



# Kompleks Geometrilik Yüksek Yapıların TBDY 2018'e Göre İncelenmesi: Çamlıca Tepesi TV ve Radyo Kulesi Örneği

A Review of Complex Geometric High Rise Buildings According to TBDY 2018: The Case of Çamlıca Hill TV and Radio Tower

İlayda Yalçın<sup>1</sup> , Aslı Er Akan<sup>2</sup> , Hilal Tuğba Örmecioglu<sup>3</sup> 

## Öz

Deprem yönetmelikleri, yapıların deprem etkisi altında performanslarının değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için belirlenmiş kurallardır. Bu kurallardan yoksun tasarlanan yapıların dayanımlarının ne derece güçlü oldukları tartışma konusudur. Yanal yükler altında hassas davranışlar sergileyen yüksek yapılar bu bağlamda ön plana çıkmaktadır. Özellikle organik formlara sahip ya da fraktal geometrilerden türetilmiş olan (kompleks geometrilik) yüksek yapılar için bu durum daha fazla dikkat edilmesi gereken bir konudur. Türkiye'de deprem yönetmeliklerine bakıldığında yüksek yapılara özel kuralların 2018 yılına kadar yönetmeliklerde bulunmadığı görülmektedir. Buna rağmen ülkemizde 2010 yılından itibaren 50 kat ve üzerinde farklı geometrilerde birçok yüksek yapının inşa edildiği görülmektedir. Üstelik bu yapıların çoğu deprem riski bölgelerinden birisi olan İstanbul'da bulunmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada 2018 yılı öncesi inşasına başlanmış olan kompleks geometrilik İstanbul Küçük Çamlıca Tepesi TV ve Radyo Kulesi örnek alınarak TBDY'nin 2018'de eklenen yeni kuralları ve sağlık izleme sistemi yönergesi üzerinden incelemeleri yapılmıştır. Bu değerlendirme aşamasında ilk olarak TBDY2018'den alınan düzensizlik tanımlarının hangi faktörler sonucu meydana gelebileceği ve buna karşı hangi önlemlerin alınabileceği sunulmuştur. Daha sonra bu faktörlerin örnek yapı üzerinde var olup olmadığı tespit edilerek, yapının mevcut yönetmeliğe uygunluğu tartışılmıştır. Kurallar ile uyumsuz olan uygulama tercihlerinde ise düzensizliklere karşı önlem alınıp alınmadığı incelenmiştir. İkinci etapta yönetmelik gereğince yüksek yapılarda şart koşulan yapı sağlığı izleme sisteminin yönerge kapsamı sunularak hangi maddeler ile yüksek yapıların incelenmesi gerektiği ortaya konmuştur. Daha sonra Çamlıca Tepesi TV ve Radyo Kulesi üzerinden bu kurallar doğrultusunda nasıl yaklaşım gösterilmesi gerektiğine dair örnek bir değerlendirme yapılmıştır.

Yapılan değerlendirmelerde 2018 yönetmeliğine yeni eklenen sağlık izleme sistemi yönergesi kurallarının kompleks geometrilik yapılar için hayati önem taşıdığı ve rüzgâr unsurunun yönetmeliklerde yeteri düzeyde bulundurulmadığı sonucuna varılmıştır. Bu çalışmanın amacı; mimari tasarım ve yönetmelik kavramlarının uyumsuz düştüğü noktalara örnekler vererek rijit ve estetik değere sahip yapı tasarımları için farkındalık yaratmak ve sağlık izleme sisteminin tasarımda bir faktör olarak değerlendirilmesini teşvik ederek literatüre katkı sağlamaktır.

**Anahtar Kelimeler:** TBDY2018, Sağlık İzleme Sistemi, Düzensizlikler, Yüksek Yapı, Çamlıca Tepesi TV ve Radyo Kulesi, Kompleks Geometri.

## ABSTRACT

Earthquake regulations are the rules established for evaluating and strengthening the seismic performance of structures. The strength of structures designed without these rules is debatable. In this context, high-rise buildings that exhibit sensitive behavior under lateral loads come to the fore. For high structures, especially those with organic forms or those generated from fractal geometry (complex geometry), this is an even more crucial issue. It is clearly seen from Turkey's earthquake regulations that the rules pertaining to tall buildings were not added

<sup>1</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Yapı A.B.D, ilayda.yalcin95@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2357-4109>

<sup>2</sup> **Corresponding Author:** Çankaya Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, aslierakan@cankaya.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-5362-8625>

<sup>3</sup> Akdeniz Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, ormecioglu@akdeniz.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-0662-4178>



to the regulations until 2018. However, many high-rise buildings in various geometries of 50 floors and above have been built since 2010 in the country. Furthermore, they were built in Istanbul, which is one of the riskiest areas for earthquakes. Therefore, in this study, the complex geometry of Istanbul Küçük Camlıca Hill TV and Radio Tower, whose construction started prior to 2018, was used to examine the health monitoring system directive and TBDY's new rules added in 2018. In this stage of evaluation, it is first discussed which factors may come from the criteria of irregularity obtained from TBDY2018 and what countermeasures may be used. Following that, it was established whether these elements were in the sample building or not, and it was discussed whether the building complied with the applicable laws. It has been investigated whether precautions are taken against irregularities in application preferences that are incompatible with the rules. The scope of the directive of the building health monitoring system, which is stipulated in high-rise buildings in accordance with the regulation, was presented in the second stage, and it was revealed which materials and high-rise buildings should be examined. A sampling of what kind of an approach should be applied in accordance with these rules was made on the Camlıca Hill TV and Radio Tower.

The evaluations concluded that the health monitoring system directive rules, which were newly added to the 2018 regulation, are critical for structures with complex geometry and that the wind element is not adequately addressed in the regulations. The purpose of this study is to advance the literature by encouraging the evaluation of the health monitoring system as a design consideration and to raise awareness of rigid and aesthetically pleasing building designs by providing examples of the places where architectural design and regulatory concepts clash.

**Keywords:** TBDY2018, Health Monitoring System, Irregularities, Highrise, Çamlıca Hill Tv and Radio Tower, Complex Geometry.

## GİRİŞ:

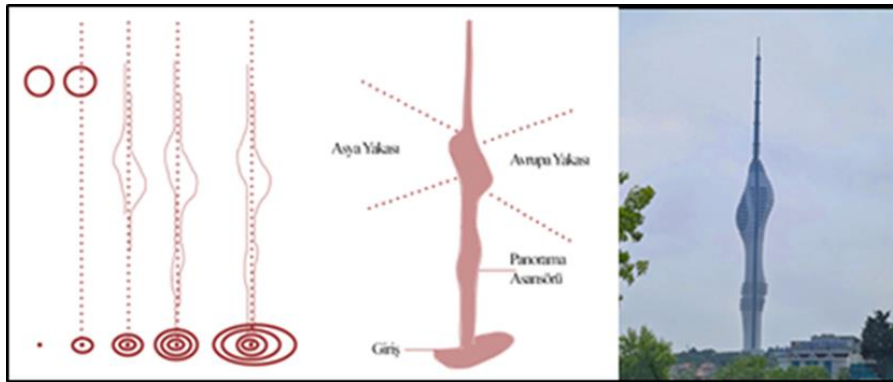
Bir deprem ülkesi olan Türkiye'nin yapılaşmasının %98' i deprem riski taşıyan alanlardadır. Bu durum pek çok disiplini ilgilendirmekle birlikte mimari tasarımı da büyük oranda etkilemektedir (Akıncıtürk,2003). Deprem, bütün yapı türleri üzerinde tehdit oluştursa da, depreme bağlı göçme riski faktörü yapı yükseldikçe artar. Bunun sebebi yüksek yapıların yanal yükler altında diğer yapılara göre daha hassas davranışlar sergilemeleridir. Bu açıdan İstanbul, yüksek yapılaşmanın çok yoğun olduğu kentlerden biri olması ve yüksek deprem riski olan bir bölgede yer alması sebebiyle ülkemizdeki diğer kentlere nazaran daha büyük bir risk altındadır. Tarihi kayıtlara göre İstanbul'da yaklaşık 250-300 yıl aralıklarla yüksek şiddetli yıkıcı depremler gerçekleşmiştir. Kandilli Rasathanesi'nin İstanbul İli Olası Deprem Kayıp Tahminleri projesine göre mevcut yapı stokunun yaklaşık %57'sinin bir sonraki büyük depremde hasar göreceği, yaklaşık 67 milyar TL ekonomik zarar oluşacağı ve en önemlisi yaklaşık 14.150 can kaybı yaşanacağı tahmin edilmektedir (url-1). Bu ürkütücü senaryoda beklenmeyen bir göçme durumunda yüksek binaların ortaya çıkaracağı maddi hasar ve can kaybı tehlikesi [diğer yapılara göre daha] büyüktür. Üstelik yüksek bir binanın yan yatarak göçmesi durumunda, bina yüksekliği kadar yarıçapa sahip bir alandaki insan ve yaşam birimleri de tehlikeye maruz kalacaktır (Celep ve Özüygür,2017).

1999 yılında yaşanan depremlerden sonra yapılan incelemeler sonucunda ülkemizdeki yapılarda oluşan hasarların %90'ının depremle uyumsuz mimari/taşıyıcı sistem, donatı detaylarının yanlış veya yetersizliği, uygulama sürecindeki denetimsizlik sonucunda meydana geldiği tespit edilmiştir (Ersoy,1999, s.66 ). Ülkemizde yaşanan depremlerden elde edilen bu tecrübelerle deprem yönetmeliklerinde çeşitli yeni düzenlemeler yapılmış ve depreme dayanıklı yapı tasarımı kuralları genişletilmiştir. Fakat dünyada da yürürlükte olan çok sayıdaki yönetmelikte olduğu gibi ülkemizdeki çoğu yönetmelik de yapı stokunun çoğunluğunu oluşturan az ve orta katlı yapılara göre tasarlandığından 2018 yılına kadar uygulanan deprem yönetmeliklerinde yüksek yapılara özel yapım kuralları tanımlanmamıştır. Son yıllarda ülkemizde artan yüksek yapılaşma ve beklenen olası depremler nedeniyle 2018 yılında yürürlüğe giren "Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY2018) "nde yüksek yapılara ilişkin kurallar "Deprem Etkisi Altında Yüksek Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı için Özel Kurallar" başlığı altında belirtilmiştir. Ne var ki, söz konusu yönetmelik sadece uygulamaya konulduğu dönemden sonra yapılan yapıları kapsamaktadır ve özellikle deprem riski altındaki İstanbul'da yoğunlaşan ülkemiz yüksek yapı stokunun büyük kısmı söz konusu kurallar belirlenmeden önce inşa edilmişlerdir. Bu mevcut durumun yeniden değerlendirilmesi gerektiğini düşündürmektedir.

