

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**MALKARA (TEKİRDAĞ) KÖMÜRLERİNİN ORGANİK JEOKİMYASI, ANA-
ESER ELEMENT İÇERİKLERİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN CBS
DESTEKLİ İNCELENMESİ**

Cevdet Bertan GÜLLÜDAĞ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

HAZİRAN 2019

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**MALKARA (TEKİRDAĞ) KÖMÜRLERİNİN ORGANİK JEOKİMYASI, ANA-
ESER ELEMENT İÇERİKLERİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN CBS
DESTEKLİ İNCELENMESİ**

Cevdet Bertan GÜLLÜDAĞ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

HAZİRAN 2019

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MALKARA (TEKİRDAĞ) KÖMÜRLERİNİN ORGANİK JEOKİMYASI, ANA-
ESER ELEMENT İÇERİKLERİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN CBS
DESTEKLİ İNCELENMESİ**

**Cevdet Bertan GÜLLÜDAĞ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
tarafından FDK-2016-2042 nolu proje ile desteklenmiştir.**

HAZİRAN 2019

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MALKARA (TEKİRDAĞ) KÖMÜRLERİNİN ORGANİK JEOKİMYASI, ANA-
ESER ELEMENT İÇERİKLERİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN CBS
DESTEKLİ İNCELENMESİ**

Cevdet Bertan GÜLLÜDAĞ
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

Bu tez 21/06/2019 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / ~~Oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

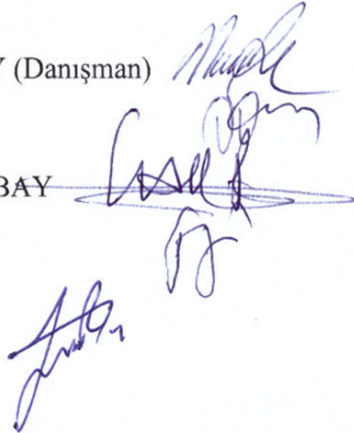
Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY (Danışman)

Prof. Dr. Orhan ÖZÇELİK

Prof. Dr. Reyhan KARA GÜLBAY

Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU

Doç. Dr. Bekir Taner SAN



ÖZET

MALKARA (TEKİRDAĞ) KÖMÜRLERİNİN ORGANİK JEOKİMYASI, ANA-ESER ELEMENT İÇERİKLERİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN CBS DESTEKLİ İNCELENMESİ

Cevdet Bertan GÜLLÜDAĞ

Doktora Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY

Haziran 2019; 163 sayfa

Çalışma sahası Malkara, Hayrabolu ve Süleymanpaşa ilçeleri (Tekirdağ-Türkiye) kesişiminde yer almaktadır. Trakya Tersiyer Havzası'ndaki Oligosen yaşlı Danişmen Formasyonunda bulunan bu saha kireçtaşı, kumtaşı, tüfit, silttaşı, kiltaşından oluşmaktadır ve kömür ara katkılıdır. Bu çalışmada kömürün çıkarılması, taşınması ve yakılması sırasında ortaya çıkabilecek çevresel ve canlı yaşamını etkileyen unsurların tespiti yapılmıştır. Bu unsurlar belirlenirken organik petrografik yöntemler, ana-iz element analizleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin çeşitli analizlerinden yararlanılarak sonuçlara ulaşılmıştır.

Malkara kömür örneklerine uygulanan Rock Eval piroliz analizleri sonucunda toplam organik karbon değerleri (TOC) % 5,9-53,25 aralığında, ortalama % 32,03; hidrojen indeksi değerleri (HI) 43-167 mg HC /g TOC aralığında; oksijen indeksi değerleri (OI) 55-137 mg HC /g TOC aralığında; üretim indeksi (PI) 0,01-0,08 aralığında; T_{max} değerleri 381-437 °C aralığında değişim göstermektedir. Tüm bu değerlerle yapılan incelemeler sonucunda kerojenin Tip III olduğu ve organik maddenin olgunlaşmamış olduğu tespit edilmiştir.

Kaynak kaya potansiyelini belirlemek için potansiyel ürün (PY) değerleri hesaplanmış ve 3,54 ile 90,71 kg/ton arasında değiştiği belirlenmiştir. Buna göre kaynak kayanın gaz kökenli olduğu tespit edilmiştir. Organik fasiyes incelemelerinde ise fasiyes tipi büyük bir kısmı CD olmak üzere C-CD'dir. CD organik fasiyesi kalıntı ve oksidasyona uğramış karasal organik maddeyi işaret eder. Vitrinit yansıması değerleri % 0,314-0,489 aralığında değişmekte olup, olgunlaşmamış organik madde; yumuşak, mat, ve parlak linyit-alt bitümü gösterir.

XRD tüm kaya ve kil analizleri sonucunda kuvars, kalsit, kil mineralleri, dolomit, aragonit, feldispat grubu mineraller, plajiyoklaz grubu mineraller, ankerit, pirit, mika ve amorf malzeme olduğu tespit edilmiştir. Baskın kil mineralinin smektit ve illit olduğu, smektitin diğer kil minerallerinden fazla olduğu belirlenmiştir. Çok az örnek seviyesinde klorite rastlanılmıştır.

Ana-eser element analizlerine göre çalışma alanındaki kömürlerde ana elementlerden Fe, Mg, Ca, Ti ve Cr, eser elementlerden ise Ni, W, Se zenginleşmiştir. Havzadaki element zenginleşmeleri ana elementlerde büyük ölçüde inorganik, eser

elementlerde ise organik kökenlidir. Çevresel açıdan risk oluşturabilecek elementlerden As, Cd, Se, Ni, Be, V, Cu, Zn, Th, U, Ti, Co, Sb, Sn ve Ba'un dünya kömür ortalamalarının üzerinde olduğu belirlenmiştir. Bu elementlerden As, Cd, Be, Co, Sb, Ni ve Se potansiyel hava kirletici elementler sınıfındadır.

CBS çalışmasının ana-iz element analizleri ile birlikte değerlendirilmesinde elementler çevresel ve canlıların sağlığı açısından dört grupta incelenmiştir. En tehlikeli sınıf olan Grup 1 elementleri (As, Cd, Cr, Hg, Se) olup, azalan sırayla elementler Grup 2A (Mn, Mo, Ni, Pb), Grup 2B (B, Cu, P, Th, U, V, Zn), Grup 3 (Ba, Co, Sb, Sn, Ti) olarak sınıflandırılmıştır. Tüm grup elementlerinin çalışma sahasındaki dağılımları enterpolasyon yöntemlerinden biri olan Kriging ile tespit edilerek haritalanmıştır. Haritalama işleminin ardından vektör verinin raster veriye dönüştürülmesi işlemi yeniden sınıflandırma (reclass) ile yapılarak elementlerin dağılımlarının alansal dağılımları hesaplanmıştır.

CBS çalışmaları ile sahanın eğim, bakı, sayısal yükseklik modeli unsurları ile birlikte üç boyutlu modelleme yapılmış, linyit devamlılığı tespit edilmiştir. Buna göre inceleme alanında tavan linyiti, taban linyiti ve aralarında bir killi linyit katmanı belirlenmiştir. Maden sahasına yakın ormanlık alanlar, yeraltı suları tespit edilerek çevresel tehlike açısından incelenmiştir. Maden sahası çevresindeki yollar ağ analizleri ile sayısallaştırılarak kömürün taşınması sırasında çevresel açıdan riskli yerleşim merkezleri ve kömür tozlarından etkilenebilecek kişi sayısı ortaya konulmuştur.

ANAHTAR KELİMELEER: CBS, İz element, Kömür, Malkara, Organik jeokimya, Organik petrografi

JÜRİ: Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY

Prof. Dr. Orhan ÖZÇELİK

Prof. Dr. Reyhan KARA GÜLBAY

Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU

Doç. Dr. Bekir Taner SAN

ABSTRACT

GIS-SUPPORTED INVESTIGATION OF ORGANIC GEOCHEMISTRY, MAIN-TRACE ELEMENT CONTENTS AND ENVIRONMENTAL EFFECTS OF MALKARA (TEKİRDAĞ) COALS

Cevdet Bertan GÜLLÜDAĞ

PhD Thesis in Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY

June 2019; 163 pages

The study area is located at the intersection of Malkara, Hayrabolu and Süleymanpaşa counties (Tekirdag, Turkey). Located in the Oligocene aged Danişmen Formation in the Thrace Tertiary Basin; this area is composed of limestone, sandstone, tuffite, siltstone, claystone and coal intercalated. In this study, the factors affecting the environmental and living life that may occur during the extraction, transportation and incineration of coal were determined. While determining these elements, the results were obtained by using organic petrographic methods, main-trace elemental analysis and various analyzes of Geographical Information Systems.

As a result of Rock Eval pyrolysis analyzes applied to the Malkara coal samples, the total organic carbon values (TOC) are in the range of 5.9% to 53.25%, on average, 32.03%; hydrogen index values (HI) are in the range of 43-167 mg HC / g TOC; oxygen index values (OI) are in the range of 55-137 mg HC / g TOC; production index (PI) is in the range of 0,01-0,08; Tmax values vary between 381-437 ° C. As a result of researches made with all these values, it was determined that kerogen is Type III, organic matter is immature or migrated.

Potential product (PY) values were calculated and determined between 3,54 and 90,71 kg/t to determine source rock potential. Accordingly, the source rock was determined to be of gas origin. In organic facies, the facies type is C-CD with a large part of the CD. CD organic facies refers to residual and oxidized terrestrial organic matter. Vitrinite reflection values vary between 0,314-0,489%, the immature organic matter; soft, matte, and shiny lignite-bottom bitumen.

As a result of all rock and clay analyzes of XRD, it was determined that quartz, calcite, clay minerals, dolomite, aragonite, feldspar group minerals, plagioclase group minerals, ankerite, pyrite, mica and amorphous material. It is determined that the dominant clay mineral is smectite and illite; and smectite is more than other clay minerals. Very little sample chlorite levels were observed.

According to main-trace element analysis, Fe, Mg, Ca, Ti and Cr from the main elements in the study area and Ni, W, Se from the elites were enriched. Elemental enrichments in the basin are mainly inorganic in the main elements and organic in trace elements. Elements which have risk of environmental hazard As, Cd, Se, Ni, Be, V, Cu, Zn, Th, U, Ti, Co, Sb, Sn, and Ba were determined above the world coal average. Among

these elements As, Cd, Be, Co, Ni, Sb and Se are classified as potential air pollutant elements.

In the evaluation of GIS study together with main-trace elemental analysis, the elements were examined in four groups in terms of environmental and living health. The most dangerous class is Group 1 elements (As, Cd, Cr, Hg, Se) and the elements in descending order is classified as Group 2A (Mn, Mo, Ni, Pb), Group 2B (B, Cu, P, Th, U, V, Zn) Group 3 (Ba, Co, Sb, Sn, Ti). The distribution of all group elements in the study area was determined and mapped by interpolation method Kriging. After the mapping process, the conversion of the vector data into raster data was made by reclassing the spatial distributions of the element distributions.

Three-dimensional modeling was performed together with the elements of the slope, elevation and digital elevation model of the site and lignite continuity was determined by GIS studies. According to this, ceiling lignite, base lignite and between these layers a clay lignite layer were determined in the study area. Forest areas and groundwater are detected near the mine site and examined in terms of environmental hazard. The roads around the mine site were digitized by network analysis and the number of people who could be affected by environmentally risky settlements and coal dust during the transportation of coal was determined.

KEYWORDS: Coal, GIS, Malkara, Organic geochemistry, Organic petrography, Trace element

COMMITTEE: Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY

Prof. Dr. Orhan ÖZÇELİK

Prof. Dr. Reyhan KARA GÜLBAY

Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU

Assoc. Dr. Bekir Taner SAN

ÖNSÖZ

İnsanoğlunun en önemli gereksinimlerinden biri enerjidir. Bunun için tarih boyunca hep arayış içinde olmuştur. Teknolojinin sürekli gelişim göstermesi ile sanayileşme, şehirleşme daha çok enerji kaynağı ihtiyacı doğurmuştur. Ülkeler öz kaynaklarını daha çok araştırma ve kullanma yönünde çalışmaları arttırmışlardır. Bu anlamda da Türkiye’de en çok bulunan enerji kaynaklarından biri kömürdür. Ülkemizin dört bir yanında yer alan fosil yakıtın çıkarılması ve kullanılması sırasında kuşkusuz ki rezerv oldukça önemlidir. Ancak rezerv kadar önemli olan bir diğer konu da madenlerin çıkarılması, taşınması ve yakılması sırasında ortaya çıkabilecek tehlikelerdir. Bu aşamalarda canlı yaşamı ve çevre zarar görmektedir. Tüketim açısından öncelik bu zararın en az yaşanma ihtimali olan enerji kaynaklarına tanınmasıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşması ve tamamen kullanılmasına kadar geçecek zaman bu şekilde daha az hasarla atlatılabilir.

Akademik çalışma hayatımda sabırla bana her türlü desteği veren, sadece bilimsel anlamda değil her konuda öncü ve örnek olarak kendimi geliştirmemde büyük pay sahibi çok değerli hocam Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY’a, bilgi ve birikimleri ile bu yolda bana ışık tutan değerli hocam Prof. Dr. Orhan ÖZÇELİK’e, tez çalışmam sırasında desteklerini esirgemeyen saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Reyhan KARA GÜLBAY’a, Doç. Dr. Bekir Taner SAN’a teşekkürü bir borç bilirim. Arazi çalışmalarında yardımlarından ötürü MTA çalışanları Jeo. Yük. Müh. Ejder YAPICI’ ya, Jeo. Yük. Müh. Fatih ÖZSARI’ya, arazi çalışmalarında destek olan sevgili arkadaşım Devran ÖZKIRAN’a, laboratuvar çalışmalarında destek veren meslektaşlarım Öğr. Gör. Dr. Selin KARADİREK’e, Dr. Öğr. Üyesi Neslihan ÜNAL’a, CBS çalışmalarında destek olan Öğr. Gör. Ercüment AKSOY’a, istatistik analizlerinde yardımlarından ötürü Öğr. Gör. Dr. Ebru KAYA BAŞAR’a, yazılımlarını kullanmamda verdikleri destek için Netcad firmasına ve çalışanlarına, ismini yazamadığım hocalarıma, tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hayatımın her anında olduğu gibi eğitim hayatımda da en büyük destekçilerim olan annem Nermin GÜLLÜDAĞ’a, babam M. Erdal GÜLLÜDAĞ’a ve değerli eşim Kübra GÜLLÜDAĞ’a bu zorlu süreçteki sabırları için sonsuz teşekkür ederim. Ayrıca Mayıs ayında aramıza katılan canım oğlum Berk’e getirdiği şans için teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	1
1.2. İnceleme Alanının Konumu ve Morfolojisi	2
2. KAYNAK TARAMASI	3
2.1. Kömür Kavramı ve Kömürün Oluşumu	3
2.2. Organik Jeokimyasal Yöntemler	3
2.2.1. Toplam organik karbon (TOC) ve piroliz analizleri.....	3
2.2.1.1. Organik madde miktarı	3
2.2.1.2. Organik madde tipi	3
2.2.1.3. Organik madde olgunluğu.....	4
2.2.1.4. Kaynak kaya potansiyeli	4
2.3. Organik Fasiyesler.....	4
2.4. Kömürdeki İnorganik Maddeler (Mineraller)	7
2.5. Ana – Eser Element.....	7
2.5.1. İz elementlerin çevresel etkileri.....	7
2.6. Coğrafi Bilgi Sistemleri.....	11
2.6.1. CBS ile yapılan mekânsal analizler	12
2.6.1.1. Yüzey analizleri (surface analysis)	12
2.6.1.2. Yakınlık (tampon) analizleri	12
2.6.1.3. Enterpolasyon analizleri.....	13
2.6.1.4. Yeniden sınıflandırma (reclassification) analizleri.....	13
2.6.1.5. Ağ analizleri (network analysis)	13
2.6.2. Kömür ve CBS.....	13
2.7. Kömür ve Çevre	16

2.7.1. Kömürün üretimi sırasında çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkileri	17
2.7.1.1. Kömürü üretimi sırasında çevreye olumsuz etkileri	17
2.7.1.2. Kömürü üretimi sırasında insan sağlığına olumsuz etkileri.....	18
2.7.2. Kömürün taşınması, hazırlanması sırasında çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkileri	19
2.7.3. Kömürün yakılması sonucunda çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkileri	19
2.7.3.1. Sera etkisi ve küresel ısınma.....	19
2.7.3.2. Kükürt Dioksit (SO ₂)	20
2.7.3.3. Azot Oksitler (NO _x)	20
2.7.3.4. Hidrokarbonlar	20
2.8. Dünyada ve Türkiye’de Kömür.....	21
2.9. Önceki Çalışmalar	22
3. MATERYAL VE METOT	24
3.1. Arazi Çalışmaları.....	24
3.2. Laboratuvar Çalışmaları	24
3.2.1. Jeokimyasal yöntemler	26
3.2.1.1. TOC ve piroliz analizleri	26
3.2.2. Petrografik yöntemler	28
3.2.2.1. Kerojen tip tayini	28
3.2.2.2. Vitrit yansıma (% Ro) değeri ölçümü.....	29
3.2.2.3. XRD tüm kaya ve kil analizleri	29
3.2.3. Ana – eser element analizi.....	29
3.3. Büro Çalışmaları.....	29
3.4. CBS Çalışmaları	29
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	32
4.1. İnceleme Alanı Jeolojisi	32
4.2. İnceleme Alanı Stratigrafisi.....	34
4.2.1. Yenimuhacir Grubu	35
4.2.2. Mezardere Formasyonu	36
4.2.3. Osmancık Formasyonu	36
4.2.4. Danişmen Formasyonu	36

4.3. Yapısal Jeoloji	51
4.4. Jeokimyasal ve Petrografik Analizler	51
4.4.1. Rock-Eval (piroliz), TOC analizleri	51
4.4.1.1. Organik madde miktarı	52
4.4.1.2. Organik madde türü	54
4.4.1.3. Organik madde olgunluğu.....	59
4.4.1.4. Kaynak kaya potansiyeli	60
4.4.1.5. Organik fasiyes incelemeleri.....	63
4.4.2. Vitrit yansıma ölçümleri	63
4.5. İnorganik Jeokimyasal ve Petrografik Analizler	65
4.5.1. Kömür ve kömürlü birimlerin mineralojisi (XRD analizleri).....	65
4.5.2. Ana – eser element analizleri.....	69
4.5.2.1. Kömür örnekleri ana element analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ..	74
4.5.2.2. Kömür örnekleri eser element analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ..	80
4.5.2.3. Çevreye duyarlı element dağılımlarının tespiti	98
4.5.2.4. Element dağılımları alansal yayılımları	122
4.6. CBS Çalışmaları	126
4.6.1. İnceleme alanı ve çevresi topografik özellikleri	126
4.6.2. Maden sahası üç boyutlu log korelasyonu.....	128
4.6.3. Kömürün çevresel etkilerinin CBS yardımıyla tespiti.....	144
4.6.3.1. İnceleme alanı ve çevresinin hidrojeolojisi.....	144
4.6.3.2. İnceleme alanı ve çevresinin ormanlık alanları	145
4.6.3.3. Kömürün taşınması sırasında ortaya çıkabilecek çevresel etkiler	146
5. SONUÇLAR	152
6. KAYNAKLAR	155
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “**Malkara (Tekirdağ) Kömürlerinin Organik Jeokimyası, Ana-Eser Element İçerikleri Ve Çevresel Etkilerinin CBS Destekli İncelenmesi**” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

21/06/2019

Cevdet Bertan GÜLLÜDAĞ



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
µm	: Mikrometre
°C	: Derece santigrat
C	: Karbon
CH ₄	: Metan
C ₂ H ₆	: Etan
CO	: Karbonmonoksit
CO ₂	: Karbondioksit
g	: Gram
H	: Hidrojen
HC	: Hidrojenkarbon
HCl	: Hidroklorik asit
HNO ₃	: Nitrik asit
kg	: Kilogram
km	: Kilometre
km ²	: Kilometrekare
m ²	: Metrekare
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
NO _x	: Azot oksitler
N ₂ O	: Diazot oksit
O	: Oksijen

pH	: Hidrojenin gücü
ppb	: Milyarda bir birim
ppm	: Milyonda bir birim
R ₀	: Vitrit yansıması
R _{max}	: Vitrit yansımasının en büyük değeri
R _{max}	: Vitrit yansımasının en küçük değeri
S ₁	: Kaya içerisinde serbest halde bulunan hidrokarbon miktarı
S ₂	: Kerojenin ısısal parçalanmasından açığa çıkan hidrokarbon miktarı
S ₃	: Kerojenin ısısal parçalanmasından açığa çıkan CO ₂
S ₄	: S ₂ kaydedildikten sonra geri kalan organik karbon miktarı
SO _x	: Kükürt oksitler
SO ₂	: Kükürt dioksit
T _{max}	: S ₂ pikinin maksimuma ulaştığı noktadaki sıcaklık

Bu tezde kullanılan ondalık ayırıcı virgül (“,”)’dür.

Kısaltmalar

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ASTM	: Amerika Malzeme ve Test Birliği
B	: Batı
BEN	: Balkan Endemik Nefropatisi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CFC	: Kloroflorokarbon
D	: Doğu
DEM	: Sayısal Yükseklik Modeli
DSİ	: Devlet Su İşleri

EF	: Zenginleşme Faktörü
G	: Güney
GJ	: Gram joule
HC	: Hidrokarbon
HI	: Hidrojen İndeksi
ISO	: Uluslararası Standart Organizasyonu
ICP-AES	: İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma-Atomik Emisyon Spektrometre
ICP-MS	: İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma-Kütle Spektrometre
K	: Kuzey
Kcal	: Kilokalori
KİP	: Kömür İşçisi Pnömonyozu
MTA	: Maden Tetkik Arama
OF	: Organik fasiyes
OI	: Oksijen İndeksi
PAH	: Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar
PI	: Üretim indeksi
PY	: Potansiyel Ürün
RC	: Rezidüel Karbon
TAI	: Termal Alterasyon İndeksi
TOC	: Toplam Organik Karbon
TPAO	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TS	: Türk Standartları
UCC	: Üst Kıta Kabuğu
XRD	: X-ışını Kırınım Yöntemi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. İnceleme alanı yer bulduru haritası.....	2
Şekil 2.1. Organik fasiyeslerin şematik gösterimi (Altunsoy ve Özçelik 1993).....	6
Şekil 2.2. İz elementlerin çevresel ilgilerine göre gruplandırılması (Akar 2001)	10
Şekil 2.3. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin şematik gösterimi	12
Şekil 2.4. Kömür sahalarında grafik ve grafik olmayan veri örnekleme (Güllüdağ ve Altunsoy 2018'den değiştirilerek alınmıştır)	14
Şekil 2.5. Kömüre ait işlenecek grafik ve öznel veri katmanlarının şematik gösterimi (Güllüdağ ve Altunsoy 2018).....	15
Şekil 2.6. Kömür sahalarının CBS ile çevresel etkilerinin tespitinde kullanılabilecek katmanlar (Güllüdağ ve Altunsoy 2018'den değiştirilerek alınmıştır)	16
Şekil 2.7. Kömürün çevreye ve insan sağlığına zarar verme aşamaları a) Kömürün üretimi sırasında çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkileri b) Kömürün taşınması ve hazırlanması sırasında çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkileri c) Kömürün yakılması sonucunda çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkileri	17
Şekil 3.1. Çalışmaya ait iş akış şeması	31
Şekil 4.1. Trakya havzası jeoloji haritası (Kasar vd. 1983; Türkecan ve Yurtsever 2002; Siyako 2006b; Perinçek 2015'den değiştirilerek alınmıştır).....	33
Şekil 4.2. Trakya Tersiyer havzasının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Siyako 2006a' dan değiştirilerek alınmıştır)	35
Şekil 4.3. TD-129 nolu kuyu logu ve örnek alım noktaları	39
Şekil 4.4. TD-131 nolu kuyu logu ve örnek alım noktaları	41
Şekil 4.5. TD-133 nolu kuyu logu ve örnek alım noktaları	43
Şekil 4.6. TD-151 nolu kuyu logu ve örnek alım noktaları	44
Şekil 4.7. TD-153 nolu kuyu logu ve örnek alım noktaları	46
Şekil 4.8. TD-152 nolu kuyu logu ve örnek alım noktaları	47
Şekil 4.9. TD-147 nolu kuyu logu ve örnek alım noktaları	49
Şekil 4.10. TD-155 nolu kuyu logu ve örnek alım noktaları	50
Şekil 4.11. İnceleme alanı TOC kuyu ortalama değerleri ile oluşturulan yoğunluk haritası	54
Şekil 4.12. İnceleme alanına ait S ₂ -TOC diyagramı	55
Şekil 4.13. İnceleme alanına ait HI-OI diyagramı	56

Şekil 4.14. İnceleme alanı Hidrojen İndeksi kuyu ortalama değerleri ile oluşturulan yoğunluk haritası	57
Şekil 4.15. İnceleme alanı Oksijen İndeksi kuyu ortalama değerleri ile oluşturulan yoğunluk haritası	58
Şekil 4.16. İnceleme alanına ait HI-T _{max} diyagramı	59
Şekil 4.17. İnceleme alanına ait HI-TOC diyagramı	61
Şekil 4.18. Kömür örneklerinin R _{max} , R _{min} ve R _o değerlerine ait grafiksel gösterim	64
Şekil 4.19. R _o değerlerinin T _{max} değerleri ile olan ilişkisi	65
Şekil 4.20. Kuyulara göre ana element ortalamaları	76
Şekil 4.21. Majör elementlerin UCC'na göre kuyu bazında zenginleşme faktörleri	80
Şekil 4.22. Malkara kömürlerinin cluster analizine ait dendogram gösterimi	82
Şekil 4.23. Kuyulara göre eser element ortalamaları	83
Şekil 4.24. Eser elementlerin UCC'na göre kuyu bazında zenginleşme faktörleri	95
Şekil 4.25. Kömür ve kayaç örneklerinin element içeriklerinin karşılaştırılması	97
Şekil 4.26. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş As elementi dağılım tahmini	101
Şekil 4.27. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Cd elementi dağılım tahmini	102
Şekil 4.28. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Cr elementi dağılım tahmini	103
Şekil 4.29. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Hg elementi dağılım tahmini	104
Şekil 4.30. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Se elementi dağılım tahmini	105
Şekil 4.31. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Mn elementi dağılım tahmini	106
Şekil 4.32. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Mo elementi dağılım tahmini	107
Şekil 4.33. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Ni elementi dağılım tahmini	108
Şekil 4.34. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Pb elementi dağılım tahmini	109
Şekil 4.35. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Be elementi dağılım tahmini	110
Şekil 4.36. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Cu elementi dağılım tahmini	111
Şekil 4.37. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş P elementi dağılım tahmini	112
Şekil 4.38. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Th elementi dağılım tahmini	113
Şekil 4.39. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş U elementi dağılım tahmini	114
Şekil 4.40. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş V elementi dağılım tahmini	115
Şekil 4.41. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Zn elementi dağılım tahmini	116
Şekil 4.42. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Ba elementi dağılım tahmini	117

Şekil 4.43. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Co elementi dağılım tahmini	118
Şekil 4.44. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Sb elementi dağılım tahmini	119
Şekil 4.45. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Sn elementi dağılım tahmini	120
Şekil 4.46. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Ti elementi dağılım tahmini	121
Şekil 4.47. Arsenik elementine uygulanmış örnek bir yeniden sınıflandırma (reclass) çalışması	122
Şekil 4.48. Çalışma alanı Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) haritası.....	127
Şekil 4.49. Çalışma alanı kabartma haritası.....	127
Şekil 4.50. Çalışma alanı bakı haritası.....	128
Şekil 4.51. Çalışma alanı yakınında bulunan yerleşim merkezlerini gösteren uydu görüntüsü (Google Earth).....	129
Şekil 4.52. Sondaj lokasyonlarının Netpro/Mine yazılımında gösterimi.....	133
Şekil 4.53. Sondajların üç boyutlu görünümünün dik ve açılı gösterimi	134
Şekil 4.54. Kesit hatlarının gösterimi	134
Şekil 4.55. Kuzey-Güney yönünde atılan kesit ile sondajların üçboyutlu gösterimi....	135
Şekil 4.56. Doğu-Batı yönünde atılan kesit ile sondajların üç boyutlu gösterimi	135
Şekil 4.57. Birimlere renk ataması yapılması	136
Şekil 4.58. Renk atanan birimlerim üç boyutlu gösterimi	136
Şekil 4.59. TD-155 ve TD-147 nolu kuyuların +y yönünden görünümü	137
Şekil 4.60. TD-151 ve TD-152 nolu kuyuların +y yönünden görünümü	137
Şekil 4.61. TD-152 ve TD-153 nolu kuyuların -x yönünden görünümü	138
Şekil 4.62. Üç boyutlu korelasyon genel görünümü.....	138
Şekil 4.63. TD-155 ve TD-147 nolu sondaj korelasyonunun üç boyutlu görünümü....	139
Şekil 4.64. TD-147, TD-151 ve TD-152 nolu sondaj korelasyonunun üç boyutlu görünümü	139
Şekil 4.65. Linyit ve Killi Linyit katmanlarının Doğu-Batı yönünde kesiti	141
Şekil 4.66. Linyit ve Killi Linyit katmanlarının Kuzey-Güney yönünde kesiti.....	141
Şekil 4.67. Linyit ve Killi Linyit katmanlarının üç boyutlu korelasyonu.....	142
Şekil 4.68. Linyit ve Killi Linyit katmanlarının üç boyutlu korelasyonu.....	142
Şekil 4.69. Tek renkli sayısal yükseklik modellemesi ile çalışma alanının gösterimi	143
Şekil 4.70. Şeffaflaştırılmış sayısal yükseklik modeli ile sahanın gösterilmesi	143

Şekil 4.71. Gökkuşığı (rainbow) sayısal yükseklik modellemesinin çeşitli gösterimleri	144
Şekil 4.72. Ergene Alt Havzası su kaynakları haritası (DSİ Ergene Alt Havzası Hidrojeoloji Haritası 2016'dan değiştirilerek alınmıştır).....	145
Şekil 4.73. Çalışma alanı ve çevresi ormanlık alanlar haritası	146
Şekil 4.74. TD-129, TD-131, TD-147, TD-133 nolu kuyular için yol analizi haritaları	149
Şekil 4.75. TD-151, TD-152, TD-153, TD-155 nolu kuyular için yol analizi haritaları	150



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Organik fasiyeslerin genelleştirilmiş mikroskobik ve karasal özellikleri (Jones 1987)	6
Çizelge 2.2. Organik fasiyeslerin genelleştirilmiş mikroskobik ve karasal karakteristikleri (Baskin 1997).....	6
Çizelge 2.3. Kömürde bulunan bazı mineraller ve bulunma oranları (Groen ve Craig 1993; Orem ve Finkelman 2003; Ünal 2010; Hökerek 2015).....	7
Çizelge 2.4. Çevreye duyarlı 25 iz elementin kömür içinde bulunuş şekilleri (Finkelman 1997; Finkelman ve Gross 1999; Orem vd. 1999; Schweinfurth 2003)	9
Çizelge 2.5. Kömürde bulunan bazı elementler ve insan sağlığına olumsuz etkileri (Baba vd. 2008).....	11
Çizelge 3.1. Sondajlardan alınan örnek sayıları.....	24
Çizelge 3.2. Analiz yapılan örnek dağılımları	25
Çizelge 3.3. Toplam organik madde miktarına göre ana kaya sınıflaması.....	27
Çizelge 4.1. Örnekler için Rock Eval piroliz analizi sonuçları.....	52
Çizelge 4.2. TOC değerlerinin kuyu ortalamaları.....	53
Çizelge 4.3. T _{max} değerinin temsil ettiği olgunlaşma değerleri.....	59
Çizelge 4.4. T _{max} ve PI değerlerine göre olgunlaşma dereceleri.....	60
Çizelge 4.5. a) Olgunlaşmamış kaynak kayanın türetme potansiyeli (miktarı), b) kerojen tipi ve ürün kalitesi, c) ısısal olgunlaşma (Peters ve Cassa 1994; Ünal 2018)....	62
Çizelge 4.6. Kömür örneklerine ait kuyuların Vitrit/Hüminit yansıma değeri ortalamaları	64
Çizelge 4.7. Malkara kömürlerinin tüm kaya ve kil bileşenleri.....	67
Çizelge 4.8. Malkara kömürlü birimlerinin tavan, taban ve ara kesme örneklerine ait tüm kaya ve kil bileşenleri	68
Çizelge 4.9. Örnekler için minimum, maksimum, ortalama değerler ve Dünya kömürleri, Üst kıtasal kabuk, Türkiye, Amerika ve Çin ortalama konsantrasyonları (^a Ketris ve Yudovich (2009), ^b Palmer vd (2004), ^c Finkelman (1993), ^d Dai vd (2007,2008,2012), ^e Rudnick ve Gao (2003), ^f Valkovic (1983), * (%) olarak ifade edilmiştir)	70
Çizelge 4.10. Kömür örneklerinin ortalama değerlerinin Dünya kömürleri, Üst kıtasal kabuk, Türkiye, Amerika, Linyit (Dünya) ve Çin ortalamalarına göre kıyaslanması (✓; Yüksek çıkan değerler, *, %, **,ppb olarak temsil etmektedir).....	74
Çizelge 4.11. Çalışma alanı kömürlerinin ana element korelasyon matris değerleri.....	75
Çizelge 4.12. Majör element zenginleşme faktörü ortalamaları	79

Çizelge 4.13. Çalışma alanı kömürlerinin eser element korelasyon matris değerleri.....	81
Çizelge 4.14. Eser element zenginleşme faktörü ortalamaları.....	94
Çizelge 4.15. Grup 1 elementleri alansal yayılım değerleri.....	123
Çizelge 4.16. Grup 2A elementleri alansal yayılım değerleri.....	123
Çizelge 4.17. Grup 2B elementleri alansal yayılım değerleri.....	124
Çizelge 4.18. Grup 3 elementleri alansal yayılım değerleri.....	125
Çizelge 4.19. Elementlerin alansal yayılımlarının Dünya, Türkiye, ABD, Çin ve Üst Kıtasa Kabuk ile karşılaştırılması.....	126
Çizelge 4.20. Kuyularda kesilen litolojik birimler ve kısaltmaları.....	130
Çizelge 4.21. Sondaj koordinatları tablosu.....	131
Çizelge 4.22. Sondajların eğim ve doğrultuları	131
Çizelge 4.23. Litoloji ve örnek bilgileri tablosu (TD-129 nolu kuyu örneği).....	132
Çizelge 4.24. Sondajlarda kesilen Linyit ve Killi Linyit katman derinlikleri.....	140
Çizelge 4.25. İnceleme alanı çevresi yerleşim merkezleri ve nüfusları (TÜİK 2019)	147
Çizelge 4.26. Yerleşim merkezlerinin çalışma alanına ve sondaj noktalarına olan uzaklıkları.....	148
Çizelge 4.27. Yol analizi sonucu elde edilen veriler	151

1. GİRİŞ

Türkiye, fosil yakıt türlerinden biri olan kömür bakımından oldukça zengindir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın verilerine göre ülkemizde 2005 yılında 8,3 milyar ton olarak bilinen linyit rezervinin 2015 yılı itibariyle bulunan yeni sahalarla birlikte 15 milyar tonu aştığı tahmin edilmektedir. Bilindiği gibi kömür termik santraller, sanayi, konut ısıtma gibi alanlarda oldukça sık kullanılmaktadır. Tüm madenlerde olduğu gibi kömürün de çevreye zararı bulunmaktadır. Havayı, suyu ve toprağı kirleterek canlı yaşamını olumsuz etkilemektedir. Kömürün zararları; çıkarılması, taşınması ve yakılması aşamalarında ortaya çıkmaktadır. Tamamen önlenemese de bu zararı en az seviyede tutmak gerekmektedir. Çıkarılması sırasında, özellikle yeraltı işletmelerindeki kömür ocaklarında çalışan madencilerin pnömokonyoz ve slikozis gibi hastalıklara maruz kaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca maden ocakları yakındaki yerleşim yerlerinde çevresel açıdan olumsuz sonuçlar ortaya çıkarmakta, bitki örtüsü ve hayvanlarda hasar meydana gelmektedir. Kömürün taşınması sırasında ise; taşınan araçlar üzerinden çevreye uçan kömür tozlarından doğada tahribat meydana gelebilmektedir. Kömürün yakılması sırasında ortaya çıkan hasar ise hem en fazla olumsuz sonucun oluştuğuhem de en çok kişinin etkilendiği aşamadır. Özellikle kömürde ppm ve ppb miktarda bulunan elementlerin yakılması çevresel ve sağlık açılarından hasarlara yol açabilmektedir. Kömürde bu elementlerin bulunması gereken sınır değerler vardır ve bu sınır değerlerin üstünde kalan değerler çeşitli hastalıklara ve ölümlere neden olabilmektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri son zamanlarda Jeoloji'de mekânsal verinin etkin şekilde kullanımı ve sorgulanması açısından fayda sağlayan bir araç olarak kullanılmaktadır. Madencilik alanında da CBS kullanımı yaygınlaşmıştır. Madencilik için yapılan amaca yönelik birtakım yazılımlar ile bu yazılımlar daha özel alanlara hizmet vermektedir. Log korelasyon teknikleri ile ileri derecede hassas ve doğru rezerv tespitleri yapılabilmektedir. Ayrıca analiz sonuçları gibi sahadan elde edilen öznitelik verilerinin işlenip, sorgulanması da gerçekleştirilebilmektedir. Enterpolasyon yöntemleri ile bilinen noktalardan bilinmeyenler tahmin edilebilir, böylece sondajlardan elde edilen analiz sonuçları ile tüm sahadaki yayılımları belirlenip, yorumlanabilir. Sayısal arazi analizleri ile sahanın üç boyutlu görüntülerinin de eklenmesi ile gerçeğe yakın bir model ortaya çıkarılabilmektedir. Ağ analizi ile kömürün taşınması sırasında meydana gelecek çevresel sorunlar ve kaç kişinin bu durumdan etkilendiği tespit edilebilir.

1.1. Çalışmanın Amacı

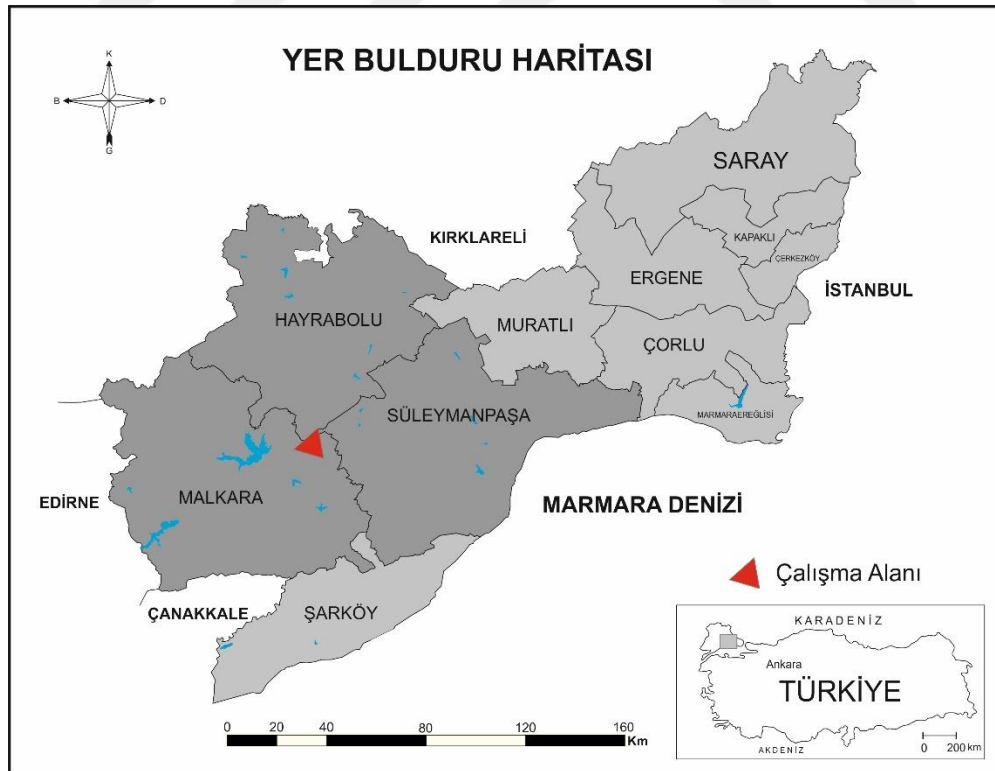
Bu çalışma Tekirdağ ili sınırları içerisinde bulunan Malkara kömürlerinin ve kömürlü birimlerin oluşturduğu formasyonların organik petrografik, organik jeokimyasal, jeostatistik analizler ve Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımlarının da yardımıyla incelenmesi temeline dayanmaktadır. Çalışma neticesinde ortaya çıkan sonuçlar ile inceleme alanı ve yakın çevresinde bulunan Malkara linyitlerinin özellikleri belirlenmiş, yakın çevresindeki yerleşim merkezlerinde; kömürün çıkarılması, taşınması sırasında ortaya çıkabilecek çevresel zararlar ortaya konulmuştur.

Çalışma alanından alınan örneklerle uygulanan organik jeokimyasal yöntemler ile organik madde miktarı, organik madde tipi, organik madde olgunluğu ve kaynak kaya potansiyeli belirlenmiştir. Organik fasiyes incelemeleri ve diğer yöntemler ile belirlenen kaynak kaya potansiyeli pekiştirilmiştir. Vitrit yansıma ölçümleri neticesinde organik

maddenin kömürleşme derecesi tespit edilmiştir. XRD tüm kaya ve kil analizlerinden elde edilen sonuçlar ile inorganik madde ve kil mineralleri belirlenmiştir. Örneklerle uygulanan ana-iz element analizleri ile hem kömürlü birimlerin hem de bu birimleri kesen tavan, taban ve ara kesme birimlerinin element içerikleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar istatistik analizleri ve CBS analizleri ile geliştirilmiştir. Maden sahasında üç boyutlu log korelasyonu yapılarak kömür ve kömürlü birimlerin devamlılığı ortaya konulmuştur. Ağ analizleri ile kömürün taşınması sırasında ortaya çıkabilecek çevresel sorunlar tespit edilmiştir.

1.2. İnceleme Alanının Konumu ve Morfolojisi

Çalışma alanı Tekirdağ merkez ilçesi Süleymanpaşa, Malkara ve Hayrabolu ilçeleri sınırlarının kesiştiği bölgede ve Tekirdağ G18-a1 paftasında yer almaktadır. Süleymanpaşa ilçesinin yaklaşık 35 km Batısında, Malkara ilçesinin yaklaşık 18 km Kuzeydoğusunda ve Hayrabolu ilçesinin 28 km Güneyinde bulunur. Çalışma alanı yaklaşık olarak 15 km²'lik üçgen bir poligon ile temsil edilmektedir ve bu poligon İbribey, Karamurat, Kırıkali, Evrenbey, Yürük, Hacısungur, Yenice, Develi, Kermayan, Hereke, Karağdemir (Malkara), Soylu, Yörgüç, Kurtdere (Hayrabolu) ve Generli, Dedecik, Kınıklar, Evciler, Karansallı, Taşumurca (Tekirdağ–Merkez) köyleri tarafından çevrelenmektedir (Şekil 1.1). Bu alan Oligosen yaşlı linyit çökellerinin olduğu bölgeyi kapsamaktadır. Oligosen yaşlı linyitler Danişmen Formasyonu'nda bulunan gri – yeşil renkli kiltası, kumtaşı, çakıltası, tuf ardalanmasından oluşan istif içerisinde yer almaktadır.



Şekil 1.1. İnceleme alanı yer bulduru haritası

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Kömür Kavramı ve Kömürün Oluşumu

Kömür koyu gri veya kahverengi-siyah renkli, parlak veya mat katı bir fosil yakıt olup aynı zamanda sedimanter bir kayadır. İçerisinde ağırlık olarak % 50'den, hacim olarak da % 70'ten daha çok kömürleşmiş bitki kalıntılarından oluşmaktadır. Organik maddenin yanında daha az miktarda mineral madde, su ve gaz bulunmaktadır. İçeriğinde % 50'den daha çok organik madde bulunan kayalar kömür olarak nitelendirilmekte ancak mineral maddenin türüne göre kömürlü kil, kömürlü silt gibi isimler almaktadır. Cansız organik maddenin turbaya dönüşmesine turbalaşma, turbanın sırasıyla linyit, alt bitümlü kömür, taş kömürü ve antrasite dönüşmesine ise kömürleşme adı verilir.

Kömürler kapsadıkları organik maddenin tipine göre hümit ve sapropelik olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır. Çökme ortamının denize göre konumuna bağlı olarak kömürler paralik ve limnik olmak üzere iki kısımda incelenmektedir. Sedimanter havzanın bataklık alanlarında biriken organik madde jeolojik zaman içerisinde gömülür. Gömülme olayı havzanın durumuna göre (10 km'ye kadar) devam eder ve son bulur. Organik madde bulunduğu diğer çökeller ile birlikte havzanın türü, çökelişin süresi ve hızına bağlı olarak belli bir süre gömülmeye devam eder. Bu sırada sıcaklık, litostatik basınç artar ve diyajenez, katajenez, metajenez olarak adlandırılan aşamalardan geçer. Bu aşamalarda organik maddede fiziksel ve kimyasal değişiklikler meydana gelir (Ünalan 2010).

2.2. Organik Jeokimyasal Yöntemler

2.2.1. Toplam organik karbon (TOC) ve piroliz analizleri

Organik jeokimyasal yöntemler ile organik maddenin tipi, miktarı ve olgunluğu hakkında bilgi edinilmektedir. Organik maddeye ait bu özelliklerin belirlenmesinde TOC (Toplam Organik Karbon) ve Rock Eval Piroliz analizleri kullanılmaktadır.

2.2.1.1. Organik madde miktarı

TOC kerojene ait karbon ile bu kerojenden üretilmiş ancak dışarı atılamamış hidrokarbonların toplamıdır. Organik madde miktarının belirlenebilmesi de ancak toplam organik karbonun miktarının tespitiyle mümkündür. Bu analiz inorganik kökenli ve organik kökenli karbonun birbirinden ayrılması esasına dayanır. İnorganik kökenli karbonat bileşiklerinin asitle uzaklaştırılması sonucu ortamda kalan organik karbonun yakılarak karbondioksit dönüştürülmesinin ardından bu karbondioksit miktarının ölçülmesiyle tespit edilmektedir.

2.2.1.2. Organik madde tipi

Organik maddeye ait örneklerden hazırlanan kerojen slaytlarının alttan aydınlatmalı mikroskopta incelenmesi ile yaklaşık olarak belirlenebildiği gibi TOC ve piroliz analiz verilerinden de yararlanılarak tespit edilebilir. Organik madde tipi 3 sınıfta incelenmektedir (Tissot ve Welte 1984).

I. Tip Kerojen; petrol ve gaz üretme potansiyeli yüksektir. Gölsel ve denizel ortamlarda oluşur. Algal lipidlerden ya da lipid oranı yüksek organik materyalden oluşur.

II. Tip Kerojen; petrol ve gaz üretme potansiyelleri Tip I'e göre daha düşüktür. III. Tip Kerojen; gaz üretme potansiyeli yüksek, petrol oluşturma potansiyeli düşüktür. Karasal kökenli yüksek bitkilerden oluşur. Oksijence zengin selüloz ve ligninden oluşur. Bu 3 kerojen tipi dışında olgunlaşma sınıflamasında kullanılmayacak kadar düşük HC birikimi olan IV. Tip Kerojen bulunmaktadır.

2.2.1.3. Organik madde olgunluğu

Piroliz deneyi sonucunda elde edilen S_2 pikinin maksimum olduğu sıcaklık T_{max} olarak adlandırılır. Bu değer 435 °C'den daha az ise olgunlaşmamış, 435-445 °C arasında ise erken – orta olgun, 445-460 °C arasında ise orta-ileri olgun, 460 °C'den daha yüksek ise ileri olgun olarak sınıflandırılır. Kerojen tipine bağlı olarak bu aralıklar değişebilir.

2.2.1.4. Kaynak kaya potansiyeli

Toplam organik madde miktarına göre kaynak kaya potansiyeli tespit edilmektedir. Kaynak kaya potansiyeli toplam organik karbon miktarına göre Thomas (1979), Kraus ve Parker (1979), Tissos ve Welte (1984), Peters (1986), Jarvie (1991) gibi farklı araştırmacılar tarafından sınıflandırılmıştır.

Ayrıca Rock Eval Piroliz değerleri ile de kaynak kaya potansiyelini tespit etmek mümkündür. Piroliz değerlerinden elde edilen S_1 ve S_2 parametreleri ile belirlenir. S_1 değeri jenetik potansiyelin hemen hidrokarbona dönüşebilen miktarını, S_2 değeri ise kerojenin ısısal parçalanması sonucu açığa çıkan hidrokarbon miktarını vermektedir (Hökerek 2015). Potansiyel ürün bir ton kayada bulunan hidrokarbon miktarını vermektedir. Burada yöntem elde edilen bu iki değer (S_1+S_2) toplanmasıyla elde edilir. Bu değerlerin toplamı 2 kg/ton'dan daha küçükse petrol ana kayası olamazlar, nadiren de gaz kayası olabilirler. Değer 2-6 kg/ton ise orta derecede petrol ana kayası olabilirler. Eğer değer 6 kg/ton'dan büyükse iyi derecede petrol ana kayası olabilirler (Tissot ve Welte 1984).

2.3. Organik Fasiyesler

Organik fasiyes bulguları ortam yorumlaması, çıkan ürün ve ürünlerin kökeni hakkında önemli bilgiler ortaya koyan bir yöntemdir. Yorumlama yaparken kullanılan jeokimyasal verilere jeolojik, jeofizik ve mikroskobik verilerin de katkıları daha doğru sonuçlar ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Organofasiyes incelemelerinde H/C oranı, HI (Hidrojen indeksi), OI (Oksijen indeksi) verileri kullanılmıştır. Jones (1987) tarafından A, AB, B, BC, C, CD, D olmak üzere 7 tane organik fasiyes belirlenmiştir (Çizelge 2.1). Baskin (1997) ise A, B, B-C, C ve D olmak üzere 5 adet organik fasiyes tanımlaması yapmıştır (Çizelge 2.2). Altunsoy ve Özçelik (1993) tarafından oluşturulan fasiyes ortamlarını gösteren şematik gösterim Şekil 2.1'de verilmiştir. Jones (1987) tarafından belirlenen 7 organik fasiyesin açıklaması aşağıda yer almaktadır.

A Organik Fasiyesi; organik fasiyeslerin ilk grubudur ve tek cins, genellikle sarı renkli algal düzeylerden oluşan amorf organik fasiyestir. Bu fasiyeste korunmuş ve iyi kalitede kerojen bulunmaktadır. Genellikle büyük göllerin merkezlerinde, daha az denizel alanlarda yer almaktadır (Jones 1987).

AB Organik Fasiyesi; AB fasiyesi, A fasiyesi ile B fasiyesi arasında geçiş oluşturmaktadır. Bu fasiyeste karışık kökenli algler tarafından meydana getirilen kerojen

egemendir. Toplam organik karbon (TOC) genellikle yüksek olup, organik madde amorfudur. Karasal organik madde içeriği oldukça azdır. Büyük boyutlu organik madde genellikle kıyıya yakın ortamlarda çökelirken, spor, polen gibi küçük organik maddeler ise daha derin ortamlarda çökelmektedirler (Jones 1987).

B Organik Fasiyesi; organik madde yaygın olarak amorfudur. Kerojenleri yeşilimsi ve portakal renktedirler. Genellikle denizel şeyl ve karbonatlar, daha az olarak da gölsel sedimanların yer aldığı alanlarda rastlanmaktadır. Toplam organik karbon (TOC) % 1-3 arasında veya daha düşüktür. B organik fasiyesinin çökelebilmesi için oksijen miktarının, 1 litre suda 1 ml'den daha az olması gerekmektedir (Demaison ve Moore 1980).

BC Organik Fasiyesi; B ve C organik fasiyesleri arasında geçiş oluşturmaktadır. Organik madde genellikle karışık olup bazen de oksidasyona uğramıştır. B organik fasiyesine göre daha fazla karasal organik madde içermektedir. BC organik fasiyesi genellikle delta önlerinde, prodelta çamurlarında ve dış shelflerde, nadir olarak da lagünlerde bulunmaktadır. BC organik fasiyesi yüksek hidrojen indeksi (HI) ile karakteristiktir.

C Organik Fasiyesi; değişik tipteki karasal kerojenlerden oluşmaktadır. Tüm vitrinit tiplerinin yanında spor, kütikül, rezinit, füzinit, semifüzinit ve inertinit gibi organik bileşimler bulunmaktadır. Taşınmış organik maddelere de nadir rastlanmaktadır. Genellikle karasal organik madde yaygın olarak görülür ve bazen organik madde oksidasyona uğramış olduğu gözlenir. Toplam organik karbon (TOC) oranı % 0,5-2 aralığında değişmektedir. Bu fasiyes için en uygun çökeltim ortamı bataklık ortamlarıdır. Kömür oluşumları açısından önemli olan bu fasiyes düşük hidrojen indeksi (HI) ile karakteristiktir (Mann ve Stein 1997).

CD Organik Fasiyesi; karasal bitki kalıntıları ile taşınmış ve oksitlenmiş organik maddeler bulunmaktadır. Bunun yanı sıra ince taneli organik maddeler CD fasiyesinde egemendirler. Bu fasiyes % 0,5'ten daha düşük TOC ve düşük HI değerine sahiptir.

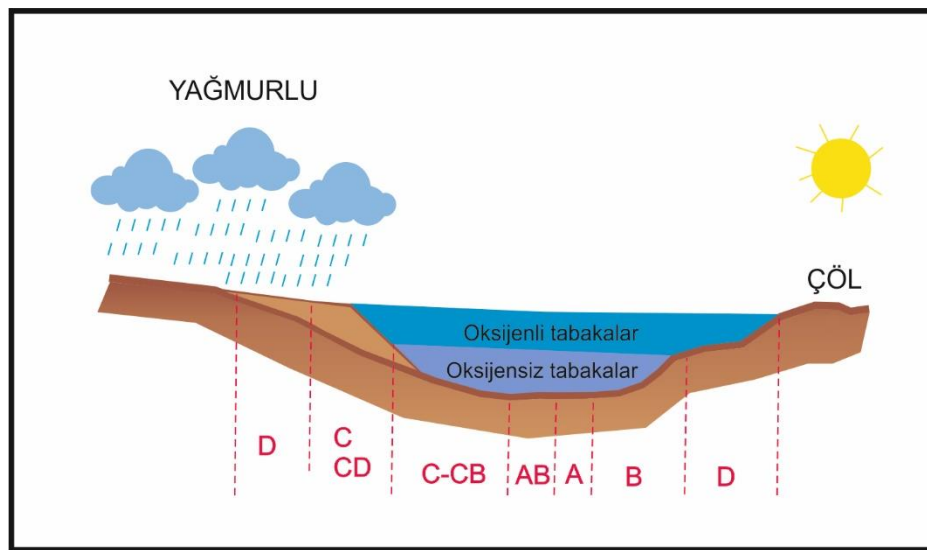
D Organik Fasiyesi; kalıntı haline dönüşmüş organik madde tipleri bulunmaktadır. Organik maddeler yüksek alterasyona uğramış olup, siyah renkli ve köşelidir (Tissot 1979; Hökerek 2009). D organik fasiyesi, düşük TOC içeriğine sahiptir. Oksijenli ortamlarda gömülmenin yavaş olması nedeniyle sedimanların oksijenle teması kesilmemektedir ve bu nedenle karasal çökellerin yanı sıra karbonatlı kayalar da bu fasiyeste gelişebilmektedirler. D organik fasiyesi oksitlenmenin gerçekleştiği her ortamda gözlemlenmektedir.

Çizelge 2.1. Organik fasiyeslerin genelleştirilmiş mikroskopik ve karasal özellikleri (Jones 1987)

Organik Fasiyes	R _o % 0,5 %’de H/C	Piroliz Verileri		Egemen Organik Madde
		HI	OI	
A	1,45	> 850	10-30	Algal, amorf
AB	1,35-1,45	650-850	20-50	Amorf, çok az karasal
B	1,15-1,35	400-650	30-80	Amorf, yaygın karasal
BC	0,95-1,15	250-400	40-80	Karışık, bazen okside
C	0,75-0,95	125-250	50-150	Karasal, bazen okside
CD	0,60-0,75	50-125	40-150	Okside, taşınmış
D	0,60	50	20-200	Yüksek Okside, Taşınmış

Çizelge 2.2. Organik fasiyeslerin genelleştirilmiş mikroskopik ve karasal karakteristikleri (Baskin 1997)

Organik Fasiyes	Ürün	H/C	HI	OI
A (Gölsel)	Petrol	> 1,40	700-1000	10-40
B (Denizel)	Petrol	1,20-1,40	350-700	20-60
B-C (Karışık)	Petrol-Gaz	1,00-1,20	200-350	40-80
C (Hümkik)	Gaz-Petrol	0,70-1,00	50-200	50-150
D (İnert)	Bazen Gaz	< 0,70	< 50	20-200

**Şekil 2.1.** Organik fasiyeslerin şematik gösterimi (Altunsoy ve Özçelik 1993)

2.4. Kömürdeki İnorganik Maddeler (Mineraller)

Kömürde 120'den fazla mineral bulunmaktadır. Bu minerallerden bazıları Çizelge 2.3'te bolluk oranlarına göre bol bulunanlar, az bulunanlar ve çok az bulunanlar şeklinde sınıflandırılmıştır.

Çizelge 2.3. Kömürde bulunan bazı mineraller ve bulunma oranları (Groen ve Craig 1993; Orem ve Finkelman 2003; Ünal 2010; Hökerek 2015)

Bol Bulunan Mineraller	Az Bulunan Mineraller	Çok Az Bulunan Mineraller
Kuvars (SiO_2) Kaolinit ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) İllit (K, Al, silikat) Montmorillonit ($(\text{Na,Ca})_3(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) Klorit ($(\text{Mg,Fe})_2\text{Al}(\text{Si}_2\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) Pirit (FeS_2) (küçük) Kalsit (CaCO_3) Siderit ($(\text{Fe, Mn})\text{CO}_3$)	Analsim $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6 \cdot (\text{H}_2\text{O})$ Apatit $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH,F,Cl})$ Barit (BaSO_4) Kalkopirit (CuFeS_2) Klostalit (PbSe) Krandalitler ($\text{Ca, Ba, SrAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) -Krandalit $\text{CaAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})$ -Gorseksit $\text{BaAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{PO}_3\text{OH})(\text{OH})_2$ -Goyazit $\text{SrAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})$ Dolomit $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ Feldspatlar $\text{KAlSi}_3\text{O}_8 - \text{NaAlSi}_3\text{O}_8 - \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ Galen (PbS) Markasit (FeS_2) (rombik) Monazitler (REE, Th) PO_4 Rutil / Anataz (TiO_2) Sfalerit (Zn, Fe)S Zenotim (Y, Yb) PO_4 Zirkon (ZrSiO_4)	Kromit ($\text{Fe}^{2+} \text{Cr}_2\text{O}_4$) Jipsit $\text{Al}(\text{OH})_3$ Altın (Au) Jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) Halit (NaCl) Manyetit (Fe_2O_3) Muskovit $\text{KAl}_2(\text{Si}_2\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH,F})_2$

Kömürde bulunan minerallerin bileşenleri kökenlerine göre 3 sınıfta incelenebilir. İlk sınıflama turbanın çökeldiği ortama dışarıdan su, rüzgâr, volkanik etkinlik sırasında gelen ve organik madde ile birlikte depolanan kırıntılardır. Bunlara detritik mineraller de denilmektedir ve örnek olarak kuvars, feldspat, kil, volkan külleri verilebilir. İkinci köken sınıflaması su ortamında yaşayan organizmaların turbaya karışan mineral maddeleri veya bunların parçalarını oluşturmaktadır. Son olarak da ortamda su içinde eriyik halde yaşayan mineral maddenin kristallenerek çökmesi sonucu ortaya çıkan otijenik mineraller bulunmaktadır (Ünal 2010).

2.5. Ana – Eser Element

Kömürde bulunan elementler bir sahadan diğerine, bir katman içerisinde alttan üste bile değişim göstermektedir. Kömürde 60'dan fazla iz element bulunmakta ancak bunlardan 25 tanesi çevreye duyarlı elementler olarak bilinmektedir. Farklı sahalardan alınan kömür örnekleri her bir element için ortalama değerler tespit edilmiştir. Buna göre elementlerin UCC (üst kıtasal kabuk), Dünya kömürleri, Amerika kömürleri, Çin kömürleri, Türkiye kömürleri için belirlenen farklı ortalama değerlerine göre kıyaslamasının yapılması, çalışma yapılan saha için ana (majör) – eser element analizleri için oldukça önemlidir.

2.5.1. İz elementlerin çevresel etkileri

İz elementlerin çevre ve insan sağlığı açısından olumsuz etkileri değerlendirilirken kömür içindeki konsantrasyonlarının yanı sıra kullanım şekilleri (yakma tekniği) ve günlük hayatta ne kadar süre kullanıldıkları göz önünde

bulundurulmalıdır. Özellikle Flor, Arsenik, Selenyum dünyanın birçok ülkesinde önemli sağlık sorunlarına neden olmaktadır.

Linyitle çalışan termik santraller sadece gaz emisyonları ile değil ayıca katı atık olarak da (kül ve cüruf) önemli çevresel problemler oluşturabilmektedir. Uçucu küller çok miktarda toksik element içermektedir ve bu küller güvenli yollarla bertaraf edilmelidir (Egemen ve Yurteri 1994). Yanma artığı olan bu küller genellikle geniş hacimli havuzlar ve düzenli depolama sahaları ile bertaraf edilmektedir. Bütün bu yöntemlerde kömür külleri su ile temas etmektedir ve uçucu küllerde bulunan toksik elementler suya geçmektedir. Uçucu küllerde bulunan eser elementler yüksek çözünürlüğe sahiptir ve bu nedenle de olumsuz çevresel etkiler yaratma potansiyeline sahiptir (Akar 2001).

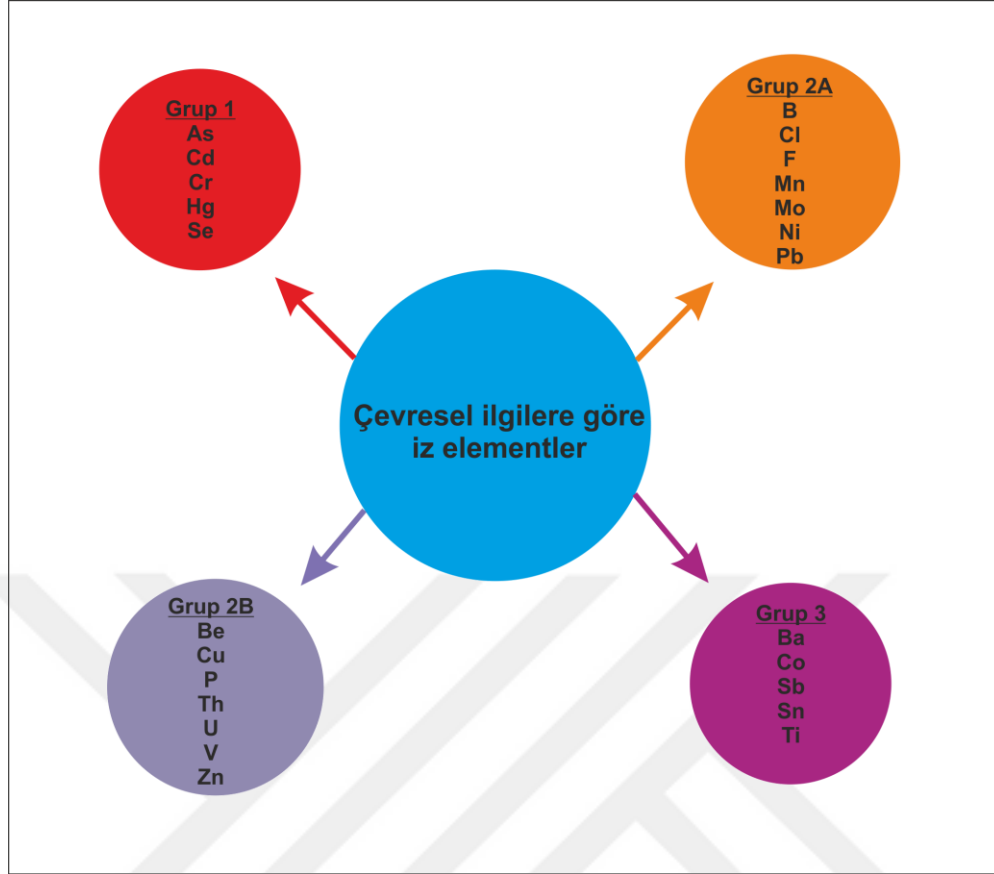
Kömürün yanmasıyla birlikte çevre kirliliğine sebep olma potansiyeline sahip olan As, Cd, Ga, Ge, Pb, Sb, Se, Sn, Mo, Ti, Zn gibi toksik elementler atıklara (cüruf, kül ve gaza) transfer olur. Bu atıklardan özellikle uçucu küller, kil yapısına sahip oldukları, yüksek ısıya dayandıkları ve yüksek “yüzey alanı / hacim” oranına sahip oldukları için sıvı ve gaz ortamlarda, elementlerin yüzeyine tutunabileceği çok uygun ortamlar oluştururlar. Uçucu küller, toprak örtüsü, yüzey ve yeraltı sularının kirlenmesinin yanı sıra, atmosfere karışan 10 µm’den daha küçük kül parçalarının insan solunum sistemine ulaşmaları sebebiyle sağlık açısından tehdit edici sonuçlar ortaya çıkarmaktadır (Baba 2000).

Uçucu kül üretimini birçok faktör etkilemektedir. Bunların en önemlileri santralin tipi, işletim biçimi, yakılan kömürün cinsi, yanma biçimi olmakla beraber bunun dışındaki birçok faktör uçucu kül oluşturma potansiyelini etkilemektedir. Genellikle elektrik enerjisi üreten termik santrallerde kullanılan taş kömürü yakıldıktan sonra % 10-15 oranında kül açığa çıkarırken, linyitlerin ise yaklaşık % 20-50 arası kül olarak ortaya çıkmaktadır. Yanma sonucu ortaya çıkan külün % 75-80’i baca gazları ile kazandan çıkar ve bu atıklar “Uçucu Kül” olarak tanımlanır.

Çevreye duyarlı 25 element farklı mineraller içinde bulunmaktadır (Çizelge 2.4). Çevresel ilgilerine göre iz elementler dört farklı grupta incelenebilir (Şekil 2.2). Birinci grupta bulunan elementler kömür içerisinde düşük konsantrasyonda bulunmasına rağmen çevre açısından son derece tehlikeli ve çevresel açıdan zararlı elementler içermektedir. Bu elementlerden özellikle As ve Se kontrol altında tutulması gerekmektedir. Grup 2A elementleri yüksek klorlu kömürlerde bazı korozyonlara ve atmosferdeki asiditenin artmasına sebep olurlar. Bu nedenle miktarları mutlaka belirlenmeli ve kontrol altında tutulmalıdır. Grup 2B’deki elementlerden özellikle uçucu küllerde yüksek konsantrasyonda bulunan U ve Th’un radyoaktif etkisi minimize edilmelidir. Grup 3’te bulunan elementler kömürün bünyesinde fazla oranda bulunmazlar ve bu nedenle problem yaratacak etkiler doğurması da beklenmez (Akar 2001).

Çizelge 2.4. Çevreye duyarlı 25 iz elementin kömür içinde bulunuş şekilleri (Finkelman 1997; Finkelman ve Grosss 1999; Orem vd. 1999; Schweinfurth 2003)

ELEMENT	İÇİNDE BULUNDUĞU MADDE / MİNERAL
Antimuan	Organik madde, pirit ve diğer sülfürler
Arsenik	Arsenopirit, sfalerit, galen, kalkopirit, pirotit
Baryum	Barit ve diğer baryumlu mineraller
Berilyum	Organik madde
Bor	Organik madde, illit
Kadmiyum	Sfalerit
Klor	Gözenek suyu ve organik madde
Krom	Organik madde, illit, kromit
Kobalt	Organik madde, pirit
Bakır	Kalkopirit, organik madde
Flor	Çeşitli mineraller ve organik madde
Kurşun	Galen (PbS), Clausthalite (PbSe)
Civa	Pirit
Manganez	Karbonatlar: Siderit ve ankerit
Molibden	Sülfidler ve organik madde
Nikel	Sülfidler ve organik madde
Fosfor	Fosfat
Selenyum	Organik madde, pirit, clausthalite, ferroselit, galen
Gümüş	Sülfidler
Talyum	Pirit
Toryum	Monazit, zenotim, zirkon, kil
Kalay	Oksitler ve sülfidler
Vanadyum	Kil ve organik madde
Uranyum	Organik madde, zirkon
Çinko	Sfalerit (ZnS)



Şekil 2.2. İz elementlerin çevresel ilgilerine göre gruplandırılması (Akar 2001)

Kömürde bulunan As, V, Cs, Sr, Mo, Ni, U gibi elementler insan sağlığı açısından sorun teşkil etmektedir (Çizelge 2.5). Bu elementlerin yanı sıra kömürün yapısında bulunan ancak sağlık açısından zararı bilinmeyen ya da belirlenememiş elementler Baryum (Ba), Berilyum (Be), Bizmut (Bi), Germanyum (Ge), Kobalt (Co) şeklinde sıralanabilir (Baba vd. 2008).

Çizelge 2.5. Kömürde bulunan bazı elementler ve insan sağlığına olumsuz etkileri (Baba vd. 2008)

Element	Zararları
As (Arsenik)	Melanosiz (Deride renk koyulaşması)
	Keratosis (Deride keratin artışı)
	Kardiyovasküler rahatsızlıklar
	Solunum yolu hastalıkları
	Akciğer rahatsızlıkları
	Karaciğer rahatsızlıkları
	Cilt kanseri
V (Vanadyum)	Akut zehirlenmeler
	Gözlerde sulanma ve kızarıklık
	Burun kanaması
	Bronkospazm (Alt solunum yolu hastalıkları)
	Deride kızarıklık
Cs (Sezyum)	Radyoaktif özellik nedeniyle tümör oluşumu
Sr (Stronsiyum)	Belli konsantrasyonların üstünde endemik körlüğü
Mo (Molibden)	Mo'ce zengin kömürlerin yakılması ile hayvanlarda gözlenen hastalıklar
Ni (Nikel)	Kardiyovasküler rahatsızlıklar
	Akciğer kanseri
	Nazal sinüs rahatsızlıkları
	Deride tahriş
U (Uranyum)	Kromozom bozuklukları
	Deri kanseri
	Akciğer kanseri

2.6. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Coğrafi Bilgi Sistemleri konuma dayalı işlemlerle elde edilen grafik ve grafik olmayan verilerin toplanması, saklanması, analiz edilmesi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bir bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir (Yomraloğlu 2000). Harita üretimini bir bilgi sistemi yardımıyla yapan sistem olarak da tanımlanabilir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin şematik gösterimi

2.6.1. CBS ile yapılan mekânsal analizler

Coğrafi Bilgi Sistemleri ile birçok konumsal analiz yapılabilmektedir. Bunlardan tez çalışması kapsamında açık kaynak kodlu QGIS yazılımı kullanılarak yapılan analizler; yüzey analizleri, kabartma haritalarının oluşturulması, bakı haritaları, enterpolasyon teknikleri (kriging), yeniden sınıflandırma (reclassification), ağ analizleri olarak sıralanabilir.

2.6.1.1. Yüzey analizleri (surface analysis)

Yüzey analizleri; arazinin topografik özelliklerine ait veri setlerinin oluşturulmasıdır. Bu analizler yükseklik modellerinin oluşturulması, eğim, bakı, kabartma, vb. olarak sayılabilir. Düzensiz Üçgenler Ağı (TIN) veya Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) yüzey verilerini kullanarak araziye modelleyen tekniklerdir.

Sayısal yükseklik modelleri oluşturulurken arazinin topografik yüzeyinin deniz seviyesinden yüksekliği baz alınır. Eğim (slope); her hücrenin komşu hücresindeki eğim değişim oranlamasını kullanarak arazinin eğim veri setini oluşturur. Yüzde ve derece olarak ifade edilir. Bakı (aspect); her hücrenin komşu hücresi ile olan en yüksek eğim derecesinin yönünün tespit edilmesidir. Bakı hesaplamaları derece cinsinden yapılır. Kuzey sıfır olacak şekilde saat yönünde ilerlenir. 90° Doğuyu, 180° Güneyi, 270° Batıyı ve 360° tekrar Kuzeyi ifade eder. Kısaca bakı araziye bir noktanın baktığı ana ve ara yönlerin tespitini sağlayan bir analizdir. Kabartma (hill-shade); varsayımsal bir ışık kaynağının pozisyonunu ayarlayarak yüzeydeki bir hücrenin o ışık üzerindeki aydınlanma değerini hesaplar. Bu ışık hücrenin eğim ve bakısı üzerine temellenir. İki boyut üzerine kabartma sağlanarak üç boyut hissi kazandırılabilir.

2.6.1.2. Yakınlık (tampon) analizleri

Yakınlık analizi (Proximity Analysis, Buffer), bir nokta, çizgi ya da poligondan mesafelerin ölçümü olarak tanımlanabilir. Ölçülmek istenilen mesafede objelerin varlığı ya da yokluğu tespit edilebilir. Maden sahalarına belli bir mesafede bulunan ormanlık alanlar, su kaynakları, yerleşim merkezleri tampon bölge analizlerinin yerbilimlerde uygulanaşına örnek olarak verilebilir.

2.6.1.3. Enterpolasyon analizleri

Enterpolasyon basit bir tanımlama ile bilinen değerler kullanılarak bilinmeyen değerlerin tespit edilmesidir. Birçok enterpolasyon yöntemi vardır, ancak en çok kullanılan yöntemler SPLINE, IDW ve Kriging'dir. Verilerin dağınık ya da heterojen olduğu durumlarda var olan sayısal değerler yardımıyla boş alanların tahmin edilmesi olarak da ifade edilebilir. IDW (Ters Ağırlıklı Mesafe-Inverse Distance Weighted) bilinen örnek noktalara ait değerlerin yardımıyla örneklenmeyen noktalara ait hücre değerlerinin belirlenmesi için kullanılan bir enterpolasyon tekniğidir ve bilinen noktadan uzaklaştıkça bilinmeyen alanlarda noktalar tespit edilir. Bir tahmin metodu olması nedeniyle uzaklaştıkça ve mesafe arttıkça hücre değeri hesaplamak üzerindeki etki de azalacaktır. Kriging ise ölçülmüş değerlerden ağırlıkları oranında faydalanarak bilinmeyen noktaların ölçümlemleri kestirmek için kullanılan enterpolasyon metodu olarak tanımlanabilir. Ölçülen noktalar ile tahmin edilecek noktalar mesafeye bağlı olarak belirlenir. Tüm alan içinde bir ayarlama yapılır ve bölgesel değişme teorisine dayanır. Bu nedenle yer bilimlerinde genellikle Kriging metodu kullanılmaktadır.

2.6.1.4. Yeniden sınıflandırma (reclassification) analizleri

Girdi hücre değerini, yeni hücre değeri ile değiştiren bir fonksiyon olarak tanımlanabilir. Raster (hücresel) verinin değerlerini gruplandırarak daha kolay yorumlanmasını sağlar. Bunun yanı sıra vektör verinin raster veriye dönüştürülmesinin ardından yeniden sınıflandırma işlemini yaparak hücrelerdeki değerleri sınıflandırma ve sayma işlemleri de yapılabilir.

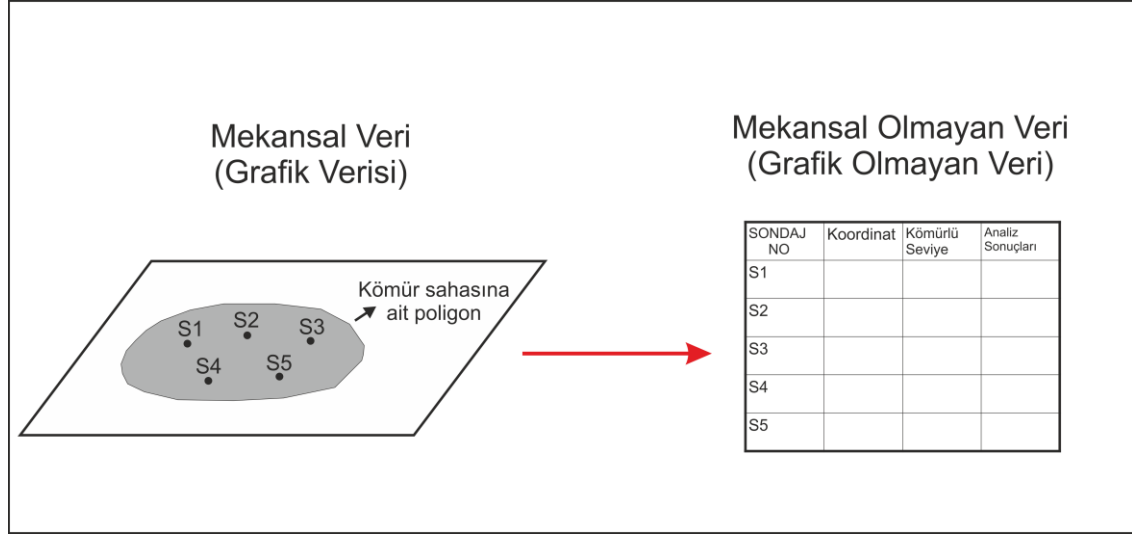
2.6.1.5. Ağ analizleri (network analysis)

Bir noktadan diğer noktaya en kısa yoldan, en iyi güzergâhtan gitme amacıyla yapılan analizdir. Araçlar için yol güzergâhları, altyapı şebekeleri başta olmak üzere birçok alanda kullanılabilir. Bu çalışmada ağ analizlerinden en kısa yol analizi (Shortest Path) kullanılmıştır.

