

142606

**FARKLI TÜRKİYE MERMER TÜRLERİNİN
TOPLAM ALFA VE TOPLAM BETA RADYOAKTİVİTE
SEVİYELERİNİN TAYİNİ**

142606

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Fiz.Lis. Emine Songül KARAMAN
(304981020)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 27 Aralık 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Ocak 2003

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Beril TUĞRUL
Diğer Jüri Üyeleri : Doç.Dr. Cem GÜÇLÜ
Yrd.Doç.Dr. Sevilay HACIYAKUPOĞLU

Beril

03.02.2003

03/02/2003

M. Cem Güçlü
S. Sevilay

30.01.2003

YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
TEZ KONTROL MERKEZİ

ARALIK 2002

ÖNSÖZ

Bu Yüksek Lisans Tezi ile, Türkiye'nin farklı bölgelerinden temin edilen değişik mermer numunelerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyesi tayini yapılması amaçlanmıştır. Bu çalışmayı bana öneren ve beni böyle bir programa kabul eden ve her konuda yol gösteren çok değerli tez hocam Sayın Prof.Dr.A. Beril Tuğrul'a en içten duygularıyla teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Bu çalışma sırasında yardım ve desteğini gördüğüm Arzu Kurdoğlu'na, ve Nükleer Enerji Enstitüsü'nün tüm elemanlarına teşekkür ederim. Ayrıca Tekmar Holding 'den Sayın Okan Bey'e, İstanbul Maden İhracatları Birliğine ve Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi'nden Ahmet Varinlioğlu ve Berna Ataksor'a gösterdikleri anlayış ve yardımlardan dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca, çok zor ve meşakkatli bir yolda ilerlerken gösterdiği inanılmaz sabır için Betül'e ve eğitim hayatım boyunca bana verdikleri emeklerden dolayı anneme, babama ve ailemin diğer bireylerine çok teşekkür ederim.

Ocak 2002

Emine Songül Karaman

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	x
SEMBOL LİSTESİ	xiii
ÖZET	xiv
SUMMARY	xv
1.GİRİŞ	1
2.DOĞAL RADYASYON	4
2.1 Radyoaktivitenin Tanımı ve Çeşitleri	4
2.2 Doğal Radyoaktivite	5
2.2.1 Alfa Parçacığı	5
2.2.2 Beta Parçacığı	8
2.2.3 Gama Işınları	11
2.3 Doğal Radyasyon Kaynakları	14
2.4 Alfa ve Beta Doğal Radyoaktivite seviyesi Tayini	16
2.5 Doğal Radyasyon Dozu	18
3.MERMERLER	20
3.1 Kayaç Türleri	20
3.1.1 Magmatik Kayaçlar	20
3.1.2 Tortul Kayaçlar	21
3.1.3 Metamorfik Kayaçlar	21
3.1.4 Kayaçların Radyasyon Kaynakları	22
3.2 Mermer Tanımı ve Tanıtımı	23

3.3 Mermerlerin Özellikleri	24
3.3.1 Sertlik	25
3.3.2 Yoğunluk	25
3.3.3 Doluluk Oranı	25
3.3.4 Çözülme Yeteneği	25
3.3.5 Renk	26
3.3.6 Basınç Direnci	26
3.3.7 Donma Dayanımı	26
3.3.8 Aşınma Dayanımı	26
3.4 Türkiye Mermerleri	27
4.DENEYSEL ÇALIŞMALAR	30
4.1 Deneyde Kullanılan Mermerlerin Tanıtımı	30
4.1.1 Afyon Beyaz Mermer	33
4.1.2 Afyon Kaplanpostu Mermer	35
4.1.3 Marmara beyaz Mermer	37
4.1.4 Manyas Beyaz Mermer	39
4.1.5 Kumru Tüyü Mermer	41
4.1.6 Yatağan Pembe Rüya Mermer	43
4.1.7 Muğla Beyaz Mermer	46
4.1.8 Mustafa Kemalpaşa Beyaz Mermer	48
4.1.9 Karacabey Siyah Mermer	50
4.1.10 Bursa Bej Mermer	52
4.1.11 Taşçılar Açık Mermer	55
4.1.12 Söğüt Bej Mermer	57
4.1.13 Taşçılar Koyu mermer	59
4.1.14 Ege Kahve Mermer	61
4.1.15 Denizli Traverten	63
4.1.16 Uşak Beyaz Mermer	65
4.1.17 Leopar (Salome) Mermer	67
4.1.18 Antalya Limestone Mermer	69
4.1.19 Elazığ Vişne mermer	71
4.1.20 Diyarbakır Rosa Tea Mermer	73
4.2 Deneyde Kullanılan Mermer Numunelerinin Hazırlanması	76
4.3 Deney Düzeneklerinin Tanıtımı	80
4.3.1 Beta Sayım Düzenek	80
4.3.2 Alfa Sayım Düzenek	82
4.4 Deneyin Yapılışı	83

4.4.1 Beta Radyoaktivitesi Tayini	83
4.4.2 Alfa Radyoaktivitesi Tayini	83
5.DENEY SONUÇLARI	86
5.1 Afyon Yöresine İlişkin Alınan Deney Sonuçları	86
5.2 Balıkesir Yöresine İlişkin Alınan Deney Sonuçları	89
5.3 Muğla Yöresine İlişkin Alınan Deney Sonuçları	93
5.4 Bursa Yöresine İlişkin Alınan Deney Sonuçları	96
5.5 Bilecik Yöresine İlişkin Alınan Deney Sonuçları	99
5.6 Yedi Farklı Yöreye İlişkin Alınan Deney Sonuçları	102
5.7 Önemli Türkiye Mermerlerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivite Deney Sonuçları Toplu Gösterimi	105
5.8 Önemli Türkiye Mermerlerinin Ortalama Toplam Alfa Ortalama Toplam ve Beta Radyoaktivite Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması	107
5.9 Önemli Türkiye Mermerlerinin Toplam Alfa-Beta Radyoaktivite Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması	109
6.SONUÇ VE TARTIŞMA	112
KAYNAKLAR	115
ÖZGEÇMİŞ	118

KISALTMALAR

ICRP	: Uluslararası Radyolojik Koruma Komisyonu
LET	: Lineer Enerji Transferi
MPD	: Maksimum Müsaade Edilen Doz
TBMM	: Türkiye Büyük Millet Meclisi
VDF	: Verim Düzeltme Faktörü



TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1.Çeşitli Ortamlara Ait Alfa Menzilleri.....	7
Tablo 2.2. Beta Partiküllerinin Çeşitli Enerjilerdeki Menzilleri.....	9
Tablo 2.3. Doğal radyasyon kaynakları ve yaydıkları radyasyon seviyeleri.....	16
Tablo 2.4. ICRP'nin Tavsiyelerine Göre Kişiler İçin Doz Sınırları.....	19
Tablo 3.1. Yüzeyde ve Yüzeye Yakın Magmatik Kayaç Türleri.....	20
Tablo 3.2. Tortul Kayaçların Organik Olarak Sınıflandırılması.....	21
Tablo 3.3. Metamorfik kayaçların Sınıflandırılması.....	22
Tablo 3.4. Başlıca Doğal Radyoizotopların Özellikleri.....	23
Tablo3.5. Türkiye Mermer Yatakları.....	29
Tablo 4.1. Deneyde Kullanılan Mermer Türleri.....	31
Tablo 4.2. Afyon Beyaz Mermerinin Fiziksel Özellikleri.....	33
Tablo 4.3. Afyon Beyaz Mermerinin Kimyasal Özellikleri.....	33
Tablo 4.4. Afyon Beyaz Mermerinin Genel Özellikleri.....	34
Tablo 4.5. Afyon Kaplan Postu Mermerinin Fiziksel Özellikleri.....	35
Tablo 4.6. Afyon Kaplan Postu Mermerinin Genel Özellikleri.....	36
Tablo 4.7. Afyon Kaplan Postu Mermerinin Kimyasal Özellikleri.....	37
Tablo 4.8. Marmara Beyaz Mermerinin Fiziksel Özellikleri.....	37
Tablo 4.9. Marmara Beyaz Mermerinin Genel Özellikleri.....	38
Tablo 4.10. Marmara Beyaz Mermerinin Kimyasal Özellikleri.....	39
Tablo 4.11. Manyas Beyaz Mermerinin Genel Özellikleri.....	39
Tablo 4.12. Manyas Beyaz Mermerinin Kimyasal Özellikleri.....	40
Tablo 4.13. Manyas Beyaz Mermerinin Fiziksel Özellikleri.....	41
Tablo 4.14. Kumru Tüyü Mermerinin Kimyasal Özellikleri.....	41
Tablo 4.15. Kumru Tüyü Mermerinin Genel Özellikleri.....	42
Tablo 4.16. Kumru Tüyü Mermerinin Fiziksel Özellikleri.....	43
Tablo 4.17. Yatağan Pembe Rüya Mermerinin Genel Özellikleri.....	44

Tablo 4.18. Yatağan Pembe Rüya Mermerinin Fiziksel Özellikleri.....	44
Tablo 4.19. Yatağan Pembe Rüya Mermerinin Kimyasal Özellikleri.....	45
Tablo 4.20. Muğla Beyaz Mermerinin Fiziksel Özellikleri.....	46
Tablo 4.21. Muğla Beyaz Mermerinin Genel Özellikleri.....	47
Tablo 4.22. Muğla Beyaz Mermerinin Kimyasal Özellikleri.....	48
Tablo 4.23. Mustafa Kemalpaşa Beyaz Mermerinin Genel Özellikleri.....	48
Tablo 4.24. Mustafa Kemalpaşa Beyaz Mermerinin Kimyasal Özellikleri.....	49
Tablo 4.25. Mustafa Kemalpaşa Beyaz Mermerinin Fiziksel Özellikleri.....	50
Tablo 4.26. Karacabey Siyah Mermerinin Kimyasal Özellikleri.....	50
Tablo 4.27. Karacabey Siyah Mermerinin Genel Özellikleri.....	51
Tablo 4.28. Karacabey Siyah Mermerinin Fiziksel Özellikleri.....	52
Tablo 4.29. Bursa Bej Mermerinin Genel Özellikleri.....	53
Tablo 4.30. Bursa Bej Mermerinin Kimyasal Özellikleri.....	54
Tablo 4.31. Bursa Bej Mermerinin Fiziksel Özellikleri.....	54
Tablo 4.32. Taşçılar Açık Mermerinin Genel Özellikleri.....	55
Tablo 4.33. Taşçılar Açık Mermerinin Fiziksel Özellikleri.....	55
Tablo 4.34. Taşçılar Açık Mermerinin Kimyasal Özellikleri.....	56
Tablo 4.35. Söğüt Beji Mermerinin Genel Özellikleri.....	57
Tablo 4.36. Söğüt Beji Mermerinin Fiziksel Özellikleri.....	57
Tablo 4.37. Söğüt Beji Mermerinin Kimyasal Özellikleri.....	58
Tablo 4.38. Taşçılar Koyu Mermerinin Genel Özellikleri.....	59
Tablo 4.39. Taşçılar Koyu Mermerinin Fiziksel Özellikleri.....	59
Tablo 4.40. Taşçılar Koyu Mermerinin Kimyasal Özellikleri.....	60
Tablo 4.41. Ege Kahve Mermerinin Genel Özellikleri.....	61
Tablo 4.42. Ege Kahve Mermerinin Fiziksel Özellikleri.....	61
Tablo 4.43. Ege Kahve Mermerinin Kimyasal Özellikleri.....	62
Tablo 4.44. Denizli Traverteninin Genel Özellikleri.....	63
Tablo 4.45. Denizli Traverteninin Fiziksel Özellikleri.....	63
Tablo 4.46. Denizli Traverteninin Kimyasal Özellikleri.....	64
Tablo 4.47. Uşak Beyaz Mermerinin Genel Özellikleri.....	65
Tablo 4.48. Uşak Beyaz Mermerinin Fiziksel Özellikleri.....	65
Tablo 4.49. Uşak Beyaz Mermerinin Kimyasal Özellikleri.....	66

Tablo 4.50. Leopar Mermerinin Genel Özellikleri.....	67
Tablo 4.51. Leopar Mermerinin Fiziksel Özellikleri.....	67
Tablo 4.52. Leopar Mermerinin Kimyasal Özellikleri.....	68
Tablo 4.53. Limestone Mermerinin Fiziksel Özellikleri.....	69
Tablo 4.54. Limestone Mermerinin Genel Özellikleri.....	70
Tablo 4.55. Limestone Mermerinin Kimyasal Özellikleri.....	71
Tablo 4.56. Elazığ Vişne Mermerinin Fiziksel Özellikleri.....	71
Tablo 4.57. Elazığ Vişne Mermerinin Genel Özellikleri.....	72
Tablo 4.58. Elazığ Vişne Mermerinin Kimyasal Özellikleri.....	73
Tablo 4.59. Diyarbakır Rosa Tea Mermerinin Genel Özellikleri.....	73
Tablo 4.60. Diyarbakır Rosa Tea Mermerinin Kimyasal Özellikleri.....	74
Tablo 4.61. Diyarbakır Rosa Tea Mermerinin Fiziksel Özellikleri.....	75
Tablo 5.1. Afyon Mermerlerinin Alfa Radyoaktivite Seviyesi.....	86
Tablo 5.2. Afyon Mermerlerinin Beta Radyoaktivite Seviyesi.....	88
Tablo 5.3. Balıkesir Mermerlerinin Alfa Radyoaktivite Seviyesi.....	90
Tablo 5.4. Balıkesir Mermerlerinin Beta Radyoaktivite Seviyesi.....	91
Tablo 5.5. Muğla Mermerlerinin Alfa Radyoaktivite Seviyesi.....	93
Tablo 5.6. Muğla Mermerlerinin Beta Radyoaktivite Seviyesi.....	94
Tablo 5.7. Bursa Mermerlerinin Alfa Radyoaktivite Seviyesi.....	96
Tablo 5.8. Bursa Mermerlerinin Beta Radyoaktivite Seviyesi.....	97
Tablo 5.9. Bilecik Mermerlerinin Alfa Radyoaktivite Seviyesi.....	99
Tablo 5.10. Bilecik Mermerlerinin Beta Radyoaktivite Seviyesi.....	100
Tablo 5.11. Yedi Farklı Yöreye Ait Alfa Radyoaktivite Seviyesi.....	102
Tablo 5.12. Yedi Farklı Yöreye Ait Beta Radyoaktivite Seviyesi.....	103
Tablo 5.13. Önemli Türkiye Mermerlerin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivite Seviyeleri Toplu Sonuçları.....	106
Tablo5.14. Farklı Yörelere Ait Ortalama Toplam Alfa ve Ortalama Toplam Beta Radyoaktivite Seviyeleri.....	108
Tablo 5.15. Önemli Türkiye mermerlerinin Toplam Alfa-Beta Radyoaktivite Seviyelerinin Toplu Sonuçları.....	110
Tablo 5.16. Türkiye Mermerlerinin Ortalama Toplam Alfa-Beta Radyoaktivite Seviyeleri.....	111

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Alfa Parçacıklarının Havadaki Menzili.....	7
Şekil 2.2. Beta Partiküllerinin Genel Enerji Spektrumu.....	9
Şekil 2.3. Gama Işını Tipik Spektrumu.....	12
Şekil 4.1. Numune Yöreleri.....	32
Şekil 4.2. Afyon Beyaz Mermerin Görünümü.....	34
Şekil 4.3. Afyon Kaplan Postu Mermerinin Görünümü.....	36
Şekil 4.4. Marmara Beyaz Mermerinin Görünümü.....	38
Şekil 4.5. Manyas Beyaz Mermerinin Görünümü.....	40
Şekil 4.6. Kumru Tüyü Mermerinin Görünümü.....	42
Şekil 4.7. Pembe Rüya Mermerinin Görünümü.....	45
Şekil 4.8. Muğla Beyaz Mermerinin Görünümü.....	47
Şekil 4.9. M.Kemalpaşa Mermerinin Görünümü.....	49
Şekil 4.10. Karacabey Siyah Mermerinin Görünümü.....	51
Şekil 4.11. Bursa Bej Mermerinin Görünümü.....	53
Şekil 4.12. Taşçılar Açık Mermerinin Görünümü.....	56
Şekil 4.13. Söğüt Beji Mermerinin Görünümü.....	58
Şekil 4.14. Taşçılar Koyu Mermerinin Görünümü	60
Şekil 4.15. Ege Kahve Mermerinin Görünümü.....	62
Şekil 4.16. Denizli Traverten Mermerinin Görünümü.....	64
Şekil 4.17. Uşak Beyaz Mermerinin Görünümü.....	66
Şekil 4.18. Leopar Mermerinin Görünümü.....	68
Şekil 4.19. Limestone mermerinin Görünümü.....	70
Şekil 4.20. Elazığ Vişne Mermerinin Görünümü.....	72
Şekil 4.21. Rosa Tea Mermerinin Görünümü.....	74
Şekil 4.22. Afyon Yöresi Mermer Numuneleri.....	77
Şekil 4.23. Balıkesir Yöresi Mermer Numuneleri.....	77
Şekil 4.24. Muğla Yöresi Mermer Numuneleri.....	78
Şekil 4.25. Bursa Yöresi Mermer Numuneleri.....	78
Şekil 4.26. Bilecik Yöresi Mermer Numuneleri.....	79

Şekil 4.27. Çeşitli Yörelere Ait Mermer Numuneleri.....	79
Şekil 4.28. Beta Sayım Düzeneği.....	80
Şekil 4.29. Çok Kanallı Analizör.....	81
Şekil 4.30. Sayım Hücresi.....	81
Şekil 4.31. Gaz Akışlı Orantılı Sayıcı Çalışma Düzeneği.....	82
Şekil 4.32. KCI Kalibrasyon Eğrisi.....	84
Şekil 4.33. Alfa İçin Self Absorpsiyon Düzeltme Eğrisi.....	85
Şekil 5.1. Çalışılan Afyon Mermerlerinin Alfa Radyoaktiviteleri.....	87
Şekil 5.2. Çalışılan Afyon Mermerlerinin Beta Radyoaktiviteleri.....	87
Şekil 5.3. Çalışılan Afyon Mermerlerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivite seviyeleri.....	88
Şekil 5.4. Çalışılan Afyon Mermerlerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivitelerinin İkili Mukayesesi.....	89
Şekil 5.5. Çalışılan Balıkesir Mermerlerinin Alfa Radyoaktiviteleri.....	90
Şekil 5.6. Çalışılan Balıkesir Mermerlerinin Beta Radyoaktiviteleri.....	91
Şekil 5.7. Çalışılan Balıkesir Mermerlerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivite Seviyeleri.....	92
Şekil 5.8. Çalışılan Balıkesir Mermerlerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivitelerinin İkili Mukayesesi.....	92
Şekil 5.9. Çalışılan Muğla Mermerlerinin Alfa Radyoaktiviteleri.....	93
Şekil 5.10. Çalışılan Muğla Mermerlerinin Beta Radyoaktiviteleri.....	94
Şekil 5.11. Çalışılan Muğla Mermerlerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivite Seviyeleri.....	95
Şekil 5.12. Çalışılan Muğla Mermerlerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivitelerinin İkili Mukayesesi.....	95
Şekil 5.13. Çalışılan Bursa Mermerlerinin Alfa Radyoaktiviteleri.....	96
Şekil 5.14. Çalışılan Bursa Mermerlerinin Beta Radyoaktiviteleri.....	97
Şekil 5.15. Çalışılan Bursa Mermerlerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivite Seviyeleri.....	98
Şekil 5.16. Çalışılan Bursa Mermerlerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivitelerinin İkili Mukayesesi.....	98
Şekil 5.17. Çalışılan Bilecik Mermerlerinin Alfa Radyoaktiviteleri.....	99
Şekil 5.18. Çalışılan Bilecik Mermerlerinin Beta Radyoaktiviteleri.....	100
Şekil 5.19. Çalışılan Bilecik Mermerlerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivite Seviyeleri	101

Şekil 5.20. Çalışılan Bilecik Mermerlerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta	
Radyoaktivitelerinin İkili Mukayesesi.....	101
Şekil 5.21. Çalışılan Yedi Farklı Yörenin Alfa Radyoaktiviteleri.....	102
Şekil 5.22. Çalışılan Yedi Farklı Yörenin Beta Radyoaktiviteleri.....	103
Şekil 5.23. Çalışılan Yedi Farklı Yörenin Toplam Alfa ve Toplam Beta	
Radyoaktivite Seviyeleri.....	104
Şekil 5.24. Çalışılan Yedi Farklı Yörenin Toplam Alfa ve Toplam Beta	
Radyoaktivitelerinin Karşılaştırılması.....	104
Şekil 5.25. Çalışılan Numunelerin Yöre Numaralarıyla Toplam Alfa ve Toplam	
Beta Radyoaktivite Seviyelerinin Toplu Gösterimi.....	107
Şekil 5.26. Farklı Yörelere Ait Numunelerin Ortalama Toplam Alfa ve Ortalama	
Toplam Beta Radyoaktivitesi.....	108
Şekil 5.27. Tüm Yörelere Ait Toplam Alfa-Beta Radyoaktivitesi.....	111



SEMBOL LİSTESİ

A	: Atom ağırlığı
A_α	: Alfa radyoaktivitesi
A_β	: Numunenin beta radyoaktivitesi
E_b	: Bağ enerjisi
E_f	: Gelen fotonun enerjisi
E_{mak}	: Maksimum kinetik enerji
E_{ort}	: Ortalama kinetik enerji
I	: Foton hüzmesinin şiddeti
m_e	: Elektronun kütlesi
M_β	: Numunenin ağırlığı
N_α	: Numunenin net alfa sayımı
N_β	: 1 dakikalık net beta sayımı
N_s	: Standart kaynağın 4π'deki sayımı
N_{xs}	: Standart kaynağın sayımı
N_{β0}	: KCl'un kalibrasyon eğrisinden numunenin mg/cm ² cinsinden ağırlığına karşı gelen sayım sayısı
R	: Menzil
R_h	: Havadaki menzil
ρ	: Yoğunluk
λ	: Dalgaboyu
μ	: Lineer absorpsiyon katsayısı
η	: Verim
x	: Kalınlık
Z	: Atom numarası

FARKLI TÜRKİYE MERMER TÜRLERİNİN TOPLAM ALFA VE TOPLAM BETA RADYOAKTİVİTE SEVİYELERİNİN TAYİNİ

ÖZET

Yeraltındaki çeşitli maddelerin içinde değişik oranlarda radyoaktif maddeler bulunmaktadır ve bu maddelerden dolayı yeryüzü bir miktar radyasyona maruz kalmaktadır. Yerkabuğunun oluşumunda doğal olarak bulunan bu radyoizotoplar ve bunların bozunma ürünleri, yayınladıkları ışınlar ile çevresel radyasyonların büyük kısmını oluşturmaktadırlar. İnsan, içinde yaşadığı doğal çevrede bulunan bu kaynaklardan yayınlanan değişik tipteki radyasyonlara her an maruz kalmaktadır. İnsanların bunlardan etkilenmeleri, yaşadıkları bölgeye ve o bölge toprağındaki radyoaktif elementlerin konsantrasyonuna bağlıdır.

Bu çalışmada yerkabuğunda yer alan üç kayaç türünden biri olan metamorfik kayaç grubuna giren mermerlerin radyoaktivite seviyesi tayini yapılması amaçlanmıştır. Bunun için Türkiye'nin farklı coğrafi bölgelerine ait 20 farklı mermer numunesi ile çalışılmıştır. Bu mermer numunelerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivitesi tayini için, uygun iki farklı sayım düzeneği kullanılmış ve kalibrasyon eğrilerinden yararlanılarak radyoaktivite seviyeleri tayin edilmiştir.

Deney sonuçları incelendiğinde, toplam alfa radyoaktivite değerlerinin yörelere bağlı olarak farklılıklar göstermesine karşın, toplam beta radyoaktivitelerinin birbirine yakın değerlerde ve bir ortalama değer etrafında olduğu görülmüştür. En yüksek radyoaktivite değerine ise Diyarbakır yöresinde rastlanmıştır.

Tayin edilen radyoaktivite değerleri bu konuda bir standart olmamasına karşın, uygun olarak nitelenebilecek seviyede olmaktadır. Böylelikle, Türkiye'nin farklı coğrafi yörelere ait mermerler için radyoaktivite seviyeleri, toplam alfa ve toplam beta ölçümleri ile deneysel olarak bulunarak, rasyonel olarak değerlendirilmiştir.

DETERMINATION OF GROSS ALPHA AND GROSS BETA RADIOACTIVITY LEVEL OF DIFFERENT KINDS OF MARBLES OF TURKEY

SUMMARY

There are various amounts of radioactive substances in the underground and the earth was irradiated by this substances. This radioisotopes are found naturally in the earth and their decay products constitute the natural radiation in the environment. Humans can take various kind of radiation from this source in the earth. In this study, it is planned to determine the radioactivity level for marbles belonging to metamorphic rock groups in the earth.

For this purpose, 20 different kinds of marbles in the various geographic regions of Turkey, are studied. For the determination of gross alpha and gross beta radioactivity levels, two different and appropriate counting systems were applied for the calculation of radioactivity levels using the relevant calibration curves.

According to the results of the experiments, while the gross alpha radioactivity change with the regions, the gross beta radioactivity has similar values. The highest values is belong to Diyarbakır region. The radioactivity levels which are determined by the experiment, are appropriate, but no standard was given for this subject. In this context, the natural radioactivity levels of the marbles from different regions of Turkey are measured and evaluated by the gross alpha and the gross beta radioactivity rationally.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Çekirdek fiziğinde çok önemli gelişmelere yol açan radyoaktivite bir rastlantı sonucu keşfedilmiştir. H.Becquerel uranyum tuzlarından gözle görülmeyen ışınlar çıktığını ve bu ışınların maddeden geçerek fotoğraf filmine etki ettiğini gözledi. Daha sonra H. Becquerel, M. Curie ve E. Rutherford tarafından sürdürülen çalışmalar sonucunda, bu tür ışınlar çıkaran birçok izotop keşfedilmiştir. Bu elementler farklı ışınlar yayınlamaktadırlar.

Radyoaktivitenin keşfini takiben farklı teknikler geliştirilmiş ve nükleer teknoloji vücut bulmuştur. Özellikle, ikinci dünya savaşını takiben, nükleer teknolojinin barışçıl amaçlı kullanımı gelişmiş ve yaygınlaşmıştır. Bu gelişmeler, nükleer reaktör teknolojisinin gelişmesi ile özellikle hız kazanmıştır. Zira, yapay radyoaktif elemanlar üretilmiş ve farklı amaçlara yönelik olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Halen, günlük hayatımıza kadar giren çeşitli nükleer teknik uygulamaları ile karşılaşmaktayız. Bu bağlamda, nükleer teknikler; tıpta, endüstride tarım ve hayvancılıkta, arkeometride sıkça kullanılmaktadır (Maghissi ve Carter, 1977., Evans ve Muramatsu,1977).

Radyoaktivite ve radyasyonun keşfinden sonra, dünyada doğal olarak bulunan ve radyoaktif olan element ve izotopların bulunduğu anlaşılmıştır. Bu radyoizotopların varlığı, dünyanın doğal radyoaktivitesini oluşturmaktadır (Littlefield ve Thorley, 1973; Postacıoğlu, 1995).

Doğal radyoizotoplar, esas itibarıyla; alfa, beta veya gama aktif olabilmektedirler (Richards ve diğerleri,1982). Dünyanın farklı bölgeleri veya farklı elemanlar içeren bazı yörelerde doğal radyoaktivite seviyesi değişebilmektedir.

Doğal radyoaktiviteden, atomun çekirdek yapısının açıklanması, dünya yaşının tahmini ve okyanusların dibinde bulunan sediment oluşum oranlarının ölçülmesi gibi çeşitli alanlarda faydalanılır. Çevresel örneklerde doğal radyoaktivite seviyelerini

belirleme çalışmaları, nükleer enerjinin insanoğlunu hizmetine girmesi ve nükleer santrallerde üretilen radyoaktif maddelerin evre için oluşturabilecekleri risklerin araştırılmaya başlanmasıyla hız kazanmıştır.

Bu tür çalışmalar, hem doğal radyoaktivite seviyelerinin belirlenmesi, hem de nükleer santrallerin kurulduğu bölgelere yakın oturan insanların çevresel doğal radyasyonların yanı sıra nükleer santrallerden kaynaklanan radyasyonlara da hangi oranlarda maruz kaldıklarının tespiti açısından önem arz etmektedir.

Doğal yollarla oluşan radyoaktivitenin izlerini canlı ve cansız bütün varlıklarda gözlemlemek mümkündür (Eisenbud,1963). Gerek insanlar, gerekse diğer canlılar hem yer kabuğu kökenli hem de uzay kökenli doğal radyoaktif elementlerden yayınlanan radyasyonlara yaşamları boyunca maruz kalmaktadır.

Doğada bulunan radyoizotop sayısı 340 civarındadır (Alpher, Herman,1953). Bunların 70 tanesi bilinen ağır radyoaktif elementler içinde yer almaktadır. Atom numarası (Z) 82'den büyük elementler radyoaktif özelliğe sahip elementlerdir. Yer kabuğunda mevcut olan izotopların bağıl bollukları, kainatın oluşması esnasında ortaya çıkmış elementlerin izotopik oranlarından hareketle hesaplanmaktadır.

Kainatın henüz yeni oluşmaya başladığı zamanlarda birçok izotopun radyoaktif olduğu tahmin edilmektedir. Bu durumun birkaç milyon yıl sürdüğü ve kısa yarı ömre sahip radyoizotopların bu süre içerisinde ömürlerini tamamladıkları için kalmadıkları düşünülmektedir. Geriye kalan ve halen mevcut olan radyoizotopların hepsinin yarı ömürlerinin de kainatın mryle mukayese edilebilecek kadar büyük olduğu kabul edilmektedir. Bir başka deyişle, en az 10^{10} yıl mertebesinde yarı ömre sahip olan radyoizotopların bozunumlarının halen de devam ettiği görüşü benimsenmektedir (Alpher,Herman,1953).

19. yy'ın başlarında Kelvin'in ileri sürdüğü teoriye göre, dünyamız doğal olarak gün geçtikçe ısınmaktadır. Bu açığa çıkan ısının nedeni olarak ise, doğada kendiliğinden bulunan doğal radyasyon kaynakları olan uranyum, toryum ve potasyum gösterilmektedir. Yapılan sondaj çalışmaları göstermiştir ki; derinlik artıkça sıcaklık yükselmekte olup, derinlerde radyoaktivitenin de miktarı artmaktadır (Holmes,1964). Doğada bulunan uranyum, toryum ve potasyum radyoizotoplarından uranyum ve toryumun bozunmaları sonucu alfa radyasyonu, potasyumun bozunması sonucunda da beta ve az miktarda gama radyasyonu açığa çıkmaktadır (Kenny,1971).

Yer kabuğundaki çeşitli maddelerin içinde değişik oranlarda radyoaktif maddeler bulunmaktadır ve bu maddelerden dolayı yeryüzü bir miktar radyasyona maruz kalmaktadır. Yerkabuğu genel olarak element, mineral ve kayalardan oluşmaktadır.

Mermerler yeryüzünü oluşturan kayalardan metamorfik kayalar sınıfına girmektedir. Bu çalışmanın temel amacı da önemli Türkiye mermerlerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyelerini tayin etmektir. Böylelikle, Türkiye açısından önemli bir doğal eleman olan mermerlerin doğal radyoaktivite seviyelerinin belirlenmesi hedeflenmektedir.



BÖLÜM 2

DOĞAL RADYASYON

2.1 Radyoaktivitenin Tanımı ve Çeşitleri

Radyoaktivite; atom çekirdeklerinin, bazı parçacıklar ve enerji yayınlarak kendiliğinden bozunması olayıdır. Bu bozunma, çekirdek kendiliğinden kararlı bir duruma gelinceye kadar devam etmektedir. Radyoaktif bozunuma uğrayan çekirdekler, "radyoizotop" olarak anılmaktadır.

Bozunan radyoaktif çekirdekler, farklı parçacıklar veya farklı ışınlar yayınlatabilmektedir. Bu ışın veya parçacıklar farklı karakterde olabilmektedir. Ancak, sonuçta bir radyasyon etkisinden bahsetmek söz konusudur.

Radyasyon; partikül akımı ile veya dalga tabiatına uygun olarak, bir maddeye veya ortama enerji transfer edilişidir (Glass ve diğ., 1962). Bu bağlamda, radyasyonun etkileştiği maddesel elemana enerji transfer etmesiyle, kimi kez istenmeyen etkilere neden olması söz konusu olabilir.

Radyasyon, maddesel ortamlarda yayılırken önüne çıkan atomlarla veya moleküllerle etkileşmektedir. Eğer radyasyon parçacığı veya fotonu yeter enerjiye sahipse çarptığı atomdan elektron koparabilmektedir. Böylece bir elektronunu kaybeden atom, iyonlaşmaktadır. İşte, bu olayı yaratabilecek kadar enerjiye sahip olan radyasyona "iyonlaştırıcı radyasyon" adı verilmektedir (Shapiro, 1990). Buna karşın, iyonlaşmayı sağlayacak kadar enerjisi olmayan radyasyon ise, "iyonlaştırıcı olmayan radyasyon" olarak nitelenmektedir.

Radyasyon ailesinin yüksek enerjili grubunu oluşturan ve atom çekirdeğinden yayınlanan nötron, alfa ve beta ve bunlara ilaveten atom yörüngesinden yayınlanan X ışınları iyonlaştırıcı radyasyon ailesine girmektedir. Morötesi, görünür ışık,

kızılötesi, radyo dalgaları ise iyonlaştırma yapmak yeteneğinden yoksun, zayıf enerjili radyasyonlardır (Özden,1990).

İyonlaştırıcı radyasyonlardan, (alfa, beta ve elektronlar gibi) elektrik yüklü parçacıklar, madde ile etkileşimleri Coulomb etkileşimi çerçevesinde etkileşmekte ve “doğrudan iyonlaştırıcı radyasyon” olarak anılmaktadır (Rahman ve Shieh, 1981). Buna karşın, (X-ışınları, gama ışınları ve nötron gibi) elektrik yükü olmayan girici radyasyonların madde ile etkileşimleri farklı olabilmekte, ancak sonuçta, etkileştiği atomları iyonlaştırabilmektedirler. Bu tip radyasyonlara da “dolaylı iyonlaştırıcı radyasyon” adı verilmektedir.

2.2 Doğal Radyoaktivite

Doğal radyoaktivite, esas itibariyle doğada var olan radyoizotoplardan, kozmik ve kozmogenik radyasyonlardan kaynaklanmaktadır (Hallenbeck, 1994). Bu bağlamda, radyoaktif elementler doğada kendiliğinden bulunuyor veya doğada bulunan radyoaktif elementlerin bozunumu sonucu meydana geliyorsa, bunlara “doğal radyoizotop” denmektedir. Doğal radyoaktivitten ayrı olarak, radyoaktif elementler, insan tarafından yapay olarak reaktörlerde veya hızlandırıcılarda üretiliyorsa buna da “yapay radyoaktivite” adı verilmektedir. Bu Yüksek Lisans Tezinde, esas olarak, doğal radyoizotoplar ile ilgilenileceğinden, burada sadece bu konu üzerinde durulacaktır.

Doğal radyoaktivite kaynağı olan radyoizotoplar esas itibariyle alfa, beta ve gama ışınları yayınlatabilmektedir. Ancak, çevre radyoaktivitesi ölçümlemesi açısından standartlaştırılmış olan radyasyon tipleri alfa ve beta radyasyonudur (EPA-600/4-80-032, 1980).

2.2.1 Alfa Parçacığı

Radyoaktif bozunumlar içerisinde en büyük kütle ve enerji kaybı alfa bozunumu ile olmaktadır. 2 proton ve 2 nötrondan oluşmaktadır. Bir başka deyişle, 4 kütle birimi ve 2 pozitif elektriksel yük birimi ile helyum çekirdeği olan alfa parçacığının ana çekirdekten kopması, onun fiziksel özelliğini, ürün çekirdekte A'nın değerini 4, Z'nin değerini 2 azaltacak şekilde değiştirmektedir (Eisenberg, 1992). Bu bağlamda, alfa taneciği çekirdeğin fırlatabildiği en ağır kütle olarak kabul edilmektedir. Beta taneciğinden yaklaşık 7500 kat ağırdır. Elektrik yükü bakımından yükü fazla olduğu için özgül iyonizasyonu fazla olmaktadır.

Çekirdekten çoğunlukla, 4-8 MeV enerjilerle fırlatılmaktadırlar. Nadir birkaç radyoizotopta enerji 10 MeV' e kadar çıkmaktadır. Bu enerjiler, alfa taneciklerine ışık hızının % 5-10' u kadar hız kazandırmaktadır ve havada en çok 12 cm'lik menzile ulaşmalarını sağlamaktadır (Özden,1990).

