

# Endüstrileşmiş Bina Tasarımında Modüler Koordinasyonun Rolü

Hanifi TOKGÖZ, Yılmaz KOÇAK

## ÖZET

Yapı endüstrileşmesi süreci içinde bulunan bütün ülkelerde, üretimin seri ve sürekli olarak gerçekleştirilebilmesi için standartlaştırma zorunlu olmaktadır. Standartlaşmada öncelikle, tasarlanan yapılarla, üretilen ya da üretilmesi planlanan yapı elemanları arasında boyutsal koordinasyon sağlanması gerekmektedir. Böylece gerek tasarımda, gerekse yapı elemanları üretiminde modüler koordinasyonla seri ve sürekli bir üretimin sağlanabileceği düşünülmektedir.

Çalışmamızda; endüstriyel bina tasarımında modüler koordinasyon iki aşamada ele alınmıştır. Birinci aşamada; endüstrileşmiş yapı, standartlaşma, modül, modüler koordinasyon, boyutsal koordinasyon kavramları ve ilkeleri incelenmiştir. İkinci aşamada ise; modüler koordinasyon yönteminin endüstrileşmiş yapılardaki yapısal ve mekansal ilişkileri incelenmiş ve ilgili örnekler verilmiştir.

Modüler koordinasyonun endüstrileşmiş yapı tasarımına uygulanması, kontrollü, hızlı, kaliteli ve ekonomik bir yapılaşma sağlayabilir. Bunun için mal sahibi, mimar, mühendis, yapı ürünleri üreticileri ve müteahhitler arasında koordinasyon sağlanarak ülke genelinde bir politika oluşturulmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Endüstrileşmiş yapı, modüler koordinasyon, modül.

# The Role of Modular Co-Ordination in the Industrialized Building Design

## ABSTRACT

In order to realize serial and constant production, standardization is essential in all countries which are in the process of building industrialization. In standardization, first of all, dimensional co-ordination should be provided between building units of the product or the product that is being designed in building plans. Thus, both in designing and in the production of units of building, it is thought that serial and constant production can be provided with modular co-ordination.

In our study modular co-ordination in industrial building design is taken into consideration in two steps. In the first step, industrialized building, standardization, modul, modular co-ordination concepts and principles of dimensional co-ordination are analyzed. And in the second step, relationships of structure and place in the method of modular co-ordination industrialized buildings are analyzed and related examples are given.

Applying the modular co-ordination into industrialized building design provides controlled, fast, qualified, and economical structuring. Thus, among the owner, the architect, the engineer, and the producer of building product a policy should be determined throughout the country.

**Key Words:** Industrialized building, modular co-ordination, modul.

## 1. GİRİŞ

Gelişmiş veya gelişmekte olan bütün ülkelerde ortak sorun, bina üretimi probleimidir. Bugün için çeşitli sorunlar olmasına rağmen ihtiyaçlar karşılanmaktadır. Ancak daha kalabalık ve özellikle daha zengin bir topluluk haline gelince rahat ve konforlu bir yaşam aranmaktadır. Bu nedenle bina üretiminde endüstrileşme kaçınılmaz olmaktadır.

*Makale 21.02.2008 tarihinde geldi, 03.06.2008 tarihinde yayınlanmak üzere kabul edilmiştir.*

*H. TOKGÖZ, Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Ankara. ykocak@dumlupinar.edu.tr*

*Y. KOÇAK, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Kütahya. hanifi@gazi.edu.tr*

*Digital Object Identifier 10.2339/2008.11.3.275-284*

Bina yapımında endüstrileşme, genellikle yapı endüstrisinin ortaya koyduğu gerçeklerin paralelinde oluşmaktadır. Gösterilen çabaların amacı daha iyi ve bünyeye uygun, akılcı inşaat yöntemine erişmektir. Bunun sonucunda da; daha iyi, daha fazla sayıda ve daha ucuz binalar elde etmek mümkündür.

Gelişmekte olan ülkeler içinde buldukları inşaat devresi, ileri ülkeler ise girdikleri imar çalışmalarını nedeniyle kaynaklarını en iyi şekilde kullanmak zorundadırlar. Her iki durumda da, kaynakların geliştirilmiş, yeni malzemelerin denenmiş ve sürekli üretim koşullarının temin edilmiş olması gerekmektedir.

Özellikle gelişme yolundaki ülkeler için yapı malzemeleri, araştırma konuları içinde çok önemli bir

yer tutmaktadır. Bu nedenle, yapı malzemelerine göre yapı teknikleri; yapı tekniklerine göre de yapım süreci devam ettirilebilir.

Bina üretiminin endüstrileşmesi, geleneksel yapım sürecinde köklü değişiklikler meydana getirecektir. İlk adımda gerekli olan standartlaştırma ve boyutsal koordinasyondur. Bu durum genellikle yapı tekniklerinde ve standartlaştırılmış hazır yapı bileşenlerinde bir gelişmeye yol açacaktır.

Bu çalışmada amaç, temel sorun olan bina yapımında, endüstrileşmiş yapı elemanlarının tipleşmesine ve standartlaştırılmasına katkıda bulunacak olan modüler koordinasyonun toplumun gündemine taşınmasını sağlamaktır. Bu sayede modüler koordinasyonun, endüstrileşmiş yapı tasarımına uygulanmasıyla kaliteli, hızlı ve ekonomik bina üretiminin sağlanmasının önemi vurgulanmaktadır.

## 2. BİNA YAPIMINDA ENDÜSTRİLEŞME

Toplumsal değişimler ve teknolojik gelişmeler, yeni ihtiyaçları ve buna bağlı olarak yeni malzeme çeşitlerini birlikte getirmektedir. Yeni yapı malzemeleri de, yapı üretim tekniklerinin gelişmesini ve değişmesini gerekli kılmaktadır. 19. yüzyıla kadar yapı malzemesi olarak taş ve ahşap kullanılmıştır. 19. yüzyılda endüstrileşmeye geçilerek, çimento ve daha sonra da betonarme bulunmuştur. Bu gelişmelerden sonra 2. Dünya savaşı sonunda pek çok Avrupa ülkesi endüstrileşmiş bina üretimine yönelmişlerdir.

Endüstrileşme; ürünlerin, geleneksel üretim şekli yerine, büyük miktarlarda ve yeni süreçlerde imalatına, yani kitle üretimine geçilmesidir[1]. Üretimde endüstrileşme ise; hammaddelerden bitmiş ürüne geçiş sürecinde, malzeme, emek ve zamanın en akılcı kullanımını sağlamak üzere alınacak önlemlerdir[2].

Bina yapımında endüstrileşmenin temel amacı; daha kaliteli, daha fazla, daha ekonomik, daha hızlı yapı üretimini daha az iş gücü ile başarmaktır. Bu amacın gerçekleştirilmesi ancak endüstrileşmiş yöntem ve teknikler yoluyla ulaşılabilir.

