



*İstanbul Kız Kulesi  
Taşıyıcı Sistemin Mevcut Durumu  
Hakkında Teknik Rapor*



**FATİH  
SULTAN  
MEHMET**  
VAKIF ÜNİVERSİTESİ

## İÇİNDEKİLER

<b>1. KONU</b> .....	<b>2</b>
<b>2. TARİHÇE ve MİMARİ</b> .....	<b>2</b>
2.1 Rölöve ve Mevcut Durum .....	7
2.2 Restorasyon Projesi .....	19
<b>3. TAŞIYICI SİSTEM, MALZEME ve YAPIM TEKNİĞİ</b> .....	<b>26</b>
<b>4. HASARLAR</b> .....	<b>32</b>
4.1 Yakın Dönem Hasar ve Onarımları .....	32
4.2 Mevcut Hasarlar .....	40
<b>5. YAPI ANALİZİ</b> .....	<b>48</b>
5.1 Sonlu Eleman Modeli .....	48
5.2 Yükler ve Yükleme Kombinasyonları .....	51
5.3 Modal Analiz .....	51
5.4 Statik ve Dinamik Analiz .....	54
5.5.1 Düşey Yükler Altında Analiz .....	54
5.5.2 Deprem Analizi .....	55
<b>6. SONUÇ ve ÖNERİLER</b> .....	<b>66</b>
6.1 Muhdes Betonarme Eklentiler .....	66
6.2 Muhdes Çelik Kuşaklar .....	67
6.3 Öneriler .....	67
<b>8. NOTLAR</b> .....	<b>68</b>

## **1. KONU**

Bu rapor, İstanbul İli, Üsküdar İlçesi, 20 Pafta, 369 Ada, 1 Parselde bulunan Kız Kulesi'nin taşıyıcı sisteminin mevcut durumunu değerlendirmeler ile onarım ve sağlamlaştırma önerisini içermektedir. Söz konusu yapı tarafımızca yerinde incelenmiş, taşıyıcı sistemin korunmuşluk durumu, önceki dönemlerdeki yaşanan hasarlar, yapılan onarımlar ile mevcut hasarlar ve sebepleri değerlendirilerek sağlamlaştırma önerisini içeren bu rapor düzenlenmiştir. Bu kapsamda, yapının mevcut onaylı rölövesi ve restorasyon projeleri incelenmiş, yapı yerinde yapılan gözlemlerle araştırılmış, yapının bu kapsamda oluşturulan 3D sonlu eleman modeli ile model üzerinde gerçekleştirilen statik ve dinamik analizlerden elde edilen sonuçlar önerilere dair ayrıntılar raporda verilmiştir.

## **2. TARİHÇE ve MİMARİ<sup>1</sup>**

İstanbul İli, Üsküdar İlçesi, 20 Pafta, 369 Ada, 1 Parselde bulunan Kız Kulesi, İstanbul Boğazı'nın Marmara Denizi'ne açıldığı bölgede, Anadolu yakasındaki Salacak kıyısına 100 m mesafedeki küçük bir ada şeklindeki kayalık üzerine yapılmış bir kuledir.

---

<sup>1</sup> Bu bölümdeki bilgiler Prof. Dr. Zeynep Ahunbay danışmanlığında YD Mimarlık tarafından hazırlanan rapordan özetlenmiştir.

Kulenin inşa tarihi ve gâyesi hakkındaki çeşitli söylentilerden birisi, M.Ö 410 yılında, Atinalı kumandan Alkhibiades, Kapıdağ Yarımadası'ndaki Kyzikos zaferinden sonra, Karadeniz'den gelen gemileri kontrol altında bulundurmak amacıyla buraya bir gümrük yaptırmıştır. Bizans İmparatoru I.Manuel Komnenos (1143-1180) yaptırdığı kule ile Sarayburnu'nda Bizans iç kalesinin önünde bulunan Mangana Kulesi arasına zincir gerdirerek boğazı kapatmıştır. Fetihden sonra Fatih Sultan Mehmet bu küçük kuleyi yıktırır ve yerine etrafı mazgallarla çevrili küçük bir kale yaptırarak toplar yerleştirir. Kaleye konulan bu toplar, liman içindeki gemiler için etkili bir silah olmuşsa da kule, Osmanlı döneminde savunma amacından çok bir gösteri platformu olarak kullanılmış ve Mehterler burada top atışlarıyla nevbet okumuştur.

Bugün gördüğümüz kulenin temeli ve alt katın büyük kısmı Fatih devrine aittir. Osmanlı dönemi boyunca Kız Kulesi'nde çeşitli onarımlar olduğu bilinmektedir. 1509 yılında meydana gelen ve *küçük kıyamet* olarak anılan depremde İstanbul'daki pek çok bina gibi Kız Kulesi de büyük hasar görmüş, onarımı Yavuz Sultan Selim döneminde yapılmıştır. Çevresinin sığ olması sebebiyle 17. asırdan sonra kuleye bir fener konulmuş ve artık bir deniz feneri olarak hizmet vermeye başlamıştır. Kuledeki toplar da o dönemde merasimlerde selamlama için kullanılmış, Kanuni Sultan Süleyman'ın vefatından sonra taht için İstanbul'a gelen Şehzade Selim, Üsküdar'dan geçerken kuleden atılan toplarla selamlanmış, sonrasında uzun süre tahta geçen her Padişah için bu selamlamayla cülus halka duyurulmuştur.

1719'da fenerde yağ kandilinin rüzgâr etkisiyle etrafı tutuşturmasından dolayı çıkan yangın ile iç kısmı tamamen ahşap olan kule yanmış, 1725 yılında şehrin Baş Mimarı Nevşehirli Damat İbrahim Paşa tarafından kapsamlı bir onarılmıştır. Bu onarım sonrası kule, kurşun kubbeli ve fener bölümü de kârgir ve camlı olarak restore edilmiştir. 1731 yılında kulenin feneri ile top mazgalları ve diğer kısımları yeniden onarımdan geçmiştir.

Kule Osmanlı İmparatorluğu'nun çöküş devrine girmesi ile tekrar savunma kalesi olarak kullanılmaya başlamış, önceden eğlence ve kutlamalar için yapılan top atışları, bu dönemde savunma için yapılmış, hatta 1830-1831'de kolera salgınının şehre yayılmaması için karantina hastanesine dönüşmüştür. 1836-1837'de görülen ve 20-30 bin kişinin öldüğü veba salgını sırasında hastaların bir kısmı burada kurulan hastanede tecrit edilmiş, kulede tesis edilen hastanede uygulanan karantina ile salgının yayılması önlenmiştir.

Kızkulesi'nin Osmanlı dönemindeki son büyük onarımı II. Mahmud dönemindeydir. Kuleye bugünkü şeklini veren 1832-33 yılındaki tadilat sonrasında, ünlü hattat Rakım'ın yazısı ile kulenin kapısının üzerine Sultan II. Mahmud'un tuğrasını taşıyan bir kitabe yerleştirilmiştir. 1857 yılında ise bir Fransız şirketi tarafından kuleye yeni bir fener yaptırılmıştır.

İkinci dünya savaşı sırasında Kız Kulesi'nde yenileme çalışması yapılmış, kulenin çürüyen ahşap kısımları tamir edilmiş ve dış duvarları korunarak içi ve bazı bölümleri de yıkılarak betonarmeye çevrilmiştir. 1943'de yeniden büyük bir onarım geçiren kulenin çevresine büyük kayalar yerleştirilerek denize kayması önlenmiştir. Bu arada kulenin etrafındaki rıhtımda yer alan ambar ve gaz depoları kaldırılmıştır.

Kule 1959 yılında askeriye devredilerek Deniz Kuvvetleri Komutanlığı'na bağlı, boğazın deniz ve hava trafiğinin denetlenmesi için bir radar istasyonu olarak kullanılmıştır. "Deniz Kuvvetleri Tesisi Mayın Gözetleme ve Radar İstasyonu" olarak kullanılan binada mevcut olan sarnıç, 1965'de yapılan tadilatlar sırasında üzeri beton dökülerek kapatılmıştır. 1983 yılından sonra kule, Denizcilik İşletmeleri'ne bırakılmış ve 1992 yılına kadar ara istasyon olarak kullanılmıştır.

1999-2000 yılları arasında tamamlanan restorasyon uygulaması öncesinde, kule için başlatılan kapsamlı restorasyon süreci kapsamında çeşitli proje ve raporlar hazırlanmıştır. Çeşitli tartışmalara konu olan restorasyon proje ve uygulama süreci sonunda yapıya 1999 Marmara Depremi sonrasında güçlendirme amaçlı olarak kuleyi dıştan saran çelik kuşaklar ilave edilmiş, ayrıca kale avlusu da kapatılarak restorana dönüştürülmüştür.

Doğal bir adada konumlanmış olan eser, kare planlı bir kule ve ona birleşen kareye yakın bir avluyu çevreleyen surlardan oluşmaktadır. Mevcut durumda, avlunun üstü muhdes bir çatı ile kapatılmıştır. Doğu yönünde II. Mahmud dönemi cki olan ve 18.65m x 5.30m plan ölçülerine sahip tek katlı bina da 1999-2000 restorasyonu sırasında betonarmeye dönüştürülmüş, çatı arasında da bir su deposu yapılmıştır.