Kararsız ağır çekirdekler genellikle alfa atmak suretiyle bozunmaktadırlar. Bununla beraber, ağır çekirdeğin uyarma enerjisi alfa partikülü atmaya yetecek düzeyde değilse, beta bozunumu gerçekleşebilmektedir.(Weinberg,2002).

Alfa bozunumu, daha çok nükleon sayısı 190'dan büyük radyoaktif çekirdeklerde görülmektedir. Bu tip bozunma yapan en hafif çekirdek, nükleon sayısı 144 olan Neodium'dur.

Bir atom, bir alfa parçacığı yayınladığında, atom ağırlıklarına göre sıralanmış elementler listesinde daima iki sıra aşağıda bulunan elementin atomuna dönüşmektedir. Diğer bir deyişle, aktif element kendisinden daha kararlı ve daha hafif başka bir elemente dönüşmektedir (Hallenbeck, 1994).

Alfa bozunum enerjisinin, fiziksel yarı ömürle ters yönde bir ilişkisi olduğu da bilinmektedir. Bir başka deyişle, bozunum enerjisi artarken, yarılanma süresi hızla kısalmaktadır (Algüneş, 2002).

Havada erişme uzaklıkları, santimetre seviyesinde "hayli kısa" olarak nitelenebilecek mertebelerdedir. Bozunum sırasında gama fotonu atmayan saf bir alfa kaynağı için, canlının dışında bulunduğu sürece bir tehlike teşkil etmeyeceği düşünülebilir.

Ancak, herhangi bir şekilde canlının vücuduna giren alfa yayınlayan bir radyoaktif elementin özellikle lokalize olduğu bölge için tahripkar etki bakımından önem taşıyacağı unutulmamalıdır. Alfa partiküllerinin katı ve sıvılardaki menzili;

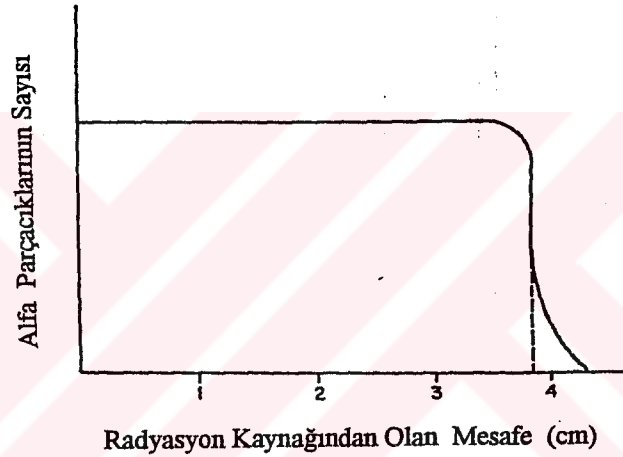
$$R=R_h (3,2.10^{-4} A^{1/2}/\rho) \quad (2.1)$$

şeklinde verilmektedir. (L'Annunziata, 1998). Burada R; menzili, R_h ; havadaki menzili, A; atom ağırlığını ve ρ ; yoğunluğu sembolize etmektedir. Tablo 2.1' de farklı ortamlardaki alfa menzili verilmektedir.

Tablo 2.1.
Çeşitli Ortamlara Ait Alfa Menzilleri

Hava	Su	Kağıt	Alüminyum	Bakır
3,9 cm	0,0047cm	0,0031 cm	0,0024 cm	0,0011 cm
39 μm	47 μm	31 μm	24 μm	11 μm

Şekil 2.1'de alfa parçacıklarının havadaki menzillerine ilişkin grafik görülmektedir (L'Annunziata, 1998).



Şekil 2.1 Alfa Parçacıklarının Havadaki Menzili

Alfa partikülü, içinden geçtiği absorplayıcı ortamdaki elektronlarla güçlü bir elektrostatik çekim kuvveti oluşturmaktadır. Buna karşılık, ortamdaki atomların çekirdekleri ile karşılaşmalarında, oluşan güçlü Coloumb kuvveti ile itilmektedir. Bu bağlamda, kütlelerinin, çekirdek bozunumu sırasında sabit ve hayli büyük bir kinetik enerjiye sahip olarak fırlatıldıkları düşünülürse, absorplayıcı ortam atomları ile etkileşme olasılığının yüksek olduğu görülmektedir.

Alfa partikülleri, içinden geçtikleri ortamda şartların uygunluğuna bağlı olarak elastik ve inelastik çarpışmalar yapmaktadır. Elastik çarpışmalarla, enerji kaybetmeyen alfa partikülleri, elastik olmayan çarpışmalarla özellikle iyonizasyon ve kısmen eksitasyon olaylarına neden olup enerji kaybederek absorplanmaktadırlar. Hız yani

kinetik enerjisi sıfır olduğu zaman, ortamdaki 2 elektron yakalayarak, kararlı helyum atomu haline gelmektedir (Saha, 1998).

Partiküllerin yolları üzerinde birim yolda bıraktıkları enerji, sadece hızına değil kütlesine ve hatta sahip oldukları elektrik yükü değerine de bağlı olmaktadır. Alfa partiküllerinin birim yolda iyonizasyon yolu ile meydana getirdiğı iyon çiftleri sayısı hayli fazla ve bu nedenle de absorplayıcı ortam içerisindeki yolları hayli kısa olmaktadır. Buna kısaca, LET (Lineer Enerji Transferi) değerleri büyük denmektedir. Alfa partiküllerinin izledikleri yol hemen hemen düz çizgi halindedir (Eisenberg, 1992).

2.2.2 Beta Parçacıkları

Beta parçacıkları, radyoaktif çekirdeklerden atılan elektronlar olarak kabul edilmektedir. Yapılan ölçümler sonucunda beta partikülünün kütlesi, elektronun kütlesine eşit bulunmuş ve elektronun kütlesinin, bir nükleonun kütlesinden 1836 kez küçük ve $m_e = 9.10^{-31}$ kg olduğu belirlenmiştir.

Daha sonra yapılan çalışmalar neticesinde, bir atomun, bir beta parçacığı yayınlamasıyla, daima listede bir üst sırada bulunan elementin atomuna dönüştüğü görülmüştür. Bu bağlamda, doğal olarak yüklerinin -1 elektronik birime sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Beta parçacığının atom ağırlığı ise ihmal edilebilmektedir. Beta parçacığının yayınlaması sonucunda oluşan radyoizotop, başlangıçtaki izotop ile aynı atom ağırlığında kalmaktadır (Weinberg, 2002).

Diğer bir deyişle, beta taneciğı gerek kütlesi ve gerek elektriksel yükü itibariyle elektrona denk bir varlıktır. Elektrondan ayrıcalığı elektriksel yükünün hem artı ve hem eksi olabilmesidir. Pozitif yüklü olana "pozitron", negatif yüklü olana da "negatron" denebilmektedir. Negatron bozunumunda, nötron protona dönüşmekte ve kütle numarası aynı kalarak atom numarası bir artmaktadır. Bunu tersine, pozitron bozunumunda, kütle numarası yine aynı kalmakta fakat atom numarası bir eksilmektedir (L'Annunziata, 1998).

Beta tanecikleri çekirdekten 4 Mev'e kadar çıkan enerjilerle fırlatılabilmektedirler. Bu enerji, onlara ışık hızının %99,5 'ne varan bir hız kazandırmaktadır. Normal şartlarda, havada maksimum 10 m'lik bir menzile ulaşabilmektedirler. Tablo 2.2' de beta partiküllerinin çeşitli enerjilerdeki havadaki menzilleri verilmektedir.

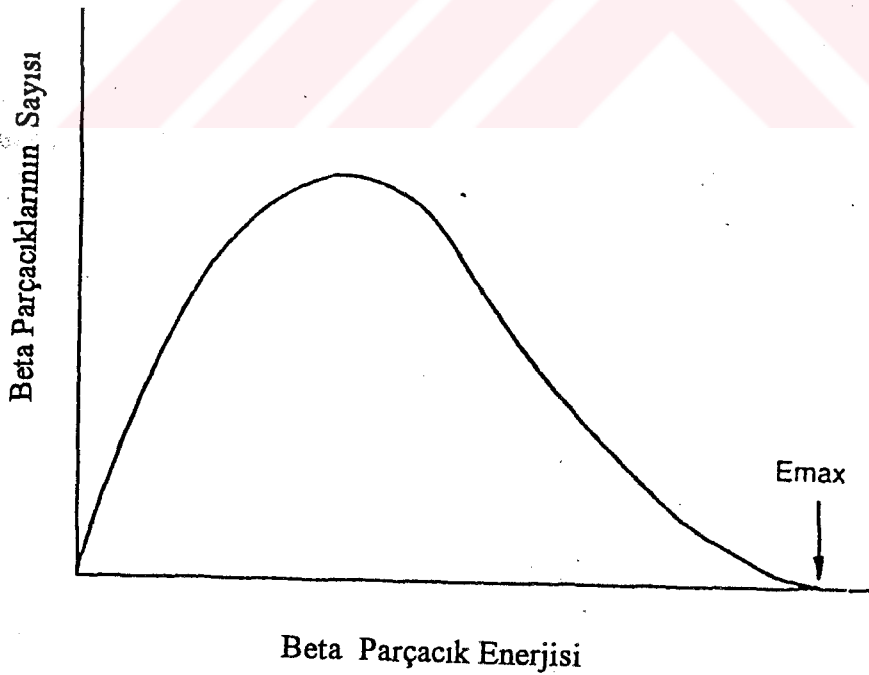
Tablo 2.2
Beta Partiküllerinin Çeşitli Enerjilerdeki Menzilleri (Özden,1990).

Enerji (MeV)	Havadaki Menzil (m)
0,1	0,11
0,5	1,5
1	3,7
2	8,5
3	13

Beta parçacıklarının kinetik enerjisi farklı değerlerde olabilir ve geniş bir spektruma sahiptir. Beta partiküllerinin ortalama kinetik enerji değeri;

$$E_{\text{ort}} = 1/3 E_{\text{max}} \quad (2.2)$$

ifadesi ile hesaplanmaktadır. Şekil 2.2'de beta partiküllerinin bozunmaları esnasında kinetik enerjilerinin dağılımı görülmektedir (L'Annunziata, 1998).



Şekil 2.2 Beta Partiküllerinin Genel Enerji Spektrumu (L'Annunziata, 1998).

Radyoaktif çekirdeklerin büyük çoğunluğu beta bozunumu yaparak kararlı hale geçmektedirler. Hem hafif ve hem de ağır radyoaktif çekirdeklerde görülebilen bu bozunmaların yaklaşık 1/3'ü saf beta bozunumu olmaktadır. Diğer 2/3 oranındaki bozunmalarda beta partikül enerjisiyle birlikte, gama foton enerjisinin de çıktığı gözlenmektedir.

Aynı radyoizotopa ait radyoaktif çekirdeklerin bozunmaları esnasında ortaya çıkan beta partiküllerinin kinetik enerjileri birbirinden farklı değerlerde olabilmektedir. Bu durum, beta bozunumunun bir özelliği olmaktadır. Bunun nedeni ise, bozunum enerjisinin, bozunum esnasında ortaya çıkan ve madde ile etkileşmesi hemen hemen hiç olmayan nötrinolarla paylaşılmasıdır (Saha, 1998).

Beta bozunumu yapan radyoaktif çekirdekler, β^- (Negatron) dönüşümü, β^+ (Pozitron) dönüşümü ve EC (elektron yakalama) ile bir başka deyişle, yörüngeden elektron kaparak, bozunup kararlı hale gelmektedir.

Çekirdeğin kararlılığı; nötron-proton dengesi anlamına geldiğinden, dengenin gerektirdiğinden fazla nötron veya protona sahip olan bir kısım radyoaktif çekirdekler, fazla olanı karşı cinse dönüştürmek suretiyle kararlı hale geçmeye çalışmaktadırlar. Beta bozunumu yapan çekirdeklerin dönüşüm kaidesi genel olarak bu olmaktadır.

Beta partikülleri, madde ile etkileşme çerçevesinde, içinden geçtiği yapının atomlarına ait elektronlarla yaptığı çarpışma sonucunda saçılma gösterebilmektedirler. Yada bu partikül rastladığı elektronlara bir miktar uygun değerde (yani yörüngeler arasındaki değere eşit) enerji vererek onları uyarabilir. Bir başka deyişle, elektron bulunduğu yörüngeden bir (veya daha fazla) üst yörüngeye geçebilir. Ancak, elektron yeni yörüngesinde kalamaz ve çok kısa bir süre sonra yörüngeler arası enerji kadar uyarım (eksitasyon) enerjisini foton enerjisi olarak atar. Bu enerjiye karakteristik X-ışını , bu olaya da 'eksitasyon' denilmektedir (Eisenberg, 1992).

Beta partikülü, etkileştiği maddenin atomlarına, elektronlarını kopartacak seviyede eksitasyon enerjisi verdiği takdirde iyonizasyona neden olur. Bu durumda, elektron atomdan ayrılacağından bir iyon çifti oluşturacaktır.

Yine beta partikülü moleküller civarından geçerken verdiği eksitasyon enerjisi ile, o molekülün parçalanmasına neden olabilir. Bu olaya da 'dissosiasyon' denilmektedir (Algüneş,2002).

Yüksek enerjili beta partikülleri, içinden geçtiği ortamın atomları arasından geçerken, elektrostatik kuvvetlerin etkisinde kalarak hızları değişir dolayısıyla frenlenirler. Böylelikle, sürekli bir spektrum teşkil eden X ışınları yayınlanır. Bu X ışınlarına 'frenleme X ışınları' veya 'Bremsstrahlung' adı verilmektedir.

Tüm bu olayların meydana gelme olasılıkları beta partikülünün kinetik enerjisine bağlı olmaktadır. Beta partikülünün kütlesi çekirdeğin kütlesine göre hayli küçük olduğundan, çarpışmalar sonucunda partikülün izlediği yolda büyük sapmalar olabilmektedir. Bu nedenle, beta partikülleri absorplayıcı ortam içinde zikzaklı bir yol izlemektedirler (Algüneş, 2002).

Beta bozunumu yapan radyoaktif çekirdeklerdeki protonun nötrona dönüşmesi ile ortaya çıkan pozitronların, elektrik yükleri hariç, diğer tüm özellikleri beta partikülleri (negatron) ile özdeştir. Bu bakımdan absorplayıcı ortam içinden geçerken aynı olayları oluşturması beklenir.

Etkileşme sonucunda hızın sıfır veya sıfıra çok yakın bir değere azalması halinde pozitron, elektrostatik çekim kuvvetinin etkisi ile bir elektronla reaksiyona girecektir. Bu reaksiyon sonucunda elektron-pozitron çifti birbirlerini yok ederek 0,511 MeV'lik iki gama fotonuna dönüşür. Bu olaya "pozitron-elektron anihilasyonu" adı verilmektedir (L'Annunziata, 1998).

2.2.3 Gama Işınları

Gama ışınları, oldukça nüfuz edici fakat manyetik alan ile kolayca saptırılamayan ışınlardır. İlk kez 1900 yılında Fransa'da P. Villard tarafından gözlemlenildi ve 1903 yılında Rutherford tarafından gama ışınları olarak adlandırıldılar. Rutherford gama ışınlarının, X ışınları gibi, çok kısa dalga boylu olduğunu, gama ışınlarının kristallerden saçılmalarını gözleyip dalga boylarını ölçerek kanıtlayabilmiştir.

Gama ışınları bir çekirdek reaksiyonu sonucunda çekirdekten yayınlanan fotonlardır. Bu bağlamda, gama ve X ışını arasındaki en önemli fark, gama ışınının atomun çekirdeğinden, X ışınının ise atomun yörüngelerinden kaynaklanmasıdır. Gama ışınları üreten radyoaktivite, kendiliğinden ve sürekli olarak devam edip giden bir reaksiyondur (Weinberg, 2002).

X ve gama ışınları elektromanyetik radyasyon ailesinin iki bireyidir. Elektromanyetik radyasyonun enerjisi ile dalga boyunun çarpımı sabit bir sayı olmaktadır. Enerji birimi keV ve dalga boyu birimi Å olmak üzere bu eşitlik;

$$E.\lambda=12,4$$

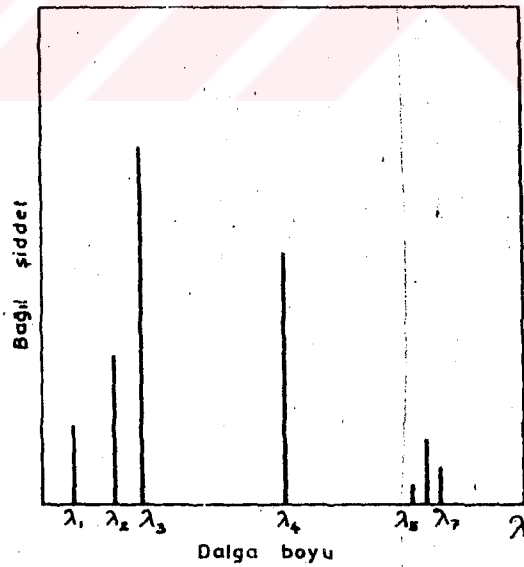
(2.3)

olarak verilmektedir. Bu denklemden elektromanyetik radyasyon enerjisi ile dalga boyunun ters orantılı olduğunu, dolayısıyla enerji artarken dalga boyunun kısalacağı söylenebilmektedir. Kısa dalga boylu ışınlar yüksek enerjili sert ışınlar; uzun dalga boylu olanlar düşük enerjili ışınlar olmaktadır.

Gama ışınları görünür ışığa oranla daha enerjiktir ve bu sayede, görünür ışık katı cisimlerin yüzeyinden yansıyıp geri döndüğü halde, gama ve X ışınları katı cisimlerin içine nüfuz edebilmektedirler. Vücudun röntgen filmi üzerine görüntüsü bu sayede alınabilmektedir.

Radyasyondan korunma konusu gama ve X ışınları için yine bu nedenle büyük önem kazanmaktadır. Güneş ışını sadece cildi yakabilir, gama ve X ışınları ise özellikle iç organlar üzerinde etkin olur (Özden,1990).

Şekil 2.3'de tipik gama spektrumu verilmektedir. X ışının aksine gama ışını az sayıda dalga boyunun oluşturduğu süreksiz bir spektruma sahiptir. Buna "çizgisel spektrum" da denilmektedir. Her bir çizginin yüksekliği, ona ait dalga boyunun spektrum içindeki bağıl şiddetini göstermektedir.



Şekil 2.3 Gama Işını Tipik Spektrumu

İyonizan karakterli elektromanyetik radyasyonların madde ile etkileşmesinde temel özellik, partiküler radyasyonlardan farklı olarak, bu etkileşmenin ihtimaliyet prensibi içerisinde gerçekleşmesidir. İyonizan karakterli olan X ve gama radyasyonları, absorplayıcı madde içinde başlıca üç olay sonucu enerji kaybetmektedirler. Bunlar fotoelektrik olay, compton olayı ve çift teşekkülüdür (L'Annunziata, 1998).

Fotoelektrik olayda, foton, enerjisinin tümünü, yolu üzerine rastlayan atoma bağlı bir elektrona devretmektedir. Fotoelektrik olay genellikle 0,5 MeV altında olan fotonlar tarafından oluşturulmaktadır. Foton, K ve L yörüngesindeki elektronu koparmak için harcadığı bağ enerjisi kadar enerjiden arta kalanını bu elektrona vermektedir. Bağlı bulunduğu atomdan kopan elektron, kazandığı enerjiyi bu değer sıfır olana kadar harcar. Olayda enerjinin korunumu;

$$E_f = E_b + \frac{1}{2} m_e v^2 \quad (2.4)$$

E_f = Gelen fotonun enerjisi

E_b = bağ enerjisi

şeklindedir.

Elektromanyetik radyasyonların tanecik karakteri ile izah edilebilen Compton olayı genellikle 0,5 MeV'den büyük enerji değerine sahip fotonun, serbest elektronla veya atomun dış yörüngelerindeki bağ enerjisi çok küçük olan bir elektronla etkileşmesinde gözlemlenebilen bir olaydır. Gelen foton, enerjisinin bir kısmını yolu üzerine rastlayan elektrona devretmektedir ve ona, devrettiği enerjiye eşit bir kinetik enerji kazandırmaktadır. Kendisi ise ilk doğrultusundan sapar ve enerjisi azalarak, farklı bir foton halinde yoluna devam eder.

Çift teşekkülü, elektromanyetik radyasyonların absorplayıcı ortamın tanecikleriyle oluşturduğu fotoelektrik ve compton olaylarından daha farklı bir özellik taşımaktadır. Enerjisi teorik olarak 1,02 MeV'den, pratik olarak 2 MeV'den daha büyük olan bir foton, içinden geçtiği absorplayıcı ortamda bir çekirdeğin çok yakınından geçerse, biri pozitif, diğeri negatif iki elektron oluşmaktadır (Algüneş, 2002).

X ve gama ışınlarının absorplanmasında, fotonun yolu üzerinde herhangi bir yerde enerji bırakması, tesadüfe bağlı olmaktadır. Şüphesiz, bu ışınlar içine girdikleri yapıda yapının yoğunluğuna ve kalınlığına bağlı olarak farklı oranlarda absorplanmaktadırlar.

Paralel bir demette, absorplayıcıya giren I şiddetine sahip foton hüzmesinin, Δx kalınlığındaki yapıda ΔI şiddet kaybı;

$$\Delta I = -I \cdot \mu \cdot \Delta x \quad (2.5)$$

olmaktadır. Burada, μ 'ye absorplayıcı ortamın lineer absorpsiyon katsayısı denilmektedir. Daha büyük kalınlıklarda başlangıçtaki şiddet I_0 ile gösterildiğinde, x kalınlığından geçtikten sonraki değeri, bu bağıntının entegre edilmiş şekli olan

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x} \quad (2.6)$$

bağıntısı ile hesaplanmaktadır (Eisenberg, 1992).

2.3 Doğal Radyasyon Kaynakları

Yer kabuğunun oluşumunda doğal olarak mevcut olan radyoizotop ve bunların bozunma ürünleri, yayınladıkları ışınlar ile, çevresel radyasyonların büyük kısmını oluşturabilmektedir. İnsanların bunlardan etkilenmeleri, bulundukları bölgeye ve o bölge toprağındaki radyoaktif elementlerin konsantrasyonlarına bağlıdır. Bundan dolayı, insanların aldıkları dış radyasyon dozları dünyanın her yerinde aynı değildir.

Toprak ve kayalarda yüksek konsantrasyonlarda bulunan U-238, Th-232 ve K-40 gibi radyoizotop doğal radyasyon kaynaklarının en önemlileri olarak kabul edilmektedir. Bununla beraber, dünya dışındaki ortamlardan gelen kozmik ışınların atmosferdeki reaksiyonları sonucu üretilen yüksek enerjili nötronlar, protonlar, elektronlar ve muonlar, uzay orijinli doğal radyasyon kaynaklarını oluşturmaktadırlar. Yapı malzemelerinden çıkan gama ışınları da doğal radyasyon kaynakları arasında sayılmaktadır.

İnsan, doğal çevreden yılda 100 mrem civarında radyasyon dozu alabilmektedir. Çevredeki doğal ortam, insanın maruz kaldığı doğal radyoaktivite açısından önemli radyasyon kaynaklarını içermektedir. 100 mrem dolayında ortalama yıllık dozun, ancak üçte birinin uzaydan gelen radyasyon nedeniyle alındığı, düşünülmektedir.

İnsan; doğal radyasyona, dış ışınlamalarla maruz kaldığı gibi, solunum ve sindirim yoluyla vücutlarına alarak iç ışınlamalarla da maruz kalabilmektedir.

Işınlamalara dışardan maruz kalınmışsa, buna "dış ışınlama", içerden maruz kalmışsa, buna da "iç ışınlama" denmektedir. Gama ve betalar dış ışınlamalarla, alfalar ise iç ışınlamalarla insana daha çok zarar vermektedirler. Buradan hareketle, doğal radyasyon kaynaklarını dış ve iç radyasyon kaynakları olarak iki ana grupta toplamak mümkündür (Myrick ve diğ.,1983).

Kozmik radyasyon dozu, coğrafi konuma ve deniz seviyesinden yüksekliğe bağlıdır. Ayrıca, kozmik radyasyon dış radyasyon kaynağı durumundadır. Yükseklerde kozmik radyasyon fazladır. Bunun için hava yolcuları ilave doz almaktadırlar.

Günümüz yolcu uçaklarının normal olarak seyrettikleri 10000 m yükseklikte kozmik radyasyonun şiddeti deniz seviyesindeki 50 katı olmaktadır. Dolayısıyla, Avrupa-Amerika kıtaları arasında bir gidiş dönüş yolculuğu 4 milirem ilave doz alınmasına neden olabilmektedir.

Atmosferde bulunan toz ve partiküllerdeki doğal radyoizotoplar ile yapı malzemelerinden çıkan Rn-222 (radon) ve Rn-220 (toron) gibi radyoaktif gazlar sindirim ve solunum yoluyla gıda, içecek ve teneffüsle vücuda alındıklarında iç ışınlamalara sebep oldukları için bunlar aynı zamanda iç radyasyon kaynakları olarak nitelenmektedirler. 100 mrem doğal radyasyon dozunun üçte birlik bir bölümünü de iç radyasyon oluşturmaktadır.

Süt, gıdalarımız arasında en radyoaktif olanıdır. İçme suyu onun 200-500 katı daha az radyoaktiftir. Besinlerin içerdikleri doğal radyoizotopların başında radyopotasyum, radyum ve radyokarbon gelmektedir. Vücuda giren radyoizotoplar çeşitli organlara yerleşerek onları içerden yaygın bir ışınlamaya tabi tutarlar.

Radyoaktif maddeler; bir taraftan yarı ömürlerine bir taraftan boşaltım sistemine bağlı olarak vücudumuzda azalır. Öte yandan, beslenme yoluyla da sürekli takviye olunurlar. Böylece, canlı organizmada evrensel bir radyoaktivite dengesi oluşmuş olur. Tablo 2.1 de doğal radyasyon kaynaklarından yayınlanan radyasyon seviyeleri verilmektedir (Şeker ve Çerezci, 1997).

Tablo 2.3
Doğal radyasyon kaynakları (Şeker ve Çerezci, 1997)

Işınlama	Doz Hızı mrem/yıl
Vücut Dışından	
1.Kozmik radyasyon	28.0
2.Yeryüzündeki radyoaktif maddeler (Uranyum, Radyum, Thoryum,Aktinyum)	26.0
3.Yapı malzemeleri	3.0
Vücut İçinden	
1.Organizmadaki tabii radyoelementler (K-40, C-14)	28.0
2.Hava solunumuyla	5.0
Toplam seviye	(~92)

2.4 Alfa ve Beta Radyoaktivite Seviyesi Tayini

Radyoaktivite tayin yöntemi, nükleer parçacıkların ve ışınların, içinden geçtikleri ortamın atomları veya molekülleri ile etkileşmeleri sonucunda oluşan fiziksel olayların ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Bu bağlamda, alfa, beta ve gama gibi iyonlaştırıcı radyasyonların ölçülmesinde bu tip özelliklerden yararlanılmaktadır.

İyonlaştırıcı radyasyon, gaz ortamda iyonizasyon, bazı fosforlarda pırıldama, fotoğraf emülsiyonunda karama, kimyasal ortamda ise ayrışmaya neden olabilmektedir. Bu özellikler yardımıyla radyasyonun deteksiyonu mümkün olmaktadır

Deteksiyon, radyasyonun varlığı, enerjisi, miktarı ve diğer özelliklerinin ölçülmesi anlamına gelmektedir. Deteksiyon sistemi, detektör ve ölçüm ünitesinden oluşmaktadır. İyonizasyon odası, orantılı sayıcılar, Geiger Müller ve bazı katı hal

dedektörleri gazlarda veya katılarda radyasyonun oluşturduğu iyonların toplanması ilkesine dayanmaktadır. (NCRP REPORT No.50,1976).

Doğal radyoaktivite tayininde, alfa ve beta radyoaktivite tayini standartlarda yer almaktadır. Bu nedenle, bu Yüksek Lisans Tezinde de alfa ve beta radyoaktivite tayini yapılması benimsenmiştir.

Alfa parçacıklarının menzillerinin kısa olması, ölçümlemede kimi sorunlara yol açabilmektedir. Bunlardan bir tanesi self-absorpsiyon sorunudur. Alfa radyoaktivite tayininde, sayım sisteminin kalibrasyonu ve örnek sayım hızının bozunum hızına, başka bir deyişle, saniyede verdiği sayım sayısına dönüşümü için gerekli olan standart seçimi önem taşımaktadır.

Aktivitesi bilinen miktarda standart çekirdek içeren kalibrasyon kaynağının, sayım alanı, yoğunluk, kalınlık ve aktivite dağılımı gibi özelliklerinin sayılacak örnek ile benzer olması gerekmektedir. İdeal standartın, örnek ile aynı şartlarda hazırlanmış ve örnek ile aynı şekle sahip olması gerekmektedir. Alfa radyoaktivite tayini için kalibrasyona ilişkin olarak tercih edilen element, genellikle uranyum olmaktadır.

Alfa radyoaktivite hesapları için aşağıdaki bağıntıdan yararlanılmıştır (Alkan,1989, EPA-600/4-80-032, 1980).

$$A_{\alpha} = (N_{\alpha} \times VDF) / 2,22 \quad (2.7)$$

Burada;

A_{α} :Alfa radyoaktivitesi

N_{α} :Numunenin net alfa sayımı (sayım/dakika)

VDF :Verim düzeltme faktörü (1/sayım/dakika)

ifade etmektedir.

Verim düzeltme faktörü (VDF);

$$VDF = 1 / (\eta \times N_s) \quad (2.8)$$

olarak tanımlanmaktadır. Burada N_s self absorpsiyona karşı gelen sayım olup, verim;

$$\eta = N_{xs} / N_s \quad (2.9)$$

şeklinde ifade edilmektedir.

Burada;

η :Verim

N_{xs} :Standart kaynağın sayımı

N_s :Standart kaynağın 4π de verilen sayımı

temsil etmektedir.

Radyoaktivite değerleri Dk. 2.4 bağlamında pCi/g olarak bulunmakta ve dönüşümle Bq/g olarak bulunabilmektedir.

Beta radyoaktivite tayini, alfa radyoaktivite tayinine göre farklılıklar içermektedir. Beta radyoaktivitesi aşağıdaki formülden hareketle hesaplanmıştır (EPA-600/4-80-032, 1980).

$$A_\beta = (0,391 \times N_\beta \times M_\beta) / N_{\beta 0} \quad (2.10)$$

Burada;

A_β :Numunelerin beta radtoaktivitesi

N_β :Bir dakikalık net beta sayımı (sayım/dakika)

M_β :numunenin ağırlığı

$N_{\beta 0}$:KCl 'un kalibrasyon eğrisinden numunenin mg/cm² cinsinden ağırlığına karşı gelen sayım sayısı (sayım/dak)

ifade etmektedir.

Beta radyoaktivite değerini hesaplamak için, KCl kalibrasyon eğrisine gereksinim bulunmaktadır. Numunenin alan başına ağırlığına karşı gelen KCl kalibrasyon eğrisindeki sayım sayısı bulunarak, Denklem 2.10 yardımı ile beta radyoaktivite tayini yapılabilmektedir.

2.5 Doğal Radyasyon Dozu

Vücudun nükleer radyasyona maruz bırakılması halinde radyasyon kaynaklarının sebep olduğu tehlikeler daima göz önünde bulundurulmalıdır. Kişiyne radyoaktif maddeyi bir defa verdikten sonra onu geri almak veya tesirini azaltmak imkanı henüz mevcut değildir. Bu bakımdan kişiyne verilecek dozun dikkatle hesaplanması ve ölçü aletleri ile kontrol edilmesi gerekmektedir. Radyasyonu ölçecek hassas bir duyu organımız bulunmamaktadır. Radyasyon kaynakları ile çalışan kimselerin, cep

dozimetresi, film dozimetresi, radyasyon kontrol aletleri gibi özel aletler ile kontrol edilmesi gerekmektedir.

Radyasyon korunmasında temel standartlar Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu (ICRP) tarafından bildirilmektedir. Radyasyonla çalışanların bir haftada alabilecekleri maksimum müsaade edilen doz şiddeti (MPD) ; 100 milirem 'dir.

Bu kişilerin karşı karşıya bulundukları riskin farkında oldukları ve profesyonel nedenlerle bunu kabul etmeleri söz konusudur. Vücudun tümünde ve kritik organlarda (gonatlar, kemik iliği ve lensler) için MPD herhangi bir yıl 5 Rem'i aşmamalıdır. Tablo 2.6 da değişik kesimler için MPD değerleri verilmiştir Tablo 2.6'daki değerler yetişkin insanlar için belirlenen doz değerleridir. Toplum dozu Tablo 2.6'daki doz değerlerinin onda biri olarak belirlenmektedir. Bu doz değeri, konservatif olarak, toplumun en büyük risk gruplarına göre belirlenmiştir (Özden, 1990).

Tablo 2.6
ICRP'nin Tavsiyelerine Göre Kişiler İçin Doz Sınırları (Güngör,1991)

Organ veya doku	Radyasyonla çalışanlar için dozlar (mSv/yıl)	Toplum üyesi kişiler için doz sınırları (mSv/yıl)
Bütün vücut	50	5
Gonatlar, kırmızı kemik iliği ve göz mercekları	50	5
Cilt, kemikler ve tiroit	300	30
Eller ve kollar ile ayaklar ve bacaklar	750	75
Diğer herhangi bir tek organ	150	15

BÖLÜM 3

MERMERLER

3.1 Kayaç Türleri

Yerkabuğunu oluşturan kayaçlar, farklı şekillerde sınıflandırılabilirler. Ancak, genel olarak kayaçlar, magmatik, tortul ve metamorfik olmak üzere üçe ayrılarak incelenmektedir (Erguvanlı,1994). Kayaçların tipine göre radyoaktivite seviyelerinde farklılıklar gözlenmektedir.

3.1.1 Magmatik kayaçlar

Magmatik kayaç türleri, sıcak, viskoz ve mobil olan magmanın soğuması ile oluşmaktadır. Yer kabuğunda kendiliğinden yer alan doğal radyasyon kaynaklarından uranyum, toryum ve potasyum magmatik kayaçlar içerisinde yer almaktadır. Bu tip kayaçlardan; granit ve kuvars içerisinde hayli bol miktarda toryum ölçümlendiği belirtilmektedir (Phair ve Gotterfield, 1964). Dolayısıyla, diğer kayaç türlerine oranla magmatik kayaçlardaki uranyum, toryum dağılımı yüksek olmaktadır. Toryumun uranyuma oranı; bölgeden bölgeye değişmektedir. Yeryüzünde, yüzeyde ve yüzeye yakın magmatik kayaç türleri Tablo 3.1 de görülmektedir (Erguvanlı,1994).

Tablo 3.1
Yüzeyde ve Yüzeye Yakın Magmatik Kayaç Türlerinden (Erguvanlı,1994)

Gevşek	Tüfler ve Aglomeralar
Camsı	Pekştayn, Süngertaşı, Obsdiyen
Volkanik	Riyolit, Liparit, Trakit, Dasit, Andezit, Diyabaz, Bazalt, Pikrit,

3.1.2 Tortul Kayaçlar

Yeryüzünde bulunan bir diğer kayaç türü tortul kayaçlardır. Tortul kayaçlar, daha önceden varolan kayaçların dış etkenlerle parçalanıp aşınarak taşınması, karalarda yada sularda çökmesi sonucu oluşabilmektedir. Tortul kayaçlar içerisinde yer alan bir takım major elemanlar, toprak kayması gibi doğal olaylar neticesinde ayrılmakta ve bir takım kimyasal değişimler ortaya çıkmaktadır (Mason, 1952). Bu bağlamda, taneli materyallerden kuvars ayrılarak, kumtaşı ve kuvars kumu oluşmaktadır. Bunlar, silisyum bakımından zengin materyallerdir. Tortul kayaç türlerinin sınıflandırılması Tablo 3.2' de görülmektedir (Erguvanlı,1994).

