



Fabrika Yapılarında Esneklik: Igus Fabrikası Örneği

Özgür GÖKMEN

*Yüksek Mimar, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
ozgur_gkmen07@hotmail.com, ozgur.gokmen@deu.edu.tr*

Yeşim Kamile AKTUĞLU

*Prof. Dr. Mimar, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
yesim.aktuglu@deu.edu.tr*

Özet

Esneklik birçok alanda etkin olan bir konudur ve mimarlıkta sürdürülebilirlik kavramı ile birlikte daha da öne çıkmaktadır. Çok farklı kapsamlarda ve bağlamda ele alınabilen esneklik kavramı, bu çalışmada fabrika yapılarında değişime adapte olabilme, farklı üretim biçimlerine olanak sağlayabilme açısından irdelenmektedir. Tüm yapılar zaman içerisinde değişime uğramaktadır; ancak ticari yapılar müşteri-pazar hareketliliğiyle ilişkili olarak günümüzde daha fazla değişime ihtiyaç duymaktadır. Dolayısıyla fabrikalar gibi toplu üretimin gerçekleştiği binalar, pazarın hareketliliğinden direkt etkilenmekte ve yapısal olarak bu değişime sürekli uyumlanması gerekmektedir. Çalışmanın amacı fabrika yapılarının esnek yapı tasarımı ekseninde planlanmasıyla elde edilebilecek kazanımları incelemektir. Bu doğrultuda makalede öncelikle binalar için esneklik kavramı incelenmiş, fonksiyon, kapasite ve işleyiş terimleri üzerinden esneklik kapasitesi tariflenmiştir. Yapıların esnek olarak tasarlanabilmesi için neler yapılabileceği belirtilmiştir. Esneklik kavramı fabrikalar odağında incelendiği için fabrikaların işleyiş biçiminden bahsedilip, sürekli değişim geçirmelerine sebep olan dinamiklerden bahsedilmiştir. Yapısal olarak fabrikalarda esnekliğin neden önemli olduğu vurgulanmış ve Mimar Nicholas Grimshaw'ın ofisinin tasarladığı Igus (Köln) Fabrikası üzerinden uygulamalara yer verilmiştir. Igus Fabrikasında esneklik kaygısıyla alınan yapısal kararlar ve gerçekleştirilen çeşitli mimari imalatlar anlatılmıştır. Son olarak fabrika ve esneklik eksenini üzerinden varılan çıkarımlar değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sanayi yapıları, endüstriyel yapılar, fabrikalar, esneklik

Abstract

Flexibility is a topic that is active in many areas, and it stands out even more with the concept of sustainability in architecture. In terms of adapting to changes in factory building structures and enabling different production styles, the idea of flexibility, which can be handled in many different contexts, is examined in this study. All buildings are subject to change over time; however, commercial buildings today need more change concerning customer-market activity. Therefore, buildings where mass production takes place, such as factories, are directly affected by the mobility of the market and need to keep up with this structural change. The study aims to probe the gains received by planning the factory buildings on the axis of flexible building design. First of all, through the terms function, capacity and operation: the concept of building flexibility is clarified then the flexibility capacity is defined. What might be applied to design the structures flexibly is displayed. Since flexibility is concerned with the focus of factories, the way the factories operate and the dynamics that cause them to go through constant change are clarified. Why flexibility is crucial in factories structurally, and applications on the Igus (Cologne) Factory, designed by the office of architect Nicholas Grimshaw is highlighted. Structural decisions thus taken about flexibility and various architectural productions carried out in the Igus Factory are clarified. Finally, the conclusions reached on the axis of the factory and flexibility were evaluated.

Keywords: Industrial buildings, factories, flexibility

Giriş

Fabrikalar işleyiş olarak canlı organizmalara benzemektedir. Üretilen ürünün yapısı üretim süreçlerini, süreç ise bireylerin kullandığı, kontrol ettiği ve denetlediği tesisleri şekillendirmektedir. Bunlardan birini değiştirmek diğerlerinin de değişimine neden olmaktadır (Schenk, 2010). Wiendahl ve Nyhuis'e göre fabrikalar günümüzde müşteri-pazar hareketliliğinden kaynaklı olarak, 1-2 yıl içerisinde üretim süreçlerini farklılaştırmakta, dönüşüm geçirmektedir. Diğer taraftan yeni faaliyete geçen fabrikanın kendini amorti etmesi genellikle yıllar sürmektedir. Bu sebeple fabrikalar tek bir ürünü üretecek şekilde tasarlanmamakta; farklı üretimlere, hacim kapasitesine, ek seçeneklere, yeni teknolojilere ve bunun gibi durumlara adapte olabilmeleri; yapısal olarak değişimlere olabildiğince hızlı ve kolay bir şekilde tepki verebilmeleri beklenmektedir. Fabrika yapısının değişimlere uyumlanabilme potansiyeli esneklik kapasitesiyle doğrudan ilişkilidir.

