Stratonikeia Ve Lagina?Daki Hellenistik, Roma Ve Bizans Dönemi Sütunlarında Kullanılan Metal Malzemelerin Özelliklerinin Belirlenmesi Ve Metal Oranlarına Göre Mukavemetlerinin Araştırılması

Program Kodu:1001

Proje No:118M283

Proje Yürütücüsü:

Prof. Dr. CEM GÖK

TÜBİTAK

Araştırmacı(lar)

Doç. Dr. SİNAN AKSÖZ

Doç. Dr. YUSUF ÖZCAN

Dr. Öğr. Üyesi EVİN CANER

Prof. Dr. BİLAL SÖĞÜT

Bursiyer(ler)

DİCLE ERDEN

BENGİN BİLİCİ GENÇ

UĞUR GENÇ

RAMAZAN TORAMAN

FUNDA ÇAKMAK

TEMMUZ 2022

Bu belge, 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununa göre Güvenli Elektronik İmza ile imzalanmıştır.

ANKARA

TÜBİTAK

Bu belge, 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununa göre Güvenli Elektronik İmza ile imzalanmıştır.

ÖNSÖZ

Bu çalışma, TÜBİTAK-MAG Araştırma Grubu tarafından desteklenen “Stratonikeia ve Lagina’daki Hellenistik, Roma ve Bizans Dönemi Sütunlarında Kullanılan Metal Malzemelerin Özelliklerinin Belirlenmesi ve Metal Oranlarına Göre Mukavemetlerinin Araştırılması” isimli projemiz süresince yapılan çalışmaları ve elde edilen sonuçları içermektedir. Bu projede, Stratonikeia ve Lagina antik şehirlerindeki dönem sütunlarında kullanılan bağlayıcı metal malzemelerin fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin belirlenerek dönem teknolojilerinin aydınlatılması amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalarla, deneysel arkeoloji alanında Ülkemizdeki ilk projelerden biri gerçekleştirilmiştir. Kazılarda ve ilgili alanlarda yapılacak olan koruma ve onarım çalışmalarına statik bir veri sağlamanın önemi, sütunlarda kullanılan metallerin ve seramiklerin kimyasal ve mekanik özelliklerinin belirlenmesiyle anlaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar; ekonomik, teknolojik, bilimsel ve çevresel açıdan büyük önem taşıdığından, farklı disiplinlerde çalışan insan gücünü doğrudan ilgilendiren bu sonuçlar literatüre önemli katkılar sağlamıştır. Ülkemizde ve özellikle Batı Ege Bölgesinde turizm çok önemli bir alandır. Bu alanlarda arkeolojik bölgelerin açığa çıkarılması yanında bilimsel yöntemler kullanılarak korunması ve yapıların mikro düzeyde aydınlatılması ülkemiz turizm potansiyeline önemli katkılar sağlayacaktır. Deneysel arkeolojiyi mühendislikle birleştiren bu arkeometri projesinin, ilgili alanda yapılacak olan araştırmalarda disiplinlerarası çalışmalara da yaygın bir etki sağlayacağı öngörülen TÜBİTAK destekli ilk arkeometalurji projesidir. Aynı zamanda arkeometri alanında ülkemizde yapılan çok disiplinli ilk kapsamlı çalışmalardan biridir.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ……. ii
ŞEKİL LİSTESİ……. v
TABLO LİSTESİ……. xi
ÖZET ……. xiv
ABSTRACT……. xv
1. GİRİŞ……. 1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI VE GEREÇLER ……... 12
2.1. Prototip Araştırması…….. 12
2.1.1. Antik Dönem Sütunlarında Kullanılan Taş ve Taş İşçiliği ……. 51
2.2. Dor Mimarisi…… 63
2.2.1. Anadolu'da Dor Düzeni ve Plan Özellikleri…… 69
2.2.1.1. Anadolu'da Dor Düzenine Sahip Sütunlar ve Özellikleri…… 78
2.2.1.2. Anadolu'daki Dor Düzenli Tapınaklarda Kullanılan Malzemeler. 82
2.2.1.3. Anadolu'daki Dor Düzenli Tapınakların Değerlendirmesi…….. 85
2.2.2. Anadolu Dışında Dor Mimarisi……... 95
2.2.2.1. Anadolu Dışındaki Dor Tapınakların Değerlendirilmesi…… 107
2.2.3. Stratonikeia Antik Kenti ve Lagina Kutsal Alanda Dor Mimarisi…… 108
2.2.4. Değerlendirme ve Sonuç…… 138
2.3. İon Mimarisi…….. 141
2.3.1. Stratonikeia Antik Kenti ve Lagina Kutsal Alanda İon Mimarisi…… 156
2.3.2. Değerlendirme ve Sonuç……. 159
2.4. Korinth Mimarisi……... 159
2.4.1. Anadolu'da Korinth Mimarisi…… 162
2.4.2. Stratonikeia Antik Kenti ve Lagina Kutsal Alanda Korinth Mimarisi……. 166
2.4.3. Değerlendirme ve Sonuç…… 179
2.5. Sütun Tiplerinin Genel Değerlendirmesi…… 182
3. YÖNTEM VE BULGULAR…….. 189
3.1. Karakterizasyon Öncesi Çalışmalar…… 189
3.2. Metalografik Araştırmalar……... 191
3.3. Kimyasal Analizler……... 212
3.4. XRD ve EDS Analizleri…… 219
3.5. Spektrometre Analizleri…….. 227
3.6. Termal Analizler ……... 228

3.7. Sütunlarda Kullanılan Taşların Analizleri ……..... 235
3.8. Sütun Prototiplerinin Hazırlanması ve Mekanik Testler…… 238
3.9. Metal Prototiplerinin Hazırlanması ve Mekanik Testler…… 241
4. TARTIŞMA VE SONUÇ……... 246
5. KAYNAKLAR…… 249

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 1. Tapınakların Sütun Aralıklarına Göre Sınıflandırılması…….……..…….. 14
Şekil 2. Vitruvius'un Sütun Kalınlığı ve Yüksekliği Üzerine Kurallarının Gerçek Örneklerle Karşılaştırılması……..…….. 15
Şekil 3. Hypotrachelium/Sütun Başlığının Altındaki Boyun Kısmı/Sütun Boğazı……..…… 15
Şekil 4. a) I Biçimine Sahip Kenet, b) T Biçimine Sahip Kenet…….…..... 15
Şekil 5. Dübellerin Sütuna Yerleştirimi a) Dübel b) Polos-Emporion…… 16
Şekil 6. Antik Sütunların Sismik Hareketlerini Araştıran Buckley'in Metodolojisi……..…. 19
Şekil 7. Antakya ve Taş Ocağı'ndaki Mermer Numuneler……..…… 19
Şekil 8. Makaslı Kaldırma Aparatı ile Sürtünme Testi…….…… 20
Şekil 9. Antik Dönem Sütunlarında Geometrik Oranlar……..…… 22
Şekil 10. Antakya Tapınağı'nın Rekonstrüksiyonu…….. 24
Şekil 11. Antakya Tapınağı'nın Sütun Boyutları…….. 24
Şekil 12. Mimari Düzenler ve Antakya Tapınağı'nın Modeli…….…….. 25
Şekil 13. Doğal Dairesel Frekans Sonuçları……..…….. 26
Şekil 14. Sütun Sırası Karşılaştırması-Median Slenderness Ratio /Median Narinlik Oranı... …. 26
Şekil 15. Narinlik Oranı Karşılaştırması (Narinlik Oranı=7.0/9.0) ……..…….. 27
Şekil 16. Sütunlarda Deforme Grafiği - Serbest Daimi Sütunlar…….…….. 29
Şekil 17. Maksimum Eğilme Gerilmesi Sonuçları Özeti……..….. 30
Şekil 18. Parametrik Çalışma - Tipik Üye Eğilme Gerilmesi Dağılımları…….. 30
Şekil 19. Cephe Çerçevesi Titreşim Modları - Moment Bağlantıları…… 31
Şekil 20. Gerilme – Eğilme Dağılımı…….…….. 32
Şekil 21. Claros Apollon Tapınağı'ndaki Sütunlar…….…….. 34
Şekil 22. Mermer Tamburlar ve Kesme Bağlantıları……..…….. 35
Şekil 23. a) Doğrusal Davranış, b) Bağlantı Pimlerinin Çökmesinden Sonra Kayma Davranışı, c) Sismik Uyarma Altında Bağlantı Pimlerinin Çökmesinden Sonra Sallanma Davranışı. ……... 35
Şekil 24. Deneysel Kurulum……..…… 36
Şekil 25. Deneylerde Uygulanan Uyarma a) Düzce Deprem Hareketi, b) El Centro Deprem harel c) 2 Hz Harmonik Uyarma d) 10 Hz Harmonik Uyarma……..…… 36
Şekil 26. Kolon ve Kurşun Pinin Sonlu Eleman Modellemesi……..…… 37
Şekil 27. 1:10 Ölçekli Sütunun Modal Analizi a) 1. mod b) 2. mod c) 3. mod. ……..…… 37
Şekil 28. Monolitik Sütun Tasarımı…….…… 39
Şekil 29. Segmental Sütun Tasarımı……..……... 40
Şekil 30. Sarkaç Çarpma Sistemi……..... 40
Şekil 31. Sarkaç Darbe Testi İçin Oluşturulan Ölçüm Sistemi…… 41

Şekil 32. Darbe Yükü ve Deformasyonları……..……... 42
Şekil 33. Merkezi ve Tepe Yer Değiştirme (Yanal Yer Değişim Grafiği) ……..…… 42
Şekil 34. Betonarme Kolon Test Düzeneği……...……...…… 43
Şekil 35. Yük Deplasman Analizi……..…… 44
Şekil 36. Deney Düzeneğinin Şematik Görünüşü…….. 45
Şekil 37. Deneylerin yapılmadan Önceki Numune ve Düzenek Görüntüsü……...……. 46
Şekil 38. Deneylerde Kullanılan Kolonların Boyutları ve Donatı Dağılımı……. 47
Şekil 39. Deney Düzeneği ve Deney Numunelerinin Deney Öncesi ve Sonrası Durumu…… 48
Şekil 40. Kolon Numunelerinin Eksenel Yük Taşıma Kapasiteleri…….. 48
Şekil 41. Antik Dönemde Ocaktan Yapıdaki Yerine Tüm Aşamaları Gösteren Çizim…….. 52
Şekil 42. Tamburların Taş Ocağından Çıkarılış Şeması ve Canlandırması……...…… 53
Şekil 43. Bir Kaidenin İhraca Hazır Duruma Getirilmesi İçin Geçirdiği Aşamaları Gösteren Grafik Çizim……..…… 53
Şekil 44. Sütun Başlıklarının İşlenme Aşamaları “Korinth Örneği” ……..…… 54
Figür 45. Tıraşlanacak Tabakanın İşaretlenmesini Gösteren Çizim. ……..…… 54
Şekil 46. Bir Sütun Tornalama Tezgahının Canlandırılması……..……... 55
Şekil 47. Stratonikeia Antik Kenti Anathyrose Uygulaması……..…….. 56
Şekil 48. Mıstar Uygulaması……..……. 57
Şekil 49. Skamillus Uygulaması……..…… 58
Şekil 50. İki Kalaslı Beş Makaralı Sistem……..…….. 59
Şekil 51. Dikolos Sistemi……..…….. 59
Şekil 52. Dikey Kanalla Kurşun Akıtma……..…… 61
Şekil 53. Stratonekia Antik Kenti’ndeki Sütun Tamburunda Yatay Akıtma Yuvası……...…… 62
Şekil 54. Stratonekia Antik Kenti’nde Üç Zıvana Yuvası (Dübel) ……..…….. 62
Şekil 55. Dor Düzen……..…… 64
Şekil 56. Dor Tapınak Planı (Peripteral) ……..…….. 64
Şekil 57. Antik Dönem Mimarı Vitruvius ve Antik Düzenleri Çalışan Mimarlara Göre Dor Sütununnunn Boyutları……..…….. 69
Şekil 58. Anadolu’da Dor Düzenine Sahip Peripteros Planlı Tapınaklar ……..…….. 71
Şekil 59. Anadolu’da Dor Düzenine Sahip Peripteros Planlı Tapınaklar ……..…… 72
Şekil 60. Anadolu’da Dor Düzenine Sahip Prostylos Planlı Tapınaklar…….. 74
Şekil 61. Anadolu’da Dor Düzenine Sahip Templum in Antis Planlı Tapınaklar……..……... 76
Şekil 62. Farklı Üst ve Alt Çap Oranına Sahip Sütunlar……..…… 96
Şekil 63. Farklı Üst ve Alt Çap Oranına Sahip Sütunların Grafiksel Dağılımı……..……..…… 96
Şekil 64. Stylobat Boyutuna Göre Sütun Yüksekliğinin Grafiksel Dağılımı……...……..…… 97
Şekil 65. Tarihi Dönemlere Göre Sütun Alt Çapı ve Yüksekliği……..…… 98

Şekil 66. Sütunlar Arasında İki Metop Boşluk Kullanımı……..…….…. 99
Şekil 67. Sütun Yüksekliğinin Cephe Eksenel Aralığına Oranı……..……..…. 99
Şekil 68. Helenistik Döneme Ait İyon Tapınaklarının Planları: Priene'deki Athena Tapınağı (sağda) ve Xanthos'taki Leto Tapınağı (solda), 1: 200. Her İki Durumda da Sütun Kaideleri ile Aadaki Kaldırım Levhaları Arasındaki 1: 1 Orana ve Toplam 1: 2 Oranındadır. Boyutlar, 294-295mm……..……..……..……..……..……..……..……..……..…… 100
Şekil 69. Triglifte 5 Modül Kullanımı (d:daktil/Yunan ölçü birimi, M: modül) ……..……..…. 101
Şekil 70. Dor Düzene Sahip Tapınakların Modüler İncelemesi……..…….. 104
Şekil 71. Dor Düzene Sahip Tapınakların Modüler İncelemesi…….…. 105
Şekil 72. Juno Lacinia Tapınağı, Agrigento, Trigliflerin ve Metopların Boyutlarındaki Farklılıkları Gösteren Friz Detayı. ……..…….. 106
Şekil 73. Agrigento Juno Lacinia Tapınağının Modüler Yapısı……..……..……... 108
Şekil 74. Dorik Portik Blokların Buluntu Hali……..……..……. 112
Şekil 75. Kuzey Stoa'ya Ait Sütun Tamburu ve Başlığı……..…… 132
Şekil 76. Kuzey Stoa'nın Sütun Düzenlemesi……..…… 133
Şekil 77. Kuzey Stoa'nın Ön Cephe Düzenlemesi……..……..……. 134
Şekil 78. İon/İyon Sütun Kaidesi……... 141
Şekil 79. İyon Düzeni a-Stylobat düzeyi; b-Plinth; c-Kaide; d-Sütun gövdesi; e-Sütun başlığı; f-Arşitrav; g-Friz; h-Saçak; i-Kanelür; j-Volüt; k-Abakus; ı-Yumurta-ok frizi; m-Dentil; n-Fascia… 142
Şekil 80. İyon Sütun Başlığı……..…….. 144
Şekil 81. İyon Sütun Başlığındaki Helezoni Kıvrımının Çizimi……..…… 144
Şekil 82. Balteus……..…… 145
Şekil 83. İyon Başlığı Çiziminden Bir Kesit……..…… 145
Şekil 84. İyon Üst Yapı Elemanları……..…… 146
Şekil 85. Denticulus……... 147
Şekil 86. Üst Yapı Elemanı (Fastigium, Acroteria, Cyma) ……..……..……. 148
Şekil 87. Akroter ve Çörten……..…… 149
Şekil 88. Antik Dönem Mimarı Vitruvius ve Antik Düzenleri Çalışan Mimarlara Göre İyon Sütunun Boyutları……..……. 151
Şekil 89. İyon Sütunun Çapı……..…… 152
Şekil 90. Kutsal Alan Propylonu……..…… 158
Şekil 91. Korinth düzen: a-Stylobat; b-Krepis; c-Stereobat; d-Kaide; e-Kaneür; f-Sütun gövdesi; Başlık; h-Arşitrav + Friz; i-Saçak; j-Akant yaprakları; k-Meander, ı-Yumurta ok frizi, m-Dentil; n-Palmet……..……..……... 160
Şekil 92. Antik Dönem Mimarı Vitruvius ve Antik Düzenleri Çalışan Mimarlara Göre Korinth Sütu Boyutları……..……... 161

Şekil 93. Korinth Sütunun Çapı……. 162
Şekil 94. Lagina Hekate Tapınağı'nın Planı (Restitüsyon) ……..…… 167
Şekil 95. Lagina Hekate Tapınağı'nın Ön Cephe Restitüsyonu……..…… 168
Şekil 96. Orta Aksın Sütun Yüksekliğine, Üst Yapı Elemanlarının Orta Aksa Oranı…..…….. 168
Şekil 97. Ön Cephe Genişliğinin Sütun Yüksekliğine Oranı……. 169
Şekil 98. Ön Cephe Genişliğinin Sütun ve Üst Yapı Elemanlarının Yüksekliğine Oranı.. …….. 169
Şekil 99. Yapı Yüksekliğinin Oranları…… 170
Şekil 100. Ön Cephe Genişliğinin Toplam Yüksekliğe Oranı……..……. 170
Şekil 101. Lagina Hekate Tapınağı'nın Peristasis Sütunlarının (Başlık, Kaide, Gövde) Çizimleri Ölçüleri…… 171
Şekil 102. Antik Dönem Sütunların Karşılaştırılması……..…..…..... 182
Şekil 103. Metal Örneklerin Analiz Öncesi Temizlik ve Belgeleme İşlemleri…….. 189
Şekil 104. Ön İşlem Yapılan Örnekler…… 190
Şekil 105. Gerçekleştirilen Metalografik İşlemler…… 191
Şekil 106. Sütun İçerisinden Elde Edilen Metal Parçalar……..…….. 192
Şekil 107. Sütun İçerisinden Elde Edilen Metal Parça Parlatma İşlemi Sonrası Numunein Fotoğrafları, Soldan Sırasıyla; 1. 2. ve 3. Numuneler…….. 193
Şekil 108. 1 Nolu Örneğin Yüzeyinden Alınan Optik Mikroskop Görüntüleri……..…... 194
Şekil 109. 2 Nolu Örneğin Yüzeyinden Alınan Optik Mikroskop Görüntüleri……..…. 194
Şekil 110. 11 Nolu Örneğin Yüzeyinden Alınan Optik Mikroskop Görüntüleri……..…... 195
Şekil 111. FESEM, EDS ve MAP Analizlerinde Kullanılan Alan Emisyonlu Taramalı Elektron Mikroskobunun Fotoğrafı…… 196
Şekil 112. 1 Nolu Örneğin Yüzeyinden Alınan FESEM Görüntüleri…..…… 197
Şekil 113. 2 Nolu Örneğin Yüzeyinden Alınan FESEM Görüntüleri……..……. 198
Şekil 114. 1 Nolu Örneğin Yüzeyinden Alınan FESEM Görüntüsü, EDS Pikleri ve Element Oranlar…… 199
Şekil 115. 2 Nolu Örneğin Yüzeyinden Alınan FESEM Görüntüsü, EDS Pikleri ve Element Oranlar…… 200
Şekil 116. 1 Nolu Örneğin Yüzeyinden Alınan FESEM Görüntüsü, Genel MAP, Elementel MAP Görüntüleri Ve EDS Analiz Verileri…..…… 201
Şekil 117. 2 Nolu Örneğin Yüzeyinden Alınan FESEM Görüntüsü, Genel MAP, Elementel MAP Görüntüleri Ve EDS Analiz Verileri……..……... 202
Şekil 118. 2 Nolu Örneğin Yüzeyinden Alınan FESEM Görüntüsü, Çizgisel Element Dağılımı ve Şiddetleri……... 203
Şekil 119. Kullanılan Hardway Marka Mikrosertlik Cihazı…… 204
Şekil 120. 1 Nolu Örneğin Yüzeyinden Alınan Mikrosertlik Görüntüsü ve Değeri…… 204

Şekil 121. 1 Nolu Örneğin Yüzeyinden Alınan Mikrosertlik Görüntüsü ve Değeri……. 205
Şekil 122. 2 Nolu Örneğin Yüzeyinden Alınan Mikrosertlik Görüntüsü ve Değeri…..…….…… 205
Şekil 123. 2 Nolu Örneğin Yüzeyinden Alınan Mikrosertlik Görüntüsü ve Değeri…….……..…… 206
Şekil 124. 32 Nolu Örneğin Numuneye Ait FESEM Görüntüsü ……..……. 207
Şekil 125. 32 Nolu Örneğin Ait FESEM, EDS Pikleri ve Element Dağılım Oranları…… 207
Şekil 126. 2 Nolu Örneğe Ait FESEM Görüntüsü ……..……..……..……..…… 208
Şekil 127. 2 Nolu Örneğe Ait FESEM, EDS Pikleri Ve Element Dağılım Oranları…….…….. 208
Şekil 128. Inductively Coupled Plasma -Mass Spectrometer, Nexlon 2000 B Pelkin…...…… 213
Şekil 129. Mikrodalga Bozundurma Sistemi…….……..…….. 214
Şekil 130. Hassas Terazi Ölçümleri…….……..…….. 214
Şekil 131. Mikrodalga Bozundurma Sistemi Programı Ve Bozundurma Tüpleri…….……..… 215
Şekil 132. Çözelti Haline Getirilen Örnekler…..……..…… 216
Şekil 133. 9 Numaralı Fe Örneğinin XRD Spektrumu…..……..…… 222
Şekil 134. 9 Numaralı Fe Örneğinin EDS Spektrumu.……...…… 222
Şekil 135. 11 Numaralı Pb Örneğinin XRD Spektrumu……..….. 223
Şekil 136. 11 Numaralı Pb Örneğinin EDS Spektrumu……..….. 224
Şekil 137. 16 Numaralı Fe Örneğinin XRD Spektrumu……..….. 225
Şekil 138. 16 Numaralı Fe Örneğinin EDS Spektrumu……..….. 225
Şekil 139. 18 Numaralı Pb Örneğinin XRD Spektrumu…..…….…….. 226
Şekil 140. 18 Numaralı Pb Örneğinin EDS Spektrumu……..….. 227
Şekil 141. LS1 Kodlu Numaralı Örneğinin TG-DTG Termogramı.. ……..….. 229
Şekil 142. LS2 Kodlu Numaralı Örneğinin TG-DTG Termogramı……..….. 229
Şekil 143. LS3 Kodlu Numaralı Örneğinin TG-DTG Termogramı……..….. 230
Şekil 144. LS4 Kodlu Numaralı Örneğinin TG-DTG Termogramı……..….. 230
Şekil 145. LS5 Kodlu Numaralı Örneğinin TG-DTG Termogramı……..….. 231
Şekil 146. LS6 Kodlu Numaralı Örneğinin TG-DTG Termogramı……..….. 231
Şekil 147. LS1 Kodlu Numaralı Örneğinin DSC Termogramı……..…… 232
Şekil 148. LS2 Kodlu Numaralı Örneğinin DSC Termogramı……..... 232
Şekil 149. LS3 Kodlu Numaralı Örneğinin DSC Termogramı……..... 233
Şekil 150. LS4 Kodlu Numaralı Örneğinin DSC Termogramı……..... 233
Şekil 151. LS5 Kodlu Numaralı Örneğinin DSC Termogramı……..... 234
Şekil 152. LS6 Kodlu Numaralı Örneğinin DSC Termogramı……..... 234
Şekil 153. Mermer Ocağında Karot Örneklerinin Alınma İşlemleri…..……. 236
Şekil 154. Stratonikeia Ve Lagina'da Örnek Toplanma İşlemleri……..…….. 236
Şekil 155. Prototip Örneği Hazırlama İşlemleri……..…….. 239
Şekil 156. Stratonikeia Ve Lagina'da Taşlarda Restorasyon Uygulamaları…….. 239

Şekil 157. Stratonikeia Ve Lagina'da Sütunlarda Restorasyon Uygulamaları…….……..…… 240
Şekil 158. Çekme Testi İçin Hazırlanan Prototip…….……...……..... 242

TABLOLARIN LİSTESİ

Tablo 1. Toplanan Numune Görselleri ve Kodları……..….. 5
Tablo 2. Numune Bilgileri……. 10
Tablo 3. Analizi Yapılan Numuneler Hakkında Bilgi…… 11
Tablo 4. Mimari Düzenler ve Alt Tarzlar…… 12
Tablo 5. Mermer ve Çimentonun Özellikleri……. 17
Tablo 6. Metallerin Özellikleri…….. 18
Tablo 7. Antakya ve Taş Ocağındaki Mermerlerde Yoğunluluk……. 20
Tablo 8. Sürtünme Testi Sonuçları…… 21
Tablo 9. Geometrik Oranlarda Sütun Ölçüleri…….. 23
Tablo 10. Sismik Tepki Katsayıları……. 25
Tablo 11. Yazılım Doğrulama…… 25
Tablo 12. Serbest Sütun Eksenel Reaksiyon Sonuçları……. 28
Tablo 13. Serbest Dikili Sütun - Moment Reaksiyon Sonuçları…… 28
Tablo 14. Doğal Dairesel Frekans Sonuçları…… 31
Tablo 15. Eksenel, Kesme ve Moment Reaksiyonları…… 32
Tablo 16. Sütunlarda Maksimum Stres Miktarı……. 33
Tablo 17. Numunenin Fiziksel Özellikleri……..... 35
Tablo 18. Kullanılan Beton Karışımlarının Özellikleri İle Küp Numunelerinin Basınç Dayanım Değerleri…… 44
Tablo 19. Donatı Çeliğin Çekme Deneyi Sonuçları…… 45
Tablo 20. Deneylerde Kullanılan Kolon Numunelerinin Özellikleri…… 46
Tablo 21. Teorik, Deneysel Yük Taşıma Kapasite Değerleri ve Max. Boyuna Kısalma Değerleri…… 49
Tablo 22. Testi Sonuçların Sorgulanması…… 50
Tablo 23. Varyans Analizi…… 50
Tablo 24. Anadolu Dor Tapınakların İnşaatında Kullanılan Malzemeler…….. 84
Tablo 25.Anadolu'daki Dor Düzenli Tapınakların Ölçü ve Oranları…….. 85
Şekil 26. Anadolu'daki Dor Düzenli Tapınakların Planlara Göre Dağılımı…….. 86
Tablo 27. Peripteros Planın Temel Özelliği……..…….. 87
Tablo 28. Peripteros Planına Sahip Dor Tapınaklar……..….. 87
Tablo 29. Prostylos Planın Temel Özelliği……..….. 88
Tablo 30. Prostylos Planına Sahip Dor Tapınaklar……...….. 88
Tablo 31. Templum In Antis Planın Temel Özelliği……..…….. 89
Tablo 32. Templum In Antis Planına Sahip Dor Tapınaklar…… 89

Tablo 33. Anadolu'daki Dor Tapınaklar……. 90
Tablo 34. Dor düzene sahip peripteral planlı tapınakların sayısı, yüzdesel dağılımı ve sütun sayıları…… 100
Tablo 35. Dor Düzeninde Genişlik Sınırlarına Ait Modüler Sistem……..... 102
Tablo 36. Dor Tapınaklarda Sütun Yüksekliği…….. 106
Tablo 37. Tarihi Dönemlerde Alt ve Üst Çapa Göre Sütun Yüksekliği Oranları……..…….. 107
Tablo 38. Tarihi Dönemlerde Alt ve Üst Çapa Göre Sütun Yüksekliği Oranları……. 109
Tablo 39. Dor Mimariye Ait Numune Bilgileri……..…….. 111
Tablo 40. Dor Mimariye Ait Numune Bilgileri…… 112
Tablo 41. Dor Mimariye Ait Numune Bilgileri……. 119
Tablo 42. Dor Mimariye Ait Numune Bilgileri……. 119
Tablo 43. Dor Mimariye Ait Numune Bilgileri……..….. 120
Tablo 44. Stratonikeia Antik Kenti ve Lagina Kutsal Alanı'ndaki Sütunlardan Alınan Numunelere Ait Genel Bilgi……..……... 120
Tablo 45. Sütun Özelliklerinin Karşılartırılması……. 127
Tablo 46. Lagina Hekate Kutsal Alan'daki Stoaların Ölçüleri…….. 130
Tablo 47. Toplanan örnekler ve ölçüleri…….. 135
Tablo 48. Dor Sütun Numunelerine Ait Orijinal Ölçüler……..…... 140
Tablo 49. Numunelerin Restitüsyonuna Ait Bilgiler……..…... 140
Tablo 50. İon Sütun Yüksekliğinin ve Baştaban Yüksekliğine Oranı……..…….. 150
Tablo 51. İon Tapınakları ve Sütunları ……..... 153
Tablo 52. İon Sütun Yüksekliği ve Çap Oranları……..…… 155
Tablo 53. Stratonikeia Antik Kentindeki Ion Başlıklar……. 156
Tablo 54. İon Düzenine Sahip Numune…… 157
Tablo 55. Anadolu'da İnşa Edilen Korinth Tapınaklar……..…… 163
Tablo 56. Korinth Sütunu ve Örnek 9 Hakkında Bilgi……. 166
Tablo 57. Korinth Sütunu ve Örnek 11 Hakkında Bilgi……..…….. 166
Tablo 58. Doğu Peristasis Sütun Başlıklarının Oranları……. 171
Tablo 59. Kuzey Peristasis Sütun Başlıklarının Oranları…….. 172
Tablo 60. Batı Peristasis Sütun Başlıkların Oranları…….. 173
Tablo 61. Güney Peristasis Sütun Başlıklarının Oranları…….. 174
Tablo 62. Lagina Hekate Tapınağı'nın Mimari Elemanlarının Ölçüleri…… 175
Tablo 63. Pseoudo-Dipteros Planlı Tapınaklarda Uygulanan Sütun Aralığı Ve Oranları…….. 175
Tablo 64. Korinth Düzeninde İnşa Edilen Tapınaklarda Uygulanan Sütun Aralığı ve Oranları… 176
Tablo 65. Pseoudo-dipteros Planlı Tapınaklarda Uygulanan Euthynteria ve Stylobat Oranları... 176

Tablo 66. Hellenestik Dönem Korinth Düzenindeki Yapılarda Sütun Alt Çapının Sütun Yüksekliğine Oranı…… 177
Tablo 67. Roma Dönemi Korinth Düzenindeki Yapılarda Sütun Alt Çapının Sütun Yüksekliğine Oranı…… 177
Tablo 68. Korinth Düzenindeki Yapılarda Sütun Alt Çapının Kaide Yüksekliğine Oranı…… 178
Tablo 69. Korinth Düzenindeki Yapılarda Sütun Alt Çapının Başlık Yüksekliğine Oranı…… 178
Tablo 70. Korinth Düzenindeki Yapılarda Başlık Yüksekliğinin Sütun Yüksekliğine Oranı…… 179
Tablo 71. Korinth Sütunlarında Çap ve Yükseklik Oranları…… 180
Tablo 72. Korinth Numune Sütununa Ait Orijinal Ölçüler…… 181
Tablo 73. Proje Kapsamında İncelenen 44 Tapınağın Yükseklik ve Çap Oranı Dağılımı…… 183
Tablo 74. Proje Kapsamında İncelenen 44 Tapınakta Kullanılan alt çap-sütun yüksekliği oranların dağılımı…… 184
Tablo 75. Dor Tapınaklarında Sütun Ölçüleri…… 185
Tablo 76. İon Tapınakları ve Sütunları…… 186
Tablo 77. Proje Kapsamında İncelenen 24 Tapınağın Yükseklik ve Çap Oranı Dağılımı…… 187
Tablo 78. Proje Kapsamında İncelenen 44 Tapınakta Kullanılan alt çap-sütun yüksekliği oranların dağılımı…… 187
Tablo 79. Korinth Tapınaklar ve Sütunları…… 188
Tablo 80. Analiz İçin İnceleme Altına Alınan Örnekler…… 190
Tablo 81. Örnek 11 Demir ICP-MS Sonuçları…… 217
Tablo 82. Örnek 16 Demir ICP-MS Sonuçları…… 217
Tablo 83. Örnek 11 Kurşun ICP-MS Sonuçları…… 218
Tablo 84. Örnek 16 Kurşun ICP-MS Sonuçları…… 218
Tablo 85. XRD ve EDS Analizleri İçin Seçilen Örnekler…… 221
Tablo 86. Ersoy Döküm Makine Firmasında Gerçekleştirilen Spektrometre Analiz Verileri…… 228
Tablo 87. Karot Örneklei XRF Analiz Sonuçları…… 237
Tablo 88. Mermer Örneklerinin Basınç Dayanım Değerleri…… 240
Tablo 89. Prototip Olarak Hazırlanan Demir Örneğinin Kimyasal Yapısı…… 242

ÖZET

Bu proje ile antik dönem mimarlığındaki sütunlara farklı bir bakış açısı getirilerek, sütunların yalnızca mermer bloklardan ibaret olmadığı, bağlantı, aktarım ve korozyona karşı koruma elemanı görevi olarak kullanılabilen demir ve kurşun malzemelerin yapısının da ele alınması gerektiği anlaşılmıştır. Stratonikeia ve Lagina'da bulunan Hellenistik, Roma ve Bizans dönemi sütunları ve sütunlarda kullanılan metal malzemelerin fizikokimyasal yapıları aydınlatılarak bazı mekanik özellikleri de belirlenmiştir. Antik yapılardaki sütunların mimari ve sanatsal yönleri dışında, bağlantıları nedeniyle elde edilen sağlamlığı hakkında da bilgi edinilmiştir. Başlıklarına göre tipolojilere ayrılan sütunların Dor, Ion ve Korinth gibi özelliği dikkate alınarak detaylı çalışma yapılmıştır. Demir ve kurşun örnekleri alınan Hellenistik, Roma ve Bizans dönemi sütunların yükseklikleri, çapları, zıvana boyutları, tipleri ve dönem özelliği dikkate alınmıştır. Arkeolojik alanda kullanılan kurşun ve demir malzemeler kayıt altına alınmıştır. Her sütun tipinin taşıdığı yük, gövde genişliği ile farklılık göstermekle birlikte, sütunları birleştirmede kullanılan metal malzemelerin kimyasal özelliklerinin aynı olduğu tespit edilmiştir. Hazırlanan prototipler ile sütunların ve demir örneklerin mekanik özellikleri tespit edilmiştir. Bu projenin kazanımlarından biri, antik dönem sütunun harcı olarak adlandırdığımız bağlayıcı malzeme olan kurşun ve demirin, kazılarda açığa çıkarıldıktan sonra gerekli saklama koşullarında korunmasında bir farkındalık sağlanmasıdır. Turizm potansiyeli çok yüksek olan ülkemizde mühendislik, arkeoloji ve koruma bilimi alanlarından çok sayıda lisans ve lisansüstü program öğrencisi projede görevlendirilerek bu alanda ülkemizdeki büyük boşluğun ileriki yıllarda doldurulmasına olanak sağlayacak şekilde yetiştirilmiştir. Arkeolojik örneklerin; x-ışınları, elektron mikroskobu ve çeşitli mekanik testler gibi metotlarla analiz edilerek incelenebileceği, koruma biliminde farklı uygulamaların yapılabileceği ile ilgili kazı alanlarında arkeolog ve koruma bilimcilerine farkındalık kazandırılması da diğer kazanımlardandır.

Anahtar Kelimeler: Arkeometalurji, Arkeometri, Stratonikeia ve Lagina, Malzeme Karakterizasyonu, Antik Metaller

ABSTRACT

A different perspective was brought to the columns in ancient architecture with this project, and it was understood that the columns were not only composed of marble blocks, but also the structure of iron and lead materials, which can be used as connection, transfer and corrosion protection elements. The Hellenistic, Roman and Byzantine period columns in Stratonikeia and Lagina and the physicochemical structures of the metal materials used in the columns were illuminated and some mechanical properties were determined. Apart from the architectural and artistic aspects of the columns in ancient buildings, information was obtained about the strength obtained due to their connections. A detailed study was carried out by considering the characteristics of the columns, which were divided into typologies according to their titles, such as Doric, Ionic and Corinthian. The heights, diameters, tenon dimensions, types and period characteristics of the Hellenistic, Roman and Byzantine period columns from which iron and lead samples were taken were taken into consideration. Lead and iron materials used in the archaeological area were recorded. Although the load carried by each column type differs with the width of the body, it has been determined that the chemical properties of the metal materials used in joining the columns are the same. The mechanical properties of the columns and iron samples were determined with the prepared prototypes. One of the achievements of this project is to raise awareness about the preservation of lead and iron, the binding material we call the mortar of the ancient period column, under the necessary storage conditions after they are unearthed in the excavations. In our country, which has a very high tourism potential, many graduate and undergraduate students in the fields of engineering, archeology and conservation science have been trained in a way that will allow filling the big gap in our country in this field in the coming years. Archaeological samples; other achievements are raising awareness to archaeologists and conservation scientists in excavation areas that can be analyzed and examined by methods such as x-rays, electron microscopy and various mechanical tests, and that different applications can be made in conservation science.

Keywords: Archeometallurgy, Archaeometry, Stratonikeia and Lagina, Material Characterization, Ancient Metals

1. GİRİŞ

"Stratonikeia ve Lagina'daki Hellenistik, Roma ve Bizans Dönemi Sütunlarında Kullanılan Metal Malzemelerin Özelliklerinin Belirlenmesi ve Metal Oranlarına Göre Mukavemetlerinin Araştırılması" başlıklı proje Dor, Ion ve Korinth düzenine sahip sütun tiplerinde kullanılan metal malzemelerin tayinini yapmak ve her sütun tipinin bu malzemeler dahilinde taşıdığı yük kapasitelerini araştırmak amacı ile hazırlanmıştır. Proje kapsamında antik dönem sütunları hakkında orijinal verileri edinebilmek için üç sütun türüne de sahip olan Stratonikeia Antik Kenti ve Lagina Hekate Kutsal Alanı çalışma sahası olarak seçilmiştir.

Karia Bölgesi'nin iç kesimindeki kentlerinden birisi olan Stratonikeia, Muğla ili, Yatağan ilçesi, Eskihisar mahallesinde, eski bir köyde bulunmaktadır. Stratonikeia antik kenti, Kadıkulesi Tepesi'nin kuzey yamacı ve devamındaki düz alana kurulmuştur. Yatağan-Milas karayolunun 7. kilometresinde yer almaktadır.

Kentte ilk dönem kazıları 1977 yılında Prof. Dr. Yusuf Boysal başkanlığında Selçuk Üniversitesi'nden bir ekip tarafından başlatılmış olup, bu kazılar, 1998 yılına kadar devam etmiştir. Kentte ikinci dönem kazıları, 2003 yılından itibaren Prof. Dr. Çetin Şahin Başkanlığında bir ekip tarafından başlatılmış ve 2006 yılına kadar devam etmiştir. Kentte şu anda Kültür ve Turizm Bakanlığı ile Pamukkale Üniversitesi adına Prof. Dr. Bilal Söğüt başkanlığında kazı ve araştırmalar yürütülmektedir.

Stratonikeia ve çevresi Hititler Dönemi'nde Atriya ismiyle geçmekteydi. Daha sonra bu yerleşim Khrysaoris ismini kullanmıştır. Klasik Dönemde önce Idrias sonraları Hekatesia olarak bilinen kent, MÖ 3. Yüzyılın ikinci çeyreğinden itibaren I. Antiochos'un karısı Stratonike'nin adına Stratonikeia olmuş ve bu adı Hellenistik, Roma ve Bizans Dönemi boyunca uzun bir süre kullanmıştır. Ancak Roma İmparatorluk Dönemi'nde kısa bir süre Hadrianus ve Antoninus Pius zamanında (MS 117–161) Hadrianoupolis ismini kullandığı bilinmektedir. Stratonikeia mevcut kalıntılara göre en yoğun imar dönemini Klasik Dönemde MÖ 4. yüzyılda, Hellenistik Dönem içerisinde MÖ 2. yüzyılda, Roma İmparatorluk Dönemi'nde Erken İmparatorluk ve MS 2. yüzyılda ve Erken Bizans Dönemi'nde yaşamıştır. Bizans Dönemi sonrasında, Osmanlı, Beylikler ve Cumhuriyet Dönemi'nde de yerleşim devam etmiştir.

Lagina Hekate Kutsal Alanı, Muğla ili, Yatağan ilçesi, Turgut mahallesi sınırlarında, modern yerleşimin yaklaşık 1 km doğusunda bulunmaktadır. Yatağan-Milas karayolunun 2. km'sinden kuzeye ayrılan yolu takiben, Turgut girişinde kuzeydoğuya sapan yoldan kutsal alana ulaşılmaktadır. Kutsal alan Yatağan'dan yaklaşık 8 km uzaklıktadır. Kalıntıların bulunduğu bölge, kutsal alanın güneybatısındaki tören kapısı olarak kullanılan Propylon'un in situ

durumda korunagelen geçiş kısmı nedeniyle, yerli halk tarafından “Kapıtaş Mevkii” olarak adlandırılmaktadır.

Lagina ve çevresinde tespit edilen kalıntılara göre bölgedeki yerleşimler MÖ 3000 yılına kadar uzanmaktadır. Lagina'nın tarihi süreci, Karia Bölgesi ve özellikle bağlı olduğu Stratonikeia antik kentinin tarihi süreci ile paralellik gösterdiği varsayımı, antik kaynaklar, ele geçen yazıtlar ve arkeolojik belgelerle kronolojik olarak yerine oturmaktadır. Stratonikeia çevresinde bulunan Eski Tunç Çağı’na ait kaplar, iki Submyken vazo ve bir tablet yörenin en erken buluntularıdır.

Hekate Kutsal Alanı’nın yaklaşık 1 km. kuzeybatısında yer alan Koranza antik kentinde Arkaik Dönem’e tarihlenen buluntular ele geçmiştir. M.Ö. 4. yy’da bölgenin en önemli yerleşimlerinden biri haline gelen kent hakkında, Hekate Tapınağı’nın yaklaşık 1 km. kuzeybatısındaki Köklük Mevkisi’nde ele geçen yazıt önemli bilgiler içermektedir. Yazıttan öğrendiğimize göre, bu dönemde Lagina Koranza antik kentinin bir demosudur. Kutsal Alan’ın ve Koranza antik kentinin çevresinde yapılan kazılarda M.Ö. 4. yy’a ait eserler bulunmuştur. Bu buluntulara, antik yazarlardan edindiğimiz bilgiler de eklenince bölgenin bu süreçteki tarihi ve politik yapısına ait bir değerlendirme yapılabilmektedir. Strotonikeia nekropolünde ve son yıllarda Börükçü Mevkisi’ndeki nekropol alanında yapılan kazı çalışmalarında M.Ö. 4. yy’a tarihlenen buluntuların diğer dönemlere nazaran daha fazla olması, Maussolos Dönemi’ndeki istikrarlı yönetimin sonucu olmalıdır.

M.Ö. 3. yüzyıl başlarında, Seleukoslar’ın yönetimindeki bölgenin siyasi yapısının yeniden düzenlenmesi ile Stratonikeia ön plana çıkmış ve Koranza antik kenti Stratonikeia’nın demoslarından biri olmuştur. Lagina’nın bağlı olduğu Koranza’nın adının unutulup, Lagina Hekate Kutsal Alanı’nın önem kazanmasının nedeni, Anadolulu bir tanrıça olan Hekate’nin kültünün ön plana çıkması, bunun sonucu olarak da Hekate Tapınağı’nın bölgenin en önemli dini merkezi haline gelmiş olmasından kaynaklanmaktadır. Lagina Hekate Kutsal Alanı’nın, kutsal bir yol ile Stratonikeia’ya bağlanması ve Hekate Tapınağı rahiplerinin demos hakkına sahip olduğu için Stratonikeia yönetimine bule göndererek söz sahibi olmaları, Lagina’nın bölgedeki önemini vurgulamaktadır.

M.Ö. 240 yılında Stratonikeia Rodos hâkimiyetine girmiştir. Daha sonra Stratonikeia ve çevresini, M.Ö. 205 yılında Makedonya kralı Philip ele geçirmiştir, ancak Stratonikeia ve ona bağlı demosların fidye ödeyerek bağımsızlıklarını yeniden kazanmaları Rodos hâkimiyetinin çok güçlü olmadığını göstermektedir. Hiçbir savunma sistemi olmayan Lagina’da bu dönemlerdeki istilalardan etkilenmiştir.

Roma'nın yardımları ile M.Ö. 167 yılında Karia'nın bütün kentleri bağımsız olur. Karia'nın önemli merkezi olan Mylasa ile Stratonikeia arasında M.Ö. 143 yılında ortaya çıkan sınır anlaşmazlığına Roma Senatosu hakemlik etmiştir. M.Ö. 130 yılında Roma'ya başkaldıran Aristonikos Romalılardan korunmak için Stratonikeia'ya sığınmıştır ki bu durum kentin bu dönemdeki gücünün göstergesidir.

Anadolu'yu Romalılardan temizlemek için çabalayan Pontus Kralı Mithridates'e karşı Roma'yı savunan Stratonikeia M.Ö. 88 yılında Mithridates'in işgaline uğrar. Romalılar M.Ö. 81 yılında Pontusluları yener ve Stratonikeia'yı mükâfatlandırarak kentin 50 km. kuzey doğusunda yer alan Hydisos şehri ve topraklarını Stratonikeia'ya verir. M.Ö. 40 yılında Partlarla Romalı Labianus Romalılara karşı açtığı mücadelede Stratonikeia'ya saldırır fakat ele geçiremez, bunun üzerine Lagina Hekate Tapınağını yağmalar. Bu yağmalama sonucu harap olan tapınak tamiri için Augustus M.Ö. 27 yılında büyük bir bağışta bulunur. Propylonun kapı lentosunda yer alan bu bağış kitabesi günümüze kadar koruna gelmiştir.

İmparator Augustus'un Lagina'ya yardım ederek yeni yapıların inşa edilmesini sağlaması ve bu bağışı özellikle giriş kapısına yazdırması kutsal alanın Roma Döneminde de bölge için önemli olmasından kaynaklanmaktadır. M.S. 4. yüzyılın ilk yarısında tanınan serbestliğin hemen arkasından; altar ile ortak duvarı olan küçük şapel ve şapelin arka duvarına bitişik devirme taşlardan büyük bir yapı inşa edilmiştir. Ele geçen sikkelere göre; bu yapılar M.S. 4. yüzyılın 3. çeyreğinde bir deprem ile yıkılınca, tüm alanın terk edildiği anlaşılmaktadır.

Lagina, 18. yüzyıldan itibaren pek çok araştırmacının ilgisini çekmiştir. Araştırmacıların 19. yüzyılın sonuna kadar devam eden kısa süreli ziyaretlerinin ardından ilk kapsamlı çalışmalar 1891-1892 yıllarında Osman Hamdi Bey tarafından gerçekleştirilmiştir. Batı Anadolu'daki ilk Türk kazısı olma özelliğine sahip Lagina'da, Osman Hamdi Bey, tapınak, Batı Stoa ve Propylon'da kısa süreli kazı çalışmaları yapmış, tapınağın frizlerini İstanbul Arkeoloji Müzeleri'ne götürmüştür. Osman Hamdi Bey'den sonra da kutsal alanda araştırmalar devam etmiş olup, en kapsamlı kazı ve onarım çalışmaları, Prof. Dr. Ahmet A. Tırpan başkanlığındaki bir ekip tarafından gerçekleştirilmiştir. 1993 yılından 2011 yılına kadar devam eden bu süreçte, propylon, altar, tapınak, Kuzey Stoa, Batı Stoa ve tapınak ile altar arasındaki kilisede kazı ve onarım çalışmaları yapılmıştır.

Arkeometalurji, tunç çağından yakın geçmişe kadar metal yapıların, aletlerin, atık metal ürünlerin ve işlenmiş metal eserlerin incelenmesidir. Aynı zamanda kazı alanlarındaki metal işleme yapılarını ve bir projenin kazı sonrası aşamalarında cüruflar, potalar ve kalıplar gibi metal işleme atık ürünlerini tanımlamak ve yorumlamak için kullanılabilir. Geçmişte kullanılan

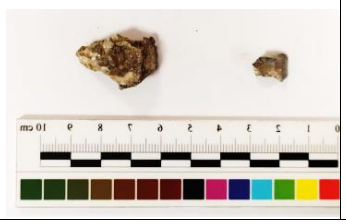
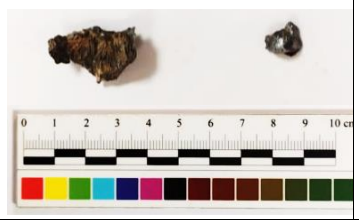
teknolojiler, elde edilen bilgilerden yeniden yapılandırılabilir, bilimsel teknikler, ek bilgi sağlayabildikleri için genellikle arkeometalurji uzmanları tarafından kullanılır. Arkeometalurjik araştırmalar, madencilik, maden çıkarma, rafinasyon ve metal eşya ticaretlerinin hem doğası hem de ölçeği için kanıt sağlayabilir ve diğer yapısal ve yapay kanıtların anlaşılmasına yardımcı olabilir. Bir bölgenin ekonomisini, işgalin doğasını, sakinlerinin teknolojik yeteneklerini ve kültürel yakınlıklarını anlamada çok önemli olabilirler. Bu tür kanıtların tam anlamıyla kullanılabilmesi için, her aşamada arkeometalurjinin dikkate alınması esastır. Arkeolojik projelerde, bu tür kanıtların tam anlamıyla kullanılması için arkeometalurji, başından beri arkeolojik projelerin her aşamasında dikkate alınır.

Bu çalışma, arkeolojik araştırmalarda metal eserlerin ve sütunların tüm yönleriyle ilgili bilgilerinin elde edilmesini sağlamak ve bilgilerin arttırılmasını amaçlamaktadır. Genel olarakta arkeoloji alanında yer alan kazı ve müze çalışanları ve uzmanlar için proje oluşturmaları, proje tasarımları, değerlendirmeler ve raporlamalarda yardımcı olacaktır.

Projede öncelikle Stratonikeia Antik Kenti ve Lagina Hekate Kutsal Alanı'ndan numune alınması için saha araştırması yapılmıştır ve sonrasında tanımlamaya göre sahadan alınan numuneler, analize hazır hale getirilmiştir. Analize hazırlık sürecinde numunelerin yüzeyindeki korozyon mekanik olarak dişçi motoru ile temizlenmiştir. Proje kapsamında antik yerleşimden 33 örnek alınmıştır. Numunelere ait genel bilgiler Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir. Sahadan alınan örnekler doğrultusunda proje amacına hizmet edecek en uygun 7 örnek seçilmiştir. Proje kapsamında analize tabi tutulan örnekler hakkında bilgi Tablo 3'te verilmiştir. Projede analize alınmayan örnekler, proje sonrasındaki ilerleyen çalışmalarda değerlendirilecektir.

Seçilen numunelerde optik mikroskop, FESEM ve EDS yöntemleri ile metalografik araştırmalar yapılmıştır. Aynı zamanda numunelere spektrofotometre, XRD, TGA-DSC ve ICP-MS analizleri yapılmıştır. Özellikleri belirlenen malzemelere uygun prototipler için literatür araştırması yapılmıştır. Sonrasında antik dönem oranlarında demir ve kurşun üretimi, sütun tiplerine uygun prototiplerin hazırlanarak fiziko-mekanik testlerin yapılması ile devam edilmiştir.

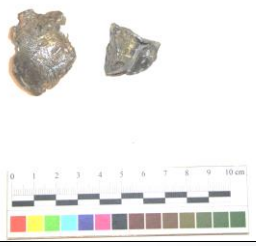
Tablo 1. Toplanan Numune Görselleri ve Kodları

Örnek No	İşlem Öncesi	İşlem Sonrası	İÖ ve İS Ağırlık	
Örnek 1 LS1 (Kart-1)			3,13	2,97
Örnek 2 LK1.1 LK1.2 (Kart-2)			A- 111,71 B- 52,08	A- 109,79 B- 51,67
Örnek 3 LK2 (Kart-3)			502,60	499,64
Örnek 4 LK3.1 LK3.2 (Kart-4)			A- 60,09 B- 35,52	A- 58,76 B- 35,16
Örnek 5 LK4 (Kart-5)			101,86	100,71
Örnek 6 LD1 (Kart-6)			148,90	147,35
Örnek 7 LD2.1 Ld2.2 (Kart-7)			A- 11,58 B- 2,63	A- 10,60 B- 2,50

Örnek No	İşlem Öncesi	İşlem Sonrası	İÖ ve İS Ağırlık	
Örnek 8 LD3.1 LD3.2 (Kart-8)			A- 153,57 B- 113,04	A- 152,16 B- 109,51
Örnek 9 LS2.1 LS2.2 (Kart 9)			A- 109,10 B- 35,07	A- 108,72 B- 33,60
Örnek 10 LK-5 (Kart-10)			35,13	34,89
Örnek 11 LS3 (Kart-11)			436,51	426,74
Örnek 12 LK6.1 LK6.2 (Kart-12)			223,74	220,43
Örnek 13 LK7.1 LK7.2 (Kart-13)			990,47	978,08
Örnek 14 LK8 (Kart-14)			157,59	154,18

Örnek No	İşlem Öncesi	İşlem Sonrası	İÖ ve İS Ağırlık	
Örnek 15 LK9.1 LK9.2 (Kart-15)			423,72	411,08
Örnek 16 LS4.1 LS4.2 (Kart 16)			A-25,43 B-3,83 C-2,47	A-24,59 B-3,47 C-2,25
Örnek 17 LK-10.1 LK-10.2 (Kart-17)			567,58	561,97
Örnek 18 LS5 (Kart-18)			19,01	18,63
Örnek 19 LS6 (Kart-19)			Toplam 0,61	Toplam 0,56
Örnek 20 LK11.1 LK11.2 (Kart-20)			1,550 kg	1,528 kg
Örnek 21 LD4 (Kart-21)			33,83	32,85

Örnek No	İşlem Öncesi	İşlem Sonrası	İÖ ve İS Ağırlık	
Örnek 22 SK1 (Kart-22)			7,20	7,16
Örnek 23 SS1 (Kart 23)			0,73	0,64
Örnek 24	İPTAL (Kart-24)			
Örnek 25 SK2 (Kart-25)			71,10	69,94
Örnek 26 SK3 (Kart-26)			287,51	285,50
Örnek 27 SK4.1 SK4.2 (Kart-27)			A-85,77 B-62,67	A-84,53 B-62,19
Örnek 28 SD1 (Kart-28)			54,67	53,93

Örnek No	İşlem Öncesi	İşlem Sonrası	İÖ ve İS Ağırlık	
Örnek 29 LK5.1 LK5.2 (Kart-29)			188,68	183,39
Örnek 30 SK6.1 SK6.2 (Kart 30)			914,02	908,86
Örnek 31 SD-2.1 SD2.2 (Kart-31)			A-42,65 B-41,13	A-41,18 B-40,29
Örnek 32 SD3.1 SD3.2 (Kart-32)			A-43,02 B-28,53	A-42,83 B-28,27
Örnek 33 SK7.1 SK7.2 (Kart-33)			A-46,02 B-29,30	A-44,03 B-28,81
Örnek 34	İPTAL (Kart-34)			

Tablo 2. Numune Bilgileri

KOD		BÖLGE		YÖNELİM		TÜR		MALZEME		MİMARİ YAPI ELEMANI					
ÖRNEK	NUMUNE	LAGİNA	STRATONİKEİA	YATAY	DİKEY	KENET	DÜBEL	KURŞUN	DEMİR	SÜTUN (Taşıyıcı)	DUVAR (Taşıyıcı)	ARŞİTRAV (Üst)	KORNİŞ (Üst)	TRİGLİFON BLOĞU (Üst)	ZEMİN (Alt)
1	LS1	√			√		√	√		√					
2	LK1.1	√				√		√							√
2	LK1.2	√		√		√			√						√
3	LK2	√		√		√		√	√						√
4	LK3.1	√		√		√		√			√				
4	LK3.2	√		√		√			√		√				
5	LK4	√		√		√		√			√				
6	LD1	√			√		√		√		√				
7	LD2	√			√		√	√			√				
8	LD3.1	√			√		√	√			√				
8	LD3.2	√			√		√		√		√				
9	LS2.1	√			√		√	√		√					
9	LS2.2	√			√		√		√	√					
10	LK5	√		√		√		√					√		
11	LS3	√			√		√	√		√					
12	LK6.1	√		√		√		√							√
12	LK6.2	√		√		√			√						√
13	LK7.1	√		√		√		√							√
13	LK7.2	√		√		√			√						√
14	LK8	√		√		√		√							√
15	LK9.1	√		√		√		√							√
15	LK9.2	√		√		√			√						√
16	LS4.1	√			√		√	√		√					
16	LS4.2	√			√		√		√	√					
17	LK10.1	√		√		√		√							√
17	LK10.2	√		√		√			√						√
18	LS5	√			√		√	√		√					
19	LS6	√			√		√		√	√					
20	LK11.1	√		√				√							√
20	LK11.2	√		√					√						√

KOD		BÖLGE		YÖNELİM		TÜR		MALZEME		MİMARİ YAPI ELEMANI					
ÖRNEK	NUMUNE	LAGİNA	STRATONİKEİA	YATAY	DİKEY	KENET	DÜBEL	KURŞUN	DEMİR	SÜTUN (Taşıyıcı)	DUVAR (Taşıyıcı)	ARŞİTRAV (Üst)	KORNİŞ (Üst)	TRİGLİFON BLOĞU (Üst9	ZEMİN (Alt)
21	LD4	√			√		√		√		√				
22	SK1		√	√		√			√		√				
23	SS1		√		√		√		√	√					
25	SK2		√	√		√		√						√	
26	SK3		√	√		√		√							
27	SK4.1		√	√		√		√				√			
27	SK4.2		√	√		√			√			√			
28	SD1		√	√			√	√					√		
29	SK5.1		√	√		√		√							√
29	SK5.2		√	√		√			√						√
30	SK6.1		√	√		√		√							√
30	SK6.2		√	√		√			√						√
31	SD2.1		√		√		√	√			√				
31	SD2.2		√		√		√		√		√				
32	SD3.1		√		√		√	√			√				
32	SD3.2		√		√		√		√		√				
33	SK7.1		√	√		√		√							√
33	SK7.2		√	√		√			√						√

NOT: Örnek 24 yüzey buluntusu olduğu için kurşun çalışma kapsamında ele alınmayacaktır. Örnek 34 tiyatro alanında yüzey buluntusu cüruf olduğu için çalışılmayacaktır. Lagina'dan kenet ve dübel olmak üzere 2 alandan örnek alınamamıştır.

Tablo 3. Analizi Yapılan Numuneler Hakkında Bilgi

Örnek	Analiz Kodu	Sütun Tipi	Saha
1	LS1	İyon	Lagina Propylon
9	LS2	Korinth	Lagina Hekate Tapınağı
11	LS3	Korinth	Lagina Hekate Tapınağı
16	LS4	Dor	Lagina Kuzey Stoa
18	LS5	Dor	Lagina Kuzey Stoa
19	LS6	Dor	Lagina Kuzey Stoa
23	SS1	Dor	Stratonikeia Augustus Kutsal Alanı

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI VE GEREÇLER

2.1. Prototip Araştırması

Prototip araştırması Dor, İon ve Korinth sütunlarının çaplarını ve yüksekliklerini belirleme de ve bu sütunlara yapılan deneysel çalışmaların sonucunu değerlendirmede büyük bir önem taşımaktadır. Prototip araştırmasında izlenen metodoloji ulusal ve uluslararası literatürde yapılan çalışmalardan oluşmaktadır. Prototip için literatürde iki farklı metot izlenilmiştir. Bunlardan ilki literatürde projeye benzer çalışmalar, ikincisi ise antik dönem mimari düzen (sütun tipi) ağırlıklı çalışmalardan oluşmaktadır. İlk metot; literatürde benzer çalışmalara ve son çalışmalara hâkim olmak, prototip hazırladığında dikkat edilmesi ve izlenilmesi gereken aşamaları öğrenmek, benzer çalışmalarda kullanılan deneysel yöntemleri incelemek ve proje için en uygun yöntemi seçmekten oluşmaktadır. İkinci metot ise Dor, İon ve Korinth düzenindeki Anadolu içi ve Anadolu dışında bulunan tapınakların sütunlarında kullanılan çap ve yükseklik bilgilerinden oluşmaktadır. Bu metot, antik dönem düzeni, mimarisini, mühendisliğini anlamak ve çalışma sahamızdaki örnekler ile karşılaştırma açısından büyük bir önem taşımaktadır. Bu sebeple projede her bir düzen ayrı başlık altında ele alınarak, araştırılmıştır.

İlk metot kapsamında literatürde yer alan uluslararası ve ulusal çalışmalar aşağıda tanımlanmıştır.

Cody Michael Buckley tarafından 2015 yılında hazırlan yüksek lisans tezinde, antik dönem sütunların sismik davranışı incelenmiştir. Yüksek lisans tezinde araştırmacı, modelleme çalışmalarına antik dönem mimarı Vitruvius'un düzenler hakkında aktardığı bilgiler doğrultusunda başlamış ve sütun çapları, yüksekliklerini incelemiştir. Buckley'in bu araştırmasına ait bilgiler Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Mimari Düzenler ve Alt Tarzlar (Buckley, 2015: 8)

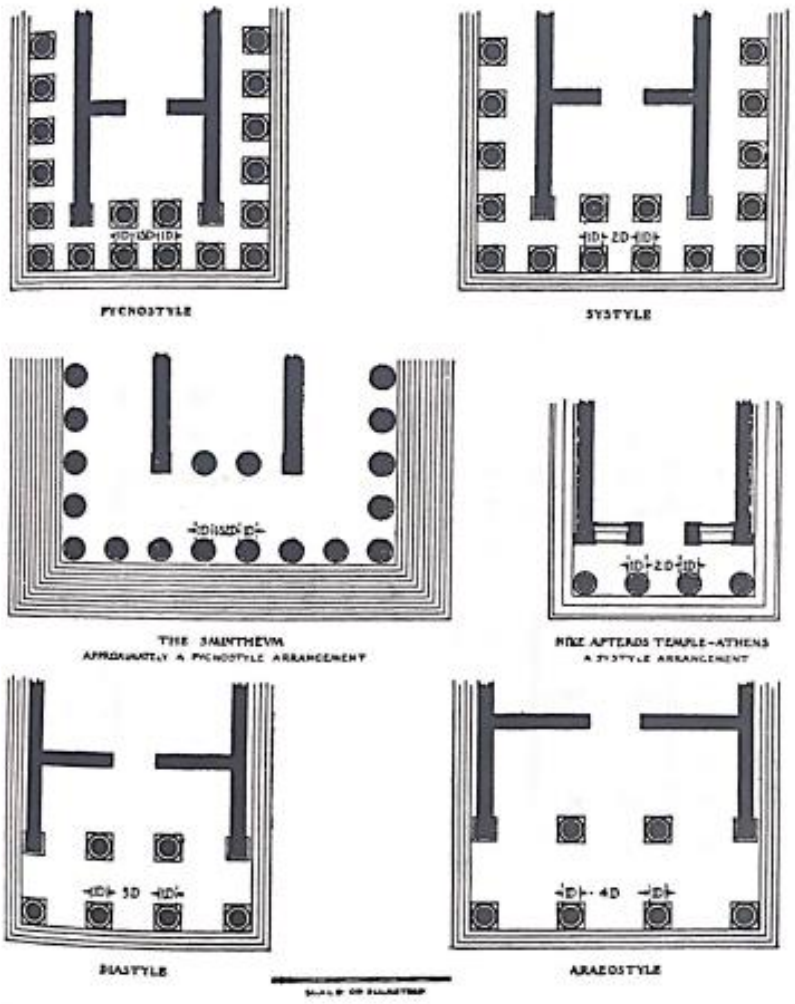
Order	Substyle	Column Diameter	Column Height	Column Spacing
Doric	Systyle	2M	14M	5.5M (middle) 3M (else)
	Diastyle	2M	14M	8M (middle) 5.5M (else)
Ionic	Pycnostyle	M	10M	1.5M
	Systyle	M	9.5M	2M
	Diastyle	M	8.5M	3M
	Araeostyle	M	8M	4M
	Eustyle	M	9.5M	3M (middle) 2.25M (else)
Corinthian	Pycnostyle	M	10M	1.5M
	Systyle	M	9.5M	2M
	Diastyle	M	8.5M	3M
	Araeostyle	M	8M	4M
	Eustyle	M	9.5M	3M (middle) 2.25M (else)

Bu araştırmaya göre Vitruvius'un tapınak tasarımını bir dizi orana ve bir modüle dayandırdığı görülmektedir. Vitruvius'a göre bir tapınağın ön sütun dizisinin genişliği ile modül arasındaki ilişki; düzen, alt yapı ve ön sütunlardaki sütun sayısına bağlıdır. Bu yüzden sütunları yerleştirme dizilimi önem taşımaktadır. Buckley tarafından hazırlanan Tablo 4'e göre Dor düzende *stystyle* ve *diastyle* diziliminin, İon ve Korinth düzende *pycnostyle, stytyle, diastyle, araeostyle, eustyle* dizilimin kullanıldığı görülmektedir (Buckley, 2015: 8).

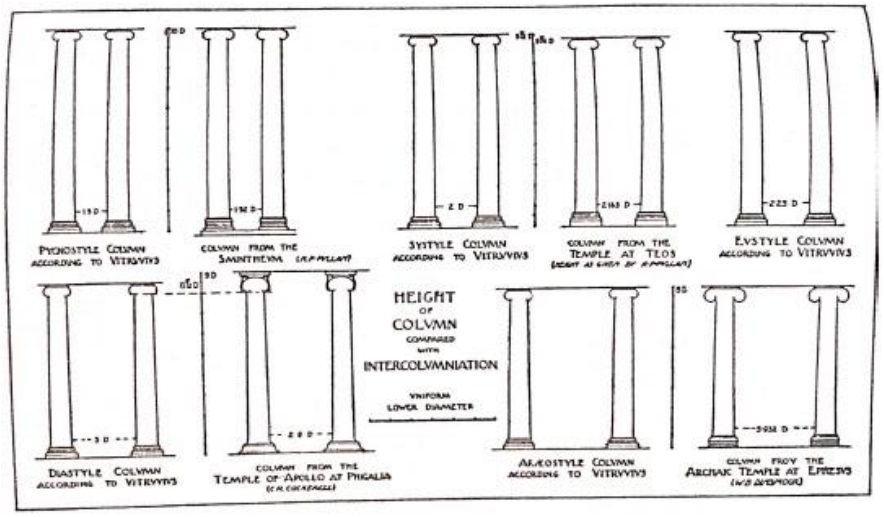
Buckley'in araştırmasını anlaşılır kılmak için Vitruvius'un De Architectura (Mimarlık Üzerine On Kitap) adlı eserinden bilgiler kullanılmıştır (Vitruvius, 2015; Dürüşken, 2017). Vitruvius'a göre bu dizilimler tapınak planları olarak adlandırılmaktadır (Şekil 1). *Pyknostylos*, sütun aralığına 1.5 sütun çapının sığabileceği tapınaktır. *Systylos*, sütun aralığına 2 sütun çapının sığabileceği ve sütun kaidelerinin taban genişliği, iki taban arasındaki mesafeye eşit olan tapınaktır. *Diastylos*, üç sütun kalınlığının yani bir sütun çapının üç katına eşit mesafe sığdırabildiği tapınak planıdır. *Araiostylos,* sütun aralığı olması gerekenden geniş olan dizilim, *Eustylos* ise sütun aralarındaki boşluğun bir sütun çapının iki çeyrek katına eşit olan hem de öndeki ve arkadaki sütun aralıkları bir sütun çapının üç katına eşit olan dizilimdir. Bu hesaba göre tapınak mimarisinde modüler sistem şu şekilde edinilmektedir; Tapınağın kurulacağı mekânın ön cephesini, eğer dört basamaklı olacaksa, basamaklar (crepidines) ve kaidelerin (spirae) çıkıntıları (proiecturae) hariç, on bir birime ayrılır; altı sütunlu olacaksa on sekiz birime, sekiz sütunlu olacaksa yirmi dört buçuk birime ayrılır. Sonra ister dört ister altı ister sekiz sütunlu olsun bu birimlerden biri modül olarak alınır ve sütunların çapı bir modüle eşit olur. Vitruvius'a göre modül, sabit ölçü anlamına gelmektedir ve burada yazar bir sütun çapı olması gerektiğini ifade etmiştir. Buna göre ortadakiler hariç her bir sütun aralığı iki çeyrek modül hem ön hem arka cephedeki orta sütunların aralıklarıysa üç modül olacaktır. Sütunların kendisiyse dokuz buçuk modül yüksekliğinde olacaktır. İşte bu tür bölünme ile hem sütun aralıklarının hem de sütun yüksekliklerinin orantısı düzgün kurulmaktadır. Vitruvius'a göre bu orantı sistemi Hermogenes tarafından kurulmuştur. Ayrıca Pseudodipteros planını bulan ilk kişi de o'dur. Bu orantısal sistemde Araiostylos tarzı tapınaklarda sütunlar, çapları yüksekliklerinin sekizde birine eşit olacak şekilde yapılmaktadır. Diastylos tarzı tapınakta, bir sütunun yüksekliği sekiz buçuk birime ayrılır ve bunlardan biri, bir sütunun çapı olarak alınır. Systylos tarzı tapınakta yükseklik dokuz buçuk birime ayrılır ve bunlardan biri ile bir sütunun çapı belirlenir. Pyknosytlos tarzı tapınakta yükseklik on birime ayrılır ve bunlardan biri sütun çapını belirler. Eustylos tarzı tapınaktaki sütun çapı da aynı stystylos gibi dokuz buçuk birime ayrılarak edinilmektedir (Şekil 2). Antik dönemde bu standart birimler sütunlar arasındaki mesafeyi belirlemiştir. Bu dönemde sütunlar arasındaki mesafe arttıkça, sütun gövdelerinin çapları da o oranda genişlemektedir. Çünkü sütunlar arasındaki mesafe arttıkça sütun ince ve hacimsiz

görünmektedir. Örneğin; araiostylos tarzı bir tapınakta sütunların çapları sütun yüksekliğinin dokuzda veya onda biri olduğu durumlarda sütun çok ince görünmektedir. Sütunlar yükseldikçe ve mesafe büyüdükçe de sütunların çaplarına ilave yapılarak bu durumun telafisine gidilmektedir.

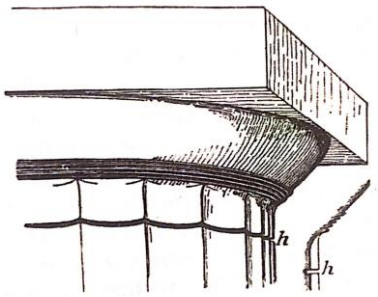
Sütunun üstündeki boyun kısmını inceltme işlemi ise şu şekilde yapılmaktadır; Sütun yüksekliği on beş ayak veya daha azsa, alt çapı altı birime ayrılır, bu birimlerin beşi üst çapı belirlemektedir (Şekil 3). Aynı şekilde sütun on beş ila yirmi beş ayak arasındaysa, alt gövdesi altı buçuk birime ayrılır, bu birimlerden beş buçuğu sütunun üst çapı olur. Sütunlar yirmi ile otuz ayak olursa, alt gövde yedi birime ayrılır, üstteki inceltme bu birimlerin altısı ile yapılmaktadır. Yüksekliği otuz ile kırk ayak arasında olan bir sütunda, alt çap yedi buçuk birime ayrılır, alt buçuk birim ile üstten incelme yapılmaktadır. Kırk ile elli ayak arasında olan sütunlar ise sekiz birime ayrılır ve sütun gövdesinde yedi birim ile inceltme yapılmaktadır. Daha yüksek sütunlarda da aynı yöntemler orantılı inceltmeler yapılmaktadır.



Şekil 1. Tapınakların Sütun Aralıklarına Göre Sınıflandırılması (Güven, 2015:58)

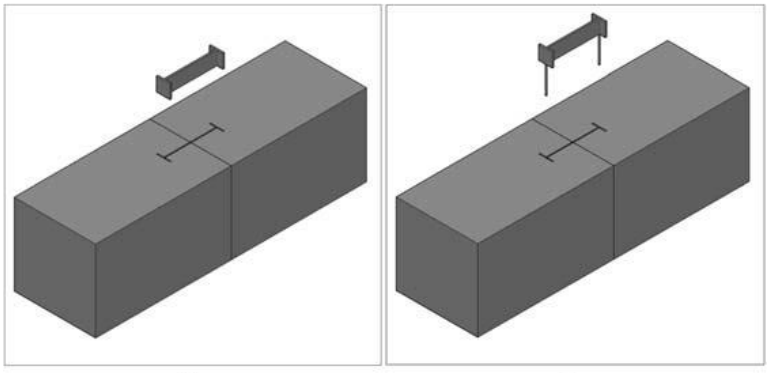


Şekil 2. Vitruvius'un Sütun Kalınlığı ve Yüksekliği Üzerine Kurallarının Gerçek Örneklerle Karşılaştırılması (Güven, 2015:60)



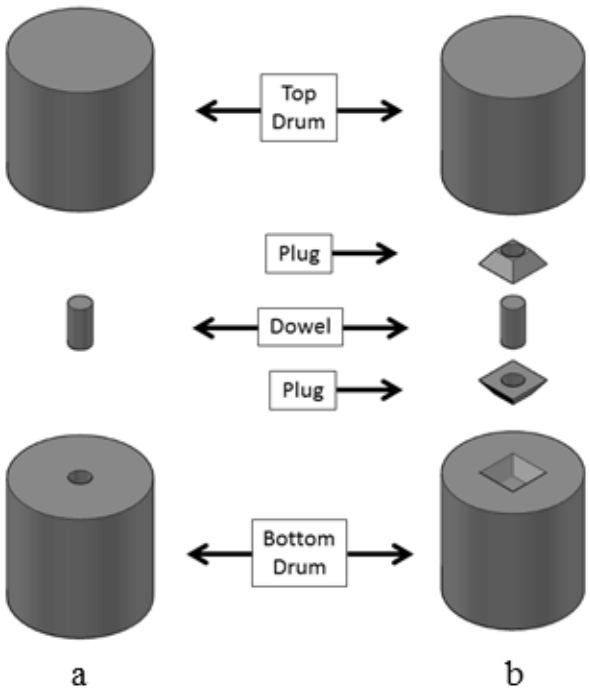
Şekil 3. Hypotrachelium/Sütun Başlığının Altındaki Boyun Kısmı/Sütun Boğazı (Dürüşken, 2017:119)

Tapınak dizilimlerine göre sütun çapları ve yükseklikleri araştıran Buckley, daha sonra sütun bağlantı türlerini ele almıştır. Buckley'in araştırmasına göre sütunlarda dübel ve kenet olmak üzere iki tür bağlantı kullanılmaktadır. Yazarın araştırmasına göre söz konusu dönemde genellikle T ve I biçimine sahip kenet kullanılmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. a) I Biçimine Sahip Kenet, b) T Biçimine Sahip Kenet (Buckley, 2015:23)

Dübeller ise silindirik şekle sahiptirler (Şekil 5). Antik dönemde cilalanan sütun tamburları ya dübellerle ya da “polos-emproion” olarak bilinen aparat yardımı ile birleştirilirdi.



Şekil 5. Dübellerin Sütuna Yerleştirimi a) Dübel b) Polos-Emporion (Buckley, 2015:24)

Buckley’e göre mermer içine yerleştirilen demirin termal genleşme ve büzülmesinden kaynaklı ortaya çıkan oksidasyonu kurşun büyük ölçüde azaltmıştır ve bariyer görevindedir. Fakat son zamanlarda restorasyonlarda çelik ve titanyum ile portland çimentonun kullanıldığı görülmektedir (Buckley, 2015: 24-25). Atina Akropolünde, Parthenonda vb. alanlarda eskiden günümüze kullanılan materyalleri ve restorasyon malzemelerinin özelliklerini araştıran yazarın oluşturduğu tablolar Tablo 5 ve 6’da verilmiştir.

Tablo 5. Mermer ve Çimentonun Özellikleri (Buckley, 2015:26)

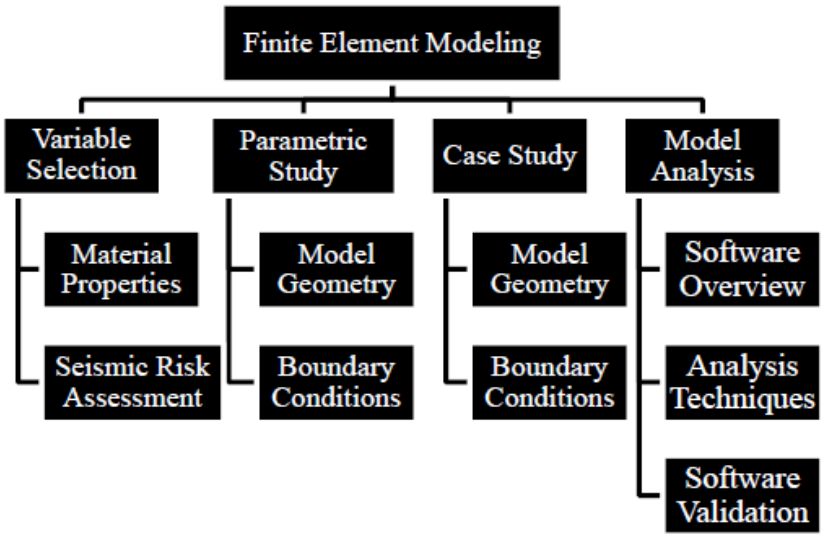
Authors	Material	E (GPa /ksi)	v	σ_y (MPa /ksi)	σ_u (MPa /ksi)	σ_t (MPa /ksi)	σ_c (MPa /ksi)	σ_f (MPa /ksi)
Zambis (1992)	Pentelic Marble	23/ 3,336	-	-	77.8/ 11.28	19.4/ 2.81	-	-
Kourkoulis and Pasiou (2009)	Dionysos Marble (strong axis)	84.5/ 12,256	0.26	-	-	-	80/ 11.60	10.8/ 1.57
	Dionysos Marble (weak axis)	50/ 7,252	0.11	-	-	-	55/ 7.98	5.3/ 0.77
	White Mortar	15.5/ 2,249	0.26	10/ 1.45	35/ 5.08	2/ 0.29	-	-
Kourkoulis et al. (2010)	Dionysos Marble (strong direction)	84.5/ 12,256	0.26	-	-	10.8/ 1.57	-	-
	Dionysos Marble (interm. direction)	79.5/ 11,531	0.26	-	-	9.5/ 1.38	-	-
	Dionysos Marble (weak direction)	50/ 7,252	0.11	-	-	5.3/ 0.77	-	-
Kourkoulis and Pasiou (2013)	Marble	75.3/ 10,922	0.26	-	-	-	-	-

Tablo 6. Metallerin Özellikleri (Buckley, 2015:26)

Author	Material	Use	E (GPa /ksi)	v	σ_y (MPa /ksi)	σ_u (MPa /ksi)	τ_u (MPa /ksi)
Zambis (1992)	Titanium	Clamp/ Dowel	105/ 15,229	-	300/ 43.51	420/ 60.92	-
	Ancient Iron	Clamp/ Dowel	220/ 31,909	-	200/ 29.01	360/ 52.21	-
Psycharis (2007)	Steel	Dowel	200/ 29,008	-	-	-	240/ 34.81
Kourkoulis and Pasiou (2009)	Titanium		105/ 15,229	0.32	300/ 43.51	420/ 60.92 tensile	
Toumbakari (2009)	Iron	Clamp	-	-	-	55/ 7.98	29/ 4.21
	Iron	Dowel	-	-	-	-	14/ 2.03
Kourkoulis et al. (2010)	Titanium	Repair	105/ 15,229	0.32			
Kourkoulis and Pasiou (2013)	Steel	Clamp/ Dowel	210/ 30,458	0.27	275/ 39.89	430/ 62.37	-
	Lead	Filler	14/ 2,031	0.43	12/ 1.74	23/ 3.34	-

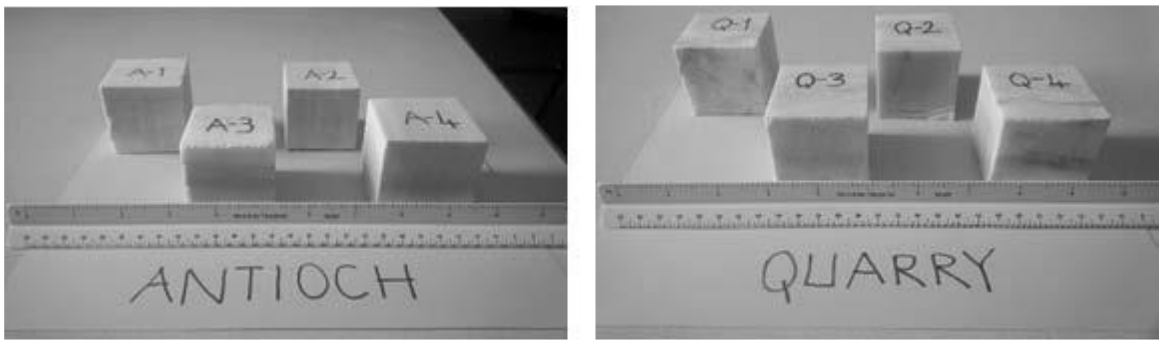
Tablo 5 ve 6'da farklı araştırmacılar tarafından yürütülen çalışmaların ortak noktası sütunların sismik hareketlere karşı gösterdiği dirence dayanmaktadır. Farklı araştırmacılar tarafından sallama tahtası üzerinde yapılan deneysel çalışmalarda sütunlarda çelik, titanyum, demir, kurşun, farklı mermerler ve taş-çimento dolgulu harç (taş tamamlama) üzerinde testler yapılmıştır. Yapılan birçok çalışma sonucunda demir, kurşun ve titanyumun sismik hareketlere karşı dayanaklı olmadığı fakat aynı malzemelerle güçlendirilmiş arşitravlara (kenet bağlantıları) sahip sütunlarda eğilme/bükülmelerin daha geç görüldüğü tespit edilmiştir. Harç ile tamamlanan mermer sütun tamburlarında ise harçta gerilmelerin meydana geldiği ve orijinal malzemede ise harca göre stresin daha az olduğu tespit edilmiştir. Ancak mermer ve donatılar arasında kullanılan çimentonun tamburlarda önemli ölçüde strese yol açtığı tespit edilmiştir (Buckley, 2015: 28-35).

Literatür araştırmasından sonra Buckley, ana çalışma konusu olan sismik hareketlere karşı antik sütunların direncini ele almak için Şekil 6'daki metodolojiyi oluşturmuştur.



Şekil 6. Antik Sütunların Sismik Hareketlerini Araştıran Buckley'in Metodolojisi (Buckley, 2015:38)

En gerçekçi sonlu eleman modelini oluşturmak için Buckley, parametrelerindeki değişkenliği göz önünde bulundurmak için sütunlarda kullanılacak mermerin özelliğini araştırmıştır. Çalışmasında antik kentte sütunda kullanılan mermeri (Antakya, Gazipaşa/Türkiye) ve modellemesinde kullanacağı taş ocağındaki mermeri incelemiştir. Her iki numuneden dörder adet (toplamda 8) mermer dijital kumpasla ölçülerek aynı boyut, kalınlık ve ağrılıktaki örnekler testlere hazırlanmıştır. Örnek boyutları, bir Chicago Brand 40 Elektronik Dijital Kumpas (PN: 50009) ve bir Ohaus Explorer dijital tartı kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 7).



Şekil 7. Antakya ve Taş Ocağı'ndaki Mermer Numuneler (Buckley, 2015: 40)

Teste hazırlanan numunelerde daha sonra yoğunluluk-gözeneklilik, sürtünme ve basınç testi yapılmıştır. Yoğunluluk testinin sonucunda her iki numunenin de 2,64 e-3 kg / cm^3 (9,54e-2 lb / in^3) yoğunluğa sahip olduğu tespit edilmiştir. Test sonucu Tablo 7'de verilmiştir.

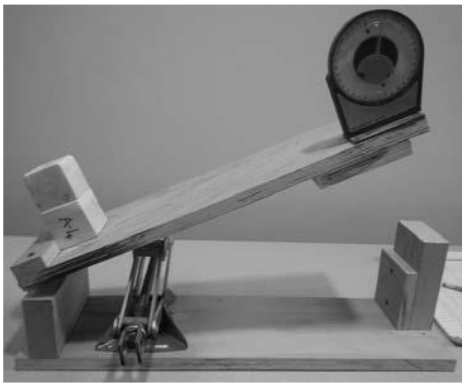
Tablo 7. Antakya ve Taş Ocağındaki Mermerlerde Yoğunluluk (Buckley, 2015: 91)

Date	11/4/2013
Time	1:00 PM - 1:30PM
Tester	Cody Buckley

Specimen	Dimension 1			Dimension 2			Dimension 3			Weight (lb)	Density (lb/in^3)	Density (kg/cm^3)
	1 (in)	2 (in)	Avg	1 (in)	2 (in)	Avg	1 (in)	2 (in)	Avg			
A-1	2.103	2.135	2.119	2.066	2.098	2.082	2.080	2.097	2.089	0.8805	0.09556	0.002645
A-2	2.045	2.032	2.039	1.996	2.010	2.003	2.022	2.007	2.015	0.7865	0.09562	0.002647
A-3	2.003	2.036	2.020	2.051	2.051	2.051	2.007	2.022	2.015	0.7965	0.09546	0.002642
A-4	2.183	2.171	2.177	2.040	2.076	2.058	2.181	2.150	2.166	0.9265	0.09550	0.002643
Q-1	2.019	1.997	2.008	2.013	2.021	2.017	2.031	2.016	2.024	0.7870	0.09603	0.002658
Q-2	2.069	2.130	2.100	2.036	2.032	2.034	2.016	2.022	2.019	0.8260	0.09580	0.002652
Q-3	2.002	1.993	1.998	1.996	2.008	2.002	2.051	2.045	2.048	0.7775	0.09493	0.002628
Q-4	2.013	2.013	2.013	2.016	2.030	2.023	2.017	2.043	2.030	0.7830	0.09472	0.002622

Average Density (kg/cm3)	
Antioch Sample	0.00264
Quarry Sample	0.00264

Daha sonra numunelerin pürüzsüz yüzeylerinde statik sürtünme kat sayısını belirlemek için makaslı kaldırma aparatı (scissor lift apparatus) ile basit bir kayma testi yapılmıştır. Bu aparatla statik sürtünme katsayısını belirlemek için, iki numune üst üste yerleştirilmiştir (Şekil 8). Alt numunenin, kayağa sonradan monte edilen tahta blok ile kayması engellenmiştir. Daha sonra açıyı yavaşça artırmak için makaslı kaldırma kullanılmıştır ve üst numunenin kaymasına kadar eğim gözlenmiştir. Ortaya çıkan açı teğeti statik sürtünme katsayısına eşit olan sürtünme açısı olarak not edilmiştir. Bu yöntem, her numunenin dört küpünde kullanılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda Taş Ocağı numunesi için 0.53 ve Antakya numunesi için 0.54 verisi elde edilmiştir (Tablo 8).



Şekil 8. Makaslı Kaldırma Aparatı ile Sürtünme Testi (Buckley, 2015: 40)

Tablo 8. Sürtünme Testi Sonuçları (Buckley, 2015: 91)

Date	10/29/2013
Time	3:00 PM - 4:30PM
Tester	Cody Buckley
Notes	Grain orientation is measured relative to apparatus
	θ_1 is angle at first slide, θ_F is angle at sliding failure
	The term "hiccup" refers to a slight movement

Specimen		Grain Orientation		Measurements			$\mu_1 = \tan(\theta_1 - \theta_1)$	Behavioral Observations
Bottom	Top	Bottom	Top	θ_1	θ_1	θ_F		
Q-1	Q-2	Par	Perp	0.05	32.0		0.62	Smooth and quick
Q-1	Q-3	Par	Par	0.05	33.0	35.0	0.65	Hiccup twice at 33, then failure
Q-1	Q-4	Par	Par	0.05	29.0	32.5	0.55	Hiccup, then quick
Q-2	Q-1	Perp	Par	0.05	29.0		0.55	Smooth and quick
Q-2	Q-3	Perp	Par	0.05	30.5	35.0	0.59	Several hiccups, slid off in a torsional manner
Q-2	Q-4	Perp	Par	0.05	24.0	27.5	0.44	Hiccup, then go
Q-3	Q-1	Par	Par	0.05	27.5		0.52	Smooth and quick
Q-3	Q-2	Par	Perp	0.05	27.5	30.5	0.52	Several hiccups before going
Q-3	Q-4	Par	Par	0.05	27.5	29.5	0.52	Slow continual slide
Q-4	Q-1	Par	Par	0.05	25.5		0.48	Quick
Q-4	Q-2	Par	Perp	0.05	26.0		0.49	Slower continual
Q-4	Q-3	Par	Par	0.05	25.5	27.0	0.48	One hiccup
A-1	A-2	Perp	Par	0.05	32.5	35.5	0.64	Several hiccups, torsional slide
A-1	A-3	Perp	Par	0.05	29.0	34.0	0.55	Several false starts, more of a tip over
A-1	A-4	Perp	Par	0.05	33.5		0.66	Pretty smooth
A-2	A-1	Perp	Perp	0.05	29.5		0.56	Brief hiccup
A-2	A-3	Perp	Par	0.05	29.0	30.0	0.55	Slow continual slide
A-2	A-4	Perp	Perp	0.05	24.0	26.5	0.44	Hiccup followed by torsional slide off
A-3	A-1	Perp	Perp	0.05	29.5	31.5	0.56	Hiccups
A-3	A-2	Perp	Par	0.05	29.0	33.5	0.55	One hiccup
A-3	A-4	Perp	Par	0.05	22.5		0.41	Almost no slide
A-4	A-1	Par	Perp	0.05	28.5		0.54	Smooth quick
A-4	A-2	Par	Par	0.05	29.5		0.56	One hiccup
A-4	A-3	Par	Par	0.05	21.5	33.0	0.39	One hiccup

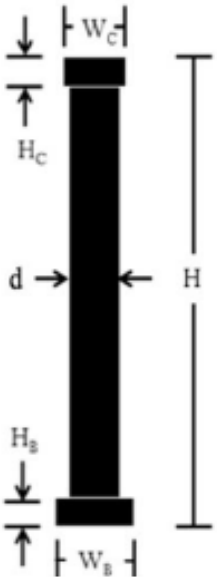
$(\mu_1)_{Quarry}$	
Average	0.53
Range	0.44-0.65

$(\mu_1)_{Antioch}$	
Average	0.54
Range	0.39-0.66

Daha sonra mermerlerin esneklik/elastiklik modülünü araştırmak için numunelere basınç testi yapılmıştır. Antakya örneklerinin 36 GPa, Taş Ocağının 61 GPa olduğu bulunmuştur. Buckley tez çalışmasında oluşturacağı sonlu eleman modelleri için hasarsız bir durumdaki mermeri simule etmek için 55 GPa'lık ortalama bir elastite modülünü seçmiştir. Bu değeri, literatürde bulunan diğer mermer değerlerini de dikkate alarak yapmıştır.

Antakya Tapınağı ve Cragum bölgesi özelinde sismik araştırmaları yapan Buckley, çalışma sahasının yanı sıra Küçük Asya ve Akdeniz kıtasındaki (İtalya, Yunanistan, Türkiye) sismik tehditleri ve tepki spektrumlarını incelemiştir. İnceleme sonucunda Antakya Tapınağı'na uygun sütun modelleme çalışmaları için büyük spektrumda 50 = 4,8 m / s^2'de PGA 10% (15,7 ft / s^2), küçük spektrumda 50 = 2,4 m / s^2 (7,9 ft / s^2) 'de PGA 10% parametreleri sismik kuvvet olarak belirlemiştir.

Ölçüm parametrelerini saptayan Buckley, daha sonra sütunlar için modelleme çalışmalarına başlamıştır. Vitruvius'un modül sistemine uygun ve Antakya Tapınağı özelinde model oluşturmayı amaçlayan Buckley'in tasarladığı prototipin bilgileri Şekil 9'da verilmiştir.



Order	Capital (L_C:W_C:H_C)	Shaft (H:d)	Base (L_B:W_B:H_B)
Doric	1.09 : 1.09 : 0.50	8.00 : 1.00	N/A
		7.50 : 1.00	
		7.00 : 1.00	
		6.50 : 1.00	
		6.00 : 1.00	
Ionic	1.06 : 1.06 : 0.53	10.00 : 1.00	1.50 : 1.50 : 0.50
		9.50 : 1.00	
		9.00 : 1.00	
		8.50 : 1.00	
		8.00 : 1.00	
Corinthian	1.56 : 1.56 : 1.50	See Ionic	See Ionic

Şekil 9. Antik Dönem Sütunlarında Geometrik Oranlar (Buckley, 2015: 44)

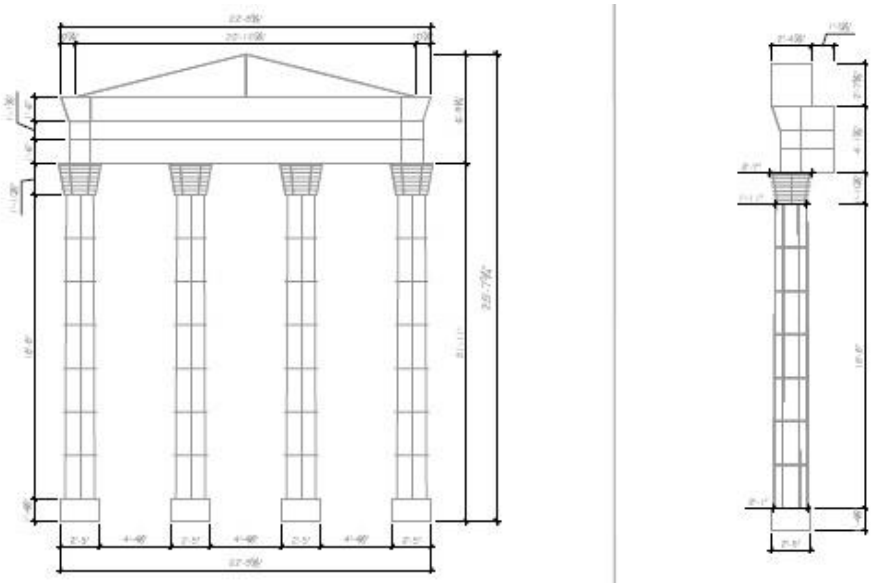
Şekil 9'a göre Vitruvius'un Dor sütunu için 1/8, 1/7.50, 1/7, 1/6.50 ve 1/6 ölçülerini, İon ve Korinth için 1/10, 1/9.50, 1/9, 1/8.50, 1/8 oranlarını verdiği görülmektedir. Vitruvius'un modüler sisteminin en güzel yanı sütunlar için belli bir çap olmaması ve seçilen çapın katı dahilinde (geometrik oranlar 1/8 yani çapın 8 katı kadar yükseklik) belli bir yüksekliğe oluşturulmasıdır. Buckley mimari süsleme öğelerin (akroter vb.) Vitruvius'un modülünde olmamasından dolayı parametrelerine (ağırlık etkeni, değişken) dahil etmemiştir. Bu ölçüler dahilinde Buckley, Vitruvius'un belirttiği oranlarda küçültülmüş sütunları modellemiştir ve gerçek sütun oranları ile mukayese etmiştir (Tablo 9).

Tablo 9. Geometrik Oranlarda Sütun Ölçüleri (Buckley, 2015: 46)

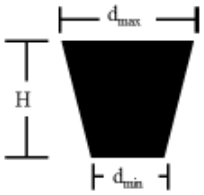
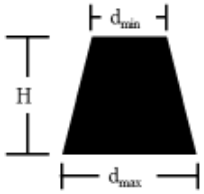
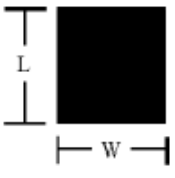
Order	Capital (L_C:W_C:H_C)	Shaft (H:d)	Base (L_B:W_B:H_B)
Doric	99: 99: 45 (cm) 39 : 39 : 18 (in)	3.66 : 0.46 (m) 12.00 : 1.50 (ft)	N/A
		3.45 : 0.46 (m) 11.25 : 1.50 (ft)	
		3.20 : 0.46 (m) 10.50 : 1.50 (ft)	
		2.97 : 0.46 (m) 9.75 : 1.50 (ft)	
		2.75 : 0.46 (m) 9.00 : 1.50 (ft)	
Ionic	48 : 48 : 24 (cm) 19 : 19 : 10 (in)	4.57 : 0.46 (m) 15.00 : 1.50 (ft)	69 : 69 : 23 (cm) 27 : 27 : 9 (in)
		4.34 : 0.46 (m) 14.25 : 1.50 (ft)	
		4.11 : 0.46 (m) 13.50 : 1.50 (ft)	
		3.89 : 0.46 (m) 12.75 : 1.50 (ft)	
		3.66 : 0.46 (m) 12.00 : 1.50 (ft)	
Corinthian	71 : 71 : 69 (cm) 28 : 28 : 27 (in)	See Ionic	See Ionic

Buckley'e göre gerçekte 1.50 çapa sahip olan Dor sütunun 8 katı yüksekliği 12 metredir. 0.46 m çapta ise bu oran 3.66'ya denk gelmektedir. Bu ve benzeri oranlar dahilinde Buckley Dor sütunu için 45 cm ölçüyü belirlemiştir. Aynı araştırmayı İon ve Korinth sütunu için yapan Buckley, İon için 24 cm, Korinth için ise 69 cm çapı seçmiştir.

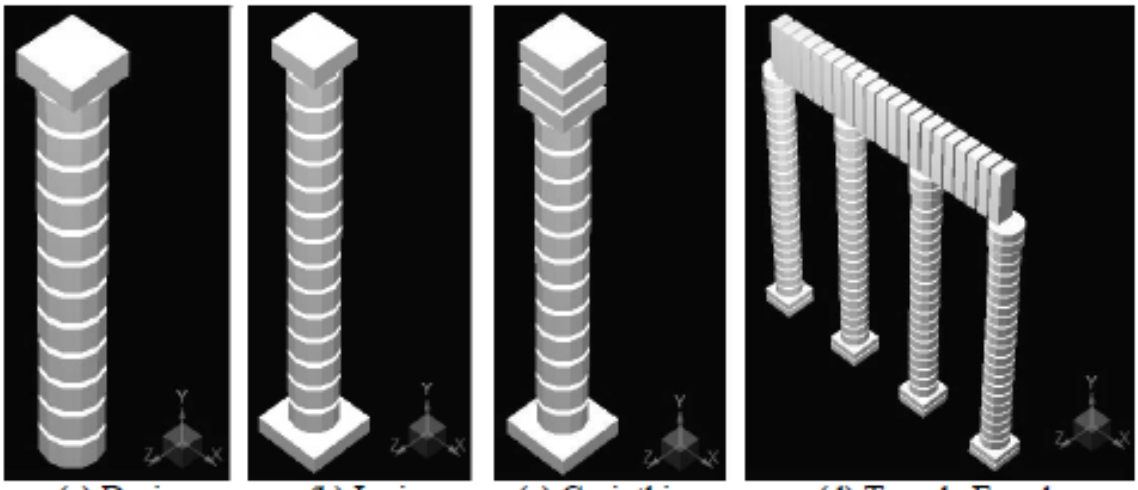
Buckley'in çalışmasının amacı, klasik düzen ve ortaya çıkan sütun geometrisinin bir yapının sismik tepkisi üzerindeki etkisinin gerçek hayattan bir örneğini sağlamak olduğundan Antakya Tapınağı için araştırma yapmıştır. Korinth düzene sahip olan tapınağın sütunları hakkında veriler edinebilmek için rekonstrüksiyonları ve sonlu modelleme çalışmalarını yapmıştır. Antakya Tapınağı'nın ön cephe ve sütununa ait rekonstrüksiyon Şekil 10'da verilmiştir. Araştırma ekibi tarafından tasarlanan rekonstrüksiyon sonucunda sütunların ölçüleri hakkında bilgi edinen Buckley, Antakya Tapınağı'nın modelleme çalışmalarını yapmıştır (Şekil 11). Yapılan çalışmalar sonucunda mimari düzenler ve Antakya Tapınağının modelleme çalışmaları tamamlanarak, analize hazırlanılmıştır (Şekil 12).



Şekil 10. Antakya Tapınağı'nın Rekonstrüksiyonu (Buckley, 2015: 48)

Piece	Elevation	Section	Actual Dimensions (cm/in)	Model Dimensions (cm/in)
Capital			d_{min} = 58 cm (23 in) d_{max} = 79 cm (31 in) H = 57 cm (23 in)	d_{min} = 69 cm (27 in) d_{max} = 69 cm (27 in) H = 57 cm (23 in)
Shaft			d_{min} = 0.58 m (1.92 ft) d_{max} = 0.64 m (2.08 ft) H = 5.69 m (18.67 ft)	d_{min} = 0.61 m (2.00 ft) d_{max} = 0.61 m (2.00 ft) H = 5.69 m (18.67 ft)
Base			L = 74 cm (29 in) W = 74 cm (29 in) H = 42 m (17 in)	L = 74 cm (29 in) W = 74 cm (29 in) H = 42 cm (17 in)

Şekil 11. Antakya Tapınağı'nın Sütun Boyutları (Buckley, 2015: 49)



Şekil 12. Mimari Düzenler ve Antakya Tapınağı'nın Modeli (Buckley, 2015: 51)

Analize başlanılmadan önce sismik tepki katsayıları belirlenerek, MATLAB programında doğrulanma yapılmıştır (Tablo 10 ve 11). Elle yapılan hesaplamalar yazılıma yüklenildiğinde %3'lük hata payını vermiş ve modeller başarıyla kopyalanmıştır.

Tablo 10. Sismik Tepki Katsayıları (Buckley, 2015:53)

Model	Seismic Force-Resisting System	S_{DS} (g)	R	I_E	C_S
Free-Standing Column	G.5. (Cantilevered Column System)	1.63	1.00	1.00	1.63
Temple of *Antioch ad Cragum* Façade	C.7. (Moment-Resisting Frame System)	0.82	1.00	1.00	0.82

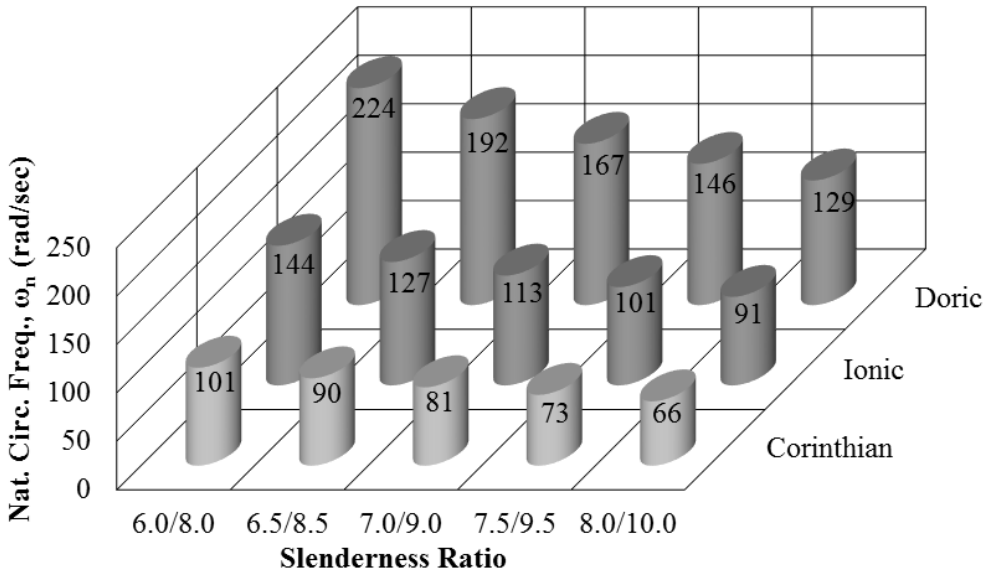
Tablo 11. Yazılım Doğrulama (Buckley, 2015: 58)

Variable	Symbol	MATLAB	RAM Elements
Natural Circular Frequency	ω_1 (rad/sec	24.32	23.91
	ω_2 (rad/sec)	64.75	62.73
Natural Mode of Vibration	ϕ_1 (unitless)	-0.222, -0.575	0.223, 0.574
	ϕ_2 (unitless	-0.406, 0.315	0.406, -0.315
Effective Mass Participation %	ϕ_1 (unitless)	80.73	80.78
	ϕ_2 (unitless	19.27	19.22

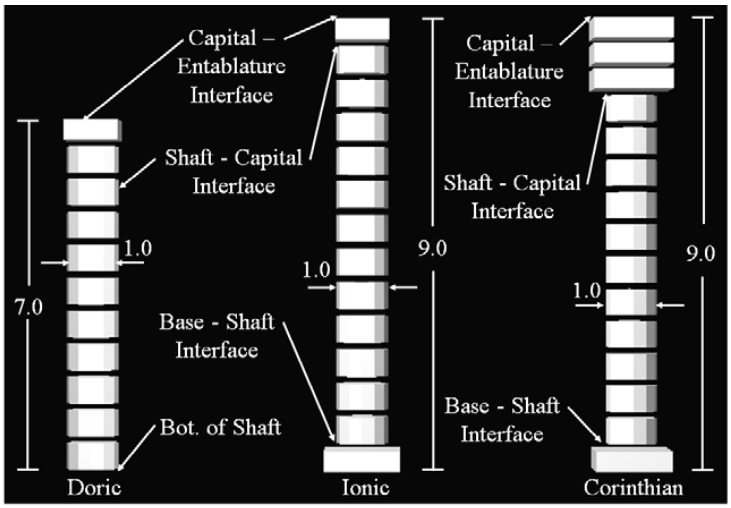
Oluşturulan modellere sırasıyla dinamik ve statik analiz yapılmıştır. Dinamik analizin amacı, klasik sütun oranlarının, bağımsız bir sütunun doğal dairesel frekansları (ωn) ve titreşim modları (φn) üzerindeki etkisini araştırmaktır. Bağımsız sütunun özelliklerini hesaplamak için

RAM yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım ile doğal dairesel frekansa ve doğal titreşim modlarına bakılmıştır.