Tablo 3.2
Tortul Kayaçların Sınıflandırılması (Erguvanlı,1994)

ÖZELLİK	AYRIK	ÇİMENTOLU
Kalkerli	Eriyiklerden çökelmiş kalsiyum karbonat, Çökeltme ile oluşan kalsiyum magnezyum karbonat	Kalkerler: Oolitlik, tebeşir, sarkıt, diki, traverten Dolomit: Magnezyumlu kalkerler
Silisli	Silisli jeli	Çakmaktaşı, japs, çört
Demirli	Demirokit hidrozo	Demirli killeri, alçıtaşı
Tuzlu	Tuz gölü birikintileri	Anhidrit, Na ve K'lı tuzlar, Nitratlar

3.1.3 Metamorfik Kayaçlar

Kayaçların üçüncü grubu olan metamorfik kayaçlar, daha önce, yeryüzünde bulunan magmatik, tortul ve metamorfik kayaçların dış etkenlerden dolayı şekil değiştirmesiyle meydana gelebilmektedir. Bir başka deyişle, metamorfik kayaçlar; basınç, ısı, kesim vb. gibi kuvvetlerin etkisiyle karakterlerinin, kristal yapılarının ve dokularının değişmesiyle oluşan yeni bir kayaç türüdür (Erguvanlı, 1994). Metamorfik kayaç türleri Tablo 3.3'de görülmektedir. Bu tezde incelenen mermerler, metamorfik kayaç türlerinin masif grubuna girmektedir.

Tablo 3.3
Metamorfik Kayaçların Sınıflandırılması (Erguvanlı,1994)

Sınıflama	Kayaç Türü	Özellik	İçindeki Mineraller
Şistler	Arduvaz	Çok ince taneli	Kil mineralleri
	Kloritşist	İnce yaprak yaprak	Mika, Kuvars
	Mikaşist		Feldispat
Foliasyonlu	Gnays	İri taneli kısmen ayrılmış	Kuvars, Feldispat, Mika, Hornblend
Masif	Mermer	İnce ve iri taneli	Kalsit, dolomit
	Kuvarsit	İnce ve iri taneli	Kuvars
	Hornfels	Çok ince taneli	Kuvars

Metamorfizma türlerini ikiye ayırmak mümkündür. Bunlar; termal metamorfizma ve dinamo metamorfizma olarak sınıflandırılabilirler. Termal metamorfizma türü kayaçlar, ısı tesiriyle volkan kitlelerle temas halinde bulunan kayaçların kristal yapılarının değişmesi sonucu ortaya çıkan türdür (Blyth,1983). Dinamo metamorfizma kayaçlar ise yüksek basınç ve gerilim altında kalan kayaçların kristal yapılarının bozularak, metamorfizma olmaları ile oluşabilmektedir.

3.1.4 Kayaçların Radyasyon Kaynakları

Yeryüzünde bulunan önemli doğal radyoaktif elementler arasında özellikle, uranyum, toryum ve potasyum sayılabilir. Bu elementlerin radyoizotoplarından U-238 ve Th-232 esas itibariyle alfa aktif elementler, K-40 ise beta aktif bir elementtir (Weber ve diğ., 1999). Tablo 3.4'te başlıca doğal radyoizotopların özellikleri verilmektedir.

Uranyumun jeokimyasal özellikleri incelendiğinde başlıca magmatik kayaçlarda, sedimenter kayaçlarda, siyah renkli şistli killerde ve toprakta bulunduğu görülmektedir. Günümüze kadar yapılan çalışmalarla Th, U ve K dağılımı için, yerkabuğunun alt tabakası, orta tabakası ve üst tabakasında U, K oranları incelenmiştir.

Tablo 3.4
Başlıca Doğal Radyoizotopların Özellikleri (Richards ve diğ.,1982)

Radyoizotop	Bozunum Radyasyonu	Enerjisi (MeV)	Yarı Ömür
U-238	α	α : 4.18; γ : 0,05	$4,5 \times 10^9$ yıl
U-235	α	α : 4.39; γ : 0.18-0.37	7.10×10^8 yıl
Th-232	α	α : 3.98; γ : 0.06	1.39×10^{10} yıl
K-40	β , γ	β : 1.35; γ : 1.46	1.69×10^{17}

Uranyumun ve toryumun esas itibarıyla magmatik yapılarda nispeten yüksek olduğu ve yeryüzünde, meydana gelen magmatik hareketler neticesinde oluşan volkanik hareketlerle alt tabakadaki uranyum ve toryumun üst seviyelere taşındığı tespit edilmiştir. Buna karşın, potasyumun ise her üç tabakada da geniş ve benzer bir değişim aralığı olduğu görülmektedir (Wyllie,1970).

3.2 Mermer Tanımı ve Tanıtımı

Mermerler; kalker veya dolamitik kalkerlerin basınç, sıcaklık veya kesme kuvveti etkisi altında metamorfizmaya (yeniden oluşum) uğraması sonucu kristallerin yeniden oluşmasıyla meydana gelen kayalardır. Mermerin bileşiminde % 96 oranında CaCO_3 bulunmasıyla beraber bu yapı içine giren çinko, kurşun, mangan demir veya demir oksitleri ile magnezyum, stronsiyum, limotit, florit gibi yabancı mineraller mermere değişik özellikler kazandırmaktadır. Mermerin doğal yapısı, bileşiminde bulunan CaCO_3 'tan ötürü beyazdır. Ancak, belirtilen maddelerin mermerin yapısında yer alması, mermerin rengine ve sertliğine etki ederek çeşitlenmesine sebep olmaktadır (Öztürk, 1987).

Mermerler mikroskop altında incelendiğinde, kalsit kristallerden meydana geldiği ve bu kristallerin birbirine sıkı olarak bağlanmış olduğu görülmektedir. Bu kristaller, büyük taneli ise mermerlerin mukavemeti düşerek, yumuşak ve mat bir hal almaktadır. Tane çapları küçüldükçe mukavemet, parlama kabiliyeti ve bozulmama yeteneği artmaktadır (Sayar, Erguvanlı, 1955).

Mermerler grup olarak hayli çeşitli renkler gösterebilirler. Karbonatlı kayaçlar; özellikle kalsit içerenlerden saf olanlar, parlak beyaz renkte olmaktadır. Çok açık griden siyaha değişen aralıktaki tonlar, ince taneli grafit içeren, saçılmış karbonlu maddeler tarafından oluşturulmaktadır. Yeşil renkler, klorit veya diğer silikatların varlığının sonucudur. Pembe ve kırmızı mermerler, ince dağılmış hematit veya mangenez karbonatların rengine sahiptirler.

Renk veren malzemeler, kayaç içerisinde nispeten homojen dağılmış olarak bulunabildiği gibi, bazı mermerlerde bölgesel yoğunlukla bulunabilmektedir. Bu tip malzemelerin mermer içinde bölgesel yoğunlukla bulunma halinde, mermer “benekli” veya “damarlı” yada “yollu” olarak nitelenebilmektedir (Kuşçu, 2001).

Kesilen ve parlatılan mermerler, mimari ve sanatsal yapıtların yapımında kullanılmaktadır. Bir başka deyişle, inşaat ve heykeltıraşçılık gibi kullanım alanlarına sahiptir. Günümüzde, mermer tüketiminin, yarıdan fazlasını; binalarda iç ve dış döşemelerde, kapı ve pencere eşiklerinde, merdivenlerde, sütunlarda, kaplama ve süslemelerde kullanım oluşturmaktadır. Ayrıca, mutfak bankolarında, hamamların, banyoların kurna ve küvetlerin yapımında, havuz içi ve çevresi gibi birçok yerde kullanılmaları söz konusudur (Kuşçu, 2001).

3.3 Mermerlerin Özellikleri

Mermerlerin çoğu, derince gömülmüş kireçtaşları üzerinde etkili olan yüksek sıcaklık ve basınç nedeni ile oluşmaktadır. Kuvvetli ve değişken basıncın etkisi, mermer tabakaları ve beraber bulunduğu yerinden oynatılmış tabakalardaki karmaşık kıvrımlarda kendini göstermektedir.

Yalnızca, yüksek ısı etkisine uğrayan kayaçta bulunan diyopsit ve tremolit gibi aksesuar mineraller uygun yüksek sıcaklığa işaret etmektedir. Aynı zamanda mermerin dinamotermal metamorfizmanın delillerini gösteren gnays ve şistlerle birlikte bulunması da mermerin yüksek ısı etkisinde kaldığını göstermektedir. Sedimanter özellikler ve fosillerin bozulması veya silinmesi nedeniyle mermerlerin doğru bölgesel korelasyonu ve jeolojik yaşının hesaplanması zorlaşmaktadır (Kuşçu, 2001).

Mermer kullanımında, malzemenin fiziko-mekanik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Fiziko-mekanik özellikler aynı zamanda, mermeri işleme yönteminin saptanmasında yol gösterici olmaktadır. Bu fiziko-mekanik özelliklerden bazıları aşağıdaki alt bölümler içinde açıklanmıştır (Güleç, 1973).

3.3.1 Sertlik

Sertlik, mermerlerin aşınmaya karşı gösterdiği dirençtir. Mohs sertlik cetveline göre kalsitin sertliği 3.0 ve dolomitin sertliği 3,5-4.0'tür. Bundan dolayı mermer sadece orta sertliğe sahip olabilmektedir. Sadece kalsitten meydana gelen mermer basamak ve döşemelerde hızla yıpranmaya eğilimli olmaktadır. Bunun yanı sıra kuvars veya silikatlı mineraller içeren mermerler çok daha dayanıklı olabilmektedirler. Mermerlerin sertliği; mineralojik bileşimlerinden başka yapılarına, dokularına, porozitelerine ve içindeki yabancı maddelerin miktarlarına göre değişmektedir. Taş ocağı işletmesinde sertlik, çalışabilmeyi etkileyebilmektedir. Genellikle, sert mineralleri kapsayan mermerlerin ocaklardan çıkarılması maliyeti artırmaktadır (Güleç,1973).

3.3.2 Yoğunluk

Mermerlerin en önemli fiziksel özelliklerinden biri, mineralojik bileşime bağlı olan birim hacim ağırlıklarıdır. Bu özellik taşların taşınabilme ve boşluk oranlarını belirtmesi bakımından ayrı bir değer ifade etmektedir. Yoğun olan mermerlerin daha kaliteli olduğu bilinmektedir. TS .1910'na göre mermer için bu değerlerin $2,55 \text{ g/cm}^3$ 'den aşağı olmaması gerekmektedir (Güleç,1973).

3.3.3 Doluluk Oranı

Malzeme içinde bulunan boşlukların malzeme mukavemeti açısından önemli olduğu bilinmektedir. Bu bakımdan, doluluk oranı tayini de ölçülmesi gereken bir büyüklüktür. Doluluk oranı tayini daha önce açıklanan birim hacim ağırlığının özgül ağırlığa oranı olarak kabul edilmektedir. TS.1910 'a göre bu değer % 98'in altına düşmemelidir (Öztürk,1987).

3.3.4 Çözülme Yeteneği

Mermer genellikle atmosfer etkilerine direkt temasta olan bölgelerde kullanılmaktadır. Dolayısıyla, atmosfer etkileri altında zamanla bozulmaya uğramaktadır. Eski çağlarda kullanılan birçok eserde, mermer malzeme bozulmalara uğramıştır. Mermerin bu özelliğinin bilinmesiyle hangi mermerin nerede kullanılacağı saptanarak, dayanıklı taşlar dış kaplama veya atmosfer etkilerine açık bölgelerde, diğerleri bina iç kısımlarında kullanılmaktadır (Öztürk,1987).

3.2.5 Renk

Mermerin rengi kalitesine etki eden önemli faktörlerden biridir. Mermerin bileşiminde bulunan CaCO_3 'ın rengi beyaz olmasına rağmen iç yapıda bulunan demir oksitleri ve diğer mineraller mermerin değişik renk almasını sağlamaktadır. Yurdumuzda oldukça değişik renklerde mermerler bulunmaktadır. Ayrıca, mermerin üzerinde bulunan renkli damarlar malzemeye doğal ve hoş bir görünüm kazandırmaktadır.

3.3.6 Basınç Direnci

Mermerler, kullanıldıkları yerler itibarıyla, değişik şekil ve ölçülerde basınç kuvvetlerine maruz kalmaktadırlar. Örneğin; tabana döşenmiş bir mermer plaka, üzerinden geçen insanların veya çeşitli araçların ağırlıklarından dolayı basınç kuvvetlerine tabidir. Basınç direncine, kristallerin büyüklüğü, kristallenme derecesi, homojenite vb. etkilerin etki ettiği bilinmektedir. Mermerlerde, CaCO_3 miktarı arttıkça basınç direnci artmaktadır. Teknotik olaylar sebebiyle bünyesi bozulan ve CaCO_3 miktarı azalan mermerlerin basınç direncinin düşmesi normal karşılanmaktadır. Buna göre, jeolojik faktörlerin basınç direncini etkilediği saptanmış, mermerlerin kullanılmasında jeolojik süreksizliklere dikkat edilmesi gerektiği ortaya çıkmış olmaktadır (Güleç, 1973).

3.3.7 Donma Dayanımı

Binalarda bulunan mermer malzemenin içine emdiği suyun donması sonucu mukavemetinde düşme gözlenmektedir. Bu nedenle donma dayanım deneyleri yapılmaktadır. Deneyler sonunda, mermerlerde hiçbir kopma ve gevşeme olmadığı, sadece demiroksitli damarlarda renk atma görüldüğü belirtilmiştir. Bu arada, su emme özelliğinin iki kat arttığı ve basınç direncinin % 9- 24 oranında azaldığı ifade edilmektedir. Donma dayanım düşümünün, mermer malzeme için % 5'den daha az olması istenmektedir. Bu nedenle donmaya karşı hassas olan taşlar, dış kaplaması olarak kullanılmamaktadır (Güleç, 1973).

3.3.8 Aşınma Dayanımı

Karayollarında, yaya kaldırımlarında, bekleme yerlerinde, hastane, okul vb. gibi büyük binaların döşeme ve merdivenlerinde kullanılmakta olan taşlar aşınma etkisine uğramaktadırlar. Şayet, bu gibi yerlerde kullanılan taşlar iyi seçilmezse kısa zamanda aşınarak faydalanılamaz hale gelmektedir. Diğer taraftan bu amaçla kullanılmakta olan taşlar fiziko-mekanik özellikler bakımından homojen değilse, farklı aşınmalar

gösterebilmektedirler. Bu açıdan, mermerin belli bir aşınma dayanımına sahip olması istenmektedir. TS 1910 'da bu değer, $15 \text{ cm}^3 / 50 \text{ cm}^2$ den fazla olmaması şeklinde belirlenmiştir (Güleç, 1973).

3.4 Türkiye Mermerleri

Türkiye'deki mermer rezervinin; saptanan 4.503 milyar m^3 , saptanamayan rezervlerle beraber ise 6 milyar m^3 başka bir deyişle, 20 milyar ton olduğu sanılmaktadır. Türkiye'deki rezervlerin en büyükleri Afyon-İşçehisar, Marmara adası ve Muğla-Yatağan-Kavaklıdere alanıdır. Bunun yanında Kütahya, Uşak, Eskişehir, Balıkesir ve İzmit körfezi civarı da oldukça zengin mermer yataklarına sahiptir.

Türkiye'nin en zengin traverten yatakları ise Denizli bölgesinde toplanmıştır. Dünyada zengin mermer yataklarına sahip ülkeler arasında, İtalya başta olmak üzere İspanya, Portekiz, Çin ve Pakistan sayılabilir (Öztürk, 1987).

Türkiye'de mermerciliğin Cumhuriyet Döneminde doğuşu, Anıtkabir'in ve T.B.M.M'nin yapımıyla başlamaktadır. Bu dönemden itibaren 1970'li yıllara kadar mermercilikte önemli bir gelişme olmamış, fakat özellikle 1976 yılından başlayarak ihracattaki payımız artmıştır.

Bu artış, 1981 yılından itibaren tekrar gerilemeye başlamıştır. Bu gerilemenin sebebi dünya ekonomik krizi ve Türkiye' nin en önemli pazarı olan Ortadoğu ülkelerinin petrol krizi ve İran-İrak savaşı dolayısıyla ithalata dayalı yatırımlarını kısmaları veya birçoğunu iptal etmeleri olmuştur.

Yeni keşfedilen doğal taşlar ve üretim hacmine bağlı olarak, Türkiye'nin anılan ihracatında da her geçen yıl önemli ölçüde artış kaydedilmektedir. 1985 yılında 10 milyon dolar olan Türkiye'nin doğal taş ihracatı, 1990 yılında 40 milyon dolar a, 1995 yılında 75 milyon dolar a ve 2000 yılında 189 milyon dolar a ulaşmıştır (Öktem, 2001).

Anadolu, Marmara adasında başlayan 4000 yıllık mermer üretimi geçmişiyle dünyanın en eski mermer üretici bölgelerinden biri durumundadır. Ülkemizin jeolojik yapısında yer alan yaşlı kristalin masifin varlığı ile Trakya'dan Doğu Anadolu'ya kadar hemen her bölgede geniş alanlar kaplayan mermer rezervlerimiz mevcuttur (Tombul, Güngör,1997).

Mermer, Türkiye' de yaklaşık 700 ocaktan çıkarılmakta olup, mermer işleyen 120 fabrika ile 1600 atölye bulunmaktadır. Mermer ocaklarının %90'ı Türkiye'nin batı bölümünde yer almaktadır. Bunların en önemlileri, Marmara adasında, Ege bölgesinde ve Afyon ilinde yer almaktadır.

Mermer ihracatı Türkiye'nin toplam doğal taş ihracatının yaklaşık % 90'nını teşkil etmektedir. Geriye kalan %10'luk dilim ise, granit ve diğer doğal taş ihracatını oluşturmaktadır. Toplam mermer ihracatı içinde, işlenmiş mermerin payı yaklaşık olarak % 80 olmaktadır. ABD 54 milyon dolar ile Türkiye için en büyük pazar olup, 15.3 milyon dolar ile İsrail ikinci ve 12.4 milyon dolar ile Suudi Arabistan üçüncü pazar konumundadır.

Türkiye 650'ye varan mermer çeşitleri ile Dünya Mermer Rezervi'nin % 40'ına sahip olmaktadır. Mermerlerimizin renk ve doku kalitesi bakımından da Pazar şansı çok yüksek olmaktadır. Ocaktan çıkarılan mermerin yarı mamul ve mamul ürün haline getirilmesi için fabrikada enerji dışındaki tek gereksinim sudur.

Çoğunlukla kalsiyum karbonat bileşiminde olan mermerin kesilip işlenmesi esnasında oluşan toz, sudan ayrıldıktan sonra hayvan yemleri yapımında, seramik sanayiinde ve toprağı kalsiyum karbonatını yükseltici katkı maddesi olarak da kullanılabilir (Türkmen,1995)

İşleme süresi ve üretim kayıplarının minimize edilmesi neticesinde, son yıllarda mermer işleme teknolojilerindeki ilerlemeler, nihai ürün kalitesinde artışlara neden olmuştur. Buna rağmen, Türkiye hedeflenen kapasiteye ulaşamamıştır.

Zengin doğal kaynaklarının miktarı ve çeşitliliğinden dolayı Türkiye mermer endüstrisi, gerek yerli ve gerekse yabancı yatırımcılar için karlı bir gelecek vaat etmektedir. Teknoloji ve ticaret alanlarında yabancı ülkelerle karşılıklı ilişkilerin geliştirilmesiyle Türkiye'nin mermer endüstrisindeki öneminin uluslararası pazarlarda artarak devam edeceği bir gerçektir (İMİB, 2001).

Ülkemizde işletilen önemli mermer yataklarından bazıları Tablo 3.1'de verilmiştir. Bu mermer yataklarından Afyon-İşçehisar, Marmara Adası ve Muğla-Yatağan-Kavaklıdere mermerleri kalite, üretim miktarları ve piyasalar tarafından gördüğü talep bakımından önemli üç mermer sahamızdır.

Tablo3.4
Türkiye Mermer Yatakları (Kuşçu,2001)

Bulunduğu Yer	Rengi
Afyon- İncehisar	Kaplanpostu, şeker, bal rengi
Muğla-Yatağan-Salkım-Kestanecik	Leylak, limoni, beyaz
Bilecik-Söğüt	Bej
Muğla-Yatağan-Kozağaç	Beyaz
Eskişehir-Süpren	Gri üzerine kırmızı damarlı
Eskişehir-Sivrihisar	Bej
Burdur-Yeşilova	Kahve
Burdur-Yeşilova-Karamanlı-Tefenni	Bej
Elazığ-Guleman-Altınoluk Köyü	Vişne
Denizli	Sarı bej
Uşak-Karahallı-Duraklı Köyü	Yeşil ve beyaz
Kütahya-Altıntaş	Beyaz
Ankara-Nallıhan	Siyah
Konya-Akşehir	Siyah
İzmir-Belevi	Siyah
Bursa-Karacabey-Seyran	Siyah
Adapazarı	Siyah
Antalya-Finike	Limra
Balıkesir-Çayüstüköyü	Dove-kumru tüyü
Balıkesir-Marmara adası	Marmara beyazı
Kırklareli-Vize-Serden Köyü	Vize pembesi
Kırklareli-Üsküp-Sazara Köyü	Sazara sedef
Kayseri-Develi-Saraycık Köyü	Toros siyahı
Uşak- Hacı Hüseyinler köyü	Sarı, beyaz
Manisa-Akhisar-Efkafeke Köyü	Ege kahve
Bilecik-Taşçılar Köyü	Bilecik pembe- gül kurusu
Bilecik-Gölpazarı-Şahinler Köyü	Gölpazarı bej
Manisa-Demirci-Borlu-Saraycık Köyü	Demirci oniksi
Balıkesir-Bigadiç-Çayüstü Köyü	Balıkesir gül
İzmir-Torbalı	Oniksi
Kırşehir-Terme	Oniksi
Tokat	Yeşil oniksi

BÖLÜM 4

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu Yüksek Lisans tezinde, ülkemizde bulunan farklı mermerlerin doğal radyasyon seviyelerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla bir dizi işlem ve deney yapılmıştır.

4.1 Deneyde Kullanılan Mermerlerin Tanıtımı

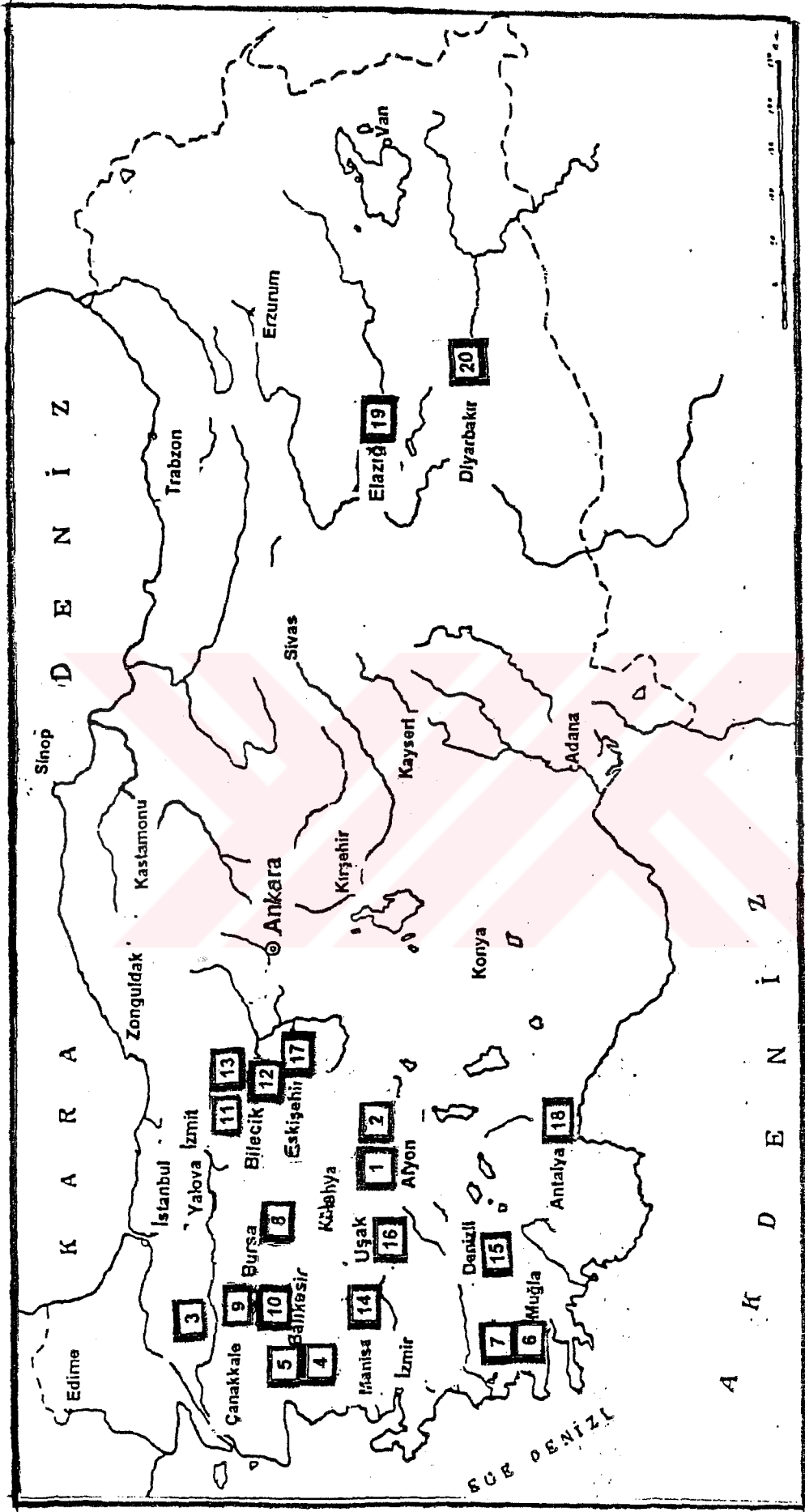
Deneylerde, ülkemizde sıkça kullanılan ve yörelerini temsil edebilecek mermerlerle çalışılmasına özen gösterilmiştir. Çalışılacak söz konusu bu tür mermerler, profesyonel olarak konu ile ilgilenen, ciddi firmalar aracılığı ile temin edilmiştir. Temin edilen mermerlerin çıkarım yerleri konusunda tereddütlere düşülmemesi için, özellikle, bizzat kendilerinin ilgili mermer ocağı bulunan firmalarla temas edilmesi yoluna gidilmiştir. Temin edilen mermerlerin özellikleri konusunda, "İstanbul Maden İhracatçıları Birliği" imkanlarından yararlanılmıştır (İMİB,2001).

Deneyler için temin edilen mermerlerin olabildiğince Türkiye'nin farklı bölgelerinde olmasına çalışılmıştır. Ancak, Türkiye'nin mermerce zengin bölgeleri Batı Anadolu olduğundan, çalışılan mermerlerin önemli bir kısmı Batı Anadolu bölgesindedir. Ayrıca, Türkiye'nin mermerce zengin bölgelerine ilişkin yakın bölge mermerlerine ulaşılması da hedeflenmiştir. Bu Yüksek Lisans Tezi çerçevesinde önemli olarak nitelenebilecek mermerlere ulaşılabilmiş ve 20 farklı mermer numunesi ile çalışılmıştır.

Çalışılan mermerler türleri; Tablo 4.1' de belirtilmekte olup, yerleri ise Şekil 4.1'deki harita üzerinde gösterilmektedir. Ayrıca, bu mermer türlerinin her birinin genel, litolojik, fiziksel, kimyasal ve petrografik özellikleri İstanbul Maden İhracatçıları Birliği'nin hazırlamış olduğu kaynaktan yararlanılarak aşağıdaki alt bölümlerde ayrı ayrı tanıtılmaktadır.

Tablo 4.1
Deneyde Kullanılan Mermer Türleri

No	Mermerin Adı	Bulunduğu Yer	Bulunduğu yöre	Mermerin Rengi
1	Afyon Beyaz	Afyon	İşçehisar	Beyaz
2	Kaplanpostu	Afyon	İşçehisar	Koyu gri
3	Marmara Beyaz	Balıkesir	Marmara adası	Beyaz
4	Manyas Beyaz	Balıkesir	Manyas	Beyaz
5	Kumru tüyü	Balıkesir	Çayüstü	Gri-beyaz üzeri kırmızı
6	Pembe Rüya	Muğla	Yatağan	Beyaz üzeri sarı-gri
7	Muğla Beyaz	Muğla	Yatağan-Kozağaç	Beyaz
8	M.Kemalpaşa	Bursa	Kemalpaşa	Beyaz
9	Karacabey Siyah	Bursa	Karacabey	Siyah
10	Bursa Bej	Bursa	Söğütalan-Killik	Bej
11	Taşçılar Açık	Bilecik	Oklura	Krem,bej
12	Söğüt beji	Bilecik	Söğüt	Bej
13	Taşçılar Koyu	Bilecik	Taşçılar	Pembe, bej
14	Ege Kahve	Manisa	Akhisar	Koyu kahve
15	Denizli Traverten	Denizli	Kocabaş Köyü	Açık sarı ve hardal
16	Uşak beyaz	Uşak	Hacıhüseyin Köyü	Beyaz
17	Leopar (Salome)	Eskişehir	Ayvacak Köyü	Beyaz üzeri kırmızı-sarı
18	Limestone	Antalya	Finike	Krem,bej,açık gri
19	Elazığ Vişne	Elazığ	Guleman	Kırmızı-yeşil
20	Rosa Tea	Diyarbakır	Hazro	Sarımsı ve pembemsi



Şekil 4.1 Numune Yöreleri

4.1.1 Afyon Beyaz Mermer

Paleozoik yaşı Afyon beyaz mermeri, metamorfik klasik mermerdir. Yeşil şist fasiyesi minerallerinden oluşan Afyon metamorfikleri içinde mercer olarak yer alan bu mermerler Neojen volkanitleri tarafından üzerlenmektedir. Orta taneli kalsit kristallerinden oluşmaktadır. Beyaz renkli olup yer yer ince yaldızlı ve sarı damarlar içermektedir. Jeolojik rezervi 60 milyon m³ kadardır. Bu mermere ait fiziksel özellikler Tablo 4.2'de, kimyasal özellikler Tablo 4.3'de verilmektedir. Afyon beyaz mermerin görünümü Şekil 4.2'de görülmektedir.

Tablo 4.2
Afyon Beyaz Mermerinin Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	Değerler
Sertlik (Mohs)	3
Birim hacim ağırlığı (g/cm ³)	2,73
Özgül ağırlığı (g/cm ³)	2,75
Atmosfer basıncında su emme (Ağırlıkça %)	0,1
(Hacimce %)	0,2
Kaynar suda su emme (Ağırlıkça %)	0,1
(Hacimce %)	0,2
Porozite (%)	0,2
Basınç direnci (kg/cm ²)	701
Don sonrası basınç direnci (kg/cm ²)	590
Darbe direnci (kg.cm/cm ³)	23
Eğilme direnci (kg/cm ²)	151
Elastisite modülü (kg/cm ²)	5,9x10 ⁴
Doluluk oranı (%)	99,3
Gözeneklilik derecesi (%)	0,7
Ortalama aşınma direnci (cm ³ /50 cm ²)	25,4
Ortalama çekme direnci (kg/cm ²)	39

Tablo 4.3
Afyon Beyaz Mermerinin Kimyasal Özellikleri

Kimyasal analizler	%
SiO ₂	0,24
Fe ₂ O ₃	0,02
CaO	49,53
MgO	2,21



Şekil 4.2 Afyon Beyaz Mermerin Görünümü

Tablo 4.4
Afyon Beyaz Mermerinin Genel Özellikleri

Konu	Açıklama
Blok verimi	İyi
Blok boyutları (cm)	150×120×80-200×200×120
Plaka boyutları (cm)	1-2-3 cm kalınlığında ve istenilen boyutlarda plaka elde edilebilir.
Cıalanabilme yeteneği	İyi
Şekillendirilebilme yeteneği	İyi
Elde edilebilen ürün türleri	Boyutlu plaka, fayans
Kullanım alanları	Anıt yapılar,döşeme, dekorasyon, iç ve dış kaplama heykel

Granoblastik ve yer yer de poligonal tekstür gösteren kalsit kristallerinden ibaret olup ayrıca az miktarda serizit ve kuvars içermektedir. Afyon beyaz mermerin genel özellikleri Tablo 4.4'de verilmektedir.

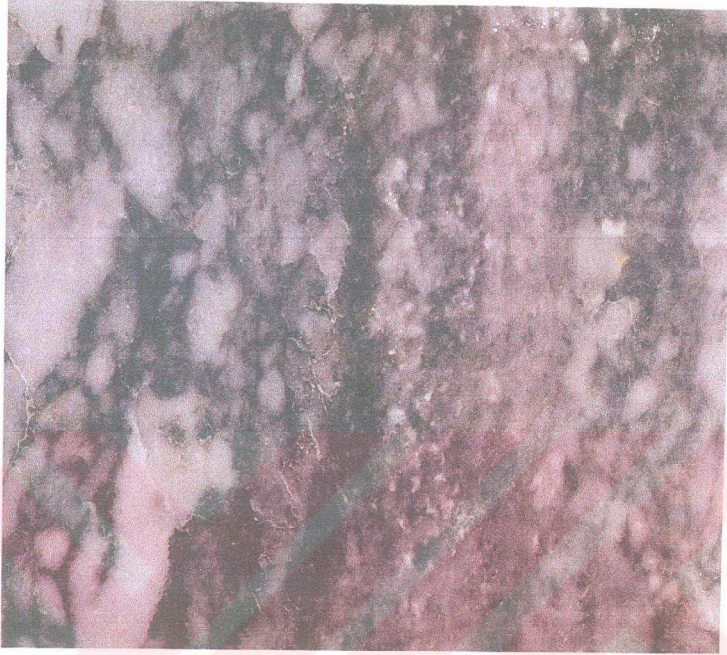
4.1.2. Afyon Kaplan Postu Mermer

Afyon kaplan postu mermeri, koyu gri bir kütle içerisinde gömülü, değişik boyutta gri boğum ve elemanlar şeklinde görülmektedir. Jeolojik rezervi 3 milyon m³ kadardır. Afyon kaplan postu mermerine ilişkin fiziksel özellikler Tablo 4.5'de, genel özellikler ise Tablo 4.6'da verilmektedir. Şekil 4.3'de ise Afyon Kaplan postu mermeri görülmektedir.

Tablo 4.5
Afyon Kaplan Postu Mermerinin Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	Değerler
Sertlik (Mohs)	4
Birim hacim ağırlığı (g/cm ³)	2.71
Özgül ağırlığı (g/cm ³)	2.73
Atmosfer basıncında su emme (Ağırlıkça %)	0.1
(Hacimce %)	0.2
Kaynar suda su emme (Ağırlıkça %)	0.1
(Hacimce %)	0.2
Porozite (%)	0.2
Basınç direnci (kg/cm ²)	648
Don sonrası basınç direnci (kg/cm ²)	447
Darbe direnci (kg.cm/cm ³)	11
Eğilme direnci (kg/cm ²)	65
Elastisite modülü (kg/cm ²)	8.16×10 ⁴
Doluluk oranı (%)	99.3
Gözeneklilik derecesi (%)	0.7
Ortalama aşınma direnci (cm ³ /50 cm ²)	33.3
Ortalama çekme direnci (kg/cm ²)	46

Afyon kaplan postu mermeri, tane boyu 500 mikron-750 mikron arasında değişen ve basınç izklenmesi gösteren kalsit ile, tane boyu 40 mikron- 300 mikron arasında değişen kalsit tanelerinden oluşmaktadır. Tablo 4.7'de bu mermere ilişkin kimyasal özellikler verilmektedir.