*Kulenin Genel Görünüşü*





*Kulenin Genel Görünüüü*

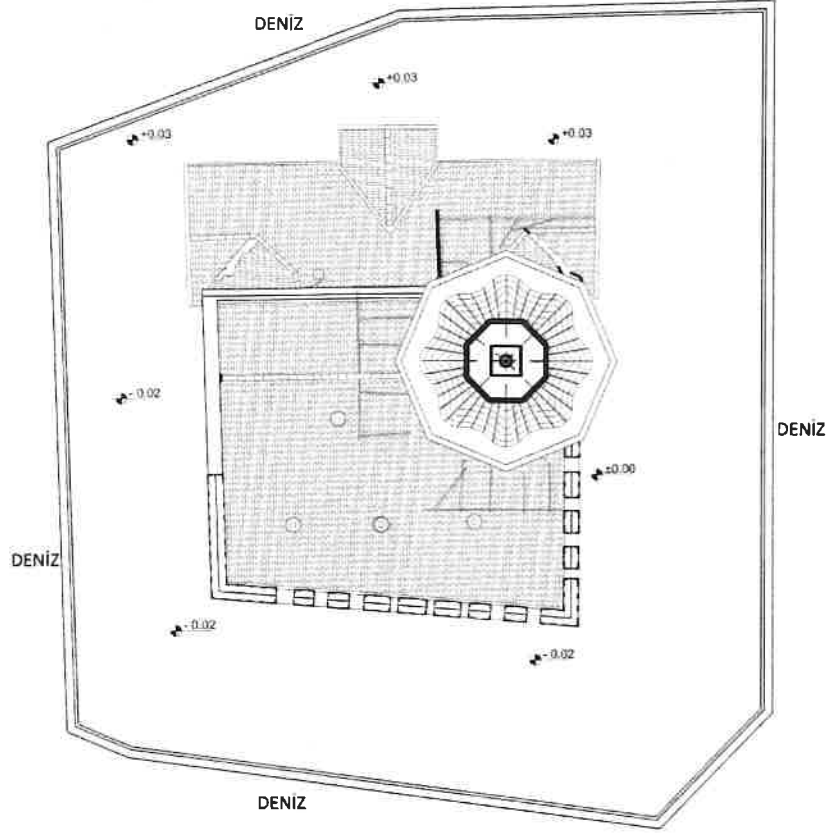


*Kulenin Genel Görünüüü*

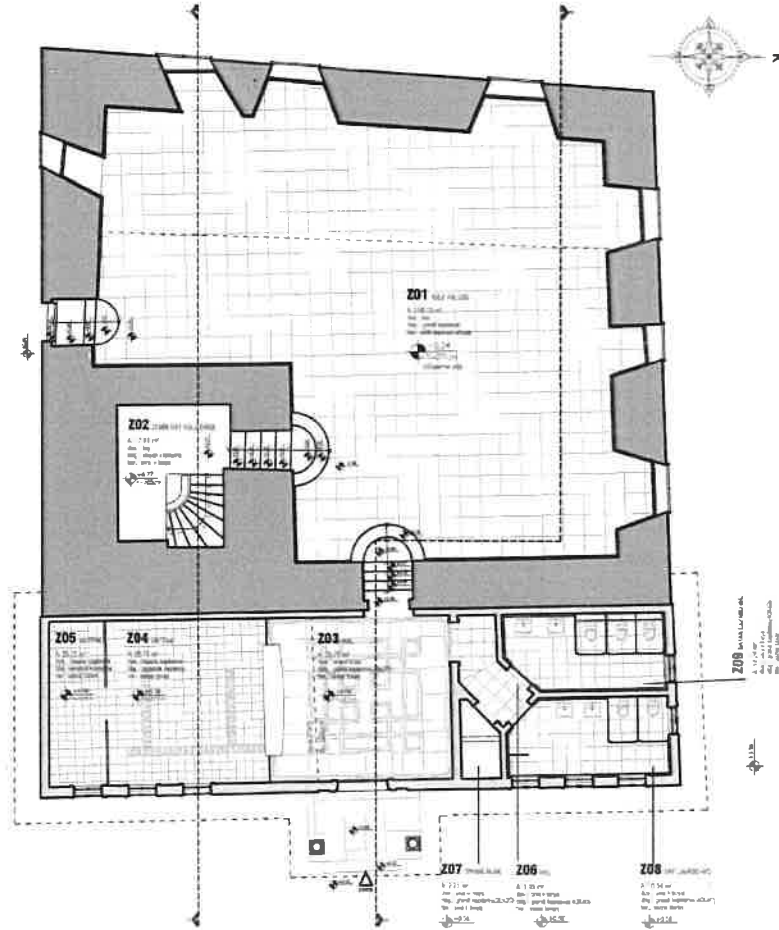


*Kulenin Genel Görünüŧü*

## 2.1 Rölöve ve Mevcut Durum

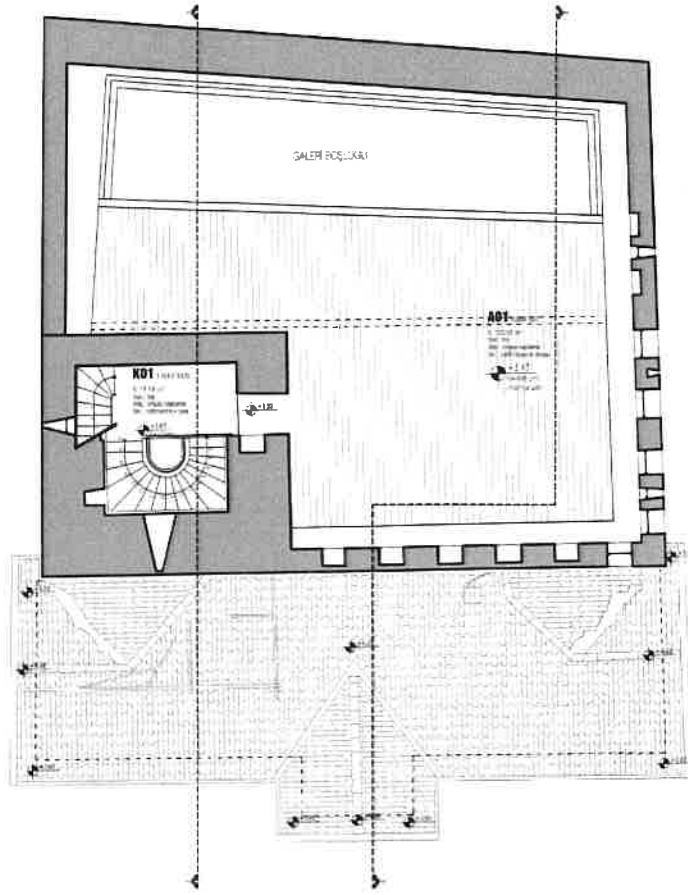


Vaziyet Planı

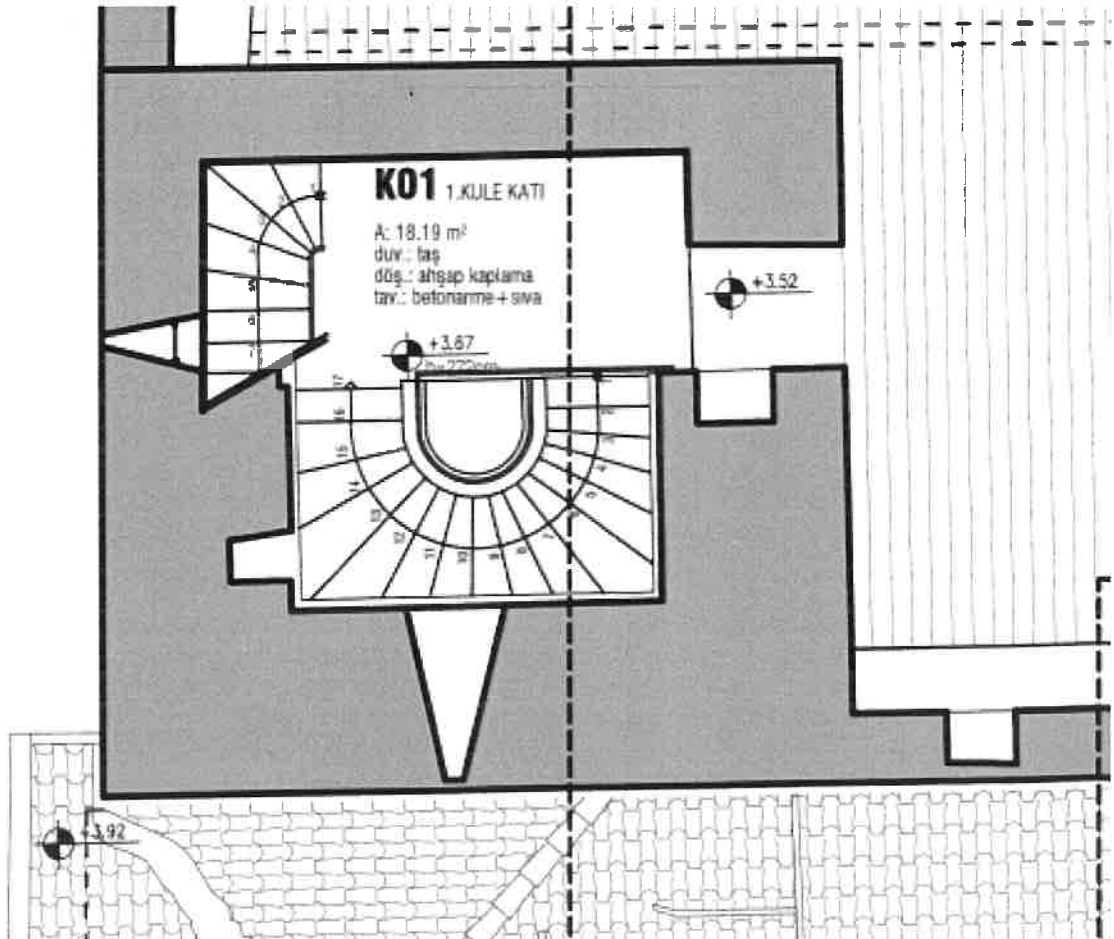


Zemin Kat Planı

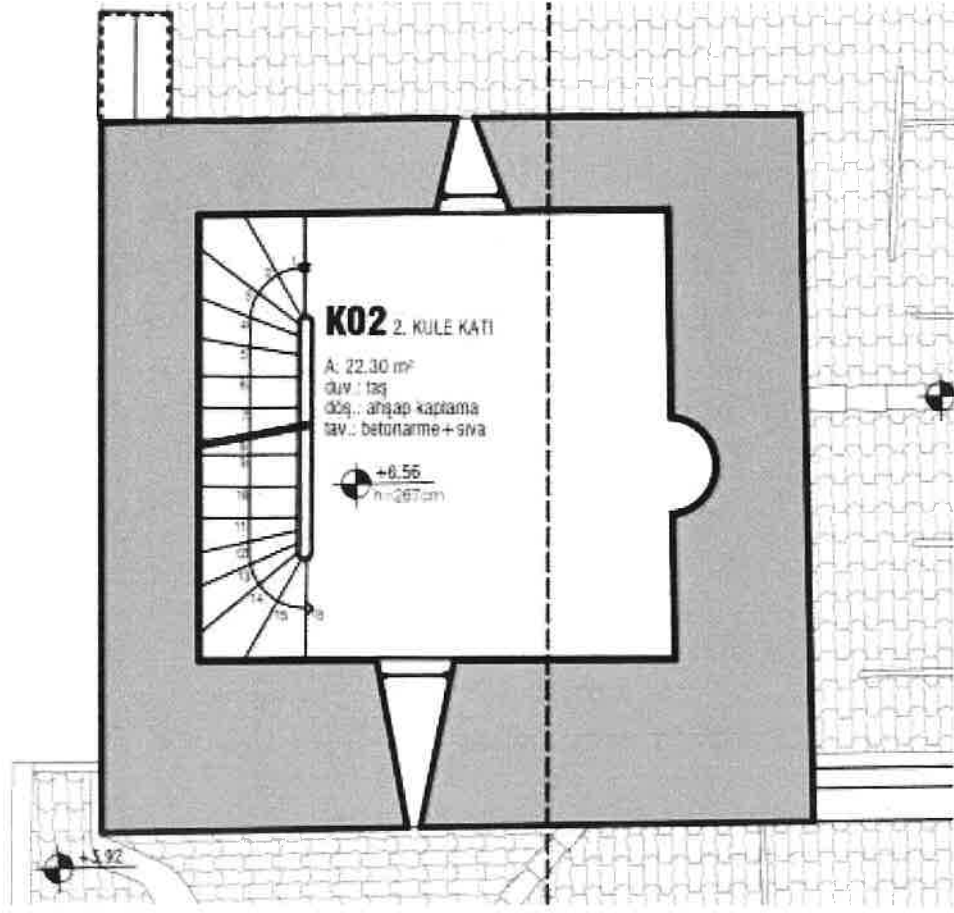




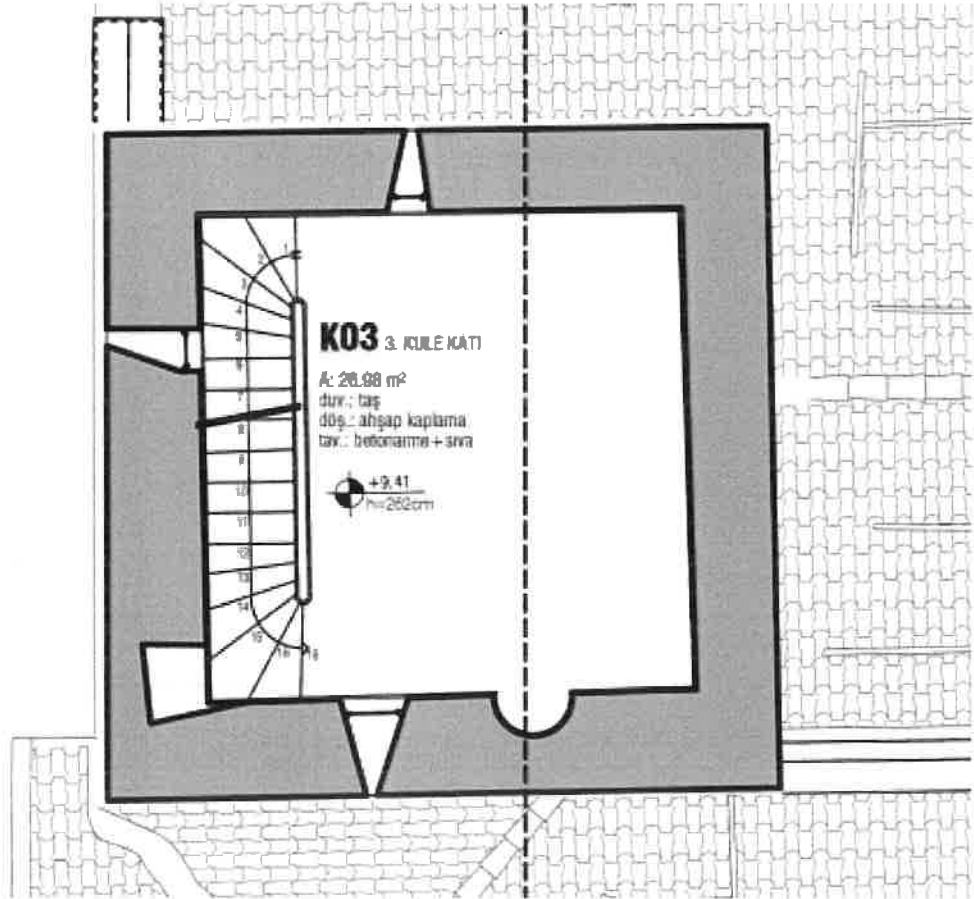
*Asma Kat – 1. Kule Katı Planı*



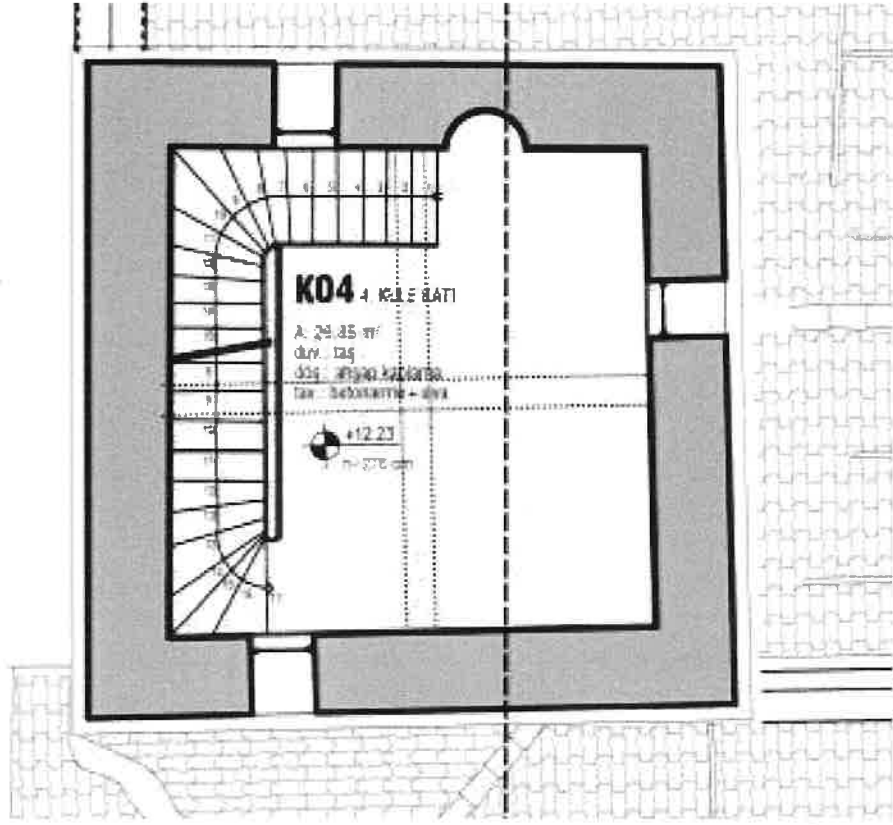
*1. Kule Katı Planı*



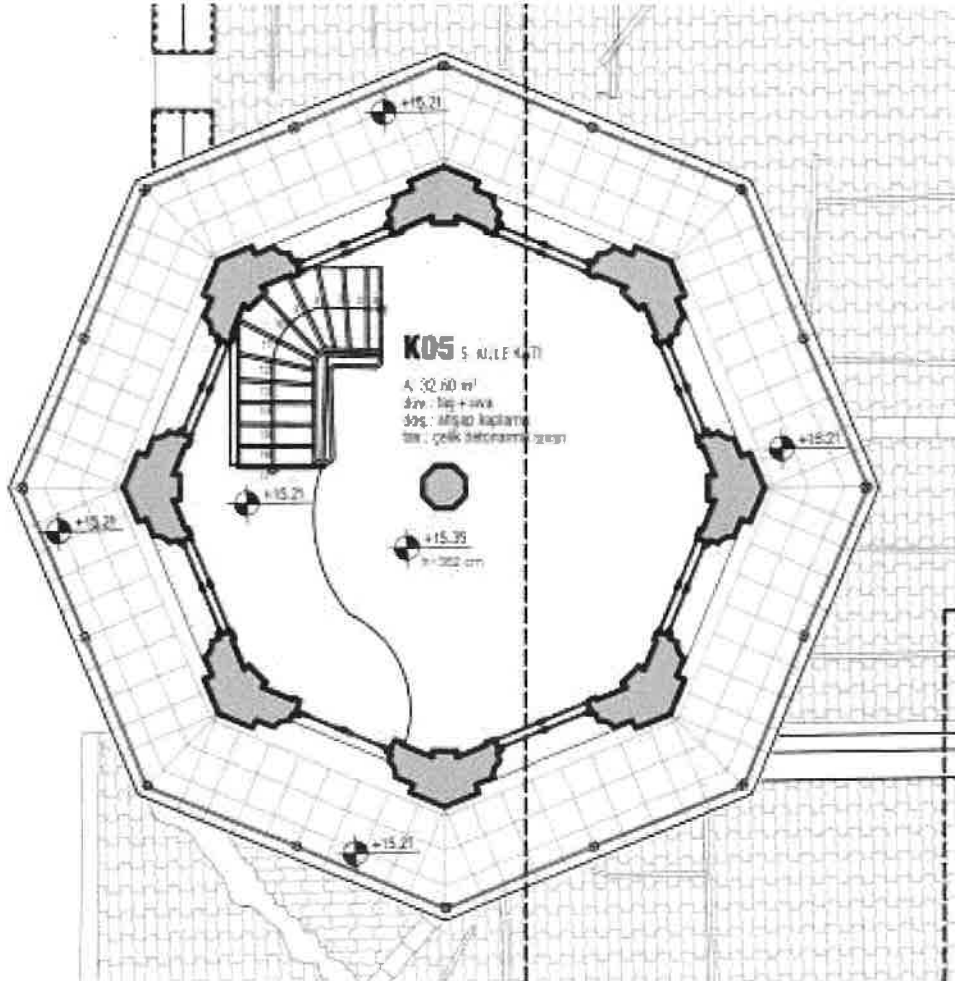
2.Kule Katı Planı



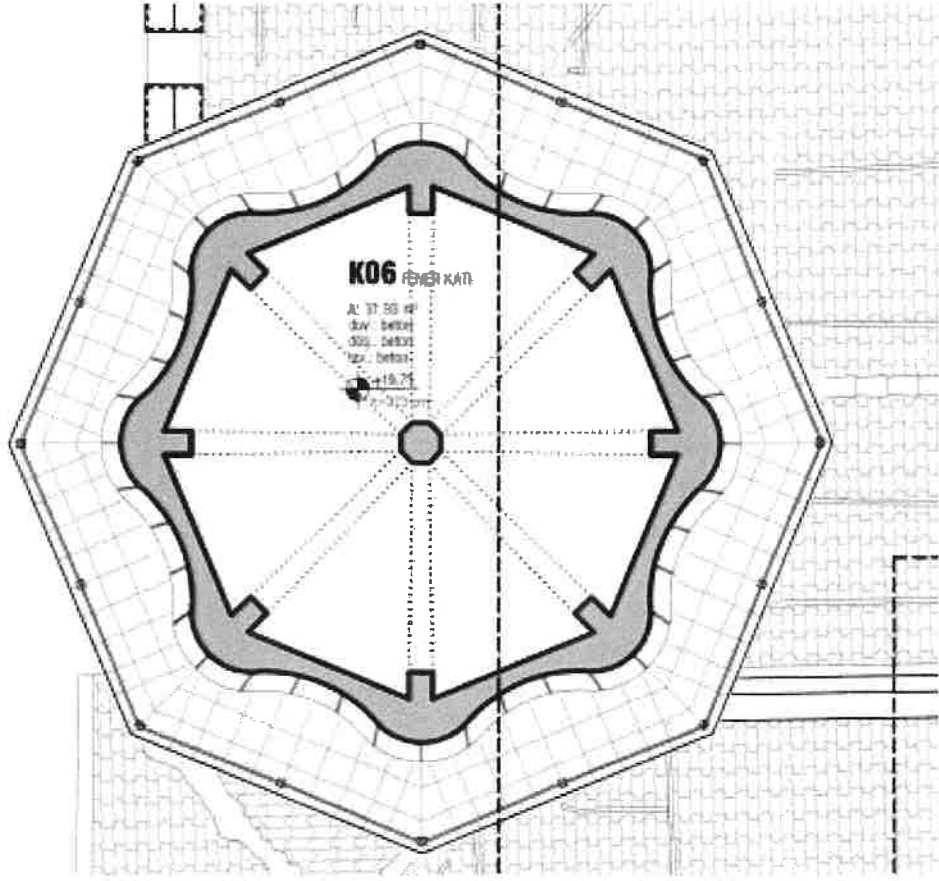
3. Kule Katı Planı



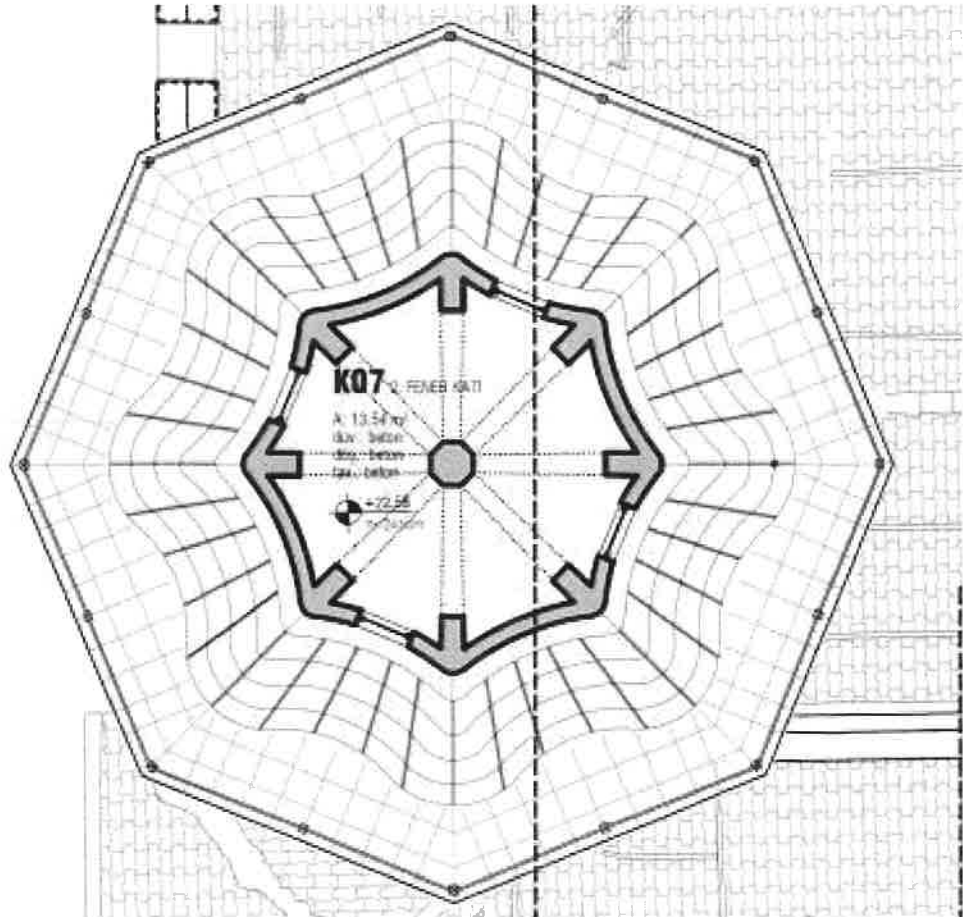
4. Kule Katı Planı



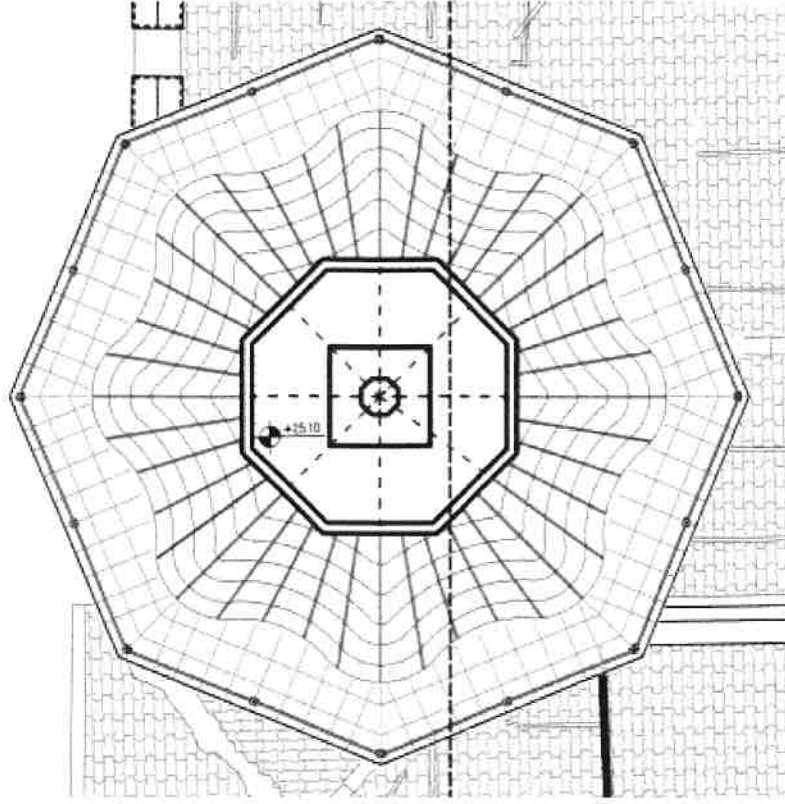
5. Kule Katı - Balkon Planı



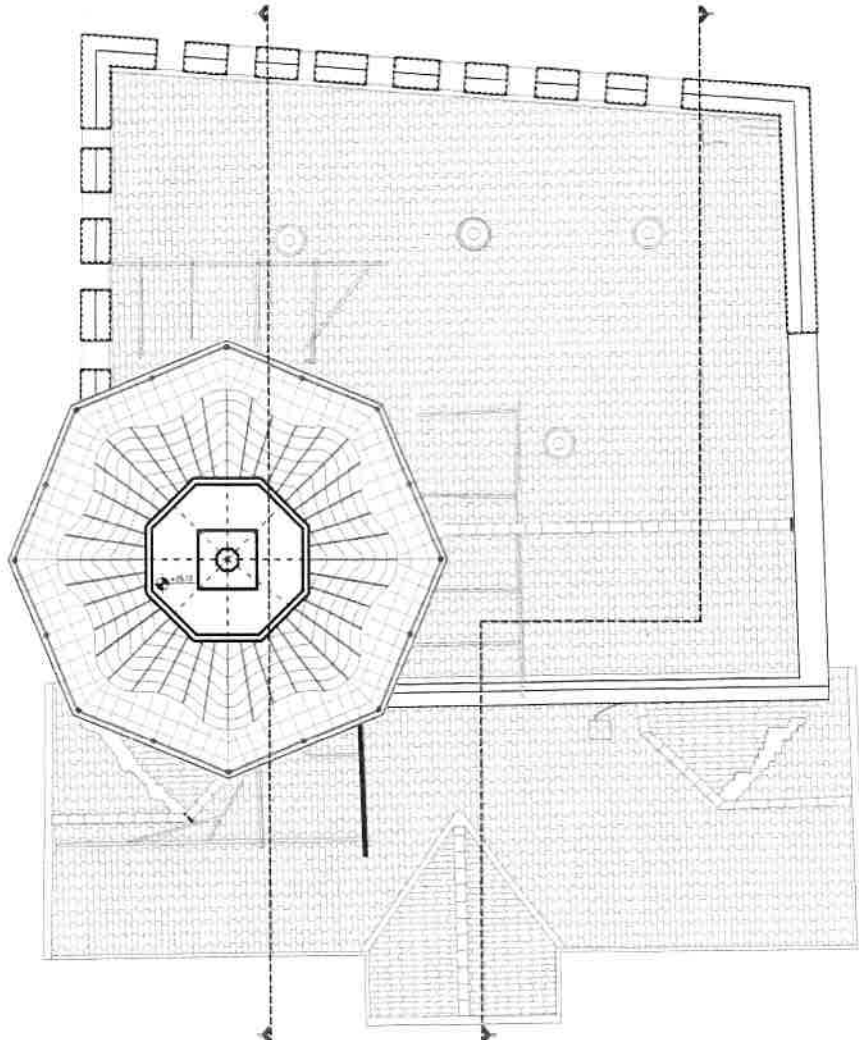
*1. Fener Katı Planı*



*2. Fener Katı Planı*



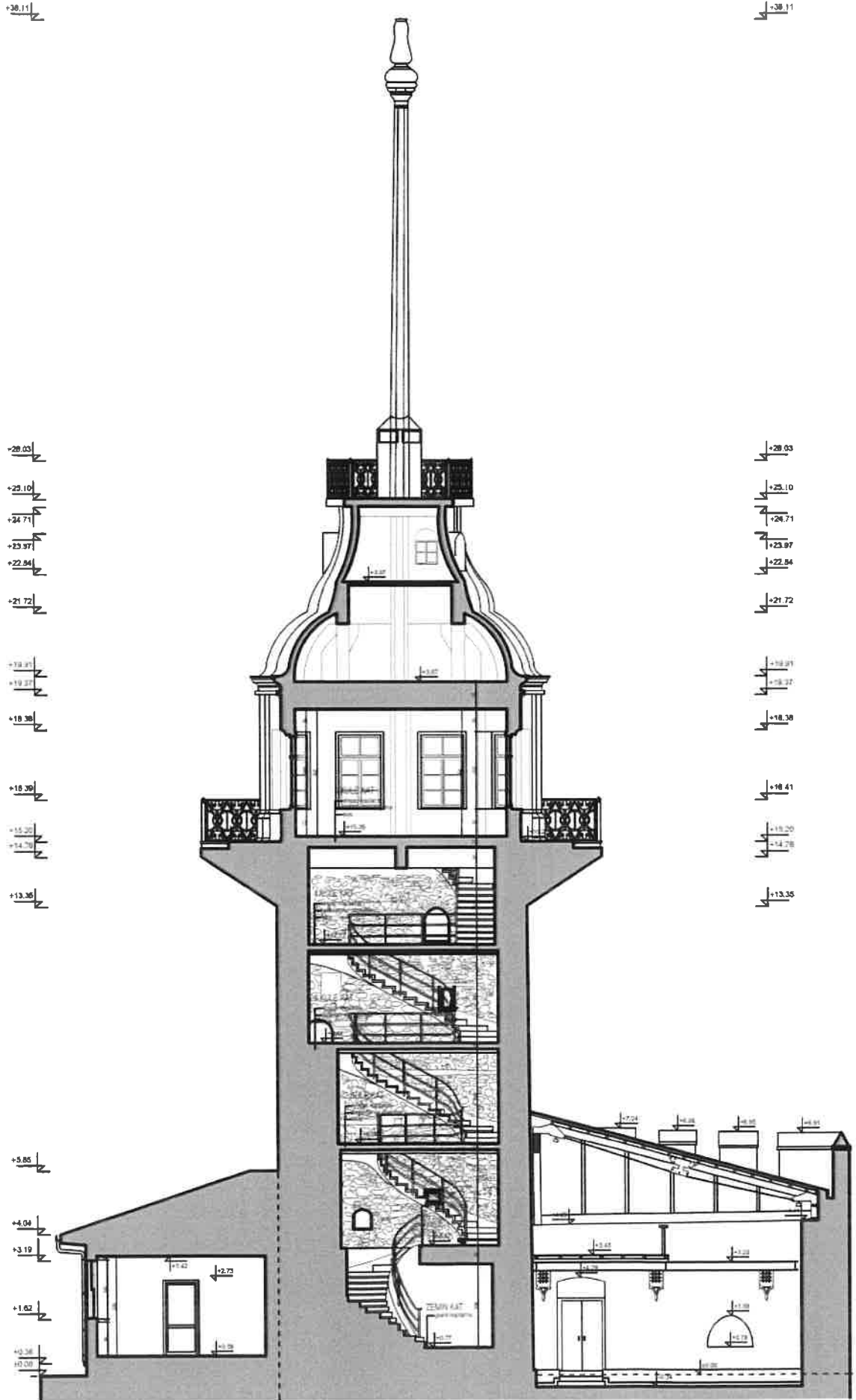
*3.Fener Katı Planı*



*Üst Görünüş*

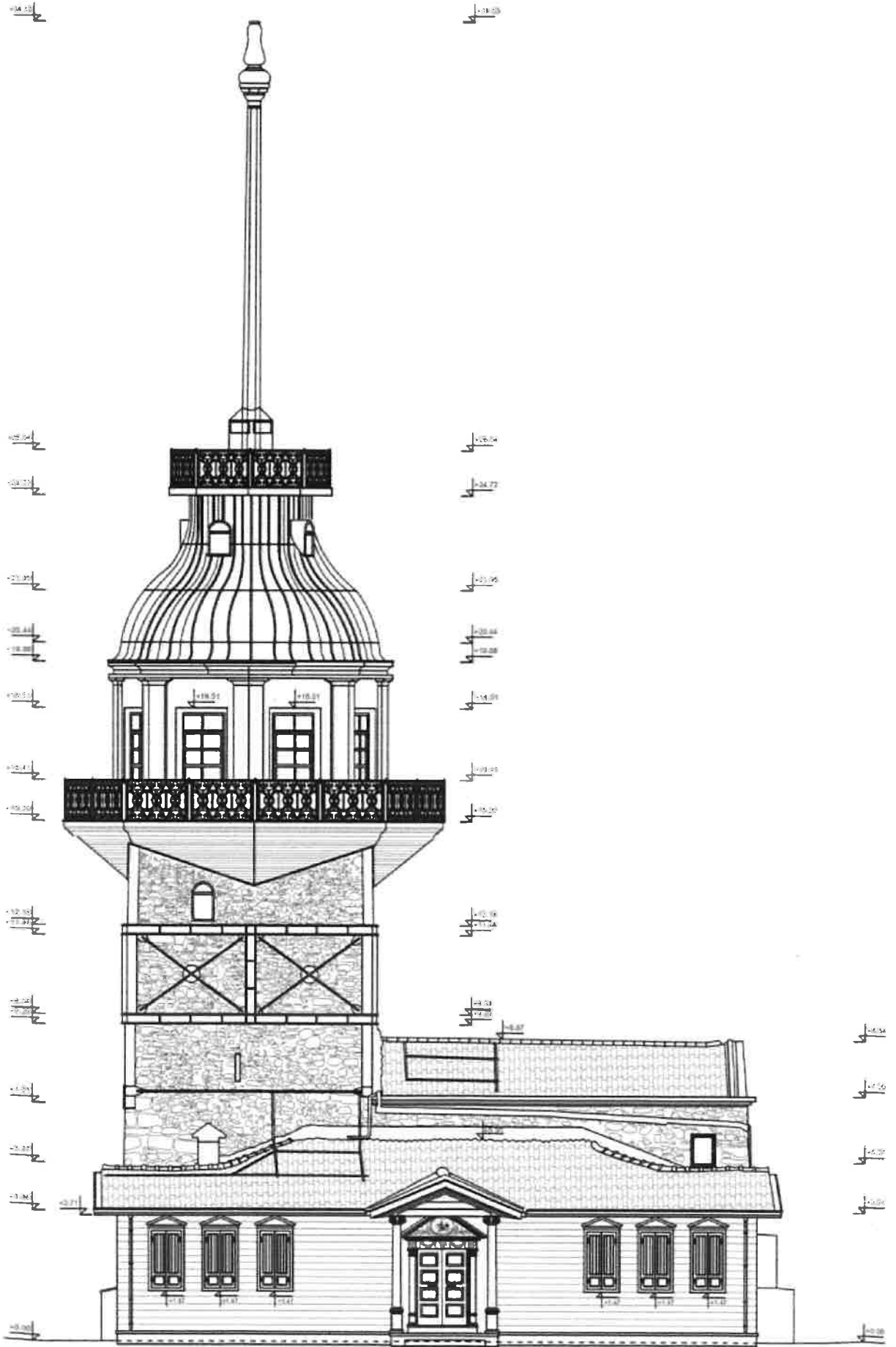


*İstanbul Kız Kulesi*  
*Taşıyıcı Sistemin Mevcut Durumu Hakkında Teknik Rapor*

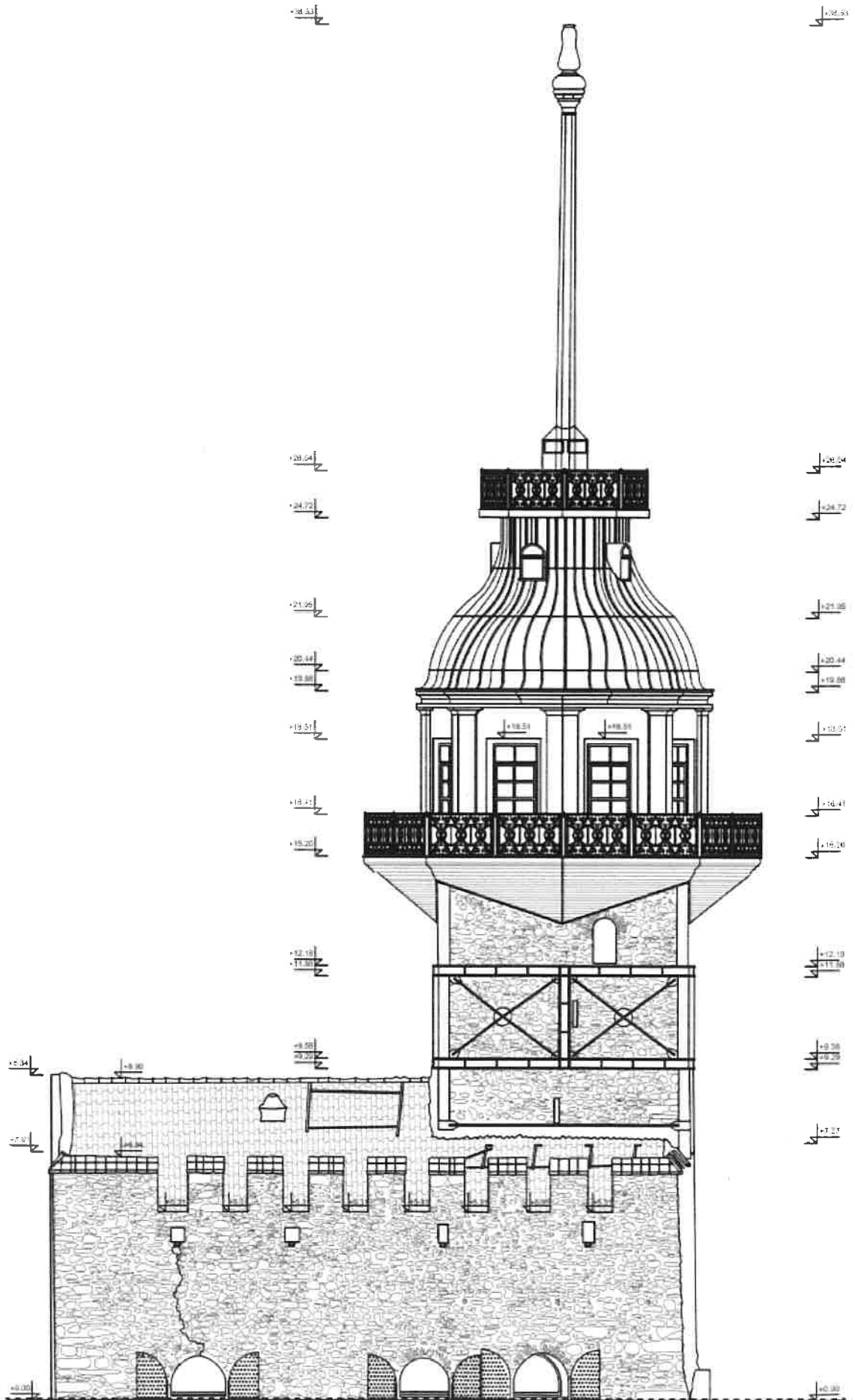


*A-A Kesiti*

*İstanbul Kız Kulesi*  
*Taşıyıcı Sistemin Mevcut Durumu Hakkında Teknik Rapor*

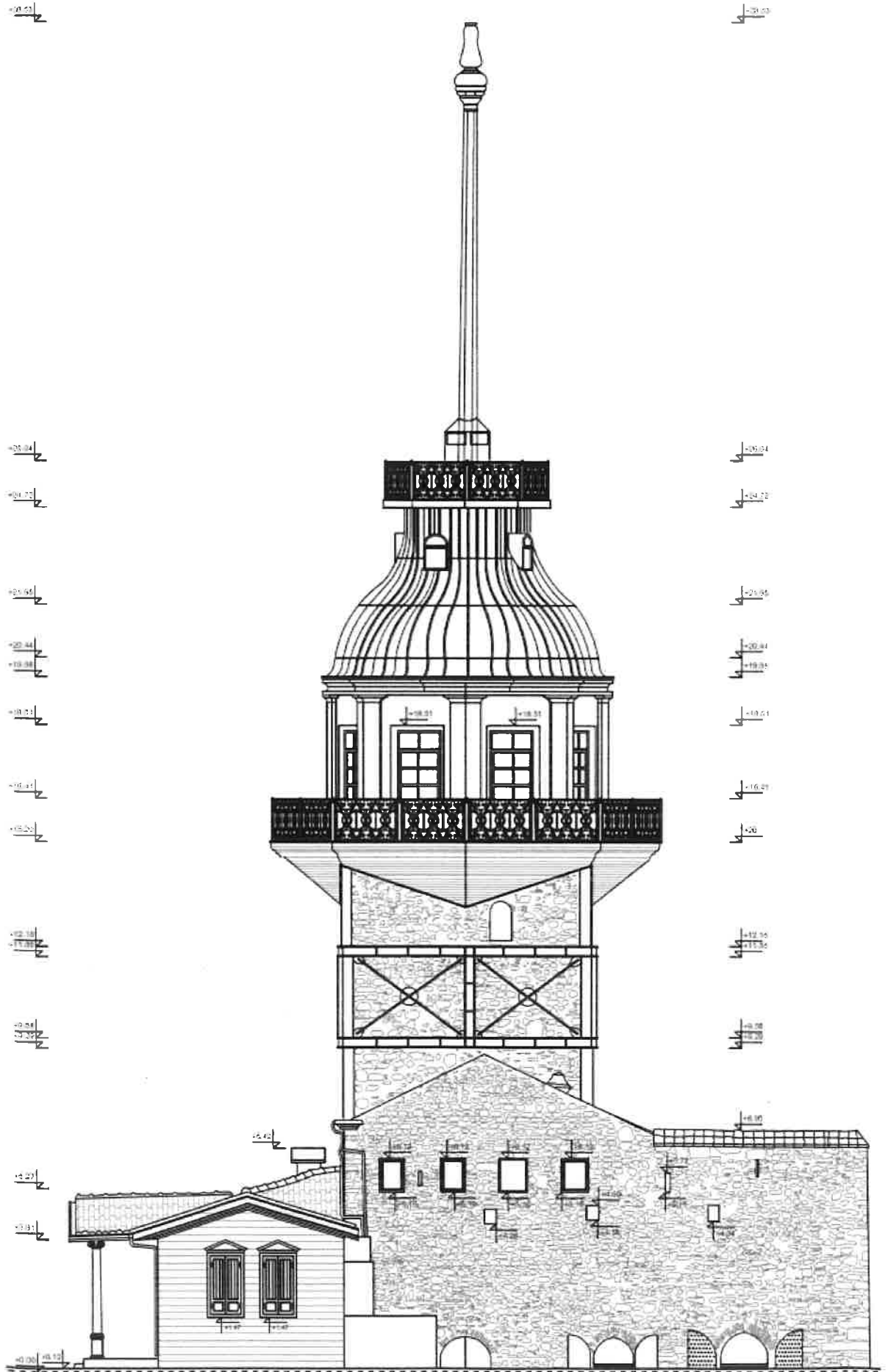


*Ön Görünüş (Doğu Cephesi)*

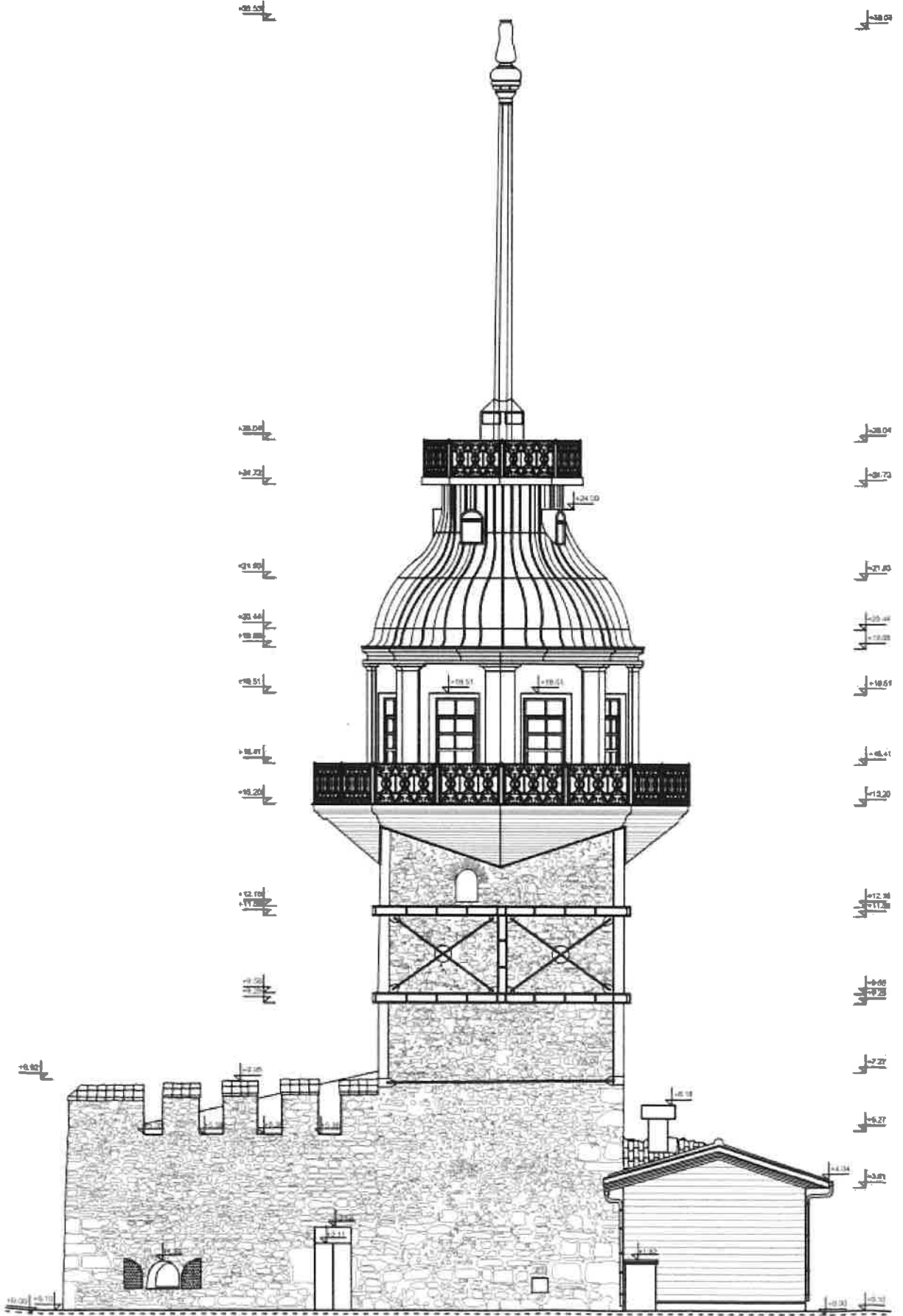


*Arka Görünüş (Batı Cephesi)*

İstanbul Kız Kulesi  
Taşıyıcı Sistemin Mevcut Durumu Hakkında Teknik Rapor

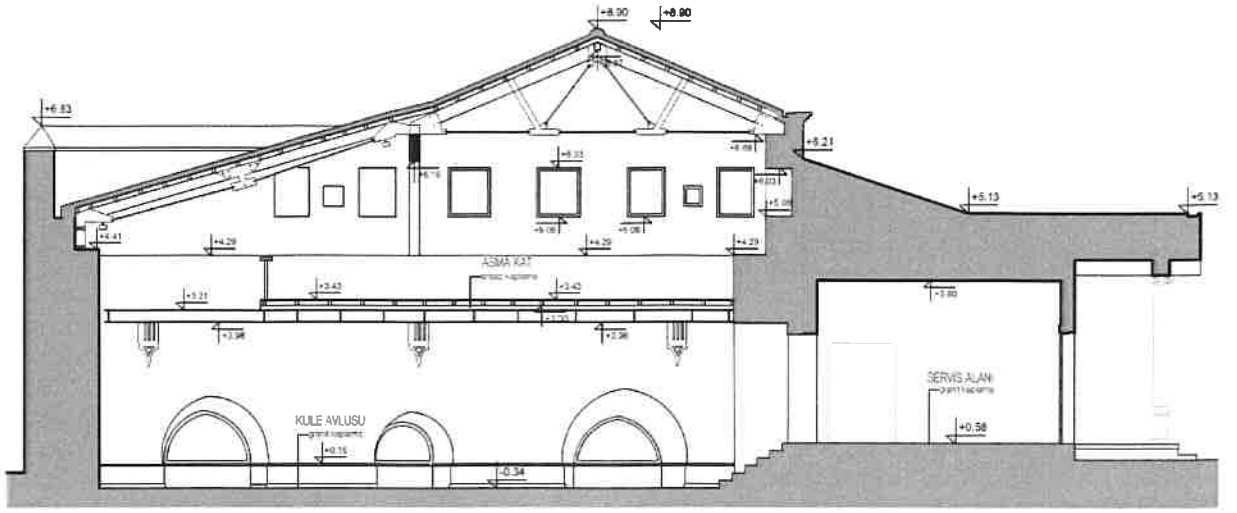


Sağ Görünüş (Kuzey Cephesi)



