

234898

ELF

**8. ULUSLARARASI SİNAN SEMPOZYUMU**  
*8<sup>th</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SINAN*

**25- 26 NİSAN 2013**  
25-26 APRIL 2013

**"FARKINDALIK"**  
AWARENESS

Türkiye Diyanet Vakfı İslam Araştırmaları Merkezi Kütüphanesi	
Dem. No:	234898
Tas. No:	720.95607 ULU. M

**BİLDİRİ KİTABI**

Trakya Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi,  
Mimarlık Bölümü EDİRNE / TÜRKİYE  
Trakya University, Faculty of Engineering & Architecture  
Department of Architecture EDİRNE / TURKEY  
<http://mimarlik.trakya.edu.tr>

T.C.  
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK MİMARLIK FAKÜLTESİ  
MİMARLIK BÖLÜMÜ

Bütün hakları saklıdır. © 2013. Trakya Üniversitesi  
Bu eserin bir kısmı veya tamamı Trakya Üniversitesi Rektörlüğü'nün izni olmadan hiçbir  
şekilde çoğaltılamaz, kopya edilemez.

## "VIII. ULUSLARARASI SİNAN SEMPOZYUMU BİLDİRİ KİTABI"

### Sempozyum Başkanı / Chair

Prof. Dr. Şaduman SAZAK (Turkey)

### Editörler / Editorial Board

Esin BENİAN  
Semiha KARTAL

**ISBN: 978-975-374-159-0**

Trakya Üniversitesi Yayın No: 144

Trakya Üniversitesi Matbaası  
200 adet basılmıştır.

### Kapak Tasarımı / Cover Design

Esin BENİAN  
Semiha KARTAL  
Özkan KOZALI  
Fotoğraf: Temel Tasarım 2 Atölyesi Öğrenci Çalışması

## MİMAR SİNAN CAMİLERİNDE EĞRİSEL ÖRTÜLER ÜZERİNDE KURGULANAN PENCERELERİN İNCELENMESİ

### ANALYSIS OF WINDOWS CONSTRUCTED ON CURVED COVER IN MOSQUES OF MASTER MİMAR SİNAN

Mine ZİĞİNDERE<sup>1</sup>  
mine.ozgur@yeditepe.edu.tr<sup>1</sup>  
Yeditepe Üniversitesi, Müh. Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü<sup>1</sup>

#### ÖZET

Mimar Sinan yapılarının, mevcut durumları ve bu günkü kullanım şekilleri dışında, tasarım aşamaları ve yapım sistemleri ile geçirdikleri süreçler hakkında somut bilgiler bulunmamaktadır. Bu doğrultuda yapılan bu çalışmada, eğrisel örtülerde tanımlanan kubbe ve kubbe pencereleri konusu incelenecek, Sinan Dönemi yapıları için pencerenin kubbe içerisindeki yeri değerlendirilecektir.

Sinan kubbesinin meridyeni dairesel olup, kubbe bir küre kapağıdır. Sinan'ın kubbesinin kesiti incelendiğinde, kesit eğrisinin bir daire yayı olduğu görülür. Kubbe Sinan'da her zaman bir kasnağa oturur, kasnak ayaklarını taşıyan bir taban kurgusu bulunur.

Sinan dönemi yapılarında kubbe, et kalınlığı değişken, homojen, mukavemeti çözülmüş yapı bileşeni haline getirilmiştir.

Kasnak, kubbe mesnet kesitinin büyütülmesi ile elde edilmiş ve kubbe mesnet çizgisi boyunca kubbeyi çevreleyen bir stabilite çemberidir. Kubbe kasnağa bağlı ayaklara oturtulmuştur. Böylece ayaklar arasındaki boşluklar pencere olarak kullanılırsa mekana bol ışık sağlanmış olur. Kubbenin yükünü aktaran kasnak çemberde diagonal doğrultuda payandalar bulunmaktadır. Kasnak içerisine yerleştirilen pencereler aksel olarak eşit sayıda olmalıdır. Pencerelerin dağılım şemaları için kesin bir yargı getirmek yanlış olur. Yapılan çalışmalar bu alan için yeterli değildir. Amacımız açık bulduğumuz bu alanda bilimsel değerlendirmeler yapmaktır.

