 1997; Saxon, 2001).

Eşzamanlı mühendislik ürünle birlikte ürünün yaşam çemberi süreçlerinin, ürünün yaşam çemberinde rol alan tüm aktörlerin temsil edildiği çoğul disiplinli bir ekip tarafından proaktif bir şekilde ele alınarak tasarlanması esasına dayanan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımın hedefi ürünün yaşam çemberinde rol alan tüm aktörlerin beklentilerini karşılayan bir ürün geliştirilmesi, böylece sürecin ileri aşamalarında doğabilecek değişiklik, düzeltme ve yeniden yapım gibi maliyetli sonuçlara yol açan işlerin önlenmesi ve sonuç olarak maliyetlerin düşürülmesi, teslim süresinin kısaltılması ve kalitenin yükseltilmesidir.

Eşzamanlı mühendislik ilkelerinin inşaat projelerine uygulanmasını ele alan çalışmalarda, tasarımcıyla yapımcıyı aynı organizasyonda bir araya getirerek ortak çalışma ve işbirliği yapmalarını sağlayan tasarım/yapım yönteminin uygun bir başlangıç noktası olduğu ifade edilmektedir. Ancak söz konusu çalışmalarda bu yöntemin mal sahibi, kullanıcı ve işletmecinin maksimum katılımını sağlayacak şekilde yeniden düzenlenmesinin ya da bu koşulu sağlayan yeni bir proje teslim yöntemi geliştirilmesinin gerektiği belirtilmektedir (Anumba vd., 1997; Jaafari, 1997; Kamara vd., 1997).

Bu çalışmanın amacı inşaat nesnesinin tüm yaşam çemberi aktörlerinin tasarım sürecine katılmalarını sağlamak üzere eşzamanlı mühendislik ilkeleri çerçevesinde geliştirilmiş olan İnşaat Proje Sisteminde Eşzamanlı Mühendislik (IPS-EM) modelinin temel özelliklerini açıklamaktır. Bu amaca yönelik olarak birinci adımda eşzamanlı mühendislik yaklaşımı kısaca tanımlanacaktır. İkinci adımda, inşaat proje sisteminin eşzamanlı mühendislik ilkeleri bakımından analiz edilmesi sonucunda varılan bulgular aktarılabilecektir. Üçüncü adımda IPS-EM modelinin amacı, temel katılımcıları, sözleşme yapısı, modelin tasarım öncesi ve tasarım aşamalarındaki temel aktiviteler ve katılımcıların bu aşamalarındaki yükümlülükleri açıklanacaktır.

Alternatif bir proje teslim yöntemi olarak IPS-EM modeli tasarım öncesi, tasarım, yapım ve yapım sonrası/teslim aşamalarını kapsamak du-

rumundadır. Bununla birlikte, eşzamanlı mühendislik ilkelerinin getirdiği farklılıklar tasarım öncesi ve tasarım aşamalarında ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle model sürecindeki aktiviteler ve katılımcıların yükümlülüklerine yönelik açıklamalar tasarım öncesi ve tasarım aşamalarıyla sınırlı tutulacak, yapım ve yapım sonrası/teslim aşamaları ele alınmayacaktır.

Eşzamanlı mühendislik

Eşzamanlı mühendislik, 1980'li yılların ikinci yarısında, imalat sektöründe ortaya çıkmış bir ürün geliştirme yaklaşımıdır. Winner vd. (1988) eşzamanlı mühendisliği, ürünlerin ve ürünle ilgili süreçlerin bütünleşmiş ve eşzamanlı olarak tasarlanmasına yönelik sistematik bir yaklaşım olarak tanımlamaktadırlar. Yazarlara göre bu yaklaşımın temel hedefi tasarımı geliştirenlerin, ürünün kavram geliştirme aşamasından ortadan kalkmasına kadar meydana gelecek bütün yaşam çemberi aşamalarını, başlangıçtan itibaren, kullanıcı istekleri, kalite ve süre dahil, bütün yönleriyle ele almalarını sağlamaktır.

Eşzamanlı mühendislikle ilgili literatürden elde edilen bilgilere dayanarak bu yaklaşımın temel ilkeleri:

- Tepe yönetimin tam destek ve taahhüdünün sağlanması,
- Organizasyonun eşzamanlı mühendisliğe hazır olma düzeyinin saptanması,
- Çalışanların eğitilmesi, motive edilmesi, eşzamanlı mühendisliği engelleyen faktörlerin ortadan kaldırılması,
- Ürünün yaşam çemberindeki tüm aşamaları temsil eden aktörlerin bir araya gelmesiyle çoğul disiplinli bir ekibin oluşturulması,
- Ürünü isteyen müşterinin çoğul disiplinli ekibe katılarak istek ve önceliklerini kendi terminolojisiyle ifade etmesi,
- Alt yüklenicilerin tasarım sürecine katılarak enformasyon girdisi sunması,
- Kalite Fonksiyon Yayılımı (Quality Function Deployment, QFD) tekniğini kullanarak müşteri istekleriyle üretim, bakım, onarım gibi tasarım sonrası aşamaların sınırlamalarının optimize edilmesi ve ürünün

karşılması gereken hedef değerlere dönüştürülmesi,

- Tasarım Yapı Matrisi (Design Structure Matrix, DSM) tekniğiyle işin parçalara ayrılabilirliğinin analiz edilmesi ve bağımsız yürütülebilir parçaların her birine birer çoğul disiplinli alt ekip atanmasıyla paralel çalışma yapılması,
- Üretim ve sonraki aşamalarda aktivitelelerin tasarımıyla bütünleşik bir şekilde planlanması

olarak özetlenebilir (Hartley, 1992; Maddux ve Souder, 1993; Mayer vd., 1992; Karandikar vd., 1993; Klement, 1993; Sanchez vd., 1993; Schrage, 1993).