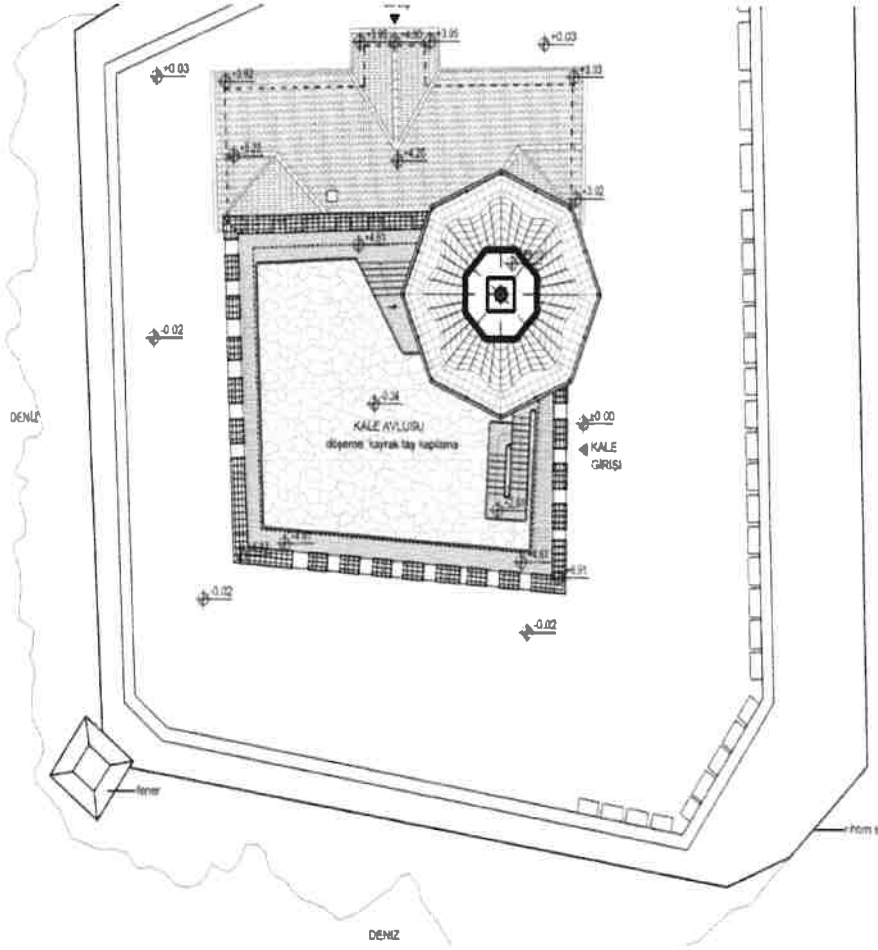
*Sol Görünüş (Güney Cephesi)*



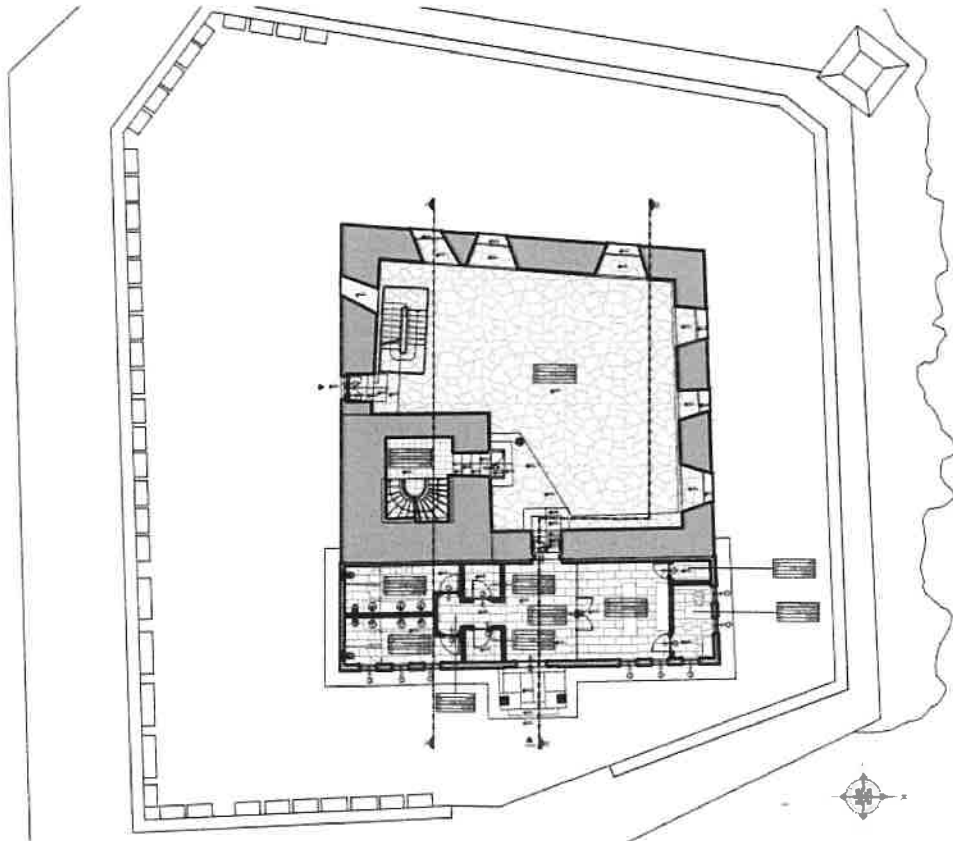


*B-B Kesiti*

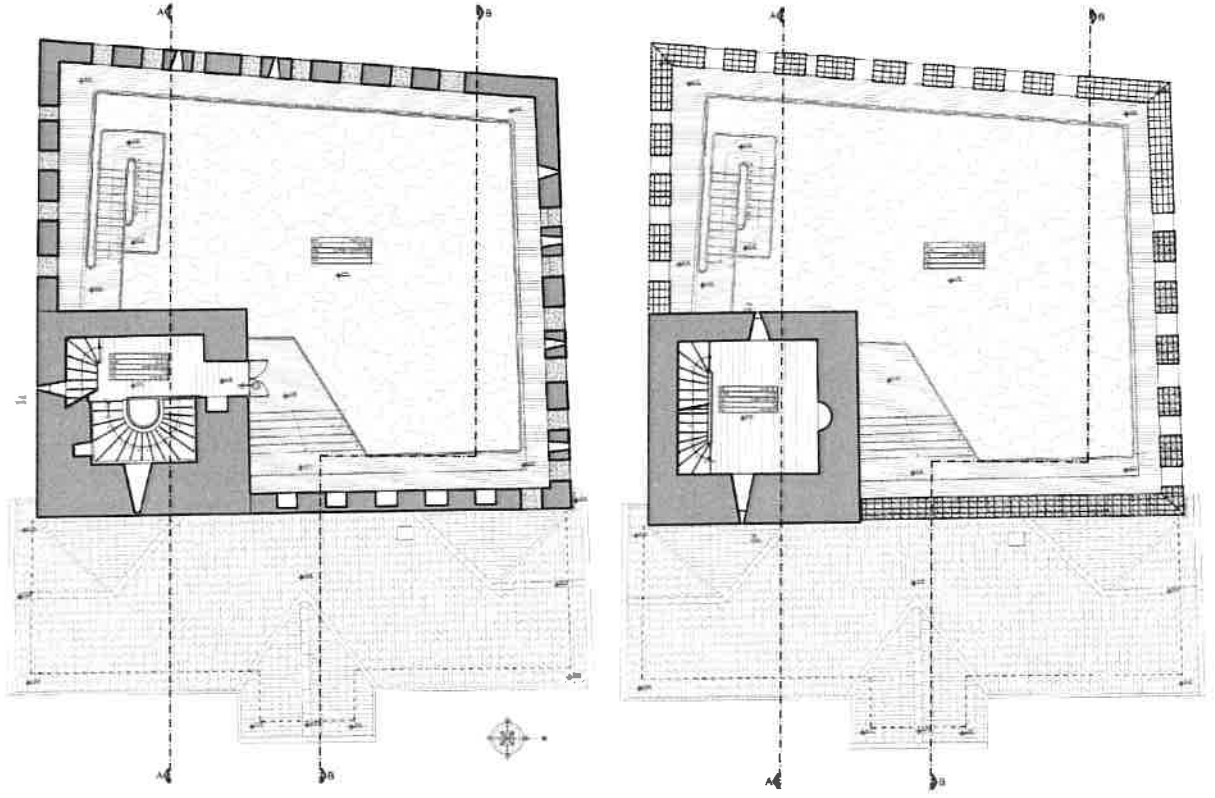
## 2.2 Restorasyon Projesi



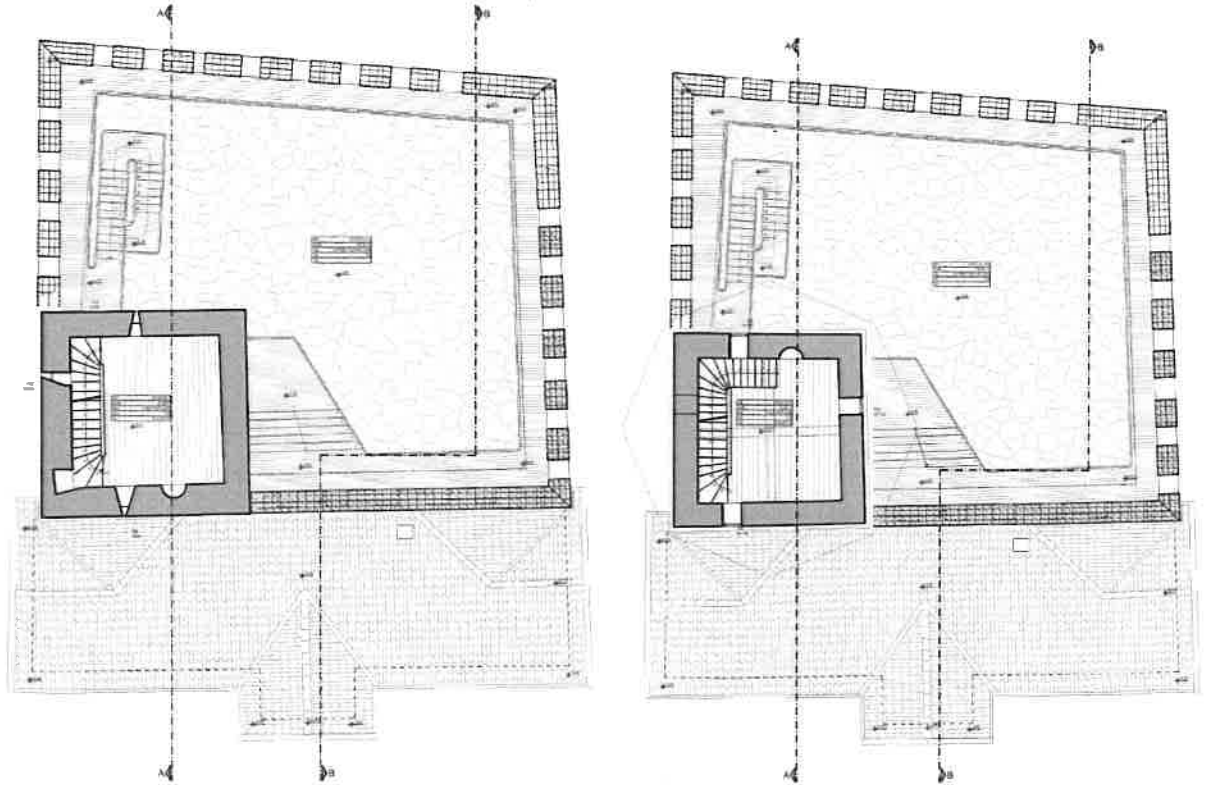
Vaziyet Planı



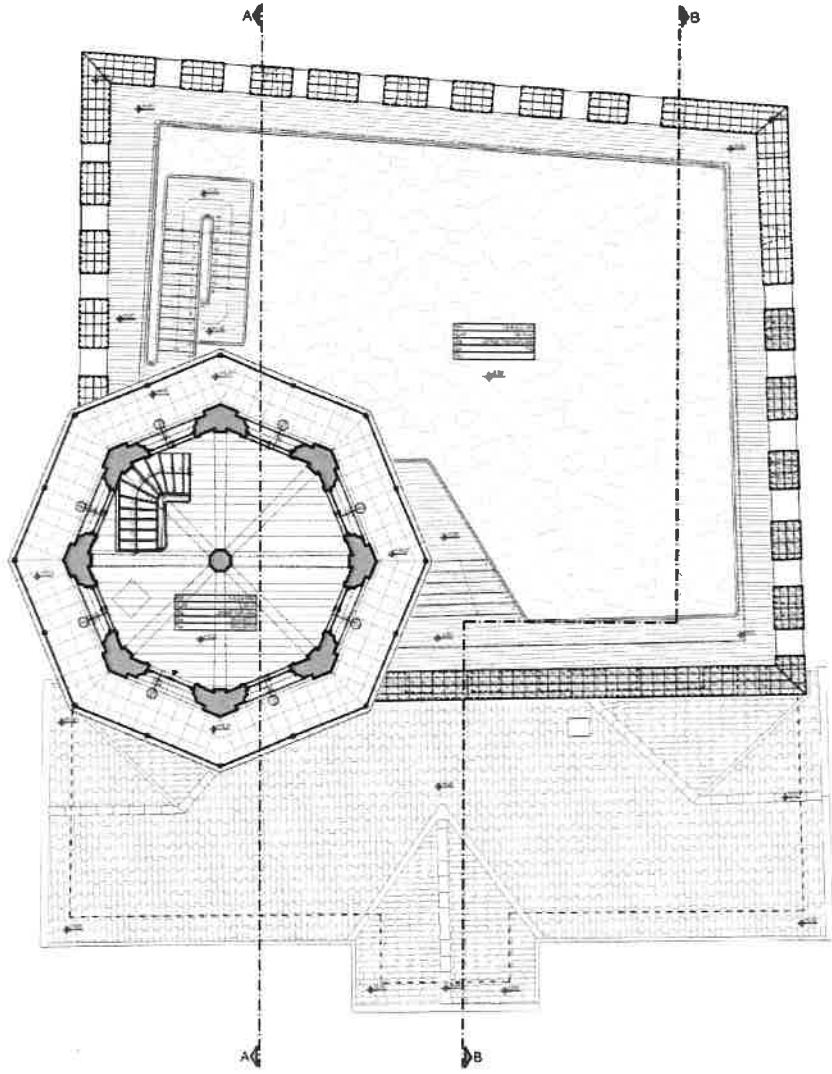
Zemin Kat Planı



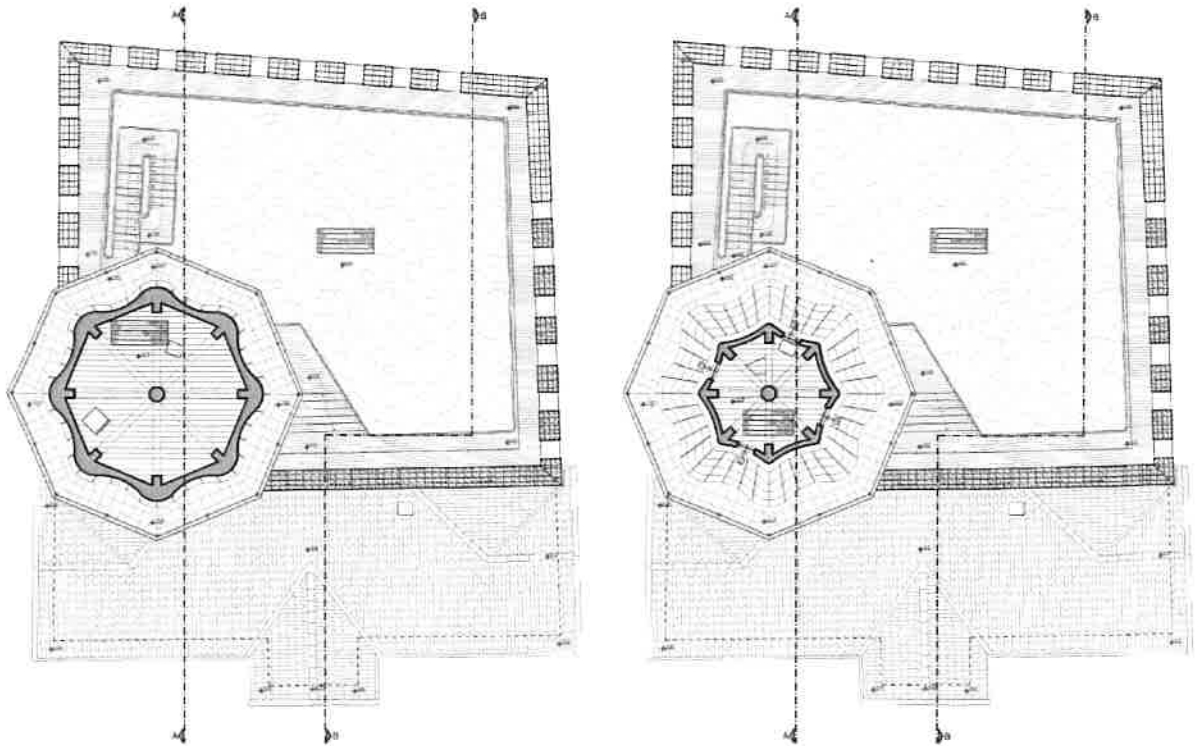
1. Kule Katı Planı ve 2. Kule Katı Planı



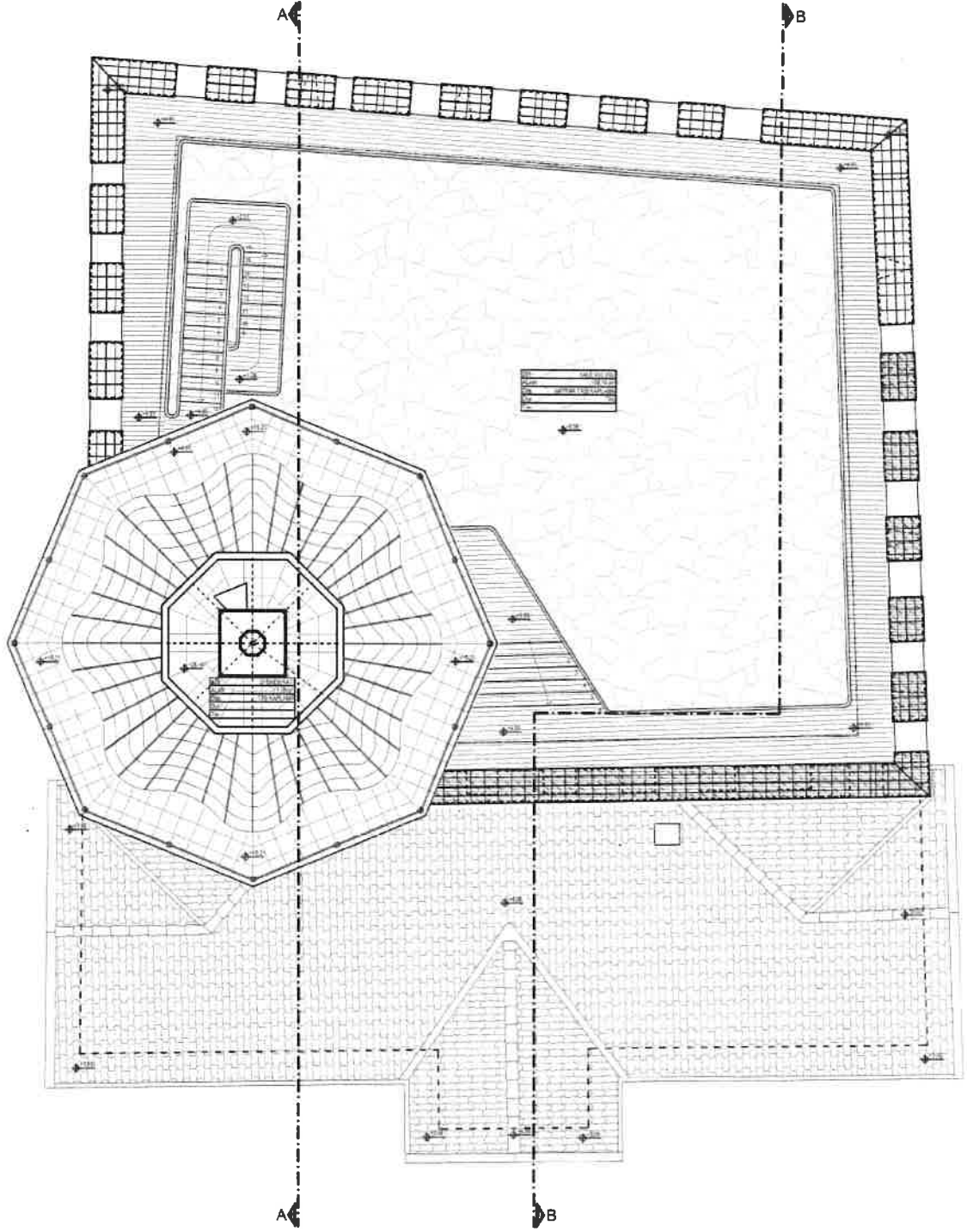
3. Kule Katı Planı ve 4. Kule Katı Planı