Şekil 4.3 Afyon Kaplan Postu Mermerinin Görünümü

Tablo 4.6
Afyon Kaplan Postu Mermerinin Genel Özellikleri

Konu	Açıklama
Blok verimi	İyi
Blok boyutları (cm)	120×100×80-240×180×120
Plaka boyutları (cm)	1-2-3 cm kalınlığında ve istenilen boyutlarda plaka elde edilebilir.
Cırtalanabilme yeteneği	Normal
Şekillendirilebilme yeteneği	İyi
Elde edilebilen ürün türleri	Plaka, fayans
Kullanım alanları	İç ve dış kaplama, dekorasyon

Tablo 4.7
Afyon Kaplan Postu Mermerinin Kimyasal Özellikleri

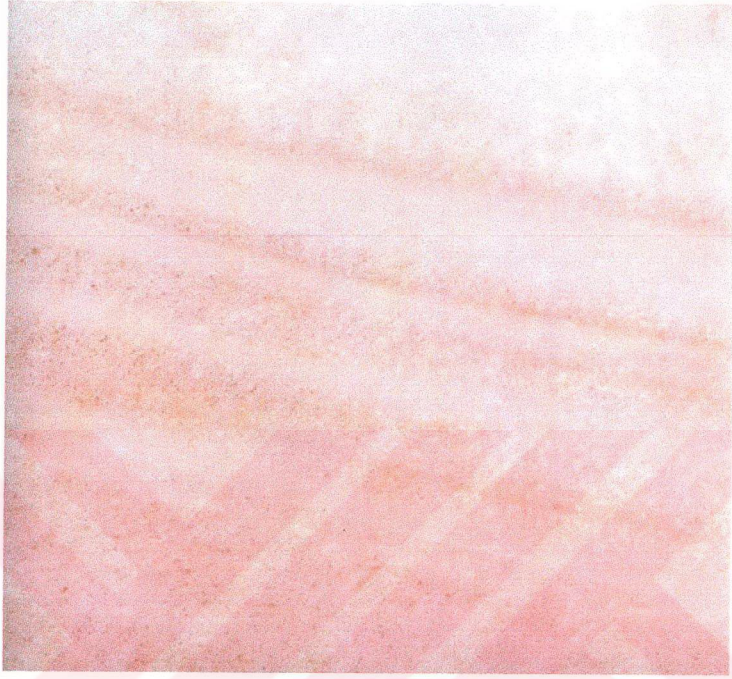
Kimyasal analizler	%
SiO ₂	0.14
Fe ₂ O ₃	0.11
CaO	55.75
MgO	Eser

4.1.3 Marmara Beyaz Mermer

Paleozoik yaşlı Marmara adası mermerleri, litolojik olarak mermer ve dolomittir. Mermerler şistler ile ardışık olup, gnaysleşmiş bir granit tarafından kesilmiştir. Marmara adası mermerleri beyaz renkli dolomitler ile gri bant ve lekeler kapsayan açık gri-beyaz mermerler şeklinde gözlenmektedir. Dolomitler mermerlerin içinde mercerler şeklinde olmaktadır. Jeolojik rezervi 1 milyar m³ kadardır. Marmara beyaz mermerinin fiziksel özellikleri Tablo 4.8'de, genel özellikleri ise Tablo 4.9'de verilmektedir. Bu mermere ait fotoğraf Şekil 4.4'de görülmektedir.

Tablo 4.8
Marmara Beyaz Mermerinin Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	Değerler
Sertlik (Mohs)	3
Birim hacim ağırlığı (g/cm ³)	2,71
Özgül ağırlığı (g/cm ³)	2,73
Atmosfer basıncında su emme (Ağırlıkça %)	0,1
(Hacimce %)	0,2
Kaynar suda su emme (Ağırlıkça %)	0,1
(Hacimce %)	0,3
Porozite (%)	0,2
Basınç direnci (kg/cm ²)	704
Don sonrası basınç direnci (kg/cm ²)	683
Darbe direnci (kg.cm/cm ³)	17
Eğilme direnci (kg/cm ²)	111
Elastisite modülü (kg/cm ²)	5,65x10 ⁴
Doluluk oranı (%)	99,3
Gözeneklilik derecesi (%)	0,7
Ortalama aşınma direnci (cm ³ /50 cm ²)	29,6
Ortalama çekme direnci (kg/cm ²)	65



Şekil 4.4 Marmara Beyaz Mermerinin Görünümü

Tablo 4.9
Marmara Beyaz Mermerinin Genel Özellikleri

Konu	Açıklama
Blok verimi	İyi
Blok boyutları (cm)	120×100×80-240×180×120
Plaka boyutları (cm)	1-2-3-4-6 cm kalınlığında ve istenilen boyutlarda plaka elde edilebilir.
Cıalanabilme yeteneği	Normal
Şekillendirilebilme yeteneği	İyi
Elde edilebilen ürün türleri	Plaka, fayans
Kullanım alanları	Dekorasyon, anıt, hamam, heykel yapımı, mezar taşı, iç ve dış kaplama

Örnek basınç ikizlenmesi gösteren Marmara beyaz mermeri, tane boyu 250-850 mikron arasında değişen kalsit minerallerinden oluşmaktadır. Bu mermer ait kimyasal özellikler Tablo 4.10'da verilmektedir.

Tablo 4.10
Marmara Beyaz Mermerinin Kimyasal Özellikleri

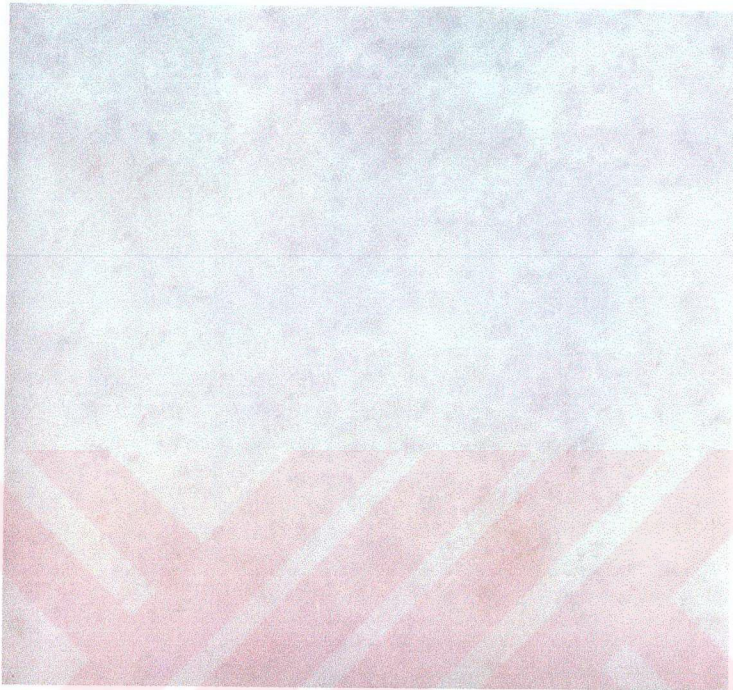
Kimyasal analizler	%
SiO ₂	0,01
Fe ₂ O ₃	0,15
CaO	55,25
MgO	0,72

4.1.4 Manyas Beyaz Mermer

Paleozoik yaşlı Manyas beyaz mermeri, iri kristalli ve beyaz renkli olmaktadır. Bu mermerler paleozoik yaşlı metamorfik şistler içerisinde mercer halinde bulunmaktadır. Manyas beyazı mermerleri Paleosen yaşlı granit tarafından kesilmesi nedeniyle rekristalizasyona uğramıştır. Jeolojik rezervi 40 milyon m³ olmaktadır. Bu mermer ait genel özellikler Tablo 4.11'de verilmektedir. Mermerin kimyasal özellikleri ise Tablo 4.12'de açıklanmıştır. Bu mermer ait görüntü de Şekil 4.5'de görülmektedir.

Tablo 4.11
Manyas Beyaz Mermerinin Genel Özellikleri

Konu	Açıklama
Blok verimi	İyi
Blok boyutları (cm)	120×100×80-240×200×140
Plaka boyutları (cm)	2-3 cm kalınlığında ve istenilen boyutlarda plaka elde edilebilir.
Cıltalanabilme yeteneği	İyi
Şekillendirilebilme yeteneği	Normal
Elde edilebilen ürün türleri	Plaka
Kullanım alanları	İç kaplama, dekorasyon



Şekil 4.5 Manyas Beyaz Mermerinin Görünümü

Tablo 4.12
Manyas Beyaz Mermerinin Kimyasal Özellikleri

Kimyasal analizler	%
SiO ₂	0,2
Fe ₂ O ₃	0,13
CaO	54,45
MgO	0,5

Numune basınç ikizlenmesi gösteren makrokristalin kalsitten ibarettir. Bu mermerin fiziksel özellikleri ise Tablo 4.13'de verilmektedir.

Tablo 4.13
Manyas Beyaz Mermerinin Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	Değerler
Sertlik (Mohs)	3
Birim hacim ağırlığı (g/cm ³)	2,71
Özgül ağırlığı (g/cm ³)	2,72
Atmosfer basıncında su emme (Ağırlıkça %)	0,1
(Hacimce %)	0,4
Kaynar suda su emme (Ağırlıkça %)	0,2
(Hacimce %)	0,6
Porozite (%)	0,4
Basınç direnci (kg/cm ²)	421
Don sonrası basınç direnci (kg/cm ²)	335
Darbe direnci (kg.cm/cm ³)	6
Eğilme direnci (kg/cm ²)	52
Elastisite modülü (kg/cm ²)	5,2x10 ⁴
Doluluk oranı (%)	99,6
Gözeneklilik derecesi (%)	0,4
Ortalama aşınma direnci (cm ³ /50 cm ²)	29,4
Ortalama çekme direnci (kg/cm ²)	50

4.1.5 Kumru Tüyü Mermer

Triyas yaşlı Kumru Tüyü mermerleri, litolojik olarak rekristalize kireçtaşıdır. Mermerlerin üzerine Jura-Kretase yaşlı kireçtaşları gelmektedir. Mermer gri-beyaz hamuru içinde kırmızı gözlenmektedir. Jeolojik rezervi 13 milyon m³ olmaktadır. Bu mermere ait kimyasal özellikler Tablo 4.14'de, genel özellikler ise Tablo 4.15'de verilmektedir. Bu mermere ait görüntü Şekil 4.6'da görülmektedir.

Tablo 4.14
Kumru Tüyü Mermerinin Kimyasal Özellikleri

Kimyasal analizler	%
SiO ₂	0,10
Fe ₂ O ₃	0,29
CaO	52,63
MgO	2,43



Şekil 4.6 Kumru Tüyü Mermerinin Görünümü

Tablo 4.15
Kumru Tüyü Mermerinin Genel Özellikleri

Konu	Açıklama
Blok verimi	% 60'a yakın hasarlı
Blok boyutları (cm)	160×120×100-250×200×140
Plaka boyutları (cm)	3 cm kalınlığında ve istenilen ve 2 cm'lik boyutlarda plaka elde edilebilir.
Cıltalanabilme yeteneği	Normal
Şekillendirilebilme yeteneği	İyi
Elde edilebilen ürün türleri	Plaka
Kullanım alanları	İç ve dış kaplama, dekorasyon

Bu mermer türüne petrografik özellikleri açısından bakıldığında, örnek basınç izlenmesi gösteren ve tane boyu 300-500 mikron arasında değişen kalsit mineralleri ile daha az miktarda başka bir deyişle tane boyu 10 mikrondan küçük kalsit minerallerinden oluştuğu görülmektedir. Bu memere ait fiziksel özellikler Tablo 4.16'da verilmiştir.

Tablo 4.16
Kumru Tüyü Mermerinin Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	Değerler
Sertlik (Mohs)	4
Birim hacim ağırlığı (g/cm ³)	2,72
Özgül ağırlığı (g/cm ³)	2,75
Atmosfer basıncında su emme (Ağırlıkça %)	0,2
(Hacimce %)	0,6
Kaynar suda su emme (Ağırlıkça %)	0,3
(Hacimce %)	0,8
Porozite (%)	0,6
Basınç direnci (kg/cm ²)	1019
Don sonrası basınç direnci (kg/cm ²)	1019
Darbe direnci (kg.cm/cm ³)	6
Eğilme direnci (kg/cm ²)	135
Elastisite modülü (kg/cm ²)	12,33x10 ⁴
Doluluk oranı (%)	98,9
Gözeneklilik derecesi (%)	1,1
Ortalama aşınma direnci (cm ³ /50 cm ²)	16,3
Ortalama çekme direnci (kg/cm ²)	66

4.1.6 Yatağan Pembe Rüya Mermer

Paleozoik yaşlı kalsit kristallenmeden oluşan metamorfizma geçirmiş, Yatağan Pembe Rüya mermeri aynı yaştaki Menderes masifine ait metamorfik şistler içerisinde adese şeklinde bulunmaktadır. Genel olarak beyaz, pek az sarı ve gri renklenmeli ve yer yer ikincil süreksizlikler gözlenmektedir. Jeolojik rezerv 3 milyon m³'dür. Bu memere ait genel özellikler Tablo 4.17'de verilmektedir. Fiziksel özellikler ise Tablo 4.18'de gösterilmektedir. Yatağan Pembe Rüya Mermerinin görünümü Şekil 4.7'de görülmektedir.

Tablo 4.17
Yatağan Pembe Rüya Mermerinin Genel Özellikleri

Konu	Açıklama
Blok boyutları (cm)	300×180×180
Cilalanabilme yeteneği	Mükemmel
Şekillendirilebilme yeteneği	Mükemmel
Elde edilebilen ürün türleri	Plaka (1,2,3 cm), fayans, ebatlı kesim
Kullanım alanları	Döşeme,iç ve dış kaplama, dekorasyon

Tablo 4.18
Yatağan Pembe Rüya Mermerinin Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	Değerler
Sertlik (Mohs)	3-4
Birim hacim ağırlığı (g/cm ³)	2,70
Özgül ağırlığı (g/cm ³)	2,72
Atmosfer basıncında su emme (Ağırlıkça %)	0,14
(Hacimce %)	0,37
Kaynar suda su emme (Ağırlıkça %)	0,12
(Hacimce %)	0,35
Porozite (%)	0,38
Basınç direnci (kg/cm ²)	533
Don sonrası basınç direnci (kg/cm ²)	427
Darbe direnci (kg.cm/cm ³)	2
Eğilme direnci (kg/cm ²)	320
Elastisite modülü (kg/cm ²)	120x10 ³
Doluluk oranı (%)	96,8
Gözeneklilik derecesi (%)	0,58
Ortalama aşınma direnci (cm ³ /50 cm ²)	8,54
Ortalama çekme direnci (kg/cm ²)	40



Şekil 4.7 Yatağan Pembe Rüya Mermerinin Görünümü

Numune, petrografik özellikler açısından incelendiğinde , tane büyüklüğü çoğunlukla 1,5-2 mm arasında değişen birbirine iyice kenetlenmiş kalsit kristallerden oluştuğu gözlenmiştir. İçinde çok az da olsa 2 mm'den büyük kristaller de izlenmektedir. Kalsit kristalleri genellikle düzenli tipik sakkaroid (şekersi) doku görünümündedir. Numune içinde az oranda gözlenen mikrofisürler yer yer demiroksit içermektedir. Tablo 4.19'da kimyasal özellikler verilmektedir.

Tablo 4.19
Yatağan Pembe Rüya Mermerinin Kimyasal Özellikleri

Kimyasal analizler	%
Al_2O_3	0,04
SiO_2	0,17
Fe_2O_3	0,21
CaO	55,69
MgO	36

4.1.7 Muğla Beyaz Mermer

Üst Jura-Kretase yaşlı Muğla Beyaz mermeri, litolojik olarak mermer şeklinde tanımlanmaktadır. Beyaz renkli, iri taneli ve çatlaklı olan bu mermerler, Paşalıdağ formasyonu olarak bilinen karbonat istifinin üst seviyelerini oluşturmaktadırlar. Yaklaşık 7 km uzunluğunda ve 200-500 m genişliğinde bir mostroya sahiptir. Bu mermer birimi tabanda Paleozoik yaşlı temel kayalarını üzerlerken, Alt-Orta Triyas yaşlı kaya birimleri tarafından da tektonik uyumsuzlukla örtülmektedir. Jeolojik rezervi 1 milyon m³ kadardır. Muğla Beyaz mermerine ilişkin fiziksel özellikler Tablo 4.20'de, genel özellikleri ise Tablo 4.21'de verilmektedir. Şekil 4.8'de ise görünümü görülmektedir.

Tablo 4.20
Muğla Beyaz Mermerinin Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	Değerler
Sertlik (Mohs)	3
Birim hacim ağırlığı (g/cm ³)	2,69
Özgül ağırlığı (g/cm ³)	2,71
Atmosfer basıncında su emme (Ağırlıkça %)	0,2
(Hacimce %)	0,5
Kaynar suda su emme (Ağırlıkça %)	0,2
(Hacimce %)	0,5
Porozite (%)	0,5
Basınç direnci (kg/cm ²)	600
Don sonrası basınç direnci (kg/cm ²)	500
Darbe direnci (kg.cm/cm ³)	6
Eğilme direnci (kg/cm ²)	70
Elastisite modülü (kg/cm ²)	53,03x10 ⁴
Doluluk oranı (%)	99,3
Gözeneklilik derecesi (%)	0,7
Ortalama aşınma direnci (cm ³ /50 cm ²)	32,36
Ortalama çekme direnci (kg/cm ²)	509,86



Şekil 4.8 Muğla Beyaz Mermerinin Görünümü

Tablo 4.21
Muğla Beyaz Mermerinin Genel Özellikleri

Konu	Açıklama
Blok verimi	%20-80
Blok boyutları (cm)	250×150×150-300×170×180
Plaka boyutları (cm)	1-2-3 cm kalınlığında ve istenilen boyutlarda plaka elde edilebilir.
Cıalanabilme yeteneği	Çok iyi
Şekillendirilebilme yeteneği	İyi
Elde edilebilen ürün türleri	Boyutlu plaka, fayans, denizlik
Kullanım alanları	İç ve dış cephe kaplamaları, zemin döşemeleri

Tablo 4.22
Muğla Beyaz Mermerinin Kimyasal Özellikleri

Kimyasal analizler	%
SiO ₂	<0,1
Fe ₂ O ₃	<0,1
CaO	55,5
MgO	0,2

Bu mermer tümüyle basınç ikizli ve mozaik dokulu kalsit minerallerinden oluşmaktadır. Oldukça iri taneli olan bu mineraller, birbirlerine düzgün sınırlar boyunca kenetlenme göstermektedirler ve basınç etkisine işaret eden polisentetik kayma ikizlerinin mükemmel örneklerini sunmaktadır. Ortalama tane boyu 3 mm olarak bulunmuştur. Kimyasal özellikleri Tablo 4.22’de verilmektedir.

4.1.8 Mustafa Kemalpaşa Beyaz Mermer

Orta Jura–Alt Kretase yaşlı Mustafa Kemalpaşa mermeri litolojik olarak rekristalize kireçtaşıdır. Tabanda Paleozoyik yaşlı metamorfik şistler bulunmaktadır. Tabakalar arasında ve çatlaklarda granit ve silisli zonlar izlenmektedir. Mustafa Kemalpaşa mermeri beyaz renkli ve iri kristallidir. Jeolojik rezerv 70 milyon m³’dür. Kemalpaşa beyaz mermerine ilişkin genel özellikler Tablo 4.23’de, kimyasal özellikler ise Tablo 4.24’de verilmektedir. Şekil 4.9 ise bu mermerin ait görüntüyü vermektedir.

Tablo 4.23
Mustafa Kemalpaşa Beyaz Mermerinin Genel Özellikleri

Konu	Açıklama
Blok verimi	İyi
Blok boyutları (cm)	150×120×100-240×200×160
Plaka boyutları (cm)	1-2-3 cm kalınlığında ve istenilen boyutlarda plaka elde edilebilir.
Cıltalanabilme yeteneği	İyi
Şekillendirilebilme yeteneği	İyi
Elde edilebilen ürün türleri	Plaka, fayans
Kullanım alanları	İç ve dış kaplama, dekorasyon, döşeme



Şekil 4.9 Mustafa Kemalpaşa Mermerinin Görünümü

Tablo 4.24
Mustafa Kemalpaşa Beyaz Mermerinin Kimyasal Özellikleri

Kimyasal analizler	%
SiO ₂	0,21
Fe ₂ O ₃	0,06
CaO	49,20
MgO	2,30

Basınç ikizlenmesi gösteren numune, kalsit minerallerinden oluşmaktadır. Ayrıca, eser miktarda kuvars izlenmiştir. Bu mermerin ait fiziksel özellikler ise Tablo 4.25'de verilmektedir.

Tablo 4.25
Mustafa Kemalpaşa Beyaz Mermerinin Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	Değerler
Sertlik (Mohs)	3
Birim hacim ağırlığı (g/cm ³)	2,71
Özgül ağırlığı (g/cm ³)	2,74
Atmosfer basıncında su emme (Ağırlıkça %)	0,1
(Hacimce %)	0,4
Kaynar suda su emme (Ağırlıkça %)	0,2
(Hacimce %)	0,6
Porozite (%)	0,4
Basınç direnci (kg/cm ²)	670
Don sonrası basınç direnci (kg/cm ²)	518
Darbe direnci (kg.cm/cm ³)	15
Eğilme direnci (kg/cm ²)	54
Elastisite modülü (kg/cm ²)	6,84x10 ⁴
Doluluk oranı (%)	98,9
Gözeneklilik derecesi (%)	1,1
Ortalama aşınma direnci (cm ³ /50 cm ²)	25
Ortalama çekme direnci (kg/cm ²)	64

4.1.9 Karacabey Siyah Mermer

Paleozoik yaşlı Karacabey Siyah mermeri, rekristalize kireçtaşıdır. Karacabey siyahı metamorfik şistler içerisinde mercek şeklinde bulunmaktadır. Tüm bu istif neojen kırıntıları tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Jeolojik rezervi 350 bin m³ kadardır. Karacabey Siyah mermerine ilişkin kimyasal özellikleri Tablo 4.26'da, genel özellikleri ise Tablo 4.27'de verilmektedir. Şekil 4.10'da ise bu mermere ait görüntü verilmektedir.

Tablo 4.26
Karacabey Siyah Mermerinin Kimyasal Özellikleri

Kimyasal analizler	%
SiO ₂	0.30
Fe ₂ O ₃	0.48
CaO	54.30
MgO	0.35



Şekil 4.10 Karacabey Siyah Mermerinin Görünümü

Tablo 4.27
Karacabey Siyah Mermerinin Genel Özellikleri

Konu	Açıklama
Blok verimi	Blok olarak bünyesel çatlaklar gözlenmiştir.
Blok boyutları (cm)	150×150×120-240×200×180
Plaka boyutları (cm)	2-3 cm kalınlığında ve istenilen boyutlarda plaka elde edilebilir.
Cilalanabilme yeteneği	İyi
Şekillendirilebilme yeteneği	Normal
Elde edilebilen ürün türleri	Plaka
Kullanım alanları	İç kaplama, dekorasyon

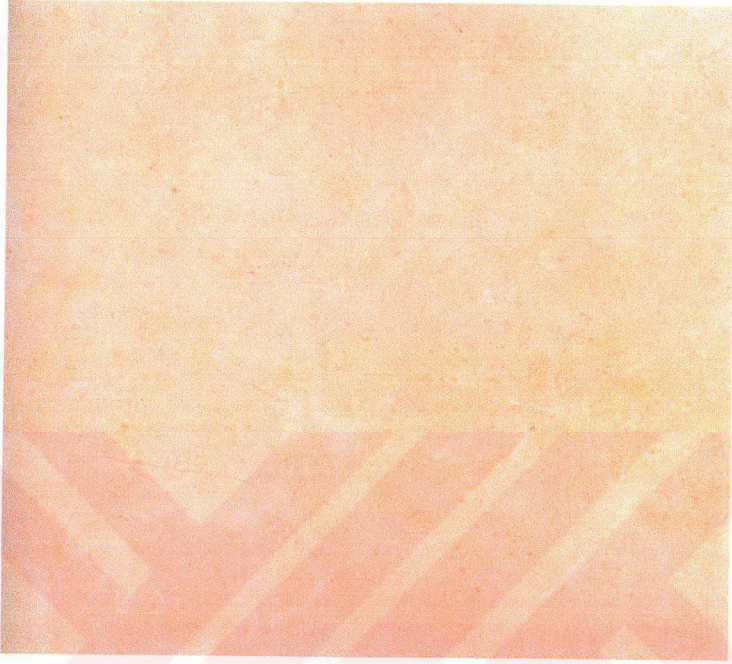
Numune, petrografik özellikleri açısından bakıldığında, kript o oluşumlar halinde kalsit kristallerinden oluştuğu ve eser miktarda opak minerallerle boyanmış olduğu görülmüştür. Tablo 4.28'de söz konusu bu mermerin kimyasal analizi verilmektedir.

Tablo 4.28
Karacabey Siyah Mermerinin Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	Değerler
Sertlik (Mohs)	4
Birim hacim ağırlığı (g/cm ³)	2.70
Özgül ağırlığı (g/cm ³)	2.73
Atmosfer basıncında su emme (Ağırlıkça %)	0.2
(Hacimce %)	0.5
Kaynar suda su emme (Ağırlıkça %)	0.3
(Hacimce %)	0.7
Porozite (%)	0.5
Basınç direnci (kg/cm ²)	708
Don sonrası basınç direnci (kg/cm ²)	793
Darbe direnci (kg.cm/cm ³)	9
Eğilme direnci (kg/cm ²)	100
Elastisite modülü (kg/cm ²)	12.03×10 ⁴
Doluluk oranı (%)	98.9
Gözeneklilik derecesi (%)	1.1
Ortalama aşınma direnci (cm ³ /50 cm ²)	22,3
Ortalama çekme direnci (kg/cm ²)	-

4.1.10 Bursa Bej Mermer

Alt Kretase yaşlı Bursa bej mermeri litolojik olarak fosilli kireçtaşı olarak tanımlanmaktadır. Bej, sarımsı, grimsi renklerde olan ve orta tabakalanma gösteren bu kayalar İnatlar Kireçtaşı Birimi olarak adlandırılmaktadır. Birimin alt seviyeleri pembemsi, kumlu-killi, fosilli kireçtaşlarından oluşurken, orta seviyeleri çörtlüt kireçtaşlarından oluşur. Üst seviyeleri ise bol mikrofosilli kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bu kireçtaşı istifi tabanda Triyas yaşlı kaya birimleri üzerine gelirken, üst seviyelerde Üst Kretase yaşlı kaya birimleri tarafından üzerlenmektedir. Jeolojik rezervi 3 milyon m³ kadardır. Bursa Bej mermerine ilişkin genel özellikleri Tablo 4.29'da, kimyasal özellikleri ise Tablo 4.30'da verilmektedir. Şekil 4.11'de ise bu memere ait görüntü verilmektedir.



Şekil 4.11 Bursa Bej Mermerinin Görünümü

Tablo 4.29
Bursa Bej Mermerinin Genel Özellikleri

Konu	Açıklama
İşletme yöntemi ve teknolojisi	Tel kesme, kofman kesme
Blok verimi	%30-60
Blok boyutları (cm)	140×150×145-300×180×180
Plaka boyutları (cm)	0,7-2 cm kalınlığında, istenilen boyutta plaka elde edilebilir.
Cilalanabilme yeteneği	Çok iyi
Şekillendirilebilme yeteneği	Çok iyi
Elde edilebilen ürün türleri	Blok, boyutlu plaka, fayans,karo
Kullanım alanları	İç ve dış cephe kaplamaları . ıslak zemin döşemeleri

Tablo 4.30
Bursa Bej Mermerinin Kimyasal Özellikleri

Kimyasal analizler	%
SiO ₂	<0,1
Fe ₂ O ₃	0,10
CaO	55,25
MgO	0,20

Numune, kripto ve mikrokristalin kalsit kristallerinden, mikrofosil kavkılarında oluşan kireçtaşı içermektedir. Çatlak ve boşluklarda mikro ve mesokristalin kalsit kristalleri izlenmiştir. Tablo 4.31 fiziksel analizleri vermektedir.

Tablo 4.31
Bursa Bej Mermerinin Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	Değerler
Sertlik (Mohs)	3
Birim hacim ağırlığı (g/cm ³)	2,68
Özgül ağırlığı (g/cm ³)	2,70
Atmosfer basıncında su emme (Ağırlıkça %)	0,2
(Hacimce %)	0,5
Kaynar suda su emme (Ağırlıkça %)	0,3
(Hacimce %)	0,8
Porozite (%)	0,5
Basınç direnci (kg/cm ²)	1,665
Don sonrası basınç direnci (kg/cm ²)	1,335
Darbe direnci (kg.cm/cm ³)	1
Eğilme direnci (kg/cm ²)	178
Elastisite modülü (kg/cm ²)	5,8×10 ⁴
Doluluk oranı (%)	99
Gözeneklilik derecesi (%)	1
Ortalama aşınma direnci (cm ³ /50 cm ²)	14,49
Ortalama çekme direnci (kg/cm ²)	744

4.1.11 Taşçılar Açık Mermer

Orta Jura-Alıt Kretase yaşlı Taşçılar Açık mermer litolojik olarak kireçtaşıdır. Tabanda bulunan Alıt Jura yaşlı kumtaşları üzerine konkordon olarak gelmektedir. Kireçtaşlarının üzerine uyumlu olarak Üst-Kretase yaşlı kumtaşı ve kireçtaşları gelmektedir. Pembe ve bej hamur içinde gülkurusu ve pembe damar-mercek ve yama şeklinde gözlenmektedir. Jeolojik rezerv 2 milyon m³ kadardır. Taşçılar Açık mermerine ilişkin genel özellikler Tablo 4.32'de, fiziksel özellikleri ise Tablo 4.33'de verilmektedir. Şekil 4.12'de ise görünümü verilmektedir.

Tablo 4.32
Taşçılar Açık Mermerinin Genel Özellikleri

Konu	Açıklama
Blok boyutları (cm)	300×180×180
Cıalanabilme yeteneği	Çok iyi
Şekillendirilebilme yeteneği	Çok iyi
Elde edilebilen ürün türleri	Plaka (2-3 cm), fayans, ebatlı kesim
Kullanım alanları	İç ve dış kaplama, dekorasyon, döşeme

Tablo 4.33
Taşçılar Açık Mermerinin Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	Değerler
Sertlik (Mohs)	3-4
Birim hacim ağırlığı (g/cm ³)	2,68
Özgül ağırlığı (g/cm ³)	2,7
Atmosfer basıncında su emme (Ağırlıkça %)	0,14
(Hacimce %)	0,79
Kaynar suda su emme (Ağırlıkça %)	0,15
(Hacimce %)	0,82
Porozite (%)	0,79
Basınç direnci (kg/cm ²)	1010
Don sonrası basınç direnci (kg/cm ²)	810
Darbe direnci (kg.cm/cm ³)	10,6
Eğilme direnci (kg/cm ²)	314
Elastisite modülü (kg/cm ²)	220×10 ³
Doluluk oranı (%)	98,42
Gözeneklilik derecesi (%)	0,7
Ortalama aşınma direnci (cm ³ /50 cm ²)	16,5
Ortalama çekme direnci (kg/cm ²)	55



Şekil 4.12 Taşçılar Açık Mermerinin Görünümü

Numune, mikritik kalsitten oluşmuş ve kısmen yuvarlaklaşmış, kısmen de yeniden kristallenmiş intraklast parçaları ve fosil kavkı kalıntılarından oluşmuştur. Bu elemanlar ince taneli bir çimento ile tutturulmuştur. İkincil süreksizliklerin yer yer kalsit dolgulu olduğu gözlenmiştir. Ayrıca süreksizlik yüzeyleri boyunca demiroksit boyamaları görülmüştür. Tablo 4.34’de kimyasal özellikler verilmektedir.

Tablo 4.34
Taşçılar Açık Mermerinin Kimyasal Özellikleri

Kimyasal analizler	%
SiO ₂	1,63
Fe ₂ O ₃	0,67
CaO	53,48
MgO	45,46

4.1.12 Söğüt Bej Mermer

Mesozoik (Jura) yaşlı Söğüt Beji, mikritik dokulu, kriptokristalin kalsit kristalleri ile, kayaç içine serpilmiş ikincil dolomitden oluşmuş bir kireçtaşıdır. İkincil süreksizlikler kalsit, dolomit ve limonit dolguludur. Jeolojik rezervi 5 milyon m³ kadardır. Söğüt Beji mermerine ilişkin genel özellikleri Tablo 4.35'de, fiziksel özellikleri ise Tablo 4.36'da verilmektedir. Şekil 4.13'de ise görünümü verilmektedir.

Tablo 4.35
Söğüt Beji Mermerinin Genel Özellikleri

Konu	Açıklama
Blok boyutları (cm)	80x90x120-170x180x300
Elde edilebilen ürün türleri	Fayans ve boyutlu plaka
Cıltalanabilme yeteneği	Mükemmel
Şekillendirilebilme yeteneği	Sınırlı (detay çalışmalarında sorunlu)
Kullanım alanları	Döşeme, iç ve dış kaplama

Tablo 4.36
Söğüt Beji Mermerinin Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	Değerler
Sertlik (Mohs)	3-4
Birim hacim ağırlığı (g/cm ³)	2,70
Özgül ağırlığı (g/cm ³)	2,73
Atmosfer basıncında su emme (Ağırlıkça %) (Hacimce %)	0,244 0,659
Kaynar suda su emme (Ağırlıkça %) (Hacimce %)	0,180 0,487
Porozite (%)	0,659
Basınç direnci (kg/cm ²)	1,114
Don sonrası basınç direnci (kg/cm ²)	1,061
Darbe direnci (kg.cm/cm ³)	13,18
Eğilme direnci (kg/cm ²)	225
Elastisite modülü (kg/cm ²)	154,585
Doluluk oranı (%)	98,9
Gözeneklilik derecesi (%)	1,1
Ortalama aşınma direnci (cm ³ /50 cm ²)	16,7
Ortalama çekme direnci (kg/cm ²)	68



Şekil 4.13 Söğüt Beji Mermerinin Görünümü

Numune, mikritik dokulu, büyüklükleri 4 mikrondan küçük, kript kalsit kristalleri ile büyüklükleri 50-80 mikron arasında değişen ikincil dolomit kristallerinden oluşan dolomitik kireçtaşıdır. Bu memere ait kimyasal özellikler de Tablo 4.37'de verilmektedir.

Tablo 4.37
Söğüt Beji Mermerinin Kimyasal Özellikleri

Kimyasal analizler	%
SiO ₂	0,51
Fe ₂ O ₃	51,70
CaO	0,12
MgO	2,50

4.1.13 Taşçılar Koyu Mermer

Orta Jura-Alt Kretase yaşlı Taşçılar Koyu mermeri litolojik olarak kireç taşıdır. Tabanda buluna Alt Jura yaşlı kumtaşları üzerine konkordon olarak gelmektedir. Kireçtaşlarının üzerine uyumlu olarak Üst Kretase yaşlı kumtaşı ve kireçtaşları gelmektedir. Pembe ve bej hamur içinde gülkurusu ve pembe damar-mercek ve yama şeklinde gözlenmektedir. Jeolojik rezervi 3 milyon m³ kadardır. Taşçılar Koyu mermerine ilişkin genel özellikleri Tablo 4.38'de, fiziksel özellikleri ise Tablo 4.39'da verilmektedir. Şekil 4.14'de ise görünümü verilmektedir.

Tablo 4.38
Taşçılar Koyu Mermerinin Genel Özellikleri

Konu	Açıklama
Blok boyutları (cm)	300×180×180
Cilalanabilme yeteneği	Çok iyi
Şekillendirilebilme yeteneği	normal
Elde edilebilen ürün türleri	Fayans, ebatlı kesim, plaka (2-3 cm)
Kullanım alanları	Döşeme ,iç ve dış kaplama, dekorasyon

Tablo 4.39
Taşçılar Koyu Mermerinin Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	Değerler
Sertlik (Mohs)	3.4
Birim hacim ağırlığı (g/cm ³)	2.68
Özgül ağırlığı (g/cm ³)	2.74
Atmosfer basıncında su emme (Ağırlıkça %)	0.18
(Hacimce %)	0.49
Kaynar suda su emme (Ağırlıkça %)	0.17
(Hacimce %)	0.44
Porozite (%)	0.49
Basınç direnci (kg/cm ²)	1238
Don sonrası basınç direnci (kg/cm ²)	970
Darbe direnci (kg.cm/cm ³)	4
Eğilme direnci (kg/cm ²)	338
Elastisite modülü (kg/cm ²)	293×10 ³
Doluluk oranı (%)	99
Gözeneklilik derecesi (%)	0.7
Ortalama aşınma direnci (cm ³ /50 cm ²)	7.72
Ortalama çekme direnci (kg/cm ²)	42



Şekil 4.14 Taşçılar Koyu Mermerinin Görünümü

Tablo 4.40
Taşçılar Koyu Mermerinin Kimyasal Özellikleri

Kimyasal analizler	%
SiO ₂	1.26
Fe ₂ O ₃	88.16
CaO	6.23
MgO	4.35

Numune, petrografik özellikleri açısından bakıldığında mikritik kalsit kristallerinden oluştuğu görülmektedir. Mikritik dokulu kristaller ince orta büyüklükte olup, birbirlerine kenetlenmişlerdir. Taneler kısmen yuvarlaklaşmış, intraklast parçaları ve kavkı kalıntılarından ibarettir. Bu elemanlar ince taneli bir çimento ile tutturulmuştur. İkincil süreksizliklerin kalsit dolgulu olduğu gözlenmiştir. Ayrıca süreksizlik yüzeyleri boyunca demiroksit boyamaları görülmüştür. Kimyasal analizler Tablo 4.40'de verilmektedir.