Bina yapımında endüstrileşmeye gidişin nedenleri;

- Her sene yapılması ön görülen bina çeşidinin fazlalığı,
- Çok çeşitli yönlerden akılcı çözümler getirecek olan toplu bina üretimine yönelme,
- Teknik güç ve kalifiye işçi eksikliği, inşaat işçisine daha iyi çalışma koşulları vermek ve sürekli iş sağlayabilmek,
- İnşaat mevsimini uzatmak,
- Geleneksel inşaatta görülen malzeme kaybını azaltmak,
- Daha ekonomik yollarla daha yüksek kalite elde etme isteği olarak sıralanabilir[2,3].

Bina üretiminin endüstrileşme olanakları, kentsel problemlerin ortaya koyduğu kentsel arazinin kullanılışı, kentsel ilişkiler, uygulama tekniği ve kentsel ekoloji gibi çok veya az acil görünüşlü problemler, çözüm koşulları içinde ele alınmalıdır. Ayrıca, uygun finansman kaynak ve olanaklarının bulunması, idari bir organizasyon tesisi ve ilgili kanun ve yönetmeliklerin hazırlanması gerekmektedir[4].

Bina üretiminin endüstrileşmesi, şimdiye kadar süregelen geleneksel yapım, teknik ve yöntemlerinden pek çok noktada uzaklaşmayı gerektirecektir. Bu da; planıcı, yönetici, mimar, mühendis ve yüklenici kesimlerinden başlayıp ustabaşı, kalifiye işçi ve düz işçiye kadar uzanan farklı seviyedeki teknisyenlerin özel bir şekilde formasyonunu gerektirir. Özellikle yüklenicilerin geleceği, teknik yeterliliklerin ölçüsüne bağlıdır.

Gelişme yolundaki ülkelerde konu daha büyük bir önem taşımaktadır. Özellikle bina yapımında faaliyetlerin organizasyonu, geleneksel yapım teknik ve yöntemleri kullandığı takdirde; bina üretimi için gerekli para, malzeme ve emek bulunsun bile, arzu edilirden sonuçlara ulaşmak ve sürekli çözümler elde etmek mümkün olmayacaktır.

Üretimin endüstrileşmesi, sürekli talep, üretim sürecinin değişik aşamalarının bütünleştirilmesi, yüksek bir örgütsel düzey, el emeği yerine mekanizasyon kullanımını ve standartlar üzerine temellendirilen üretimin sürekliliğine dayanır. Bu temel ilke bina üretiminin endüstrileşmesi için de doğal olarak geçerlidir. Endüstriyel üretimin ön koşullarından en önemlileri, talebin sürekliliği ve standartlaşma düzeyinin yüksekliğidir[5].

Yapı bileşenlerinin standartlaştırılan temel özelliği genellikle boyutsal olmaktadır. Üretilen bileşenlerin boyutlarının birbirine uymaması halinde, montaj sırasında kesme, yontma gibi ek işlemler ve özel eklem detayları gerekmektedir. Bu nedenle, standart bir yapı bileşeni tek başına anlam taşımamaktadır. Bunun, ancak sistemin bütününe uyum göstermesi halinde bir anlamı vardır. Bu nedenle, bina üretiminde standartlaşma için boyutsal bir çerçeve, yani modüler koordinasyon gerekmektedir.

## 3. BİNA YAPIMINDA MODÜL ANLAYIŞI

Yapıların tasarım ve üretiminde modül kullanımı çok eski tarihlere dayanmaktadır. Bunlar ister bir takım geometrik kurallara uyarak, isterse ölçü birimi olarak uygulanmış olsunlar, genelde insan ölçüleriyle uyum içindedirler[6].

Bir ülkenin çeşitli bölgelerinde veya komşu ülkelerde kullanılan birimler birbirleri arasında farklılık göstermiştir. Örneğin, yalnız Almanya'da kol boyu (elle) 0,495 - 0,779 m arasında bölgesel olarak değişirken benzeri ölçü birimi arşın, Türkiye'de 0,650 m, Rusya'da, 0,711 m, Tunus'ta 0,637 m, Mısır'da 0,673 m olarak kullanılmıştır[7].

Fransa'da 1791 yılında bir bilimsel kongre sonucu, dünyanın çapının on milyonda birinin uzunluk ölçüsü birimi olarak kabul edilmesiyle metrik sistemin uygulanmaya başlaması ve yayılması, eski ölçü düzenlerinin ortadan kalkmasına neden olmuştur.

1953 yılında "The Modular Society" kurulmuştur. Boyutlarda işbirliğini sağlamak üzere "Building Research Station" ve "British Standards Institution'un" katkısıyla bir grup araştırmacı bu konuda çalışmaya başlamıştır.

1954-1961 yılları arasında "BRS", "BSI", Kanada ve ABD'nin de katıldığı 11 batı Avrupa ülkesi tarafından "European Productivity Agency (EPA)" kurulmuştur.

1956 yılında ilk EPA raporuyla, çalışmaya katılan ülkeler arasından metrik sistemi kullananlara 10 cm, feet sistemini uygulayanlara da 4 inch'lik modül sistemini kullanmaları önerilmiştir. Avrupa Produktivite Ajansı (EPA), Uluslararası Modüler Grup (IMG), Uluslararası Yapı Araştırma, İnceleme ve Dokümantasyon Konseyi'nin bir komisyonudur. Uluslararası Yapı Konseyi (CIB), Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) ve Avrupa Ekonomik Komisyonu'nun (ECE) birlikte çalışmalarıyla oluşturulan M=4 inch =10 cm'lik temel modül üzerine, bunu benimseyen çeşitli Avrupa ülkeleri bu yolda standartlar yayınlamışlardır[2, 6].

1960'lardan sonra ülkemizde de bu alanda çalışmalar başlamıştır. Türkiye'de de Türk Standartları Enstitüsü (TSE) konuyla ilgilenmektedir[5, 8-17].

Çağımızda yapıda modül, ürünler arasındaki koordinasyonu sağlamak, malzeme kayıplarını önlemek gibi daha çok üretime dönük ekonomik yarar sağlamak amacıyla çeşitli ülkeler tarafından benimsenmeye çalışılan bir kavram ve boyutsal koordinasyon için büyüklük olarak seçilen boyut değeri birimdir[5, 8].

Yapıyı oluşturan parçalar çok çeşitlidir. Bu çeşitliliğin azaltılması ve ekonominin sağlanması için bir modül uygulaması gerekmektedir. Çağımız endüstrisinin gereği olan modülasyon fikri standart parçalar kullanmak yoluyla maliyeti düşürme çabasıdır.