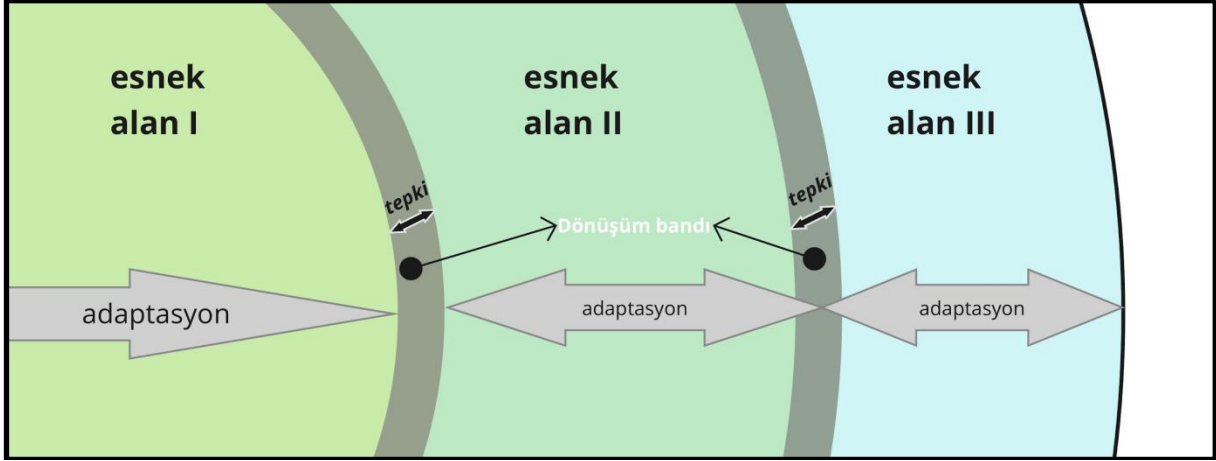
Esneklik kavramı araştırmacılar tarafından farklı şekillerde tanımlanabilmektedir. Sadafi'ye göre esneklik genel olarak kullanıcıların istekleri doğrultusunda binaların veya yapı sistemlerinin yapılacak değişikliklere uyum gösterebilme kapasitesidir. Bina ne kadar esnek ise kullanım ömrü boyunca zaman ve iş gücünden kazanç sağlanması o kadar kolay olmaktadır. Tekrar kullanıma uyarlamak, binaların yıkılıp tekrar yapılması ile uğraşmaktan daha etkin bir seçenektir. Önceden planlanmayan bir değişiklik uygulamaya geçirilirken yapının işleyişinde aksamalara sebep olabilmektedir. Fabrikalar getiri sağlayan işletmelerin fiziki varlıkları olduğu için değişim ihtiyacından kaynaklanan uzun süreli aksamalar ve büyük maliyetler bu tesisler için büyük sorun teşkil etmektedir. Bu bağlamda, çalışma kapsamında, fabrikalarda esnek yapı tasarımının sağladığı kazanımların irdelenmesi amaçlanmış ve Igus Fabrikası üzerinden esneklik durumu tartışılmıştır.

Yapılarda Esneklik

Bir binada kullanım ömrü boyunca fonksiyon, kapasite ve işleyişle ilgili olmak üzere üç tip genel değişimin gerçekleşmesi beklenir. Bu değişimler binanın kullanım beklentisini veya kullanıcı isteklerini karşılayan dış etkenler olarak görülebilir. Bu üç tip değişim binaya hem mekânsal hem de donanımsal olarak yansiyabilir. Binanın kullanım amacı fonksiyonunu belirlerken, kullanım amacının ve kullanım amacını destekleyen servislerin zamanla mevcut şartlara göre iyileştirilmesi veya tamamen değiştirilmesi gerekebilir. Kapasite ise nicel olarak bir sınırı tariflemekte, binanın hem mekânsal hem de taşıyıcı olarak üst sınırlarını belirtmektedir. Teknik olarak binanın fiziksel varlığını doğrudan etkilediği için düzenleme ve değişimler daha zordur. İşleyiş ya da akış, yapının fonksiyonuna göre iç ve dış kullanım senaryoları doğrultusunda mekânsal ve teknik hareketliliği ortaya koyar. Duruma göre fonksiyon değişmesi bile çalışma şekli kendi içerisinde farklılaşabilir. Dolayısıyla insan ve teknik altyapının yapı içerisindeki hareketliliği farklı kurgularla iyileştirilebilir ya da tamamen değiştirilebilir (Bullen, 2011), (Slaughter, 2001).

Fonksiyon - kapasite - işleyiş bağlamında incelendiğinde planlanan ve inşa edilen tüm yapılar belirli bir esneklik kapasitesine sahiptir. Mevcut teknolojiler ile planlama ve kullanım aşaması için bir fonksiyon - kapasite - işleyiş aralığı önceden belirlenmektedir. Gerekli zaman ve durumlarda ise bina önceden belirlenen bu aralık içerisinde ya anlık ya da çok kısa bir zamanda duruma adapte olabilmektedir. Dışarıdan büyük müdahalelere ihtiyaç duymadan bu değişikliklere adapte olabilmesi binanın mevcut esneklik kapasitesini belirler. Esneklik kapasitesi bina için katmanlı bir özellik olarak düşünülebilir. (Şekil 1.) Artan ihtiyaçlara göre mevcut kapasite alanının üstüne çıkmak gerekebilir. Önceden kurgulanan fonksiyon - kapasite - işleyiş aralığının üzerinde bir gerekliliğin gerçekleşmesi durumunda bina ek bir maliyete ve imalat sürecine ihtiyaç duyacaktır. Esnek alanın büyümesine direnç gösteren bir bant olarak tariflenebilecek bu sürecin sonunda bina donanım ve özellik olarak dönüşüm geçirecek, dolayısıyla önceki halinden daha farklı ve daha büyük bir esneklik kapasitesine sahip olacaktır. Bu noktada kritik olan durum,

binanın yeni esneklik kapasitesine sahip olmasını sağlayacak dönüşümün ne kadar süreye ve maliyete sebep olacağıdır.