Eşzamanlı mühendislik yaklaşımını inceleyen çalışmalarda, bu yaklaşımın üretim süresinin ve maliyetlerinin önemli ölçüde azalmasını ve kalitenin yükselmesini sağladığı; buna karşılık uygulamada karşılaşılan sorunların büyük bölümünün farklı bölümlerinden atanan çoğul disiplinli ekip üyeleri arasında amaç birliği yaratılmasındaki güçlüklerden kaynaklandığı saptanmıştır (Maddux ve Souder, 1993; Eldin, 1997, Evans, 1993; Syan, 1997).

İnşaat proje sisteminin eşzamanlı mühendislik ilkeleri açısından analizi

İnşaat projelerinin eşzamanlı mühendisliğin uygulandığı imalat sektöründeki ürün geliştirme sistemlerinden farklı olan özellikleri, bu ilkelerin inşaat projelerinde uygulanabilirliğinin irdelenmesini zorunlu kılmaktadır. Bu amaca yönelik olarak yapılan analizde önce eşzamanlı mühendislik yaklaşımının inşaat proje sisteminde uygulanmasını ele alan çalışmalar incelenmiş, daha sonra inşaat proje sistemi eşzamanlı mühendislik ilkeleri açısından tartışılmış ve gerek bu değerlendirmeden ve gerekse literatür taramasında incelenen çalışmalarda öne sürülen görüşlerden yararlanarak bir senteze ulaşmaya çalışılmıştır.

Bu analiz sonucunda elde edilen bulgulara dayanarak inşaat proje sistemine özgü eşzamanlı mühendislik ilkeleri:

- Mal sahibinin önderliği,
- BEACON (Benchmarking and Readiness Assessment for Concurrent Engineering in Construction) yöntemiyle katılımcı aday firmaların eşzamanlı mühendisliğe hazır olma düzeylerinin ölçülmesi, elde edilen skorların katılımcı seçiminde dikkate alınması,
- Katılımcılar arasında maliyet+kar esasına dayanan iki aşamalı sözleşmeler yapılması, primlerin ve cezaların müşteri grubu isteklerinin optimize edilmesi sonucunda elde edilen hedef değerlere dayanması,
- Katılımcı firmalardaki personelin eşzamanlı mühendislik konusunda eğitilmesi ve ihtiyaç duydukları teknolojiyle desteklenmesi,
- Katılımcı firmalardan atamalar yapılarak çoğul disiplinli bir tasarım ekibinin oluşturulması,
- Mal sahibi, kullanıcı temsilcileri ve çevre temsilcilerinin çoğul disiplinli ekibe katılarak istek ve önceliklerini kendi terminolojileriyle ifade etmeleri ve optimizasyon kararlarına katılmaları,
- Bir proje modeli (aday tasarım) geliştirilmesi,
- Proje modeli ve Kalite Fonksiyon Yayılımı tekniği vasıtasıyla müşteri grubu üyelerinin isteklerinin tasarım ekibinde rol alan ve farklı disiplinlerden gelen uzmanların teknik gereksinimleriyle karşılaştırılması ve optimize edilerek hedef değerlere dönüştürülmesi,
- Ekip üyelerinin aynı amaca yönelik olarak ortak çalışma ve işbirliği yapmalarını teşvik eden ödüllendirme sistemlerinin geliştirilmesi,
- Proje modeli ve Tasarım Yapı Matrisi tekniği vasıtasıyla projenin paralel yürütülebilir parçalara bölünebilirliğinin analiz edilmesi, aralarında bağımlılık ilişkisi bulunmayan parçalara çoğul disiplinli alt ekipler atayarak paralel çalışma yapılması,
- Bütünleşik Tanım (Integrated Definition, IDEF) Ailesi teknikleriyle çalışmaların entegrasyon ve koordinasyonuna yönelik süreç modelleri oluşturulması,
- Nesneyle ilgili yapım, yapım sonrası/teslim ve kullanım aşamalarının tasarımıyla entegre bir şekilde planlanması

olarak özetlenebilir (Anumba vd., 1997; Brooks vd., 1999; Jaafari, 1997; Kamara vd., 1997; Khalfan vd., 2001; Tookey ve Betts, 1999).

Bu ilkelerin hayata geçirilebilmesi için inşaat proje sistemindeki tasarım sürecinin temel katılımcıları olan mal sahibi, mal sahibi temsilcisi ve tasarımcılara ek olarak, kullanıcıların ve çevre temsilcilerinin, tasarıma inşa edilebilirlik girdisi sağlayacak yapım ve alt yüklenicilerin, işletilebilirlik, bakılabilirlik ve onarılabilirlik girdisi sağlayacak işletme uzmanlarının tasarım ekibinde rol üstlenmesi zorunludur. Bu aktörlerin bağımsız birimler olmaları aralarında sözleşme ilişkisi kurulmasını gerektirmekte, bunun sonucunda katılımcı profili ve buna bağlı olarak sözleşme strüktürü farklılaşmakta, böylece eşzamanlı mühendislik ilkelerinin uygulanması inşaat proje sisteminde alternatif bir proje teslim yöntemini gerekli kılmaktadır.

Anumba vd. (1997), Jaafari (1997) ve Kamara vd. (1997) tasarımcıyla yapımının aynı organizasyon çatısı altında ortak çalışma ve işbirliği yapmasını sağlayan tasarım/yapım yöntemine benzer şekilde konsorsiyumlar oluşturulmasının eşzamanlı mühendislik ilkelerinin inşaat projelerinde uygulanması için elverişli bir başlangıç noktası olduğunu belirtmektedirler. Yazarlar buna ek olarak, tasarım/yapım yönteminin mal sahibinin, kullanıcıların ve işletmecilerin maksimum katılımını sağlayacak şekilde yeniden düzenlenmesinin ya da yeni bir proje teslim yönteminin geliştirilmesinin gerektiğini öne sürmektedirler. Bu bağlamda çalışma kapsamında geliştirilen modelde tasarım/yapım yönteminden hareket edilmiş ve yukarıda sözü edilen eksikliklerin giderilmesi hedeflenmiştir. Modelin temel özellikleri aşağıda açıklanmaktadır.

