DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİNALARDA YAPISAL ESNEKLİĞİ DEĞERLENDİRMEK İÇİN ÇOK ÖLÇÜTLÜ BİR MODEL

Özgür GÖKMEN

Mayıs, 2023

İZMİR

BİNALARDA YAPISAL ESNEKLİĞİ DEĞERLENDİRMEK İÇİN ÇOK ÖLÇÜTLÜ BİR MODEL

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Doktora Tezi
Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Bilgisi Programı

Özgür GÖKMEN

Mayıs, 2023
İZMİR

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ÖZGÜR GÖKMEN, tarafından **PROF. DR. YEŞİM KAMİLE AKTUĞLU** yönetiminde hazırlanan **"BİNALARDA YAPISAL ESNEKLİĞİ DEĞERLENDİRMEK İÇİN ÇOK ÖLÇÜTLÜ BİR MODEL"** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

.....

Prof. Dr. Yeşim KAMİLE AKTUĞLU

Yönetici

.....	.....
Prof. Dr. Serdar KALE	Prof. Dr. Ercüment YALÇIN
Tez İzleme Komitesi Üyesi	Tez İzleme Komitesi Üyesi
.....	.....
Prof. Dr. Hüsnü Murat GÜNAYDIN	Prof. Dr. Mustafa Emre İLAL
Jüri Üyesi	Jüri Üyesi

Prof. Dr. Okan FISTIKOĞLU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesindeki katkılarından dolayı öncelikle Prof.Dr. Yeşim Kamile AKTUĞLU, Prof.Dr. Serdar KALE ve Prof.Dr. Ercüment YALÇIN'a ayrıca değerli eleştirileriyle Prof.Dr. H. Murat GÜNAYDIN ve Prof.Dr. M. Emre İLAL'e teşekkür ederim. Yol gösterici fikirleri ve ilgilerinden dolayı Prof.Dr. F. Hilal HALICIOĞLU, Doç.Dr. Taner UÇAR ve Doç.Dr. Abdullah SÖNMEZ'e teşekkür ederim.

Tez çalışması boyunca büyük bir anlayış ve sabır gösteren, fikirleri ve düşünceleri ile destek olan araştırma görevlisi arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Her zaman destekleriyle ve sevgileriyle yanımda olan tüm aileme çok teşekkür ederim.

Son olarak, bu tezin ortaya çıkmasında gösterdiği büyük emek ve mücadeleden dolayı *kendime* teşekkür etmekle birlikte, bu süreçte her zaman benim yanımda olan, sabırla beni dinleyen ve destek olan çok kıymetli eşim Dr. Nurten Ö. GÖKMEN'e sonsuz teşekkür ederim.

Özgür GÖKMEN

BİNALARDA YAPISAL ESNEKLİĞİ DEĞERLENDİRMEK İÇİN ÇOK ÖLÇÜTLÜ BİR MODEL

ÖZ

Hızla gelişen teknoloji ve endüstrileşme ile binaların kullanım aşamasının ekonomik süreleri, yapı bileşenlerinin çoğunun teknik ömründen daha kısa hale gelmiştir. Dolayısıyla yapıların daha az yıkım ve atıkla kullanılabilmesini sağlayacak, bunun için de tasarım aşamasında alınan kararların denetlenebileceği sistematik bir kontrol mekanizması gerekli hale gelmektedir. Bu doğrultuda yapı sistemlerinin ve yapı elemanlarının yapı esnekliği ile olan ilişkisi irdelenmiş, sonrasında ise bina projeleri için yapı esnekliğinin potansiyelini sistematik olarak ifade edebilecek bir model önerisi sunulmuştur.

Çalışmanın ikinci bölümünde, mimarlık alanında yer bulan esneklik olgusuna ve bu konuda daha önce yapılmış olan çalışmalar ile diğer araştırmacıların ilkesel yaklaşımlarına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde ise belirlenen ilke ve kriterlerin ayrı ayrı tanımları ile yapı esnekliği bağlamındaki açıklamalarına yer verilmiştir. Buraya kadar olan veriler ışığında ilke ve kriterler birbirleriyle ilişkilendirilmiş sonrasında AHS yöntemi aracılığı ile hiyerarşik bir şekilde organize edilmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde, yapı esnekliği potansiyelinin ölçülebilmesine yönelik bir model önerisi geliştirilmiştir. Sonrasında ise bu modelin geçerliliğini tespit etmek amacıyla esneklik iddiası olan örnek bir fabrika yapısı üzerinden modelin kontrolü gerçekleştirilmiştir. Sonuç bölümde önerilen modelin katkıları ve kazanımları vurgulanmıştır.

Bu tezde geliştirilen model sayesinde, mimar-mühendis-müşteri gibi karar verici grupların tasarım aşamasında yapı ile ilgili belirledikleri temel kararları esneklik ilkeleri süzgecinde sistematik olarak denetleyebilmeleri ve gerekli iyileştirmeleri yine bu aşamada yapabilmeleri amaçlanmıştır. Buna ek olarak, sürdürülebilirlik için

büyük öneme sahip olan esnekliğin mimarlık ortamındaki farkındalığı arttırılarak bu alanda yapılan çalışmalara destek olması hedeflenmiştir.

Anahtar kelimeler: Esneklik, yapı esnekliği, yapı değişimi, esneklik ilkeleri, karar kontrolü

A MULTI-CRITERIA MODEL FOR EVALUATING STRUCTURAL FLEXIBILITY IN BUILDINGS

ABSTRACT

Rapidly developing technology and industrialization have affected the usage phase of the buildings and made these usage periods shorter than the technical life of the building components. Therefore, the necessity of a systematic control mechanism for the use of buildings with less destruction and less waste, makes the decision controling at the design stage more important. Within the scope of the study, a model that can systematically express the potential of building stucture flexibility has been proposed, through the examination of the relationships between building systems.

In the second part, the flexibility in the architecture was defined by previous studies and their principled approaches. Then in the third part, the definitions of the determined principles and criteria and their explanations were systematically included. The data so far have been organized in a hierarchical manner by the AHP method. In the fourth chapter, a model for measuring the structural flexibility potential is presented. In order to determine the validity of the model, control was carried out on a sample factory structure. In the conclusion section, the contributions and achievements of the proposed model are highlighted.

With the model proposal, it will be easier for decision-making groups to systematically control the basic decisions during the design phase in the filter of flexibility principles. Also it is aimed to increase the awareness of flexibility in the architectural environment for sustainability, and to support the studies carried out in this field.

Keywords: Flexibility, structure flexibility, structure change, principles of flexibility, decision control

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SINAV SONUÇ FORMU..... ii
TEŞEKKÜR iii
ÖZ..... iv
ABSTRACT vi
ŞEKİLLER LİSTESİ x
TABLOLAR LİSTESİ xii
SEMBOLLER LİSTESİ..... xiv
KISALTMALAR..... xv

BÖLÜM BİR - GİRİŞ 1

1.1 Problemin Tanımı..... 1
1.2 Çalışmanın Hedefi ve Amacı..... 3
1.3 Çalışmanın Kapsamı..... 4
1.4 Çalışmanın Yöntemi..... 5

BÖLÜM İKİ – ESNEKLİK KAVRAMI VE MİMARLIKTA ESNEKLİK 7

2.1 Esnekliğin Tanımı ve Mimarlıkta Esneklik Kavramı..... 7
2.2 Mimari Yapılarda Değişim ve Katmanlar..... 15
2.3 Yapı Esnekliği ve Kriterleri..... 17

BÖLÜM ÜÇ – YAPI ESNEKLİĞİ İÇİN TEMEL İLKE VE KRİTERLERİN BELİRLENEREK HİYERARŞİK OLARAK İLİŞKİLENDİRİLMESİ..... 25

3.1 Yapı Esnekliğini Mümkün Kılan İlkeler..... 26
3.1.1 Bileşenlerine Ayrılabilme / Değiştirilebilme..... 26
3.1.2 Tekrar Ayarlanabilirlik / Kullanılabilirlik..... 27
3.1.3 Uyumluluk / Evrensellik..... 28

3.1.4 Modülerlik..... 29
3.1.5 Diğer İlkeler (Maliyet ve Zaman)..... 30
3.2 Yapı Esnekliğini Belirleyen Fiziksel Katman Kriterleri..... 31
3.2.1 Malzeme..... 31
3.2.2 Birleşim Şekilleri..... 32
3.2.3 Taşıma Kapasitesi..... 33
3.2.4 Form..... 34
3.3 Yapı Esnekliğini Belirleyen Fonksiyonel Katman Kriterleri..... 35
3.3.1 Bina Strüktürü / Taşıyıcılar..... 35
3.3.2 İnce Yapı / İç Mekan..... 36
3.3.3 Servisler..... 38
3.3.4 Cephe / Kabuk..... 39
3.4 İlke ve Kriterlerin İlişkilendirilmesi..... 40
3.5 Yapı Esnekliği için Temel İlke ve Kriterlerin Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemine Göre Göreceli Önem Ağırlıklarının Tespit Edilmesi..... 42
3.5.1 Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi..... 42
3.5.2 Kriterlerin Göreceli Önem Ağırlıklarının Tespit Edilmesi.....44

BÖLÜM DÖRT – TASARIM AŞAMASINDA YAPI ESNEKLİĞİNİN GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ VE BİR FABRİKA YAPISI KAPSAMINDA UYGULANARAK İRDELENMESİ..... 54

4.1 Yapı Esnekliğinin Geliştirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi..... 54
4.2 Ölçek Maddelerinin Belirlenmesi ve Geçerlilik Kontrolü..... 58
4.3 Ölçek Maddelerinin Global Ağırlıklarının Belirlenmesi..... 65
4.4 Fabrika Yapılarında Esneklik..... 69
4.5 Önerilen Yapı Esnekliği Ölçek Modelinin IGUS (Köln) Fabrikası Üzerinden İrdelenmesi..... 73
4.6 Bölüm Değerlendirilmesi..... 81

BÖLÜM BEŞ – SONUÇLAR..... 83

KAYNAKLAR 88

EKLER 95

Ek 1 Karşılaştırma Şablonları 95
Ek 2 Madde Yargıları 97
Ek 3 Madde Uygunluk Görüşleri (0-3 Oranlı) 99
Ek 4 IGUS Fabrikası için Madde Puanlamaları (0-9 Oranlı) 100

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Yapıda gerçekleşen değişimin bina ve bina tipleri üzerindeki oranları.….1

Şekil 1.2 Tez sürecini özetleyen adımların aşamalı ilerleyişi.....6

Şekil 2.1 Binanın kullanım ömrü boyunca gözlenen üç tip değişimi.....11

Şekil 2.2 Esneklik- adaptasyon ve dönüşüm ilişkileri.....14

Şekil 2.3 The ORBIT kitabında binanın kullanım ömürlerine göre dört guruba ayrılması.....16

Şekil 2.4 Brand'in tariflediği katmanlar.....17

Şekil 2.5 Yapıyı oluşturan katmanların yaşam döngüsü.....18

Şekil 3.1 Yapı esnekliği ilke ve kriterlerinin katmanlı gösterimi.....25

Şekil 3.2 Yapı esnekliği ilke ve kriterlerinin AHS yöntemine göre hiyerarşik olarak sınıflandırılması.....41

Şekil 3.3 1. Katman elemanları için yargıların tutarlılığının kontrol edilmesi ve göreli önem ağırlıkları.....46

Şekil 3.4 Tablo 3.3'teki yargıların tutarlılığın kontrol edilmesi ve göreli önem ağırlıkları.....47

Şekil 3.5 Tablo 3.4'teki yargıların tutarlılığın kontrol edilmesi ve göreli önem ağırlıkları.....48

Şekil 3.6 Tablo 3.5'teki yargıların tutarlılığın kontrol edilmesi ve göreli önem ağırlıkları.....48

Şekil 3.7 Tablo 3.6'daki yargıların tutarlılığın kontrol edilmesi ve göreli önem ağırlıkları.....49

Şekil 3.8 Tablo 3.7'deki yargıların tutarlılığın kontrol edilmesi ve göreli önem ağırlıkları.....50

Şekil 3.9 Tablo 3.8'deki yargıların tutarlılığın kontrol edilmesi ve göreli önem ağırlıkları.....50

Şekil 3.10 Tablo 3.9'daki yargıların tutarlılığın kontrol edilmesi ve göreli önem ağırlıkları.....51

Şekil 3.11 Tablo 3.10'daki yargıların tutarlılığın kontrol edilmesi ve göreli önem ağırlıkları.....52

Şekil 4.1 Yapı esnekliğinin belirlenmesi için izlenecek aşamalar.....57
Şekil 4.2 Fonksiyonel katman kriterlerinden ilkelere doğru ilerleyen doğrusal ilişkiler.....58
Şekil 4.3 Doğrusal ilişkilerle tariflenen ilke ve kriter birliktelikleri.....59
Şekil 4.4 Maddelerin kodlanması.....62
Şekil 4.5 Uzmanların maddeler için belirttiği görüşlerdeki uyuşmaların hesaplanması.....62
Şekil 4.6 İlke ve kriterlerin AHS yöntemi ile belirlenmiş global ağırlıkları.....65
Şekil 4.7 Fabikaların evrimi.....70
Şekil 4.8 Fabrikalardaki üretim ile bina değişimi etkileşimi.....72
Şekil 4.9 IGUS Fabrikasına ait görüntüler.....74
Şekil 4.10 Uzmanların IGUS Fabrikası için belirttiği görüşlerdeki madde uyuşmaların hesaplanması.....75
Şekil 4.11 IGUS Fabrikasına ait Bina Strüktürü (S31) için malzeme/birleşim şekilleri/taşıma kapasitesi/form eksenindeki puanları ve başarım oranları. 78
Şekil 4.12 IGUS Fabrikasına ait İnce Yapı / İç Mekan (S32) için malzeme/birleşim şekilleri/taşıma kapasitesi/form eksenindeki puanları ve başarım oranları 79
Şekil 4.13 IGUS Fabrikasına ait Bina Servisleri (S33) için malzeme/birleşim şekilleri/taşıma kapasitesi/form eksenindeki puanları ve başarım oranları. 79
Şekil 4.14 IGUS Fabrikasına ait Cephe / Kabuk (S34) için malzeme/birleşim şekilleri/taşıma kapasitesi/form eksenindeki puanları ve başarım oranları. 80
Şekil 4.15 IGUS Fabrikasına ait bina strüktürü(S31), ince yapı/iç mekan(S32), bina servisleri(S33), cephe/kabuk(S34) puanları ve başarım oranları.....80
Şekil 4.16 IGUS Fabrikası özelinde 56 maddenin global ağırlıkları ile bu maddelere verilen uzman puanlarının genel skora etkisi.....81

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1 Yapı esnekliğini etkileyen ilke ve kriterlerin literatür analizi.....21
Tablo 3.1 Ortalama rassal tutarlılık indeksleri.....44
Tablo 3.2 1. Katman elemanları için ikili karşılaştırma matrisi ve göreli önem ağırlıkları.....46
Tablo 3.3 1. Katmandaki bileşenl. ayırma elemanının 2. katmandaki ikili karşılaştırma matrisi.....47
Tablo 3.4 1. Katmandaki tekrar ayarl./kullan. elemanının 2. katmandaki ikili karşılaştırma matrisi.....47
Tablo 3.5 1. Katmandaki uyuml. / evrensellik elemanının 2. katmandaki ikili karşılaştırma matrisi 48
Tablo 3.6 1. Katmandaki modülerlik elemanının 2. katmandaki ikili karşılaştırma matrisi 49
Tablo 3.7 2. Katmandaki malzeme elemanının 3. katmandaki ikili karşılaştırma matrisi.....49
Tablo 3.8 2. Katmandaki birleşim şekilleri elemanının 3. katmandaki ikili karşılaştırma matrisi.....50
Tablo 3.9 2. Katmandaki taşıma kapasitesi elemanının 3. katmandaki ikili karşılaştırma matrisi.....51
Tablo 3.10 2. Katmandaki form elemanının 3. katmandaki ikili karşılaştırma matrisi.. 51
Tablo 3.11 İkili karşılaştırmalar için temel ölçek.....52
Tablo 3.12 Katmanların göreli global ağırlıklarının hesaplanması.....53
Tablo 3.13 Yapı esnekliği ilke ve kriterlerinin göreli yüzde önem ağırlıkları.....53
Tablo 4.1 Kappa değerinin yorumlanması.....61
Tablo 4.2 Uzmanların maddeler için belirttiği görüşler ve uyuşma oranları.....63
Tablo 4.3 İlke ve kriterlerin AHS yöntemi ile göreli yerel ve global önem ağırlıklarının dağılımı 66
Tablo 4.4 Maddelerin yüzde ağırlıkları.....67
Tablo 4.5 Madde puanlamaları için uyarlanan ölçek.....68

Tablo 4.6 Kriterlerin göreli yüzde ağırlıklarının maddelere göre dağıtılması.....68
Tablo 4.7 Kriterlerin göreli yüzde ağırlıklarının madde ve puan birliktelikleri.....69
Tablo 4.8 Uzmanların IGUS Fabrikası için belirttiği görüşler in madde uyuşma oranları.....76
Tablo 4.9 IGUS Fabrikası için yapı esnekliği skoru hesaplanması.....78

SEMBOLLER LİSTESİ

λ_{max} : Maksimum Özdeğer

K : Fleiss Kappa Değeri

P_i : Maddeye İndeksli Uyuşma Oranı

P_j : Puana İndeksli Uyuşma Oranı

KISALTMALAR

AHS : Analitik Hiyerarşi Süreci

CR : Tutarlılık Oranı

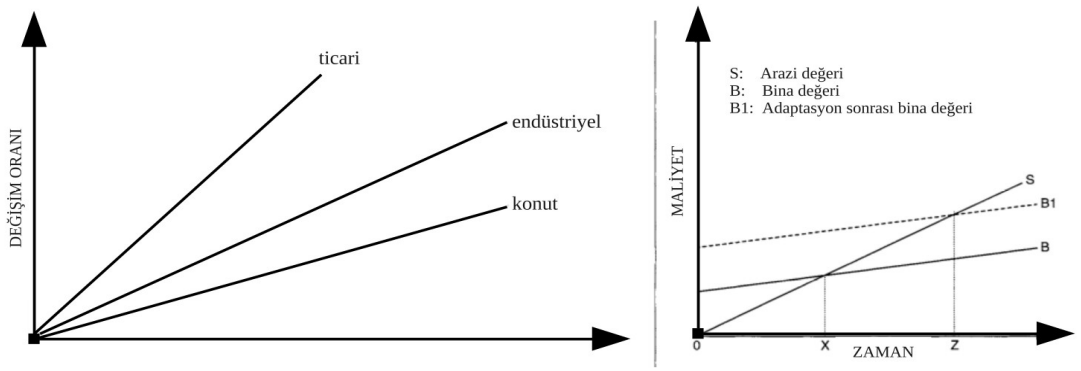
CI : Tutarlılık İndeksi

RI : Rassal İndeks

BÖLÜM BİR
GİRİŞ

1.1 Problemin Tanımı

Çevresel sürdürülebilirlik kavramı inşaat sektöründe uzun yıllardır var olmasına rağmen, yapı sektörü doğal kaynaklar ve enerji tüketicisi olarak büyük bir paya sahiptir (Cavalliere vd., 2019). Verimsiz yapı süreçleri ekonomik, çevresel ve sosyal sistemleri etkilemektedir. İnşaat maliyetleri, kalite ve zaman faktörüne odaklanan geleneksel yapı uygulamalarının bir sonucu olarak birçok mühendis ve mimar, binaları genellikle statik ve kalıcı olarak planlamaktadır. Geleneksel olarak modern bir binanın teknik ve fonksiyonel hizmet ömrü yaklaşık 50 yıldır. Ancak günümüzde zamanla birçok binanın ortalama fonksiyonel hizmet ömrü kısalmakta ve bu da yatırımların geri dönüşünün daha hızlı olmasını zorunlu kılmaktadır (Schmidt vd., 2011; Durmisevic, 2006). Özellikle ticari mülkün kullanımı öncelikle ekonomik faktörler, ardından ekonomik büyüme düzeyi, pazar ve müşteri gereksinimlerindeki değişiklikler tarafından belirlenir. Tüm bu faktörler konut dışı binalara olan talebi etkilemektedir (Şekil 1.1). Ayrıca, rekabet bu yapı stoklarını değiştirmeye veya yenilemeye yönlendirebilir. Dolayısıyla bu tür mülkler normal olarak meskenlerden çok daha yüksek düzeyde aşınma ve yıpranmaya maruz kalır (Douglas, 2006).



Şekil 1.1 Yapıda gerçekleşen değişimin bina ve bina tipleri üzerindeki oranları (Douglas, 2006)

Sabit kullanım fonksiyonu doğrultusunda inşa edilen geleneksel binalar artık kullanıcılarının ihtiyaçlarını karşılayamadığında boş kalır, tamamen yenilenir veya

yıkılır. Böylece tüm enerji, maddi ve finansal kaynaklar bina ile birlikte kaybedilmektedir. Dolayısıyla kaynakların iyi harcanması ve tasarımcıların değişimi öngören stratejiler uygulaması önem kazanmaktadır (Galle ve Temmerman, 2013). Bu doğrultuda binanın ve bileşenlerinin yaşam döngüsünü uzatmak amacıyla zaman içindeki kullanım stratejisine uygun ekonomik ve sürdürülebilir çözüm odaklı tasarımlar ortaya konulması gerekmektedir (Durmisevic, 2006).

Sürdürülebilir yapı tasarımının amaçlarından biri yapıyı oluşturan parçaların bakımına ve değiştirilebilirliğine uygun, sistematik olarak bir araya getirilmiş bileşenlerden oluşan dönüştürülebilir bir yapı elde etmek olmalıdır. Dolayısıyla yapının ve bileşenlerin yaşam döngüsünün uzatılabilmesi için de binaların hizmet sürelerinin planlanması önem kazanmaktadır. Bina tasarımındaki çevresel ve ekonomik etkilere ek olarak binanın zaman içindeki kullanımı da oldukça önemlidir. Sürdürülebilir tasarım bu nedenle, kaynakların verimli kullanımına, bir binanın inşaat öncesinden inşa etmeye, işletmeye ve sonrasına kadar tüm aşamaları entegre eden bir yaşam döngüsü kurgusudur (Durmisevic, 2006; Kronenburg, 2007; Blakstad, 2001).

Hızla gelişen teknoloji ve endüstrileşme, binaların kullanım aşamasının ekonomik süresini etkileyerek bu kullanım sürelerini yapı bileşenlerinin çoğunun teknik ömründen daha kısa hale getirmiştir. Bir binanın kullanımındaki her yeni aşama, yeni ihtiyaçları ve mekansal organizasyonları beraberinde getirmektedir. Bu da binada bazı değişiklikler yapılmasını gerektirmektedir. Dolayısıyla her kullanım aşamasından sonra, binanın yeni gereksinimlere uygun olup olmadığının, uygun değilse, adaptasyonla ilgili teknik ve ekonomik sonuçların ne olduğunun belirtilmesi için bir değerlendirme yapılması gerektiği anlamına gelmektedir (Durmisevic, 2006).

Yapıların daha az yıkım ve daha az atıkla kullanılabilmesine yönelik ayrıca bu hususta karar verici mimar ve mühendislerin tasarım aşamasındaki kararlarını yapı esnekliği bağlamında kontrol edebilecekleri sistematik bir kontrol mekanizmasının gerekliliği önemli hale gelmektedir. Böylelikle belirlenen bu problemin sistematik olarak işlenmesiyle mühendis ve mimarlar için tasarım süreci daha kontrollü hale gelecek, esneklik bağlamında gerekli düzeltmelere bu aşamada müdehale edilebilmiş

olacaktır. Dolayısıyla doğru yönetilmiş tasarım kararlarıyla yatırım maliyetleri orta ve uzun vadede büyük oranda olumlu etkilenecektir.

1.2 Çalışmanın Hedefi ve Amacı

Mimari projeler için tasarım aşamalarında alınan kararların, yapının bütün yaşam ve kullanım döngüsünü etkilediği görülmekte ve bu durum tasarım aşamasında doğru kararların alınmasını gerektirmektedir. Yapı inşa öncesi proje aşamasında veya mevcut bir yapının tadilat usülü ile yeniden projelendirilmesi aşamasında birtakım tasarım kararları belirlenmektedir. Bu kararlar da binaya hem fonksiyonel hem de işleyiş olarak bir form kazandırmaktadır. Bu formun değiştirilemez ve sabit olması, gelecekte muhtemel yeni fonksiyon ve işleyişler için bir takım zorlukların yaşanmasına sebep olabilmektedir. Ancak tasarım aşamasında alınan kararların yapı esnekliği bağlamında sistemli bir şekilde kontrol edilebilmesi daha sonra yaşanabilecek değişim zorluklarının da aşılabilmesini kolaylaştırılabilir.

Bu çalışmanın hedefi yeni başlanacak ya da yeniden dönüşümü planlanan bina projelerinin tasarımı aşamasında, ilgili yapının geleceğe yönelik değişebilme veya yapı esnekliği bağlamında geliştirilebilme potansiyelini göreceli olarak ölçebilmektir. Bu sayede tasarım aşamasında alınacak kararlar için bir destek mekanizması sunulabilecektir. Bu doğrultuda yapıların tasarım aşamasındaki kararlarının esneklik bağlamında düzenlenmesini ve desteklenmesini sağlayacak bir modelin ortaya konması; mimar-mühendis-müşteri gibi karar verici grupların yapı ile ilgili belirledikleri temel kararları esneklik ilkeleri süzgecinde sistematik olarak kontrol ederek, gerekli iyileştirmeleri yine bu aşamada yapabilmelerini sağlayacaktır.

Bu hedeflerin gerçekleşmesi için:

- Literatürde daha önceden yapılmış olan tanımlamalar ve yaklaşımların irdelenerek esneklik olgusunun net bir şekilde anlaşılmasının sağlanması,
- Yapı sistemlerinin ve elemanlarının yapı esnekliği ile olan ilişkisinin ve etkilerinin incelenmesi,
- Yapı esnekliğini belirleyen gerekliliklerin ve elemanların ortaya konması,

- Belirlenen gereklilik ve elemanların birbirleriyle olan ilişkilerinin hiyerarşik olarak ifade edilebilip anlamlandırılması,
- Bina projelerinin bu hiyerarşik ilişki doğrultusunda sistemli bir şekilde incelenebilmesinin sağlanması,
- Bina projelerine yönelik yapı bağlamındaki esnekliğin potansiyelini sistematik olarak ifade edebilecek bir modelin önerilmesi ve bu modelin bir yapı kapsamında uygulanarak incelenmesi gerekmektedir.

1.3 Çalışmanın Kapsamı

Bu tez toplamda beş bölüm olarak aşağıdaki gibi organize edilmiştir:

Birinci bölüm olan *Giriş*'te bu çalışmanın önemi ve neden ortaya konulduğu belirtilmiştir. Problemin tanımı yapılmış ve problem doğrultusundaki hedefler belirtilmiştir. Bununla birlikte tezin kapsamı ve yöntemi ile ilgili açıklamalara yer verilmiştir.

Esneklik Kavramı ve Mimarlıkta Esneklik başlığıyla ikinci bölümde, mimarlık alanında yer bulan esneklik olgusu tanımlanmış, bu konuda daha önce yapılmış olan çalışmalara ve diğer araştırmacıların yaklaşımlarına yer verilmiştir. Farklı yazarların esneklik için tariflediği tanımlamalara değinilmiş ve bu konuda üzerinde durdukları bazı ilke ve kriterler açıklanmıştır. Mimarlık alanında özellikle yapı esnekliği perspektifinde yapı esnekliğini etkileyen ilke ve kriterler için birçok makale ve yazının listelendiği bir tablo oluşturulmuştur.

Yapı Esnekliği İçin Temel İlke ve Kriterlerin Belirlenerek Hiyerarşik Olarak İlişkilendirilmesi başlığıyla tanımlanan üçüncü bölümde, daha önceki bölümde anlatılan ilke ve kriterler içerisinden birbirlerinden ayrışmış ve en kapsamlı dört ilke ve sekiz kriter üç farklı katman halinde ifade edilmiştir. Bu bölümde, belirlenen ilke ve kriterler ayrı ayrı tanımlanarak yapı esnekliği bağlamındaki açıklamalarına yer verilmiştir. Yapı esnekliği için üç ayrı katmanla ifade edilen ilke ve kriterlerin aralarındaki ilişki ağı tariflenmiş ve sonrasında AHS yönteminden bahsedilmiştir.

AHS yöntemi kapsamında sekiz uzmanla görüşülmüş, belirlenen ilke ve kriterlerin göreceli önem ağırlıkları belirlenmiştir. Sekiz uzman mimar ve mühendisin görüşleriyle, belirlenen kriterlerin göreli önem ağırlıkları sistemli ve hiyerarşik olarak ifade edilebilmiştir.

Tasarım Aşamasında Yapı Esnekliğinin Geliştirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi ve Bir Fabrika Yapısı Kapsamında Uygulanarak İrdelenmesi başlığıyla dördüncü bölümde, yapı esnekliği potansiyelinin ölçülebilmesine yönelik bir model önerisi ve bunun için gerekli yargı maddelerinin oluşturulmasına yer verilmiştir. Maddelere ait ağırlıklar belirlenmiş ve örnek bir yapı üzerinden kontrolü gerçekleştirilmiştir. Son olarak da bir değerlendirme yapılmıştır.

Sonuçlar başlıklı beşinci bölümde, yapılan tüm çalışma doğrultusunda elde edilen bulgular ve sonuçlar açıklanmıştır. Bu bölümde önerilen modelin katkıları ve böyle sistematik bir yaklaşımın faydaları, avantajları, kazanımları vurgulanarak belirtilmiştir. Bu kapsamdaki bilgilerin ışığında gelecekteki çalışmalar için modele dair önerilere yer verilmiştir.

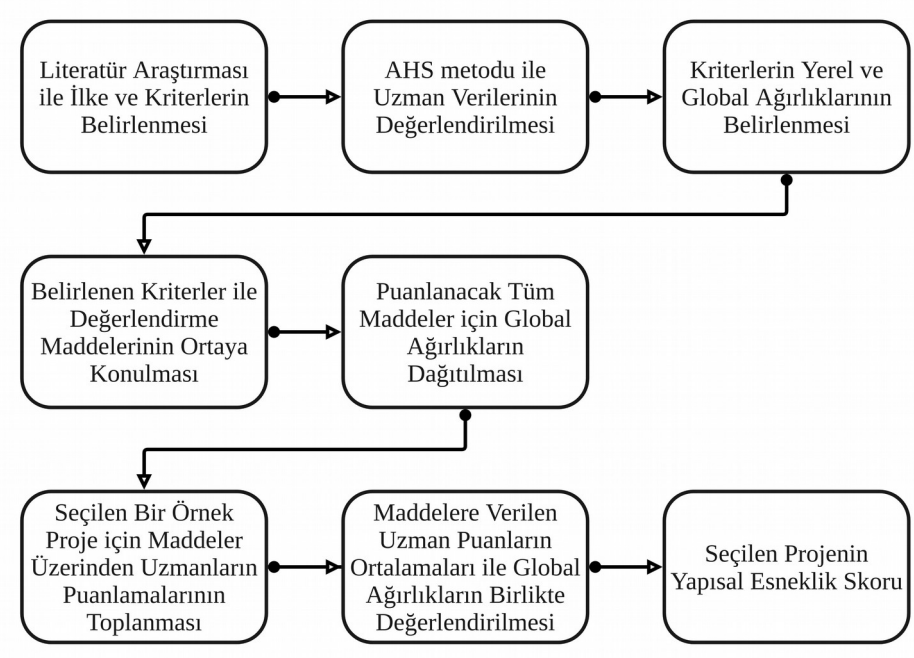
1.4 Çalışmanın Yöntemi

Tez kapsamında öncelikle mimarlık alanında esneklik olgusu üzerinden literatür irdelemesi gerçekleştirilmiştir. Mimarlıkta yapı esnekliği için daha önce yapılmış sınıflandırmalar ve farklı yorumlar ekseninde kavramlara ait kesişimler ve farklılaşmalar incelenmiştir. Bu kapsamda tariflenen bir takım kriterler ortaya konulmuştur. Yapı esnekliğini etkileyen bu ilke ve kriterler içerisinde birbirlerinden ayrışan en kapsamlı dört ilke ve sekiz kriter üç farklı katman halinde ifade edilmiştir.

Yapı esnekliği için üç ayrı katmanla ifade edilen ilke ve kriterlerin aralarındaki ilişki ağı tariflenerek AHS yöntemiyle göreceli önem ağırlıkları belirlenmiştir. Bu çok kriterli karar verme yöntemi, bir probleme ait belirlenen kriterlerin bir dizi göreli önem ağırlıkları içinde takip edilebilmesini sağlayan sistemli bir yaklaşıma dayanmaktadır. Bu nedenle sekiz uzman mimarın ikili karşılaştırma matrislerine

dayanan görüşleri toplanmıştır. Böylece belirlenen ilke ve kriterlerin göreli önem ağırlıkları hiyerarşik olarak ifade edilmiştir.

Kriterlerin sınıflandırıldığı üç katman arasında doğrusal ilişkilerle birbirinden farklı maddeler belirlenmiştir. Daha önceden AHS yöntemi ile elde edilen global göreli kriter önem ağırlıklarının, belirtilen doğrusal ilişki ağı içerisinde teker teker dağıtılması ile maddelere ait göreli önem ağırlıkları ortaya konulmuştur.



Şekil 1.2 Tez sürecini özetleyen adımların aşamalı ilerleyişi

Belirlenmiş olan maddeler ile tasarım aşamasındaki proje kapsamında bir değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda değerlendirilecek olan proje bu maddeler üzerinden sistematik olarak incelenmekte ve tekrar uzman mimarlarca 1-9 oran ölçeği ile madde başarımlarının puanlaması yapılmıştır. Toplanan puanlar için Fleiss Kappa yöntemi kullanılarak uyuşma kontrolleri yapılmıştır. Fleiss Kappa, iki puanlayıcı arasındaki anlaşmayı ölçmek için ortaya çıkarılmış bir yöntemdir. Sonrasında her maddenin ağırlığı ve başarımı birlikte hesaplanarak elde edilen toplam değer ile yapı esnekliğinin mevcut potansiyeli ve zayıf noktaları ortaya çıkarılmıştır (Şekil 1.2).

BÖLÜM İKİ
ESNEKLİK KAVRAMI VE MİMARLIKTA ESNEKLİK

Mimarlıkta sürdürülebilirliğin oldukça önemsendiği günümüzde, esnek yapılar ve geleceğe adapte olabilen binalar birçok yazar ve uzman tarafından ilgi çeken bir alan olmuştur. Küreselleşme ile sürekli değişim içerisinde bulunan mimari çevre bu duruma adapte olabilmek için çok büyük doğal kaynak ve enerji tüketimine sebep olabilmektedir. Çünkü tek bir kullanım fonksiyonu için kurgulanan yapıların yaşam döngüleri, yapıların ve yapıları oluşturan elemanların teknik ömürlerinden daha çabuk eskiyebilmektedir. Özellikle teknoloji gelişim hızı ile paralelik gösteren ticari ve endüstriyel yapılardaki değişimler, diğer yapı türlerine göre daha fazla adaptasyon problemine sebep olabilmektedir. Bu durum da beraberinde çok fazla yıkıma ve enerji kaybına sebep olabilmektedir.

Bu doğrultuda çalışmanın ikinci bölümünde; mimarlık kapsamında esneklik ve esneklik kelimesi ile berarber düşünülen adaptasyon, değişebilirlik, uyumluluk, dönüşüm gibi kelime bazlı bir literatür irdelemesi gerçekleştirilmiştir. Özellikle bu kapsamda mimarlıkta yapı ve yapım teknolojileri özelinde yapılmış mevcut araştırma çalışmalarına ulaşılmaya çalışılmıştır. Esnekliğe dair sınıflandırmalar ve farklı yorumlar doğrultusunda bu çalışmaların kesiştiği ve ayrıştığı noktalar incelenmiştir. Böylece yapı esnekliği özelinde kapsayıcı bir esneklik yaklaşımının ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

2.1 Esnekliğin Tanımı ve Mimarlıkta Esneklik Kavramı

Esneklik kelime anlamı olarak TDK, Bilim ve Sanat Terimleri Sözlüğü ve Güncel Türkçe Sözlüğü'ne göre bir kuvvetin etkisinde o kuvvete oranla uzayıp kısalma etkisi, biçim değişikliklerine uğradıktan sonra bu etkinin kalkması ile eski haline dönebilme özelliği olarak tariflenmektedir (Türk Dil Kurumu, b.t.). Esnek olma durumu ya da elastikiyet olarak belirtilmektedir. Elastiklik kelime anlamı bakımından her ne kadar eski haline dönebilme özelliğiyle öne çıksa da esneklik için bu zorunlu değildir. Şekil değişiminin sürekliliği ya da değişim sonrası bu değişime

uyum sağlayabilmesi olarak da tariflenmektedir (Yürekli, 1983). Toni ve Tonchia'ya (1998) göre bir sistem ve çevresi arasındaki arayüzün adaptasyon veya değişim yeteneği göstererek sistemin dış etkenlere rağmen devamlılığını sağlamasıdır. Bu durumu tariflemek için dikkat edilen biçim ve boyutlardaki farklılıklarından dolayı farklı yazarlarca çeşitli yorumlar ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla değişim, uyum, dönüşüm, ayarlanma gibi kelimelerle bazı hususlarda anlam bakımından benzer noktaları tarifleyen kesişimler de görülmektedir (Yürekli, 1983; Toni ve Tonchia, 1998).