2.6.2. Kömür ve CBS

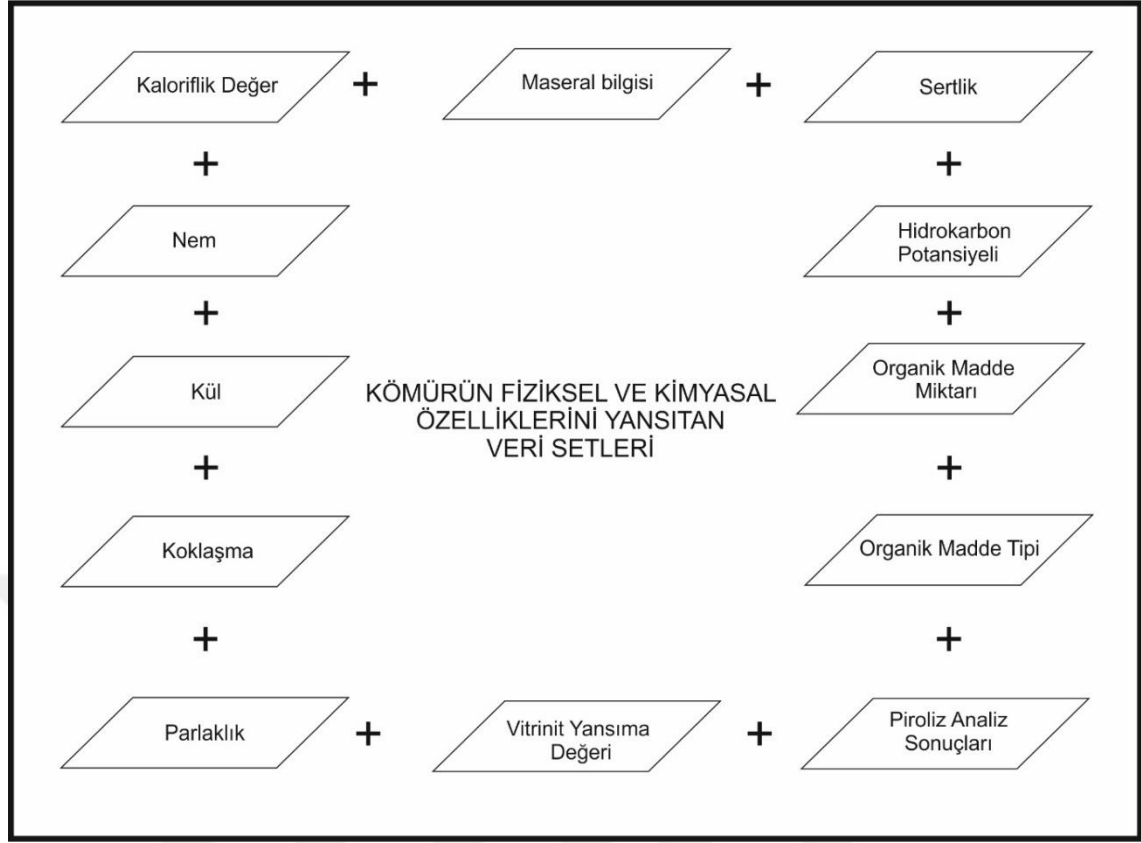
Teknolojinin gelişmesi ile jeolojide oldukça sık kullanılan Coğrafi Bilgi Sistemleri ile ilgili çalışmalar aynı zamanda madencilik sektöründe de yoğun şekilde uygulandığı gözlenmektedir. Kömür madenleri için de Coğrafi Bilgi Sistemleri özel uygulama alanları ile birçok maden arama, çıkarma amaçlı çalışan kurumlar ve firmalar tarafından kullanılmaktadır.

Tanımda da aktarıldığı üzere Coğrafi Bilgi Sistemleri hem grafik (mekânsal) hem de bu mekânsal veriler üzerine işlenen sayısal ve sözel bilgilerin oluşturmuş olduğu grafik olmayan (mekânsal olmayan) verilerden oluşmaktadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Kömür sahalarında grafik ve grafik olmayan veri örnekleme (Güllüdağ ve Altunsoy 2018’den değiştirilerek alınmıştır)

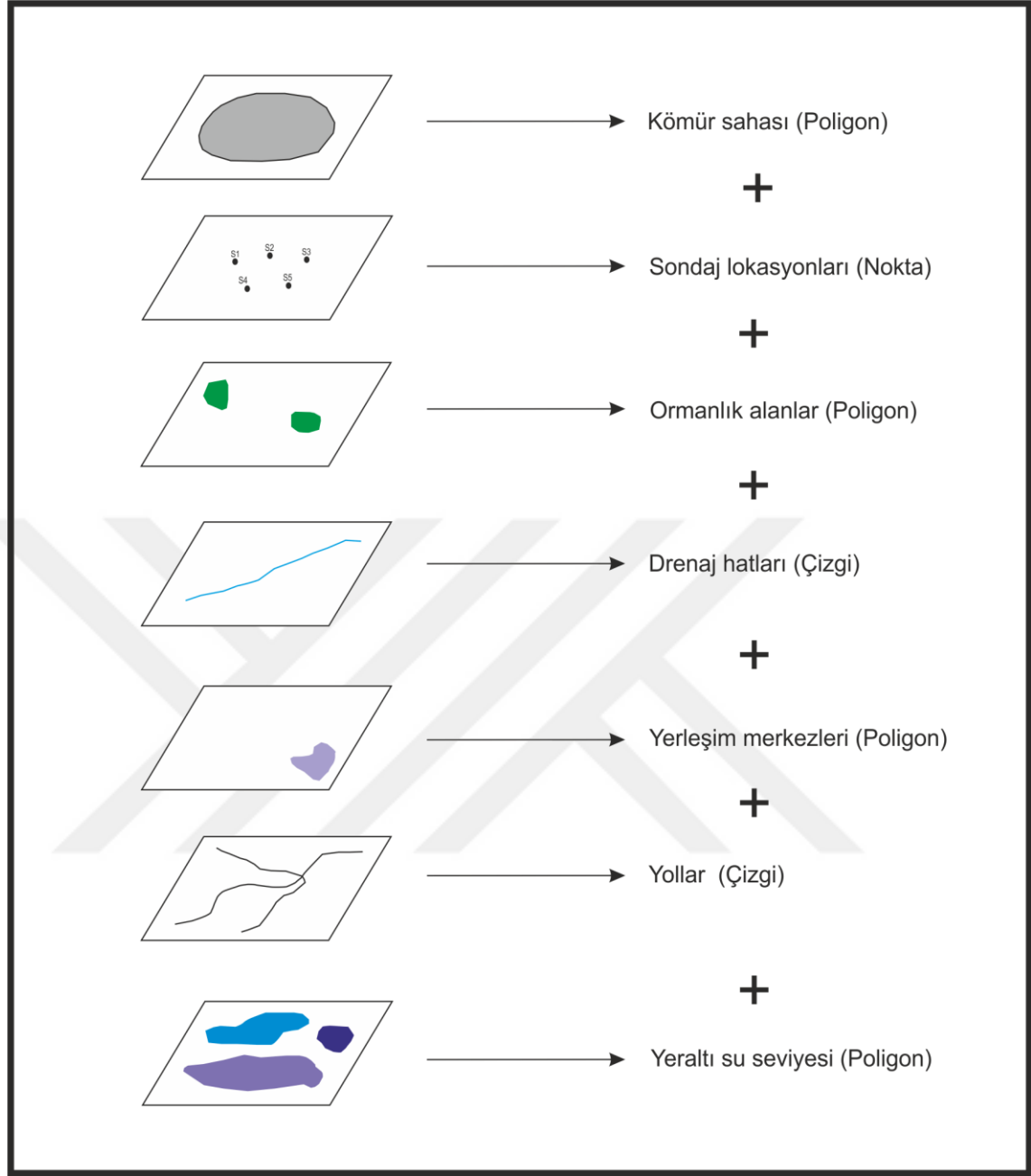
Kullanıldığı alana göre değişim gösteren bu veri elemanları kömür için farklılık oluşturmaktadır. Örneğin bir kömür maden sahasında rezerv tespiti yapılmasının ardından bu sahaya ilişkin fay, litoloji, yeraltı suyu, eğim, paleontolojik bulgular gibi öznel verileri işlenebilir. Burada sahanın grafik olarak gösterimi kapalı bir poligon alan şeklinde yapılmasının ardından işlenen öznel verileri bir tablo şeklinde olacaktır. Sondaj loglarının işlenmesi ile sahaya ait kömür ve yeraltı litolojik birimler için yorumlama safhasına gelinir. Bu veriler doğrultusunda CBS’de kullanılan çeşitli yöntemler ile aradaki birimlerin tahmini yani log korelasyonu yapılmış olunur. Yapılan sondajlar sonucunda korelasyon bilgileri test edilebilir. Sondajdan çıkan kömür örneklerine yapılan TOC, Rock Eval, Organik madde miktarı, Organik madde tipi, HC potansiyeli, nem, kül, koklaşma, maseraller, parlaklık, sertlik gibi fiziksel ya da kimyasal olmak üzere tüm test sonuçları işlenebilir ve farklı lejant ile gösterimi sağlanabilir (Şekil 2.5). Bunun sonucunda sahalar arası korelasyon yapılırken kömüre ait bilgilerin daha sağlıklı şekilde yapılması sağlanabilir (Güllüdağ ve Altunsoy 2018).



Şekil 2.5. Kömüre ait işlenecek grafik ve öznitelik veri katmanlarının şematik gösterimi (Güllüdağ ve Altunsoy 2018)

Coğrafi Bilgi Sistemlerini diğer çizim araçlarından ayıran en önemli fark sorgulanabilir olmasıdır. Daha önceden girilen konum ve koordinat bilgileri ile sahaya yakınlık (buffer) analizleri yapılabilmektedir. Bu çalışmada kömürün çevresel faktörler üzerindeki etkilerin incelenmesi yapıldığından sahaya ait konum verisine (poligona) en yakın su kaynakları, yeraltı su kaynakları derinlikleri gibi verilerin sorgulanmasının yanı sıra taşınması sırasında meydana gelebilecek tahribat, alternatif taşıma yolları belirlenebilir. Ayrıca kömürün yakılması sırasında ortaya çıkacak hava kirliliği ve yerleşim yeri karşılaştırmaları yapılabilir.

Şekil 2.6’da kömür sahalarının yakın çevresinde zararlarının tespiti için kullanılan katmanların şematik gösterimi yapılmıştır. Buna göre bir kömür sahasının sınırlarının poligon şeklinde gösterimi yapılmıştır. Daha sonra bu sahada yapılan sondajların noktasal olarak konumlarının işlenmesinin ardından sahaya belli yakınlıkta bulunan ormanlık alanlar, drenaj hatları, yerleşim merkezleri, yollar ve yeraltı su seviyesi gibi birçok verinin işlenmesi ile çevresel açıdan sahanın yarattığı tahribatın önceden tespit edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması sağlanabilir. Bu katmanları arttırmak ve çalışmayı amaca göre daha da detaylı hale getirebilmek mümkündür (Güllüdağ ve Altunsoy 2018).

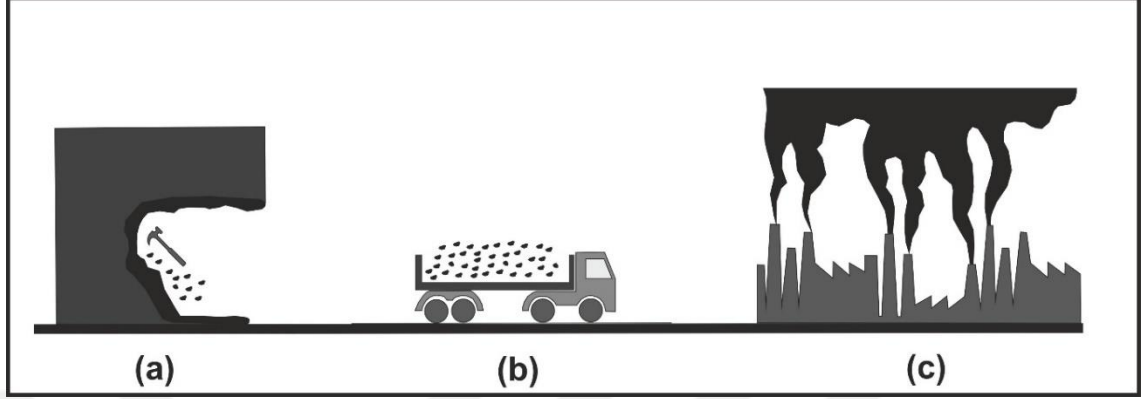


Şekil 2.6. Kömür sahalarının CBS ile çevresel etkilerinin tespitinde kullanılabilecek katmanlar (Güllüdağ ve Altunsoy 2018’den değiştirilerek alınmıştır)

2.7. Kömür ve Çevre

Kömürün üretiminin, taşınması ve hazırlanması sırasında, yakılması sonucunda doğada kirlilik ortaya çıkmakta, çeşitli tahripler söz konusu olmaktadır. Bitki örtüsü ve hayvanlar zarar görmektedir. En önemlisi de insan sağlığını direk etkileyebilecek sağlık sorunlarının bu esnada ortaya çıkmasıdır. Bu sorunları tamamen gidermek söz konusu olmasa da alınacak çeşitli tedbirler ile en aza indirgemenin mümkün olduğu unutulmamalıdır.

Maden sahalarının birçoğunda olduğu gibi kömür madenciliği de üretimden tüketime kadar her evresinde çevreyi olumsuz şekilde etkileyen bir madencilik türüdür. Kömürün çevreye ve insan sağlığına verdiği zararları çıkarılması, taşınması ve yakılması esnasında olmak üzere 3 ana başlık altında toplamak mümkündür (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Kömürün çevreye ve insan sağlığına zarar verme aşamaları **a)** Kömürün üretimi sırasında çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkileri **b)** Kömürün taşınması ve hazırlanması sırasında çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkileri **c)** Kömürün yakılması sonucunda çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkileri

2.7.1. Kömürün üretimi sırasında çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkileri

Kömürün üretimi sırasında hem çevre hem de insan sağlığına olumsuz durumlar ortaya çıkmaktadır. Kömürün üretimi sırasında meydana gelen olumsuzlukları hem çevre hem de insan sağlığı açısından ayrı ayrı incelemek gerekmektedir.

2.7.1.1. Kömürü üretimi sırasında çevreye olumsuz etkileri

Açık işletmelerde fazla miktarda kömürün çıkarılması nedeniyle topografya bozulmakta bir tarafta çukurluklar, diğer tarafta da dekapaj malzemesinin yığılmasıyla yeni tepeler oluşmaktadır. Topografyadaki bu değişikliklerden hem bitki örtüsü hem de yeraltı ve yerüstü suları değişik biçimlerde etkilemektedirler. Kapalı işletmelerde (yeraltı işletmeleri) kömür üretiminden kaynaklanan boşluklar üzerindeki kaya kütlelerinde çökmeler meydana gelebilmektedir. Bu çökmeler heyelanlara ve yer yüzeyinde kırıklara neden olabilmektedir. Ayrıca hem açık hem de kapalı işletmelerde yüzey ve yeraltı suları kirlenme riskiyle karşı karşıyadır.

Kömür ocaklarında % 99'a kadar ulaşabilen CH_4 gazı, daha az miktarda da CO_2 , CO , C_2H_6 , H , N gazları bulunmaktadır. Bu da grizu gibi olaylara sebep olmakta ve ciddi can ve mal kayıpları ile sonuçlanmaktadır.

Kömür herhangi bir dış kaynaktan ısı almadan hava ile teması sonucunda oksitlenerek kendi kendine yanabilir. Bu olay kömür katmanlarında yeraltı ve yer üstü kömür işletmelerinde kömür yığınlarında veya kömürün taşınması sırasında meydana gelebilir. Kömürlerin kendiliğinden yanması ciddi can kayıplarına, üretimde aksamalara, büyük kömür rezervlerinin terk edilmesine ve önemli miktarda çevre kirliliğine neden olmaktadır.

2.7.1.2. Kömürü üretimi sırasında insan sağlığına olumsuz etkileri

Hem yeraltı hem de yer üstü işletmeciliğinde kömürün taşınması olayı esnasında meydana gelen tozlar çevre ve insan sağlığına zararlı olabilmekte, özellikle yeraltında çalışan madencilerde pnömokonyoz ve silikozis hastalıklarına neden olmaktadır (Miller 2005).

Madencilikte en çok rastlanan meslek hastalıklarının temel nedeni tozdur. Özellikle kömür madenciliğinde toz kaynaklı hastalıklar yaygın şekilde gözlenmektedir. Ülkemizde madencilikte en sık rastlanan toz hastalıklarının başında pnömokonyoz ve silikozis gelmektedir. Gelişmiş ülkelerde bu hastalıkların zararları çok önceden anlaşılmış ve en aza indirilmiştir. İngiltere’de 1980’li yıllardan bu yana pnömokonyoz hastalığı azalırken meslek astımı hastalığında artış görülmeye başlanmıştır. Sanayileşmiş ülkelerin hemen hepsinde gözlenen bu hastalık yakın zamanda ülkemizde de artış göstereceğinin bir kanıtı niteliğindedir (Malkoç 2010).

Toz kaynakları primer ve sekonder toz kaynakları olarak iki kısımda incelenmektedir. Primer toz kaynakları taşınma ve minerallerin parçalanmasından oluşmaktadır. Sekonder toz kaynakları ise çökmüş olan tozun tekrar girdaplanması ile ortaya çıkar. PAH olarak bilinen polisiklik aromatik hidrokarbonlar (polycyclic aromatic hydrocarbons) birçok hastalığa neden olabilmekte ve bunlar da genç linyitler içerisinde bol miktarda bulunmaktadır. PAH’ların neden olduğu bir böbrek hastalığı olan BEN’in belirtileri yorgunluk, baş ağrısı, iştahsızlık, kilo kaybı ve yüzde solgunluk olarak kendini gösterir. Kuluçka dönemi oldukça uzun olan bu hastalık BEN sahasında 20 yıl boyunca yaşayanlarda ve çoğunlukla 50-70 yaş arasında ortaya çıkmaktadır (Orem vd. 2003).

Madencilikte kullanılan kişisel koruyucu donanımlar kullanılması meslek hastalıklarını ve iş kaza risklerini en aza indirmekte hatta belli durumlarda ortadan kaldırmaktadır. Özellikle risk sınıfı en yüksek meslek gruplarından biri olan madencilik sektöründe koruyucu toz maskesi, gözlük, eldiven gibi donanımların kullanılması şarttır.

Kömür ocaklarında çalışan işçiler tozu; delik delme işlemi sırasında, lağım atmadan sonra tabanın temizlenmesinde, kazıcı ve kesici makinaların çalışması sırasında ve işçilerin galeride yürümeleri esnasında soluyarak, havada süspansiyon halde bulunan kuvars ve silis tozlarını ciğerlerine alırlar.

Kömür; astım, kronik bronşit, anfiyem, akciğer iltihaplanması, akciğer kanseri, kalp ve sinir sistemi ile ilgili birçok hastalığa neden olmaktadır. Ancak bu hastalıklar içerisinde en yaygın ve en önemli olanı Pnömokonyoz hastalığıdır. Genellikle kömür madeni işçilerinde rastlanan bu hastalığa araştırmacılar Kömür İşçisi Pnömokonyoz’u (KİP) adı vererek incelemişlerdir. KİP yavaş gelişir, 10 yıldan erken görülmez. Daha düşük maruziyetlerde bu süre daha uzundur. Kömür madeninde çalışanlarda KİP dışında havayolu hastalıkları başta olmak üzere diğer bazı hastalıklar da gelişebildiği gibi KİP de kömür madeni dışında çalışanlarda da görülebilmektedir. KİP görülme sıklığı kömür madenlerinde çalışanlar arasında yapılan kesitsel çalışmalarda % 2-12 arasında bildirilmektedir.

Pnömokonyoz belirtileri; nefes kesikliği, öksürük ve balgam, bronşit ve göğüs tıkanıklığı, zayıflama olarak bilinmektedir. Son aşamalara doğru kalp sektesi ortaya

çıkarmakta ve sonucunda verem hastalığı ile aşamalar devam etmektedir. Ağır geçirilen pnömokonyoz sonucunda ise ölüm gerçekleşmektedir.

Kömür işçisi pnömokonyozun kalıcı tedavisi yoktur. O halde etkisini en aza indirmek için birtakım önlemler alınması şarttır. Bunun için ise; genç işçi tercih etme, bu işte çalışacak kişilerin periyodik sağlık muayenesi yapılması, kişisel koruyucu ekipman kullanılması ve toz ile ilgili mühendislik önlemleri alınması gerekmektedir.

2.7.2. Kömürün taşınması, hazırlanması sırasında çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkileri

Kömür madeni çıkarıldıktan sonra hazırlık aşamasında ve bu madenin nakliyesi sırasında çevreye birtakım olumsuz durumlar ortaya çıkarmaktadır. Hazırlanması ve işletilmesi sırasında bilinçsiz işletilen maden sahalarında kömürün depolanması, rehabilite edilmeden maden sahasının terk edilmesi gibi durumlar yeraltı ve yüzey sularına, topografyaya zarar vermektedir. Taşınması esnasında ise rüzgarla birlikte kömür tozlarının uçması ile çevreye zarar vermektedir. Bu durumda ikincil derecede bölgede yaşayan yerli halk zarar görmektedir. Özellikle kömürde bulunan bazı hastalık yapıcı eser elementler bu konuda oldukça ciddi sorunlar ortaya çıkarabilmektedir.

2.7.3. Kömürün yakılması sonucunda çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkileri

Hem üretim hem de taşınma sırasında kömürden yayılan CH_4 gazı ile yakılması sırasında ortaya çıkan CO_2 , SO_x , NO_x gibi gazlar da çevresel açıdan olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Bunlardan CH_4 ve CO_2 gazları sera etkisi nedeniyle küresel ısınmaya sebep olmaktadır. SO_x , NO_x gazları ise sera etkisine neden olmasa da asit yağmurlarına zemin hazırlamaktadır.

2.7.3.1. Sera etkisi ve küresel ısınma

Güneşten yeryüzüne doğru her yönde gelen elektromanyetik dalgaların yaklaşık yarısı bulutlar, tozlar, atmosferin çeşitli katmanları tarafından emilmekte ya da yansıtılarak uzaya geri gönderilmektedir. Güneşten gelen ultraviyole ışınların çoğu üst stratosferde ozon tabakası tarafından emilmektedir. Geri kalan ışınların küçük bir bölümü yeryüzü tarafından atmosfere yansıtılmakta geri kalanı ise emilmektedir. Bu emilen güneş enerjisi troposferin, karaların ve okyanusların ısınmasına neden olmaktadır. Isınan yeryüzü uzaya doğru yalnızca uzun dalga boylu IR ışınları yayar. Milyonlarca yıldan beri süre gelen bu olay doğal sera etkisi olarak adlandırılır ve insan faktörüyle hiçbir ilişkisi yoktur. Ancak sanayileşmedeki artışa paralel olarak atmosferdeki CO_2 , CH_4 , N_2O konsantrasyonlarında büyük miktarda artış gözlenmiştir. Bununla birlikte sera etkisi oldukça yüksek olan CFC (kloroflorokarbonlar) da üretilmeye başlanmış ve bunlar da ozon tabakasının incelmeye neden olmuşlardır. Böylece sera gazlarının atmosferdeki doğal konsantrasyonlarında büyük artışlar meydana gelmiş ve yeryüzü olması gerekenden daha fazla ısınmaya başlamıştır. Bunun sonucunda da küresel ısınma kavramı ortaya çıkmıştır. Kömür gibi fosil yakıtların kullanımı sanayileşme ve nüfus artışı nedeniyle kaçınılmaz olmuştur. Bu da insan kaynaklı sera etkisini doğurmuştur (Ünalan 2010).

Sanayileşmeye paralel olarak artan fosil yakıt tüketimi atmosferdeki CO₂ konsantrasyonunu büyük ölçüde arttırmış ve son 650 bin yılın en yüksek değeri olan 387 ppm'e yükseltmiştir. 1750 yılından bu yana CO₂ konsantrasyonunda meydana gelen toplam artış % 38 civarındadır (Adam 2008).

Bileşimlerinde karbon bulunması nedeniyle fosil yakıtlar yandıklarında atmosfere bol miktarda CO₂ yayarlar. Bu değer doğal gazda 52,0-54,8 kg/GJ, petrolde 61,2-69,4 kg/GJ, kömürde ise 85,5-101,2 kg/GJ'dür (Ültanır 1998).

2.7.3.2. Kükürt Dioksit (SO₂)

Volkan bacalarından veya başta kömür olmak üzere kükürt içeren petrol, doğal gaz gibi yakıtların yanması sonucu atmosfere yayılan SO₂ sera etkisi olmayan fakat oldukça tehlikeli bir gazdır. Dünyadaki yıllık 150-200 milyon ton SO₂ emisyonunun 100-130 milyon tonu fosil yakıtlardan kaynaklanmaktadır. Fosil yakıtlar içerisinde de kömürlerdeki kükürt oranı % 1-10 civarındayken ham petrolde ortalama % 2-2,5 civarındadır. Doğal gaz içerisinde de kükürt bulunmasına rağmen genellikle kükürttten ayrıştırıldıktan sonra kullanıma sunulur. SO₂ insan sağlığı üzerinde oldukça olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Bunların başında kronik bronşit ve faranjit gibi hastalıklar gelmekte; göz, cilt ve solunum sistemini de etkilemektedir. Bunun dışında yüksek miktardaki SO₂ fotosentezi yavaşlatır, çiçeklerin açmasını engeller, yaprakların dökülmesine neden olur. Bitki örtüsünün bozulmasına, toprağın ve göl sularının pH'ının düşmesine, su içerisinde yaşayan canlıların büyük ölçüde yok olmasına sebep olan asit yağmurları geçmişte kömürün fazla miktarda kullanıldığı Kuzey Avrupa ve Kuzey Amerika'da oldukça sık yaşanmıştır (Ünalın 2010).

2.7.3.3. Azot Oksitler (NO_x)

Azot monoksit (NO) ve Azot dioksit (NO₂) gazları SO₂ gazı gibi sera etkisi olmayan ancak önemli miktarda çevre kirliliği yaratan gazlardır. NO_x gazlarının doğal kaynağı topraktaki bakterilerdir. İnsan kaynaklı NO_x gazları kömür, petrol, doğal gaz, çöp gibi maddelerin 1000-1200 °C aşan sıcaklıklarda yakılmasıyla havanın azotu ile oksijeninin birleşerek NO oluşturmaları ve bunun da hava ile teması sonucu NO₂'ye dönüşmesi ile meydana gelir. Bunlara Termik NO_x gazları denir. Buna örnek olarak termik santral bacalarından veya araçların egzoz borularından çıkan NO_x'ler verilebilir. NO_x üretimi yanma sıcaklığının düşük tutulması ile azaltılabilmekte hatta yok edilebilmektedir. NO_x gazlarının bir diğer oluşum şekli yakıtın bünyesinde bulunan azotun oksijen ile birleşmesidir. Bunlara da Yakıt Kaynaklı NO_x'ler denir. Kömür en çok NO_x üreten yakıt olmakla birlikte bunu petrol ve doğal gaz izler. NO_x gazları SO₂ gibi atmosferde su ile birleşerek nitrik asit (HNO₃) oluşturur ve asit yağmurları şeklinde yeryüzüne iner. Bunun dışında astım ve bronşit hastalıklarına neden olarak insan sağlığını olumsuz yönde etkiler (Ünalın 2010).

2.7.3.4. Hidrokarbonlar

Benzopyrene, Benzoanthracen, Benzofluoranthene, İndenopyrene, Benzoperylene vb polisiklik aromatik hidrokarbonlar veya kısaca PAH olarak adlandırılan hidrokarbonların kanser yapıcı etkide olabildikleri bilinmektedir. Ham petrolde özellikle genç linyitlerde ve turbalarda doğal olarak bulunan PAH'lar karbon ve

hidrojen bileşimindedir. Söz konusu yakıtların yanmasıyla gaz şeklinde veya tozlara yapılarak atmosfere yayılırlar ve sonrasında yer yüzeyine inerek suya ve toprağa karışırlar (Ünalın 2010).

Nefes yoluyla cildin gözeneklerinden veya ağızdan insan vücuduna giren PAH karaciğerde, özellikle de böbreklerde birikerek uzun vadede fazla miktarda alınması sonucu kansere sebep olur.

Balkan ülkelerinden eski Yugoslavya, Bulgaristan ve Romanya'da yer alan Pliyosen yaşlı linyitlerle temas halinde bulunan yeraltı sularından insanlara geçen bir böbrek hastalık olan BEN (Balkan Endemic Nephropathy) Tuna nehri ve kollarına ait alüvyonlar üzerindeki bazı yerleşim alanlarında görülmekte ve yaklaşık 50 yıldan beri bilinmektedir. Böbrek hastalığı dışında PAH'lar akciğer ve yemek borusu kanserlerine de sebep olabilmektedir (Ünalın 2010).

2.8. Dünyada ve Türkiye'de Kömür

Uluslararası Enerji Kurumunun 1971'den günümüze kadar tuttuğu kayıtlara göre Dünya kömür üretimi 2016 yılında 418 milyon ton azalmıştır. Kayıtlara göre bu düşüş 2015'dekinin bir benzeridir. Sebepleri birçok faktör olmakla birlikte Çin Halk Cumhuriyetindeki maden operatör kotalarındaki ayarlamalar örnek gösterilebilir. Buna ek olarak Amerika, Çin ve İngiltere'deki enerji üretimi için kömür taleplerinin düşmesi, gaz üretiminin büyümesine neden olmuştur. Daha düşük taleple, daha az kömür üreten Amerika ikinci olurken, 2016 yılında önde giden Hindistan 708 milyon ton ile ilk kez Amerika'yı geçmeyi başarmıştır.

Buhar kömürü, kok kömürü ve linyit üretimi 2016 yılında düşmüştür. Bunun aksine, uluslararası ticaret artış göstererek 2016 yılında ithalat % 1,5 ile 1331,3 milyon ton artmıştır. Çin Halk Cumhuriyetindeki insanlar 2015 yılının % 25 fazlası ile 256,6 milyon ton ithalatı arttırmıştır. Bu sırada Hindistan'da ithalat % 7,2 yani 200,1 milyon ton azalmıştır. Hindistan'daki ithalatın azalmasına rağmen 2016 yılındaki en büyük üretici ve ticaret yapan iki ülke Çin ve Hindistan olmuştur.

Toplamda Atlas Okyanusunun karşısındaki bölgede ithalat 930 milyon ton artmıştır, global ithalatın % 72,9'unu temsil etmektedir. Bu da kömür ticaretinin bölgede anahtar rolde olduğunun bir göstergesidir.

Avusturalya ve Endonezya 2016 yılında Dünyadaki en çok kömür ihracatı yapan iki ülke olarak kalmıştır. Ek olarak Güney Afrika, Kolombiya ve Moğolistan 2016 yılında ihracat rekoru kırarak, 2015 yılındaki kademeleri %1,3, % 7,1 ve % 78,3 aşmıştır.

Hindistan kömür tüketimi 2016 yılında 18 yıldır devam eden büyüme ile % 2,1 artmıştır. Çin Halk Cumhuriyeti'nde 2016 yılında üretimdeki düşüşü % 1,8'dir. Bu esnada Amerika üretimindeki düşüş % 7,8'dir. Fakat Endonezya 2015 raporlarına göre % 10,2 ile devam eden ve 2016 yılında % 3,8 yükselme olduğu gözlenmiştir.

Türkiye'nin de üye olduğu Ekonomik Kalkınma ve iş birliği Örgütündeki ülkeler kömür yanma gücü tesisleri ile elektrik üretimi % 6,1 düşmüştür. Türkiye kömür ithal

eden Dünyadaki ilk 8 ülkeden birisidir. 2014 yılında 29,8 milyon ton ithalat yapılırken bu rakam 2015 yılında 34 milyon tona, 2016 yılında ise 36,2 milyon tona çıkmıştır.

Ülkemizde 1,3 milyar ton taş kömürü, 9 milyar ton linyit rezervi bulunmaktadır. Marmara kömürleri Türkiye'nin %15'ini oluşturmaktadır. Dünyadaki kömürün yaklaşık % 69'u elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır. Türkiye'de elektrik üretimini sağlayan kaynakların en başında % 43,5 ile doğal gaz gelirken devamında sırasıyla % 25,6 ile hidrolik, % 19,3 yerli kömür, % 6,2 ithal kömür ve % 5,4 diğer kaynaklar gelmektedir. Türkiye'de yer alan kömürlerin büyük bir kısmı düşük ısı değere sahip olup linyit sınıflamasına girmektedir. Bu kömürlerin % 80'i sanayi tesislerinde kullanılmadığından termik santrallerde elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Son yıllarda killi alt bitümlü kömürler yıkama tesislerinden geçerek Dünyadaki ithal kömürlerle rekabet edecek şekilde piyasaya sunulmuştur (Tunçbilek ve Soma sahaları). Bunun yanı sıra bitümlü şeyller de önemli potansiyel oluşturmakta ve yapılan çalışmalar sonucunda linyit ile birlikte karıştırılarak kullanılmaktadır. Marmara Bölgesi kömürleri Güney Marmara Kömürleri (Bursa Bölgesi kömürleri), Biga Yarımadası Kömürleri (Çanakkale, Balıkesir Bölgesi kömürleri) ve Trakya Bölgesi Kömürleri olmak üzere ayrılmaktadır. Çalışma alanının da içinde bulunduğu Trakya Bölgesi Kömürlerini Kuzey Trakya ve Güney Trakya olmak üzere iki kısımda incelenmek mümkündür. Kuzey Trakya Istranca Masifi eteklerinde yer alır. İstanbul-Silivri-Sinekli, Tekirdağ-Saray-Küçük Yoncalı, Tekirdağ-Saray-Safaalan, Tekirdağ-Saray-Edirköy sahalarından oluşur. Güney Trakya ise Keşan, Malkara, Uzunköprü, Meriç sahalarından oluşmaktadır (Perinçek vd. 2015).

2.9. Önceki Çalışmalar

Geçmişten günümüze Tekirdağ linyitleri ile ilgili jeolojik açıdan birçok araştırma yapılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve madencilikle ilgili de son dönemde yapılan çalışma sayısında artış gözlenmiştir. Bu durum gelişen teknolojinin madencilikte kullanımının arttığına bir göstergesidir.

Lebküchner 1974; Yaptığı çalışmada paleontolojik çalışmalar yardımıyla Orta Trakya'nın jeolojisi hakkında bulgular ortaya koymuştur. Bölgesel jeoloji yanı sıra çalışma alanını linyit kumtaşı formasyonu olarak tanımlamış ve yaşlarını ayrıntılı olarak ortaya koymuştur.

Kasar vd. 1983; İlk defa Ünal (1967) tarafından Danişmen şeyli olarak tanımlanan birimler formasyonun tamamen homojen olmaması nedeniyle Kasar ve diğerleri tarafından Danişmen Formasyonu olarak tanımlanmıştır.

Alişan 1985; Trakya I bölgesinde yaptığı çalışmada kuyulardan alınan örnekleri değerlendirerek bölgenin stratigrafisini ve birimlerin çökelme ortamlarını incelemiştir. Yenimuhacir grubunu oluşturan formasyonların toplam kalınlığının 3500 metre civarında olduğunu ve yaşının Geç Eosen-Erken Miyosen olduğunu belirlemiştir.

Siyako ve Kasar 1985; Danişmen Formasyonu'nu ayrıntılı olarak incelemişler, bu formasyonun Pınarhisar Üyesi ile dereceli geçişli olduğunu belirtmişlerdir.

Kasar 1987; Taşlısekban üyesini ilk kez tanımlamıştır. Bu üyenin daha yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olduğunu ve Pınarhisar üyesine dereceli olarak geçtiğini ifade etmiştir. Yer yer kıltaşı ve lamellibrans yığılımları gözlemlendiğini, Taşlısekban üyesinin kalınlığı en fazla 30 metreye ulaştığını, stratigrafik konumuna göre de yaşının Oligosen olduğunu açıklamıştır.

Perinçek 1991; Danişmen Formasyonu içindeki linyit katmanlarına ulaşmak için ilk bilinmesi gereken en üstteki Ergene ve Kırçasalılı formasyonlarının kalınlığı olduğunu, bu birimlerin ve Danişmen Formasyonunun kalınlık dağılımını kontrol eden faktörün ise Orta Miyosen sırasında etkin olan Trakya Fay Sistemi olduğunu belirtmektedir.

Seyis vd. 2002; Zonguldak'ta lokal bir alanda Coğrafi Bilgi Sistemine dayalı jeolojik bir veri altlığı oluşturarak veri katmanları ve havzadaki kömüre ait çeşitli analiz sonuçları içeren bir veri tabanı oluşturmuştur.

Siyako 2006a; Trakya Havzasında Geç Eosen – Erken Miyosen yaşlı Yenimuhacir Grubu'nun klastik delta fasiyeslerinden oluştuğunu, toplam kalınlığının 3500 metre civarında olduğunu ifade etmiştir. Yapılan sondajlardan elde edilen bulgulara göre delta ilerisi, delta önü ve delta düzlüğü fasiyeslerinde çökeldiğini ortaya koymuştur. Bu Grubu oluşturan formasyonların sırayla alttan üste doğru Mezardere, Osmancık ve Danişmen olduğuna işaret etmiştir.

Cengiz vd. 2009; Linyit yataklarındaki rezerv ve örtü tabaka (dekapaj) miktarının tespitinin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile yapılması konusunda çalışmışlardır. Pliyosen yaşlı, Sivas-Kangal-Kalburçayı linyit yatağında yapılan çalışma sonucunda kriging enterpolasyon tekniği kullanılmış ve elde edilen sonuçlar klasik yöntemlerle karşılaştırılmıştır.

Sütçü vd. 2009; Uzaktan algılama metodları ve iki değişkenli istatistiksel yaklaşımlar neticesinde potansiyel kömür sahalarının tespit edilmesi mümkündür. Analizlerde formasyon, litoloji, faylanma mesafesi ve eğim gibi faktörler kullanılmıştır.

Şengüler 2013; Ergene (Trakya) Havzasının jeolojisi ve bu bölgenin kömür potansiyeli üzerine çalışmalar yapmıştır. Oligosen yaşlı Danişmen Formasyonunda gri-yeşil renkli kıltaşı, kumtaşı, çakıltaşı, tuf ve linyitler bulunduğunu, bu formasyonun kalınlığının 200-600 metre arasında değiştiğini, akarsu, delta bataklığı ve delta ortamlarında çökeldiğini saptamıştır. Danişmen Formasyonunun altında ise uyumlu olarak Oligosen yaşlı Osmancık Formasyonu üstünde ise Miyosen yaşlı Hisarlıdağ volkanitlerinin yer aldığını açıklamıştır.

Perinçek vd. 2015; Yaptıkları çalışmalarda Danişmen Formasyonu içindeki katmanların linyit potansiyelini kontrol eden jeolojik faktörleri incelenmiştir. Danişmen Formasyonunun Trakya fay sisteminin etkisi nedeniyle aşındığını, aşınmanın miktarının değişken olup bazı alanlarda çok fazla olduğunu belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

Tekirdağ – Malkara kömürlerinin çevresel açıdan incelenmesinin konu edildiği bu tez çalışması arazi, laboratuvar ve CBS çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

3.1. Arazi Çalışmaları

Çalışma alanına ait önceki tez ve akademik çalışmaların araştırılması, bölge jeolojisi hakkında bilgilerin toplanması ardından bölgede çalışan jeoloji mühendisleri ile irtibat kurularak sondaj lokasyonlarının olduğu Tekirdağ iline gidilmiştir. Sahayı doğru temsil etmesi açısından sondajların tespiti için özenle çalışılmıştır. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA) tarafından gerçekleştirilen sondajlardan ilgili olanlar takip edilmiştir. Bu aşamada örnek alımları yapılmıştır. Toplam 8 kuyuda örnek alımı titizlikle yapılmış olup, her bir örnek kuyu isimleri ile numune poşetlerine koyularak muhafaza edilmiştir. Farklı derinliklere sahip kuyulardan temsil edecek şekilde farklı sayı ve miktarlarda örnek seçimi yapılmıştır. Örneklendirme yapılırken özellikle kömürlü birimlerden, kömürün tavan, taban ve ara kesmelerinden seçim yapılmasına özen gösterilmiştir. Çizelge 3.1’de kuyulardan alınan toplam örnek sayıları yer almaktadır.

Çizelge 3.1. Sondajlardan alınan örnek sayıları

Sondaj No	Örnek Sayısı
TD-152	49
TD-151	32
TD-147	29
TD-155	41
TD-153	23
TD-133	38
TD-131	58
TD-129	38

3.2. Laboratuvar Çalışmaları

Tekirdağ Malkara kömürleri için yapılan arazi çalışmaları sonucunda toplam 8 kuyudan 308 örnek alınmıştır. Örnek alımında kömürlü birimlerden, kömür katmanının üstünden ve altından seçim yapılmaya özen gösterilmiştir. Alınan örneklerin bir kısmına farklı kurum ve laboratuvarlarda analizler yapılmıştır.

Ana ve iz elementlerin tespiti için 8 kuyuda 26 kömür, 28 inorganik olmak üzere toplam 54 örnek üzerinden analiz yapılmıştır (Çizelge 3.2). Numuneler analize Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeokimya laboratuvarında hazırlanmıştır. Hazırlık sırasında her bir numune öğütücüde öğütüldükten sonra, 200 nolu elekten geçirilerek en az 25 gram olacak şekilde tüplere yerleştirilmiştir. Analizler ACME laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Detay kil analizi için 10 kömür, 8 inorganik olmak üzere toplam 18 numune analiz kullanılmıştır (Çizelge 3.2). Detay kil analizleri analizler (numune hazırlama dahil) Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Vitirinit yansıması analizleri de toplam 36 kömür örneğinde yapılmış olup, analizler (numune hazırlama dahil) Maden Tetkik ve Arama Enstitüsünde gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.2).

Rock Eval Piroliz ve Toplam Organik Karbon (TOC) analizleri için toplam 29 kömür örneği üzerinde çalışma yapılmıştır. Analizler (numune hazırlama dahil) Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.2).

XRD analizleri için 16 kömür, 9 inorganik olmak üzere toplam 25 örnekte analiz yapılmıştır. Analizler (numune hazırlama dahil) Maden Tetkik ve Arama Enstitüsünde gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Analiz yapılan örnek dağılımları

Kuyu No	Örnek No	Derinlik	Litoloji	Ana-iz element analizleri	Detay kil analizi	Hümünit yansıma analizi	Rock Eval Piroliz ve TOC Analizleri	XRD Tüm kaya analizleri
151	12	155	Kumtaşı-Silttaşı	✓	✓			✓
	13	163	Kömür	✓	✓	✓	✓	✓
	14	164	Silttaşı	✓				✓
	30	263	Kömür	✓		✓	✓	✓
	31	264	Kumtaşı-Silttaşı	✓				
147	3	94	Kömür	✓		✓	✓	
	4	95	Silttaşı-Kumtaşı	✓				
	7	157	Kömür	✓		✓	✓	
	8	158	Kumtaşı	✓				
	13	190	Kömür			✓		
	14	191	Kömür	✓	✓	✓	✓	✓
	15	202	Kumtaşı	✓	✓			✓
	25	287	Silttaşı	✓				
	26	291	Kömür	✓		✓	✓	✓
	27	292	Silttaşı	✓				
153	4	103	Kömür			✓	✓	
	6	106	Kömür	✓	✓	✓		✓
	7	107	Silttaşı	✓	✓			✓
	17	192	Silttaşı	✓				
	18	200	Kömür	✓		✓	✓	✓
133	1	30	Kömür			✓		
	3	109	Kömür			✓	✓	
	5	141	Kömür				✓	
	8	163	Silttaşı-Kumtaşı	✓				
	9	164	Kömür	✓		✓	✓	
	21	251	Kömür	✓	✓	✓	✓	✓
	23	254	Kumtaşı	✓	✓			✓
	29	292	Kumtaşı	✓				
	30	297	Kömür	✓	✓	✓	✓	✓
	32	299	Silttaşı-Kumtaşı	✓				

Çizelge 3.2'nin devamı

152	9	140	Kömür	✓				✓
	10	144	Kumtaşı-Silttaşı	✓				
	11	145	Kömür			✓		
	19	180	Kumtaşı	✓	✓			✓
	20	182	Kömür	✓	✓	✓	✓	✓
	40	269	Kireçtaşı	✓				
	41	274	Kömür			✓		
	42	279	Kömür	✓	✓	✓	✓	✓
155	43	287	Kumtaşı	✓				
	3	93	Kömür			✓	✓	
	5	118	Kumtaşı-Silttaşı	✓				
	6	121	Kömür	✓		✓	✓	
	12	172	Kömür	✓		✓	✓	✓
	13	176	Kumtaşı	✓	✓			✓
	23	231	Kömür	✓		✓		
	27	248	Silttaşı-Silttaşı	✓				
131	28	250	Kömür	✓	✓	✓	✓	✓
	5	222	Kömür			✓	✓	
	14	291	Kömür	✓		✓	✓	
	15	292	Kumtaşı-Silttaşı	✓				
	24	330	Kömür			✓		
	27	339	Kömür	✓	✓	✓	✓	✓
	30	350	Silttaşı-Kiltaşı	✓				
	38	397	Silttaşı-Kumtaşı	✓	✓			✓
129	39	408	Kömür	✓	✓	✓		✓
	40	409	Silttaşı-Kumtaşı	✓				
	42	418	Kömür			✓	✓	
	4	194	Kömür	✓		✓	✓	
	6	205	Silttaşı-Kumtaşı	✓				
	10	229	Kömür			✓	✓	
	18	294	Kömür	✓		✓	✓	✓
	19	299	Kiltaşı-Silttaşı	✓	✓			✓
	21	312	Kömür	✓		✓		
	24	335	Kömür	✓		✓	✓	
	35	432	Silttaşı	✓				
	36	449	Kömür	✓		✓	✓	✓

✓ Örneklere uygulanan analizleri göstermektedir

3.2.1. Jeokimyasal yöntemler

3.2.1.1. TOC ve piroliz analizleri

Toplam Organik Karbon (TOC), kayaçtaki kerojene ait karbon miktarı ile bu kerojenden üretilmiş fakat dışarı atılamamış hidrokarbonların toplamıdır (Durand vd. 1972; Jonathan vd. 1976). Organik madde miktarının belirlenebilmesi için toplam organik karbon miktarının bilinmesi gerekir. Bu da TOC analizleri ile gerçekleştirilir. TOC analizlerinin yapımı pratiktir ve verdiği sonuçlar kesindir. Yapılan bu analiz sayesinde organik madde miktarı düşük çıkan örneklere daha farklı analiz yapılmasına gerek duyulmaz. Leco cihazıyla yapılan analiz ile organik ve inorganik kökenli karbon miktarı ayırt edilir. İnorganik kökenli karbon asitle uzaklaştırıldıktan sonra kalan organik kökenli karbonun yakılması ve karbondioksitle dönüştürülmesi ile karbon miktarının ölçülmesi sonucunda tespit edilme esasına dayanır. % 5 hidroklorik asit (HCl) kullanarak uzaklaştırılan inorganik karbondan sonra kalan organik karbon yakılarak organik karbon

miktarı tespit edilir. 1 gram örnekteki karbon yüzdesi dijital olarak okunur. Her örnekten iki kez ölçüm yapılır. Bu iki ölçüm arasındaki fark % 10'dan fazla ise tekrarlanır. Toplam organik karbon miktarına göre kaynak kaya sınıflaması birçok araştırmacı tarafından yapılmıştır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Toplam organik madde miktarına göre ana kaya sınıflaması

ARAŞTIRICI	TOC (%)	KAYNAK KAYA POTANSİYELİ
Thomas (1979)	<0,5	Zayıf
	0,5-1,0	Orta
	1,0-2,0	İyi
	2,0-4,0	Çok iyi
	>4,0	Mükemmel
Kraus ve Parker (1979)	<0,5	Zayıf
	0,5-1	Orta
	>1	İyi
Tissot ve Welte (1984)	0,1-0,5	Zayıf
	0,5-1,0	Orta
	1,0-2,0	İyi
	2,0-10,0	Zengin
Peters (1986)	0,1-0,5	Zayıf
	0,5-1,0	Orta
	1,0-2,0	İyi
	>2,0	Zengin
Jarvie (1991)	<0,5	Yetersiz
	0,5-1,0	Orta
	>1,0	Yeterli

Toplam organik karbonun kaynak kaya sınıflamasında hidrokarbon potansiyelinin yeterli olmaması durumunda piroliz analizleri yapılır. Piroliz analizleri ile organik madde tipi ve olgunlaşma derecesi tespit edilebilmektedir.

Kerojenin oksijensiz ortamda ısısal parçalanması olayına “Piroliz” denir. Piroliz analizi 100 gram öğütülmüş örneğin helyum atmosferinde 3 dakika boyunca ısıtılmasıyla başlar. Dakikada 25 °C arttırılmasıyla 600 °C’ye kadar ısıtılır. Bu esnada organik maddede bulunan serbest hidrokarbonlar yaklaşık 300 °C’de buharlaşır. 300-600 °C arasında termo buharlaşma pik verir ve bu S₁ piki olarak adlandırılır. Bu sıcaklıkta hidrojen ve oksijen içeren bileşikler ile reçine, asfalten gibi ağır bileşikler kayaktan dışarı atılır. 400 °C’de S₂ piki bulunur ve bu pik yanma sonucu ortaya çıkan karbondioksit miktarıdır. S₃ değeri ise kerojenin ısısal parçalanması sonucu ortaya çıkan karbondioksit miktarı olarak tespit edilmektedir. S₂ pikinin maksimum olduğu andaki sıcaklık (T_{max} °C) olarak adlandırılır. S₂ piki kaydedildikten sonra kalan organik karbon 600 °C hava veya oksijen atmosferinde oksidasyonu ölçülür. Elde edilen CO₂, S₄ pikidir. Bu da kalıntı

karbon olarak adlandırılır. Toplam organik karbon S_1 , S_2 , S_3 , S_4 piklerinden hesaplanabilmektedir.

Belirlenen TOC değeri, S_1 , S_2 , S_3 pik değerleri ve T_{max} değeri ile organik maddeye ait çeşitli indeks değerleri hesaplanabilmektedir. S_2 pik değerinin TOC oranına $(S_2/TOC) \times 100$ hidrojen indeksi (HI), S_3 pik değerinin TOC oranına $(S_3/TOC) \times 100$ oksijen indeksi (OI), S_1 ve S_2 pik değerlerinin toplamına potansiyel ürün (PY), S_1 pik değerinin S_1 ve S_2 pik değerleri toplamına oranına oranına $(S_1 / S_1 + S_2)$ üretim indeksi (PI) denir.

Elde edilen indeks değerlerinden oluşturulan S_2 -TOC, HI- T_{max} ve HI-OI diyagramları kullanılarak organik madde tipi belirlenmektedir. H/C, O/C oranları ile HI ve OI değerleri tespit edilebilir ve bunun neticesinde kerojen tipleri ile organik madde tipi belirlenebilmektedir.

S_2 -TOC diyagramında Tip I, Tip II ve Tip III olmak üzere toplam üç çeşit kerojen türü belirlenmiştir. Bu diyagramda eğimi 2 olan doğrunun altında kalan alan Tip III, eğimi 2 ile 6 doğrularının arasında kalan alan Tip II ve eğimi 7 olan doğrunun üzerinde kalan alan ise Tip I kerojen olarak adlandırılır.

Potansiyel ürünü (PY) değeri kayadaki hidrokarbon türünü yorumlamada kullanılmaktadır. Tissot ve Welte (1984)'e göre PY değeri 2 mgHC/g kaya'dan az ise doğal gaz için uygun olduğunu, 6 mgHC/g kaya'dan fazla ise iyi derecede kaynak kaya olabileceğinin göstergesidir. S_2/S_3 oranı ile kerojen tipi indeksi elde edilir ve kayanın ne kadar HC üretebileceğini verir.

Piroliz analiziyle kaynak kayanın olgunluğunu tespit etmede bir diğer yöntem de üretim indeksi (PI) değeridir. Bu değer derinlik ile artar gibi bir yorumlama yapılırsa da dışarıdan göç yoluyla gelen hidrokarbonlar da bu değer artışına neden olacağından diğer indekslerle birlikte yorumlanmasında fayda olacaktır.

3.2.2. Petrografik yöntemler

Petrografik yöntemler; kerojen tip tayini, spor renk indeksi, vitrinit yansıma değeri, XRD tüm kaya ve kil analizlerinde analizlerinden oluşmaktadır. Organik petrografik analizler ile organik madde tipi, yüzde olarak bolluğu, kalitesi gibi bilgiler elde edilebilmektedir.

3.2.2.1. Kerojen tip tayini

Altan aydınlatmalı mikroskop ile oluşturulan kerojen slaytlarının incelenmesiyle kerojen tip tayini gerçekleştirilir. İncelenen kerojen slaytlarındaki organik madde amorf, otsu, odunsu veya kömürsü olarak ayırt edilebilir. Amorf organik maddenin ayırtman bir şekli yoktur. Genellikle sarı-turuncu veya gri renkli olarak gözlemlenmektedir. Petrol oluşturma potansiyelleri yüksek olup, genellikle denizel kökenlidirler. Karasal kökenli olanlarda petrol oluşturma potansiyeli çok düşer. Otsu organik madde karasal kökenlidir. H/C oranı düşük, O/C oranı yüksektir. Odunsu organik madde petrol ve gaz oluşturma potansiyeli olup, bitkilerin selülöz, lignin gibi odunsu kısımlarından oluşur. Petrol ve gaz

türetme potansiyeli çok az olan kömürsü organik madde aşırı ısıya maruz kalan ve bozunmuş organik madde olarak bilinir.

3.2.2.2. Vitrinit yansıma (% Ro) değeri ölçümü

Organik maddenin olgunlaşma düzeyinin belirlenmesinde kullanılan vitrinit yansıma yönteminden elde edilen değerler ile kömürleşme derecesi tespit edilmektedir. Kurutulup elekten geçirilerek hazırlanan örnekler üstten aydınlatmalı mikroskopta incelenir. Vitrinit yansıma değeri parlatılmış bir yüzey üzerine düşürülen normal ışığın ısı/derinlik artışına bağlı olarak artan oranlarda yansımasının yüzde olarak ifade edilmesiyle belirlenmektedir.

3.2.2.3. XRD tüm kaya ve kil analizleri

Sahadan alınan örneklerin mineralojik bileşimlerini belirlemek amacıyla yapılan analizlerdir. Analiz yapılacak örnekler tespit edilirken kömürlü birim, tavan, taban ve ara kesmelerinden oluşmasına özen gösterilmiştir. Örnekler X ışınları toz difraktomları (XRD) çekimleme işlemi yapılmıştır. XRD difraktom çekimleri için örneğin analize hazırlanmasında kaba ve ince öğütme işlemlerine tabi tutulduktan sonra, elektrikli havanlar yardımıyla toz hale getirilmiştir. Ardından özel bölmeli lam üzerine sıkıştırılarak konulmuştur. Tüm kaya analizleri 2-60° 2 θ çekim aralığında, detay kil ise 2-40° aralığında normal, fırınlanmış ve glikollü olarak gerçekleştirildikten sonra mineral tanımlamaları elde edilen difraktomlar üzerinden ASTM kartları kullanılarak yapılmıştır.

3.2.3. Ana – eser element analizi

Ana ve eser element analizleri ACME analitik laboratuvarında (Kanada) yapılmıştır. Majör oksitler (SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, TiO₂, P₂O₅, MnO, Cr₂O₃) ICP-AES (Inductively Coupled Plasma–Atomic Emission Spectrometry) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Eser elementler Ba, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, W, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu'dır. Ayrıca Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Bi, Ag, Au, Hg, Tl, Se, F olarak belirlenmiş olup bu elementlere de geçerek ICP-MS (kütle spektroskopisi) yöntemi ile analiz yapılmıştır. Her örneğe aynı işlem uygulaması yapılmış ve standardizasyon sağlanmıştır.

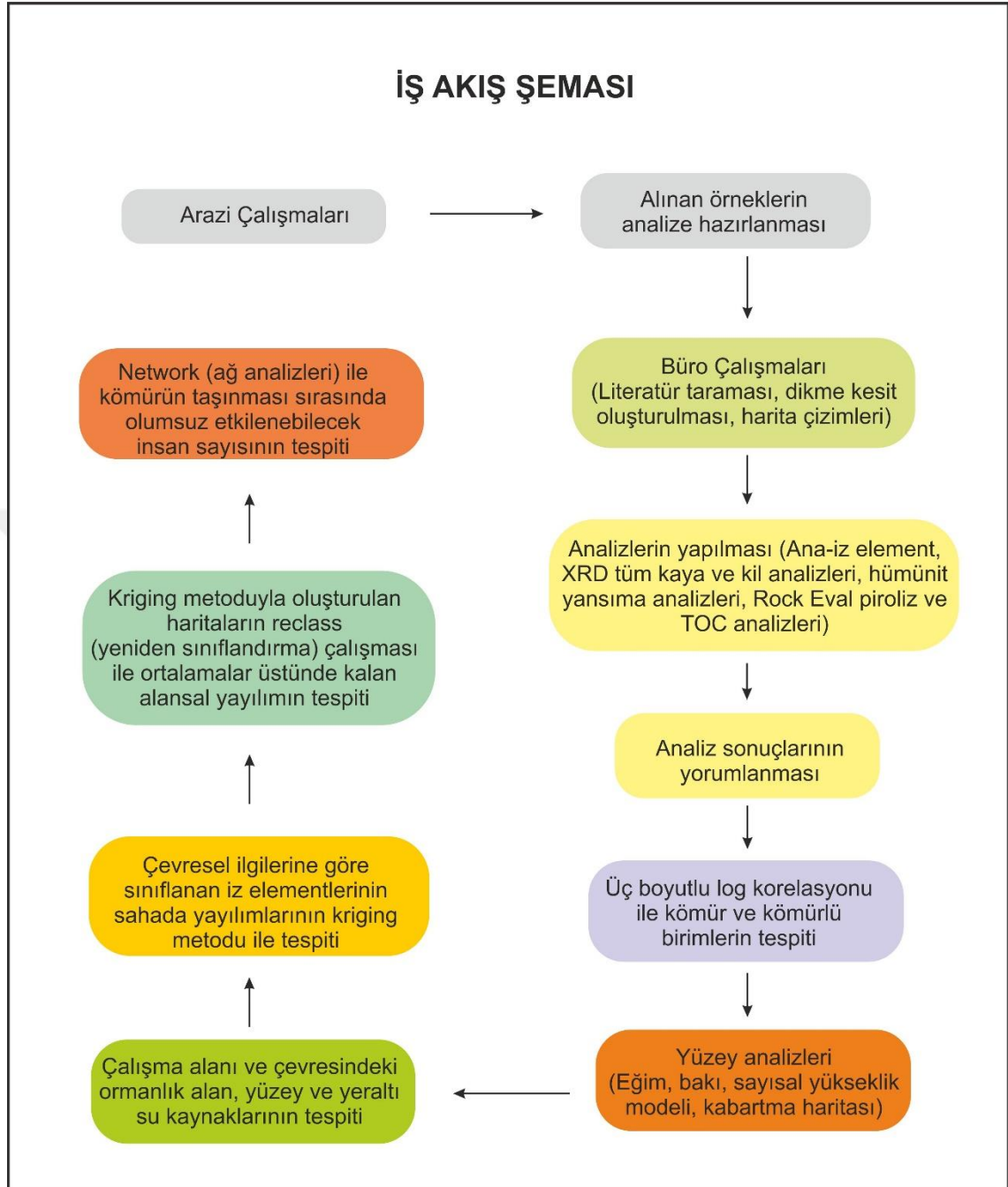
3.3. Büro Çalışmaları

Büro aşamasında literatür taraması, araziden elde edilen sondaj bilgilerinin loglara işlenmesi, araziden alınan örnekler laboratuvar analizlerinin yapılması ile elde edilen bulguların değerlendirilmesi işlemleri yapılmıştır (Şekil 3.1).

3.4. CBS Çalışmaları

Tez çalışması kapsamında Coğrafi Bilgi Sistemleri aşamasında yapılan işlemler başlıca; başlangıç aşaması, ağ analizleri, kuyu logu oluşturma hazırlık aşaması, analiz için yazılımda yapılan ön hazırlık aşaması, log korelasyon işlemi, yüzey analizleri (sayısal yükseklik modeli, eğim, bakı, kabartma, yakınlık analizleri), ana-iz element çalışmalarının CBS ile entegrasyonu olarak sıralanabilir (Şekil 3.1).

İnceleme alanının üçgen bir kapalı alan (poligon) olarak tespit edilmesinin ardından sondaj noktalarının yerleri belirlenip, koordinatlandırılmıştır. Ağ analizi çalışması kapsamında yollar ve yerleşim merkezleri sayısallaştırılmıştır. Yerleşim merkezlerine nüfus bilgisi işlenmiştir. Yerleşim merkezlerinin ve çalışma alanının merkezinin en yakın sondajı tespit edilmiştir. Ardından da ağ analizleri yardımıyla kömürün taşınması sırasında maden sahası çevresindeki ortaya çıkabilecek tehlikeler ve bundan etkilenebilecek kişi sayısı tespit edilebilir. Diğer bir aşamada arazinin log korelasyonu yapılarak sondajlar sonucunda elde edilen bulgular neticesinde yeraltında bulunan birimlerin 3 boyutlu olarak haritası çıkarılmıştır. Üç boyutlu log korelasyonu öncelikle log oluşturmak için hazırlık aşaması ile başlamalıdır. Sondajlar ile elde edilen birimlerin derinliğe bağlı olarak değişimleri, sondaja ait derinlik, eğim tablolarının oluşturulması sonucunda bu tablolar bir sonraki aşamada yazılıma tanıtılmış ve birimlere renk ataması yapılmıştır. Daha sonra korelasyon aşamasında, sondajlar arasında bulunan birimlerin tahmin edilerek 3 boyutlu olarak haritası çıkarılır. Bu haritalama işleminde farklı yön ve doğrultularda kesitler çıkarılabileceği gibi kömür katmanlarının tespiti ve nereye kadar devam ettiği de belirlenebilmektedir. Araziye ait yüzey analizleri ile eğim, bakı, kabartma, sayısal yükseklik modellemesi ile arazinin gerçeğe yakın modeli ortaya çıkarılması işlemleri yapılmıştır. Son aşamada ise ana-iz element analizlerinin CBS analizleri ile entegrasyonu yapılmıştır. Kriging enterpolasyon analizi tehlikeli element sınıflarına uyarlanarak arazideki bu elementlerin dağılımları tahmin edilmiştir. Ardından yeniden sınıflama (reclassification) analizi yapılarak elde edilen haritalar raster veri formatına dönüştürülmüştür. Bu sayede ne kadarlık alana yayıldıkları sayısal olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışmaya ait iş akış şeması

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. İnceleme Alanı Jeolojisi

Trakya Havzası'nın kuzeyinde Istranca, batısında Rodop, güneyinde Menderes masifleri yer alır. Istranca Masifi altta gnaysik kayalar ve bunların üzerinde yeşil şist fasiyesinde metamorfize olmuş Paleozoik, Mesozoyik yaşlı sedimanter kayalarla temsil olunur (Üşümezsoy 1982; Taner ve Çağatay 1983; Perinçek vd. 2015). Sedimanter kayalar Geç Kretase yaşlı granodiyoritik kayalar tarafından etkilenmiş ve yer yer yine Geç Kretase yaşlı volkano-sedimanter bir birim tarafından örtülmüşlerdir (Taner ve Çağatay 1983; Perinçek vd. 2015). Istranca Masifinin güney yamacında granitik kayalar mostra vermektedir (Öztunalı ve Üşümezsoy 1979; Perinçek vd. 2015).

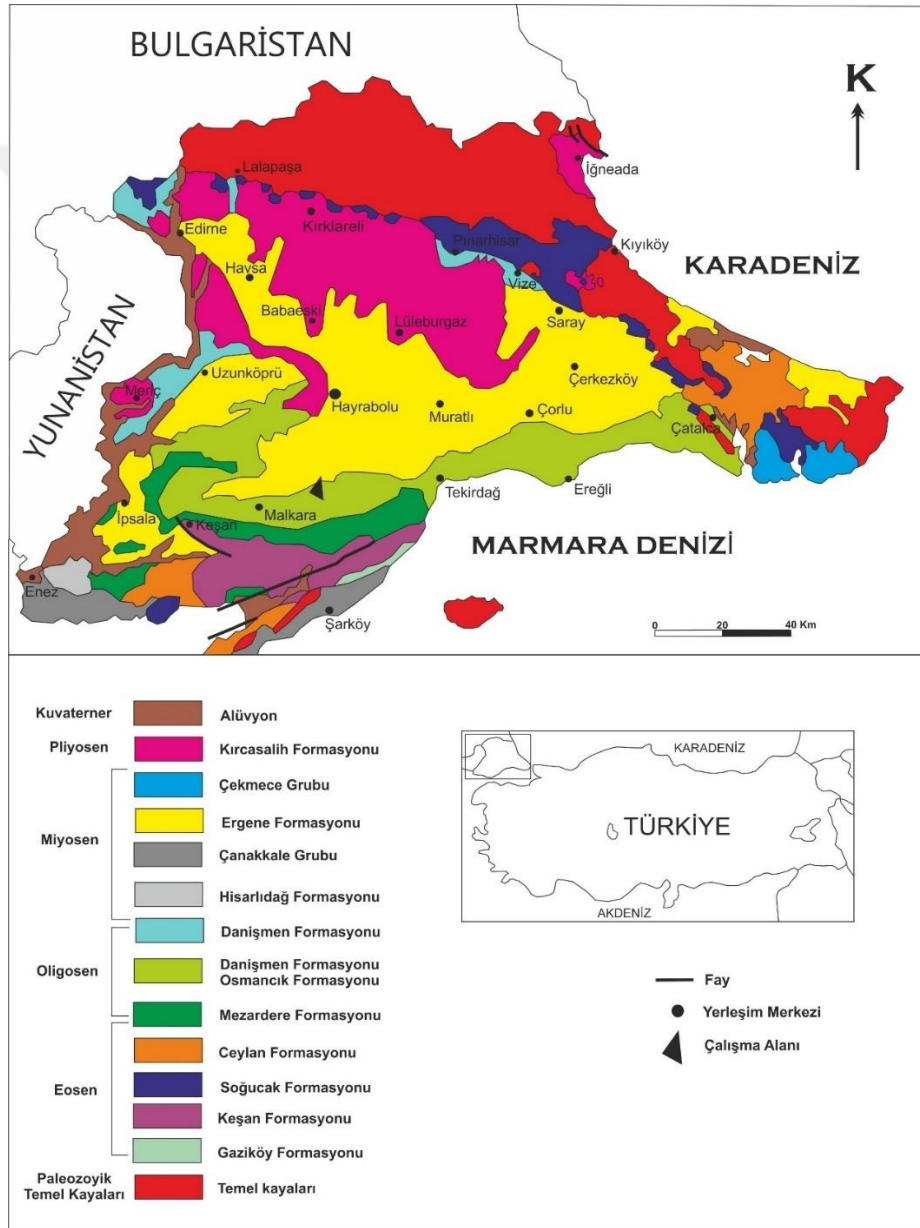
Orta ve Kuzey Trakya'da Miyosen ve sonrası birimler, Eosen-Oligosen istifini örter. Bu nedenle Trakya Havzası'nın litostratigrafik çatısı Güney Trakya, Gelibolu Yarımadası, Bozcaada ve Gökçeada'da görülen mostralar ile Kuzey Trakya'daki sismik kesitler ve açılan petrol arama kuyularından elde edilen bilgilerle kurulabilmektedir. Trakya Havzası'na ait Eosen-Oligosen istifleri Marmara Denizi güneyinde Biga Yarımadası'nda (Siyako vd. 1989; Perinçek vd. 2015), Mudanya-Tirilye arasında, Armutlu Yarımadası'nda da mostra verir (Akartuna 1968; Perinçek vd. 2015). Dolayısıyla Trakya Havzası'nın güney sınırı belirgin değildir (Siyako 2006b; Perinçek vd. 2015).

Trakya Havzası Orta Eosen-Pliyosen yaşlı birimlerin yer aldığı, görünürde üçgen şekilli, dağ arası Tersiyer havzasıdır (Keskin 1974; Perinçek vd. 2015). Havzada sedimantasyon muhtemelen Erken Eosen esnasında transgresif bir istifle başlamıştır (Keskin 1974, Doust ve Arıkan 1974, Turgut vd. 1983, Saner, 1985; Perinçek vd. 2015). Sedimantasyon, kesiklikler ve aşınmalar göz ardı edilirse, yakın zamanımıza kadar devam etmiştir. Havzanın temelini metamorfik karmaşık oluşturur. Istranca Dağları güney eteklerinden başlayarak mostra veren ve hemen hemen Trakya'nın tamamını kapsayan Tersiyer istifi 9000 metre kalınlığı geçmektedir (Kopp vd. 1969; Turgut vd. 1983; Perinçek 1987; Görür ve Okay 1996; Turgut ve Eseller 2000; Siyako 2005; 2006a; b; Perinçek vd. 2015). Trakya Tersiyer birimleri genellikle klastiklerden oluşmakta, şelf alanlarında ve havza ortası sırt ve tepelerde ise karbonatları da içermektedir. Bu birimler, aralarında önemli yükselme ve aşınma evreleri olan havzalarda ve yedi ayrı zaman aralığında çökelmiştir (Şekil 4.1). Havzanın orta kesimlerde sedimantasyon kısmen devamlıdır, bazı kesimlerde ise zaman zaman kesikliklerin ve aşınma evrelerinin olduğu görülür. Havza oldukça hızlı çöken ve çöktükçe dolan bir havza niteliğindedir. Başlangıçta düzensiz topoğrafyanın çukurlarını dolduran istifin, kara yönünde temel üzerindeki transgresif aşmaları (onlap) çok sayıdaki sismik kesitte gözlenir (Burke ve Uğurtaş 1974; Perinçek 1987; Perinçek vd. 2015).

Eosen transgresyonu Eosen dönemine dek maksimum düzeye ulaşmıştır. Orta Eosen – Erken Oligosen'de havzanın derin kısımları yoğunluk akıntılarıyla taşınan türbiditik akıntılarla doldurulurken, kuzeydeki şelf ve Kuleli – Babaeski yükseliminde karbonatlar çökelmiştir (Keskin 1974; Turgut vd. 1983; Perinçek vd. 2015). Bu esnada Trakya Havzası büyük bir nehrin oluşturduğu delta sisteminin etkisindedir. Buna bağlı denizaltı yelpazeleri oluşmaktadır (Turgut vd. 1983; Perinçek vd. 2015). Geç Eosen – Erken Oligosen döneminde aktif olan volkanizmanın ürünü olan dasitik ve andezitik

küller havzadaki sedimanlar içinde katkılar oluşturur (Doust ve Arıkan 1974, Turgut vd. 1983; Perinçek vd. 2015).

Eosen transgresyonu, Orta Oligosen-Alt Miyosen aralığında regresyon dönemi izlemiştir (Keskin 1974; Ediger 1982; Turgut vd. 1983; Saner 1985; Ediger ve Alişan 1989; Perinçek vd. 2015). Orta Miyosen'deki bir çökelmezliği takiben Geç Miyosen? – Erken Pliyosen yaşlı Ergene ve Kırçasalılı formasyonlarının karasal palinofasiyesleri çökelmiştir (Ediger 1982; Perinçek vd. 2015). Çökelmezlik Orta Miyosen esnasındadır, ince kırıntılı karasal Geç Miyosen, Erken Pliyosen – Pleistosen yaşlı birim çökelmezliği takip eden evrenin çökel ürünüdür. Geç Miyosen ile Pliyosen arasında da daha az belirgin olan bir uyumsuzluk görülür.



Şekil 4.1. Trakya havzası jeoloji haritası (Kasar vd. 1983; Türkecan ve Yurtsever 2002; Siyako 2006b; Perinçek 2015'den değiştirilerek alınmıştır)

Havza, linyit içermesi nedeni ile yoğun jeolojik araştırmaların gerçekleştirildiği bir bölge olmuştur. Trakya Havzası'nda bu konuda yapılan başlıca çalışmalar arasında Lebküchner (1974), Kara vd. (1996), Şengüler vd. (2000), Şengüler vd. (2003), Sütçü vd. (2009) Şengüler (2008, 2013) sayılabilir. Trakya Havzası'nın kuzeyindeki linyit sahaları genellikle Istranca Masifi eteklerinde yer almakta olup, İstanbul-Silivri-Sinekli; Tekirdağ-Saray-Küçük Yoncalı; Tekirdağ-Saray-Safaalan; Tekirdağ-Saray-Edirköy sahaları olarak bilinir. Trakya Havzası'nın güneyindeki kömür oluşumları ise Keşan, Malkara, Uzunköprü ve Meriç sahaları ile anılır. Havzanın kuzeyinde ve güneyinde yüzeyleyen linyitler, havzanın ortasına doğru tedrici olarak derinleşmekte ve havzanın orta kesimlerinde 10.000 metreye ulaşan çökel istif içerisinde, 600 metreyi aşan derinliklerde yer almaktadır (Şengüler 2013). Lebküchner (1974) tarafından hazırlanan makalede bölgesel jeoloji yanında linyitli kumtaşı formasyonu olarak adlandırdığı birimin fosil kapsamı ve yaşını ayrıntılı olarak sunmuştur. Kara vd. (1996) raporunda havzanın genel jeolojisine yer vermiş, özel bölümde ise Trakya Havzası'nda yer alan önemli kömür sahaları ile ilgili bilgi aktarmışlardır. Şengüler vd. (2000), makalelerinde Keşan, Malkara ve Uzunköprü yöresindeki kömür işletmelerinden alınan örnekler üzerinde çalışmışlardır. Bu çalışmalarda özellikle işletilmekte olan katmanları inceleyerek kömür çökme ortamlarına ilişkin yorumlar getirmişlerdir. Şengüler (2008) tarafından 2 cilt olarak hazırlanan raporda Trakya Havzası kömürlerinin yayılımı, özellikleri, çökelim modeli yanında bölgede bilinen saha ve işletmelere de yer verilmiştir. Trakya Havzası'nın kömürleri; gölsel ortamların delta bataklıklarında çökelmiştir. Çökme hızının yüksek olması çökel kalınlığının fazla olmasına neden olmuş, bu ise kömür katmanlarının korelasyonunu güçleştirmiştir (Şengüler 2013). Danişmen Formasyonu çökeli mi sırasında yer yer akarsu ortam koşulları etkin olmuş, bu durum linyit çökeli mi ni engellemiştir (Perinçek vd. 2015).

4.2. İnceleme Alanı Stratigrafisi

Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü'nün 2010 yılında yayınladığı Linyit Envanteri verilerine göre Tekirdağ il sınırlarında 7 adet kömür sahası bulunmaktadır. Çalışma alanı bunlardan Malkara-Evrenbey-Karamurat kömür sahası sınırlarında bulunmaktadır. Bu kömür sahası Oligosen, Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı çökellerden oluşmaktadır. Oligosen yaşlı birim kömür içermekle birlikte, tabanında kumtaşı ve fosilli kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bunun üzerine uyumlu olarak marn ve daha üstte linyitli seri bulunmaktadır. Linyit burada ince kumtaşı, tuf ve marnlar arasında yer almaktadır. Sahaya ait kömürlerin su içeriği % 33,28, kül oranı % 27,33, Kükürt oranı %1,41 olup ısı değeri 2359 kcal/kg'dır.

Pliyosen yaşlı birimlerin oluşturduğu Kırçasalılı Formasyonu'dur. Bölgede ince kumtaşı, kıltaşı, marn ve tüfitli seviye ile temsil edilmektedir. Oligosen serisi üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Tabakalanma ve karakteristik fosil içermez. Kısa mesafelerde yanall geçişli yer yer fazlaca çimentolanmış olarak gri, yeşilimsi, sarı renklerde gözlenir. Yer yer demir oksitlerle boyanmıştır. Ergene Formasyonu kıltaşı, çakıltaşı, kumtaşı birimlerinden oluşmakta olup hem üzerindeki Kırçasalılı hem de altında bulunan Hisarlıdağ Formasyonları ile uyumsuzdur. Trakya Bölgesinde farklı zamanlarda gözlenen volkanizma etkisi, volkanik kayalar meydana getirmiştir. Miyosen yaşlı Hisarlıdağ volkanitleri Danişmen Formasyonunun hemen üstünde yer almaktadır ve uyumsuzdur.