İnşaat Proje Sisteminde Eşzamanlı Mühendislik Modeli

İnşaat Proje Sisteminde Eşzamanlı Mühendislik (IPS-EM) modeli, bir inşaat nesnesinin yaşam çemberinde rol alan tüm aktörlerin tasarım sürecine katılarak istek ve önceliklerini ifade ettikleri, tasarımın bu isteklerin optimize edilmesi so-

nucunda elde edilen hedef değerler doğrultusunda geliştirildiği ve nesnenin inşa edilerek mal sahibine teslim edildiği bir inşaat projesi geliştirme sistemidir. Bu sistemin amacı, mal sahibinin maliyet, süre ve kalite kriterlerine ek olarak diğer yaşam çemberi aktörlerinin işlevsellik, inşa edilebilirlik, bakılabilirlik, onarılabilirlik, işletilebilirlik ve çevre etkisine yönelik taleplerini karşılayan bir inşaat projesi tasarlamak, bu yolla yapım ve kullanım aşamalarında ortaya çıkabilecek düzeltme, değişiklik ve yeniden yapım işlerini engelleyerek yapım süresini kısaltmak, yapım ve kullanım maliyetlerinden tasarruf sağlamak ve kullanım kalitesini yükseltmektir.

IPS-EM modelinin amacına ulaşabilmesi için nesnenin yaşam çemberinde rol alan bütün aktörlerin tasarım aşamasına katılmalarının gerekmesi projenin katılımcı profilini ve buna bağlı olarak sözleşme yapısını farklılaştırmakta, bunun sonucunda IPS-EM modeli alternatif bir proje teslim yöntemi olarak ortaya çıkmaktadır.

Bai ve Hazem (2003) proje teslim yönteminin izlenmesi gereken usuller, faaliyetlerin sıralamaları, sözleşme ilişkileri, yükümlülükler, karşılıklı ilişkiler ve çeşitli sözleşme formları dahil, tesisin tasarım ve yapımının başarıyla tamamlanmasını amaçlayan bütün tasarım ve yapım süreçlerini tarif eden genel bir terim olduğunu belirtmektedir. Dolayısıyla alternatif bir proje teslim yöntemi olarak IPS-EM modelinin dinamiklerinin sergilenebilmesi için temel katılımcılarının, sözleşme ilişkilerinin, sistem sürecinin, bu süreçte atılması gereken adımların ve katılımcıların yükümlülüklerinin ortaya konulması gerekmektedir.

IPS-EM modelinin temel katılımcıları

IPS-EM modeli eşzamanlı mühendislik ilkelerinin gereği olarak mal sahibi, mal sahibi temsilcisi, kullanıcı temsilcileri, çevre temsilcileri, tasarımcılar, yapım ve alt yükleniciler ve işletmecilerin tasarım sürecine katılımını içermektedir.

Eşzamanlı mühendislik uygulamasında atılması gereken ilk adımlardan biri katılımcı firmaların bu yaklaşıma hazır olma düzeyinin ölçülmesi-

dir. Bundan başka, bu firmalardaki personelin eşzamanlı mühendislik ve bu yöntemde kullanacakları araçlar konusunda eğitilmeleri gerekmektedir. Bu nedenle IPS-EM modelinde mal sahibinin tasarım ekibine katılacak firmaları seçmeden önce bu işlevleri yerine getirmek üzere bir eşzamanlı mühendislik uzmanını görevlendirmesi öngörülmüştür. Bu bağlamda IPS-EM modelinin temel katılımcıları:

- Mal sahibi,
 - Mal sahibi temsilcisi,
 - Eşzamanlı mühendislik uzmanı,
 - Kullanıcı temsilcileri,
 - Çevre temsilcileri,
 - Ana tasarımcı,
 - Ana yapımcı,
 - İşletme uzmanı,
 - Alt tasarımcılar,
 - Alt yükleniciler
- olarak özetlenebilir.

IPS-EM modelinin sözleşme yapısı

IPS-EM modeli ilke olarak mal sahibinin tasarım/yapım yöntemine benzer şekilde, tasarım ve yapım işlerini gerçekleştirmek üzere bir konsorsiyumla ilk bölümü ön tasarım, ikinci bölümü ise kesin tasarım ve yapım işlerini kapsayan iki aşamalı bir sözleşme yapması esasına dayanmaktadır. Ancak modeldeki konsorsiyumun tasarım/yapım yönteminden farklı olan yönü, tasarıma işletilebilirlik, bakılabilirlik ve onarılabilirlik konularında enformasyon girdisi sağlayacak işletme uzmanının dahil olmasıdır. Bu işletme uzmanının konsorsiyum çatısı altında yer almasının nedeni, tasarımı geliştirecek olan katılımcıların ortak çalışma ve işbirliği yapmasının gerekli oluşudur. Burada altı çizilmesi gereken konu söz konusu işletmecinin temel işlevinin tasarıma işletilebilirlik, bakılabilirlik ve onarılabilirlik enformasyonu sağlamakla sınırlı olmasıdır.

Mal sahibi – konsorsiyum sözleşmesinin iki aşamalı olmasının nedeni ön tasarım çalışmaları sonucunda projenin öngörülen maliyet, süre ve kalite sınırları içinde gerçekleştirilemeyeceğinin anlaşılması durumunda, taraflara sözleşme ilişkisini sona erdirmeye fırsatı tanınmasıdır. Bu sözleşmenin ön tasarım çalışmalarını kapsayan bi-

rinci aşaması, bu çalışmaların maliyetlerinin önceden tahmin edilmesindeki güçlükler nedeniyle, maliyet+maliyetin yüzdesi esasına dayanmalıdır. Kesin tasarım ve yapım işlerine yönelik ikinci aşama sözleşme ise maliyet+değişken ücret esasına dayanmalı, primler ve cezalar ön tasarım süreci sonunda elde edilen hedef değerler bakımından ölçülmelidir.