Mimarlıkta esneklik, 20. yüzyılda tasarım ve mimarlık ilkelerini yenilemeyi amaçlayan modernist hareket sırasında değişim ihtiyacı ile ortaya çıkmış bir olgudur. Bina esnekliği, binaların günümüz toplumunun kültürel, teknolojik ve ekonomik dönüşümüyle tetiklenen taleplere çözüm sunabilme yeteneği olarak tanımlanabilir (Cavalliere vd., 2019). Birçok araştırmacı mimarlık alanında esnekliği farklı şekillerde tanımlamış ve kendi çalışmaları doğrultusunda ilkeler, trendler ve stratejiler belirlemişlerdir. Askar ve arkadaşlarına göre literatürdeki genel esneklik algısı, belirli bir uyum düzeyine ulaşmak için bir araçtır (Askar vd., 2021). Mimari tasarıma yenilikçi bir yaklaşım olarak esneklik, Živković ve Jovanović'in tarifiyle değişkenliği mekan tasarımının bir parametresi olarak belirler (Živković ve Jovanović, 2012). Montellano, mimari değişikliklere uyum sağlayabilecek mekanların birbirleri ile ilişkilendirilebilmesini vurgular (Montellano, 2015). Bir başka açıdan esneklik, binaların özelliklerinin, kullanıcılarının ihtiyaçlarına göre uyarlanabilirliğini ifade eden bir terimdir (Kamara vd., 2020; Sadafi vd., 2014). Sinclair ve arkadaşları mekanı, işlevi ve kimliği değiştirme kapasitesini ifade eden üç yönlü uzamsal, işlevsel ve estetik esnekliği kavramlarını incelemiştir. Dolayısıyla esneklik, bina ömrünü uzatıp daha az atıkla binaların sürdürülebilirlik gereksinimlerini uzun süre karşılamasını sağlamaktadır (Sinclair, 2012). Israelsson ve Hansson, aktif ve pasif karar kontrol mekanizmalarından ve bu mekanizmaların binalardaki esnekliğe etkilerinden bahsetmektedir. Bu doğrultuda kendi esneklik faktörlerini belirlemişler ve bu faktörlerin adaptasyon kabiliyetini nasıl etkilediğini araştırmışlardır. Malzeme standartları, üretim ve imalat gibi doğrudan binaya bağlı faktörler ile farkındalık, finans ve gelecek planlaması gibi bina ile doğrudan fiziksel

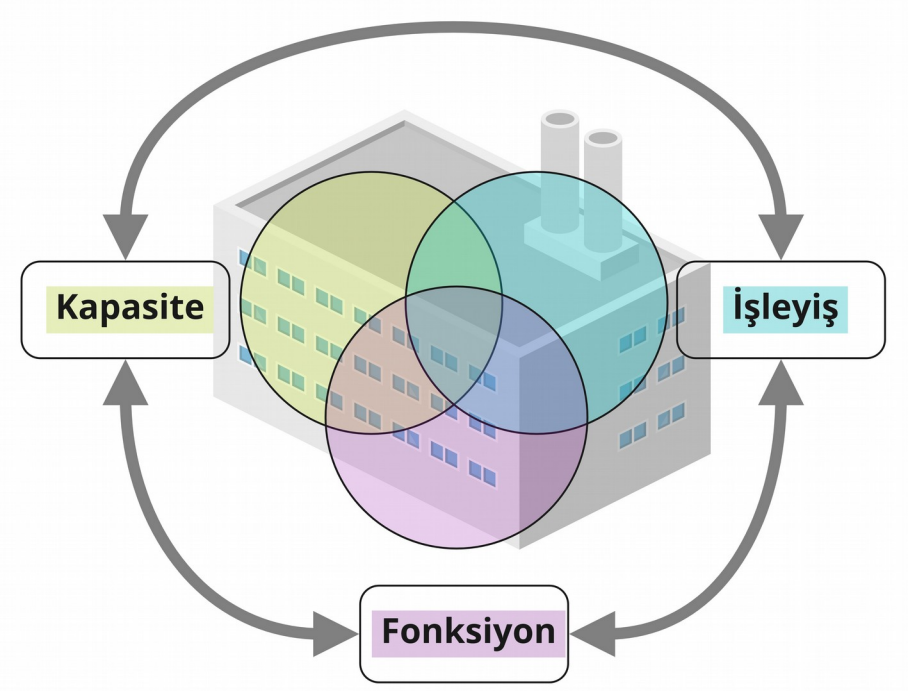
bağlantılı olmayan faktörler üzerinden sınıflandırma yapmışlardır (Israelsson ve Hansson, 2009). Till ve Schneider (2005) esnekliği, değişen toplumsal yapıyla kullanıcıların değişen ihtiyaçlarına uyum sağlayabilmek için mevcut yerleşim planlarının yeni teknoloji potansiyelleri ile tekrar ayarlanabilmesi olarak özetlemiştir. Esneklik için bazı ilkesel başlıkları; mekan, konstrüksiyon, adaptasyon için tasarım, katmanlar, tipik plan, servisler şeklinde sıralamaktadır (Till ve Schneider, 2005). Slaughter (2001), ekonomi perspektifinden bina esnekliğini sağlamak için bir dizi tasarım stratejisi belirtmiştir. Bu stratejiler, uygulanacak değişikliklerin gerçekleştirilebilmesi adına gereken süreyi azaltarak yenileme sürecinde maliyet tasarrufu sağlayabilmeyi amaçlamıştır (Slaughter, 2001). Cellucci ve Di Sivo (2015), esnekliği sağlayan stratejileri vurgulayarak esneklik tasarımını kullanıcı alanı, işlevsel alan, fiziksel alan ve prosedürel alan olarak dört grupta sınıflandırmıştır (Cellucci ve Di Sivo, 2015). Cavalliare ve arkadaşları (2019) ise en yaygın esneklik ilkelerini; genel ve belirsiz alanların, yerleşim düzeninin, mobil ekipman ve bölmelerin kullanımının planlanması, servis ve teknik alanların belirlenmesi şeklinde genellemişlerdir (Cavalliere vd., 2019). Graham'a (2005) göre ise binanın geçici sistem ve yapı katmanları olarak düşünülmesi, bina tasarımının benzer yaşam beklentisine sahip eleman grupları etrafında düzenlenmesine olanak tanır. Binaların yaşam süreleri boyunca nasıl değiştiğinin farkında olunması, kısa ömürlü bina katmanlarına esneklik ve uzun ömürlü katmanlara da dayanıklılık imkanı sağlar (Graham, 2005). Arge'ye (2005) göre mimari tasarım terimleriyle esneklik, bir binanın, kullanıcıların ihtiyaçları değiştiğinde elemanları ve sistemleri yeniden düzenlemek ve çıkarıp eklemek için yerleşik olanaklara sahip olduğu anlamına gelir. Elastikiyet ise, yapıyı farklı işlevsel birimlere ayırma veya yapıyı yatay veya dikey olarak genişletme olanağı anlamına gelir (Arge, 2005). Kısaca bir yapı veya binanın ve/veya çevresinin yeni koşullara uyması veya uyması için ayarlanması ve değiştirilmesi süreci anlamına gelir (Douglas, 2006).

Mandelbaum (1978) esnekliği değişen koşullara etkili bir şekilde yanıt verme yeteneği olarak tanımlamış ve bunu iki farklı biçimde belirtmiştir: eylem esnekliği ve durum esnekliği. Eylem esnekliği, yeni koşulları karşılamak için yeni eylemlerde bulunma kapasitesi olarak tanımlanırken, durum esnekliği çevredeki değişikliklere

rağmen etkin bir şekilde çalışmayı sürdürme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır (Mandelbaum, 1978). Benzer bir yaklaşımla Wiendahl ve arkadaşları da esnekliği, kapsamlı bir yatırım yapmak zorunda kalmadan, organizasyon ve teknoloji ile ilgili olarak öngörülen sınırların ötesine hızlı bir şekilde uyum sağlamayı mümkün kılan potansiyel olarak tariflemiştir. Bunu da Mandelbaum'a benzer şekilde statik esneklik ve dinamik esneklik olarak ikiye ayırmıştır (Wiendahl, 2015). Beklenen kullanım türü ve süresi, mülkiyet, binanın fiziksel bağlamı ve ayrıca bina yönetmelikleri ve yönetmelikleri bağlamı; tüm bu yönler, bir talep programında ulaşmak istenen esneklik düzeyini belirler. Bu temel tasarım kararları ve teknolojiler doğrultusunda her bina potansiyel bir eylem ve durum esnekliğine sahiptir (Westra ve Vos, 2003). Beklentiler açısından ise Narain ve arkadaşlarına göre (2000) esneklik üç farklı boyutta gözlemlenebilir: gerekli esneklik, yeterli esneklik ve rekabetçi esneklik. Binada ön görülen bir beklenti gerçekleştiğinde, sistemin "yerleşik" esnekliği bu ihtiyacı karşılamaktadır. Böylece gerekli değişiklik, sistemi tekrar tekrar dönüştürmek zorunda bırakmadan kendi içinde gerçekleşir. Ancak değişiklik gereksinimi tanımlanan esneklik sınırını aşarsa, sistemin değiştirilmesi gerekmektedir. Sistemin değişme hızı esneklik algısını da doğrudan etkilemektedir. Bu tür durumlar için sistemin değiştirilebileceği bir çözüm alanının da öngörülmesi gerekmektedir (Narain vd., 2000). Çözüm alanı için yapılan hazırlıklar ne kadar büyükse esneklik kabiliyetleri ve hızı da o kadar artmaktadır. Değişiklik beklentilerinin gerçekleşme hızı, yapıya olan esneklik bakış açısını ters orantılı etkilemektedir. Rekabetçi esneklik olarak tariflenen, esnekliğin yüksek kapasite ve hızda olduğu senaryolarda maliyetler artsa da esneklik algısı oldukça yüksek olmaktadır. Aksine bu sürecin uzaması veya zorlaşması istenmeyen ek maliyetlere sebep olmakla birlikte, esneklik algısını da zayıflatmaktadır. Dolayısıyla esneklik beklentisi ve algısı birbirlerine bağlıdır.

Bir binanın farklı ölçeklerdeki kullanım ve ihtiyaç senaryoları değiştiğinde bir takım yapısal değişikliklerin de gerçekleşebilmesi gerekmektedir. Genel olarak binanın kullanım ömrü boyunca fonksiyon değişimi, kapasite değişimi ve işleyiş değişimi olmak üzere üç tip değişimin gerçekleşmesi beklenir. Bu değişimler binanın kullanım amacını veya kullanıcı beklentilerini karşılayabilmek

doğrultusunda gerçekleşmektedir (Şekil 2.1). *Fonksiyon değişimi*, belirli bir amaca ulaşmak için bir dizi faaliyet veya bileşenlerin, mevcut fonksiyonların iyileştirilip yükseltilmesini, yeni fonksiyonların dahil edilmesini ve farklı fonksiyonlara uyum sağlamak için değişiklik yapılmasını içerir. Mevcut işlevlerin iyileştirilip yükseltilmesi, genellikle aynı amaca ulaşmak için değiştirilmiş bir dizi etkinlik veya bileşenlerdir. Özellikle binadan beklenen performans düzeylerinin arttığı ve mevcut öğelerin bu yeni performans gereksinimlerini karşılayamadığı durumlar için geçerlidir. Bununla birlikte, yeni bir fonksiyonun dahil edilmesiyle, bina içinde halihazırda mevcut olan işlevlere ek olarak yeni bir amaca ulaşılır. Böylelikle toplam performans bir bütün olarak artmaktadır. Bir bina, aynı zamanda, orijinal olarak tasarlanıp inşa edildiğinden tamamen farklı hedeflere ulaşmak için değiştirilebilir. Yeni kullanım senaryosunda beklenen performans seviyeleri, başlangıçta tasarlandığı gibi binada bulunması beklenenden önemli ölçüde farklı olabilir (Slaughter, 2001).



Şekil 2.1 Binanın kullanım ömrü boyunca gözlenen üç tip değişimi (Slaughter, 2001)

Kapasite, binanın yük veya hacim olarak belirli performans gereksinimlerini karşılama yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Yüklerdeki değişiklikler, inşa edilmiş bir tesis için artan performans beklentileri veya olası yeni yük koşullarının sağlanmasını gerektirebilir. Hacim kapasitesindeki değişiklikler, inşa edilmiş

tesislerin mekansal boyutlarının zaman içinde tesisin temel işlevlerinin gerçekleştirildiği veya üzerinde daha fazla alan eklendiği temel bir gereksinimdir. Kullanılabilir alan ihtiyacındaki artış, genellikle binanın gelecekteki fonksiyon ve işleyiş güncellemeleriyle ortaya çıkabilir. Bir diğer değişim olarak *işleyiş değişimi*, binanın içindeki ve etrafındaki hareketlerin zamanla talebe göre yeniden şekil alması olarak tanımlanır. Bir bina içindeki veya bina ile çevresi arasındaki iklimsel veya fiziksel çevre koşullarına yanıt olarak veya kullanıcılar tarafından süreç veya organizasyonel değişikliklere yanıt olarak meydana gelebilir (Slaughter, 2001).

Bir binadaki yapısal sistemler çeşitli mekanizmalar yoluyla etkileşime girebilir ve bu etkileşimler ve sistemlerin kendileri, binanın farklı türdeki değişikliklere yanıt verme esnekliğini etkiler. Sistem etkileşimleri üç genel kategoride gruplandırılabilir: fiziksel, işlevsel ve mekansal etkileşim. Bina sistemleri arasındaki fiziksel etkileşimler bir bağlantı, kesişme veya bitişiklik yoluyla olabilir. İkincisi, sistemler işlevsel olarak etkileşime girebilir. Etkileşim, mevcut işlevleri destekleyerek iyileştirebilir veya tamamlayabilir. Etkileşimler aynı zamanda mevcut işlevlerin performansını düşürerek o işlevleri de bozabilir. Cephe sistemlerinin taşıyıcı sistemleri desteklemesi ya da bu taşıyıcılara zorluk çıkarması şeklinde örneklenebilir. Özellikle karmaşık sistemler ve koşullar için genellikle fonksiyonel etkileşimlerin izlenmesi ve analiz edilmesi zor olabilir (Durmisevic, 2006). Belirli bir mekan ve zamanda işlevleri yerine getiren bu yapısal sistemlerin ve elemanlarının katı entegrasyonu, genellikle binanın kendisinden daha kısa bir yaşam döngüsüne sahip olan her bir bileşenin veya bina sisteminin dayanıklılık seviyesini göz ardı etmektedir. Sistemlerin karmaşıklığını bileşenlerinin farklı kullanım sürelerini göz önünde bulundurarak analiz etmek değişim için hangi öğelerin değişmesi gerektiğini ve ne tür bağımlılıkların bu değişimi tetikleyeceğini veya kesintiye uğratacağını belirleyerek öngörü sağlar (Askar vd., 2021). Üçüncüsü, sistemler mekansal (uzamsal) olarak etkileşime girebilir. Sistemlerin (bileşenler aracılığıyla) tanımlı bölge içinde gerçekleşmesi, fiziksel veya işlevsel olarak tanımlanamayan, ancak kullanıcının binanın yeterliliğine ilişkin algısı için önemli bir etkileşim sağlar. Ancak mekansal etkileşimler, sadece kullanıcı algısıyla ve teknik sistemlerden bağımsız olarak gözlemlenemezler, çünkü mekandaki değişimler, bir binanın teknik bileşimi

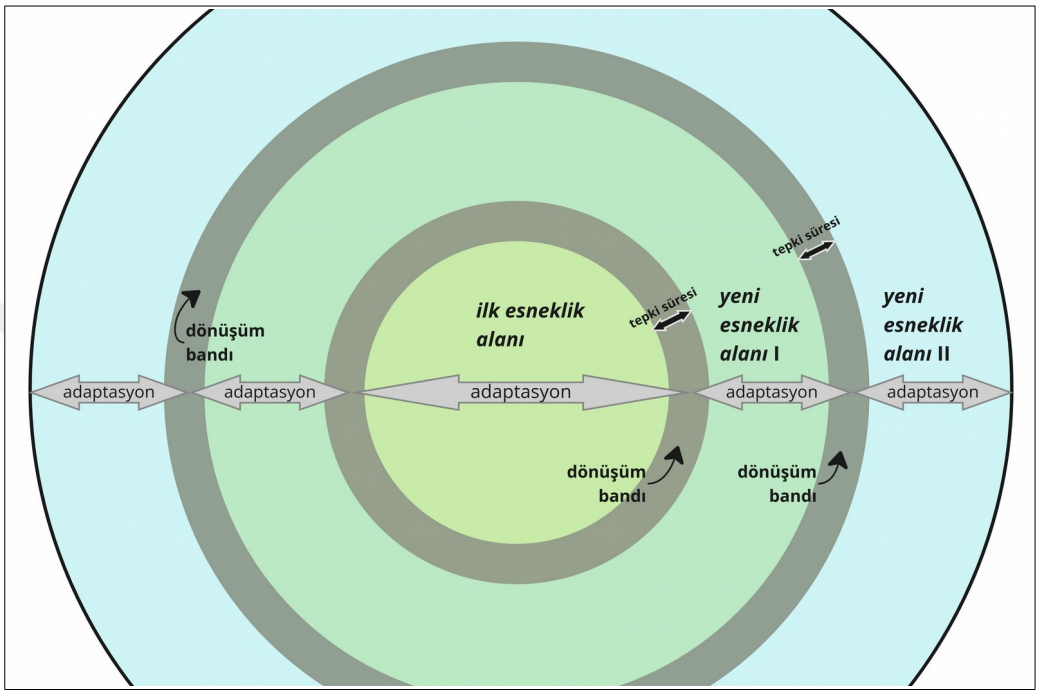
ile doğrudan ilişkilidir. Belirli bir mekansal sistem oluşturmak için bir araya getirilen bileşenler arasındaki arayüzler, değiştirilebilirlik için tasarlanmadıysa, mekansal sistemlerin yeniden düzenlenmesini sağlamak zordur (Durmisevic, 2006).

Üç ana değişiklik türü (fonksiyon, kapasite ve işleyiş) ve sistemler arasındaki etkileşimler, bir binanın, bina içindeki faaliyetlere ilişkin performans gereksinimlerini karşılayabilme kapasitesini analiz etmek için bir çerçeve sağlar.

Eski geleneksel binalarda bina bileşenlerinin kullanım yaşam döngüsü yaklaşık olarak binanın teknik yaşam döngüsüne eşittir. Binayı içeriden ve dışarıdan saran teknik sistemlerin dayanıklılığı, bakım ve sürekliliği ön planda tutulmuştur. Ancak dünyada küresel iletişim ve ulaşımın gelişmesine ek olarak mal ve hizmetlerin zamanla artan hareketliliğiyle, yapılar için statik kullanım senaryoları elverişsiz hale gelmiştir. Bu, önceden belirlenmiş bir amaç doğrultusunda kullanıma sunulan mekanların, bu mekanların oluşturulup kullanılabilmesini sağlayan teknik sistemler ve malzemelerden çok daha hızlı değiştiği anlamına gelmektedir (Shah vd., 2008; Wiehndahl, 2015). Geleneksel ile sürdürülebilir yapılar arasındaki uçurumu kapatmak için, endüstriyel yapı ürünlerinin performansına ve teknik bileşimine ilişkin algıları değiştirmek gerekmektedir. Bu, yapıların dinamik hale gelmesi veya yeniden kullanım ve geri dönüşümle ilişkili olarak yeniden yapılandırmaya yanıt vermesi gerektiği anlamına gelmektedir. Böylece yapılar aynı zamanda kullanıcıların binadan beklediği çeşitlilik ve modifikasyon ihtiyaçlarına cevap verir (Durmisevic, 2006).

Günümüzde ise birçok binanın yaşam döngüsü beş aşamada özetlenebilir: programlama, tasarım ve planlama, inşaat, iskân ve yenileme. Programlama aşamasında belirlenen bir takım uyarlanabilirlik kararları sonraki dört aşamada uygulanır ve kullanılır. Bu kararlar tek seferlik bir strateji değildir, ancak uzun vadeli kullanım olanaklarını garanti etmelidir (Beisi, 1995). Ancak binaların ve binaya ait yapısal bileşenlerin fonksiyonel kullanım ömrünün giderek kısalması nedeniyle, fonksiyonel kullanım ve teknik yaşam döngüsü arasındaki oran bozulmaktadır. Dolayısıyla yapı bileşenlerinin değişme hızı da artmaktadır. Teknik anlamda uzun

kullanım ömrüne sahip bileşenler ile fonksiyonellik anlamında kısa kullanım ömrüne sahip bileşenlerin arasındaki farkın artması sonucu binada kullanılan malzemelerin daha yüksek bir yeniden kullanım potansiyeline sahip olması gerekmektedir (Durmisevic, 2006).



Şekil 2.2 Esneklik- adaptasyon ve dönüşüm ilişkileri

Belirli bir kullanım amacıyla tasarlanmış bina, kullanım fonksiyonunun gerçekleşebilmesi için belirli teknik bir alt yapıyla da desteklenmektedir. İhtiyaç duyulacak değişimin türüne göre (fonksiyon-kapasite-işleyiş) binalar ve binaları oluşturan teknik sistemler, bu teknik sistemlerin içerisindeki en zayıf ya da statik birimin belirlediği alan kadar hareketliliğe sahiptir. (Slaughter, 2001) Bina ve teknik birimleri değişiklik talebine bu esneklik alanında daha seri adapte olurken sistemlerin içerisindeki en statik birimin güncellenerek dönüşmesiyle yeni durumun esnekliğine daha zayıf kalan birimin belirlediği yeni bir esneklik alanı oluşacaktır (Şekil 2.2). Dolayısıyla bir önceki duruma göre binadan beklenen değişiklik taleplerine daha fazla adaptasyon alanı sağlanabilmektedir. Bu şekildeki binanın esnekliği bir dizi adaptasyon ve dönüşüm çerçevesiyle tariflenebilir (Askar vd., 2021). Beisi (1995), uyarlanabilirliğin uygulanmasının tek seferlik bir çözüm anlamına gelmediğini, uzun vadeli çeşitli kullanım olanaklarına da izin vermesi gerektiğini belirtmektedir. Bu

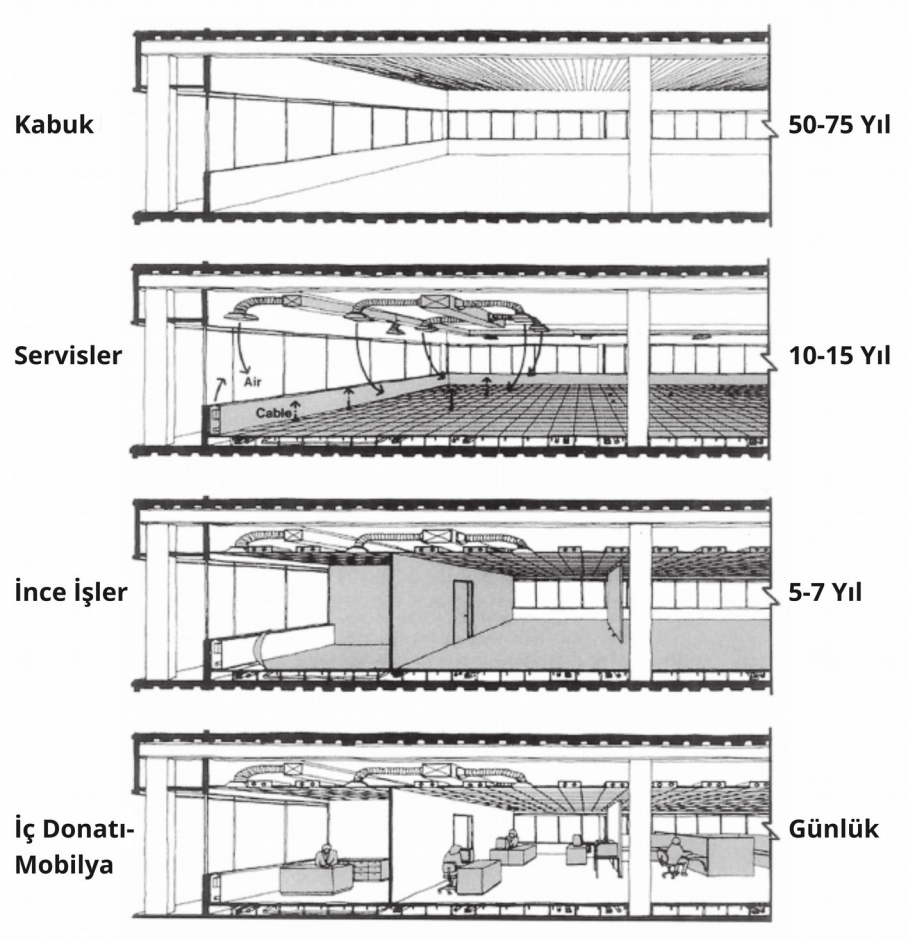
uyum bir süreçtir. Habraken'e (2008) göre de dönüşüm, elemanların yok edilmesi, yerinin değiştirilmesi ve yeni eklerle yükseltilmesi olacak şekilde üç farklı operasyonla gerçekleştirilebilir. Bu durumda esneklik algısını pozitif ya da negatif olarak belirleyen, adaptasyon ve dönüşümlerin hızıdır. Dolayısıyla esnekliğin zaman açısından dikkate alınması gereken bir yönü de vardır. (Habraken, 2008; Wiehndahl, 2015; Askar vd., 2021)

2.2 Mimari Yapılarda Değişim ve Katmanlar

Binalar birçok sistemi koordineli olarak bir arada barındıran karmaşık yapılardır. Binaların çalışma performanslarını anlamak ve değerlendirmek için, parçalarını anlaşılır ve kontrol edilebilir kümeler şeklinde sistematik hale getirmeye yardımcı olacak bir yöntem tanımlanmalıdır. Bu karmaşıklıkla ilgilenen çoğu araştırmacı da bunu başarmak için bir binayı farklı düzeylerde tanımlamaya çalışmıştır (Durmisevic, 2006). Binada gerçekleşecek değişimlerin yansımalarını binanın iç ve dış dinamiklerinde gözlemlemek gerekli önlemleri almak ya da gereksinimleri uygulamak adına binayı oluşturan her düzey kendi ölçeğinde farklı öneme sahiptir. Bu doğrultuda incelendiğinde bina, farklı düzeylerde temsil edilebilen çok boyutlu bir sistemdir. Yapılı çevrenin dönüştürülmesinde Habraken (2000), kontrol/karar verme düzeylerini ortaya koyarken, Brand (1995) bir binada farklı değişme oranlarındaki işlevleri tanımlamak için bina içindeki işlevsel seviyeleri tanımlamıştır (Habraken, 2000; Brand, 1995).

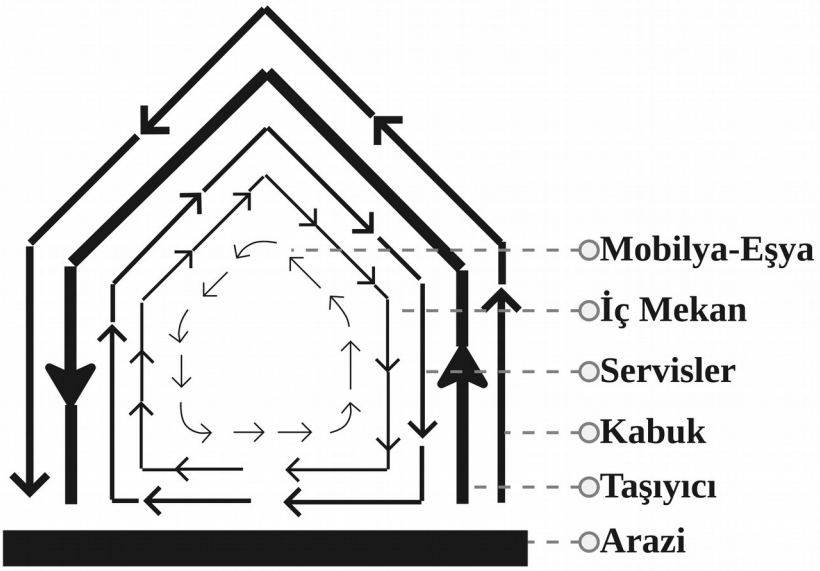
Habraken (2000), *support ve infill* olarak iki terimle kullanıcıların değişim sıklığına göre gruplama yapmıştır. Daha az değişim geçiren destekleyici (support) katmanı, daha sık değişim geçiren dolgu (infill) katmanına göre daha üstte konumlanmaktadır. Kullanım yerine göre destekleyici (support) katmanı yapı taşıyıcısı anlamına gelebildiği gibi ölçeğe göre kent dokusu anlamına da gelebilmektedir. Benzer şekilde dolgu (infill) katmanı kullanıcıların bireysel olarak etkileşimde bulunduğu alan ve donatıları tariflemektedir. Dolayısıyla daha sık değişimin görülmesi beklenmektedir (Habraken, 2000).

Thomas (2019), DEGW ve Eosys'in The ORBIT kitabında binanın kullanım ömürlerine göre 4S olarak dört guruba ayrıldığını belirtmiştir (Şekil 2.3). Bunlar: Kabuk (Shell), Servisler (Shell and Services), İnce işler (Scenery) ve İç donatı-mobilyalar (Sets). Kabuk olarak belirtilen, binayı baştan sona tarifleyen taşıyıcı ve diğer kaba inşaat sürecindeki elemanlar, en uzun kullanım ömrüne sahip olan elemanlardır. Servisler, binanın kullanım amacına uygun, gerekli havalandırma ve diğer tesisat gibi elamanlarıdır. Sonraki en uzun kullanım ömrüne sahiptir. İnce işçiliği kapsayan tüm iç mekana ait kaplama ve duvarlar, iç mekan yerleşimini belirler ve zaman zaman kullanım ihtiyacına göre değişiklikler geçirebilir. İç donatı ve mobilyalar ise bina içerisinde en sık değişikliğe uğrayan birimdir (Thomas, 2019; Blyth ve Worthington, 2010).



Şekil 2.3 The ORBIT kitabında binanın kullanım ömürlerine göre dört guruba ayrılması (Blyth ve Worthington, 2010).

Brand (1995), yukarıda belirtilen katmanları altıya çıkararak; Arazi (Site), Taşıyıcı (Structure), Kabuk (Skin), Servisler (Services), İç mekan (Space Plan) ve Mobilyalar (Stuff) şeklinde tanımlamıştır (Şekil 2.4). Yine benzer şekilde arazi binanın içinde bulunduğu toprak parçasını belirleyen sınırları tariflemektedir ve en uzun kullanım ömrüne sahiptir. Taşıyıcı, en üstten en alttaki temellere kadar yük aktaran elemanları tariflemektedir ve sonraki en uzun ömre sahip elemandır. Kabuk, binayı sarmalayan cephe ve çatıyı tarifler. Servisler, havalandırma, elektrik-su, iletişim vb. teknik yapıyı işaret etmektedir. İç mekan, yapının içerisindeki yerleşimi belirleyen duvarlar ve zemin-tavan vb. kaplamaları kapsamaktadır. Mobilyalar ise yapının kullanım amacına göre ihtiyaç duyulan eşyaları tariflemektedir ve en çok değişim sıklığı bu katmanda görülmektedir (Brand, 1995).

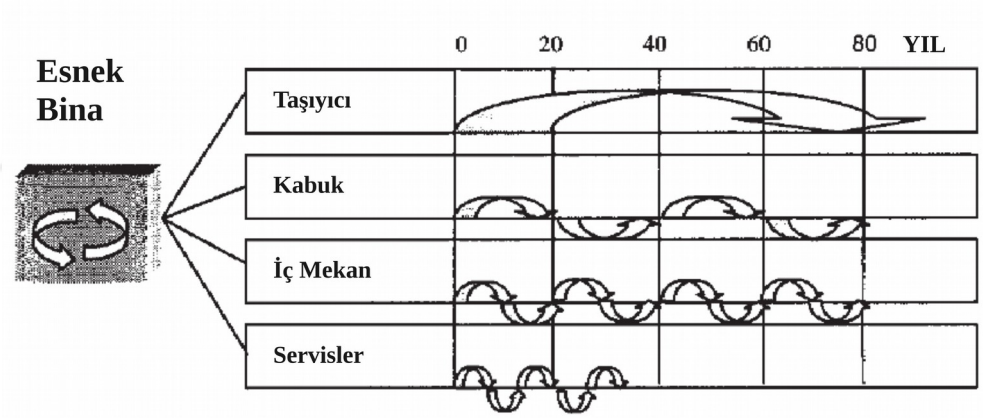


Şekil 2.4 Brand'in tariflediği katmanlar (Brand, 1995).

2.3 Yapı Esnekliği ve Kriterleri

Binaların kullanım amacını belirleyen fonksiyonel düzeyler ve kullanımın gerçekleşmesini sağlayan fiziksel düzeyler bir bütün olarak çalışmaktadır. Binanın ömrü boyunca sürdürülebilir ve ekonomik davranış gösterebilmesi için bu ilişkinin dengeli ve birbirini destekler seviyede olması gerekmektedir. Düzeyler arasındaki dikkat çeken bir durum, bazı düzeylerin diğerlerine göre baskın ve yönlendirici

olmasıdır. Bu baskınlık, değişme hızlarındaki oranlar ile tanımlanır. Sistemlerin dinamikleri, hızlı bileşenlerin takip ettiği yavaş bileşenler tarafından belirlenmektedir. Daha yavaş döngüye sahip seviyeler, daha hızlı döngü seviyelerini sınırlandırdığı için ön plana çıkmaktadır (Şekil 2.5). Bu durumda, yapıların esneklik ve teknik kompozisyon çerçevesinde incelenmesi halinde bir bina içindeki fonksiyonel ve fiziksel seviyelerin birbiriyle olan ilişki baskınlığını azaltmak, hızlı değişen seviyelerin harekete geçmesindeki yavaşlığın önüne geçecektir. Bu baskınlığın sürekliliği durumunda ise hızlı değişen seviyeler, daha yavaş değişen seviyelerin bütünlüğünü etkileyecektir. Bu da fiziksel seviyelerde bazı yapı parçalarının da yıkılmasına ya da fonksiyonel seviyelerde binanın terkedilmesine neden olabilir. Fiziksel seviyelerin bağımsızlığı ve değiştirilebilirliği bir tasarım stratejisi olarak benimsendiğinde, fiziksel seviyelerin ve dolayısıyla malzemelerin yaşam döngüsü uzatılabilir (Durmisevic, 2006).



Şekil 2.5 Yapıyı oluşturan katmanların yaşam döngüsü (Durmisevic, 2006).

Çoğu eski binalarda mevcut teknik sistemlerin sabit olmasından dolayı zamanla bu yapılarda artan malzeme, enerji kullanımı ve atık üretimi gözlemlenmektedir. Bu nedenle, değiştirilemeyen, yeniden kullanılamayan, yeniden yapılandırılamayan veya geri dönüştürülemeyen sabit teknik konfigürasyonlar binanın total esnekliğini de etkilemektedir (Durmisevic, 2006). Bu total esnekliği Toni ve Tonchia (1998), etkileri fiziksel olarak gözlemlenebilen yani doğrudan olarak ve maliyet, efor ve yönetimsel kararlarla bağlantılı olan dolaylı esneklik olarak tariflemiştir (Toni ve Tonchia, 1998). Beisi (1995) de dolaylı esneklik için benzer şekilde iletişim, maliyet

ve yönetim gibi düşünsel faktörlerin bu bağlamda dikkate alınmasını vurgulamıştır. Beisi (1995) ilkesel olarak mekansal ve teknik boyuttaki doğrudan yaklaşımı toplam beş kategoriye ayırmıştır: boyut değişimi (bina için), çok fonksiyonluluk, mekanlardaki işlevsel değişim, kapasite değişimi (mekan sayısı ve boyutu), mobilite (mekanı destekleyen donatılar için) (Beisi, 1995).

Durmsevic'e göre sürdürülebilir tasarım eksenindeki bir binanın yaşam döngüsü, doğrudan yapının mekansal ve teknik esnekliğine bağlıdır. Kullanım esnasındaki organizasyonel değişiklikler veya birimlerinin büyütülmesini-küçültülmesini gerektiren değişiklikler mekansal dönüşümü zorlaştırabilir. Geleneksel binalarda teknik sistemler, sabit konfigürasyonları nedeniyle mekansal sistemleri de sınırlandırmaktadır. Bu bağlamda incelendiğinde mekansal esnekliğin göstergeleri şu şekilde tanımlanabilir; genişletilebilirlik (mekanın genişletilmesi), bölümleme (mekan birimlerinin yeniden düzenlenmesi), çok işlevlilik (mekanları yeniden düzenleme) ve fonksiyonel değişim (bir fonksiyondan diğerine dönüşüm) (Durmisevic, 2006).

Teknik esneklik, yapı bileşenlerinin ve sistemlerinin kolayca değiştirilebilmesi, yerinden oynatılabilmesi, yeniden yapılandırılabilmesi, yeniden kullanılabilmesi ve geri dönüştürülebilmesi ile ilgilidir. Teknik esnekliğin göstergeleri şunlardır: ulaşılabilirlik, değiştirilebilirlik, yeniden yapılandırma (ayarlama) ve ayrılabilme. Teknik esneklik, binayı sadece sürdürülebilir değil, aynı zamanda binayı kullanım trendleri ve teknolojik gelişmeleri takip edecek şekilde uyarlanabilir hale getirmektedir (Durmisevic, 2006). Blakstad (2001) fiziksel uyarlanabilirliği binanın yapısal ve teknik sistemlerinin kullanım, mülkiyet veya çevredeki değişikliklere uyum sağlama yeteneği olarak tariflemiştir. Teknik ve fiziksel uyarlanabilirlik, esneklik, bölünebilirlik, çok işlevlilik ve genişletilebilirlik ile sağlanabilir. Bu bağlamda fiziksel esnekliği mümkün kılan özellikleri; sökülebilirlik, yeniden düzenlenebilirlik, ayarlanabilirlik, değiştirilebilirlik, tekrar kullanılabilirlik, mobilite, şekillendirilebilirlik ve modülerlik olarak sıralamıştır (Blakstad, 2001).