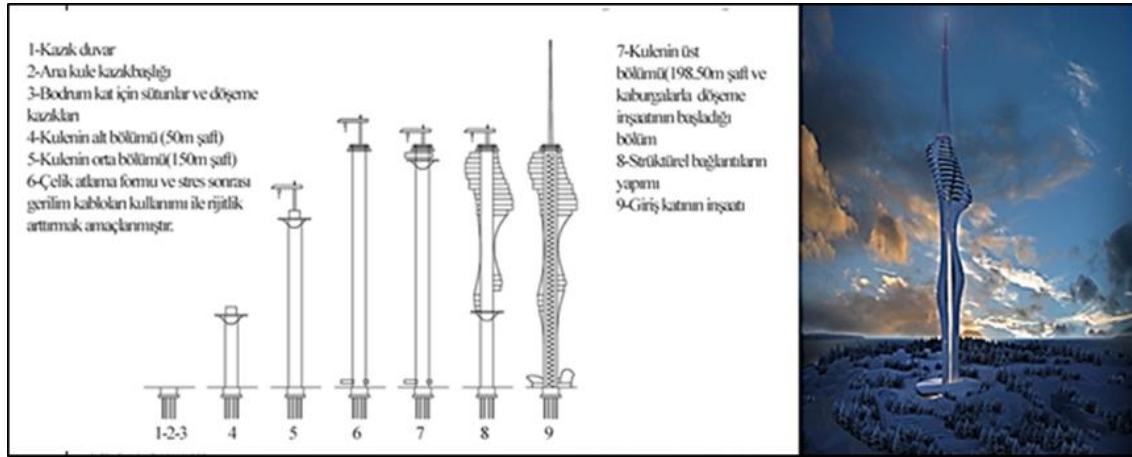
TBDY2018 mimari bakış açısı ile değerlendirildiğinde yapı tasarımında mimarların dikkat etmesi gereken unsurları içeren iki bölüm dikkat çekmektedir. Bunlardan biri “Bölüm 3: Deprem Etkisi Altında Binaların Değerlendirilmesi” başlığı altında yer alan “Deprem Etkisi Altında Düzensiz Binalar” kapsamında belirtilen “Düzensiz Binalara İlişkin Koşullar” olup diğeri ise ilk kez 2018 Yönetmeliği ile gündeme gelen “Bölüm 13: Deprem Etkisi Altında Yüksek Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı için Özel Kurallar” başlığı altında yer alan “Yüksek Binalarda Kurulacak Yapı Sağlığı İzleme Sistemi”dir. Çalışma kapsamında bu bölümler mimari bakış açısı ile değerlendirilmiş ve İstanbul’da yer alan 2018 yılı öncesi tasarlanmış olan kompleks geometrili Çamlıca Tepesi TV ve Radyo Kulesinin bunlara göre incelenmesi yapılmıştır.

### 1. Örnek Yapı İncelemesi: Küçük Çamlıca Tepesi Tv Radyo Kulesi

Çamlıca Tepesi TV Radyo Kulesinin tasarımı, 2011 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından açılan fikir yarışması için tasarlanmıştır. 2016-2019 yılları arasında uygulanan yapı Üsküdar semtindeki Küçük Çamlıca Tepesi’nde konumlanmaktadır. Yapının uygulama ve tasarım süreçlerine katkıda bulunan ekipler; Melike Altınışık Mimarlık, Balkar Mühendislik (Statik), Çilingiroğlu Mühendislik (Mekanik), HB Teknik (Elektrik), Prof. Dr. Erdal Şafak (Rüzgar Etüdü ve YSİS Danışmanı), Prof. Dr. Mustafa Erdik (Depremsellik Etüdü Danışmanı), Prof.Dr.Kutay Özaydın (Geoteknik Danışmanı) şeklindedir. 369m ve 49 kata sahip olan yapı toplam 2.500m<sup>2</sup> bir alana ve 10.000m<sup>2</sup> proje alanına sahiptir (url-2). Tasarımın konsepti (Şekil 1) “monolitik, akışkanlık ve zamansızlık” olguları üzerinden şekillenmiştir. Yapının Asya ve Avrupa kıtalarının bağlantı noktasından konumlanması formunun oluşmasında gözlem platformunun (+145.00kotu) Asya yönünde, restoranın (+181.00kotu) Avrupa yönünde deformasyona uğraması şeklinde yansımıştır. Yine aynı şekilde monolitik kütlede kullanılan panorama asansörleri tarihi yarımada ve Karadeniz’i görecek şekilde iki farklı noktada konumlanarak metaforik bir duruş sergilemektedir. Monolitik bir strüktür tasarımı oluşturulmasında Osmanlı’daki “lale metaforu” etkili olmuştur. Çevresi ile zeminde kurduğu bağlantı ise bir bitkinin köklerinin zemin ile kurduğu bağlantıya benzetilmektedir (Yazman,2011). Kule strüktürü ise mega shaft, perde duvarlar, çelik kaburga ve cephede özel üretim cam elyafıyla güçlendirilmiş, beton panellerden oluşmaktadır. Mega shaft zeminde 58m çapında olup 21m eksi kotunda devam ederek 3m betonarme temel üzerinde oturmaktadır. Bu mega shaftı zeminde 45 derece açılarla konumlandırılan perde duvarlar desteklemektedir. 120 cm kalınlıktaki perde duvarlar +203.00 kotunda 60cm’ e kadar düşmektedir (url-2). Platformlar ise çelik kaburgalar (kiriş) tarafından desteklenmektedir (Şekil 2) (Yazman,2011).



Şekil 1. Konsept görselleri (Yazman,2011)



Şekil 2. Uygulama süreci şeması (Yazman,2011)

## 2. Çamlica Tepesi Tv Ve Radyo Kulesinin Tbdy'ne Göre Analizi

Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'nün İstanbul'da beklenen deprem üzerine yapmış olduğu analizler incelendiğinde, yapının mimari özelliklerinin yanı sıra bulunduğu konumun da deprem riski taşıdığı görülmektedir. Analizlere göre; Küçük Çamlica Mahallesi için bina hasar sayıları çok ağır=5, ağır hasar=24, orta hasar=157, hafif hasar=364 yapı olarak beklenmektedir. Deprem sonrası geçici barınma ihtiyacı 466 hane olarak tespit edilmiştir (url-3). Bu özelliklerdeki bir bölgede yer almasının yanı sıra, yüksek ve kompleks geometri tasarımı sebebiyle Çamlica Tepesi TV ve Radyo Kulesi 2018 deprem yönetmeliğinde belirtilen düzensizlikler kapsamında yeniden incelenmek üzere seçilmiştir.

Depremlerde hasar gören ve yıkılan binalar incelendiğinde, bu yapıların düzensiz yapılar olduğu gözlemlenmektedir. Düzensiz binaların depreme karşı davranışları zayıf olduğu için tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken sistemlerdir. Söz konusu düzensizlikler planda ve düşeyde gözlenen düzensizlikleri kapsar ki bu da mimari tasarımın ilk aşamasından itibaren dikkat edilmesi gereken hususlardır. TBDY2018'deki düzensizlikler, plan ve düşeyde olmak üzere iki ayrı sınıfta tanımlanmaktadır. Plan düzlemindeki düzensizlikler; burulma düzensizliği, döşeme süreksizliği, planda çıkıntılar bulunması, düşey konumdaki düzensizlikler ise; zayıf kat, yumuşak kat, düşey eleman süreksizliği şeklinde listelenmektedir (TBDY,2018).

### 2.1. Plandaki Düzensizlikler

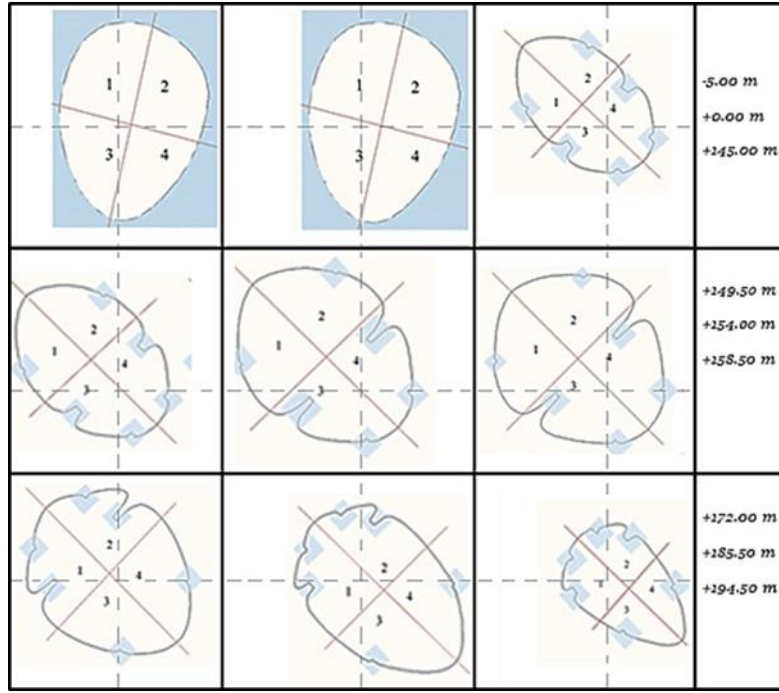
**Burulma Düzensizliği:** "Birbirine dik iki deprem doğrultusunun, herhangi bir kata en büyük görelî kat ötelemesinin o kata aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı  $\eta_{bi}$ 'nin 1.2'den büyük olması durumu" olarak tanımlanmaktadır [ $\eta_{bi} = (\Delta i)_{max} / (\Delta i)_{ort} > 1.2$ ] (TBDY,2018). Burulma düzensizliği, taşıyıcı sistemin dengesiz bir dağılım veya asimetrik olma halinden kaynaklanmaktadır. Bu durumun oluşmaması için yapının plan geometrisinin ve taşıyıcı sisteminin simetrik olması gerekmektedir (Yonemoto,2015,s.92). Taşıyıcı sistemde ve planda asimetriklik, çekirdeğin kütle merkezinden uzak konumlandırılması ve bölme duvar gibi elemanların tek bir alanda yoğunluk oluşturacak biçimde planlanması gibi aksi durumlarda deprem anında büyük çaplı yer değiştirmeler ile hasarlar oluşabilmektedir (Özyıldırım,2007).

