

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**Bayram Ali MERT**

**AFŞİN-ELBİSTAN KÖMÜR HAVZASINDAKİ MADENCİLİK  
FAALİYETLERİNDE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE KÜRESEL  
KONUMLAMA SİSTEMLERİNİN KULLANIM OLANAKLARININ  
ARAŞTIRILMASI**

**MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ADANA, 2010**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**


**AFŞİN-ELBİSTAN KÖMÜR HAVZASINDAKİ MADENCİLİK  
FAALİYETLERİNDE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE KÜRESEL  
KONUMLAMA SİSTEMLERİNİN KULLANIM OLANAKLARININ  
ARAŞTIRILMASI**


**Bayram Ali MERT**

**DOKTORA TEZİ**

**MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**


Bu Tez 19/03/2010 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği ile Kabul Edilmiştir.

  
Doç. Dr. Ahmet DAG  
DANIŞMAN

  
Prof. Dr. A. Hakan ONUR  
ÜYE

  
Doç. Dr. Alaettin KILIÇ  
ÜYE

  
Doç. Dr. Suphi URAL  
ÜYE

  
Yrd.Doç. Dr. Tolga ÇAN  
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Maden Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No: 1256



**Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL**  
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.  
Proje No: MMF2007D5

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

DOKTORA TEZİ

AFŞİN-ELBİSTAN KÖMÜR HAVZASINDAKİ MADENCİLİK  
FAALİYETLERİNDE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE KÜRESEL  
KONUMLAMA SİSTEMLERİNİN KULLANIM OLANAKLARININ  
ARAŞTIRILMASI

Bayram Ali MERT

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. Ahmet DAĞ  
Yıl: 2010, Sayfa: 323  
Jüri : Prof. Dr. Ahmet Hakan ONUR  
: Doç. Dr. Alaettin KILIÇ  
: Doç. Dr. Suphi URAL  
: Doç. Dr. Ahmet DAĞ  
: Yrd. Doç. Dr. Tolga ÇAN

Gelişen teknoloji ile CBS/GPS entegrasyonunun birçok uygulama alanı ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada, madencilik faaliyetlerini içeren bir maden bilgi sistemi oluşturularak, maden mühendisinin madencilik faaliyetlerini ve ürün hareketlerini gerçek zamanda izlemesi, gerekli sorgulamaları ve analizleri yaparak doğru karar vermesi amaçlanmaktadır.

Bu amaçla, öncelikle Afşin-Elbistan linyit havzasına ait jeolojik ve sondaj verileri analiz edilerek tablosal veritabanları hazırlanmış, daha sonra madencilik faaliyetlerinde kullanılan sayısal tematik haritalar oluşturularak CBS çatısı altında birleştirilmiştir. Bunun sonucunda, grafik ve grafik olmayan veriler ile bu veriler arasındaki mantıksal ve topolojik ilişkileri bütünlük olarak işleyebilme ve böylece konuma bağlı analizleri gerçekleştirme olanağına sahip “Üretim Takip ve Planlama Bilgi Sistemi” yazılımı geliştirilmiştir.

Bu çerçevede, ekskavatörlerin üzerine bir GPS alıcısı yerleştirilerek, sayısal haritalar üzerinden izlenebilmeleri mümkün kılınmış, linyit üretimiyle eş zamanlı olarak üretim miktarı, ısı değer, %nem, %kül gibi kalite verilerinin takip edilmesi ve stok kayıtlarının veritabanı olarak saklanması sağlanmıştır. Ayrıca, harmanlama ve diğer prosesler açısından önem arz eden bu veritabanları ve geliştirilen bilgi sistemi sayesinde arazi kullanım haritalarının hazırlanabileceği veya ekrandan tanımlanan bir alandaki rezerv-kalite dağılımlarının tespitinin mümkün olacağı ortaya konmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** CBS, GPS, Jeostatistik, Afşin-Elbistan Kömür Havzası, Madencilik

## ABSTRACT

### PhD THESIS

**THE RESEARCH OF THE POSSIBILITIES OF THE USE OF  
GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS AND GLOBAL  
POSITIONING SYSTEMS ON THE MINING ACTIVITIES IN THE  
AFŞIN-ELBİSTAN COAL FIELD**

**Bayram Ali MERT**

**ÇUKUROVA UNIVERSITY  
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING**

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Ahmet DAĞ  
Year: 2010, Pages: 323  
Jury : Prof. Dr. Ahmet Hakan ONUR  
: Assoc. Prof. Dr. Alaettin KILIÇ  
: Assoc. Prof. Dr. Suphi URAL  
: Assoc. Prof. Dr. Ahmet DAĞ  
: Asst. Prof. Dr. Tolga ÇAN

Together with the developing technology many fields of application of the integration of CBS/GPS have emerged. By creating mine information system containing the activities of mining in this study the real-time monitoring of the mining activities and the product movements and making decision by carrying out the necessary inquiries and the analysis have been intended.

For this purpose firstly the table of the databases has been prepared by analyzing the geological and probing data of the Afşin-Elbistan lignite basin and then they are combined under the CBS roof by creating the digital thematic maps used in the activities of mining. For the reason that, the graphical and the non-graphical data and the logical and the topological relations between these data; the “Production Tracking and Planning Information System” software has been developed with the possibility of processing as integrated and therefore carrying out the analysis based on the position.

Within this frame, by placing a GPS receiver on the excavators, the tracking of them over the digital maps have been enabled, the tracking and the storage of the stock accounts as database of the quality data such as the production amount, calorific value, moisture%, ash% simultaneously with the lignite production have been provided. In addition, thanks to these databases and the developed information system presenting significance in respect of blending and other processes, it has been put forward that the maps of field use can be prepared or it will be possible to determine the distribution of the reserve-quality in an area defined from the screen.

**Key Words:** GIS, GPS, Geostatistics, Afşin-Elbistan Coal Field, Mining

## TEŞEKKÜR

Öncelikle bu çalışmanın yurt madenciliğine faydalı olmasını diliyor, çalışmanın yapılmasında değerli katkıları ve yardımlarını esirgemeyerek, her türlü destek sağlayan saygıdeğer danışman hocam **Doç.Dr. Ahmet DAĞ**'a çok teşekkür ediyorum.

Ayrıca, çalışmanın hazırlanması sürecinde bilgilerinden ve çalışmalarından faydalandığım, aynı zamanda tez izleme komitesi üyesi olan, sayın hocalarımızdan **Doç.Dr. Suphi URAL** ve Ç.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden **Yrd.Doç.Dr. Tolga ÇAN**'a,

Değerli katkıları ile bilgi ve çalışmalarından faydalandığım sayın hocalarım, **Prof. Dr. Ahmet Hakan ONUR**'a ve **Doç.Dr. Alaettin KILIÇ**'a,

Uygulama sahasında ve gerekli verilerin temininde yardımlarını esirgemeyen A.E.L. çalışanlarından **Maden Müh. Ahmet ŞAHİN**'e ve desteklerinden ötürü Ç.Ü. **Maden Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyeleri ile Asistanlarına**,

Uzun ve yoğun tez çalışmalarım sırasında gerek idari anlamda, gerekse mesleki bilgilerinden yararlandığım MTA Doğu Anadolu Bölge Müdürü Sayın, **Jeo.Yük.Müh. Ali AYDIN**'a,

Tez sürecinde uzun süre misafirleri olduğum, sürekli yanımda olan, sevgili arkadaşlarım **Kadriye ve Yasin KARAKUŞ** çiftine,

Yoğun çalışmalarım esnasında sürekli yanımda olan ve bir çok konuda fedakarlık gösteren **Sevgili Eşime ve Kızıma**,

Çok teşekkür ediyorum, saygılarımı sunuyorum.

## İÇİNDEKİLER

## SAYFA

ÖZ .....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışma Alanının Tanımı.....	6
1.1.1. Çalışma Alanının Konumu ve Sınırları.....	7
1.1.2. İklim, Bitki Örtüsü ve Morfoloji.....	9
1.1.3. İşletme Yönetimi.....	9
1.1.4. Havzanın Genel Jeolojisi.....	11
1.1.5. Çalışma Alanının Jeolojisi.....	12
1.1.5.1 Killi – Kumlu – Çakıllı Birimler.....	15
1.1.5.2. Turkuvaz Renkli Kil.....	15
1.1.5.3. Linyit Horizonu.....	16
1.1.5.4. Gri Gidya.....	17
1.1.5.5. Bej Gidya.....	18
1.1.5.6. Mavi Renkli Kil.....	19
1.1.5.7. Kireçtaşı.....	20
1.1.5.8. Açık Yeşil Renkli Killer.....	21
1.1.5.9. Lehim.....	21
1.1.5.10. Siltli–Kumlu–Çakıllı Birimler.....	22
1.1.6. Çalışma Alanının Yapısal Jeolojisi.....	22
1.1.6.1. Faylar.....	22
1.1.6.2. Tabaka Doğrultu ve Eğimleri.....	23
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	25
2.1. CBS Analizi Üzerine Yapılan Önceki Çalışmalar.....	25
2.2. GPS Üzerine Yapılan Önceki Çalışmalar.....	29