İnsan boyu ortalamasının 160 cm olduğunu varsayılırsa, 400 santimetrelilik kereste standardıyla kapı yüksekliğinin 220 cm ve kapı genişliğinin 90 cm alınması sonucu ortaya çıkan malzeme kaybı, benzer şekilde 290 cm tavan yüksekliği karşısında 50 cm yükseklikteki alçı blok standardından doğan malzeme kaybı, modülasyonun gereğini ortaya koymaktadır. Her elemanın binlerce tekrarlandığı prefabrike sistemlerde ise modülasyonun ne kadar büyük bir fayda sağlayacağı ortadadır[19].

Ülkemizde yapı seramiklerinin 2005 yılı içindeki ürün satışı ithal seramikler hariç 135 milyon m<sup>2</sup> olarak gerçekleşmiştir [20]. Modüler uyumsuzluktan dolayı yaklaşık %5 kaybın (6,5 milyon m<sup>2</sup>) ekonomik olarak

ne kadar önemli olduğu düşünülürse, modüler koordinasyonun önemi bir kez daha vurgulanmış olacaktır.

### 3.1. Modül Çeşitleri

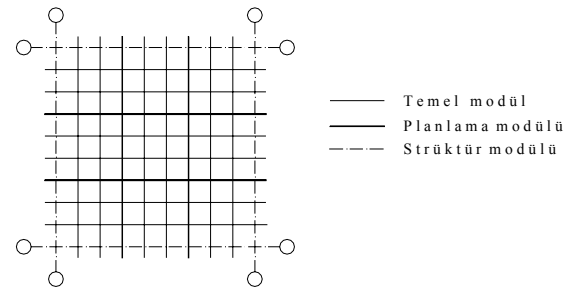
Yapı tasarımında modül çeşitleri genel olarak temel modül, planlama modülü ve strüktür modülü olarak sıralanabilir.

Temel modül; yapı elemanlarının ve genel amaçlı yapı bileşenlerinin boyutsal koordinasyonunun en esnek ve kolay şekilde gerçekleştirilmesi için seçilen modüler koordinasyon birimidir. Temel modül M harfiyle gösterilir, ve 1 M =100 mm'dir[9].

Planlama modülü; genellikle temel modülün katları şeklindedir. Batı Avrupa'da 3M, 6M, 12M olan planlama modülü Doğu Avrupa ve Rusya'da 20M, 30M, 60M ve 90M'dir. 3M ve 6M büyük modülleri esas olarak binalar için düşünülmüştür. Daha küçük planlama modülleri, daha fazla esneklik ve çeşitlilik getirirken, daha büyük planlama modülleri de, çeşitlilikte azalma sonucunu getirmektedir. Buna karşılık, özellikle endüstriyel ve çok sayıda üretim söz konusu olduğunda, büyük modül daha ekonomik olmaktadır[5, 17].

Strüktür modülü; taşıyıcı sistemin aks aralıklarının modülünü ifade etmektedir. Mimari planlamada mekan sınırları taşıyıcı sistemle aynı ise planlama ve strüktür modülünün aynı ve tek olduğu söylenebilir. Örneğin, yağma binalarda genellikle planlama ve strüktürel modül aynıdır. Ana iskelet sistemlerde (yani betonarme karkas sistemlerde), iç bölmeler ve mimari hacimler strüktürün getirdiği boyutlardan farklı olabilir. Taşıyıcı akslar arasındaki uzaklık 7 m (70 M), buna karşılık planlama modülü 3,5 m (35 M) olabilir[5, 8].

Modül çeşitleri Şekil 1'de örneklenmiştir.



Şekil 1. Modül çeşitleri[5]

Malzeme tasarrufu, planlama kolaylığı gibi nedenlerle modül ağında kesintiler olabilir. Genellikle bunlar 12, 15, 18, 24 cm gibi küçük sayılardır. Fakat bunlar tarafsız alanlar arası temel veya planlama modüllerinde bir problem oluşturmaz[5].

### 3.2. Modüle Duyulan Gerekisim

Her şeyden önce modül bir gerekisimden doğmuştur. Endüstride pazarlama gereği ürün çeşidi çok olmalıdır. Bu ise ekonomik değildir. Bu çeşitlemeyi belli aralıklarda yapmak daha ekonomik olacaktır. Ayrıca, az işlenmiş malzemeleri kullanarak daha karmaşık

eleman üreten fabrikalarda, malzeme artıklarından doğan fire büyük ölçüklere varmıştır. Üretimin akılcılığı ve işin daha verimli olması, belirli bir modül sayısının benimsenmesi gereğini ortaya çıkarmıştır.

Modüler seri, endüstriyel üretimde bazı elemanlarla yarı bitmiş elemanların hiç firesiz kullanılmasını sağladığı için çok önemli rol oynamaktadır.

### 3.3. Uygun Modülün Oluşturulması

Bilinen ve bina üretiminde kullanılan en eski modüllerden biri de altın kesitir "Golden Section". İnsan vücudunun oranlarını ele alan Le Corbusier, fonksiyonel boyut araştırmasını geliştirmiş, önce kırmızı, ardından da mavi serisini oluşturmuştur. Böylece, altın kesitteki ve Fibonacci serisindeki estetik boyutlandırma, insan vücudunun oranlarından yola çıkılarak elde edilen işlevsel boyutlandırma, Le Corbusier'in Modül'ünü ortaya çıkarmıştır[6].

Le Corbusier Modül'ü, sadece uyumlu sayılar dizisi değil, uzunlukları, yüzeyleri ve hacimleri yöneten ve insan oranını her yerde koruyan bir ölçümler dizisi olarak sunulmaktadır[18].

Her yapı elemanının ölçülendirilmesiyle ilgili modüler büyüklükler dizisi olan modül, otomatik olarak seçilir. Bu büyüklükler üç önemli sonucu ortaya çıkarılmaktadır.

- Mevcut yapı parçalarının boyutlarından, çok farklı olmamalıdır.
- Büyüklük dizisi, mevcut boyut sayılarının önemli bir şekilde basitleştirilmesi olmalıdır.
- Yapının toplama karakterini sağlayabilmelidir [7].

## 4. BİNA YAPIMINDA MODÜLER KOORDİNASYON

Modüler koordinasyon, imal edilen yapı bileşenlerinin genel koordinasyon boyutlarıyla; yapıda yer alan çeşitli mekan ve yapı elemanlarının yapı bileşenleriyle koordinasyonu yönünden önem taşıyan yatay veya dikey boyutlarını belli bir standart ölçü biriminin, (standart temel modülünün) katlarından seçmek suretiyle uygulanan ve boyutsal koordinasyonun da gerçekleştirilmesine olanak veren standartlaşma tekniğidir[5].