**Anahtar Sözcükler:** Mimar Sinan Dönemi Cami Kubbeleri, Kubbe Pencereleri

#### ABSTRACT

There is no concrete information about Mimar Sinan structures outside of the current situation and current usage patterns, the design stages and construction systems and the processes available to spend. In this context, conducted through existing structures of Sinan's dome, and dome windows will be examined in this study.

Meridian of Sinan's dome is circular and a sphere cover. When the Sinan's cross-section of the dome is analyzed, the cross-section curve is an arc. The dome sits always on a pulley in Sinan, the pulley construct a base which is located in the feet.

According to Sinan's genius dome, wall thickness is variable, homogeneous, turned into a strength building component dissolved.

Pulley is obtained by enlarging the cross section of the dome and the dome support bracket along line stability surrounding the circle of the dome. The dome is put on the feet connected to the pulley. Thus, when the gaps between the legs is used as the window space, plenty of light can be ensured. There are diagonal struts in drum circle which transfers the burden of the dome. Pulley should be placed in

the same number of windows axially. It would be wrong to make a definitive judgment for windows distribution schemes. Studies in this area are not enough. Our goal is to make scientific assessments in this area that we found open.

**Key words:** Master Sinan Mosques, Domes, Domes Windows

## 1. GİRİŞ

Mimar Sinan toplumsal totaliter ve monist alanın karşısındaki bireysel çözümleri; özgürce, her bir bileşenin architectonik uzantılarını ve sosyolujik temellendirmelerini tikel bir kimlikle bütün evrelerini bir Türk İslam Mimari kronolojisi haline getirmiştir.

Mimar Sinan'ın uzun süre asker oluşu sebebiyle hayatı gözlemlemek, sentezlemek imkanı bulmuş olması, Osmanlı'nın sermaye problemleri yaşamıyor olması, fetihlerin gözlem imkanlarını sürekli artırıyor olması, çok değişik mimari yapıları sürekli tanıma ve görme imkanı sunmuştur. Yaşanan inanç sistemlerindeki tercihler, toplum yaşamındaki değişme ve kentleşmedeki teknolojik düzey ve yeni siyasal denklemler dolayısıyla yani tercihler, coğrafyanın sunduğu fiziki şartlar gibi mimariyi direkt sebep sonuç ilişkisine götüren birçok parametreler Mimar Sinan'ın kendi çizgisini ve karakteristiğini yönlendirmiştir. Tüm bunların ışığında bu çalışma ile, büyük usta Mimar Sinan'ın günümüze kadar gelen yapılarındaki detay zenginliği ve çözümsel mükemmeliyetin tanımlanması açısından bir farkındalık yaratmak amaçlanmıştır.

Kubbe konusuna gelince, kubbenin arkitektonik bütünlüğü ve kullanılan malzemenin olanakları sayesinde; bütünde tonlarca ağırlığı düşey taşıyıcılara aktaran, ve yükünü hissettirmeyecek ölçüde parçalaması, kullanılan malzemenin kubbeden kasağa ve mukarnasa olan yükü dağıtıp yumuşatması ve hafifletmesi, fonksiyon ve estetiği birlikte organize edilip, kontrüktüf bir bütüne ulaşması ve bütünsel bir nihayete ermesi önemli bir birlikteliktir.

Mimar Sinan ana kubbenin yükünü almak değil, konstrüksiyonun gövdenin taşıyıcı ve statik etkisini arttırmak için, dolayısıyla ana kubbenin zarar görmemesini, depremden etkilenmesini önlemek amacı ile bir anlamda kendi hareket esnekliği içerisindeki kabiliyetinin de karşılığı olarak statik bir sağlamlama ve kuvvetler dengesini bulmuştur. Dolayısıyla kubbe kendi içerisinde çalışan ve yüklerini bir sonraki elemana aktarabilen bir kilit taşı konumundadır.

Günümüz koşullarında ve ekipmanlar yardımıyla, Osmanlı Klasik Dönem Mimarisi ve Mimar Sinan üzerine çalışılması gereken çok fazla nokta bulunmaktadır. Mimar Sinan Yapılarında kubbenin ve özellikle kubbe pencerelerinin incelenmesi de bu noktalardan biridir. Çalışmanın amacı, Mimar Sinan Kubbeleri için bir strüktürel analiz oluşturarak pencerenin kubbe strüktüründeki yerinin belirlenmesi, Mimar Sinan'ın kubbe geometrisini çözerken kullandığı metodun saptanmasına yönelik çalışmalar doğrultusunda Roma «Annalemma» metodunun tanımlanmasıdır.