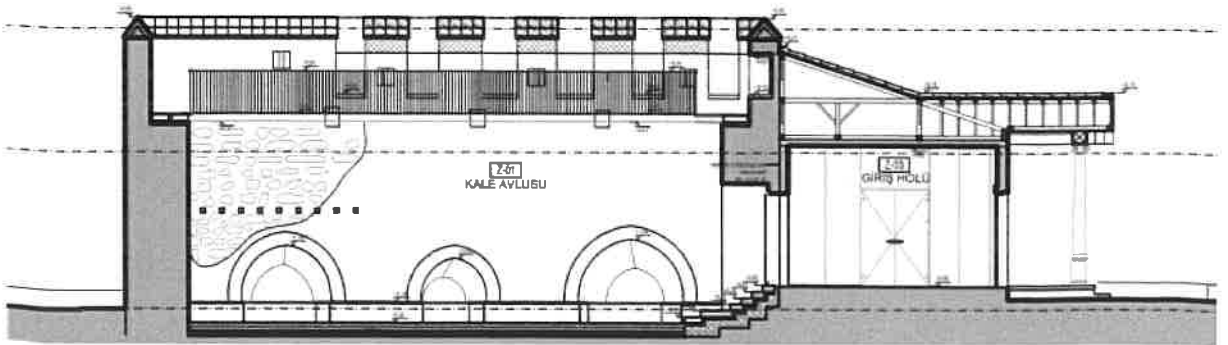
*5. Kule Katı Planı*



*1. Fener Katı Planı ve 2. Fener Katı Planı*

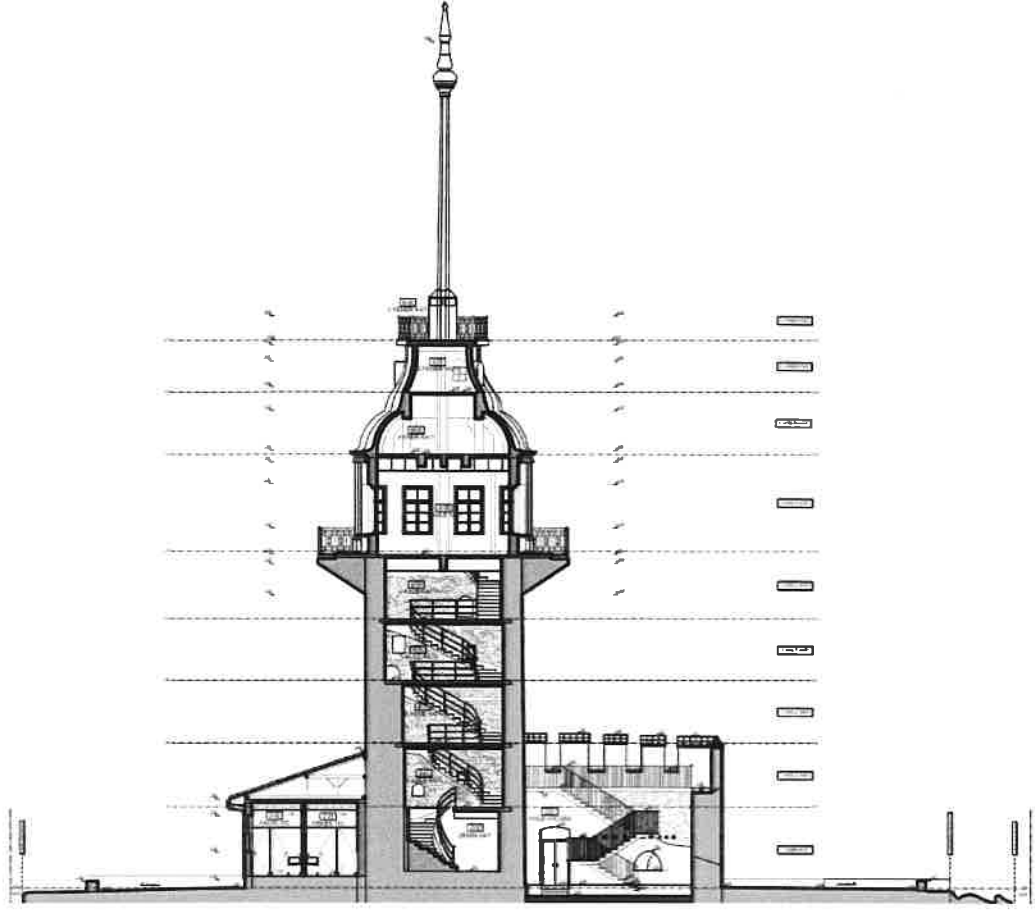


*3. Fener Kat Planı*

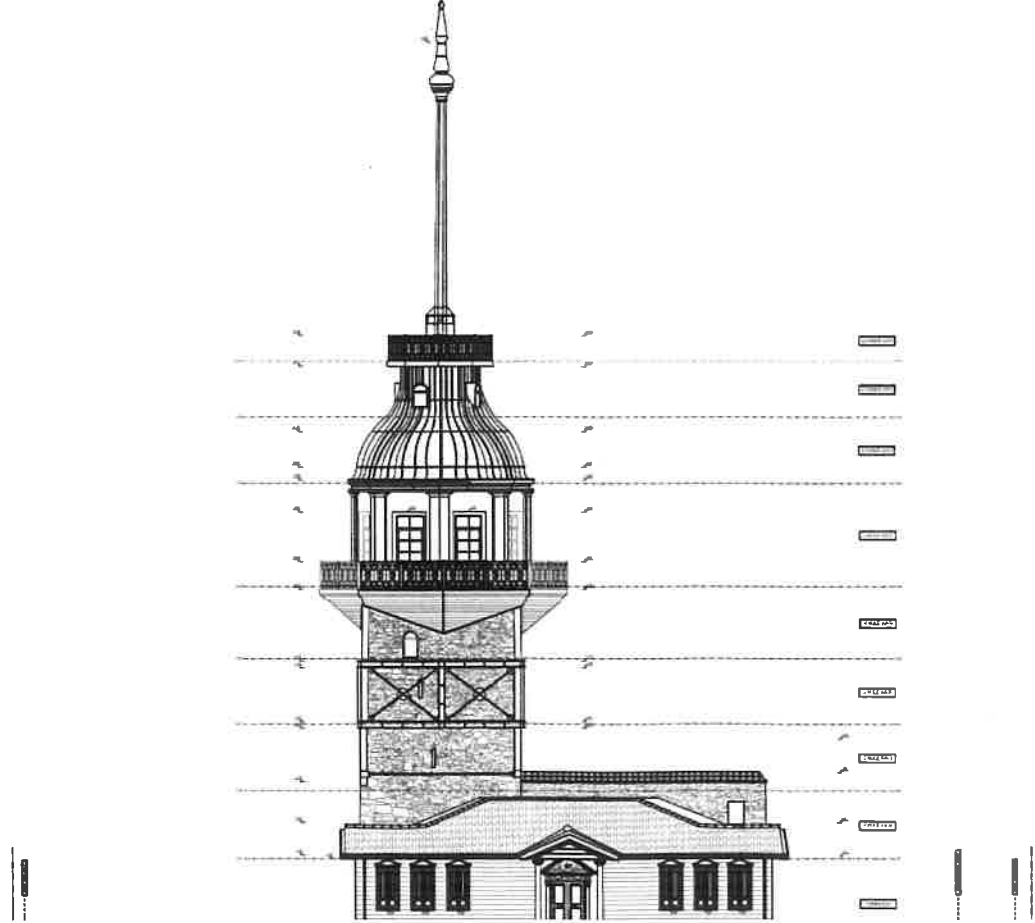


*B-B Kesiti*

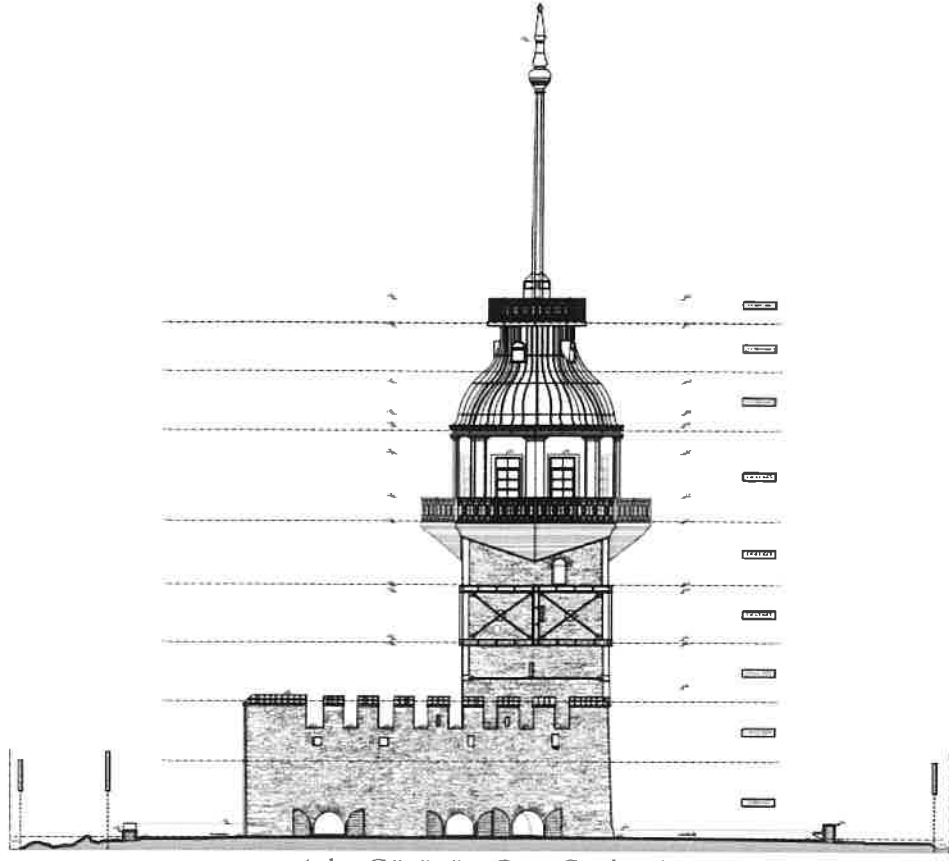




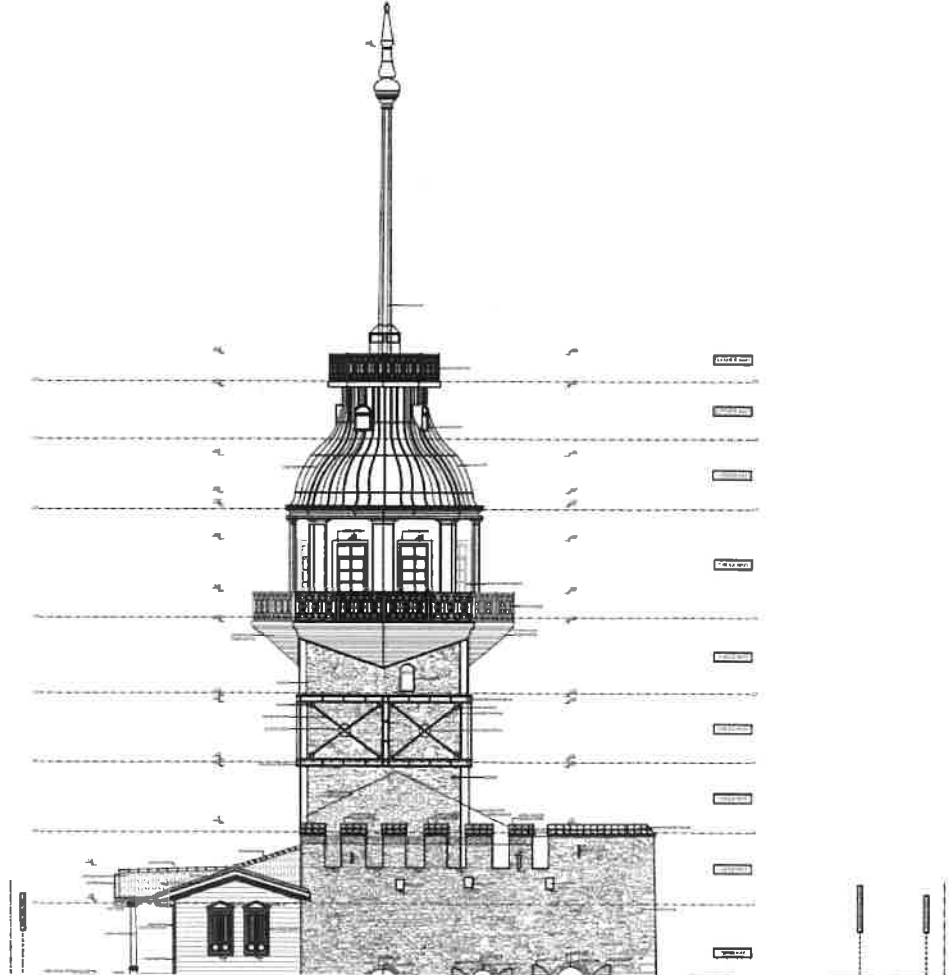
*A-A Kesiti*



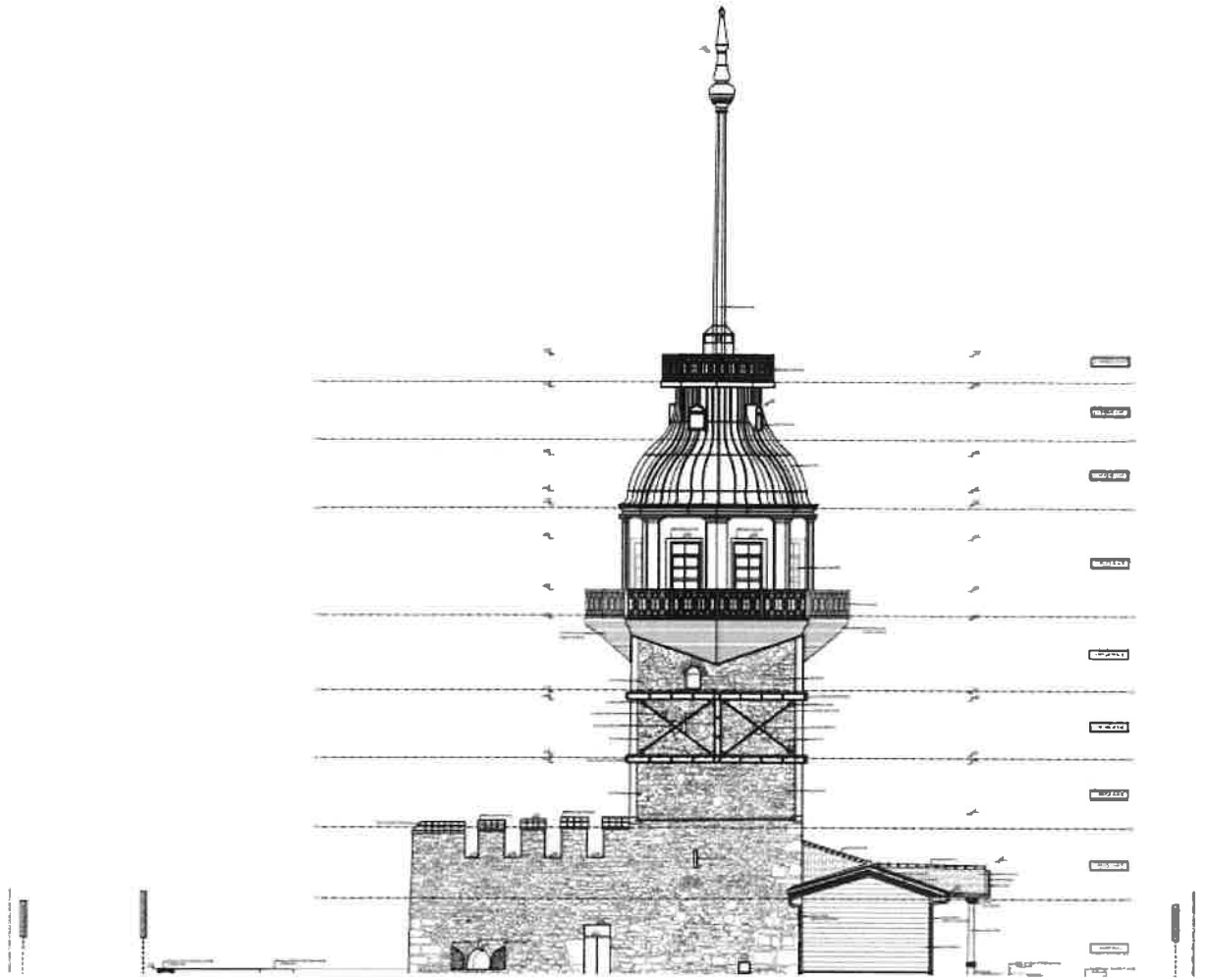
*Ön Görünüş (Doğu Cephesi)*



*Arka Görünüş (Batı Cephesi)*



*Sağ Görünüş (Kuzey Cephesi)*



*Sol Görünüş (Güney Cephesi)*

### 3. TAŞIYICI SİSTEM, MALZEME ve YAPIM TEKNİĞİ

Kulede yerinde yapılan incelemelerde aşağıdaki hususlar tespit edilmiştir:

- Doğal bir ada üzerinde konumlanmış kule ve surlar kaba yonu taş duvarlar tekniğinde yapılmıştır.
- Kargir duvarlarda kireç bağlayıcılı harçlar ve ağırlıklı olarak kireçtaşları kullanılmıştır. Bununla birlikte açıklık kemerlerinde tuğla örgülere rastlanmaktadır. Duvar örgüsünde de yer yer bütün ve parça şeklinde tuğlalar mevcuttur. Özellikle derzlerde görülen tuğla parçaları Fatih döneminin tekniğini yansıtmaktadır.
- Duvar kalınlıkları altta her cephede farklı ölçüler göstermekte, 180cm civarından başlayarak yukarıya doğru incelmek suretiyle balkon katına kadar 90cm civarına inmektedir.
- Surlarda bulunan top mazgalları küçük tonozlardan meydana gelmiştir. Kule ve surların kârgir duvarlarında yer yer ahşap hatıllara rastlanmaktadır.
- Kulenin balkon katına kadar tüm kat döşemeleri çelik profillerle oluşturulan dişlere sahip betonarme döşeme şeklinde yapılmıştır. Bu döşemelerdeki NPI 140 çelik profiller 50-60cm aralıklara sahiptir.
- Kulenin +15.20m seviyesindeki balkon katının döşemesi de dahil olmak üzere üstteki fener bölümünde ve bayrak direğinde betonarme taşıyıcılar kullanılmıştır.
- Balkon katında betonarme kolonların arasında çimento bağlayıcı bir harçla örülmüş tuğla duvarlar bulunmaktadır.
- Kare plandan dairesel bir plana geçilen balkon katında konsol döşemeler kulenin her cephesinde kârgir duvarların ortasından çıkma yapan betonarme kirişler ve kârgir duvar üzerindeki betonarme çerçeve kirişine mesnetlenmiştir.
- Balkon katında duvarların arasındaki betonarme kolonlara ilave olarak, katın ortasında altındaki iki yöndeki kirişlere oturan ve yukarıda bayrak direğine dönüşen çokgen kesitli bir betonarme kolon mevcuttur.
- Balkon katının üstünde iki fener katı mevcuttur. Dıştan kubbe şeklinde görülen bu kısımlar kullanımda değildir. Kulenin kubbesi içte betonarme kaburgalara dönüşen betonarme kolonlar ve bunları bağlayan döşeme ve kirişlerle inşa edilmiştir.
- Kule katlarının üstünde betonarme olarak balkon katı döşemesinden başlayan ve yükselip bayrak direğine dönüşen bir betonarme kolon mevcuttur.
- Kulenin balkon katı ve üstünde betonarmeye dönüştürülen taşıyıcılar 1943-44 yıllarında yapılan müdahaleler sırasında yapılmıştır. Betonarme elemanların nervürsüz donatıları, donatı detayları ve beton kalitesi inşa edildiği dönemin özelliklerini göstermektedir.
- Kuleye, 1999-2000 yıllarında yapılan restorasyonu sırasında dıştan çelik kuşak ve çapraz elemanlar yerleştirilmiştir.



*Kârgir duvar ve duvar içindeki ahşap hatıl*



*Kârgir duvarlardaki ahşap hatıl boşlukları*





*Ara kat döşemelerindeki çelik profilli dişler ve kaba yonu kargir duvar*



*Ara kat döşemelerindeki çelik profillerin mesnetleri*





*Ara kat döşemelerindeki çelik profiller ve betonarme plak*



*Balkon katında kenarda ve ortadaki kolonlar*

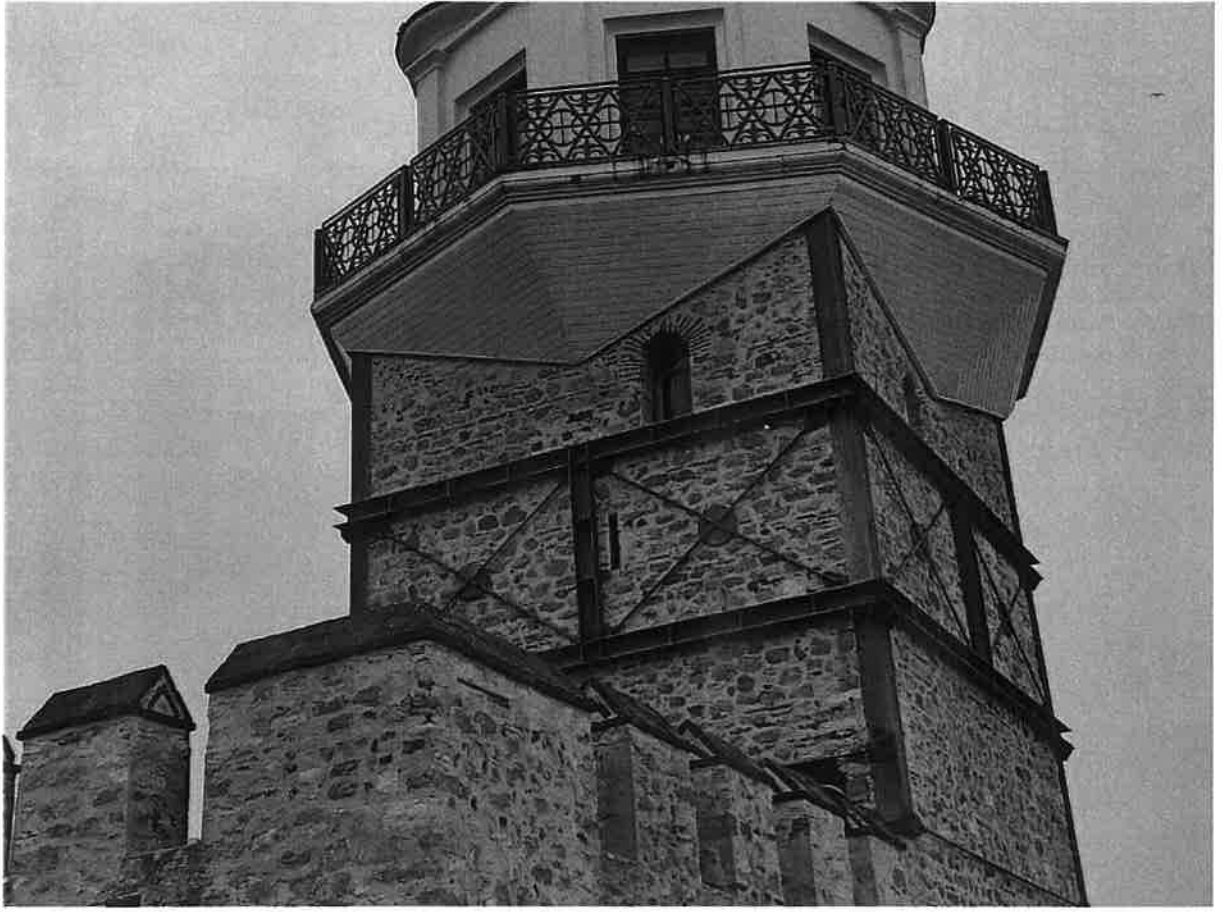




*Balkon katında ortadaki kolon ile kenar kolonları birleştiren kirişler*



*Balkon katında ortadaki kolonun altındaki oturduğu kirişler*



*Kulenin dışına yerleştirilen çelik kuşak ve çapraz elemanlar*



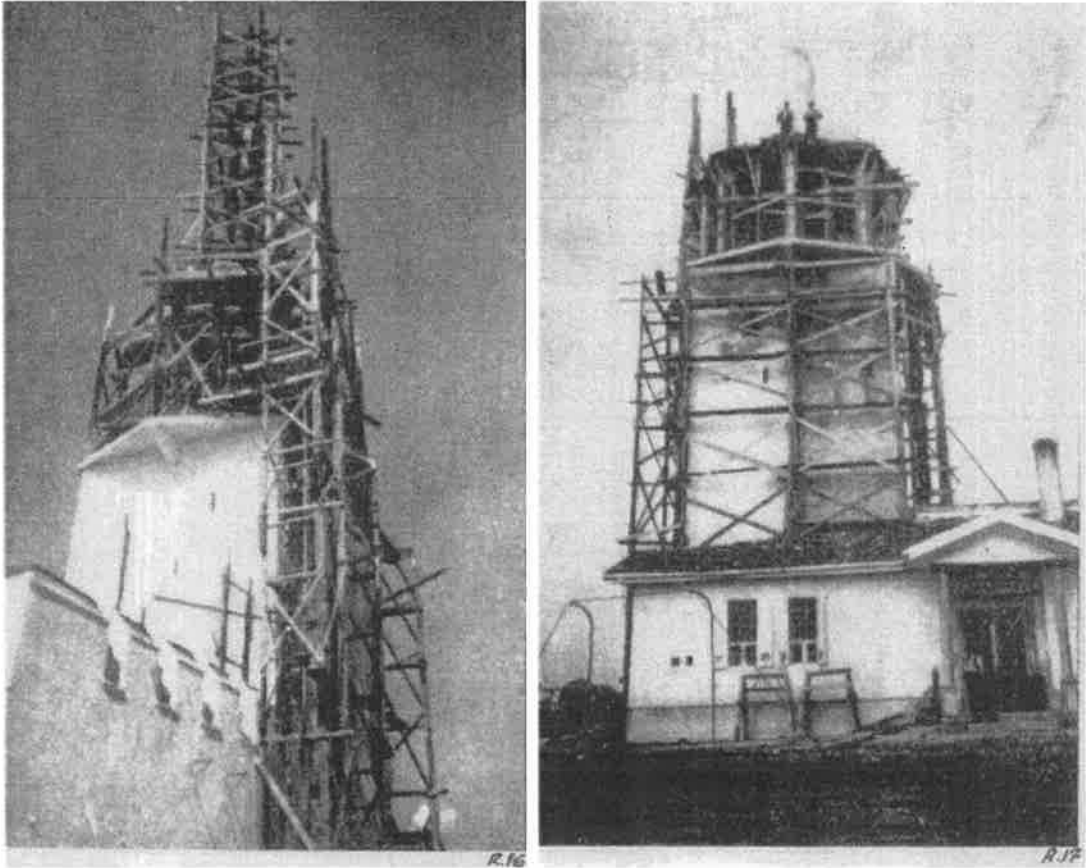
*Kulenin dışına yerleştirilen çelik kuşak ve çapraz elemanlar*

#### 4. HASARLAR

##### 4.1 Yakın Dönem Hasar ve Onarımları

Kız Kulesi tarihi boyunca çok sayıda onarım görmüştür. Konumu sebebiyle maruz kaldığı sert hava ve iklim şartları ile denizden gelen etkiler kuleyi yıpratmaktadır. Söz konusu sebeplerle sürekli bakıma ihtiyaç duyan kulenin ayrıca yangın ve depremlerde de hasar gördüğü bilinmektedir. Arşiv kayıtlarına göre kuledeki kapsamlı onarımların onarımlarının İstanbul depremleri ve yangınlar ile yakın ilgisi olduğu anlaşılmaktadır.

Cumhuriyet döneminde en büyük müdahaleyi 1943-1944 yıllarında gören kulenin bu onarım kapsamında ahşap olduğu bilinen katları ile ahşap konstrüksiyonlu kubbe ve fener katları tamamen sökülerek betonarme tekniğiyle yeniden inşa edilmiştir. Bu uygulama sırasında binaya ait pek çok yapısal ve mimari verinin de yok edildiği düşünülmektedir. O dönemde ayrıca avlu içine iki katlı betonarme bir yapı inşa edilerek surlardaki top mazgalları, dendanlar ve avlu özgün döşemesi gibi unsurlar bu muhdes yapı gerisinde bırakılmıştır.



*1944 restorasyonu sırasında kulenin fener katlarının yeniden yapımı*

Kulenin günümüze gelen hali 1999-2000 yılları arasında gerçekleştirilen restorasyon müdahalelerini içermektedir. Kafe-restoran olarak turistik amaçla kullanılan kulede çeşitli uygun olmayan müdahaleler yapılmıştır. 1999 yılında işe başlandığında, 1944 yılı onarımında yapılan tüm



ilaveler sökülmüş, bu sırada top mazgalları ve avlu özgün döşeme kotu ve dendanlar gibi yapının yıllarca kapalı kalmış mimari unsurlarının bir kısmı açığa çıkarılmıştır. Söküm sırasında meydana gelen 1999 Marmara depremi sonucu kule ve surlarda hasar oluşmuştur. Söz konusu hasarların onarımı için hazırlanan Eylül 1999 tarihli raporda, 17 Ağustos 1999'da gerçekleşen deprem sonrasında kulede çelik güçlendirme ve sur duvarlarında oluşan çatlaklar için de enjeksiyon ve dikiş önerilmiştir.

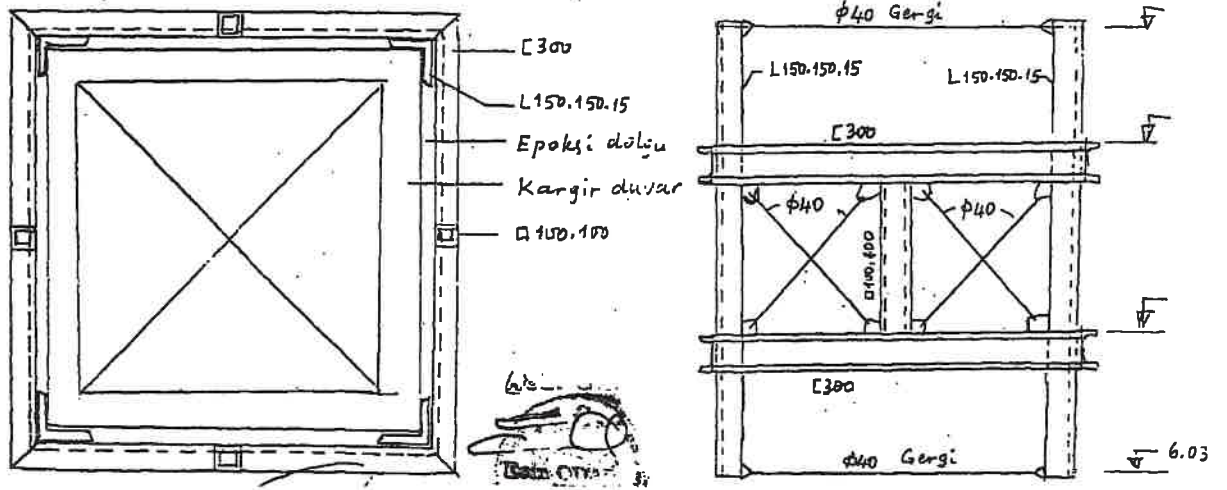


*1944 restorasyonu sırasında kulenin fener katlarının yeniden yapımı*



*1999 yılındaki sökümler sırasında ortaya çıkan kuzey sur duvarı*

Kulenin 1999 yılında başlayan son kapsamlı onarımı için o dönemde hazırlanan rapor ve projelerde, çatlaklara dışarıdan epoksi enjeksiyonu ve içerinden karbon elyaf uygulanması, kulenin dıştan çelik bir örgü ile sarılması ve çelik elemanların epoksi ile duvara yapıştırılması, surların üst seviyesinde bir betonarme hatıl yapılması ve surlardaki çatlaklar için de epoksi uygulanması gibi öneriler verildiği, kulenin mevcut durumuna bakıldığında bu doğrultuda bazı önerilerin de uygulanmış olduğu gözlenmiştir. Ancak o dönemde gerçekleştirilen bazı uygulamaların günümüzün koruma anlayışı ve teknik imkanları çerçevesinde değerlendirilerek tekrar ele alınması gerektiği de görülmektedir.