Standart bir yapı bileşeninin, sistemin bütününe uyum göstermesi gerekmektedir. Bu kapsamda farklı boyutlardaki standart bileşenler, koordinasyon boyutlarında üretildiklerinde bir değer kazanabilmektedirler. Bu nedenle üretimde standartlar için boyutsal bir çerçeve ve modüler bir koordinasyon gerekmektedir[6].

Endüstrileşmiş üretimde, yapının bileşenlere bölünerek, bu bileşenlerin piyasa için katalog bileşeni haline dönüşmesi, modüler koordinasyon sayesinde olmaktadır. Bir yapı elemanının tüm binalar için kullanılabilir şekilde tasarlanıp boyutlandırılması gereklidir. Dolayısıyla üretilecek olan yapının tasarımı modüler sisteme göre yapılır, üretim için gerekli elemanları

kataloglardan, çeşitli firma ürünleri arasından seçerek üretimini gerçekleştirilebilmektedir.

Hollanda'da endüstriyel üretimde düşük maliyetle en iyi bina üretiminin, tüm çeşitlerin modüler parçalarını imal ederek yapılacağı düşünülmektedir. Bu görüş NEN 5700'de yayınlanmıştır. Aynı konuda uluslararası ISO normlarına uygun olarak modüler koordinasyonda ilk Hollanda normlu iki sayfalık doküman 1964'te yayınlanmıştır. Bu normda temel modül 10 cm olarak ifade edilmiştir (NNI 1964). Ayrıca 1978 yılında yapım sürecinde, boyutsal koordinasyon ve verimlilik artışı arasında doğrudan ilişki önerilmiş ve modüler koordinasyon sonucu gerçekleşen endüstrinin ana noktası standarttan, iletişim ve koordinasyona dönüşmüştür (NNI 1978)[21].

### 4.1. Modüler Koordinasyonun Amacı

Modüler koordinasyonun temel amacı, bina üretiminin ve yan faaliyetlerin standardizasyon yoluyla akılcılaştırılmasına ve endüstrileşmesine yardım etmektir. Böylece yapı bileşenleri endüstriyel düzeyde yapılmış ve/veya şantiyede en etkin şekilde gerçekleştirilmiş ve bu yolla binada ekonomi sağlanmış olur[10].

Ayrıca seri halinde üretilen yapı bileşenlerinin boyut değişikliklerini azaltmak ve proje yapanlara bileşenlerin düzenlenmesi için daha fazla esneklik sağlamak amaçlanmaktadır[8].

Binaları modüler koordinasyon çerçevesinde standartlaştırırken;

- En uygun modüler boyutların seçilmesi,
- En uygun tip sayısının belirlenmesi,
- Seçilen boyutların "bir araya getirebilme" yeteneklerinin yüksek olması gibi sorunların çok iyi irdelenmesi ve bu sorunların çözüme ulaştırılması gerekir[6].

### 4.2. Modüler Koordinasyonun Esasları

TS 2020'ye göre modüler koordinasyon şu esaslara dayanır:

- Modüllerin kullanılması (temel modül ve büyük modüller).
- Yapı elemanları ve bu elemanları oluşturan bileşenler için koordinasyon boşluklarını ve modüler bölgeleri belirten referans sisteminin kullanılması.
- Referans sistemlerinde yapı elemanlarının yerleştirilmesi için kurallar.
- Üretim boyutları değerlerinin belirlenmesi için yapı bileşenleri boyutlarının değerlendirilmesi kuralları.
- Yapı bileşenleri ve bina kontrol boyutları için tercih edilecek ölçülerin saptanmasında uygulanacak olan kurallar[10].

Modüler koordinasyonun esasları, temel modül (1M), büyük modül (3M) ve modüler olmayan kalınlık-

ların esasları olarak aşağıdaki ifadeler ve şekiller yardımıyla açıklanabilmektedir.

Şekil 2.A'da, temel modül ızgarası (1 M'den 1 M'ye), projede görülen bütün bileşenlerin koordinasyon aralıklarının boyutları ve pozisyonlarının tanımlanmasında kullanılabilir. ISO 1791-1973'e göre koordinasyon aralıkları ve derz aralıkları için tolerans ve kuralları içeren koordinasyon planlarının yerine getirilmesiyle bileşenler ve aralıklar sınırlandırılmıştır.

Şekil 2.B, büyük modül ızgara bileşenleri, koordinasyon aralıklarının konumunu tanımlamada kullanılabilir. Bütün bileşenler bu kesitte, Şekil 2.A'nın bileşenleriyle karşılaştırıldığında aynı kalınlıkta ve uzunluktadır. Tümünde büyük modül ızgaranın, ızgara çizgileriyle merkez çizgileri aynı konumdadır. Birkaç noktada koordinat aralıkları üst üste gelmiştir. Bu durumlarda bileşen detaylarında farklı çözümler olabilir (Şekil 2.C). Ayrıca koordinasyon aralıkları bir çok

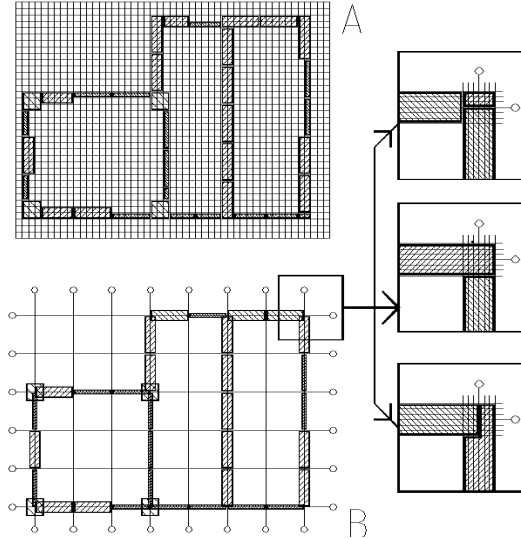
uzunluk bileşenleri için azaltılabilir veya artırılabilir (Şekil 3) [2, 5, 22].

Sistem üzerinde sol taraftaki kesintili ızgara ve sağ alt taraftaki sürekli ızgara ayrıntılı olarak çizilmiştir. Kesintili durumda ızgara çizgileri arasındaki bütün mesafeler temel modül (1M) haricinde katlıdır.