Çalışma alanı Trakya Tersiyer kömür havzasında bulunan Oligosen yaşlı Danişmen Formasyonunda yer almaktadır. Formasyon 300-1000 metre kalınlığında olup içinde 100 metre kalınlığındaki Armutburnu Üyesi'ni barındırmaktadır. Bu üye silttaşı, kilitaşı, çakilitaşı ve kumtaşıdır. Danişmen Formasyonu kireçtaşı, kumtaşı, tüfit, silttaşı, kilitaşıdır ve kömür ara katkılıdır. Çökme ortamı delta düzlüğü olarak belirlenmiştir (Şekil 4.2).

Y A Ş	FORMASYON	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR	ÇÖKELME ORTAMI
PLİYOSEN	KIRCASALİH	500		Çakilitaşı, Kilitaşı	AKARSU
MİYOSEN	ERGENE	100-1400		Kumtaşı, Çamurtaşı, Kilitaşı	SAHİL YAKINI GÖL AKARSU
	HİSARLIDAĞ	800		Volkanit	VOLKANİZMA
OLİGOSEN	YENİMUHACIR GRUBU	ARMUTBURNU ÜYESİ		Çamurtaşı, Çakilitaşı, Kumtaşı	DELTA DÜZLÜĞÜ
		DANIŞMEN		Kireçtaşı, Kumtaşı, Tüfit, Çamurtaşı, Kömür	
		OSMANCIK		Kumtaşı	DELTA ÖNÜ
		MEZARDERE		Kumtaşı ara katkılı Çamurtaşı, Tüfit	DELTA İLERİSİ
EOSEN	KEŞAN	CEYLAN		Marn, Çamurtaşı, Tüfit	PROKSİMAL-DİSTAL TURBİDİT
		SOĞUCAK		Kireçtaşı	SİĞ DERİN DENİZ
		KOYUNBABA		Kumtaşı-Çamurtaşı, Kilitaşı	SİĞ DENİZ
	GAZİKÖY	HAMİTABAT		Çakilitaşı-Şeyl, Kumtaşı-Şeyl, Kumtaşı, Şeyl, Çamurtaşı	PROKSİMAL-DİSTAL TURBİDİT, DELTA, AKARSU
PALEOZOYİK, MESOZOYİK	TEMEL KAYA				

Şekil 4.2. Trakya Tersiyer havzasının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Siyako 2006a' dan değiştirilerek alınmıştır)

4.2.1. Yenimuhacir Grubu

Yenimuhacir adı ilk defa formasyon aşamasında kullanılmıştır. Daha sonra Ünal (1967), birimi grup aşamasına çıkartarak, içerisinde dört ayrı formasyon ayırtlamıştır. Bölgede yapılan ilk çalışmalarda “linyitli kumtaşları” adıyla geçen birim, Yenimuhacir Grubunu oluşturan sistemin delta önü ve delta düzlüğü ortamlarını temsil etmektedir (Siyako 2006b). Yenimuhacir Grubu alttan üste sırasıyla Mezardere, Osmancık ve Danişmen formasyonlarından oluşmaktadır (Şekil 4.2). Mezardere Formasyonu'nun kalınlığı tip kesitinde 1540 metre olup (Kasar vd. 1983), palinolojik çalışmalara göre yaşının Geç Eosen-Erken Oligosen olduğu ve havza doğusunda Geç Oligosen'e kadar çıkabileceği belirtilmiştir (Ediger ve Alişan 1989; Batı vd. 1993; Batı vd. 2002; Perinçek vd. 2015).

Birim, altındaki Ceylan ve Keşan formasyonları ile dereceli geçişlidir. Altta Ceylan Formasyonu'nun olmadığı paleo-yükselimlerde Soğucak Formasyonu ile geçişlidir. Grubu oluşturan birimlerden Mezardere ve Osmancık formasyonlarının bulunmadığı kesimlerde ise birim, daha yaşlı litolojiler üzerinde uyumsuzdur (Şekil 4.2). Birim üstten aşındırılmıştır, daha genç birimler tarafından uyumsuz olarak örtülür (Perinçek vd. 2015).

Yenimuhacir Grubu'nu oluşturan formasyonlar, klasik bir delta sisteminde yanal ve düşey yönde birbirleriyle grift olan ve ayrı birimler olarak haritalanması gereken, sırasıyla delta ilerisi, delta önü ve delta düzlüğünde çökelen birimlerdir. Yenimuhacir Grubu üste doğru kabalaşan kırıntılı kayalardan, şeyl, silttaşı, kumtaşı ve çakıltası litolojilerinden oluşur. Bu kırıntılılar aralarında tuf, kireçtaşı ve linyit katmanları içerir. Tüfitler kılavuz seviyeler olarak ayrılabilmekte ve çok uzun mesafelerde takip edilebilmektedirler. Birim içerisinde kumtaşı seviyeleri de sıkça gözlenir, bunların yoğun olduğu kesimler, Teslimköy Üyesi adı altında ayrı olarak haritalanmaktadır (Kasar vd. 1983; Perinçek vd. 2015) (Şekil 4.2).

Yenimuhacir Grubu'nun toplam kalınlığı 3500 metreye ulaşmaktadır. Birim içerdiği palinomorf topluluğuna göre Geç Eosen-Erken Miyosen yaşındadır (Alişan 1985; Gerhard ve Alişan 1987; Ediger ve Alişan 1989; Batı vd. 1993; Batı vd. 2002; Perinçek vd. 2015).

4.2.2. Mezardere Formasyonu

Yenimuhacir Grubunun en yaşlı üyesi olan Mezardere Formasyonu 500-2000 metre kalınlığındadır. Formasyon içinde 100-400 metre kalınlığındaki Teslimköy Üyesini barındırmaktadır. Teslimköy Üyesi kumtaşı birimlerinden oluşmaktadır. Mezardere Formasyonu çakıltası, kumtaşı, şeyl, kiltası ardalananmasından oluşur. Ardalanma yer yer kömürlü birimler tarafından kesilir (Siyako 2006a).

4.2.3. Osmancık Formasyonu

Osmancık Formasyonu altındaki Mezardere ve üstündeki Danişmen Formasyonları ile çoğunlukla geçişlidir. Osmancık ve üzerindeki Danişmen Formasyonları birçok bölgede Ergene ve Kırcaali formasyonları tarafından uyumsuzlukla örtülür. Osmancık Formasyonu, tane boyu üste doğru giderek irileşen, ilerleyen delta önü fasiyesinde çökelmiş regresif bir istiftir. Esas olarak kumtaşı, şeyl ve az miktarda çakıltası, kireçtaşı ve tuf seviyelerinden oluşmaktadır. Osmancık Formasyonu tip kesitinde 810 metre kalınlık ölçülmüştür. Trakya Havzası'nda açılan kuyularda da benzer kalınlıkta kesilmektedir (Temel ve Çiftçi 2002; Perinçek vd. 2015). Osmancık Formasyonu'nda yürütülen palinolojik çalışmalarda da karasal ve denizel kökenli palinomorflara dayanarak birimin yaşının Erken-Geç Oligosen arasında değiştiği belirlenmiştir (Ediger ve Alişan 1989; Batı vd. 1993; Batı vd. 2002; Siyako 2006b; Perinçek vd. 2015).

4.2.4. Danişmen Formasyonu

İlk defa Ünal (1967) tarafından formasyon aşamasında Danişmen Şeyli tanımı yapılmıştır. Kasar vd. (1983), litolojinin homojen olmaması nedeniyle bunu, Danişmen

Formasyonu olarak değiştirmişlerdir. Birimin tabanında Taşlısekban ile Pınarhisar ve birimin içerisinde yanall yönde geçişli olarak Armutburnu üyeleri ayrılmıştır. Danişmen Formasyonu alttaki Osmancık Formasyonu ile dereceli geçişlidir. Danişmen Formasyonu bazı alanlarda üstten önemli oranda aşındırılmış olup, genç birimler tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Birim Istranca eteklerinde, Osmancık ve Mezardere formasyonlarının olmadığı alanlarda daha yaşlı birimler üzerinde uyumsuzdur. Danişmen Formasyonu regresif delta sisteminin en üst birimidir, sistemdeki delta düzlüğü fasiyeslerini temsil etmektedir. Göl, bataklık, taşkın ovası ve akarsu çökellerinden oluşur. Birim şeyl, kilttaşları, kumtaşı, çakıltası ve kömür katmanlarından oluşur (Şekil 4.2). Kuzey Trakya'daki yüzleklerinde balık fosilleri, Güney Trakya'da ise silisifiye ağaç fosilleri yaygındır. Seyrek olarak tüf-tüfit ve kireçtaşı seviyeleri de görülür. Danişmen Formasyonu'nun yeraltında tespit edilen kalınlığı 1000 metreye kadar çıkmaktadır. Ancak, birim üstten aşındırılmış olduğu için ilk kalınlığı daha fazla olmalıdır (Siyako 2005; 2006b). Havza kenarlarına doğru kalınlık azalır. Birime; Kasar ve Eren (1986), Batı vd. (2002) Geç Oligosen, Saraç (1987) Erken Oligosen yaşlarını vermişlerdir (Perinçek vd. 2015). Diğer araştırmacıların verdiği yaş ise Geç Oligosen-Erken Miyosen aralığındadır (Alişan 1985; Gerhard ve Alişan 1987; Batı vd. 1993; Perinçek vd. 2015). Danişmen Formasyonu içinde bilhassa linyit katmanlarında zengin omurgalı faunaları bulunur. Yapılan omurgalı fosil tanımlamalarına göre Oligosen'in orta kesimlerine karşılık gelen yaşlar verilmiştir (Umut vd. 1983; Umut vd. 1984; Perinçek vd. 2015).

Danişmen Formasyonu'nun alt kesimlerinde görülen linyitli seviyelerin tabanı; yapılan sondajlı arama çalışmalarında, Danişmen ile Osmancık formasyonlarının arasındaki dokanak olarak tarif edilmektedir. (Siyako 2005; 2006b). Sadece küçük bir alanda yapılan ve TPAO Arama Dairesi arşivinde bulunan yayımlanmamış jeoloji haritalarında, linyitli kumtaşlarının mostrasında, Osmancık ve Danişmen formasyonları ayrımı kısmen yapılmıştır (Bürkan 1992; Perinçek vd. 2015).

Danişmen Formasyonu içerisinde Taşlısekban, Pınarhisar ve Armutburnu üyeleri ayrılmıştır. Danişmen Formasyonu'nun mostra verdiği alanlarda bu formasyon içindeki linyit katmanları açık ve kapalı ocak olarak işletilmektedir (Perinçek vd. 2015).

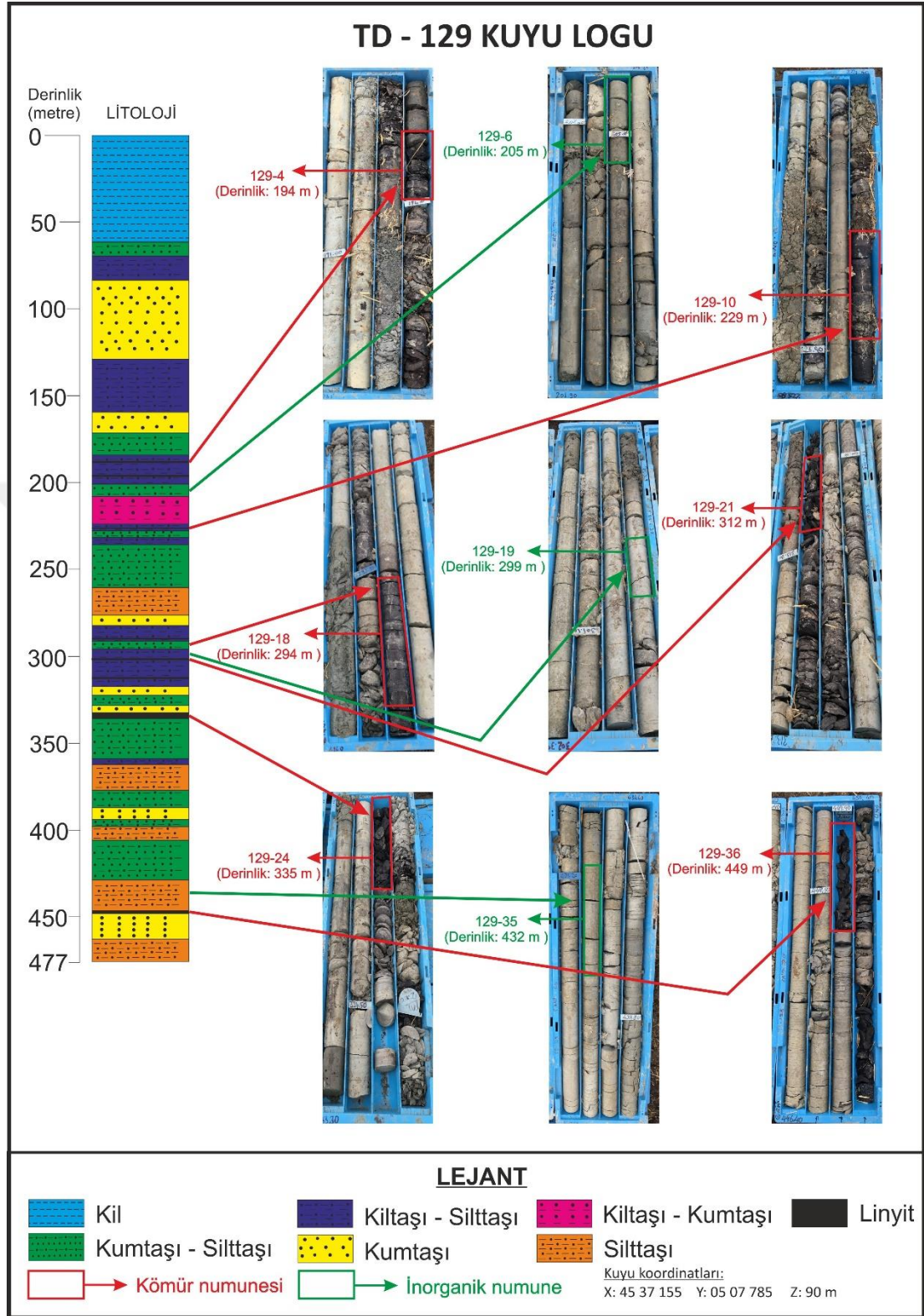
Taşlısekban Üyesi; ilk defa Kasar (1987) tarafından adlanmıştır. Üye, daha yaşlı birimler üzerinde uyumsuzdur. Üstte Pınarhisar Üyesi'ne dereceli olarak geçer. Taşlısekban Üyesi çakıltası, kumtaşı ve marndan oluşmuştur. Yer yer kiltası ve lamellibrans yığılımları görülür. Çatalca'daki yüzlekleri temelden ve Soğucak Formasyonu'ndan malzeme almış çok kaba malzemeli yamaç molozu fasiyesi ile başlamaktadır (Çağlayan ve Yurtsever 1998). Taşlısekban Üyesi, Pınarhisar Üyesi kireçtaşlarının taban çakıltasını oluşturur. Taşlısekban Üyesi'nin kalınlığı en çok 30 metreye çıkmaktadır. Birimin yaşı, stratigrafik konumuna göre Oligosen olmalıdır (Perinçek vd. 2015).

Pınarhisar Üyesi; altta Taşlısekban Üyesi ile üstte ise Danişmen Formasyonu'nun kiltası ve şeyl düzeyleri ile dereceli geçişlidir. Pınarhisar Üyesi, sığ denizel, lagüner, kumtaşı ve çakıltası katkılı, oolitli, bol lamellibrans, gastropod ve ostrakodlu, üst seviyelerinde manganlı seviyeler bulunduran ve yer yer killi olan kireçtaşı ile temsil olunur (Siyako ve Kasar 1985). Birimin tip kesitinde kalınlığı 70-80 metre ölçülmüştür. Ortalama kalınlığı 5-20 metre arasında değişir. Birimin yaşı Erken Oligosen (Gökçen

1971; Kasar ve Eren 1986; Perinçek vd. 2015), Oligosen (Umut vd. 1983, 1984; Perinçek vd. 2015) olarak belirtmiştir.

Armutburnu Üyesi; tip kesitinde hem alttaki Osmancık Formasyonu hem de Danişmen Formasyonu ile yanal ve düşey geçişlidir (Şekil 4.2). Birim üzerine gelen daha genç litolojiler tarafından açısal uyumsuzlukla örtülür. Delta düzlüğü çökelmiş kırmızı renkli, kalın tabakalı-masif, genellikle akarsu kanal dolgusu çakıltısı ve kumtaşı ile temsil edilir. Ender olarak taşkın ovası çamurtaşı ve seyrek olarak kömür seviyelerinden oluşur. Kalınlığı ortalama 100 metre dolayındadır (Temel ve Çiftçi 2002; Perinçek vd. 2015). Armutburnu Üyesi, Gelibolu'da Geç Oligosen (Temel ve Çiftçi 2002), Batı Trakya'da Oligosen olarak (Umut vd. 1984) yaşlandırılmıştır. N.V. Turkse Shell (1969) tarafından verilen Miyosen yaşı da dikkate alındığında birim için Oligo-Miyosen yaşı kabul edilmiştir (Siyako 2006b; Perinçek vd. 2015).

TD-129 nolu kuyu; inceleme alanının kuzey kesiminde yer almakta ve Hayrabolu ilçe sınırlarında bulunmaktadır. Hayrabolu ilçe sınırlarında bulunan iki sondajdan biridir. Toplam kalınlığı 477 metredir. Kuyudaki birimler incelendiğinde neredeyse kuyunun tamamında kumtaşı, silttaşı ve kiltası ardalanması şeklinde olduğu gözlenmektedir. Kuyuda bulunan silttaşı birimleri bol fosilli ve bitki izli olduğu gözlenmektedir. Kumtaşları ise ince-orta taneli, yer yer karbonat yumrulu, fosilli, kısım kısım ise organik boyamalı, ince linyit bantları içermektedir. Kumtaşı birimleri kiltası ve silttaşı ile birlikte ardalanmalı olarak yer almaktadır. Kumtaşı – silttaşı ardalanmasında linyit parçaları, bitki izleri, fosiller, organik boyama ibareleri ve ince linyit bantları gözlenmektedir. Kumtaşı – kiltası ardalanması çok fazla bulunmamakta birlikte kuyunun ortalarında (yaklaşık 200 metre) yer almaktadır ve burada volkanik ara katkılar içermektedir. Kuyuda silttaşı-kiltası ardalanması oldukça yoğun ve kuyunun en başından sonuna kadar olduğu izlenmiştir. Organik boyama ibareleri, linyit bantları, bitki izleri, fosiller, volkanik ara katkılar ile birlikte yer almaktadır. Kuyuda linyit ibarelerine 130 metrede rastlanmasına karşın tam ve büyük bir katmana çok daha derinde (335. metrede) denk gelmiştir. İkinci büyük katman ise 488. metrede bulunmaktadır (Şekil 4.3).

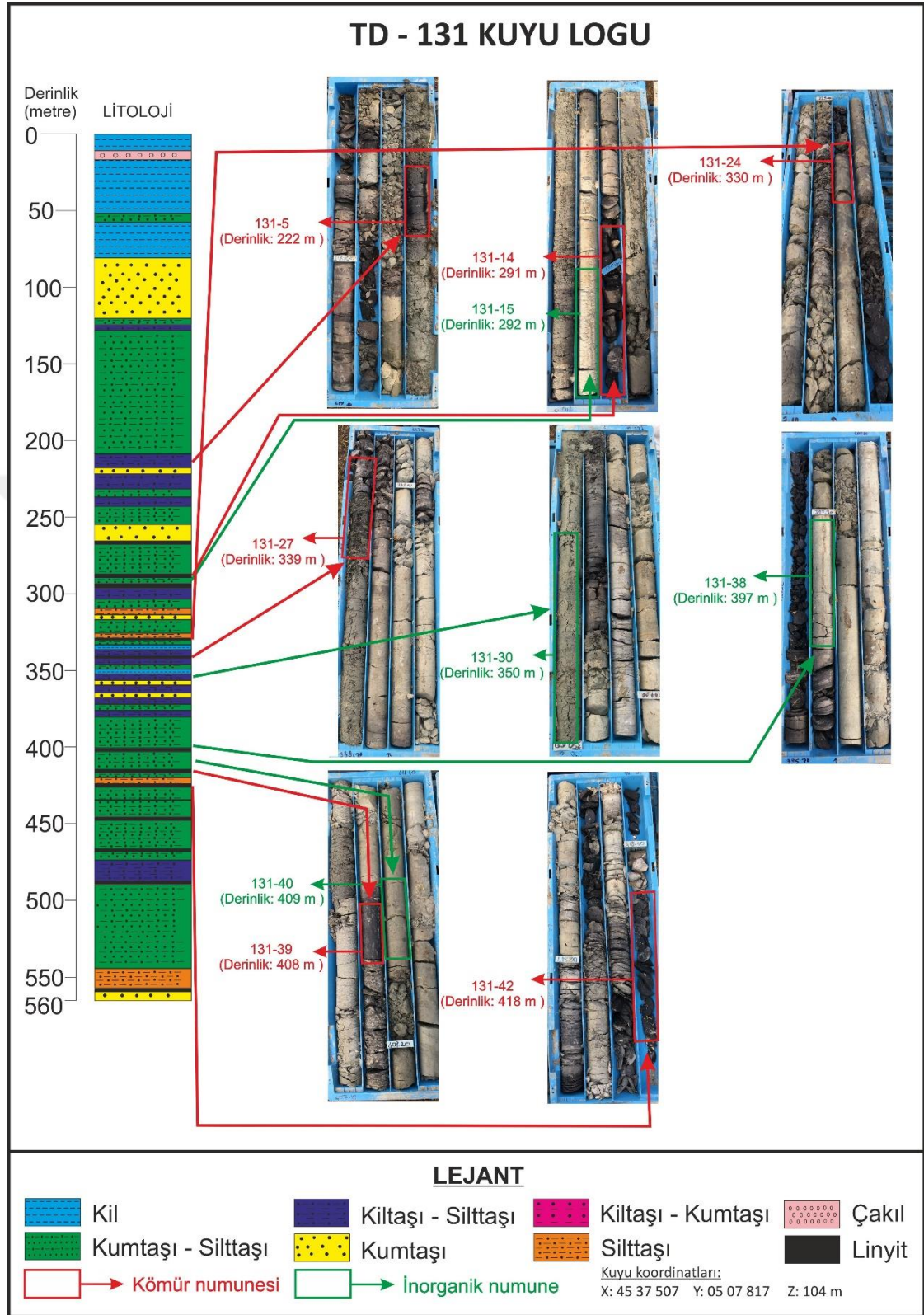


Şekil 4.3. TD-129 nolu kuyu logu ve örnek alım noktaları

TD-131 nolu kuyu; inceleme alanının kuzeyinde, Soylu Köyü'nün yaklaşık 2 km güneyinde, Hayrabolu ilçe sınırlarında ve güneyinde yer almaktadır. Kuyunun toplam uzunluğu 560 metre olup inceleme alanındaki en derin kuyu olma özelliğini taşımaktadır.

Tıpkı TD-129 no'lu kuyuda olduğu gibi Kumtaşı, Silttaşı ve Kiltaşı ardalanması olarak bulunmaktadır. Bu birimlerin ve ardalanmaların tamamı TD-129 no'lu kuyu ile benzer özellik göstermektedir. Ancak bu kuyudan farklı olarak TD-131 no'lu kuyuda linyit bantları çok daha belirgin ve küçük katmanlar şeklinde değil, daha kalın katmanlar olarak bulunduğu izlenmektedir. Küçük linyit bantları 215 metrede başlamakta, kiltaşı, silttaşı ve kumtaşında ara ara izlenmektedir. Kalın linyit katmanları kuyunun 270. metresinde başlamakta, 291, 294, 329, 339, 395, 408, 416, 439, 481, 552. metrelerde killi linyit katmanları ile birlikte devam etmektedir. Kuyuda ilk linyit katmanına diğer kuyulara nazaran çok daha derinde rastlanması dikkat çekicidir (Şekil 4.4).



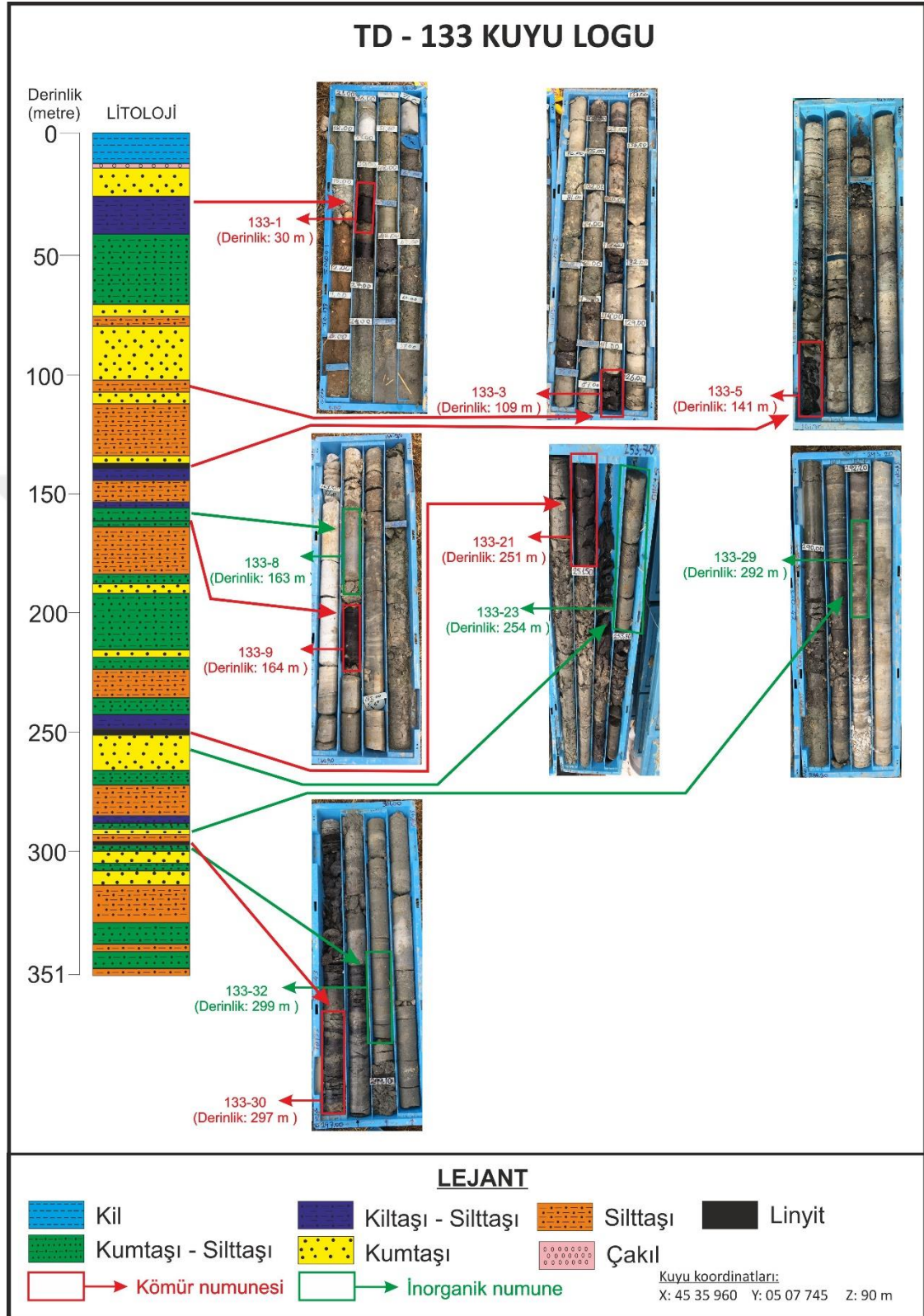


Şekil 4.4. TD-131 nolu kuyu logu ve örnek alım noktaları

TD-133 nolu kuyu; kuzey – güney hattındaki sondajlardan bir tanesi olan bu kuyu Malkara ilçesinin kuzeydoğusunda bulunmaktadır. Birimler ve geçişleri bakımından TD-

131 no'lu kuyu ile oldukça benzerdir. Kuyunun toplam derinliği 351 metredir. Kumtaşı, Silttaşı ve Kilttaşı ardalanması içerisinde küçük linyit bantlarına ilk olarak 104. metrede rastlanmaktadır. Daha bk linyit damalarının başlangıç seviyesi ise 140. metrededir. Diğer kalın linyit katmanları ise 251. ve 297. metrelerde olduğu gözlenmiştir. Yine kuyu sonuna kadar linyit katmanları ara ara devam etmekte ancak TD-131 no'lu kuyudaki kadar fazla linyit katmanlarına rastlanmamaktadır. Yer yer ise linyit katmanları kil ile birlikte bulunmaktadır. Kumtaşı, silttaşı ve kumtaşı – silttaşı ardalanması kuyuda oldukça kalın seviyeler halinde bulunur ve egemendir. Ara katkı olarak linit bantları, linyit parçaları, fosiller ve bitki izleri ile birlikte bulunmaktadır. Bu birimler ara ara çok fazla olmamakla birlikte kilttaşı ve silttaşı birimleri ve bu birimlerin ardalanmaları ile kesildiği gözlenmiştir (şekil 4.5).

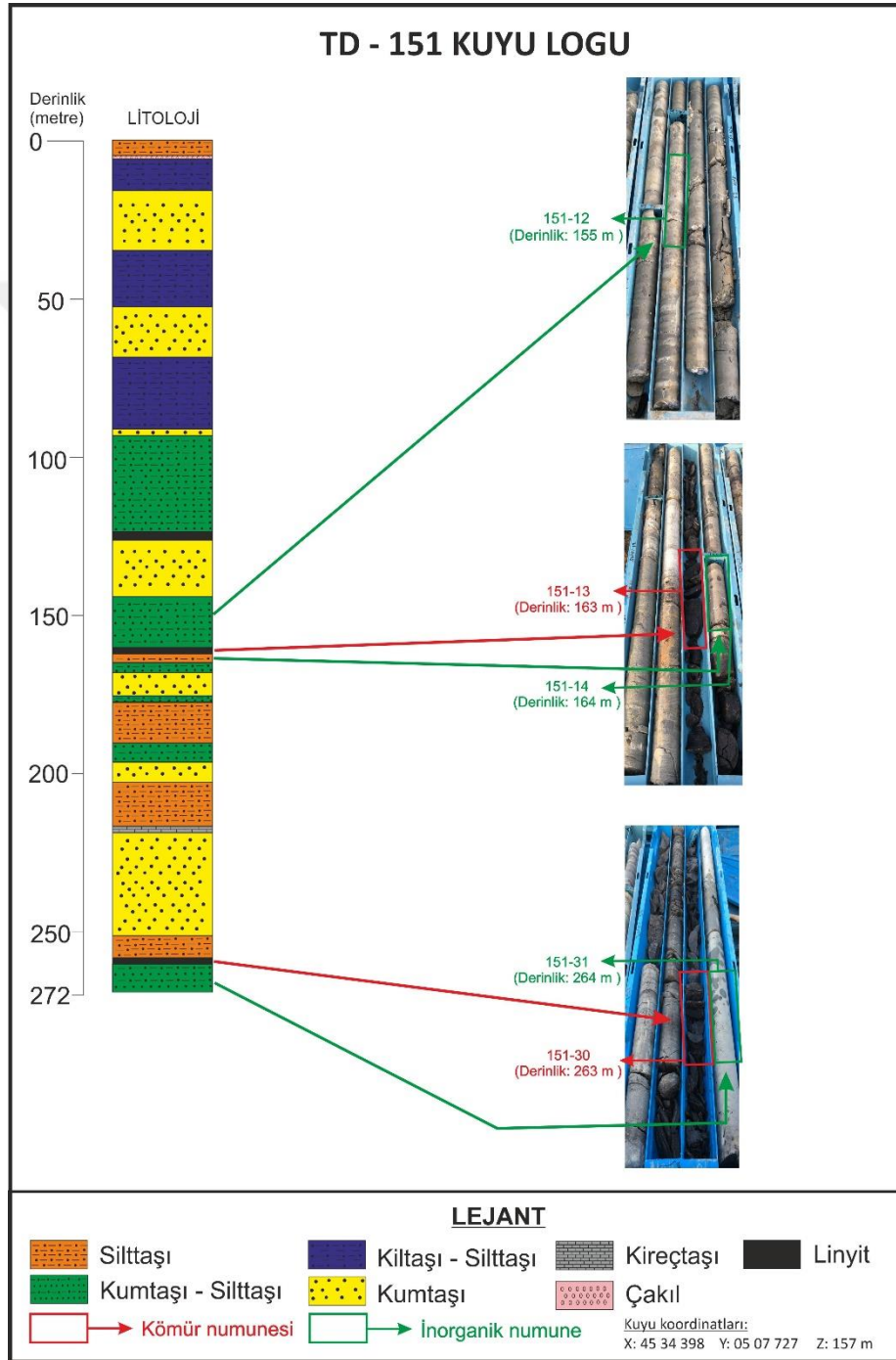




Şekil 4.5. TD-133 nolu kuyu logu ve örnek alım noktaları

TD-151 nolu kuyu; kuzey-güney ve doğu-batı hattının tam kesişiminde yer alan bu kuyu Malkara ilçe sınırlarında, Karamurat köyünün yaklaşık 1 km kuzeyinde yer

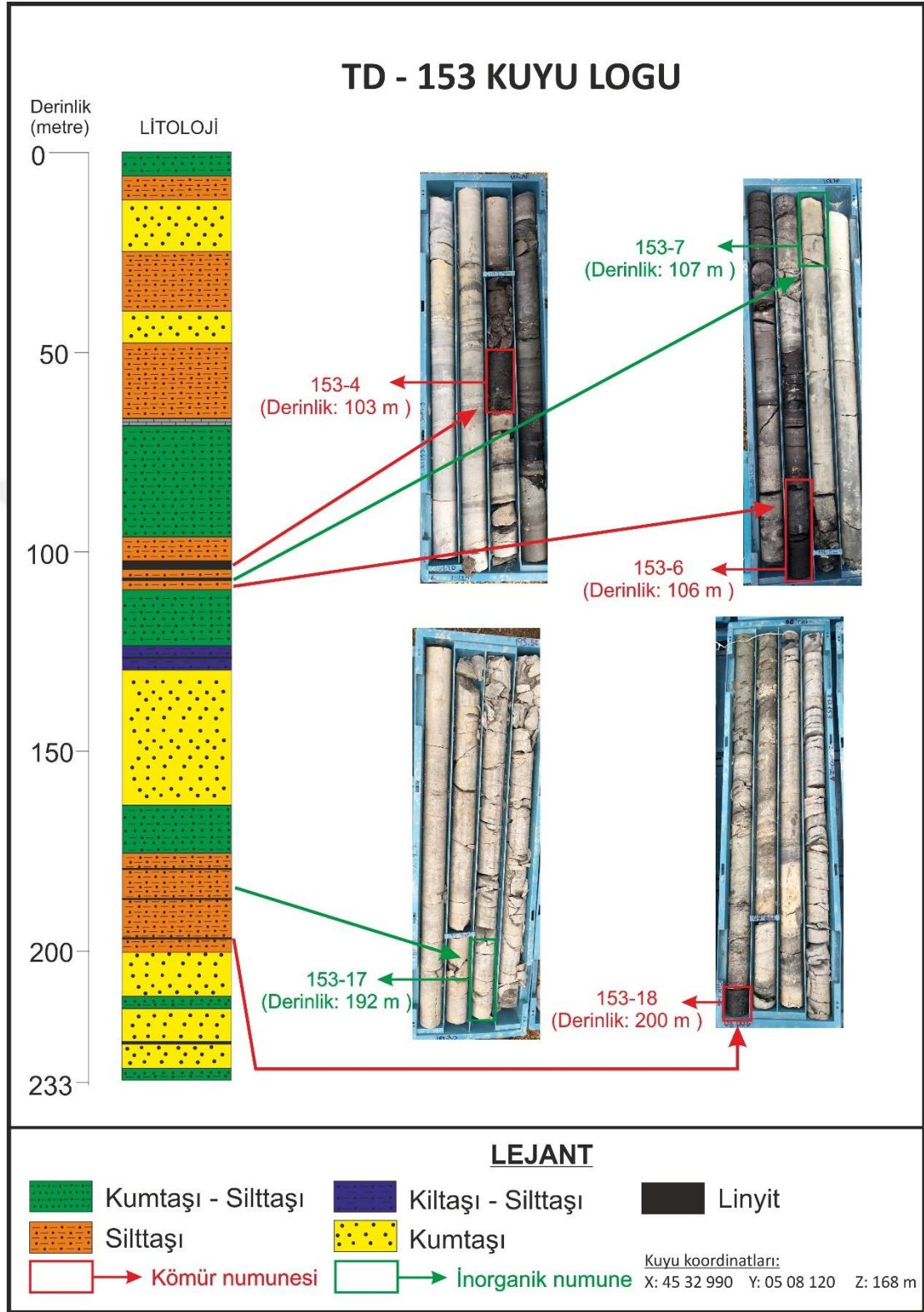
almaktadır. Toplam uzunluğu 272 metredir. Gri – yeşil renkli, oldukça kalın kumtaşı seviyeleri silttaşı ve kiltası ile ardalanmalı olarak yer almaktadır. Kuyunun 125. metresinde ilk kalın linyit katmanına rastlanılmış olup, kuyu sonuna kadar ara ara gözlenmektedir. Daha sonraki linyit katmanlarına ise 162. ve 261. metrelerde rastlandığı tespit edilmiştir. Silttaşı seviyelerinin içinde balık pulu ve fosiller bulunmaktadır. Kuyunun başlarında gözlenen kiltası seviyeleri daha sonra kaybolmakta ve yerini silttaşı, kumtaşı ve ardalanmalarına bırakmaktadır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. TD-151 nolu kuyu logu ve örnek alım noktaları

TD-153 nolu kuyu; çalışma alanının en güneyinde yer alan kuyu aynı zamanda kuzey-güney hattının da son kuyusu olma özelliği taşımaktadır. Malkara ilçe sınırlarında yer almaktadır. Toplam uzunluğu 233 metredir. Kuyunun başından sonuna kadar kalın ve devamlı gri, fosilli, organik boyamalı, balık pulu içeren silttaşı seviyeleri ve gri, yeşil renkli, organik boyamalı, karbonat çimentolu, linyit bantlı, linyit parçalı kumtaşı seviyeleri dikkat çekmektedir. Kuyu genel olarak incelendiğinde genellikle kumtaşı ve silttaşı seviyelerinin hakim olduğu gözlenmektedir. Kuyuda linyit damalarına 103. metrede rastlanmaktadır. Sonraki seviyelerdeki linyitler genellikle kumtaşları ve silttaşları içinde küçük katmanlar şeklinde izlenmektedir (şekil 4.7).

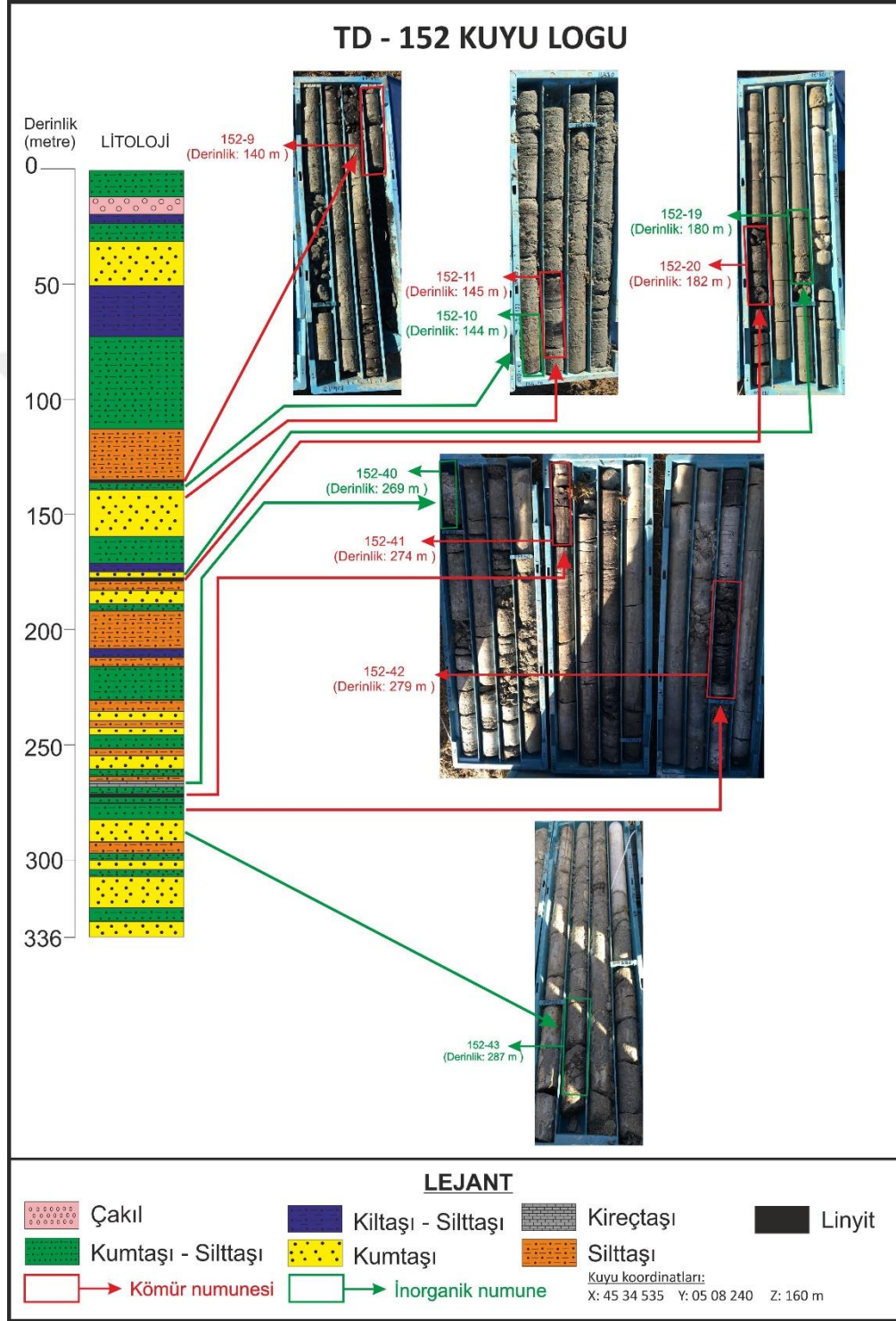




Şekil 4.7. TD-153 nolu kuyu logu ve örnek alım noktaları

TD-152 nolu kuyu; doğu – batı hattının en doğusunda bulunan bu kuyu toplam 336 metre uzunluğundadır. İbribey köyünün yaklaşık 1 km güneybatısında yer almaktadır. Kuyuda en dikkat çeken özellik kumtaşı ve silttaşı seviyelerinin oldukça fazla

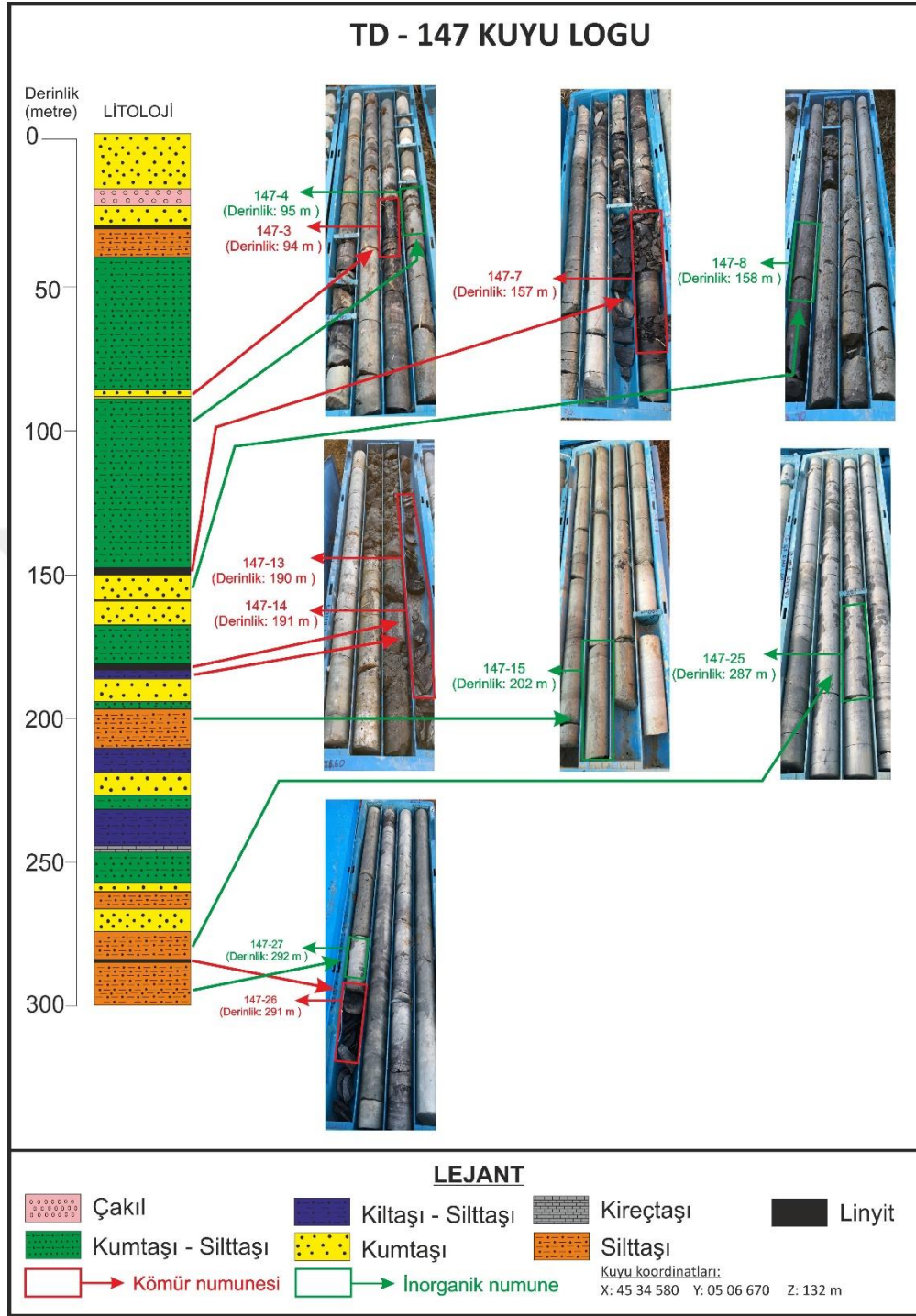
tekrarlanmasıdır. Kumtaşı ve silttaşı seviyelerini bol fosilli, linyit bantlı, linyit parçalı, organik boyamalı, karbonat çimentolu olduğu gözlenmiştir. Bu seviyeler ara ara kilaşları ile ardalanmalı olarak yer almaktadır. İlk olarak 140. metrede gözlenen linyit katmanlarına derine doğru 181. ve 273. metrelerde de rastlanmaktadır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. TD-152 nolu kuyu logu ve örnek alım noktaları

TD-147 nolu kuyu; çalışma alanının batısına doğru yer alan kuyu toplam 305 metre derinlikte ve diğer kuyulardan farklı olarak iki önemli özelliği taşımaktadır. Bunlardan ilki kumtaşı, silttaşı ve kilttaşı seviyeleri ve bunların ardalanmaları yer yer kireçtaşı ve konglomera seviyeler tarafından kesilmesidir. Ayrıca kuyuda oldukça belirgin ve kalın silttaşı kumtaşı ardalanması olan birimler yer almaktadır. Bu birimler nadiren silttaşı – kilttaşı ardalanması ile kesilmektedir. İkincisi ise kalın linyit katmanlarına diğer kuyuların aksine oldukça yüzeyde rastlanılmasıdır. Kuyuda ilk linyit katmanına 33. metrede rastlanılmıştır. Linyit katmanının bu kadar yüzeyde rastlanması derinlere gidildikçe sebebini belli etmiştir. Kuyunun derinlerinde de oldukça kalın linyit katmanları olduğu tespit edilmiştir. Diğer kalın linyit damarlarına 156, 190 ve 291. metrelerde rastlanması 305 metre toplam uzunluğu olan kuyunun başından sonuna kadar katmanları kestiğini göstermektedir (şekil 4.9).

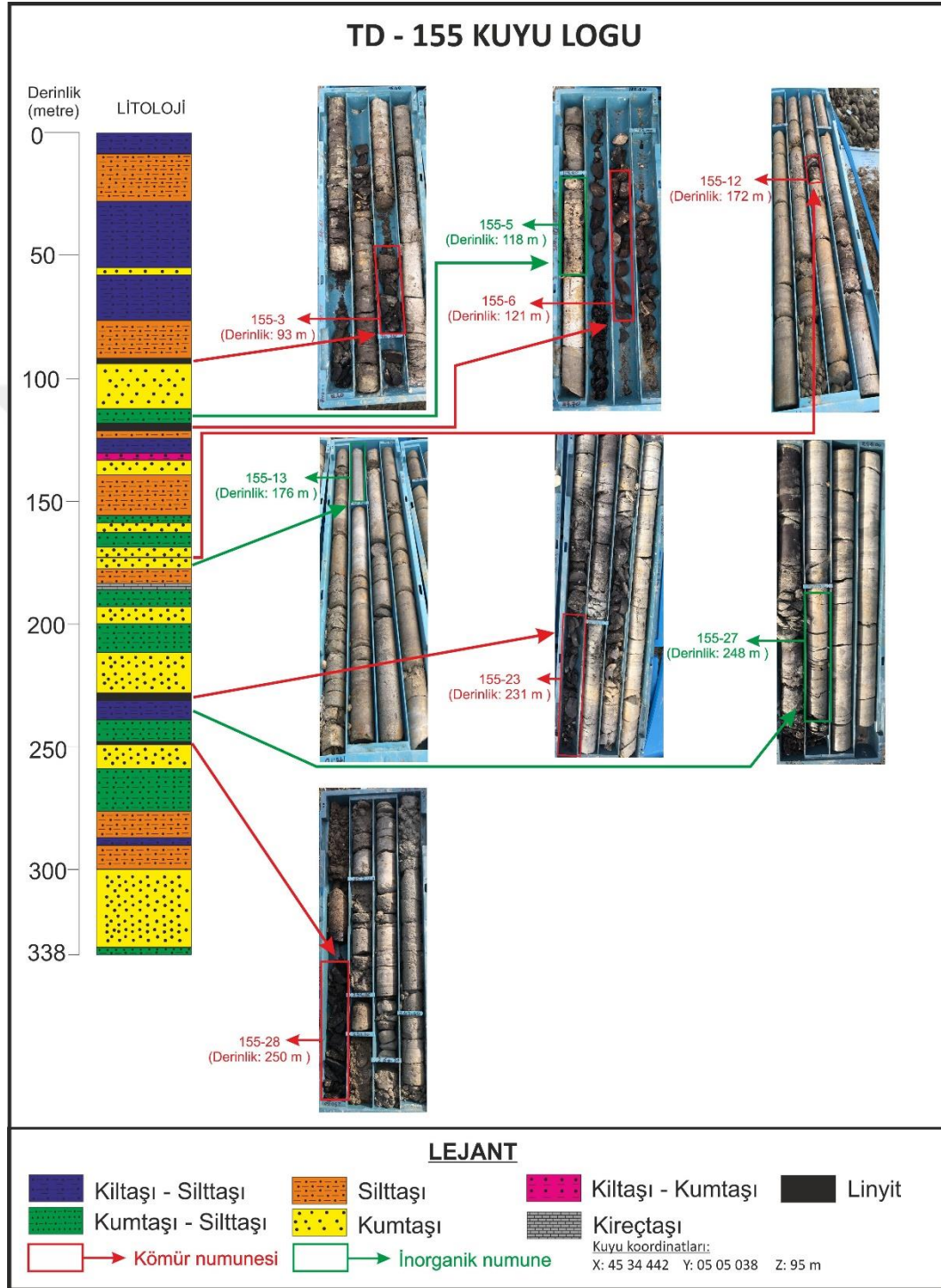




Şekil 4.9. TD-147 nolu kuyu logu ve örnek alım noktaları

TD-155 nolu kuyu; doğu – batı hattının en batısında yer alan bu kuyu toplam 338 metre uzunluğundadır. Kumtaşı, Siltaşı ve Kilaşı seviyeleri ve bunların ardalanması şeklinde bulunan bu kuyu diğer kuyular ile benzer özellikler göstermektedir. İlk olarak 92. metre seviyesinde rastlanan linyit katmanı daha sonraki derinliklerde çok fazla rastlanmayarak genellikle diğer birimlerin içinde küçük katmanlar şeklinde ve diğer birimlerin arasına yerleşmiş şekilde yer almaktadır. Kuyuda genel bir istiflenme

bulunmayıp, birimlerin tekrarlanmaları şeklinde yer almaktadır. Sürekli devam etmeyen ve diğer kuyulara göre oldukça sık tekrar eden kumtaşı, silttaşı, kıltaşı seviyeleri ve bu birimlerin ardalanmalarının bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. TD-155 nolu kuyu logu ve örnek alım noktaları

4.3. Yapısal Jeoloji

Anadolu ve Balkanların genel tektonik çatısını oluşturan ve Miyosen'den günümüze kadar gelişen yapısal hatlardan önemli bir tanesi olan Kuzey Anadolu Fayı birçok yer bilimci tarafından detaylı çalışılmıştır. Kuzey Anadolu Fay Zonu Kretase kenet kuşağı boyunca uzanır ya da bu kuşağı birkaç kez keser. Kuzey Anadolu Fayı'nın Trakya'daki en yaşlı kolu olan Trakya Fay Sistemi, Kuzey Anadolu Fayı ile benzer özellikler sunmaktadır. Trakya Fay Sistemi üç fay ailesinden oluşmuştur (Perinçek 1987, 1991; Perinçek vd. 2015). Bu fay sistemini oluşturan yapısal hatlar Silivri'den Edirne'ye havzayı boydan boya kat eder.

Trakya Fay Sistemi; Perinçek (1987) tarafından tanımlanmıştır. Bu fay sistemi, Trakya Tersiyer havzasında Miyosen yaşlı iki formasyondan biri olan Ergene Formasyonundan önce oluşmuştur. Geç Miyosen öncesinde aktif Kuzey Anadolu Fayı; Güneydoğu'dan Kuzeybatıya doğru uzanan Kırklareli, Babaeski ve Lüleburgaz fay zonlarından oluşmaktadır. Bu fay sistemindeki kıvrım eksenleri inceleme alanının da içinde bulunduğu Danişmen Formasyonunda kısmen veya tamamen aşınmıştır (Perinçek vd. 2015).

4.4. Jeokimyasal ve Petrografik Analizler

Örneklere Rock-Eval (piroliz), TOC analizleri yapılarak organik maddenin miktarı, türü, olgunluğu, kaynak kaya potansiyeli, organik fasiyes incelemeleri ve vitrinit yansıma ölçümleri yapılarak organik maddenin kömürleşme derecesi tespit edilmiştir.

4.4.1. Rock-Eval (piroliz), TOC analizleri

İnceleme alanında toplam 8 kuyudan alınan 29 örneğe Rock Eval piroliz analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen TOC, S₁, S₂, S₃, T_{max}, HI, OI, PI, PY ve S₂/S₃ değerleri ile organik madde tipi, miktarı ve olgunluk derecesi belirlenmeye çalışılmıştır (Çizelge 4.1). Analizler Rock Eval VI cihazında IFP 160000 (Institut Francais du Petrole) standartı kullanılarak yapılmıştır.

Çizelge 4.1. Örneklere ait Rock Eval piroliz analizi sonuçları

Örnek No	TOC	S ₁	S ₂	S ₃	T _{max}	HI	OI	S ₂ / S ₃	PY	PI	RC%	OF
129-4	22,22	0,3	22,56	17,44	436	102	78	1,29	22,86	23,56	19,42	CD
129-10	50,67	3,93	54,91	27,81	381	108	55	1,97	58,84	55,91	43,8	CD
129-18	41,68	0,3	43,39	35,99	428	104	86	1,21	43,69	44,39	36,2	CD
129-24	35,21	0,52	35,97	23,61	430	102	67	1,52	36,49	36,97	30,94	CD
129-36	25,13	0,25	14,43	17,96	431	57	71	0,80	14,68	15,43	22,85	CD
131-5	17,54	0,42	10,58	15,78	416	60	90	0,67	11,00	11,58	15,71	CD
131-14	48,83	0,53	46,3	39,3	425	95	80	1,18	46,83	47,3	42,76	CD
131-27	41,83	0,37	26,1	35,13	427	62	84	0,74	26,47	27,1	37,8	CD
131-42	9,14	0,16	5,91	7,67	432	65	84	0,77	6,07	6,91	8,23	CD
133-3	41,92	0,46	35,45	31,26	426	85	75	1,13	35,91	36,45	37,23	CD
133-5	16,97	0,54	18,96	13,03	426	112	77	1,46	19,50	19,96	14,67	CD
133-9	48,46	0,35	20,61	39,51	431	43	82	0,52	20,96	21,61	44,22	CD
133-21	24,76	0,78	41,35	15,42	436	167	62	2,68	42,13	42,35	20,39	C
133-30	40,33	0,51	50,93	22,77	433	126	56	2,24	51,44	51,93	34,73	C
147-3	26,95	0,43	16,65	20,69	430	62	77	0,80	17,08	17,65	24,36	CD
147-7	15,85	0,46	18,87	10,79	427	119	68	1,75	19,33	19,87	13,63	CD
147-14	24,03	0,33	12,81	18,83	419	53	78	0,68	13,14	13,81	21,84	CD
147-26	44,56	0,46	50,8	26,62	424	114	60	1,91	51,26	51,8	38,72	CD
151-13	53,25	7,36	83,35	33,84	384	157	64	2,46	90,71	84,35	43,73	C
151-30	45,05	0,52	23,07	61,94	428	51	137	0,37	23,59	24,07	40,25	CD
152-9	51,5	2,54	54,53	42,07	412	106	82	1,30	57,07	55,53	44,31	CD
152-20	28,97	0,26	26,54	21,19	435	92	73	1,25	26,80	27,54	25,66	CD
152-42	19,65	0,48	19,77	14,35	428	101	73	1,38	20,25	20,77	17,09	CD
153-4	37,2	0,55	28,8	29,85	434	77	80	0,96	29,35	29,8	33,13	CD
153-18	13,24	0,19	11,48	10,69	425	87	81	1,07	11,67	12,48	11,72	CD
155-3	16,56	0,37	18,61	11,39	433	112	69	1,63	18,98	19,61	14,34	CD
155-6	37,47	0,3	39,72	24,24	437	106	65	1,64	40,02	40,72	32,82	CD
155-12	5,9	0,12	3,42	5,22	435	58	88	0,66	3,54	4,42	5,33	CD
155-28	44,08	0,4	47,89	27,43	429	109	62	1,75	48,29	48,89	38,49	CD

TOC: Toplam Organik Karbon (ağırlıkça %), S₁: mgHC/g kaya, S₂: mgHC/g kaya, S₃: mg CO₂/g kaya, T_{max}: °C, HI: Hidrojen İndeksi (mgHC/g TOC), OI: Oksijen İndeksi (mg CO₂/g TOC), PI: Üretim İndeksi, PY: Potansiyel Ürün (mg HC/g kaya), S₂/S₃: Hidrokarbon tip indeksi, RC: Rezidüel karbon, OF: Organik Fasiyes (Jones 1987)

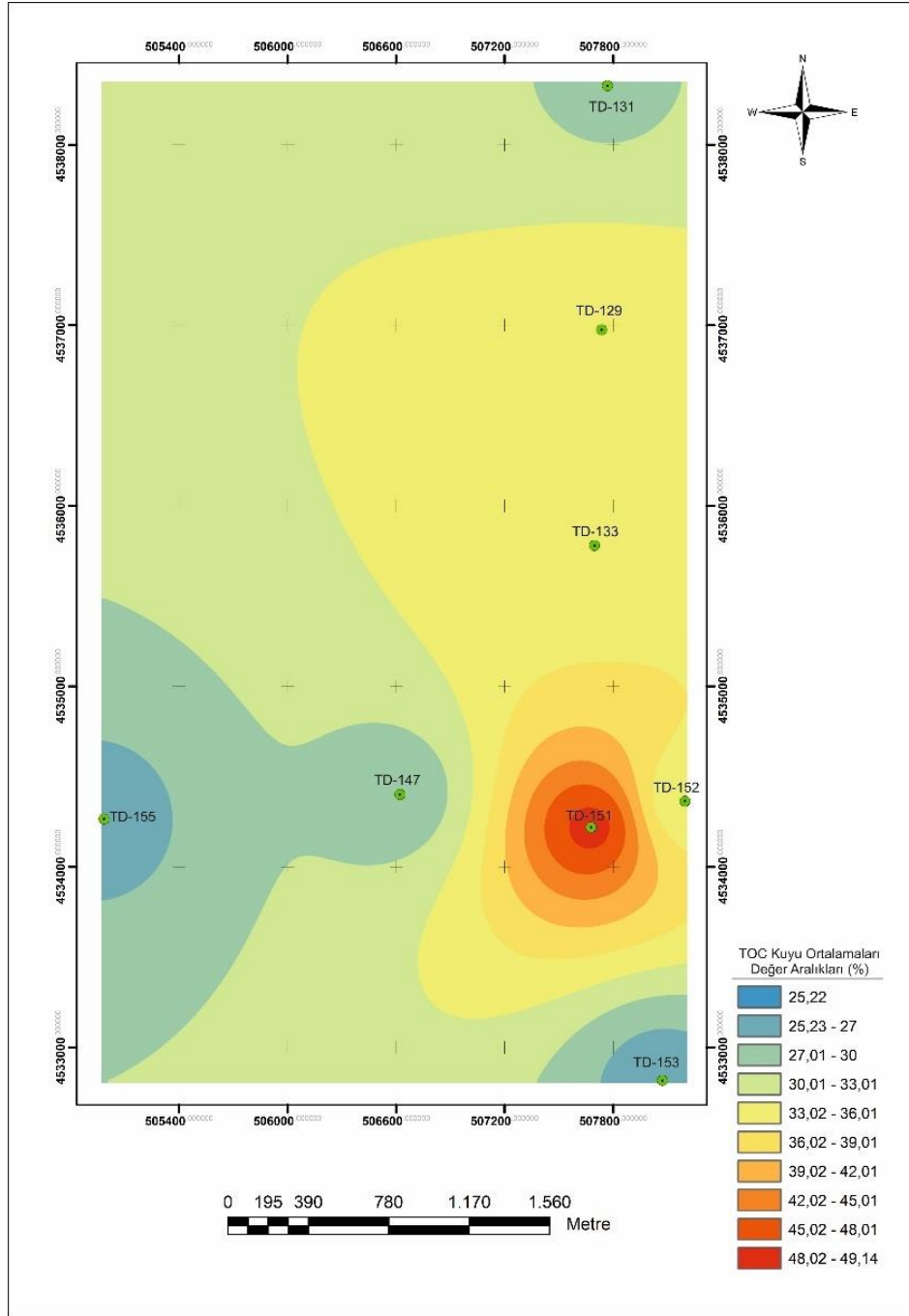
4.4.1.1. Organik madde miktarı

Toplam Organik Karbon (TOC), kayaçtaki kerojene ait karbon miktarı ile bu kerojenden üretilmiş fakat dışarı atılamamış hidrokarbonların toplamı olarak ifade edilebilir (Durand vd. 1972; Jonathan vd. 1976). TOC ölçümü organik maddenin oksijen atmosferi veya hava ile yakılması yapılır. Çalışma alanından alınan örneklere bu işlemler yapılmış, Rock Eval VI cihazında bulunan ek bir modül ile otomatik hesaplanmıştır. 8 kuyudan alınan örneklerin analizi sonucunda değerlerin % 5,9-53,25 arasında değiştiği, ortalama değer de % 32,03 olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2).

Kuyu ortalama değerleri incelendiğinde, çalışma alanının K-G kesit hattında TOC değerlerinin D-B hattındaki kuyulardan daha yüksek olduğu gözlenmektedir. İnceleme alanının en batısında yer alan TD-155 ve TD-147 nolu kuyular D-B hattının en düşük TOC ortalama değerine sahipken, en yüksek TOC ortalama değeri ise K-G ve D-B kesit hattının tam kesişiminde yer alan TD-151 nolu kuyuda olduğu tespit edilmiştir. K-G hattının en güneyinde yer alan TD-153 nolu kuyu da düşük TOC değeri vermektedir (Şekil 4.11).

Çizelge 4.2. TOC değerlerinin kuyu ortalamaları

Kuyu No	TOC Ortalama Değerleri (%)
TD-129	34,98
TD-131	29,33
TD-133	34,48
TD-147	27,84
TD-151	49,15
TD-152	33,37
TD-153	25,22
TD-155	26



Şekil 4.11. İnceleme alanı TOC kuyu ortalama değerleri ile oluşturulan yoğunluk haritası

4.4.1.2. Organik madde türü

Tissot ve Welte (1984)'e göre 3 tip kerojen tipi vardır. Bunlar Tip I, Tip II ve Tip III olarak ayrılır. Rock Eval pirolizi yöntemi ile organik madde tipleri kimyasal bileşim baz alınarak belirlenmektedir.

Tip I kerojen; yüksek H/C, düşük O/C oranına sahiptir. Petrol ve gaz üretme potansiyelleri yüksek olup sedimanların gelişlerinin bol olduğu göl ve deniz ortamlarında

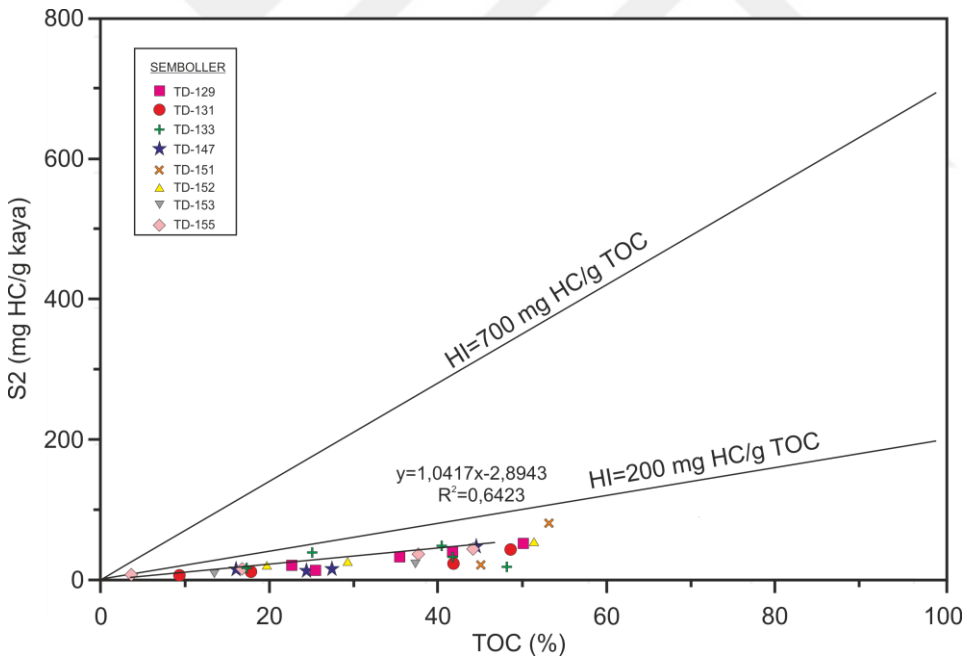
oluşurlar. Ayrıca Tip I kerojen Algal lipidlerden ve/veya lipid ortamı yüksek organik maddeden oluşurlar.

Tip II kerojen; H/C oranı Tip I'e göre daha düşüktür. Genellikle spor ve polenlerden oluşurlar. Aromatik, naftenik halkalardan meydana gelirler.

Tip III kerojen; düşük H/C oranı ve yüksek O/C oranına sahiptir. Petrol türetme potansiyeli zayıf olup, eğer gömülme fazla ise gaz türetme potansiyeline sahiptirler. Poliaromatikler ve alifatik zincirlerden oluşurlar.

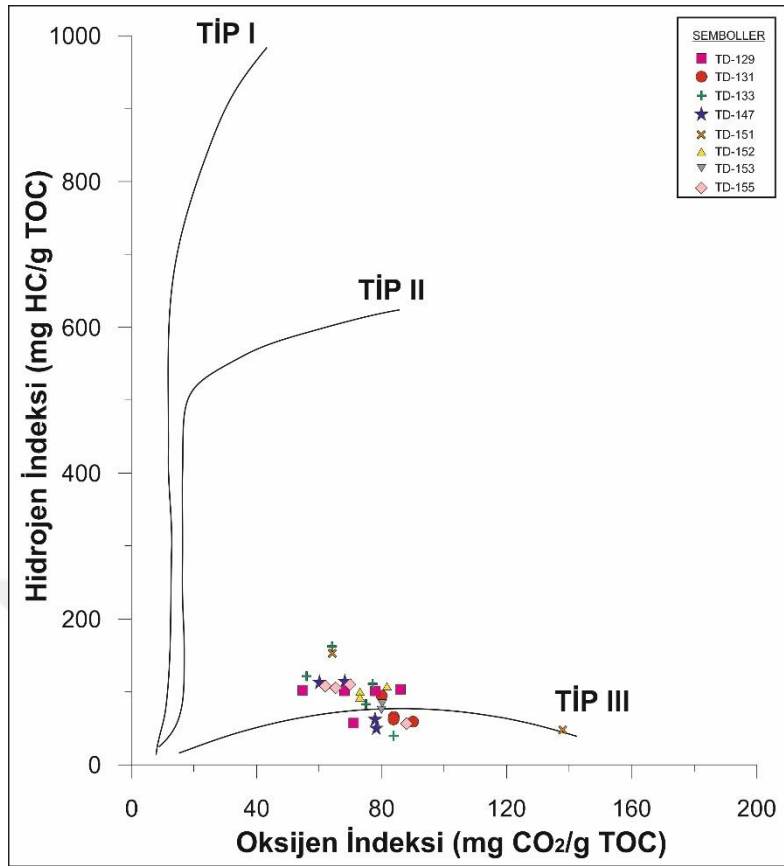
Çalışma alanındaki organik madde tipini belirlemek için S_2 -TOC, HI- T_{max} , HI-OI diyagramları kullanılmıştır. S_2 -TOC diyagramında eğimi 7 olan doğrunun üzerinde kalan alan Tip I, eğimi 2 ile 7 arasında kalan alan Tip II ve eğimi 2 olan doğrunun altında kalan alan Tip III kerojen olarak tanımlanır. Ayrıca hidrokarbonların kökeni hakkında bilgi sahibi olmak için S_1 -TOC diyagramı kullanılarak yerli ya da göç etmiş oldukları tespit edilmeye çalışılmıştır (Şekil 4.12).

Örneklere yapılan analizler neticesinde S_2 değerleri 3,42 ile 83,35 mg HC / g kaya arasında değişmektedir. Örneklere ait S_2 -TOC diyagramında hemen hemen tüm değerler eğimi 2 olan doğrunun altında kalmıştır. Buradan da organik madde türünün Tip III kerojen olduğu ortaya çıkmaktadır.



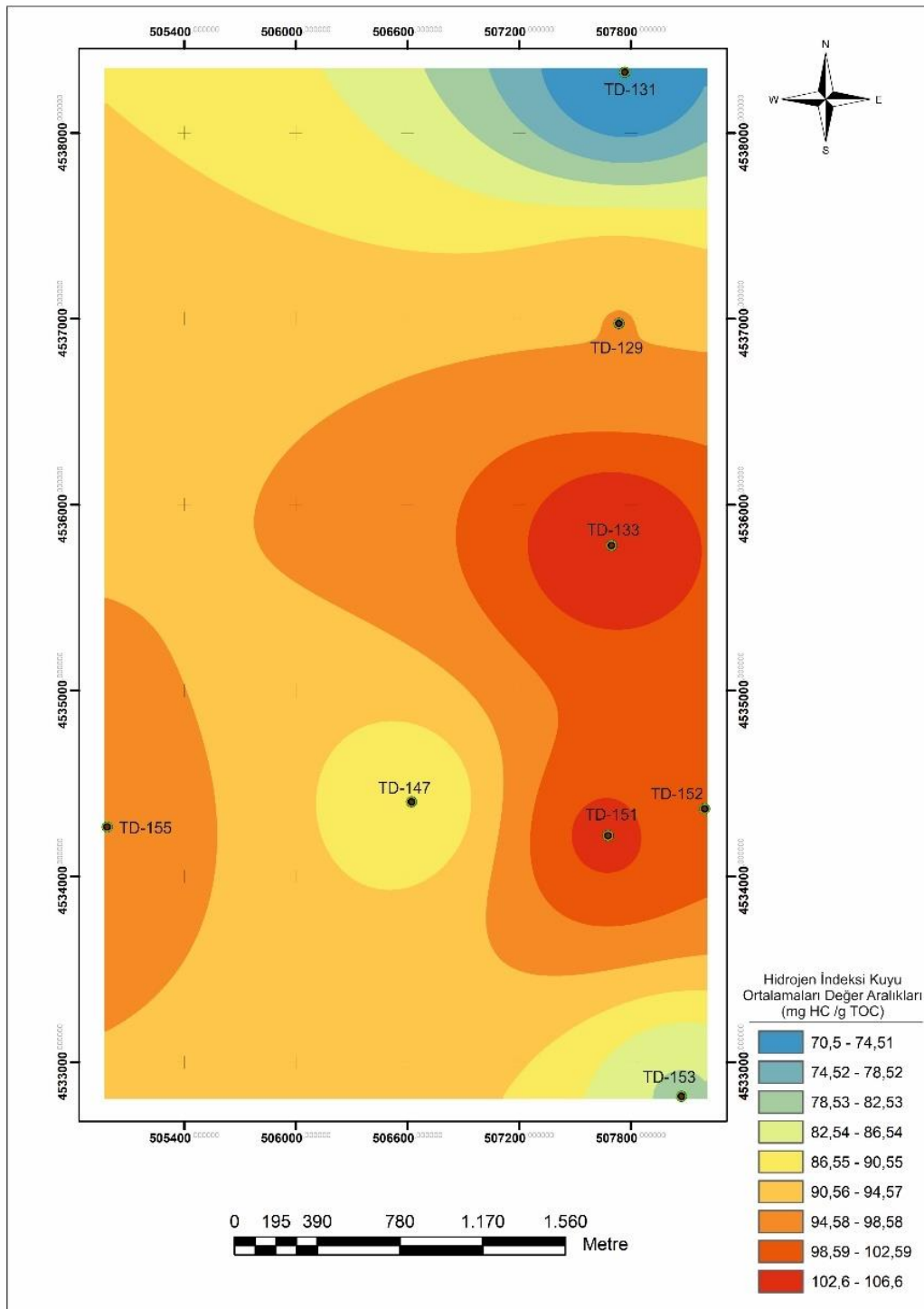
Şekil 4.12. İnceleme alanına ait S_2 -TOC diyagramı

Organik madde türünün belirlenmesinde kullanılan bir diğer diyagram da HI-OI olup, organik madde miktarından bağımsızdır. Çalışma alanı örneklerindeki HI değerleri 43-167 mg HC / g TOC arasında, OI değerleri 55-137 mg HC / g TOC arasında değişim göstermektedir. Değerler HI-OI diyagramına yerleştirildiğinde kerojenin Tip III olduğu tespit edilmektedir (Şekil 4.13).

