

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İŞLENMİŞ SÜSTAŞI MAVİ TOPAZIN
SPEKTROSKOPİK (KONFOKAL MİKRO-
RAMAN VE FT-IR) VE MİKROSKOPİK
(İMMERSİYON VE GEMOLOJİK
MİKROSKOPLAR) İNCELEMELERİ

Hızır Baki BUZLU

Ocak, 2019

İZMİR

**İŞLENMİŞ SÜSTAŞI MAVİ TOPAZIN
SPEKTROSKOPİK (KONFOKAL MİKRO-
RAMAN VE FT-IR) VE MİKROSKOPİK
(İMMERSİYON VE GEMOLOJİK
MİKROSKOPLAR) İNCELEMELERİ**

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Doğal Yapı Taşları ve Süstaşları Anabilim Dalı

Hızır Baki BUZLU

Ocak, 2019

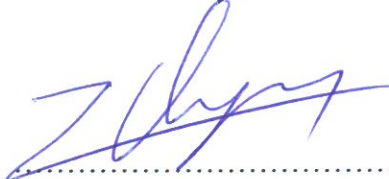
İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU


HIZIR BAKİ BUZLU, tarafından PROF. DR. MURAT HATİPOĞLU yönetiminde hazırlanan “İŞLENMİŞ SÜSTAŞI MAVİ TOPAZIN SPEKTROSKOPİK (KONFOKAL MİKRO-RAMAN VE FT-IR) VE MİKROSKOPİK (İMMERSİYON VE GEMOLOJİK MİKROSKOPLAR) İNCELEMELERİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Murat HATİPOĞLU

Yönetici


Prof. Dr. Turpay ONARGAN

Jüri Üyesi


Doç. Dr. Hakan AKAT

Jüri Üyesi


Prof. Dr. Kadriye ERTEKİN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanması sürecinde yaptığım tüm çalışmalarında benden desteğini esirgemeyen eőime, çocuklarıma, incelenen topaz süstaşlarını bana tahsis eden BayDiamond-Harmony/İZMİR firması sahibi Sayın Bülent BAYIRCILAR'a, topaz örneklerinin makroskopik ve imersiyonoskop altındaki fotoğraflarının çekimlerini gerçekleőtiren Sayın Öğr. Gör. Mustafa ŐAKAR'a ve yüksek lisans çalışmalarım boyunca manevi desteğini esirgemeyen tüm akademisyen dostlarıma sonsuz teşekkür ederim.

Hızır Baki BUZLU

İŞLENMİŞ SÜSTAŞI MAVİ TOPAZIN SPEKTROSKOPİK (KONFOKAL MİKRO-RAMAN VE FT-IR) VE MİKROSKOPİK (İMMERSİYON VE GEMOLOJİK MİKROSKOPLAR) İNCELEMELERİ

ÖZ

Topaz minerali $[Al_2SiO_4(F,OH)_2]$ Bu çalışmada gökyüzü mavisi renkli doğal ve tedavisiz, doğal ve radyasyon tedavili ile yapay ve tedavisiz topaz örnekleri ile kıyaslama amacıyla da hem başka malzemelerden üretilmiş taklit mavi renkli malzemeler ile doğal ve tedavisiz renksiz topaz örnekleri incelenmiştir.

Topaz içerisinde Flor (F^{-1}) ve Hidroksil (OH^{-1}) iyonlarından biri, diğerine göre kristal kafesinde daha bol miktarlarda bulunur. Flor iyonunun bolluğu, özellikle mavi topaz örneklerinde gemolojik açıdan önemlidir. Çünkü florca zengin renksiz veya diğer renklerdeki topaz örnekleri belirli süre ve dozlarda proton, elektron ve/veya nötron radyasyon ışımalarına tabi tutulduklarında, kolayca doygun mavi renge dönüşebilirler. Bu renk dönüşümü, hidroksilce zengin olanlardan daha verimli olduğundan, radyasyon tedavisi yapılmadan önce topaz örneklerindeki flor zenginliğinin spektroskopik yöntemlerle tespiti önem kazanmaktadır.

Faset işlenmiş ve cilalanmış mavi topaz örnekleri, saçınımlı konfokal mikro-Raman ($DK\mu R$) ve Fourier Transform Infrared (FT-IR) kullanılarak incelenmiştir. Elde edilen $DK\mu R$ grafiklerinde; doğal ve tedavisiz mavi topaz örneklerinde en yüksek pik şiddet sırasındaki ana bantlardan; 265, 236, 329 ve 404 cm^{-1} 'de olanlar (AlO_4) moleküler titreşimleri olarak gerilme bantlarına, 285, 453 ve 481 cm^{-1} 'de olanlar (SiO_4) moleküler titreşimleri olarak gerilme bantlarına, 926 ve 521 cm^{-1} 'de olanlar Flor(F) titreşimleri olarak bükülme bantlarına ve son olarak da 852 ve 1461 cm^{-1} 'de olanlar Hidroksil(OH) titreşimleri olarak bükülme bantlarına, atfedilmişler. Çünkü bu titreşimsel bükülme bantlarının şiddetleri, flor varlığının bolluğu ile doğrudan ilişkilendirilebilir. Elde edilen FT-IR grafikleri göstermektedir ki, 3100-3800 cm^{-1} aralığındaki bantlarının pik şiddeti ve morfolojisi, hidroksil grubu su

varlığına ve bolluğuna işaret eder. Bu piklerin, florca zengin mavi topaz örneklerinde, bariz bir şekilde çok düşük olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Süstaşı Mavi Topaz, Flor (F^{-1}) – Hidroksil (OH^{-1}) içeriği, Gemoloji, Adli Gemoloji, DK μ R ve FT-IR Spektroskopisi



**SPECTROSCOPIC (CONFOCAL MICRO-RAMAN AND FT-IR) AND
MICROSCOPIC (IMMERSIONS AND GEMMOLOGICAL MICROSCOPES)
INVESTIGATIONS OF THE GEMSTONE POLISHED BLUE TOPAZ**

ABSTRACT

The mineral topaz $[\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F},\text{OH})_2]$ is a precious gemstone. In this study, natural untreated, natural irradiated, and synthetic untreated topaz samples were examined. In addition, both artificial different materials and natural untreated colorless topaz samples were also compared with them.

In the topaz, one of the fluorine (F^{-1}) and hydroxyl (OH^{-1}) ions is present in more abundance in the crystal lattice than the other. The abundance of fluorine ions is of particular importance in the blue topaz samples. Because the fluorine-rich colorless or fancy colored topaz samples can be easily converted to saturated blue when subjected to proton, electron and/or neutron irradiation at certain time and doses. Since this color conversion is more efficient than the hydroxyl-rich ones, the determination of the fluorine richness in the topaz samples by spectroscopic methods is important before the irradiation treatment.

Blue topaz samples, which are facet cut and polished, were examined by using dispersive confocal micro-Raman (DC μ R) and Fourier Transform Infrared (FT-IR) with non-destructive spectroscopic devices. In the DC μ R graphics, the natural and untreated blue topaz samples that from the main bands with the strongest peak intensity, those of the bands at 265, 236, 329 ve 404 cm^{-1} may be attributed to stretching bands as molecular vibrations belonging to (AlO_4) , those of the bands at 285, 453 and 481 cm^{-1} may be attributed to stretching bands as molecular vibrations belonging to (SiO_4) , those of the bands at 926 and 521 cm^{-1} may be attributed to bending bands as vibrations belonging to (F) , and finally, those of the bands at 852 and 1461 cm^{-1} may be attributed to bending bands as vibrations belonging to (OH) . Since, the intensity of these bending vibration bands can be directly related to the

abundance of the fluorine presence. The resulting FT-IR graphics show that the peak intensity and morphology of bands in the ranging of 3100-3800 cm^{-1} indicate the presence and abundance of water as the hydroxyl group. They have been found to be very low, obviously in fluorine-rich blue topaz samples.

Keywords: Gemstone Blue Topaz, Fluorine (F^{-1}) - Hydroxyl (OH^{-1}) content, Gemology, Forensic Gemology, DC μ R and FT-IR Spectroscopy



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
TABLolar LİSTESİ.....	xvii
BÖLÜM BİR – GİRİŞ	1
1.1 Adlandırma.....	1
1.2 Mineralojiksel ve Kimyasal Özellikleri	1
1.3 Coğrafik Yayılımı ve Tedarikçi Ülkeler	2
1.4 Jeolojik Oluşumu ve Doğada Bulunuşu	3
1.5 Renklenmesi ve Renkli Türleri.....	6
1.6 Önceki Çalışmalar, Kapsam ve Amaç.....	8
BÖLÜM İKİ – MATERYALLER VE YÖNTEMLER.....	11
1.1 Materyallerin Özellikleri	11
1.2 Kullanılan Gemolojiksel Ekipmanlar	14
BÖLÜM ÜÇ – BULGULAR VE TARTIŞMA	19
3.1 Mavi Topazların Genel Mineralojiksel Özellikleri	19
3.2 Doğal, Ham, Renksiz Topaz Verileri	21
3.3 Doğal, Tedavisiz, İşlenmiş, Mavi Topazların Verileri	24

3.4 Yapay (Sentetik), Tedavisiz, İşlenmiş, Mavi Topazların Verileri	35
3.5 Taklit, Diğer Malzemelerden İmal, İşlenmiş, Mavi Topazların Verileri	38
3.6 Doğal, Tedavili, İşlenmiş, Mavi Topazların Verileri	43
BÖLÜM DÖRT – SONUÇLAR.....	64
KAYNAKLAR	65



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Dünyada süstaşı kalitesinde topaz tedarikçisi başlıca ülkeler.....	3
Şekil 1.2 Kaba daneli derinlik “plütonik” magmatik kayaçların QAPFM sınıflama şeması	5
Şekil 1.3 İşlenmiş ve cilalanmış, çeşitli renklerdeki topaz süstaşı örnekleri	6
Şekil 1.4 Rutil (TiO ₂) kristal demetleri içeren, çeşitli formlarda işlenmiş ve parlatılmış renksiz topaz örnekleri	7
Şekil 1.5 Gökyüzü mavisi renkli işlenmiş ve ham haldeki topaz örnekleri.....	8
Şekil 2.1 Mavi topaz kristalleri, Londra Mavisi (solda) ve Gökyüzü Mavisi (sağda) olmak üzere iki farklı mavi renk sunarlar.....	12
Şekil 2.2 Bu çalışma kapsamında incelemesi yapılan çeşitli büyüklerdeki mücevher kalitesindeki gökyüzü mavisi topaz örnekleri	13
Şekil 2.3 Bu çalışma kapsamında incelemesi yapılan çeşitli büyüklerdeki mücevher kalitesindeki gökyüzü mavisi topaz örnekleri	13
Şekil 2.4 Bu çalışma kapsamında mavi renkli topazlarla kıyaslama amacıyla incelemesi yapılan 451,70-ct ağırlığında renksiz ham (koleksiyonluk) topaz örneği	14
Şekil 2.5 Bu çalışma kapsamında kullanılan bazı temel gemolojik aletler (x10 büyütme lup, polariskop, refraktometre, hidrostatik terazi, diaskop, gemmoskop, UV-lamba)	15
Şekil 2.6 Saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DKµR) cihazı	16
Şekil 2.7 Fourier Transform Infrared (FT-IR) cihazı.....	17
Şekil 2.8 İmmersiyonoskop cihazı	18
Şekil 3.1 Brezilya kökenli 451,70-ct ağırlığında, ham (koleksiyonluk) halde, renksiz topaz örneğinin saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DKµR) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması	22
Şekil 3.2 Brezilya kökenli 451,70-ct ağırlığında, ham (koleksiyonluk) halde, renksiz topaz örneğinin farklı açılardan alınmış İmmersiyonoskop resmi	23
Şekil 3.3 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (0,63-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-	

Raman (DK μ R) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması	25
Şekil 3.4 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (0,63-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği	26
Şekil 3.5 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (0,63-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi	26
Şekil 3.6 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (2,50-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal Mikro-Raman (DK μ R) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması	27
Şekil 3.7 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (2,50-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği	28
Şekil 3.8 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (2,50-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi	28
Şekil 3.9 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (2,62-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal Mikro-Raman (DK μ R) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması	29
Şekil 3.10 Doğal oluşumlu ve tedavi görmemiş, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (2,62-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği	30
Şekil 3.11 Doğal oluşumlu ve tedavi görmemiş, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (2,62-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi	30
Şekil 3.12 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli Topaz örneğinin (3,31-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal Mikro-Raman (DK μ R) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması	31
Şekil 3.13 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, doğal gökyüzü mavisi renkli Topaz örneğinin (3,31-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği	32

Şekil 3.14 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, doğal gökyüzü mavisi renkli Topaz örneğinin (3,31-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi.....	32
Şekil 3.15 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, doğal gökyüzü mavisi renkli Topaz örneğinin (10,19-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal Mikro-Raman (DK μ R) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması	33
Şekil 3.16 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, doğal gökyüzü mavisi renkli Topaz örneğinin (10,19-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği.....	34
Şekil 3.17 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, doğal gökyüzü mavisi renkli Topaz örneğinin (10,19-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi.....	34
Şekil 3.18 Yapay (sentetik) oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (3,97-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DK μ R) ile çekilmiş grafiği	36
Şekil 3.19 Yapay (sentetik) oluşumlu ve tedavisiz, gökyüzü mavisi renkli Topaz örneğinin (3,97-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği.....	37
Şekil 3.20 Yapay (sentetik) oluşumlu ve tedavisiz, gökyüzü mavisi renkli Topaz örneğinin (3,97-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi.....	37
Şekil 3.21 Taklit oluşumlu (diğer malzemelerden imal), gökyüzü mavisi renkli süstaşı örneğinin (0,89-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DK μ R) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması.....	39
Şekil 3.22 Taklit oluşumlu (diğer malzemelerden imal), gökyüzü mavisi renkli süstaşı örneğinin (0,89-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği	40
Şekil 3.23 Taklit oluşumlu (diğer malzemelerden imal), gökyüzü mavisi renkli süstaşı örneğinin (0,89-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi	40
Şekil 3.24 Taklit oluşumlu (diğer malzemelerden imal), gökyüzü mavisi renkli süstaşı örneğinin (1,91-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal Mikro-Raman (DK μ R) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması.....	41

Şekil 3.25 Taklit oluşumlu (diğer malzemelerden imal), gökyüzü mavisi renkli süstaşı örneğinin (1,91-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği	42
Şekil 3.26 Taklit oluşumlu (diğer malzemelerden imal), gökyüzü mavisi renkli süstaşı örneğinin (1,91-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi.....	42
Şekil 3.27 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, gökyüzü mavisi renkli Topaz örneğinin (26,62-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal Mikro-Raman (DK μ R) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması	44
Şekil 3.28 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (26,62-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği	45
Şekil 3.29 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (26,62-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi	45
Şekil 3.30 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (26,77-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DK μ R) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması	46
Şekil 3.31 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (26,77-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği	47
Şekil 3.32 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (26,77-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi	47
Şekil 3.33 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, gökyüzü mavisi renkli Topaz örneğinin (26,16-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal Mikro-Raman (DK μ R) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması	48
Şekil 3.34 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (26,16-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği	49
Şekil 3.35 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (26,16-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi	49

Şekil 3.36 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, gökyüzü mavisi renkli Topaz örneğinin (27,50-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal Mikro-Raman (DK μ R) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması	50
Şekil 3.37 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavisi görmüş, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (27,50-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği	51
Şekil 3.38 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (27,50-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi	51
Şekil 3.39 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (23,51-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal Mikro-Raman (DK μ R) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması	52
Şekil 3.40 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (23,51-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği	53
Şekil 3.41 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (23,51-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi	53
Şekil 3.42 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, gökyüzü mavisi renkli Topaz örneğinin (22,33-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal Mikro-Raman (DK μ R) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması	54
Şekil 3.43 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (22,33-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği	55
Şekil 3.44 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (22,33-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi	55
Şekil 3.45 Doğal oluşumlu doğal ancak radyasyon tedavili, gökyüzü mavisi rengi topaz örneğinin (20,93-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DK μ R) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması	56

Şekil 3.46 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (20,93-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği	57
Şekil 3.47 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (20,93-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi	57
Şekil 3.48 Doğal oluşumlu doğal ancak radyasyon tedavili, gökyüzü mavisi rengi topaz örneğinin (10,57-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DK μ R) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması	58
Şekil 3.49 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (10,57-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği	59
Şekil 3.50 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (10,57-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi	59
Şekil 3.51 Doğal oluşumlu doğal ancak radyasyon tedavili, gökyüzü mavisi rengi topaz örneğinin (13,25-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DK μ R) ile çekilmiş grafiği ve Cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması	60
Şekil 3.52 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (13,25-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği	61
Şekil 3.53 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (13,25-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi	61
Şekil 3.54 Doğal oluşumlu doğal ancak radyasyon tedavili, gökyüzü mavisi rengi topaz örneğinin (26,12-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DK μ R) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması	62
Şekil 3.55 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (26,12-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği	63
Şekil 3.56 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (26,12-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi	63

TABLULAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1 Mavimsi renge sahip ve topazla karıştırılabilecek bazı değerli süstaşları..	11
Tablo 3.1 Doğal renksiz topaz örneğine ait ana pik değerleri ve muhtemel molekül bükülme ve gerilme titreşim bantları.....	21
Tablo 3.2 Doğal ve tedavisiz mavi topaz örneğine (0,63-ct) ait ana pik değerleri ve muhtemel molekül bükülme ve gerilme titreşim bantları.....	24
Tablo 3.3 Yapay (sentetik) ve tedavisiz mavi topaz örneğine (3,97-ct) ait ana pik değerleri ve muhtemel molekül bükülme ve gerilme titreşim bantları.....	35
Tablo 3.4 Doğal ancak tedavili mavi topaz örneğine (26,32-ct) ait ana pik değerleri ve muhtemel molekül bükülme ve gerilme titreşim bantları.....	43

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Adlandırma

Topaz çok fazla renge sahip olmasından dolayı, ismi geçmişten günümüze kadar değişik taşlar için kullanılmıştır. Buna en iyi örnek, topaz minerali, ismini ilk kez bulunduğu yer olduğu sanılan, ancak günümüzde hatalı olarak olivinin (peridotun) yerine kullanıldığı anlaşılan, İngilizce ismi “Topazos”, Arapça ismi “Zebirget” olan Kızılderiz’deki bir adadan almıştır. Ancak gerçekte topaz minerali bu adada bulunmamaktadır. Bununla birlikte, Dünya süstaşı piyasasında “gökyüzü mavisi renkli” topaz örnekleri her zaman için daha fazla ilgi çeker ve bu yüzden daha değerlidirler. İmperial topaz tanımlaması, geleneksel olarak, kırmızı dikroizm ile turuncu renkli olanlara verilen isimdir. Bugün ise bu tanım pembeler, kırmızılar, lavanta pembeleri ve şeftali pembeleri gibi renkler içerecek şekilde genişletilmiştir. Ancak bu tanımlamada genellikle sarı veya kahve renkli (dumanlı) olanlar hariç tutulmaktadır. Aslında topaz ismi sarı renkle özdeşleşmiştir. Antik Çağlardan, Yakın Çağa kadar birçok sarımsı-yeşil ve dumanlı-kahve renkli taşlara topaz ismi verilmiştir. Hatta şu an piyasada sitrinler golden topaz, dumanlı kuvarlar smoky topaz olarak satılmaktadır (Hurlbut, 1966; Mitchell 1979; Arem, 1987; Dubin, 1995; Back ve Mandarino, 2008; Rapp, 2009)

1.2 Mineralojiksel ve Kimyasal Özellikleri

Mineralojik açıdan, topaz minerali, 10 farklı numaralamaya sahip Mohs çizilme sertliğinin “8” numaralı ana üyesidir. Özgül ağırlığı, 3,55-3,60 arasında değişmektedir. Optik karakter bakımından anizotrop, çift optik eksenli (pozitif) dir. Kırılma indisi değerleri; $n_{\alpha} = 1.6061-1.629$ $n_{\beta} = 1.609-1.631$ $n_{\gamma} = 1.616-1.638$. Camı bir parlaklığa sahiptir. {001} yüzeyi boyunca mükemmel bir dilinime sahiptir (Hurlbut, 1966; Arem, 1987; Carman, 1981; Shannon ve diğer., 2002)

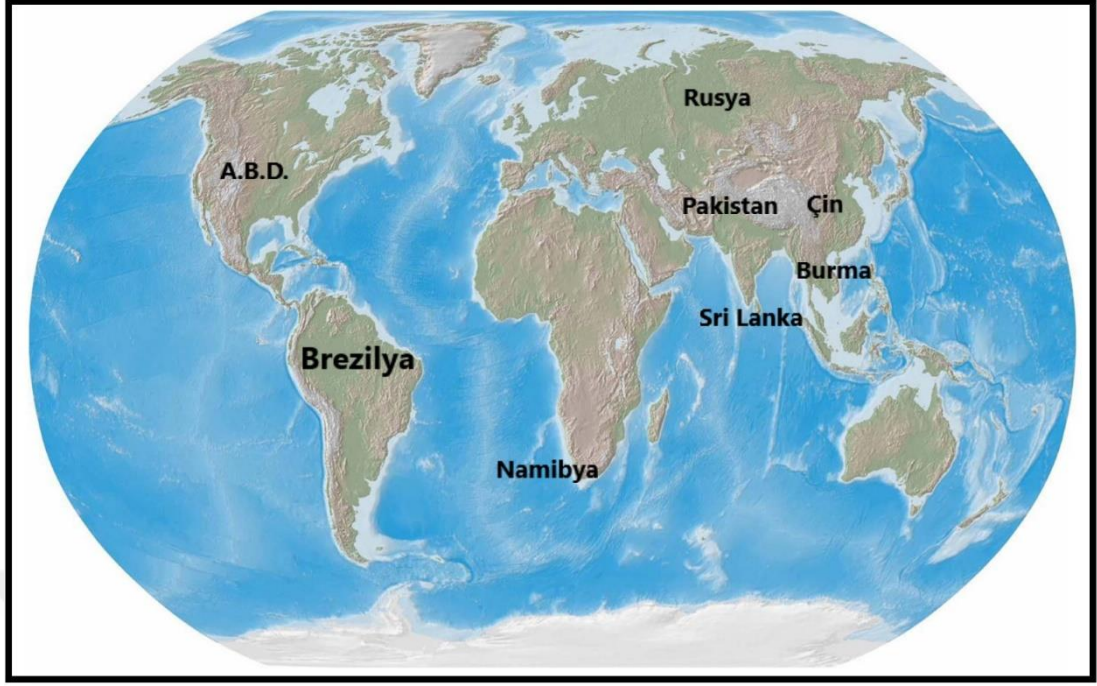
Kimyasal açıdan, doğal topaz mineralinin kristal kafesinde Flor (F) için ayrılan sitelerin maksimum %30'u, Hidroksil (OH) tarafından doldurulmaktadır (Brown, 1976; Alberico ve diğer., 2003; Ulian ve Valdrè, 2017). Buna karşılık nadir de olsa, hidroksilin baskın olduğu topazların varlığı, yüksek-basınç kayaları içerisinde tanımlanmıştır (Pardee ve diğer., 1937; Wunder ve diğer., 1993; Zhang ve diğer., 2002, Xue ve diğer., 2006 ve 2010; Kanzaki, 2010). Bunun ispatı, topazın saf sentetik OH-analoğu yüksek basınç koşulları altında (55 ve 100 kbar arasında) ve yüksek sıcaklıklarda (1000° C' ye kadar) sentetik olarak Wunder ve arkadaşları tarafından imal edilmiştir (Wunder ve diğer., 1993; Komatsu ve diğer., 2003, 2005 ve 2008)

Bu yüzden kristal sistemi, topaz içerisindeki Flor ve Hidroksil (F/OH) oranına bağlı olarak, ya ortorombik (rombusal) ya da triklinikdir (Foord ve diğer., 1995; Gatta ve diğer., 2006A ve 2006B)

1.3 Coğrafik Yayılımı ve Tedarikçi Ülkeler

Topazların en eski bulunuş kaynağının Almanya'nın doğusunda bulunan 'Schneckenstein' yakınları olduğu söylenmektedir (Arem, 1987; Rapp, 2009). Ancak Brezilya'nın "Ouro Preto" bölgesinde topaz üretimi oldukça fazladır. Bu yüzden Dünya çapında en bol topaz tedarikçisi ülke Brezilya'dır. Bu ülkeyi Rusya, Sri Lanka, Pakistan, Burma, Rusya, A.B.D., Çin ve Güneybatı Afrika izler (Foord ve diğer., 1995; Holfert ve diğer., 1996, Arem, 1987; Zhang ve diğer., 2002) (Şekil 1.1). Ancak unutulmamalıdır ki, granitik pegmatiti içeren Dünyanın her bölgesinde topaz kristalleşmesinin görülebilme olasılığı yüksektir (Kloprogge ve Frost, 2000)

Bununla beraber Türkiye içerisinde bulunan birçok pegmatitik oluşumu ve bunların içerisinde çok sayıda süstaşı kalitesinde (saydam ve makroskopik boyutlarda) kristalleşmelere rastlanmış olsa bile, bugün itibariyle topaz kristalinin hiçbir türüne henüz rastlanamamıştır (Hatipoğlu, 2007; Hatipoğlu ve diğer., 2010; Buzlu ve diğer., 2016)



Şekil 1.1 Dünyada süstaşı kalitesinde topaz tedarikçisi başlıca ülkeler [En büyük üretici ülke ise Brezilya'dır] (Hatipoğlu,2011)

1.4 Jeolojik Oluşumu ve Doğada Bulunuşu

Topazlar, jeolojik olarak asidik derinlik kayaların pnömatolitik evresinde ve asidik plütoniklerin çevresinde birincil ve ikincil oluşumlu kristalleşmeleri olarak oluşurlar. Bu yüzden yer kabuğunda, pegmatitler, pegmatoidler ve yüksek sıcaklık kuvars damarlarında, ayrıca granitlerin ve riyolitlerin boşluklarında da bulunurlar ve buralardan çıkartılırlar (Pardee ve diğer., 1937; Arem, 1987; Foord ve diğer., 1995; Holfert ve diğer., 1996; Zhang ve diğer., 2002)

Buna göre en yaygın bulunuş şekli aşağıdaki gibi gösterilebilir;

*Magmatik Kaya

-Normal kristalin magmatik kaya

-Kaba daneli kristalin magmatik kaya (plütonik kaya)

-Granitoid

-Granit

PEGMATİTİK GRANİT
FLORCA ZENGİN GRANİT

*Pegmatit

PEGMATİTİK GRANİT

*Metamorfik Kaya

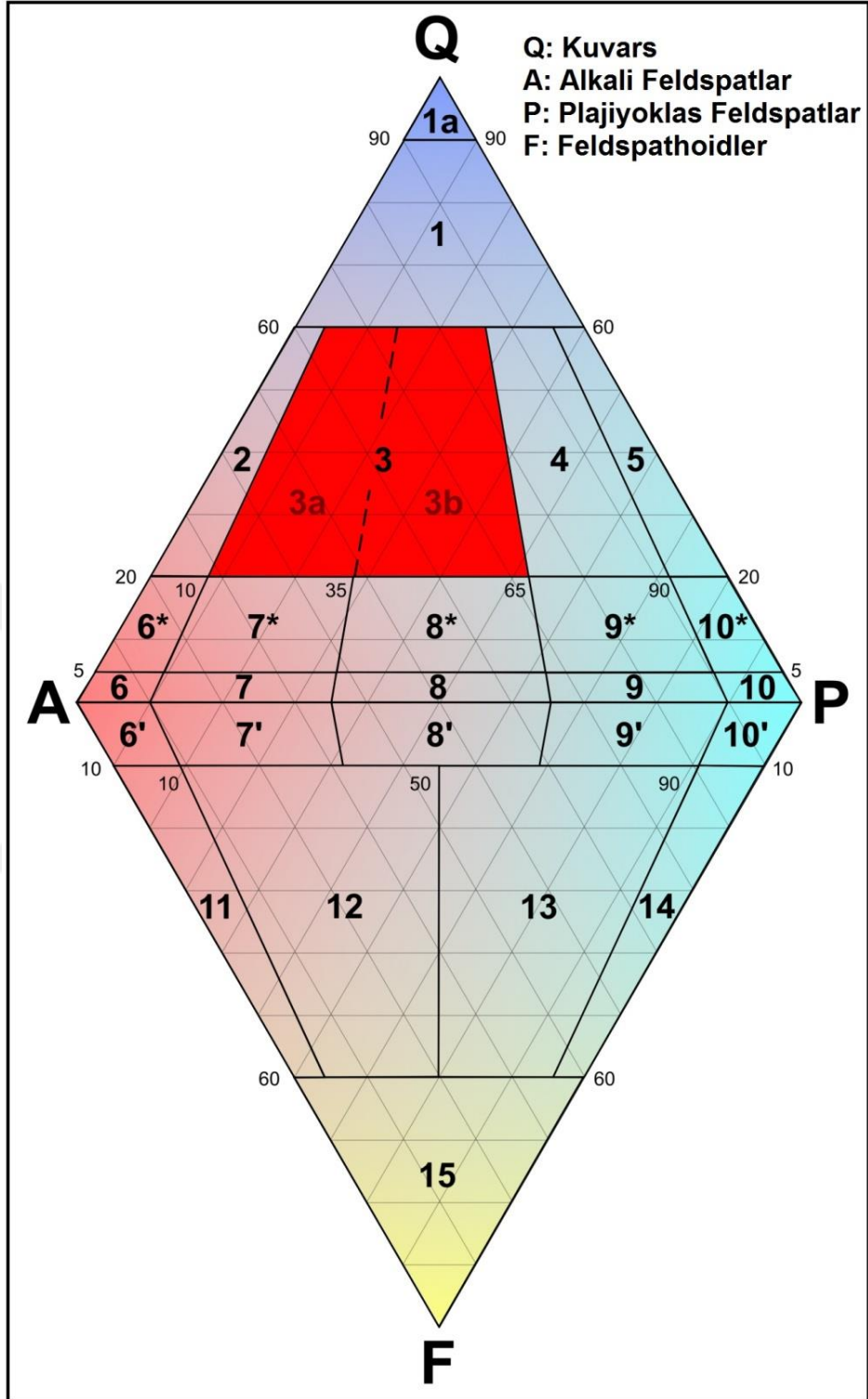
-Metazomatik Kaya

GRAİSEN

PEGMATİTİK GRANİT: Granit oluşum diyagramında gösterilmiştir (Şekil 1.2).