Modelde kullanıcı ve çevre temsilcilerinin sürece katılımı mal sahibi tarafından sağlanmaktadır. Bunun nedeni bu aktörlerin katılımından mal sahibinin fayda elde edecek olmasıdır. Nesneyi işletecek olan işletmeci proje faaliyetleri başlamadan önce belirlenmişse, kullanıcı temsilcileri arasında yer almalıdır. Mal sahibi bu birimlerin katılımını sağlamak için fedakârlıklara katlanmak ve taahhütlerde bulunmak durumundadır. Mal sahibi – kullanıcı temsilcileri ve mal sahibi – çevre temsilcileri arasındaki anlaşmalar taraflar arasında paraya dayalı ticari bir ilişki kurmamaları bakımından diğer katılımcılarla yapılan sözleşmelerden farklıdır.

Mal sahibi temsilcisi ve eşzamanlı mühendislik uzmanı proje boyunca mal sahibi adına hareket eden birimlerdir. Bu birimlerin çalışmalarının sayısal olarak ölçülmesinin güçlüğünden ötürü, bu katılımcıların mal sahibiyle yaptıkları sözleşmeler maliyet+maliyetin yüzdesi esasına dayanmalıdır.

IPS-EM modelinde mevcut proje teslim yöntemlerinde ana tasarımcı tarafından atanan alt tasarımcılar ve ana yapımcı tarafından atanan alt yükleniciler konsorsiyum tarafından atanmalıdır. Burada güdülen amaç iletişim kanallarının sayısını azaltmak, iletişimi kolaylaştırmak ve ortak çalışmayı teşvik etmektir.

Konsorsiyum – alt tasarımcı sözleşmeleri, söz konusu alt tasarımcıların çalışmalarının sayısal olarak ölçülmesindeki ve buna bağlı olarak maliyetlerinin kestirilmesindeki güçlüklerden ötürü maliyet+maliyetin yüzdesi esasına dayanmalıdır.

Konsorsiyum – alt yüklenici sözleşmeleri mal sahibi – konsorsiyum sözleşmesi gibi iki aşamalı olarak düzenlenmeli; ön tasarım işlerini kap-

sayan birinci aşama maliyet+maliyetin yüzdesi, kesin tasarım ve yapım işlerini içeren ikinci aşama ise maliyet+değişken ücret esasına dayanmalı, böylece alt yüklenicinin tasarım sürecine katılımı sağlanmalı ve işbirliği yapması teşvik edilmelidir.

Konsorsiyum oluşturmaya yönelik tasarımcı – yapımcı – işletme uzmanı sözleşmelerinde çeşitli kurumlar tarafından geliştirilmiş olan standart sözleşme dokümanları kullanılabilir ya da taraflar bu amaca yönelik olarak özel sözleşmeler hazırlayabilirler.

Yukarıdaki açıklamalar doğrultusunda IPS-EM modelinde ortaya çıkan sözleşme ilişkileri Şekil 1’de gösterilmektedir. Mal sahibinin kullanıcı temsilcileri ve çevre temsilcileriyle yaptığı anlaşmalar, mal sahibinin diğer katılımcılarla yaptığı ticari sözleşmelerden ayrı nitelikte olmalarından dolayı farklı bir biçimde gösterilmiştir.

IPS-EM modeli süreci

Bir proje teslim yöntemi olarak IPS-EM modeli yatırım kararı alan mal sahibinin tedarik stratejisi olarak bu modelin uygulanmasına karar vermesiyle başlayan ve projeye konu olan inşaat nesnesinin kesin kabulünün yapılmasıyla sona

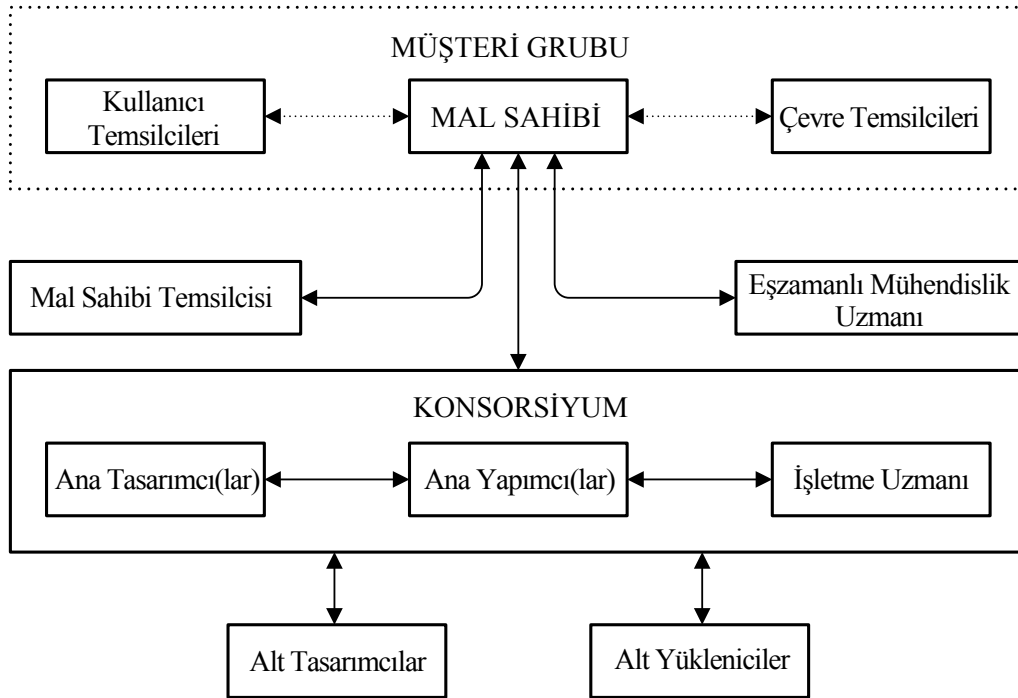
eren süre içinde gerçekleştirilen tüm tasarım öncesi, tasarım, yapım ve yapım sonrası/teslim aşaması faaliyetlerini kapsamaktadır. Ancak modelin klasik inşaat proje seçimine getirdiği yenilikler tasarım öncesi ve tasarım aşamalarında ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada tasarım öncesi ve tasarım aşamaları ele alınmış, yapım ve yapım sonrası/teslim aşamaları kapsam dışında tutulmuştur. Bu bağlamda IPS-EM modelinin tasarım öncesi ve tasarım aşamalarında gerçekleştirilmesi öngörülen temel faaliyetler, bu faaliyetlerde rol alan katılımcılar ve kullanılması gereken araçlar aşağıda sunulmaktadır.