Burulma düzensizliği bulunan bir yapıda örneğin yapıdaki perde duvar veya bölme duvar yerleşimi asimetrik veya bir bölgede yoğun biçimde ise bu durumu dengeleyecek karşı elemanlar yerleştirilmelidir. Böyle bir durum söz konusu değilse burulmaya karşı dayanım gösterecek kapasitede donatı ve eleman kesiti arttırılmalıdır (Gökçe,2002). Ayrıca kompleks formlu planlar dilatasyon uygulaması ile saf geometrik kütlelere ayrıştırılmalıdır (Hünük,2006). Dik birleşime sahip plan formlarında (T/L gibi) pahlar kırılmalıdır ve bu köşelerdeki düşey eleman kesitleri arttırılmalıdır (Aktürk

ve Güven,2005). Bu çerçevede Çamlıca Tepesi TV Radyo Kulesinin değerlendirilmesi aşağıda sunulmuştur.

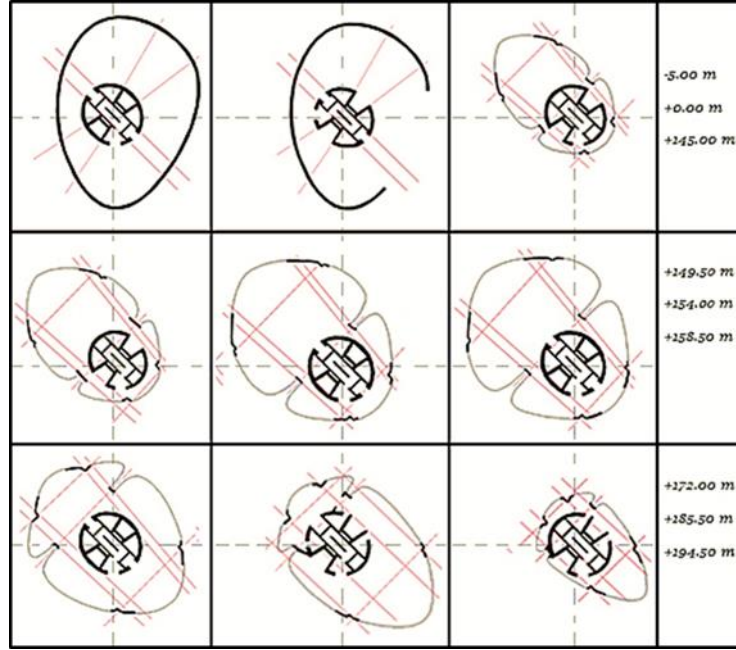
**Burulma Düzensizliği-Planda Simetri:** Şekil 3'te verilen grafikte görüldüğü gibi bodrum ve zemin kat plan geometrisi aynı olup ikisinde de 1-2-3-4 numaralı parçalardan hiç biri tekrar etmemektedir. Yani simetri bulunmamaktadır.

Diğer planlarda ise y yönünde simetri bulunurken x yönünde simetri bulunmamaktadır. Mavi işaretli noktalar ve genel plan geometrisi x yönünde simetriyi bozmaktadır. Bu durum, yapının plandaki simetrisini bozarak, burulma düzensizliğini tetikleyebilecek potansiyeli oluşturmaktadır. (Şekil 3.: Kırmızı=Aks, Mavi=Simetriyi Bozan Noktalar)



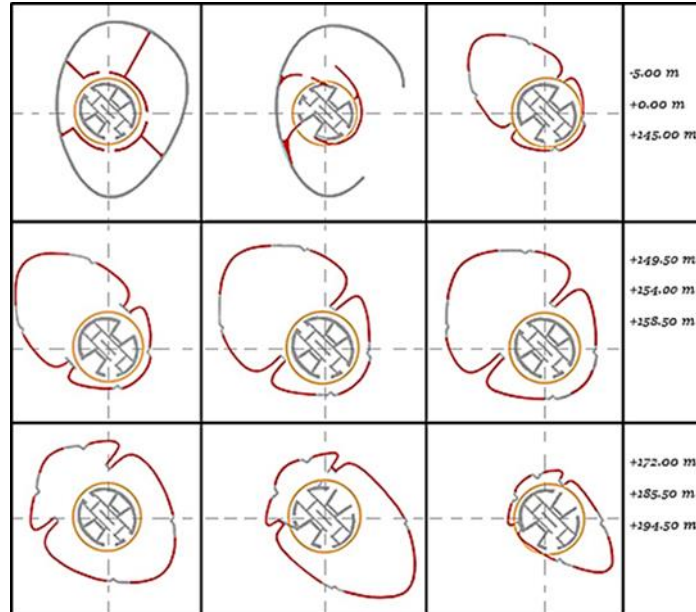
**Şekil 3.** Bodrum kat (-5.00), zemin kat (+0.00),+145.00 seyir platformu, +149.50 seyir platformu,+154.00 kotu katı,+158.50 kotu katı, +172.00 kotu katı,+185.50 restoran katı, +194.50 kotu katı

**Burulma Düzensizliği-Taşıyıcı Sistemde Simetri:** Şekil 4'te verilen grafik özetinde görüldüğü gibi bodrum katta ve zemin katta plan geometrisi perde duvarların simetrik olmaması durumunu yaratmıştır. (Şekil 4: Kırmızı=Aks, Siyah=Taşıyıcı Sistem Elemanları). Fakat bodrum katta perdelerin kesintisiz devam etmesi ve zeminde açıklık yaparak hafiflemesi olumlu bir durumdur. Tüm kat planlarında çekirdeğin (mega shaft) merkezde olmaması yapıyı olumsuz etkileyebilecek bir faktördür. Ayrıca bodrum ve zemin dışındaki katlarda cephedeki perdeler y yönünde simetrikken x yönünde simetrik değildir.



**Şekil 4.** Bodrum kat (-5.00), zemin kat (+0.00),+145.00 seyir platformu, +149.50 seyir platformu,+154.00 kotu katı,+158.50 kotu katı, +172.00 kotu katı,+185.50 restoran katı, +194.50 kotu katı

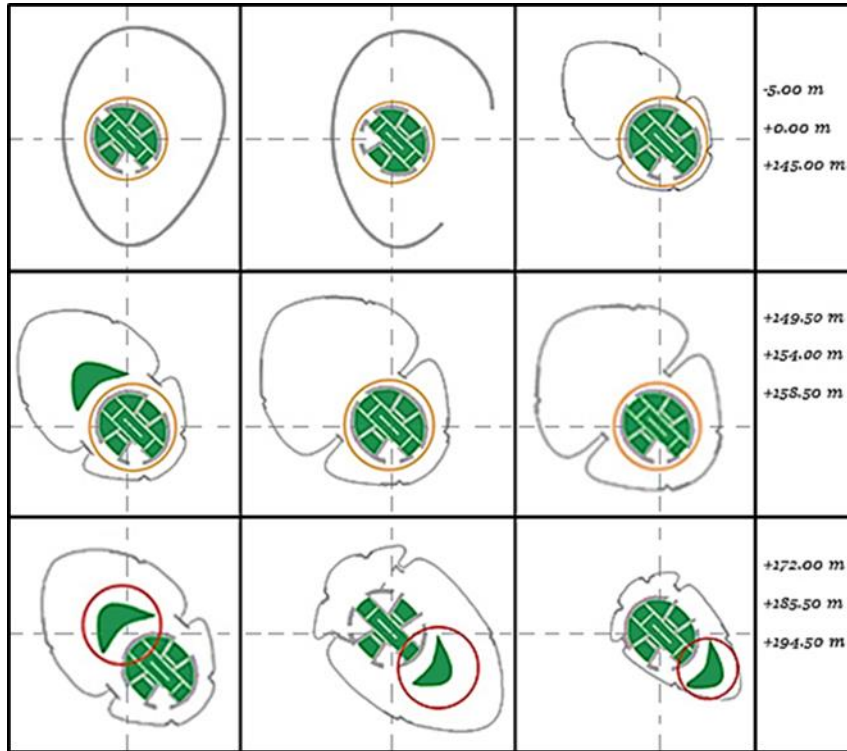
**Burulma Düzensizliği-Bölme Duvar Yoğunluğu:** Şekil 5'te verilen grafik özette görüldüğü gibi bodrum katta bölme duvarlar yapı içerisinde çekirdeğe yakın ve tek bir alanda yığılma olmadan dağılım göstermektedirler (Şekil 5: Kırmızı=Bölme Duvar, Gri=Taşıyıcı Sistem İzdüşümü, Turuncu=Çekirdeğin Konumu). Zemin katta da, bölme duvarların çekirdeğe yaklaşması ve tek bir alana yığılma durumunun olmaması, olumlu olarak değerlendirilebilir. Diğer katlarda iç mekânda bölme duvar bulunmaması, yapının hafiflemesi bakımından olumlu bir durumdur. Ve cephe boyunca devam eden duvarlarda malzeme değişimi görülmektedir. Yani o alanlarda bölme duvar yoğunluğu cam malzeme ile azalmaktadır.