Ulusal/ uluslararası bağlamda Osmanlı Klasik Dönem Yapıları'ndan günümüze kalan Kültürel Miras Eserlerimiz kapsamı içerisinde seçilen ve daha önce bilimsel platformda çok da konuşulmuş olan kubbe pencere boşlukları konusunun bu gün şartlarında değerlendirilmesi ve problemlerin ortaya konulması ve farkındalık yaratılması bakımından önem taşımaktadır.

## 2. KUBBENİN STRÜKTÜREL VE GEOMETRİK OLARAK GENEL TANIMI

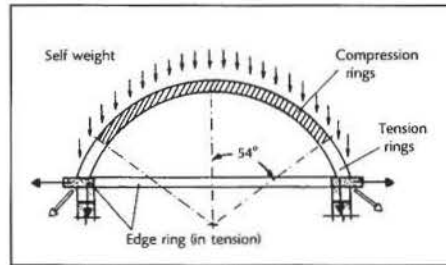
Kubbe'nin formu ve mekan kurgusu içerisinde kullanımı açısından gelişimini takip edecek olursak; genel birtakım söylemler ve kabuller bulunmaktadır. Osmanlı Klasik dönem kubbe, denilince akla gelen küresel form ve tek mekan olgusunu güçlendiren merkezi planlama yaklaşımı Mimar Sinan öncesi Mimarlık tarihinde kullanılmıştır. Sinan dönemi yapılarının esinlendiği yada gelişiminde etkilendiği üç kol olduğu genel olarak kabul edilmektedir. Bunlar, Helen'den başlamak üzere Roma ve Bizans Sanatı birinci kol, Yakın Doğu özellikle Ermeni Taş ustaları ve İran Safevi ve İsfahan Sanatı ikinci kol ve Orta Asya'dan gelen Türk Sanatı üçüncü kolu takip etmektedir. [2]

Osmanlı Dini Mimarisi, kubbeyi iç ve dış mimarının tek ögesi olarak kullanma eğilimini, bütün gelişmesi boyunca göstermiştir. [3]

Osmanlı kubbesi, strüktürü sade, geometrisi uygun, mesnetlendirilme tarzı çevre boyunca uniform ve devrin yapı malzemelerini en iyi şekilde kullanan optimal bir strüktürdür. [4]

### 2.1. Küresel Kubbenin Genel Tanımı

Yarım küre biçimindeki bir kubbeye, küre merkezinden geçen düşey doğrultuyla 52/ 54°'lik açı yapan noktaların belirlendiği düzlemin yukarıya basınç bölgesi, aşağıya çekme bölgesi olarak nitelenmektedir. [5] Küresel kubbe kendi yükünü kendisi aktarabilen üniform bir yapıdadır. Kubbe içerisinde önemli sorun mesnetlendirme probleminin doğru bir şekilde çözülmüş olmasıdır. [4] Yükler yüzey dağılımı içerisinde membran teorisinin şartları içerisinde yayılı olarak aktarılır. Ta ki belirli bir noktaya gelene kadar bu devam eder. Basıncın çekmeye döndüğü noktada küresel kubbe açılmaya çalışır. Düzgün yayılı bir yük iletimi için kubbenin mesnet çizgisi boyunca sürekli olarak alt yapıya bağlı olması gerekir.



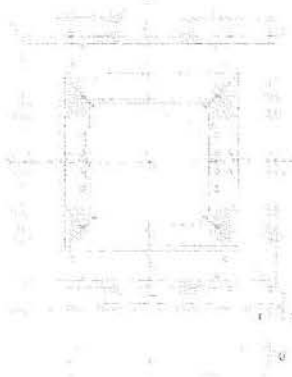
Şekil 1 – Kagir küresel kubbenin genel yük dağılımı ve dağılım değişim bölgeleri [6]