FLORCA ZENGİN GRANİT: Granit oluşum diyagramında gösterilmiştir (Şekil 1.2).

GRAİSEN: Kuvars ve beyaz mika varlığı ile karakterize orta-sıcaklık Metazomatik kaya, genellikle topaz, florit, turmalin ve amazonit, ortoklaz, andalusit ve diyaspor ile lokal olarak. Tipiksel olarak graisenler, Be(Beril), W(Wolfram), Mo(Molibden), Sn(Kalay) ve Ta(Tantalyum) mineralizasyonuna ev sahipliği yapabilirler. Bunlar, yüksek dereceli geç-orojenik lökograditler ile ilişkilidirler. Böylece graisenler ya granit gövdesinin ornatması olarak ve/veya çevre kayaçlarının geniş aralığında oluşurlar. Bazı durumlarda zonlanma da mevcut olabilir.



Şekil 1.2 Kaba daneli derinlik “plütonik” magmatik kayaların QAPFM sınıflama şeması. QAPF diyagramı, farklı kaya sınıfları için mineral bileşimlerinin aralıklarını tanımlayan 15 temel alana ayrılmıştır. % 90'dan az mafik mineral içeren kayalar, içeriklerine göre (hacimce%) olarak sınıflandırılır: Q kuvars, Alkali-Feldispatlar, P Plajiyoklaz Feldspatlar, F Foids (Feldspathoids için kısaltma) (Streckeisen, 1974)

1.5 Renklenmesi ve Renkli Türleri

Topaz minerali, özgün renkli ve yapılı kristaller doğuran kıymetli bir süstaşdır. Bu yüzden antik dönemlerden beri bu taşın insanların ilgisi oldukça fazla olmuştur (Dubin, 1995; Rapp, 2009). Doğal topazlar eser elementlerce çok zengin olduğundan, ortaya çıkan türleri de çok farklı renklerde olmaktadır (Arem, 1987; Burns, 1993)



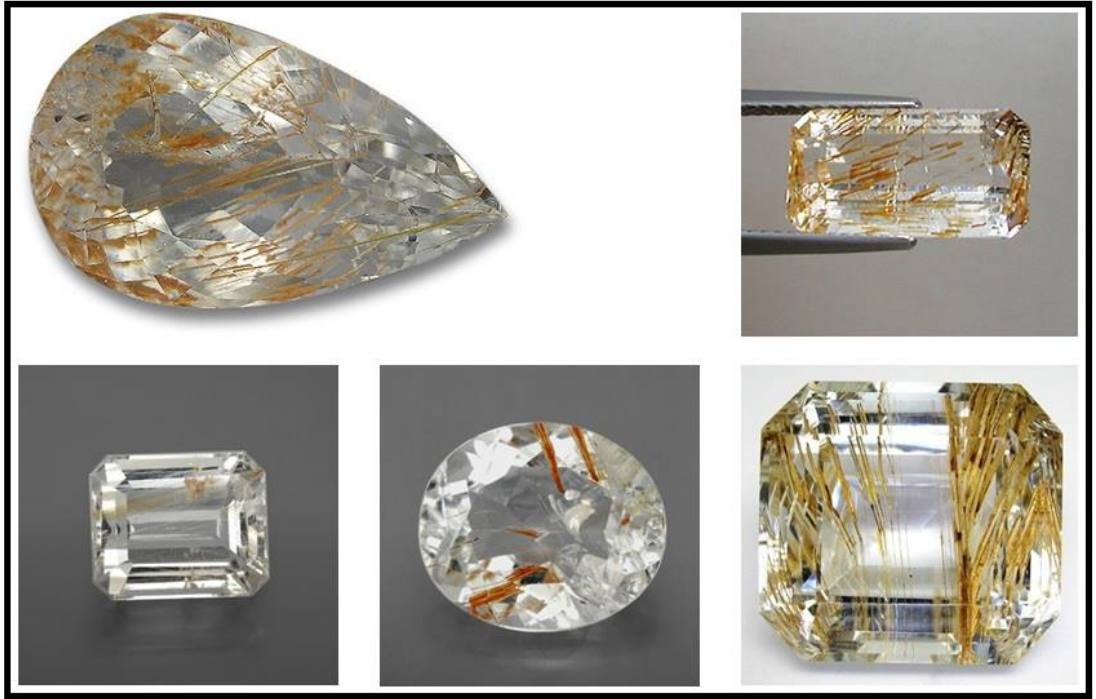
Şekil 1.3 İşlenmiş ve cilalanmış, çeşitli renklerdeki topaz süstaşı örnekleri (Kişisel arşiv, 2018)

Topaz, mineralojik anlamda mor renk haricinde hemen tüm renkleri gösterebilir (Arem, 1987). Hatta aynı andan birden fazla rengi de gösteren örnekleri vardır (Şekil 1.3). Bu renk bolluğu, topaz oluşturan jeolojik birimin pegmatitik (ve/veya pegmatoitik) ortam olması nedeniyle kristalleşme ortamında bulunan çok sayıda renk verici elementlerin kristal kafesine girmesi yüzündendir. Bu yüzden topazlar renk bakımından (on bir) alt grupta incelenir;

- 1.) Renksiz topaz,
- 2.) Gökyüzü mavisi renkli topaz,
- 3.) Londra mavisi renkli topaz,
- 4.) Pembe renkli topaz,

- 5.) Kırmızı renkli topaz,
- 6.) Şampanya renkli topaz,
- 7.) Yeşil renkli topaz,
- 8.) Sarı renkli topaz,
- 9.) Dumanlı-kahve renkli topaz,
- 10.) Çift renkli topaz ve
- 11.) Mistik çok renkli topaz.

Bunlara ilaveten, Rutil demetleri içerikli renksiz ve sarı renkli topaz örnekleri de bulunmaktadır (Şekil 1.4)



Şekil 1.4 Rutil (TiO_2) kristal demetleri içeren, çeşitli formlarda işlenmiş ve parlatılmış renksiz topaz örnekleri (Kişisel arşiv, 2018)

Bununla birlikte, Dünya süstaşı piyasasında doygun bir mavi rengi simgeleyen “gökyüzü mavisi renkli” topaz örnekleri, her zaman için daha fazla ilgi çeker ve bu yüzden daha değerlidirler (Arem, 1987) (Şekil 1.5). Bunun altında yatan gerçeklerden biri de topaz taşının, diğer kıymetli iki taş olan Akuvamarin (Beril türü) ve Safir (Korundum türü) gibi taşlarla aynı değer kategorisine alınmasıdır.



Şekil. 1.5 Gökyüzü mavisi renkli işlenmiş ve ham haldeki Topaz örnekleri (Kişisel arşiv, 2018)

1.6 Önceki Çalışmalar, Kapsam ve Amaç

Topaz minerali üzerine bilimsel çalışmalar, geçmişten günümüze oldukça fazla ve çeşitlidir. Bu çalışmaların öncüleri, topazların genel yapısal karakteristikleri ve renklenme mekanizmalarını ortaya çıkarmaya yönelik araştırmalar yapmışlardır (Pardee ve diğer., 1937; Parise ve diğer., 1980; Carman, 1981; Foord ve diğer. 1995; Holfert ve diğer., 1996; Shannon ve diğer., 2002; Komatsu ve diğer., 2003; Gatta ve diğer., 2006A ve 2006B; Beny ve Mandarino, 2008). Ancak yakın geçmişte topazlar içerisindeki flor (F^{-1}) / hidroksil (OH^{-1}) oranını belirlemeye yönelik çalışmalar da oldukça artmıştır (Brown, 1976; Wunder ve diğer., 1993; Shinoda ve Aikawa, 1997; Zhang ve diğer., 2002; Alberico ve diğer. 2003; Komatsu ve diğer., 2005 ve 2008; Gatta ve diğer., 2006A ve 2006B; Kanzaki, 2010; Ulian ve Valdre, 2017).

Özellikle çok tutulan gökyüzü mavisi topaz örneklerinin radyasyon tedavisi ile renklendirilmesi (Tuschareon ve diğer., 2012) ve bu tür renklenmelerin adli gemolojikel incelemesi (Souza ve diğer., 2002; Shin ve diğer., 2015) üzerine de çalışmalar ortaya çıkmıştır. En nihayetinde bu çalışmaya da ilham konusu olan çeşitli renklerdeki topaz örneklerine Raman cihazına (Raman ve Krishnan, 1928; Hanni ve diğer., 1997; Klopogge ve Frost, 2000; Pinheiro ve diğer., 2002; Deckert ve diğer., 2008; Bersani ve Lottici, 2010; Xue ve diğer., 2006 ve 2010; RRUFF, 2018) ve infrared cihazına (Taylor ve diğer., 1970; Stockton ve Fritsch, 1987; Foord ve diğer., 1995; Wang ve Tu, 2000) dayalı çalışmalar ortaya çıkmıştır. Bununla beraber, konfokal micro-Raman, FT-IR, İmmersiyonoskop ve gemmoskop kullanarak gökyüzü mavi renkli topaz örneklerinin doğal-tedavisiz, doğal-tedavili, yapay-tedavisiz ve taklit materyallerin birlikte kıyaslamalı incelemesine tüm taramalara rağmen hâlihazırda rastlanılmamıştır. Bu yüzden özgün ve aynı zamanda ilk çalışma olabileceği öngörülebilir.

Bu çalışmamızda incelenen gökyüzü mavisi renkli topazlar, ekonomik değere sahip işlenmiş süstaşları olup, henüz Türkiye'de maden sahası bulunmadığından dolayı (Hatipoğlu, 2007, Hatipoğlu ve diğer., 2010) yurt dışı maden sahalari kökenli taşlardır. Bu taşlar, Türkiye'deki tüketiciler tarafından mücevher sektöründe oldukça tercih edilen bir materyaldir. Bu taşın özellikle doğal, yapay (sentetik) ve doğal olup da sonradan renk tedavisi uygulanıp uygulanmadığının, fiziko-kimyanın temel kuramları (Dean, 1999; Handerson ve Imbusch, 2006) göz önünde bulundurularak gemolojikel incelenmesi sonucu, dünya mücevher sektöründe oldukça ilgiyle karşılanacağı umudu ve beklentisi yerine getirilmesi hedeflenmektedir. Bu yüzden bu çalışma genel gemoloji, hem adli gemoloji hem de arkeo-gemoloji alanlarında çalışmalar yapan araştırmacılara yönelik yeni bilgi üretimi bakımından önemlidir.

Bu çalışma, birinci olarak, faset işlenmiş çok sayıda gökyüzü mavisi renkli ve süstaşı kalitesinde topaz örneklerinin, tahripsiz bazı spektroskopiksel ve mikroskopiksel yöntemler kullanılarak incelenmesini amaçlanmaktadır. Elde edilen dispersif konfokal mikro-Raman (DKµR) ve Fourier Transform Infrared (FT-IR) titreşimsel (vibrasyonel) grafikleri değerlendirilerek, bu doğal örnekleri florca(F⁻¹)mı

yoksa hidroksil(OH⁻¹)cemi zengin olup olmadıkları belirlenmeye çalışılacaktır. Özellikle renk tedavisi yapılarak mavi rengi oldukça doyunlaştırılmış topaz taşlar, yüksek fiyatlarla satılmakta ve böylece tüketiciler aldatılmaktadır. Bu durum tüketici mahkemelerinde oldukça önemli bir sorun olup, bilimsel ve pratik metotların geliştirilmesi sonucu (Buzlu ve Hatipoğlu, 2018), hukuksal anlamda adli ispata da yardımcı olacağı şüphesizdir.

Madem ki antik dönemlerden beri topaz kristallerinin varlığı bilinmekte, o halde bu taştan işlenmiş gliptiklerin (artifektlerin) mutlaka Dünya ve Türkiye müzelerinde bulunması gerekmektedir. Ancak arkeo-gemolojik envanterleme işlemlerinin uzman Gemologlarca yapılmaması yüzünden müzelerde saklanan birçok saydam yapılı özellikle mavi renkli süstaşları; Safir ya da Akuvamarin ismiyle envanterlenmesinin sonuçlanmış olacağı kuvvetle muhtemeldir (Buzlu ve Hatipoğlu, 2017). İş bu çalışma kapsamında ortaya koyduğumuz bilimsel yöntem ve bunların kullanılacağı cihazlar müzelerdeki mavi topazların kesin ayırtlanmasını da sağlayacaktır.

BÖLÜM İKİ

MATERYALLER VE YÖNTEMLER

2.1 Materyallerin Özellikleri

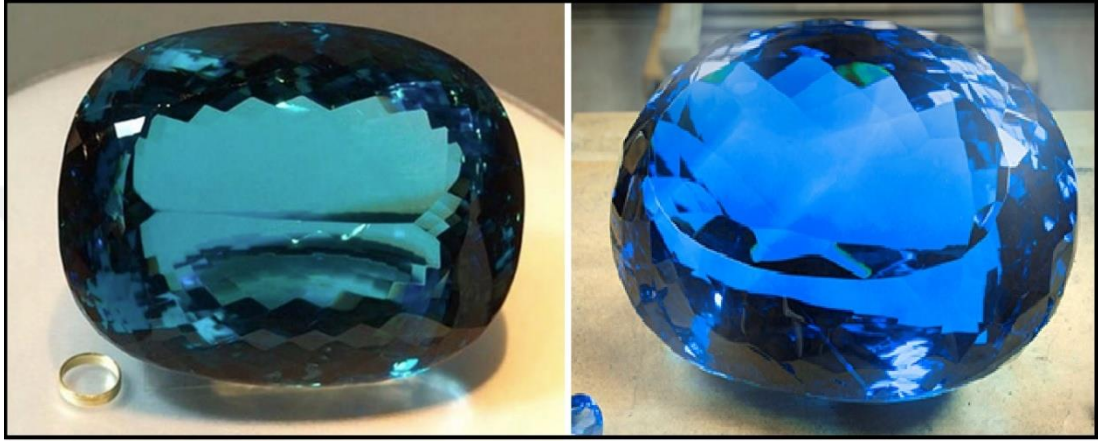
Geçmişten beri dünya mücevher sektöründe yoğun olarak kullanılan Topaz süstaşlarını, renk ve dolgu tedavileriyle iyileştirmek (Parise ve diğer., 1980; Souza ve diğer., 2002; Tuschareon ve diğer., 2012; Shin ve diğer., 2015) ve bu şekilde yüksek fiyatlarla piyasaya sürmek küresel süstaşı ticaretinde maalesef yaygın hale gelmiştir. Global mücevher sektöründe renkli türü bakımından en çok ticareti yapılan topaz taşlarından biri de şüphesiz “mavi renkli topazlardır”. Her ne kadar bunlar “Londra mavisii” ve “Gökyüzü mavisii” olmak üzere iki farklı mavi renkte olabilmelerine karşın (Arem, 1987) (Şekil 2.1), bu çalışmada incelemesi yapılanlar, gökyüzü mavisii renkte olan ve mücevher kalitesindeki topaz örnekleridir.

Bununla beraber, gökyüzü mavisii renkli çok sayıda süstaşı da bulunmaktadır. Bu taşlar detaylı materyal tanımlanması yapılmadığı takdirde aynı renkli topazlarla da karıştırılabilmektedir. Bu karıştırılabilecek taşların önemli kısmı Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1 Mavimsi renge sahip ve topazla karıştırılabilecek bazı değerli süstaşları

RENK BAKIMINDAN MAVİ TOPAZLA KARIŞTIRILABİLECEK BAZI TAŞLAR	
<u>Türkçe İsmi</u>	<u>İngilizce İsmi</u>
• Mavi Topaz	(Blue Topaz)
• Safir (Korundum)	Sapphire (Corundum)
• Seylanit (Spinel)	Ceylanite (Spinel)
• Mavi Kuvars	(Blue Quartz)
• Akuvamarin (Beril)	Aquamarine (Beryl)
• İndigolit (Turmalin)	Indigolite (Tourmaline)
• Tanzanit (Zoisit)	Tanzanite (Zoisite),Iolite
• İolit (Kordiyerit)	(Cordierite),Starlite
• Starlit (Zirkon)	(Zircon)

İşlenmiş topaz taşlarının, doğal, doğal-tedavili ve yapay-tedavisiz olup olmadığını ayırt edilebilmesi, sektörel açıdan büyük önem taşımaktadır. Bu konuya güvenilir bir yöntem bulmak, bu çalışmanın temel amacıdır. Bu amaca hizmet edebilecek topaz örneklerinin temini için, İzmir’de kurulu ve büyük çaplı bir mücevher taşı tedarikçisi olan BayDiamond-Harmony/İZMİR firmasından, değişik boyut ve formlarda işlenmiş ve cilalanmış mavi topaz taşları, emanet yöntemiyle alınmıştır.



Şekil 2.1 Mavi topaz kristalleri, Londra Mavisi (solda) ve Gökyüzü Mavisi (sağda olmak üzere iki farklı mavi renk sunarlar (Kişisel arşiv, 2018)

Bu çalışmada mücevher kalitesinde (faset kesilmiş ve parlatılmış), 12 adet doğal oluşumlu ancak radyasyon ışınması ile gökyüzü mavisi rengi doyunlaştırılmış (tedavili) topaz örneği (Şekil 2.2), 5 adet doğal oluşumlu doğal gökyüzü mavisi rengi ancak tedavisiz topaz örneği (2.3A), 1 adet yapay (sentetik)-tedavisiz oluşumlu gökyüzü mavisi renkli topaz örneği (Şekil 2.3B) ve de 3 adet taklit oluşumlu (diğer malzemelerden imal) gökyüzü mavisi renkli materyal örneği (Şekil 2.3C), ilaveten kıyaslama amacıyla 1 adet renksiz ham (koleksiyonluk) topaz örneği (Şekil 2.4), bilimsel amaçlı olarak incelenmiştir.

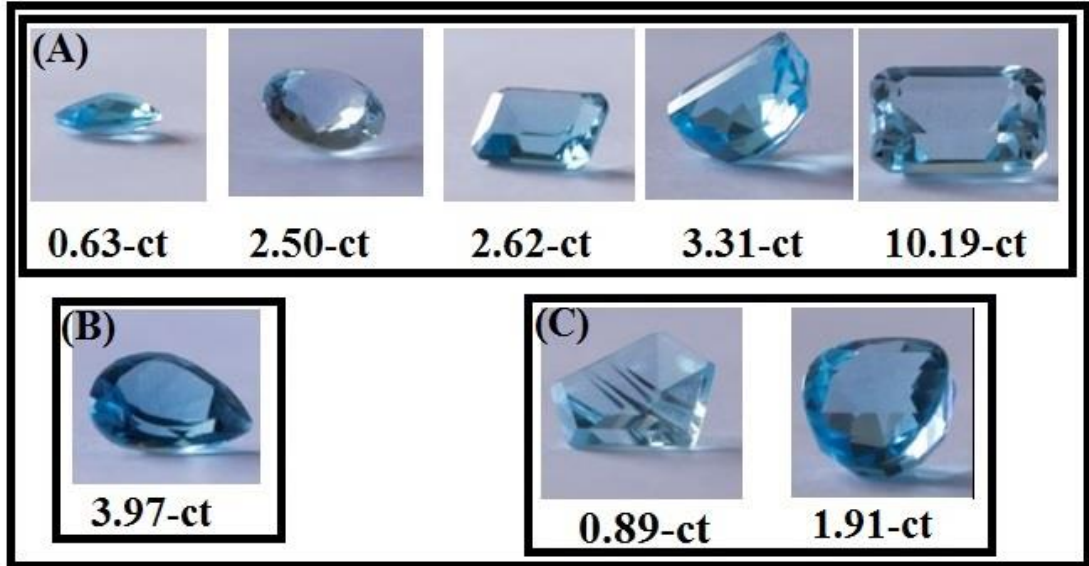
Elde edilen mikro-Raman (DK μ R) ve infrared (FT-IR) grafikleri değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme de öncelikle hem doğal hem de yapay örneklerde florca zenginliğe işaret edebilecek pikler ayırtlanmaya çalışılmıştır. Taklit örneklerin ise hem doğal hem de yapay orijinli olanlardan ne kadar farklı grafik verdikleri gösterilmeye çalışılmıştır. İlaveten İmmersiyonoskop cihazı kullanılarak

kırılma indisi 1,57 olan özgün sıvı içerisinde bu topaz taşları batırılarak fotoğrafları çekilmiştir. Böylece ortaya çıkan renk halelerinden bu taşların radyasyon veya diğer yöntemlerle renk tedavisi olup olmadıkları gösterilmeye çalışılmıştır.



Şekil 2.2 Bu çalışma kapsamında incelemesi yapılan çeşitli büyüklüklerdeki mücevher kalitesindeki gökyüzü mavisi topaz örnekleri (Kişisel arşiv, 2018)

*Örneklerin tümü, doğal haldeyken uçuk mavi renge sahip olup, radyasyon ışınması sonucu (radyasyon tedavisi) renkleri dolgunlaştırılmıştır.



Şekil 2.3 Bu çalışma kapsamında incelemesi yapılan çeşitli büyüklüklerdeki mücevher kalitesindeki gökyüzü mavisi topaz örnekleri (Kişisel arşiv, 2018)

*Mavi topaz örneklerinden doğal oluşumlu ve tedavisiz, uçuk mavi renge sahip olanlar; 0,63-ct, 2,50-ct, 2,62-ct, 3,31-ct ve 10,19-ct.

*Mavi topaz örneklerinden yapay oluşumlu ve tedavisiz koyu mavi renkli olan; 3,97-ct.

*Mavi topaza benzetilmek üzere diğer malzemelerden yapılmış taklit oluşumlu materyaller; 0,89-ct ve 1,91-ct.



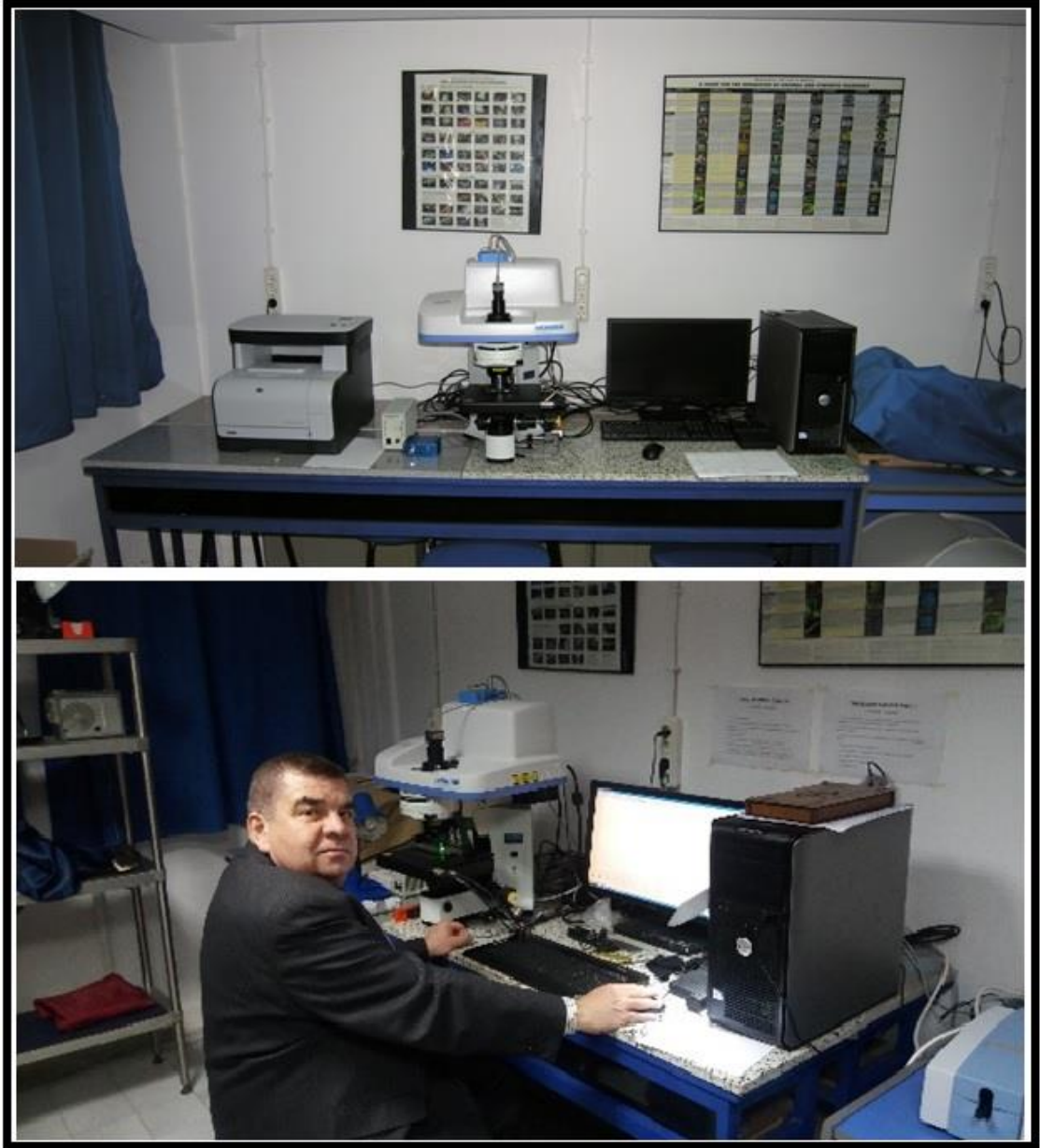
Şekil 2.4 Bu çalışma kapsamında mavi renkli topazlarla kıyaslama amacıyla incelemesi yapılan 451,70-ct ağırlığında renksiz ham (koleksiyonluk) topaz örneği (Kişisel arşiv, 2018)

2.2 Kullanılan Gemolojiksel Ekipmanlar

Ülkemizde gökyüzü mavisi topazlar üzerine yapılacak bu ilk gemolojik çalışmada, araştırma süresince Dokuz Eylül Üniversitesi, İMYO, Kuyumculuk ve Takı Tasarımı Programı bünyesinde kurulu Dokuz Eylül Gemoloji Laboratuvarının (DGL) bazı test cihazları (x10 büyütme lup, polariskop, refraktometre, hidrostatik terazi, diaskop, gemmoskop, UV-lamba vb. (Şekil 2.5) ile ileri teknolojik cihazları da kullanılmıştır. Bu mineralojik inceleme, klasik tahripli türde olan mineralojik incelemeden farklı olarak taşlara zarar vermeyen tahripsiz (yani gemolojik) bir inceleme olup, Dokuz Eylül Üniversitesi, İMYO, Gemoloji Test Laboratuvarında bulunan “saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DK μ R)” (Şekil 2.6), “Fourier Transform Infrared (FT-IR)” (Şekil 2.7) ve İmmersiyonoskop (Şekil 2.8) cihazları kullanılmıştır.



Şekil 2.5 Bu çalışma kapsamında kullanılan bazı temel gemolojik aletler (x10 büyütme lup, polariskop, refraktometre, hidrostatik terazi, diaskop, gemmoskop, UV-lamba) (Kişisel arşiv, 2018)



Şekil 2.6 Saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DK μ R) cihazı [Topaz mineralinin moleküler yapısını tespit ederek bu taşların gerçekten Topaz olup olmadıklarının belirlenmesinde kullanılmıştır] (Kişisel arşiv, 2018)



Şekil 2.7 Fourier Transform Infrared (FT-IR) cihazı [Renk verici elementlerin belirlenmesinde kullanılmıştır] (Kişisel arşiv, 2018)



Şekil 2.8 İmmersiyonoskop cihazı [Özellikle renk tedavili topazların incelemesinde ve fotoğraflarının alınmasında kullanılmıştır] (Kişisel arşiv, 2018)

BÖLÜM ÜÇ

BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Mavi Topazların Genel Mineralojiksel Özellikleri

Bilindiği üzere günümüzde Dünya mücevher sektöründe en çok ticareti yapılan taşlardan biri de mavi renkli topazlardır. Ancak; arzın, talebi karşılamadığı dönemlerde, renk ve dolgu tedavileriyle işlenmiş doğal topaz taşlarını yüksek fiyatlarla piyasaya sürmek maalesef dünya çapında süstaşı ticaretinde yaygın hale gelmiştir.

Hem tedarikçilerin ellerinde bulunan hem de müzelerdeki ve koleksiyonerlerdeki mavi topaz taşlı mücevherlerin tahrip edilmeksizin bu renklerinin doğal mı yoksa tedavili mi olup olmadıklarını ayırt ederek bu taşların renk orijinlerinin belirlenmesi (Parise ve diğer., 1980; Souza ve diğer., 2002; Tuschareon ve diğer., 2012; Shin ve diğer., 2015), hem sektörel hem de müzelerdeki antik takıların envanterlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Doygun gökyüzü mavisi renge sahip topaz örneklerinde yapılan birçok bilimsel çalışmalarda, kristal kafesinde ana bileşen olarak bulunan “Hidroksil(OH⁻¹)” yerine “Flor(F⁻¹)” zenginliği olduğu ortaya çıkmaktadır (Ribbe ve Rosenberg, 1971; Parise ve diğer., 1980; Pinheiro ve diğer., 2002; Ulian ve Valdrè, 2017). Bu yüzden diyebiliriz ki, Flor (F⁻¹)ca zengin olan topazlar daha nadir, daha özgün gökyüzü mavisi renkli kristaller oluşturduklarından dolayı (Burns, 1993), işlendikten sonra mücevher sektöründe daha çok aranan mavi renkli bir süstaşı olarak göz önüne alınırlar.

Topazlardaki F/OH oranını belirleyen en önemli parametrenin jeolojik ortam olduğu şüphesizdir. Süstaşı kalitesinde (gem kalite) topaz kristallerinin en yaygın olarak granitik pegmatitler ve/veya pegmatoidler içerisinde oluştuğu bilinmektedir (Pardee ve diğer., 1937; Streckeisen, 1974; Arem, 1987; Foord ve diğer., 1995; Holfert ve diğer., 1996; Zhang ve diğer., 2002). Bu yüzden denilebilir ki; Florca zenginlik

gerçekte içinde oluştukları pegmatit kayasının doğasıyla doğrudan ilişkilidir. Topazların büyük çoğunluğu LCT [Lithium (Li), Cesium (Cs) ve Tantalum (Ta)] tipi orojenik pegmatitler içerisinde kristalleşirler ve bu tip topazlar genellikle (OH⁻¹) ce zengindirler. Buna karşılık, orojenik olmayan NYF [Niobium (Nb), Yttrium (Y) ve Fluorine (F)] tipi granitlerin içerisinde kristalleşen topazlar dolayısıyla Flor(F⁻¹)ca daha zengin bir bileşimde oluştukları bilinmektedir. Hatta bu oransal farklılık topaz mineralinin kristal sistemini bile etkiler. Bu yüzden kristal sistemi, topaz içerisindeki Flor ve Hidroksil (F/OH) oranına bağlı olarak, ya ortorombik (rombusal) ya da triklinik (Foord et al., 1995; Gatta et al., 2006A ve 2006B). İlâveten bu oransal farklılık topaz mineralinin özgül ağırlığını da etkiler. Florca zengin mavi süstaşı topazlarının özgül ağırlıkları; 3,58-3,60 gr/cm³ olarak; hidroksilce zengin olanlar ise 3,56-3,57 gr/cm³ olarak ölçülmüştür (Arem, 1987; Wunder ve diğer., 1993). Bu sonuç bize Flor zenginliğinin topazın özgül ağırlığını arttırdığı sonucuna ulaştırmaktadır.