2.3. Afşin-Elbistan Linyit Sahası Üzerinde Yapılan Önceki Çalışmalar.....	31
3. MATERYAL ve METOD.....	35
3.1. Materyal.....	35
3.2. Metod.....	35
3.2.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS).....	36
3.2.1.1. CBS Bileşenleri.....	38
3.2.1.2. CBS'nin İşlevleri.....	40
3.2.1.2.(1). Sayısal Veri İşleme, Birleştirme ve Depolama.....	40
3.2.1.2.(2). Akıllı Harita veya Bilgisayar Destekli Haritacılık.....	41
3.2.1.2.(3). Konumsal Sorgulama ve Analizler.....	42
3.2.1.2.(4). Karar Verme ve Model Analizleri.....	42
3.2.1.3. CBS'nin Kullanım Alanları.....	42
3.2.1.4. Sayısal Haritalar.....	44
3.2.1.4.(1). Harita Katmanları.....	44
3.2.1.4.(2). Konum Bilgilerinin Modellenmesi.....	45
3.2.1.4.(3). Haritaların Hazırlanması ve Dikkat Edilecek Hususlar.....	48
3.2.1.4.(4). Sayısal Haritaların Avantajları.....	50
3.2.1.5. CBS Yazılımları.....	51
3.2.1.5.(1). Map Info.....	52
3.2.1.5.(2). Map Basic.....	53
3.2.1.5.(3). Visual Basic.....	53
3.2.2. Linyit Yatağının Modellenmesi.....	54
3.2.2.1. Blok Model Kavramı.....	55
3.2.2.2. Geometrik Yöntemler.....	55
3.2.2.3. Ters Uzaklık Yöntemi.....	55
3.2.2.4. Jeostatistik Yöntem.....	57
3.2.2.4.(1). Yarıvariogram Analizi.....	59
3.2.2.4.(2). Çapraz Doğrulama Tekniği ile Model Testi.....	71
3.2.2.4.(3). Kriging Tahmini.....	72
3.2.2.5. Maden Yatağının Sınırlarının Belirlenmesi.....	79
3.2.2.6. İndikatör Kriging ve Yatak Sınırlarının Belirlenmesi.....	80

3.2.2.7. Belirlenmiş Sınırlar İçerisine Tahmin Yapılması	82
3.2.3. Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS)	85
3.2.3.1. GPS'in Yapısı ve Çalışma Prensipleri	86
3.2.3.2. GPS Sinyali Özellikleri	88
3.2.3.3. GPS Alıcı ve Anten Sistemleri	91
3.2.3.4. GPS ile Konum Belirleme ve Yöntemleri	92
3.2.3.5. GPS Hata Kaynakları	96
3.2.3.5.(1). Uydu Efemeris Hataları	97
3.2.3.5.(2). Uydu Saat Hataları	97
3.2.3.5.(3). Atmosferik Gecikme	98
3.2.3.5.(4). Sinyal Yansıma Etkisi	98
3.2.3.5.(5). Alıcı Anteni Faz Merkezi Hatası	98
3.2.3.5.(6). Seçimli Doğruluk Erişimi	99
3.2.3.5.(7). Uydu Geometrisi	99
3.2.3.6. Diferansiyel GPS	100
3.2.3.7. GPS Verileri ve Bilgisayar ile İletişim	101
3.2.3.8. Açık İşletmelerde GPS Kullanımı	102
3.2.3.8.(1). Arama ve Haritalama Amaçlı GPS'in Kullanımı	103
3.2.3.8.(2). Delme ve Patlatma İşlemlerinde GPS Kullanımı	104
3.2.3.8.(3). Yükleyicilerde GPS Kullanımı	104
3.2.3.8.(4). Kamyonlarda GPS Kullanımı	105
3.2.4. Datum, Koordinat Sistemleri ve Harita Projeksiyonları	106
3.2.4.1. Datum, Lokal ve Global Referanslandırma	107
3.2.4.2. Koordinat Sistemleri	107
3.2.4.2.(1). Kartezyen Koordinat Sistemleri	107
3.2.4.2.(2). Coğrafik Koordinat Sistemleri	109
3.2.4.2.(3). Projeksiyon Koordinat Sistemleri ve UTM Projeksiyonu	112
3.2.4.3. Elipsoidal Coğrafi Koordinatlardan UTM Projeksiyonu Koordinatlarına Dönüşüm	116
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	121
4.1. Grafikselleştirilmesinin Oluşturulması	121



4.2. Tablosal Veritabanının Oluşturulması.....	128
4.2.1. Veri Hazırlama .....	130
4.2.2. İstatistiksel Analiz .....	130
4.2.3. Linyit Yatağının Sınır Analizi.....	135
4.2.4. Linyit Kalite Değişkenlerinin Yarıvariogram Analizi.....	145
4.2.4.1. Isıl Değer Yarıvariogram Analizi.....	145
4.2.4.2. %Kül Yarıvariogram Analizi.....	150
4.2.4.3. %Nem Yarıvariogram Analizi.....	156
4.2.5. Kalite Dağılımlarının Modellenmesi.....	160
4.3. Veritabanı Yönetim Sistemi.....	169
4.3.1. Hazırlanan Bilgisayar Programı ve Özellikleri.....	171
4.3.1.1. GPS Bölümü.....	171
4.3.1.2. Harita Analiz Bölümü.....	176
4.3.1.3. Konuma Bağlı Üretim-Kalite Sorgulama Bölümü.....	179
4.3.2. GPS ile Konumsal Veri Kazanımı ve Haritalama.....	185
4.3.3. Arazi Kullanım Haritalarının Eş Zamanlı Hazırlanması.....	187
4.3.4. Rezerv / Kalite ve Linyit Sınırlarının Tespiti.....	191
4.3.4.1. CBS Kullanımı ile Rezerv / Kalite Dağılımlarının Tespiti.....	192
4.3.4.2. Hazırlanan Yazılım ile Rezerv / Kalite Dağılımlarının Tespiti.....	198
5. SONUÇLAR.....	203
KAYNAKLAR.....	207
ÖZGEÇMİŞ.....	219
EKLER.....	221

**ÇİZELGELER DİZİNİ****SAYFA**

Çizelge 3.1. GPS uydu sinyali bileşenleri.....	90
Çizelge 3.2. Navigasyon mesajı alt bölüm içerikleri.....	91
Çizelge 3.3. Datum ve Elipsoidleri.....	107
Çizelge 4.1. Grafikselsel veri katmanlarına ait tablosal veritabanı biçimi.....	129
Çizelge 4.2. Linyit yatağına ait verilerin istatistiksel değerlendirme sonuçları.....	132
Çizelge 4.3. Değişim katsayısına göre cevherleşmenin düzenlilik derecesi.....	132
Çizelge 4.4. İndikatör düşey teorik yarıvariogram modelinin parametreleri.....	141
Çizelge 4.5. İndikatör yatay teorik yarıvariogram modelinin parametreleri.....	141
Çizelge 4.6. İndikatör teorik yarıvariogramın model testi sonuçları.....	142
Çizelge 4.7. Düşey yöndeki Isıl değer (kcal/kg) teorik yarıvariogram modelinin parametreleri.....	148
Çizelge 4.8. Yatay yöndeki Isıl değer (kcal/kg) teorik yarıvariogram modelinin parametreleri.....	148
Çizelge 4.9. Isıl değer yarıvariogramının model testi sonuçları.....	150
Çizelge 4.10. Düşey yöndeki %Kül teorik yarıvariogram modelinin parametreleri.....	152
Çizelge 4.11. Kuzey yöndeki %Kül teorik yarıvariogram modelinin parametreleri.....	153
Çizelge 4.12. Doğu yöndeki %Kül teorik yarıvariogram modelinin parametreleri.....	154
Çizelge 4.13. %Kül yarıvariogramının model testi sonuçları.....	155
Çizelge 4.14. Düşey yöndeki %Nem teorik yarıvariogram modelinin parametreleri.....	157
Çizelge 4.15. Yatay yöndeki %Nem teorik yarıvariogram modelinin parametreleri.....	158
Çizelge 4.16. %Nem yarıvariogramının model testi sonuçları.....	159
Çizelge 4.17. Bloklara bölünmüş linyit yatağının coğrafi sınır koordinatları.....	160
Çizelge 4.18. Kalite değerlerinin teorik yarıvariogram parametreleri.....	161

Çizelge 4.19. Kalite ve indikatör analizlerin birleştirilmiş veritabanından görünüm.....	162
Çizelge 4.20. Üretim takip çizelgesinin içerdiği bilgiler.....	183
Çizelge 4.21. Linyit havzasının görünür rezervi ve kalite dağılımları.....	193
Çizelge 4.22. Linyit havzasının muhtemel rezervi ve kalite dağılımları.....	193
Çizelge 4.23. Linyit havzasının mümkün rezervi ve kalite dağılımları.....	193
Çizelge 4.24. Üretim kademeleri boyunca arası rezerv-kalite dağılımları.....	195
Çizelge 4.25. Santrale verilecek linyitlerin orijinal bazdaki değerleri.....	197
Çizelge 4.26. Termik Santralde doğrudan yakılabilecek linyitin görünür rezerv miktarı.....	197
Çizelge 4.27. Linyit havzasının 950 – 1230 m arası rezerv-kalite dağılımları.....	201