Şekil 1. Esneklik kapasite değişimi

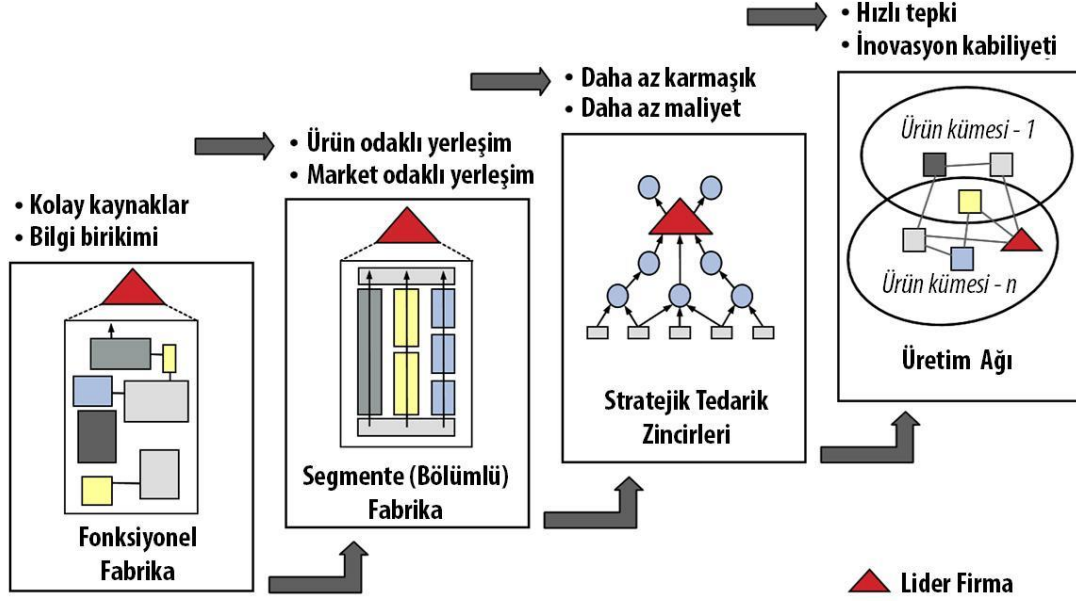
Her yatırımda bina ile ilgili doğrudan veya dolaylı olarak alınacak kararlar, esnekliğe etki etmektedir. Bu kararlardan sorumlu karar vericiler; uzmanlıkları, sürece dahil olma ve diğer gruplarla olan ilişki durumları, önceki tecrübeleri, bilgi seviyeleri ve ilgi alanları doğrultusunda kararları etkilemektedir. Esnekliği ilgilendiren kararlar, gelecekte yaşanacak olası değişiklik senaryolarının belirlenmesini ve diğer uzun prosedürleri içerebilir. Tasarım aşamasında öne çıkarılan bu kararlar daha sonra alınacak kararları kolaylaştırabilir. Bir karar mekanizmasının oluşturulması ve içeriğin daha iyi anlaşılması ile birlikte ihtiyaç duyulan en uygun esneklik seviyesi belirlenebilir (Israelsson, 2009). Bina katmanlarında zamanla gerçekleşen değişim ilişkisini anlamak, tasarımcıların değişim sebeplerini fark etmesine ve erkenden uygun kararları almasına olanak tanır. Ancak fonksiyon, kapasite ve işleyiş bağlamındaki değişiklikler, yapı içindeki sistemler arasında kesişmelere de neden olacaktır (Israelsson, 2009), (Slaughter, 2001).

Cavalliere'e göre esnekliğin en genel ilkeleri, genel ve belirsiz mekan planlamaları, yerleşim düzenlemeleri, mobil ekipman ve parçaların kullanımı, kullanılmayan fazlalıkların belirlenmesi, teknik ve servis alanları için özel bölümlerin tanımlanması, gerekli-gereksiz ekipmanların incelenmesi şeklinde sıralanabilir (Cavalliere, 2019). Mimar Grimshaw'ın tasarladığı Igus Fabrikası üzerinden de görülebileceği gibi ve Askar'ın da belirttiği üzere esnek yapı tasarımı, kolay sökülebilen ve tekrar kullanılabilen elemanlar ile uyumlu ve dayanıklı bina yapımını tarifler. Dolayısıyla esnekliği ölçümlemek, tasarım aşamasından yıkım aşamasına kadar yapı malzemesi ve elemanları hakkında bilgi toplamak ve araştırmayı gerekli kılmaktadır (Askar, 2021). Esnekliği belirleyen, bina ile doğrudan ve dolaylı bağlantılı etmenler, planlama aşamasında ihtiyaçlar doğrultusunda tespit edilerek ileriki değişimler için şartların kolaylaşmasını sağlar. İhtiyaç duyulan esneklik derecesi, bina ömrü boyunca içerisinde ne tür aktivitelerin gerçekleşeceğine bağlı olarak belirlenebilir. Bina kullanım süresince büyük değişiklikler gerektirmeyecek ise, yapılacak değişikliğin esneklik seviyesi de buna göre ayarlanabilir (Israelsson, 2009).

Fabrikalar için Esnek Yapı Tasarımı ve Igus (Köln) Fabrikası Örneği

İşletmeler harcamalarının üzerine kazanç koyarak getiri sağlayan ticari operasyonlardır. İmalat işletmelerinde, üretim tesisinin görevi ürün olarak ara ya da son mamül üretmek pazarda rekabet etmektir. Tedarik, üretim, satış ve dağıtım departmanları ile birlikte üretim tesisleri ve fabrikalar ürün geliştirmek için gereklidir. Üretim tesisleri şirketler tarafından katma değer oluşturmak için kullanılan temel endüstriyel araçlardır. Müşterinin beklentilerini tatmin eden servisler ve ürünler üretip pazarlayan temel görevleri vardır. Karakteristiklerine göre farklı tipte fabrikalar kategorize edilebilir. Birçok farklı fabrika, üretim tesisleri ile birlikte bir araya gelerek çoklu fabrika tiplerini oluşturabilirler.