Bu çalışmanın esas bulguları, doğal oluşumlu hem tedavi görmemiş hem de radyasyon tedavisi görmüş mavi renkli topaz örneklerinin elde edilen saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DK μ R) ve Fourier Transform Infrared (FT-IR) titreşimsel (vibrasyonel) grafikleri ile bu örneklerle ait İmmersiyonoskop görüntülerini değerlendirerek, bu örneklerin Florca mı (F⁻¹) yoksa Hidroksil(OH⁻¹) ce mi zengin olup olmadıkları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu spektroskopik ve mikroskopik cihazlar, tahripsiz olmasından dolayı hem örneklere zarar vermemiştir, hem de kesin bilimsel delil olabilecek bir sonuç yaratacağı beklentisini gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bilindiği kadarıyla bu üçlü kombinasyon da mavi topazlar üzerine bir çalışmaya rastlanmadığından, verilerin tartışılmasında önceki çalışmalardan yararlanmak ve/veya kıyaslamak tam olarak mümkün olmamıştır. Dolaylı benzerlikler bulunmaya ve tartışılmaya çalışılmıştır.

3.2 Doğal, Ham, Renksiz Topaz Verileri

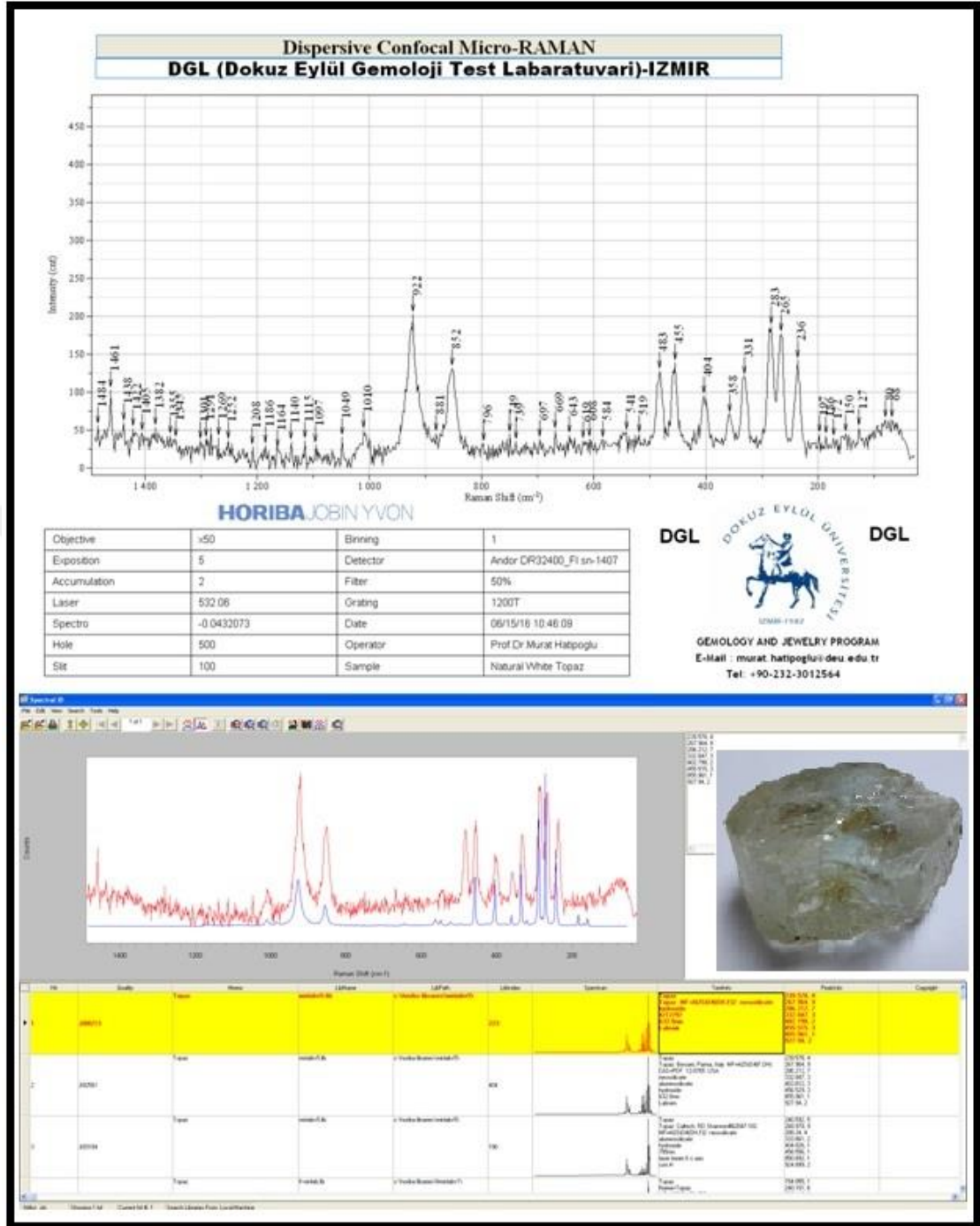
Bu çalışmada birinci olarak, doğal oluşumlu, ham halde, renksiz topaz örneğinin tahrihsiz inceleme yapan en önemli spektroskopi yöntemi olan saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DK μ R) ile bu çalışmanın esas konusu olan mavi renkli topazlarla kıyaslanmak üzere grafiği (Şekil 3.1) ve İmmersiyonoskop resmi (Şekil 3.2) alınmıştır.

Buna göre, doğal renksiz topaz kristaline ait ana pikler şiddet sırasında ve muhtemel molekül bükülme ve gerilme titreşim bandoları, Tablo 3.1’de verilmiştir.

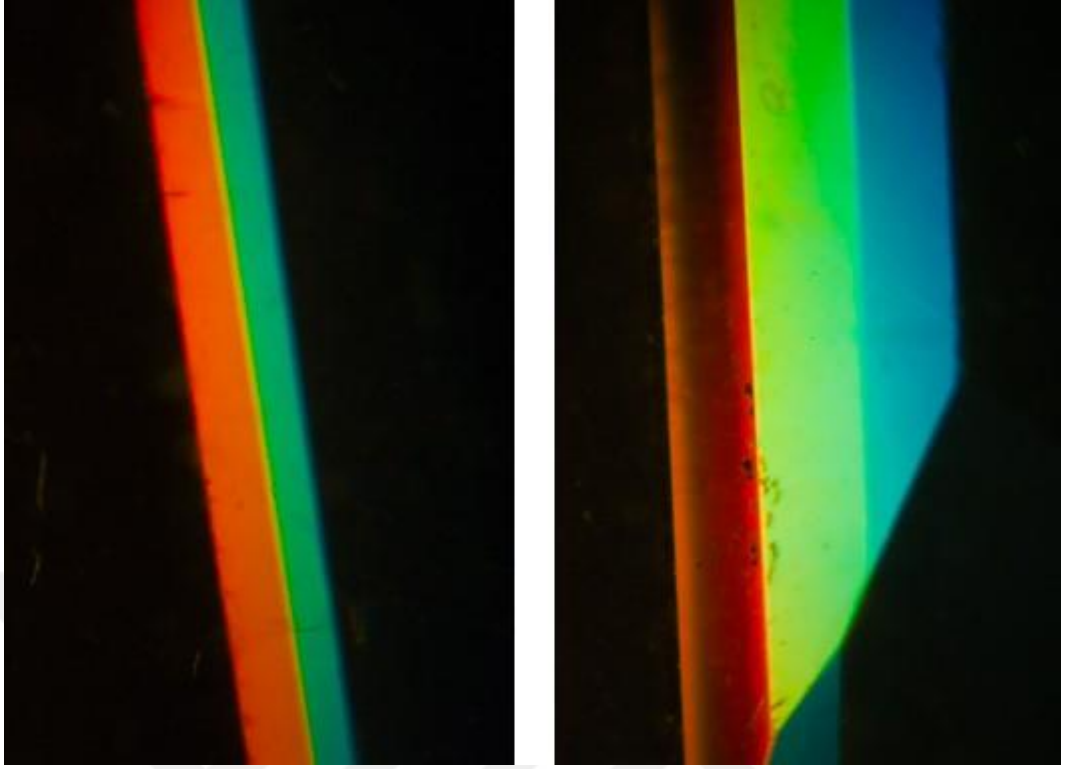
Tablo 3.1 Doğal renksiz topaz örneğine ait ana pik değerleri ve muhtemel molekül bükülme ve gerilme titreşim bantları (şiddet yüzdeleri 5’ar fark ile göreceli olarak verilmiştir)

Pik şiddeti (cm ⁻¹) (Şiddet %)	Muhtemel moleküler titreşim bantları	
	Bükülme bandı	Gerilme bandı
(100)922	(F)	
(95)283		(SiO ₄)
(90)265		(AlO ₄)
(85)236		(AlO ₄)
(80)455		(SiO ₄)
(75)852	(OH)	
(70)483		(SiO ₄)
(65)331		(AlO ₄)
(60)1461	(OH)	
(55)404		(AlO ₄)
(50)358		(SiO ₄)

Bu tablodan görüldüğü üzere, bu renksiz topaz örneğinde Flor (F⁻¹) varlığı Hidroksil (OH⁻¹) varlığından daha fazladır denilebilir.



Şekil 3.1 Brezilya kökenli 451,70-ct ağırlığında, ham (koleksiyonluk) halde, renksiz topaz örneğinin saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DKµR) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması (Kişisel arşiv, 2018)



Şekil 3.2 Brezilya kökenli 451,70-ct ağırlığında, ham (koleksiyonluk) halde, renksiz topaz örneğinin farklı açılardan alınmış İmmersiyonoskop resmi (Kişisel arşiv, 2018)

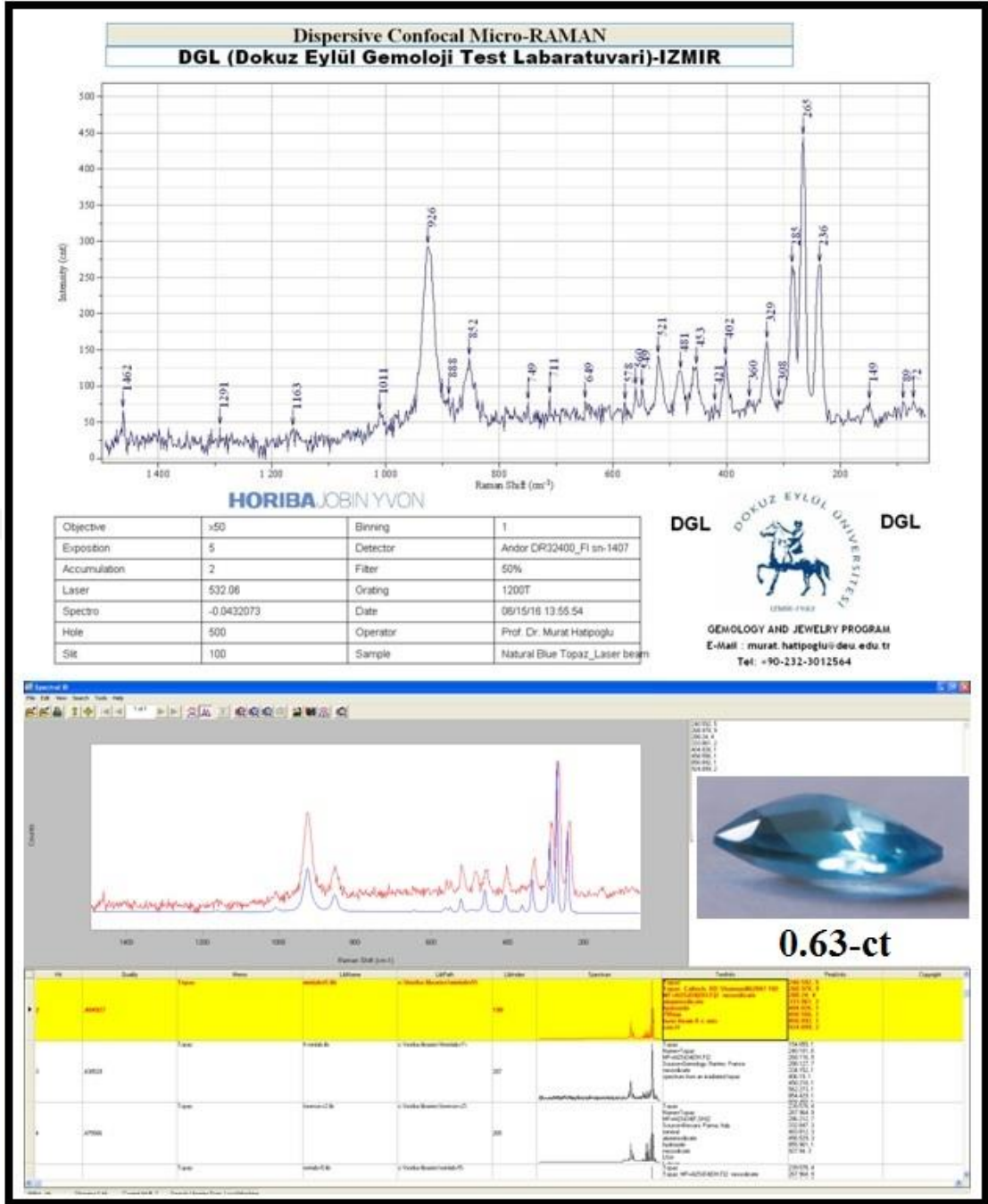
3.3 Doğal, Tedavisiz, İşlenmiş, Mavi Topazların Verileri

Bu çalışmada, ikinci olarak, doğal oluşumlu ve tedavi görmemiş, faset işlenmiş, mavi renkli topaz örneklerinin elde edilen saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DK μ R) (Şekiller 3.3, 3.6, 3.9, 3.12) ve Fourier Transform Infrared (FT-IR) (Şekiller 3.4, 3.7, 3.10, 3.13) titreşimsel (vibrasyonel) grafikleri ile İmmersiyonoskop görüntüleri elde edilmiştir (Şekiller 3.5, 3.8, 3.11, 3.14). Buna göre, doğal ve tedavi görmemiş, mavi topaz kristaline ait ana pikler şiddet sırasında ve muhtemel molekül bükülme ve gerilme titreşim bantları, Tablo 3.2’de verilmiştir.

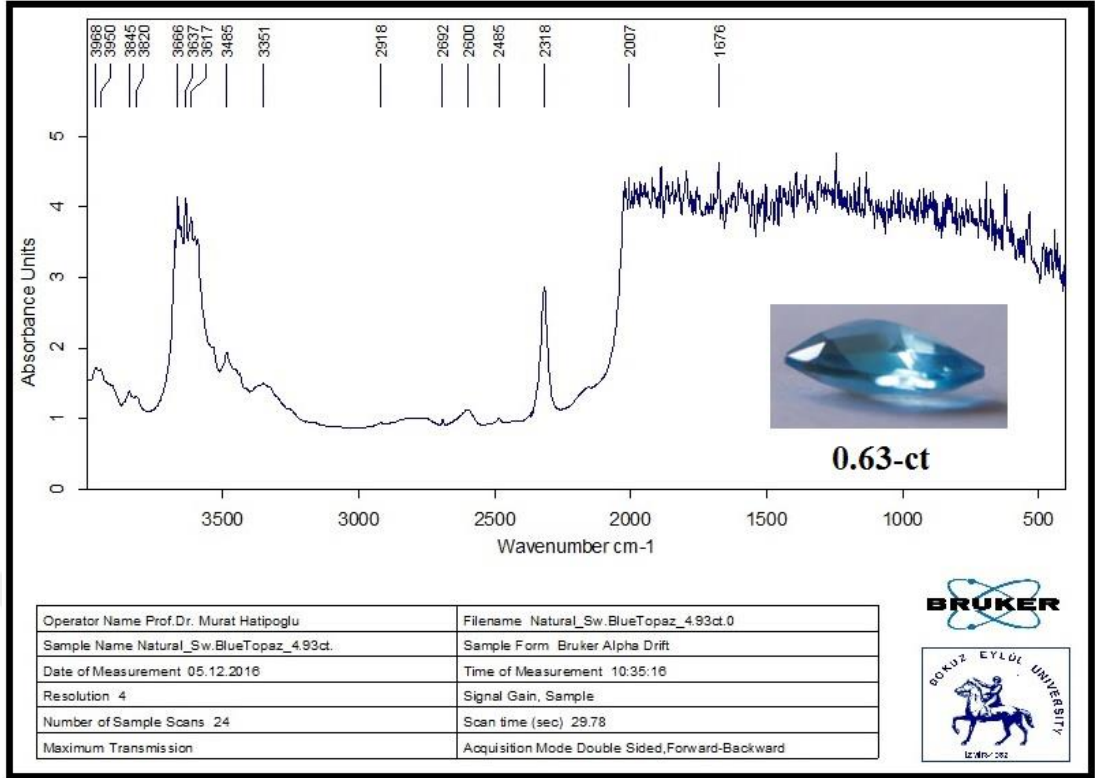
Tablo 3.2 Doğal ve tedavisiz mavi topaz örneğine (0.63-ct) ait ana pik değerleri ve muhtemel molekül bükülme ve gerilme titreşim bantları (şiddet yüzdeleri 5’ar fark ile göreceli olarak verilmiştir, Kırmızı renkliler ilave pikler, yeşil renkliler olmayan pik değerlerini simgeler)

Pik şiddeti (cm ⁻¹) (Şiddet %)	Muhtemel molekül titreşim bantları	
	Bükülme bandı	Gerilme bandı
(95)926	(F)	
(75)521	(F)	
(85)285		(SiO ₄)
(100)265		(AlO ₄)
(90)236		(AlO ₄)
(60)453		(SiO ₄)
(70)852	(OH)	
(55)481		(SiO ₄)
(80)329		(AlO ₄)
(50)1461	(OH)	
(65)404		(AlO ₄)
(00)358		(SiO ₄)

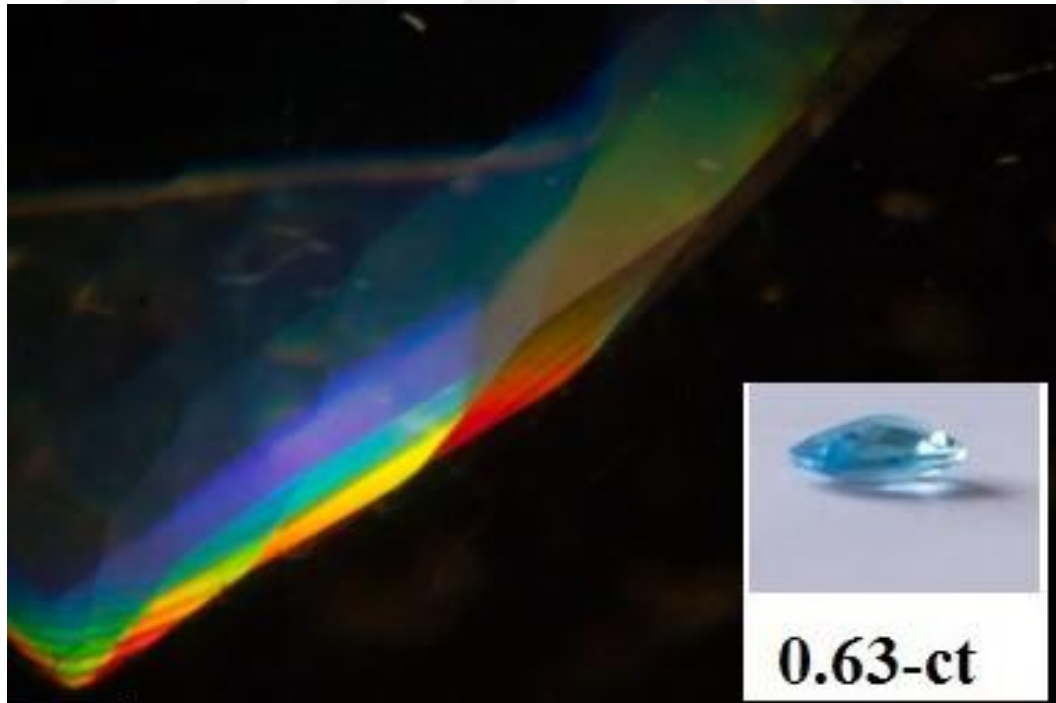
Bu tablodan görüldüğü üzere, bu renksiz topaz örneğinde flor (F⁻¹) varlığı hidroksil (OH⁻¹) varlığından daha fazladır denilebilir.



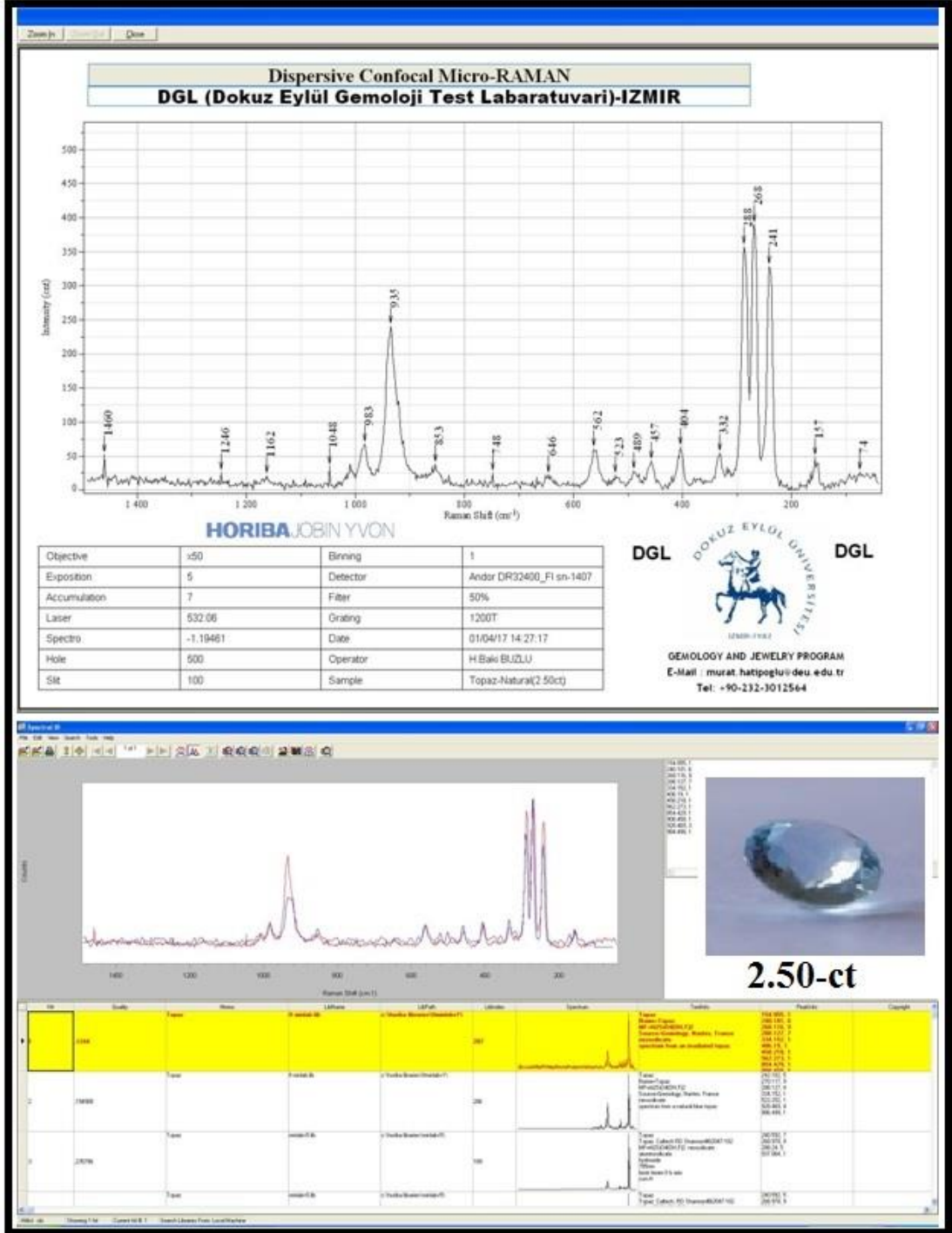
Şekil 3.3 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (0,63-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DKµR) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması (Kişisel arşiv, 2018)



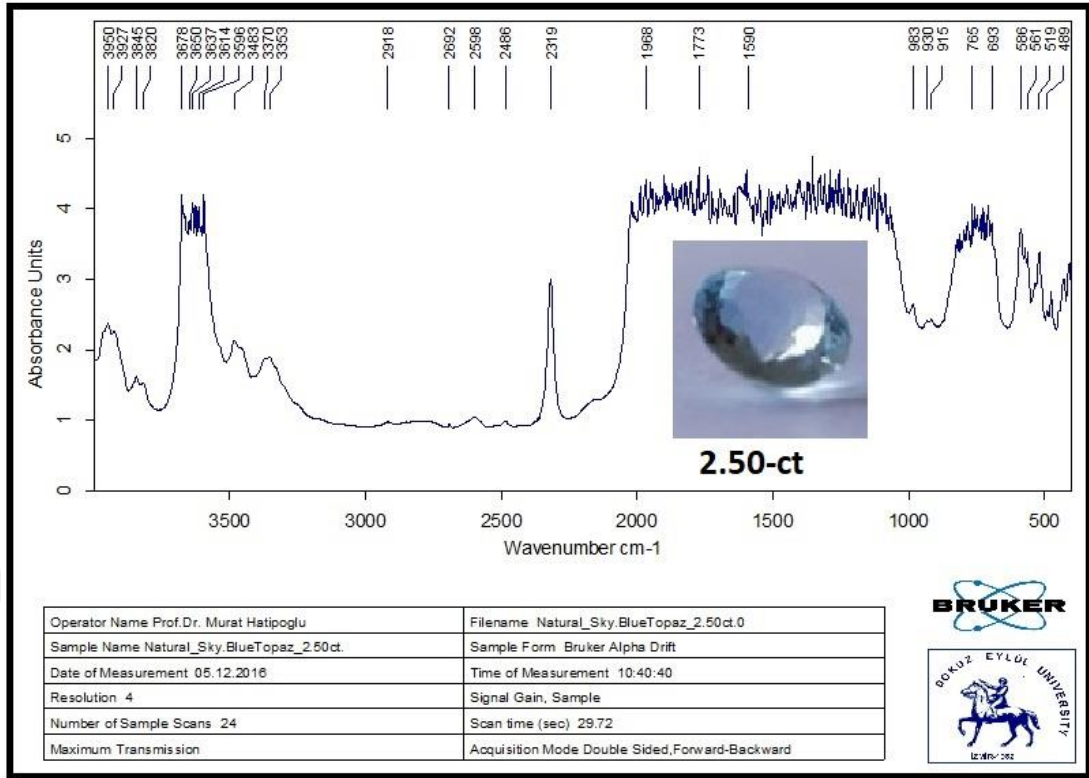
Şekil 3.4 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (0,63-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği (Kişisel arşiv, 2018)



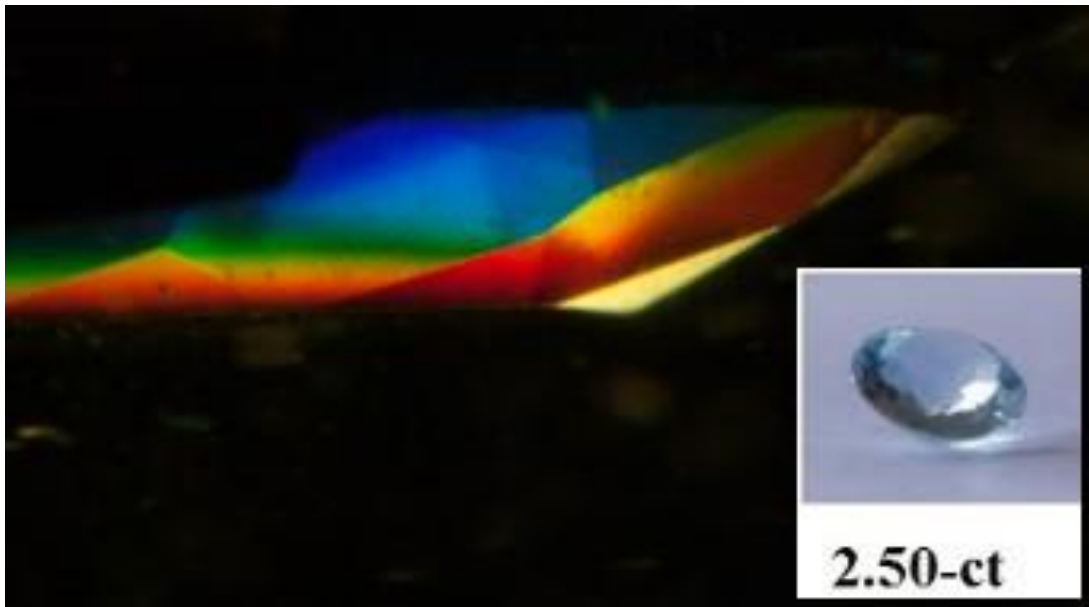
Şekil 3.5 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (0,63-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi (Kişisel arşiv, 2018)