Buraya kadar mimarlıkta esneklik için ilkelerin, kriterlerin önemi ve yapı esnekliğinin sürdürülebilirlik için ne kadar gerekli olduğu vurgulanmıştır. Dolayısıyla bu ilke ve kriterlerin yapı esnekliği kapsamında net bir şekilde ifade edilmesi gerekmektedir. Bunun için bu konudaki birçok yazarın çalışmaları ışığında yapı esnekliğini etkileyen ilke ve kriterlerin listelendiği bir tabloya ihtiyaç duyulmaktadır.

Yapı Esnekliği İçin İlke ve Kriterler: Mimarlıkta esneklik ve yapı esnekliği bağlamında yapılmış olan akademik çalışmalar buraya kadar kapsamlı olarak araştırılmış ve derlenmiştir. Yapı esnekliğini etkin kılan birtakım mimari özellikler ve bu özelliklerin etkilediği kriterler birçok yazar tarafından farklı boyutlarda ele alınmıştır. Bu duruma netlik kazandırmak amacıyla incelenen çalışmalarda ilkeler ve kriterler doğrultusunda sistematik bir dizi kavram kategorisine ihtiyaç duyulmaktadır. Dolayısıyla yapılan çalışmalar içerisinden 30 tanesine ait esneklik analizleri, mimari yapı elemanları ve özellikleri kapsamında detaylı olarak incelenmiştir. Tablo 2.1'de bu çalışmaların listelendiği esneklik ilkeleri ve bu ilkeleri gerçekleştiren fiziksel-fonksiyonel kriterler listelenmiştir. Belirlenen ilke ve kriterler birçok anlamda kelime olarak farklılaşsa da anlam olarak kesişen noktalara sahiptir. Bu nedenle ilke ve kriterler için seçilen kelimeler, anlam bakımından olabildiğince az kesişime sahip ve farklılaşabilen özellikte olacak şekilde tercih edilmiştir. Böylece daha fazla kapsayıcı ve tekrara düşmeyen bir sınıflandırma hedeflenmiştir. Aşağıdaki tabloda listelenen veriler ışığında en yoğun ilke ve kriterler, bir sonraki bölümde detaylı olarak incelenecek daha sonra hiyerarşik olarak ilişkileri ortaya konulacaktır.

Tablo 2.1 Yapı esnekliğini etkileyen ilke ve kriterlerin literatür analizi

İlkeler	*Kriterler*	*Referans Kaynak*
sökülebilirlik mobilite değiştirilebilirlik yeniden ayarlanabilirlik evrensellik	strüktür / taşıma kapasitesi malzemeler servisler iç mekan cepheler form / yerleşim birleşimler	Durmisevic, E. (2006)
evrensellik modülerlik sökülebilirlik yeniden ayarlanabilirlik/kullanılabilirlik geri dönüştürülebilirlik	strüktür iç mekan cepheler servisler malzemeler birleşimler	Thormark, C. (2001)
ayarlanabilirlik çok yönlülük tekrar kullanılabilirlik ölçeklenebilirlik mobilite	strüktür servisler bina donatıları	Schmidt III, R., Eguchi, T., Austin, S., & Gibb, A. (2010)
modülerlik mobilite tekrar kullanılabilirlik çok yönlülük evrensellik	servisler strüktür iç mekan cepheler	Till, J., & Schneider, T. (2005)
modülerlik çok yönlülük evrensellik sökülebilirlik	strüktür / taşıma kapasitesi form servis bina donatıları	Cavalliere, C., Dell'Osso, G. R., Favia, F., & Lovicario, M. (2019)
değiştirilebilirlik sökülebilirlik dayanıklılık çok yönlülük	strüktür / taşıma kapasitesi cephe servis malzeme	Galle, W., & De Temmerman, N. (2013)
yeniden ayarlanabilirlik sökülebilirlik değiştirilebilirlik modülerlik	strüktür / taşıma kapasitesi servisler cephe iç mekan	Slaughter, E. S. (2001)
evrensellik mobilite modülerlik ölçeklenebilirlik uyumluluk	strüktür form cephe arazi yerleşim	Nyhuis, P., Heinen, T., & Brieke, M. (2007)
değiştirilebilirlik sökülebilirlik dayanıklılık geri dönüştürülebilirlik modülerlik	strüktür / taşıma kapasitesi malzemeler birleşimler	Sadafi, N., Zain, M. F. M., & Jamil, M. (2014)
modülerlik yeniden ayarlanabilirlik çok yönlülük tekrar kullanabilme	malzemeler birleşimler servisler	Israelsson, N., & Hansson, B. (2009)

Tablo 2.1 Devamı

İlkeler	*Kriterler*	*Referans Kaynak*
değiştirilebilirlik yeniden ayarlanabilirlik geri dönüştürülebilirlik	strüktür malzemeler servisler iç mekan	Bullen, P., & Love, P. (2011)
dayanıklılık geri dönüştürülebilirlik çok yönlülük	malzemeler arazi iç mekan servisler	Manewa, A., Siriwardena, M., Ross, A., & Madanayake, U. (2016)
dayanıklılık ölçeklenebilirlik çok yönlülük geri dönüştürülebilirlik uyumluluk	strüktür / taşıma kapasitesi malzemeler servisler iç mekan cepheler	Askar, R., Bragança, L., & Gervásio, H. (2021)
değiştirilebilirlik dayanıklılık sökülebilirlik çok yönlülük	strüktür servisler iç mekan cepheler	Gosling, J., Sassi, P., Naim, M., & Lark, R. (2013)
modülerlik değiştirilebilirlik yeniden ayarlanabilirlik mobilite	servisler iç mekan	Arge, K. (2005)
mobilite yeniden ayarlanabilirlik değiştirilebilirlik modülerlik sökülebilirlik	iç mekan servisler strüktür cepheler	Heidrich, O., Kamara, J., Maltese, S., Cecconi, F. R., & Dejaco, M. C. (2017)
mobilite yeniden ayarlanabilirlik değiştirilebilirlik modülerlik sökülebilirlik ölçeklenebilirlik çok yönlülük	iç mekan servisler strüktür cepheler	Pinder, J. A., Schmidt, R., Austin, S. A., Gibb, A., & Saker, J. (2017)
modülerlik dayanıklılık uyumluluk yeniden ayarlanabilirlik	strüktür / taşıma kapasitesi malzemeler servisler iç mekan cepheler	Habraken, N.J. (2008)
değiştirilebilirlik dayanıklılık sökülebilirlik ölçeklenebilirlik	strüktür / taşıma kapasitesi malzemeler servisler iç mekan cepheler	Remøy, H., de Jong, P., & Schenk, W. (2011)
değiştirilebilirlik dayanıklılık sökülebilirlik uyumluluk mobilite	strüktür / taşıma kapasitesi malzemeler servisler iç mekan cepheler	Gijsbers, R. (2006)

Tablo 2.1 Devamı

İlkeler	*Kriterler*	*Referans Kaynak*
mobilite yeniden ayarlanabilirlik/kullanılabilirlik değiştirilebilirlik modülerlik sökülebilirlik ölçeklenebilirlik çok yönlülük	strüktür / taşıma kapasitesi malzemeler servisler iç mekan cepheler form / yerleşim birleşimler	Geraedts, R. (2016)
mobilite yeniden ayarlanabilirlik/kullanılabilirlik değiştirilebilirlik modülerlik çok yönlülük	strüktür / taşıma kapasitesi malzemeler servisler iç mekan cepheler	Agha, R. H., & Kamara, J. M. (2017)
mobilite yeniden ayarlanabilirlik/kullanılabilirlik değiştirilebilirlik modülerlik sökülebilirlik ölçeklenebilirlik dayanıklılık	servisler strüktür iç mekan cepheler malzemeler birleşimler form	Blakstad, S. H. (2001)
mobilite yeniden ayarlanabilirlik/kullanılabilirlik değiştirilebilirlik ölçeklenebilirlik	strüktür iç mekan cepheler malzemeler	Hudec, M., & Rollová, L. (2016)
yeniden ayarlanabilirlik/kullanılabilirlik değiştirilebilirlik modülerlik sökülebilirlik çok yönlülük	strüktür / taşıma kapasitesi malzemeler servisler iç mekan cepheler form / yerleşim birleşimler	Graham, P. (2005)
sökülebilirlik mobilite değiştirilebilirlik yeniden ayarlanabilirlik	strüktür / taşıma kapasitesi malzemeler servisler iç mekan cepheler form / yerleşim birleşimler	Andrade, J. B., & Bragança, L. (2019)
mobilite yeniden ayarlanabilirlik değiştirilebilirlik modülerlik sökülebilirlik	strüktür / taşıma kapasitesi malzemeler servisler iç mekan cepheler form / yerleşim birleşimler	Schmidt III, R., Deamer, J., & Austin, S. (2011)

Tablo 2.1 Devamı

İlkeler	*Kriterler*	*Referans Kaynak*
mobilite modülerlik dayanıklılık sökülebilirlik yeniden ayarlanabilirlik	strüktür iç mekan cepheler malzemeler birleşimler	Sinclair, B. R., Mousazadeh, S., & Safarzadeh, G. (2012)
mobilite modülerlik evrensellik sökülebilirlik	strüktür iç mekan cepheler servisler malzemeler birleşimler	Hu, R., Follini, C., Pan, W., Linner, T., & Bock, T. (2017)
evrensellik modülerlik dayanıklılık sökülebilirlik yeniden ayarlanabilirlik geri dönüştürülebilirlik	strüktür iç mekan cepheler servisler malzemeler birleşimler	Crowther, P. (2005)

BÖLÜM ÜÇ
YAPI ESNEKLİĞİ İÇİN TEMEL İLKE VE KRİTERLERİN BELİRLENEREK HİYERARŞİK OLARAK İLİŞKİLENDİRİLMESİ

İkinci bölümde esneklik olgusu tanımlanmış, mimarlık alanında bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar araştırılmış ve birçok yazarın farklı bakış açılarıyla mimarlıktaki esneklik, değişebilirlik, uyumluluk gibi bir takım terimler doğrultusundaki açıklamaları incelenmiştir. Farklı yazarların esneklik bağlamında tariflediği tanımlamalara değinilmiş ve yaptıkları çalışmalar doğrultusunda belirledikleri bazı ilke ve kriterlerden bahsedilmiştir. Esneklik için önemli olan ilke ve kriterlerin mimarlık perspektifindeki bir takım etkilerinden ve sürdürülebilirlik için ne kadar faydalı olduğundan bahsedilmiştir. Bu konuda incelemeye alınan birçok yazarın çalışmaları ışığında yapı esnekliğini etkileyen ilke ve kriterlerin listelendiği bir tablo oluşturulmuştur.



Şekil 3.1 Yapı esnekliği ilke ve kriterlerinin katmanlı gösterimi

İkinci bölüm sonunda otuz farklı çalışmanın listelendiği tabloda yapı esnekliğinin gerçekleştiği kritik alanlar ve esnekliğin gerçekleşebilmesi için sahip olunması gereken ilkeler listelenmiştir. Tablo sonucunda karşılaşılan ilke ve kriterlerden birbirleri içerisinde farklılaşmış ve yoğunluk olarak çok fazla değinilmiş olanları

sistematik bir sınıflandırma yapılmak üzere belirlenmiştir. Bu noktada kapsam yapıyı fiziksel olarak esnek kılacak ilke ve kriterler doğrultusunda belirlenmiştir. Bu doğrultuda binayı oluşturan yapı elemanları ve sistemleri fonksiyonel olarak kategorize edilmiş ve Şekil 3.1'deki gibi katmanlı bir sınıflandırma elde edilmiştir.

3.1 Yapı Esnekliğini Mümkün Kılan İlkeler

Prefabrikasyon ile sanayileşmiş binanın evrimi, değiştirilebilir bileşenler kavramı ve endüstrinin özelleştirilmesi yönündeki gelişmeler, bunun sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasına yardımcı olduğunu göstermektedir. Esnekliğin, elemanların tüm yaşam döngüsü boyunca malzeme kullanım verimliliğinin dikkate alınmasını içerdiği düşünülürse, yapı ürünlerinin sürdürülebilir üretiminin önündeki temel engel, imalat sanayinin bir bina geliştirme sırasında sahip olduğu sınırlı rol ve sorumluluklardır. Diğer bir deyişle, yapı sistemleri imalat sanayisindeki aktörler, sistemin işletimi, bakımı, demontajı, yeniden yapılandırılması ve parçalarının yeniden kullanımı ve geri dönüşümü dahil olmak üzere, sistemlerinin tüm yaşam döngüsünün sorumluluğunu da üstlenmektedir (Durmisevic, 2006). Bu doğrultuda mimarların yapı esnekliği için bazı temel ilkeleri benimsemesi ve sistemli bir yaklaşım ile tasarım kurgusu oluşturması gerekmektedir. Schenk vd. (2010) göre uyumluluk, evrensellik, demonte edilebilirlik ve yeniden ayarlanabilirlik, modülerlik ve tümü, yapıyı ve yapıyı oluşturan sistemleri karakterize eder (Schenk vd., 2010).

3.1.1 Bileşenlerine Ayrılabilme / Değiştirilebilme

Durmisevic'e (2006) göre daha yüksek dönüşebilme kapasitesi, daha düşük olumsuz çevresel etki ve dolayısıyla daha yüksek sürdürülebilirlik anlamına gelmektedir. Bu kapsamda binalar üçe ayrılmaktadır:

1. Düşük bileşenlerine ayrılabilme potansiyeline sahip yapılar. Bunlar, standart inşaat atığı akışına sahip yapılardır (%70-100 geri dönüşüm ve yıkım).
2. Kısmi bileşenlerine ayrılabilme potansiyeline sahip yapılar (Malzemelerin %30-70'i geri dönüşüme tabi tutulur veya yıkılır).

3. Yüksek bileşenlerine ayrılabilme potansiyeline sahip yapılar (Malzemelerin %0-30'u geri dönüşüme tabi tutulur veya yıkılır) (Durmisevic, 2006).

Geleneksel yapılar genellikle teknik bileşenlerin kapalı sistemler şeklinde sabit ve iç içe geçmiş bir model çizmektedir. Dolayısıyla bu teknik sistemler binadaki mekanlara da entegre edilmiştir. Teknik sistemlerinden mekansal sistemlere olan bu büyük bir bağımlılığı göz önüne alındığında, binadaki her değişiklik, yapıdan çıkarılamayan yapı bileşenleri sebebiyle binanın bazı bölümlerinin yıkılmasına sebebiyet vermektedir. Entegrasyona yönelik bu tür statik bir yaklaşım, bina bileşenlerinin ve sistemlerinin farklı kullanım ve teknik ömürlere sahip olduğu gerçeğini göz ardı etmektedir. Bu da değiştirme ve onarım programlarını zorlaştırmaktadır. Sökülebilir yapı elemanları, alt sistemlerin de sökülmesine ve mekanların yeniden yapılandırılmasına kolaylık sağlar. Bu teknolojiler, esneklik, standartların gelişimine uygunluk, teknik ve kullanıcı gereksinimi çözümleri sunar. Ayrıca montaj teknolojilerinin kullanılması, yapı elemanlarının kullanım ömrü sonundaki atıkların azalmasının yanı sıra bakım sorunlarının da azalmasını sağlamaktadır (Durmisevic, 2006; Cavalliere vd., 2019).

3.1.2 Tekrar Ayarlanabilirlik / Kullanılabilirlik

Sistemlerin dönüşmeye başladığı an, yapıların veya yapı bileşenlerinin yeniden yapılandırılıp yeniden kullanılabileceği veya basitçe yıkılıp atık bertaraf alanlarına gönderilebileceği andır. Genel olarak, malzemelerin yeniden kullanım için geri kazanılmasının, enerji ve kaynak açısından geri dönüşümden daha faydalı bulunmaktadır. Bu tür esnek ve dinamik yapılar, yeni gereksinimlere göre modifikasyonlara ve malzemelerin ve bileşenlerin yeniden kullanımına, yeniden yapılandırılmasına ve geri dönüşüm için geri kazanılmasına izin verir. Bununla birlikte sürdürülebilir inşaattaki kilit konu, esnek olmayan bina yapılarını, parçaları kolaylıkla demonte edilebilen ve daha sonra yeniden kullanılabilen veya geri dönüştürülebilen dinamik ve esnek yapılara dönüştüren tasarım stratejilerinin geliştirilmesi olarak kabul edilmektedir. Başka bir ifadeyle yapıdaki teknik esneklik, bina bileşenlerinin ve sistemlerinin kolayca değiştirilebilmesi, yerinden edilebilmesi,

yeniden yapılandırılabilmesi, yeniden kullanılabilmesi ve geri dönüştürülebilmesi ile ilgilidir. 21. yüzyıl gereksinimleri perspektifinden bakıldığında, değiştirilebilir ve yeniden yapılandırılabilir/yeniden kullanılabilir bileşenlere sahip esnek binalar tasarlamak, inşaat ve yıkım molozlarının azaltılması, depolama alanlarının korunması, yeni malzemeler üretmenin çevresel etkisinin azaltılması, istihdam yaratılması ve genel bina proje giderlerinin azaltılması gibi faydalar sağlamaktadır (Durmisevic, 2006; Bullen ve Love, 2011).

Binanın tasarımının konfigürasyonu, yapı malzemelerinin yıkılması ve atılması yerine yeniden kullanım ve yeniden konfigürasyon senaryolarına ulaşmanın mümkün olup olmadığını belirler. Yani bir binanın fiziksel özelliklerinin yapı esnekliğinin bir ölçüsüdür. Bu bağlamda binadaki tüm katmanlarda yapı bileşenlerinin ve malzemelerinin değiştirilebilmesi, yeniden kullanılabilmesi, yeniden yapılandırılabilmesi, binaların ne kadar yeni gereksinimlere uyarlanabileceği ve ne kadar yüksek dönüşüm yeteneğine sahip olduğunu büyük ölçüde etkilemektedir. Teknik ve kullanım ömürlerinde gözlemlenen farklar sebebiyle, yavaş döngüye sahip bileşenlerin sistem içerisinde tespit edilip tekrar değerlendirilebilmesi hem maliyet hem de dönüşüm süresinde büyük öneme sahiptir. Çünkü tekrar kullanılamayan ya da tek kullanım senaryosuna sahip bileşenler her katmanda yapı esnekliğinde gecikmeye sebep olmaktadır ve değişim ivmesini yavaşlatmaktadır (Durmisevic, 2006; Schenk vd., 2010).

3.1.3 Uyumluluk / Evrensellik

Sanayi devrimi sonrasında yaşanan kentselleşme ile devasa yapı üretimine ihtiyaç duyulmuştur. Hızlı sanayileşme ile bilinen tüm teknikler, farklı yerlere taşınabilen fabrikada üretilmiş bileşenlerden oluşan bir sistem oluşturmak için bir araya getirilmiştir. Ekonomik açıdan, düşük maliyetli binalar üretmek için oluşan bu koşullar, bina teknolojisi için daha fazla kalite kontrolü, daha hızlı bina, daha kolay montaj ve daha iyi çalışma şartları anlamına gelmektedir. Böylece teknik bilgi daha hızlı yayılmış ve erişilebilirliği artmıştır. Bu da beraberinde mobiliteyi, evrenselleşmeyi ve dolayısıyla esnekliği getirmiştir (Durmisevic, 2006).

Uyumluluk, arayüzleri dahil olmak üzere malzemeler, bilgiler, güç ve iş akışları için minimum kurulum ve uyarlama çabasıyla ilgilidir (Schenk vd., 2010). Yapıda beklenen değişiklikler her katmanda farklı ölçekte gerçekleşmektedir. Ancak genel olarak kabul edilmiş standartlardan uzak veya prefabrike edilemeyen yapı bileşenlerinin ve sistemlerinin yapı genelindeki değişmelerde gecikmelere sebep olması söz konusudur. Prefabrikasyon, bileşenler arasındaki etkileşimi azaltmayı amaçlar, bu da değişiklikleri uygularken zamandan ve paradan tasarruf sağlar (Sadafi vd., 2014). Bileşenlerin standartlaşarak hızlı üretilmesi ve geliştirilmesi, karmaşıklığı azaltmış, tasarım ve inşaatın rasyonelleştirilip evrenselleşmesine de katkıda bulunmuştur. Çoğunluğun ortak paydada anlaşması ile malzeme ve sistemlerin bulunabilirliği, ulaşılabilirliği artmış, imalattan zaman kazanılmış, maliyet açısından da tasarruf sağlanmıştır (Blakstad, 2001). Böylece mekan ve yapıda gerçekleşecek değişimlerde kolaylıklar elde edilmiştir.

3.1.3 Modülerlik

Wiendahl vd. (2015) modülerliği teknik olarak önceden test edilip standartlaştırılmış fonksiyonel üniteler veya elemanların oluşturduğu sistemlilik olarak tariflemiştir (Wiendahl vd., 2015). Modül, bina inşasında gereksinimlerin belirleyici olduğu, diğer yandan fonksiyonel ve teknolojik olarak gerekli, ekonomik olarak da gerekçelendirilebilen çeşitli bina formlarını oluşturmak için birleştirilebilen en küçük yapısal birimdir. Modülerlik, arayüzler dahil olmak üzere en küçük sistemsel grup ile bu grubun yapı taşı olan birimlerinin verimli bir şekilde değiştirilebilirliğidir (Schenk vd., 2010).

Genel olarak, özellikle endüstriyel binaların olabildiğince çabuk inşa edilmesi gerekir. Bu nedenle prefabrike olan modüler yapılar genellikle yerinde dökme beton yapılardan daha avantajlıdır. Modüler bileşenler, yapının neredeyse hava koşullarından bağımsız olarak monte edilmesine izin vermekle kalmaz, aynı zamanda yekpare yapılara göre bazı temel avantajlara sahiptir (Wiendahl vd., 2015). Prefabrikasyonun amacı, bileşenler arasındaki etkileşimi azaltmaktır, bu da değişiklikleri uygularken zamandan, maliyetten ve enerji tüketiminden tasarruf

edilmesini sağlar. Modüler sistemlerde bileşenlerin boyut, konum ve montajı ile ilgili standart tariflerin yapılması, onları diğer sistemlerle boyutsal ve işlevsel olarak uyumlu hale getirecek ve demontajı basitleştirecektir. Böylece alanın esnekliğini ve değiştirilebilirliğini artırabilir ve sonuç olarak binanın ömrünü uzatabilir (Sadafi vd., 2014). Başka bir ifadeyle modüler bir yapı, bir binanın mekanlarının gelecekte yeniden yapılandırılmasına olanak sağlar, çünkü belirli bir modüle uygunluk, mekanları ve mekanları oluşturan sistemleri de kolayca değiştirmeye izin verir (Cavalliere vd., 2019).

3.1.5 Diğer İlkeler (Maliyet ve Zaman)

Bullen ve Love (2011)'in ifadesiyle yıkım ve sıfırdan inşaata karşı yeniden kullanımın göreli maliyetleri, ilgili faydaları ve kısıtlamaları yaygın bir tartışma konusu olmuştur. Yapısal bileşenler halihazırda mevcut olduğu ve varolanı kullanabilme potansiyeli ile maliyeti düşürebildiği için, uyum sağlamak, yıkıp yeniden inşa etmekten potansiyel olarak daha ucuzdur. Yapı elemanlarının sistematik olarak katmanlara bölünmesi, yapının değişim sürecinin diğer katmanları etkilemeden veya en azından yok etmeden gerçekleşebilmesini sağlar. Böylece işin kapsamını ve dolayısıyla maliyet ve zamanı azaltır. Yani artan esneklik ile yeniden inşa sırasındaki katma değer atmaktadır, ancak aynı zamanda başlangıç maliyeti de arttırmaktadır (Blakstad, 2001; Bullen ve Love, 2011; Israelsson ve Hansson, 2009).

Esnekliğin ölçülmesi zordur çünkü etki alanı (menzil), maliyet ve zaman olmak üzere üç boyutu vardır. Esneklik performanstan ziyade potansiyelin bir ölçüsüdür. Tekil bir kavram değildir, sistemin diğer tüm parçalarında da aranması gerekir. Esneklik için maliyet ve zaman unsurları, takas edilebilen unsurlar olarak kabul edilebilir. Çünkü bir değişim durumunda geçiş süresi ekstra maliyetle kısaltılabilir ve tersine, değişiklik için verilen süre uzatılarak değişikliğin maliyeti azaltılabilir (Narain vd., 2000). Bu ve buna ek olarak yerel ve beşeri birçok unsurun maliyet ve zaman boyutunu etkilemesinden dolayı bu tez kapsamında daha çok esnekliğin yapıdaki etki alanı (menzil) boyutu üzerinde durulmuştur. Maliyet ve zaman ileriki çalışmalarda ters orantılı fayda sağlamasından dolayı negatif çarpanlı olarak yapı

esnekliği ilkeleri arasına eklemlenebilir ancak bu çalışmada ölçümlerin geçerliliğini ve güvenilirliğini arttırmak amacıyla kapsam dışı tutulmuştur.

3.2 Yapı Esnekliğini Belirleyen Fiziksel Katman Kriterleri

Bir binada gerekli olan dönüşümlerin türü planlanabilir ve gerekli esnekliği sağlayacak inşaat sistemleri ve malzemeleri seçilebilir. Bina katmanlarının bileşimi ve bunların inşa edilme ve ilişkilendirilme biçimleri de binanın fiziksel esnekliğini belirlemektedir. Dolayısıyla beklenen yaşam süreleri ve bina katmanları arasındaki bağlantının anlamlandırılması için hiyerarşik bir sınıflandırılma büyük fayda sağlar (Graham, 2005).

3.2.1 Malzeme

Binalar, belirli işlevlere ve kullanıcı gereksinimlerine hizmet etmek için bir araya getirilen malzeme ve sistem bütünüdür. Değişen kullanıcı gereksinimlerinin ve işlevlerin artması, yapı malzemelerinin ayrıştırılması ve geri kazanılması ihtiyacı ile değişen seviyelerin sayısı da artmaktadır. Bu nedenle, her malzeme veya sistem iki yaşam döngüsü tipiyle ilişkilendirilir: biri malzemenin dayanıklılığıyla ilgili, diğeri ise malzemelerin yerine getirmesi gereken işlevlerin dayanıklılığıyla ilgilidir. Yani yapı içerisindeki her bir malzeme, bileşen ve sistemin, teknik ve kullanım ömrü söz konusudur. Yapı malzemelerinin farklı teknik ve kullanım sürelerine sahip olması ve çoğu malzemenin dayanıklılığının, işlevlerinin dayanıklılığından daha uzun olması, yapı dönüşümünde darboğaz yaşanmasına neden olmaktadır.

Hem mevcut hem de gelecekteki faaliyetlere uygun bir ömre sahip malzemeler binalarda esneklik yaratmaktadır. Malzeme seçimi tüm binanın ömrünü etkiler ve malzemenin hem mevcut hem de gelecekteki faaliyetlere uygun hale getirilmesi katma değer sağlar. Dolayısıyla daha dayanıklı malzemelerden yapıldığında binalar daha uzun süre dayanır. Ancak, malzeme ve enerji kayıplarına yol açan yıkım uygulamaları sonucu anlaşılmaktadır ki, sık işlevsel değişiklikler nedeniyle malzemelerin *kullanım ömrü* genellikle malzemelerin *teknik yaşam döngüsünden*

daha kısadır. Malzemeler genellikle sabit bir sisteme entegre edildiğinde sisteme ait bir unsurun değiştirilebilirliği, diğerlerinin yıkılması anlamına gelmektedir. Binaların ve malzemelerinin esnek davranmasının dolayısıyla yaşam döngülerini uzatmanın kilit unsurlarından biri, kullanılan malzemelerden bağımsız olarak, sökme ve yeniden yapılandırma yoluyla tüm teknik kompozisyon seviyelerinin dönüştürülebilmesidir. Bunu başarmak için, bina yapılarının uzun vadeli performansına ve bunun teknik bir kompozisyonla uyumuna odaklanan yeni bir tasarım yaklaşımına ihtiyaç vardır (Durmisevic, 2006; Israelsson ve Hansson, 2009).

3.2.2 Birleşim Şekilleri

Yapı esnekliği, bir binanın katmanları arasında esnek bağlantılar gerektirmektedir. Böylece hızlı döngüye sahip katmanların yavaş döngülü katmanlara zarar vermeden veya onları yok etmeden değiştirilmesine imkan sunmaktadır. Bu temel ilke, tüm bina seviyesinden, ayrı ayrı katmanlarını oluşturan bileşenlere kadar herhangi bir ölçekte için geçerli olabilir. Bu yaklaşım, yalnızca binanın esnekliğini artırmakla kalmaz, aynı zamanda yapı söküm kolaylığını da artırır (Graham, 2005).

Herhangi bir yapı elemanının, ilişki içerisinde bulunduğu eleman miktarı azaldıkça değişme ve dönüşme potansiyeli artar. Ancak her eleman bir başka elemanla farklı çeşitlikte ilişki içerisindedir (Yürekli, 1983). Wienddahl vd.'e (2015) göre yük aktaran bir elemanın sökülebilmesi, kolay birleşimlerle tamamen prefabrike edilebilmesi, bu elemanların hızlı ve kolay bir şekilde güçlendirilebilmesini veya değiştirilebilmesini kolaylaştırır. Özellikle geçmeli bağlantılar gibi özel detaylar, yapı taşıyıcı elemanların hızlı bir şekilde monte edilip demonte edilmesine olanak tanıyarak geçici ve hatta mobil yapıların çözümlerini kolaylaştırır. Prefabrikasyon ve modülerleşebilme derecesine bağlı olarak, yapısal elemanları birleştirmek için dört tip sistem tanımlanabilir: A) yekpare yapılar (yerinde dökme beton) yerinde homojen, çözülmeyen birleşimlerle inşa edilir. B) homojen fakat çözünebilir birleşimler, çelik malzemenin kaynaklanmasıyla oluşturulur. Zor olsa da bu tür birleşimler bir kez daha yapısal elemanlara ayrılabilir. C) yarı prefabrik, kısmen güçlendirilmiş yapısal elemanlar kayıp kalıp görevi görebilir; nihai stabiliteleri

yerinde uygulanan beton ile sağlanır. Birbirine bulonlanmış bir çelik iskelet, tüm bileşenlerin tam prefabrikasyonu ile en yüksek modülerleştirme derecesini temsil eder. Bu sayede yapısal elemanlar tekrarlı birleşimler ile komple değiştirilebilir hem yatay hem de dikey açıklıklara izin verir. (Wiendahl vd., 2015).

Durmisevic'e (2006), göre bir binanın yapısı veya parçaları, bir elemanın ortadan kaldırılmasıyla, bir eleman eklenerek, elemanın yapı içindeki konumu basitçe değiştirilerek veya bu eleman başka bir elemanla değiştirilerek dönüştürülebilir. Bu doğrultuda özellikle iç mekanlarda ve ince yapıda gözlemlenen birleşimleri genel olarak üç ana bağlantı türü ile tanımlamıştır: doğrudan (entegral), dolaylı (aksesuar) ve dolgulu. Doğrudan bağlantılar, bileşen kenarlarının geometrisinin tam bir bağlantı oluşturduğu bağlantılardır. Dolaylı bağlantılar, bağlantıyı oluşturmak için ek parçaların kullanıldığı bağlantılardır. Dolgulu bağlantılar ise yerinde kimyasal malzeme ile doldurulmuş iki bileşen arasındaki bağlantılardır. Bu tür bileşenlerin montajı emek yoğundur (Durmisevic, 2006).

Sonuç olarak sistemlerin ve elemanların bir araya gelme metotlarından birini tarifleyen birleşim şekilleri, yapıya ait her katmanda esnekliği doğrudan etkilemektedir. Değişimin süresi esneklik algısını etkilediği için bu süreyi uzatacak her etken, yapının esnekliğini de zedeleyecektir. Dolayısıyla elemanları ve birimleri bir arada tutan birleşim şekilleri yapıdan beklenen değişimler için nihayetinde yıkımdan uzak ve kolay bir çözüme sahip olmalıdır.

3.2.3 Taşıma Kapasitesi

Yapı sistemlerinde belirli bir taşıma kapasitesi sağlanmalıdır. Taşıma kapasitesinin temel belirleyicileri ise sisteminin kendi yükleri, yapıya ait alt sistemlerinin yükleri ve deprem, rüzgar, kar gibi dış yüklerdir (Yürekli, 1983). Ancak gelecekteki olası ek yükler hakkında ayrıntılı bir çalışma yapmak gereklilik söz konusudur. Bina gelecekteki ek yükler için de tasarlanırsa, yapının ilk maliyeti artmasına rağmen daha yüksek derecede değişebilirlik elde edilir. Bu aşamada karar verirken hem stratejik hem de ekonomik faktörleri göz önünde bulundurmak

gerekmektedir. Gelecek kullanımı bilmek, yapısal çerçevenin ana elemanları için önemli yük varsayımlarına genel bir bakış sağlar. Bunlardan bazıları süreçlere bağlıdır, diğerleri ise örneğin kar yükü gibi yerel koşullara bağlıdır. Özellikle fabrikalarda ekipman ve makinelerin yerini değiştirme veya zemin yüzeylerini lojistikten imalata veya tersi yönde yeniden tasarlama olasılıklarını kesin olarak etkilediği için değişebilirlik açısından özel bir rol oynar (Wiendahl vd., 2015). Yapıda hem yapı taşıyıcısı olan hem de iç mekan ve cephe gibi diğer alt sistemlerde yük aktaran elemanların taşıma kapasiteleri, değişen kullanım senaryoları sonucu yetersiz kalır ise yapıdan beklenen değişim talebinin gerçekleşmesi zorlaşır. Mevcut fonksiyonel sistemleri yeniden, yeni fonksiyonel sistemleri ise sıfırdan mevcut yapısal kabuğa entegre etmek için, taşıyıcıların izin verdiği aralık önem kazanmaktadır (Schenk vd., 2010).

Kapasite üzerinde tasarım, sisteme daha fazla kapasite ekleyerek binalardaki değişikliklere uyum sağlamaya olanak tanır. Böylece daha fazla zemin yüzey alanı veya daha güçlü ağırlık taşıyan duvarlar, zeminler vs. gerektirdiğinde yapısal bir alt hazırlık mevcut olacaktır (Geraedts, 2001). Bir mahalin, yapının veya tesisatın kapasitesi ayarlanabildiğinde, mevcut kapasiteleri değiştirilmeden veya genişletilmeden değişiklikler yapılabilir (Sadafi vd., 2014).

3.2.4 Form

Yapının tasarım aşamasından imalatına kadar hem süreç hem de imalat boyutundaki tüm alt katmanlarında elde edilen üç boyutlu ürünlerin birbirleriyle iletişimi ve ilişkisi sahip oldukları formlarından doğrudan etkilenmektedir. Estetik kaygıların da belirleyici olduğu aynı zamanda teknik anlamda da tüm bileşenlerin farklı zamanlarda bir arada bulunmalarında belirleyici olan bir özelliktir. Yapıdaki fonksiyonel katmanlarla yapı esnekliği ilkeleri arasında bağlayıcı rolü görsel olarak en fazla öne çıkan bir kriter olmasından dolayı estetik kaygıların bu aşamada karar mekanizmasına girmesine de sebep olmaktadır. Dolayısıyla esneklik ilkelerinin gerçekleşmesi için gerekli geometrik şartların sağlanması önem arz etmektedir.

Daha üst ölçekte mekansal yerleşim ve hacimsel formu belirleyen yükseklik ve dış hatlar, mekanın değişimi aşamasında sınırlayıcı olabilmektedir. Teknik ölçekte ise form, yapı elemanlarının bağlantı şekillerinden taşıma kapasitelerine ve malzemeye kadar diğer fiziksel kriterle de yatay olarak neden sonuç ilişkisinde bulunmaktadır. Özellikle yapı bileşenlerinin birbirinden ayrılabilmesi ve tekrar birleşebilmesi hususunda bileşenlerin ve birleşim şekilleri formunun yapı esnekliği ilkelerinin gerçekleşebilmesinde önemli bir rolü bulunmaktadır (Durmisevic, 2006). Bu bağlamda özel tasarım form çözümleri, tercih edilen bileşen ve sistem geometrilerinden kaynaklı zor erişilebilen, uzmanlık gerektiren dolayısıyla maliyet ve işçilikleri büyüterek yapı esnekliğini sınırlandırabilen durumlara sebep olabilmektedir.

3.3 Yapı Esnekliğini Belirleyen Fonksiyonel Katman Kriterleri

Wiendahl vd., bir binanın mimari tasarımını dört ana bileşenden tariflemiştir: yapı, kabuk, bina servisleri ve zarafet. Bir binanın performansı esas olarak bu bileşenlerin etkileşiminde seçilen teknik, yapıcı ve son olarak estetik çözüm tarafından belirlenmektedir. Sabit, değiştirilmesi zor ve değiştirilmesi kolay yapısal bileşenler arasında ayrım yapmak gerekir. Birçok durumda, tüm önemli bina gereksinimlerinin ayrıntılı olarak tartışıldığı temel değerlendirme aşaması göz ardı edilmektedir. Tüm yapısal detay çözümlerinin projeyle ilgili şeffaflığı ve kalite güvencesi ile proje parçaları, varsayımlar ve bulgulara ilişkin bir belgeleme yapılması faydalı olacaktır. Yüksek uyarlanabilirlik ve yüksek sürdürülebilirlik, sonraki kullanımlarda büyük yeniden kullanım potansiyeline sahip bir inşaat projesi sağlar. Bu da önemli ölçüde koordinasyon ve planlama gerektirmektedir (Wiendahl vd., 2015).