IPS-EM modelinde tasarım öncesi faaliyetler

IPS-EM modelinde tasarım öncesi aşama mal sahibinin bu yöntemi uygulamaya karar vermesiyle başlayan ve çoğul disiplinli ekibin oluşturulmasıyla sona eren süre içerisinde gerçekleştirilen faaliyetleri içeren bir alt süreçtir. Bu aşamada atılması gereken temel adımlar:

- Eşzamanlı mühendislik uzmanı seçimi,
- Konsorsiyum seçimi,
- Hazırlık çalışmaları,
- Çoğul disiplinli ekibin atanması

olarak özetlenebilir.



Şekil 1. IPS-EM modelinin sözleşme yapısı

Eşzamanlı mühendislik uzmanı seçimi adaylarla ilgili ön yeterlilik kriterlerinin belirlenmesi, ilan yoluyla isteklilerin başvuruya davet edilmesi, başvuruların değerlendirilmesi, kısa listenin oluşturulması, kısa listedeki adaylarla müzakerelerde bulunulması, seçim yapılması ve sözleşmenin imzalanması faaliyetlerini içermektedir.

Konsorsiyum seçimi adaylarla ilgili ön yeterlilik kriterlerinin belirlenmesi, başvuru şartnamesinin hazırlanması ve yayınlanması, başvuruların değerlendirilmesi, kısa listenin oluşturulması, kısa listedeki aday firmaların eşzamanlı mühendislik ilkelerinin uygulanmasına hazır olma düzeylerinin ölçülmesi, yeterli görülen adaylarla müzakerelerde bulunulması, seçim yapılması ve sözleşmenin imzalanması faaliyetlerini kapsamaktadır.

Konsorsiyum seçimindeki önemli bir kriter, adayların eşzamanlı mühendislik ilkelerinin uygulanmasına hazır olma düzeyleridir. Bu nedenle kısa listedeki aday konsorsiyumlar ve bu konsorsiyumların başvuru belgesinde belirttikleri alt tasarımcı ve alt yüklenici firmalar müzakerelerden önce BEACON yöntemiyle test edilmeli ve müzakereler bu konuyu da kapsayacak şekilde yürütülmelidir. Bu testin uygulanması ve sonuçların değerlendirilmesi eşzamanlı mühendislik uzmanının yükümlülüğüdür.

Hazırlık çalışmaları konsorsiyum ortağı firmalardaki ve konsorsiyum tarafından görevlendirilecek alt tasarımcı ve alt yüklenici firmalardaki personelin eşzamanlı mühendislik ve süreçte kullanacakları araçlar konusunda eğitilmelerini, gerekli enformasyon teknolojisi araçlarıyla donatılmalarını, motive edilmelerini, ekip çalışmasını ödüllendiren teşvik sistemlerinin geliştirilmesini kapsamaktadır.

Çoğul disiplinli ekibin katılımcıları mal sahibi, mal sahibi temsilcisi, eşzamanlı mühendislik uzmanı, kullanıcı temsilcileri, çevre birimi temsilcileri, konsorsiyum ortağı firmalardan ve konsorsiyum tarafından görevlendirilen alt tasarımcı ve alt yüklenici firmalardaki atanan tasarım, yapım ve işletme uzmanlarıdır. Bu katılımcıların tümünün sürecin başlangıcında bir araya getirilmesinin planlama, iletişim ve koordinas-

yon açısından sorunlar yaratma riskini taşımasından ötürü, bu ekip kademeli bir şekilde oluşturulmalıdır. Çoğul disiplinli ekip oluşturmaya yönelik adımlar:

- Çekirdek tasarım ekibinin atanması,
- Müşteri grubunun oluşturulması,
- Alt yüklenici ve alt tasarımcı katılımının sağlanması

olarak özetlenebilir. Burada çekirdek tasarım ekibi mal sahibi temsilcisi, eşzamanlı mühendislik uzmanı ve konsorsiyum ortağı olan tasarım, yapım ve işletme firmalarından atanan uzmanlardan oluşan ekibi, müşteri grubu ise mal sahibi, kullanıcı temsilcileri ve projenin varlığından etkilenen çevreyi temsil eden katılımcılardan oluşan grubu ifade etmektedir.

IPS-EM modelinde tasarım faaliyetleri

IPS-EM modelinde tasarım aşaması müşteri grubu isteklerinin saptanmasıyla başlayan ve yapım dokümanlarının tamamlanmasıyla sona eren süre içerisinde gerçekleştirilen faaliyetleri kapsayan bir alt süreçtir. Bu aşamadaki temel aktiviteler:

- Ön tasarım,
- Paralel çalışmanın organize edilmesi,
- Kesin tasarım

başlıkları altında gruplandırılabilirler.