**Şekil 5.** Bodrum kat (-5.00), zemin kat (+0.00),+145.00 seyir platformu, +149.50 seyir platformu,+154.00 kotu katı,+158.50 kotu katı, +172.00 kotu katı,+185.50 restoran katı, +194.50 kotu katı

**Döşeme Süreksizlikleri:** Planda karşılaşılan döşeme süreksizliği, TBDY2018'de her bir katta var olan boşlukların (merdiven ve asansör boşlukları da dahil) döşeme de var olan brüt alanın 1/3'ünden büyük alana sahip olması durumu; düşeyde var olan taşıyıcı sistem elemanlarının deprem yükü aktarımında kesintisine sebep olabilecek döşeme boşluklarının var olması; düzlem içi rijitliğin ve dayanıklılığın döşemede aniden azalması durumu şeklinde tanımlanmaktadır (TBDY,2018). Döşeme süreksizliğine karşı önlem olarak; Tasarımda boşluk sayısı birden fazla ise uzak tasarlanmalı ve sistem rijitliği artırılmalıdır. Ayrıca boşluk konumlandırırken duvar-çerçeve bağlantıları ile çakıştırılmaması gerekmektedir (Arnold,2003, s.303). Büyük boşluk ihtiyacında dilatasyon ile yapı ayrıştırılmalıdır ya da kolonlar daha rijit hale getirilmelidir (Gökçe,2002).

**Döşeme Düzensizliği-Boşluk Oranı:** 535 m2 bodrum katında yaklaşık olarak 73 m2 bir boşluk, 500 m2 zemin katta yaklaşık 73 m2 bir boşluk, 230 m2 olan +145.00 kotu seyir platformunda yaklaşık 73 m2 bir boşluk, 345 m2 olan +149.50 kotu seyir platformunda yaklaşık 97 m2 boşluk, 450 m2 olan +154.00 kotu UPS enerji dağıtım panoları enerji sistemleri katında yaklaşık 73 m2 bir boşluk, 425 m2 olan +158.50 kotu FM verici soğutma sistemleri katında yaklaşık 73 m2 bir boşluk, 450 m2 olan +172.00 FM verici sistemleri ve U-link salonu katında yaklaşık olarak 73 m2 bir boşluk, 370 m2 olan +185.50 restoran katında yaklaşık 66 m2 bir boşluk, 117 m2 olan +194.50 kotu asansör sistemleri katında yaklaşık 87 m2 boşluk bulunmaktadır. Şekil 6'da verilen grafik özetle görüldüğü gibi tüm kat planları yönetmelikteki 1/3 oranını geçmeyerek uygun tasarlanmıştır (Şekil 6: Gri=Taşıyıcı Sistem İzdüşümü, Turuncu=Çekirdeğin Konumu, Yeşil=Boşluklar)

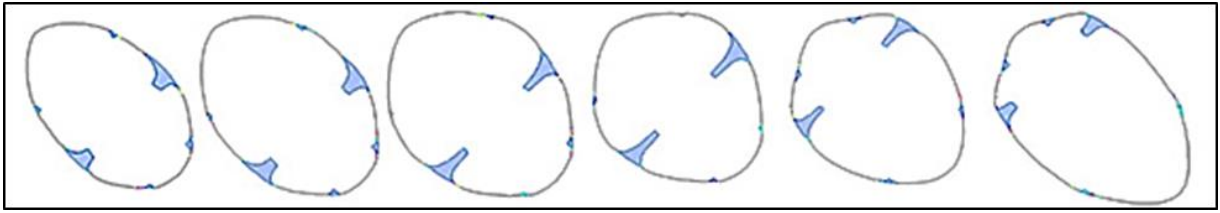


**Şekil 6.** Bodrum kat (-5.00), zemin kat (+0.00),+145.00 seyir platformu, +149.50 seyir platformu,+154.00 kotu katı,+158.50 kotu katı, +172.00 kotu katı,+185.50 restoran katı, +194.50 kotu katı

**Planda Çıkıntılar Bulunması:** TBDY2018'de "Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultudaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu" şeklinde tanımlanmaktadır (TBDY,2018). Mimari tasarımda en az çıkıntı olacak şekilde ya da çıkıntı olmayacak şekilde tasarımlar üretmek bu

düzensizliğin önlenmesi adına önemlidir. Ama tasarımda ihtiyaç sonucu çıkıntılı bir plan formu oluşmuşsa bu durumda düşey elemanlarda yük aktarımının zorlayıcı olmayacak şekilde hesaplanması gerekmektedir (Özyıldırım,2007). Bu düzensizliğe karşı önlem olarak; çıkıntılı yapılar dilatasyon ile ayrıştırılabilir ancak bu uygulamada yüksek yapılar için problem olabilecek derz aralıkları iyi hesaplanmalıdır. Uygulama esnasında söz konusu boşlukların yapının bir bütün gibi çalışmasına sebep olabilecek harç, tuğla, vb. malzemeler ile doldurulmamasına dikkat edilmelidir (Gökçe,2002). L formu ihtiyacında dilatasyona alternatif olarak; dik köşelerin yumuşatılması, rijit perde duvar uygulaması, bitiş duvarlarının rijitleştirilmesi uygulanabilir (Arnold,2003, s.297).

Çamlıca Tepesi TV Radyo Kulesindeki çıkma düzensizliği incelendiğinde (Şekil 7) yapıdaki kat planlarında çıkmaların olmadığı bunun yerine bir takım girintilerin bulunduğu görülmektedir. Düzgün geometrik forma sahip olmayan bu planlarda üst üste gelmeyecek şekilde içe girintilerin bulunması dikkat çekmektedir. Söz konusu girintili alanlar Şekil 7’de mavi boyalı alanlar ile temsil edilmiştir.



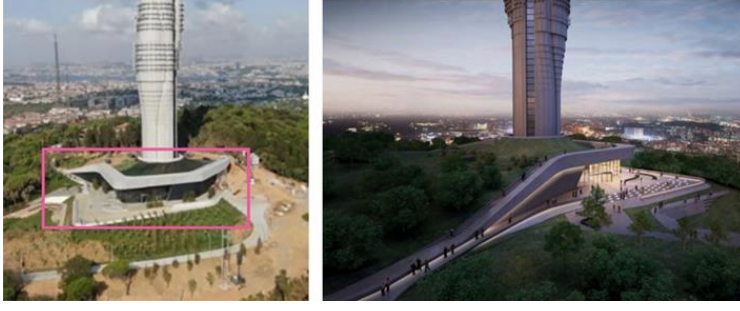
**Şekil 7.** +145.00 Seyir platformu ,+149.50 seyir platformu,+154.00 kotu katı, +158.50 kotu katı,+172.00 kotu katı,+185.50 restoran katı

## 2.2. Düşeydeki Düzensizlikler

**Zayıf Kat Düzensizliği:** Betonarme yapılarda, bir kattaki toplam etkili kesme alanının üst kattaki toplam etkili kesme alanına oranının (Dayanım Düzensizliği Katsayısı) 0.80’den küçük değerde olması durumudur  $[\eta = (\Sigma A) / (\Sigma A) < 0.80$  (TBDY,2018). Yani perde-kolon-bölme duvar gibi elemanların süreksizliği ya da yapıda kat bazında malzeme değişimi varsa zayıf kat oluşabilir (FEMA,2010, s.75). Zayıf kat düzensizliğine karşı önlem olarak; zemindeki geniş açıklıklı alan ile üst katlardaki doluluk oranı fazla olan alan arasında bir katta çift katlı kiriş gibi çalışan büyük boyutlu bir kiriş uygulaması yapılabilir (Yoshikawa,2015, s.97). Ayrıca yanal yükler sonucu meydana gelen gerilmelere dayanımı arttırmak için hesaplamalarda kabul edilen yanal yükler 1/1,25  $\eta$  ile çarpılmalıdır. Yani eleman ve donatı boyutları arttırılmalıdır (Gökçe,2002).

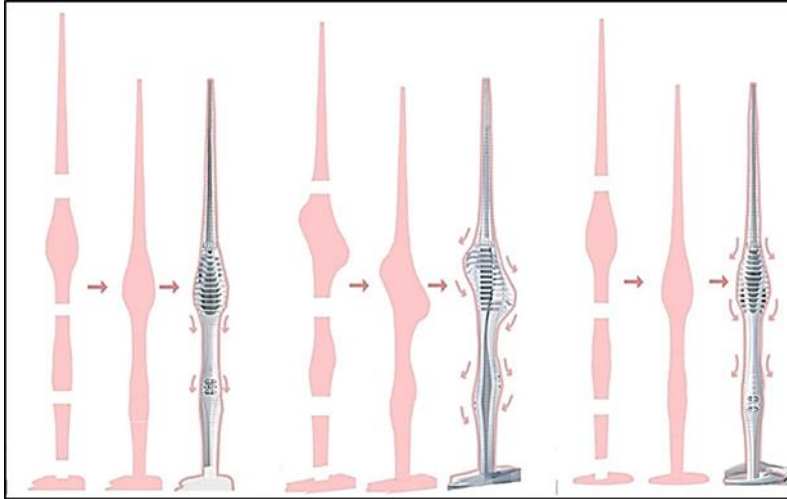
**Zayıf Kat Düzensizliği-Zeminde Açıklık Olması:** Zeminde malzemenin değiştiği ve açıklık oranının arttığı görülmektedir (Şekil 8). Yapının zeminde hafiflemesi olumsuz bir durumdur. Fakat zeminde geri kalan kısımların perde duvar ile güçlendirilmeye çalışıldığı görülmektedir. Kuledeki bombeli alanlarda da malzemede değişim okunmaktadır. Bu durum üst katlara doğru yapının hafiflemesine sebep olarak yapıyı olumlu etkileyebilecek bir unsurdur.