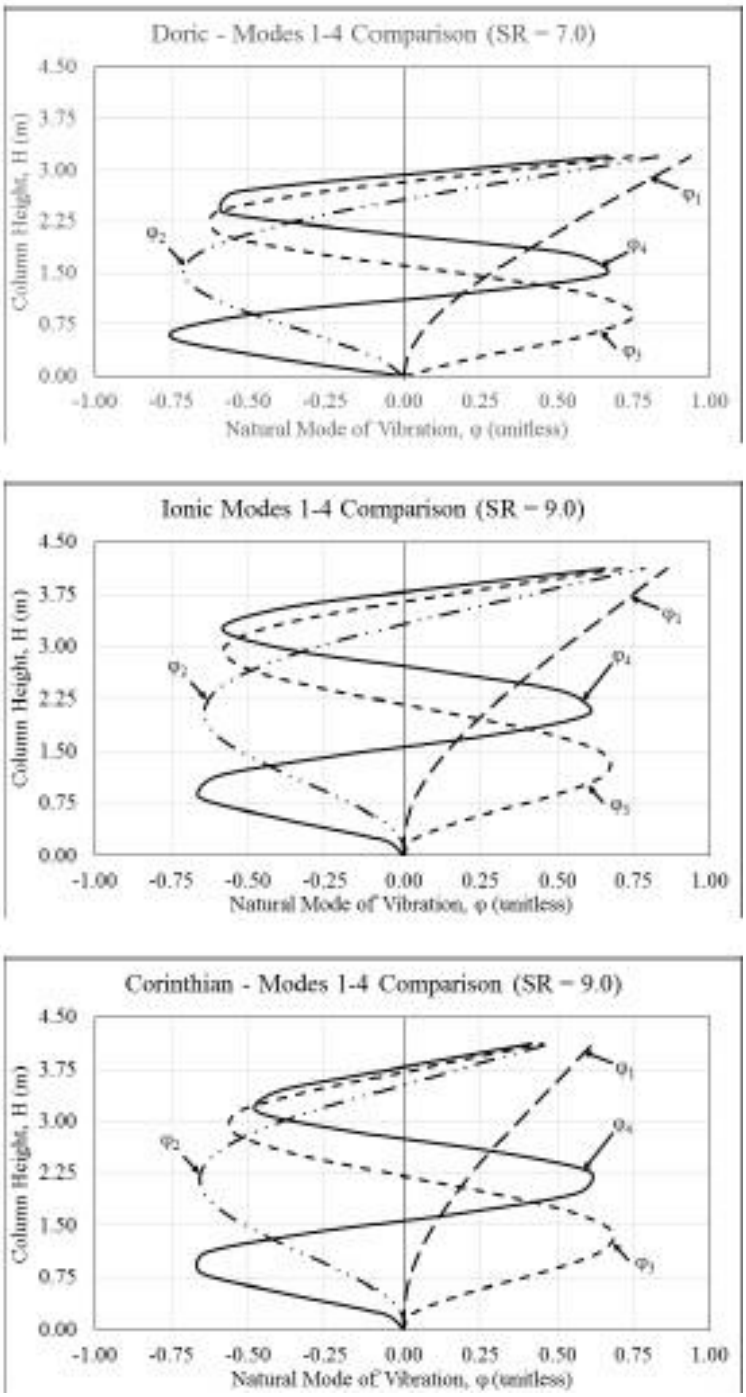
Doğal dairesel frekans analiz sonuçlarına göre Dor sütunda en yüksek, Korinth sütunda en düşük değere sahiptir (Şekil 13). Bu veriye göre Korinth sütunun üç düzene göre en esnek düzene sahip olduğu görülmektedir. Sütun sırası karşılaştırmaya bakıldığında median narinlik oranlarının üçünde de tutarlı ve benzer olduğu görülmektedir (Şekil 14 ve 15).



Şekil 13. Doğal Dairesel Frekans Sonuçları (Buckley, 2015: 60)



Şekil 14. Sütun Sırası Karşılaştırması-Median Slenderness Ratio /Median Narinlik Oranı (Buckley, 2015: 62)



Şekil 15. Narinlik Oranı Karşılaştırması (Narinlik Oranı=7.0/9.0) (Buckley, 2015: 63)

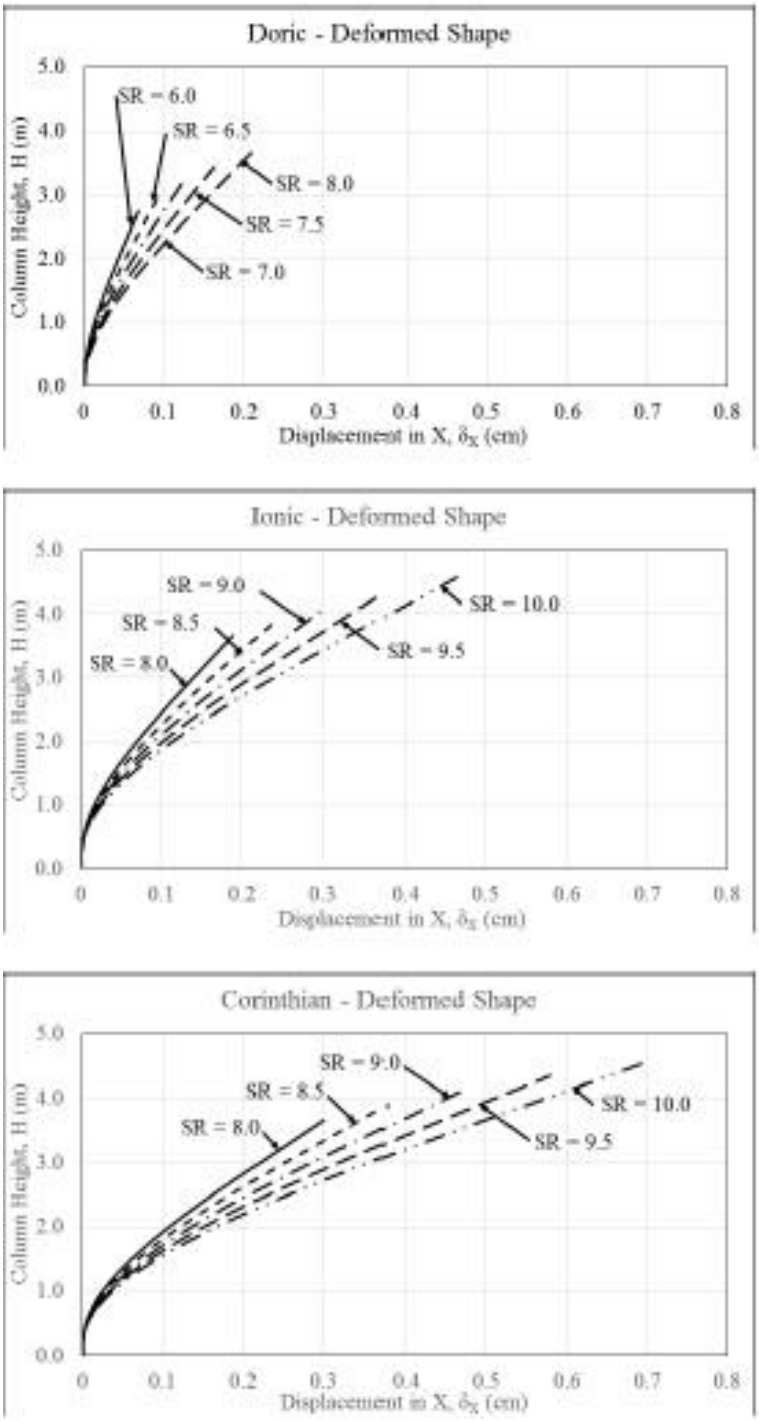
Üç sütunun doğal frekansları ve narinlik oranları karşılaştırıldığında küçük farklılıkların tespit edilmesinin nedenini araştırmacı sütunların hem geometri hem de kütlesel benzerliklerine dayandırmıştır (Buckley, 2015: 66). Statik analizde ise Eşdeğer Yanal Kuvvet Prosedürü (ELFP) kullanılmıştır. Eşdeğer yanal kuvvetler hesaplandıktan sonra statik analiz yapılmıştır. Sabit sütundan alınan eksenel reaksiyon verileri Tablo 12'de verilmiştir. Kuvvet (moment) reaksiyonları ise Tablo 13 ve Şekil 16'daki gibidir.

Tablo 12. Serbest Sütun Eksenel Reaksiyon Sonuçları (Buckley, 2015: 66)

Order	Slenderness Ratio				
	6.0/8.0	6.5/8.5	7.0/9.0	7.5/9.5	8.0/10.0
Doric	12.1 kN (2.7 kip)	13.1 kN (2.9 kip)	14.1 (kN) (3.2 (kip)	15.1 (kN) (3.4 (kip)	16.0 (kN) (3.6 (kip)
Ionic	17.8 kN (4.0 kip)	18.8 kN (4.2 kip)	19.7 kN (4.4 kip)	20.7 kN (4.7 kip)	21.7 kN (4.9 kip)
Corinthian	23.5 kN (5.3 kip)	24.5 kN (5.5 kip)	25.4 kN (5.7 kip)	26.4 kN (5.9 kip)	27.4 kN (6.2 kip)

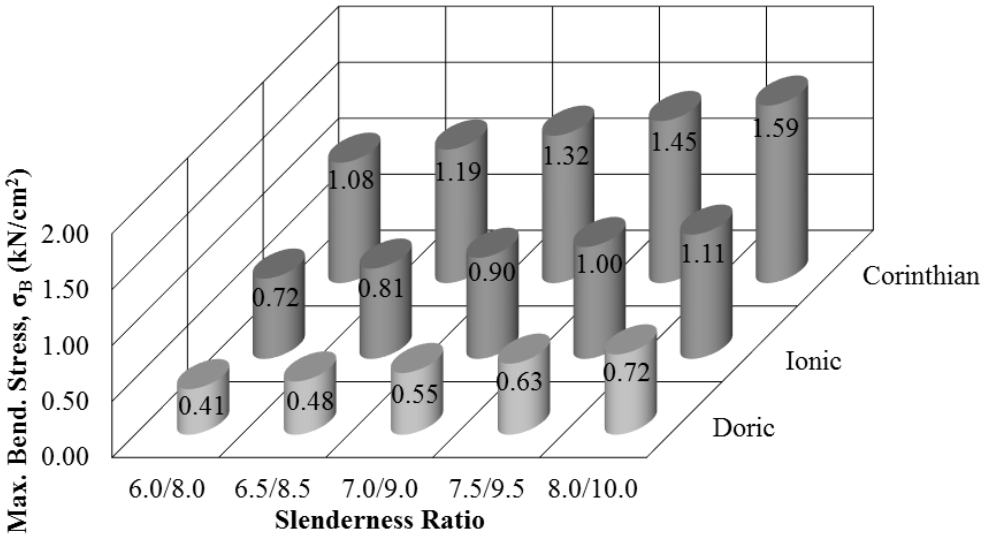
Tablo 13. Serbest Dikili Sütun - Moment Reaksiyon Sonuçları (Buckley, 2015: 68)

Order	Slenderness Ratio				
	6.0/8.0	6.5/8.5	7.0/9.0	7.5/9.5	8.0/10.0
Doric	37.5 kN-m (27.7 kip-ft)	43.8 kN-m (32.3 kip-ft)	50.6 kN-m (37.3 kip-ft)	57.8 kN-m (42.6 kip-ft)	65.5 kN-m (48.3 kip-ft)
Ionic	72.1 kN-m (53.2 kip-ft)	80.7 kN-m (59.5 kip-ft)	89.8 kN-m (66.3 kip-ft)	99.4 kN-m (73.3 kip-ft)	109.5 kN-m (80.8 kip-ft)
Corinthian	107.4 kN-m (79.2 kip-ft)	118.6 kN-m (87.5 kip-ft)	130.4 kN-m (96.2 kip-ft)	142.6 kN-m (105.2 kip-ft)	155.4 kN-m (114.6 kip-ft)

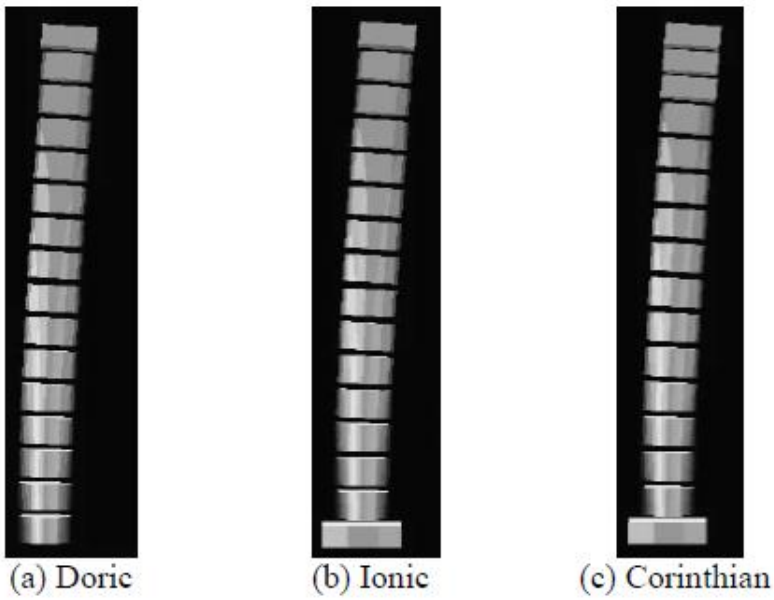


Şekil 16. Sütunlarda Deforme Grafiği - Serbest Daimi Sütunlar (Buckley, 2015:69)

Moment reaksiyonları incelendiğinde Korinth sütunun en yüksek boya ve ağırlık merkezine sahip olmasından dolayı deformesinin de fazla olduğu sonucuna varılmıştır. Sütunların maksimum eğilme gerilmesi Şekil 17 ve Şekil 18'de verilmiştir.



Şekil 17. Maksimum Eğilme Gerilmesi Sonuçları Özeti (Buckley, 2015: 70)



Şekil 18. Parametrik Çalışma-Tipik Üye Eğilme Gerilmesi Dağılımları (Buckley, 2015: 71)

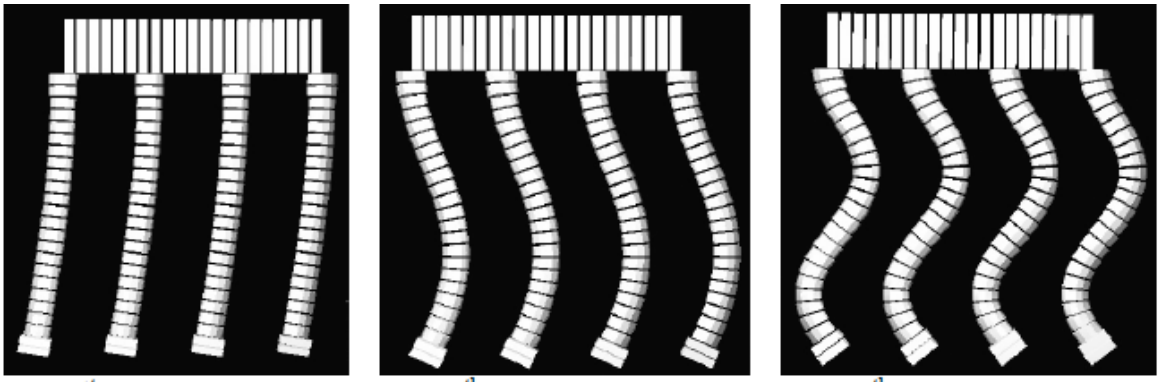
Şekil 17 ve Şekil 18'deki maksimum eğilme gerilmeleri, eğilme geriliminin Dor'dan İon'a ve Korint'e doğru (uygulanan kuvvetlerle birlikte) arttığını göstermektedir. Bununla birlikte, maksimum bükülme gerilimi, kaidesi olmayan modeller için (Dor), sütun gövdesinin altında meydana gelir. Kaidesi olan sütunlarda ise gövdenin dibinde (sabit bağlantının varsayıldığı yerde) değil, kaide-gövde ara yüzündeki bağlantıda meydana gelir. Üç sütuna yapılan

deneysel çalışmalar, yanal kuvvetin arttıkça eğilmelerin arttığını yani kuvvetin-eğilme ile doğrusal ilişkisinin olduğunu gösterir niteliktedir (Buckley, 2015: 70-71).

Üç sütunun araştırmasından sonra Buckley aynı deneysel yöntemler ile Antakya Tapınağı'nı analiz etmiştir. Dinamik analizde RAM metodunu kullanan Buckley, tapınaktaki sütunların doğal dairesel frekanslarını ve titreşim modlarını üst yapı elemanları (alınlık, çatı vb.) ile hesaplamıştır. Analiz sonuçları Tablo 14 ve Şekil 19'da verilmiştir.

Tablo 14. Doğal Dairesel Frekans Sonuçları (Buckley, 2015: 73)

Mode	Moment Connections		Pinned Connections	
	Nat. Circ. Freq. ω_n	Mass Partic.%	Nat. Circ. Freq. ω_n	Mass Partic.%
1	57.44	75.29	27.97	66.77
2	342.34	0.00	212.31	0.00
3	355.50	0.31	213.39	0.00
4	365.74	0.00	214.13	0.00
5	403.80	8.50	235.32	14.64
6	824.49	0.00	666.87	0.00
7	881.14	0.40	673.75	0.11
8	921.64	0.00	678.38	0.00
9	992.25	3.40	700.16	4.97



(a) 1st Natural Mode (φ_1) (b) 5th Natural Mode (φ_5) (c) 9th Natural Mode (φ_9)

Şekil 19. Cephe Çerçevesi Titreşim Modları - Moment Bağlantıları (Buckley, 2015: 74)

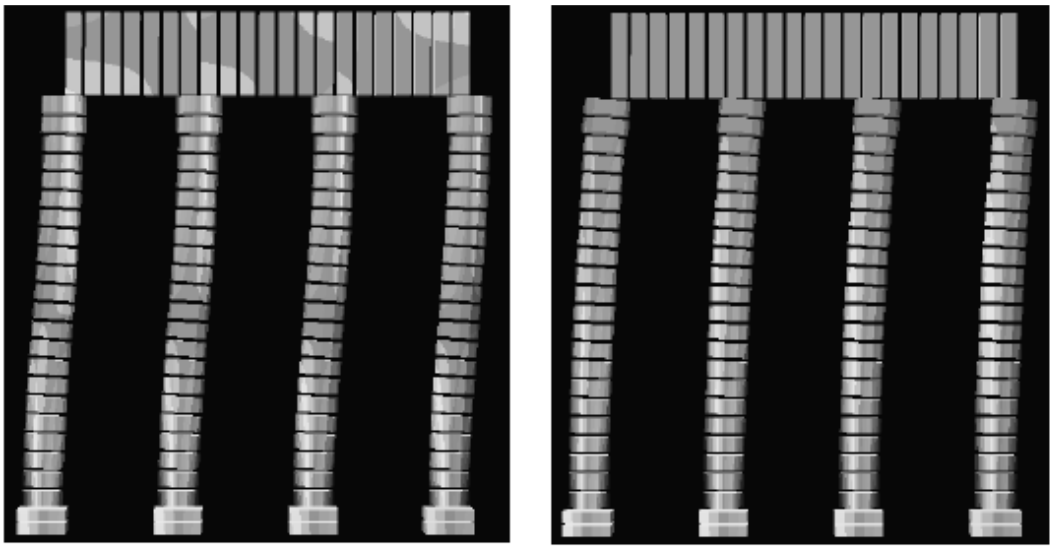
Tablo 14'te gösterilen dokuz moddan sadece üçünün önemli modal kitle katılımına (>% 0,5) katkıda bulunduğu bulunmuştur. Gösterilen üç mod şekli, parametrik çalışmada analiz edilen serbest duran sütunların ilk üç mod şekline benzemektedir. Sabitlenmiş bağlantıların mod şekillerinde ise benzer bir ilişki görülmektedir. Kalan mod şekilleri, farklı sütun deforme şekillerini göstermektedir.

Statik analizde ise modellere tek yük, yerçekimi ve eşdeğer yanal kuvvetler uygulanmıştır. Kiriş-kolon (sütun) bağlantı yerinde pimlerin (dübel) simülasyonu, kolonlara (sütunlara) bağlanan saçak elemanlarının uçlarına menteşeler oluşturularak gerçekleştirilmiştir. Her iki bağlantı durumu için alınan temel reaksiyonlar Tablo 15'te verilmiştir.

Tablo 15. Eksenel, Kesme ve Moment Reaksiyonları (Buckley, 2015: 74)

Connection Type	Column	Moment Connections		
		Axial, P	Shear, V	Moment, M
Moment	Column 1	-17.4 (kN)	59.9 (kN)	188.3 (kN-M)
	Column 2	95.5 (kN)	62.2 (kN)	194.2 (kN-M)
	Column 3	104.1 (kN)	62.6 (kN)	195.2 (kN-M)
	Column 4	164.5 (kN)	60.8 (kN)	190.7 (kN-M)
Pinned	Column 1	81.0 (kN)	61.2 (kN)	349.8 (kN-M)
	Column 2	101.7 (kN)	62.6 (kN)	350.4 (kN-M)
	Column 3	101.7 (kN)	62.6 (kN)	350.4 (kN-M)
	Column 4	62.4 (kN)	61.2 (kN)	349.5 (kN-M)

Sütunlar dübel bağlantılı ve moment bağlantı türü olarak incelenmiştir. Sütunların sarsıntıya karşı gösterdiği temel reaksiyon Şekil 20 ve Tablo 16'deki gibidir.



(a) Moment Connections (b) Pinned Connections

Şekil 20. Gerilme – Eğilme Dağılımı (Buckley, 2015: 75)

Tablo 16. Sütunlarda Maksimum Stres Miktarı (Buckley, 2015: 76)

Connection Type	Interface	Moment Connections		
		Axial, σ	Shear, τ	Bending, σ_b
Moment	Base-Shaft	0.55 MPa (0.08 ksi)	0.21 MPa (0.03 ksi)	7.79 MPa (1.13 ksi)
	Shaft-Capital	0.41 MPa (0.06 ksi)	0.14 MPa (0.02 ksi)	6.00 MPa (0.87 (ksi)
	Capital - Entablature	0.28 MPa (0.04 ksi)	0.21 MPa (0.03 ksi)	4.83 MPa (0.70 ksi)
Pinned	Base-Shaft	0.34 MPa (0.05 ksi)	0.21 MPa (0.03 ksi)	14.96 MPa (2.17 ksi)
	Shaft-Capital	0.21 MPa (0.03 ksi)	0.14 MPa (0.02 ksi)	1.93 MPa (0.28 ksi)
	Capital - Entablature	0.14 MPa (0.02 ksi)	0.07 MPa (0.01 ksi)	0.76 MPa (0.11 ksi)

Parametrik çalışmalar sonucunda; sütunların eksenel kuvvet arttıkça her iki bağlantının buna direndiği ancak moment bağlantının tek bir birim olarak devrilme eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir. Maksimum yanal yer değiştirmede moment bağlantısı iyi bir performans gösterirken, pimli bağlantı maksimum gerilme-eğilmede iyi performans göstermiştir. Gerilme dağılımları üç ana parametreden oluşmaktadır. Bunlar; gövde-kaide, gövde-ara yüz(gövde), gövde ve başlıktır. Korinth sütununa ait olan bu modelleme (Antakya) diğer korinth sütuna yapılan test ile aynı sorunu göstermiştir. Gövde-ara yüzünde daha küçük enine kesitlerin olmasından dolayı yüksek gerilimlere maruz kaldığı tespit edilmiştir. Bu temel sorun gövdenin kaide ile aynı yükü taşımamasından kaynaklanır. Pimli bağlantı, moment bağlantıya göre eksenel ve kayma gerilimlerde daha iyi dağılım göstermektedir.

Hem antik dönem düzenlerini (Dor, İon, Korinth) hem de Antakya Tapınağı'ndaki sütunlarını analiz eden Buckley çalışmasında şu sonuçları elde etmiştir. Modal analiz, Vitruvius'un klasik oranlarının, test sütunlarının doğal dairesel frekansları (ωn) ve titreşim modları (φn) üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Medyan narinlik oranındaki her bir sıradaki sütunlar karşılaştırıldığında, daha büyük sütunların hem kütle hem de yükseklikteki artışlarından dolayı temel frekansların azalmasına ve esnekliğin artmasına neden olduğu bulunmuştur.

Statik analizde ise 15 test sütununun benzer deforme şekli verdiği tespit edilmiştir. Bu deformenin oluşmasında doğal titreşim modunun %60 oranında etkili olduğu tespit edilmiştir. Sütunlarda maksimum gerilim konumunun (eksenel, kesme ve eğilme) tüm temel gerilmeler için aynı olduğu bulunmuştur. Bu konum, taban (kaide)-gövde ara yüzünde görülmüştür (İon-Korinth-Dor). Kaideye sahip sütunlarda (Korinth-İon) bu (moment) gerilim daha fazla

görülmüştür. Bununlar birlikte sabitlenmiş (pimli) bağlantıların doğal dairesel frekansı (ωn) büyük ölçüde azalttığı ve çok daha esnek bir yapıya neden olduğu bulunmuştur (Buckley, 2015: 77-80).

Arısoy vd. (2011) tarafından yapılan makalenin araştırma konusu; çok tamburlu klasik kolonların sismik kırılganlığını incelemek ve bu yolla eski yapıların depreme dayanıklılığını sistematik olarak belirlemekten oluşmaktadır. Bu amaç doğrultusunda araştırmacılar, Türkiye'de Claros'ta bulunan Apollon Tapınağı'nın sütunlarını incelemiştir. Apollon Tapınağı, 26x46 m ölçülerinde mermer bir platform üzerine inşa edilmiştir. Orijinal sütunlar yaklaşık 9 ila 11 m yüksekliğindedir ve her bir sütun, farklı yüksekliğe sahip dokuz ila on bir ayrı tamburdan oluşmaktadır (Şekil 21). Sütunlar 1:10 ölçeğinde inşa edilmiştir.



Şekil 21. Claros Apollon Tapınağı'ndaki Sütunlar (Arısoy vd., 2011: 284)

Çalışmada oluşturulan sütun modeli 150 mm çapında ve 90 mm yüksekliğinde 10 adet mermer tamburdan oluşmuştur. Örnekte kullanılan mermer bloklar, Apollon Tapınağı'nın inşa edildiği malzemeyle yaklaşık olarak aynıdır. Tamburlar, Şekil 22'te gösterilen her yüzeyden birbirine iki kurşun kesme halkası (veya direk) ile bağlanmıştır. Modelin dağılımı Tablo 17'da gösterilmiştir. Çok tamburlu mermer kolonların sismik uyarım altındaki davranışı Şekil 22'de verilmiştir. Arısoy vd. göre "*Sütun, tamburlar arasındaki bağlantı pimleri arızalanana kadar doğrusal davranış (Şekil 23a) sergiler, daha sonra bağlantı pimi hangi seviyede başarısız olursa, tambur kayar veya sallanır (Şekil 23b ve c). Tamburlar arasındaki kesme bağlantıları genellikle kurşun malzemelerden yapılır. Kurşun, herhangi bir deformasyondan sonra ortam sıcaklığında orijinal şeklini alabilme özelliğine sahiptir. Kurşunun bu özellikleri, çok tamburlu kolonun sürekli doğrusal davranmasını sağlar. Antik mermer sütunlarda bağlantı pimleri olarak ahşap ve demir gibi malzemeler kullanılmışsa da kurşun daha yaygın olarak kullanılmıştır*".

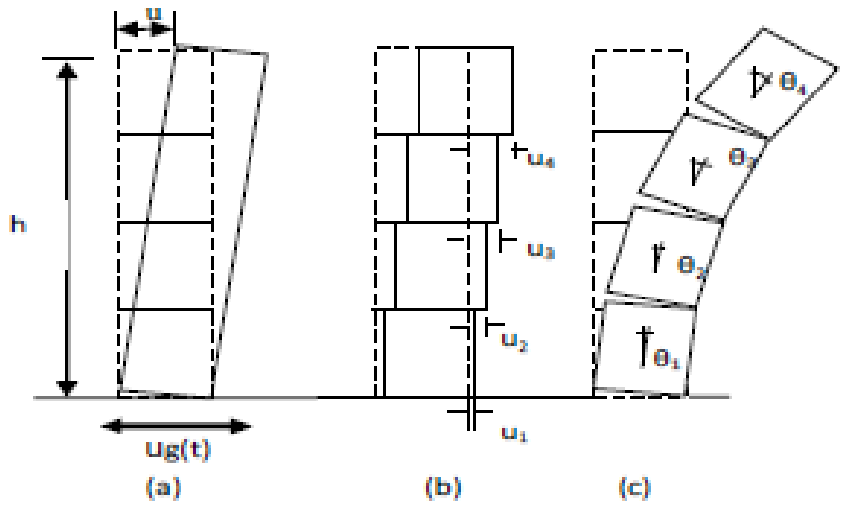
Arısoy vd. (2011)'nin araştırmalarında yaygın olduğu için kurşunu dübel olarak kullansa da antik dönem sütunlarında yaygın olan uygulama kurşun ve demirin bir arada kullanılmasıdır.



Şekil 22. Mermer Tamburlar ve Kesme Bağlantıları (Arısoy vd. 2011: 285)

Tablo 17. Numunenin Fiziksel Özellikleri (Arısoy vd. 2011: 285)

Element	Material	Cross section	Original element		Samples	
			Diameter/ Section length (mm)	Length (mm)	Diameter/ Section length (mm)	Length (m
Drums	Marble	Circular	1500	900	150	90
Links	Lead	Circular	150	400	0,5	40
Column	Marble	Circular	15000	9000	150	900

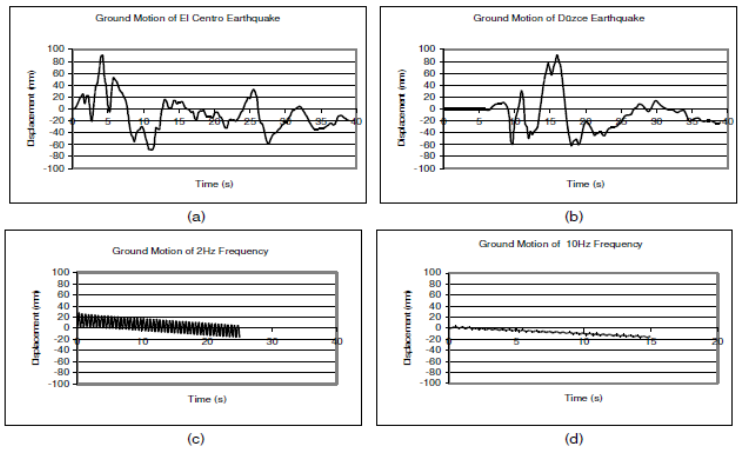


Şekil 23. a) Doğrusal Davranış, b) Bağlantı Pimlerinin Çökmesinden Sonra Kayma Davranışı, c) Sismik Uyarma Altında Bağlantı Pimlerinin Çökmesinden Sonra Sallanma Davranışı (Arısoy vd. 2011: 284)

Arısoy vd. (2011) araştırmalarını hem sarsma tablası üzerinde hem de bilgisayar programında gerçekleştirmiştir. Sarsma tablası 40 × 40 cm ölçülerinde olup tek yöne hareket edebilmektedir. Tablanın taşıdığı maksimum kütle yaklaşık 40 kg'dır. Elektrikmotor 400 watt kapasiteye sahiptir ve 1.274 N-m dönüş üretebilir. Motorun tek bir yönde 2 g ivmeyle ürettiği kuvvet 80 kg kütledir. Örnek sütun Düzce, El Centro deprem hareketleri ve 2 ve 10 Hz harmonik uyarıları ile test edilmiştir. Yer değiştirmeler 8 potansiyometre kullanılarak ölçülmüştür. Potansiyometreler Şekil 24'te gösterildiği gibi masa, 2., 4., 5., 6. 7., 9. ve 10. silindirlere yerleştirilmiştir. Potansiyometreler ± 100 mm ölçüm kapasitesine sahiptir. Düzce, El Centro deprem hareketleri 28 ve 2.8 mm genlikli 2 ve 10 Hz harmonik uyarma olarak sarsma tablasına verilmiş ve yanıtlar yer değişim/kayma olarak ölçülmüştür. Uygulanan uyarımlar Şekil 25'te verilmiştir. Her test 5 defa tekrarlanmıştır. Her testten sonra, tamburlar arasındaki metalik bağlantılarda herhangi bir arıza olup olmadığı kontrol edilmiştir.

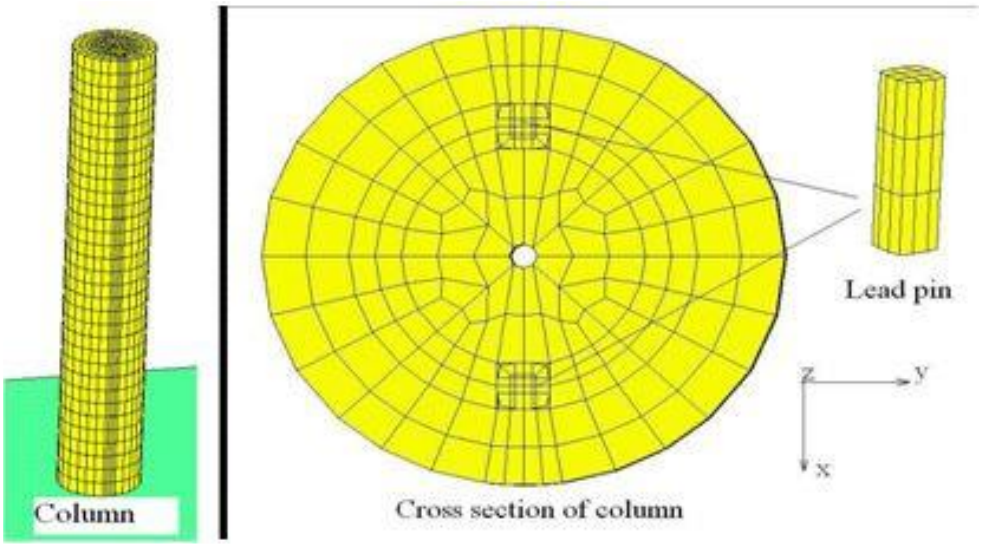


Şekil 24. Deneysel Kurulum (Arısoy vd. 2011: 285)



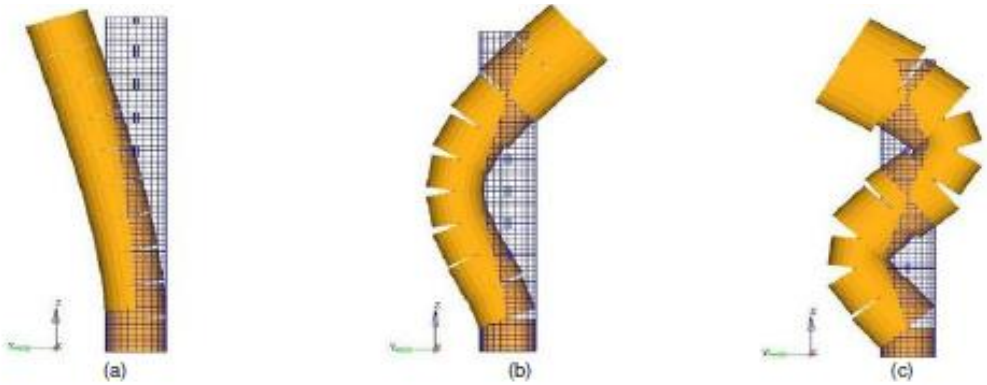
Şekil 25. Deneylerde uygulanan uyarma a) Düzce deprem hareketi, b) El Centro deprem hareketi, c) 2Hz harmonik uyarma ve d) 10Hz harmonik uyarma (Arısoy vd. 2011: 286)

Yapılan deneysel çalışmaların bilgisayar analizinde MSC Marc Mentat paket programlaması ve sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Tambur ve kurşun pinin sonlu eleman modelleri, Şekil 26'da gösterilen sekiz düğümlü karesel katı elemanlar kullanılarak oluşturulmuştur. Bir tambur 512 eleman ve 792 düğüm ile tanımlanmış; bir kurşun pim 27 eleman ve 56 düğüm ile tanımlanmıştır.



Şekil 26. Kolon ve Kurşun Pinin Sonlu Eleman Modellemesi (Buckley, 2015: 286)

1:10 ölçekli bilgisayar modeli; Düzce, El Centro'daki depremlerindeki 2 ve 10 Hz harmonik olarak uyarılmıştır. Uyarılan sütunların davranışı Şekil 27'de verilmiştir.



Şekil 27. 1:10 Ölçekli Sütunun Modal Analizi a) 1. mod b) 2. mod c) 3. mod. (Buckley, 2015: 287)

Analiz çalışmalarının sonucunda test modelinin tepkisi ile bilgisayar modellemesinin tepkisi karşılaştırılmıştır ve sonuçların uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Her iki analiz yönteminde de modeller katı bir blok davranışı sergilemiştir. Deneysel ve bilgisayar programında oluşturulan modellerin ikisi arasındaki fark metalik bağlantılardan kaynaklanmaktadır. Sarsma tablasındaki

sütunlarda yer değiştirme daha büyükken, bilgisayardaki modelde daha azdır çünkü program metalik bağları varsayılandan daha elastik kabul etmiş ve davranışı ona göre sergilemiştir.

Araştırmanın sonuçları şu şekilde özetlenmektedir;

1. Tamburlar arasındaki sünek bağlantıların başarısız olmaması durumunda, kolonun genel yer değiştirmeleri, verilen uyarıların yer değiştirmeleri ile örtüşür.

2. Tamburlar arasındaki metalik bağların kopmasından sonra, kolonun uyarıma tepkisi, kolonun çökmesine neden olmadan devam eder, ancak çökmenin meydana gelip gelmeyeceğini tahmin etmek imkansızdır.

3. Metal bağlantının herhangi bir seviyede bozulmasından sonra, tamburların kayması ile tamburlarda sallanma meydana gelmiştir.

Arısoy vd. (2010) tarafında yapılan bir diğer çalışmada da şu sonuçları elde ettiklerini ifade etmişlerdir;

1. Yapılan deneylerde sütun uygulanan tabla hareketine uyumlu davranış göstermiş ve rijit bir blok gibi davranmıştır.

2. Deney sonuçları deneylerde kullanılan bağlantı elemanlarının daha dayanıklı olduğu sonucunu vermiştir, ancak bu sonucun deney elemanlarının hazırlanırken gösterilen özen bağlantı elemanlarının sürtünme parametrelerinin analizde kullanılanlardan daha iyi olacak şekilde oluşmasına neden olmuştur. Dolayısı ile bilgisayar analizlerinde kullanılan mekanik parametreler mümkün olduğu kadar gerçeğe yakın belirlenmelidir.

3. Deneysel çalışma ile bilgisayar analizlerinde sütunun deprem yüklerinin karşılanmasında benzer davranışı göstermesi ve yakınsak yer değiştirmeler yapmasına dayanarak 1/1 ölçekteki elemanların davranışı bilgisayar analizi ile tespit edilip değerlendirilebilir ancak fiziksel ve mekanik parametreler mümkün olduğu kadar gerçeğe uygun tasarlanmalıdır.

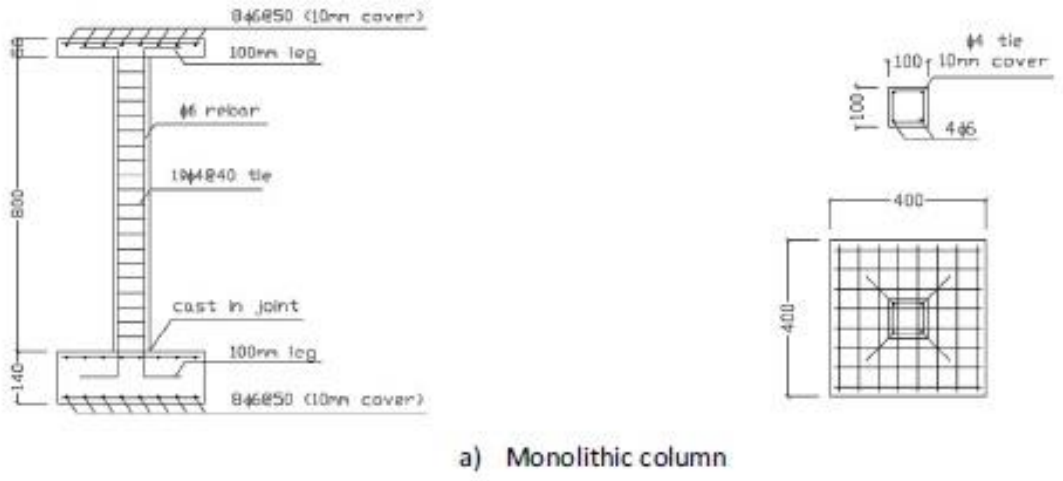
4. Tambur aralarında yer alan kenetlerde kullanılan kurşun malzeme yeterince iyi bir malzemedir ve kenetlerin kurşunla yapılması önerilir.

5. Tamburlar arasındaki bağlantı elemanlarının uygulanmasında yeterli özen gösterilmediği taktirde kenetlerdeki sıyrılma ve kırılma gelişigüzel gerçekleşmektedir. Bu nedenle kırılma şekilleri konusunda doğru tespitler yapılamaz.

6. İdeal hallerde kenetlerdeki sıyrılma ve kırılmalar tabana yakın olacak şekilde sütunun 1/3 bölgesinde gerçekleşmektedir.

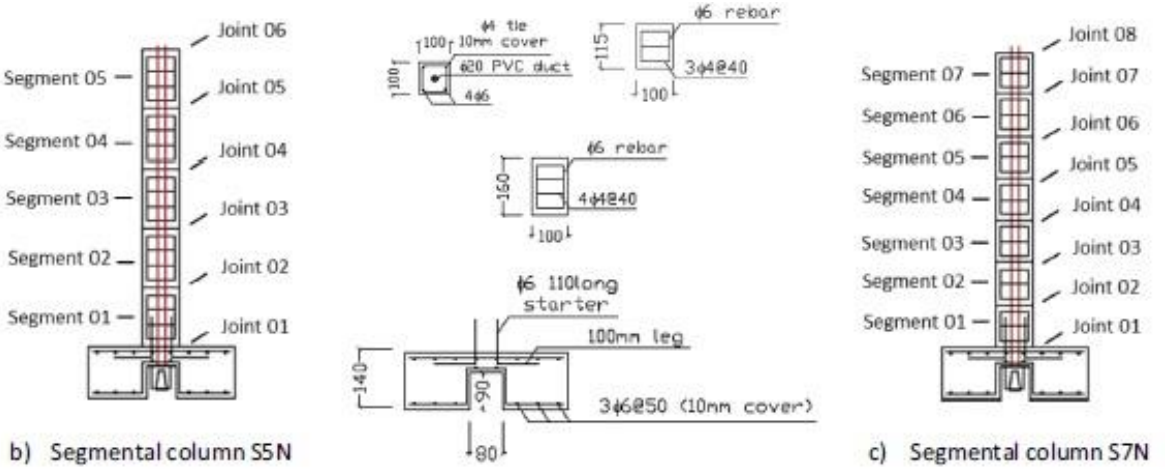
Literatüre genel olarak bakıldığında antik dönem sütunları üzerinde sismik çalışmaların yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmalarda sütunların büyük bir çoğunluğu bilgisayarda sonlu eleman ile modellenirken bir kısmı prototip olarak hazırlanmıştır. Sütunların tasarımında antik dönem mimarı Vitruvius'un aktarımı ve çalışma materyallerin bilgileri (tapınaktaki sütunların ölçüleri) etkili olmuştur. Buckley çalışmasında Dor sütununda 45 cm, İyon'da 24 cm, Korinth'te 69 cm'i kullanmıştır. Arısoy vd. Korinth bir tapınak olan Apollon'un sütunlarını 150 mm çapında ve 90 mm yüksekliğinde 10 adet mermer tambur ile modellemiştir. Tübitak projemizin amaçlarımızdan biri sütunların taşıdığı yük kapasitesi ile ilgili olduğundan inşaat mühendisliğinde kullanılan deneysel çalışmalar araştırılmış ve aşağıda yer alan literatür verilerine ulaşılmıştır.

Zhang vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada segmental (bölümlü/çok parçalı/tamburlu) sütun ve monolitik (yekpare/tek parça) sütunların dinamik yükleme, özellikle de darbe yüklemesi altındaki davranışını incelemek için hazırlanmıştır. Bu amacı gerçekleştirmek için betondan bir segmental sütun ve monolitik sütun hazırlanmıştır (Şekil 28 ve Şekil 29).



a) Monolithic column

Şekil 28. Monolitik Sütun Tasarımı (Zhang vd. 2016:108)



Şekil 29. Segmental Sütun Tasarımı (Zhang vd. 2016:108)

Hazırlanan sütunlara darbe testi yapılacağı için ayrıca eksenel yük bindirilmemiş, atalet kuvvet ile tüm analizler gerçekleştirilmiştir. Deneysel düzenek Şekil 30 ve Şekil 331'de verilmiştir.

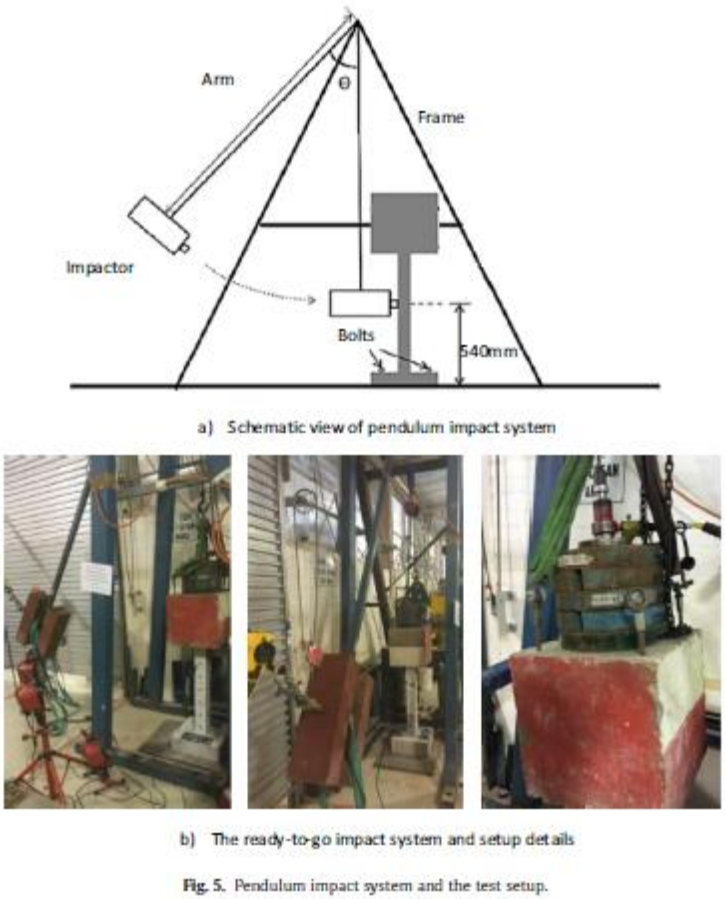


Fig. 5. Pendulum impact system and the test setup.

Şekil 30. Sarkaç Çarpma Sistemi (Zhang vd. 2016: 110)

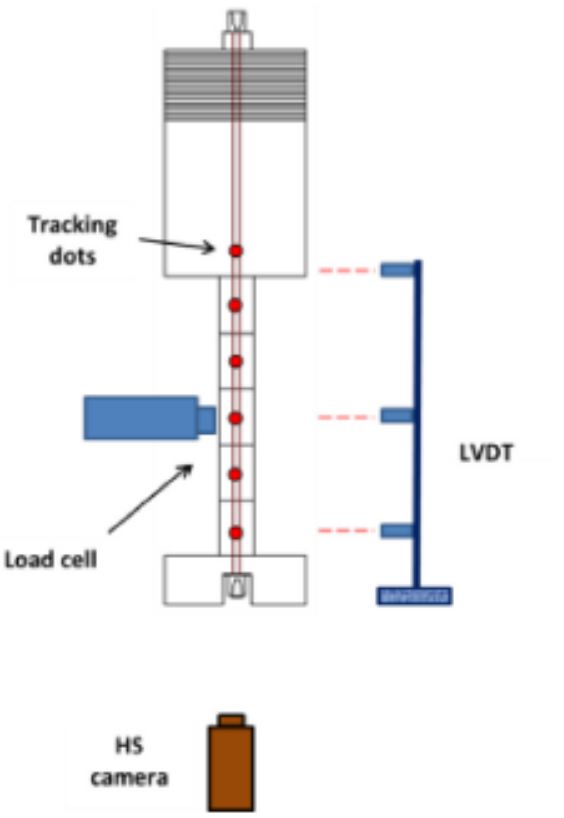
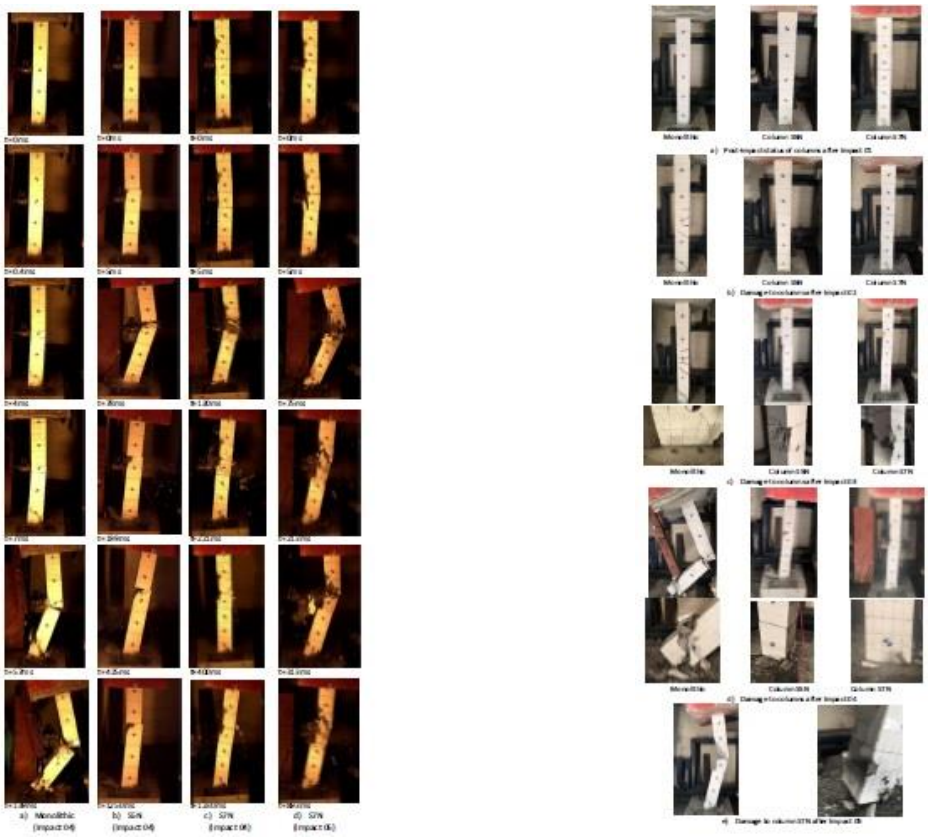


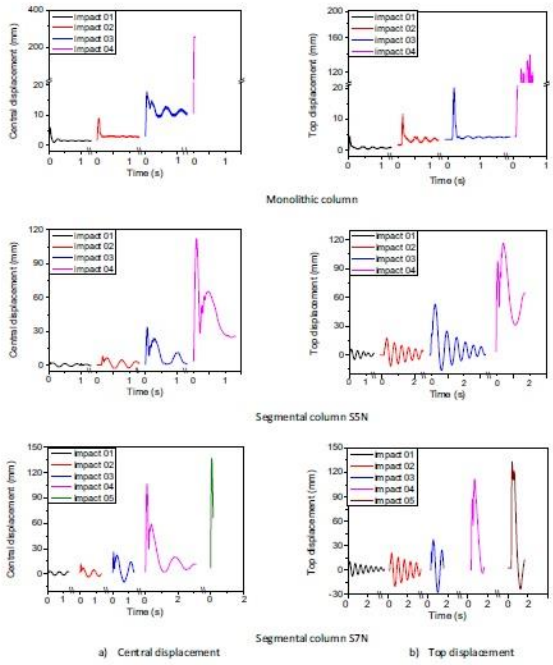
Fig. 6. Measurement system for the pendulum impact test.

Şekil 31. Sarkaç darbe testi için oluşturulan ölçüm sistemi (Zhang vd. 2016: 111)

Darbelerin serbest bırakma açıları bir etkiye karşılık gelen 2.5 dereceden yaklaşık 0.23 m/s hız ile başlamış ve ardından serbest bırakma açıları sırasıyla 0.64 m / s, 1.37 m / s, 2.71 m/s çarpma hızlarına karşılık gelen 7 derece, 15 derece ve 30 dereceye çıkarılmıştır. Darbe yükü-sütun yanıtı olarak; deformasyon geçmişi, yanal yer değiştirme (merkezi ve tepe değiştirme), başarısızlık/hata modu, enerji emilimine bakılmıştır. Deneysel çalışmalar yüksek çözünürlüklü kamera ile kaydedilerek sütunların takibi yapılmıştır (Şekil 32 ve Şekil 33). Yapılan analiz çalışmaları doğrultusunda segmental sütunun, monolitik sütuna göre esnek bir davranış sergilediği, aynı darbe enerjilerinde daha az hasar aldığı ve kendi kendine merkezleme kapasitesinin daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 32. Darbe Yükü ve Deformasyonları (Zhang vd. 2016: 112-116)

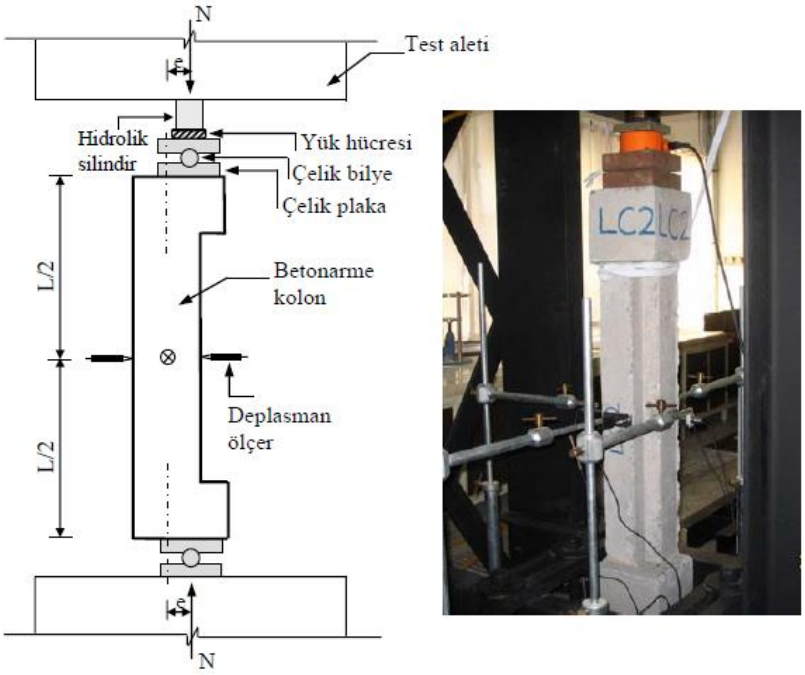


Şekil 33. Merkezi ve Tepe Yer Değiştirme (Yanal Yer Değişim Grafiği) (Zhang vd. 2016: 118)

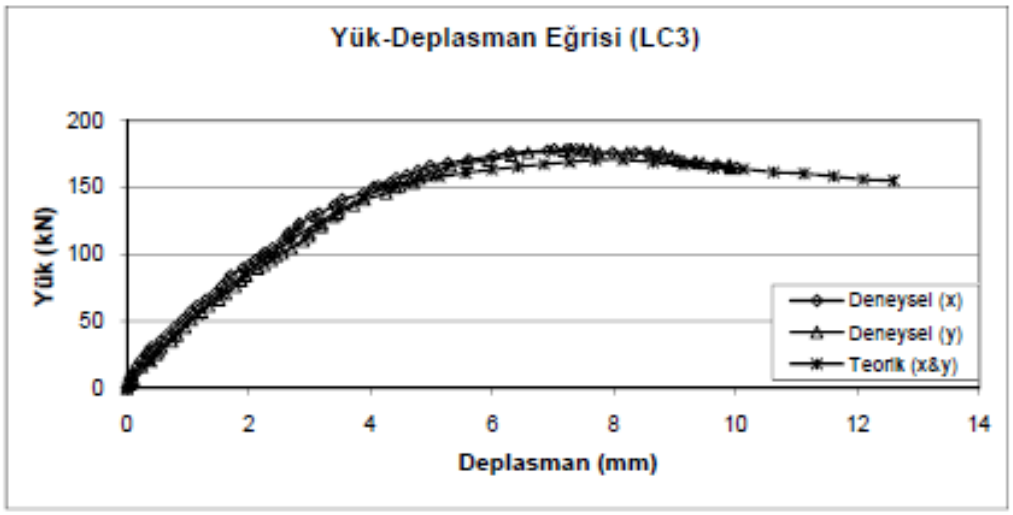
Tokgöz ve Dündar (2010), iki eksenli eğilme ve eksenel yüke maruz betonarme kolonların yük-deplasman eğrilerini incelemiştir. Sunulan çalışmada, iki eksenli eğilme ve eksenel basınç altında poligon kesitli betonarme kolonların analizi ve yük-deplasman eğrilerinin belirlenmesi için bir yöntem önerilerek, yöntemi uygulayan bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Teorik yöntemde, malzemelerin doğrusal olmayan davranışları esas alınmakta ve ikinci mertebe momenti nedeniyle meydana gelen narinlik etkisi hesaplara yansıtılmaktadır.

Çalışma kapsamında, Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Laboratuvarında iki eksenli eğilme ve eksenel basınç altında test edilen kare ve L-kesitli betonarme kolon numuneler, başlıca deney parametreleri olan beton basınç dayanımı, çelik akma dayanımı, numune kesit özellikleri ve dış merkezlik değerleri kullanılarak yük deplasman eğrilerinin belirlenmesi için analiz edilmiştir (Şekil 34 ve Şekil 35). Analiz sonucunda elde edilen teorik yük-deplasman eğrilerinin deneysel olarak elde edilen eğrilerle uyum içerisinde olduğu görülmüştür. Önerilen analiz yöntemi ve yöntemde kullanılan beton ve çelik gerilme-birim deformasyon ilişkisi sunulan çalışma için uygun sonuçlar sağlamıştır.

Deney ve analiz sonuçları, beton basınç bölgesi için seçilen gerilme-birim deformasyon modelinde kabul edilen maksimum birim kısalma değerinin (εcu), iki eksenli eğilme ve eksenel basınca maruz kolonların taşıma gücü kapasitesi ve yük-deplasman eğrilerinin elde edilmesinde önemli rol oynadığını ortaya koymuştur. Ayrıca, beton basınç dayanımı (fc) ve kolona uygulanan dış merkezlik değerinin kolonun taşıma gücü kapasitesinde önemli derecede etkili olduğu belirlenmiştir.



Şekil 34. Betonarme Kolon Test Düzeneği (Tokgöz ve Dündar 2010: 5047)



(j)

Şekil 35. Yük Deplasman Analizi (Tokgöz ve Dündar 2010: 5050)

Çögürtcü vd. (2006) şantiye şartlarında üretilmiş betonarme kolonların, eksenel yük etkisi altındaki davranışlarının deneysel olarak incelenmesi adlı çalışmayı gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada, şantiye şartlarında, standartlara uygun olarak üretilmiş beton ile standartlara uygun olarak üretilmemiş betondan imal edilen, eksenel yük etkisinde değişik geometri ve donatı özelliklerine sahip, aynı kesit alanlı kolonların yük taşıma kapasiteleri ve gerilme-birim deformasyon ilişkisi araştırılmış ve sorgulanmıştır. Kullanılan deney numuneleri 314 cm2 kesit alanı ve 75 cm yüksekliğe sahip, 4 adet Kare kolon**,** 4 adet Dikdörtgen kolon, 4 adet Dairesel kolon ve 4 adet Dairesel Fretli kolon'dur. Kolonların hazırlanmasında betonun ve donatının özellikleri kimyasal ve fiziksel özellikleri araştırılmıştır. Betonda agrega granülometrisi ve elek analizi, karma suyu olarak kullanılan suyun kimyasal özelliği (Cl, Ca, SO_4, Organik madde vb.), çimento değerlerine bakılmıştır ve basınç deneyi yapılmıştır (Tablo 18). Donatıda ise çeliğe çekme deneyi yapılmıştır (Tablo 19).

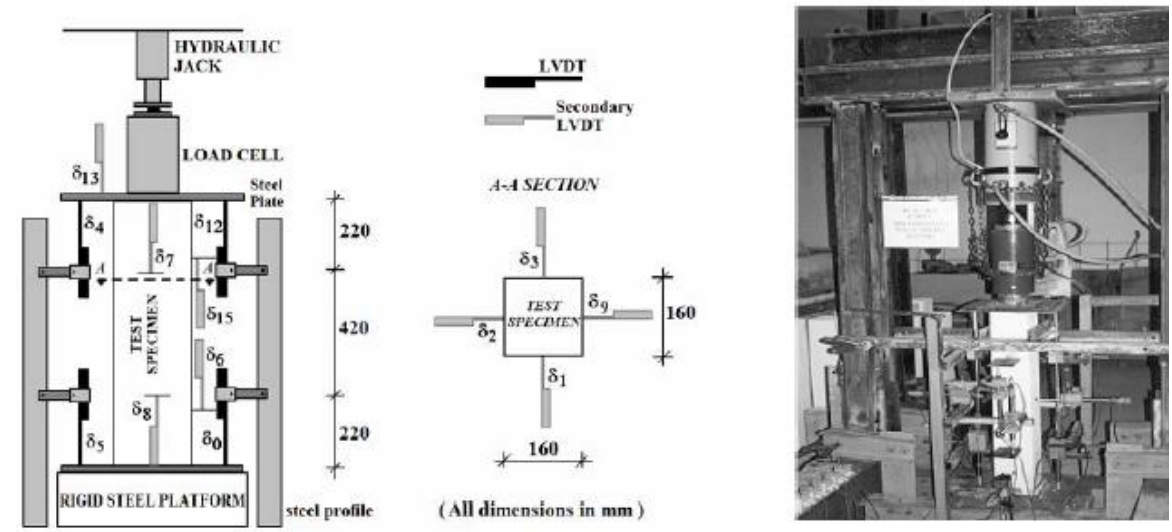
Tablo 18. Kullanılan beton karışımlarının özellikleri ile küp numunelerinin basınç dayanım değerleri (Çöğürcü vd. 2006: 74)

Numune No	Beton Sınıfı	Dozaj (kg/m³)	(E/C)	$f_{c,28}$ (kg/cm²)
N_1 (Küp)	C10	180	1	100
N_2(Küp)	C10	180	1	106
N_3 (Küp)	C10	180	1	113
N_4 (Küp)	C20	360	0.50	205
N_5 (Küp)	C20	360	0.50	202
N_6 (Küp)	C20	360	0.50	200

Tablo 19. Donatı Çeliğin Çekme Deneyi Sonuçları (Çöğürcü vd. 2006: 72)

Donatı Çapı (mm)	Donatı Sınıfı	Anma Çapı (mm)	Akma Dayanımı f_{yk}(kg /cm²)		Kopma Dayanımı f_{su}(kg /cm²)		Kopma Uzaması (ε_{su})	
			Min.	Deneysel	Min	Deneysel	Teorik	Deneysel
6	S220	61	2200	2460	3400	3400	0,18	0,15
8	S220	81	2200	2580	3400	3900	0,18	0,14
6	S420	57,4	4200	2680	5000	5700	0,12	0,10
8	S420	77,4	4200	4400	5000	6000	0,12	0,18

Kolona uygulanacak eksenel yük için elektrikli motorla yapılan yüklemenin hızı saniyede ortalama 1 ton olacak şekilde seçilmiştir. Kolona uygulanan eksenel yükü kolon üst yüzeyine yerleştirilen kalın çelik plaka (20mm.) ile kolon kesitine düzgün olarak yayılması sağlanmıştır. Kolon alt yüzeyi ise çerçeveye bağlı sabit rijit kütleye oturtulmuştur. Kayıt tutucu olarak Loadcell kullanılmıştır. Kolonda 6 farklı noktaya LVDT ölçüm aletleri (deplasman ölçer) konularak, elemanda yük etkisiyle meydana gelen yer değiştirmeler ölçülmüştür. Deney düzeneğinin şematik görüntüsü Şekil 36 ve Şekil 37'da verilmiştir. Deneylerde kullanılan numunenin özellikleri ve donatının boyutları Tablo 20 ve Şekil 38'de yer almaktadır.



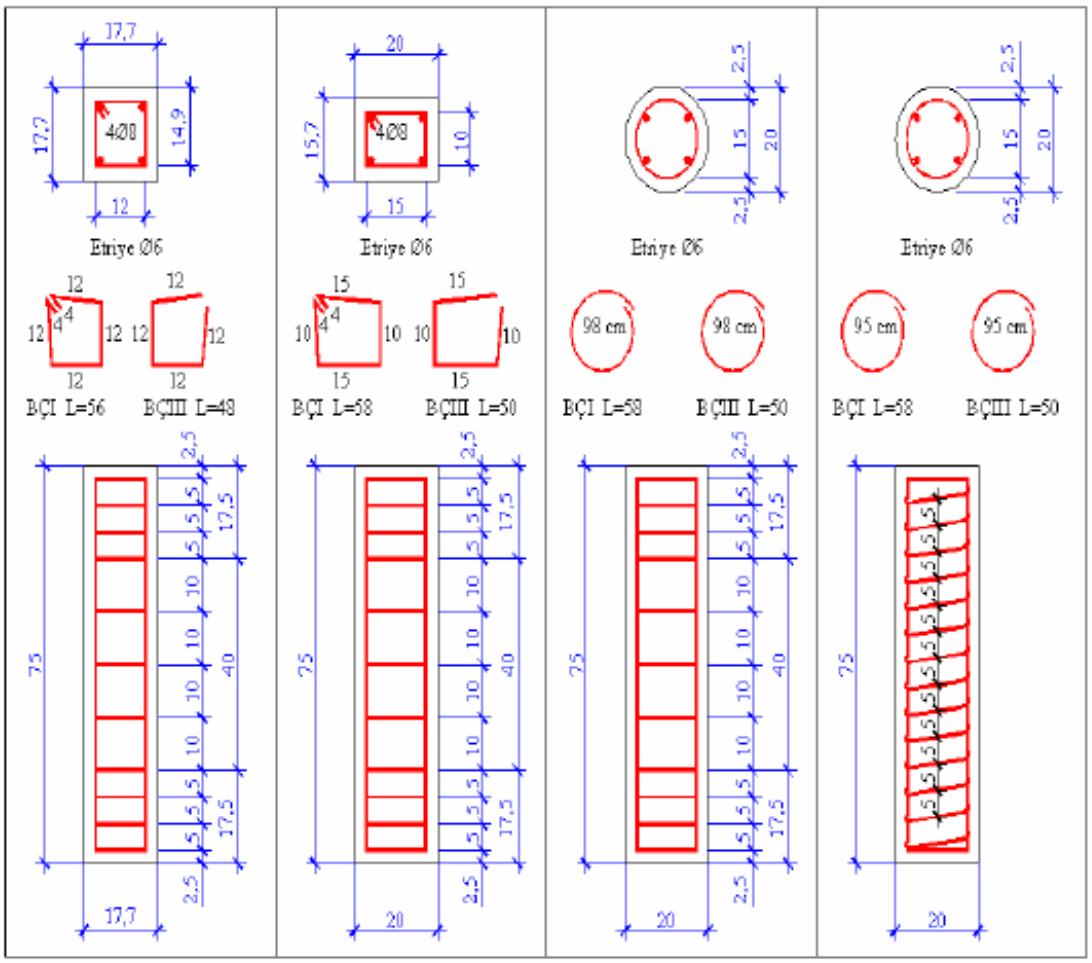
Şekil 36. Deney düzeneğinin şematik görünüşü (Çöğürcü vd. 2006: 74)



Şekil 37. Deneyler yapılmadan önce numune ve düzenek görüntüsü (Çöğürcü vd. 2006: 76)

Tablo 20. Deneylerde kullanılan kolon numunelerinin özellikleri (Çöğürcü vd. 2006: 75)

Deney No	Numune Türü	Beton Türü	Donatı Tipi	Etriye Durumu
1	Kare Kolon	C10	BÇI	Etriyeli
2	Kare Kolon	C10	BÇIII	Etriyeli
3	Kare Kolon	C20	BÇI	Etriyeli
4	Kare Kolon	C20	BÇIII	Etriyeli
5	Dikdörtgen Kolon	C10	BÇI	Etriyeli
6	Dikdörtgen Kolon	C10	BÇIII	Etriyeli
7	Dikdörtgen Kolon	C20	BÇI	Etriyeli
8	Dikdörtgen Kolon	C20	BÇIII	Etriyeli
9	Dairesel Kolon	C10	BÇI	Etriyeli
10	Dairesel Kolon	C10	BÇIII	Etriyeli
11	Dairesel Kolon	C20	BÇI	Etriyeli
12	Dairesel Kolon	C20	BÇIII	Etriyeli
13	Dairesel Kolon	C10	BÇI	Fretli
14	Dairesel Kolon	C10	BÇIII	Fretli
15	Dairesel Kolon	C20	BÇI	Fretli
16	Dairesel Kolon	C20	BÇIII	Fretli

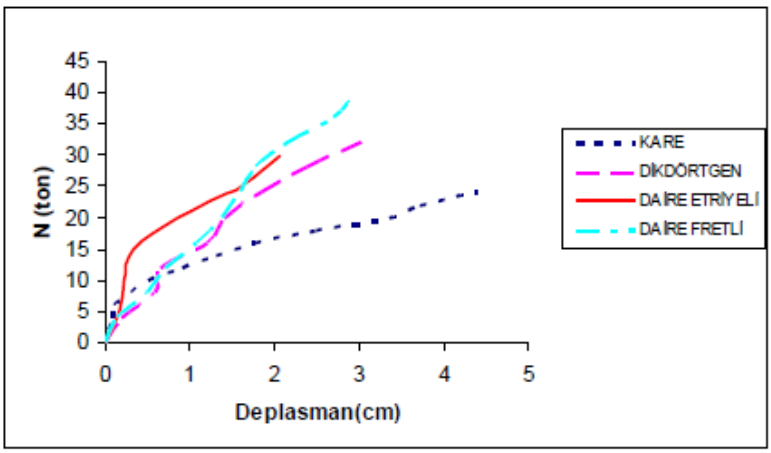


Şekil 38. Deneylerde kullanılan kolonların boyutları ve donatı dağılımı (Çöğürcü vd. 2006: 76)

Deneyler 16 adet kolon numunesi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan kolonlar S.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Laboratuvarında bulunan eğilme çerçevesinde deneye tabi tutulmuştur. Kolon eksenine yapılan yükleme 97 ton kapasiteli Loadcell kullanılarak yapılmıştır. Yüklemenin yapıldığı kolon yüzeyine yükün düzgün olarak verilebilmesi için kolonun üst yüzeyine 20x20x2 cm boyutlarında çelik levha yerleştirilmiştir. Yerleştirilen çelik levhanın yerleştirilmesine ve terazisinde olmasına dikkat edilmiştir. Yükleme başlatılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir (Şekil 39 ve Şekil 40).



Şekil 39. Deney düzeneği ve deney numunelerinin deney öncesi ve sonrası durumu (Çöğürcü vd. 2006: 77)



Şekil 40. Kolon numunelerinin eksenel yük taşıma kapasiteleri (Çöğürcü vd. 2006: 78)

Yapılan deneyler sonucunda şantiye şartlarında kötü üretilmiş betonların yük taşıma kapasitelerinin, iyi olarak üretilmiş kolonlara göre çok düşük olduğu, geometrisi dairesel olan kolonların daha az deformasyon yaptığı görülmüştür. Deneylerden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığı zaman en güçlü, yani eksenel yük taşıma kapasitesi en fazla olan kolon numunelerinin kare kolon numuneleri olduğu ve fretle sarılmış kolon numunelerinde deplasmanların diğer geometrilere sahip kolonlara göre daha az olduğu belirlenmiştir.

Deney sonuçlarının sorgulanmasında ise t testi ve varyans analizi yapılmıştır. Deneylerden elde edilen gerçek yük değerleri ile teorik olarak bulunan yük değerleri arasında eşlenik t testi uygulanmıştır (Tablo 21). t testinin uygulanma nedeni aynı numuneye farklı denemeler yapılmasıdır. t test sonuçlarına göre iki hesap değeri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır (p=0,446). Buna göre teorik olarak bulunan değerlerin ortalaması XT= 46,435 ton ve deneysel yük değerlerinin ortalaması XD=48,793 ton bulunmuştur. Nitekim her iki yöntemin ortalama değerleri birbirine çok yakın bulunmuştur. Bu durumda, deneyler için oluşturulan betonarme kolonların imal şeklinin ve yapılan deney sonuçlarının yukarıdaki yaklaşımla %95 uygun olduğu söylenebilir (Tablo 22). Yapılan deneylerde veriler tekerrür etmediği için varyans analizi sonuçları alınamamıştır (Tablo 23). Fakat yapılan deneylerde kullanılan malzeme ve geometrik şekillerin sonuçlarla karşılaştırıldığı zaman, yapılan deneylerde bulunan sonuçların %95 güven aralığını sağladığı tespit edilmiştir.

Tablo 21. Teorik, deneysel yük taşıma kapasite değerleri ve max. boyuna kısalma değerleri (Çöğürcü vd. 2006: 80)

Beton Sınıfı	Kolon Şekli	Deney No	Donatı Tipi	Teorik Eksenel yük	Deneysel Eksenel yük	Deplasman
C10	Kare	1	BÇI	31,09	23,1	4,38
		3	BÇIII	35,09	13,97	2,16
	Dikdörtgen	5	BÇI	31,09	31,5	3,03
		7	BÇIII	35,09	18,37	1,30
	Etriyeli	9	BÇI	31,09	29,75	2,05
	Dairesel	11	BÇIII	35,09	32,2	3,49
	Fretli	13	BÇI	31,09	39,02	2,98
	Dairesel	15	BÇIII	35,09	23,62	1,24
C20	Kare	2	BÇI	57,78	80,5	2,93
		4	BÇIII	61,78	78,05	3,19
	Dikdörtgen	6	BÇI	57,78	80,85	2,48
		8	BÇIII	61,78	61,42	1,92
	Etriyeli	10	BÇI	57,78	56,7	2,9
	Dairesel	12	BÇIII	61,78	64,4	4,02
	Fretli	14	BÇI	57,78	73,85	2,35
	Dairesel	16	BÇIII	61,78	63,35	2,40

Tablo 22. t testi sonuçların sorgulanması (Çöğürcü vd. 2006: 80)

T Testi

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Teorik yük	46,4350	16	13,93658	3,48415
	Gerçek yük	48,7856	16	23,18996	5,79749

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Teorik yük – Gerçek yük	-2,35063	12,01894	3,00474	-8,75507	4,05382	-,782	15	,446

Tablo 23. Varyans Analizi (Çöğürcü vd. 2006: 81)

Varyans Analizi

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
Beton cinsi	1	c10	8
	2	c20	8
Geomerik şekil	1	Kare	4
	2	Dikdörtgen	4
	3	ETR-Dairesel	4
	4	FRT-Dairesel	4

Dependent Variable: Gerçekyük

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7581,839(a)	7	1083,120	17,874	,000
Intercept	38080,595	1	38080,595	628,426	,000
Beton cinsi	7126,314	1	7126,314	117,602	,000
Geomerik sekil	71,326	3	23,775	,392	,762
Beton cinsi * Geomerik sekil	384,198	3	128,066	2,113	,177
Error	484,774	8	60,597		
Total	46147,208	16			
Corrected Total	8066,613	15			

a R Squared = ,940 (Adjusted R Squared = ,887)

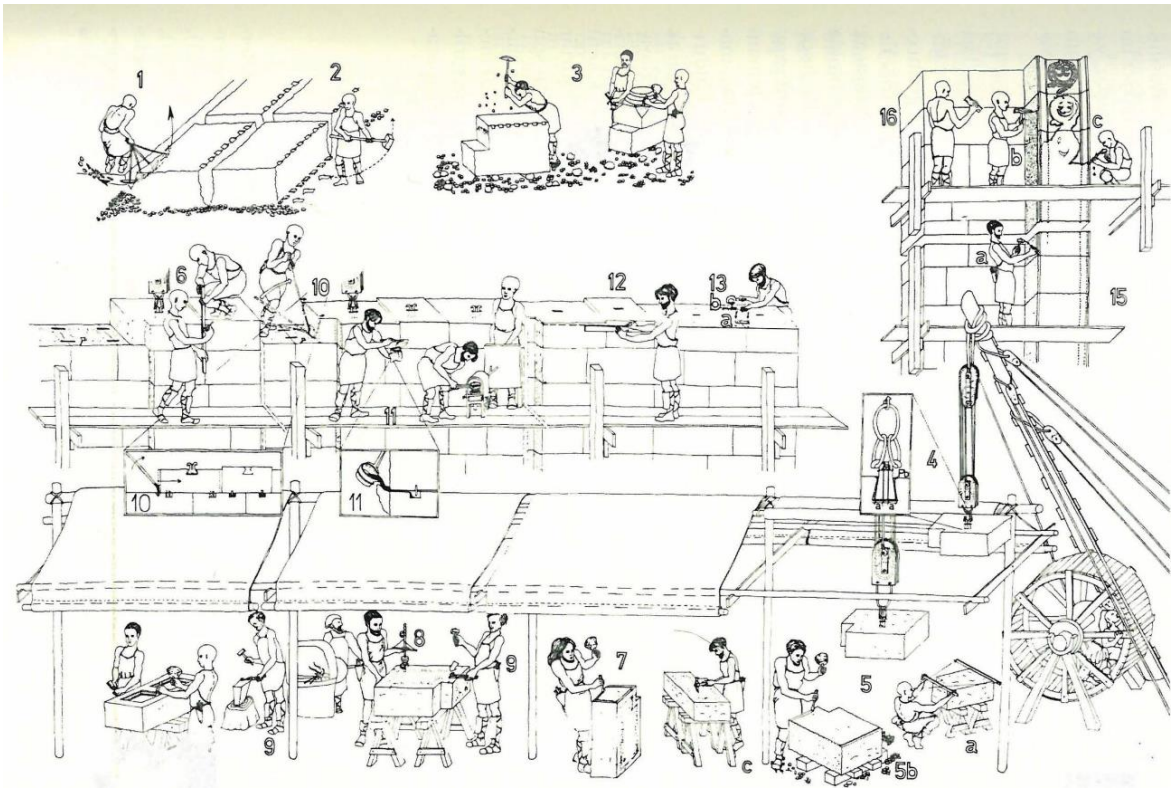
Sütunların yük taşıma kapasitelerinde kullanılacak deneysel metotlar araştırıldığında literatürde eksenel yük testlerin, şekil değiştirme ölçümlerin uygulandığı görülmektedir. Araştırmamızda antik dönem düzeni, mimarisini, mühendisliğini anlamak ve çalışma sahamızdaki örnekler ile karşılaştırmak amaçlarımızdan biri olduğundan sütunların oluşum süreçleri ve sütun düzenleri alt başlıklarda ele alınmıştır. Antik dönemde hem mimari düzenleri oluşturan hem de oluşturdukları düzende taşıyıcı eleman olarak kullanılan sütunların malzemeleri, üretim süreci aşağıda tanımlanmıştır.

2.1.1. Antik Dönem Sütunlarında Kullanılan Taş ve Taş İşçiliği

Antik dönem yapı malzemelerinde büyük bir önemi taşıyan mermer, renk ve damar özelliklerine göre sınıflandırılmakta ve çıkarıldıkları yerin adı ile anılmaktadır. Antik dönemde büyük ün kazanmış mermerlerin isimleri; Pentelikon mermeri, Eretria Kırmızı, Naxos mermeri, Paros mermeri, Thassos mermeri, Karystos mermeri, Skyros mermeri, İmmitos mermeri, Korfu mermeri, Lakonia mermeri, Korinth mermeri, Olypia Mermeri, Lesbos mermeri, Tainora siyahı, Khios siyahı (Doğu Ege Denizi), Khios Kırmızı, Rhodos mermeri (Güney Ege Denizi), Tmolos mermeri (Sardis yakınları Bozbağ)'dır (Atalay, 2010). Anadolu'da antik dönem taş ocağı olarak kullanıldığı bilinen kaynaklar ise, Kuşini mermer ocağı (Efes Artemis Tapınağı), Prokonnesos'taki taş ocakları (Marmara Adası-Harmantaş Ocağı), Doikemon (Afyon Mermeri-Taşocağı)'dır (Bingöl, 2004).

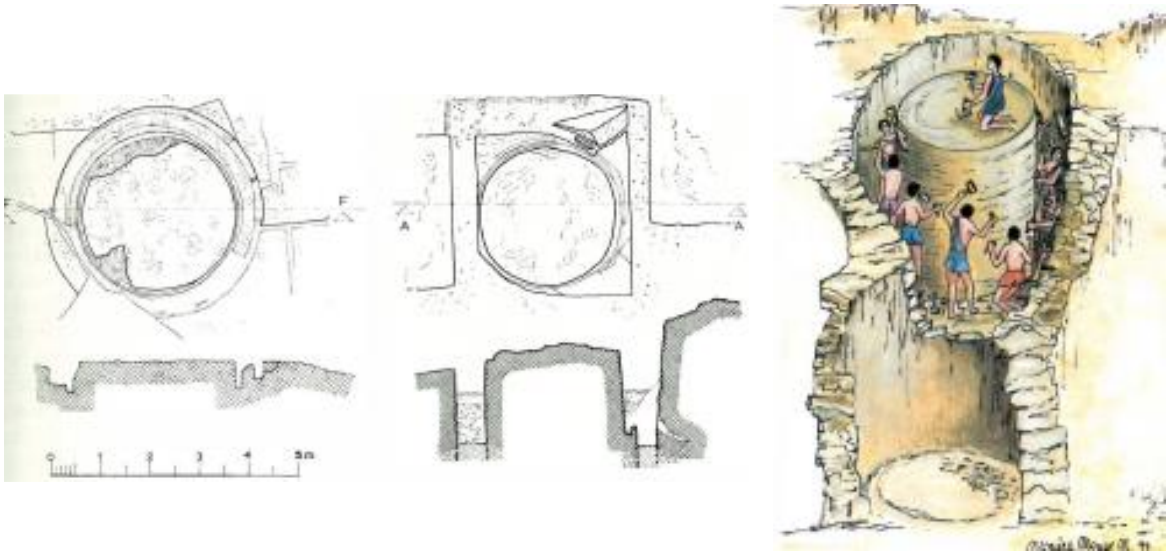
Antik dönem mimarisinde büyük bir önem taşıyan mermer bazen deniz ve nehir taşımacılığı ile uzak bölgelerden bazen de yakınlarındaki taş ocaklarından kızak, kütük, araba vb. araçların yardımı ile insan ve hayvan gücü kullanılarak inşaat alanına taşınmıştır (Bingöl, 2004).

Antik dönemde taş, ocaktan üç safhada çıkarılmaktadır (Şekil 41). Büyük taşlar, üstlerine bir sıra delik açılır, bunlara tahta kamalar çakılıp su doldurularak, tahtaların şişmesinden yararlanıp parçalanıyordu, daha büyük taşlarda ise, bu yöntem ancak bu taşların bulundukları yerden sökülebilmeleri için uygulanabiliyor, fakat daha önce çıkarılacak taşın yan ve arka yüzeylerinin, kalemler yardımıyla yontulan oluklarla ana kayadan ayrılması gerekiyordu. Olağanüstü büyüklükteki taşlarda bu olukların kesitinin U- biçimi olup, içlerinde bir işçinin çekiç ve kalemle rahatlıkla çalışabileceği kadar geniş oldukları görülür. Ana kayadan kurtulmuş olan büyükçe taşlar, daha taş ocağındayken kaba olarak işlenir. Taşlar üstündeki son düzeltmeler ve taşların birbirlerine uydurulmaları çoğu zaman yapı yerinde gerçekleştiriliyordu, buna karşılık yüzeylerin parlatılması işlemi ancak taşlar yerine yerleştikten sonra yapılıyordu (Atalay, 2010).



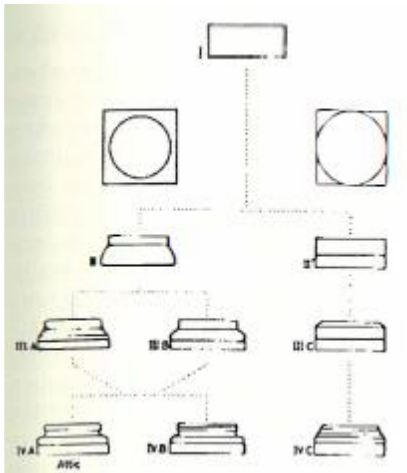
Şekil 41. Antik Dönemde Ocaktan Yapıdaki Yerine. Tüm Aşamaları Gösteren Çizim (Bingöl 2004: 21)

Antik dönemde taş ocaklarından sütun tamburu şu şekilde çıkartılmaktadır; sütun tamburunun üst çapı, taşa çizildikten sonra çizginin dışına 1 0-15 cm genişliğinde, 50-60 cm derinliğinde bir kanal açılıyor, sonra bu kanalın 35 cm dışında aynı genişlik ve derinlikte ikinci bir kanal daha açılıyordu. Daha sonra, arada kalan bölüm kırılınca, aynı işlemler daha aşağıya inmek için yineleniyor ve bu işlemler tambur yüksekliğinin altına inilinceye kadar sürdürülüyordu (Şekil 42) (Bingöl, 2004).



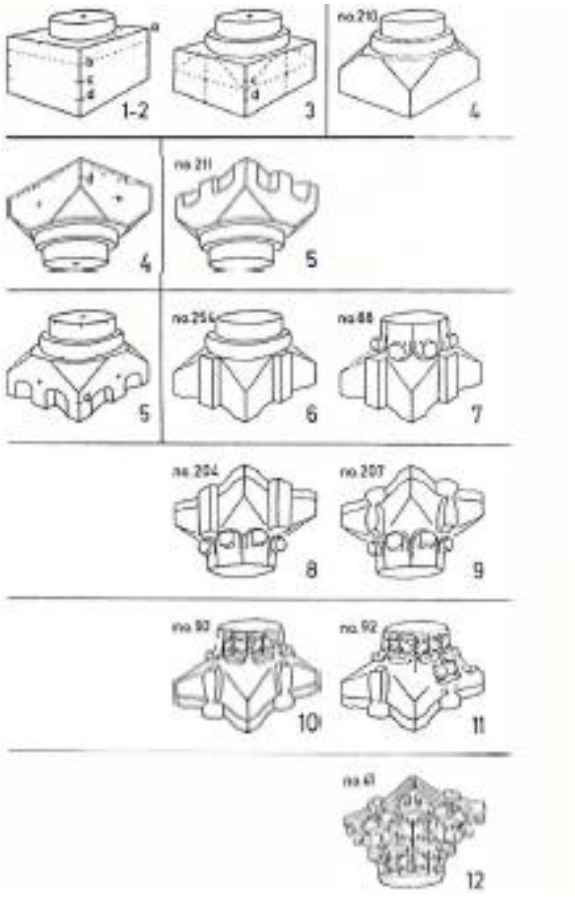
Şekil 42. Tamburların Taş Ocağından Çıkarılış Şeması ve Canlandırması (Bingöl 2004: 29-30)

Antik dönemde sütunları ise de sırasıyla şu şekilde işlenmekteydi. Sütun kaidelerinin yüksekliğin ikiye bölündüğü örneklerde, üst yarı, silindirik öğe için ayrılırken, bu öğenin çapı bloğun genişliğine eşittir. Bu aşamalarda yine külünk bazen de alt ve üst yüzeyler için murç kullanılıyordu. Külünk ve murçla yontularak kaba görünümleriyle plinthesi, dik kenarı ve eğimli üst sınırıyla, alt torusu oluşturan; alt silindirik öğesi ve üst torusu içerecek üst silindirik öğesi ile üç bölümden oluşan kaide, artık keski ile kenarlarının, dişli tarak ile yüzlerinin işlenmesinden sonra, ihraç edilecek aşamaya gelmiş olmaktaydı (Şekil 43). Tüm bu aşamalarda daha sonra da değinileceği gibi taşların üzerine pergel ve cetvellerle çizilen çizgilerden yararlanılıyordu (Bingöl, 2004).



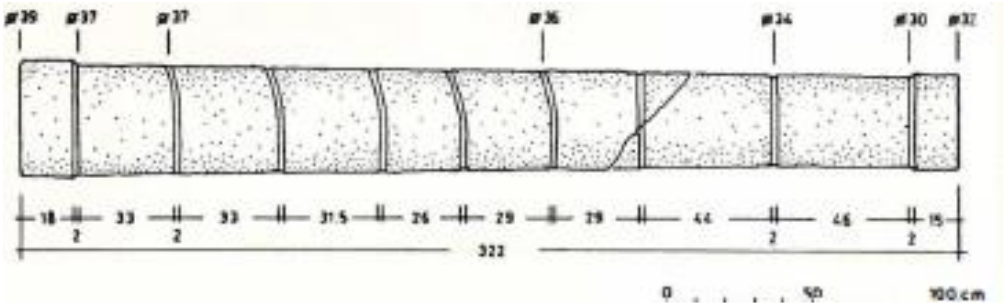
Şekil 43. Bir kaidenin ihraca hazır duruma getirilmesi için geçirdiği aşamaları gösteren grafik çizim (Bingöl 2004: 35)

İyon ve Korinth sütun başlıkları ise taş ocağından düzgün çıkarılan taşın, kaba yontusunun kademe kademe alınması ile işlenirdi (Bingöl, 2004) (Şekil 44).



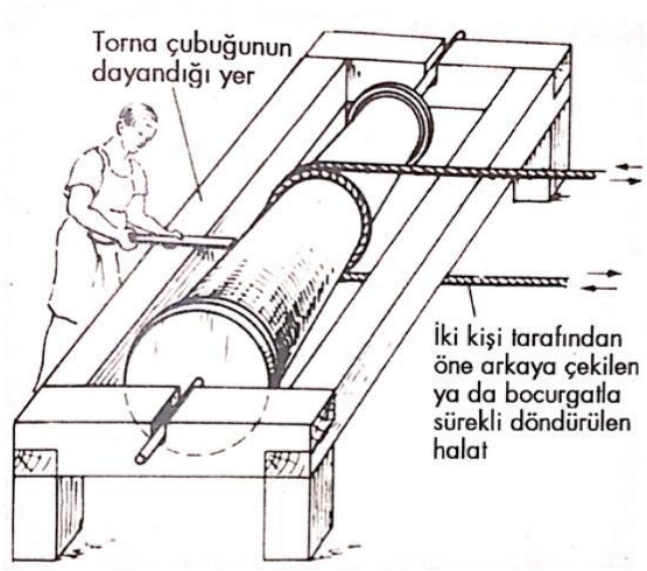
Şekil 44. Sütun Başlıklarının İşlenme Aşamaları “Korinth Örneği” (Bingöl 2004: 37)

Monoblok (tekparça) ve tambur (parça) olmak üzere iki tipten oluşan sütun gövdeleri ise taş ocağından dairesel olarak çıkarıldıktan sonra kaba yontusunun alınması için çemberler ile işaretlenerek ya traşlanıyor ya da tornadan geçiriliyordu (Şekil 45).



Şekil 45. Tıraşlanacak tabakanın işaretlenmesini gösteren çizim (Bingöl 2004: 36)

Sütun gövdesini tornadan geçirmek için merkezine çentikler oluşturulur ve burguyla aralıklı delikler açılırdı. Deliklerden içeri demir takozlar itilirdi ve torna tezgahına yerleştirilirdi (Şekil 46). Antik dönem Dor sütun başlıkları da gövdeler gibi torna tezgahında üretilmiştir (Kretzschmer, (2000).



Şekil 46. Bir sütun tornalama tezgahının canlandırılması (Kretzschmer 2000: 47)

Taş ocağında işlenen sütun çeşitli taşıma yöntemleri (tekerlek, araba, kütük, kızak, deniz ulaşımı, insan ve hayvan gücü) ile yapı alanına ulaşıp yerine yerleştirilebilmesi son bir aşamadan geçmesi gerekmektedir. Bu aşamada yapılacak işlemler, taşın dönüşeceği elemanın özelliklerine göre farklılıklar gösterir. Örneğin, elemanın yapıda açık kalacak yüzleri başka, diğer elemanlarla birleşerek kapanacak yüzleri, başka uygulamaları gerektirir. Bu aşamada önemi olan, her şeyden önce yapı elemanının oturacağı yüzeyin hazırlanmasıdır. Bağlantı olmaksızın birleştirilecek yüzeylerde, düzeltme ve perdahlama gibi, neredeyse tek bir işlem gerekirken; birbirlerine bağlanacak elemanların, ayrıca, dikey bağlantı öğeleri (sütun) ve yapıdaki yerine yerleştirilmek için kaldırılmalarında kullanılacak kaldırma öğeleriyle de donatılmaları gereklidir (Bingöl, 2004).

Birbiri Üzerine Oturacak Tamburların İşlenmesi

Yapıların daha önemli elemanlarında, özellikle desteksiz, tek başlarına duran ve üstlerinde onlarca ton ağırlık taşıyan sütunları oluşturan tamburlarda, onların kaideleri, ya da başlıklarında, perdahlama işlemlerinin oturan ve yanaşan tüm yüzeyleri kapsaması

gerekmektedir. Alt ve üst yüzeylerinin tümünün perdahlandığı uygulamalara verilecek örnekler arasında Bayraklı Athena Tapınağı'nda sütun tamburları, başlık ve kaideleri gelmektedir.

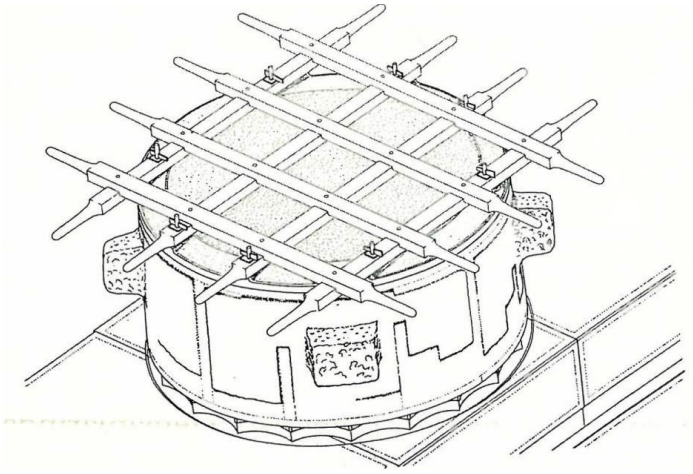
Zamanla, düzeltilecek yüzeyin ortasının, çevreye göre biraz daha fazla çukurlaştırıldığı bu uygulamaya anathyrose adı verilmektedir. Anathyrose sütun dairesinin kenarlarından merkeze doğru çok hassas bir şekilde perdahlanma işlemidir. Bu işlem birbiri üzerine oturacak yüzeyler için yapılmaktadır. Bu yöntemle birbirlerine yapışacak olan yüzeylerin alanları daha küçültülerek, sadece çevrelerine indirgenmiş olmaktadır. Böylece, sütunları oluşturan tamburların merkezlerinin anathyrose nedeniyle birbirlerine değmemesi; dolayısıyla tamburların birbirleri üstüne daha iyi oturmaları sağlanmış olur. Bilindiği gibi, ne kadar az yüzey birbirine değerse, birleşme de o kadar kusursuz olur (Bingöl, 2004). Bu uygulama Stratonekia Antik Kenti'ndeki sütunlarında da görülmektedir (Şekil 47).



Şekil 47. Stratonikeia Antik Kenti Anathyrose Uygulaması

Antik dönemde sütunları en doğru şekilde yerleştirmek için kullanılan bir diğer yöntem ise düzlem mıstarıdır. Düzlem mıstarı bugün bile hala, yüzeylerin birbiri üstüne en doğru bir şekilde oturmalarını sağlamak için kullanılan bir gereçtir. Burada, işin hassasiyeti arttıkça inceltilen madeni boyayla boyanan düzlem mıstarının, düzeltilecek yüzeyin üzerine hafifçe değdirilip

sürtülmesiyle, boyanın yüzeyde kalan izlerinin, yeniden biraz daha tıraşlanarak O (sıfır) iz çıkıncaya kadar sürdürülen bir işlemler dizisi söz konusudur. Alttaki tamburun üstü, üstüne oturacak tamburun alt mıstarı ile, üste oturacak tamburun alt yüzü üstüne oturacağı tamburun üst yüzünün mıstarına göre perdahlandıktan sonra, oturacakları kesin konumları işaretleniyor ve sonra bu noktalar çakışacak şekilde üst tambur alt tamburun üzerine oturtuluyordu (Şekil 48) (Bingöl, 2004).



Şekil 48. Mıstar Uygulaması (Bingöl 2000:54)

Bazı mimari elemanların yapıdaki yerlerine yerleştirilmeleri sırasında kırılmalarını önlemek amacıyla anathyrosenin tam tersi bir uygulamaya tabi tutulurlar. Bu uygulamaya skamillus denilmektedir. Bu yöntem ile oturacak yüzeyin, ya da üstüne yük gelecek yüzeyin ortası tam tersine bir uygulamayla yüksek bırakılırken, çevresinin milimetrik ölçülerde fakat daha alçak olmasına özen gösterilir (Şekil 49). Böyle bir elemanın köşeleriyle, üstündeki eleman arasında milimetrik açıklık olacaktır. Fakat böyle bir uygulamanın olmadığı durumda, bir başlığın üzerine yerleştirilecek arşitravın, abaküs köşesiyle milimetrik dahi olsa bir uyumsuzluğu söz konusu olduğunda, abakus köşelerin kırılmasının kaçınılmaz olacağını düşünürsek, bu uygulamayla elemanların çok hassas olan köşelerinin koruma altına alınmış, kırık ve çatlakların önüne geçilmiş olduğu ortaya çıkacaktır (Bingöl, 2004).

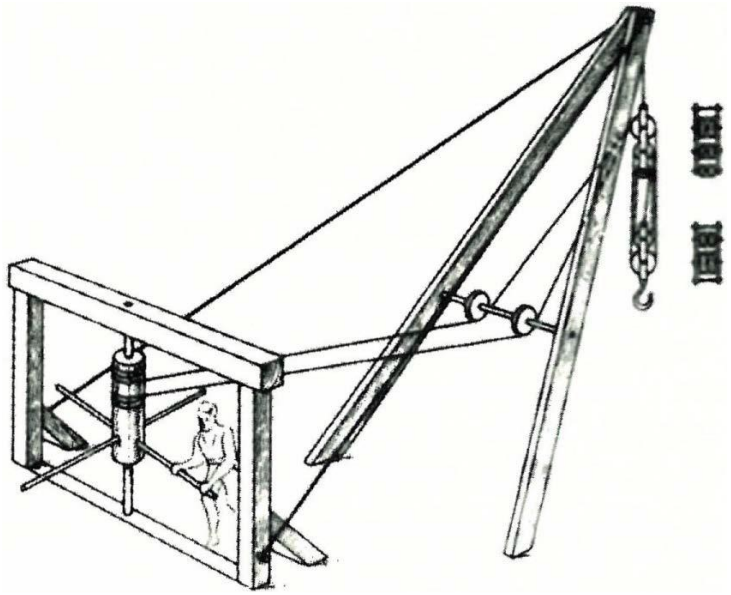


Şekil 49. Skamillus Uygulaması (Bingöl 2000:57)

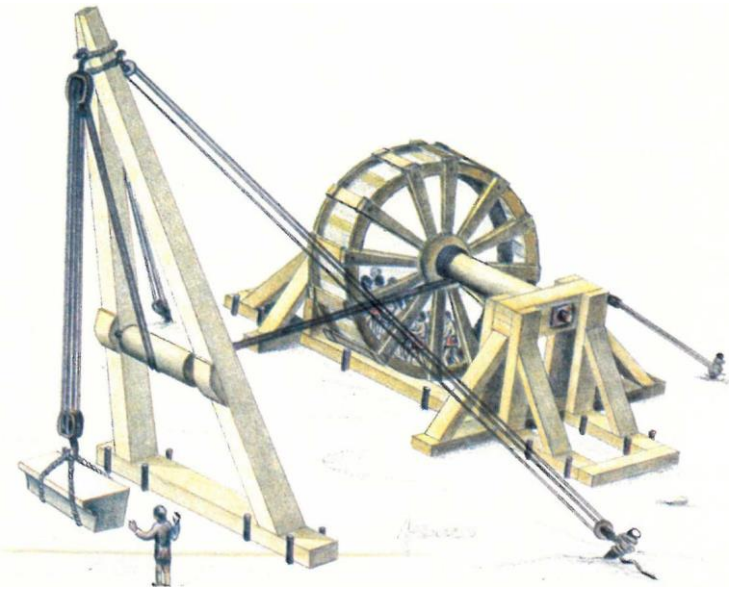
Mimari elemanların genelde alt ve üst yüzlerinde, daha rahat, çabuk ve sağlıklı bir şekilde kaldırabilmeleri, taşınabilmeleri ve yerleştirilebilmeleri amacıyla yapılmış ayrıntılar vardır. Bu ayrıntılar sadece bu işlemlerin uygulanması sırasında kullanılan, halat, ya da metal takılabilmesi için özel olarak yapılmış öğelerdir. Kaldırma öğeleri olarak tanımladığımız bu ayrıntıların çoğu kalıcıdır, yani işlevlerinin bitmesine karşın ortadan kaldırılmazlar. Genellikle, elemanların kapanacak yüzlerinde yer alırlar ve böylece bu yüzleri kapatacak diğer elemanlar yerleştirildiklerinde, görünmez olurlar. Geçici olanları da vardır. Görünen (açık) yüzlerdekiler "geçici" olanlardır ve yapının tamamlanmasından sonra ortadan kaldırılırlar, ya da kaldırılmış olmaları gerekir. Elemanların terazilerinde ve gayet dengeli bir şekilde kaldırılmaları esas olduğu için, bu öğelerin yerlerinin saptanması büyük önem taşır. Bu hem kaldırma sırasında doğabilecek tehlikenin ortadan kalkması, hem de kaldırma ve yerleştirmede kolaylık sağlanması anlamına gelir. Bu nedenle kaldırma öğelerinin yerlerinin saptanmasında her şeyden önce, bu dengeyi sağlamaya yönelik ölçümler gerçekleştirilir ve öğelerin, yapı elemanlarının ağırlık merkezinde, dengeyi sağlayacak simetriye göre saptanmış noktalarda yer almaları sağlanır. Kaldırma merkezli öğeler; mahmuz, U olukları, kurt ağzı, kavraç ve yuvalardır. Yerleştirme merkezli öğeler ise zıvanalardan oluşmaktadır.

Antik Dönem Sütunların Kaldırılması ve Dikilmesi

Antik dönemde sütunların kaldırılması için kaldıraçlar, eğik düzlem, vida, makaralar, palanga ve çıkrık gibi basit sistemler ve iki kalaslı üç makaralı (dikolos trispastos), iki kalaslı beş makaralı (dikolos pentaspaston), iki kalaslı döner çarklı (dikolos), tetrakolos, tek kalaslı (monokolos) makine sistemleri (vinç) kullanılmaktadır (Şekil 50 ve Şekil 51) (Bingöl, 2004).



Şekil 50. İki Kalaslı Beş Makaralı Sistem (Bingöl 2004:86)



Şekil 51. Dikolos Sistemi (Bingöl 2004:86)

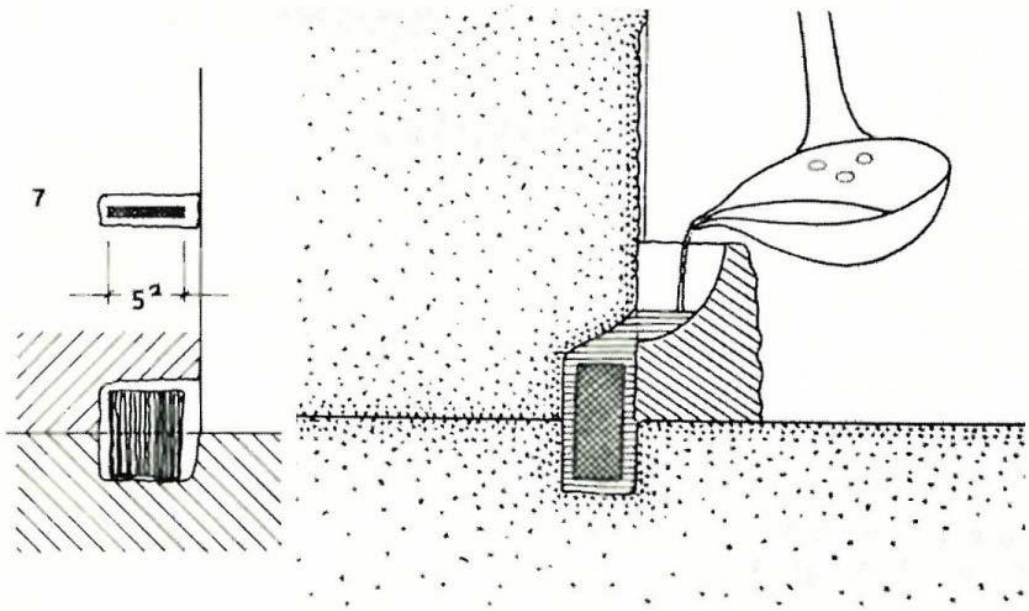
Sütunların Birleştirmesi (Zıvanalar)

Antik dönemde yerine oturtulan her bloğun ilk önce altındakiyle, sonra da yanındakiyle, ya da sütun tamburları gibi, bağımsız ve dikey taşıyıcı grubuna ait elemanlarsa, sadece altındakilerle bağlanmaları gerekiyordu. Doğal olarak bu elemanlar, örneğin sütun tamburları gibi serbest, yani yanlarındakilerle değil de sadece alt ve üstündekilerle bağlanması gerekli elemanlarsa, yanaştırma, kaydırma, kanırtma söz konusu değildi. Fakat tüm elemanların istisnalar dışında, ister sütun tamburları gibi yan bağlantısız, ister duvar blokları gibi yan bağlantılı elemanlar olsun, hemen hepsinin alt ve üstündekilerle de bağlanması gerekiyordu. Bu amaçla kullanılan gereçlere zıvana, onların yerleştirilmeleri için blokların alt ve üst yüzeylerine açılan yuvalara zıvana yuvaları denilmektedir. Antik dönem sütunlarını birbirine bağlamak için zıvana yuvalarında demir ve kurşun kullanılmaktadır. Zıvanalara yerleştirilen demiri sabitlemek için kanallar yolu ile dökülen kurşun ise dikey ve yatay olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

Dikey kanalla kurşun akıtma yöntemi

Bu yöntemde kullanılan zıvanalar oldukça yüksek ve uzun olmalarına karşın, kıyaslanamayacak şekilde ince kütlelerdir. Üst zıvana yuvası, alttaki bloğun üst yüzünün ortasında yer alır. Sadece zıvananın gireceği üst kenarı açık, dört tarafı ve altı kapalı olduğundan bunlara "kapalı yuvalar" demek yerinde olacaktır. Kapalı yuvalar, üstlerine oturacak iki adet "bir yanı açık" yuvayla birlikte kullanılırlar. Bu tiplerde uygulanan yöntemde, zıvana, önce alttaki bloğun ortasındaki yuvaya yerleştirilir. Üste gelecek olan bloğun altındaki zıvana, oturacağı zıvanayı tamamen kapayacak bir yuva değildir (Bingöl, 2004).

Bu uygulamada, üste, alttaki zıvananın tam ortasında birleşen iki blok yerleştirilir. Bu bloklardaki yuvalar, blokların birleşme yüzeylerinin alt kenarındadır ve bu nedenle yuvaların, birleşecekleri kenardaki yan yüzleri açıktır (biryanı açık yuva). İki blok zıvananın tam üstüne oturtulup birleştirildiklerinde, her iki bloktaki iki "bir yanı açık yuva" birleşerek bir tam yuva oluşturur. Böylece zıvana alttan bir tam, üstten alttaki yuvanın genişliğinde ve birleştiklerinde bir tam yuva oluşturan, iki adet "bir yanı açık" zıvana yuvasının içine yerleştirilmiş olur. Sıra yuvanın içindeki zıvanayı yatakla perçinlemeye gelmiştir. Bunun için üstteki bloklardan birinin birleşen yüzüne, yukarıdan yuvanın içine kadar inen bir oluk açılır. İki blok birleşince bu oluk bir "kanal"a dönüşmüş olur. Aşağı doğru dik inen bu kanaldan akıtılan erimiş kurşun, yuvaya dolarak zıvananın yuvayla perçinlenmesini sağlar (Şekil 52) (Bingöl, 2004).



Şekil 52. Dikey Kanalla Kurşun Akıtma (Bingöl 2004: 96)

Yatay kanalla kurşun akıtma yöntemi

Bu yöntem 3. yüzyılda zıvana yuvalarına kurşunun, alt zıvana yuvasının bulunduğu yüzeydeki bir kanaldan akıtılmaya başlandığı dönemdir; başka bir deyişle, kurşun akıtma kanallarının yatay olarak kullanılmaya başlamasıdır. Bu yöntemde kurşun akıtma kanalı sadece altta kalacak yapı elemanının üst yüzünde yer alır, üste gelecek yapı elemanının alt yüzünde kanal yoktur (Bingöl, 2004).

Bu tür uygulamalarda kullanılacak zıvana yuvalarının bir özelliği de üst üste oturacak iki yuvanın ölçülerinin birbirinden farklı olmasıdır. Bir elemanının üstündeki yuva, daima, elemanın altındaki yuvadan büyüktür. Bunun nedeni de uygulamada sağladığı kolaylıktır. Bu uygulamada önce üste oturacak blok ters çevrilir ve zıvana, bloğun altındaki dar ve küçük yuvaya yerleştirilir. Kurşun, zıvana yuvasının içine dökülür ve zıvananın yuvaya perçinlenmesi sağlanır, ya da kurşunsuz sıkıştırılır. Bu yüzlerde kurşun kanalı olmasına gerek yoktur. Böylece alta çakılan zıvana, blok yerine yerleştirilmek üzere düzeltildiğinde, yuvadan çıkarak düşmez ve bloğun alt tarafında sabitlenmiş olarak kalır. Zıvana çakılan eleman ters çevrilip, düzeltilir; sonra oturacağı bloğun üzerindeki yuvanın üstüne getirilerek hizalanır. Oturacağı bloğun yuvasının daha büyük yapılmış olması sayesinde hem elemanın altındaki zıvana, hiçbir kasma, sürtünme ya da sıkışma olmaksızın alttaki geniş yuvaya çok daha rahatça yerleştirilip, oturtulabilir; hem de elemanı sağa sola oynatarak oturduğu elemanla kenarlarının sıfırlanması çok daha kolaylıkla gerçekleştirilir (Şekil 53). Oturtulmasından hemen önce, alt yuvanın içine, zıvana girince yanlara taşmayacak kadar kurşun, yatay kanaldan akıtılarak dökülmekte ve son

anda da blok yerine oturtularak dikey bağlama işlemi tamamlanmaktaydı. Bir yapı elemanındaki zıvana yuvalarının ve dolayısıyla zıvanaların sayısı elemanın büyüklüğüne göre tek ya da çift ya da daha fazla olabilir (Şekil 54) (Bingöl, 2004).



Şekil 53. Dikey Kanalla Kurşun Akıtma (Bingöl 2004: 96)



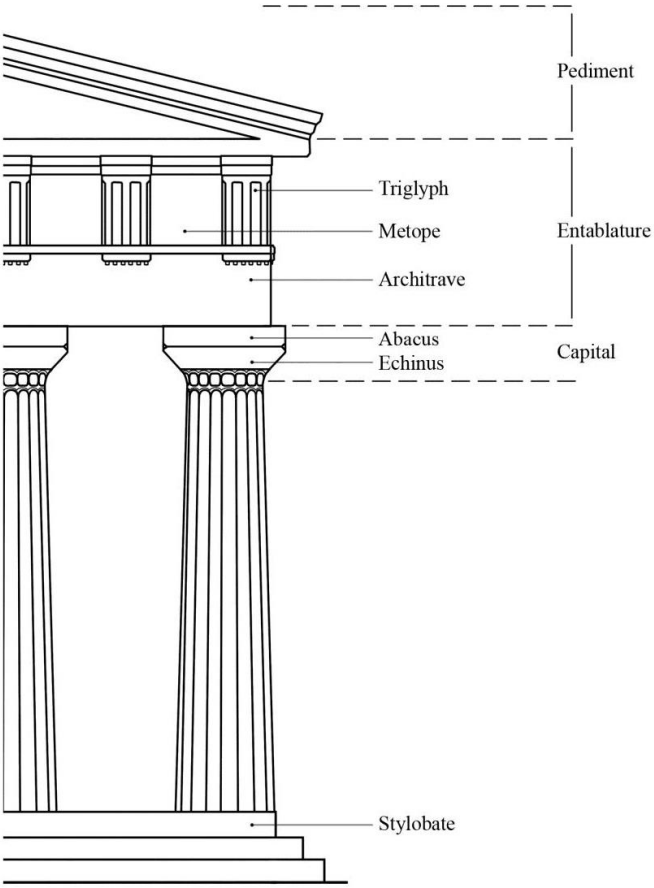
Şekil 54. Stratonekia Antik Kenti'nde Üç Zıvana Yuvası (Dübel)

2.2. Dor Mimarisi

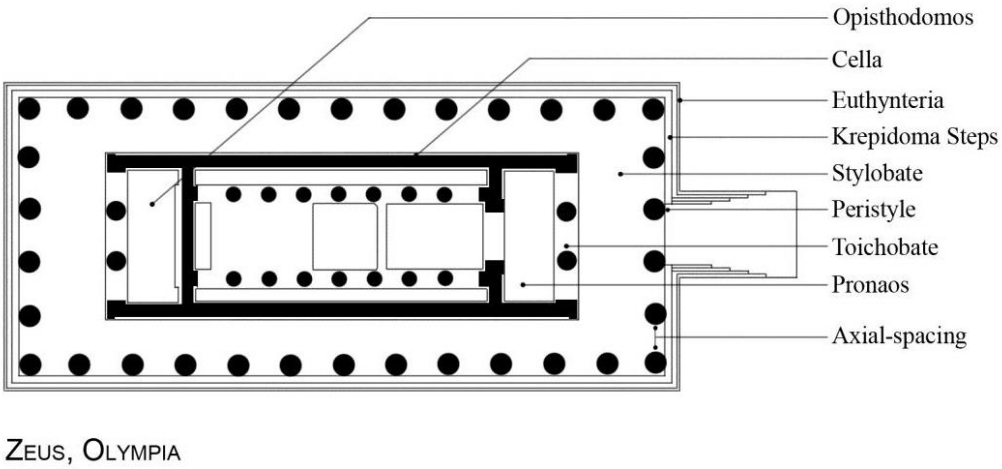
Vitruvius'a göre Dor, antik dönemde ortaya çıkan ilk düzendir ve üç krepisli bir krepidoma üzerinde yükselmektedir. Kaidesiz olan Dorik sütunlar stylobat görevini üstlenen son krepis üzerine oturmaktadır. Sütunlar tamburlardan oluşur ve genellikle 20 flutheslidir. Konkav olan fluthesler, hiçbir ayırıcı bölme olmadan direk birleşirler, bu nedenle arrisler sivridir. Genellikle baslık, sütun üst kısmı ile işlenir ve sütundan başlığa annuletler ile geçilir. Dor başlığı, yayvan konveks bir ekhinus ve fazla yüksek olmayan kare formlu bir abakustan oluşur. Abakusun üstüne, bir sütundan yandaki diğer sütuna kadar devam eden arşitrav gelmektedir. Dor arşitravının her iki yüzeyi de düz işlenmiş olup, dış cepheye gelen bölümünde, üstte taenia bandı ile son bulur. Taenianın alt kısmında, her biri frizdeki trigliflerin altına gelecek şekilde, belirli aralıklarla ve triglif genişliğine eşit olarak yerleştirilmiş, ince plaka seklindeki regulalar ve regulaların alt kısmında da altı guttae yer almaktadır. Guttaelar yarım yuvarlak formlu, alt kısmı düz kesilmiştir. Arsitravın üstüne, triglif ve metoptan oluşan friz gelir. Frizin arka kısmı düzdür. Trigliflerin yüksekliği genişliğinden fazladır ve iki tam iki yarım yivden oluşur. Bu yivler triglifin üst noktasına kadar devam etmez, triglif üstte bir bant ile son bulur. Metopların yüzeyi düzdür ve triglif ile aynı yüksekliktedir. Metop genisligi kare ya da kareden biraz fazladır. Metop yüzeyi, triglif yüzeyinden biraz geridedir, erken dönemlerde heykeltıraşlık eserlerle süslenmişlerdir. Frizin üstünde geison yer alır. Geisonun alt kısmına düz dörtgen plakadan oluşan muttuluslar ve muttulusların altına ise yuvarlak formlu, alt kısmı düz kesilmiş guttaelar islenir. Üç sıra halinde altılı guttaelardan oluşan muttulus plakaları viae boşlukları ile birbirinden ayrılır. Muttuluslar, her biri triglif ve metobun üzerine gelecek şekilde yerleştirilir. Yani regula, triglif ve muttulus bandı yaklaşık aynı genişliğe sahiptir. Geisonun üstüne gelen simanın ön cephesine, kyma recta profili ve çörtenler islenir. Bu çörtenler genellikle aslan başı şeklindedir. Çatı konstrüksiyonu yapıya göre değişmektedir. Dor tapınağa ait düzenler Şekil 55 ve Şekil 56'da verilmiştir.

Antik mimar ve yazarlardan Vitruvius, Dor düzeninin ortaya çıkışı ve gelişimiyle ilgili bilgiler vermektedir. O'na göre; tüm Pellopones ile Akhaia'nın kralı olan Dorus, Argolis'te Tanrıça Hera için tastan bu düzende bir tapınak inşa ettirmiş, daha sonra başka kentlerde, genel kuralların ve oranların belirlenmediği bu dönemde başka tapınaklar da inşa edilmistir. Bu düzenin ilk olarak Dor kentlerinde uygulanması nedeniyle bu isimle anılmıştır. Vitruvius'un aktardığına göre; Dor düzeninde bir tapınak inşa etmek isteyen mimarlar, henüz bakışım kurallarının belirlenmediği bu dönemde, sütunların hem etkin birer taşıyıcı hem de görünüm açısından uygun güzelliğe sahip olmaları için arayış içine girmişler, insanoğlunun ayak izini ölçerek boyu ile karşılaştırmışlar ve insan ayağının boyunun altıda biri olduğunu görmüşler, aynı ilkeleri sütuna uygulamışlardır. Bu nedenle başlık dahil sütun yüksekliği, sütun alt çapının 6 katı olarak

belirlenmiştir. Ancak daha sonraki dönemlerde mimarlar, incelikte ve duyarlılıkta ilerlemeler kaydederek Dor sütununun yüksekliğini, alt çapın 7 katı olarak uygulamışlardır.



Şekil 55. Dor Düzen (Woodward, 2012:31)



Şekil 56. Dor Tapınak Planı (Peripteral) (Woodward, 2012:31)

Vitruvius'un anlattığı oluşum sürecini, antik kalıntılar ışığında elde ettikleri verileri değerlendiren birçok bilim adamı da desteklemektedir. Birçok otorite Dor mimarisini iki süreçte değerlendirmektedir. Bunlardan ilki, Vitruvius'un da sözünü ettiği, henüz bakışım kurallarının belirlenmediği ve tapınakların tamamen ahşaptan inşa edildiği, 'İlkel Dorik' ya da 'Proto-Dorik' olarak adlandırılan evre, ikincisi ise MÖ 7. yy sonunda ilk tastan anıtsal yapıların inşa edilmeye başlandığı evredir. Bu dönemde Dorik tapınakların belirli kurallar çerçevesinde inşa edilmeye başlandığı görülmektedir.

Proto-Dorik evrede tapınakların sütunları ve entablatür kısmı tamamen ahşaptır. Durm tarafından varsayıma dayalı restorasyonu yapılan Proto-Dorik entablatürde, iki dörtgen ahşap bloğun yan yana konulmasıyla arşitrav oluşturulmuş, bu bloklar üstten bir tahta parçası ile birbirlerine, alttan ise, üstüne trigliflerin oturtulduğu yatay konan tahtalara sabitlenmişlerdir. Sözünü ettiğimiz bu bölüm regulayı, alttan sabitlemek için kullanılan çiviler guttaeları, trigliflerin oturduğu yatay tahta ise taeniayı oluşturmaktadır. Arsitravın üstünde, yapının iç kısmından sütunların üzerine doğru devam ettirilen kirişler yer almaktadır. Bu kirişlerin bitimi, Vitruvius'un anlattığı gibi yivlendirilerek triglifler oluşturulmuştur. Trigliflerin arasındaki boşluklarda, arkada yer alan tuğla ya da ahşap duvar örgüsünün çirkin yapısal görüntüsünü yok etmek amacıyla kaplama levhalar kullanılmıştır. Bu evrede metoplar, üzerinde çeşitli mitolojik sahnelerin yer aldığı, çoğu zaman bir bordür ve kırmızı çerçeve ile sınırlandırılan pişmiş toprak levhalarla süslenmiştir. Çatı konstrüksiyonunda, pişmiş toprak sima, antefiks ve akroterin yanı sıra aslan bası, kadın ve erkek başı seklinde çörtenler kullanılmıştır. Proto-Dorik evrede baslıklar ahşaptan yapılmış, yuvarlak formlu ekhinus ve dörtgen abakustan oluşmaktadır. Bunların, Minos ve Myken saraylarında görülen ahşap baslıkların benzeri olduğu düşünülmektedir. En iyi bilinen taş kopyaları Myken Aslanlı Kapı ve Agamemnon'un Mezarı'nda görülmektedir (Gider, 2005: 4).

Arkaik Dönem Dor Mimarisi

MÖ 7. yy sonunda ilk taş yapılar inşa edilmeye başlanmıştır. Plan olarak ince uzun bir form sergileyen bu tapınaklarda, bir önceki evrede görülen ahşap mimari taklit edilmiştir. Sütunlar oldukça kalın ve hantal görünümlüdür. En erken tas sütunlar ahşap mimarinin taklidi niteliğinde yekpare gövdelidir. Sütun üst çapları, alt çapa nazaran oldukça küçüktür yani sütunlar alttan üste doğru fazlaca daralan bir form sergilemektedir. En erken örneklerde, sütun yüksekliklerinin alt çapa oranı 3.97 ile 5.22 arasında değişmektedir. 16 ile 24 arasında değişen yiv sayısı sütunlarda henüz bir kuralın belirlenmediğinin göstergesidir. İlk taş tapınakların başlıkları, oldukça yayvan bir ekhinusa ve sütun alt çapını fazlaca asan genişlikte bir abakusa sahiptir. Ekhinus, abakusla birleştiği noktada içe doğru kıvrılmaktadır. İlk evrelerde genellikle sütun baslıklarının alt kısmında, uç kısımları dısa dogru kıvrılan yaprak motifleri boyunu

sarmaktadır. Arkaik Dönem'de Dor tapınaklarının entablatür kısmında da tas malzeme kullanılmıştır. Entablatür kısmının sütun yüksekliğine oranı ½'dir. Arkaik Dönem Dorik yapılarında, Dor düzeninde belirli kuralların belirlenmesi için büyük adımlar atılmıştır (Gider, 2005: 9).

Klasik Dönem Dor Mimarisi

MÖ 5. yy'da Dor mimarisi doruk noktasına ulaşmıştır. Bu dönemde bakışım kurallarıyla ilgili pek çok problem çözülmüş, ancak dönemin mimarları daha estetik yapılar inşa edebilme çabası içine girmişler, bunun sonucu olarak da çeşitli matematiksel problemler gündeme gelmiştir. Dorik bir yapıda triglifler sütunların üzerine gelecek şekilde yerleştirilmeli ve metopların genişlikleri ve yükseklikleri aynı olmalıdır. Ancak köşede bu kural uygulanmayıp, triglifler sütunların ortasına gelecek şekilde değil, dış kenarlarına yerleştirilmekte, bu nedenle köse sütunlarının yanındaki metoplar kare değil, triglif genişliğinin yarısı oranında daha geniş işlenmektedir. Vitruvius, metopları aynı genişlikte yapmayı tercih eden mimarların en dıştaki aksial aralığı triglifin yarı genişliği oranında daralttıklarını ancak her iki uygulamada da sonucun kusurlu olduğunu aktarmaktadır. O'na göre antik mimarlardan Pytheos, Arcesius ve Hermogenes, bakışım kurallarından kaynaklanan kusurlar ve uyumsuzluklar nedeniyle Dor düzeninin tapınaklarda kullanılmaması gerektiğini söylemişlerdir.

Erken dönemlerden itibaren dikdörtgen Dorik yapılarda üç kural uygulanmıştır.

1. kural; triglifler her bir sütuna ve her bir aksial aralığa denk gelecek şekilde yerleştirilmiştir.

2. kural; yapının dört kösesinde de köse sütununun üzerine konan frizdeki iki triglif birbirine temas etmek zorundadır, metopların ya da yarım metopların bir çifti köseye konamaz. Bu iki kural tüm Dorik yapılarda istisnasız uygulanmıştır.

3. kural ise; sütun ya da aksial aralığa denk düsen her triglif tamamen sütun ve aksial aralığın merkezine yerleştirilmelidir.

Burada 3. kural uygulandığında, 2. kuraldan vazgeçilmektedir. Bu nedenle 5. yy mimarları genellikle problemin çözümüne yönelik arayışlarını yapılarına yansıtmışlardır. Bunun sonucu olarak da arşitrav ve friz bloklarının genişliğinde, dolayısıyla da entablatür kısmının mimari elemanlarının tümünde küçültme yoluna gidilmiş ayrıca ön cephedeki sütunlarda aksial aralık artmıştır. MÖ 5. yy'da köse triglif probleminin yanı sıra, ince matematiksel oranların kullanıldığı yapılar da inşa edilmiştir. Bunun en iyi uygulanan örneği olan Athena Parthenon Tapınağı'nın tüm köselerinde stylobatın eğim derecesi düşürülerek optik yanılsamalar giderilmiştir. Pek çok yapıda bu ince ayarları görmek mümkündür. Ancak hiçbiri Parthenon kadar başarılı değildir. Bu dönemde sütun alt çapları ile yükseklikleri arasındaki oran hem stoalarda hem de tapınaklarda giderek değişir. Köşe sütunları peristasis sütunlarına nazaran daha büyük

boyutludur ve sütunlarda enthasis görülmektedir. Sütundan başlığa geçişte, bir önceki geleneğin devamı olarak, sayıları 3 ile 5 arasında değişen yatay içbükey bantlar işlenmiştir. Başlığın alt kısmında, erken örneklerde görülen yaprak zinciri yerine annuletler yer alır. Sütun baslıklarında ekhinus kavsi 7. ve 6. yy. örneklerine nazaran daha dik bir profile sahiptir. Abakusun genişliği azalmıştır. Arsitrav düzdür ve triglif genişliğine eş olan regulaların trigliflerin altına gelecek şekilde yerleştirilmeleri vazgeçilmez bir kural olmuştur. Bir başka kural ise arşitrav ve frizlerin her birinin yüksekliği, sütun alt çapı ve baslık abakus genişliğine eşit olmak zorundadır. M.Ö. 5. yy'da triglif taçları metop taçlarından daha yüksek yapılmıştır. Bu dönemde entablatür kısmının mimari elemanlarına da eğim uygulanmıştır.

M.Ö. 4. yy'da, Erken Arkaik Dönem'den itibaren ince uzun bir form sergileyen tapınak planlarında yandaki sütunların azaltıldığı ve Vitruvius tarafından peripteral tapınaklar için önerilen 6x11 sütun sayısına yakın oranların kullanıldığı görülmektedir. Bu dönemin mimarları, daha ince sütunlar kullanma ve daha geniş aksial aralık uygulama eğilimi içindedirler. Erken örneklerde entablatür kısmının sütun yüksekliğine oranı ½ iken, bu oran 1/3 olmuştur. Sütun yükseklikleri alt çapın 6–6,5 katıdır. Sütundan başlığa geçişte kullanılan içbükey şeritler ortadan kalkmış, baslık bu noktada sütun üst kısmı ile birlikte işlenmiştir. Ekhinus formu bir önceki dönemde olduğu gibi dik bir profille abakusla birleşmiş ve bu noktada içe doğru kıvrılmıştır. Arsitrav ve triglif metop frizinde bir önceki dönemin geleneği devam ettirilmiştir. Friz düzenlemesinde, Helenistik Dönem'de genel kural haline gelen, aksial aralığa iki ya da daha fazla triglif gelmesi olayının temelleri bu dönemde atılmıştır (Gider, 2005: 12).

Hellenestik Dönem Dor Mimarisi

MÖ 4. yy. Dor mimarisinde hissedilir derece Ionik etki görülmektedir. Özellikle anta kaideleri ve simada, Batı Ionia'daki Arkaik yapılarda görülen Ionik bezemeleri kullanılmışlardır. Helenistik Dönem'de bu etkinin Dor mimarisini büyük oranda hakimiyeti altına aldığı görülmektedir. MÖ 4. yy'da görülmeye başlayan bu yeni uygulama iki başlık altında toplanmaktadır.

A- Aynı yapıda Dor, Ion ve Korinth başlıklı sütunlardan en az ikisinin kullanımı,

B- Ionik ve Dorik mimari elemanlarının tek bir düzende birleştirilmesi.

Helenistik Dönem'de, tapınak mimarisi oldukça azalmış, bunun yerine sosyal yapıların inşası artmıştır. Bu dönemde inşa edilen stoaların büyük çoğunluğunda, bir önceki dönemde olduğu gibi Dor düzeni tercih edilmiştir. Tiyatroların sahne binalarında da genellikle bu düzen uygulanmıştır. Anadolu'da özellikle Pergamon ve etkisi altındaki kentlerde, yogun imar faaliyetlerinin görüldüğü II. Eumenes ve II. Attalos zamanında birçok yapı inşa edilmiş ve bu

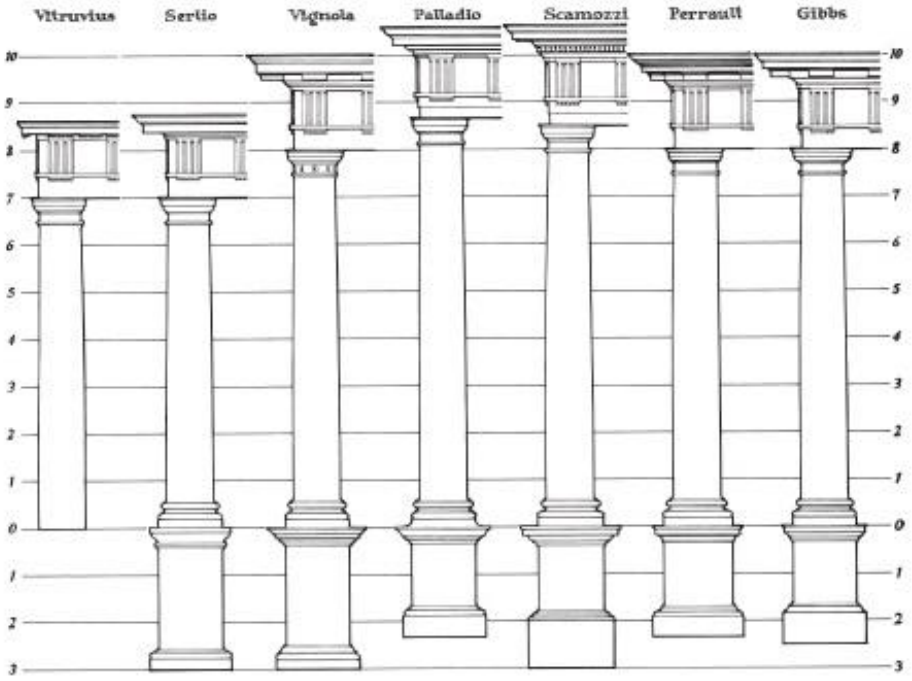
yapıların büyük çoğunluğunda Dor düzeni tercih edilmiştir. Çünkü diğer düzenlere nazaran Dor düzenini inşa etmek hem daha kolay hem de daha ucuzdur.

M.Ö. 5. yy'da başlayan Dorik düzenin Ionik unsurlarla yumuşatılması düşüncesi Helenistik Dönem'de yaygınlaşmıştır. Bu dönemde inşa edilen birçok Dorik yapıda Ionik etki görülmektedir. Bu etki, ince uzun sütunların tercih edilmesi, Ionik yivli sütunların kullanımı, baslıkta ekhinus kısmına yumurta dizisi, abakus kısmına silme profilinin islenmesi, Dorik arşitravın fascialara ayrılması ya da Ionik arşitravda regula ve guttaeların görülmesi, geisona diş sırasının islenmesi, Dorik yapıda Ionik simanın kullanılması ya da Dorik sima yerine konsollu geison sima kullanımı olarak karsımıza çıkmaktadır. Bu dönemde sütun yükseklikleri alt çapın 7-7,5 katı olarak belirlenmiş ve daha geniş aksial aralıklar tercih edilmiştir. Bu dönemde regulaların yüksekliği azalmış ve guttaelar ile regulalar eşit yükseklikte ya da guttaelar daha izole islenmeye başlanmıştır. Friz düzenlemesinde, metoplar trigliflerin 1,5 katı genişliğindedir. Aksial aralığa 2–3 metop denk düşmektedir. Helenistik Dönem'de yapıların boyutlarının küçülmesi ve aksial aralığa birden fazla triglif yerleştirilmesi nedeniyle metoplar küçülmüş bunun sonucu olarak da figüratif kabartmalar yerine dekoratif amaçlı bezekler kullanılmış ya da çoğu zaman olduğu gibi boş bırakılmıştır (Gider, 2005: 18).

Roma Dönemi Dor Mimarisi

Roma İmparatorluk Dönemi'nde Korinth düzeninin yaygınlaşması ve bir Roma buluşu olan Kompozit düzenin ortaya çıkısıyla birlikte, özellikle erken evrelerde propaganda amaçlı, ihtişamlı ve gösterişli yapıların inşası ön planda olduğu için Ion, Korinth ve Kompozit gibi daha gösterişli mimari düzenler tercih edilmiştir. Bu dönemde inşa edilen Dorik yapılar, özellikle Augustus Dönemi'nde, güçlü Helenistik etki altındadır. Erken İmparatorluk Dönemi'nde Dorik mimari elemanlar Ion formları ile yumuşatılmıştır. Bu dönmede Dorik sütunların Toskana kaideler üzerinde yükseldiği örnekler görülmektedir (Gider, 2005:18).

Antik dönem düzenlerini çalışan mimarların sütunlar hakkında verdiği bilgileri çizimler ile ifade eden Clitham hazırlamış olduğu "*The Classical Orders of Architecture"* başlıklı kitabında Dor düzenini Şekil 57'deki gibi aktarmıştır.



Şekil 57. Antik Dönem Mimarı Vitruvius ve Antik Düzenleri Çalışan Mimarlara Göre Dor Sütunun Boyutları (Clitham 2007: 41)

Mimarların aktardıkları bilgilere göre Dor sütunun yüksekliği 7, 8 – 8,5 metre arasında değişiklik göstermektedir. Dor düzenine sahip tapınakların sütunu çalışmamızda Anadolu ve Anadolu dışı olmak üzere iki başlık altında ele alınmıştır. Anadolu'da yer alan Dor tapınaklar ile ilgili Akkurnaz (2007) "Anadolu'daki Dor Düzenli Tapınaklar" başlıklı tez çalışmasından yararlanılmıştır.

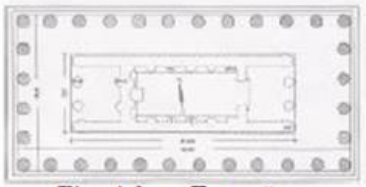
2.2.1. Anadolu'da Dor Düzeni ve Plan Özellikleri

Anadolu'daki Dor düzenine sahip tapınakların plan tiplerine bakıldığında ağırlıklı olarak peripteros, templum in antis, prostylos'un kullanıldığı görülmektedir. Pseudo peripteros planlı Oinoanda Dor Tapınağı ile yuvarlak planlı Kaunos Dor Tapınağı bu plan tiplerindeki tekil örnekleri oluşturmaktadır. Ayrıca Dor Düzeninde inşa edildiği bilenen Kedreai Apollon, Kadyanda Dor ve Laertes Zeus Megistos Tapınakları ile Dor mimari malzemeleri bulunmuş fakat yeri henüz tespit edilememiş Metropolis Ares Tapınağı'nın planı bilinmemektedir (Akkurnaz, 2007:130).

Dor düzeninde kullanılan plan tipleri ve sütunlar arasındaki ilişkiye bakıldığında yapıda, belirli bir sayıda ve belirli bir oranda kullanıldığı görülmektedir. Dor Düzeninde yapılmış peripteros plana sahip 12 tane tapınak bulunmaktadır. Peripteros planlı tapınaklar genel ölçüleri ve

genişliğin uzunluğa oranlanması yönünden irdelendiğinde, birbirlerine yakın sonuçlar vermektedir. 26,00x45,50 m'lik ölçüleriyle Anadolu'da Dor Düzeninde inşa edilmiş en büyük tapınak olan Klaros Apollon Tapınağı'nın eninin boyuna oranı 1/1,45 olmasıyla tam dikdörtgen olmayıp, klasik 1/2 oranından farklı olarak daha geniş bir yapıya sahiptir. Aynı bölgede yer alan Ilion Athena, Aleksandreia Troas Dor ve Assos Athena Tapınakları birbirlerine yakın olan genel ölçüleri itibariyle 1/2 oranına oldukça yakın inşa edilmiştir. Bu yapılara komşu olan Pergamon Athena Tapınağı ile Lykia Bölgesi'ndeki Knidos Dor Tapınağı daha küçük boyutlu olup, iki yapıda da genişliğin uzunluğa oranı 1/1,70 dir ve Klaros Apollon Tapınağı kadar olmasa da kısmi olarak enli bir yapıdadırlar. 10,25x19,70 m'lik boyutlarıyla daha küçük ölçülere sahip olan Emecik Apollon Tapınağı ile 15,70x33,00 m ölçülerindeki Myus Apollon, 15,84x34,14 m. ölçülerindeki Seleukeia Pieria Zeus Tapınağı 1/2 oranında olmalarıyla dikdörtgen bir plan sergilerken, 15,07x27,90 m.lik Letoon Apollon Tapınağı 1/1,85 oran ile bu yapılardan biraz daha geniş bir görünüme sahiptir (Akkurnaz, 2007:131-132).

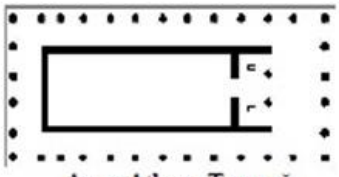
Anadolu'daki Dor peripterosları genel anlamda 1/2 -1/1,45 oranları arasında inşa edilmiş olup, plan oranları yönünden birbirlerine yakındırlar ve Antik Çağda inşa edilmiş diğer peripteroslu örneklerle de uyumluluk gösterirler. Peripteros planlı Dor Tapınaklarının boyutları bakımından en büyüğü olan Klaros Apollon Tapınağı anıtsal ölçüleriyle sadece Anadolu'daki Dor Düzenli tapınaklarının değil tüm Antik Çağın önde gelen tapınaklarından birisidir ve bu ölçüler nedeniyle de yüzyıllar boyunca bitirilememiştir. Bu yapıdan sonra ölçüleri birbirine yakın olan Seleukeia Pieria Zeus, Myus Apollon, Ilion Athena, Assos Athena, Aleksandreia Troas Dor, Letoon Apollon Tapınakları sıralanmaktadır. Yaklaşık aynı ölçülere sahip Pergamon Athena ve Knidos Dor Tapınakları daha küçük boyutlarıyla sıralamanın üçüncü halkasında, Emecik Apollon ve Amyzon Artemis tapınakları ise daha küçük ölçekte olmalarıyla peripteros planlı or Düzenli tapınaklar sıralamasında sonlarda yer almaktadırlar (Akkurnaz, 2007:131-132). Anadolu'da peripteros planına sahip Dor tapınaklar Şekil 58 ve 59'da verilmiştir.



Ilion Athena Tapınağı



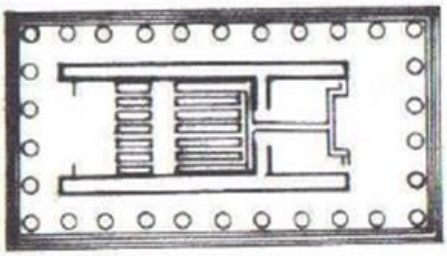
Aleksandreia Troas Dor Tapınağı



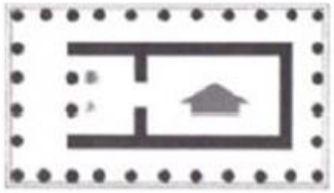
Assos Athena Tapınağı



Pergamon Athena Tapınağı



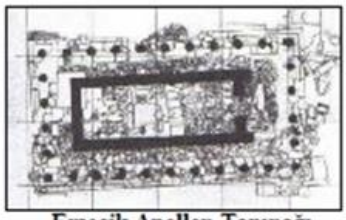
Klaros Apollon Tapınağı



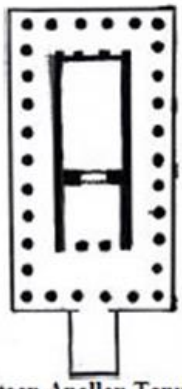
Alabanda Artemis Tapınağı



Oinoanda Dor Tapınağı

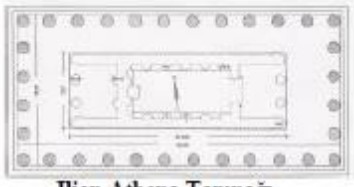


Emecik Apollon Tapınağı

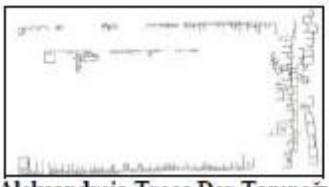


Letoon Apollon Tapınağı

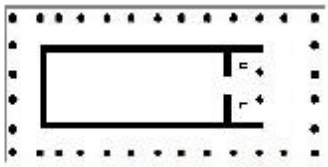
Şekil 58. Anadolu'da Dor Düzenine Sahip Peripteros Planlı Tapınaklar (Akkurnaz 2007: 208)



Ilion Athena Tapınağı



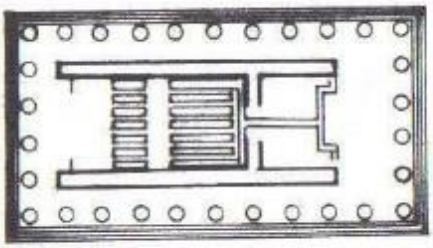
Aleksandreia Troas Dor Tapınağı



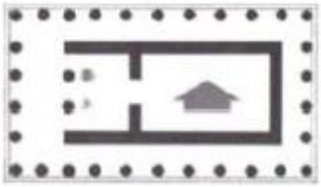
Assos Athena Tapınağı



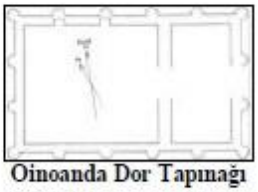
Pergamon Athena Tapınağı



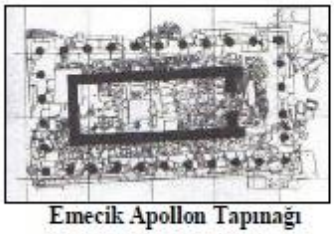
Klaros Apollon Tapınağı



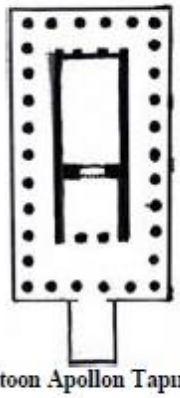
Alabanda Artemis Tapınağı



Oinoanda Dor Tapınağı



Emecik Apollon Tapınağı

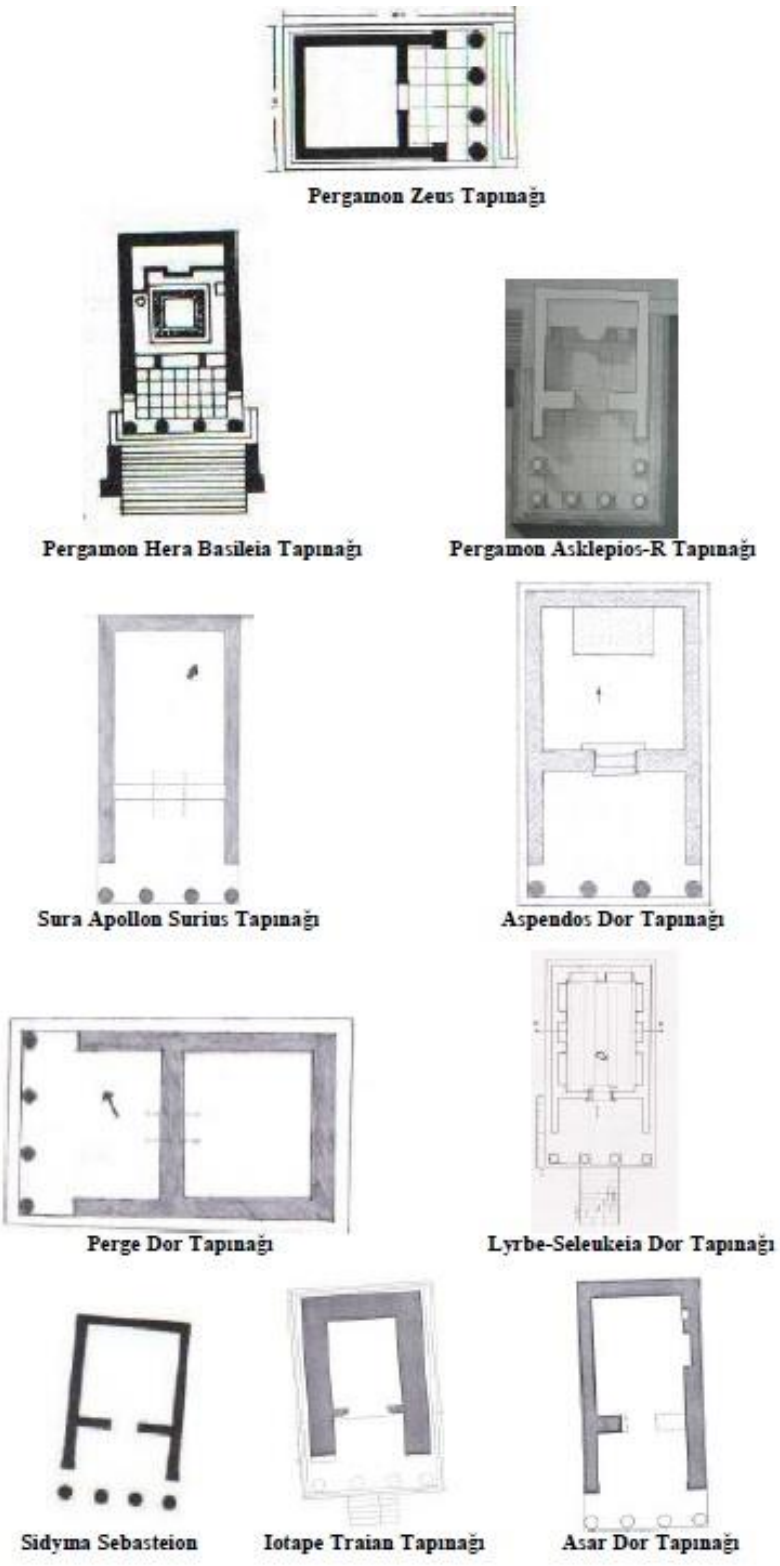


Letoon Apollon Tapınağı

Şekil 59. Anadolu'da Dor Düzenine Sahip Peripteros Planlı Tapınaklar (Akkurnaz 2007: 208)

Anadolu'da prostylos plana sahip Dor Düzeninde toplam 11 tane tapınak bulunmaktadır ve bu sayı toplam Dor Düzenli tapınaklarının yaklaşık 1/4'ünü oluşturmaktadır. Prostylos planlı Pergamon Hera Basileia, Zeus ve Asklepios-R Tapınaklarında genel ölçüler dikkate alındığında, bu yapılarda genişliğin uzunluğa oranı, Asklepios-R (9.60x16.00 m.) 1/1.70, Zeus Tapınağı (7.70x12.30 m.) 1/1.60 ve Hera Basileia (6.76x10.13 m.) Şekil 58. Anadolu'da Dor Düzenine Sahip Peripteros Planlı Tapınaklar (Akkurnaz 2007: 208)

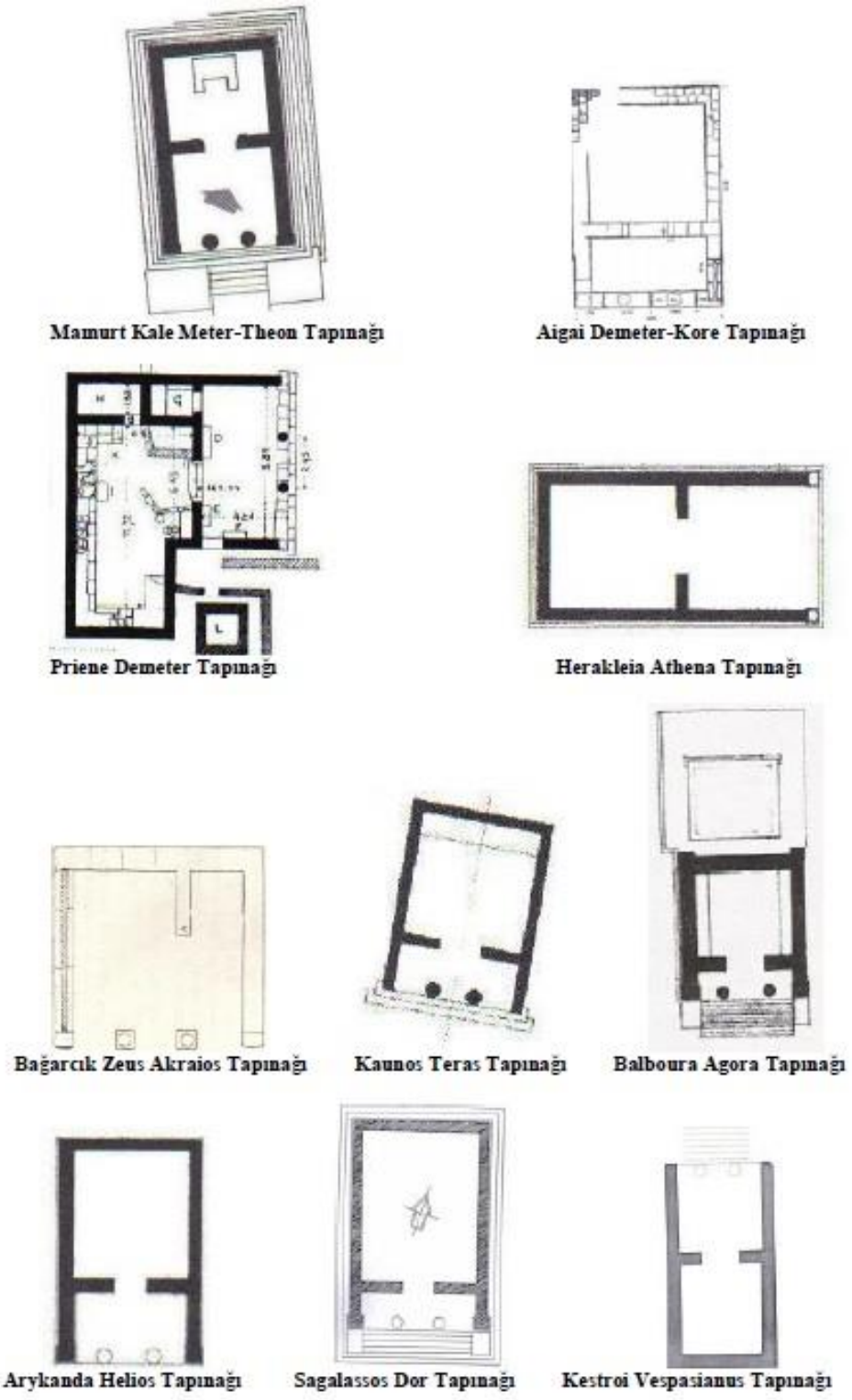
1/1.50 ile boyutları farklı olmasına rağmen oranların uyumlu olduğu ve dikdörtgenden ziyade daha enli tasarlandıkları anlaşılır. Anadolu'daki Dor Düzenli prostylosların en büyüğü olan Perge Dor (12.70x21.50 m.) 1/1.70 oranında ve ölçüleri bakımından buna yakın olan (11.00x17.20 m.) ve aynı bölgede yer alan Aspendos Dor Tapınağı 1/1.56 oranda olmasıyla Pergamon prostyloslarına benzer bir düzenlemeye sahiptirler. Miletos Dor Tapınağı (9.20x14.20 m.) ve Iotape Traianus Tapınağı (7.50x11.57 m.) 1/1.54 ile aynı orana sahip prostylosturlar. Bütün bu örneklerden anlaşılacağı üzere, genel olarak, prostylos planlı Dor Düzenli tapınakların, 1/1.50 oranına yakın bir planda yerleştirildikleri görülür. Yaklaşık aynı ölçülere sahip Sura Apollon (7.00x14.00 m.), Lyrbe-Seleukeia Dor (7.34x14.35 m.) ve Asar Dor (7.65x15.60 m.) Tapınakları 1/2'e yakın oranları ile peripteros planlı örneklere benzer şekilde dikdörtgen plana sahiptirler. Sidyma Sebasteion'u (7.10x9.50 m.) ise 1/1.30 oranı ile kareye yakın plan gösteren tek prostylos Dor tapınağıdır. Pamphylia Bölgesi'ndeki Perge ve Aspendos Dor Tapınakları büyük boyutlu prostyloslardır. Bu yapılardan sonra sırasıyla; Pergamon Asklepios-R, Miletos Dor, Asar Dor, Lyrbe-Seleukeia Dor, Sura Apollon, Pergamon Zeus, Iotape Traianus, Pergamon Hera Basileia şeklinde bir dizin takip edilirken, küçük boyutlu Sidyma Sebasteion bu sıralamanın son halkasını oluşturmaktadır (Akkurnaz, 2007:132-133). Anadolu'da prostylos planına sahip Dor tapınaklar Şekil 60'da verilmiştir.



Şekil 60. Anadolu'da Dor Düzenine Sahip Prostylos Planlı Tapınaklar (Akkurnaz 2007: 209)

İ. Ö. 4. yy.ın son çeyreğinden başlayarak İ. S. 1. yy.ın ikinci yarısına kadar değişik dönemler içerisinde Anadolu'da templum in antis plana sahip Dor Düzenli Tapınaklar inşa edilmiştir. Priene Demeter ve Mamurt Kale Meter Theon Tapınakları bu plana sahip ilk yapılar olup, daha sonra, Olgun Hellenistik Dönem olarak bilinen İ. Ö. 225-160/150 tarihleri arasında Aigai Demeter-Kore, Herakleia Athena, Çatıören Hermes, Bağarcık Zeus Tapınakları inşa edilmiştir. İ. Ö. 1. yy.ın ortalarına tarihlenen Kaunos Teras ve Sagalassos Dor Tapınakları ile İmparator Vespasianus Dönemine tarihlenen Balboura Agora ve Kestroi Vespasianus Tapınakları geç tarihli templum in antis planlı Dor Düzenli yapılardır (Akkurnaz, 2007:133).

Peripteros ve prostylos planlı tapınaklara oranla templum in antis planlı tapınaklar daha küçük boyutlara sahiptirler. 12.80x15.75 m olan ölçüleri ile enine bir plan sergileyen Priene Demeter Tapınağı aynı plana sahip diğer templum in antisli yapılardan ayrılmakla birlikte, bu grubun en büyük tapınağıdır. Çatıören Hermes Tapınağı (10.70x14.55 m) ise boyuna dikdörtgen planlı yapıların ölçüleri dikkate alındığında, boyut olarak diğer örneklerden daha büyüktür. Yaklaşık aynı ölçülerdeki Mamurt Kale Meter Theon ve Sagalassos Dor Tapınakları sıralamadaki ikinci grubu, diğer örnekler; Aigai Demeter-Kore, Kaunos Teras, Kestroi Vespasianus Tapınakları birbirlerine yakın ölçüleriyle sıralamada üçüncü grubu oluşturmaktadır. Anadolu'daki Dor Düzenli Tapınaklar arasında en küçük ölçülere sahip olan Bağarcık Zeus ve Balboura Agora Tapınakları kareye yakın bir plan göstermekte ve templum in antisli tapınaklar içinde boyutları yönünden son sırada bulunmaktadırlar. Templum in antis planlı Dor tapınaklarının genişlikleri uzunluklarına oranlandığında 12.80x15.75 m ölçülerindeki Priene Demeter Tapınağı 1.23/1 oranında olmasıyla enine bir plan sergilemekte ve aynı plana sahip diğer örneklerden ayrılmaktadır. Kestroi Vespasianus Tapınağı (5.15x9.72 m) ise 1/1.88 oranıyla bu plan grubundaki tapınaklar içerisinde dikdörtgen biçimli tek yapıdır. Mamurt Kale Meter Theon (9.60x12.90) 1/1.35, Çatıören Hermes Tapınağı (10.70x14.55 m) 1/1.35, Sagalassos Dor Tapınağı (8.86x13.07 m) 1/1.45, Aigai Demeter-Kore Tapınağı (6.70x9.70 m) 1/1.45, Kaunos Teras Tapınağı (6.78x9.70 m) 1/1.43 oranlarında olmalarıyla tipik templum in antisli tapınak planına uymaktadırlar. Balboura Agora Tapınağı (6.85x7.90 m) 1/1.5, Bağarcık Zeus Tapınağı ise (6.90x7.30 m) 1/1.05 oranındadır ve bu iki yapı kareye yakın bir plan göstermektedir (Akkurnaz, 2007:133-134). Anadolu'da templum in antis planına sahip Dor tapınaklar Şekil 61'de verilmiştir.



Şekil 61. Anadolu'da Dor Düzenine Sahip Templum in Antis Planlı Tapınaklar (Akkurnaz 2007: 210)

Anadolu genelinde Dor Düzende inşa edilmiş olup peripteros, prostylos ve templum in antis plana sahip tapınakların genişlikleri/uzunlukları oranlaması sonucu elde edilen veriler, aynı plan grubu dahil tapınakların, genelde, kendi içlerinde uyumluluk gösterdiği ortaya koymaktadır.

Peripteros planlı tapınaklar 1/2 – 1/1.60 arasında oranlara sahip olmalarıyla, başka düzenlerde inşa edilmiş peripteros örneklerle paralellik taşımakta ve dikdörtgen veya dikdörtgene yakın plan sergilemektedirler. Anadolu'daki Dor Düzeninde inşa edilmiş olan peripteros planlı örneklerin hepsi ön ve arka cephede 6 şar sütuna sahip heksastylos peripteros tipli tapınaklardır. Ölçüleri ve genel planları bakımından Myus Apollon ve Amyzon Artemis Tapınaklarının peripteros plana sahip olduğu düşünülmekte, fakat bugüne kadar bu yapılar üzerinde detaylı bir çalışma yapılmadığı için sütun sayıları bilinmemektedir. Pseudoperipteros planlı Oinoanda Dor Tapınağı'nın genel planı dikkate alındığında peripteroslu örneklere benzemekte ve kısa kenarlarda 4 yanlarda 6 adet yarım sütun bulunmaktadır. Troas Dor, Klaros Apollon, Alabanda Artemis, Emecik Apollon ve Letoon Apollon Tapınakları ile 6x13 sütunlu Assos Athena ve Knidos Dor Tapınakları, peripteros planlı klasik tapınaklarda görülen ilkeye -yanlardaki sütunlar, kısa kenardaki sütun sayısının 1 eksik ya da 1 fazla olması- göre inşa edilmiş iken, Ilion Athena ve Seleukeia Zeus Tapınakları 6x12 sütunlu olmasıyla, Pergamon Athena Tapınağı ise 6x10 sütun sayısı ile diğer peripteroslu örneklerden ayrılmaktadır (Akkurnaz, 2007:134-135).

Priene Demeter ve Kestroi Vespasianus Tapınakları gibi planlarında küçük farklılıklar taşıyan örnekler dikkate alınmazsa, Dor Düzenli templum in antis planlı sekiz tapınağın 1/45 – 1/1.05 arasında oranlara sahip olduğu, bu oranlarıyla, daha çok kareye yakın bir plan sergiledikleri ve aynı planlı farklı cephe düzenine sahip diğer tapınaklarla benzeştikleri görülmektedir. Templum in antis planlı tapınaklarda uygulanan genel kurala bağlı kalınarak, Anadolu'daki Dor Düzenli templum in antis planlı tapınakların ön cephesinde anteler arasına iki sütun yerleştirilmiştir (Akkurnaz, 2007:134-135).

Prostylos planlı gruba dahil tapınaklar ise genelde 1/1.50 oranını yakındırlar ve bu oranlarıyla, değişik düzenlere sahip diğer prostylos planlı tapınaklardan fazla ayrılmamaktadırlar. Prostylos plan tipindeki yapılar ön cephelerinde bulunan sütun sayısına bağlı olarak kendi içinde tetrastylos, heksastylos, oktastylos gibi alt gruplara ayrılmaktadır. Bu bağlamda, Anadolu'da yaygın şekilde görülen prostylos planlı tapınaklar değişik sütun sayısına sahip iken, Dor Düzeninde inşa edilmiş tapınakların hepsinin ön cephede 4 sütuna sahip tetrastylos prostylos planlı olması, Pergamon'daki prostyloslu Dor tapınaklarının Anadolu'daki diğer örnekler üzerinde etkili olduğuna dair önemli bir kanıt olurken, bu yapıların bir plan birliği içinde inşa edildiğini de göstermektedir. Dor Düzeninde yapılmış olan Kedreai Apollon, Kadyanda

Dor, Laertes Zeus, Korykos Zeus ve Metropolis Ares Tapınaklarının planları tam olarak bilinmediği için bu yapıların sütun sayısı ve dizimi hakkında bir fikir yürütmenin, varsayımlardan öteye gitmemektedir. Ön cephede altı sütunlu heksastylos prostylos planlı Termessos Korinth ve ön cephede sekiz sütunlu oktastylos prostylos planlı Ephesos Serapis Tapınağı değişik sütun sayısına sahip prostylos planlı tapınaklara örnek göstermektedir. (Akkurnaz, 2007:134-138).

Çalışma kapsamında gözlemlenen önemli bir diğer husus ise gerek Anadolu'da gerekse Anadolu dışındaki Dor Düzenli tapınaklarda dipteros ve pseudodipteros plana rastlanılmamasıdır. Anadolu dışında Dor Düzenli örneklerde amphidistyl in antis, amphiprostylos, pseudoperipteros ve yuvarlak planlar yaygın kullanım alanı bulmuş iken, Anadolu'da sadece Kaunos Dor Tapınağı'nda yuvarlak plan ve Oinoanda Dor Tapınağı'nda pseudoperipteros plan uygulanmış, diğer plan tiplerine sahip Dor Düzenli tapınak tespit edilememiştir (Akkurnaz, 2007:138).

2.2.1.1. Anadolu'da Dor Düzenine Sahip Sütunlar ve Oranları

İnşa edilecek bir yapıya daha fazla işlevsellik ve sağlamlık kazandırmak amacıyla, belirli kurallar içinde ve sistemli bir şekilde uygulanan yapı birimlerinin oranlanması, sadece yapıların planlarında algılanabilen bir özellik değil, aynı zamanda, üstyapıyı dengeli bir şekilde taşıyabilmek ve binayı estetik kaygılar çerçevesinde orantılı bir görünüşte sunmak adına, yapıların dikey taşıyıcılarında da özenle uygulanmış ve hatta kesin kurallara bağlanmıştır. Belirli kurallar dahilinde uygulanan cephe düzenlemeleri Antik Çağda farklı işlevlere sahip pek çok yapıda kullanılmış olmakla birlikte, ağırlıklı olarak, görsel estetik kaygıları kendisine amaç edinen tapınak mimarisiyle özdeş tutulmuştur.

Tapınakların asıl düzlemi olan stylobatenin ölçüleri ve bunun üzerine oturan ana yapının boyutları ile ilişkili olarak yapıyı çeviren sütunların kalınlıkları ve dizilimleri farlılıklar göstermektedir. Yapıları tasarlayan mimarlar sütun alt çapını baz alıp, belirli kurallar çerçevesinde birtakım oranlamalar yaparak, sütunların dizilimlerini ve yükseklikleri hesap etmiş ve yapıların orantılı şekilde görünmesini sağlamışlardır. Bu bağlamda, Assos Athena Tapınağı'nda 0.60 m'den 1.40 m kadar değişen yükseklikteki parçalardan oluşan sütunların en alt çap 0.91 m, en üst çap ise başlık altında 0.64 m'dir. Başlıksız 4.30 m, başlıkla birlikte 4.78 m ulaşan sütun yüksekliği stylobate genişliğinin 1/3'üdür. Sütunlar arası, dar yüzeylerde merkezden merkeze 2.61 m olup, sütun alt çapının yaklaşık 3 katı olmasıyla açık dizimde yani *diastylos*, yanlarda ise 2.45 m ile 2.5 katına yakın olmasıyla açık dizimden biraz daha dar bir uygulama yapılmış ve dolayısıyla ön cephedeki sütunlar yanlardakilere göre daha aralıklı dizilmiştir. Aralarında dönem ve plan farkı olasıma rağmen Aigai Demeter-Kore Tapınağı'ndaki üç parçadan oluşan sütunlar başlıkla birlikte toplam 4.33 m yüksekliğe çıkmakta ve Assos

Athena Tapınağı'nın sütunları ile yaklaşık aynı uzunluktadır. Aigai'daki tapınağın sütun alt çapı 0.57 m, üst çapı ise 0.45,5 m'dir ve sütunlar *diastylos* yani geniş aralıklı olarak yerleştirilmiş olup, dizilim Assos Athena Tapınağı ile aynı iken, sütunların daha ince ve uzun olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, Hellenistik Döneme ait Dor sütunlarının, Arkaik Dönemin Dor sütunlarına oranla daha incelip uzadığını göstermektedir. Yine benzer şekilde, Hellenistik Dönemin ürünü olan Pergamon Athena Tapınağı'nda beş parçalı yivsiz sütunların alt çapı 0.75 m, yükseklikleri ise 5.25 m'dir ve Assos örneğine oranla daha ince ve uzun yapıdadırlar.

Boyutları açısından Anadolu'daki Dor tapınaklarının en büyüğü olan Klaros Apollon Tapınağı'nda on iki tamburdan oluşan sütunların alt çapı, yapının büyüklüğü ile ilintili olarak 1.72 m'dir ve bu ölçü Dor tapınakları arasında en kalın sütunların bu yapıya ait olduğunu ortaya koymaktadır. Yapının sütunları kalın olmak birlikte 11.42 m yüksekliği dikkate alınırsa, diğer Hellenistik örneklerde olduğu gibi, genel yükseklik ve alt çap arasındaki 6.62 oran sonucu, bu sütunların da ince ve uzun bir görünüme sahip olduğu ortaya çıkar. Templum in antis planlı Priene Demeter, Aigai Demeter-Kore, Kaunos Teras Tapınaklarında sütun alt çapının 3 katı aralıklarla sütunlar yerleştirilmiş olup, sütunlar geniş dizimde yani *diastylos*dur.

Sidyma Sebasteion'unda sütun alt çapı 0.54 m, sütun aralıkları ise merkezden merkeze 2.13 m ve Oinoanda Dor Tapınağı'nda olduğu gibi alt çapın 3.5 katı ara mesafe ile açık dizime yani *araeostylos'*a yakın bir diziliş gösterir. Oinoanda'daki tapınakta sütun yüksekliği 5.60 m iken, Sidyma'da sütunlar 4.83 m yüksekliğe sahiptir ve sütun dizilimi aynı olasıma rağmen, Oinoanda Dor Tapınağı'nın sütunları daha ince ve uzundur. Lyrbe-Seleukeia Dor Tapınağı'nda ön cephede, alt çapları 0.60 m, merkezi aralıkları 2.25 m olan sütunların oranları incelendiği zaman, merkezlerden sütunlar arası mesafenin sütun alt çapının 3.50 katı olduğu ve sütunların açık dizimde *araeostylos* yerleştirilmiş olduğu görülür. Bu yapının sütun yükseklikleri ise 3.93 m olarak hesaplanmış olup, prostylos örnekler arasında en kısa sütunlara sahip olduğu anlaşılmıştır. Aynı şekilde, prostylos planlı Perge Dor Tapınağı'nda da sütun alt çapları 1.10 m, sütunlar arası mesafe ise 4.10 m'dir ve sütunlar arası mesafenin 3.7 oranında, yani geniş dizimde *araeostylos*'da yapıldığı görülür. 6.60 ila 7.20 m arasında olduğu düşünülen sütun yükseklikleri dikkate alındığında, diğer geniş dizilimli sütunlara sahip tapınaklar içerisinde Perge'deki yapının en yüksek sütunlara sahip olduğu ortaya çıkar. Perge Dor Tapınağı'na yakın ölçülerdeki Aspendos Dor Tapınağı'nda ise sütunlar arasındaki 3.50 m'lik mesafenin, 0.65 m'lik sütun alt çapının 5 katı olmasıyla, oldukça farklı bir dizlim görülür ve yapı bu yönüyle Dor Düzenine sahip diğer tapınaklardan ayrılır. Seleukeia Pieria Zeus Tapınağı'nda ise ön ve arkadaki sütunlar, alt çapın 1.50 oranında aralıklı yerleştirilmeleriyle kapalı dizim yani *pykhostylos'*tur ve bu dizilim diğer Dor Düzenli örneklerde görülmeyip, bu yapıya özgüdür.

Yapıların sütun yüksekliklerinin hesaplanması ve birbirleriyle karşılaştırılması sonucu elde edilecek veriler Anadolu'daki Dor Düzenli tapınakların yüksekliklerinin algılanması açısından oldukça önemlidir. Peripteros planlı tapınaklar kendi içerisinde sütun yükseklikleri ve dolayısıyla yapı yükseklikleri bakımından irdelendiğinde; boyutları açısından Anadolu'daki Dor tapınaklarının en büyüğü olan Klaros Apollon Tapınağı'nda sütunların yüksekliği 11.42 m olarak hesaplanmış ve diğer Dor örneklerinden oldukça yüksek olduğu görülmüştür. 7.50 m sütun yüksekliğine sahip olan Ilion Athena Tapınağı ise, bu ölçüyle yükseklik açısından Klaros Apollon Tapınağı'na en yakın ikinci yapı örneğini oluşturmaktadır. Sütun yükseklikleri açısından peripteros planlı diğer tapınaklar sırasıyla; yaklaşık 7.00 m sütun yüksekliğine sahip Letoon Apollon Tapınağı, 5.25 m. sütun yüksekliği ile Pergamon Athena Tapınağı şeklinde sıralanmaktadır. Pseudoperipteros planlı Oinoanda Dor Tapınağı'nın sütunları 5.60 m yüksekliğinde olmasıyla, Arkaik Dönemde inşa edilmiş olan Assos Athena Tapınağı'nın 4.78 m yüksekliğe sahip sütunlarından daha uzundur. Görüldüğü üzere peripteros planlı yapılar içerisinde Assos Athena Tapınağı en kısa sütunlara sahiptir ve bu durum, erken tarihli Dor yapılarının geç örneklere kıyasla daha kısa ve basık bir görünüme sahip olduğunu göstermesi bakımından önemlidir.

Prostylos planlı yapılar arasında genel ölçülerinin büyüklüğüyle ön plana çıkan Perge Dor Tapınağı'nda sütun yüksekliklerinin 7.20 ila 6.60 m arasında olması, bu yapının sütun boyuyla da, aynı plana sahip diğer örneklerden farklı olduğunu göstermektedir. Sütun yüksekliği 6.07 m olan Asar Dor Tapınağı ise bu ölçüleriyle ikinci sırada yer almaktadır. Miletos Dor Tapınağı'nda sütunlar 5.30 m yüksekliğinde iken, Sidyma Sebasteion'unda sütunların 4.83 m yüksekliğinde olması, bu yapının genel ölçüleri (7.10x9.50 m) dikkate alındığında aynı plandaki diğer örneklerden daha küçük boyutlu olmasına rağmen, daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Pergamon Hera Tapınağı'nda sütunlar yaklaşık 4.50 m, Pergamon Zeus Tapınağı ise 4.40 m ve Lyrbe-Seleukeia Dor Tapınağı'nda sütunların yüksekliği 3.93 m olarak hesaplanmıştır. Sidyma Sebasteion'undan daha büyük olan Pergamon Hera Basileia (6.76x10.13 m) ve Zeus (7.70x12.30 m) Tapınakları ile Lyrbe- Seleukeia Dor Tapınağı'nda (7.34x14.35 m) sütun yükseklikleri dikkate alınırsa, Sidyma Sebasteion'a göre bu yapıların boyutları büyük olmasına rağmen, daha kısa bir görünüme sahip oldukları anlaşılır.

Templum in antis planlı yapılarda sadece anteler arasında bulunan iki tane sütunun uzunluğunu hesaplayarak, yapının stylobate düzleminde itibaren üst bölümünün cephe yüksekliği hakkında genel bir fikir edinilebilir. Bu plana sahip 10 tapınaktan sadece 6 tanesinin sütun yüksekliklerini belirlemek mümkün olmuş ve bu sonuçlar doğrultusunda Sagalassos Dor Tapınağı'nın 5.60 m yüksekliğindeki sütunlar ile bu plan grubundaki en yüksek tapınak olduğu görülür. Cephesi Sagalassos Dor Tapınağı'ndan (8.86x13.07 m) yaklaşık 1.00 m daha geniş

olan Mamurt Kale Meter Theon Tapınağı'nın (9.60x12.90 m) sütunları 4.90 m yüksekliğindedir. Dolayısı ile bu ölçüler, Mamurt Kale'deki tapınağının Sagalassos'taki tapınaktan daha kısa ve basık bir görünümde olduğunu göstermektedir. Balboura Agora Tapınağı'nda (6.85x7.90 m) sütunlar 4.69 m yüksekliğinde iken, Aigai Demeter-Kore Tapınağı (6.70x9.70 m) sütunları 4.33 m yüksekliğindedir ve iki yapı karşılaştırıldığında, cephesi 0.15 m daha geniş olan Balboura'daki tapınak ile sütun boyu 0.36 m daha kısa Aigai'daki tapınak arasında orantılar bazında paralel bir görünüm vardır. Bu iki tapınaktan daha geniş bir cephesi olan Bağarcık Zeus Tapınağı (6.90x7.30 m) ise, 3.30 m yüksekliğe sahip sütunlarından yola çıkılırsa, genel ölçüleri yanında, cephe yüksekliği açısından da Anadolu'daki Dor tapınaklarının en küçük ölçeklisi ve oldukça basık görünümlü bir cepheye sahip olduğu anlaşılmaktadır. Planı ve yapı ölçüleri tespit edilememiş Korykos Zeus Tapınağı'nda ise, mimari malzemeler yardımıyla yapılan hesaplamalar sonucu, sütunlar yaklaşık 5.50 m yüksekliğindedir.

Pergamon Athena, Mamurt Kale Meter Theon, Alabanda Artemis, Bağarcık Zeus, Sidyma Sebasteion, Sagalassos Dor, Asar Dor gibi tapınaklarda sütun tamburları düz bırakılırken; Klaros Apollon, Priene Demeter, Metropolis Ares ve Pergamon Asklepios tapınakları 22 yivli sütuna sahiptir. Ilion Athena, Myus Apollon, Amyzon Artemis, Emecik Apollon, Kaunos Teras, Sura Apollon, Laertes Zeus, Kestroi Vespasianus, Korykos Zeus tapınaklarında sütunlar 20 yivli, Pergamon Hera ve Zeus, Miletos Dor, Kedreai Apollon, Kadyanda Dor, Lyrbe-Seleukeia Dor Tapınakları ise 18 yivlidir. Ayrıca, Assos Athena Tapınağı'nda ante aralarındaki sütunlar 18 yivli iken, yapıyı çevrelen sütunlar 16 yivlidir. Kaunos Dor, Balboura Agora ve Iotape Traianus tapınakları da 16 yivli sütuna sahiptir. Perge Dor tapınağı ile Aigai Demeter-Kore Tapınağı ise 24 yivli sütunları ile Anadolu'daki Dor tapınakları arasında en fazla yiv sayısına sahip sütunlu yapılardır. Dor mimarisindeki sütunlarda kullanılan yivlerin sayısının dönemlere ve yapılara göre 16 ile 24 arasında değiştiği ve İÖ5. yy'da sütunlara genellikle 20 yiv işlendiği bilinmektedir. Anadolu'daki Dor tapınaklarında da yiv sayıları 16 ile 24 arasında değişmekle birlikte, bu farklılığın dönemsel, bölgesel ya da yapı boyutu ve plan ile ilişkili olmadığı, her dönemde sütunların çeşitli sayılarda yivlendirilmiş veya düz bırakılmış olduğu görülür. Anadolu'daki Dor Tapınaklarında kullanılan sütunlar yekpare olmayıp, tamburlar halindedir ve genelde sütun başlığından ayrı olarak işlenirken, son tambur ile birlikte işlenmiş Dor başlıkları ise, Ilion Athena, Laertes Zeus Megistos 920, Kadyanda 921 ve Asar Dor Tapınaklarında görülmektedir.

Hellenistik Dönem öncesi Anadolu dışı ve Anadolu'daki Dor tapınaklarında görüldüğü üzere iki sütun arasına denk gelen metop sayısı iki iken, özellikle MÖ 3. yy'dan itibaren tapınaklarda ve stoalarda üçlü, MÖ 2. yy'da ise özellikle tiyatro sahneleri ve stoalarda dörtlü metop sistemi kullanılmaya başlanmıştır. Konuyu oluşturan Anadolu'daki Dor Düzenli tapınaklar bu yönüyle

incelendiği zaman, pek çok Dor tapınağı detaylı çalışılmamış olduğu için triglif-metop sistemi tam olarak bilinmemektedir. Üzerinde çalışma yapılan tapınaklarda ise, erken tarihli örneklerde ikili, Hellenistik ve Roma Dönemine tarihlenen yapılarda ikili sistemin yanında üçlü ve dörtlü metop sisteminin de kullanıldığı görülür. Konu kapsamındaki tapınaklar metop dizilimine göre sınıflandırılırsa; Ilıon Athena, Assos Athena, Miletos Dor, Letoon Apollon tapınaklarında ikili metop sistemi kullanılmış iken, Pergamon Athena, Hera, Zeus Tapınakları ile Mamurt Kale Meter Theon, Oinoanda Dor, Sagalassos Dor, Perge Dor, Lyrbe-Seleukeia Dor Tapınaklarının üçlü metop sisteminde inşa edildiği görülür. Aigai ve Priene Demeter Tapınaklarında ve Balboura Agora Tapınağı'nda ise dörtlü metop sistemi uygulanmıştır. İkili sistem daha çok erken tarihli yapılarda, üçlü sistem ise Pergamon tapınakları ya da onların etkisi altında yapılmış tapınaklarda, dörtlü metop diziminin de büyük boyutlu tapınaklardan ziyade daha küçük ölçülere sahip tapınaklarda kullanılmıştır. Bu yapılardan Priene Demeter Tapınağı'nın MÖ geç 4. yy'da, Aigai Demeter Tapınağı'nın yaklaşık 100 yıl sonra, Balboura Agora Tapınağı'nın ise MS 70-80 arasında yapılmış olması dörtlü metop sisteminin bu kadar geniş bir aralıkta yaklaşık 400 yıl kullanılmış olduğunu göstermekle birlikte, Priene'deki yapıda bu sistemin uygulandığına dair veriler oldukça sınırlıdır (Akkurnaz, 2007:145).

2.2.1.2. Anadolu'daki Dor Düzenli Tapınaklarda Kullanılan Malzemeler

Anadolu'daki Dor Düzenli tapınakların inşasında ağırlıklı olarak yerel taşların kullanıldığı görülmektedir. Mermer, gnays, bulundukları bölgelere göre beyaz, kahverengi sarımtırak ve pembemsi renklere sahip çeşitli kireç taşları, kum ve çakılların sıkışmasıyla oluşan konglomera tortul kayacı, deniz kenarlarında başkalaşım yoluyla oluşan kıyı taşı, volkanik lavların soğuması ile oluşan andezit ve andezite yakın içeriğe sahip trakit Anadolu Dor tapınak mimarisinde yaygın şekilde kullanım alanı bulan malzemelerdir.

Ilion Athena, Pergamon Zeus, Klaros Apollon, Priene Demeter, Miletos Dor, Amyzon Artemis, Seleukeia Pieria Zeus Tapınaklarında cephe düzenlemesi için mermer tercih edilmiş iken, Aleksandreia Troas Dor ve Kaunos Teras Tapınaklarında mermerin yanında özellikle ana yapı duvarları ve temellerde kıyı taşı kullanılmıştır. Assos ve Pergamon Athena Tapınakları andezit bloklardan inşa edilmiş, aynı coğrafyada bulunan Pergamon Hera Basileia ve Asklepios-R Tapınaklarında ise cephe süslemeleri ve sütunlar gibi ince işçilik gerektiren alanlarda mermer, göz önünde bulunmayan kısımlarda andezit kullanıldığı görülür.

Bakırçay ve Gediz havzaları arasında kalan ve aynı jeolojik oluşuma sahip Yunt ve Gün Dağlarının kapladığı bölgede yapılmış olan Mamurt Kale Meter-Theon ve Aigai Demeter-Kore Tapınakları, bölgenin jeolojik yapısında önemli bir yer tutan trakit taşının kullanılmasıyla inşa edilmiştir. Dor Düzenli tapınak da dahil, Mamurt Kale Kutsal Alanı'ndaki tüm yapıların ana maddesi olan trakit kutsal alanın üzerinde oturduğu kayalık alandan sağlanmıştır. Aigai'da ise

kentin kurulduğu yerde yoğun olarak bulunmasından dolayı yerleşimdeki yapıların hemen hemen hepsinde trakit taşı kullanılmıştır. Ayrıca, kentte yapılan gözlemlerde, trakit taşından inşa edilmiş bütün yapıların Dor Düzeninde, sadece Apollon Tapınağı'nın Ion Düzeninde olduğu görülmüştür. Bu yapılarda Ion veya Korinth Düzeni seçilmeyip de Dor Düzeninin tercih edilmesinde temel neden trakit taşının ince işçiliğe elverişsiz olmasıdır. Trakit taşı, mermer kadar kaliteli ve ince gözenekli olmadığı için taşın üzerine istenilen nitelikte süslemeler yapılamamaktadır. Dolayısı ile tapınakların inşalarında en önemli yapı malzemesi olan taş, mimari düzen tercihlerinde önemli rol oynamaktadır. Latmos (Bafa Gölü) civarında Beşparmak Dağları'nda görülen gnays taşı ise, Herakleia Kenti'ndeki pek çok yapıda olduğu gibi kentin baş tanrısına adanmış olan Athena Latmia Tapınağı'nda ve bu kentin yakınında yer alan Bağarcık Zeus Tapınağı'nda ana malzeme olarak kullanılmıştır.

Çeşitli renklere sahip olan ve Anadolu'daki Dor Düzenli tapınaklar içinde, sadece güney bölgelerdeki örneklerde kireç taşı kullanılmıştır. Kedreai Apollon, Kaunos Dor, Kadyanda Dor, Sidyma Sebasteion, Letoon Apollon, Balboura Agora, Arykanda Helios, Sagalassos Dor, Lyrbe Seleukeia Dor Tapınaklarında beyaz renkli kireç taşı tercih edilmiştir. Knidos Dor Tapınağı'nda griye yakın pembemsi renkte kireç taşı kullanılmış, Oinoanda Dor ve Perge Dor Tapınakları sarımtırak renkli kireç taşı, Kilikia Bölgei'ndeki Iotape Traianus ve Çatıören Hermes Tapınakları ise kahverengi kireç taşı bloklardan inşa edilmiştir. Emecik Apollon Tapınağı'nda mermer Dor başlıklar ve sütun tamburları yanında çok sayıda konglomeradan yapılmış Dor sütun tamburları, triglif parçaları vardır. Lyrbe-Seleukeia Dor Tapınağı beyaz renkli kireç taşı ve konglomeranın bir arada kullanıldığı tek örnektir. Aspendos Dor Tapınağı ise tamamen konglomera bloklardan inşa edilmiş Anadolu'daki tek Dor Düzenli tapınaktır.

Anadolu'daki Dor Düzenli tapınakların inşasında ana yapı malzemesi olarak kullanılan taşların tamamı, ya tapınakların üzerlerine oturduğu kayalıkların işlenmesi sonucunda elde edilmiş ya da tapınakların kurulduğu yerin yakınlarındaki taş ocaklarından sağlanmıştır. Dor düzenli tapınaklarda kullanılan taş türleri Tablo 24'te verilmiştir.

Tablo 24. Anadolu Dor Tapınakların İnşaatında Kullanılan Malzemeler (Akkurnaz 2007: 207)

Tapınak Adı	İnşa Edilen Malzeme
ILION ATHENA ILIAS TAPINAĞI	MERMER
ALEKSANDREIA TROAS DOR TAPINAĞI	MERMER-KIYI TAŞI
ASSOS ATHENA TAPINAĞI	ANDESİT
PERGAMON ATHENA TAPINAĞI	ANDESİT
PERGAMON HERA BASILEIA TAPINAĞI	MERMER-ANDESİT
PERGAMON ZEUS TAPINAĞI	MERMER
PERGAMON ASKLEPIOS-R TAPINAĞI	MERMER-ANDESİT
MAMURT KALE METER-THEON TAPINAĞI	TRAKİT
AIGAI DEMETER-KORE TAPINAĞI	TRAKİT
KLAROS APOLLON TAPINAĞI	MERMER
METROPOLIS ARES TAPINAĞI	MERMER
PRIENE DEMETER TAPINAĞI	MERMER
MYUS APOLLON TERMINTHEUS TAPINAĞI	MERMER
MILETOS DOR TAPINAĞI	MERMER
AMYZON ARTEMIS TAPINAĞI	MERMER
ALABANDA ARTEMIS TAPINAĞI	MERMER
HERAKLEIA ATHENA TAPINAĞI	MERMER-GNAYS
BAĞARCIK ZEUS AKRAIOS TAPINAĞI	GNAYS
KEDREAI APOLLON TAPINAĞI	KİREÇ TAŞI
EMECİK APOLLON TAPINAĞI	MERMER-KONGLOMERA
KNIDOS DOR TAPINAĞI	GRİ-PEMBE RENKLİ KİREÇ TAŞI
KAUNOS TERAS TAPINAĞI	MERMER-KIYI TAŞI
KAUNOS DOR TAPINAĞI	BEYAZ KİREÇ TAŞI
KADYANDA DOR TAPINAĞI	MERMER- KİREÇ TAŞI
SIDYMA SEBASTEION	BEYAZ KİREÇ TAŞI
LETOON APOLLON TAPINAĞI	MERMER-KİREÇ TAŞI
OINOANDA DOR TAPINAĞI	SARIMTIRAK KİREÇ TAŞI
BALBOURA AGORA TAPINAĞI	BEYAZ KİREÇ TAŞI
SURA APOLLON SURIUS TAPINAĞI	BEYAZ KİREÇ TAŞI
ARYKANDA HELIOS TAPINAĞI	BEYAZ KİREÇ TAŞI
SAGALASSOS DOR TAPINAĞI	BEYAZ KİREÇ TAŞI
PERGE DOR TAPINAĞI	SARIMTIRAK KİREÇ TAŞI
ASPENDOS DOR TAPINAĞI	KONGLOMERA
LYRBE-SELEUKEIA DOR TAPINAĞI	KONGLOMERA- BEYAZ KİREÇ TAŞI
LAERTES ZEUS MEGISTOS TAPINAĞI	KİREÇ TAŞI
IOTAPE TRAIANUS TAPINAĞI	KAHVERENGİ KİREÇ TAŞI
KESTROI VESPASIANUS TAPINAĞI	KİREÇ TAŞI
ASAR DOR TAPINAĞI	KİREÇ TAŞI
KORYKOS ZEUS KORYKIOS TAPINAĞI	MERMER- KİREÇ TAŞI
ÇATIÖREN HERMES TAPINAĞI	KAHVERENGİ KİREÇ TAŞI
SELEUKEIA-PIERIA ZEUS TAPINAĞI	MERMER

2.2.1.3. Anadolu'daki Dor Düzenli Tapınakların Değerlendirmesi

Anadolu'daki Dor düzenine bakıldığında, sütunların tapınak planları ile doğrudan ilişkili olduğu görülmektedir. Tapınak planları ve oranları (genişlik-uzunluk); sütunların sayısını, yükseltisini ve çaplarını belirlemede önemli bir etkendir. Anadolu'daki Dor düzenli tapınakların ölçü ve oranları Tablo 25'te, tapınakların planlara göre dağılımı ise Tablo 26'da verilmiştir.

Tablo 25.Anadolu'daki Dor Düzenli Tapınakların Ölçü ve Oranları (Akkurnaz, 2007: 204)

	ANA YAPI		PRONAOS		CELLA		OPISTHODOMOS	
	Ölçü	Oran	Ölçü	Oran	Ölçü	Oran	Ölçü	Oran
ILION ATHENA ILIAS TAPINAĞI	15.15x32.40 m.	1/2.1	4.50x6.65 m.	1/1.47	6.65x12.35 m.	1/1.85	2.50x6.65 m.	1/2.66
ALEKSANDREIA TROAS DOR TAP.	14.50x29.60 m.	1/2	?	?	?	?	?	?
ASSOS ATHENA TAPINAĞI	14.00x30.00 m.	1/2.15	3.30x6.65 m.	1/2	6.65x17.71 m.	1/2.66	------	---
PERGAMON ATHENA TAPINAĞI	13.00x22.50 m.	1/1.70	?	?	?	?	------	---
PERGAMON HERA BASILEIA TAP.	6.76x10.13 m.	1/1.50	?	?	5.80x6.80 m.	1/1.17	------	---
PERGAMON ZEUS TAPINAGI	7.70x12.30 m.	1/1.60	2.80x5.20 m.	1/1.85	5.20x5.25 m.	1/1.10	------	---
PERGAMON ASKLEPIOS-R TAP.	9.00x16.00 m.	1/1.77	?	?	?	?	------	---
M. KALE METER-THEON TAPINAĞI	9.60x12.90 m.	1/1.35	?	?	?	?	------	---
AIGAI DEMETER-KORE TAPINAĞI	6.70x9.70 m.	1/1.45	3.12x5.20 m.	1/1.60	5.20x5.20 m.	1/1	------	---
KLAROS APOLLON TAPINAGI	26.00x45.50 m.	1/1.45	?	?	?	?	------	---
METROPOLIS ARES TAPINAĞI	------	------	------	------	------	---	------	---
PRIENE DEMETER TAPINAĞI	15.75x12.80 m.	1.23/1	4.48x8.89 m.	1/2	11.70x6.45 m.	1.81/1	------	---
MYUS APOLLON TERMINTHEUS TAP	15.70x33.00 m.	1/2.10	?	?	?	?	------	---
MILETOS DOR TAPINAĞI	9.20x14.20 m.	1/1.54	?	?	?	?	------	---
AMYZON ARTEMIS TAPINAĞI	9.56x16.20 m.	1/1.70	5.00x7.00 m.	1/1.4	7.00x7.50 m.	1/1.07	---	---
ALABANDA ARTEMIS TAPINAĞI	?	?	?	?	?	?	------	---
HERAKLEIA ATHENA TAPINAĞI	?	?	?	?	?	?	------	---
BAĞARCIK ZEUS AKRAIOS TAP.	6.90x7.30 m.	1/1.05	------	---	------	---	------	---
KEDREAI APOLLON TAPINAGI	?	?	?	?	?	?	------	---
EMECİK APOLLON TAPINAĞI	10.25x19.70 m.	1/1.92	1.60x4.00 m.	1/2.50	4.00x12.00 m.	1/3	--------	---
KNIDOS DOR TAPINAĞI	13.50x23.00 m.	1/1.70	?	?	?	?		
KAUNOS TERAS TAPINAĞI	6.78x9.70 m.	1/1.43	2.50x6.00 m.	1/2.40	6.10x6.00 m.	1/1.01	------	---
KAUNOS DOR TAPINAĞI	13.00 m. çapında	---	------	---	------	---	------	---
KADYANDA DOR TAPINAGI	?	?	?	?	?	?	------	---
SIDYMA SEBASTEION	7.10x9.50 m.	1/1.30	2.55x5.90 m.	1/2.30	5.80x5.90 m.	1/1.1	------	---
LETOON APOLLON TAPINAĞI	15.07x27.90 m.	1/1.85	?	?	?	?	------	---
OINOANDA DOR TAPINAĞI	8.90x14.10 m.	1/1.60	3.45x6.90 m.	1/2	6.90x7.20 m.	1/1.05	------	---
BALBOURA AGORA TAPINAGI	6.85x7.90 m.	1/1.15	2.00x4.00 m.	1/2	4.00x4.30 m.	1/1.07	------	---
SURA APOLLON SURIUS TAPINAĞI	7.00x14.00 m.	1/2	3.20x5.50 m.	1/1.71	5.50x8.00 m.	1/1.45	------	---
ARYKANDA HELIOS TAPINAĞI	7.70x10.70 m.	1/1.40	?	?	?	?	------	---
SAGALASSOS DOR TAPINAĞI	8.86x13.07 m.	1/1.45	2.25x7.40 m.	1/3.30	7.40x9.25 m.	1/1.25	------	---
PERGE DOR TAPINAĞI	12.70x21.50 m.	1/1.70	8.70x10.40 m.	1/1.20	8.80x10.40 m.	1/1.18	------	---
ASPENDOS DOR TAPINAGI	11.00x17.20 m.	1/1.56	5.80x9.00 m	1/1.55	9.00x9.00 m.	1/1	------	---
LYRBE-SELEUKEIA DOR TAPINAĞI	7.34x14.35 m.	1/2	2.30x5.70 m.	1/2.40	4.90x7.86 m.	1/1.60	------	---
LAERTES ZEUS MEGISTOS TAP.	?	?	?	?	?	?	------	---
IOTAPE TRAIANUS TAPINAĞI	7.50x11.57 m.	1/1.54	2.65x4.03 m.	1/1.52	4.03x5.10 m.	1/1.26	------	---
KESTROI VESPASIANUS TAPINAĞI	5.15x9.72 m.	1/1.88	4.00x4.10 m.	1/1.025	3.85x4.35 m.	1/1.13	------	---
ASAR DOR TAPINAĞI	7.65x15.60 m.	1/2.03	3.75x5.55 m.	1/1.48	5.55x7.40 m.	1/1.33	------	---
KORYKOS ZEUS KORYKIOS TAP.	------	---	------	---	8.75x12.75 m.	1/1.45	------	---
ÇATIÖREN HERMES TAPINAĞI	10.70x14.55 m.	1/1.35	4.40x5.90 m.	1/1.35	5.90x8.20 m.	1/1.38	------	---
SELEUKEIA-PIERIA ZEUS TAPINAĞI	15.84x34.14 m.	1/2.15	?	?	?	?	------	---

Tablo 26. Anadolu'daki Dor Düzenli Tapınakların Planlara Göre Dağılımı (Akkurnaz, 2007: 203)

Sütun Sayısı	TAPINAK ADI	Templum In Antis	Prostylos	Peripteros	Pseudo-Peripteros	Yuvarlak Planlı	Planı Tespit Edilemeyen
6x12	ILION ATHENA ILIAS TAP.			X			
6x11	ALEKSANDREIA TROAS DOR T.			X			
6x13	ASSOS ATHENA TAPINAĞI			X			
6x10	PERGAMON ATHENA TAP.			X			
4	PERGAMON HERA BASILEIA T.		X				
4	PERGAMON ZEUS TAPINAĞI		X				
2	PERGAMON ASKLEPIOS-R TAP.		X				
2	M. KALE METER-THEON TAP.	X					
2	AIGAI DEMETER-KORE TAP.	X					
6x11	KLAROS APOLLON TAPINAGI			X			
---	METROPOLIS ARES TAPINAĞI						X
2	PRIENE DEMETER TAPINAĞI	X					
---	MYUS APOL. TERMINTHEUS T.			X			
4	MILETOS DOR TAPINAĞI		X				
---	AMYZON ARTEMIS TAPINAGI			X			
6x11	ALABANDA ARTEMIS TAPINAĞI			X			
2	HERAKLEIA ATHENA TAPINAĞI	X					
2	BAGARCIK ZEUS AKRAIOS TAP.	X					
---	KEDREAI APOLLON TAPINAĞI						X
6x11	EMECIK APOLLON TAPINAGI			X			
6x13	KNIDOS DOR TAPINAĞI			X			
2	KAUNOS TERAS TAPINAĞI	X					
16	KAUNOS DOR TAPINAGI					X	
---	KADYANDA DOR TAPINAĞI						X
4	SIDYMA SEBASTEION		X				
6x11	LETOON APOLLON TAPINAĞI			X			
4x6	OINOANDA DOR TAPINAĞI				X		
2	BALBOURA AGORA TAPINAGI	X					
4	SURA APOLLON SURIUS TAP.		X				
2-4	ARYKANDA HELIOS TAPINAĞI	X					
2	SAGALASSOS DOR TAPINAĞI	X					
4	PERGE DOR TAPINAĞI		X				
4	ASPENDOS DOR TAPINAGI		X				
4	LYRBE-SELEUKEIA DOR TAP.		X				
---	LAERTES ZEUS MEGISTOS TAP.						X
2	IOTAPE TRAIANUS TAPINAĞI		X				
2	KESTROI VESPASIANUS TAP.	X					
4	ASAR DOR TAPINAGI		X				
2-4	KORYKOS ZEUS KORYKIOS TAP.	X					
2	ÇATIÖREN HERMES TAPINAĞI	X					
6x12	SELEUKEIA-PIERIA ZEUS TAP.			X			

Anadolu Dor düzeninde kullanılan peripteros planına sahip temel özellikler Tablo 27'de, peripteros planına sahip Dor tapınaklar ise Tablo 28'da verilmiştir.

Tablo 27. Peripteros Planın Temel Özelliği

Plan	***Oran***	***Sütun Sayısı***	***Sütun Çapı***	***Sütun Yüksekliği***
Peripteros	1/2 – 1/1.60 1/2 -1/1.45	Max.6×13 Min. 6×10	Max.1.72 m. Min. 0.60 m.	Max. 11.42 m. Min. 4.78 m.

Tablo 28. Peripteros Planına Sahip Dor Tapınaklar

Tapınak	***Ölçü***	***Oran***	***Sütun Sayısı***	***Sütun Çapı***	***Sütun Yüksekliği***
Ilıon Athena Ilıas Tapınağı	15.15x32.40 m.	1/2.1	6x12	1.25 m	7.50 m
Aleksandreıa Troas Dor Tap.	14.50x29.60 m.	½	6x11	-	-
Assos Athena Tapınağı	14.00x30.00 m.	1/2.15	6x13	Alt çap: 0.91 m Üst çap: 0.64 m	Başlıksız: 4.30 m. Başlıklı: 4.78 m.
Pergamon Athena Polias Tapınağı	13.00x22.50 m.	1/1.70	6x10	0.75-0.60 m.	5.25 m. Sütun başlığı 0.29 m.
Klaros Apollon Tapınağı	26.00x45.50 m.	1/1.45	6x11	Üst:1.72 m Alt: 1.40 m	11.42 m.
Myus Apol. Termıntheus Tap.	15.70x33.00 m.	1/2.10	-	-	-
Amyzon Artemis Tapınağı	9.56x16.20 m.	1/1.70	-	-	-
Alabanda Artemis Tapınağı	-	-	6x11	0,95 m.	-
Emecik Apollon Tapınağı	10.25x19.70 m.	1/1.92	-	0.75-0.68 m.	-
Knıdos Dor Tapınağı	13.50x23.00 m.	1/1.70	-	-	-
Letoon Apollon Tapınağı	15.07x27.90 m.	1/1.85	6x11	-	7.00 m.
Seleukeıa-Pıerıa Zeus Tapınağı	15.84x34.14 m.	1/2.15	6x12	-	-

Peripteros planına sahip tapınaklara bakıldığında genel olarak 1/2 – 1/1.60 - 1/2 -1/1.45 oranlarında inşa edildiği görülmektedir. Antik dönem mimarı Vitruvius'un bu plan türü için aktarımı şu şekildedir; "*Peripteros (dışı tek sıra sütun ile çevirili) tapınak, önde ve arkada altışar sütunu, köşe sütunlar da dahil olmak üzere yanlarda on bir sütunu (6x11) bulunan tapınaktır. Bu sütunlar kutsal odayı çevreleyen duvarlar ile dıştaki sütun dizisi arasında, sütun aralığının (interclumnatio/iki sütun arasındaki mesafe veya boşluk) genişliğine eşit bir alan bırakılacak şekilde yerleştirilmelidir ki, tapınağın kutsal odasının etrafında bir yürüyüş yolu olsun*". Bu aktarıma göre peripteros planı incelendiğinde sütun sayısının, tapınaklarda bir eksik ya da bir fazla kullanıldığı görülmektedir. Peripteros planda 6x13 sütunu ile Assos Athena Tapınağı ve

6x10 sütunu ile Pergamon Athena Polias Tapınağı ünik bir örnek sergilerken, 6x12 sütun Ilıon Athena Ilıas Tapınağı ve Seleukeıa-Pıerıa Zeus Tapınağı'nda, 6x11 sütun Letoon Apollon Tapınağı'nda, Alabanda Artemis Tapınağı'nda, Klaros Apollon Tapınağı ve Aleksandreıa Troas Dor Tapınağı'nda kullanılmıştır. Tapınak ölçüleri ve sütun sayısı arasındaki ilişkiye bakıldığında, geniş yüzölçümüne sahip tapınaklarda en yüksek ve en geniş çaplı sütunların kullanıldığı görülmektedir. Anadolu Dor düzeninde kullanılan prostylos planına sahip temel özellikler Tablo 29'da, prostylos planına sahip Dor tapınaklar ise Tablo 30'de verilmiştir.

Tablo 29. Prostylos Planın Temel Özelliği

Plan	**Oran**	**Sütun Sayısı**	**Sütun Çapı**	**Sütun Yüksekliği**
Prostylos	1/1.50	Max.4 Min.2	Max.1.10 m. Min. 0.54 m.	Max. 7.20 m. Min. 4.40 m.

Tablo 30. Prostylos Planına Sahip Dor Tapınaklar

Tapınak	***Ölçü***	***Oran***	***Sütun Sayısı***	***Sütun Çapı***	***Sütun Yüksekliği***
Pergamon Hera Basıleıa Tap.	6.76x10.13 m.	1/1.50	4	-	4.50 m.
Pergamon Zeus Tapınağı	7.70x12.30 m.	1/1.60	4	-	4.40 m.
Pergamon Asklepıos-R Tap.	9.00x16.00 m	1/1.77	2	-	-
Miletos Dor Tapınağı	9.20x14.20 m.	1/1.54	2	-	5.30 m.
Sıdyma Sebasteıon	7.10x9.50 m	1/1.30	4	Alt : 0.54 m.	4.83 m.
Sura Apollon Surıus Tap.	7.00x14.00 m.	½	4		
Perge Dor Tapınağı	12.70x21.50 m.	1/1.70	4	Alt 1.10 m.	6.60 ila 7.20 m. arası
Aspendos Dor Tapınağı	11.00x17.20 m.	1/1.56	4	0.65 m. - 0.70 m	Tambur yüksekliği: 0.95m. ile 1.55 m.
Arykanda Helıos Tapınağı	7.70x10.70 m.	1/1.40	2-4		
Lyrbe-Seleukeıa Dor Tap.	7.34x14.35 m.	½	4	alt çapları 0.60 m	3. 93 m.
Iotape Traıanus Tapınağı	7.50x11.57 m.	1/1.54	2	-	-
Asar Dor Tapınağı	7.65x15.60 m.	1/2.03	4	Alt: 0.60 m.	Sütun başlığı dahil 6.07 m.
Korykos Zeus Korykıos Tap.	-	-	2-4	-	5.50 m.

Antik dönem mimarı Vitruvius bu planı "*Prostylos (önü sütunlu) tapınak, In antis tarzı tapınaktaki tüm ayrıntılara sahiptir; yalnız bu tapınakta çıkıntılı duvarların (antae) önünde iki köşe sütun yer alır, biri sağ, biri sol dönemecinde. Bunların üstünde de In antis tapınağın baştabanına benzer şekilde bir baştaban bulunur*" şekilde tanımlamaktadır. Vitruvius'un

tanımladığı plana bakıldığında Anadolu'da inşa edilen tapınaklarda 4, 2 ya da 2-4 sütun sayısının kullanıldığı görülmektedir. Bu plan tipinde sütun sayısının, tapınak ölçüleri ile doğrudan ilişkili olmadığı, fakat tapınağın yüz ölçümü arttıkça sütun çapı ve yüksekliğinin de arttığı görülmektedir. Anadolu Dor düzeninde kullanılan templum in antis planına sahip temel özellikler Tablo 31'da templum in antis planına sahip Dor tapınaklar ise Tablo 32'da verilmiştir.

Tablo 31. Templum In Antis Planın Temel Özelliği

Plan	***Oran***	***Sütun Sayısı***	***Sütun Çapı***	***Sütun Yüksekliği***
Templum In Anstis	1/45 – 1/1.05	Max.2 Min.2	Max.0,66 m. Min. 0,45 m.	Max. 5.50 m. Min. 3.30 m.

Tablo 32. Templum In Antis Planına Sahip Dor Tapınaklar

Tapınak	***Ölçü***	***Oran***	***Sütun Sayısı***	***Sütun Çapı***	***Sütun Yüksekliği***
M. Kale Meter-Theon Tap.	9.60x12.90 m.	1/1.35	2	-	-
Aıgaı Demeter-Kore Tap.	6.70x9.70 m.	1/1.45	2	Alt: 0.57 m. Üst: 0.45,5 m.	4.33 m.
Prıene Demeter Tapınağı	15.75x12.80 m.	1.23/1	2	-	-
Herakleıa Athena Tapınağı	-	-	2	-	-
Bağarcık Zeus Akraıos Tap.	6.90x7.30 m.	1/1.05	2	-	3.30 m.
Kaunos Teras Tapınağı	6.78x9.70 m.	1/1.43	2	Alt: 0.66 m.	-
Balboura Agora Tapınağı	6.85x7.90 m.	1/1.15	2	0.52 m.	4.69 m.
Arykanda Helıos Tapınağı	7.70x10.70 m.	1/1.40	2-4	-	-
Sagalassos Dor Tapınağı	8.86x13.07 m.	1/1.45	2	-	-
Kestroı Vespasıanus Tap.	5.15x9.72 m.	1/1.88	2	0.46-0.52 m.	-
Çatıören Hermes Tapınağı	10.70x14.55 m.	1/1.35	2	-	-
Korykos Zeus Korykios Tapınağı	-	-	2-4	-	5.50 m.

Dor Düzenli templum in antis planlı sekiz tapınağın 1/45 – 1/1.05 arasında oranlara sahip olduğu, bu oranlarıyla, daha çok kareye yakın bir plan sergiledikleri görülmektedir. Vitruvius'a göre bu plan, anteler arasında yer alan iki sütun ve bir alınlıktan oluşur. Anadolu'da inşa edilen templum in antis plana bakıldığında 2 sütundan oluştuğu görülmektedir (Tablo 33).

Tablo 33. Anadolu'daki Dor Tapınaklar

Düzen	Dönem	Tapınak	Tapınak Düzeni	Tapınak Boyutu	Tapınak Oranı	Üst Örtü	Ana İnşa Malzemesi	Sütun Sayısı	Gövde	Sütun Çapı	Sütun Yüksekliği	Sütun Aralığı	Referans
Dor	Erken Hellenestik Dönem (İ.Ö. 3. yy.)	Ilion Athena Tapınağı	Peripteros	Stylobate düzlemi 32.40x15.15 m.	1/2.1	-	Mermer	6×12	Tambur	1.25 m	7.50 m	İkişer metop	Akkurnaz, 2007: 7-10
Dor	Arkaik Dönem (İ.Ö. 6 yy. ikinci yarısı)	Assos Athena Tapınağı	Peripteros	Stylobate yüzeyi 30.00x14.00 m.	1/2.15	Boyalı (Sırlı?) kiremit	-	6×13	Tambur	En alt çap 0.91 m En üst çap 0.64 m	4.30 m (başlıksız sütun) 4.78 m (başlıklı sütun)	Sütunlar arası, dar yüzeylerde merkezden merkeze 2.61 m., yanlarda 2.45 m.dir.	Akkurnaz, 2007: 13-16
Dor	Hellenestik Dönem (İ.Ö. 4. yy.)	Pergamon Athena Polias Tapınağı	Peripteros	13.00 x 22.50 m.	1/1.70	-	Andezit taşı	6×10	Tambur	0.75-0.60 m.	5.25 m. Sütun başlığı 0.29 m.	Üç metop	Akkurnaz, 2007: 17-20
Dor	Hellenestik Dönem	Pergamon Hera Basileia Tapınağı	Prostylos	6.76x10.13 m.	1/1.50	-	Andezit taşı	-	Tambur		4.50 m.	-	Akkurnaz, 2007: 21-22
Dor	İ. Ö. 3. yy.ın son çeyreği	Pergamon Zeus Tapınağı	Prostylos	12.30x7.70 m.	-		Mermer	-	-	-	4.30 m (İyonik yivli/18/ Dor sütun)	-	Akkurnaz, 2007: 23-24
Dor	İ. Ö. 3. yy.	Aigai Demeter-Kore Tapınağı	Templum in antis planlı	9.70x6.70 m.	1/1.45	-	Trakit taşı	-	-	alt çap 0.57 m., üst çap 0.45,5 m	4.33 m	*Diiastylos* yani geniş aralıklı	Akkurnaz, 2007: 29-30 Demir, 2013: 45
Dor	İ.Ö. 4. yy.ın ikinci yarısı	Priene Demeter-Kore Tapınağı	-	15.75x12.80 m.	-	Düz dam	-	-	-	-	2.95 m.	-	Akkurnaz, 2007: 37-40

Düzen	Dönem	Tapınak	Tapınak Düzeni	Tapınak Boyutu	Tapınak Oranı	Üst Örtü	Ana İnşa Malzemesi	Sütun Sayısı	Gövde	Sütun Çapı	Sütun Yüksekliği	Sütun Aralığı	Referans
Dor	İ. Ö. 3. yy.	Klaros Apollon Tapınağı	Peripteros	26.00x45.50 m.	-	-	Mermer	6×11 Sütunların yaklaşık her biri 52 ton ağırlığındadır.	Tambur	Alt tambur çapı 1.72 m., üst tambur çapı ise 1.40 m	Tambur yüksekliği 0.80 ile 0.95 m. arasındadır. Sütun yüksekliği, alt çapın 6.62 katıdır ve 12 tamburdan oluşan sütunların yüksekliğinin 11.42 m. olduğu düşünülmektedir.	-	Akkurnaz, 2007: 31-32
Dor	İlk evresi Erken Hellenistik Dönem. İkinci evresi İ.Ö.2.yy.ın ortaları	Miletos Dor Tapınağı	Prostylos	9.20x14.20 m.	-	-	Mermer	-	Tambur	-	5.30 m.	-	Akkurnaz, 2007: 43
Dor	Hellenistik Dönem / İ.Ö.2.yy	Bağarcık Zeus Akraios Tapınağı	Templum in antis	6.90x7.30 m.	-	Düz dam	Yerel gnays taşı	-	-	-	3.30 m.	-	Akkurnaz, 2007: 51-52
Dor	Hellenistik Dönem	Emecik Apollon Tapınağı	Peripteros	21.11x11.65 m		Korinth tipi çatı kiremitleri, pişmiş topraktan yapılmış palmetli akroter, antefiks	Sütun tamburları konglomeradan ve kireç taşından yapılmıştır. Dor başlıkları, arşitrav, triglif-metop blokları mermerden yapılmıştır.	6x11	Tambur	0.75-0.68 m.	-	-	Akkurnaz, 2007: 55-57

Düzen	Dönem	Tapınak	Tapınak Düzeni	Tapınak Boyutu	Tapınak Oranı	Üst Örtü	Ana İnşa Malzemesi	Sütun Sayısı	Gövde	Sütun Çapı	Sütun Yüksekliği	Sütun Aralığı	Referans
Dor	Erken Roma İmparatorluk Dönemi	Knidos Dor Tapınağı	Peripteros	stylobate ölçüleri 23.00x13.50 m	1/1.70	-	Gri-Pembe renkli kireç taşı	6x 13	-	-	-	-	Akkurnaz, 2007: 58
Dor	İ. Ö. 1. yy.	Kaunos Teras/D Tapınağı	Templum in antis	10.40 m. uzunluğunda, 7.00 m. genişliğinde	-	-	Tapınağın krepidoması ve sütunları mermer, cella duvarları ise kıyı taşından bloklarla örülmüştür.	-	Yekpare	alt çapı 0.66 m.	-	2.10 m. Sütunların dış yüzleri arasındaki mesafe 1.50 m., ante iç yüzleri ile sütunların dış yüzlerindeki mesafe ise 1.70 m.	Akkurnaz, 2007: 59
Dor	Roma İmparatorluk Dönemi	Sidyma Sebasteion	Prostylos	genişliği 7.10 m., uzunluğu 9.50 m.	1/l.3	-	sert ve beyaz kalker	-	Tambur	Alt çap 0.54 m.	4.83 m.	Sütunun dıştan dışa mesafesi 1.60 m., merkezden merkeze 2.13 m.	Akkurnaz, 2007: 66-67
Dor	İ.Ö. 4. yy.ın sonlarına veya Hellenistik Dönem başları	Letoon Apollon Tapınağı	Peripteros	27.90x15.07 m.	-	-	Kireç taşı ve mermer	6x11	-	-	7.00 m.	iki metop	Akkurnaz, 2007: 68-69
Dor	Geç Hellenistik-Erken İmparatorluk Dönemi	Oinoanda Dor Tapınağı	Tetrastylos Pseudoperipteros	8.90x14.10 m. stylobat	1/1.60 Stylobat 1/4.1 (yapı)	Çatıda Korinth ve Lakonia tipi kiremitler	sarımtırak renkli kireç taşı ve mermer	-	Yarım paye ¼ Sütun oranı	-	5.60 m.	üç metop 1. 85 m.	Akkurnaz, 2007: 71-73

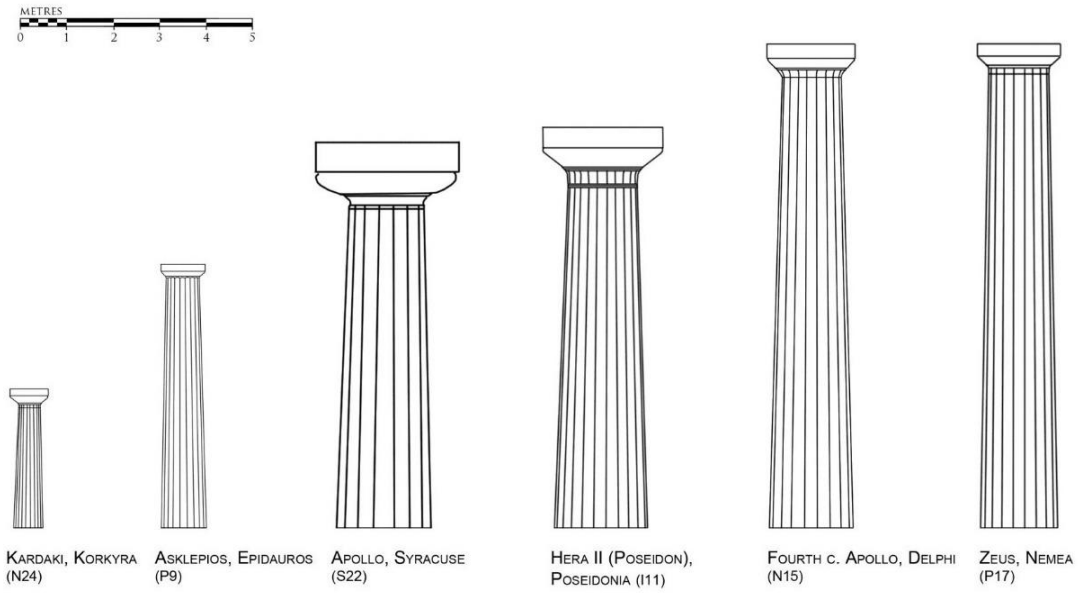
Düzen	Dönem	Tapınak	Tapınak Düzeni	Tapınak Boyutu	Tapınak Oranı	Üst Örtü	Ana İnşa Malzemesi	Sütun Sayısı	Gövde	Sütun Çapı	Sütun Yüksekliği	Sütun Aralığı	Referans
Dor	Roma İmparotorluk Dönemi İ.S. geç 1. yy.	Balboura Agora Tapınağı	Templum in antis	6.85x7.90 m	-	-	Mermeri andıran sert ve gözeneksiz beyaz renkli kireç taşı	-	Tambur	0.52 m.	0.80-1.20 m. Tambur yüksekliği Tek sütun restitüsyona göre 4.69 m.	dört metop	Akkurnaz, 2007: 74-76
Dor	İ. Ö. 2. yy.ın ilk yarısı	Perge Dor Tapınağı	Tetrastylos prostylos	21.50 m. uzunlukta, doğu kısa tarafta 12.78 m. batı kısa tarafta 12.60 m.	1/3.72 Sütun oranı		Mermere benzeyen sert ve sarımtırak kireçtaşı	-	Tambur	Alt çap 1.10 m.	Sütun: 6.60 ila 7.20 m. arası	4.10 m. *areostylos*	Akkurnaz, 2007: 85-87
Dor	Geç Hellenistik Dönem/İ.Ö. 1.yy.ın ilk yarısı	Aspendos Dor Tapınağı	Prostylos	20.00x12.20 m.	-	-	Duvarları yerel konglomera, yapılmış mimari bloklar yerel kireç taşından	-	Tambur	0.65 m. - 0.70 m	Tambur yüksekliği: 0.95 m. ile 1.55 m.	3.50 m.	Akkurnaz, 2007: 88-91
Dor	Erken İmparatorluk Dönemi İ. Ö. 1. yy.ın sonu- İ. S. 1. yy. başı	Lyrbe-Seleukeia Dor Tapınağı	Prostylos	7.34x14.35 m.	1/2	-	konglomera ve kireç taşı	-	Tambur	alt çapları 0.60 m	3. 93 m.	Sütun merkezi aralıkları 2.25 m. *Sütun aralığı araeostylos (üç metop)*	Akkurnaz, 2007: 92-94
Dor	Vespasianus Dönemi İ. S. 76	Kestroi Vespasianus Tapınağı	Templum in antis	9.72x5.15 m	-	-	-	-	tambur	0.46-0.52 m.	-	-	Akkurnaz, 2007: 99-100

Düzen	Dönem	Tapınak	Tapınak Düzeni	Tapınak Boyutu	Tapınak Oranı	Üst Örtü	Ana İnşa Malzemesi	Sütun Sayısı	Gövde	Sütun Çapı	Sütun Yüksekliği	Sütun Aralığı	Referans
Dor	İ. S. 2. yy	Asar Dor Tapınağı	Prostylos	stylobate 15.60x 7.65 m	½	-	-	-	Tambur	Alt çapı 0.60 m.	Sütun başlığı dahil 6.07 m.	-	Akkurnaz, 2007: 101-102
Dor	İ.Ö. 1. yy / İ.Ö. 3. yy. sonu-2. yy. başı (ikinci evresi)	Korykos Zeus Korykios Tapınağı	Templum in antis / amphidistyl in antis	8.75x12.75 m. Cella	-	-	-	-	Tambur	-	5.50 m.	-	Akkurnaz, 2007: 103-105
Dor	İ. Ö. 3. yy.ın ilk yarısı	Seleukeia Pieria Zeus Tapınağı	Peripteros	15.84x34.14 m.	sütun ve tapınak oranı aynı 1/2	-	beyaz mermer	6x12	-	-	-	kapalı dizim yani *pykhostylos*'tur.	Akkurnaz, 2007: 106-107

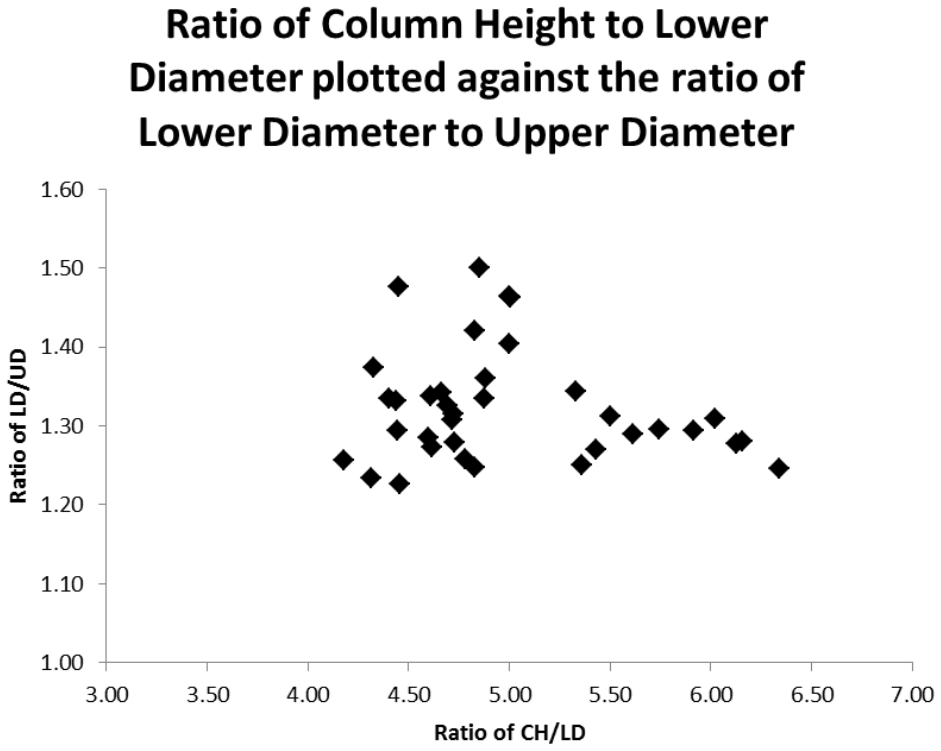
2.2.2. Anadolu Dışında Dor Mimarisi

Anadolu dışında Dor mimarisinin modüler sistemi, Robert James Woodward tarafından 2012 yılında yazılan *"An Architectural Investigation into the Relationship between Doric Temple Architecture and Identity in the Archaic and Classical Periods*" başlıklı tezde ve Mark Wilson Jones tarafından 2013'te yazılan "*Doric Measure and Architectural Design 2: A Modular Reading of the Classical Temple*" başlıklı makalede kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır.

Woodward 2012 yılında hazırlamış olduğu tezde MÖ 6. yy, MÖ 5. yy ve MÖ 4. yy'a tarihlenen 104 tane Dor peripteral tapınaklarını incelemiştir. Woodward'a göre Dor peripteral sütunların boyutları Tablo 11'de verilmiştir. Tablo 11'e göre MS 1. yy'da inşa edilen tapınaklardaki sütunların alt ve üst çapı birbirine yakın oranlardır. Bu yüzyılda sütunun yüksekliği genellikle alt çapın 4 veya 4.5, üst çapın ise 5-6 katı arasındadır. Abaküs genişliğinin üst ve alt çaplara göre oranı 1.5 ile 0.462 arasında değişmektedir. MS 2. yy'da sütun yüksekliğinin alt çapa oranı 5 ve 4.5 katıdır. Üst çapın, sütun yüksekliği ile arasındaki oran 7, 6.5 ve 6 katıdır. Üst çap ve alt çap arasındaki oran ise 1.5 ve 1 arasındadır. Bu yüzyılda abaküs genişliğinin üst ve alt çaplar arasındaki temel farkı genellikle 0.80 ve 0.20 arasındadır. MS 3. yy.'da sütun yüksekliğinin alt çapa göre oranı 4.5, 5 ve 6 katıdır, üst çapa göre oranı ise 5.5, 6, 6.5 ve 7 katıdır. Üst çap ve alt çap arasındaki oran 1, 1.5 ve 2'dir. Abaküs genişliğinin üst çap arasındaki temel farkı 1'in üstünde (1.99, 1.09, 1.18) veya 1'e yakın (0.98, 0.60, 0.41) iken, alt çapta 1'in (0.18, 0.23, 0.58) altındadır. Bu oranlar neticesinde abaküsün alt çap arasındaki farkı daha az iken, üst çap arasındaki farkı daha fazladır. MS 4. yy'da sütun yüksekliğinin alt çapa göre oranı 4, 5, 5.5 ve 6 katı, üst çapa göre oranı ise 6, 7, 7.5 ve 8'dir. Abaküs genişliği üst ve alt çapa göre oranı 1'in altındadır. MS 5. yy'a ait tapınaklardaki incelenen sütunların gerçek yükseklikleri bilinmediği için alt ve üst çapa göre orantısı bilinmemektedir. MS 6. yy'da sütun yüksekliğinin alt çapa göre oranı 6 katıdır. Üst çapın, sütun yüksekliği ile arasındaki oran 7 ve 8 katıdır. Abaküs genişliğinin alt ve üst çap arasındaki farkı 1'in (0.40, 0.12, 0.06 vb.) altındadır. Sütunların oranlara göre görünümü ve dağılım grafiği Şekil 62 ve Şekil 63'teki gibidir.

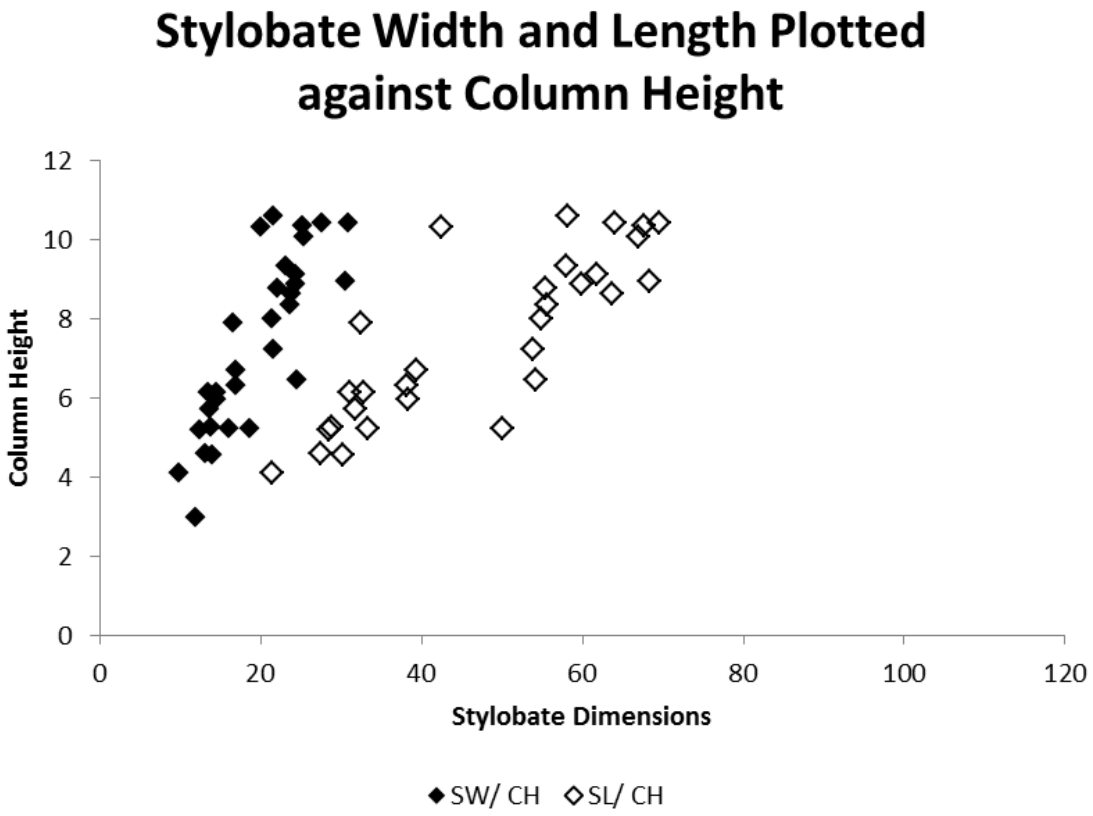


Şekil 62. Farklı Üst ve Alt Çap Oranına Sahip Sütunlar (Woodward 2012, 195)

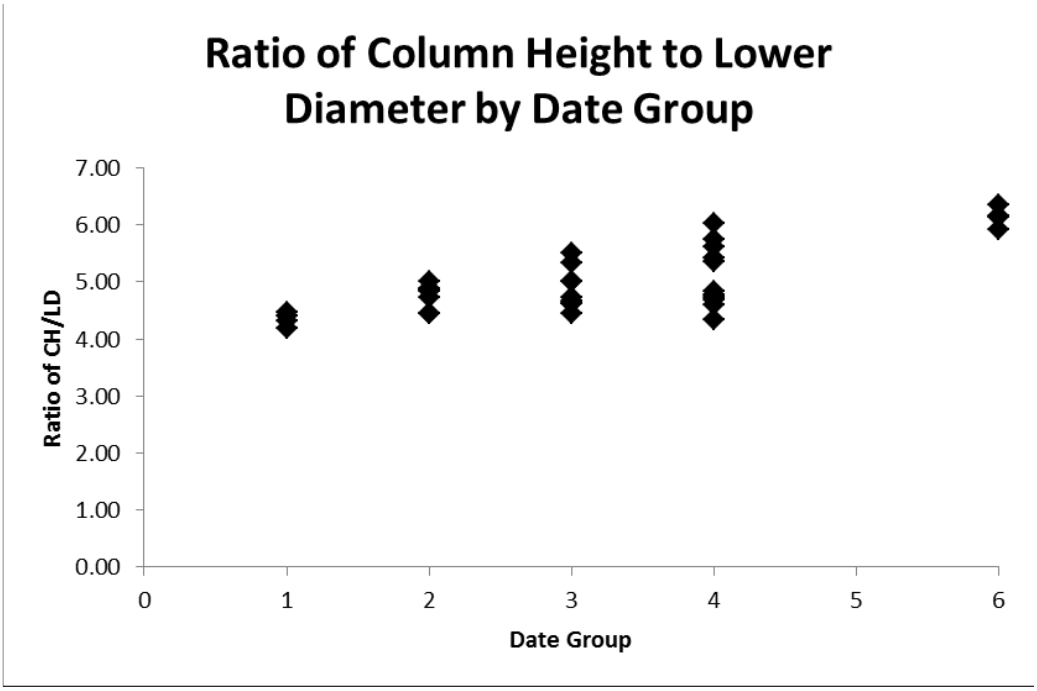


Şekil 63. Farklı Üst ve Alt Çap Oranına Sahip Sütunların Grafiksel Dağılımı (Woodward 2012, 196)

Şekil 61'te alt ve üst çapa ait oranların sütun yüksekliği ile ilişkisine bakıldığında, üst ve alt çapa göre sütun yüksekliği arasında bir bağlantı olduğu fakat benzer çaplardaki sütunlarda farklı yüksekliklerin de olduğu görülmektedir. Bu farklılığı stylobat ölçüleri ile karşılaştıran Woodward, dar stylobatlara sahip tapınakların uzun sütunlara sahip olduğunu, nispeten geniş stylobatlarda ise kısa sütunların kullanıldığını gözlemlemiştir (Şekil 64).



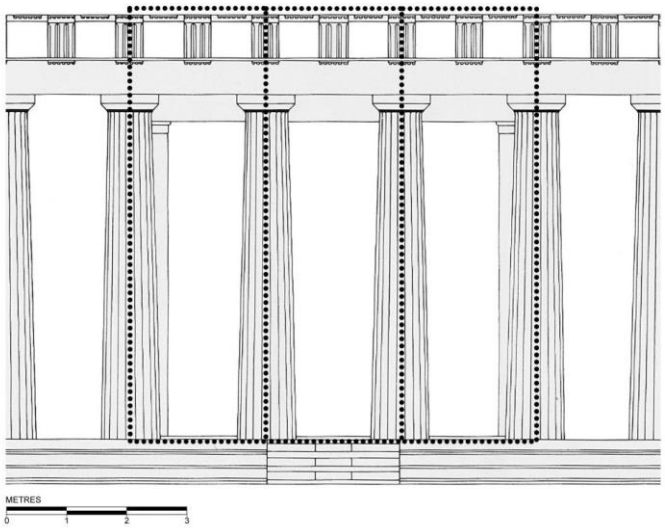
Şekil 64. Stylobat Boyutuna Göre Sütun Yüksekliğinin Grafiksel Dağılımı (Woodward 2012, 199)



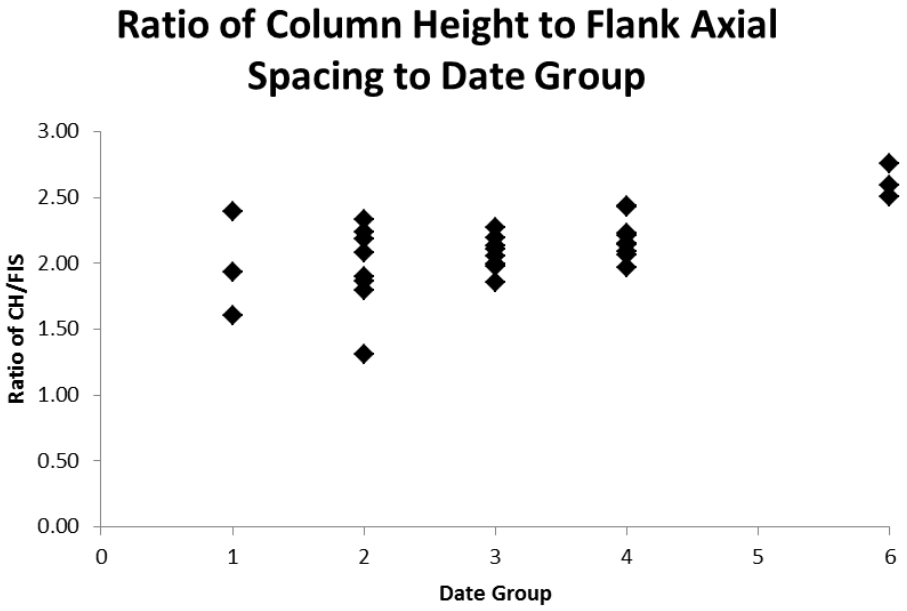
Şekil 65. Tarihi Dönemlere Göre Sütun Alt Çapı ve Yüksekliği (Woodward 2012, 204)

Aynı stylobat genişliğine sahip tapınaklarda ise nispeten daha uzun ve daha kısa tapınaklar oluşturmak için stylobat genişliğine göre sütun yüksekliğinin ve çaplarının farklı oranlarda kullanıldığı ifade etmiştir. Woodward, bu durumun tapınakların görünümlerinde farklı etki yarattığını söylemiştir. Bu etkiyi tarihi dönemler ile karşılaştıran Woodward, sütunların yüksekliğini araştırdığında tarihi dönemler çapların belli oranlarda kaldığını fakat sütun yüksekliklerinin giderek arttığını gözlemlemiştir (Şekil 65).

Sütun aralıkları içinde araştırma yapan Woodward ölçüm yaptığı tapınaklarda, MS 1. yy'da 0.922 m, MS 2. yy'da 1.338, 1.210, 1.040, 0.796, 0.762, 0.614 m., MS 3. yy'da, 1.253, 1.384, 1.960, 1.260, 1.20, 1.255, 2.28, 1.55, 0.868, 0.575 m, MS 4. yy'da 1.284, 0.572, 1.325, 0.981, 0.802, 0.961, 1.308 m, MS 6. yy'da 1.081, 0.955 m genişliklerinin olduğunu ve genellikle iki metop kullanıldığını tespit etmiştir (Şekil 66). Tarihi dönemlere göre sütun yüksekliğinin cephe eksenel aralığına oranının grafiksel dağılımı Şekil 67'de verilmiştir.



Şekil 66. Sütunlar Arasında İki Metop Boşluk Kullanımı (Woodward 2012, 73)



Şekil 67. Sütun Yüksekliğinin Cephe Eksenel Aralığına Oranı (Woodward 2012, 205)

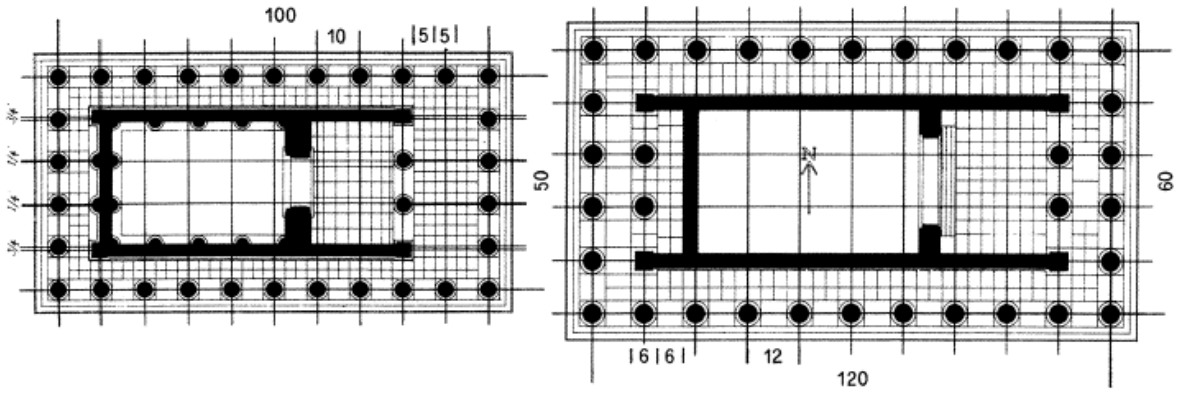
Dor düzene sahip peripteral planlı tapınakların sayısı, yüzdesel dağılımı ve sütun sayıları Tablo 34'de verilmiştir.

Tablo 34. Dor düzene sahip peripteral planlı tapınakların sayısı, yüzdesel dağılımı ve sütun sayıları

Sütun Sayısı	Tapınak Sayısı	Tapınakların % Dağılımı
6×11	5	11.4%
6×12	6	13.6%
6×13	13	29.5%
6×14	6	13.6%
6×15	5	11.4%
6×16	1	2.3%
6×17	3	6.8%
6×14	1	2.3%
8×17	3	6.8%
9×18	1	2.3%

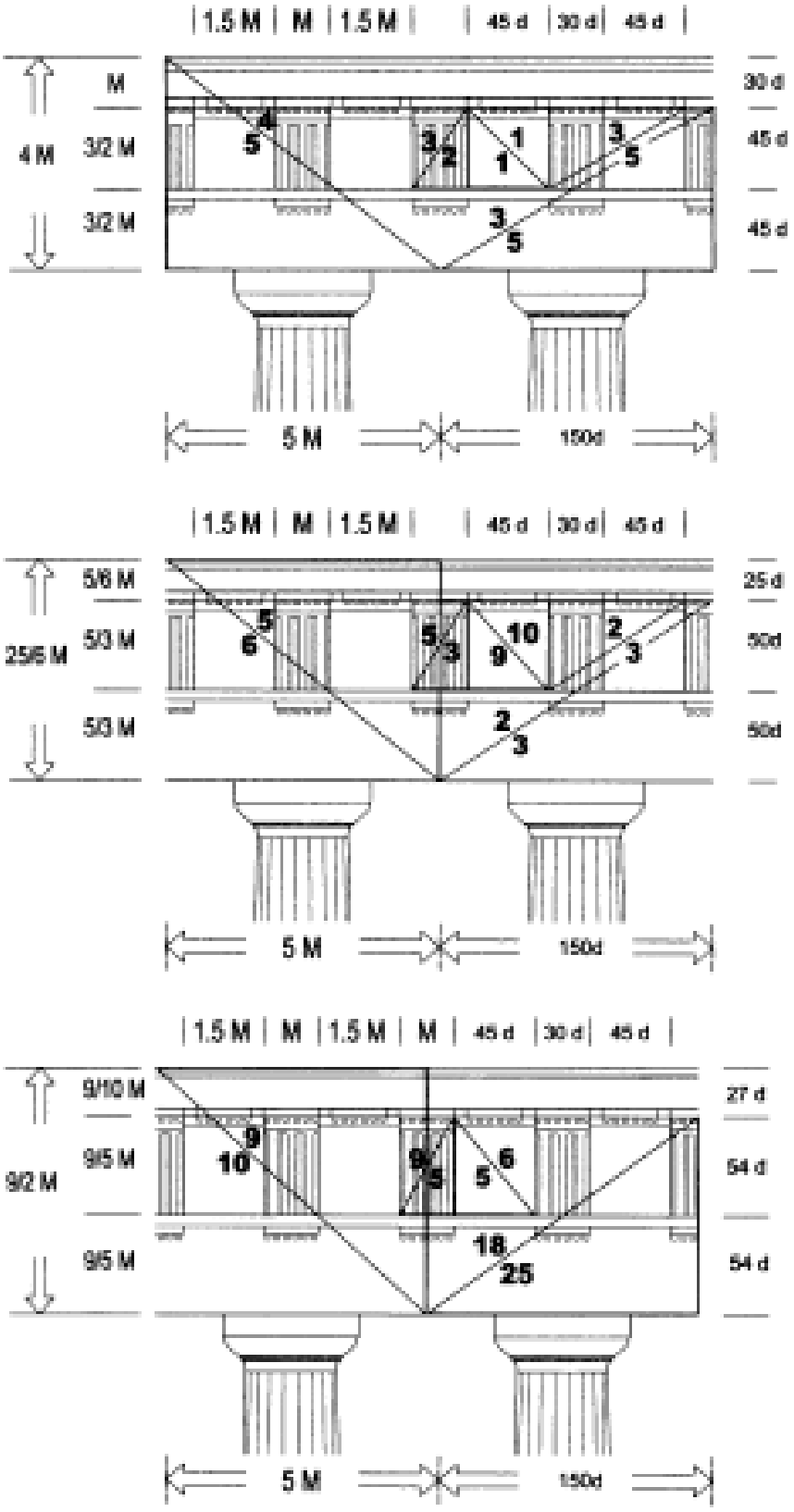
Woodward'a ilaveten Dor tapınakların modüler sistemi araştıran Wilson Jones, 2013'te kaleme aldığı "*Doric Measure and Architectural Design 2: A Modular Reading of the Classical Temple*" başlıklı makalede Vitruvius'un mimarlık anlayışını irdelemiş ve söz konusu döneme ait modüler sistemi çözümlemiştir.

Jones'a göre, Vitruvius'un Dor düzen tasarımı triglif ve stylobat genişliğine eşit bir modülden oluşmaktaydı. Antik dönem mimarisinde stylobatın/stilobat genişliği sütun sayısı ve tasarımın oranını belirlenmekteydi. Örneğin; 6 x 12 peristil taşıyan bir stilobat, 6:12 oranında (yani, 1: 2) düzenlenirdi (Şekil 68).



Şekil 68. Helenistik döneme ait İyon tapınaklarının planları: Priene'deki Athena Tapınağı (sağda) ve Xanthos'taki Leto Tapınağı (solda), 1: 200. Her iki durumda da sütun kaideleri ile aradaki kaldırım levhaları arasındaki 1:1 orana ve toplam 1:2 oranındadır. Boyutlar, 294-295 mm (Jones, 2013: 676)

Stilobat genişliğini bölerek planda 1/2 oranını oluşturan Vitruvius, cephe tasarımında triglifi 5'bölerek 3/2 oranını kullanmıştır (Şekil 69).



Şekil 69. Triglifte 5 Modül Kullanımı (d:daktil/Yunan ölçü birimi, M: modül) (Jones, 2013: 682)

Vitruvius, triglifte 5 modülü kullanarak, metopun her birinde 1,5 M (modül) elde etmiş ve sütunun çapını 2 M'den oluşturmuştur. Bu tasarımı detaylı bir şekilde araştıran Jones, Dor tapınakların kanonik bir cepheyi oluşturacak şekilde düzenlendiğini ve bunun altı prosedürden oluştuğunu ifade etmiştir. Jones'a göre bu prosedür şu şekildedir;

1. *Gerçek ortalamaya dayanan triglif genişliğini alın.*
2. *Hem planda hem de yükseltide 5 kez kolon yuvalarına ve ayrıca diğer önemli sınırlara düzgün bir şekilde bölünen bir yakın birim olup olmadığını belirleyin; En düzgün deseni döndüren birim, potansiyel bir tasarım modülüdür.*
3. *Bir bütün olarak cepheye ilişkin şematik oranların böyle bir modül kullanılarak rahatça ifade edilebildiğini kontrol edin.*
4. *Modülün bilinen ayaklar veya daktiller cinsinden ifade edilebilecek bir boyuta karşılık gelip gelmediğini kontrol edin.*
5. *Modüller halinde rahatlıkla ifade edilip edilemeyeceklerini görmek için cephenin daha küçük ölçekli bileşenlerini gözden geçirin.*
6. *Planı aynı şekilde gözden geçirin.*

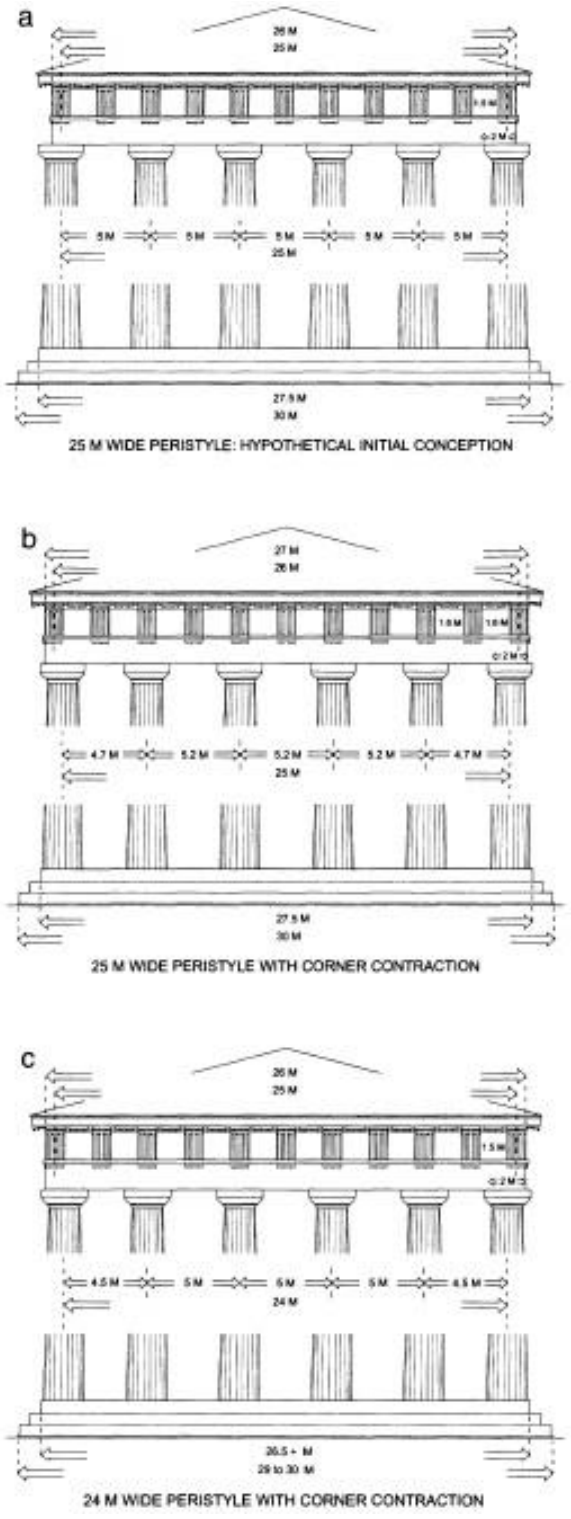
Bu prosedürler kapsamında 10 tane Dor tapınağı inceleyen Jones, tapınakların genişlik ve yükseklik sınırlarını belirlemiştir. Jones'a göre 10 tane Dor tapınağın modüler genişlik sınırları Tablo 35'de, Şekil 70 ve 71'de verilmiştir.

Tablo 35. Dor Düzeninde Genişlik Sınırlarına Ait Modüler Sistem

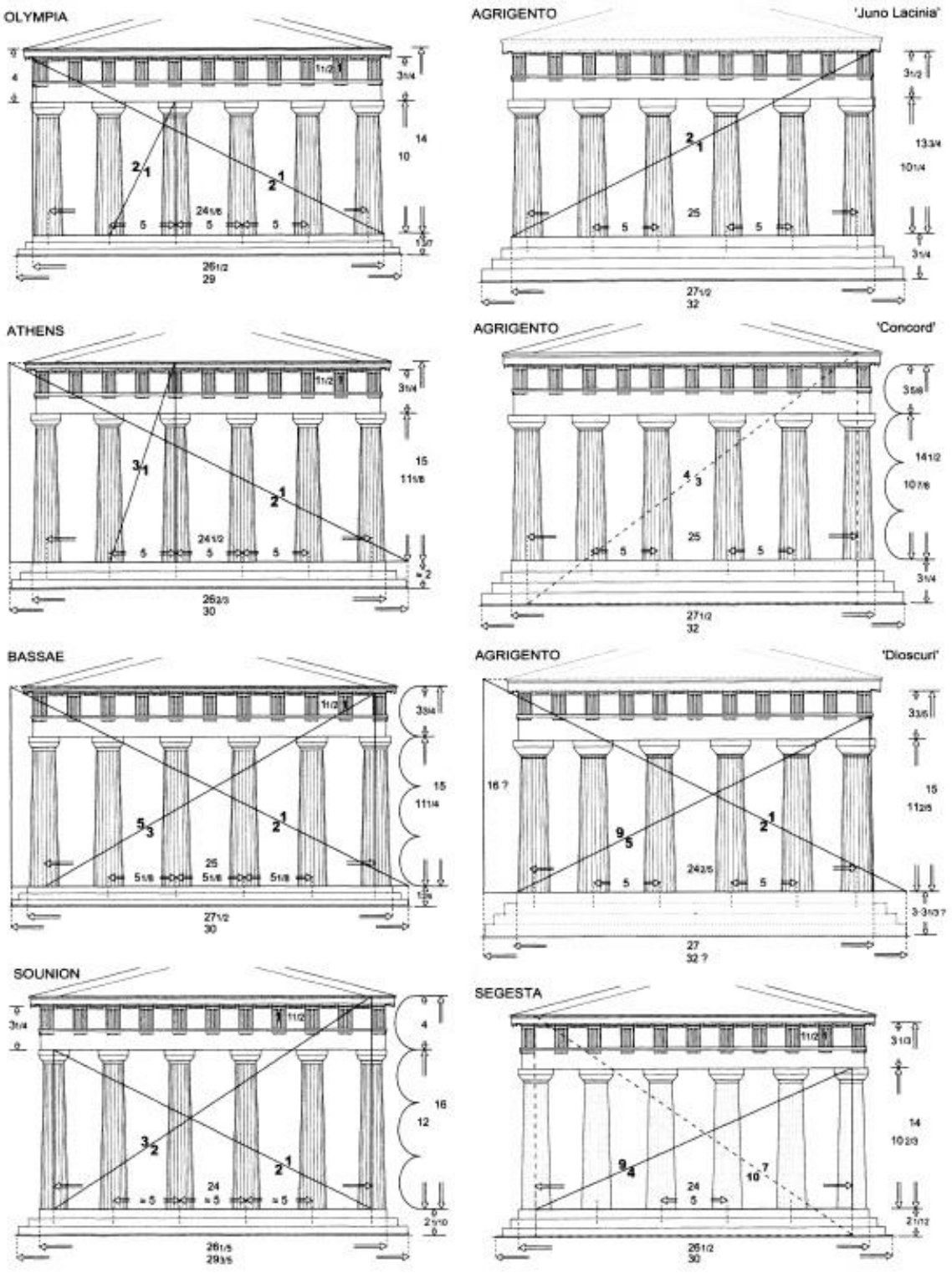
Tapınak	Toplam Genişlik	Stylobat Genişliği	Peristilin Eksenel Genişliği
Üç Adımlı Krepidoma ile			
Olympia, Zeus	29?	26 1/2	24 1/8
Bassae, Apollo	30	27 ½	25
Athens, Hephaisteion	30	26 ¾	24 ½
Sounion, Poseidon	29 3/5	26 1/5	24
Rhamnous, Nemesis	30	26 1/8	24
Segesta, unfinished	30	26 ½	24
Dört adımlı krepidoma ile			
Agrigento, Juno	32	27 ½	25
Agrigento, Concord	32	27 ½	25
Agrigento, Dioscuri	32?	27	24 2/5
Delos, Athenians' Apollo	30 1/4	26 ½	24

Jones'a göre tapınak tasarımında; planın ana sınırları (ya euthynteria'dan ya da krepidomanın alt basamağından ölçülür) stylobatın genişliği ve peristilin eksenel ölçüsü dikkate alınarak yapılmaktadır. Jones, antik mimarların, bu sınırlardan birine veya ikisine tam sayıda triglif modül atadığını ve tasarımın kalan kısmını sütun çapına ve diğer detay hususlarına göre ölçüldüğünü düşünmektedir. Jones'ın incelediği 10 Dor tapınakta, stylobat boyutlarında farklılık gözlemlense de tapınaklarda 5 triglifin ve 10 metop'un kullanıldığı görülmektedir (Jones, 2013: 684-686).

Jones'ın incelediği üç basamaklı tapınaklarda genellikle 30 M kullanılırken, dört basamaklı krepidomada 32 M (modülün) kullanıldığı görülmektedir. Krepidoma söz konusu dönem için mimaride başlangıç noktası olsa da asıl modüler yapıyı ve ana mimari sorunsalı peristil belirlemekteydi. Jones, krepidomanın modülünde çeşitlilik gözlemlese de peristilde kullanılan ana eksenel genişliğin 24 M veya 25 M olduğunu tespit etmiştir. Her bir eksenel genişlik antik dönemde 5 triglif modülüne denk gelse de Vitruvius'un da belirttiği gibi tapınak tasarımında köşe sorunları meydana gelmekteydi. Çünkü her bir modül eşit şekilde 5'e bölünmemekteydi. Bu yüzden tasarımlarda köşe sorunu ½ cm, 1 cm veya 3 cm arasında değişmektedir.



Şekil 70. Dor Düzene Sahip Tapınakların Modüler İncelemesi (Jones, 2013: 686)



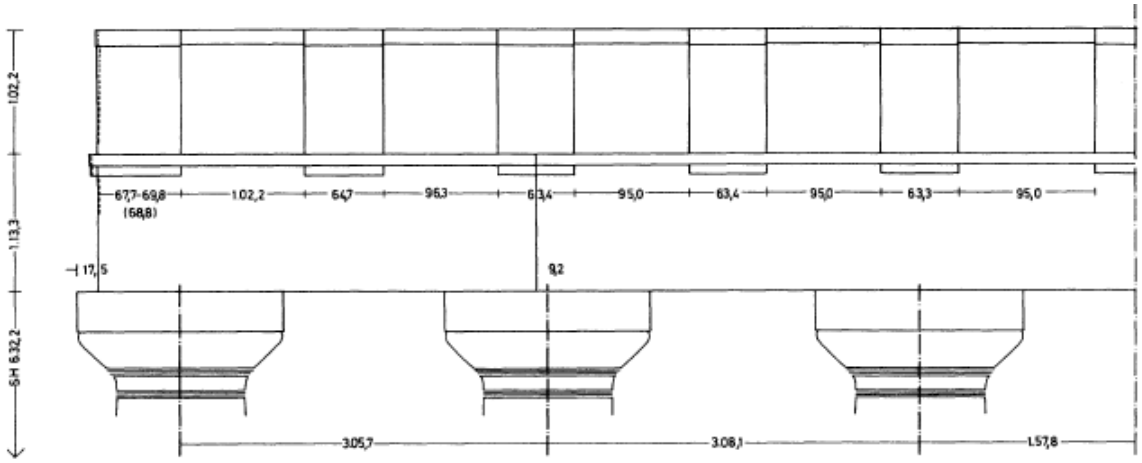
Şekil 71. Dor Düzene Sahip Tapınakların Modüler İncelemesi (Jones, 2013: 686)

Genişlik haricinde tasarımı etkileyen bir diğer faktör ise yükseklik sınırıdır. Jones'a göre antik mimari de yüksekliği etkileyen faktör sütun, sütun aralığı, alınlık ve saçak yüksekliğidir. Jones'ın incelediği 11 Dor tapınağına ait ölçüler Tablo 36'te verilmiştir.

Tablo 36. Dor Tapınaklarda Sütun Yüksekliği

Tapınak	***Geison inc. Yüksekliği***	***Geison exc. Yüksekliği***	***Sütun Yüksekliği***
Ana kara ve Adalar			
Olympia	14	13 ¼	10
Athens	15	14 3/8	11 1/8
Bassae	15	14 7/12	11 ¼
Sounion	16	15 ¼	12
Rhamnaus	14 ¾	13 ¾	10 ¾
Delos	16 2/3	16	12 2/3
Sicilya			
Agrigento, Juno	14 ¾	13 ¾	10 ¼
Agrigento, Concord	15 ½	14 ½	10 7/8
Agrigento, Discouri	16	15	11 2/5
Segesta	14 ¾	14	10 2/3

Jones'ın yaptığı araştırma doğrultusunda geison ve sütun yüksekliği arasında genellikle 3 katı kadar farklılık olduğu tespit edilmiştir. Sütun yüksekliği ve peristil arasında net bir ayrım olmadığı gözlemlenmiştir. 24 M eksenel genişliğe sahip olan tapınaklarda sütun yüksekliği 12 ve 10 2/3, 25 modülde is 11 ¼ olduğu gözlemlenmiştir. Stylobat genişliğindeki sütun yüksekliği oranı ise 26 2/3 modülde 11 1/8 , 27 ½ modülde 11 ¼'den oluşmaktadır. Sütunların yükseklikleri farklı boyutlarda olsa da aralıkları 5 M esas alınarak yapılmıştır (Jones, 2013: 688-689). Sütun aralıkları, sütunların triglif ve metoplara yerleştirilişini gösteren ölçekli çizim Şekil 72'de verilmiştir.



Şekil 72. Juno Lacinia Tapınağı, Agrigento, Trigliflerin ve Metopların Boyutlarındaki Farklılıkları Gösteren Friz Detayı (Jones, 2013: 694)

2.2.2.1. Anadolu Dışındaki Dor Tapınakların Değerlendirilmesi

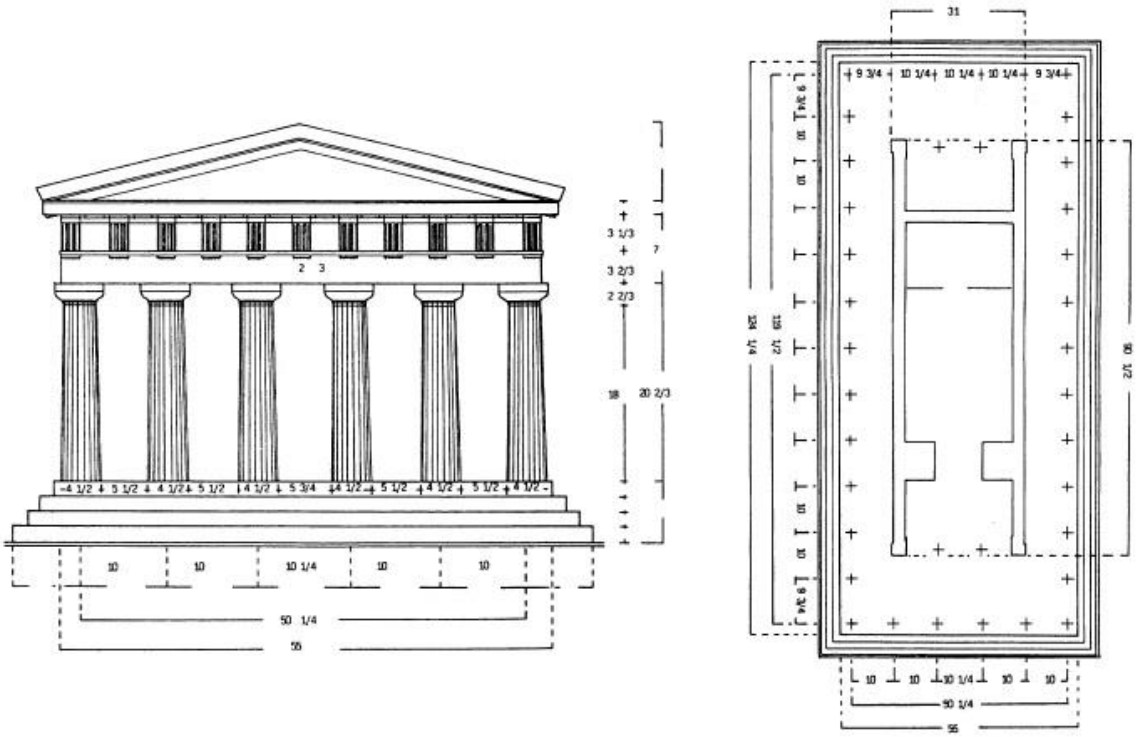
Anadolu'daki Dor düzenine bakıldığında, sütunların tapınak planları ile doğrudan ilişkili olduğu görülmektedir. Tapınak planları ve oranları (genişlik-uzunluk); sütunların sayısını, yükseltisini ve çaplarını belirlemede önemli bir etkenken, Anadolu dışındaki Dor düzeninde plan tipinin sütun sayısı ile doğrudan ilişkili olmadığı ve hatta sütun yüksekliğinin aynı boyutlara sahip yapılarda bile değiştiği görülmektedir.

Tablo 37. Tarihi Dönemlerde Alt ve Üst Çapa Göre Sütun Yüksekliği Oranları

Dönem	***Orijinal Alt Çap Boyutu***	***Sütun Yüksekliğinin Alt Çapa Göre Oranı***	***Orijinal Üst Çap Boyutu***	***Sütun Yüksekliğinin Üst Çapa Göre Oranı***	***Orijinal Sütun Yüksekliği***
M.S.1. yy	1.85 m	4.5	1.5 m	5	7.98 m
M.S.1. yy	1.25 m	5, 5.5	0.995 m	5.5	5.22 m
M.S.1. yy	1.645 m	4.5	1.232 m	6	7.24 m
M.S.1. yy	1.90 m	4.5	1.55 m	5.5	8.47 m
M.S.2. yy	0.61 m	4.5	0.457 m	6.5	2.975 m
M.S.2. yy	0.914 m	5	0.624 m	7, 7.5	4.57 m
M.S.2. yy	2.085 m	5	1.468 m	7	10.07 m
M.S.2. yy	1.94 m	4.5	1.50 m	5.5	8.62 m
M.S.2. yy	1.068 m	5	0.785 m	6.5, 7	5.21 m
M.S.2. yy	1.262 m	5	0.841 m	7.5	6.122 m
M.S.2. yy	1.45 m	4.5	0.982 m	6.5, 7	6.454 m
M.S.3. yy	0.989 m	5.5	0.736 m	7, 7.5	5.272 m
M.S.3. yy	1.779 m	5	1.326 m	6.5	8.299 m
M.S.3. yy	0.945 m	5.5	0.720 m	7, 7.5	5.20 m
M.S.3. yy	2.21 m	5	1.68 m	6.5	10. 43 m
M.S.3. yy	1.94 m	4.5	1.50 m	5.5	8.62 m
M.S.3. yy	1.67 m	5	1.19 m	7	8.35 m
M.S.3. yy	1.82 m	5	1.245 m	7.5	9.11 m
M.S.3. yy	1.978 m	4.5	1.485 m	6	8.783 m
M.S.4. yy	1.018 m	5.5	0.79 m	7, 7.5	5.712 m
M.S.4. yy	1.922 m	5.5	1.513 m	7	10.433 m
M.S.4. yy	1.02 m	6	0.779 m	8	6.14 m
M.S.4. yy	0.714 m	6	0.551 m	7.5	4.101 m
M.S.4. yy	2.052 m	4	1.493 m	6	8.88 m
M.S.4. yy	1.112 m	5	0.889 m	6.5, 7	5.959 m
M.S.4. yy	1.42 m	4.5	1.11 m	6	6.712 m
M.S.4. yy	1.22 m	5	0.970 m	6	5.83 m
M.S.4. yy	2.085 m	5	1.468 m	7	10.07 m
M.S.4. yy	1.375 m	4.5, 5	1.07 m	6	6.322 m
M.S.4. yy	1.405 m	4.5	1.06 m	6, 6.5	6.589 m
M.S.4. yy	1.935 m	5	1.551 m	6	9.338 m
M.S.5. yy	-	-	-	--	-
M.S.6. yy	1.29 m	6	1.01 m	7.5	7.905 m
M.S.6. yy	1.791 m	6	1.384 m	7.5	10.59 m
M.S.6. yy	1.55 m	6	1.21 m	8	9.5444 m
M.S.6. yy	1.628 m	6.5	1.306 m	8	10.325 m

Tarihi dönemlerde sütunların yüksekliğine göre oranlar Tablo 37'de verilmiştir. Alt ve üst çapa göre sütun yüksekliği karşılaştırıldığında söz konusu dönemlerde belli bir aritmetiğin kullanıldığı görülmektedir. Anadolu dışındaki Dor mimarisini inceleyen araştırmacılar, dar

stylobatlara sahip tapınakların uzun sütunlara sahip olduğunu, nispeten geniş stylobatlarda ise kısa sütunların kullanıldığını gözlemlemiştir. Peristil genişliğine göre tasarlanan tapınaklarda ise triglifte 5 modulün (3.05, 3.08), 10 metopun kullanıldığı tespit edilmiştir.



Şekil 73. Agrigento Juno Lacinia Tapınağının Modüler Yapısı (Jones, 2013: 696)

Höcker'in 1993 yılında yaptığı araştırmaya göre triglifte 5 M sistemi yapıda şu şekilde kullanılmıştır (Şekil 95). Sütun merkezinden 50 birime sahip olan yapı triglifte 5 modüle (M) ayrılarak, her bir sütun merkeziyle toplamda yine 50 birime denk gelmiştir. Bu birim her bir triglifte 5 ½ yani 5:0.5'le 10 oranıyla elde edilmiştir. Peristilde sütunların kapladığı her bir alan 4 ½ (4:0.5) ile 8 oranına denk gelmektedir. Sütun sayısı (6) ve sütun çapı/alan (8) 48 birime denk gelmektedir. Bu da yapının dıştan içe 2 birim küçüldüğünü göstermektedir. Antik mimarlar tapınağın triglifinde 2 M kullanırken, metopta 3 M kullanmışlardır. Tapınakta kullanılan triglif sayısı ve triglif modülü (11×2), metop ve metop sayısı (3×10) 52 birim etmektedir. Bu durumda 48 birime sahip olan yapı ölçeğini 2 birim üst elemana (yapı ölçeğine göre 50 birime tamamlama) aktararak, antik mimarlara köşe sorunlarını çözme ve yapıyı örtme imkânı sağlamıştır.

2.2.3. Stratonikeia Antik Kenti ve Lagina Kutsal Alanda Dor Mimarisi

Stratonikeia Antik Kenti'ndeki Dor Mimarisi literatürde 2013 yılında Zeliha Gider Büyüközer tarafından hazırlanan "Karia Bölgesi Dor Mimarisi" başlıklı doktora tezinde ele alınmıştır (Gider

Büyüközer, 2013). Doktora tezinde yapılan araştırmada Stratonikeia Antik Kenti'nde Dor mimarisi özelliği taşıyan, Stratonikeia Gymnasionu, Stratonikeia Gymnasionu Batı Dış Cephe, Stratonikeia Gymnasionu Batı Oda, Stratonikeia Gymnasionu Kuzey Cephe, Stratonikeia Dorik Yapı A, Stratonikeia Dorik Yapı B, Stratonikeia Dorik Yapı C incelenmiştir. İncelenen mimari öğelerden birkaç tanesi Dor düzene ait sütunlar hakkında bilgi içermektedir. Sütunlar hakkındaki bilgiler Tablo 38'de verilmiştir.

Tablo 38. Tarihi Dönemlerde Alt ve Üst Çapa Göre Sütun Yüksekliği Oranları

1		**Bulunduğu Yer:** Stratonikeia, Scaenae Frons **Envanter No:** 10STY132 **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 97 cm, Üst Çap: 43,5 cm, Yiv Gen: 6,8 cm. **Tanımı:** Tiyatronun orkestra kısmındaki mimari blokların arasındadır. Alt yüzü alta gelecek şekilde dik konmuştur.. Poligonal işlenmiş olup, yüzeyi 20 yivlidir Üstte, ortada 6 cm çapında yüzeysel bir oyukluk, her iki yanında 5x6 cm ölçülerinde, biri 3,5 cm, diğeri 4 cm derinliğinde iki zıvana yuvası vardır.
2		**Bulunduğu Yer:** Stratonikeia, Scaenae Frons **İşlevi:** Dor Başlığı 1 **Ölçüleri:** Yük: 21,7 cm, Abk. Gen: 56 cm, Alt Çap: 45 cm, Abk. Yük: 6,5 cm, Ekn. Yük: 4,3 cm **Tanımı:** Scaenae fronsun kuzeybatısındaki boş alana tasnif edilmiştir.. Başlığın üst yüzeyinde 0,6 cm yüksekliğinde, dikdörtgen biçimli skamillus vardır. Başlığın yüzeyi ince uçlu murç ile düzeltilmiş, perdahlanmamıştır.
3		**Bulunduğu Yer:** Stratonikeia, Scaenae Frons **İşlevi:** Dor Başlığı 2 **Ölçüleri:** Yük: 23 cm, Abk. Gen: 51,5 cm, Alt Çap: 41,7 cm, Abk. Yük: 6,5 cm, Ekn. Yük: 4,6 cm. **Tanımı:** Scaenae fronsun kuzeybatısındaki boş alana tasnif edilmiştir. Boyun kısmı ile birlikte çalışılmış olup, yüzeyi poligonal yivlidir. Başlığa geçişte basamak biçimli üç annulet işlenmiştir. Ekinus profili hafif dışbükey kavislidir ve abakusla birleştiği yerde düz bir çizgi oluşturmaktadır. Abakus dörtgen plaka şeklinde düz işlenmiştir. Başlığın üst yüzeyinde 0,6 cm yüksekliğinde dikdörtgen biçimli skamillus vardır. Başlığın yüzeyi ince uçlu murç ile düzeltilmiş, perdahlanmamıştır
4		**Bulunduğu Yer:** Stratonikeia Gymnasionu Batı Dış Cephe **İşlevi:** Toskania Kaide **Ölçüleri:** Yük: 23,5 cm, Blok Yük: 70,5 cm, Pln. Gen: 72 cm, Blok Gen: 93 cm. **Tanımı:** Gymnasionun batı dış cephesinde, in situ durumdadır. Plinthosun tüm köşeleri ile torusun bir kısmı kırıktır. Plinthos, torus ve apophyge kısmından oluşmaktadır. Arka kısmı duvar bloğu ile birlikte işlenmiş pseudo kaide şeklindedir. Sütun alt kısmı ile birlikte çalışılmıştır. Yüzeyi fazlaca aşındığından işçiliğini tespit etmek güçtür.

5		**Bulunduğu Yer:** Stratonikeia, Gymnasionun batı dış cephesinde **İşlevi:** Pseudo Sütun **Ölçüleri:** Yük: 173,5 cm, Alt Çap: 53,2 cm, Üst Çap: 50 cm. **Tanımı:** 1 numaralı kaidenin üstünde in situ durumdadır. Üç tamburdan oluşmaktadır. İlk tambur 68 cm, ikinci tambur 35,5 cm, üçüncü tambur ise 70 cm yüksekliğindedir. İkinci tamburun ön cephesi büyük oranda kırıktır. Arrislerin bir kısmı kırık, yüzeyleri aşınmış durumdadır. Arka kısmında duvar bloğu ile birlikte çalışılmıştır. Yüzeyinde 9 tam 2 yarım dorik yiv vardır.
6		**Bulunduğu Yer:** Stratonikeia, Kuzey Cadde'nin Batı Portikosu **İşlevi:** Sütun **Ölçüleri:** Yük: 379 cm, Alt Çap: 64 cm, Üst Çap: 51,5 cm. **Tanımı:** Kuzey Cadde'nin Batı Portikosu'nda, antadan sonraki ikinci sütundur. Yapılan restorasyon çalışması sonucu yerine konmuştur. Silindirik biçimli işlenmiş olup, yüzeyi yivsizdir. İki tamburdan oluşmaktadır. İlk tambur 256 cm yüksekliğinde, ikinci tambur ise 123 cm yüksekliğindedir.
7		**Bulunduğu Yer:** Stratonikeia, Kuzey Cadde **İşlevi:** Sütun Başlığı **Envanter No:** 09SKC75 **Ölçüleri:** Yük: 29 cm, Abk. Gen: 67,1 cm, Alt Çap: 51,5 cm, Abk.Yük: 8 cm, Ekn. Yük: 9 cm. **Tanımı:** Kuzey Cadde'de yapılan kazı çalışmalarında bulunmuştur. Altta 32,5 cm çapındaki alana anathyrosis, her iki kenarına biri 1,5x3,5 cm ölçülerinde, 3,1 cm derinliğinde, diğeri 1,2x3,2 cm ölçülerinde, 2,8 cm derinliğinde iki dübel yuvası açılmıştır. Üstte farklı boyutlarda iki kanırtma yuvası vardır. Başlığın üst yüzeyinin tamamına anathyrosis işlenmiştir.

Proje kapsamında Stratonikeia Antik Kenti'nde yer alan 12 adet kurşun-demir örneği alınmıştır. Ancak alınan örneklerin birçoğu başka mimari düzene ait olduğundan ve kenet, duvar dübeli gibi farklı işleve hizmet ettiğinden Örnek 23 olarak adlandırılan SS1 (Stratonikeia Sütun 1) analiz kodlu numune Dor mimari düzeni kapsamında çalışılmıştır. Numuneye ait bilgi ve görseller Tablo 39'te yer almaktadır.

Tablo 39. Dor Mimariye Ait Numune Bilgileri

Stratonikeia Antik Kenti						
Tarih	**Malzeme Adı**	**Tür**	**Blok**	**Buluntu Yeri**	**Numune**	**Numune Kodu**
Augustus Dönemi	Demir	Dübel	Dorik Yivli Sütun Tamburu	Augustus Kutsal Alanının Batısındaki Tasnif Alanı, Dorik Portike Ait	Yüzey Buluntusu (Örnek 23)	SS1
						
SS1/Örnek 23			İşlem Öncesi, Ağırlık: 0,73		İşlem Sonrası, Ağırlık: 0,64	

Çalışma kapsamında incelenen örnek 23'ün bulunduğu Augustus Kutsal Alanının Batısındaki Tasnif Alanı "Dorik Portik" antik kentin kazı başkanı Prof. Dr. Bilal Söğüt (2013) tarafından T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü'nün Düzenlediği 36. Kazı Sonuçları Toplantısı'nda "Stratonikeia 2013 Yılı Çalışmaları" başlığı ile sunulmuştur. Sunulan bildiride Dorik Portik şu şekilde tanımlanmaktadır.

Dorik Portik

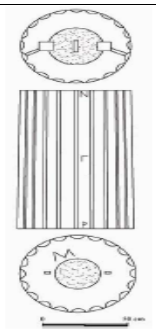
Kutsal alanın kuzey peribolos kazısı yapılırken Propylon'un hemen kuzeyinde, üst caveanın en üsteki oturma basamaklarının hemen güneyinde üst yüzeyleri ortaya çıkan mimarî blokların etrafı kazılmıştır. Dor düzenine ait üst yapı elemanları olduğu anlaşılan bu bloklar sütun tamburu, Dor başlıkları, arşitrav, triglif-metop ve kornişten oluşmaktadır. Blokların büyük çoğunluğu depremin etkisiyle düştüğü gibi ve genel olarak sağlam bulunmuştur. Böylece tiyatro ile Augustus-İmparatorlar Tapınağı'nın bulunduğu kutsal alanı birbirine bağlayan bu portik ortaya çıkarılmıştır. Portik, sahne binasından bakıldığında cavea ile birlikte iç bükey yay çizerek aynı açıda yerleştirilmiştir. Arazide bulunan 30 sütun tamburu Dorik yivli olup derin olmayan flutheslere ve arrislere sahiptir. Sütun tamburları üzerinde 20 yiv yer almaktadır. En batıda depremle düştüğü şekliyle bulunan üç sütun tamburunun yüksekliği 337,5 cm ölçülmüştür. Sütun yüksekliği in situ başlıkla beraber 359 cm'dir. Sütun alt çapları 51-54 cm arasında değişmekte olup sütun yüksekliğe oranı genel olarak 7,03 ile 6,64 m arasındadır (Şekil 74). Bu da portiğin sütun alt çapının sütun yüksekliğine oranının Hellenistik örneklere yakın yapıldığını göstermektedir.

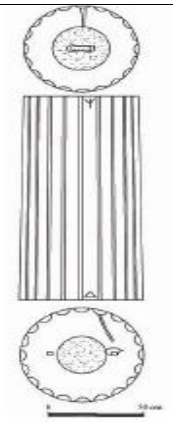
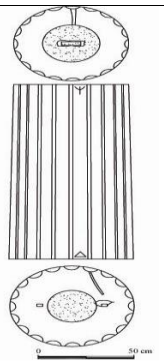
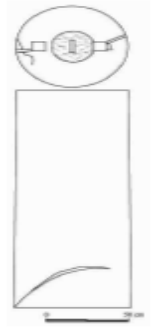


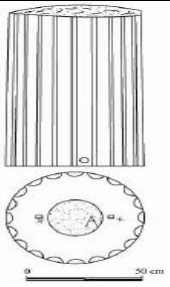
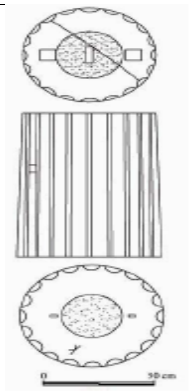
Şekil 74. Dorik Portik Blokların Buluntu Hali (Söğüt, 2013: 617)

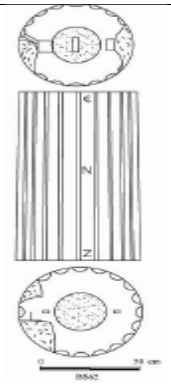
Stratonikeia Antik Kenti haricinde proje kapsamında incelenen Dor mimariye ait örnekler Lagina Kutsal Alanı'ndan alınmıştır. Literatürde Lagina Kutsal Alan'ındaki Dor düzen, Zeliha Gider tarafından 2005 yılında "Lagina'daki Dor Mimarisi" başlıklı yüksek lisans tezinde ele alınmıştır. Tez çalışmasında Batı Stoa, Kuzey Stoa, Doğu Stoa, Güney Stoa ve Bizans Yapısın'daki Dor mimarisine ait sütun tamburları ve başlıklar hakkında temel bilgi Tablo 40'ta verilmiştir.

Tablo 40. Dor Mimariye Ait Numune Bilgileri

1			**Bulunduğu Yer:** Batı Stoa **Envanter No:** 94S26 **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 1.21 m., Alt Çap: 0.68 m., Üst Çap: 0.63 m., Flt. Gen: 0.085 m., Flt. Der: 0.025 m., Arr. Gen: 0.015 m **Tanımı:** Ionik yivli, fluthesleri derin açılmıs sütun tamburudur. Üste, anathyrosis, ortasına 0.10x0.03 m. ölçülerinde kaldırma deligi ve her iki yanında 0.08x0.08 m. ölçülerinde kanallı zıvana oyukları işlenmistir.

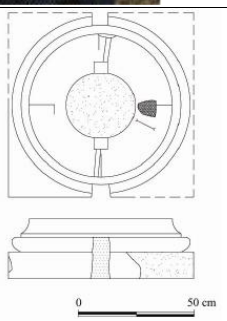
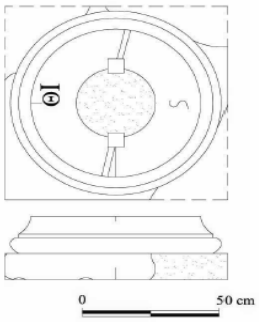
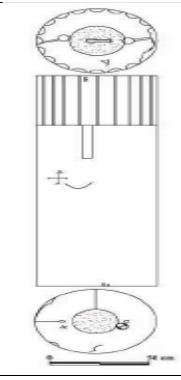
2			**Bulunduğu Yer:** Batı Stoa **Envanter No:** 94S27 **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 1.40 m., Alt Çap: 0.63 m., Üst Çap: 0.60 m., Flt. Gen: 0.085 m., Flt. Der: 0.025 m., Arr. Gen: 0.015 m. **Tanımı:** Ionik yivli, fluthesleri derin açılmış sütun tamburudur. Tambur alt kısmına anathyrosis ve her iki yanına 0.03x0.02 m. ölçülerinde dübel deliği işlenmiştir. Üstte, anathyrosis, ortasında 0.10x0.03 m. ölçülerinde kaldırma deliği vardır. Kaba yonu bölüm derin oyulmuş ve bir kenarından fluthese kadar devam eden kanal açılmıştır.
3			**Bulunduğu Yer:** Batı Stoa **Envanter No:** 94S27 **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 0.85 m., Flt. Gen: 0.085 m., Flt. Der: 0.025 m., Arr. Gen: 0.015 m. **Tanımı:** Ionik yivli, fluthesleri derin açılmış sütun tamburu parçasıdır. Alt kısmında 0.03x0.02 m. ölçülerinde tek dübel deliği, üst kısmında 0.10x0.03 m. ölçülerinde yarısı kırık kaldırma deliği ve 0.06x0.06 m. ölçülerinde kanallı zıvana oyuğu görülmektedir.
4			**Bulunduğu Yer:** Batı Stoa **Envanter No:** 94S31 **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 1.83 m., Üst Çap: 0.68 m. **Tanımı:** Yivsiz sütun tamburudur. Tambur üst kısmına anathyrosis, ortasına 0.10x0.03 m. ölçülerinde kaldırma deliği, her iki yanına 0.08x0.08 m. ölçülerinde kanallı zıvana oyukları işlenmiştir.
5			**Bulunduğu Yer:** Batı Stoa **Envanter No:** 01BS1 **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 1.64 m., Alt Çap: 0.63 m., Üst Çap: 0.61 m., Flt. Gen: 0.085 m., Flt. Der: 0.025 m., Arr. Gen: 0.015 m. **Tanımı:** Ionik yivli, fluthesleri derin açılmış sütun tamburudur. Tambur alt kısmına anathyrosis ve 0.03x0.02 m. ölçülerinde iki dübel deliği işlenmiştir. Üstte, anathyrosis, ortada 0.12x0.04 m. ölçülerinde kaldırma deliği ve her iki yanında 0.06x0.06 m. ölçülerinde kanallı zıvana oyukları görülmektedir.

7			**Bulunduğu Yer:** Batı Stoa **Envanter No:** BS3 **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 1.10 m., Alt Çap: 0.60 m., Flt. Gen: 0.085 m., Flt. Der: 0.025 m., Arr. Gen: 0.015 m. **Tanımı:** Ionik yivli, fluthesleri derin açılmış sütun tamburudur. Alta, anathyrosis ve 0.03x0.02 m. ölçülerinde iki dübel deliği işlenmiştir.
8			**Bulunduğu Yer:** Batı Stoa **Envanter No:** BS5A **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 1.54 m., Alt Çap: 0.64 m., Üst Çap: 0.61 m., Flt. Gen: 0.085 m., Flt. Der: 0.025 m., Arr. Gen: 0.015 m. **Tanımı:** Ionik yivli, fluthesleri derin açılmış sütun tamburudur. Tambur alt kısmına anathyrosis ve 0.03x0.02 m. ölçülerinde iki dübel deliği, üste ise, anathyrosis, ortasına 0.10x0.03 m. ölçülerinde kaldırma deliği ve her iki yanına 0.08x0.06 m. ölçülerinde kanallı zıvana oyukları işlenmiştir.
9			**Bulunduğu Yer:** Batı Stoa **Envanter No:** BS5B **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 0.92 m., Alt Çap: 0.63 m., Üst Çap: 0.61 m., Flt. Gen: 0.085 m., Flt. Der: 0.025 m., Arr. Gen: 0.015 m. **Tanımı:** Ionik yivli, fluthesleri derin açılmıs sütun tamburudur. Sütun tamburunun bir yüzünde 0.05x0.04 m. ölçülerinde bir oyukluk vardır. Tambur alt kısmına anathyrosis ve 0.03x0.02 m. ölçülerinde iki dübel deliği işlenmiştir. Üst kısmına, anathyrosis, ortasına 0.10x0.03 m. ölçülerinde kaldırma deliği ve her iki yanına 0.07x0.07 m. ölçülerinde kanallı zıvana oyukları işlenmiştir.
10			**Bulunduğu Yer:** Batı Stoa **Envanter No:** BS37 **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 1.52 m., Alt Çap: 0.68 m., Üst Çap: 0.63 m., Flt. Gen: 0.085 m., Flt. Der: 0.025 m., Arr. Gen: 0.015 m **Tanımı:** Ionik yivli, fluthesleri derin açılmış sütun tamburudur. Tambur alt kısmına anathyrosis ve 0.03x0.02 m. ölçülerinde iki dübel deliği, üst kısmına ise, anathyrosis, ortasına 0.10x0.03 m. ölçülerinde kaldırma deliği ve her iki yanına 0.07x0.06 m. ve 0.04x0.06 m. ölçülerinde kanallı zıvana oyukları işlenmiştir.
11			**Bulunduğu Yer:** Batı Stoa **Envanter No:** BS46 **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 1.32 m., Üst Çap: 0.62 m., Flt. Gen: 0.085 m., Flt. Der: 0.025 m., Arr. Gen: 0.015 m. **Tanımı:** Ionik yivli, fluthesleri derin açılmıs sütun tamburu parçasıdır. Sütun tamburunun üst kısmına anathyrosis, ortasına 0.10x0.03 m. ölçülerinde kaldırma deliği ve her iki yanına 0.05x0.05 m. ölçülerinde kanallı zıvana oyukları işlenmiştir.

12			**Bulunduğu Yer:** Batı Stoa **Envanter No:** BS56 **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 0.70 m., Üst Çap: 0.61 m., Flt. Gen: 0.085 m., Flt. Der: 0.025 m., Arr. Gen: 0.015 m. **Tanımı:** Ionik yivli, fluthesleri derin açılmıs sütun tamburu parçasıdır. Sütun tamburunun üst kısmına anathyrosis, ortasına 0.10x0.03 m. ölçülerinde kaldırma deliği ve her iki yanına 0.07x0.07 m. ölçülerinde kanallı zıvana oyukları işlenmiştir.
13			**Bulunduğu Yer:** Batı Stoa **Envanter No:** BS62 **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 1.26 m., Alt Çap: 0.62 m., Üst Çap: 0.60 m., Flt. Gen: 0.08 m., Flt. Der: 0.025 m., Arr. Gen: 0.015 m. **Tanımı:** Ionik yivli, fluthesleri derin açılmış sütun tamburudur. Tambur alt kısmına anathyrosis ve 0.03x0.02 m. ölçülerinde iki dübel deliği, üst kısmına ise, anathyrosis ile birlikte 0.10x0.03 m. ölçülerinde kaldırma deliği ve her iki yanına 0.08x0.08 m. ölçülerinde kanallı zıvana oyukları işlenmiştir.
14			**Bulunduğu Yer:** Kuzey Stoa **Tezdeki Katalog No:** KSST1 **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 1.80 m., Alt Çap: 0.62 m., Üst Çap: 0.59 m., Flt.Gen: 0.07 m., Flt.Der: 0.02 m., Arr.Gen: 0.02 m. **Tanımı:** Alt kısmında 1.42 m.lik bölümü yivsiz bırakılmış, üstte 0.38 m.lik bölümü Ionik tarzda yivlendirilmiş, fluthesler alt kısmı yuvarlak işlenmiştir. Üstte anathyrosis ve fluthese yakın açılmış 0.06x0.06 m. ölçülerinde kanallı zıvana oyukları vardır.
15			**Bulunduğu Yer:** Kuzey Stoa **Envanter No: -** **Tezdeki Katalog No:** KSST3 **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 0.89 m., Alt Çap: 0.56 m., Üst Çap: 0.52 m., Flt.Gen: 0.07 m., Flt.Der: 0.015 m., Arr.Gen: 0.015 m. **Tanımı:** Ionik yivli, fluthesleri derin açılmıs sütun tamburudur. Alta; anathyrosis ve 0.015x0.03 m. ölçülerinde **iki dübel** deliği işlenmiştir. 0.06x0.06 m. ölçülerinde iki kanallı **zıvana oyuğu** görülmektedir.
16			**Bulunduğu Yer:** Kuzey Stoa **Tezdeki Katalog No:** KSST4 **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 2.345 m., Alt Çap: 0.62 m., Üst Çap: 0.57 m., Flt.Gen: 0.07 m., Flt.Der: 0.02 m., Arr.Gen: 0.02 m. **Tanımı:** Alt kısmında 1.365 m.lik bölümü yivsiz bırakılmıs, üstte 0.98 m.lik bölümü Ionik tarzda yivlendirilmiş. Tambur alt kısmında anathyrosis ve 0.015x0.03 m. ölçülerinde iki dübel deliği, üst kısmında ise anathyrosis ile birlikte 0.06x0.06 m. ölçülerinde iki kanallı zıvana oyuğu görülmektedir.

17		**Bulunduğu Yer:** Kuzey Stoa **Tezdeki Katalog No:** KSST5 **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 1.35 m., Alt Çap: 0.57 m., Üst Çap: 0.54 m., Flt.Gen: 0.07 m., Flt.Der: 0.02 m., Arr.Gen: 0.015 m. **Tanımı:** Ionik yivli, fluthesleri derin açılmış sütun tamburudur. Alta anathyrosis ve 0.015x0.03 m. ölçülerinde iki dübel deliği işlenmiştir. Her iki yanına 0.06x0.06 m. ölçülerinde zıvana oyukları işlenmiştir
18		**Bulunduğu Yer:** Kuzey Stoa **Tezdeki Katalog No:** KSST6 **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 1.14 m., Alt Çap: 0.56 m., Üst Çap: 0.52 m., Flt.Gen: 0.065 m., Flt.Der: 0.02 m., Arr.Gen: 0.02 m. **Tanımı:** Ionik yivli, fluthesleri derin açılmış sütun tamburudur. Alta anathyrosis ve 0.015x0.03 m. ölçülerinde iki dübel deliği işlenmiştir. Üstte anathyrosis ve fluthese yakın açılmış 0.05x0.04 m. ölçülerinde iki kanallı zıvana oyuğu görülmektedir.
19		**Bulunduğu Yer:** Kuzey Stoa **Tezdeki Katalog No:** KSST7 **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 1.625 m., Alt Çap: 0.62 m., Flt. Gen: 0.07 m., Flt. Der: 0.025 m., Arr. Gen: 0.02 m. **Tanımı:** Altta 1.365 m.lik bölümü yivsiz bırakılmıs, üstte 26 m.lik bölümü Ionik tarzda yivlendirilmiştir. Alt kısmına anathyrosis, 0.015x0.03 m. ölçülerinde iki dübel deliği işlenmiştir.
20		**Bulunduğu Yer:** Kuzey Stoa **Tezdeki Katalog No:** KSST8 **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 1.30 m., Alt Çap: 0.57 m., Üst Çap: 0.55 m., Flt. Gen: 0.07 m., Flt. Der: 0.025 m., Arr. Gen: 0.02 m. **Tanımı:** Ionik yivli, fluthesleri derin açılmış sütun tamburudur. Alta anathyrosis ve 0.015x0.03 m. ölçülerinde iki dübel deliği, üste anathyrosis ve 0.07x0.07 m. ölçülerinde iki kanallı zıvana oyuğu işlenmiştir.
21		**Bulunduğu Yer:** Kuzey Stoa **Tezdeki Katalog No:** KSST9 **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 1.45 m., Alt Çap: 0.55 m., Üst Çap: 0.53 m., Flt. Gen: 0.07 m., Flt. Der: 0.02 m., Arr. Gen: 0.015 m. **Tanımı:** Ionik yivli, fluthesleri derin açılmıs sütun tamburudur. Alta anathyrosis ve 0.015x0.03 m. ölçülerinde iki dübel deliği işlenmiştir. Üstte anathyrosis ve 0.05x0.04 m. ölçülerinde, fluthese yakın açılmış iki kanallı zıvana oyuğu görülmektedir.
22		**Bulunduğu Yer:** Doğu Stoa **Tezdeki Katalog No:** DSSK1 **İşlevi:** Sütun Kaidesi **Ölçüleri:** Yük: 0.26 m., Üst Çap: 0.62 m., Pln.Yük: 0.11 m. **Tanımı:** Plinte-torus ve apophyge kısmından oluşmaktadır. Plintenin alt kısmında 0.03x0.02 m. ölçülerinde dübel deliği vardır

23		**Bulunduğu Yer:** Doğu Stoa **Tezdeki Katalog No:** DSST1 **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 2.15 m., Alt Çap: 0.62 m., Üst Çap: 0.60 m., Flt. Gen: 0.08 m., Flt. Der: 0.025 m., Arr. Gen: 0.015 m. **Tanımı:** Altta 1.50 m.lik bölümü yivsiz bırakılmış, üst kısmı Ionik tarzda yivlendirilmiş, yivlerin alt kısmı düz kesilmiştir. Üste, anathyrosis, 0.12x0.025 m. ölçülerinde kaldırma deliği ve 0.06x0.06 m. ölçülerinde iki kanallı zıvana oyuğu işlenmiştir.
24		**Bulunduğu Yer:** Doğu Stoa **Tezdeki Katalog No:** DSST2 **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 1.92 m., Alt Çap: 0.62 m., Üst Çap: 0.60 m., Flt. Gen: 0.08 m., Flt. Der: 0.025 m., Arr. Gen: 0.015 m. **Tanımı:** Altta 1.54 m.lik bölümü yivsiz bırakılmış, üstte 0.38 m.lik bölümü Ionik tarzda yivlendirilmiş, yivlerin alt kısmı düz kesilmiştir. Alta anathyrosis ve 0.025x0.025 m. ölçülerinde iki dübel deliği islenmiştir.
25		**Bulunduğu Yer:** Doğu Stoa **Tezdeki Katalog No:** DSST3 **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 1.80 m., Alt Çap: 0.62 m., Üst Çap: 0.60 m., Flt. Gen: 0.08 m., Flt. Der: 0.025 m., Arr. Gen: 0.015 m. **Tanımı:** Altta 1.40 m.lik bölümü yivsiz bırakılmış, üstte 0.40 m.lik bölümü Ionik tarzda yivlendirilmiş, yivlerin alt kısmı düz kesilmiştir. Alta anathyrosis ve 0.025x0.025 m. ölçülerinde iki dübel deliği işlenmiştir. Ortada pergel deliği belirgindir.
26		**Bulunduğu Yer:** Doğu Stoa **Tezdeki Katalog No:** DSST4 **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 2.14 m., Üst Çap: 0.60 m., Flt. Gen: 0.08 m., Flt. Der: 0.025 m., Arr. Gen: 0.015 m. **Tanımı:** Altta 1.54 m.lik bölümü yivsiz bırakılmış, üstte 0.60 m.lik bölümü Ionik tarzda yivlendirilmiş, yivlerin alt kısmı düz kesilmiştir. Üste, anathyrosis, 12x0.025 m. ölçülerinde kaldırma deliği ve her iki yanına 0.06x0.06 m. ölçülerinde kanallı zıvana oyukları işlenmiştir.
27		**Bulunduğu Yer:** Doğu Stoa **Tezdeki Katalog No:** **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 1.17 m., Alt Çap: 0.60 m., Üst Çap: 0.565 m. **Tanımı:** Alta anathyrosis ve 0.015x0.03 m. ölçülerinde iki dübel deliği, üste anathyrosis ve 0.065x0.05 m. ölçülerinde iki kanallı zıvana oyuğu işlenmiştir.

28			**Bulunduğu Yer:** Doğu Stoa **Tezdeki Katalog No:** DSB1 **İşlevi:** Sütun Başlığı **Ölçüleri:** Stn. Alt Çap: 0.51 m., Stn.Yük: 0.10 m., Ekh. Yük: 0.05 m., Abk.Yük: 0.085 m., Abk.Gen: 0.71 m. **Tanımı:** Sütun tamburunun üst kısmı ile birlikte yapılmıstır. Kenarlarda ve köselerde kırıklar vardır. Alta, anathyrosis ve 0.025x0.025 m. ölçülerinde iki dübel deliği işlenmiştir.
29			**Bulunduğu Yer:** Güney Stoa **Tezdeki Katalog No:** GSB1 **İşlevi:** Sütun Başlığı **Ölçüleri:** Yük: 0.27 m., Abk. Gen: 0.71 m., Alt Çap: 0.51 m. **Tanımı:** Alta anathyrosis ve 0.025x0.025 m. ölçülerinde iki dübel deliği işlenmiştir.
30			**Bulunduğu Yer:** Bizans Yapısı **Envanter No:** 99A4 **İşlevi:** Sütun Kaidesi **Ölçüleri:** Yük: 0.26 m., Üst Çap: 0.62 m., Pln.Gen: 0.80 m., Pln.Yük: 0.115 m. **Tanımı:** Apopthygenin yüzeyi kazıma çizgilerle dört eşit parçaya bölünmüş, anathyrosis ve 0.05x0.05 m. ölçülerinde iki kanallı zıvana oyuğu işlenmiştir.
31			**Bulunduğu Yer:** Bizans Yapısı **Envanter No:** 99A8 **İşlevi:** Sütun Kaidesi **Ölçüleri:** Yük: 0.265 m., Üst Çap: 0.62 m., Pln. Gen: 0.81 m., Pln. Yük: 0.11 m., **Tanımı:** Plinthe-torus ve apopthygeden oluşmaktadır. Apopthygenin yüzeyi kazıma çizgilerle dört eşit parçaya ayrılmış, anathyrosis ve 0.06x0.06 m. ölçülerinde iki kanallı zıvana oyuğu işlenmiştir.
32			**Bulunduğu Yer:** Bizans Yapısı **Envanter No:** 99A9 **İşlevi:** Sütun Tamburu **Ölçüleri:** Yük: 2.00 m., Alt Çap: 0.62 m., Üst Çap: 0.60 m., Flt. Gen: 0.08 m., Flt. Der: 0.035 m., Arr. Gen: 0.012 m. **Tanımı:** Tambur alt yüzeyi kazıma çizgilerle dört eşit parçaya ayrılmış, anathyrosis ve 0.025x0.025 m. ölçülerinde iki dübel deliği işlenmiştir. Üstte, anathyrosis, 0.115x0.02 m. ölçülerinde kaldırma deliği ve her iki yanında 0.06 m. çapında kanallı zıvana oyukları yer almaktadır.

Proje kapsamında Lagina Kutsal Alan'dan 21 adet kurşun-demir örneği alınmıştır. Ancak alınan örneklerin birçoğu başka mimari düzene ait olduğundan ve kenet, duvar dübeli gibi farklı işleve hizmet ettiğinden Örnek 16, Örnek 18 ve Örnek 19 olarak adlandırılan numuneler Dor

mimari düzeni kapsamında çalışılmıştır. Numunelere ait bilgi ve görseller Tablo 41, Tablo 42 ve Tablo 43'de yer almaktadır.

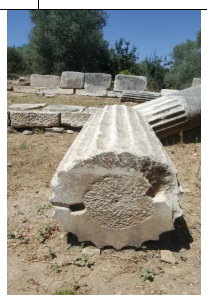
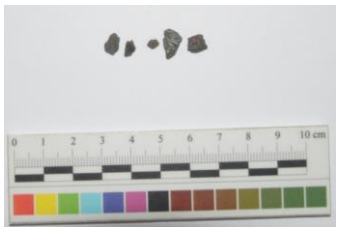
Tablo 41. Dor Mimariye Ait Numune Bilgileri

Lagina Kutsal Alan: Kuzey Stoa						
Tarih	**Malzeme Adı**	**Tür**	**Blok**	**Buluntu Yeri**	**Numune**	**Numune Kodu**
Augustus Dönemi	Kurşun-Demir	Dübel	Alt Kısmı Yivsiz Üst Kısmı ionik Yivli Sütun Tamburu	Kuzey Stoanın Güneyindeki Tasnif Alanı, Doğudan Batıya Doğru 6. Sütun Tamburu	Örnek 16	LS4 (Lagina Sütun 4)
						
LS4/Örnek 16 **Açıklama:** Çift dübel.			İşlem Öncesi, Ağırlık: A-25,43 B-3,83 C-2,47 LS4.1 (Pb), LS4.2 (Fe)		İşlem Sonrası, Ağırlık: A-24,59 B-3,47 C-2,25 LS4.1 (Pb), LS4.2 (Fe)	

Tablo 42. Dor Mimariye Ait Numune Bilgileri

Lagina Kutsal Alan: Kuzey Stoa						
Tarih	**Malzeme Adı**	**Tür**	**Blok**	**Buluntu Yeri**	**Numune**	**Numune Kodu**
Augustus Dönemi	Kurşun	Dübel	İonik Yivli Sütun Tamburu	Kuzey Stoanın Güneydoğusundaki Tasnif Alanı	Örnek 18	LS5 (Lagina Sütun 5)
						
LS5/Örnek 18			İşlem Öncesi, Ağırlık: 19,01		İşlem Sonrası, Ağırlık: 18,63	

Tablo 43. Dor Mimariye Ait Numune Bilgileri

Lagina Kutsal Alan: Kuzey Stoa						
Tarih	**Malzeme Adı**	**Tür**	**Blok**	**Buluntu Yeri**	**Numune**	**Numune Kodu**
Augustus Dönemi	Demir	Dübel	İonik Yivli Sütun Tamburu	Kuzey Stoanın Güneydoğusundaki Tasnif Alanı	Örnek 19	LS6 (Lagina Sütun 6)
						
LS6/Örnek 19			İşlem Öncesi, Ağırlık: 0,61		İşlem Sonrası, Ağırlık: 0,56	

Proje kapsamında Lagina Kutsal Alanı'ndan örnek alınan sütunların çaplarına dair bilgiler aşağıda yer almaktadır. Stratonikeia Antik Kenti ve Lagina Kutsal Alanı'ndaki numunelere ait bilgiler Tablo 44'te verilmiştir. Sonrasında toplanan örneklerle ilgili detaylar ve çizimler bulunmaktadır. Tablo 45'te de sütun verileri karşılaştırılmıştır.

Tablo 44. Stratonikeia Antik Kenti ve Lagina Kutsal Alanı'ndaki Sütunlardan Alınan Numunelere Ait Genel Bilgi

Kod/Örnek	***Malzeme***	***Sütun Yüksekliği***	***Tambur Yüksekliği***	***Sütun Alt Çap***	***Sütun Üst Çap***	***Dübel***	***Dübel Boyutu***	***Zıvana Boyutu***
SS1/Ör.23	Fe	359 cm	Üç tambur yük.: 337, 5 cm	51-54 cm	-	-	-	-
LS4/Ör.16	Fe, Pb	-	Tek tambur yük: 178, 3 cm	61 cm	53,3 cm	-	-	Sütunun her iki yanında kanallı, Ölçü:5x3 cm Derinlik: 3,4 cm
LS5/Ör.18	Fe, Pb	-	140, 1 cm	-	-	Çift	Ölçü:1,5x4 cm Derinlik: 3,6 cm	Sütunun her iki yanında kanallı, Ölçü: 9x6,5 cm Derinlik: 4,7 cm
LS6/Ör.19	Fe, Pb		181, 3 cm			Çift:	Ölçü: 4x2 cm Derinlik: 3,1 cm /3 cm	Sütunun her iki yanında kanallı Derinlik: 4,2 cm/ 3,8 cm Ölçü: 6×4 cm /6,5x4,8 cm

Numune. No: Örnek 16

Kat. No: 120

Kazı Env. No: 10KS32

Adı: Sütun Tamburu

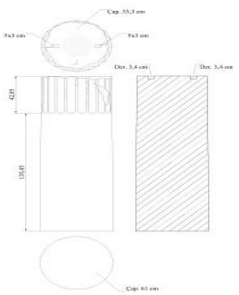
Bulunduğu Yer:

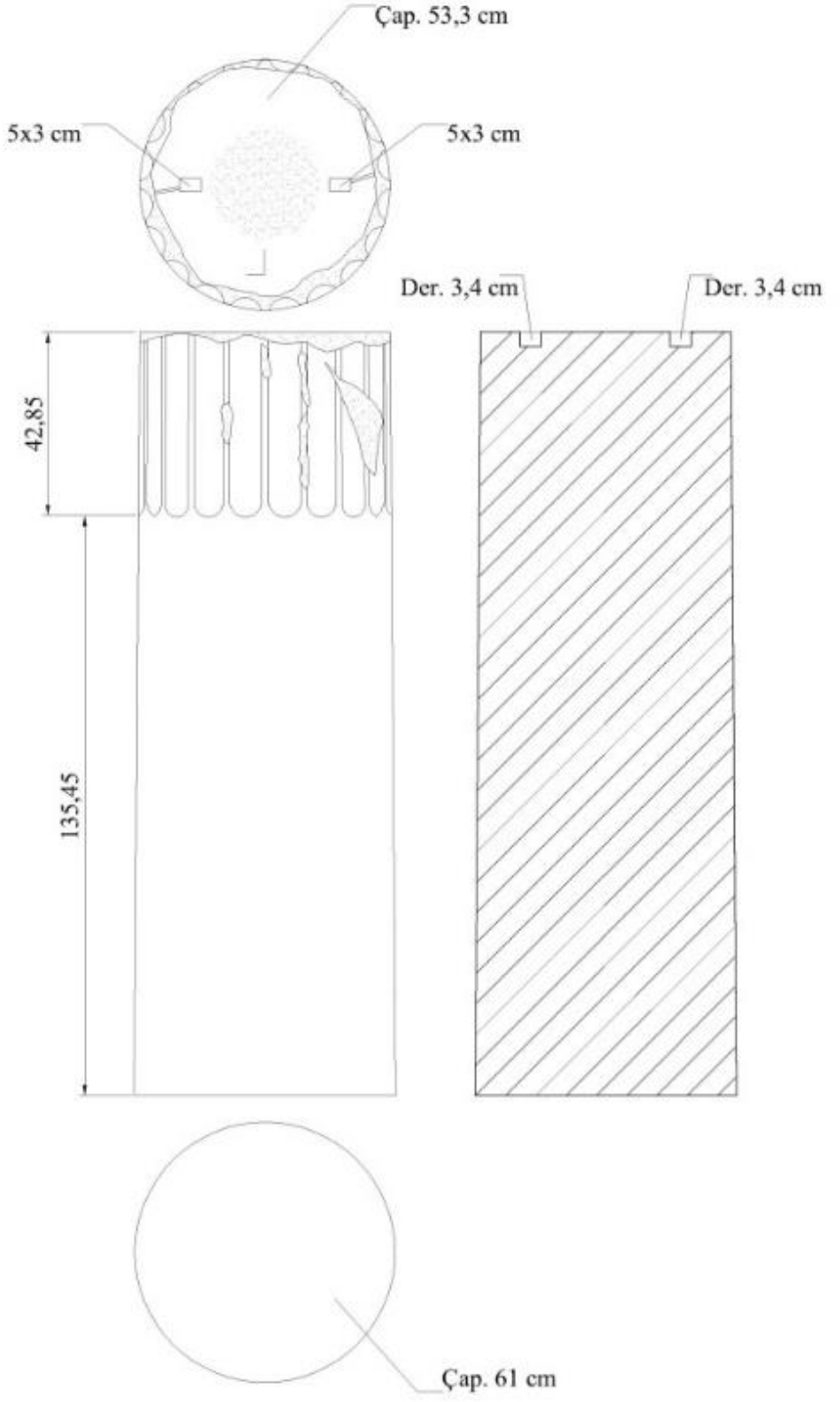
Ölçüleri: Yük: 178,3 cm, Alt Çap: 61 cm, Üst Çap: 53,3 cm (Yiv), Kull. Yük: 135 cm, Yiv Der: 2,6 cm, Yiv Gen: 7,5 – 7,7 cm, Arr. Gen: 1,5 – 1,7 cm.

Tanımı: Kuzey Stoa'da yapılan kazı çalışmalarında bulunmuştur. Kuzey Stoa'nın kuzeydoğu köşesine yakın tasnif alanının önünde dik durmaktadır. Kenarlarında kırıklar, yüzeyinde aşınmalar vardır. Altta 135 cm'lik kısmı silindirik, geri kalan 43,3 cm'lik kısmı 20 ionik yivlidir. Yivler geniş ve kısmen derin, arrisler bant şeklinde belirgin işlenmiştir. Üst yüzeyinde 25,5 cm çapındaki alana anathyrosis işlenmiş, anathyrosisin her iki yanında 5x3 cm ölçülerinde, 3,4 cm derinliğinde kanallı zıvana yuvaları açılmıştır. Tamburun üst yüzeyine ters 'Γ' harfi kazınmıştır.








Çap. 53,3 cm
5x3 cm
5x3 cm
Der. 3,4 cm
Der. 3,4 cm
42,85
135,45
Çap. 61 cm

Numune. No: Örnek 18

Kat. No: 140

Kazı Env. No: 10KS80

Adı: Sütun Tamburu

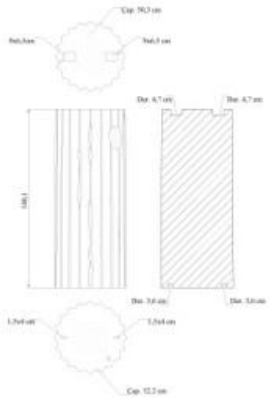
Bulunduğu Yer:

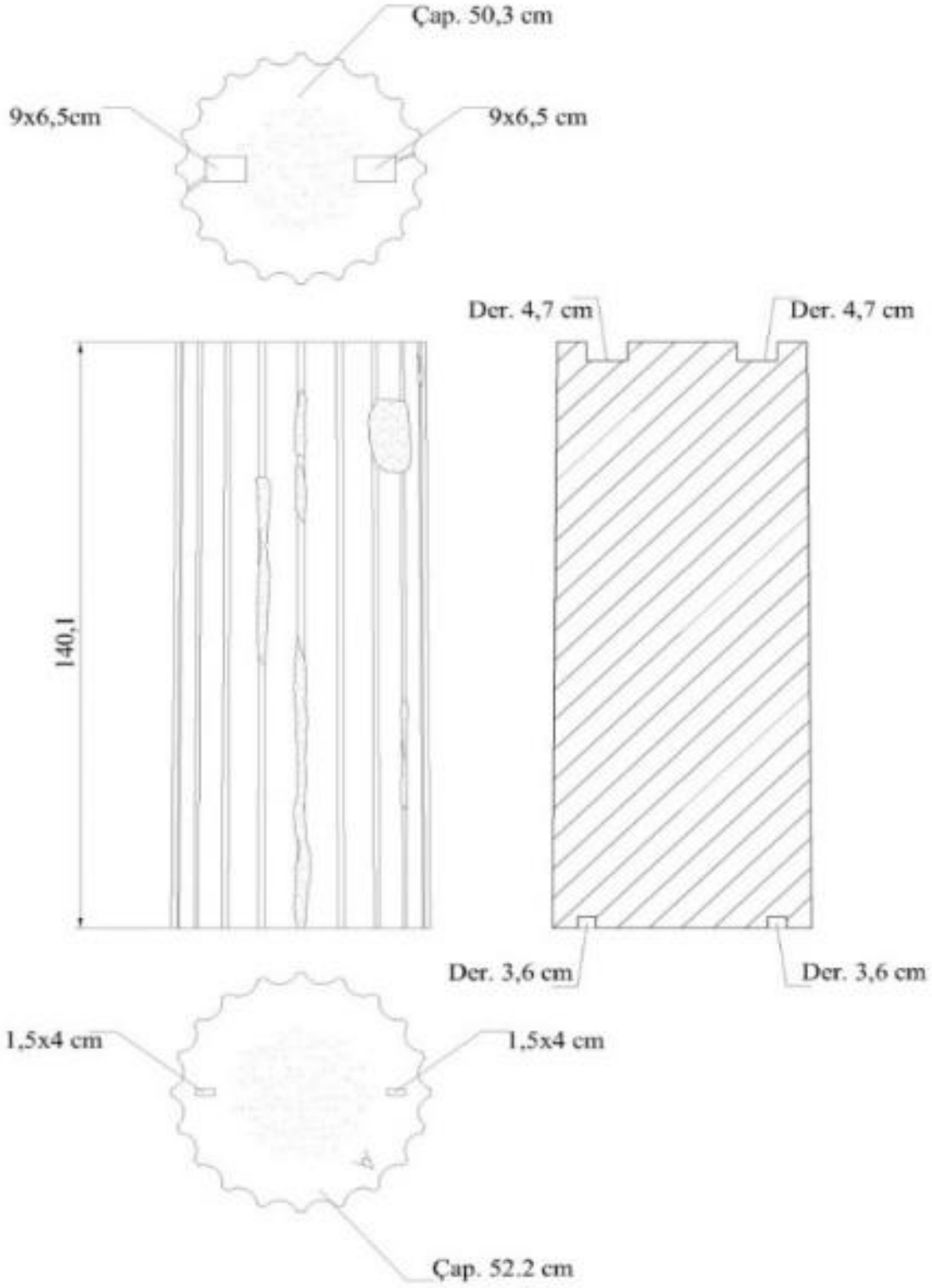
Ölçüleri: Yük: 140,1 cm, Alt Çap: 52,2 cm (Yiv), Üst Çap: 50,3 cm (Yiv), Yiv Der: 2,4 cm, Yiv Gen: 8 cm, Arr. Gen: 1,5 cm

Tanımı: Kuzey Stoa'da yapılan kazı çalışmalarında kuzeydoğu köşeye yakın alanda, depremde düştüğü şekilde bulunmuştur. Kenarlarında kırıklar, yüzeyinde aşınmalar vardır. 20 ionik yivlidir, yivler geniş ve kısmen derin, arrisler bant şeklinde belirgin işlenmiştir. Tamburun yivli yüzeyinde, üst yüzeye yakın kısmında biri 7x8 cm, ölçülerinde, 3,1 cm, derinliğinde, diğeri 16x8 cm, ölçülerinde, 4 cm, derinliğinde iki adet oyuk vardır. Alt yüzeyde, 31 cm, çapındaki alana anathyrosis işlenmiştir. Anathyrosisin her iki yanında, 1,5x4 cm, ölçülerinde, 3,6 cm derinliğinde olan iki adet dübel yuvası ve aynı yüzeyde 'A' harfi vardır. Üstte 30 cm, çapındaki alana anathyrosis işlenmiş, anathyrosisin her iki yanına 9x6,5 cm, ölçülerinde, 4,7 cm derinliğinde kanallı zıvana yuvaları açılmıştır.








Çap. 50,3 cm
9x6,5cm
9x6,5 cm
Der. 4,7 cm
Der. 4,7 cm
140,1
Der. 3,6 cm
Der. 3,6 cm
1,5x4 cm
1,5x4 cm
Çap. 52.2 cm

Numune. No: Örnek 19

Kat. No: 36

Kazı Env. No: 10KS79

Adı: Sütun Tamburu

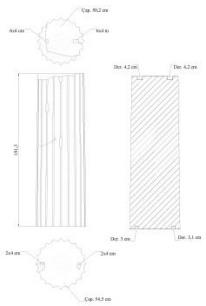
Bulunduğu Yer:

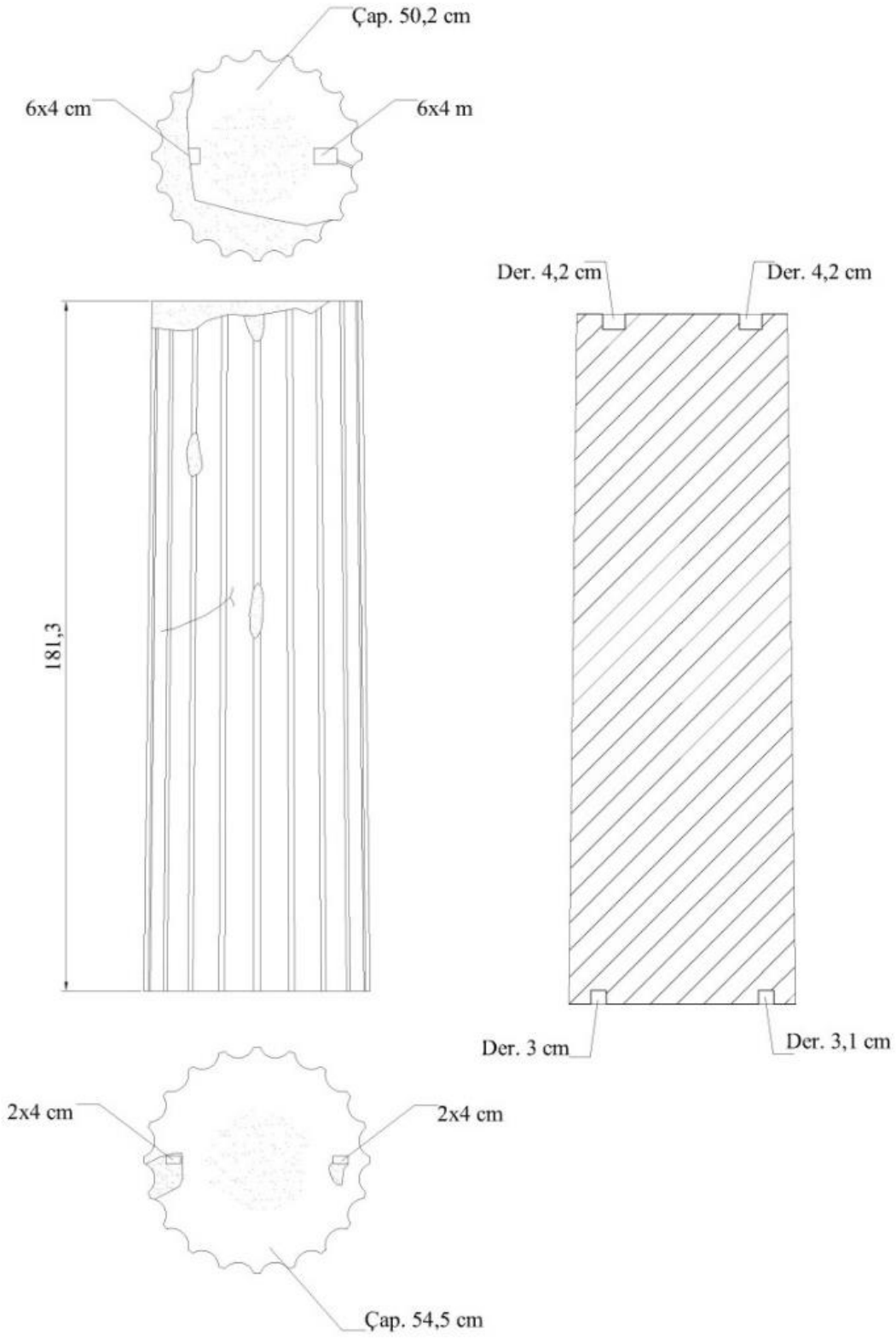
Ölçüleri: Yük: 181,3 cm, Alt Çap: 54,5 cm (Yiv), Üst Çap: 50,2 cm (Yiv), Yiv Der: 2,5 cm, Yiv Gen: 7,5 cm, Arr. Gen: 1,6 cm

Tanımı: Kuzey Stoa'da yapılan kazı çalışmalarında Koranza kapısının ve kuzeydoğu köşesinin arasında, depremde düştüğü şekilde bulunmuştur. Kenarlarında kırıklar, yüzeyinde ve arrislerde aşınmalar vardır. Bloğun yüzeyinde biri, 7x5 cm ölçülerinde, 5,2 cm derinliğinde diğeri, 3x2,5 cm ölçülerinde, 5,2 cm derinliğinde oyuklar vardır. Tamburun alt yüzeyinde "AΦ" harfleri vardır. Altta, 27 cm çapındaki alana anathyrosis işlenmiştir. Anathyrosisin her iki yanında biri, 4x2 cm ölçülerinde, 3 cm derinliğinde diğeri,4x2 cm ölçülerinde, 3,1 cm derinliğinde olan iki dübel yuvası vardır. Üstte 29 cm çapındaki alana anathyrosis işlenmiş, anathyrosisin her iki yanında biri, 6x4 cm ölçülerinde, 4,2 cm derinliğinde diğeri, 6,5x4,8 cm ölçülerinde, 3,8 cm derinliğinde kanallı zıvana yuvaları açılmıştır.








Çap. 50,2 cm
6x4 cm
6x4 m
Der. 4,2 cm
Der. 4,2 cm
181,3
Der. 3 cm
Der. 3,1 cm
2x4 cm
2x4 cm
Çap. 54,5 cm

Tablo 45. Sütun Özelliklerinin Karşılartırılması

NUMUNE KODU		İŞLEV	DÖNEM	ALT ÇAP	ÜST ÇAP	YÜKSEKLİK	DÜBEL	DÜB. ÖLÇÜ	DÜB. DER.	ZIVANA	ZIV. ÖLÇÜ	ZIV. DER.	ABAKUS GEN.	ABAKUS YÜK.	EKHINUS YÜK.	KALDIRMA DELİĞİ
SS1	**ÖR.23**	Tambur	Augustus MS.1.yy	51-54 cm	-	359 cm Sütun Yükseliği	-	-	-	-		-	-	-	-	-
LS4	**ÖR.16**	Tambur	Augustus MS.1.yy	61 cm	53,3 cm	178,3 Tek tambur	-	-	-	Çift Kanallı	5x3 cm	3,4 cm	-	-	-	-
LS5	**ÖR.18**	Tambur	Augustus MS.1.yy	52,2 cm	50,3 cm	140,1 cm Tek tambur	Çift	1,5x4 cm	3,6 cm	Çift Kanallı	9x6,5 cm	4,7 cm	-	-	-	-
-L-S6	**ÖR.19**	Tambur	Augustus MS.1.yy	54,5 cm	50,2 cm	181,3 cm Tek tambur	Çift	4x2 cm	3,1 cm /3 cm	Çift Kanallı	6×4 cm /6,5x4,8 cm	4,2 cm/ 3,8 cm	-	-	-	-
STRATONİKEİA ANTİK KENTİ																
ENV.NO	**KTG.NO**	**İŞLEV**	**DÖNEM**	**ALT ÇAP**	**ÜST ÇAP**	**YÜKSEKLİK**	**DÜBEL**	**DÜB. ÖLÇÜ**	**DÜB. DER.**	**ZIVANA**	**ZIV. ÖLÇÜ**	**ZIV. DER.**	**ABAKUS GEN.**	**ABAKUS YÜK.**	**EKHINUS YÜK.**	**KALDIRMA DELİĞİ**
10STY132	-	Tambur	Augustus MS.1.yy	-	43,5 cm	97 cm Tek tambur	-	-	-	Çift yuvalı	5x6 cm	3,5 cm 4 cm	-	-	-	-
-	-	Dor Başlığı 1	Augustus MS.1.yy	45 cm	-	21,7 cm	-	-	-	-	-	-	56 cm	6,5 cm	4,3 cm	-
-	-	Dor Başlığı 2	Augustus MS.1.yy	41,7 cm	-	23 cm	-	-	--	-	-	-	51,5 cm	6,5 cm	4,6 cm	-
-	-	Pseudo Sütun	Augustus MS.1.yy	53,2 cm	50 cm	173,5 cm	-	-	-	--	-	-	-	-	-	-
-	-	Sütun	Augustus MS.1.yy	64 cm	51,5 cm	379 cm	-	-	-	--	-	-	-	-	-	-
09SKC75	-	Sütun Başlığı	Augustus MS.1.yy	51,5 cm		29 cm	Çift	1,5x3,5 cm 1,2x3,2 cm	3,1 cm 2,8 cm	--	-	-	67,1 cm	8 cm	9 cm	-
NUMUNE KODU		**İŞLEV**	**DÖNEM**	**ALT ÇAP**	**ÜST ÇAP**	**YÜKSEKLİK**	**DÜBEL**	**DÜB. ÖLÇÜ**	**DÜB. DER.**	**ZIVANA**	**ZIV. ÖLÇÜ**	**ZIV. DER.**	**ABAKUS GEN.**	**ABAKUS YÜK.**	**EKHINUS YÜK.**	**KALDIRMA DELİĞİ**
SS1	**ÖR.23**	Tambur	Augustus MS.1.yy	51-54 cm	-	359 cm Sütun Yükseliği	-	-	-	-		-	-	-	-	-
LS4	**ÖR.16**	Tambur	Augustus MS.1.yy	61 cm	53,3 cm	178,3 Tek tambur	-	-	-	Çift Kanallı	5x3 cm	3,4 cm	-	-	-	-
LS5	**ÖR.18**	Tambur	Augustus MS.1.yy	52,2 cm	50,3 cm	140,1 cm Tek tambur	Çift	1,5x4 cm	3,6 cm	Çift Kanallı	9x6,5 cm	4,7 cm	-	-	-	-
LS6	**ÖR.19**	Tambur	Augustus MS.1.yy	54,5 cm	50,2 cm	181,3 cm Tek tambur	Çift	4x2 cm	3,1 cm /3 cm	Çift Kanallı	6×4 cm /6,5x4,8 cm	4,2 cm/ 3,8 cm	-	-	-	-

LAGİNA KUTSAL ALAN

ENV.NO	KTG.NO	İŞLEV	DÖNEM	ALT ÇAP	ÜST ÇAP	YÜKSEKLİ	DÜBEL	DÜB. ÖLÇÜ	DÜB. DER.	ZIVANA	ZIV. ÖLÇÜ	ZIV. DER.	ABAKUS GEN.	ABAKUS YÜK.	EKHINUS YÜK.	KALDIRMA DELİĞİ
94S26	-	Tambur	Augustus MS.1.yy	0.68 m	0.63 m	1.21 m (Tek tambur)	-	-	-	Çift kanallı	0.08x0.08	-	-	-	-	0.10x0.03 m
94S27	-	Tambur	Augustus MS.1.yy	0.63 m	0.60 m	1.40 m (Tek tambur)	Çift	0.03x0.02 m	-	-	-	-	-	-	-	0.10x0.03 m.
94S27	-	Tambur	Augustus MS.1.yy	-	-	0.85 m. (Tek tambur)	Tek	0.03x0.02 m.		Kanallı	0.06x0.06 m	-	-	-	-	0.10x0.03 m
94S31	-	Tambur	Augustus MS.1.yy	-	0.68 m.	1.83 m. (Tek tambur)	-	-	-	Kanallı	0.08x0.08 m	-	-	-	-	0.10x0.03 m
01BS1	-	Tambur	Augustus MS.1.yy	0.63 m.	0.61 m.	1.64 m (Tek tambur)	Çift	0.03x0.02 m		Çift kanallı	0.06x0.06 m	-	-	-	-	0.12x0.04 m
BS3	-	Tambur	Augustus MS.1.yy	0.60 m	-	1.10 m (Tek tambur)	Çift	0.03x0.02 m.	-	-	-	-	-	-	-	-
BS5A	-	Tambur	Augustus MS.1.yy	0.64 m	0.61 m	1.54 m.	Çift	0.03x0.02 m	-	Çift kanallı	0.08x0.06 m	-	-	-	-	0.10x0.03 m.
BS5B		Tambur	Augustus MS.1.yy	0.63 m.	0.61 m.	0.92 m.	Çift	0.03x0.02 m.	-	Çift kanallı	0.07x0.07 m	-	-	-	-	0.10x0.03 m
BS37	-	Tambur	Augustus MS.1.yy	0.68 m	0.63 m	1.52 m	Çift	0.03x0.02 m.	-	Çift kanallı	0.07x0.06 m. 0.04x0.06 m.	-	-	-	-	0.10x0.03 m

NUMUNE KODU		İŞLEV	DÖNEM	ALT ÇAP	ÜST ÇAP	YÜKSEKLİK	DÜBEL	DÜB. ÖLÇÜ	DÜB. DER.	ZIVANA	ZIV. ÖLÇÜ	ZIV. DER.	ABAKUS GEN.	ABAKUS YÜK.	EKHINUS YÜK.	KALDIRMA DELİĞİ
SS1	**ÖR.23**	Tambur	Augustus MS.1.yy	51-54 cm	-	359 cm Sütun Yükseliği	-	-	-	-		-	-	-	-	-
LS4	**ÖR.16**	Tambur	Augustus MS.1.yy	61 cm	53,3 cm	178,3 Tek tambur	-	-	-	Çift Kanallı	5x3 cm	3,4 cm	-	-	-	-
LS5	**ÖR.18**	Tambur	Augustus MS.1.yy	52,2 cm	50,3 cm	140,1 cm Tek tambur	Çift	1,5x4 cm	3,6 cm	Çift Kanallı	9x6,5 cm	4,7 cm	-	-	-	-
LS6	**ÖR.19**	Tambur	Augustus MS.1.yy	54,5 cm	50,2 cm	181,3 cm Tek tambur	Çift	4x2 cm	3,1 cm /3 cm	Çift Kanallı	6×4 cm /6,5x4,8 cm	4,2 cm/ 3,8 cm	-	-	-	-

LAGİNA KUTSAL ALAN

ENV.NO	KTG.NO	İŞLEV	DÖNEM	ALT ÇAP	ÜST ÇAP	YÜKSEKLİK	DÜBEL	DÜB. ÖLÇÜ	DÜB. DER.	ZIVANA	ZIV. ÖLÇÜ	ZIV. DER.	ABAKUS GEN.	ABAKUS YÜK.	EKHINUS YÜK.	KALDIRMA DELİĞİ
BS46	-	Tambur	Augustus MS.1.yy	-	0.62 m	1.32 m (Tek tambur)	-	-	-	Çift Kanallı	0.05x0.05 m	-	-	-	-	0.10x0.03 m.
BS62		Tambur	Augustus MS.1.yy	0.62 m	0.60 m	1.26 m Tek tambur	Çift	0.03x0.02 m	-	Çift Kanallı	0.08x0.08 m	-	-	-	-	0.10x0.03 m
-	KSST1	Tambur	Augustus MS.1.yy	0.62 m.,	0.59 m	1.80 m. Tek tambur	-	-	-	Çift Kanallı	0.06x0.06 m.	-	-	-	-	-
-	KSST4	Tambur	Augustus MS.1.yy	0.62 m	0.57 m	2.345 m Tek tambur.	Çift	0.015x0.03 m	-	Çift Kanallı	0.06x0.06	-	-	-	-	-

-	KSST5	Tambur	Augustus MS.1.yy	0.57 m	0.54 m	1.35 m Tek tambur.	Çift	0.015x0 .03 m	-	Çift kanallı	0.06x0.06 m.	-	-	-	-	-
-	KSST6	Tambur	Augustus MS.1.yy	0.56 m	0.52 m	1.14 m Tek tambur	Çift	0.015x0 .03 m	-	Çift kanallı	0.05x0.04	-	-	-	-	-
-	KSST7	Tambur	Augustus MS.1.yy	0.62 m	-	1.625 m Tek tambur	Çift	0.015x0 .03 m	-	-	-	-	-	-	-	-
-	KSST8	Tambur	Augustus MS.1.yy	0.57 m	0.55 m	1.30 m Tek tambur	Çift	0.015x0 .03 m.	-	Çift kanallı	0.07x0.07 m	-	-	-	-	-
-	KSST9	Tambur	Augustus MS.1.yy	0.55 m	0.53 m.	1.45 m. Tek tambur	Çift	0.015x0 .03 m	-	Çift kanallı	0.05x0.04 m.	-	-	-	-	-

NUMUNE KODU		**İŞLEV**	**DÖNEM**	**ALT ÇAP**	**ÜST ÇAP**	**YÜKSEKLİK**	**DÜBEL**	**DÜB. ÖLÇÜ**	**DÜB. DER.**	**ZIVANA**	**ZIV. ÖLÇÜ**	**ZIV. DER.**	**ABAKUS GEN.**	**ABAKUS YÜK.**	**EKHINUS YÜK.**	**KALDIRMA DELİĞİ**
SS1	**ÖR.23**	Tambur	Augustus MS.1.yy	51-54 cm	**-**	359 cm Sütun Yükseliği	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
LS4	**ÖR.16**	Tambur	Augustus MS.1.yy	61 cm	53,3 cm	178,3 Tek tambur	**-**	**-**	**-**	Çift Kanallı	5x3 cm	3,4 cm	**-**	**-**	**-**	**-**
LS5	**ÖR.18**	Tambur	Augustus MS.1.yy	52,2 cm	50,3 cm	140,1 cm Tek tambur	Çift	1,5x4 cm	3,6 cm	Çift Kanallı	9x6,5 cm	4,7 cm	**-**	**-**	**-**	**-**
LS6	**ÖR.19**	Tambur	Augustus MS.1.yy	54,5 cm	50,2 cm	181,3 cm Tek tambur	Çift	4x2 cm	3,1 cm /3 cm	Çift Kanallı	6×4 cm /6,5x4,8 cm	4,2 cm/ 3,8 cm	**-**	**-**	**-**	**-**
LAGİNA KUTSAL ALAN																
ENV.NO	**KTG.NO**	**İŞLEV**	**DÖNEM**	**ALT ÇAP**	**ÜST ÇAP**	**YÜKSEKLİK**	**DÜBEL**	**DÜB. ÖLÇÜ**	**DÜB. DER.**	**ZIVANA**	**ZIV. ÖLÇÜ**	**ZIV. DER.**	**ABAKUS GEN.**	**ABAKUS YÜK.**	**EKHINUS YÜK.**	**KALDIRMA DELİĞİ**
-	DSSK1	Kaide	Augustus MS.1.yy	-	0.62 m	0.26 m	Çift	0.03x0. 02 m	-	-	-	**-**	**-**	**-**	**-**	-
-	DSST1	Tambur	Augustus MS.1.yy	0.62 m	0.60 m.	2.15 m Tek tambur	-	-	-	Çift kanallı	0.06x0.06 m.	**-**	**-**	**-**	**-**	0.12x0.025 m
-	DSST2	Tambur	Augustus MS.1.yy	0.62 m	0.60 m	1.92 m	Çift	0.025x0 .025 m	-	-	-	**-**	**-**	**-**	**-**	-
-	DSST3	Tambur	Augustus MS.1.yy	0.62 m	0.60 m	1.80 m	Çift	0.025x0 .025 m	-	-	-	**-**	**-**	**-**	**-**	-
-	DSST4	Tambur	Augustus MS.1.yy	-	0.60 m	2.14 m	-	-	-	Çift kanallı	0.06x0.06 m	**-**	**-**	**-**	**-**	12x0.025 m.
-	DSB1	Başlık	Augustus MS.1.yy	0.51 m	-	0.10 m	Çift	0.025x0 .025 m.	-	-	-	**-**	0.71 m.	0.085 m	**-**	-
-	99A9	Tambur	Augustus MS.1.yy	0.62 m	0.60 m	2.00 m	-	-	-	Çift kanallı	0.06 m.	**-**	**-**	**-**	**-**	0.115x0.02 m

Tablo 46. Lagina Hekate Kutsal Alan'daki Stoaların Ölçüleri (Gider, 2005: 192)

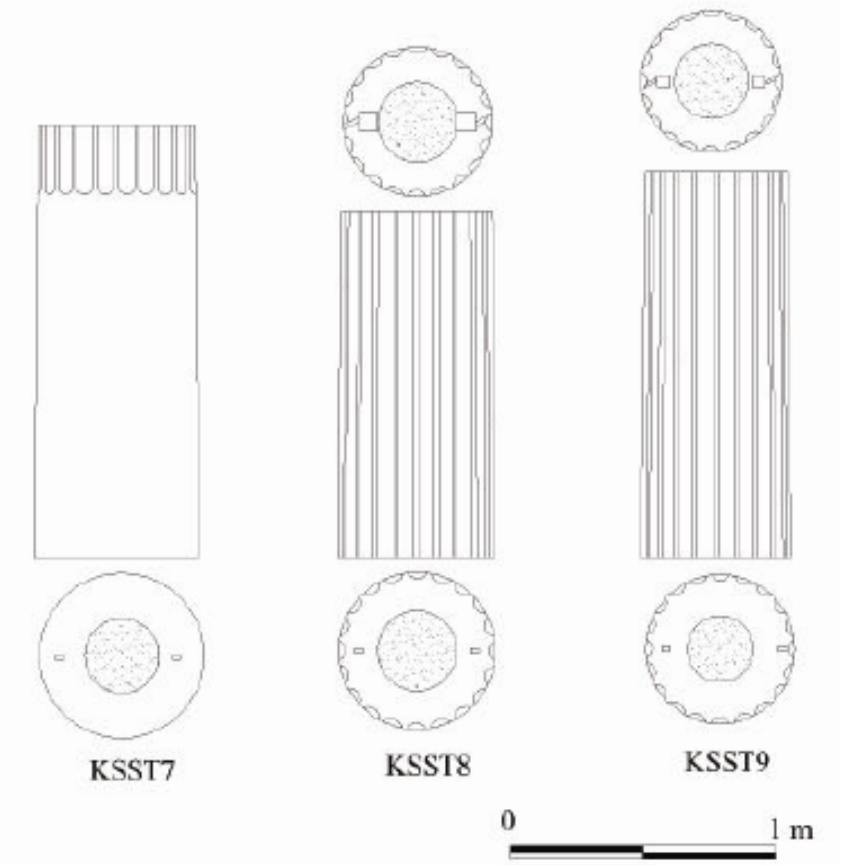
Stoa Adı	BATI STOA	KUZEY STOA	DOĞU STOA	GÜNEY STOA
Tarih	MÖ. 1.yy başı–1.yy sonu	MÖ. 1. yy'ın son çeyreği-M.S. 1. yy ortası	MÖ. 1. yy'ın son çeyreği-M.S. 1. yy ortası	MÖ. 1. yy'ın son çeyreği-M.S. 1. yy ortası
Plan Tipi	I şekilli tek nefli tek kat	U şekilli tek nef tek kat	U şekilli tek nef tek kat	U şekilli tek nef tek kat
Yönlendirme	Güneydoğu-Kuzeybatı	Kuzeybatı-Kuzeydoğu	Kuzeydoğu-Güneybatı	Güneydoğu-Güneybatı
İlişkili Olduğu Yapı	Tapınak	Tapınak	Tapınak	Tapınak
Stoa Uzunluğu	115 m.	140 m.	150 m.	?
Nef Derinliği	7.00 m.	7.00 m	7.00 m?	7.00 m?
Sütun Tipi	Yivsiz-Ionik Yivli	Yivsiz-Ionik Yivli	Yivsiz-Ionik Yivli	Yivsiz-Ionik Yivli
Sütun Alt Çapı	0.72 m.	0.62 m.	0.62 m.	0.62 m.
Sütun Yüksekliği	504 m.	4.85 m.	4.81 m.	4.81 m.
Silindirik Kısmın Yük	1.83 m.	1.365–1.42 m.	1.40–1.60 m.	1.50–1.54 m.
Aksial Aralık	2.70 m.	2.70 m.	2.70 m.	2.70 m.
Sütun Yük. Alt Çapa Orn.	7	7.40	7.34	7.34
Aksial Arlk. Alt Çapa Orn.	3.75	4.35	4.35	4.35
Entablatür Yüksekliği	1.31 m.	1.21 m.	1.25 m.	1.25 m.
Entablatür Y. Sütun Y. Orn	3.84	4.00	3.85	3.85
Friz Sistemi	3 Triglif 4 Metop	3 Triglif 4 Metop	3 Triglif 4 Metop	3 Triglif 4 Metop
Çatı	Tek Eğimli	Tek Eğimli	Tek Eğimli	Tek Eğimli

Tablo 46'da ise Lagina Hekate Kutsal Alan'daki Stoaların Ölçüleri verilmektedir. Proje kapsamında örnek 16 (LS4), örnek 18 (LS5) ve örnek 19 (LS6) kodlu Kuzey Stoa'ya ait örneklerin alt çapı Gider'in yaptığı araştırmalarda 0.62 m olup sütun yüksekliği 4.85 m'dir. Dört cephesi Dorik düzende inşa edilen Stoa'da bugüne kadar yeterli kazı çalışmaları yapılmadığı için mimari düzenlemesi hakkında kesin veriler elde edilememiştir. Stoa ve Stoa'nın mimari elemanlarının devşirme malzeme olarak kullanıldığı Bizans Yapısı ile Şapelden kataloğa alınan 129 mimari eleman ışığında Stoa'nın restitüsyon önerisi Zeliha Gider tarafından 2005 yılında hazırlanmıştır. Stoa'nın ön cephe düzenlemesinde alt kısmı yivsiz, üst kısmı Ionik yivli sütun tamburları kullanılmıştır. Yivsiz bölüm Batı Stoa'da 1.81–1.83 m, Kuzey Stoa'da 1.42–1.365 m Doğu Stoa'da 1.40–1.60 m olarak tespit edilmiştir. Batı Stoa'da sütun alt çapı 0.72 m, Stoa'nın diğer cephelerinde 0.62 m'dir. Tamburlar 20 Ionik yivlidir. Kuzey Stoa'da yivlerin alt kısmı yuvarlak islenmişken, diğer cephelerde düz kesilmiştir. Batı Stoa'da eldeki sütun tamburlarının sütun yüksekliğinin ortaya konmasına olanak sağlamaması nedeniyle sütun yüksekliğinin belirlenmesinde, mevcut veriler çerçevesinde ve çoğu zaman yapıldığı gibi, Vitruvius'un modüler sisteminden yararlanılmıştır.

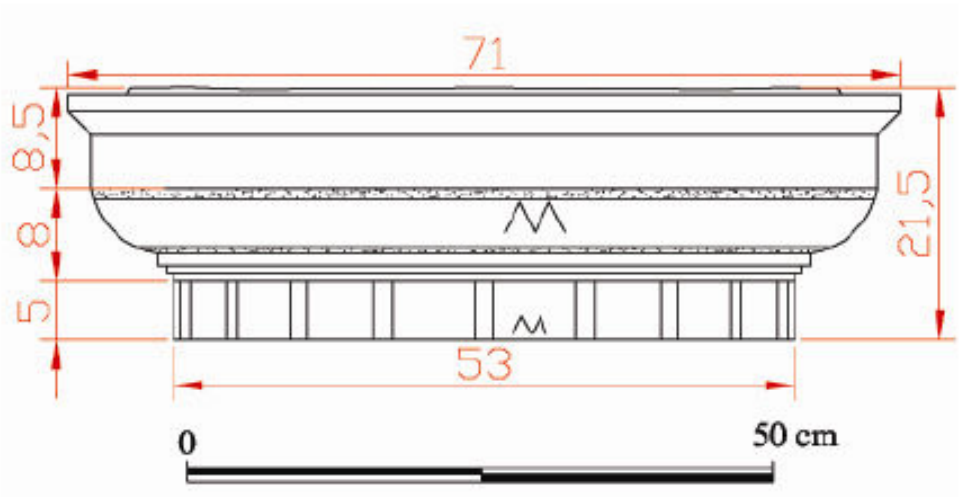
Vitruvius'un modüler sisteminde Dorik tapınaklarda, başlıkla birlikte sütun yüksekliği alt çapın 7 katı, revaklarda ise 7.5 katıdır. Kuzey Stoa'da ise depremde yıkıldığı şekliyle korunmuş üç sütun tamburu ışığında sütun yüksekliği 4.375 m olarak tespit edilmiştir. Kuzey Stoa için önerilen başlığın yüksekliği 0.215 m.dir. Bu durumda kaide hariç toplam sütun yüksekliği 4.59 m'yi bulmaktadır. Bu da alt çapın 7.40 katıdır. Doğu ve Güney Stoa'da mimari elemanların

azlığı nedeniyle sütun yüksekliği tespit edilememiştir. Ancak birlikte planlandığı bilinen Kuzey Stoa ile ön cephe yüksekliğinin aynı olabileceği varsayımından hareketle Doğu ve Güney Stoa'da, kaide ve başlık dahil 4.81 m sütun yüksekliği ortaya çıkmaktadır. Kaide hariç, sütun yüksekliği alt çapın 7.34 katıdır. Batı Stoa'nın nef derinliğinin sütun alt çapına oranı 9.72, Stoa'nın diğer cephelerinde 11.29'dur. 2.70 m aksial aralığın sütun alt çapına oranı ise 3.75'tir.

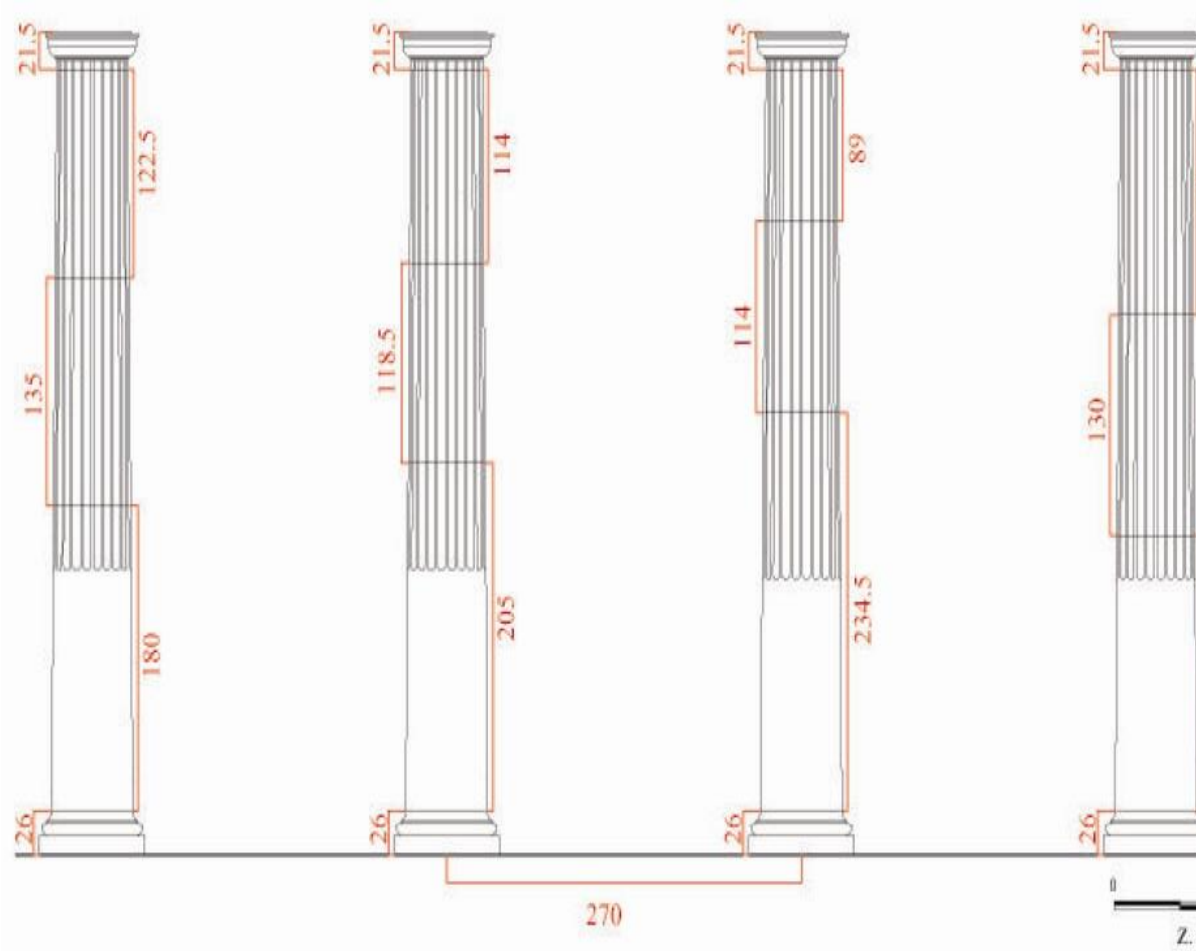
Vitruvius, stoalarda sütun aralığını 5.5 modül yani alt çapın 2.75 katı, aksial aralığı ise 7.5 modül yani alt çapın 3.75 katı olarak önermektedir. Stoa'da iki sütun arasındaki mesafe ve aksial aralığın alt çapa oranı Vitruvius'un önerisine uymaktadır. Bu oran Vitruvius'un sütun aralıklarına göre sınıflandırdığı eustylos (sütun aralığı 4.25 modül, aksial aralık 6.25 modül) ve diastylos (sütun aralığı 6 modül, aksial aralık 8 modül) tapınaklar arasında diastylosa yaklaşan bir oranı göstermektedir (Gider, 2005: 84-90). Gider tarafından hazırlanan Kuzey Stoa'nın restitüsyonu Şekil 75, Şekil 76 ve Şekil 77'de verilmiştir.



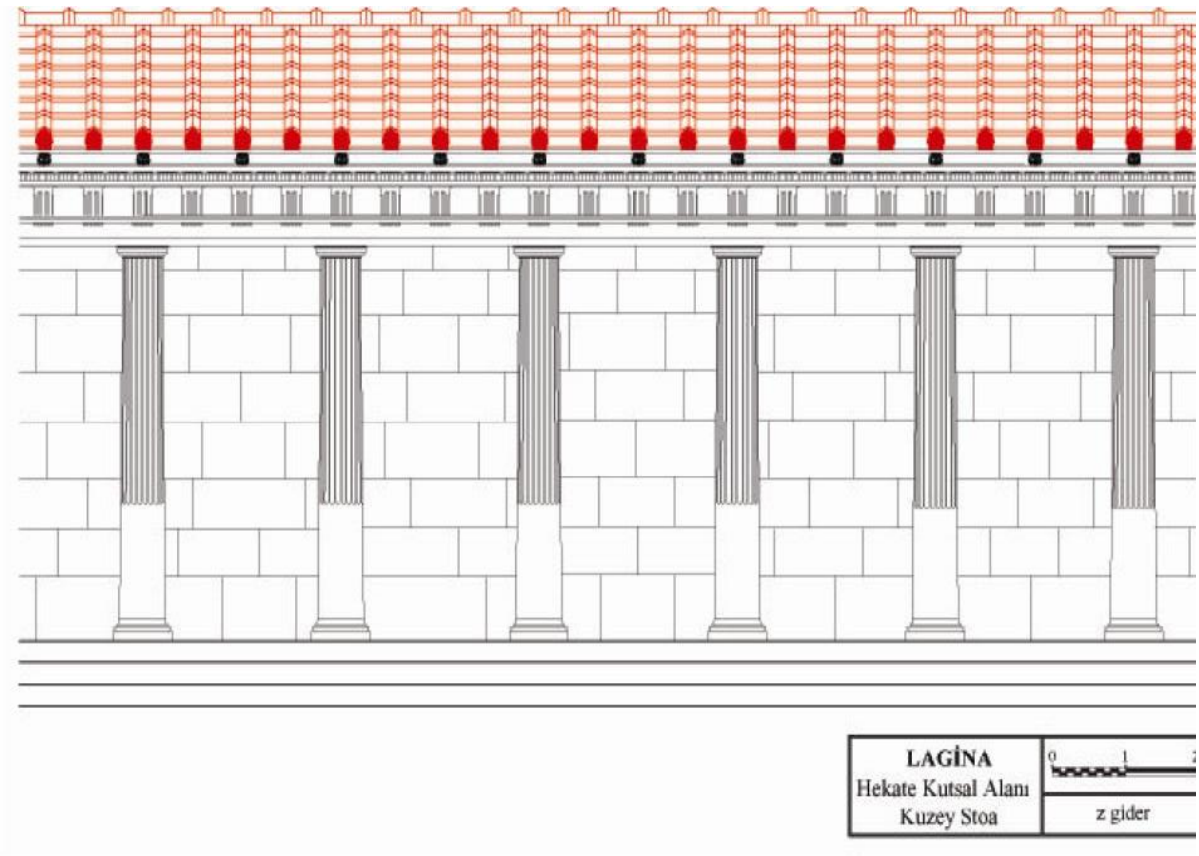
Çizim 10: Kuzey Stoa'ya ait üç sütun tamburu.



Şekil 75. Kuzey Stoa'ya Ait Sütun Tamburu ve Başlığı (Gider, 2005: 200)



Şekil 76. Kuzey Stoa'nın Sütun Düzenlemesi (Gider, 2005: 210)



Şekil 77. Kuzey Stoa'nın Ön Cephe Düzenlemesi (Gider, 2005: 213)

Alınan örneklerin ölçüleri ve dönemleri detayları Tablo 47'de detaylı olarak verilmiştir.

Tablo 47. Toplanan örnekler ve ölçüleri

Numune Kodu	***Dönem***	***Yapı***	***Plan***	***Ölçü***	***Sütun Sayısı***	***Orijinal Alt Çap Boyutu***	***Sütun Yüksekliğinin Alt Çapa Göre Oranı***	***Orijinal Üst Çap Boyutu***	***Sütun Yüksekliğinin Üst Çapa Göre Oranı***	***Orijinal Sütun Yüksekliği***
SS1/ÖR.23	Augustus MS.1.yy	Stratonikeia Augustus Kutsal Alanı		-	-	51-54 cm	-	**-**		-
LS4/ÖR.16	Augustus MS.1.yy	Lagina Kuzey Stoa				61 cm	7.5	53,3 cm	8.5	4.59 m. Sütun başlıklı Başlık: 0.215 m. Başlıksız: 4.375 m
LS5/ÖR.18	Augustus MS.1.yy	Lagina Kuzey Stoa				52,2 cm	8.5	50,3 cm	9	4.59 m. Sütun başlıklı Başlık: 0.215 m. Başlıksız: 4.375 m
LS6/ÖR.19	Augustus MS.1.yy	Lagina Kuzey Stoa				54,5 cm	8.5	50,2 cm	9	4.59 m. Sütun başlıklı Başlık: 0.215 m. Başlıksız: 4.375 m
Anadolu	***Dönem***	***Yapı***	***Plan***	***Ölçü***	***Sütun Sayısı***	***Orijinal Alt Çap Boyutu***	***Sütun Yüksekliğinin Alt Çapa Göre Oranı***	***Orijinal Üst Çap Boyutu***	***Sütun Yüksekliğinin Üst Çapa Göre Oranı***	***Orijinal Sütun Yüksekliği***
1	Hellenestik MÖ. 3. yy	Ilion Athena Tapınağı	Peripteros	15.15x32.40 m.	6x12	1.25 m / 125 cm	6	-	-	7.50 m
2	Arkaik MÖ. 6 yy ikinci yarısı	Assos Athena Tapınağı	Peripteros	14.00x30.00 m.	6x13	0.91 m / 91 cm	5	0.64 m	7	4.30 m (başlıksız sütun) 4.78 m (başlıklı sütun)
3	Hellenestik (MÖ. 4. yy)	Pergamon Athena Polias Tapınağı	Peripteros	13.00x22.50 m.	6x10	0.75 m / 75 cm	7	0.60 m.	8.5 - 9	5.25 m. Sütun başlığı 0.290 m.
4	M.Ö. 3. yy Hellenestik	Klaros Apollon Tapınağı	Peripteros	26.00x45.50 m.	6x11	1.72 m /172 cm		1.40 m /140 cm		11.42 m
5	M Ö. 3. yy Hellenestik	Aigai Demeter-Kore Tapınağı	Templum in antis	6.70x9.70 m.	2	0.57 m / 57 cm	7.5	0.45,5 m	9.5	4.33 m
6	MS. 1. yy Roma İmp.	Balboura Agora Tapınağı	Templum in antis	6.85x7.90 m.	2	0.52 m /52 cm		-	-	4.69 m.
7	MS. 1. yy Roma İmp.	Sıdyma Sebasteıon	Prostylos	7.10x9.50 m	4	0.54 m. /54 cm		-	-	4.83 m.
8	M Ö. 2. yy Hellenestik	Perge Dor Tapınağı	Prostylos	12.70x21.50 m.	4	1.10 m. /110 cm				6.60 ila 7.20 m. arası
9	MS. 2. yy Hellenestik	Asar Dor Tapınağı	Prostylos	7.65x15.60 m.	4	0.60 m. /60 cm				Sütun başlığı dahil 6.07 m.

Numune Kodu	*Dönem*	*Yapı*	*Plan*	*Ölçü*	*Sütun Sayısı*	*Orijinal Alt Çap Boyutu*	*Sütun Yüksekliğinin Alt Çapa Göre Oranı*	*Orijinal Üst Çap Boyutu*	*Sütun Yüksekliğinin Üst Çapa Göre Oranı*	*Orijinal Sütun Yüksekliği*
SS1/ÖR.23	Augustus MS.1.yy	Stratonikeia Augustus Kutsal Alanı		-	-	51-54 cm	-	-		-
LS4/ÖR.16	Augustus MS.1.yy	Lagina Kuzey Stoa				61 cm	7.5	53,3 cm	8.5	4.59 m. Sütun başlıklı Başlık: 0.215 m. Başlıksız: 4.375 m
LS5/ÖR.18	Augustus MS.1.yy	Lagina Kuzey Stoa				52,2 cm	8.5	50,3 cm	9	4.59 m. Sütun başlıklı Başlık: 0.215 m. Başlıksız: 4.375 m
LS6/ÖR.19	Augustus MS.1.yy	Lagina Kuzey Stoa				54,5 cm	8.5	50,2 cm	9	4.59 m. Sütun başlıklı Başlık: 0.215 m. Başlıksız: 4.375 m
Anadolu Dışı	***Dönem***	***Yapı***	***Plan***	***Ölçü***	***Sütun Sayısı***	***Orijinal Alt Çap Boyutu***	***Sütun Yüksekliğinin Alt Çapa Göre Oranı***	***Orijinal Üst Çap Boyutu***	***Sütun Yüksekliğinin Üst Çapa Göre Oranı***	***Orijinal Sütun Yüksekliği***
1	M.S.1.yy	Apollo, Syracuse	Peripteral	24.46 x 58.32	6x17	1.85 m /185 cm	4.5	1.5 m.	5	7.98 m.
2	M.S.1.yy	Hera, Olympia	Peripteral	20.15 x 51.11	6x16	1.25 m	5, 5.5	0.995 m.	5.5	5.22 m.
3	M.S.1.yy	Apollo, Corinth	Peripteral	22.79 x 55.7	6x15	1.645 m	4.5	1.232 m.	6	7.24 m.
4	M.S.1.yy	Bilinmiyor, Taranto	Peripteral	-	-	1.90 m	4.5	1.55 m.	5.5	8.47 m.
5	M.S.2.yy	Kardaki, Korkya	Peripteral	12.64 x ?	-	0.61 m	4.5	0.457 m.	6.5	2.975 m.
6	M.S.2.yy	Athena, Assos	Peripteral	14.59 x 30.87	6x13	0.914 m	5	0.624 m.	7, 7.5	4.57 m.
7	M.S.2.yy	Temple A Akragas	Peripteral	27.77 x 69.06	6x15	2.085 m	5	1.468 m.	7	10.07 m.
8	M.S.2.yy	Temple C, Selinous	Peripteral	26.35 x 71.15	6x17	1.94 m	4.5	1.50 m.	5.5	8.62 m.
9	M.S.2.yy	Hera, Tavole Palatine	Peripteral	18.46 x 35.69	-	1.068 m	5	0.785 m.	6.5, 7	5.21 m.
10	M.S.2.yy	Athena,Poseidonia	Peripteral	16.12 x 34.52		1.262 m	5	0.841 m.	7.5	6.122 m.
11	M.S.2.yy	Hera I (Basilica) Poseidonia	Peripteral	25.98 x 55.72	9x18	1.45 m	4.5	0.982 m.	6.5, 7	6.454 m.
12	M.S.3.yy	Aphaia, Aigina	Peripteral	15.5 x 30.5	6x14	0.989 m	5.5	0.736 m.	7, 7.5	5.272 m.
13	M.S.3.yy	Hera, Kroton	Peripteral	-	-	1.779 m	5	1.326 m.	6.5	8.299 m.
14	M.S.3.yy	Apollo, Delos	Peripteral	13.72 x 29.78	-	0.945 m	5.5	0.720 m.	7, 7.5	5.20 m.
15	M.S.3.yy	Zeus, Olympia	Peripteral	30.02 x 66.64	6x15	2.21 m	5	1.68 m.	6.5	10. 43 m.
16	M.S.3.yy	Temple D Selinous	Peripteral	28.09 x 59.87	6x15	1.94 m	4.5	1.50 m.	5.5	8.62 m.
17	M.S.3.yy	Temple E Selinous	Peripteral	27.58 x 69.97	-	1.67 m	5	1.19 m.	7	8.35 m.
18	M.S.3.yy	Temple F Selinous	Peripteral	28.09 x 65.90	6x14	1.82 m	5	1.245 m.	7.5	9.11 m.

19	M.S.3.yy	Athena, Syracuse	Peripteral	24.30 x 57.53	6x16	1.978 m	4.5	1.485 m.	6	8.783 m.
20	M.S.4.yy	Hephaisteion, Atina	Peripteral	15.42 x 33.48	6x15	1.018 m	5.5	0.79 m.	7, 7.5	5.712 m.
21	M.S.4.yy	Parthenon, Atina	Peripteral	33.69 x 72.32	8x17	1.922 m	5.5	1.513 m.	7	10.433 m.
22	M.S.4.yy	Posedion'un İkinci Tapınağı	Peripteral	15.20 x 32.80	6x14	1.02 m	6	0.779 m.	8	6.14 m.
23	M.S.4.yy	Nemesis, Rhamnous	Peripteral	11.58 x 22.76	6x12	0.714 m	6	0.551 m.	7.5	4.101 m.
24	M.S.4.yy	Hera II Poseidonia	Peripteral	26.06 x 61.70	6x16	2.052 m	4	1.493 m.	6	8.88 m.
25	M.S.4.yy	Apollo Epikourios	Peripteral	15.84 x 39.57	6x15	1.112 m	5	0.889 m.	6.5, 7	5.959 m.
26	M.S.4.yy	Temple F (Concord)	Peripteral	19.57 x 41.98	6x15	1.42 m	4.5	1.11 m.	6	6.712 m.
27	M.S.4.yy	Temple I (Dioskouroi)	Peripteral	16.63 x 34.59	6x13	1.22 m	5	0.970 m.	6	5.83 m.
28	M.S.4.yy	Temple A (Herakles)	Peripteral	27.77 x 69.06	-	2.085 m	5	1.468 m.	7	10.07 m.
29	M.S.4.yy	Temple D Hera Lacinia	Peripteral	19.74 x 40.89	6x13	1.375 m	4.5, 5	1.07 m.	6	6.322 m.
30	M.S.4.yy	Temple L Akragas	Peripteral	21.20 x 44.60	-	1.405 m	4.5	1.06 m.	6, 6.5	6.589 m.
31	M.S.4.yy	Bilinmiyor Segesta	Peripteral	26.26 x 61.17	6x14	1.935 m	5	1.551 m.	6	9.338 m.
32	M.S.5.yy	Demeter Lepreon	Peripteral	11.98 x 21.69	6x11	0.83 m	-	0.64 m.	--	-
33	M.S.6.yy	Zeus, Stratos	Peripteral	18.32 x 34.12	6x11	1.29 m	6	1.01 m.	7.5	7.905 m.
34	M.S.6.yy	Fourth c. Apollo Delphi	Peripteral	23.82 x 60.32	6x15	1.791 m	6	1.384 m.	7.5	10.59 m.
35	M.S.6.yy	Athena Alea Tegea	Peripteral	21.04 x 49.40	6x14	1.55 m	6	1.21 m.	8	9.5444 m.
36	M.S.6.yy	Zeus, Nemea	Peripteral	21.95 x 44.42	6x12	1.628 m	6.5	1.306 m.	8	10.325 m.

2.2.4. Değerlendirme ve Sonuç

Dor mimarisi ile ilgili literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında Anadolu tapınaklarındaki sütun çapları ve yüksekliklerinin, Anadolu dışındaki sütunlara göre daha küçük ölçekte tutulduğu görülmektedir. Bunun nedeninde farklı plan türlerinin değil, yapıyı daha uzun ve görkemli göstermesinde etkili olan tapınak ölçülerinin ve sütun dizilimlerinin etkili olduğu düşünülmektedir. Geniş bir alana sahip tapınaklarda sütun çapları büyürken (ör: 2 m civarı), sütun yükseklikleri belli bir yükseklikte tutulmuş (örn:10 m, 9 m), yüzölçümü daha dar alanı temsil eden tapınaklarda ise bu işlemin tam tersi uygulamalar yapılarak sütun çapları küçültülerek yükseklikleri büyültülmüştür. Bu işlemler tapınağı, daha zarif ve ihtişamlı kılmıştır. Sütun dizilimleri ile ilgili Vitruvius, "*Sütunlar arasındaki mesafe arttıkça, sütun gövdelerinin çapları da o oranda genişlemektedir. Çünkü sütunlar arasındaki mesafe arttıkça sütun ince ve hacimsiz görünmektedir. (Örneğin; araiostylos tarzı bir tapınakta sütunların çapları sütun yüksekliğinin dokuzda veya onda biri olduğu durumlarda sütun çok ince görünmektedir). Sütunlar yükseldikçe ve mesafe büyüdükçe de sütunların çaplarına ilave yapılarak bu durumun telafisine gidilmektedir."* demiştir. Literatürde yapılan araştırmalar sonucunda elde edilen bu bulgular antik dönem mimari Vitruvius'un aktarımını desteklese de planlarda uygulanan sütun sayıları ve alt çap-sütun yüksekliği oranı aynı sonuçları göstermemektedir. Bu yüzden Vitruvius'un bir planı tanımlarken genelleme yaptığı ve söz konusu dönemde plan tipi-sütun sayısı konusunda katı kuralların olmadığı görülmektedir. Farklı dönemlere tarihlendirilen Dor tapınaklardaki sütunlar ve söz konusu dönemi çalışan araştırmacıların bulguları incelendiğinde, çap-sütun yüksekliğinde bir tutarsızlık olduğu görülmektedir. Bu yüzden Dor mimarisinde alt çap-sütun yüksekliği orantısına dayalı yapılan dönemsel sınıflandırmanın (Arkaik, Klasik, Hellenestik) yetersiz olduğu düşünülmektedir. *(Örneğin; M.Ö. 4. yy. (Hellenestik) Dor mimarisinde hissedilir derece Ionik etki görülmektedir. Bu dönemde sütun yükseklikleri alt çapın 7-7.5 katı olarak belirlenmiş ve daha geniş aksial aralıklar tercih edilmiştir. Gider, 2005:18**)*** Dor düzeninde, sütun çapı ve yüksekliğinde belli bir ölçü vermek zor olsa da sütun yüksekliğine göre alt çap ve üst çap oranına bakıldığında genel olarak aradaki farkın 1 veya 1.5 katı olduğu görülmektedir. Bu durumda sütun gövdelerinin aşağıdan yukarıya inceldiğini gösterir niteliktedir. Proje kapsamında Dor mimarisi üzerine yapılan araştırma da sütunların genel olarak tamburlu gövdeye sahip olduğu görülmektedir. Ancak sütunlarda kullanılan tambur sayıları hakkında bir bilgiye ulaşılamadığından bu konuda genelleme yapmak mümkün değildir. Dor mimarisi üzerine ulaşılan veriler dahilinde, Stratonikeia ve Lagina Hekate Kutsal Alanı özelinde üretilen prototipe yapılan deneysel çalışmalar projenin genel değerlendirme ve sonuç bölümünde değinilecektir. Bu değerlendirme sütun çapı (gövdesi) ve yükseklik dahilinde yapılacaktır. Çünkü Dor tapınaklardaki tambur sayıları, tamburların boyutları (her tambur aynı yükseklikte değil), tamburlarda kullanılan taş türü, dübel

sayıları, zıvana boyutları, dübel malzemesi vb. birçok özellik proje sonuçlarını etkileyecek parametre niteliğindedir ve arkeoloji açıdan literatürde bu parametreleri kapsayacak bilgiler mevcut değildir. Çünkü çoğu tapınak çeşitli etkenlerden (deprem, din-yeniden işlevlendirme vb.) dolayı günümüzde ayakta değildir. Bu yüzden tapınaklar günümüzde arkeolojik alanda veya ören yerinde genellikle mimari bloklar şeklinde restorasyon edilmeyi beklemektedir. Bu blokların birçoğu da tarihi dönemlerde devşirme malzeme olarak kullanıldığından sütunların başlıkları, gövdeleri, kaideleri ya eksik ya da alanda toprak altına gömülü bir şekildedir. Bu sebeptendir ki mimari bloklara yapılan tasnif çalışmaları ve tapınaklar hakkında genel bir bilgi veren restitüsyon, rekonstrüksiyon çalışmaları uzun yıllar sürmektedir. Bu yüzden proje kapsamında Dor mimari üzerine yapılan değerlendirme genel, Stratonikeia Antik Kenti ve Lagina Hekate Kutsal Alanı'ndaki örneklerden yola çıkılarak prototiplere yapılan deneysel çalışmalar sonucu elde edilen veriler bu arkeolojik alandaki Dor mimarisine özgü bir veri sağlayacaktır. Stratonikeia Antik Kenti ve Lagina Hekate Kutsal Alanı'ndan alınan örnekler ve arkeolojik alandan edinilen bilgiye göre oluşturulan modellemeler Tablo 48 ve Tablo 49'de verilmiştir.

Tablo 48. Dor Sütun Numunelerine Ait Orijinal Ölçüler

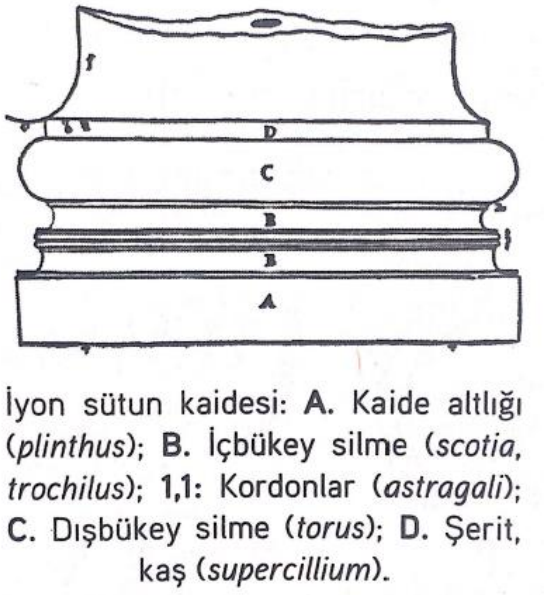
ORİJİNAL ÖLÇÜLER														
Numune Kodu		**Başlık**	**Gövde**				**Kaide**	**Toplam Sütun Yüksekliği**	**Donatı/Bağlantı**					
									Zıvana			**Dübel**		
			Tambur Sayısı	**Alt Çap**	**Üst Çap**	**Gövde Yükseklik**			**Ölçü**	**Derinlik**	**Sayı**	**Ölçü**	**Derinlik**	**Sayı**
SS1	ÖR.23	-	Tek	51-54 cm	-	359 cm	-	-	-	-	-	-	-	-
LS4	ÖR.16	-	Tek	61 cm	53,3 cm	178, 3 cm	-	-	5x3 cm	3,4 cm	Çift Kanallı	-	-	-
LS5	ÖR.18	-	Tek	52,2 cm	50,3 cm	140,1 cm	-		9x6,5 cm	4,7 cm	Çift Kanallı	1,5x4 cm	3,6 cm	Çift
LS6	ÖR.29	-	Tek	54,5 cm	50,2 cm	181, 3 cm	-	-	6×4 cm /6,5x4,8 cm	4,2 cm/ 3,8 cm	Çift Kanallı	4x2 cm	3,1 cm /3 cm	Çift

Tablo 49. Numunelerin Restitüsyonuna Ait Bilgiler (Not: LS4, LS5 ve LS6'dan alınan örnekler Kuzey Stoa'ya aittir. Yapılan çalışmada bütün sütunların alt çapı 0.62 m kabul edilmiştir/ölçülmüştür. Veriler doğrudan numune bilgilerini içermemektedir. Arkeolojik alandaki sütunların ölçülerini temsil etmektedir.)

RESTİTÜSYON ÖLÇÜLERİ																		
Numune Kodu		**Restitüsyon Alanı**	**Restitüsyon Ölçülerinde Sütunlar**	**Başlık**		**Gövde**				**Kaide**	**Toplam Sütun Yüksekliği**	**Donatı/Bağlantı**					
												Zıvana			**Dübel**		
				Çap	**Yük.**	**Tambur Sayısı**	**Alt Çap**	**Üst Çap**	**Gövde Yükseklik**			**Ölçü**	**Derinlik**	**Sayı**	**Ölçü**	**Derinlik**	**Sayı**
SS1	ÖR.23	Mevcut Değil	Sütun	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LS4	ÖR.16	Kuzey Stoa'nın Restitüsyonu	Sütun 1	0.53 m./53 cm	0.215 m/ 21.5 cm	3	0.62 m/62 cm	-	1. 180 cm (1.80 m) 2. 135 cm 3. 122.5 cm	0.26 m /26 cm	4.59 m/ 459 cm	-	-	-	-	-	-
LS5	ÖR.18		Sütun 2	0.53 m.	0.215 m	3	0.62 m	-	1. 205 cm 2. 118.5 cm. 3. 114 cm	0.26 m	4.59 m	-	-	-	-	-	-
LS6	ÖR.29		Sütun 3	0.53 m	0.215 m	3	0.62 m	-	1. 234.5 cm 2. 114 cm 3. 89 cm	0.26 m	4.59 m	-	-	-	-	-	-
			Sütun 4	0.53 m.	0.215 m	3	0.62 m	-	1. 162.5 cm 2. 130 cm 3. 145 cm	0.26 m	4.59 m	-	-	-	-	-	-

2.3. İon Mimarisi

MÖ 6. yüzyıllarda İonia'da (Ege ve Yunan adaları) ortaya çıkan bu düzen, Dor tapınakları gibi basamaklı bir kaide üzerinde yükselir fakat Dor düzeni ile krepidoma kısmında farklılık gösterir. Krepidoma kısmındaki krepis sayısı 5-7 arasında değişir buna bağlı olarak stereobate daha yüksektedir ki bu da yapının anıtsal görünümünü etkilemektedir. Dor düzeninden farklı olarak İon sütunları plinthos denilen kaidelere torus (dış bükey) ve trochilos (iç bükey) denilen bileziklerden sonra oturur (Şekil 78). Kaideler yarım çap yüksekliğindedir ve Anadolu'da genellikle iki tip sütun kaidesi kullanılmıştır: plinthosun üzerinde çift sıra trokhilos ve bir torus sıralamasından oluşan tip Anadolu-İon tipi; yarım daire kesitli iki dışbükey (torus) ile bunların arasına yerleştirilmiş bir içbükey (scotia) silmeden oluşan tip ise Attik-İon tipi olarak adlandırılmıştır (As, 2014: 23-24, Yılmaz, 2019: 15-16).

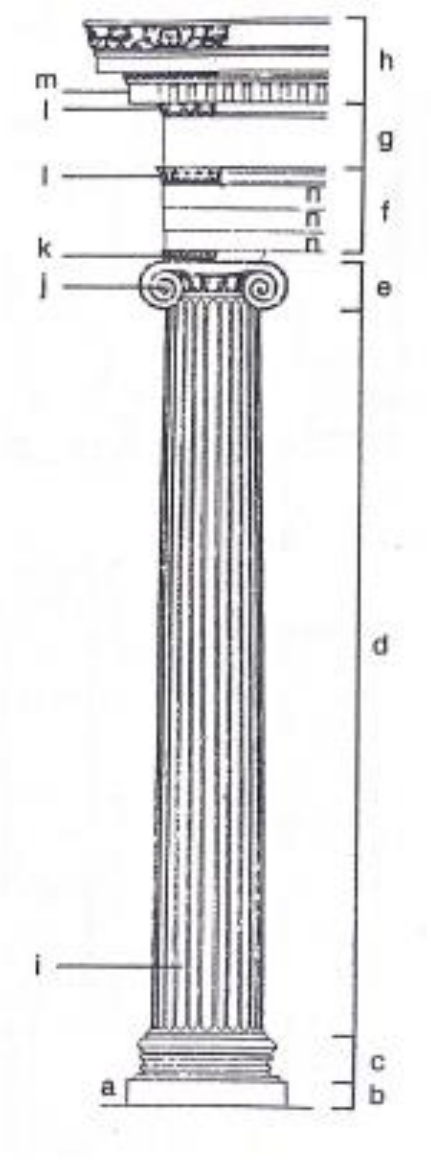


İyon sütun kaidesi: **A.** Kaide altlığı (*plinthus*); **B.** İçbükey silme (*scotia, trochilus*); **1,1:** Kordonlar (*astragali*); **C.** Dışbükey silme (*torus*); **D.** Şerit, kaş (*supercillium*).

Şekil 78. İon/İyon Sütun Kaidesi (Dürüşken, 2017: 125)

İon sütunu da Dor sütunu gibi monolittir ya da tamburlardan oluşmaktadır ancak sütun çapının yüksekliğe oranının, Dor düzeninkinden büyük oluşu sütunları daha ince ve narin göstermektedir (Taban çapıyla yüksekliği arasında 1/9 oran uygulanmıştır). Sütunlar üzerindeki yivler kesişmeyip aşağıda ve yukarıda birleşirler. İon sütununun başlığı aralarında stilize yaprak motifleri olan volütler ve bunların üzerindeki yine yapraklı bezemeli ancak Dor düzenine göre daha incelmiş olan abacustan oluşur. Arşitrav tek parçalı hatıl olabileceği gibi, her birine fascia denilen üç bölüme ayrılmış da olabilir. Yumurta ve boncuk dizisinden oluşan geçiş unsurları kymation olarak adlandırılır ve kesintisiz olarak uzanan kabartmalı frizden önce ve sonra gelir ki bundan sonra yine Dor düzeninde görülmeyen bir eleman, geisipodes (diş sırası) yer alır (Şekil 79). Geisipodesi, geison, sima ve akroter izler. Simada yine apotreik

(koruyucu) anlamda aslan başı formundaki çörtenler vardır. Heykeltıraşlık eserleri, kabartmalı friz ve alınlıkta yer alırlar (As, 2014: 23-24, Yılmaz, 2019: 15-16).



Şekil 79. İyon Düzeni a-Stylobat düzeyi; b-Plinth; c-Kaide; d-Sütun gövdesi; e-Sütun başlığı; f-Arşitrav; g-Friz; h-Saçak; i-Kanelür; j-Volüt; k-Abakus; ı-Yumurta-ok frizi; m-Dentil; n-Fascia (Sözen ve Tanyeli, 2011: 348)

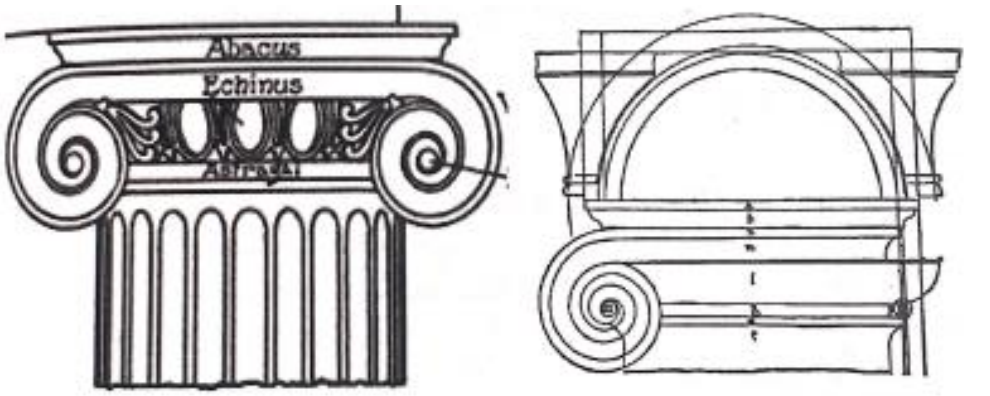
İon düzeninin en önemli örneklerini Atina Nike Tapınağı, Atina Erechteion Tapınağı, Ephesos Artemis Tapınağı, Magnesia Artemis Tapınağı, Didyma Apollon Tapınağı, Priene Athena Polias Tapınağı, Ankara Roma ve Augustus Tapınağı, Aizonai Zeus Tapınağı olarak sıralayabiliriz. Atina Erecthion Tapınağı; M.Ö.420-406'da Athena ve Poseidon'a sunulmuş olan çift fonksiyonlu bir tapınaktır. Amphyprostylos tipinde olması gereken yapı bugünkü haliyle prostylos tipindedir. Halen var olan cella ikiye bölünmüştür. Cephe gerisindeki ilk bölüm Athena, ikinci bölüm ise Poseidon salonudur. İki bölüm birden 19x10 m boyutlarında sterobata

ve 10 m yüksekliğe sahipti. Tapınağın asıl girişi olan doğu cephede 6 adet İon sütunu bulunmaktadır. Tapınağın güneyinde bulunan bölüm, 2,5 m yükseklikte bir kaide üzerine oturan, 2 m'yi geçen, 6 karyatit tarafından taşınan çatıya sahiptir. Mimar Philodes'in eseri olan yapının dış yüzü tamamen mermerle kaplanmıştır (As, 2014: 24).

Anadolu ve dışında inşa edilen İon tapınakları üzerine çeşitli çalışmalar yapılsa da (restorasyon, arkeolojik vb.) İon düzeni ve modüler sistemini kapsamlı bir şekilde ele alan bir çalışma literatürde henüz bulunmamaktadır. İon düzeni ile ilgili bilgilerini antik dönem mimari Vitruvius şu şekilde aktarmıştır; "*Altlık da (plinthus) dahil olmak üzere kaidelerin yüksekliği, sütunun yarı çapına eşit olsun, Yunanların ekphora dedikleri çıkıntısı da bunun yarısı olsun; böylece kaidenin eni ve boyu bir sütun çapının bir buçuk katı olacaktır*. *Kaide Attika tarzı olacaksa, üst kısmı bir sütun çapının üçte birine eşit olacak, kalanı da altlığa (plinthus) gidecek şekilde bölümlensin: Altlık hariç kalanı dört birime ayrılsın ve bunların dörtte biri üstteki dışbükey silmeyi (torus) oluştursun, diğer üçü eşit şekilde bölünsün ve biri alttaki dışbükey silmeyi oluştursun, diğer zıhıyla (quadrae) birlikte Yunanlıların trokhilos dedikleri içbükey silmeyi (scotia) oluştursun. Ama kaideler İyon düzeninde yapılacaksa, bunların orantısı şöyle kurulmalı: Kaidenin her yanından genişliği bir sütun çapına, ilaveten sekizde üçüne eşit olsun, kaidenin ve altlığının yüksekliğiyse Attika tarzı kaideyle aynı ölçüde olsun. Altlığı hariç, sütun çapının üçte birini teşkil edecek kaidenin kalanı yedi birime ayrılsın, üç birim üstteki dışbükey silmeye (torus) verilsin, diğer dördü eşit olarak bölünsün ve biri kordonlarıyla (astragalus) ve üstteki küçük şeridiyle (supercilium) birlikte üstteki içbükey silmeyi (trochilus) oluştursun, diğeri de alttaki içbükey silmeye (trochilus) kalsın. Alttaki içbükey silme, üsttekinden daha büyük görünecektir, çünkü kaidenin altlığının kenarına kadar uzanacaktır. Kordonlar, dışbükey silmelerin sekizde biri olmalıdır; kaidenin çıkıntısı da sütun çapının on altıda üçüne eşit olacaktır.*

Kaideler bu şekilde tamamlanıp yerlerine yerleştirildikten sonra, ön ve arka portikonun orta sütunları, kaidenin eksenine dik olarak oturtulmalıdır; ama köşe sütunlar ve bunların bulunduğu yerden başlayarak tapınağın sağına ve soluna doğru uzanacak yan sütunlar, kutsal odanın duvarlarına bakan iç tarafları dik bir yüzeye sahip olacak şekilde, dış tarafları da yukarı da inceltme işlemlerini açıklarken bahsettiğim şekilde inceltilerek yerleştirilecek. Çünkü bu tür tapınak tasarımların görselliği ancak böyle bir incelmeyle tam olur.

Kaidelerin üzerine sütun gövdelerini diktikten sonra, sıra geldi sütun başlıkların orantısına: Başlıklar yastık biçimli olacaksa; oranlar şu şekilde tayin edilecek, Sütunun alt çapı ne kadar olacaksa, artı bir on sekizde biri başlık tablasının (abacus) uzunluğu ve genişliği olsun; başlığın yüksekliğiyse, helezoni kıvrımlar da (voluta) dahil olmak üzere çapın yarısı olsun (Şekil 80).

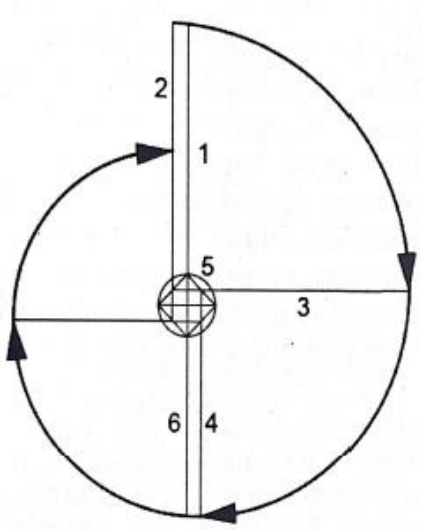


Abacus, echinus (=cymatium).

İyon sütun başlığı çizimi: **Ah**: Başlık tablası (*abacus*); **n.** Helezoni kıvrımın dış kenarları (*axes*); **m.** Kanal (*canalis*); **l.** Silme (*echinus, cymatium*)

Şekil 80. İyon Sütun Başlığı (Dürüşken, 2017: 127)

Helezoni kıvrımların yüzü başlık tablasının kenarından içeriye doğru bir sütun çapının on sekizde biri oranında geri çekilsin. Ardından, başlığın yüksekliği dokuz buçuk birime ayrılsın ve başlık tablasından helezoni kıvrımların dört tarafına catheti adı verilen dik çizgiler indirilsin. Bu dokuz buçuk birimin başlık tablasının yüksekliğine ayrılsın, kalan sekiz birim helezoni kıvrımların olsun. Başlık tablasının kenarından demin indirilen çizgiden içeriye doğru bir buçuk birim mesafedeki bir noktadan başlayarak başka bir çizgi indirin. Sonra bu çizgiler başlık tablasının altına dört buçuk birim kalacak şekilde bölünsün. Bu dört buçuk birim ile kalan üç buçuk birim arasındaki bölünme noktası, helezoni kıvrımın gözünün (oculus) merkezi olsun (Şekil 81).

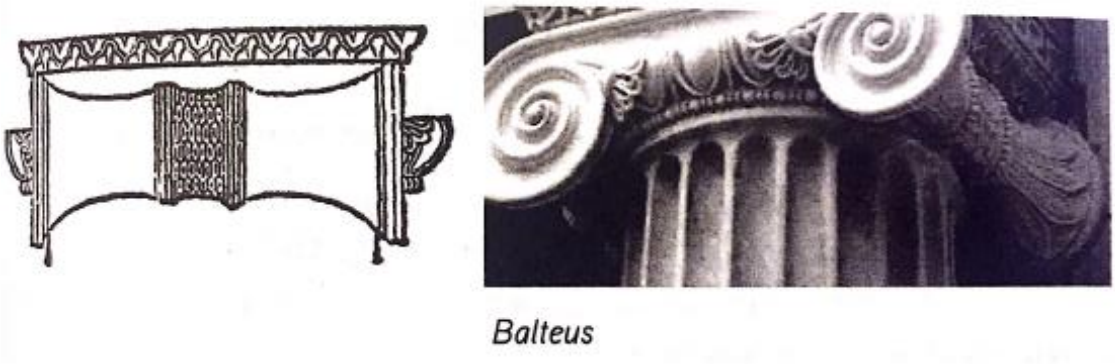


Helezoni kıvrımın çizimi:
2, 6: Dik çizgiler (*catheti*);
5. Göz (*oculus*)

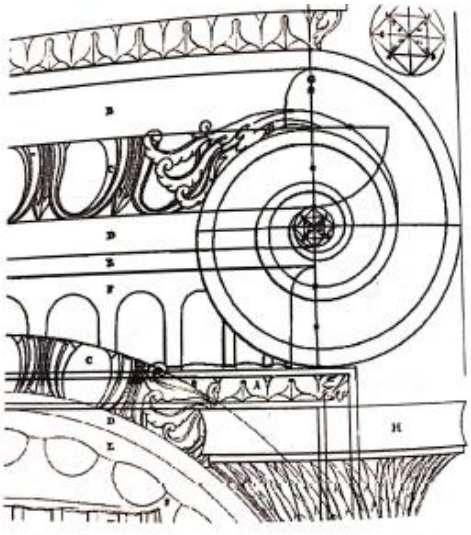
Şekil 81. İyon Sütun Başlığındaki Helezoni Kıvrımının Çizimi (Dürüşken, 2017: 127)

Bu merkezden, sekiz birimin birine eşit çapta tam bir daire çizin. Bu, gözün çapı olsun. Bu çap, önce çizilen dik çizgiye (cathelus) değsin. Ardından başlık tablasının altındaki eksenin üzerinden başlayarak, her defasında gözün yarıçapı kadar azalta azalta çeyrek daireler çizin ve bu şekilde başlık tablasının tam altındaki çeyrek daireye kadar geri gelin.

Başlığın yüksekliğini şu şekilde ayarlayın: Dokuz buçuk birimin üçüncü sütun gövdesinin tam üstündeki kordonun (astragalus) altına verin; kalanı, başlık tablası ve kanal (canalis) hariç, silmenin (cymatium) olsun. Bu silmenin, başlık tablasının kenarından çıkıntısı, gözün çapına eş olsun. Yanlardaki yastık biçimli kemerlerin (balteus) çıkıntısı da şu şekilde belirlenecektir (Şekil 82). Pergelin bir ayağını gözün merkezine koyun, diğer ayağını da silmenin ucuna kadar açın. Yuvarladığınızda oluşan yarım daire, kemerin çıkıntısını teğet geçmelidir. Bu arada helezoni kıvrımların dış kenarının gözün çapından daha kalın olmamasına dikkat edilsin, kıvrımların kendileri de yüksekliklerinin on ikide biri derinliğinde olsun (Şekil 83)



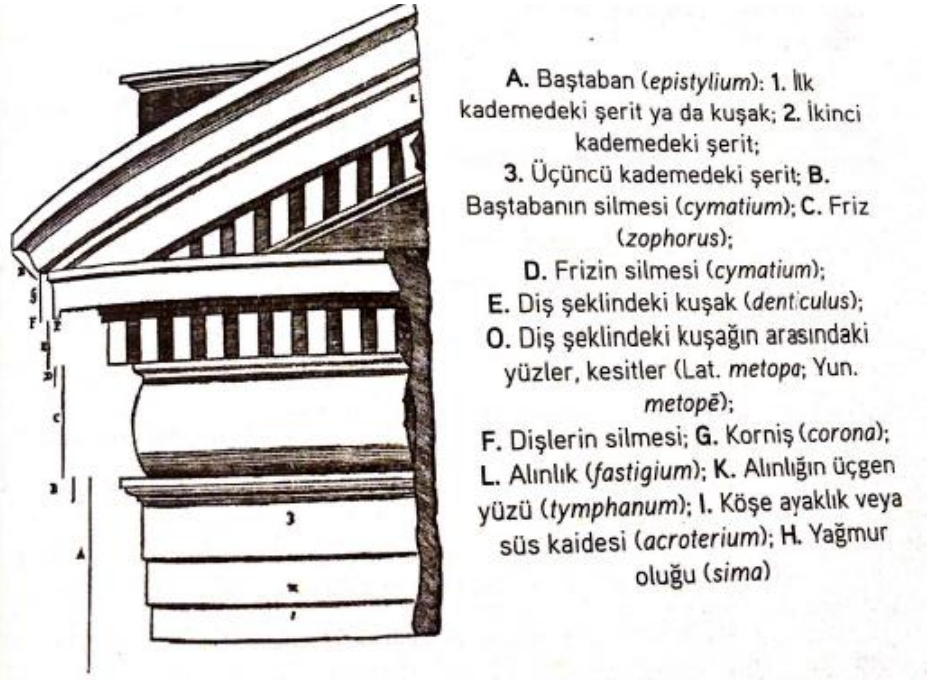
Şekil 82. Balteus (Dürüşken, 2017: 129)



Şekil 83. İyon Başlığı Çiziminden Bir Kesit (Dürüşken, 2017: 128)

Bu oranlar yirmi beş ayak ya da daha az yükseklikteki sütunların başlıkları için geçerlidir. Bundan daha yüksek sütunların simetrisi de ilkece aynı şekilde kurulur, ama bunların başlık tablası, sütunun alt çapı artı dokuzda biri kadar uzun ve geniş olur; böylece daha uzun bir sütunda incelme oranı azalırken, başlığın çıkıntısı kendi simetrisine uygun oranda büyütebilir, keza yüksekliği de orantılı olarak arttırılabilir.

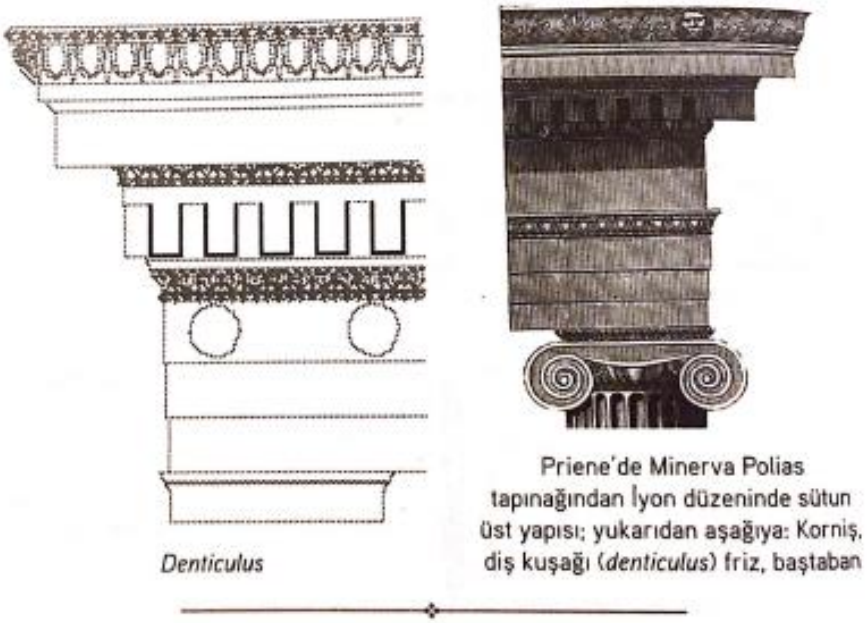
Başlıklar tamamlandıktan sonra, bunları sütun gövdelerine dümdüz değil de biçim birliğini dikkate alarak yerleştirin ki, sütun sekisine yapılacak ilave sütunun tüm üst elemanlarında da karşılığını bulabilsin. Bu baştabanların oranları şöyle tayin edilsin: Sütunlar 12 ila 15 ayak yüksekliğindeyse, baştabanın yüksekliği sütunun alt çapının yarısı olsun; 15 ila 20 yüksekliğindeki sütunlarda, sütun yüksekliği on üç birime ayrılsın, bunun bir birimi baştabanın yüksekliği olsun; 20 ila 25 ayak arasındaki sütunlarda, sütun yüksekliği on iki buçuk birime ayrılsın, bunun biri baştabanın yüksekliğine verilsin; 25 ila 30 ayak arasındakilerde on iki birime ayrılsın ve bir birimi baştabanın yüksekliği olsun. Daha yüksek sütunlar söz konusu olduğunda da baş tabanların yüksekliği hep sütun yüksekliği dikkate alınarak işte bu şekilde orantılı olarak hesaplansın (Şekil 84).



Şekil 84. İyon Üst Yapı Elemanları (Dürüşken, 2017: 131)

Çünkü gözümüz gitgide daha yukarılara baktıkça, kalın hava tabakasını öyle kolayca delip geçemez. Yüksekliğin yarattığı mesafe yüzünden görüş gücü bulanıp azalınca, yapının elemanlarını belli belirsiz boyutlarda sunar algılara. Bu yüzden birbirleriyle simetrik bir ilişki içinde olan yapı elemanlarının ölçülerine hep ilaveler yapılır ki, ne kadar yüksekte olursa olsunlar ya da hatta kendileri ne kadar devasa büyüklükte olursa olsunlar, kendi boyutlarını

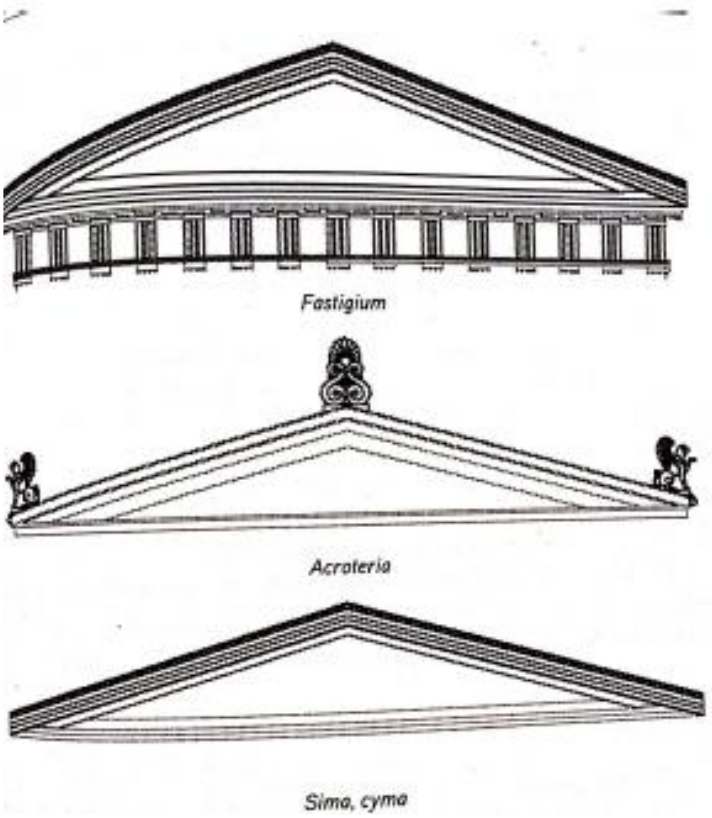
koruyabilsinler. Dolayısıyla başlığın üstüne yerleştirilecek baştabanın alt yüzeyinin genişliği, başlığın altındaki sütunun üst çapına eşit olmalı, baştabanın üstünün genişliği de sütun gövdesinin alt çapına denk düşmelidir. Baştabanın tepesindeki silme (cymatium)tüm baştaban yüksekliğinin yedide biri olmalıdır; keza çıkıntısı da. Kalanı, silme hariç, on iki birime ayrılıp bunların üçü en alt kademedeki yatay şeride (fascia) verilmeli, dördü ikinci kademedeki şeride, beşi de en üsttekine. Aynı şekilde baştabanın üstündeki friz de (zophorus), baştabandan dörtte bir daha alçak olmalı; heykeller işlenecekse, baştabandan dörtte bir oranda yüksek olmalı ki, kabartmalar çok daha görkemli dursun. Frizin silmesi, frizin yüksekliğinin yedide biri olmalı, silmenin çıkıntısı da kendi yüksekliğine eşit olmalı. Frizin üstündeki diş şeklindeki kuşak (denticulus), baştabanın ortasındaki yassı şeridi (fascia) kadar yüksek, çıkıntısı da yüksekliğine eşit olmalıdır (Şekil 85). Yunanca da metope adı verilen aralık öyle bölünmeli ki, her bir dişin yüzü yüksekliğinin yarı genişliğinde olmalıdır; bunun silmesiyse (cymatium) bu kısmın toplam yüksekliğinin altıda birini oluştursun. Silmesiyle birlikte korniş (corona), alınlığın üst silmesi (sima) hariç, baştabanın ortadaki yassı şeridiyle aynı ölçüdedir; saçak kornişinin çıkıntısı ve diş kuşağıysa, hepsi birlikte frizden kornişin tepesindeki silmeye kadar aynı yükseklikte olmalıdır. Her durumda bütün çıkıntılı kısımlar (ecphorae) çıkıntıları yüksekliklerine eşit oldukları oranda göze çok daha güzel görünürler.



Şekil 85. Denticulus (Dürüşken, 2017: 132)

Alınlıktaki (fastigium; tapınakların ön yüzlerinde, çatı üçgeni ile sütunların üzerindeki kiriş arasında kalan üçgen biçimindeki bölüm) üçgen yüzeyin (tympanum; alınlığın üçgen, düz yüzeyi) yüksekliği şu şekilde ayarlanmalı: Saçak kornişinin ön yüzü, silmelerin (cymatia) uçlarından itibaren dokuz birime ayrılsın, bu birimlerden biri üçgen yüzeyin tepesinin orta

çizgisi olsun; bu çizgi baştabanlar ve sütunların boyun kısımlarına dik gelsin. Üçgen yüzeyin üstündeki kornişler, alınlığın üst silmesi (sima) hariç, alttaki kornişlere denk gelecek şekilde yerleştirilmelidir; Yunanlıların epaietides dedikleri kornişlerin üstündeki yağmur olukları (simae; tapınağın alınlığının üstündeki yapı elemanı; çörten) kornişin yüksekliğinin sekizde biri oranında daha yüksek yapılmalıdır. Köşelerdeki ayaklıklar (actoreia; Acroterianın ilk anlamı herhangi bir şeyin ucu, çıkıntısıdır. Mimaride bu terimle heykel ya da başka tür süsleri taşımak üzere tapınaktaki alınlığın iki köşesine ve tam ortasındaki tepe kısmına yerleştirilen, toplam üç adet ayaklık, altlık, kaide ve heykel kürsüsü kastedilir.) üçgen yüzeyin orta çizgisi kadar yüksek olmalıdır; ortadaki ayaklıksa köşedekinden sekizde bir oranda daha yüksek olmalıdır (Şekil 86).



Şekil 86. Üst Yapı Elemanı (Fastigium, Acroteria, Cyma) (Dürüşken, 2017: 133)

Sütun başlıkları üzerindeki bütün yapı elemanlarına, yani baştabanlara (epistylia), frizlere (zophori), saçak kornişlerine (coronae), alınlığın üçgen yüzeylerine (tympana), alınlıklara (fastigia), köşelerdeki ve ortadaki ayaklıklara (acroteria) kendi yüksekliklerinin on ikide biri oranında öne doğru meyil verilmelidir; çünkü bunların önünde durup baktığımızda, gözümüzden iki çizgi çektiğimizi ve birinin binanın alt kısmına, diğerinin üst kısmına değdiğini varsayarsak, bu üst kısmına değen çizgi ötekinden daha uzun olacaktır. Görüş çizgisi daha üst kısımlara doğru uzadıkça, o kısım bize arkaya doğru meylediyormuş gibi görünecektir. Ama

az önce dediğim gibi, elemanlara göre doğru meyil verildiği takdirde, göze dik ve düzgün görünecektir.

Sütunlara yirmi dört adet yiv (stria) olmalıdır ve bu yivler, bir marangoz gönyesi bir yivin oyuğuna yerleştirilip döndürüldüğünde gönyenin kolları yivlerin sağındaki ve solundaki köşelere değecek, gönyenin ucu da döndükçe yivlerin kenarlarına sürekli değecek şekilde oyulmalıdır. Yivlerin genişliğiyse, şekilde görüldüğü gibi, bir sütunun karnında yapılan ilaveye eşit ölçüde olmalıdır.

Tapınakların yanlarında, saçak kornişinin (corona) üstünde yer alan yağmur oluklarına aslan başları hakkedilmelidir; bu başların bazıları ilkin tek tek her sütunun üzerine gelecek şekilde yapılmalı, sonra geri kalanı yine her biri tek tek her çatı kiremidinin ortasına gelecek şekilde eşit aralıklarla dizilmelidir. Yalnız sütunların üst tarafındaki aslan başları, kiremitlerden gelen yağmur suyunu akıtacak olan bir oluk şeklinde delinsin, ortadakiler ise oldukları gibi bırakılsın ki, kiremitlerden oluklara boşalan su, sütunların aralarından aşağı akıp da altlarından gelip geçeni ıslatmasın; buna karşılık sütunların üstündeki aslan başları ağızlarından suyu akıtırken kusuyormuş izlenimi versin (Şekil 87).



Şekil 87. Akroter ve Çörten (Dürüşken, 2017: 134)

İon düzeni oranlarından bahseden yazar, sütunlarda 1/9 oranının kullanıldığını ve gövdenin 24 adet yivden oluştuğunu bahsetmiştir. Genel sütun çapı ve yükseklik ile ilgili antik kaynaktan net bir bilgi alamasak da sütun yüksekliği ve baştaban arasındaki genel orantı Tablo 24'te verilmiştir. Antik dönemde ölçü düzeni insan vücudunun azalarından hareketle geliştirilmiştir; parmak, avuç (karış), ayak ve ön kol (arşın) gibi. Sonrada bunları, Yunanlıların teleion dedikleri

yetkin sayıyı oluşturmak için bölüştürdüler. Eskiler on (decem) olarak adlandırılan sayıyı, yetkim sayı kabul ettiler; bu sayıya da iki elin parmak sayısından ulaştılar; parmaklardan karışı, karıştan da ayağı buldular. Matematikçiler ise farklı bir görüş ileri sürüp altı (ser) olarak adlandırılan sayının yetkin sayı olduğunu çünkü bu sayının kendisine eşit bölenlerin olduğunu ifade ettiler. Matematikçilerin altı sayısını yetkin sayı olarak kabul etmelerinin bir diğer nedeni de insan ayağının, insan boynunun altıda biri olmasıydı. Bunun yanı sıra bir arşının altı karış ve yirmi dört parmak ettiğini anlamışlardı. Farklı yetkin sayı anlayışına sahip dönemde söz konusu ölçü birimleri şu şekilde ifade edilmektedir (Dürüşken 2017:105-106);

Karış (palmus): ¼ ayak (pes) = 74 mm (bir avuç, bir avucun genişliği 4 parmak, palmus minor = 74 mm, palmus maior= 222 mm)

Ayak (pes) = 1 pes = 29,6 mm (Geç Roma Cumhuriyeti döneminde 29,6 mm, İmparatorluk döneminde 29, 4 mm)

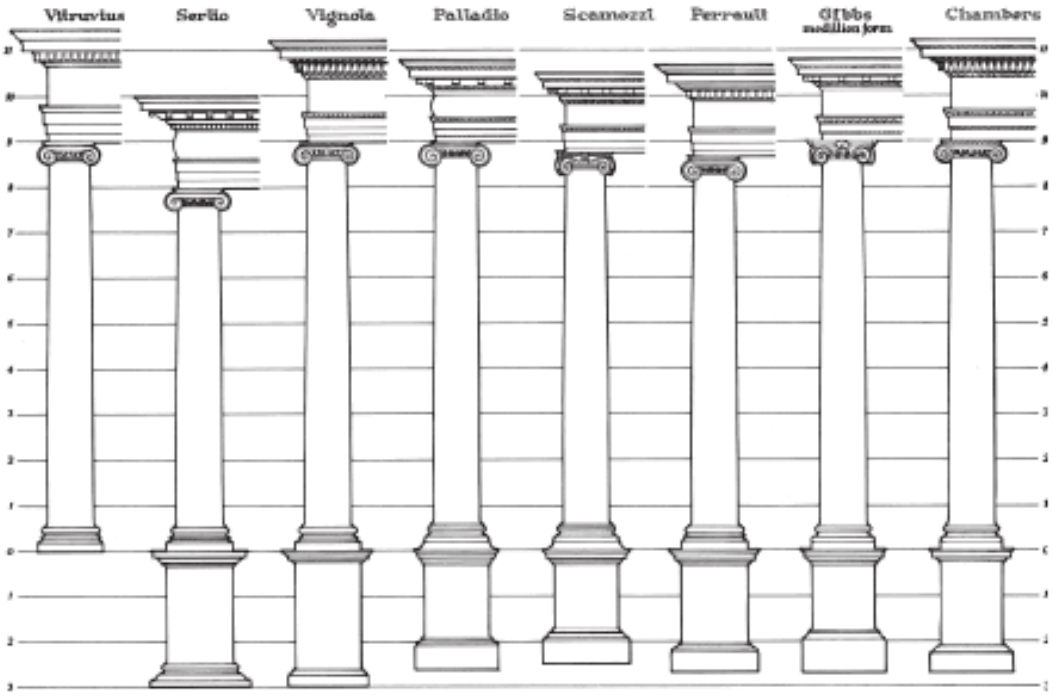
Arşın (cubitus) = 1+1/2 pes = 444 mm (ön kol: dirsekten orta parmağın ucuna kadar ki uzunluk)

Tablo 50. İon Sütun Yüksekliğinin ve Baştaban Yüksekliğine Oranı

Sütun Yüksekliği		**Baştaban Yüksekliği**
Antik Ölçü	**Birim (mm)**	
12-15 Ayak	12*29,6 = 355, 2 / 35,52 cm 12*29,4 = 352,8 /35,28 cm 15*29,6 = 444 / 44,40 cm 15*29,4 = 441 / 44, 10 cm	Sütun alt çapının yarısı
15-20 Ayak	20*29,6 = 592 / 59,20 cm 20*29,4 = 588 /58,80 cm	Sütun yüksekliği on üç birime ayrılır, bunun bir birimi baştabanın yüksekliği olur.
20-25 Ayak	25*29,6 = 740 /74.0 25*29,4 = 735 /73,50 cm	Sütun yüksekliği on iki buçuk birime ayrılır, bunun biri baştabanın yüksekliğine verilir.
25-30 Ayak	30*29,6 = 888 /88,80 cm 30*29,4 = 882 /88,20 cm	Sütun yüksekliği on iki birime ayrılır ve bir birimi baştabanın yüksekliğine verilir.

Tablo 50'den anlaşılacağı üzere Vitruvius sütun yüksekliğini tek tambur üzerinden ifade etmiştir. Bu yüzden antik kaynaklar söz konusu dönem mimarisini anlamamızda bazen yanıltıcı olabilmektedir. Vitruvius'un ve diğer antik yazarların İon mimarisi üzerine verdiği bilgileri karşılaştıran çalışmada İon düzeninde inşa edilen beş tapınağı incelemiştir (Carpenter, 1926). Vitruvius'un verdiği ölçüler doğrultusunda Priene'deki Mausoleum ve Athena tapınağını, Hermogenes'in verdiği ölçüler doğrultusunda ise Magnesia'daki Artemis tapınağı, Teos'taki Dionysos tapınağı ve Didyma'daki Apollon tapınağını incelemiştir. Frizler, sütun dizilimleri üzerine araştırma yapan Carpenter, Hermogenes'in İon düzeni için verdiği ölçüler ile inşa edilen tapınakların uyumlu olduğunu ama Vitruvius'un verdiği ölçülerle inşa edilen tapınakların örtüşmediğini ifade etmiştir. Chitham (2007) araştırmasında ise Vitruvius ve antik dönem

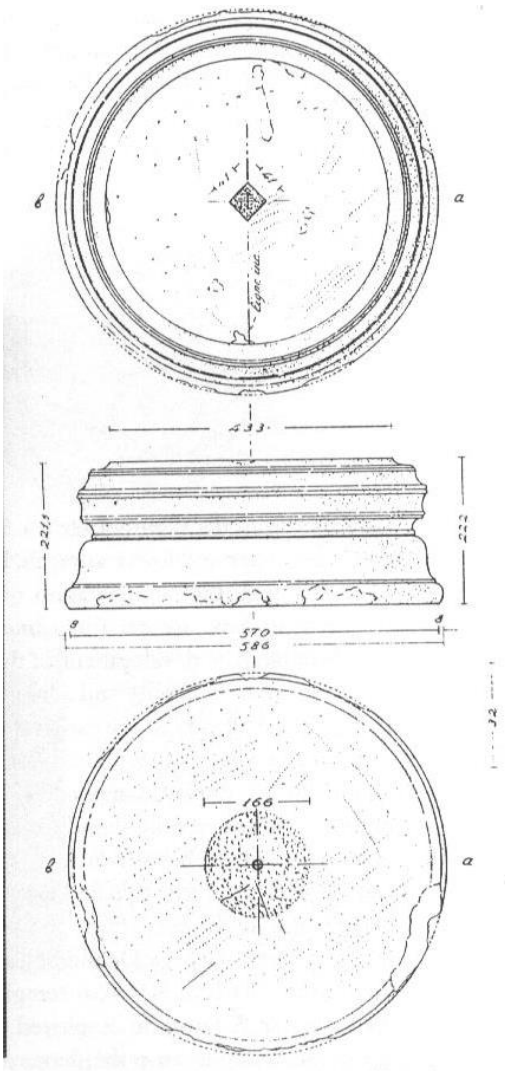
düzenlerini farklı dönemlere uyarlayan (Rönesans) mimarların İon düzeni ölçüleri karşılaştırılmıştır (Şekil 88). Bu karşılaştırmada mimarların İon sütununu 8 m veya 9 m yüksekliğinde tuttuğu görülmüştür.



Şekil 88. Antik Dönem Mimarı Vitruvius ve Antik Düzenleri Çalışan Mimarlara Göre İyon Sütunun Boyutları (Clitham 2007: 42)

Barletta (2001) çalışmasında İon sütunun çapının genellikle 43.3 inç (1.09982 m), 57.0 inç (1.4478 m), 58.6 inç (1.48844 m) ölçülerinde olduğunu tespit etmiştir (Şekil 89). Literatürde İon sütunu ile ilgili birçok çalışma olsa da hiçbir araştırma sütun çapları ve yükseklikleri hakkında net bir bilgiden bahsetmemektedir. Bu sebepten dolayı proje de inşa edilen tapınaklardaki sütunların orijinal ölçülerine bakılmaktadır. İon tapınakları ve sütunları hakkındaki bilgiler Tablo 25'te verilmiştir.

Tablo 51'e bakıldığında her İon tapınağında sütun ölçümü yapılmadığı için bu düzen hakkında genel bir bilgi vermek mümkün görünmemektedir. Tablo 51'in sunduğu bilgiler doğrultusunda ancak bu düzen için genellikle dipteros ve pseo-dipteros planın yaygın kullanıldığı ifade edilebilir. Sütun alt çapı ve yüksekliği bilinen tapınaklar dahilinde İon düzeninde uygulanan oran Tablo 52'da verilmiştir.



Şekil 89. İyon Sütunun Çapı (Barletta 2001: 106)

Tablo 51. İon Tapınakları ve Sütunları

Bulunduğu Yer	Tapınak Adı	İnşa Tarihi	Plan	Sütun Sayısı	Kaide		Gövde			Başlık		Toplam Sütun Yüksekliği	Kaynaklar
					Çap	Yükseklik	Alt Çap	Üst Çap	Yükseklik	Çap	Yükseklik		
Atina	Athena Nike Tapınağı	M.Ö.421	Amphiprostylos	4×4	-	-	0.421 m	-	-	-	-	4,049 m	Athens (2021) As (2014) Shear (1963)
Atina	İllissus Tapınağı	M.Ö.450	-	-	-	2.711 m.	0.543 m	-	-	-	-	4.478 m 8.25 m.	Shear (1963) As (2014) Barrett (1975)
Alabanda	Apollon Tapınağı	M.Ö.2.yy/2.yar.	Pseudo-dipteros	-	-	-	1.12 m	-	-	95,2 cm.	-	10.50 m	Büyüközer (2010) Kökdemir (2021) Bağdatlı (2001)
Aphrodisias	Aphrodite Tapınağı	M.Ö.1.yy	Pseudo-dipteros	-	-	-	0.77 m	0.69 m	1. 1.10 m 2. 1.10 m 3. 1.13 m		0.74 m.	4, 07 m	Doruk (2017)
Çanakkale	Apollon Smıntheus T	Geç Hellenistik	Pseudo-dipteros	8x14	-	0,79 m.	1,17 m	-	7 tambur 8,90 m		0,406 m.	10,096 m	Büyüközer (2010) Keleş (2021)
Ephesos	Artemis Tap.(Arkaik)	M.Ö.460 (Arkaik) MÖ.350-320 (Klasik)	Dipteros	8x20	-	-	1.84 m	-	-	-	-	17.65 m	Keleş (2021)
Letoon	Leto Tapınağı	M.Ö.3.yy	-	6x11	-	-	-	-	-	-	-	-	As (2014)
Letoon	Artemis Tapınağı	M.Ö.5-4.yy	Templüm İn Antis	6x11	-	-	-	-	-	-	-	-	As (2014)
Lesbos/Messa	Tapınak	M.Ö.280	Pseudo-dipteros	8x14	-	-	-	-	-	-	-	-	As (2014)
Magnesia	Zeus Sosipolis Tap.	M.Ö.197	Prostylos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	As (2014)
Magnesia	Artemis Leukophyen	M.Ö.130	Pseudo-dipteros	8x15	-	-	1,40 m	-	-	-	-	-	Yıldız (2006) As (2014)
Magnesia	Athena Tapınağı	Hellenistik Dön.	Tholos	-	-	-	119.5 cm	118 cm	126.5 cm	-	-	-	As (2014) Demirtaş (2006)
Milet	Athena Tapınağı	M.Ö.6.yy	-	6x10	-	-	-	-	-	-	-	-	As (2014)
Olympos	Hephaistos Tapınağı	M.Ö.161-180	Templüm İn Antis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	As (2014)
Priene	Zeus Olympios Tap	M.Ö.3.yy	Prostylos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	As (2014)

Priene	Athena Polis Tap.	M.Ö.335	Peripteros	6x11	-	-	-	-	-	-	-	12.35 m	As (2014) Keleş (2021)
Sardes	Artemis & Kybele Tap.	M.Ö.325	Pseudo-dipteros	8x20			1.96 – 2 m					17.86 m	As (2014) Yegül (2020)
Samos	Hera I Tapınağı	M.Ö.560	Dipteros	10x21	-	-	-	-	-	-	-	-	As (2014)
Samos	Hera II Tapınağı	M.Ö.575	Dipteros	8x24	-	-	-	-	-	-	-	-	As (2014)
Samos	Hera III Tapınağı	M.Ö.540	Dipteros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	As (2014)
Samos	Hera IVTapınağı	M.Ö.5.yy sonu	Dipteros	8x9	-	-	2.30 m	-	-	-	-	20 m	As (2014) Çetinkaya (2021)
Smyrna	Athena Tapınağı	M.Ö.640-580	-	-	-	-	83-86 cm	81-85cm.	Tambur Yük. 38-58 cm	-	-	-	As (2014) Kadıoğlu (2021)
Tegea	Athena Alea Tap.	M.Ö.130	Pseudo-dipteros	6x14	-	-	1.55 m	1.54 m.	-	1.609 m	0.588-0.609 m	8.749 m-8.967 m	As (2014) Pakkanen (1988)
Teos	Dionysos Tapınağı	M.Ö.130	Peripteros	6x11	-	-	1.01 m	1.03 m.	-	-	-	-	As (2014) Akyol (2007)
Aizonai	Zeus Tapınağı.	MS125	Dipteros	8x15	-	-	97 cm	86 cm	8.52 m	128-140 cm	45-56 cm	9.51 m	As (2014)
Ankyra	Augustus ve Roma T	M.Ö.25-20	Pseudo-dipteros	8x15	-	-	-	-	-	-	-	-	As (2014)
Blaundos	Athena&Homonia T.	-	Prostylos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	As (2014)
Keltepe	Kaynak Tapınağı	MS2.yy	Templüm İn Antis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	As (2014)
Pergamon	Dionysos Tapınağı	M.S.2.yy	Prostylos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	As (2014)
Psidia Antiocheiası	Augustus ve Men T.	M.S.1.yy	-	2x4	-	-	-	-	-	-	-	-	As (2014)
Stratonikeia	İmparator Tapınağı	M.Ö.1.yy	Peripteros	6x9	-	-	-	-	-	-	-	-	As (2014)

Tablo 52. İon Sütun Yüksekliği ve Çap Oranları

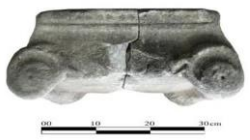
Dönem	***Tapınak***	***Orijinal Alt Çap Boyutu***	***Sütun Yüksekliğinin Alt Çapa Göre Oranı***	***Orijinal Üst Çap Boyutu***	***Sütun Yüksekliğinin Üst Çapa Göre Oranı***	***Orijinal Sütun Yüksekliği***
M.Ö.421	Atina Athena Nike Tapınağı	0.421 m	10.5	-	-	4,049 m
M.Ö.450	Atina İllissus Tapınağı	0.543 m	8	-	-	4.478 m
M.Ö.450	Atina İllissus Tapınağı	0.543 m	15	-	-	8.25 m
M.Ö.2.yy/ 2.yar.	Alabanda Apollon Tapınağı	1.12 m	9	-	-	10.50 m
M.Ö.1.yy	Aphrodisias Aphrodite Tapınağı	0.77 m	5.5	0.69 m	6	4, 07 m
Geç Hellenestik	Çanakkale Apollon Smıntheus Tapınağı	1,17 m	9	-	-	10,096 m
M.Ö.460 (Arkaik) MÖ.350-320 (Klasik)	Ephesos Artemis Tap.(Arkaik)	1.84 m	9.5	-	-	17.65 m
M.Ö.325	Sardes Artemis & Kybele Tap.	1.96 m	9	-	-	17.86 m
M.Ö.325	Sardes Artemis & Kybele Tap.	2 m	8.5	-	-	17.86 m
M.Ö.5.yy sonu	Samos Hera IV Tapınağı	2.30 m	9	-	-	20 m
M.Ö.130	Tegea Athena Alea Tap.	1.55 m	5.5	1.54 m	5.5	8.749 m
M.Ö.130	Tegea Athena Alea Tap.	1.55 m	5.5	1.54 m	5.5	8.967 m
M.S.125	Aizonai Zeus Tap.	97 cm	10	86 cm	11	9.51 m

Tablo 52'ye göre İon sütunların alt çapı ve yüksekliği mukayese edildiğinde, benzer oranların kullanılmadığı görülmektedir.

2.3.1 Stratonikeia Antik Kenti ve Lagina Kutsal Alanda İon Mimarisi

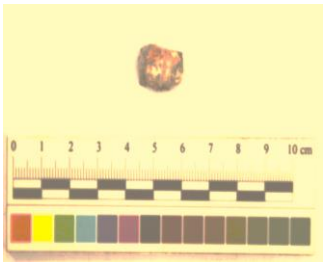
Stratonikeia Antik Kenti'nde İon mimarisi ile ilgili literatüre bakıldığında Gürsoy (2016) "Stratonıkeıa Ion başlıkları" başlıklı bir çalışmanın yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmaya göre antik kentteki İon sütun başlıkların ölçüleri Tablo 53'te verilmiştir.

Tablo 53. Stratonikeia Antik Kentindeki Ion Başlıklar

	**Bulunduğu Yer:** Stratonikeia Müze Deposu **Buluntu Yeri:** Augustus-İmparatorlar Tapınağı **Tipi:** Attik-ion **Ölçüleri: Yük.:** 28,5; **Gen.:** 83; **VGA Gen.:** 63,5; **Ab. Yük.:** 0,6; **Ab. Uz.:** 63 cm.
	**Bulunduğu Yer:** Stratonikeia Müze Deposu **Buluntu Yeri:** Augustus-İmparatorlar Tapınağı **Tipi:** Attik-ion **Ölçüleri: Yük.** 30; **Gen.:** 89; **VGA Gen.:** 64; **Ab. Yük.:** 4; **Ab. Uz.** 68 cm.
	**Bulunduğu Yer:** Stratonikeia Müze Deposu **Buluntu Yeri:** Augustus İmparatorlar Tapınağı **Tipi:** Attik-ion **Ölçüleri: Yük.:** 31; **Gen.:** 89; **VGA Gen.:** 63,5; **Ab. Yük.:** 6; **Ab. Uz.:** 70 cm.
	**Bulunduğu Yer:** Tiyatro Tasnif Alanı **Buluntu Yeri:** Augustus-İmparatorlar Tapınağı **Tipi:** Attik-ion **Ölçüleri: Yük.:** 28; **Gen.:** 84; **VGA Gen.:** 40; **Ab. Yük.:** 5; **Ab. Uz.:** 61 cm.
	**Bulunduğu Yer:** Kuzey Cadde **Buluntu Yeri:** Belirsiz **Tipi:** Konsollu Attik-ion **Ölçüleri: Yük.:** 24; **Gen.:** 81; **VGA Gen.:** 31; **Ab. Yük.:** 6; **Ab. Uz.:** 46 cm.
	**Bulunduğu Yer:** Stratonikeia Müze Deposu **Buluntu Yeri:** Belirsiz **Tipi:** Attik **Ölçüleri: Yük.:** 14,5; **Gen.:** 44; **VGA Gen.:** 32,5; **Ab. Yük.:** 2,5; **Ab. Uz.:** 36 cm.

Tablo 53'e göre antik kentteki sütun başlıkların yükseklikleri 30-24 cm arasında, genişliklileri ise 89-81 arasında değişmektedir. Proje kapsamında İon düzenine ait örnek Lagina Hekate Kutsal Alanı'nda yer alan Propylon'dan alınmıştır. Alınan örnek hakkında bilgi Tablo 54'de verilmiştir.

Tablo 54. İon Düzenine Sahip Numune

Lagina Kutsal Alan: Propylon						
Tarih	**Malzeme Adı**	**Tür**	**Blok**	**Buluntu Yeri**	**Numune**	**Numune Kodu**
Augustus Dönemi	Kurşun	Dübel	İonik Yivli Sütun Tamburu	Lagina Propylon'un Güneyi	Örnek 1	LS1 (Lagina Sütun 1)
						
LS1/Örnek 1			İşlem Öncesi, Ağırlık: 3.13		İşlem Sonrası, Ağırlık: 2,97	

Propylon (Tören Kapısı)

Kutsal alanın güneybatısında, Stratonikeia'dan gelen kutsal yolun bittiği noktada Lagina'nın "tören kapısı" işlevine de sahip ana giriş yapısı yer almaktadır (Şekil 90). İlk kazı çalışmalarının 1892 yılında Osman Hamdi Bey tarafından gerçekleştirildiği yapıda en kapsamlı kazı ve araştırmalar Prof. Dr. Ahmet A. Tırpan tarafından 1993 yılında başlatılmıştır. Bu süreçte yapının kazısı büyük oranda tamamlanmış ve anastylosis çalışmaları gerçekleştirilerek, yapı bugün orthostat blokları seviyesine kadar ayağa kaldırılmıştır. Tamamen mermerden39 inşa edilen Propylon'un batıya bakan dış cephesi üç basamaklı bir alt yapı üzerinde tetrastylos prostylos planlı iken, kutsal alana bakan iç cephesi on basamaklı bir alt yapı üzerinde distylos in-antis planlıdır. Batıdaki prostylos düzenleme bilinen örneklerin aksine yarım yuvarlak bir plan üzerine yerleştirilmiş olup, yarım daire bölümde mermer stylobat bloklarının belirli bir geometriye göre şekillendirildiği görülür. Bu bloklar beş yarım yuvarlak sıra ile aynı merkezli kapıya doğru daralan halkalar oluşturmaktadır. Böylece kapı önünde yelpaze formlu bir stylobat döşemesi ortaya çıkar. Her sıradaki bloğun yan derzleri üst ve alttaki bloklar ile düzgün bir hat oluşturacak şekildedir. Bu düzenleme ile stylobat bloklarının yarım daire formu vurgulanmış ve stylobata anıtsal bir görünüm kazandırılmıştır. Eşik ile yarım yuvarlak bölüm arasında 0,73 metre genişliğindeki dörtgen döşeme blokları ile geçiş sağlanmıştır.

Peristasisteki basamaklar yarım daire formu aşarak kapı eşiği hizasında yapıyla birleşir. Batıdaki anta blokları kapı söveleri hizasından 2,40 metre dışa taşar, apsis formuna uygun bir kavis yaparak apsisle birleşir. Bu da yapının apsisle bütünlük oluşturacak şekilde planlandığını gösterir. Yapının orthostatlarla sınırlandırılan 7,25 x 8,20 metrelik bölümünde ise stylobat blokları dikdörtgen plakalardan oluşmakta ve hem yatayda hem de dikeyde derz sıraları

birbirlerini takip etmektedir. Döşemenin yanlara doğru meyilli yapıldığı anlaşılmıştır. Kuzey duvarını oluşturan orthostatlar anta bloğu hizasından kuzeye dönüş yaparak, Batı Stoa'nın güney duvarına bağlanır. Bu alandaki basamaklar ve devamındaki kapı eşiği Propylon ile stoanın birlikte planlandığına ve bu iki yapının mimari bağlantısına işaret eder. Propylon'un güneyinde orthostatların oturduğu zeminin alt yapısını oluşturan duvar ile her iki yönde basamakların oturduğu alt yapıdaki duvarlar farklı tekniklere sahiptir. Batıdaki yarım yuvarlak bölümün güney ucu, güneydeki antayı doğuya doğru geçerek, üçlü giriş hizasında yapıyla birleşir. Orthostat bloklarının üzerine oturduğu stylobat döşeminin altında bosajlı bağ/atkı ve dizi taşlarından oluşan MÖ 2. yüzyıla tarihlendirilen bir duvar vardır. Bu duvarın orthostat altında kalan bölümlerde devam ettiği ancak basamakların bulunduğu bölümde devam etmediği görülmektedir. Bu da hem yarım yuvarlak bölümün hem de 10 basamaklı doğuya bakan bölümün buraya MÖ 2. yüzyıldan sonra eklendiğinin göstergesidir. Diğer bir deyişle orthostatların bulunduğu Propylon'un ana yapısı var olan eski temeller üzerine oturtulmuşken, basamaklar eski temele eklenerek yapılmıştır. Eklenen bu bölümlerdeki kalitesiz işçilik dikkat çekicidir. Bu kadar özenli bir yapıda insanların görüş alanında bulunan bölümde bu işçilik ilginçtir. Bu bölümün başka bir yapı ile kapatıldığına dair şimdilik bir veri bulunmamaktadır. Ion düzeninde inşa edilmiş olan Propylon, yarım daire planlı ön cephe düzenlemesiyle Anadolu'da bilinen tek örnektir (Büyüközer, 2019).



Şekil 90. Kutsal Alan Propylonu (Büyüközer, 2019: 203)

2.3.2. Değerlendirme ve Sonuç

Anadolu ve dışında inşa edilen İon sütunların ölçülerine bakıldığında Dor sütunlarına göre boylarının daha uzun tutulduğu görülmektedir. Vitruvius bu sütun türü için alt çapın dokuz katı kadar yüksekliğe sahip olması gerektiğini dile getirse de inşa edilen sütunlarda 5, 5.5, 8, 9, 10 veya 10.5 oranın kullanıldığı görülmektedir. Bu durum da söz konusu dönemde mimarların kendi oranlarını oluşturduklarını göstermektedir. Vitruvius haricinde İon düzenini araştıran ve yorumlayan Vignola, Polladio, Scamozzi, Perrault vb. mimarlar sütun yüksekliğini 8 ve 9 m yüksekliğinde ele alsa da bu konuda genelleme yapmak için inşa edilen İon tapınaklarındaki sütunların gerçek yüksekliğinin bilinmesi gerekmektedir.

2.4. Korinth Mimarisi

MÖ 5. yüzyılda kullanılmaya başlayan Korint düzeni, MÖ 4. yüzyılda da yaygınlaşmıştır. Bu düzen, MÖ 4. yüzyıldan önce yapıların içinde kullanılmış daha sonra özellikle Roma döneminde yapıların dışında da kullanılmaya başlanmıştır (Şekil 91). Büyük ölçüde İon düzenine benzeyen Korint düzeninde, krepis sayısı daha fazladır ve buna bağlı olarak krepidoma ile tapınak daha da yükselir. Sütun kaidesi de plinthos, torus ve trochilos'dan oluşmaktadır. Sütun da İon sütunundan çok farklı değildir. Yivlerin durumu aynıdır fakat yükseklik ve çapının incelme oranı daha fazladır, bu nedenle sütun daha ince ve uzun görünür. Başlık bir sepet gibidir, çevresinde hâkim olan akanthus (kenger) yaprak dizileri vardır, ayrıca yapraklar arasından fışkırıyormuş gibi görünen zarif volütler abacusu taşımaktadır. Akanthus yaprakları zengin bezeyici bir unsurdur. Korint başlığının Dor ve İon başlığına göre tercih edilişinin nedeni bu başlığın dört yandan da bakıldığında aynı görünümü vermesidir. Sütun başlığı üzerinde, üç fascialı arşitrav, kabartmalı friz, geisopodes, geison ve sima bölümleri yer almaktadır. Bu bölümler arası geçişleri de kymation frizleri sağlar (As, 2014).

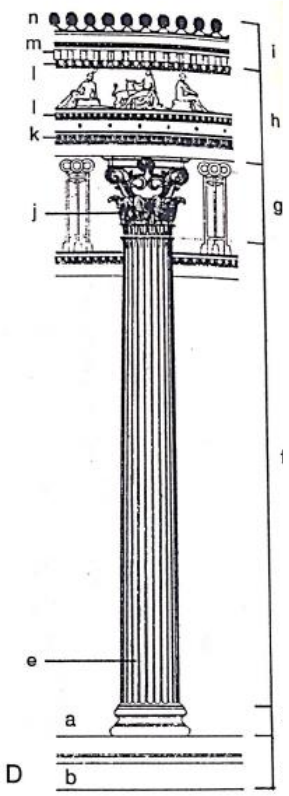
Bu düzen için Vitruvius kitabının IV. bölümünde şu bilgileri aktarmıştır;

"Korint düzenindeki sütunlar, başlıkları hariç, her bakımdan İon düzeniyle aynı simetrik yapıya sahiptir, ama Korint düzenindeki sütun başlıklarının yüksekliği, bu sütunları orantılı olarak daha uzun ve daha ince gösterir; çünkü İon başlığının yüksekliği sütun çapının sadece üçte birini teşkil ederken, Korint başlığının yüksekliği tüm gövdesinin çapına eşittir*. Dolayısıyla, Korint sütunlarının çapının üçte ikisi başlıklara eklendiği için, bu yükseklik artışı onların daha ince görünmesine neden olur."*

"Korint sütunlarının üstünde bulunan diğer yapı elemanları, ya Dor düzeninin simetrik oranları dikkate alınarak ya da İon usullerine uygun olarak yerleştirilir; çünkü gerek kornişler gerekse diğer süsler için Korint düzeninin kendine özgü bir üslubu hiç olmamıştır. Dolayısıyla kornişlerdeki damlalıklar (mutulus) ve baştabanlardaki damlalar (guttae) Dor düzeninin üçyüziv yöntemine uygun olarak düzenlenirken, diş kuşaklarının ve kornişlerin eşliğinde kabartmalarla

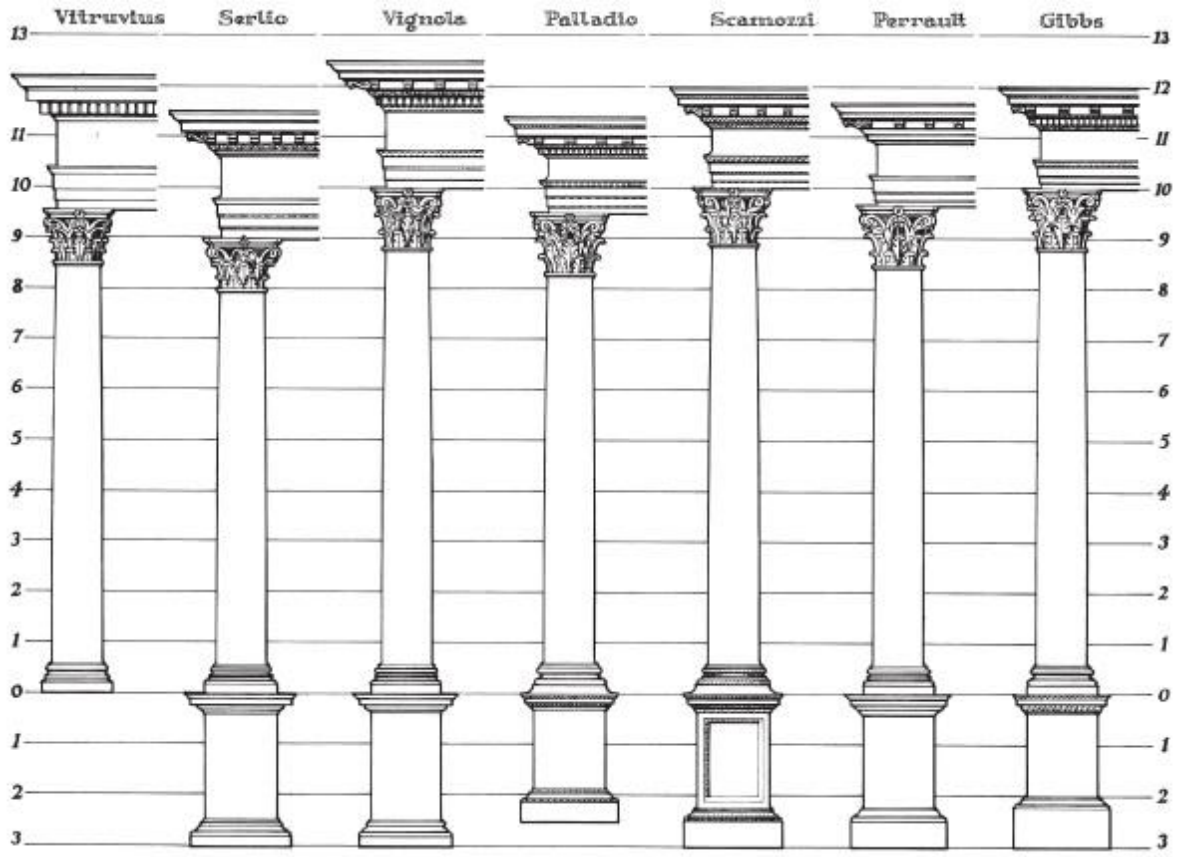
bezeli frizler İon düzeninin usullerine göre ayarlanır. Böylece bu başlığın katılımıyla mimaride de diğer iki düzenden bir üçüncü düzen doğmuş olur. Korint başlığın orantısı şu şekilde kurulmalıdır; Sütunun taban çapı ne kadarsa, tablasıyla birlikte başlığın yüksekliği de aynı ölçüde olsun. *Tabanın genişliği de öyle oranlansın ki, bir köşesinden diğer köşesine çekilen çizgilerin uzunluğu, başlığın yüksekliğinin iki katı olsun; çünkü böylece başlığın her bir yüzü doğru orantılı bir görünüme kavuşacaktır. Bu yüzler, tablanın köşesinden yüzün genişliğinin dokuzda bir oranında içeriye kıvrılsın. Başlığına altı, içbükey ek yeri ile dışbükey silmesi (apothesis, astragalus)) hariç, sütunun tepesiyle aynı çapta olsun. Tablanın yüksekliğiyse başlığın yüksekliğinin yedide birini teşkil etsin."*

Tablanın yüksekliği ayarlandıktan sonra, bunun haricinde geri kalanı üç birime ayrılsın, bunlardan biri en alttaki yaprağa verilsin. İkinci yaprak bu yüksekliğin ortasını tutsun; dallar da aynı yükseklikte olsun, yani yaprakların fışkırıp filizlerin yarattığı helezonları desteklemek için tablanın da köşelerine uzanan dallar. Aralarına da daha minik helezoni filizler (helices minores) hakkedilsin, başlık tablasındaki çiçeğin hemen altındaki başlığın ortasına. Dört yandaki çiçekler, tablanın yüksekliği oranında geniş olsun. İşte bu ölçülerle Korint sütunu tam da kendine özgü havasını bulmuş olacaktır".

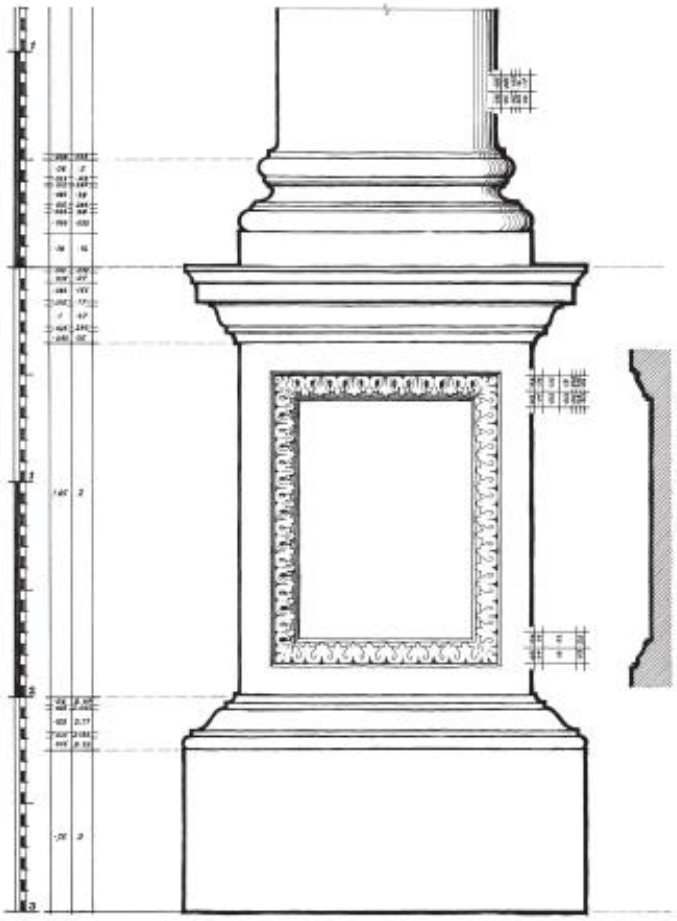


Şekil 91. Korinth düzen: a-Stylobat; b-Krepis; c-Stereobat; d-Kaide; e-Kaneür; f-Sütun gövdesi; g-Başlık; h-Arşitrav + Friz; i-Saçak; j-Akant yaprakları; k-Meander, ı-Yumurta ok frizi, m-Dentil; n-Palmet (Kaynak: Sözen ve Tanyeli, 2011: 348)

Chitham (2007) araştırmasında ise Vitruvius ve antik dönem düzenlerini farklı dönemlere uyarlayan (Rönesans, Neoklasik vb.) mimarların Korinth düzeni ölçüleri karşılaştırılmıştır (Şekil 92). Bu karşılaştırmada mimarların Korinth sütununu 9 m veya 10 m yüksekliğinde tuttuğu görülmüştür. Sütun çapında ise İon sütunu ile benzerlik gösterdiği ve çapının 52.5 inç (1.3335 m) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 93).



Şekil 92. Antik Dönem Mimarı Vitruvius ve Antik Düzenleri Çalışan Mimarlara Göre Korinth Sütunun Boyutları (Clitham 2007: 47)



Şekil 93. Korinth Sütunun Çapı (Clitham 2007: 97)

2.4.1. Anadolu'da Korinth Mimarisi

Anadolu'da inşa edilen Korinth tapınakları Tablo 55'te verilmiştir. Anadolu'da inşa edilen tapınaklar Yiğit Tümer (2017) tarafından "Anadolu'daki Korinth Düzenli Tapınaklar" başlıklı yüksek lisans tezinde çalışılmıştır.

Tablo 55. Anadolu'da İnşa Edilen Korinth Tapınaklar

İnşa Tarihi	Tapınak Adı	Plan	Ölçü	Sütun Sayısı	Sütun Aralığı	Kaide		Gövde			Başlık		Toplam Sütun Yüksekliği	DÜBEL		ZIVANA	
						Çap	Yükseklik	Alt Çap	Üst Çap	Yükseklik	Çap	Yükseklik		Sayı	Ölçü	Sayı	Ölçü
MS 2. yy.ın ikinci yarısı	Pergamon Demeter Tapınağı	Prostylos	14.14x7.975 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MS 114-125	Pergamon Traianus Tapınağı	Peripteros	20x32 m	6x10	-	-	-	1.08 m.	-	-	-	1.27 m	9.72 m Tamburlu	-	-	-	-
MS 2. yy.ın ikinci çeyreği	Kyzikos Hadrianus Tapınağı	Dipteros	48.84x106.56 m	8x16	4.2 m	-	-	2.10 m.	-	-	-	2.50 m	21.3 m Tamburlu	-	-	-	-
MS 117-118	Ephesos Hadrianus Tapınağı	Prostylos	8.20x7.96 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MS 2. yy.ın son çeyreği	Ephesos Serapis Tapınağı	Prostylos	29.20x36.70 m	-	-	-	-	1.52 m.	-	-	-	-	15 m Monolit yivsiz	-	-	-	-
MS 2. yy.	Notion Athena Polias Tapınağı	Templum in antis	7.50x16.00 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MS 1.yy.ın ilk çeyreği	Ankyra Augustus Tapınağı	pseudo dipteros	36x54.82 m	8x15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MS 2. yy. ortaları	Euromos Zeus Tapınağı (Zeus Lepsynos)	Peripteros (heksastylos)	14.40x26.80 m	6x11	-	-	37.5 cm	-	-	3 tambur yüksekliği 7.70 m.	-	90 cm	13,52 cm	-	-	-	-
-	Kaunos Korinth Tapınağı	Peripteros	19.70x18.85 m	6x9	-	Üst: 65 cm. Alt: 1.06 m.	28.7 cm	-	-	Tek tambur: 75 cm	-	-	-	-	-	-	-
MS 2. yy.	Knidos Korinth Tapınağı	Pseudo Peripteros	7.10x12.00 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MS 2. yy.ın üçüncü çeyreği	Patara Ante (Korinth) Tapınağı	Prostylos	9.70x12.80 m	-	-	-	44 cm.	-	-	-	-	85 cm	-	-	-	-	-

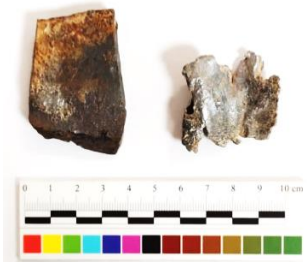
İnşa Tarihi	Tapınak Adı	Plan	Ölçü	Sütun Sayısı	Sütun Aralığı	Kaide		Gövde			Başlık		Toplam Sütun Yüksekliği	DÜBEL		ZIVANA	
						Çap	Yükseklik	Alt Çap	Üst Çap	Yükseklik	Çap	Yükseklik		Sayı	Ölçü	Sayı	Ölçü
MS 2. yy.ın son çeyreği	Adada D Tapınağı	Prostylos	19.17x10.85 m	-	3.32 m.	70 cm	33 cm.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÖ 1.yy.ın son çeyreği	Pisidia Antiokheia Augustus Tapınağı	Prostylos	14.20x27.95 m	-	-	-	43cm	-	-	-	92 cm	1 m	7.26 m	-	-	-	-
MS 117-138	Kremna Hadrianus Tapınağı	Prostylos	14.20x27.95 m	-	-	-	-	0.90-1.00 m	-	-	87 cm	93 cm	-	-	-	-	-
MS 150-161	Kremna Antoninus Pius Tapınağı	Prostylos	-	-	-	-	-	-	52 cm	-	-	66 cm	-	-	-	-	-
MS 2. yy.ın ikinci çeyreği	Sagalassos Antoninus Pius Tapınağı	Peripteros	13.80x26.80 m	6x11	-	-	-	-	-	-	-	90-85 cm	7.50 m, ya da 6.52 m	-	-	-	-
MS 115-120	Sagalassos Dionysos Tapınağı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MS 2. yy.ın ikinci yarısı	Termessos N1 Tapınağı	Prostylos	15.85x11.50 m	-	-	-	55 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MS 140-150	Termessos N2 Tapınağı	Prostylos	8.45x12.45 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.04 m	-	-	-	-
MS 3. yy.ın ikinci yarısı	Termessos N4 (Artemis ve Ġmparatorlar) Tapınağı	Prostylos	6.72x10.08 m	-	-	-	-	-	-	-	-	58 cm	-	-	-	-	-
MS 2. yy.ın ikinci çeyreği	Termessos N6 Tapınağı	Templum in antis	11.55x7.06 m	-	-	-	-	-	-	-	-	60 cm	-	-	-	-	-
MS 1.yy. başı	Side Dionysos Tapınağı	Pseudo Peripteros	17.55x7.23 m	-	-	-	-	-	-	-	-	61 cm	-	-	-	-	-

İnşa Tarihi	Tapınak Adı	Plan	Ölçü	Sütun Sayısı	Sütun Aralığı	Kaide		Gövde			Başlık		Toplam Sütun Yüksekliği	DÜBEL		ZIVANA	
						Çap	Yükseklik	Alt Çap	Üst Çap	Yükseklik	Çap	Yükseklik		Sayı	Ölçü	Sayı	Ölçü
MS 150	Side N1 Tapınağı	Peripteros	16.37x29.50 m.	6x11	-	-	61 cm.	1.08 m.	89 cm	-	-	1.12 m	8.85 m	-	-	-	-
MS 3 yy.	Side P Tapınağı	-	-	4?	-	-	34 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MS 2. yy. ortaları	Side Tykhe Tapınağı	Peripteros	-	12?	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MS 14–37	Pessinus Korinth (İmparatorluk) Tapınağı	Peripteros	13.70x24.10 m.	6x11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MS 1. yy.ın ikinci yarısı	Elaiussa Sebaste Tapınağı	Peripteros	32.90x17.60 m.	6x12	-	-	-	-	-	-	-	62 cm 75 cm	-	-	-	-	-
MS 117-138	Seleukeia Zeus (Jüpiter) Tapınağı	pseudo dipteros	39.20x22.20 m.	8x14	-	-	-	-	-	-	-	-	9.28 m (12 tambur)	-	-	-	-
MS 2. yy. ortaları	Uzuncaburç (Diokaisarea) Zeus Tapınağı	Peripteros	33.70x21.20 m.	6x12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2.4.2. Stratonikeia Antik Kenti ve Lagina Kutsal Alan'da Korinth Mimarisi

Proje kapsamında Korinth düzeni için Lagine Hekate Tapınağı'ndan Örnek 9 (LS2) ve Örnek 11 (LS3) kodlu numune alınmıştır. Numunelere ait bilgiler Tablo 56 ve Tablo 57'te verilmiştir.

Tablo 56. Korinth Sütunu ve Örnek 9 Hakkında Bilgi

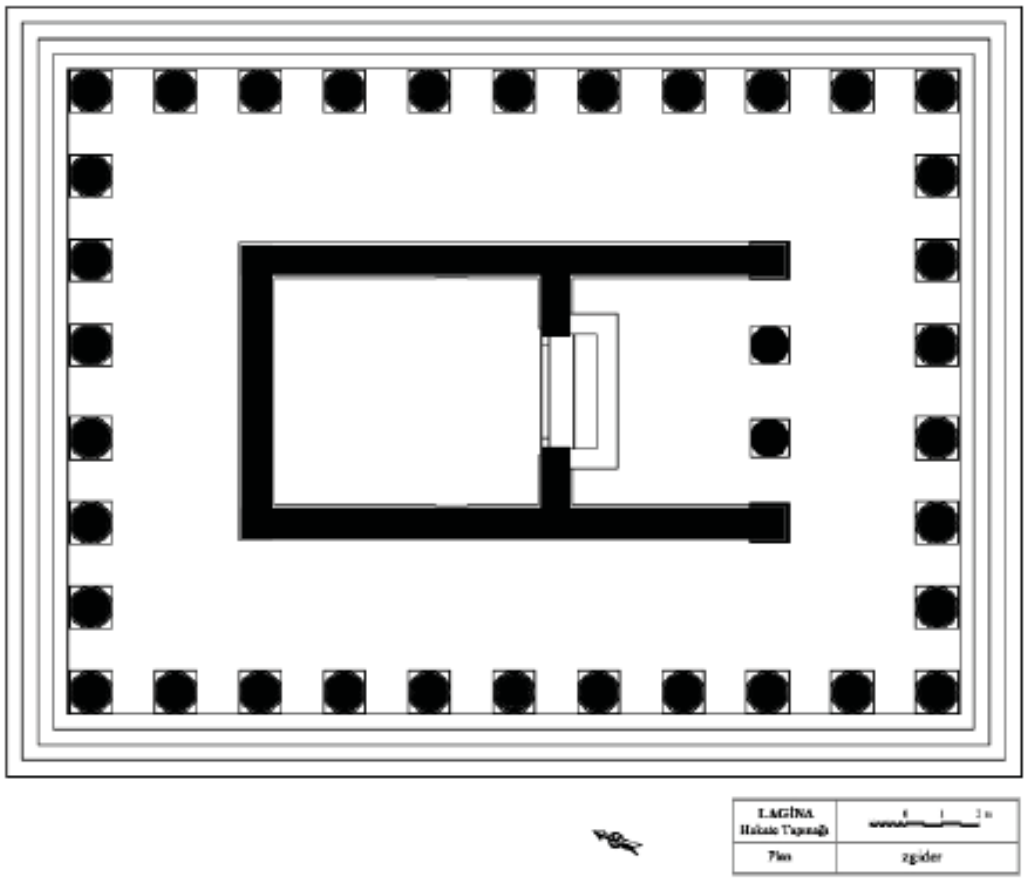
<table>
<tr><th colspan="7">Lagina Kutsal Alanı: Hekate Tapınağı</th></tr>
<tr><th>Tarih</th><th>Malzeme Adı</th><th>Tür</th><th>Blok</th><th>Buluntu Yeri</th><th>Numune</th><th>Numune Kodu</th></tr>
<tr><td>Geç Hellenistik Dönem (M.Ö. 100-80)</td><td>Kurşun-Demir</td><td>Dübel</td><td>Korinth Sütun Başlığı</td><td>Lagina Hekate Tapınağı</td><td>Örnek 9</td><td>LS2 (Lagina Sütun 2)
LS2.1 (Fe)
LS2.2 (Pb)</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">LS2/Örnek 9</td><td colspan="2">İşlem Öncesi, Ağırlık: A- 109,10
B- 35,07</td><td colspan="2">İşlem Sonrası, Ağırlık: A- 108,72
B- 33,60</td></tr>
</table>

Tablo 57. Korinth Sütunu ve Örnek 11 Hakkında Bilgi

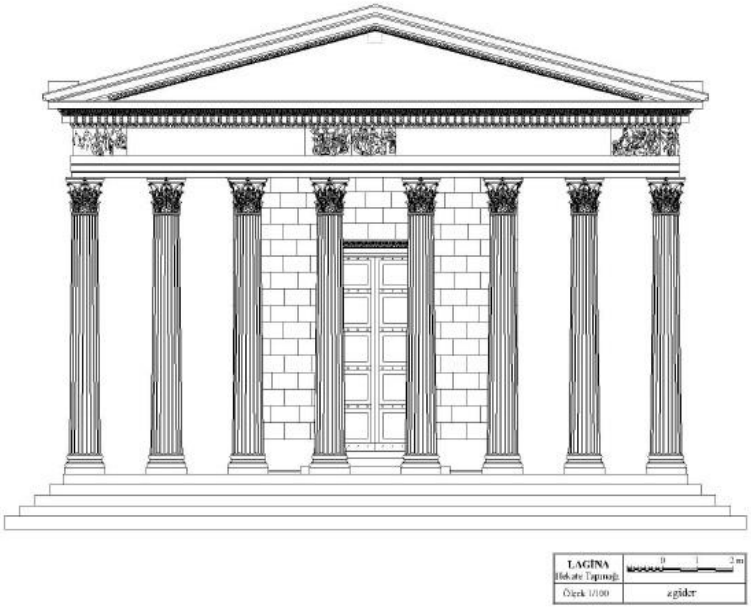
<table>
<tr><th colspan="7">Lagina Kutsal Alanı: Hekate Tapınağı</th></tr>
<tr><th>Tarih</th><th>Malzeme Adı</th><th>Tür</th><th>Blok</th><th>Buluntu Yeri</th><th>Numune</th><th>Numune Kodu</th></tr>
<tr><td>Geç Hellenistik Dönem (M.Ö. 100-80)</td><td>Kurşun</td><td>Dübel</td><td>Hekate Tapınağı 437 Blok Numaralı Sütun Tamburu</td><td>Hekate Tapınağının Kuzeybatısındaki Tasnif Alanı, 437 Blok Numaralı İonik Yivli Sütun Tamburu</td><td>Örnek 11</td><td>LS3 (Lagina Sütun 3)</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">LS3/Örnek 11</td><td colspan="2">İşlem Öncesi, Ağırlık: 436,51</td><td colspan="2">İşlem Sonrası, Ağırlık: 426,74</td></tr>
</table>

Lagina Hekate Tapınağı

Hekate Tapınağı pseudo-dipteros planda inşa edilmiş olup, 8 x 11 sütunludur (Şekil 94). Giriş kısmı güneybatı cephede yer alan tapınak, geniş bir pronaos ve naostan oluşmaktadır. Opisthodomos bölümü yoktur. Hellenistik Dönem'in başyapıtlarının aksine, ön cephede anteler arasında Anadolu-Ion (Efes) kaideli ve Ion başlıklı in-antis sütunlar bulunmaktadır. Peristasis sütunları ise Attik-Ion kaideli ve Korinth başlıklıdır (Şekil 92). Tapınağın enbablatur kısmında dış cephesi üç fasciaya ayrılmış, bitimine taç profili işlenmemiş arşitrav blokları kullanılmıştır. Peristasis arşitravlarının ic cephesinde, naos duvar arşitravlarının ise dış cephesinde üst fasciaya anthemion işlenmiştir. Tapınağın frizleri, dört yönde farklı konuların işlendiği figürlü betimlere sahiptir (Büyüközer, 2010).

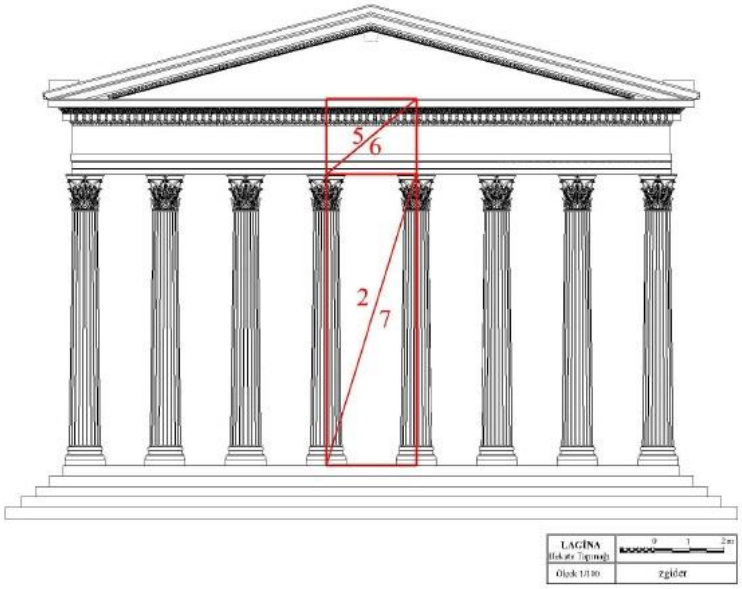


Şekil 94. Lagina Hekate Tapınağı'nın Planı (Restitüsyon) (Büyüközer, 2010: 10)

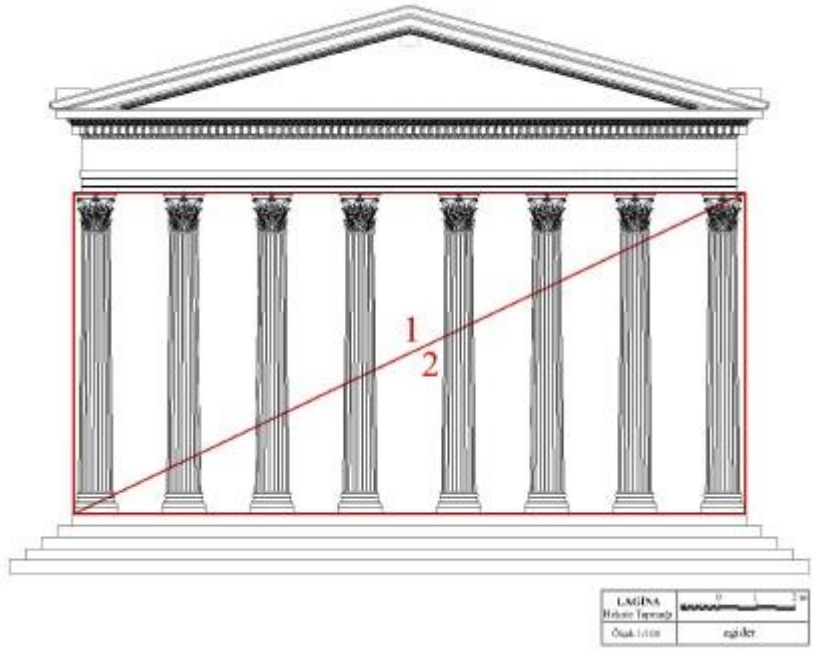


Şekil 95. Lagina Hekate Tapınağı'nın Ön Cephe Restitüsyonu
(Kaynak: Büyüközer, 2010: 11)

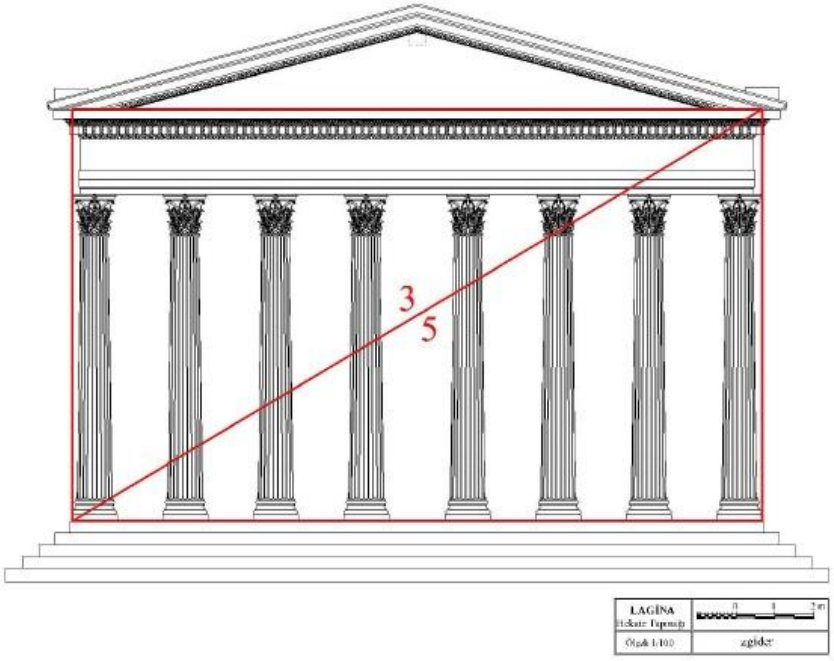
Tapınağın ve sütunların matematiksel oranları Aytekin Büyüközer tarafından 2006 yılında hazırlanan "Lagina Hekate Tapınağının Matematiksel Oranları" başlıklı yüksek lisans tezinde çalışılmıştır. Tez çalışmasına göre tapınağın matematiksel oranları Şekil 95, 96, 97, 98, 99 ve 100'de verilmiştir.



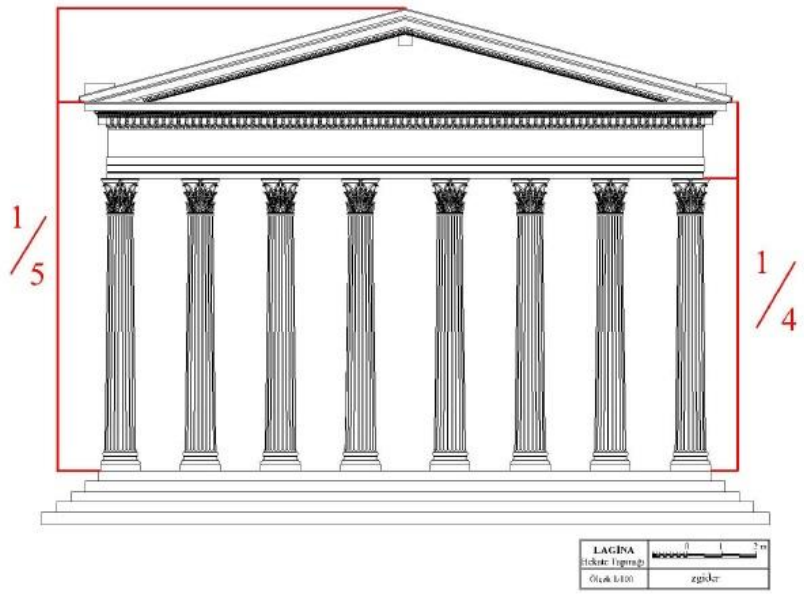
Şekil 96. Orta Aksın Sütun Yüksekliğine, Üst Yapı Elemanlarının Orta Aksa Oranı
(Büyüközer, 2006: 108)



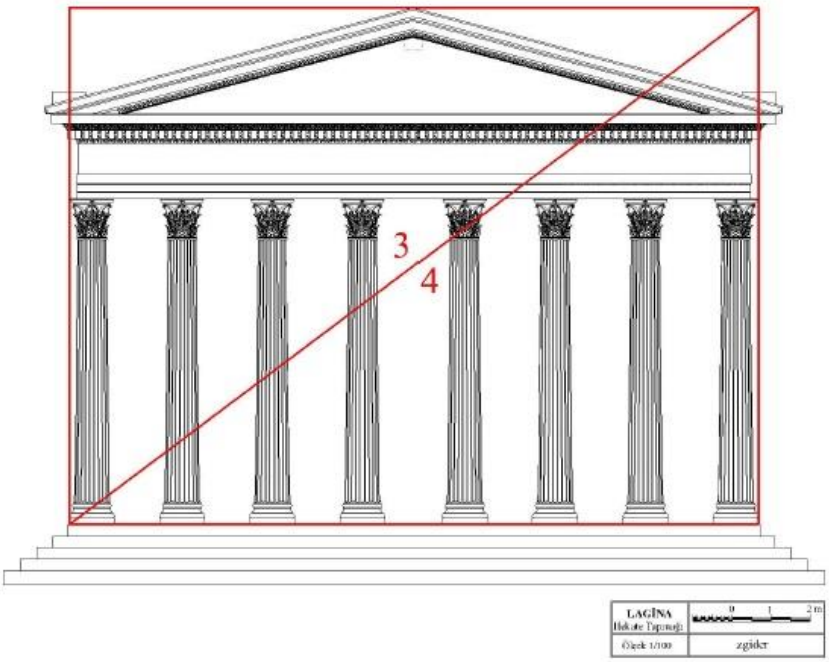
Şekil 97. Ön Cephe Genişliğinin Sütun Yüksekliğine Oranı (Büyüközer, 2006: 109)



Şekil 98. Ön Cephe Genişliğinin Sütun ve Üst Yapı Elemanlarının Yüksekliğine Oranı (Büyüközer, 2006: 110)

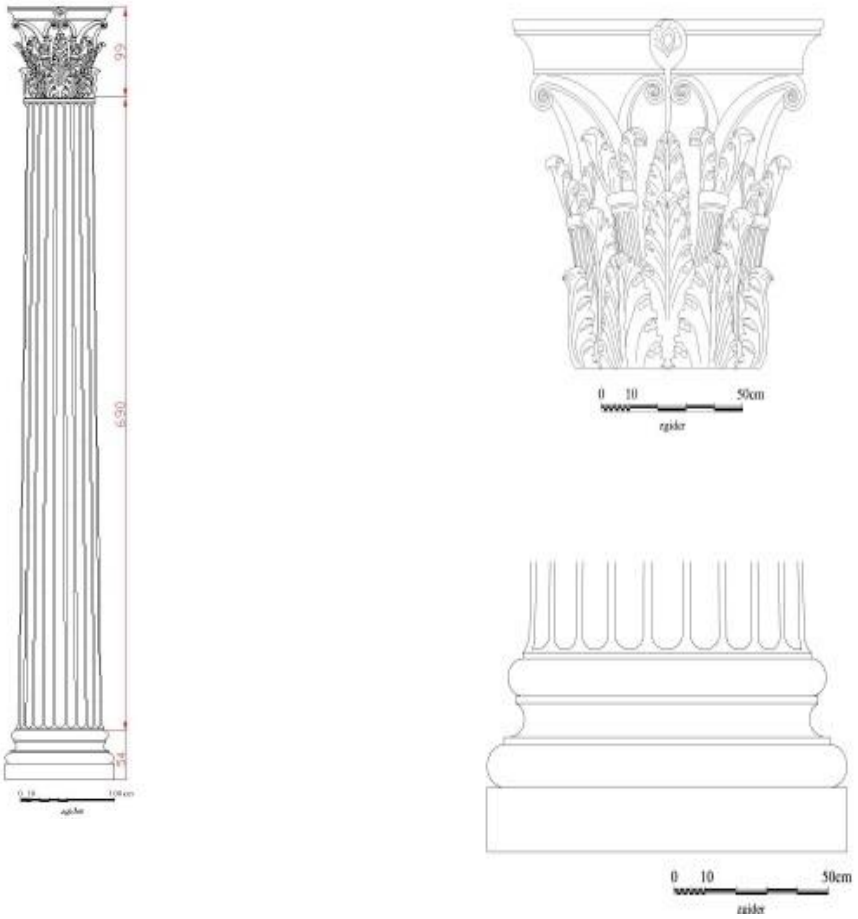


Şekil 99. Yapı Yüksekliğinin Oranları (Büyüközer, 2006: 111)



Şekil 100. Ön Cephe Genişliğinin Toplam Yüksekliğe Oranı (Büyüközer, 2006: 112)

Peristasis sütunların çizimleri Şekil 101'de, ölçüleri Tablo 58, 59, 60 ve 61'de verilmiştir.



Şekil 101. Lagina Hekate Tapınağı'nın Peristasis Sütunlarının (Başlık, Kaide,Gövde) Çizimleri ve Ölçüleri (Büyüközer, 2006: 99-101)

Tablo 58. Doğu Peristasis Sütun Başlıklarının Oranları (Büyüközer, 2006: 87)

DB1	Ölçüleri	Modül	Alt Çapa Oranı	Başlık Yüksekliğine Oranı
Yük	99	16.5	1: 1.1	1:1
Alt Çap	66	11	1: 0/3	1: 2/3
1. Yaprak	33	5.5		
2. Yaprak	48	8		
Abaküs	15	2.5		
DB2	**Ölçüleri**	**Modül**	**Alt Çapa Oranı**	**Başlık Yüksekliğine Oranı**
Yük	96	16	1: 1.07	1:1
Alt Çap	67.5	11.25	1: 0.75	1: 2.1/3
1. Yaprak	33	5.5		
2. Yaprak	48	8		
Abaküs	13.5	2.25		

Tablo 59. Kuzey Peristasis Sütun Başlıklarının Oranları (Büyüköz er, 2006: 83-84)

KB1	Ölçüleri	Modül	Alt Çapa Oranı	Başlık Yüksekliğine Oranı
Yük	99	16.5	1: 1.1	1:1
Alt Çap	66	11	1: 0.73	1: 2/3
1. Yaprak	30	5		
2. Yaprak	46.5	7.75		
Kaulis	46.5	7.75		
Abakus	12	2		
KB2	**Ölçüleri**	**Modül**	**Alt Çapa Oranı**	**Başlık Yüksekliğine Oranı**
Yük	94.5	15.75	1: 1.05	1:1
Alt Çap	67.5	11.25	1: 0.75	1: 2.15/3
1. Yaprak	31.5	5.25		
2. Yaprak	51	8.5		
Kaulis	51	8.5		
Abakus	13.5	2.25		
KB3	**Ölçüleri**	**Modül**	**Alt Çapa Oranı**	**Başlık Yüksekliğine Oranı**
Yük	96	16	1: 1.07	1:1
Alt Çap	66	11	1: 0.73	1: 2/3
1. Yaprak	31.5	5.25		
2. Yaprak	49.5	8.25		
Abakus	12	6		
KB4	**Ölçüleri**	**Modül**	**Alt Çapa Oranı**	**Başlık Yüksekliğine Oranı**
Yük	93	15.5	1: 1.03	1:1
Alt Çap	64.5	10.75	1: 0.72	1: 2.1/3
1. Yaprak	33	5.5		
2. Yaprak	48	8		
Kaulis	48	8		
KB5	**Ölçüleri**	**Modül**	**Alt Çapa Oranı**	**Başlık Yüksekliğine Oranı**
Yük	96	16	1: 1.07	1:1
Alt Çap	67.5	11.25	1: 0.75	1: 2.1/3
1. Yaprak	33	5.5		
2. Yaprak	46.5	7.75		
Kaulis	46.5	7.75		
Abakus	15	2.5		
KB6	**Ölçüleri**	**Modül**	**Alt Çapa Oranı**	**Başlık Yüksekliğine Oranı**
Yük	97.5	16.25	1: 1.08	1:1
Alt Çap	67.5	11.25	1: 0.75	1: 2.1/3
1. Yaprak	31.5	5.25		
2. Yaprak	49.5	8.25		
Kaulis	49.5	8.25		
Abakus	13.5	2.25		
KB7	**Ölçüleri**	**Modül**	**Alt Çapa Oranı**	**Başlık Yüksekliğine Oranı**
Yük	96	16	1: 1.07	1:1
Alt Çap	66	11	1: 0.73	1: 2/3
1. Yaprak	33	5.5		
2. Yaprak	48	8		
Kaulis	48	8		
Abakus	15	2.5		
KB8	**Ölçüleri**	**Modül**	**Alt Çapa Oranı**	**Başlık Yüksekliğine Oranı**
Yük	93	15.5	1: 1.03	1:1
Alt Çap	67.5	11.25	1: 0.75	1: 2.2/3
1. Yaprak	31.5	5.25		
2. Yaprak	49.5	8.25		
Kaulis	33	5.5		
Abakus	12	6		

Tablo 60. Batı Peristasis Sütun Başlıkların Oranları (Büyüközer, 2006: 85)

BB1	Ölçüleri	Modül	Alt Çapa Oranı	Başlık Yüksekliğine Oranı
Yük	99	16.5	1: 1.1	1:1
Alt Çap	66	11	1: 0.73	1: 2/3
1. Yaprak	33	5.5		
2. Yaprak	49.5	8.25		
Kaulis	36	6		
Abakus	12	2		
BB2	**Ölçüleri**	**Modül**	**Alt Çapa Oranı**	**Başlık Yüksekliğine Oranı**
Yük	97.5	16.25	1: 1.08	1:1
Alt Çap	-	-	-	-
1. Yaprak	33	5.5		
2. Yaprak	43.5	7.25		
Kaulis	-	-	-	-
Abakus	15	2.5		
BB3	**Ölçüleri**	**Modül**	**Alt Çapa Oranı**	**Başlık Yüksekliğine Oranı**
Yük	94.5	15.75	1: 1.05	1:1
Alt Çap	64.5	10.75	1: 0.72	2:3
1. Yaprak	33	5.5		
2. Yaprak	48	8		
Kaulis	-	-	-	-
Abakus	12	2		
752	**Ölçüleri**	**Modül**	**Alt Çapa Oranı**	**Başlık Yüksekliğine Oranı**
Yük	96	16	1: 1.07	1:1
Alt Çap				
1. Yaprak	30	5		
2. Yaprak	48	8		
Kaulis	31.5	5.25		
Abakus	16.5	2.75		

Tablo 21: Batı Peristasis sütun başlıklarının oranları

Tablo 61. Güney Peristasis Sütun Başlıklarının Oranları (Büyüközer, 2006: 86-87)

GB1	Ölçüleri	Modül	Alt Çapa Oranı	Başlık Yüksekliğine Oranı
Yük	100.5	16.75	1: 1.12	1:1
Alt Çap	67.5	11.25	1: 0.75	1: 2/3
1. Yaprak	37.5	6.25		
2. Yaprak	45	7.5		
Kavalis	40.5	6.75		
Abakus	15	2.5		
GB2	Ölçüleri	Modül	Alt Çapa Oranı	Başlık Yüksekliğine Oranı
Yük	99	16.5	1: 1.1	1:1
Alt Çap	66	11	1: 0.73	1: 2/3
1. Yaprak	27	4.5		
2. Yaprak	48	8		
Abakus	15	2.5		
GB3	Ölçüleri	Modül	Alt Çapa Oranı	Başlık Yüksekliğine Oranı
Yük	100.5	16.75	1: 1.12	1:1
1. Yaprak	33	5.5		
2. Yaprak	43.5	7.25		
Abakus	15	2.5		
GB4	Ölçüleri	Modül	Alt Çapa Oranı	Başlık Yüksekliğine Oranı
Yük	100.5	16.75	1: 1.12	1:1
1. Yaprak	31.5	5.25		
2. Yaprak	46.5	7.75		
Abakus	15	2.5		
GB5	Ölçüleri	Modül	Alt Çapa Oranı	Başlık Yüksekliğine Oranı
Yük	97.5	16.25	1: 1.08	1:1
Alt Çap	64.5	10.75	1: 0.72	1: 2/3
1. Yaprak	31.5	5.25		
2. Yaprak	45	7.5		
Abakus	15	2.5		
GB6	Ölçüleri	Modül	Alt Çapa Oranı	Başlık Yüksekliğine Oranı
Yük	99	16.5	1: 1.1	1:1
Alt Çap	66	11	1: 0.73	1: 2/3
1. Yaprak	36	6		
2. Yaprak	43.5	7.25		
Abakus	15	2.5		

GB7	Ölçüleri	Modül	Alt Çapa Oranı	Başlık Yüksekliğine Oranı
Yük	100.5	16.75	1: 1.12	1:1
Alt Çap	67.5	11.25	1: 0.75	1: 2/3
1. Yaprak	36	6		
2. Yaprak	45	7.5		
Abakus	16.5	2.75		

Mimari elemanların ölçüleri Tablo 62'de, ölçüleri ve sütun aralıkları bakımından diğer tapınaklar ile karşılaştırılması Şekil 63-70'te yer almaktadır.

Tablo 62. Lagina Hekate Tapınağı'nın Mimari Elemanlarının Ölçüleri (Büyüközer, 2006:69)

	Uzunluk (m)	Modül=6	Sütun Alt çapına oranı
Plinthe Genişliği	**1.16**	**19.5**	**1: 1.3 = 1 1/3**
Kaide Yüksekliği	0.54	9	1: 0.6 = 5/8
Sütun Yüksekliği	8.43	140.5	1: 9.35= 9 3/8
Sütun Alt Çap	0.90	15	1:1 = 1/1
Sütun Üst Çap	0.75	12.5	1: 1.1 = 5/6
Arşitrav Yüksekliği(Pteron)	0.615	10.25	1: 0.7 = 2/3
Arşitrav Yüksekliği (Naos)	0.63	10.5	1: 0.7 = 2/3
Friz Yüksekliği (Pteron)	0.93	15.5	1: 1 = 1/1
Friz Yüksekliği (Naos)	0.535	8.9	1: 0.6 = 5/8
Korniş Yüksekliği	0.54	9	1: 0.6 = 5/8
Alınlık Yüksekliği	219	36.5	1: 2.45 = 2 6/8

Tablo 63. Pseoudo-dipteros Planlı Tapınaklarda Uygulanan Sütun Aralığı ve Oranları (Büyüközer, 2006:71)

Tapınaklar	Plan	Alt çap	Aksialite	Oran	Sütun Aralığı	Tarih
Lagina Hekate	Pseudo-dipteros	0.90	2.32 2.60	1: 2.5 1: 2.88	Eustylos Eustylos-diastylos	MÖ. 2. yy sonu
Messa Aphrodite	Pseudo-dipteros	1.04	2.96	1: 2.84	Eustylos-diastylos	MÖ. 340–320
Magnesia Artemis	Pseudo-dipteros	1.40	3.94 5.25	1: 2.81 1: 3.75	Eustylos-diastylos Diastylos- ameostylos	MÖ. 2. yy
Chrysa Apollon Smintheus	Pseudo-dipteros	1.127	2.93	1: 2.60	Eustylos-diastylos	MÖ. 2. yy ortası
Alabanda Apollon	Pseudo-dipteros	1.12	2.80 3.07	1: 2.50 1: 2.74	Eustylos-diastylos Eustylos-diastylos	MÖ. 2. yy'ın 2. yarısı
Aphrodisias Aphrodite	Pseudo-dipteros	1.22	2.58 3.10	1: 2.10 1: 2.54	Systylos-eustylos Eustylos	MÖ. 1. yy'ın 2. yarısı
Ankara Augustus	Pseudo-dipteros	1.01	3.03	1: 3	Diastylos	Augustus Dönemi
Sardes	Pseudo-dipteros	0.886	2.659	1: 3	Diastylos	MS. 1. yy
Aizonoi Zeus	Pseudo-dipteros	0.99	2.51 3.11	1: 2.53 1: 3.14	Eustylos Diastylos	MS. 2. yy'ın ilk yarısı

Tablo 64. Korinth Düzeninde İnşa Edilen Tapınaklarda Uygulanan Sütun Aralığı ve Oranları (Büyüköz er, 2006:72)

Tapınaklar	Plan	Alt çap	Aksialite	Oran	Sütun Aralığı	Tarih
Olba Zeus	Peripteros	1.60	3.80 3.40	1:2.37 1:2.12	Eustylos-diastylos <Eustylos	MÖ. 3. yy'ın 2. yarısı
Antiocheia Augustus	Prostylos	0.92	3.20 2.90	1:3.48 1:3.15	Diastylos-araeostylos Diastylos	Augustus Dönemi
Notion Athena	İn-antis	0.69	2.165	1:3.13	Diastylos	MS. 1. yy
Elaiussa-Sebaste	Peripteros	1.07	2.86	1:2.67	Eustylos-diastylos	MS. 1. yy ortası
Pessinus	Peripteros	0.80	2.33	1:2.91	Diastylos	MS. 1. yy'ın 2. yarısı
Direk Kale A	Prostylos	1.20	4.12	1:3.43	Diastylos-araeostylos	MS. 1. yy'ın 2. yarısı
Olba Tykhe	Prostylos	0.66	1.89	1:2.86	Eustylos-diastylos	MS. 1. yy'ın 2. yarısı
Pergamon Trajan	Peripteros	1.08	3.50 3.13	1:3.24 1:2.89	Diastylos-araeostylos Eustylos-diastylos	MS. 2. yy'ın ilk çeyreği
Euromos Zeus	Peripteros	0.872	2.616	1:3	Diastylos	MS. 2. yy'ın ilk yarısı
Termessos N2	Prostylos	0.53	2.59	1:4.88	Ameostylos	MS. 2. yy'ın ilk yarısı
Termessos N1	Prostylos	0.54	2.05 2.62	1:3.79 1:4.85	Diastylos-araeostylos Ameostylos	MS. 2. yy ortası
Sagalassos AP	Peripteros	0.79	2.53	1:3.20	Diastylos	MS. 2. yy ortası
Side Apollon	Peripteros	1.08	2.96 2.83	1:2.74 1:2.62	Eustylos-diastylos	MS. 2. yy'ın 2. yarısı
Knidos	Pseudo-peripteros	0.67	2.35 1.95	1:3.5 1:2.9	Diastylos-araeostylos Diastylos	MS. 2. yy sonu
Pergamon Demeter	Prostylos	0.49	2.21	1:4.5	Ameostylos	MS. 2. yy sonu-3. yy başı

Tablo 65. Pseoudo-dipteros Planlı Tapınaklarda Uygulanan Euthynteria ve Stylobat Oranları (Büyüköz er, 2006:70)

Tapınaklar	Düzen	Sütun Sayısı	Euthynteria	Oran	Stylobat	Oran
Lagina Hekate	Korinth	8x11	21.09x27.78	1.3 = 7/9	17.76x24.45	1.37 = 7/4
Messa Aphrodite	Ion	8x14	23.75x41.52	1.75 = 4/7	22.09x39.75	1.8 = 5/9
Sardes Artemis	Ion	8x20			23.00x67.52	
Magnesia Artemis	Ion	8x15	41.00x67.30	1.65 = 7/5	31.56x57.86	1.8 = 5/9
Chrysa Apollon Smintheus	Ion	8x14	30.70x48.70	1.5 = 3/2	23.20x41.65	1.8 = 7/9
Alabanda Apollon	Ion	8x13			21.66x34.53	1.6 = 8/5
Aphrodisias Aphrodite	Ion	8x13			19.94x32.57	1.6 = 8/5
Ankara Augustus	Ion	8x15	36.00x54.82	1.5 = 3/2	25.30x44.20	1.75 = 7/4
Ephesos Domitian		8x13	23.97x33.82	1.4 = 7/5	-	-
Aizanoi Zeus	Ion	8x15	35.48x53.28	1.5 = 7/5	21.36x36.48	1.70 = 7/5
Seleukeia am Kalykadnos	Korinth	8x13			22.53x39.15	1.75 = 7/4
Sardes	Ion ya da Korinth	8x15			?	

Tablo 66. Hellenestik Dönem Korinth Düzenindeki Yapılarda Sütun Alt Çapının Sütun Yüksekliğine Oranı (Büyüközer, 2006:76)

Yapı	Düzen	Alt Çap	Sütun Yüksekliği	Oran	Tarih
Lagina Hekate	**Korinth**	**0.90**	**8.43**	**1: 9.35**	**MÖ. 2. yy sonu**
Lysikrates Anıtı	Korinth	0.295	3.54	1: 12	MÖ. 335–334
Milet Laodike Yapısı	Korinth	0.49	4.27	1: 8.7	MÖ. 259–253
Belevi Mausoleumu	Korinth	1.05	8.45	1: 8	MÖ. 246
Milet Bouleuterion Propylonu	Korinth	0.755	6.97	1: 9	MÖ. 175–164
Stratonikeia Gymnasiumu	Korinth	0.49	3.60	1: 7	MÖ. 2. yy ortası

Tablo 67. Roma Dönemi Korinth Düzenindeki Yapılarda Sütun Alt Çapının Sütun Yüksekliğine Oranı (Büyüközer, 2006:76)

Yapı	Düzen	Alt Çap	Sütun Yüksekliği	Oran	Tarih
Antiocheia Augustus	Korinth	0.92	8.91	1: 9.7	Augustus Dönemi
Notion Athena	Korinth	0.69	5.80	1: 8.4	MS. 1. yy
Elaiussa-Sebaste	Korinth	1.07	9.00 10.00	1: 8.4 1: 9.35	MS. 1. yy ortası
Direk Kale A	Korinth	1.20	12.00	1: 10	MS. 1. yy'ın 2. yarısı
Pessinus	Korinth	0.80	7.60	1: 9	MS. 1. yy'ın 2. yarısı
Olba Tykhe	Korinth	0.66	6.52	1: 9.87	MS. 1. yy'ın 2. yarısı
Pergamon Trajan	Korinth	1.08	9.72	1: 9	MS. 2. yy'ın ilk çeyreği
Euromos Zeus	Korinth	0.872	8.30	1: 9.5	MS. 2. yy'ın ilk yarısı
Termessos N2	Korinth	0.53	5.03 5.675	1: 9.5 1: 10.7	MS. 2. yy'ın ilk yarısı
Side Tykhe	Korinth	0.66	6.30	1: 9.5	MS. 2. yy
Termessos N1	Korinth	0.54	6.04	1: 11.2	MS. 2. yy ortası
Sagalassos AP	Korinth	0.79	6.52	1: 8.25	MS. 2. yy ortası
Side Apollon	Korinth	1.08	8.85	1: 8.2	MS. 2. yy'ın 2. yarısı
Knidos	Korinth	0.67	6.00	1: 9	MS. 2. yy sonu
Pergamon Demeter	Korinth	0.49	4.90	1: 10	MS. 2. yy sonu–3. yy başı

Tablo 68. Korinth Düzenindeki Yapılarda Sütun Alt Çapının Kaide Yüksekliğine Oranı (Büyüközer, 2006:77)

Yapı	Düzen	Kaide Tipi	Alt Çap	Kaide Yüksekliği	Oran	Tarih
Lagina Hekate	**Korinth**	**Attik-Ion**	**0.90**	**0.54**	**1: 0.60**	**MÖ. 2. yy sonu**
Lysikrates Anıtı	Korinth	Attik	0.295	0.12	1: 0.40	MÖ. 335–334
Milet Laodike Yapısı	Korinth	Attik	0.49	0.17	1: 0.35	MÖ. 259–253
Belevi Mausoleumu	Korinth	Attik-Ion	1.05	0.65	1: 0.60	MÖ. 246
Milet Bouleuterion Propylonu	Korinth	Attik	0.755	0.375	1: 0.50	MÖ. 175–164
Stratonikeia Gymnasiumu	Korinth	Attik	0.49	0.215	1: 0.45	MÖ. 2. yy ortası
Antiocheia Augustus	Korinth	Attik-Ion	0.92	0.45	1: 0.50	Augustus Dönemi

Tablo 69. Korinth Düzenindeki Yapılarda Sütun Alt Çapının Başlık Yüksekliğine Oranı (Büyüközer, 2006:77)

Yapı	Düzen	Alt Çap	Başlık Yüksekliği	Oran	Tarih
Lagina Hekate	**Korinth**	**0.90**	**99**	**1: 1.1**	**MÖ. 2. yy sonu**
Lysikrates Anıtı	Korinth	0.295	0.49	1: 1.66	MÖ. 335–334
Milet Laodike Yapısı	Korinth	0.49	0.505	1: 1.04	MÖ. 259–253
Belevi Mausoleumu	Korinth	1.05	1.18	1: 1.12	MÖ. 246
Milet Bouleuterion Propylonu	Korinth	0.755	0.778	1: 1.04	MÖ. 175–164
Stratonikeia Gymnasiumu	Korinth	0.49	0.55	1: 1.12	MÖ. 2. yy ortası
Antiocheia Augustus	Korinth	0.92	1.01	1: 1.09	Augustus Dönemi
Olba Tykhe	Korinth	0.66	0.83	1: 1.25	MS. 1. yy'ın 2. yarısı
Pergamon Trajan	Korinth	1.08	1.27	1: 1.17	MS. 2. yy'ın ilk çeyreği
Euromos Zeus	Korinth	0.872	0.922	1: 1.05	MS. 2. yy'ın ilk yarısı
Sagalassos AP	Korinth	0.79	0.98	1: 1.25	MS. 2. yy ortası
Side Tykhe	Korinth	0.66	0.67	1: 1	MS. 2. yy
Side Apollon	Korinth	1.08	1.12	1: 1.04	MS. 2. yy'ın 2. yarısı
Knidos	Korinth	0.67	0.68	1: 1	MS. 2. yy sonu

Tablo 70. Korinth Düzenindeki Yapılarda Başlık Yüksekliğinin Sütun Yüksekliğine Oranı (Büyüközer, 2006:78)

Yapı	Düzen	Sütun Yüksekliği	Başlık Yüksekliği	Oran	Tarih
Lagina Hekate	**Korinth**	**8.43**	**99**	**8 1/2**	**MÖ. 2. yy sonu**
Lysikrates Anıtı	Korinth	3.54	0.49	7 1/4	MÖ. 335–334
Milet Laodike Yapısı	Korinth	4.27	0.505	7 1/9	MÖ. 259–253
Belevi Mausoleumu	Korinth	8.45	1.18	8 ½	MÖ. 246
Milet Bouleuterion Propylonu	Korinth	6.97	0.778	9	MÖ. 175–164
Stratonikeia Gymnasiumu	Korinth	3.60	0.55	6 ½	MÖ. 2. yy ortası
Antiocheia Augustus	Korinth	8.90	1.01	7 2/5	Augustus Dönemi
Olba Tykhe	Korinth	6.52	0.83	7 4/5	MS. 1. yy'ın 2. yarısı
Side Tykhe	Korinth	6.30	0.67	9 2/5	MS. 2. yy
Pergamon Trajan	Korinth	9.72	1.27	7 3/5	MS. 2. yy'ın ilk çeyreği
Euromos Zeus	Korinth	8.30	0.922	9	MS. 2. yy'ın ilk yarısı
Sagalassos AP	Korinth	6.52	0.98	6 3/5	MS. 2. yy ortası
Side Apollon	Korinth	8.85	1.12	8	MS. 2. yy'ın 2. yarısı
Knidos	Korinth	6.00	0.68	8 4/5	MS. 2. yy sonu

2.4.3. Değerlendirme ve Sonuç

Korinth düzeni ile ilgili Vitruvius "Sütunun taban çapı ne kadarsa, tablasıyla birlikte başlığın yüksekliği de aynı ölçüde olsun" demiştir. Sütun alt çapı ve başlık yüksekliği oranına bakıldığında, inşa edilen birçok tapınak veya yapıda yakın oranların kullanıldığı görülmektedir. Vitruvius, Korinth düzenini, Dor ve İon düzeni kadar detaylı anlatmasa da Clitham tarafından yapılan araştırma da yüksekliği yaklaşık 9.5 metre verilmiştir. Vignola, Scamozzi ve Gibs 10 metre, Polladio ve Perrault 9.5 metre, Serlio ise sütun yüksekliğini 9 metre olarak vermiştir. Anadolu'da inşa edilen ve ölçüleri bilinen 24 tane tapınaktan/yapıdan 10'unun sütun yüksekliği 8.5 metre veya 9 metreye yakındır. 3 tanesinin yüksekliği 10 metreye yakındır, diğer 3 tanesi ise 12, 15 ve 21 metre yüksekliğe sahiptir. Diğer 8 tapınakta ise 4, 5, 6 ve 7 metreye yakın sütun yükseklikleri kullanılmıştır. Sütun alt çapı ve yükseklik oranına bakıldığında Vitruvius'un İon sütunu için verdiği alt çapın dokuz kadar yüksekliği oranının bu düzende daha sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Proje kapsamında örnek alınan Korinth düzen için ölçüler Tablo 71 ve Tablo 72'de verilmiştir.

Tablo 71. Korinth Sütunlarında Çap ve Yükseklik Oranları

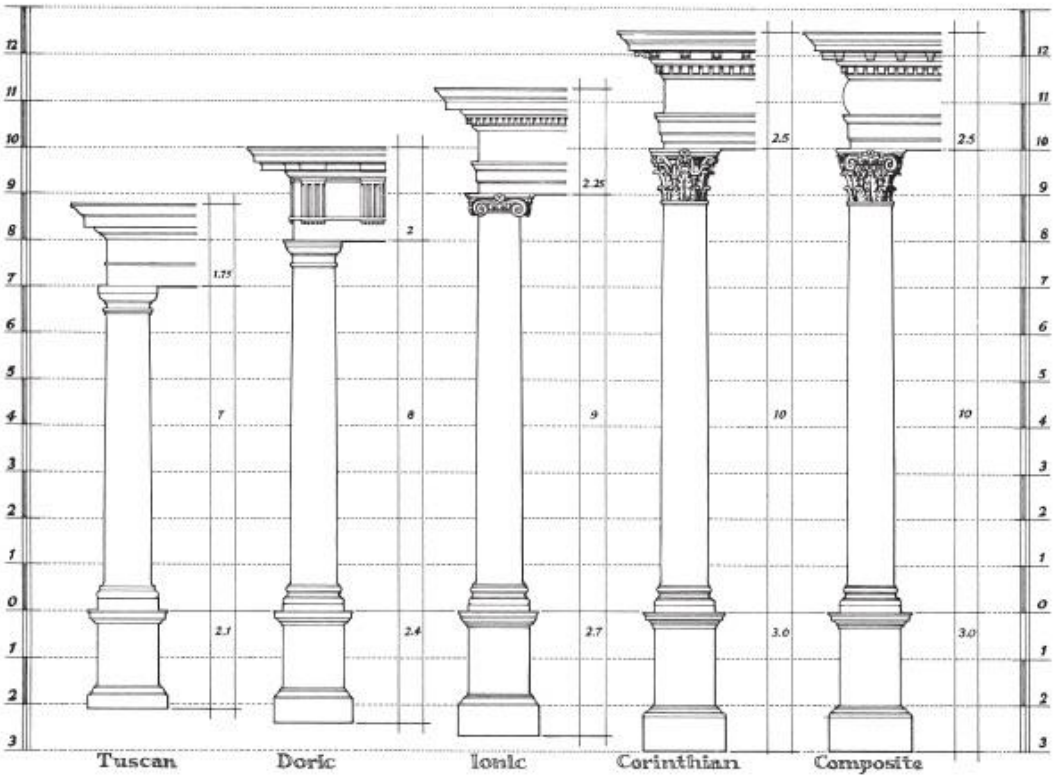
Dönem	*Tapınak/Yapı*	*Orijinal Alt Çap Boyutu*	*Sütun Yüksekliğinin Alt Çapa Göre Oranı*	*Orijinal Üst Çap Boyutu*	*Sütun Yüksekliğinin Üst Çapa Göre Oranı*	*Orijinal Sütun Yüksekliği*
MÖ. 2. yy. sonu	Lagina Hekate Tapınağı	0.90 m	9.5	0.75	11.5	8.43 m
MS 114-125	Pergamon Traianus Tapınağı	1.08 m	9	-	-	9.72 m
MS 2. yy.ın ikinci çeyreği	Kyzikos Hadrianus Tapınağı	2.10 m	10	-	-	21.3 m
MS 2. yy.ın son çeyreği	Ephesos Serapis Tapınağı	1.52 m	10	-	-	15 m
MS 150	Side N1 Tapınağı	1.08 m	8	0.89 m.	10	8.85 m
MÖ. 335–334	Lysikrates Anıtı	0.295 m	11	-	-	3.54 m
MÖ. 259–253	Milet Laodike Yapısı	0.49 m	9	-	-	4.27 m
MÖ. 246	Belevi Mausoleumu	1.05 m	8	-	-	8.45 m
MÖ. 175–164	Milet Bouleuterion Propylonu	0.755 m	9	-	-	6.97 m
MÖ. 2. yy ortası	Stratonikeia Gymnasiumu	0.49 m	7.5	-	-	3.60 m
Augustus Dönemi	Antiocheia Augustus	0.92 m	9.5	-	-	8.91 m
MS. 1. yy	Notion Athena	0.69 m	8.5	-	-	5.80 m
MS. 1. yy ortası	Elaiussa-Sebaste	1.07 m	8.5 / 9	-	-	9.00 m 10.00 m
MS. 1. yy'ın 2. yarısı	Direk Kale A	1.20 m	10	-	-	12.00 m
MS. 1. yy'ın 2. yarısı	Pessinus	0.80 m	9.5	-	-	7.60 m
MS. 1. yy'ın 2. yarısı	Olba Tykhe	0.66 m	10	-	-	6.52 m
MS. 2. yy'ın ilk çeyregi	Pergamon Trajan	1.08 m	9	-	-	9.72 m
MS. 2. yy'ın ilk yarısı	Euromos Zeus	0.872 m	9.5	-	-	8.30 m
MS. 2. yy'ın ilk yarısı	Termessos N2	0.53	9.5 / 10.5	-	-	5.03 5.675
MS. 2. yy	Side Tykhe	0.66	9.5	-	-	6.30
MS. 2. yy ortası	Termessos N1	0.54	11	-	-	6.04
MS. 2. yy ortası	Sagalassos AP	0.79	8	-	-	6.52
MS. 2. yy'ın 2. yarısı	Side Apollon	1.08	8	-	-	8.85
MS. 2. yy sonu	Knidos	0.67	9	-	-	6.00
MS. 2. yy sonu–3. yy başı	Pergamon Demeter	0.49	10	-	-	4.90

Tablo 72. Korinth Numune Sütununa Ait Orijinal Ölçüler

Numune Kodu		Başlık Yük.	Gövde				Kaide Yük.	Toplam Sütun Yüksekliği	Donatı/Bağlantı					
			Tambur Sayısı	Alt Çap	Üst Çap	Gövde Yükseklik			Zıvana			Dübel		
									Ölçü	Derinlik	Sayı	Ölçü	Derinlik	Sayı
LS2	ÖR.9	99 cm	-	0.90 m	0.75 m	6.90 cm	0.54 m	8.43 cm	-	-	-	-	-	-
LS3	ÖR.11	99 cm	-	0.90 m	0.75 m	6.90 cm	0.54 m	8.43 cm	-	-	-	-	-	-

2.5. Sütun Tiplerin Genel Değerlendirmesi

Antik dönem düzenlerini farklı mimarların gözüyle ele alan Chitham (2007), yazmış olduğu "The classical orders of architecture" başlıklı kitapta; antik dönem mimarı Vitruvius'un Mimarlık Üzerine On kitabını ve Rönesans mimarı "Sebastiano Serlio (1475-1552), Book of Architecture, (1537) kitabını, Giacomo da Vignola (1507-73), Regole delle Cinque Ordini d'Architettura, (1562), Andrea Palladio (1508-80) Quattro Libri dell'Architettura, Vincenzo Scamozzi, (1552-1616) L'Idea dell'Architettura Universale, Claude Perrault (1613-88) Fransız Rönesansı, James Gibbs (1682-1754) İngiliz teorisyen Gibbs's Rules for Drawing the Several Parts of Architecture (1732), Sir William Chambers (1723-1796) A Treatise on Civil Architecture (1759) kitabını incelemiş ve mimari düzenler hakkında karşılaştırmalarda bulunmuştur. Yaptığı karşılaştırmalar sonucunda düzenler hakkında oluşturduğu ölçüler Şekil 102'de verilmiştir.



Şekil 102. Antik Dönem Sütunların Karşılaştırılması (Clitham 2007: 55)

Şekil 102'e göre Dor sütunun yüksekliği 8, İon'un 9, Korinth'in ise 10 metredir. Her üç düzenin yüksekliği ve çapları hakkında proje kapsamında yapılan araştırmalar doğrultusunda elde edilen sonuçlar sırasıyla şu şekildedir;

Dor düzen; Dor mimarisi ile ilgili literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında Anadolu tapınaklarındaki sütun çapları ve yüksekliklerinin, Anadolu dışındaki sütunlara göre daha küçük ölçekte tutulduğu görülmektedir. Dönemlere göre yapılan alt çap ve sütun yüksekliği sınıflandırmasının inşa edilen tapınaklarda karşılığı olmadığı görülmektedir. İnşa edilen tapınaklara genel olarak bakıldığında prostylos, peripteral, templum in antis, peripteros planların kullanıldığı görülmektedir. Sütun düzenlerinde ise genellikle tamburlu gövdenin seçildiği ve gövdeleri birleştirmede çift dübelin kullanıldığı görülmektedir. Literatürde incelenen dor tapınakların yükseklikleri, alt çapları ve oranları Tablo 73'te verilmiştir.

Tablo 73'e göre Anadolu'da ve dışında inşa edilen 44 tapınağa bakıldığında, sadece 2 tapınağın birinde 2 metre ve üzeri, diğerinde ise 11 metre ve üzeri sütun yüksekliğinin kullanıldığı görülmektedir. 9 metre ve üzeri sütun yüksekliği 3 tapınakta, 7 metre ve üzeri sütun yüksekliği 4 tapınakta kullanılmıştır. 6 tane tapınakta ise 8 metre ve üzeri sütun yüksekliği ve 10 metre ve üzeri sütun yüksekliği kullanılmıştır. 5 ve 6 metre üzeri sütun yüksekliği 8 (toplam 16) tane tapınakta kullanılmıştır. 9 tane tapınakta ise 4 metre ve üzeri sütun yüksekliği seçilmiştir.

Tablo 73. Proje Kapsamında İncelenen 44 Tapınağın Yükseklik ve Çap Oranı Dağılımı

Tapınak Sayısı	**Sütun Yüksekliği**	**Alt Çapın Sütun Yüksekliğine Oranı**
1	2 metre ve üzeri	4.5
1	11 metre ve üzeri	6.5
3	9 metre ve üzeri	5, 5, 6
4	7 metre ve üzeri	4.5, 4.5, 6, 6
6	8 metre ve üzeri	4, 4.5, 4.5, 4.5, 4.5/5, 5
6	10 metre ve üzeri	5, 5, 5, 5.5, 6, 6.5
8	5 metre ve üzeri	4.5, 5, 5, 5, 5.5, 5.5, 6, 7
8	6 metre ve üzeri	4.5, 4.5, 4.5, 5, 6, 6, 6/6.5, 10
9	4 metre ve üzeri	5, 5, 6, 7.5, 7.5, 8.5, 8.5, 9, 9,

Tablo 73'e göre 44 tapınağın 9'unda 4 metre ve üzeri, 8'inde 6 ve 5 metre üzeri yükseklik kullanılmıştır. 44 tapınakta en çok kullanılan alt çap-sütun yüksekliği oranların dağılımı ise Tablo 74'te verilmiştir.

Tablo 74. Proje Kapsamında İncelenen 44 Tapınakta Kullanılan alt çap-sütun yüksekliği oranların dağılımı

Oran (Alt Çap-Sütun Yüksekliği)	**Tapınak Sayısı**
4	1
4.5	11
5	13
5.5	4
6	9
6.5	3
7	1
7.5	2
8.5	2
9	2
10	1

Tablo 74'e bakıldığında en çok 13 tapınakta alt çap-sütun yüksekliğinde 5 katı oranının kullanıldığı görülmektedir. Bu sayıyı 4.5 katı ile 11 tapınak, daha sonrasında ise 6 katı oranı ile 9 tapınak takip etmektedir. Tablo 74 ve Tablo 75 karşılaştırıldığında Dor sütunun yüksekliği ve alt çap oranlarında bir tutarlılık görülmektedir. Tablo 74'te en çok 9 tane tapınakta 4 metre ve üzeri sütun yüksekliği kullanılırken, Tablo 75'de 11 tane tapınakta alt çap sütun yüksekliği 4.5'dur. Yine aynı şekilde Tablo 74'te 8 (toplam 16) tapınakta 5 ve 6 metre üzeri sütun yüksekliği kullanılırken, Tablo 75'te 13 tapınakta alt çap-sütun yüksekliği oranının 5, 9 tane tapınakta ise 6 oranının kullanıldığı görülmektedir. Bu yüzden proje kapsamında yapılan tüm incelemeler sonucunda Dor düzeni için 1/5 oranın kullanılması gerektiği kararına varılmıştır. Çünkü antik dönem mimarı Vitruvius söz konusu düzen için genellemelerde bulunmuş, Anadolu ve dışı dahil olmak üzere tüm tapınakları kapsayan bir bilgi vermemiştir. Dor düzeni için belirttiği oranlar, her inşa edilen tapınakta kullanılmamıştır. Vitruvius'u değerlendiren Rönesans mimarlarının verdiği birçok ölçüde inceledikleri yazarın veya kendi dönemlerinin etkisini yansıttığından realist değildir. Ayrıca Dor tapınakların modüler incelemesinde 5 modülünün kullanılması da bu görüşü destekler niteliktedir. Bu yüzden alt çapın 5 katı sütun yüksekliğini ele alan 1/5 ölçü ile Dor düzeni ele alınarak, çalışma sonucunda değerlendirilmiştir.

Tablo 75. Dor Tapınaklarında Sütun Ölçüleri

Sayı	Tarih	Tapınak/Yapı	Alt Çap	Sütun Yüksekliği	Oran
1	M.S.2.yy	Kardaki, Korkya	0.61 m	2.97 m	4.5
2	M.S.4.yy	Nemesis, Rhamnous	0.71 m	4.10 m	6
3	M Ö. 3. yy	Aigai Demeter-Kore Tapınağı	0.57 m / 57 cm	4.33 m	7.5
4	M.S.2.yy	Athena, Assos	0.91 m	4.57 m	5
5	MS.1.yy	Lagina Kuzey Stoa	54,5 cm /0.54 m	4.59 m	8.5
-	MS.1.yy	Lagina Kuzey Stoa	52,2 cm /0.52 m	4.59 m	8.5
-	MS.1.yy	Lagina Kuzey Stoa	61 cm/ 0.61 m	4.59 m	7.5
6	MS. 1. yy	Balboura Agora Tapınağı	0.52 m /52 cm	4.69 m	9
7	MÖ. 6 yy. ikinci yarısı	Assos Athena Tapınağı	0.91 m / 91 cm	4.78 m	5
8	MS. 1. yy	Sıdyma Sebasteıon	0.54 m. /54 cm	4.83 m	9
9	M.S.3.yy	Apollo, Delos	0.94 m	5.20 m	6
10	M.S.2.yy	Hera, Tavole Palatine	1.06 m	5.21 m	5
11	M.S.1.yy	Hera, Olympia	1.25 m	5.22 m	5
12	MÖ. 4. yy	Pergamon Athena Polias Tap.	0. 75 m	5.25 m	7
13	M.S.3.yy	Aphaia, Aigina	0.98 m	5.27 m	5.5
14	M.S.4.yy	Hephaisteion, Atina	1.01 m	5.71 m	5.5
15	M.S.4.yy	Temple I (Dioskouroi)	1.22 m	5.83 m	4.5
16	M.S.4.yy	Apollo Epikourios	1.11 m	5.95 m	5
17	MS. 2. yy	Asar Dor Tapınağı	0.60 m	6.07 m	10
18	M.S.2.yy	Athena,Poseidonia	1.26 m	6.12 m	5
19	M.S.4.yy	Posedion'un İkinci Tapınağı	1.02 m	6.14 m	6
20	M.S.4.yy	Temple D Hera Lacinia	1.07 m	6.32 m	6
21	M.S.2.yy	Hera I (Basilica) Poseidonia	1.45 m	6.45 m	4.5
22	M.S.4.yy	Temple L Akragas	1.40 m	6.58 m	4.5
23	M.S.4.yy	Temple F (Concord)	1.42 m	6.71 m	4.5
24	M Ö. 2. yy	Perge Dor Tapınağı	1.10 m	6.60 ila 7.20 m arası	6 / 6.5
25	M.S.1.yy	Apollo, Corinth	1.64 m	7.24 m	4.5
26	MÖ. 3. yy	Ilion Athena Tapınağı	1.25 m	7.50 m	6
27	M.S.6.yy	Zeus, Stratos	1.29 m	7.90 m	6
28	M.S.1.yy	Apollo, Syracuse	1.85 m	7.98 m	4.5
29	M.S.3.yy	Hera, Kroton	1.77 m	8.29 m	4.5 /5
30	M.S.3.yy	Temple E Selinous	1.67 m	8.35 m	5
31	M.S.1.yy	Bilinmiyor, Taranto	1.90 m	8.47 m	4.5
32	M.S.3.yy	Temple D, Selinous	1.94 m	8.32 m	4.5
33	M.S.3.yy	Athena, Syracuse	1.97 m	8.78 m	4.5
34	M.S.4.yy	Hera II Poseidonia	2.05 m	8.88 m	4
35	M.S.3.yy	Temple F Selinous	1.82 m	9.11 m	5
36	M.S.4.yy	Bilinmiyor Segesta	1.93 m	9.33 m	5
37	M.S.6.yy	Athena Alea Tegea	1.55 m	9.54 m	6
38	M.S.2.yy	Temple A Akragas	2.08 m	10.07 m	5
39	M.S.4.yy	Temple A (Herakles)	2.08 m	10.07 m	5
40	M.S.6.yy	Zeus, Nemea	1.62 m	10.32 m	6.5
41	M.S.4.yy	Parthenon, Atina	1.92 m	10.43 m	5.5
42	M.S.3.yy	Zeus, Olympia	2.21 m	10.43 m	5
43	M.S.6.yy	Fourth c. Apollo Delphi	1.79 m	10.59 m	6
44	M.Ö. 3. yy	Klaros Apollon Tapınağı	1.72 m	11.42 m	6.5

İon düzeni; Anadolu ve dışında inşa edilen İon sütunların ölçülerine bakıldığında Dor sütunlarına göre boylarının daha uzun tutulduğu görülmektedir. Vitruvius bu sütun türü için alt çapın dokuz katı kadar yüksekliğe sahip olması gerektiğini dile getirse de inşa edilen sütunlarda 5, 5.5, 8, 9, 10 veya 10.5 oranın kullanıldığı görülmektedir. Bu durum da söz konusu dönemde mimarların kendi oranlarını oluşturduklarını göstermektedir. Vitruvius haricinde İon düzenini araştıran ve yorumlayan Vignola, Polladio, Scamozzi, Perrault vb. mimarlar sütun yüksekliğini 8 ve 9 m yüksekliğinde ele alsa da bu konuda genelleme yapmak için inşa edilen İon tapınaklarındaki sütunların gerçek yüksekliğinin bilinmesi gerekmektedir. Literatürde sütun yükseklikleri ve alt çapları bilinen tapınaklar Tablo 76'ta verilmiştir.

Tablo 76. İon Tapınakları ve Sütunları

Sayı	Tarih	Tapınak/Yapı	Alt Çap	Sütun Yüksekliği	Oran
1	M.Ö.421	Atina Athena Nike Tapınağı	0.42 m	4,04 m	10.5
2	M.Ö.1.yy	Aphrodisias Aphrodite Tapınağı	0.77 m	4, 07 m	5.5
3	M.Ö.450	Atina İllissus Tapınağı	0.54 m	4.47 m	8
4	M.Ö.450	Atina İllissus Tapınağı	0.54 m	8.25 m	15
5	M.Ö.130	Tegea Athena Alea Tap.	1.55 m	8.74 m	5.5
-	M.Ö.130	Tegea Athena Alea Tap.	1.55 m	8.96 m	5.5
6	Geç Hellenestik	Çanakkale Apollon Smıntheus Tapınağı	1. 17 m	10.09 m	9
7	M.Ö.2.yy/2.yar.	Alabanda Apollon Tapınağı	1.12 m	10.50 m	9
8	M.Ö.460 (Arkaik) MÖ.350-320 (Klasik)	Ephesos Artemis Tap.(Arkaik)	1.84 m	17.65 m	9.5
9	M.Ö.325	Sardes Artemis & Kybele Tap.	1.96 m	17.86 m	9
-	M.Ö.325	Sardes Artemis & Kybele Tap.	2 m	17.86 m	8.5

Tablo 76'ya göre İon sütunlarında farklı yüksekliklerin kullanıldığı görülmektedir. Fakat bu farklılığı Dor sütunu gibi sınıflandırarak genel bir sonuca varmak mümkün görünmemektedir. Bunun için literatürde İon tapınakları ile ilgili daha fazla bilgi olması gerekmektedir. Tablo 40'a göre ancak alt çap sütun yüksekliğinde 9 oranın kullanıldığı söylenebilir. Bu durum da Vitruvius ve Rönesans mimarların 1/9 sütun yüksekliğini destekler niteliktedir. Literatüre göre İon sütunu da genel olarak tamburlu gövdeden oluşur ve çift dübel ile birleştirilmiştir.

Korinth düzeni; Korinth düzeni ile ilgili Vitruvius "Sütunun taban çapı ne kadarsa, tablasıyla birlikte başlığın yüksekliği de aynı ölçüde olsun*"* demiştir. Sütun alt çapı ve başlık yüksekliği oranına bakıldığında, inşa edilen birçok tapınak veya yapıda yakın oranların kullanıldığı görülmektedir. Vitruvius, Korinth düzenini, Dor ve İon düzeni kadar detaylı anlatmasa da

Clitham tarafından yapılan araştırma da yüksekliği yaklaşık 9.5 metre verilmiştir. Vignola, Scamozzi ve Gibs 10 metre, Polladio ve Perrault 9.5 metre, Serlio ise sütun yüksekliğini 9 metre olarak vermiştir. Anadolu'da inşa edilen ve ölçüleri bilinen 24 tane tapınağın bilgileri Tablo 77'de verilmiştir. Tapınaklarda kullanılan sütun yüksekliği ve dağılımları ise Tablo 78'de verilmiştir.

Tablo 77**.** Proje Kapsamında İncelenen 24 Tapınağın Yükseklik ve Çap Oranı Dağılımı

Tapınak Sayısı	**Sütun Yüksekliği**	**Alt Çapın Sütun Yüksekliğine Oranı**
2	3 metre ve üzeri	7.5, 11
2	4 metre ve üzeri	9, 10
2	5 metre ve üzeri	8.5, 9.5/10.5
6	6 metre ve üzeri	8, 9, 9, 9.5, 10, 11,
1	7 metre ve üzeri	9.5
5	8 metre ve üzeri	8, 8, 8, 9.5, 9.5
3	9 metre ve üzeri	8.5/9, 9, 9
1	12 metre	10
1	15 metre	10
1	20 metre ve üzeri	10

Tablo 78. Proje Kapsamında İncelenen 24 Tapınakta Kullanılan Alt Çap-Sütun Yüksekliği Oranların Dağılımı

Oran (Alt Çap-Sütun Yüksekliği)	**Tapınak Sayısı**
7.5	1
8	5
8.5	2
9	4
9.5	4
10	5
10.5	1
11	2

Tablo 79'a bakıldığında 24 tapınağın 6'sı 6 metre ve üzeri, 5'i 8 metre ve üzeri, 3 tanesi ise 9 metre ve üzeri inşa edilmiştir. Tablo 43'e göre 5 tapınağın alt çap sütun yüksekliğinde 8 oranı, diğer 5 tapınakta 10 oranı kullanılmıştır. Ancak bu oranlar her ne kadar çoğunluğu verse de dörderden 8 tapınakta 9 veya 9.5 oranın kullanıldığı için çoğunluğa bu oranın hâkim olduğunu söylemek daha doğru olacaktır. Tablo 78 ve Tablo 79 karşılaştırıldığında çoğunluğa sahip sütun yükseklikleri mimarların belirttiği yüksekliği vermese de alt çap-sütun yüksekliğinde

belirtilen ölçüleri verdiğini göstermektedir. Bu yüzden Korinth sütun, Vitruvius'un belirttiği gibi İon sütununa benzer özellikler göstermektedir. Bu düzene ait sütunlar için 1/9, 1/9.5 veyahut 1/10 ölçünün verilmesi proje kapsamında uygun görünmektedir.

Tablo 79. Korinth Tapınaklar ve Sütunları

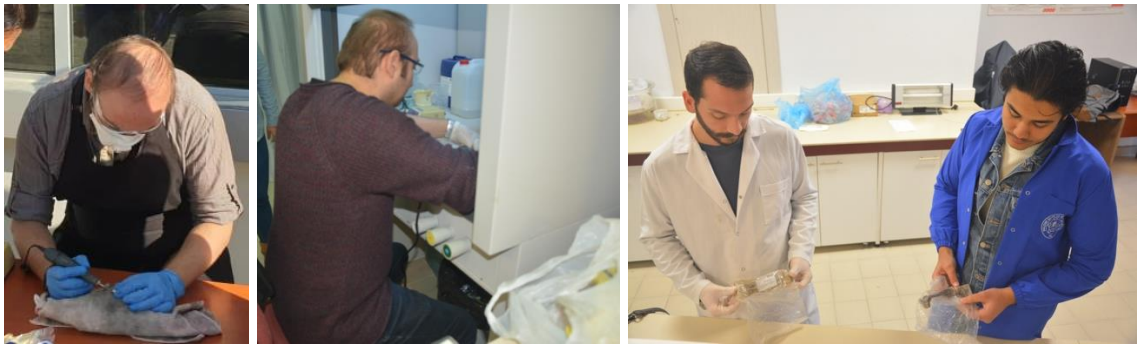
Sayı	Tarih	Tapınak/Yapı	Alt Çap	Sütun Yüksekliği	Oran
1	MÖ. 335–334	Lysikrates Anıtı	0.295 m	3.54 m	11
2	MÖ. 2. yy ortası	Stratonikeia Gymnasiumu	0.49 m	3.60 m	7.5
3	MÖ. 259–253	Milet Laodike Yapısı	0.49 m	4.27 m	9
4	MS. 2. yy sonu–3. yy başı	Pergamon Demeter	0.49 m	4.90 m	10
5	MS. 2. yy'ın ilk yarısı	Termessos N2	0.53 m	5.03 / 5.675	9.5 / 10.5
6	MS. 1. yy	Notion Athena	0.69 m	5.80 m	8.5
7	MS. 2. yy sonu	Knidos	0.67 m	6.00 m	9
8	MS. 2. yy ortası	Termessos N1	0.54 m	6.04 m	11
9	MS. 2. yy	Side Tykhe	0.66 m	6.30 m	9.5
10	MS. 2. yy ortası	Sagalassos AP	0.79 m	6.52 m	8
11	MS. 1. yy'ın 2. yarısı	Olba Tykhe	0.66 m	6.52 m	10
12	MÖ. 175–164	Milet Bouleuterion Propylonu	0.755 m	6.97 m	9
13	MS. 1. yy'ın 2. yarısı	Pessinus	0.80 m	7.60 m	9.5
14	MS. 2. yy'ın ilk yarısı	Euromos Zeus	0.872 m	8.30 m	9.5
15	MÖ. 2. yy. sonu	Lagina Hekate Tapınağı	0.90 m	8.43 m	9.5
16	MÖ. 246	Belevi Mausoleumu	1.05 m	8.45 m	8
17	MS 150	Side N1 Tapınağı	1.08 m	8.85 m	8
18	MS. 2. yy'ın 2. yarısı	Side Apollon	1.08 m	8.85 m	8
19	MS. 2. yy'ın ilk çeyregi	Pergamon Trajan	1.08 m	9.72 m	9
20	MS 114-125	Pergamon Traianus Tapınağı	1.08 m	9.72 m	9
21	MS. 1. yy ortası	Elaiussa-Sebaste	1.07 m	9.00 m/10.00 m	8.5 / 9
22	MS. 1. yy'ın 2. yarısı	Direk Kale A	1.20 m	12.00 m	10
23	MS 2. yy.ın son çeyreği	Ephesos Serapis Tapınağı	1.52 m	15.00 m	10
24	MS 2. yy.ın ikinci çeyreği	Kyzikos Hadrianus Tapınağı	2.10 m	21.30 m	10

3. YÖNTEM VE BULGULAR

3.1. Karakterizasyon Öncesi Çalışmalar

Kod çalışması yapılan numuneler, Pamukkale Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği bölümü laboratuvarında analiz işlemlerine hazır hale getirilmiştir. Kurşun ve demirden oluşan örneklerin; ileri teknikler ile elementel kompozisyonlarının ve mukavemet özelliklerinin en doğru şekilde saptanabilmesini sağlamak amacıyla örnek yüzeylerinde görülen malzeme kirleticileri (toprak tabakası, korozyon ürünleri vb.) mekanik temizlik yapılarak optimum düzeyle uzaklaştırılmıştır. Bu işlem için plasemeni temizlenecek örneğin yapısına ve kirlilik durumuna göre değerlendirilerek uçları (çelik spiral tel uç, freze uç, taş uç vb.) değiştirilebilen mikro motor kullanılmıştır. Temizlik sırasında tozuyan kir ve korozyon ürünlerinin zararlı etkilerinden sakınmak amacıyla açık alanda ve çeker ocak ünitesi içinde çalışma tamamlanmıştır. Malzemenin kimyasal özelliklerinin bir tepkime yoluyla olası bozunmasına yol açmamak amacıyla kimyasal temizlikten kaçınılarak sadece saf aseton ile kalan çözülebilir kirlerin uzaklaştırılması gerçekleştirilmiştir.

Örneklerin temizlik işlemleri Uzman Konservatör-Restoratör Uğur Genç tarafından, örneklerin belgeleme çalışmaları ise Pamukkale Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği bölümü lisans öğrencileri tarafından gerçekleştirilmiştir (Şekil 103).



Şekil 103. Metal örneklerin analiz öncesi temizlik ve belgeleme işlemleri

Yapılan temizlik çalışması süresince tüm örneklerin işlem öncesi ve sonrası görüntüleri Nikon D700 SLR fotoğraf makinası kullanılarak, 24 MP çözünürlükte ve ölçekli olarak ön ve arka yüzeylerin fotoğrafları çekilerek kayıt altına alınmıştır. Her örnek için ayrı ayrı hazırlanan kayıt fişlerine örneklerin elektronik hassas terazi ile alınan ağırlık bilgileri ve kumpas ile ölçülen kalınlık, genişlik ve uzunluk bilgileri işlenmiştir.

Temizlik işlemi gerçekleştirilen örneklerin korozyon tabakası eppendorf tüpüne alınmıştır ve örneğin kendisi ile korozyon tabakası numune kabına konulmuştur. Çok büyük boyutlu örnekler (kenet) ise saklama poşetinde muhafaza edilmiştir (Şekil 104).



Şekil 104. Ön işlem yapılan örnekler

Örneklerin Analize Hazırlaması: Numunelerin her biri, analiz tekniğine göre (OP, ICP-MS, DTA, XRD) hazırlanmıştır. Bu hazırlık sürecinde, projenin asıl amacı olan farklı sütun tiplerine ait numunelere öncelik verilmiştir. Analiz için inceleme altına alınan örnekler aşağıda tanımlanmıştır (Tablo 80).

Tablo 80. Analiz için inceleme altına alınan örnekler

Örnek	**Analiz Kodu**	**Sütun Tipi**	**Saha**
1	LS1	İyon	Lagina Propylon
9	LS2	Korinth	Lagina Hekate Tapınağı
11	LS3	Korinth	Lagina Hekate Tapınağı
16	LS4	Dor	Lagina Kuzey Stoa
18	LS5	Dor	Lagina Kuzey Stoa
19	LS6	Dor	Lagina Kuzey Stoa
23	SS1	Dor	Lagina Augustus Kutsal Alanı

3.2. Metalografik Araştırmalar

Çalışmada kolon içerisinden çıkartılan parça dilimlenmiş ve böylece dilimlenen parçaların iç bölgelerinden metalografik incelemeler gerçekleştirilmiştir. Dilimlenen numunelerin hakkında detaylı bilgi edinebilmek için, parçanın Optik Mikroskop, FESEM, EDS, MAP ve mikro sertlik analizleri yapılmıştır. Metalografik analizlerin gerçekleştirilebilmesi için numunelere; zımparalama (400-600-800-1000-1200), elmas ile parlatma (6 ve 3 µm) işlemleri gerçekleştirilmiştir. Numunelerin dağlanmasında, %20 lik Nital solüsyonu ve saf su ile makro dağlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Böylece yapıda oluşan hata ve deformasyon izlerinin görüntüleri elde edilmeye çalışılmıştır (Şekil 105).



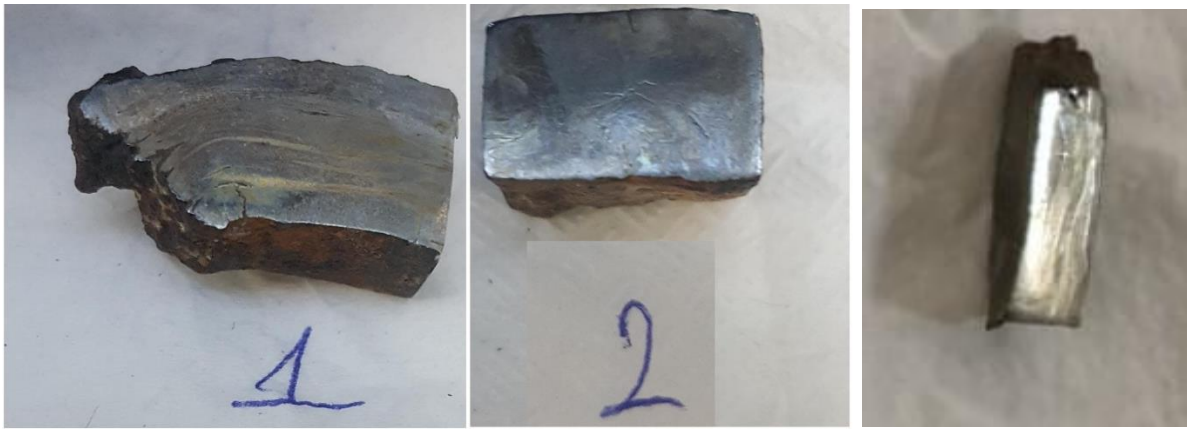
Şekil 105. Gerçekleştirilen metalografik işlemler

Numunelerin mikroyapı karakterizasyonu amaçlı kullanılan Optik çalışmalar için Pamukkale Üniversitesi (PAÜ) Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Laboratuvarlarında yer alan NİKON marka ECLIPSE-LV150NL model optik mikroskop kullanılmıştır. Numunelerin

Alan Emisyon Taramalı Elektron Mikroskobu (FESEM) ve Enerji Dağılım Spektrometresi (EDS) analizlerini incelemek için PAÜ-İLTAM (Merkez Laboratuvar) da yer alan Zeiss marka SUPRA 40VP model taramalı elektron mikroskobu kullanılmıştır. Mikrosertlik ölçümleri PAÜ Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Laboratuvarlarında yer alan HARDWAY marka DV-1AT-4.3 model mikrosertlik cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Sütun içerisinden elde edilen metal parçalar Şekil 106 ve 107'de görülmektedir.

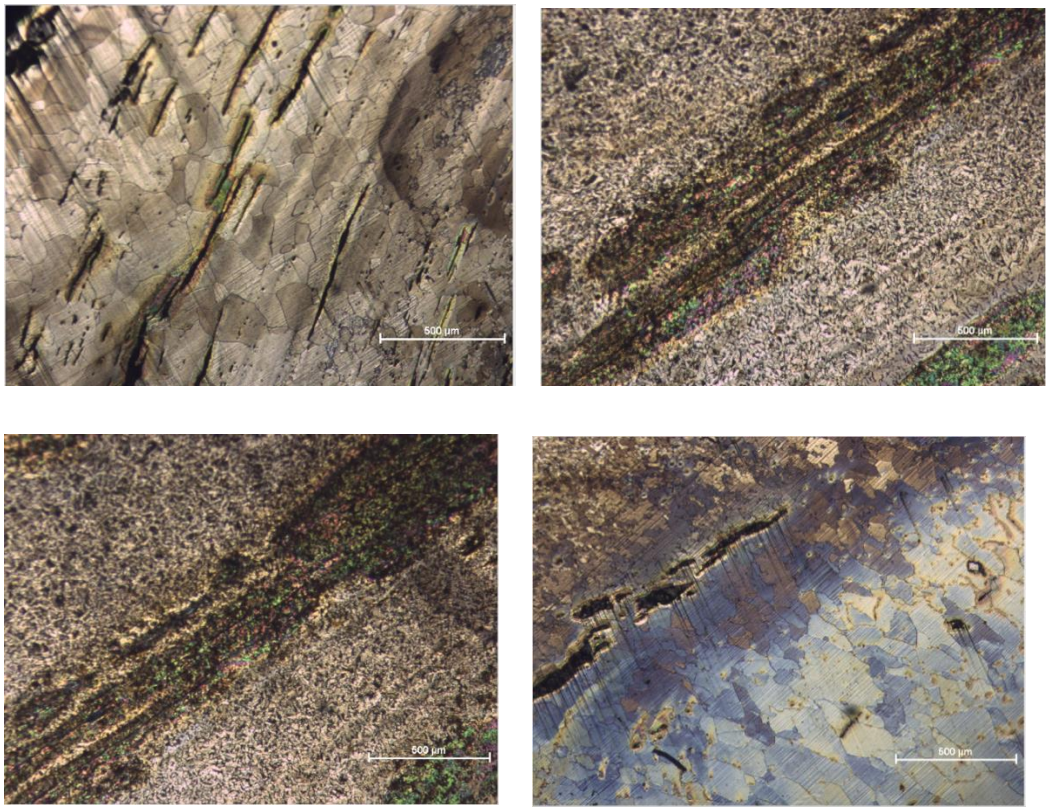


Şekil 106. Sütun içerisinden elde edilen metal parçalar

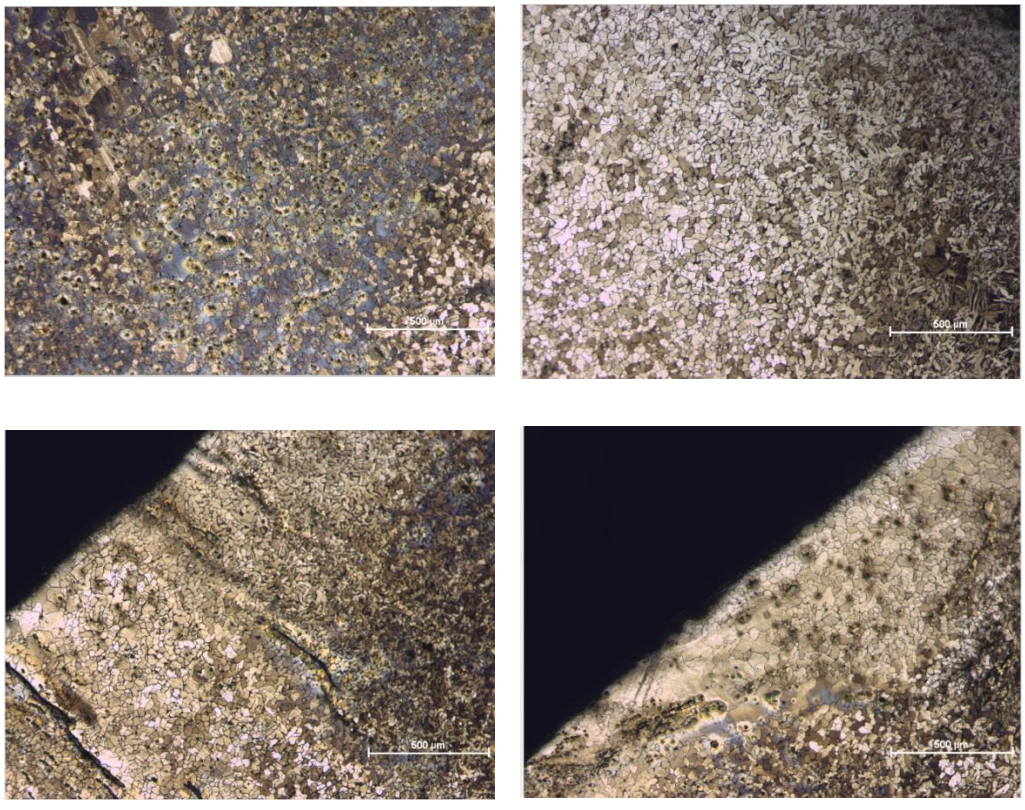


Şekil 107. Sütun içerisinden elde edilen metal parça parlatma işlemi sonrası numunelerin fotoğrafları, soldan sırasıyla; 1. 2. ve 3. numuneler

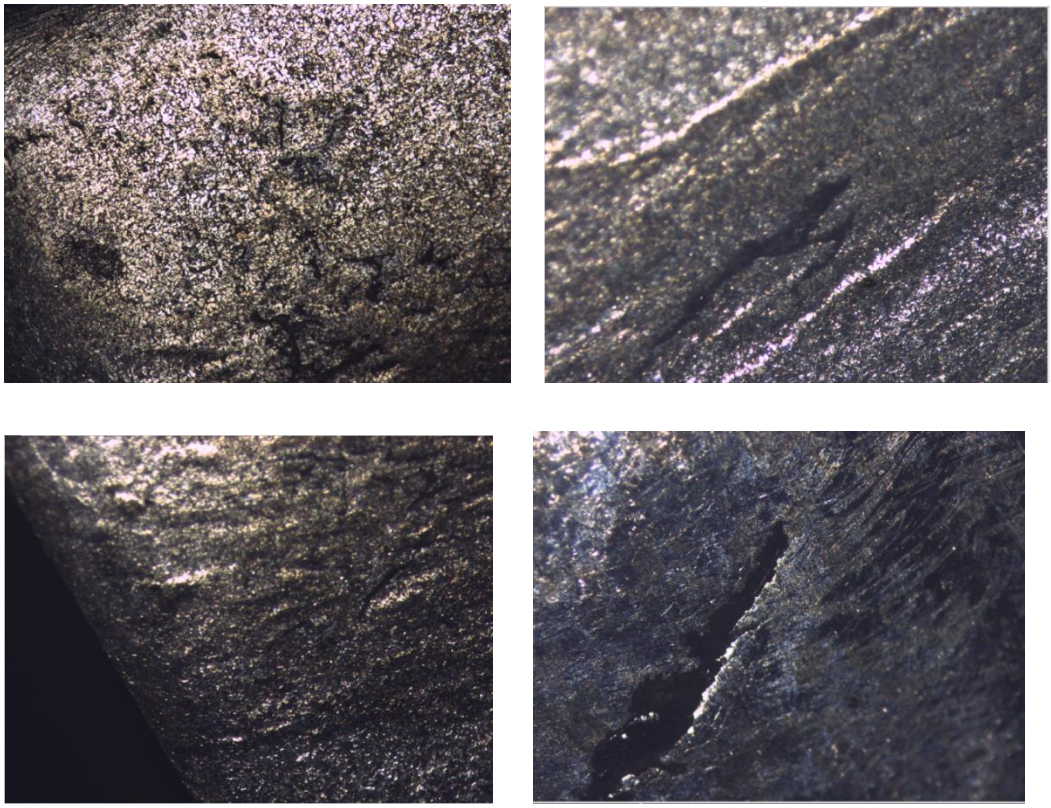
Parçaların optik mikroskop görüntüleri alınırken, yalnızca X50 büyütmedeki görüntüler kullanılmıştır. Çalışmada her bir numune için ayrı yüzeylerden görüntüler alınmıştır. Optik mikroskop görüntüleri incelendiğinde ise; yapıda mikro ve sonrasında makro dağlama süreçleri gerçekleştirilmiş olup, yapıda oluşması muhtemel yapılar ve yüzey özellikleri incelenmiştir. Mikro yapılar incelendiğinde ise düzensiz bir faz dağılımın olduğu görülmüştür. Bunun başlıca nedeni ise yapıya uygulanan deformasyon sonrası (sıcak ve soğuk dövme gibi) yapıda fazlarda farklılıkların olduğunu göstermektedir. Bu da tanelerin bölgesel olarak faklılaştığını göstermektedir. Optik mikroskop görüntü yapılarında uygulanan defromasyon sonrası deformasyon izleri için yapılan makro dağlama sayesinde yapıda oluşan katmanlı yapı görülebilmektedir. Bu katmanlı yapı ise bu dönemde gerçekleştirilen tekniklerde, malmemelerin mekanik özelliklerini iyileştirilmek için gerçekleştirilmekte olup, mikroyapı analizleri sonrasında farklı bölgelerden alınan mikro sertlik verilerinden anlaşılabilmektedir. Uygulanan deformasyon süreci sonrasında yapıda deformasyon izelerine bağlı olarak katmanlı bir yapının oluştuğu görülmüştür. Buradan zamanın teknoloji ile yapının mekanik özelliklerinin iyileştirildiği anlaşılmıştır. Şekil 108, 109 ve 110'da örneklerin optik mikrrsokop görüntüleri bulunmaktadır.



Şekil 108. 1 nolu örneğin yüzeyinden alınan optik mikroskop görüntüleri

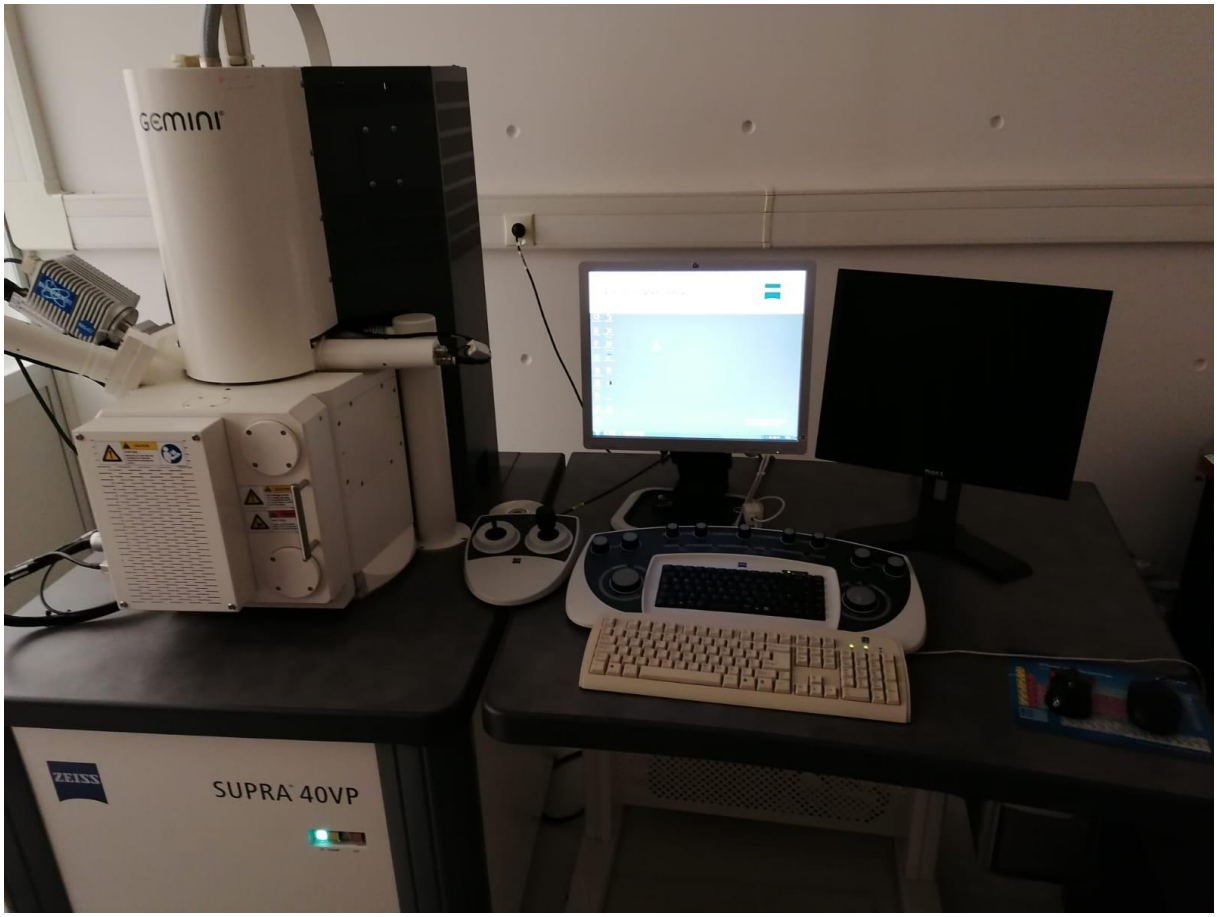


Şekil 109. 2 nolu örneğin yüzeyinden alınan optik mikroskop görüntüleri



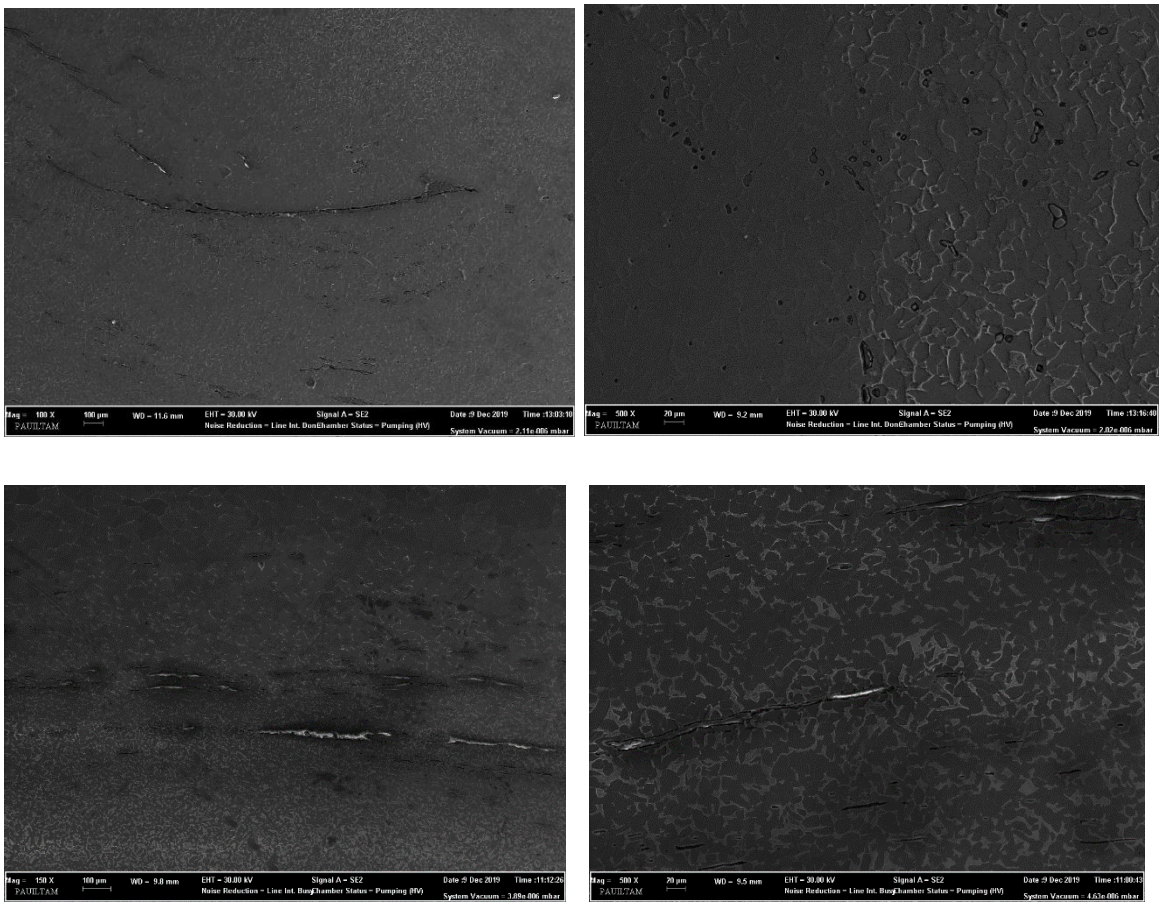
Şekil 110. 11 nolu örneğin yüzeyinden alınan optik mikroskop görüntüleri

Numunelerin optik mikroskop görüntüleri sonrasında, aynı yüzeylerden Alan Emisyonlu Taramalı Elektron Mikroskobu (FESEM) görüntüleri alınmıştır. FESEM görüntüleri yine 1., 2. ve 3. numuneler olarak isimlendirilmiştir. FESEM cihazı PAÜ İleri Teknoloji Uygulama ve Araştıma Merkezi (İLTAM) laboratuvarındaki ZEISS SUPRA 40 VP marka ve model cihaz olup, cihaz üzerinde yer alan Enerji Dağılım Spektrometresi (EDS) ile yapıda yer alan elementlerin dağılımı hakkında bilgi sahibi olunmuştur. FESEM ve EDS analiz cihaz görüntüsü Şekil 111'de yer almaktadır. Alınan görüntülerde SE2 modu kullanılmıştır.

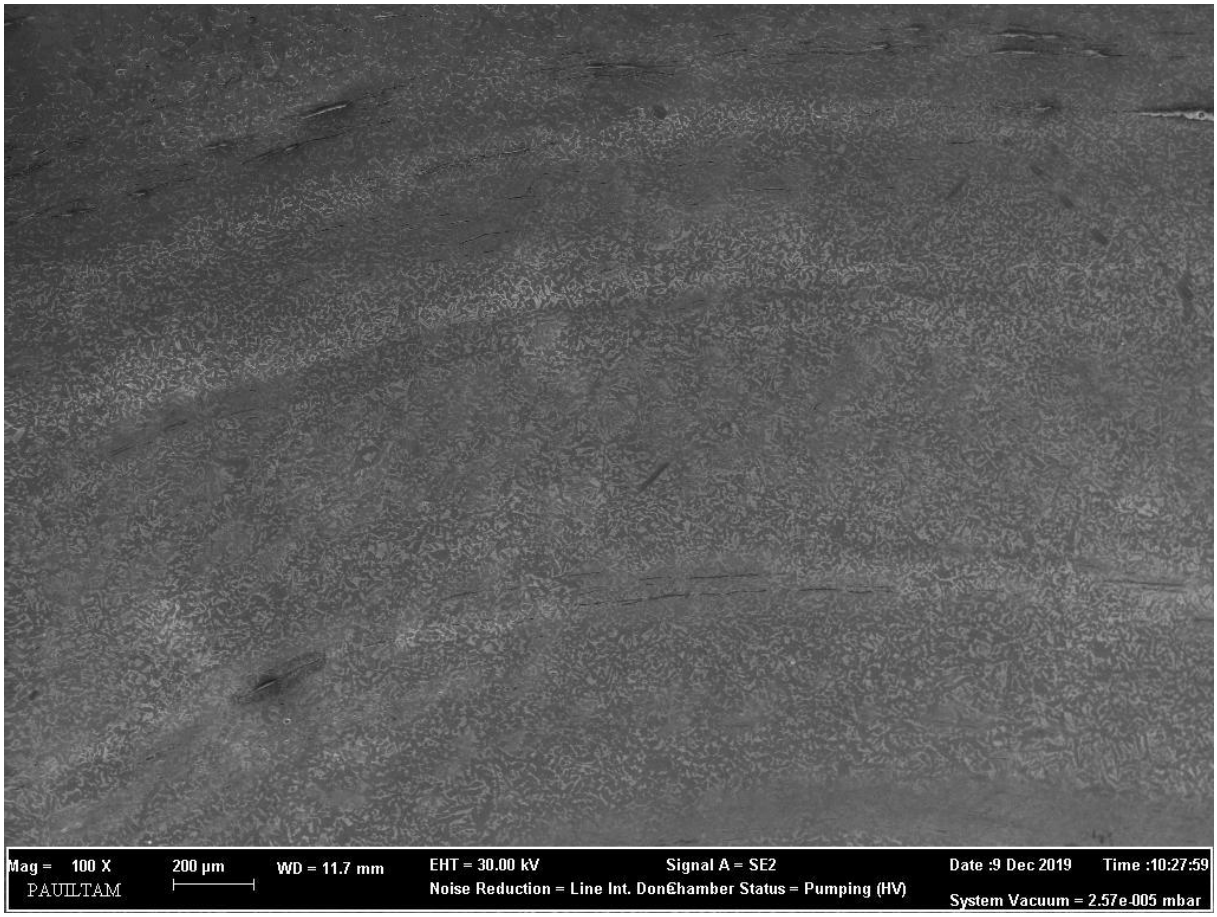


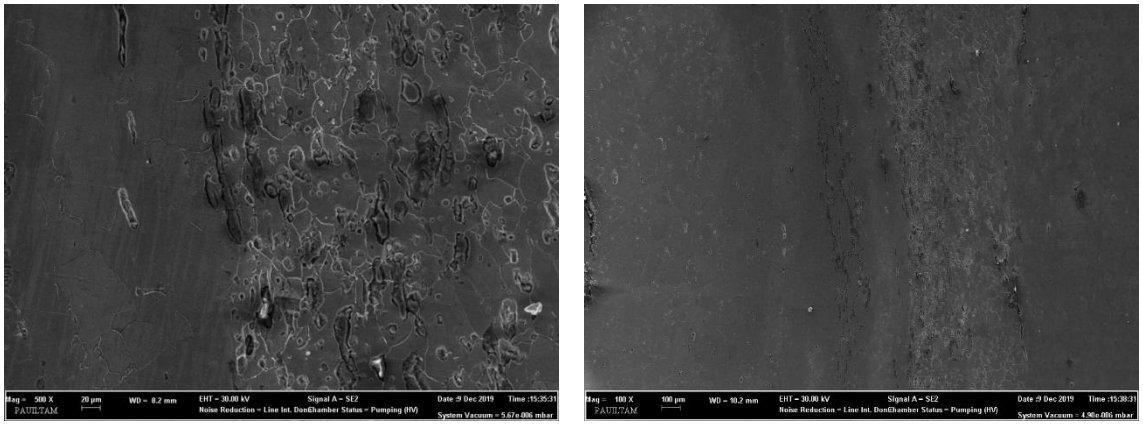
Şekil 111. FESEM, EDS ve MAP analizlerinde kullanılan alan emisyonlu taramalı elektron mikroskobunun fotoğrafı

FESEM görüntüleri incelendiğinde, şekiller üzerinde mikro yapı ve oluşan mikro hatalar için gerekli bilgiler elde edilebilmiştir. Şekil 112'de yer alan ve 1 nolu örneğin yüzeyinden alınan FESEM görüntüleri incelendiğinde, yapıdaki üretim metodu ve oluşmuş tahribatlar ve hatalar görülebilmektedir. Şekil 113'de yer alan FESEM görüntülerinde üretim sonrası oluşmuş katmanların ayrım bölgeleri dahi görülebilmektedir (üstteki görüntü). Özellikle her bir katman arasında gözenek şeklinde hataların olduğu görülebilmektedir. Bu durum ise parçalara uygulanıldığı düşünülen dövme işlemleri (çekiçle dövme gibi) sonrası, farklı parçaların tek parça haline getirilmesi sonrasında arada oluşan katmanlar arası boşluk olarak yorumlanmıştır. Bu durumu görebilmek için parçalar makro dağlanmış olup, deformasyon izleri net bir şekilde görülebilmektedir. Bu bölgelerde farklı noktalardan alınacak sertlik verileri sayesinde, bu parçaların bölgesel olarak sertlik değişimleri incelenebilmiştir. Bu sayede üretimden kaynaklı ve mikro yapıdan kaynaklı sertlik özellikleri incelenebilmiştir. Sertlik verileri kısmında durum detaylandırılmıştır.



Şekil 112. 1 nolu örneğin yüzeyinden alınan FESEM görüntüleri

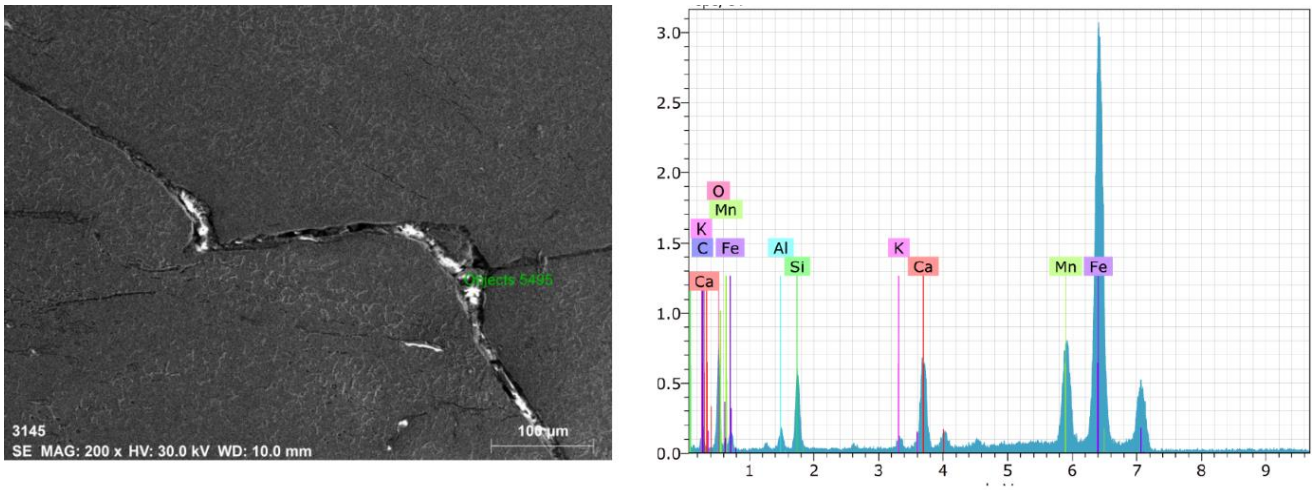




Şekil 113. 2 nolu örneğin yüzeyinden alınan FESEM görüntüleri

Numunelerin FESEM görüntüleri sonrası EDS analizleri gerçekleştirilmiştir. EDS analizlerinde ise numunelerin yapısında yer alan elementlerin mikroyapıda dağılımları incelenmiştir. EDS analiz incelemelerinde numunelerin yüzeylerinde oluşmuş hatalar hakkında ve element dağılım değişimleri hakkında gerekli bilgiler elde edilmeye çalışılmıştır. Şekil 114'te 1 nolu örneğin yüzeyinden alınan FESEM görüntüsü ve element oranları incelendiğinde yapıda Fe içeriği ile birlikte, O, Ca, C, Si, Mn, Al ve K gibi alaşım elmentlerinin yer aldığı görülebilmektedir.

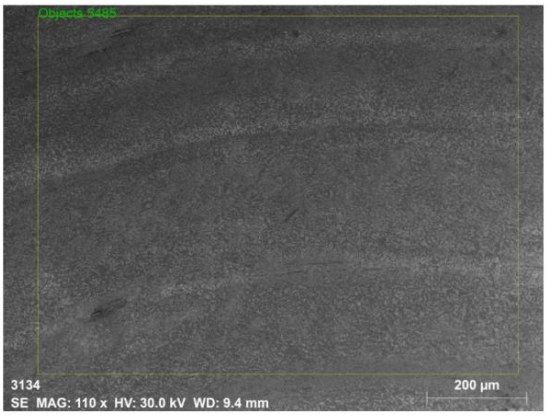
Bu alaşım elementleri genellikler cevherden üretilme sonrası yapıda oluşması muhtemel element içerikleri olarak anlaşılmaktadır. Şekil 115'deki numune üzerinden alınan genel EDS analizinde ise; Fe elementinin dışında, C, O, As, Cu, Si, Mo, Cr ve P elementlerinin olduğu görülmekte olup, bu yapıda cevherden alınan ve bazı alaşım elementlerinin giderilmesi ile elde edilen bir element dağılımına ait olduğu olarak yorumlanmıştır. Özellikle Şekil 114'deki EDS analizinde tespit edilen ve tane sınırındaki Ca içeriğinin, yapıda ergitme esnasında karbonu azaltmak ve diğer istenmeyen elementleri uzaklaştırmak için kullanılan ve genellikle mermer tozları gibi yapılar katılarak elde edilebileceği anlaşılmaktadır. EDS analizleri ile Spektral ve ICP-MS analizleri arasında element çeşitlikleri ve dağılım farklılıklarının olmasının nedeni EDS analizinde yarı kantitatif analiz gerçekleştirilirken, diğer analizlerin kantitatif olarak sonuçlar vermesidir.

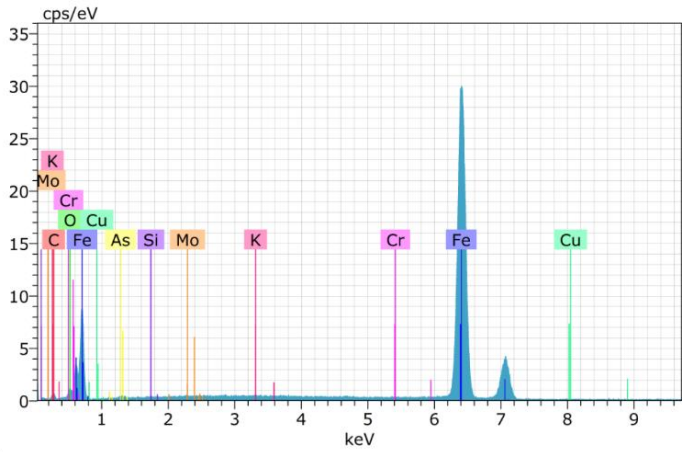


Spectrum: Objects 5495

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
Fe	26	K-series	39.61	41.16	20.44	1.05
O	8	K-series	21.66	22.51	39.01	3.61
Ca	20	K-series	8.73	9.07	6.28	0.31
C	6	K-series	8.12	8.44	19.49	2.19
Si	14	K-series	7.87	8.18	8.08	0.41
Mn	25	K-series	7.18	7.46	3.76	0.22
Al	13	K-series	2.03	2.11	2.17	0.16
K	19	K-series	1.04	1.09	0.77	0.08
		Total:	96.24	100.00	100.00	

Şekil 114. 1 nolu örneğin yüzeyinden alınan FESEM görüntüsü, EDS pikleri ve element oranları



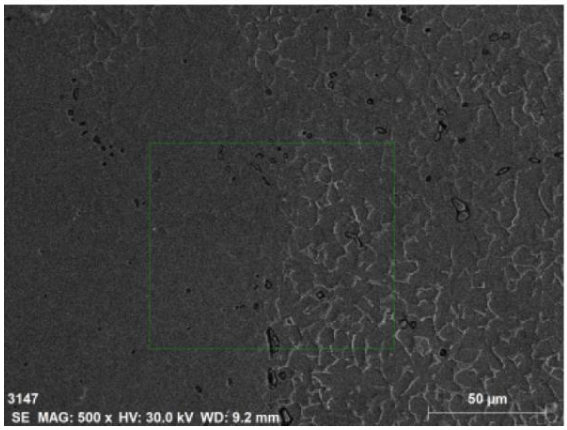


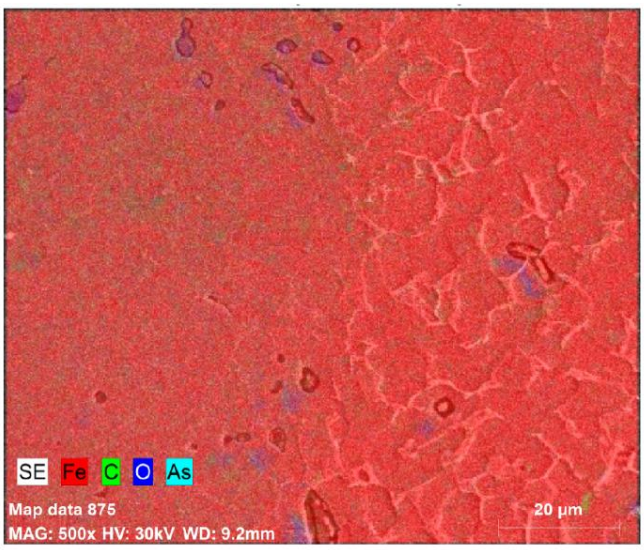
Spectrum: Objects 5485

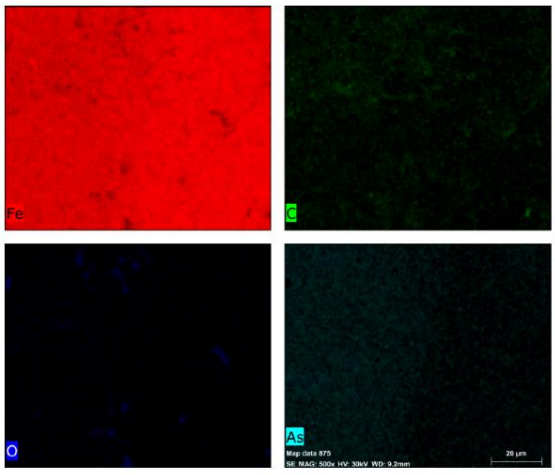
El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
Fe	26	K-series	69.55	90.89	71.74	1.79
C	6	K-series	4.70	6.14	22.53	1.24
O	8	K-series	1.34	1.75	4.81	0.39
As	33	K-series	0.55	0.72	0.42	0.06
Cu	29	K-series	0.12	0.16	0.11	0.04
Si	14	K-series	0.11	0.15	0.23	0.04
Mo	42	L-series	0.07	0.09	0.04	0.03
Cr	24	K-series	0.04	0.05	0.04	0.03
K	19	K-series	0.04	0.05	0.06	0.03
		Total:	76.52	100.00	100.00	

Şekil 115. 2 nolu örneğin yüzeyinden alınan FESEM görüntüsü, EDS pikleri ve element oranları

Numunelerin FESEM görüntüleri, EDS analizleri incelenmiş ve element dağılımları üzerinde detaylı incelemeler için Elementel haritalama (Mapping) analizleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 116'de 1 nolu örneğin yüzeyinden alınan FESEM görüntüsü, genel Mapping, elementel Mapping görüntüleri incelendiğinde, iki farklı parçanın birleşmesi sonrası oluşan ve arada bir ayrımın olduğu görülen mikroyapı yer almaktadır. Görüntü ile içerikleri farklı malzemelerin bir araya getirilmeye çalışıldığı ve bu nedenle miroyapı ve içeriklerde farklılıkların olduğu anlaşılmaktadır. Bu farklılıklar ise mikroyapı ve faz farklılıkları olup, özelllikle As içeriğinin FESEM görüntüsünün orta kısmının sol tarafında yer alan görüntü üzerinde yoğun iken, orta kısmın sağ bölümünde azaldığı anlaşılmaktadır. Şekil 117'deki 2 nolu örneğin yüzeyinden alınan MAP analizinde elementel oranlarında farklılığın olduğu görülebilmektedir. Çatlak bölgelerinde ise oksitlenmelerin oluştuğu anlaşılmaktadır.

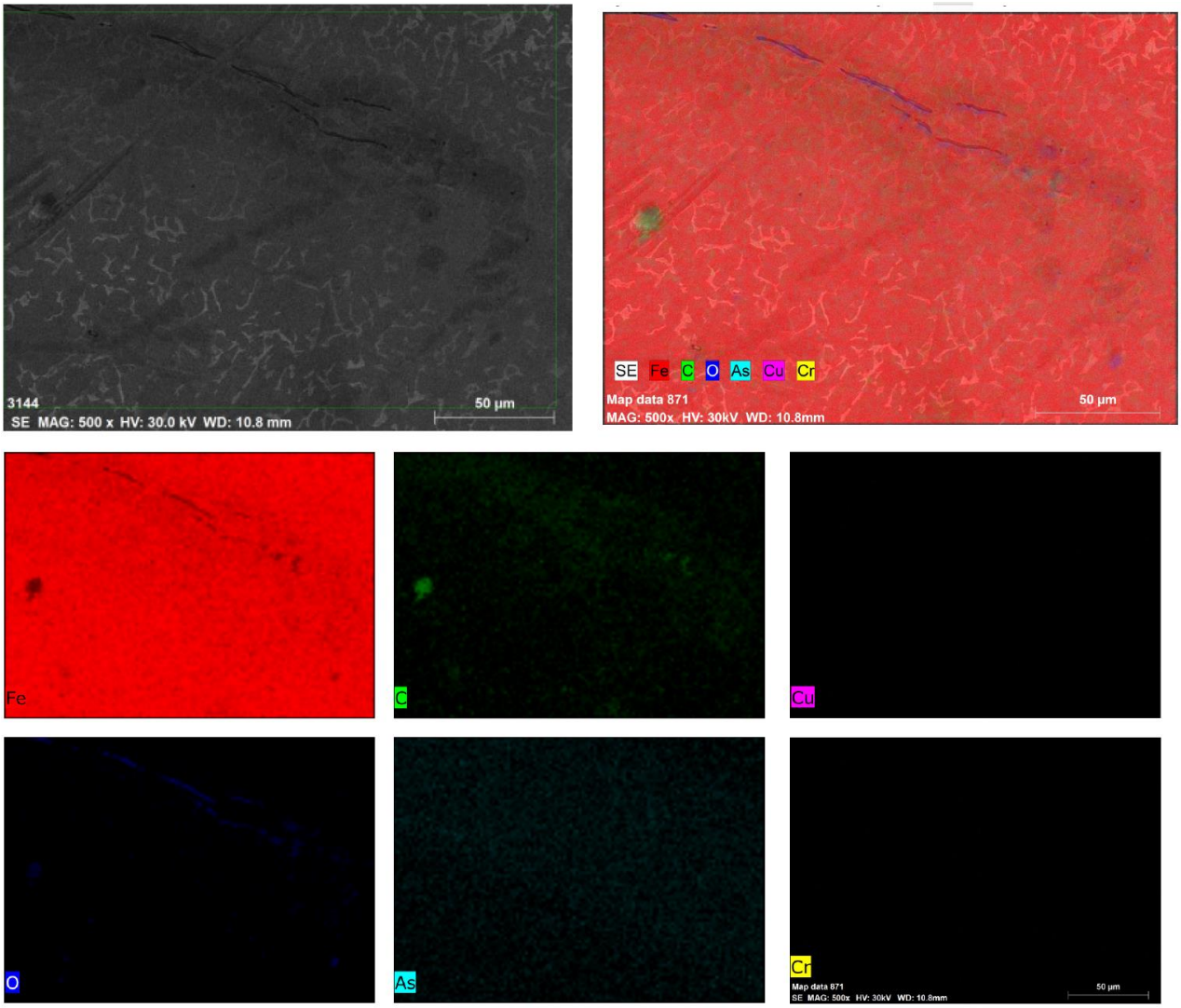






El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
Fe	26	K-series	15.68	83.76	61.32	0.65
C	6	K-series	1.45	7.74	26.33	2.22
O	8	K-series	0.72	3.83	9.79	0.94
As	33	K-series	0.87	4.67	2.55	0.38
		Total:	18.73	100.00	100.00	

Şekil 116. 1 nolu örneğin yüzeyinden alınan FESEM görüntüsü, genel MAP, elementel MAP görüntüleri ve EDS analiz verileri

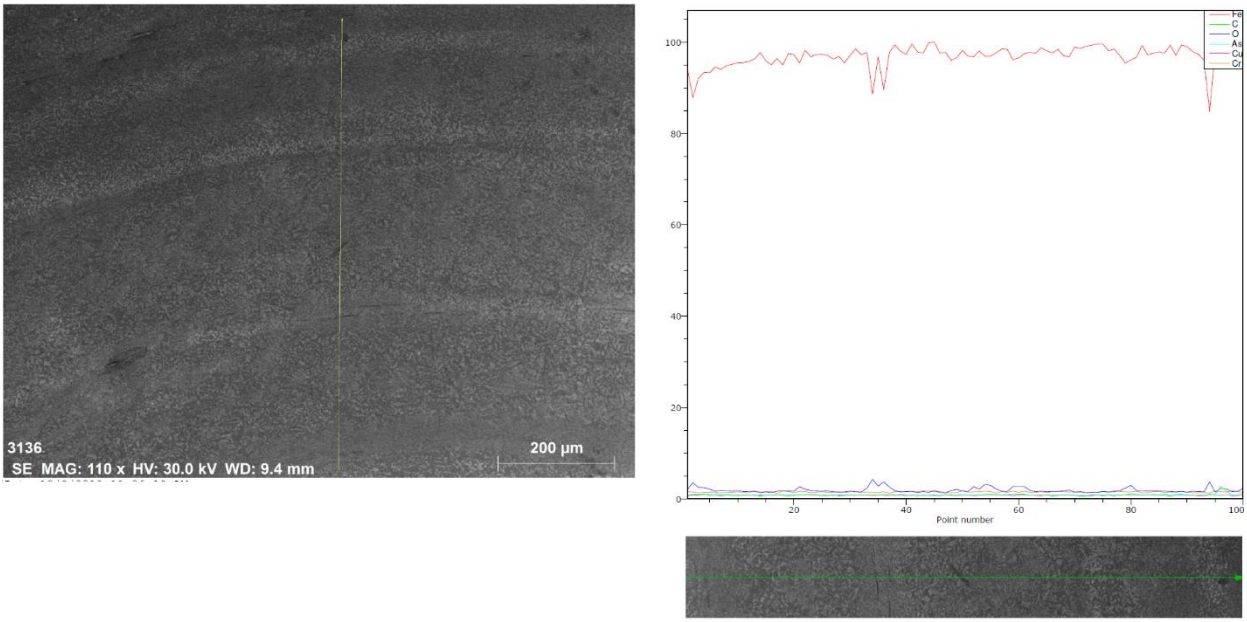


El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
Fe	26	K-series	17.26	95.17	96.35	0.47
C	6	K-series	0.00	0.00	0.00	0.00
O	8	K-series	0.00	0.00	0.00	0.00
As	33	K-series	0.87	4.80	3.63	0.09
Cu	29	K-series	0.00	0.02	0.02	0.03
Cr	24	K-series	0.00	0.00	0.00	0.00
		Total:	18.14	100.00	100.00	

Şekil 117. 2 nolu örneğin yüzeyinden alınan FESEM görüntüsü, genel MAP, elementel MAP görüntüleri ve EDS analiz verileri

Ayrıca çalışmada element dağılımlarının görüntüler üzerinde daha detaylı incelemek amaçlı çizgisel element dağılımı gerçekleştirilmiştir. Böylece yapıda oluşması muhtemel yapılar hakkında bilgilenme sağlanabilmiştir. Çizgi boyunca element dağılımları incelendiğinde ise; katmanlar arasında bariz element farklılıkları olduğu görülebilmektedir. Katman aralarında

özellikle Fe içeriğine ait pik şiddetinde düşüşler ve O içeriğinde artışların olduğu görülebilmektedir (Şekil 118).



Şekil 118. 2 nolu örneğin yüzeyinden alınan FESEM görüntüsü, çizgisel element dağılımı ve şiddetleri

Demir numunelere ait görüntü ve analizler sonrasında, numunelerin mikrosertlik değerleri alınmıştır. Mikro sertlik verilerinin oluşturulması için PAÜ Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendilsiği, Mekanik Testler Laboratuvarı kullanılmıştır. Sertlik deneylerinde, zımparalanmış ve parlatılmış numunelerin mikrosertlik verileri için, 136° piramidal elmas uç kullanılarak testler gerçekleştirilmiştir. Sertlik verileri için, Hardway DV-1AT-4.3 marka ve model mikro vikers sertlik alma cihazı kullanılmıştır (Şekil 119). Yük olarak HV1 yük ve 10 sn bekleme süresi tercih edilmiştir. Böylece yapıdaki muhtemel fazların sertlikleri tespit edilmeye çalışılmıştır ve fazların genelinden de bilgi alınabilmiştir.

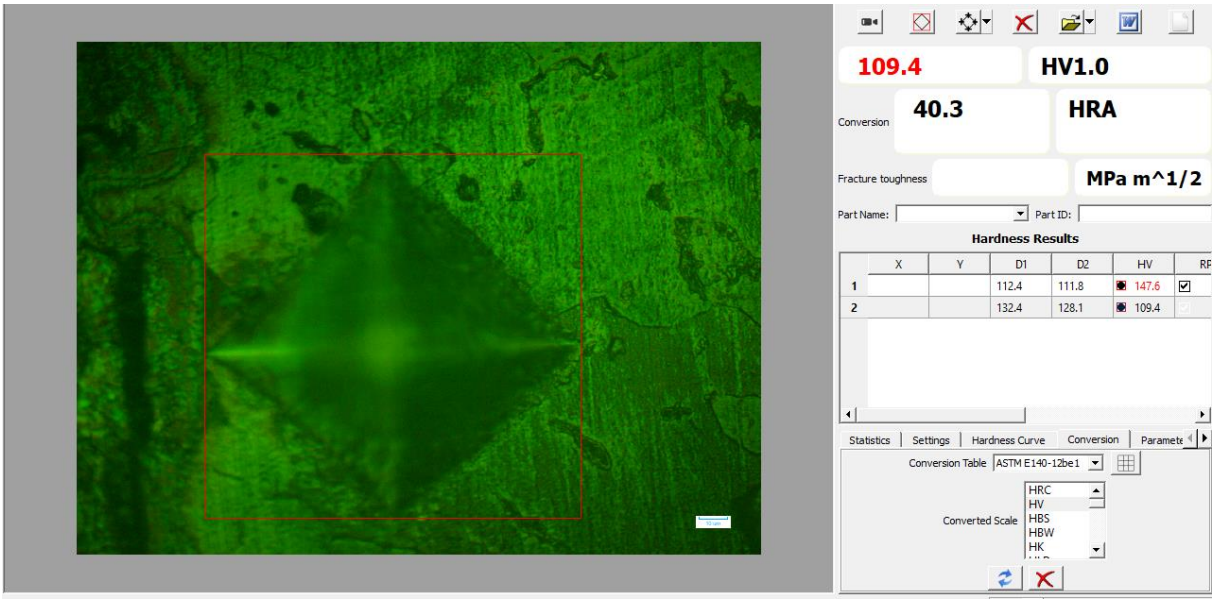
Alınan sertlik verileri incelendiğinde ise, genel düşük karbonlu çeliklerin, uygulanan deformasyon sonrası elde edilen sertlik verileri ile tutarlılık gösterdiği anlaşılmaktadır. Ayrıca farklı bölge ve fazlardan alınan sertlik verilerinde de farklılık göstermesi uygulanan deformasyon sonrası (çekiçle dövme gibi) sertlikte farklılaşmanın olduğunu göstermektedir. Yüzeylerden alınan mikrosertlik görüntüsü Şekil 120-123'te görülmektedir.



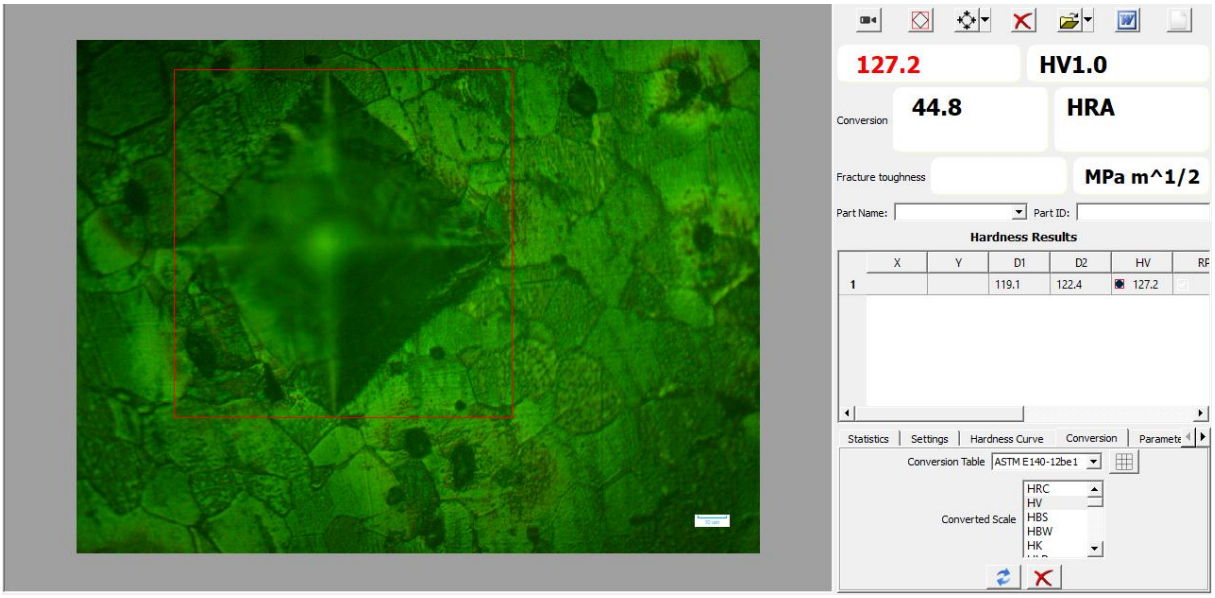
Şekil 119. Kullanılan hardway marka mikrosertlik cihazı



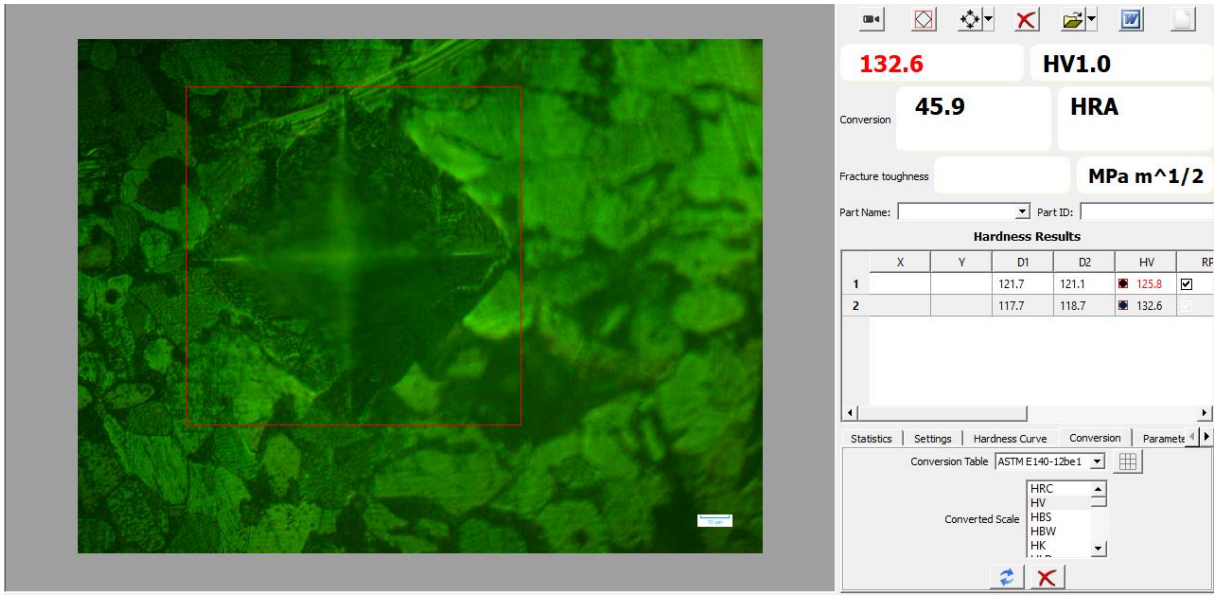
Şekil 120. 1 nolu örneğin yüzeyinden alınan mikrosertlik görüntüsü ve değeri



Şekil 121. 1 nolu örneğin yüzeyinden alınan mikrosertlik görüntüsü ve değeri



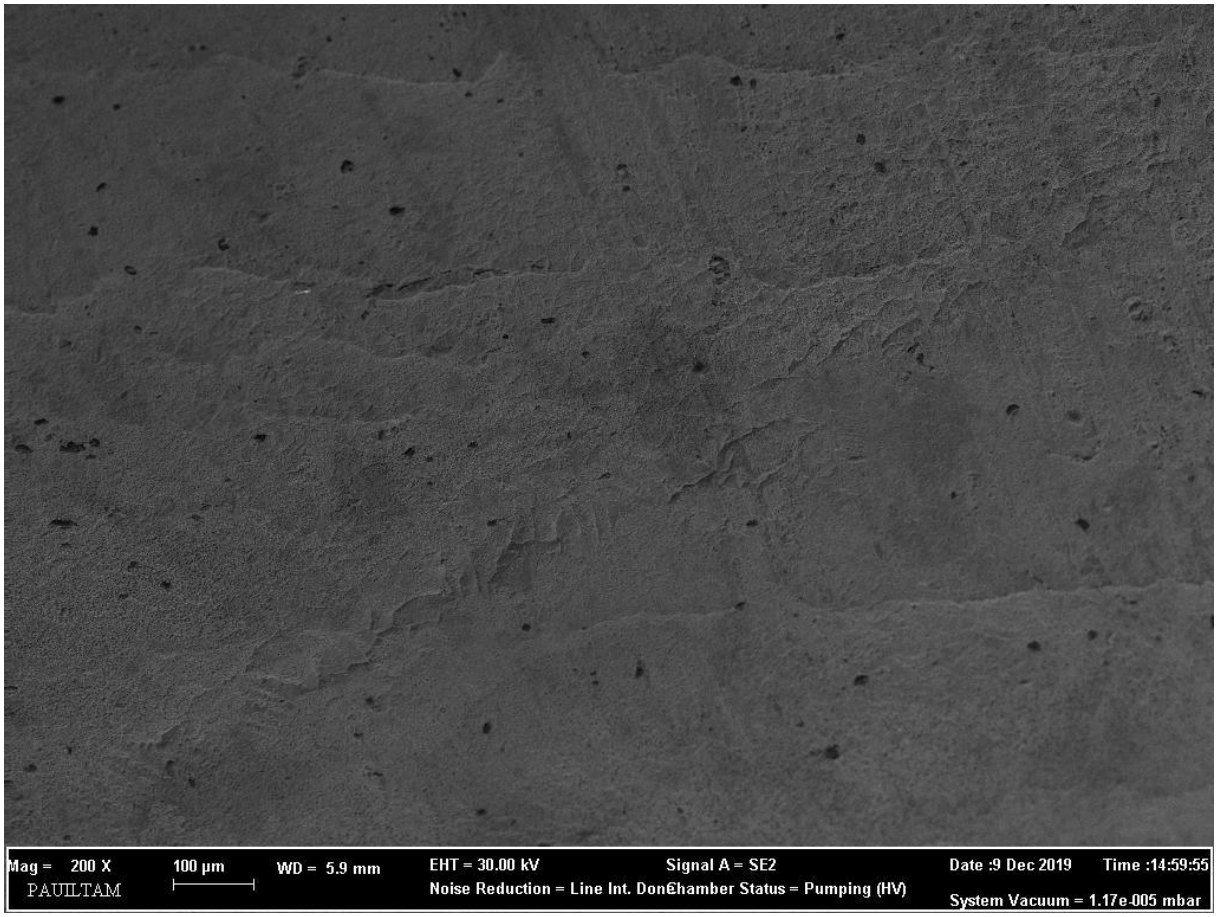
Şekil 122. 2 nolu örneğin yüzeyinden alınan mikrosertlik görüntüsü ve değeri



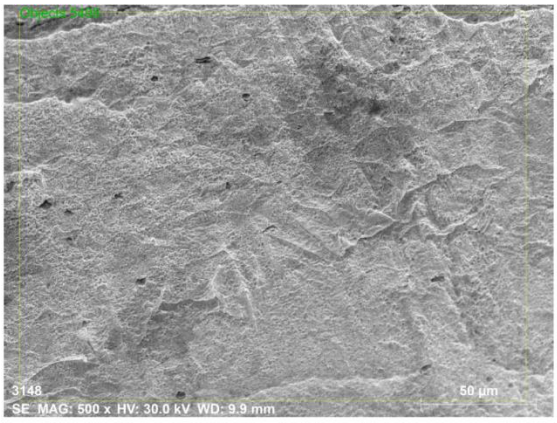
Şekil 123. 2 nolu örneğin yüzeyinden alınan mikrosertlik görüntüsü ve değeri

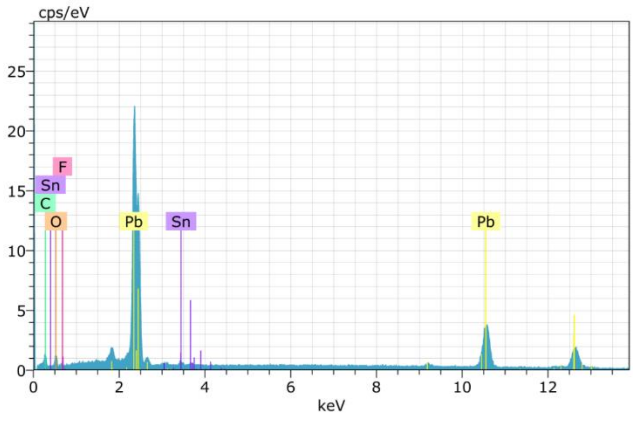
Sütunlar içerisinde yer alan demirlerin incelemeleri sonrasında ise, demir blokların etrafında oksitlenme ve korozyona karşı dökülen kurşun parçalar analizlenmiştir. Kurşunların analizi için ise yine FESEM ve element dağılımları incelenmiştir.

Şekil 124 ve Şekil 125, bloklardan alınan kurşun örneklerinin gerekli parlatma işlemi sonrasında FESEM görüntülerine aittir. Gerekli EDS incelemeleri yapıldığında, Şekil 125'te yer alan ve 32 nolu örneğe ait EDS pikleri ve element oranları incelendiğinde, yapıda Pb, O, C, Sn ve F elementlerine ait olduğu görülebilmektedir. Şekil 126'da FESEM görüntüsü ve Şekil 127'de EDS sonuçları görülen 2 nolu örneğe ait EDS element dağılım oranları incelendiğine ise yapıda Pb, O, C ve Al içeriklerine ait olduğu anlaşılmaktadır. Yapı incelendiğinde genel itibari ile kurşun, oksit ve C içeriklerine ait olduğu görülmektedir.



Şekil 124. 32 nolu örneğe ait FESEM görüntüsü

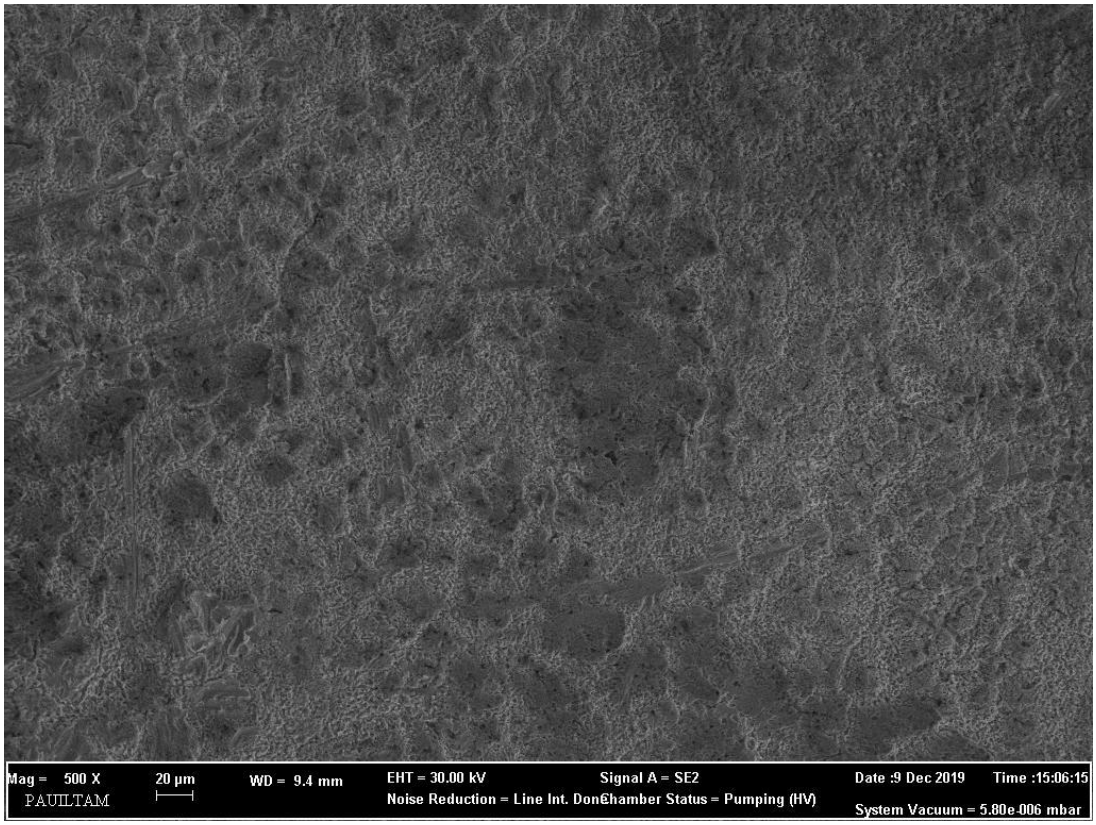




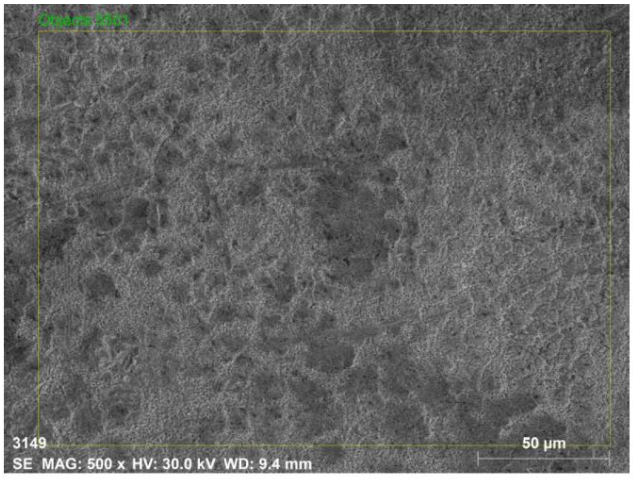
Spectrum: Objects 5498

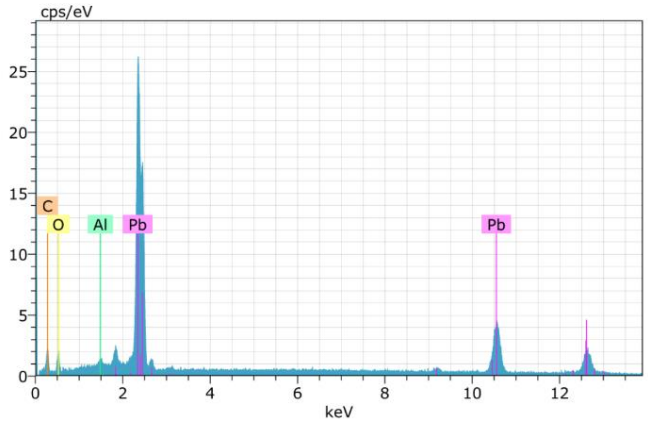
El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
Pb	82	L-series	77.06	80.80	23.12	1.97
O	8	K-series	8.62	9.04	33.49	1.78
C	6	K-series	7.75	8.13	40.11	1.64
Sn	50	L-series	1.12	1.18	0.59	0.08
F	9	K-series	0.82	0.86	2.68	0.35
		Total:	95.38	100.00	100.00	

Şekil 125. 32 nolu örneğe ait FESEM, EDS pikleri ve element dağılım oranları



Şekil 126. 2 nolu örneğe ait FESEM görüntüsü





El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
Pb	82	L-series	70.87	77.23	18.56	1.82
O	8	K-series	10.58	11.53	35.87	2.04
C	6	K-series	9.91	10.79	44.74	1.93
Al	13	K-series	0.41	0.45	0.83	0.06
		Total:	91.77	100.00	100.00	

Şekil 127. 2 nolu örneğe ait FESEM, EDS pikleri ve element dağılım oranları

Bu çalışmada, gerçekleştirilen kazı süreçleri esnasında yer alan metal içeriklerin incelenebilmesi için özellikle sütunların iç bölgelerinde yer alan ve günümüze kadar muhafazalı bir şekilde gelebilen metalik malzemelerin *optik Mikroskop, FESEM, EDS, MAP görüntüleri ve Mikro Sertlik verileri* incelenmiş ve değerlendirilmiştir. İncelemelerin detaylandırılması için sahada yer alan, sorunsuz ve şekil bozukluğu yaşamamış parçaların (deprem, çöküntü, ikincil kişilerin tahrip etmesi gibi süreçlerden etkilenmemiş) incelemesi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla çalışmada önce makro (gözle ve 50 büyütmeye kadar) incelemeler gerçekleştirilmiş olup, numunelerin incelemeler neticesinde ilk olarak gerekli süreçlerin detaylı tahlili ve kontrolü için dikine ve boyuna numunelerin alınması kararlaştırılmıştır. Bu sebeple numune bu şekilde hassas kesme cihazında kesilmiştir. Kesilen numunelerin yapı ve içeriklerinin kontrolü için zımparalama ve parlatma işlemlerine tabi tutulmuştur (200, 400, 600,800,1200 zımparalarla ve 6 mikron ve 3 mikron parlatma çuhaları ile). Parlatılan numuneler ise sonrasında gerekli ikincil deformasyon etkilerinin makro ve mikro boyutta incelenebilmesi için makro dağlama (Yüksek içerikli Nital ile dağlama) süreci gerçekleştirilmiştir. Bu sayede deformasyon izleri makro boyutta net bir şekilde görülebilmiştir. Böylece hangi bölgelerin incelenmesi ve detaylandırılması gerekliliği gözlemlenebilmiştir. Bundan sonrasında ise sırasıyla Optik Mikroskop, FESEM, EDS, MAP ve çizgisel EDS analizleri gerçekleştirilerek gerekli süreç yorum ve tahlilleri gerçekleştirilebilmiştir.

Alınan görüntülerin daha detaylı olarak incelenebilmesi için öncelikle alınan örnek numuneler düşey ve yatay olarak dilimlenmiştir. Burada amaç alınan örneklerin detaylı olarak incelenebilmesidir. Sonra numunelere uygulanan zımparalama ve parlatmalar neticesinde ise yüzeylerde oluşması muhtemel yapılar elde edilmeye çalışılmıştır. Numunelere uygulanması muhtemel deformasyon izlerinin görüntülenebilmesi amaçlı makro dağlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Makro dağlama işleminde, uygulanan yüksek içerikli makro Nital dağlayıcı solüsyonu oluşturulmuş ve dağlama işlemi sağlanan tecrübe sayesinde gerçekleştirilmiştir (birçok dağlama denemesi gerçekleştirilmiştir). Burada amaç malzemeler üzerinde oluşan ve uygulanan deformasyon (sıcak ve soğuk dövme işlemleri olabilir) işleminin var ise etkilerini görebilmektir. Yapıda dışarıda ve çekirdekte farklı bir yönlenmenin meydana geldiği (Şekil 107) gözlemlenmiştir. Bu sebeple numunelere ait ve bu yüzeylerden Optik Mikroskop ve FESEM görüntüleri alınarak incelenmiştir ve yapıda elementel dağılımların incelenebilmesi için EDS ve MAP analizleri uygulanmıştır.

Optik Mikroskop görüntüleri incelendiğinde ve yorumlandığında, (Şekil 108), numunelerde kenar bölgeler ile iç bölgeler arasında mikroyapısal faklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle iç bölgeler incelendiğinde yapıda küçük çatlakların oluştuğu gözlemlenmiş olup, çatlak bölgelere yaklaşıldığında ise tane formlarında geçiş farklıklarının olduğu (ince tane yapısı-kaba

tane yapısı, yönlenmiş tane yapısı, yeniden kristalleşeme yapısı gibi) gözlemlemiştir. Bu duruma ise yapının sıcak işlem sonrası deforme edilmesine sonrasında tekrar tekrar deformasyona maruz bırakılması olarak yorumlanmıştır. Burada uygulanan deformasyon neticesinde ise dış katmanda oluşturulan daha ince formlu yapı sayesinde mekanik özelliklerde iyileşmeler ve böylece dışarıdan gelecek etkileri en aza indirilmesi sağlanabildiği düşünülmektedir. Burada oluşan tane yapısı formları sertlikte farklılıklar oluşturmuş ve HV1 sertlik verileri için 40.3 HV ile 49 HV aralığında dar bir bölgede sertlik farklılıkları ile karşılaşılmıştır (Şekil 120-123). Numunelerin kenar bölgelerinin optik mikroskop görüntülerinde genel itibari ile ince forma sahip bir tane dağlımı olduğu söylenebilir. Numunelerin Optik mikroskop görüntülerinin daha detaylı incelenebilmesi için FESEM görüntülerinin alınması kararlaştırılmış ve neticede oluşması muhtemel yapılar daha detaylı incelenmiştir.

Şekil 112 ve 113'te numuneler üzerinden alınan FESEM görüntüleri yer almakta olup, görüntülerde yapı farklılıkları ve özellikle yapıda gerçekleşen geçişler incelenebilmiştir. Ayrıca yapıda meydana gelen deformasyon sonrası çatlaklar net bir şekilde gözlemlenmiş ve çatlak formları hakkında bilgi sahibi olunabilmiştir. Ayrıca FESEM görüntüleri sayesinde yapılan makro dağlama neticesinde katman geçişleri net bir şekilde görülebilmektedir. Bu geçişler ise katman katman olarak dövülmüş (sıcak ve veya soğuk dövme neticesinde oluşabilecek yapılar) parçaların oluşturduğu yapı olarak düşünülmektedir ve ara geçişlerde mikro çatlakların olduğu görülmüştür. Özellikle çatlaklarda meydana gelen oluşum ve nedenlerin incelenebilmesi için ve oluşması muhtemel yapıların tespiti için EDS analizleri geçekleştirilmiştir.

Şekil 114 ve 115 incelendiğinde, yapıda özellikle çatlak bölgelerdeki oluşumlar için FESEM cihazının verdiği tüm ışıma ve elementler doğrudan kullanılmıştır. Parlak bölge üzerinden alınan EDS analiz verilerinde yapıda; Fe, O, Ca, C, Si, Mn, Al ve K elementlerinin yer aldığı tespit edilmiştir. Bu parlak yapının ise oksit içerikli bir yapı olduğu ve çatlak bölgelerde yer aldığı gözlemlenmiştir. Bu durum ise bu oksit içeriğinin, uygulanan ikincil şekil verme işlemlerinde (sıcak dövme olabilir) etkili olduğu ve yapıda birleşme işlemini engellediği kanısı oluşmuştur. Ayrıca katmanlı yapıdan alınan genel alan EDS analizinde ise, yapıda elementel olarak; Fe, C, O, As, Cu, Si, Mo, Cr ve K elementlerinin yer aldığı görülmüştür. Ancak burada yer alan O içeriğinin yalnızca ağ. %1.34 olması, yüzeyde oksit tabakasının etken olmadığını gösterir niteliktedir. Bu oksit tabakasının daha çok katman aralıklarından gelebileceği düşünülmektedir. Bu durum daha net incelenebilmesi ve anlaşılabilmesi daha detaylı bir inceleme gereksinimi göstermiştir. Bu sebeple numunelere Mapping işlemleri uygulanması

kararlaştırılmıştır. Ayrıca çizgisel element dağılımı sayesinde çizgisel geçiş bölgesi analizleri ile detaylandırılabilmiştir.

Şekil 116, 117 ve 118 yorumlandığında; Mapping analizinde alınan bölge analizinin Fe, C, O ve As içerikleri incelenmiş olup, yapıda karbonun homojen olarak dağıldığı görülürken, O içeriğinin genellikle küçük gözenekli çökelti etraflarında kümelendiği görülmüştür. Bu durum O içeriğinin varlığının genellikle yapı içeresinde yer alan ve ana malzemeden kaynaklandığı düşünülen giderilmeyen inklizyonlardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Yapıda As miktarının ise ağ. %4.67 çıkması bu durumu destekler ve Fe alaşımında gerekli temizleme işlemlerinin gerçekleştirilmediğini göstermektedir. Yapıda genel bir inceleme yapabilmek için ise Şekil 153 incelenmiş olup, Fe, C, O, As, Cu, Cr gibi topraktan gelebilecek (ham malzemeden) yapılar detaylı olarak incelenmiş ve Mapping analizi gerçekleştirilmiştir. Mapping analizinde özellikle O içeriğinin çatlak bölge kenarlarında yer alması, As elementinin homojen olarak dağılması içeriğin temizleme işleminin yapılamaması ile yorumlanmıştır. Bu dönemde içerik analizlerinin olmayışı ve yapı içerisinde bu gibi elementlerinin etkilerinin bilinmeyişi nedeni ile, topraktan elde edilen demir cevherinin doğrudan ergitme ve sonrası döküm işlemi uygulandığı ve sonrasında dövme gibi (sıcak ve soğuk dövme) ikincil işlemler uygulandığı kanısını oluşturmuştur. Şekil 118'de yer alan çizgisel analizde element şiddetleri görülebilmektedir. Burada özellikle geçiş bölgelerinde şiddetlerde önemli değişiklikler olduğu görülmektedir. Bu değişikliklerin basında ise O içeriğinin geçiş bölgesinde arttığı görülebilmektedir. Genel inceleme yorumlandığında ise üretilen parçaların zaman koşulları ve imkanları göz önüne alındığında, farklı ikincil işlemler uyguladıkları görülmüştür. Bu ikincil işlemler sayesinde ise yapının bugünlere kadar kalmasında fayda sağlayacak süreci oluşturduğu kanısı oluşmuştur. Ayrıca demirlerin bugünlere kadar kalmasında diğer bir etken olan kurşun blokların bu demir kısımları kapatacak şekilde dökülmesi, süreci olumlu etkilediğini göstermiştir. Bu sebeple kurşun bloklar için gerekli inceleme ve analizler gerçekleştirilmiştir.

Şekil 124'ta demirlerin etrafını kaplayan ve sütunların dip bölgelerinde yer alan kurşunların görüntüsünü yer almaktadır. Görüntüler kurşunun günümüzde halini muhafaza ettiğini ve koruduğunu göstermektedir. Şekil 124'ten elde edilen sonuçları elementel olarak incelemek için ise Şekil 125 FESEM görüntü ve EDS analizleri alınmış olup, EDS analizlerinde yapıda ağ. %80 Pb, %9.04 O ve %8.13 C içeriklerinin yer alması, oluşan kurşun oksit tabakasının iç bölgelerde yer alan demir içeriğinin oksitlenmesini engellemede yeterli olduğu kanısını oluşturmuştur. Çalışmada bu sonuçlar yorumlanırken, oluşan ve gerçekleşen mekanizmalar (deprem, sel, toprak kayması gibi bu metallerin yer ve şekil değiştirmesi ve kırılmasına neden olabilecek) göz ardı edilerek normal reaksiyonda oluşması muhtemel mekanizmalar dikkate alınmıştır. Şekil 126'deki FESEM ve Şekil 127'te yer alan FESEM ve EDS analizleri

incelendiğinde yine yapıda yer alan Pb, O ve C içeriklerinin olduğu tespit edilmiş olup, oluşması muhtemel mekanizmalarının bir içeriği olarak düşünülmektedir.

Optik Mikroskop, FESEM, EDS, MAP görüntüleri ve Mikro Sertlik verilerinden elde edilen sonuçlar doğrultusunda sütunlarda kullanılan demir ve kurşun örneklerinin antik dönemde hazırlanma teknikleri ve yapıları hakkında bilgiler elde edinilmiştir. Böylelikle antik dönemde kurşun ve demir örneklerinin hazırlanma teknolojileri hakkında bilgiler elde edilmiştir.

3.3. Kimyasal Analizler

ICP-MS örneklerde çok sayıda elementin hızlı, hassas ve doğru biçimde ölçülmesine olanak sağlayan bir analiz tekniğidir. ICP-MS direk olarak çözeltide iz element derişimlerinin belirlenmesinde uygundur. Birçok element için gözlenebilme sınırı ng/L'nin (ppb ve daha düşük derişimler) altındadır. Çok sayıda elementi aynı anda analiz edebilme özelliği sayesinde nitel analizlerde ve izotop oranlarının belirlenmesinde olduğu gibi, başta metalik elementler olmak üzere periyodik tablodaki elementlerin büyük çoğunluğunun nicel ve yarı-nitel tayinlerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. ICP-MS'nin çalışma aralığı diğer yöntemlere oranla oldukça geniştir. Birçok element için pg-mg/L arasında kalibrasyon grafikleri çizilebilmektedir ve bu farklı derişime sahip birçok elementin aynı anda analizine olanak sağlamaktadır.

Proje kapsamında ICP-MS analizinin yapıldığı kuruluş; Pamukkale Üniversitesi İleri Araştırma ve Uygulama Merkezi'dir. Cihazın marka ve modeli; Inductively Coupled Plasma -Mass Spectrometer, Nexlon 2000 B Pelkin'dir (Şekil 128).

Cihazın teknik özellikler, ICP-MS parametreleri;

Güç (W)	1300
Gaz akış hızı (mL/dak)	1.5
Soğutucu gaz (mL/dak)	15
Yardımcı gaz (mL/dak)	0.2
Nebülizatör gazı (mL/dak)	0.65
Numune akış hızı (mL/dak)	1.5
Yıkama süresi (sn)	20
Okuma sayısı	3

Cihazın hassasiyeti: Pb: 0.04 ng L^{-1}, Fe: 0.0005 ng L^{-1} Pb: 0.04 ng L^{-1}, Hg: 1 ng L^{-1}, Cu: 0.2 ng L^{-1}, Zn: 0.7 ng L^{-1}, Ag: 0.09 ng L^{-1}, Cd: 0.07 ng L^{-1}, Mn: 0.1 ng L^{-1}, Cr: 0.3 ng L^{-1}, Sn: 0.2 ng L^{-1} and Ni: 0.2 ng L^{-1}

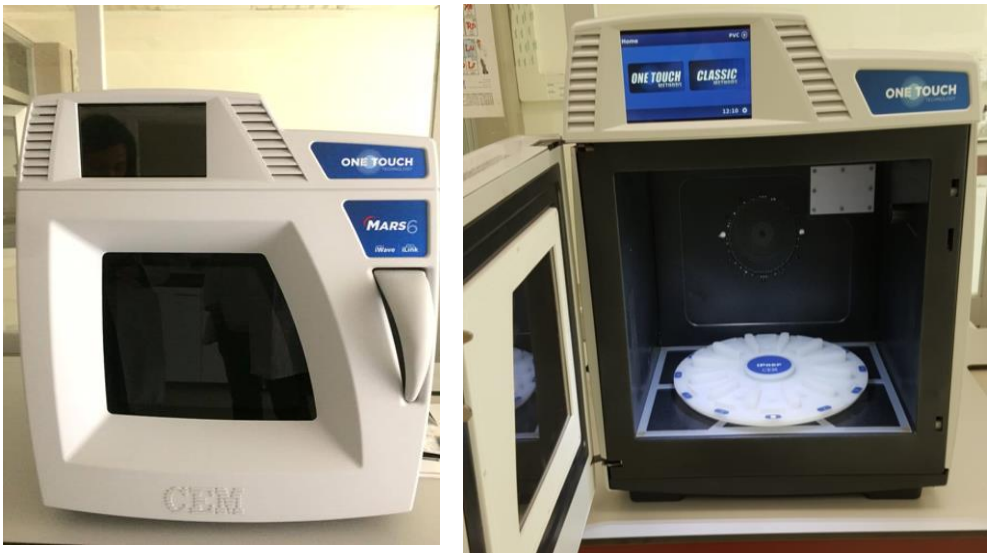


Şekil 128. İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi, Nexlon 2000 B Pelkin

Mikrodalga parçalama ünitesi ile gıda, biyoloji, çevre, ilaç, organik sentez, inorganik numuneler ve mineral analizlerinizde ICP-OES, AAS ve ICP-MS teknikleri için güvenli ve hassas numune hazırlanabilir. Kapalı sistem yakma işlemiyle tüm metallerle bazı ametallerin tayininde bir ön örnek hazırlama metodudur. Bu yöntem tüm örneklerde (her türlü gıdalar, yemler, bazı plastikler, kâğıt vs.) hemen hemen tüm metaller ile ametallerin tayininde uygulanır. Örnekler, eğer homojen değilse, önce bir karıştırıcı veya rondo kullanılarak; doğrudan doğruya veya belli oranlarda ilave edilen saf su yardımıyla homojenize edilir. Özel mikrodalga cihazı kaplarında örneğin cinsine, yapısına, fiziksel haline, örnekteki kuru madde oranına veya homojenattaki orijinal örnek yüzdesine bağlı en az üç adet tartım alınır ve tartımlar kaydedilir.

Pamukkale Üniversitesi İleri Araştırma ve Uygulama Merkezinde kullanılan mikrodalga CEM markalı, Mars-6 modeli cihazıdır (Şekil 129). Teknik özellikleri;

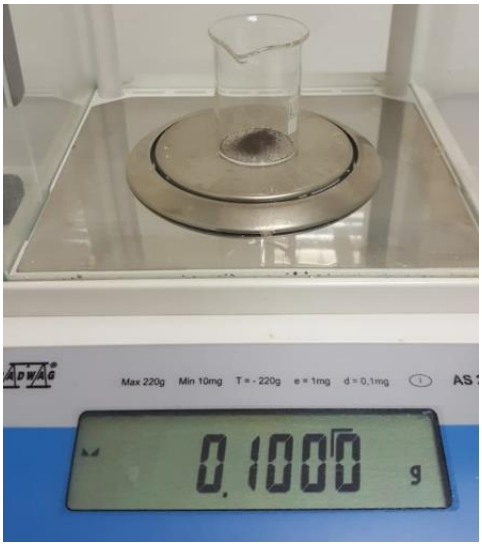
- Temassız yerinde sıcaklık ölçümü
- Damar tipini ve sayısını tespit eden sensörler
- Yüzlerce önceden programlanmış yöntem
- Her uygulama için kullanımı kolay kaplar (Iprep ve Easyprep)



Şekil 129. Mikrodalga bozundurma sistemi

ICP-MS cihazında analizi yapılan ön numuneler; Stratonikeia ve Lagina bölgesinden alınan mimarı yapı elemanı sütun ve türü dübel olan Örnek 11 ve Örnek 16 nolu numuneleridir. Her bir örnek için 3 okuma gerçekleştirilerek bu ölçümlerin ortalaması verilmiştir.

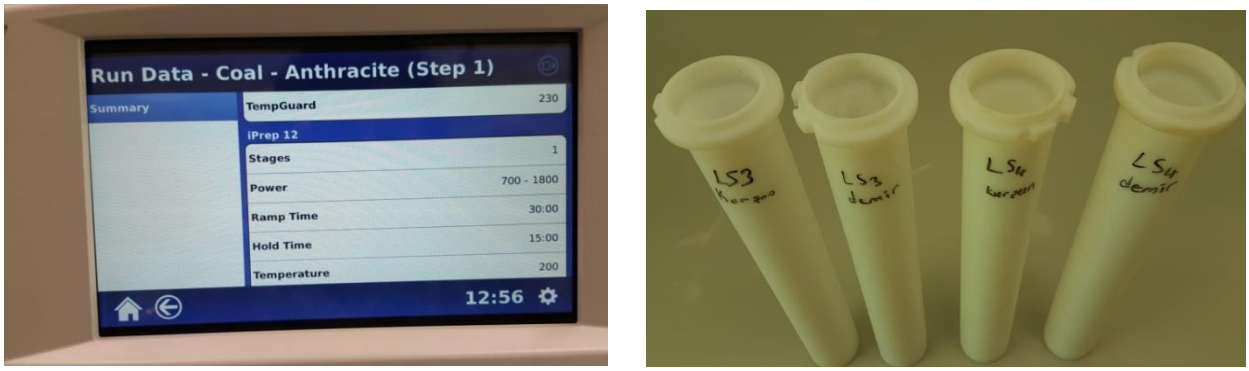
Örnek 11-Kurşun, Örnek 11-Demir, ve Örnek 16-Demir ve ve Örnek 16-Kurşun numuneleri önce hassas terazide yaklaşık olarak 0.1000 g ölçülmüştür (Şekil 130).



Şekil 130. Hassas terazi ölçümleri

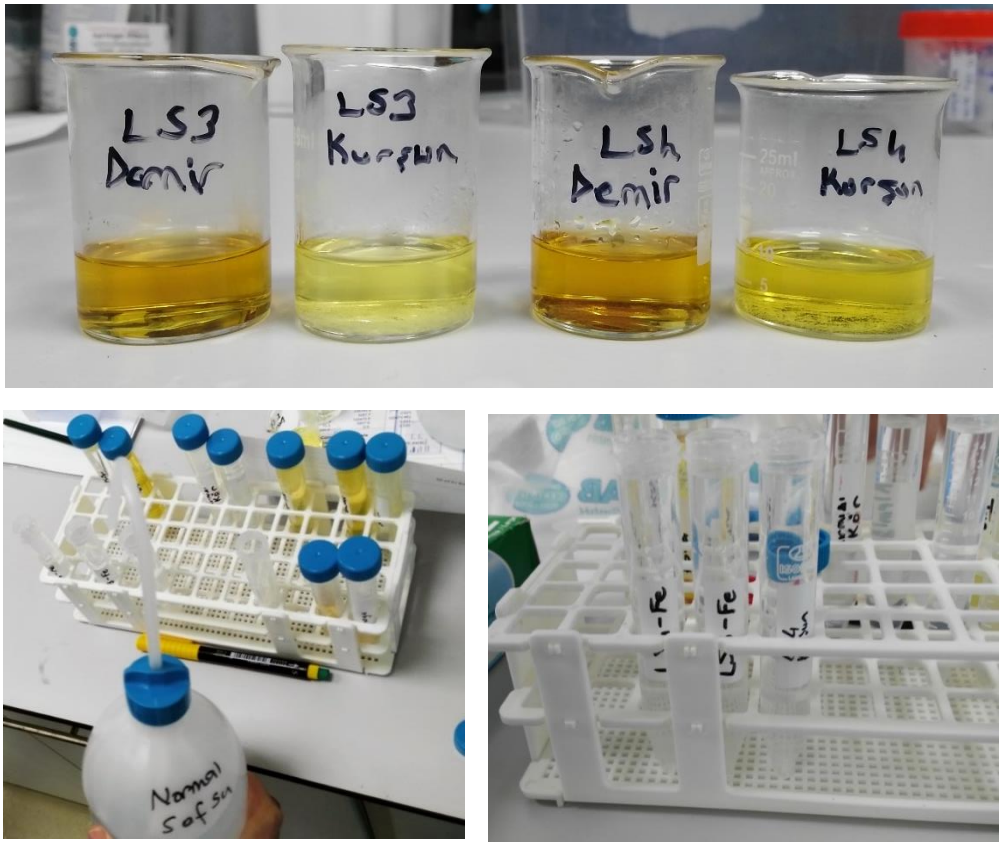
Analiz için ön işlem olarak Örnek 11-Demir ve kurşun, Örnek 16-Demir ve Kurşun asit ile mikrodalga yardımıyla çözdürülmesi için kullanılan mikrodalga programı; Coal-Anthracite (step 1)'dir. Bu programa göre numune Iprep adlı numune kaplarına 0,1 g aktarılarak üzerine 10 mL

HNO_3 (Nitrik asit) eklenmiştir. 15 dk boyunca 200 ^{0}C sıcaklık ile mikrodalgada üç numune tam olarak çözünmüştür. Örnek 11 tam çözünmediği için tekrar mikrodalga işlemine tabi tutulmuştur. Kullanılan tüm kimyasallar Sigma-Aldrich firmasından alınmıştır. Coal-Anthracite mikrodalga programı; organik ve inorganik kökenli metallerin çözündürülmesinde kullanılan en iyi metottur. Mikrodalga bozundurma sistemi programı ve bozundurma tüpleri Şekil 131'de görülmektedir.



Şekil 131. Mikrodalga bozundurma sistemi programı ve bozundurma tüpleri

Örnek 11-Kurşun bu programda çözülmediği için; 0,25 g numune + 6,5 mL H_3PO_4 (fosforik asit) + 3,5 mL H_2SO_4 (sülfürik asit) ile denenmiş fakat bu yöntemle de çözülmemiştir. Sonrasında 0,1 g numune + 3 mL HNO3 + 9 mL HCl (hidroklorik asit) ile denendikten sonra çözünme sağlanmıştır. Numunelerin mikrodalga çözülmelerinden sonraki halleri Şekil 132'de görülmektedir.



Şekil 132. Çözelti haline getirilen örnekler

Çözünmüş haldeki numunelerden falkon tüplerine 3'er ml alınıp saf su ile 15 ml'ye tamamlandı. Saf su ile 15 ml'ye tamamlanıp oradan 1 ml alınıp tekrar 15 ml'ye tamamlandı. Seyreltme işlemi her numune için iki defa yapıldı. Böylelikle numuneler analiz için hazır hale getirilmiştir.

ICP-MS analiz sonuçları

Seyreltilmiş falkon tüplerinde olan numuneler numune analizi yapılacak tutuculara konulmuştur. Öncelikle chiller, havalandırma, gaz ve tubing sırasıyla açılmıştır. Bilgisayar ortamında SYNGİSTİX FOR ICP-MS programı açılmıştır. Gerekli kalibrasyonu yapılan cihazda analiz başlatılarak sinyallere numerik olarak bakılmıştır.

Deney sonuçları kantitatiftir. Cihazın çalışma prensibi gereği plazmanın yanması için Argon gazı kullanıldığından deneysel sonuçlarda yanma işlemi için kullanılan argon ve karbonun (havada ve plazmada) konsantrasyon değerleri dikkate alınmamıştır. 1 ppb'nin (µg/L) altındaki konsantrasyon değerleri için numunede yer alan elementlerin varlığı bir kesinlik göstermemektedir. ICP-MS analizlerinden elde edilen sonuçlara örnek olarak seçilen demir ve kurşun örneklerinin elementel sonuçları Tablo 81-84'de yer almaktadır.

Tablo 81. Örnek 11 Demir ICP-MS sonuçları

Elementler	ppb	%
Mg	145.538.287	0,0117
Al	357.675.596	0,0288
Si	653.455.288	0,0527
K	157.202.221	0,0127
Ca	731.799.349	0,0590
Fe	1.229.523.946.145	99,0662
Co	370.590.031	0,0299
Cu	118.398.422	0,0095
Ni	155.318.858	0,0125
As	240.339.939	0,0194
Ir	756.434.272	0,0609
Pb	7.903.067.147	0,6368
TOPLAM	1.241.113.765.555	100,0000

Tablo 82. Örnek 16 Demir ICP-MS sonuçları

Elementler	ppb	%
Mg	742.041.125	0,0403
Al	441.065.942	0,0240
Si	1.233.797.358	0,0671
K	179.249.638	0,0097
Ca	3.281.430.963	0,1784
Fe	1.740.597.137.674	94,6329
Co	36.451.083	0,0020
Ni	0	0,0000
Cu	746.797.622	0,0406
As	6.661.718.190	0,3622
Ir	0	0,0000
Pb	85.394.363.876	4,6427
TOPLAM	1.839.314.053.471	100,0000

Tablo 83. Örnek 11 Kurşun ICP-MS sonuçları

Elementler	ppb	%
Mg	30.481.053	0,0127
Al	48.258.106	0,0201
Ca	134.735.561	0,0562
Cr	0	0,0000
Mn	4.392.756	0,0018
Fe	548.332.377	0,2286
Ni	23.576.131	0,0098
Cu	371.575.263	0,1549
Zn	0	0,0000
Mo	577.096	0,0002
Ag	33.420.324	0,0139
Sb	10.437.891	0,0044
W	0	0,0000
Pb	238.628.614.635	99,4972
TOPLAM	239.834.401.193	100

Tablo 84. Örnek 16 Kurşun ICP-MS sonuçları

Elementler	ppb	%
Mg	2.683.122	0,0014
Al	24.106.594	0,0125
Ca	132.571.212	0,0686
Cr	549.004.918	0,2842
Mn	13.635.375	0,0071
Fe	4.937.444.756	2,5557
Ni	7.732.816	0,0040
Cu	416.639.241	0,2157
Zn	12.670.182	0,0066
Mo	27.948.087	0,0145
Ag	66.780.093	0,0346
Sb	17.640.296	0,0091
W	43.715.726	0,0226
Pb	186.944.179.635	96,7636
TOPLAM	193.196.752.053	100

ICP-MS çok sayıda elementin hızlı, hassas ve doğru biçimde ölçülmesine olanak sağlayan bir analiz tekniğidir. Bu nedenle demir ve kurşun örneklerinde ana elementlerin ve eser elementlerin nitel ve nicel analizleri ICP-MS tekniği ile yapılmıştır. Örnek 11 ve 16'da demir ve kurşun örneklerinin ICP-MS analizleri gerçekleştirilmiştir. 11 numaralı demir örneğinde %99,07 oranında Fe, %0,64 Pb tespit edilmiştir. Diğer elementler %0,01'in altındadır. 16 numaralı demir örneğinde de %94,63 Fe ile %4,64 Pb bulunmuştur. Ayrıca %0,36 oranında As, %0,18

oranında Ca ölçülmüştür. Diğer elementler %0,01 oranının altındadır. 11 nolu kurşun örneğinde Pb oranın %99,50, %0,23 Fe ve %0,16 Cu bulunmuştur. Diğer elementler %0,01'in altındadır. 16 nolu kurşun örneğinde %96,76 Pb, %%2,55 Fe, %0,28 Cr ve %0,22 Cu bulunmuştur. Aynı şekilde diğer elementler %0,01'in altında bulunmuştur. Örnek 11 demir ve kurşun malzemeler 16 nolu örneğine göre çok daha saf bulunmuştur. Dönemsel olarak düşünüldüğünde bu sonuç normaldir. İç yapı analizlerinde de görüldüğü üzere malzemeler birbirinden çok farklı özellikler gösterebilmektedir. Zamanın imkanları dikkate alındığında kenet ve dübel gibi metal örneklerin cevherlerine metalürjik ön işlemler uygulanamamasından kaynaklanmaktadır.

ICP-MS sonuçları ile elementel dağılımlar ppb düzeyinde ölçülmüştür. Eser düzeydeki elementlerde dahil olmak üzere nitel ve nicel analiz sonuçları bulunmuştur. Bu sayede yapıdaki elementel dağılım tespit edilmştir. Elde edilen diğer metalografik işlemler, karakterizasyon sonuçları ile ICP-MS sonuçları ve literatür verileri ile uyumludur. Dönemin teknolojik düzeyi düşünüldüğünde cevherinin doğrudan ergitme ve sonrası döküm işlemi uygulandığı anlaşılmaktadır. Aynı zamanda yapılan bu analiz çalışmaları doğrultusunda elementel kompozisyonları öğrenilen numunelere benzer bir prototip hazırlanmıştır. Aynı zamanda örneklerdeki eser düzeyde bulunan element bilgileri ile çevrede bulunabilecek maden yataklarının ve cevherlerin incelenmesiyle demir ve kurşun malzemelerin cevher kökenleri hakkında da başka bir proje çalışması da planlanmıştır.

3.4. XRD ve EDS Analizleri

Proje hazırlama aşamasında ve gerçekleştirilen ilk arazi çalışmasında yapılar ve yapı ögelerindeki kullanım tespit edilerek veri oluşturma ve analiz çalışmaları için sütun tiplerini belirlenmiştir. Kazı alanında birçok amorf metal malzeme bulunmaktadır. Yapılan restorasyon ve düzenleme çalışmalarına bağlı olarak kazı alanındaki yapılarda orijinal ancak yerinde olmayan ve kopmuş durumda bulunan demir ve kurşun kenet, dübel parçalarının proje de kullanılması uygun görülmemiştir. Bu örneklerin hangi sütundan ve sütün tipinden, aynı zamanda hangi dönemden olduğu konusunda yaşanan karmaşıklıklar nedeniyle sutünlardan örneklerin doğrudan alınması çalışma sonuçlarının doğru değerlendirilmesi açısından tercih edilmiştir. Örneklem yerleri fotoğraflanarak belgelenmiştir. Tarihi eser niteliği taşıyan örneklerden Muğla Müze Müdürlüğü'nden özel izinle demir ve kurşun parçalar alınmıştır. Sütunlara ve yapılara zarar vermeden örnekler alınmaya çalışılmıştır. Fotoğraflarda da görüleceği üzere her noktada istenilen örneklerin alınması mümkün olmamıştır. Seçilen bazı bölgelerde de toplanabilecek demir ve kurşun bulunamamıştır. Alınan örnekler metalografik ön

işlemler ile de XRD ve EDS analizlerine hazır hale getirilmiştir. Maalesef alınan örneklerin bazıları analiz yapılabilecek özelliklerde bulunmamıştır.

Numunelerin XRD ve EDS analizlerinden önce metalografik ön işlemler uygulanmıştır. Metalografik analizlerin gerçekleştirilebilmesi için numunelere; zımparalama (400-600-800-1000-1200), parlatma (6 ve 3 µm) işlemleri gerçekleştirilmiştir. Numunelerin dağlanmasında, %20'lik Nital solüsyonu ve saf su ile makro dağlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Böylece yapıda oluşan hata ve deformasyon izlerinin görüntüleri elde edilmeye çalışılmıştır.

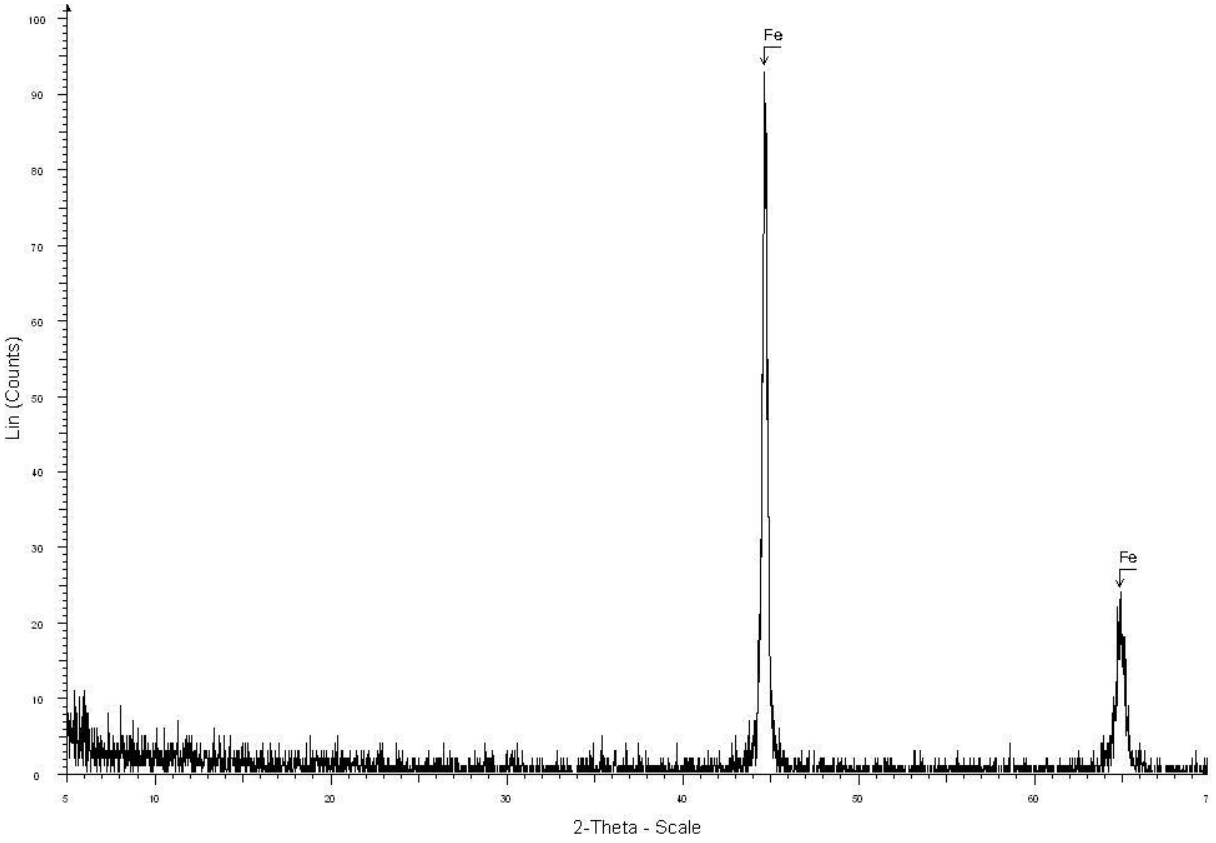
XRD ve EDS analizleri için en uygun dört örnek seçilerek analizlenmiştir. Aşağıda resimleri de gösterilerin Örnek 9 (LS2.2), Örnek 11 (LS3), Örnek 16 (LS4.2) ve Örnek 18 (LS5) örnekleri seçilmiştir (Tablo 85). Örneklerin hepsi Lagina bölgesinden alınmıştır. Bu örneklerin seçilmesindeki en önemli neden taşıyıcı sütunlardan alınmış olmalarıdır.

Örnek 9 Geç Hellenistik Döneme ait olduğu düşünülen (M.Ö. 100-80) Hekate Tapınağının Batısında bulunan Korinth sütun başlığında bulunan dübelden alınan demir malzemedir. Örnek 11 Hekate Tapınağı 437 Blok Numaralı Sütun Tamburundan alınan Geç Hellenistik Döneme (M.Ö. 100-80) ait kurşun malzemedir. 437 blok numaralı iyonik yivli sütun tamburu, sütun gövdesini başlığa bağlamaktadır. Örnek alma esnasında dübel içerisindeki demir parçalara ayrılmıştır. Örnek 16 Augustus Dönemine ait olduğu düşünülen alt kısmı yivsiz üst kısmı ionik yivli sütun tamburu bloğundan alınan demir örneğidir. Çift dübelin sadece bir tanesinde kurşun ve demir vardır. Örnek 18 Augustus Döneminde ait ionik yivli sütun tamburuna ait bloktaki kurşun dübelden alınmıştır. Kuzey Stoanın güneydoğusundaki tasnif alanına aittir.

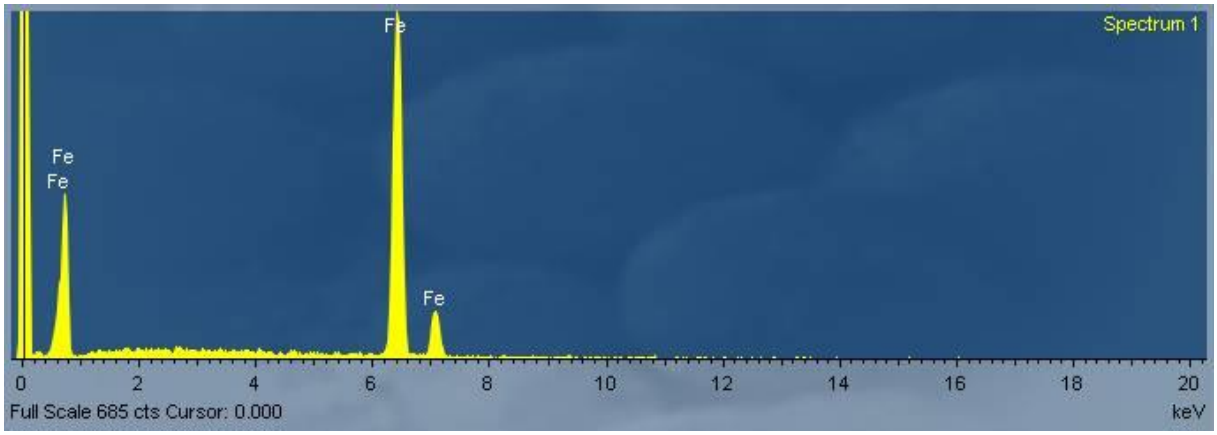
Tablo 85. XRD ve EDS analizleri için seçilen örnekler

Örnek No	İşlem Öncesi	İşlem Sonrası	İşlem Öncesi ve Sonrası Ağırlık	
Örnek 9 LS2.1 LS2.2 (Kart 9)			A- 109,10 B- 35,07	A- 108,72 B- 33,60
Örnek 11 LS3 (Kart-11)			436,51	426,74
Örnek 16 LS4.1 LS4.2 (Kart 16)			A-25,43 B-3,83 C-2,47	A-24,59 B-3,47 C-2,25
Örnek 18 LS5 (Kart-18)			19,01	18,63

XRD analizlerinin yapılmasına Pamukkale Üniversitesi Merkez Laboratuvarında başlanılmıştır. Ancak cihazın konfigürasyonunun metal malzemeler için elverişli olmaması ve cihazda paralel ışın (Göbel) aynası olmaması nedeni ile örneklerin gürültü/sinyal oranı yüksek çıkmıştır. Bu nedenle numuneler ODTÜ Arkeometri laboratuvarında analizler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda yer almaktadır. Aynı zamanda örneklerin diğer EDS analizleri de ODTÜ Arkeometri laboratuvarında yapılmıştır. EDS analizleri XRD verilerini desteklemek için alınmıştır.



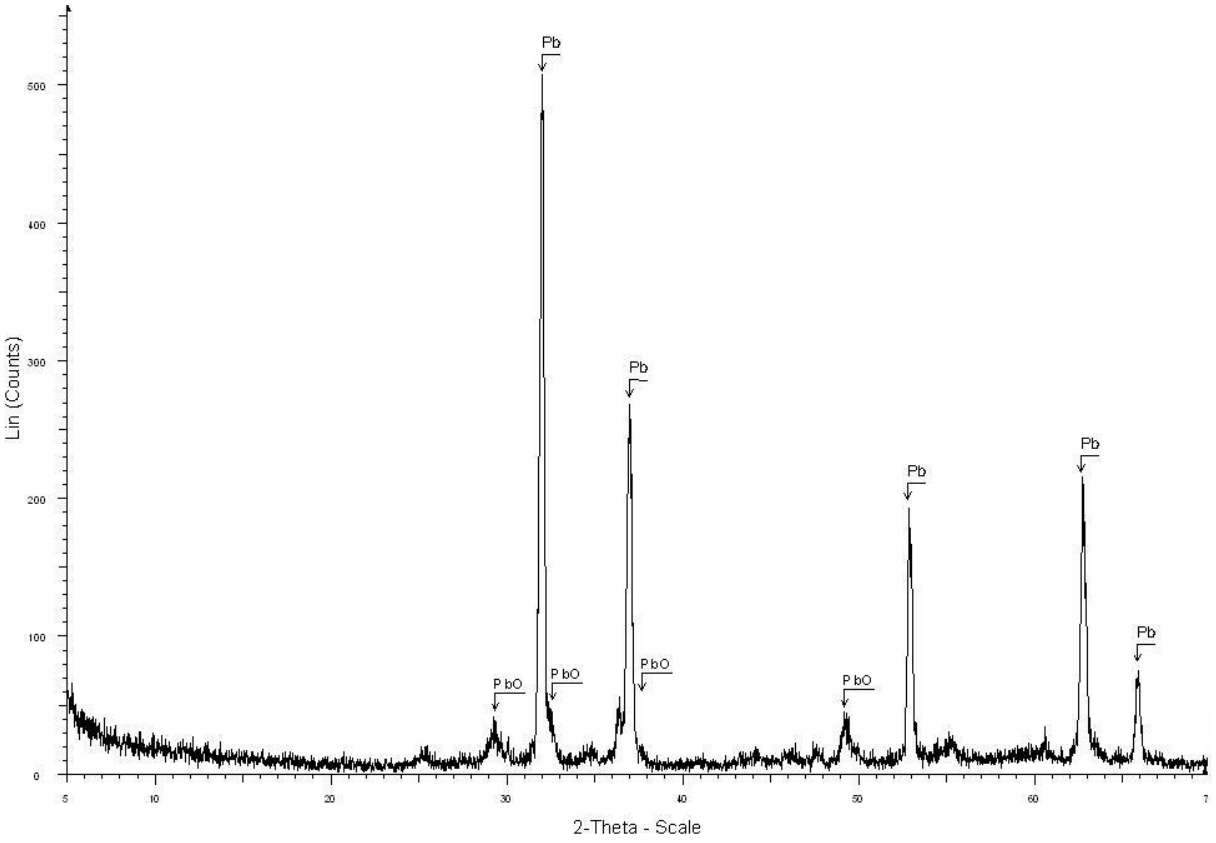
Şekil 133. 9 numaralı Fe örneğinin XRD spektrumu



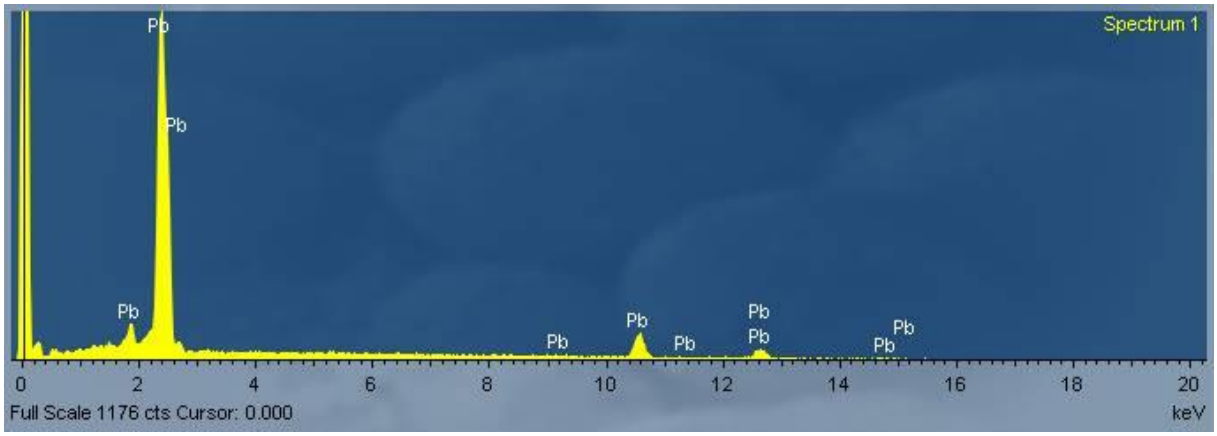
Şekil 134. 9 numaralı Fe örneğinin EDS spektrumu

XRD spektrumları (Şekil 133) ile EDS analizlerinde (Şekil 134) yapıda sadece demir tespit edilmiştir. Farklı bir element bulunamamıştır. Tablodaki 9 numaralı örnek; Geç Hellenistik Döneme ait (M.Ö. 100-80) Hekate Tapınağının Batısında bulunan sütundaki Korinth Sütun Başlığındaki dübelden alınan demir örneğidir. XRD difraktogramında yaklaşık 44^0 ve 65^0'de

gözlemlenen pikler hacim merkezli kübik yapıya sahip olan demir (α-Fe) elementine aittir. α-Fe, aynı zamanda ferritin olarak da bilinmektedir. Ayrıca 9 numaralı örneğin difraktogramında gözlemlenen pikler, saf demir cevherine ait olmakla birlikte, numune içerisinde amorf yapıda da olsa başka bir minerale rastlanmamıştır. XRD ve EDS analiz sonuçlarına göre, numune içerisinde oksijen elementinin yer almaması; Korinth Sütun Başlığı içerisinde kullanılan dübelin saf demir madeninden üretildiğinin ve sütunun yapım aşamasında demir minerallerinin/alaşımlarının kullanılmadığının bir göstergesidir.

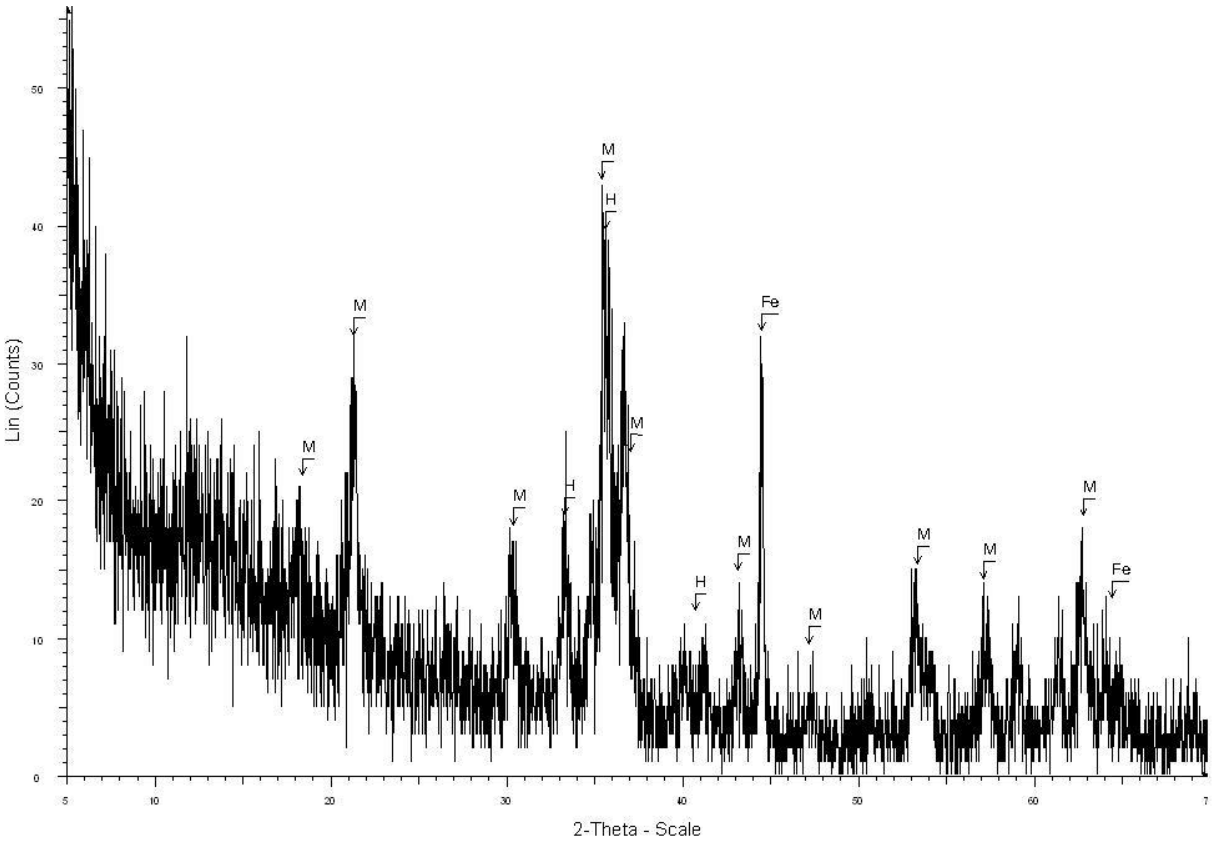


Şekil 135. 11 numaralı Pb örneğinin XRD spektrumu

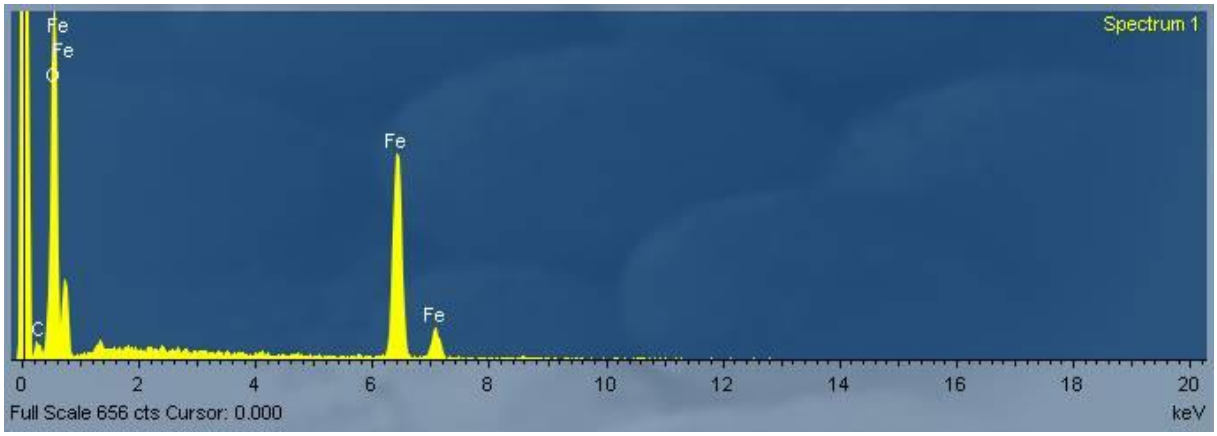


Şekil 136. 11 numaralı Pb örneğinin EDS spektrumu

Geç Hellenistik Dönemde (M.Ö. 100-80) Hekate Tapınağının Kuzeybatısındaki Tasnif Alanı, 437 Blok Numaralı İonik Yivli Sütun Tamburunda bulunan dübelden alınan kurşun Örnek 11 olarak isimlendirilmiştir. Örnek alma esnasında dübel içerisindeki demir parçalara ayrılmıştır.437 blok numaralı ionik yivli sütun tamburu, sütun gövdesini başlığa bağlamaktadır. XRD ve EDS analizinde örneğin yapısında sadece Pb ve PbO içeriklerine rastlanmıştır (Şekil 135 ve 136). Difraktogramdan da açıkça görüldüğü üzere, 11 numaralı örnekte gözlemlenen baskın piklerin tamamı Pb'ye aittir ve örnek içerisinde Pb baskın konsantrasyondadır. PbO'nun ise yapı içerisinde amorf fazda ve düşük konsantrasyonda olduğu yine XRD difraktogramından tespit edilebilmektedir. İonik Yivli Sütun Tamburunda bulunan dübelin saf Pb'den üretildiği düşünülmekle birlikte, yapı içerisinde gözlemlenen PbO'nun dübelin zaman içerisinde oksitlenmesi sonucunda oluştuğu tahmin edilmektedir.



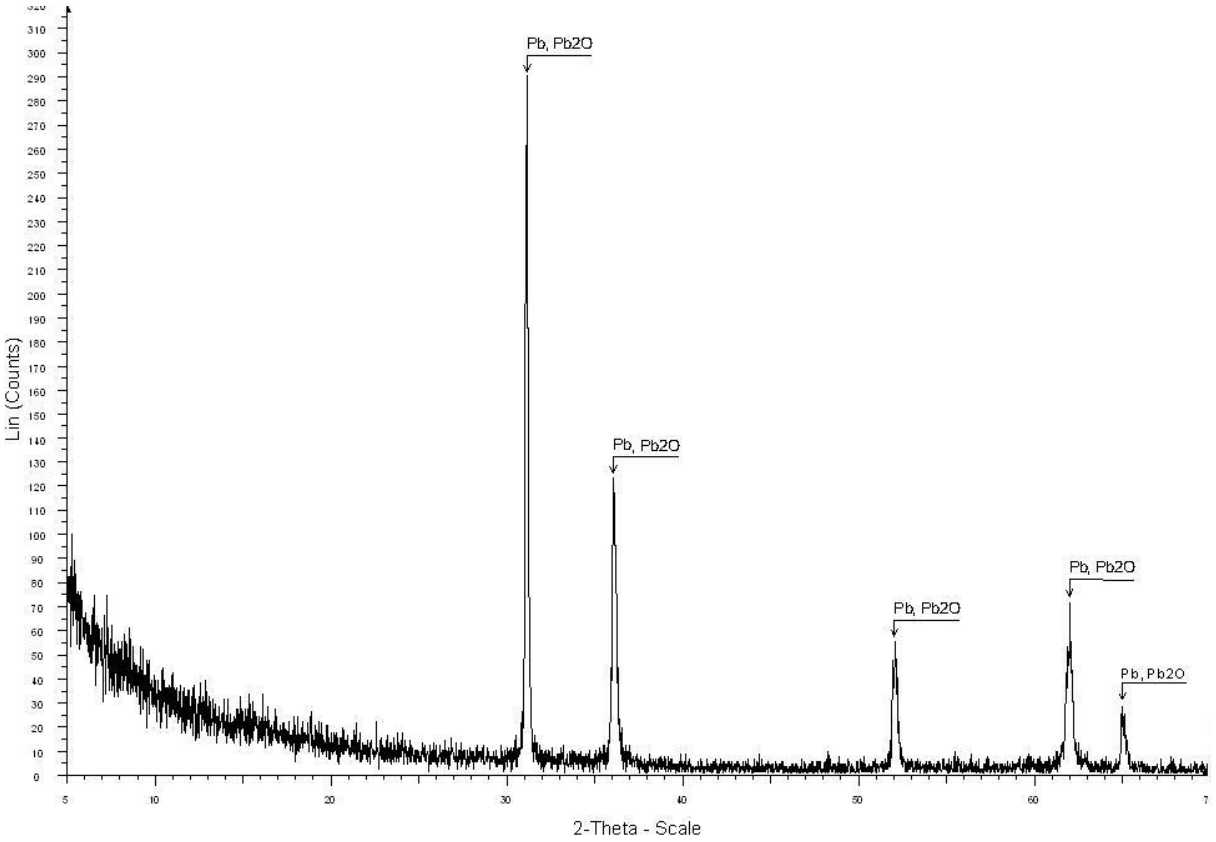
Şekil 137. 16 numaralı Fe örneğinin XRD spektrumu



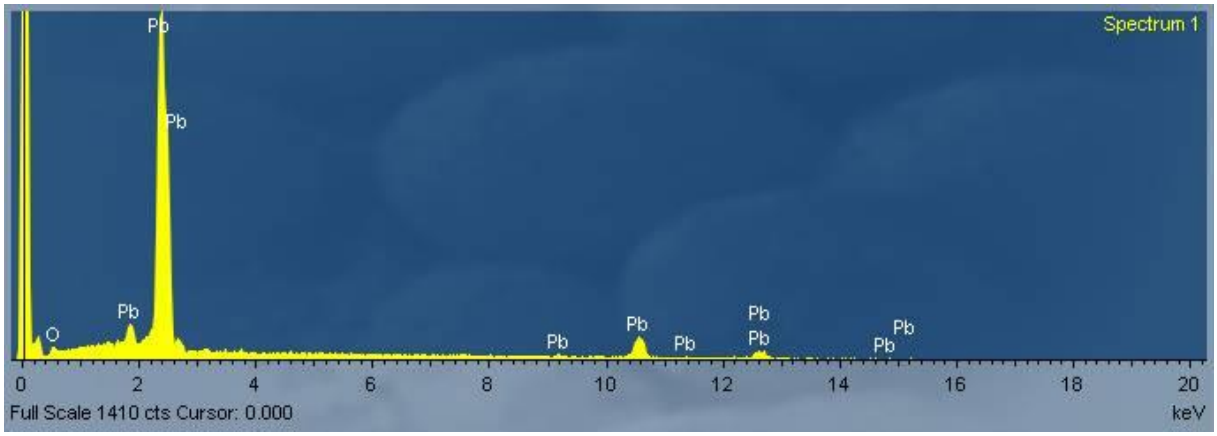
Şekil 138. 16 numaralı Fe örneğinin EDS spektrumu

Augustus Dönemine ait Kuzey Stoanın Güneyindeki Tasnif Alanı, Doğudan Batıya Doğru 6. Sütun Tamburunda çift dübelin sadece bir tanesinde kurşun-demir vardır. Çalışma kapsamında demir örneği alınabilmişken kurşun örneği sadece yüzeyden alınabilmiştir. Toplanan demir örneklerinin XRD analizleri sonucunda, yapı içerisinde α-Fe, Fe_3O_4 (manyetit) ve Fe_2O_3 (hematit) tespit edilmiştir (Şekil 137). Örnek 16'nın ise oldukça amorf yapıya sahip olduğu XRD difraktogramından açıkça görülmektedir. Örnek 9'un aksine Örnek 16'da tespit

edilen manyetit ve hematitin yapıda gözlemlenmesinin sebebinin, zaman içerisinde atmosferik olaylar ya da çevresel faktörler neticesinde demirin oksijenle etkileşmesi ve bunun sonucunda yapıda demir-oksijen minerallerinin oluşması olduğu düşünülmektedir. EDS analizlerinde, demir elementi dışında yoğun olarak tespit edilen oksijen elementi de bu etkileşimi doğrular niteliktedir (Şekil 138). Ayrıca EDS analizlerinde tespit edilen ancak XRD difraktogramında görülmeyen karbon elementinin yapıda çok düşük konsantrasyonda bulunduğu tahmin edilmektedir. Örnek 16'da tespit edilen karbonun, demir işleme (dövme demir) sırasında kirlilik atomu olarak yapıya girdiği düşünülmektedir. 9 numaraları demir örneğinin XRD analizinde başka yapı tespit edilememişken 16 numaralı örnek spektrumunda demir yanında hematit (Fe_2O_3) and magnetit (Fe_3O_4) görülmektedir.



Şekil 139**.** 18 numaralı Pb örneğinin XRD spektrumu



Şekil 140. 18 numaralı Pb örneğinin EDS spektrumu

Augustus Dönemi Kuzey Stoanın Güneydoğusundaki Tasnif Alanı, 4 İyonik Yivli Sütun Tamburunda bulunan dübelden alınan kurşun Örnek 18 olarak isimlendirilmiştir. 11 numaralı örnek ile benzer şekilde, Örnek 18'de de Pb ve Pb_2O içerikleri tespit edilmiştir (Şekil 139 ve 140). Pb ve Pb_2O' ya ait kristal düzlemlerinin birbiri ile çok yakın değerlere sahip olmasından dolayı, hangi içeriğin baskın olduğunu XRD analizlerinden kestirmek pek mümkün değildir. Ancak, XRD ve EDS analizleri birlikte değerlendirildiğinde, Örnek 18 için yapıda baskın olan elementin Pb olduğu açıkça görülmektedir. EDS spektrumunda gözlenen O'ya ait olan pik şiddetinin düşük olması, yapı içerisinde hacimsel/atomik olarak daha düşük konsantrasyona işaret etmektedir. Bu durumda, Örnek 18 için de yapının saf Pb'den üretildiği ancak zaman içerisinde oksidasyona maruz kaldığı düşünülmektedir.

3.5. Spektrometre Analizleri

1, 2, 3 ve 5 nolu örneklerin spekrometrik analizleri yapılmıştır. Tablo 86'da yer alan analiz verileri incelendiğinde yapıda içerik olarak düşük karbonlu Fe olduğu anlaşılmaktadır. Fe grupları sahip oldukları içerikler ile gruplandırılmaktadır. Yapısında yer alan içerikler ise malzemenin mekanik ve diğer özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Çelikleri sınıflandırmak gerekirse Tablo 86'da yer alan içeriklere bağlı olarak Fe alaşımının çoklu faz grubundaki çelikler sınıfında yer aldığı anlaşılmaktadır (Bleck, 1996). Bu alaşımların içerikleri incelendiğinde içerik olarak mikroalaşımlar ile çoklu faz alaşım grupları içerikleri aralığında olması görülmektedir (Bleck, 1995). Bu alaşımların ise genel karakteristikleri sahip oldukları içeriklere bağlı olarak şekillendirilebilme kabiliyetleridir. Yaklaşık olarak aynı içeriğe sahip alaşım grupları uygulanan şekillendirme süreçleri ve ısıl işlemler ile mekanik özelliklerinin iyileştirilebildiği anlaşılmaktadır. Yapılan literatür incelemelerinde sertlik değeri uygulanan deformasyon süreçleri sayesinde 132 HV değerinde yaklaşık 370 HV değerine kadar ulaşabilmektedir. Bu artış uygulanan deformasyon oranı ile doğrudan orantılıdır (Deng vd.

2017). Deformasyon oranına bağlı olarak değişen sertlik değerleri ise, malzemenin çekme mukavemetini doğrudan etkilemekte olduğu anlaşılmaktadır. Artan deformasyon oranına bağlı olarak malzemenin çekme mukavemetinin 1050 MPa oranına kadar artırılabildiği anlaşılmaktadır (Edalati vd., 2009). Bu durum aslında mikroyapıda homojen olarak dağılan ikincil faz ve deformasyon sonrası oluşan mikroyapı ile doğrudan ilişkilidir. Yapılan akademik çalışmalar incelendiğinde, yapıda yer C içerik oranının oluşması muhtemel çift fazları doğrudan etkilediği görülmüştür. Bu yapıya uygulanan deformasyon etkisinin mikro yapıdaki etkileri incelenmiş ve durumun mekanik özelliklere etkisi (çekme mukavemeti gibi) açıklığa kavuşturulmaya çalışılmıştır (Zhang vd., 2020).

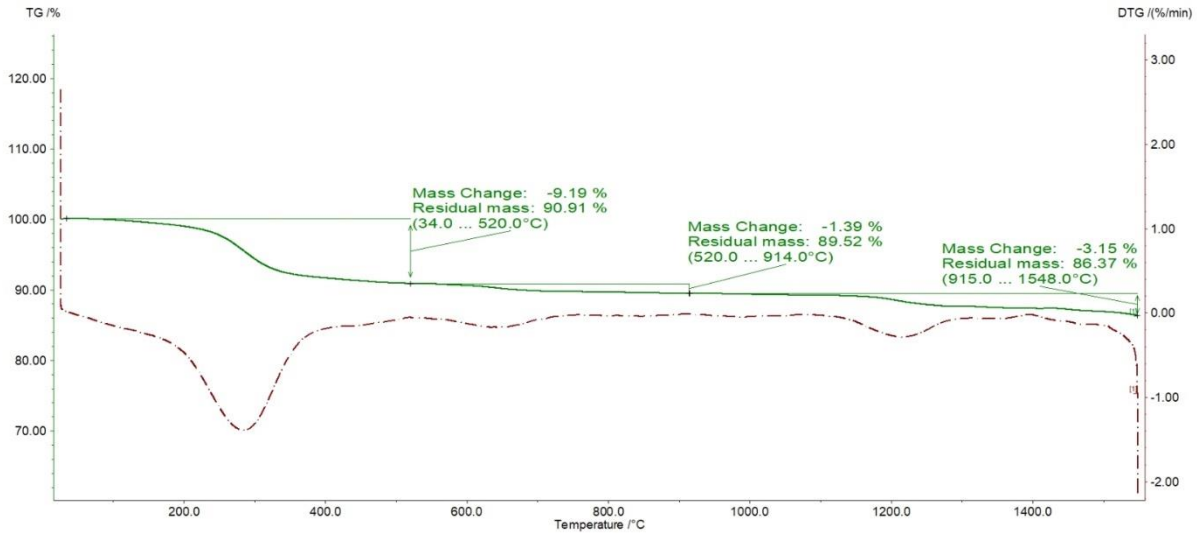
Tablo 86. Ersoy Döküm Makine Firmasında gerçekleştirilen Spektrometre Analiz verileri

Element oranları (%)												
Fe	***C***	***Pb***	***Mn***	***Al***	***P***	***Si***	***Mg***	Nb	***Cr***	***Ti***	***Co***	***S***
Balance	≤.183	.263	.074	.05	.034	≤.028	.0037	.013	≤.007	≤.006	.018	.008

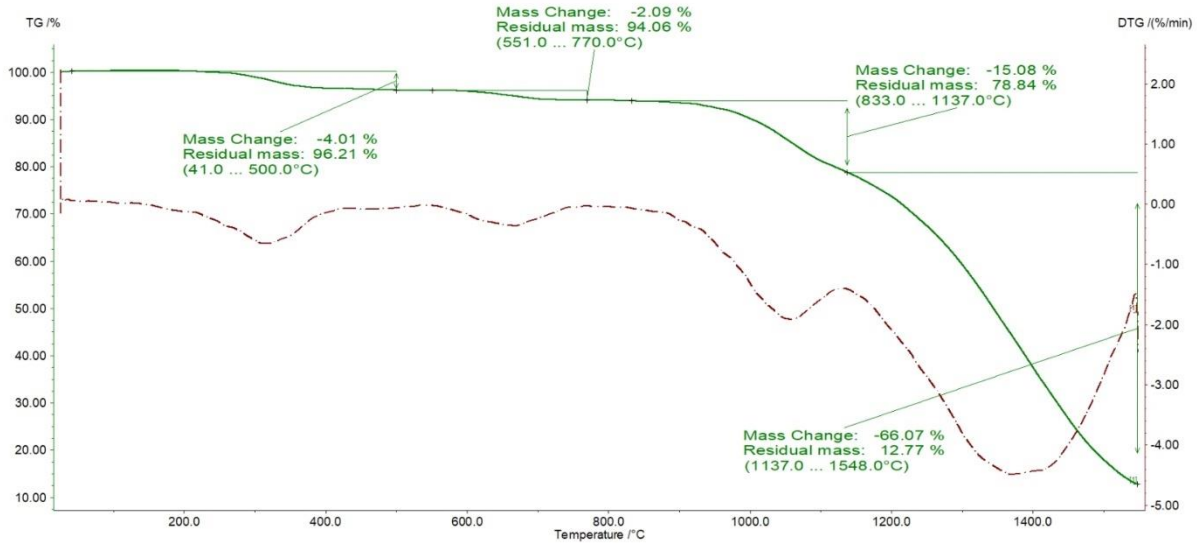
3.6. Termal Analizler

Projemiz kapsamında metal numunelerin termal analizleri için TGA, DTG ve DSC gibi farklı termal analiz yöntemleri kullanılmştır. Termal Analiz çalışmalarında ilk olarak seçilen örneklerin TGA-DTG (Şekil 141-146) ve sonrasında DSC (Şekil 147-152) analizleri yapılmıştır.

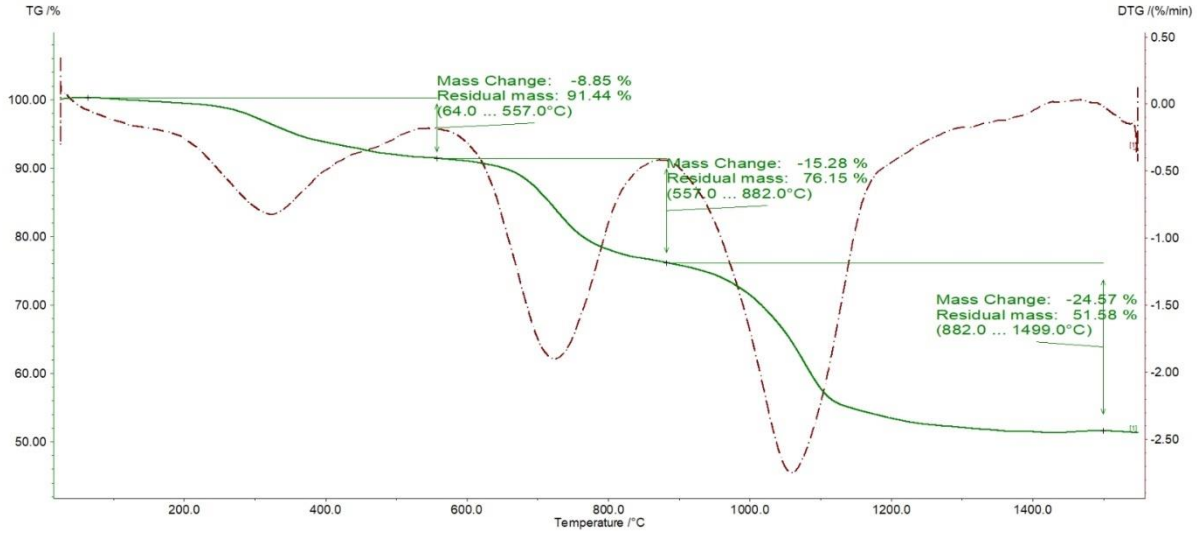
Termal analizler ile dönüşüm sıcaklıkları tespit edilebilir. Bu yöntemler örneklerin sıcaklık artışı ile bünyesinde meydana gelen termal ve gravimetrik değişimleri belirlemede kullanılır. Malzeme bünyesinde meydana gelen ağırlık değişimleri (su kaybı, organik madde uzaklaşması gibi) termogravimetri (TGA), ekzotermik ya da endotermik reaksiyonlar sonucu meydana gelen sıcaklık değişimleri diferansiyel termal analiz (DSC) cihazı ile tespit edilir.



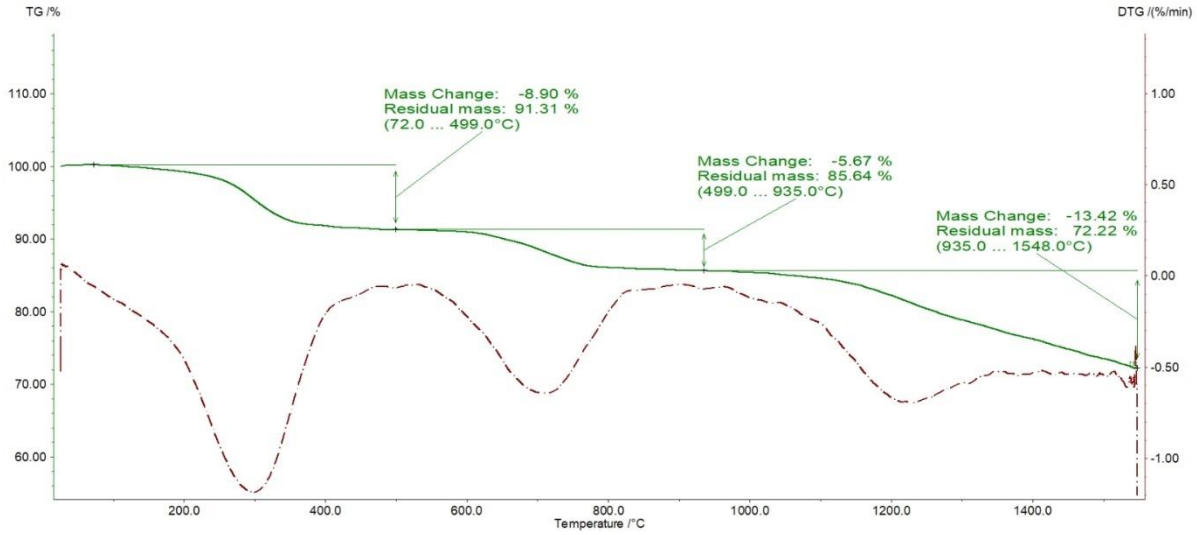
Şekil 141. 1 numaralı örneğin (LS1) TG-DTG termogramı



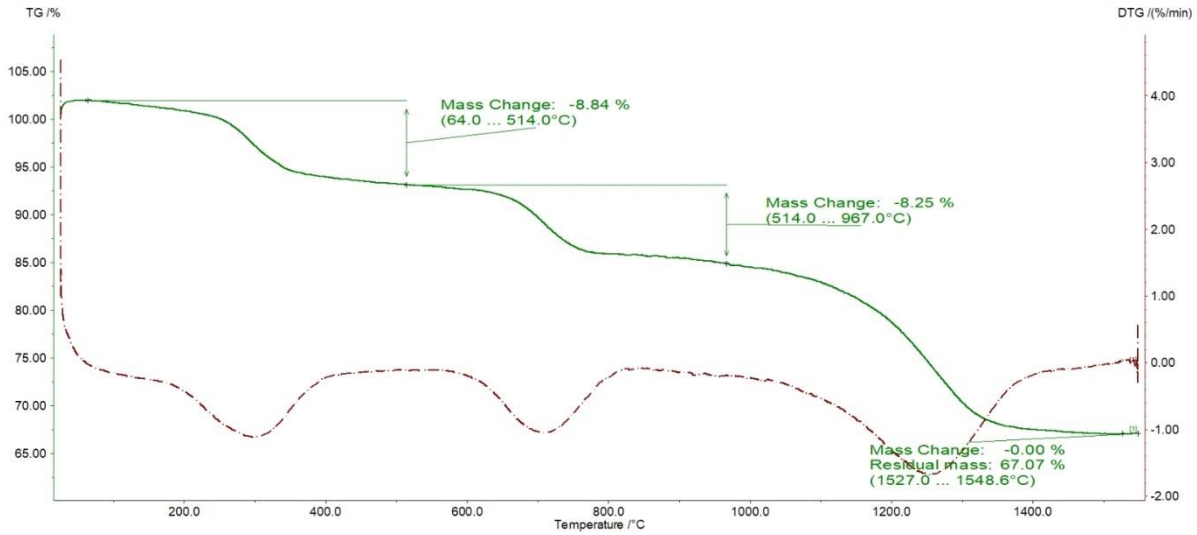
Şekil 142. 2 numaralı örneğin (LS2) TG-DTG termogramı



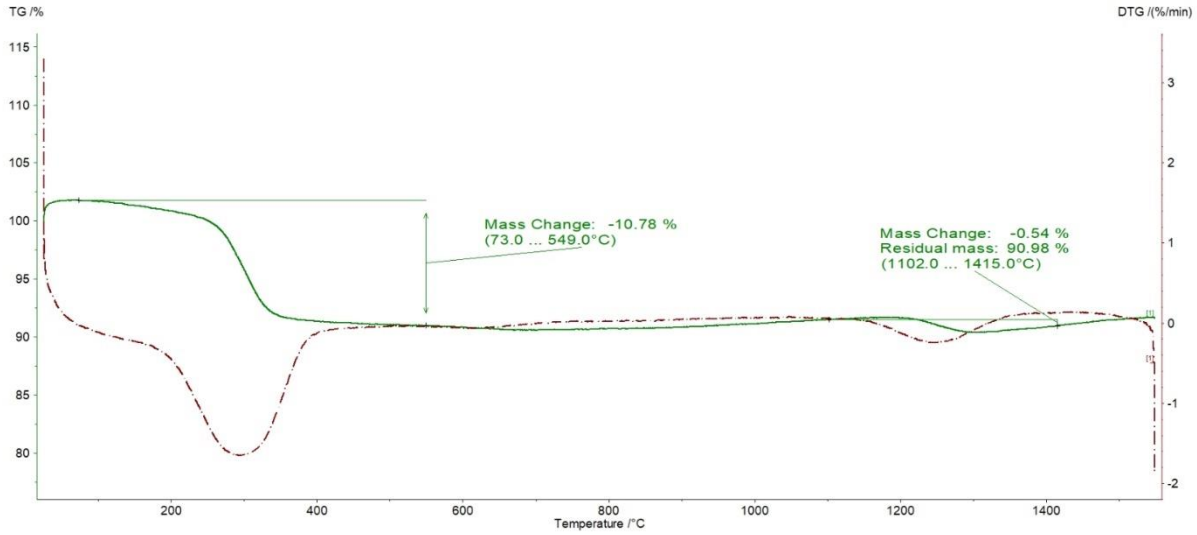
Şekil 143. 11 numaralı örneğin (LS3) TG-DTG termogramı



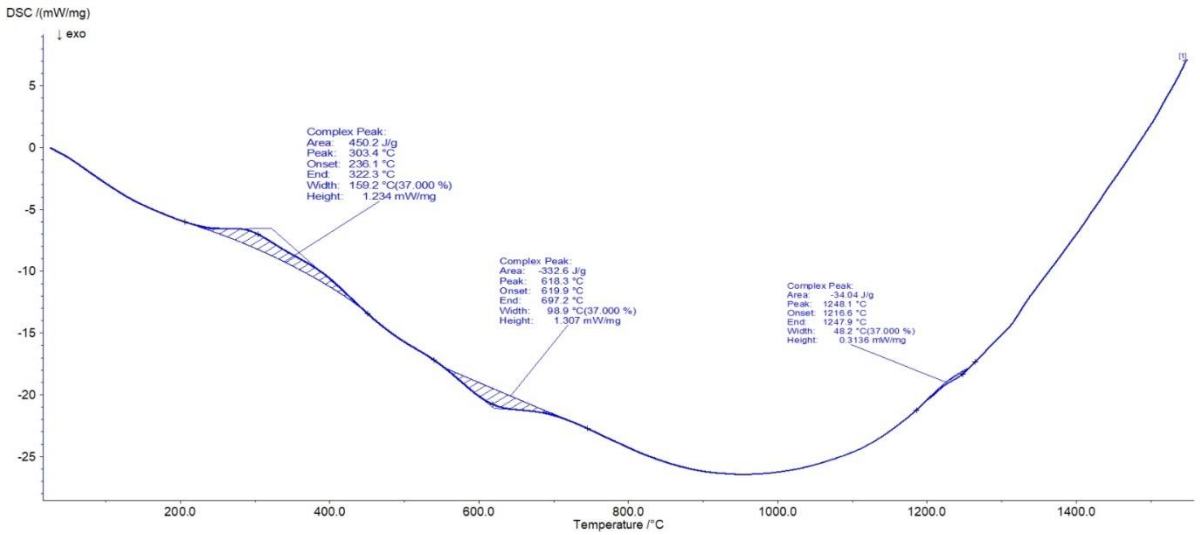
Şekil 144. 16 numaralı örneğin (LS4) TG-DTG termogramı



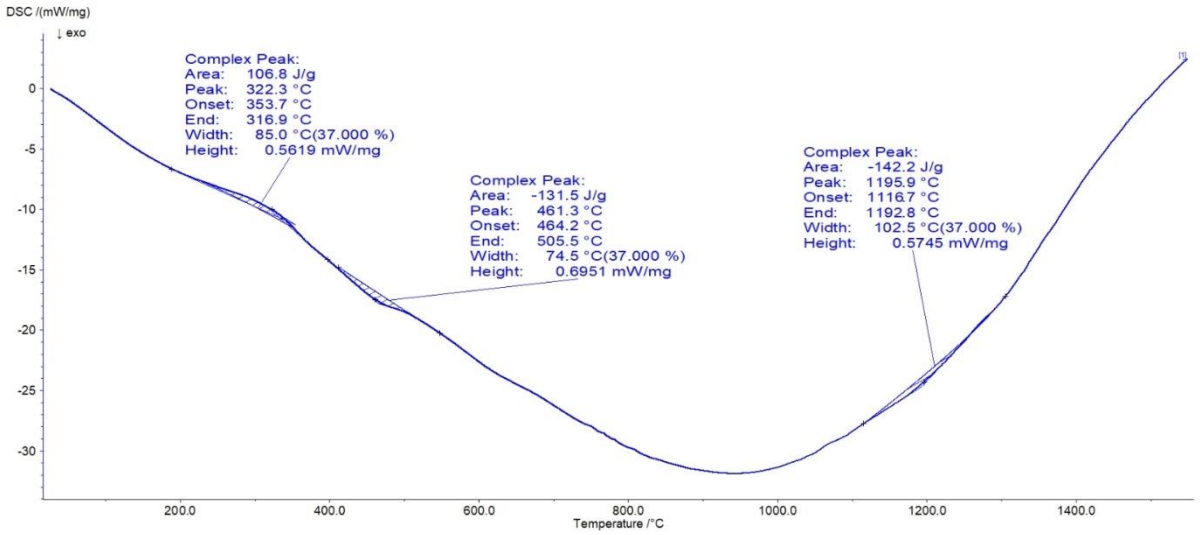
Şekil 145. 18 numaralı örneğin (LS5) TG-DTG termogramı



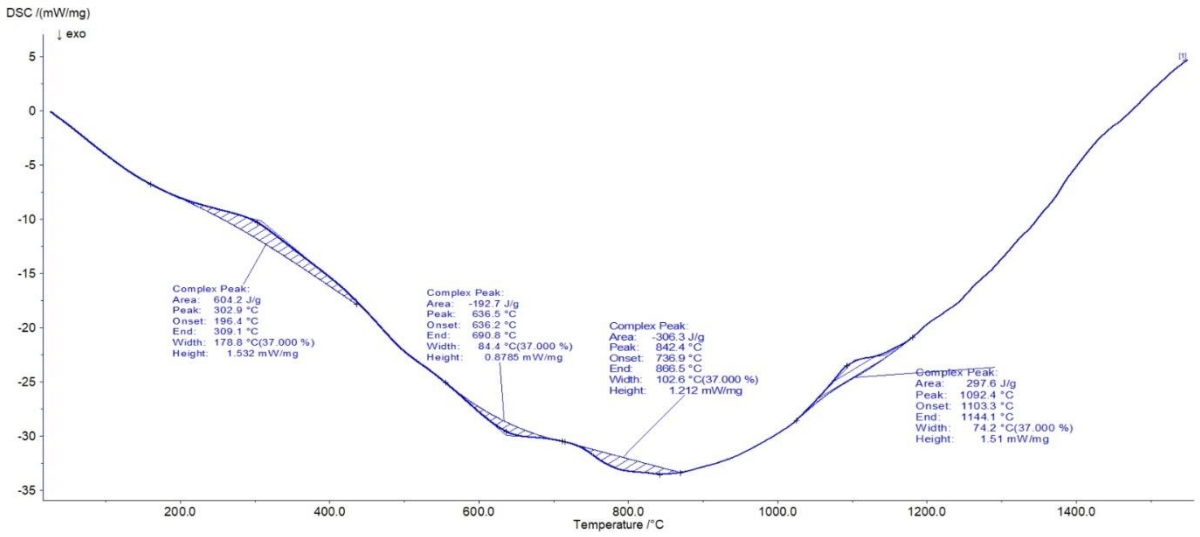
Şekil 146. 19 numaralı örneğin (LS6) TG-DTG termogramı



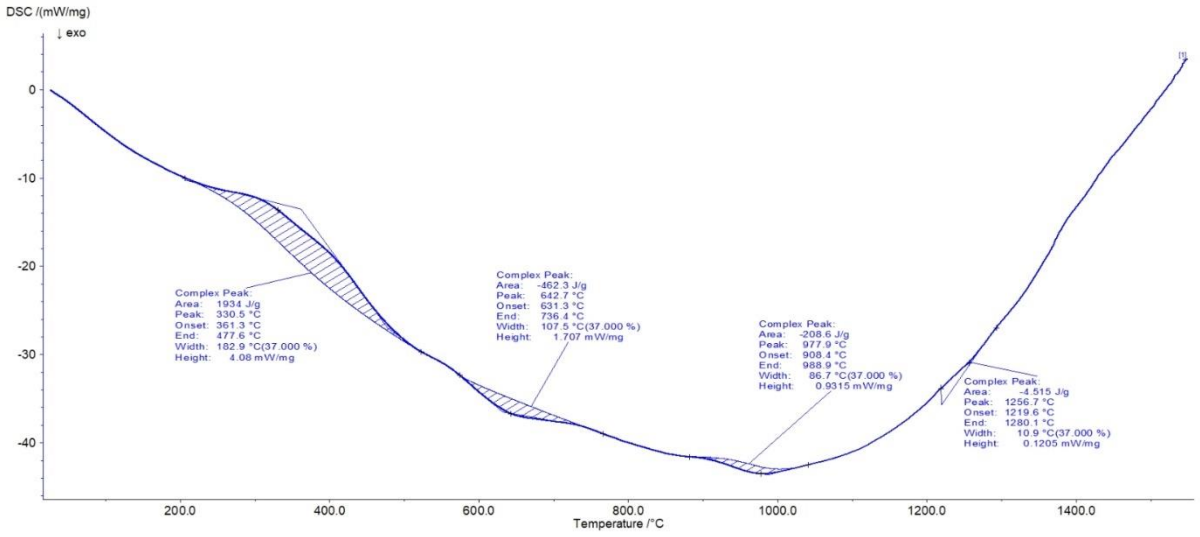
Şekil 147**.** LS1 kodlu ve 1 numaralı örneğinin DSC termogramı



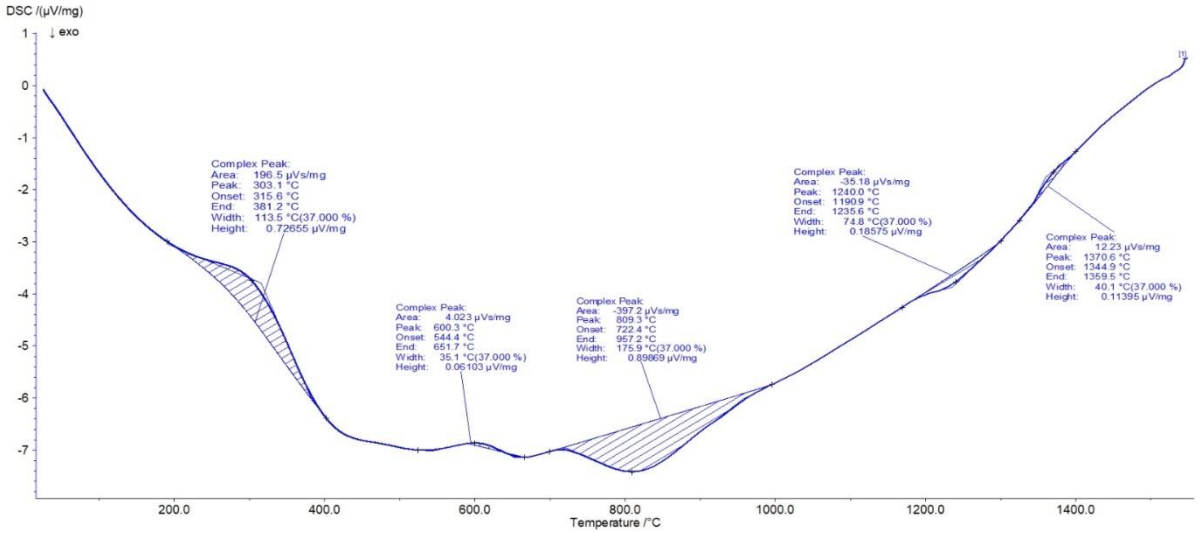
Şekil 148. LS2 kodlu ve 2 numaralı örneğinin DSC termogramı



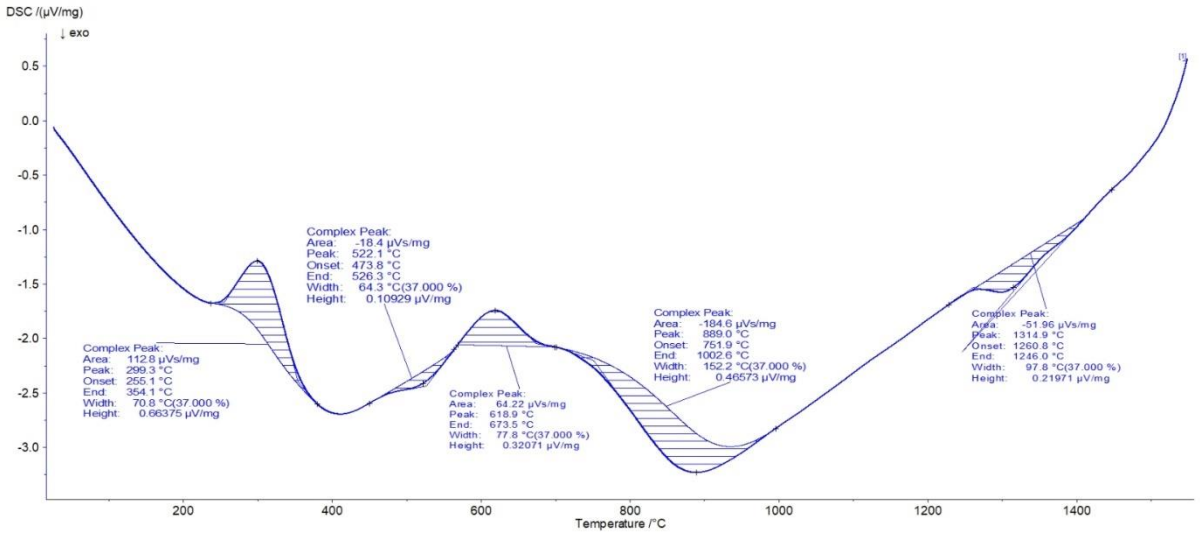
Şekil 149. LS3 kodlu ve 11 numaralı örneğinin DSC termogramı



Şekil 150. LS4 kodlu ve 16 numaralı örneğinin DSC termogramı



Şekil 151. LS5 kodlu ve 18 numaralı örneğinin DSC termogramı



Şekil 152. LS6 kodlu ve 19 numaralı örneğinin DSC termogramı

Hazırlanan yaklaşık 5 mg'lık örneklerin TGA-DTG ve DSC analizi, 30-1550 ºC sıcaklık aralığında, akış hızı 20 mL/dk olan Azot (N_2) atmosferinde, Netzsch marka termal analiz cihazı kullanılarak yapılmıştır. Yavaş ısıtma hızları daha üniform bir ısıtma ve daha doğru ölçüm sağlayacağından dolayı akış hızı 20 mL/dk olarak seçilmiştir.

Kütle'nin (mass) sıcaklıkla azalmasını gösteren termogramlar demir örneklerinde görülmekte olup, kurşun numunelerinin üç basamakta bozunduğu görünmektedir. Termogravimetrik analiz verileri incelendiğinde azot atmosferinde numunenin ilk değişimi 180-430 °C sıcaklık aralığında ve % 8-9 kütle kaybına yol açan endotermik bir pik ile vermektedir. Bu değişim

muhtemelen dehidroksilasyon nedeniyledir. Bu sıcaklıkta götit (FeOOH), XRD analizinde gözlemlendiği gibi hematite (Fe_2O_3) dönüşür (Portillo-Blanco, vd., 2020).

İkinci değişim 550 - 850 °C sıcaklık aralığında % 5 ile %15'lik kütle kaybı ile yine endotermik bir pik vermektedir. İkinci kütle kaybı, dekarboksilasyon ve/veya dekompozisyon (bozunma) tepkimelerini göstermektedir. Üçüncü değişim 1100-1410°C sıcaklık aralığında %24'e varan kütle kaybı ile gerçekleşmekte olup yine endotermik pik vermektedir. 1470-1550°C sıcaklık aralığında kütle kaybı olmadığı için 18 nolu numunesi kararlı haldedir. Azot atmosferinde sıcaklık programı uygulanan numunenin 1550 °C'da toplam kütle kaybı %15 ile 24 civarında olmaktadır.

1, 2 ve 19 nolu örneklerde olduğu gibi demir örnekleri iki basamakta bozunduğu görünmektedir. Termogravimetrik analiz verileri incelendiğinde azot atmosferinde numunenin ilk değişimi 180-450 °C sıcaklık aralığında ve %5-10 kütle kaybına yol açan endotermik bir pik ile vermektedir. Bu değişim muhtemelen dehidroksilasyon nedeniyledir. Bu sıcaklıkta götit (FeOOH), XRD analizinde gözlemlendiği gibi hematite (Fe_2O_3) dönüşür (Portillo-Blanco, vd., 2020).

İkinci değişim yaklaşık 1000 °C sıcaklık civarında olup %3-5 kütle kaybı ile yine endotermik pik vermektedir. İkinci kütle kaybı, dekarboksilasyon ve/veya dekompozisyon (bozunma) tepkimelerini göstermektedir. 450-1180°C arasında ağırlık kaybının olmadığı görülmüş olup, 19 numaralı numunemiz kararlı haldedir. Azot atmosferinde sıcaklık programı uygulanan numunenin 1550 °C'da toplam kütle kaybı %8.35 civarında olmaktadır.

Projemiz kapsamında metal numunelerin termal analizleri için TGA-DTG ve DSC gibi termal analiz yöntemleri kullanılarak dönüşüm sıcaklıkları tespit edilmiştir. Bu yöntemler örneklerin sıcaklık artışı ile bünyesinde meydana gelen termal ve gravimetrik değişimler görülmüştür. Malzeme bünyesinde meydana gelen ağırlık değişimleri termogravimetrik analiz (TGA), ekzotermik ya da endotermik reaksiyonlar sonucu meydana gelen sıcaklık değişimleri DSC cihazı ile tespit edilmiştir. Bu alanda literatür verileri ve yapılan çalışmalar oldukça azdır. Bu eksiklik düşünülerek termal analiz yöntemlerinin arkeometalurji biliminde uygulanmasına yönelik detaylı çalışmalara ihtiyaç bulunduğu için bu alanda yeni projeler planlanmaktadır.

3.7. Sütunlarda Kullanılan Taşların Analizleri

Taş Analizleri yapılırken kazı alanında ve çevre bölgelerde prototiplerin hazırlanması için arazi çalışmaları yapılmıştır. Öncelikle Dor, Ion ve Korinth sütunlarının monolit ve tambur gövdesi

için toplanan kurşun ve demir örneklerinin alındığı sütunlar ayrı ayrı ölçümler yapılarak incelenmiştir.

Antik dönem sütun çapları ve boyutlarına uygun literatür araştırmalarının yapılması ve Yatağan bölgesindeki mermer taş ocağından karot örneklerin alınması çalışmaları yapılmıştır. Dönem sütunları ile ilgili literatür çalışmaları önceki bölümlerde sunulmuştur. Örnek alınan sütunların mimari düzenleri belirlenerek sütun çapları ve boyutları alınmış ve çizimleri yapılmıştır. Sonrasında Yatağan bölgesindeki mermer taş ocağından karot örneklerin alınması çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yatağan bölgesinde mermer taş ocakları belirlenerek Lagina kazı alanında restorasyon çalışmalarını yürüten Takavcı Mermer firması ile görüşülmüş ve restorasyon çalışmaları sırasında ve benzer yapıya sahip mermer ocaklarından da karot örnekleri alınmıştır. Karot alınan taş ocağı ve karot örnekleri Şekil 153'de görülmektedir. Karot örnekleri ile kazı alanında bulunan yapıların özelliklerinin karşılaştırılması içinde sütun örneklerinden parçalar alınmıştır (Şekil 154). Sütun tiplerine göre olabilecek 3 farklı tipte karot alınmıştır. Dor, İon, Korint sütun tiplerinden de ikişer örnek alınmıştır. Alınan örneklerin fiziko-kimyasal ve mekanik analizleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 153. Mermer ocağında karot örneklerinin alınma işlemleri



Şekil 154. Stratonikeia ve Lagina'da örnek toplanma işlemleri

Kazı alanında bulunan ve örnek toplanan sütun tipleri ve gövdelerine göre hazırlanacak prototipler için (Dor, İon, Korint) monolit ve tambur gövde özelliğine göre taş örnekleri alınarak analizlenmiştir. Yapılan literatür araştırmalarında bu bölgede taş ve mermer ocaklarında bilimsel ve detaylı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Stratonekia Antik Kenti'nin yerel malzeme özelliği gösteren Yatağan'da bulunan mermer taş ocağından karotlar alınarak bu numuneler çeşitli yöntemlerle analizlenmiştir. Muğla Yatağan Takavcı Mermer Ocağı'ndan kazı alanı ile özellik olarak en benzer yapıda 3 farklı karot ve karşılaştırma için 3 farklı sütun örnekleri alınmıştır.

Örneklerin kimyasal yapılarının aydınladılması için öncelikle X-ışınları Floresans (XRF) spektroskopisi ile elementel kompozisyonlar belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 87'te görülmektedir.

Tablo 87. Karot örneklei XRF analiz sonuçları

Örnek No	Kızdırma Kaybı	CaO	MgO	Al_2O_3	Fe_2O_3	SiO_2	SO_3	Özgül Ağırlık (gr/cm3)
Karot Örnek 1	43,94	51,44	4,12	0,35	0,06	0,04	0,05	2,59
Karot Örnek 2	43,96	48,32	6,93	0,41	0,12	0,14	0,11	2,45
Karot Örnek 3	40,23	53,58	5,74	0,25	0,10	0,06	0,04	2,58
Dor Sütun Örneği 1	44,03	52,74	2,55	0,14	0,03	0,36	0,15	2,46
Ion Sütun Örneği 2	41,20	54,02	2,71	0,74	0,00	1,28	0,05	2,48
Korint Sütun Örneği 3	42,77	51,43	0,89	2,63	0,43	1,78	0,07	2,54

Analiz sonuçlarına göre örnekler benzer sonuçlar vermektedir. Tablo 87'de görüldüğü gibi karot örnekleri ile Dor, İon, Korint sütunları kimyasal yapısı benzerlik göstermektedir. Buradan anlaşılacağı gibi mermer yatağı ile Stratonikeia ve Lagina antik kentindeki sütun tipleri ile örnek alınan mermer ocağındaki mermer türleri benzerdir. Dor, İon, Korint sütun tipleri arasında da bir fark bulunamamıştır.

Kızdırma kaybı değerleri %40-44 civarlarında iken CaO içeriğinin yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuçlara göre yapıların yüksek kaliteli kristalize kireç taşı oldukları anlaşılmaktadır. İkinci en yüksek oranda MgO görülmesi dolomit minerali içeriğini de göstermektedir.

Sertlik, genel olarak malzemelerin çizilmeye (plastik deformasyona) karşı göstermiş oldukları dirence denir. Sertliğin bir birimi yoktur, ölçüldüğü yöntemle anılır. Genel olarak ölçüm yöntemlerinde malzemenin kendisinden daha sert bir malzemeyle deformasyona uğratılması amaçlanır. Oluşan deformasyon ne kadar azsa malzemenin sertliği o derece yüksektir. Genel olarak malzemeye uygulanan dik kuvvetin malzeme yüzeyine etki ettiği alana bölünmesi, sonucu sertlik değeri saptanır. Taş örneklerinde genellikle Vickers sertlik ölçme yöntemi kullanılır ve bu çalışmada da bu yöntem seçilmiştir. Vickers sertlik ölçme yöntemi, sertliği ölçülecek malzeme parçasının yüzeyine, tabanı kare olan piramit şeklindeki bir ucun belirli bir yük altında daldırılması ve yük kaldırıldıktan sonra meydana gelen izin köşegenlerinin ölçülmesi temel prensibine dayanır. Meydana gelen iz tabanı, kösegeni d olan bir kare piramittir ve tepe açısı batıcı ucun tepe açısının aynısıdır. Vickers sertlik değeri kg olarak ifade edilen deney yükünün mm^2 olarak ifade edilen iz alanına bölümüdür. Üç farklı karot örneği için 5 ölçüm yapılarak ortalamaları alınmıştır. Ölçümler Pamukkale Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. 1, 2 ve 3 numaralı karot örneklerinin Vickers sertlik değerleri sırasıyla 117,4±16,6, 129,6±10,6 ve 99,8±6,6 değerleri bulunmuştur.

3.8. Sütun Prototiplerinin Hazırlanması ve Mekanik Testler

Bu bölümde sırasıyla Dor, Ion ve Korinth sütun tiplerinde prototiplerin hazırlanması, dikilmesi ve fiziko-mekanik deneylerinin yapılması hedeflenmişti. Bu nedenle antik dönem sütun çapları ve boyutlarına uygun literatür toplanarak ve karot örnekleri alınarak analizlenmiştir. Stratonikeia ve Lagina'da farklı çap ve boyutlarda birçok sütun bulunmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre sütun tiplerinde bulunan seramik ve metallerde bir farka rastlanmamıştır. Fiziko-mekanik deneylerin yapılması içinde prototip hazırlama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Fotoğraf 155'te prototip hazırlama işlemleri ve prototiplere ait fotoğraflar gözükmektedir. Fotoğraf 156 ve 157'de ise sütunlarda yapılan restorasyon çalışmalarından fotoğraflar yer almaktadır.



Şekil 155. Prototip örneği hazırlama işlemleri



Şekil 156. Stratonikeia ve Lagina'da taşlarda restorasyon uygulamaları



Şekil 157. Stratonikeia ve Lagina'da sütunlarda restorasyon uygulamaları

Antik kentteki sütunlarda kullanılan taş türlerine bakıldığında, minerallerin kayaç içerisindeki dağılımının her bölgede aynı olmadığı gözlemlenmektedir. Heterojen bir yapı nedeniyle aynı kayaçta aynı boyut ve şekillerde alınan örneklerin basınç dayanımları da farklı çıkabilmektedir. Bunun nedeni yapı içerisinde farklı mineral bileşenlerinin olması ve mineral bileşenleri arasındaki karakteristiklerin değişiminin büyük farklılık göstermesi, bileşenlerin boyutları arasındaki farkın büyük olması ve minerallerin hacim içinde çok düzensiz bir dağılım göstermesidir. Tüm kayaçlarda olduğu gibi Muğla Yatağan bölgesindeki mermer ve kireç taşlarının yapıların da küçükten büyüğe çatlaklar vardır ve süreksizlik mevcuttur (Yavuz vd. 2001). Doğal bir yapı olan taşların tek eksenli basınç dayanım testlerinde olduğu gibi mekanik özelliklerinde örneğin boyutuna, şekline ve heterojenliğe göre değişim olabilmektedir. Bunda dolayı 50 mm çapında 3 farklı örnek hazırlanarak ortalaması alınmıştır. Tek eksenli basınç dayanımı deneyi TS EN 1926 standardına göre Pamukkale Üniversitesinde yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 88'de verilmiştir.

Tablo 88. Mermer örneklerinin basınç dayanım değerleri

	Numune sayısı	Basınç dayanımı, (MPa)	Standart sapma, (MPa)
Örnek 1	5	110,1	7,5
Örnek 2	5	134,7	7,2
Örnek 3	6	115,0	11,5
Ortalama		119,9	8,7

3.9. Metal Prototiplerinin Hazırlanması ve Mekanik Testler

Malzeme muayenesi, malzemeye ait fiziksel (mekanik, elektriksel, termodinamik, optik, vs), kimyasal, metalografik ve teknolojik özellikleri (imalata uygunluk) belirlemek, hasar durumunda hasarın nedenlerini, üretimden sonra da kullanıma uygunluğu saptamak için yapılır. Malzeme muayenelerini uygulamaksızın kalite kontrolü yapılamaz, kaliteli üretim planlanamaz ve kalite üretilemez.

Çeşitli tür malzemelere ait farklı malzeme muayenesi yöntemleri vardır. Ayrıca yaygın kullanılan mühendislik metal malzemelerin muayenelerinden mekanik özelliklerin belirlenmesi amacıyla; çekme deneyi, basma deneyi, eğme deneyi, kesme deneyi, burma deneyi, burkulma deneyi, sünme deneyi, yorulma deneyleri, Charpy çentik darbe deneyi, sertlik ölçme deneyleri, kırılma tokluğu deneyleri, aşınma deneyleri, iç gerilme ölçümü, mikrosertlik ölçümü gibi metotları sıralamak mümkündür. Malzemelerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi amaçlı bu testlerin kimi zaman birkaçını yapmakta mümkündür (Meran ve Yüksel, 2010). Yaptığımız çalışmada malzeme mekanik özelliklerinin belirlenmesi amaçlı bu deney uygulamaları açıklanmış ve elde edilen sonuçlar bu kapsamda yorumlanmıştır. Malzeme yüzyıllar öncesine ait olması nedeni ile gelişen teknoloji ve isteklere bağlı olarak malzemelerin üretim süreçlerinde ve kalitelerinde de farklılıklar oluşmuştur. İncelemelerde kalıntılardan elde edilen malzeme Spektrofotometrik Analizler ile incelenmiş ve yaklaşık olarak benzer özellikler tespit edilmiştir. Ayrıca mikrosertlik ölçümleri için örneklemler yapılmış ve deney sonuçları elde edilmiştir. Toplanan arkeolojik örneklerin diğer mekanik testlerinin yapılamamasının nedeni günümüze ulaşan örneklerin küçük parçalar halinde toplanabilmesidir. Kazı alanında bulunan birçok amorf eserin kullanılması uygun görülmemiştir. Restorasyon çalışmalarında genellikle metal eserler restore edilmeyerek ayrılmakta ve depolarda saklanmaktadır. Bu eserlerin, orjianl ancak yerinde olmayan ve kopmuş durumda bulunan demir ve kurşun, kenet ve dübel parçaların sütun tipleri ve dönemide karmaşıklıklar yaşanmakta ve sonuçların doğru değerlendirilmesi açısından problemlere neden olmaktadır. Büyük monolit ve tambur yapıların içerisinde olan kurşun ve demir örnekleri ana yapıya zarar vermeden küçük parçalar halinde çıkarılmıştır. Alınan bazı örneklerde de test yapılabilecek özelliklerde bulunmamıştır. Bu nedenle örneklerde yapılması planlanan bazı mekanik testler yapılamamıştır.

Bu bölümde prototiplerden elde edilen sonuçlar sunulmuş ve Antik dönem mimarisinde kullanılan düzenlerini elde edilen bulgular dâhilinde değerlendirilmiştir. Bu alanda Dünya literatüründe çok az çalışma mevcuttur. Ülkemizde arkeolojik alanlarda tarihi kurşun ve demir gibi metal malzemelerin analizleri bu proje ile ilk defa yapılmıştır. Sütunların analizleri ve tarihi

kurşun ve demir malzemeye fiziko-mekanik, sütun tiplerine yapılan basınç deneyleri çalışmalar sonucunda ulusal bilim literatürüne ve bu konudaki veri tabanına katkıda bulunulmuştur.

Elde edilen sonuçlara göre Dor, Ion ve Korinth tipi sütunlarda bulunan demir ve kurşun örneklerinin arasında bir fark bulunamamıştır. Buna göre demir ve kurşun örneklerinin aynı şekilde hazırlandığını söyleyebiliriz. Üç prototip, sütunlardan alınan örneklerin spektrofotometrik metotlarla belirlenen kimyasal yapısına göre hazırlanmıştır. Bu amaçla hazırlanan örneğinin kimyasal yapısı aşağıda verilmektedir (Tablo 89).

Tablo 89. Prototip olarak hazırlanan demir örneğinin kimyasal yapısı

Element	**C**	**Si**	**Mn**	**Ni**	**P**	**S**	**Cr**	**Mo**	**Al**
Kimyasal oran (%)	**0,2**	**0,055**	**0,5**	**0,25**	**0.045**	**0,065**	**0,15**	**0,05**	**0.02**

Mekanik özellikler malzemelerin temel özelliklerini ve onların kullanım yerlerini belirlemede önemli bir faktördür. Demir esaslı malzemelerin karbon içeriği yapının mekanik özelliklerini değiştiren en önemli etkendir. Elde edilen sonuçlara göre örneklerde düşük karbon içeriği görülmüştür. Düşük karbonlu demir malzemeler sünek yapıdadır ve işlenmesi kolaydır. Mangan gibi yapıda bulunan diğer elementlerin oranı da mekanik özellikleri değiştirmektedir. Örneğin mangan miktarı ile yapının mukavemeti doğru orantılıdır. Buna bağlı olarak çekme mukavemeti, akma sınırı, darbe dayanımı, süneklik ve işlenebilirlik gibi mekanik özelliklerinde değiştiği bilinmektedir.

Örnekler 10 mm çapında üretilmiş ve çekme testi için hazırlanan örnek şekil 158'de görülmektedir. Sonuçlar hazırlanan üç örneğin ortalama değerleridir. Malzemenin akma gerilmesi 255 MPa, çekme dayanımı 350 MPa, kırılma uzaması boyuna %18 olarak bulunmuştur. Prototiplerin sertlik ölçüm mikroVickers yöntemiyle alınmıştır. Üç ölçümün ortalama değeri 200 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 158. Çekme testi için hazırlanan prototip

Metal birçok arkeolojik eser demir kullanılarak üretilmiştir. Bu tür malzemeler, darbeden kaynaklanan hasara karşı hassastırlar ama kullanılabilir yapıların üretiminde kullanılmışlardır. Çoğu arkeolojik örnekte demir, kırılgan davranış riskini azaltabilecek düşük karbon içeriğine sahip olduğu bulunmuştur. Literatür verilenin çok az olması ve modern demir malzemelerden elde edilen mekanik testlerinden elde edilen veriler arkeolojik bağlamda yorumlanırken dikkatli olunmalıdır. Cüruf içeriği gibi araştırılanlar dışındaki faktörler arkeolojik bağlamda baskın olabilirler ve bu nedenle elde edilen sonuçlar güvenilir değildir. Aynı zamanda arkeolojik örneklerin homojen bir yapıda bulunmaması da analizleri güçleştirmektedir.

Arkeolojik alandan alınan kireç taşı örneklere dayalı literatür çalışmaları incelendiğinde numune boyutunun artması ile numunenin basınç dayanımının azaldığı anlaşılmaktadır. Tek eksenli basınç dayanım testlerinde de basınç dayanımının boyut etkisi dikkate alınarak belirlenmesi dikkate alınmalıdır. Genelde sonuçlar standart boyutlara göre değerlendirilir. Hoek ve Brown (1997) her bir numunenin basınç dayanımı değerini 50 mm çapındaki numunenin basınç dayanımı değerine oranlayarak basınç dayanımı ile numune çapı arasındaki değişimi gösteren aşağıdaki eşitliği önermişlerdir.

$$\sigma_D = \sigma_{50}(50/\mathrm{D})$$

D: numune çapı, σ_D: D mm çaplı numunenin basınç dayanımı, σ_{50}: 50 mm çapındaki numunenin basınç dayanımıdır.

Yapılan literatür çalışmalarına göre Dor, Ion ve Korinth sütun tiplerinde çok değişkenlik göstermektedir. Stratonikeia ve Lagina antik kentinde de bu görülmektedir. Chitham (2007), yazmış olduğu “The classical orders of architecture” başlıklı kitapta Dor sütunun yüksekliğinin ortalama 8, İon’un 9, Korinth’in ise 10 metre olarak verilmiştir. Ancak antik dönemde Dor düzende inşa edilen tapınaklardaki sütunların yüksekliklerine bakıldığında; 4 metre ve üzeri yüksekliğinde 9, 5 metre ve üzeri yüksekliğinde 8, 6 metre ve üzeri yüksekliğinde 8, 7 metre ve üzeri yüksekliğinde 4, 8 metre ve üzeri yüksekliğinde 6, 9 metre ve üzeri yüksekliğinde 3, 10 metre ve üzeri yüksekliğinde 6, 11 metre ve üzeri yüksekliğinde ise 1 tane tapınağın inşa edildiği bilinmektedir. Tapınaklardaki sütunların alt çap ve yükseklik arasındaki orana bakıldığında sütun yüksekliği gibi (5 metre ve üzeri) en çok 1/5 oranının kullanıldığı görülmektedir. İon düzeninde inşa edilen tapınaklardaki sütunların gerçek ölçülerine yönelik literatürdeki bilgiler oldukça sınırlıdır. Vitruvius bu sütun türü için alt çapın dokuz katı kadar yüksekliğe sahip olması gerektiğini dile getirse de inşa edilen sütunlarda 5, 5.5, 8, 9, 10 veya 10.5 oranın da kullanıldığı görülmektedir. Bu durum da söz konusu dönemde mimarların kendi oranlarını oluşturduklarını göstermektedir. Vitruvius haricinde İon düzenini araştıran ve yorumlayan Vignola, Polladio, Scamozzi, Perrault vb. mimarlar sütun yüksekliğini 8 ve 9 m

yüksekliğinde ele alsa da bu konuda genelleme yapmak için inşa edilen İon tapınaklarındaki sütunların gerçek yüksekliğinin bilinmesi gerekmektedir. Sütun yükseklikleri ve alt çapları bilinen İon düzenindeki tapınaklara ve sütunlara bakıldığında; sütun yüksekliğinin 10 metre üzeri tutulduğu ve alt çap-sütun yüksekliği oranında ise en çok dokuzun (1/9) tercih edildiği görülmektedir. Korinth düzeninde inşa edilen tapınaklar ve sütunlarına bakıldığında yüksekliklerine dayalı genelleme yapılamasa da alt çap ve sütun yüksekliği oranında en çok 1/9, 1/9.5, 1/10'un kullanıldığını göstermektedir. Anadolu'da inşa edilen Korinth düzenindeki 24 tane tapınağa göre sütunların yüksekliğinin 8 metre ve üzeri (9) olduğu çıkarımı yapılabilir. Bu durumda alt-çap sütun yüksekliği oranında, Korinth sütununu İon sütunu ile benzer kılmaktadır.

Stratonikeia Antik Kenti ve Lagina Hekate Kutsal Alanı'ndan alınan örnekler ve arkeolojik alandan edinilen bilgiye göre oluşturulan sütun modellemeleri önceki bölümlerde verilmiştir. Dor tipi sütunlarda model olarak seçilen Kuzey Stoa'nın Restitüsyonundan LS4 (Örnek 16) nolu örneğin alt gövde çapı 61 cm iken sütun yüksekliği 7,5 m olarak ölçülmüştür. Sütun çizimi Şekil 98. Kuzey Stoa'nın Sütun Düzenlemesi'nde görülmektedir. Yapılan ölçüm ve hesaplamalara göre Dor tipi bu sütunun basınç dayanımı 73,7 MPa olarak ölçülmüştür.

İon sütunları ile ilgili literatür çalışmalarına bakıldığında sütun çapları ve yükseklikleri hakkında net bir bilgiden bahsetmemektedir. İon sütunların ölçülerinin Dor sütunlarına göre biraz daha uzun tutulduğu görülmektedir. Proje kapsamında İon düzenine ait örnek Lagina Hekate Kutsal Alanı'nda yer alan Propylon'dan alınmıştır. LS1 (Örnek 1) nolu örnek bunlardan biridir. Literatür verileri ve restorasyon çalışmalarına göre sütun yüksekliği 9 m olarak ele alınmıştır. Elde edilen verilere göre İon tipi sütunların basınç dayanımı 71,3 MPa olarak hesaplanmıştır.

Anadoluda bulunan Korinth sütunlarına bakıldığında 8,5 ile 9 m sütun yükseklikleri görülmektedir. Örnek olarak çalışmada seçilen LS2 (Örnek 9) ve LS3 (Örnek 11) kodlu örnekler Lagina Hekate Tapınağından alınmıştır. Bu sütunun orijanal çap boyutu 0,75 m iken orijinal sütun yüksekliği 8,43 m olarak görülmektedir. Buna göre bu sütunun basınç dayanımının 72,1 MPa olduğu bulunmuştur.

Yapılan incelemeler neticesinde yaklaşık olarak aynı içeriğe sahip alaşımdaki malzemelere çekme ve sertlik gibi deneyler gerçekleştirilmiş olup, bazı mekanik özelliklere ulaşılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde ise, malzemenin hiçbir işlem uygulanmadan çekme sonuçları 350 MPa olarak ölçülmüş olup, yapılan çalışmada uygulanan deformasyon işleminin doğrudan etkili olacağı anlaşılmıştır. Yüzyıllar öncesinde gerçekleştirilen ve günümüz teknolojisinde dahi

ileri düzey çalışmalar arasında yer alan teknikleri keşfettikleri ve bu sayede sahip oldukları dönemlerde dahi malzemelerde önemli iyileştirmeler sağlayabildikleri anlaşılmıştır.

Proje kapsamında yapılan araştırmalar neticesinde Stratonikeia Antik Kenti ve Lagina Hekate Kutsal Alanı'ndaki farklı sütun tiplerinin benzer yük taşıma kapasitesine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen veriler sonucunda antik dönem mimarlığı ve mühendisliği açısından değerlendirildiğinde ise Dor sütun 1/5 oranında 79,25 yük taşırken, İon sütun 1/9 oranında 71,3 yük, Korinth sütun ise 1/9 oranında İon sütun ile benzer yük taşıma kapasitesine sahipken, bu değer 1/9,5 oranında 70,60 ve 1/10 oranında ise 69,95'tir. Bu durumda antik dönem mimarisinin alt çapa göre sütun yüksekliğinin neden belirlendiğini açıkça göstermektedir. Çünkü sütun alt çapı ve yükseklik arasındaki oran ne kadar azalırsa, yük taşıma kapasitesi o denli artmaktadır. Bu yüzden mimari düzenlerde antik ve tarihi kaynaklar sütun yüksekliklerinde genel ifadeye varırken, alt çapı sabit tutmuşlardır. Projede yapılan tüm çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde antik dönem mimarisinde düzenler ve malzemelerin (taş, metal) arasındaki tek farklılığın çaplardan kaynaklandığı, onun haricinde düzenlerde ve kullanılan malzemelerde bir farklılığın olmadığı düşünülmektedir.

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Sütun, genel olarak kireç taşı ve mermerden yapılmış kaide, gövde ve başlıktan oluşan dikey taşıyıcı elemanlarından birisidir. En erken örnekleri Mısır ve Mezopotamya'da görülen sütunlar, Antik Dönem mimarlığında gelişime uğramış ve kendisinden sonra gelen Roma mimarlığını da etkilemiştir. Bu birikimler Bizans ve sonraki dönemlerde kullanılmaya devam edilmiştir. Antik dönemden günümüze yaygın olarak kullanılmasının nedeni, statik olarak ağır üst yapıları taşıyor olabilmesine rağmen fazla alan kaplamadığından bina içinde mekân birliğini koruması ve bina dışında ise cepheyi hareketlendirmesi ve derinlik vermesidir. Sütunlarda, sütun başlığının kullanılmasının nedeni; sütun üstünde yer alan ve üst yapının yükünü sütun gövdesine aktarma, kaide ise; yükün zeminde daha geniş bir yüzeye aktarılmasını sağlamak amacıyla kullanılmıştır.

Sütun tek bir bloktan (monolit) ya da bir eksen üzerinde üst üste koyulan ayrı parçalardan (tamburlardan) oluşmaktadır. Tek parça gövdeye sahip olanlar sadece kaide ve başlığa dübel ile bağlanmaktadır. Tamburlu gövdeye sahip olan sütunlarda ise başlık ve kaideye bağlanmasının dışında tamburlar da birbirine dübellerle bağlanmaktadır. Bu bağlamalar, dış kısmı kurşunla doldurulan demir ile yapılmaktadır. Bunlarda iki parça üst üste yerleştirildikten sonra, daha önce tamburlardan birinin birleşme yüzeyinde oyulmuş olan yatay akıtma kanalı yardımıyla kurşun zıvana deliğine ulaştırılmakta ve demirin etrafını kaplamaktadır. Sütunun başlık ve kaide bağlantısına da aynı şekilde işlem yapılmaktadır. Duvarların dışında yapıları ayakta tutan en önemli taşıyıcı sütunlar olduğundan bunların sağlam olması son derece önemlidir. Bu sağlamlığın sağlanmasında ve belirli ölçülerdeki sallanmalarda sütunların yıkılmadan ayakta kalmasını sağlayan iki parçanın birbirinden ayrılmasını önlemeyen bağlayıcılar olmuştur. Bu bağlayıcılar farklı büyüklükte olduğu gibi birden fazla kullanıldıkları da bilinmektedir. Buradaki büyüklük ve sayının fazlalığı, yapıların büyüklüğü ve sütunların taşıdığı yük ile doğrudan ilişkilidir.

Farklı dönemlere ait sütunların, değişik kullanımlarının görüldüğü Stratonikeia antik kenti ve antik kentin dışında buranın kutsal alanı olan Lagina'daki örneklerle çalışılmıştır. Stratonikeia Antik Kenti'ndeki Dor, Ion ve Korinth düzeninde sütunlar vardır. Bunlar Roma İmparatorluk ve Bizans Dönemlerine tarihlenmektedir. Lagina Hekate Kutsal alanındaki sütunlar ise Hellenistik ve Erken Roma İmparatorluk dönemlerine tarihlenmektedir. Bunlar içerisinde yer alan Lagina Hekate Tapınağı MÖ 100 yıllarına tarihlenen döneminin en anıtsal ve meşhur yapısı durumundadır. Bu yapıda 5 tamburdan oluşan Korinth ve Ion sütunları birlikte kullanılmıştır. Sütunların birleşme yerinde de 3 ayrı dübel bulunmaktadır. Erken İmparatorluk Dönemi'ne tarihlenen Dor Düzenine ait Stoa sütunlarında ise üç-dört tambur kullanılmıştır. Stratonikeia antik kentinde ise Erken İmparatorluk Dönemi'ne tarihlenen Ion düzeninde 4 tamburlu sütunlar

tercih edilmiştir. Kuzey Şehir Kapısında ise Roma İmparatorluk Dönemi'ne tarihlenen 7 m yüksekliğinde tek parça gövdeler bulunmaktadır. Aynı alanda Bizans Dönemi'ne tarihlenen 3 tamburlu sütunlar da vardır. Her iki alandaki yapılar ise farklı düzen ve büyüklükte tapınak, stoa, sütunlu cadde, meydan, şehir kapısı, çeşme anıtı gibi örneklerdir. Böylelikle Stratonikeia ve Lagina'da tarih ve yapı çeşitliliği açısından farklı ve güzel örnekler incelenmiştir.

Bu projede antik yapılardaki sütunların mimari ve sanatsal yönleri dışında, bağlantıları nedeniyle elde edilen sağlamlığı hakkında bir analiz çalışması yapılmıştır. Daha çok antik çağda Dor, Ion ve Korinth gibi düzenlere ait sütunlar, belli bir sistem içerisinde uygulanmış ve uygulanmalarında estetik yönleri ve taşıyıcı özellikleri dikkate alınmıştır. Hellenistik, Roma ve Bizans dönemi sütunlardan alınan numuneler için alandaki sütunların yükseklikleri (metre), çapları, zıvana boyutları, tipleri, dönem özelliği, dikkate alınmıştır. Bunların taşıyıcı özelliğini doğrudan etkileyen ve inşa sürecinde kullanılan demir ve kurşun malzemesinin fizikokimyasal ve mekanik özellikleri ele alınıp, bu konu hakkında deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bunun için öncelikle çalışmada sahada kullanılan kurşun ve demir malzemeler kayıt altına alınarak, çalışma için dikkate alınması gereken kriterler üzerine deneysel çalışma yapılacak örnekler seçilmiştir.

Projenin hedeflerinden biri, başlıklarına göre tipolojilere ayrılan sütunların, Dor, Ion ve Korinth gibi özelliği dikkate alınarak, başlık tiplerinin taşıdığı yük oranına göre bağlayıcı malzeme (kurşun ve demir) kullanım oranını ve bu malzemelerin her sütun tipine göre, mekanik-elastiklik özelliğini belirlemekti. Antik dönemde her sütun başlığı taşınan yük doğrultusunda kullanılmış ve yapıda kullanım aralıkları da bu duruma göre belirlenmiştir. Her sütun tipinin taşıdığı yük, gövde genişliği ile farklılık göstermekle birlikte, sütunları birleştirme de kullanılan malzeme oranlarının da değiştirdiği düşünülmüştür. Kurşun ve demir malzemelerin elementel analizlerinin tespitinde EDS (Elekton Dağılım Spektrometresi) ve termal özelliklerin tayini amaçlı TG, DTA, DCS analizleri ve ICP-MS yöntemi, kimyasal analizler için ise spektrometre kullanılmıştır. Ancak elde edilen kimyasal analiz verileri, kullanılan demir ve kurşun malzemelerin aynı olduğunu, aynı tekniklerle üretildiğini ortaya koymuştur.

Projede kurşun ve demir kullanımının verdiği veriler sonucunda antik dönem sütun tiplerinden sütun prototipleri hazırlanarak hem sütun tiplerinin hem de kurşun ve demirin yük taşıma mukavemeti tespit edilmiştir. Sütunların kurşun ve demir kullanımının mekanik-elastiklik özelliğini tespit etmek için çekme, eğme, kesme, yorulma gibi mekanik testler ve sütun tiplerinin (Dor, Ion ve Korinth) gövdesel durumlarına göre yük taşıma mukavemetlerini tespit etmek için fiziko-mekanik yöntemlerden sabit basınç deneyi de uygulanmıştır.

Çok disiplinli bir alan olan arkeometri ve arkeometalurji alanları ülkemizde yeni yeni tanınmaya başlanmıştır. Arkeoloji ve koruma bilimi ile fen ve mühendislik bilimlerini bir araya getiren bu alan turizm potansiyeli yüksek olan ülkemizde kültür varlıklarının uzun yıllar korunmasında ve doğru restorasyon çalışmalarında önemli kapılar açacaktır. Sosyal ve fen alanlarının birleştiği bu bilimde çok disiplinli lisansüstü çalışmalar yapılarak önemli sonuçlar elde edilebilir. Birbirinden çok farklı alanların bir arada çalıştığı ve ortak bir dil oluşturmaya çalıştığı ortam zor gözükse de özgün çalışmalar için ve ülkemizin bu alanda ilerlemesi için şarttır. Bu projenin gerçekleştirilmesindeki en büyük zorluk arkeometalurji alanında uluslararası literatürün azlığı ve ülkemizde ise hiç yapılmamış olmasıdır. Literatür verilerinde kapsamlı bir projeye de rastlanmamıştır. Bu projenin bir başlangıç noktası olarak ileri dönemlerde bu alanlarda ekibimiz ve diğer bilim insanlarına öncülük edecek olması, yeni projelerin planlanması ile ülkemiz bu alanda öncü bir noktaya gelecektir. Aynı zamanda arkeolojik malzemelerin analiz ve karakterizasyonu için metotlarında geliştirilmesi de gerekmektedir.

Bu proje sonuçları ile yeni bilimsel araştırma konuları da ortaya çıkmıştır. Sütunlarda kullanılan dikiş (restorasyon amaçlı metal bağlantı), kenet ve farklı restorasyon tamamlama tekniklerinin (harç, taş) sütunların yük taşımalarında ne kadar etkili olduğu ilerleyen zamanlarda bu projeyle bağlantılı olarak çalışılması gereken konulardan biridir. Stratonikeia, Antik Dönem ile Osmanlı ve Cumhuriyet Dönemi yapı ve kent dokusunun birlikte görülebileceği nadir yerlerden birisidir. Devam eden kazı ve proje çalışmaları ile ortaya çıkan bronz gibi alaşım özelliği gösteren ve farklı dönemlere ait malzemeler içinde yeni projeler planlanmıştır.

KAYNAKLAR

Akyol, N. 2007. Teos Dionysos tapınağı frizleri. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya

Akkurnaz, S. 2007. Anadolu'daki Dor Düzenli Tapınaklar, Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Aydın.

Atalay, G. 2010. Antik devirde mimari kurallar ve inşaat teknikleri, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.

Athens, Temple of Athena Nike (Building). "Ar-Ge Harcamalarının GSYİH'ye Oranı". http://www.perseus.tufts.edu/hopper/artifact?name=Athens%2C+Temple+of+Athena+Nike&object=Building, Son erişim tarihi: 18 Mayıs 2021.

Arısoy, B., Nuhoğlu, A., & Ercan, E. 2010. Tamburlardan Oluşan Antik Mermer Sütunların Deprem Etkisi Altındaki Davranışı. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(1), 121-129.

Arisoy, B., Nuhoglu, A., & Ercan, E. 2011. Seismic response of multi-drum classical columns of Apollo Temple at Claros. Scientific Research and Essays, 6(2), 283-292.

As, T. 2014. Yunan ve Roma Tapınakların Karşılaştırılması, Kafkas Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kars.

Akkurnaz, S. 2007. Anadolu'daki Dor Düzenli Tapınaklar, Doktora Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.

Bağdatlı, F. 2001. Alabanda Apollon Isotimos Tapınağı, Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aydın.

Barletta, B. A. 2001. The origins of the Greek architectural orders. Cambridge: Cambridge University Press.

Barrett A. A. and Vickers M. 1975. Columns in Antis in the Temple on the Ilissus. The Annual of the British School at Athens, 70, pp 11-16.

Bleck, W. 1996. Cold-rolled, high-strength sheet steels for auto applications. Jom, 48(7), 26-30.

Bleck, W. 1995. Demands on car body materials; Anforderungen an Karosseriewerkstoffe. Stahl und Eisen, 115.

Bingöl, O. 2004. Arkeolojik mimari'de taş. Homer Kitabevi.

Büyüközer, A. 2006 Lagina Hekate Tapınağı'nın Matematiksel Oranları, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 1-148, Konya.

Büyüközer, A. 2010. Lagina Hekate Tapınağı'nın Altyapı ve Stylobat Düzenlemesinde Uygulanan Oranlar. Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (7), 1-13.

Buckley, C. M. 2015. "The effect of classical order on the seismic behavior of ancient masonry columns", The Graduate College at the University of Nebraska, Master Thesis, Augustus, Lincoln, Nebraska.

Büyüközer, A. 2019. Lagina ve Ionia Rönesansı: Tapınak ve Propylon'daki Uygulamalar Işığında Ionia Rönesansı'nın Kronolojik Tanımlamasına Yeni Bir Katkı Lagina and the Ionian Renaissance: A New Contribution to the Chronological Definition of the Ionian Renaissance in Light of. Arkhaia Anatolika, 194.

Carpenter 1926. Vitruvius and the Ionic order. American Journal of Archaeology, 30(3), 259-269.

Chitham, R. 2007. The classical orders of architecture. Routledge.

Çetinkaya. S. 2021. "Samos Hera Tapınağı 2. Dipteros | Samos Hera Temple". https://www.academia.edu/42829302/Samos_Hera_Tap%C4%B1na%C4%9F%C4%B1_2_Dipteros_Samos_Hera_Temple, Son erişim tarihi: 21 Mayıs 2021.

Çöğürcü, M. T., Döndüren, M. S., & Altın, M. 2006. Şantiye Şartlarında Üretilmiş Betonarme Kolonların, Eksenel Yük Etkisi Altındaki Davranışlarının Deneysel Olarak İncelenmesi. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi, 21(3), 69-82.

Demirtaş, M. B. 2006. Magnesia Artemis Tapınağı'nın teknik ve işçilik özellikleri, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi), Ankara.

Deng, G., Bhattacharjee, T., Chong, Y., Zheng, R., Bai, Y., Shibata, A., & Tsuji, N. 2017. Characterization of microstructure and mechanical property of pure titanium with different Fe addition processed by severe plastic deformation and subsequent

annealing. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 194(1), p. 012020, IOP Publishing.

Doruk, S. 2017. Aphrodisias' taki Aphrodit Tapınağı Tamenosu. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 33(1-2).

Dürüşken, Ç. 2017. Mimarlık Üzerine Vitruvius. İstanbul: Alfa Yayıncılık.

Edalati, K., Fujioka, T., & Horita, Z. 2009. Evolution of mechanical properties and microstructures with equivalent strain in pure Fe processed by high pressure torsion. Materials transactions, 50(1), 44-50.

Gider, Z. 2005. Lagina'daki Dor mimarisi, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Denizli.

Gider Büyüközer, Z. 2013. Karıa Bölgesi Dor Mimarisi, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya.

Gürsoy, F. 2016. Stratonıkeıa Ion başlıkları, Pamukkale Üniversitesi Arkeoloji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Denizli.

Hoek, E., Brown, E.T. 1997. Practical estimates of rock mass strength. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 34 (8), 1165–1186.

Jones, M. W. 2013. Doric measure and architectural design 2: a modular reading of the Classical temple. American Journal of Archaeology, 105(4), 675-713.

Kadıoğlu, M. 2021. “Aeol Mimarisi ve Tapınakları”. https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/147552/mod_resource/content/1/8.1-2_Hafta_Aeol%20D%C3%BCzeni%20ve%20Tap%C4%B1naklar%C4%B1-M.pdf#:~:text=(DIA)%2014%2C44%20x,platform%20%C3%BCzerine%20%C3%BCzerine%20in%C5%9Fa%20edilmi%C5%9Ftir, Son erişim tarihi: 21 Mayıs 2021.

Keleş, V. “Ders notları ı”. https://avys.omu.edu.tr/lessons/1/2/2689-932001/307574-135170, Son erişim tarihi: 2 Mayıs 2021.

Kretzschmer, F. 2000. Antik Roma’da Mimarlık ve Mühendislik. Arkeoloji ve Sanat yayınları, İstanbul (çeviri: Zühre İlkgelen).

Kökdemir, G. 2021. Vitruvius III.2.6: Hermogenes, Menesthes ve Pseudodipteros Planlı Apollon Tapınağı. Arkhaia Anatolika, 4, 83-108.

Meran, C., & Yüksel, M. 2010. Malzeme Bilgisine Giriş. Cilt, 2, 251-252.

Pakkanen, J. 1998. The Temple of Athena Alea at Tegea. A Reconstruction of the Peristyle Column. Publications by the Department of Art History at the University of Helsinki. XVIII in Co-operation with the Finnish Institute at Athens, Helsinki.

Portillo-Blanco, H., Zuluaga, M.C., Ortega L.A., Alonso-Olazabal, A., Cepeda-Ocampo J.J., Salcedo31Department, A.M. 2020. Mineralogical Characterization of Slags from the Oiola Site (Biscay, Spain) to Assess the Development in Bloomery Iron Smelting Technology from the Roman Period to the Middle Ages. Minerals ,10, 32.

Shear, I. M. 1963. Kallikrates. Hesperia: The Journal of the American School of Classical Studies at Athens, 32(4), 379.

Sözen, M., & Tanyeli, U. 2011. Sanat kavram ve terimleri sözlüğü: resim, heykel, mimarlık, geleneksel Türk sanatları, uygulamalı sanatlar ve ve genel sanat kavramları. Remzi Kitabevi.

Söğüt, B. 2013. “Stratonikeia 2013 yılı çalışmaları”, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü, 36. Kazı Sonuçları Toplantısı.,

Tokgöz, S., & Dündar, C. 2010. İki Eksenli Eğilme ve Eksenel Yüke Maruz Betonarme Kolonların Yük-Deplasman Eğrileri. Teknik Dergi, 21(102), 5037-5057.

Tümer, Y. 2017. Anadolu'daki Korinth düzenli tapınaklar, Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aydın.

Vitruvius, P. 2015. Vitruvius: mimarlık üzerine on kitap. (Çev. Suna Güven). Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yayınları.

Yavuz H., Sarı D., Varol M. 2001. Mermer ve Travertenin Tek Eksenli Basınç Dayanımının Belirlenmesinde Boyut Ve Şekil Etkisi, Türkiye II. Mermer Sempozyumu (Mersem '2001) Bildiriler Kitabi, Afyon.

Yegül, F. 2020. “The Temple of Artemis at Sardis: An Exceptional Pseudodipteros”, THIASOS 9.2, Rivista di archeologia e architettura antica, pp.139-156.

Yıldız E.D., 2006. Magnesia Artemis Tapınağı (Helenistik Dönem), Pamukkale Üniversitesi, Bitirme Tezi, Denizli.

Zhang, X., Hao, H., & Li, C. 2016. Experimental investigation of the response of precast segmental columns subjected to impact loading. International Journal of Impact Engineering, 95, 105-124.

Zhang, Y., Sao-Joao, S., Descartes, S., Kermouche, G., Montheillet, F., & Desrayaud, C. 2020. Microstructural evolution and mechanical properties of ultrafine-grained pure α-iron and Fe-0.02% C steel processed by high-pressure torsion: Influence of second-phase particles. Materials Science and Engineering: A, 795, 139915.

Woodward, R. 2012. An Architectural Investigation into the Relationship between Doric Temple Architecture and Identity in the Archaic and Classical Periods, Doctoral dissertation, University of Sheffield.

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Yürütücüsü:	Prof. Dr. CEM GÖK
Proje No:	118M283
Proje Başlığı:	Stratonikeia Ve Lagina?Daki Hellenistik, Roma Ve Bizans Dönemi Sütunlarında Kullanılan Metal Malzemelerin Özelliklerinin Belirlenmesi Ve Metal Oranlarına Göre Mukavemetlerinin Araştırılması
Proje Türü:	1001 - Araştırma
Proje Süresi:	24
Araştırmacılar:	BİLAL SÖĞÜT, YUSUF ÖZCAN, SİNAN AKSÖZ, EVİN CANER
Danışmanlar:	
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	PAMUKKALE Ü. TEKNOLOJİ F. METALURJİ VE MALZEME BİLİMİ MÜHENDİSLİĞİ B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	15/12/2018 - 15/12/2021
Onaylanan Bütçe:	421739.0
Harcanan Bütçe:	212779.92
Öz:	Bu proje ile antik dönem mimarlığındaki sütunlara farklı bir bakış açısı getirilerek, sütunların yalnızca mermer bloklardan ibaret olmadığı, bağlantı, aktarım ve korozyona karşı koruma elemanı görevi olarak kullanılabilen demir ve kurşun malzemelerin yapısının da ele alınması gerektiği anlaşılmıştır. Stratonikeia ve Lagina?da bulunan Hellenistik, Roma ve Bizans dönemi sütunları ve sütunlarda kullanılan metal malzemelerin fizikokimyasal yapıları aydınlatılarak bazı mekanik özellikleri de belirlenmiştir. Antik yapılardaki sütunların mimari ve sanatsal yönleri dışında, bağlantıları nedeniyle elde edilen sağlamlığı hakkında da bilgi edinilmiştir. Başlıklarına göre tipolojilere ayrılan sütunların Dor, Ion ve Korinth gibi özelliği dikkate alınarak detaylı çalışma yapılmıştır. Demir ve kurşun örnekleri alınan Hellenistik, Roma ve Bizans dönemi sütunların yükseklikleri, çapları, zıvana boyutları, tipleri ve dönem özelliği dikkate alınmıştır. Arkeolojik alanda kullanılan kurşun ve demir malzemeler kayıt altına alınmıştır. Her sütun tipinin taşıdığı yük, gövde genişliği ile farklılık göstermekle birlikte, sütunları birleştirmede kullanılan metal malzemelerin kimyasal özelliklerinin aynı olduğu tespit edilmiştir. Hazırlanan prototipler ile sütunların ve demir örneklerin mekanik özellikleri tespit edilmiştir. Bu projenin kazanımlarından biri, antik dönem sütunun harcı olarak adlandırdığımız bağlayıcı malzeme olan kurşun ve demirin, kazılarda açığa çıkarıldıktan sonra gerekli saklama koşullarında korunmasında bir farkındalık sağlanmasıdır. Turizm potansiyeli çok yüksek olan ülkemizde mühendislik, arkeoloji ve koruma bilimi alanlarından çok sayıda lisans ve lisansüstü program öğrencisi projede görevlendirilerek bu alanda ülkemizdeki büyük boşluğun ileriki yıllarda doldurulmasına olanak sağlayacak şekilde yetiştirilmiştir. Arkeolojik örneklerin; x-ışınları, elektron mikroskobu ve çeşitli mekanik testler gibi metotlarla analiz edilerek incelenebileceği, koruma biliminde farklı uygulamaların yapılabileceği ile ilgili kazı alanlarında arkeolog ve koruma bilimcilerine farkındalık kazandırılması da diğer kazanımlardandır.

TÜBİTAK

Abstract:	A different perspective was brought to the columns in ancient architecture with this project, and it was understood that the columns were not only composed of marble blocks, but also the structure of iron and lead materials, which can be used as connection, transfer and corrosion protection elements. The Hellenistic, Roman and Byzantine period columns in Stratonikeia and Lagina and the physicochemical structures of the metal materials used in the columns were illuminated and some mechanical properties were determined. Apart from the architectural and artistic aspects of the columns in ancient buildings, information was obtained about the strength obtained due to their connections. A detailed study was carried out by considering the characteristics of the columns, which were divided into typologies according to their titles, such as Doric, Ionic and Corinthian. The heights, diameters, tenon dimensions, types and period characteristics of the Hellenistic, Roman and Byzantine period columns from which iron and lead samples were taken were taken into consideration. Lead and iron materials used in the archaeological area were recorded. Although the load carried by each column type differs with the width of the body, it has been determined that the chemical properties of the metal materials used in joining the columns are the same. The mechanical properties of the columns and iron samples were determined with the prepared prototypes. One of the achievements of this project is to raise awareness about the preservation of lead and iron, the binding material we call the mortar of the ancient period column, under the necessary storage conditions after they are unearthed in the excavations. In our country, which has a very high tourism potential, many graduate and undergraduate students in the fields of engineering, archeology and conservation science have been trained in a way that will allow filling the big gap in our country in this field in the coming years. Archaeological samples; other achievements are raising awareness to archaeologists and conservation scientists in excavation areas that can be analyzed and examined by methods such as x-rays, electron microscopy and various mechanical tests, and that different applications can be made in conservation science.
Anahtar Kelimeler:	Arkeometalurji, Arkeometri, Stratonikeia ve Lagina, Malzeme Karakterizasyonu, Antik metaller
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Evet

TÜBİTAK