3.3.1 Bina Strüktürü / Taşıyıcılar

Temel ve diğer yapı taşıyıcı elemanları genellikle yapının en uzun ömürlü kısımlarıdır. Ayrıca üzerlerinde yapılacak değişiklikler zor ve masraflıdır, bu nedenle binanın yaşam döngüsü boyunca çok dokunulmamış olan bölümleridir. Durmisevic'e

(2006) göre yapısal stabiliteyi sağlayan bu yapı elemanları için belirlenen teknik kullanım ömrü 50 yıldan az olamaz. Binanın yaşam döngüsü sırasında yapı taşıyıcılarında değişiklikler meydana gelebilir, ancak bunlar genellikle binanın kapsamlı bir şekilde güçlendirilmesi ve yeniden inşa edilmesinin bir parçasıdır (Blakstad, 2001; Durmisevic, 2006). Yapı taşıyıcısının özellikleri kirişlerin ve kolonların, tavan sistemlerinin, döşeme plakalarının, temellerin, yük taşıyan duvarların ve çekirdeklerin mimari kullanımı ile belirlenir. Genel olarak, daha yüksek derecede değişebilme derecesi, ek yapı uzantıları ve genişletmeleri için bir takım olanaklar sağlar. Özellikle hangarlar veya çok katlı binalar için geçilen açıklık genişliğinin belirlenmesi, işleyiş ve alan kullanımı açısından önemli karardan biridir. Mekan içerisinde alan kullanımını engelleyen sütunun mümkün olduğunca az olması hedeflenmelidir (Wiendahl vd., 2015).

Bina strüktürünü oluşturan taşıyıcılar binanın toplam ağırlığında büyük paya sahiptir ve boşluk hacminin de sınırlarını tanımlar. Taşıyıcıların üzerlerinde değişiklikler yapılabilmesi bu sebepten yapı geneli gözlemlenecek esneklik miktarında önemli bir belirleyici olabilmektedir. Mevcut yapısal elemanların çıkarılması veya yenilerinin eklenmesi, büyük bir dönüşüm projesinin parçasını oluşturabilir. Küçük bir tadilat bile bazı yapısal değişiklikler gerektirebilir (Douglas, 2006). Buna ek olarak Gijsbers, (2006) iskelet yapı içinde esnekliği kolaylaştırmak için hareketli sütunlar geliştirilebileceğinin de önemini vurgulamaktadır. Böylece yük taşıyan yapının rijitliği ile sınırlı olmayan bir alan kullanım esnekliğinin elde edilebileceğini belirtmiştir (Gijsbers, 2006).

3.3.2 İnce Yapı / İç Mekan

İç mekanı oluşturan ve daha hızlı döngüye sahip bileşenler, yapı taşıyıcısı ve arazi gibi daha yavaş bileşenlerle bulunduğu kalıcı fiziksel entegrasyon sebebiyle çelişmektedir. Bu nedenle binalarda kısmen veya tamamen yıkımlar yaşanmaktadır. Böyle bir etkinin olmaması için değişim hızları farklı olan bileşenlerin kendi içlerinde bağımsız zaman katmanları oluşturması gerekir. Binadaki zamansal gerilimi yönetmeye yönelik ilk adım, yavaş ve hızlı zaman seviyelerine ait katmanların

ayrıştırılmasıdır. İç mekan katmanında ise teknik ömür, kullanımdan dolayı eskiyen halılar gibi kısa süreliden, binanın ömrü boyunca dayanacak doğal taş yer karoları gibi uzun süreliye kadar değişmektedir. Teknik ömür dışında iç mekanda değişikliği tetikleyen diğer değişimler genellikle sosyal ve fonksiyonel değişikliklerdir. İç mekanın işlevsel yaşam süresi, kullanıcıların bulunma süresi, kullanıcı türü gibi sosyal ve ekonomik parametrelere derinden bağlantılıdır. Bu katmanda doğrudan etkileşim halinde bulunan ve kalıcı bağlantılı teknik servislerdeki değişiklikler, değişiklik maliyetini daha da artıracaktır, ancak bu genellikle her kullanıcı değişikliğinde gerçekleşmez. Dolayısıyla, ince yapı/iç mekan düzeyindeki etkileşimler ve değişiklikler, bir tesisi çalıştırma, değiştirme ve yükseltme maliyetlerini aynı zamanda sürelerini büyük ölçüde etkileyecektir. (Durmisevic, 2006; Blakstad, 2001).

İç mekan düzeyinde, pek çok işlevsel ve teknik konu esneklik olanaklarını kısıtlamaktadır. Zeminler, duvarlar ve tavanlar için yapı sistemi, kullanıcının ilgi alanlarına uygun olmalı, ancak aynı zamanda binaların değişkenliğini olumsuz yönde etkileyebilecek kısıtlamalardan da kaçınmalıdır. Bu durumda, çoğu fiziksel uyarlama iç bölmelerin ve odaların sınırlarının hareket ettirilmesiyle yapılır. Ancak iç duvarların hareket ettirilmesi, diğer pek çok sistem ve elemanın da etkilenmesi anlamına gelir. Bu, bir binanın iç kaplamalarında yekpare yapılardan mümkün olduğunca kaçınılması gerektiği anlamına gelmektedir. Bunun yerine merdivenler ve çekirdek alanlar için bile modüler, değişken ve kolay dönüştürülebilir yapı sistemleri düşünülmelidir. (Blakstad, 2001; Wiendahl, 2015).

İç mekan kendi içerisinde de binanın zeminleri, duvarları, tavanları, çekirdeği ve merdivenleri olarak alt katmanlara parçalanabilir. Bu katmanların ilişkisi esneklik bağlamında detaylara gereken özen gösterilerek planlandığında yapı, içerisinde devam eden süreçleri aksatmadan değişikliklere izin verir. Bir başka ifadeyle bu alt katmanların genişletilebilmesi, sökülebilmesi veya değiştirilebilmesi için bileşenlerin sistemli ve uygun malzeme seçimine, birleşim şekline, form ve taşıma kapasitesine ihtiyacı vardır.

3.3.3 Servisler

Yapıda veya yapının çevre şartlarının değiştirilmesinde kullanılan su, gaz, elektrik ve akışkan ve katı maddelerin ilgili uç birimlere ulaştırılması ve ters yöndeki bertarafı ile ilgili tesisatlar bütünüdür (Yürekli, 198). Genel olarak altı ana servis hizmeti vardır: elektrik temini, su temini, kanalizasyon sistemi, havalandırma, klima ve ısıtma. Hepsinin farklı işlevleri ve değişen oranları vardır. Böylece, bunlar altı ek işlevsel seviye oluşturur. Fabrika gibi daha teknik binalarda bu kategori, bilgisayar kablolarından kablosuz telefonlara, asansörlerden ısıtma ve soğutmaya, iklimlendirmeden güç kaynağına, emniyet ve güvenlik sistemlerine kadar her şeyi içerir. Bu seviyelerin her birinin farklı kullanım ve teknik yaşam döngüleri söz konusudur. Dolayısıyla tek bir katman değil, farklı işlevlere ve farklı yaşam sürelerine sahip çeşitlilik gösteren farklı sistemlerdir. Bu nedenle, değişen seviyelerin sayısı esneklik bağlamında hassasiyete bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir (Blakstad, 2001; Durmisevic, 2006).

Cavalliere vd. (2019) servislerin, konumlarını değiştirmenin zorluğu nedeniyle binanın yaşam döngüsü boyunca neredeyse değişmez unsurlar olarak ifade etmişlerdir. Diğer katmanlarla yüksek oranda entegre olan servisler, değiştirilmeleri gerektiğinde bina içerisinde çok fazla yıkımla karşı karşıya kalınabilmektedir. Bu nedenle, kullanımda daha esnek bir çözüm elde etmek için teknik servislerin ilk tasarım aşamasında dikkate alınması ve çözülmesi önemlidir (Cavalliere vd., 2019; Živković, ve Jovanović, 2012).

Değiştirilebilirlik, tedarik ve bertaraf sistemlerinin, servis merkezlerinin, ana güzergahların, hat yollarının ve çıkışların tasarımında özellikle önemli bir rol oynamaktadır. Yapının büyüklüğüne göre servis aktarımları merkezi veya dağıtılmış olarak belirlenebilmektedir. Tek merkezden dağılan servis birimleri kontrol etmesi kolay ancak sistemin merkezinden uç birimlerine mesafe artışından kaynaklı performans kaybı görülebilmektedir. Bu durumda sistemde görülen bir arıza tüm yapıyı etkilemektedir. Yapı büyüdükçe birden fazla merkezi dağılıma sahip servis çözümleri getirilebilmektedir. Çok merkezli olmanın en büyük avantajı arıza

kaynaklı etkilerin lokal kalması ve kısa mesafeler sayesinde performans kayıplarının azalmasıdır. Ancak her merkezin sistematik olarak kontrol altında tutulması gerekmektedir. Daha yüksek verimlilik faktörüne sahip kompakt sistemler, merkezileşmeden uzaklaşmaya yol açar. Planlama, işletme ve değişikliklerle ilgili olarak, merkezi olmayan sistemlerin daha fazla bağımsız olması, özellikle modüler fabrika konseptleri söz konusu olduğunda, esneklik ve değişebilirlikte önemli bir artış anlamına gelmektedir. (Wiendahl vd., 2015).

3.3.4 Cephe / Kabuk

Kabuk binanın dış yüzeyidir ve birincil işlevi hava koşullarına karşın koruma sağlamak ve sıcaklığı düzenlemektir. Bina yapısının kaplanması, dikey cephe yüzeylerinin yanı sıra yatay veya eğimli çatı yüzeylerini de kapsamaktadır. Genellikle kapalı ve şeffaf yüzey kombinasyonlarına pencereler, kapılar veya geçitler gibi açılabilir elemanlar uygun şekilde entegre edilir. Kabuk, koruyucu bir rolün yanı sıra üretim ve lojistik gereksinimleri karşılar, ışığın yanı sıra dış mekan manzarası sağlamaya da yardımcı olur, iletişimi kolaylaştırır ayrıca çevre dostu olabilir ve enerji üretebilir. Son yıllarda genellikle binaların enerji tüketimindeki payı dış cephedeki yenilikler ile ilişkilendirilmiştir (Blakstad, 2001; Wiendahl vd., 2015).

Wiendahl vd., (2015) yapısal esneklik derecesini artırmak amacıyla, çatı ve duvarlar için yekpare yapılardan kaçınılmasını; bunun yerine, rijit olmayan veya kolayca değiştirilebilir sistemler olarak planlanmasını tavsiye etmektedir. Cephede, döşeme ve kirişler arasında uzanan cephe kolonlarının değiştirilebilir olması, cephede daha büyük açıklıklara olanak tanır. Ayrıca mekanın hızlı bir şekilde genişletilmesini kolaylaştırırlar. Galle ve Temmerman, (2013) ise cephe taşıyıcılarının sistemden bağımsız olmasının esnekliğe faydalı olacağını belirtmiştir. Yapıyı cidar olarak sınırlandırdığı için yine cepheden gerçekleşecek ek çözümler direkt kabuğun esneklik potansiyeline bağlıdır. Rijit bir kabuk esneklik için yapıyı içe dönük çözümlerle sınırlandırmaktadır. Ancak esnek kabuk yapıyı sabit bir form olmaktan kurtarmaktadır. Buna ek olarak fonksiyonel esnekliği de zenginleştirilerek çatı pencereleri, ısı egzozları ve diğer servislerle ilgili hava kanalları cephe ve çatı

yapılarına entegre edilebilmektedir (Wiendahl vd., 2015; Galle ve Temmerman, 2013).

3.4 İlke ve Kriterlerin İlişkilendirilmesi

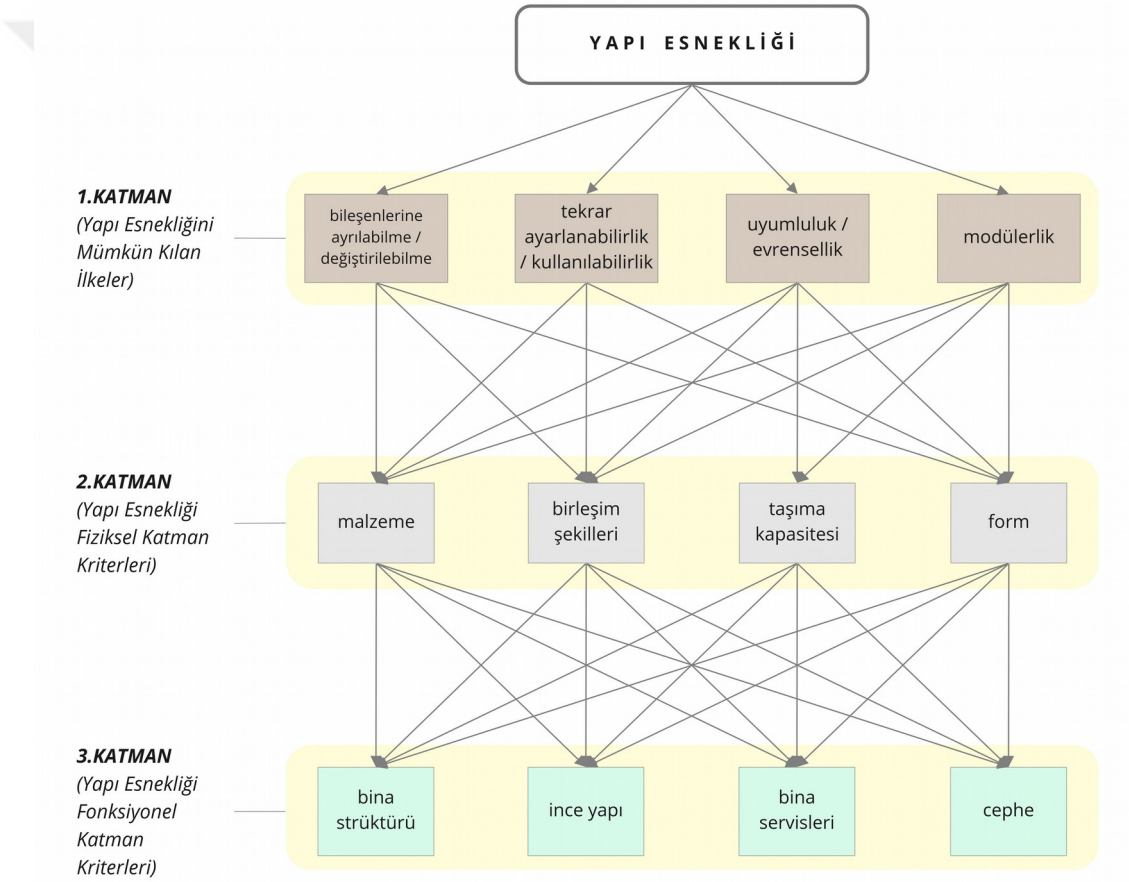
Önceki başlıklarda belirtildiği üzere yapı esnekliği binalarda üç sistematik başlık altında incelenmiştir, bunlar; yapı esnekliğini mümkün kılan ilkeler, yapı esnekliğini belirleyen fiziksel katman kriterleri, yapı esnekliğini belirleyen fonksiyonel katman kriterleri, şeklindedir. Bu üç katman özelliklerine göre kategorize edilmiştir ve yapı özelinde birbirlerine bilgi aktarımı sağlayarak anlamlı hale gelmektedir. Ancak katmanlar arasındaki her eleman birbirleri ile doğrudan ve anlamlı bir ifade oluşturmayabilir. Dolayısıyla bir sonraki aşamada bu ilke ve kriterlerin önem ağırlıklarını incelemeden önce bu konudaki ilişki ağı net olarak ifade edilmelidir.

Yapı esnekliğini mümkün kılan ilkeler, dört alt başlığa sahiptir ve bunlar; *bileşenlerine ayrılabilme / değiştirilebilme, tekrar ayarlanabilirlik / kullanılabilirlik, uyumluluk / evrensellik* ve son olarak *modülerlik* şeklinde sıralanmıştır. Literatür incelemesi sonucu tespit edilen bu temel ilkeler, binayı oluşturan teknik alt sistemlerin yapıya esneklik kazandırmasında büyük fayda sağlamaktadır. İlkesel kararları içerdiği için en üst katman olarak ifade edilmiştir.

Yapı esnekliğini belirleyen fiziksel katman kriterleri, literatür incelemeleri sonucu belirlenen dört alt başlığa sahiptir ve bunlar; *malzeme, birleşim şekilleri, taşıma kapasitesi* ve son olarak *form* şeklinde sıralanmıştır. Bu katmanı oluşturan kriterler, yapı esnekliğinin fiziksel olarak gerçekleşebilmesi için belirlenen dört sistematik karakteri ifade etmektedir. Genel bir ifadeyle, yapıyı oluşturan malzemeler, bu malzemelerin nasıl bir araya geldiği ve bir araya gelen malzemelerin oluşturduğu formlar ve taşıma kapasiteleri, şeklinde fiziki organizasyonları tariflemektedir.

Yapı esnekliğini belirleyen fonksiyonel katman kriterleri, literatür incelemeleri sonucu belirlenen dört alt başlığa sahiptir ve bunlar; *bina strüktürü / taşıyıcılar, ince yapı / iç mekan, servisler* ve son olarak *cephe/kabuk* şeklinde sıralanmıştır. Yapıyı

oluşturan fiziksel elemanların fonksiyonel olarak kategorilendirildiği bu katman, yapı esnekliğinin doğrudan gözlemleneceği ve sistematik olarak bir araya gelmiş bölgeleri ifade etmek için kullanılmıştır. Bu aşamada bu katmandan ilk katmana doğru doğrusal olarak ilişkilendirilebilecek kriter eşleşmeleri yapılabilmektedir. Yapı esnekliğini belirleyen fiziksel katman kriterlerine ait taşıma kapasitesi kriteri hariç sıralı her kriter eşleşmesi anlamlı bir bütünü ifade etmektedir. Çünkü taşıma kapasitesi kriterinin, bir üst katmanda yer alan bileşenlerine ayrılabilme / değiştirilebilme ve tekrar ayarlanabilirlik / kullanılabilirlik ilkeleriyle anlamlı ve güvenilir bir bütünlük sağlamamaktadır.



Şekil 3.2 Yapı esnekliği ilke ve kriterlerinin AHS yöntemine göre hiyerarşik olarak sınıflandırılması

Üç katman arasındaki (alt seviyeden yukarıya) doğrusal ilişkiler bu bağlamda 56 adet farklı ilişki ağını ortaya koymaktadır. Bu doğrusal ilişkiler daha sonra göreceli önem ağırlıkları ve ölçek maddeleri tespitinde kullanılacaktır. Burada derlenen ilke ve kriterler, yapı esnekliği bağlamındaki literatür çalışmaları sonucu birçok kavramın

incelenip organize edilmesi ile elde edilmiştir. Ancak bu hususta hem ilke ve kriterlerin hem de ileride bahsedilecek göreli önem ağırlıkların, çok özel koşullara sahip yerel şartlardan etkilenebileceği ve farklılıklar gösterebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu durumda ilgili özel şartlara göre gerekli ilke-kriter eklemeleri ve değerlendirmeleri yapılması gerekebilir.

3.5 Yapı Esnekliği için Temel İlke ve Kriterlerin Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemine Göre Göreceli Önem Ağırlıklarının Tespit Edilmesi

Yapı esnekliğini etkileyen birçok kriter ve ilke vardır ve bunlar arasında karmaşık ilişkiler vardır. Bu tez kapsamında yapı esnekliği için belirlenen ilke ve kriterlerin etkinliği bölgesel ve çevresel şartlardan etkilenerek farklılıklar gösterebilmektedir. Dolayısıyla bu durumda, tasarım aşamasında yapı esnekliği ile ilgili kararlar verilmeden önce belirtilen kriterler önceliklendirilmeli ve aralarındaki etkileşim boyutları ortaya konulmalıdır. Bunun için bu bağlamda belirlenen ilke ve kriterleri dikkate alan, bu ilke ve kriterlerle ilgili yargıların tutarlılığını kontrol eden ve bütün süreci sistematik olarak ortaya koyan bir yönteme ihtiyaç vardır. Bu nedenle, bu tez kapsamında, yapı esnekliğinin araştırılması sürecinde ilke ve kriterlerin göreli önem ağırlıklarının belirlenmesi için *Analitik Hiyerarşi Süreci* yönteminin kullanılması önerilecektir.

3.5.1 Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi

AHS yöntemi, Thomas L. Saaty tarafından 1970'lerin başında geliştirilmiştir. Bu çok kriterli karar verme yöntemi, bir probleme ait belirlenen kriterlerin bir dizi göreli önem ağırlıkları içinde takip edilebilmesini sağlayan sistemli bir yaklaşıma dayanmaktadır. AHS, karar verme süreçlerini basitleştirir, hızlandırır ve karmaşık durumlarda kararların daha tutarlı bir şekilde alınmasını sağlar. Bu süreçte kararlar için nitel ve nicel veri dizilerinin oluşturulabilmesine imkan verir. Ayrıca AHS bir problem için karar alınma sürecinde grup katılımına olanak sağlayarak grubu oluşturan bireylerin bilgilerini de sisteme dahil eder (Saaty, 1990; Halıcıoğlu, 2005).

AHS yönteminin uygulanması sürecinde öncelikle kararı etkileyecek kriterler ve alt kriterler olmak üzere ayrıştırma yapılır. Böylelikle kararı etkileyen kriterler düzenli ifade edilir ve netlik kazanır. Daha sonra her bir kriterin önem seviyesine yönelik tespitler oluşturulur ve tüm bu yapı içerisinde göreceli önem ağırlıkları elde edilir. Kriterler ve alt kriterler hiyerarşik olarak organize edilir ve seviyelerin birbirleri ile olan ilişkisine dayanarak öncelikler tanımlanır. Bu aşamada bir matris yardımıyla ikili karşılaştırmalar ve ağırlıkların ölçeklendirilmesi gerçekleşmektedir. İkili karşılaştırma matrisinin öz vektörü bulunarak kriterlerin öncelik sıraları ortaya çıkarılır. Bu öncelik sıraları veya göreceli önem katsayılarının, her kriterin alt seviyede ilişkili olduğu kriterlerle çarpılması sonucu diğer kriterlerin de hiyerarşi içerisindeki ağırlık dağılımlarının belirlenmesi sağlanır. Bunlara paralel olarak elde edilen göreceli önem katsayılarının belirli kabuller aralığında ne kadar tutarlı olduğunun da belirlenmesi gerekmektedir. Kriterlerin kontrol edilebilecek miktardan fazla olması elde edilen değerlendirmelerin ideal tutarlılıktan uzaklaşabilmesine sebep olabilmektedir. Dolayısıyla kararların tutarlılık aralığında ne kadar saptığı önemli hale gelmektedir. Saaty'e göre bu ikili karşılaştırmalar matrisinde kontrol edilen tutarsızlığın %10'u geçmemesi beklenmektedir (Saaty, 1990; Halıcıoğlu, 2005).

İkili karşılaştırma matrislerinde kullanılan ölçek büyük öneme sahiptir. AHS için genel olarak 1-9, 1-7 ve 1-5 oran ölçekleri kullanılmaktadır. Bu ikili karşılaştırma matrislerinde satırlar sütunlarla karşılaştırılarak yanıtlar ölçek doğrultusunda işaretlenir. Bu şekilde toplanan yanıtlar bir kare matris oluşturacak şekilde kriterlerin birbirlerine oranları halinde belirtilir. Yönteme göre bu matrisin en büyük özdeğere sahip özvektörü matristeki elemanların öncelik sıralarını belirlemektedir. Özdeğer ise tutarlılıkların kontrolünün yapılmasında kullanılmaktadır. Tez kapsamında tutarlılığı kontrol etmede kullanılacak olan *tutarlılık oranı (CR);* yargılara ilişkin hata varyansını temsil eden *tutarlılık indeksinin (CI),* matrisin rastlantısallık değerini temsil eden *rassal indeks (RI)* oranına bölünmesi ile ifade edilmektedir. Bu durumda dikkat edilmesi gereken bir diğer husus, maksimum özdeğerin (λ_{max}), toplam (n) adet kriter sayısına eşit veya büyük olması gerektiğidir (Tablo 3.1). Bu durumda aşağıdaki gibi olmalıdır.

$$\lambda_{max} \geq n \tag{3.1}$$

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n-1) \tag{3.2}$$

$$CR = CI / RI \tag{3.3}$$

$$CR \leq 0{,}1 \tag{3.4}$$

Tablo 3.1 Ortalama rassal tutarlılık indeksleri (Saaty, 1990)

Kriter Sayısı (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
İndeks Değeri (RI)	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Denklem 3.1-3.4 sonucu tutarlılık oranının 0,1'den büyük olması durumunda tutarsız kabul edilmektedir, dolayısıyla yargıların tekrar kontrol edilip tekrar karşılaştırılması gerekmektedir (Saaty, 1990; Halıcıoğlu, 2005).

Bu açıklamalar doğrultusunda yapı esnekliği için tespit edilmiş ilke ve kriterler AHS yöntemi ile incelenebilecek böylece bu kriterlerin yerel ve küresel önem ağırlıkları belirlenip hiyerarşik bir önem sırasında ifade edilebilecektir.

3.5.2 Kriterlerin Göreceli Önem Ağırlıklarının Tespit Edilmesi

Yapı esnekliği temel ilke ve kriterlerinin analitik hiyerarşi süreci yöntemine göre göreceli önem ağırlıklarının tespit edilmesi için ilk adım olarak üç farklı katmanla tariflenen (Şekil 3.1) toplam on iki ilke ve kriter hiyerarşik olarak sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmayı oluşturan her katmandaki (seviyedeki) kriterler için ikili karşılaştırma matrisleri kurgulanmıştır. Daha sonra kriterlerin göreceli önem ağırlıklarını belirlemek amacıyla mimarlık alanında uzman sekiz akademisyen mimar ile görüşmeler yapılmıştır. Uzmanlara konuyla ilgili ilke ve kriterlerin kapsamları, işaret ettiği başlıklar anlatılmıştır ve yapı esnekliği bağlamında göreceli önemlerini belirlemek üzere karşılaştırmaları istenmiştir. Bunun için sekiz uzman, ikili karşılaştırma matrislerinde kullanılmak üzere EK 1'deki karşılaştırma şablonlarını ayrı ayrı 1-9 oran ölçeğinde doldurmuştur (Tablo 3.11). Uzmanların doldurduğu

karşılaştırma şablonlarındaki veriler daha sonra ikili karşılaştırma matrislerine aktarılmıştır.

Her katmandaki kriterlerin göreceli önem ağırlıklarını bulmak üzere sekiz uzmandan ayrı ayrı alınan veriler ışığında elde edilmiş ikili karşılaştırma matrisleri, vektörlere dönüştürülmüştür. Bu şekilde her matrisin öncelik vektörü belirlenerek katmanlarda yer alan kriterlerin göreceli önem ağırlıkları tespit edilmiştir.

İlk seviyeyi oluşturan *yapı esnekliğini mümkün kılan ilkeler* katmanına ait elemanların göreceli önem ağırlıkları belirlendikten sonra onun altındaki ikinci seviye olan *fiziksel katman kriterleri*'ne ait elemanlar için ikili karşılaştırma matrisleri hesaplamaya sokulmuştur. Bu aşamada ikinci seviyedeki elemanları oluşturan kriterlerin göreceli önem ağırlıkları, ilk seviyede bağlı bulundukları elemanlara göre elde edilmiştir. Benzer şekilde ikinci seviyenin altında yer alan *fonksiyonel katman kriterleri* isimli üçüncü seviye elemanlarının göreceli önem ağırlıkları için de bir üst seviyede bağlı bulundukları elemanlar dikkate alınmıştır. Her uzman için ayrıca gerçekleştirilen bu işlemler esnasında yargı tutarlılığı kontrolleri de sağlanmıştır. Daha sonra her katmandaki ikili karşılaştırma matrisleri için sekiz uzmandan ayrı ayrı alınan verilerin aritmetik ortalamaları alınmış ve ortalama görüşü ifade eden yeni verilerle tüm matrisler baştan oluşturularak tekrar hesaplanmıştır. Böylelikle sekiz uzmanın ortak görüşü ışığında üç katmandaki toplam on iki ilke ve kriterin birbirlerine göre göreceli önem ağırlıkları elde edilmiştir.

İkili karşılaştırma matrislerinin tutarlılıklarının kontrol edilmesinde öncelikle belirlenen özvektöre ait maksimum özdeğer (λ_{max}) belirlenmiştir. Çünkü bu değer katmanlardaki ilgili kriter sayısına ne kadar yakınsa o kadar tutarlı hale gelmektedir. Bunun için karşılaştırma matrisi normalize edilerek öncelik vektörü elde edilir. Daha sonra öncelik vektörü ile karşılaştırma matrisi çarpılır ve ağırlıklandırılmış toplam matris vektörü elde edilir. Elde edilen bu yeni vektör öncelik vektörüne bölünerek özdeğerler, özdeğerlerin de ortalaması alınarak maksimum özdeğer (λ_{max}) hesaplanmıştır. Böylelikle formüllere dayanarak tutarlılık indeksinin (CI) ve tutarlılık

oranı (CR)'nın hesapları yapılmıştır (Denklem 3.2-3.3). Tüm bu veriler ışığında tutarlılık oranı (CR)'nın 0,1'den küçük olması yargıların tutarlılık kabulü için yeterlidir (Denklem 3.4). Bu oranın 0,1'den büyük olması durumunda ilgili karşılaştırma matrisindeki yargıların tekrar kontrol edilmesi gerekmektedir. Yukarıda anlatılan sekiz uzmana ait verilerin ortalamasıyla yapılan tüm işlemler ve sonuçları aşağıdaki tablo ve şekillerle sırasıyla gösterilmektedir (Tablo 3.2-3.10 ve Şekil 3.3-3.11).

Tablo 3.2 *1. Katman* elemanları için ikili karşılaştırma matrisi ve göreli önem ağırlıkları

1. KATMAN

İLKELER	**bileşen. ayrıl.**	**uyum. / evrensel.**	**tekrar ayar./kul.**	**modüler.**
bileşen. ayrıl.	1,000	*4,643*	*1,751*	*3,750*
uyum. / evrensel.	*0,215*	1,000	*0,334*	*2,233*
tekrar ayar./kul.	*0,571*	*2,996*	1,000	*5,250*
modüler.	*0,267*	*0,448*	*0,190*	1,000
Toplam	2,053	9,086	3,275	12,233

İLKELER	**bileşen. ayrıl.**	**uyum. / evrensel.**	**tekrar ayar./kul.**	**modüler.**	Satır Toplamı	*Öncelik Vektörü*
bileşen. ayrıl.	0,487	0,511	0,535	0,307	1,839	***0,460***
uyum. / evrensel.	0,105	0,110	0,102	0,183	0,499	***0,125***
tekrar ayar./kul.	0,278	0,330	0,305	0,429	1,342	***0,336***
modüler.	0,130	0,049	0,058	0,082	0,319	***0,080***
Toplam	1,000	1,000	1,000	1,000	4,000	1,000

matris					öncelik vektörü		ağır. top. mat.		ağır. top. mat. / ön. vek.
1,000	4,643	1,751	3,750		0,460		1,926	-->	4,189
0,215	1,000	0,334	2,233	X	0,125	=	0,514	-->	4,117
0,571	2,996	1,000	5,250		0,336		1,391	-->	4,145
0,267	0,448	0,190	1,000		0,080		0,322	-->	4,039

max(λ) = ∑(ağır. top. mat. / ön. vek.) / n = 4,12271

max(λ) = 4,122707

CI = (max(λ) - n) / (n-1)

CI = 0,040902215

CR = CI / RI

0,04/0,9 = 0,045

CR ≈ 0,045

İLKELER	
bileşenlerine ayrıl.	***46,0%***
uyum. / evrensellik	***12,5%***
tekrar ayarl. / kullanıl.	***33,6%***
modülerlik	***8,0%***

CR = 0,045 < 0,1 yargılar tutarlıdır.

Şekil 3.3 *1. Katman* elemanları için yargıların tutarlılığının kontrol edilmesi ve göreli önem ağırlıkları

Tablo 3.3 1. Katmandaki *bileşenl. ayırma* elemanının 2. katmandaki ikili karşılaştırma matrisi

2. KATMAN

bileşen. ayrıl.	**malzeme**	**birleşim şekilleri**	**form**
malzeme	1,000	*0,587*	*2,583*
birleşim şekilleri	*1,704*	1,000	*5,000*
form	*0,387*	*0,200*	1,000
Toplam	3,091	1,787	8,583

bileşen. ayrıl.	**malzeme**	**birleşim şekilleri**	**form**
malzeme	0,323	0,328	0,301
birleşim şekilleri	0,551	0,560	0,583
form	0,125	0,112	0,117
Toplam	1,000	1,000	1,000

Satır Toplamı	*Öncelik Vektörü*
0,953	***0,318***
1,693	***0,564***
0,354	***0,118***
3,000	1,000

matris				öncelik vektörü		ağır. top. mat.		ağır. top. mat. / ön. vek.
1,000	0,587	2,583	X	0,318	=	0,953	-->	3,002
1,704	1,000	5,000		0,564		1,695	-->	3,003
0,387	0,200	1,000		0,118		0,354	-->	3,001

max(λ) = ∑(ağır. top. mat. / ön. vek.) / n = 3,001801

max(λ) = 3,001801

CI = (max(λ) - n) / (n-1)

CI = 0,000900532

CR = CI / RI

0,0009/0,58 = 0,002

CR ≈ 0,002

bileşenlerine ayrılabilme	
malzeme	***31,8%***
birleşim şekil.	***56,4%***
form	***11,8%***

CR = 0,002 < 0,1 yargılar tutarlıdır.

Şekil 3.4 *Tablo 3.3*'deki yargıların tutarlılığın kontrol edilmesi ve göreli önem ağırlıkları

Tablo 3.4 1. Katmandaki *tekrar ayarl./kullan.* elemanının 2. katmandaki ikili karşılaştırma matrisi

2. KATMAN

tekrar ayar./ kullan.	**malzeme**	**birleşim şekilleri**	**form**
malzeme	1,000	*1,032*	*3,792*
birleşim şekilleri	*0,969*	1,000	*5,000*
form	*0,264*	*0,200*	1,000
Toplam	2,232	2,232	9,792

tekrar ayar./ kullan.	**malzeme**	**birleşim şekilleri**	**form**
malzeme	0,448	0,462	0,387
birleşim şekilleri	0,434	0,448	0,511
form	0,118	0,090	0,102
Toplam	1,000	1,000	1,000

Satır Toplamı	*Öncelik Vektörü*
1,298	***0,433***
1,392	***0,464***
0,310	***0,103***
3,000	1,000

matris				öncelik vektörü		ağır. top. mat.		ağır. top. mat. / ön. vek.
1,000	1,032	3,792		0,433		1,303	-->	3,013
0,969	1,000	5,000	X	0,464	=	1,400	-->	3,015
0,264	0,200	1,000		0,103		0,310	-->	3,003

max(λ) = ∑(ağır. top. mat. / ön. vek.) / n = 3,010597

max(λ) = 3,010597

CI = (max(λ) - n) / (n-1)

CI = 0,005298530

CR = CI / RI

0,01/0,58 = 0,009

CR ≈ 0,009

tekrar ayarl. / kullanıl.	
malzeme	***43,3%***
birleşim şekil.	***46,4%***
form	***10,3%***

CR = 0,009 < 0,1 yargılar tutarlıdır.

Şekil 3.5 *Tablo 3.4*'deki yargıların tutarlılığın kontrol edilmesi ve göreli önem ağırlıkları

Tablo 3.5 1. Katmandaki *uyuml. / evrensellik* elemanının 2. katmandaki ikili karşılaştırma matrisi

2. KATMAN

uyum. / evrensellik	**malzeme**	**birleşim şekilleri**	**taşıma kapas.**	**form**
malzeme	1,000	*2,664*	*5,393*	*3,792*
birleşim şekilleri	*0,375*	1,000	*4,000*	*4,073*
taşıma kapas.	*0,185*	*0,250*	1,000	*0,775*
form	*0,264*	*0,246*	*1,290*	1,000
Toplam	1,825	4,159	11,683	9,640

uyum. / evrensellik	**malzeme**	**birleşim şekilleri**	**taşıma kapas.**	**form**	Satır Toplamı	*Öncelik Vektörü*
malzeme	0,548	0,640	0,462	0,393	2,043	***0,511***
birleşim şekilleri	0,206	0,240	0,342	0,423	1,211	***0,303***
taşıma kapas.	0,102	0,060	0,086	0,080	0,328	***0,082***
form	0,145	0,059	0,110	0,104	0,418	***0,104***
Toplam	1,000	1,000	1,000	1,000	4,000	1,000

matris				öncelik vektörü		ağır. top. mat.		ağır. top. mat. / ön. vek.
1,000	2,664	5,393	3,792	0,511		2,155	-->	4,219
0,375	1,000	4,000	4,073	0,303		1,248	-->	4,121
0,185	0,250	1,000	0,775	0,082	=	0,333	-->	4,068
0,264	0,246	1,290	1,000	0,104		0,419	-->	4,014

X

max(λ) = ∑(ağır. top. mat. / ön. vek.) / n = 4,105394

max(λ) = 4,105394

CI = (max(λ) - n) / (n-1)

CI = 0,035131358

CR = CI / RI

0,04/0,9 = 0,039

CR ≈ 0,039

uyum. / evrensellik	
malzeme	***51,1%***
birleşim şekil.	***30,3%***
taşıma kapasit.	***8,2%***
form	***10,4%***

CR = 0,039 < 0,1 yargılar tutarlıdır.