Ön tasarım müşteri grubu üyelerinin istek ve önceliklerinin saptanmasıyla başlayan, bu isteklerle farklı disiplinlerin sınırlamalarını karşılaştırılıp optimize edilerek hedef değerlere dönüştürülmesini kapsayan ve bu hedef değerleri içeren kesin tasarım şartnamesinin mal sahibinin onayına sunulmasıyla sona eren bir alt-alt süreçtir. Bu süreçte atılması gereken adımlar:

- Müşteri grubunun istek ve önceliklerinin belirlenmesi,
- Kavramsal tasarımın geliştirilmesi,
- Kalite Fonksiyon Yayılımı tekniği ve kavramsal tasarım vasıtasıyla müşteri grubu isteklerinin ve çekirdek tasarım ekibinde tem-

sil edilen disiplinlerin sınırlamalarının karşılaştırılıp optimize edilmesi,

- Kesin tasarım dokümanlarının hazırlanması adımlarını kapsamaktadır.

Ön tasarım sürecinin çıktısı olan kesin tasarım dokümanları; müşteri grubu istekleriyle nesneyi oluşturan alt sistemlere ait farklı disiplinlerin sınırlamalarının optimize edilmesi sonucunda elde edilen ve üzerinde bütün süreç katılımcılarının mutabakat sağladığı:

- Projenin kapsamı,
- Projenin yeriyle ilgili enformasyon,
- Ön tasarım çizimleri,
- Yapım işleri maliyeti,
- Yıllık kullanım maliyeti,
- Proje teslim tarihi,
- İşlevsel şartname,
- Teknik şartname,
- Estetik şartname,
- İşletme, bakım ve onarım şartnamesi,
- Çevre etkisi şartnamesi

değerlerini içeren bir dokümanlar grubudur. Bu hedef değerlerin birinci işlevi, projenin başlangıçta öngörülen maliyet ve süre sınırları içerisinde gerçekleşip gerçekleşmeyeceğini ortaya koyması, böylece katılımcılara sözleşme ilişkisini sona erdirmeye fırsatı vermesidir. İkinci işlevi ise proje amaçlarına ne kadar yaklaşıldığının ortaya konulmasına yönelik bir kriterler grubu meydana getirerek ikinci aşama mal sahibi – konsorsiyum sözleşmesine göre konsorsiyuma ödenecek değişken ücretin, dolayısıyla prim ve cezaların hesaplanmasına yönelik temel oluşturmasıdır.

Paralel çalışmanın organize edilmesi mal sahibi - konsorsiyum sözleşmesinin ikinci bölümünün imzalanmasını izleyen ve kesin tasarımı geliştirecek personelin atanmasıyla sona eren bir alt-alt süreçtir. Bu süreçte atılması gereken adımlar:

- Projenin paralel yürütülebilir parçalara bölünmesi,
- Tasarım süreç modelinin oluşturulması,
- Paralel çalışma gruplarının atanması

olarak özetlenebilir.

Projenin paralel yürütülebilir parçalara bölünmesi Tasarım Yapı Matrisi tekniği vasıtasıyla projeyi meydana getiren parçaların geliştirilmesi için yerine getirilmesi gereken görevler arasındaki bağımlılık ilişkilerinin analiz edilmesini ve aralarında bağımlılık ilişkisi bulunmayan görevlerin paralel yürütülecek şekilde organize edilmesini ifade etmektedir.

Tasarım Yapı Matrisi tekniğiyle aralarında bağımlılık ilişkisi bulunduğu saptanan parçalarla ilgili görevlerin sıralı yürütülmesi zorunludur. Aralarında bağımlılık ilişkisi bulunmayan parçalar her birine birer çoğul disiplinli alt ekip atanarak aynı zaman dilimi içerisinde yürütülebilirler. Bununla birlikte gerek sıralı gerekse paralel yürütülen işlerin denetim ve koordinasyonu için bu çalışmalar başlamadan önce bir süreç modelinin hazırlanması zorunludur. IPS-EM modelinde bu süreç modeli eşzamanlı mühendislik ilkeleri gereğince Bütünleşik Tanım Ailesi kapsamındaki tekniklerle hazırlanmalıdır.

Projenin parçalara ayrılabilirliğini ve süreç modeli oluşturulmasını izleyen adım paralel çalışma gruplarının oluşturulmasıdır. Paralel çalışma grupları mal sahibi temsilcisi, eşzamanlı mühendislik uzmanı ve konsorsiyum tarafından atanan uzmanları içermektedir. Bu grupların temel işlevi kesin tasarımı geliştirmek ve yapım dokümanlarını hazırlamaktır.

Kesin tasarımın geliştirilmesi ön tasarım sürecinin çıktısı olan kesin tasarım dokümanlarındaki ön tasarımın, kesin tasarım dokümanlarında belirtilen hedef değerler doğrultusunda kesin tasarıma dönüştürülmesi çalışmalarını kapsayan bir süreçtir. Bu sürecin temel katılımcıları çekirdek tasarım ekibi ve paralel çalışma gruplarıdır. Paralel çalışmanın yapılabildiği projelerde çekirdek tasarım ekibi bu grupların çalışmalarının koordine ve entegre edilmesi, önerilen çözümlerin hedef değerlerle karşılaştırılarak kabul veya reddedilmesi işlevlerini üstlenmelidir. Paralel çalışmanın yapılamadığı projelerde kesin tasarım işleri çekirdek tasarım ekibi tarafından yerine getirilmelidir.

Kesin tasarımın geliştirilmesi sürecinin çıktısı yapım dokümanlarıdır. Yapım dokümanları:

- Kesin tasarım çizimlerini,
- Yapım planı ve iş programını,
- Yapım işleri teknik şartnamesini,
- İşletme şartnamesini,
- Bakım şartnamesini,
- Ön tasarımda yapılan değişikliklerle ilgili belgeleri

içerir. Bu dokümanlar grubunun temel işlevi nesnenin yapım ve kullanım aşamalarına rehberlik etmektir.