## ŞEKİLLER DİZİNİ

## SAYFA

Şekil 1.1. Çalışma alanının yerbulduru haritası.....	8
Şekil 1.2. Kışlaköy açık ocağında kullanılan DKE'den bir görünüm.....	10
Şekil 1.3. Kışlaköy açık ocağında kullanılan nakil bantlarından bir görünüm.....	11
Şekil 1.4. Afşin-Elbistan ve çevresinin genelleştirilmiş jeoloji haritası ve kesiti .....	13
Şekil 1.5. Çalışma alanına ait genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesit .....	14
Şekil 1.6. Taban kilinden bir görünüm.....	15
Şekil 1.7. Linyit horizonundan bir görünüm.....	17
Şekil 1.8. Gıdya biriminden bir görünüm.....	18
Şekil 1.9. Mavi renkli kilden bir görünüm.....	19
Şekil 1.10. Kireçtaşından bir görünüm .....	20
Şekil 1.11. Üstte Siltli–Kumlu–Çakıllı Birimler.....	21
Şekil 1.12. 2 numaralı faydan bir görünüm.....	23
Şekil 1.13. Linyit horizonundan bir görünüm: eğimli tabakalar.....	24
Şekil 1.14. Doğu şevinde bulunan antiklinal'den bir görünüm.....	24
Şekil 3.1. Çalışmanın metodolojik genel akım şeması.....	37
Şekil 3.2. CBS'nin işlevleri.....	41
Şekil 3.3. Harita katmanları .....	45
Şekil 3.4. Vektör model.....	46
Şekil 3.5. Vektör verilerin raster yapıda görünümleri.....	47
Şekil 3.6. Üç boyutlu uzayda çiftler arası uzaklık ve yön hesabı.....	60
Şekil 3.7. Deneysel yarıvariogram grafiği .....	61
Şekil 3.8. Uzaklığa ve yöne göre uzaklık ve açı toleransları.....	62
Şekil 3.9. Küresel tip teorik yarıvariogram parametreleri.....	63
Şekil 3.10. Küresel tip yarıvariogram modeli.....	64
Şekil 3.11. Gaussian tip yarıvariogram modeli.....	65
Şekil 3.12. Doğrusal tip yarıvariogram modeli.....	65
Şekil 3.13. Exponensiyel tip yarıvariogram modeli.....	66
Şekil 3.14. Genelleştirilmiş doğrusal tip yarıvariogram modeli.....	66
Şekil 3.15. Hole effect tip yarıvariogram modeli.....	67

Şekil 3.16. Paddington karışık tip yarıvariogram modeli.....	68
Şekil 3.17. Geometrik anizotropi.....	70
Şekil 3.18. Zonal anizotropi.....	70
Şekil 3.19. Geometrik anizotropi ve x-y eksenlerindeki dönüşüm.....	71
Şekil 3.20. Blok-nokta/blok-blok/nokta-nokta ortalama variogramların şekilsel gösterimi.....	75
Şekil 3.21. Tahmini yapılacak “V” alanı.....	77
Şekil 3.22. Maden yatağındaki cevherli ve cevhersiz bölge sınırları.....	82
Şekil 3.23. Konveks ve konkav poligonlar.....	83
Şekil 3.24. Işın seçimi.....	84
Şekil 3.25. GPS sistemi.....	87
Şekil 3.26. GPS uzay bölümü.....	87
Şekil 3.27. GPS ana kontrol ve izleme istasyonları.....	88
Şekil 3.28. GPS alıcı yapısı.....	89
Şekil 3.29. GPS uyduları ile kullanıcı arasındaki uzaklık.....	94
Şekil 3.30. Nokta Konumu ( X,Y,Z) ve Zaman T Bilinmeyi.....	95
Şekil 3.31. Bilinen, ölçülen ve bilmeyen konumlarının yerin merkezine göre tanımı.....	96
Şekil 3.32. GPS hata kaynakları.....	97
Şekil 3.33. Güçlü ve zayıf uydu geometrisi.....	99
Şekil 3.34. DGPS çalışma sistemi.....	100
Şekil 3.35. GPS kullanımına bağlı gelişen üretimde verimlilik artışları.....	103
Şekil 3.36. Yükleyicinin konumu ve ilgili verilerin ekrandan görünümü.....	105
Şekil 3.37. Üç boyutlu kartezyen koordinat sistemi.....	108
Şekil 3.38. Kutupsal koordinat sistemi.....	108
Şekil 3.39. Coğrafi koordinat sistemini oluşturan enlem ve boylamlar.....	109
Şekil 3.40. Küresel coğrafi koordinat sistemi.....	110
Şekil 3.41. Elipsoit ve parametreleri.....	111
Şekil 3.42. Küresel bir yüzeyin düzlemsel bir yüzeye izdüşümü.....	113
Şekil 3.43. Harita projeksiyonları.....	114
Şekil 3.44. Yerkürenin kendisine ekvatorda teğet olan silindire izdüşümü.....	115

Şekil 3.45. UTM projeksiyonunda Türkiye'nin yer aldığı bölge için 6° ve 3°'lik dilimler.....	116
Şekil 4.1. Grafiksel veri tabanının bileşenleri.....	123
Şekil 4.2. 1/25.000 ölçekli L38-A4 paftasının sayısallaştırma sürecinden bir görünüm.....	124
Şekil 4.3. Sayısallaştırılmış Afşin-Elbistan A Termik Santrali ve Kışlaköy Açık Linyit İşletmesinden bir görünüm.....	125
Şekil 4.4. Linyit havzasının sayısal jeolojik haritası.....	126
Şekil 4.5. Kışlaköy Sektörü 1050 m kotunda ısı değer dağılımı ve sondaj lokasyon bilgilerinden bir görünüm.....	127
Şekil 4.6. Topografik harita sayısallaştırma programından bir görünüm.....	128
Şekil 4.7. Sondaj lokasyon haritası.....	131
Şekil 4.8. Isıl Değer verilerin histogram grafikleri.....	133
Şekil 4.9. %Kül verilerin histogram grafikleri.....	134
Şekil 4.10. %Nem verilerin histogram grafikleri.....	134
Şekil 4.11. 1110– 1120 m kotları arasındaki indikatör linyit grafiği.....	136
Şekil 4.12. İndikatör değişken için 22.5° tolerans ile anizotropi analizleri.....	137
Şekil 4.13. İndikatör değişken için 5° tolerans ile anizotropi analizleri.....	138
Şekil 4.14. İndikatör değerlerin deneysel ve teorik düşey yarıvariogramı.....	140
Şekil 4.15. İndikatör değerlerin deneysel ve teorik yatay yarıvariogramı.....	140
Şekil 4.16. Gerçek indikatör göstergelerle- tahmini indikatör göstergelerin dağılımı.....	142
Şekil 4.17. 1110 m ile 1108.75 m kotları arasındaki linyit yayılım sınırları.....	144
Şekil 4.18. Isıl değer değişkeni için deneysel yönlü yarıvariogram analizleri.....	146
Şekil 4.19. Isıl değer (kcal/kg) verilerinin deneysel ve teorik düşey yarıvariogramı.....	147
Şekil 4.20. Isıl değer (kcal/kg) verilerinin deneysel ve teorik yatay yarıvariogramı.....	148
Şekil 4.21. Gerçek ısı değer ve tahmini yapılan ısı değerlerin dağılım grafiği.....	149
Şekil 4.22. %Kül değişkeni için deneysel yönlü yarıvariogram analizleri.....	151

Şekil 4.23. %Kül değerlerin deneysel ve teorik düşey yarıvariogramı.....	152
Şekil 4.24. %Kül değerlerin deneysel ve teorik kuzey yönlü yarıvariogramı.....	153
Şekil 4.25. %Kül değerlerin deneysel ve teorik doğu yönlü yarıvariogramı.....	154
Şekil 4.26. Gerçek %Kül ve tahmini yapılan %Kül içeriklerinin dağılım grafiği....	155
Şekil 4.27. %Nem değişkeni için deneysel yönlü yarıvariogram analizleri.....	156
Şekil 4.28. %Nem değerlerin deneysel ve teorik düşey yarıvariogramı.....	157
Şekil 4.29. %Nem değerlerin deneysel ve teorik yatay yarıvariogramı.....	158
Şekil 4.30. Gerçek %Nem ve tahmini yapılan %Nem içeriklerinin dağılım grafiği.....	159
Şekil 4.31. İndikatör kriging blok boyutu-blok varyansı ilişkisi.....	161
Şekil 4.32. Afşin-Elbistan Havzası linyitlerinin 1050 -1100 m kotları arası %Kül içeriği dağılım haritası.....	163
Şekil 4.33. Afşin-Elbistan Havzası linyitlerinin 1050 -1100 m kotları arası %Kül içeriği standart sapmaları dağılım haritası.....	164
Şekil 4.34. Afşin-Elbistan Havzası linyitlerinin 1050 -1100 m kotları arası Isıl Değer içeriği dağılım haritası.....	165
Şekil 4.35. Afşin-Elbistan Havzası linyitlerinin 1050 -1100 m kotları arası Isıl Değer içeriği standart sapmaları dağılım haritası.....	166
Şekil 4.36. Afşin-Elbistan Havzası linyitlerinin 1050 -1100 m kotları arası %Nem içeriği dağılım haritası.....	167
Şekil 4.37. Afşin-Elbistan Havzası linyitlerinin 1050 -1100 m kotları arası %Nem içeriği standart sapmaları dağılım haritası.....	168
Şekil. 4.38. Üretim takip/planlama yazılımının genel çalışma prensibi.....	172
Şekil 4.39. Garmin III GPS'in RS-232 üzerinden bağlantısı ve menüleri.....	173
Şekil 4.40. GPS bağlantısı ve uygulama ekranından bir görünüm.....	174
Şekil 4.41. GPS ile ölçüm anından bir görünüm.....	174
Şekil 4.42. Yazılımın GPS bağlantı ekranından bir görünüm.....	175
Şekil 4.43. Sayısal harita analizleri ve iş makinesi takip ekranı.....	178
Şekil 4.44. Üretim takibi tablosal veritabanı hazırlama ekranı.....	180
Şekil 4.45. Kışlaköy açık ocağında yapılan ölçüm noktaları.....	182
Şekil 4.46. Yapılan ölçüm noktalarının üç boyutlu görünümü.....	182