Şekil 8. Zemindeki açıklıklar (Yazman,2011)

**Zayıf Kat Düzensizliği-Yapı Geometrisinde Ani Geçişler:** Yapı kabaca beş parça halinde ve üç cepheden incelendiğinde zemindeki kütlede kuleye ani geçiş olduğu görülmektedir (Şekil 9). Fakat bu geçiş dik açılı olmayan geometrik form ile yumuşatılmıştır. Kule yükseldikçe kütlede ana çekirdeğe bağlanan yer yer genişlemeler görülmektedir. Birbiri üzerinden artarak genişleyen ve konsol katlardan oluşan bu genişlemeler her cephede aynı yönde ve aynı açı ile çıkmamaktadır. Bu durum geometrik düzensizlik yaratabilecek bir faktör olarak görülse de kütledeki düşey aksının iki yönünde her cephede eşit dağıtılmaya çalışılması kompleks geometrilik yüksek yapının geometrisini dengelemiştir. Ayrıca yapının organik formu bu konsol çıkımlarının ve geçişlerin yumuşatılmasına destek olmuştur.

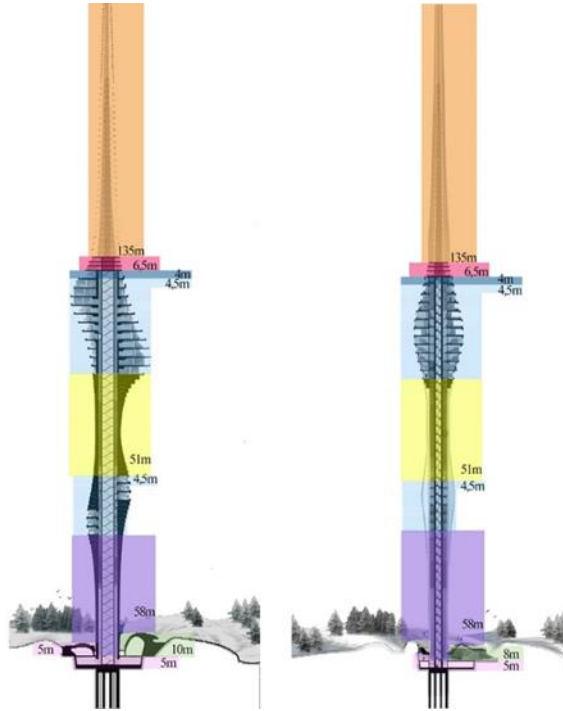


Şekil 9. Yapı geometrisinin üç cepheden incelenmesi

**Yumuşak Kat Düzensizliği:** Yumuşak kat düzensizliği "Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir kattaki ortalama görelilik kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelilik kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı  $\eta$  'nin 2.0'den fazla olması durumu" olarak tanımlanmaktadır. Bu katsayı oranı; herhangi bir kattaki (bodrum hariç) ortalama görelilik kat ötelemesinin komşu katlarındaki (alt ve üst) ortalama görelilik kat ötelemesi oranına bölümü ile bulunmaktadır (TBDY,2018). Kısaca bir kat rijitliğinin kendi üstündeki katlarla kıyaslandığında daha az rijit olması durumu olarak açıklanabilir (FEMA,2010, s.74). Kat yüksekliği, zemin malzemesinin daha hafif malzeme ile yapılması gibi farklı sebepler bu düzensizliğin oluşumunda etkindir (Öztürk,2000). Zemindeki açıklık sonucu oluşabilecek yumuşak kat düzensizliğine karşı önlem olarak; konik ya da kemerli formdaki kolonlar ile rijitlik artırılabilir ya da zemin kat kolon kesitleri artırılabilir, kafes giriş uygulaması kullanılarak yapı rijitleştirilebilir (Özyıldırım,2007), yapı esnekliği artırılabilir veya iç rijitleştirme uygulamasının yanı sıra açık plan düzenlemesi uygulanabilir (Aktürk ve Güven,2005) , kolon sayısında artış uygulanabilir ya da cephe payandalar ile desteklenebilir (Can ve Tuncer,2015), geniş ve açıklıksız duvarlar varsa hafif bir malzeme kullanımı ve açıklıklar oluşturma yoluna başvurulabilir (Arnold,2003, s.297).

**Yumuşak Kat Düzensizliği-Katlar Arası Yükseklik Farkı:** Teknik alan (bodrum kat) 5m, zemin kat (giriş lobisi, resepsiyon) 8m-5m-10m olarak kesit noktasına göre değişkenlik göstermektedir. Kuledeki katlar +194.50 kotu asansör sistemleri katı hariç 4,5mdir. Sirkülasyon olarak ayrılan kısımlar 58m ve 51m olarak farklılık göstermektedir. Asansör sistemleri katı ise 4m dir. Anten sistemleri 6,5m ve direk 135mdir. Kule katlarının asansör sistemleri katı hariç aynı yükseklikte devam etmesi olumludur. Fakat asansör sistemleri katı, zemin kat ve anten sistemlerinde yükseklik değişimi yapıyı olumsuz yönde etkileyebilecek bir husustur.(Renkler Farklı Yükseklikleri Belirtmektedir)

**Düşey Eleman Süreksizliği:** Yönetmeliğe göre düşey eleman süreksizliği; “düşey taşıyıcı elemanların (perde ya da kolon) bazı katlarda guseli kolon ya da kirişlerin üzerine oturtularak bir takım katlarda kaldırılması durumu” olarak tanımlanmaktadır. Bu durum yönetmelik gereği asla uygulanamaz (TBDY,2018). Bu düzensizlik, yapıda bulunan yanal kuvvetlere dayanımlı olan sistem elemanlarının kimi yerde/yerlerde aksaklığa uğradığı veya hizalanmadığı durumlarda meydana gelmektedir (FEMA,2010, s.74). Ya da perde elemanların bir katta kesintiye uğraması, perde elemanın kolona dönüşerek devam etmesi, şaşırtmalı düşey eleman kullanımı gibi durumlar sonucu oluştuğu da söylenebilir (Özen,2018). TBDY2018’e göre bu düzensizliğin oluşmaması için; “iki ucu mesnetli bir kirişe oturtulmuş kolon uygulaması gerekliyse yönetmeliğe göre hesaplanmalıdır. Alt katlarda bulunan kolonların üzerine üst katlarda perde duvar uygulaması yapılması durumu asla uygulanamaz. Perde duvarlar zeminde devam etmek zorundadır, aksi bir durum uygulanamaz” şeklinde koşullar belirlenmiştir (TBDY,2018).



**Şekil 10.** Katlar arasındaki yükseklik farkları

### 3. Çamlıca Tepesi Tv Ve Radyo Kulesi'nin Tbdy2018 Gereğince Yapı Sağlığı İzleme Sistemi Uygulama Yönergesi'ne (Ysisuy) ve Yapı Sağlığı İzleme Sistemi'ne (Ysis) Göre Analizi

YSISUY ile ilgili yapılan son birkaç yıldaki araştırmalara bakıldığında göze çarpan çalışmalar şu şekildedir; Shan, Zhang, Shi ve Lu'nun “Health monitoring and field-testing of high-rise buildings:A review”(Yüksek binaların sağlık izleme ve saha testi: Bir inceleme) adlı araştırmasında; sağlık izleme sistemi ve yapısal alan testinin 5 ana yöntemi sunulmuştur ve dünyadaki sağlık izleme sistemi uygulanmış yüksek yapı