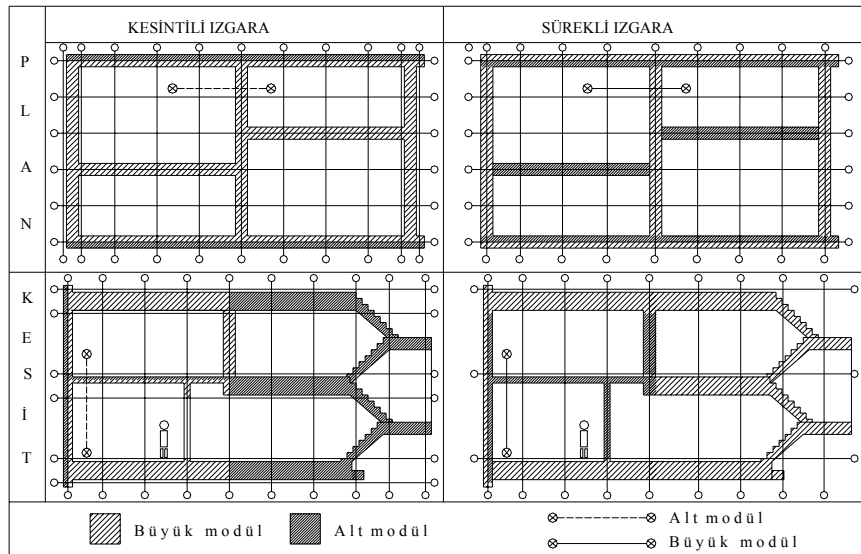
Bina düğüm noktasındaki problem, merdiven boşluğundaki yatay ve düşey kesitlerde meydana gelir. Eğer modülün katları veya alt modüllerinin katları koordinasyon aralığının kalınlığı kabul edilmişse, bina düğüm noktalarındaki artmalar ve azalmalar temel modül (1 M) veya alt modülü tarafından sınırlandırılır[2, 22].

### 4.3. Yerleştirme ve Boyut

Projelendirme amacıyla, her yapı elemanı ve bileşen grupları referans düzlemleriyle veya doğrularla belirlenmiş sistem referansı içindeki bir hacimde yerleştirilmelidir. Bu hacim yapı elemanı ve bileşenlerin



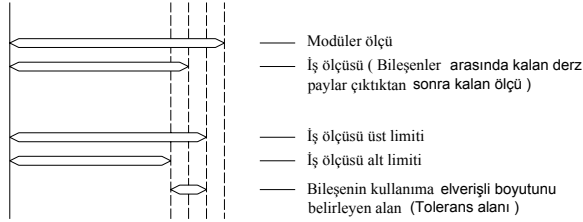
Şekil 2. Koordinasyon aralıkları[22]



Şekil 3. Planda ve kesitte koordinasyon aralıkları[22]

koordinasyon boşluğudur. Bu boşluk, birleşme yerleri ve toleranslar (sapmalar) için gerekli yerleri de içerir.

Tolerans alanı belirlenen elemanlar; tasarım, üretim ve montaj sürelerinde uyum içindedir. Böylece bu süreler arasında da koordinasyon sağlanmış olmaktadır. Tolerans alanıyla ilgili ayrıntılar Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Tolerans alanı belirlenmesi[6]

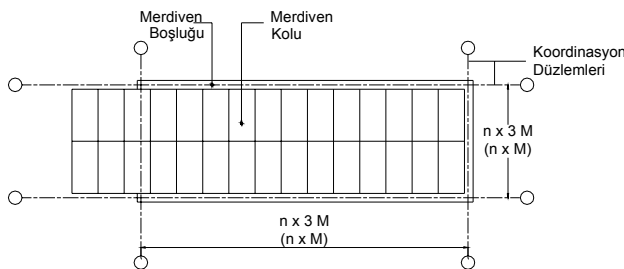
Yapı bileşenlerinin üretiminde olduğu kadar montaj sırasında da sapmalar olabilir. Bu nedenle toleransların alabileceği en yüksek değerlerin belirlenmesinde yarar vardır. Betonarme elemanların kesitlerinde 0,5 cm'lik bir sapma, uzunluklarında 600 cm'ye kadar 1 cm'lik fark kabul edilebilir. Çelik konstrüksiyonda bu sapmalar, % 30 daha küçüktür. Montaj toleransları da yaklaşık olarak üretim toleransları düzeyindedir[6].

Modüler planlamada, bileşenlerin yerleştirilmeleri için çeşitli yöntemler kullanılabilir. Bir bileşenin yerini belirleyen modüler düzlem veya çizgi, çevresel (sınır düzlemleri) veya aksel olabilir. Bazen bu bileşen, bir modüler düzleme veya doğruya göre asimetrik olarak yerleştirilebilir[10]. Uygulamada, bileşenin veya bileşen grubunun üretim boyutu değeri, yerine koyma ve montaj saptamaları için verilir.

#### 4.4. Seçilmiş Boyut Değeri

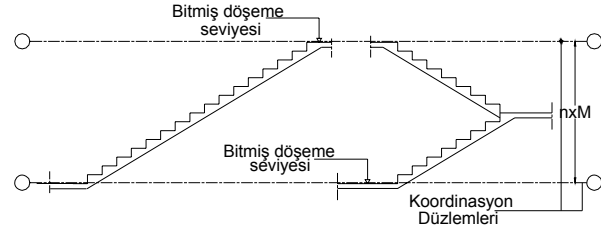
Yapı bileşenlerine, bileşen gruplarına ve kontrol boyutlarına modüler boyut değeri uygulamasıyla ortaya çıkan boyut değerleri serilerinde daha çok azaltmayı sağlamak için, seçilmiş büyük modüler boyut değerlerinin genel serileri kullanılabilir[10].

Koordinasyon düzlemleri arasındaki yatay uzaklıklar, öncelikle 3 M'in katları ( $n \times 3M$ ) olmalı, 1 M'in katları ise ( $n \times 1M$ ) ikinci derecede tercih edilmelidir (Şekil 5)[12].



Şekil 5. Yatay kontrol düzlemleri[23]

Koordinasyon düzlemleri arasındaki düşey uzaklıklar 1 M'nin katları olmalıdır (Şekil 6)[12].



Şekil 6. Düşey kontrol düzlemleri[12]

Döşemelerin yerleştirilmesine ait koordinasyon düzlemleri, bitmiş döşeme seviyeleriyle bağımlı olmalıdır[12].

#### 4.5. Modüler Koordinasyonun Tasarıma Uygulanması

Modüler büyüklüklerin tasarıma uygulanması, modüler yapı bileşenlerinin, yapı yerinde minimum düzeltme ve değiştirmeyele birleştirilip, istenen yapının oluşturulmasını sağlayacak biçimde yapı planlarının boyutlandırılmasıyla gerçekleştirilir.

Modüler büyüklüklerin tasarım öncesinde belirlenmesi, tasarımı kolaylaştırıcı bir unsurdur. Çünkü tasarımda, sonradan boyut değişiklikleri yapmak birçok sorunu da beraberinde getirecektir. Bu yüzden, planlama için gerekli boyutlar, strüktür ızgarası büyüklüğü, biçimi ve planlama için uygun düşen boyutlar önceden belirlenmelidir.