Şekil 4.47. Kışlaköy açık linyit ocağı eş yükselti haritası.....	186
Şekil 4.48. Kışlaköy açık linyit ocağının üç boyutlu görünüm.....	186
Şekil 4.49. İmalat haritalarının veritabanı analiz ekranından bir görünüm.....	187
Şekil 4.50. Çöllolar ocağı batı şevinin kazı öncesi eş yükselti haritası.....	188
Şekil 4.51. Çöllolar ocağı batı şevinin kazı öncesi blok diyagramı.....	189
Şekil 4.52. Kazı alanının dörtgenlerle küçük alanlara bölünmesi.....	189
Şekil 4.53. Çöllolar ocağı batı şevinin kazı sonrası eşyükselti haritası.....	190
Şekil 4.54. Çöllolar ocağı batı şevinin kazı sonrası blok diyagramı.....	191
Şekil 4.55. Veritabanı analizlerinde aranan koşullardan bir görünüm.....	192
Şekil 4.56. 0.5-1 olasılık sınırında A sektörünün sınır/rezerv/kalite analizi.....	194
Şekil 4.57. 0.6-1 olasılık sınırında tüm havzanın sınır/rezerv/kalite analizi.....	194
Şekil 4.58. 3. basamak üzerinde 1119-1141 m kotları arası rezerv/kalite analizi....	195
Şekil 4.59. 4. basamak üzerinde 1102-1119 m kotları arası rezerv/kalite analizi....	196
Şekil 4.60. 1050-1100 m kot farklarında 1000-1500 kcal/kg arası kalite dağılımı..._	196
Şekil 4.61. Termik Santralde doğrudan yakılabilecek linyit dağılım istatistikleri..._	198
Şekil 4.62. Rezerv/kalite dağılım programının genel çalışma prensibi.....	199
Şekil 4.63. Poligon alanı ve blokların dağılımını gösterir ekran.....	200
Şekil 4.64. Blok-hacim sorgulamaları ve blok analizi.....	201



**EKLER DİZİNİ****SAYFA**

Ek-1. Afşin- Elbistan Linyit Havzasının Genel Görünümü ve Sondaj Lokasyon Haritası.....	221
Ek-2. Kışlaköy sektörü 2009 Nisan ayı ocak vaziyet planı ve madencilik faaliyetlerini gösterir harita.....	222
Ek-3. Linyit Sınırları ve Isıl Değer Dağılım Haritaları .....	223
Ek-4. Linyit Sınırları ve %Kül İçeriği Dağılım Haritaları.....	314
Ek-5. Linyit Sınırları ve %Nem İçeriği Dağılım Haritaları.....	319

## 1. GİRİŞ

Enerjinin ekonomik gelişmenin temeli olduğu, bu nedenle ulusların kalkınma ve refaha ulaşmalarında büyük önem taşıdığı, herkes tarafından kabul edilen bir gerçektir. Dünyanın ve insanlığın geleceğindeki belirleyici konumu ile enerjinin önemi her geçen gün daha da artmakta, planlama ve yönetim boyutları ön plana çıkmaktadır. Bu konumu göz önüne alındığında, ulusal kaynakların etkin ve rasyonel kullanımı, elektrik enerjisinin ucuz ve güvenilir şekilde temini, ülkelerin enerji yönetimleri için hayati önem kazanmıştır. Özellikle, dünyada sık sık gündeme gelen enerji veya enerji hammaddeleri krizleri, ülkeleri, enerji politikalarını olası krizleri gözeterek planlamaya, kaynak kullanımında dikkatli olmaya ve daha güvenilir enerji kaynaklarına veya kendi öz kaynaklarına yöneltmiştir.

Bu çerçevede, ülkemizde enerji taleplerini önemli ölçüde karşılayabilecek olan kömür, rezerv-üretim ve yatırım gibi ana hatlarıyla ele alınarak ekonomik biçimde işletilebilmeli, ulusal ekonomimize uygun bir kömür madenciliği politikası oluşturulmalıdır.

Linyit rezervleri ve üretim miktarları açısından dünya ölçeğinde orta düzeyde bulunan ülkemizde, linyit yatakları içinde en büyük potansiyele sahip kömür sahası 2.6 milyar ton görünür rezervi ile Afşin-Elbistan linyit havzasıdır. Afşin-Elbistan Linyit Havzası, diğer linyit sahalarına göre daha ekonomik örtü/liniyit oranı ile, öncelikle değerlendirilmesi gereken saha olma özelliğine sahiptir (Ural ve Onur, 2000).

Afşin-Elbistan yöresinde bulunan düşük kalorili linyit kömürünün ekonomiye kazandırılması ve elektrik enerjisi üretimi amacıyla 1984 ve 2004 yıllarında üretime başlayan iki adet termik santral kurulmuş ve toplam üretimi 116 milyar KW/h'i geçen elektrik enerjisi üretilmiştir. Her iki santralin ülke ekonomisine 16 milyar TL'nin üzerinde bir katkı sağladığı tahmin edilmektedir. Bu ölçüde büyük bir elektrik üretim potansiyeline sahip Afşin-Elbistan havzasındaki kömürün etkin bir şekilde değerlendirilerek ülke ekonomisine kazandırılması, enerji yatırımlarının bir plan ve program dahilinde yapılması, linyit kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Fakat Afşin-Elbistan (A) termik santralinin performansı

planlanan değerlerin altında gerçekleşmekte ve ayrıca çevre kirliliğine neden olmaktadır. 1984-1997 yılları arasında 110.7 milyon Mwh elektrik üretimi öngörülmüş ancak 55.5 milyon Mwh üretilenmiştir. 1998 ve 1999 yıllarında enerji üretimi 8 milyar kwh, 2008 yılında ise 4 milyar 198 milyon kwh civarında gerçekleşmiştir (Ural ve Onur, 2000).

Termik santralin üretim performansındaki azalmanın ve akabinde çevreye verdiği zararların başlıca sebebine bakılırsa, Afşin-Elbistan linyitlerinin yanma kalitesinden kaynaklanan problemler olduğu görülmektedir. Madencilik Sektörü'nde de giderek önem kazanan kalite kavramı özellikle kömür madenciliğinde üretilen kömür kalitesinin kontrolü, çevresel kısıtlamalar ve termik santrallerde üretilen elektrik randımanı açısından önem arz etmektedir.

Termik santralde elektrik üretim kayıplarının sebepleri incelendiğinde, teknolojik kayıplar ve işletmecilik kayıplardan bahsedilmektedir. Teknolojik kayıplar toplam kayıpların büyük bir bölümünü oluşturmakta olup günümüz koşullarında önüne geçilemeyen kayıplardır; işletmecilikten kaynaklanan kayıpları etkileyen en önemli faktör ise termik santral kazanlarında kullanılan yakıtın özellikleridir. Çünkü kömür yakan termik santrallerde yüksek performans ve verimli üretim, ancak kullanılan kömürün fiziksel ve kimyasal özellikleri ile kazanın tasarım özelliklerinin uyumlu olmasıyla başarılır. Kazan tasarım özelliklerine uymayan kömür elektrik üretim verimini azalttığı gibi, yakma sistemine de zarar vererek bu sistemin ekonomik ömrünü azaltmaktadır (Aslan, 1996). Bu kapsamda kömür kalite iyileştirme uygulamaları gittikçe önem kazanmaktadır. Kömür madenciliği içinde geçerli olan bu uygulamalar, dört ana başlık altında incelenebilir. Bunlar; üretim kazı sırasında kalite iyileştirme yani seçimli madencilik (Aykul, 1999), cevher hazırlama ve zenginleştirme yöntemleri (Atak ve Önal, 1991), harmanlama-homojenleme (Ünlü ve ark., 1999) ve son olarak da bekletme işlemi ile iyileştirme olarak sayılabilir.