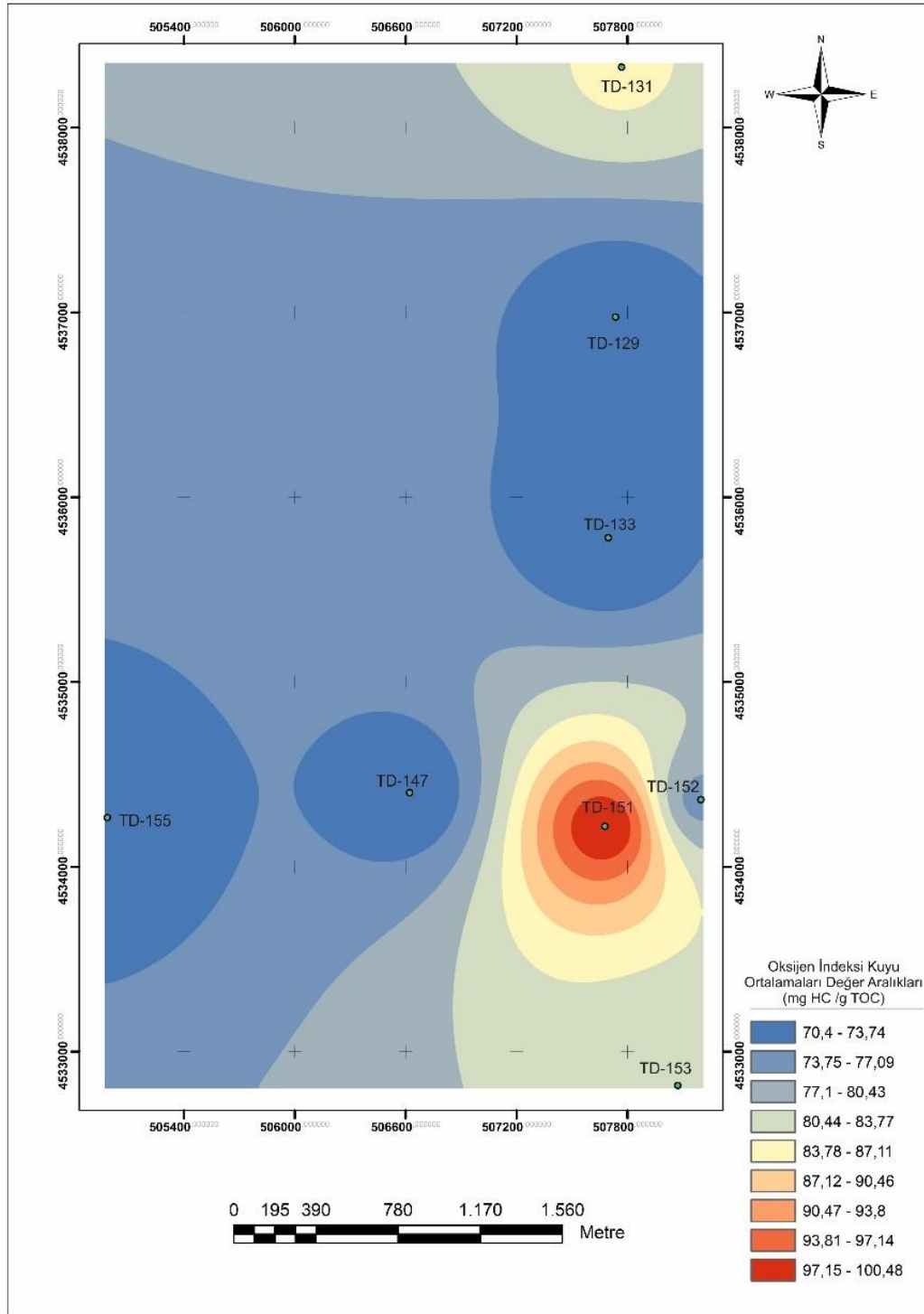


Şekil 4.13. İnceleme alanına ait HI-OI diyagramı

Kuyulardan alınan örneklerin ayrı ayrı ortalamaları alınarak HI ve OI değerleri hesaplanmıştır. Bu verilere göre her kuyu için ayrı ayrı ortalama değerler baz alınarak yoğunluk haritaları elde edilmiş ve çalışma alanındaki mekânsal değişimleri tahmin edilmiştir. Buna göre HI değerlerinin çalışma alanındaki değişimi incelendiğinde K-G kesit hattının tam ortasında yer alan TD-133 nolu kuyu en yüksek değeri gösterirken, en düşük değer çalışma alanının kuzeyinde yer alan TD-131 nolu kuyuda izlenmiştir (Şekil 4.14). Oksijen indeksi değerleri için de benzer işlemler yapılarak kuyu ortalamaları hesaplanmış olup, K-G ve D-B hattının kesişiminde yer alan TD-151 nolu kuyuda en yüksek değer, ikinci en yüksek değer çalışma alanının kuzeyinde yer alan TD-131 nolu kuyuda gözlenmiştir. Diğer değerler birbirine yakın olduğundan büyük bir değişimle karşılaşılmamıştır (Şekil 4.15).



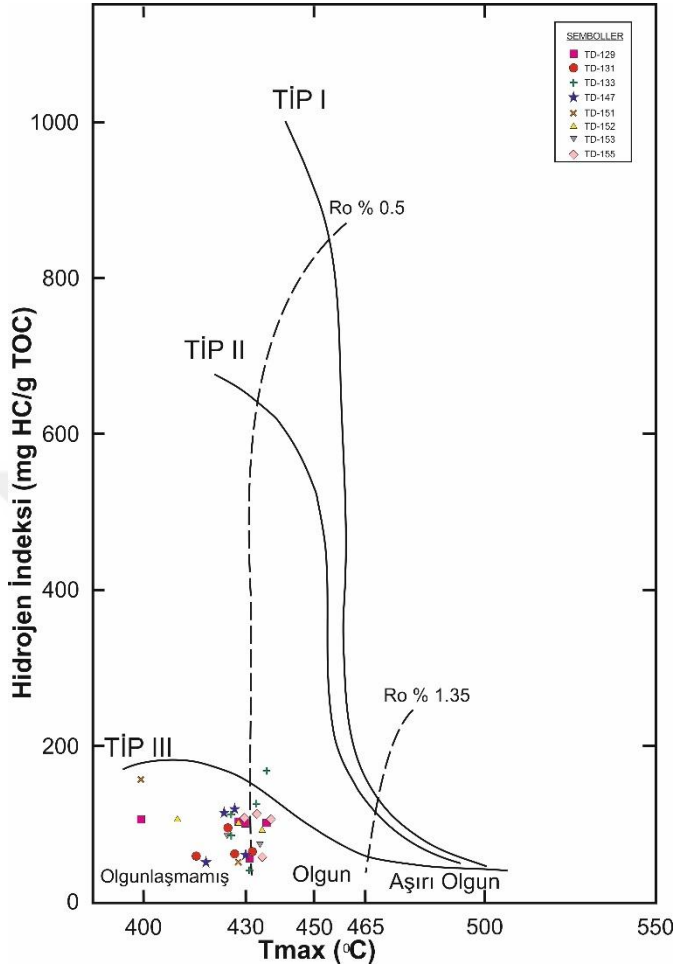
Şekil 4.14. İnceleme alanı Hidrojen İndeksi kuyu ortalama değerleri ile oluşturulan yoğunluk haritası



Şekil 4.15. İnceleme alanı Oksijen İndeksi kuyu ortalama değerleri ile oluşturulan yoğunluk haritası

S₂ pikinin maksimum olduğu andaki sıcaklık T_{max} olarak ifade edilir. HI ile T_{max} değerlerinin birlikte kullanıldığı HI-T_{max} diyagramı ile organik madde tipi tespit edilmektedir. Çalışma alanındaki örnekler için T_{max} değerleri 381-437 °C arasında

değişmektedir. Değerlerin büyük bir bölümü Tip III kerojen alanında yer aldığı diyagramdan tespit edilmiştir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. İnceleme alanına ait HI-T_{max} diyagramı

4.4.1.3. Organik madde olgunluğu

Organik madde olgunluğu, bir çökeltme havzasındaki basınç, sıcaklık, gömülme gibi faktörler ile ortaya çıkan fiziksel ve kimyasal değişimlerdir (Tissot ve Welte 1984). Organik maddenin olgunluğu T_{max}, PI (Üretim indeksi) değerleri ve HI-T_{max}, T_{max}-PI diyagramları kullanılarak belirlenmektedir. T_{max} değerleri ile olgunluk ilişkisi Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. T_{max} değerinin temsil ettiği olgunlaşma değerleri

T _{max}	Olgunlaşma Derecesi
< 435 °C	Olgunlaşmamış
435-445 °C	Erken-Orta Olgun
445-460 °C	Orta-İleri Olgun
> 460 °C	Aşırı Olgun

Bir diğer olgunluk belirleme yöntemi ise üretim indeksidir (PI). Bu değer derinlik, göç yoluyla gelen HC'ların etkisi gibi faktörler ile değişebileceği için T_{max} ile birlikte değerlendirilmesi daha doğru sonuçlar ortaya koyacaktır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. T_{max} ve PI değerlerine göre olgunlaşma dereceleri

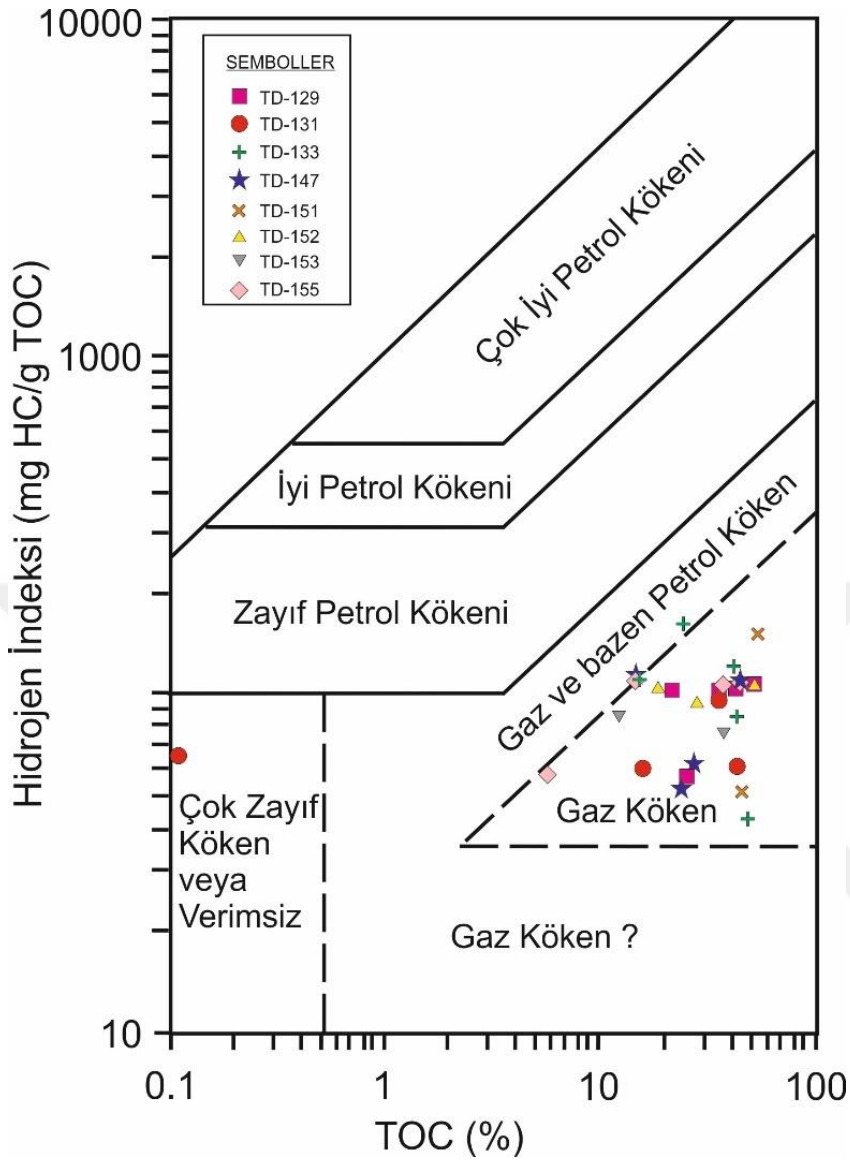
OLGUNLUK	T_{max}	PI
Olgunlaşmamış	< 435 °C	< 0,10
Erken Olgun	435-445 °C	0,10-0,15
Orta Olgun	445-450 °C	0,25-0,40
Olgun	450-470 °C	> 0,40
Aşırı Olgun	> 470 °C	-

Çalışma alanı T_{max} değerleri 381-437 °C arasında değişmekte olup ortalama 425,4 °C'dir. Üretim indeksi (PI) değerleri ise 0,01-0,08 arasında değişmektedir ve ortalama değer 0,02 olarak hesaplanmıştır. Bu iki veri organik madde olgunluk derecesinin olgunlaşmamış olduğunu göstermektedir. Kuyulardaki tüm örneklerin ayrı ayrı olarak ele alındığı HI- T_{max} diyagramında görüldüğü gibi örneklerin büyük bir kısmı olgunlaşmamış kısımda yer almakta, az bir kısmı ise olgun kısımda olduğu gözlenmektedir.

4.4.1.4. Kaynak kaya potansiyeli

Yapılan Rock Eval piroliz analizi sonucunda elde edilen S_1 ve S_2 değerlerinden yararlanılarak kaynak kaya hakkında bilgi sahibi olunabilir. Potansiyel ürün (PY) S_1 , S_2 değerlerinin toplamıdır. PY değeri 1 ton kayada bulunan hidrokarbon miktarının kilogram olarak ifade edilmesidir. Tissot ve Welte (1984)'ye göre PY değeri 2 kg/ton'dan daha az ise bu tür kayalar petrol ana kayası olamazlar, nadiren gaz türetme potansiyeli olan ana kaya olabilirler. Değer 2 ile 6 kg/ton arasında ise orta derecede petrol ana kayası olabilirken, değer 6 kg/ton'dan daha büyükse bu tür kayalar iyi derecede petrol ana kayası olabilirler.

İnceleme alanından alınan örneklerle yapılan analizler sonucunda PY değerleri hesaplanmıştır. Buna göre PY değerlerinin 3,54 ile 90,71 mg HC/g kaya arasında değişmekte olup, ortalama değer 31,3 mg HC/g kaya olarak belirlenmiştir. Bu değerler çalışma alanındaki kayanın iyi derecede petrol ana kayası olabileceğini göstermektedir. Kaynak kaya potansiyelini belirlemek için HI-TOC diyagramından faydalanılmıştır. Diyagrama numune sonuçları tek tek işlendiğinde çok büyük bir kısmının gaz köken olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. İnceleme alanına ait HI-TOC diyagramı

Peters ve Cassa (1994) tarafından yapılan sınıflama ile organik maddenin kaynak kaya potansiyelini, kerojen tipini ve olgunluğunu belirlenebilmektedir (Çizelge 4.5). Buna göre inceleme alanı örnek sonuçları incelendiğinde mükemmel kaynak kaya potansiyeline sahip, olgunlaşmamış ve Tip III kerojen olduğu ayrıca ürünün gaz oluşturabileceği sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.5. a) Olgunlaşmamış kaynak kayanın türetme potansiyeli (miktarı), b) kerojen tipi ve ürün kalitesi, c) ısısal olgunlaşma (Peters ve Cassa 1994; Ünal 2018)

Potansiyel (miktar)	TOC (%)	Rock-Eval (mg/g kaya)		Bitüm (ppm)	Hidrokarbon (ppm)
		S1	S2		
Zayıf	<0,5	<0,5	<2,5	<500	<300
Orta	0,5-1	0,5-1	2,5-5	500-1000	300-600
İyi	1-2	1-2	5-10	1000-2000	600-1200
Çok iyi	2-4	2-4	10-20	2000-4000	1200-2400
Mükemmel	>4	>4	>20	>4000	>2400

a)

Kerojen (kalite)	HI (mg HC/g TOC)	S ₂ /S ₃	Atomik H/C	Ana Ürün
I	>600	>15	>1,5	Petrol
II	300-600	10-15	1,2-1,5	Petrol
II/III	200-300	5-10	1-1,2	Petrol/gaz
III	50-200	1-5	0,7-1	Gaz
IV	<50	<1	<0,7	-

b)

Olgunluk	Olgunlaşma			Üretim		
	Ro (%)	T _{max} (°C)	TAI	Bitüm/TOC	Bitüm (mg/g kaya)	PI (S ₁ /S ₁ +S ₂)
Olgunlaşmamış	0,20-0,60	<435	1,5-2,6	< 0,05	<50	<0,10
Erken Olgun	0,60-0,65	435-445	2,6-2,7	0,05-0,10	50-100	0,10-0,15
Olgun	0,65-0,90	445-450	2,6-2,7	0,15-0,25	150-250	0,25-0,40
İleri Olgun	0,90-1,35	445-470	2,9-3,3	-	-	>0,40
Aşırı olgun	>1,35	>470	>3,3	-	-	-

c)

4.4.1.5. Organik fasiyes incelemeleri

İnceleme alanından alınan örneklerle yapılan analizlerle elde edilen HI ve OI değerleri çalışma alanındaki egemen organik fasiyesin belirlenmesi için kullanılmıştır. Jones (1987) sınıflamasına göre HI değerleri baz alındığında organik fasiyesin CD, OI değerleri baz alındığında ise organik fasiyesin C olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Ancak örnekler tek tek incelendiğinde 29 numuneden sadece 3 tanesinin C organik fasiyesi olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle Jones (1987) sınıflamasına göre egemen organik fasiyes CD olduğu sonucuna varılmaktadır. CD organik fasiyesi okside olmuş, taşınmış organik maddeyi işaret etmektedir.

Bir diğer sınıflama ise Baskin (1997) tarafından yapılmıştır. Bu sınıflamaya göre ise egemen organik madde C organik fasiyesi olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Baskin (1997)'ye göre C organik fasiyesi hümit organik madde olup, gaz türetme potansiyeli taşımaktadır.

Altunsoy ve Özçelik (1993)'e göre CD organik fasiyesi kalıntı ve oksidasyona uğramış karasal organik madde içerirler. Az miktarda gaz oluşturabilen organik fasiyestir.

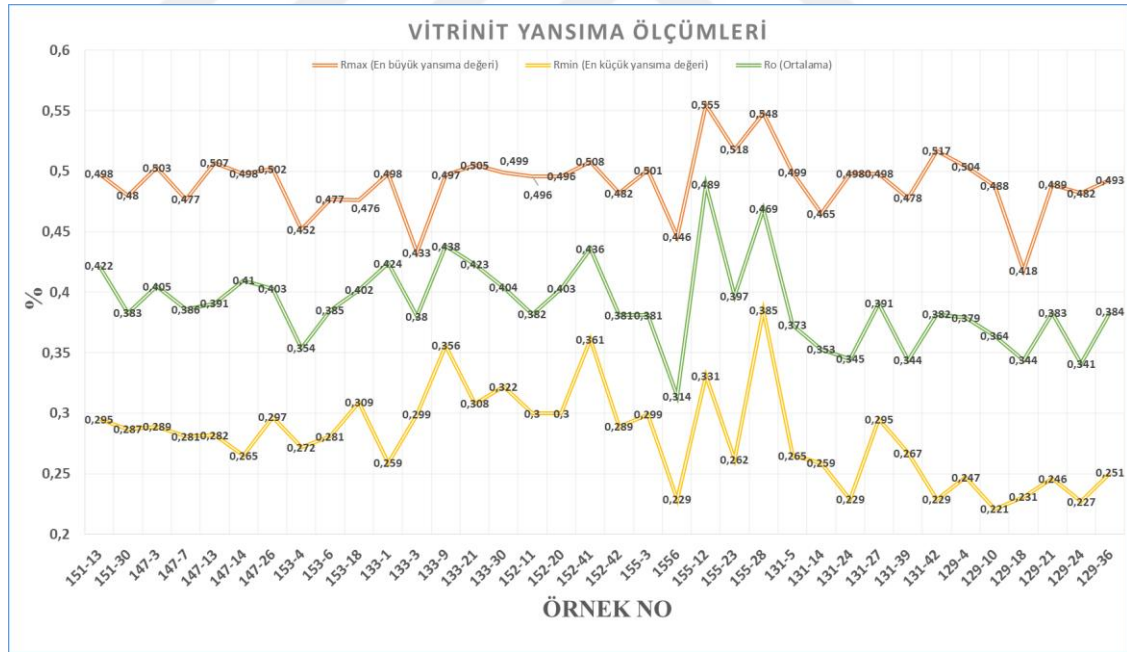
4.4.2. Vitrit yansıma ölçümleri

Vitrit/Hümit yansıma değeri kömürleşme derecesinin belirlenmesinde kullanılan önemli bir kriterdir. Kömürdeki Vitrit/Hümit maseral grupları bitkilerin gövde kısmından oluşmaktadır. Maseraller, gömülmenin artışına bağlı olarak ışıltı yansıma özelliği de artar. Aynı zamanda meydana gelen ısı artışı ile organik maddenin aromatikliği de artar. H/C oranı farklı kerojenlerde aynı değeri verebilir ancak farklı vitrit yansıma değerini taşır. Bunun nedeni vitrit yansıma değerinin termal stresle alakası olmasıdır. Vitrit yansımanın % 0,6'lık değeri birçok kaynak kaya petrol penceresinin başlangıç değeri olarak kabul edilmektedir (Dow 1977; Peters 1986; Hökerek 2015). Artan sıcaklık ile kerojenin yapısında meydana gelen kimyasal değişim yansımanın derecesinin artmasına neden olduğundan, yansıma değeri ölçümleri sonucu elde edilen % Ro değeri organik maddenin olgunlaşma parametresi olarak kullanılmaktadır (Stach vd. 1982; Ünal, 2018).

Malkara kömürlerinden alınan toplam 36 numuneye TS ISO 7404-2 standartlarına göre Maden Tetkik ve Arama Enstitüsünde vitrit yansıma analizi yapılmıştır. Her örnek için Vitrit yansıması analizi sonucu elde edilen en yüksek değer (R_{max}), en düşük değer (R_{min}) ve ortalama değer (Ro) Çizelge 4.6'da verilmiştir. Şekil 4.18'de Malkara kömür örneklerinin R_{max} , R_{min} ve Ro değerlerinin grafiksel gösterimi yer almaktadır. Bu grafiğe göre; en büyük vitrit yansıma değerleri (R_{max}) % 0,418-0,555 arasında, en küçük vitrit yansıma değerlerinin (R_{min}) ise % 0,221-0,385 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Ortalama yansıma değeri (Ro) ise % 0,314-0,489 aralığında değer vermektedir. Bu sonuçlara göre Malkara kömürleri ASTM (1983) sınıflamasına göre Linyit-Alt bitüm, Alman DIN sınıflamasına göre yumuşak mat-parlak linyit olarak belirlenmiştir. Vitrit yansıma değerleri olgunlaşmamış organik maddeyi göstermekte olup, bu sonuç Rock-Eval piroliz analiz sonuçları ile örtüşmektedir.

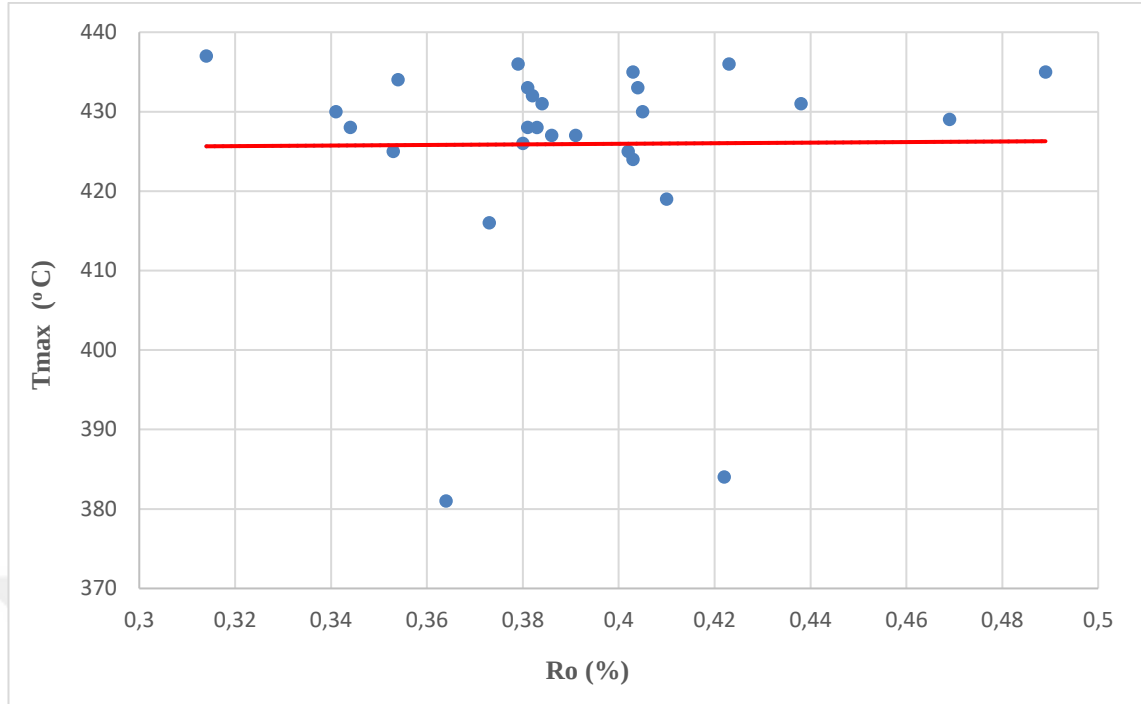
Çizelge 4.6. Kömür örneklerine ait kuyuların Vitrit/Hüminit yansıma değeri ortalamaları

Kuyu No	Maksimum Yansıma Değeri (Rmax) (%)	Minimum Yansıma Değeri (Rmin) (%)	Ortalama Yansıma Değeri (Ro) (%)
TD-151	0,489	0,291	0,403
TD-147	0,497	0,283	0,399
TD-153	0,468	0,287	0,380
TD-133	0,486	0,309	0,414
TD-152	0,496	0,313	0,401
TD-155	0,514	0,301	0,410
TD-131	0,493	0,257	0,365
TD-129	0,479	0,237	0,366



Şekil 4.18. Kömür örneklerinin Rmax, Rmin ve Ro değerlerine ait grafiksel gösterim

T_{max} değerinin Ro ile değişimi Şekil 4.19’da verilmiştir. Yansıma değerleri sıcaklıkla orantılı olarak artış gösterdiği eğrinin eğiminin düze yakın oluşundan çıkarılabilir. Dört değer dışında T_{max} değerleri 420-440°C arasında yoğunlaşmıştır. Bu örneklerin yansıma değer ortalamalarının (Ro) büyük bir kısmının ise % 0,36-0,42 arasında yer aldığı gözlenmektedir.



Şekil 4.19. Ro değerlerinin T_{max} değerleri ile olan ilişkisi

4.5. İnorganik Jeokimyasal ve Petrografik Analizler

4.5.1. Kömür ve kömürlü birimlerin mineralojisi (XRD analizleri)

Bu çalışma kapsamında Tekirdağ-Malkara kömür sahasından alınan kömür, tavan, taban ve ara kesme örneklerine X-Işınları Difraktometesi (XRD) çekimleri yapılmıştır. İnceleme alanından alınan 18 örneğe tüm kaya, 25 örneğe de kil fraksiyonunu belirlemek amacıyla çekim işlemleri gerçekleştirilmiştir. Analizler TPAO Araştırma Merkezi Laboratuvarında yapılmıştır.

Analiz sonuçları organik ve inorganik materyaller olmak üzere iki kısımda değerlendirilmiştir. Organik kısmı oluşturan kömür örnekleri toplam 16 adet olup bunların tümüne tüm kaya, 10 tanesine de kil fraksiyonu çekimi analizi yapılmıştır (Çizelge 4.7). Tavan, taban ve ara kesmeden alınan toplam 9 inorganik örneğe tüm kaya, bunların 8'ine de kil fraksiyonu çekim işlemi yapılmıştır (Çizelge 4.8). Her iki örnek türünde de benzer mineral tanımlamalarına rastlanılmıştır. Bu durum çökeltme sırasında ortama kırıntılı malzemelerin gelmeye devam ettiğini göstermektedir.

Yarı nicel olarak değerlendirilen örneklerde kuvars, kalsit, kil mineralleri, dolomit, aragonit, feldispat grubu mineraller, plajiyoklaz grubu mineraller, ankerit, pirit, mika ve amorf malzeme olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra kil minerallerinin de oldukça bol miktarda bulunduğu gözlenmiştir. Karbonat grubu minerallerinden kalsitin dolomit ve aragonite göre daha çok bulunması kalsitin kömürün ana karbonat minerali olduğunu kanıtlar niteliktedir. Aragonit, dolomite oranla daha fazla bulunmaktadır.

Analizi yapılan örneklerde en bol kuvars minerali bulunmaktadır. Bu duruma hem kömür hem de inorganik örneklerde rastlanılmaktadır. Kuvarsın her seviyedeki örnekte

bu denli fazla bulunması çökelme sırasında her dönemde sahaya detritik malzeme girişini işaret etmektedir. Kuvars ve kalsit kadar olmasa da her seviyede rastlanan bir diğer mineral de pirittir. Piritin diyajenez evresinde gömülme ve kömürleşme esnasında çoğunlukla sinjenetik olarak oluştuğu yorumu yapılabilir. Fedispat hemen hemen her seviyede ve az miktarda bulunmaktadır. Plajiyoklazın ise hem az miktarda hem de çok nadir bulunduğu tespit edilmiştir. Ortamda bu iki mineralin az miktarda bulunması kömür oluşumu sırasında volkanik malzeme girişinin olmadığını göstermektedir. Mika grubu minerallerinin varlığı da miktar olarak orta seviyede olup, K-feldispatların ayrışması ile oluştuğu yorumu yapılabilir. Bunun yanı sıra ankeritin de her seviyede ve az miktarda bulunduğu tespit edilmiştir.

Kil fraksiyonunda da tüm kayada olduğu gibi hem kömür hem de inorganik örneklerde benzer mineral çeşidi ve bolluğu gözlenmektedir. Baskın kil minerallerinin smektit ve illit olduğu, smektitin diğer kil minerallerinden fazla olduğu belirlenmiştir. Çok az örnek seviyesinde klorite rastlanılmıştır. Kloritin sadece birkaç örnekte olması dışarıdan taşındığının bir göstergesidir. Smektitin miktarca çok fazla olması illite dönüşmediğini gösterir. Bu da inceleme alanındaki kömürün olgunlaşmamış-erken olgun olduğunu gösterir. Smektitin kaolinit ve klorit ile birlikte bulunması sıcak ve yarı kuru iklimlerdeki feldispat alterasyonunu işaret etmektedir (Koca 2011; Ünal 2018).

Çizelge 4.7. Malkara kömürlerinin tüm kaya ve kil bileşenleri

Örnek No	Kil Grubu Mineraller				TKM	Q	Ank	P	Kal	Mika	Arg	D	Felds	Plj
	Kln	İ	Sm	Kl										
152-20	+	+	+++		****	**	*	**	**		*	*		
152-42	+	+	++		****	****	*	**	*	*	*			
133-21	+	+	+++		****	****	*	**	**	*	*	*	*	*
133-30	+	+	++		****	****		**	*	*	*		*	
129-18						****		**	**	*	*	*	*	
129-36						****	**	**	**				*	*
147-14	+	+	++		****	****	*	**	**	*	*		*	*
147-26						****		**	**	**			*	
153-6	+	+	++		****	****	*	**	**	*			*	
153-18						****	*	*	*	*	*		*	
151-13		+	+++		**	*	*		*	*		*	*	
151-30						****		*	**	*			*	*
155-12						****	*	**	**	*	*	*	*	*
155-28	+	++	++		**	****		****	**	*			*	*
131-27		+	++	+	****	****	*	**	****	*		*	*	
131-39		+	+++		****	**		**	****	**			*	
Kln (Kaolinit), İ (İllit), Sm (Smektit), Kl (Klorit), TKM (Toplam Kil Miktarı), Q (Kuars), Ank (Ankerit), P (Pirit), Kal (Kalsit), Arg (Aragonit), D (Dolomit), Felds (Feldispat), Plj (Plajiyoklaz), “+”, “*” Minerallerin nispi bollukları														

Çizelge 4.8. Malkara kömürlü birimlerinin tavan, taban ve ara kesme örneklerine ait tüm kaya ve kil bileşenleri

Örnek No	Kil Grubu Mineraller				TKM	Q	Ank	P	Kal	Mika	Arg	D	Felds	Plj
	Kln	İ	Sm	Kl										
152-19		+	+	++	*	***	*	**	**	*	*	*		
133-23	+	+	++		***	***	*	*	**		*			
129-19	+	+	++		***	**	*	*	**	*	*		*	
147-15	+	+	++		***	***	*	*	**	*	*	*	*	
153-7		+	++	+	***	**	*	*	*	**	*		*	*
151-12	+	+	++		**	**	*	*	**	*	*		*	
151-14						***	*	**	***	*	*	*	*	
155-13	+	+	+		**	**	*	*	***	*	*			
131-38	+	+	++		***	**	*	*	**	**	*		*	
Kln (Kaolinit), İ (İllit), Sm (Smektit), Kl (Klorit), TKM (Toplam Kil Miktarı), Q (Kuars), Ank (Ankerit), P (Pirit), Kal (Kalsit), Arg (Aragonit), D (Dolomit), Felds (Feldispat), Plj (Plajiyoklaz), “+”, “*” Minerallerin nispi bollukları														

4.5.2. Ana – eser element analizleri

Çalışma sahasından alınan 54 örneğe majör – eser element analizi yapılmıştır. Örnek seçiminin kömürlü birim, kömürlü birimin tavan, taban ve ara kesmelerinden olmasına özen gösterilmiştir. Yapılan analiz sonucunda elde edilen değerler doğrultusunda her element için en düşük konsantrasyon değeri (minimum değeri), en yüksek konsantrasyon değeri (maksimum değeri) ve elemente ait tüm kuyu örneklerinin aritmetik ortalama değerleri tespit edilmiştir. Ardından bu değerler Çizelge 4.9'dan da izlenebileceği gibi Dünya kömürleri, Türkiye kömürleri, ABD kömürleri, Çin kömürleri, Linyit ve Üst Kıtasal Kabul ortalama değerleri ile karşılaştırılmıştır. Majör ve eser elementlerin birbiri ile kıyaslanabilmesi için istatistik yöntemler kullanılarak korelasyon matrisi oluşturulmuştur. Korelasyon matrisi elde edilmesinin ardından pearson korelasyon katsayıları elde edilmiştir. Korelasyon hassasiyetinin % 95 oluşu % 5 olasılıkta, % 99 oluşu ise % 1 olasılıkta geçersiz olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.9. Örneklerle ait minimum, maksimum, ortalama değerler ve Dünya kömürleri, Üst kıtasal kabuk, Türkiye, Amerika ve Çin ortalama konsantrasyonları (^a Ketris ve Yudovich (2009), ^b Palmer vd (2004), ^c Finkelman (1993), ^d Dai vd (2007,2008,2012), ^e Rudnick ve Gao (2003), ^f Valkovic (1983), * (%) olarak ifade edilmiştir)

Element ppm	Kuyu No								Malkara Linyitleri			UCC ^a	Dünya ^b	Dünya Linyit ^b	Türkiye ^d	ABD ^e	Çin ^f
	151	147	153	133	152	155	131	129	Min.	Max.	Ort.						
Si*	13,71	12,20	14,93	10,81	9,20	8,22	7,74	8,03	0,16	19,49	10,09	31,1	- ^c	-	5,1	2,4	3,96
Al*	20,76	4,78	5,88	3,49	3,69	3,61	3,82	3,37	0,19	33,40	5,26	8,15	1 ^c	-	2,1	1,5	3,16
Fe*	3,06	4,63	4,28	2,61	2,49	3,60	2,38	2,50	0,52	6,10	3,17	3,92	1 ^c	-	2,3	1,3	3,39
Mg*	1,59	1,46	1,86	1,05	1,19	1,09	0,79	1,12	0,28	2,19	1,22	1,5	0,02 ^c	-	0,5	0,11	0,13
Ca*	0,86	1,03	1,44	0,85	1,34	1,55	0,95	2,44	0,55	6,65	1,41	2,57	1 ^c	-	1,8	0,46	0,88
Na*	0,31	0,39	0,44	0,73	0,29	0,40	0,50	0,55	0,10	0,96	0,46	2,43	0,02 ^c	-	0,1	0,08	0,12
K*	1,14	0,95	1,35	0,68	0,66	0,74	0,47	0,59	0,01	1,95	0,77	2,32	0,01 ^c	-	0,3	0,18	0,16
Ti*	0,28	0,23	0,29	0,21	0,21	0,18	0,18	0,16	0,02	0,38	0,21	0,38	0,05 ^c	-	0,1	0,08	0,2
P*	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,08	-	0,32	0,03	0,07	- ^c	-	-	0,04	0,04
Mn*	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	-	0,05	0,02	0,08	0,05 ^c	-	-	0,05	0,01
Cr*	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,00	0,06	0,01	0,01	- ^c	-	-	-	-
TOT C*	24,99	25,12	20,16	32,70	33,74	33,96	37,44	35,03	10,12	55,85	31,28	-	-	-	-	-	-
TOT S*	0,68	3,39	1,06	1,53	1,33	2,66	1,60	1,57	-	7,01	1,88	-	-	-	-	-	-
Be	1,50	2,50	2,50	4,00	2,00	2,75	3,67	2,25	-	7,00	2,68	2,1	1,6	1,2	1,3	2,2	2,1
Sc	13,00	12,00	15,50	11,00	11,00	8,75	10,00	7,60	-	21,00	10,56	14	3,9	4,1	4,8	4,2	4,38
V	113,50	123,75	150,50	135,00	126,67	90,00	102,00	76,00	8,00	212,00	109,77	97	25	22	65	22	35,1
Co	15,50	20,95	25,05	17,73	16,67	14,78	12,20	9,54	5,30	31,00	15,83	17,3	5,1	4,2	10	6,1	7,08
Ni	224,00	145,25	219,00	105,33	83,00	87,50	93,50	92,20	-	257,00	116,92	47	13	9	150	14	13,7
Cu	27,85	36,75	42,10	30,77	55,50	38,10	33,13	31,28	1,50	109,60	36,69	28	16	15	20	16	17,5

Çizelge 4.9'un devamı

Zn	50,50	51,50	65,50	33,33	39,33	32,25	34,67	35,60	2,00	77,00	41,04	67	23	18	40	53	41,4
Ga	12,60	10,80	12,10	20,10	5,27	7,83	7,73	6,20	0,70	41,50	9,78	17,5	5,8	5,5	5,8	5,7	6,55
As	3,15	11,10	14,35	7,97	5,93	6,18	9,13	11,52	0,80	24,50	8,88	4,8	8,3	7,6	65	24	3,79
Se	0,50	1,10	6,00	1,40	1,70	1,15	1,40	1,58	-	6,00	1,64	0,09	1,3	1	-	2,8	2,47
Rb	67,80	67,70	88,45	44,17	39,77	48,25	37,47	44,22	0,20	125,80	52,37	84	14	10	25	21	9,25
Sr	381,5	336,4	252,8	348,4	439,7	371,6	265,9	373,9	193,80	615,30	351,25	320	110	120	210	130	140
Y	14,90	14,93	19,15	15,30	12,43	11,68	15,30	18,58	5,40	28,00	15,25	21	8,4	8,6	8,3	8,5	18,2
Zr	87,25	81,05	68,95	232,7	55,87	44,28	58,53	61,56	13,60	495,10	83,18	193	36	35	-	27	89,5
Nb	5,80	6,20	7,00	5,57	2,87	3,63	3,27	3,66	0,40	10,50	4,55	12	3,7	3,3	4	2,9	9,44
Mo	0,55	1,93	1,10	1,17	0,97	1,13	2,10	2,46	-	4,50	1,56	1,1	2,2	2,2	9,8	3,3	3,08
Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53*	0,1	0,1	-	-	-
Cd	0,15	0,20	0,20	0,23	0,17	0,20	0,25	0,20		0,40	0,20	0,09	0,22	0,2	-	0,47	0,25
Sn	3,00	2,00	1,50	1,50	1,00	1,50	1,00	1,00	-	3,00	1,50	2,1	1,1	0,8	-	1,3	2,11
Sb	0,20	0,35	0,50	0,83	0,23	0,45	0,20	0,38	-	2,00	0,40	0,4	0,92	0,8	2,7	1,2	0,84
Cs	3,95	4,10	5,85	5,20	2,27	3,60	2,27	3,20	-	7,90	3,62	4,9	1	1	4,9	1,1	1,13
Ba	310,5	228,7	276,5	234,7	268,0	215,3	249,0	291,8	120,00	436,00	256,31	624	150	150	130	170	159
La	18,45	15,28	19,00	10,90	11,63	11,43	13,27	14,06	1,70	26,80	13,82	31	11	10	-	12	22,5
Ce	34,80	29,15	38,05	21,13	22,87	22,43	23,23	26,84	3,50	50,60	26,46	63	23	22	-	21	46,7
Pr	4,01	3,40	4,39	2,58	2,81	2,55	2,80	3,23	0,49	5,77	3,13	7,1	3,5	3,5	-	-2,4	6,42
Nd	15,35	13,38	17,55	10,43	11,40	9,98	10,70	12,66	2,20	21,90	12,31	27	12	11	-	9,5	22,3
Sm	2,94	2,53	3,39	2,07	2,33	2,09	2,24	2,68	0,68	4,40	2,48	4,7	2	1,9	-	1,7	4,07
Eu	0,68	0,60	0,79	0,55	0,62	0,50	0,53	0,69	0,23	1,02	0,61	1	0,47	0,5	-	0,4	0,84
Gd	2,93	2,67	3,51	2,29	2,41	2,09	2,23	2,99	0,94	4,49	2,60	4	2,7	2,6	-	-1,8	4,65
Tb	0,46	0,41	0,55	0,39	0,37	0,33	0,34	0,47	0,14	0,70	0,41	0,7	0,32	0,3	-	0,3	0,62
Dy	2,60	2,55	3,42	2,56	2,29	2,07	2,21	3,00	0,85	4,56	2,56	3,9	2,1	2	-	1,9	3,74

Çizelge 4.9'un devamı

Ho	0,55	0,56	0,70	0,57	0,46	0,43	0,49	0,66	0,20	0,98	0,55	0,83	0,54	0,5	-	-0,35	0,96
Er	1,72	1,65	2,05	1,82	1,36	1,25	1,48	1,90	0,55	2,87	1,64	2,3	0,93	0,9	-	-1	1,79
Tm	0,24	0,23	0,30	0,27	0,19	0,18	0,20	0,27	0,08	0,41	0,23	0,3	0,31	0,3	-	-0,15	0,64
Yb	1,59	1,51	1,90	1,71	1,22	1,20	1,36	1,73	0,52	2,68	1,51	2	1	1	-	0,95	2,08
Lu	0,26	0,25	0,29	0,28	0,20	0,19	0,20	0,28	0,08	0,44	0,24	0,31	0,2	0,2	-	-0,14	0,38
Hf	2,30	1,90	1,95	3,03	1,47	1,28	1,47	1,54	0,30	3,60	1,80	5,3	1,2	1,2	-	0,73	3,71
Ta	0,45	0,35	0,55	0,37	0,20	0,33	0,25	0,20	-	0,60	0,32	0,9	0,28	0,3	-	0,22	0,62
W	43,05	31,35	23,30	103,2	45,90	24,38	69,17	21,40	7,10	226,00	42,98	1,9	1,1	1,2	-	1	1,08
Au**	2,35	2,15	1,85	1,90	2,10	1,47	0,60	1,10	-	2,70	1,81	1,5	3,7	3	-	-	-
Hg	0,07	0,11	0,11	0,09	0,06	0,06	0,05	0,09	0,02	0,31	0,08	0,05	0,1	0,1	0,1	0,17	0,16
Tl	0,10	0,23	0,20	0,10	0,10	0,15	0,30	0,20	-	0,50	0,18	0,9	0,63	0,7	-	1,2	0,47
Pb	15,00	10,50	14,90	8,80	8,00	7,30	9,53	10,50	1,80	19,20	10,10	17	7,8	6,6	9,3	11	15,1
Bi	0,25	0,28	0,30	0,30	0,20	0,18	0,35	0,33	-	0,50	0,26	0,16	0,97	0,8	-	(<1)	0,79
Th	9,05	6,83	7,65	5,00	4,70	4,70	5,73	6,50	0,40	10,70	6,09	10,5	3,3	3,3	-	3,2	5,84
U	2,75	4,70	5,80	5,00	2,50	3,40	2,97	5,24	0,20	8,30	4,12	2,7	2,4	2,9	13	2,1	2,43

Tüm örnekler için yapılan element ortalama konsantrasyonlarının farklı örnek ortalamalarına göre karşılaştırılması yapılmıştır. Çizelge 4.10'da yer alan bu tabloya göre karşılaştırma sonucu o değere göre yüksek çıkan element işaretlenmiştir.

Çalışma alanına ait elementlerin büyük bir kısmı Dünya ortalamasının üstündedir. Dünya ortalama değerinin altında kalan elementler sıralanacak olunursa; Mn, Mo, Ag, Hg, Pb, Pr, Gd, Tm, Au, Hg, Tl, Bi'dur. Bu elementlerden Mn, Mo, Pb, Hg çevresel açıdan duyarlı elementlerdir ve sınır ortalamasının altında kalmıştır. Geri kalan tüm çevresel açıdan duyarlı elementlerin Dünya kömür ortalamasına göre sınır değer üstünde kaldığı gözlenmiştir.

Üst kıtasal kabuk (UCC) ortalamasına göre yüksek olan elementler; Be, V, Ni, Cu, As, Se, Sr, Mo, Cd, W, Au, Hg, Bi, U olarak belirlenmiştir. Bu elementlerden en tehlikeli olan Grup 1'deki (Cr, As, Cd, Hg, Se) Cr dışındaki tüm elementler ortalamanın üstünde değer göstermiştir. Cr ise üst kıtasal kabuk ortalamasıyla eşit değer sunmuştur. Grup 2A elementlerinden Mo ve Ni, Grup 2B elementlerinden Be, Cu, U, V üst kıtasal kabuğa göre yüksek değerler sunarken, Grup 3'den de sadece Sb üst kıtasal ortalamasıyla aynı değere sahiptir.

Türkiye ortalamasına göre yüksek konsantrasyon değerine sahip olan elementler Si, Al, Fe, Mg, Na, K, Ti, Be, Sc, V, Co, Ni, Cu, Ga, Rb, Sr, Y, Nb, Ba, Pb olarak tespit edilmiştir. Grup 1 elementlerinden hiçbirisi sınır değer üstünde değildir. Grup 2A elementlerinden Pb ve Ni, Grup 2B elementlerinden Be, Cu, V, Grup 3 elementlerinden de Ba, Co, Ti sınır değer üstünde konsantrasyon gösteren elementler olarak belirlenmiştir.

ABD kömür ortalama değerlerinin çoğundan çalışma alanı değerleri yüksek çıkmıştır. Ortalamanın altında kalan elementler; Fe, P, As, Mo, Cd, Sn, Sb, Ag, Au, Hg, Tl olarak belirlenmiştir. Çevreye duyarlı elementler açısından incelendiğinde Grup 1 elementlerinden sadece Se sınır değer üstünde kalmıştır. Grup 2A'dan Pb, Mn, Ni elementleri, Grup 2B'den Be, Cu, V, Zn, Th, U elementleri, Grup 3'den ise Ba, Co, Ti elementleri sınır değer üstünde konsantrasyona sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çin kömürlerine ait değerlerin üstünde kalan elementler; Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti, Be, Sc, V, Co, Ni, Cu, Ga, As, Se, Rb, Sr, Sn, Cs, Ba, W, Th, U olarak sıralanabilir. Grup 1'den Se ve As sınır değer üstünde kalmıştır. Grup 2A elementlerinden Ni, Grup 2B elementlerinden Be, V, Cu, Th, U, Grup 3 elementlerinden ise Ba, Sn ve Co sınır değer üstünde konsantrasyona sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.10. Kömür örneklerinin ortalama değerlerinin Dünya kömürleri, Üst kıtasal kabuk, Türkiye, Amerika, Linyit (Dünya) ve Çin ortalamalarına göre kıyaslanması (✓; Yüksek çıkan değerler, *; %, **;ppb olarak temsil etmektedir)

Element	UCC	Dünya	Dünya Linyitleri	Türkiye	ABD	Çin	Element	UCC	Dünya	Dünya Linyitleri	Türkiye	ABD	Çin
Si*				✓	✓	✓	Sb						
Al*		✓		✓	✓	✓	Cs		✓	✓		✓	✓
Fe*		✓				✓	Ba		✓	✓	✓	✓	✓
Mg*		✓		✓	✓	✓	La		✓	✓		✓	
Ca*		✓			✓	✓	Ce		✓	✓		✓	
Na*		✓		✓	✓	✓	Pr					✓	
K*		✓		✓	✓	✓	Nd		✓	✓		✓	
Ti*		✓		✓	✓	✓	Sm		✓	✓		✓	
P*							Eu		✓	✓		✓	
Mn*					✓		Gd					✓	
Cr*							Tb		✓	✓		✓	
Be	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Dy		✓	✓		✓	
Sc		✓	✓	✓	✓	✓	Ho		✓	✓		✓	
V	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Er		✓	✓		✓	
Co		✓	✓	✓	✓	✓	Tm					✓	
Ni	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Yb			✓		✓	
Cu	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Lu		✓	✓		✓	
Zn		✓			✓		Hf		✓	✓		✓	
Ga		✓	✓	✓	✓	✓	Ta		✓	✓		✓	
As			✓			✓	W	✓	✓	✓		✓	✓
Se		✓	✓			✓	Au**	✓					
Rb		✓	✓	✓	✓	✓	Hg	✓					
Sr	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Tl						
Y		✓	✓	✓	✓		Pb		✓	✓	✓	✓	
Zr		✓	✓				Bi	✓					
Nb		✓	✓	✓	✓		Th		✓	✓		✓	✓
Mo	✓						U	✓	✓	✓		✓	✓
Ag													
Cd													
Sn		✓	✓			✓							

4.5.2.1. Kömür örnekleri ana element analiz sonuçlarının değerlendirilmesi

Çalışma alanından alınan kömür örneklerinin ana element içeriklerinin ortalama değerleri Si, Al, Fe, Mg ve Ca elementleri dışında % 1'in altındadır. Tüm ana elementler üst kıtasal kabuğun altında konsantrasyon sunmuştur. Sadece Cr elementi üstkıtasal kabukla aynı konsantrasyondadır. Ancak Dünya, Türkiye, Amerika ve Çin kömürlerinin içerdiği ana element miktarlarıyla karşılaştırıldığında, çalışma alanındaki kömürlerin genel olarak daha yüksek ana element içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışma sahasındaki kömür örneklerinin ana element değerleri (Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti, P,

Mn, Cr) istatistiksel analiz ile yorumlanmıştır. Kömürlerinin ana element Pearson korelasyon matris değerleri Çizelge 4.11’de verilmiştir.

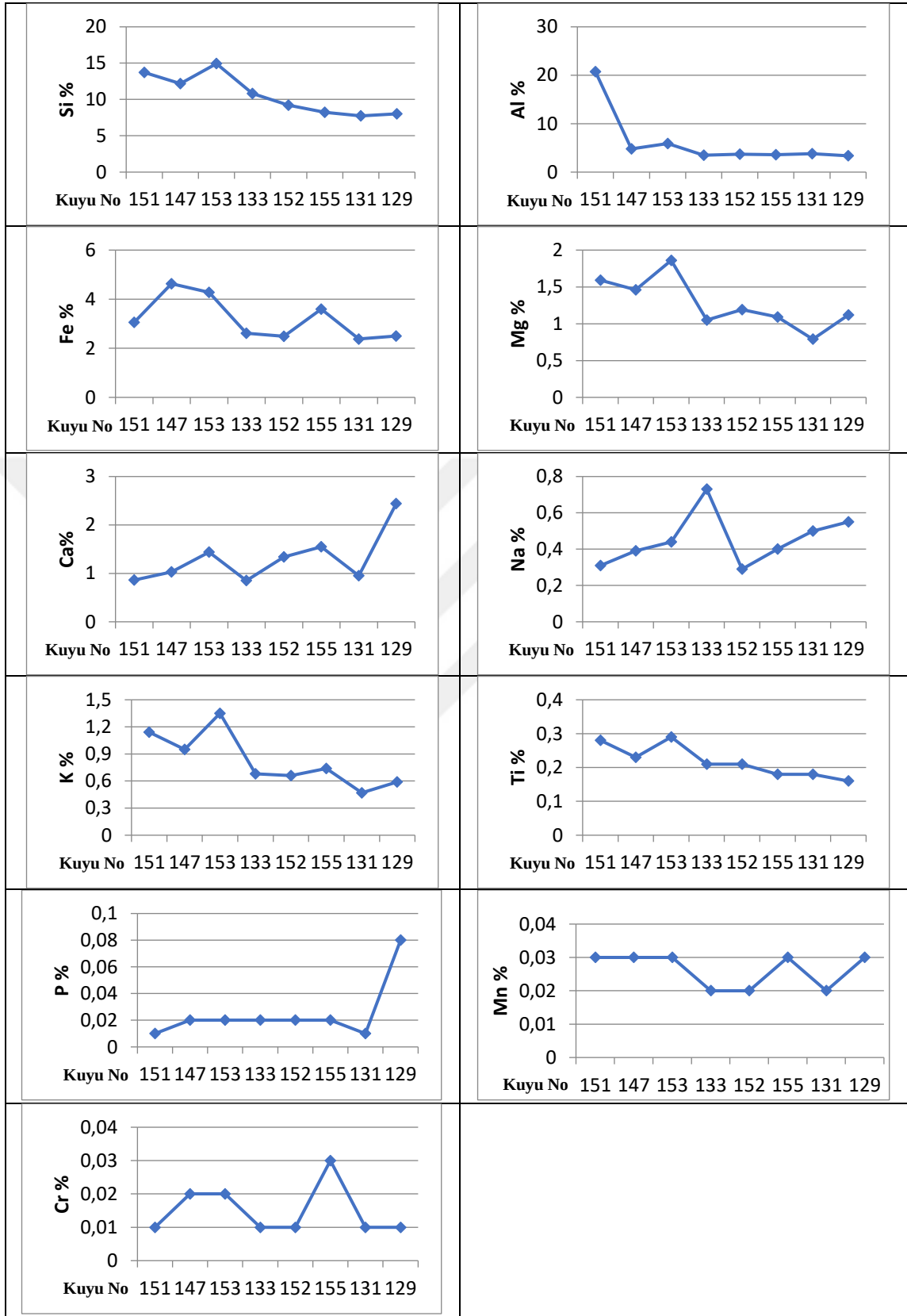
Çizelge 4.11. Çalışma alanı kömürlerinin ana element korelasyon matris değerleri

	Si	Al	Fe	Mg	Ca	Na	K	Ti	P	Mn	Cr	TOT/C	TOT/S	TOC
Si	1	,831**	,618**	,895**	-0,199	0,177	,919**	,968**	0,348	,543**	,634**	-,977**	-0,2	-0,3
Al		1	,388*	,759**	-0,207	0,054	,718**	,864**	0,172	0,3	0,383	-,812**	-0,194	-0,095
Fe			1	,587**	-0,072	-0,148	,660**	,575**	0,21	,684**	,662**	-,697**	,511**	-0,303
Mg				1	0,054	-0,059	,920**	,848**	,441*	,654**	,525**	-,911**	0,999	-,438*
Ca					1	0,036	-0,129	-0,178	0,362	0,283	-0,031	0,11	0,182	-0,297
Na						1	-0,024	0,16	0,24	-0,164	0,01	-0,11	0,053	0,012
K							1	,873**	,516**	,631**	,669**	-,902**	0,061	-0,379
Ti								1	0,308	,507**	,547**	-,956**	-0,243	-0,25
P									1	,452*	0,31	-0,367	0,156	-,582**
Mn										1	,494*	-,647**	0,334	-,403*
Cr											1	-,662**	0,286	-,521**
TOT/C												1	-0,075	0,361
TOT/S													1	-0,077
TOC														1

** Korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlıdır,

* Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır,

Çalışma alanına ait kömür örneklerinin Si değerlerinin ortalaması Türkiye, Amerika ve Çin kömürlerine göre yüksek değerler sunmuştur. Ortalama % 10,09 ile ana elementler içerisinde en yüksek konsantrasyona sahip olan Si, TD-153, TD-151, TD-147 ve TD-133 numaralı kuyularda ortalamanın üzerinde değerler vermiştir (Şekil 4.20). Si ile Al, Fe, Mg, K, Ti, Mn ve Cr arasında pozitif korelasyon bulunmaktadır. Ca, Na, P, TOT S ve TOC ile herhangi bir korelasyon göstermediği saptanmıştır. Kömürlerde Si elementinin yüksek oranda bulunuşu kırıntılı kaynak göstergesidir ve diyajenetik silikat çökeline işaret eder. Dolayısıyla Si, biyolojik kökenli silika veya detritik kuvars ile ilişkili olabilmektedir. XRD analizlerinde hemen hemen her seviyedeki kuvars varlığı bu durumu desteklemektedir. Çalışma alanında Si ve TOC arasında anlamlı bir ilişki kurulamamıştır. Bu durum da Si’un kaynağının inorganik olduğunu düşündürmektedir. Bunun yanı sıra, Si’un Al, Fe, K ve Ti ile olan pozitif korelasyon ilişkisi bu elementin detritik bir kaynakla ilişkili olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.20. Kuyulara göre ana element ortalamaları

Ortalama % 5,26 değer sunan Al, Dünya, Türkiye, Çin ve ABD kömürlerine göre yüksek değerler sunmaktadır. Al, havzanın GD'sunda bulunan TD-151 ve TD-153 numaralı kuyularda yüksek değerler sergilemektedir. Al ile Si, Fe, Mg, K, Ti arasında pozitif korelasyon ilişkisi bulunmaktadır. Sadece toplam karbon ile negatif korelasyon sunan Al elementi Ca, Na, P, Mn, Cr, TOT S ve TOC ile herhangi bir korelasyon göstermemiştir. Al, kil mineralleri ve feldispatla beraber bulunmaktadır (Boggs 2009). XRD analizlerinde de Al konsantrasyonunun yüksek olduğu kuyularda kil minerallerine ve her seviyede feldispatla rastlanmaktadır. Karasal kökeni belirten Al, Si ve Ti elementleri arasındaki pozitif korelasyon ilişkisi de ortamda detritik killerin varlığını göstermektedir. Özellikle illit mineralinin varlığı korelasyon matrisindeki Al ile K'un yüksek pozitif korelasyonunu açıklamaktadır (Lo Monaco 2002).

% 3,17 ortalama sunan Fe, TD-147, TD-153 ve TD-155 numaralı kuyularda, havza ortalamasından daha yüksek değerler sergilemektedir. Çalışma alanındaki kömürlerin Fe içerikleri Dünya ve Çin kömürlerinden yüksek, Türkiye ve ABD kömürlerinden ise daha düşük değerler sunmuştur. Fe ile kül, Al, Si, Mg, K, Ti, Mn, Cr ve toplam kükürt arasında pozitif korelasyon gözlenmektedir. TOT C ile negatif korelasyon sunarken, TOC, P, Ca ve Na ile herhangi bir korelasyon göstermediği belirlenmiştir. Fe elementi kil minerallerinin yapısı içerisinde bulunmakla birlikte demir mineralleri olarak da bulunabilmektedir. Al, Si ve Ti gibi detritik kaynakla ilişkilendirilen elementlerle sunduğu pozitif korelasyon, örneklerdeki demir içeriğinin kil mineralleriyle ilgili olduğunu, dolayısıyla inorganik kökene işaret ettiğini düşündürmektedir. Toplam kükürt ile gösterdiği pozitif korelasyon ilişkisi Fe'in bir kısmının da pirit kaynaklı olabileceğini göstermektedir. XRD analizlerinde neredeyse tüm örneklerdeki pirit mineralinin bolluğu bu durumu desteklemektedir.

Mg ortalama konsantrasyonu çalışma alanında % 1,22 olarak hesaplanmıştır. TD-147, TD-151 ve TD-153 numaralı kuyularda Mg içeriği diğer kuyulara nazaran daha yüksektir. Ortalama Mg içeriği Dünya, Türkiye, ABD ve Çin kömürlerine göre daha yüksektir. Mg, TOT C ve TOC ile negatif korelasyon ilişkisine sahiptir. Ca, Na ve toplam kükürt ile anlamlı bir ilişki kurulamazken, Si, Al, Fe, K, Ti, P, Mn ve Cr ile pozitif korelasyon ilişkisi göstermiştir. Mg kil mineralleri ve dolomitte bulunmaktadır. Bunların yanı sıra az miktarda organik maddede de bulunabilmektedir (Kortenski ve Stirov 2002). Çalışma alanında XRD analizlerinde hemen her seviyede kil minerallerine rastlanırken, dolomit bazı örneklerde az miktarda tespit edilmiştir. TOC ile yaptığı negatif korelasyon ilişkisi ile birlikte değerlendirildiğinde, çalışma alanındaki Mg minerali varlığının organik maddeden ziyade, kil mineralleriyle ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Çalışma alanında % 1,41 ortalama konsantrasyon sunan Ca özellikle TD-129 numaralı kuyuda ortalamanın üzerinde değerler sunmaktadır. TD-133 ve TD-151 numaralı kuyularda ise genel olarak daha düşük değerler izlenmektedir. Ca içerikleri, Dünya, ABD ve Çin kömürlerinin ortalama içeriklerinden daha yüksektir. Türkiye kömürlerine göre ise daha düşük değerler gözlenmektedir. Çalışma alanında, Ca ile diğer ana elementler ve TOC, TOT S, TOT C arasında anlamlı bir korelasyon ilişkisi kurulamamıştır. Ca, kömürlerde kil mineralleri, sülfat, karbonat ve organik köken gibi değişik formlarda bulunabilmektedir (Mukhopodhyay 1986, Karayiğit 2003). Al, Fe, K ve Ti gibi kırıntılı kaynağa işaret eden elementler ile bir ilişki kurulamamış olması, Ca'un kimyasal/biyokimyasal kökenli olduğunu düşündürmektedir. XRD analizlerinde, tüm seviyelerde yoğun bir şekilde kalsite rastlanmaktadır ancak sülfat mineralleri tespit edilememiştir. TOC ile de anlamlı bir ilişki kurulamadığından Ca'un kaynağının çalışma

alanında büyük ölçüde kalsit olduğu, bunun yanı sıra kömür örneklerinde gözlenen fosil kavkılarının da bir miktar Ca'a kaynak oluşturabileceği düşünülmektedir.

Na konsantrasyonu çalışma alanında ortalama % 0,46 olarak hesaplanmıştır. En yüksek değerlerini TD-133 numaralı kuyuda veren Na Dünya, Türkiye, ABD ve Çin kömürlerinin içerdiği ortalama Na konsantrasyonundan yüksektir. Ca gibi Na ile de çalışma alanındaki diğer ana elementler ve TOC, TOT S, TOT C arasında anlamlı bir korelasyon ilişkisi kurulamamıştır. Kömür örneklerindeki Na elementinin kil mineralleri ve feldispatlarla ilgili olarak bulunduğu bilinmektedir. XRD analizlerinde örneklerin büyük çoğunluğunda tespit edilen feldispat ve kil minerallerinin Na'un kaynağı olduğu düşünülmekte ve bu durum da inorganik kökeni göstermektedir.

Özellikle TD-153 ve TD-151 numaralı kuyularda oldukça yüksek değerler sergileyen K'un çalışma alanındaki ortalama konsantrasyonu % 0,77'dir. K içeriğinin Dünya, Türkiye, ABD ve Çin kömürlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. K elementi TOT C ile negatif bir korelasyon sergilemektedir. Ca, Na, TOT S ve TOC ile anlamlı bir ilişki kurulamamışken, diğer tüm elementlerle olan ilişkisi pozitifdir. Kömürdeki K genellikle silikat minerallerinden kaynaklanır. K, Na, ve Al büyük çoğunlukla Al-Si içeren fazlarla (analsim, kil mineralleri, feldispat) ender olarak da halit ile ilişkilidir (Karayığit vd. 2000). XRD analizinde analsim ve halit mineraline rastlanılmamış olması, K'un büyük bir kısmının kil mineralleri, daha az bir kısmının ise feldispat ile ilişkili olduğunu düşündürmektedir.

Si, Al, Mg, Na ve K gibi Ti da karşılaştırması yapılan tüm kömür ortalamalarından yüksek değerler göstermiştir. Ortalama % 0,21 olarak hesaplanan Ti, Al ve K elementleriyle birlikte en yüksek değerlerini TD-151 ve TD-153 numaralı kuyularda sunmuştur. Korelasyon matrisine göre Si ile aynı davranışı sergileyen Ti kömürlerde kil mineralleri ve mikron boyutundaki minerallerde (rutil, ojit, ilmenit vb) bulunmaktadır (Calvert 1976; Karayığit ve Whateley 1997; Karayığit 2003; Baba vd. 2008). Al, Si ve Ti arasındaki yüksek pozitif korelasyon çalışma alanında kırıntılı kil minerallerinin varlığını belirtmektedir.

P, genel olarak tüm örneklerde düşük değerlerde izlenmesine karşın, Ca elementi gibi nispeten TD-129 numaralı kuyuda, diğer kuyulara nazaran daha yüksek değerlerde bulunmaktadır. Karşılaştırılması yapılan diğer tüm kömürlerden daha düşük konsantrasyona sahip olan P'un havza bazında ortalama konsantrasyonu % 0,03 olarak hesaplanmıştır. P, TOC ile negatif korelasyon ilişkisine sahipken, Mg, K ve Mn ile pozitif korelasyon sunmuştur. Diğer ana elementler ile TOT C ve TOT S arasında anlamlı bir ilişki saptanamamıştır. Bir miktar P organik maddede bulunmakla birlikte apatit minerali de fosfor kaynağı olabilmektedir (Koralay 2009). Monazit ve kalsitte de P bulunabilmektedir ancak XRD analizlerinde apatit ve monazit minerallerine rastlanmamaktadır. TOC ile yaptığı negatif korelasyon ilişkisi de göz önünde bulundurulduğunda çalışma alanındaki P elementinin kaynağı büyük oranda kalsit mineralidir.

Çalışma alanında ortalama 0,02 konsantrasyona sahip olan Mn tüm kuyularda birbirine yakın değerler sunmakla birlikte, TD-131, TD-133 ve TD-152 numaralı kuyularda göreceli olarak düşük değerlerdedir. Çalışma alanındaki kömürler Dünya ve Çin kömürlerinden daha düşük ortalama sahipken, ABD kömürlerinden daha yüksek Mn ortalamasına sahiptir. Mn, TOC ve TOT C ile negatif korelasyon ilişkisine sahiptir.

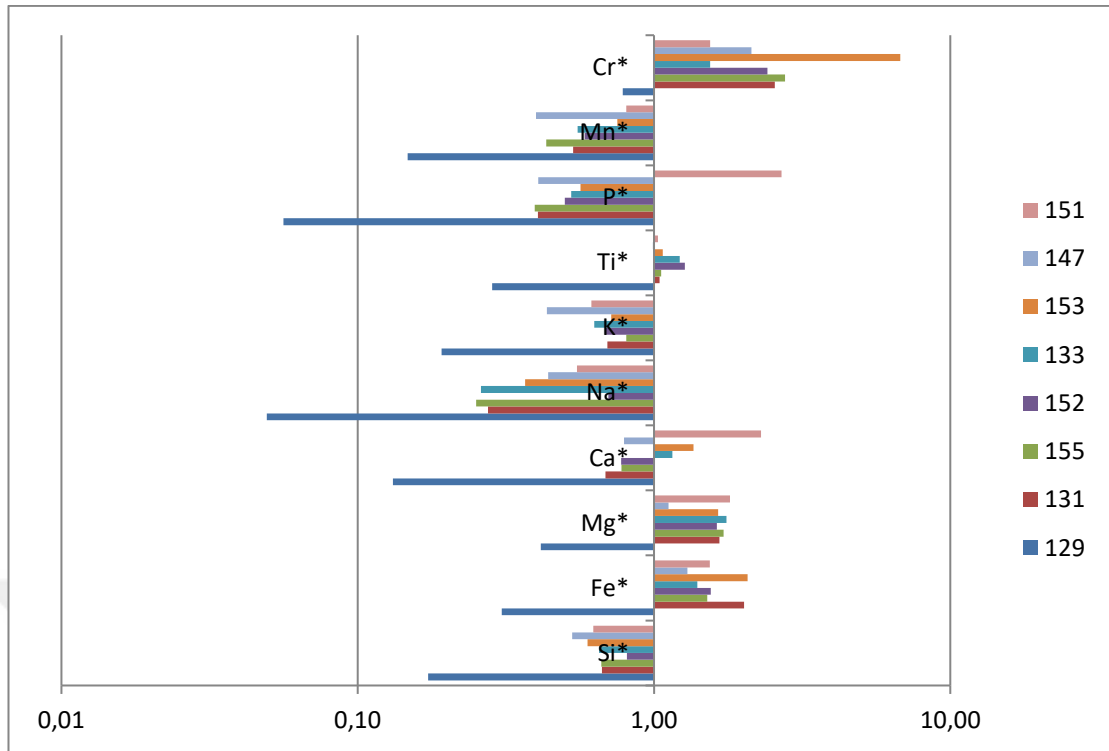
Al, Ca, Na ve TOT S ile anlamlı bir ilişki kurulamazken, Si, Fe, Mg, K, Ti, P ve Cr ile korelasyon ilişkisi pozitifdir. Mn çoğunlukla organik maddenin yapısında bulunmaktadır ancak karbonat, kil ve pirit mineralleri ile de birlikte bulunabilmektedir. Çalışma alanındaki Mn elementi varlığının TOC ile yaptığı korelasyon ilişkisi de değerlendirildiğinde inorganik kökene işaret ettiği belirlenmiştir.

Cr ortalaması çalışma alanında 0,01 olarak hesaplanmıştır. TD-147, TD-151 ve TD-153 numaralı kuyularda, diğer kuyulara göre nispeten yüksek değerler sunan Cr çalışma alanında genel olarak düşük miktarda bulunmaktadır. Korelasyon matrisi değerlendirildiğinde Cr'un P ile anlamlı bir ilişki kurulamaması dışında Mn ile aynı karakteristiği sunduğu tespit edilmiştir. Cr demir ve manganez oksitler, killer, apatitler ve organik maddeler üzerine adsorblanabilir (Prevot 1990). Çalışma sahasındaki örneklerde Cr ve TOC arasında negatif bir korelasyon söz konusudur. XRD analizleri de değerlendirildiğinde Cr'un kaynağının kil mineralleri olduğu düşünülmektedir.

Çalışma alanındaki kömürlerin içerdikleri elementlerin zenginleşme faktörleri hesaplanmış, 1'den küçük değerler tüketilmiş, 1'den büyük değerler zenginleşmiş olarak kabul edilmiştir (Çizelge 4.12). Si, Na, K ve Mn tüm kuyularda tüketilmişken, Fe, Mg ve Cr TD-151 numaralı kuyu dışındaki tüm kuyularda zenginleşmiştir (Şekil 4.21). Ca TD-152, TD-155 ve TD-129 numaralı kuyularda zenginleşmiş, Ti TD-151 ve TD-131 numaralı kuyular dışındaki kuyularda zenginleşmiş, P ise sadece TD-129 numaralı kuyuda zenginleşmiş ve diğer tüm kuyularda tüketilmiştir.

Çizelge 4.12. Majör element zenginleşme faktörü ortalamaları

Element	TD-151	TD-147	TD-153	TD-133	TD-152	TD-155	TD-131	TD-129
Si*	0,17	0,67	0,66	0,81	0,65	0,60	0,53	0,62
Fe*	0,31	2,01	1,51	1,55	1,40	2,07	1,30	1,54
Mg*	0,41	1,66	1,72	1,63	1,76	1,64	1,12	1,81
Ca*	0,13	0,68	0,78	0,78	1,15	1,36	0,79	2,30
Na*	0,05	0,28	0,25	0,70	0,26	0,37	0,44	0,55
K*	0,19	0,70	0,81	0,69	0,63	0,72	0,44	0,62
Ti*	0,28	1,04	1,06	1,27	1,22	1,07	0,99	1,03
P*	0,06	0,41	0,40	0,50	0,53	0,56	0,41	2,69
Mn*	0,15	0,53	0,43	0,58	0,55	0,75	0,40	0,81
Cr*	0,79	2,56	2,77	2,41	1,55	6,77	2,13	1,55
EF= (element/Al)_{örnek}/(element/Al)_{UCC}								



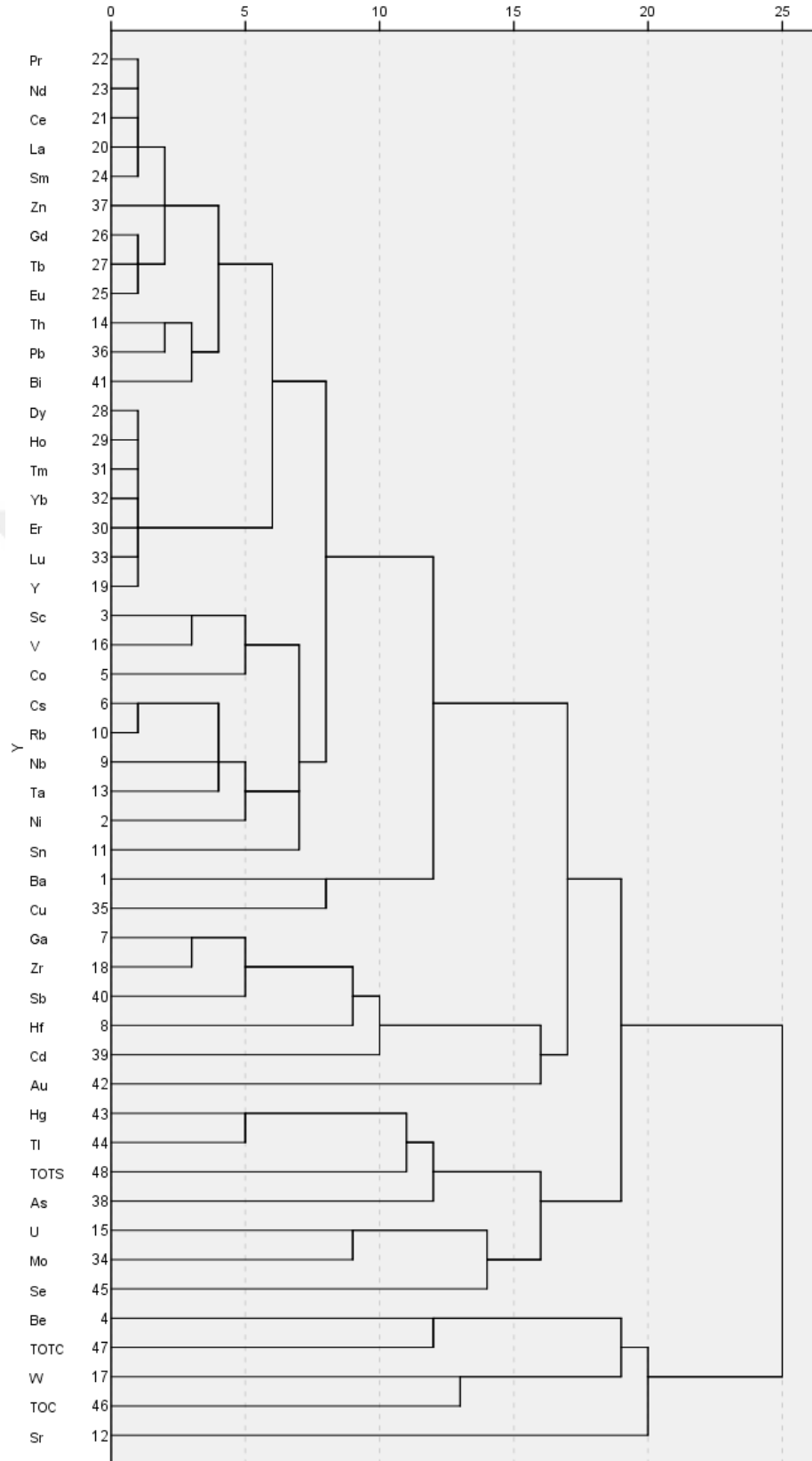
Şekil 4.21. Majör elementlerin UCC'na göre kuyu bazında zenginleşme faktörleri

4.5.2.2. Kömür örnekleri eser element analiz sonuçlarının değerlendirilmesi

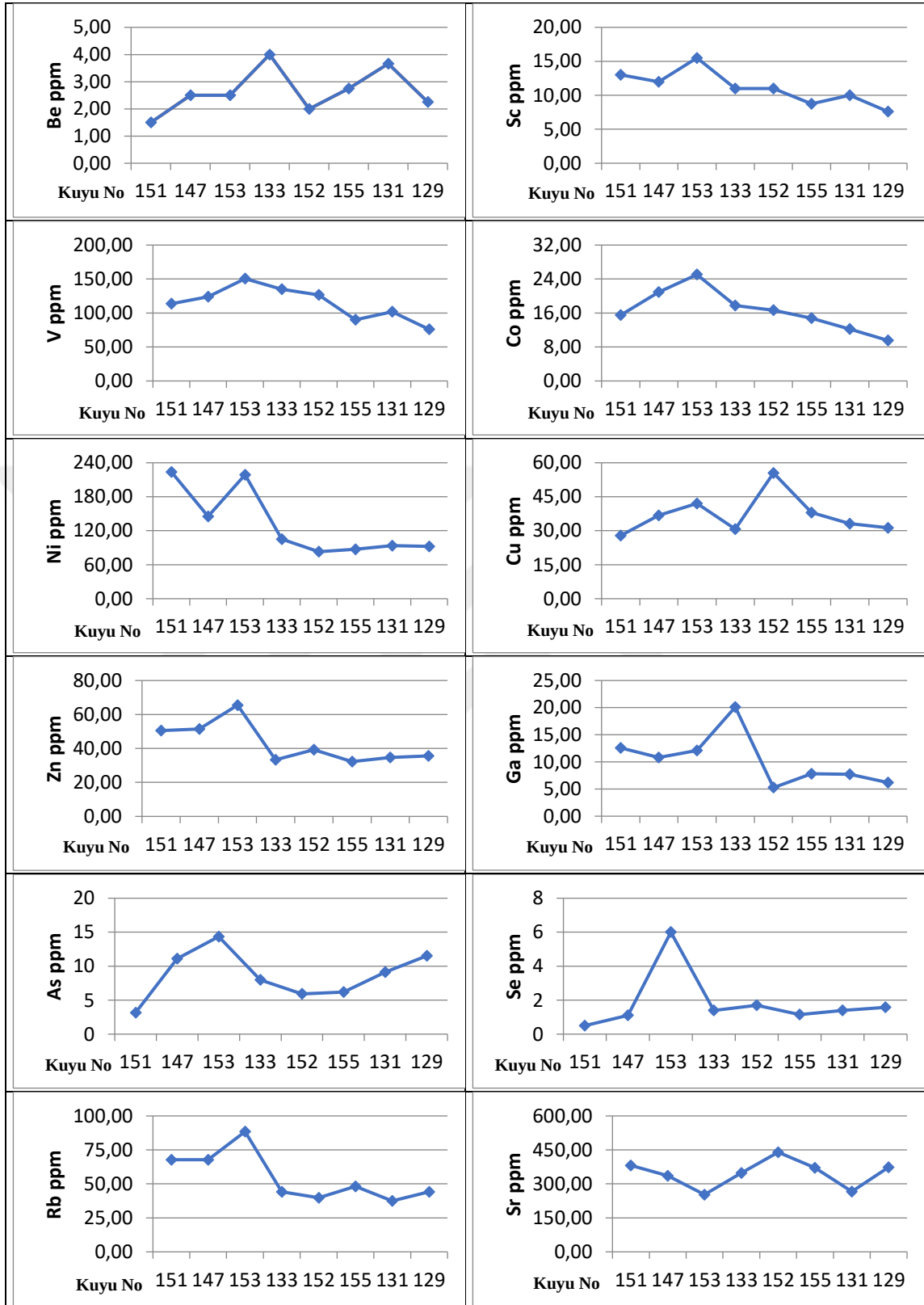
Çalışma alanına ait kömür örneklerinde Ba, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, W, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Bi, Ag, Au, Hg, Tl, Se, F elementlerine ait değerler belirlenmiştir. Bu elementlerden Ag, örneklerin büyük bir kısmında deteksiyon limitinin altında kaldığı için değerlendirmeye alınmamıştır. İz elementlerin birbirleriyle ve TOC içerikleriyle olan ilişkilerinin saptanması ve kökensel açıdan değerlendirilebilmesi için korelasyon katsayıları hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Gruplandırılmamış veri matrisindeki benzerliklerine göre elementleri sınıflandırmak için cluster (kümeleme) analizi gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.22). Kömür örneklerinin kuyu bazında ortalama eser element içerikleri hesaplanmış ve toplu olarak Şekil 4.23'te verilmiştir.

Çizelge 4.13. Çalışma alanı kömürlerinin eser element korelasyon matris değerleri

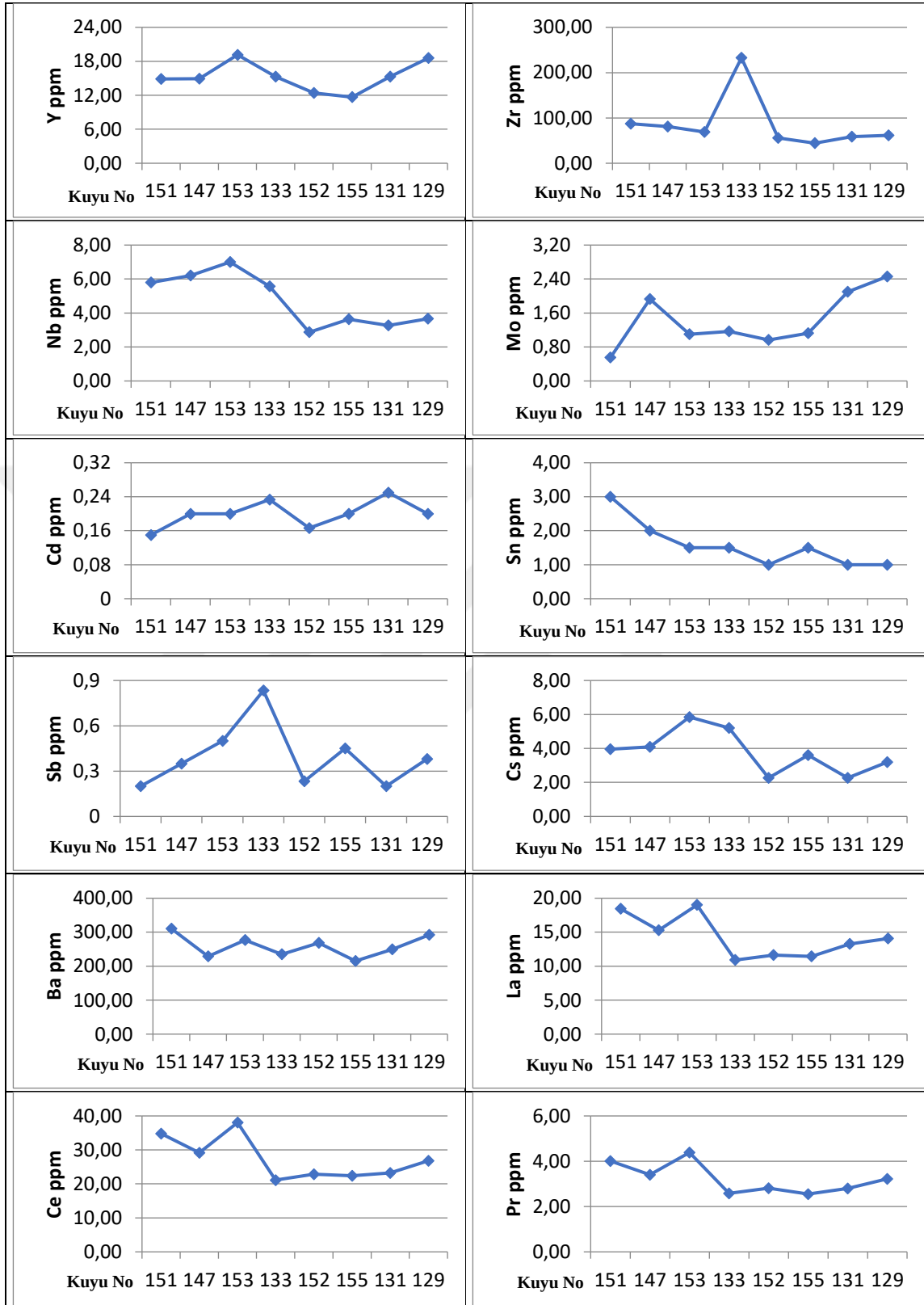
	Ba	Ni	Sc	Co	Cs	Hf	Nb	Rb	Sr	Th	U	V	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Cu	Zn	TOC	totC	totS	Be	Ga	Sn	Ta	W	Zr	Eu	Mo	Pb	As	Cd	Sb	Bi	Au**	Hg	Tl	Se
Ba	1,00	0,28	520**	0,32	0,31	0,29	0,26	0,36	.416*	530**	0,08	.419*	510**	546**	569**	599**	611**	651**	646**	612**	578**	541**	509**	.495*	.495*	.490*	641**	594**	-0,16	576**	-0,11	-0,20	0,20	0,34	.454*	-0,15	511**	727**	0,12	594**	-0,02	0,33	-0,24	0,37	-0,12	0,27	0,15	0,20
Ni	1,00	737**	758**	797**	0,37	749**	798**	-0,24	616**	512**	564**	617**	701**	747**	728**	727**	712**	711**	727**	693**	676**	649**	649**	636**	594**	0,29	730**	.443*	754**	0,19	-0,05	709**	591**	698**	.399*	0,37	702**	0,12	674**	.490**	0,31	517**	669**	0,17	0,22	0,34	0,13	
Sc	1,00	836**	738**	618**	804**	841**	-0,11	682**	0,27	850**	542**	785**	829**	825**	830**	811**	769**	761**	708**	658**	661**	634**	553**	637**	558**	868**	-0,34	859**	0,02	-0,11	803**	724**	775**	.452	566**	793**	-0,01	705**	0,27	526**	0,22	663**	0,28	0,08	0,16	0,00		
Co	1,00	688**	553**	788**	739**	-0,16	505**	0,29	705**	.409*	627**	687**	658**	667**	619**	582**	574**	549**	515**	506**	509**	536**	515**	.414*	751**	.437*	725**	-0,04	0,00	759**	662**	702**	-0,28	516**	597**	-0,12	545**	0,26	.486*	0,31	588**	.445*	-0,04	0,12	-0,08			
Cs	1,00	.454*	818**	950**	-0,34	755**	0,18	.428**	.482*	805**	822**	789**	759**	707**	655**	643**	576**	554**	527**	521**	535**	510**	0,21	792**	-0,37	854**	0,14	-0,31	628**	621**	782**	.419*	0,37	646**	0,04	646**	0,24	0,30	0,16	733**	0,03	0,10	0,34	0,00				
Hf	1,00	719**	.475*	-0,25	540**	0,28	611**	0,31	502**	512**	524**	515**	.468*	.444*	.446*	.427*	.440*	.447*	.462*	.488**	.478**	0,16	515**	0,07	544**	-0,22	-0,20	793**	558**	750**	-0,14	960**	514**	-0,06	519**	-0,01	527**	0,09	525**	0,14	0,14	0,12	-0,27					
Nb	1,00	869**	.402*	672**	0,30	586**	543**	772**	794**	770**	751**	698**	684**	682**	649**	640**	640**	644**	666**	653**	0,11	745**	-0,25	788**	0,05	-0,19	833**	691**	843**	-0,27	693**	595**	-0,06	587**	0,35	.395*	0,34	614**	0,15	0,06	0,27	-0,25						
Rb	1,00	-0,33	777**	0,14	524**	570**	883**	894**	868**	850**	801**	763**	745**	678**	646**	633**	609**	626**	605**	0,27	873**	-0,38	908**	0,13	-0,31	676**	699**	767**	.475*	0,37	723**	0,00	681**	0,28	0,30	0,18	751**	0,08	0,00	0,26	-0,07							
Sr	1,00	-0,13	-0,01	-0,10	-0,08	-0,20	-0,16	-0,12	-0,09	-0,05	-0,02	-0,04	-0,05	-0,07	-0,09	-0,07	-0,11	-0,05	0,38	-0,14	-0,05	0,06	0,23	0,08	.492**	-0,22	0,29	0,22	-0,20	-0,01	0,20	-0,10	-0,13	.420*	-0,08	-0,25	0,05	0,37	-0,27	0,34								
Th	1,00	0,20	502**	.491*	906**	900**	908**	888**	841**	752**	708**	599**	569**	515**	496**	497**	.476*	0,37	851**	-0,19	865**	-0,11	-0,39	639**	598**	757**	.583*	552**	754**	0,18	888**	-0,01	0,31	0,03	882**	-0,07	0,14	.419*	-0,01									
U	1,00	.399*	.443*	0,24	0,28	0,29	0,30	0,33	.395*	.438*	.482*	511**	.480*	528**	511**	511**	0,12	0,23	-0,26	-0,22	0,25	0,28	.473*	0,15	0,18	-0,37	0,22	.453*	645**	.456*	629**	.394*	690**	0,37	0,06	.395*	.413*	0,35										
V	1,00	0,35	570**	616**	632**	643**	653**	576**	570**	525**	.469*	.473*	.445*	.459*	.439*	694**	703**	-0,11	.628**	-0,09	-0,04	684**	566**	551**	.433*	.459*	577**	0,05	539**	0,16	553**	0,23	.491*	0,37	0,07	0,19	0,11											
Y	1,00	706**	707**	715**	734**	790**	891**	921**	959**	978**	974**	967**	959**	938**	0,18	582**	527**	575**	-0,02	0,09	519**	542**	.489*	-0,34	0,37	859**	0,18	686**	.431*	0,29	.416*	514**	-0,19	0,20	0,29	0,19												
La	1,00	991**	988**	979**	954**	910**	877**	803**	767**	734**	712**	723**	706**	0,38	929**	-0,36	917**	-0,09	-0,32	676**	699**	750**	.546*	528**	888**	0,14	865**	0,12	.411*	0,07	854**	-0,04	0,05	0,33	-0,04													
Ce	1,00	996**	989**	969**	923**	894**	821**	779**	745**	724**	734**	712**	.425*	941**	.390*	927**	-0,07	-0,25	681**	734**	775**	569**	531**	917**	0,15	884**	0,16	.414*	0,12	825**	-0,03	0,10	0,33	0,05														
Pr	1,00	996**	979**	935**	904**	831**	788**	753**	730**	738**	720**	.463*	945**	-0,38	931**	-0,06	-0,27	687**	722**	755**	586**	507**	923**	0,15	883**	0,16	.428**	0,11	825**	-0,02	0,06	0,32	0,05															
Nd	1,00	986**	949**	920**	850**	805**	771**	748**	753**	735**	.486*	945**	.402*	924**	-0,08	-0,25	669**	734**	755**	563**	512**	939**	0,12	883**	0,16	.421*	0,11	809**	-0,01	0,10	0,31	0,06																
Sm	1,00	974**	953**	895**	849**	817**	789**	793**	769**	514**	912**	.416*	884**	-0,06	-0,25	602**	641**	667**	583**	.434*	973**	0,21	865**	0,12	744**	-0,09	0,09	0,13	0,37	0,17																		
Gd	1,00	993**	967**	937**	912**	892**	891**	873**	.431*	849**	.469*	832**	0,00	-0,13	595**	603**	600**	501**	.430*	986**	0,24	829**	0,35	.407*	0,28	689**	-0,07	0,18	0,36	0,19																		
Tb	1,00	985**	961**	944**	927**	922**	902**	.390*	811**	.476*	797**	0,01	-0,09	625**	617**	805**	506**	.445*	980**	0,22	823**	0,37	.396**	0,32	664**	-0,03	0,21	0,34	0,19																			
Dy	1,00	989**	978**	968**	965**	945**	0,33	730**	513**	716**	0,03	-0,01	637**	603**	564**	.393*	.470*	942**	0,18	725**	.449*	.407*	389**	562**	-0,04	0,19	0,29	0,15																				
Ho	1,00	991**	987**	984**	968**	0,25	675**	524**	.671*	0,02	0,03	622**	571**	523**	-0,35	.477*	901**	0,22	689**	.462*	0,38	.453*	525**	-0,08	0,19	0,27	0,14																					
Er	1,00	992**	990**	977**	0,22	641**	.485*	.642**	-0,02	0,05	627**	603**	516**	-0,35	499**	880**	0,17	663**	.440*	0,36	.444*	.496*	-0,05	0,15	0,20	0,09																						
Tm	1,00	994**	986**	0,19	609**	506**	.620*	-0,02	0,06	596**	580**	.496*	-0,31	.471*	855**	0,18	630**	.454*	0,34	.457*	.463*	-0,08	0,16	0,22	0,09																							
Yb	1,00	991**	0,18	629**	511**	.630*	-0,03	0,06	636**	591**	515**	-0,32	503**	.840**	0,17	618**	.444*	0,38	.458*	.455*	-0,07	0,14	0,23	0,04																								
Lu	1,00	0,19	612**	512**	.622*	-0,01	0,07	624**	627**	505**	-0,35	.472*	847**	0,16	615**	.438*	0,32	.465*	.460*	-0,02	0,12	0,16	0,03																									
Cu	1,00	587**	-0,18	517**	0,01	-0,19	0,32	.473*	0,38	.489*	0,18	626**	0,20	599**	0,02	0,39	-0,06	579**	0,21	0,11	0,23	.412*																										
Zn	1,00	-0,37	958**	-0,09	-0,31	658**	688**	759**	.587*	.436*	841**	0,07	855**	0,10	.495*	0,03	811**	0,18	0,01	0,28	0,06																											
TOC	1,00	0,36	-0,08	-0,19	-0,23	-0,29	0,18	0,31	0,17	.428**	-0,08	0,22	-0,29	0,00	-0,36	-0,23	0,09	0,08	-0,14	-0,17																												
totC	1,00	-0,07	0,30	709**	734**	.860*	.465*	530**	801**	-0,05	786**	-0,14	-0,38	-0,11	767**	-0,15	-0,12	-0,24	0,01																													
totS	1,00	0,25	-0,03	-0,28	-0,06	0,20	-0,20	-0,03	0,36	-0,06	602**	-0,07	0,31	-0,04	0,03	.417*	0,15	0,38																														
Be	1,00	-0,03	-0,15	-0,29	0,16	-0,14	-0,15	0,09	-0,16	.447*	0,08	.449*	-0,16	0,13	0,15	-0,08	0,19																															
Ga	1,00	638**	738**	.399*	684**	557**	-0,08	589**	0,30	.490*	.433*	636**	0,30	-0,04	0,17	-0,31																																
Sn	1,00	699**	530**	.449*	615**	-0,24	539**	-0,03	0,23	0,08	521**	0,20	-0,18	-0,03	-0,36																																	
Ta	1,00	-0,33	648**	585**	-0,19	691**	0,05	0,35	0,09	643**	0,14	0,18	0,19	-0,19																																		
W	1,00	-0,01	509**	-0,31	602**	0,06	-0,17	-0,11	571**	0,02	0,29	-0,15	0,00																																			
Zr	1,00	.445**	-0,02	.455*	0,00	.475*	0,04	.408*	0,10	0,14	0,04	-0,29																																				
Eu	1,00	0,22	835**	0,26	.390*	0,18	684**	-0,05	0,18	0,30	0,21																																					
Mo	1,00	0,23	0,31	0,19	0,25	0,20	0,36	0,25	0,36	.412**																																						
Pb	1,00	0,18	0,35	0,15	840**	0,03	0,24	.396*	0,21																																							
As	1,00	0,19	762**	0,14	0,12	0,38	0,30	0,31																																								
Cd	1,00	-0,01	.391*	0,08	0,05	0,28	0,15																																									
Sb	1,00	0,18	0,18	0,18	0,25	0,23	0,10																																									
Bi	1,00	-0,01	0,11	.416*	0,09																																											
Au**	1,00	-0,03	0,22	0,24																																												
Hg	1,00	.463*	.568**																																													
Tl	1,00																																															



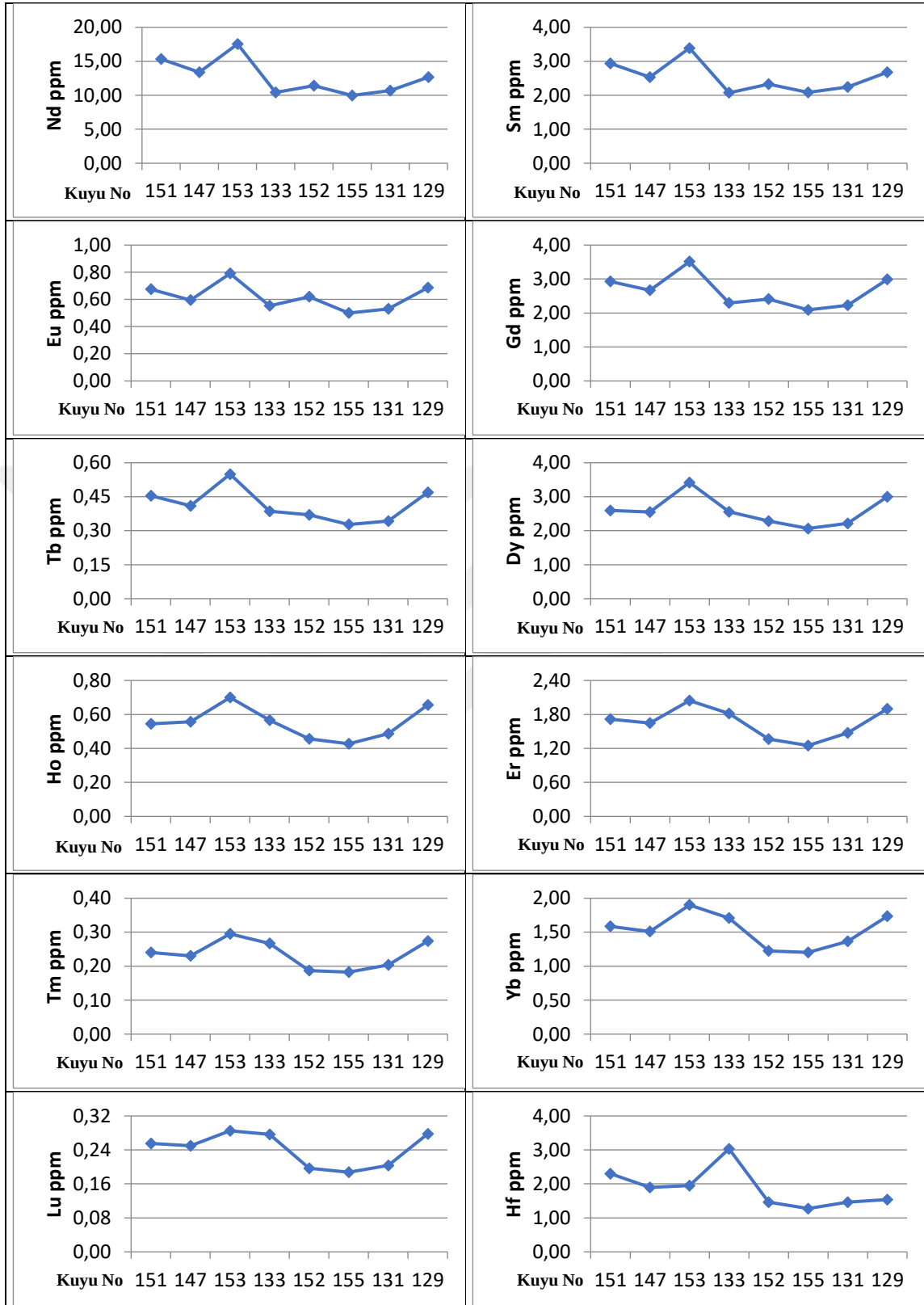
şekil 4.22. Malkara kömürlerinin cluster analizine ait dendogram gösterimi



Şekil 4.23. Kuyulara göre eser element ortalamaları



Şekil 4.23'ün devamı



Şekil 4.23'ün devamı



Şekil 4.23'ün devamı

Çalışma alanında ortalama 2,68 ppm konsantrasyon gösteren Be elementi miktarı TD-131 ve TD-133 numaralı kuyularda belirgin şekilde artmaktadır. Be, eser elementlerden sadece As ve Sb ile pozitif korelasyon ilişkisi göstermektedir. Karşılaştırılması yapılan diğer elementler ve TOT C, TOT S, TOC ile anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Kömürlerde Be'un kuvars ve kil mineralleriyle bulunduğu belirtilmiştir (Singh et al 1983). Be'un nispeten daha yüksek değerler sunduğu TD-131 ve TD-133 numaralı kuyularda kil mineralleri ve kuvarsın da bol miktarda bulunduğu XRD analizinden tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra Be, kömürlerde büyük oranda organik maddeyle birliktelik göstermektedir ancak korelasyon matrisinde Be ve TOC arasında belirgin bir ilişki tespit edilememiştir. Ancak dendogramda Be ile TOC arasında yakın bir ilişki söz konusudur. Tüm bu veriler bir arada değerlendirildiğinde, çalışma alanındaki Be'un kaynağının büyük oranda kil mineralleri ve kuvars olduğu, az miktarda ise organik madde ile de ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Sc ortalaması çalışma alanında 10,56 ppm olarak hesaplanmış ve en yüksek konsantrasyonlarını TD-153 numaralı kuyuda vermiştir. TOT C ve W ile negatif korelasyon ilişkisi sunan Sc ile Sr, U, TOC, TOT S, Be, Mo, As, Sb, Au, Hg, Tl ve Se arasında anlamlı bir ilişki söz konusu değildir. Kömürlerde organik ve inorganik madde ile birliktelikleri belirtilmekle birlikte çalışma alanında TOC ile ilişki kurulamamış, dolayısıyla organik madde ile ilişkisi belirlenememiştir. İnorganik olarak ise silikatlarda, killerde ve fosfat minerallerinde bulunabilmektedir. (Singh et al 1983). Çalışma alanında fosfat minerallerine rastlanılmamış olup, Sc varlığının silikat ve kil mineralleriyle ilişkili olduğu belirlenmiştir.

Ortalama 109,77 ppm değer sunan V elementinin korelasyon matrisinin değerlendirilmesinde Sc elementi ile aynı karakteristiğe sahip olduğu belirlenmiştir. Dendogramda da Sc ile V elementinin yakın ilişkisi görülmektedir. V konsantrasyonu Miyosen yaşlı kömürlerde, kil ve organik maddeyle ilişkilendirilmiştir (Querol vd. 1996; Finkelman ve Gross 1999; Goodarzi 2002). TOC ile anlamlı bir ilişki kurulamadığından, V'un organik maddeden ziyade kil mineralleriyle ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Co elementinin ortalaması çalışma alanındaki kömürlerde 9,77 ppm olarak hesaplanmıştır. Sr, U, TOT S, Be, W, Mo, As, Sb, Hg, Tl ve Se ile Co arasında anlamlı bir korelasyon ilişkisi kurulamamıştır. TOC ve TOT C ile negatif korelasyon ilişkisi belirlenen Co'nın diğer eser elementlerle olan ilişkisi pozitifdir. Co kömürlerde pirit, kil, linnait, diğer sülfidler ve organik maddeyle ilgili olarak bulunabilmektedir (Gluskoter vd. 1977; Finkelman 1980; Swaine 1990). Co'nın yüksek değerler sunduğu kuyularda belirlenen pirit mineralleri miktarı değerlendirildiğinde ve TOC ile negatif ilişkisi göz önüne alındığında, çalışma alanındaki Co'nın inorganik maddeyle, özellikle de kil mineralleri ve az miktarda da piritle ilişkili olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma alanında ortalama 116,92 ppm olarak hesaplanan Ni en yüksek değerlerini TD-151 ve TD-153 numaralı kuyularda göstermiştir. Sc, Co, Cs, Nb, Rb, Th, U, V, Y, NTE, Zn, Ga, Sn, Ta, Eu, Pb, As, Sb ve Bi ile pozitif korelasyon ilişkisine sahipken, Ba, Hf, Sr, Cu, TOT S, Be, Zr, Mo, Cd, Au, Hg, Tl ve Se ile anlamlı bir korelasyon ilişkisi kurulamamıştır. TOC, TOT C ve W ile korelasyon ilişkisi ise negatiftir. Ni, büyük oranda sülfitlerle ilgili bulunmakla birlikte organik maddeyle ilişkili olarak da bulunabilmektedir (Swaine 1990, 1995). Toplam kükürt ile anlamlı bir ilişki kurulamadığından çalışma alanındaki Ni varlığının sülfitlerden kaynaklanmadığı

düşünülmektedir. Korelasyon matrisi değerlendirildiğinde TOC ile negatif ilişkisi Ni'in inorganik maddeden kaynaklandığını göstermektedir. XRD analizi ile birlikte değerlendirildiğinde kömürlerdeki Ni'in kil mineralleri ve karbonatlardan kaynaklandığı belirlenmiştir.

Cu konsantrasyonu çalışma alanında TD-152 numaralı kuyu dışında yakın değerler sergilerken, 152 numaralı kuyuda belirgin şekilde artmaktadır. Ortalama olarak ise kömürlerde 36,69 ppm Cu tespit edilmiştir. Kömürlerde Cu kaynağının sülfitle, genellikle de pirit, kalkopirit ve organik maddeyle ilgili olarak bulunduğu belirtilmektedir (Quarol vd. 1998; Swaine 1990; Goodarzi 2002). Korelasyon matrisi değerlendirildiğinde Cu ile TOT S arasında anlamlı bir ilişki gözlenmemektedir. TOC ile de anlamlı bir ilişki kurulamamış ve dendogramda Cu ile TOC arasında yakın bir ilişki tespit edilememiştir. Bu durum, Cu'nun varlığının organik maddeden ziyade inorganik maddeyle ilgili olduğunu göstermektedir. Cu'nun kaynağının büyük oranda kil mineralleri olduğu düşünülmektedir.

Zn konsantrasyonu çalışma alanındaki kömürlerde 41,04 ppm olarak hesaplanmıştır. TD-153 numaralı kuyunun dışındaki diğer kuyularda Zn değerleri sahadaki ortalama Zn değerleri seviyesinde seyrederken, TD-153 numaralı kuyuda bir artış gözlenmektedir. Düşük ranklı kömürlerde organik birlikteliklerinden bahsedilen Zn'nun (Finkelman 1995), genel olarak sülfid mineralleri, sfalerit, karbonat ve kil mineralleri ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Karayığit vd. 2000; Goodarzi 2002). Sr, U, TOC, TOT S, Be, Mo, As, Sb, Au, Hg, Tl ve Se ile Zn arasında anlamlı bir ilişki belirlenememiştir. TOT C ve W ile olan korelasyon ilişkisi ise negatiftir. Kömürlerde yapılan XRD analizinde sfalerite rastlanılmamıştır. TOT S ve TOC ile anlamlı bir ilişki belirlenemediğinden organik maddeyle ve sülfid mineralleriyle de belirgin bir ilişki kurulamamıştır. Zn'nun en yoğun olarak bulunduğu TD-153 numaralı kuyuda XRD analizleri göz önüne alınarak değerlendirildiğinde, söz konusu elementin büyük oranda karbonat minerallerinden kaynaklandığı, bir miktar da kil minerallerinin katkıda bulunduğu düşünülmektedir.

Ortalama konsantrasyonu 9,78 ppm olarak hesaplanan Ga, TD-133 numaralı kuyuda ortalama konsantrasyonunun iki katından fazla değerlerde izlenmektedir. W, Sr ve TOT C ile negatif korelasyon ilişkisi sunan Ga elementi ile Mo, As, Au, Hg, Tl, Se, Cu, TOC, TOT S ve Be arasında anlamlı bir ilişki belirlenememiştir. Ga'un kömürlerde inorganik ve organik birliktelikleri bilinmektedir. Sfalerit, feldispat, kil ve sülfid minerallerinin yapısında bulunabilmektedir. XRD analizinde sfalerit mineraline rastlanmamıştır. TOC ile de anlamlı bir ilişki kurulamadığından organik birliktelik de söz konusu değildir. Çalışma alanındaki Ga konsantrasyonunun büyük ölçüde kil mineralleri ve feldispat ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Özellikle TD-133 numaralı kuyuda bu minerallerin yüksek miktardaki oranları da bu görüşü desteklemektedir.

En düşük değerlerini TD-151, en yüksek değerlerini ise TD-153 numaralı kuyuda gösteren As'in genel olarak ortalaması çalışma alanında 8,88 ppm olarak hesaplanmıştır. Korelasyon matrisinde karşılaştırması yapılan hiçbir parametreyle negatif ilişkisi belirlenmemiştir. Ni, U, Y, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, TOT S, Be ve Sb ile korelasyon ilişkisi pozitifdir. Kömürlerde genellikle pirit ile ilgili bulunan ve az miktarda da organik yapıda görülen As'in (Finkelman 1994a) kil mineralleri ve fosfatlardan da kaynaklandığı belirtilmiştir (Swaine 1990). TOC ile anlamlı bir ilişki kurulamadığından As'in organik maddeyle ilgili olarak bulunduğu konusunda kesin bir yorum yapılamamaktadır. XRD

analizlerinde fosfat minerallerine rastlanılmamıştır. Kömür örneklerinin hemen hemen hepsinde belirlenen kil mineralleri ve pirit, çalışma alanındaki As'in kaynağını oluşturmaktadır. Dendogramda çok yakın olmasa da TOC ile bir miktar ilişki sergilemesi, As'in az da olsa organik maddeyle ilgili olduğunu düşündürmektedir.

Ortalama 1,64 ppm olarak hesaplanan Se miktarı, çalışma alanında TD-153 numaralı kuyuda belirgin şekilde artmaktadır. Se oluşumunun büyük oranda organik kökenli olduğu belirtilmektedir (Gluskoter vd. 1977; Finkelman 1994b). Ancak bir miktar Se'un pirit ve aksesuar minerallerden klaustalit ve galenden de kaynaklandığı bildirilmiştir (Swaine 1990). Çalışma alanında sadece Cu, Mo ve Hg ile pozitif korelasyon ilişkisi belirlenmiş, diğer hiçbir elementle anlamlı bir ilişki kurulamamıştır. Korelasyon matrisinde Se ile TOC arasında ilişki kurulamamış olsa da dendogram da uzak da olsa bir ilişki belirlenmiştir. Bu nedenle, çalışma alanındaki Se varlığının, düşük de olsa organik maddeyle ilişkili olabileceği düşünülmektedir. XRD analizinde klaustalit ve galen minerallerine rastlanılmamıştır. Ancak bir miktar Se hemen her seviyede belirlenen pirit mineralinden kaynaklanabilir.

Rb ortalaması çalışma alanındaki kömürlerde 52,37 ppm olarak hesaplanmıştır. TOT C ve W ile negatif korelasyon ilişkisine sahip olan Rb'un Ba, U, Cu, TOC, TOT S, Be, Zr, Mo, As, Cd, Sb, Au, Ag, Tl ve Se ile anlamlı ilişkisi tespit edilememiştir. Rb'un kömürlerde kil minerallerinden kaynaklandığı belirtilmiştir (Palmer ve Filby 1984). Çalışma alanında da kömür örneklerinin büyük bir kısmında yoğun olarak izlenen kil minerallerinin Rb'un kaynağı olduğu düşünülmektedir.

Eser elementlerden sadece Ba ile pozitif korelasyon ilişkisi belirlenen Sr'un çalışma alanında ortalama konsantrasyonu 351,25 ppm olarak hesaplanmıştır. Bn, Ga ve Cd ile negatif korelasyon sunan Sr'un karşılaştırılması yapılan diğer parametrelerle korelasyon matrisinde anlamlı bir ilişkisi tespit edilememiştir. Sr kömürlerde genellikle sülfat, karbonat, fosfat mineralleriyle birliktelik sunar (Swaine 1990). Daha az oranda organik birliktelikleri söz konusudur (Finkelman 1994a). TOT S ile anlamlı bir ilişki kurulamadığından sülfatlardan kaynaklandığı konusunda kesin bir yargıya varılamamaktadır. XRD analizinde fosfat minerallerine rastlanılmamış olması bu ihtimali de ortadan kaldırmaktadır. Karbonatlarla ilgili elementlerle olan ilişkisi incelendiğinde de belirgin bir artış veya azalış saptanamamıştır. Ancak tüm kömür örneklerinde izlenen karbonat mineralleri bir miktar Sr'un kaynağı olabilir. Korelasyon matrisinde Sr ile TOC arasında anlamlı bir ilişki kurulamamasına karşın, dendogramda ikisi arasında yakın bir ilişki belirlenmiştir. Bu durum Sr'un çalışma alanında organik madde ve karbonat mineralleriyle ilgili olduğunu göstermektedir.

Çalışma alanında ortalama 15,25 ppm miktarında belirlenen Y detritik minerallerle ilişkilendirilen Al, Si gibi elementlerce göreceli olarak zengin olan kuyularda daha yüksek değerler sunmaktadır. Eser elementlerden hiçbirisiyle negatif korelasyon ilişkisi belirlenmezken, TOC ve TOT C ile negatif korelasyon ilişkisi saptanmıştır. TOT S ile anlamlı bir ilişki kurulamamıştır. Y elementinin, organometaliklerle (Ershov 1962), organik maddeyle (Given and Miller 1987) ve mineral maddeyle (Swain 1990) birliktelikleri belirtilmiştir. TOC ile sunduğu negatif ilişki organik madde birlikteliği olasılığını düşürmektedir. Detritik minerallerle ilişkilendirilen elementlerce zengin örneklerde sunduğu yüksek konsantrasyon, çalışma alanında Y'un mineral maddeyle, büyük olasılıkla da killeriyle birlikteliğini göstermektedir.

Zr çalışma alanında 83,18 ppm ortalama sunmaktadır ve TD-133 numaralı kuyuda ortalama konsantrasyonunun iki katından fazla miktarda bulunmaktadır. Zr her zaman belli miktarda Hf elementi ile bulunmaktadır (Finkelman 1980). Korelasyon matrisi ve dendogram incelendiğinde Zr'un Hf, Nb ve Ga ile yüksek pozitif korelasyon ilişkisi görülmektedir. TOC ile anlamlı bir ilişki belirlenememiştir. Hf ve Nb, depolanma ortamına detritik malzeme girdisinin göstergesi olarak kabul edilmektedir. Çalışma alanında Zr'un detritik minerallerden kaynaklandığı belirlenmiştir.

Korelasyon matrisine göre sadece Sr ve TOT C ile negatif ilişkisi belirlenen Nb'un çalışma alanındaki kömürlerdeki konsantrasyonu ortalama 4,55 ppm olarak hesaplanmıştır. Nb'un organik (Ratynskii and Glushnev 1967) ve inorganik (Swaine 1990) birlikteliklerinden söz edilmiştir. TOC ile anlamlı bir ilişki kurulamamasına karşın, TOT C ile gösterdiği negatif korelasyon ilişkisi inorganik kökenli olduğunu düşündürmektedir. Çalışma alanına büyük olasılıkla detritik minerallerle taşınmıştır.

Ortalama 1,56 ppm değer sunan Mo, en yüksek konsantrasyonunu Ca elementi gibi 129 numaralı kuyuda göstermiştir. Sadece U ve Se elementleriyle pozitif korelasyon ilişkisi belirlenen Mo'in diğer eser elementler ile TOC, TOT C ve TOT S arasında anlamlı bir ilişkisi saptanamamıştır. Mo'in organik ve inorganik maddelerle kuvvetli ilişkisi vardır (Swaine 1990; Finkelman 1995; Orem ve Finkelman 2003). Anoksik koşulların artması, Mo'nin konsantrasyonunun da artmasına neden olmaktadır. Mo elementi hümit asitlerle ilişkili olduğu kadar sülfürlerle de ilgilidir. (Yavuz Pehlivanlı 2011). Korelasyon matrisinde anlamlı ilişki kurulamamasına rağmen TOC ve TOT S ile Mo'in dendogramda uzak da olsa bir ilişkisi söz konusudur. U ve Se ile yaptığı pozitif korelasyon da dikkate alındığında, çalışma alanındaki Mo varlığının bir kısmının organik maddeyle ilişkili olduğu, bir kısmının ise piritten kaynaklandığı saptanmıştır.

Cd'un çalışma alanındaki kömürlerde ortalama konsantrasyonu 0,20 ppm olarak hesaplanmıştır. Örneklerin büyük bir kısmında Cd değerleri düşük seyretmektedir. Cd genellikle kömürlerde inorganik kökenli ve büyük olasılıkla da sfalerit oluşumlu izlenmektedir (Swaine 1990, Finkelman 1994b, 1995). Karbonatlar, killeri ve organik madde ile ilgili de bulunabilmektedir (Goodarzi 2002). Piritin de bir miktar Cd içerebileceği belirtilmiştir (Swaine 1990). Çalışma alanında Cd'un organik kökenli olabileceğine dair bir veri saptanamamıştır. XRD analizinde sfalerit mineraline de rastlanılmamaktadır. Hf ve Zr ile korelasyon matrisinde sunduğu pozitif ilişki, dendogramda da izlenmiş ve Cd elementinin büyük oranda detritik minerallerden, özellikle de kil minerallerinden kaynaklandığı belirlenmiştir.

Çalışma alanında Sn konsantrasyonu ortalama 1,5 ppm olarak hesaplanmıştır. Ba, Sr, U, TOC, TOT S, Be, Mo, As, Cd, Sb, Au, Hg, Tl ve Se ile anlamlı bir ilişki kurulamamıştır. TOT C ve W ile negatif ilişki sergilerken, diğer elementlerle olan korelasyon ilişkisi pozitifdir. Kömürde Sn'in büyük bir kısmının dissemine durumdaki kassiterit gibi Sn-oksitler ve Sn-sülfidler olarak bulunduğu belirtilmiştir (Finkelman ve Gross 1999). Genel olarak Sn'in kömürde minerallerle ilişkili olduğu kabul edilir. TOC ile anlamlı bir ilişki kurulamadığı için kökensel olarak net bir yorum yapılamamakla birlikte, TOT C ve TOC ile yakından ilişkili W elementi ile yapmış olduğu negatif korelasyon, çalışma alanında Sn varlığının doğrudan inorganik olduğunu göstermektedir.

Sb konsantrasyonu çalışma alanında ortalama 0,40 ppm olarak belirlenmiştir. Sadece TD-133 ve TD-153 numaralı kuyularda ortalama değerin üstünde Sb konsantrasyonu gözlenmektedir. Korelasyon matrisine göre Sb ile negatif ilişkisi olan bir elemente rastlanılmamıştır. Ni, U, Y, Be, Ga, As, NTE'lerinden Dy, Ho, Er, Tm, Yb ve Lu ile pozitif korelasyon ilişkisine sahiptir. Sb kömürlerde organik madde ve sülfidlerle birliktelik gösterir (Swaine 1990). TOC ile anlamlı bir ilişki belirlenemediği için kökensel olarak bir yaklaşım yapılamamıştır. Çalışma alanındaki kömürlerde Sb'nin sülfidlerle ilgili olduğu düşünülmektedir.

Cs konsantrasyonu çalışma alanındaki kömürlerde ortalama 3,62 ppm olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanında Cs ile Ni, Sc, Co, Hf, Nb, Rb, Th, V, Y, NTE, Zn, Ga, Sn, Ta, Eu, Pb ve Bi arasında pozitif korelasyon ilişkisi mevcuttur. TOT C ve W ile korelasyon ilişkisi ise negatiftir. Diğer eser elementler ile anlamlı bir ilişki belirlenememiştir. Sezyum kömürlerde killerde, mika minerallerinde, feldispatlarda ve organik maddede bulunmaktadır. Cs konsantrasyonunun yüksek olduğu TD-133 ve TD-153 numaralı kuyularda XRD analizinde tespit edilen kil, mika ve feldispat minerallerinin varlığı bu durumu desteklemektedir. Ancak TOC ile anlamlı bir ilişki kurulamadığından organik maddeyle ilişkisi belirlenememiştir.

Ortalama 256,31 ppm konsantrasyon sunan Ba için en yüksek değerler TD-151 numaralı kuyuda izlenmiştir. Korelasyon matrisi değerlendirildiğinde, Ba elementinin sadece TOT C ile negatif ilişkisi belirlenmiştir. Sc, Sr, Th, V, Y, NTE, Ta, Zr, Eu ve Pb ile pozitif korelasyon sunmaktadır. Finkelman (1995) kömürlerde Ba'un genellikle baritten kaynaklandığını, Goodarzi (2002) ise organik madde ve kil ile birlikteliği belirtmiştir. TOC ile anlamlı bir ilişki belirlenemediğinden, organik maddeyle birliktelik konusunda bir yaklaşım yapılamamıştır. XRD analizinde barit mineraline de rastlanılmamıştır. Swaine (1990) ankerit mineralinde de Ba bulunduğunu bildirmiştir. Çalışma alanındaki Ba'un kil mineralleri ve ankeritle ilgili olduğu düşünülmektedir.

Organik birliktelikleri çok nadir olan NTE'leri kömürlerde genellikle mineral madde ile ilgili olarak bulunmaktadır (Palmer and Filby 1984; Shpirt vd. 1984; Eskenazy 1987; Goodarzi ve van der Flier-Keller 1988). Çalışma alanında da NTE'ler ile TOC arasında negatif korelasyon ilişkisi NTE'lerin inorganik kökene ait olduklarını ortaya koymaktadır. Al, K ve Ti gibi detritik kaynağa işaret elementlerle olan benzer eğilimi değerlendirildiğinde NTE'lerin kil minerallerinden kaynaklandığı sonucuna ulaşılmıştır.

Hf elementinin konsantrasyonu çalışma alanındaki kömürlerde ortalama 1,80 ppm olarak hesaplanmıştır. Zr elementi gibi Hf da en yüksek değerlerini TD-133 numaralı kuyuda göstermektedir. TOT C ile negatif korelasyon ilişkisi belirlenen Hf'un, Sc, Co, Cs, Nb, Rb, Th, V, NTE, Zn, Ga, Sn, Ta, Zr, Eu, Pb, Cd ve Bi ile korelasyon ilişkisi pozitifdir. TOC ile anlamlı bir ilişki kurulamamıştır. Hf ile Zr bir arada bulunan elementlerdir. Daha önce de belirtildiği gibi bu iki element arasında çalışma alanında da yüksek pozitif korelasyon belirlenmiştir. Zr elementine benzer şekilde, Hf elementinin de detritik girdiyle ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Çalışma alanındaki kömürlerde Ta'nın ortalama konsantrasyonu 0,32 ppm'dir. Ta, kömürlerde mineral maddeyle ve muhtemelen de Ti, Zr ve fosfatlarla ilgili olarak bulunur (Finkelman 1980; Palmer and Filby 1984). Çalışma alanında Ta ile Sr, U, Cu, TOC, TOT S, Be, W, Mo, As, Cs, Sb, Au, Hg, Tl ve Se arasında anlamlı bir ilişki belirlenememiştir.

TOT C ile olan korelasyon ilişkisi ise negatiftir. Karşılaştırılması yapılan diğer tüm elementler ile pozitif korelasyona sahiptir. Çalışma alanında fosfat mineralleri belirlenememiştir. Detritik girdiyle ilişkili elementlerin yoğun olarak bulunduğu TD-153 numaralı kuyuda, Ta elementi de en yüksek değerlerini göstermektedir. Dolayısıyla, korelasyon matrisi ve dendogram birlikte değerlendirildiğinde, çalışma alanında Ta'un detritik minerallerle birlikteliği söz konusudur.

W ortalaması çalışma alanında 42,98 ppm olarak hesaplanmıştır. Özellikle TD-133 numaralı kuyuda W elementinin konsantrasyonu belirgin şekilde artmaktadır. Çalışma alanında hiçbir eser elementle pozitif korelasyon ilişkisi göstermeyen W sadece TOT C ile pozitif korelasyon yapmıştır. Ni, Sc, Cs, Rb, Th, V, Cu, Zn, NTE, Ga, Sn, Eu, Pb ve Bi ile ilişkisi negatiftir. Diğer elementlerle anlamlı bir ilişki kurulamamıştır. W elementinin kömürlerde organik maddeyle ilgili olarak bulunduğu ancak bir miktar W'nin wolframit ve şeelit minerallerinde de bulunabileceği belirtilmiştir (Eskenazy 1982). Karbonat minerallerinde de W'a rastlanılmaktadır (Singh vd. 1983). XRD analizinde wolframit ve şeelit mineralleri belirlenememiştir. Çalışma alanında karbonatlarla da bir ilişki tespit edilememiştir. Korelasyon matrisinde, W ile TOC arasında anlamlı bir ilişki kurulamamış olsa da dendogramda gösterdikleri yakın ilişki, W'nin organik maddeyle birlikteliğini ortaya koymaktadır.

Çalışma alanında Au konsantrasyonu 1,81 ppb olarak hesaplanmıştır. Korelasyon matrisi değerlendirildiğinde Au'nin sadece Co ile pozitif ilişkide olduğu görülmektedir. Diğer hiçbir eser elementle anlamlı ilişkisi belirlenememiştir. Kömürlerde pirit bir miktar Au içerebilmektedir (Swaine 1990). Çok düşük miktarlarda Au detritik kökenli olarak da bulunabilmektedir. Çalışma alanında hemen her seviyede belirlenen pirit mineralinin kömürdeki Au'nin kaynağı olduğu düşünülmektedir.

Sadece U ve TOT S ile pozitif korelasyon ilişkisi gösteren Hg çalışma alanında ortalama 0,08 ppm konsantrasyona sahiptir. U dışındaki eser elementlerle anlamlı ilişkisi belirlenememiştir. Kömürlerde Hg genellikle selenit ve sülfidlerle ilgilidir (Finkelman 1995; Goodarzi 2002). Pirit büyük oranda Hg'nin kaynağı olmaktadır. TOT S ile yapmış olduğu pozitif korelasyon da bunu doğrulamaktadır.

En yüksek değerlerini TD-147 numaralı kuyuda veren Tl'un havzadaki kömürlerde ortalama değeri 0,18 ppm'dir. Th, U, Pb, Bi ve Hg ile pozitif korelasyonu saptanan Tl'un, diğer eser elementlerle anlamlı bir ilişkisi kurulamamıştır. Tl'un kömürlerde piritle birlikteliği bilinmektedir. Korelasyon matrisinde Tl ile TOT S arasında anlamlı bir ilişki kurulamamış olsa da dendogramdaki yakın ilişkileri Tl'un kaynağının çalışma alanında da pirit minerali olduğunu göstermektedir.

Pb çalışma alanında ortalama 10,10 ppm olarak bulunmaktadır. W ve TOT C ile negatif korelasyon ilişkisi belirlenen Pb'un Sr, TOC, TOT S, Be, Mo, As, Cd, Sb, Au, Hg ve Se ile anlamlı ilişkisi belirlenememiştir. Diğer eser elementlerle ise pozitif korelasyona sahiptir. Pb düşük olgunluktaki kömürlerde organik maddeyle ilişkili olabilmektedir (Zubovic vd. 1960; Swaine 1990; Finkelman 1995). Ancak çalışma alanında TOC ile anlamlı ilişki kurulamamıştır ve organik kökenli olduğu belirlenen W ile yaptığı korelasyon da göz önünde bulundurulduğunda organik maddeyle ilgili olmadığı belirlenmiştir. Finkelman (1994a) Pb'nin sülfid minerallerinden kaynaklandığını

belirtmektedir. TOT S ile de anlamlı bir ilişki kurulamamasına karşın, hemen her seviyedeki pirit minerallerinin Pb'nin kaynağı olabileceğini düşündürmektedir.

En yüksek değerlerini TD-131 numaralı kuyuda gösteren Bi'un çalışma alanındaki kömürlerdeki konsantrasyonu ortalama 0,26 ppm olarak hesaplanmıştır. Korelasyon matrisi değerlendirildiğinde, W dışında negatif korelasyon gösterdiği eser element bulunmamaktadır. TOT C ile olan ilişkisi de negatiftir. TOC ve TOT S ile anlamlı bir ilişki belirlenmemiştir. Bi, kömürlerde sülfat mineralleriyle ilgili olarak bulunmaktadır. Bi'un korelasyon matrisindeki karakteristikleri Pb ile benzerdir. Dendogramda da bu iki element arasında yakın ilişki bulunmaktadır. Pb gibi, Bi'unda inorganik kökenli olduğu düşünülmektedir.

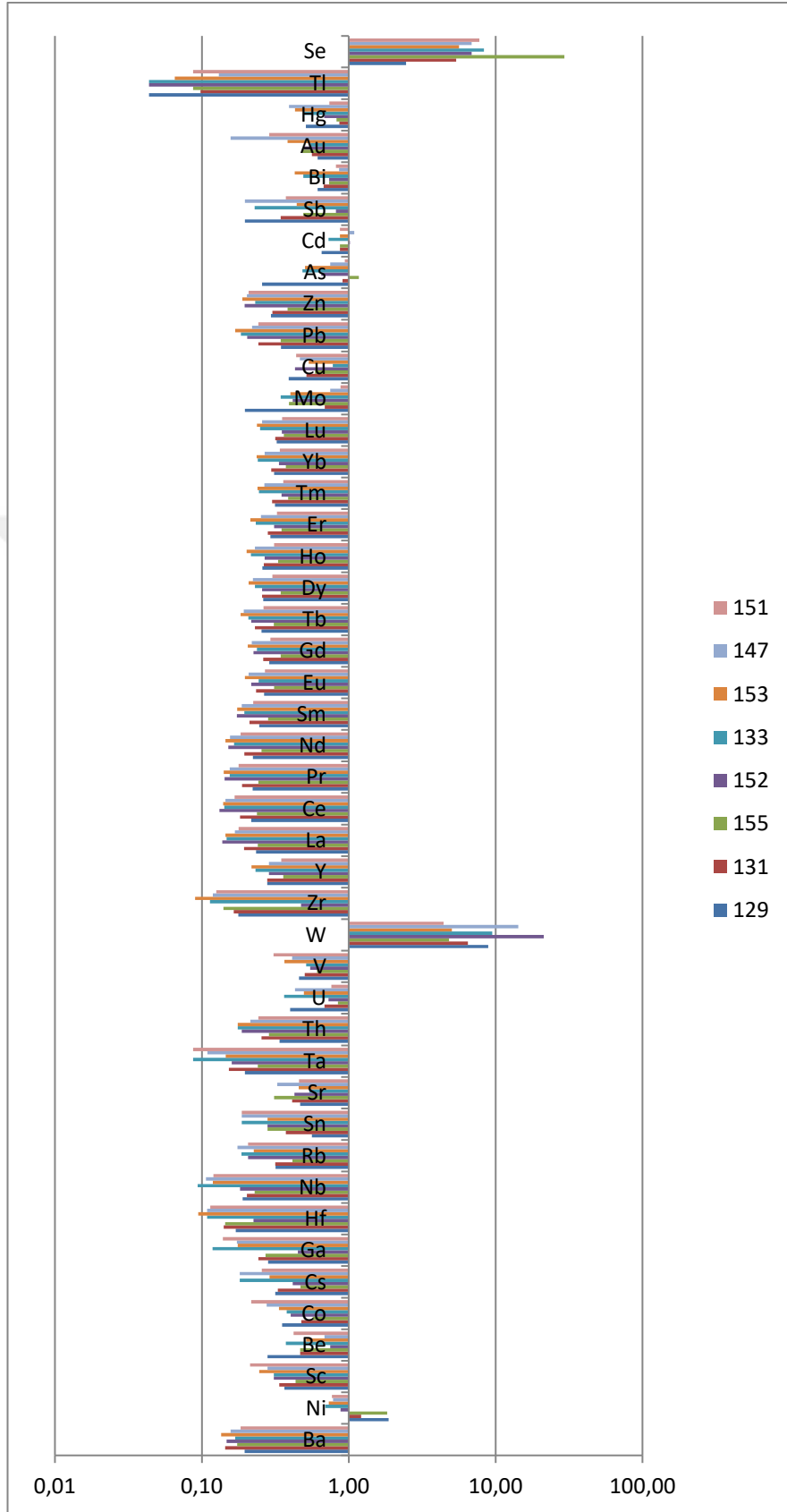
Çalışma alanında Th 6,09 ppm ortalama sunar ve en yüksek değerlerini TD-151 numaralı kuyuda verir. Th'un organik madde ile birlikteliği belirtilmemiştir. Bi ve Pb elementlerine benzer şekilde sadece W ve TOT C ile olan korelasyon ilişkisi negatiftir. TOC ile anlamlı bir ilişki belirlenemese de bu durum çalışma alanındaki Th varlığının da inorganik kökenli olduğunu göstermektedir. Th mineral maddeyle, büyük oranda da monazit ve zirkonla (Palmer ve Filby 1984), bunların yanı sıra xenotimele birlikte (Finkelman 1980) bulunmaktadır. Swaine (1990) Th'un demiroksitler ve kil mineralleriyle birlikte bulunabileceğini de belirtmiştir. XRD analizinde monazit, zirkon ve xenotime saptanmamıştır. Çalışma alanında Th, büyük olasılıkla kil mineralleriyle ilişkilidir.

U konsantrasyonu çalışma alanındaki kömürlerde 4,12 ppm olarak hesaplanmıştır. Ni, V, Y, Ga, Mo, Pb, As, Cd, Sb, Hg, Tl ve NTE'lerinden Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu ile pozitif korelasyon ilişkisi belirlenen U'un hiçbir eser elementle negatif ilişkisi tespit edilememiştir. TOC, TOT S ve TOT C ile anlamlı bir ilişki kurulamamıştır. U kömürlerde hem organik hem de inorganik kökenli bulunabilmekle birlikte, genellikle organik maddeyle ilgilidir (Swaine 1990; Finkelman 1995). Silikat, karbonat, oksit, vanadat ve sülfat minerallerinde bulunduğu da belirtilmektedir. Az miktardaki U adsorblama yoluyla kil minerallerinde de bulunabilmektedir (Wedepohl 1969; Swaine 1990). Çalışma alanında U'un organik kökenli olabileceğine dair bir veri bulunmamaktadır. U varlığının büyük oranda inorganik kökenli olduğu düşünülmektedir.

Çalışma alanındaki kömür örneklerinde eser elementlerin zenginleşme faktörleri hesaplanmıştır (Şekil 4.24, Çizelge 4.14). Buna göre; Ba, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, Zr, Y, NTE, Mo, Cu, Pb, Zn, Sb, Bi, Au, Hg ve Tl elementlerinin hem kuyu bazında alınan ortalamalarda hem de genel ortalama tüketilmiş olduğu belirlenmiştir. W ve Se elementleri ise hem genel ortalama hem de kuyu bazında tüm örneklerde zenginleşmiştir. Ni; TD-151, TD-147 ve TD-153 numaralı kuyularda zenginleşmiş, TD-133, TD-152, TD-155, TD-131 ve TD-129 numaralı kuyularda ise tüketilmiştir. As sadece TD-153 numaralı kuyuda zenginleşmişken, Cd ise sadece TD-131 ve TD-133 numaralı kuyularda zenginleşmiştir. Çalışma alanı genelinde zenginleşen elementler değerlendirildiğinde, söz konusu zenginleşmelerin organik maddeyle ilgili olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.14. Eser element zenginleşme faktörü ortalamaları

Element	TD-151	TD-147	TD-153	TD-133	TD-152	TD-155	TD-131	TD-129
Ba	0,20	0,14	0,17	0,15	0,17	0,14	0,16	0,18
Ni	1,87	1,21	1,83	0,88	0,69	0,73	0,78	0,77
Sc	0,36	0,34	0,43	0,31	0,31	0,25	0,28	0,21
Be	0,28	0,47	0,47	0,75	0,37	0,51	0,69	0,42
Co	0,35	0,48	0,57	0,40	0,38	0,34	0,28	0,22
Cs	0,32	0,33	0,47	0,42	0,18	0,29	0,18	0,26
Ga	0,28	0,24	0,27	0,45	0,12	0,18	0,17	0,14
Hf	0,17	0,14	0,14	0,22	0,11	0,09	0,11	0,11
Nb	0,19	0,20	0,23	0,18	0,09	0,12	0,11	0,12
Rb	0,32	0,32	0,41	0,21	0,19	0,23	0,18	0,21
Sn	0,56	0,37	0,28	0,28	0,19	0,28	0,19	0,19
Sr	0,47	0,41	0,31	0,43	0,54	0,46	0,33	0,46
Ta	0,20	0,15	0,24	0,16	0,09	0,15	0,11	0,09
Th	0,34	0,26	0,29	0,19	0,18	0,18	0,21	0,24
U	0,40	0,68	0,84	0,73	0,36	0,49	0,43	0,76
V	0,46	0,50	0,61	0,55	0,51	0,36	0,41	0,31
W	8,90	6,48	4,81	21,33	9,48	5,04	14,29	4,42
Zr	0,18	0,16	0,14	0,47	0,11	0,09	0,12	0,13
Y	0,28	0,28	0,36	0,29	0,23	0,22	0,29	0,35
La	0,23	0,19	0,24	0,14	0,15	0,14	0,17	0,18
Ce	0,22	0,18	0,24	0,13	0,14	0,14	0,14	0,17
Pr	0,22	0,19	0,24	0,14	0,16	0,14	0,15	0,18
Nd	0,22	0,19	0,26	0,15	0,17	0,15	0,16	0,18
Sm	0,25	0,21	0,28	0,17	0,19	0,17	0,19	0,22
Eu	0,26	0,23	0,31	0,22	0,24	0,20	0,21	0,27
Gd	0,29	0,26	0,34	0,23	0,24	0,21	0,22	0,29
Tb	0,26	0,23	0,31	0,22	0,21	0,18	0,19	0,26
Dy	0,26	0,26	0,34	0,26	0,23	0,21	0,22	0,30
Ho	0,26	0,26	0,33	0,27	0,22	0,20	0,23	0,31
Er	0,29	0,28	0,35	0,31	0,23	0,21	0,25	0,32
Tm	0,31	0,30	0,39	0,35	0,24	0,24	0,27	0,36
Yb	0,31	0,30	0,37	0,34	0,24	0,24	0,27	0,34
Lu	0,32	0,32	0,36	0,35	0,25	0,24	0,26	0,35
Mo	0,20	0,69	0,39	0,42	0,34	0,40	0,75	0,88
Cu	0,39	0,52	0,59	0,43	0,78	0,53	0,46	0,44
Pb	0,35	0,24	0,34	0,20	0,18	0,17	0,22	0,24
Zn	0,30	0,30	0,38	0,20	0,23	0,19	0,20	0,21
As	0,26	0,91	1,17	0,65	0,49	0,51	0,75	0,94
Cd	0,65	0,87	0,87	1,02	0,73	0,87	1,09	0,87
Sb	0,20	0,34	0,49	0,82	0,23	0,44	0,20	0,37
Bi	0,61	0,67	0,74	0,74	0,49	0,43	0,86	0,82
Au	0,62	0,56	0,48	0,50	0,55	0,38	0,16	0,29
Hg	0,51	0,86	0,82	0,68	0,50	0,43	0,39	0,74
Tl	0,04	0,10	0,09	0,04	0,04	0,07	0,13	0,09
Se	2,45	5,40	29,44	6,87	8,34	5,64	6,87	7,75

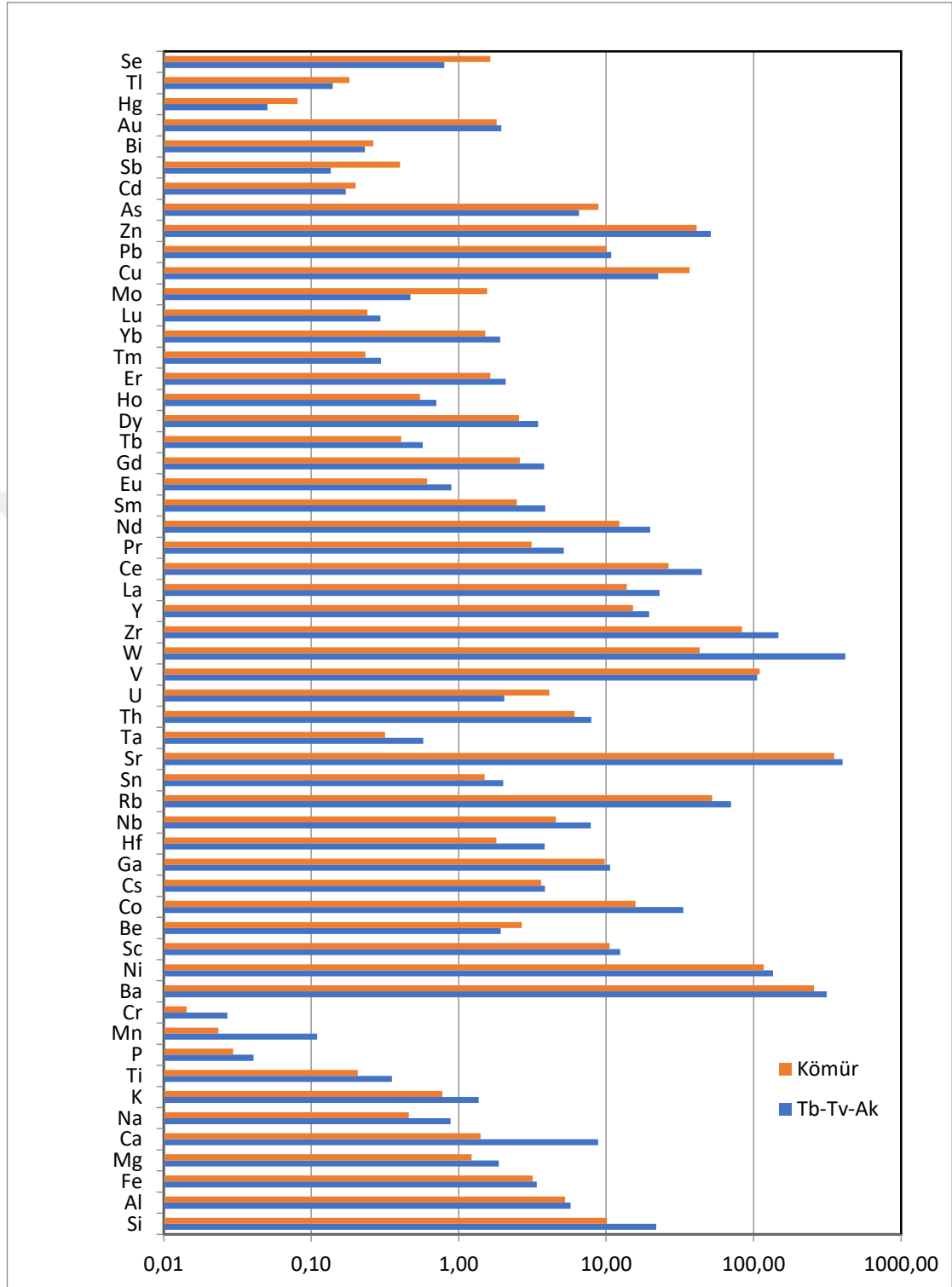


Şekil 4.24. Eser elementlerin UCC'na göre kuyu bazında zenginleşme faktörleri

Kömür taban, tavan ve ara kesme örneklerinin element içerikleri ile kömür örneklerinin element içerikleri karşılaştırılmıştır (Şekil 4.25). Beklenildiği gibi, ana elementler taban, tavan ve ara kesme örneklerinde artış göstermiştir. Eser elementlerde ise kömür örneklerinde Be, U, V, Mo, Cu, Cd, Sb, Bi, Hg, Tl ve Se miktarlarında artış belirlenmiştir. İstatistik analizi ile elde edilen korelasyon matrisi değerlendirildiğinde, U, V, Cu, Cd, Sb, Bi, Hg ve Tl elementleri mineral madde içeriğiyle ilişkilendirilmiştir. Ancak söz konusu elementlerin kömür örneklerinde daha fazla miktarda bulunuşu, bu elementlerin organik maddeyle ilgisini de ortaya koymaktadır.

Kömür kullanımına bağlı olarak As, Be, Cd, Cr, Co, Hg, Pb, Mn, Ni, Sb ve Se elementleri antropojenik kaynaklı hava kirletici elementler olarak kabul edilmektedir. Çalışma alanında bu elementlerden As, Cd, Be, Co, Ni, Sb ve Se dünya ortalamalarının üzerinde değerler sunmaktadırlar. Bu nedenle kömür kullanımında potansiyel hava kirletici konumundadırlar.

Çevresel açıdan duyarlı olabilecek elementler irdelendiğinde, Grup 1'den Cr ve As, Grup 2A'dan Mn, Ni ve Pb, Grup 2B'den P, Zn ve Th, Grup 3'ten ise Ti, Co, Sn ve Ba elementlerinin, kömür tavan, taban ve ara kesme örneklerinde, kömür örneklerine nazaran artış gösterdiği belirlenmiştir. Çalışma alanında As, Cd, Sb, Se, Ni, Be, V, Cu, Zn, Th, U, Ti, Co, Sn ve Ba kömür örneklerinde dünya ortalamalarının üzerinde gözlenmektedir. Cr, Mn ve P gibi çevresel açıdan tehlikeli olabilecek elementler, kömür örneklerinde dünya ortalamalarının altında kalmasına rağmen, kömürün kullanılması durumunda, oluşacak olan atıklarda konsantrasyonlarında artış meydana geleceğinden bu elementler de risk oluşturmaktadır.



Şekil 4.25. Kömür ve kayaç örneklerinin element içeriklerinin karşılaştırılması

4.5.2.3. Çevreye duyarlı element dağılımlarının tespiti

Enterpolasyon basit bir tanımlama ile bilinen değerler kullanılarak bilinmeyen değerlerin tespit edilmesidir. Verilerin dağınık ya da heterojen olduğu durumlarda var olan sayısal değerler yardımıyla boş alanların tahmin edilmesi olarak da ifade edilebilir. Kriging ölçülmüş değerlerden ağırlıkları oranında faydalanarak bilinmeyen noktaların ölçümlerini kestirmek için kullanılan enterpolasyon metodu olarak tanımlanabilir. Ölçülen noktalar ile tahmin edilecek noktalar mesafeye bağlı olarak belirlenir. Tüm alan içinde bir ayarlama yapılıp ve bölgesel değişme teorisine dayanır. Birçok metot olmasına rağmen yer bilimlerinde yaygın kullanılan enterpolasyon yöntemi Kriging'dir. Çünkü bu yöntemi diğerlerinden ayıran en önemli özellik tahmin edilen bir nokta veya alanın varyans değerlerinin hesaplanabilmesidir. Bu nedenle çalışmada bu metot tercih edilmiştir.

Toplam 8 kuyu için alınan 54 örneğe ait element konsantrasyonlarının ortalama değerleri alınmıştır. Her kuyuya ait ortalama değer tespit edilmesi çalışma alanında küçük alanlardaki element zenginleşmelerini ve sınır değerlerin üstünde kalan lokal bölge analizlerini yapmayı sağlayacaktır. Özellikle çevreye duyarlı 25 element için bu çalışmanın yapılması oldukça önemlidir. Her kuyudan alınan örneklerin kendi içinde ayrı ayrı ortalama değerleri çevresel açıdan duyarlı elementler için incelenmiştir. 4 grupta incelenen elementler Grup 1, Grup 2A, Grup 2B ve Grup 3 olarak sınıflandırılarak incelenmiştir.

1. Grupta bulunan ve en tehlikeli sınıf olarak sayılan Cr, As, Cd, Hg, Se elementleridir. Kuyu bazında ortalama değerler incelendiğinde Cr, Cd ve Hg elementlerinin çok büyük bir değişim göstermediği ve 8 kuyuda da yakın konsantrasyonda olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.27, Şekil 4.28, Şekil 4.29). Se ve As elementlerinin kuyu ortalamalarında değişim gösterdiği belirlenmiştir. As elementi en düşük değerini çalışma alanının en batısında bulunan TD-155 nolu kuyunun ortalamasında, en yüksek değerini de K-G kesit hattının en güneyinde bulunan TD-153 nolu kuyunun ortalamasında verdiği gözlenmiştir (Şekil 4.26). Se elementi için de değerler değişim göstermekle birlikte en düşük kuyu değer ortalamasını TD-151 nolu kuyuda, en yüksek kuyu değer ortalamasının da K-G kesit hattının en güneyinde yer alan TD-153 nolu kuyuda ile olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.30).

Grup 2A, Grup 1'e göre daha az tehlikeli elementlerden oluşmakta olup, Mn, Mo, Pb, Ni elementleri açısından incelenmiştir. Mn elementi en düşük kuyu ortalama değerini TD-133 nolu kuyuda ve en yüksek ortalama değerini ise TD-151 nolu kuyuda verdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.31). Mo elementi için en düşük kuyu ortalama değeri TD-151 nolu kuyuda, en yüksek ortalama değer ise TD-129 nolu kuyuda yer almaktadır (Şekil 4.32). Pb elementi incelendiğinde kuyu ortalamalarında en düşük ortalama değeri K-G ve D-B kesit hatlarının kesişiminde yer alan TD-152 nolu kuyuda, en yüksek ortalama değeri de K-G kesit hattının en güneyinde yer alan TD-153 nolu kuyuda göstermiştir (Şekil 4.34). Ni elementi en düşük ortalama değerini çalışma sahasının en batısında bulunan TD-155 nolu kuyuda, en yüksek ortalama değerini de K-G kesit hattının en güneyinde yer alan TD-153 nolu kuyuda vermiştir (Şekil 4.33).

Grup 2B; P, Be, Th, U, V, Cu, Zn elementlerinden oluşmaktadır. P elementi kuyu ortalamalarında değişkenlik göstermemiş ve 8 kuyuda da yakın değerler vermiştir (Şekil

4.37). Be elementi en düşük kuyu ortalama değerin K-G ve D-B hattının kesişiminde yer alan TD-152 nolu kuyuda, en yüksek ortalama değerini ise TD-147 nolu kuyuda göstermiştir (Şekil 4.35). Th elementi en düşük kuyu ortalama değerini TD-152 nolu kuyuda, en yüksek değerini de TD-153 nolu kuyuda vermiştir (Şekil 4.38). U elementi en düşük kuyu ortalama değerini TD-152 nolu kuyuda, en yüksek değerini de TD-129 nolu kuyuda göstermiştir (Şekil 4.39). V elementi en düşük kuyu ortalama değerini çalışma sahasının en batısında yer alan TD-155 nolu kuyuda, en yüksek değerini de çalışma alanının en kuzeyinde yer alan TD-131 nolu kuyuda vermektedir (Şekil 4.40). Cu elementi en düşük kuyu ortalama değerini TD-133 nolu kuyuda, en yüksek ortalama değerin de TD-153 nolu kuyuda göstermiştir (Şekil 4.36). Zn elementi en düşük kuyu ortalama değerini TD-152 nolu kuyuda, en yüksek ortalama değeri de TD-153 nolu kuyuda göstermektedir (Şekil 4.41).

Çevresel açıdan duyarlı fakat diğer grup elementlerine nazaran en az zararlı olan Grup 3 Ti, Ba, Co, Sn, Sb elementlerinden oluşmaktadır. Ti elementi en düşük kuyu ortalamasını TD-152 ve TD-155 nolu kuyularda, en yüksek ortalama değeri ise TD-153 nolu kuyuda göstermiştir (Şekil 4.46). Ba elementi en düşük kuyu ortalama değerini TD-155 nolu kuyuda, en yüksek ortalama değeri de TD-147 nolu kuyuda vermiştir (Şekil 4.42). Co elementi en düşük kuyu ortalama değerini TD-129 nolu kuyuda, en yüksek ortalama değeri de TD-152 nolu kuyuda göstermiştir (Şekil 4.43). Sn elementi en düşük kuyu ortalama değerini TD-152 nolu kuyuda, en yüksek ortalama değeri ise TD-147 nolu kuyuda olarak vermektedir (Şekil 4.45). Sb elementi en düşük kuyu ortalama değerini TD-151 nolu kuyuda, en yüksek ortalama değeri de TD-133 nolu kuyuda olarak gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.46).

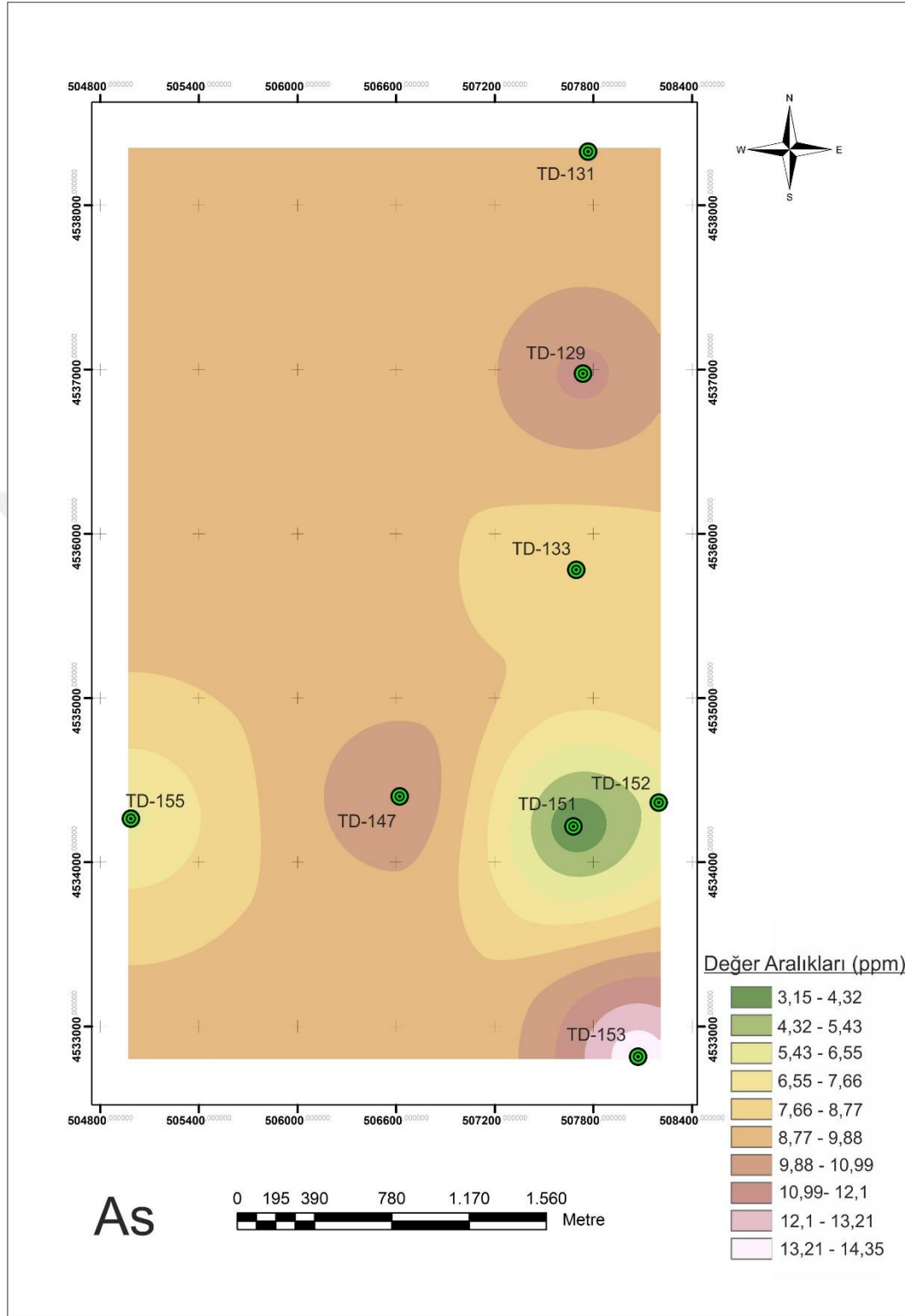
Bu sonuçlara göre çalışma alanında çevresel açıdan duyarlı elementlerin lokal konsantrasyonları tespit edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre TD-153 nolu kuyuda As, Se, Pb, Ni, Th, Cu, Zn, Ti elementleri bakımından sahadaki en yüksek konsantrasyon ortalamasına sahiptir. TD-147 nolu kuyu ortalamaları incelendiğinde Be, Ba, Sn elementleri en yüksek değeri vermiştir. TD-129 nolu kuyu ortalama değerlerinde Mo ve U elementleri en yüksek değeri göstermektedir. Diğer dört kuyuda birer element en yüksek değere sahiptir. TD-151 nolu kuyuda Mn, TD-131 nolu kuyuda V, TD-152 nolu kuyuda Co, TD-133 nolu kuyuda Sb elementleri en yüksek konsantrasyon gösterdiği tespit edilmiştir.