Fabrikalar ve üretim tesisleri kendine hastır ve her fabrika insan kaynağı, ürünler, üretim, sistemler, fonksiyon, boyutlar, strüktür, yerleşim, kazanç ve kuruluş felsefesi açısından birbirinden farklıdır (Schenk, 2010).

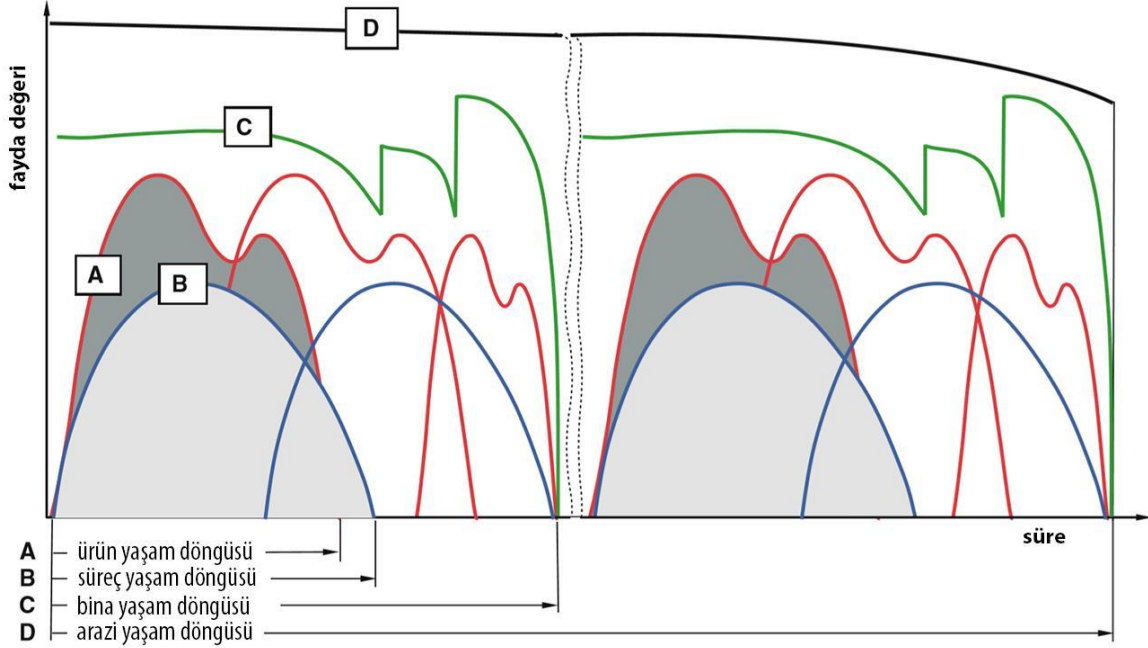


Şekil 2. Fabrikaların zamanla değişimi (ElMaraghy, 2009)

1960'lardan günümüze fabrikaların evrimi dört aşamada tariflenebilir. (Şekil 2.) Sabit ve tahmin edilebilir pazara sahip ilk fonksiyonel fabrikalar, oluşturdukları kendi bilgi birikimleriyle etkin bir yükseliş göstermiştir. Ancak bu fabrikalarda üretim nispeten pahalı ve uzun sürelerde gerçekleşmektedir. Sonraki aşamada pazar beklentileri doğrultusunda fabrikaların kendilerini düzenlemeleri onları modüler veya segmentli fabrikalar haline getirmiştir. Artan taleple sipariş süreci hızlanmış ancak fabrikalar yeterli desteğe sahip olamamıştır. Birçok senaryoda personelin ağır bir fabrika iç eğitiminden geçmesi gerekmiştir. Bu da çalışma saatlerinde esneklik gerektirmektedir. Üretimin gerçekleştiği iç kısımda benzer üretim bantları ve depoları, sistemi rahatlatmak için birbirlerine yaklaştırılmıştır. Pazarın ve ürünlerin giderek daha da çok yönlü hale gelmesiyle karmaşıklık da artmaya başlamıştır. Fabrikalar stratejik tedarik zincirleri ile bir sonraki aşamaya evrilmiş, böylelikle müşteriye ürünü tedarik eden firmalar, üretim sürecinde uzmanlık gerektiren görevleri dağıtarak sistem içinde daha çok kilit rol oynayan kendi sorumluluklarına odaklanmaya başlamıştır. Öyle ki bazı örneklerde sorumlu firma sadece ürünün tasarımında, final montajında ve satış kısmında bireysel rol almaktadır. Tedarik ağı olarak tanımlanabilecek bu durum, günümüzdeki aşamayı tariflemekte ve genellikle üç-beş sene süren, çeşitli ortaklıklarla ara ürünleri diğer fabrikaların sisteme girerek tedarik ettiği geçici fabrika ağlarını oluşturmaktadır. Artan pazar hareketliliği sonucu daha geniş ürün ve servis perspektifi ile bölgesel ve ulusal üretim ağları ortaya çıkmaya başlamıştır. Küresel pazarda yerel kaynakların değerlendirilmesi gayesiyle yüksek dereceli inovasyon ve adapte olabilme kabiliyetine ulaşarak daha hızlı fabrika ağları oluşturulmuş, akabinde üretim veya servis hizmetinin bitmesi sonucunda ilgili ağ hemen dağılabilmektedir (ElMaraghy, 2012), (Wiendahl, 2015).