Şekil 3.6 *Tablo 3.5*'deki yargıların tutarlılığın kontrol edilmesi ve göreli önem ağırlıkları

Tablo 3.6 1. Katmandaki *modülerlik* elemanının 2. katmandaki ikili karşılaştırma matrisi

2. KATMAN

modüler.	**malzeme**	**birleşim şekilleri**	**taşıma kapas.**	**form**
malzeme	1,000	*0,705*	*2,833*	*2,117*
birleşim şekilleri	*1,418*	1,000	*4,750*	*3,479*
taşıma kapas.	*0,353*	*0,211*	1,000	*1,381*
form	*0,472*	*0,287*	*0,724*	1,000
Toplam	3,243	2,203	9,307	7,977

modüler.	**malzeme**	**birleşim şekilleri**	**taşıma kapas.**	**form**	Satır Toplamı	*Öncelik Vektörü*
malzeme	0,308	0,320	0,304	0,265	1,198	***0,300***
birleşim şekilleri	0,437	0,454	0,510	0,436	1,838	***0,459***
taşıma kapas.	0,109	0,096	0,107	0,173	0,485	***0,121***
form	0,146	0,130	0,078	0,125	0,479	***0,120***
Toplam	1,000	1,000	1,000	1,000	4,000	1,000

matris					öncelik vektörü		ağır. top. mat.		ağır. top. mat. / ön. vek.
1,000	0,705	2,833	2,117		0,300		1,221	-->	4,075
1,418	1,000	4,750	3,479	X	0,459	=	1,877	-->	4,086
0,353	0,211	1,000	1,381		0,121		0,489	-->	4,035
0,472	0,287	0,724	1,000		0,120		0,481	-->	4,016

max(λ) = ∑(ağır. top. mat. / ön. vek.) / n = 4,052793

max(λ) = 4,052793

CI = (max(λ) - n) / (n-1)

CI = 0,017597738

CR = CI / RI

0,02/0,9 = 0,0196

CR ≈ 0,0196

modülerlik	
malzeme	***30,0%***
birleşim şekil.	***45,9%***
taşıma kapasit.	***12,1%***
form	***12,0%***

CR = 0,0196 < 0,1 yargılar tutarlıdır.

Şekil 3.7 *Tablo 3.6*'daki yargıların tutarlılığın kontrol edilmesi ve göreli önem ağırlıkları

Tablo 3.7 2. Katmandaki *malzeme* elemanının 3. katmandaki ikili karşılaştırma matrisi

3. KATMAN

malzeme	**bina strüktürü**	**ince yapı**	**bina servileri**	**cephe/ kabuk**
bina strüktürü	1,000	*3,297*	*3,210*	*2,832*
ince yapı	*0,303*	1,000	*2,104*	*1,344*
bina servileri	*0,312*	*0,475*	1,000	*1,406*
cephe/ kabuk	*0,353*	*0,744*	*0,711*	1,000
Toplam	1,968	5,516	7,025	6,582

malzeme	**bina strüktürü**	**ince yapı**	**bina servileri**	**cephe/ kabuk**	Satır Toplamı	*Öncelik Vektörü*
bina strüktürü	0,508	0,598	0,457	0,430	1,993	***0,498***
ince yapı	0,154	0,181	0,300	0,204	0,839	***0,210***
bina servileri	0,158	0,086	0,142	0,214	0,600	***0,150***
cephe/ kabuk	0,179	0,135	0,101	0,152	0,567	***0,142***
Toplam	1,000	1,000	1,000	1,000	4,000	1,000

matris					öncelik vektörü		ağır. top. mat.		ağır. top. mat. / ön. vek.
1,000	3,297	3,210	2,832	X	0,498	=	2,073	-->	4,162
0,303	1,000	2,104	1,344		0,210		0,867	-->	4,135
0,312	0,475	1,000	1,406		0,150		0,605	-->	4,027
0,353	0,744	0,711	1,000		0,142		0,581	-->	4,093

max(λ) = ∑(ağır. top. mat. / ön. vek.) / n = 4,104137

max(λ) = 4,104137

CI = (max(λ) - n) / (n-1)

CI = 0,034712371

CR = CI / RI

0,03/0,9 = 0,0386

CR ≈ 0,0386

malzeme	
bina strüktürü	***49,8%***
ince yapı	***21,0%***
bina servisleri	***15,0%***
cephe/kabuk	***14,2%***

CR = 0,0386 < 0,1 yargılar tutarlıdır.

Şekil 3.8 *Tablo 3.7*'deki yargıların tutarlılığın kontrol edilmesi ve göreli önem ağırlıkları

Tablo 3.8 2. Katmandaki *birleşim şekilleri* elemanının 3. katmandaki ikili karşılaştırma matrisi

3. KATMAN

birleşim şekilleri	**bina strüktürü**	**ince yapı**	**bina servisleri**	**cephe/ kabuk**
bina strüktürü	1,000	*4,875*	*4,250*	*3,875*
ince yapı	*0,205*	1,000	*1,750*	*1,469*
bina servisleri	*0,235*	*0,571*	1,000	*1,608*
cephe/ kabuk	*0,258*	*0,681*	*0,622*	1,000
Toplam	1,698	7,127	7,622	7,952

birleşim şekilleri	**bina strüktürü**	**ince yapı**	**bina servisleri**	**cephe/ kabuk**	Satır Toplamı	*Öncelik Vektörü*
bina strüktürü	0,589	0,684	0,558	0,487	2,318	***0,579***
ince yapı	0,121	0,140	0,230	0,185	0,675	***0,169***
bina servisleri	0,139	0,080	0,131	0,202	0,552	***0,138***
cephe/ kabuk	0,152	0,096	0,082	0,126	0,455	***0,114***
Toplam	1,000	1,000	1,000	1,000	4,000	1,000

matris					öncelik vektörü		ağır. top. mat.		ağır. top. mat. / ön. vek.
1,000	4,875	4,250	3,875	X	0,579	=	2,430	-->	4,194
0,205	1,000	1,750	1,469		0,169		0,696	-->	4,124
0,235	0,571	1,000	1,608		0,138		0,554	-->	4,011
0,258	0,681	0,622	1,000		0,114		0,464	-->	4,081

max(λ) = ∑(ağır. top. mat. / ön. vek.) / n = 4,102395

max(λ) = 4,102395

CI = (max(λ) - n) / (n-1)

CI = 0,034131617

CR = CI / RI

0,03/0,9 = 0,0379

CR ≈ 0,0379

birleşim şekil.	
bina strüktürü	***57,9%***
ince yapı	***16,9%***
bina servisleri	***13,8%***
cephe/kabuk	***11,4%***

CR = 0,0379 < 0,1 yargılar tutarlıdır.

Şekil 3.9 *Tablo 3.8*'deki yargıların tutarlılığın kontrol edilmesi ve göreli önem ağırlıkları

Tablo 3.9 2. Katmandaki *taşıma kapasitesi* elemanının 3. katmandaki ikili karşılaştırma matrisi

3. KATMAN

taşıma kapasitesi	bina strüktürü	ince yapı	bina servisleri	cephe/ kabuk
bina strüktürü	1,000	*6,625*	*5,375*	*4,646*
ince yapı	*0,151*	1,000	*1,265*	*1,168*
bina servisleri	*0,186*	*0,791*	1,000	*1,244*
cephe/ kabuk	*0,215*	*0,856*	*0,804*	1,000
Toplam	1,552	9,272	8,444	8,058

taşıma kapasitesi	bina strüktürü	ince yapı	bina servisleri	cephe/ kabuk	Satır Toplamı	*Öncelik Vektörü*
bina strüktürü	0,644	0,715	0,637	0,577	2,572	***0,643***
ince yapı	0,097	0,108	0,150	0,145	0,500	***0,125***
bina servisleri	0,120	0,085	0,118	0,154	0,478	***0,119***
cephe/ kabuk	0,139	0,092	0,095	0,124	0,450	***0,113***
Toplam	1,000	1,000	1,000	1,000	4,000	1,000

matris					öncelik vektörü		ağır. top. mat.		ağır. top. mat. / ön. vek.
1,000	6,625	5,375	4,646	X	0,643	=	2,636	-->	4,100
0,151	1,000	1,265	1,168		0,125		0,505	-->	4,038
0,186	0,791	1,000	1,244		0,119		0,478	-->	4,000
0,215	0,856	0,804	1,000		0,113		0,454	-->	4,033

max(λ) = ∑(ağır. top. mat. / ön. vek.) / n = 4,042749

max(λ) = 4,042749

CI = (max(λ) - n) / (n-1)

CI = 0,014249618

CR = CI / RI

0,01/0,9 = 0,0158

CR ≈ 0,0158

taşıma kapasit.	
bina strüktürü	***64,3%***
ince yapı	***12,5%***
bina servisleri	***11,9%***
cephe/kabuk	***11,3%***

CR = 0,0158 < 0,1 yargılar tutarlıdır.

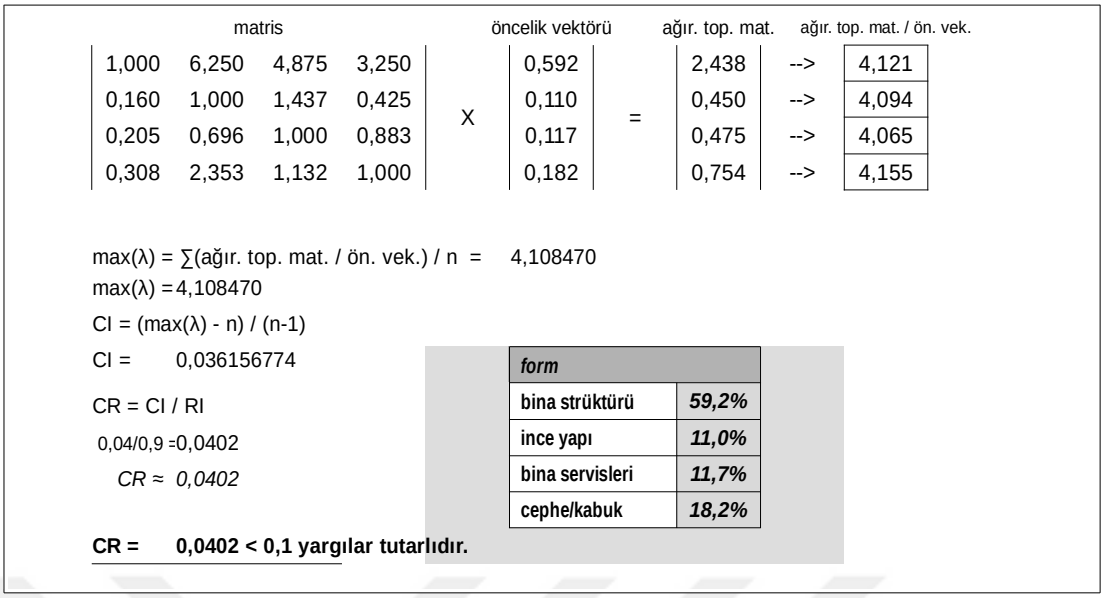
Şekil 3.10 *Tablo 3.9*'daki yargıların tutarlılığın kontrol edilmesi ve göreli önem ağırlıkları

Tablo 3.10 2. Katmandaki *form* elemanının 3. katmandaki ikili karşılaştırma matrisi

3. KATMAN

form	bina strüktürü	ince yapı	bina servisleri	cephe/ kabuk
bina strüktürü	1,000	*6,250*	*4,875*	*3,250*
ince yapı	*0,160*	1,000	*1,437*	*0,425*
bina servisleri	*0,205*	*0,696*	1,000	*0,883*
cephe/ kabuk	*0,308*	*2,353*	*1,132*	1,000
Toplam	1,673	10,299	8,445	5,558

form	bina strüktürü	ince yapı	bina servisleri	cephe/ kabuk	Satır Toplamı	*Öncelik Vektörü*
bina strüktürü	0,598	0,607	0,577	0,585	2,367	***0,592***
ince yapı	0,096	0,097	0,170	0,076	0,439	***0,110***
bina servisleri	0,123	0,068	0,118	0,159	0,468	***0,117***
cephe/ kabuk	0,184	0,228	0,134	0,180	0,726	***0,182***
Toplam	1,000	1,000	1,000	1,000	4,000	1,000



Şekil 3.11 *Tablo 3.10*'daki yargıların tutarlılığın kontrol edilmesi ve göreli önem ağırlıkları

Tablo 3.11 İkili karşılaştırmalar için temel ölçek (Saaty, 1990; Halıcıoğlu, 2005).

Ölçek Puanı	*Tanım*	*Yorum*
1	Eşit Önem	Eşit derecede katkı bulunmaktadır.
3	Orta Önem	Biri diğerine göre öne çıkmaktadır.
5	Güçlü Önem	Biri diğerine göre kuvvetli biçimde öne çıkmaktadır.
7	Çok Güçlü Önem	Biri diğerine göre daha önemli olduğu kabul edilir.
9	Son Derece Güçlü Önem	Birinin diğerine göre çok önemli olduğu bellidir.
2-4-6-8	Ara değerler	Üstteki yargıların arasında kalınma durumu içindir.

AHS uygulaması sonucu elde edilen göreceli yerel önem ağırlıkları aşağıdaki Tablo 3.12'de bir araya getirilmiş ve katmanlar arası ilişki doğrultusunda çarpılarak göreceli global ağırlıkları hesaplanmıştır. Daha sonraki Tablo 3.13'te ise bu göreli global önem ağırlıkları, yüzde önem ağırlıkları olarak sıralanmış ve katmanlar içerisinde elemanların etkileri yüzde cinsinden ortaya konulmuştur. Sonraki bölümde bu etki değerleri, yapı esnekliğini belirleyen maddelerin ağırlıklarını tespit etme aşamasında tekrar kullanılacaktır.

Tablo 3.12 Katmanların göreli global ağırlıklarının hesaplanması

1. Katman Skorları		*%45,98*	*%12,49*	*%33,56*	*%7,98*	Normalizasyon	**2. Katman Skorları**
		bileşen. ayrıl.	***uyum. / evrensellik***	***tekrar ayarl. / kullanıl.***	***modülerlik***		
2. Katman	**malzeme**	%31,76	%51,09	%43,26	%29,96	0,379	***%37,89***
	birleşim şekil.	%56,45	%30,28	%46,42	%45,94	0,490	***%48,98***
	taşıma kapasit.	%0,00	%8,19	%0,00	%12,12	0,020	***%1,99***
	form	%11,79	%10,44	%10,33	%11,98	0,111	***%11,15***

2. Katman Skorları		*%37,89*	*%48,98*	*%1,99*	*%11,15*	Normalizasyon	**3. Katman Skorları**
		malzeme	***birleşim şekil.***	***taşıma kapasit.***	***form***		
3. Katman	**bina strük.**	%49,82	%57,94	%64,30	%59,17	0,551	***%55,13***
	ince yapı	%20,98	%16,88	%12,50	%10,99	0,177	***%17,69***
	bina servisleri	%15,01	%13,80	%11,95	%11,69	0,140	***%13,99***
	cephe / kabuk	%14,19	%11,37	%11,26	%18,16	0,132	***%13,19***

Yapı esnekliği ilke ve kriterlerinin AHS yöntemi sonucu elde edilen göreli yüzde önem ağırlıkları Tablo 3.13'te görüldüğü gibi listelenmiştir.

Tablo 3.13 Yapı esnekliği ilke ve kriterlerinin göreli yüzde önem ağırlıkları

1. KATMAN (Yapı Esnekliğini Mümkün Kılan İlkeler)	
bileşenlerine ayrılabilme	***45,98%***
uyumluluk / evrensellik	***12,49%***
tekrar ayarlanılabilirlik / kullanıllanılabilirlik	***33,56%***
modülerlik	***7,98%***

2. KATMAN (Yapı Esnekliği Fiziksel Katman Kriterleri)	
malzeme	***37,89%***
birleşim şekilleri	***48,98%***
taşıma kapasitesi	***1,99%***
form	***11,15%***

3. KATMAN (Yapı Esnekliği Fonksiyonel Katman Kriterleri)	
bina strüktürü / taşıyıcılar	***55,13%***
ince yapı / iç mekan	***17,69%***
bina servisleri	***13,99%***
cephe / kabuk	***13,19%***

BÖLÜM DÖRT
TASARIM AŞAMASINDA YAPI ESNEKLİĞİNİN GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ VE BİR FABRİKA YAPISI KAPSAMINDA UYGULANARAK İRDELENMESİ

İkinci bölümde mimarlık alanında esneklik olgusu tanımlanmış, bu konuda daha önce yapılmış olan literatür ürünleri araştırılmış ve diğer araştırmacıların çalışmaları incelenmiştir. Farklı yazarların esneklik için tariflediği tanımlamalara değinilmiş ve belirledikleri bazı ilke ve kriterlerden bahsedilmiştir. Mimarlık alanında özellikle yapı esnekliği perspektifinde önem verilen bazı hususlardan bahsedilmiştir. İkinci bölümdeki çalışmalar ışığında yapı esnekliğini etkileyen ilke ve kriterler için birçok makale ve yazının listelendiği bir tablo oluşturulmuştur. Üçüncü bölümde listelenen ilke ve kriterler içerisinde birbirlerinden ayrışan ve en kapsamlı dört ilke ve sekiz kriter üç farklı katman halinde ifade edilmiştir. Daha sonra bu ilke ve kriterler ayrı ayrı tariflenmiş ve yapı esnekliği bağlamındaki açıklamaları yapılmıştır. Üçüncü bölümün sonunda yapı esnekliği için üç ayrı katmanla ifade edilen ilke ve kriterlerin aralarındaki ilişki ağı tariflenerek AHS yöntemiyle göreceli önem ağırlıkları belirlenmiştir. Böylece sekiz uzman mimarın görüşleriyle belirlenen kriterlerin göreli önem ağırlıkları hiyerarşik olarak ifade edilmiştir.

Bu bölümün amacı ise önceki bölümlerde edinilen bilgiler doğrultusunda yeni başlanacak ya da yeniden dönüşümü planlanan bina projelerinin tasarımı aşamasında, ilgili yapının geleceğe yönelik değişebilme veya yapı esnekliği bağlamında geliştirilebilme potansiyelini göreceli olarak ölçebilmektir. Bu sayede tasarım aşamasında alınacak kararlar için bir destek mekanizması sunulabilecektir. Bu doğrultuda öncelikle yapı esnekliğinin ölçülebilmesine yönelik bir ölçek modeli ve sonrasında ise bir fabrika yapısı üzerinden uygulaması yapılacaktır.

4.1 Yapı Esnekliğinin Geliştirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi

Bir binanın farklı ölçeklerdeki kullanım ve ihtiyaç senaryoları değiştiğinde bir takım yapısal değişikliklerin de gerçekleşebileceği, bu değişikliklerin binanın

kullanım amacını veya kullanıcı beklentilerini karşılayabilmek doğrultusunda fonksiyon değişimi, kapasite değişimi ve işleyiş değişimi olmak üzere üç tip olarak beklenebileceği önceki bölümlerde ifade edilmiştir (Slaughter, 2001). Bu değişimlerin gerçekleşebilmesi için de yapının kısmen ya da tamamen esneklik sunabilmesi gerekmektedir. Durmisevic (2006), yapı esnekliği için, binayı sadece sürdürülebilir değil, aynı zamanda binayı kullanım trendleri ve teknolojik gelişmeleri takip edecek şekilde uyarlanabilir hale getirmektir, tarifini kullanmıştır (Durmisevic, 2006). Blakstad (2001) bu fiziksel uyarlanabilirliği binanın yapısal ve teknik sistemlerinin kullanım, mülkiyet veya çevredeki değişikliklere uyum sağlama yeteneği olarak tariflemiştir (Blakstad, 2001).

Tasarım aşamalarında alınan kararların, yapının bütün yaşam ve kullanım döngüsünü etkilediği ve bu durumun tasarım aşamasında doğru kararların alınmasını gerektirdiği görülmektedir. Yapı inşa öncesi proje aşamasında veya mevcut bir yapının tadilat usülü ile yeniden projelendirilmesi aşamasında birtakım tasarım kararları alınacaktır. Ancak belirli kullanım senaryoları için alınan kararlar, günümüz şartlarında yaşanan hızlı değişimlerden dolayı çok daha kısa sürelerde ömürlerini tüketebilmektedir. Dolayısıyla tasarım aşamasında alınan kararların yapı esnekliği bağlamında sistemli bir şekilde kontrol edilebilmesi daha sonra yaşanabilecek değişim zorluklarının da aşılabilmesini kolaylaştırılabilir.

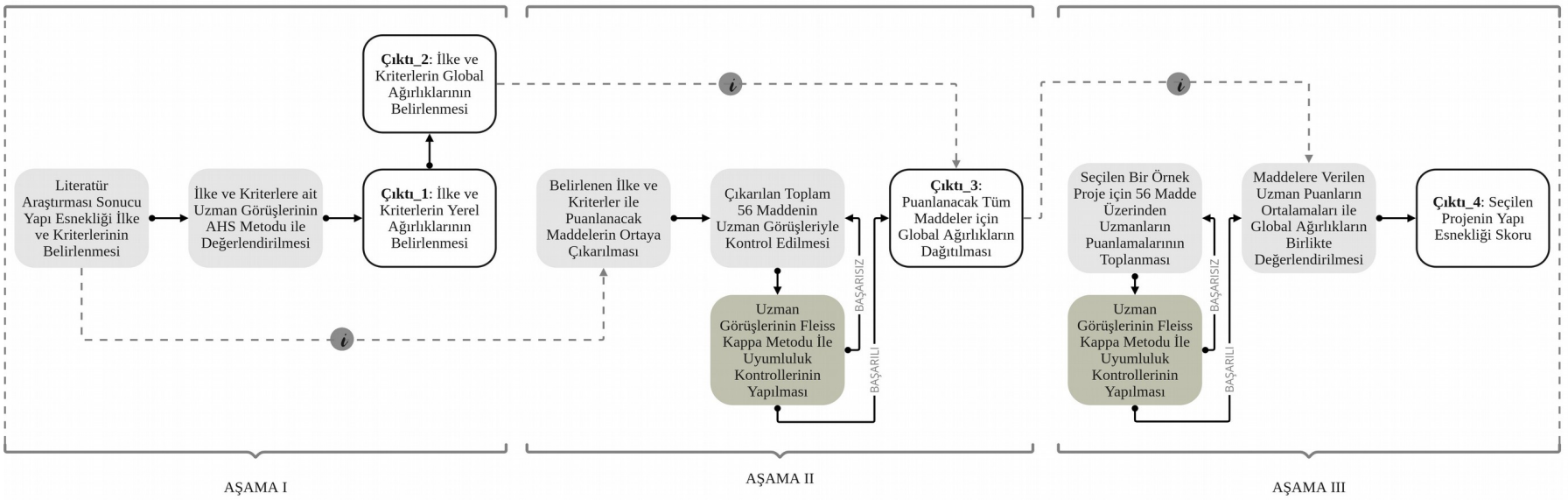
Yapıların tasarım aşamasındaki kararlarının esneklik bağlamında düzenlenmesini ve desteklenmesini sağlayacak bu modelin ana hedefi mimar-mühendis-müşteri gibi karar verici grubun yapı ile ilgili alınan temel kararları esneklik ilkeleri süzgecinde sistematik olarak kontrol ederek, gerekli iyileştirmeleri bu aşamada yapabilmelerini sağlayabilmektir. Bu sistematik yaklaşım üç aşamalı olarak aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

1. Aşama-Kriterlerin ve görece önem ağırlıklarının belirlenmesi: Bu aşamanın amacı yapı esnekliğini tetikleyen ilkeler ve kriterlerin belirlenerek göreli önem ağırlıklarının tespit edilmesidir. Bu amaç doğrultusunda bu aşamanın kapsamı ilgili literatür çalışmasının derlemesi ile üçüncü bölümde detaylı olarak açıklanmış, yapı

esnekliğini etkileyen başlıca ilke ve kriterler sistematik olarak tespit edilmiştir. Hiyerarşik olarak organize edilen bu ilke ve kriterler sekiz uzman görüşüne dayalı olarak AHS yöntemi ile bir dizi işleme sokulmuştur. Daha sonrasında bu aşamanın çıktısı olarak ilke ve kriterlerin yerel ve global göreli önem ağırlıkları elde edilelerek önem sıraları belirlenmiştir. Bu aşama üçüncü bölümde ayrıntılı olarak incelenmiş ve çıktıları sunulmuştur. Bu konudaki detaylara bir önceki bölümden ulaşılabilir.

2. Aşama-Ölçek maddelerinin belirlenmesi ve bu maddelerin ağırlıklandırılması: Önceki bölümde de (*3.4 İlke ve Kriterlerin İlişkilendirilmesi*) belirtildiği üzere, yapı esnekliğinin başarımı birtakım fiziksel ve fonksiyonel kriterlerin, yapı esnekliğini mümkün kılan ilkelerle olan ilişkisiyle tariflenmiştir. Hiyerarşik olarak üç katman halinde bulunan kriterler arasındaki (alt seviyeden yukarıya) doğrusal ilişkiler bu bağlamda 56 adet farklı ilişki ağını ortaya koyduğu belirtilmiştir. Bu doğrusal ilişkiler sırayla incelendiğinde yapı esnekliği için, yapıya ait fonksiyonel unsurların fiziksel olarak esneklik ilkelerini sağlaması üzerinden ilişki kurduğu anlaşılmaktadır. Bu aşamanın çıktısı olarak, daha önceden AHS yöntemi ile elde edilen global göreli kriter önem ağırlıklarının, belirtilen doğrusal ilişki ağı içerisinde teker teker dağıtılması ile göreli madde önem ağırlıkları ortaya konmuş toplam 56 madde elde edilmektedir. Burada önemli olan husus, ilke ve kriter birlikteliklerinden doğrusal olarak elde edilmiş 56 maddenin ayrı ayrı önem ağırlıkları ile nitelendirilmiş olmasıdır.

3. Aşama-Ölçek maddelerinin proje üzerinden puanlanarak değerlendirilmesi: Bu aşamada, belirlenmiş olan 56 maddenin tasarım aşamasındaki bir proje kapsamında değerlendirilmesi gerçekleşmektedir. Seçilen projenin işlevi fabrikadır. Bu bağlamda değerlendirilecek olan fabrika projesi 56 madde üzerinden sistematik olarak incelenmekte ve tekrar uzman mimarlarca 1-9 oran ölçeği ile madde başarımlarının puanlaması yapılmaktadır. Her maddenin ağırlığı ve başarımı birlikte hesaplanarak elde edilen toplam değer ile yapı esnekliğinin mevcut potansiyeli ve zayıf noktaları ortaya çıkarılmış olmaktadır.

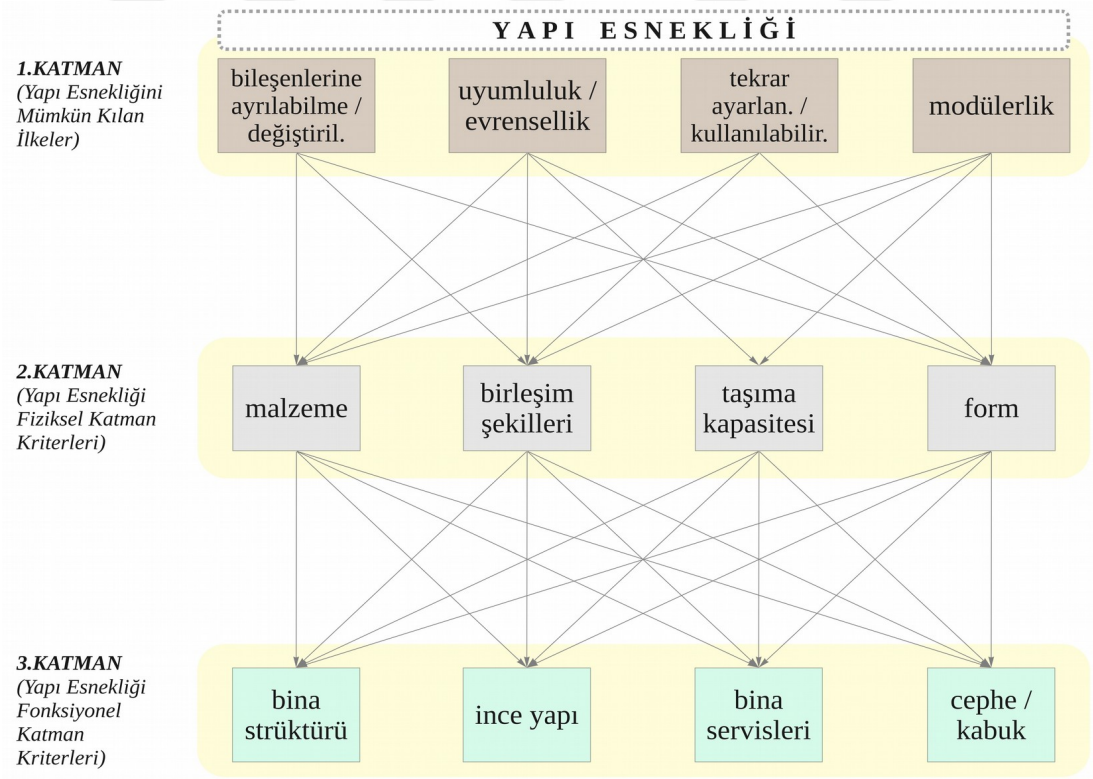


Şekil 4.1 Yapı esnekliğinin belirlenmesi için izlenecek aşamalar

Bu noktada karar verici grubun aldığı tasarım kararlarına yapı esnekliği potansiyelleri bağlamında da kontrol edilebilme imkanı sağlanmaktadır. Böylelikle yapısal değişiklik gerektiren kullanım senaryolarında tasarımdan kaynaklı zayıflıklar tekrar değerlendirilebilmekte ve sonradan yaşanabilecek yıkım ihtimalleri azaltılabilmektedir.

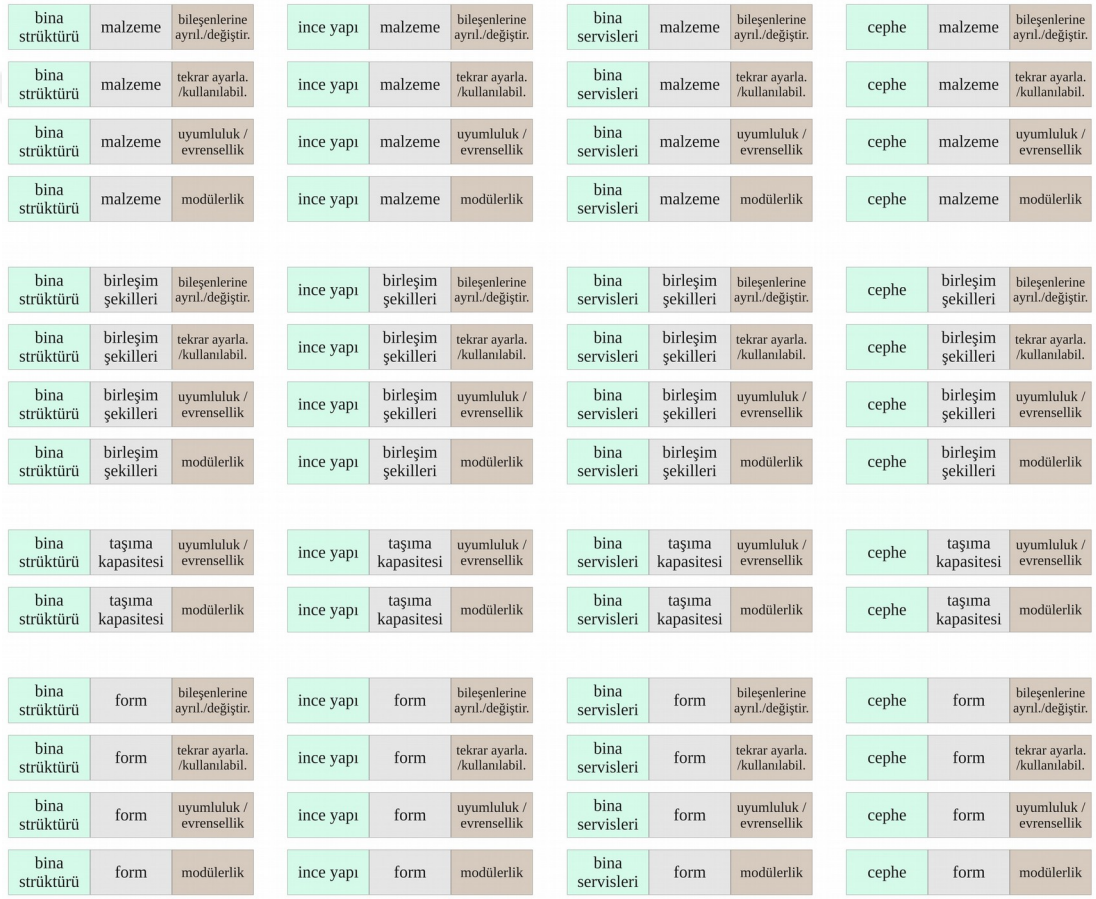
4.2 Ölçek Maddelerinin Belirlenmesi ve Geçerlilik Kontrolü

Üçüncü bölümün sonunda AHS yöntemi için ilke ve kriterlerin ilişkilendirilmesi başlığında sistematik olarak netlik kazandırılan üç katmanlı birliktelikte yapı esnekliği için ilkesel, fiziksel ve fonksiyonel olarak bir dizi başlıktan bahsedilmiştir. Yapı esnekliği için bir kapsam belirten bu üç başlığın amacı esnekliğin gözlemleneceği ilkesel, fiziksel ve fonksiyonel alanları ortaya koymak ve bu katmanları oluşturan alt kriterler bazında sistematik bir kontrol mekanizması oluşturabilmektir.



Şekil 4.2 Fonksiyonel katman kriterlerinden ilkelere doğru ilerleyen doğrusal ilişkiler

Yukarıda, Şekil 4.2’de belirtilmiş olan kriterler, katmanlar arası bir ilişki içerisinde bulunmaktadır. Fonksiyonel katman kriterlerinden ilkelere doğru ilerleyen doğrusal ilişkiler aynı zamanda belirtilen kapsam içerisindeki kontrol noktalarını adreslemektedir. Bu durumda ortaya çıkan 56 madde aşağıda belirtilen ilke ve kriter birliktelikleri şeklindedir. İkinci katmanda yer alan taşıma kapasitesi kriteri, ilk katmanda sadece uyumluluk / evrensellik ve modülerlik ilkeleri ile ilişkilendirilebilmesi ve diğer ilkelerle anlamlı bir birliktelik oluşturmamasından dolayı toplam 56 maddelik bir şema Şekil 4.3’teki gibi elde edilmektedir.



Şekil 4.3 Doğrusal ilişkilerle tariflenen ilke ve kriter birliktelikleri

Anlamlı bütünlüğe sahip bu 56 maddelik ilke ve kriter birlikteliklerinin mimari proje üzerinden incelenebilmesini kolaylaştırmak üzere bu birliktelikleri açıklayan ve sorgulayan 56 yargı oluşturulmuştur. Örneğin ilk maddeyi oluşturan *bina strüktürü > malzeme > bileşenlerine ayrılabilme/değiştirilebilme* birlikteliği için; y*apı taşıyıcı elemanları (kolon-kiriş-döşeme-vb) için belirlenen malzemeler*, *taşıyıcı elemanların*

parçalarına ayrılarak değiştirilebilmesini kolaylaştırır şeklinde bir yargı önermesi yapılmıştır. Diğer tüm maddeler için yapılan yargılar EK-2'de detaylı olarak ifade edilmiştir.

Ölçeğin geçerliliğini ve güvenilirliğini arttırmak için maddeleri tarifleyen yargıların aynı yönlü ve yapı esnekliğinin gerçekleşebilmesini hedefleyen ifadeler olması sağlanmıştır. İlgili madde yargıları aracılığıyla ortaya konacak ölçümlerin aynı yönde olması sonraki aşamada uzmanların aynı hedef için puanlama yapabilmesine imkan verecektir. Diğer bir ifadeyle bu yargılar ile mimari projede alınan birtakım kararların yapı esnekliği başarımına ne kadar katkı sağladığı aranmaktadır. Dolayısıyla yapı esnekliği başarımının pozitif yönlü ölçümü söz konusudur ve yargıların da bu yöndeki sorgulamaları sağlaması gerekmektedir.

Maddelerin, yapı esnekliği başarımını ölçmek için anlamlı ve uygun olduğunu kontrol etmek üzere sekiz uzman mimara tekrar danışılmıştır. Belirlenen maddeler içerisinde aynı amacı hedeflemeyen ya da bu amaca faydası olmayanların (varsa) tespiti ve bunların ayıklanabilmesi için uzmanlardan EK 2'de ifade edilen yargıları EK 3'te yer alan tabloya değerlendirmeleri istenmiştir. Toplam 56 maddeye ait yargılar üzerinden ayrı ayrı *0 = Hiç Önemli Değil, 1 = Biraz Önemli, 2 = Önemli, 3 = Çok Önemli* şeklindeki puanlamalar EK-3'teki tabloda toplanmış ve uzmanlar tarafından hiçbir madde için *0 = Hiç Önemli Değil* şeklinde değerlendirme yapılmamıştır. Ancak uzmanlar tarafından yapılan değerlendirmelerin uyumunun ne kadar tesadüfen ya da ne kadar kabul edilebilir olduğunu belirlemek için *Fleiss Kappa Metodu* ile bir dizi kontrol yapılmıştır.

Fleiss Kappa Metodu: Kappa istatistiği, Cohen (1960) tarafından, n konuyu bağımsız olarak q kategoriden oluşan bir ölçek aracılığıyla değerlendiren iki puanlayıcı arasındaki anlaşmayı ölçmek için ortaya çıkarıldı. Daha sonraları Kappa, uzman tavsiyelerinin karşılaştırılması için iyi bilinen bir yöntem haline gelmiştir. Buna karşın ikiden fazla sayıda puanlayıcı arasındaki karşılaştırmalı uyuşmanın güvenirliğini ölçmek için Fleiss (1971) tarafından Fleiss Kappa Metoduna

dönüştürülmüştür. Temelde değerleyiciler arasındaki bu uyuşmanın (P), tesadüften (P_e) arındırılarak hesaplanması söz konusudur (Falotico ve Quatto, 2015).