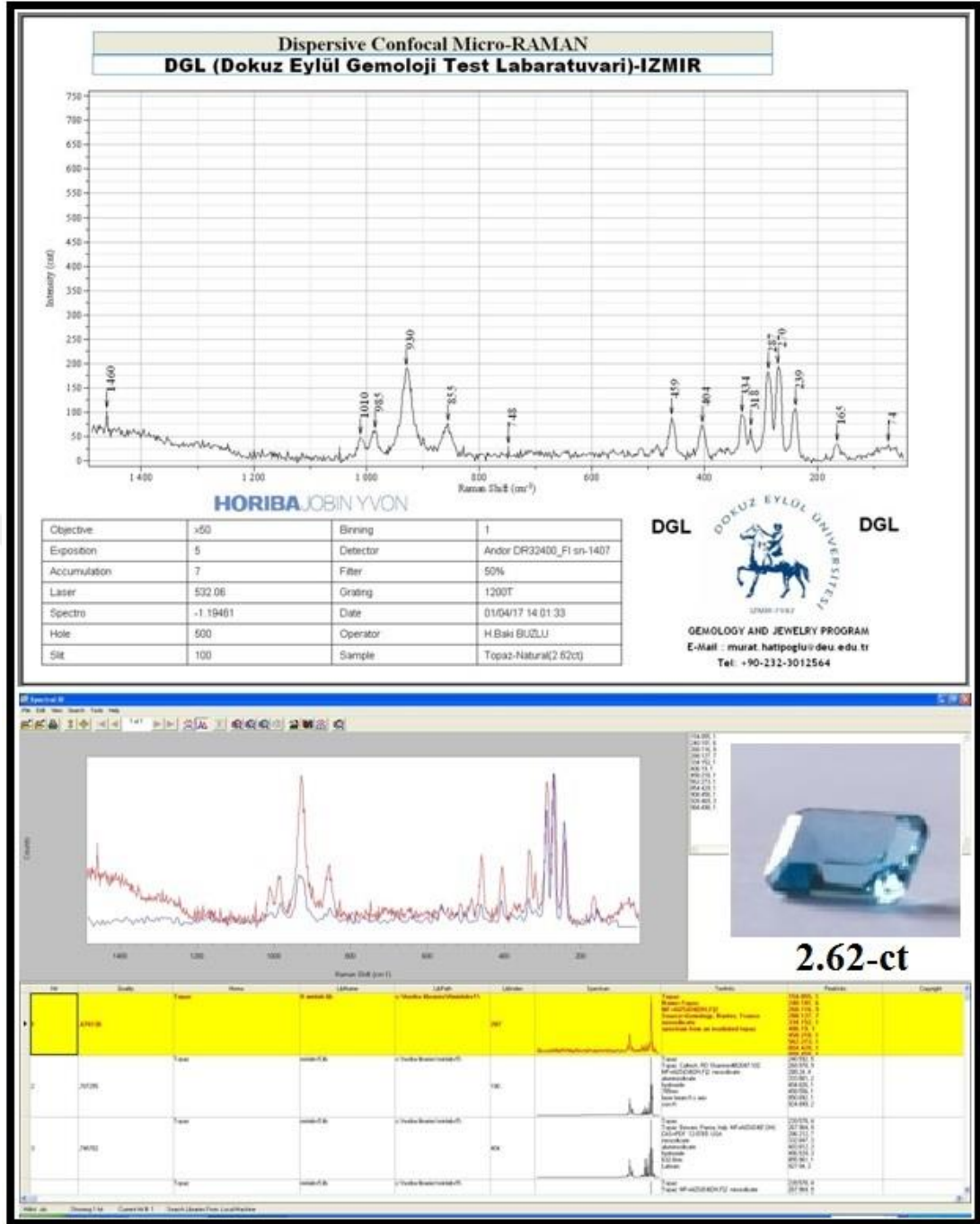
Şekil 3.6 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (2,50-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DK μ R) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması (Kişisel arşiv, 2018)



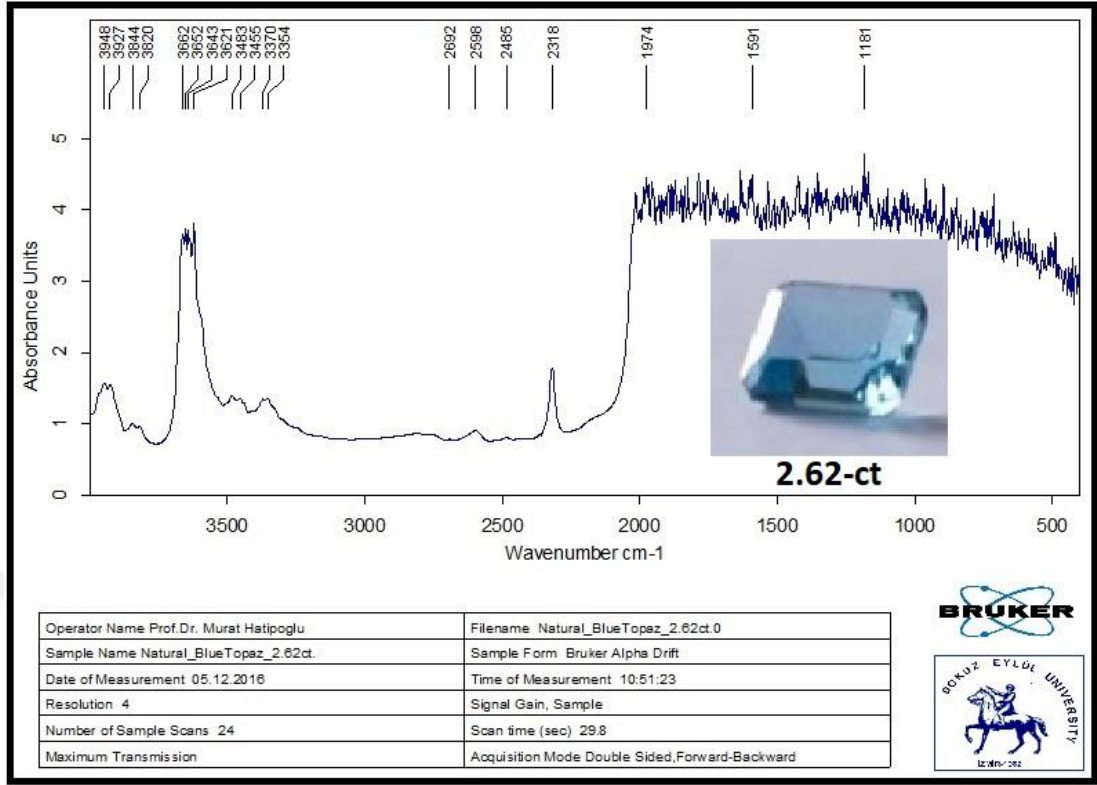
Şekil 3.7 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (2,50-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği (Kişisel arşiv, 2018)



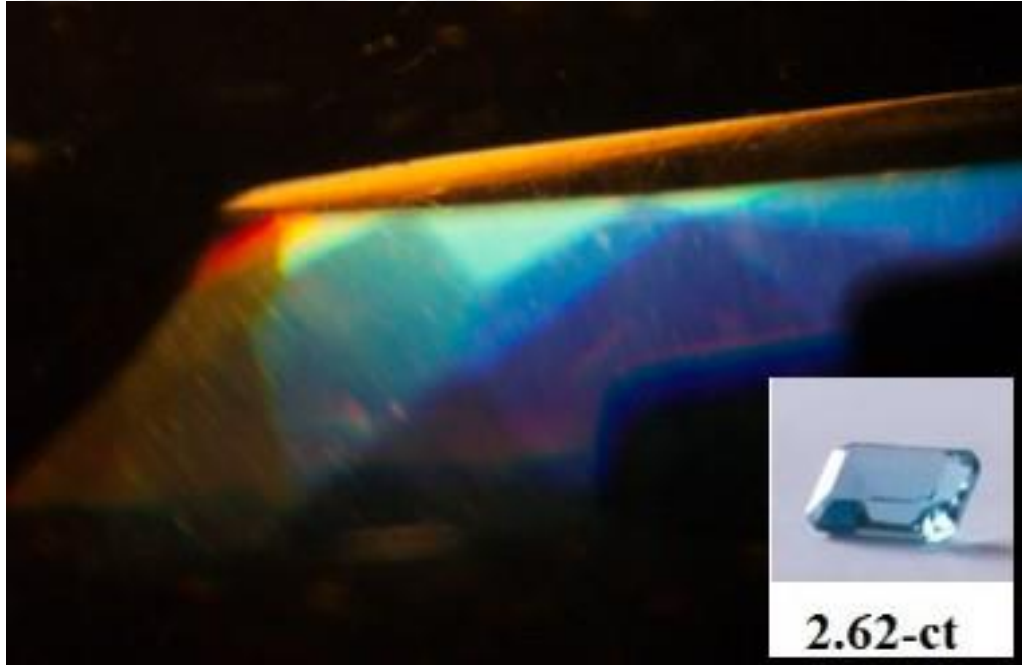
Şekil 3.8 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (2,50-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi (Kişisel arşiv, 2018)



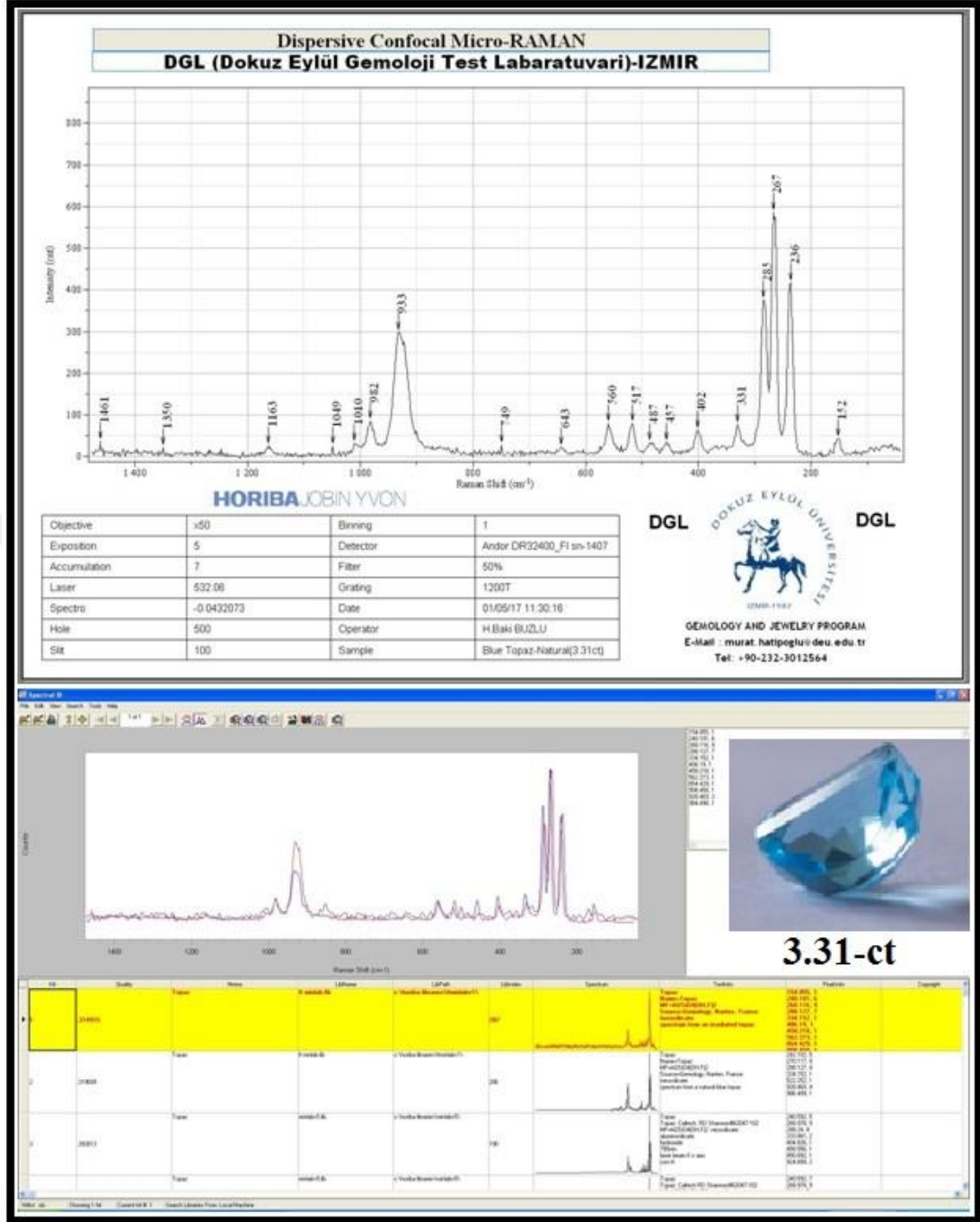
Şekil 3.9 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (2,62-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DKµR) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması (Kişisel arşiv, 2018)



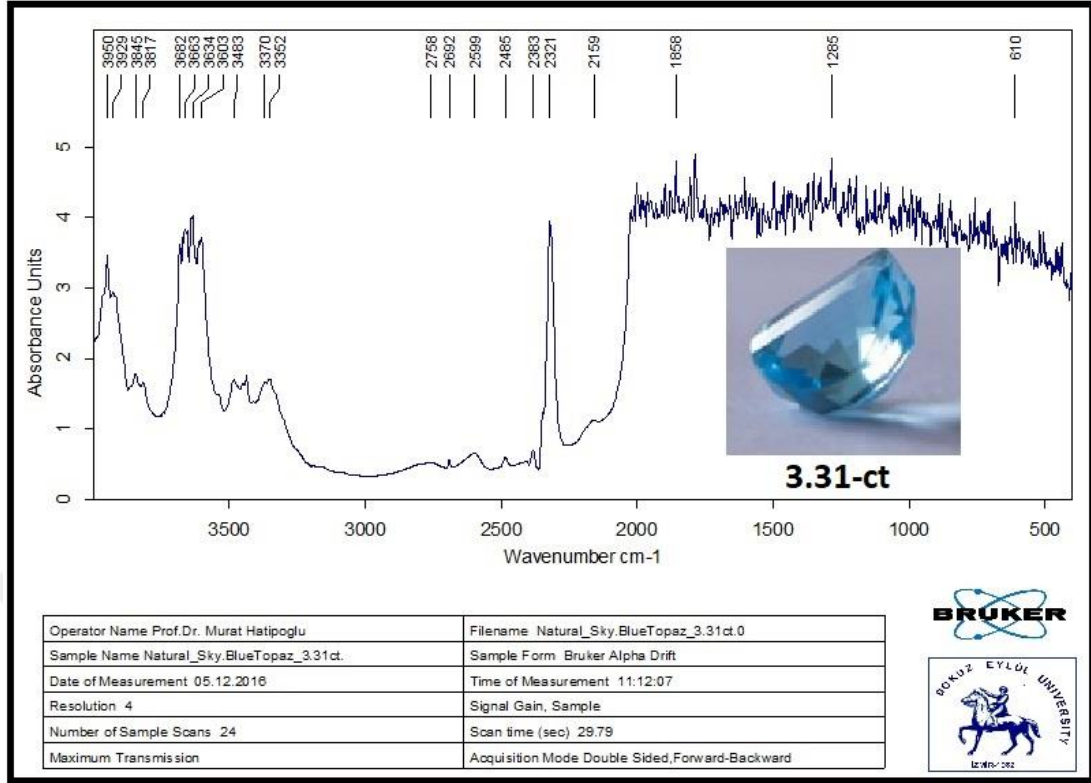
Şekil 3.10 Doğal oluşumlu ve tedavi görmemiş, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (2,62-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği (Kişisel arşiv, 2018)



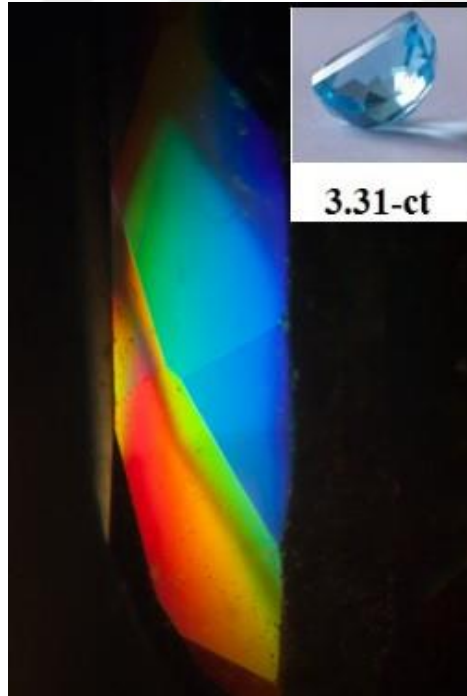
Şekil 3.11 Doğal oluşumlu ve tedavi görmemiş, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (2,62-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi (Kişisel arşiv, 2018)



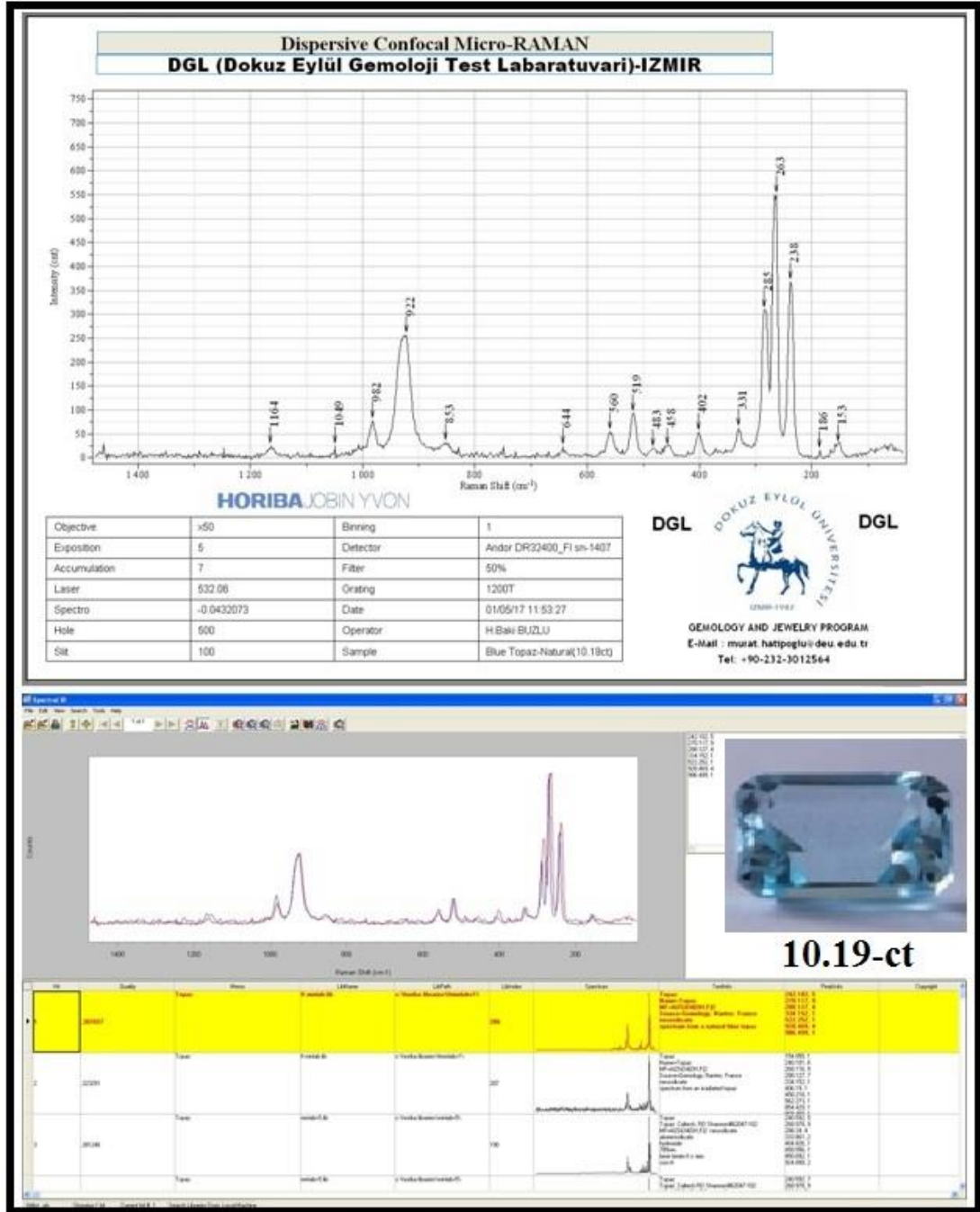
Şekil 3.12 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (3,31-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DKµR) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması (Kişisel arşiv, 2018)



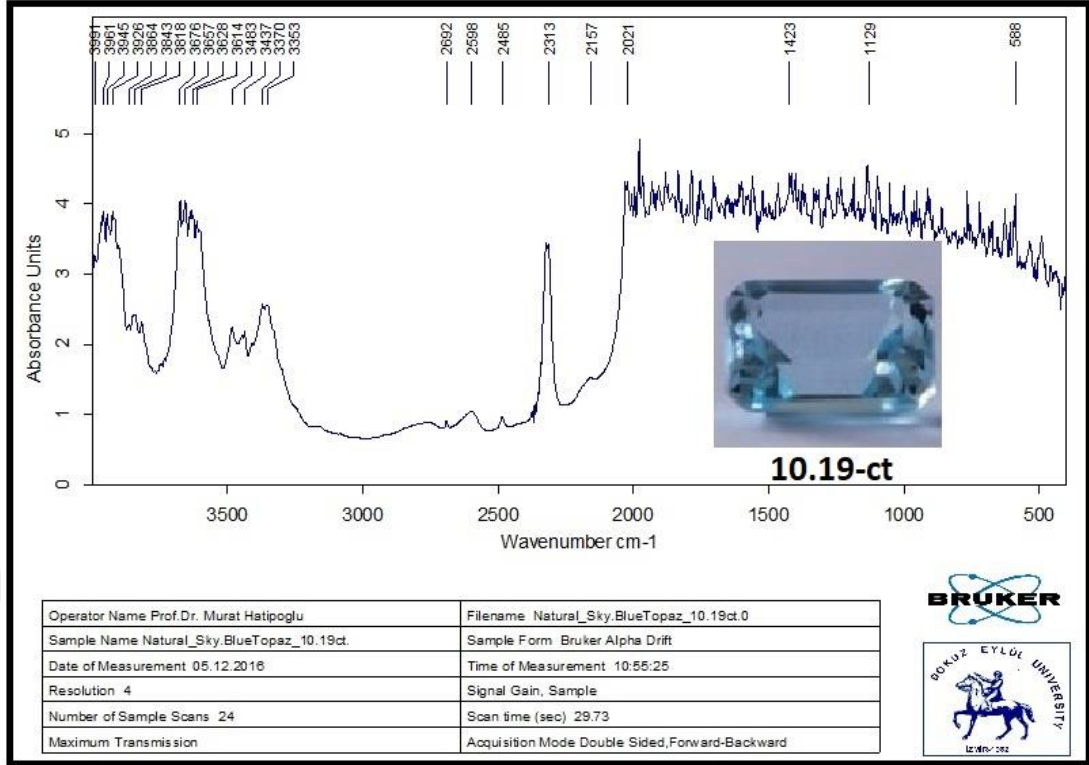
Şekil 3.13 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, doğal gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (3,31-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği (Kişisel arşiv, 2018)



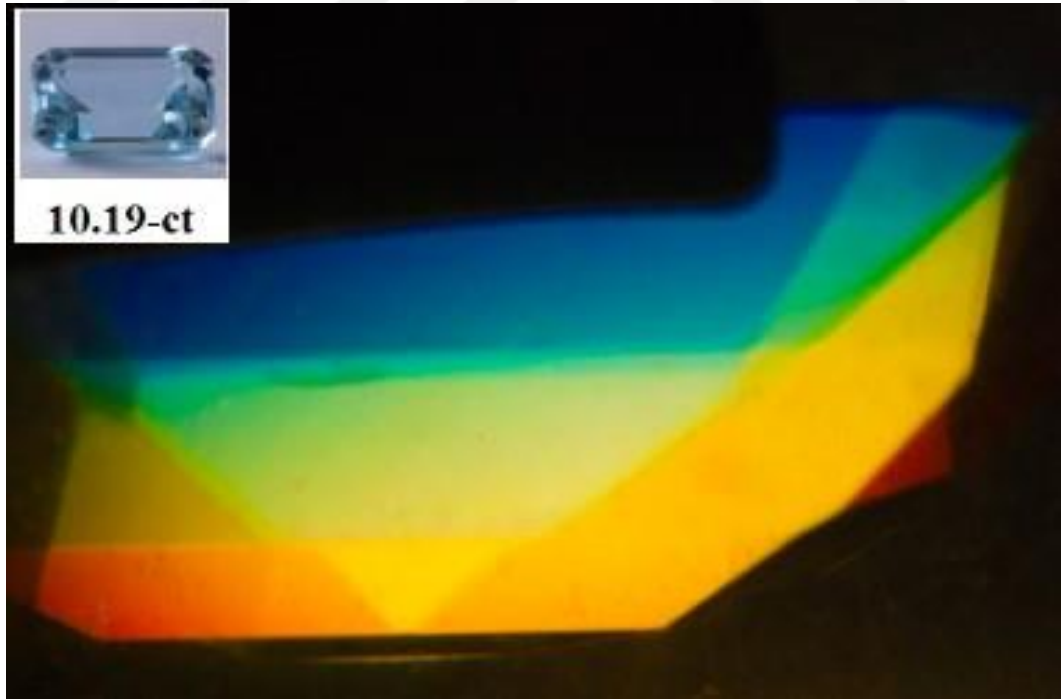
Şekil 3.14 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, doğal gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (3,31-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi (Kişisel arşiv, 2018)



Şekil 3.15 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, doğal gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (10,19-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DKµR) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması (Kişisel arşiv, 2018)



Şekil 3.16 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, doğal gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (10,19-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği (Kişisel arşiv, 2018)



Şekil 3.17 Doğal oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, doğal gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (10,19-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi (Kişisel arşiv, 2018)

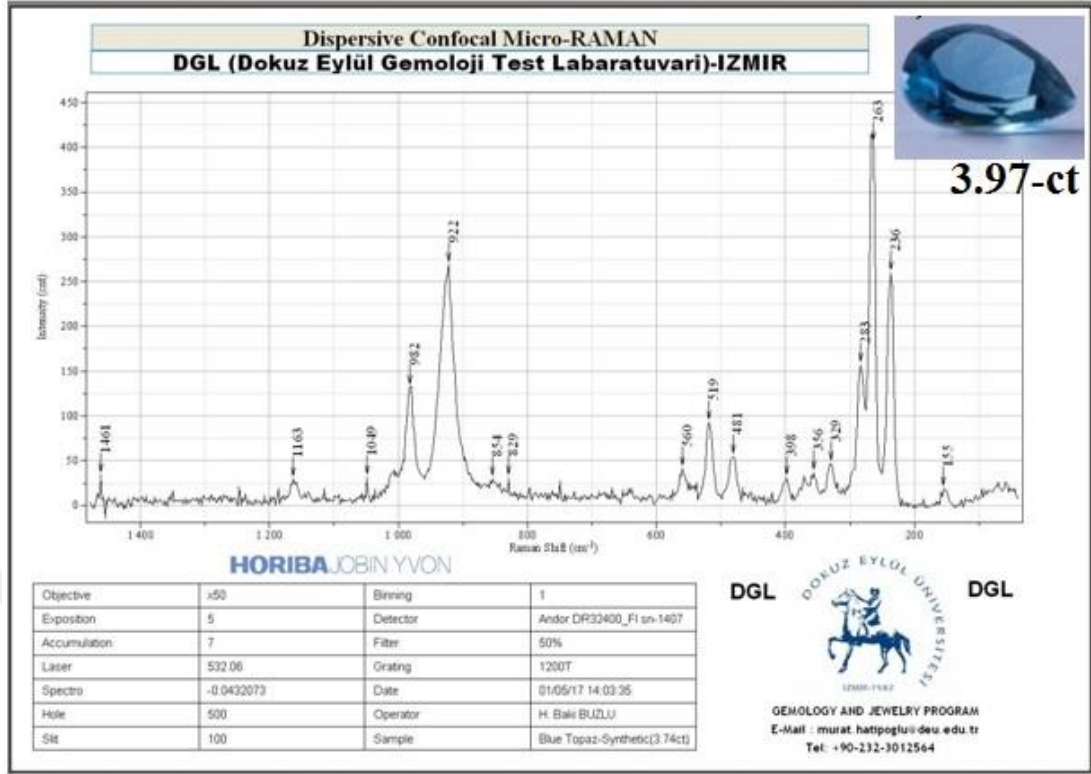
3.4 Yapay (Sentetik), Tedavisiz, İşlenmiş, Mavi Topazların Verileri

Bu çalışmada, üçüncü olarak, yapay oluşumlu (sentetik) ve tedavi görmemiş, faset işlenmiş, mavi renkli topaz örneğinin elde edilen saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DK μ R) (Şekil 3.18) ve Fourier Transform Infrared (FT-IR) (Şekil 3.19) titreşimsel (vibrasyonel) grafikleri ile İmmersiyonoskop görüntüleri elde edilmiştir (Şekil 3.20). Buna göre, yapay (sentetik) ve tedavi görmemiş mavi topaz örneğine ait ana pikler şiddet sırasında ve muhtemel molekül bükülme ve gerilme titreşim bandları, Tablo 3.3’de verilmiştir.

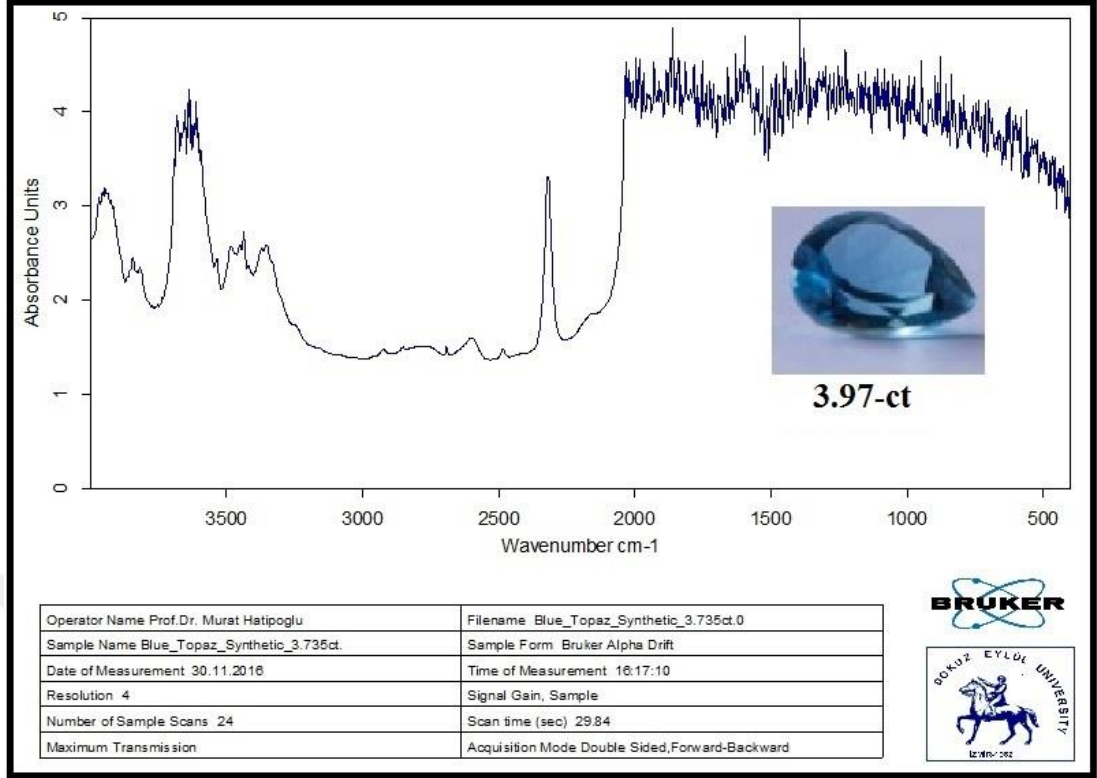
Tablo 3.3 Yapay (sentetik) ve tedavisiz mavi topaz örneğine (3,97-ct) ait ana pik değerleri ve muhtemel molekül bükülme ve gerilme titreşim bantları (şiddet yüzdeleri 5’ar fark ile göreceli olarak verilmiştir, kırmızı renkliler ilave pikler, yeşil renkliler olmayan pik değerlerini simgeler).