Kömür için kalite kriterleri; kalori değeri, kül, nem, uçucu madde ve bünyesindeki kükürt miktarı gibi yapısal özelliklerdir. Bu özellikler kömürün oluşumu ile ilgili hususlardır ve bu kriterlerin istenen düzeyde olması kömürün yanma performansını belirler. Öyle ki, Afşin-Elbistan Termik Santralinde, kazan altı ızgaralarının hava geçişleri, erimiş kül ile tıkanarak yanma veriminin düşmesine

neden olmakta, erimiş veya yapışkan tortular, kazan içerisindeki ısı değiştirici yüzeylerde toplanarak ısı transferini engellemektedir. Yine bu erimiş ve yapışkan tortular kül nakliyat hattına hasar vererek santralin devre dışı kalmasına neden olmaktadır (TEK, 1990). Yanma artıklarının büyük bir çoğunluğunun uçucu olup, kazanı baca gazları ile birlikte terk etmesi durumunda; elektro filtreler aşırı derecede yüklenip parçacıkların önemli bir kısmını tutmakta yetersiz kaldıklarından, bacadan kaçan parçacıklar çevreyi kabul edilebilir sınırların ötesinde kirletmektedir (Ural ve Onur, 2000).

Bu sebeplerle; etkin bir yöntemle linyitlerin kalitesini belirleyen spesifikasyonların güncelleştirilmesi ve kömür yatağının modellenmesi, santralin performansını düşüren ve çevre kirliliğine neden olan linyit türlerinin özelliklerinin belirlenmesi, değişik özellikler gösteren damarların miktar ve kalite dağılımlarını ortaya çıkartarak daha etkin bir üretim planlaması yapılmasına olanak sağlanması gerekmektedir. Ancak, yerbilimleri birçok karmaşık sürecin tanımlanmasını gerekli kılan bir bilim dalıdır ve bu niteliğinden dolayı yeni yöntemlerin geliştirilmesine de ihtiyaç duymaktadır.

Etkin bir üretim planlaması için öncelikle linyit yatağının nitel ve nicel özelliklerinin saptanması gereklidir. Nitel özellikler, yapılacak jeolojik ve jeofizik çalışmalarla ortaya konur. Kalite ve miktar gibi nicel özellikler ise, yapılan hesaplamaların hassasiyetine bağlı olarak farklı şekillerde tanımlanır. Genellikle ilk adım araştırma-geliştirme sondajları ve arazi çalışmalarının tamamlanmasıdır. Daha sonra bu çalışmadan elde edilen bilgiler ışığında, linyit yatağının geometrisi, cevherleşme ve sürekliliği, linyit kalitesi ve miktarı gibi özelliklerini belirlemek üzere yatağın jeolojik blok modeli çıkarılır. Bir cevher kütlelerinin blok modeli cevher kütlelerinin soyut küçük bloklara bölünmesiyle elde edilir. Herhangi bir blok modelde tek bir blok, üçlü indeks sistemi (i,j,k) ile tanımlanabilir. Bu blokların boyutlarını belirlerken, kalite değişimleri, jeolojik devamlılık, üretim makinelerinin kapasiteleri, kaya mekaniği özellikleri ve bilgisayar veri kapasitesi gibi faktörler göz önüne alınmaktadır.

Bu çerçevede, maden yataklarının değerlendirilmesi için önem arz eden değişkenlerin, linyit için örnek verecek olursak kalınlık, kalori, kül ve nem içeriği

gibi değişkenlerin yatak boyunca nasıl bir dağılım sergilediğinin tahmini amacıyla birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin ortak gayesi, öncelikle jeolojik blokların kalite değerlerinin doğru bir tahmini, daha sonra verilerin haritalanarak analiz edilebilmesidir.

Haritaların analizinde, geleneksel olarak harita üzerindeki ölçek yardımıyla konum-koordinat hesaplamaları yapılmakta, harita lejandı sayesinde de konum-kalite bilgisine ulaşılmaktadır. Günümüzde geliştirilen Coğrafi Bilgi Sistemi içerikli bilgisayar yazılımları sayesinde ise bu hesaplamalar, hatta harita üzerinde iki boyutta gösterilemeyen birçok bilgi kolaylıkla elde edilmektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemi kavramını kısaca veritabanları ile ilişkilendirilmiş mekansal objelerin haritalanması olarak nitelenebilir. Madencilik alanında harita kullanımının yaygın olduğu düşünülürse CBS'nin madencilikte kullanım alanı bulmaması düşünülemez. Konuya kömür madenciliği açısından örnek verilecek olursa; klasik üretim haritasında basamaklar ve kömürün kalınlık eğrileri aynı anda gösterilebilir, fakat nem eğrileri veya birkaç değişken daha harita üzerinde göstermek istenilirse harita içinden çıkılmaz bir hal alacaktır. İşte bu noktada coğrafi bilgi sistemleri mantığı ile hazırlanmış bir haritada her değişken bir katman olarak ifade edilir ki, istenilen katman üzerinde çalışma yapabileceği gibi haritayı ifade eden sayısal verilere de rahatça ulaşılabılır.

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde harita katmanları üzerindeki her objenin bir konum-koordinat bilgisi vardır, öyle ki objeler bu bilgi sayesinde harita üzerinde tanımlanırlar ve ifade edilirler. Konum-koordinat bilgisinin elde edilmesi veya konum verisi üreten cihazlar üzerinden CBS bilgisine erişme ihtiyacı oldukça önemli ve güçlüdür. Bu anlamda klasik veri elde etme yöntemlerine göre, en pratik alternatiflerden biri olarak Küresel Konum Belirleme Sistemi (GPS) benimsenmektedir.

GPS 1990'lı yılların ortalarından itibaren güvenilirliğini ve sürekliliğini kanıtlamıştır. Ayrıca 2000 yılının Mayıs ayından itibaren sivil GPS kullanıcıların ölçülerine bilinçli olarak getirilen Sinyal Yanıltması (Selective Availability) etkisinin kaldırılmasıyla da mutlak konum belirleme doğruluğu  $\pm 10$  metrenin altına inmiştir (Mintsis, 2004).

Günümüzde WAAS, EGNOS gibi sistemlerin de kullanılmasıyla optimum koşullardaki mutlak konum belirleme doğruluğu  $\pm 3$  metre civarındadır (Hunter, 2003). Bu doğruluğun yeterli olmadığı durumlarda DGPS (diferansiyal GPS) gibi yöntemler kullanılarak  $\pm 50$  cm' ye kadar konumsal doğruluk elde etmek mümkündür (Yıldırım ve ark., 2007). Diğer yandan, ülkemiz Harita Genel Komutanlığınca, askeri ve sivil projelere yönelik veri toplama şeklini, aktif ve sürekli yapıya dönüştürerek, daha duyarlı 3 boyutlu konum belirlemek amacıyla başlatılan proje kapsamında, mevcut olan 20 adet sabit GPS istasyonu sayısının tüm ülke düzeyinde daha da yaygınlaştırılması hedeflenmektedir. Henüz tamamlanmamış projenin tamamlanması ile ülkemiz ve KKTC genelinde birkaç saniyede ve cm duyarlığında koordinat belirleme imkanı sağlanacaktır ([www.hgk.gov.tr](http://www.hgk.gov.tr)). Konum belirleme alanlarında gerçekleşen bu gelişmelerin yanında, piyasalarda oldukça uygun fiyatlarla taşınabilir boyutlara sahip GPS alıcıları üretilmekte ve bunlar birçok CBS uygulamasında da rahatça kullanılabilir. Mobil cihazlarla arazideki bir CBS kullanıcısı, internet aracılığıyla sunulan bilgi ve haritalara ulaşabilmekte, hatta gezici halde topladığı verileri anında diğer kullanıcılar ile paylaşabilmektedir.

Bu kapsamda, madencilik faaliyetlerinde CBS/GPS entegrasyonunun birçok uygulama alanı ortaya çıkmakla birlikte, bu araştırma çalışmasında, madencilik faaliyetlerini içeren bir bilgi sistemi oluşturularak, maden mühendisinin tüm madencilik faaliyetlerini toplu halde bir sistemde görmesi, gerekli sorgulamaları ve analizleri yaparak doğru karar vermesine olanak sağlanması amaçlanmaktadır. Ayrıca, uygulama alanı olarak seçilen Afşin-Elbistan Linyit İşletmelerinde stoklara beslenen linyitlerin kazılma zamanına bağlı ortalama kalite değerlerinin takip edilerek harmanlama prosesine ışık tutulması ve linyitin yanma kalitesinden kaynaklanan problemlerin azaltılması amaçlanmıştır.

Bu amaçla çalışma, literatür araştırmaları, kömür yatağına ait jeolojik ve sondaj verilerinin analiz edilerek jeolojik blok model veritabanının oluşturulması, linyit kazı konumu ve konuma bağlı bilgilere GPS teknolojisi ve CBS yöntemleri kullanılarak ulaşılması ve kömür üretim miktarı ile kalitesinin takibine olanak sağlamasına yarayacak bilgisayar yazılımının hazırlanması şeklinde yürütülmüştür.

Literatür araştırmalarında CBS yöntemler kullanılarak cevher yataklarının modellenmesi üzerine yapılan önceki çalışmalar ve ilgili yayınlar irdelenmiş, bu süreçte CBS analiz yöntemi ve GPS üzerine algoritmalar geliştirilmiş ve Visual Basic programlama dili kullanılarak bilgisayar programları hazırlanmıştır.