En düşük değer konsantrasyonları incelendiğinde TD-153, TD-147 ve TD-131 nolu kuyulara ait ortalamalar hiçbir kuyuda en düşük değeri vermemiştir. TD-152 nolu kuyu en çok düşük konsantrasyona sahip element bulunduran kuyudur. Pb, Be, Th, U, Zn, Ti, Sn elementleri kuyu ortalamalarına göre en düşük değeri bu kuyuda vermektedir. TD-155 nolu kuyuda As, Ni, V, Ti, Ba elementleri en düşük değer ortalamasına sahiptir. TD-151 nolu kuyu Se, Mo, Sb elementleri, TD-133 nolu kuyu Mn, Cu elementleri, TD-129 Co elementi ortalamalarında en düşük değere sahip olduğu tespit edilmiştir.

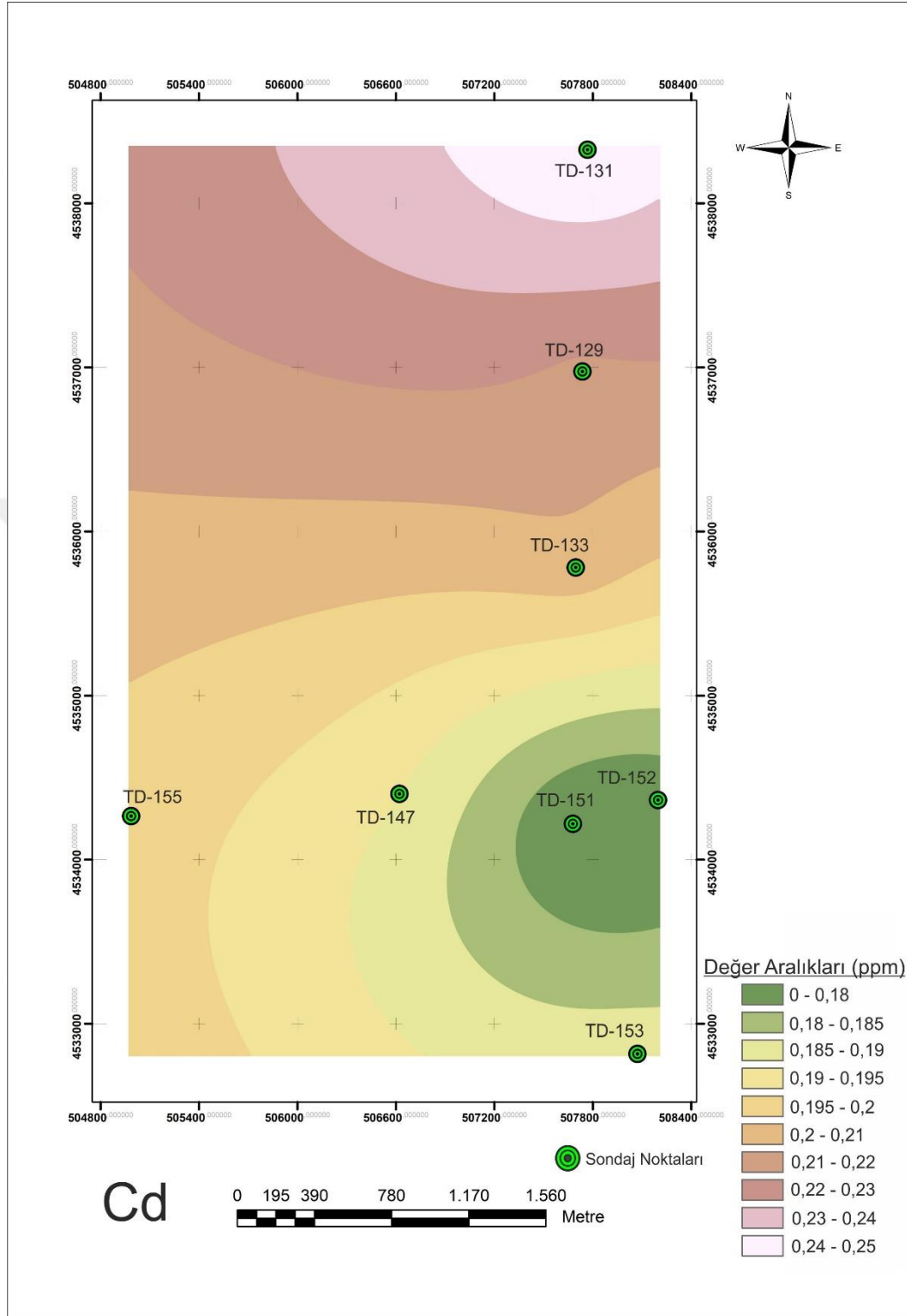
Elde edilen tüm bu bulgulara göre çalışma sahasının en güneyinde As, Se, Pb, Ni, Th, Cu, Zn, Ti değerlerinde artış olduğu gözlenmiştir. K-G kesit hattında Kuzeye doğru ilerledikçe sırası ile Co, Sb Mo ve U element konsantrasyonlarında yükselme olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanının en kuzeyinde V element konsantrasyonu değerinin yüksek çıktığı belirlenmiştir. D-B kesit hattında Doğudan Batıya doğru ilerledikçe önce Mn değerinde artış biraz daha ilerledikçe Be, Ba, Sn elementlerinde artış tespit edilmiştir.

Çalışma sahasında en düşük çıkan çevresel açıdan duyarlı element değeri bu alanların daha tehlikesiz olduğunu göstermektedir. Bu açıdan incelendiğinde K-G ve D-B kesit hattının kesişim noktasında Pb, Be, Th, U, Zn, Ti, Sn elementleri tüm sahadaki en düşük değeri vermiştir. Bu noktadan kuzeye doğru ilerledikçe Mn ve Cu elementleri, biraz daha kuzeye doğru ilerledikçe ise Co elementinin en düşük değeri verdiği tespit edilmiştir. Aynı kesişim noktasından batıya doğru ilerledikçe öncelikle Se, Mo, Sb elementlerinin, en batıda ise As, Ni, V, Ti, Ba element konsantrasyon değeri verdiğini saha ortalamasına göre en düşük değeri verdiği belirlenmiştir.

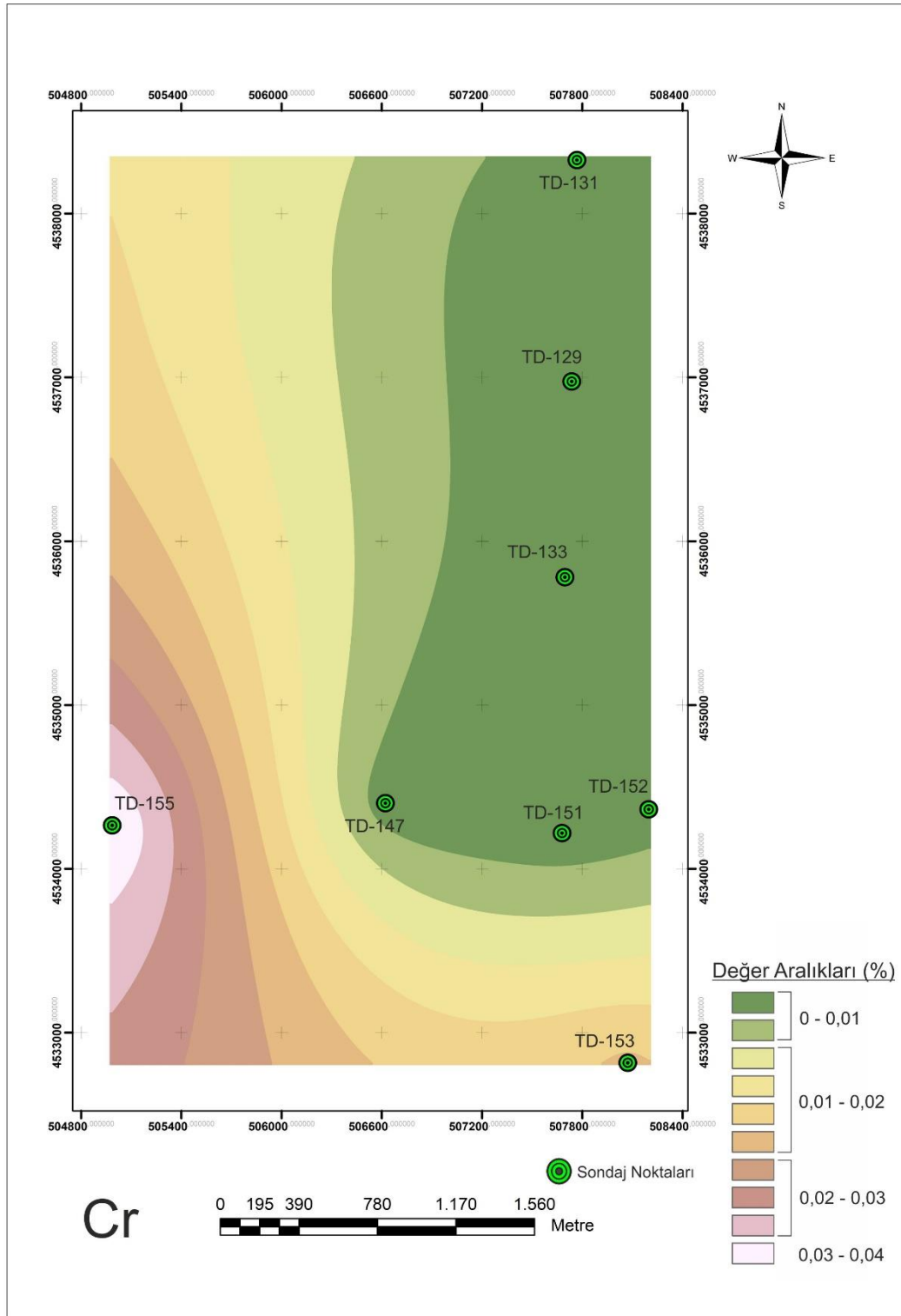




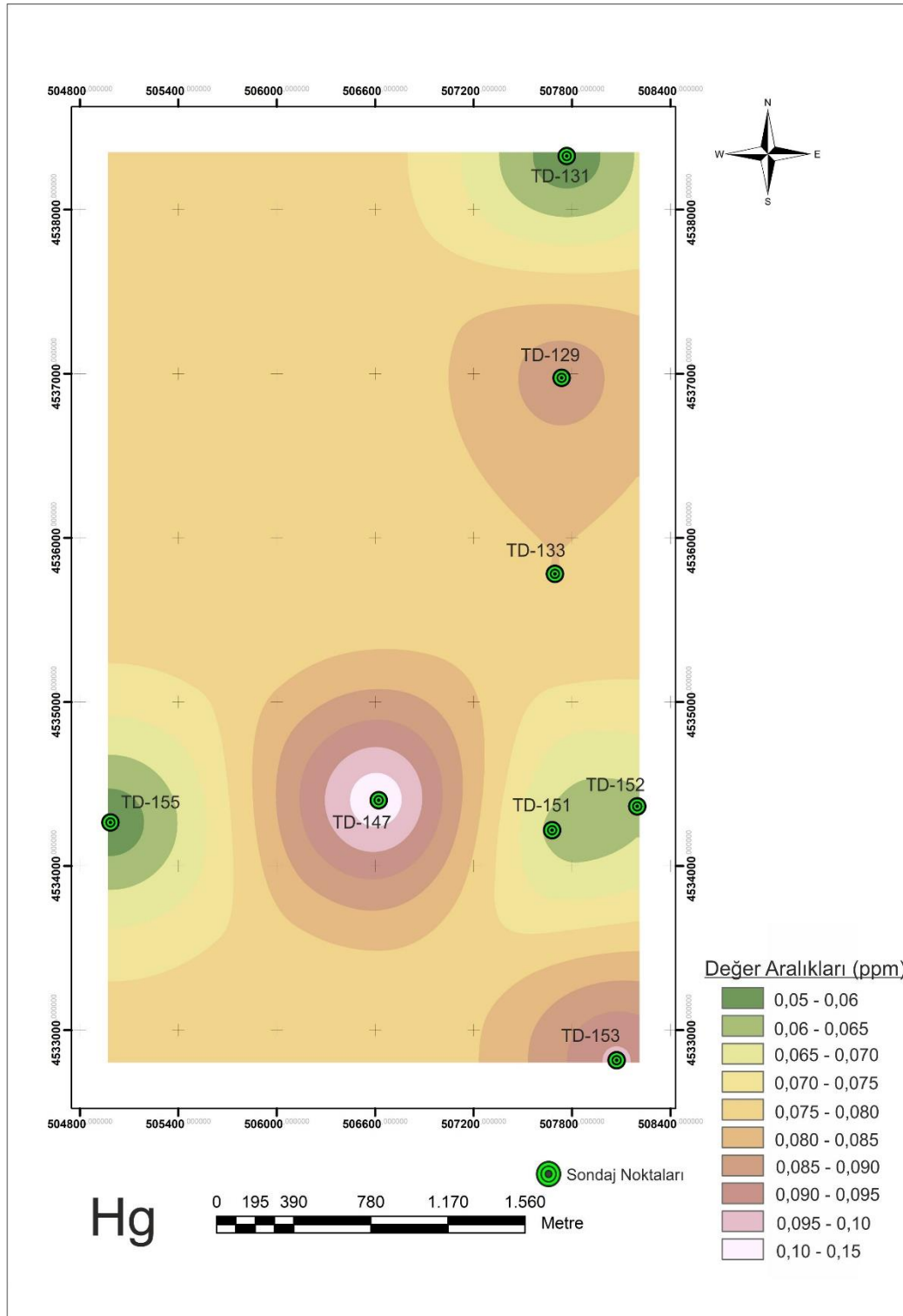
Şekil 4.26. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş As elementi dağılım tahmini



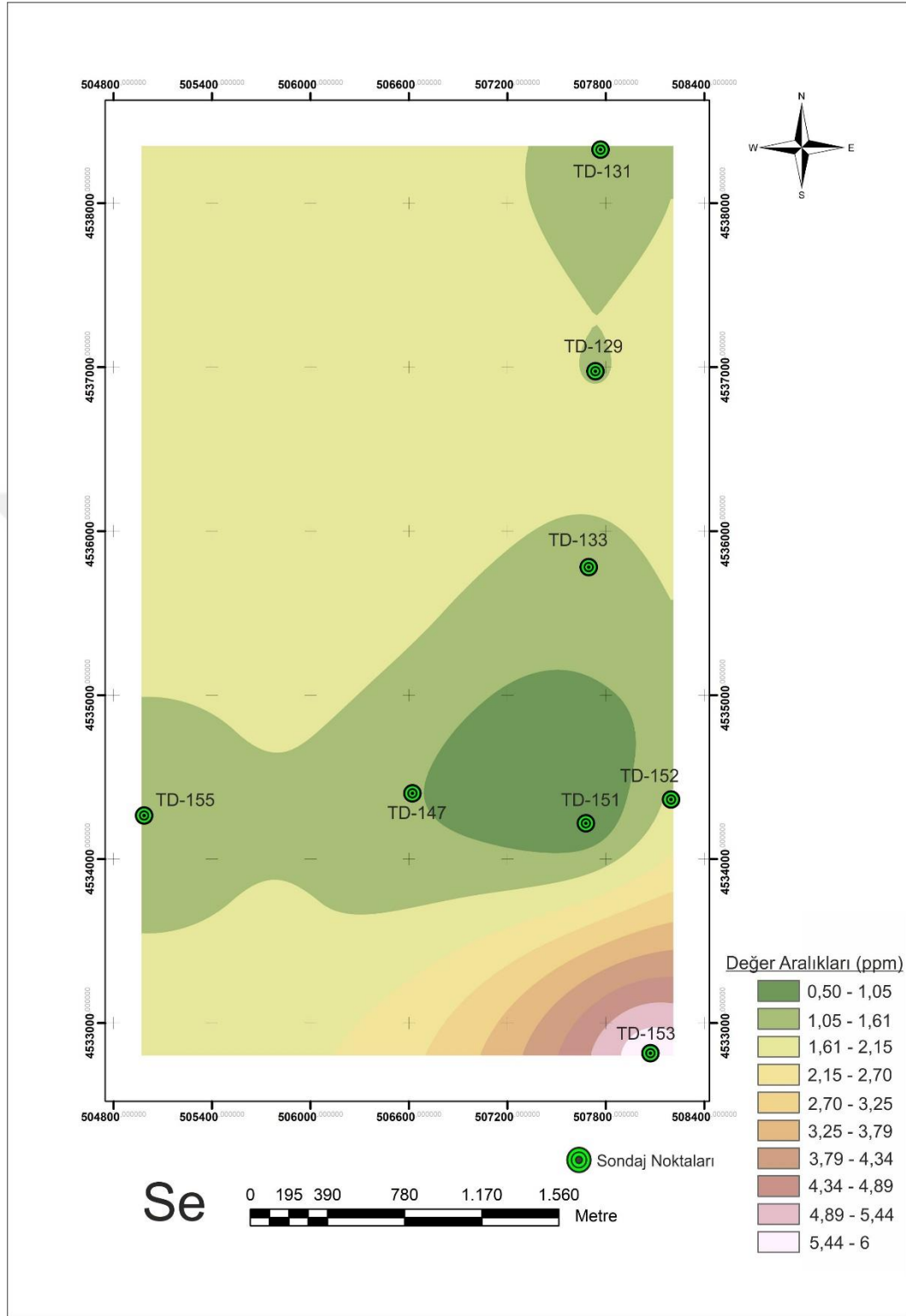
Şekil 4.27. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Cd elementi dağılım tahmini



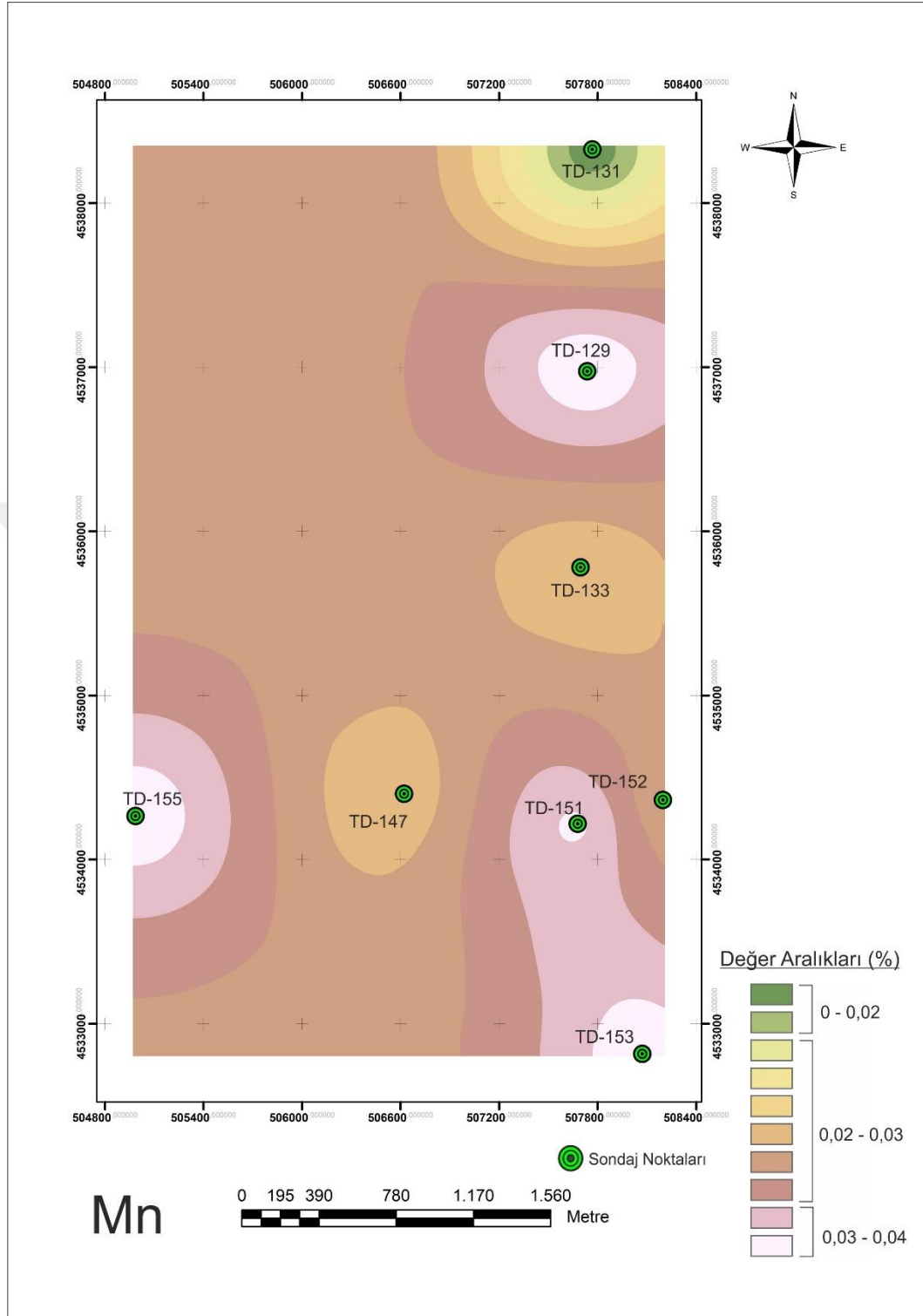
Şekil 4.28. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Cr elementi dağılım tahmini



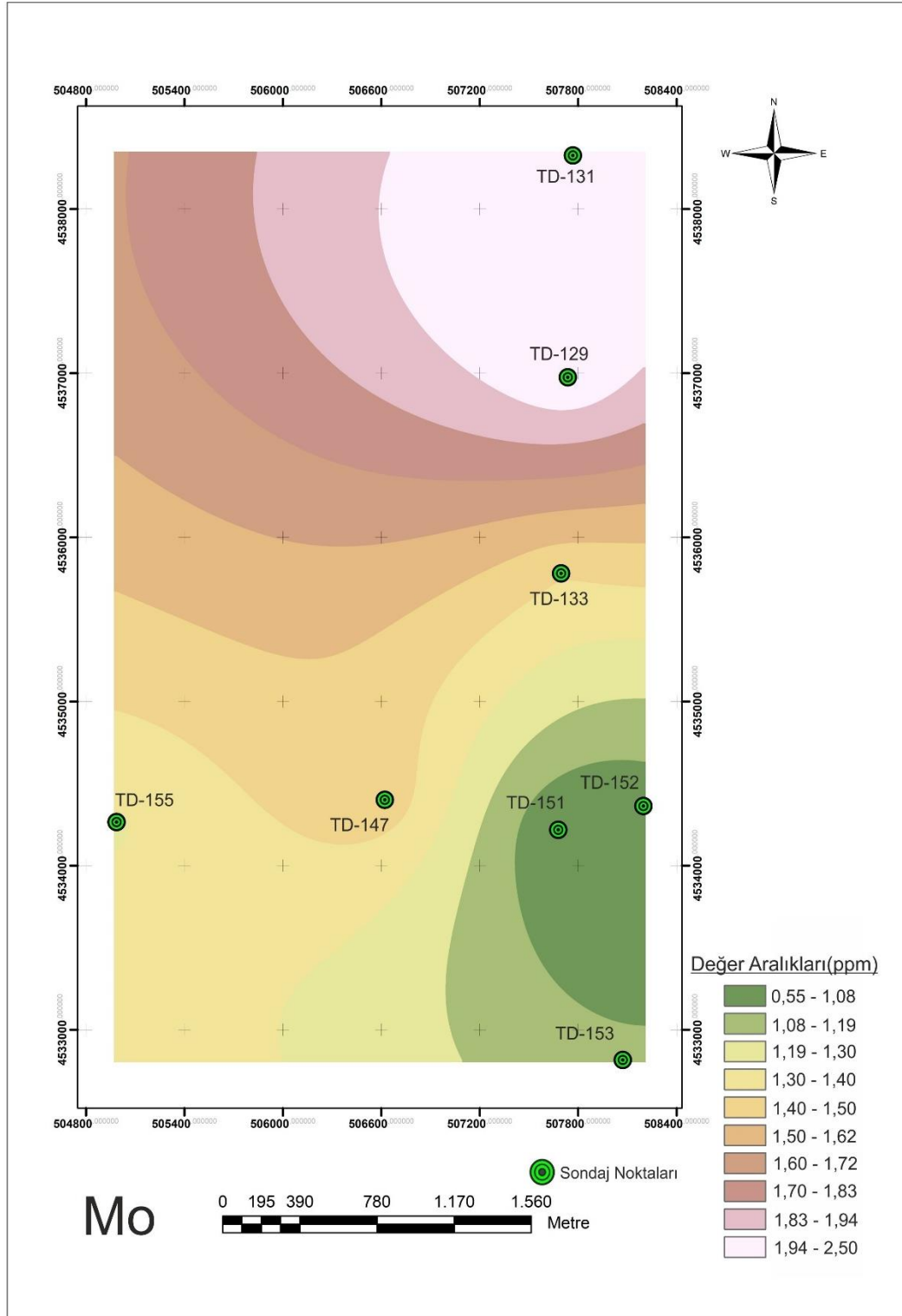
Şekil 4.29. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Hg elementi dağılım tahmini



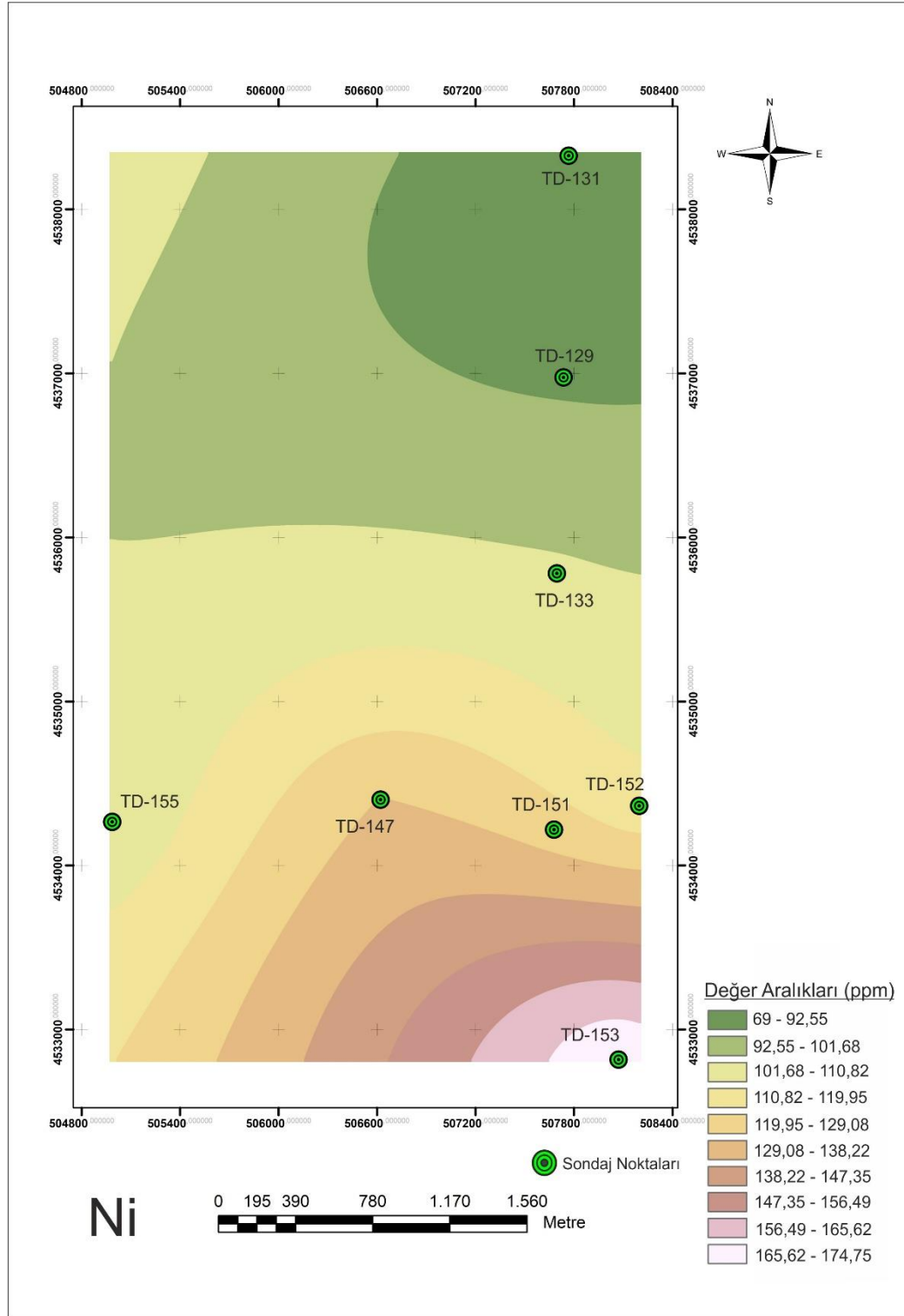
Şekil 4.30. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Se elementi dağılım tahmini



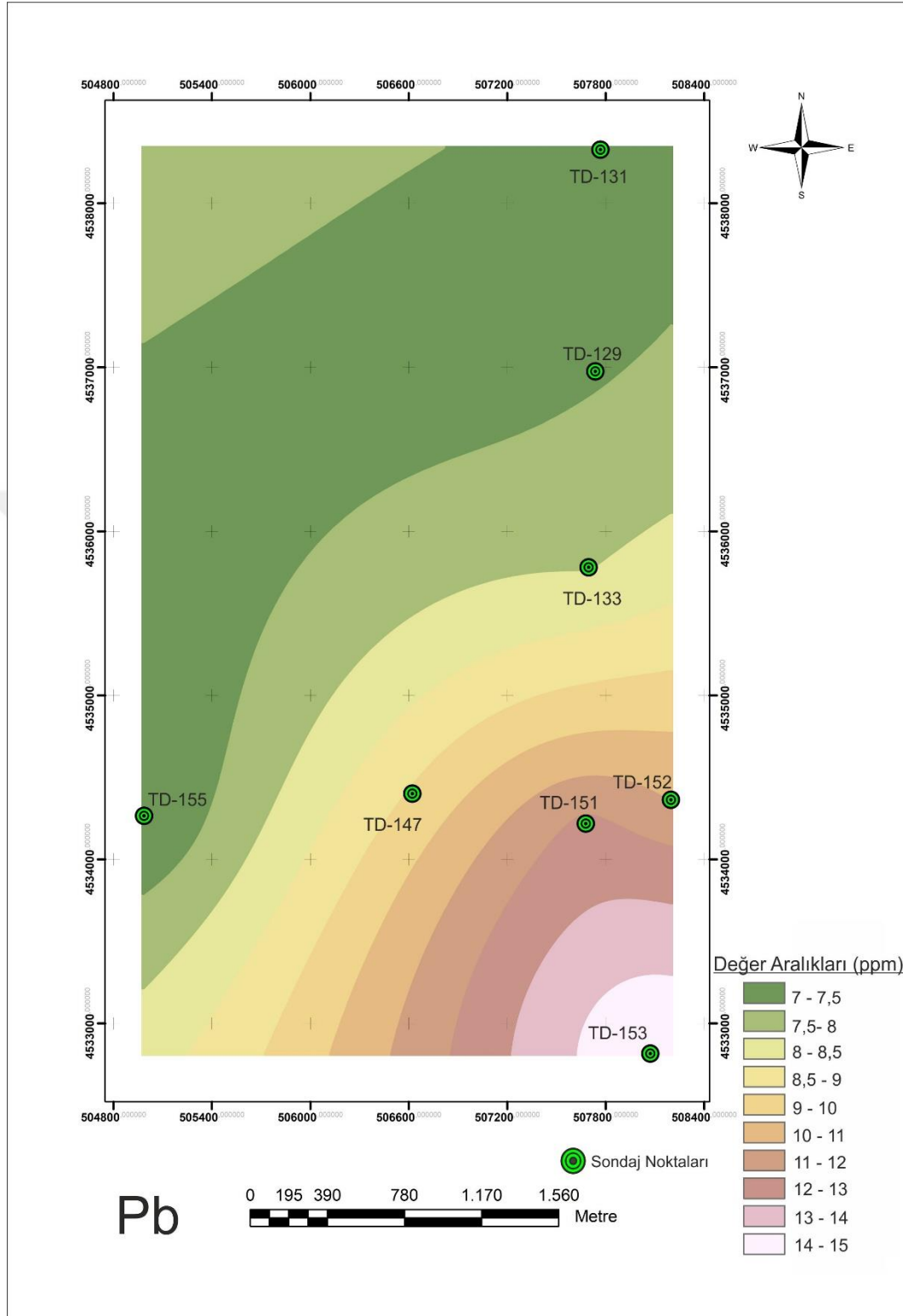
Şekil 4.31. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Mn elementi dağılım tahmini



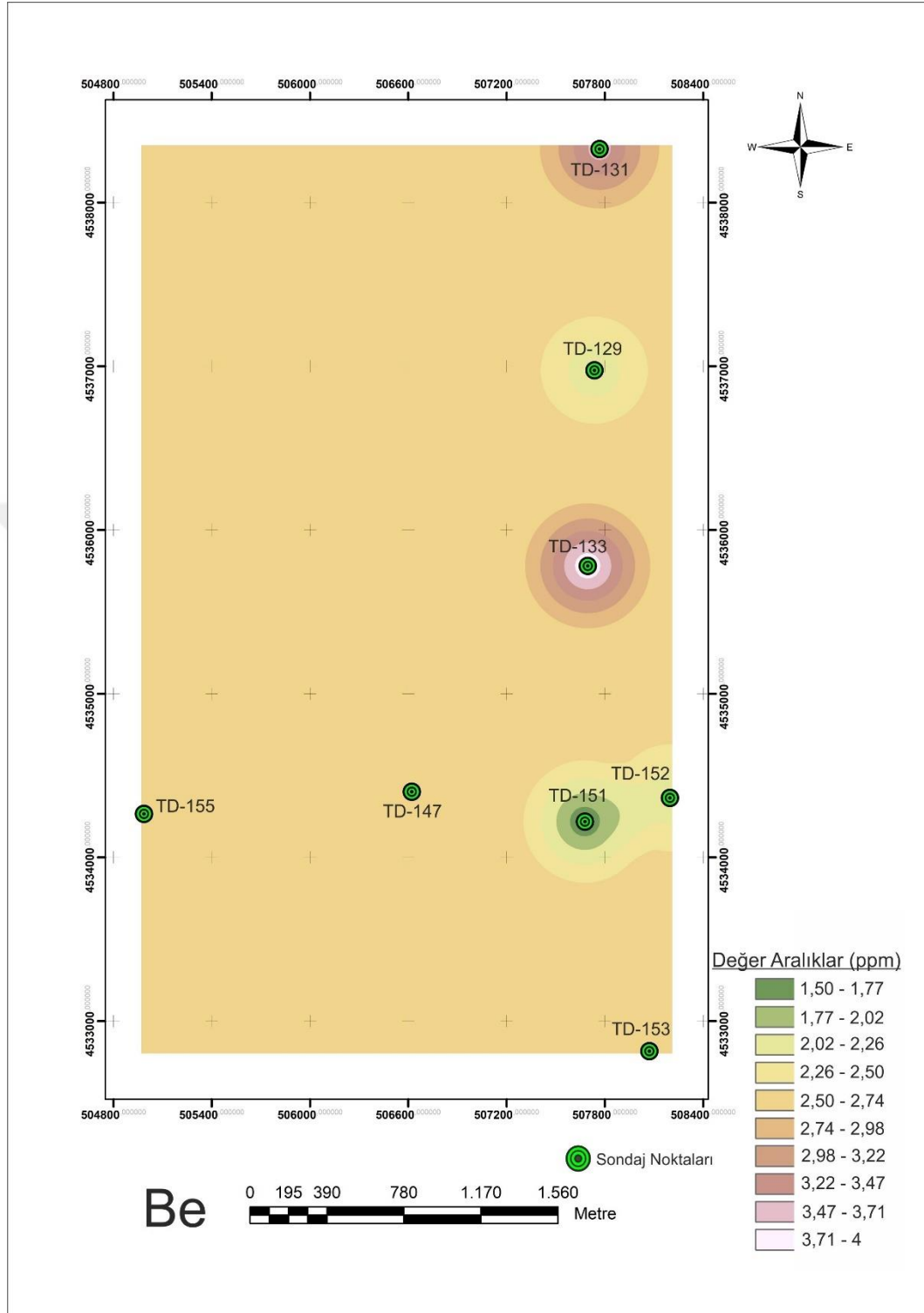
Şekil 4.32. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Mo elementi dağılım tahmini



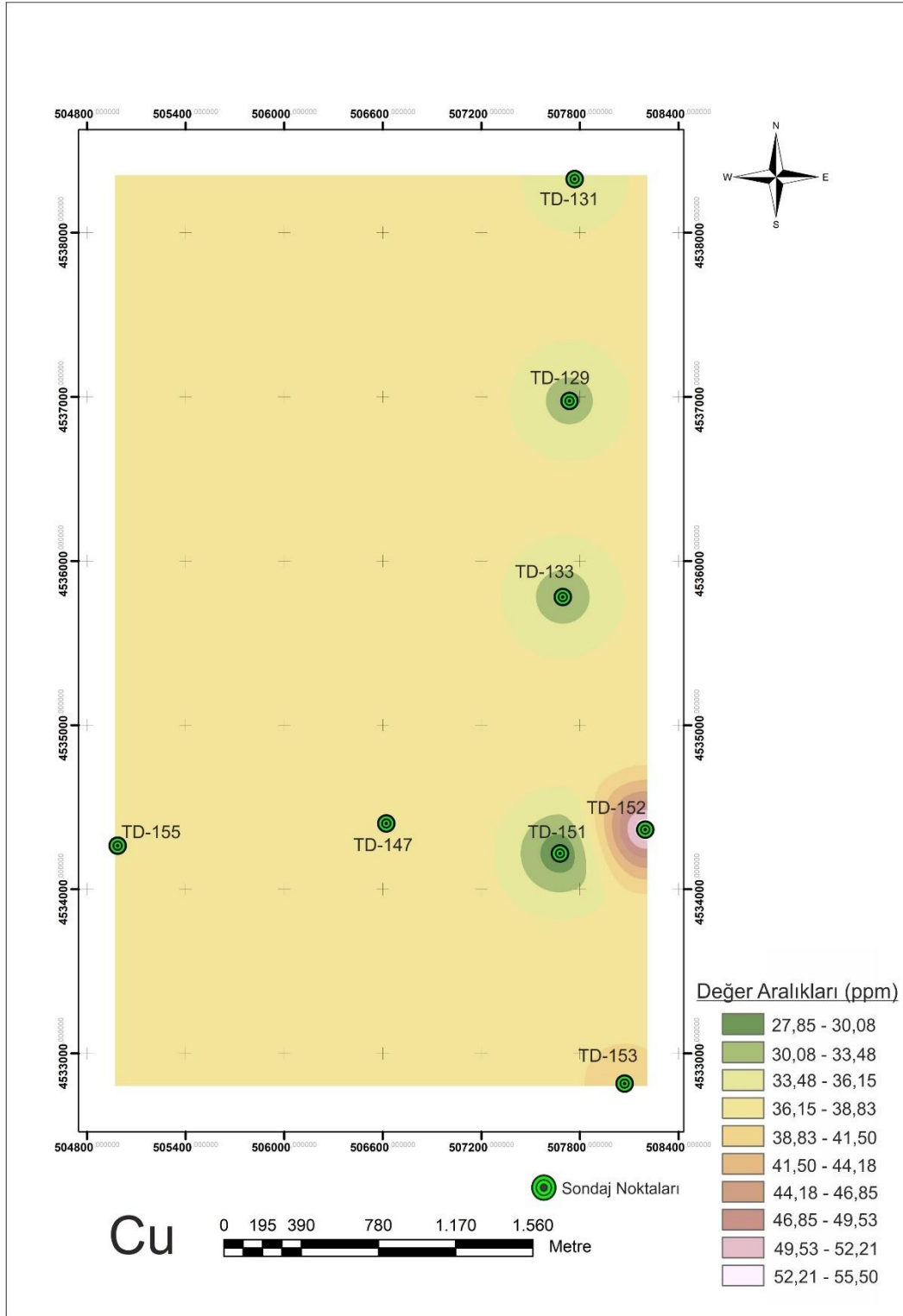
Şekil 4.33. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Ni elementi dağılım tahmini



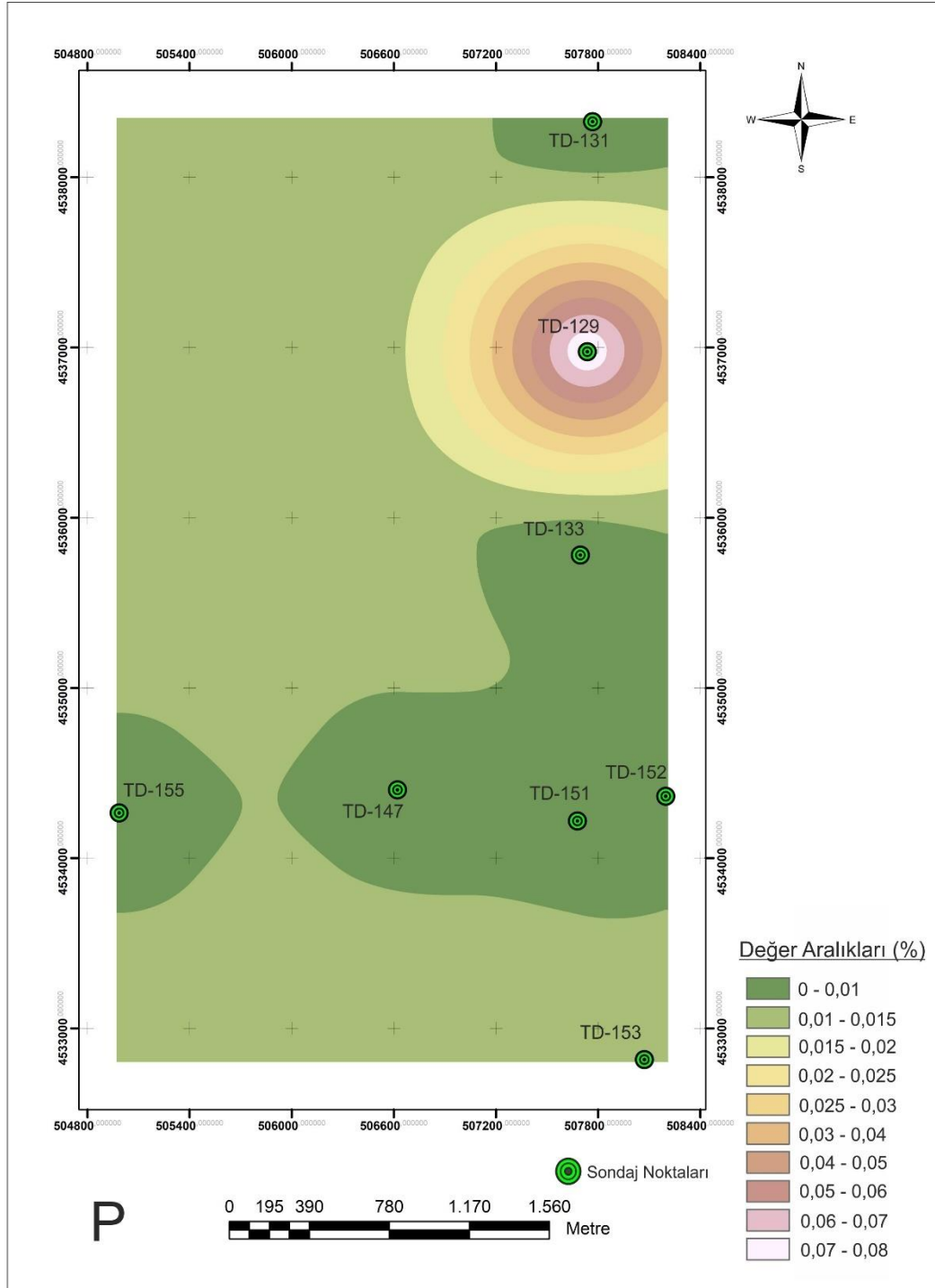
Şekil 4.34. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Pb elementi dağılım tahmini



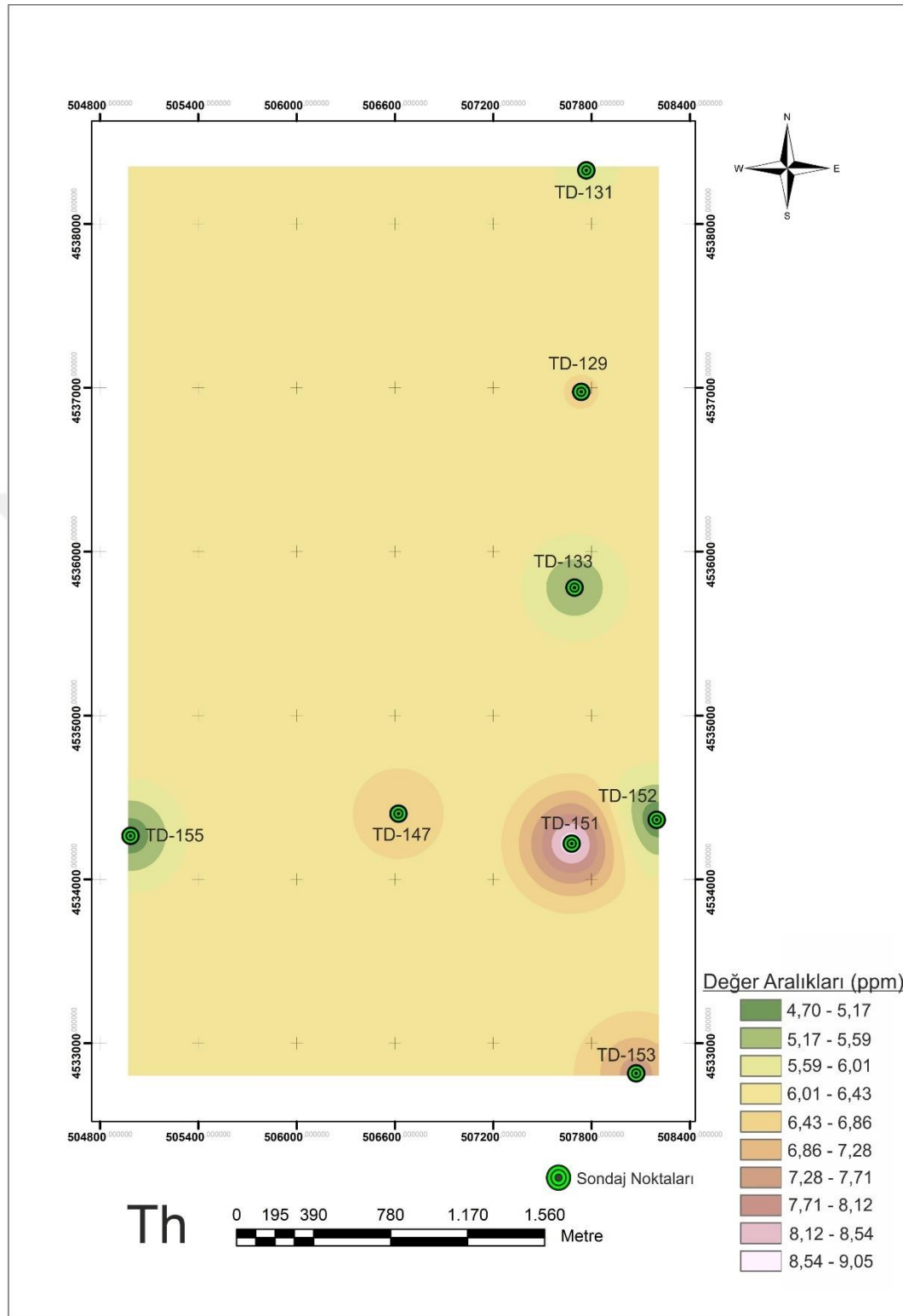
Şekil 4.35. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Be elementi dağılım tahmini



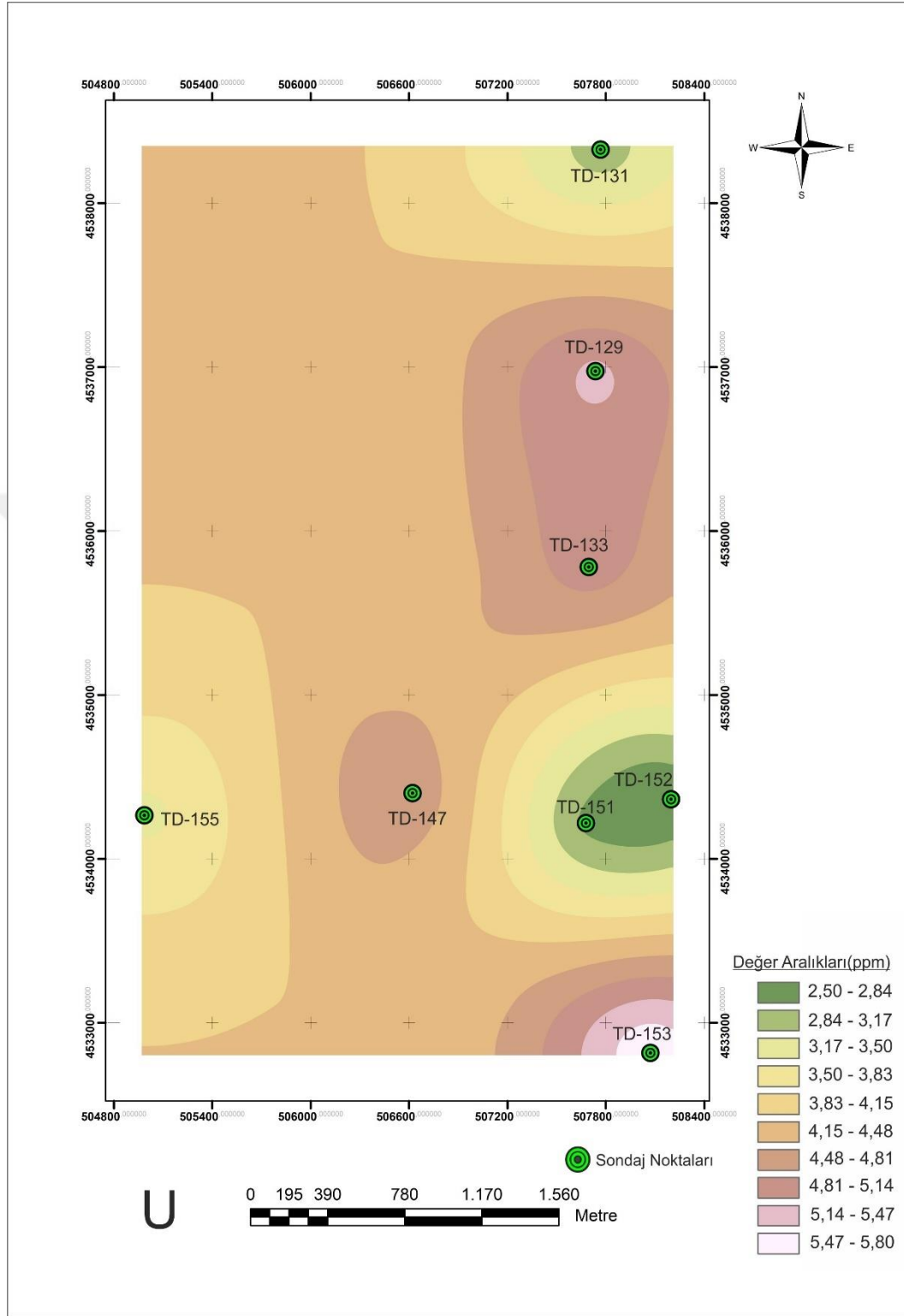
Şekil 4.36. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Cu elementi dağılım tahmini



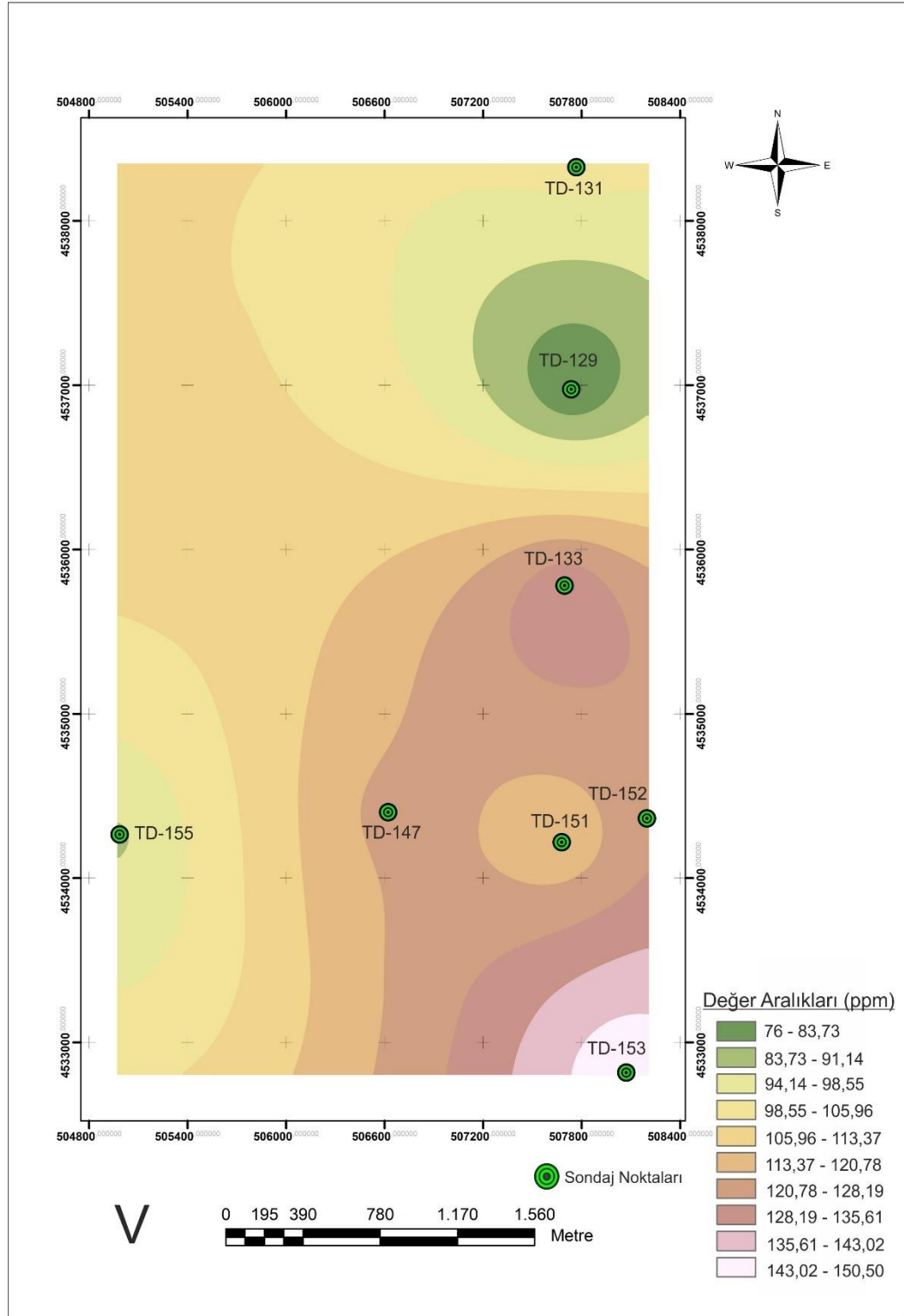
Şekil 4.37. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş P elementi dağılım tahmini



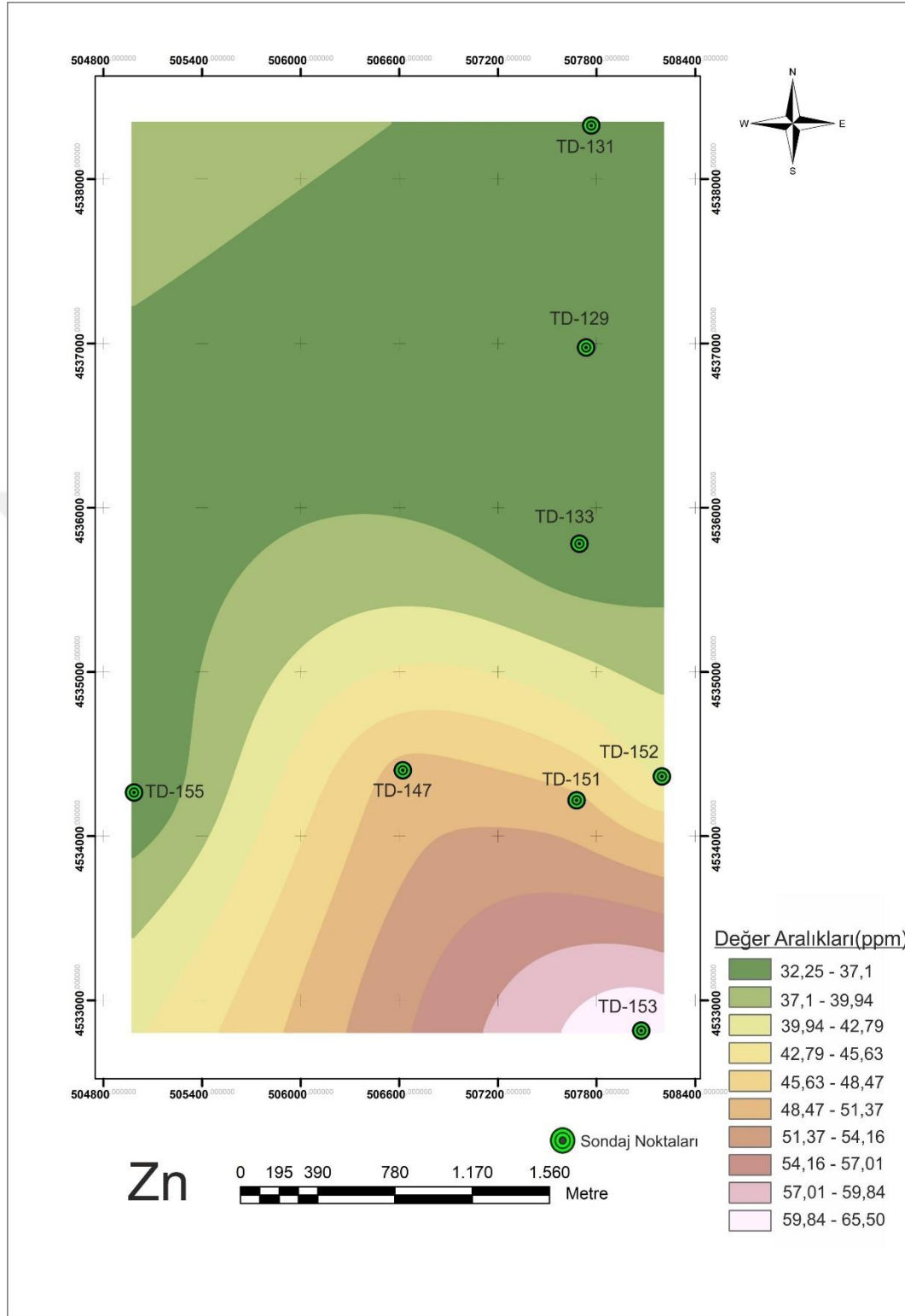
Şekil 4.38. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Th elementi dağılım tahmini



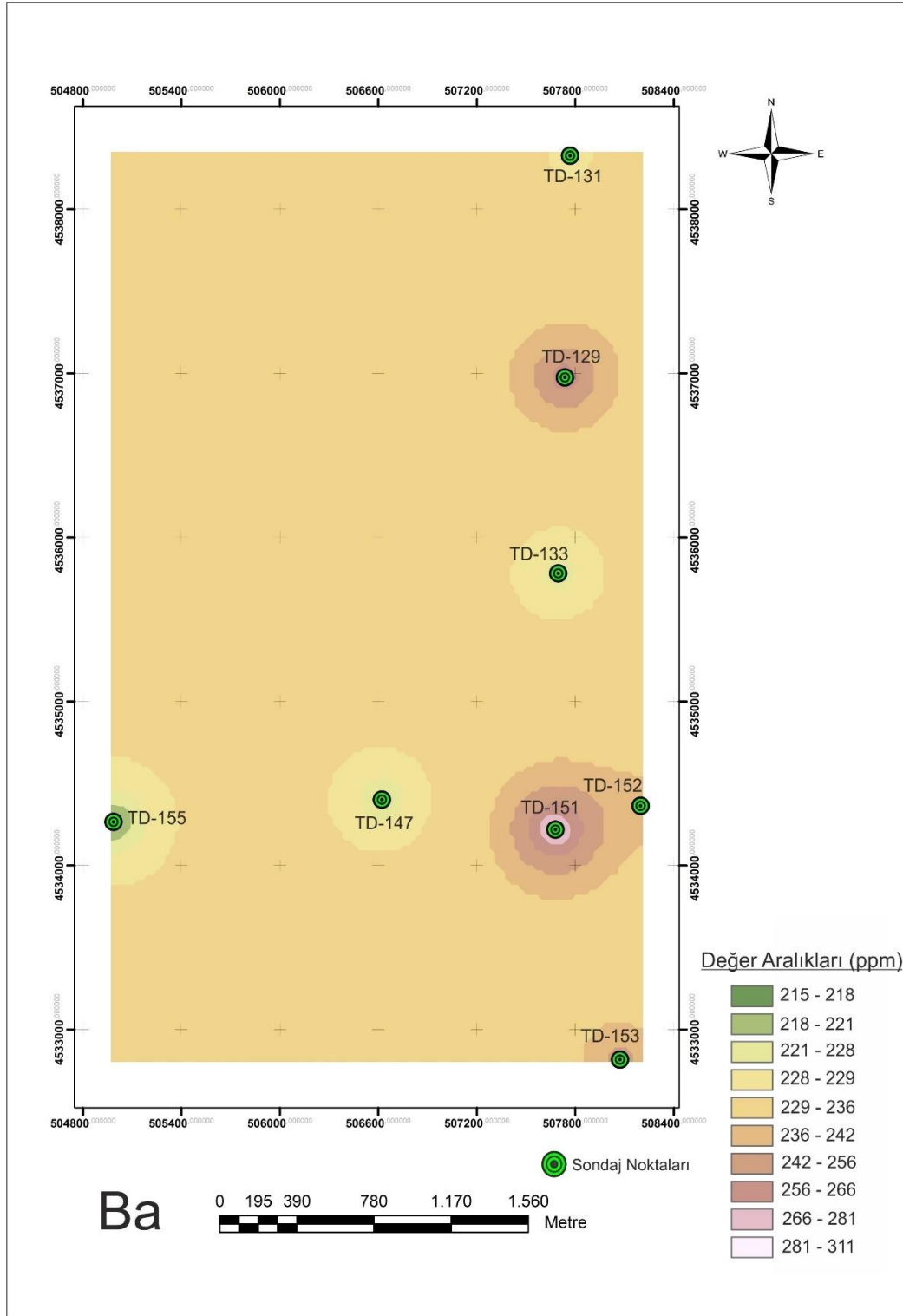
Şekil 4.39. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş U elementi dağılım tahmini



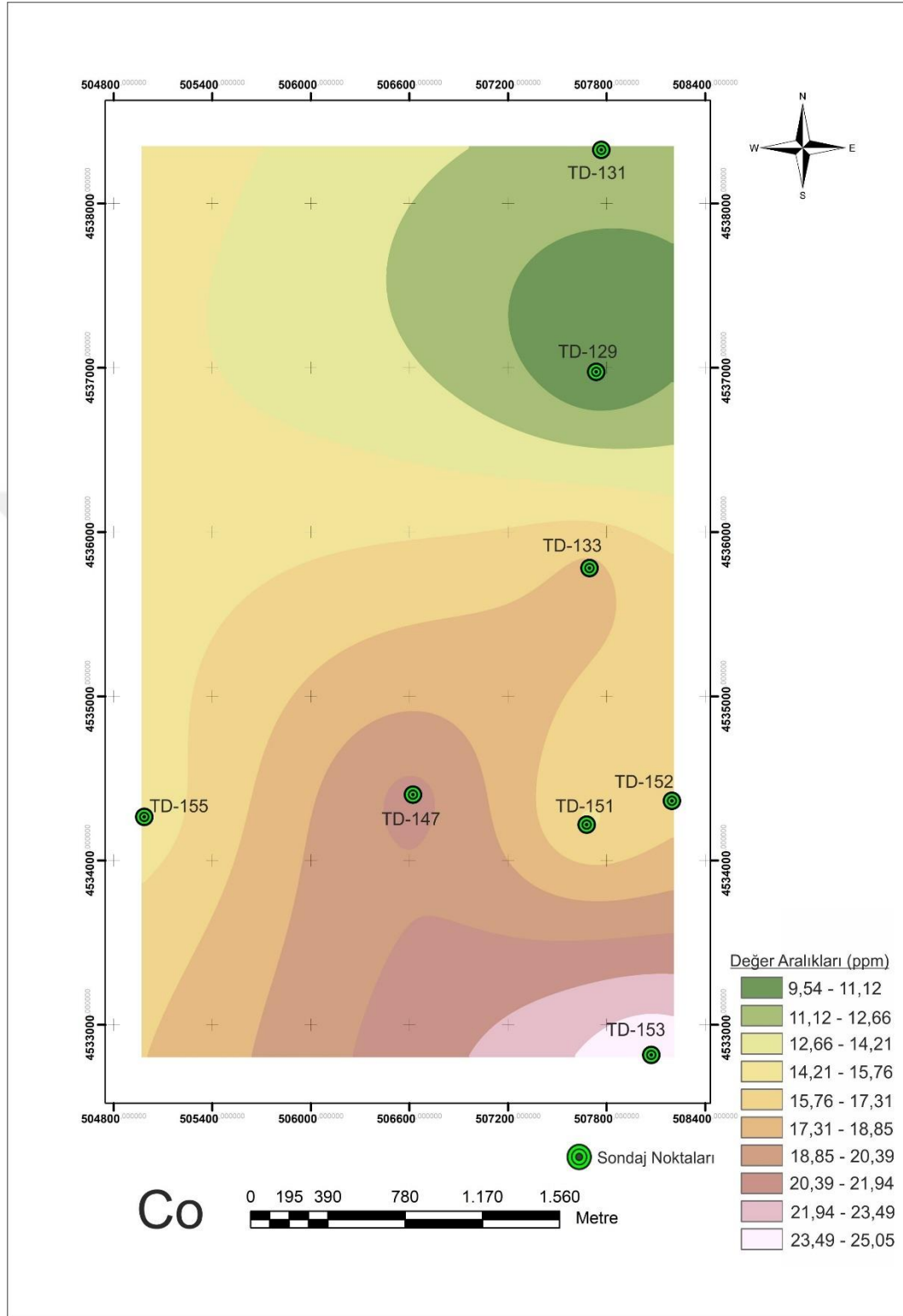
Şekil 4.40. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş V elementi dağılım tahmini



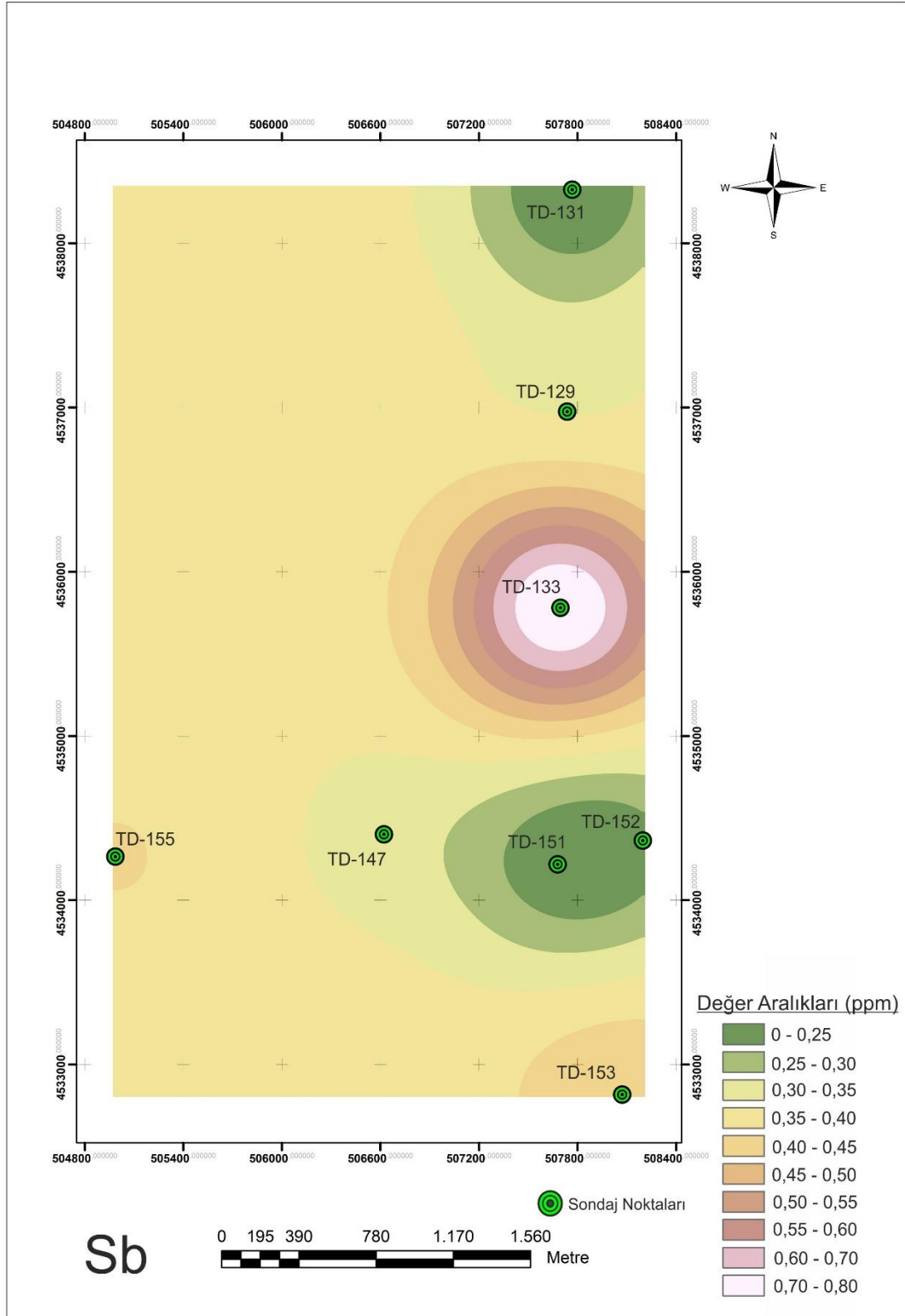
Şekil 4.41. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Zn elementi dağılım tahmini



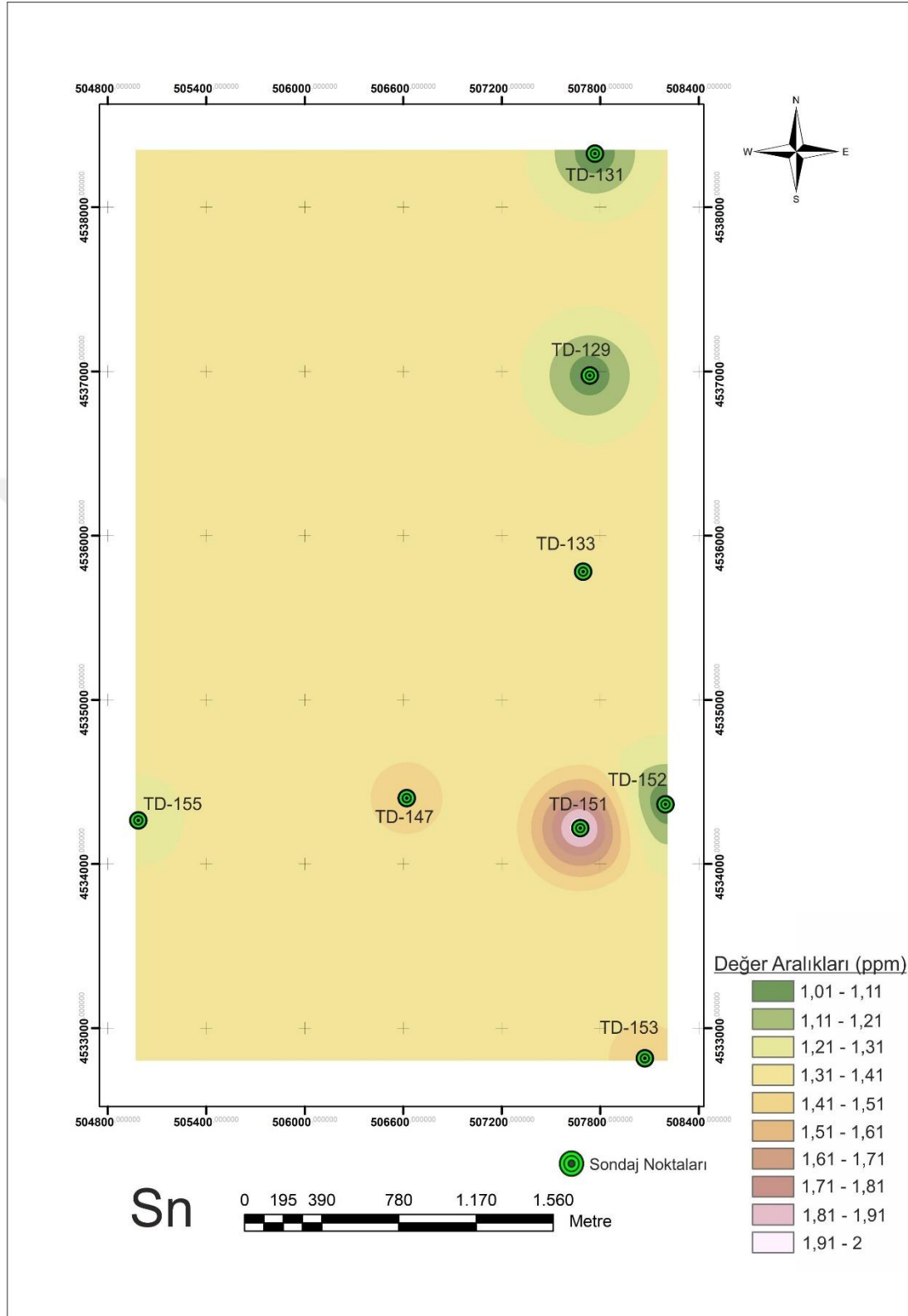
Şekil 4.42. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Ba elementi dağılım tahmini



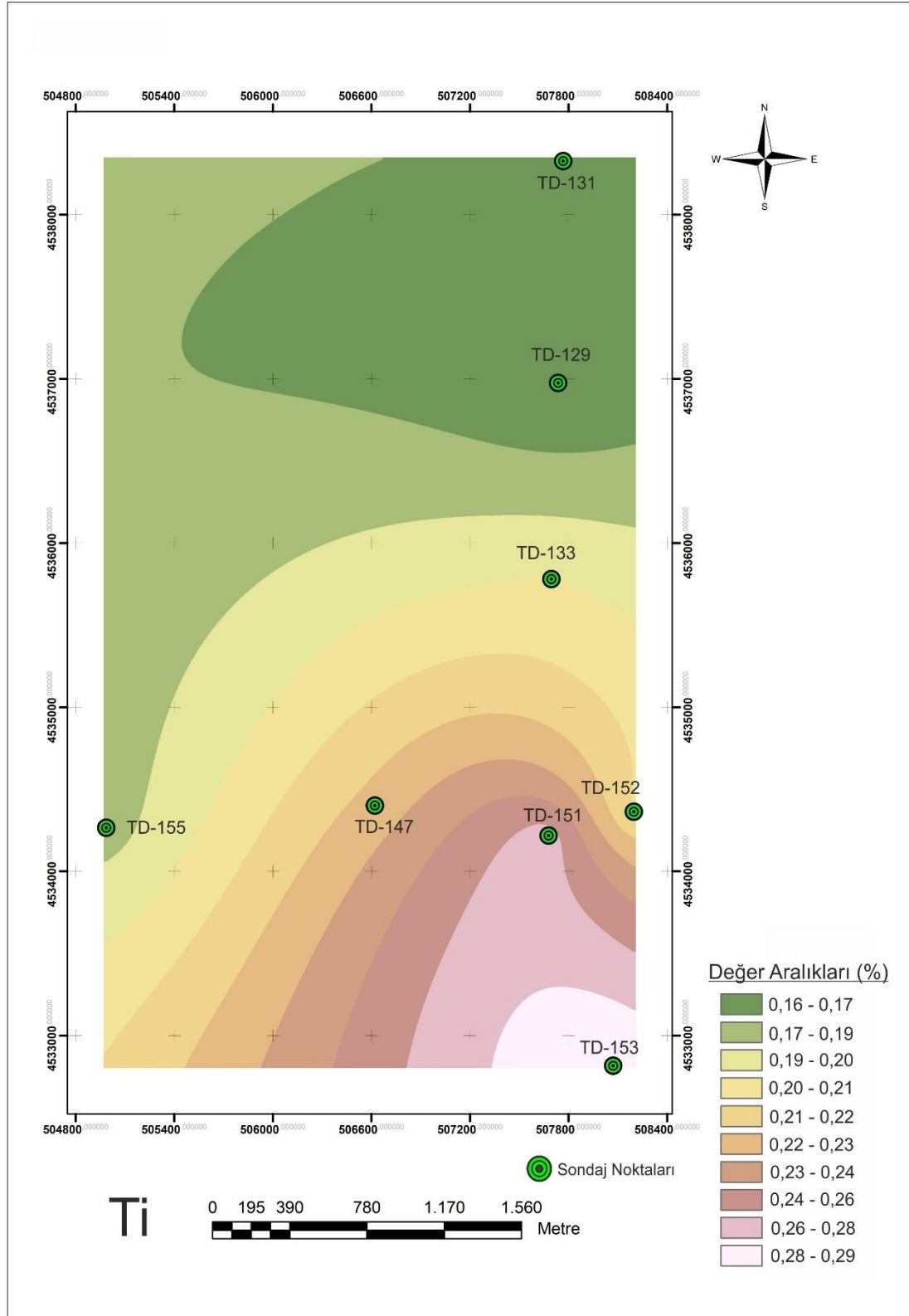
Şekil 4.43. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Co elementi dağılım tahmini



Şekil 4.44. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Sb elementi dağılım tahmini



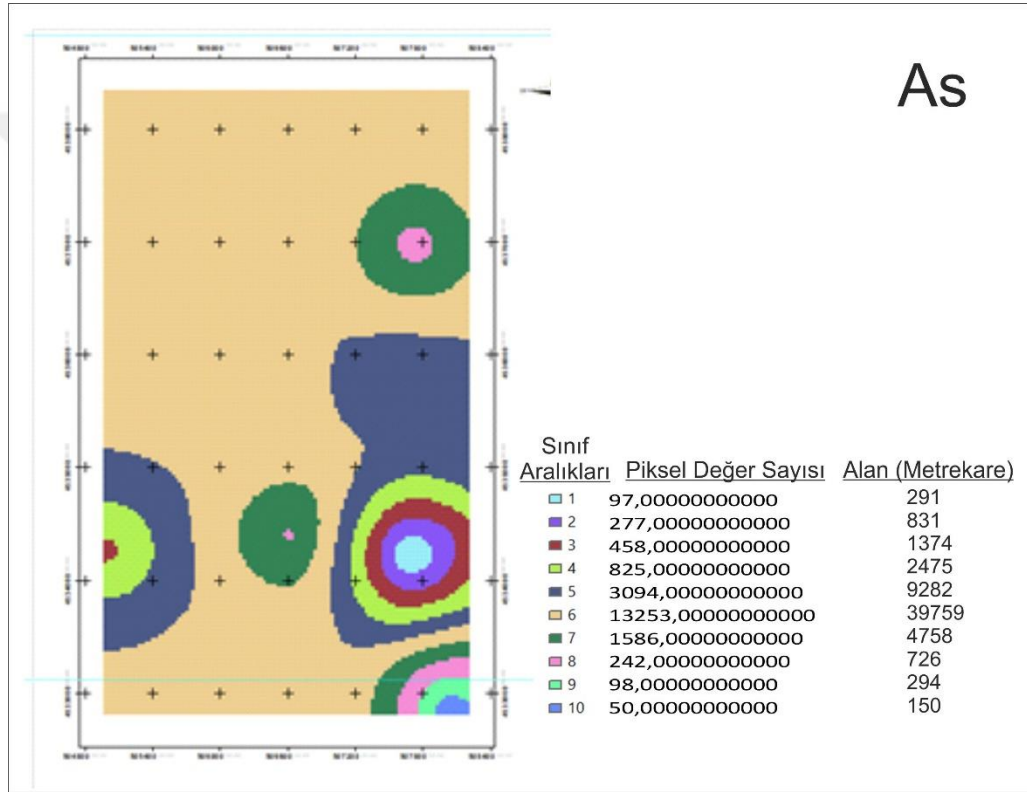
Şekil 4.45. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Sn elementi dağılım tahmini



Şekil 4.46. Kriging yöntemi ile oluşturulmuş Ti elementi dağılım tahmini

4.5.2.4. Element dağılımları alansal yayılımları

Enterpolasyon yöntemi olarak Kriging seçilmesinden sonra elde edilen haritalar Raster veri formatına dönüştürülmüştür. Hücreler halinde ifade edilen bu teknik ile her pikselin hangi değer aralığına denk geldiği yeniden sınıflandırma (Reclassification) tekniği kullanılarak tespit edilmiştir. Toplam alanın her haritada aynı olmasından yola çıkılarak, her değer aralığı (renk) kaç metrekairelik alanda yer aldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.47). Çevresel açıdan önemli elementlere uygulanan yöntem ile Grup 1 (Çizelge 4.15), Grup 2A (Çizelge 4.16), Grup 2B (Çizelge 4.17), Grup 3 (Çizelge 4.18) elementlerinin sınıf aralıklarına göre alansal yayılımları hesaplanmıştır.