Pik şiddeti (cm ⁻¹) (Şiddet %)	Muhtemel moleküler titreşim bantları Bükülme bandı	Gerilme bandı
(95)922	(F)	
(80)982	(F)	
(85)283		(SiO ₄)
(100)263		(AlO ₄)
(90)236		(AlO ₄)
(00)455		(SiO ₄)
(75)519	(SiO ₄)	
(00)852	(OH)	
(70)481		(SiO ₄)
(65)329		(AlO ₄)
(60)1461	(OH)	
(55)398		(AlO ₄)
(50)358		(SiO ₄)

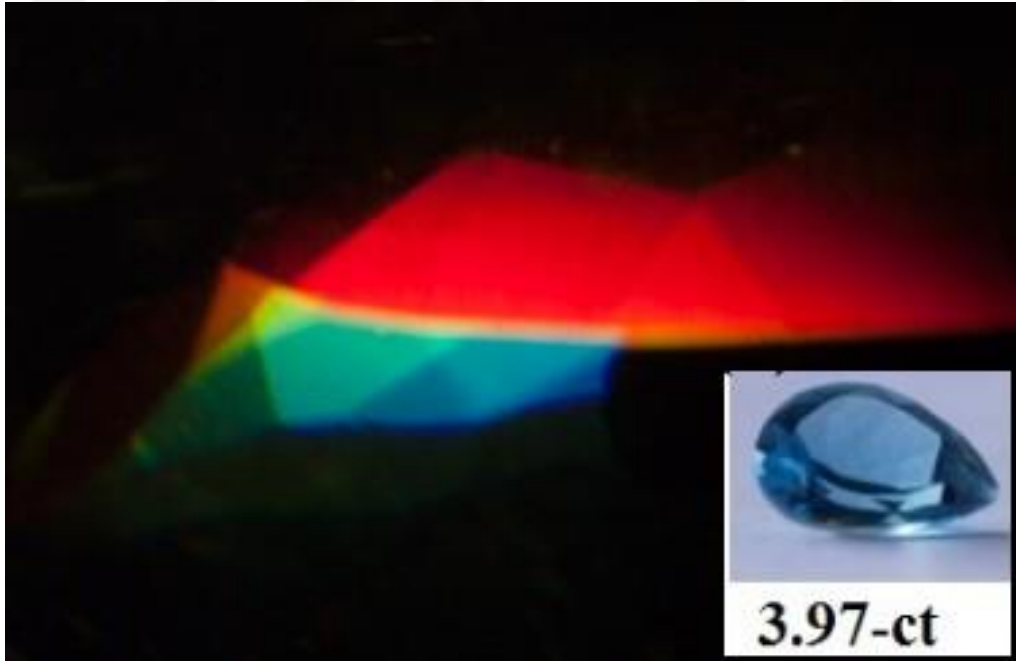
Bu tablodan da görüldüğü üzere, bu yapay mavi topaz örneğinde flor (F⁻¹) varlığı hidroksil (OH⁻¹) varlığından daha fazladır denilebilir.



Şekil 3.18 Yapay (sentetik) oluşumlu ve tedavisiz, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (3,97-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DKµR) ile çekilmiş grafiği (Kişisel arşiv, 2018)



Şekil 3.19 Yapay (sentetik) oluşumlu ve tedavisiz, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (3,97-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği (Kişisel arşiv, 2018)

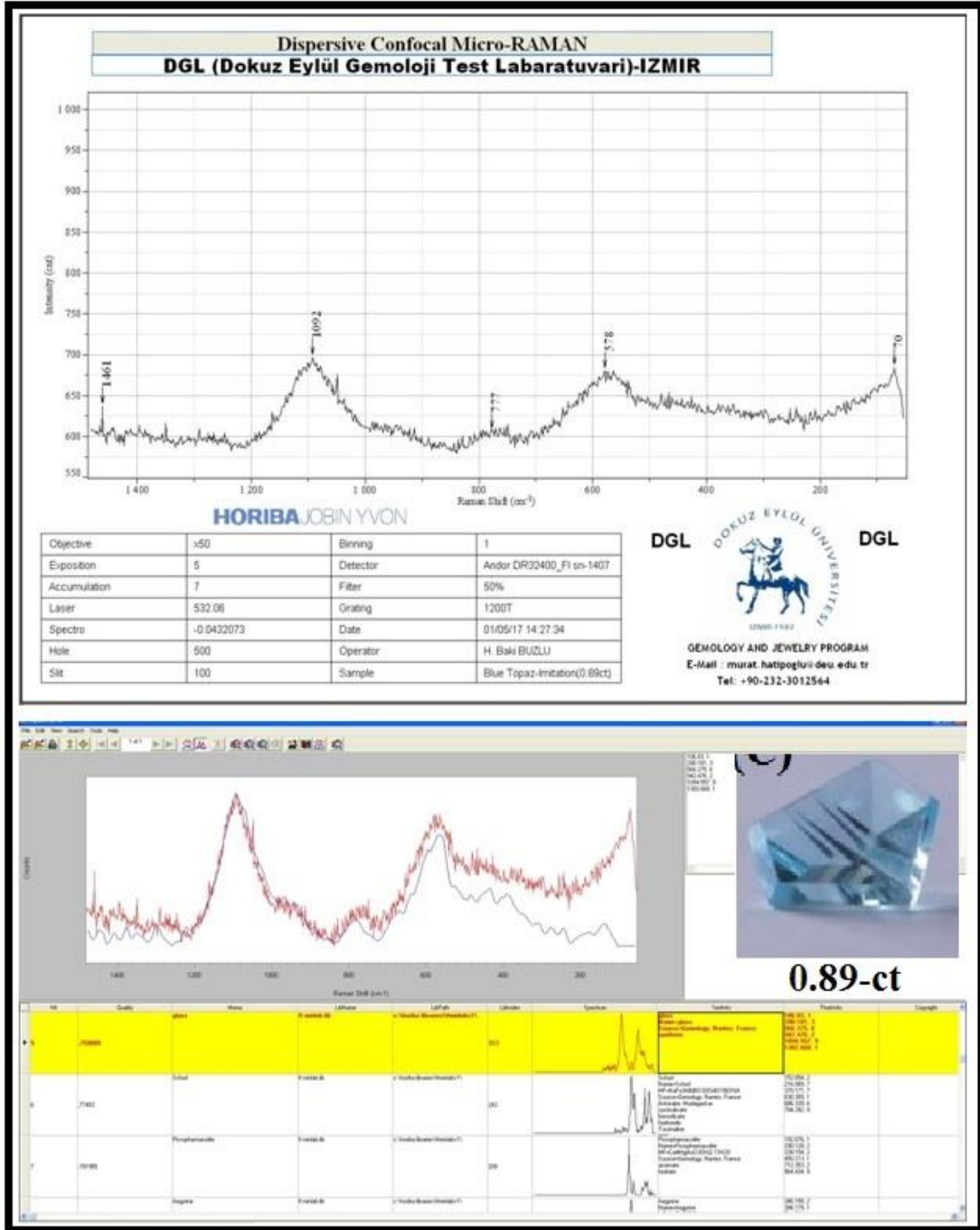


Şekil 3.20 Yapay (sentetik) oluşumlu ve tedavisiz, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (3,97-ct ağırlığında) (Kişisel arşiv, 2018)

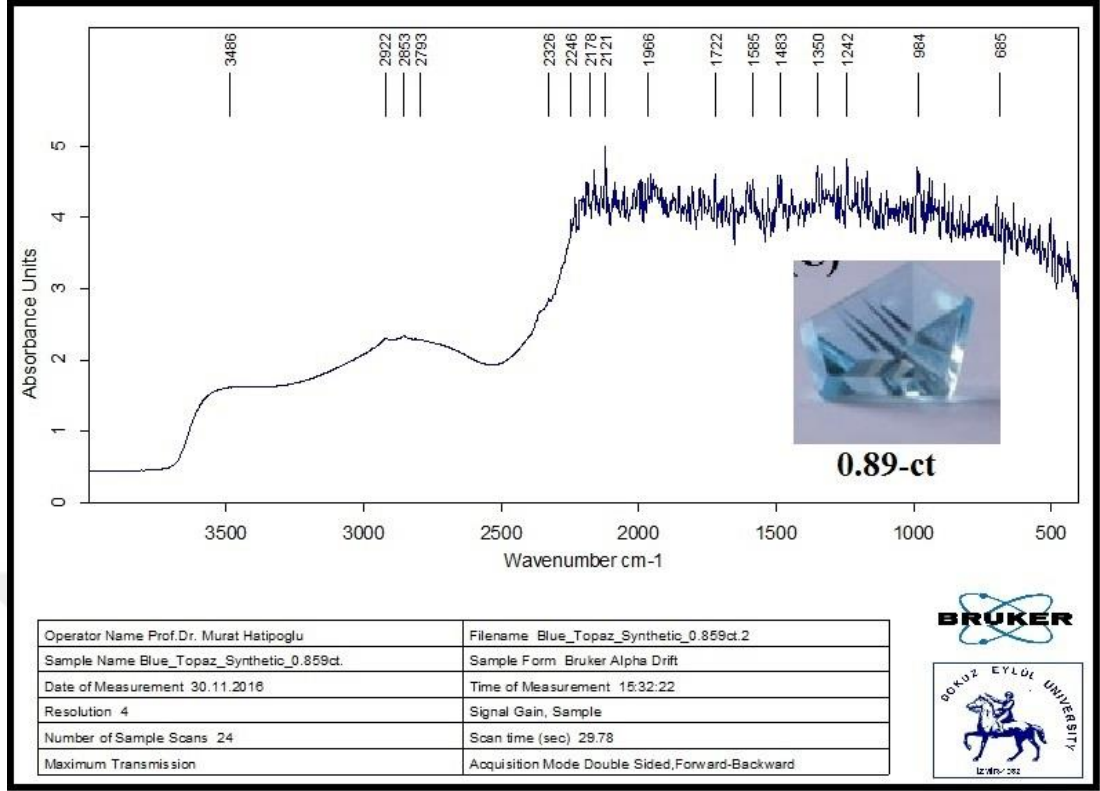
3.5 Taklit, Diğer Malzemelerden İmal, İşlenmiş, Mavi Topazların Verileri

Bu çalışmada, dördüncü olarak, taklit oluşumlu (diğer malzemelerden imal) ve tedavi görmemiş, faset işlenmiş, 2 adet gökyüzü mavisi renkli süstaşı örneklerinin elde edilen saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DK μ R) (şekiller 3.21 ve 3.24) ve Fourier Transform Infrared (FT-IR) (şekiller 3.22 ve 3.25) titreşimsel (vibrasyonel) grafikleri ile İmmersiyonoskop görüntüleri elde edilmiştir (şekiller 3.23 ve 3.26).

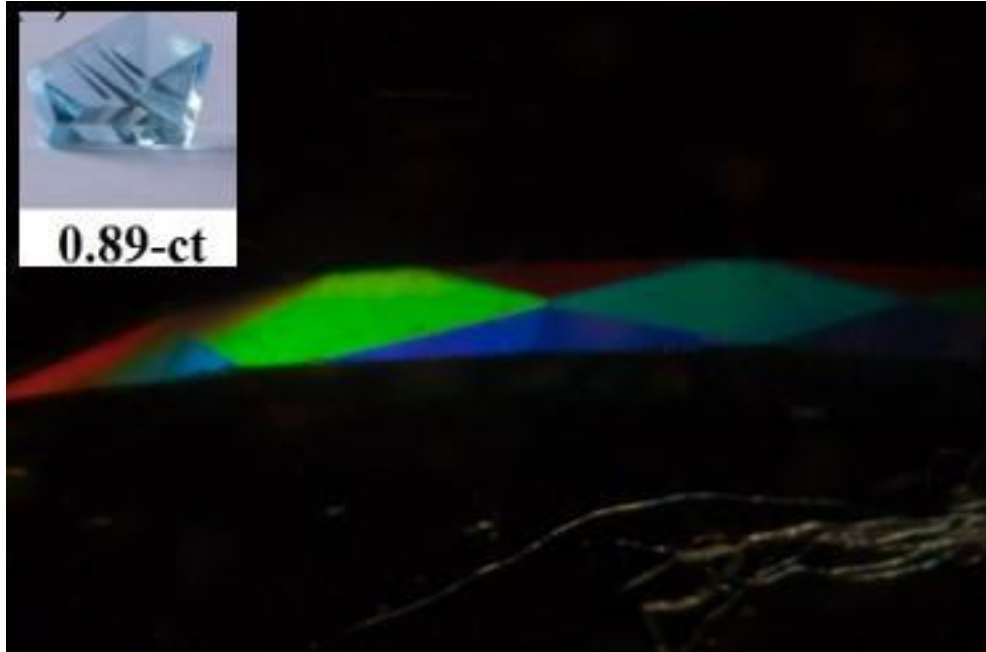
Görüldüğü üzere hem spektroskopik hem de mikroskobik görüntüler taklit mavi topazların tamamen farklı malzemelerden yapıldığını ispatlamaktadırlar. Bu yüzden diyebiliriz ki, bu tip cihazların mavi topazların taklitlerini güvenle ayırt etmekte bize yardımcı olurlar.



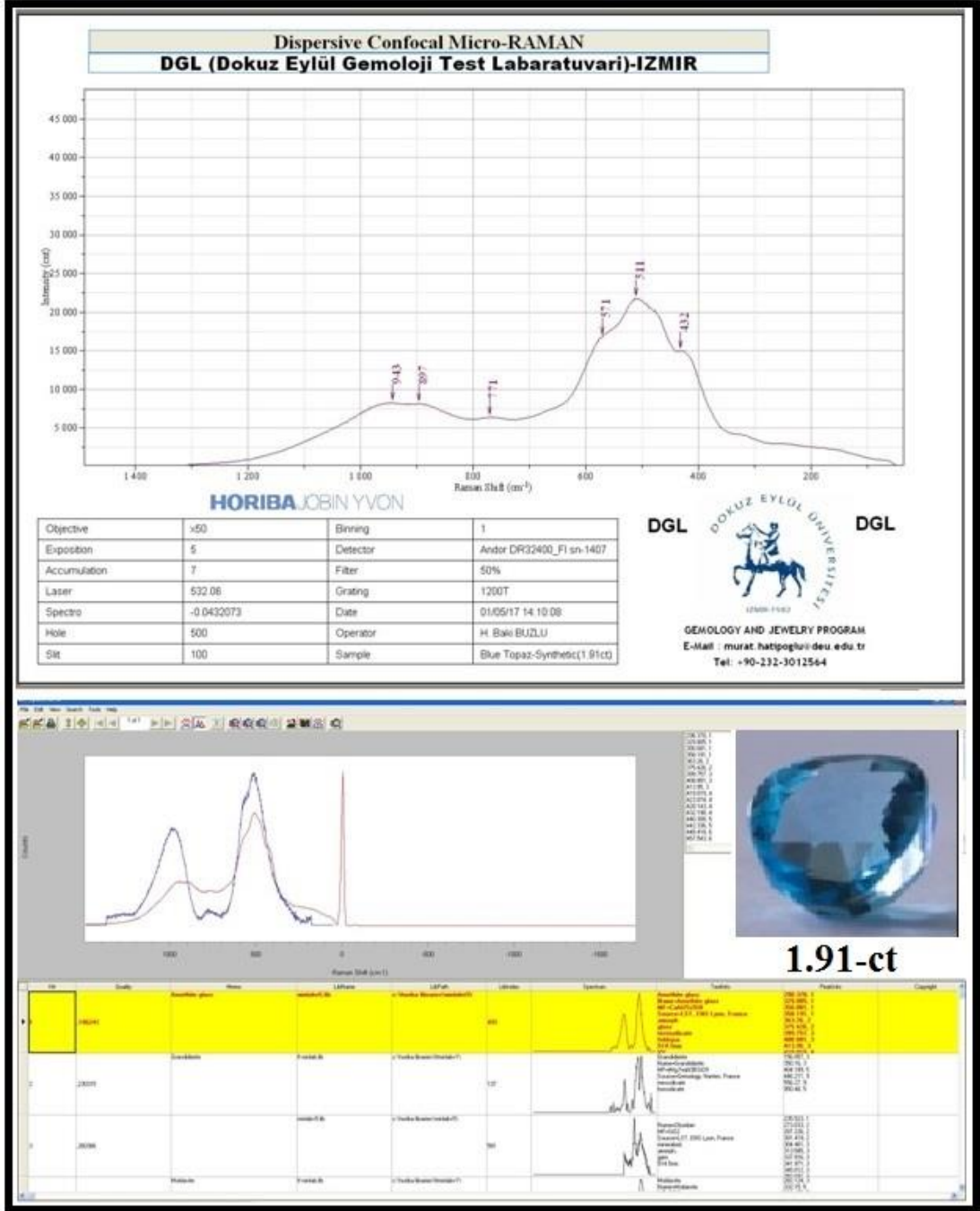
Şekil 3.21 Taklit oluşumlu (diğer malzemelerden imal), gökyüzü mavisi renkli süstaşı örneğinin (0,89-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DKµR) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması (Kişisel arşiv, 2018)



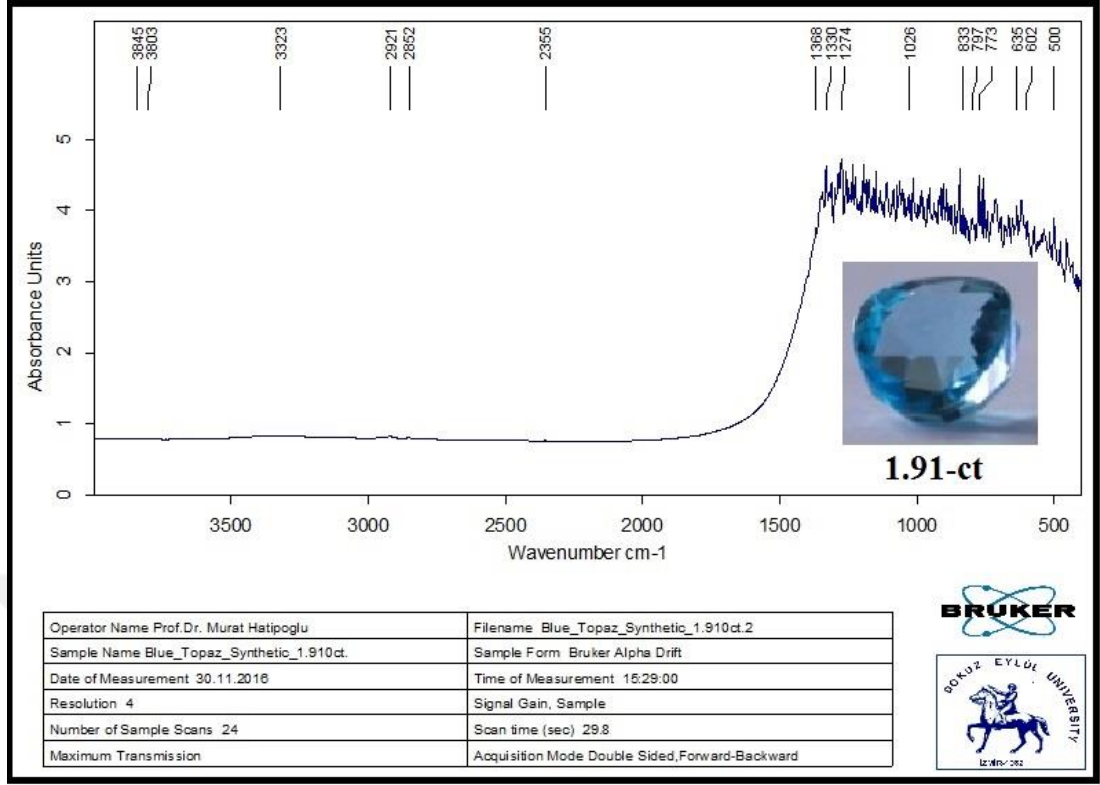
Şekil 3.22 Taklit oluşumlu (diğer malzemelerden imal), gökyüzü mavisi renkli süstaşı örneğinin (0,89-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği (Kişisel arşiv, 2018)



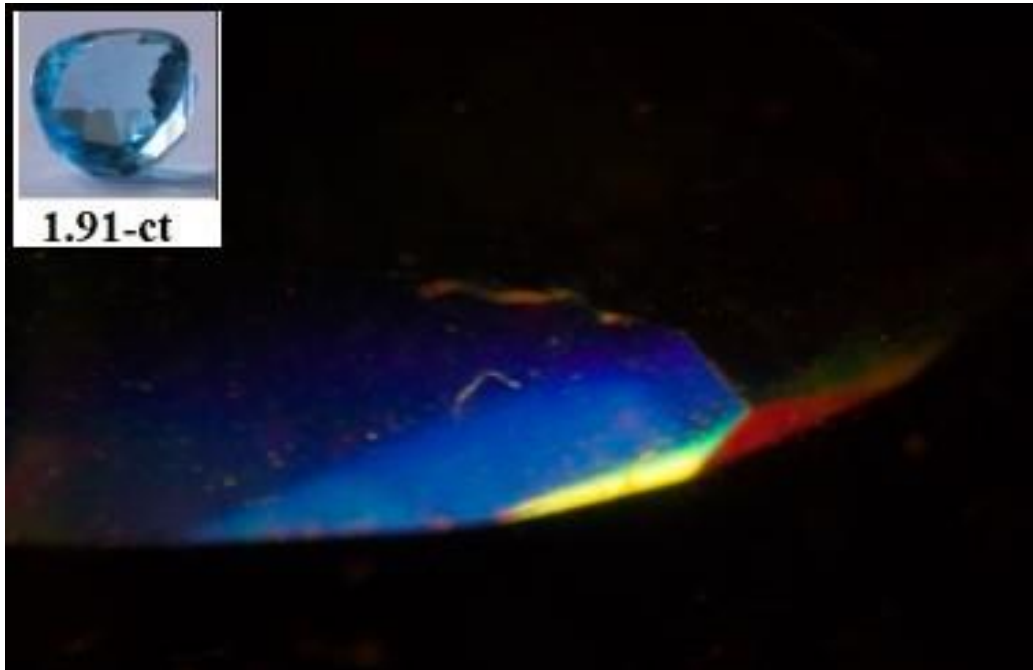
Şekil 3.23 Taklit oluşumlu (diğer malzemelerden imal), gökyüzü mavisi renkli süstaşı örneğinin (0,89-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi (Kişisel arşiv, 2018)



Şekil 3.24 Taklit oluşumlu (diğer malzemelerden imal), gökyüzü mavisi renkli süstaşı örneğinin (1,91-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DKµR) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması (Kişisel arşiv, 2018)



Şekil 3.25 Taklit oluşumlu (diğer malzemelerden imal), gökyüzü mavisi renkli süstaşı örneğinin (1,91-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği (Kişisel arşiv, 2018)



Şekil 3.26 Taklit oluşumlu (diğer malzemelerden imal), gökyüzü mavisi renkli süstaşı örneğinin (1,91-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi (Kişisel arşiv, 2018)

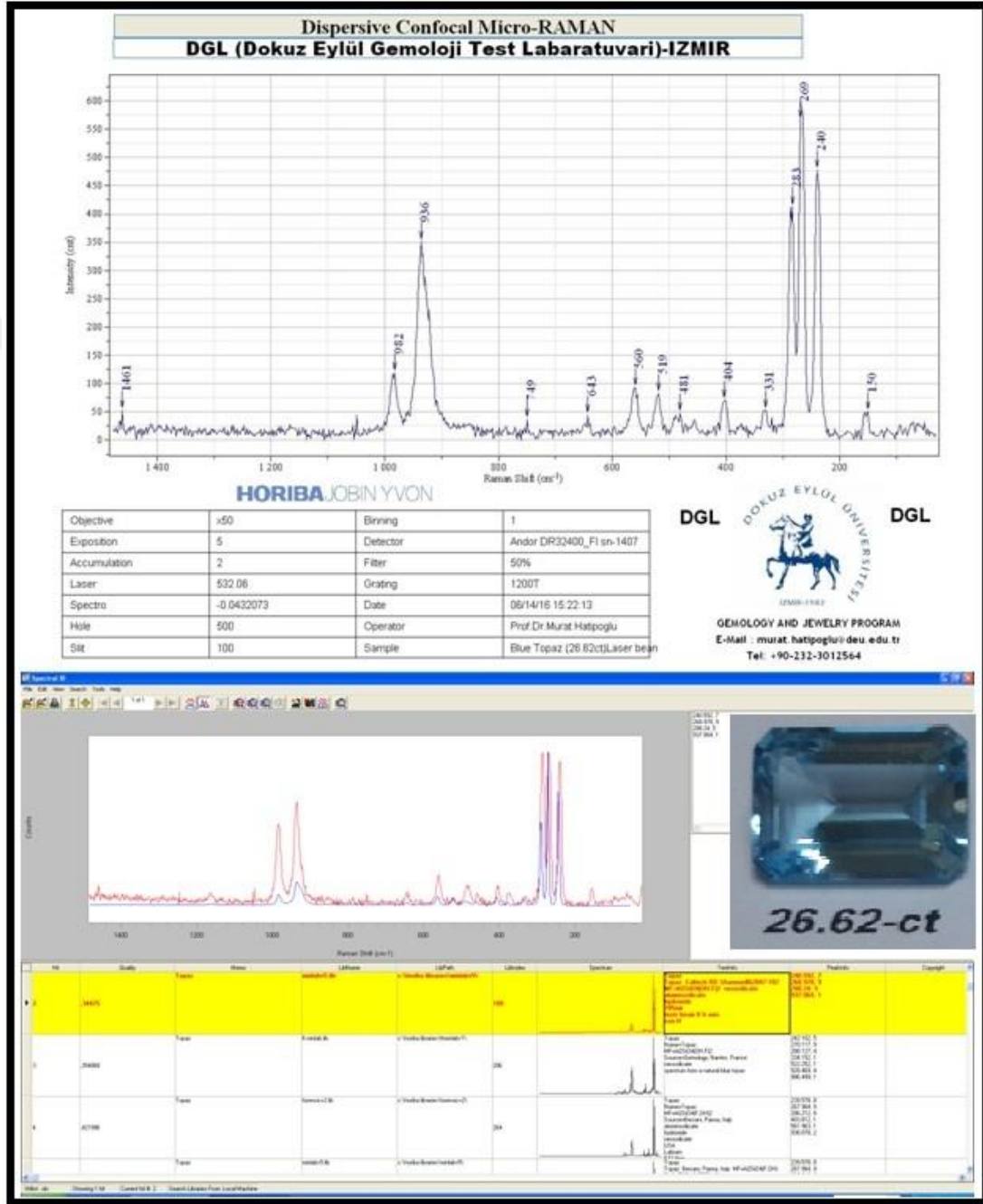
3.6 Doğal, Tedavili, İşlenmiş, Mavi Topazların Verileri

Bu çalışmada, beşinci olarak, doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavisi görmüş, faset işlenmiş, 10 adet mavi renkli topaz örneklerinin elde edilen saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DK μ R) (Şekiller 3.27, 3.30, 3.33, 3.36, 3.39, 3.42, 3.45, 3.48, 3.51 ve 3.54) ve Fourier Transform Infrared (FT-IR) (Şekiller 3.28, 3.31, 3.34, 3.375, 3.40, 3.43, 3.46, 3.49, 3.52 ve 3.55) titreşimsel (vibrasyonel) grafikleri ile İmmersiyonoskop görüntüleri elde edilmiştir (Şekiller 3.28, 3.32, 3.35, 3.38, 3.41, 3.44, 3.47, 3.50, 3.53 ve 3.56). Buna göre, doğal ancak tedavi görmüş mavi topaz örneğine ait ana pikler şiddet sırasında ve muhtemel molekül bükülme ve gerilme titreşim bantları, Tablo 3.4’de verilmiştir.