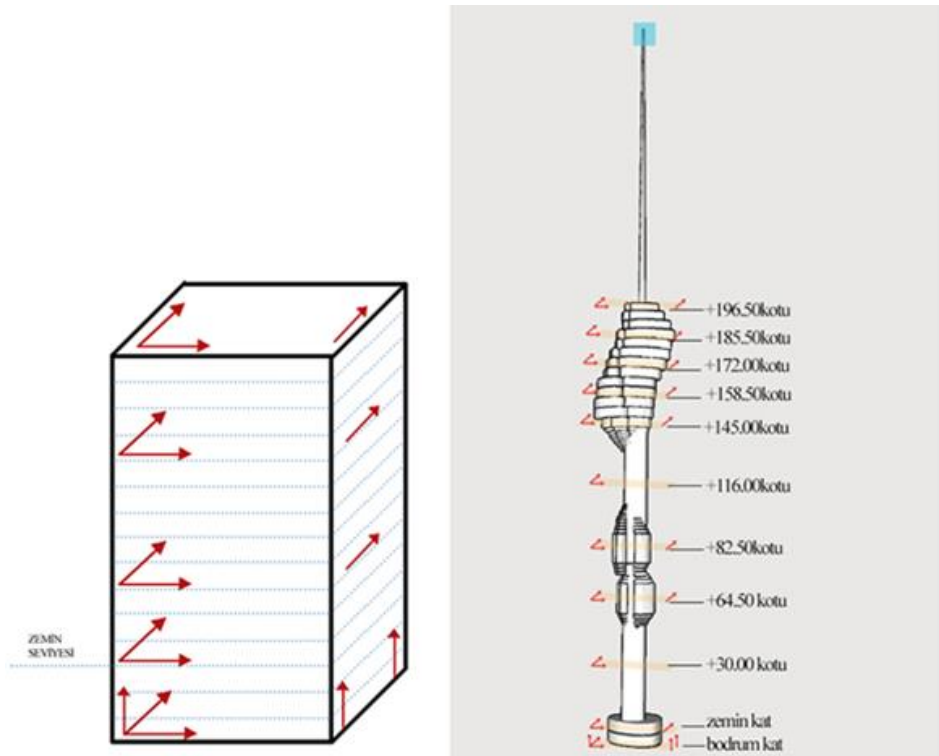
örnekleri üzerinden sensör tipleri, ölçüm türleri (ivme-yerdeğitirme-rüzgar hız/yön vb.) ve analiz metodlarını (FFT, RDT, HHT, Bayesian method vb.) kıyaslayarak yorumlanmıştır. Sismik izleme ve temsilci data analizi örnekler üzerinden gözlemlenerek değerlendirilmiştir. Bu analizler sonucu yüksek yapılar için sağlık izleme ve alan testlerinin gelecek potansiyelleri ortaya konulmuştur (Shan vd.,2020). Bao, Chen, Wei, Xu, Tang ve Li'nin "The State of the Art of Data Science and Engineering in Structural Health Monitoring"(Yapısal Sağlık İzleme'de Veri Bilimi ve Mühendisliği Sanatının Durumu) adlı çalışmalarında; sağlık izleme sistemindeki: toplama teknikleri, geçiş teknikleri, yöntem teknikleri, madencilik algoritmalarını içeren büyük veriler hakkındaki en son gelişmelerin incelemesi yapılmıştır. Bu kapsamda, sıkıştırıcı örnekleme tabanlı veri toplama algoritması, derin öğrenme tabanlı anomali veri tanı yaklaşımı, bilgisayarla görü tabanlı çatlak tanımlama algoritması, köprüler için makine öğrenimi tabanlı durum değerlendirme yaklaşımlarına yer verilerek olumlu-olumsuz taraflar vurgulanmıştır (Bao vd.,2019). Cawley'in "Structural health monitoring: Closing the gap between research and industrial deployment"(Yapısal sağlık izleme: Araştırma ve endüstriyel dağıtım arasındaki boşluğu kapatma) başlıklı araştırmasında; sağlık izleme sisteminin dönen makinelerde durumun izlenmesi, büyük yapıların küresel açıdan izlenmesi, yerel olarak izlenmesi ve kapsanan alanın daha büyük bir yapının parçası olduğu geniş alan izlenmesi şeklinde sınıflara ayrıştırılmıştır ve her sınıftaki tekniklerin uygulama potansiyelleri tartışılmıştır (Cawley,2018). Li, Laima ve Li'nin "Cluster analysis of winds and wind-induced vibrations on a long-span bridge based on long-term field monitoring data"(Uzun süreli saha izleme verilerine dayalı olarak uzun açıklıklı bir köprüde rüzgarların ve rüzgar kaynaklı titreşimlerin küme analizi) isimli çalışmasında; 2010-2014 yılları arasında izleme sisteminden elde edilen rüzgar ve titreşim verileri ile uzun açıklıklı asma köprü üzerinde hızlı algoritma kümesi kullanılarak girdap kaynaklı titreşimler analiz edilmiştir (Li vd.,2017). Li, He, Zhou, Han, He ve Shu'nun "Structural health monitoring for a 600 m high skyscraper"(600 m yüksekliğindeki bir gökdelen için yapısal sağlık izleme) adlı araştırmasında; Ping-An Finans Merkezi (600m)'ne modüler tasarım metoduna dayalı yerleştirilmiş yapısal sağlık izleme sistemi örneği üzerinden bu sistem bileşenlerinin işlevleri, dikey deformasyonda birtakım yapısal elemanların izlenmesi, aktif ayarlı kütle damper sistemlerinin etkinlik açısından doğrulanması, hasar tanımlanmasında doğrulanması deneysel sonuçlarla sunulmuştur. Bunlara ek olarak herhangi bir olası kasırga varsayımdaki izleme sonuçları verilmiştir (Li vd.,2018). Park ve Oh'un "Real-time structural health monitoring of a supertall building under construction based on visual modal identification strategy"(Görsel mod tanımlama stratejisine dayalı olarak yapım aşamasında olan çok yüksek bir binanın gerçek zamanlı yapısal sağlık izlemesi) adlı çalışmasında; Kore'de konumlanan Lotte World Tower'a yerleştirilmiş olan yapısal sağlık izleme sistemi görsel bir mod tanımlama yöntemi ile test edilmiştir. Bu yöntem ile analizlerde zaman kaybı ve ölçümdeki modal parametre değer değişimlerinin önlenemediği vurgulanmıştır (Park vd.,2018). Yapılan çalışmalara bakıldığında yapısal sağlık izleme sisteminin yoğunlukla teknik açıdan ele alındığı görülmektedir. Yüksek yapılarda uygulanması şart olan bu sistemin mimari açıdan literatürde yer alması bu bağlamda önemli bir konudur. Bu yüzden çalışmanın bu kısmında YSİSUY'a mimari bakış açısı ile yaklaşılarak yerleşim kuralları ve dikkat edilmesi faktörleri sunulmuştur.

YSİS; deprem öncesi, deprem anı ve deprem sonrasında yapının davranışının uzaktan gözlemlenebilmesini sağlamaktadır. Sistem içeriğindeki veri toplama cihazları ve ivme ölçer sensörleri sayesinde yapı sönüm katsayısı- periyodu vb. dinamik nitelikleri belirlenir ve bu sayede yapının kontrol altına alınması sağlanır (Aytulun ve Soyoz,2020). Hasar tespiti, tasarım-analiz yöntemleri sonuçlarının kontrol edilmesi, yapının dinamik niteliklerinin tespiti, yapı rijitleştirme yöntemlerinin geliştirilmesi, yapı davranışlarının tespit edilmesi (özellikle yanal yük), hasar-kayıp haritalanması, analitik modellerin iletmesi, yönetmeliklerin gelişimine katkı sağlamak bu sistemin hedefleridir (Şafak vd.,2010).YSİS'de kullanılan ekipmanlar; ivme ölçer, statik sensör, analog sensör kabloları, sayısallaştırıcılar, ağ cihazları (tam zamanlı bilgisayar aracılığıyla izleme için), anlık gözlem için yazılımlar

şeklinde sıralanabilir (Dinçer vd.,2015a). Sistemdeki sensör yerleşiminde temel olarak dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıdaki gibidir (Dinçer vd.,2015b).

- Yüksek düzeyde modlara neden olan çatı katlarına yerleşim uygulanmalıdır.
- Temel üzeri (bodrum kat) veya zeminde x-y-z ekseninde 3 farklı sensör ile dönme hareketlerinin izlenmelidir.
- Yapıda ağırlık-kütle-rijitlik farkının olduğu alanlara yerleşim uygulanmalıdır.
- Serbest titreşim modlarının yüksek olacağı öngörülen alanlara yerleşim yapılmalıdır.
- Yapının yakın çevresinde üç eksenli sensör yerleşimi uygulaması sismik titreşimlerin izlenmesi ve zemin-yapı davranışının belirlenmesi için önemlidir.
- Yapıda sismik izolatör uygulaması bulunmaktaysa hemen üzerine ya da altına sensör yerleşimi uygulanmalıdır.
- X-y eksenlerindeki yerdeğiştirmeler ve burulma ölçümü için yerleşim yapılan katlarda, yerleşim; çift eksenli bir adet ve tek eksenli bir adet sensör ile uygulanabilir (Şafak,2007).

TBDY2018' de sağlık izleme sisteminin, deprem tasarım sınıfı 2a,2,1a,1 ve toplam bina yüksekliği 105m yükseklikten daha büyük yapılar için kurulması şarttır. Yönetmelikte bu sistemin YSİSUY'e göre uygulanması gerektiği belirtilmiştir (TBDY,2018). YSİSUY' a göre sensör sayısı; yapı yüksekliği (zemin üzeri) 105-155m ise asgari kanal sayısı 16, yapı yüksekliği (zemin üzeri) 156-205m ise asgari kanal sayısı 24, yapı yüksekliği (zemin üzeri) 205m den yüksek ise asgari kanal sayısı 32 olmalıdır (YSİSUY,2020).



**Şekil 11.** Solda: YSİSUY'a göre sensör yerleşim grafiği, Sağda: Sağlık izleme sistemi yerleşim örneği

YSİSUY'a göre sensör yerleşim kuralları sırasıyla; (i) zemin ve üstü katlarda uygulanan sensörler iki adet dik doğrultuda olmalıdır. (ii) bodrum katta üç tane dikey, iki tane paralel olmayan yatay yönde sensör

yerleştirilmelidir (rijit dönme hareketinin belirlenmesi amacıyla), (iii) iki kat yüksekliğindeki katlarda ve çatı katı gibi modal deplasmanların yüksek düzeyde olduğu öngörülen katlarda ikisi aynı yönde ve biri dik olmak üzere üç tane sensör yerleşimi yapılmalıdır (YSİSUY,2020).

Antensiz yüksekliği ile 220m yüksekliğe sahip olan Çamlıca Tepesi Tv Radyo Kulesinde asgari sensör sayısı yönergeye göre 32 adet yerleştirilmelidir. Bodrum katta x ve y düzleminde birbirine dik iki adet sensör ve üç adet paralel z yönünde sensör yerleştirilmelidir. Zemin katta belirli bir alanda açıklık var olması durumu ek sensör ihtiyacını doğurmaktadır. Bu yüzden bu katta iki adet birbirine dik ve bir adet paralel sensör yerleşimi uygulanmalıdır. +30.00 kotu ve +116.00 kotu normal ara katlardır ve iki adet birbirine dik x ve y düzleminde sensör yerleşimi önerilebilir. +196.50 kotunda (çatı kotu) yönergeye göre iki adet birbirine dik bir adet paralel olmak üzere yerleşim uygulanmalıdır. +185.50, +172.00, +158.50, +145.00, +82.50 ve +64.50 kotları kulede bombeleşen kütlelere denk gelerek ağırlaşan alanlar oldukları için ek izlenim önerilmesi yapılmıştır. Bu kotlarda iki adet x ve y yönünde birbirine dik ve bir adet paralel sensör yerleşimi uygulanabilir (Şekil 11). Bunlara ek olarak anten kısmında rüzgar hız sensörü yerleşimi önerilmektedir. Yapısal sağlık izleme sisteminin bir parçası olarak geçen rüzgar hız sensörü ne yazık ki mevcut yönerge kapsamında bulunmamaktadır. (Kırmızı Oklar=Senseör Yönleri Ve Yerleri, Turuncu=Senseör Yerleştirilen Katlar,Mavi=Rüzgar Hız Sensörü)

## SONUÇ:

2018 yılı öncesinde yüksek yapılar ile ilgili TBDY'de özel bir başlığın yer almaması durumu ve deprem riskinin yüksek olduğu İstanbul'da yüksek yapı stokunun yoğunlaşması potansiyel bir sorun yaratmaktadır. Bu yüzden bu çalışmada, 2018 yılı öncesinde tasarlanan, yüksekliği ve kompleks geometrisiyle dikkat çeken Çamlıca Tepesi Radyo ve TV kulesi yapısı örnek olarak seçilmiştir. Örnek üzerinden TBDY2018'de yüksek yapılar başlığına eklenen mimari veriler değerlendirilmiş ve yüksek yapı yönetmeliğinin önemi vurgulanmaya çalışılmıştır. Bu değerlendirme sonucunda deprem yönetmeliğinde belirtilen planda ve düzeyde gözlenebilecek düzensizlikler özelinde kule incelendiğinde;

Örnek yapının olumsuz yönleri;

- Plan geometrisinde simetrinin olmaması
- Taşıyıcıdaki olumsuzluklar (perde asimetrisi vb.)
- Döşemede birbirine yakın boşlukların yer alması
- Zemin açıklığının var olması
- Katlar arası yükseklik değişiminin bulunması
- Geometride ani geçişlerin varlığı şeklinde özetlenebilir.
- Örnek yapının olumlu yönleri (yönetmeliğe uygun maddeler);
- Bölme duvar yoğunluğunun dengeli dağılımı
- Boşluk oranlarının 1/3'ü geçmemesi
- Çıkma olmaması
- Zemindeki açıklığın perde ile güçlendirilmesi
- Yumuşak geçişli forma sahip olunması şeklinde sıralanabilir.