Şekil 4.47. Arsenik elementine uygulanmış örnek bir yeniden sınıflandırma (reclass) çalışması

Çizelge 4.15. Grup 1 elementleri alansal yayılım değerleri

Grup 1 Elementleri									
As		Cd		Cr		Hg		Se	
Sınıf Aralığı	Alan (m ²)	Sınıf Aralığı	Alan (m ²)	Sınıf Aralığı	Alan (m ²)	Sınıf Aralığı	Alan (m ²)	Sınıf Aralığı	Alan (m ²)
3,15-4,32	291	0-0,18	2679	0-0,01	18900	0,05-0,06	486	0,50-1,05	3669
4,32-5,43	831	0,18-1,185	3882		8919	0,06-0,065	2127	1,05-1,61	15486
5,43-6,55	1374	0,185-0,19	5853	0,01-0,02	7842	0,065-0,07	3498	1,61-2,15	35814
6,55-7,66	2475	0,19-0,195	7770		8208	0,07-0,075	5307	2,15-2,70	1755
7,66-8,77	9282	0,195-0,2	9183		6333	0,075-0,08	34815	2,70-3,25	1062
8,77-9,88	39759	0,2-0,21	7281		3357	0,08-0,085	7851	3,25-3,79	756
9,88-10,99	4758	0,21-0,22	9105	0,02-0,03	2565	0,085-0,09	3219	3,79-4,34	570
10,99-12,1	726	0,22-0,23	8325		2274	0,09-0,095	1596	4,34-4,89	396
12,1-13,21	294	0,23-0,24	4257		1185	0,095-0,10	768	4,89-5,44	276
13,21- 4,35	150	0,24-0,25	1605	0,03-0,04	357	0,10-0,15	273	5,44-6	156

Çizelge 4.16. Grup 2A elementleri alansal yayılım değerleri

Grup 2A Elementleri							
Mn		Mo		Ni		Pb	
Sınıf Aralığı	Alan (m ²)	Sınıf Aralığı	Alan (m ²)	Sınıf Aralığı	Alan (m ²)	Sınıf Aralığı	Alan (m ²)
0-0,02	126	0,55-1,08	3471	69-92,55	7515	7-7,5	21867
	285	1,08-1,19	4011	92,55-101,68	16650	7,5-8	13734
0,02-0,03	474	1,19-1,30	4884	101,68-110,82	12828	8-8,5	5832
	573	1,30-1,40	10344	110,82-119,95	7113	8,5-9	4410
	669	1,40-1,50	7581	119,95-129,08	5514	9-10	3540
	5064	1,50-1,62	5400	129,08-138, 22	4392	10-11	2955
	33636	1,62-1,72	5637	138,22-147,35	2835	11-12	2502
	10569	1,72-1,83	6501	147,35-156,49	1737	12-13	2535
0,03-0,04	6786	1,83-1,94	4896	156,49-165,62	966	13-14	1773
	1758	1,94-2,50	7215	165,62-174,75	390	14-15	792

Çizelge 4.17. Grup 2B elementleri alansal yayılım değerleri

Grup 2B Elementleri							
Be		Cu		P		Th	
Sınıf Aralığı	Alan (m ²)	Sınıf Aralığı	Alan (m ²)	Sınıf Aralığı	Alan (m ²)	Sınıf Aralığı	Alan (m ²)
1,50-1,77	87	27,85-30,08	132	0-0,01	15012	4,70-5,17	150
1,77-2,02	258	30,08-33,48	879	0,01-0,015	37089	5,17-5,59	615
2,02-2,26	948	33,48-36,15	3834	0,015-0,02	2235	5,59-6,01	1698
2,26-2,50	1755	36,15-38,83	54129	0,02-0,025	1512	6,01-6,43	54297
2,50-2,74	54612	38,83-41,50	522	0,025-0,03	1179	6,43-6,86	1962
2,74-2,98	1035	41,50-44,18	168	0,03-0,04	1026	6,86-7,28	573
2,98-3,22	621	44,18-46,85	114	0,04-0,05	813	7,28-7,71	321
3,22-3,47	375	46,85-49,53	84	0,05-0,06	588	7,71-8,12	174
3,47-3,71	189	49,53-52,21	54	0,06-0,07	345	8,12-8,54	105
3,71-4	60	52,21-55,50	24	0,07-0,08	141	8,54-9,05	45
U		V		Zn			
Sınıf Aralığı	Alan (m ²)	Sınıf Aralığı	Alan (m ²)	Sınıf Aralığı	Alan (m ²)		
2,50-2,84	789	76-83,73	831	32,25-37,1	27870		
2,84-3,17	1080	83,73-91,14	2529	37,1-39,94	9420		
3,17-3,50	1974	91,14-98,55	6009	39,94-42,79	4905		
3,50-3,83	4215	98,55-105,96	11592	42,79-45,63	3999		
3,83-4,15	10221	105,96-113,37	16398	45,63-48,47	3420		
4,15-4,48	30258	113,37-120,78	7554	48,47-51,37	3660		
4,48-4,81	6621	120,78-128,19	10221	51,37-54,16	2994		
4,81-5,14	4098	128,19-135,61	3267	54,16-57,01	2019		
5,14-5,47	501	135,61-143,02	1080	57,01-59,84	1188		
5,47-5,80	183	143,02-150,50	459	59,84-65,50	465		

Çizelge 4.18. Grup 3 elementleri alansal yayılım değerleri

Grup 3 Elementleri									
Ba		Co		Sb		Sn		Ti	
Sınıf Aralığı	Alan (m ²)	Sınıf Aralığı	Alan (m ²)	Sınıf Aralığı	Alan (m ²)	Sınıf Aralığı	Alan (m ²)	Sınıf Aralığı	Alan (m ²)
215-218	15	9,54-11,12	3135	0-0,25	2556	1,01-1,11	321	0,16-0,17	13128
218-221	75	11,12-12,66	6060	0,25-0,30	3228	1,11-1,21	888	0,17-0,19	14760
221-228	390	12,66-14,21	8241	0,30-0,35	8115	1,21-1,31	2667	0,19-0,20	6582
228-229	2400	14,21-15,76	11088	0,35-0,40	37158	1,31-1,41	53928	0,20-0,21	6126
229-236	53493	15,76-17,31	10773	0,40-0,45	3483	1,41-1,51	1275	0,21-0,22	5166
236-242	2358	17,31-18,85	8877	0,45-0,50	1470	1,51-1,61	351	0,22-0,23	3684
242-256	867	18,85-20,39	6774	0,50-0,55	1170	1,61-1,71	231	0,23-0,24	2994
256-266	252	20,39-21,94	3417	0,55-0,60	1107	1,71-1,81	141	0,24-0,26	2865
266-281	69	21,94-23,49	1167	0,60-0,70	900	1,81-1,91	99	0,26-0,28	3438
281-311	21	23,49-25,05	408	0,70-0,80	753	1,91-2	39	0,28-0,29	1197

Hesaplamalar sonucunda elde edilen değerlerin sonuçları Dünya Ortalaması, Türkiye Ortalaması, ABD Ortalaması, Çin Kömürleri ve Üst Kıtasa Kabuk Ortalamaları ile karşılaştırılmıştır. Değerlendirme 21 element üzerinden yapılmıştır. Oluşturulan çizelgede ortalama değer üstünde kalan alanların yüzde olarak değerleri yer almaktadır. Be, Cu, V elementleri çalışma alanında tüm sınır değerlerin tamamen üstünde kalmıştır. Mn, Mo, P, Sb elementleri ise çalışma alanında tüm sınır değerlerin tamamen altında kaldığı gözlenmiştir. Diğer alansal hesaplamalar ile elde edilen değerler Çizelge 4.19'da yer almaktadır.

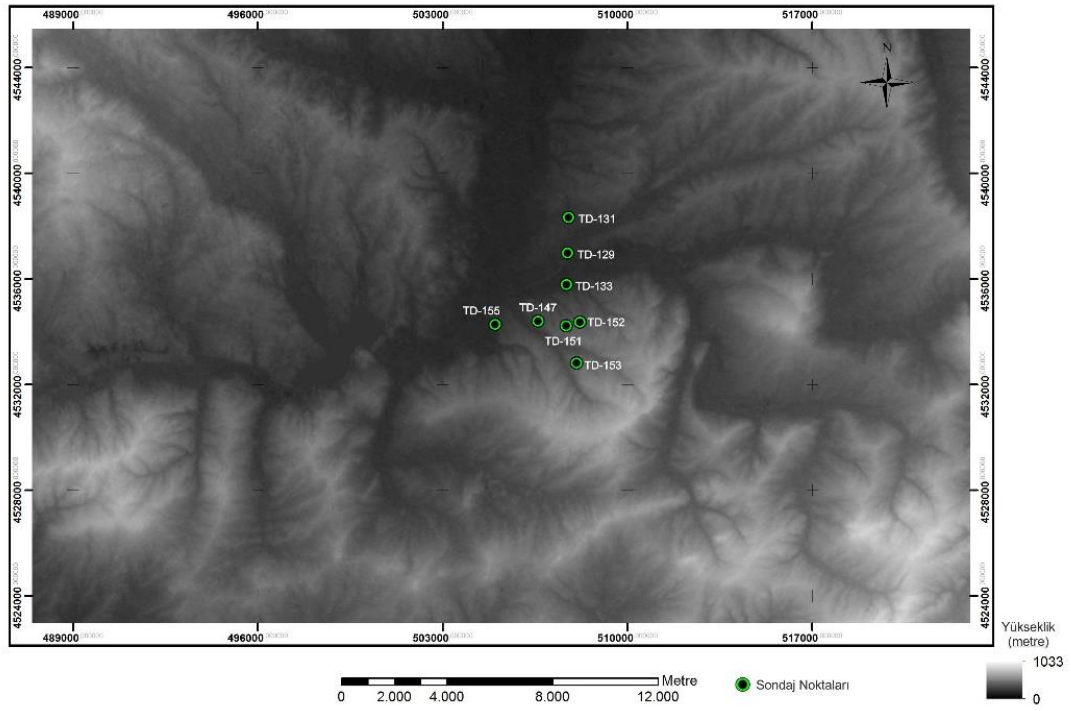
Çizelge 4.19. Elementlerin alansal yayılımlarının Dünya, Türkiye, ABD, Çin ve Üst Kıtasal Kabuk ile karşılaştırılması.

Element	Dünya Kömürleri Ortalaması Üstünde Kalan Alan Yüzdesi	Türkiye Kömürleri Ortalaması Üstünde Kalan Alan Yüzdesi	ABD Kömürleri Ortalaması Üstünde Kalan Alan Yüzdesi	Çin Kömürleri Ortalaması Üstünde Kalan Alan Yüzdesi	Üst Kıtasal Kabuk Ortalaması Üstünde Kalan Alan Yüzdesi
As	% 76	% 0	% 0	% 99	% 98
Cd	% 7	-	% 0	% 0	% 95
Cr	-	-	% 100	-	% 53
Hg	% 0,01	% 0,01	% 0	% 0	% 99
Se	% 68	-	% 0,05	% 0,05	% 93
Mn	% 0	-	% 0	% 99	% 0
Mo	% 0,10	% 0	% 0	% 0	% 0,80
Ni	% 100	% 0,01	% 100	% 100	% 100
Pb	% 40	% 23	% 12	% 0	% 0
Be	% 99	% 99	% 97	% 97	% 97
Cu	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99
P	-	-	% 0	% 0	% 0
Th	% 100	-	% 100	% 1	% 100
U	% 100	% 0	% 100	% 100	% 99
V	% 100	% 100	% 100	% 100	% 92
Zn	% 100	% 37	% 11	% 38	% 0
Ba	% 100	% 100	% 100	% 100	% 0
Co	% 100	% 99	1% 100	% 100	% 34
Sb	% 0	% 0	% 0	% 0	% 14
Sn	% 99	-	% 9	% 0	% 0
Ti	% 100	% 100	% 100	% 4	% 0

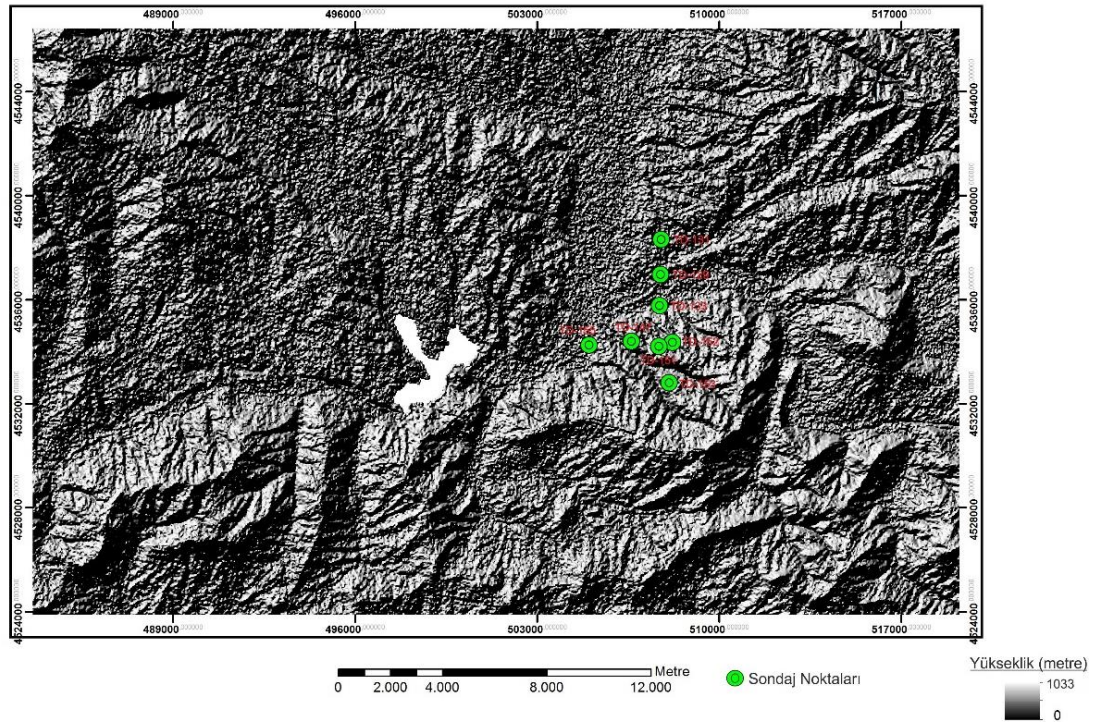
4.6. CBS Çalışmaları

4.6.1. İnceleme alanı ve çevresi topografik özellikleri

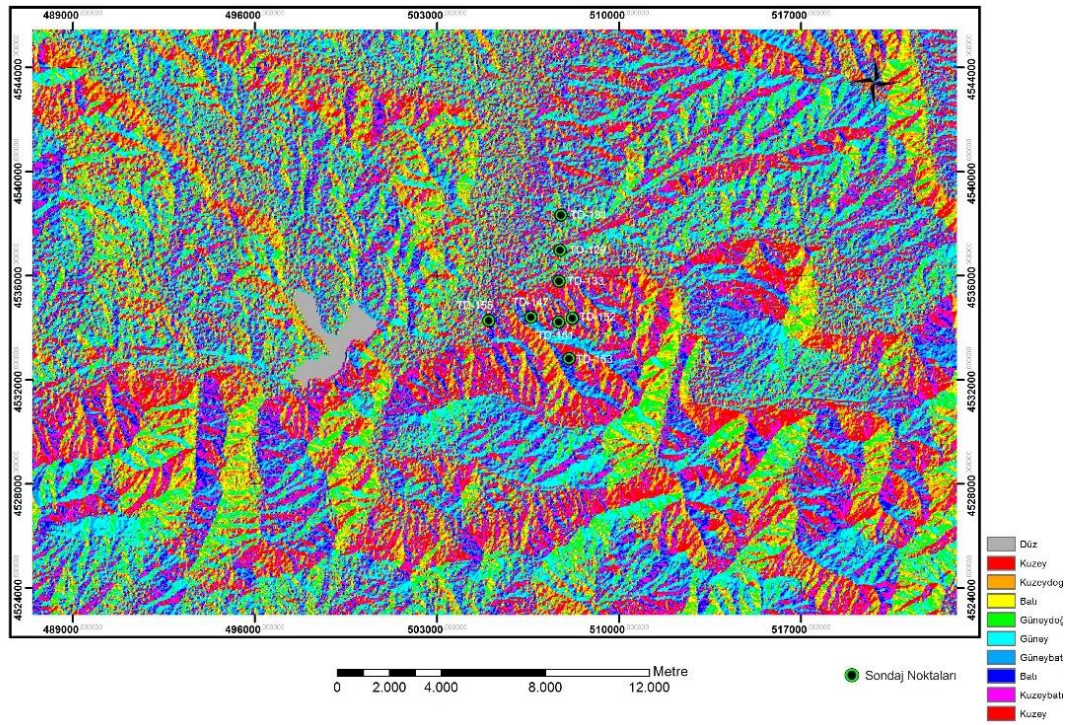
İnceleme alanı ve yakın çevresi Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak modellenmiştir. Uzaktan Algılama ile sahaya ait sayısal yükseklik verisi (DEM) haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.48). Bu verilere göre sahanın düz olarak nitelendirilebilecek topografik yapıya sahip olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Elde edilen görüntünün en yüksek noktasının deniz seviyesinden 1033 metre yüksekte olduğu tespit edilmiştir. Bu veriler sahanın maden işletmesi açısından uygun koşullar sağladığının bir göstergesidir. Ayrıca elde edilen kabartma haritası da bu sonucu doğrulamaktadır (Şekil 4.49). Bakı arazideki bir yamacın hangi yöne baktığının tespit edilmesidir. Çalışma alanının bakı haritası Şekil 4.50’de gözlenmektedir.



Şekil 4.48. Çalışma alanı Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) haritası



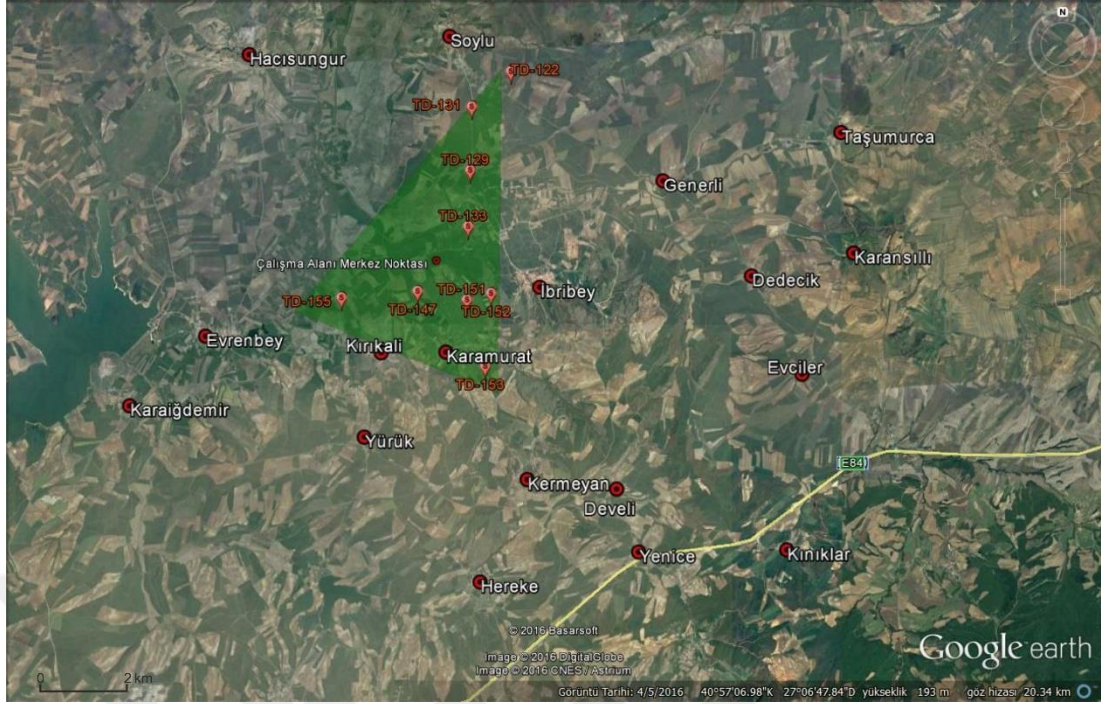
Şekil 4.49. Çalışma alanı kabartma haritası



Şekil 4.50. Çalışma alanı bakı haritası

4.6.2. Maden sahası üç boyutlu log korelasyonu

Çalışma alanı Tekirdağ il sınırları içerisinde, Tekirdağ şehir merkezi, Malkara ve Hayrabolu ilçeleri sınırlarının kesiştiği bölgede yer almaktadır. Tekirdağ şehir merkezinin yaklaşık 35 km Batısında, Malkara ilçesinin yaklaşık 18 km Kuzeydoğusunda ve Hayrabolu ilçesinin 28 km Güneyinde bulunur. Çalışma alanı yaklaşık olarak 15 km² 'lik üçgen bir poligon ile temsil edilmektedir ve bu poligon İbribey, Karamurat, Kırıkali, Evrenbey, Yürük, Hacısungur, Yenice, Develi, Kermayan, Hereke, Karaiğdemir (Malkara), Soylu, Yörgüç, Kurtdere (Hayrabolu) ve Generli, Dedecik, Kınıklar, Evciler, Karansallı, Taşumurca (Tekirdağ – Merkez) köyleri tarafından çevrelenmektedir. Toplam 8 sondajın 2 tanesi Hayrabolu ilçesinin Güneyinde ve Malkara sınıra yakın kısımda, geri kalan 6 sondaj ise Malkara ilçesinin Kuzeydoğusunda ve bu ilçenin sınırları içerisinde yer almaktadır. Sondaj noktalarının tespitinde sahayı tam olarak temsil edebilmek için Kuzey-Güney ve Doğu-Batı yönlerinde örnekleme yapılmasına özen gösterilmiştir (Şekil 4.51).



Şekil 4.51. Çalışma alanı yakınında bulunan yerleşim merkezlerini gösteren uydu görüntüsü (Google Earth)

Çalışma bölgesinin 3 boyutlu log korelasyonu yapılarak linyit katmanlarının yerleri ve devamlılığı belirlenmeye çalışılmıştır. Korelasyon için NetPro/Mine yazılımı kullanılmıştır. Öncelikle her kuyu için çizilmiş olan loglardan litoloji değişimleri ve bunların derinlikleri hassasiyetle tespit edilmiştir. Buna göre kuyularda 24 ayrı litolojik birim ve geçişleri tespit edilmiştir. Her bir birim ve geçişine ayrı ayrı kısaltma verilerek tablo oluşturulmuştur (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20. Kuyularda kesilen litolojik birimler ve kısaltmaları

S. No	Birimler	Kısaltmalar
1	Toprak (Alüvyon)	ALV
2	Kil	KL
3	Çakıl	CK
4	Silt	SL
5	Kum	KM
6	Çakıl-Kil	CK-KL
7	Çakıl-Kum	CK-KM
8	Kiltaş	KLT
9	Silttaş	SLT
10	Kumtaş	KMT
11	Linyit	L
12	Linyit (Killi)	L-KL
13	Kiltaş-Silttaş	KLT-SLT
14	Kumtaş-Silttaş	KMT-SLT
15	Kireçtaş	KCT
16	Silt-Silttaş	SL-SLT
17	Kil-Kiltaş	KL-KLT
18	Kum-Silt	KM-SL
19	Kil-Silt	KL-SL
20	Kiltaş-Kumtaş	KLT-KMT
21	Çakıltaş	CKT
22	Kum-Kumtaş	KM-KMT
23	Konglomera	KNG
24	Kumtaş-Konglomera	KMT-KNG

NetPro/Mine yazılımında korelasyon yapabilmek için 8 kuyudaki verilerden 3 adet excel tablosu oluşturulması gerekmektedir. Bunlardan ilki sondajların x, y, z koordinatlarının ve sondaj derinliklerinin yer aldığı sondaj excel tablosudur. Coğrafi bilgi sistemleri yazılımlarını çizim özelliği taşıyan yazılımlardan ayıran en önemli özellik herhangi bir yerde çizilmiş bir model olması değil, modelin dünya üzerindeki gerçek koordinatlarında yer almasıdır. Bu nedenle koordinat bilgisinin girilmesi oldukça önemlidir. Yazılımda dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta koordinatlar işlenirken x ve y koordinatlarının yer değiştirilerek atanmasıdır. Çünkü normalde y olan koordinat yazılımda x olarak çalışmaktadır. Bunun nedeni ise üç boyutlu yazılımda matematiksel düzlem kullanmasıdır. Aşağıdaki çizelgedeki koordinatlar gerçek halleriyle verilmiş olup veriler 6 derecelik UTM projeksiyon sistemi ile elde edilmiştir (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21. Sondaj koordinatları tablosu

Sondaj No	Derinlik	X	Y	Z
TD-129	477	4537155	507785	90
TD-131	560	4538507	507817	104
TD-147	305	4534580	506670	132
TD-133	351	4535960	507745	90
TD-151	272.3	4534398	507727	157
TD-152	336	4534535	508240	160
TD-153	233	4532990	508120	168
TD-155	338.5	4534442	505038	95

İkinci olarak sondajların hangi eğim, doğrultuda yapıldığının ve sondaj derinlik bilgilerinin girilmesi gereken açı excel tablosu oluşturulmuştur. Çalışmamızda yapılan sondajlar dik olduklarından eğimlerine -90, doğrultularına da 0 değerleri girilmiştir. Ayrıca her bir kuyunun hangi derinlikte son bulduğu bilgisi de bu çizelgede yer almaktadır (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22. Sondajların eğim ve doğrultuları

Sondaj No	Derinlik	Eğim	Doğrultu
TD-129	477	-90	0
TD-131	560	-90	0
TD-147	305	-90	0
TD-133	351	-90	0
TD-151	272.3	-90	0
TD-152	336	-90	0
TD-153	233	-90	0
TD-155	338.5	-90	0

Son olarak yazılımda litoloji tabloları oluşturulur. Her bir birim değişimi için başlangıç derinliği, bitiş derinliği, ne kadar devam ettiğini gösteren kalınlık bilgisi, açıklama sütununda birimlerin detaylandırılması ve örnek alınan noktalar girilmiştir. Bu çizelge oluşturulurken dikkat edilmesi gereken en önemli husus bir birim hangi derinlikte bittiye ondan sonra gelen birim aynı derinlik değeriyle başlamalıdır. Aksi takdirde yazılım korelasyon yaparken bu aralığı tanımlayamamakta ve korelasyon yapılamamaktadır. Her kuyu için ayrı ayrı oluşturulan tablonun bir örneği Çizelge 4.23'te verilmiştir.

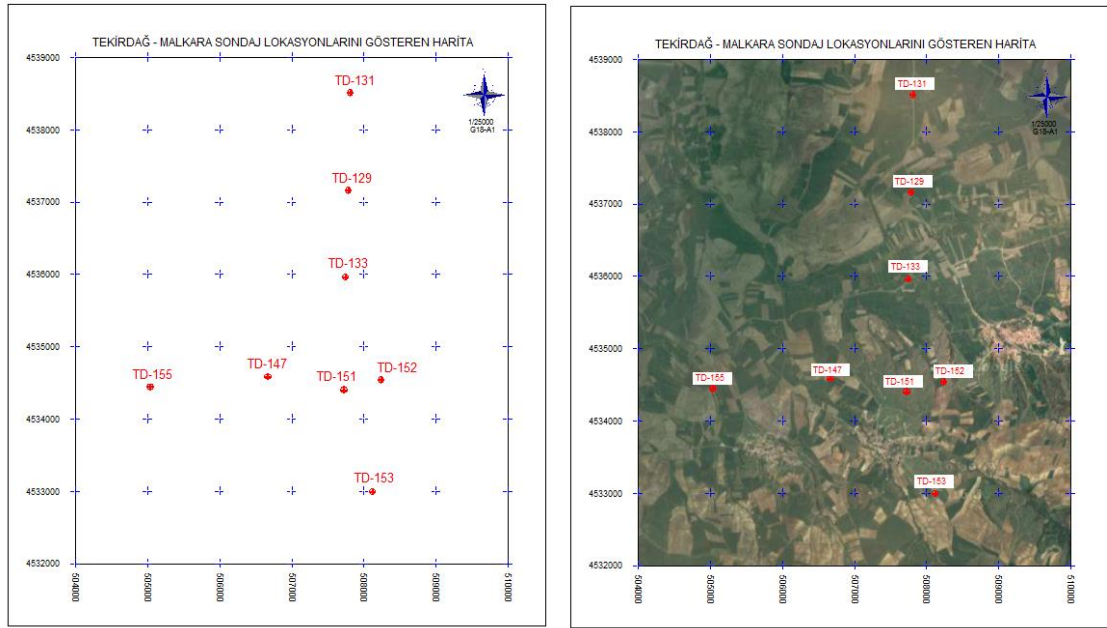
Çizelge 4.23. Litoloji ve örnek bilgileri tablosu (TD-129 nolu kuyu örneği)

SONDAJ NO	BAŞLANGIÇ	BİTİŞ	LİTOLOJİ	KALINLIK	AÇIKLAMA	ÖRNEK NO	ÖRNEK DERİNLİĞİ
TD-129	0	3	ALV	3	Toprak Örtüsü		
TD-129	3	62	KL	59	Bentonitik, Manganlı ve kahverengi		
TD-129	62	70	KM-SL	8	Kahverengi	129-1	64
TD-129	70	84	KL-SL	14			
TD-129	84	130	KMT	46	Karbonat yumrulu, fosilli		
TD-129	130	161	SLT-KLT	31	Organik boyamalı, Linyit bantlı	129-2	137
TD-129	161	173	KMT	12	İnce-Orta Taneli		
TD-129	173	186,7	KMT-SLT	13,7	Linyit parçalı		
TD-129	186,7	190	KLT	3,3	Bitki izli		
TD-129	190	190,3	L	0,3		129-3	190
TD-129	190,3	191	KMT-SLT	0,7	Linyit parçalı		
TD-129	191	193,7	KLT-SLT	2,7	Linyit bantlı		
TD-129	193,7	193,95	L	0,25		129-4	193,7
TD-129	193,95	195,15	KLT	1,2			
TD-129	195,15	195,3	L	0,15		129-5	195
TD-129	195,3	203	KLT-SLT	7,7	Linyit bantlı, Bitki izli		
TD-129	203	210,2	KMT-SLT	7,2	Bitki izli	129-6	205
TD-129	210,2	212,5	KLT-SLT	2,3	Volkanik ara katkılı	129-7	212
TD-129	212,5	226,9	KMT-SLT	14,4		129-8	214
TD-129	226,9	230	KLT-SLT	3,1	Linyit bantlı	129-9, 129-10	228 - 229
TD-129	230	233	KMT-SLT	3	Karbonat yumrulu		
TD-129	233	237,6	KLT-SLT	4,6			
TD-129	237,6	237,8	L	0,2		129-11	237,6
TD-129	237,8	262,1	KMT-SLT	24,3	Bitki izli	129-12, 129-13	248 - 253
TD-129	262,1	278,4	SLT	16,3	Fosilli, Bitki izli	129-14, 129-15	266 - 274
TD-129	278,4	284,1	KMT	5,7	Organik boyamalı, Linyit bantlı	129-16	283
TD-129	284,1	292,5	KLT-SLT	8,4	Fosilli, Organik boyamalı, Linyit bantlı	129-17	290
TD-129	292,5	292,75	L	0,25			
TD-129	292,75	293,05	KLT	0,3			
TD-129	293,05	293,5	L	0,45		129-18	293
TD-129	293,5	298	KMT-SLT	4,5	Bitki izli		
TD-129	298	305,7	KLT-SLT	7,7		129-19	299
TD-129	305,7	306,3	L	0,6	Volkanik ara katkılı	129-20	306
TD-129	306,3	311,6	KLT-SLT	5,3	Linyit parçalı		
TD-129	311,6	312,25	L	0,65		129-21	312
TD-129	312,25	319,45	KLT-SLT	7,2	Linyit parçalı	129-22	317
TD-129	319,45	319,95	L	0,5		129-23	319
TD-129	319,95	325,6	KMT	5,65	Karbonat çimentolu		
TD-129	325,6	331,8	KMT-SLT	6,2	Bitki izli		
TD-129	331,8	335,5	KMT	3,7	İnce taneli		
TD-129	335,5	336,5	L	1		129-24	335
TD-129	336,5	337,35	KMT	0,85			
TD-129	337,35	338,15	L	0,8		129-25	337,5
TD-129	338,15	344	KMT-SLT	5,85	Bitki izli, Fosilli		
TD-129	344	344,2	L	0,2		129-26	344
TD-129	344,2	362,4	KMT-SLT	18,2	Organik boyamalı	129-27	355
TD-129	362,4	365,8	KLT-SLT	3,4	Organik boyamalı	129-28	363
TD-129	365,8	380,4	SLT	14,6		129-29	365
TD-129	380,4	381,5	L-KL	1,1		129-30	380
TD-129	381,5	390,8	KMT-SLT	9,3	Bitki izli, Fosil yığılımlı		
TD-129	390,8	397	KMT	6,2	Fosil yığılımlı	129-31	394
TD-129	397	399,2	KMT-SLT	2,2	Laminalı		
TD-129	399,2	407	SLT	7,8	Fosilli	129-32	400
TD-129	407	430	KMT-SLT	23	Fosilli	129-33, 129-34	413 - 424
TD-129	430	448,9	SLT	18,9	Fosilli	129-35	432
TD-129	448,9	449,9	L	1			
TD-129	449,9	452,4	SLT	2,5		129-36	451
TD-129	452,4	464,7	KMT	12,3	İnce taneli	129-37	461
TD-129	464,7	477	SLT	12,3	Kumtaşı ve Fosilli	129-38	477
LİNYİT KATMANI			KİLLİ LİNYİT KATMANI				

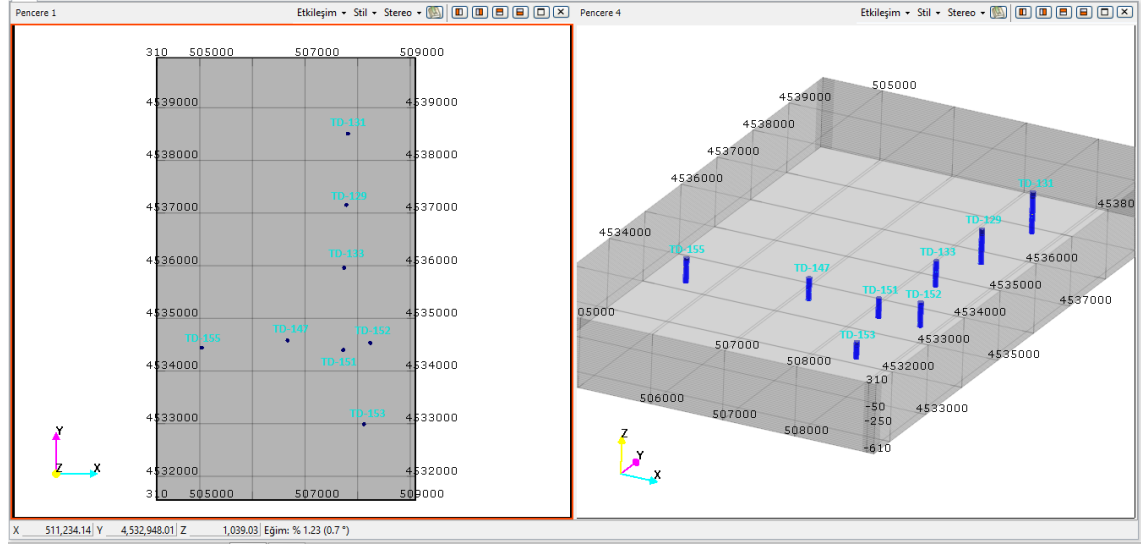
Bunların dışında; nem, kül, kalori analiz sonuçlarının da işlenebildiği bir tablo oluşturmak ve bununla ilgili sonuç almak da mümkündür. Derinliğe bağlı olarak girilen linyitlerin analiz sonuçlarıyla birlikte yazılımda yapılan korelasyonun doğruluğu da güçlenmektedir. Örneğin; linyit katmanlarının korelasyonu yapılırken aynı kalori değerine veya çok yakın değere sahip katmanların korelasyonu derinliğin bir fonksiyonu olarak yapılabilir. Aynı şekilde nem, kül, ana-eser element analizleri gibi kömürde yapılan tüm analizler için bu işlemleri yapmak ve sonuç almak mümkündür.

Laboratuvardan gelen her bir katmana ait kül, kalori, nem analiz sonuçları yazılıma ait jeostatistik altyapısı sahaya uygunluk durumuna bağlı olarak kullanılır. Yazılımda üç farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlar en yakın komşu, ters uzaklık ve krigging olarak sıralanabilir. Seçim yapıldıktan sonra kömür katmanları kalori değerlerine göre renklendirilir. Böylece çalışma sahasında hangi kalori değerinde ne kadar kömür rezervi olduğu, bunların derinlikleri kolaylıkla belirlenebilir.

Yazılıma girilen veriler doğrultusunda sondaj lokasyonları gerçek dünya üzerindeki yerini üç boyutlu olarak almıştır. Şekil 4.52’de sondaj yerlerinin hem normal görünümü hem de Google Earth uydu görüntüsü üzerindeki -z yönünde görünümü bulunmaktadır. Şekil 4.53’te ise sondajların hem dik (-z), hem de açılı olarak görünümü yer almaktadır.

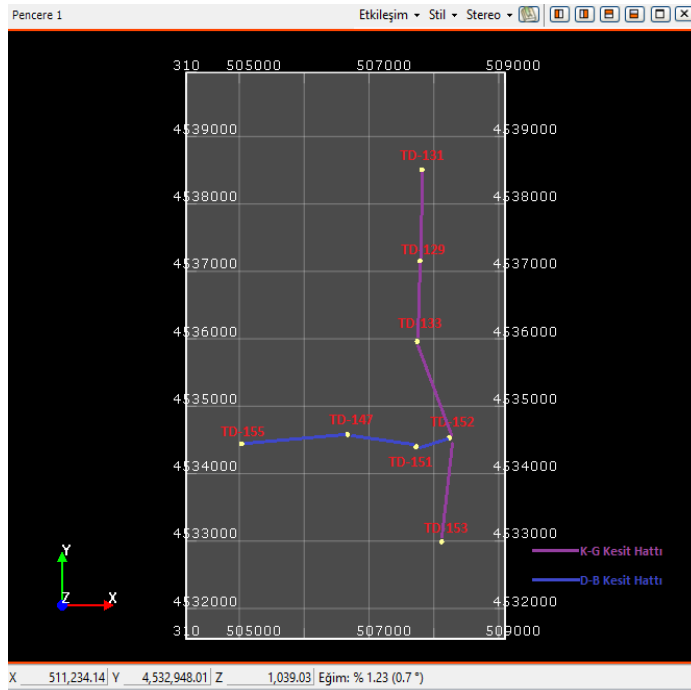


Şekil 4.52. Sondaj lokasyonlarının Netpro/Mine yazılımda gösterimi

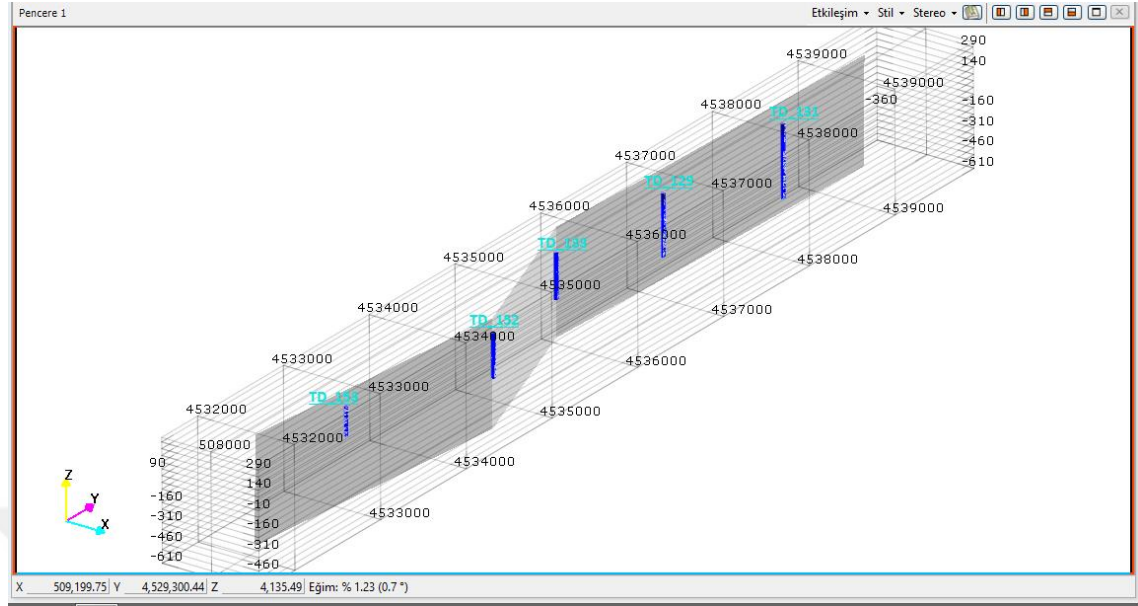


Şekil 4.53. Sondajların üç boyutlu görünümünün dik ve açılı gösterimi

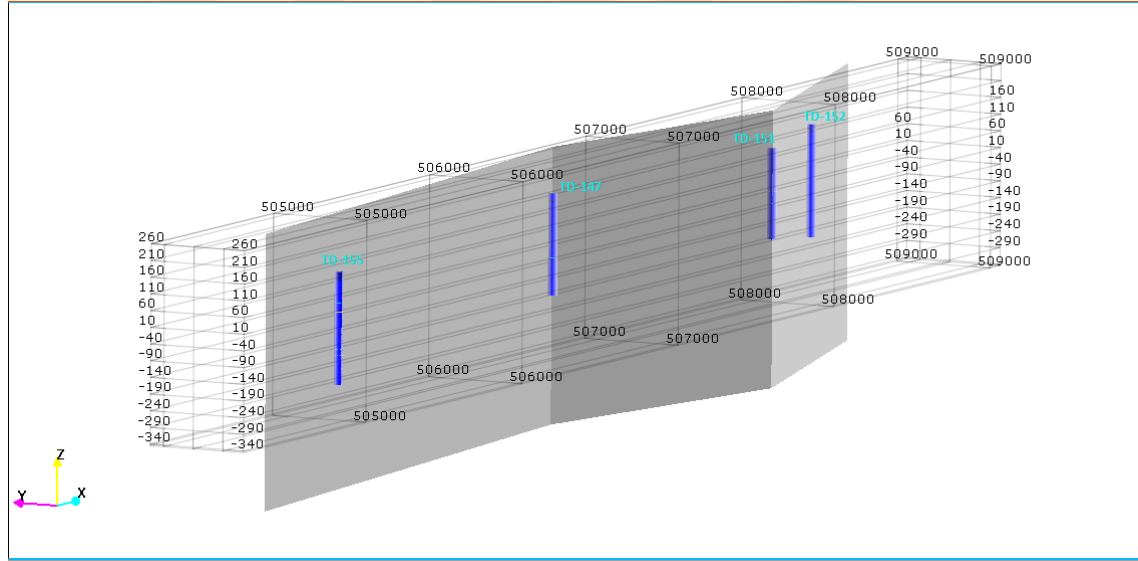
Yazılımda istenilen yönden kesit almak ve bunu istenilen açıda görüntülemek mümkündür (Şekil 4.54). Sahayı tamamen temsil edebilmek için sondaj lokasyonları arazide Kuzey-Güney (Şekil 4.55) ve Doğu-Batı (Şekil 4.56) yönleri doğrultusunda seçildiğinden yazılımda da bu yönlerde üç boyutlu kesit alınmıştır. Sondajlar bir kafes sistemi içerisine oturtulmuş olup burada koordinatları ve yükseklikleri de aynı anda görebilme olanağı vardır.



Şekil 4.54. Kesit hatlarının gösterimi



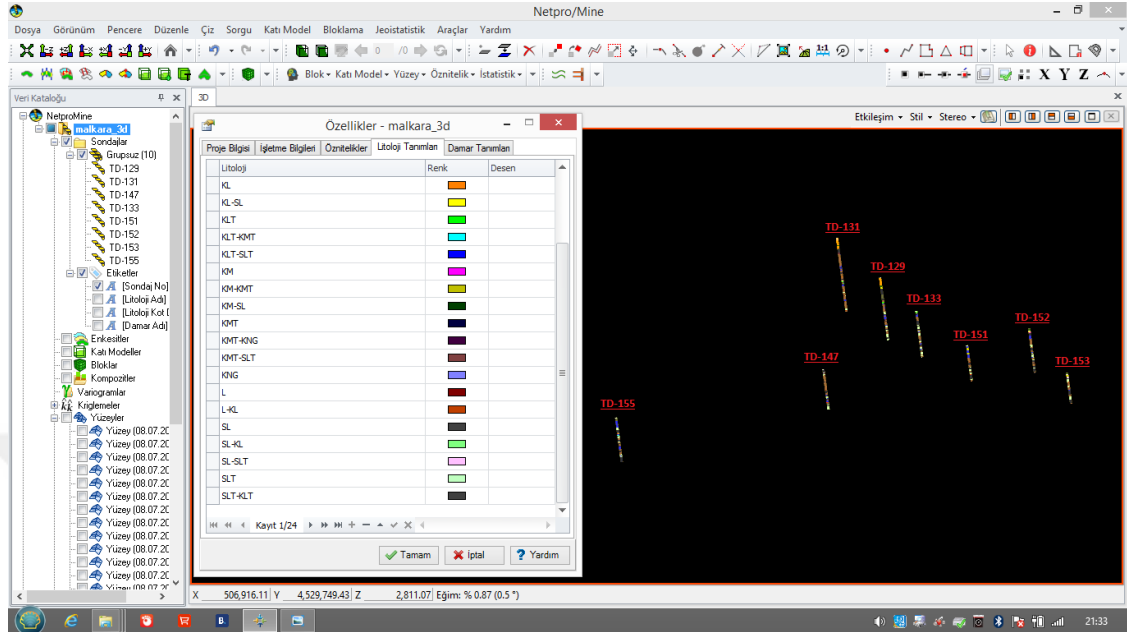
Şekil 4.55. Kuzey-Güney yönünde atılan kesit ile sondajların üçboyutlu gösterimi



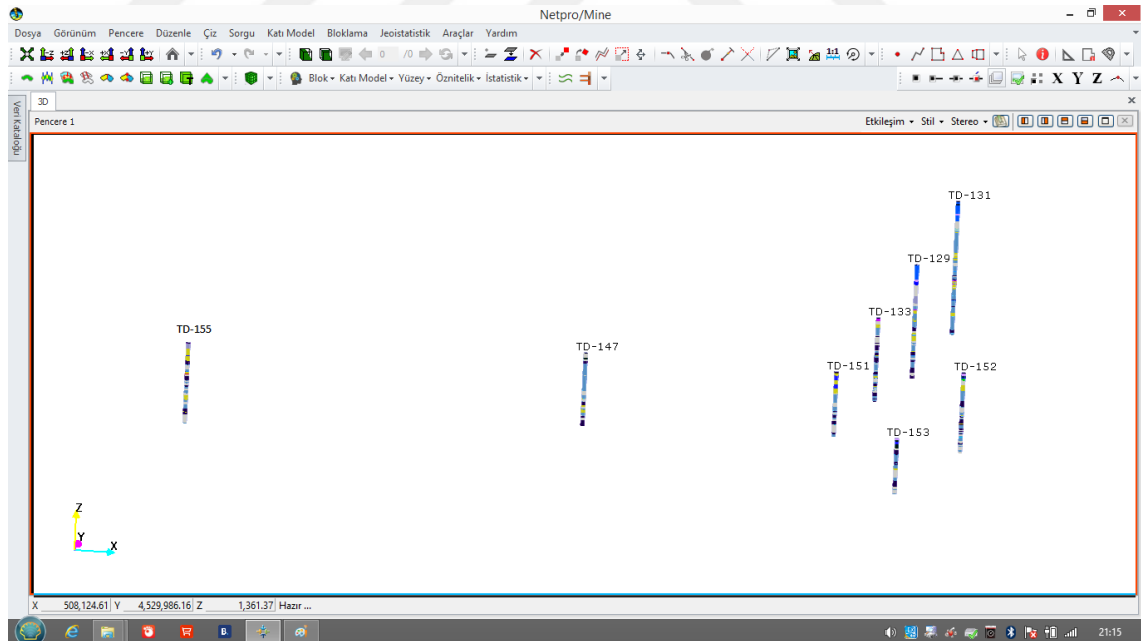
Şekil 4.56. Doğu-Batı yönünde atılan kesit ile sondajların üç boyutlu gösterimi

Üç boyutlu olarak görülen sondajların bir sonraki aşaması korelasyon yapabilmek için her birime farklı bir renk ataması yapılmalıdır. Daha önce de belirtildiği gibi toplam 24 adet farklı litolojik birim ve bunların geçişleri bulunmaktadır. Şekil 4.57’de birimlere atanan renkler ve atandıktan sonraki genel görünüm görülmektedir. Ayrıca eğer kuyularda girilen verilerden dikme kesit (stamp) elde edilmek istenirse bunun için de ilgili litolojiyi temsil eden desenleri seçebilmek ve bu desen ve renklerle kuyulara ait dikme kesit elde etmek mümkündür. Yazılımın olumsuz yönlerden biri renk sayısının az olması

ve desenlerin jeolojik anlamda yeterince çeşit sunmamasıdır. Korelasyon sadece renk ile değil tek başına desenle de yapılabilir. Bu çalışmada desen kullanılmamış ve birimlere sadece renk ataması yapılmıştır (Şekil 4.58).



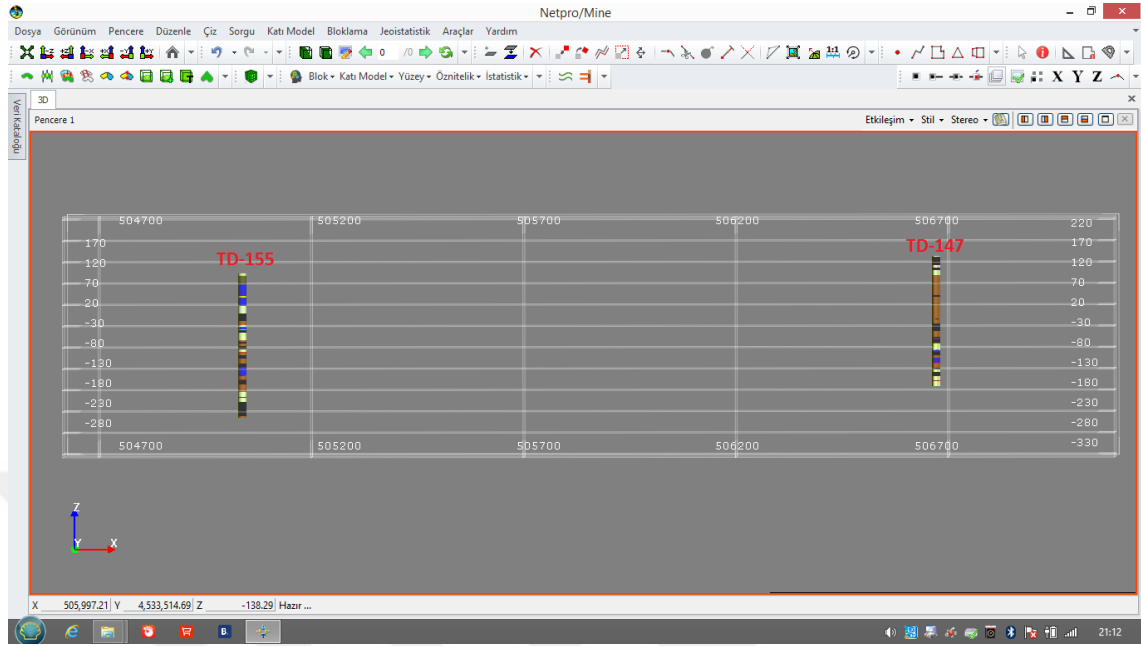
Şekil 4.57. Birimlere renk ataması yapılması



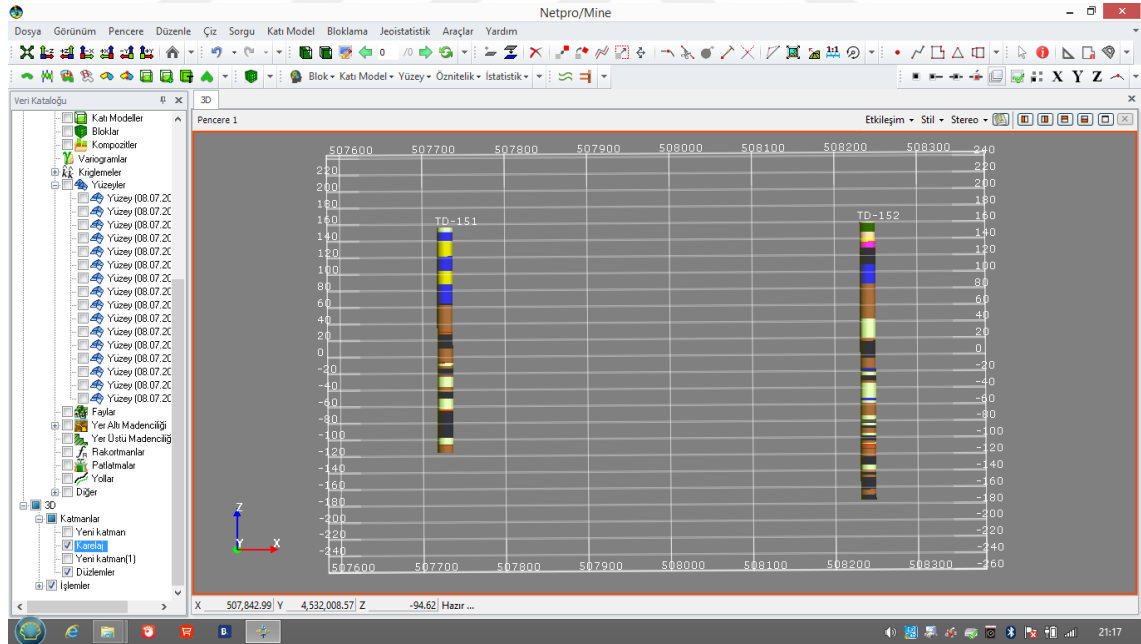
Şekil 4.58. Renk atanan birimlerin üç boyutlu gösterimi

Renk atanan TD-155 ve TD-147 nolu sondajların +y yönünden görünümü Şekil 4.59’da, TD-151 ve TD-152 nolu sondajlar Şekil 4.60’da verilmiştir. Bu iki şekilden de görüleceği gibi yazılımda yükseklik bilgileri yüzeyden itibaren sıfırdan başlamamaktadır. Bunun nedeni arazinin deniz seviyesinden olan yüksekliğine göre gerçek değerlerinde

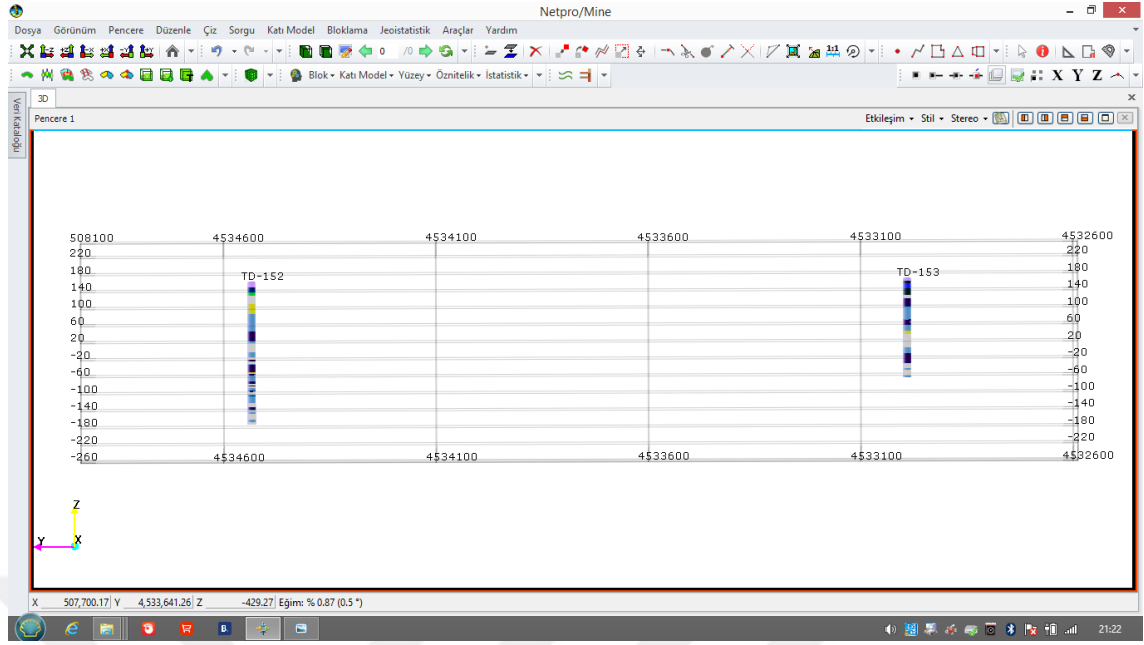
olmasıdır. Böylece sondajın hangi derinlikte hangi kot değerinde olduğu değerleri okunabilmektedir (Şekil 4.61).



Şekil 4.59. TD-155 ve TD-147 nolu kuyuların +y yönünden görünümü

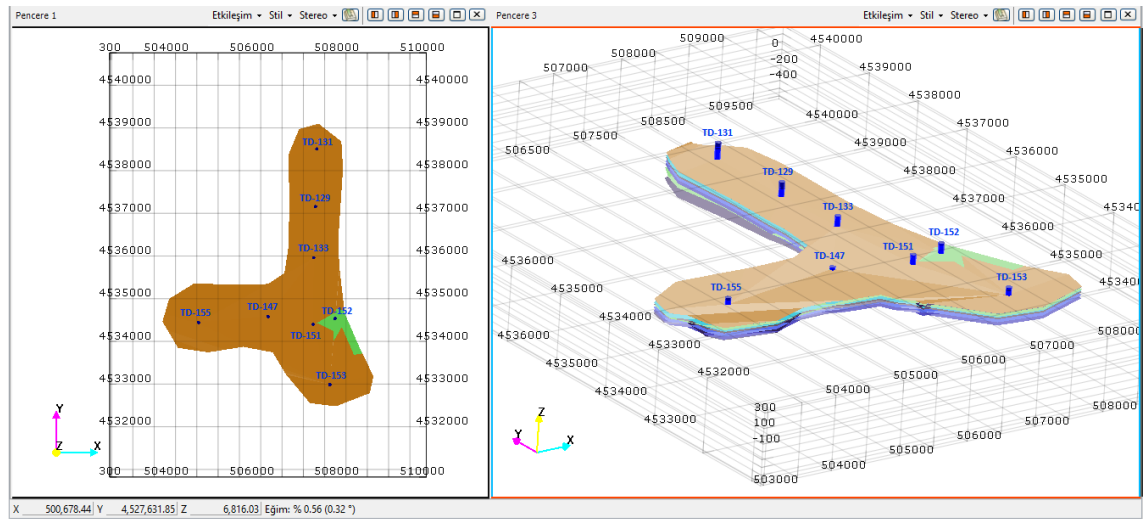


Şekil 4.60. TD-151 ve TD-152 nolu kuyuların +y yönünden görünümü



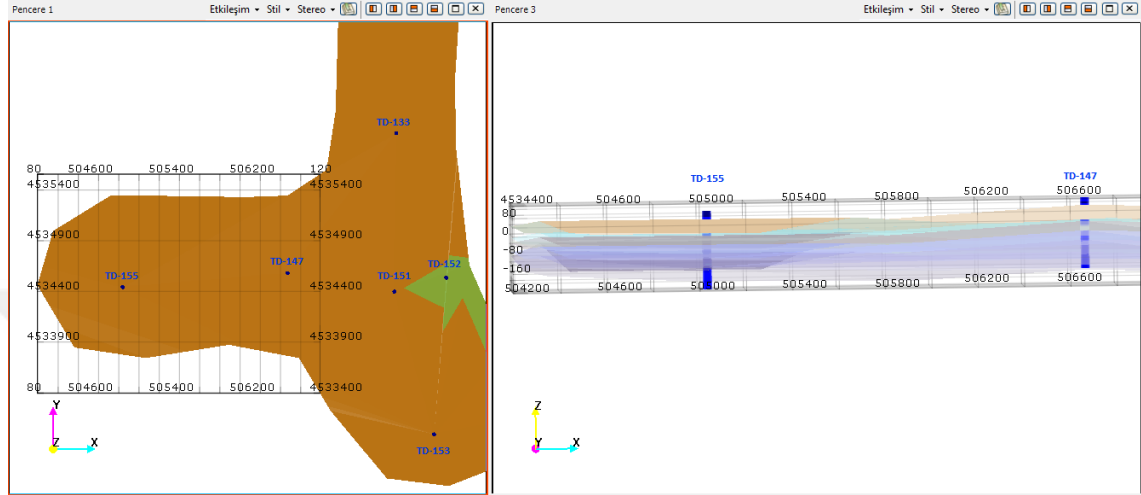
Şekil 4.61. TD-152 ve TD-153 nolu kuyuların -x yönünden görünümü

Tüm birimlere renk ataması yapıldıktan sonra sahanın tamamının üç boyutlu korelasyonu yapılmıştır. Yaklaşık 15 km² gibi büyük bir çalışma alanını 8 adet sondajla korele etmek ve tamamen doğru sonuç almak neredeyse imkansızdır. Ancak birbirine yakın, daha sık sondajlarda veya daha küçük bir alanda yazılım kullanılarak etkin, hassas ve doğruya en yakın korelasyon sonuçları elde edilebilmektedir. Bunun yanı sıra fayları ve fay atımlarını belirleyebilmesi yazılımın gerçekçiliğini arttırmaktadır. Bu çalışmada inceleme alanının temsil edildiği 8 sondajla üç boyutlu korelasyonu yapılmıştır (Şekil 4.62).

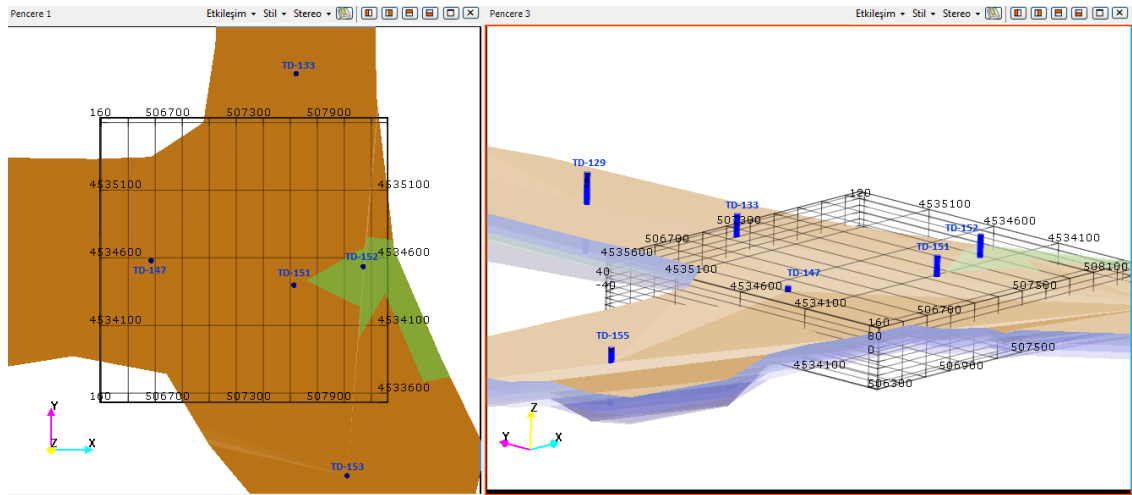


Şekil 4.62. Üç boyutlu korelasyon genel görünümü

Şekil 4.63 ve Şekil 4.64’de gözlendiği gibi her bir litolojik birim atandığı renkte diğer sondajdaki aynı renkteki birimle birleştirilmiştir ve yine aynı renkte bir katman oluşturularak üç boyutlu korelasyon oluşturulmuştur. Ayrıca hangi sondajlar seçilirse grup halinde bu sondajları bir kafes sistemi içerisine oturtmak ve bunlara göre kesit alabilmek çalışmanın avantajlarından.



Şekil 4.63. TD-155 ve TD-147 nolu sondaj korelasyonunun üç boyutlu görünümü



Şekil 4.64. TD-147, TD-151 ve TD-152 nolu sondaj korelasyonunun üç boyutlu görünümü

Çalışma konumuz bölgenin linyitlerini incelemek olduğundan diğer katmanların seçimleri kaldırılarak sadece Linyit (L) ve Killi Linyit (L-KL) ile korelasyon yapılmıştır. Böylece çalışma alanındaki linyitleri ve bunların oluşturduğu katmanları görmek açısından daha net sonuçlar ortaya çıkacaktır.

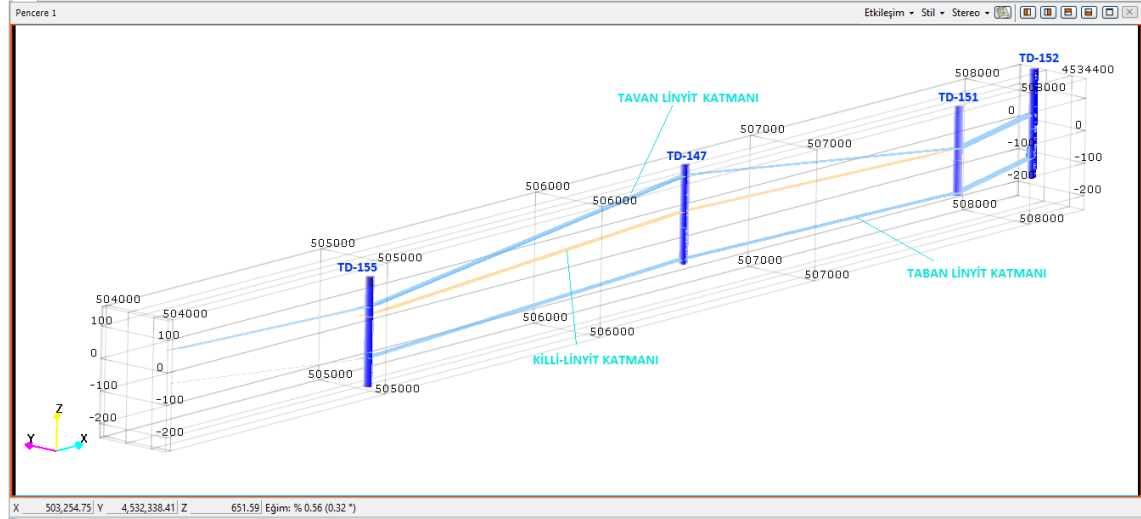
Çalışma alanındaki her sondajda en az bir tane linyit katmanı bulunmaktadır. Ancak killi linyit katman / katmanları TD-131, TD-129, TD-151, TD-155, TD-133 nolu sondajlarda bulunmakta, TD-147, TD-152, TD-153 nolu sondajlarda bulunmamaktadır.

Çizelge 4.24 sondajların kestiği Linyit ve Killi Linyit katman derinliklerini göstermektedir. Buna göre üstte bir Tavan Linyit Katmanı altta bir Taban Linyit Katmanı ve bunların arasından geçen bir Killi Linyit Katmanı bulunmaktadır. Linyit katmanları ortalama 130,6 metre derinlikte başlayıp, ortalama 310,5 metre son bulmaktadır. En yüzeye yakın kesilen linyit katmanı 33,2 metre ile TD-147 nolu sondajda, en derinde kesilen linyit katmanı ise 552,5 metre ile TD-131 nolu sondaj kuyusundadır.

Çizelge 4.24. Sondajlarda kesilen Linyit ve Killi Linyit katman derinlikleri

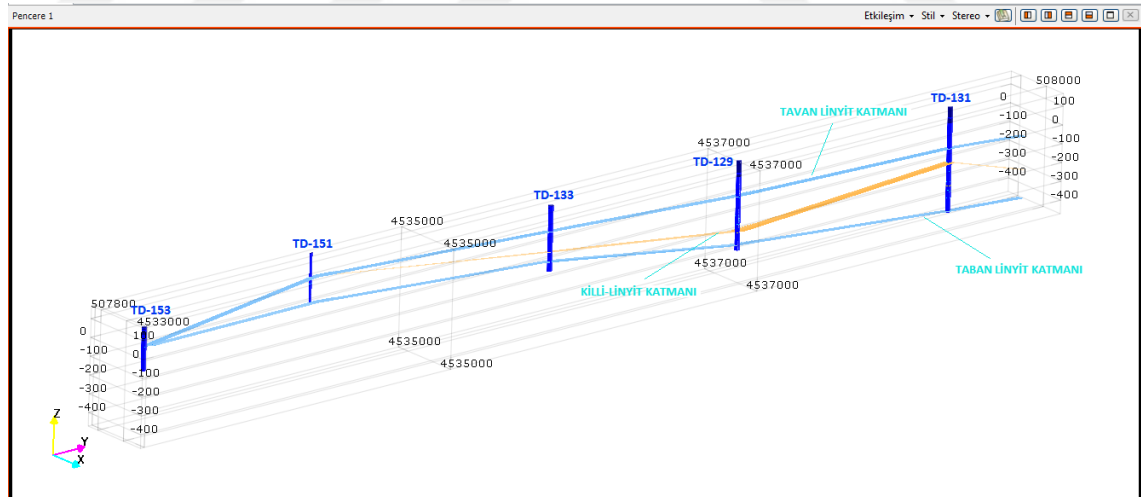
KUYU NO	TD-131	TD-129	TD-147	TD-151	TD-155	TD-133	TD-152	TD-153
Linyit ve Killi Linyit katmanlarının orta nokta değerleri	218,8	190	33,2	127,1	92,3	139,6	140,7	103,5
	271	193,8	93,9	128,2	94,2	141,5	182	105,8
	291,6	195,2	156,5	128,5	120,6	251,9	274	
	294,3	237,7	158,2	163,5	229,1	252,5		
	295,5	292,6	191,8	261,1	231,7	297,7		
	296,8	293,2	291,8	262,8	249,2			
	330	306			250,1			
	339,1	311,9						
	340	319,7						
	396,2	336						
	408,6	337,7						
	416,7	344,1						
	418,6	381						
	440,2	449,5						
	442,1							
	443,4							
	448,7							
	481,9							
	483							
	552,5							

Yazılımda Linyit (L) ve Killi Linyit (L-KL) katmanlarının oluşturduğu modeller için Doğu-Batı (Şekil 4.65) ve Kuzey-Güney (Şekil 4.66) olmak üzere iki doğrultuda kesit atılmıştır. TD-147 nolu sondaj kuyusunda killi linyit katmanı bulunmamaktadır ancak bu kuyu killi linyit katmanı olan TD-155 ve TD-151 nolu sondaj kuyuları arasında yer aldığından yazılım bu katmanı TD-147 nolu kuyudan direk pas geçerek göstermiştir (Şekil 4.65).