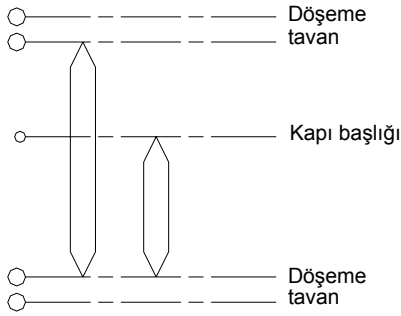
Planlama boyutları, büyüklükleri ve kullanılacak yapı bileşenleri seçiminden sonra da, modüler bileşenlerin ve strüktür ya da planlama ızgaralarının prensiplerine bağlı kalmak koşuluyla tasarım aşamasına geçilebilir.

Türk Standartları Enstitüsü, modüler kat yüksekliklerini ve bina yapılarında modüler hacim yükseklikleri için boyutların saptanmasını şöyle belirlemiştir:

Kat yüksekliği (döşmeden-döşemeye); birbirini izleyen iki bitmiş döşemeye ait iki kontrol düzlemi arasındaki düşey boyuttur. Kat yükseklikleri, 26M, 27M, 28M ve 30M gibi modüler boyutlar arasından seçilir. Kat yüksekliğinde yasal kurallar ayrıca göz önünde tutulur[13].

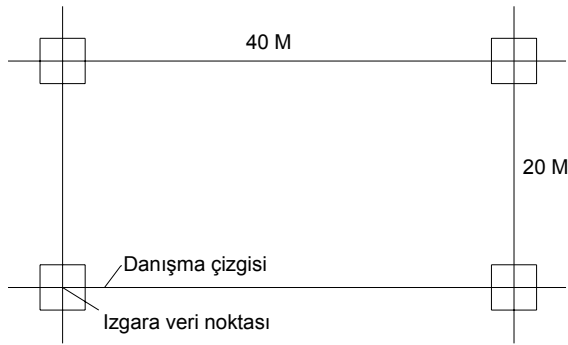
Hacim yüksekliği (döşmeden-tavana); biri bitmiş tavana ait olmak üzere, araları bir katla ayrılmış iki kontrol düzlemi arasındaki düşey boyuttur. hacim yüksekliği ise, 20M\*, 23M, 26M, 21M\*, 24M, 27M, 22M\*, 25M ve 28M gibi modüler boyutlar arasından seçilir[13] (\*Bu boyutlar, kiler, bodrum ve koridor yükseklikleri için verilmiştir.).

Kat yüksekliği ve hacim yüksekliği ile ilgili koordinasyon aralıkları Şekil 7'de gösterilmiştir.

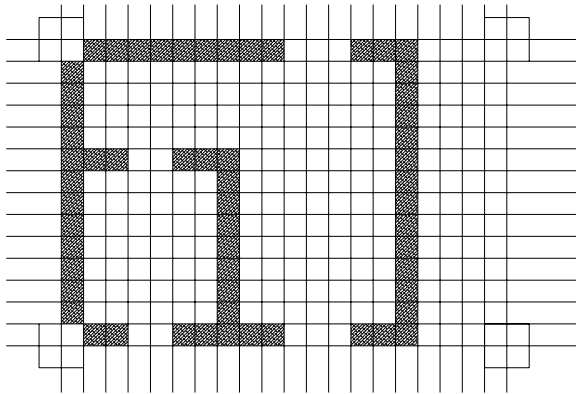


Şekil 7. Kat yüksekliği ve hacim yüksekliği için koordinasyon aralıkları[15]

Tasarım başlangıcında, yapıların yerleştirilebilmesi için iki yönde danışma çizgileri belirlenmeli ve bu çizgiler açıkça tanımlanabilen, diğer danışma çizgileriyle kolayca ilişkileri kurulabilen, modül ızgaralarıyla uyumlu çizgiler olmalıdır (Şekil 8). Sonra modül ızgarasında yapı elemanlarıyla belirlenen mekanlar, bölmeler, duvarlar, kapı ve pencereler oluşturulmalıdır (Şekil 9)[6].

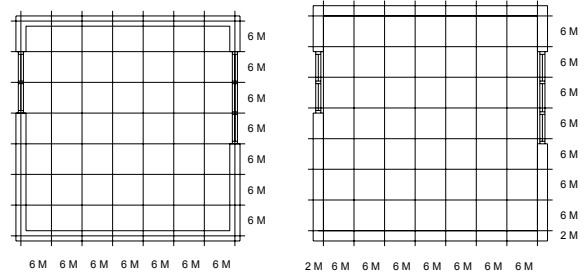


Şekil 8. Danışma çizgileri - kolon araları[2]



Şekil 9. Modüler ızgara[2]

Aynı şekilde ızgara düzenlenmesi ve tasarıma geçiş aşaması, kesitlere de uygulanabilir. Böylece hem düşeyde, hem yatayda modüler koordinasyon sağlanmış olur[6]. Modüler ızgara düzenlenmesi iki farklı durum için Şekil 10'de gösterilmiştir.



Şekil 10. Modüler ızgara düzenlenmesi[6]

#### 4.6. Boyutsal Koordinasyon

Yapı esas itibariyle bir büyüklükler kompozisyonudur. Kabul edilmiş iki boyut toplamının, kabul edilmiş bir boyutu teşkil etmesi göz önünde bulundurulursa, boyutsal uzlaşmanın gereği büyük önem taşır[4].

Boyutsal koordinasyon "Yapı üretiminde; imal edilmiş yapı bileşenlerinin birbiriyle ve/veya imal edilecek bileşenlerle, büyüklüklerini değiştirmeden bir araya getirebilmek için bileşenlerin imalatında, mekan ve yapı elemanlarının tasarlanmasında en elverişli boyutların seçilmesidir" şeklinde tanımlanmaktadır[16].

Bu konuda, TS-734'te temel hedefler olarak;

- Yapı bileşenlerinin bir araya getirilmeleri sırasında bağdaşmayan boyutların birbirlerine uydurulması için yapılacak işlemlerden doğan malzeme kaybını azaltmak,
- Şantiye işlemlerini kolaylaştırarak işgücünün üretkenliğini arttırmak,
- Böylece yapı üretiminin akılcılaştırılabilmesine imkan sağlamak olarak öngörülmektedir[16].

Yapılarda, kabul edilen boyutların bütünü, bir araya getirilebilme, toplamsal olabilme (additivite) özelliğini gösterebilmelidir. Toplamsallık özelliğinin korunabilmesi için, açık sistem elemanlarının hem satış, hem de üretimlerinde tek bir modül kabul edilmiş olmalıdır. Koordinasyon boyutları modülün katları olduğundan modül büyüdükçe saptanan aralık içerisinde izin verilen boyutların adedi de azalacaktır. Örneğin, belli boyutları; genişlik için 0,00-1,80 m, yükseklik için 0,00-2.40 m arasında olan bir pano duvarda;

- 1 cm'lik modülle 43200 çeşitlilik,
- 10 cm'lik modülle 432 çeşitlilik,
- 30 cm'lik modülle 48 çeşitlilik,
- 60 cm'lik modülle 12 çeşitlilik,

ortaya çıkacaktır.