Her ne kadar yapının tasarımında alınan bazı kararların TBDY2018'e göre bazı olumlu olduğu görülse de yönetmeliğe göre uyumsuz yönlerinin daha fazla olduğu ve bunun yapının deprem davranışını negatif bir şekilde etkileyebileceği düşünülmektedir. Fakat bu durum yapının statik açıdan rijit olmadığı anlamına gelmemekte ancak yapının TBDY2018'deki kuralların zorlanarak tasarlandığını göstermektedir. Her ne kadar hesaplama açısından rijitlik sağlansa da mimari açıdan bazı kuralların ön plana alınarak tasarlanması depreme dayanıklı yüksek yapı tasarımında daha emin adımlar ile ilerlenmesine vesile olacaktır.

Yapının rijitliği sağlanmış olsa da kurallar ile uyumsuz olan uygulama tercihlerinde oluşan düzensizliklerin yaratabileceği risklere karşı yapının izleme sistemleriyle desteklenmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir. Bu kapsamda TBDY2018 içerisinde şart koşulan sağlık izleme sisteminin yerleşimleri şematik olarak örneklendirilmiş ve yüksek yapı tasarımcılarına sensör konumlandırılmasında örnek bir fikir verilmeye çalışılmıştır. Mekân tasarımlarında hangi katlarda/nerelerde sensör konumlandırılabilir ve buna göre tasarım nasıl şekillendirilebilir sorularına cevap aranmıştır.

Görüldüğü gibi 2018 öncesinde yapılan yüksek yapılar rijit olarak hesaplansalar da yönetmeliğin mimari bazı gerekliliklerini yerine getirmediklerinden bu yapılarda sağlık izleme sisteminin yerleştirilmesi daha önem kazanmaktadır. Yeni yapılacak yapılarda ise tasarım aşamasında sensör yerleşimi göz önünde bulundurulursa ona uygun mekânsal alanlar düşünülebilir ve bu sayede yapı uygulandıktan sonra bir eklenti olma durumu ortaya çıkmayacaktır. Aynı zamanda disiplinler arası görüşme sürecinde uyum yakalama oranının artacağı ve sürecin hızlanacağı düşünülmektedir.

Sonuç olarak bu çalışma ile 2018 öncesi tasarlanan yüksek yapıların sadece hesaplama olarak değil mimari olarak da yeni yönetmeliğe uygunluğunun denetlenmesi gerektiği görülmektedir. Yönetmeliğe uygun olmayan durumlarda sağlık izleme sisteminin yerleştirilmesi ise mevcut yüksek yapı stokunun güvenliği için önem taşımaktadır. Ayrıca, Çamlıca kulesi gibi yüksek yapılarda önemli bir sorun olmasına rağmen rüzgâr faktörünün yeni yönetmeliklerde bulunmaması ve sağlık izleme sistemlerinde rüzgâr hız sensörlerinin tanımlanmaması bir eksiklik olarak görülmektedir. Teknik açıdan yapılan değerlendirmelere ek olarak gözardı edilmemesi gereken bir diğer husus tasarımın kente ve çevresine katmış olduğu değerdir. Yani, yapı tasarımlarının sadece yönetmelikler üzerinden şekillenemeyeceği, mimarlık disiplininin bir gerçeğidir. Bu yüzden mimari tasarım kaygılarının yönetmelik kurallarının uygulanmasındaki olumsuz etkileri ortaya konularak tasarımdaki sınırların hangi koşullar ve kurallar altında esnetilip hangi faktörler altında kısıtlanabileceğinin statik ve mimari kurallar bağlamında detaylandırılması gerektiği düşünülmektedir. Bu noktada iki öneri ortaya çıkmaktadır. Birincisi mimari tasarım sürecinde tasarımın esneklik düzeyi, mimari değerler bütününde değerlendirilmeye alınmalıdır. İnşa edilecek tüm yapıların bir yarışma sonucu değerlendirilmeye alınarak seçilmesi zaman ve emek bakımından uzak görülmektedir. Bu yüzden bölge başına yeterli sayıda ve yetkinlikteki kişilerin oluşturduğu kurulların oluşturulması ve bu kurulların tasarımları değerlendirerek onaylaması sonucunda uygulama aşamalarına devam etmesi önerilmektedir. İkinci öneri yönetmelik düzeneği hakkında olup bu kurallar bütününe ölçüğü üzerine odaklanmaktadır. Yönetmelik düzenlemeleri ülke bazında hazırlanıp kentlere genelleştirilmemelidir. Aksine detaylandırılmalıdır. Bu yüzden şehirler ve hatta şehir bölgeleri üzerinden yönetmeliklerin geliştirilmesi önerilmektedir. Fiziksel olarak hesaplamalarda her ne kadar zemin etüdü uygulamaları yapılsa dahi bölgenin genel fiziksel özelliklerinin tespitine göre oluşturulan kuralların daha uygun olması, rüzgâr gibi diğer etmenlerin değerlendirilerek doğal faktörlerin doğru kullanılması fiziksel çevre kontrolü bakımından uygun görülmektedir. Mimari bağlamda konuyu ele almak gerekirse, yönetmeliklerin bölgesel planlaması kültürel ve tarihi dokunun korunmasında önemli olup yüksek yapılaşmanın konumlanmasında da yol gösterici rol oynayacaktır.

**Etik Standart ile Uyumluluk**

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

**Etik Kurul İzni:** Bu çalışma için etik kurul iznine gerek yoktur.

**Finansal Destek:** Bu çalışma herhangi bir finansal kaynak tarafından desteklenmemiştir.

**KAYNAKÇA:**

Akıncıtürk, N.(2003). Yapı Tasarımında Mimarın Deprem Bilinci. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi,8(1),189-201, DOI:10.17482/uujfe.85305

Arnold,C(2003). Chapter 6: Architectural Considerations (Ed. Naeim,F.), The Seismic Design Handbook (275-326 ss.). USA; Springer Science Business Media. [https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-4615-1693-4\\_6](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-4615-1693-4_6) DOI: 10.1007/978-1-4615-1693-4\_6

Aytulun,E.,Soyoz,S.(2020). Deprem Öncesi, Sırası ve Sonrasında Bir Yüksek Binanın Yapı Sağlığının İzlenmesi, Turkish Journal of Earthquake Research,2(1),61-75. <https://doi.org/10.46464/tdad.735239>

Bao,Y.,Chen,Z.,Wei,S.,Xu,Y.,Tang,Z.,Li,H.(2019). The State of the Art of Data Science and Engineering in Structural Health Monitoring, Engineering, 5(2),234-242. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2018.11.027>

Bozkurt Aktürk,S. ve Akavcı Güven,S,S.(2005).1998 Afet Yönetmeliğine Göre Yapı Düzensizlikleri ve Çözüm Önerilerinin Mimari Açından İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi,20(1),187-201.

Can,A,S.,Tuncer,H.(2015). Mimari Tasarımda Deprem Faktörü. International Burdur Earthquake & Environment Symposium (IBEES2015)Uluslararası Burdur Deprem ve Çevre Sempozyumu (439-447. Ss.),Burdur-Türkiye: <https://studylibtr.com/doc/975766/mimari-tasar%C4%B1mda-deprem-fakt%C3%B6r%C3%BC---uluslararası%C4%B1-burdur-dep>

Cawley,P.(2018).Structural Health Monitoring: Closing the Gap Between Research and Industrial Deployment, Sage Journals,1(20),1-20. <https://doi.org/10.1177/1475921717750047>

Celep, Z. ve Özuygur, A, R.(2017). Yüksek Binaların Yapısal Tasarımı. İMO Bursa Bülten,70, 8-12.

Dinçer,S.,Aydın,E.,Gencer,H.(2015a).Binalarda Sağlık Takibi İçin Cihazlandırma Yöntemleri,3.Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, İzmir-Türkiye. <https://docplayer.biz.tr/10615167-Binalarda-yapısal-sağlık-takibi-icin-cihazlandırma-yontemleri.html>

Dinçer,S.,Aydın,E.,Gencer,H.(2015b).Binalarda Yapısal Sağlık Takibi İçin Enstrümantasyon Yöntemleri, Sekizinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı (747-789.ss.). İstanbul-Türkiye. [https://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/17379\\_53\\_57.pdf](https://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/17379_53_57.pdf)

Ersoy,U.(1999). Binaların Mimarısının Ve Taşıyıcı Sisteminin Deprem Dayanımına Etkisi, Deprem Güvenli Konut Sempozyumu (65-77. ss) , İstanbul: Mesa Şirketler Topluluğu.