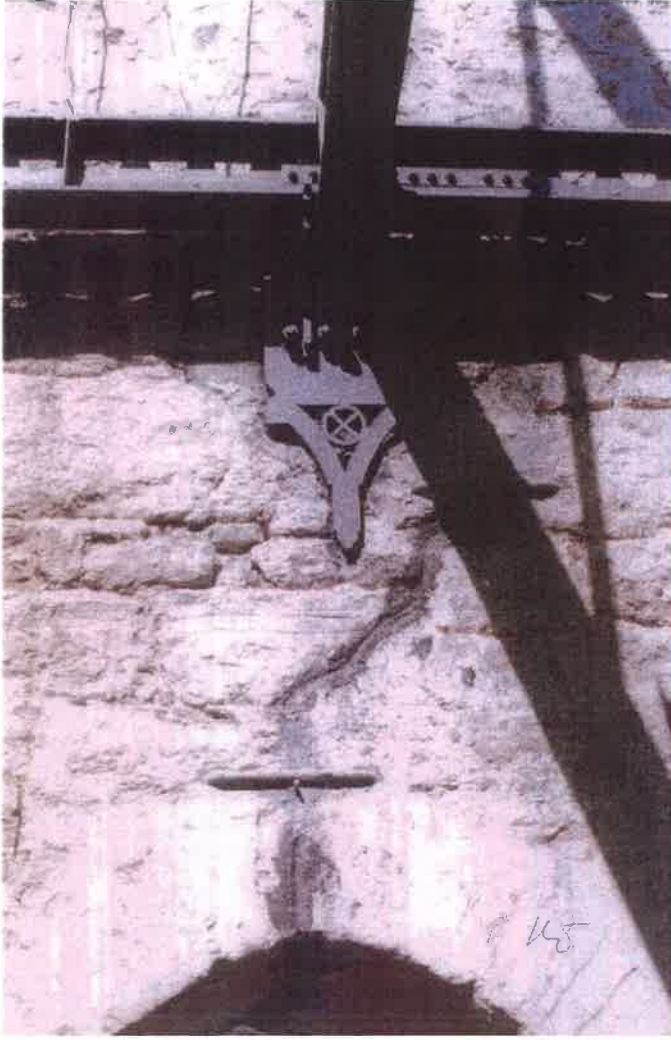


1999'daki restorasyon sırasında kulenin dış tarafına yapılması önerilen çelik kuşak (Kurul Arşivi)

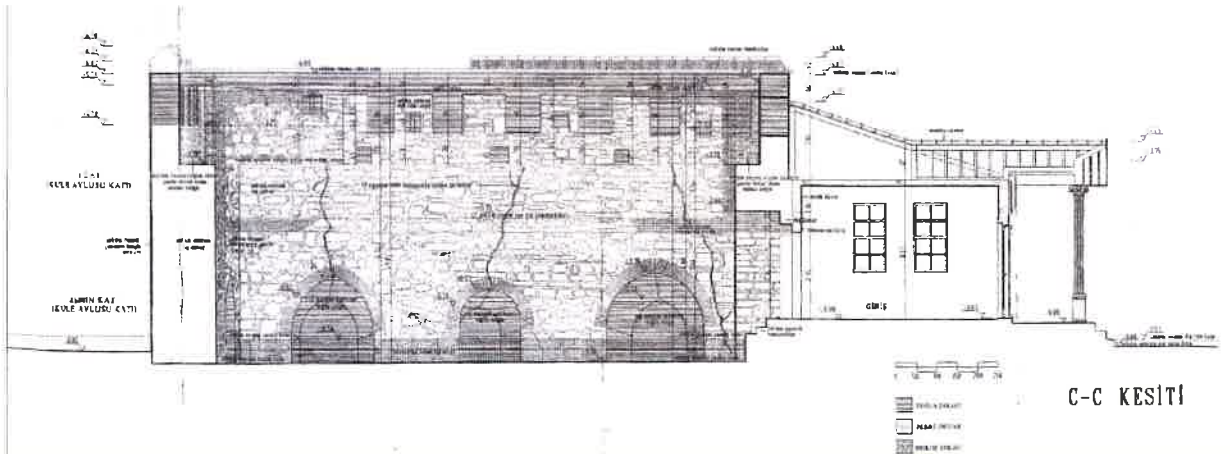


1999'daki restorasyon sırasında epoksi enjeksiyonu yapılan çatlaklar (Kurul Arşivi)



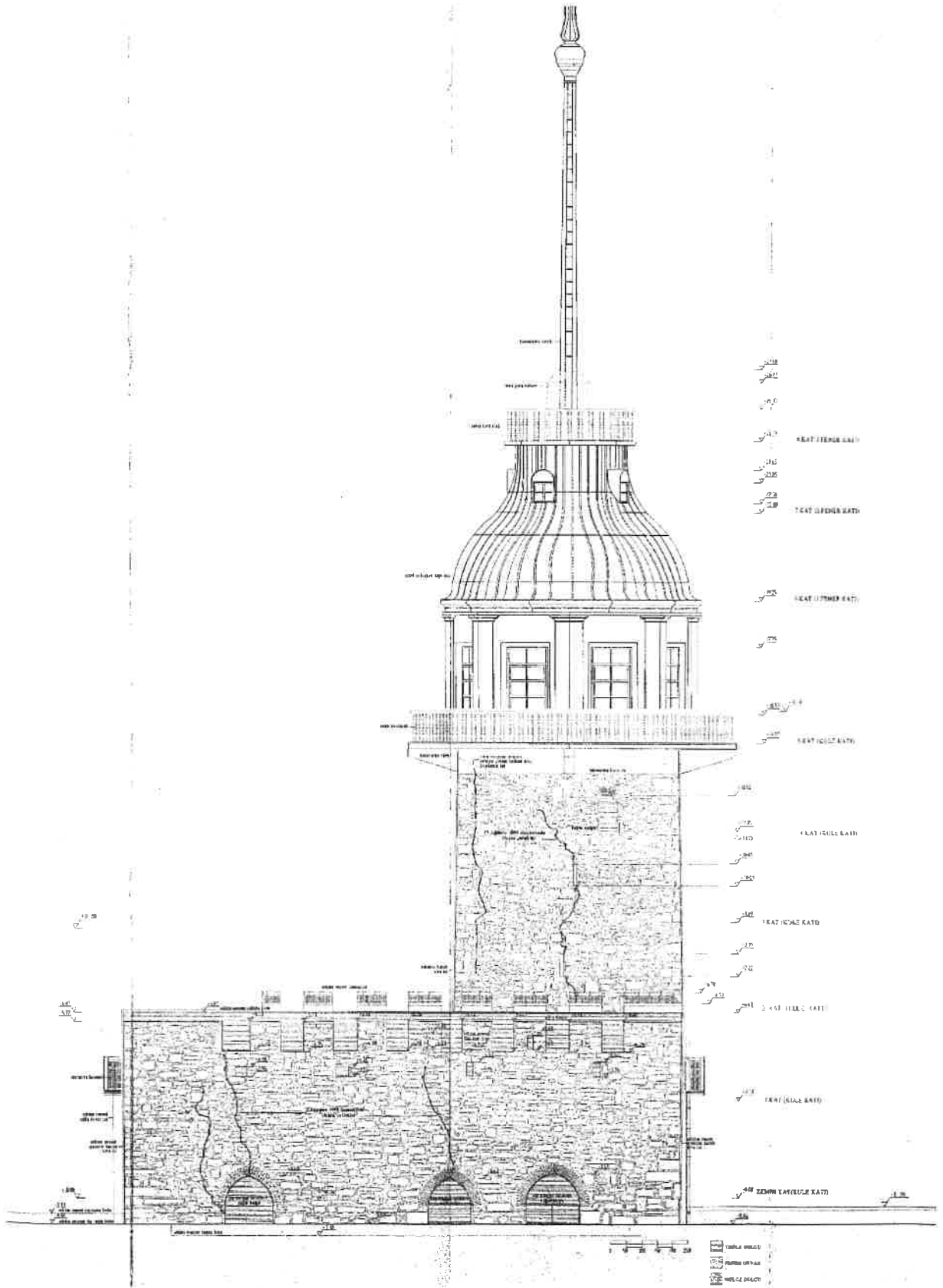


*1999'daki restorasyon sırasında epoksi enjeksiyonu yapılan çatlaklar (Kurul Arşivi)*



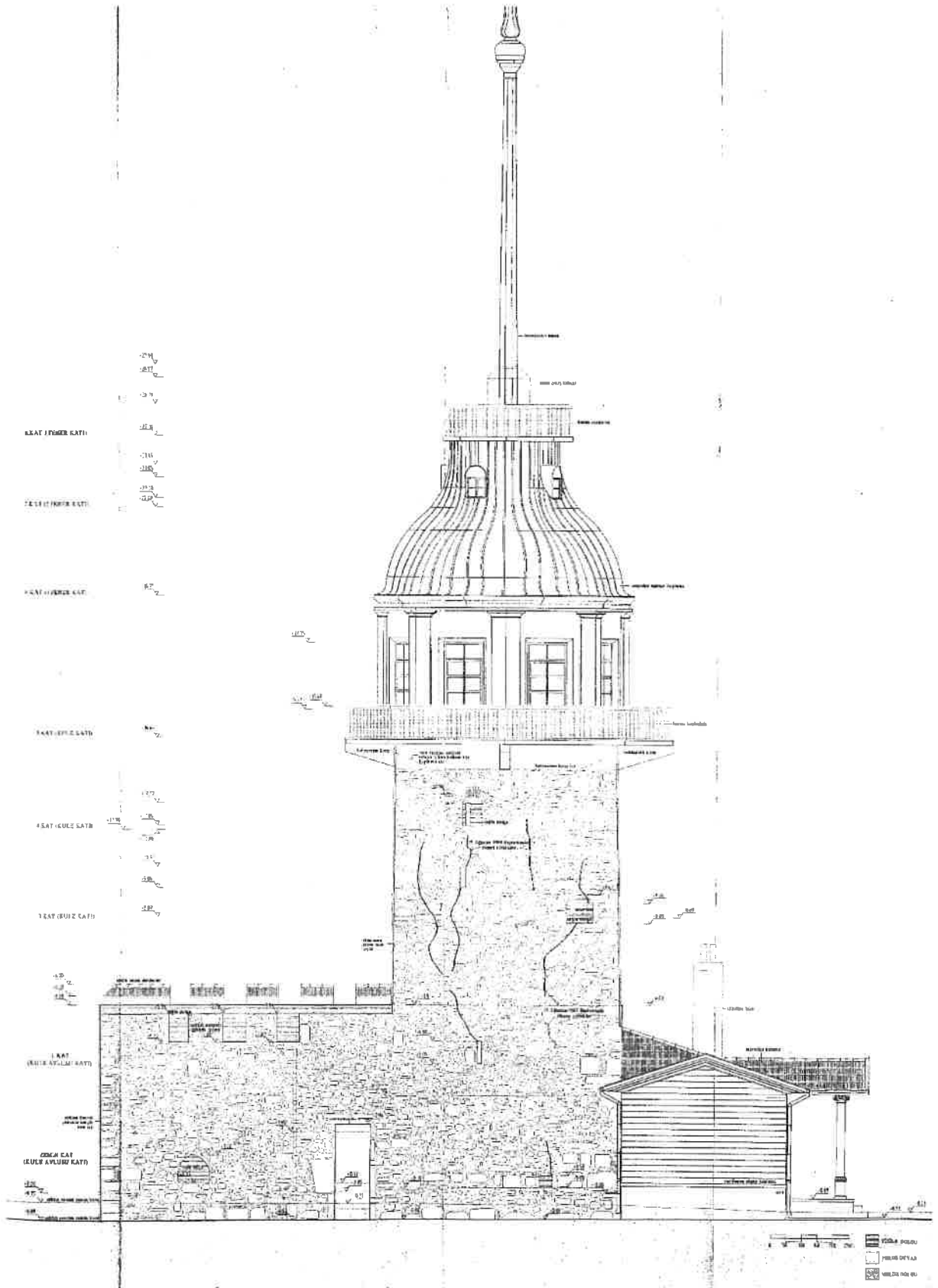
*1999 restorasyonu öncesindeki hasarlar (Kurul Arşivi)*

*İstanbul Kız Kulesi*  
*Taşıyıcı Sistemin Mevcut Durumu Hakkında Teknik Rapor*



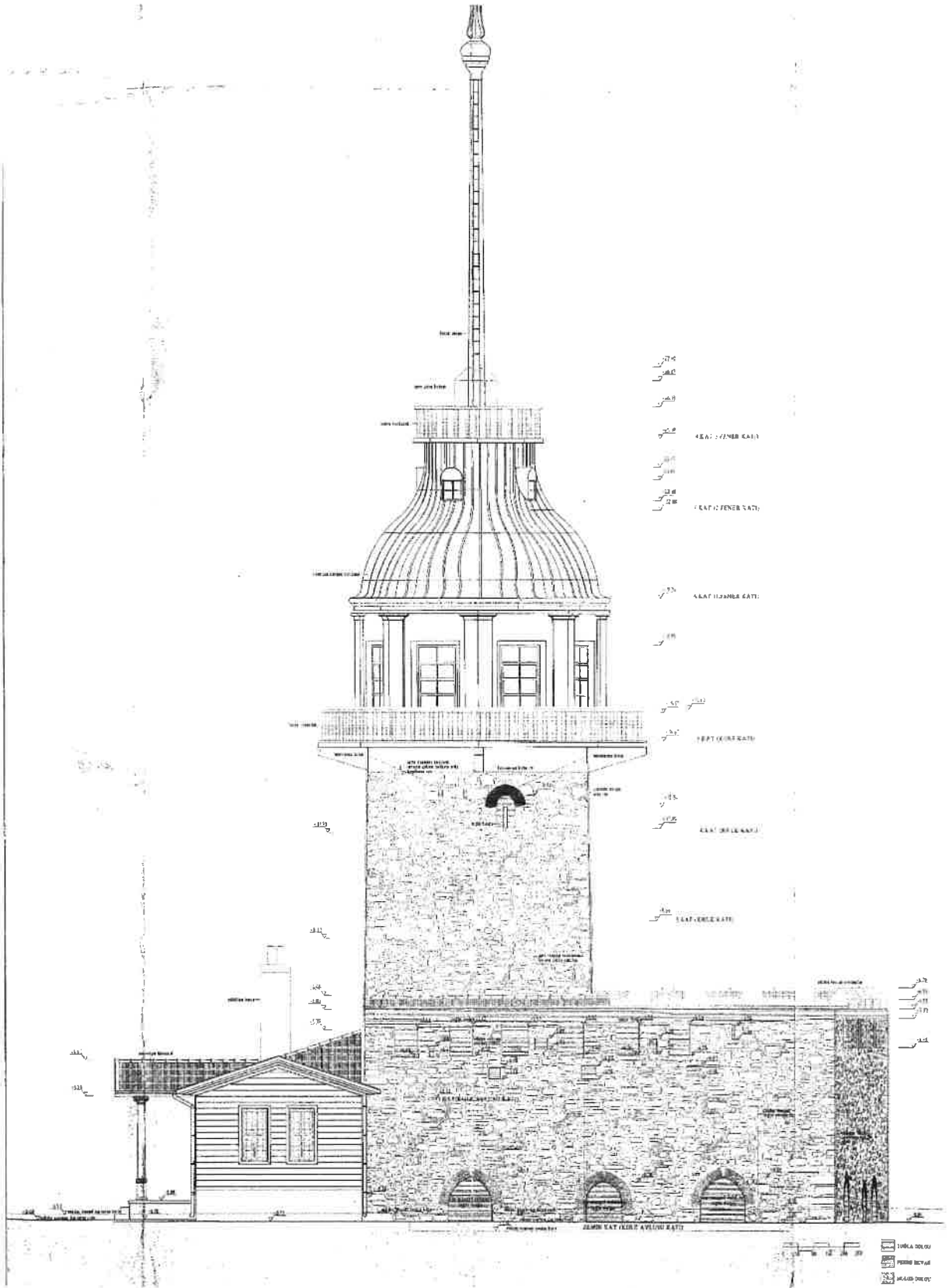
*1999 restorasyonu öncesindeki hasarlar (Kurul Arşivi)*

*İstanbul Kız Kulesi*  
*Taşıyıcı Sistemin Mevcut Durumu Hakkında Teknik Rapor*

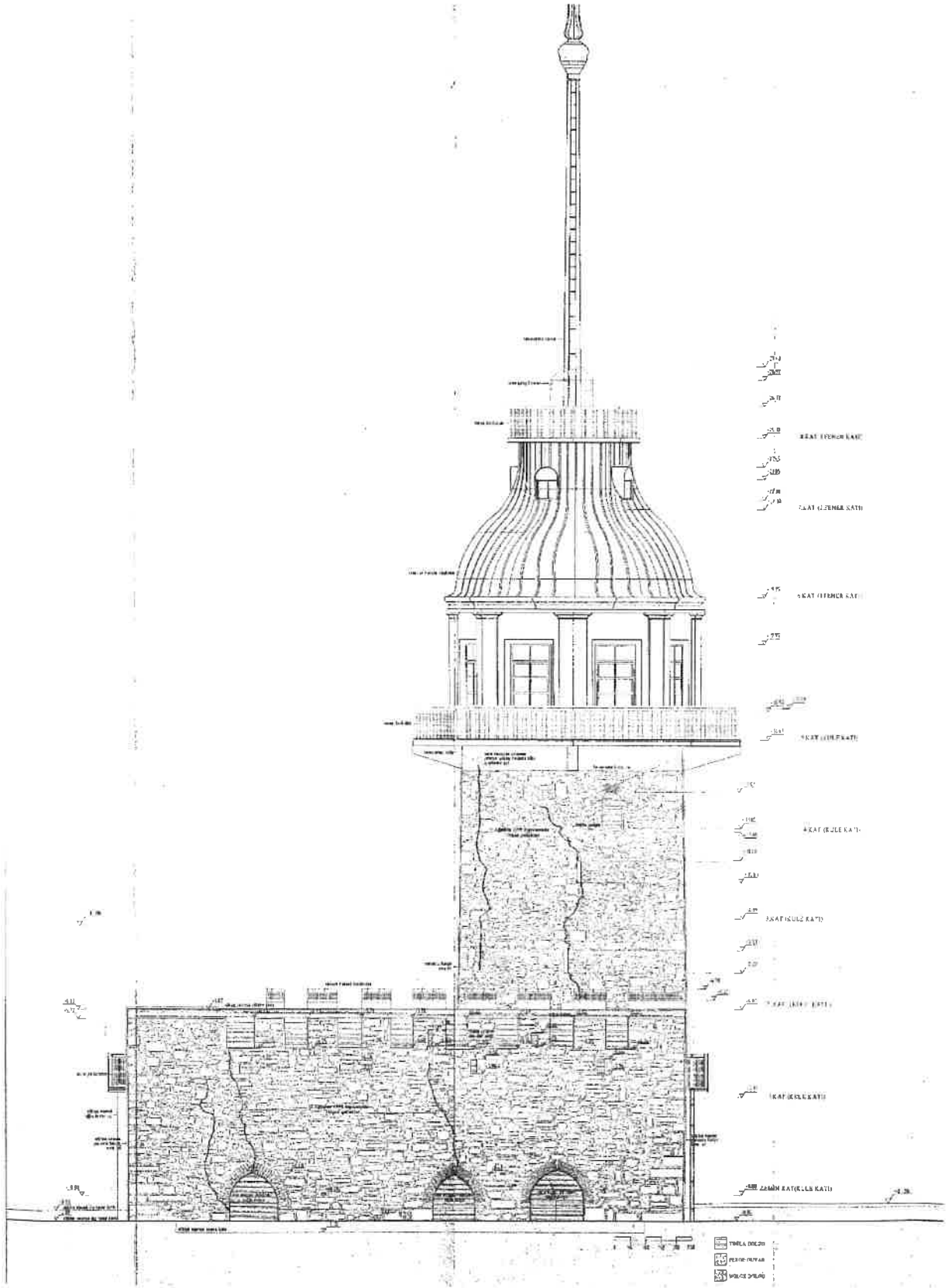


*1999 restorasyonu öncesindeki hasarlar (Kurul Arşivi)*

İstanbul Kız Kulesi  
Taşıyıcı Sistemin Mevcut Durumu Hakkında Teknik Rapor



1999 restorasyonu öncesindeki hasarlar (Kurul Arşivi)



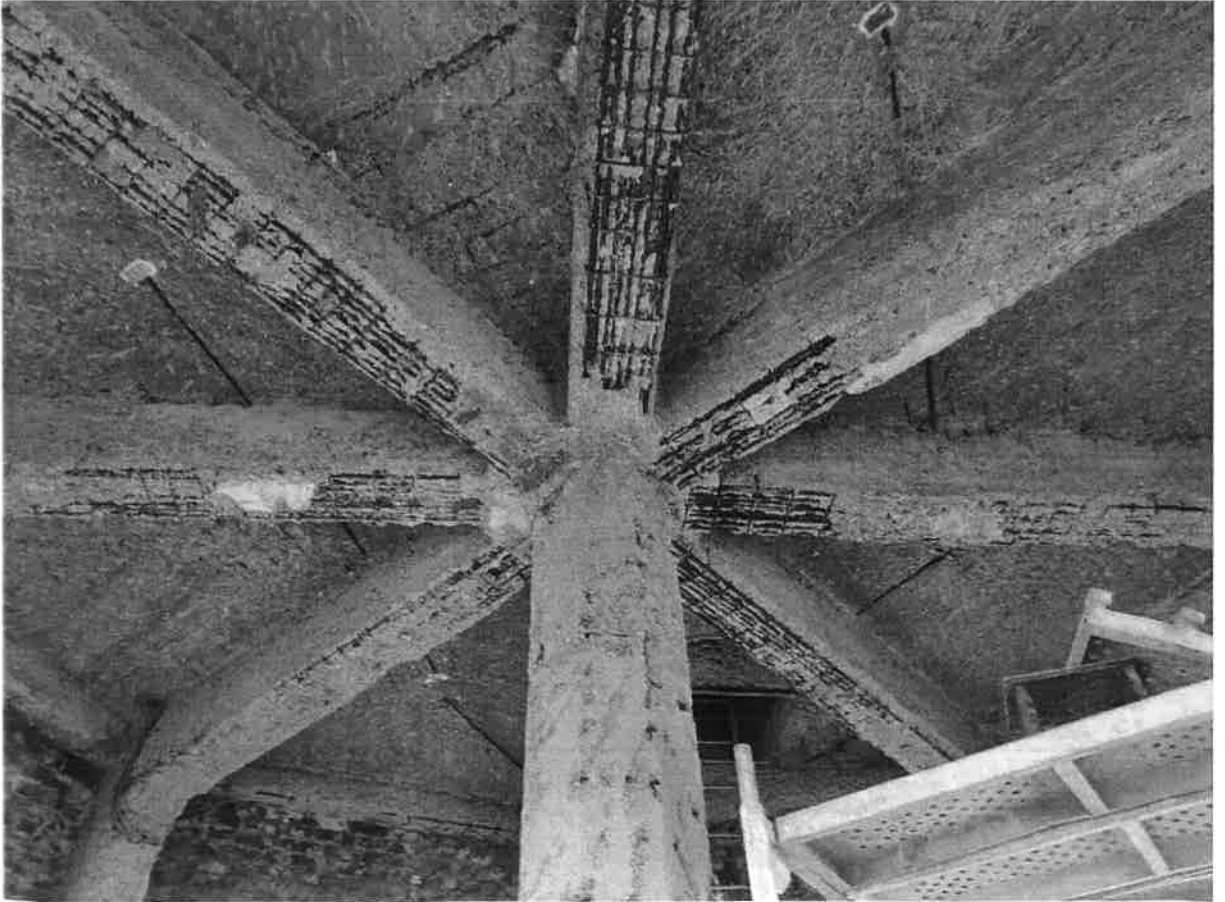
1999 restorasyonu öncesindeki hasarlar (Kurul Arşivi)

#### **4.2 Mevcut Hasarlar**

Yapıda yürütülen onarım çalışmaları kapsamında yapılan incelemelerde özellikle kulenin balkon katı ve sonrasındaki bölümlerde hasarların yoğunlaştığı görülmektedir.

Kulenin balkon katından yukarıda kalan tüm kısımlar, balkonun bulunduğu döşeme dahil olmak üzere betonarme tekniğinde yapılmıştır. Dönemi itibariyle elle hazırlanarak dökülen beton ve nervürlü donatıların kullanıldığı betonarme kolon ve kirişlerin donatılarında yoğun korozyon görülmektedir.

Konumu itibariyle sert iklim şartlarına maruz kalan kulede, yalıtım sorunları ve bakım eksiklikleri sebebiyle betonarme elemanlardaki korozyonunun ileri derecelere ulaştığı, bazı noktalarda kolonlardaki donatıların neredeyse tamamen yok olduğu belirlenmiştir. Bu kısımdaki tuğla örgüler de tamamen çimento bağlayıcı harçlarla yapılmıştır. Yaklaşık 78 yıllık bu bölümünde mevcut durumu değerlendirildiğinde, söz konusu betonarme elemanların ekonomik ömrünü tamamladığı anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, kulenin alt katlarındaki döşemelerin mesnetleri incelendiğinde, korozyon sorunlarıyla birlikte, mesnet detaylarındaki zayıflıklar dikkat çekmektedir.

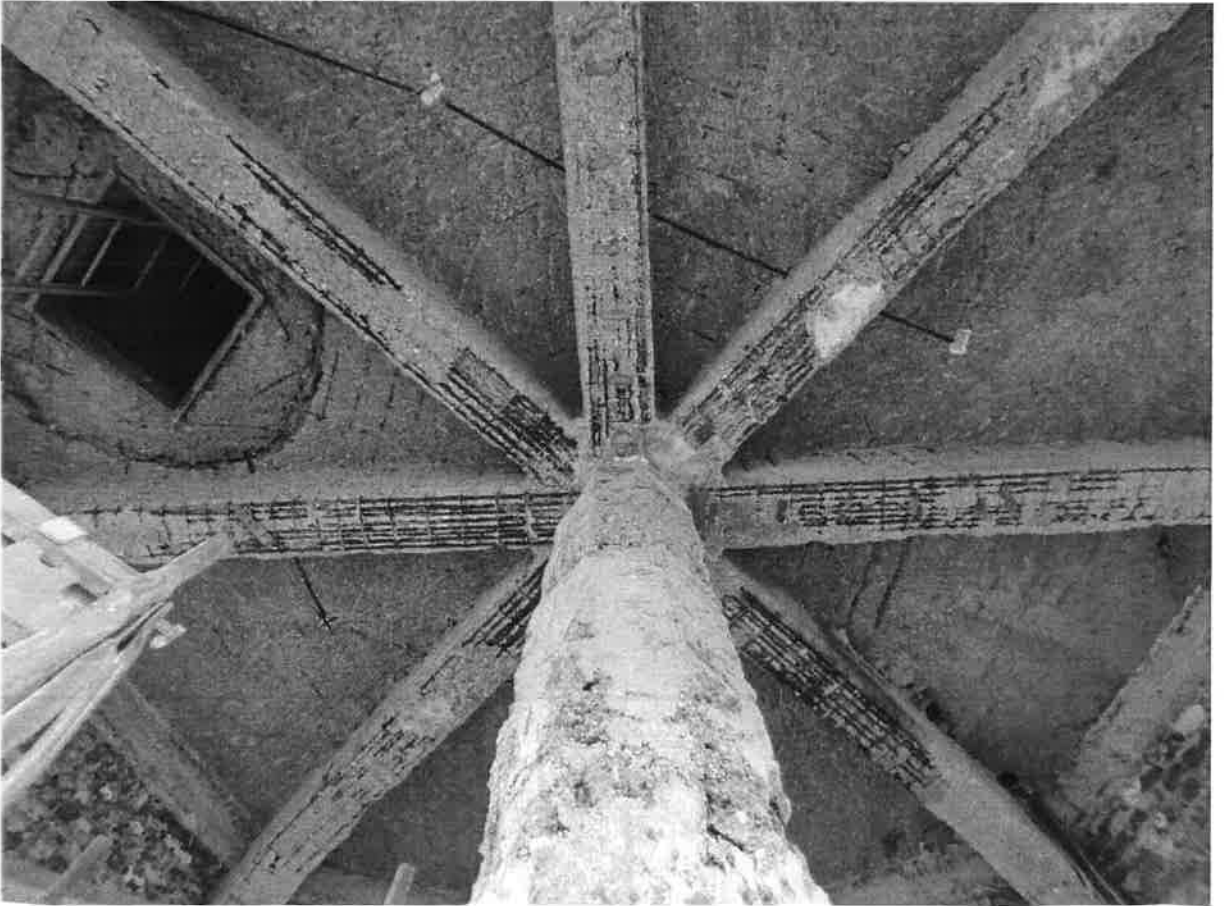


*Balkon katı ortasındaki kolon ile çevredeki kolonları birbirine bağlayan kirişlerdeki korozyon*





*Balkon katı ortasındaki kolon ile çevredeki kolonları birbirine bağlayan kirişlerdeki korozyon*



*Balkon katı ortasındaki kolon ile çevredeki kolonları birbirine bağlayan kirişlerdeki korozyon*