Boyutsal çeşitliliğin azaltılması daha çok hazır-prefabrik yapı elemanları yapımcıları için önemlidir.

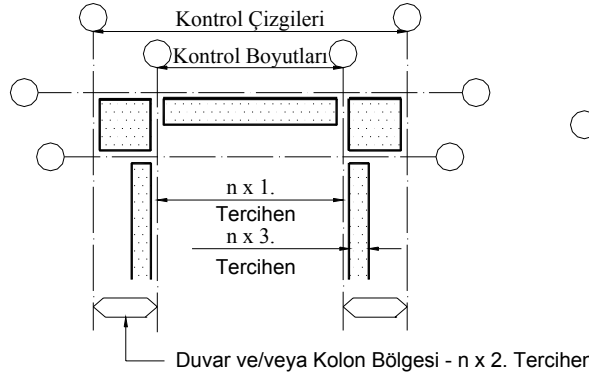
Boyutsal koordinasyon; yapı bileşenlerinin şantiyede değiştirilmeden ve düzeltme yapılmadan aralarında birleştirilmesini ve çeşitli bileşenlerin aralarında değiştirilmesini amaçlamaktadır[8].

BS (British Standards) 6570, bina bileşenlerinin boyutsal koordinasyonunun büyüklüğünü Çizelge 3'de şöyle belirlemektedir.

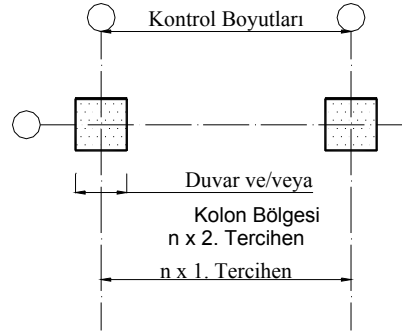
Çizelge 1. Bina bileşenlerinin boyutsal koordinasyonunun büyüklüğü [23]

Seçenek	1.	2.	3.	4.
Boyut (mm)	300	100	50	25

Kontrol çizgileri, bölgeler ve kontrol boyutları terimleri, BS 6570'de belirtilen bina bileşenlerinin boyutsal koordinasyonunun büyüklükleri de dikkate alın-



Görünüş ızgarası



Aks ızgarası

Şekil 11. Kontrol çizgileri, bölgeler ve kontrol boyutları[23]

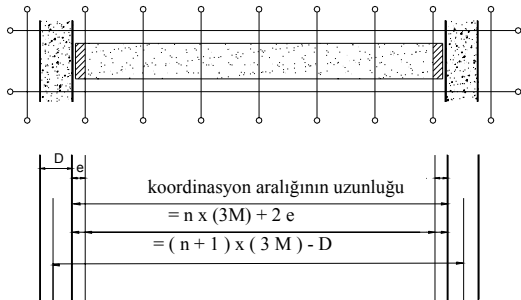
rak (Bkz. Çizelge 1), Şekil 11 yardımıyla ifade edilebilir[23].

Bileşenlerin koordinasyon aralığı için farklı çözümler ayrıntılı olarak incelenmiş ve Hollanda'da "sluitstuk" veya "sluitelment" (NEN 2880), Fransa'da ise "espace d'adaptation" olarak adlandırılmıştır[22].

Şekil 12'de görüldüğü gibi bileşenlerin koordinasyon aralığının uzunluğu aşağıda ortaya konulan yöntemlerle ifade edilebilir.

- n çarpı büyük modül artı 2 "espace d'adaptation" ( $n \times 3M + 2e$ ).

$n+1$  çarpı büyük modül eksi diğer bileşenin koordinasyon aralığının genişliği kadar azalabilir [ $(n+1) \times 3M - D$ ][22].



Şekil 12. Bileşenlerin koordinasyon aralığı[22]

Yeni yaklaşımın faydası, bina düğüm noktalarındaki problemlerin ayrıntılı olarak ele alınmasıdır. Başlıca dezavantajı ise bina düğüm noktalarındaki sorunlarla ek yerleri sorunlarının karıştırılmasıdır.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Endüstrileşme süreci içinde bulunan ülkemizde bina üretiminde seri ve sürekli olarak gerçekleştirilebilmesi standartlaşmayı zorunlu kılmakta, öncelikle tasarlanan yapıyla üretilen veya üretilmesi planlanan yapı elemanları arasında boyutsal bir koordinasyon sağlanmasını gerektirmektedir. Bu da gerek tasarımı, gerekse

yapı elemanları üretiminde modüler düzenlemeyi zorunlu kılmaktadır. Böylece oluşturulan modüler koordinasyonla seri ve sürekli üretimin sağlanması amaçlanmaktadır.

Yapı tasarımının modüler koordinasyon çerçevesinde ele alınması; geleneksel yapının tersine üretim sürecindeki sorunların, tasarım aşamasında çözülmesini getirecektir.

Tasarım esnasında modül seçimi başlangıçta belirlenmelidir. Modül, çok büyük seçilerek kısıtlayıcı bir etkiye neden olmamalıdır. Ya da çok küçük seçilerek çeşitlilik arttırılmamalıdır. Bu nedenle binalarda planlama modülü 3 M ya da 6 M seçilebilir. Ayrıca modül dışı tutulacak yapı elemanları tasarım esnasında belirlenmeli ve ölçülendirilmelidir. Tasarımda teknik boyutların (döşemeler, kolonlar vb.) modül dışı tutulması uygun olacaktır. Boyutlandırma ve planlama için, kalınlığı olan malzeme yada elemanlar (duvarlar, döşemeler vb.) modüle göre yerleştirilirken bileşenin bir kenarı modül çizgisiyle çakışacak mı, çakışacaksa içte mi dışta mı çakışacak; yoksa modül çizgisi, kalınlığı ortalayacak mı soruları mutlaka belirlenmelidir. Buna göre tasarım yapılmalıdır.

Modüler koordinasyonun bina tasarımına uygulanmasındaki amaçlar, dikkat edilecek hususlar ve getirdiği yararlar, aşağıdaki gibi sıralanabilir.