- FEMA(2010). Configuration and Regularity (Ed. The National Institute of Building Sciences Building Seismic Safety Council), Earthquake-Resistant Design Concepts (73-75 ss.). USA:Washington, DC. [https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema\\_earthquake-resistant-design-concepts\\_p-749.pdf](https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema_earthquake-resistant-design-concepts_p-749.pdf)
- Gökçe,M,V.(2002).Yapıların Deprem Etkisi Altında Strüktürel Davranış Biçimleri Ve Depreme Dayanıklı Yapılarda Mimari Tasarım İlkeleri Üzerine Bir Araştırma.(Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Niğde). Erişim adresi [https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=ERWum7Kv1DrNLIUB\\_VFpOQ&no=wWIV\\_9JabQQQ5sIMXQbYJA](https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=ERWum7Kv1DrNLIUB_VFpOQ&no=wWIV_9JabQQQ5sIMXQbYJA)
- Hünük,T,N.(2006).Betonarme Yapılarda Depreme Dayanıklılığı Sağlayan Mimari Tasarım Ölçütlerinin Belirlenmesi.(Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi,Isparta). Erişim adresi <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=vVUQTIpEm3MvkUoepJTtuw&no=zW0Rg7c5MgAvSZh65n2IEw>
- Li,Q.,He,Y.,Zhou,K.,Han,X.,He,Y.,Shu,Z.(2018).Structural Health Monitoring for a 600 m High Skyscraper, Wiley, 1-22. <https://doi.org/10.1002/tal.1490>
- Li,S.,Laima,S.,Li,H.(2017).Cluster Analysis of Winds and Wind-Induced Vibrations on a Long-Spanbridge Based on Long-Term Field Monitoring Data, Engineering Structures, 138, 245-259. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.02.024>
- Özen,R,S.(2018).Mimari Tasarımda Betonarme Yapıların Türk Deprem Yönetmeliği Açısından Taşıyıcı Sistem Düzensizliğinin Değerlendirilmesi(Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi <http://acikerisimarsiv.selcuk.edu.tr:8080/xmlui/handle/123456789/14401?locale-attribute=en>
- Öztürk,Ş.(2000).Depreme Dayanıklı Bina Tasarım Sorunlarının Tanıtılması [İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. [https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=\\_SdG\\_BjsSYeKkQmYFjQzzQ&no=tG8DPdfsCuElale5R-ARfg](https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=_SdG_BjsSYeKkQmYFjQzzQ&no=tG8DPdfsCuElale5R-ARfg)
- Özyıldırım,G.(2007). The Effects of Turkish Disaster Regulations on Architectural Design. (Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara). Erişim adresi <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=T-oP7-zbkwsl9my9HQeWJQ&no=gLfU7bi-WnvMThBwXCfdWw>
- Park,H,S.,Oh,B,K.(2018).Real-Time Structural Health Monitoring of a Supertall Building Under Construction Based On Visual Modal Identification Strategy, Automation in Construction, 85, 273-289. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.10.025>
- Shan,J.,Zhang,H.,Shi,W.,Lu,X.(2020).Health Monitoring and Field-Testing of High-Rise Buildings: A Review, International Federation for Structural Concrete, 21(4), 1272-1285. <https://doi.org/10.1002/suco.201900454>
- Şafak,E.(2007). Yapı Titreşimlerinin İzlenmesi: Nedir, Neden Yapılır, Nasıl Yapılır, Ve Ne Elde Edilir?, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı (285-293. ss.). İstanbul. [https://tdg.com.tr/files/tr/bilgi-merkezi/bilimsel-referanslar/YAPI%20TI%CC%87TRES%CC%A7I%CC%87MLERI%CC%87NI%CC%87N%20I%CC%87ZLENMESI%CC%87\)%20-%20S%CC%A7afak%20%20-2007.pdf](https://tdg.com.tr/files/tr/bilgi-merkezi/bilimsel-referanslar/YAPI%20TI%CC%87TRES%CC%A7I%CC%87MLERI%CC%87NI%CC%87N%20I%CC%87ZLENMESI%CC%87)%20-%20S%CC%A7afak%20%20-2007.pdf)



Şafak,E.,Çaktı,E.,Kaya,Y.(2010). Recent Developments on Structural Health Monitoring and Data Analyses, Earthquake Engineering in Europe, 17,331-335. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-9544-2\\_14](https://doi.org/10.1007/978-90-481-9544-2_14)

TBDY, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, (2018,18 Mart), [https://www.imo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/89227ad223d3b7a\\_ek.pdf](https://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/89227ad223d3b7a_ek.pdf)

url-1 İstanbul İli Olası Deprem Kayıp Tahminlerinin Güncellenmesi Projesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 2020. <https://deprezmemin.ibb.istanbul/calismalarimiz/tamamlanmis-calismalar/istanbul-ili-olasidepremkayıptahminlerinin-guncellenmesi-projesi/>

url-2 İstanbul Çamlıca TV-Radyo Kulesi, Hazır Beton. (2018), 150, 49-53. [https://www.thbb.org/media/336182/proje\\_uygulamalari\\_istanbul\\_camlica\\_tv\\_ve\\_radyo\\_kulesi\\_150.pdf](https://www.thbb.org/media/336182/proje_uygulamalari_istanbul_camlica_tv_ve_radyo_kulesi_150.pdf)

url-3 Üsküdar Olası Deprem Kayıp Tahminleri Kitapçığı, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü,2020. <https://deprezmemin.ibb.istanbul/wp-content/uploads/2020/11/uskudar.pdf>

Yazman, D.(2011).3.Ödül, Çamlıca Tepesi TV Radyo Kulesi Fikir Projesi Yarışması. (2011, Ekim 12). <https://www.arkitera.com/proje/3-odul-camlica-tepesi-tv-radyo-kulesi-fikir-projesi-yarismasi/>

Yonemoto,T(2015). Well-balanced Buildings and Earthquake Resistant Performance, Building Shape and Earthquake Resistant Performance (Ed.The Japan Institute of Architects and Japan Aseismic Safety Organization), Earthquake-resistant Design for Architects (92 ss.). Japan; Shinkosha: Jaso. [https://www.jaso.jp/pdf/earthquake\\_resistant.pdf](https://www.jaso.jp/pdf/earthquake_resistant.pdf)

Yoshikawa,H(2015).A Story With Low Rigidity in Any Part of a Building Should Be Avoided, Building Shape and Earthquake Resistant Performance(Ed.The Japan Institute of Architects and Japan Aseismic Safety Organization), Earthquake-resistant Design for Architects (97 ss.), Japan; Shinkosha: Jaso. [https://www.jaso.jp/pdf/earthquake\\_resistant.pdf](https://www.jaso.jp/pdf/earthquake_resistant.pdf)

YSİSUY- Yapı Sağlığı İzleme Sistemi Uygulama Yönergesi. (2020). [https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/Mevzuat/Yonergeler/Bakan\\_Onayli\\_YSIS\\_Yonergesi\\_1\\_.pdf](https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/Mevzuat/Yonergeler/Bakan_Onayli_YSIS_Yonergesi_1_.pdf)

## EXTENDED SUMMARY

### Research Problem:

The purpose of this study is to advance the literature by encouraging the evaluation of the health monitoring system as a design consideration and to raise awareness of rigid and aesthetically pleasing building designs by providing examples of the places where architectural design and regulatory concepts clash. With this aim this study explored the complex geometry of İstanbul Küçük Çamlıca Hill TV and Radio Tower as a case study, whose construction started prior to 2018, according to the health monitoring system directive and Turkish Earthquake Code's new rules added in 2018.

### Research Questions:

It is first discussed which factors may come from the criteria of irregularity obtained from Turkish Earthquake Code 2018 and what countermeasures may be used. Following that, it was established whether these elements were in the sample building or not, and it was discussed whether the building complied with the applicable laws. It has been investigated whether precautions are taken against irregularities in application preferences that are incompatible with the rules.

### Literature Review:

The researchers reviewed literature in two main areas: Turkey's earthquake regulations and the directive of the building health monitoring system. Earthquake regulations are the rules established for evaluating and strengthening the seismic performance of structures. The strength of structures designed without these rules is debatable. In this context, high-rise buildings that exhibit sensitive behavior under lateral loads come to the fore. For high structures, especially those with organic forms or those generated from fractal geometry (complex geometry), this is an even more crucial issue. It is clearly seen from Turkey's earthquake regulations that the rules pertaining to tall buildings were not added to the regulations until 2018. However, many high-rise buildings in various geometries of 50 floors and above have been built since 2010 in the country. Furthermore, they were built in Istanbul, which is one of the riskiest areas for earthquakes.

### Methodology:

Turkish Earthquake Code 2018 is evaluated from an architectural point of view, in which two sections that include the elements that architects should pay attention to in building design draw attention. One of them is "Conditions Regarding Irregular Buildings Under the Impact of Earthquake" under the title of "Chapter 3: Evaluation of Buildings Under the Impact of Earthquake" and the other is "Chapter 13: Tall Buildings Under the Impact of Earthquake", which was brought to the agenda for the first time with the 2018 Regulation. It is the "Structural Health Monitoring System to be Installed in High Buildings" under the title of "Special Rules for the Design of Structural Systems". Within the scope of the study, these sections were evaluated from an architectural point of view and the complex geometry Çamlıca Hill TV and Radio Tower, which was designed before 2018 in Istanbul, was examined according to them.

### Results and Conclusions:

Çamlıca Hill TV and Radio Tower was examined in accordance with the rules of "Earthquake Code" and "Structural Health Monitoring System to be Installed in High Buildings". The evaluations concluded that the health monitoring system directive rules, which were newly added to the 2018 regulation, are critical for structures with complex geometry and that the wind element is not adequately addressed in the regulations. As a result, with this study, it is seen that the high-rise buildings designed before 2018 should be inspected not only in terms of calculation but also in terms of architecture. In cases that do not comply with the regulation, the installation of the health monitoring system is important for the safety of the existing high-rise building stock. In addition, although it is an important problem in high-rise buildings such as Çamlıca Tower, the absence of wind factor in new regulations and the absence of wind speed sensors in health monitoring systems are seen as a deficiency.