Çalışmanın devamı ve son aşamasında, geliştirilen yazılım ve MapInfo programı kullanılarak Afşin-Elbistan Linyit havzası jeolojik blok modeli veritabanına erişim sağlayan sayısal tematik haritalar üretilmiş, ekskavatör üzerine yerleştirilen GPS alıcısı sayesinde linyit üretimiyle eş zamanlı olarak üretim miktarı, kalori, %nem, %kül v.b. kalite verilerinin takip edilmesi ve veritabanı olarak saklanması sağlanmıştır.

### 1.1. Çalışma Alanının Tanımı

Kahramanmaraş iline bağlı Afşin ve Elbistan ilçelerinin kuzeyinde bulunan Afşin-Elbistan linyit havzasındaki ilk çalışmalar Önen (1936) tarafından gerçekleştirilmiştir. Önen (1936), Sivas, Malatya, Kahramanmaraş ve Gaziantep illeri civarındaki linyit yataklarını incelemiş ve Kahramanmaraş ili çevresinde dört ayrı yerde kömür oluşumunun bulunduğu tespit etmiştir. Daha sonra 1966 yılında MTA Enstitüsü ve bir Alman firması işbirliği ile detaylı arama çalışmaları başlamış, 1967 yılı itibariyle havzada düşük kalorili bol miktarda linyit rezervi olduğu saptanmıştır. 1968 yılı yatırım programı ile bu linyitlerden faydalanarak bir termik santral kurulmasına karar verilmiş, 1973 yılında her biri 344 MW gücünde dört ünite olarak yapımına başlanan santralin ilk ünitesi Temmuz 1984'te üretime başlamıştır. Kurulduğu yıllarda Türkiye'nin ve dünyanın en büyük elektrik santrallerinden biri olan, Türkiye'nin o güne kadar yaptığı en büyük kamu yatırımı olarak gösterilen, Afşin-Elbistan A Termik Santrali, 24 yıllık süre içerisinde 98 milyar Kwh elektrik enerjisi üretmiş, bu zamana kadar 200 milyon tonun üzerinde linyit kömürü yakmıştır. 2000 yılında yapımına başlanan ve 2004 yılında elektrik enerjisi üretmeye başlayan Afşin-Elbistan B Termik Santrali ise bugüne kadar toplam 16 milyar Kwh elektrik enerjisi üretmiştir.

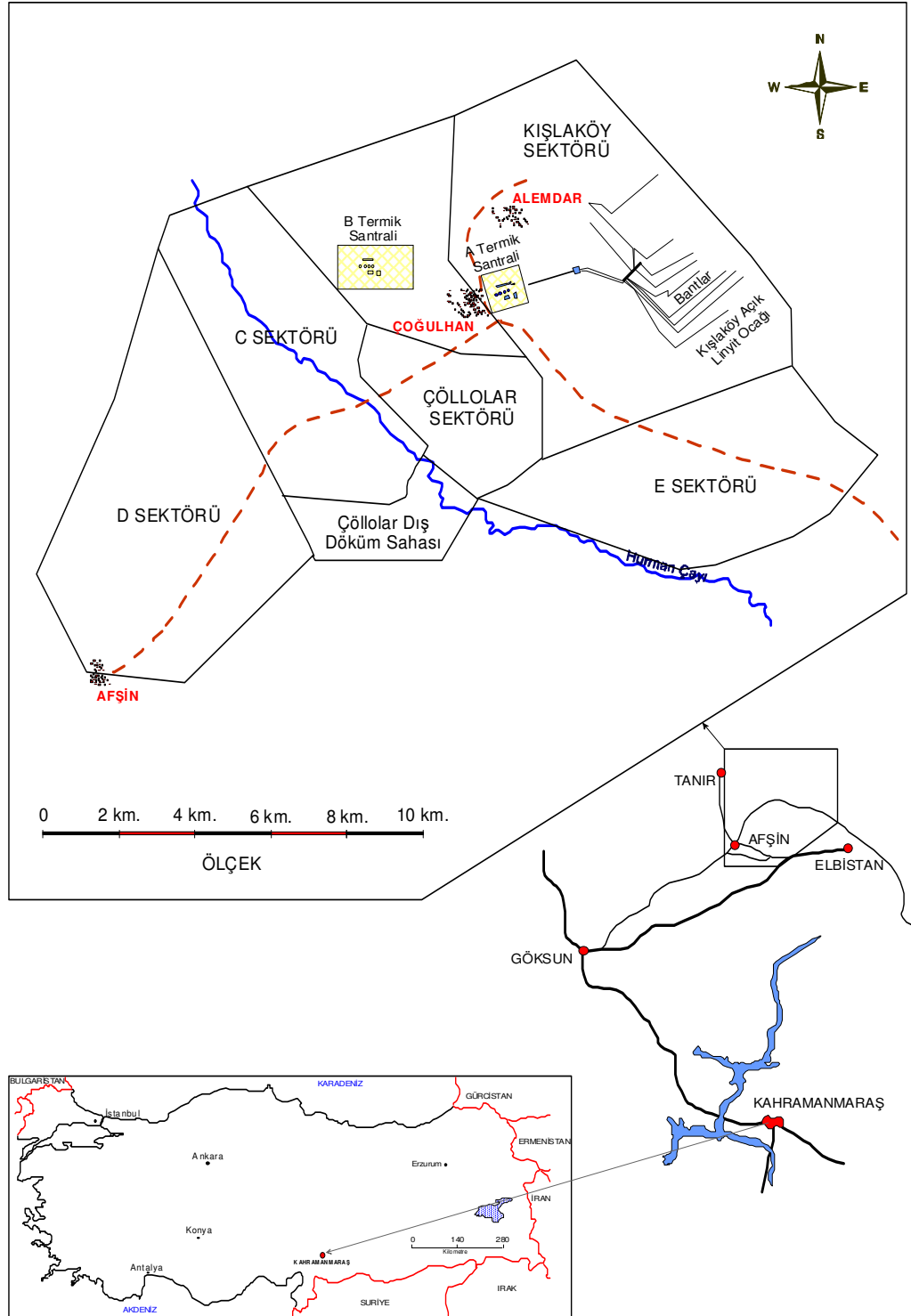
Havzada toplam 3.25 milyar ton linyit bulunmaktadır. Yaklaşık 120 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsayan linyit havzası; Kışlaköy (A), Çöllolar (B) ve Afşin (C) adı verilen üç ana sektör ile D, E ve F sektörlerinden oluşmaktadır (Şekil 1.1). Havzanın fizibilite raporu 1969 yılında hazırlanmış ve gerek açık işletme derinliğinin Kışlaköy sektörü kuzeyinde düşük olması, gerekse diğer sektörlerde de termik santral kurulması gerektiği düşüncesinden dolayı linyit kazı çalışmalarının ilk olarak Kışlaköy sektöründe başlatılması kararlaştırılmıştır.

Linyit havzanın kuzey doğusunda yer alan Kışlaköy açık işletmesi, altı adet döner kepçeli kazıcı, 55 km uzunluğunda bant konveyör sistemi ve beş adet dökücü ile teçhiz edilmiş, ortalama 55 milyon m<sup>3</sup>/yıl örtü kazı ve 20 milyon ton/yıl linyit üretebilecek şekilde tasarlanmıştır (Yörükoğlu, 1991).

### 1.1.1. Çalışma Alanının Konumu ve Sınırları

Çalışma alanının Kahramanmaraş ili içindeki genel konumu Şekil 1.1'de verilmiştir. Çalışma alanı 1/25.000 ölçekli Afşin L 38 a4 paftasında yer alır. İşletme sahası Kahramanmaraş ili Afşin ilçesinin kuzeydoğu'sunda ilçe merkezine 15 km uzaklıktadır. Kömür havzası A (Kışlaköy), B (Çöllolar), C (Afşin), D (Kuşkayası), E (Çobanbey) ve F sektörleri olmak üzere 6 sektöre ayrılmıştır. Kışlaköy Açık Ocak İşletmesi (AEL) havzanın A sektöründe yer almaktadır. Çalışma sahasının GD'sunda Kışlaköy, batısında Çoğulhan yerleşim alanı bulunmaktadır. Afşin-Elbistan havzasının etrafı Binboğa, Nurhak ve Engizek dağları ile sınırlanmıştır. Afşin-Elbistan havzasındaki en önemli akarsu Ceyhan nehri olup debisi ortalama 8 m<sup>3</sup>/sn'dir. Ceyhan nehrinin havza içindeki önemli kolu Hurman Çayıdır. Hurman Çayı Afşin-Elbistan havzasının batısından başlayıp güneyinde havzayı terk etmekte olup, bu çaya Özdere, Karasu Deresi, Taşınardı Deresi ve Atlaskaya Derelerinin suları karışmaktadır.