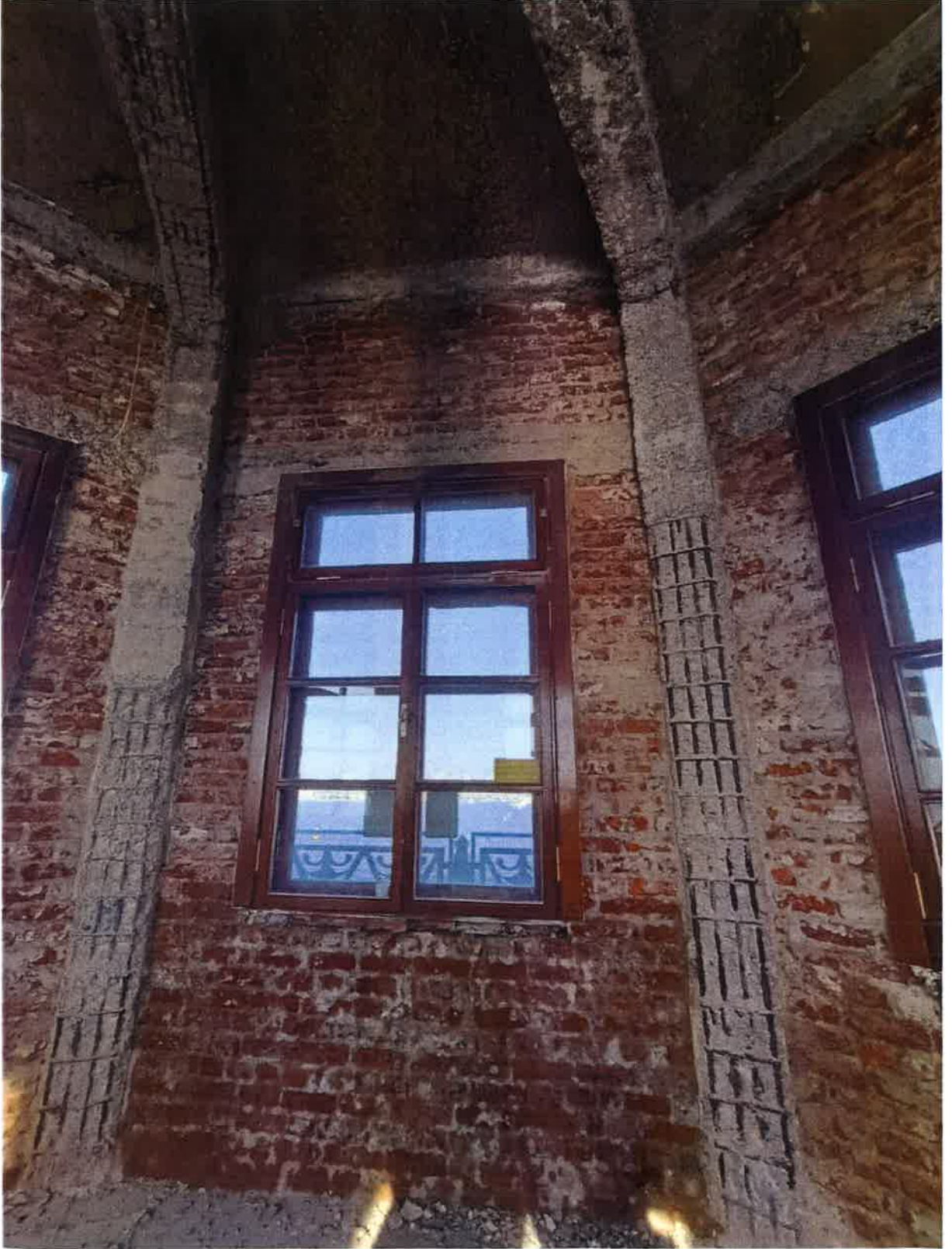


*Balkon katı ortasındaki kolon ile çevredeki kolonların donatılarındaki korozyon*



*Kat döşemelerindeki kirişlerin mesnetleri ve tuğla örgüyle yapılan müdahaleler*





*Balkon katındaki kolon ve kirişler, arasındaki çimento bağlayıcı harçla örülmüş tuğla duvar*



*Balkon katı ortasındaki kolonun oturduğu kirişlerin donatı düzeni ve korozyon*



*Balkon katı ortasındaki kolonun oturduğu kirişlerin donatı düzeni ve korozyon*





*Balkon katı ortasındaki kolonun oturduğu kirişlerin donatı düzeni ve korozyon*



*Balkon katı ortasındaki kolonun oturduğu kirişlerin donatı düzeni ve korozyon*



*Fenerin birinci katındaki betonarme kolon ve kirişler*



*Fenerin birinci katındaki betonarme kolon ve kirişler*





*Fenerin 2. Katı, ortadaki kolon ve kabuğu taşıyan kirişler*

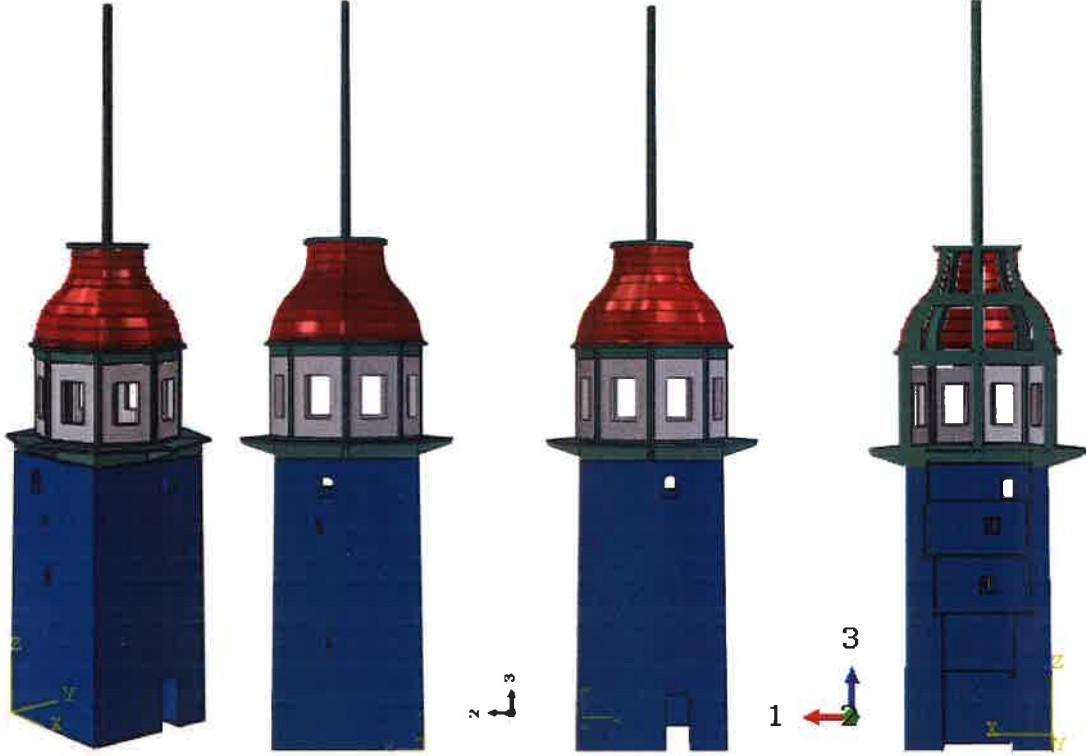


*Fenerin 2. Katı, ortadaki kolon ve kabuğu taşıyan kirişler*

## 5. YAPI ANALİZİ

### 5.1 Sonlu Eleman Modeli

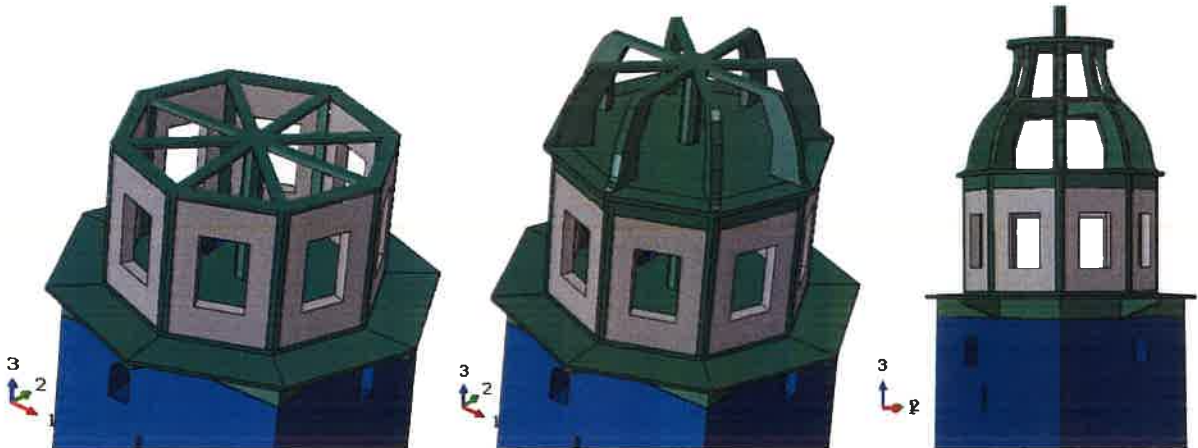
Yapının düşey yükler ile deprem etkileri altındaki analizlerini gerçekleştirmek üzere 3D sonlu elemanlar modeli hazırlanmış ve analizler gerçekleştirilmiştir.



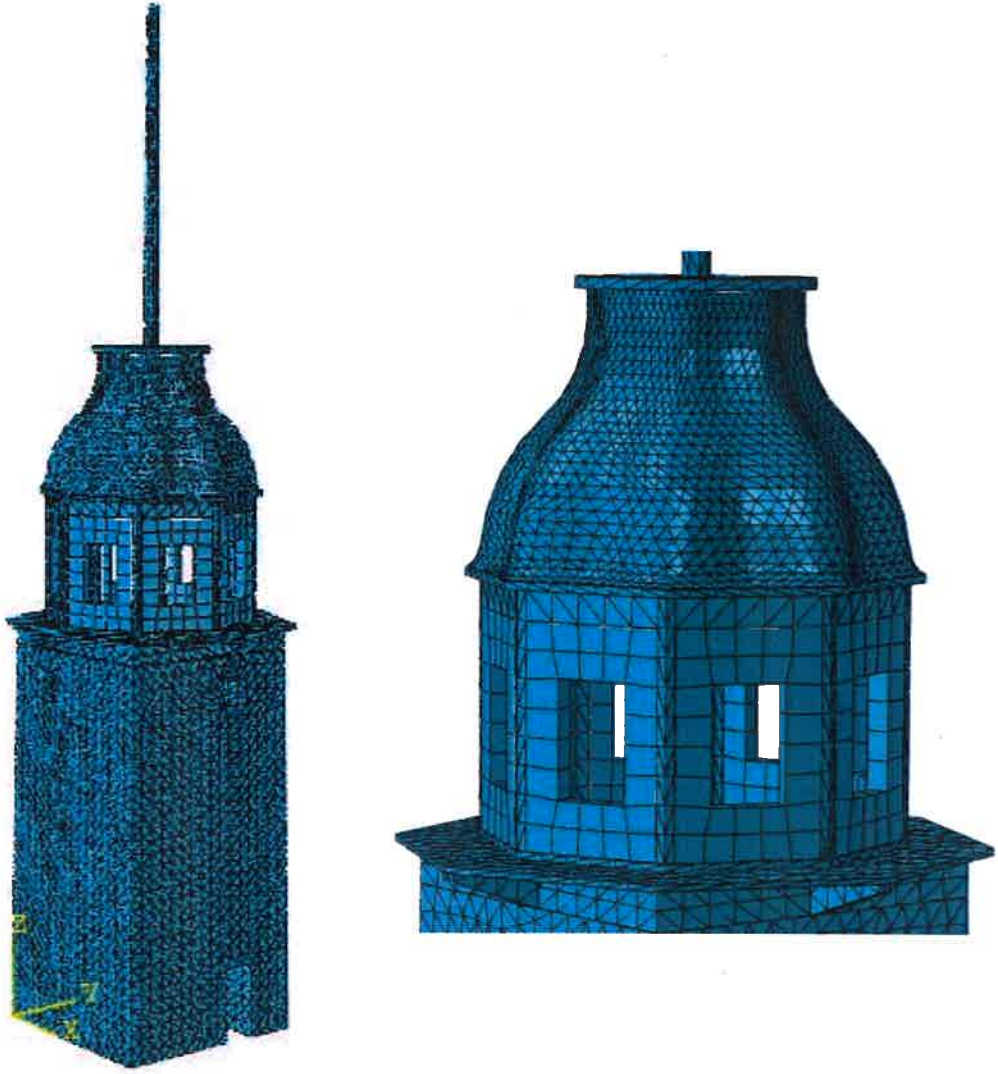
*Modelden Görünüşler*



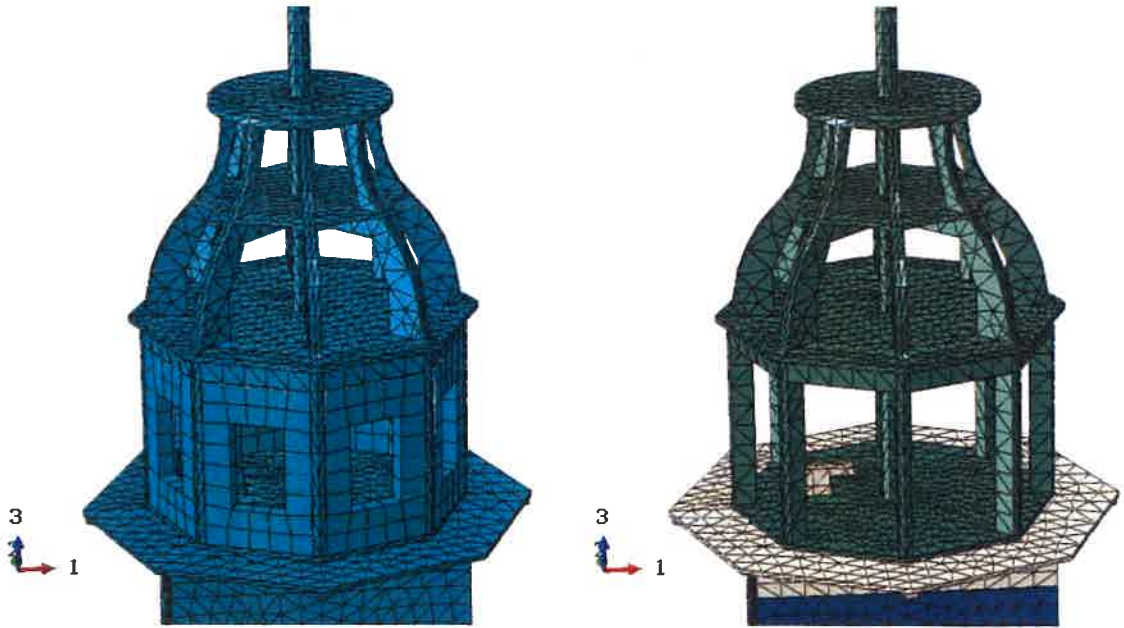
*Modelin çeşitli bölümlerinden görüntüler*



*Modelin çeşitli bölümlerinden görüntüler*



*Modelin çeşitli bölümlerinden görüntüler ve mesh düzeni*



*Modelin çeşitli bölümlerinden görüntüler ve mesh düzeni*



## 5.2 Yükler ve Yükleme Kombinasyonları

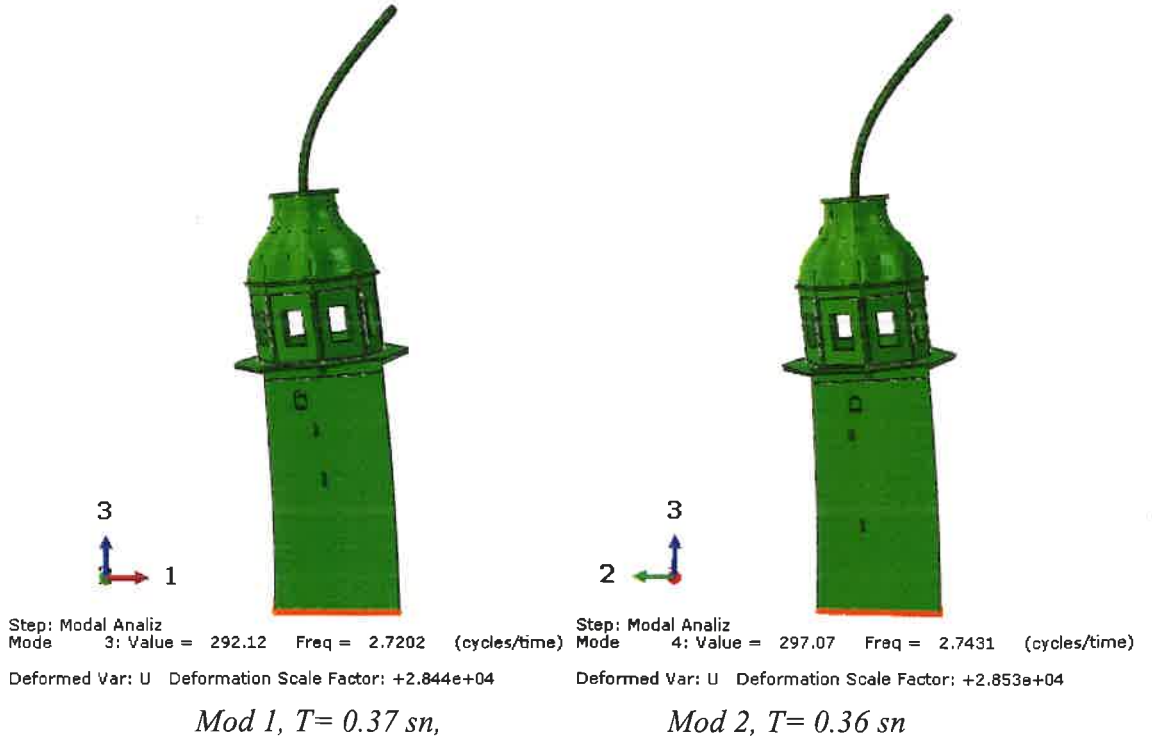
Yapının sonlu eleman modeli üzerinde yürütülen statik ve dinamik analizlerde aşağıdaki yükler ve yükleme kombinasyonları kullanılmıştır. Yükleme zarfı olan ENV kombinasyonu, tanımlanmış olan diğer kombinasyonların maksimum ve minimum değerlerini her nokta için hesaplayarak, en elverişsiz değerlerin elde edilmesini sağlamaktadır.

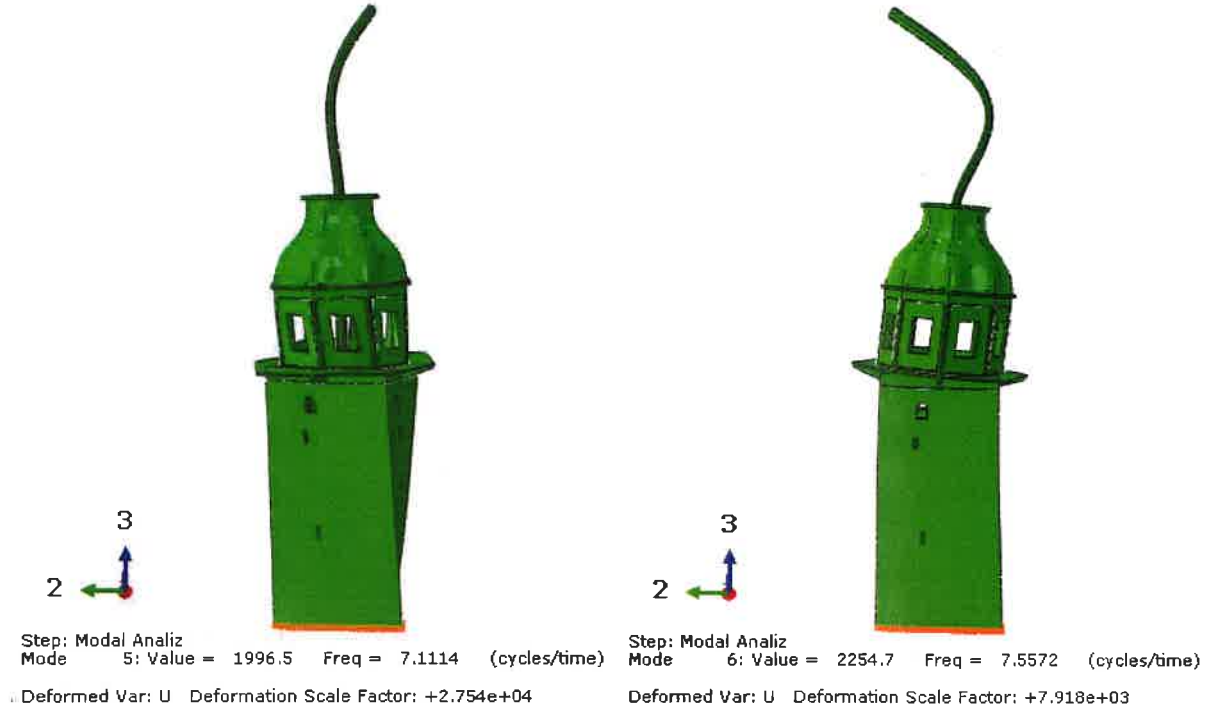
### Yükler ve Yükleme Kombinasyonları

Düşey = Zati (ölü) Yükler	$G$ : Geometriden hesaplanmaktadır.
Hareketli Yükler	$Q$ : $500 \text{ kg/m}^2$
Düşey + Deprem Yükleri	$G + E_x + 0.30E_y$
Düşey + Deprem Yükleri	$G + E_y + 0.30E_x$

## 5.3 Modal Analiz

Yapının hazırlanan sonlu eleman modeli üzerinde serbest titreşim durumunu belirlemeye yönelik modal analiz gerçekleştirilmiş, yapının hâkim modlarına ait periyotlar hesaplanarak aşağıdaki şekillerde mod şekilleriyle birlikte verilmiştir.

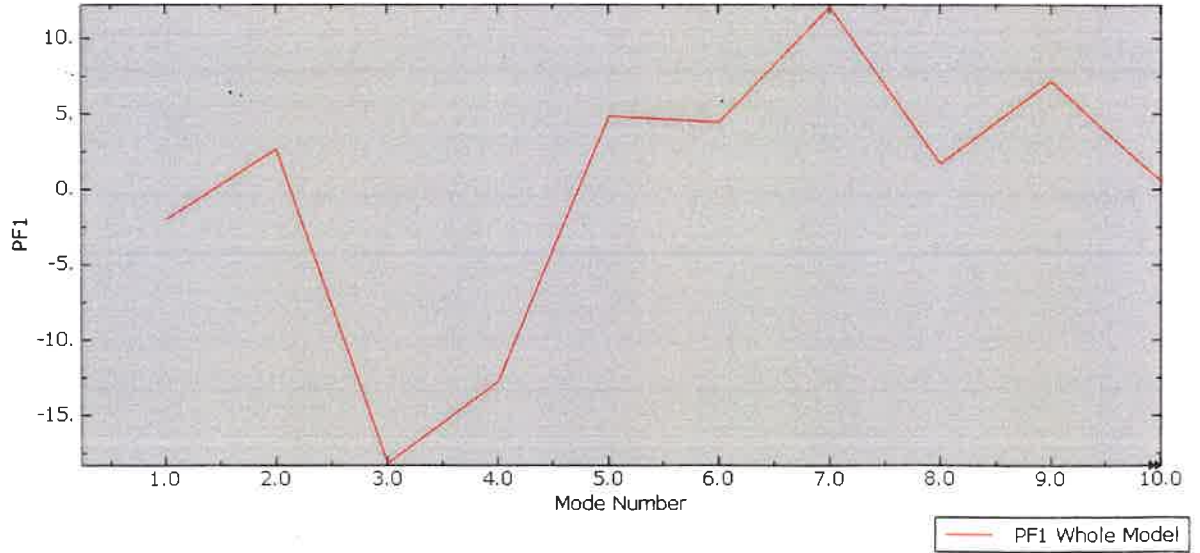




*Mod 3,  $T = 0.14$  sn,*

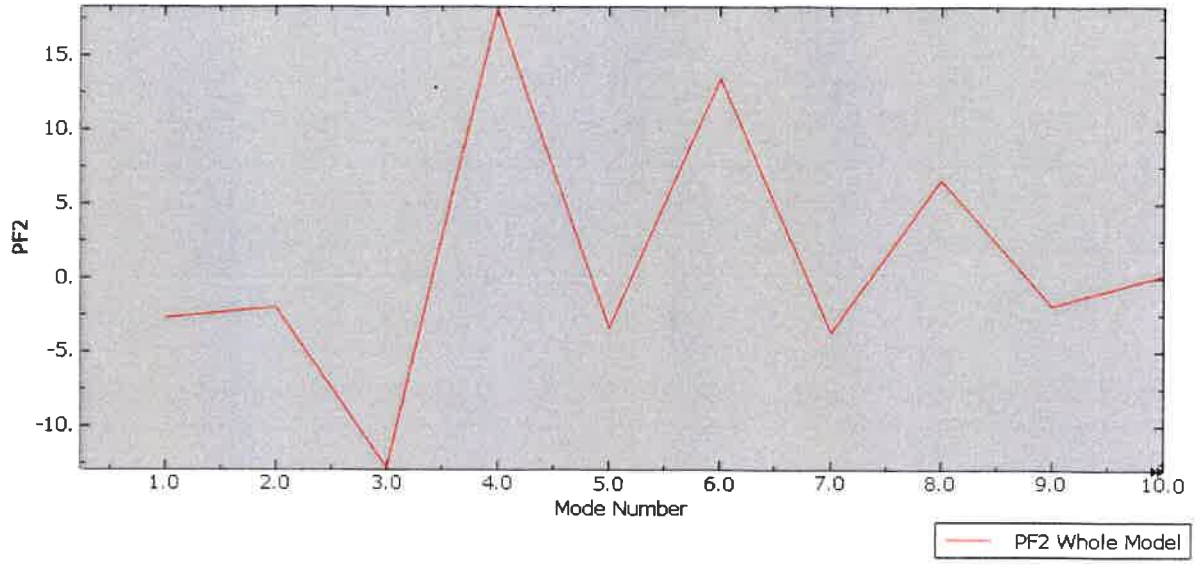
*Mod 4,  $T = 0.13$  sn*

Aşağıda yer alan grafiklerde modlar ve karşılık gelen kütle katılım oranları için verilmiştir.



*Modal Kütle Katılım Oranları - X*





*Modal Kütle Katılım Oranları - Y*

#### 5.4 Statik ve Dinamik Analiz

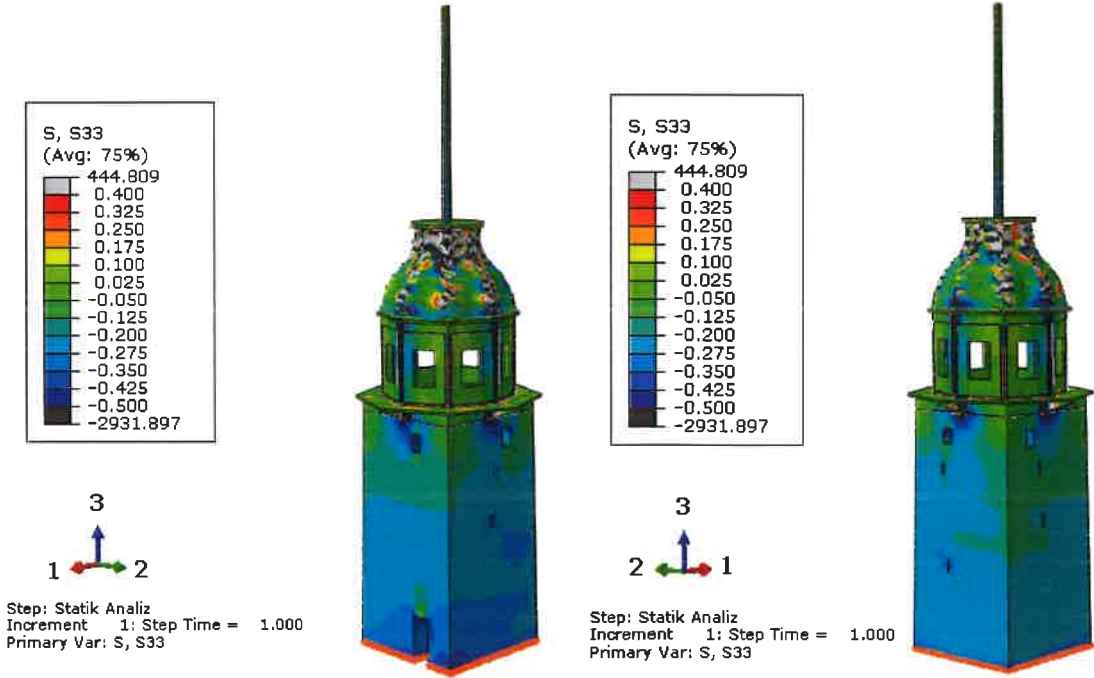
Yapının 3D sonlu eleman modeli üzerinde yapılan analizlerin sonuçları ilerleyen bölümlerde sırasıyla verilmiştir. Bu çerçevede, öncelikle, yapının düşey yükler altındaki davranışı incelenmiş, daha sonra da her iki doğrultudaki depremlerde meydana gelen etkiler irdelenmiştir.

Statik ve dinamik analizler sonucunda ortaya çıkan etkiler grafiklerle gösterilmiş, ortaya çıkan gerilme değerleri de grafiklerin altında verilmiştir.