### 2.2. Mimar Sinan Dönemi Öncesi Kubbe ve “ANNALEMMA” Metodu

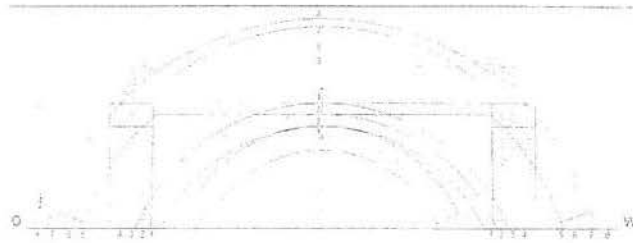
İstanbul'un alınmasından sonra karşılaşılan ve daha öncesinde de bilinen büyük kubbe tanımı içerisinde en etkileyici örnek kuşkusuz, Ayasofya olacaktır. Ayasofya'nın ihtişamlı görünüşü, tek mekan olgusu altında kurgulanmış mekan kavramı, şüphesiz Osmanlı Mimarisini etkileyen önemli unsurlardan birisidir. Ayasofya'dan öykünen Sinan Dönemi yapılarının en çarpıcı elemanı kubbedir. Tam bir küresel kubbe yapma fikrinin büyük ölçülerde çözümü mevcut bulunmaktadır. Sinan Dönemine gelene kadar Bursa Ulu Cami, Edirne Üç Şerefeli Cami ve İstanbul Beyazid Camiler ve İstanbul Fatih Cami örnekleri küresel kubbe kullanımının kilit taşlarıdır.

Ayasofya'da Kubbe'nin iki defa yapıldığı bilinmektedir. İlk kubbenin konstrüksiyonu ve rekonstrüksiyonu (İ.S. 558); mimarların quatraturun sirkulatürü bilgisine sahip oldukları göstermektedir. Bu bir karenin alanının aynı büyüklükteki daireye dönüştürülmesi (quadratur)

işleminin uygulanmasıdır. Buna kısaca “**Annalemma**” metodu denilmektedir. Metod, bir dik üçgenler geometrisidir. Kagir kubbede yüklerin oranlarının kubbenin yatay ile yaptığı açının tanjant oranına eşit olduğu dik üçgen teoremindende ispatlanarak bilinmektedir. Yani, bir küresel kubbede bir açının tanjantı o noktanın yayılı yükünü vermektedir. Annalemma oranları plan ve kesit izdüşümlerinin çakışmasını sağlar. Şekil 2 ve Şekil 3 metodun Ayasofya için çizimleridir. [8]



Şekil 2. Ayasofya annalemma plan [8]

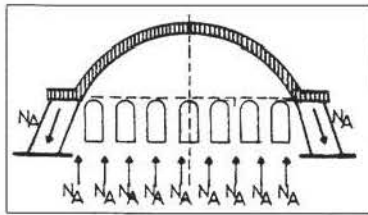


Şekil 3 . Ayasofya annalemma kesit [8]

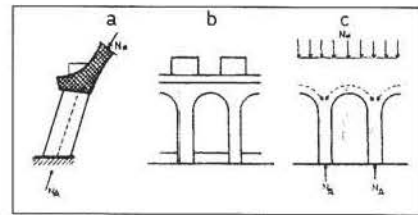
Yatay kesitte kubbe belirli bir açıdan sonra çekmeye çalışır ve annalemma metodu kullanılamaz hale gelir. Romalılar bunu biliyorlardı. Annalemma oranına göre bu açı 15 derecedir. İlk kubbe için çözüm olarak çekmeye çalışan noktada kubbenin teğet yükleri yayarak kubbeyi kalınlaştırmışlardır. Yayılan yüklerin içerisinde boşluk açmak ve ayaklarla yükü aktarmak kolaydır. Dolayısıyla bu boşluklar pencere aydınlatma boşlukları olarak kullanılmıştır. Mimar Sinan kurgusal kubbe çalışmaları boyunca bu hesabı ve küresel kubbe kapağının sorunlarına hakim durumdaydı. [9]

### 3. MİMAR SİNAN MİMARLIĞINDA KUBBENİN DESTEKLENMESİ ve GEOMETRİSİ

Genellikle Sinan camilerinde, iç mekana doğal ışık sağlamak amacı ile, kubbe kendi mesnetlerinde bir kasnağa bağlı ayaklara oturtulmuştur. Böylece ayak arasındaki boşluklardan iç mekana bol ışık sağlanır. [7]



Şekil 4. Kubbe mesnetlerinde yük iletimi [7]