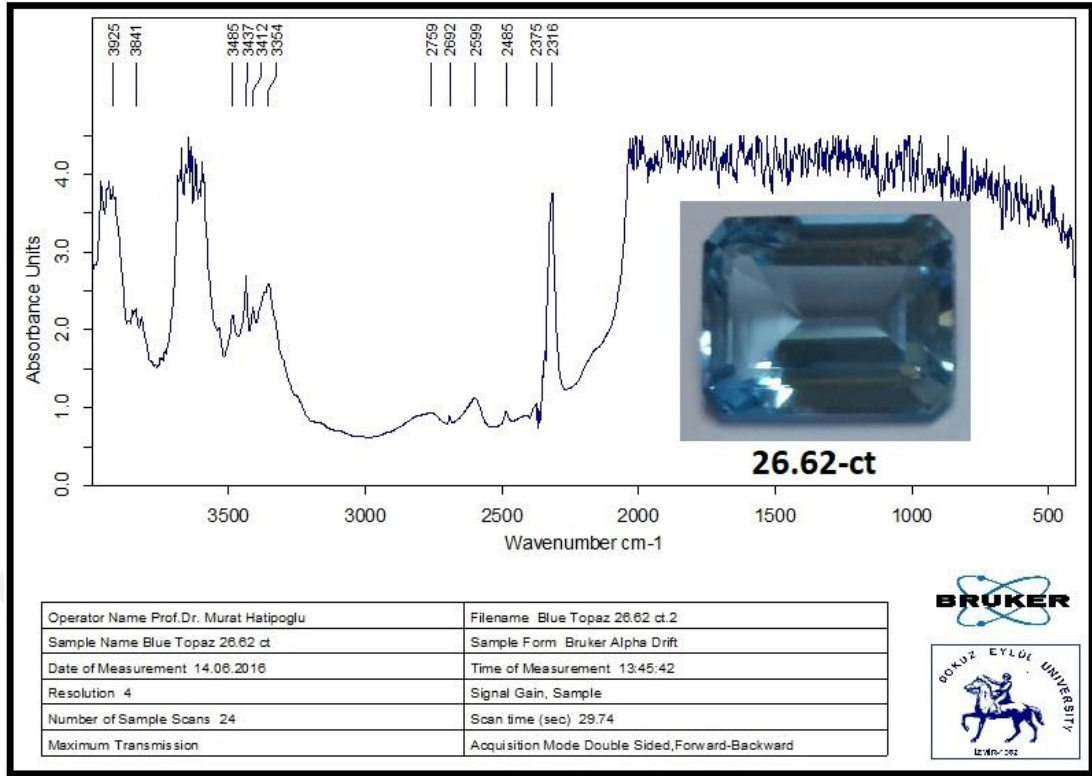
Tablo 3.4 Doğal ancak tedavili mavi topaz örneğine (26,62-ct) ait ana pik değerleri ve muhtemel molekül bükülme ve gerilme titreşim bantları (şiddet yüzdeleri 5’er fark ile göreceli olarak verilmiştir, kırmızı renkliler ilave pikler, yeşil renkliler olmayan pik değerlerini simgeler)

Pik şiddeti (cm ⁻¹) (Şiddet %)	Muhtemel moleküler titreşim bantları	
	Bükülme bandı	Gerilme bandı
(85)934	(F)	
(80)984	(F)	
(95)285		(SiO ₄)
(100)269		(AlO ₄)
(90)240		(AlO ₄)
(00)455		(SiO ₄)
(75)560	(SiO ₄)	
(00)852	(OH)	
(70)485		(SiO ₄)
(50)331		(AlO ₄)
(65)1461	(OH)	
(60)402		(AlO ₄)
(55)377		(SiO ₄)

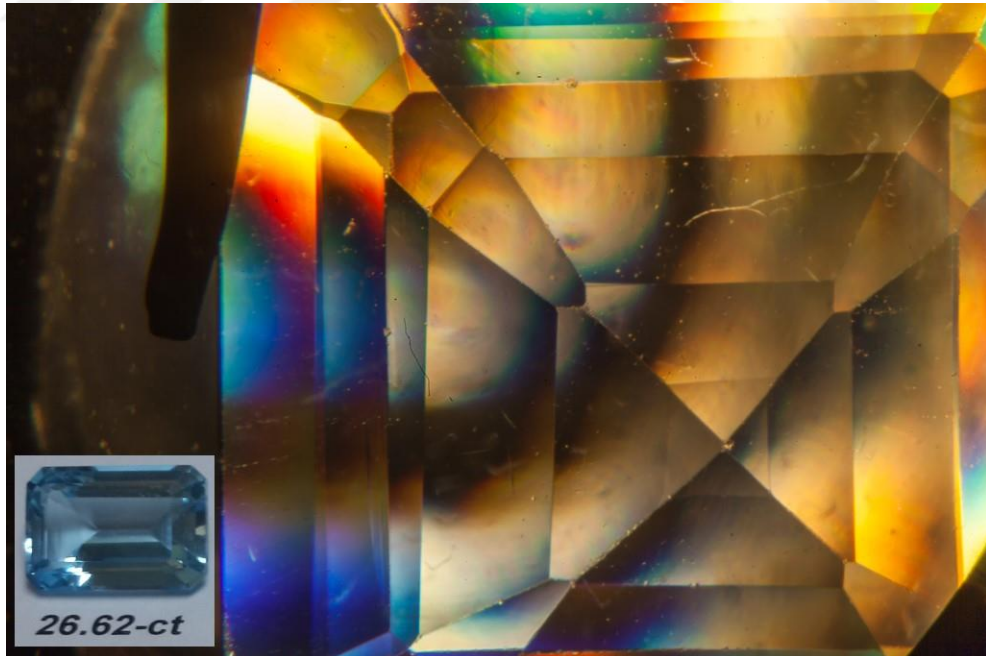
Tablo 3.4 den de görüldüğü üzere, bu yapay mavi topaz örneğinde flor (F^{-1}) varlığı hidroksil (OH^{-1}) varlığından daha fazladır denilebilir.



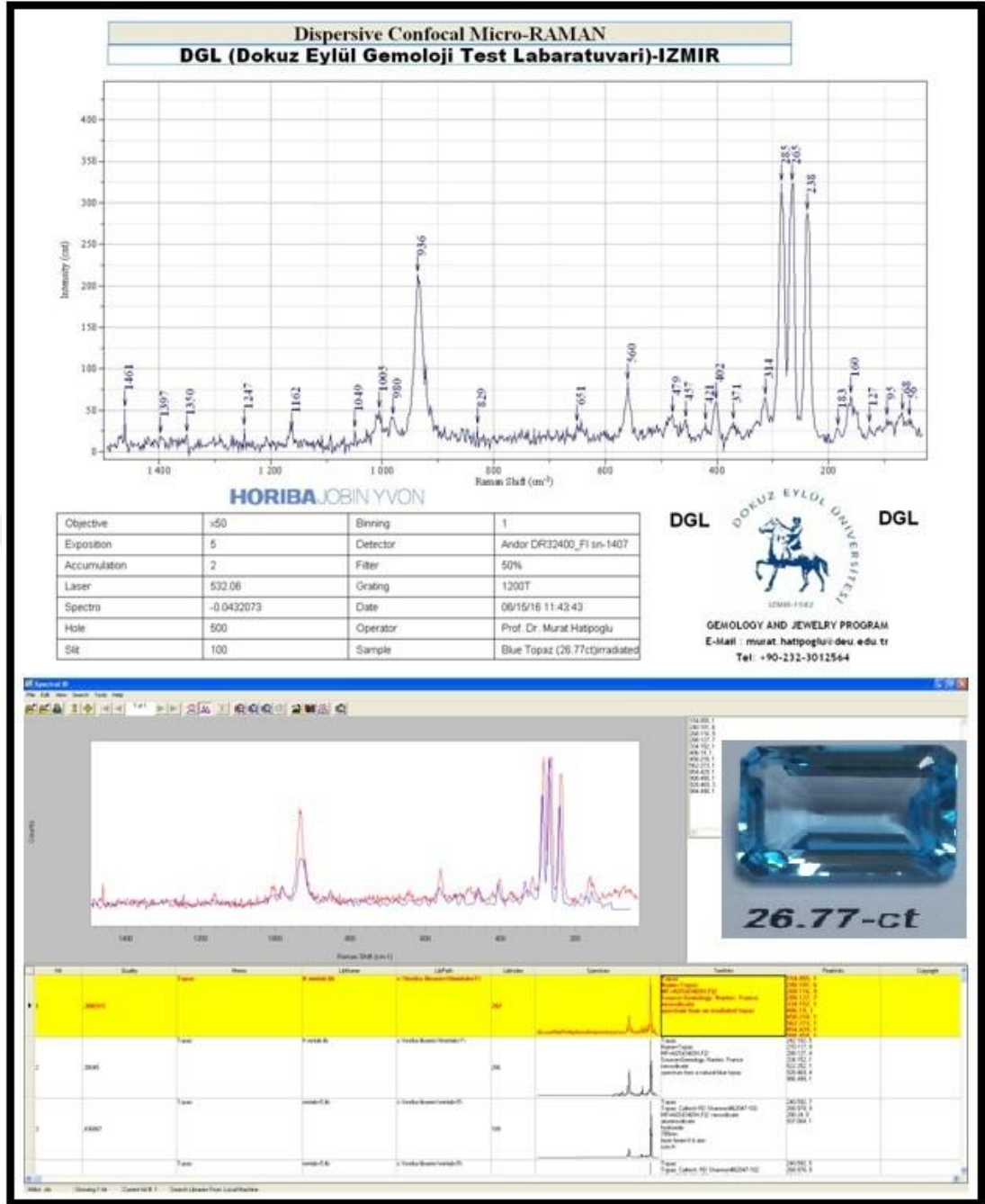
Şekil 3.27 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (26,62-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DKµR) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması (Kişisel arşiv, 2018)



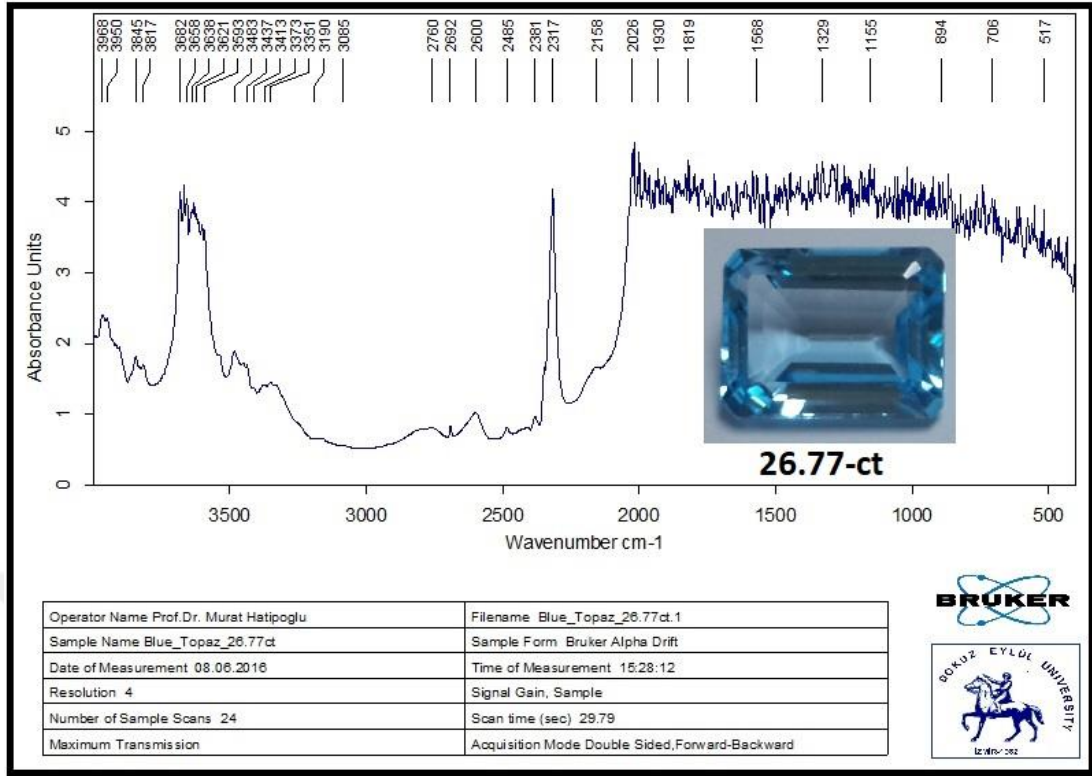
Şekil 3.28 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (26,62-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği (Kişisel arşiv, 2018)



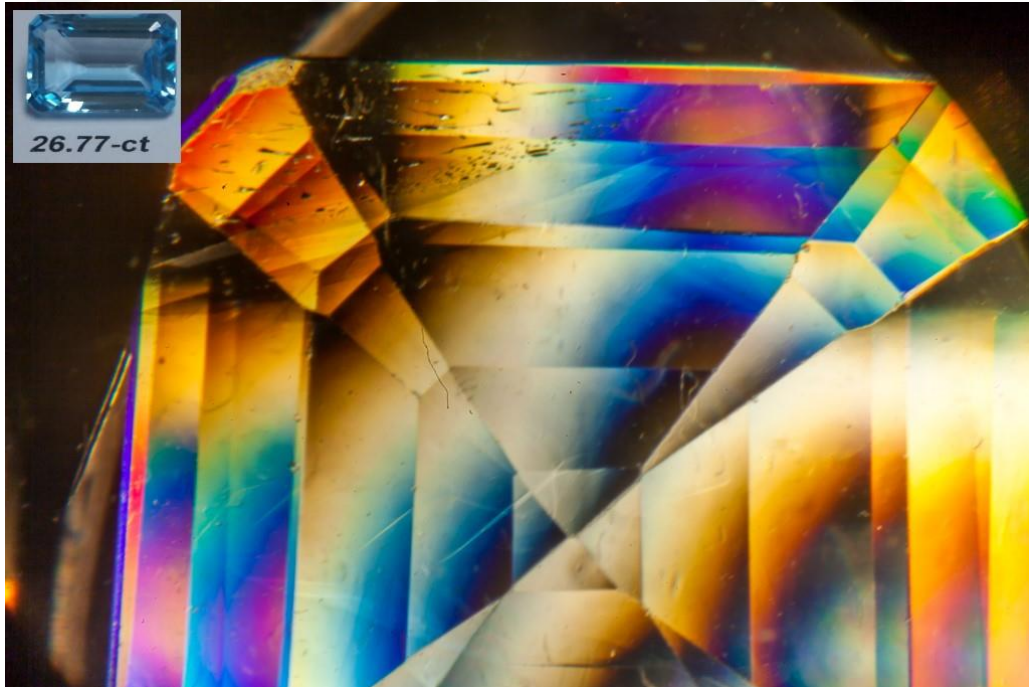
Şekil 3.29 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (26,62-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi (Kişisel arşiv, 2018)



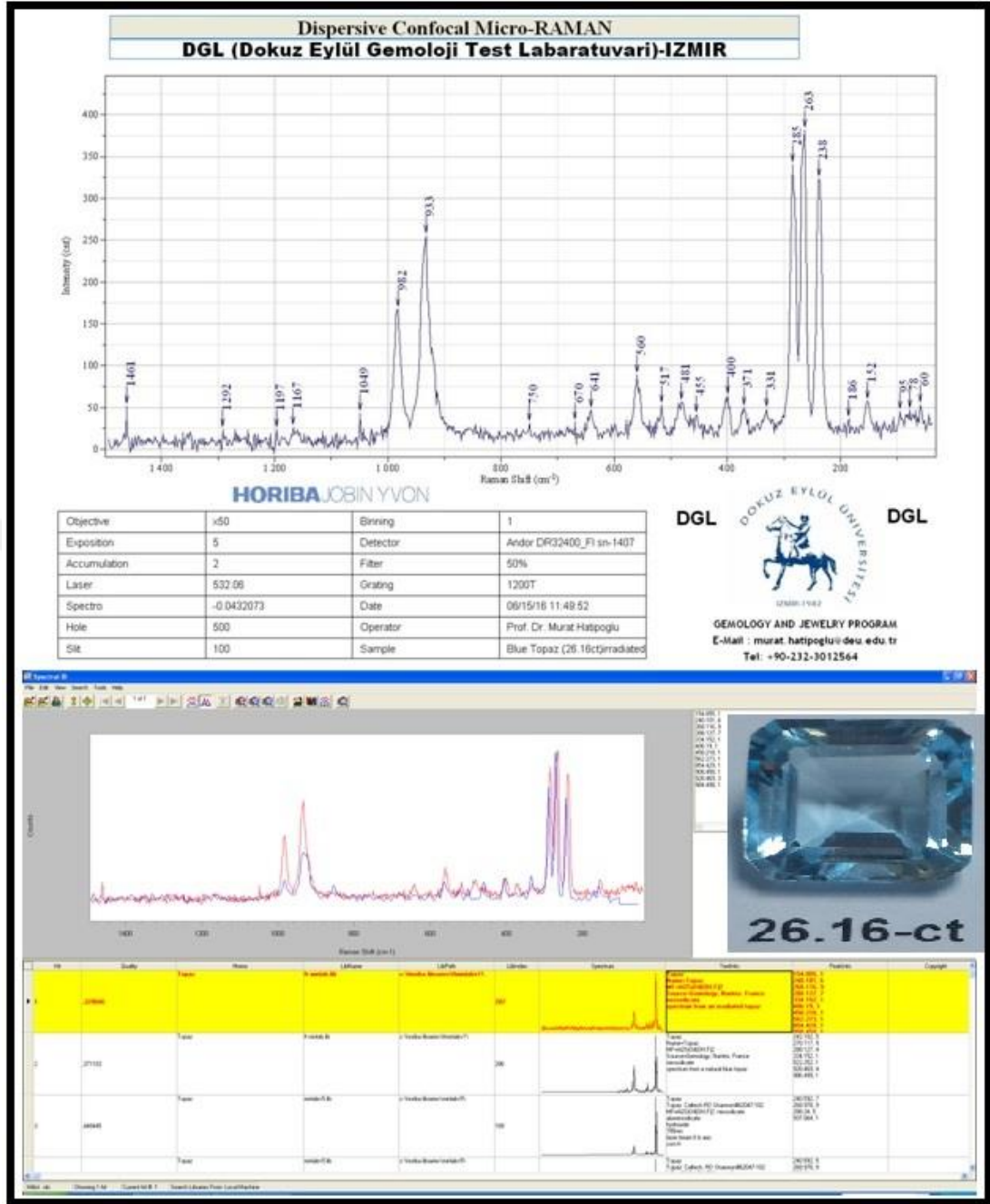
Şekil 3.30 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (26,77-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DK μ R) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması (Kişisel arşiv, 2018)



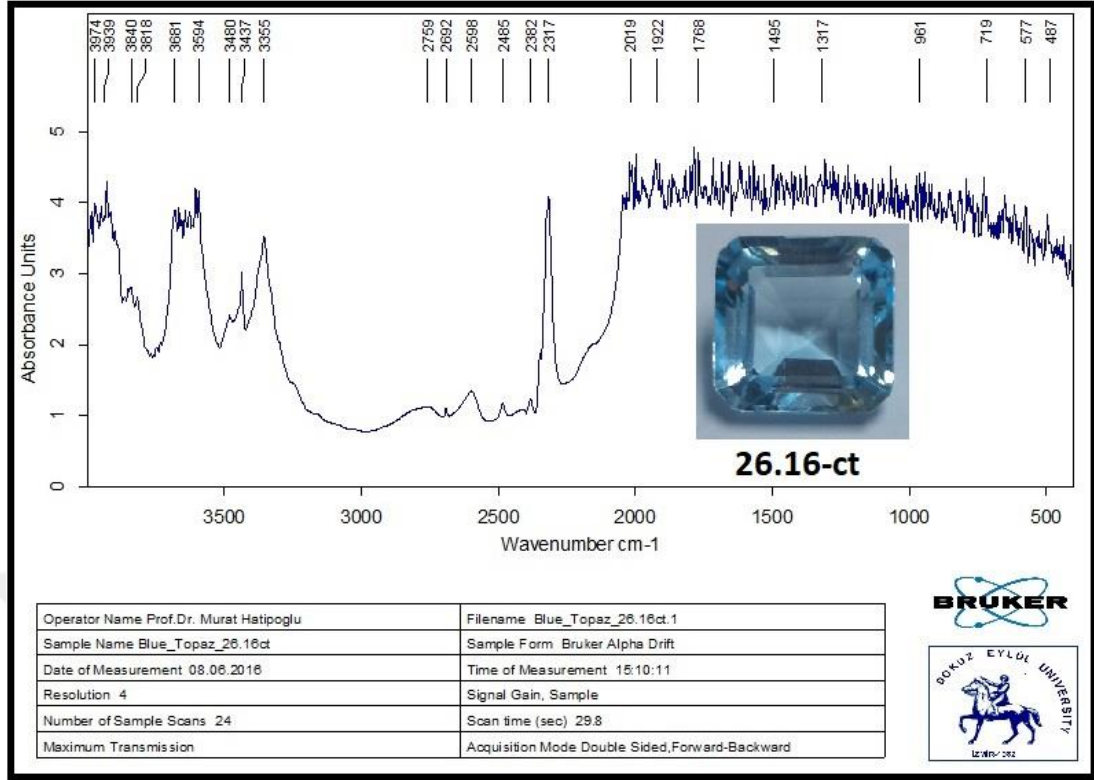
Şekil 3.31 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (26,77-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği (Kişisel arşiv, 2018)



Şekil 3.32 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (26,77-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi (Kişisel arşiv, 2018)



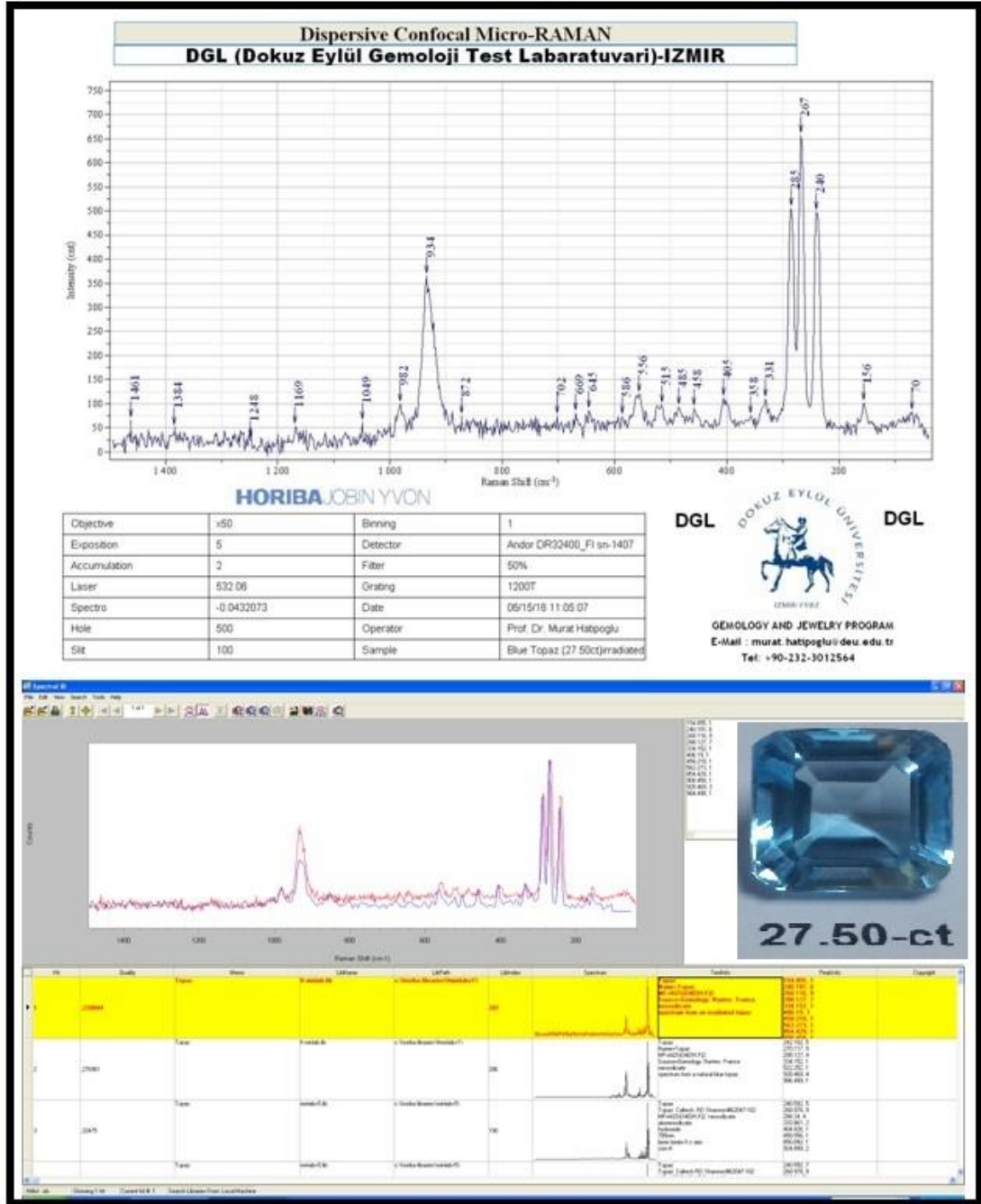
3.33 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (26,16-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DKµR) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması (Kişisel arşiv, 2018)



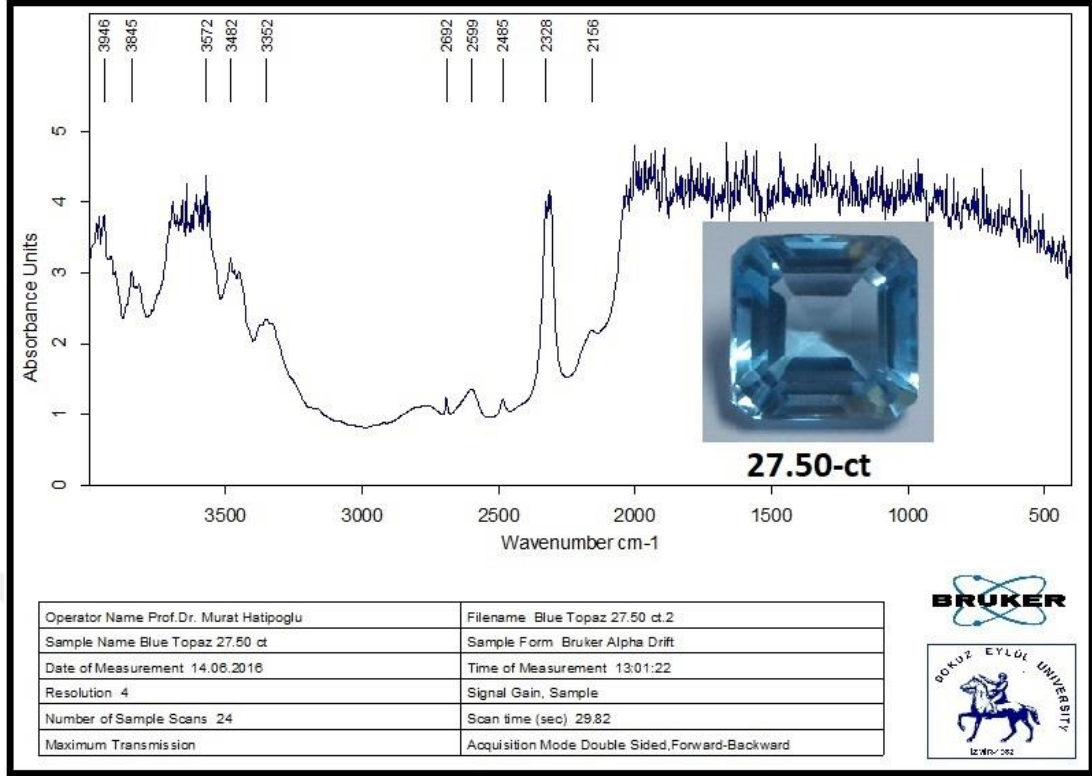
Şekil 3.34 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (26,16-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği (Kişisel arşiv, 2018)



Şekil 3.35 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (26,16-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi (Kişisel arşiv, 2018)



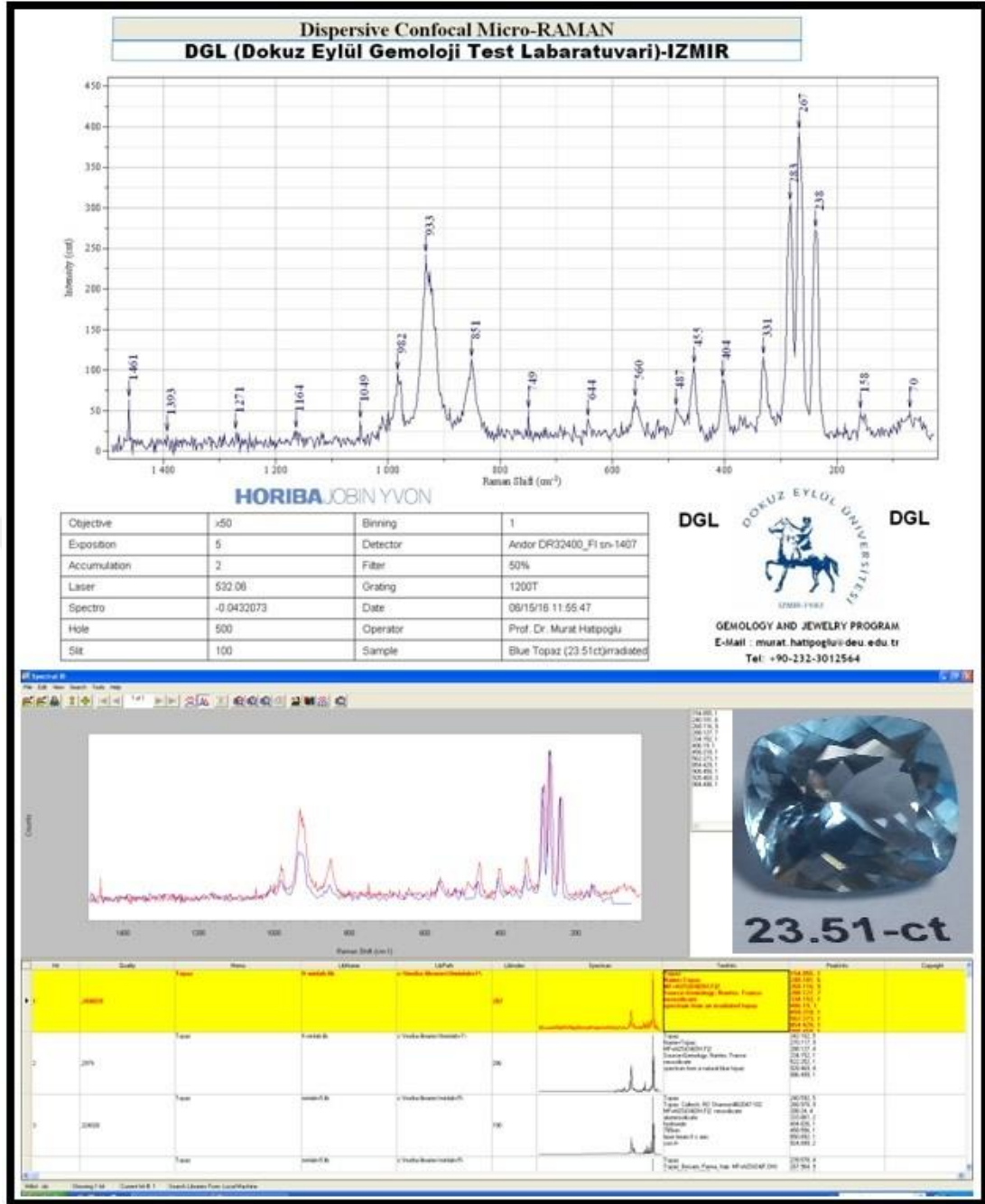
Şekil 3.36 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, gökyüzü mavisi rengi topaz örneğinin (27,50-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DKµR) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması (Kişisel arşiv, 2018)