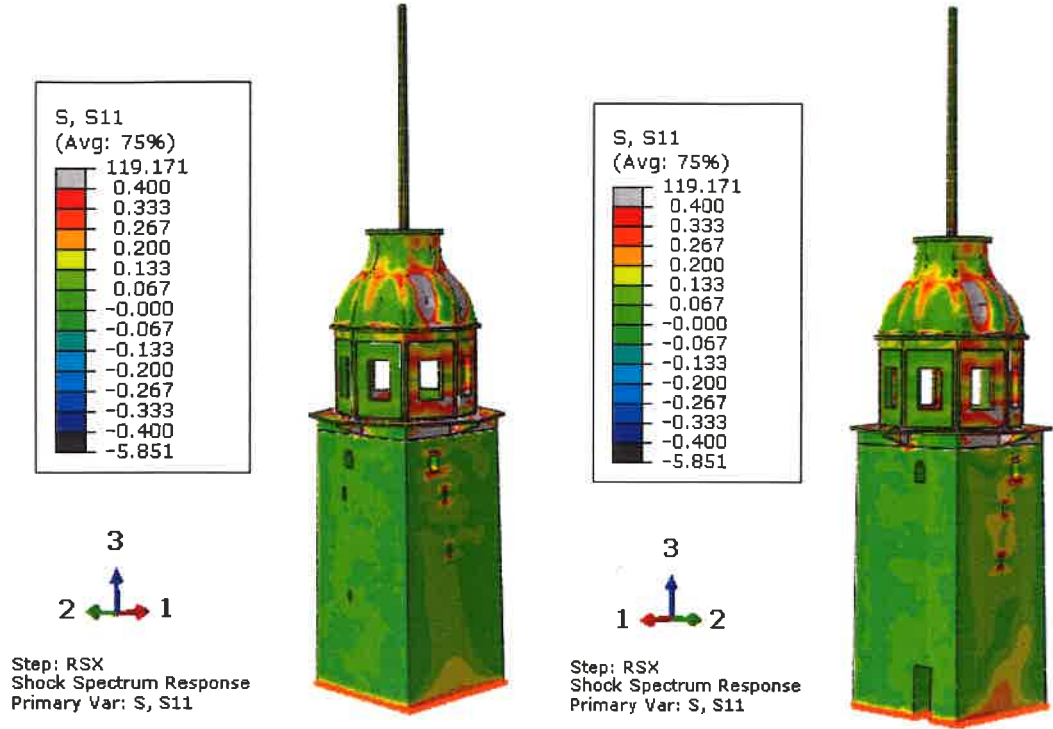
Analiz sonuçlarının verildiği grafiklerde S11, X eksenini doğrultusundaki depremlerde X eksenini doğrultusundaki gerilmeler, S22 Y eksenini doğrultusundaki depremlerde Y eksenini doğrultusundaki gerilmeler, S33 ise düşey doğrultudaki normal gerilmelerdir. Bu gerilmelerde negatif değerler basınç, pozitif değerler ise çekme gerilmelerini ifade etmektedir.

Normal gerilmelere ek olarak, ilgili deprem etkisinde ortaya çıkan kayma gerilmeleri de grafiklerde verilmiştir. Bu gerilmelerden S12, S13 ve S23 kayma gerilmeleridir.

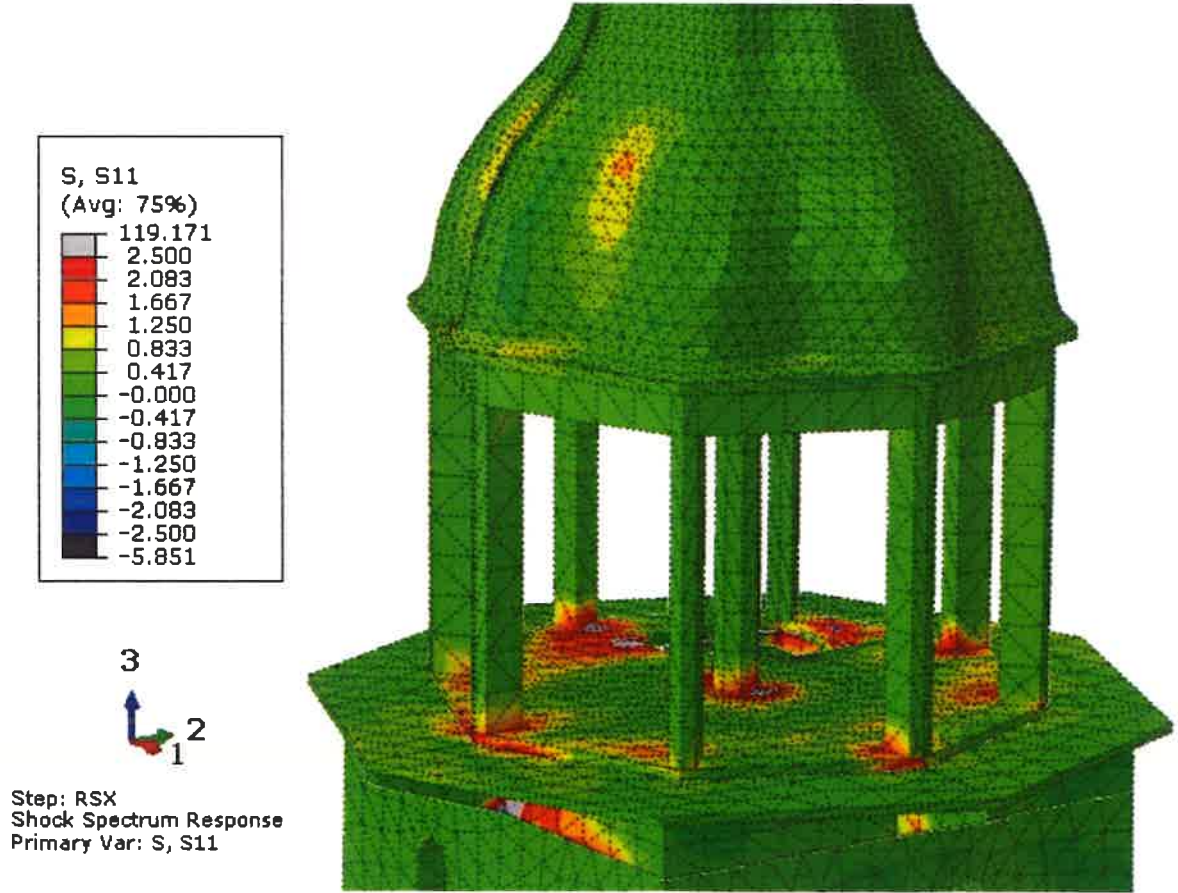
#### 5.5.1 Düşey Yükler Altında Analiz



### 5.5.2 Deprem Analizi S11

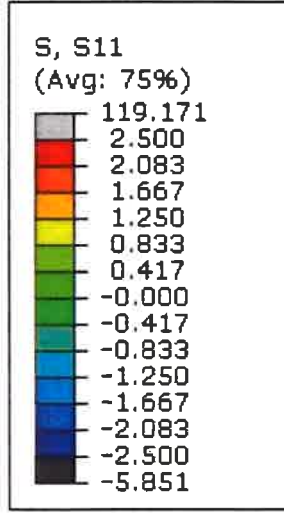


*Genel Gerilme Dağılımı (N/mm<sup>2</sup>)*



*Balkon Katında Gerilme Dağılımı (N/mm<sup>2</sup>)*

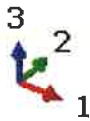
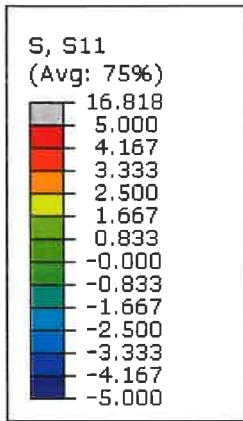




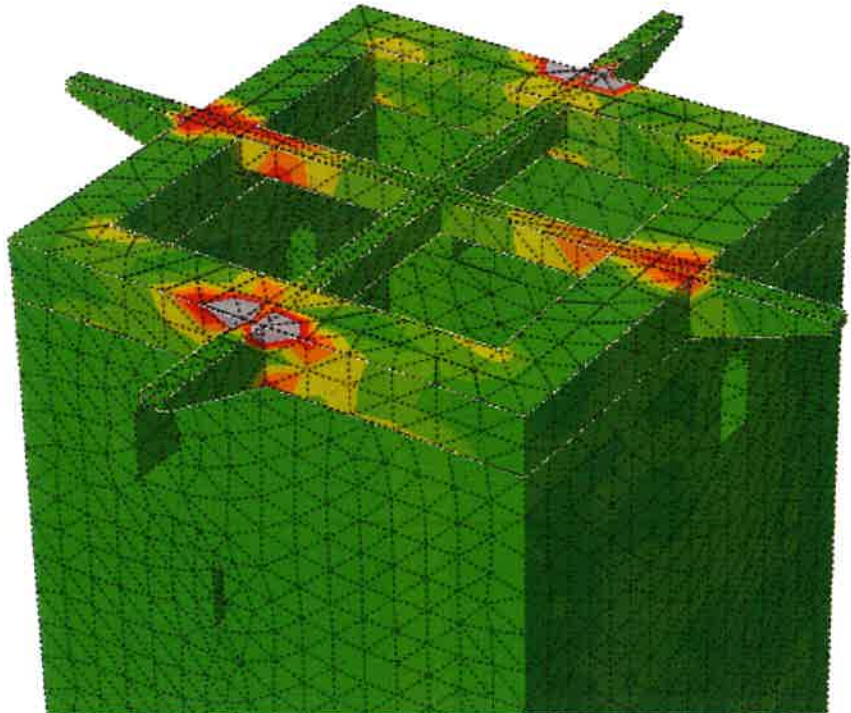
Step: RSX  
Shock Spectrum Response  
Primary Var: S, S11



*Fener Katlarında Gerilme Dağılımı (N/mm<sup>2</sup>)*



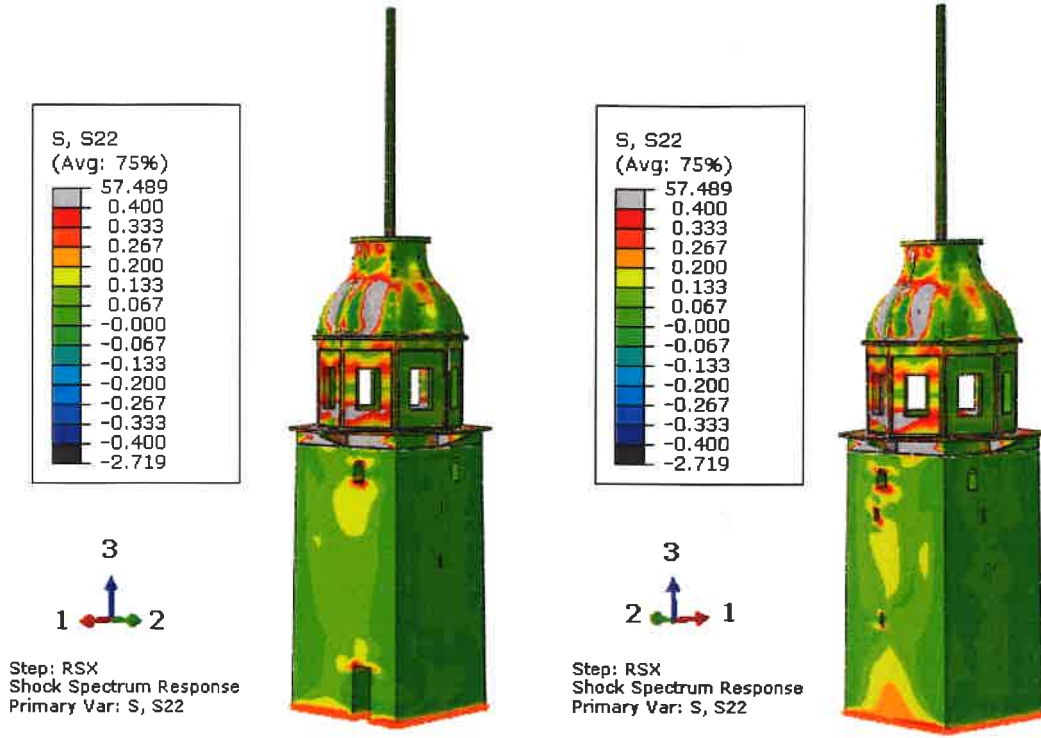
Step: RSX  
Shock Spectrum Response  
Primary Var: S, S11



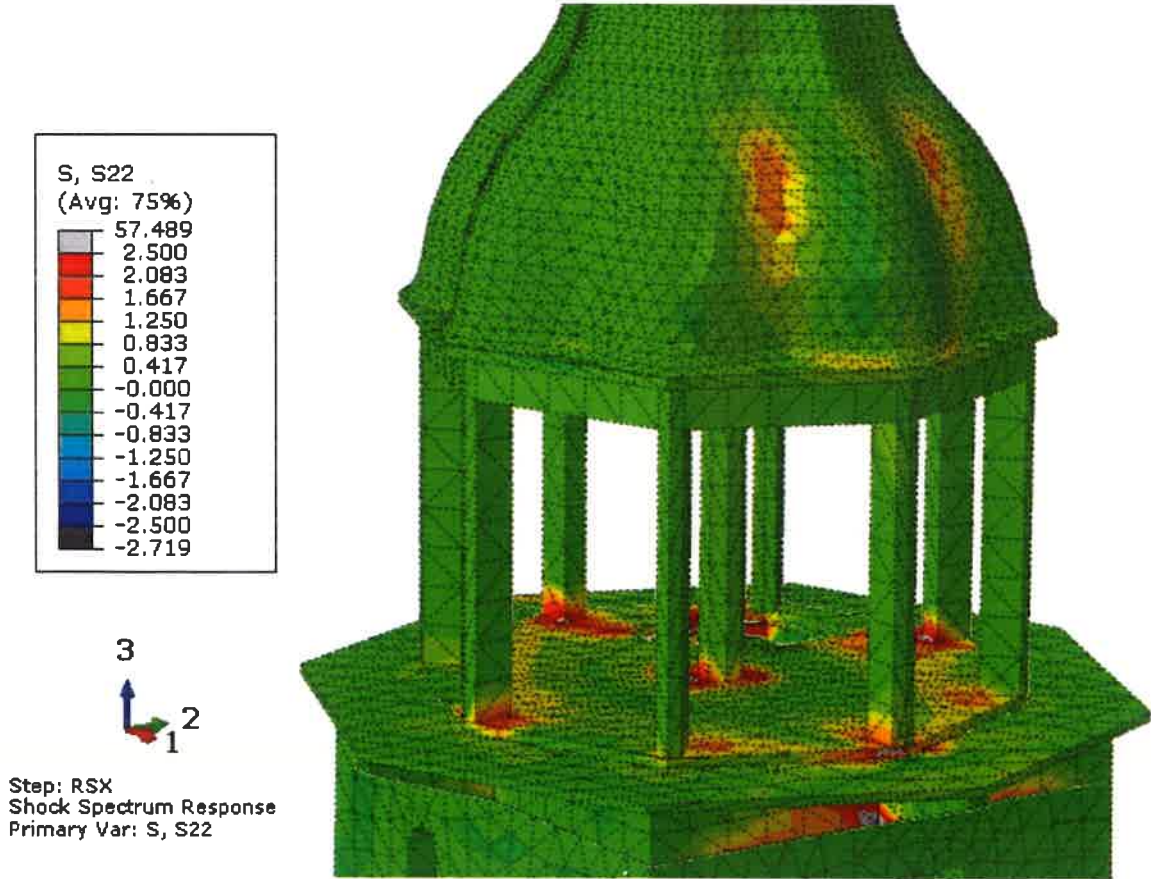
*Kasnak ve Kirişlerde Gerilme Dağılımı (N/mm<sup>2</sup>)*



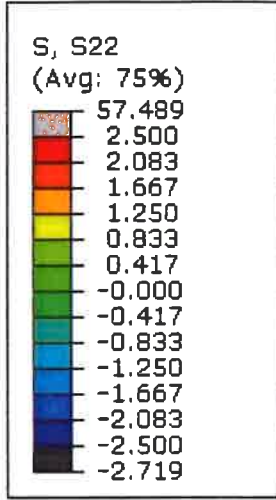
S22



*Genel Gerilme Dağılımı (N/mm<sup>2</sup>)*



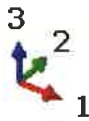
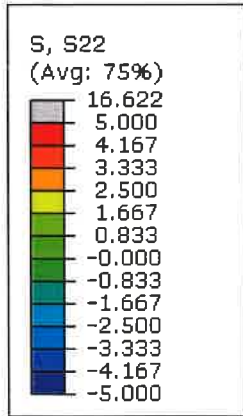
*Balkon Katında Gerilme Dağılımı (N/mm<sup>2</sup>)*



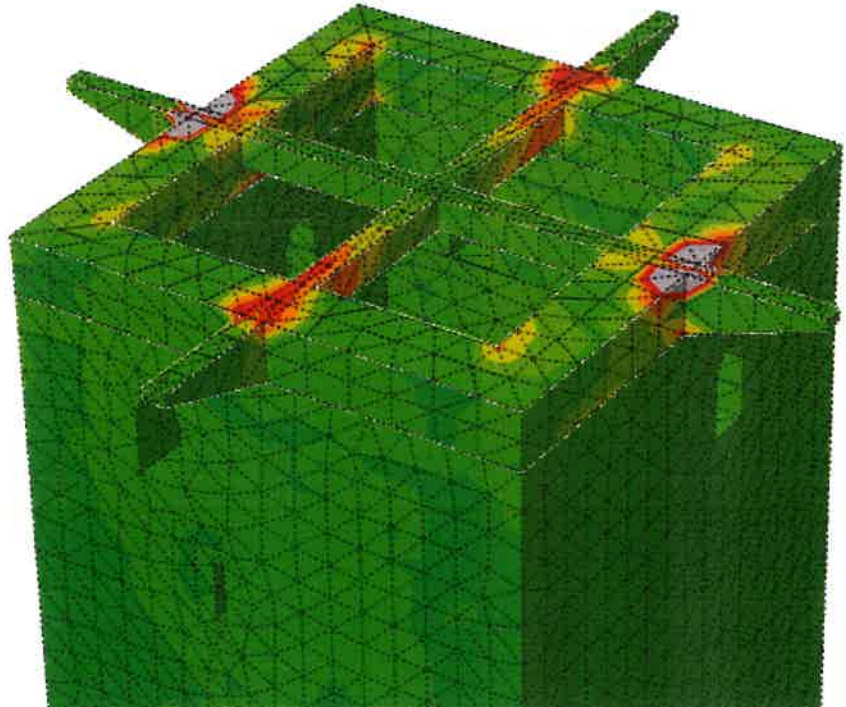
Step: RSX  
Shock Spectrum Response  
Primary Var: S, S22



Fener Katlarında Gerilme Dağılımı (N/mm<sup>2</sup>)



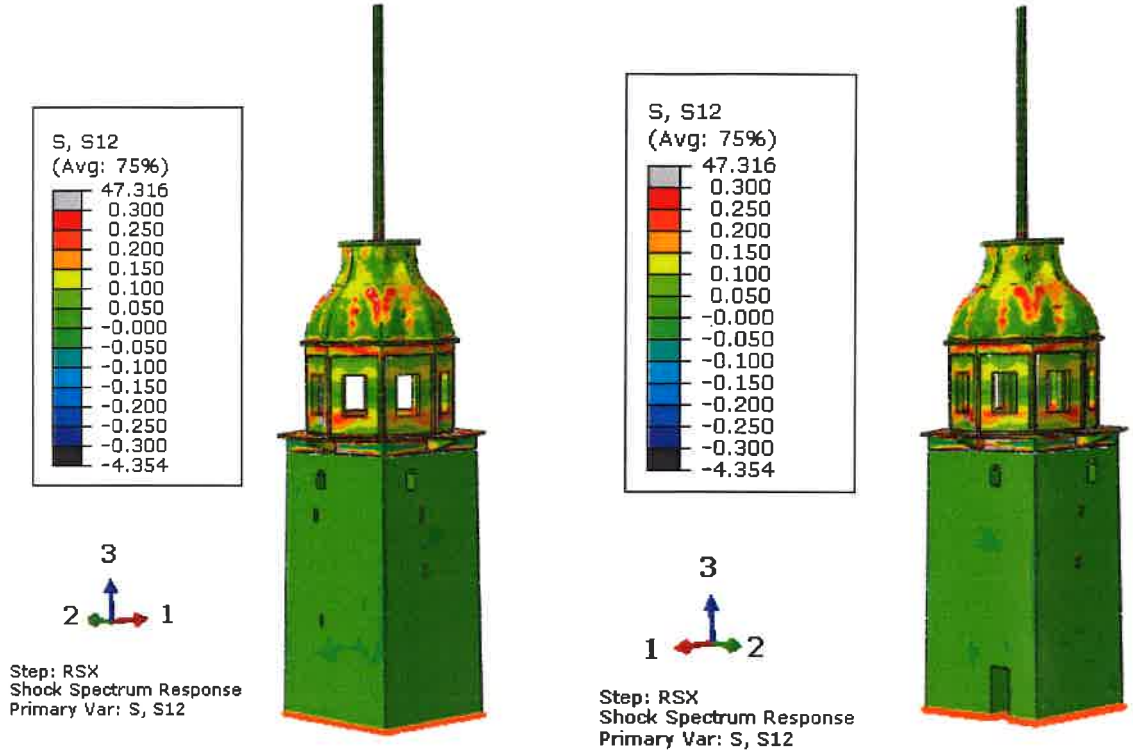
Step: RSY  
Shock Spectrum Response  
Primary Var: S, S22



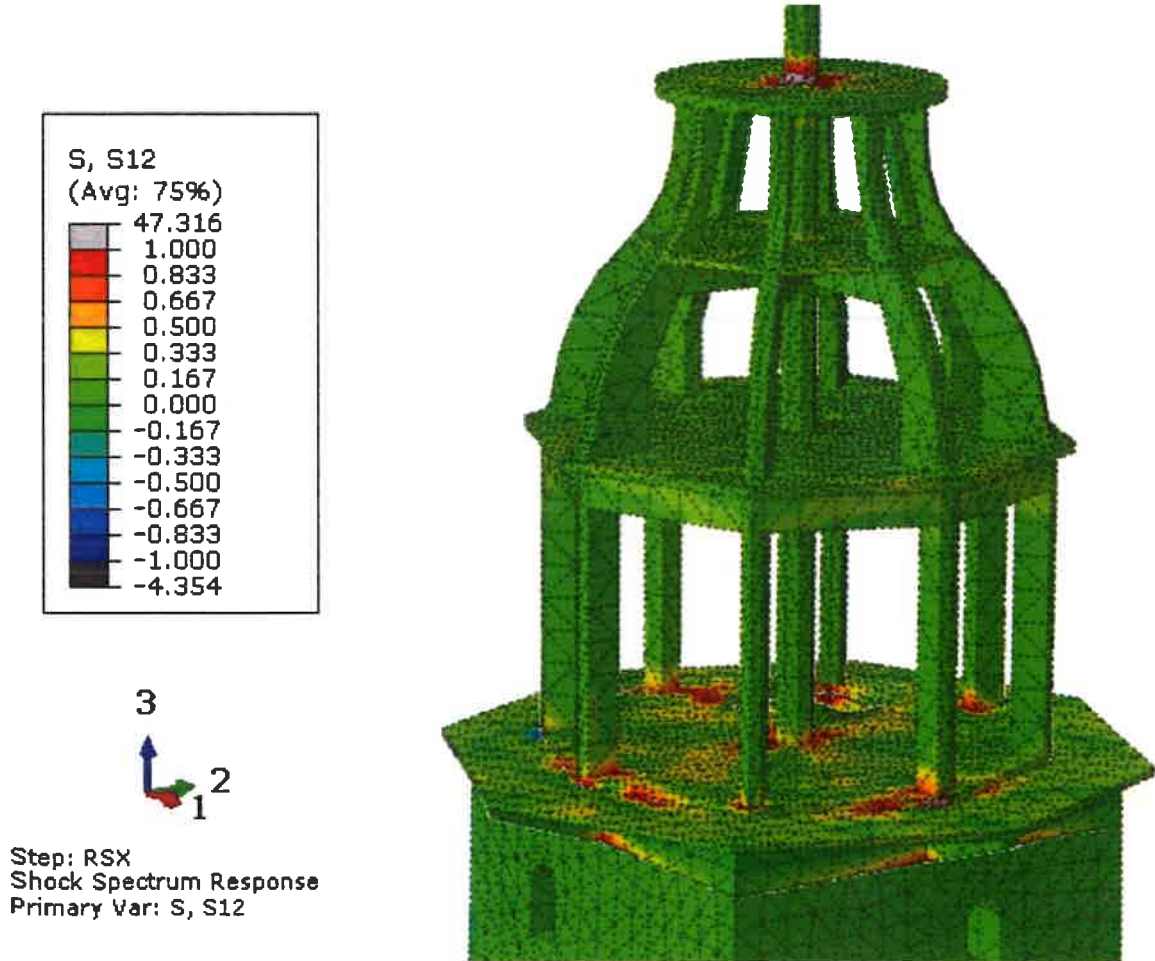
Kasnak ve Kirişlerde Gerilme Dağılımı (N/mm<sup>2</sup>)



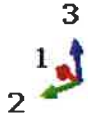
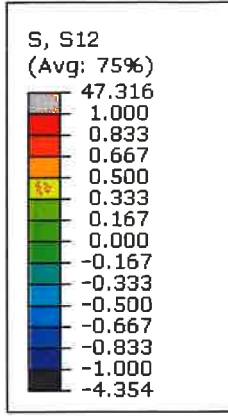
S12



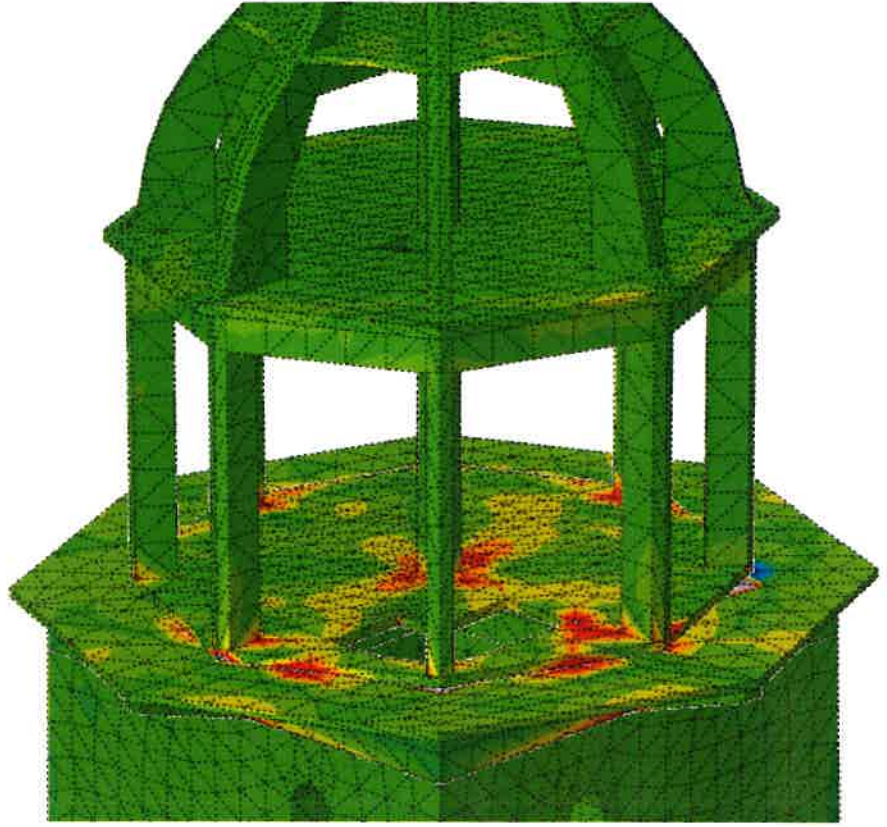
*Genel Gerilme Dağılımı (N/mm<sup>2</sup>)*



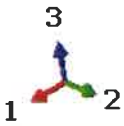
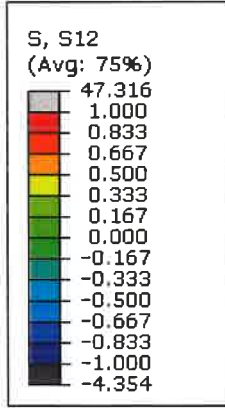
*Fener Katlarında Gerilme Dağılımı (N/mm<sup>2</sup>)*



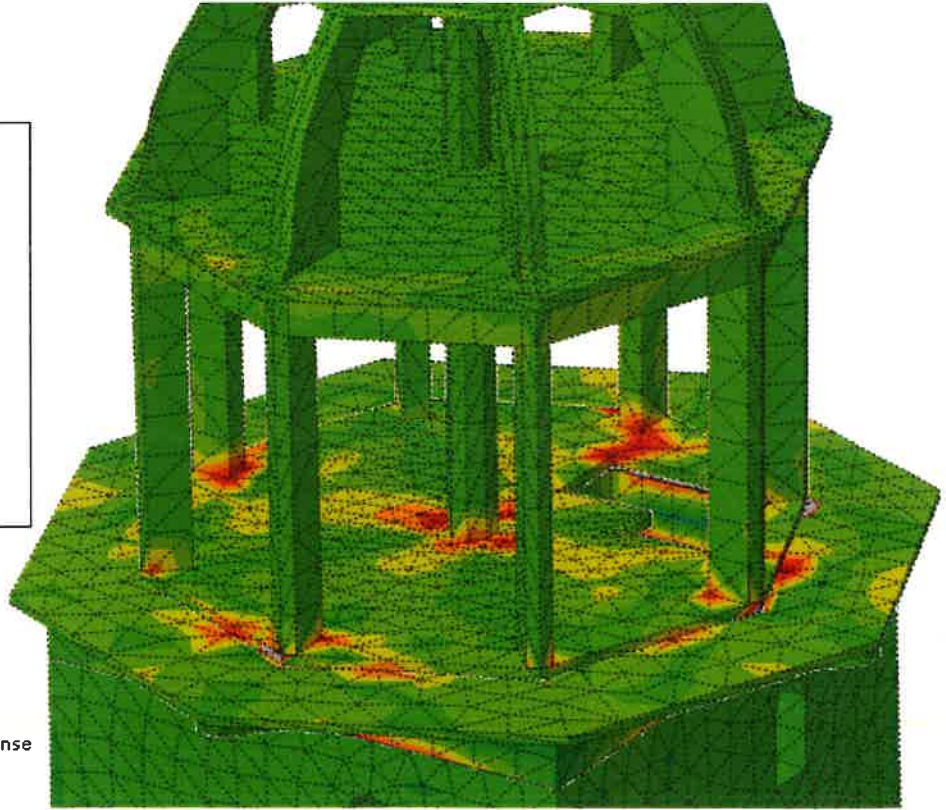
Step: RSX  
Shock Spectrum Response  
Primary Var: S, S12