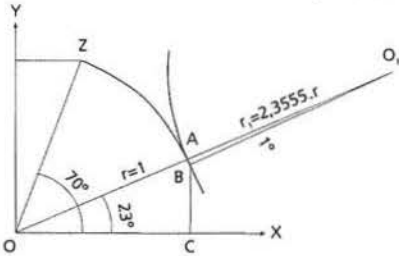


Ayaklar kubbe mesnet çizgisi boyunca kemerlerle birbirine bağlanmış olup, kemerler de kubbe mesnetinde bir kasnakla rijitlenmişlerdir. Ayak kubbe iç eğiminde yapılarak mesnet yüklerinin bu eğim doğrultusunda iletilmesi sağlanmıştır. Bu durumda ayak yalnız aksel basınç etkisi altında kalmaktadır. Kubbe mesnetindeki tanbur kesiti içinde, yükler kemerlenerek ayaklara bağlayan kemerlere ve kemer mesnetlerinden de ayaklara iletilmektedir. Böylece tanbura, kubbe mesneti boyunca daha büyük bir rijitlik kazandırılmış ve ayak aralarındaki kemer yüklerinin ayaklara iletimi daha rahatça sağlanmıştır. Kasnak,

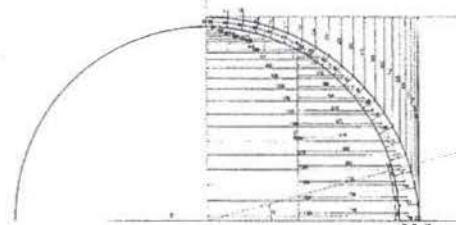


kubbe mesnet kesitinin büyütülmesi ile elde edilmiş ve kubbe mesnet çizgisi boyunca kubbeyi çevreleyen bir stabilite çemberidir. [7] Bu genel bir tanımdır, tanımlama 19. Yüzyıldan sonra kullanılmaya başlayan kabuk teoremine göre anlatılan kabuller doğrultusunda oluşturulmuştur. Bu noktadan itibaren Mimar Sinan dönemi büyük kubbeleri için geometrik formun Roma annalemma metodunun uygulanabilirliği çalışırsak, ulaşacağımız sonuçlar metodun geçerliliğini kanıtlar durumdadır.

Metod, yüklerin oranının  $\alpha$  açısının tanjant değerine eşit olduğunu kabul ederek başlar. Bu kabule göre her noktadaki yayılı yükün oranı tanjant değerine yani  $N/P = \tan \alpha$  olmak zorundadır. Matematiksel olarak çizilen her tanjant eğrisi belirli açılarda pozitif eğrilikli bir küre kesiti verir. Bu da bize şunu anlatır kubbe belirli açılar altında tanjant eğrisi ile çalışır.



Şekil 5. Bir daire diliminin tanjant eğri diagramı[9]



Şekil 6. Süleymaniye kesitinin annalemması

Mimar Sinan kubbeleri dilimlerden oluşturmuştur. Bu dilimleri kesitte yaptığı açı 70° olduğu yerde keserek tepe noktası oluşturduğu düz kısma metal çember koyarak dilimleri birbiri ile ilişkilendirir. Bu metal çember, tepe noktasına konan yükleri aktarmasından başka, yatay yüklerin kubbe dilimlerine karşılıklı iletilmesini sağlar. Çember 70 dereceden sonra oluşan belirsizliğin çözümü olarak yerleştirilmiş, kubbe kendi ağırlığı boşaltılarak, oluşan iç kuvvetlerin dengelemek adına ters yük etkisi yapan alem ve zincirle asılı kubbe avizesi yerleştirilmiştir. Avizenin ağırlığı kubbenin genişliğine bağlı olarak hesapla asılır.

Her derecedeki dilim alanının ağırlığı annalemma için hesaplanan alandan farklı çıkar, çıkan değerlerin tümü olması gereken ağırlıktan fazla olacaktır ta ki 31° ye kadar, Bu durumda kubbe içerisine akustik özelliklerinden de faydalanılan küre kapağının yükünü hafifletmek adına koyulmuş küpler bulunmaktadır.