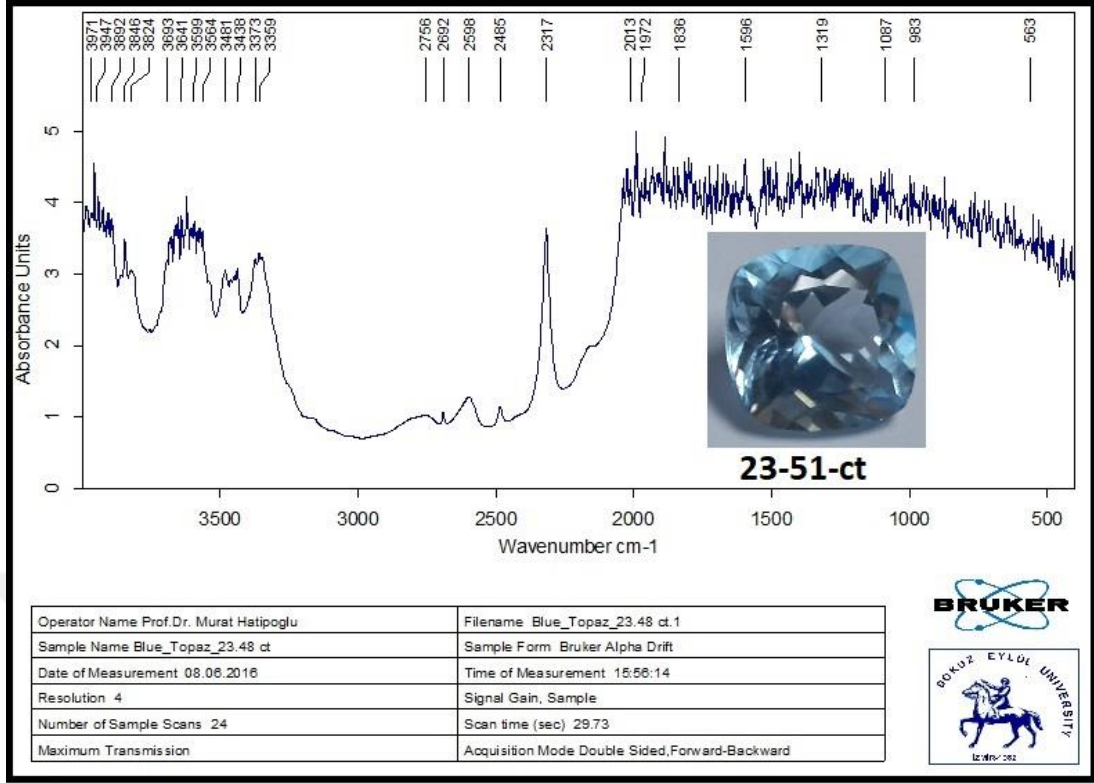
Şekil 3.37 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavisi görmüş, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (27,50-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği (Kişisel arşiv, 2018)



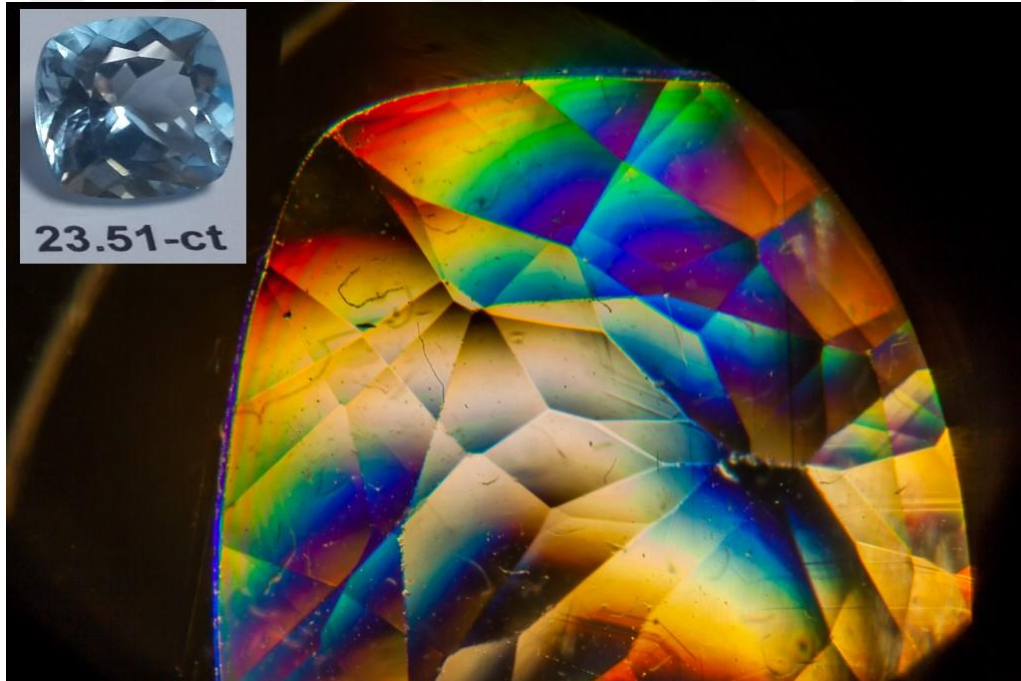
Şekil 3.38 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavisi görmüş, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (27,50-ct ağırlığında), İmmersiyonoskop resmi (Kişisel arşiv, 2018)



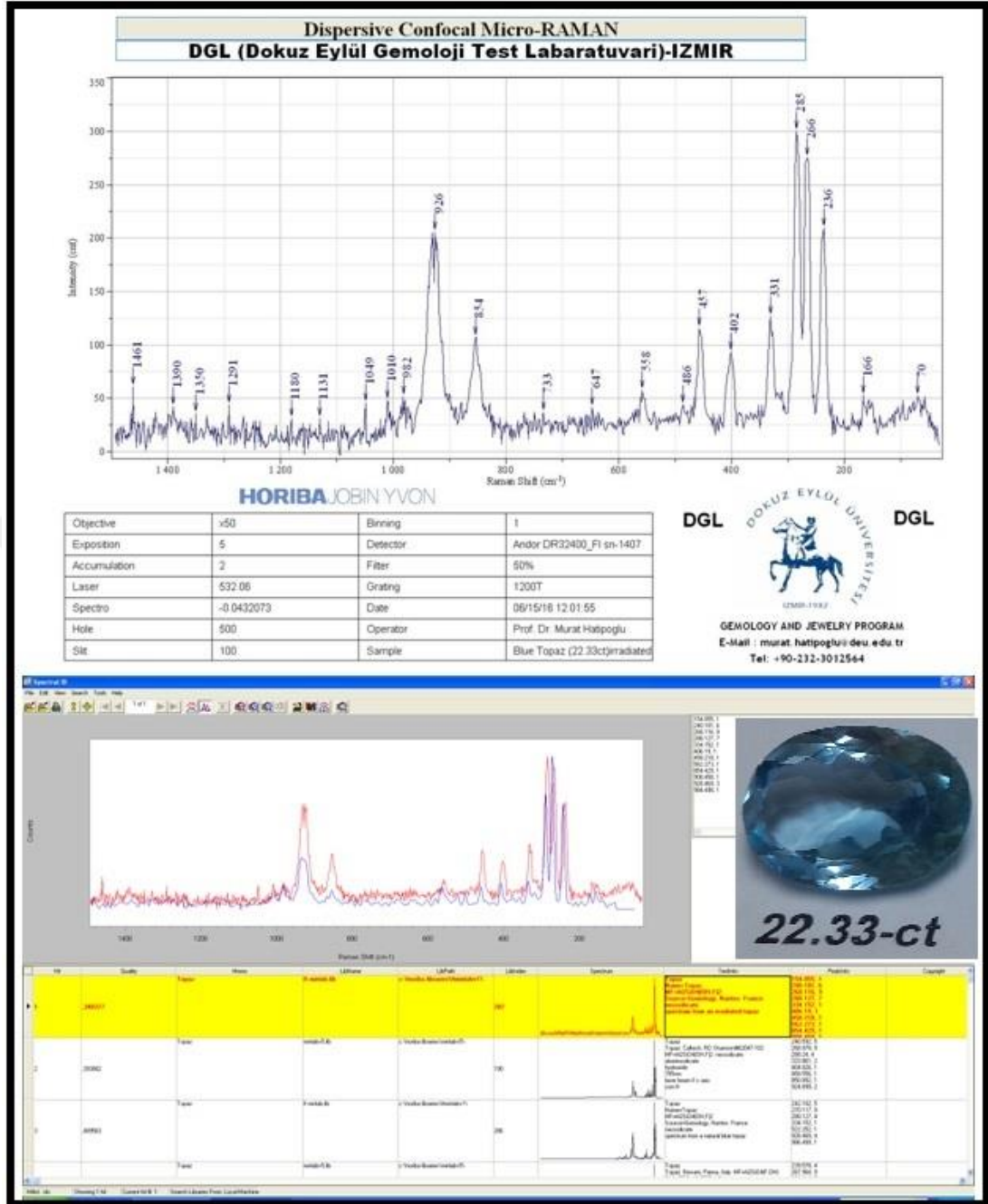
Şekil 3.39 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (23,51-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DK μ R) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması (Kişisel arşiv, 2018)



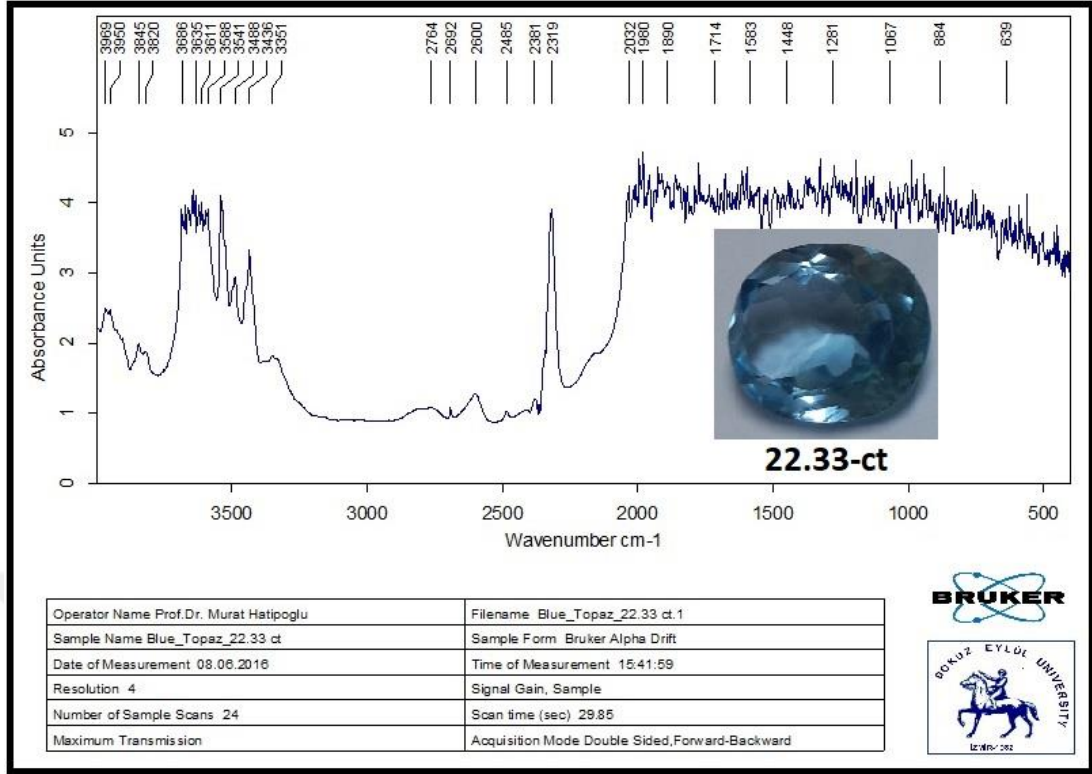
Şekil 3.40 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (23,51-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği (Kişisel arşiv, 2018)



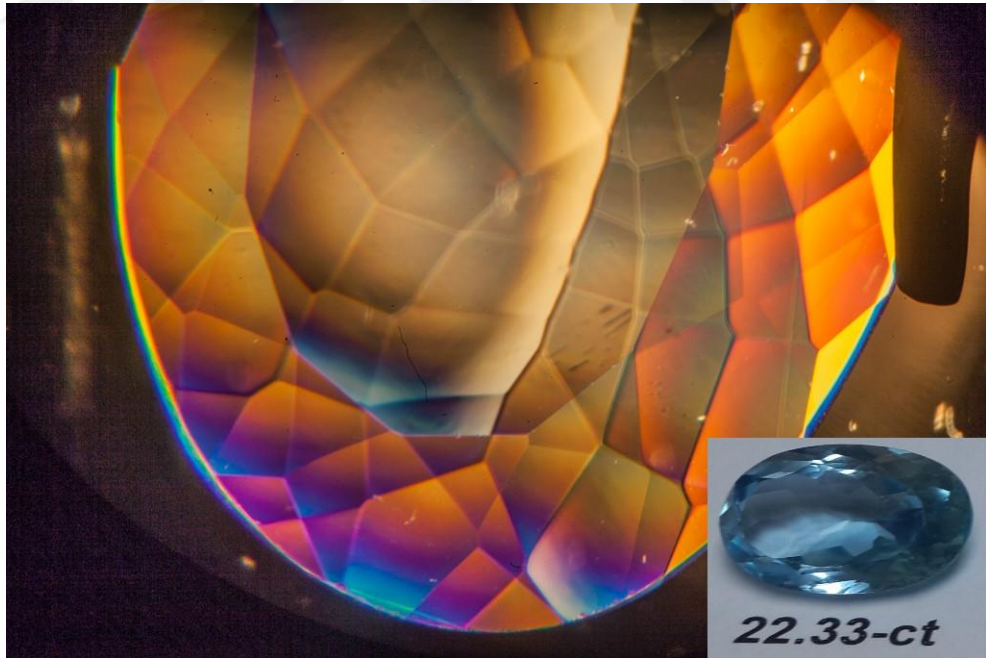
Şekil 3.41 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (23,51-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi (Kişisel arşiv, 2018)



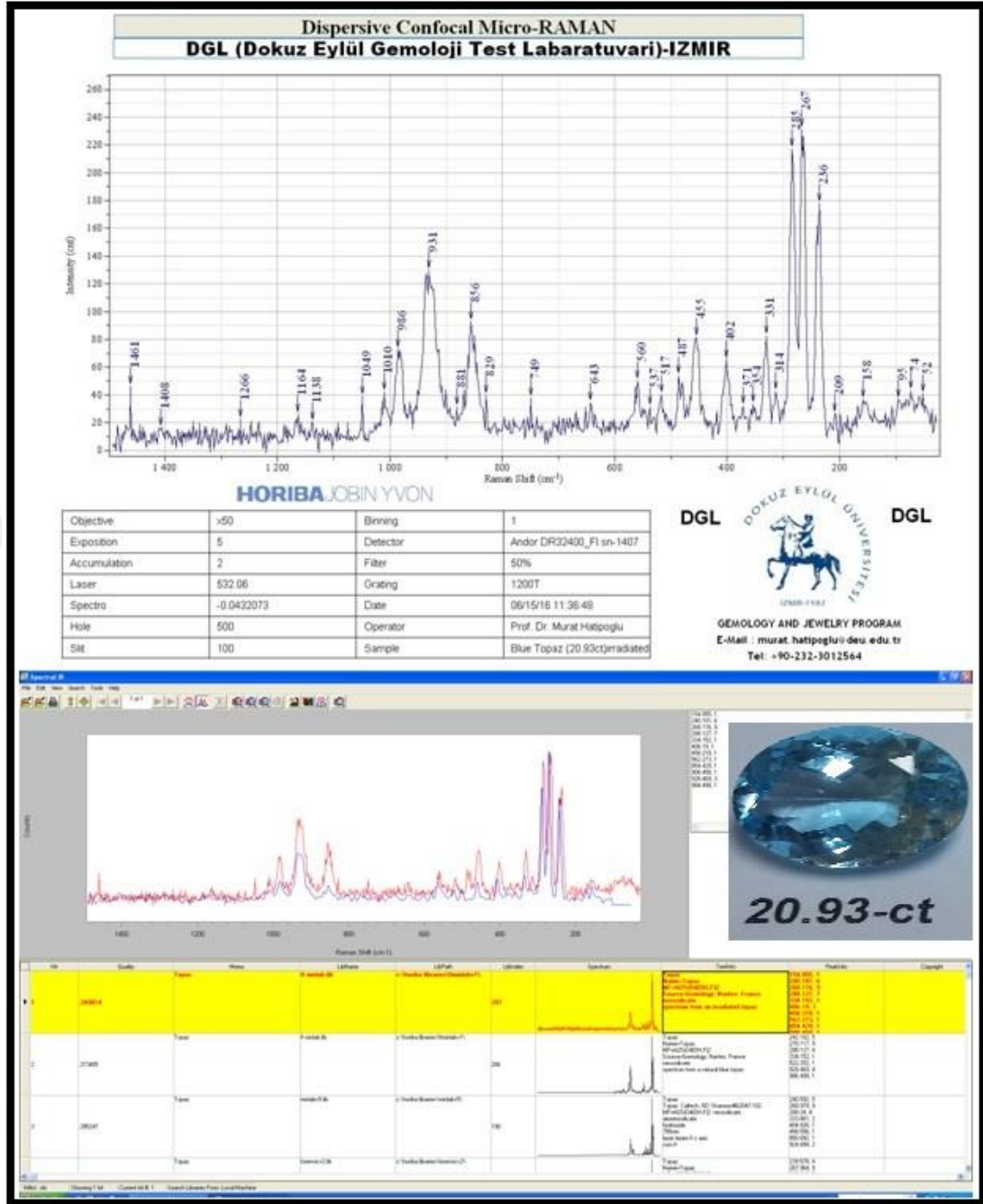
Şekil 3.42 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (22,33-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DKµR) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması (Kişisel arşiv, 2018)



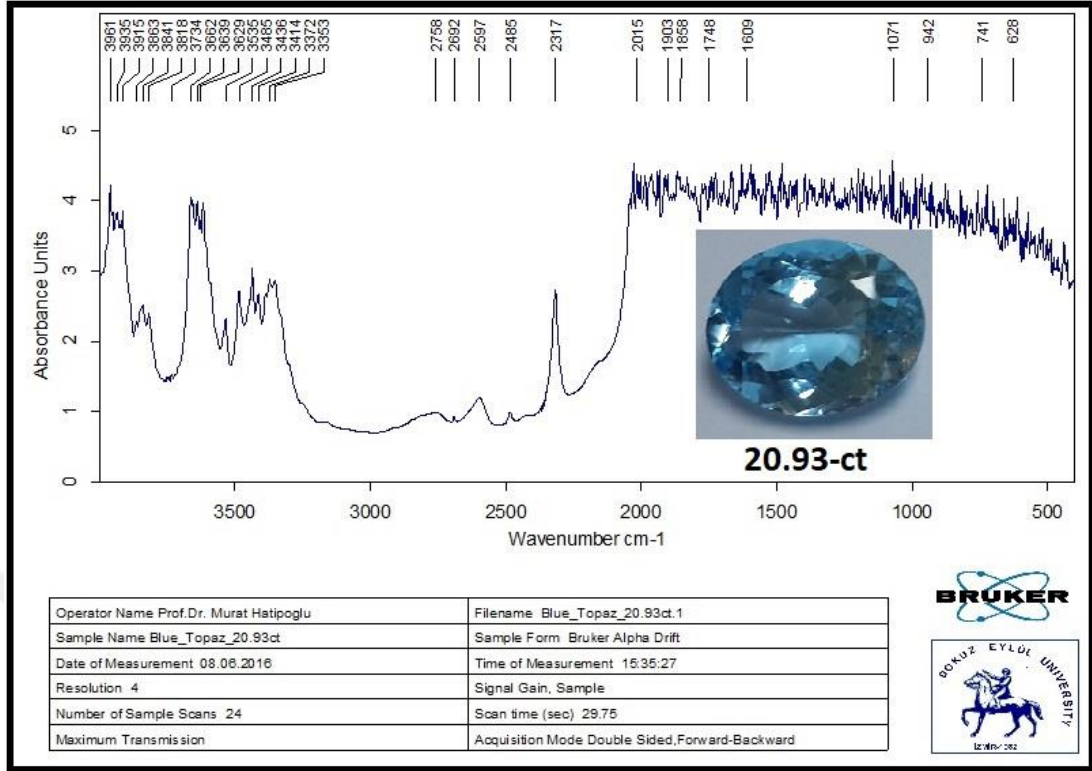
Şekil 3.43 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (22,33-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği (Kişisel arşiv, 2018)



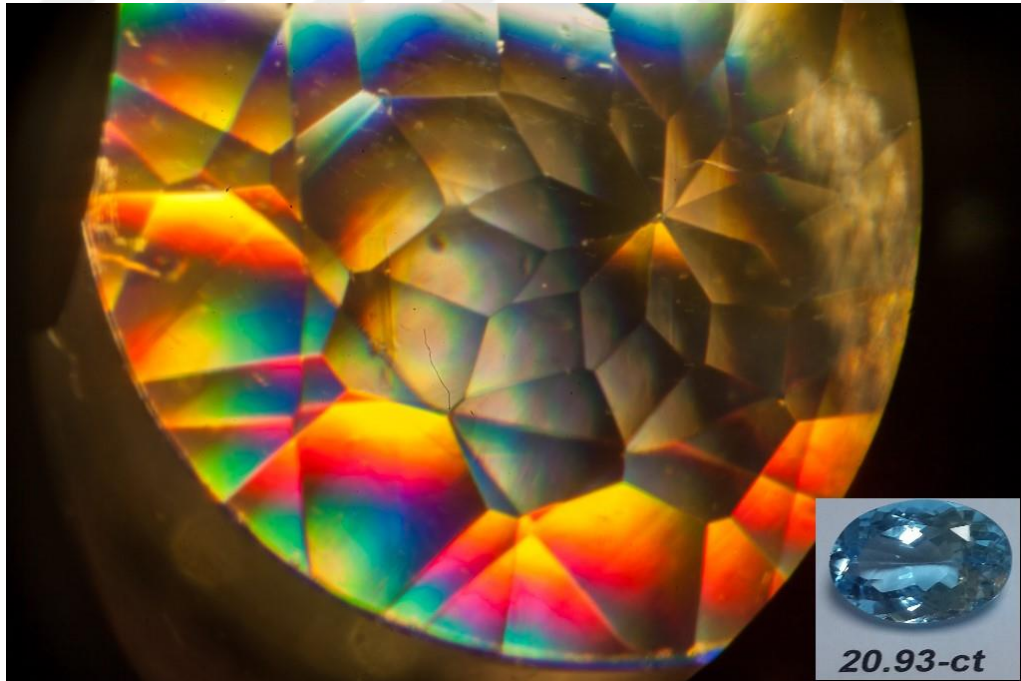
Şekil 3.44 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (22,33-ct ağırlığında), İmmersiyonoskop resmi (Kişisel arşiv, 2018)



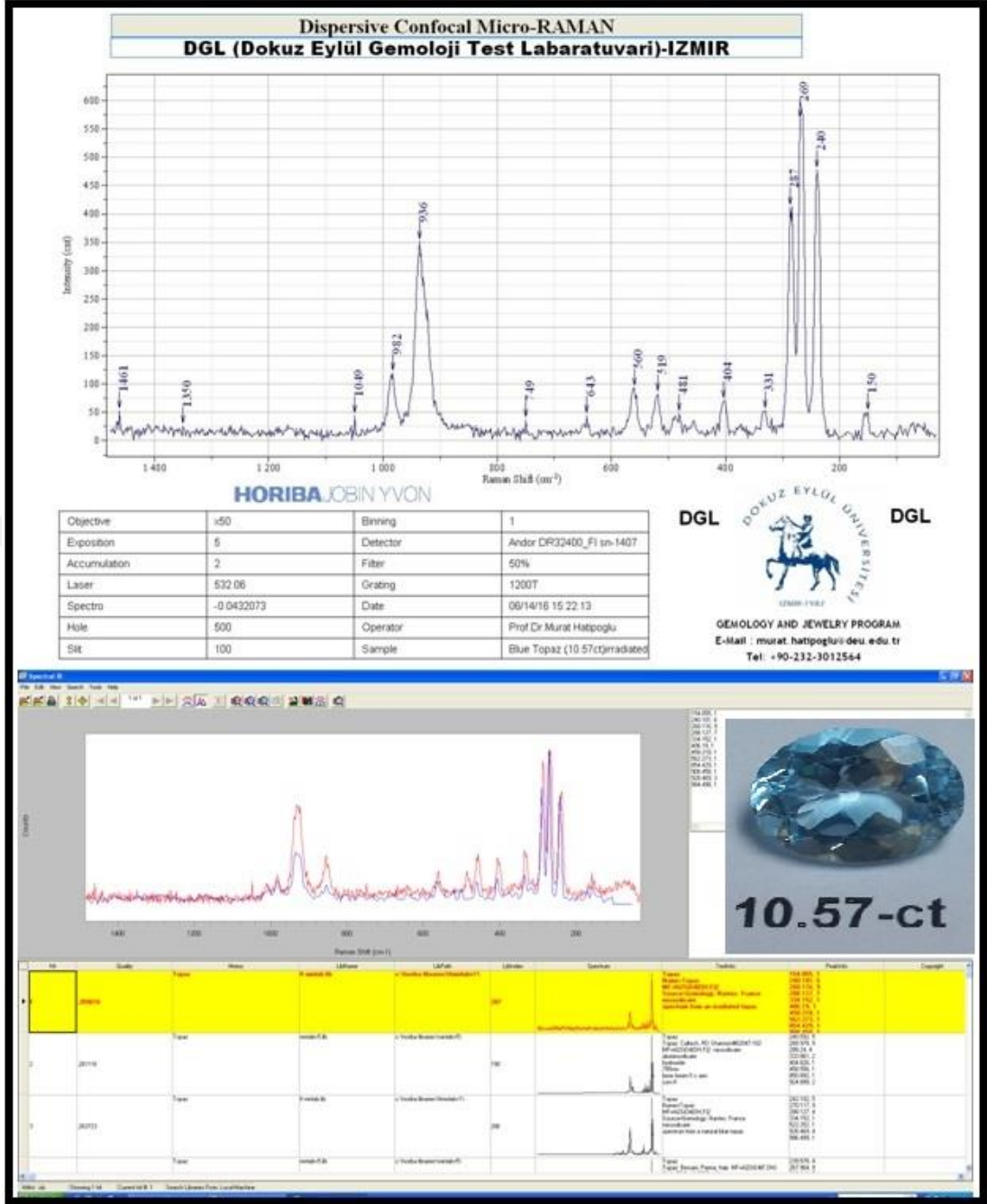
Şekil 3.45 Doğal oluşumlu doğal ancak radyasyon tedavili, gökyüzü mavisi rengi topaz örneğinin (20,93-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DK μ R) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması (Kişisel arşiv, 2018)



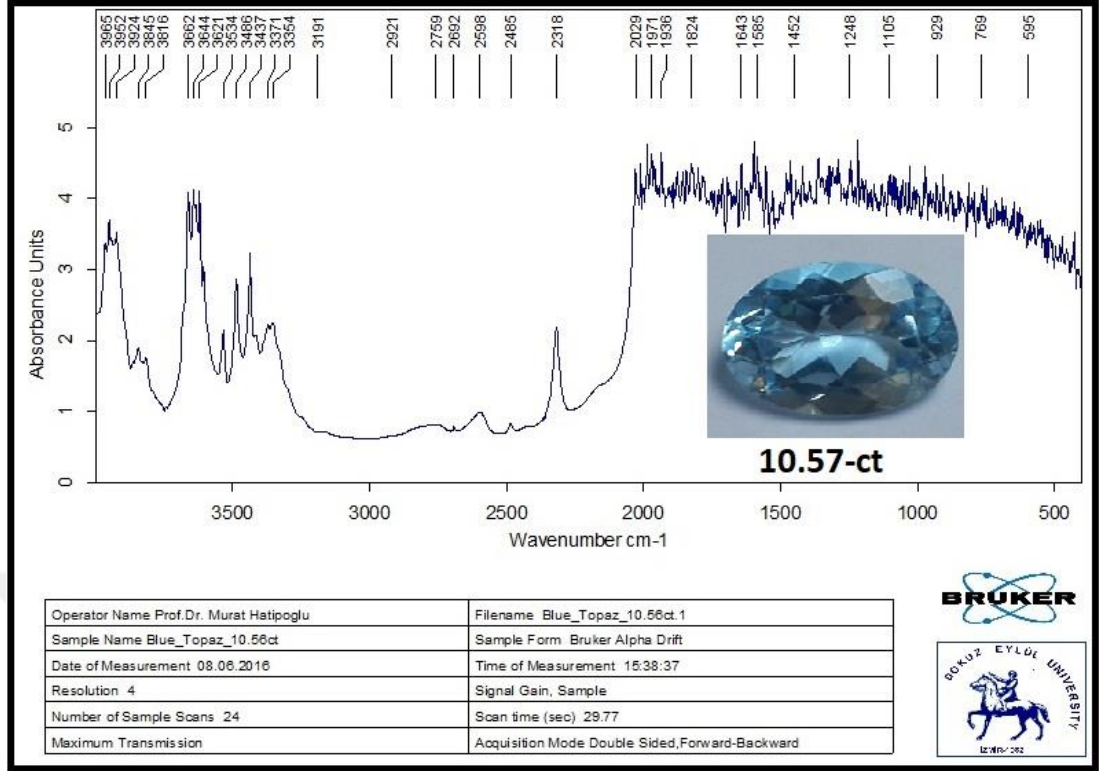
Şekil 3.46 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (20,93-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği (Kişisel arşiv, 2018)



Şekil 3.47 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (20,93-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi (Kişisel arşiv, 2018)