IPS-EM modeli katılımcılarının temel yükümlülükleri

IPS-EM modelinde rol alan tüm katılımcılar tasarım öncesi ve tasarım aşamalarında belli işlevleri yerine getirmekle yükümlüdür. Bu yükümlülükler aşağıda özetlenmektedir.

Mal sahibi tasarım öncesi aşamada eşzamanlı mühendislik uzmanının, konsorsiyumun, kullanıcı temsilcilerinin ve çevre temsilcilerinin sürece katılmasını sağlamak zorundadır. Mal sahibinin tasarım aşamasındaki yükümlülükleri ön tasarım sürecine katılarak isteklerini belirtmek, optimizasyon kararlarına katılmak, gerekirse maliyet, süre ve kalite kriterlerini yeniden belirlemek, ön tasarım tamamlandıktan sonra projeye devam edip etmemeye karar vermek, kesin tasarım ve yapım dokümanlarını sözleşmede öngörülen süreler içinde onaylamak ya da itirazlarını bildirmek olarak özetlenebilir. Bundan başka mal sahibi tüm süreç boyunca aldığı hizmetlerin karşılığı olarak diğer katılımcılarla yaptığı sözleşmelerin ve anlaşmaların koşullarını yerine getirmekle yükümlüdür.

Mal sahibi temsilcisinin genel yükümlülüğü mal sahibiyle diğer katılımcılar arasında yapılan sözleşmelerin idaresidir. Mal sahibi temsilcisi bundan başka eşzamanlı mühendislik uzmanı ve konsorsiyum seçiminde mal sahibine yardımcı olmak, personelinin hazırlık çalışmaları kapsamındaki eğitime katılmalarını sağlamak ve çekirdek tasarım ekibine ve paralel çalışma gruplarına üye atamakla yükümlüdür.

Eşzamanlı mühendislik uzmanı tasarım öncesi aşamada konsorsiyum seçimine yönelik ön ça-

lışmalarda mal sahibine yardımcı olmak, adayların eşzamanlı mühendisliğe hazır olma düzeylerini test ederek sonuçları mal sahibine bildirmek, müzakereye davet edilecek adayların belirlenmesinde ve müzakerelerde mal sahibine yardımcı olmak ve katılımcı firmalardaki personeli eşzamanlı mühendislik ve süreçte kullanacakları araçlar konusunda eğitmekle yükümlüdür. Eşzamanlı mühendislik uzmanının tasarım aşamasındaki temel yükümlülüğü ise Kalite Fonksiyon Yayılımı, Tasarım Yapı Matrisi ve Bütünleşik Tanım Ailesi tekniklerinin doğru kullanılmasına yönelik tarafsız hakemlik yapmaktır.

Kullanıcı temsilcilerinin ve çevre temsilcilerinin temel yükümlülükleri ön tasarım ve gerekirse kesin tasarım çalışmalarına katılarak istek ve önceliklerini tasarım ekibine belirtmek ve optimizasyon kararlarına katılmak ve böylece hedef değerlerin geliştirilmesine katkıda bulunmaktır.

Ana tasarımcı ve alt tasarımcılar kavramsal tasarımı, ön tasarımı ve kesin tasarımı geliştirmek, çalışanlarının hazırlık çalışmaları kapsamındaki eğitime katılmalarını sağlamak, çekirdek tasarım ekibine ve paralel çalışma gruplarına üye atamak, kesin tasarım ve yapım dokümanlarının geliştirilmesine katkıda bulunmakla yükümlüdürler.

Ana yapımcı ve alt yükleniciler ön tasarım ve kesin tasarım çalışmalarına inşa edilebilirlik enformasyonu sunmak, çalışanlarının hazırlık çalışmaları kapsamındaki eğitime katılmasını sağlamak, çekirdek tasarım ekibine ve paralel çalışma gruplarına üye atamak, kesin tasarım ve yapım dokümanlarının geliştirilmesine katkıda bulunmakla yükümlüdürler.

İşletme uzmanı ön tasarım ve kesin tasarım çalışmalarına işletilebilirlik, bakılabilirlik ve onarılabilirlik enformasyonu sunmak, çalışanlarının hazırlık çalışmaları kapsamındaki eğitime katılmalarını sağlamak, çekirdek tasarım ekibine ve paralel çalışma gruplarına üye atamak, kesin tasarım ve yapım dokümanlarının geliştirilmesine katkıda bulunmakla yükümlüdür.

Sonuçlar ve tartışma

Bu çalışmada eşzamanlı mühendislik ilkelerinin inşaat projelerinde uygulanmasına yönelik ola-

rak geliştirilmiş olan IPS-EM modelinin temel katılımcıları, sözleşme yapısı, tasarım öncesi ve tasarım aşamalarındaki temel faaliyetler ve katılımcıların bu aşamalardaki başlıca yükümlülükleri açıklanmıştır. Modelin hayata geçirilebilmesi için öncelikle modelin yapım ve yapım sonrası/teslim aşamalarının araştırılması, katılımcıların bu aşamalardaki yükümlülükleri, karşılıklı ilişkileri ve uygulanması gereken usullerle ilgili ilkelerin ortaya konulması gerekmektedir. Modelin yürürlüğe konulabilmesi için zorunlu olan ikinci uygulama eşzamanlı mühendislik uzmanlarının yetiştirilmesidir. Bu eksikliği gidermeye yönelik sertifika programları, yüksek lisans eğitimi, vb. olanaklar araştırılmalıdır. Bunlardan başka, modelin uygulanmasına yönelik standart sözleşme dokümanlarının geliştirilmesi gereklidir; çünkü inşaat projelerinde yeni teslim yöntemlerinin uygulanması büyük ölçüde o yöntemle ilgili standart sözleşme dokümanlarının varlığına bağlıdır. Bu çalışmalar sonucunda IPS-EM modelinin hayata geçirilebilmesi ve inşaat sektöründe faaliyet gösteren mal sahibi ve katılımcı firmalara ek olarak kullanıcıların ve kamunun fayda elde etmesi mümkün olacaktır.