4.1.14 Ege Kahve Mermer

Ege Kahve mermeri, koyu kahve, kırmızı renkli birim, Mesozoyik yaşlı gri rekristalize kireçtaşları içinde ara seviye halinde görülmektedir. İlksel dokusu mikritik olan kayacın içinde sünger spikülleri ve az miktarda kil bulunmaktadır. Mikro süreksizlikler kalsit dolguludur. Jeolojik rezervi 200 bin m³ kadardır. Ege Kahve mermerine ilişkin genel özellikleri Tablo 4.41'de, fiziksel özellikleri ise Tablo 4.42'de verilmektedir. Şekil 4.15'de ise görünümü verilmektedir.

Tablo 4.41
Ege Kahve Mermerinin Genel Özellikleri

Konu	Açıklama
Blok boyutları (cm)	100×150×200-150×200×300
Elde edilebilen ürün türleri	Mükemmel
Cilalanabilme yeteneği	Sınırlı
Şekillendirilebilme yeteneği	Plaka
Kullanım alanları	Dekorasyon ve iç kaplama

Tablo 4.42
Ege Kahve Mermerinin Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	Değerler
Sertlik (Mohs)	3-4
Birim hacim ağırlığı (g/cm ³)	2,71
Özgül ağırlığı (g/cm ³)	2,74
Atmosfer basıncında su emme (Ağırlıkça %)	0,067
(Hacimce %)	0,182
Kaynar suda su emme (Ağırlıkça %)	0,58
(Hacimce %)	0,158
Porozite (%)	0,182
Basınç direnci (kg/cm ²)	566
Don sonrası basınç direnci (kg/cm ²)	* 407
Darbe direnci (kg.cm/cm ³)	8,39
Eğilme direnci (kg/cm ²)	118
Elastisite modülü (kg/cm ²)	109558
Doluluk oranı (%)	98,9
Gözeneklilik derecesi (%)	1,1
Ortalama aşınma direnci (cm ³ /50 cm ²)	23,1
Ortalama çekme direnci (kg/cm ²)	79



Şekil 4.15 Ege Kahve Mermerinin Görünümü

Numune, büyüklükleri 0,04-2 mm arasında değişen sünger spikülleri ile çok az miktarda kil içeren kayaç ve mikritik ilksel dokulu, mikrofosilli bir kireçtaşından oluşmaktadır. Kimyasal analizleri Tablo 4.43'de verilmektedir.

Tablo 4.43
Ege Kahve Mermerinin Kimyasal Özellikleri

Kimyasal analizler	%
SiO ₂	1,39
Fe ₂ O ₃	0,33
CaO	52,09
MgO	1,89

4.1.15 Denizli Traverten

Kuvaterner yaşlı Denizli Travertenini, açık sarı, beyaz ve hardal renklidir. Denizli travertenleri killi ve kumlu pliyosen birimleri ile alüvyonların üzerinde yer almaktadır.

Jeolojik rezervi 90 milyon m³ kadardır. Afyon kaplan postu mermerine ilişkin genel özellikleri Tablo 4.44'de, fiziksel özellikleri ise Tablo 4.45'de verilmektedir.

Şekil 4.16'da ise görünümü verilmektedir.

Tablo 4.44
Denizli Traverteninin Genel Özellikleri

Konu	Açıklama
Blok verimi	İyi
Blok boyutları (cm)	150×150×80-240×240×200
Plaka boyutları (cm)	1,2,3,4 ve 5 cm kalınlıklarında ve istenilen boyutlarında plaka
Cıalanabilme yeteneği	İyi
Şekillendirilebilme yeteneği	İyi
Elde edilebilen ürün türleri	Plaka ,fayans
Kullanım alanları	Dekorasyon, iç ve dış kaplama. Döşeme

Tablo 4.45
Denizli Traverteninin Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	Değerler
Sertlik (Mohs)	4
Birim hacim ağırlığı (g/cm ³)	2,50
Özgül ağırlığı (g/cm ³)	2,72
Atmosfer basıncında su emme (Ağırlıkça %)	1,0
(Hacimce %)	2,3
Kaynar suda su emme (Ağırlıkça %)	1,2
(Hacimce %)	3,0
Porozite (%)	2,3
Basınç direnci (kg/cm ²)	570
Don sonrası basınç direnci (kg/cm ²)	582
Darbe direnci (kg.cm/cm ³)	11
Eğilme direnci (kg/cm ²)	108
Elastisite modülü (kg/cm ²)	5,38×10 ⁴
Doluluk oranı (%)	91,9
Gözeneklilik derecesi (%)	8,1
Ortalama aşınma direnci (cm ³ /50 cm ²)	28,7
Ortalama çekme direnci (kg/cm ²)	41



Şekil 4.16 Denizli Traverteni Görünümü

Numune, tane boyu 30mikron-100 mikron arasında değişen kalsit ile az miktarda tane boyu 1 mikron - 4 mikron arasında değişen kalsit minerallerinden ibarettir. Denizli Traverteni, boşluklu bir yapı göstermektedir. Bu mermerin kimyasal özelliklerine ilişkin veriler Tablo 4.46'da verilmektedir.

Tablo 4.46
Denizli Traverteninin Kimyasal Özellikleri

Kimyasal analizler	%
SiO ₂	0,26
Fe ₂ O ₃	0,32
CaO	54,55
MgO	0,31

4.1.16 Uşak Beyaz Mermer

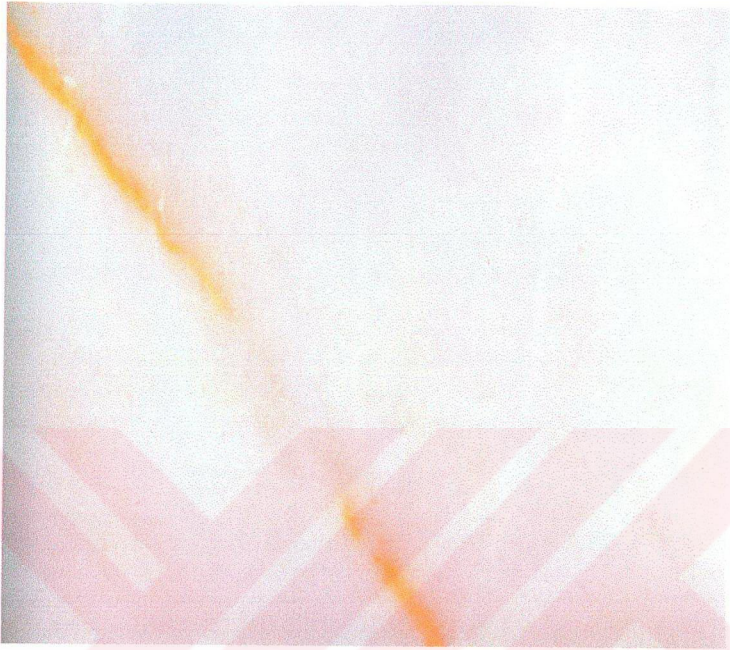
Paleozoik yaşlı metamorfik şistler içerisinde yer almaktadır. Kayaç beyaz renkli bir rekristalize kireçtaşıdır. Jeolojik rezervi 400 bin m³ kadardır. Uşak Beyaz mermerine ilişkin genel özellikler Tablo 4.47'de, fiziksel özellikler ise Tablo 4.48'de gösterilmektedir. Şekil 4.17'de ise görünümü verilmektedir.

Tablo 4.47
Uşak Beyaz Mermerinin Genel Özellikleri

Konu	Açıklama
Blok boyutları (cm)	50×100×150-150×200×300
Cilalanabilme yeteneği	İyi
Şekillendirilebilme yeteneği	sorunsuz
Elde edilebilen ürün türleri	Plaka, fayans
Kullanım alanları	İç ve dış kaplama

Tablo 4.48
Uşak Beyaz Mermerinin Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	Değerler
Sertlik (Mohs)	3-4
Birim hacim ağırlığı (g/cm ³)	2,72
Özgül ağırlığı (g/cm ³)	2,74
Atmosfer basıncında su emme (Ağırlıkça %)	0,040
(Hacimce %)	0,109
Kaynar suda su emme (Ağırlıkça %)	0,053
(Hacimce %)	0,145
Porozite (%)	0,109
Basınç direnci (kg/cm ²)	721
Don sonrası basınç direnci (kg/cm ²)	651
Darbe direnci (kg.cm/cm ³)	15,97
Eğilme direnci (kg/cm ²)	122
Elastisite modülü (kg/cm ²)	106,123
Doluluk oranı (%)	99,3
Gözeneklilik derecesi (%)	0,7
Ortalama aşınma direnci (cm ³ /50 cm ²)	25,2
Ortalama çekme direnci (kg/cm ²)	59



Şekil 4.17 Uşak Beyaz Mermerinin Görünümü

Numune, kristal büyüklükleri 1-1,7 mm arasında değişen, basınç ikizlenmeli iri kalsit kristalleri ile bunların çevresinde gelişmiş mikrokalsit kristallerinden oluşan bir rekristalize kireçtaşıdır. Uşak Beyaz mermerinin kimyasal özellikleri ise Tablo 4.49'da verilmektedir.

Tablo 4.49
Uşak Beyaz Mermerinin Kimyasal Özellikleri

Kimyasal analizler	%
SiO ₂	0,02
Fe ₂ O ₃	0,12
CaO	52,16
MgO	2,56

4.1.17 Leopar (Salome) Mermer

Triyas yaşlı Leopar mermeri, litolojik olarak kristalize kireçtaşıdır. Bu mermerler beyaz hamur içinde kırmızı-sarı damar, boğum ve kuşaklar şeklinde bulunmaktadır. Jeolojik rezerv 3 milyon m³ kadardır. Leopar mermerine ilişkin genel özellikleri Tablo 4.50'de, fiziksel özellikleri ise Tablo 4.51'de verilmektedir.

Tablo 4.50
Leopar Mermerinin Genel Özellikleri

Konu	Açıklama
Blok verimi	İyi
Blok boyutları (cm)	240×100×80-300×200×120
Plaka boyutları (cm)	1-2-3 cm kalınlığında ve istenilen boyutlarda plaka elde edilebilir.
Cilalanabilme yeteneği	İyi
Şekillendirilebilme yeteneği	İyi
Elde edilebilen ürün türleri	Plaka, fayans
Kullanım alanları	İç ve dış kaplama, dekorasyon,döşeme

Tablo 4.51
Leopar Mermerinin Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	Değerler
Sertlik (Mohs)	3-4
Birim hacim ağırlığı (g/cm ³)	2,73
Özgül ağırlığı (g/cm ³)	2,79
Atmosfer basıncında su emme (Ağırlıkça %)	0,2
(Hacimce %)	0,4
Kaynar suda su emme (Ağırlıkça %)	0,1
(Hacimce %)	0,4
Porozite (%)	0,4
Basınç direnci (kg/cm ²)	1019
Don sonrası basınç direnci (kg/cm ²)	1019
Darbe direnci (kg.cm/cm ³)	4
Eğilme direnci (kg/cm ²)	174
Elastisite modülü (kg/cm ²)	9,94x10 ⁴
Doluluk oranı (%)	97,8
Gözeneklilik derecesi (%)	2,2
Ortalama aşınma direnci (cm ³ /50 cm ²)	18,7
Ortalama çekme direnci (kg/cm ²)	64



Şekil 4.18 Leopar Mermerinin Görünümü

Tablo 4.52
Leopar Mermerinin Kimyasal Özellikleri

Kimyasal analizler	%
SiO ₂	1,5
Fe ₂ O ₃	0,84
CaO	43,2
MgO	9,2

Numune, tane boyları 0,9-1,9 mm arasında değişen kalsit kristallerinden oluşmaktadır. Bu farklı kalsit mineralleri bantlar oluşturmaktadır. Yapısal hareketlerle tanelerde ufalanmalar oluşmaktadır. Numunede ayrıca az miktarda kuvars saptanmıştır. Şekil 4.18'de ise görünümü verilmektedir. Kimyasal analiz verileri Tablo 4.52'de verilmektedir.

4.1.18 Antalya Limestone

Eosen yaşı Limestone mermeri litolojik olarak fosilli kireçtaşı şeklinde tanımlanmaktadır. Krem,bej, açık gri renkli ve orta kalın tabakalı olan bu kireçtaşı birimleri, yersel olarak dolomitik ve rekristalize olabilmektedir. Yersel olarak kalkarenitik karakter gösterirler ve toplam 100 m kadar olmaktadır. Jeolojik rezerv 350 bin m³ kadardır. Limestone mermerine ilişkin fiziksel özellikleri Tablo 4.53'de, genel özellikleri ise Tablo 4.54'de verilmektedir. Şekil 4.19'da ise görünümü verilmektedir.

Tablo 4.53
Limestone Mermerinin Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	Değerler
Sertlik (Mohs)	3,5
Birim hacim ağırlığı (g/cm ³)	2,37
Özgül ağırlığı (g/cm ³)	2,71
Atmosfer basıncında su emme (Ağırlıkça %)	3,5
(Hacimce %)	8,2
Kaynar suda su emme (Ağırlıkça %)	4,6
(Hacimce %)	10,8
Porozite (%)	8,2
Basınç direnci (kg/cm ²)	450
Don sonrası basınç direnci (kg/cm ²)	390
Darbe direnci (kg.cm/cm ³)	2
Eğilme direnci (kg/cm ²)	100
Elastisite modülü (kg/cm ²)	45,89x10 ⁴
Doluluk oranı (%)	87,5
Gözeneklilik derecesi (%)	12,5
Ortalama aşınma direnci (cm ³ /50 cm ²)	47,50
Ortalama çekme direnci (kg/cm ²)	530,3

Numune, mikrokristalin kalsit kristallerinin yer yer yıkanıp gitmesi ve bunların yerine makrokristalin yerleşmesiyle meydana gelmiş olup, eser miktarda mikrofosil izlenmiştir. Bu mermere ait kimyasal özellikler de Tablo 4.55'de verilmektedir.



Şekil 4.18 Limestone Mermerinin Görünümü

Tablo 4.54
Limestone Mermerinin Genel Özellikleri

Konu	Açıklama
İşletme yöntemi ve teknolojisi	Basamaklı-tel kesme
Blok verimi	%15
Blok boyutları (cm)	200×100×100-350×200×200
Plaka boyutları (cm)	2-3 cm kalınlığında ve istenilen boyutlarda plaka elde edilebilir.
Cilalanabilme yeteneği	İyi
Şekillendirilebilme yeteneği	İyi
Elde edilebilen ürün türleri	Boyutlu plaka, fayans
Kullanım alanları	İç ve dış cephe kaplama, dekorasyon

Tablo 4.5
Limestone Mermerinin Kimyasal Özellikleri

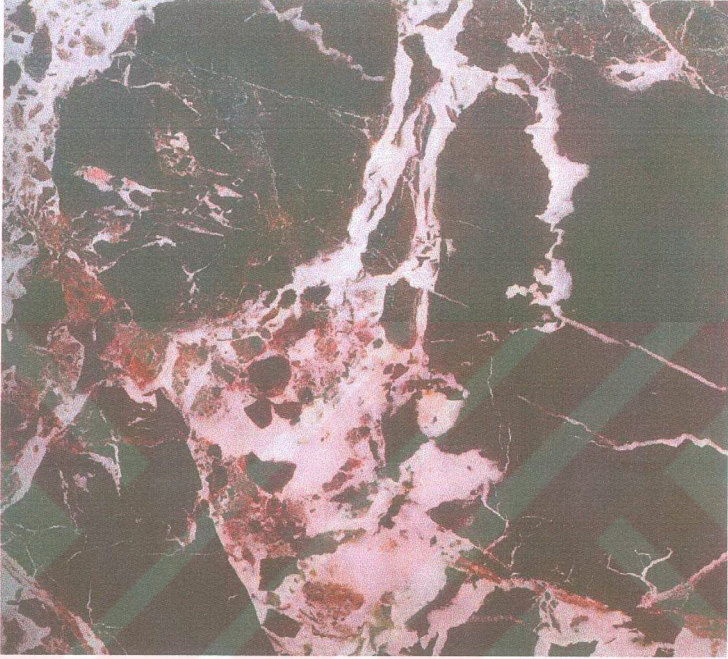
Kimyasal analizler	%
SiO ₂	<0,1
Fe ₂ O ₃	0,15
CaO	55,75
MgO	0,23

4.1.19 Elazığ Vişne Mermer

Elazığ Vişne mermeri, Üst Kretase yaşlı ve teknotik breş şeklinde bulunmaktadır. Teknotik hareketlerle parçalanıp çimentolanan Elazığ Vişnesi mermerinde kalsit damarları da mevcuttur. Kırmızı-yeşil renkli çakıllar yine aynı renkli çimento ile tutturulmuştur. Elazığ vişnesi serpantinleşmiş ve karbonatlaşmış ultrabazik kayalardan oluşmaktadır. Jeolojik rezervi 12 milyon m³ kadardır. Elazığ Vişne mermerine ilişkin fiziksel özellikler Tablo 4.56'de, genel özellikler ise Tablo 4.57'de verilmektedir. Şekil 4.20'de ise görünümü verilmektedir.

Tablo 4.56
Elazığ Vişne Mermerinin Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	Değerler
Sertlik (Mohs)	3
Birim hacim ağırlığı (g/cm ³)	2,61
Özgül ağırlığı (g/cm ³)	2,72
Atmosfer basıncında su emme (Ağırlıkça %) (Hacimce %)	0,75- 0,99- 1,91 1,98-2,63-5,10
Kaynar suda su emme (Ağırlıkça %) (Hacimce %)	1,12-1,48-2,86 2,86-3,78-7,30
Porozite (%)	3,2
Basınç direnci (kg/cm ²)	1,019
Don sonrası basınç direnci (kg/cm ²)	521
Darbe direnci (kg.cm/cm ³)	10
Eğilme direnci (kg/cm ²)	84
Elastisite modülü (kg/cm ²)	6,65×10 ⁴
Doluluk oranı (%)	96,0
Gözeneklilik derecesi (%)	4
Ortalama aşınma direnci (cm ³ /50 cm ²)	29,4
Ortalama çekme direnci (kg/cm ²)	67



Şekil 4.20 Elazığ Vişne Mermerinin Görünümü

Tablo 4.57
Elazığ Vişne Mermerinin Genel Özellikleri

Konu	Açıklama
Blok verimi	Blokta bünyesel çatlaklar vardır.
Blok boyutları (cm)	180×120×80-300×180×150
Plaka boyutları (cm)	2 ve 3 cm kalınlığında ve istenilen boyutlarda plaka elde edilebilir.
Cilalanabilme yeteneği	İyi
Şekillendirilebilme yeteneği	İyi
Elde edilebilen ürün türleri	Plaka
Kullanım alanları	Dekorasyon, iç-dış kaplama.

Tablo 4.58
Elazığ Vişne Mermerinin Kimyasal Özellikleri

Kimyasal analizler	%
SiO ₂	28,35
Fe ₂ O ₃	9,7
CaO	13,75
MgO	26,25

Elazığ Vişne mermerine ilişkin fiziksel özellikler Tablo 4.56'de, genel özellikler ise Tablo 4.57'de verilmektedir. Şekil 4.20'de ise görünümü verilmektedir. Kimyasal analiz sonuçları Tablo 4.58'de verilmektedir.

Numune, petrografik açıdan incelendiğinde ağ tekstürü içerisinde tamamen serpantinleşmiş, yer yer karbonatlaşmış olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra az miktarda mikro oluşumlar halinde opak mineralleşme içermektedir.

4.1.20 Diyarbakır Rosa Tea Mermer

Alt-Orta Eosen yaşlı Diyarbakır Rosa Tea mermeri, litolojik olarak fosilli kireçtaşı şeklinde tanımlanmaktadır. Sarımsı, bej, pembemsi ve grimsi renklere sahip olan bu kireçtaşı birimleri orta-kalın tabakalı olarak adlandırılır. Jeolojik rezervi 25 milyon m³ kadardır.

Tablo 4.59
Diyarbakır Rosa Tea Mermerinin Kimyasal Özellikleri

Kimyasal analizler	%
SiO ₂	0,14
Fe ₂ O ₃	0,32
CaO	50,95
MgO	4,17



Şekil 4.21 Diyarbakir Rosa Tea Mermerinin Görünümü

Diyarbakir Rosa Tea mermerine ilişkin kimyasal özellikleri ise Tablo 4.59'da genel özellikler Tablo 4.60'da, verilmektedir. Şekil 4.21'de ise görünümü verilmektedir.

Numune, mikrokristalin kristalleri içerisinde bol miktarda mikrofosil ve kavkı içermektedir. Yer yer çok az demirhidroksit birikimleri izlenmiştir. Bu mermere ait fiziksel bulgular da Tablo 4.61'de verilmektedir.

Tablo 4.60
Diyarbakır Rosa Tea Mermerinin Genel Özellikleri

Konu	Açıklama
Blok boyutları (cm)	230×150×150-300×170×180
Plaka boyutları (cm)	2-3 cm kalınlığında ve istenilen boyutlarda plaka elde edilebilir.
Cilalanabilme yeteneği	İyi
Şekillendirilebilme yeteneği	İyi
Elde edilebilen ürün türleri	Boyutlu levha, fayans
Kullanım alanları	İç ve dış cephe kaplamaları, zemin döşemeleri, sanatsal yapıtlar

Tablo 4.61
Diyarbakır Rosa Tea Mermerinin Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	Değerler
Sertlik (Mohs)	4
Birim hacim ağırlığı (g/cm ³)	2.72
Özgül ağırlığı (g/cm ³)	2.74
Atmosfer basıncında su emme (Ağırlıkça %)	0.1
(Hacimce %)	0.2
Kaynar suda su emme (Ağırlıkça %)	0.1
(Hacimce %)	0.2
Porozite (%)	0.2
Basınç direnci (kg/cm ²)	1019
Don sonrası basınç direnci (kg/cm ²)	1019
Darbe direnci (kg.cm/cm ³)	23
Eğilme direnci (kg/cm ²)	141
Elastisite modülü (kg/cm ²)	12.87x10 ⁵
Doluluk oranı (%)	99.3
Gözeneklilik derecesi (%)	0.7
Ortalama aşınma direnci (cm ³ /50 cm ²)	17.7
Ortalama çekme direnci (kg/cm ²)	79

4.2 Deneyde Kullanılan Mermer Numunelerinin Hazırlanması

Türkiye'nin değişik bölgelerine ait mermer numuneleri büyük parçalar halinde temin edilebilmişlerdir. Yaklaşık 900 – 1000 cm² büyüklüğünde olan bu parçalar, önce labratuvarda kırılmışlardır. Ancak, bu parçaların da büyüklükleri radyoaktivite ölçümü için yeterli görülmemiştir. Kırık parçalar, farklı poşetler içerisine isimlendirilmek suretiyle konulmuştur.

Her bir mermer numunesi daha sonra Çekmece Nükleer Araştırma Merkezine götürülerek Radyobioloji bölümündeki öğütücü kullanılarak öğütülmüştür. Böylelikle, numuneler 100 mesh kalınlığına indirilmiştir. Öğütülmüş mermer numuneleri yine markalanıp, numaralandırılarak, temizlenmiş planşetlere konulmuştur.

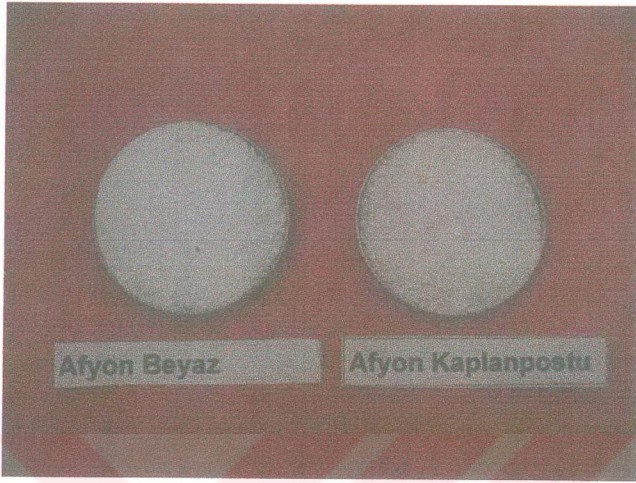
Planşetler içine numune konulmadan önce dört kademedan oluşan bir temizlik işleminden geçirilmiştir. Temizlik işleminde ilk olarak, planşetler deterjanla yıkanarak bir müddet içerisine su konularak bekletilmiştir.

İkinci işlem olarak da planşet içine asit dökülerek bir müddet bekletilmiş ve su ile çalkalanarak (tekrar aynı zaman aralığında) içine su konarak bekletilmiştir. Üçüncü olarak temizlenmiş olan malzemeler, önce destile su ile çalkalanmış daha sonra bir kere daha destile su ile çalkalanmıştır.

Dördüncü temizlik kademesinde ise temizlenmiş malzemeler fırın içerisine konarak 60°C'ın altında yaklaşık 2 saat müddetle fırında bekletilerek kurutulmuşlardır. Malzemelerin kurutulması ile temizlik işlemi sona ermiştir. Böylelikle, planşetlerde oluşabilecek artık problemi elimine edilmiştir.

Bu şekilde deneyde kullanılmaya hazırlanan planşetler, hassas terazi ile tartılarak daraları kaydedilmiştir. Bu işlemlerden sonra, planşetler içine numuneler konularak tekrar hassas terazide tartılmış ve aradaki fark numune ağırlığı olarak belirlenmiştir. Böylelikle, numuneler sayıma hazır hale getirilmiştir.

Sayıma hazır hale getirilen Afyon yöresi mermer numuneleri Şekil 4.22'de Marmara Adasını da içeren Balıkesir yöresi mermer numuneleri ise Şekil 4.23'de görülmektedir.



Şekil 4.22 Afyon Yöresi Mermer Numuneleri



Şekil 4.23 Balıkesir Yöresi Mermer Numuneleri

Şekil 4.24'de Muğla yöresi mermer numuneleri, Şekil 4.25 Bursa yöresi mermer numunelerinin planşetler içinde fotoğrafları görülmektedir.



Şekil 4.24 Muğla Yöresi Mermer Numuneleri



Şekil 4.25 Bursa Yöresi Mermer Numuneleri

Bilecik yöresi mermer numuneleri Şekil 4.26'da ve farklı yeddi yöreye ait mermer numuneleri ise Şekil 4.27'de görülmektedir.



Şekil 4.26 Bilecik Yöresi Mermer Numuneleri



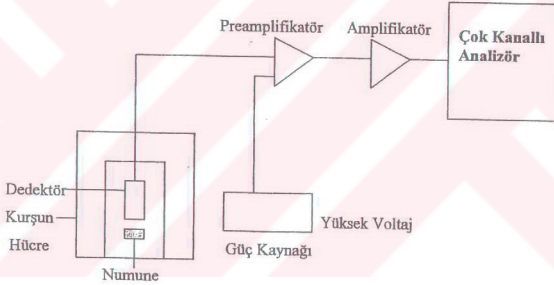
Şekil 4.27 Çeşitli Yörelere Ait Mermer Numuneleri

4.3 Deney Düzeneğinin Tanıtımı

Türkiye'nin farklı bölgelerine ait mermerlerin radyoaktivite seviyesi tayini için esas itibarıyla alfa ve beta ölçümlerinin yapılması amaçlandığından uygun alfa ve beta ölçüm sistemlerine ihtiyaç vardır. Bu tez çalışması için alfa sayım seti ve beta sayım seti olmak üzere iki ayrı ölçüm sisteminden yararlanılmıştır.

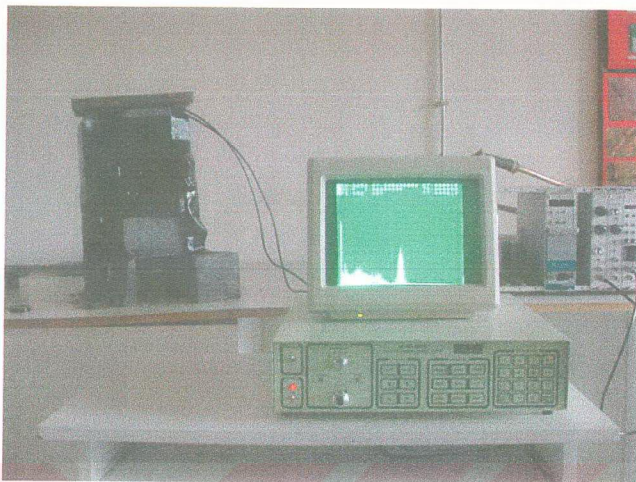
4.3.1 Beta Sayım Seti

Beta seviyesi tayini için sintilasyon dedektöründen yararlanılmıştır. Buradaki sintilasyon dedektörü BICRON model olup, Talyum ile aktive edilmiş Nal dedektörüdür. Bu şekilde, sayım verimi yüksek bir dedektörle çalışma yapılması amaçlanmıştır. Beta sayım seti düzeneği Şekil 4.28'de verilmektedir.

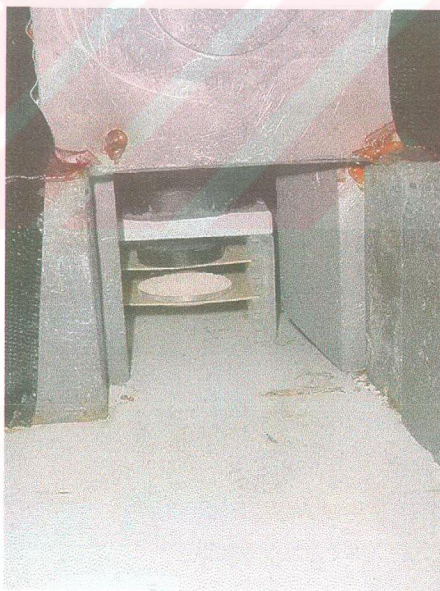


Şekil 4.28 Beta Sayım Seti Düzeneği

Ölçümlerin çevreden etkilenme faktörü göz önüne alınarak numune ve dedektör bir kurşun hücre içine yerleştirilmiştir. Böylelikle, dış çevre etkilenmesi minimize edilmiştir. Beta ölçümlenmesi için çok kanallı analizörden yararlanılmıştır. Kullanılan çok kanallı analizör, 800A model ve 256 kanala sahip olup, Şekil 4.29'de görülmektedir.



Şekil 4.29 Çok Kanallı Analizör

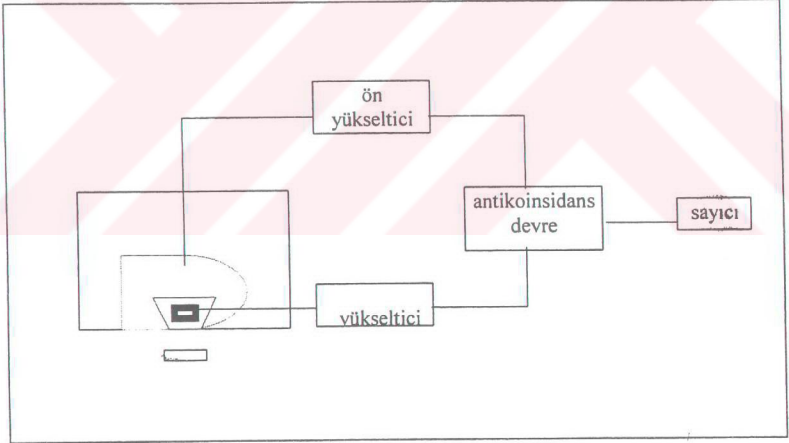


Şekil 4.30 Sayım Hücresi

Numune, dedektörün 3,7 cm uzağına yerleştirilerek doğal sayım, gama ve beta sayımları toplam olarak alınmıştır. Bu sayımı takiben dedektörle numune arasına 7,5 mm kalınlıkta alüminyum folya konularak, aynı süredeki sayım çıkartılmıştır. Bu şekilde, doğal sayım ve gama sayımları ilk alınan toplam sayımdan çıkartılmış olmaktadır. Böylece net beta sayımı elde edilmiştir. Şekil 4.30'da kurşun hücre içinde numune, dedektör ve alüminyum folya görülmektedir.

4.3.2 Alfa Sayım Seti

Bu çalışmada, toplam alfa sayımlarında kullanılan gaz akışlı orantılı sayıcı EG&G Ortec marka, 10201 model bir dedektördür. Alfa sayım sistemi, dedektör, gaz akışını sağlayan sistem ve elektronik üniteler olmak üzere başlıca üç bölümden oluşmaktadır. Bu çalışmada kullanılan gaz akışlı orantılı sayıcı çalışma düzeneği Şekil 4.31'de verilmektedir.



Şekil 4.31 Gaz Akışlı Orantılı Sayıcının Çalışma Düzeneği

4.4 Deneyin Yapılışı

Türkiye'nin farklı bölgelerine ait 20 çeşit numune ile toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite tayini çerçevesinde deneysel çalışmalar yapılmıştır. Her numunenin alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri belirlenmiştir.

4.4.1 Beta Radyoaktivitesi Tayini

Planşetler içindeki çeşitli numuneler sintilasyon dedektörü ile sayılmıştır. Bölüm 4.3'de belirtildiği gerçekte beta sayımlarının her aşaması sayımlar 600 s olarak alınmıştır.

Beta radyoaktivite değerini hesaplamak için, deneysel olarak çıkarılan KCl kalibrasyon eğrisinden yararlanılmıştır.

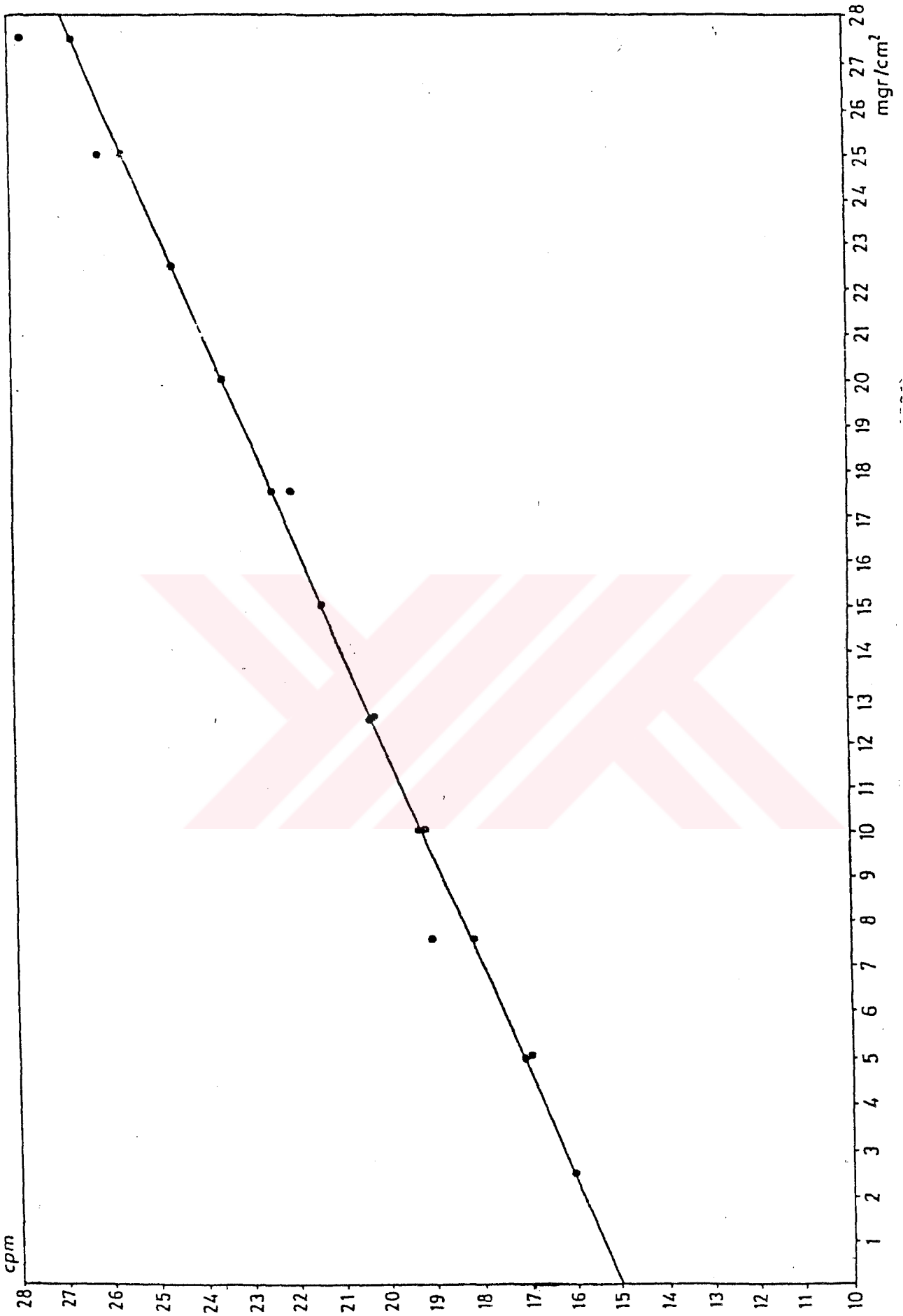
İlk olarak numunenin alan başına ağırlığına karşılık gelen KCl kalibrasyon eğrisindeki sayım sayısı bulunmuştur. Daha sonra Denklem. 2.10'dan yararlanılarak beta radyoaktivite değerleri tayin edilmiştir. Önce, pCi/g olarak bulunan değerler dönüşümle Bq/g cinsinden belirlenmiştir. Şekil 4.32'de KCl kalibrasyon eğrisi verilmektedir.