Şekil 1.1. Çalışma alanının yerbuldu haritası

### 1.1.2. İklim, Bitki Örtüsü ve Morfoloji

Büyük bir bölümü Akdeniz bölgesi sınırları içerisinde yer alan, coğrafi alan olarak Doğu Anadolu bölgesinin Yukarı Fırat bölümünün en batı kesiminde bulunan ve deniz etkisinden çok uzakta olan çalışma alanı, karasal iklim şartlarının hüküm sürdüğü bir yöre durumundadır. Yazları sıcak ve kurak, kışları nispeten soğuk ve kar yağışlıdır. Meteoroloji verilerine göre Afşin’de yıllık ortalama sıcaklık 9.9 °C’dir. Ortalama en yüksek sıcaklık 37.5 °C ile en sıcak ay Temmuz ayı olup ortalama yıllık yağış miktarı 419.2 mm.dir. Afşin’deki yağış miktarı Türkiye ortalamasının altında kalırken, Orta Anadolu ile Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri yağış ortalamalarından daha yüksektir.

Bitki örtüsü genelde tekdüze olup, özellikle dere kenarlarında söğüt ve selvi ağaçları bulunmaktadır. Çevredeki dağlık kesim kireçtaşlarıyla kaplı olup, bitki örtüsü bakımından çıplaktır. Ovada ise buğday, pancar, fasulye, patates ve ayçiçeği ekimi yapılmaktadır. Hayvancılık az gelişmiş olmakla birlikte sığır ve koyun yetiştirilmektedir.

İnceleme alanı Afşin–Elbistan Ovası içinde yer almakta olup, ortalama 1200 m yüksekliğindedir. Kışlaköy Açık İşletmesinin doğusunda yer alan ve işletmeyi sınırlayan Kızıldağın yüksekliği 1700 m’dir.

### 1.1.3. İşletme Yöntemi

Havzada bulunan iki linyit işletmesinden biri olan Kışlaköy Açık Linyit İşletmesinde, linyit horizonu havza ortasında yataya yakın tabakalanmaya sahipken havza kenarında 5–20° arasında tabaka eğimine sahiptir.

İşletmede, döner kepçeli ekskavatörler (DKE) tarafından kazılan örtü malzemesi ve kömür, bantlar aracılığıyla bant aktarma noktasına gönderilmektedir. Bant aktarma noktasında, kazı sahasından gelen bantlar, hareketli tamburlar aracılığıyla döküm sahasına giden uygun bir banta göre kolaylıkla ayarlanabilmektedir. DKE’ler yardımıyla kazılan linyitin tamamını stok sahasına

gönderilmekte, örtü malzemesi ise dökücüler tarafından dış ya da iç döküm sahasına serilmektedir.



Şekil 1.2. Kışlaköy açık ocağında kullanılan DKE'den bir görünüm

Kışlaköy Açık İşletmesi 6 basamak halinde işletilmekte olup, işletmede her bir basamakta bir adet, toplamda 6 adet döner kepçeli ekskavatör bulunmaktadır (Şekil 1.2). DKE'ler yaklaşık  $3000 \text{ m}^3/\text{saat}$  yerinde kazma kapasitelidir. DKE'ler bulunduğu noktadan 30 m yüksekliğe ve yine bulunduğu noktadan 4 m aşağısına kadar olan kesimde kazı yapabilme kapasitesine sahiptir. Duruma göre DKE'ler aynı basamakta istenilen yüksekliğe kadar kademeler halinde kazı yapabilmektedir. Kazı sahasındaki basamak yükseklikleri kazı verimi açısından kepçe çark yarıçapına (çark çapı=12.25 m) orantılı olarak en çok 18-20 m seviyelerinde tutulmaya çalışılmaktadır. Bant konveyörlerin genişliği 1800 mm, hızı 5.2 m/sn'dir. Basamaklar ilerledikçe kazıcıdan gelen örtü malzemesini taşıyan bantlar, ya açısız ya da paralel olarak bant kaydırma makineleriyle kaydırılmaktadır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Kışlaköy açık ocağında kullanılan nakil bantlarından bir görünüm

#### 1.1.4. Havzanın Genel Jeolojisi

Afşin–Elbistan Havzası Alp Orojenezini sonunda Toros Dağları'nın yükselmesi sırasında oluşmuş kapalı bir basendir. Bölgenin tabanını Permo–Karbonifer yaşlı kireçtaşları oluşturur. Kışlaköy sahasının KD–D'sunda yer alan Kızıldağ da ise Üst Kretase yaşlı grimsi–beyaz renkli kireçtaşları yüzeylenmektedir (Gökmen ve ark., 1993).

Neojen formasyonlar Kızıldağ güneyinde mostra vermekte olup diğer yerlerde Kuvaterner yaşlı çökeltiler tarafından örtülmüştür. Kalınlığı genel olarak 300-400 m'dir. Neojen formasyonları alttan üste doğru şöyle sıralanmaktadır;

- Kırmızı, kahverengi iri taneli klastik çökeller,
- Kızıl kahverengi, kumlu, marnlı sedimentler,
- Yeşilimsi, mavimsi-plastik kömür altı kil ve marnları,
- Kömür,

- Gidya,
- Yeşilimsi, mavimsi, plastik kömür üstü kil ve marnları.

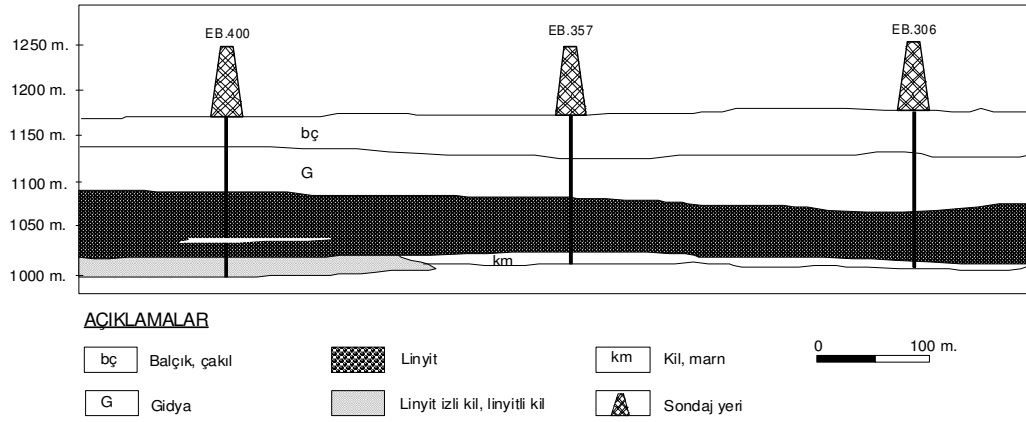
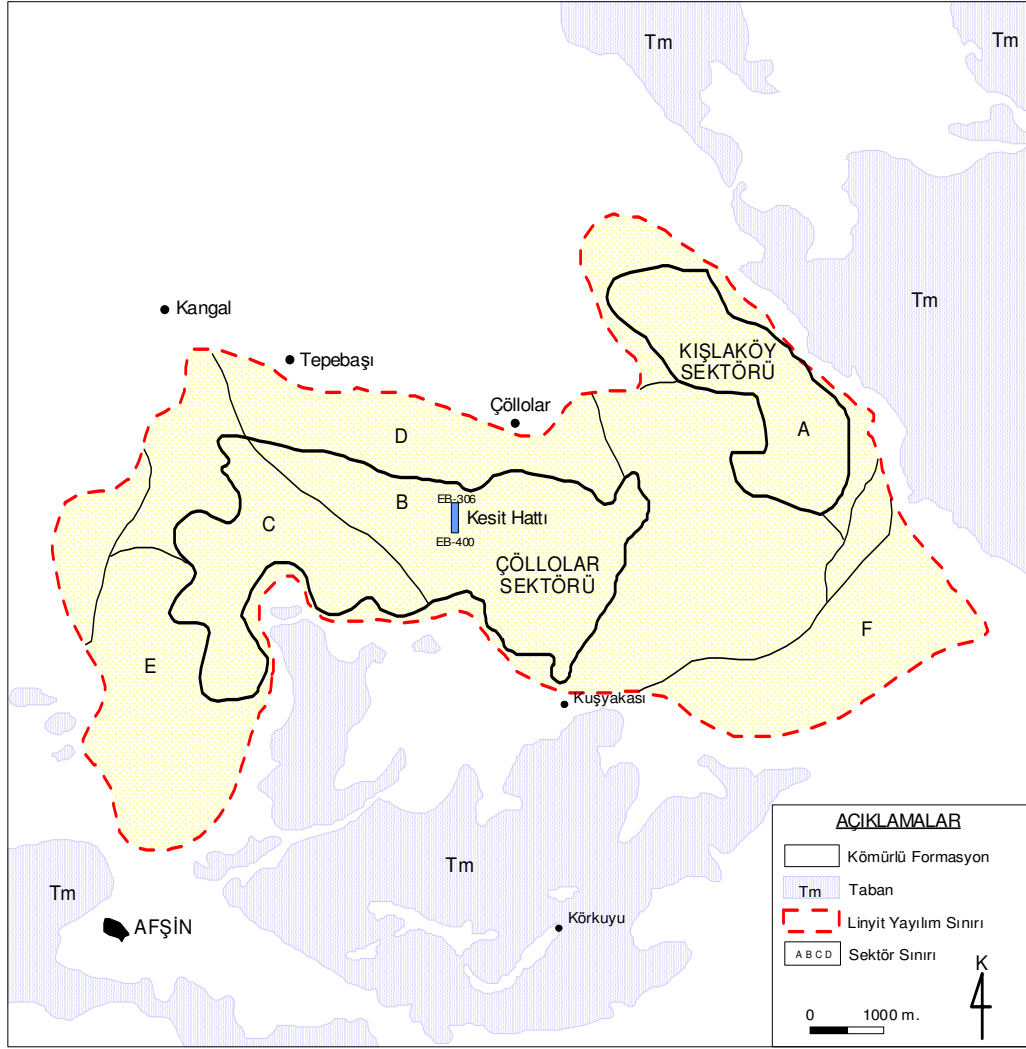
Bu formasyonlardan gidyanın önemi büyüktür. Toros dağlarının yükselmesi ve havzanın çökmesiyle Pliosen'de bir göl oluşmuştur. Gidya denilen ve bol gastrapot fosilleri, bitki artıkları ve humuslu oluşları ile karakterize edilen bu formasyon, gölün büyük kısmına çökelmiş kömür ile ara tabakalanmalardır. Üste doğru kömürlü gidya, humuslu gidya, killi ve kalkerli gidya şeklinde sona erer. Üzerine kömür üstü kil ve marnları gelir. Kalınlığı 40-50 m'ye ulaşır. Eğimi 5-10° güneydoğu olup sahanın kuzey ve kuzeydoğusuna doğru incelenerek kaybolur (Yörükoğlu, 1991).