Kaynaklar

- Anumba, C.J., Kamara, J.M. ve Evbuomwan N.F.O., (1997). Construction in the UK Petrochemical Industry – Aspects of Concurrent Engineering Practice, *Proceedings*, 4th Congress, Computing in Civil Engineering, 114 – 121, Philadelphia, PA.
- Arditi, D. ve Gunaydin, M., (1998). Factors that affect process quality in the lifecycle of building projects, *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, **124**, 3, 194 - 203.
- Brooks, N.J., Anumba, C.J. ve Kamara, J.M., (1999). A comparison of new product introduction in the construction and manufacturing industries: Implications for Implementing Concurrent Engineering, *Proceedings*, 2nd International Conference, Concurrent Engineering in Construction, 399 – 408, Espoo, Finland.
- Diekmann, J.E. ve Nelson, M.C., (1985). Construction claims: Frequency and severity, *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, **111**, 1, 74 - 81.
- Eldin, N.N., (1997). Concurrent engineering: A schedule reduction tool, *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, **123**, 3, 354 - 362.
- Evans, S., (1993). *Implementation: Common failure modes and success factors in Parsaei, H.R. and Sullivan, W.G. eds, Concurrent Engineering – Contemporary Issues and Modern Design Tools*, 42 – 60, Chapman & Hall, London.
- Gardiner, P.D. ve Simmons, J.E.L., (1995). Case explorations in construction conflict management, *Construction Management and Economics*, **13**, 219 - 234.
- Gibson, G.E. ve Bell, L.C., (1992). Integrated database systems, *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, **118**, 1, 50 - 59.
- Hartley, A., (1992). *Concurrent Engineering – Shortening Lead Times, Raising Quality and Lowering Costs*, 308 sf., Productivity Press, Oregon.
- Jaafari, A., (1997). Concurrent engineering and life-cycle project management, *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, **127**, 4, 427 - 436.
- Kamara, J.M., Anumba, C.J. ve Evbuomwan, N.F.O., (1997). Considerations for the effective implementation of concurrent engineering in construction, *Proceedings*, 1st International Conference, Concurrent Engineering in Construction, 33 – 44, London.
- Karandikar, H.M., Fota, M.E., Lawson, M. ve Wood, R.T., eds. (1993). Assessing organizational readiness for implementing concurrent engineering practices and collaborative technologies, Technical Report, West Virginia University Concurrent Engineering Research Center, 12 sf., Morgentown WV.
- Khalfan, M.M.A., Anumba, C.J. ve Carrillo, P.M., (2001). Development of a readiness assessment model for concurrent engineering in construction, *Benchmarking: An International Journal*, **8**, 3, 223 - 239.
- Klement, M.A., (1993). *Design for Maintainability in Kusiak, A. ed, Concurrent Engineering – Automation, Tools and Techniques*, 385 – 399, Wiley & Sons, New York.
- Love, P.E.D., (2002). Influence of project type and procurement method on rework costs in building construction, *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, **128**, 1, 18 - 29.
- Maddux, G.A. ve Souder, W.E., (1993). *Overcoming barriers to the implementation of concurrent engineering in Parsaei, H.R. ve Sullivan, W.G. eds, Concurrent Engineering – Contemporary Issues and Modern Design Tools*, 61 – 74, Chapman & Hall, London.

- Oxman, A., (1995). Data, knowledge and experience in multiuser information systems, *Construction Management and Economics*, **13**, 401 - 409.
- Sanchez, S.M., Ramberg, J.S., Fiero, J. ve Pignatiello, J.J., (1993). *Quality by design in* Kusiak, A. ed, *Concurrent Engineering – Automation, Tools and Techniques*, 235 – 286, Wiley & Sons, New York.
- Sanvido, V., Grobler, F., Parfitt, K., Guvenis, M. ve Coyle, M., (1997). Critical success factors for construction projects, *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, **118**, 1, 94 - 111.
- Saxon, R., (2001). *Changing construction culture in* Spence, R., Macmillan, S. ve Kirby, P., eds, *Interdisciplinary Design in Practice*, 7 – 14, Thomas Telford, London.
- Schrage, D.P., (1993). *Concurrent Design – A Case Study in* Kusiak, A. ed, *Concurrent Engineering – Automation, Tools and Techniques*, 535 – 581, Wiley & Sons, New York.
- Syan, C.S., (1997). Concurrent engineering: Key issues in implementation and practice, *Proceedings*, 1st International Conference, Concurrent Engineering in Construction, 13 – 21, London.
- Tookey, J.E. ve Betts, J., (1999). Concurrent engineering issues in the aerospace industry: Lessons to be learned for construction, *Proceedings*, 2nd International Conference, Concurrent Engineering in Construction, 427 – 437, Espoo, Finland.
- Tunstall, G., (2000). *Managing the Building Design Process*, 320 sf., Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Winner, R.I., Pennel, J.P., Bertrand, H.E. ve Slusarczyk, M.M.G., (1988). *The Role of Concurrent Engineering in Weapons System Acquisition in* Prasad, B. ed, *Concurrent Engineering Fundamentals Volume 1 – Integrated Product and Process Organization*, 164, Prentice Hall, New Jersey.
-
- Bai, Y. ve Hazem, A.A., (2003). Integrating innovative project delivery methods into the construction curriculum, <http://www.asceditor.unl.edu/archives/2003/bai03.htm>
- Mayer, R.J., Painter, M.K., DeWitte, P.S., (1992). IDEF family of methods for concurrent engineering and business re-engineering applications, <http://www.idef.com/downloads/pdf/ideffami.pdf>