4.4.2 Alfa Radyoaktivitesi Tayini

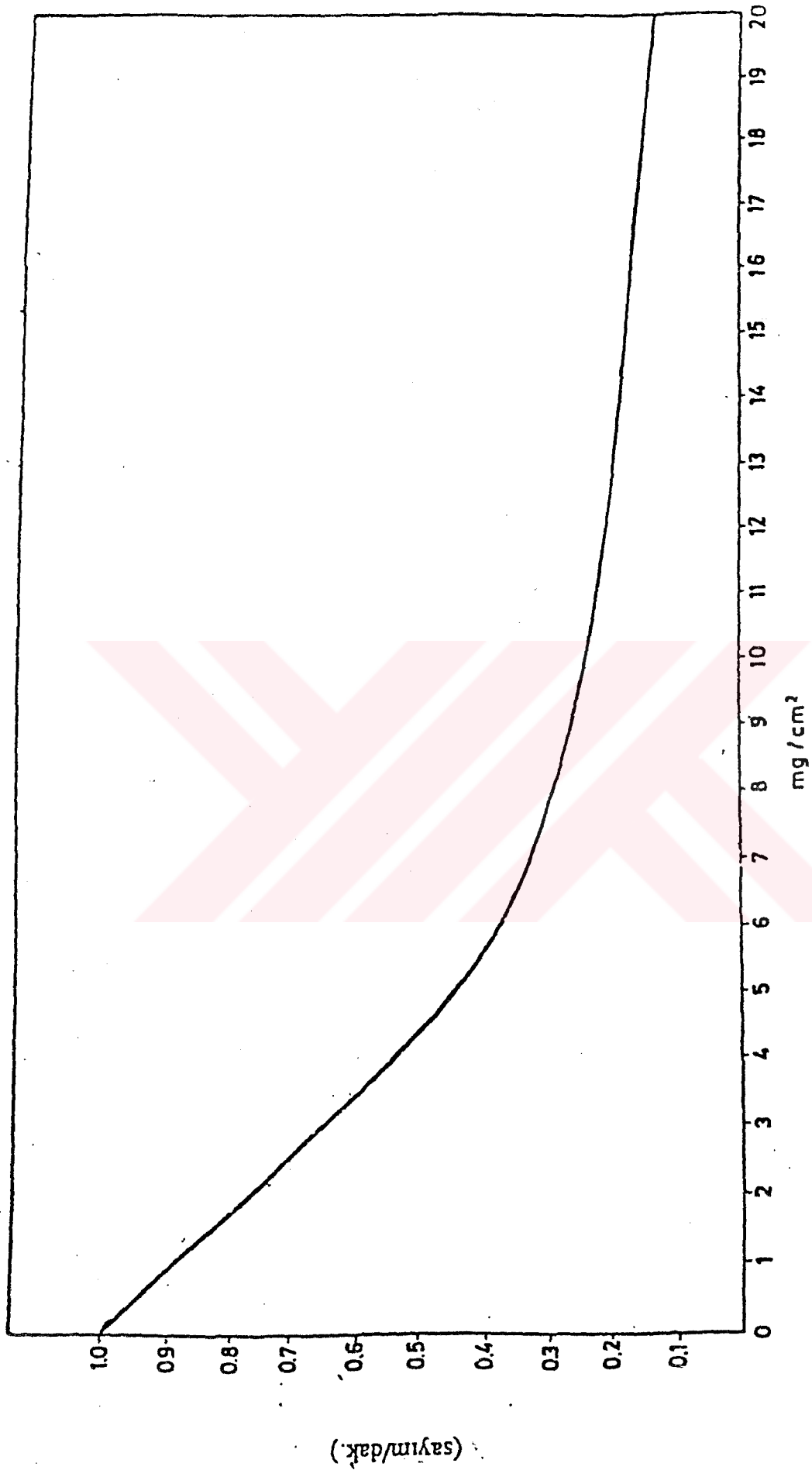
Bütün numuneler, toplam alfa sayımları için gaz akışlı orantılı sayıcı ile 1000 dakika sayım süresi içerisinde sayılmıştır.

Alfa için self absorpsiyon düzeltme eğrisi Şekil 4.33'da verilmektedir. Şekil 4.33'de verilen self absorpsiyon düzeltme eğrisinden yararlanılarak numunenin alan başına ağırlığına karşılık gelen sayım değeri okunarak VDF tayin edilmiştir. Denklem 2.7 kullanılarak alfa radyoaktivite değerleri önce pCi/g olarak daha sonra dönüşümle Bq/g cinsinden belirlenmiştir.

Toplam alfa radyoaktivite tayini için standart kaynak olarak 14,3 Bq aktiviteli Uranyum kullanılmıştır.



Şekil 4.32 KCl Kalibrasyon Eğrisi (Tuncer, 1991)



Şekil 4.33 Alfa için Self Absorpsiyon Düzeltme Eğrisi (Ataksor,2002)

BÖLÜM 5

DENEY SONUÇLARI

Bu Yüksek Lisans tez çalışmasında Türkiye'nin oniki farklı yöresine ait yirmi farklı mermer numunesi üzerinde ayrı ayrı çalışılmıştır. Temin edilen mermerler, Bölüm 4'de anlatıldığı üzere kırılarak öğütülmüş ve temiz planşetlere yerleştirilerek ağırlıkça miktarları belirlenmiştir. Daha sonra her bir numune için toplam alfa ve toplam beta sayımları alınmış ve yine Bölüm 4'de ayrıntısı verilen şekilde alfa ve beta radyoaktiviteleri hesap edilmiştir.

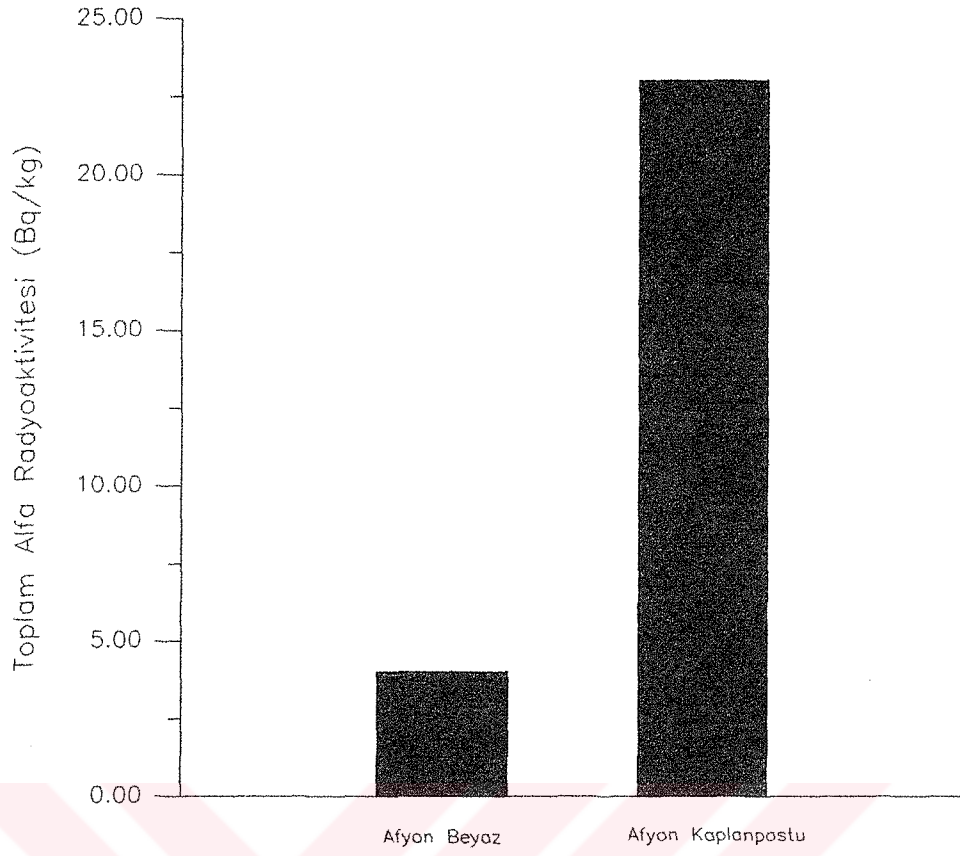
Çalışılan mermer türleri içerisinde, Türkiye'de kalite, üretim miktarları ve piyasalar tarafından gördüğü talep bakımından önemli üç mermer sahası, Afyon, Balıkesir ve Muğla mermerleridir. Bu nedenle öncelikle yöre bazında inceleme yapılmış sonra ayrık mermer sahalarına ait numunelerle çalışılmıştır.

5.1 Afyon Yöresine İlişkin Alınan Deney Sonuçları

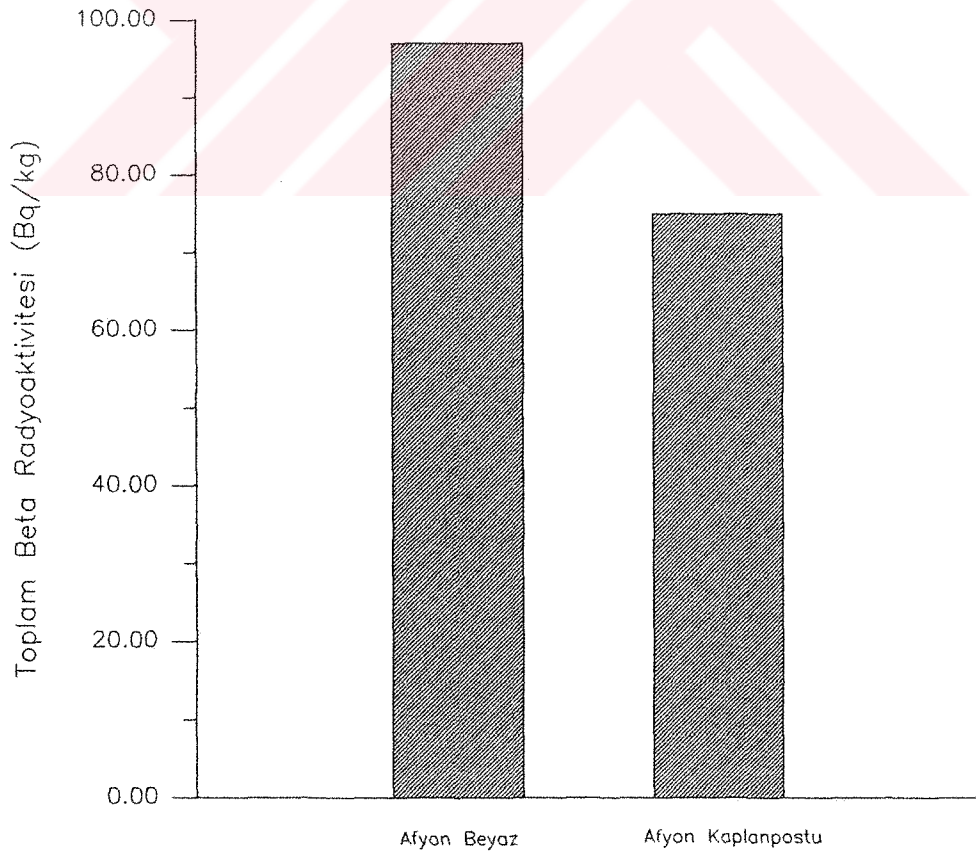
Bu Yüksek Lisans Tez çalışmasında Afyon yöresinden iki adet mermer numunesinin alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri tayin edilmiştir. Afyon Beyaz ve Afyon Kaplanpostu olarak adlandırılan bu mermer numunelerinin her ikisi de Afyon ilinin Işçehisar yöresine aittir. Çalışılan Afyon mermerlerine ait alfa radyoaktivite seviyesi Tablo 5.1'de, beta radyoaktivite seviyesi Tablo 5.2'de verilmektedir.

Tablo 5.1
Afyon Mermerlerinin Alfa Radyoaktivite seviyesi

Mermerin Adı	Alfa Radyoaktivitesi	
	PCi/kg ($\pm 10\%$)	Bq/kg ($\pm 10\%$)
Afyon Beyaz	108	4
Afyon Kaplanpostu	623	23



Şekil 5.1 Çalışılan Afyon Mermerlerinin Alfa Radyoaktiviteleri

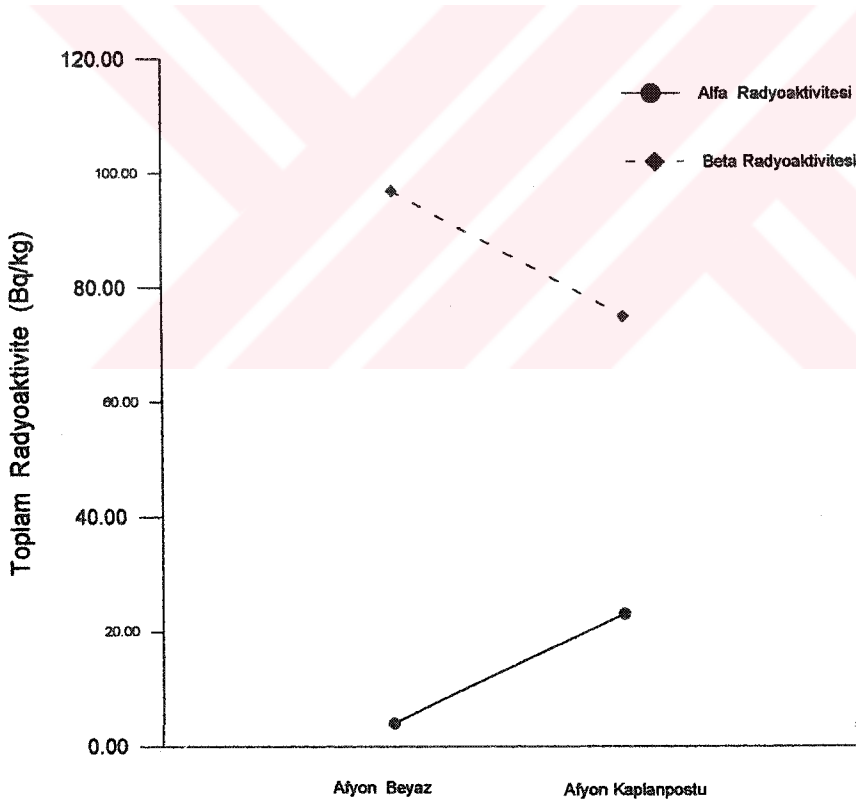


Şekil 5.2 Çalışılan Afyon mermerlerinin Beta Radyoaktiviteleri

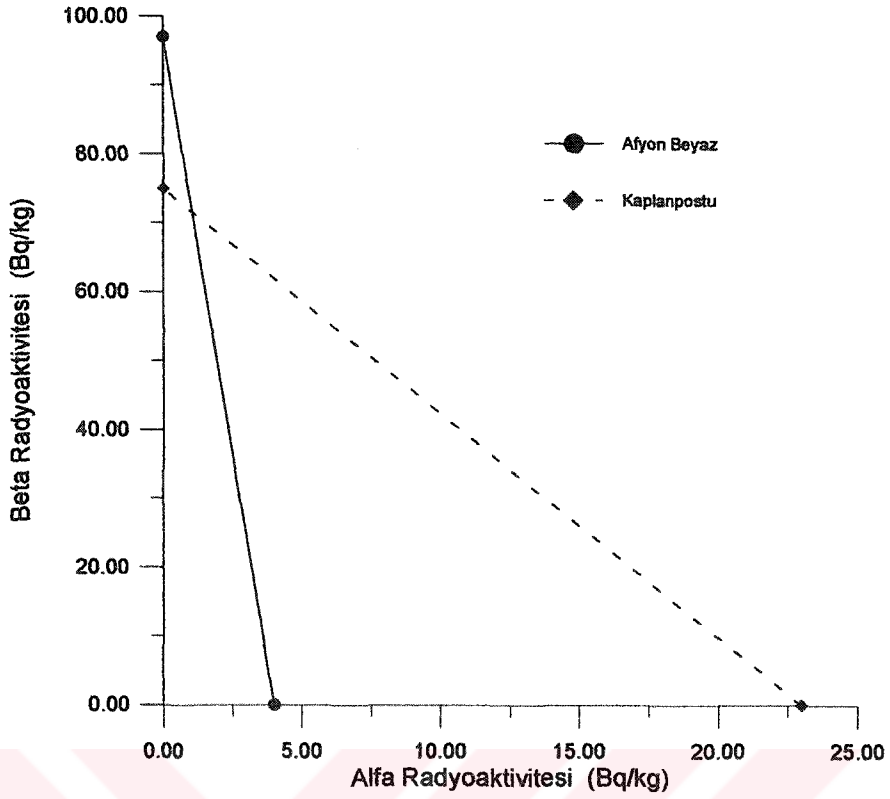
Tablo 5.2
Afyon Mermerlerinin Beta Radyoaktivite seviyesi

Mermerin Adı	Beta Radyoaktivitesi	
	PCi/kg ($\pm 10\%$)	Bq/kg ($\pm 10\%$)
Afyon Beyaz	2632	97
Afyon Kaplanpostu	1582	75

Afyon mermerlerine ait grafiksel değerlendirme alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri için sırasıyla Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Şekil 5.3'de ise, toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri beraberce verilmektedir. Çalışılan Afyon mermerlerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivitelerinin ikili mukayesesi de Şekil 5.4'de gösterilmektedir.



Şekil 5.3 Çalışılan Afyon Mermerlerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivite Seviyeleri



Şekil 5.4 Çalışılan Afyon Mermerlerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivitelerinin İkili Mukayesesi

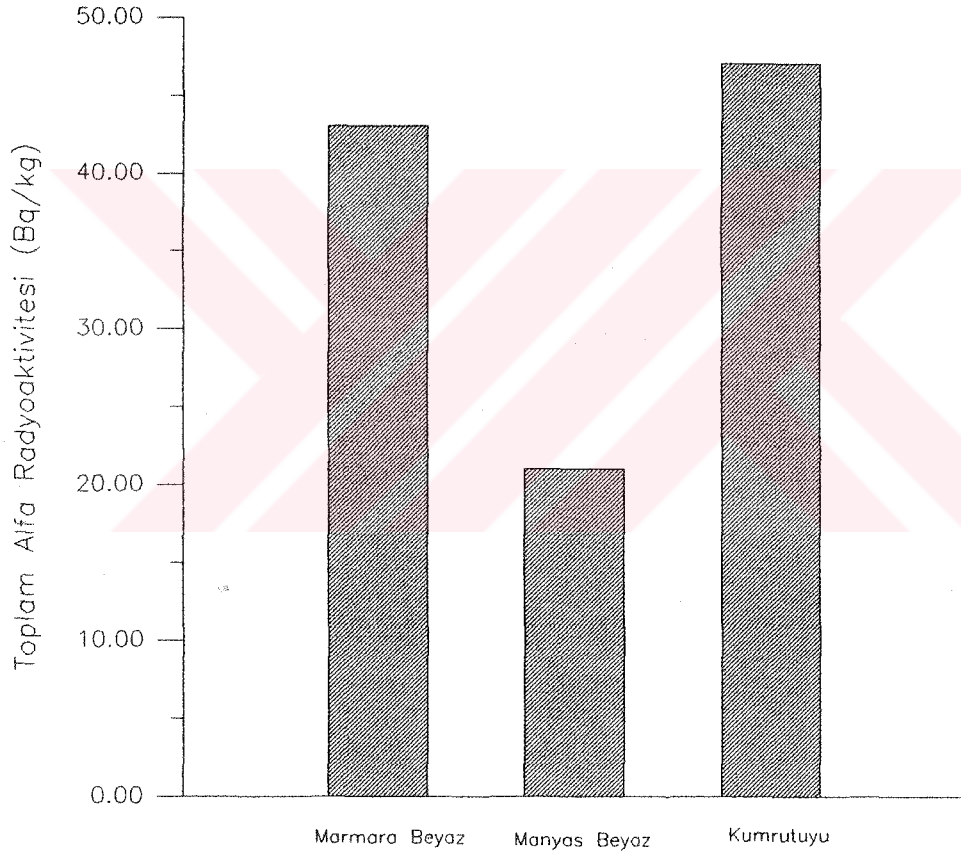
5.2 Balıkesir Yöresine İlişkin Alınan Deney Sonuçları

Bu Yüksek Lisans Tez çalışmasında Balıkesir yöresinden üç adet mermer numunesinin alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri tayin edilmiştir. Marmara Beyaz adıyla anılan mermer Marmara adası yöresine, Manyas Beyaz adıyla anılan mermer Manyas yöresine, Kumru Tüyü adıyla anılan mermer ise Çayüstü Köyü yöresine aittir.

Çalışılan Balıkesir mermerlerine ait alfa radyoaktivite seviyesi Tablo 5.3'de, beta radyoaktivite seviyesi Tablo 5.4'de verilmektedir. Yine bu mermerlere ait grafiksel değerlendirme ise alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri için sırasıyla Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'da verilmektedir.

Tablo 5.3
Balıkesir Mermerlerinin Alfa Radyoaktivite Seviyeleri

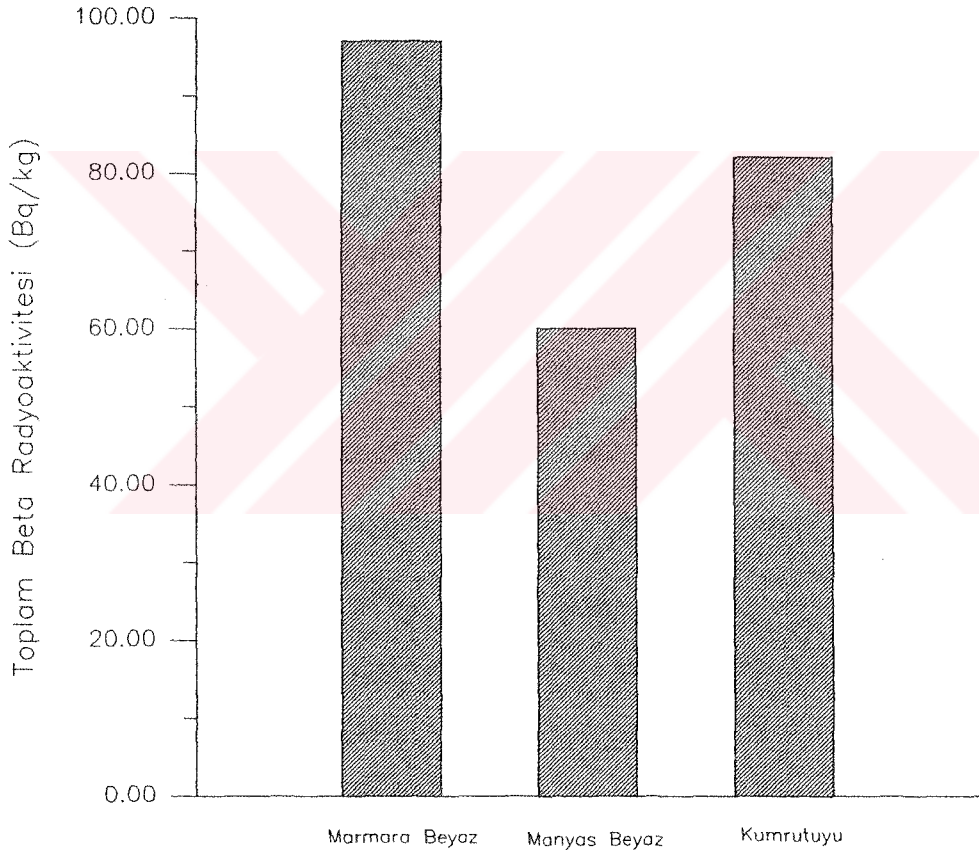
Mermerin Adı	Alfa Radyoaktivitesi	
	PCi/kg ($\pm 10\%$)	Bq/kg ($\pm 10\%$)
Marmara Beyaz	1162	43
Manyas Beyaz	568	21
Kumru tüyü	1270	47



Şekil 5.5 Çalışılan Balıkesir Mermerlerinin Alfa Radyoaktiviteleri

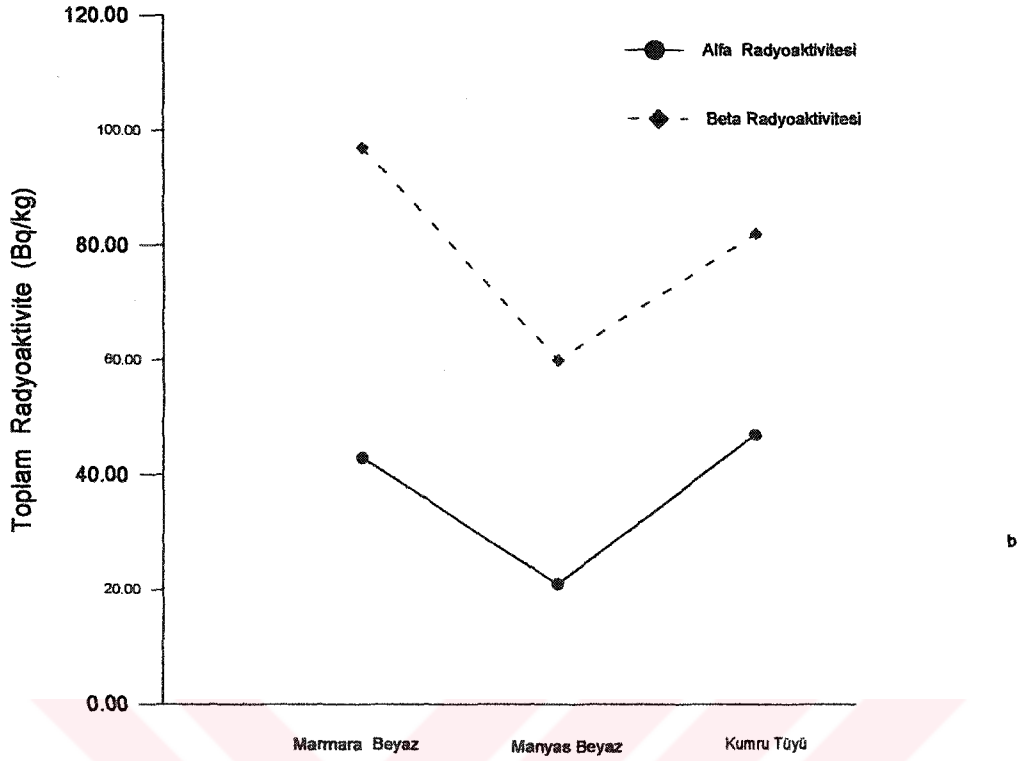
Tablo 5.4
Balıkesir Mermerlerinin Beta Radyoaktivite Seviyeleri

Mermerin Adı	Beta Radyoaktivitesi	
	PCİ/kg ($\pm 10\%$)	Bq/kg ($\pm 10\%$)
Marmara Beyaz	2626	97
Manyas Beyaz	1618	60
Kumru tüyü	2206	82

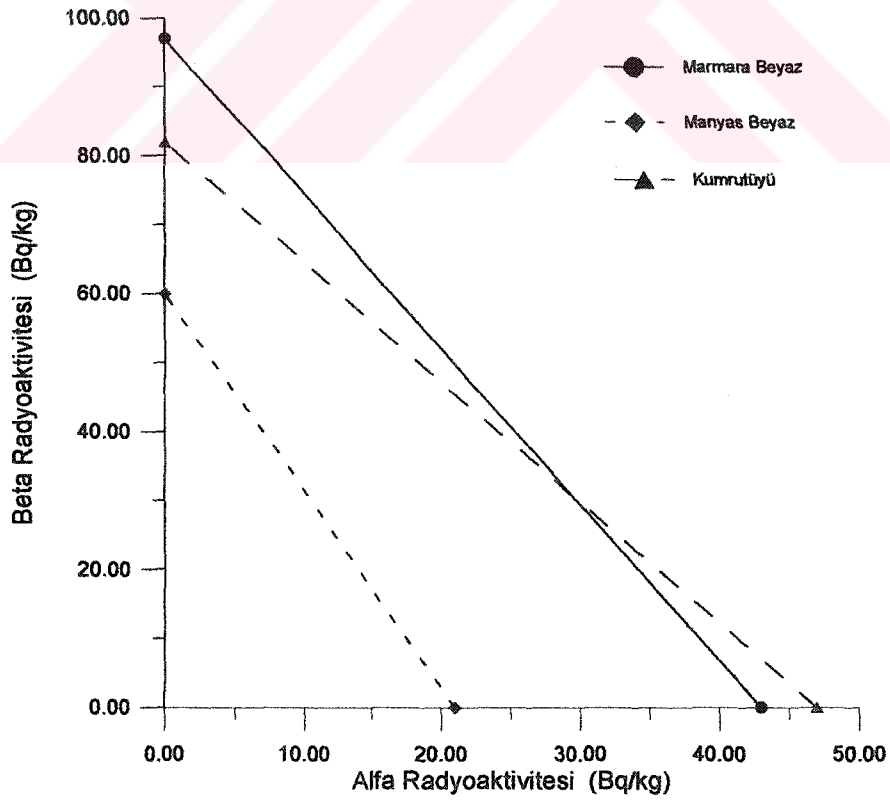


Şekil 5.6 Çalışılan Balıkesir Mermerlerinin Beta Radyoaktiviteleri

Şekil 5.7'de, toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri beraberce verilmektedir. Çalışılan Balıkesir mermerlerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivitelerinin ikili mukayesesi ise Şekil 5.8'de gösterilmektedir.



Şekil 5.7 Çalışılan Balıkesir Mermerlerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivite Seviyeleri



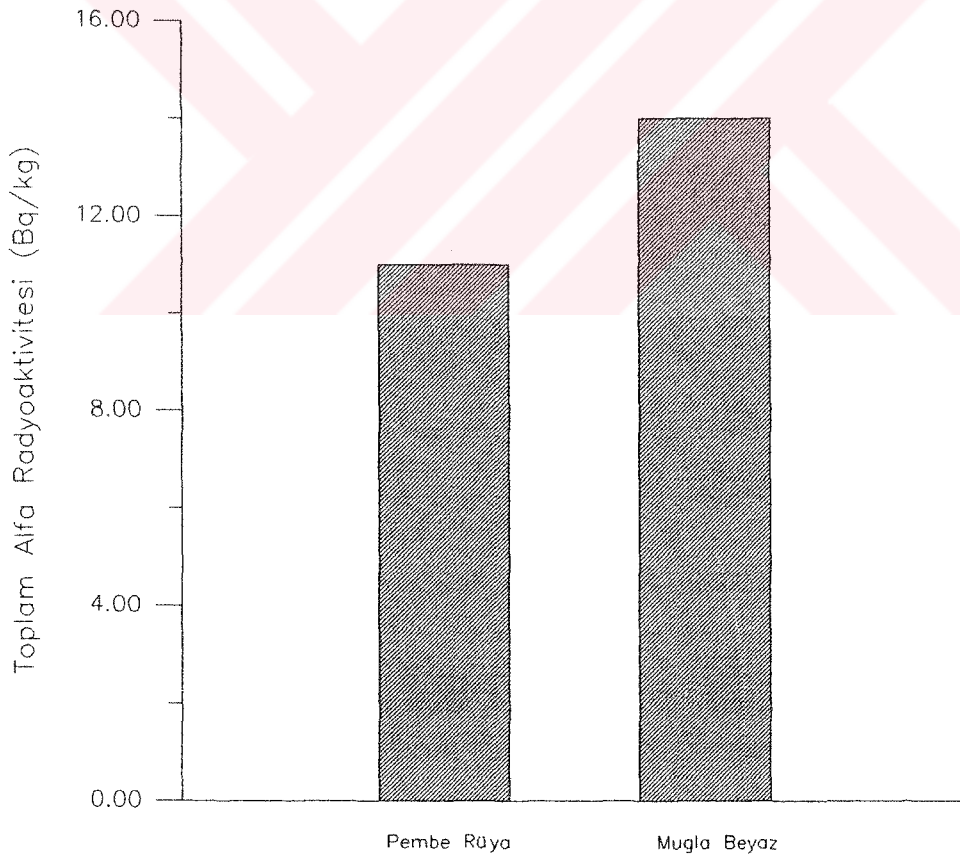
Şekil 5.8 Çalışılan Balıkesir Mermerlerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivitelerinin İkili Mukayesesi

5.3 Muğla Yöresine İlişkin Alınan Deney Sonuçları

Bu Yüksek Lisans Tez çalışmasında Muğla yöresinden iki adet mermer numunesinin alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri tayin edilmiştir. Pembe Rüya adıyla anılan mermer Yatağan yöresine, Muğla Beyaz adıyla anılan mermer ise Yatağan-Kozağaç yöresine aittir. Çalışılan Muğla mermerlerine ait alfa radyoaktivite seviyeleri Tablo 5.5'de beta radyoaktivite seviyeleri ise Tablo 5.6'de verilmektedir.