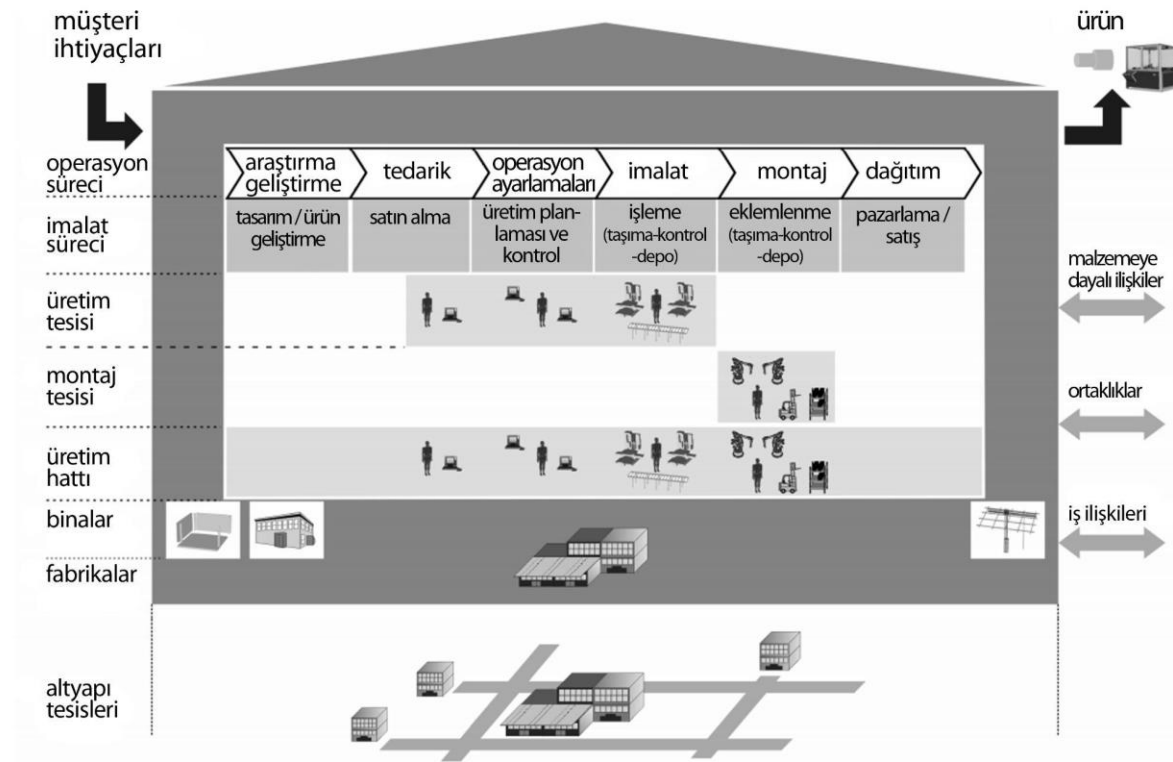
Geçmişte bir ürün üretildikten sonra dengeli bir yükseliş ile sonrasında oldukça uzun ve sabit periyotlar gösteren üretim hacimleri gözlenmektedir. Günümüzde ise genelde üretim hacimleri ilk önce grafik olarak hızlı bir yükseliş göstermekte daha sonra bir düşüşle ikinci zirveyi görmektedir. İkinci zirveyi gördükten hemen sonra tanıtılan yeni bir ürün ile birlikte önceki ürünün üretim hacminde ani bir düşüş yaşanmaktadır (Şekil 3.) Bir ürünün

yaşam döngüsünün, o ürünü üreten makineler ve teknolojik süreçlerle yakından bağlantılı olduğu gözlemlenmiştir. Talebi düşen ürünler için inşa edilen teçhizat ve işleme sürecinin yeni nesil ürünlerin üretiminde de kullanılabilmesi beklenmektedir. Fabrika binalarının da iki veya bazen üç yeni nesil ürüne adapte olabilmesi gerekmektedir. Hatta tüm kompleks, lojistik ve yasal çevre düzenlemeleri gibi yeni ihtiyaçlara göre kendini uyarlayabilmelidir (ElMaraghy, 2009), (Wiendahl, 2007).



Şekil 3. Ürün, süreç, bina ve arazi yaşam döngülerinin korelasyonu (Wiendahl, 2015)

Üretimin değişim kapasitesi içindeki en üst katmanda şirketin üretim portfolyosundan ve bu portfolyonun tamamen değişimi veya tüm tedarik zincirinin tekrar tasarlanmasından sorumlu üretim ağı bulunmaktadır. Bir alt katmanda tek bir kompleks veya fabrika bu ağdaki tek bir noktayı temsil etmektedir. Bu kompleks veya fabrikadaki dönüşüm yeni bir ürünün üretilmesini sağlayabilmektedir. Bu fabrika içerisinde uzmanlaşarak bölümlenen segmentler bir ara ürünün bir araya getirilmesinden veya üretilmesinden sorumludur. Segmentleri oluşturan montaj hücreleri ve sistemleri farklı ürün parçalarının üretilmesini sağlamaktadır. Sistemin en küçük birimi olan ve birleşerek bu hücreleri meydana getiren işlikler imalat veya montajın doğrudan gerçekleştiği birimdir (Nyhuis, 2007). Tüm bu sistemin içinde gerçekleşen imalattaki esneklik, bireysel operasyonların, üretim süreçlerinin ve üretim takvimlerinin değişebilmesine izin verir. Aynı zamanda sistemin limitleri içerisinde üretim kapasitesinin ayarlanabilmesine de izin verir. Bu yüzden esnek üretim sistemleri, mevcut üretim sisteminin içerisinde üretim hacimlerini ve süreç adaptasyonunu mevcut izinler ve sınırlar içerisinde gerçekleştiren operasyonlardır. Tekrar ayarlanabilir imalat sistemleri, makine modülleri, makineler, hücreler, materyal işleme araçları ve hatlarının sistem boyunca eklenmesi çıkarılması veya modifiye edilmesi ile kapasite ve fonksiyonellik açısından sisteme ölçeklenebilir olma imkanı tanımaktadır (ElMaraghy, 2009), (Wiendahl, 2007).