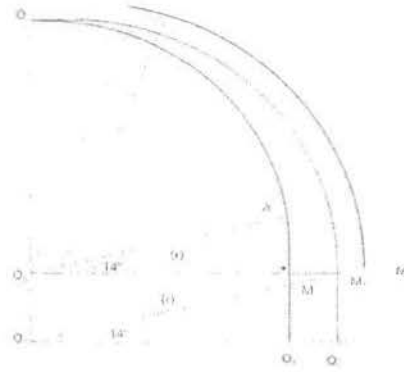
30 dereceden sonra toplam ağırlığın tanjant eğrisiyle hesaplanan ağırlığa göre alanı (+) olmaya başlar. Bu durumda, kesite yük eklememiz gerekir. Fakat kalınlık artırılarak bunu yapamayız. Çünkü kalınlığın artması yeni sorunların oluşması demektir. Bunun için; kubbenin bu açıdan itibaren kullandığı malzemeden daha ağır olan dövme demir çemberler yerleştirilir.

Kesit 23° ile 22° arasındaki alanın değeri (+) 0,0117 değerinde çıkar. Bu değeri demir olarak kesite koyarsak ağırlığın yarısından çoğunun eklenmesi gerekli hale gelir. Buraya kadar yapılan bölümde, kubbe diliminin formunu bozmadan tangant N/P sağlamak için küpler yerleştirerek tanjant eğrisinin dairesel olmasını sağladık. Bu noktadan sonra bunu sağlamak mümkün olmadığı için başka bir yol izlemeliyiz

23° den sonra yanal boşluklar oluşturulabilir. Bizim tanjant dilimimiz 70° ile 23°'ye kadar olan bölümdür. Kubbe dilimleri 23° den sonra her bir dilime yarım iki kemer ( kemer eğrisi bir tanjant eğrisidir) gelecek şekilde boşaltmış ve yük dağılımını dengelemiştir. Bu durumda kubbe içine açılan pencereler strüktür gereğidir. Sayısı kubbe dilimlerine eşit ve çapın  $\pi$  ye bölümüyle bulunur. Süleymaniye hariç. [9]



Şekil 7. Kubbe içerisinde annalemma ile dilim izdüşümü [9]



Şekil 8. Süleymaniye kubbe kesiti [9]

#### 4. SONUÇ

Yıllardır birlikte yaşadığımız Kültür Mirasımızın temel öğelerinden olan, Sinan Dönemi Kubbeli yapıların bugün bile eski ihtişamıyla ayakta duruyor olması hayranlık verici bir durumdur. Çalışma ile yapılmak istenen bu büyük eserlerin neden bu kadar önemli olduklarını baştada söylediğimiz gibi somut bir takım verilere ve bilgilere dayandırarak farkındalık yaratmak amaçlanmıştır. Bu durumda Mimar Sinan dönemi mimarisi içerisinde kubbe pencereleri yalnızca aydınlatma amacıyla yapılmış estetik birer eleman değil, kubbe strüktürü gereği olması gereken taşıyıcı ve aktarıcı görevleri olan yapı elemanlarıdır.

#### KAYNAKLAR

- [1] Mülayim, Selçuk., "İslam Sanatı", s.23, Arkeoloji ve Sanat Yayınları, İstanbul, 1983.
- [2] Kuban,Doğan, "The Style of Sinan's Domed Structures", Muquarnas, Vol. 4, 1987, pp.72-77
- [3] Kuban,Doğan, "Çağlar Boyunca Türkiye Sanatının Anahtarları",Yapı kredi Yayınları, 1. Baskı: İstanbul Nisan 2004
- [4] Mungan,İhsan, "Mimar Sinan ve Kubbe Statiği", MSGSU Yayınları / Mimar Sinan Sempozyum Bildiri Kitabı/ 1998 s.175-188
- [5] Tanyeli, Gülsün, "Osmanlı Mimarlığında Demirin Strüktürel Kullanımı (15.-18. Yüzyıl)", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Ün., İstanbul, Nisan 1990
- [6] Hanaor, Ariel, "Principles of Structures", Blackwell Science Press, 1998
- [7] Çamlıbel, Nafiz, "Sinan Mimarlığında Yapı Strüktürünün Analitik İncelenmesi", Yıldız Teknik Ün. Basım-Yayın Merkezi, Yayın No. YTÜ.MF.GB-98.0363, İstanbul,1998
- [8] Hoffmann, Volker "Der geometrische Entwurf der Hagia Sophia in Istanbul", Peter Lang , Germany,2005
- [9] Okumuş, Vahit, "Yığıma Yapılar ve Kubbe Statiği", O2 Yayınları, Ocak 2012
- [10] Okumuş, Vahit, "Sinan", Kutup Yıldızı Yayınları, İstanbul, 2005