Balkon Katında Gerilme Dağılımı (N/mm<sup>2</sup>)

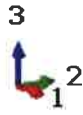
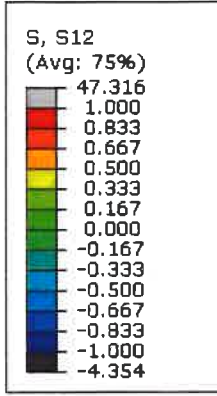


Step: RSX  
Shock Spectrum Response  
Primary Var: S, S12



Balkon Katında Gerilme Dağılımı (N/mm<sup>2</sup>)

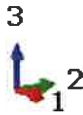
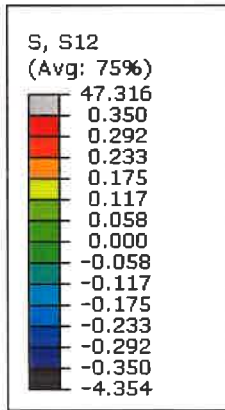




Step: RSX  
Shock Spectrum Response  
Primary Var: S, S12



*Balkon Katında Gerilme Dağılımı (N/mm<sup>2</sup>)*

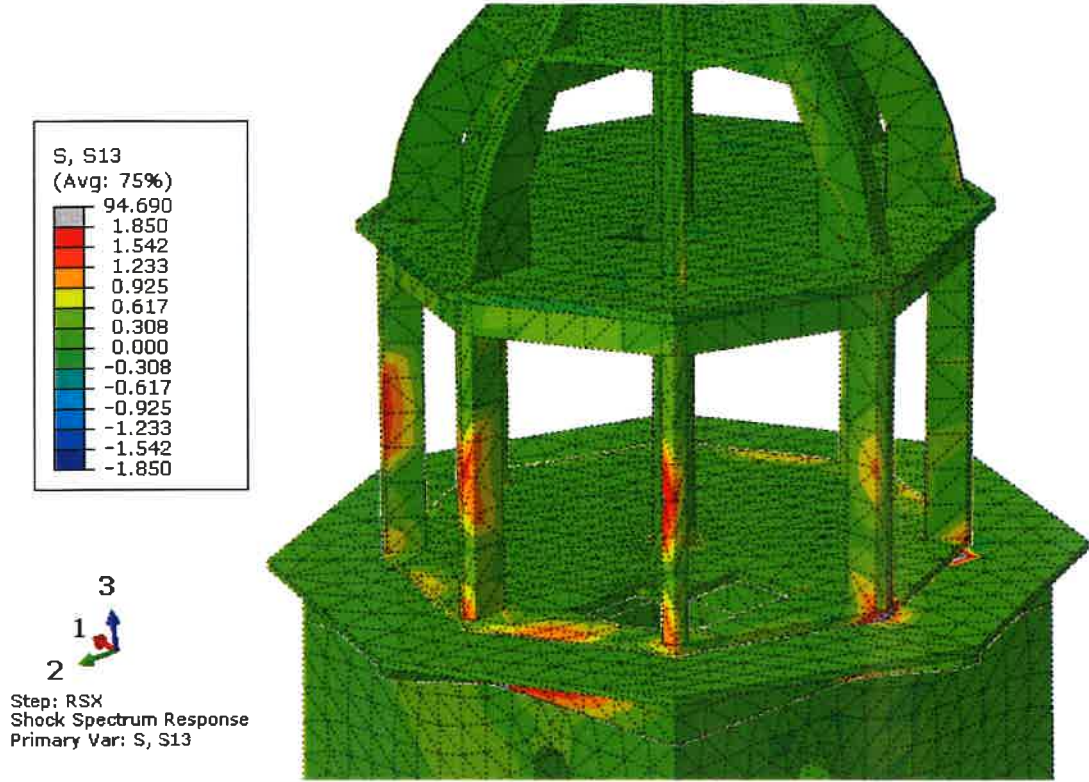


Step: RSX  
Shock Spectrum Response  
Primary Var: S, S12

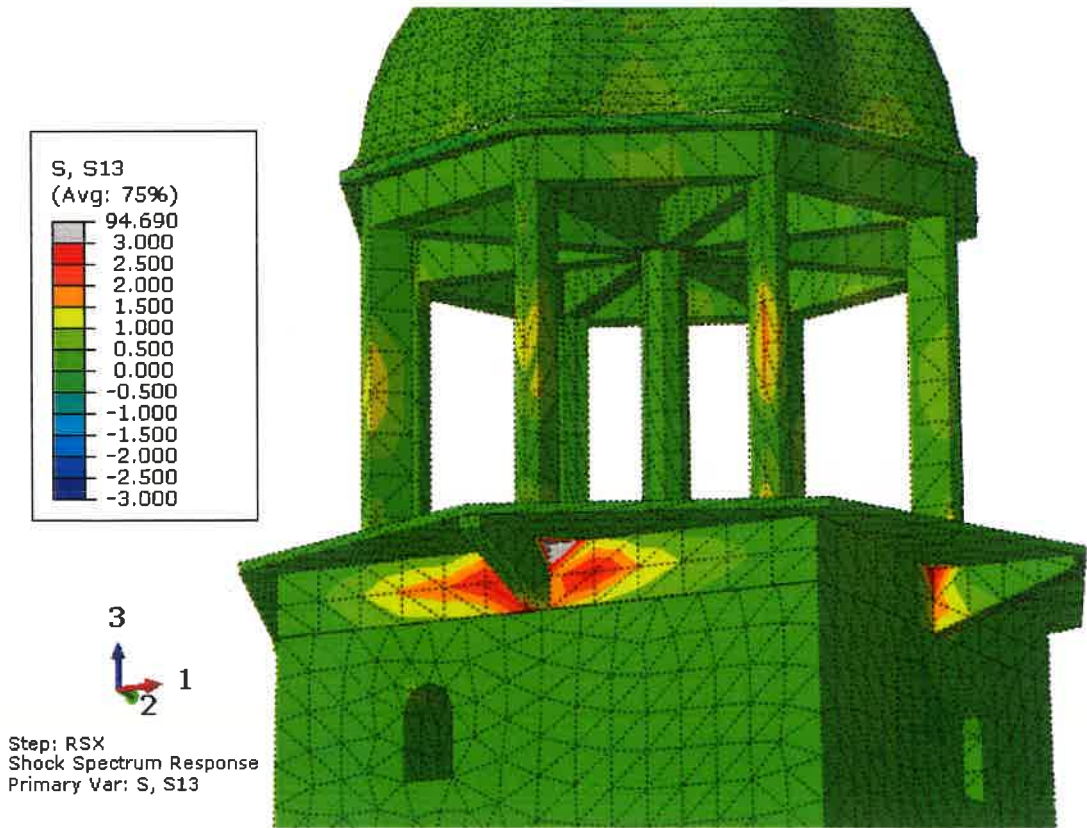


*Fener Katlarındaki Kolon, Kiriş ve Döşemelerdeki Gerilme Dağılımı (N/mm<sup>2</sup>)*

S13

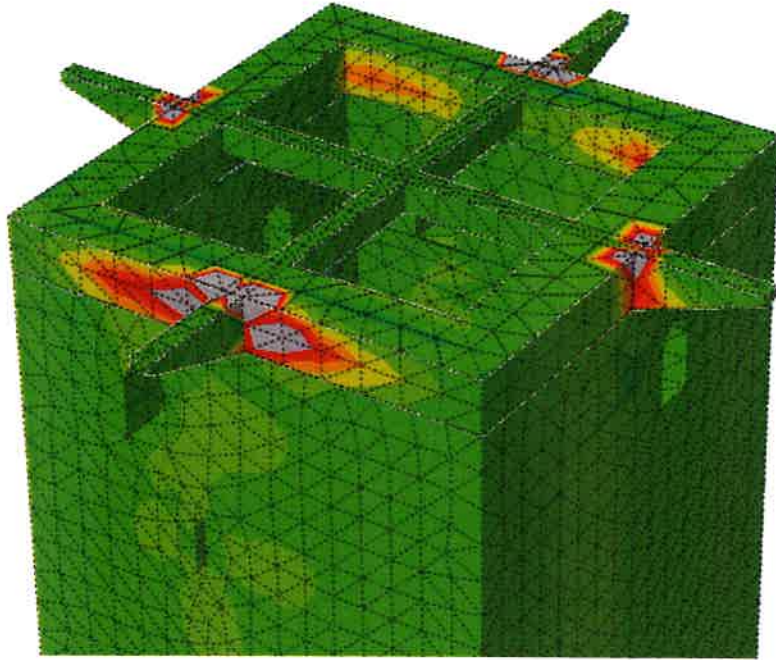
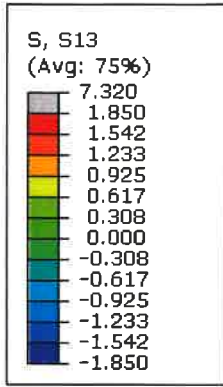


Balkon Katında Gerilme Dağılımı ( $N/mm^2$ )



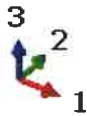
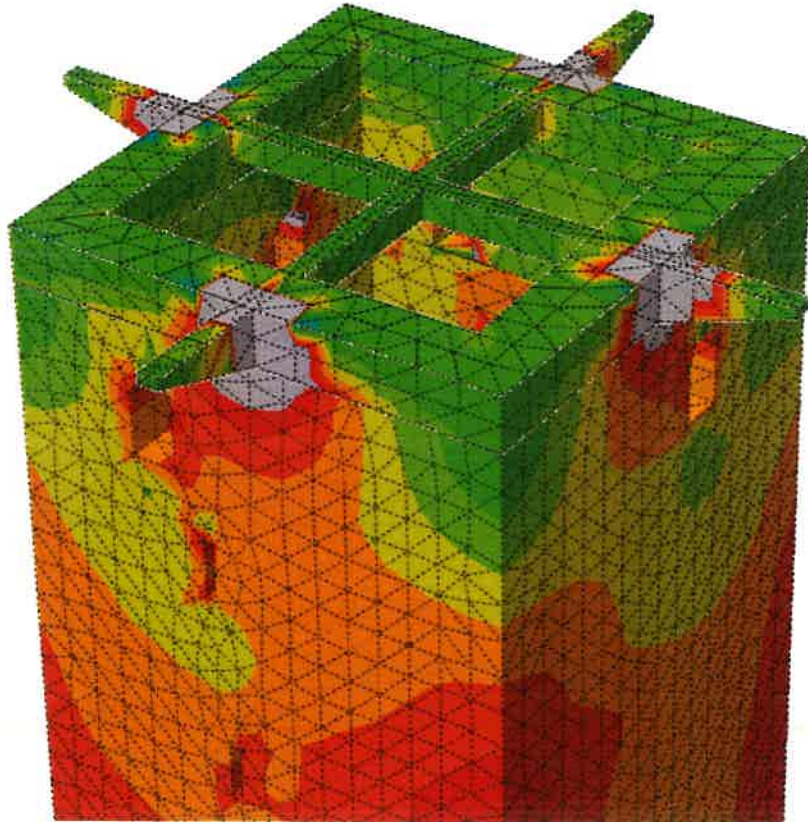
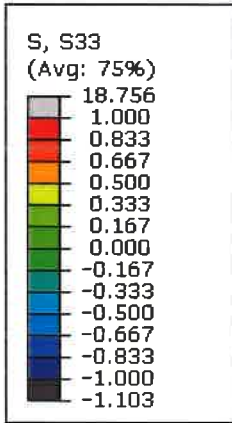
Balkon Katında ve Kasnak Kirişlerindeki Gerilme Dağılımı ( $N/mm^2$ )





Step: RSX  
Shock Spectrum Response  
Primary Var: S, S13

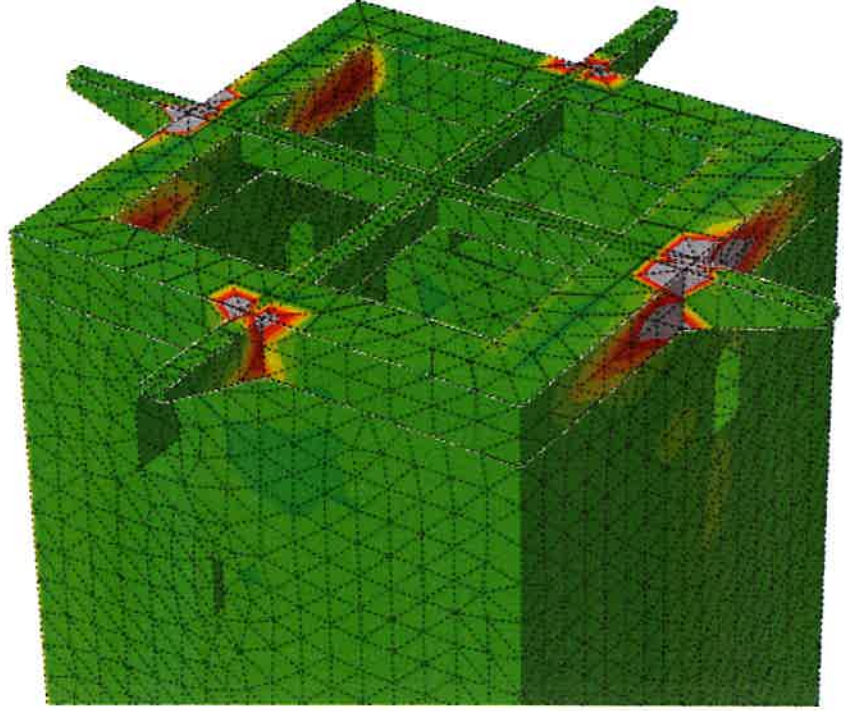
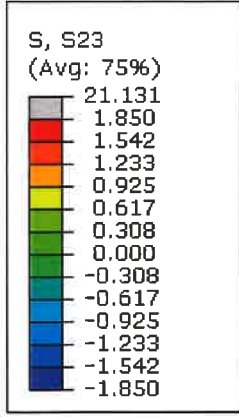
*Balkon Katındaki Kasnak Kirişlerindeki Gerilme Dağılımı (N/mm<sup>2</sup>)*



Step: RSY  
Shock Spectrum Response  
Primary Var: S, S33

*Kasnak ve Kirişlerdeki Gerilmeler (N/mm<sup>2</sup>)*

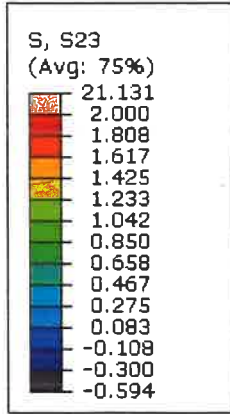
S23



3  
2  
1

Step: RSX  
Shock Spectrum Response  
Primary Var: S, S23

Kasnak ve Kirişlerdeki Gerilmeler (N/mm<sup>2</sup>)



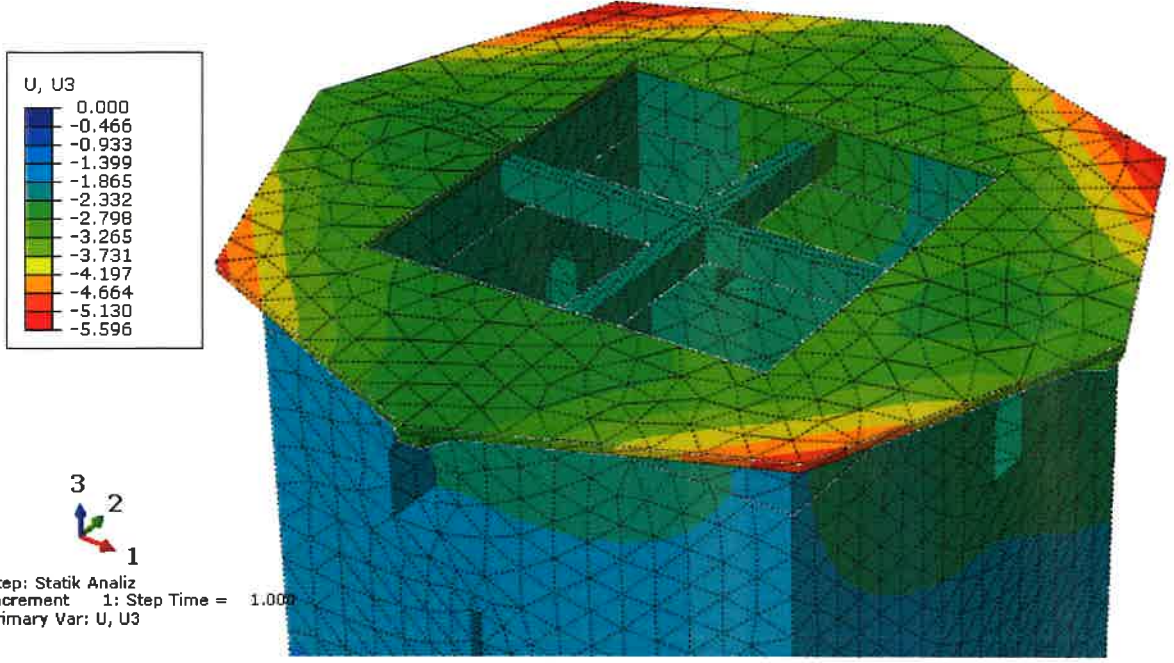
3  
2  
1

Step: RSX  
Shock Spectrum Response  
Primary Var: S, S23

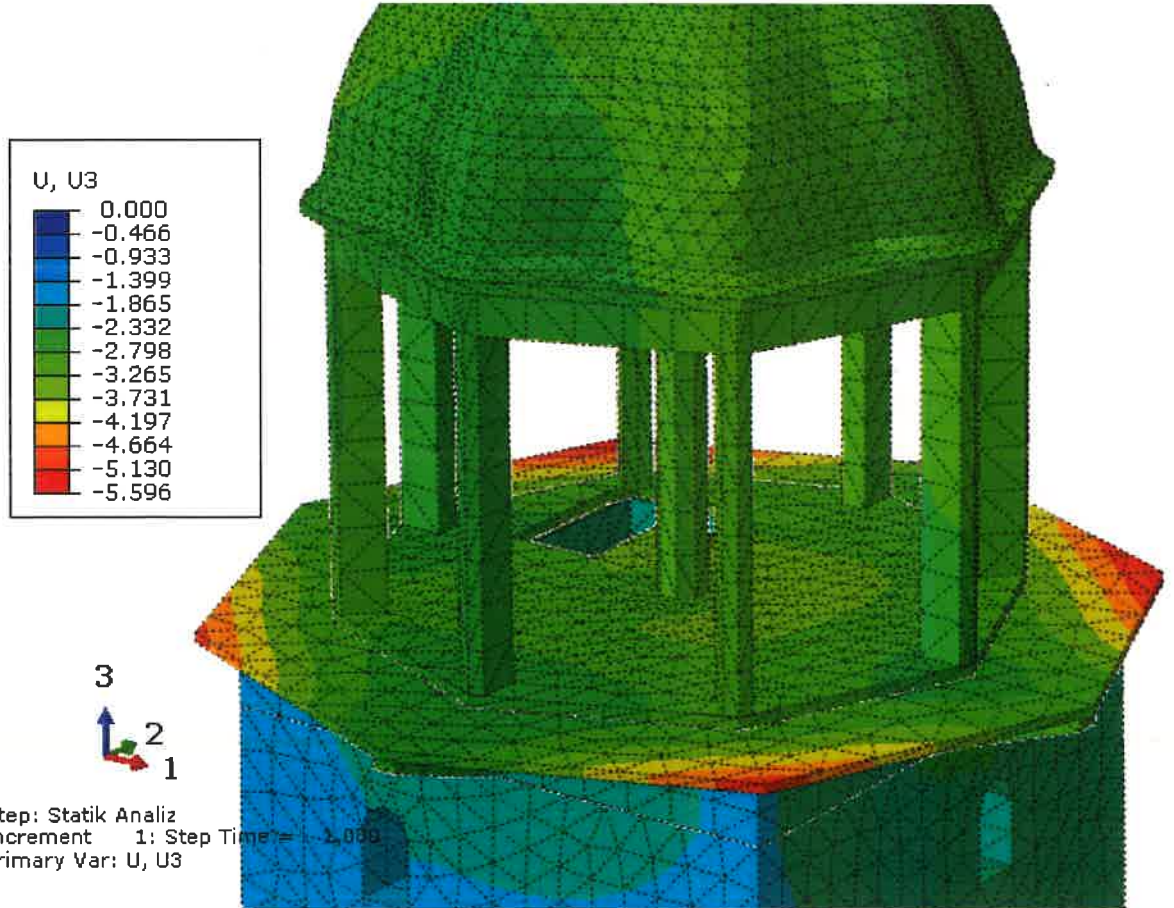
Bayrak Direğindeki Gerilmeler (N/mm<sup>2</sup>)



## Yerdeğiştirme



Balkon Döşemesi ve Kirişlerdeki Düşey Yerdeğiştirme (mm)



Balkon Döşemesi ve Kirişlerdeki Düşey Yerdeğiştirme (mm)

## 6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapıda yerinde gerçekleştirilen incelemeler bu rapor kapsamında yapılan analiz çalışmaları neticesinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmış ve bu çerçevede yapılacak işlemlere yönelik öneriler verilmiştir:

### 6.1 Muhdes Betonarme Eklentiler

- Kulenin balkon katı döşemesinden itibaren yukarıda kalan tüm kısımlar 1944 yılında betonarme tekniğinde yenilenmiştir. Kulenin önceden muhtemelen ahşap olan fener kısmının betonarmeye dönüştürülmesiyle kulenin ağırlığı artırılmış ve buna bağlı olarak kuleye etkileyen deprem yükleri de artmıştır.
- Dönemi itibariyle elle hazırlanarak dökülen ve yer yer ayrılmış betonun oldukça düşük dayanımlar verdiği (~11 MPa), özellikle betonarme kolonlardaki donatı detaylarının yetersiz olduğu, nervürsüz donatılarda aşırı boyutlara ulaşmış korozyon gözlemlendiği ve tüm bu sebeplerle betonarme eklentilerin ekonomik ömrünü tamamlamış durumda olduğu tespit edilmiştir.
- Yapılan analiz ve gözlemler sonucunda, ağır korozyon yüzünden neredeyse donatıları kalmamış betonarme kolonların üzerine gelecek deprem etkilerini güvenli bir şekilde karşılayabilecek durumda olmadığı anlaşılmaktadır. Ayrıca betonarme kolon şeklinde yapılmış bayrak direğindeki donatı korozyonunun önemli bir tehlikeye sebep olabileceği de tespit edilmiştir.
- Balkon katının ortasındaki kolon, kulenin her iki doğrultusundaki kirişlere betonarme kirişlere oturmaktadır. Söz konusu elemanlardan ve döşemeden gelen yükler kulenin kârgir duvarlarına kirişlerin olduğu kısımdan aktarıldığından söz konusu bölgelerde kârgir duvarlarda istenmeyecek boyutlarda gerilme yığılmalarına sebep olmaktadır.
- Kulenin alt katlarındaki döşemeler de çelik profilli betonarme döşemelere dönüştürülmüştür. Söz konusu döşemelerin mesnet detaylarında zayıflıklar olduğu gözlemlenmiştir.
- Konumu itibariyle boğazın sert iklim şartlarına maruz kalan kulede, yalıtım sorunları ve bakım eksiklikleri sebebiyle betonarme elemanlardaki korozyonunun ileri derecelere ulaştığı, bazı noktalarda kolonlardaki donatıların neredeyse tamamen yok olduğu belirlenmiştir. Bu kısımdaki tuğla örgüler de tamamen çimento bağlayıcı harçlarla yapılmıştır. Yaklaşık 78 yıllık bu bölümün mevcut durumu değerlendirildiğinde, söz konusu betonarme elemanların ekonomik ömrünü tamamladığı anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, barındırdığı önemli sorunlar ve zayıflıklar ile uluslararası koruma prensipleri de dikkate alındığında, ekonomik ömrünü tamamlamış olduğu gözlenen söz konusu muhdes

betonarme eklentilerin güçlendirilmek suretiyle özgün bir kârgir yapı üzerinde tutulmaya çalışılması da isabetli bir yaklaşım olarak görülmemiştir.

- Kulenin kârgir duvarları genel itibariyle iyi durumdadır. Bununla birlikte duvarlarda yer alan ahşap hatılların bazılarının çürüyüp yok olduğu gözlenmiştir.

### **6.2 Muhdes Çelik Kuşaklar**

- Kulenin dış cephesinde, 1999 yılında yatay, düşey ve çapraz elemanlarla yapılan çelik kuşaklar mevcuttur. Köşelerde korniyer biçiminde çelik elemanlar yerleştirilmiş, iki seviyede yatay U profiller kullanılmış, aralarında ise düz ve çapraz çubuklar uygulanmıştır. Söz konusu çelik elemanlar kulenin özgün görünüşünü değiştirmesi sebebiyle yapıldığı dönemden bu yana kamuoyunun ve koruma uzmanlarının eleştirilerine konu olmaktadır.

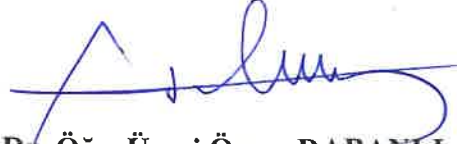
### **6.3 Öneriler**

- Kulenin mevcut durumu, muhdes betonarme elemanlardaki zafiyet, sorun ve hasarlar, muhdes çelik elemanların özgün görünüşü zedeleyen etkileri dikkate alındığında, uluslararası koruma prensiplerine uygun olarak, muhdes betonarme ve çelik elemanların dikkatli ve hassas bir şekilde yapıdan ayıklanması ve yapının hafifletilmesi önerilir. Söz konusu ayıklama işlemi sırasında betonarme elemanlar özgün kısımlara zarar vermeden hassas bir şekilde kesilerek ayıklanmalıdır.
- Sur ve kuledeki söz konusu muhdes betonarme elemanların kaldırılması akabinde, yapının özgün mimarisi, malzemesi ve yapım tekniklerini dikkate alarak hazırlanacak restitüsyon önerisine göre yapıda restorasyonun gerçekleştirilmesi önerilir.
- Kulenin özgün görünüşünü etkileyen dış cephedeki mevcut çelik elemanların kaldırılması ve sonrasında yapının çeşitli seviyelerinde kültür varlığının özgün görünüşü ve karakterini etkilemeyecek nitelikte, uluslararası koruma prensiplerini dikkate alarak, en az müdahale ilkesine uygun bir biçimde duvar içine gizlenmiş çelik kuşakların yapılması önerilir.
- Kulenin kârgir duvarlarında enjeksiyon vb. yöntemlerle gerekli onarımların yapılması, rastlanan ahşap hatılların durumu kontrol edilerek işlevini yitirmiş veya yok olmuş ahşap hatıl elemanlarının aynı cins, bozulmaya karşı korunmuş ahşap elemanlarla yenilenmesi önerilir.
- Kulenin doğusunda yer alan, 2000'li yılların başındaki onarımlarda betonarmeye dönüştürülmüş olan tek katlı binanın da hazırlanacak restitüsyon çalışmalarına göre özgün yapım tekniği ve malzemesiyle yenilenmesi önerilir.

## 8. NOTLAR

İstanbul İli, Üsküdar İlçesi, 20 Pafta, 369 Ada, 1 Parselde bulunan Kız Kulesi Taşıyıcı Sistemin Mevcut Durumu Hakkında Teknik Rapor kapsamında yapılan değerlendirme ve öneriler sadece bu yapıya mahsustur. İncelemeye konu olan yapı, sürmekte olan restorasyon uygulaması kapsamında incelenmiş ve yapıya ait taşıyıcı sistemin mevcut durumu, hasarlar ve yapının incelenmesiyle taşıyıcı sistemde yapılacak uygulama önerilerini içeren bu rapor hazırlanmıştır. Uygulamanın kârgir ve ahşap taşıyıcı sistemlerin onarımı ve sağlamlaştırılmasında deneyimli uzman ekiplerce gerçekleştirilmesi, uygulama sırasında her safhanın denetlenmesi ve yapımda her türlü güvenlik önlemlerinin alınması tavsiye edilir. Rapor ile yapılacak uygulamaların sorumluluğu yapı sahibi ve yüklenici firmaya aittir.

Raporda verilen öneriler prensipleri tarif etmektedir. Uygulama için öncelikle söz konusu önerilere göre detaylı proje ve imalat resimlerinin hazırlanması ve sonrasında uygulanması gereklidir. Uygulama esnasında, yeni verilerin ortaya çıkması halinde yukarıda bahsi geçen öneri ve değerlendirmelerin güncellenmesi uygun olacaktır.



**Dr. Öğr. Üyesi Ömer DABANLI**  
*Yüksek Mühendis – Mimar*  
*FSMVÜ – Mimarlık ve Tasarım Fakültesi*  
*Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü*