TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AYNI CİNS MAVİ MÜREKKEPLİ KALEM KULLANILARAK FARKLI TARİHLERDE DÜZENLENMİŞ BELGELERİN ABSORBSİYON SPEKTRUMU İLE İNCELENMESİ

Nazmiye GÖKÇEDAĞ AKTAŞ

DİSİPLİNLERARASI ADLİ BİLİMLER
ADLİ KİMYA VE ADLİ TOKSİKOLOJİ
ANA BİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Nazmiye GÖKÇEDAĞ AKTAŞ

ANKARA
2015

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AYNI CİNS MAVİ MÜREKKEPLİ KALEM KULLANILARAK FARKLI TARİHLERDE DÜZENLENMİŞ BELGELERİN ABSORBSİYON SPEKTRUMU İLE İNCELENMESİ

Nazmiye GÖKÇEDAĞ AKTAŞ

DİSİPLİNLERARASI ADLİ BİLİMLER
ADLİ KİMYA VE ADLİ TOKSİKOLOJİ
ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof.Dr. Aslıhan AVCI

ANKARA
2015

Ankara Üniversitesi
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Yüksek Lisans tezi olarak hazırlayıp sunduğum "Aynı Cins Mavi Mürekkepli Kalem Kullanılarak Farklı Tarihlerde Düzenlenmiş Belgelerin Absorbsiyon Spektrumu ile İncelenmesi" başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma/araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir.
Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Nazmiye AKTAŞ
17.09.2015

İÇİNDEKİLER

Etik Beyan ii
Kabul ve Onay iii
İçindekiler iv
Önsöz vii
Simgeler ve Kısaltmalar viii
Şekiller, Grafikler, Spektrumlar xii
Çizelgeler xiii

1. GİRİŞ 1
1.1. Mürekkep 3
1.2. Sıklıkla Kullanılan Yazı Mürekkebi Türlerinin Bileşimi 3
1.3. Mürekkep Çeşitleri 4
1.3.1. Karbon (Hint) Mürekkebi 4
1.3.2. Dolmakalem Mürekkepleri 4
1.3.3. Tükenmez Kalem Mürekkepleri 5
1.3.4. Döner Yuvarlak Uçlu Marker Mürekkepleri 6
1.3.5. Keçeli veya Delik Uçlu Kalem Mürekkepleri 7
1.3.6. Jel Kalem Mürekkepleri 7
1.4. Mürekkebin Adli Bilimciler İçin Belge Yaşının Tayininde Işıkla İlk Tanışması 8
1.5. Mürekkep Yaşı Tayininde Kullanılan Metotlar 10
1.5.1. Belgeye Zarar Veren Yöntemler 10
1.5.1.1. İnce Tabaka Kromatografisi (İTK) 11
1.5.1.2. Kapiller Elektroforez Yöntemi 12
1.5.1.3. TD-GC-MS Sistemi Kullanılarak Çözücünün Kaybolma Oranı Tespit Yöntemi 13
1.5.2. Belgeye Zarar Vermeyen Yöntemler 14
1.5.2.1. Yakın Infrared Bölgesinde Dokümanların Soğurma ve Yansıma İncelemeleri (İnfrared Spektroskopisi Yöntemi) 14
1.5.2.2. Raman Spektroskopisi 15

2. GEREÇ VE YÖNTEM 18
2.1. Gereç 18
2.2. Yöntem 20

3. BULGULAR 20
3.1. 2011 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumlar 21
3.1.1. 2011 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 400 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi 34
3.1.2. 2011 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 500 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi 34
3.1.3. 2011 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 600 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi 35

3.1.4. 2011 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 700 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi 35
3.1.5. 2011 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 800 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi 36
3.1.6. 2011 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 900 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi 36
3.1.7. 2011 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 1000 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi 37
3.1.8. 2011 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların En Yüksek Pik Değerine Ulaştığında Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi 37
3.2. 2012 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumlar 38
3.2.1. 2012 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 400 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi 51
3.2.2. 2012 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 500 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi 51
3.2.3. 2012 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 600 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi 52
3.2.4. 2012 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 700 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi 52
3.2.5. 2012 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 800 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi 53
3.2.6. 2012 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 900 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi 53
3.2.7. 2012 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 1000 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi 54
3.2.8. 2012 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların En Yüksek Pik Değerine Ulaştığında Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi 54
3.3. 2013 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumlar 55
3.3.1. 2013 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 400 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi 65
3.3.2. 2013 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 500 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi 65
3.3.3. 2013 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 600 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi 66
3.3.4. 2013 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 700 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi 66
3.3.5. 2013 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 800 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi 67
3.3.6. 2013 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 900 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi 67
3.3.7. 2013 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 1000 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi 68

3.3.8. 2013 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların En Yüksek Pik Değerine Ulaştığında Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi 68

4. TARTIŞMA 69
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 78
ÖZET 79
SUMMARY 80
KAYNAKLAR 81
ÖZGEÇMİŞ 82

ÖNSÖZ

Bilimsel yaklaşımın temelinde fazla sayıda deney yaparak elde edilen verilerin yorumlanması yatmaktadır. Müspet bilimlerde disiplinlerarası çalışma bakış açısının daha geniş olmasını sağlayacaktır.

Fizik biliminin ve diğer tüm bilim dallarının birlikte hareketi günümüzde çözülemeyen bir çok sorunun üstesinden insanların gelebilmesine zemin hazırlayacaktır. Bunun en temel yolu bilim insanlarının birbirlerinden en üst düzeyde haberdar olmasıdır.

Mürekkep yaşı konusu çözülemeyen hususlardan birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Mürekkep aslında insanı insana anlatan en mükemmel araçtır. Kağıt dokusu üzerindeki bitmek tükenmek bilmeyen hareketi tarih boyunca bir çok farklı konudaki belgeye konu olmuştur.

Bu çalışmada; on beş senelik yazı ve imza inceleme uzmanlığımda bir fizikçi olarak karşılaştığım sorulardan birisi olan mürekkep yaşı konusunda çalışmak istedim.

Son olarak; 2011-2013 yılları arasında elindeki kalemi hiç değiştirmeden raporlara imza atan Belge İnceleme Uzmanı Nafi TURAN'a, ömrü boyunca atıldığım her projede yanımda olan merhum babam Fehmi GÖKÇEDAĞ'a ayrıca desteklerinden dolayı Prof.Dr.Aslıhan AVCI'ya teşekkür ederim.

SİMGELER VE KISALTMALAR

nm	**n**ano**m**etre. (Metrenin Milyarda Biri)
IR	**I**nfrared (Kızılötesi Işınım)
UV	**U**ltraviyole (Morötesi Işınım)
LASER	**L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation (Zorlanmış Emisyon ile Işık Çoğaltılması)
I	Intensity (Güç Birimi) (Işığın Herbir Çarpmasındaki Yoğunluk Şiddeti)

ŞEKİLLER / GRAFİKLER / SPEKTRUMLAR DİZİNİ

Şekil 1.1. Elektromanyetik Spektrum. 14
Şekil 1.2. Lazer ışını ile uyarılan CCL_4'ün Raman spektrumu. 16
Şekil 2.1. Çalışmada kullanılan imza bloğunun genel görünümü 20

Grafik 3.1. 2011 Yılına Ait Spektrum 400 nm Analiz 34
Grafik 3.2. 2011 Yılına Ait Spektrum 500 nm Analizi 34
Grafik 3.3. 2011 Yılına Ait Spektrum 600 nm Analizi 35
Grafik 3.4. 2011 Yılına Ait Spektrum 700 nm Analizi 35
Grafik 3.5. 2011 Yılına Ait Spektrum 800 nm Analizi 36
Grafik 3.6. 2011 Yılına Ait Spektrum 900 nm Analizi 36
Grafik 3.7. 2011 Yılına Ait Spektrum 1000 nm Analizi 37
Grafik 3.8. 2011 Yılına Ait Spektrum Maximum Pik Analizi 37
Grafik 3.9. 2012 Yılına Ait Spektrum 400 nm Analizi 51
Grafik 3.10. 2012 Yılına Ait Spektrum 500 nm Analizi 51
Grafik 3.11. 2012 Yılına Ait Spektrum 600 nm Analizi 52
Grafik 3.12. 2012 Yılına Ait Spektrum 700 nm Analizi 52
Grafik 3.13. 2012 Yılına Ait Spektrum 800 nm Analizi 53
Grafik 3.14. 2012 Yılına Ait Spektrum 900 nm Analizi 53
Grafik 3.15. 2012 Yılına Ait Spektrum 1000 nm Analizi 54
Grafik 3.16. 2012 Yılına Ait Spektrum Maximum Pik Analizi 54
Grafik 3.17. 2013 Yılına Ait Spektrum 400 nm Analizi 65
Grafik 3.18. 2013 Yılına Ait Spektrum 500 nm Analizi 65
Grafik 3.19. 2013 Yılına Ait Spektrum 600 nm Analizi 66
Grafik 3.20. 2013 Yılına Ait Spektrum 700 nm Analizi 66
Grafik 3.21. 2013 Yılına Ait Spektrum 800 nm Analizi 67
Grafik 3.22. 2013 Yılına Ait Spektrum 900 nm Analizi 67
Grafik 3.23. 2013 Yılına Ait Spektrum 1000 nm Analizi 68
Grafik 3.24. 2013 Yılına Ait Spektrum Maksimum Pik Analizi 68

Spektrum 3.1. 23 Mayıs 2011 20
Spektrum 3.2. 24 Mayıs 2011 20
Spektrum 3.3. 29 Mayıs 2011 20
Spektrum 3.4. 31 Mayıs 2011 20
Spektrum 3.5. 03 Haziran 2011 21
Spektrum 3.6. 07 Haziran 2011 21
Spektrum 3.7. 10 Haziran 2011 21
Spektrum 3.8. 12 Haziran 2011 21
Spektrum 3.9. 13 Haziran 2011 21
Spektrum 3.10. 15 Haziran 2011 21
Spektrum 3.11. 16 Haziran 2011 22
Spektrum 3.12. 17 Haziran 2011 22
Spektrum 3.13. 18 Haziran 2011 22

Spektrum 3.14. 19 Haziran 2011 22
Spektrum 3.15. 20 Haziran 2011 22
Spektrum 3.16. 21 Haziran 2011 22
Spektrum 3.17. 21 Haziran 2011 23
Spektrum 3.18. 24 Haziran 2011 23
Spektrum 3.19. 20 Haziran 2011 23
Spektrum 3.20. 27 Temmuz 2011 23
Spektrum 3.21. 27 Temmuz 2011 23
Spektrum 3.22. 02 Ağustos 2011 23
Spektrum 3.23. 24 Haziran 2011 24
Spektrum 3.24. 25 Haziran 2011 24
Spektrum 3.25. 17 Haziran 2011 24
Spektrum 3.26. 24 Haziran 2011 24
Spektrum 3.27. 25 Haziran 2011 24
Spektrum 3.28. 02 Ağustos 2011 24
Spektrum 3.29. 27 Haziran 2011 25
Spektrum 3.30. 29 Haziran 2011 25
Spektrum 3.31. 24 Haziran 2011 25
Spektrum 3.32. 21 Haziran 2011 25
Spektrum 3.33. 22 Haziran 2011 25
Spektrum 3.34. 27 Haziran 2011 25
Spektrum 3.35. 21 Haziran 2011 26
Spektrum 3.36. 20 Haziran 2011 26
Spektrum 3.37. 19 Haziran 2011 26
Spektrum 3.38. 14 Haziran 2011 26
Spektrum 3.39. 19 Haziran 2011 26
Spektrum 3.40. 20 Haziran 2011 26
Spektrum 3.41. 14 Haziran 2011 27
Spektrum 3.42. 20 Haziran 2011 27
Spektrum 3.43. 20 Haziran 2011 27
Spektrum 3.44. 12 Haziran 2011 27
Spektrum 3.45. 16 Haziran 2011 27
Spektrum 3.46. 15 Haziran 2011 27
Spektrum 3.47. 15 Haziran 2011 28
Spektrum 3.48. 13 Haziran 2011 28
Spektrum 3.49. 13 Haziran 2011 28
Spektrum 3.50. 10 Haziran 2011 28
Spektrum 3.51. 20 Haziran 2011 28
Spektrum 3.52. 02 Ağustos 2011 28
Spektrum 3.53. 02 Ağustos 2011 29
Spektrum 3.54. 30 Ekim 2012 37
Spektrum 3.55. 29 Mayıs 2012 37
Spektrum 3.56. 29 Kasım 2012 **37**
Spektrum 3.57. 29 Mayıs 2012 37
Spektrum 3.58. 29 Ocak 2012 37
Spektrum 3.59. 28 Mayıs 2012 37
Spektrum 3.60. 26 Kasım 2012 38

Spektrum 3.61. 28 Kasım 2012 38
Spektrum 3.62. 27 Aralık 2012 38
Spektrum 3.63. 26 Aralık 2012 38
Spektrum 3.64. 26 Aralık 2012 38
Spektrum 3.65. 25 Aralık 2012 38
Spektrum 3.66. 23 Aralık 2012 39
Spektrum 3.67. 27 Aralık 2012 39
Spektrum 3.68. 21 Haziran 2012 39
Spektrum 3.69. 26 Haziran 2012 39
Spektrum 3.70. 25 Haziran 2012 39
Spektrum 3.71. 23 Kasım 2012 39
Spektrum 3.72. 22 Haziran 2012 40
Spektrum 3.73. 26 Haziran 2012 40
Spektrum 3.74. 20 Haziran 2012 40
Spektrum 3.75. 20 Haziran 2012 40
Spektrum 3.76. 20 Haziran 2012 40
Spektrum 3.77. 20 Haziran 2012 40
Spektrum 3.78. 19 Aralık 2012 41
Spektrum 3.79. 19 Aralık 2012 41
Spektrum 3.80. 19 Aralık 2012 41
Spektrum 3.81. 19 Aralık 2012 41
Spektrum 3.82. 16 Kasım 2012 41
Spektrum 3.83. 17 Aralık 2012 41
Spektrum 3.84. 15 Haziran 2012 42
Spektrum 3.85. 15 Haziran 2012 42
Spektrum 3.86. 15 Haziran 2012 42
Spektrum 3.87. 14 Mayıs 2012 42
Spektrum 3.88. 13 Aralık 2012 42
Spektrum 3.89. 13 Aralık 2012 42
Spektrum 3.90. 13 Aralık 2012 43
Spektrum 3.91. 13 Haziran 2012 43
Spektrum 3.92. 12 Haziran 2012 43
Spektrum 3.93. 12 Aralık 2012 43
Spektrum 3.94. 12 Aralık 2012 43
Spektrum 3.95. 12 Aralık 2012 43
Spektrum 3.96. 12 Kasım 2012 44
Spektrum 3.97. 12 Kasım 2012 44
Spektrum 3.98. 12 Kasım 2012 44
Spektrum 3.99. 12 Kasım 2012 44
Spektrum 3.100. 12 Mart 2012 44
Spektrum 3.101. 11 Aralık 2012 44
Spektrum 3.102. 11 Haziran 2012 45
Spektrum 3.103. 11 Haziran 2012 45
Spektrum 3.104. 06 Haziran 2012 45
Spektrum 3.105. 06 Haziran 2012 45
Spektrum 3.106. 04 Haziran 2012 45
Spektrum 3.107. 03 Temmuz 2012 45

Spektrum 3.108. 21 Mart 2012 46
Spektrum 3.109. 31 Aralık 2013 55
Spektrum 3.110. 01 Kasım 2013 55
Spektrum 3.111. 02 Nisan 2013 55
Spektrum 3.112. 02 Nisan 2013 55
Spektrum 3.113. 02 Mayıs 2013 55
Spektrum 3.114. 05 Şubat 2013 55
Spektrum 3.115. 04 Mart 2013 56
Spektrum 3.116. 08 Şubat 2013 56
Spektrum 3.117. 08 Şubat 2013 56
Spektrum 3.118. 04 Ocak 2013 56
Spektrum 3.119. 03 Ocak 2013 56
Spektrum 3.120. 09 Ocak 2013 56
Spektrum 3.121. 14 Şubat 2013 57
Spektrum 3.122. 14 Şubat 2013 57
Spektrum 3.123. 15 Şubat 2013 57
Spektrum 3.124. 29 Ocak 2013 57
Spektrum 3.125. 14 Mart 2013 57
Spektrum 3.126. 14 Şubat 2013 57
Spektrum 3.127. 14 Şubat 2013 58
Spektrum 3.128. 14 Şubat 2013 58
Spektrum 3.129. 14 Şubat 2013 58
Spektrum 3.130. 04 Ocak 2013 58
Spektrum 3.131. 04 Ocak 2013 58
Spektrum 3.132. 10 Ocak 2013 58
Spektrum 3.133. 03 Ocak 2013 59
Spektrum 3.134. 15 Şubat 2013 59
Spektrum 3.135. 15 Şubat 2013 59
Spektrum 3.136. 18 Mart 2013 59
Spektrum 3.137. 18 Mart 2013 59
Spektrum 3.138. 20 Mart 2013 59
Spektrum 3.139. 20 Şubat 2013 60
Spektrum 3.140. 19 Mart 2012 60
Spektrum 3.141. 18 Nisan 2013 60
Spektrum 3.142. 18 Nisan 2013 60
Spektrum 3.143. 22 Şubat 2013 60
Spektrum 3.144. 24 Ocak 2013 60
Spektrum 3.145. 22 Şubat 2013 61
Spektrum 3.146. 26 Şubat 2013 61
Spektrum 3.147. 26 Şubat 2013 61
Spektrum 3.148. 28 Mart 2013 61
Spektrum 3.149. 28 Mart 2013 61
Spektrum 3.150. 28 Mart 2013 61
Spektrum 3.151. 28 Mart 2013 62
Spektrum 3.152. 24 Ocak 2013 62
Spektrum 3.153. 06 Mayıs 2013 62
Spektrum 3.154. 03 Mart 2013 62

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1.Mürekkebin değişken bileşikleri baz alınarak mürekkep yaşı tayin yöntemlerinin kronolojik sıralanması 17
Çizelge 2.1.İncelenen belgelerin zamanına göre verilen kod numaraları (N1-N154) 18
Çizelge 3.1. 2011 Yılına Ait Belgelerden Alınan Spektrumların 400-1000 nm Dalga Boyu Aralığında Gösterdikleri Yoğunluk Değişimi 31
Çizelge 3.2.2012 Yılına Ait Belgelerden Alınan Spektrumların 400-1000 nm Dalga Boyu Aralığında Gösterdikleri Yoğunluk Değişimi 48
Çizelge 3.3.2013 Yılına Ait Belgelerden Alınan Spektrumların 400-1000 nm Dalga Boyu Aralığında Gösterdikleri Yoğunluk Değişimi 63
Çizelge 4.1.2011-2013 Yılına Ait Belgelerden Alınan Spektrumların 400 nm Dalga Boyunda Gösterdikleri Yoğunluk Değişimi 69
Çizelge 4.2. 2011-2013 Yılına Ait Belgelerden Alınan Spektrumların 500 nm Dalga Boyunda Gösterdikleri Yoğunluk Değişimi 70
Çizelge 4.3. 2011-2013 Yılına Ait Belgelerden Alınan Spektrumların 600 nm Dalga Boyunda Gösterdikleri Yoğunluk Değişimi 71
Çizelge 4.4. 2011-2013 Yılına Ait Belgelerden Alınan Spektrumların 700 nm Dalga Boyunda Gösterdikleri Yoğunluk Değişimi 72
Çizelge 4.5. 2011-2013 Yılına Ait Belgelerden Alınan Spektrumların 800 nm Dalga Boyunda Gösterdikleri Yoğunluk Değişimi 73
Çizelge 4.6. 2011-2013 Yılına Ait Belgelerden Alınan Spektrumların 900 nm Dalga Boyunda Gösterdikleri Yoğunluk Değişimi 74
Çizelge 4.7. 2011-2013 Yılına Ait Belgelerden Alınan Spektrumların 1000 nm Dalga Boyunda Gösterdikleri Yoğunluk Değişimi 75
Çizelge4.8. 2011-2013 Yılına Ait Belgelerden Alınan Spektrumların Maksimum Pik Noktasında Gösterdikleri Yoğunluk Değişimi 76

1. GİRİŞ

Adli belge incelemelerinde mürekkep inceleme yöntemleri günümüzde tam olarak belirli kriterlere oturtulmamış olmasına rağmen halen çalışmalar devam etmektedir. Mürekkep incelemelerini etkileyen pek çok husus arasında kağıt dokusu, belgenin saklandığı ortam ve koşullar, inceleme yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır.

"Günümüzde belgeler üzerinde yapılan tahrifatları ortaya çıkarmak amacıyla özellikle mürekkepler üzerinde yapılan incelemeler büyük önem taşımaktadır. Çünkü mürekkep incelemeleri, belge üzerinde yapılan el yazısı veya imza incelemesi neticesinde herhangi bir kanaat elde edilemediği zaman başvurulacak en son yöntemlerden biri olabilmektedir." (Turan, 2013)

"Doküman inceleme alanında, optik incelemelerle yapılan mürekkep analizleri için kâğıdın yapısı oldukça önemlidir. Mürekkep incelemelerinde, doküman üzerinde bulunan mürekkepten elde edilen soğurma ve yansıma görüntüsü kâğıt ve mürekkebin toplamından oluşur. Bu sebeple kâğıdın yapısal özelliklerinin ve farklı ortamların kâğıda etkisinin bilinmesi, uzmanların mürekkep analizlerinde yorum yaparak net sonuçlara ulaşabilmeleri açısından faydalı olacaktır" (Osborn, 1991)

"İnceleme talepleri arasında suça konu belge üzerindeki kalem mürekkebinin hangi kalemden çıktığı, şüpheli belge üzerindeki kalem mürekkebinin şüpheliden mukayese amaçlı elde edilen veya yine suça konu ikinci bir belge üzerinde bulunan kalem mürekkebi ile karşılaştırılması istenilmektedir." (Turan, 2013)

Adli belge incelemecilerden istenen inceleme isteklerine ilave olarak bizi belgenin kağıt ve mürekkep buluşmasıyla bir anlam kazandığı zamana götürebilecek bir yöntem hali hazırda bulunmuş değildir. Literatürde mürekkep yaşı olarak karşımıza çıkan bu sorun son zamanda üstünde durulan bir hususdur.

Farklı zamanlarda aynı cins mavi mürekkepli kalem ile düzenlenerek aynı koşullarda saklanmış belgeler üzerinde ınfrared (kızılötesi ışınım) absorbsiyon modunda spektrumlar elde edilerek birbirleriyle karşılaştırması yapılacak ve belgenin düzenlenme aşamasındaki zaman farklılığının spektrumlardan anlaşılıp-anlaşılmayacağı değerlendirilecektir.

Spektral ve spektrometrik yöntemlerle yapılan kalem mürekkebi incelemelerinde kâğıt yapısının ve fiziksel özelliklerinin mürekkepler üzerindeki etkileri üzerine yapılan çalışmaların kısıtlı olması, farklı tür kâğıtlar üzerindeki aynı cins kalem mürekkeplerinin benzerliklerinin tespit edilebilirliğini sınırlandırdığı düşünülmektedir.

Farklı tarihlerde düzenlenen ve aynı ortamda saklanan aynı cins kalem mürekkeplerinin analizleri hususunda elde edilecek analiz sonuçlarının değerlendirilmesi amacıyla yürütülen araştırma, "Giriş", "Gereç ve Yöntem", "Bulgular" ve "Sonuç ve Tartışma" olmak üzere dört ana başlık altında gerçekleştirilmiştir. Giriş bölümünde, amaç ve kapsam ile araştırma ile ilgili genel bilgilere ve de kavram ve tanımlara yer verilmiştir. Gereç ve Yöntem bölümünde, araştırmada kullanılan materyaller ve araştırmanın yürütüleceği metot hakkında bilgiler verilmiştir. Bulgular bölümünde araştırma süresi sonucunda araştırmada kullanılan belgeler üzerinde yapılan incelemeler sonucunda yapılan gözlem ve tespitler, Sonuç bölümünde ise elde edilen bulgular ışığında ulaşılan sonuçlar ve tartışılması gereken hususlara değinilmiştir.

Sonuç bölümünde yapılan yorum ve değerlendirmeler, günümüzde mürekkep incelemelerinin neden mürekkep yaşı belirlenmesinde zorluklarla karşılaşıldığını anlatabilmemiz için bir fırsat niteliğindedir.

1.1. Mürekkep

Günümüzde çeşitli markaların çeşitli mürekkep formülleri vardır. Ancak hepsinin temel maddesi renk veren katı bir madde (boya) veya pigment ile bu pigmentin karıştırıldığı bağlayıcı veya eritici bir akışkandır.

Örnek mürekkep:
- Tannik asit 11,7 g
- Demir sülfat 15 g
- HCL 12,5 g
- Fenol 1,5 g
- Gallakasid 3,5 g
- Mavi boya 3,5 g
- Su 1lt

"Mürekkeplerin fiziko kimyasal yöntemlerle incelenmesi sonucu farklı karışımlar farklı ayırıcı işaretler gösterirler. Yapılan bu incelemeler sonunda iki farklı yazının aynı mürekkeple yazılıp yazılmadığı tespit edilebilir" (Hamzaoğlu, 2008).

1.2. Sıklıkla Kullanılan Yazı Mürekkebi Türlerinin Bileşimi

"Mürekkeplerin bileşiminin bilinmesi, bunların analizi için neden farklı yöntemler kullanıldığını anlamak için gereklidir. Mürekkep bir ana maddeye pigment

ya da boya karışımının katılmasıyla oluşturulur. Farklı üretimler için çok farklı formüller olsa da mürekkebin renkli unsurları, mürekkebe sınıfını belirleyen sadece birkaç türde temel maddeyi kapsar" (Purdy, 2000).

1.3. Mürekkep Çeşitleri

1.3.1. Karbon (Hint) Mürekkebi

"En basit haliyle karbon mürekkepler, katı bir kalıp içinde tutkalla şekillendirilmiş amorf (düzensiz yapılı) karbondan ibarettir. Mürekkebin yazması için kalıp zımparalanarak bir sıvı içerisine yerleştirilir ve parçacıklar sıvı-yapıştırıcı ortam içinde asılı kalır. Mürekkebin rengini iyileştirmek için pigment eklenmiş boya kullanılabilir. Sıvı karbon mürekkeplerde gomalaka ve boraks, hayvansal yapıştırıcı yerine kullanılır ve gomalaka ile karbonun karışabilmesi için bir ıslatma maddesi eklenir. Karbon mürekkepler suda çözünmez, havada bozulmaz, ışık, ısı, nem veya mikrobiyolojik organizmalardan etkilenmez. Bu mürekkep grubu 2000 yıldan uzun bir süredir kullanılmaktadır" (Purdy, 2000).

1.3.2. Dolmakalem Mürekkepleri

"İki tip dolmakalem mürekkebi mevcuttur. Bunlar demir-gallotan tipi ve sentetik boyaların sıvı çözeltileridir. İkinci sıradaki modern mürekkep türleri, ilk yazıldıklarında yazıya mavi renk veren sentetik mavi boyalar içerirler. Bu mürekkepler yazıldıktan sonra kâğıt üzerinde oksitlendikçe mürekkebin rengi yavaş yavaş siyaha dönüşür. Bu da mavi-siyah dolmakalem mürekkeplerine neden bu adın verildiğini açıklar. Bu mürekkep türü aynı zamanda çok dayanıklıdır. Bu mürekkep suda çözünmez ve aşındırmayla tam olarak silinemez. 1950'lerde bulunan en bilindik dolmakalem mürekkebi, sentetik boyaların bir sıvı çözeltisinden oluşmaktaydı. Bu

mürekkepler parlak ve çekici renkteydiler ancak karbon veya mavi-siyah mürekkepler kadar dayanıklı değildiler. Kullanılan sentetik boyaların bazıları zamanla solabilir ve suda çözünebilir. Bu tip mürekkeplerin en modern örnekleri, bunları daha kalıcı yapan bakır pitalosanin (1953'te bulunmuştur) gibi pigment boyalar içermektedir" (Purdy, 2000).

1.3.3. Tükenmez Kalem Mürekkepleri

"İlk tükenmez kalem Avrupa'da LadislaoBiro tarafından 1939'da geliştirilmiş ve ilk olarak 1943'te Arjantin'de satışa sunulmuştur. 1946'da, birkaç milyon Reynold tükenmez kalemi Birleşik Devletler'de piyasaya sunulmuştur.

Tükenmez kalem mürekkepleri çeşitli glikol çözücüler veya benzil alkol içinde sentetik boyalardan (bazen karbon veya grafit dayanıklılığı arttırmak için eklenir) oluşmaktadır. Tükenmez kalem mürekkepleri içindeki boyalar, mürekkebin neredeyse %50'sini oluşturur. Bazı diğer katkı maddeleri de, belirli özelliklerini geliştirmek için mürekkebe eklenir. Bu katkı maddeleri yağlı asitler, reçineler, yüzey aktivasyon maddeleri, korozyon kontrol içerikleri ve viskozite ayarlayıcılarıdır. Yağlı asitler (oleik asit en yaygınıdır) tükenmez kalemin yuvarlak ucu için adeta yağ görevi görür ve ayrıca yazı ilk yazıldığında yuvarlak ucun özelliklerini de iyileştirir.

1950'den önce yapılan tükenmez kalem mürekkepleri şu yağ tabanlı çözücüleri içeriyordu: Mineral yağı, bezir yağı, resinolik asit, resinolik asidin metil ve etil esterleri, gliserin monoricinotlar, hindistan cevizi yağı asidi, sorbitol türevleri ve trisesilfosfatgibi yoğrulmayı kolaylaştıracak maddeler. 1950 sonrası üretilen modern tükenmez kalem mürekkepleri, boya çözücüsü olarak etilen glikol veya glikol türevlerinin yaygın kullanımı sebebiyle glikol-tabanlı mürekkepler olarak tanımlanmaktadırlar. Benzil alkol de bazı mürekkep üreticileri tarafından çözücü olarak kullanılmaktadır. 1953'te piyasaya sunulan chelated boyaları ışığa dayanıklıdır. Kırmızı, yeşil, sarı ve diğer renklerdeki

chelated boyaları günümüzde çeşitli tükenmez kalem mürekkeplerinde kullanılmaktadır. 1954'de tükenmez kalemlere renk materyali olarak phthalochanine boyaları olarak adlandırılan metal bileşenler eklendi. Bu renk materyalleri ışığa duyarlı olup çok iyi çözünüm karakteristiğine sahiptir. 1962'de Japonya'daki Pentel firması yeni bir tür fiber kalem geliştirdi. Bu kalem çeşidini 1968'de Rollerpen kalemler izledi, ayrıca 1963'de silinebilir tükenmez kalemler geliştirildi.

Basınçlı tükenmez kalem mürekkepleri 1968'lerde geliştirilmiştir. Bu kalemler yerçekimiyle akış yerine, basınçlı besleme sistemi kullanmaktadır. Bu mürekkeplerin fiziksel özellikleri, standart glikol tabanlı tükenmez kalem mürekkeplerinden oldukça farklıdır. Mürekkep bileşimi temelde aynıdır ancak bu mürekkep soket içindeki yuvarlak uç dönerek temas etmedikçe sıvı değildir. Bu mürekkebi içeren kartuşlar, nitrojen veya diğer bazı etkisiz gazların basıncı altındadır. Mürekkep üzerindeki pozitif basınç, kalemin tüm pozisyonlarda ve bir boşluk içinde yazmasını sağlar. Bu kalemler, uzay seyahatleri sırasında astronotlar tarafından kullanılmaktadır"(Purdy, 2000).

1.3.4. Döner Yuvarlak Uçlu Marker Mürekkepleri

"Bu kalemlerin mürekkepleri 1968'de Japonya'da, çok kısa bir süre sonra da ABD'de piyasaya çıkmıştır. Bu mürekkepler su bazlı olup yuvarlak ucun kurumasını geciktirmek için genelde glikol ve formamid gibi organik sıvılar içerirler. Bu mürekkeplerin içindeki boyalar suda veya asidik boya tuzları içinde çözünebilirler. Bu boyaların ışığa dayanıklılığı metalleştirilmiş asit boyalarda iyi, bazı temel boya tuzlarında ise yetersizdir. Su dayanıklılığı genelde zayıf olmakla birlikte bu boyaların bazıları kâğıttaki selüloz lifleriyle birleşme eğilimindedir ve bu da suya dayanımı arttırır. Suya dayanıklı döner yuvarlak uçlu marker mürekkepleri de mevcuttur. Bu mürekkepler suda hiç çözünmezler ve sadece piridin veya dimetilsulfoksit (DMSO) gibi güçlü organik çözücülerde çözünebilirler" (Purdy, 2000).

1.3.5. Keçeli veya Delik Uçlu Kalem Mürekkepleri

"Bu mürekkep sınıfı ilk olarak 1962'de Japonya'da, 1965'te de ABD'de geliştirilmiştir. Keçeli kalem mürekkepleri genelde su veya ksilen (xylene) bazlı olup, döner yuvarlak uçlu marker ve dolmakalem mürekkeplerindekilere benzer boya ve ilaveler içerirler. Su bazlı mürekkepler doğal olarak suda çözünür olup eksilen bazlılar suya dayanıklıdır ve ancak güçlü organik çözücülerde çözünebilirler. Formamid veya glikol çözücüler, lif ucun kurumasını önlemek için gereken en önemli içerik maddeleridir. Metalik boyalar içeren keçeli kalem mürekkepleri ışığa dayanıklıdır" (Purdy, 2000).

1.3.6. Jel Kalem Mürekkepleri

Yazı araçları endüstrisindeki en yeni gelişme Japonlarca bulunan jel mürekkepli kalemlerdir. Jel mürekkepler ilk olarak 1984'de SakuraColorProducts Ortaklığı tarafından geliştirilmiştir. Dört adet jel-pen mürekkep markası piyasaya sunulmuştur. Bunlar, Mitsubishi tarafından UniballSigno, Zebra J-5, PentelHybrid ve SakuraGellyRollPen'dir. Bu kalemler 1980'lerin ortasından beri Japonlarca satılmakta olup ABD'de 1993'ten beri sınırlı sayıda kalem satılmıştır. Günümüzde iki ABD'li üretici bu kalemlerden üretmektedir.

"Jel mürekkepler, organik boyalar yerine hiç çözünmeyen renklendirilmiş pigmentler içermektedir. Bu mürekkeple yazılan yazı, tükenmez kalemle yazılana çok benzemektedir. Bu mürekkeplerde, su ana çözücü olup renklendirme maddesi olarak pigmentler kullanılmıştır. Su bazlı bu mürekkep jel olup sıvı formda değildir. Suda da, güçlü organik çözücülerde de çözülmez. Bu fiziksel özellik, iki veya daha fazla jel mürekkebin kıyaslanarak analizini klasik yöntemlerle imkânsız kılar" (Purdy, 2000)

1.4. Mürekkebin Adli Bilimciler İçin Belge Yaşının Tayininde Işıkla İlk Tanışması

Mürekkep yaşı, adli bilim inceleme laboratuarlarının ve doküman inceleme uzmanlarının ortak problemi olup henüz dünyada bu konu ile ilgili tartışmasız bir çalışma bulunmamaktadır. "Son 30 yıl içinde bir soruşturmanın herhangi bir aşamasında bir belgenin hazırlanma tarihine ilişkin herhangi bir soru gündeme geldiğinde, mürekkep yaşının belirlenmesinin gerekliliği dünyada adli bilim insanları ve belge araştırmacıları açısından önem kazanmıştır." (R.L. Brunelle, 1987)

"Belgeye zarar vermeyen bir yöntem olan Raman Spektroskopisi doküman inceleme uzmanları için özellikle dikkat çekicidir. Geçen birkaç yılda gerçekleşen teknolojik devrim bu tip cihazların üretimini ve kullanımını basitleştirmiştir. Bu cihazların yeni modellerinin daha fazla enerji çıkışı sağlaması, ölçümler için gerekli olan süreyi kısaltması ve lazer (Zorlanmış Emisyon ile Işık Çoğaltılması) yoğunluğunu azaltması ile dokümanlar zarar verilmeden incelenebilmektedir." (Fabianska, 2001) "Kağıtlar üzerindeki mürekkeplerin incelenmesinde Raman Spektroskopisi, standart metotlardan daha fazla ek bilgiler verir ancak yanlış sonuca götürme riskinden dolayı mürekkep incelemesi için tek başına basit bir teknik olarak kullanılmamalıdır. Örneğin, Raman spektroskopisi ile incelenen mavi ve siyah bir tükenmez kalem mürekkepleri zaman zaman çok benzer iki spektrum verebilmektedir. " (Andermann, 2001)

Bir numunenin güçlü bir lazer kaynağıyla ışınlanmasıyla saçılan ışının belirli bir açıdan ölçümüne dayanır. Moleküllerin şiddetli bir monokromatik ışın demeti ile etkileşmesi sırasında ışık absorpsiyonu olayı gerçekleşmiyorsa ışık saçılması olayı meydana gelir. Işık saçılması sırasında saçılan ışığın büyük bir kısmının enerjisi madde ile etkileşen ışığın enerjisine eşit olur ve bu tür elastik saçılma olayına

Rayleigh saçılması denir. Raman saçılması sırasında saçılan ışığın enerjisinde molekül ile etkileşen ışığınkine göre oluşan fazlalık veya azlık, ışıkla etkileşen molekülün titreşim enerji düzeyleri arasındaki enerji farkları kadardır. Bu yöntemde molekül ile etkileşen ışığın dalga boyuna göre saçılan ışığın dalga boyunda oluşan farklar ölçülür. Bu nedenle Raman saçılmasının spektroskopik incelenmesi ile de moleküllerin titreşim enerji düzeyleri hakkında bilgi edinilebilir. Bu tür bir spektroskopik yöntem *Raman spektroskopisi* adını alır. Raman spektroskopisi molekül ve kristal örgülerdeki bağlı atomların elektron bulutlarının, gelen ışıkla etkileşerek titreşmesi sonucunda meydana gelen Raman saçılma sürecine dayanmaktadır. Raman Spektroskopisi, hiçbir numune hazırlamayı gerektirmeyen sadece küçük bir numunenin ölçüm için yeterli olduğu ve numuneye zarar vermeyen bir yöntemdir. Raman spektroskopisi yöntemi ile katı sıvı ve gaz örnekler incelenebilir.

İspanya Alcala Polis Laboratuvarı, Raman spektroskopisi yöntemi ile mürekkepler arasındaki farkları tespit etme çalışmalarına ağırlık vermiştir. Kimyasal imza adını verdikleri her mürekkebin yapısının farklı olduğu anlayışından yola çıkarak Raman spektroskopisi yöntemi ile mürekkeplerin zamanla uğradığı yapısal değişimi tespit etmeye çalışmaktadırlar.

Polonya Adli Bilimler laboratuvarı da belgeye zarar vermemesinden ve analiz maliyetinin düşük olmasından dolayı Raman spektroskopisi yöntemi ile belgeyi incelemeyi tercih etmiştir. Çalışmalarda belgenin sadece emilim ve ışıması özellikleri üzerine yoğunlaşılmıştır. Bu konuda somut adımlar atan Polonya Laboratuvarı, mürekkebin yapısındaki değişikliğin başlıca nedenlerinin oksijen, nem, radyasyon ve sıcaklık olduğunu değerlendirmiştir. Laboratuvar ortamında hazırlanan belgelerden, ışıksız bir ortamda ancak sadece güneş ışığının altında muhafaza edilmiş ve belgelerdeki mürekkebin değişimi incelenmiştir. Güneş ışığına maruz bırakılan belgeler, yeni oluşturulan belgelerle daha sonra da sadece karanlıkta bekletilen belgelerle mukayese edilmiştir. Raman cihazı yardımı ile bu değişikliğin rahatlıkla

tespit edilebileceği görülmüştür. Daha sonra, laboratuvar ortamında hazırlana bir grup belge UV (morötesi ışınım) ışığına maruz bırakılmıştır. Diğer gruptaki belgeler ise aşırı sıcaklığa maruz bırakılmıştır. Yapay yaşlandırma yolu ile 100 saat dış faktörlere maruz bırakılan belgeler Raman Spektroskopisi Yöntemi ile analiz edildiğinde mürekkebin yapısındaki asıl değişikliğin başlıca nedeninin sıcaklık değil radyasyon olduğu kanıtlanmıştır. Ancak "Polonyalı uzmanlar mürekkebin farklı dış etkenlere maruz bırakılarak Raman cihazı ile değişikliği tespit etme şeklindeki deneyleri birden fazla kez yaptıklarında elde edilen değerlerin tekrar edilebilirliğinin olmadığını görmüşlerdir. Bu nedenle Raman spektroskopisi yönteminin tek başına bu tür bir analizde kullanılmasının yanıltıcı olduğu kanısına varmışlardır". (Şahin, 2013)

1.5. Mürekkep Yaşı Tayininde Kullanılan Metotlar

Mürekkep yaşının tayininde kullanılan yöntemleri belgeye zarar veren yöntemler ve belgeye zarar vermeyen yöntemler olarak ayırmak mümkündür.

1.5.1. Belgeye Zarar Veren Yöntemler

-İnce Tabaka Kromatografisi Yöntemi

-Kapiler Elektrofez Yöntemi

-TD-GC-MS Sistemi Kullanılarak Çözücünün Kaybolma Oranı Tespit Yöntemi

-LC-MC Sistemi Kullanılarak Çözücünün Kaybolma Oranı Tespit Yöntemi

1.5.1.1. İnce Tabaka Kromatografisi (İTK)

"İnce Tabaka Kromatografisi, uçucu olmayan organik ve inorganik bileşikleri ayırt etmek için kullanılan bir sıvı kromatografi yöntemidir. İnce Tabaka Kromatografisi, hem mürekkepleri ayırt etmek hem de mürekkep formüllerini tanımlamak için kullanılmaktadır. İTK tabanlı mürekkep yaşı belirleme teknikleri ile şüpheli bir mürekkebin yaşını, bu mürekkep ile aynı formülde olan ve yaşı bilinen referans örneklerle karşılaştırarak belirlenebilmektedir. İTK metodu, yazı mürekkeplerinin karakterize edilmesinde oldukça bilgi veren bir teknik olmasından dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır. Kağıt kromatografisinden geliştirilmiş olan ince tabaka kromatografisi, aslında boyalarla ilgili bilgi vermektedir ancak bileşenleri birbirinden ayırma ve eleme amacıyla kullanıldığı için sıklıkla tercih edilmektedir. Bu tekniğin avantajları; oldukça küçük miktarlarda numune ile inceleme yapılabilmesi, cihazın basitliği ve düşük maliyetidir. İnce tabaka kromatografisinin dezavantajı ise; kağıt üzerinde çözülmesi gereken mürekkebin her zaman çözülememesidir. Ayrıca, bu teknikle incelenen materyallerin boyaları aynı ve diğer bileşenlerinin içeriği farklı ise bu durum farklı sonuçlar elde edilmesine neden olabilir." (Karslı, 2006)

"İnce Tabaka Kromatografisinin çalışma prensibi şu şekildedir. Mürekkep numunesi uygun bir çözücüde çözülerek cam, alüminyum veya plastik bir levha üzerinde sabitlenmiş kararlı bir fazdan oluşan bir levhanın alt kısmına yakın çizilen bir çizgi üzerine nokta veya şerit olarak aktarılır. Numunenin bileşenlerinden bilinmeyenler, anında standartlarla karşılaştırılarak tanımlanabilir. Levhanın en alt kenarı hareketli sıvı fazda çözücü içeren bir tanka yerleştirilir; çözücü levha üzerinde bulunan sabit fazı yukarı doğru hareketlendirir. Sabit faz levha üzerinde belirli bir yüksekliğe ulaştığında levha, çözücü içeren tanktan çıkarılır. Mürekkepler pek çok bileşikten oluşmuş karışımlardır. Sabit fazda bulunan bu farklı bileşiklerin hareketli sıvı faz (mobil faz) ile etkileşimleri birbirinden farklı olduğu için levha üzerinde farklı

noktalara farklı hızlarla ulaşacaklardır. En çok ayrılan mürekkep bileşenleri, kendi renklerinden kaynaklanan kromatogram üzerinde kolaylıkla tespit edilir. Diğer ayrışmış noktalar (renksiz mürekkep bileşenleri) ise UV ışığıyla veya levhaya uygun bir renklendirici ayıraç uygulamak suretiyle gözlenebilir. Boyanın kimyasal tanımlaması ve yazı mürekkebinin sınıflandırma ve ayrıştırılması yanında, mühür ıstampası ile daktilo şeridi mürekkebi, baskı mürekkepleri (sahte parada kullanılanlar dahil), karbon siyahı pigmentleriyle karışmış boyalar içeren fotokopi tonerleri ve ink jet yazıcı mürekkepleri bu yöntemle ayırt edilebilmektedir.

Son yıllarda, mürekkeple yazılmış belgelerin yaşının belirlenmesi için İTK kullanımına ilişkin farklı yaklaşımlar denenmiştir. Zamanla değişim göstermeyen mürekkeplerin analitik kesitleriyle uğraşan ve "durağan" olarak adlandırılan yaklaşıma göre uzman, mürekkebin yaşını veya kaynağını bir dizi referans standarda göre veya optik parlatıcılar ya da üretici tarafından özellikle eklenen diğer nadir bileşenleri tespit ederek belirler. Eğer analiz edilen mürekkebin üreticisi belirlenirse ve formülün benzersiz olduğu gösterilirse (bir özellik veya bu formülün sadece üretici tarafından bilinmesi sayesinde), mürekkebin ilk üretim tarihinin belirlenmesi için üreticinin dosyaları incelenir. Bu sayede, belgenin hazırlandığı iddia edilen tarihte şüpheli mürekkebin kullanılmış olup olamayacağı anlaşılmış olur. Buradaki açık kısıtlama, sadece kaç mürekkebin bu şekilde benzersiz tarih belirleme özelliğine sahip olduğudur." (Karslı, 2006)

1.5.1.2. Kapiller Elektroforez Yöntemi

İletken bir çözelti içerisindeki yüklü/yüksüz parçacık ve moleküllerin bir elektriksel alan içerisinde göç etmesi yöntemidir.

1.5.1.3. TD-GC-MS Sistemi Kullanılarak Çözücünün Kaybolma Oranı Tespit Yöntemi

Bügler tarafından yapılan çalışmalar, mürekkep içeriğinde bulunan ve diğer bileşenlere göre ısıya daha fazla duyarlılık gösteren fenoksi etanolun farklı ısılara maruz bırakılması ve miktarında meydana gelen değişikliklerin grafiksel olarak incelenmesine dayanmaktadır. Mürekkep yaşı tayininde en çok başvurulan yöntemdir.

Yöntem basamakları şu şekildedir:

- Belgeden 0.5 mm'lik bir numune olarak alınır ve tenax tüpüne konur.
- Termal desorption (TD) cihazında 20 dk. süreyle 90 C°de desorpsiyon yapılır.
- -10 C°de bekletilir ve daha sonra numune sıcaklığı 300 C°ye çıkartılır.
- 3 dk. Bekletildikten sonra GC cihazına konur.
- Cihaz sıcaklığı 1 dk. 45 C° şeklinde ayarlanır ve sonrasında 100 C°ye kadar ısıtılır.
- Numune 190 C°ye kadar ısıtılır ve bu sıcaklıkta 4 dk. bekletilir.
- Numune son adım olarak 200 C°ye kadar ısıtılır ve 5 dk. bekletildikten sonra desorpsiyon yapılır.
- Yüksek duyarlılığı nedeniyle Selected Ion Monitoring(SIM) modu seçilir.

Kromatogramda farklı ısılara maruz kalan fenoksi etanolun pik alanından miktarları hesaplanır(M1). Grafiksel incelemede, 90 C°de ve 200 C°de desorpsiyon yapılan iki numunenin miktarları karşılaştırılır. Sonuç olarak, farklı ısılara maruz kalmış iki mürekkep numunesinin miktarlarının zamanla değişimi belirlenir.

1.5.2. Belgeye Zarar Vermeyen Yöntemler

-İnfrared Spektroskopisi Yöntemi

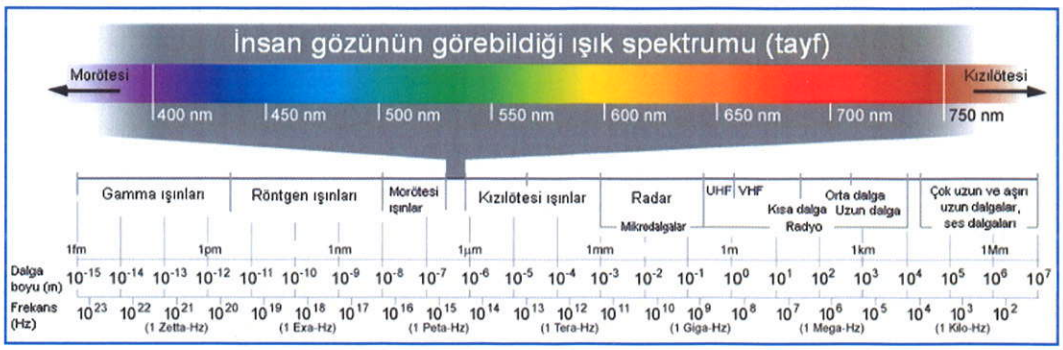
-Raman Spektroskopisi Yöntemi

-UV-Görünür Bölge Spektroskopisi Yöntemi

1.5.2.1. Yakın Infrared Bölgesinde Dokümanların Soğurma ve Yansıma İncelemeleri (İnfrared Spektroskopisi Yöntemi)

Görünür ışığın soğurulması ve yansıması bir nesnenin rengini belirler. Fakat aynı zamanda Elektromanyetik Spektrumun Yakın Infrared Bölgesindeki soğurulma ve yansıma olayları bir doküman incelemeci için mürekkepler ve alt zeminlerinin bu bölgede ayırt edilebilmesi gerçeğinden dolayı çok önemlidir.

"Dokümanların soğurma ve yansıma özelliklerinin incelenmesi (kâğıt ve mürekkeplerin) dokümanlara zarar vermeden yapılan incelemelerin en yaygın olan çeşitlerinden birisidir." (Karslı, 2005)



Şekil 1.1. Elektromanyetik Spektrum

"Bir doküman ışıkla aydınlatıldığında, bu ışığın belirli dalga boyları, diğerleri yansırken, soğurulur. Yansıma sırasında dalga boyunda bir değişiklik olmaz ve tamamen yansır ya da dağılır. Soğurulan ışık (elektromanyetik enerji) örneğin moleküllerine ya da atomlarına geçer ve soğurulan parçacıklar, örneği normal ya da taban durumundan uyarılmış duruma geçirir. Normalde taban durumuna dönerken soğurulan uyarılma enerjisi ısıya dönüşür. Alternatif olarak ise taban durumuna dönme kısmen luminesans (ışıma) olarak ortaya çıkabilir." (Karslı, 2006)

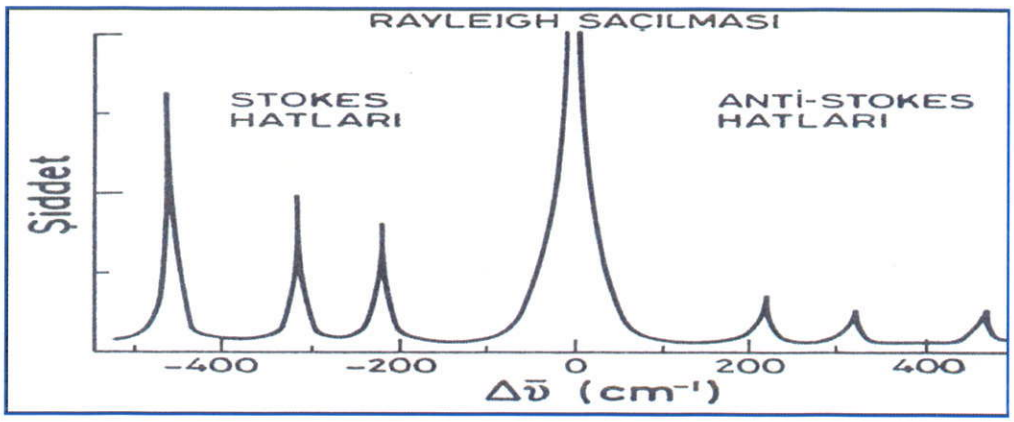
Eğer bir mürekkep ile diğeri arasında soğurma ve yansıma farkı yoksa, mürekkeplerin aynı olup olmadığı ile ilgili mantıklı ve güvenilir bir sonuç çıkarabilmek için önce luminesans inceleme, spektroskopi (Raman, İnfrared v.s.) gibi metotlar olmak üzere, sonucu kesinleştirmek amacıyla kimyasal analizler kullanılmalıdır.(Edewg, 2001)

1.5.2.2. Raman Spektroskopisi

Moleküllerin şiddetli bir monokromatik ışın demeti ile etkileşmesi sırasında, ışık soğurulması olayı gerçekleşmiyorsa, ışık saçılması olayı meydana gelir. Işık saçılması sırasında saçılan ışığın büyük bir kısmının enerjisi, madde ile etkileşen ışığın enerjisine eşit olur ve bu tür elastik saçılma olayına Rayleigh saçılması denir. Elastik saçılma olayının yanı sıra saçılan ışığın çok az bir kısmı ise molekül ile etkileşmeye giren ışığın enerjisinden daha farklı enerjilerle saçılır. Bu tür elastik olmayan saçılma olayı ise, Raman saçılması adını alır. (Karslı, 2006)

Şekil 2.'de bir karbon tetraklorür numunesinin (488 nm 20492 cm^{-1}) dalga boylu argon iyonu lazerinin yoğun bir demetiyle ışınlanmasıyla elde edilen Raman spekturumunun bir bölümü gösterilmektedir. Yayınlanan ışın üç tiptir: Stokes saçılımı, anti-stokes saçılımı ve Rayleigh saçılımı. Sonuncu saçılım tipinin dalga

boyu uyarıcı kaynağınkiyle tamamen aynı olup bu saçılım diğer iki tipten belirgin biçimde daha şiddetlidir.



Şekil 1.2. Lazer ışını ile uyarılan CCL_4'ün Raman spektrumu.

"Dokümanların bir çeşit kanıt olması ve titiz bir inceleme gerektirmesi, araştırmacıları bir yandan incelemelerinde hassas teknikler geliştirirken diğer yandan zarar vermeyen yöntemler geliştirmeye yöneltmektedir. Belgeye zarar vermeyen bir yöntem olan Raman Spektroskopisi doküman inceleme uzmanları için özellikle dikkat çekicidir. Geçen birkaç yılda gerçekleşen teknolojik devrim bu tip cihazların üretimini ve kullanımını basitleştirmiştir. Bu spektrometrelerin son üretimlerinin 30%'dan daha fazla enerji çıkışı sağlaması, ölçümler için gerekli olan süreyi kısaltması ve lazer yoğunluğu gerekliliğini azaltması ile dokümanları zarar vermeden incelemeyi sağlamaktadır. Düşük güçte lazer kullanmanın diğer bir avantajı sinyal-gürültü oranını azaltmasıdır. Şu an yeni üretilmiş, portatif spektrometre cihazları mevcuttur" (Fabianska, 2001).

Fabianska ve arkadaşları (2001), elde ettikleri sonuçlara dayanarak, optik incelemenin doküman inceleme uzmanı için diğer metotlarla değiştirilemeyecek kadar önemli bir araç olduğunu ifade etmişlerdir. Belgeye zarar vermeyen Raman Spektroskopisi de buna ek olarak sayılabilir. Raman Spektroskopisi analiz edilen örnek hakkında pek çok bilgi vermesinin yanı sıra optik gözlemlerde sıkıntı ile

karşılaşıldığı zaman etkili sonuçlar verebilir. Belgeye zarar veren metotlardan da tamamen vazgeçmek mümkün değildir.

Çizelge 1.1. Mürekkebin değişken bileşikleri baz alınarak mürekkep yaşı tayin yöntemlerinin kronolojik sıralanması (Karslı, 2006)

Yıl	Araştırmacı	Metot
1982	Stewart	Gaz Kromatografisi + Alev İyonizasyon Dedektörü kullanılması
1985	Humecki	İnfrared Spektroskopisi Yöntemi
1988	Cantu	Mürekkebi ısıtma ve kendisiyle karşılaştırma yöntemi
1993-2000	Aginsky, Brazeau, Gaudreau	Gaz Kromatografisi + Spektrofotometrik metodu ile değişken bileşiklerin/boyaların oranlarının hesaplanması, Solid Phase Microextraction + GC-MS ile değişken bileşiklerin azalma miktarının ölçülmesi
2002	Brazeau, Gaudreau	GC-MS sistemi kullanılması
2003	Andrasko	Solid Phase Microextraction + GC-MS
2004	La Porte et al.	Fenoksietanol miktarının ölçülmesi
2004	Locicirio, Mazzella, Dujourdy, Lock, Margot	Fenoksietanol miktarının GC-MS ile ölçülmesi
2005	Bugler, Buchner, Dallmayer	TD-GC-MS sistemi kullanılması
2007	Weyerman	Fenoksietanol miktarının laboratuar ortamındaki değişiminin GC-MS ile ölçülmesi
2008	Weyerman, Spengler	Yapay yaşlandırma grafiklerine dayanarak doğal yaşlanma grafiğinin modellenmesi

2. GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Gereç

Laboratuarımızda kayıt altında tutulan belgelerin imzalandığı ve düzenlendiği tarihler kesin olarak bellidir. Bu durum yapılan çalışmanın sağlıklı bir şekilde sonuçlanmasını sağlayacaktır. 2011-2013 yılları arasında Faber Castell 1475 marka aynı cins mavi mürekkepli kalemin kullanıldığına emin olduğumuz 154 adet belgenin imza bloklarını oluşturan mürekkepler VSC 5000 (Video Spectral Comperator) Doküman İnceleme Cihazı ile kullanılarak incelemeye tabi tutulmuştur.

Kullanılan hamur miktarı m^2'de 80 gr kadar olan A4 kağıt kullanılarak oluşturulmuş belgelerin mürekkep emilim yüzeyinin ve özelliklerinin aynı olduğunu bu durumda kabul edebiliriz. Her bir belge için tarihlerine göre kod numaraları verilmiştir. (Çizelge 2.1)

Çizelge 2.1. İncelenen belgelerin zamanına göre verilen kod numaraları (N1-N154)

Belge Tarihi	Kod Numarası
23.05.2011	N1
24.05.2011	N2
29.05.2011	N3
31.05.2011	N4
03.06.2011	N5
07.06.2011	N6
10.06.2011	N7
12.06.2011	N8
13.06.2011	N9
15.06.2011	N10
16.06.2011	N11
17.06.2011	N12
18.06.2011	N13
19.06.2011	N14
20.06.2011	N15
21.06.2011	N16

Belge Tarihi	Kod Numarası
21.06.2011	N17
24.06.2011	N18
20.06.2011	N19
27.07.2011	N20
27.07.2011	N21
02.08.2011	N22
24.06.2011	N23
25.06.2011	N24
17.06.2011	N25
24.06.2011	N26
25.06.2011	N27
02.08.2011	N28
27.06.2011	N29
29.06.2011	N30
24.06.2011	N31
21.06.2011	N32

Belge Tarihi	Kod Numarası
22.06.2011	N33
27.06.2011	N34
21.06.2011	N35
20.06.2011	N36
19.06.2011	N37
14.06.2011	N38
19.06.2011	N39
20.06.2011	N40
14.06.2011	N41
20.06.2011	N42
20.06.2011	N43
12.06.2011	N44
16.06.2011	N45
15.06.2011	N46
15.06.2011	N47
13.06.2011	N48

Çizelge 2.1. Devam

Belge Tarihi	Kod Numarası
13.06.2011	N49
10.06.2011	N50
20.06.2011	N51
02.06.2011	N52
02.08.2011	N53
30.10.2012	N54
29.05.2012	N55
29.11.2012	N56
29.05.2012	N57
29.01.2012	N58
28.05.2012	N59
26.11.2012	N60
28.11.2012	N61
27.12.2012	N62
26.12.2012	N63
26.12.2012	N64

Belge Tarihi	Kod Numarası
25.12.2012	N65
23.12.2012	N66
27.12.2012	N67
21.06.2012	N68
26.06.2012	N69
25.06.2012	N70
23.11.2012	N71
22.06.2012	N72
26.06.2012	N73
20.06.2012	N74
20.06.2012	N75
20.06.2012	N76
20.06.2012	N77
19.06.2012	N78
19.06.2012	N79

Belge Tarihi	Kod Numarası
19.06.2012	N80
19.06.2012	N81
16.11.2012	N82
17.12.2012	N83
15.06.2012	N84
15.06.2012	N85
15.06.2012	N86
14.05.2012	N87
13.12.2012	N88
13.12.2012	N89
13.12.2012	N90
13.06.2012	N91
12.06.2012	N92
12.12.2012	N93

Belge Tarihi	Kod Numarası
12.12.2012	N94
12.12.2012	N95
12.11.2012	N96
12.11.2012	N97
12.11.2012	N98
12.11.2012	N99
12.03.2012	N100
11.12.2012	N101
11.06.2012	N102
11.06.2012	N103
06.06.2012	N104
06.06.2012	N105
04.06.2012	N106
03.07.2012	N107
21.03.2012	N108

Belge Tarihi	Kod Numarası
31.12.2013	N109
01.11.2013	N110
02.04.2013	N111
02.04.2013	N112
02.05.2013	N113
04.02.2013	N114
04.03.2013	N115
08.02.2013	N116
08.02.2013	N117
04.01.2013	N118
03.01.2013	N119
09.01.2013	N120
14.02.2013	N121
14.02.2013	N122
15.02.2013	N123

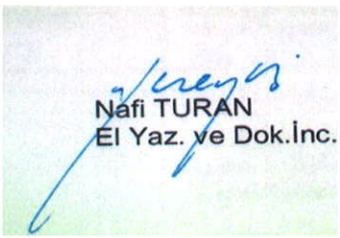
Belge Tarihi	Kod Numarası
29.01.2013	N124
14.03.2013	N125
14.02.2013	N126
14.02.2013	N127
14.02.2013	N128
14.02.2013	N129
04.01.2013	N130
04.01.2013	N131
10.01.2013	N132
04.01.2013	N133
03.01.2013	N134
09.01.2013	N135
14.02.2013	N136
14.02.2013	N137
20.03.2013	N138

Çizelge 2.1. Devam

Belge Tarihi	Kod Numarası
20.02.2013	N139
19.03.2013	N140
18.04.2013	N141
18.04.2013	N142
22.02.2013	N143
24.01.2013	N144
22.02.2013	N145
26.02.2013	N146
26.02.2013	N147
28.03.2013	N148
28.03.2013	N149
28.03.2013	N150
24.01.2013	N151
15.02.2013	N152
06.05.2013	N153
03.03.2013	N154

2.2. Yöntem

VSC 5000 cihazı ile yapılan incelemede; ınfrared ışık absorbsiyon modu kullanılarak 154 adet belge cihaz haznesine yerleştirilmiş ve kamera görüş alanına teker teker alınarak imza blokları üzerinden 1 dakika 51 saniye 8 salise süren deneyler ile spektrumlar alınmıştır.



Şekil 2.1. İmza Bloğu

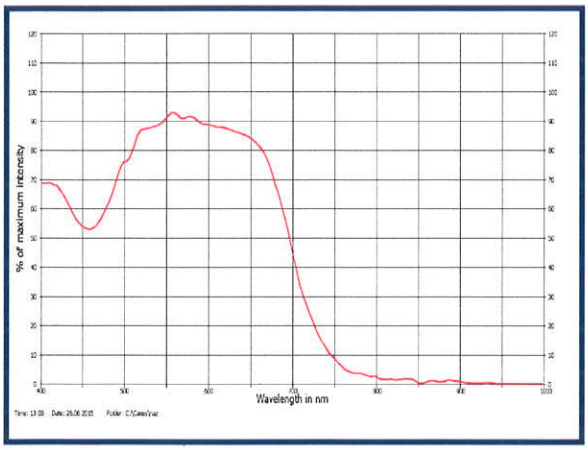
Elde edilen spektrumların 400-1000 nm dalga boyu aralığında şiddet ekseninde elde edilen verilerin benzer koşullarda saklanmış belgelerin zamana göre imza bloklarında ne gibi ölçülebilen değişimler meydana getirebileceği değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR

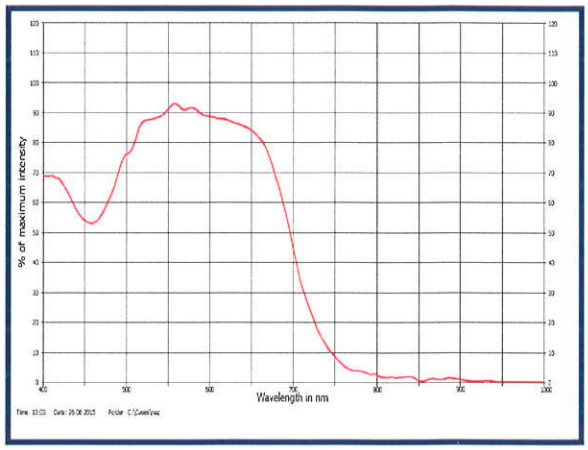
Çalışmada 2011-2013 yıllarına ait olup Faber Castell 1475 marka aynı cins mavi mürekkepli kalem ile düzenlenmiş ve aynı ortamda saklanmış 154 adet belge üzerinde VSC 5000 doküman inceleme cihazında ınfrared absorbsiyon modunda incelemeleri yapılmıştır.

VSC 5000 Doküman İnceleme Cihazı ile farklı dalga boylarında 400-1000 nm (dalga boyu birimi) infrared absorpsiyon ışık kaynakları ile tarama sonucu elde edilen spektrumlar alt alta gösterilmiştir.

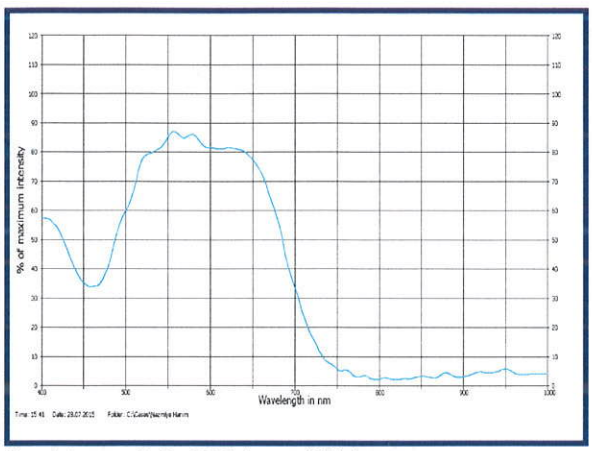
3.1. 2011 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumlar



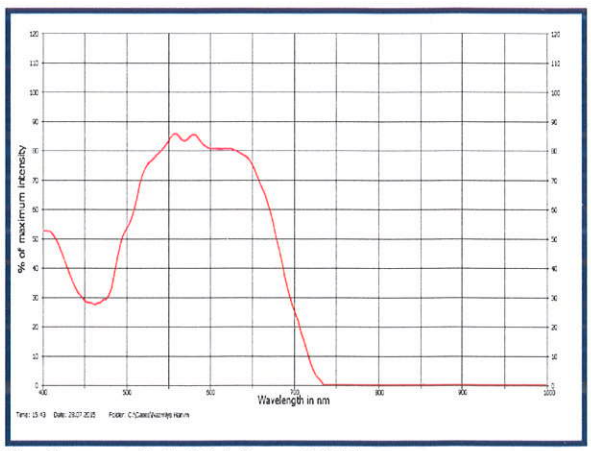
Spektrum 3.1. 23 Mayıs 2011



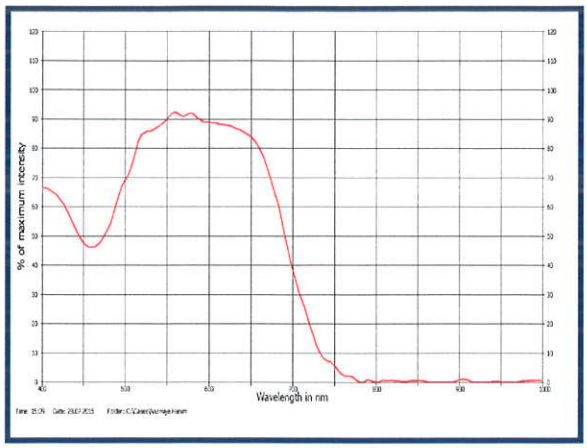
Spektrum 3.2. 24 Mayıs 2011



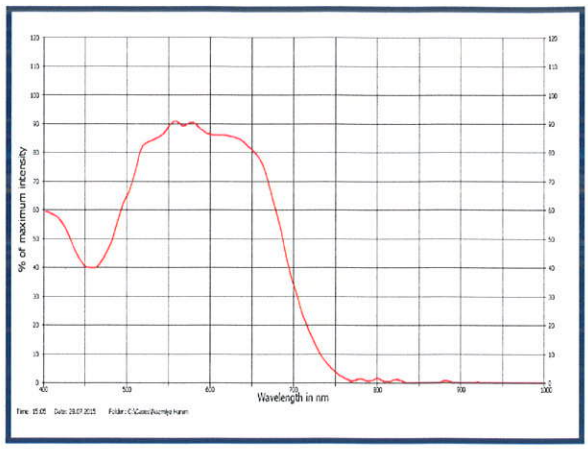
Spektrum 3.3. 29 Mayıs 2011



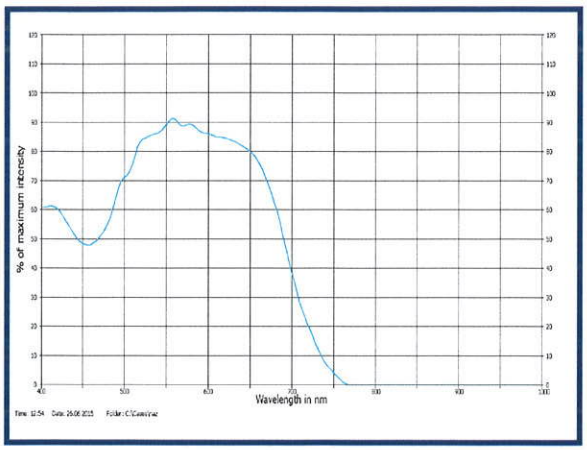
Spektrum 3.4. 31 Mayıs 2011



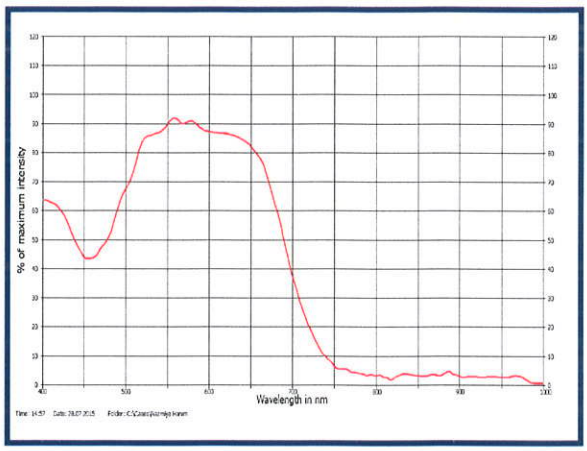
Spektrum 3.5. 03 Haziran 2011



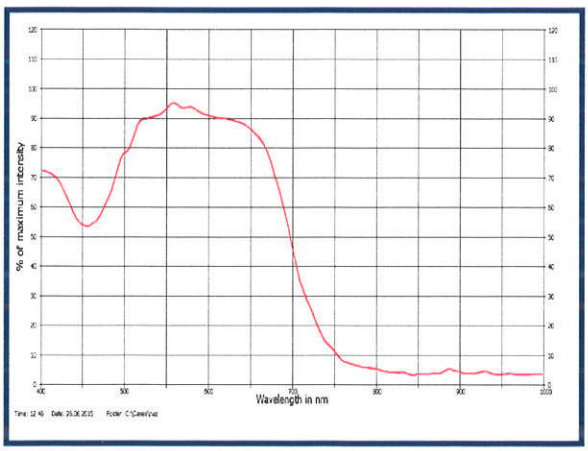
Spektrum 3.6. 07 Haziran 2011



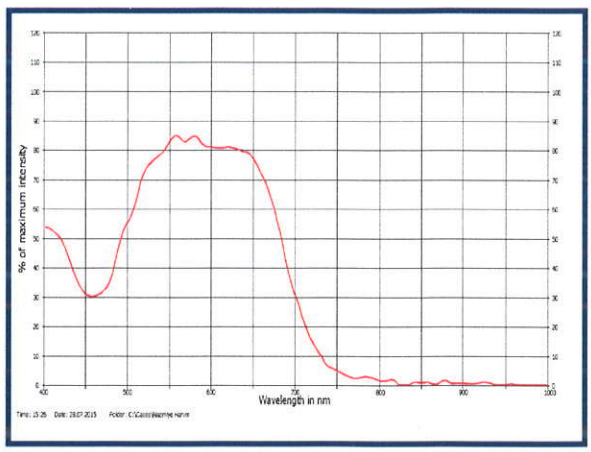
Spektrum 3.7. 10 Haziran 2011



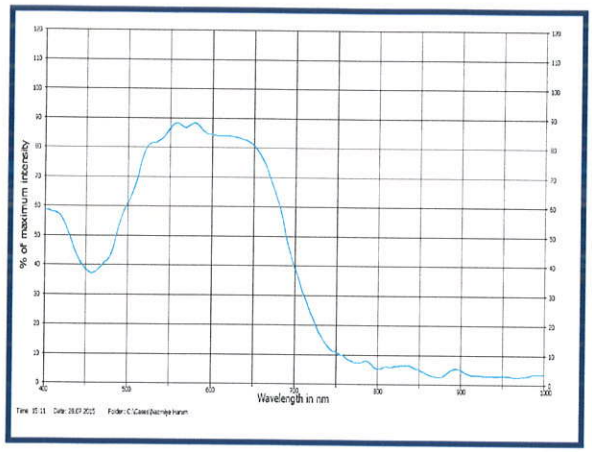
Spektrum 3.8. 12 Haziran 2011



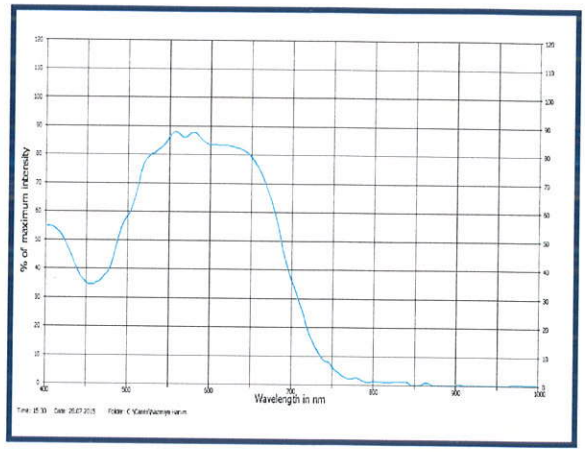
Spektrum 3.9. 13 Haziran 2011



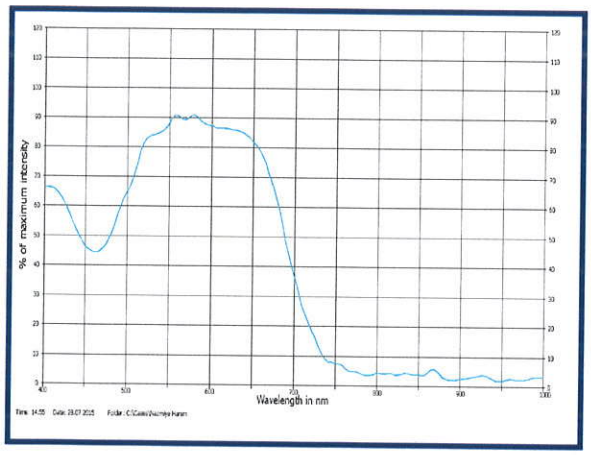
Spektrum 3.10. 15 Haziran 2011



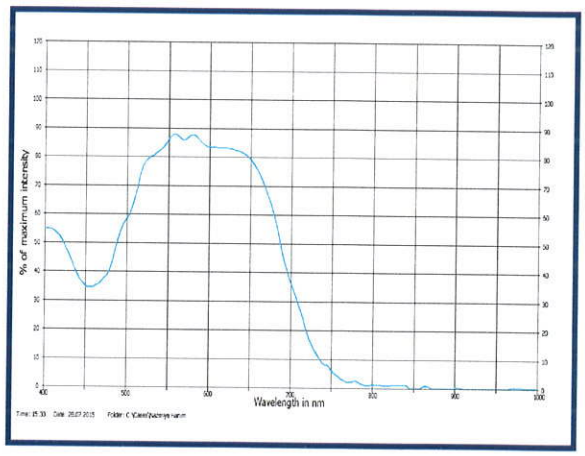
Spektrum 3.11. 16 Haziran 2011



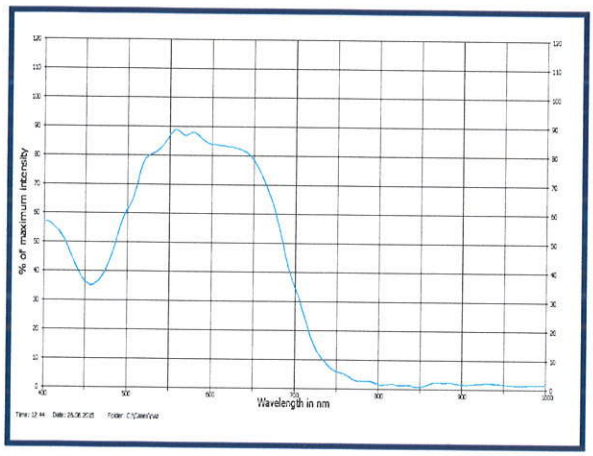
Spektrum 3.12. 17 Haziran 2011



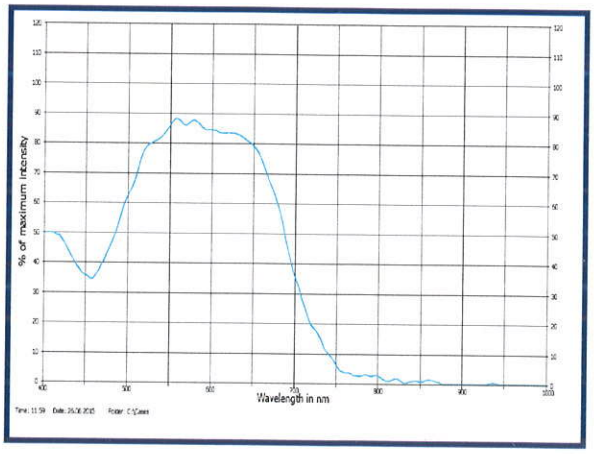
Spektrum 3.13. 18 Haziran 2011



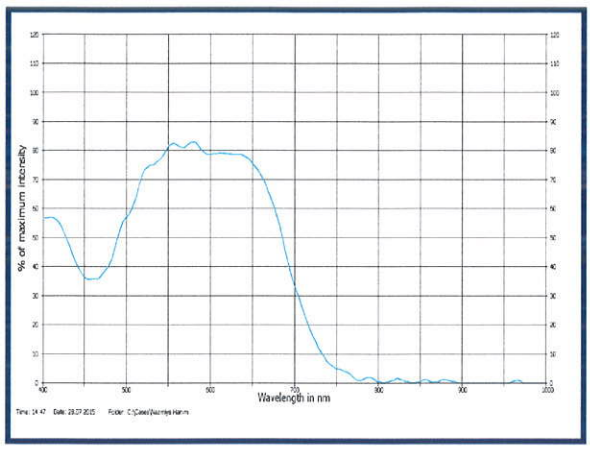
Spektrum 3.14. 19 Haziran 2011



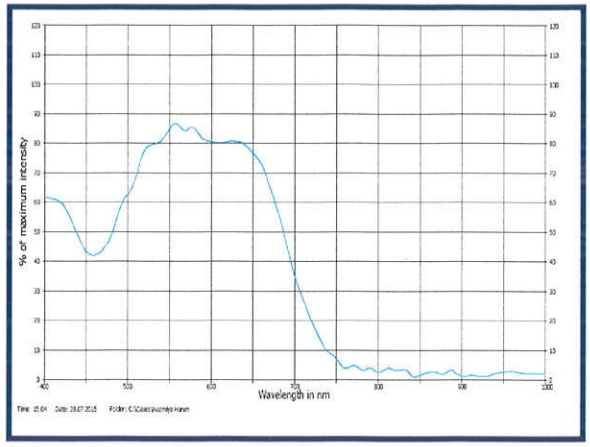
Spektrum 3.15. 20 Haziran 2011



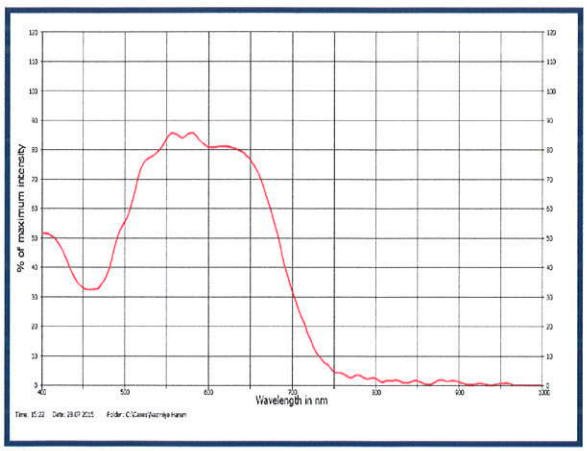
Spektrum 3.16. 21 Haziran 2011



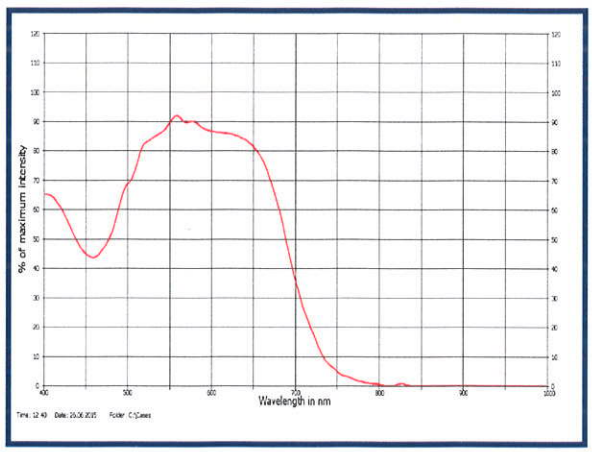
Spektrum 3.17. 21 Haziran 2011



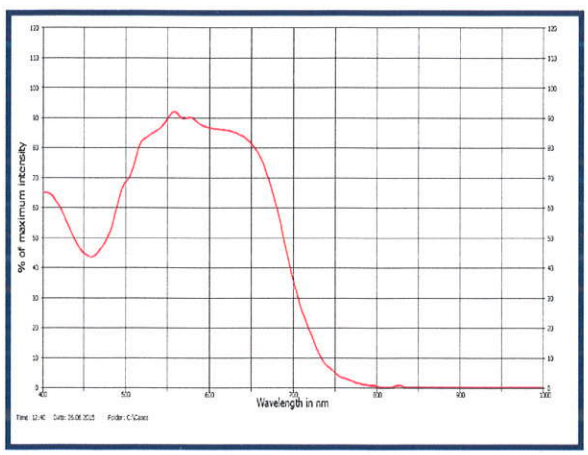
Spektrum 3.18. 24 Haziran 2011



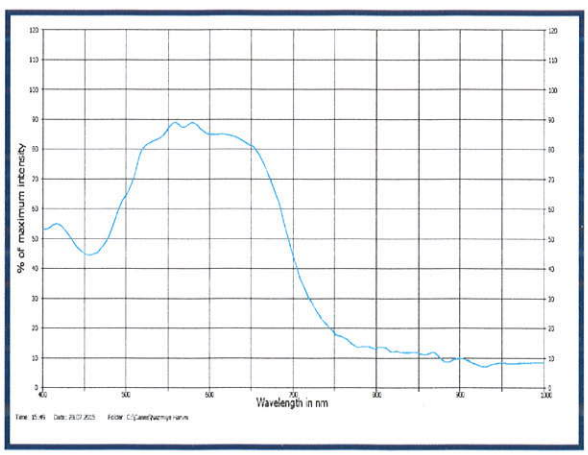
Spektrum 3.19. 20 Haziran 2011



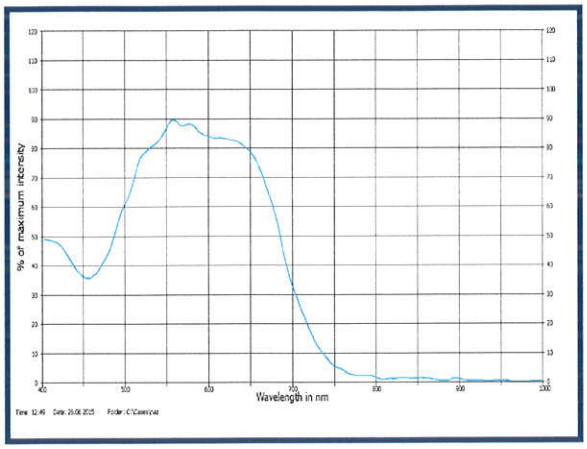
Spektrum 3.20. 27 Temmuz 2011



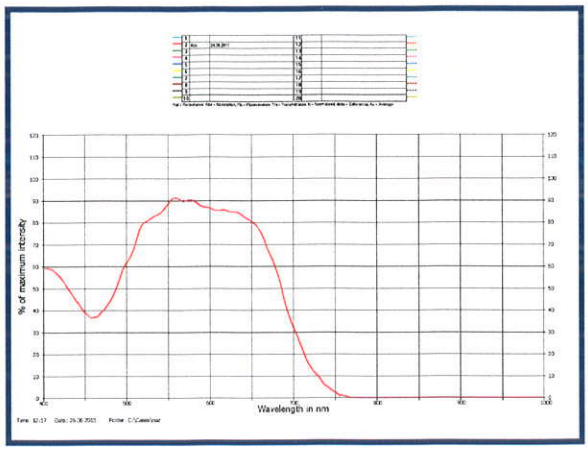
Spektrum 3.21. 27 Temmuz 2011



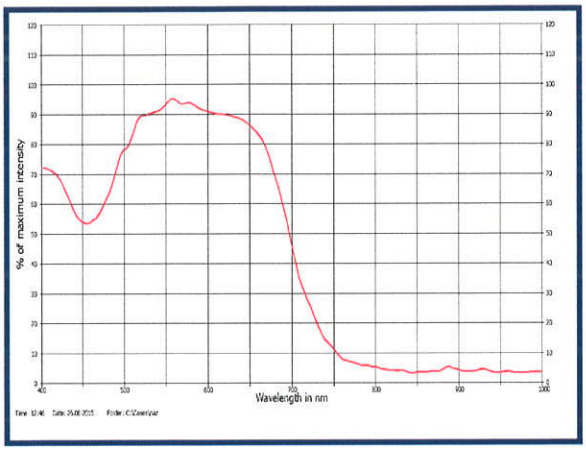
Spektrum 3.22. 02 Ağustos 2011



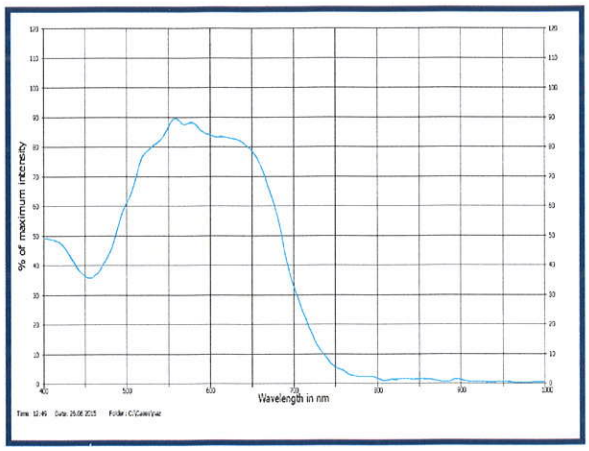
Spektrum 3.23. 24 Haziran 2011



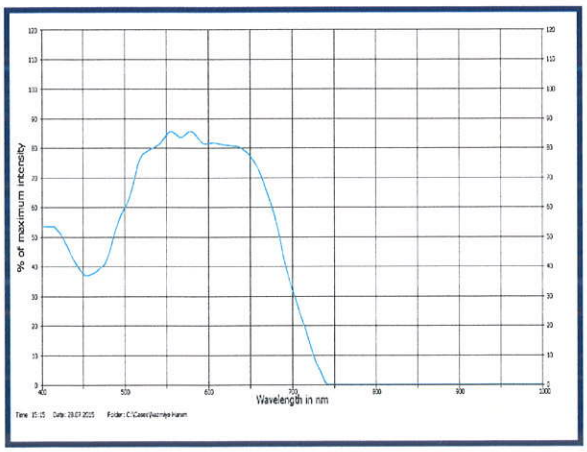
Spektrum 3.24. 25 Haziran 2011



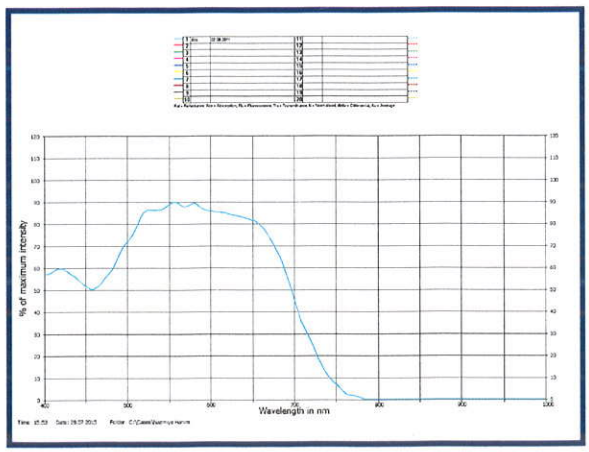
Spektrum 3.25. 17 Haziran 2011



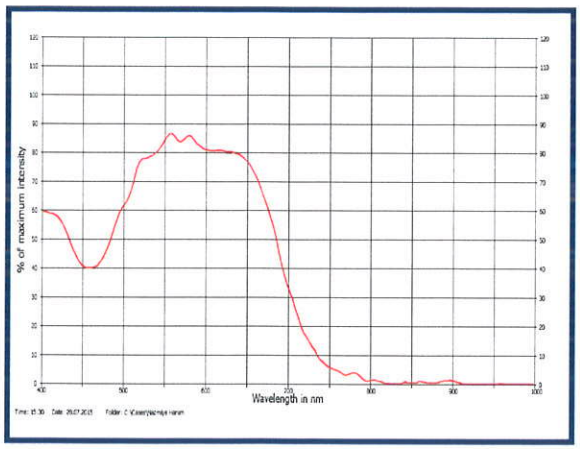
Spektrum 3.26. 24 Haziran 2011



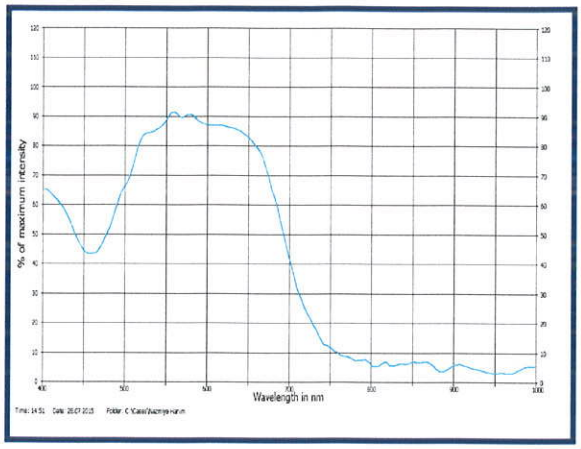
Spektrum 3.27. 25 Haziran 2011



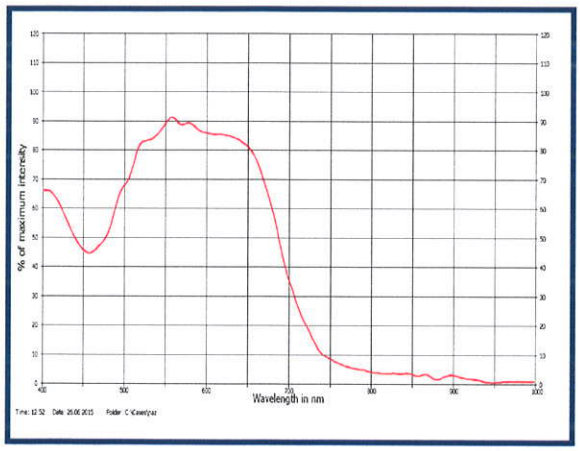
Spektrum 3.28. 02 Ağustos 2011



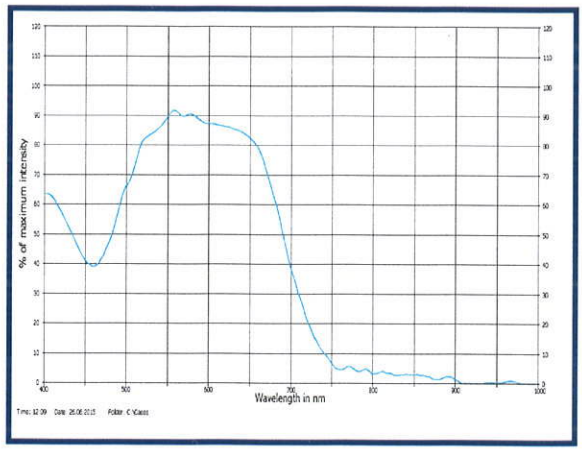
Spektrum 3.29. 27 Haziran 2011



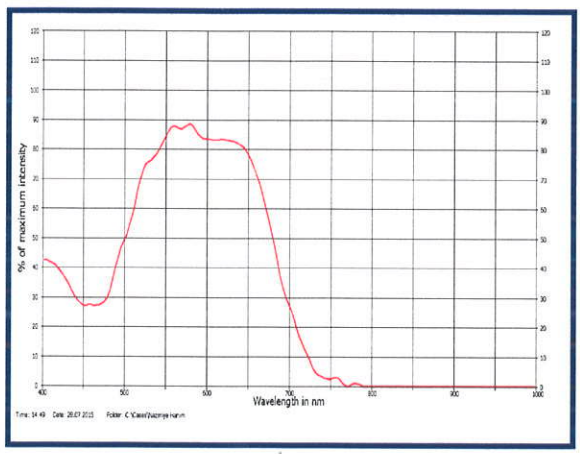
Spektrum 3.30. 29 Haziran 2011



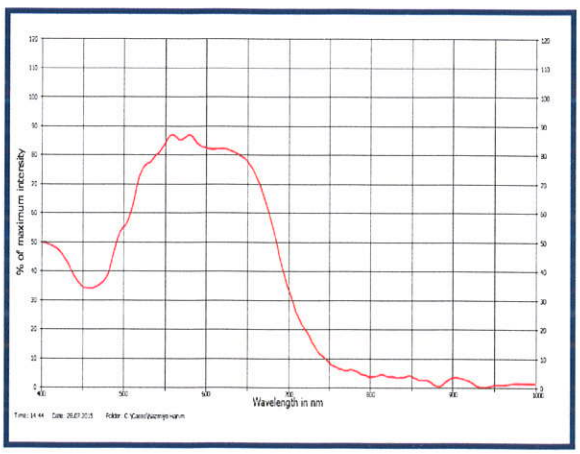
Spektrum 3.31. 24 Haziran 2011



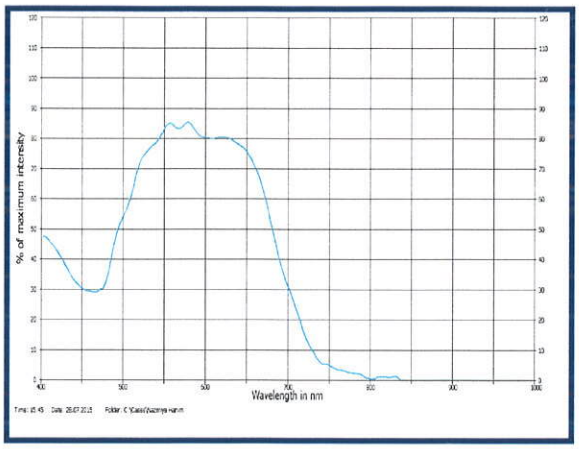
Spektrum 3.32. 21 Haziran 2011



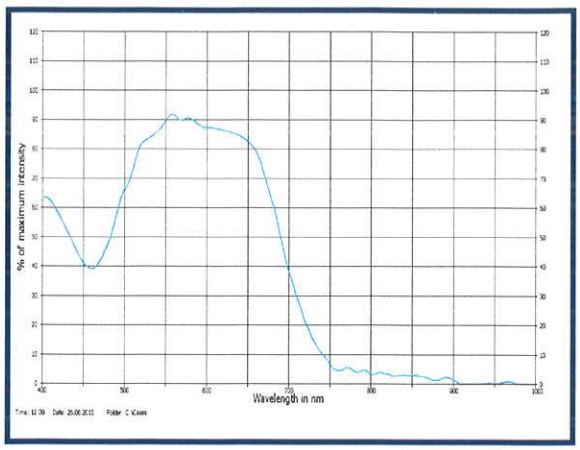
Spektrum 3.33. 22 Haziran 2011



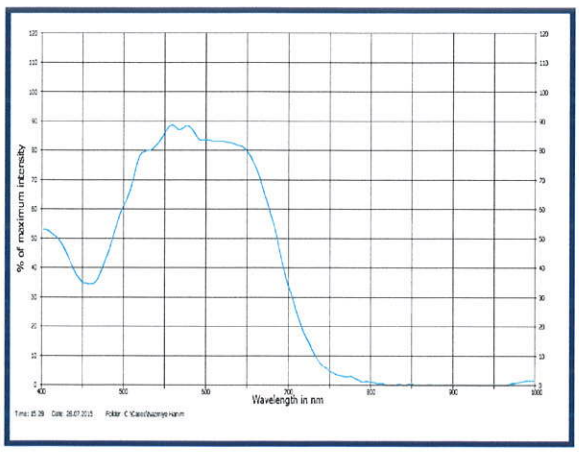
Spektrum 3.34. 27 Haziran 2011



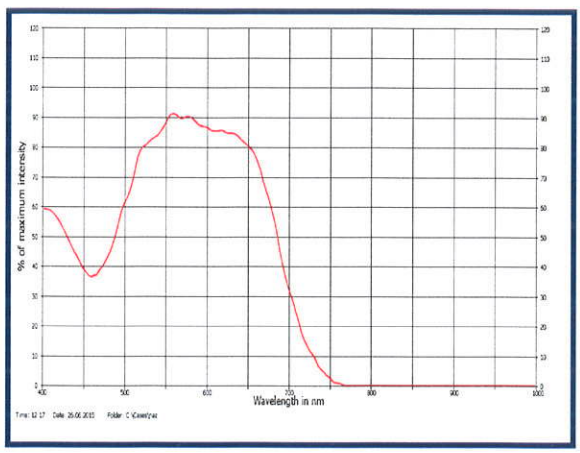
Spektrum 3.35. 21 Haziran 2011



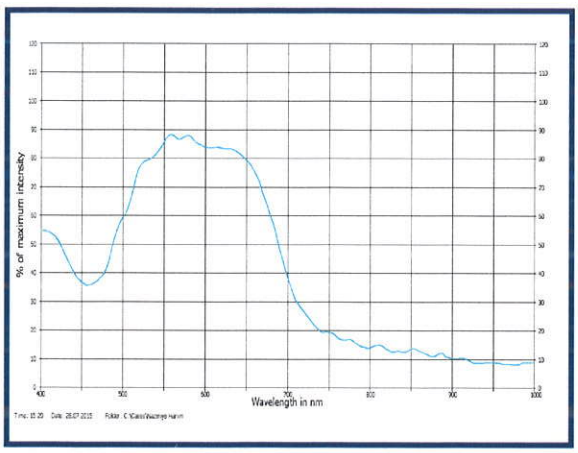
Spektrum 3.36. 20 Haziran 2011



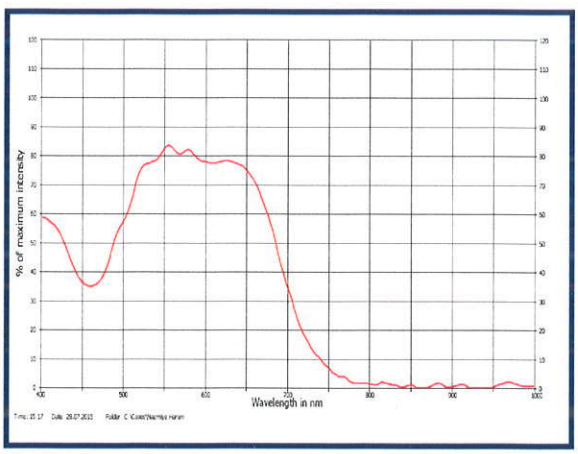
Spektrum 3.37. 19 Haziran 2011



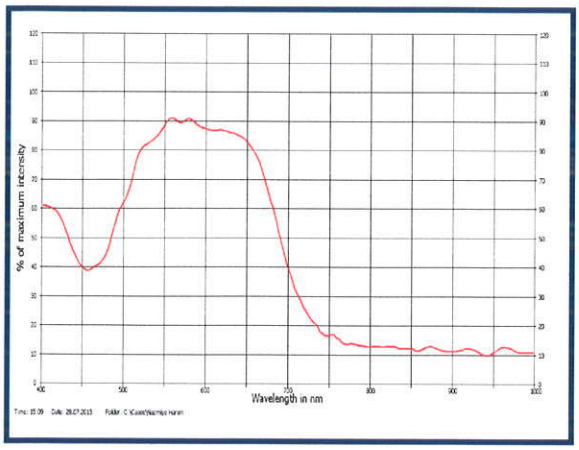
Spektrum 3.38. 14 Haziran 2011



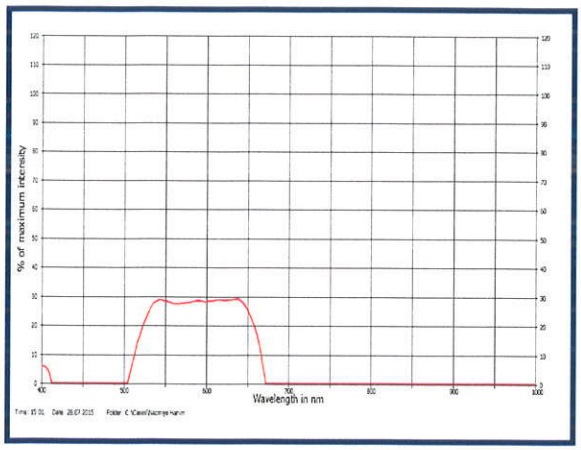
Spektrum 3.39. 19 Haziran 2011



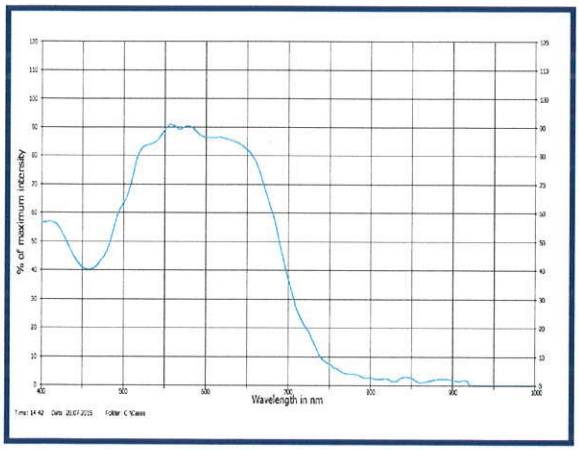
Spektrum 3.40. 20 Haziran 2011



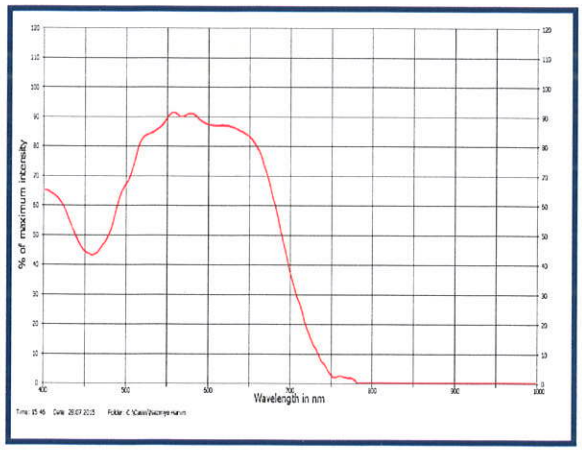
Spektrum 3.41. 14 Haziran 2011



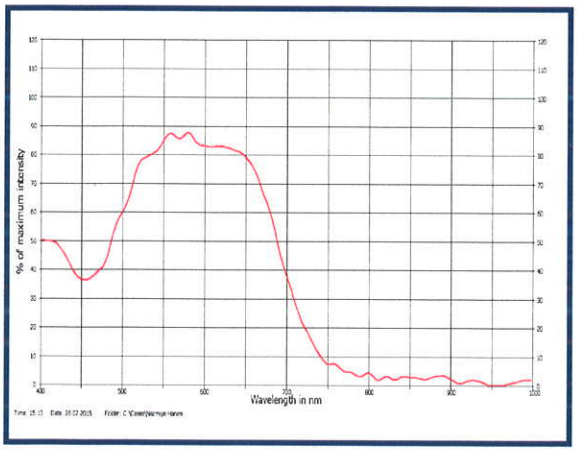
Spektrum 3.42. 20 Haziran 2011



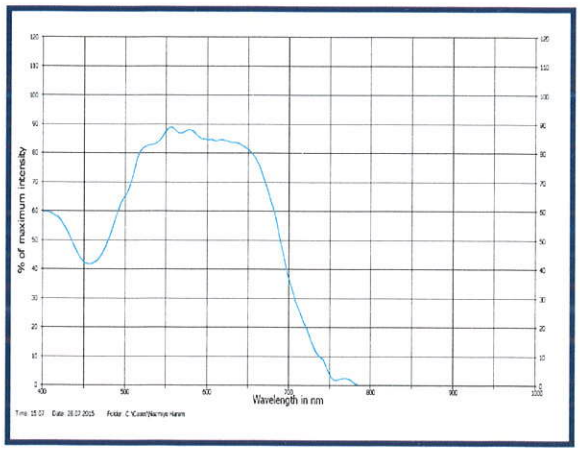
Spektrum 3.43. 20 Haziran 2011



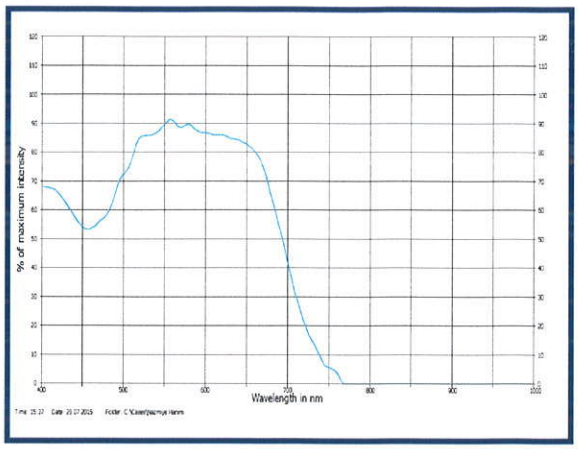
Spektrum 3.44. 12 Haziran 2011



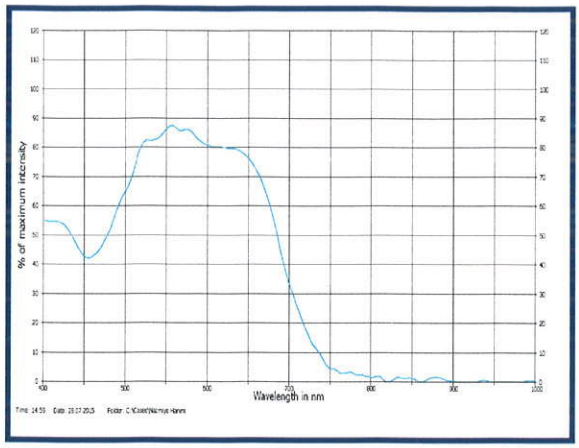
Spektrum 3.45. 16 Haziran 2011



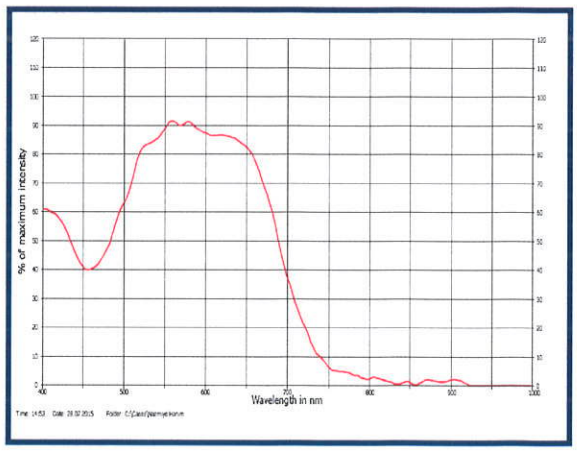
Spektrum 3.46. 15 Haziran 2011



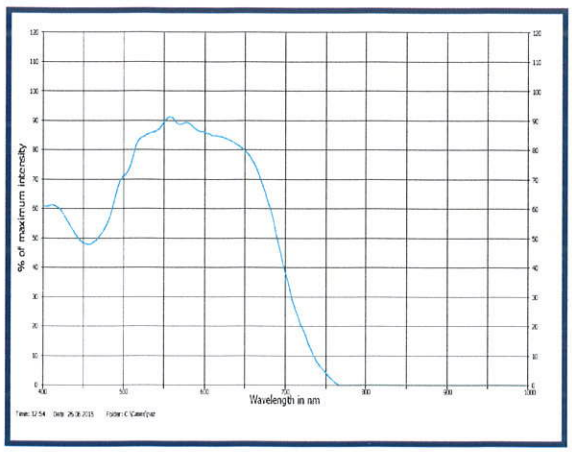
Spektrum 3.47. 15 Haziran 2011



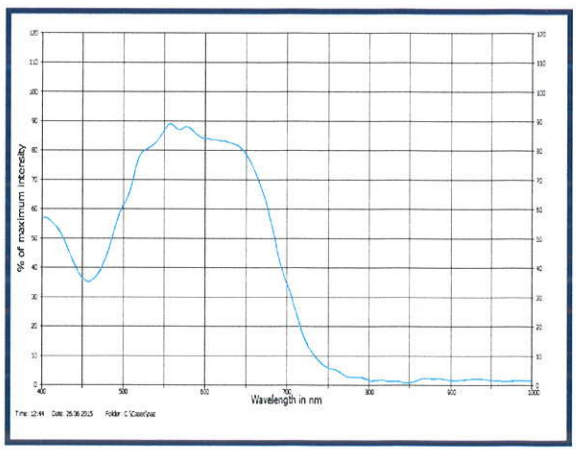
Spektrum 3.48. 13 Haziran 2011



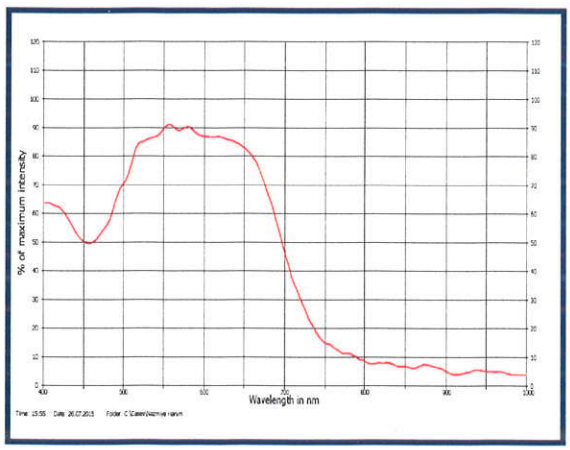
Spektrum 3.49. 13 Haziran 2011



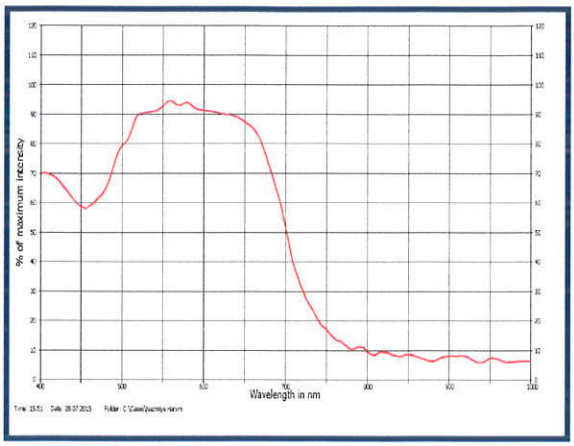
Spektrum 3.50. 10 Haziran 2011



Spektrum 3.51. 20 Haziran 2011



Spektrum 3.52. 02 Ağustos 2011



Spektrum 3.53. 02 Ağustos 2011

Çizelge 3.1. 2011 Yılına Ait Belgelerden Alınan Spektrumların 400-1000 nm Dalga Boyu Aralığında Gösterdikleri Yoğunluk Değişimi

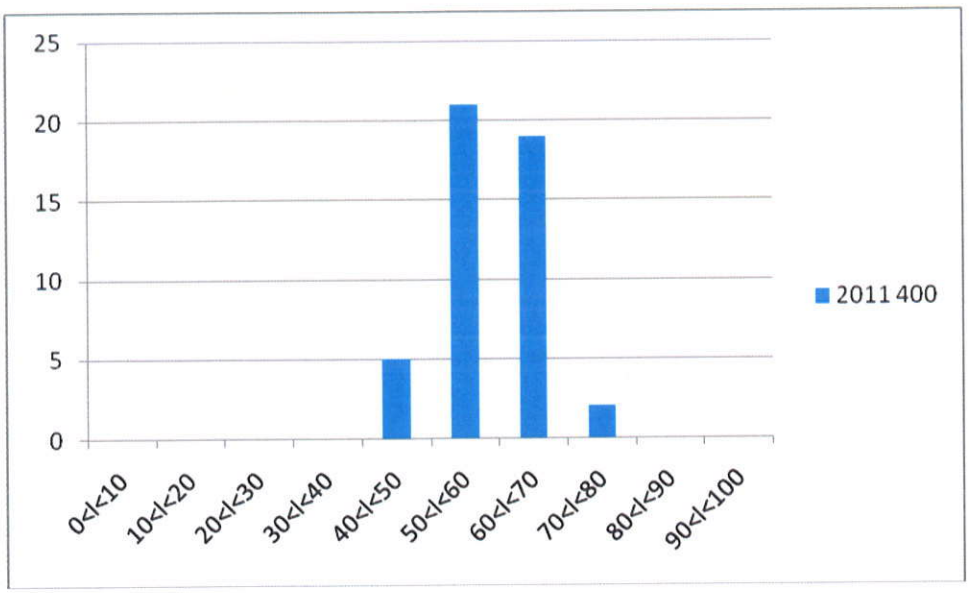
Dalga Boyu nm / I (Intensity) (N1-N22)	400	500	600	700	800	900	1000	Maximum Pik Değeri
N1	60<I<70	70<I<80	80<I<90	40<I<50	0<I<10	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N2	60<I<70	70<I<80	80<I<90	40<I<50	0<I<10	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N3	50<I<60	60	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N4	50<I<60	50<I<60	80<I<90	20<I<30	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N5	60<I<70	60<I<70	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N6	50<I<60	60<I<70	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N7	60<I<70	70<I<80	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N8	60<I<70	60<I<70	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N9	70<I<80	70<I<80	90<I<100	40<I<50	0<I<10	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N10	50<I<60	50<I<60	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N11	50<I<60	60<I<70	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N12	50<I<60	50<I<60	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N13	60<I<70	60<I<70	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N14	50<I<60	50<I<60	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N15	50<I<60	60<I<70	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N16	50	60<I<70	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N17	50<I<60	50<I<60	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N18	60<I<70	60<I<70	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N19	50<I<60	50<I<60	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N20	60<I<70	60<I<70	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N21	60<I<70	60<I<70	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N22	50<I<60	60<I<70	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90

Dalga Boyu nm / Intensity (N23-N44)	400	500	600	700	800	900	1000	Maximum Pik Değeri
N23	40<I<50	60<I<70	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N24	50<I<60	60<I<70	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N25	70<I<80	70<I<80	90<I<100	40<I<50	0<I<10	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N26	40<I<50	60<I<70	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N27	50<I<60	60<I<70	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N28	50<I<60	60<I<70	80<I<90	40<I<50	0<I<10	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N29	50<I<60	60<I<70	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N30	60<I<70	60<I<70	80<I<90	40<I<50	0<I<10	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N31	50<I<60	60<I<70	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N32	60<I<70	60<I<70	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N33	40<I<50	50<I<60	80<I<90	20<I<30	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N34	40<I<50	50<I<60	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N35	40<I<50	50<I<60	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N36	60<I<70	60<I<70	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N37	50<I<60	50<I<60	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N38	50<I<60	60<I<70	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N39	50<I<60	50<I<60	80<I<90	30<I<40	10<I<20	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N40	50<I<60	50<I<60	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N41	60<I<70	60<I<70	80<I<90	30<I<40	10<I<20	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N42	0<I<10	0<I<10	20<I<30	0<I<10	0<I<10	0<I<10	0<I<10	20<I<30
N43	50<I<60	60<I<70	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N44	60<I<70	60<I<70	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	90<I<100

Çizelge 3.1. Devam

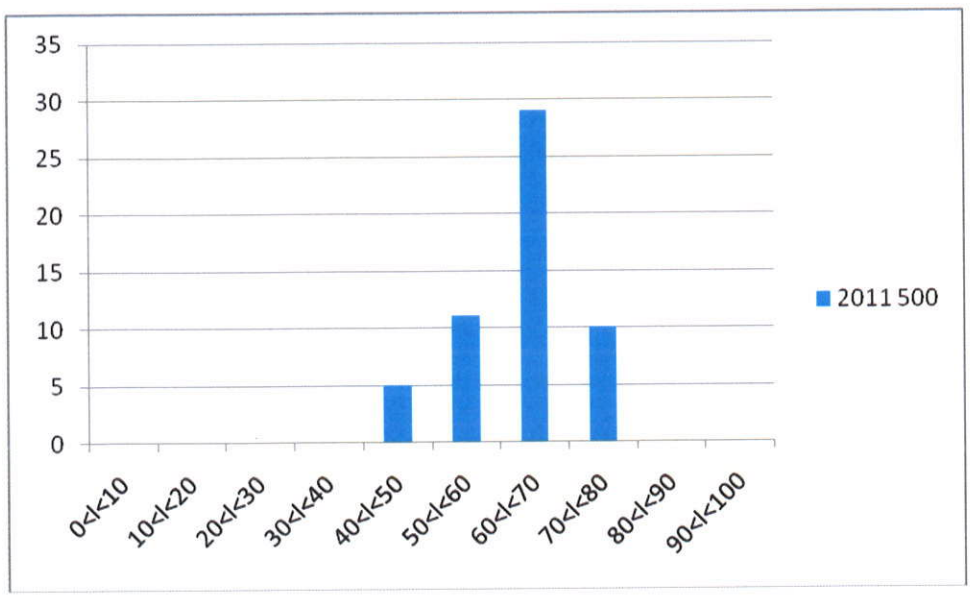
Dalga Boyu nm / Intensity (N45-N53)	400	500	600	700	800	900	1000	Maximum Pik Değeri
N45	50	60	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N46	50<I<60	60<I<70	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N47	60<I<70	70<I<80	80<I<90	40<I<50	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N48	50<I<60	60<I<70	80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N49	60<I<70	60<I<70	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N50	60<I<70	70<I<80	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N51	50<I<60	60<I<70	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N52	60<I<70	70<I<80	80<I<90	40<I<50	0<I<10	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N53	70	70<I<80	90<I<100	40<I<50	10	0<I<10	0<I<10	90<I<100

3.1.1. 2011 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 400 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi



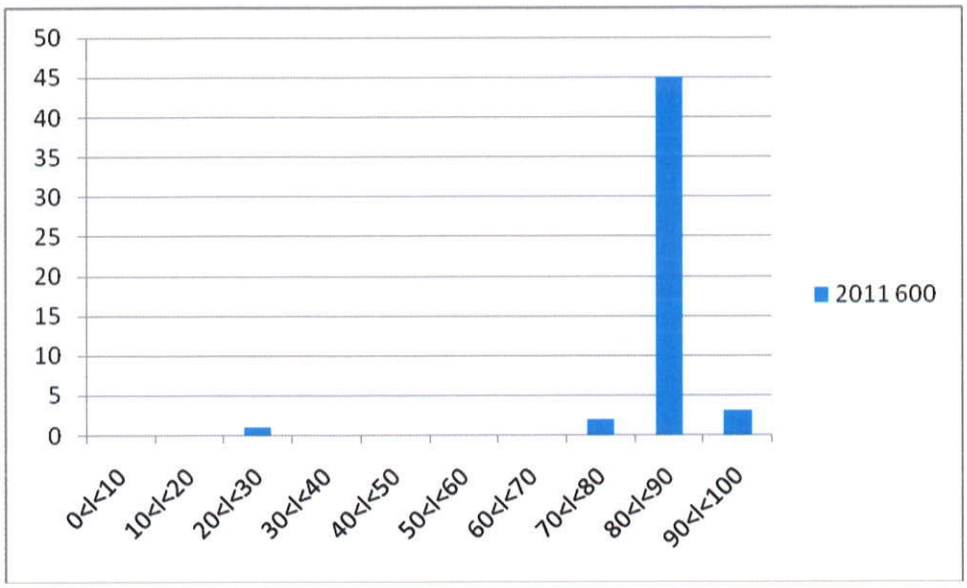
Grafik 3.1. 2011 Yılına Ait Spektrum 400 nm Analizi

3.1.2. 2011 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 500 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi



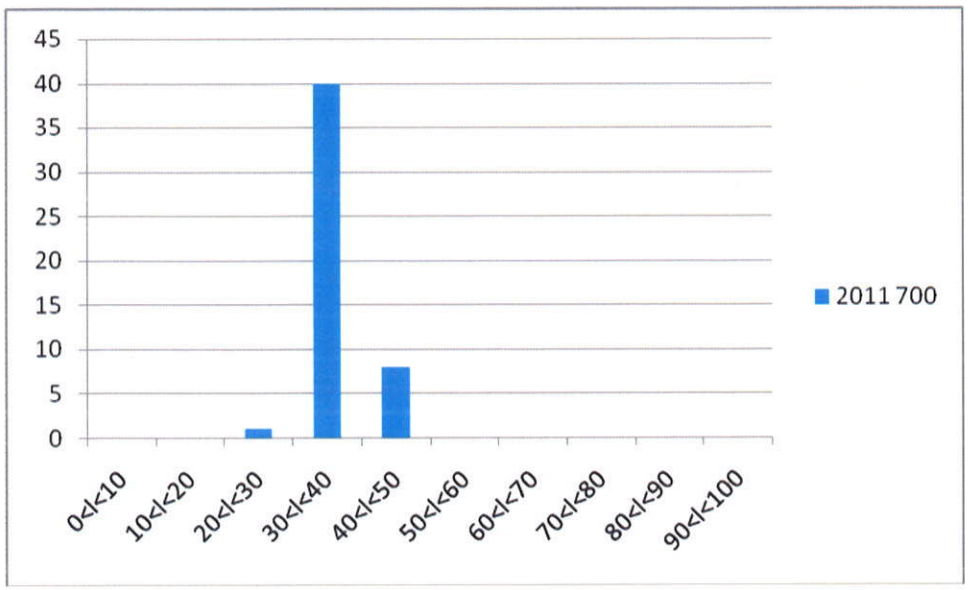
Grafik 3.2. 2011 Yılına Ait Spektrum 500 nm Analizi

3.1.3. 2011 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 600 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi



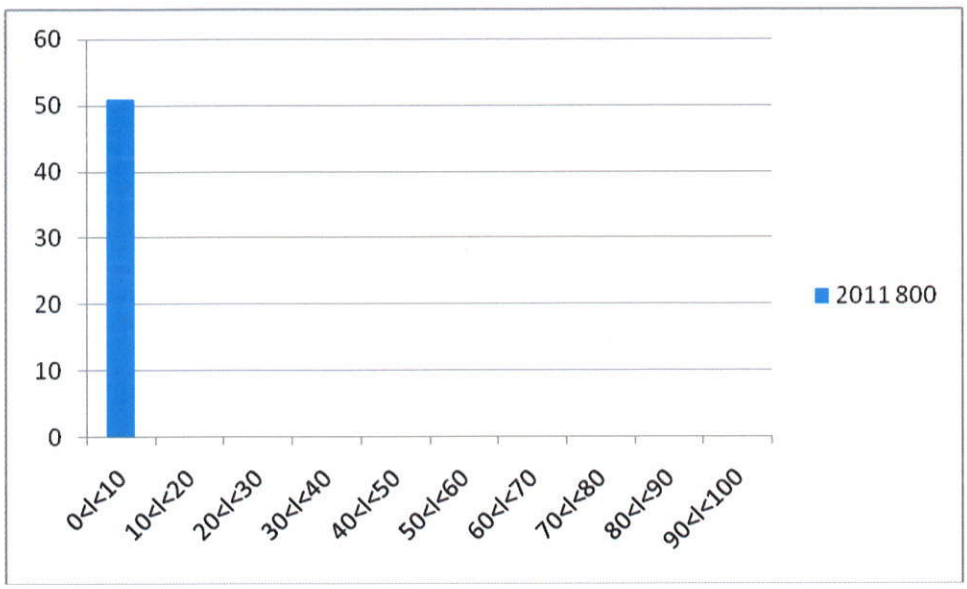
Grafik 3.3. 2011 Yılına Ait Spektrum 600 nm Analizi

3.1.4. 2011 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 700 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi



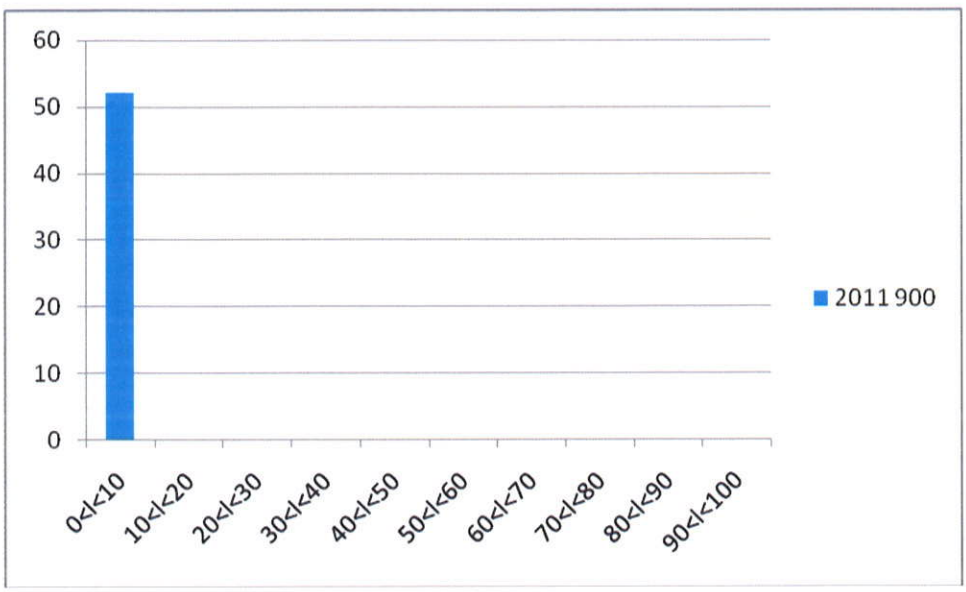
Grafik 3.4. 2011 Yılına Ait Spektrum 700 nm Analizi

3.1.5. 2011 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 800 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi



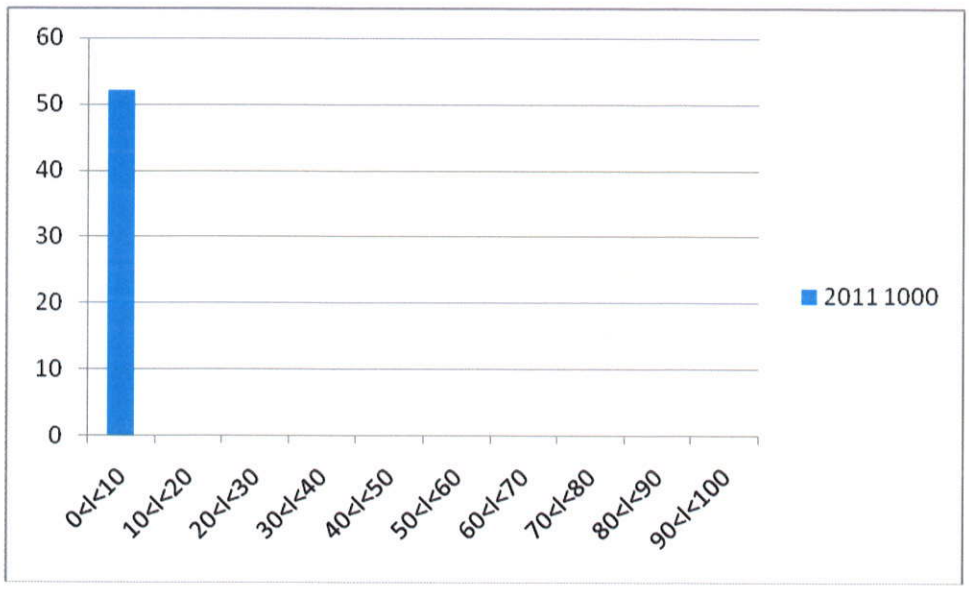
Grafik 3.5. 2011 Yılına Ait Spektrum 800 nm Analizi

3.1.6. 2011 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 900 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi



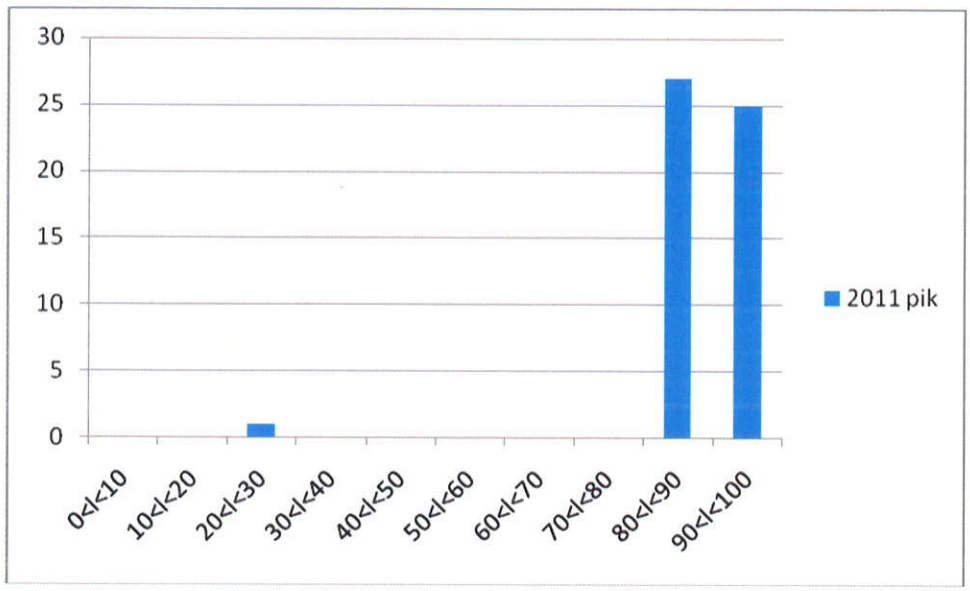
Grafik 3.6. 2011 Yılına Ait Spektrum 900 nm Analizi

3.1.7. 2011 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 1000 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi



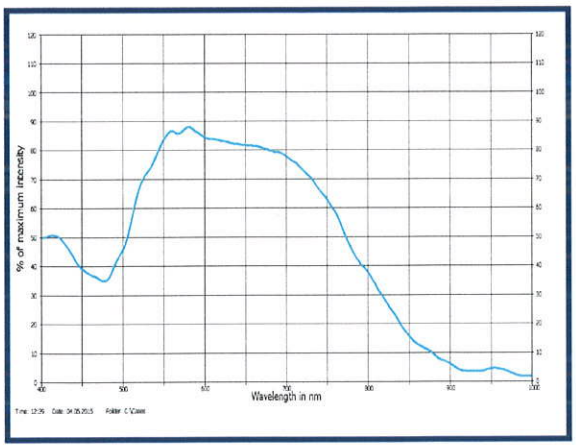
Grafik 3.7. 2011 Yılına Ait Spektrum 1000 nm Analizi

3.1.8. 2011 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların En Yüksek Pik Değerine Ulaştığında Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi

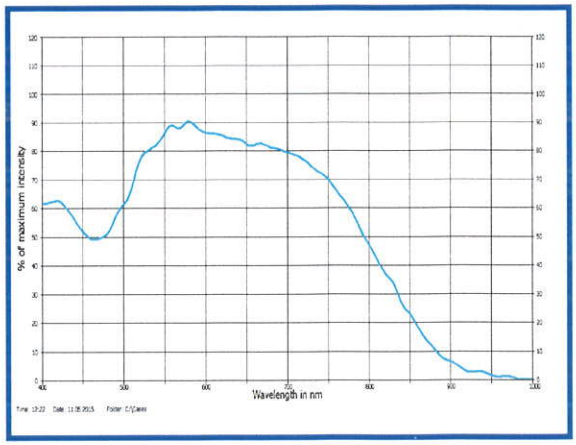


Grafik 3.8. 2011 Yılına Ait Spektrum Maximum Pik Analizi

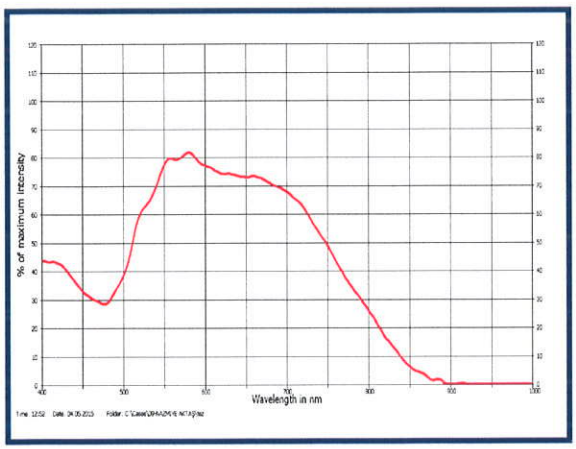
3.2. 2012 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumlar



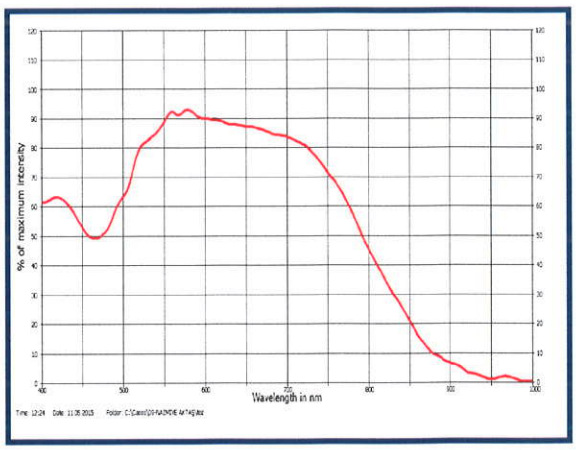
Spektrum 3.54. 30 Ekim 2012



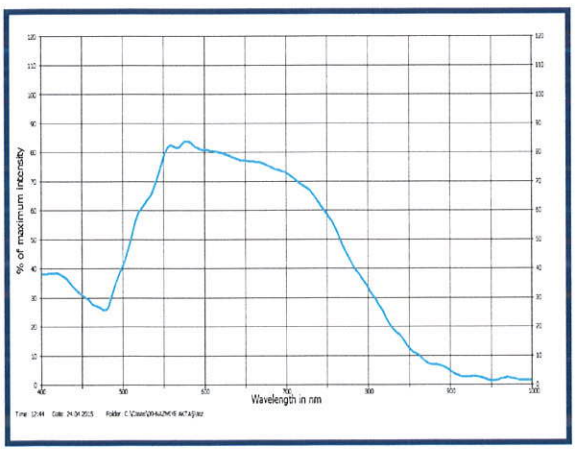
Spektrum 3.55. 29 Mayıs 2012



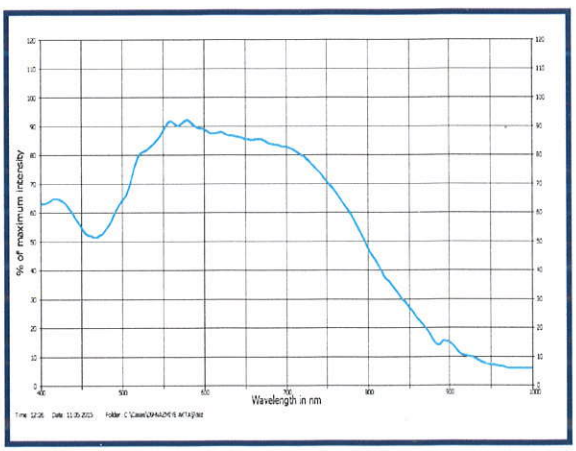
Spektrum 3.56. 29 Kasım 2012



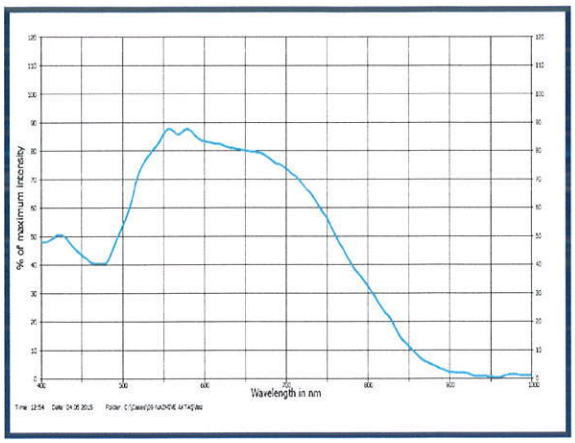
Spektrum 3.57. 29 Mayıs 2012



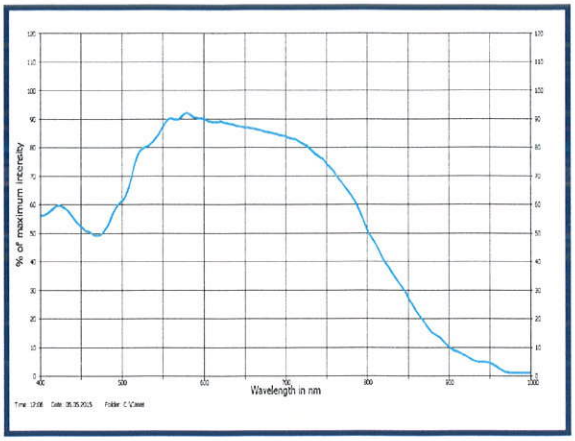
Spektrum 3.58. 29 Ocak 2012



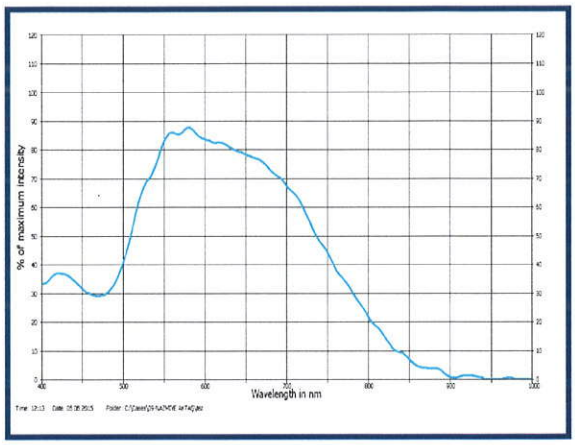
Spektrum 3.59. 28 Mayıs 2012



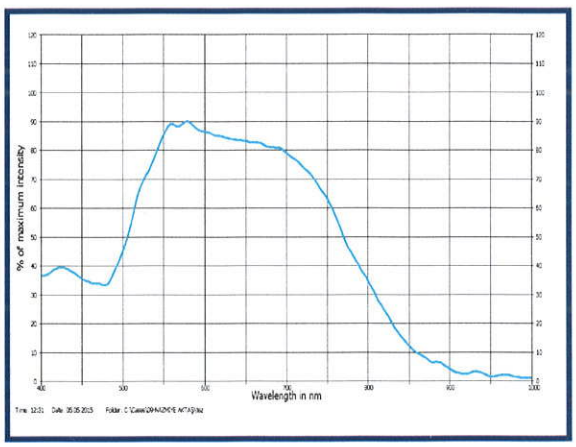
Spektrum 3.60. 26 Kasım 2012



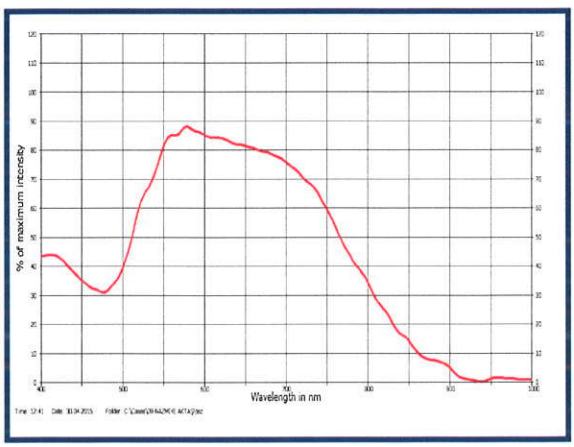
Spektrum 3.61. 28 Kasım 2012



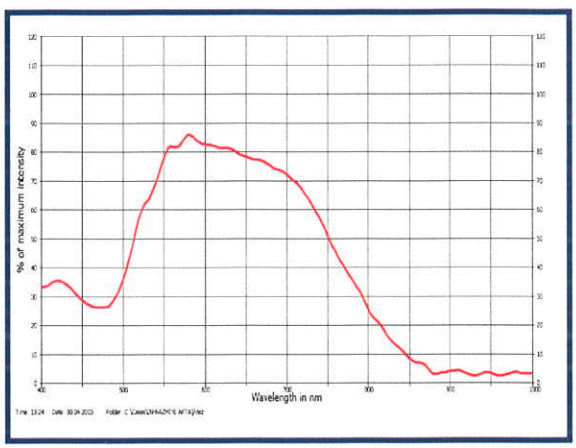
Spektrum 3.62. 27 Aralık 2012



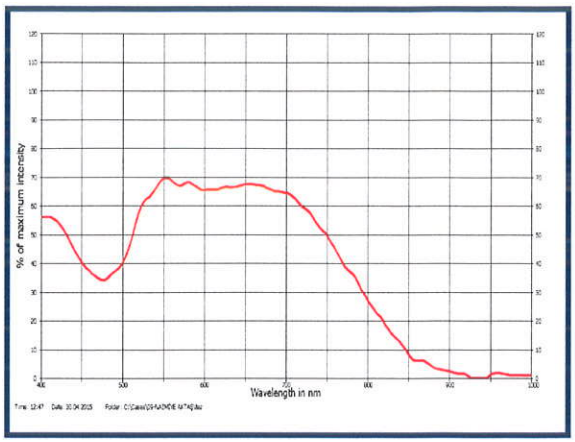
Spektrum 3.63. 26 Aralık 2012



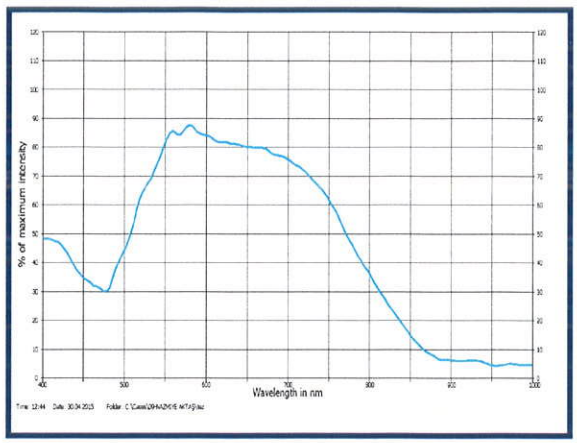
Spektrum 3.64. 26 Aralık 2012



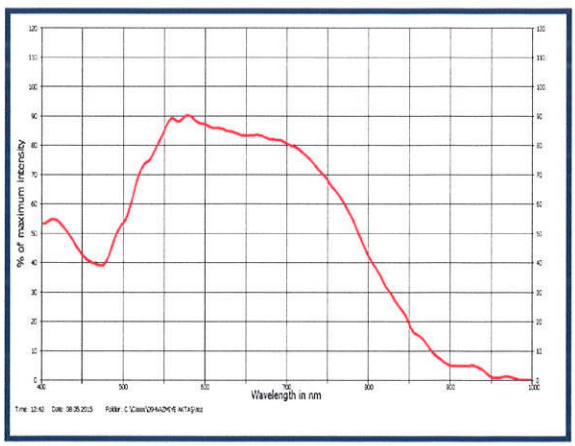
Spektrum 3.65. 25 Aralık 2012



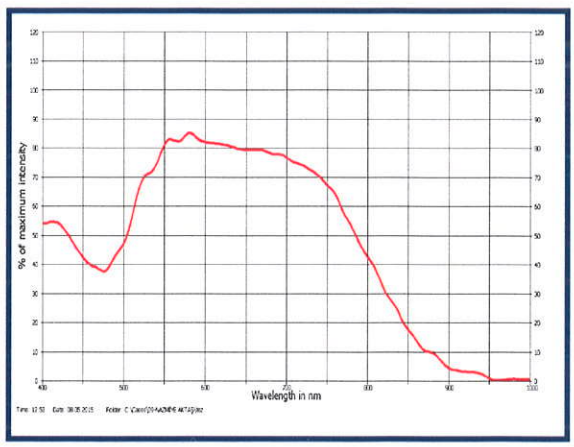
Spektrum 3.66. 23 Aralık 2012



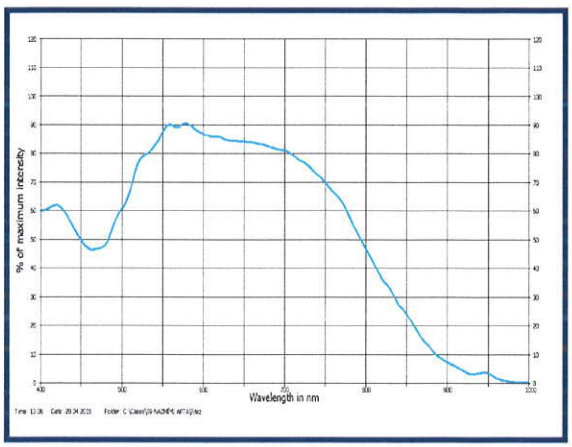
Spektrum 3.67. 27 Aralık 2012



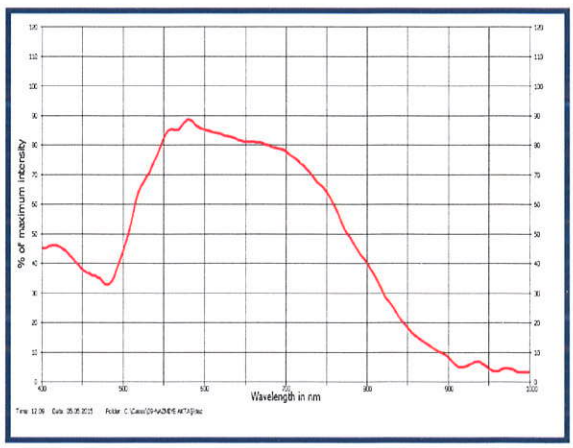
Spektrum 3.68. 21 Haziran 2012



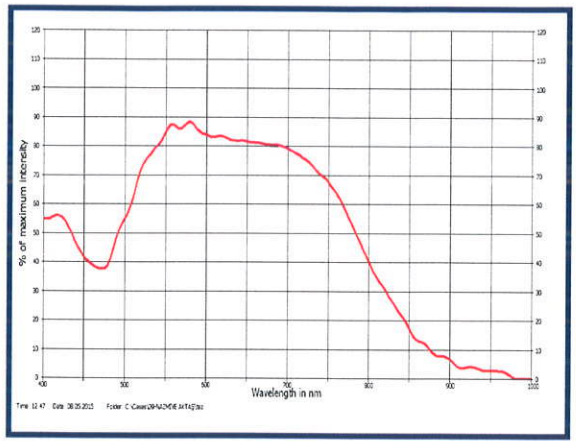
Spektrum 3.69. 26 Haziran 2012



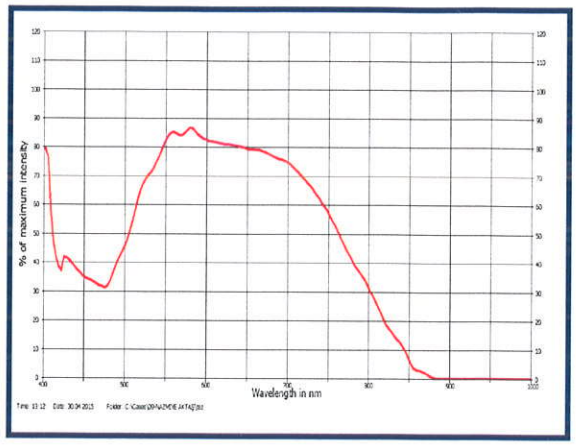
Spektrum 3.70. 25 Haziran 2012



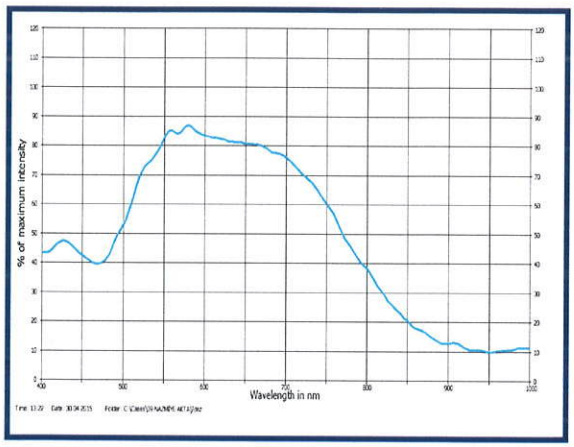
Spektrum 3.71. 23 Kasım 2012



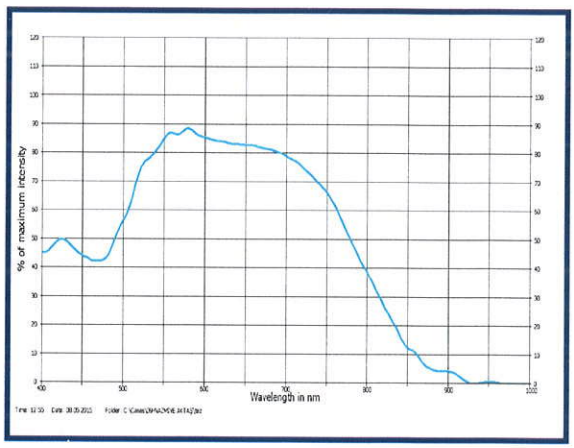
Spektrum 3.72. 22 Haziran 2012



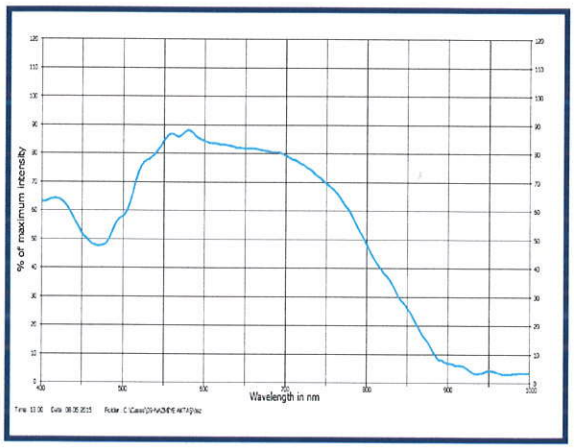
Spektrum 3.73. 26 Haziran 2012



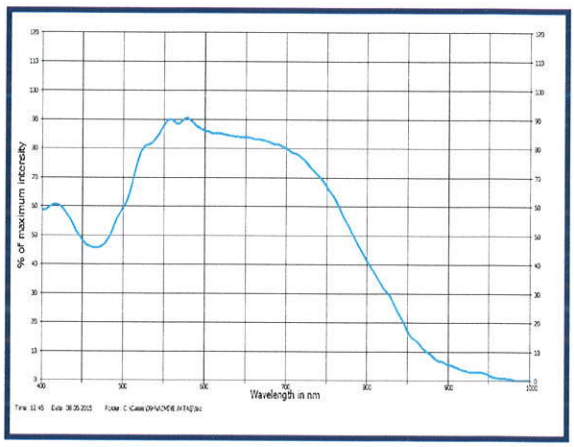
Spektrum 3.74. 20 Haziran 2012



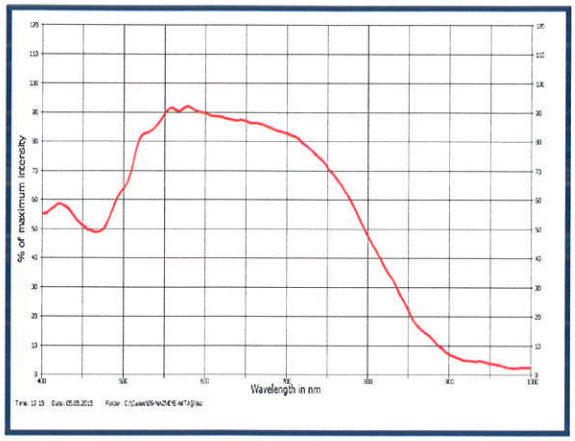
Spektrum 3.75. 20 Haziran 2012



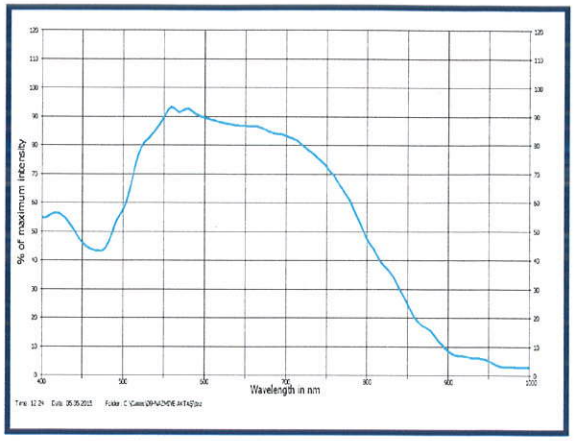
Spektrum 3.76. 20 Haziran 2012



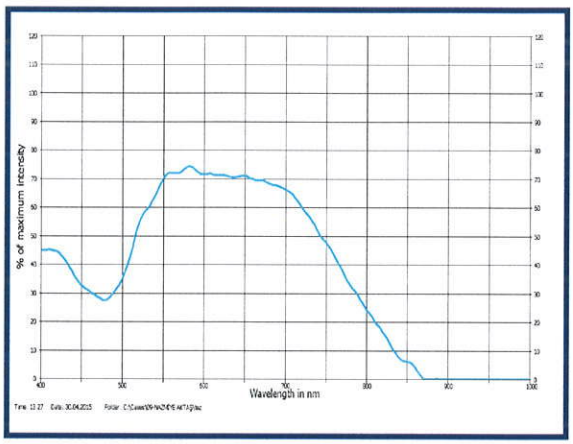
Spektrum 3.77. 20 Haziran 2012



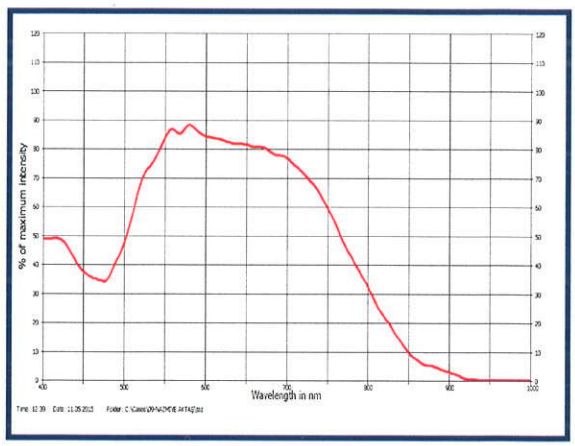
Spektrum 3.78. 19 Aralık 2012



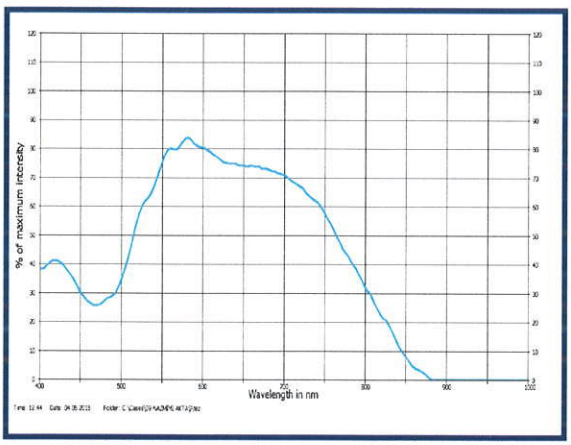
Spektrum 3.79. 19 Aralık 2012



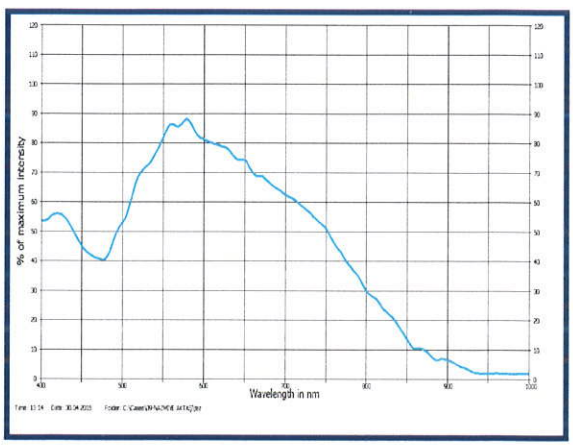
Spektrum 3.80. 19 Aralık 2012



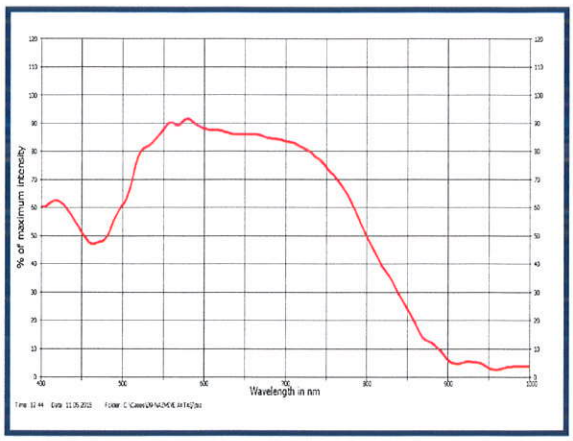
Spektrum 3.81. 19 Aralık 2012



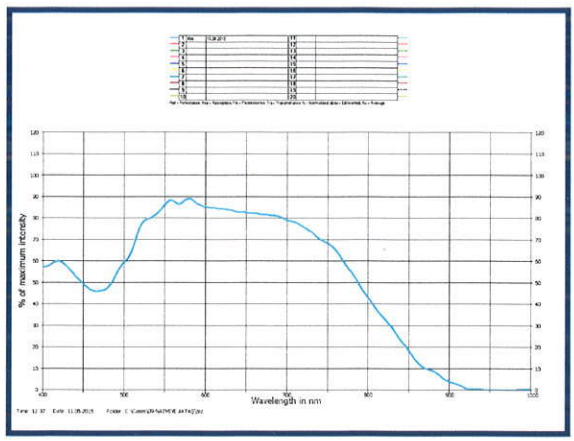
Spektrum 3.82. 16 Kasım 2012



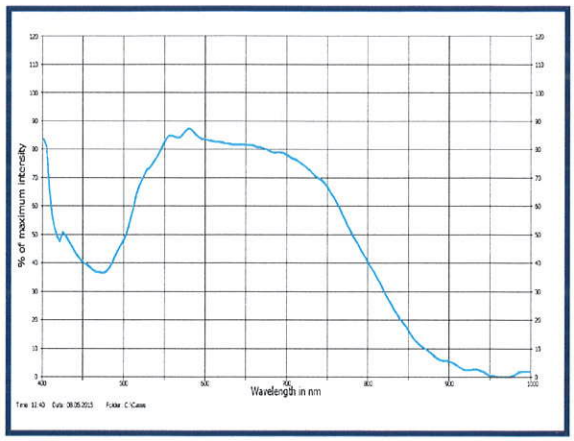
Spektrum 3.83. 17 Aralık 2012



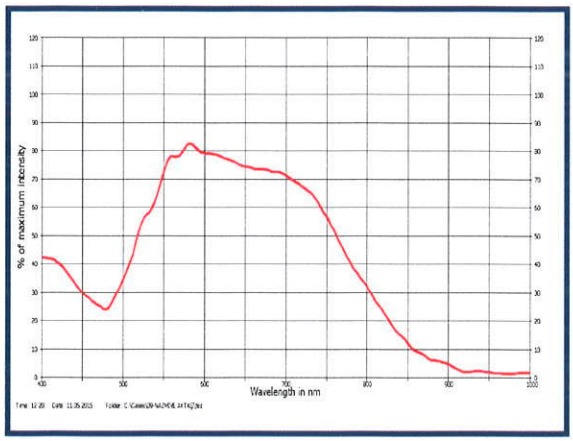
Spektrum 3.84. 15 Haziran 2012



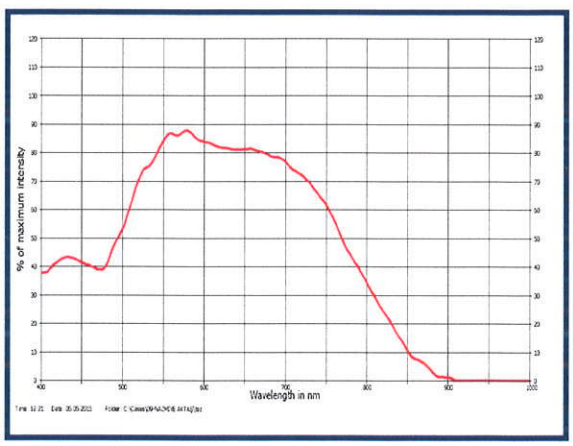
Spektrum 3.85. 15 Haziran 2012



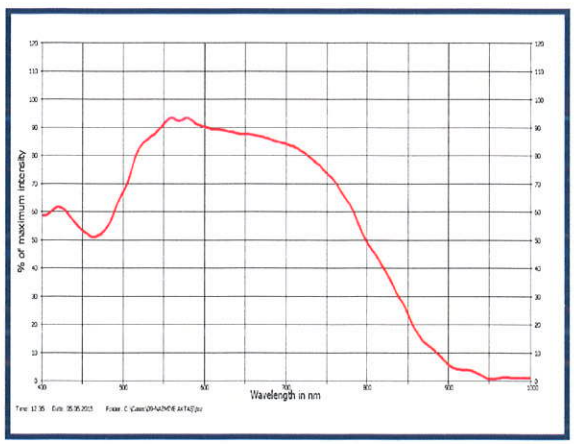
Spektrum 3.86. 15 Haziran 2012



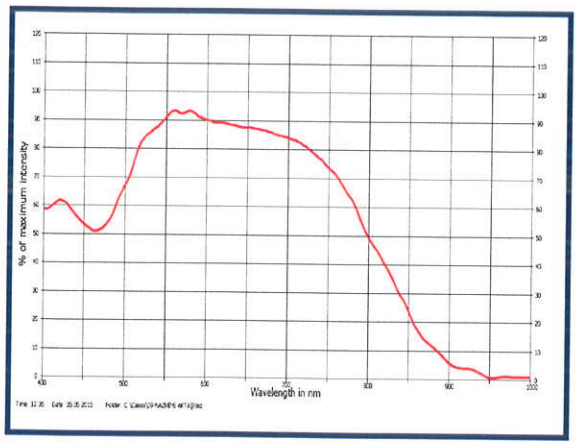
Spektrum 3.87. 14 Mayıs 2012



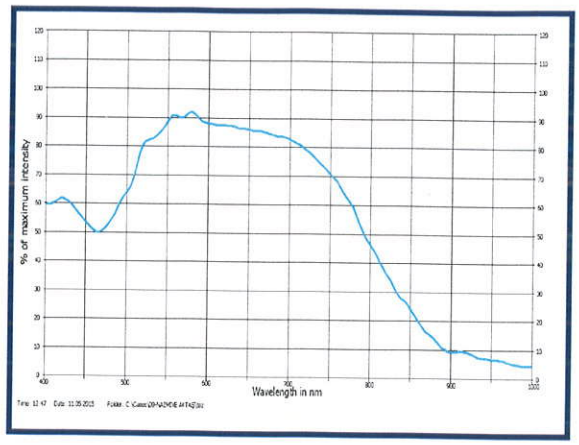
Spektrum 3.88. 13 Aralık 2012



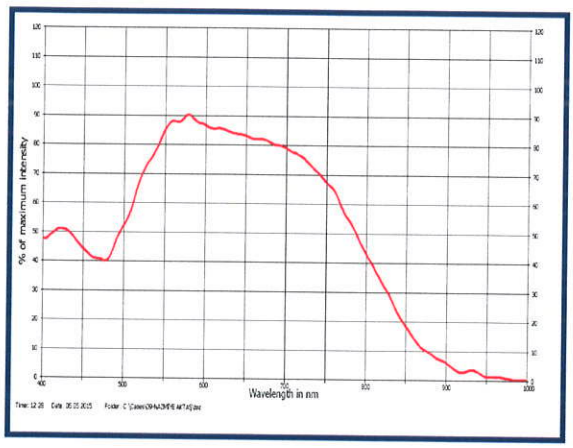
Spektrum 3.89. 13 Aralık 2012



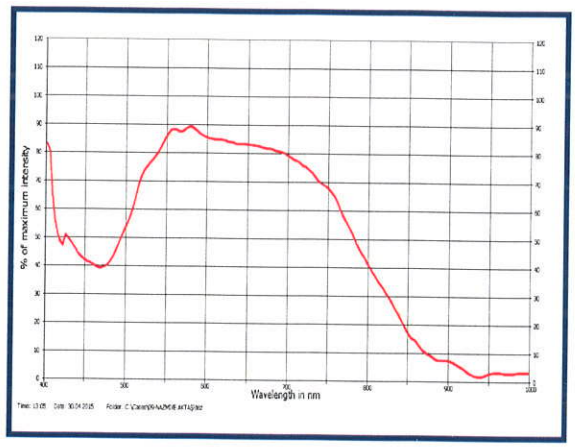
Spektrum 3.90. 13 Aralık 2012



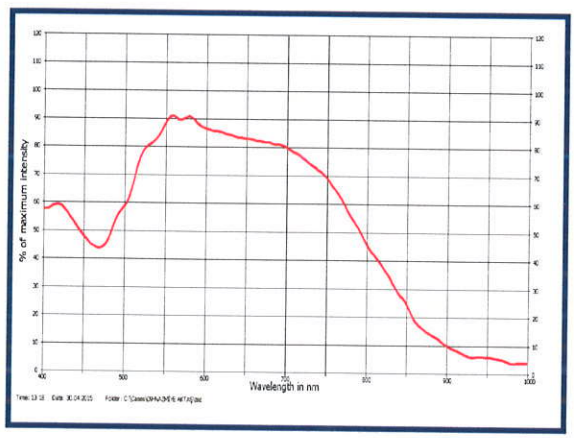
Spektrum 3.91. 13 Haziran 2012



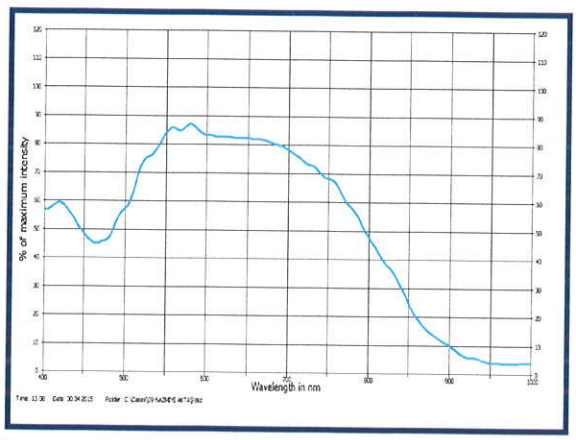
Spektrum 3.92. 12 Haziran 2012



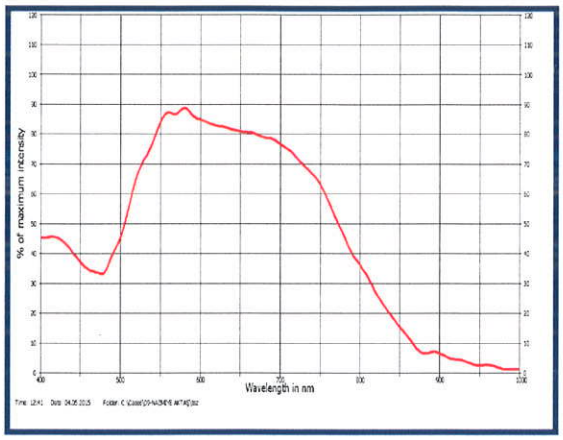
Spektrum 3.93. 12 Aralık 2012



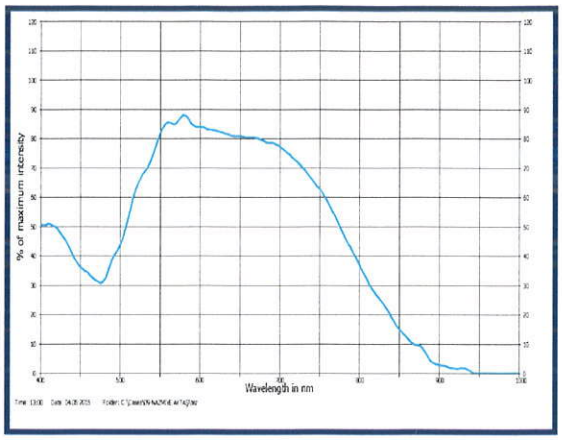
Spektrum 3.94. 12 Aralık 2012



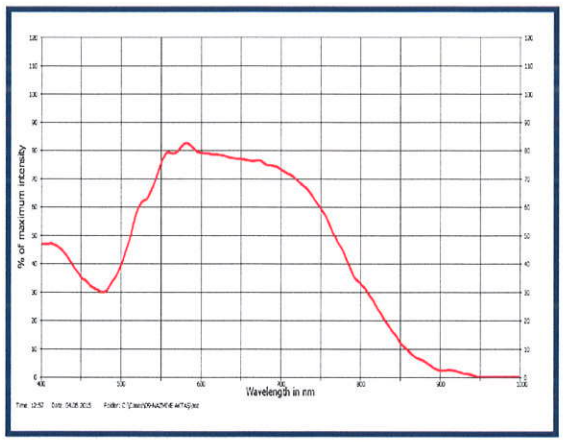
Spektrum 3.95. 12 Aralık 2012



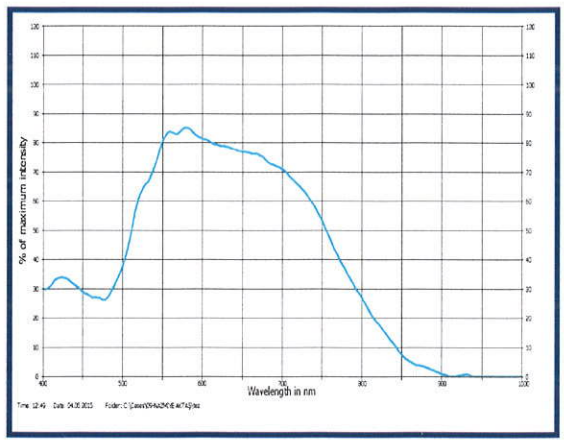
Spektrum 3.96. 12 Kasım 2012



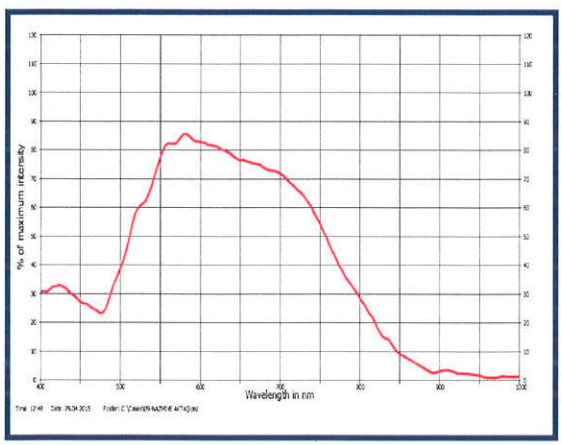
Spektrum 3.97. 12 Kasım 2012



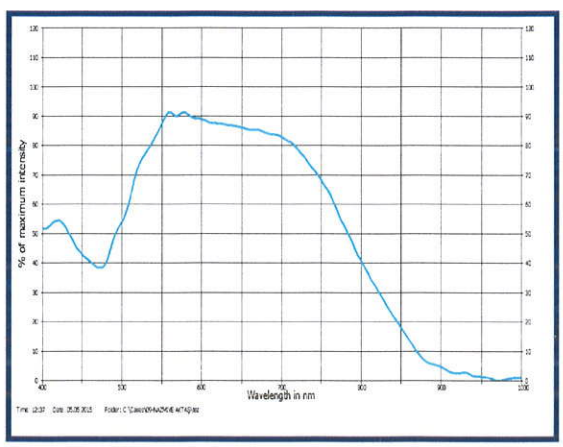
Spektrum 3.98. 12 Kasım 2012



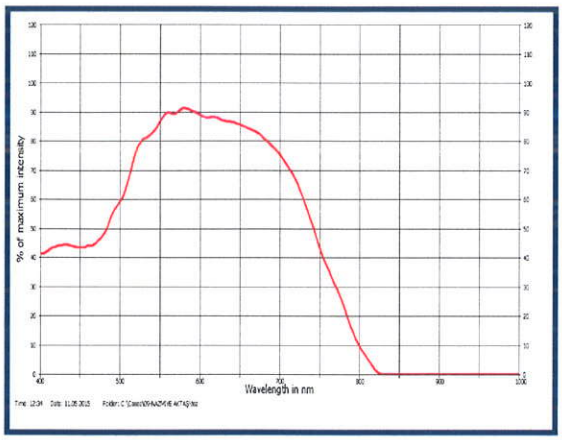
Spektrum 3.99. 12 Kasım 2012



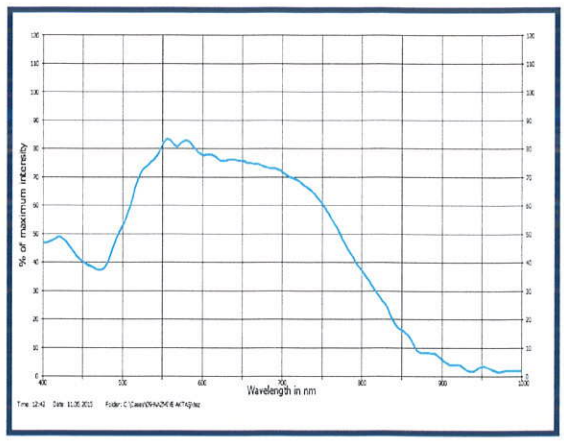
Spektrum 3.100. 12 Mart 2012



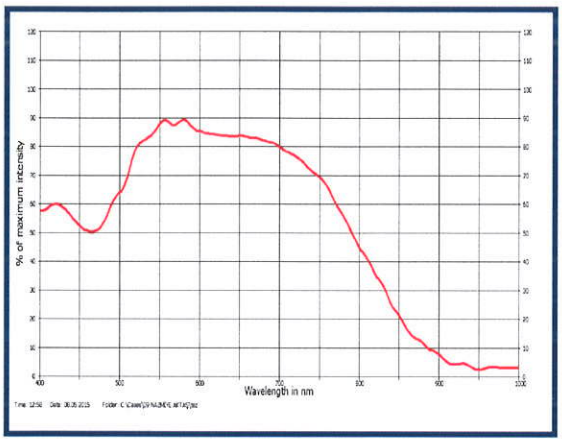
Spektrum 3.101. 11 Aralık 2012



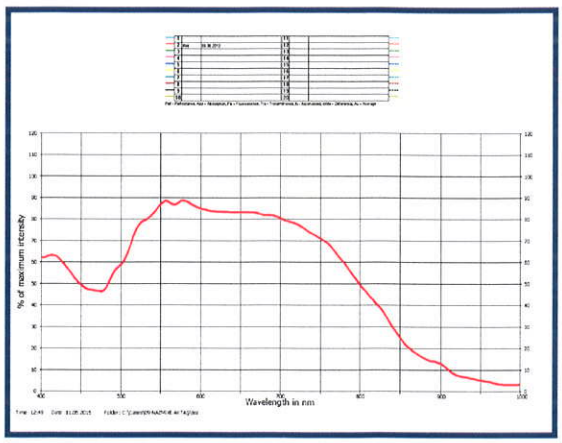
Spektrum 3.102. 11 Haziran 2012



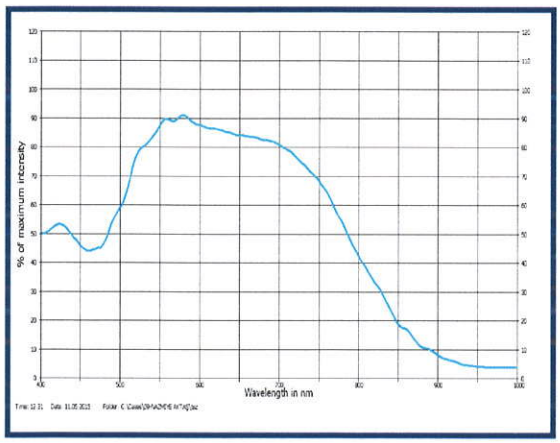
Spektrum 3.103. 11 Haziran 2012



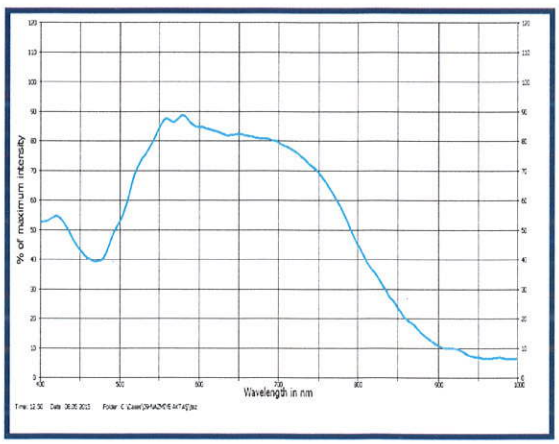
Spektrum 3.104. 06 Haziran 2012



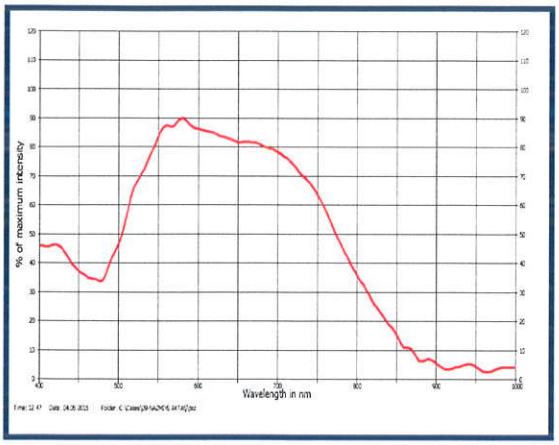
Spektrum 3.105. 06 Haziran 2012



Spektrum 3.106. 04 Haziran 2012



Spektrum 3.107. 03 Temmuz 2012



Spektrum 3.108. 21 Mart 2012

Çizelge 3.2. 2012 Yılına Ait Belgelerden Alınan Spektrumların 400-1000 nm Dalga Boyu Aralığında Gösterdikleri Yoğunluk Değişimi

Dalga Boyu nm / Intensity (N54-N73)	400	500	600	700	800	900	1000	Maximum Pik Değeri
N54	50	40<I<50	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N55	60<I<70	60<I<70	80<I<90	70<I<80	40<I<50	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N56	40<I<50	30<I<40	70<I<80	60<I<70	20<I<30	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N57	60<I<70	60<I<70	90	80<I<90	40<I<50	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N58	30<I<40	40<I<50	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N59	60<I<70	60<I<70	80<I<90	80<I<90	40<I<50	10<I<20	0<I<10	90<I<100
N60	40<I<50	50<I<60	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N61	50<I<60	60<I<70	80<I<90	80<I<90	50<I<60	0<I<10	10<I<20	90<I<100
N62	30<I<40	40<I<50	80<I<90	60<I<70	10<I<30	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N63	30<I<40	40<I<50	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N64	40<I<50	30<I<40	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N65	30<I<40	30<I<40	80<I<90	70<I<80	20<I<30	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N66	50<I<60	40	60<I<70	60<I<70	20<I<30	0<I<10	0<I<10	60<I<70
N67	40<I<50	40<I<50	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N68	50<I<60	50<I<60	80<I<90	80	40<I<50	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N69	50<I<60	40<I<50	80<I<90	70<I<80	40<I<50	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N70	60	60<I<70	80<I<90	80<I<90	40<I<50	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N71	40<I<50	40<I<50	80<I<90	70<I<80	40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N72	50<I<60	50<I<60	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N73	80	40<I<50	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90

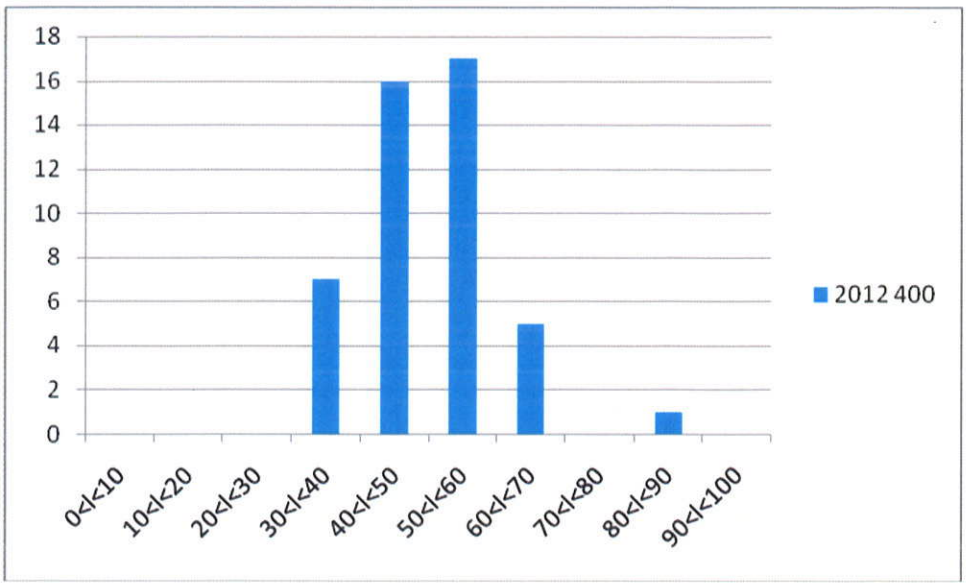
Çizelge 3.2. Devam

Dalga Boyu nm / Intensity (N74-N94)	400	500	600	700	800	900	1000	Maximum Pik Değeri
N74	40<I<50	50<I<60	80<I<90	70<I<80	30<I<40	10<I<20	10<I<20	80<I<90
N75	40<I<50	50<I<60	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N76	60<I<70	50<I<60	80<I<90	70<I<80	40<I<50	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N77	50<I<60	60	80<I<90	80	40<I<50	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N78	50<I<60	60<I<70	80<I<90	80<I<90	40<I<50	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N79	50<I<60	50<I<60	80<I<90	80<I<90	40<I<50	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N80	40<I<50	30<I<40	70<I<80	60<I<70	20<I<30	0<I<10	0<I<10	70<I<80
N81	40<I<50	40<I<50	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N82	30<I<40	30<I<40	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N83	50<I<60	50<I<60	80<I<90	60<I<70	20<I<30	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N84	60	60<I<70	80<I<90	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N85	50<I<60	60	80<I<90	70<I<80	40<I<50	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N86	80<I<90	40<I<50	80<I<90	70<I<80	40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N87	40<I<50	30<I<40	70<I<80	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N88	30<I<40	50<I<60	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N89	50<I<60	60<I<70	90	80<I<90	40<I<50	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N90	50<I<60	60<I<70	90	80<I<90	40<I<50	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N91	60	60<I<70	80<I<90	80<I<90	40<I<50	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N92	40<I<50	50<I<60	80<I<90	70<I<80	40<I<50	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N93	80<I<90	50<I<60	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N94	50<I<60	50<I<60	80<I<90	80	40<I<50	0<I<10	0<I<10	90<I<100

Çizelge 3.2. Devam

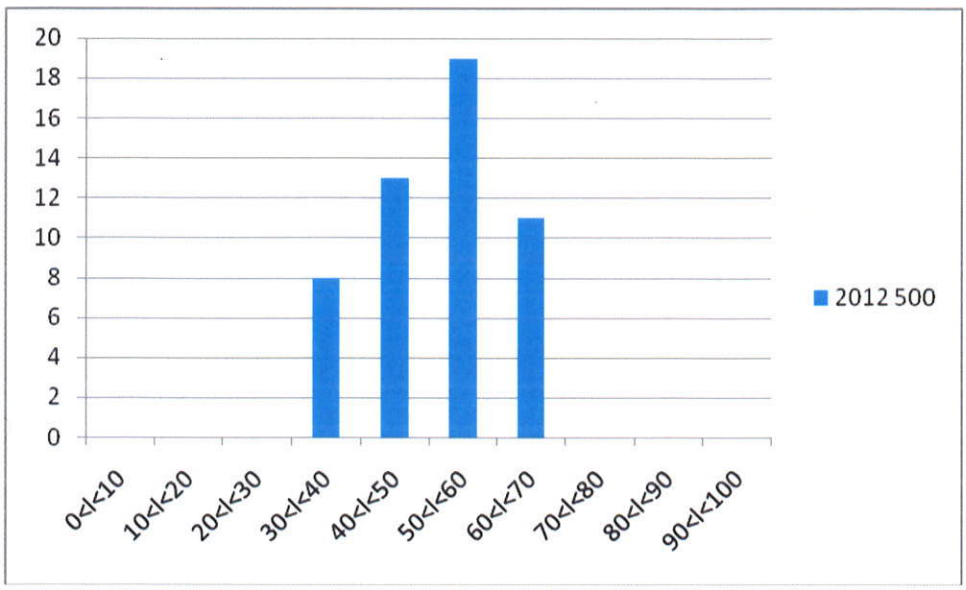
Dalga Boyu nm / Intensity (N95-N108)	400	500	600	700	800	900	1000	Maximum Pik Değeri
N95	50<I<60	50<I<60	80<I<90	70<I<80	40<I<50	10	0<I<10	80<I<90
N96	40<I<50	40<I<50	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N97	50	40<I<50	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N98	40<I<50	40	70<I<80	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N99	30	30<I<40	80<I<90	70<I<80	20<I<30	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N100	30<I<40	30<I<40	80<I<90	70<I<80	20<I<30	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N101	50<I<60	50<I<60	80<I<90	80<I<90	40	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N102	40<I<50	50<I<60	80<I<90	70<I<80	10	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N103	40<I<50	50<I<60	70<I<80	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N104	50<I<60	60<I<70	80<I<90	80	40<I<50	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N105	60<I<70	50<I<60	80<I<90	80	40<I<50	10<I<20	0<I<10	80<I<90
N106	50	50<I<60	80<I<90	80	40<I<50	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N107	50<I<60	50<I<60	80<I<90	70<I<80	40<I<50	10<I<20	0<I<10	80<I<90
N108	40<I<50	40<I<50	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	90<I<100

3.2.1. 2012 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 400 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Analizi



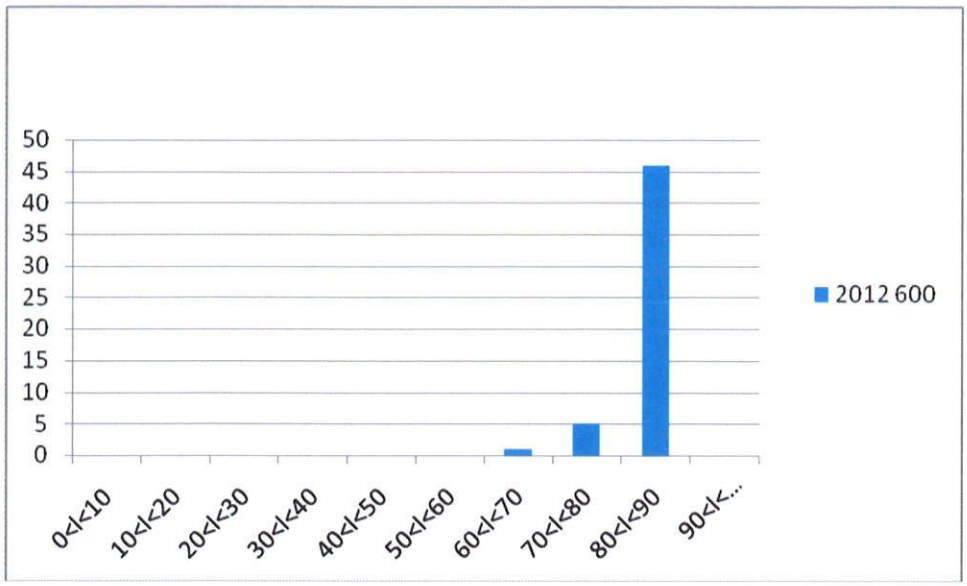
Grafik 3.9. 2012 Yılına Ait Spektrum 400 nm Analizi

3.2.2. 2012 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 500 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi



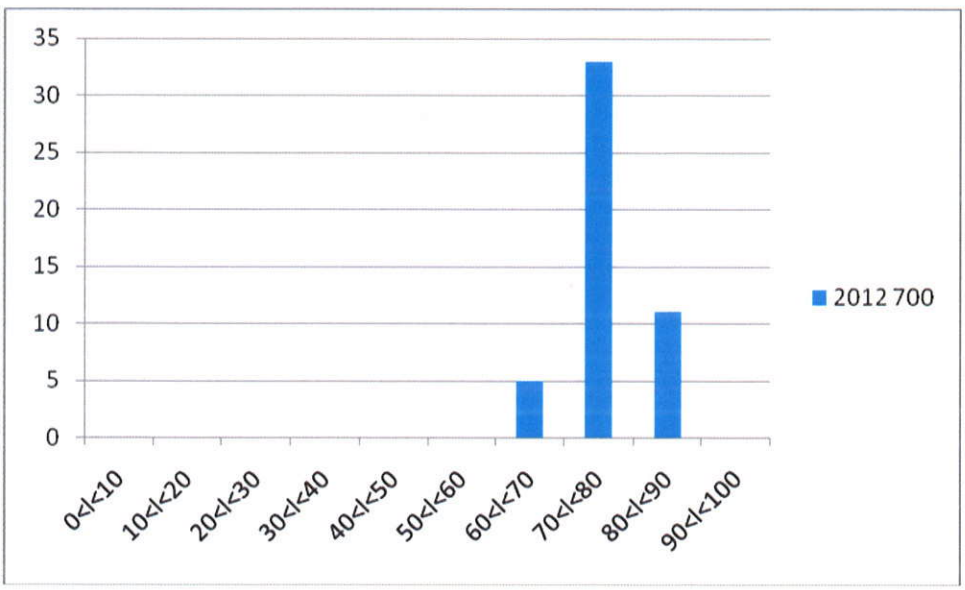
Grafik 3.10. 2012 Yılına Ait Spektrum 500 nm Analizi

3.2.3. 2012 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 600 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi



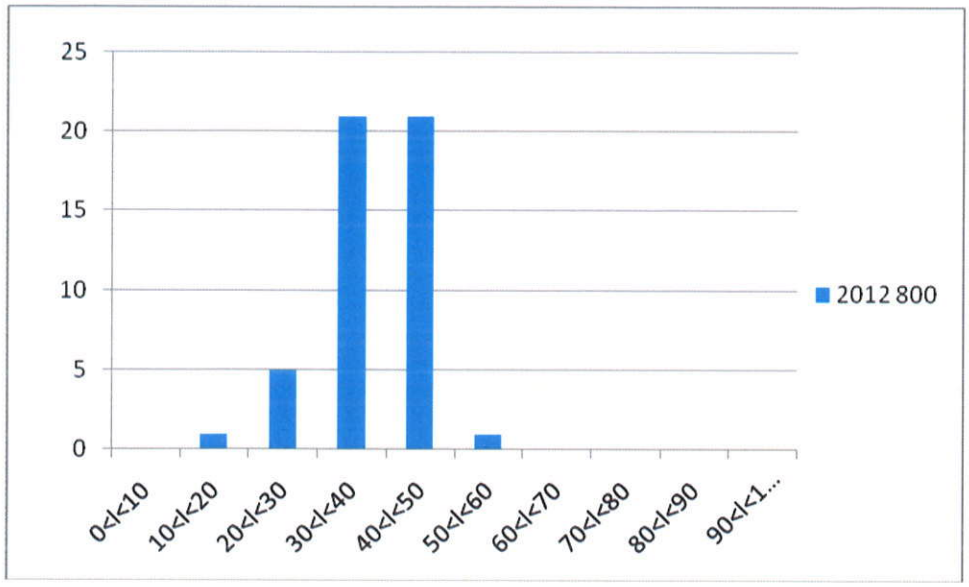
Grafik 3.11. 2012 Yılına Ait Spektrum 600 nm Analizi

3.2.4. 2012 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 700 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi



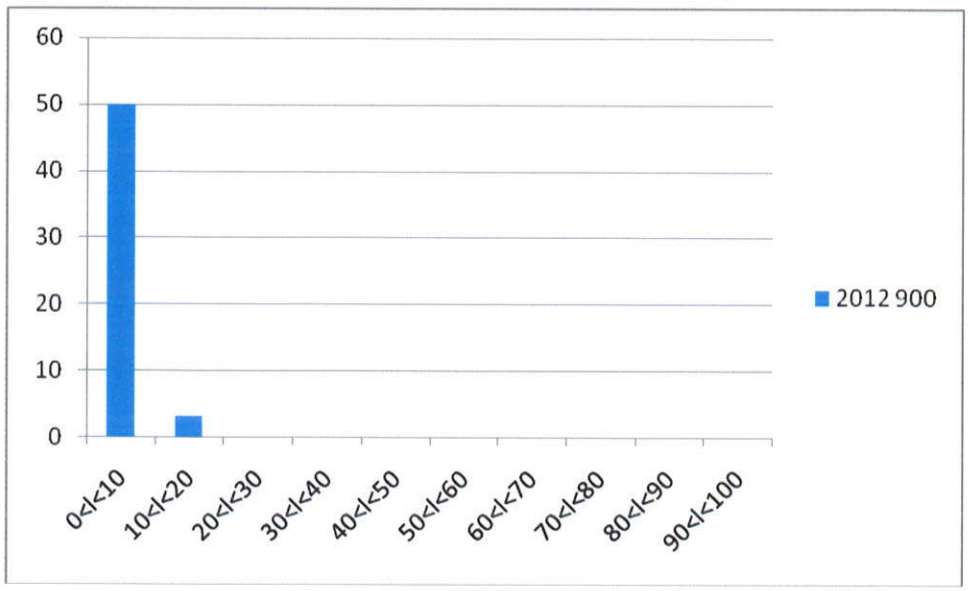
Grafik 3.12. 2012 Yılına Ait Spektrum 700 nm Analizi

3.2.5. 2012 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 800 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi



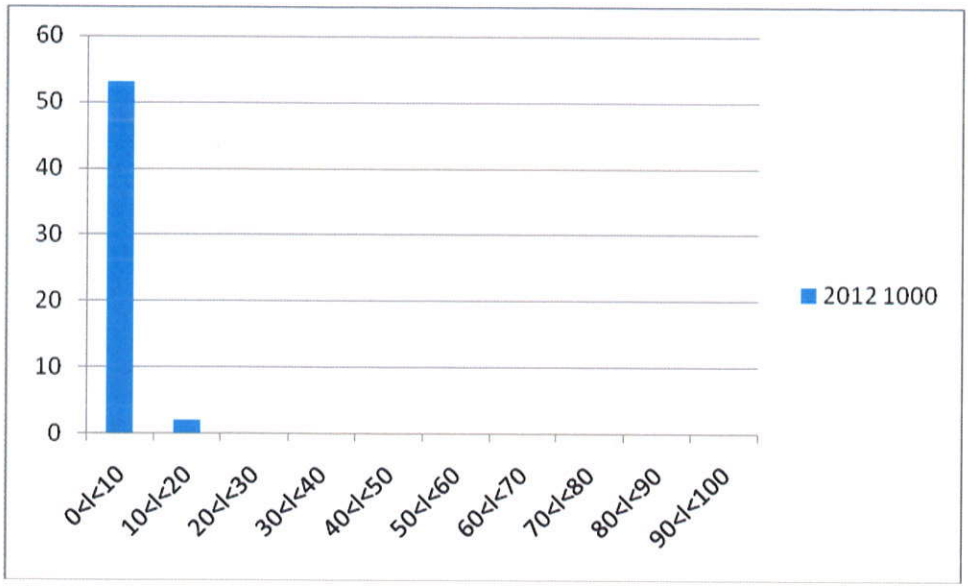
Grafik 3.13. 2012 Yılına Ait Spektrum 800 nm Analizi

3.2.6. 2012 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 900 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi



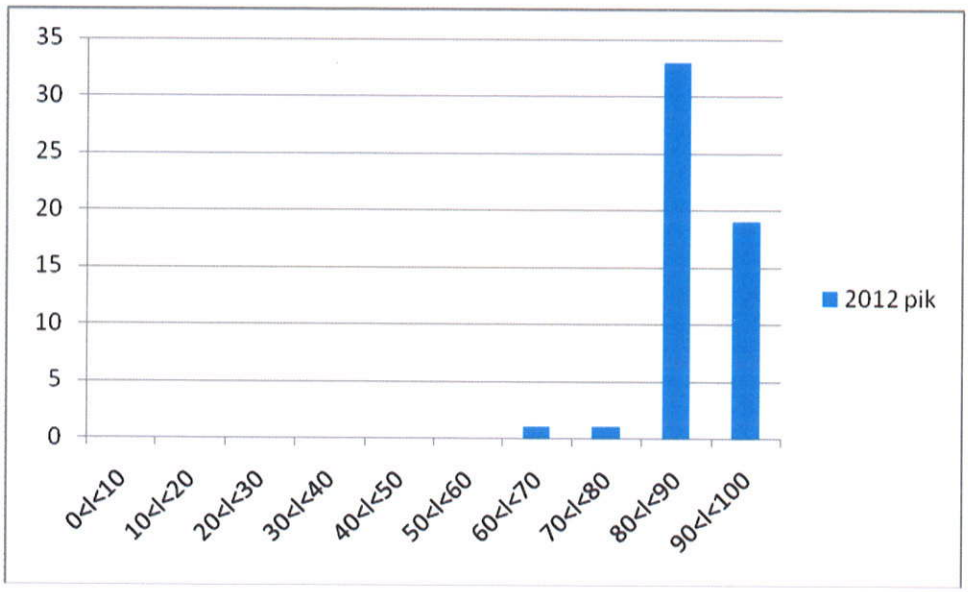
Grafik 3.14. 2012 Yılına Ait Spektrum 900 nm Analizi

3.2.7. 2012 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 1000 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi



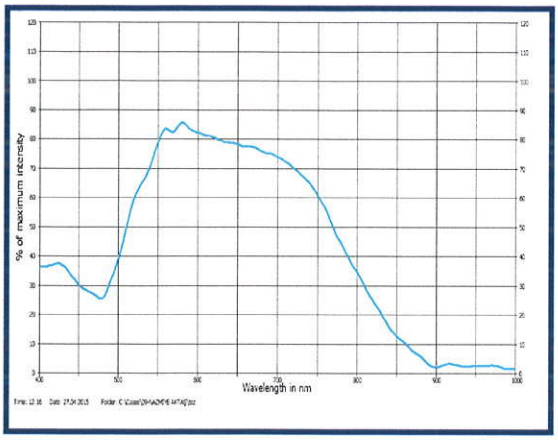
Grafik 3.15. 2012 Yılına Ait Spektrum 1000 nm Analizi

3.2.8. 2012 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların En Yüksek Pik Değerine Ulaştığında Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi

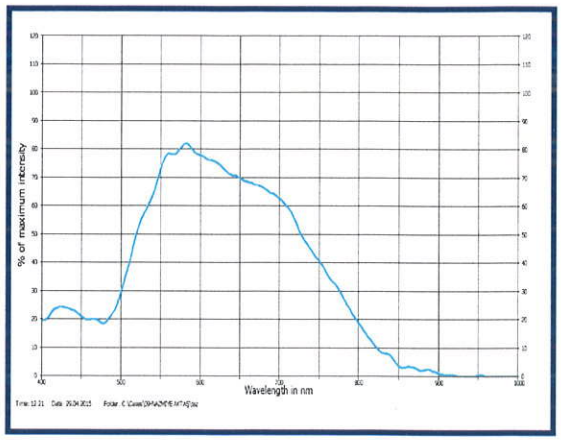


Grafik 3.16. 2012 Yılına Ait Spektrum Maximum Pik Analizi

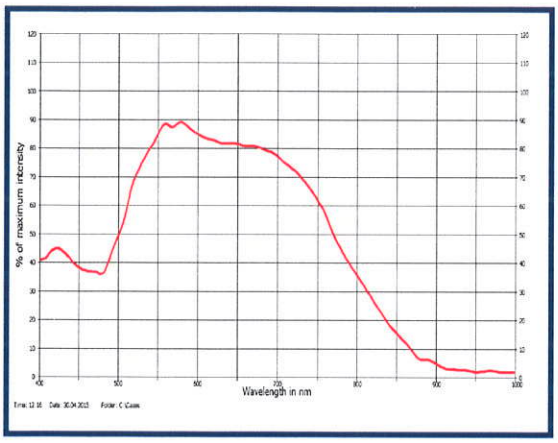
3.3. 2013 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumlar



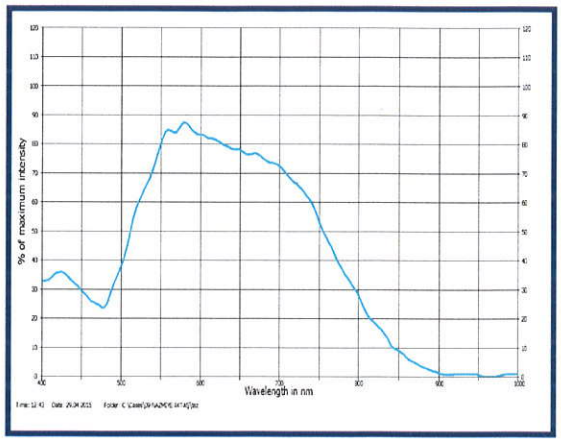
Spektrum 3.109. 31 Aralık 2013



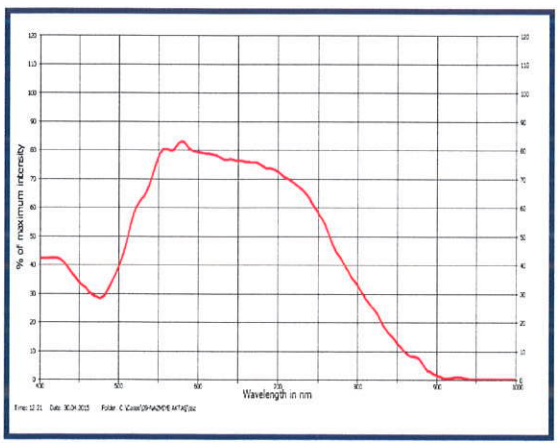
Spektrum 3.110. 01 Kasım 2013



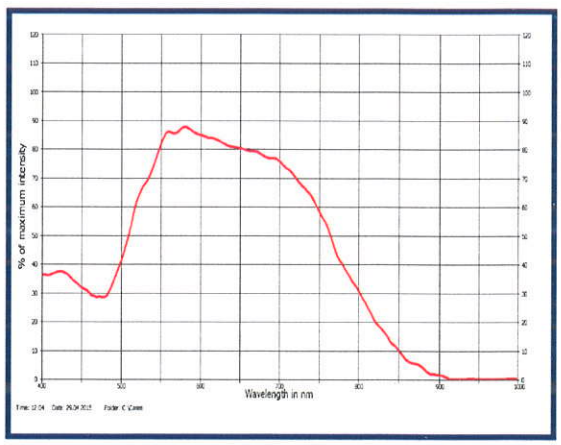
Spektrum 3.111. 02 Nisan 2013



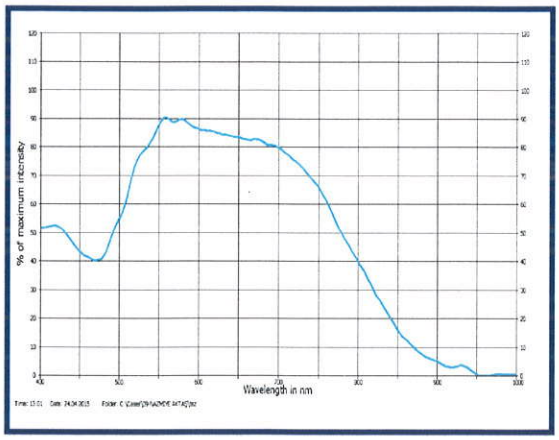
Spektrum 3.112. 02 Nisan 2013



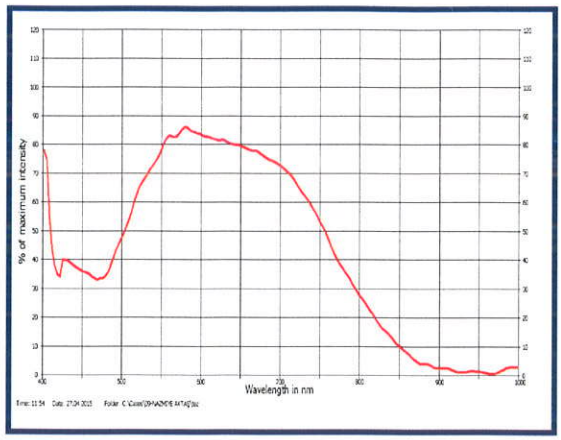
Spektrum 3.113. 02 Mayıs 2013



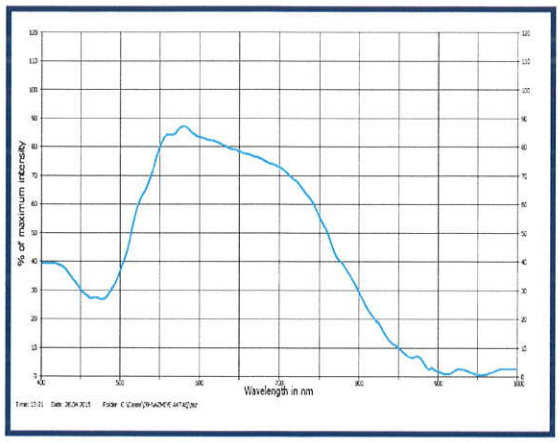
Spektrum 3.114. 05 Şubat 2013



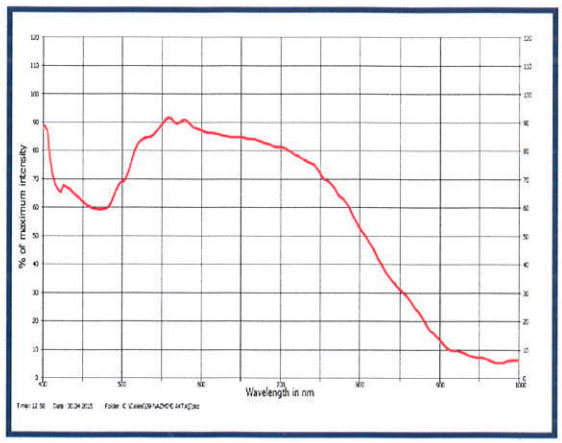
Spektrum 3.115. 04 Mart 2013



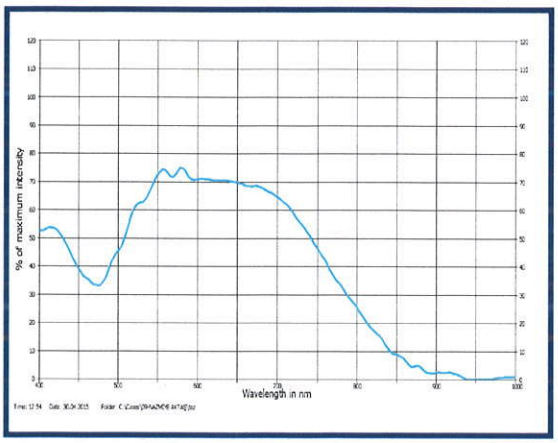
Spektrum 3.116. 08 Şubat 2013



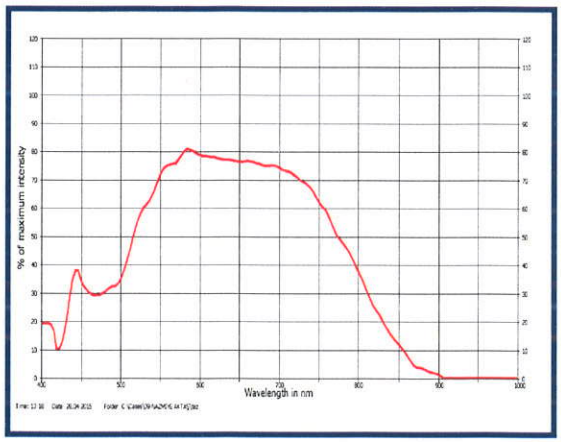
Spektrum 3.117. 08 Şubat 2013



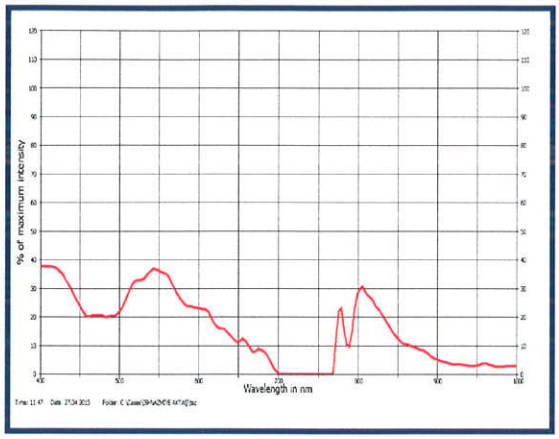
Spektrum 3.118. 04 Ocak 2013



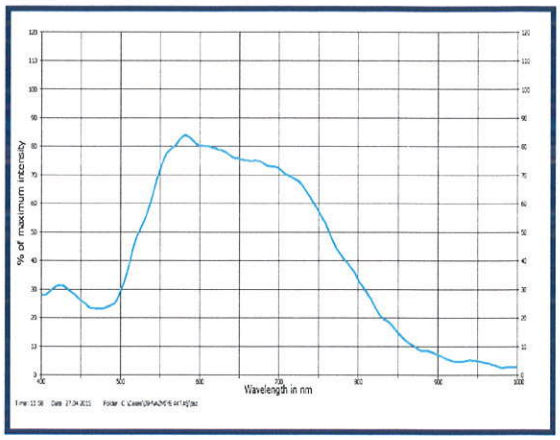
Spektrum 3.119. 03 Ocak 2013



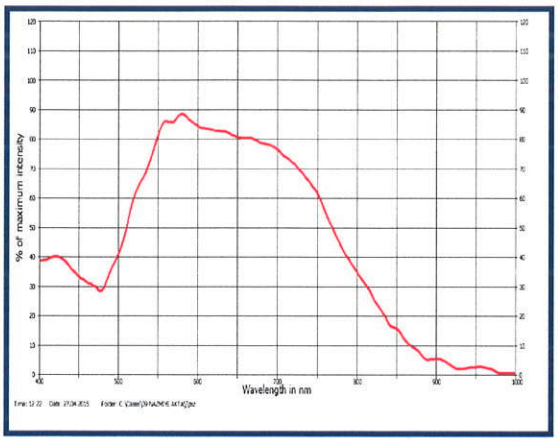
Spektrum 3.120. 09 Ocak 2013



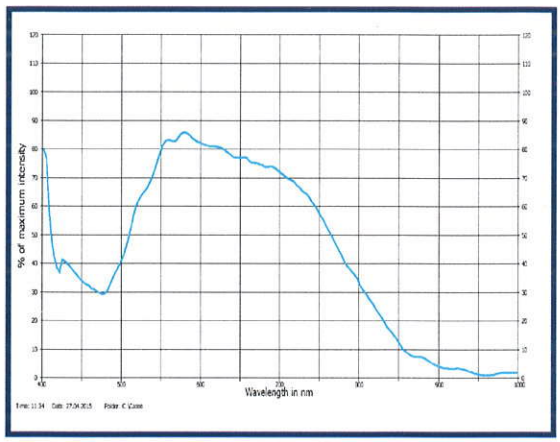
Spektrum 3.121. 14 Şubat 2013



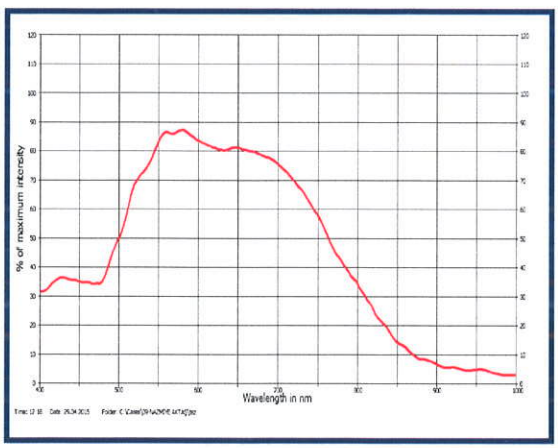
Spektrum 3.122. 14 Şubat 2013



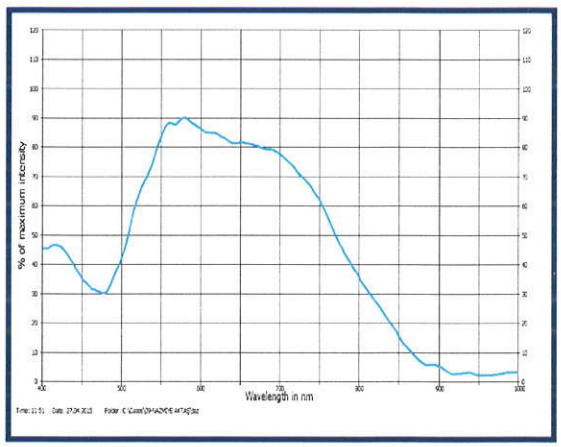
Spektrum 3.123. 15 Şubat 2013



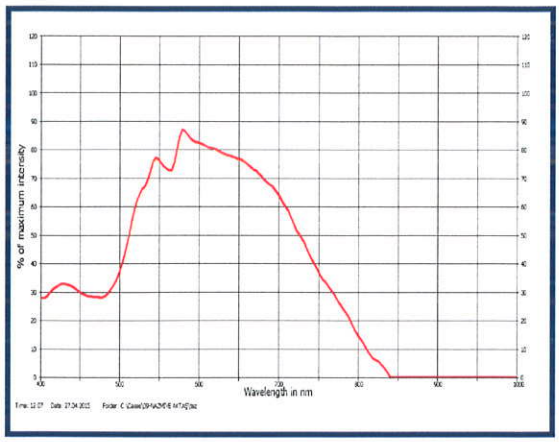
Spektrum 3.124. 29 Ocak 2013



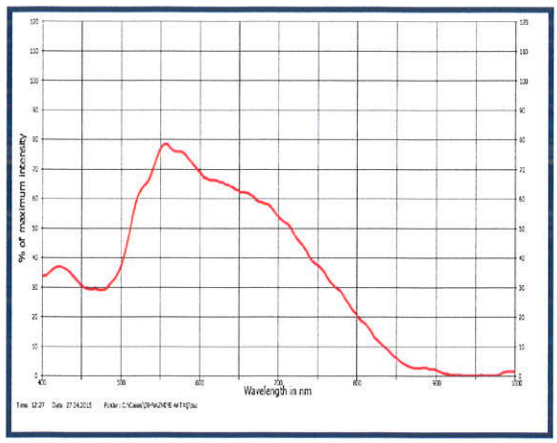
Spektrum 3.125. 14 Mart 2013



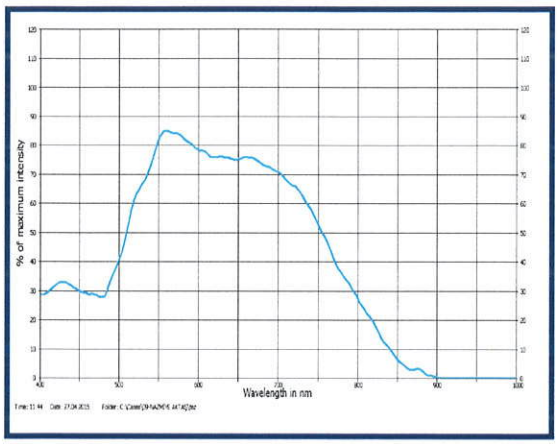
Spektrum 3.126. 14 Şubat 2013



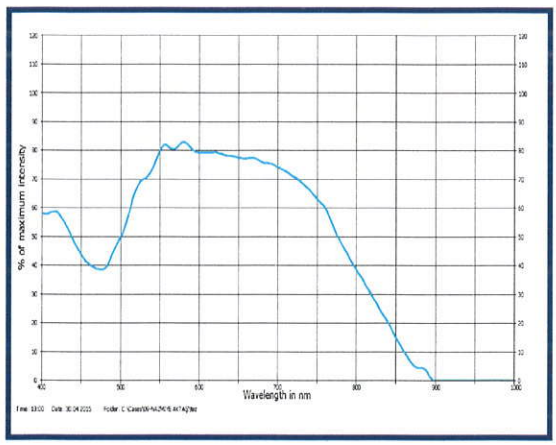
Spektrum 3.127. 14 Şubat 2013



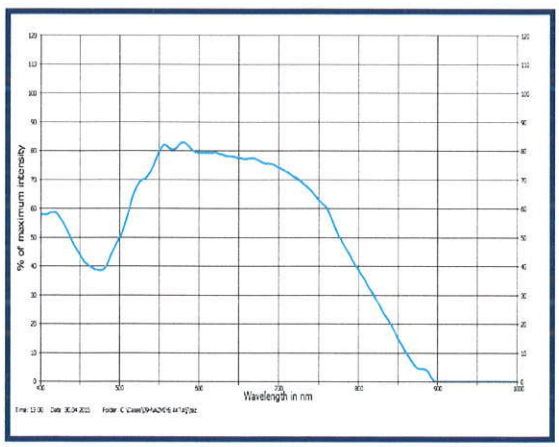
Spektrum 3.128. 14 Şubat 2013



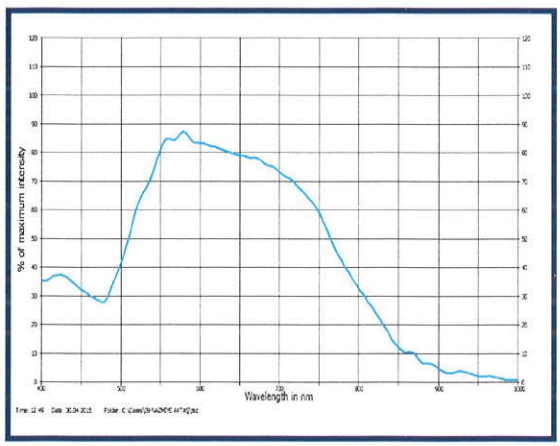
Spektrum 3.129. 14 Şubat 2013



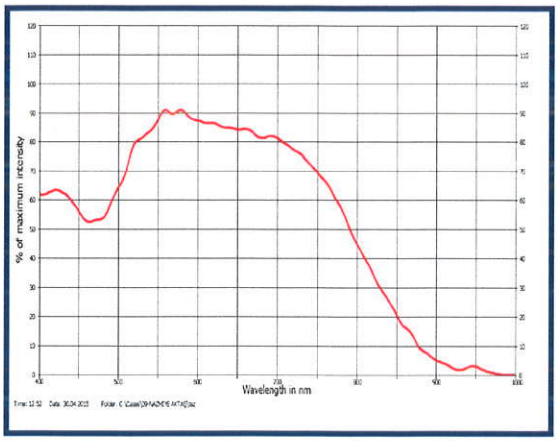
Spektrum 3.130. 04 Ocak 2013



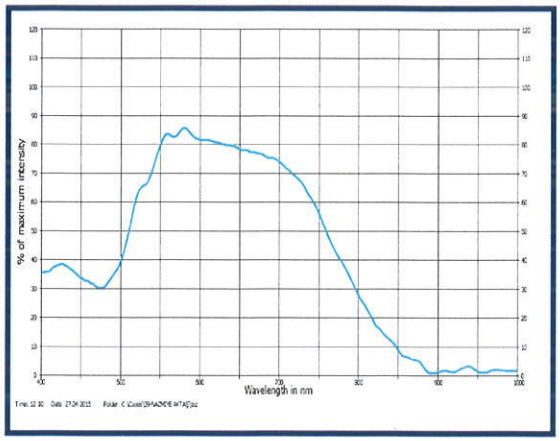
Spektrum 3.131. 04 Ocak 2013



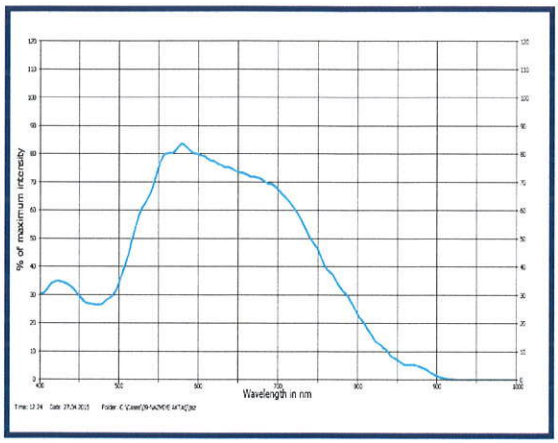
Spektrum 3.132. 10 Ocak 2013



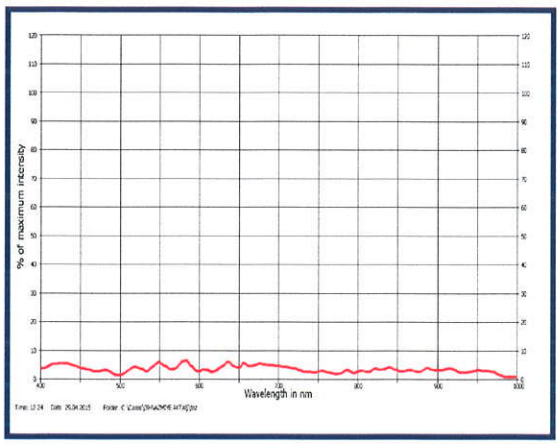
Spektrum 3.133. 03 Ocak 2013



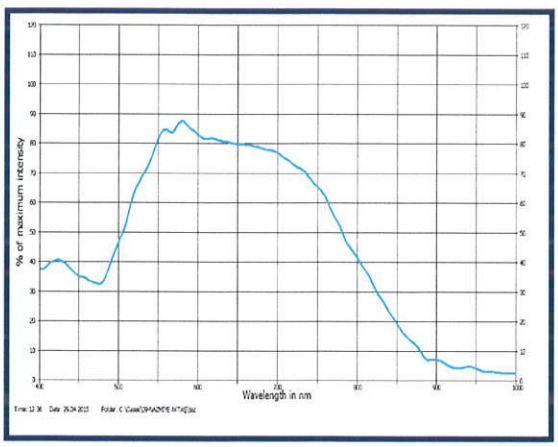
Spektrum 3.134. 15 Şubat 2013



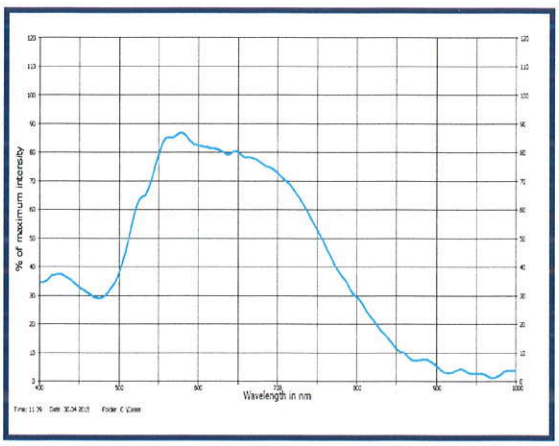
Spektrum 3.135. 15 Şubat 2013



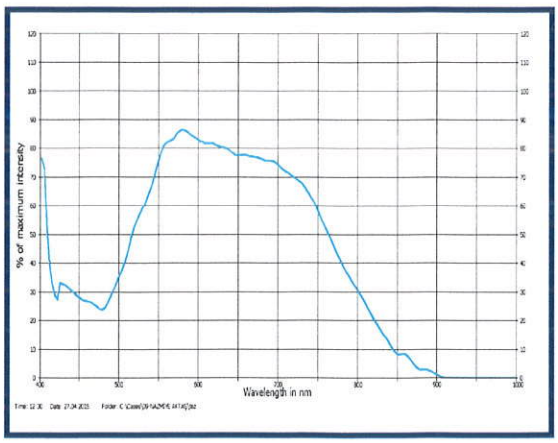
Spektrum 3.136. 18 Mart 2013



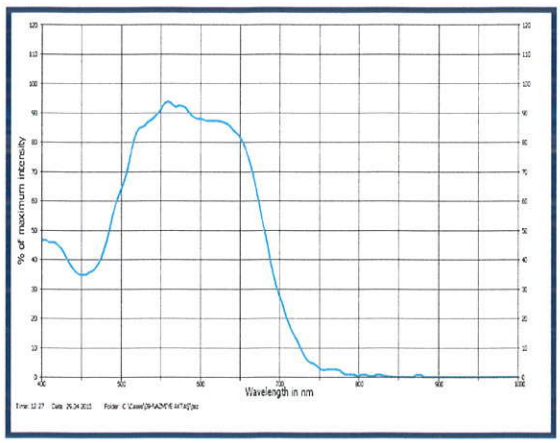
Spektrum 3.137. 18 Mart 2013



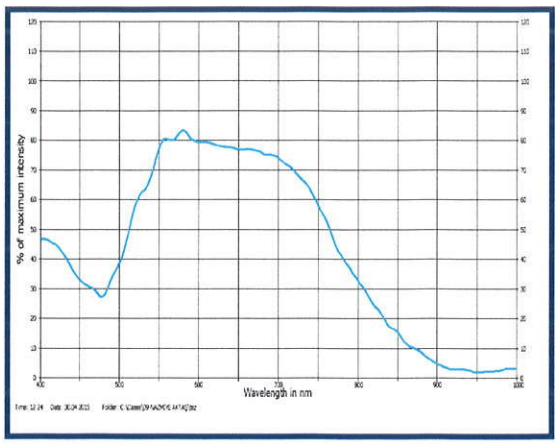
Spektrum 3.138. 20 Mart 2013



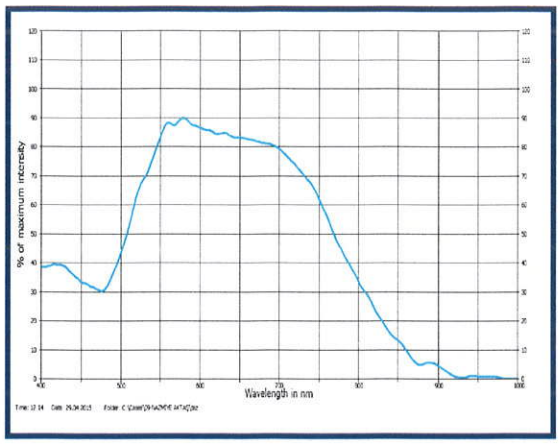
Spektrum 3.139. 20 Şubat 2013



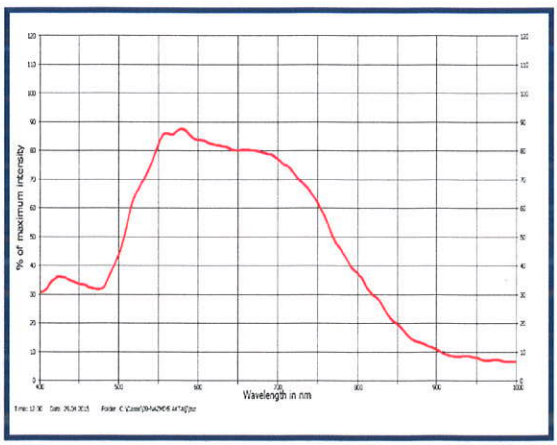
Spektrum 3.140. 19 Mart 2012



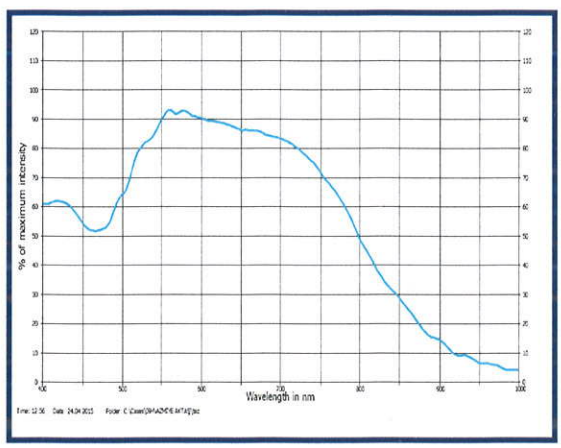
Spektrum 3.141. 18 Nisan 2013



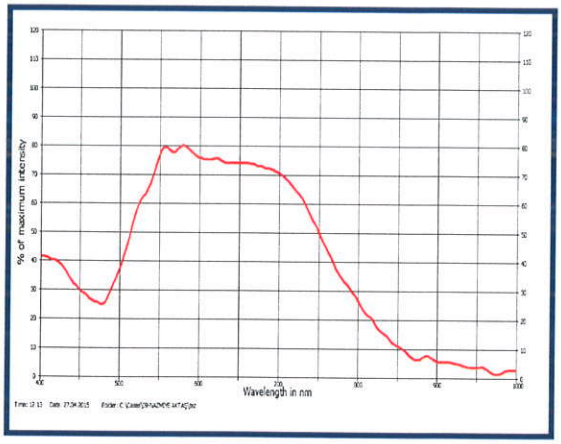
Spektrum 3.142. 18 Nisan 2013



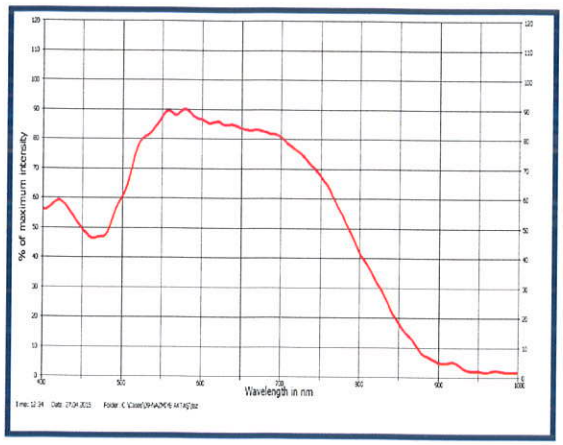
Spektrum 3.143. 22 Şubat 2013



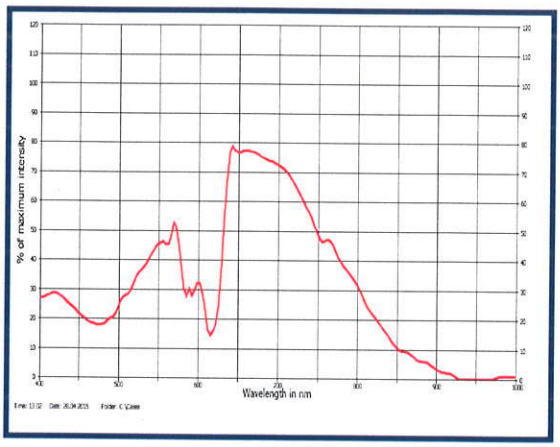
Spektrum 3.144. 24 Ocak 2013



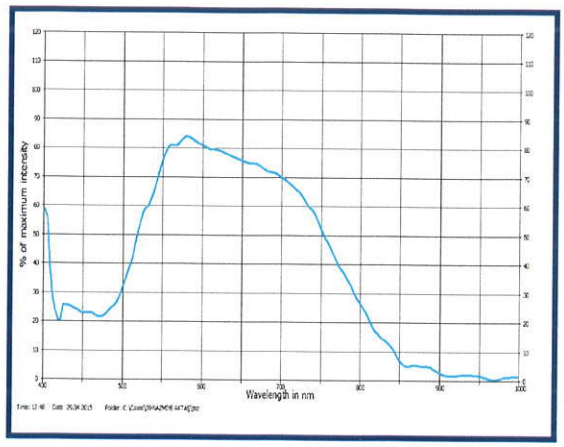
Spektrum 3.145. 22 Şubat 2013



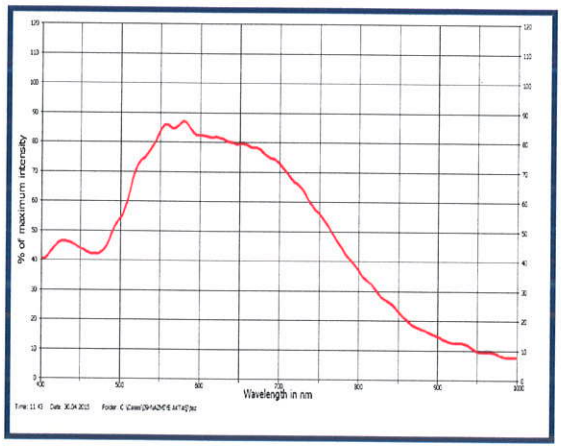
Spektrum 3.146. 26 Şubat 2013



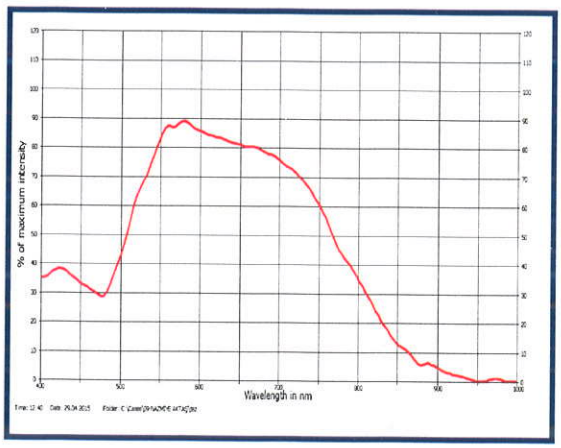
Spektrum 3.147. 26 Şubat 2013



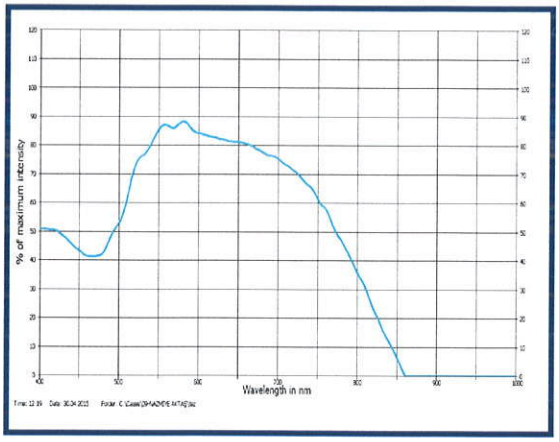
Spektrum 3.148. 28 Mart 2013



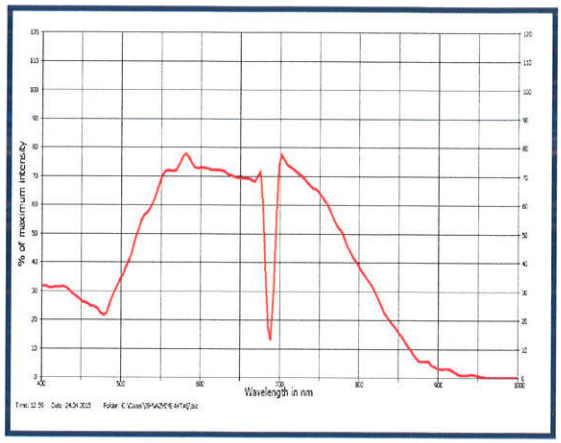
Spektrum 3.149. 28 Mart 2013



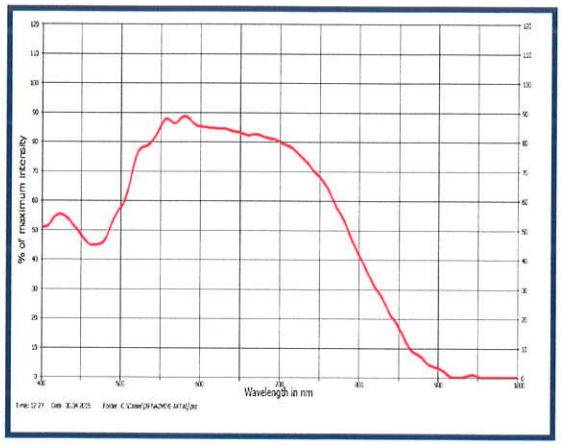
Spektrum 3.150. 28 Mart 2013



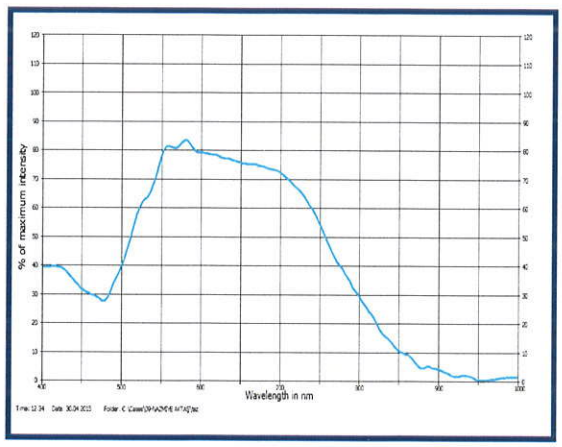
Spektrum 3.151. 28 Mart 2013



Spektrum 3.152. 24 Ocak 2013



Spektrum 3.153. 06 Mayıs 2013



Spektrum 3.154. 03 Mart 2013

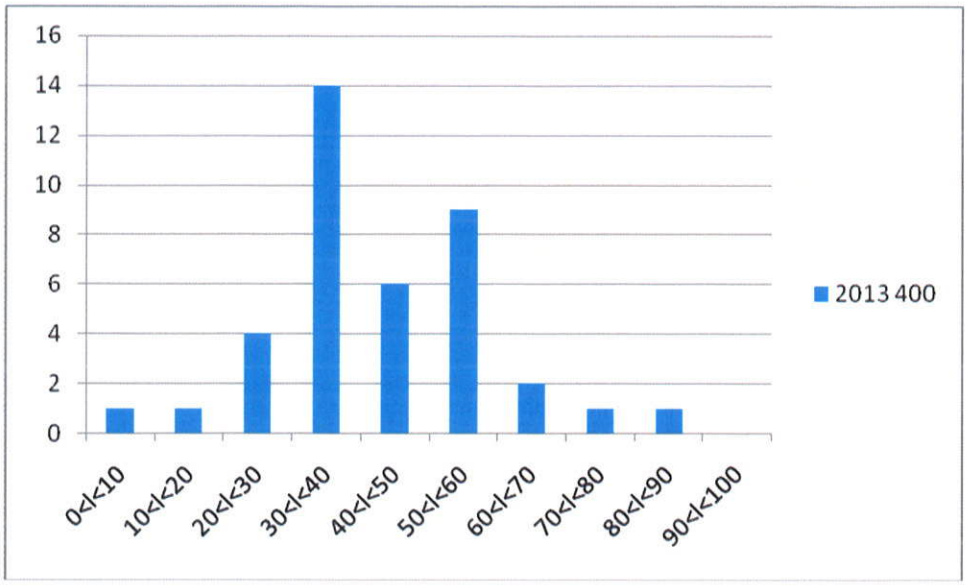
Çizelge 3.5. 2013 Yılına Ait Belgelerden Alınan Spektrumların 400-1000 nm Dalga Boyu Aralığında Gösterdikleri Yoğunluk Değişimi

Dalga Boyu nm / Intensity (N109-N130)	400	500	600	700	800	900	1000	Maximum Pik Değeri
N109	30<I<40	40	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N110	10<I<20	30	70<I<80	60<I<70	10<I<20	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N111	40	50	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N112	30<I<40	30<I<40	80<I<90	70<I<80	20<I<30	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N113	40<I<50	40	70<I<80	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N114	30<I<40	40<I<50	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N115	40	30<I<40	80<I<90	70<I<80	30	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N116	70<I<80	40<I<50	80<I<90	70<I<80	20<I<30	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N117	50<I<60	50<I<60	80<I<90	70<I<80	40	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N118	80<I<90	60<I<70	80<I<90	80<I<90	50<I<60	10<I<20	0<I<10	90<I<100
N119	50<I<60	40<I<50	70<I<80	60<I<70	20<I<30	0<I<10	0<I<10	70<I<80
N120	20	30<I<40	70<I<80	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N121	30<I<40	20<I<30	20<I<30	0<I<10	30<I<40	0<I<10	0<I<10	30<I<40
N122	20<I<30	30	80	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N123	30<I<40	40<I<50	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N124	80	40<I<50	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N125	30<I<40	50	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N126	40<I<50	40<I<50	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N127	20<I<30	30<I<40	80<I<90	60<I<70	10<I<20	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N128	20<I<30	30<I<40	60<I<70	50<I<60	20<I<30	0<I<10	0<I<10	70<I<80
N129	20<I<30	40<I<50	70<I<80	70<I<80	20<I<30	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N130	50<I<60	50	70<I<80	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90

Çizelge 3.5. Devam

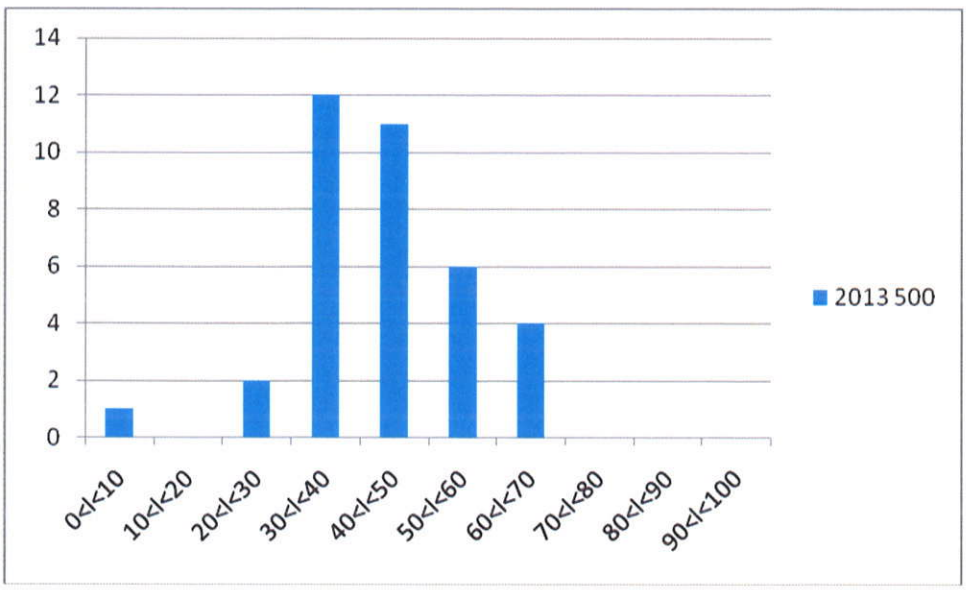
Dalga Boyu nm / Intensity (N131-N154)	400	500	600	700	800	900	1000	Maximum Pik Değeri
N131	50<I<60	50<I<60	70<I<80	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N132	50<I<60	50<I<60	80<I<90	80<I<90	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N133	60<I<70	60<I<70	80<I<90	80<I<90	40<I<50	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N134	30<I<40	40	80<I<90	70<I<80	20<I<30	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N135	30	30<I<40	80	60<I<70	20<I<30	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N136	0<I<10	0<I<10	0<I<10	0<I<10	0<I<10	0<I<10	0<I<10	0<I<10
N137	30<I<40	40<I<50	80<I<90	70<I<80	40<I<50	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N138	30<I<40	30<I<40	80<I<90	70<I<80	20<I<30	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N139	70<I<80	30<I<40	80<I<90	70<I<80	30	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N140	40<I<50	60<I<70	80<I<90	20<I<30	0<I<10	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N141	40<I<50	30<I<40	70<I<80	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N142	30<I<40	40<I<50	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	90<I<100
N143	30<I<40	40<I<50	80<I<90	70<I<80	30<I<40	10<I<20	0<I<10	80<I<90
N144	60<I<70	60<I<70	90<I<100	80<I<90	40<I<50	10<I<20	0<I<10	90<I<100
N145	40<I<50	30<I<40	70<I<80	70<I<80	20<I<30	0<I<10	0<I<10	70<I<80
N146	50<I<60	60	80<I<90	80<I<90	40<I<50	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N147	20<I<30	20<I<30	30<I<40	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	70<I<80
N148	50<I<60	30<I<40	80<I<90	70	20<I<30	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N149	40<I<50	50<I<50	80<I<90	70<I<80	30<I<40	10<I<20	0<I<10	80<I<90
N150	30<I<40	40<I<50	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N151	50<I<60	50<I<60	80<I<90	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N152	30<I<40	30<I<40	70<I<80	70<I<80	30<I<40	0<I<10	0<I<10	70<I<80
N153	50<I<60	50<I<60	80<I<90	80	40<I<50	0<I<10	0<I<10	80<I<90
N154	30<I<40	40	70<I<80	70<I<80	20<I<30	0<I<10	0<I<10	80<I<90

3.3.1. 2013 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 400 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi



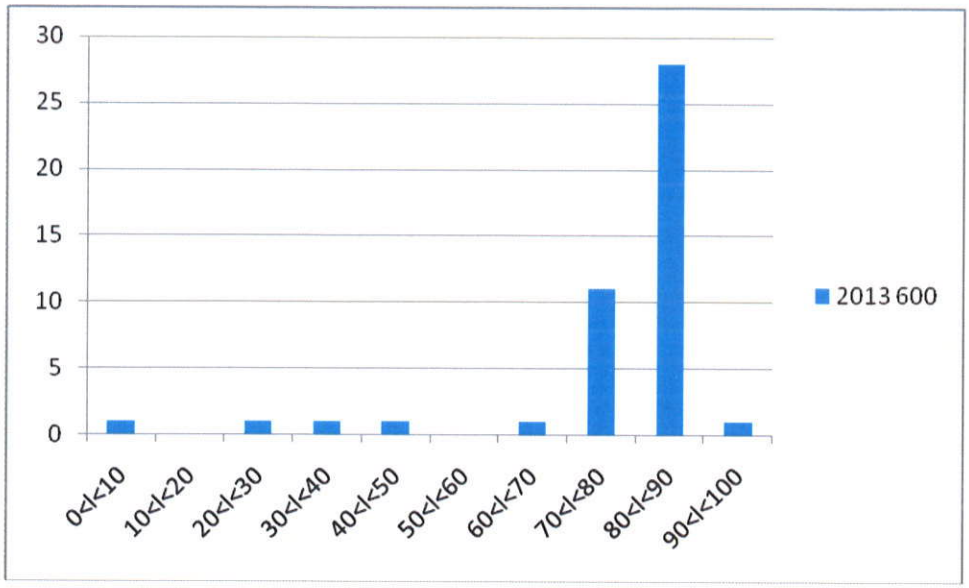
Grafik 3.17. 2013 Yılına Ait Spektrum 400 nm Analizi

3.3.2. 2013 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 500 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi



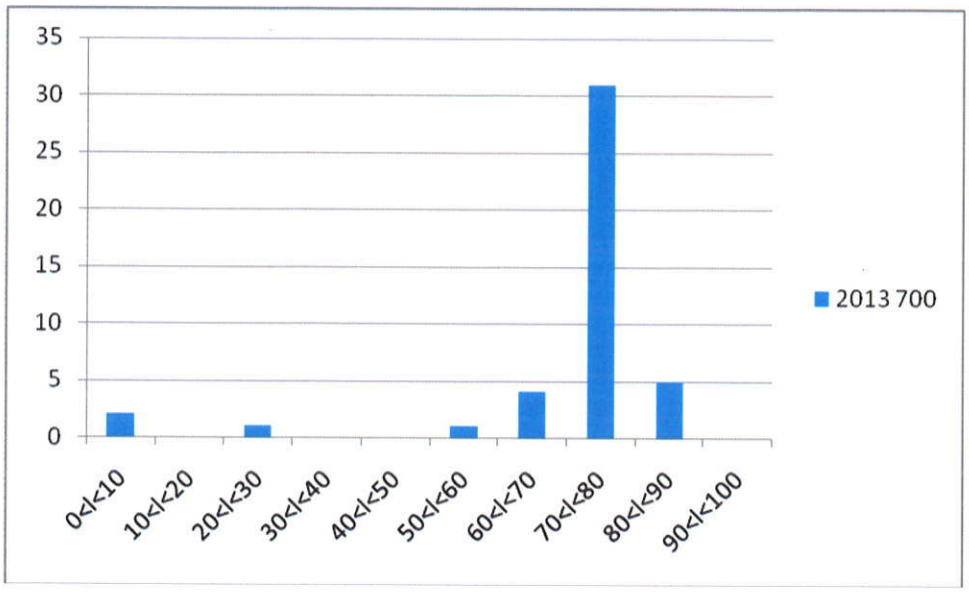
Grafik 3.18. 2013 Yılına Ait Spektrum 500 nm Analizi

3.3.3. 2013 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 600 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi



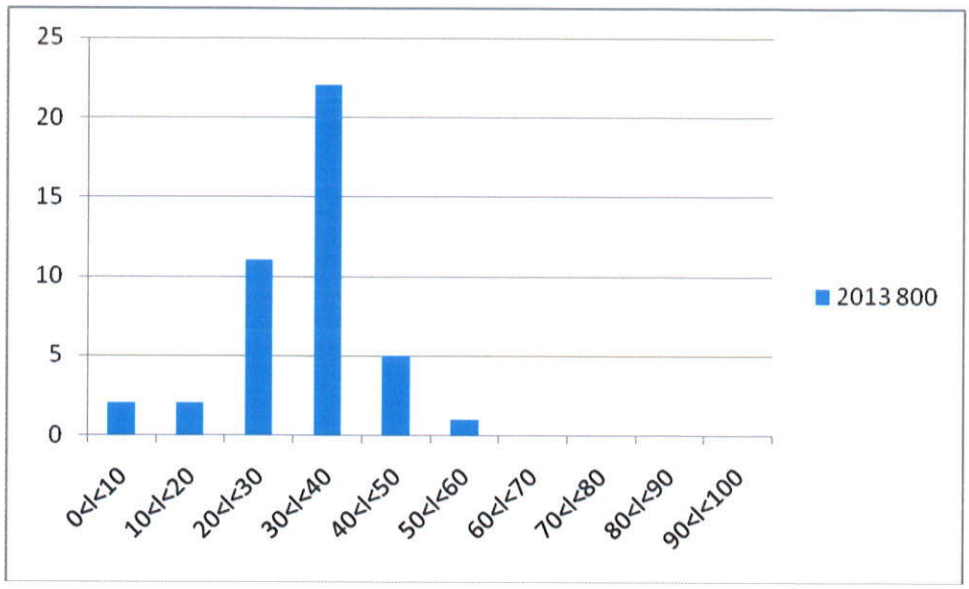
Grafik 3.19. 2013 Yılına Ait Spektrum 600 nm Analizi

3.3.4. 2013 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 700 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi



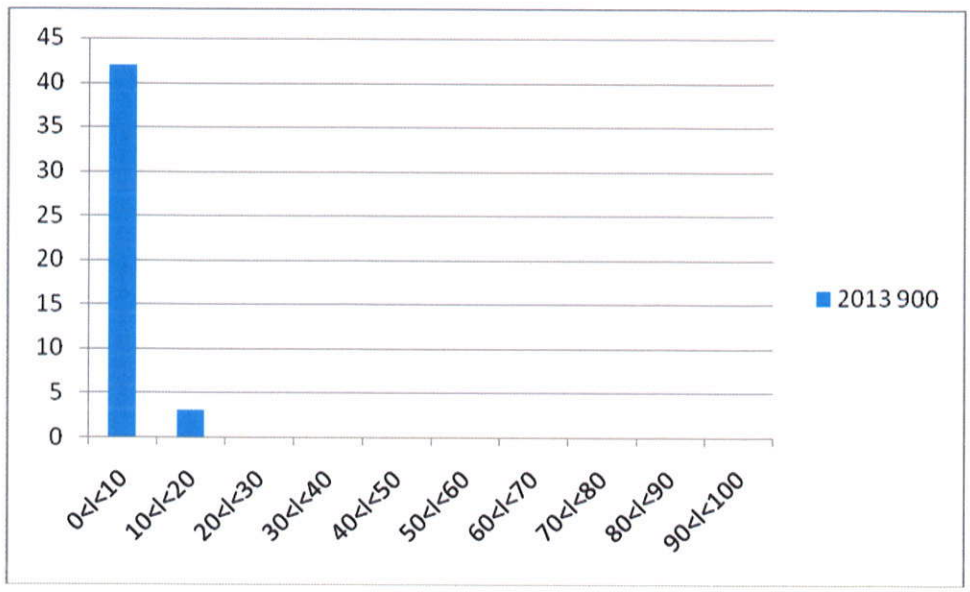
Grafik 3.20. 2013 Yılına Ait Spektrum 700 nm Analizi

3.3.5. 2013 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 800 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi



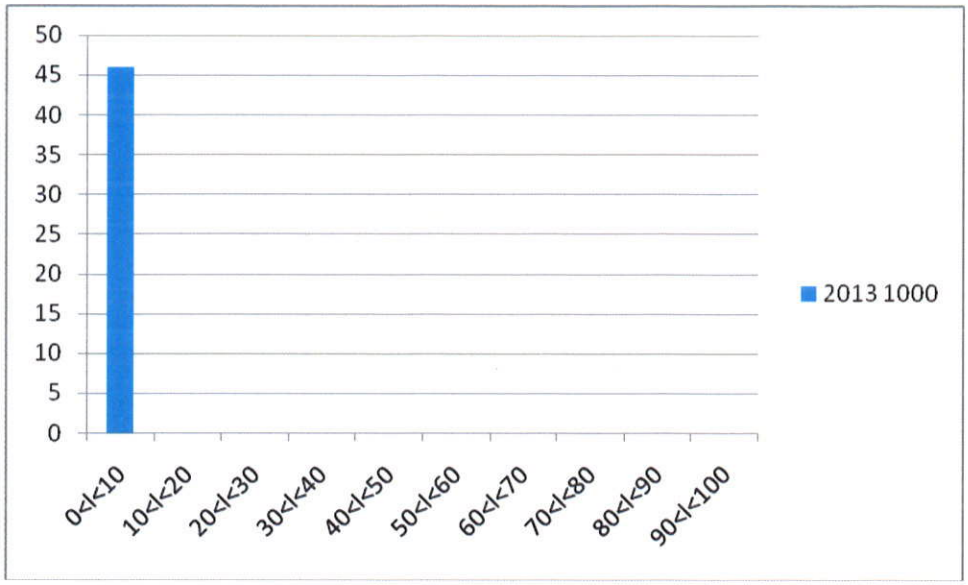
Grafik 3.21. 2013 Yılına Ait Spektrum 800 nm Analizi

3.3.6. 2013 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 900 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi



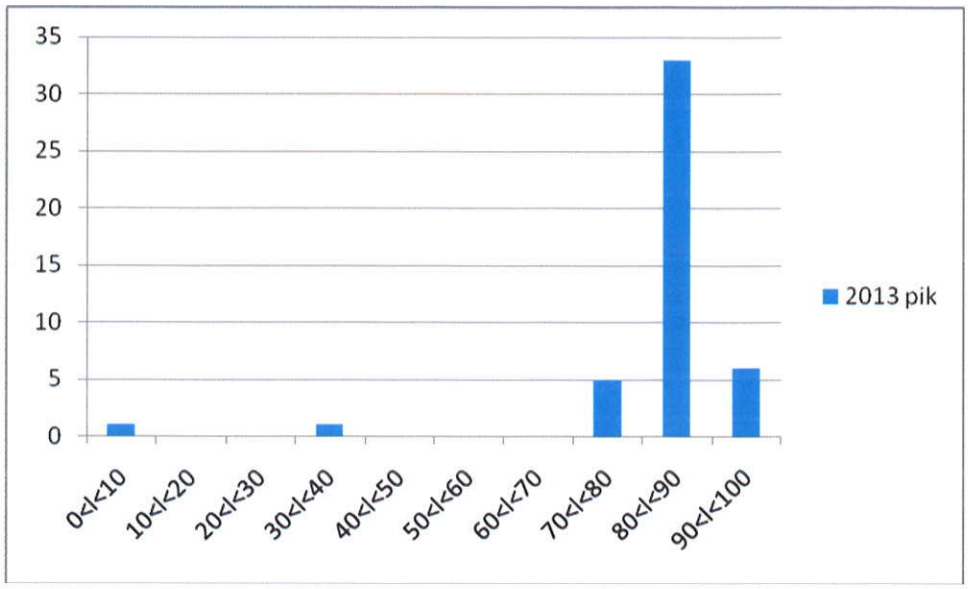
Grafik 3.22. 2013 Yılına Ait Spektrum 900 nm Analizi

3.3.7. 2013 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların 1000 nm Dalga Boyundaki Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi



Grafik 3.23. 2013 Yılına Ait Spektrum 1000 nm Analizi

3.3.8. 2013 Yılında Düzenlenen Belgeler Üzerinden Alınan Spektrumların En Yüksek Pik Değerine Ulaştığında Işığa Verdikleri Cevabın Yoğunluk Frekans Analizi



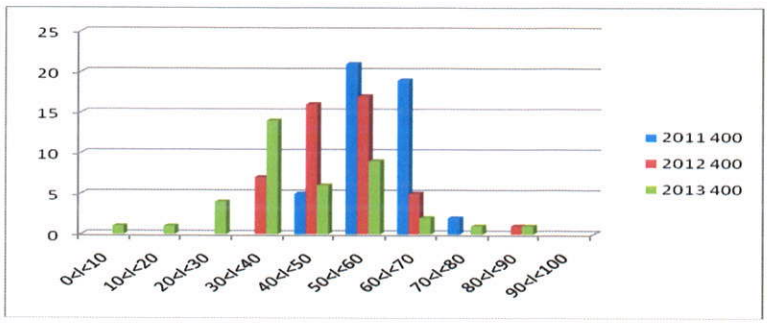
Grafik 3.24. 2013 Yılına Ait Spektrum Maksimum Pik Analizi

4. TARTIŞMA

Çalışmada kullanılan ve üzerlerine aynı cins mavi mürekkepli kalem (Faber-Castel 1475) ile imzalar atılan 2011-2013 yıllarına ait toplam 154 adet belgede VSC-5000 Doküman İnceleme Cihazı ile Infrared bölgede ve absorbsiyon modunda incelemeler yapılmış ve elde edilen spektrumlardan mürekkep yapısındaki değişim hakkında bazı veriler elde edilmiştir. (Çizelge 4.1-4.8.)

Çizelge 4.1. 2011-2013 Yılına Ait Belgelerden Alınan Spektrumların 400 nm Dalga Boyunda Gösterdikleri Yoğunluk Değişimi

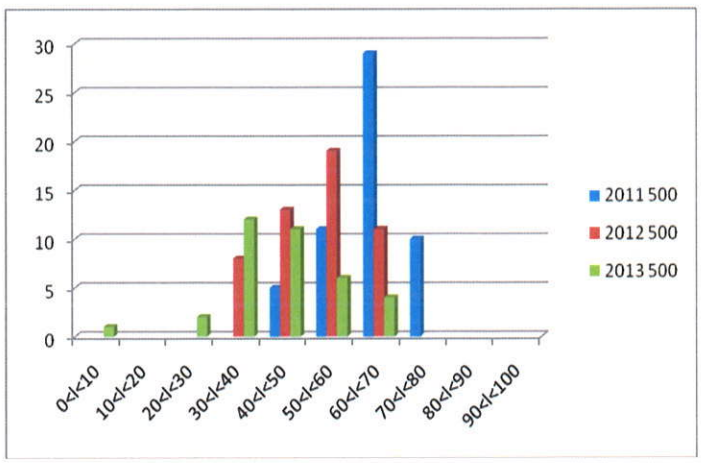
Yıl / Şiddet	2011 400 nm	2012 400 nm	2013 400 nm
0<I<10			1
10<I<20			1
20<I<30			4
30<I<40		7	14
40<I<50	5	16	6
50<I<60	21	17	9
60<I<70	19	5	2
70<I<80	2		1
80<I<90		1	1
90<I<100			



400 nm dalga boyunda mürekkep kimliğinin 40<I<50, 50<I<60, 60<I<70 aralığında gözlemlendiğini, zaman geçtikçe 0<I<10, 10<I<20, 20<I<30 bölgesinde de ölçüm yapılabildiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2. 2011-2013 Yılına Ait Belgelerden Alınan Spektrumların 500 nm Dalga Boyunda Gösterdikleri Yoğunluk Değişimi

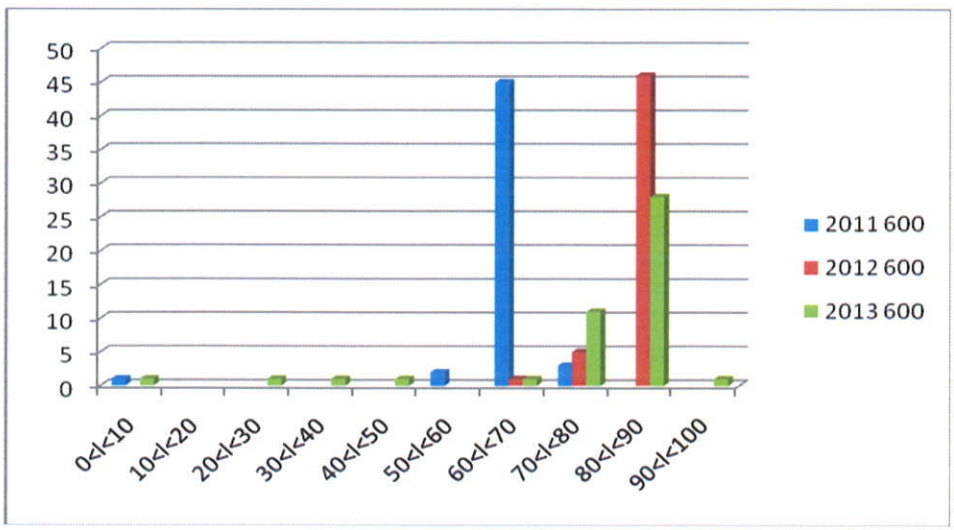
Yıl / Şiddet	2011 500 nm	2012 500 nm	2013 500 nm
0<I<10			1
10<I<20			
20<I<30			2
30<I<40		8	12
40<I<50	5	13	11
50<I<60	11	19	6
60<I<70	29	11	4
70<I<80	10		
80<I<90			
90<I<100			



500 nm dalga boyunda mürekkep kimliğinin 40<I<50, 50<I<60, 60<I<70 aralığında gözlemlendiğini, zaman geçtikçe 0<I<10, 20<I<30 bölgesinde de ölçüm yapılabildiği ayrıca en eski zaman ait mürekkebin 60<I<70 bölgesine cevap verdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3. 2011-2013 Yılına Ait Belgelerden Alınan Spektrumların 600 nm Dalga Boyunda Gösterdikleri Yoğunluk Değişimi

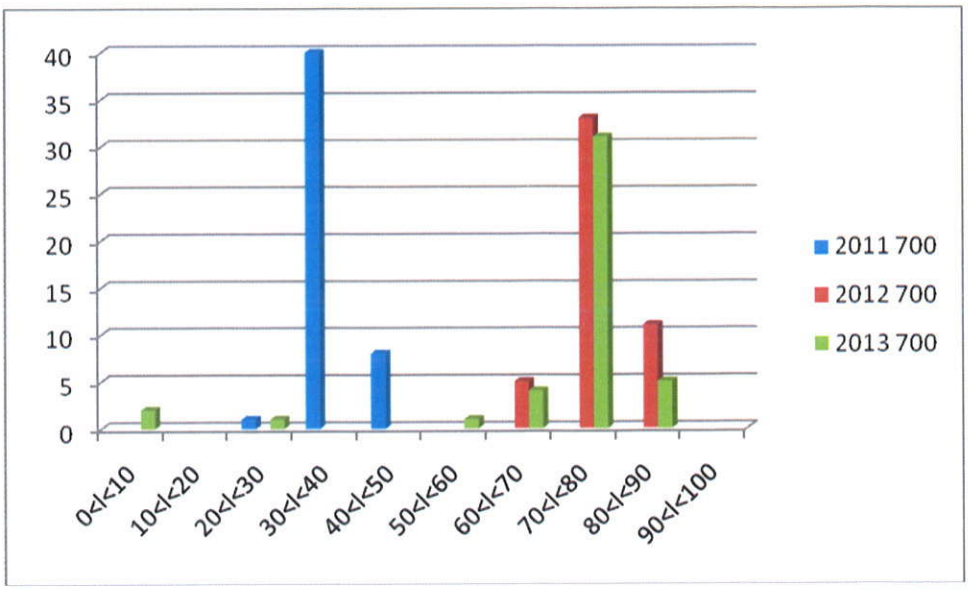
Yıl / Şiddet	2011 600 nm	2012 600 nm	2013 600 nm
0<I<10	1		1
10<I<20			
20<I<30			1
30<I<40			1
40<I<50			1
50<I<60	2		
60<I<70	45	1	1
70<I<80	3	5	11
80<I<90		46	28
90<I<100			1



600 nm dalga boyunda mürekkep kimliğinin 60<I<70, 70<I<80, 90<I<100 aralığında gözlemlendiğini, zaman geçtikçe 90<I<100, 30<I<40, 20<I<30 bölgesinde de ölçüm yapılabildiği ayrıca en eski zaman ait mürekkebin 60<I<70 bölgesine cevap verdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4. 2011-2013 Yılına Ait Belgelerden Alınan Spektrumların 700 nm Dalga Boyunda Gösterdikleri Yoğunluk Değişimi

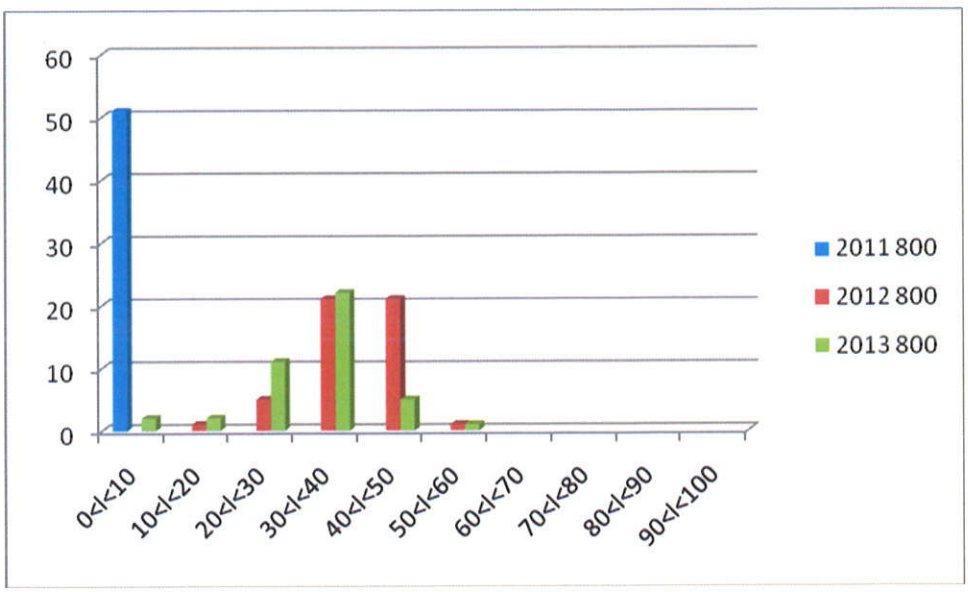
Yıl / Şiddet	2011 700 nm	2012 700 nm	2013 700 nm
0<I<10			2
10<I<20			
20<I<30	1		1
30<I<40	40		
40<I<50	8		
50<I<60			1
60<I<70		5	4
70<I<80		33	31
80<I<90		11	5
90<I<100			



700 nm dalga boyunda mürekkep kimliğinin belirlenmesinde zorluklarla karşılaşıldığı, zaman geçtikçe 70<I<80 bölgesinde ölçüm yapılabildiği ayrıca en eski zaman ait mürekkebin 30<I<40 bölgesine cevap verdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.5. 2011-2013 Yılına Ait Belgelerden Alınan Spektrumların 800 nm Dalga Boyunda Gösterdikleri Yoğunluk Değişimi

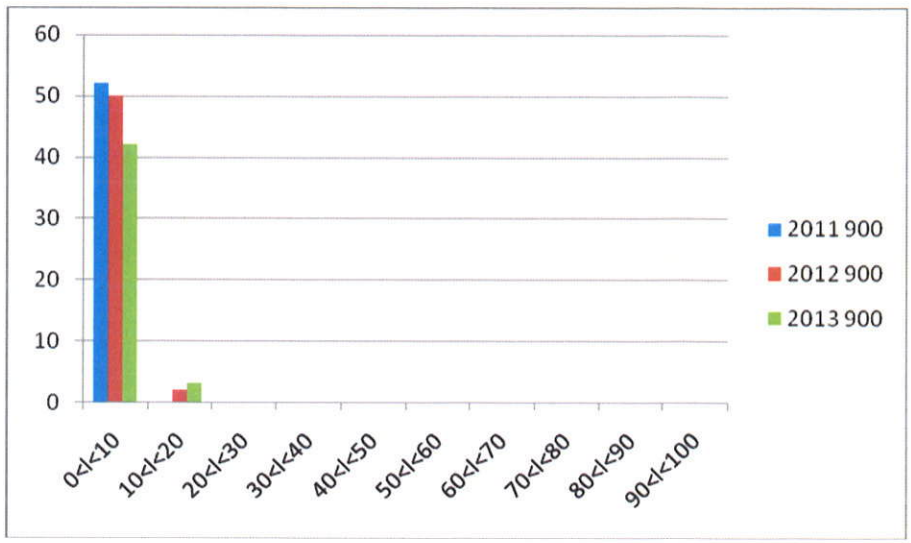
Yıl / Şiddet	2011 800 nm	2012 800 nm	2013 800 nm
0<I<10	51		2
10<I<20		1	2
20<I<30		5	11
30<I<40		21	22
40<I<50		21	5
50<I<60		1	1
60<I<70			
70<I<80			
80<I<90			
90<I<100			



800 nm dalga boyunda mürekkep kimliğinin belirlenmesinde zorluklarla karşılaşıldığı, zaman geçtikçe 30<I<40, 20<I<30 bölgesinde ölçüm yapılabildiği ayrıca en eski zamana ait mürekkebin 0<I<10 bölgesine cevap verdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.6. 2011-2013 Yılına Ait Belgelerden Alınan Spektrumların 900 nm Dalga Boyunda Gösterdikleri Yoğunluk Değişimi

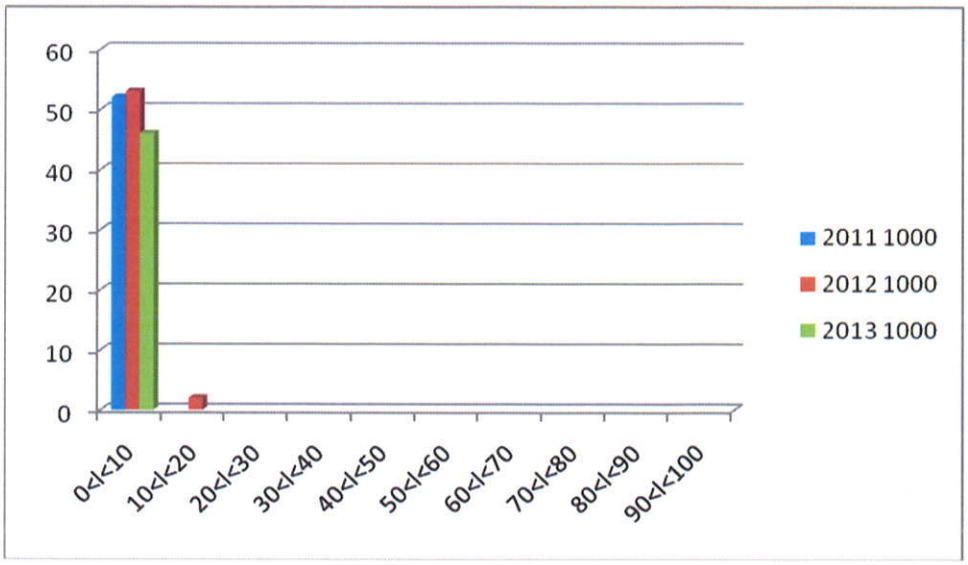
Yıl / Şiddet	2011 900 nm	2012 900 nm	2013 900 nm
0<I<10	52	50	42
10<I<20		2	3
20<I<30			
30<I<40			
40<I<50			
50<I<60			
60<I<70			
70<I<80			
80<I<90			
90<I<100			



900 nm dalga boyunda mürekkep kimliğinin belirlenmesinde 0<I<10 bölgesinin etkin olduğu, zaman geçtikçe 0<I<10 bölgesine kayma olduğu ayrıca en eski zamana ait mürekkebin 0<I<10 bölgesine cevap verdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. 2011-2013 Yılına Ait Belgelerden Alınan Spektrumların 1000 nm Dalga Boyunda Gösterdikleri Yoğunluk Değişimi

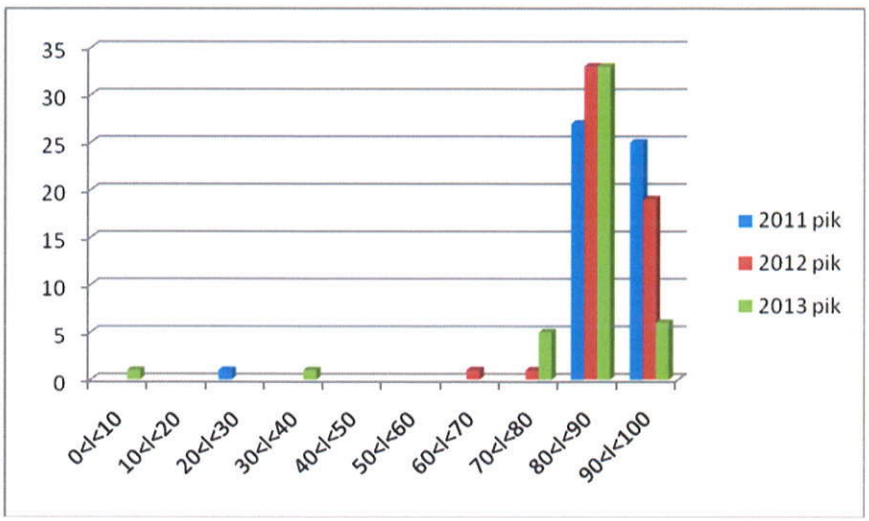
Yıl / Şiddet	2011 1000 nm	2012 1000 nm	2013 1000 nm
0<I<10	52	53	46
10<I<20		2	
20<I<30			
30<I<40			
40<I<50			
50<I<60			
60<I<70			
70<I<80			
80<I<90			
90<I<100			



1000 nm dalga boyunda mürekkep kimliğinin belirlenmesinde 0<I<10 bölgesinin etkin olduğu, zaman geçtikçe 0<I<10 bölgesine kayma olduğu ayrıca en eski zamana ait mürekkebin 0<I<10 bölgesine cevap verdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.8. 2011-2013 Yılına Ait Belgelerden Alınan Spektrumların Maksimum Pik Noktasında Gösterdikleri Yoğunluk Değişimi

Yıl / Şiddet	2011 Max Pik	2012 Max Pik	2013 Max Pik
0<I<10			1
10<I<20			
20<I<30	1		
30<I<40			1
40<I<50			
50<I<60			
60<I<70		1	
70<I<80		1	5
80<I<90	27	33	33
90<I<100	25	19	6



Pik Noktasında mürekkep kimliğinin belirlenmesinde 80<I<90, 90<I<100 bölgesinin etkin olduğu, zaman geçtikçe 80<I<90 bölgesine kayma olduğu ayrıca en eski zamana ait mürekkebin 80<I<90 bölgesine cevap verdiği tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüze kadar mürekkep yaşı (mürekkebin kağıt dokusuna uygulanma zamanı) hakkında yapılan deneyler, mürekkebi oluşturan maddelerin kütlesel değişim hızından yola çıkılarak yapılmaktadır. Buna fenoksietanol maddesini örnek olarak gösterebiliriz. Literatürde, yapılan spektrum analizlerinde mevcut mürekkebin aynı ya da farklı olup olmadığına yönelik çalışmalar var ancak uzun bir zaman diliminde aynı cins bir mürekkebin kullanıldığı ve hep aynı ortamda saklanmış belgelerden elde edilen spektrum verileri kullanılarak bir çalışma yapılmamıştır.

Ancak elde edilen veriler ve araştırma sonuçları değerlendirildiğinde, VSC 5000 Doküman İnceleme Cihazında Infrared bölgede elde edilen sonuçlar hangi zaman diliminde olursa olsun söz konusu mürekkebin belirli bir kimliğinin bulunduğunu ve her dalga boyunu absorbe etme yeteneğinin aynı ortamda saklandığı koşullarda benzer olduğunu ortaya koymuştur.

Faber-Castel 1475 marka mürekkepli kalemin dışında farklı marka kalemlerinde kullanılarak deneylerin tekrarlanması her mürekkebin dalga boyuna verdiği cevaba ait kimliğinin ortaya çıkarılmasını ve ülkemiz için üretimi ve kullanılması şahıs ya da kurum bazında belirli standartlara oturtulmuş mürekkep veri tabanının oluşmasını sağlayacaktır.

Belge mürekkep ve kağıt biraraya geldiğinde anlam kazanan bir obje olarak tanımlanabilir. Mürekkebin şahıs veya kurum bazında belirli stardartlarda olması ve o şahıs/kurumlarda düzenlenen belgelerin sadece kendileri tarafından kullanılmasına müsaede edilen belirli formullere sahip (şifre madde içeren) mürekkepli kalemleri kullanmaları pek çok önemli sahtecilik olayının önüne geçilmesini sağlayacaktır.

Örneğin; Bursa 1'inci Noterinin sadece kendi yetkilileri tarafından kullanılan içeriğindeki element miktar ve yapılarının bilindiği ve kayıt altında olduğu tek bir kalem kullanmasını ya da istekte bulunan herhangi bir şahsın sadece kendisine has bir mürekkep içeriğine sahip kalem kullanmasını düşünebiliriz.

ÖZET

Aynı Cins Mavi Mürekkepli Kalem Kullanılarak Farklı Tarihlerde Düzenlenmiş Belgelerin Absorbsiyon Spektrumu ile İncelenmesi

Adli belge inceleme uzmanlarının dava konusu belgeleri incelerken en fazla önem verdikleri husus belgeye herhangi bir zarar gelmemesidir. Bu durum inceleme tekniklerinin delillere zarar vermeyecek şekilde seçilmesi anlamına gelir. Belge yüzeyindeki mürekkep analizi bu konuda üzerinde çalışılması gereken bir konudur.

Mürekkep yaşı günümüzde bir çok araştırmaya konu olmasına rağmen halen sonuçlandırılamamıştır. Mürekkep ülkemizde kimyasal formülü nazarı dikkate alındığında çeşitlilik arz etmektedir. Literatürde yaş belirlenmesinde özellikle kimyasal analiz yöntemlerinin kullanıldığını görmekteyiz oysa fiziksel analiz sınıfına alabileceğimiz spektrum incelemeleriyle mevcut belgeye zarar verilmeden veri elde edilebilir mi sorusuna cevap vermeye çalışmak yeni inceleme teknikleri geliştirmek için önemli bir aşamadır.

Araştırmada, Faber Castell 1475 marka kalem kullanılarak aynı cins mavi mürekkeple imzalanmış ve aynı ortamda muhafaza edilmiş 2011-2013 yılları arasında imzalandıkları tarihten kesin olarak emin olduğumuz 154 adet belge üzerinde Infrared Absorbsiyon Modunda VSC 5000 Doküman İnceleme Cihazından faydalanılarak spektrumlar elde edilmiş ve 400-1000 nm dalga boyu aralığında elde edilen ışık şiddeti yoğunluk analizinde her bir dalga boyu aralığında 2011, 2012 ve 2013 yıllarına ait belgeler kendi aralarında karşılaştırılmış ve belge yüzeyinde daha fazla beklemiş olan 2011 yılına ait mürekkebin, daha az beklemiş olan 2013 yılına göre pik seviyelerde kayma gözlendiği ancak bu çalışmanın aynı kalemin kullanıldığı daha fazla belgenin belirlenerek incelemelerin tekrarlanması gerektiği değerlendirilmiştir.

Şahıs/Kurumların düzenlediği belgeler üzerindeki ıslak mürekkepleri oluşturan kalemlerin formüllerinin o şahıs/kurumlara has olması sahtecilik olaylarının önüne geçilmesinde, örneğin yazı-imza aidiyetinin ortaya çıkarılmasında formül şifreli kalemler büyük fayda sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Mürekkep, Spektrum, Infrared, Absorbsiyon

SUMMARY

Examınatıon of Documents with the absorbsion spectrum That Repaır Different Date and With Same Blue Inks

While Forensic Experts examine questioned documents, they give utmast importence for protecting document from possible harms. This means to choose reliable and safe methods. In same way ink anlyse of documents should be taken into conside ration in this perspective.

Ink anlyse has been source of many research, but until now no result was obtained chemical formul of inks is various in our country. In literature we come accross with chemical analyse for determinig ınk age. However spectral anlyse of ink which is a phsical eximination may cause a big development for new technics without giving any harm tod the document.

In research, as using Faber Castell 1475 marked pencil; 154 document that were signed with same type at ink and preserved in same environment between 2011-2013 years were analysed. In Infrared Absorbsition Mode. VSC 5000 document examination device was used and spectrums were obtained. Between 400-1000 nm waveline light intensity was practiced and documents that belong 2011, 2012 and 2013 were compared with each other. Ink that dates back to 2011 showed more pik level shift compared to 2013 dated document that has waited less. As a result more document that were written with same inked pencil should be determined and more examination should be carried out.

Anahtar Kelimeler: Ink, Spectrum, Infrared, Absorbsion

ÖZGEÇMİŞ

I-Bireysel Bilgiler

Adı: Nazmiye

Soyadı: AKTAŞ

Doğum Yeri ve Tarihi: Elazığ 15.04.1976

Uyruğu: Türkiye Cumhuriyeti

Medeni Durumu: Evli

Askerlik Durumu: Yok

İletişim Adresi ve Telefonu: JKDB Doküman İnceleme Laboratuarı 0(312)4647187

II-Eğitimi

Uludağ Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Lisans

Anadolu Üniversitesi Adalet Meslek Yüksekokulu 2. Sınıf eğitimi devam ediyor.

III-Ünvanları

Fizikçi

El Yazısı ve Doküman İnceleme Uzmanı

IV-Mesleki Deneyimi

14 Yıl

V-Üye Olduğu Bilimsel Kuruluşlar

ENFSI

VI-Bilimsel İlgi Alanları

Gazi Üniversitesi Biyofizik Ana Bilim Dalında görme ve hücre biyofiziği üzerine dersler aldım.

VII-Bilimsel Etkinlikleri

EDEWG, 2014 (ENFSI bünyesinde Avrupa Doküman İncelemeciler Çalışma Grubu Toplantısı) Poster (Comparasıon of a randomly picked blue-ınk-written however document that is aged with 1 and 5 Gy light radiation aged document with a page construction aged with the same method)

VIII-Diğer Bilgiler

Adli Tıp Semineri (Van, 2001)

Merkez Bankası Banknot Matbaası (Ankara, 2005)

Kalite Yönetim Sistemi Eğitimi (Ankara, 2005)

KAYNAKLAR

Andermann T., Raman Spectroscopy of Ink on Paper, *Problems of Forensic Sciences* **XL,VI**, 2001

Brunelle R.L., Cantu A.A., A Critical Evaluation Of Current İnk Dating Techniques, *Journal of Forensic Sciences* **32**, 1987

EDEWG, (2001). Skills and Knowledge Base for European Forensic Document Examiners Application of Luminescence to the Examination of Documents. Ink Analysis by TLC

Fabianska E., Trzcinska B.M., Differentiation of Ballpoint and Liquid Inks-A Comparision of Methods in Use, *Problems of Forensic Sciences*, **XLVI**, 2001.

HAMZAOĞLU N., (2008). Belge İnceleme Alanında Üstü Karalanmış Yazıların Spektral ve Hiperspektral Yöntemlerle Analizi Yüksek Lisans Tezi.

KARSLI Ö., ,KIYLIOĞLU A., Farklı Fiziksel Koşullar Altında Kalan Belgeler Üzerindeki Mavi Tükenmez Kalem Mürekkeplerinin Spektroskopik Yöntemler ve İnce Tabaka Kromatografisiyle Analizi, Ankara, 2006

OSBORN A. (1991). Questioned Document Problems, Second Ed. Patterson Smith Series in Criminology, Law Enforcement & Social Problems, Texas.

PURDY, D.C. (2000). Document Dating. Forensic Document Examination Services Inc. Ottawa, CANADA.

ŞAHİN B., Mürekkep ve Yazı Yaşı Tayini Konusunda Literatür (Ulusal Ve Uluslararası) Taraması Üzerine Bir Araştırma, 2006

TURAN N., Examination of Same Type Inks on the Different Type Papers Surface, 2013