Fleiss Kappa Katsayısı N tane madde, n tane puanlayıcı, k değerleme kategorisi, i maddelerin indeksi ve j değer kategori indeksi bağlamında şu şekilde ifade edilmiştir:

$$P=\frac{1}{N}*\sum_{i=1}^{N}\left[1/(n*(n-1))*\sum_{j=1}^{k}n_{ij}^{2}-n\right] \quad (4.1)$$

$$P_e=\sum_{j=1}^{k}\left[1/(N*n)*\sum_{i=1}^{N}n_{ij}\right]^{2} \quad (4.2)$$

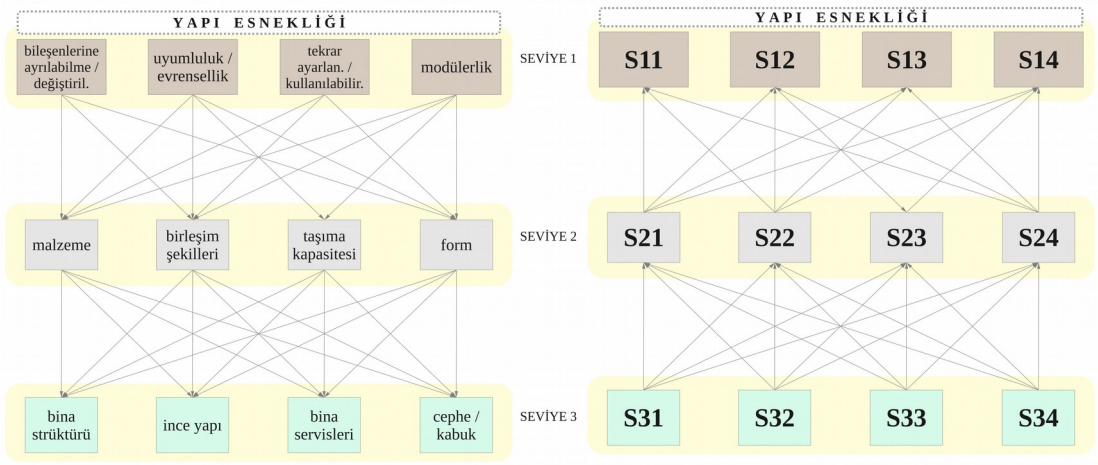
$$\kappa=(P-P_e)/(1-P_e) \quad (4.3)$$

Kappa istatistiği ile ilişkili çıkan sonuca ait anlaşmanın göreceli gücünü tanımlarken Landis ve Koch (1977)' un aşağıdaki Tablo 4.1'de belirttiği gibi karşılık gelen kappa aralıkları değerlendirilecektir. Literatürde anlaşma miktarı ile ilgili farklılaşan yeterlilikler tartışılmaktadır ancak bu çalışmada uyuşmanın orta ve üzeri olması yeterli anlaşma miktarı olarak kabul edilecektir.

Tablo 4.1 Kappa değerinin yorumlanması (Landis ve Koch, 1977)

κ	***Anlaşma miktarı***
< 0.00	Hiç yok
0.00 – 0.20	Çok az
0.21 – 0.40	Kısmen
0.41 – 0.60	Orta
0.61 – 0.80	Oldukça yüksek
0.81 – 1.00	Neredeyse mükemmel

Yapı esnekliği başarımını ölçmek için maddelerin anlamlı ve uygun olduğunu kontrol etmek üzere uzmanların belirttiği görüşlerdeki uyuşmaların tesadüften arındırılarak hesaplanması Şekil 4.4 ve Tablo 4.2'de ifade edilmiştir. Bu aşamada ve daha sonraki hesaplamalarda 56 maddenin ifadelerini kolaylaştırmak için Şekil 4.2'deki katman ve kriter konumları kullanılarak isim kodlamaları yapılmıştır. Örneğin ilk madde S31S21S11 şeklinde, ikinci madde S31S21S12 şeklinde, on birinci madde ise S31S24S11 şeklinde vb. ifade edilecektir.



Şekil 4.4 Maddelerin kodlanması

8 uzman ve 56 madde kapsamında *0 = Hiç Önemli Değil, 1 = Biraz Önemli, 2 = Önemli, 3 = Çok Önemli* şeklindeki puanlamalar EK 3'te toplanmıştır. Tablo 4.2'deki veri setinde uzmanların puanları ve bu puanların madde puan kategorisindeki ifadesi okunmaktadır. Tablo 4.2'de görülen işlemlerde 4.1 ve 4.2 nolu denklemler aracılığıyla puana ve maddeye indeksli Pi ve Pj ler ayrı ayrı hesaplanmış ve ortalamaları alınarak Şekil 4.5'teki değerler elde edilmiştir.

uzman sayısı	8	*Fleiss Kappa* ***K***
madde sayısı	56	
Σp_i	50,928571428571	**0,598**
$P_{(i)ort}$	0,9094387755102	
P_e	0,7745934311224	

$$\kappa = (P - P_e) / (1 - P_e)$$

$$P_{(i)ort} = P = \Sigma p_i / 56$$

$$P_e = P_{j0}^2 + P_{j1}^2 + P_{j2}^2 + P_{j3}^2$$

$$K = (0{,}9094 - 0{,}7746) / (1 - 0{,}7746)$$

$$K = \mathbf{0{,}598}$$

Şekil 4.5 Uzmanların maddeler için belirttiği görüşlerdeki uyuşmaların hesaplanması

Uzman görüşlerinin uyuşma miktarını belirleyen Fleiss Kappa metodu sonucu 0,598 Kappa değeri ile oldukça yüksek anlaşma oranına yakın olan 0,41 – 0,60 aralığındaki *orta anlaşma* yorumu elde edilmektedir (Denklem 4.3). Böylece uzmanlar arasında tutarlı ve yeterli anlaşmanın sağlandığı anlaşılmıştır. Bu doğrultuda yapı esnekliği başarımını ölçmek için kullanılacak 56 maddenin anlamlı ve uygun olduğu, herhangi bir maddeyi değiştirmeye gerek kalmadığı kabul edilmiştir.

Tablo 4.2 Uzmanların maddeler için belirttiği görüşler ve uyuşma oranları

Uzmanlar / maddeler ↴	Uzman_1	Uzman_2	Uzman_3	Uzman_4	Uzman_5	Uzman_6	Uzman_7	Uzman_8
S31S21S11	3	3	3	3	3	3	3	3
S31S21S12	3	3	3	3	3	3	3	3
S31S21S13	3	3	3	3	3	3	3	3
S31S21S14	2	3	3	2	3	3	3	3
S31S22S11	3	3	3	3	3	3	3	3
S31S22S12	3	3	3	3	3	3	3	3
S31S22S13	3	3	3	3	3	3	3	3
S31S22S14	3	2	3	3	3	3	3	3
S31S23S12	3	3	2	3	3	3	3	3
S31S23S14	3	3	3	3	3	3	3	3
S31S24S11	2	3	3	3	3	3	3	3
S31S24S12	3	3	3	3	3	3	3	3
S31S24S13	3	3	3	3	3	3	3	3
S31S24S14	3	3	3	3	3	3	3	3
S32S21S11	3	3	3	3	3	3	3	3
S32S21S12	3	3	3	3	3	3	3	3
S32S21S13	3	2	3	2	3	3	3	3
S32S21S14	2	2	2	2	2	2	3	3
S32S22S11	3	3	3	3	3	3	3	3
S32S22S12	3	3	3	3	3	3	3	3
S32S22S13	3	3	3	3	3	3	3	3
S32S22S14	2	2	2	2	2	2	3	3
S32S23S12	2	2	2	2	2	2	2	3
S32S23S14	2	2	2	2	2	2	2	3
S32S24S11	3	3	3	3	3	3	3	3
S32S24S12	3	3	3	2	3	3	3	3
S32S24S13	3	3	3	3	3	3	3	3
S32S24S14	2	2	2	2	2	2	2	3

ölçek pn. / maddeler ↴	0	1	2	3	Pi
S31S21S11	0	0	0	8	1,000
S31S21S12	0	0	0	8	1,000
S31S21S13	0	0	0	8	1,000
S31S21S14	0	0	2	6	0,571
S31S22S11	0	0	0	8	1,000
S31S22S12	0	0	0	8	1,000
S31S22S13	0	0	0	8	1,000
S31S22S14	0	0	1	7	0,750
S31S23S12	0	0	1	7	0,750
S31S23S14	0	0	0	8	1,000
S31S24S11	0	0	1	7	0,750
S31S24S12	0	0	0	8	1,000
S31S24S13	0	0	0	8	1,000
S31S24S14	0	0	0	8	1,000
S32S21S11	0	0	0	8	1,000
S32S21S12	0	0	0	8	1,000
S32S21S13	0	0	2	6	0,571
S32S21S14	0	0	6	2	0,571
S32S22S11	0	0	0	8	1,000
S32S22S12	0	0	0	8	1,000
S32S22S13	0	0	0	8	1,000
S32S22S14	0	0	6	2	0,571
S32S23S12	0	0	7	1	0,750
S32S23S14	0	0	7	1	0,750
S32S24S11	0	0	0	8	1,000
S32S24S12	0	0	1	7	0,750
S32S24S13	0	0	0	8	1,000
S32S24S14	0	0	7	1	0,750

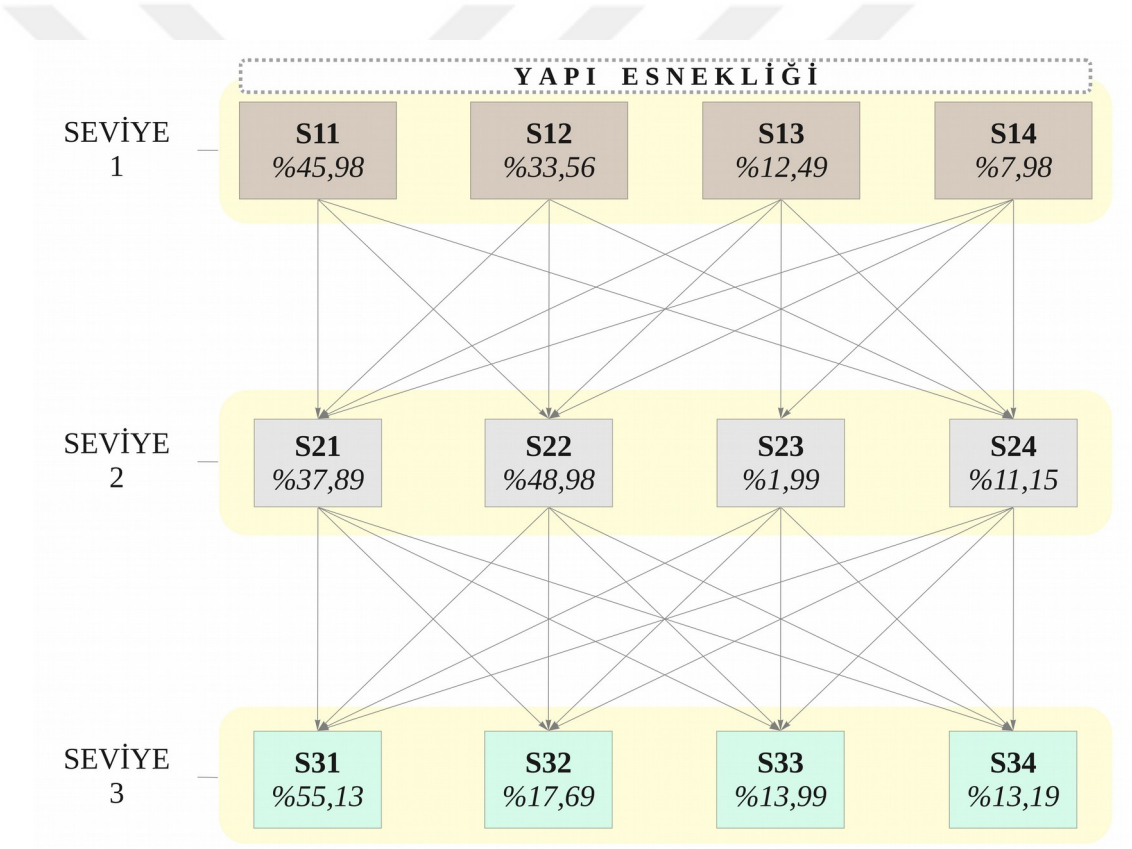
Tablo 4.2 Devamı

S33S21S11	3	3	3	3	3	3	3	3	S33S21S11	0	0	0	8	1,000
S33S21S12	3	3	3	3	3	3	3	3	S33S21S12	0	0	0	8	1,000
S33S21S13	3	3	3	3	3	3	3	3	S33S21S13	0	0	0	8	1,000
S33S21S14	3	3	3	3	3	3	3	3	S33S21S14	0	0	0	8	1,000
S33S22S11	3	3	3	3	3	3	3	3	S33S22S11	0	0	0	8	1,000
S33S22S12	3	3	3	3	3	3	3	3	S33S22S12	0	0	0	8	1,000
S33S22S13	3	3	3	3	3	3	3	3	S33S22S13	0	0	0	8	1,000
S33S22S14	3	3	3	2	3	3	3	3	S33S22S14	0	0	1	7	0,750
S33S23S12	3	3	3	3	3	3	3	3	S33S23S12	0	0	0	8	1,000
S33S23S14	3	3	3	3	3	3	3	3	S33S23S14	0	0	0	8	1,000
S33S24S11	3	3	3	3	3	3	3	3	S33S24S11	0	0	0	8	1,000
S33S24S12	2	2	2	2	2	2	3	3	S33S24S12	0	0	6	2	0,571
S33S24S13	3	3	3	3	3	3	3	3	S33S24S13	0	0	0	8	1,000
S33S24S14	3	3	3	3	3	3	3	3	S33S24S14	0	0	0	8	1,000
S34S21S11	3	3	3	3	3	3	3	3	S34S21S11	0	0	0	8	1,000
S34S21S12	3	3	3	2	3	3	3	3	S34S21S12	0	0	1	7	0,750
S34S21S13	3	3	3	3	3	3	3	3	S34S21S13	0	0	0	8	1,000
S34S21S14	3	3	3	3	3	3	3	3	S34S21S14	0	0	0	8	1,000
S34S22S11	3	3	3	3	3	3	3	3	S34S22S11	0	0	0	8	1,000
S34S22S12	3	2	3	2	3	3	3	3	S34S22S12	0	0	2	6	0,571
S34S22S13	3	3	3	3	3	3	3	3	S34S22S13	0	0	0	8	1,000
S34S22S14	3	3	3	3	3	3	3	3	S34S22S14	0	0	0	8	1,000
S34S23S12	3	3	3	3	3	3	3	3	S34S23S12	0	0	0	8	1,000
S34S23S14	2	2	2	2	2	2	2	3	S34S23S14	0	0	7	1	0,750
S34S24S11	3	3	3	3	3	3	3	3	S34S24S11	0	0	0	8	1,000
S34S24S12	3	3	3	3	3	3	3	3	S34S24S12	0	0	0	8	1,000
S34S24S13	3	3	3	3	3	3	3	3	S34S24S13	0	0	0	8	1,000
S34S24S14	3	3	3	3	3	3	3	3	S34S24S14	0	0	0	8	1,000

Toplam	0	0	58	390
P_j	0,000	0,000	0,129	0,871

4.3 Ölçek Maddelerinin Global Ağırlıklarının Belirlenmesi

Tez kapsamında yapı esnekliği için daha önceden belirlenmiş ilke ve kriterler bütünlüğünden (Şekil 4.3) ortaya çıkan tüm maddelerin her birinin tam başarım oranına sahip olması, yine bu tez kapsamındaki esnek yapı anlayışını tamamen karşılamış sayılmaktadır. Dolayısıyla buradaki amaç bu maddelerin yapıya sağladığı esneklik katkısını ve bu katkının da ne kadar başarım ile elde edilebildiğini tespit edebilmektir. Bu noktada yapı esnekliği başarımını ölçmek için kullanılacak maddelerin anlamlı ve uygun olduğu belirlendikten sonra bu maddelerin de göreli önem ağırlıklarının ayrı ayrı net bir şekilde ifade edilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.6 İlke ve kriterlerin AHS yöntemi ile belirlenmiş global ağırlıkları

Bir önceki bölümde, ilke ve kriterler için AHS yöntemi ile tespit edilmiş göreli önem ağırlıklarının yerel ve global değerleri Tablo 4.3'te ve Şekil 4.6'da gösterilmektdir.

Tablo 4.3 İlke ve kriterlerin AHS yöntemi ile göreli yerel ve global önem ağırlıklarının dağılımı

1. Katman Skorları		*%45,98*	*%12,49*	*%33,56*	*%7,98*	Normalizasyon	**2. Katman Skorları**
		bileşen. ayrıl.	***uyum./ evrensellik***	***tekrar ayarl./ kullanıl.***	***modülerlik***		
2. Katman	**malzeme**	%31,76	%51,09	%43,26	%29,96	0,379	***%37,89***
	birleşim şekil.	%56,45	%30,28	%46,42	%45,94	0,490	***%48,98***
	taşıma kapasit.	%0,00	%8,19	%0,00	%12,12	0,020	***%1,99***
	form	%11,79	%10,44	%10,33	%11,98	0,111	***%11,15***

2. Katman Skorları		*%37,89*	*%48,98*	*%1,99*	*%11,15*	Normalizasyon	**3. Katman Skorları**
		malzeme	***birleşim şekil.***	***taşıma kapasit.***	***form***		
3. Katman	**bina strük.**	%49,82	%57,94	%64,30	%59,17	0,551	***%55,13***
	ince yapı	%20,98	%16,88	%12,50	%10,99	0,177	***%17,69***
	bina servisleri	%15,01	%13,80	%11,95	%11,69	0,140	***%13,99***
	cephe / kabuk	%14,19	%11,37	%11,26	%18,16	0,132	***%13,19***

Şekil 4.3'teki madde dizilimlerinin kendi ağırlıklarını elde edebilmek için Tablo 4.3'te yer alan yerel ağırlıkların izleri takip edilerek ilgili her kriter ve ilke birbirleri ile çarpılmıştır. Örneğin ilk madde olan S31S21S11 kodlu maddenin ağırlığının hesaplanabilmesi için Tablo 4.3'te işaretlenen değerlerin çarpılması gerekmektedir. Bu durum:

1. madde, *S31S21S11* = *bina strüktürü / taşıyıcılar* * *malzeme* * *bileşenlerine ayrılabilme* şeklinde ifade edilebilir.

Bu şekilde tüm 56 madde için ayrı ayrı ağırlıklar hesaplandığında dağılım Tablo 4.6'da olduğu gibi görülmektedir. Daha detaylı bir şekilde ise Tablo 4.4'te her maddenin kodları ve ağırlığı ayrı ayrı ifade edilmektedir. Kullanılan yerel ağırlıklar ile elde edilen madde ağırlıkları ayrı ayrı katman bazında tekrar toplandığında yine aynı global ağırlık değerlerini vermektedir. Böylece madde ağırlıklarının toplamı yine ilke ve kriterlerin global ağırlıkları toplamına eşit olmaktadır. Uzmanların, bu maddelerin yapıda işaret ettiği noktaları daha kolay değerlendirebilmeleri için her maddeye ait bir yargı cümlesi oluşturulmuştur. Maddelerin yapı esnekliğini sağlamak için ifade ettikleri yargılar EK 2'de yer almaktadır.

Tablo 4.4 Maddelerin yüzde ağırlıkları

madde	ağırlık	madde	ağırlık	madde	ağırlık	madde	ağırlık
S31S21S11	**%7,28**	S32S21S11	**%3,06**	S33S21S11	**%2,19**	S34S21S11	**%2,07**
S31S21S12	**%3,18**	S32S21S12	**%1,34**	S33S21S12	**%0,96**	S34S21S12	**%0,90**
S31S21S13	**%7,23**	S32S21S13	**%3,04**	S33S21S13	**%2,18**	S34S21S13	**%2,06**
S31S21S14	**%1,19**	S32S21S14	**%0,50**	S33S21S14	**%0,36**	S34S21S14	**%0,34**
S31S22S11	**%15,04**	S32S22S11	**%4,38**	S33S22S11	**%3,58**	S34S22S11	**%2,95**
S31S22S12	**%2,19**	S32S22S12	**%0,64**	S33S22S12	**%0,52**	S34S22S12	**%0,43**
S31S22S13	**%9,02**	S32S22S13	**%2,63**	S33S22S13	**%2,15**	S34S22S13	**%1,77**
S31S22S14	**%2,12**	S32S22S14	**%0,62**	S33S22S14	**%0,51**	S34S22S14	**%0,42**
S31S23S12	**%0,66**	S32S23S12	**%0,13**	S33S23S12	**%0,12**	S34S23S12	**%0,12**
S31S23S14	**%0,62**	S32S23S14	**%0,12**	S33S23S14	**%0,12**	S34S23S14	**%0,11**
S31S24S11	**%3,21**	S32S24S11	**%0,60**	S33S24S11	**%0,63**	S34S24S11	**%0,98**
S31S24S12	**%0,77**	S32S24S12	**%0,14**	S33S24S12	**%0,15**	S34S24S12	**%0,24**
S31S24S13	**%2,05**	S32S24S13	**%0,38**	S33S24S13	**%0,41**	S34S24S13	**%0,63**
S31S24S14	**%0,57**	S32S24S14	**%0,10**	S33S24S14	**%0,11**	S34S24S14	**%0,17**

Maddelerin yapı esnekliğinde değerlendirme için kullanılması: Toplam 56 maddeye ait yüzde ağırlıkları (Tablo 4.4) net bir şekilde ifade edildikten sonraki aşamada, yeniden kullanım için planlanan eski bir yapı veya mimari proje aşamasındaki yapı kararları alınmış yeni bir binanın yapı esnekliğini belirlemek için bu madde ağırlıkları üzerinden değerlendirme yapılmaya geçilebilir.

Bu aşamada binanın yapısal kararları için EK 2 de yer alan yargılar aracılığıyla sorgulama yapılarak ilgili maddelerin sahip olduğu esneklik potansiyelinin bina tarafından ne kadarının karşılandığı yine sekiz uzman tarafından puanlanmaktadır. Bu noktada puanlama, tekrar 1-9 oranlı ölçek (Tablo 4.5) kullanılarak, değerlendirilen yapı bağlamında her uzman tarafından her madde için ayrı ayrı yapılmaktadır.

Maddeler üzerinden sekiz uzmanın ayrı ayrı yaptığı değerlendirmeler, rastlantısal olmayan tutarlı bir uyuşma göstermesi açısından tekrar Fleiss Kappa yöntemi ile kontrol edilir. Madde tespiti aşamasında da anlatıldığı gibi kabul edilebilir bir uyuşma gözlemlenmesi durumunda elde edilen puanların her bir madde için ortalaması alınarak değerlendirilmek üzere not edilmektedir.

Tablo 4.5 Madde puanlamaları için uyarlanan ölçek

Ölçek Puanı	*Tanım*
0	Başarısız
1	Çok düşük başarım
3	Düşük başarım
5	Ota başarım
7	Yüksek başarım
9	Son derece yüksek başarım
2-4-6-8	Ara değerler

Tablo 4.6'da gösterilen madde ağırlıkları ile maddelere özel uzman puanlamaları beraber gösterebilmek için Tablo 4.7 oluşturulmuştur. Bu aşamada her maddeye özgü ağırlık ve ilgili maddeye atanan uzman puanları çarpılarak o maddenin skoru elde edilmektedir. Böylece 56 maddeden elde edilen 56 farklı skorun toplamı, binanın yapı esnekliği için bir indeks olacak toplam skoru vermektedir. Bununla birlikte yapının fiziksel - fonksiyonel katmanlarından ve kriterlerinden elde edilen başarım oranları ile binanın yapı esnekliği konusundaki potansiyel durumu açısından fikir verecek bir tablo elde edilmektedir. Maddelerden elde edilen puanların daha net okunabilmesi için Tablo 4.7 bu nedenle *madde puanı * madde ağırlığı* şeklinde ifade edilmiştir.

Tablo 4.6 Kriterlerin göreli yüzde ağırlıklarının maddelere göre dağıtılması

1. KATMAN >>>		*bileşenlerine ayrılabilme*	*uyumluluk/ evrensellik*	*tekrar ayarl./ kullanılabilir.*	*modülerlik*	Toplam		***Genel Toplam***
3. KATMAN	***2. KATMAN***							
bina strüktürü / taşıyıcılar	malzeme	*%7,28*	*%3,18*	*%7,23*	*%1,19*	%18,88	**%55,13**	***%100,00***
	birleşim şekilleri	*%15,04*	*%2,19*	*%9,02*	*%2,12*	%28,38		
	taşıma sınırı / kapasitesi		*%0,66*		*%0,62*	%1,28		
	form	*%3,21*	*%0,77*	*%2,05*	*%0,57*	%6,59		
ince yapı / iç mekan	malzeme	*%3,06*	*%1,34*	*%3,04*	*%0,50*	%7,95	**%17,69**	
	birleşim şekilleri	*%4,38*	*%0,64*	*%2,63*	*%0,62*	%8,27		
	taşıma sınırı / kapasitesi		*%0,13*		*%0,12*	%0,25		
	form	*%0,60*	*%0,14*	*%0,38*	*%0,10*	%1,22		
bina servisleri	malzeme	*%2,19*	*%0,96*	*%2,18*	*%0,36*	%5,69	**%13,99**	
	birleşim şekilleri	*%3,58*	*%0,52*	*%2,15*	*%0,51*	%6,76		
	taşıma sınırı / kapasitesi		*%0,12*		*%0,12*	%0,24		
	form	*%0,63*	*%0,15*	*%0,41*	*%0,11*	%1,30		
cephe / kabuk	malzeme	*%2,07*	*%0,90*	*%2,06*	*%0,34*	%5,38	**%13,19**	
	birleşim şekilleri	*%2,95*	*%0,43*	*%1,77*	*%0,42*	%5,57		
	taşıma sınırı / kapasitesi		*%0,12*		*%0,11*	%0,22		
	form	*%0,98*	*%0,24*	*%0,63*	*%0,17*	%2,02		

Tablo 4.7 Kriterlerin göreli yüzde ağırlıklarının madde ve puan birliktelikleri

1. KATMAN >>>		bileşenlerine ayrılabilme		uyumluluk / evrensellik		tekrar ayarl. / kullanılabilir.		modülerlik	
3. KATMAN	2. KATMAN								
bina strüktürü / taşıyıcılar	malzeme	*P*	*%7,28*	*P*	*%3,18*	*P*	*%7,23*	*P*	*%1,19*
	birleşim şekilleri	*P*	*%15,04*	*P*	*%2,19*	*P*	*%9,02*	*P*	*%2,12*
	taşıma sınırı / kapasitesi			*P*	*%0,66*			*P*	*%0,62*
	form	*P*	*%3,21*	*P*	*%0,77*	*P*	*%2,05*	*P*	*%0,57*
ince yapı / iç mekan	malzeme	*P*	*%3,06*	*P*	*%1,34*	*P*	*%3,04*	*P*	*%0,50*
	birleşim şekilleri	*P*	*%4,38*	*P*	*%0,64*	*P*	*%2,63*	*P*	*%0,62*
	taşıma sınırı / kapasitesi			*P*	*%0,13*			*P*	*%0,12*
	form	*P*	*%0,60*	*P*	*%0,14*	*P*	*%0,38*	*P*	*%0,10*
bina servisleri	malzeme	*P*	*%2,19*	*P*	*%0,96*	*P*	*%2,18*	*P*	*%0,36*
	birleşim şekilleri	*P*	*%3,58*	*P*	*%0,52*	*P*	*%2,15*	*P*	*%0,51*
	taşıma sınırı / kapasitesi			*P*	*%0,12*			*P*	*%0,12*
	form	*P*	*%0,63*	*P*	*%0,15*	*P*	*%0,41*	*P*	*%0,11*
cephe / kabuk	malzeme	*P*	*%2,07*	*P*	*%0,90*	*P*	*%2,06*	*P*	*%0,34*
	birleşim şekilleri	*P*	*%2,95*	*P*	*%0,43*	*P*	*%1,77*	*P*	*%0,42*
	taşıma sınırı / kapasitesi			*P*	*%0,12*			*P*	*%0,11*
	form	*P*	*%0,98*	*P*	*%0,24*	*P*	*%0,63*	*P*	*%0,17*

Elde edilen verilerin net bir şekilde ifade edilebilmesi için Tablo 4.7'de belirtilen P değerleri uzmanların EK 2 de yer alan madde yargılarına göre yapıya verdikleri puanları, bu değerlerin sağındakiler ise daha önceden belirlenmiş olan madde ağırlıklarını temsil etmektedir. Sonraki aşamada bu iki değerin birlikte değerlendirilip toplanması ile yapı esnekliği skoru bilgisi elde edilmektedir. Bu tablodaki işlemler sonucu elde edilecek *toplam yapı esnekliği skoru*: *i=1, i=2, i=3, i=4* için;

$$\sum_{J=1}^{4} S3\,i_{*}S2\,J_{*}\left[\left(S11_{*}P_{S3i,S2j,S11}\right),\left(S12_{*}P_{S3i,S2j,S12}\right),\left(S13_{*}P_{S3i,S2j,S13}\right),\left(S14_{*}P_{S3i,S2j,S14}\right)\right] \qquad (4.4)$$

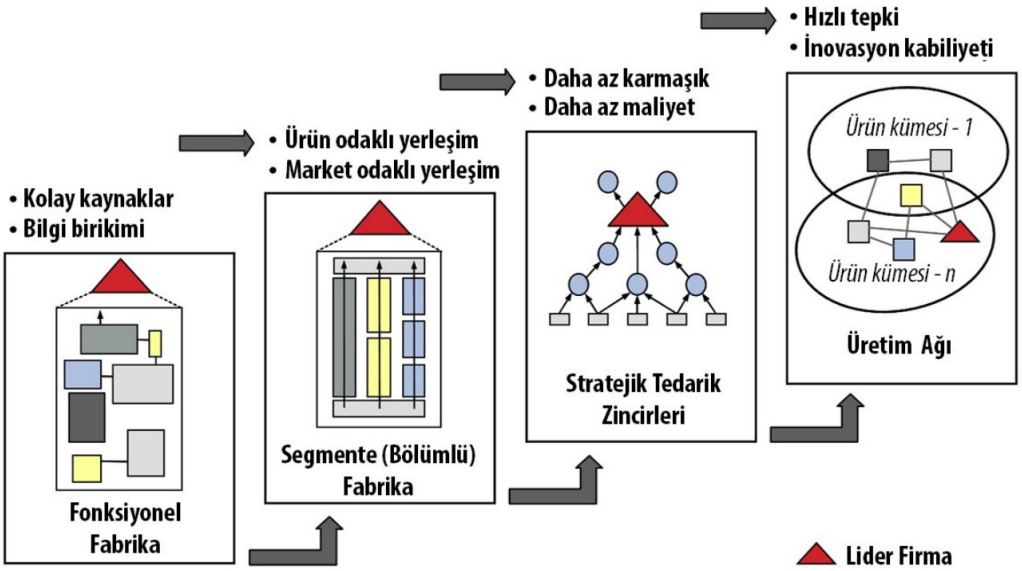
şeklinde ifade edilebilir.

4.4 Fabrika Yapılarında Esneklik

Fabrikalar ürün geliştirmek için gerekli imalat işletmeleridir. Bir şirketin teknik ve organizasyonel parçası, aynı zamanda ekonomik bir ünitesidir. Müşterinin beklentilerini karşılayan servisler sunmak ve ürünler üretip pazarlamak gibi temel görevleri bulunmakadır. Bir başka ifadeyle fabrikalar ortak bir hedefi ve kazanç sağlamayı amaçlayan endüstriyel operasyonlardır. Fabrika bünyesinde planlanarak

yapılması gereken tesisler ile çeşitli fonksiyonlar için ayrılmış organizasyonel alanlar vardır. Üretim ve operasyonun gerçekleştiği tesisler ile bu tesisleri oluşturan iş istasyonları fabrikanın ana parçalarıdır (Schenk vd., 2010).

Wiendahl (2015) 1960'lardan günümüze olan fabrikaların evrimini dört aşamada tariflemiştir (Şekil 4.7). Sabit ve öngörülebilir pazarla birlikte fonksiyonel ilk fabrikalar, oluşturdukları kendi bilgi birikimleriyle hızlı bir yükseliş göstermiştir. Ancak bu durumda üretim pahalı ve uzun sürelerde gerçekleşmektedir. Pazar beklentilerine göre fabrikaların kendilerini düzenlemeleri fabrika kurgularını modüler veya segmentli hale getirmiştir. Sipariş süreleri hızlanmış ancak fabrikalar bu sürece cevap verecek yeterli desteğe sahip olamamıştır. Personel ise ağır bir eğitime ihtiyaç duymaktadır. Bu da çalışma saatlerinde esneklik gerektirmiştir. Fabrika içerisinde benzer üretim bantları ve depoları sistemi rahatlatmak için birbirlerine yaklaştırılmıştır. Pazarın ve ürünlerin giderek daha da çok yönlü hale gelmesiyle karmaşıklık artmaya başlamıştır. Dolayısıyla lider firmalar daha kritik yetkilerine odaklanmaya başlamıştır. En uç durumlarda sadece ürünün tasarımında, final montajında ve satış kısmında bireysel rol almaktadır (Wiendahl vd., 2015).



Şekil 4.7 Fabikaların evrimi (ElMaraghy ve Wiendahl, 2009)

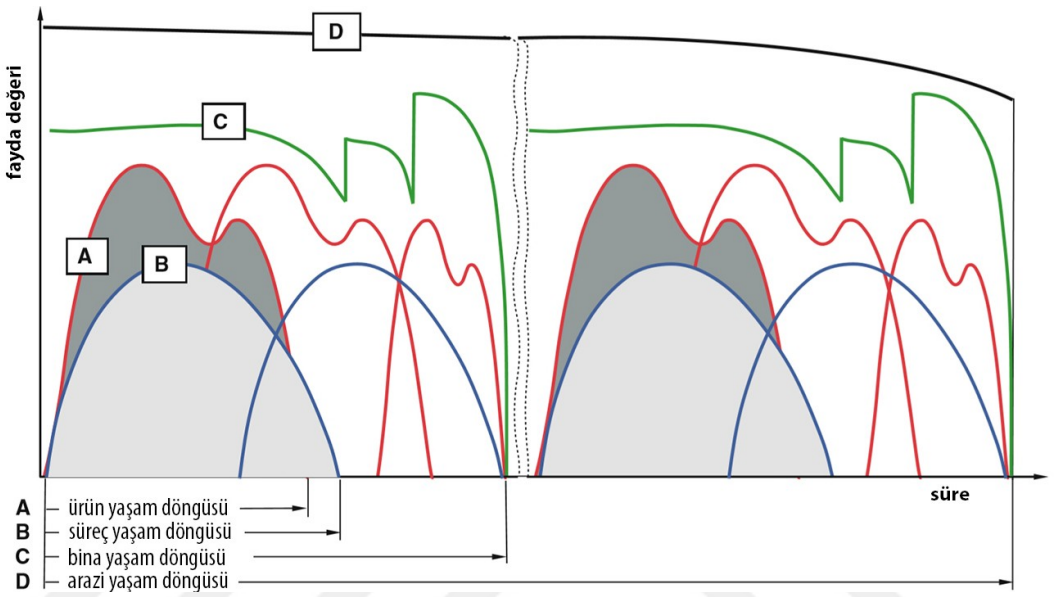
Tedarik ağı olarak da tanımlanabilecek bu yapı, genellikle üç beş sene süren ve ara ürünleri diğer fabrikaların sisteme girerek tedarik ettiği geçici fabrika ağlarını oluşturmaktadır. Artan pazar hareketliliği sonucu daha geniş bölgesel ve ulusal üretim ağları görülmeye başlamıştır. Global pazarda yerel kaynakların değerlendirilmesi ile yüksek dereceli inovasyon ve adapte olabilme kabiliyetine ulaşılarak daha hızlı fabrika ağları oluşturulmuş ve ürün veya servisin bitmesi sonucu ağ hemen dağılabilmiştir (Wiendahl vd., 2015).

Karakteristiklerine göre farklı tipte fabrikalar kategorize edilebilir ve birçok farklı fabrika, üretim tesisleri ile birlikte bir araya gelerek çoklu fabrika tiplerini oluşturabilirler. Ancak fabrikalar, insan kaynağı, ürünler, üretim, sistemler, fonksiyon, boyutlar, strüktür, yerleşim, kazanç ve kuruluş felsefesi açısından birbirinden farklıdır (Schenk vd., 2010).

Günümüzde fabrikalar kendilerini etkileyen faktörlerin çeşitliliği ve hızı nedeniyle, rekabet gücünü hızla kaybedebilir. Bunun temel nedeni, fabrikanın tesislerini ve organizasyonunu yeterince hızlı adapte edememesidir. Bu sebeple, bir fabrikayı uzun vadeli kullanım amaçlı planlarken, geçmişte ve günümüzde fabrikaları etkileyen ve gelecekte de etkileyecek olan değişim faktörlerini dikkate almak çok önemlidir. Bunun dikkate alınmadığı durumlarda zamanla fabrika yapılarının işleyişinde tepkisizlik ve durgunluk gözlemlenmektedir. Bu durumda fabrikanın bütününde yetersizlikler ve aksaklıklar ortaya çıkmaktadır (Wiendahl vd., 2015; ElMaraghy ve Wiendahl, 2009).

Geçmişte bir ürünün üretimine karar verildikten sonra dengeli bir yükseliş ve sonrasında oldukça uzun ve sabit periyotlar gösteren üretim hacimleri gözlenmektedir. Günümüzde ise genelde üretim hacimleri ilk zirveye oldukça hızlı bir yükseliş göstermekte daha sonra bir düşüş ve arkasından tekrar ikinci zirveyi görmektedir. İkinci zirveyi gördükten hemen sonra tanıtılan yeni bir ürün ile birlikte üretim hacminde ani bir düşüş yaşanmaktadır. Dolayısıyla bir ürünün yaşam döngüsünün o ürünü üreten makineler ve teknolojik süreçlerin yaşam döngüsüyle paralellik gösterdiği gözlemlenmiştir. Ancak ekonomik sebeplerden dolayı pazar

ömrü azalan ürünlerle birlikte yerine inşa edilen yapı ve işletme sürecinin, yeni nesil ürünlerin üretiminde de kullanılabilmesi beklenmektedir. Fabrika binalarının da iki veya bazen üç yeni nesil ürünün üretilebilmesini sağlayabilmeye adapte olabilmesi gerekmektedir. Hatta tüm kompleks, lojistik ve yasal çevre düzenlemeleri gibi yeni ihtiyaçlara göre kendini uyarlayabilmelidir (ElMaraghy ve Wiendahl, 2009).



Şekil 4.8 Fabrikalardaki üretim ile bina değişimi etkileşimi (Wiendahl vd., 2015)

Günümüzdeki pazar hareketliliği sebebiyle fabrikalar birkaç yıl içerisinde farklı bir fabrikaya dönüşmektedir (Şekil 4.8). Diğer taraftan yeni yapılmış fabrikanın kendini amorti etmesi de genellikle yıllar sürmektedir. Bu sebeple artık fabrikalar günde belirli bir miktardaki tek bir ürünü üretecek şekilde tasarlanamaz. Farklı üretim hacmi kapasitelerine, ek seçeneklere, yeni teknolojilere ve bunun gibi diğer durumlara adapte olabilmesi gerekmektedir. Sürekli değişen müşteri talepleri ile beraber ürün ve teknoloji ömrünü kısaltan tüm bu sebepler değişimi tetiklemektedir. Fabrikanın bu değişimi olabildiğince hızlı ve etkin bir şekilde gerçekleştirebilmesine fabrika dönüşümü denilmektedir (Nyhuis vd., 2007).

Üretim binası, üretimi içeriden, altyapıyı dışarıdan sarmalayan merkezi bir arayüz olarak görev alır. Endüstriyel bir tesis tasarlanmadan önce sürece yönelik süreç ve ihtiyaç programının hazırlanması, sonucu direkt etkileyen bir etmendir. İhtiyaçların net bir şekilde kategorize edilip ilişkilendirilmesiyle beraber alt kategorilere

ayrılması ve bunların sonucu; ekonomik, etkili, işlevsel bir tesisin ortaya çıkması kompleks bir süreçtir. Bu aşamada mimar ve mühendislerin olabildiğince sürecin başında olmaları gerekmektedir. Yatırımcı-mimar- mühendis iş birliği alınan kararların netleştirilmesinde oldukça faydalı olacaktır (Dodge, 1957). Fabrika binasının genel kullanım ihtiyaçları; teknik ihtiyaçlar, mekansal ihtiyaçlar, korunma ihtiyaçları, bölgesel ihtiyaçlar, ekonomik ihtiyaçlar ve genel ihtiyaçlar olarak altı başlığa ayrılabilir. Bina fiziksel olarak kullanım ihtiyaçları, geometrik, yük durumu, tedarik ve bertaraf, müdahil olma ve diğer durumlarla ilgili parametrelere uygun cevap verebilmelidir (Schenk vd., 2010).

Fabrikanın karmaşık yapısı, planlanmasını, evrilmesini, fabrikanın bir bütün olarak dönüşebilmesini oldukça zorlaştırır. Bu sebeple dönüşebilirlik parçalarına ayrılıp, fabrikanın planlama aşamasındaki ve kullanım ömründeki fiziksel olan ve fiziksel olmayan unsurlarına göre düşünülmelidir (Nyhuis vd., 2007). Özellikle fabrikalarda yaşanan bu hızlı işleyiş değişimi yine daha fazla fonksiyon ve kapasite değişimini tetiklemektedir. Tüm bu şartlar ekseninde özellikle bu işleyişi çevreleyen fabrika yapıları için tasarım aşamasında verilen kararların yapı esnekliği konusunda büyük bir hassasiyet içermesi gerekmektedir.

4.5 Önerilen Yapı Esnekliği Ölçek Modelinin IGUS (Köln) Fabrikası Üzerinden İrdelenmesi

1993 yılında Almanya Köln'de inşası tamamlanan Igus GmbH'ye ait Igus Fabrikası Nicholas Grimshaw and Partners isimli mimarlık firması tarafından tasarlanmıştır. Fabrika, esneklik odaklı ve çelik malzemeli yapı konstrüksiyonuna sahip modüler bir bina olarak inşa edilmiştir. Yapının tasarımındaki en büyük yönlendirici karar, pazar hareketliliğine ayak uydurabilecek ve gelecekteki gelişmelere yapısal olarak kısa sürede adapte olabilecek bir üretim tesisi ortaya çıkarmaktır. Igus Fabrikası kapasite artırımına ve iç işleyişe paralel olarak günümüze kadar aşama aşama birtakım değişiklikler geçirmiştir (Fuster vd., 2009; Kronenburg, 2007). Bu nedenle Igus Fabrikası, yapı esnekliği ilkeleri doğrultusunda incelenebilecek örnek bir bina olarak öne çıkmaktadır.



Şekil 4.9 IGUS Fabrikasına ait görüntüler (Grimshaw Architects, b.t.)

Kademeli olarak inşa edilen binada çelik kafesten pilonlar ve askı çubukları ile geniş açıklıkların geçilebilmesi sağlanmaktadır. Kesintisiz ve gridal bir açık plana sahip modüler bloklardan oluşmaktadır. Yapı içerisinde yer alan ofis birimleri ve bina dışına yerleştirilen ıslak mekanlar ise hareketli podlar şeklinde ana yapıdan bağımsız kendi strüktürlerine sahip birimlerdir. Modüler blokların kesişim akslarında ana servis ve sirkülasyon birimleri yer almaktadır. Elektrik, su, vs gibi servisler tavana asılı şekilde yapı içerisindeki bu gridal rotayla dağılmaktadır. Yapının cephe tasarımında değişim ve dönüşümlere hızlı bir şekilde tepki verebilmek için modüler, sökülür takılır panel elemanlar kullanılmıştır. Bu modüler panel elemanlar (Şekil 4.9) ihtiyaç durumunda kapı, pencere ya da dolu yüzey cephe kaplaması olarak kullanılabilmektedir. Böylece gerektiği zamanlarda cephe yüzeyleri kolayca sökülerek ihtiyaç doğrultusunda fonksiyon değiştirebilmektedir (Kronenburg, 2007; Fuster vd., 2009).

uzman sayısı	8	*Fleiss Kappa* ***K***
madde sayısı	56	
Σp_i	49,5	**0,615**
$P_{(i)ort}$	0,8839285714286	
P_e	0,6982920121173	

$$\kappa = (P - P_e) / (1 - P_e)$$

$$P_{(i)ort} = P = \Sigma p_i / 56$$

$$P_e = P_{j0}^2 + P_{j1}^2 + P_{j2}^2 + \ldots + P_{j9}^2$$

$$K = (0{,}8840 - 0{,}6983) / (1 - 0{,}6983)$$

$$K = \mathbf{0{,}615}$$

Şekil 4.10 Uzmanların IGUS Fabrikası için belirttiği görüşlerdeki madde uyuşmaların hesaplanması

Tablo 4.8'de sekiz uzmanın IGUS Fabrikası için EK 2'de yer alan 56 maddeye özel görüşleri ve görüşlerin uyuşma oranları listelenmiştir. Şekil 4.10'da uzman görüşlerinin uyuşma miktarını belirleyen Fleiss Kappa metodu sonucu 0,615 Kappa değeri ile 0,61 – 0,80 aralığındaki *oldukça yüksek anlaşma* yorumu elde edilmektedir (Denklem 4.4). Böylece uzmanlar arasında tutarlı ve yeterli anlaşmanın sağlandığı anlaşılmıştır. Bu doğrultuda IGUS Fabrikası için 56 madde kapsamında sekiz uzmandan alınan görüşlerin yapı esnekliği skorunu hesaplamada kullanılması uygundur.

Fleiss Kappa sonucu onay alındıktan sonra sekiz uzmanın her madde için belirttikleri görüşlerin ortalamaları alınarak ilgili madde ağırlıkları ile çarpılmak üzere Tablo 4.9'da listelenmiştir.

Tablo 4.8 Uzmanların IGUS Fabrikası için belirttiği görüşler in madde uyuşma oranları

ölçek p. / maddeler ↴	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	P_i
S31S21S11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S31S21S12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S31S21S13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S31S21S14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S31S22S11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S31S22S12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S31S22S13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S31S22S14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S31S23S12	0	0	0	0	0	1	6	0	0	1	0,536
S31S23S14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S31S24S11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S31S24S12	0	0	0	0	0	1	6	0	0	1	0,536
S31S24S13	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	0,750
S31S24S14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S32S21S11	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0	0,750
S32S21S12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	0,750
S32S21S13	0	0	0	0	0	0	3	4	1	0	0,321
S32S21S14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S32S22S11	0	0	0	0	0	0	3	4	1	0	0,321
S32S22S12	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	0,571
S32S22S13	0	0	0	0	0	3	3	0	0	2	0,250
S32S22S14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S32S23S12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S32S23S14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S32S24S11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S32S24S12	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0,750
S32S24S13	0	0	0	0	0	0	0	4	2	2	0,286
S32S24S14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000

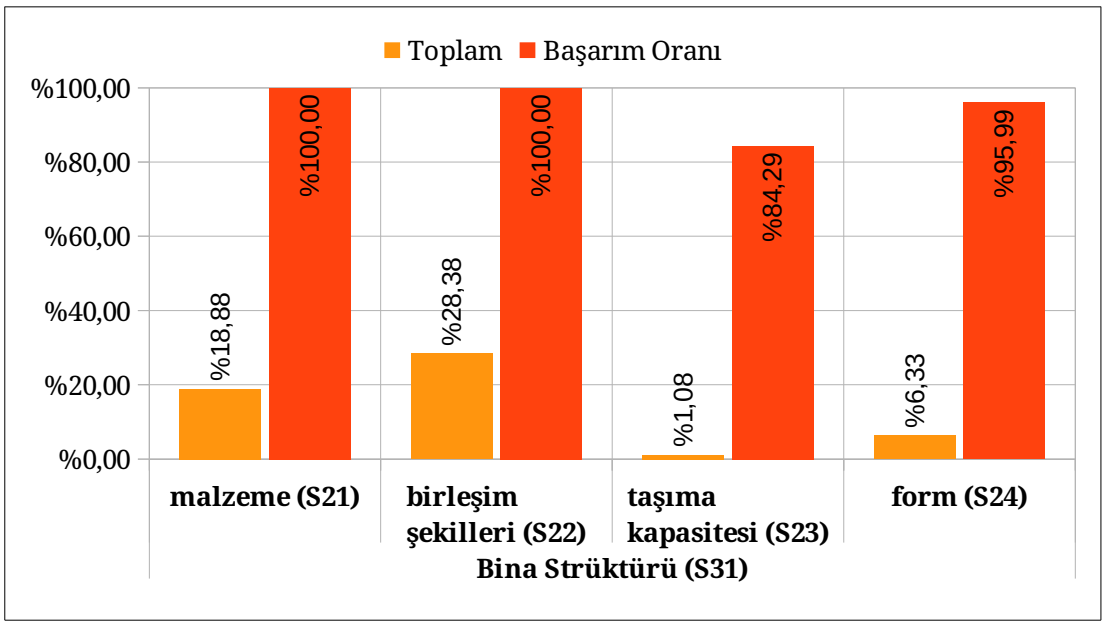
Tablo 4.8 Devamı

S33S21S11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S33S21S12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S33S21S13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S33S21S14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S33S22S11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S33S22S12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S33S22S13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S33S22S14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S33S23S12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S33S23S14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S33S24S11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S33S24S12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S33S24S13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S33S24S14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S34S21S11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S34S21S12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S34S21S13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S34S21S14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S34S22S11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S34S22S12	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2	0,571
S34S22S13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S34S22S14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S34S23S12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S34S23S14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S34S24S11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
S34S24S12	0	0	0	0	0	0	0	1	6	1	0,536
S34S24S13	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	0,571
S34S24S14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1,000
Toplam	0	0	0	0	0	5	21	20	30	372	
P_J	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,047	0,045	0,067	0,830	

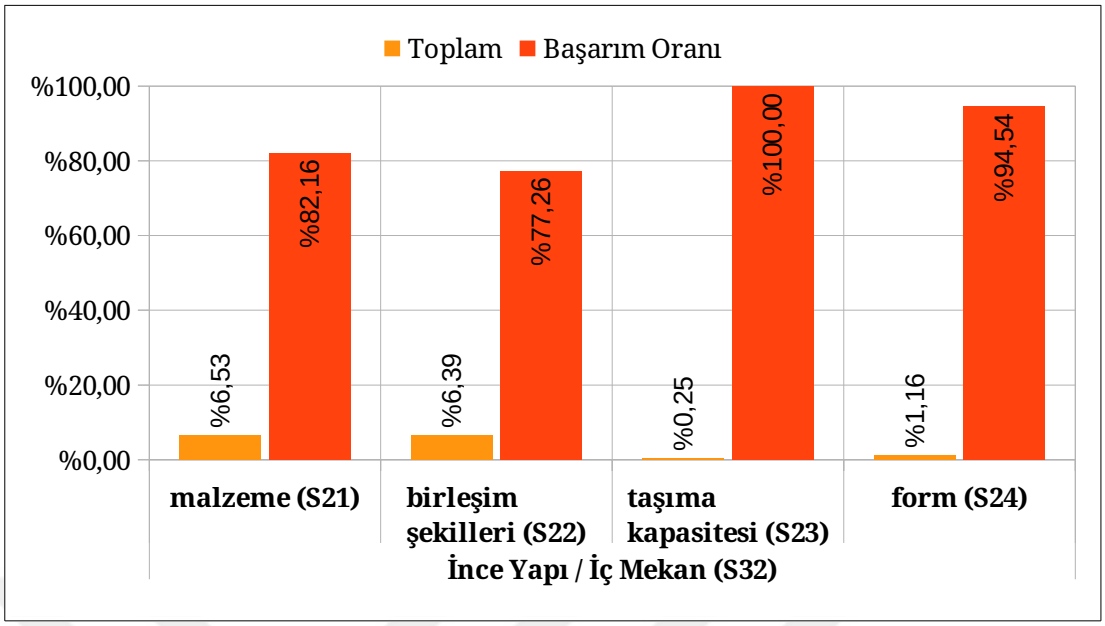
Tablo 4.9 IGUS Fabrikası için yapı esnekliği skoru hesaplanması

3. KATMAN	1. KATMAN / 2. KATMAN	S11		S12		S13		S14		TOPLAM		
S31	S21	9	%7,28	9	%3,18	9	%7,23	9	%1,19	%18,88	%54,66	%96,09
	S22	9	%15,04	9	%2,19	9	%9,02	9	%2,12	%28,38		
	S23			6,25	%0,66			9	%0,62	%1,08		
	S24	9	%3,21	6,25	%0,77	8,88	%2,05	9	%0,57	%6,33		
S32	S21	7,125	%3,06	8,875	%1,34	6,75	%3,04	9	%0,50	%6,53	%14,33	
	S22	6,75	%4,38	8,75	%0,64	6,375	%2,63	9	%0,62	%6,39		
	S23			9	%0,13			9	%0,12	%0,25		
	S24	9	%0,60	8,125	%0,14	7,75	%0,38	9	%0,10	%1,16		
S33	S21	9	%2,19	9	%0,96	9	%2,18	9	%0,36	%5,69	%13,99	
	S22	9	%3,58	9	%0,52	9	%2,15	9	%0,51	%6,76		
	S23			9	%0,12			9	%0,12	%0,24		
	S24	9	%0,63	9	%0,15	9	%0,41	9	%0,11	%1,30		
S34	S21	9	%2,07	9	%0,90	9	%2,06	9	%0,34	%5,38	%13,11	
	S22	9	%2,95	8,25	%0,43	9	%1,77	9	%0,42	%5,53		
	S23			9	%0,12			9	%0,11	%0,22		
	S24	9	%0,98	8	%0,24	8,75	%0,63	9	%0,17	%1,98		

Tablo 4.9'daki hesaplamalar sonucu katmanlar bazında elde edilen skorlar ve başarım oranları aşağıda grafik olarak sıralanmıştır (Şekil 4.11, Şekil 4.12, Şekil 4.13, Şekil 4.14).

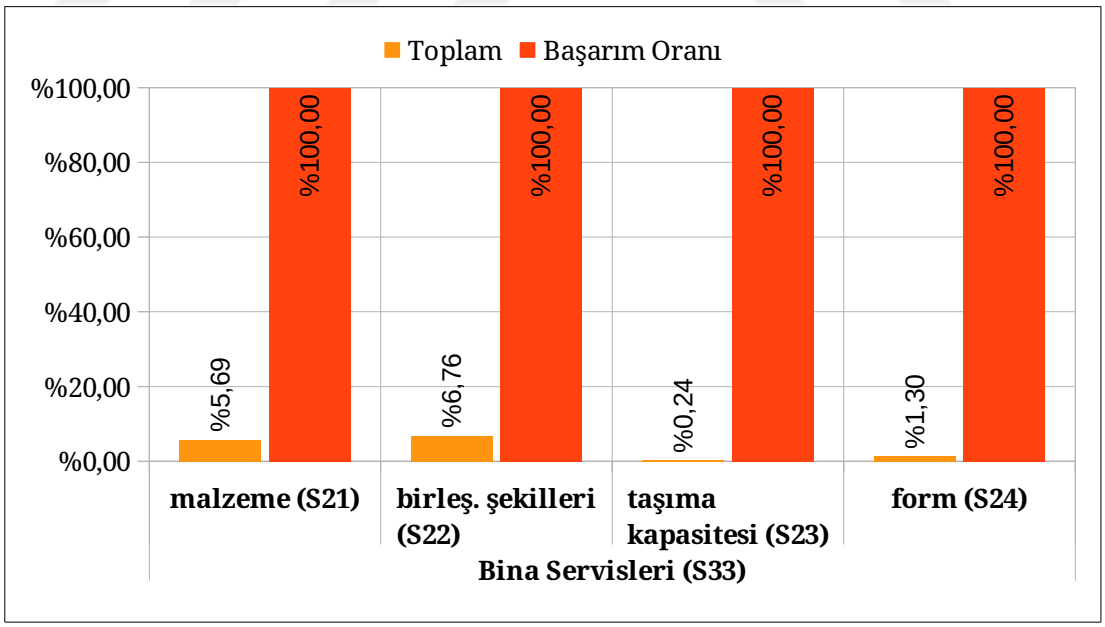


Şekil 4.11 IGUS Fabrikasına ait Bina Strüktürü (S31) için malzeme/birleşim şekilleri/taşıma kapasitesi/form eksenindeki puanları ve başarım oranları

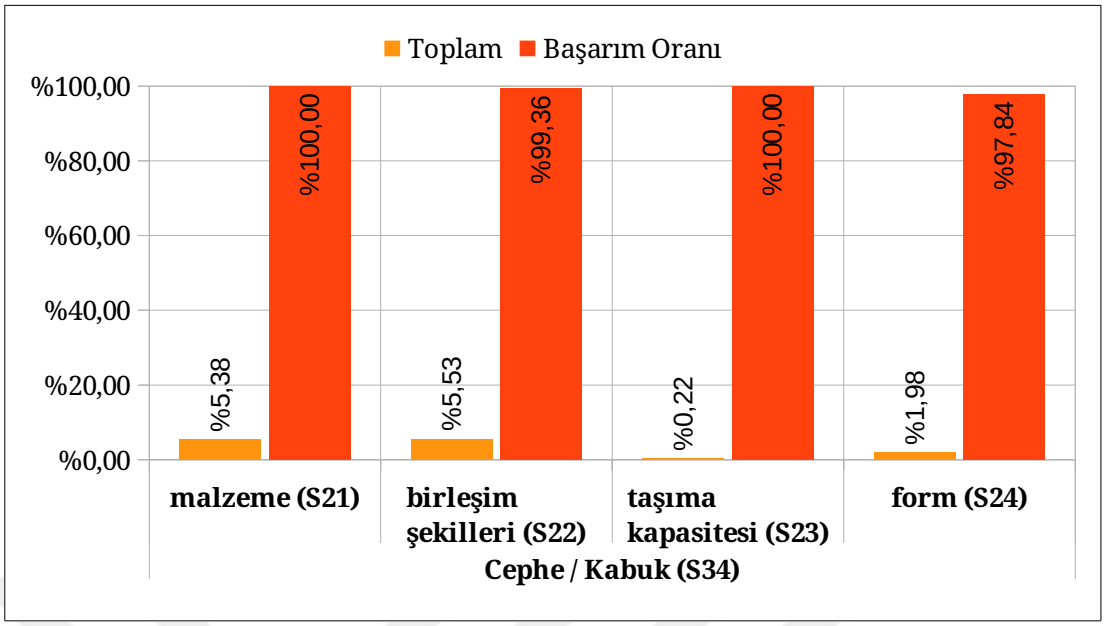


Şekil 4.12 IGUS Fabrikasına ait İnce Yapı / İç Mekan (S32) için malzeme/birleşim şekilleri/taşıma kapasitesi/form eksenindeki puanları ve başarım oranları

IGUS Fabrikasına ait *İnce Yapı / İç Mekan* ve *Bina Servisleri* skor ve başarım oran grafikleri Şekil 4.12 ve Şekil 4.13 'te gösterilmiştir.

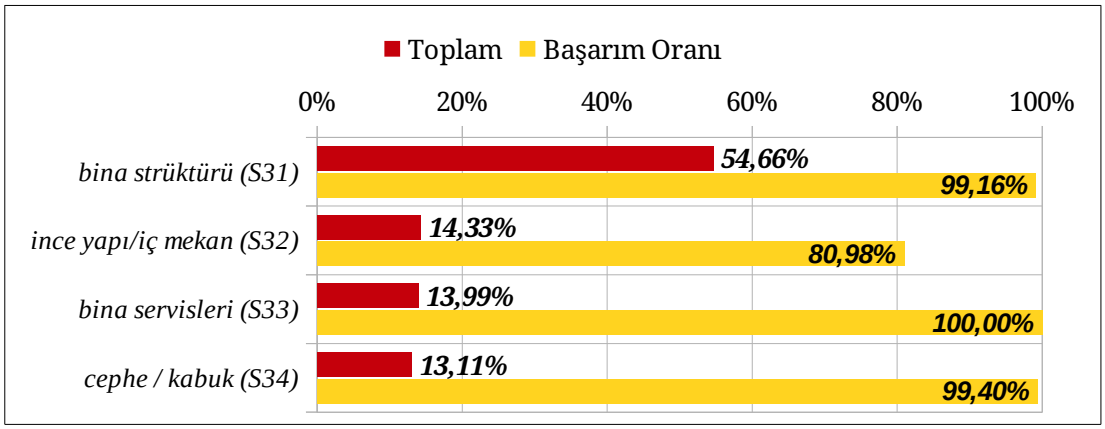


Şekil 4.13 IGUS Fabrikasına ait Bina Servisleri (S33) için malzeme/birleşim şekilleri/taşıma kapasitesi/form eksenindeki puanları ve başarım oranları



Şekil 4.14 IGUS Fabrikasına ait Cephe / Kabuk (S34) için malzeme/birleşim şekilleri/taşıma kapasitesi/form eksenindeki puanları ve başarım oranları

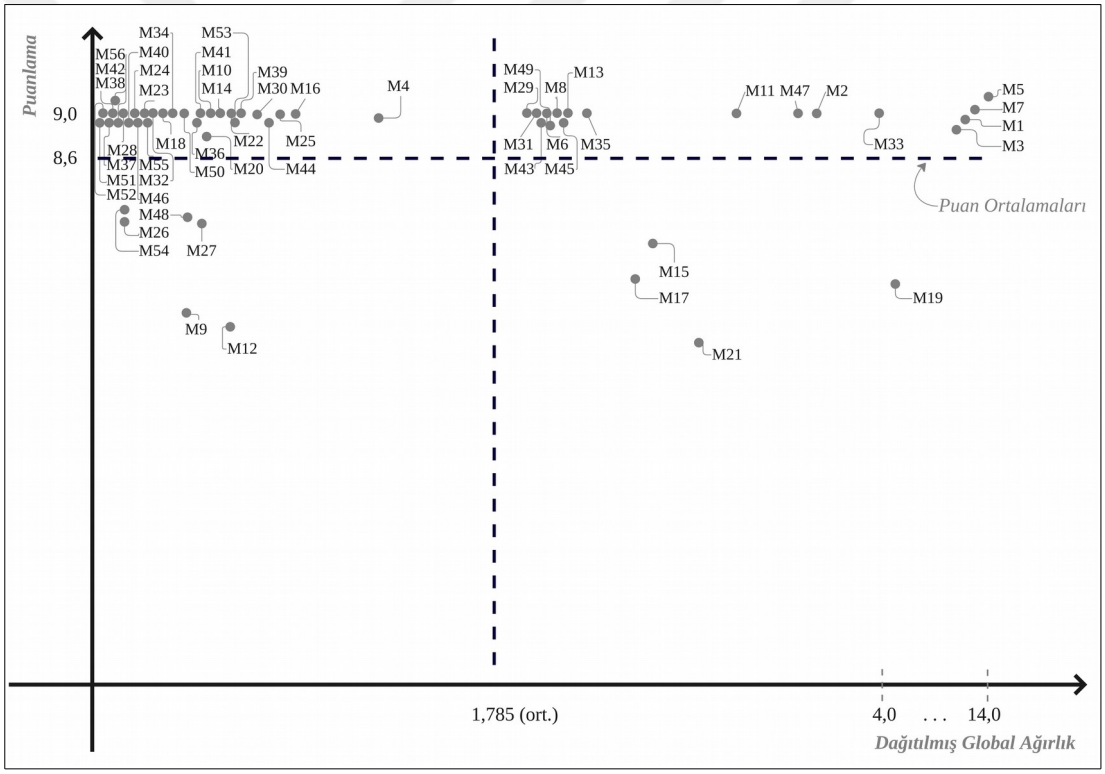
IGUS Fabrikasına ait *Cephe / Kabuk* için toplam skor ve başarım oran grafikleri Şekil 4.14'de ve 3. katmanla ifade edilen *bina strüktürü, ince yapı / iç mekan, bina servisleri, cephe / kabuk* elemanları için toplam skor ve başarım oran grafikleri Şekil 4.15'te gösterilmiştir. Bu doğrultuda çıkan sonuçlarla IGUS Fabrikası'na özel yapı esnekliği skoru için genel toplamda *96,09* puana ulaşılarak, *son derece yüksek başarım oranına sahiptir* sonucu elde edilmiştir.



Şekil 4.15 IGUS Fabrikasına ait bina strüktürü (S31), ince yapı / iç mekan (S32), bina servisleri (S33), cephe / kabuk (S34) puanları ve başarım oranları

4.6 Bölüm Değerlendirilmesi

Şekil 4.1'de gösterilen yapı esnekliğinin belirlenmesi için izlenecek aşamalar diyagramından yola çıkılarak ulaşılan son aşamada, henüz inşa edilmemiş ya da tadilat aşamasına geçilecek bir binanın tasarım aşamasındaki kararlarının esneklik bağlamında düzenlenerek iyileştirilmesine imkan veren bir yöntem elde edilmiştir. Önerilen bu model IGUS Fabrikası üzerinde denenmiş ve Tablo 4.9'daki sayısal sonuçlar elde edilmiştir. 56 madde özelinde elde edilen sonuçlar Şekil 4.16'da puanlama – ağırlık bağlamında işaretlenmiş ve sonuçlar grafik olarak ifade edilmiştir.



Şekil 4.16 IGUS Fabrikası özelinde 56 maddenin global ağırlıkları ile bu maddelere verilen uzman puanlarının genel skora etkisi

Üç seviyede gruplanmış ilke ve kriterlerin uzman grubu değerlendirmesi sonucunda her birinin kendi içinde farklı önem ağırlıklarına sahip olduğu ortaya konmuştur. Bu doğrultuda yerel ve global ağırlıkları tespit edilerek yapı esnekliği bağlamında bina içerisindeki etki değerleri açığa çıkarılmıştır. Uzmanlarla yapılan bu

çalışmada yapı esnekliği için birinci seviyede yer alan bileşenlerine ayrılabilme ilkesi diğer ilkelere göre daha önemli olarak belirlenmiştir. Daha sonra sırasıyla tekrar ayarlanabilirlik/kullanılabilirlik, uyumluluk/evrensellik ve modülerlik ilkeleri gelmektedir. Bileşenlerine ayrılma ilkesi başarımı yüksek olan yapılarda yapı esnekliği için diğer ilke başarımlarına oranla büyük bir avantaj sağlamaktadır. İkinci seviyede yer alan birleşim şekilleri kriteri aynı seviyedeki diğer kriterlere göre daha önemli olarak belirlenmiştir. Daha sonra sırasıyla malzeme, form, taşıma kapasitesi kriterleri gelmektedir. Birleşim şekilleri kriteri başarımı yüksek olan yapılar, bu seviyedeki diğer kriter başarımlarına oranla daha fazla avantaja sahip olmaktadır. Üçüncü seviyede yer alan bina strüktürü kriteri ise aynı seviyedeki diğer kriterlere göre daha önemli olarak belirlenmiştir. Daha sonra sırasıyla ince yapı/iç mekan, bina servisleri, cephe/kabuk kriterleri gelmektedir. Bina strüktürü kriteri başarımı yüksek olan yapılar, bu seviyedeki diğer kriter başarımlarına oranla daha fazla avantaja sahip olmaktadır. Bu ilke ve kriterler aracılığı ile ede edilen 56 maddenin yine bu ilke ve kriterlerin global ağırlıklarının dağıtılmasıyla her maddeye özgü bireysel ağırlıkları tespit edilmiştir. İlgili 56 maddenin ağırlıkları toplamı, başta sınırları çizilen ilke ve kriterler doğrultusunda binan yapı esnekliği başarımını ortaya koymaktadır.

Şekil 4.16’da de görüldüğü gibi 1, 3, 5 ve 7 nolu maddeler sistem içerisinde dağıtılmış en büyük önem ağırlıklarına sahiptir ve bu maddeler özelinde gerçekleşen yüksek başarımlar genel skorun iyileşmesinde büyük rol oynamaktadır. Ancak üç seviyedeki ilke ve kiterler ışığında elde edilen toplam 56 maddenin içinde yer alan ve bina strüktürünün birleşme şekillerinin birbirlerinden ayrılabilmesini sorgulayan beşinci madde, uzman grubuyla yapılan çalışma sonucunda diğer maddelere oranla en fazla önem ağırlığına sahip olan madde olarak belirlenmiştir.

IGUS Fabrikası ise genel tasarım olarak mimarlık ofisinin ve yapım kararlarının tarifiyle esnek olma iddiasına sahiptir. Dolayısıyla uzmanların verdiği puanların ortalaması da göstermektedir ki, yapı genel olarak yüksek esneklik başarımına sahiptir. Ancak 21, 17, 19, 15, 26, 27, 48, 54 nolu maddeler iç mekanda kullanılan yoğun beton zemin ve özel formlardan dolayı genel ortalamadan daha düşük puanlar toplamıştır.

BÖLÜM BEŞ
SONUÇLAR

Bu bölümde, çalışmada belirtilen problem için ifade edilen model önerisi hem kavram hem de uygulama boyutunda irdelenerek ortaya çıkan bulguların sonuçları açıklanacaktır. Bununla birlikte çalışmanın sağlayacağı katkılar vurgulanacak ve bu kapsamda gelecekteki çalışmalar için öneriler sunulacaktır.

Binaların yaşam döngüsü içerisinde birçok değişim geçirebileceği, dolayısıyla sürdürülebilir yapı tasarımı, esnek kullanıma sahip yapılaşmanın gerekliliği ve kazanımları detaylı olarak icelenmiştir. Bu bağlamda esneklik ve esnekliğe yönelik diğer kavramlar, tanımlamalar detaylı olarak incelenmiştir. Sistematik ve hiyerarşik yaklaşımlar içerisinden farklı perspektiflerden üretilmiş çözümlemeler dikkate alınmıştır. Bu yaklaşımlar ekseninde esneklik olgusu, yapı esnekliği özelinde ele alınmış ve yapı esnekliği özelinde kapsamlı bir alternatifin geliştirilmesi önemsenmiştir.

Mimarlıkta esneklik olgusu, mimar-mühendis ve kullanıcıların yapıya dair ihtiyaç ve beklentilerinin karşılanması ile doğrudan ilişkisi bulunmaktadır. Dolayısıyla özellikle yapı esnekliği perspektifinde yapı teknolojilerinin nasıl çalıştığını anlayan, bu alanda uzmanlamış mimar ve mühendisleri oluşturan insanlar önemli bir faktördür. Bununla birlikte yapı esnekliği kavramı kendi içerisinde birkaç boyutla ifade edilebildiği için bu kapsamda kesin bir tespit gerçekleştirmek çok zordur. Ancak esneklik kavramı ve potansiyelinin irdelenmesi, teknik ilkeler ve kriterler doğrultusunda tariflendiğinde esneklik potansiyelinin net bir şekilde ifade edilebileceği sonucuna varılmıştır. Bu tez kapsamında yapı esnekliğine ait ilke ve kriterlerinin birbirleri ile doğrudan ilişkili olduğu ayrıca esneklik potansiyeli için de önemli belirleyiciliklerinin bulunduğu vurgulanmıştır.

Son yıllarda her alanda gözlemlenen hızlı değişimlerin bina projelerinde de bir değişim beklentisi oluşturduğu dolayısıyla bu çalışmada binaların tasarım

aşamasında potansiyel değişim beklentilerine destek verecek sistematik bir yaklaşımın tanımlanmasının gerekliliği ortaya koyulmaktadır.

Yapıda esnekliğin varolması için değişim beklentilerine yönelik esneklik odaklı kararların belirlenmesi gerekmektedir. Dolayısıyla bina geliştirme sürecinin en etkin olduğu tasarım aşamasında doğru kararların alınması öne çıkmaktadır. Bu aşama yapı esnekliğinin en iyi denetlenebileceği, daha sonra gerçekleşebilecek yıkım ve terk etmelerin en az şekilde olmasını sağlayacak aşamadır. Alanında uzman mimarların ve mühendislerin bu aşamadaki kritik kararları sistematik olarak denetleyebilmesi sonraki aşamalarda çıkabilecek potansiyel problemleri ortadan kaldırabilir.

Yapı esnekliğinin geliştirilmesi için tezin başında yapılan literatür araştırmaları sonucunda etkin ilke ve kriterler, bir tabloda listelenmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen ve bu hususta değinilen birçok kriter mevcuttur. Belirli perspektifteki yaklaşımların önceledığı farklı kriterlerin bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu bağlamda mimarlıkta esneklik kavramı, diğer uzmanlık ve mühendisliklerle çok disiplinli bir ilişkinin sonucu farklı esneklik yaklaşımlarının türemesine de sebep olabilmektedir. Dolayısıyla bu tez kapsamında yapı ve yapıyı oluşturan alt sistemlerin esnekliği önemsenmiştir. Belirlenen ilke ve kriterler de bu doğrultuda dikkate alınmıştır.

Yapı esnekliği açısından binanın esneklik düzeyini belirleyen değişkenler yani ilke ve kriterler, binanın kendisiyle ve tasarım süreciyle doğrudan ilişkilidir. Dolayısıyla bu aşamadaki karar verici mimarlar tarafından esneklik ilkeleri ve kriterleri ile ilgili önem ağırlıklarının tespit edilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Sekiz uzmana ait görüşlerin Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi kapsamında değerlendirilmesiyle elde edilen ilk bulgular:

1. Yapı esnekliğinin gerçekleşebilmesi için gereken ilkeler arasında *bileşenlerine ayrılabilme* ilkesi, görece en büyük önem ağırlığına sahiptir. Bunu destekler şekilde *tekrar ayarlanabilirlik ve kullanılabilirlik* ilkesi de arkasından gelmektedir.

2. Fiziksel katmana ait kriterler içerisinde yer alan *birleşim şekilleri* kriteri, yapı esnekliği için görece en önemli fiziksel katman elemanı olarak öne çıkmıştır. Arkasından *malzemeler* kriteri gelmektedir.
3. Yapıyı oluşturan sistemlerin fonksiyonel olarak kategorilendirilmesi sonucu elde edilen fonksiyon katmanında *bina strüktürü ve taşıyıcılar kriteri* bu seviye içerisindeki göreli en büyük önem katsayısına sahiptir. *İnce yapı, bina servisleri ve cephe/kabuk* fonksiyon kriterleri görece birbirlerine yakın ağırlıklara sahiptir.

Elde edilen bu bulgular ışında yapıyı oluşturan sistemlerin sökülüp takılabilir olması, bu özelliği destekleyen malzeme ve birleşim şekilleri gibi kriterler, yapının fiziksel esneklik kabiliyetleri için önemli belirleyiciler olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Dolayısıyla yapıyı ayakta tutan strüktürün bu kabiliyetleri gerçekleştirebilmesi ise yapı esnekliği için daha büyük kazanç sağlamaktadır.

Daha önce de belirtildiği gibi yapı esnekliğinin ölçülmesi karmaşık bir süreçtir ve *etki alanı, maliyet, zaman* olmak üzere de üç boyutu vardır. Esneklik de bu potansiyelin bir ölçüsüdür (Narain vd., 2000). Bu tez kapsamında esnekliğin yapıdaki fiziksel etki alanı üzerinde durulmuştur. Maliyet ve zaman girdileri esneklik algısı için kaçınılmaz bir olgudur ve bu iki kavram birbirleri ile takas edilebilir özelliktedir. Bu nedenle yapı esnekliği üzerinde genelleştirilemeyecek bir durumun doğmasına sebebiyet vermektedir. Farklı şartlar altında maliyet ve zaman farklı etki ölçeklerine sahip olabilir. Her ne kadar bu tez kapsamında maliyet ve zaman faktörleri sistem dışında tutulsa da özel durumlar için bu iki faktör esneklik ilkelerine dahil edilerek süreci ilgili durum özelinde baştan değerlendirebilmek mümkündür. Bu durumda uzman görüşleri için bu alanda uzman kimliklerin de dahil olmasında fayda bulunmaktadır. Çünkü maliyet ve zaman, proje özelinde kendi göreceliğine sahiptir.

Önerilen modelin bir fabrika projesinde uygulanması sonucu elde edilen bulgular ise aşağıdaki gibidir.

1. Önerilen ölçek modeli için tespit edilen maddeler yapıyı 56 farklı noktadan denetleyerek yapı esnekliği bağlamında konumlandırma imkanı sağlamıştır.