Şekil 4. Bir üretim merkezinin organizasyonel alanları ve tesisleri (Schenk, 2010)

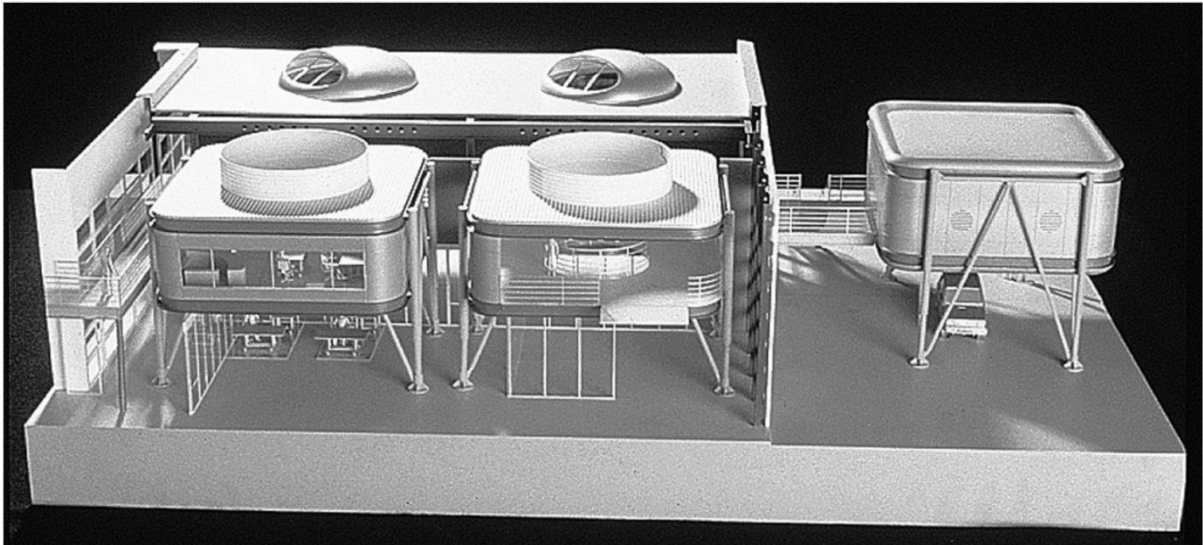
Bir üretim ağı içerisindeki fabrika, kompleks bir sistem olarak görülebilir. (Şekil 4.) Bu kompleks olma durumu evrilmeye ve fabrikanın bir bütün olarak dönüşebilmesine engel olur. Bu sebeple dönüşebilirlik parçalarına ayrılıp, fabrikanın planlama aşamasındaki ve kullanım ömründeki etkin unsurlara göre düşünülmelidir. Bu fabrika unsurları teknik, organizasyonel, mekansal olarak üç kategoriye ayrılabilir. Bu sınıflandırma, fabrikanın ilgili unsurları arasındaki yoğun ilişkiyi ortaya çıkaracaktır. Mekansal dönüşüm, özellikle fabrika arazisi, ergonomisi ve üretimhane yerleşimi konusunu dikkate alarak döşeme ve zemin alanlarının dönüşümünü ifade eder. Organizasyonel dönüşüm, organizasyonel yapıların ve süreçlerin dönüşümü ve değişimine olanak sağlar. Teknik araçların dönüşümü, operasyonel kaynaklar, süreçler gibi konuların ayarlanabilirliğini ve tekrar ayarlanabilirliğini ifade eder. Fabrika içerisindeki tüm teknik sistemleri kapsar (Nyhuis, 2007), (Wiendahl, 2015).

1990 yılında Almanya Köln'de çalışmalarına başlanan Igus GmbH'ye ait Igus Fabrikası, Nicholas Grimshaw and Partners mimarlık firmasınınca portatif bina unsurlarına ve esneklik odaklı çelik malzemeli yapı konstrüksiyonuna sahip bir bina olarak ortaya çıkarılmıştır. Yapının tasarımı, piyasa şartlarına göre değişebilen üretimin yerleşim planına ayak uydurabilecek ve gelecekteki gelişmelere yapısal olarak kısa sürede adapte olabilecek bir üretim tesisini ortaya çıkarmaktadır. Değişimin gerektiği durumlarda vakit ve iş gücü kaybetmeden yapının bu hareketliliğe engel olmaması aksine destek olması amaçlanmıştır. İlk günden günümüze kadar yapı, kapasite artırımına ve iç işleyişe paralel olarak aşama aşama değişiklikler geçirmiştir (Fuster, 2009), (Kronenburg, 2003). Bu nedenle Igus Fabrikası başarılı bir örnek olarak öne çıkmaktadır.



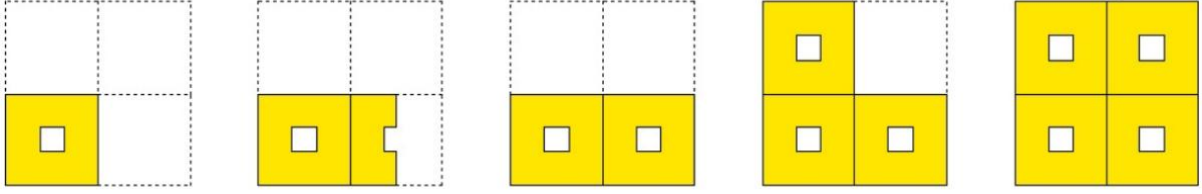
Şekil 5. Igus Fabrikası (Köln) genel görünüm (IGUS Headquarters Factory, b.t.)

Schenk'e göre fabrika binası, üretimi içeriden, altyapıyı dışarıdan sarmalayan merkezi bir arayüz olarak görev alır. Ana parametrelere göre bina ihtiyaçları ve karakteristikleri etkin bir şekilde belirlenmelidir. Bina; kullanım ihtiyaçları, geometrik, yük durumu, tedarik ve boşaltım, müdahil olma ve diğer durumlarla ilgili parametrelere uygun cevap verebilmelidir. Bu parametrik özellikler her ürün üretimi ve her üretim sistemi boyutunda farklılık gösterir (Schenk, 2010). Buna uygun olarak da Igus Fabrikası için hem yapı yerleşimi hem taşıyıcısı, cephesi, ince işçiliği ve servisleri ile ilgili bazı kararlar alınmış ve bu doğrultuda hazırlıklar yapılmıştır.



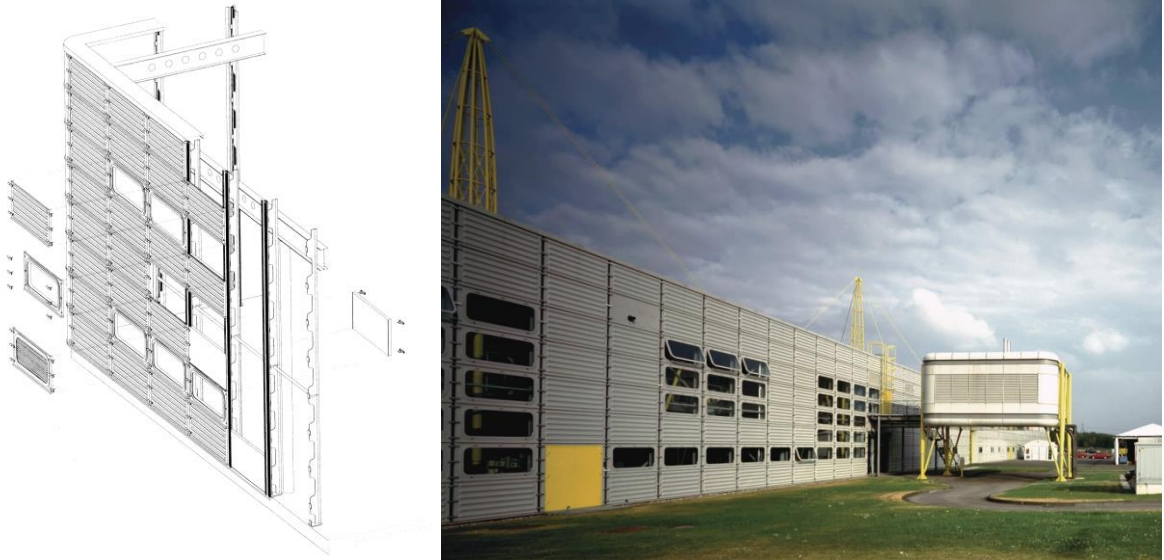
Şekil 6. Podların görüldüğü sistem maketi (Kronenburg, 2003)

Tüm yapının 11.25m x 11.25m'lik grid tabanına oturan ve 68m'lik kare tabana ulaşan dört ana hacme sahip olması beklenmiştir. Toplamda yedi aşamaya bölünen bu süreç zamanla planlanan şekilde aktif olarak uygulanmıştır. (Şekil 7.) Halen günümüzde bu doğrultuda yapıda yeni büyümeler gerçekleştirilmektedir (Kronenburg, 2003).



Şekil 7. Köln IGUS Fabrika büyüme aşamaları (Fuster, 2009)

Sadafi'nin de belirttiği üzere bir yapının esneklik tasarımı için, prefabrik elemanlar, modüler koordine sistemler, kapasite konusunda planlar, değişebilir parçalar, taşıyıcı ve dolgu elemanlar için sınıflandırmalar, erişilebilir parçalar kullanmak ve sürdürülebilirliği kolaylaştırabilecek uygun detay tasarımlarının hazırlanması faydalı olacaktır (Askar, 2021), (Sadafi, 2014). Igus Fabrikasının cephe tasarımında bu değişimlere ve dönüşümlere seri olarak tepki verebilmek için modüler, sökülür takılır elemanlar kullanılmıştır. Bu modüler elemanlar ihtiyaç durumunda kapı, pencere ya da dolu yüzeyli elemanlarla tanımlanabilmektedir. Gerekli zaman kapalı yüzeylerde kolayca sök-tak işlemiyle açıklıklar yapılabilmektedir. Genel olarak yapının her alanındaki sabit elemanlar değişen kullanım senaryoları için çeşitli sınırlamalara sebep olduğundan kullanımdaki optimum etkinliği de sınırlayabilmektedir. Buna karşın Igus'ta kullanım senaryosuna göre herhangi bir zamanda istenilen cephe fonksiyonu için doluluk ve açıklık sağlanabilmektedir. (Şekil 8.) Yapı içerisinde ofisler pod ismi verilen hareketli birimlerden oluşmaktadır ve gerekli durumlarda iç işleyişe göre yerleri değiştirilebilmektedir. (Şekil 6.) Bu birimler taşıyıcı olarak birbirlerinden bağımsız ancak işleyiş organizasyonuna göre koordineli çalışmaktadır. Yerden yükseltildikleri için konum olarak üst kat kotunda bulunmakta ve alt kısmı fabrika işleyişinde değerlendirilmektedir. Zamanı geldiğinde podlar yere bağlandıkları taşıyıcıların zemin bağlantısı sökülme suretiyle mekan içinde başka konumlara da taşınabilmektedir. Yapının diğer tüm taşıyıcı ve destek elemanları da metal malzemeli ve modüler olduğundan defalarca sökülüp tekrar monte edilmeye de uygundur (Kronenburg, 2003). Tüm bu özellikleriyle fabrika, fonksiyon-kapasite-işleyiş bağlamında esneklik sunarak gelecek için daha uzun ömürlü ve çeşitli kullanım senaryolarına hazırlıklı olmaktadır.



Şekil 8. Igus Fabrikası (Köln) sökülür-takılır modüler cephe detayı (IGUS Headquarters Factory, b.t.)

Değerlendirme

Esneklik, kullanım senaryoları için farklı seviyelerde adaptasyon etkinliğinin var olması ile ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle her yönden çok boyutlu bir kapsama alanına sahiptir. Diğer bir açıdan ise esneklik, imkanlar dahilinde tariflenen sınırlar kadar adaptasyona izin verilmesidir. Esneklik kapasitesi söz konusu olduğunda sınırların nerede olması gerektiğini kesin olarak belirlemek pek kolay değildir. Gerekli değişimler için göz önüne alınması gereken girdiler, kesin bir hesaplama yapmaya imkan vermeyecek miktarda değişkenlerden oluşmaktadır. Kaotik boyuttaki bu belirsizlik içinde yapılabilecek en iyi uygulama farklı ölçekte elde edilen veriler ışığında gelecek için en uygun kullanım kararlarının alınabilmesini sağlamaktır. Problemi sistematik olarak parçalara ayırıp imkanlar dahilinde dengeli bir karar mekanizması oluşturmaktır.

Esneklik konsepti sadece fabrikanın fiziksel unsurlarında değil aynı zamanda planlama, kontrol ve işgücü gibi konularında da ciddi etkiye sahiptir ve ayrı bir inceleme konusudur. Bir fabrikanın yapısal olarak esnekliğinin tespiti için yapılabilecek en pratik yaklaşım etkin esneklik kriterlerinin belirlenmesi ve sürdürülebilirlik ilkeleri ile ihtiyaç duyulan önem-fayda derecesine en uygun karşılaştırmaları değerlendirmektir. Böylelikle ilk yatırım maliyetleri artsa da yapı kullanım ömrü boyunca gerçekleşecek toplam maliyeti büyük oranda düşürecektir. Slaughter'ın da belirttiği gibi binanın esnekliğinin ve kullanım ömrünün artışı ile birlikte binanın yeni kullanım senaryolarını dolayısıyla değerini de artmaktadır. Bu değer de yapının yeni durumuna ne kadar hızlı uyum sağladığı ve ne kadar maliyetli ulaştığı ile belirlenebilir. Pratik yeni kullanım senaryoları ve daha uygun maliyetli imalat imkanı da böylelikle yapılarda esnekliğin dikkate alınmasını sağlamaktadır.

Kaynaklar

- Askar, R., Bragança, L., & Gervásio, H. (2021). Adaptability of Buildings: A Critical Review on the Concept Evolution. *Applied Sciences*, 11(10), 4483.
- Bullen, P. and Love, P. (2011), Factors influencing the adaptive re-use of buildings. *Journal of Engineering, Design and Technology*, Vol. 9 No. 1, pp. 32-46. doi.org/10.1108/17260531111121459.
- Cavalliere, C., Dell'Osso, G. R., Favia, F., & Lovicario, M. (2019). BIM-based assessment metrics for the functional flexibility of building designs. *Automation in Construction*, 107, 102925. doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102925.
- EIMaraghy, H., & Wiendahl H. P., (2009). *Changeability – An Introduction | Changeable and Reconfigurable Manufacturing Systems*. Springer-Verlag London. DOI: 10.1007/978-1-84882-067-8
- EIMaraghy H. (Editor). (2012), *Enabling Manufacturing Competitiveness and Economic Sustainability*, Proceedings of the 4th International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual production (CARV2011), Montreal, Canada.
- Fuster, A., Gibb, A., Austin, S., Beadle, K., & Madden, P. (2009). *Adaptable buildings: Three non-residential case studies*. eds. H. Wamelink, M. Prins & R. Geraedts, TU Delft, Netherlands, Oct, 5-9.
- IGUS Headquarters Factory, (b.t.). Erişim Tarihi: 08 Kasım 2021, <https://grimshaw.global/projects/igus-headquarters/>
- Israelsson, N., & Hansson, B. (2009). Factors influencing flexibility in buildings. *Structural Survey*, doi.org/10.1108/02630800910956461.
- Kronenburg, R. (2003). *Portable Architecture* (3rd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780080523194>
- Nyhuis, P., Heinen, T. & Brieke, M., (2007). Adequate and economic factory transformability and the effects on logistical performance. *Int J Flex Manuf Syst* 19, 286–307. DOI:10.1007/s10696-007-9027-3
- Sadafi, N., Zain, M. F. M., & 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
- Slaughter, E. S. (2001). Design strategies to increase building flexibility. *Building Research & Information*, 29(3), 208-217. doi.org/10.1080/09613210010027693.
- Wiendahl, H. P., ElMaraghy, H. A., Nyhuis, P., Zäh, M. F., Wiendahl, H. H., Duffie, N., & Brieke, M. (2007). Changeable manufacturing-classification, design and operation. *CIRP annals*, 56(2), 783-809.
- Wiendahl, H. P., Reichardt J., Nyhuis P., (2015). *Handbook Factory Planning and Design*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-662-46391-8