- Yapıda modüler koordinasyon, yapı üretiminin akılcılaşmasını ve maliyetlerin düşürülmesini sağlar. Bunun için yapı bileşenlerinin genel koordinasyon boyutları, standart temel modülün katlarından seçilmelidir.
- Açık sistem elemanlarının hem satış, hem de üretiminde tek bir modül kabul edilmelidir. Modül büyüdükçe müsaade edilen boyutların adedi azalacaktır. Bu da hazır prefabrik yapı elemanları üreticileri için avantaj sağlayacaktır.
- Ölçülerin sınırlandırılması ve tekrarı sağlanmalıdır. Böylece planlama ve ölçülendirme kolaylığı, işlem ve teknoloji tekrarı ve prefabrik elemanların tipleşmesiyle büyük üretim serilerinin oluşması sağlanabilir.
- Yapı tasarımlarının sadeleştirilmesi, uygulama ve detay resimlerinin akılcılaştırılması şantiye işlerinde açıklık ve basitlik sağlayabilir.
- Farklı ürünler arasından seçim olanağı verilecek, toplamsallık ve değiştirilebilirlik isteklerine olanak yaratılabilir.
- İmalatta boyutsal çeşitlilik azaltılarak, şantiye dışında endüstriyel tekniklerle üretilebilmeleri kolaylaştırılabilir.
- Tasarımcı, müteahhit imalatçı arasında işbirliği kolaylaştırılabilir.
- Koordinasyon boyutlarının birbiriyle nerede ve ne şekilde ilişkilendirileceğinin belirlenmesiyle yapım sırasında malzeme zayıtı asgari düzeye indirilebilir, kontrollü ve kaliteli üretim sağlanabilir. Ayrıca birleştirme işçiliği azaltılarak, yapım süreleri kısaltılabilir ve böylece bina üretim hızı arttırılabilir.
- Kontrollü ve hızlı üretim sayesinde kaliteli üretim arttırılırken, maliyet düşürülebilir.
- Teknik boyutları modüleştirmek için herhangi bir panonun koordinasyon boyutları olarak, panonun kalınlığı değil, genişliği ve yüksekliği seçilmelidir. Benzer şekilde döşeme plağının uzunluğu ve genişliği; dahili duvarların yüksekliği ve uzunluğu; kolonlarda ise yüksekliğin seçilmesi uygun olacaktır. Bu şekilde tasarım ve uygulamadaki problemler minimuma indirilebilecektir.
- Hazır prefabrik elemanlar mevcut yapıya göre düzenlenmeli ve isimlendirilmelidir.

Sonuç olarak ön yapım elemanlarının ölçülerini ve konumlarını belirlemek amacı ile yapılan modüler koordinasyonun, sadece bir plan çizme sorunu olmadığı detaylandırma ve sistem çözümleriyle çok yakın ilişki içerisinde olduğu açıktır. Detaylı bir planlama ile mal

sahibi, mimar, mühendis, yapı ürünleri üreticileri ve müteahhitler arasında koordinasyon sağlanarak ülke genelinde bir politika oluşturulmalıdır. Bu sayede, standartlaşma ve modüler koordinasyonun endüstrileşmiş yapı tasarımına uygulanması ile kontrollü, hızlı, kaliteli ve ekonomik bir yapılaşma sağlanabilir.

## 6. KAYNAKLAR

1. Tanatmış, N., 1986, Türkiye'deki Bina Sorununun Çözümünde Endüstrileşmiş Yapım Yöntemlerinin Yeri ve Hücre Sistemi ile Yapılan Tasarımda Değişebilirliğe Yönelik Bir Çalışma, G.Ü. Fen Bil. Enst. Yük. Lis. Tezi, s 15-28, Ankara.
2. Ayaydın Y., 1989, Büyük Açıklıklı Prefabrik Betonarme Yapılar, s 1, 261-270, İstanbul.
3. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, 2001, Bina İnşaatı İstatistikleri, Devlet İstatistik Enstitüsü Yayınları, s 9-11, Ankara.
4. Sunar, Ş., 1975, Endüstrileşmiş Bina Açısından Mimari Tasarım ve Uygulama, İTÜ Yay., s 31-75, İstanbul.
5. Gökhan Ç., Baytin, D., 1979, Standartlaşma Ve Boyutsal Eşgüdüm, Mimarlık Dergisi, Sayı 158, s 77-79, Ankara.
6. Gültek, G., 1986, Bina Tasarımında Modüler Koordinasyon, GÜ Fen Bil. Enst. Yük. Lis. Tezi, s 32-87, Ankara.
7. Doğan, T., 1976, Tasarımda ve Uygulamada Modül, EÜ Müh. Bil. Fak. Yay., No:18, s 2, 70, İzmir.
8. T.S.E., 1975, Modüler Koordinasyon-Terimler, TS 2017, TSE Yay., Ankara.
9. T.S.E., 1975, Modüler Koordinasyon-Temel Modül, TS 2014, TSE Yay., Ankara.
10. T.S.E., 1975, Modüler Koordinasyon İlkeler ve Kurallar, TS 2020, TSE Kurumu Yayınları, Ankara.
11. T.S.E., 1976, Modüler Koordinasyon-Yatay Kontrol Koordinasyon Ölçülerinin Referans Doğruları, TS 2316, TSE Yay., Ankara.
12. T.S.E., 1981, Modüler Koordinasyon-Bina Merdiven Boşlukları Koordinasyon Boyutları, TS 3613, TSE Kurumu Yayınları, Ankara.
13. T.S.E., 1975, Modüler Koordinasyon-Binalar İçin Kat Yükseklikleri ve Hacim Yükseklikleri, TS 2016, TSE Yay., Ankara.
14. T.S.E., 1975, Modüler Koordinasyon-Binalarda Kullanılan Düz, Rijid Levha ve Panolar İçin Koordinasyon Boyutları, TS 2019, TSE Yay., Ankara.
15. T.S.E., 1975, Modüler Koordinasyon İç ve Dış Kapılar İçin Koordinasyon Boyutları, TS 2018, TSE Yay., Ankara.
16. T.S.E., 1969, Yapı ve Mekan Elemanlarının Sınıflandırılmaları ve Boyutlandırılmaları İle İlgili Tarifler, TS 734, TSE Yay., Ankara.
17. T.S.E., 1975, Modüler Koordinasyon - Yatay Koordinasyon Boyutları İçin Büyük Modüller, TS 2015, TSE Yay., Ankara.

18. Divanlıoğlu, D., 1997, Temel Tasar, Birsen Yayınevi, s 51, 54, İstanbul.
19. Baydar, F., 1970, Yapıda Prefabrikasyonun Genel Tanıtımı, Yapı End. Der. Prefabrikasyon Özel Say., S 37-38, Ankara.
20. Seramik Kaplama Malzemeleri Sektörü Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013), Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, 2006.
21. Cuperus, Y.J., 2002, An Introduction To Open Building, Cic.Vtt.Fi/Lean/Singapore/Cuperusfinal, p 3-4, Singapore.
22. De Troyer, F., 1995, “System Building” Or “Industrialised Building”: A Review Of Approaches And A Vision For The Future, Joint Co-Ordinator Of CIB W24, p 3-11, Helsinki.
23. Chudley, R.,1995, Building Construction Handbook, Laxton's, p 30-31, Heinemann