Tablo 5.5
Muğla Mermerlerinin Alfa Radyoaktivite seviyesi

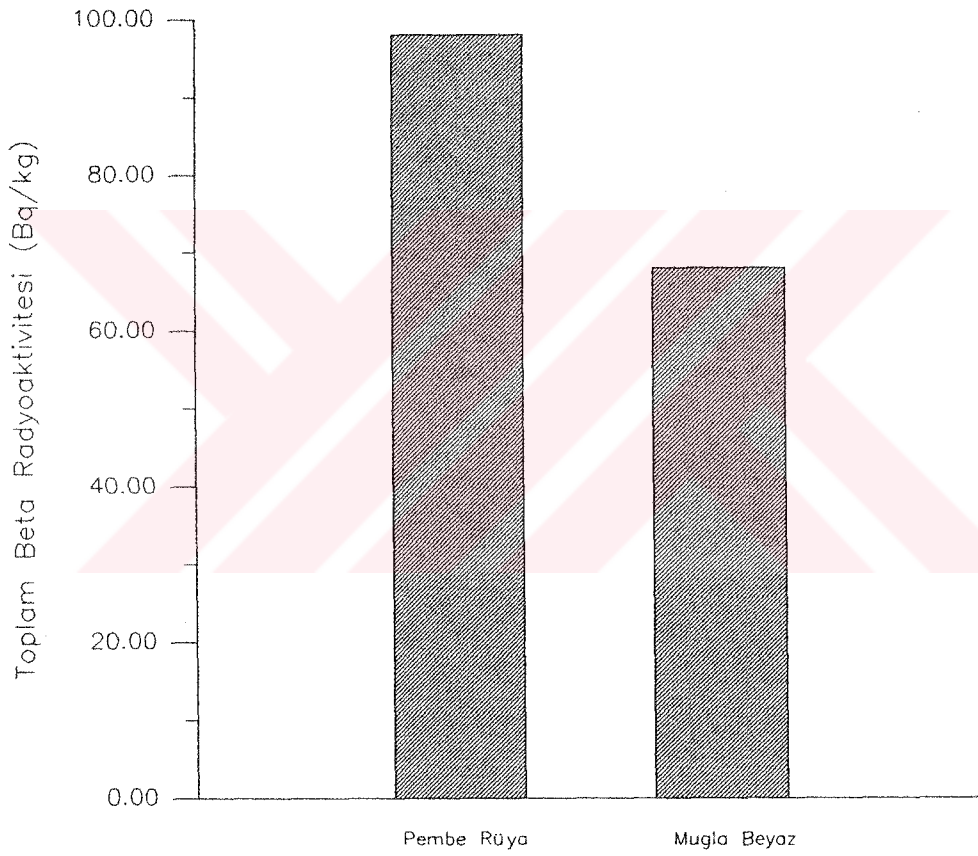
Mermerin Adı	Alfa Radyoaktivitesi	
	PCi/kg ($\leq \pm 10$)	Bq/kg ($\leq \pm 10$)
Pembe Rüya	297	11
Muğla Beyaz	378	14



Şekil 5.9 Çalışılan Muğla Mermerlerinin Alfa Radyoaktiviteleri

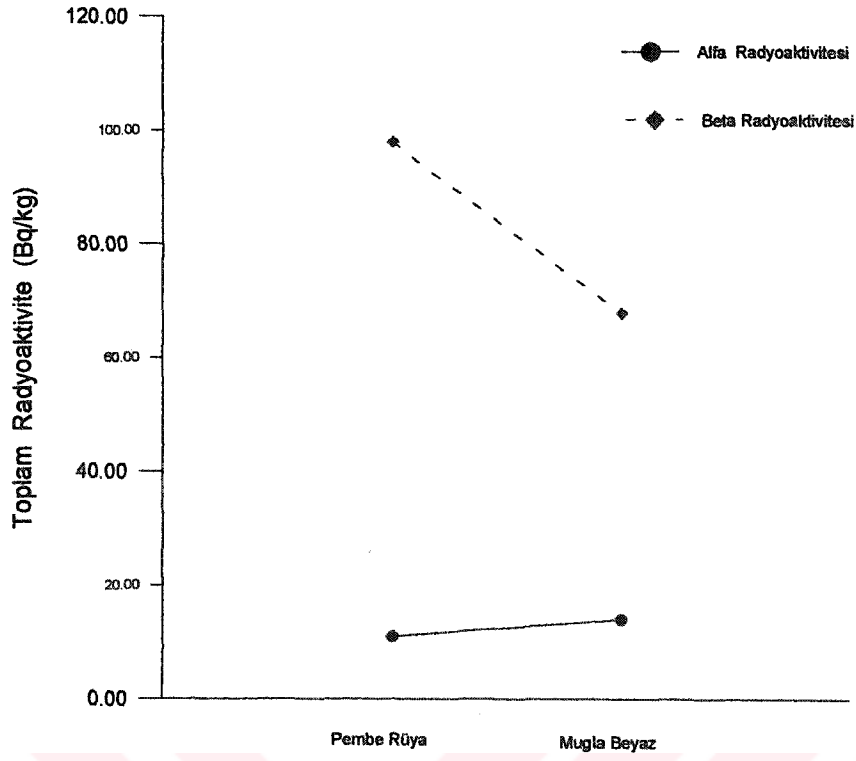
Tablo 5.6
Muğla Mermerlerinin Beta Radyoaktivite seviyesi

Mermerin Adı	Beta Radyoaktivitesi	
	PCi/kg ($<\pm\%10$)	Bq/kg ($<\pm\%10$)
Pembe Rüya	2640	98
Muğla Beyaz	1818	68

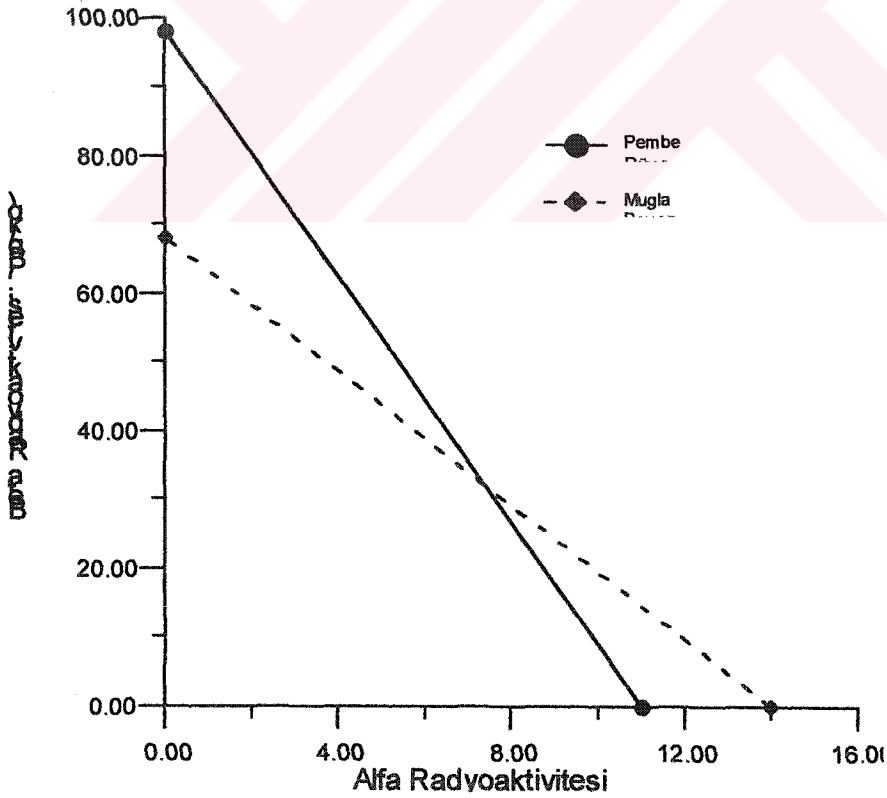


Şekil 5.10 Çalışılan Muğla Mermerlerinin Beta Radyoaktiviteleri

Çalışılan Muğla mermerlerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri beraberce Şekil 5.11'de verilmektedir. Toplam alfa ve toplam beta radyoaktivitelerinin ikili mukayesesi ise Şekil 5.12'de gösterilmektedir.



Şekil 5.11 Çalışılan Muğla Mermerlerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivite Seviyeleri



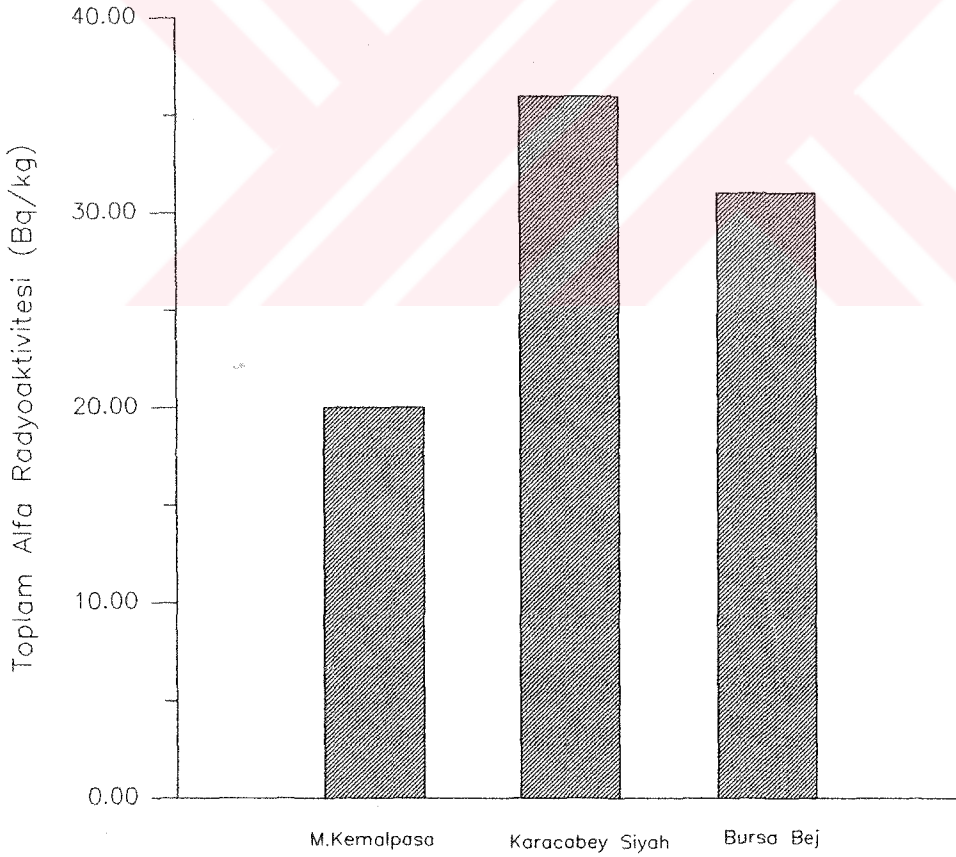
Şekil 5.12 Çalışılan Muğla Mermerlerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivitelerinin İkili Mukayesesi

5.4 Bursa Yöresine İlişkin Alınan Deney Sonuçları

Bu Yüksek Lisans Tez çalışmasında Bursa yöresinden üç adet mermer numunesinin alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri tayin edilmiştir. Kemalpaşa mermeri Mustafa Kemalpaşa yöresine, Karacabey siyah mermeri Karacabey yöresine, Bursa Bej mermeri ise Söğütalan yöresine aittir. Çalışılan Bursa mermerlerine ait alfa radyoaktivite seviyesi Tablo 5.7'de, beta radyoaktivite seviyesi Tablo 5.8'de verilmektedir.

Tablo 5.7
Bursa Mermerlerinin Alfa Radyoaktivite seviyesi

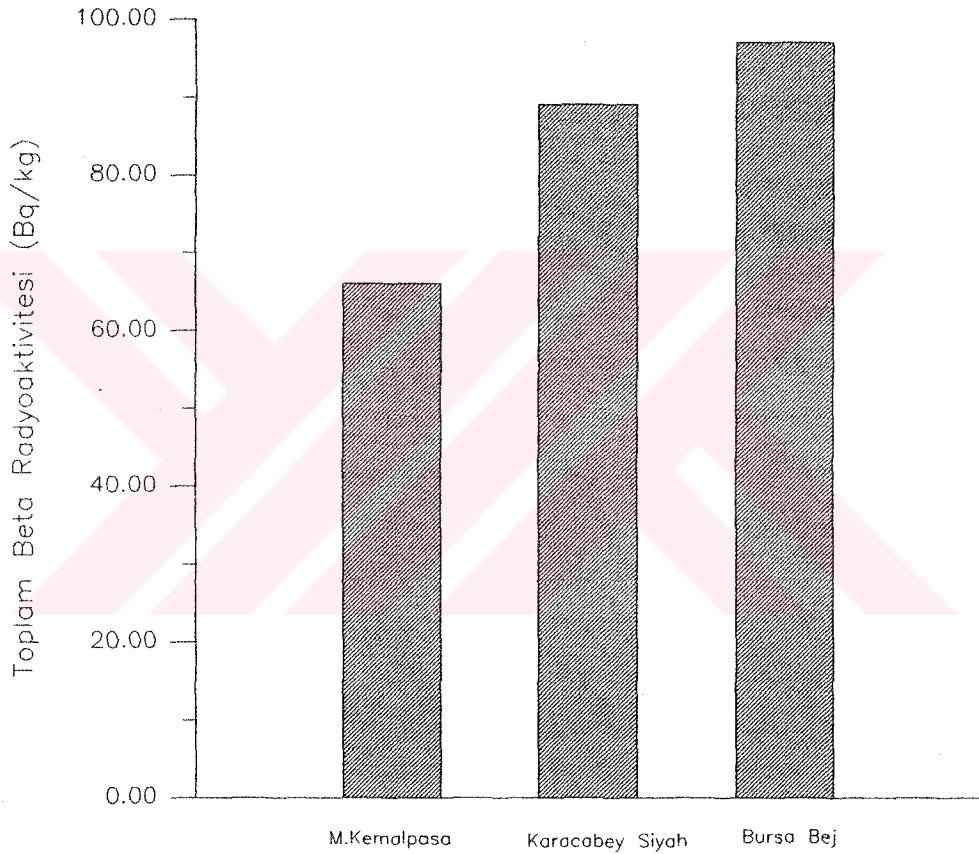
Mermerin Adı	Alfa Radyoaktivitesi	
	PCi/kg ($\pm 10\%$)	Bq/kg ($\pm 10\%$)
M.Kemalpaşa	540	20
Karacabey Siyah	973	36
Bursa Bej	838	31



Şekil 5.13 Çalışılan Bursa Mermerlerinin Alfa Radyoaktivite Seviyesi

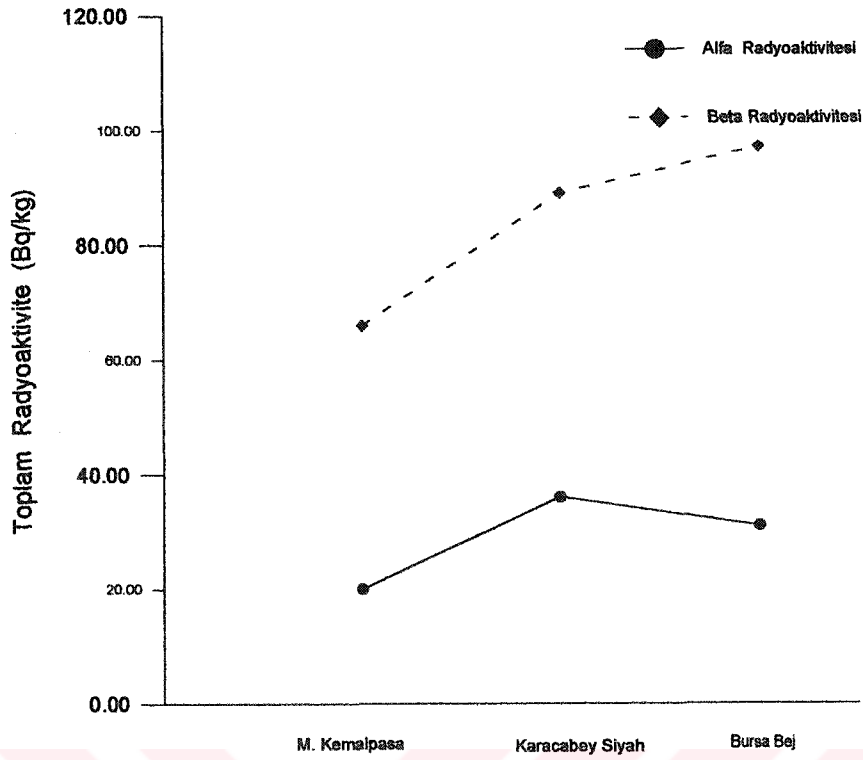
Tablo 5.8
Bursa Mermerlerinin Beta Radyoaktivite seviyesi

Mermerin Adı	Beta Radyoaktivitesi	
	PCi/kg ($\pm 10\%$)	Bq/kg ($\pm 10\%$)
M.Kemalpaşa	1797	66
Karacabey Siyah	2391	89
Bursa Bej	2609	97

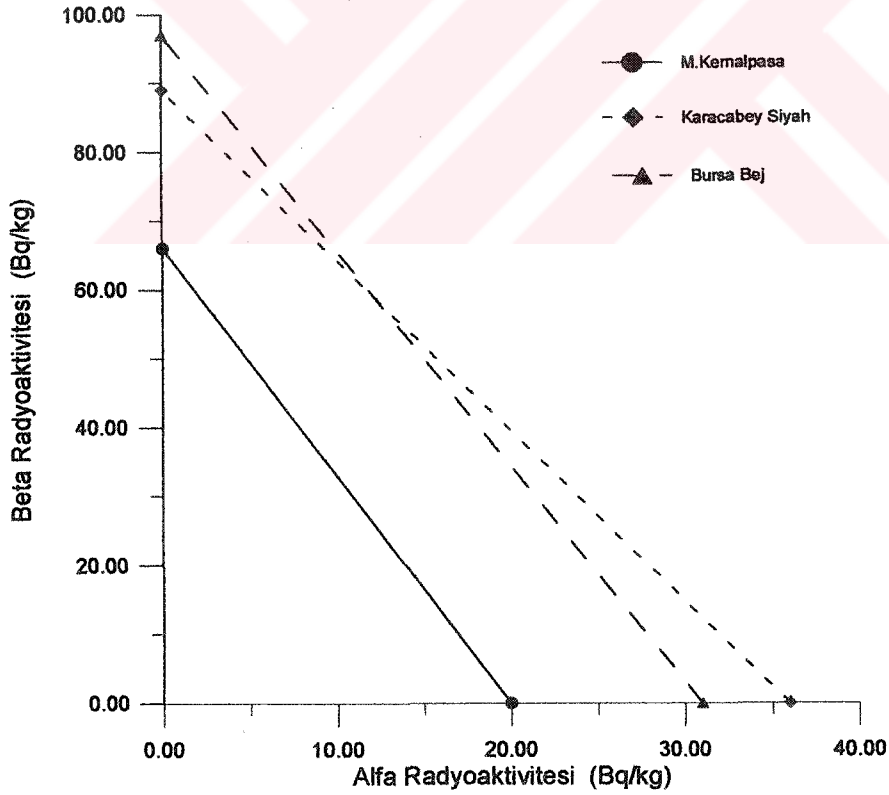


Şekil 5.14 Çalışılan Bursa Mermerlerinin Beta Radyoaktiviteleri

Yine bu mermerlere ait grafiksel değerlendirme ise alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri için sırasıyla Şekil 5.13 ve Şekil 5.14'de verilmektedir. Çalışılan Bursa mermerlerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri beraberce Şekil 5.15'de verilmektedir. Toplam alfa ve toplam beta radyoaktivitelerinin ikili mukayesesi ise Şekil 5.16'da gösterilmektedir.



Şekil 5.15 Çalışılan Bursa Mermerlerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivite Seviyeleri



Şekil 5.16 Çalışılan Bursa Mermerlerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivitelerinin İkili Mukayesesi

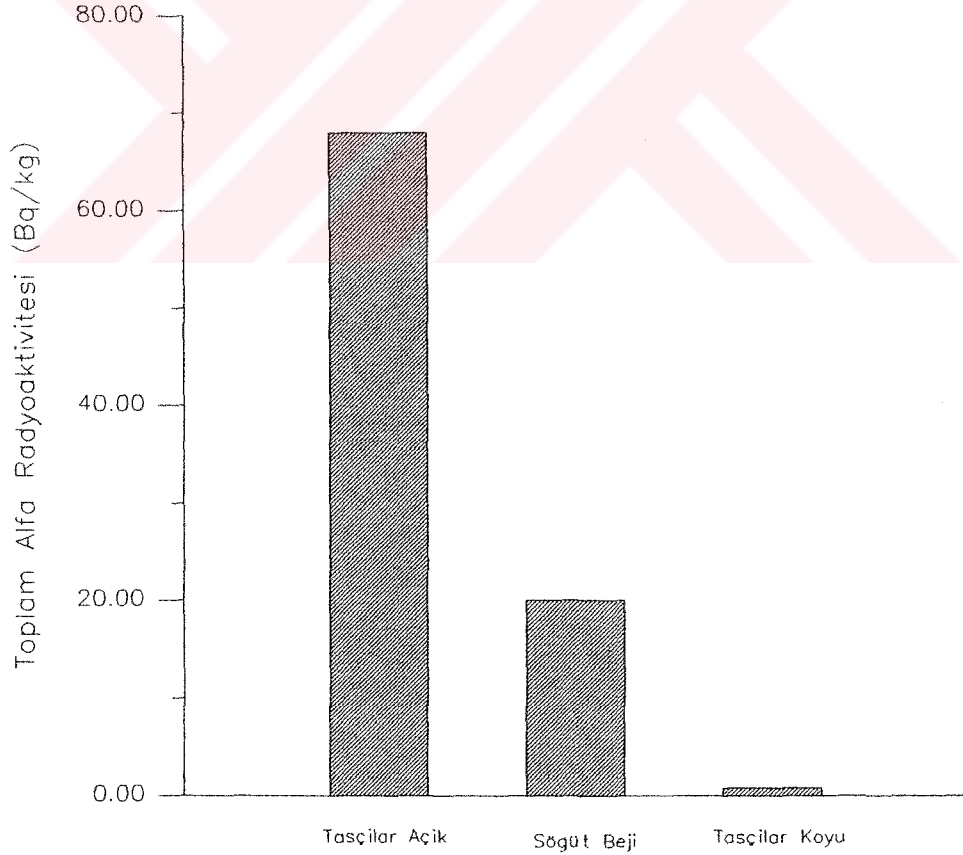
5.5 Bilecik Yöresine İlişkin Alınan Deney Sonuçları

Bu Yüksek Lisans Tez çalışmasında Bilecik yöresinden üç çeşit mermer numunesinin alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri belirlenmiştir. Taşçılar Açık mermeri ile Taşçılar Koyu mermeri isimlerinden de anlaşılacağı üzere Taşçılar yöresine, Söğüt Beji ise yine ismini aldığı yöreye, Söğüt yöresine aittir.

Tablo 5.9

Bilecik Mermerlerinin Alfa Radyoaktivite seviyesi

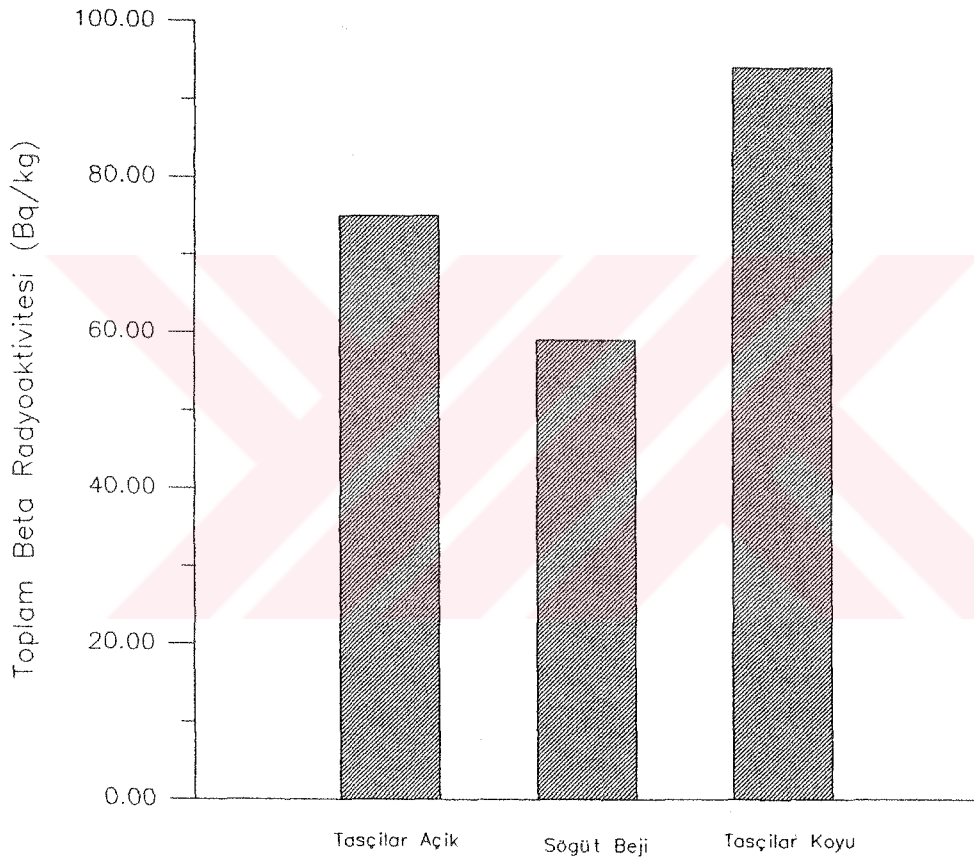
Mermerin Adı	Alfa Radyoaktivitesi	
	PCI/kg ($\leq \pm 10$)	Bq/kg ($\leq \pm 10$)
Taşçılar Açık	1838	68
Söğüt beji	540	20
Taşçılar Koyu	24	1



Şekil 5.17 Bilecik Mermer Numunesinin Alfa Radyoaktivite Seviyesi

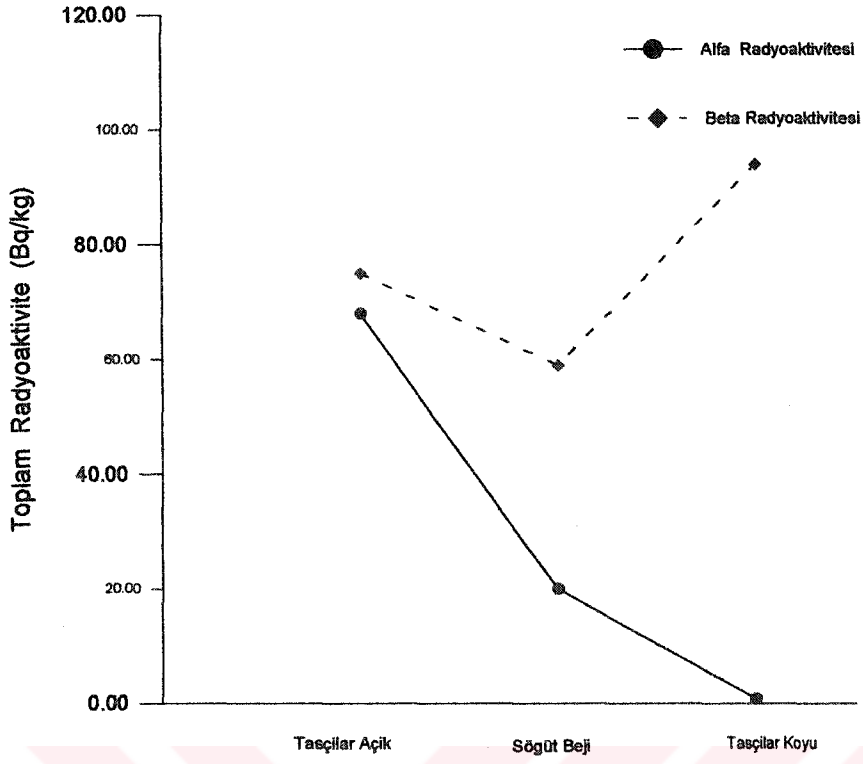
Tablo 5.10
Bilecik Mermerlerinin Beta Radyoaktivite seviyesi

Mermerin Adı	Beta Radyoaktivitesi	
	PCi/kg ($\pm 10\%$)	Bq/kg ($\pm 10\%$)
Taşçılar Açık	2022	75
Söğüt beji	1582	59
Taşçılar Koyu	2546	94

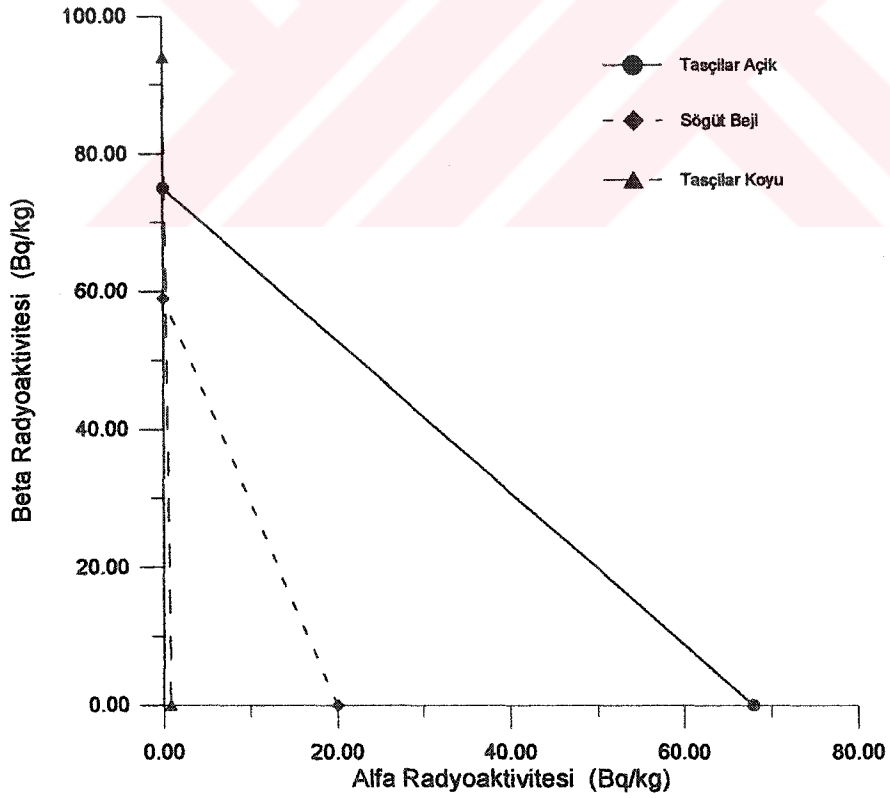


Şekil 5.18 Bilecik Numunesinin Beta Radyoaktivite Seviyesi

Çalışılan Bilecik mermerlerine ait alfa radyoaktivite seviyesi Tablo 5.9'de, beta radyoaktivite seviyesi Tablo 5.10'de verilmektedir. Yine bu mermerlere ait grafiksel değerlendirme ise alfa ve beta radyoaktivite seviyeleri için sırasıyla Şekil 5.17 ve Şekil 5.18'de verilmektedir. Çalışılan Bilecik mermerlerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri beraberce Şekil 5.19'da verilmektedir. Toplam alfa ve toplam beta radyoaktivitelerinin ikili mukayesesi ise Şekil 5.20'de gösterilmektedir.



Şekil 5.19 Çalışılan Bilecik Mermerlerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivite Seviyeleri



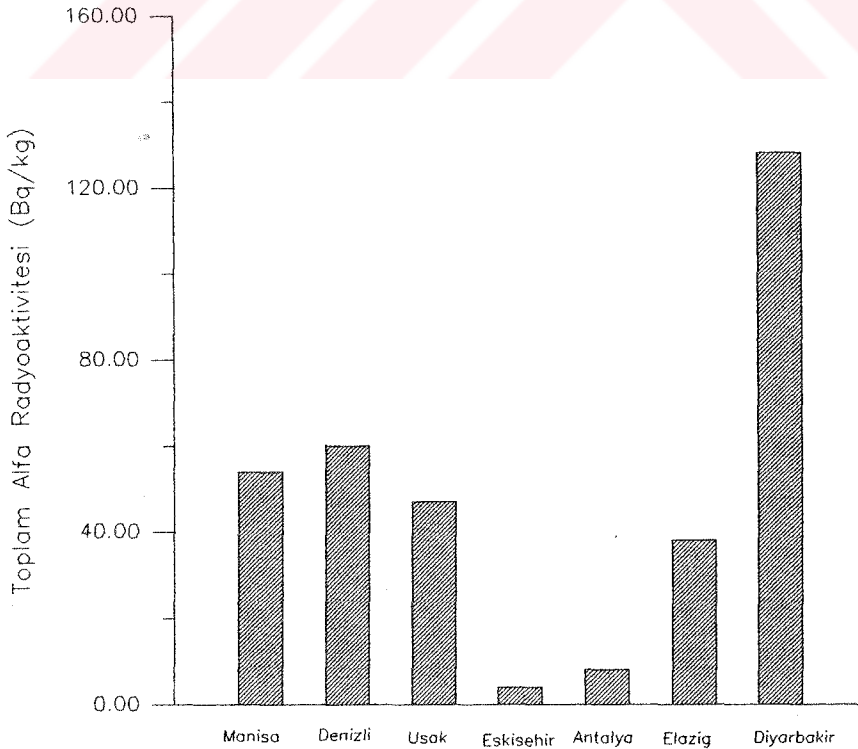
Şekil 5.20 Çalışılan Bilecik Mermerlerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivitelerinin İkili Mukayesesi

5.6 Yedi Farklı Yöreye İlişkin Alınan Deney Sonuçları

Bu Yüksek Lisans Tez çalışmasında Manisa, Denizli, Uşak, Eskişehir, Antalya, Elazığ ve Diyarbakır yörelerinden de çeşitli mermerler temin edilmiştir. Ege Kahve Manisa yöresine, Denizli Traverten Denizli yöresine, Uşak Beyazı Uşak yöresine, Salome Eskişehir'e, Limestone Antalya yöresine, Elazığ Vişne Elazığ yöresine ve Rosa Tea Diyarbakır yöresine ait mermer numuneleridir.

Tablo 5.11
Yedi Farklı Yöreye Ait Alfa Radyoaktivite seviyesi

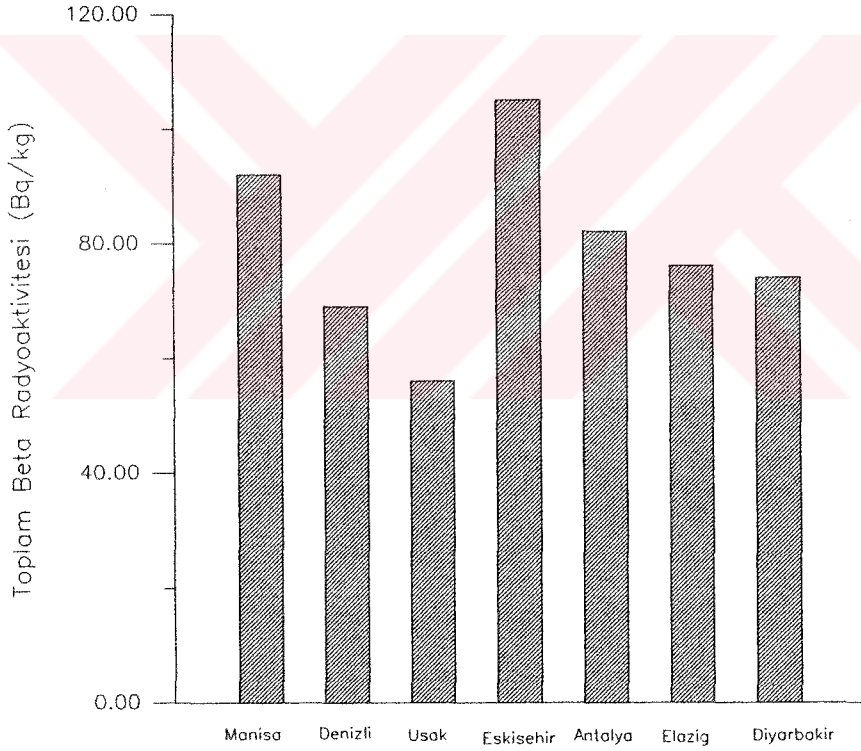
Mermerin Adı	Alfa Radyoaktivitesi	
	PCi/kg ($\pm 10\%$)	Bq/kg ($\pm 10\%$)
Ege Kahve	1459	54
Denizli Traverten	1622	60
Uşak beyaz	1270	47
Leopar (Salome)	108	4
Limestone	216	8
Elazığ Vişne	1027	38
Rosa Tea	3459	128



Şekil 5.21 Çalışılan Yedi Farklı Yöreye Ait Mermerlerin Alfa Radyoaktiviteleri

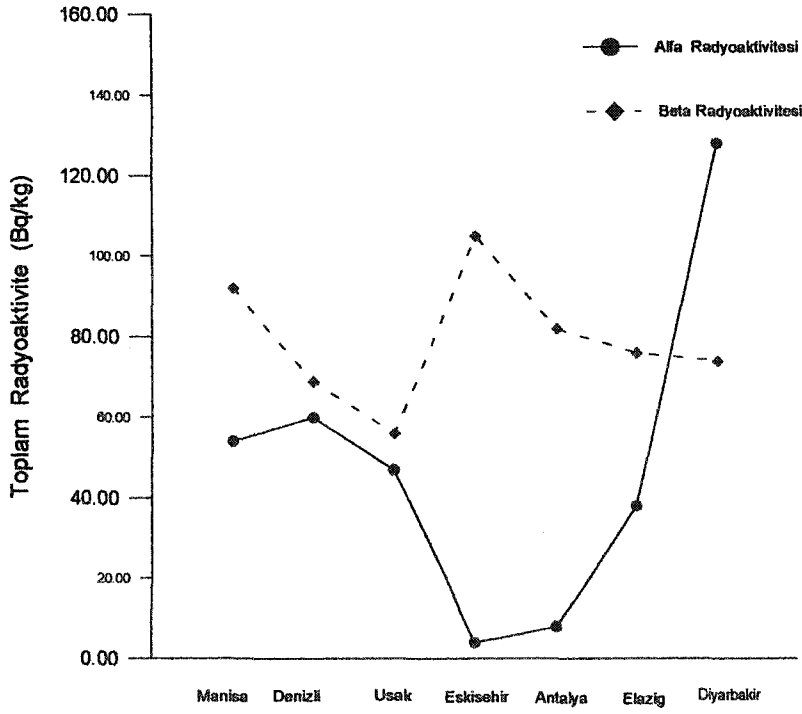
Tablo 5.12
Yedi Farklı Yöreye Ait Beta Radyoaktivite seviyesi

Mermerin Adı	Beta Radyoaktivitesi	
	PCi/kg ($\pm 10\%$)	Bq/kg ($\pm 10\%$)
Ege Kahve	2473	92
Denizli Traverten	1890	69
Uşak beyaz	1502	56
Leopar (Salome)	2851	105
Limestone	2208	82
Elazığ Vişne	2054	76
Rosa Tea	1991	74

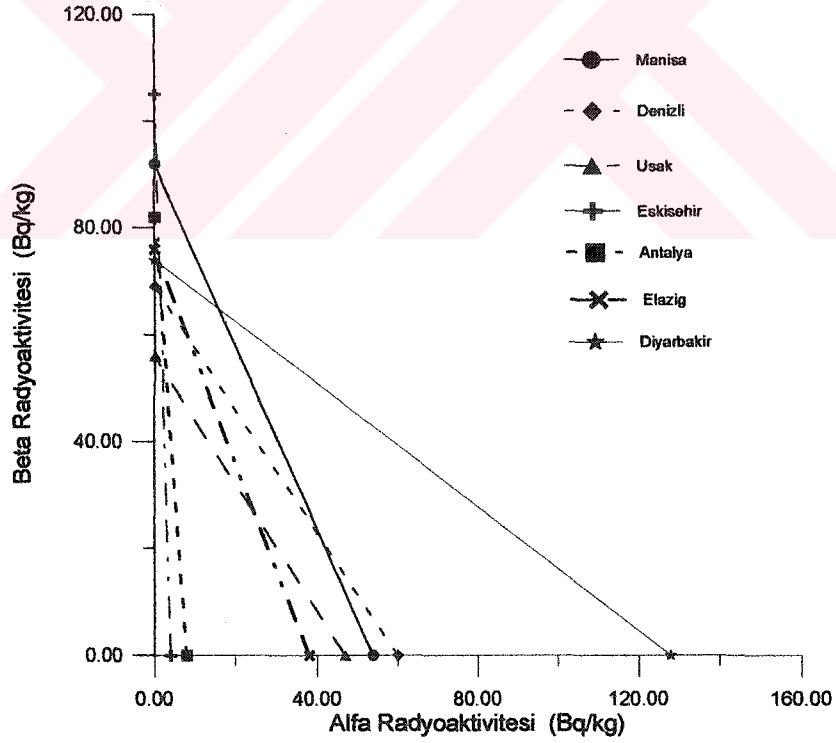


Şekil 5.22 Çalışılan Yedi Farklı Yöreye Ait Mermerlerin Beta Radyoaktiviteleri

Numunelerin alfa ve beta radyoaktiviteleri sırasıyla Tablo 5.11 ve Tablo 5.12'de, bunlara ilişkin grafikler ise yine sırasıyla Şekil 5.21 ve Şekil 5.22'de gösterilmektedir. Çalışılan Yedi Farklı Yöreeye ait mermerlerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri beraberce Şekil 5.23'de verilmektedir. Toplam alfa ve toplam beta radyoaktivitelerinin ikili mukayesesi ise Şekil 5.24'de gösterilmektedir.