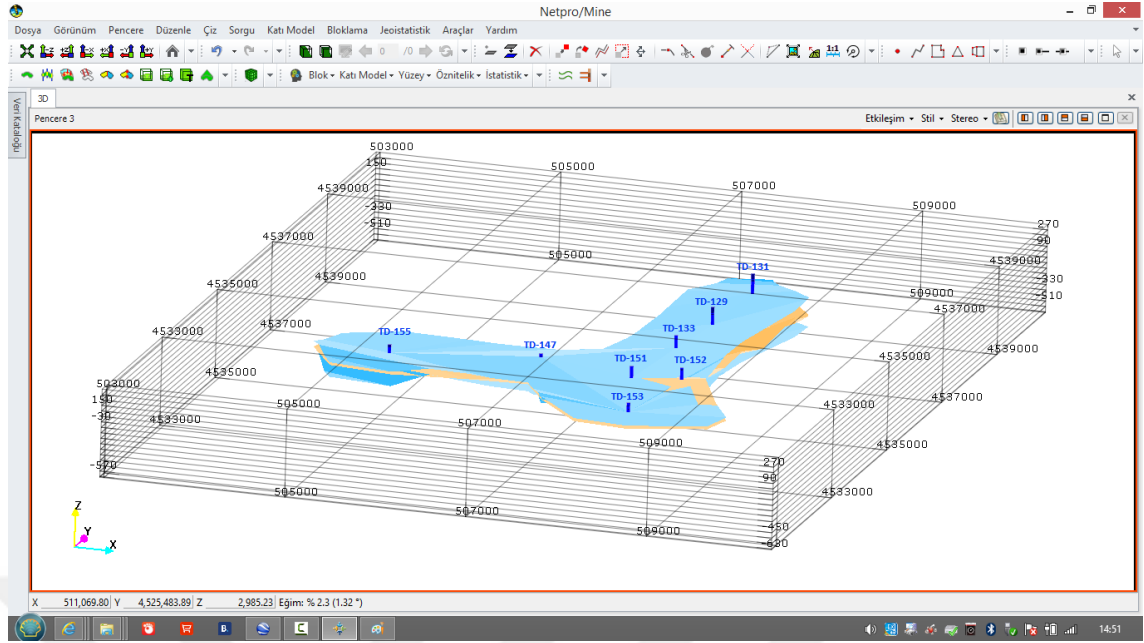


Şekil 4.65. Linyit ve Killi Linyit katmanlarının Doğu-Batı yönünde kesiti

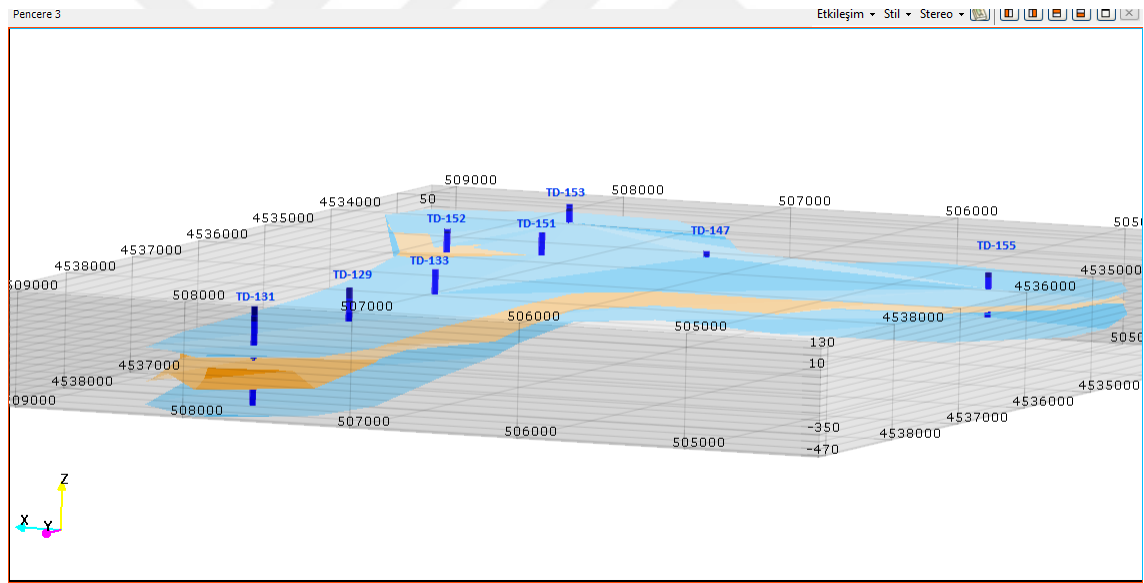
Kuzey-Güney hattındaki kesit incelendiğinde ise TD-153 nolu kuyuda killi linyit katmanı olmadığından tavan ve taban linyit katmanları bu kuyudan direk çıkmıştır (Şekil 4.66). Bunun aksine TD-131 nolu kuyuda iki adet killi linyit katmanı bulunduğu için Şekil 4.66'daki ekran görüntüsünde daha kalın ve birleşik gibi görünmektedir. Şekil 4.67 ve Şekil 4.68'de tavan linyit katmanı, taban linyit katmanı ve killi linyit katmanlarının üç boyutlu korelasyonu bulunmaktadır.



Şekil 4.66. Linyit ve Killi Linyit katmanlarının Kuzey-Güney yönünde kesiti

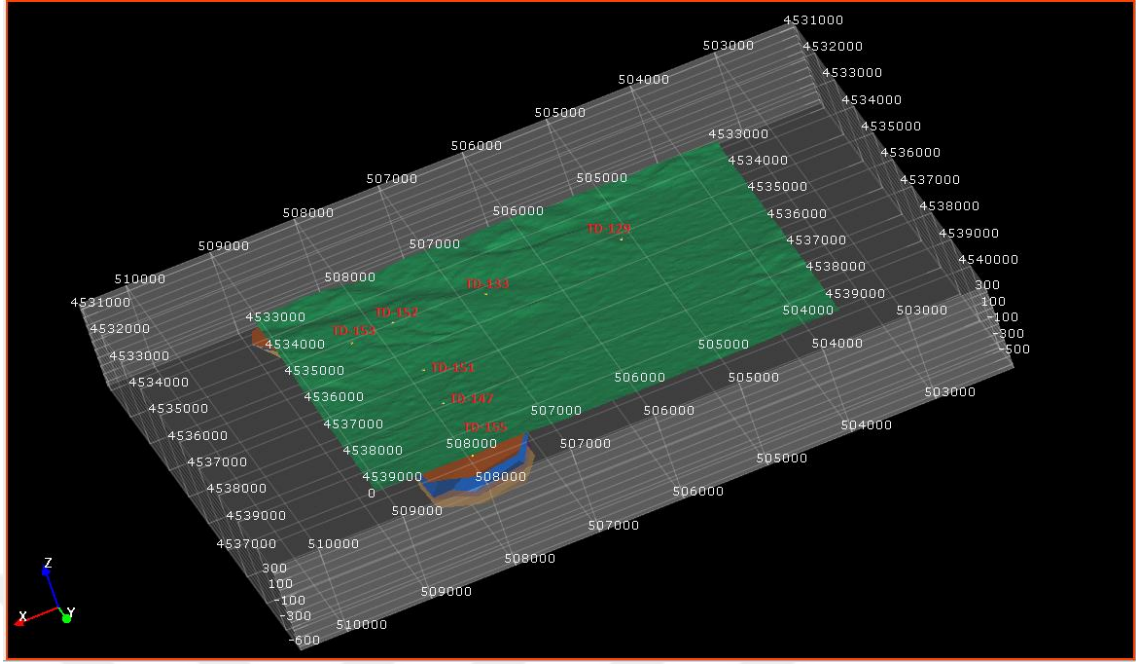


Şekil 4.67. Linyit ve Killi Linyit katmanlarının üç boyutlu korelasyonu

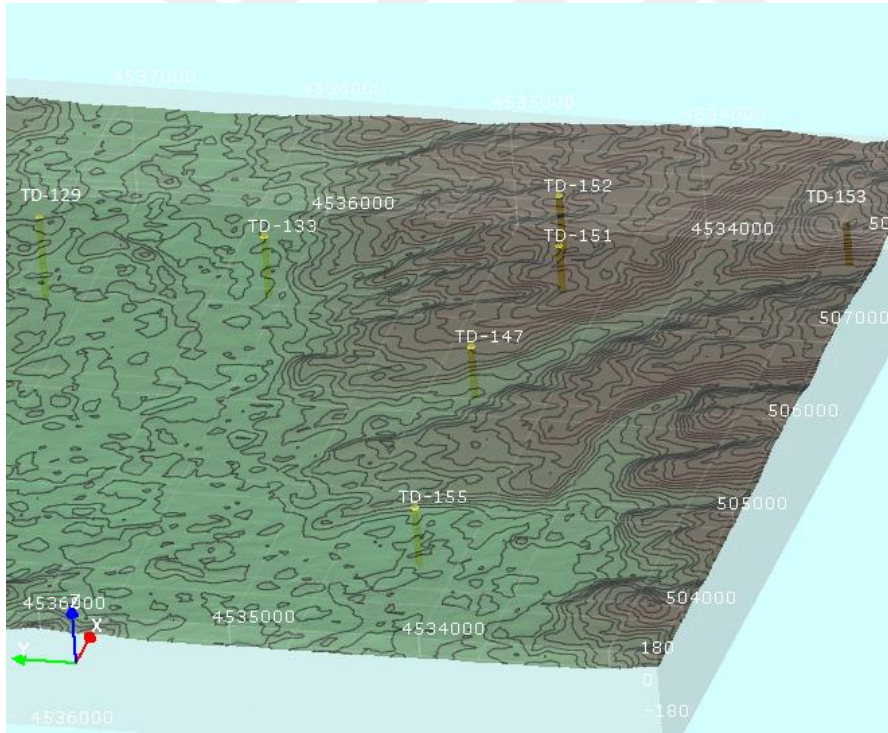


Şekil 4.68. Linyit ve Killi Linyit katmanlarının üç boyutlu korelasyonu

Çalışma sahasının daha iyi tanımlanması için sayısal yükseklik modeli uygulamaları yer bilimlerinde ve Coğrafi Bilgi Sistemi uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Bu şekilde gerçeğe çok yakın topografik görüntüler elde edilmekte ve böylece hem görsellik açısından hem de analiz açısından oldukça önemli faydalar sağlamaktadır (Şekil 4.69). Oluşturulan sayısal yükseklik modeli yazılım ile istenilen seviyede şeffaf hale getirilebilmektedir. Bu sayede modelin alt kısmında bulunan katmanlar ve sondaj kuyularının gösterimi sağlanmıştır. Şekil 4.70’te iki renkli sayısal yükseklik modelinin şeffaflaştırılması ile sondaj kuyularının görüntülenmesi sağlanmıştır.

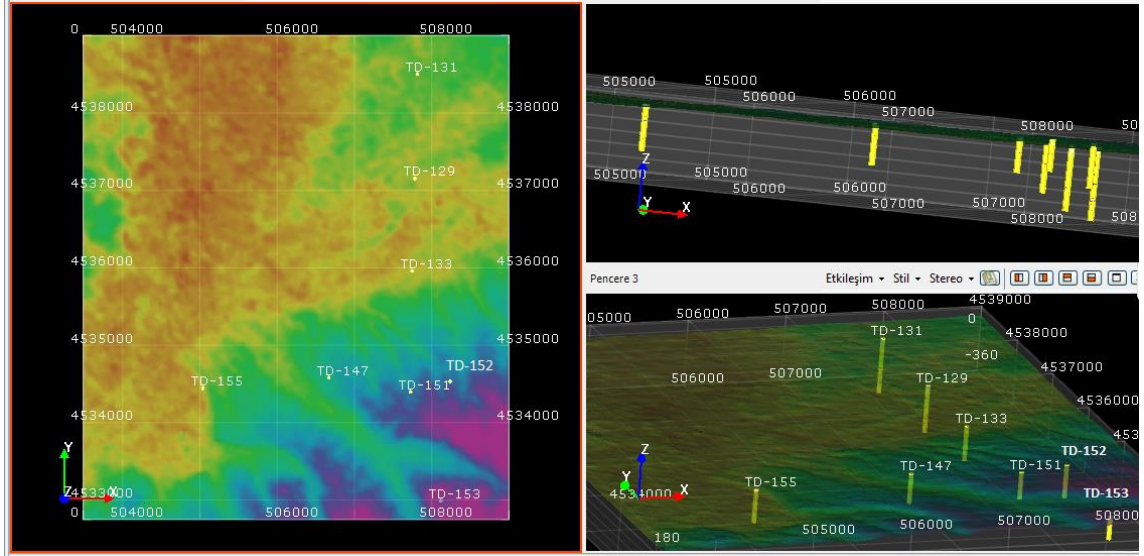


Şekil 4.69. Tek renkli sayısal yükseklik modellemesi ile çalışma alanının gösterimi



Şekil 4.70. Şeffaflaştırılmış sayısal yükseklik modeli ile sahanın gösterilmesi

Bütün bunların yanı sıra çok renk kullanımı sahayı temsil etmek adına çok daha doğru sonuçlar verecektir. Bu anlamda yazılımda en çok renge sahip olan Rainbow (gökkuşaağı) renk ataması ile yapılabilmektedir. Böylece çok değişkenli renk skalası ile sahanın temsil edilmesi sağlanacaktır (Şekil 4.71).



Şekil 4.71. Gökkuşığı (rainbow) sayısal yükseklik modellemesinin çeşitli gösterimleri

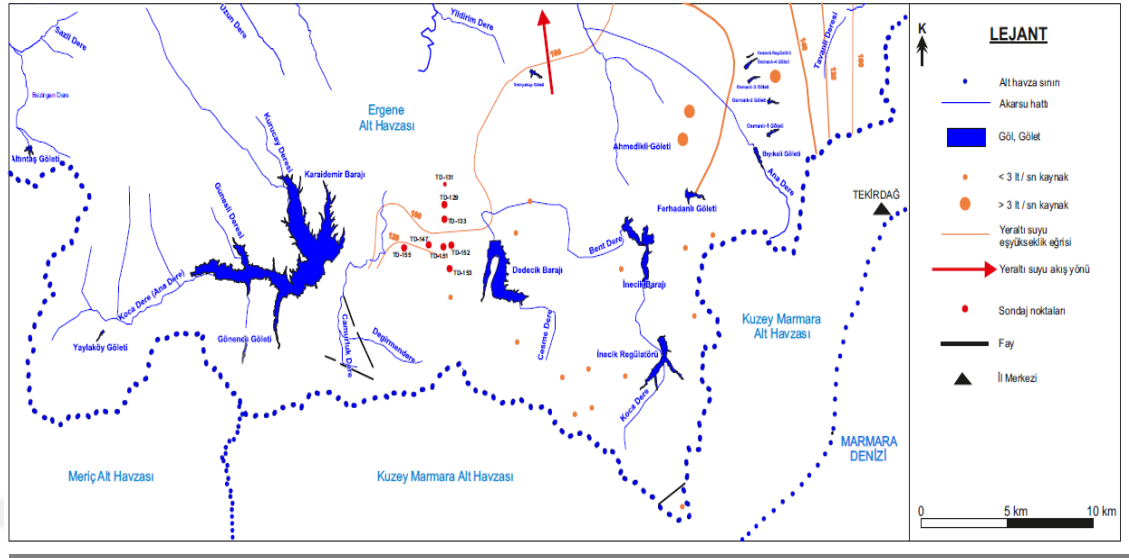
4.6.3. Kömürün çevresel etkilerinin CBS yardımıyla tespiti

4.6.3.1. İnceleme alanı ve çevresinin hidrojeolojisi

Çalışma alanının bulunduğu Ergene Alt Havzası, Meriç Alt Havzası ile Kuzey Marmara havzalarının kuzeyinde yer almaktadır. Ergene Alt Havzasının güneyinde yer alan sondaj lokasyonlarının çevresinde önemli su kaynakları bulunmaktadır. Çalışma sahasının batısında Karaiğdemir baraj gölü, doğusunda ise Dedecik ve İncik Baraj gölleri yer almaktadır. Yapılan sondajlardan en batıda bulunan TD-155 nolu kuyunun yakınından Çamurluk dere geçerken, tüm sondaj lokasyonlarının olduğu alanın doğusundan Bent deresi geçmektedir.

Çalışma alanının batısında Karaiğdemir Barajı bulunmaktadır. Devlet Su İşlerinin verilerine göre 16 km² lik bu baraj sulama ve taşkın koruma amaçlarıyla kullanılmaktadır. Baraja en yakın sondaj TD-155 olup, baraj kıyısından en yakın noktaya 4 km uzaklıktadır. Çalışma merkezine en yakın kıyı çizgisinin uzaklığı yaklaşık 6 km'dir. Canlı yaşamının gözlemlendiği bu barajda kömürün çıkarılması ve taşınması sırasında ortaya bir takım çevresel tahribatların çıkması muhtemeldir. Bu nedenle çalışma yapılmadan gerekli önlemler alınmalıdır.

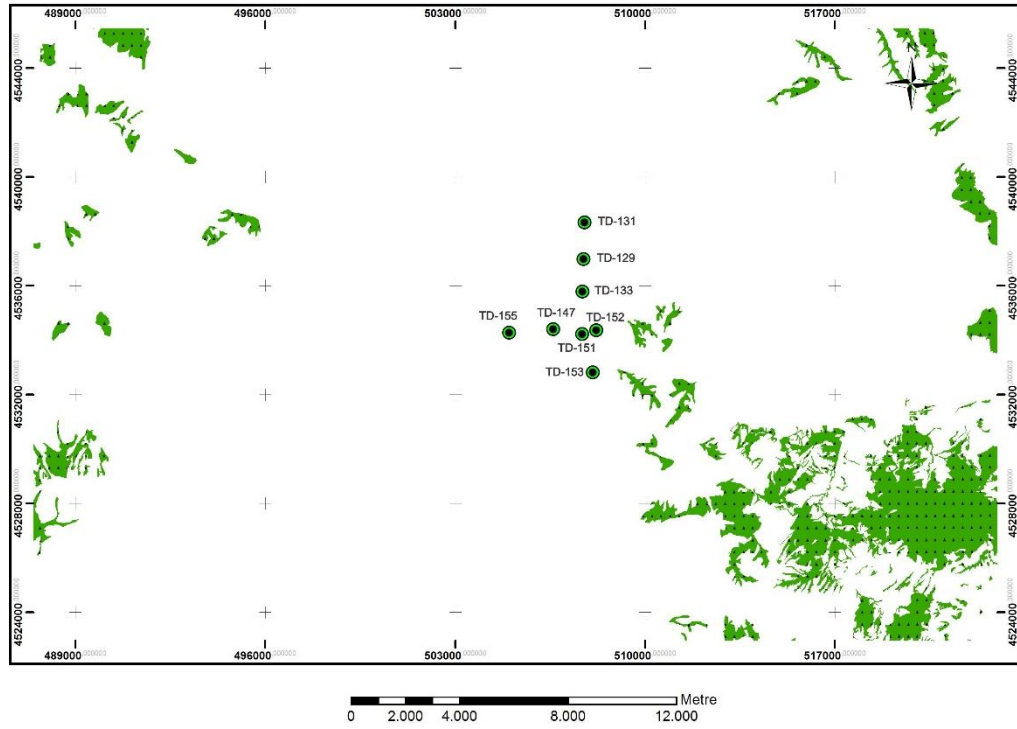
Sondajlar Danişment Formasyonunda bulunmaktadır. Danişment Formasyonu kumtaşı, kiltası ardalanması içinde yer alan silttaşı, kiltası, çakiltası ve linyitlerden oluşmaktadır. Formasyondaki kil içeriğine bağlı olarak yeraltı suyunu taşıma ve iletme özelliği düşüktür. Geçirimli ve gözenekliliği düşük olup kumtaşı ve az killi kumlarda yeraltı suyuna ulaşım sağlanmaktadır. Ancak genel olarak bakıldığında yeraltı suyu verimi düşüktür. Yeraltı suları eş yükseklik eğrileri incelendiğinde çalışma alanındaki seviyenin 100 – 120 metre arasında olduğu gözlenmiştir. Buradan da 100 metre ve daha derin linyitlerin çıkarılmasında yer altı sularının dikkate alınması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Ergene Alt Havzası yeraltı sularının akış yönü Kuzey Batıya doğrudur (Şekil 4.72).



Şekil 4.72. Ergene Alt Havzası su kaynakları haritası (DSİ Ergene Alt Havzası Hidrojeoloji Haritası 2016’den değiştirilerek alınmıştır)

4.6.3.2. İnceleme alanı ve çevresinin ormanlık alanları

Maden sahalarının çevreye verdiği zararların tespitinde CBS çalışmaları kullanmak mümkündür. Ormanlık alanlar da maden tahribatlarından en çok etkilenen unsurlardan biridir. Bu nedenle maden sahaları işletmeye açılmadan önce bu gibi analizlerle sınırlandırılırsa sadece ormanlar değil; yüzey suları, su koruma alanları, yollar gibi unsurlar da korunmuş olacaktır. Maden sahasına olan uzaklığın tespiti tampon bölge (buffer) analizleri ile tespit edilmesi çevresel açıdan oldukça önemli tedbirler alınabilecektir. Şekil 4.73’te çalışma alanı ve yakın çevresinde bulunan tüm ormanlık alanlar sayısallaştırılmıştır. Maden sahası sınırları içerisinde herhangi bir ormanlık alan tespit edilmemiştir.



Şekil 4.73. Çalışma alanı ve çevresi ormanlık alanlar haritası

4.6.3.3. Kömürün taşınması sırasında ortaya çıkabilecek çevresel etkiler

CBS’de kullanılan ağ analizi en kısa rota, konum, servis alanı gibi ulaşım işlemleri için çalışmalar yapılmasını sağlar (Kol ve Küpcü, 2008). Kömürün çevresel etkilerinden bir kısmı da kömürün taşınması sırasında ortaya çıkmaktadır. Ağ analizi bu çalışmaya uyarlanarak kömürün taşınması sırasında ortaya çıkabilecek çevresel sorunlar tespit edilmeye çalışılmıştır. Yüksek tonajlı araçlardan rüzgârın da etkisiyle uçan kömür tozları çevresel açıdan sorun yaratacağı gibi insan sağlığını da olumsuz etkileyebilir. Çalışmada bu sorun inceleme alanı ve yakın çevresinde bulunan yerleşim alanlarında CBS kullanılarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Tüm yollar ve yerleşim merkezleri sayısallaştırılmış, yerleşim merkezlerinin nüfusları işlenmiştir. Sondaj noktası; taşınma rotasının başlangıcını, ana yola çıkış noktası ise taşınma rotasının bitişi olarak seçilerek analiz yapılmıştır. Böylece her sondaj için bir güzergâh elde edilmiştir. Analiz sonucunda ise hangi yerleşim alanından geçtiği ve kaç kişinin etkilendiği gibi bilgilere kısa sürede ulaşmak mümkün olmaktadır. İnceleme alanında yapılan sondajlar noktaları haritaya işlendikten sonra, maden sahası poligonu çevresindeki tüm yerleşim merkezleri nüfusları ile birlikte sayısallaştırılmıştır.

Sondajların oluşturduğu alan üçgen şeklinde bir poligon olduğundan, üçgenin ağırlık merkezi hesaplanarak “Çalışma Alanı Merkez Noktası” elde edilmiştir. Böyle bir merkez noktasının oluşturulmasındaki amaç henüz arama amaçlı yapılan sondajların ileride ne şekilde işletileceğinin bilinmemesidir. Bu nedenle yapılacak çalışmalar burada bir kömür işletmesi olduğu ve bütün sondajlar kullanılacağı mantığıyla yapılmıştır. Çalışma alanı merkez noktası bir dairenin merkezi kabul edilerek 10 km yarıçapındaki tüm yerleşim alanları Çizelge 4.25’te nüfusları ile birlikte verilmiştir. Buna göre bu alan

içindeki 20 köyde yaşayan toplam 4654 kişi olduğu Türkiye İstatistik Kurumu 2015 genel nüfus sayımı verilerine göre tespit edilmiştir. Çizelge 4.26’da ise bu yerleşim merkezlerinin çalışma alanı merkez noktasına olan uzaklıkları, en yakın sondaj noktası ve bu sondaja olan uzaklıkları verilmiştir.

Çizelge 4.25. İnceleme alanı çevresi yerleşim merkezleri ve nüfusları (TÜİK 2019)

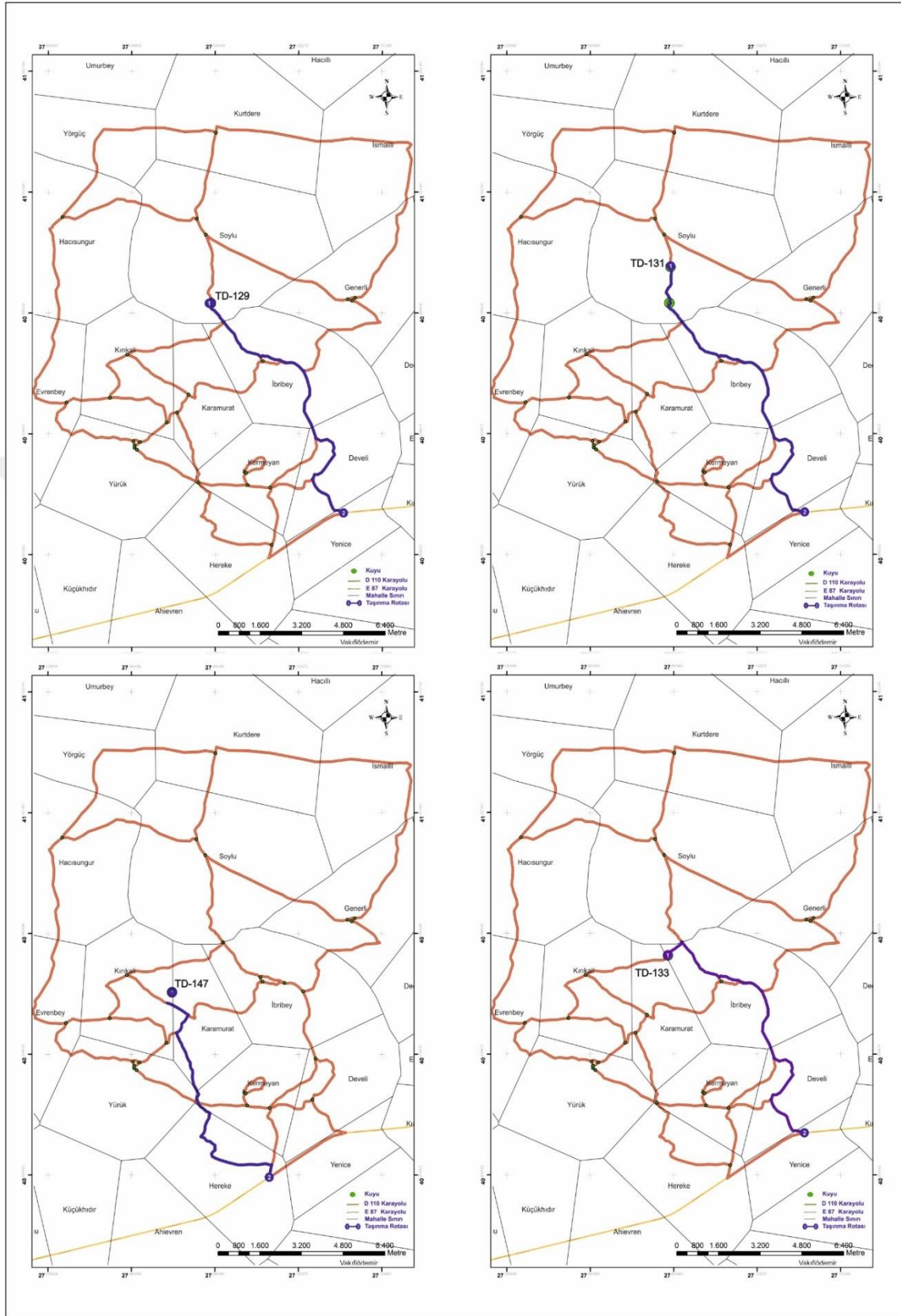
MALKARA				SÜLEYMANPAŞA		HAYRABOLU	
Yerleşim Merkezi	Nüfus	Yerleşim Merkezi	Nüfus	Yerleşim Merkezi	Nüfus	Yerleşim Merkezi	Nüfus
Bağpınarı	244	Ballısüle	107	Ortaca	328	Kutlugün	255
Çınarlatı	667	Dereköy	122	Doğukaracamurat	132	Şalgamlı	1342
Hacısungur	308	Yenice	102	Karabezirgan	132	Umurbey	170
Karacagür	244	Vakıfıdemir	190	Demirli	123	Yörgüç	188
Kozyörtük	1260	Deliller	152	Ahmedikli	127	Kurtdere	140
Güneşli	97	Hereke	274	Kaşıkçı	540	Hacıllı	36
Tekkeköy	143	Ahievren	307	Selçuk	342	İsmailli	72
Sarıyar	219	Küçükhdır	193	Taşumurca	86	Emiryakup	255
Yörtücek	219	Kuyucu	41	Generli	128	Soylu	483
İbrice	192	Kavakçeşme	166	Evciler	100		
Batkın	207	Alaybey	385	Mahramlı	104		
Kiremitlik	201	Çavuşköy	373	Dedecik	278		
Sarnıç	468	İshakça	154	Karansıllı	57		
Karağdemir	203	Gazibey	5096	Otmanlı	105		
Evrenbey	425	Yeni	2192	İnecik	706		
Kırkcalı	158	Cami Atık	13064	Karaçalı	85		
Karamurat	279	Gözsüz	652	Sametli	268		
İbribey	452			Araphacı	88		
Yürtük	263			Oğuzlu	105		
Kermeyan	217			Akçahalil	201		
Develi	128			Ahmetçe	86		
Göncence	317			Kınıklar	91		
Hacievhat	9401			Yuva	61		
Kadıköy	327			Ferhadanlı	837		

Çizelge 4.26. Yerleşim merkezlerinin çalışma alanına ve sondaj noktalarına olan uzaklıkları

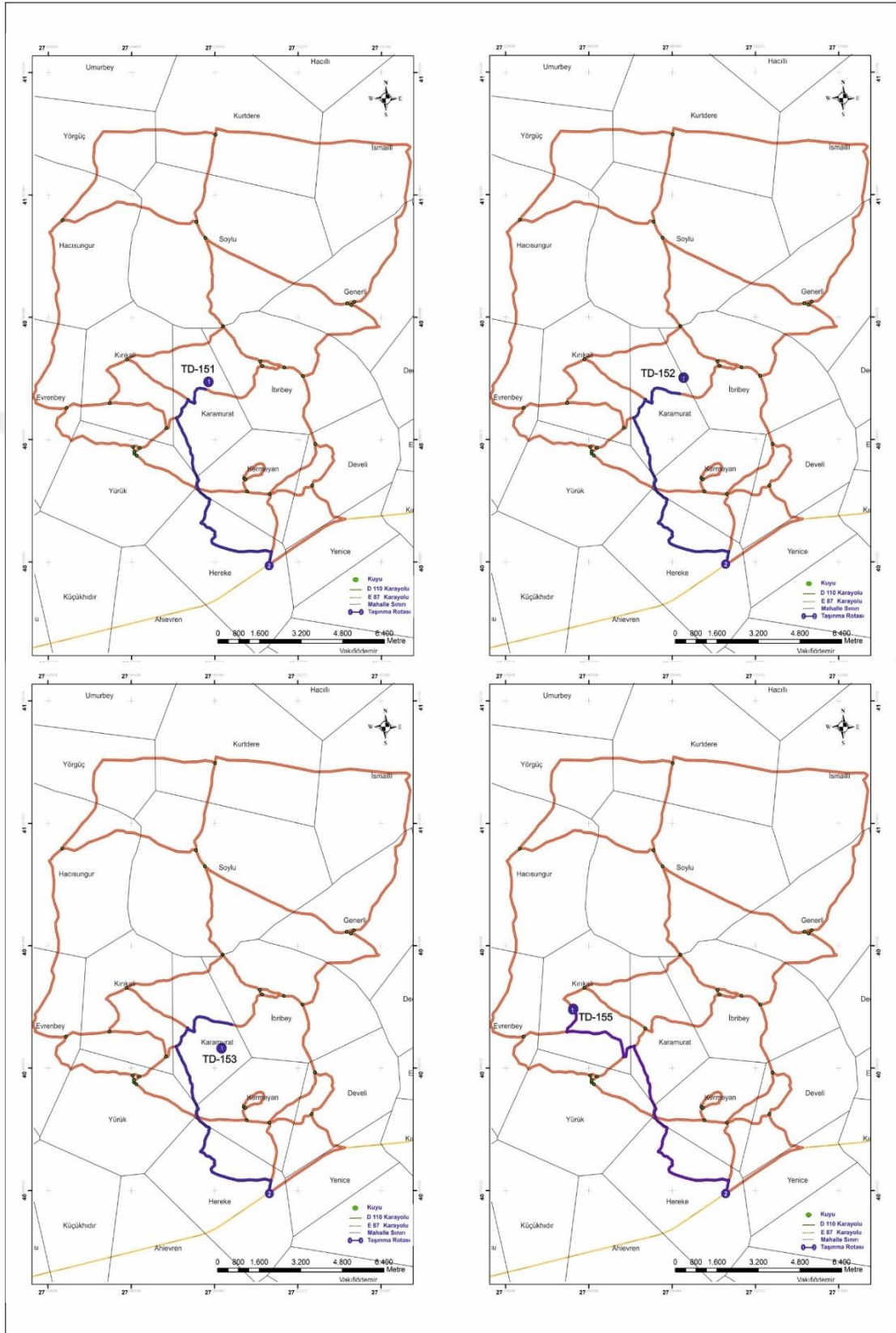
Sıra No	Yerleşim Merkezi (Köy)	En Yakın Sondaj	En Yakın Sondaja Olan Uzaklık (km)	Çalışma Alanı Merkez Noktasına Uzaklık (km) *
1	Karamurat	TD-153	1	2
2	İbribey	TD-152	1.1	2.2
3	Kırkalli	TD-147	1.25	2.3
4	Yürük	TD-153	2.9	4
5	Soylu	TD-131	1.7	4.8
6	Generli	TD-129	4.1	5
7	Kermayan	TD-153	2.3	5
8	Evrenbey	TD-155	3	5.1
9	Hacısungur	TD-131	4.9	6
10	Develi	TD-153	3.6	6.1
11	Dedecik	TD-152	5.5	6.7
12	Hereke	TD-153	4.3	6.8
13	Karağdemir	TD-155	5	7.2
14	Yenice	TD-153	5	7.5
15	Evciler	TD-153	6.7	8.1
16	Kurtdere	TD-131	5	8.2
17	Yörgüç	TD-131	6	8.5
18	Karansılı	TD-152	7.7	8.8
19	Taşumurca	TD-129	7.9	9
20	Kınıklar	TD-153	7.4	9.5
*Veriler çalışma alanı merkez noktasına olan uzaklığa göre sıralanmıştır.				

Yerleşim merkezleri ve yolların sayısallaştırılmasının ardından her sondaj noktası taşıma noktası olarak belirlenmiştir. Bu noktadan ana caddeye çıkıncaya kadar olan kısımda kamyonların güzargahları ağ analizi ile belirlenmiştir. En kısa rota analizi ile çıkış noktasından varış noktasına olan yol seçimi yapılmıştır (Şekil 4.74, Şekil 4.75). Böylece madenlerin taşınması sırasında kömür tozundan etkilenme riski altında olan kişi sayısı tespit edilmiştir (Çizelge 4.27).

Kömür tozlarının uçmasında en önemli etken rüzgârdır. Çalışma alanına ait yıllık rüzgâr analizleri incelendiğinde hâkim rüzgâr yönünün Kuzey ve Kuzeybatı olduğu tespit edilmiştir. Kuyudan çıkarılan kömürlerin taşınması en kısa rota analizi ile Güneydoğu istikametinde olacağının tespit edilmesinin ardından, taşıma aracının istikametinin tam ters yönünde esen rüzgâr yönü ve şiddeti ile doğru orantılı olarak güzargah üzerindeki Soylu, İbribey, Develi, Yenice, Kırkalli, Karamurat, Kermayan, Hereke yerleşim merkezlerinin diğer yerleşim merkezlerine kıyasla daha çok etkilenebileceği sonucu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4.74. TD-129, TD-131, TD-147, TD-133 nolu kuyular için yol analizi haritaları



Şekil 4.75. TD-151, TD-152, TD-153, TD-155 nolu kuyular için yol analizi haritaları

Çizelge 4.27. Yol analizi sonucu elde edilen veriler

Sondaj No	Ana Yola mesafe (m)	Yerleşim merkezleri	Etkilenebilecek kişi sayısı
TD-131	12142,36	Soylu, İbribey, Develi, Yenice	2488
TD-129	10756,11	Soylu, İbribey, Develi, Yenice	2488
TD-133	10499,60	İbribey, Develi, Yenice	2005
TD-151	9372,47	Kırkalli, Karamurat, Kermeyan, Hereke	928
TD-153	10233,32	Karamurat, Kermeyan, Hereke	770
TD-152	9861,59	Karamurat, Kermeyan, Hereke	770
TD-147	9124,54	Karamurat, Kermeyan, Hereke	770
TD-155	11330,23	Kırkalli, Kermeyan, Hereke	649

5. SONUÇLAR

Malkara (Tekirdağ) kömür ve kömürlü birimlerinin konu edildiği çalışmada inceleme alanı Malkara, Hayrabolu ve Süleymanpaşa ilçeleri kesişiminde yer almaktadır. Malkara linyitleri Oligosen yaşlı Danişmen Formasyonu'nda yer almaktadır. Tez çalışması kapsamında organik-inorganik jeokimyasal ve petrografik analizler, ana-iz element analizleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak ağ, en kısa yol, enterpolasyon analizleri yapılmıştır. Analizler ile kömür ve kömürlü birimlerdeki organik madde miktarı, organik madde türü, organik madde olgunluğu, organik fasiyes incelemeleri, iz element zenginleşmeleri, iz elementlerin mekânsal dağılımları ve çevre ile ilişkileri, üç boyutlu log korelasyonu ile kömür devamlılığı, çalışma sahası topografik özellikleri ve ağ analizleri ile kömür taşınması ile ilgili sonuçlar elde edilmiştir. Böylece kömürün çıkarılması, taşınması ve yakılması sırasında ortaya çıkabilecek çevresel risklerin tespiti amaçlanmıştır.

İnceleme alanındaki 8 adet sondajdan alınan örneklerle yapılan jeokimyasal ve petrografik analizler sonucunda toplam organik karbon (TOC) miktarı % 5,9-53,25 (ortalama % 32,03), hidrojen indeksi (HI) 43-167 mgHC/gTOC, oksijen indeksi (OI) 55-137 mgHC/gTOC, T_{max} değerleri 381-437 °C aralıklarında değişmekte olduğu tespit edilmiştir. Organik madde tipini belirlemek için S_2 -TOC, HI-OI, HI- T_{max} diyagramlarından yararlanılmıştır ve Tip III kerojen (karasal bitki kökenli) olduğu tespit edilmiştir. T_{max} değeri ortalama 425,4 °C olup bu değer olgunlaşmamış organik maddeye karşılık gelmektedir. T_{max} -PI diyagramından da organik maddenin olgunlaşmamış ya da yerli olmayan (göç etmiş) hidrokarbonlar olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Rock Eval piroliz analizlerinden elde edilen sonuçlara göre potansiyel ürün (PY) değeri hesaplanmış ve 3,54-90,71 mg HC / g kaya arasında olduğu belirlenmiştir. Buna göre çizilen HI-TOC diyagramına göre organik maddenin kaynak kayasının gaz köken potansiyeline sahip olduğu ortaya çıkmaktadır. Organik fasiyes incelemelerinde fasiyes tipi Jones (1987)'ye göre çoğunluk CD olmak üzere, C ve CD'dir.

İncelenen örneklerle uygulanan hümünit yansıma değerleri % 0,314-0,489 arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre Malkara linyitleri ASTM (1983) sınıflamasına göre linyit-alt bitüm, Alman DIN sınıflamasına göre yumuşak mat-parlak linyit-alt bitüm olarak belirlenmiştir. Hümünit yansıma analizleri ile organik madde olgunlaşmamış olduğu tespit edilmiş olup, bu sonuç Rock-Eval sonuçları ile örtüşmektedir.

XRD tüm kaya ve kil analizlerinde tavan, taban ve ara kesmeden alınan örnekler değerlendirilmiştir. Yarı nicel olarak değerlendirilen örneklerde kuvars, kalsit, kil mineralleri, dolomit, aragonit, feldispat grubu mineraller, plijiyoklaz grubu mineraller, ankerit, pirit, mika ve amorf malzeme olduğu belirlenmiştir. Kil minerallerinin oldukça bol olduğu gözlenmiştir. Karbonat grubu minerallerinden kalsitin dolomit ve aragonite göre daha fazla bulunması kalsitin kömürün ana karbonat minerali olduğunu kanıtlamaktadır. Aragonit de dolomite oranla daha fazla bulunmaktadır. Analizi yapılan örneklerde en çok kuvars mineralinin bulunması çökelim sırasında her dönemde sahaya detritik malzeme geldiğini işaret etmektedir. Hemen hemen her seviyede rastlanan pirit varlığı piritin diyajenez evresinde gömülme ve kömürleşme sırasında sinjenetik olarak oluşturduğunu gösterir. Fedispat ve pilajiyoklazın nadir görülmesi kömür oluşumu sırasında ortama volkanik malzeme girişinin olmadığını göstermektedir. Mika grubu

mineralleri miktar olarak orta seviyede olup K-feldispatların ayrışması ile oluştuğu yorumu yapılabilir.

Kil çekimlerinin de tüm kaya çekimleri ile benzer mineral çeşitleri ve bollukları gözlenmiştir. Baskın kil mineralleri smektit ve illit olup, smektitin bol oluşu illite dönüşmediğini göstermektedir. Bu da inceleme alanındaki kömürün olgunlaşmamış-erken olgun aşamasında olduğunu kanıtlamaktadır. Kloritin sadece birkaç örnekte olması dışarıdan taşındığını göstermektedir.

Çalışma alanındaki kömürlere ait ana ve eser element değerlendirmelerinde, ana elementlerden Fe, Mg, Ca, Ti ve Cr'un, eser elementlerden ise Ni, W ve Se'un zenginleştiği tespit edilmiştir. Kömürde belirlenen elementlerden Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti, P, Mn, Cr, Sc, V, Cu, Zn, Ga, Rb, Y, Zr, Nb, Cd, Sn, Sb, Cs, Ba, NTE, Hf, Ta, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Th ve U'un inorganik maddeyle; W'n ise organik maddeyle yakın ilişkisi belirlenmiştir. Be, As, Se, Sr ve Mo ise hem organik hem de inorganik maddeyle ilgilidir. Kömür örneklerinde Be, U, V, Mo, Cu, Cd, Sb, Bi, Hg, Tl ve Se miktarlarının, kömür taban, tavan ve ara kesme örneklerindeki miktarlarından fazla olması, bu elementlerin kısmen de olsa organik maddeyle ilgisini de ortaya koymaktadır. Elementlerin büyük bir kısmının inorganik kökenli olması, kömürün mineral madde içeriğinin fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

Tekirdağ-Malkara kömürlerinin element içerikleri çevresel olarak değerlendirilmiştir. Buna göre çevresel açıdan risk oluşturabilecek elementlerden As, Cd, Se, Ni, Be, V, Cu, Zn, Th, U, Ti, Co, Sn, Sb ve Ba'un dünya kömür ortalamalarının üzerinde olduğu belirlenmiştir. Cr, As, Mn, Ni, Pb, P, Zn, Th, Ti, Co, Sn ve Ba elementlerinin, kömür tavan, taban ve ara kesme örneklerinde, kömür örneklerine nazaran artış gösterdiği belirlenmiştir. Kömürün kullanılması durumunda, oluşacak olan atıklarda bu elementlerin konsantrasyonlarında artış meydana geleceğinden risk oluşturma potansiyelleri de yükselecektir. Potansiyel hava kirletici elementlerden ise As, Cd, Be, Co, Sb, Ni ve Se elementlerinin dünya ortalamalarının üzerinde olduğu ve bunların da kömür kullanımı sonucu çevre ve insan sağlığı açısından risk oluşturacağı tespit edilmiştir.

Ana-iz element değerlerinin çalışma alanındaki yayımlarını belirlemek için CBS analizlerinden yararlanılmıştır. Krigging enterpolasyon yöntemi ile tehlike sınıflarına göre dört grupta (Grup 1, Grup 2A, Grup 2B, Grup 3) elementlerin inceleme alanında bolluk oranları tespit edilmiştir. Buna göre inceleme alanı güneyinde As, Se, Pb, Ni, Th, Cu, Zn, Ti elementleri bolluk gösterirken kuzeye gittikçe bu oran azalmıştır. Kuzey – güney hattında kuzeye ilerledikçe Co, Sb, Mo, U element konsantrasyonlarında artış gözlenmiştir. Doğu-batı hattında ise batıya doğru gittikçe önce Mn, ardından da Be, Ba, Sn elementlerinde artış izlenmiştir. Krigging ile elde edilen haritaların raster (hücreli) veri formatına dönüştürülmesinin ardından yeniden sınıflandırma (reclassification) tekniği ile her pikselin denk geldiği element bolluk sınıf aralığı tespit edilmiştir. Böylece her element için tespit edilen sınıf aralığının yayıldığı alan metrekaresi olarak tespit edilmiştir. Ardından çalışma sahasının element bolluk yayılımının Dünya, Türkiye, Çin, ABD ve üst kıtasal kabuk ortalamalarının üstünde kaldığı alan yüzdesel olarak tespit edilerek risk alanları ortaya çıkarılmıştır.

CBS kullanılarak inceleme alanı ve çevresinin sayısal yükseklik modeli (DEM), kabartma, bakı haritaları oluşturularak topografik özellikleri belirlenmiştir. İnceleme alanı ve çevresindeki yüzey suları, yeraltı suları, ormanlık alanlar tampon (buffer) analizleri ile sondaj noktalarına yakınlıkları belirlenmiştir. Buna göre çalışma alanı çevresinde ormanlık alan bulunmaması, yüzey sularına en az 6 km mesafe olması kömürün çıkarılması sırasında yüzeydeki doğal kaynaklar açısından risk oluşturmadığını göstermektedir. Yeraltı su seviyesinin ortalama 100-120 metrede bulunması bu seviyelerin daha altından çıkarılacak kömürlerin çevresel açıdan risk oluşturabileceğini göstermektedir.

Maden arama sondajlarından elde edilen log korelasyonundaki litoloji verilerinin NetPro Mine yazılımına derinlikleri ile birlikte işlenmesi ile maden sahasının üç boyutlu yeraltı haritaları elde edilmiştir. Böylece sahadaki kömürün devamlılığı belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda inceleme alanında üstte bir tavan linyit katmanı, altta bir taban linyit katmanı ve aralarında bir killi linyit katmanı olduğu belirlenmiştir. Elde edilen haritalara farklı sayısal yükseklik modellerinin eklenmesi ile daha gerçekçi hale getirilmiştir.

Kömürün taşınması sırasında ortaya çıkabilecek tehlikeler ağ analizleri ile tespit edilmiştir. Yollar ve yerleşim merkezleri sayısallaştırılarak nüfus verisi işlenmiştir. Maden sahasındaki her sondaj noktasından çıkan kamyonun en kısa yol analizi ile ana yola varış güzergâhları belirlenmiştir. Böylece kömürün taşınması sırasında olumsuz etkilenme ihtimali olan kişi sayısı tespit edilmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Adam, D. 2008. World CO₂ Levels at Record High, Scientists warn. Guardian, May 12, 2008.
- Akar, G. 2001. Kömür külü atık sahalarından oluşacak olan ağır metal kirlenmesinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 127 s.
- Akartuna, M. 1968. Armutlu Yarımadasının Jeolojisi. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografiler, 20, 105 s.
- Alişan, C. 1985. Trakya "I" Bölgesi'nde Umurca-1, Kaynarca-1, Delen-1 kuyularında kesilen formasyonların palinostratigrafisi ve çökeltme ortamlarının değerlendirilmesi. TPAO Araştırma Grubu Raporu No: 386 (yayınlanmamış), Ankara.
- Altunsoy, M.ve Özçelik, O. 1993. Organik Fasiyesler. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 43: 34-39.
- ASTM (American Society For Testing And Materials). 1983. Annual book of ASTM standards, Gaseous Fuels; Coal and Coke (D- 388, D-2798- 79, D-3172-73, D-2799-72, D-3174-82, D-3175-82): 1916 Race Street, Philadelphia, PA.
- Baba, A. 2000. Muğla-Yeniköy Termik Santral Katı Atıklarının Çevre Jeolojisi Açısından İncelenmesi. Türkiye 8. Enerji Kongresi, ss. 247-258, 8-12 Mayıs, Ankara.
- Baba, A., Save, D., Gündüz, O., Gürdal, G., Bozcu, M., Sülün, S., Özcan, H., Hayran, O., İkişik, H., Bakırcı, L. 2008. Çan Kömür Havzasındaki madencilik faaliyetlerinin tıbbi jeoloji açısından değerlendirilmesi. ÇAYDAG-106Y041 nolu proje raporu, 479 s.
- Baskin, D.K. 1997. Atomic H/C ratio of kerogen as an estimate of thermal maturity and organic matter conversion. *AAPG Bulletin*, 81 (9):1453-1450.
- Batı, Z., Erk, S., Akça, N. 1993. Trakya Havzası Tersiyer Birimleri'nin palinomorf, foraminifer ve nannoplankton biyostratigrafisi. TPAO Araştırma Grubu Rapor No: 1947 (yayınlanmamış), Ankara.
- Batı, Z., Alişan, C., Ediger, V.Ş., Teymur, S., Akça, N., Sancay, H., Ertuğ, K., Kirici, S., Erenler, M., Aköz, Ö. 2002. Kuzey Trakya Havzası'nın palinomorf, foraminifer ve nannoplankton biyostratigrafisi. Türkiye Stratigrafi Komitesi Çalıştayı (Trakya Bölgesi'nin Litostratigrafi Adlamları) Özleri, s. 14.
- Boggs, Jr.S. 2009. Petrology of sedimentary rocks. Cambridge University Press, UK, 2nd edition, 600 p.
- Burke, W. F. and Uğurtaş, G. 1974. Seismic interpretation of Thrace Basin, in H. Okay and E. Dileköz, eds., Proceeding of second petroleum congress of Turkey: Association of Turkish Petroleum Geologists, 227-248.
- Bürkan, K. 1992 1:50 000 ölçekli Trakya F29 c ve d paftaları jeoloji haritası, TPAO Arama Grubu Arşivi.

- Calvert, S.E. 1976. The mineralogy and geochemistry of near shore sediments. In: Riley JP, Chester R (Eds.). Chemical oceanography, Academic Press, London, pp.187-280.
- Cengiz, T., Nurlu, Y., Kumtepe, P., Sütçü., E., 2009. Rezerv ve dekapaj miktarlarının coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak tespiti ve diğer yöntemlerle karşılaştırılması: Sivas-Kangal- Kalburçayırı Linyit Yatağı Örneği. International Geographical Information Systems Congress, 21-24 July, İzmir, Turkey.
- Çağlayan, M.A. ve Yurtsever, A. 1998. Burgaz-A3, Edirne-B2 ve B3; Burgaz-A4 ve Kırklareli- B4; Kırklareli-B5 ve B6; Kırklareli-C6 paftaları, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 1:100 000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları, No: 20, 21, 22, 23, Ankara.
- Dai, S.F., Zhou, Y.P., Ren, D.Y., Wang, X.B., Li, D., Zhao, L. 2007. Geochemistry and mineralogy of the Late Permian coals from the Songzao Coalfield, Chongqing, southwestern China. *Science in China Series D: Earth Science*, 50: 678-688.
- Dai, S.F., Li, D., Chou, C.-L., Zhao, L., Zhang, Y., Ren, D.Y, Ma, Y.W., Sun, Y.Y. 2008. Mineralogy and geochemistry of boehmite-rich coals: new insights from the Haerwusu Surface Mine, Jungar Coalfield, Inner Mongolia, China. *International Journal of Coal Geology*, 74: 185-202.
- Dai, S.F., Ren, D.Y., Chou, C.L., Finkelman, R.B., Seredin, V.V. and Zhou, Y.P. 2012. Geochemistry of trace elements in Chinese coals: A review of abundances, genetic types, impacts on human health, and industrial utilization. *International Journal of Coal Geology*, 94: 3-21.
- Demaison, G.J. and Moore, G.T. 1980. Anoxic environments and oil source bed genesis. *A.P.G.*, 64 (8): 1179-1209.
- Doust, H. ve Arıkan, Y. 1974. The geology of the Thrace Basin. Türkiye İkinci Petrol Kongresi Tebliğleri Kitabı, ss. 119-136.
- Dow, W.G. 1977. Kerogen studies and geological interpretations. *Journal of Geochemical Exploration*, 7: 79-99.
- DSİ, 2016. Ergene alt havzası hidrojeoloji haritası. DSİ 11. Bölge Müdürlüğü, Edirne.
- Durand, B., Espitalie, J. and Nicasle, G. 1972. Etude de la matiere organique des Argiles du toarcien de Basin de Paris Etude par les procedes optiques analyse elementaire, Etude microscopique et diffraction electroniques. *Rev. Ist. Fr.*, 27: 865-884.
- Ediger, V.Ş. 1982. Kuleli Babaeski sırtının (KB Trakya) paleo-ortamsal incelemesi ve Kuzey Trakya havzasının hidrokarbon potansiyelinin değerlendirilmesinde yeni yaklaşım. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Rapor No: 1995 (yayınlanmamış), Ankara.
- Ediger, V.Ş. and Alişan, C. 1989. Tertiary fungal and algal palynomorph biostratigraphy of the northern Thrace basin, Turkey. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 58: 139-161.

- Egemen, E. and Yurteri, C. 1994. Assessment of potential environmental impacts of fly ash disposal. Conference: 3. Florence world energy research symposium, Florence, Italy.
- Ershov, V.M. 1962. Rare earth elements in coals of the Kizel coal basin. *Geochemistry (USSR)* 3: 306-308.
- Eskenazy, G.M. 1982. The geochemistry of tungsten in Bulgarian coals. *Int. J. Coal. Geol.* 2: 99-111.
- Eskenazy, G.M. 1987. Rare earth elements and yttrium in lithotypes of Bulgarian coal. *Org. Geochem.*, 11: 83-89.
- Finkelman, R.B. 1980. Modes of occurrence of trace elements in coal. PhD dissertation, University of Maryland, 301 p.
- Finkelman, R.B. 1993. Trace and minor elements in coal. Organic Geochemistry. Ed: Engel, M.H., Macko, S.A. New York: Plenum.
- Finkelman, R.B. 1994a. Modes of occurrence of potentially hazardous elements in coal: level of confidence. *Fuel Processing Technology*, 39 (1-3): 21-34.
- Finkelman, R.B. 1994b. The use of modes of occurrence information to predict the removal of the hazardous air pollutants. *International Journal of Coal Geology*, 124: 132-134.
- Finkelman, R.B. 1995. Modes of occurrences of environmentally-sensitive trace elements in coal. In: Environmental Aspects of Trace Elements in Coal. Swaine, D. J., Goodarzi, F. (eds), The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, pp. 24-44.
- Finkelman, R. B. 1997. Coal quality and public health. 3rd European Coal Conference Proceedings, pp. 199-202, İzmir.
- Finkelman, R. B. and Gross, P. M. K. 1999. The types of data needed for assessing the environmental and human health impacts of coal. *Int. Journal of Coal Geology*, 40: 91-101.
- Gerhard, J.E. and Alişan, C. 1987. Palynostratigraphy, paleoecology, and visual organic geochemistry Turgutbey-2, Değirmencik-3 and Pancarköy-1, Thrace Basin, Turkey. TPAO Araştırma Merkezi Grubu Rapor No: 983, (yayınlanmamış), Ankara.
- Given, P.H. and Miller, R.N. 1987. The association of major, minor and trace inorganic elements with lignites. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 51: 1843-1853.
- Gluskoter, H.J., Ruch, R.R., Miller, W.G., Cahill, R.A., Dreher, G.B. and Kuhn, J.K. 1977. Trace elements in coal: Occurrence and distribution. III. State Geol. Surv. Circ. No. 499, 154 p.
- Goodarzi, F. and van der Flier-Keller, E. 1988. Distribution of major, minor and trace elements in Hat Creek Deposit. No.2. British Columbia. Canada. *Chem. Geol.* 70: 313-333.
- Goodarzi, F. 2002. Mineralogy, elemental composition and modes of occurrence of elements in Canadian feed-coals. *Fuel*, 81: 1199-1213.

- Gökçen, N. 1971. Güneydoğu Trakya'nın Paleojen stratigrafisinde ostracod'lar açısından yeni görüşler. Türkiye 1. Petrol Kongresi Bildirileri Kitabı, 81-85.
- Görür, N. and Okay, A.I. 1996. Fore-arc origin of the Thrace basin, northwest Turkey. *Geologische Rundschau*, 85: 662-668.
- Groen, J.C. and Craig, J.R. 1993. The inorganic geochemistry of coal petroleum and their gasification/combustion products. *Fuel Processing Tech.*, 40: 15-48.
- Güllüdağ C.B. ve Altunsoy M. 2018. Türkiye'de CBS Tabanlı Kömür Maden Bilgi Sistemi (KMBS) Kurulmasında Kullanılacak Bazı Kriterler. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, cilt.42, ss.175-191.
- Hökerek, S. 2009. Korkuteli- Bozova- Garipçe (Antalya) yöresi otokton Mesozoyik çökellerinin organofasiyes özellikleri. Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 127 s.
- Hökerek, S. 2015. Yaylaköy, Kalemköy ve Eynez (Soma) Neojen kömürlerinin biyomarker jeokimyası, ana-iz element özellikleri ile organik fasiyes değişimleri. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 124 s.
- <http://www.tuik.gov.tr> [Son erişim tarihi: 16.01.2019].
- Jarvie, D.M. 1991. Total Organic Carbon (TOC) analysis: In: Source and migration processes and evaluation techniques, Merrill, R.K. (Ed.), Tulsa, Treatise of Petroleum Geology. *AAPG Bulletin*, 113-118.
- Jonathan, D., Letran, K., Oudin, S.L., Vander Weide, B.M. 1976. Les methodes d'physical- chmigue dela maticre organigue. *Bull. Centre Reach. Pau SNPA*, 10(1): 39-108.
- Jones, R.W. 1987. Organic Facies. In: Advances in Petroleum Geochemistry, Brooks, J. and Welte, D. (eds.), Academic Press, London, 2:1-90.
- Kara, H., Tuncalı, E., Narin, R., Gürsoy, B. ve Dümenci, S. 1996. Trakya Tersiyer kömür havzası raporu. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 9974 (yayınlanmamış), Ankara.
- Karayiğit, A.I. and Whateley, M.K.G. 1997. Properties of a lacustrine subbituminous (k1) seam, with special reference to the contact metamorphism, Soma Turkey. *International Journal of Coal Geology*, 34: 131-155.
- Karayiğit, A.İ., Gayer, R.A., Querol, X. and Onocak, T. 2000. Contents of major and trace elements in feed coals from Turkish coal-fired power plants, *International Journal of Coal Geology*, 44 (2): 169-184.
- Karayiğit, A.İ. 2003. Mineralogy and trace element contents of the Upper Carboniferous Coals from the Asma-Dilaver and Gelik Mines in Zonguldak, Turkey. *Energy Sources*, 25 (7): 689-702.
- Keskin, C. 1974. Kuzey Trakya Havzası'nın Stratigrafisi, Türkiye İkinci Petrol Kongresi Tebliğleri Kitabı, ss. 137 – 163.

- Kasar, S., Bürkan, K., Siyako M. ve Demir, O. 1983. Tekirdağ-Şarköy-Keşan-Enez bölgesinin jeolojisi ve hidrokarbon olanakları. TPAO Arama Grubu Rapor No: 1771 (yayınlanmamış), Ankara.
- Kasar, S. ve Eren, A. 1986. Kırklareli-Saray-Kıyıköy bölgesinin jeolojisi. TPAO Arama Grubu Rapor No: 2208 (yayınlanmamış), Ankara.
- Kasar, S. 1987. Edirne-Kırklareli-Saray (Kuzey Trakya) bölgesinin jeolojisi. Türkiye 7. Petrol Kongresi Tebliğleri Kitabı, ss. 281-291.
- Ketris, M.P. and Yudovich, Y.E. 2009. Estimations of clarkes for carbonaceous biolithes: world averages for trace element contents in black shales and coals. *International Journal of Coal Geology*, 78: 135-148.
- Koca, D. 2011. Nallıhan (Ankara, Türkiye) civarı bitümlü şeyllerinde organik madde ve iz element zenginleşmeleri. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 411 s.
- Kol, Ç. ve Küpçü, S. 2008. ArcGIS Spatial Analiz. Ankara: İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri Mühendislik ve Eğitim Ltd. Şti.
- Kopp, K.O., Pavoni, N. and Schindler, C. 1969. Geologie Thrakiens IV: Das Ergene-Becken. Beiheft zum Geol. Jahrb., Heft 76, Hannover, 136 p.
- Koralay, D. B. 2009. Bolu havzası eosen bitümlü şeyllerinin hidrokarbon potansiyeli ve iz element dağılımlarının belirlenmesi. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 198 s.
- Kortenski, J. and Sotirov, A., 2002, Trace and major elements content and distribution in Neogene lignite from the Sofia Basin, Bulgaria. *International Journal of Coal Geology*, 52: 63-82.
- Kraus, G.P. and Parker, K.A., 1979. Geochemical evaluation of petroleum source rocks in Bonaparte Gulf-Timor sea region, Northwestern Australia. *Bulletin of American Association of Petroleum Geologists*, 63(11): 2021-2041.
- Lebküchner, R.F., 1974. Orta Trakya Oligosen'nin jeolojisi hakkında. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi*, 83: 1-29.
- Lo Mónaco, S., López, L., Rojas, H., Garcia, D., Premovic, P. and Briceño, H. 2002. Distribution of major and trace elements in La Luna Formation, Southwestern Venezuelan Basin. *Organic Geochemistry*, 33: 1593-1608.
- Malkoç, C. 2010. Tunçbilek ve Soma maden kömürü sahalarında çalışan işçilerde iş kazaları ve meslek hastalıkları görülme sıklığı ve ilişkili etmenler. Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Mann, U. and Stein, R. 1997. Organic facies variations, source rock potential and sea level changes in cretaceous Black shales of the Quebrada Ocal, Upper Magdalena Valley, Colombia. *AAPG Bulletin*, 81(4): 556-576.
- Miller, B.G. 2005. Coal Energy Systems. Elsevier Academic Press, Boston, 526p.
- Mukhopadhyay, P.K. 1986. Petrography of selected Wilcox and Jackson Group lignites from the Tertiary of Texas. In: R.B. Finkelman and D.J. Casagrande, (Eds.).

- Geology of Golf Coast Lignites, Field Trip Guide Book, Geological Society of America, Boulder, CO, 140 p.
- N.V. Turkse Shell. 1969. AR/NTS/837, 838 ve 839 hak sıra no'lu arama ruhsatlarına ait terk raporu. TPAO Arama Grubu Rapor No: 1468 (yayınlanmamış), Ankara.
- Orem, W.H., Feder, G. L. and Finkelman, R.B. 1999. A possible link between Balkan endemic nephropathy and the leaching of toxic organic compounds from Pliocene lignite by groundwater, preliminary investigation. *Int. Journal of Coal Geology*, 40: 237-252.
- Orem, W.H. and Finkelman, R.B. 2003. Coal formation and geochemistry. In: Treatise on geochemistry. Holland H.D. and Turekian K.K. (Eds.), Elsevier, Amsterdam, 7: 191-222.
- Orem, W.H., Tatu, C.A., Pavlovic, N., Feder, G.L., Finkelman, R.B. and Lerch, H.E. 2003. Pliocene coal, water quality and the etiology of Balkan Nedemic Neohropathy. Natural Sciences and Public Health; Prescription for a Better Environment. USGS, conference abstracts, 1-3 April, Virginia.
- Öztunalı, Ö. ve Üşümezsoy, Ş. 1979. Istranca Masifi'nin "Çekirdek" kayaları ve petrojenetik evrimleri, Türkiye Jeoloji Kurumu-İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi, Altınlı Sempozyumu, 37-44.
- Palmer, C.A. and Filby, R.H. 1984. Distribution of trace elements in coal from the Powhatan No. 6 mine, Ohio. *Fuel*, 63: 318-328.
- Palmer, C.A., Tuncalı, E., Dennen, K.O., Coburn, T.C., Finkelman R.B. 2004. Characterization of Turkishcoals: a nationwideperspective, *International Journal of CoalGeology*, 60, 85-115.
- Perinçek, D. 1987. Trakya havzası renç fay zonunun sismik özellikleri. Türkiye 7. Petrol Kongresi Bildirileri, ss. 11-20.
- Perinçek, D. 1991. Possible strand of the North Anatolian Fault in the Thrace Basin, Turkey – an interpretation. *AAPG Bulletin* 75: 241 – 257.
- Perinçek, D., Ataş, N., Karatut, Ş. and Erensoy, E. 2015. Trakya Havzasında, Danişmen Formasyonu içindeki linyit katmanlarının potansiyelini kontrol eden jeolojik faktörler. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 150: 79-110.
- Peters, K.E. 1986. Guidelines for evaluating petroleum source rocks using programmed pyrolysis. *AAPG Bull.*, 70: 318-329.
- Peters, K.E. and Cassa M.R. 1994. Applied source rock geochemistry. In, L.B. Magoon and W.G. Dow (Eds.), *The Petroleum System – From Source to Trap*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 60, pp. 93-120.
- Prevot, L. 1990. Geochemistry, Petrography, Genesis of Cretaceous-Eocene Phosphorites; The Ganntour deposit (Morocco): a type example. *Societe Geologique de France*, Paris, 232p.
- Rudnick, R.L. and GAO, S. 2003. Treatise on Geochemistry, Volume 3, In: *The Crust*, Holland, H.D. and Turekian, K.K. (Eds.). Elsevier-Pergamon, Oxford, 683 p.

- Querol, X., Cabrera, Ll., Pickel, W., Fernandez-Turiel, J.L., Hagemann, H.W. and Lopez-soler, A. 1996. Controls on the quality of the Mequinenza Coal Deposit, NE Spain. *International Journal of Coal Geology*, 29: 67-91.
- Querol, X., Finkelman, R.B., Alastuey, A., Huerta, A., Palmer, C.A., Mroczkowski, S., Kolker, A., Chenery, S.N.R., Robinson, J.J., Juan, R. and Lopez-soler, A. 1998. Quantitative determination of modes of occurrence of major, minor and trace elements in coal: Comparison of results from different methods. AIE 8th Australian Coal Science Conference, Proceedings, pp. 51-56.
- Ratynskii, V.M. and Glushnev, S.V. 1967. Relationships in the distribution of metals in coals. *Dokl. Akd. Nauk. SSSR.*, 177: 236-239.
- Saner, S. 1985. Saros Körfezi dolayının çökelme istifleri ve tektonik yerleşimi, Kuzeydoğu Ege Denizi, Türkiye. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 28, 1-10.
- Saraç, G. 1987. Kuzey Trakya bölgesinde Edirne-Kırklareli-Saray-Çorlu-Uzunköprü Derekebir yörelerinin memeli paleo-faunası. Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Schweinfurth, S. P. 2003. Coal-A complex natural resource. U.S. Geological Survey Circular 1143, 39p.
- Shpirt, M.Y., Ratynskii, V.M., Zharov, Y.N. and Zekel, L.A. 1984. Forms of trace element compounds and their behaviour in processing coals. *Razvit. Uglekhim.* 50 Let, pp. 224-235.
- Singh, R.M., Singh, M.P. and Chandra, D. 1983. Occurrence, distribution and probable source of trace elements in Ghugas coals, Wardha Valley, district Chandrapur and Yeotmal, Maharashtra, India. *Int. J. Coal. Geol.*, 2: 371-381.
- Seyis, C., Yalçın, N.K. ve İnan, S., 2002. Coğrafi Bilgi Sistemine dayalı jeolojik veri tabanı yönetimine Zonguldak bölgesinden bir örnek. *Türkiye 13 Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı*, ss. 335-346, 29-31 Mayıs 2002, Zonguldak.
- Siyako, M. ve Kasar, S. 1985. Edirne-Lalapaşa-Kırklareli bölgesinin jeolojisi. TPAO Arama Grubu Rapor No: 2062 (yayınlanmamış), Ankara.
- Siyako, M., Bürkan, K., Okay, A.I. 1989. Biga ve Gelibolu yarımadalarının Tersiyer jeolojisi ve hidrokarbon olanakları. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 1: 183-199.
- Siyako, M. 2005. Trakya ve yakın çevresinin Tersiyer stratigrafisi, TPAO Arama Grubu Rapor No: 4608 Ankara (yayınlanmamış), Ankara.
- Siyako, M. 2006 a. Trakya Havzası'nın linyitli kumtaşları. *Maden Tetkik Arama Dergisi*, 132: 63 – 73.
- Siyako, M. 2006 b. Trakya Bölgesi litostratigrafi birimleri (Tersiyer bölümü). Stratigrafi Komitesi, Litostratigrafi Birimleri Serisi-2. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü yayını, Ankara, 70 s.
- Sütçü, E., Paker, S., Nurlu, P., Kumtepe, P. ve Cengiz, T., 2009. Tekirdağ-Malkara havzasında CBS yöntemleriyle potansiyel kömür sahalarının belirlenmesine yönelik iki değişkenli istatistiksel yaklaşım. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi Bildirileri, 02-06 Kasım 2009, İzmir.

- Stach E., Mackowsky, M.-TH., Teichmuller, M., Taylor, G.H., Chandra, D., Teichmuller, R. 1982. Stach's Textbook of Coal Petrology, Gebrüder Borntraeger, Berlin, 535 p.
- Swaine, D.J. 1990. Trace Elements in Coal. Butterwarh, London, 278 p.
- Swaine, D.J. 1995. The contents and some related aspects of trace elements in coals. In: Environmental Aspects of Trace Elements in Coal. Swaine, D.J., Goodarzi, F. (Eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 5-23.
- Şengüler, İ., Toprak, S., Kara, H., Öner, A., Tuncalı, E. ve Kır, N. 2000. Güney Trakya Bölgesindeki kömürlerin petrografik incelemesi ve ortamsal yorumu. Türkiye 12. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, ss. 173-180. Karadeniz Ereğlisi, Zonguldak.
- Şengüler, İ., Akman, Ü., Taka, M., Dümenci, S., Kalkan, İ., Kır, N. ve Sulu, K. 2003. Güney Marmara Neojen Havzalarının kömür potansiyeli. 56. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, ss. 212-213. Ankara.
- Şengüler, İ. 2008. Trakya Havzası Kömür Aramaları Projesi Raporu (2005-2006-2007 Yılı Sondajları), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 11069 (yayınlanmamış), Ankara.
- Şengüler, İ. 2013. Ergene (Trakya) Havzası'nın jeolojisi ve kömür potansiyeli. *Maden Tetkik ve Arama Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*, 16: 109-114.
- Taner, F. ve Çağatay, A. 1983. Istranca masifindeki maden yataklarının jeolojisi ve minerolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 26: 31-40.
- Temel, R.Ö. ve Çiftçi, N.B. 2002. Gelibolu Yarımadası, Gökçeada ve Bozcaada Tersiyer çökellerinin stratigrafisi ve ortamsal özellikleri. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 14: 17-40.
- Thomas, B.H. 1979. Geochemical analysis of hydrocarbon occurrences in northern, Perth Basin, Australia. *AAPG Bull.*, 63: 1092-1107.
- Tissot, B. 1979. Effects on prolific petroleum. *Nature*, 277: 377-380.
- Tissot, B. and Welte, D.H. 1984. Petroleum Formation and Occurrence. Springer-Verlag, Berlin, 699 p.
- Turgut, S. and Eseller, G. 2000. Sequence stratigraphy, tectonics and depositional history in Eastern Thrace Basin, NW Turkey. *Marine and Petroleum Geology*, 17: 61-100.
- Turgut, S., Siyako, M. ve Dilki, A. 1983. Trakya Havzası'nın jeolojisi ve hidrokarbon olanakları. *Türkiye Jeoloji Kongresi Bülteni*, 4: 35-46.
- Türkecan, A. ve Yurtsever A. 2002. İstanbul Paftası, 1: 500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Serisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Türkiye Linyit Envanteri, 2010. Maden Tetkik Arama Enstitüsü envanter serisi – 202, Ankara, 371 s.
- Umut, M., İmrik, M., Kurt, Z., Özcan, İ., Sarıkaya H., Saraç, G. 1983. Tekirdağ, Silivri (İstanbul), Pınarhisar alanının jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 7349 (yayınlanmamış), Ankara.

- Umut, M, İmİK, M., Kurt, Z., Özcan, İ., Ateş, M., Karabıyıkoglu M., Saraç, G. 1984. Edirne İli-Kırklareli İli-Lüleburgaz (Kırklareli İli)-Uzunköprü (Edirne İli) civarının jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 7604, (yayınlanmamış), Ankara.
- Ültanır, M.Ö. 1998. 21. Yüzyıla girerken Türkiye'nin enerji stratejisinin değerlendirilmesi. TÜSİAD-T/98-12/239.
- Ünal, N. 2018. Şarkikaraağaç (Isparta) Kömürlerinin organik jeokimyası ve iz element dağılımı. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 129 s.
- Ünal, O. T. 1967. Trakya jeolojisi ve petrol imkanları. TPAO Arama Grubu Rapor No: 391 (yayınlanmamış), Ankara.
- Ünalın, G. 2010. Kömür Jeolojisi, M.T.A. Yayınları, Ankara, 595 s.
- Üşümezsoy, Ş. 1982. Igneous and metamorphic geology and mineralization of Istranca region (Geotectonic setting and mineralization of the Istranca masif). *İstanbul University Earth Sciences Review*, 3(1-2) 227-294.
- Valkovic, V. 1983. Trace elements in coal, vol. 1. Chem. Rubber Co. Press, Boca Raton, Fla., 210 p.
- Wedepohl, K.H. 1969. Handbook of Geochemistry. Berlin, Springer-Verlag, 422 p.
- Yavuz Pehlivanlı, B. 2011. Hırka Formasyonu (Beypazarı, Ankara, Türkiye) bitümlü şeylllerinin inorganik element depolanmaları ve organik-inorganik elementler arasındaki kökensel ilişkiler. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 332 s.
- Yomralıoğlu, T. 2000. Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar. Seçil Ofset, İstanbul, 480 s.
- Zubovic, P., Stadnichenko, T. and Sheffey, N.B. 1960. The association of some minor elements with organic and inorganic phases of coal. US Geol. Surv. Prof. Rap., No. 400-B, B84-B87.

ÖZGEÇMİŞ

CEVDET BERTAN GÜLLÜDAĞ

bgulludag@akdeniz.edu.tr



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora 2013-2019	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Yüksek Lisans 2010-2012	Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Antalya
Lisans 2005-2009	Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Öğretim Görevlisi 2014-Devam Ediyor	Akdeniz Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Yapı Denetimi Programı, Antalya
--	--

ESERLER

Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

Güllüdağ C.B., Altunsoy M., "Türkiye’de CBS Tabanlı Kömür Maden Bilgi Sistemi (KMBS) Kurulmasında Kullanılacak Bazı Kriterler", Jeoloji Mühendisliği Dergisi, cilt.42, ss.175-191, 2018

Koca D. , Altunsoy M., Sari A., Güllüdağ C.B., "Pamucakyayla (Antalya) Civarı Organik Kayaçlarındaki Ana Ve İz Elementlerin Jeokimyasal Davranışları", Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi, cilt.3, ss.13-26, 2015

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

Altunsoy M., Özçelik O., Güllüdağ C.B., "Comparision of Major and Trace Element Enrichments of Pliocene Coal Fields from Karapınar and Ilgın (Konya) Basins (Turkey", Journal of Scientific and Engineering Research, vol.4, pp.269-275, 2017

Altunsoy M., Özçelik O., Özdoğan M., Güllüdağ C.B., "Major and Trace Element Contents in Coaly Units of the Pliocene Dursunlu Formation", Procedia Earth and Planetary Science, vol.15, pp.774-780, 2015

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

Güllüdağ C.B., Aksoy E., "Türkiye’deki Belediyelerin Kent Bilgi Sistemleri Açısından Değerlendirilmesi", Uzal-Cbs 2018, Eskişehir, Türkiye, 18-21 Eylül 2018, pp.164-164

Aksoy E., Güllüdağ C.B., Selim S., "Türkiye’deki Meslek Yüksekokulları Coğrafi Bilgi Sistemleri Program Mezunları ve Harita Mühendisliği ile İlişkileri", 17. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, ANKARA, TÜRKİYE, 25-27 Nisan 2019, ss.12-12

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

Korkmaz Yaylagül N., Aksoy E., Güllüdağ C.B., "GIS in aging research: A study on improving transformation facilities for older people", 8. Uluslararası Sosyal ve Uygulamalı Gerontoloji Sempozyumu, Antalya, Türkiye, 22-23 Ekim 2018, pp.32-32

Güllüdağ C.B., Altunsoy M., "Criterias for creating GIS Based Coal Mine Information System (CMIS)in Turkey", 1 th Internatonal Conference on Advances in Engineering Sciences: Thailan 2017, Phuket, , , pp.24-24

Güllüdağ C.B., Altunsoy M., "3 D Log Correlation and Land Modelling at Coal Fields (Tekirdağ/Turkey-Malkara Sample)", 1.th International Conference on Advances in Engineering Sciences: Thailand 2017, Phuket, TAYLAND, , pp.26-26

Altunsoy M., Özçelik O., Güllüdağ C.B., "The Comparison of Konya Basin Pliocene aged two coal fields in terms of element content", Goldschmidt 2016, Yokohama, JAPONYA, 26 Haziran-1 Temmuz 2016, vol.1, pp.50-50

Altunsoy M., Özçelik O., Özdoğan M., Güllüdağ C.B., "MAJOR AND TRACE ELEMENT CONTENTS IN COALY UNITS OF THE PLIOCENE DURSUNLU FORMATION ILGIN KONYA TURKEY", World Mutidisciplinary Earth Science, WMESS2015.

Güllüdağ C.B., Altunsoy M., Özçelik O., "Organic facies characteristics of the Carboniferous Pamucakyayla Formation, western Taurus, Antalya Nappes, Kemer (Antalya/Turkey)", EGU General Assembly Conference, Viyana, AVUSTURYA, 13-17 Nisan 2015, vol.1, pp.105-105

Altunsoy M., Güllüdağ C.B., Özçelik O., "Organic Geochemical Characteristics of Carboniferous Coaly Units in The Pamucakyayla Region (Kemer, Antalya Turkey)", 12h International Multidisciplinary Scientific Geoconference (SGEM), Albena, BULGARISTAN, 17-23 Haziran 2012, pp.189-196