2. Bu maddeler aynı zamanda bir belge ve sonuç niteliğindedir. Yapının genel durumunu özetleyen ve raporlayan bir özelliği bulunmaktadır.
3. Dört esneklik ilkesi gözetiminde tasarım aşamasındaki yapının konumunu sistematik olarak analiz etmeye ve karar vericilerin bu aşamada değerlendirme yapabilmesine izin vermiştir. Diğer bir deyişle bu aşamadaki karar vericilerin net ve güçlü bir koordinasyon içinde karar verebilmesine imkan verilmiştir.
4. İnşa edilmemiş ya da yenilenmesi düşünülen projelerin tasarım aşamasında yapı esnekliği kapsamındaki zayıflıkları ve artıları ortaya konularak başlangıç maaliyetlerinin etkin bir şekilde kullanılabilmesine ve değişim süreçlerinin net bir şekilde planlanabilmesine imkan sağlanmıştır.
5. Esneklik odaklı kararların erken aşamada alınması sağlanarak yaşanabilecek kararsızlıkların ve belirsizliklerin minimize edilmesine olanak sağlanmıştır.
6. İhtiyaç doğrultusundaki değişim kararların koordine edilmesiyle birlikte yapı esnekliği için bir hedef ve karakter belirlenmesi sağlanmıştır. Böylece belirlenen esneklik karakteri ile gerektiği kadar esnek olabilme ve ilk maliyetlerin uygun yerlere yoğunlaştırılması sağlanabilir.

Esneklik algısı, beklentiler ve beklentilerin gerçekleşmesi ile doğrudan ilişkilendirilebilir. Yani esneklik algısı da kendi içerisinde bir esnekliğe sahiptir. Yapı ve yapı elemanları bir araya gelirken inşaat, elektrik ve makine mühendisliği gibi alanlar ile koordineli bir oluşum gerektirmektedir. Bu tezde, henüz inşa edilmemiş ya da yeni kullanım amacıyla yenilenmesi düşünülen bir yapıya ait tasarım aşamasındaki ana yapı kararlarının, daha sonra bina kullanımında yaşanabilecek bir takım yapısal değişimlere destek olmasını sağlamak amaçlanmıştır. Önerilen model ile mimarlara ve mühendislere tasarım aşamasında sistemli bir denetim imkanı sağlanabilmesi için önemli bir çaba harcanmıştır. Bu çalışma kapsamında mimarlık ve yapım alanına sağlanan katkılar aşağıdaki gibi listelenebilir:

1. Yapım ve mimarlık alanında esnekliğin geliştirilmesi adına yapılan çalışmalar için sistematik bir yaklaşım kazandırılmıştır.

2. Yapı esnekliği için geliştirilen bu sistematik yaklaşım, proje ile doğrudan ilişkisi olan mimar-mühendis-müşteri gibi kullanıcılar arası iletişimi kuvvetlendirmiş olacaktır.
3. Geliştirilen bu yöntem, yapı esnekliğine paralel olarak fonksiyonl mimari kullanım esnekliklerini de çeşitlendirecektir.
4. Tasarım kararlarının bu aşamada sistematik olarak denetlenebilmesi yapı için daha az çevresel atık ve daha uzun bir yaşam döngüsü sağlayacaktır.
5. Tasarım aşamasında alınan kararların yapı esnekliği kapsamındaki etki alanı raporlanabildiği için ilk yatırım maliyetinin daha net planlanabilmesi için de bir imkan sunacaktır.
6. Denetlenen kararlar doğrultusunda ilk yapım maliyetleri artabilir ancak uzun vadede kullanım maliyetleri düşecektir.
7. Özellikle çevreci ve sürdürülebilir yapılar için büyük önem teşkil eden esnek yapı farkındalığına önemli bir katkı sağlayacaktır. Bu doğrultudaki çalışmalara destek olacaktır.

Yapı esnekliği bu tez kapsamında dört fonksiyonel kriter etrafında irdelenmiştir. Bunlar bina strüktürü, ince yapı/iç mekan, bina servisleri ve cephe/kabuk şeklinde sınırlandırılmıştır. Ancak önerilen metod fraktal bir yapıya sahip ve gerektiğinde bir ya da birkaç fonksiyon için de detaylı bir şekilde kullanılabilir. Gelecek çalışmalarda ihtiyaç doğrultusunda ilke ve kriterler bu detay doğrultusunda özelleştirilebilir. Yerel ve beşeri şartların çok fazla özelleştiği durumlarda ilgili kriterlerin göreli önem ağırlıkları da bu doğrultuda tekrar belirlenebilir. Bu noktada diğer bir önemli husus, yerel mimarlığın gerek ve şartlarına hakim bir uzman grubuyla çalışmaktır. Hatta bir noktada bu uzman grubu gelişmekte olan yapay zeka çalışmaları ile entegere edilip daha kapsamlı ve daha detaylı çalışmaların önü açılabilir. Bu yaklaşım ile anlık raporlar ve sonuçlar elde edilerek daha hızlı denetlemeler ve iyileştirmeler sağlanabilir. Mimari yazılım çözümlerine entegre edilerek tasarım aşamasındaki kararların yapı esnekliğine etkisi net bir şekilde görselleştirilebilir.

KAYNAKLAR

A. De Toni ve S. Tonchia (1998) Manufacturing flexibility: A literature review, *International Journal of Production Research*, 36(6), 1587-1617, DOI: 10.1080/002075498193183

Agha, R. H., ve Kamara, J. M. (2017). Adaptations in traditional courtyard houses in Baghdad, Iraq. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 35(4), 348-363.

Andrade, J. B., ve Bragança, L. (2019). Assessing buildings' adaptability at early design stages. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 225(1), 12-12. IOP Publishing.

Arge, K. (2005). Adaptable office buildings: theory and practice. *Facilities*, 23, 119–127, DOI:10.1108/02632770510578494.

Askar, R., Bragança, L., Gervásio, H. (2021). Adaptability of buildings: A critical review on the concept evolution. *Applied Sciences*, 11(10), 4483.

Beisi, J. (1995). Adaptable housing or adaptable people. *Architecture & Behaviour*, 11(2), 139-162.

Blakstad, S. H. (2001). *A strategic approach to adaptability in office buildings* [Doctora Tezi]. Trondheim, Norway: Norwegian University of Science and Technology.

Blyth, A., ve Worthington, J. (2010). *Managing the Brief For Better Design*. Routledge.

Brand, S. (1995). *How buildings learn: What happens after they're built*. Penguin.

Bullen, P., ve Love, P. (2011). Factors influencing the adaptive reuse of buildings. Journal of Engineering, Design and Technology. *Emerald Group Publishing Limited* , 9(1), 32-46 DOI 10.1108/17260531111121459

Cavalliere, C., Dell'Osso, G. R., Favia, F., ve Lovicario, M. (2019). BIM based assessment metrics for the functional flexibility of building designs. *Automation in Construction*, 107, 102925.

Cellucci, C., ve Di Sivo, M. (2015). The flexible housing: criteria and strategies for implementation of the flexibility. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 9(7), 845-852.

Crowther, P. (2005). Design for disassembly–themes and principles. *Environment Design Guide*, 1-7.

Dodge, F. W. (1957). *Buildings for industry*, New York: F.W. Dodge Corporation

Douglas, J. (2006). *Building Adaptation* (2. Baskı). Routledge.

Durmisevic, E. (2006). *Transformable building structures; Design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design & construction.* Cedris M&CC, Netherlands.

ElMaraghy, H., Wiendahl, HP. (2009). Changeability – An Introduction. In: ElMaraghy, H. (Ed) *Changeable and Reconfigurable Manufacturing Systems. Springer Series in Advanced Manufacturing. Springer* içinde (3-24). London. https://doi.org/10.1007/978-1-84882-067-8_1

Falotico, R., ve Quatto, P. (2015). Fleiss' kappa statistic without paradoxes. *Quality & Quantity*, 49, 463-470.

Fuster, A., Gibb, A., Austin, S., Beadle, K., ve Madden, P. (2009). Adaptable buildings: Three non-residential case studies. In H. Wamelink, M. Prins & R. Geraedts (Ed), *Changing Roles, New Roles and New Challenges*TU Delft içinde (5-9), Netherlands.

Galle, W., ve De Temmerman, N. (2013). Multiple design approaches to transformable building: Construction typologies. *Proceedings of the Portugal SB13: contribution of sustainable building to meet EU*, 20-20.

Geraedts, R. (2016). FLEX 4.0, a practical instrument to assess the adaptive capacity of buildings. *Energy Procedia*, 96, 568-579.

Gijsbers, R. (2006). Towards adaptability in structures to extend the functional lifespan of buildings related to flexibility in future use of space. In *Proceedings of the 2006 International Conference on adaptable building structures* içinde (3-5). Adaptables 2006, Eindhoven, The Nederlands.

Gosling, J., Sassi, P., Naim, M., ve Lark, R. (2013). Adaptable buildings: A systems approach. *Sustainable Cities and Society*, 7, 44-51.

Graham, P. (2005). Design for adaptability—an introduction to the principles and basic strategies. *Environment Design Guide*, 1-9.

Grimshaw Architects, (b.t.). *Igus Headquarter*. 2 Ocak 2023. https://grimshaw.global/projects/industry/igus-headquarters/

Habraken, N. J. (2000). *The structure of the ordinary: form and control in the built environment*. MIT press.

Habraken, N.J. (2008). *Design for flexibility. Building Research & Information*, 36(3), 290-296.

Halıcıoğlu, F. H. (2005). *Kalite Fonksiyon Yayılımı yönteminin mimarlıkta uygulanmasına yönelik model önerisi ve bir bina projesi kapsamında irdelenmesi* [Doktora Tezi], DEÜ.

Heidrich, O., Kamara, J., Maltese, S., Cecconi, F. R., ve Dejaco, M. C. (2017). A critical review of the developments in building adaptability. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 35(4), 284-303.

Hu, R., Follini, C., Pan, W., Linner, T., ve Bock, T. (2017). A case study on regenerating informal settlements in Cairo using Affordable and Adaptable Building System. *Procedia Engineering*, 196, 113-120.

Hudec, M., ve Rollová, L. (2016). Adaptability in the architecture of sport facilities. *Procedia Engineering*, 161, 1393-1397.

Israelsson, N., & Hansson, B. (2009). Factors influencing flexibility in buildings. *Structural Survey*, 27(2), 138-147.

Kamara, J. M., Heidrich, O., Tafaro, V. E., Maltese, S., Dejaco, M. C., ve Re Cecconi, F. (2020). Change factors and the adaptability of buildings. *Sustainability*, 12(16), 6585.

Kronenburg, R. (2007). *Portable architecture*. Routledge.

Landis, J. R., ve Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 159-174.

Mandelbaum, M. (1978). *Flexibility in Decision Making: An Exploration and Unification* [Doktora Tezi], Dept. of Industrial Engineering, University of Toronto, Canada.

Manewa, A., Siriwardena, M., Ross, A., & Madanayake, U. (2016). Adaptable buildings for sustainable built environment. *Built Environment Project and Asset Management*, 6(2).

Montellano, A. S. (2015). Housing flexibility by spatial indeterminacy: The case of the Casa de las Flores in Madrid. *ArchNet-IJAR: International Journal of Architectural Research*, 9(2), 4.

Narain, R., Yadav, R., Sarkis, J., ve Cordeiro, J.J. (2000). The strategic implications of flexibility in manufacturing systems. *International Journal of Agile Management Systems*, 2, 202-213.

Nyhuis, P., Heinen, T., ve Brieke, M. (2007). Adequate and economic factory transformability and the effects on logistical performance. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 19(3), 286-307.

Pinder, J. A., Schmidt, R., Austin, S. A., Gibb, A., ve Saker, J. (2017). What is meant by adaptability in buildings?. *Facilities*, 35(1/2), 2-20. DOI 10.1108/F-07-2015-0053

Remøy, H., de Jong, P., ve Schenk, W. (2011). Adaptable office buildings. *Property Management*, 29(5), 443-453.

Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9-26.

Sadafi, N., Zain, M. F. M., ve Jamil, M. (2014). Design criteria for increasing building flexibility: dynamics and prospects. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 13(2).

Schenk M., Wirth S., Müller E., (2010). *Factory Planning Manual, Situation-Driven Production Facility Planning*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-642 03635-4

Schmidt III, R., Deamer, J., ve Austin, S. (2011). Understanding adaptability through layer dependencies. In *DS 68-10: Proceedings of the 18th International Conference on Engineering Design (ICED 11)* içinde (10(2), 209-220), Impacting Society through Engineering Design, Lyngby/Copenhagen, Denmark.

Schmidt III, R., Eguchi, T., Austin, S., ve Gibb, A. (2010). What is the meaning of adaptability in the building industry. In J. Chica, P. Alguezabal, S. Meno, A. Amundarain (Ed) *Open and Sustainable Building* içinde (233-242). Tecnalia, Spain.

Shah, N. B., Viscito, L., Wilds, J., Ross, A. M., ve Hastings, D. E. (2008). Quantifying flexibility for architecting changeable systems. In *6th Conference on Systems Engineering Research*, Los Angeles, CA.

Sim, J., ve Wright, C. C. (2005). The kappa statistic in reliability studies: use, interpretation, and sample size requirements. *Physical Therapy*, 85(3), 257-268.

Sinclair, B. R., Mousazadeh, S., ve Safarzadeh, G. (2012). Agility, adaptability+ appropriateness: Conceiving, Crafting & constructing an architecture of the 21st century. *Enquiry The ARCC Journal for Architectural Research*, 9(1).

Slaughter, E. S. (2001). Design strategies to increase building flexibility. *Building Research & Information*, 29(3), 208-217.

Thomas, A. (2019). Architectural consulting in the knowledge economy: DEGW and the ORBIT Report. *The Journal of Architecture*, 24(7), 1020-1044.

Thormark, C. (2001). *Recycling potential and design for disassembly in buildings.* Lund, Sweden: Department of Construction and Architecture, Lund University.

Till, J., ve Schneider, T. (2005). Flexible housing: The means to the end. *Architectural Research Quarterly,* 9(3-4), 287-296. DOI:10.1017/ S135913550500034

Türk Dil Kurumu. (b.t.). *Esneklik*. 4 Ocak 2022. https://sozluk.gov.tr

Westra, H., ve Vos, H. (2003). Demonstration projects "Industrial, Flexible and Demountable Building" in the Netherlands. In *20th International symposium on automation and robotics in construction (ISARC)* içinde (67-70). Technische Universiteit Eindhoven, Netherlands.

Wiendahl, HP. (2015). Systematics of Changeability. In: *Handbook Factory Planning and Design.* Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-46391-8_5

Wiendahl, HP., Reichardt, J., Nyhuis, P. (2015). *Handbook Factory Planning and Design.* Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-46391-8_1

Yürekli, F, (1983). *Mimari Tasarımda Belirsizlik: Esneklik / Uyabilirlik İhtiyacının Kaynakları ve Çözümü Üzerine Bir Araştırma,* İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul.

Živković, M., ve Jovanović, G. (2012). A method for evaluating the degree of housing unit flexibility in multi-family housing. *Facta universitatis-series: Architecture and Civil Engineering,* 10(1), 17-32.

EKLER

Ek 1 Karşılaştırma Şablonları

Yapı Esnekliğini Mümkün Kılan İlkeler																		
Disassembly / Exchangeability *(bileşenlerine ayrılabilme / değiştirilebilme)*	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	Reconfigurable/Re-usable *(tekrar ayarlanabilirlik / kullanılabilirlik)*
	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	Compatibility/Universality *(uyumluluk / evrensellik)*
	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	Modularity *(modülerlik)*
Reconfigurable /Re-usable *(tekrar ayarlanabilirlik / kullanılabilirlik)*	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	Compatibility/Universality (uyumluluk / evrensellik)
	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	Modularity (modülerlik)
Compatibility/Universality *(uyumluluk / evrensellik)*	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	Modularity (modülerlik)

Disassembly / Exchangeability *(bileşenlerine ayrılabilme / değiştirilebilme)*																		
MATERIAL (Malzeme)	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	JOINING PRINCIPLES (Birleşim Şekilleri)
	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	STRUCTURE FORM (Form)
JOINING PRINCIPLES (Birleşim Şekilleri)	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	STRUCTURE FORM (Form)

Reconfigurable / Re-usable *(tekrar ayarlanabilirlik / kullanılabilirlik)*																		
MATERIAL (Malzeme)	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	JOINING PRINCIPLES (Birleşim Şekilleri)
	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	STRUCTURE FORM (Form)
JOINING PRINCIPLES (Birleşim Şekilleri)	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	STRUCTURE FORM (Form)

Compatibility / Universality *(uyumluluk / evrensellik)*																		
MATERIAL (Malzeme)	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	JOINING PRINCIPLES (Birleşim Şekilleri)
	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	LOAD ASSUMPTION (Taşıma Kapasitesi)
	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	STRUCTURE FORM (Taşıyıcı Formu)
JOINING PRINCIPLES (Birleşim Şekilleri)	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	LOAD ASSUMPTION (Taşıma Kapasitesi)
	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	STRUCTURE FORM (Taşıyıcı Formu)
LOAD ASSUMPTION (Taşıma Kapasitesi)	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	STRUCTURE FORM (Taşıyıcı Formu)

Modularity *(modülerlik)*																		
MATERIAL (Malzeme)	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	JOINING PRINCIPLES (Birleşim Şekilleri)
	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	LOAD ASSUMPTION (Taşıma Kapasitesi)
	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	STRUCTURE FORM (Taşıyıcı Formu)
JOINING PRINCIPLES (Birleşim Şekilleri)	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	LOAD ASSUMPTION (Taşıma Kapasitesi)
	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	STRUCTURE FORM (Taşıyıcı Formu)
LOAD ASSUMPTION (Taşıma Kapasitesi)	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	STRUCTURE FORM (Taşıyıcı Formu)

MATERIAL (Malzeme)																		
BUILDING STRUCTURE (Yapı Strüktürü)	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	INTERIOR FINISHING (İnce Yapı)
	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	BUILDING SERVICES (Servisler)
	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	SHELL (Cephe)
INTERIOR FINISHING (İnce Yapı)	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	BUILDING SERVICES (Servisler)
	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	SHELL (Cephe)
BUILDING SERVICES (Servisler)	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	SHELL (Cephe)

JOINING PRINCIPLES (Birleşim Şekilleri)																		
BUILDING STRUCTURE (Yapı Strüktürü)	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	INTERIOR FINISHING (İnce Yapı)
	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	BUILDING SERVICES (Servisler)
	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	SHELL (Cephe)
INTERIOR FINISHING (İnce Yapı)	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	BUILDING SERVICES (Servisler)
	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	SHELL (Cephe)
BUILDING SERVICES (Servisler)	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	SHELL (Cephe)

LOAD ASSUMPTIONS (Taşıma Kapasitesi)																		
BUILDING STRUCTURE (Yapı Strüktürü)	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	INTERIOR FINISHING (İnce Yapı)
	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	BUILDING SERVICES (Servisler)
	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	SHELL (Cephe)
INTERIOR FINISHING (İnce Yapı)	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	BUILDING SERVICES (Servisler)
	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	SHELL (Cephe)
BUILDING SERVICES (Servisler)	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	SHELL (Cephe)

STRUCTURE FORM (Form)																		
BUILDING STRUCTURE (Yapı Strüktürü)	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	INTERIOR FINISHING (İnce Yapı)
	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	BUILDING SERVICES (Servisler)
	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	SHELL (Cephe)
INTERIOR FINISHING (İnce Yapı)	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	BUILDING SERVICES (Servisler)
	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	SHELL (Cephe)
BUILDING SERVICES (Servisler)	9	8	7	6	5	4	3	2	***1***	2	3	4	5	6	7	8	9	SHELL (Cephe)

Ek 2 Madde Yargıları

İLKELER >>>		bileşenlerine ayrılabilme / değiştirilebilme	uyumluluk / evrensellik	tekrar ayarlanabilirlik / tekrar kullanılabilirlik	modülerlik
BİNA STRÜKTÜRÜ	**1. Taşıyıcı elemanlarının malzemesi**	Yapı taşıyıcı elemanları (kolon-kiriş-döşeme-vb) için belirlenen malzemeler, taşıyıcı elemanların parçalarına ayrılarak değiştirilebilmesini kolaylaştırır.	Yapı taşıyıcı elemanları (kolon-kiriş-döşeme-vb) için seçilen malzeme standart bir üretime sahip, yapıya özel bir yönteme ihtiyaç duymaz, temini kolay ve evrenseldir.	Yapı taşıyıcı elemanları (kolon-kiriş-döşeme-vb) için tercih edilen malzeme, taşıyıcı elemanlar (kolon-kiriş-döşeme-vb) üzerinde değişiklikler yapılıp tekrar kullanılabilmesine imkan verir.	Yapı taşıyıcı elemanları (kolon-kiriş-döşeme-vb) için belirlenen malzeme seçimi, yapı geneli sistemli bir organizasyona sahiptir ve düzensiz bir değişkenlik göstermez.
	2. Taşıyıcı elemanlarının birleşim şekilleri	Yapıyı oluşturan taşıyıcı elemanlar (kolon-kiriş-döşeme-vb) bir araya gelirken sabit olmayan ve tekrarlı olarak açılıp-taklabilen birleşim metoduna sahiptir.	Yapıyı oluşturan taşıyıcı elemanların (kolon-kiriş-döşeme-vb) birleşimleri yapıya özel bir metod ile değil evrensel olarak kullanılan bir yöntemle üretilmiştir.	Yapıyı oluşturan taşıyıcı elemanlarda (kolon-kiriş-döşeme-vb) kullanılan birleşim metodu tek sefer için değil defalarca sökülüp taklarak ayarlamalar yapmaya uygundur.	Yapıyı oluşturan taşıyıcı elemanların (kolon-kiriş-döşeme-vb) kullanılan birleşim metodu yapı geneli sistemli bir organizasyona sahiptir ve yapı genelinde düzensiz bir değişkenlik göstermez.
	3. Taşıyıcı elemanlarının taşıma sınırı	[redacted]	Yapıyı taşıyıcı elemanlarının taşıma kapasiteleri yapıya özel hesaplanmış elemanlarla değil yapı genelinde kullanımına uygun seri üretim standartları ile üretilmiş ön boyutlandırmalara sahip evrensel elemanlarla belirlenmiştir.	[redacted]	Yapıyı oluşturan taşıyıcı elemanların (kolon-kiriş-döşeme-vb) taşıma kapasiteleri yapı geneli sistemli bir organizasyona (ya da tekrar) sahiptir ve düzensiz bir değişkenlik göstermez.
	4. Taşıyıcı elemanlarının formu	Yapıyı oluşturan taşıyıcı elemanların formları (kolon-kiriş-döşeme-vb) ve bu elemanların birliktelikleri ile oluşan diğer formlar taşıyıcı elemanların birbirlerinden ayrılmasına ve değiştirilebilmesine engel değildir.	Yapıyı oluşturan taşıyıcı elemanların (kolon-kiriş-döşeme-vb) form tasarımı yapıya özel belirlenmemiş ve evrenseldir.	Yapıyı oluşturan taşıyıcı elemanlar (kolon-kiriş-döşeme-vb) için tercih edilen form kullanılan yere özel değildir ve benzer amaçla bu elemanların başka yerlerde tekrar kullanılabilmesine izin verir.	Yapıyı oluşturan taşıyıcı elemanlar (kolon-kiriş-döşeme-vb) için tercih edilen formlar yapı geneli sistemli bir organizasyona sahiptir ve düzensiz bir değişkenlik göstermez.
İNCE YAPI	**1. İnce yapı elemanlarının malzemeleri**	İnce yapı elemanları (bölücü duvarlar ve yüzey kaplamaları) için tercih edilen malzemeler, bu elemanların parçalarına ayrılarak değiştirilebilmesini kolaylaştırır.	İnce yapı elemanları (bölücü duvarlar ve tüm yüzey kaplamaları) için seçilen malzeme standart bir üretime sahip, yapıya özel bir yönteme ihtiyaç duymaz, temini kolay ve evrenseldir.	İnce yapı elemanları (bölücü duvarlar ve tüm yüzey kaplamaları) için tercih edilen malzemeler, bu elemanların üzerinde değişiklikler yapılıp tekrar kullanılabilmesine imkan verir.	İnce yapı elemanları (bölücü duvarlar ve tüm yüzey kaplamaları) için tercih edilen malzeme seçimlerinde yapı geneli sistemli bir organizasyon vardır ve yapı genelinde düzensiz bir değişkenlik göstermez.
	2. İnce yapı elemanlarının birleşim şekilleri	İnce yapı elemanları (bölücü duvarlar ve tüm yüzey kaplamaları) bir araya gelirken sabit olmayan ve tekrarlı olarak açılıp-taklabilen birleşim metoduna sahiptir.	İnce yapı elemanlarının (bölücü duvarlar ve tüm yüzey kaplamaları) birleşimleri yapıya özel bir metod ile değil evrensel olarak kullanılan bir yöntemle üretilmiştir.	İnce yapı elemanlarında (bölücü duvarlar ve tüm yüzey kaplamaları) kullanılan birleşim metodları tek sefer için değil defalarca sökülüp taklarak ayarlamalar yapmaya uygundur.	İnce yapı elemanlarında (bölücü duvarlar ve tüm yüzey kaplamaları) kullanılan birleşim metodları yapı geneli sistemli bir organizasyona sahiptir ve yapı genelinde düzensiz bir değişkenlik göstermez.
	3. İnce yapı elemanlarının taşıma sınırı	[redacted]	İnce yapı elemanlarının (duvar taşıyıcıları, döşeme kaplamaları) taşıma kapasiteleri yapıya özel hesaplanmış elemanlarla değil yapı genelinde kullanımına uygun seri üretim standartları ile üretilmiş ön boyutlandırmalara sahip evrensel elemanlarla belirlenmiştir.	[redacted]	Yük taşıma özelliği olan ince yapı elemanlarının (duvar taşıyıcıları, döşeme kaplamaları) taşıma kapasiteleri yapı geneli sistemli bir organizasyona (ya da tekrar) sahiptir ve düzensiz bir değişkenlik göstermez.
	4. İnce yapının ve elemanlarının formu	İnce yapı elemanlarının formları (bölücü duvarlar ve tüm yüzey kaplamaları) ve birlikteliği ile oluşan diğer formlar taşıyıcı elemanların birbirlerinden ayrılmasına ve değiştirilebilmesine engel değildir.	İnce yapı elemanları (bölücü duvarlar ve tüm yüzey kaplamaları) için belirlenen formlar yapıya özel tasarlanmamış ve evrenseldir.	İnce yapı elemanları (bölücü duvarlar ve tüm yüzey kaplamaları) için tercih edilen form kullanılan yere özel değildir ve benzer amaçla bu elemanların başka yerlerde tekrar kullanılabilmesine izin verir.	İnce yapı elemanları (bölücü duvarlar ve tüm yüzey kaplamaları) için tercih edilen formlar yapı geneli sistemli bir organizasyona sahiptir ve düzensiz bir değişkenlik göstermez.

	İLKELER >>>	bileşenlerine ayrılabilme / değiştirilebilme	uyumluluk / evrensellik	tekrar ayarlanabilirlik / tekrar kullanılabilirlik	modülerlik
BİNA SERVİSLERİ	**1. Servislerin malzemesi**	Servis elemanlarını (enerji ve tesisat aktarım birimleri) aktaran platformlarının malzeme tercihleri bu taşıyıcı elemanların parçalarına ayrılarak değiştirilebilmesini kolaylaştırır.	Servis elemanları (enerji ve tesisat aktarım birimleri) için seçilen malzeme standart bir üretime sahip, yapıya özel bir yönteme ihtiyaç duymaz, temini kolay ve evrenseldir.	Servis elemanlarını (enerji ve tesisat aktarım birimleri) aktaran platformlarının malzeme tercihleri bu taşıyıcı elemanların üzerinde değişiklikler yapılıp tekrar kullanılabilmesine imkan verir.	Servis elemanlarını (enerji ve tesisat aktarım birimleri) aktaran platformlar için tercih edilen malzeme seçiminde, yapı geneli sistemli bir organizasyona sahiptir ve düzensiz bir değişkenlik göstermez.
	2. Servislerin birleşim şekilleri	Servis elemanları (enerji ve tesisat aktarım birimleri) taşıyıcı platformları bir araya gelirken sabit olmayan ve tekrarlı olarak açılıp-takılabilen birleşim metoduna sahiptir.	Servis elemanları (enerji ve tesisat aktarım birimleri) taşıyıcı platformlarının birleşimleri yapıya özel bir metod ile değil evrensel olarak kullanılan bir yöntemle üretilmiştir.	Servis elemanları (enerji ve tesisat aktarım birimleri) taşıyıcı platformlarının birleşim metodları tek sefer için değil defalarca sökülüp takılarak ayarlamalar yapmaya uygundur.	Servis elemanları (enerji ve tesisat aktarım birimleri) taşıyıcı platformlarının birleşim metodları yapı geneli sistemli bir organizasyona sahiptir ve yapı genelinde düzensiz bir değişkenlik göstermez.
	3. Servislerin taşıma sınırı		Servis elemanlarını (enerji ve tesisat aktarım birimleri) aktaran platformların taşıma kapasiteleri yapıya özel hesaplanmış elemanlarla değil yapı genelinde kullanımına uygun seri üretim standartları ile üretilmiş ön boyutlandırmalara sahip evrensel elemanlarla belirlenmiştir.		Servis elemanlarını (enerji ve tesisat aktarım birimleri) aktaran platformların taşıma kapasiteleri yapı geneli sistemli bir organizasyona (ya da tekrar) sahiptir ve düzensiz bir değişkenlik göstermez.
	4. Servislerin ve dağılımlarının formu	Servis elemanları (enerji ve tesisat aktarım birimleri) platformunun dağılım formu bu elemanların birbirlerinden ayrılmasına ve değiştirilebilmesine engel değildir.	Servis elemanları (enerji ve tesisat aktarım birimleri) platformunun dağılımı için tercih edilen form çözümü yapıya özel tasarlanmamış ve evrenseldir.	Servis elemanları (enerji ve tesisat aktarım birimleri) platformunun dağılımının formu platformun üzerinde değişiklikler yapılmasına ve platformun tekrar kullanılmasına izin verir.	Servis elemanları (enerji ve tesisat aktarım birimleri) platformunun dağılım formu yapı geneli sistemli bir organizasyona sahiptir ve düzensiz bir değişkenlik göstermez.
CEPHE / KABUK	**1. Cephe elemanlarının malzemesi**	Cephe elemanları (cephe taşıyıcıları ve kaplamaları) için tercih edilen malzemeler, elemanların parçalarına ayrılarak değiştirilebilmesini kolaylaştırır.	Cephe elemanları (cephe taşıyıcıları ve kaplamaları) için seçilen malzemeler standart bir üretime sahip, yapıya özel bir yönteme ihtiyaç duymaz, temini kolay ve evrenseldir.	Cephe elemanları (cephe taşıyıcıları ve kaplamaları) için tercih edilen malzemeler, bu elemanların üzerinde değişiklikler yapılıp tekrar kullanılabilmesine imkan verir.	Cephe elemanları (cephe taşıyıcıları ve kaplamaları) için tercih edilen malzeme seçimlerinde, yapı geneli sistemli bir organizasyon vardır ve düzensiz bir değişkenlik göstermez.
	2. Cephe elemanlarının birleşim şekilleri	Cephe elemanları (cephe taşıyıcıları ve kaplamaları) sistemde bir araya gelirken sabit olmayan ve açılıp-takılabilen birleşim metoduna sahiptir.	Cephe elemanlarının (cephe taşıyıcıları ve kaplamaları) birleşimleri yapıya özel bir metod ile değil evrensel olarak kullanılan bir yöntemle üretilmiştir.	Cephe elemanları (cephe taşıyıcıları ve kaplamaları) için kullanılan birleşim metodu tek sefer için değil defalarca sökülüp takılarak ayarlamalar yapmaya uygundur.	Cephe elemanlarının (cephe taşıyıcıları ve kaplamaları) birleşimlerinde yapı geneli sistemli bir organizasyon (ya da tekrar) vardır ve düzensiz bir değişkenlik göstermez.
	3. Cephe elemanlarının taşıma sınırı		Cephelerde yük taşıyıcı elemanların taşıma kapasiteleri yapıya özel hesaplanmış elemanlarla değil yapı genelinde kullanımına uygun seri üretim standartları ile üretilmiş ön boyutlandırmalara sahip evrensel elemanlarla belirlenmiştir.		Cephelerde yük taşıyıcı özelliği olan elemanların taşıma kapasiteleri yapı geneli sistemli bir organizasyona (ya da tekrar) sahiptir ve düzensiz bir değişkenlik göstermez.
	4. Cephe ve elemanlarının formu	Cepheyi oluşturan elemanların (cephe taşıyıcıları ve kaplamaları) formu bu elemanların birbirlerinden ayrılmasına ve değiştirilebilmesine engel değildir.	Cephe elemanları (cephe taşıyıcıları ve kaplamaları) için üretilen form çözümü yapıya özel belirlenmemiş ve evrenseldir.	Cephe elemanları (cephe taşıyıcıları ve kaplamaları) için tercih edilen form kullanılan yere özel değildir ve benzer amaçla bu elemanların başka yerlerde tekrar kullanılabilmesine izin verir.	Cephe elemanları (cephe taşıyıcıları ve kaplamaları) için tercih edilen formlar yapı geneli sistemli bir organizasyona sahiptir ve düzensiz bir değişkenlik göstermez.

Ek 3 Madde Uygunluk Görüşleri (0-3 Oranlı)

Uzmanlar	Uzman_	Uzman_	Uzman_	Uzman_	Uzman_	Uzman_	Uzman_	Uzman_
maddeler ↴	1	2	3	4	5	6	7	8
S31S21S11								
S31S21S12								
S31S21S13								
S31S21S14								
S31S22S11								
S31S22S12								
S31S22S13								
S31S22S14								
S31S23S12								
S31S23S14								
S31S24S11								
S31S24S12								
S31S24S13								
S31S24S14								
S32S21S11								
S32S21S12								
S32S21S13								
S32S21S14								
S32S22S11								
S32S22S12								
S32S22S13								
S32S22S14								
S32S23S12								
S32S23S14								
S32S24S11								
S32S24S12								
S32S24S13								
S32S24S14								
S33S21S11								
S33S21S12								
S33S21S13								
S33S21S14								
S33S22S11								
S33S22S12								
S33S22S13								
S33S22S14								
S33S23S12								
S33S23S14								
S33S24S11								
S33S24S12								
S33S24S13								
S33S24S14								
S34S21S11								
S34S21S12								
S34S21S13								
S34S21S14								
S34S22S11								
S34S22S12								
S34S22S13								
S34S22S14								
S34S23S12								
S34S23S14								
S34S24S11								
S34S24S12								
S34S24S13								
S34S24S14								

ölçek pn.	0	1	2	3
maddeler ↴				
S31S21S11				
S31S21S12				
S31S21S13				
S31S21S14				
S31S22S11				
S31S22S12				
S31S22S13				
S31S22S14				
S31S23S12				
S31S23S14				
S31S24S11				
S31S24S12				
S31S24S13				
S31S24S14				
S32S21S11				
S32S21S12				
S32S21S13				
S32S21S14				
S32S22S11				
S32S22S12				
S32S22S13				
S32S22S14				
S32S23S12				
S32S23S14				
S32S24S11				
S32S24S12				
S32S24S13				
S32S24S14				
S33S21S11				
S33S21S12				
S33S21S13				
S33S21S14				
S33S22S11				
S33S22S12				
S33S22S13				
S33S22S14				
S33S23S12				
S33S23S14				
S33S24S11				
S33S24S12				
S33S24S13				
S33S24S14				
S34S21S11				
S34S21S12				
S34S21S13				
S34S21S14				
S34S22S11				
S34S22S12				
S34S22S13				
S34S22S14				
S34S23S12				
S34S23S14				
S34S24S11				
S34S24S12				
S34S24S13				
S34S24S14				

Ek 4 IGUS Fabrikası için Madde Puanlamaları (0-9 Oranlı)

Uzmanlar / maddeler ↴	*Uzman_1*	*Uzman_2*	*Uzman_3*	*Uzman_4*	*Uzman_5*	*Uzman_6*	*Uzman_7*	*Uzman_8*
S31S21S11	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S31S21S12	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S31S21S13	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S31S21S14	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S31S22S11	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S31S22S12	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S31S22S13	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S31S22S14	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S31S23S12	*6*	*6*	*6*	*6*	*6*	*6*	*5*	*9*
S31S23S14	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S31S24S11	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S31S24S12	*6*	*6*	*6*	*6*	*6*	*5*	*6*	*9*
S31S24S13	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*8*	*9*
S31S24S14	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S32S21S11	*7*	*7*	*7*	*7*	*7*	*7*	*7*	*8*
S32S21S12	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*8*	*9*
S32S21S13	*6*	*6*	*6*	*7*	*7*	*7*	*7*	*8*
S32S21S14	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S32S22S11	*6*	*6*	*6*	*7*	*7*	*7*	*7*	*8*
S32S22S12	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*8*	*8*	*9*
S32S22S13	*5*	*5*	*5*	*6*	*6*	*6*	*9*	*9*
S32S22S14	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S32S23S12	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S32S23S14	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S32S24S11	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S32S24S12	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*9*
S32S24S13	*7*	*7*	*7*	*8*	*8*	*7*	*9*	*9*
S32S24S14	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S33S21S11	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S33S21S12	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S33S21S13	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S33S21S14	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S33S22S11	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S33S22S12	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S33S22S13	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S33S22S14	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S33S23S12	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S33S23S14	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S33S24S11	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S33S24S12	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S33S24S13	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S33S24S14	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S34S21S11	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S34S21S12	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S34S21S13	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S34S21S14	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S34S22S11	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S34S22S12	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*9*	*9*
S34S22S13	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S34S22S14	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S34S23S12	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S34S23S14	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S34S24S11	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S34S24S12	*8*	*7*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*9*
S34S24S13	*8*	*8*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*
S34S24S14	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*	*9*