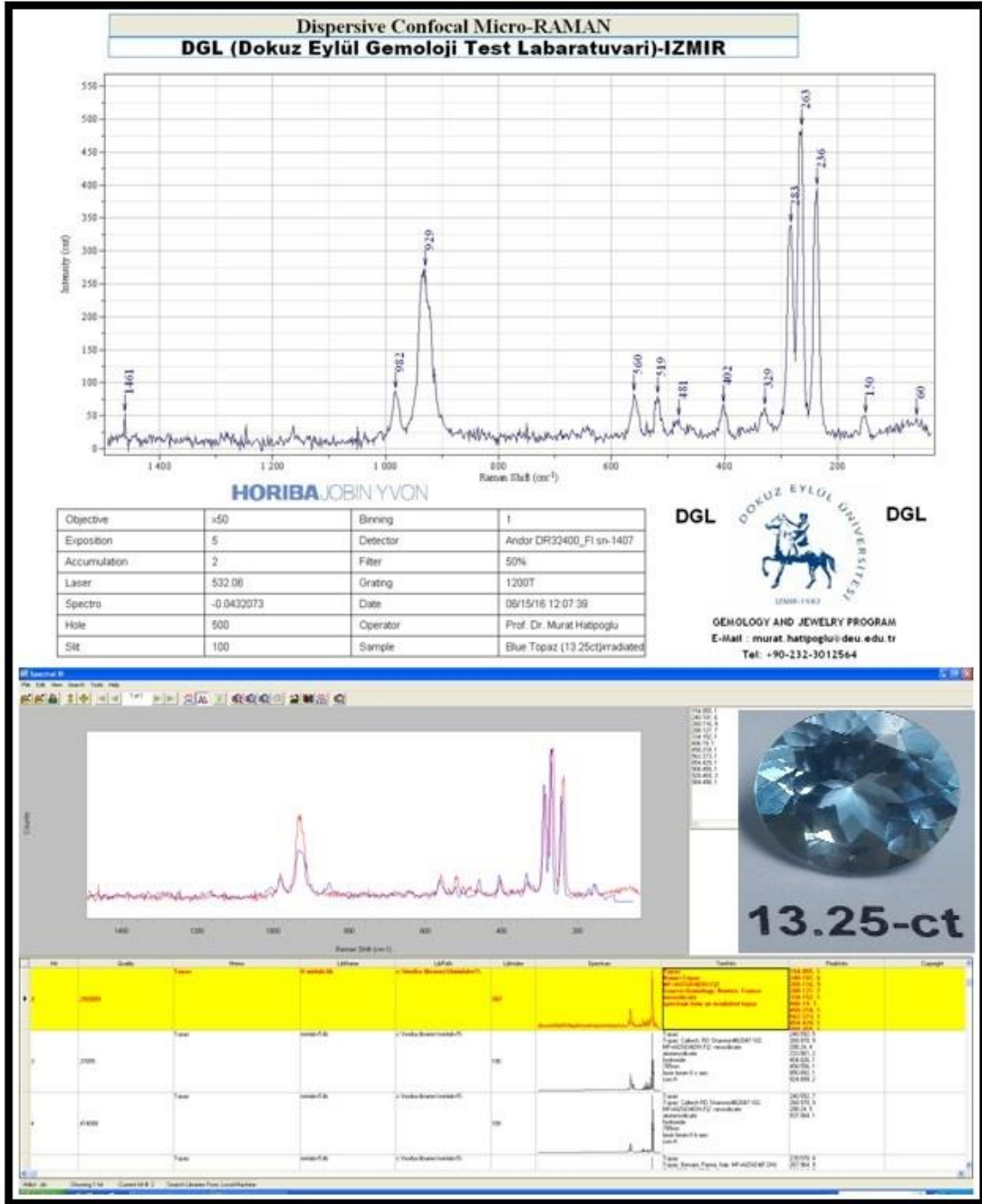
Şekil 3.48 Doğal oluşumlu doğal ancak radyasyon tedavili, gökyüzü mavisi rengi topaz örneğinin (10,57-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DK μ R) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması (Kişisel arşiv, 2018)



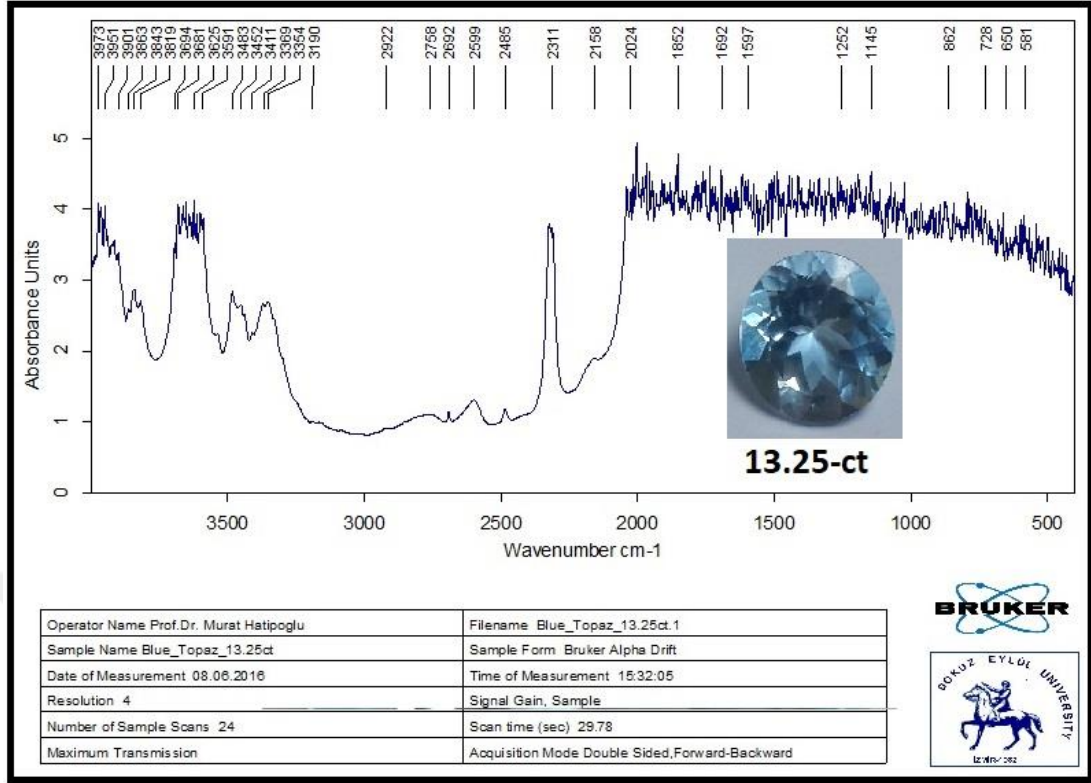
Şekil 3.49 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (10,57-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği (Kişisel arşiv, 2018)



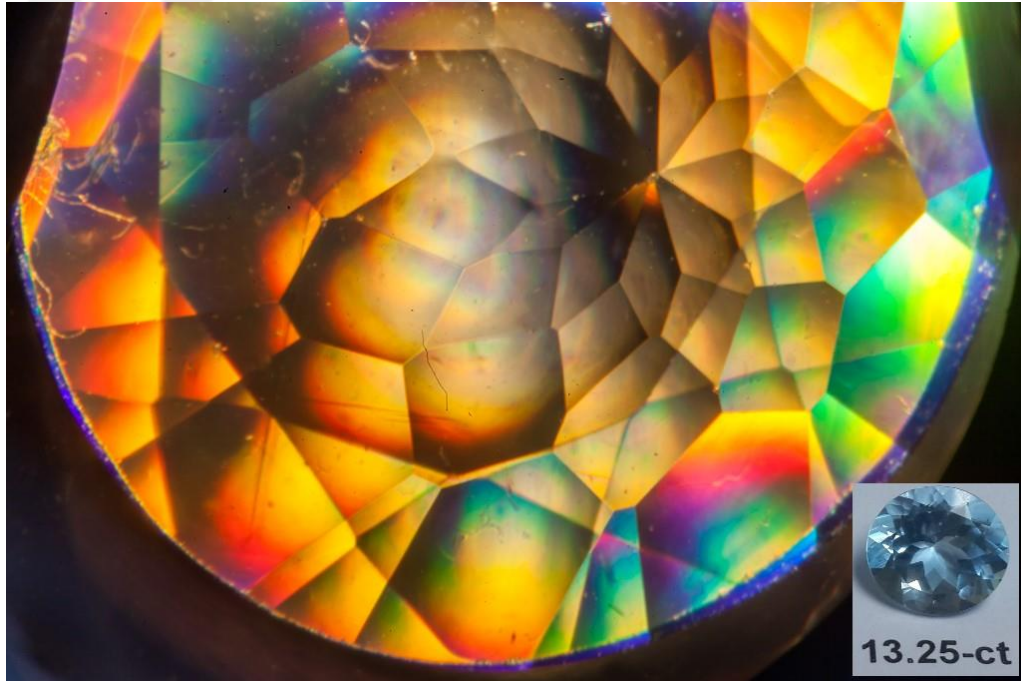
Şekil 3.50 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (10,57-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi (Kişisel arşiv, 2018)



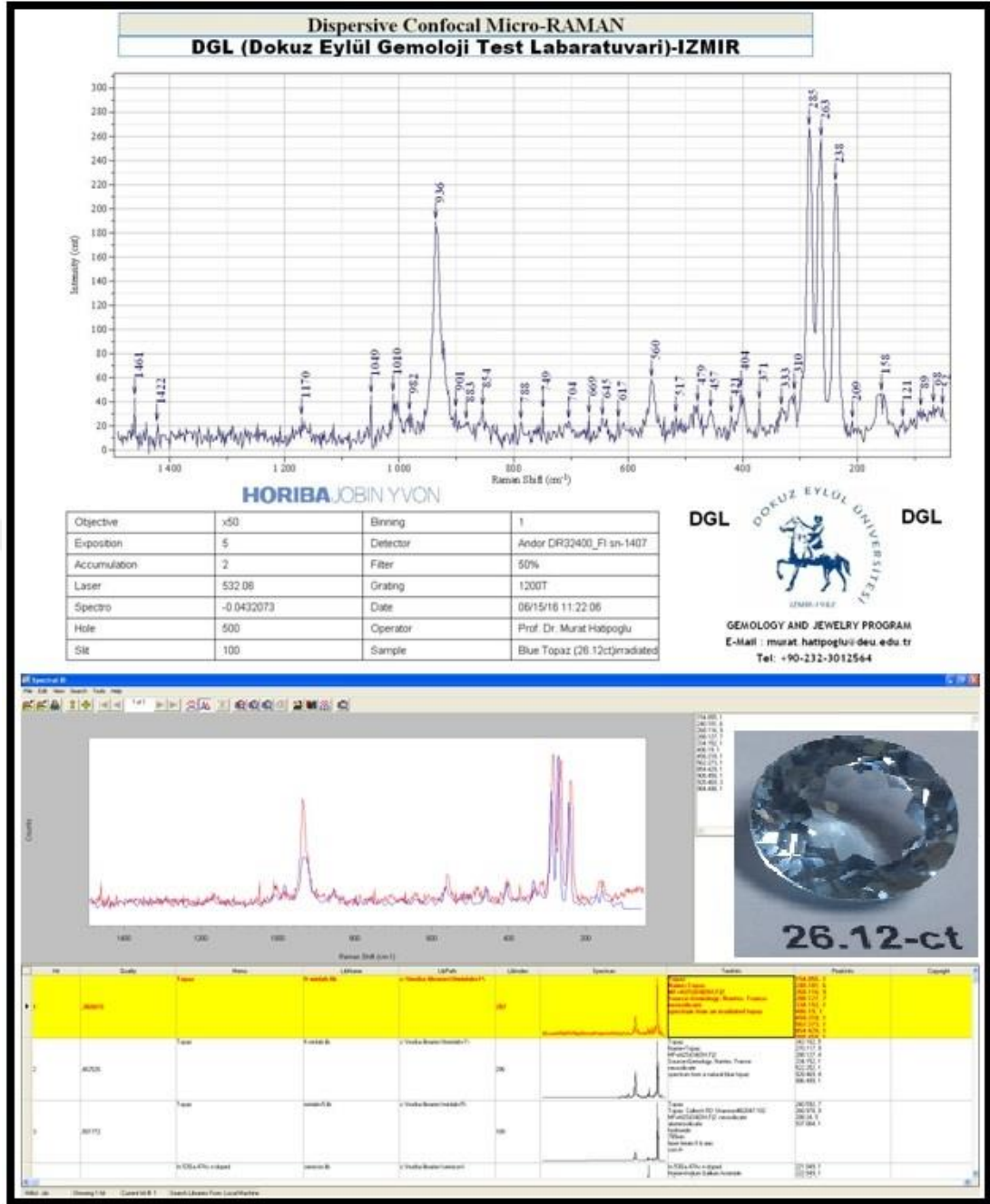
Şekil 3.51 Doğal oluşumlu doğal ancak radyasyon tedavili, gökyüzü mavisi rengi topaz örneğinin (13,25-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DKµR) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması (Kişisel arşiv, 2018)



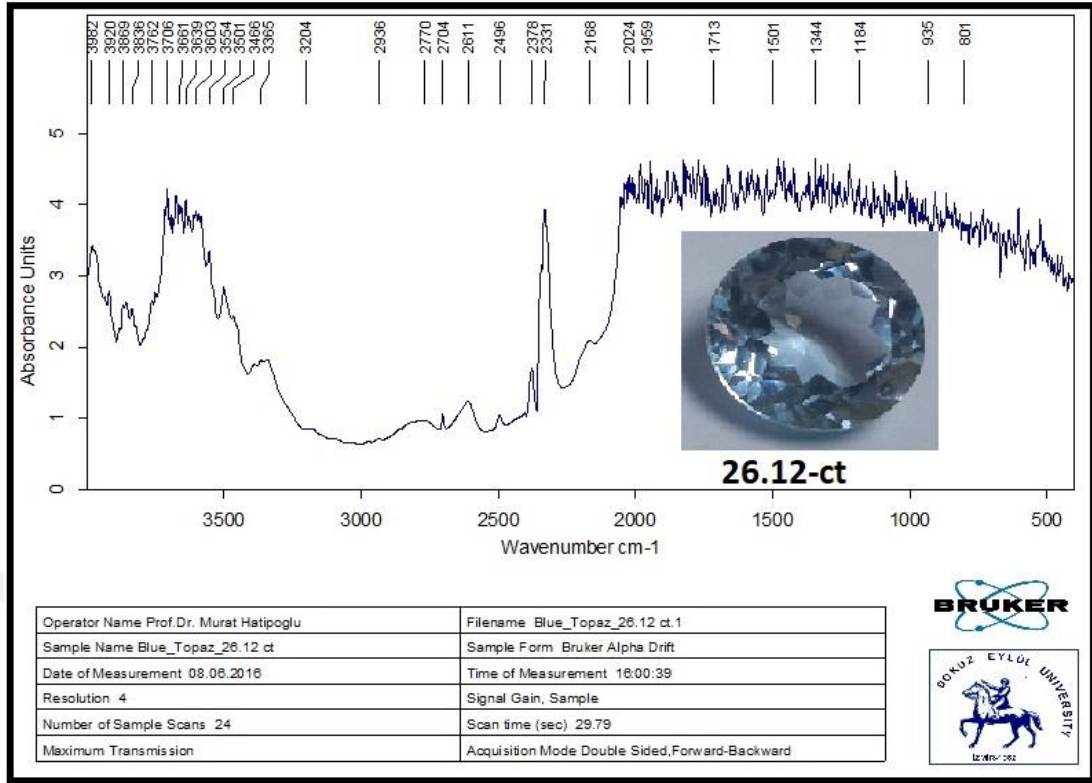
Şekil 3.52 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (13,25-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği (Kişisel arşiv, 2018)



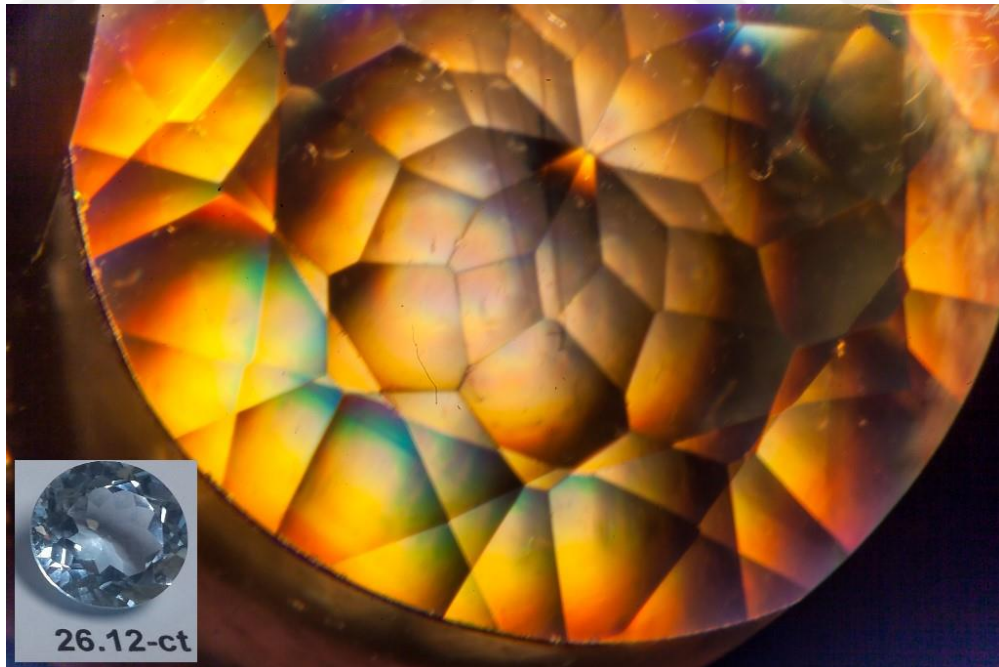
Şekil 3.53 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (13,25-ct ağırlığında) imersiyonoskop resmi (Kişisel arşiv, 2018)



Şekil 3.54 Doğal oluşumlu doğal ancak radyasyon tedavili, gökyüzü mavisi rengi topaz örneğinin (26,12-ct ağırlığında), saçınımlı (dispersif) konfokal mikro-Raman (DKµR) ile çekilmiş grafiği ve cihazın hafızasında kayıtlı veri bankasıyla kıyaslanması (Kişisel arşiv, 2018)



Şekil 3.55 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (26,12-ct ağırlığında), Fourier Transform Infrared (FT-IR) ile çekilmiş grafiği (Kişisel arşiv, 2018)



Şekil 3.56 Doğal oluşumlu ancak radyasyon tedavili, işlenmiş, gökyüzü mavisi renkli topaz örneğinin (26,12-ct ağırlığında) İmmersiyonoskop resmi (Kişisel arşiv, 2018)

BÖLÜM DÖRT

SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, doğal-tedavisiz, yapay-tedavisiz ve doğal-tedavili süstaşı kalitesinde çok sayıda gökyüzü mavisi renkli süstaşı topaz taşları spektroskopiksel ve mikroskopiksel olarak incelenmiştir. Elde edilen mikro-Raman ve FT-IR vibrasyonel grafikleri değerlendirilerek, florca zengin olup olmadıkları belirlenmiştir.

Mücevher sektöründe kesilmiş ve cilalanmış mavi topazların florca daha zengin olan tiplerinin belirlenmesinde, saçınımsal konfokal mikro-Raman spektroskopik verileri tahripsiz bir ayırtaç metodu olarak oldukça güvenilir bir yöntemdir.

926 ve 521 cm^{-1} 'de olanlar Flor(F^{-1}) titreşimleri olarak bükülme bantlarına ve son olarak da 852 ve 1461 cm^{-1} 'de olanlar Hidroksil(OH^{-1}) titreşimleri olarak bükülme bantlarına, atfedilmişler. Çünkü bu titreşimsel bükülme bantlarının şiddetleri, flor varlığının bolluğu ile doğrudan ilişkilendirilebilir.

Bu taşların FT-IR grafikleri incelendiğinde 3100-3800 cm^{-1} aralığındaki Hidroksil(OH^{-1}) su bantlarının şiddeti ve morfolojisi, Florince(F^{-1}) zengin mavi topazlarda göreceli çok düşük olduğu tespit edilmiştir.

Denilebilir ki saçınımsal konfokal mikro-Raman cihazıyla inceleme, florca zengin mavi süstaşı topazların ayırt edilmesinde çok güvenilir ve oldukça pratik bir yöntemdir.

İşte bu çalışma kapsamında ortaya konulan bilimsel yöntem ve bunların kullanılacağı cihazlar aynı zamanda arkeo-gemolojik anlamda müzelerdeki mavi topazların kesin ayırtlanmasını da sağlayacak bir yöntem olarak göz önünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKLAR

- Alberico, A., Ferrando, S., Ivaldi, G., Ferraris, G. (2003). X-ray single-crystal structure refinement of an OH-rich topaz from Sulu UHP terrane (Eastern China) - Structural foundation of the correlation between cell parameters and fluorine content. *European Journal of Mineralogy*. 15, 875-881.
- Arem, J.E. (1987). *Color Encyclopaedia of Gemstones*. (2nd Ed.) Van Nostrand Reinhold. Co., New York, USA.
- Back, M., Mandarino, J. (2008). *Fleischer's Glossary of Mineral Species*. (10th Ed.), The Mineral Record Inc., Tucson, USA.
- Beny, J.M., Piriou, B. (1987). Vibrational spectra of single-crystal topaz. *Physics and Chemistry of Minerals*. 15, 148-154.
- Bersani, D., Lottici, P.P. (2010). Application of Raman spectroscopy to gemology. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 397, 2631-2646.
- Brown, I.D. (1976). On the Geometry of O-H...O Hydrogen Bonds. *Acta Crystallographica*. A32, 24.31.
- Burns, R.G. (1993). *Mineralogical applications of crystal field theory*. Cambridge University Press. London. UK. 551.
- Buzlu, H.B., Hatipoğlu, M., Özel, S., Yardımcı, Y. (2016). Gördes (Manisa) ve Sarıkaya-Çekerek-Sorgun(Yozgat) pegmatitlerindeki süstaşlarının ekonomik potansiyeli. 69. *Türkiye Jeoloji Kurultayı (11-15 Nisan)*, MTA Konferans Salonu, Ankara. 348-349.
- Buzlu, H.B., Hatipoğlu, M. (2017). Topaz süstaşının arkeo-madenciliği ve müzelerdeki örneklerinin gemolojik incelemesi. *Geçmişten Günümüze Gemoloji*

Sempozyumu GÖNKUYSAN-2017 (10-13 Mayıs), Gönen Meslek Yüksekokulu Konferans Salonu, Gönen-Isparta. 19-20.

Buzlu, H.B., Hatipoğlu, M. (2018). Mavi topazların doğal ve yapay örneklerinin spektral yöntemlerle ayırt edilmesi. *Uluslararası Katılımlı 71. Türkiye Jeoloji Kurultayı (23-27 Nisan)*, ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi, Ankara. 189-190.

Carman, M.F. (1981). A spindle stage study of the optical properties of a topaz. *Boletín de Mineralogía*. 104, 742-749.

Dean, J.A. (1999). *Lange's Handbook of Chemistry*. 15th ed. Mc-Graw-Hill, Inc. New York, 743-772.

Deckert, V., George, M.W., Umapathy, S. (2008). Raman spectroscopy at the beginning of the twenty-first century II. *Journal of Raman Spectroscopy*. 39, 1508–1511.

Dubin, L.S. (1995). *The History of Beads*. Japan: Tames and Hudson-London.

Foord, E.E., Jackson, L.L., Taggart, J.E., Crock, J.G., King, T.V.V. (1995). Topaz: environment of crystallization, crystal chemistry, and infrared spectra. *Mineralogical Record*. 26, 69–71.

Gatta, G.D., Nestola, F., Ballaran, T.B. (2006A). Elastic behaviour and structural evolution of topaz at high pressure. *Physics and Chemistry of Minerals*. 33, 235-242.

Gatta, G.D., Nestola, F., Bromiley, G.D., Loose, A. (2006B). New insight into crystal chemistry of topaz: A multi-methodological study. *American Mineralogist*. 91, 1839-1846.

- Handerson, B., Imbusch, G.F. (2006). *Optical Spectroscopy*. Oxford University Press, 672.
- Hanni, H., Kiefert, L., Chalain, J.P. (1997). Raman spectroscopic applications to gemmology. *Journal of Gemmology*. 25, 394-407.
- Hatipoğlu, M. (2007). Türkiye’de süstaşı potansiyeli, rezervleri, madenciligi ve ekonomisi. 6. *Uluslararası Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu (1-3 Şubat)*, İzmir. 201-212.
- Hatipoğlu, M., Babalık, H., Chamberlain, S.C. (2010). Gemstone deposits in Turkey. *Rocks & Minerals*. 85(2), 124-132.
- Hatipoğlu, M. (2011). *Renkli Kıymetli Taşlar, 106*, Zeus Kitabevi, İzmir.
- Holfert, J., Mroch, W., Fuller, J. (1996). *A Field Guide to Topaz and Associated Minerals of the Thomas Range, Utah (Topaz Mountain) 1*. HM Publishing, Cypress, California, USA.
- Hurlbut, C. (1966). *Dana’s Manual of Mineralogy*. (17th ed.), John Willey & Soons, New York, USA.
- Kanzaki, M. (2010). Crystal structure of a new high-pressure polymorph of topaz-OH. *American Mineralogist*. 95, 1349-1352.
- Kloprogge, J.T., Frost, R.L. (2000). Raman microscopic study at 300 and 77 K of some pegmatite minerals from the Iveland-Evje area, Aust-Agder, Southern Norway. *Spectrochimica Acta Part A-Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 56, 501-513.

- Komatsu, K., Kuribayashi, T., Kudoh, Y. (2003). Effect of temperature and pressure on the crystal structure of topaz, $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{OH},\text{F})_2$. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*. 98, 167-180.
- Komatsu, K., Kagi H., Okada, T., Kuribayashi, T., Parise, J.B., Kudoh, Y. (2005). Pressure dependence of the OH-stretching mode in F-rich natural topaz and topaz-OH. *American Mineralogist*. 90, 266-270.
- Komatsu, K., Kagi, H., Marshall, W.G., Kuribayashi, T., Parise, J.B., Kudoh, Y. (2008). Pressure dependence of the hydrogen-bond geometry in topaz-OD from neutron powder diffraction. *American Mineralogist*. 93, 217-227.
- Mitchell, R. S. (1979). *Mineral Names-What Do They Mean?* Van Nostrand Reinhold, New York, USA. 229.
- Rapp, G. (2009). *Archaeomineralogy*. 2nd Ed., (Editors; Herrmann, B., Wagner, G. A.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Germany.
- Pardee, J.T., Glass, J.J., Stevens, R.E. (1937). Massive low-fluorine topaz from the Brewer Mine, South Carolina. *American Mineralogist*. 22, 1058-1064.
- Parise, J.B., Cuff, C., Moore, F.H. (1980) A neutron diffraction study of topaz: evidence for lower symmetry. *Mineralogical Magazine*, 43, 943.
- Pinheiro, M.V.B., Fantini, C., Krambrock, K., Persiano, A.I.C., Dantas, M.S.S., Pimenta, M.A. (2002). OH/F substitution in topaz studied by Raman spectroscopy. *Physical Review B*. 65, 1-6.
- Raman, C.V., Krishnan, K.S. (1928). A new type of secondary radiation. *Nature*. 121, 501.

- Ribbe, P.H., Rosenberg, P.E. (1971). Optical and x-ray determinative methods for fluorine in topaz. *American Mineralogist*. 56, 1812-1821.
- RRUFF. (2018). *Database of Raman spectroscopy, X-ray diffraction and chemistry of minerals via*. 14 Kasım 2018, <http://rruff.info/topaz/names/asc/>
- Shannon, R.D., Shannon, R.C., Medenbach, O., Fischer, R.X. (2002). Refractive index and dispersion of fluorides and oxides. *Journal of Physical and Chemical Reference Data*. 31, 931-970.
- Shin, S., Seo, J., Park, H., Park, J. (2015). Spectroscopic characteristics of topaz: The impact of electron beam irradiation and heat treatment. *Journal of Ceramic Processing Research*. 89-92.
- Shinoda, K., Aikawa, N. (1997). IR active orientation of OH bending mode in topaz. *Physics and Chemistry of Minerals*. 24, 551-554.
- Souza, D.N., de Lima, J.F., Valerio, M.E.G., Fantini, C., Pimenta, M.A., Moreira, R.L., Caldas, L.V.E. (2002). Influence of thermal treatment on the Raman, infrared and TL responses of natural topaz. *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research B*. 191, 230-235.
- Stockton, C. M., Fritsch, E. (1987). Infrared spectroscopy in gem identification. *Gems and Gemology*. 23, 18-26.
- Streckeisen, A.L. (1974). Classification and nomenclature of plutonic rocks recommendations of the IUGS subcommission on the systematics of Igneous Rocks. *Geologische Rundschau*. 63(2), 773-786.
- Taylor, D.G., Nenadic. C.M., Crable. J.V. (1970). Infrared spectra for mineral identification. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 31,100-108.

- Tuschareon, S., Limkitjaroenporn, P., Kaewkhao, J. (Edited by: Djamal, M; Vierdayanti, K; Alamsyah, IM; Mukti, RR; Indrasari, W; Islahuddin, M). (2012). Effective atomic numbers of blue topaz at different gamma-rays energies obtained from Compton scattering technique. *4th International conference on mathematics and natural sciences (ICMNS 2012)*: Science for health, food and sustainable energy.
- Ulian, G., Valdrè, G. (2017). Effects of fluorine content on the elastic behavior of topaz [Al₂SiO₄(F,OH)₂]. *American Mineralogist*. 102, 347-356.
- Wang, B., Tu, J. (2000). The spectroscopic study of topaz. *Spectroscopy and Spectral Analysis*. 20, 40-43.
- Wunder, B., Rubie, D.C., Ross II, C.R., Medenbach, O., Seifert, F., Schreyer, W. (1993) Synthesis, stability, and properties of Al₂SiO₄(OH)₂: a fully hydrated analogue of topaz. *American Mineralogist*. 78, 285–297.
- Xue, X., Kanzaki, M., Fukui, H., Ito, E., Hashimoto, T. (2006). Cation order and hydrogen bonding of high-pressure phases in the Al₂O₃-SiO₂-H₂O system: An NMR and Raman study. *American Mineralogist*. 91, 850-861.
- Xue, X., Kanzaki, M., Fukui, H. (2010). Unique crystal chemistry of two polymorphs of topaz-OH: A multi-nuclear NMR and Raman study. *American Mineralogist*. 95, 1276-1293.
- Zhang, R.Y., Liou, J.G., Shu, J.F. (2002). Hydroxyl-rich topaz in high-pressure and ultrahigh-pressure kyanite quartzites, with retrograde woodhouseite, from the Sulu terrane, eastern China. *American Mineralogist*. 87: 445–453. [Topaz with 35-55% substitution of F by OH].