Şekil 5.23 Çalışılan Yedi Farklı Yöreye Ait Mermerlerin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivite Seviyeleri



Şekil 5.24 Çalışılan Yedi Farklı Yöreye Ait Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivitesinin İkili Mukayesesi

5.7 Önemli Türkiye Mermerlerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivite Deney sonuçları Toplu Gösterimi

Türkiye'nin önemli mermer sahalarına ait yirmi çeşit mermer numunesine ilişkin sonuçlar, Şekil 4.1'de haritada belirtilen yöreleri ve numaralarıyla beraber Tablo 5.13'de görülmektedir. Bu mermer numunelerin toplam alfa ve toplam beta seviyelerini gösteren grafik ise Şekil 5.25'de verilmektedir.

Alfa radyoaktivitesi açısından değerlendirildiğinde Bilecik-Taşçılar yöresine ait Taşçılar Koyu mermerinin diğer mermer numunelerine göre hayli düşük bir değerde, 1 Bq/kg olduğu saptanmıştır. Afyon yöresine ait Afyon Beyaz mermeri ve Eskişehir yöresine ait Leopar (Salome) mermerleri ikinci en düşük seviye konumundadırlar. Bunlara ait toplam alfa radyoaktivitesi 4 Bq/kg olmaktadır. Üçüncü en düşük seviye ise Antalya yöresine ait Limestone mermeri olup, toplam alfa radyoaktivitesi 8 Bq/kg olarak bulunmuştur.

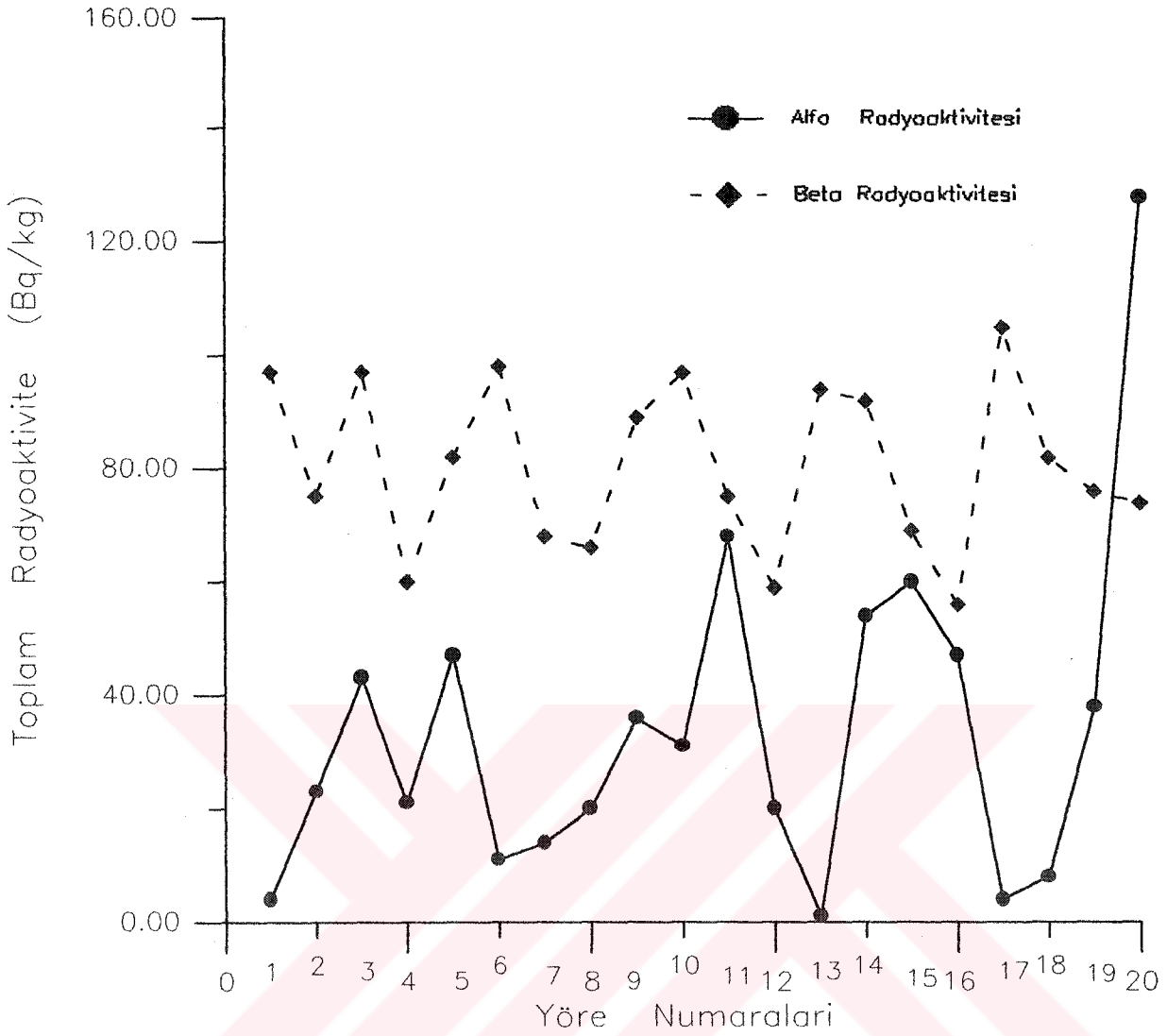
Diyarbakır-Hazro yöresine ait Rosa Tea mermerinin toplam alfa radyoaktivitesi diğer numunelere bakıldığında oldukça yüksek bir değerde, 128 Bq/kg olarak belirlenmiştir. Bu değerden sonraki en yüksek toplam alfa radyoaktivitesi 68 Bq/kg olup Taşçılar yöresinden Taşçılar açık mermerine aittir. Üçüncü en yüksek değer ise Denizli yöresine ait olup 60 Bq/kg'dır.

Farklı yörelere ait numunelerin toplam beta radyoaktivitesi incelendiğinde büyük sayılabilecek bir artış veya azalma söz konusu olmamaktadır. Beta radyoaktivite değerleri tüm numuneler için yaklaşık 56 Bq/kg ile 105 Bq/kg arasında değişmektedir. En düşük toplam beta radyoaktivitesi değeri 56 Bq/kg ile Uşak Beyaz mermerine, en yüksek toplam beta değeri ise Eskişehir yöresinden Leopar (Salome) mermerine aittir.

Bu Yüksek Lisans Tezi içinde çizilen tüm grafikler, Grapher çizim programı kullanılarak çizilmiştir. (Grapher,1992)

Tablo 5.13
Önemli Türkiye Mermerlerin Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivite Seviyeleri
Toplu Sonuçları

No	Çıkarıldığı Yöre	Mermerin Adı	Alfa Radyoaktivitesi		Beta Radyoaktivitesi	
			PCi/kg ($\leq \pm 10$)	Bq/kg ($\leq \pm 10$)	PCi/kg ($\leq \pm 10$)	Bq/kg ($\leq \pm 10$)
1	Afyon	Afyon Beyaz	108	4	2632	97
2		Kaplanpostu	622	23	1582	75
3	Balıkesir	Marmara Beyaz	1162	43	2626	97
4		Manyas Beyaz	568	21	1618	60
5		Kumru tüyü	1270	47	2206	82
6	Muğla	Pembe Rüya	297	11	2640	98
7		Muğla Beyaz	378	14	1818	68
8	Bursa	M.Kemalpaşa	540	20	1797	66
9		Karacabey Siyah	973	36	2391	89
10		Bursa Bej	838	31	2609	97
11	Bilecik	Taşçılar Açık	1838	68	2022	75
12		Söğüt beji	540	20	1582	59
13		Taşçılar Koyu	24	1	2546	94
14	Manisa	Ege Kahve	1459	54	2473	92
15	Denizli	Denizli Traverten	1622	60	1890	69
16	Uşak	Uşak beyaz	1270	47	1502	56
17	Eskişehir	Leopar (Salome)	108	4	2851	105
18	Antalya	Limestone	216	8	2208	82
19	Elazığ	Elazığ Vişne	1027	38	2054	76
20	Diyarbakır	Rosa Tea	3459	128	1991	74



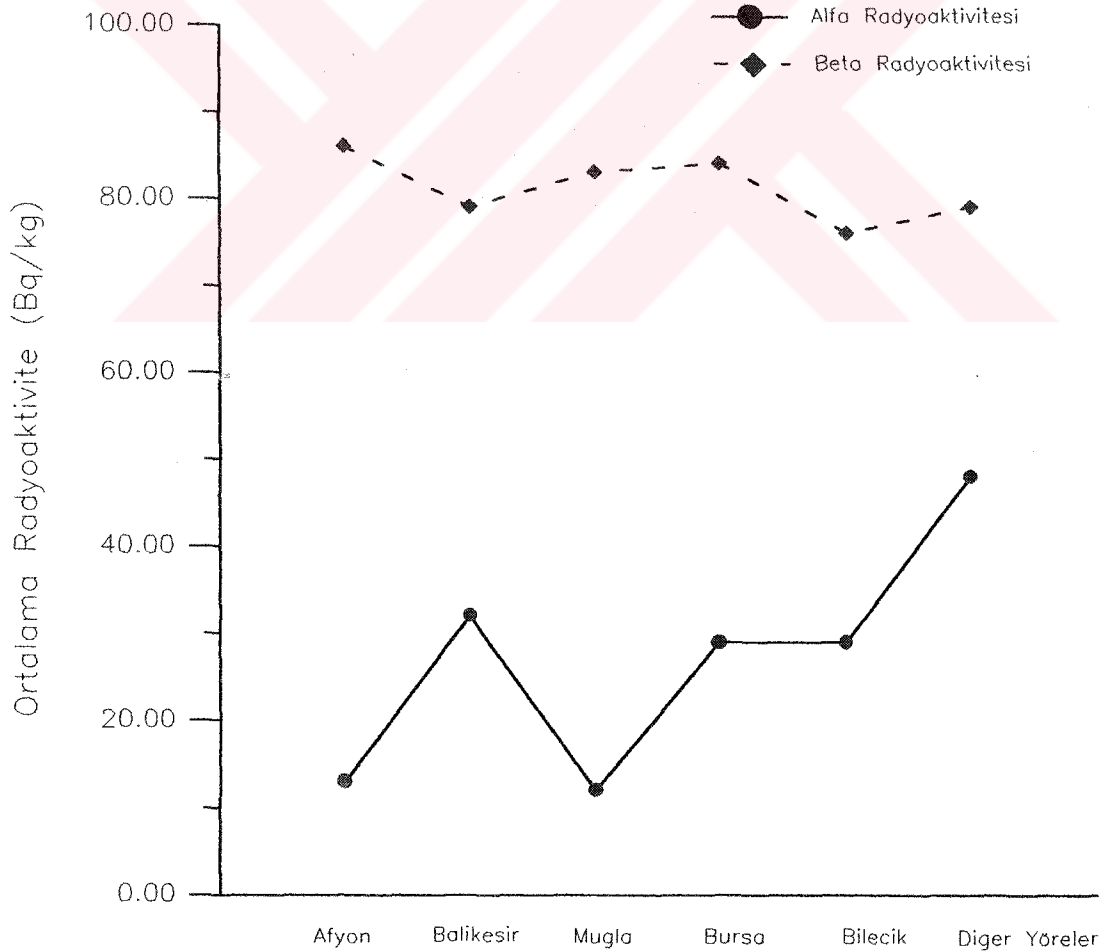
Şekil 5.25 Çalışılan Numunelerin Yöre Numaralarıyla Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivite Seviyelerinin Toplu Gösterimi

5.8 Önemli Türkiye Mermerlerinin Ortalama Toplam Alfa ve Ortalama Toplam Beta Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması

Farklı yörelere ait mermer numunelerinin genel olarak birbirleriyle karşılaştırılması amacıyla çalışılan birden fazla mermer numunesi bulunan yöreler için ve yedi farklı yöreden alınan mermer numuneleri için ortalama alınması yoluna gidilmiştir. Bu şekilde elde edilen sonuçlar Tablo 5.14'de verilmektedir. Toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyelerinin karşılaştırılmasına ilişkin grafiksel değerlendirme ise Şekil 5.26'de gösterilmektedir.

Tablo 5.14
Farklı Yörelere Ait Ortalama Toplam Alfa ve Ortalama Toplam Beta Radyoaktivite Seviyeleri

Çıkarıldığı Yöre	Ortalama Alfa Radyoaktivitesi		Ortalama Beta Radyoaktivitesi	
	PCi/kg ($\pm 10\%$)	Bq/kg ($\pm 10\%$)	PCi/kg ($\pm 10\%$)	Bq/kg ($\pm 10\%$)
Afyon	365	13	2107	86
Balıkesir	865	32	215	79
Muğla	337	12	2229	83
Bursa	783	29	2265	84
Bilecik	800	29	205	76
Yedi Farklı Yöre	1308	48	214	79



Şekil 5.26 Farklı Yörelere Ait Numunelerin Ortalama Toplam Alfa ve Ortalama Toplam Beta Radyoaktiviteleri

5.9 Önemli Türkiye Mermerlerinin Toplam Alfa-Beta Radyoaktivite Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması

Türkiye'nin önemli mermer yataklarının bulunduğu on iki farklı yöreye ait yirmi çeşit mermer numunesine ilişkin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyelerinin toplu sonuçlarının verildiği Tablo 5.13 incelendiğinde görülmektedir ki; tek bir numune hariç diğer numunelerin alfa radyoaktivitesi, beta radyoaktivitesinden düşük olmaktadır.

Bu bakımdan genel bir değerlendirme için toplam alfa-beta radyoaktivite seviyesinin incelenmesi yoluna gidilmiştir. Bu amaçla, Tablo 5.15 ve bunun uzantısında tüm mermer numunelerinin toplam radyoaktivitesine ilişkin Şekil 5.27 düzenlenmiştir.

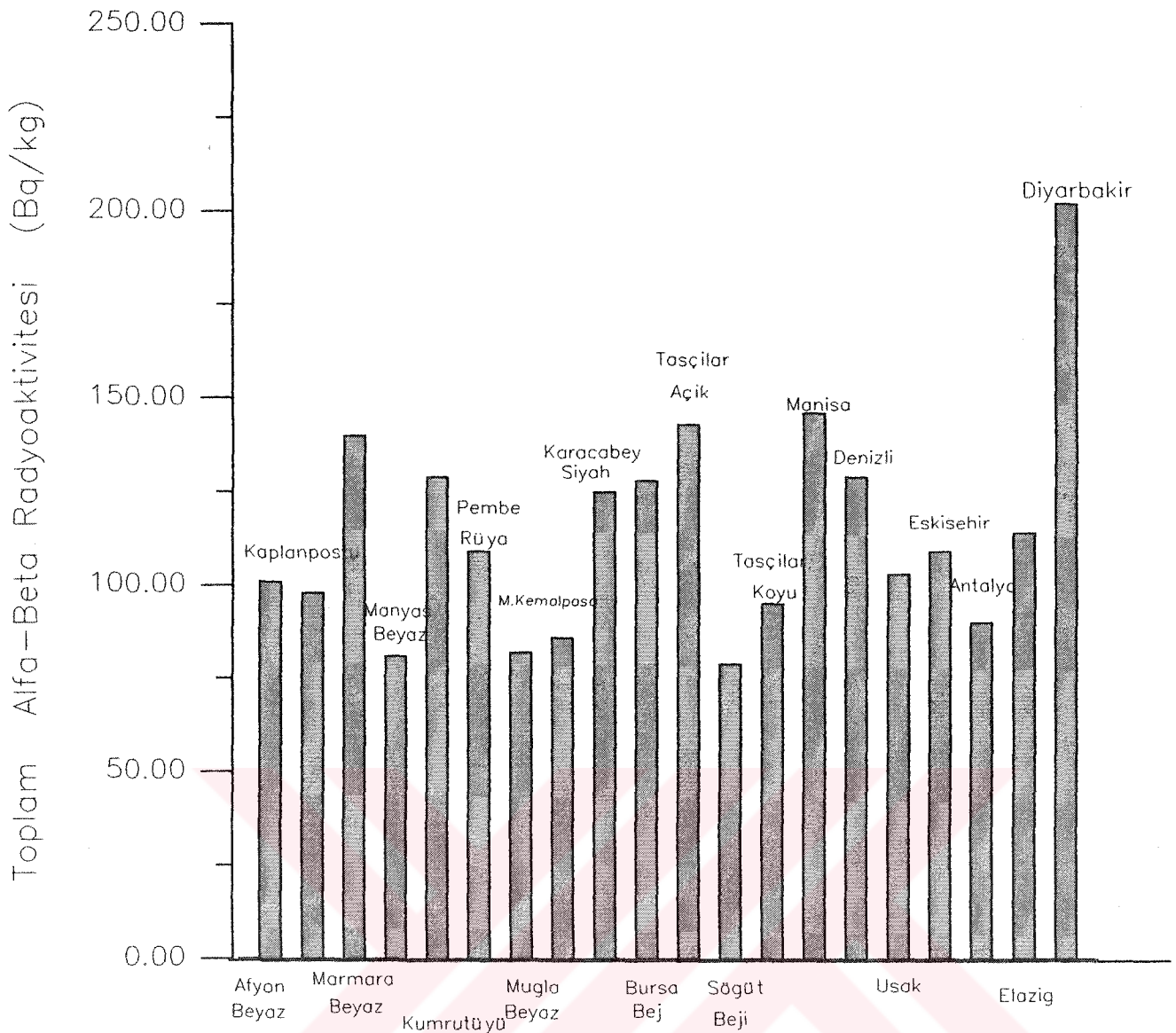
Toplam seviye olarak bakıldığında yine Diyarbakır-Hazro yöresi mermerinin 202 Bq/kg ile en yüksek toplam radyoaktivite değerine sahip olduğu görülmektedir. Bunu 146 Bq/kg ile Manisa yöresi Ege Kahve mermeri izlemektedir. Üçüncü en büyük toplam radyoaktivite değeri ise 140 Bq/kg ile Balıkesir-Marmara Adası mermerine aittir.

Çalışılan mermer numunelerine ait ortalama toplam alfa-beta radyoaktivite seviyeleri ise Tablo 5.16'da verilmektedir. Tablo 5.15'de de tüm yöreler için ortalama toplam radyoaktivite seviyesi hesaplanmıştır.

Buradan hareketle, Türkiye'nin önemli mermer yataklarına sahip on iki farklı bölgeden temin edilen yirmi çeşit mermer numunesine ait ortalama toplam bir radyoaktivite seviyesi belirlenmiştir. Bu seviye, çalışılan mermer numuneleri için yaklaşık olarak 110 Bq/kg olarak bulunmuştur.

Tablo 5.15
Önemli Türkiye mermerlerinin Toplam Alfa-Beta Radyoaktivite Seviyelerinin Toplu Sonuçları

No	Çıkarıldığı Yöre	Mermerin Adı	Toplam Alfa- Beta Radyoaktivitesi	
			PCi/kg ($\leq \pm 10\%$)	Bq/kg ($\leq \pm 10\%$)
1	Afyon	Afyon Beyaz	2740	101
2		Kaplanpostu	2205	98
3	Balıkesir	Marmara Beyaz	3788	140
4		Manyas Beyaz	2186	81
5		Kumru tüyü	2206	129
6	Muğla	Pembe Rüya	2937	109
7		Muğla Beyaz	2196	82
8	Bursa	M.Kemalpaşa	2337	86
9		Karacabey Siyah	3364	125
10		Bursa Bej	3344	128
11	Bilecik	Taşçılar Açık	3860	143
12		Söğüt beji	2122	79
13		Taşçılar Koyu	2570	94
14	Manisa	Ege Kahve	3392	146
15	Denizli	Denizli Traverten	3512	129
16	Uşak	Uşak beyaz	2772	103
17	Eskişehir	Leopar (Salome)	2959	109
18	Antalya	Limestone	2424	90
19	Elazığ	Elazığ Vişne	3018	114
20	Diyarbakır	Rosa Tea	5450	202
Tüm Töreler İçin Toplam Ortalama			2969	114



Şekil 5.27 Tüm Yörelere Ait Toplam Alfa-Beta Radyoaktivitesi
Tablo 5.16

Türkiye Mermerlerinin Ortalama Toplam Alfa-Beta Radyoaktivite Seviyeleri

Çıkarıldığı Yöre	Ortalama Toplam Alfa- Beta Radyoaktivitesi	
	PCi/kg ($\pm 10\%$)	Bq/kg ($\pm 10\%$)
Afyon	2472	99
Balıkesir	3015	116
Muğla	2556	95
Bursa	3048	113
Bilecik	2850	105
Yedi farklı Yöre	3455	127
Tüm Yörelere Ortalaması	2899	108

BÖLÜM 6

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu Yüksek Lisans tez çalışmasında Türkiye’de bulunan birçok mermer yatağından ulaşılabilen ve önde gelenlerine ilişkin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri üzerinde çalışılmıştır. Bir başka deyişle, jeolojik metamorfik yapılar içinde yer alan ve ülkemiz açısından da önem arz eden bir doğal yapı türünün doğal radyoaktivite seviyesi belirlenmesi konusunda deneysel olarak çalışılmıştır.

Çalışılan Mermer numuneler, Türkiye’nin farklı yörelerinden temin edilmiştir. Ancak, ulaşılan mermer numuneler, aynı yöreden olup, birbirinden farklı tür mermerler de içermekteydi. Bu bağlamda, öncelikle, çalışılan mermerler; yörelerine göre gruplandırılmışdır. Bu çerçevede beş yöreden, birden fazla numune ile çalışılmıştır. Aynı ayrı yöreler ise bir arada altıncı grubu oluşturmuştur.

Böylelikle, ülkemizin farklı yörelerine ilişkin mermer türlerine ulaşmaya çalışılmış ve menşei kesin olarak bilinen yirmi adet mermere ilişkin deneysel çalışmalar yapılmıştır. Çalışılan numunelerin temin edildiği yerler, Şekil 4.1’deki harita üzerinde, Tablo 4.1’deki numaralama sistemi ile işaretlenmiştir. Şekil 4.1’deki haritadan da hemen fark edileceği üzere, Türkiye’nin 6 coğrafi bölgesinden numune ile çalışılmıştır.

Çalışılan mermerlerden Afyon yöresinden 2 adet, Balıkesir yöresinden 3 adet, Muğla yöresinden 2 adet, Bursa yöresinden 3 adet, Bilecik yöresinden 3 adet ve ayrık (tek) yörelerin oluşturduğu altıncı grup içinde 7adet numune ile çalışılmıştır. Her bir mermer numunesinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri ayrı ayrı belirlenmiştir. Sonuçta, 20 adet mermer numune ile çalışılarak deneyler yapılmıştır.

Mermer numunelerin alfa ve beta radyoaktivite seviyelerinin tayini için doğada bulunan ve asal olarak nitelenebilen alfa ve beta aktif elemanlara göre kalibrasyonlar yapılarak radyoaktivite seviyeleri belirlenmiştir. Gama radyoaktivitesi için böylesi bir asal gama aktif eleman belirlenmesi sorunlu olduğundan, genellikle doğal radyoaktivite tayininde toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri tayini yoluna gidilmektedir.

Toplam alfa radyoaktivitesi için uranyum ve toplam beta radyoaktivitesi için potasyum kalibrasyon eğrilerinden yararlanılarak her numune için toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri belirlenmiştir. Bir başka deyişle, çalışılan 20 numunenin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri, her biri için uygun sayım sistemi kullanılarak ve uygun kalibrasyon eğrileri kullanılarak tayin edilmiştir.

Yukarıda belirtilen gruplandırma çerçevesinde her gruba mensup numunelerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri ayrı ayrı Tablo 5.1 – Tablo 5.12’de verilmektedir. İlgili grafikler ise Şekil 5.1 – Şekil 5.24’de görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde bir mermer numunesi dışında, çalışılan diğer tüm mermer numunelerinin toplam alfa radyoaktivite seviyeleri, toplam beta radyoaktivite seviyelerinin altındadır. Bir istisna, Diyarbakır Rosa Tea mermerine aittir. Ancak genel yorum bağlamında, radyoaktivite seviyelerinde toplam beta radyoaktivitesinin etkinliğinden bahsedilebilir.

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, ülkemizin farklı yörelerine ait mermer numunelerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyeleri arasında “bir miktar” farklılıklar olduğu görülmektedir (Tablo 5.13). Nitekim, bu durum, Şekil 5.25’deki tüm çalışılan mermer numunelerine ilişkin grafikte mukayeseli olarak gözlenmektedir. Diyarbakır Rosa Tea mermerinin istisnai durumu, burada da yine kendini göstermektedir. Toplu yorumlama bağlamında, mermer numuneler arasındaki toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyelerinde, yörelerin özelliklerinin etkin olabildiği söylenebilir.

Yöre karşılaştırmaları yapılabilmesi için çalışılan grup ortalamaları ele alınarak mukayeseli inceleme yapılması yoluna gidilmiştir. (Tablo 5.14). Bu amaçla Şekil 5.26 grafiği çizilmiş olup, bu grafikte de ortalama toplam beta radyoaktivite seviyesinin ortalama toplam alfa radyoaktivite seviyesinin üstünde olduğu görülmektedir. Bu durum, genel beklenti doğrultusundadır. Zira, doğada yüzey bölgelerde, beta aktif elemanlar genel olarak alfa aktif elemanlardan daha yüksek miktarlarda bulunmaktadır. Bir başka deyişle, doğada alfa aktif elementler ağır element izotopları olup, genellikle jeolojik alt istiflerde yer almaları daha muhtemel olmaktadır.

Bunlardan ayrı olarak, toplam alfa ve toplam beta toplamı bağlamında kümülatif radyoaktivite değerlendirmesi de yapılmıştır (Tablo 5.15). Bu bağlamda çizilen grafikler (Şekil 5.27 ve Şekil 5.28) incelendiğinde; çalışılan mermer numunelerinin toplam kümülatif radyoaktivite seviyelerinin 210 Bq/kg (0,21 kBq/kg) değerinin altında kaldığı tespit edilmiştir. Ortalama değer olarak ise 110 Bq/kg $\pm$ 2 radyoaktivite seviyesinden bahsedilebilir.

Bilindiği üzere, **Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği (1991)**, ithalatta (gıda dışı) elemanların radyoaktivite seviyelerinin 500 kBq/kg'ın (14 μ Ci/kg) altında olması halinde muafiyet tanımaktadır. Dünya Sağlık Teşkilatı'nın ise, gıda maddelerinde müsaade edilir aktivite olarak 2000 Bq/kg'ı benimsediği, AB ülkelerinin ise, gıdalar için 600 Bq/kg sınırını benimsediği belirtilmiştir (Yülek, 1990). Ayrıca, **Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği (1991)**'nde, en düşük limit verilen alfa aktif izotop için limit 1000 Bq/kg'dır,

Mermerlerin gıda olarak kullanımı olmamakla beraber, gıda ile çalışma şartlarında zemin eleman olarak kullanılabileceği düşünülerek, gıda için verilen standartlardan bahsedilmiştir. Bu değerler göz önüne alınması halinde bile; bu çalışma ile ulaşılan radyoaktivite değerleri, "uygun" olarak nitelenebilecek değerlerdir. Bir başka deyişle, çalışmamızla mermerler için elde edilen radyoaktivite değerleri, gıda olarak kullanılabilecek elemanlar için bile kabul edilebilecek radyoaktivite değerleri mertebesinde olduğundan, her ne kadar mermerler için radyoaktivite seviyesi bağlamında geliştirilmiş bir standart yoksa da, bu değerlerin, "uygun" olarak nitelenebilir olduğu kanaati edinilmiştir.

Böylelikle, Türkiye'nin farklı bölgelerinden temin edilen 20 farklı mermer numunesi ile yapılan bu Yüksek Lisans Tez çalışması ile ulaşılan sonuçlarla ülkemizin farklı mermerleri için radyoaktivite değerlendirmesi açısından bir veri tabanı oluşturulabilmiş ve ulaşılan radyoaktivite değerlerinin "düşük" olarak nitelenebileceği anlaşılmıştır.

KAYNAKLAR

Algüneş, Ç., 2002, Radyasyon Biofiziği, Trakya Üniversitesi Rektörlüğü Yayınları, Yayın No:54.

Alkan, H., 1989, İstanbul İçme Suyu Kaynaklarının Kirlilik Analizleri Radyoaktivite ve Ağır Metal Kirliliği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul .

Alpher, P.A., Herman, R.C., 1953, *Origin and Abundance Distribution Elements*, Am. Rev. Nuclear Sci. 2:1 .

Ataksor, B., 2002, Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivite Tayini İle Havza Yüzey Suları Kirliliğine İlişkin Yeni Bir İnceleme ve Reseptör Model İle Karşılaştırmalı Değerlendirmesi, İTÜ Nükleer Enerji Enstitüsü, İstanbul.

Blyth, F.G., 1983, *Geology for Engineers*, İTÜ Maden Fak., İST.

Eisenberg, R.L., 1992, *Radiology, An Illustrated History*, Mosby- Year Book.

Eisenbud, M., 1963, *Environmental Radioactivity in US*, P. 135.

Eisenbud, M., Petrow, 1964, *Radyoaktivite in The Atmosferic Effluents of Power Plants that Use Fossil Fuels*, Science **144**,288.

Erguvanlı,K., 1994,Mühendislik Jeolojisi, Seç Yayın Dağıtım, İst.

EPA-600/4-80-32,1980, United States Environmental Protection Agency, Procedure of Environmental Monitoring and Support Laboratuary, Cincinnati, USA.

Evans, E.V., Muramatsu, M., 1977, *Radiotracer Techniques and Applications*, Marcel Dekker Inc., Vol.1, New York.

Glass, R.C., Highes, A.R., 1962, *Encyclopoedic Dictionary of Phycsics*, Meetham Pergomon Press, Oxford, London.

Grapher,1992, Grapher™ For Windows- Users Manual, Golden Software, Inc., Colarado.

Güngör, N., 1991, Sağlık Fiziği, İ.T.Ü. Fen-Edebiyat Fak., İstanbul.

Güleç, K., 1973, Afyon Mermerlerinin Mühendislik Jeolojisi ve Fiziko- Mekanik Özelliklerinin Ayrışma ile İlişkisi, İTÜ Maden Fak.,İST.

Hallenbeck, W.H., 1994, *Radiotion Protection*, Lewis Publisher.

Holmes, A., 1964, *Principle of Physical Geology*, The Ronald Press Company, New York.

İstanbul Maden İhracatları Birliği, 2001, Türkiye Doğal Taşları, Mart Matbaacılık Sanatları San. Ve Tic. Ltd. Şti. İstanbul.

Kenny, A.W., 1971, Radioactive Contamination Arising from the Peaceful Uses of Atomic Energy, Thesymp. On Nuc. Tech. In Envi. Pollution, AEA, Oct. 26-30, Salzburg.

Kuşcu, M., 2001, Endüstriyel Kayaçlar ve Mineraller, Süleyman Demirel Üniversitesi, Müh. Mim. Fak., Isparta.

L'Annunziata, M., 1998, Radioactivity Analysis, Academic Press.

Littlefield, T.A., Thorley, N., 1973, Atom ve Çekirdek Fiziği, İ.Ü. Fen Fak. Yayın., İstanbul.

Maghissi, A.A., Carter, M.W., 1977, Radionuclides in Environmental Studies, Georgia Ins. Of Tech., Atlanta.

Mason, B., 1952, Principle of Geochemistry, John Willey & Sons Ins. New York

Myrick, T.E., Berven, B.A., Hywood, F.F., 1983, Determination of Concentration of Selected Radionuclides in Surface Soil in the U.S., Health Physics Volume 45.

NCRP Report 50, 1976, National Council on Radiation Protection and Measurement Environmental Radiation Measurement.

Öktem, G., 2001, Türkiye ve Doğal Taşları, Mart Matbaacılık, İstanbul.

Özden, N., 1990, Sanayide Radyasyondan Korunmanın Esasları, Aliğa Petrokimya San. Ve Tic. A.Ş.

Öztürk, F., Mermer Teknolojisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tez, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Phair, G., Gottfried, D., 1964, The Colorado Front Range as a Uranium and Thorium Province, Natural Radiation Environment, William March Rice Uni., Colorado, USA.

Postacioğlu, B., 1995, Cisimlerin Yapısı ve Özellikleri, İ.T.Ü., Gümüşsuyu, İstanbul.

Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği, 1991, Başbakanlık Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, 06.01.1991 Tarih ve 20983 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.

Rahman, I., Shieh, S., 1981, Introduction to Nuclear Engineering, Robert E. Kriger Publishing Company, Inc.

Richards, J.A., Sears, F. W., Wehr, M.R., Zemansky, M.W., 1982, Modern University Physics, Addison- Wesley Publishing Company, USA.

Saha, G.B., 1998, Fundamentals of Nuclear Pharmacy, Fourth edition, Springer.

Shapiro, J., 1990, Radiation Protection, Harvard University Press, Cambridge.

Sayar, M., Erguvanlı, M., 1955, Türkiye Mermerleri ve İnşaat Taşları, İ.T.Ü., Maden Fak., İstanbul.

Şeker, Ş.S., Çerezci, O., 1997, Çevremizdeki Radyasyon ve Korunma Yöntemleri, B.Ü. Elektrik-Elektronik Bölümü, İstanbul.

Tuncer, S., 1991, Çeşitli İçme Sularında Radyoaktivite Seviyelerinin Tayini, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Nükleer Enerji Enstitüsü, İstanbul.

Türkmen, F., 1995, Mermercilik Sektöründe Çevre Mevzuatı, Türkiye I. Mermer Sempozyumu, 6-7 Nisan, Afyon.

Tombul, M., Güngör, N., 1997, Türkiye II. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı, TMMOB, 1-2 Mayıs, Afyon.

TS-1910, 1977, Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Yapı Taşları.

Weber, R., Esterlund, R.A., Patzelt, P., 1999, Alfa Spectrometric Analysis of Thoryum Using Solid Phase Extraction for Samole Preparation, Applied Radiation and isotopes, 50, 929-934.

Weinberg, S., 2002, Atomaltı Parçacıklar, Tübitak Popüler Bilim Kitapları, Ankara.

Willey, P.J., 1970, The Dinamic Earth Textbook in Geoscience, John Willey & Sons Ens. New York.

Yülek, G., 1990, Türkiye Atom Enerjisi Kurumunun Radyasyon ve Nükleer Güvenlik Faaliyetlerinin Dünü, Bugünü ve Yarını, Erzurum.

ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Erzincan'ın Kemaliye ilçesinde doğdu. İlköğrenimini burada tamamladıktan sonra İstanbul'a gelerek, 1992 yılında Davutpaşa Lisesi'nden mezun oldu. 1994 yılında Anadolu Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü'ne girdi ve 1998 yılında Fizikçi olarak mezun oldu. Aynı yıl İ.T.Ü. Nükleer Enerji Enstitüsü'nde Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2001 yılında İ.T.Ü. Nükleer Enerji Enstitüsü Fotoğraf Laboratuvarında yarı-zamanlı öğrenci olarak görev yaptı. İngilizce bilmektedir.

**LA YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**