Pliosende oluşan linyit, gidyanın hemen altında 10-80 m kalınlığında ve düşük kalitelidir. Havzadaki kalınlığı doğudan batıya ve kuzeyden güneye doğru artmaktadır. Faylanma özellikle Kışlaköy sahasının doğusunda görülmektedir. Kuvaterner, Neojen çökellerinin üzerini tamamen örtmektedir. Kalınlığı 15-40 m arasında değişmektedir. Kırmızı, kahverengi, kil, lehm, çakıl, kum, yamaç molozu, eski dere yatakları çökelleri ve tatlı su kalker horizonları şeklinde bulunmaktadır. Eski dere yatakları çökelleri Ca-CO<sub>3</sub>'ün tabii çimento haline dönüşmesiyle sertleşmiş, konglomera ve kumtaşı haline dönüşmüşlerdir (Yörükoğlu, 1991).

### 1.1.5. Çalışma Alanının Jeolojisi

Bu bölümde, çalışma alanının bir bölümü olan Kışlaköy sektöründe, MTA tarafından yapılmış olan detaylı jeolojik etüt verilerine yer verilmiştir.

Çalışma sahasında Pliyosen - Pliyostenen yaşlı gölsel çökellerle Kuvaterner yaşlı akarsu ve yamaç molozu ürünü olan litolojik birimler yer almaktadır. İnceleme alanındaki Neojen birimleri alttan üste doğru; kırmızı kahve renkli killi-kumlu-çakıllı birim, turkuvaz renkli taban kili, linyit horizonu, gri gidya, bej gidya ve kireçtaşlarıdır. Kuvaterner yaşlı birimler; çalışma sahasının batısında akarsu çökeli doğusunda ise çoğunlukla yamaç molozu çökelleri şeklinde yer almaktadır (Şekil 1.4-5).



Şekil 1.4. Afşin-Elbistan ve çevresinin genelleştirilmiş jeoloji haritası ve kesiti (Gökmen ve ark., 1993).

SİSTEM	SERİ	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR	ORTAM
KUVATERNER		2-10		SİLTİLİ KUMLU ÇAKIL	AKARSU
		10 - 15		LEHİM: Kırmızımsı kahve-açık yeşil renkli, yer yer karbonat yumrulu (kaliçi) içerikli az çakıllı kil. Birim içerisinde yer yer kumtaşı mercikleri yer alır.	
		~ 5		AÇIK YEŞİL RENKLİ KİL	
TERSİYER	PLİYOSEN	~ 4		KİREÇTAŞI / MAVİ KİL	GÖL
		~ 5		BEJ GİDYA : Açık kahve-bej renkli bol fosilli killi silt.	
		50 - 60		Gri GİDYA : Gri-açık kahverenkli, orta-kalın tabakalı, bol fosilli, yer yer linyit bantlı kil	
		50 - 110		LİNYİT HORIZONU : Birim, siyah-açık kahve renkli, ince-orta tabakalı, orta sertlikte olup, yer yer siyah renkli orta plastik kil bantlıdır. Birim içinde bol gri gidya bantlı ve yer yer bej gidya bantları yer almaktadır.	
		110 - 125		TURKUVAZ RENKLİ KİL (Taban Kili) Yeşilimsi mavi renkli, yer yer karbonat yumrulu orta plastik kil. Birimin tabanına doğru çakıl ihtiva etmekte olup, havza kenarında birim tamamen çakıllı kil konumundadır.	
		- 60		KİLLİ KUMLU ÇAKIL : Kırmızımsı kahve-açık kahve renkli kil, sarımsı kahve renkli az pekişmiş, kumtaşı killi kumlu çakıltaşı.	

Şekil 1.5. Çalışma alanına ait genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesit (Akbulut ve ark., 2007).

### 1.1.5.1 Killi – Kumlu – Çakıllı Birimler

Birim kırmızımsı kahve–açık kahve renkli killerle başlayıp tabana doğru karbonat miktarı artarak marn özelliği gösteren seviyelerle temsil edilen istifte devam etmektedir. Daha alt seviyelerde sarımsı kahve renkli az pekişmiş kumtaşı ve birimin tabanında ise az pekişmiş killi kumlu çakıltaşları yer almaktadır. Çakıllar orta derecede yuvarlaklaşmış ve 1–5 cm boyutunda olup, tabana doğru çakıl boyutu artmaktadır. Çakıllar çoğunlukla kireçtaşı kökenlidir. Sondajlarla kesilen birimin kalınlığı ortalama 59.2 m’dir (Akbulut ve ark., 2007).

### 1.1.5.2. Turkuvaz Renkli Kil (Taban Kili)

Killi–kumlu–çakıllı birimlerin üzerinde uyumlu olarak turkuvaz renkli killer (Taban Kili) yer almaktadır (Şekil 1.6).



Şekil 1.6. Taban kilinden bir görünüm



Birim linyit horizonunun tabanını oluşturduğundan taban kili olarak da isimlendirilmiştir. Birim; yeşilimsi mavi renkli, (turkuvaz renkli) karbonat karbonat yumrulu kil seviyelerinden oluşmaktadır. Birim içinde yer yer silt–killi silt seviyeleri gözlenmiştir.

Taban kili içerisindeki karbonat yoğunluğunun arttığı seviyelerde, gri renkli orta sertlikte marnlar meydana gelmiştir. Güneye doğru gidildikçe taban kili içerisindeki karbonat oranının artacağı tahmin edilmektedir. Taban killeri az-orta plastik özellik göstermekte olup, ince–orta tabakalanma sunmaktadır. Daha önce yapılmış rezerv sondajlarından taban kilinin kalınlığı yaklaşık 125 m olarak tespit edilmiştir (Akbulut ve ark., 2007).

### 1.1.5.3. Linyit Horizonu

Taban kili üzerinde uyumlu olarak linyit horizonu yer almaktadır. Linyitler kuvvetli diyajenez geçirmediğinden düşük kalitelidir. Birim siyah–açık kahve renkli, orta sertlikte olup, orta–ince tabakalanma sunmaktadır (Şekil 1.7). Bünyesinde kil miktarı arttıkça linyitin hem kalitesi hem de dayanımı düşmektedir. Linyit horizonu içinde 5–80 cm kalınlığında bol bitümlü siyah renkli yüksek plastisiteli kil, yer yer orta–yüksek plastisiteli, ince çakıllı yeşil renkli kil seviyeleri yer almaktadır. Gri gidya birimi ile geçişli olduğu için linyit horizonu içinde yoğun bir şekilde gidya aralanması gözlenmektedir. Bu aralanmadan dolayı linyit–gidya sınırı kesin olarak ayrılamamaktadır.

Çalışma sahasının batısında linyit horizonu tek bir seviyeden oluşurken, Kışlaköy linyit ocağının ortasında ve doğu kalıcı şevlerinde iki, hatta üç linyit horizonu gözlenmektedir. Bu linyit horizonları arasında taban killeri gözlenmiştir. Özbek ve Güçlüer (1977) yapmış oldukları çalışmada linyitli seviyelerinin yaşını Pliyosen olarak saptamıştır. Gürsoy ve ark. (1981) çalışmasında linyitin yaşını Pliyosen olarak belirlemesine rağmen, gidya birimi içinde bulunan Ostrocodlar’dan dolayı birimin yaşının Pliyosen–Pleyistosen olmasının daha uygun olacağını belirtmişlerdir. Çalışma sahasında linyitin kalınlığı doğuya doğru artmaktadır. Batıda linyitler gri gidya birimiyle yoğun bir şekilde aralanma gösterirken, doğuda gri

gidya azalmakta, hatta bazı yerlerde tamamen kaybolmaktadır. Linyit horizonu sondaj sonuçlarına göre 102.75 m (toplam linyit 63.65 m) kalınlığında kesilmiştir. Linyit horizonunun tabanına doğru 10–50 cm kalınlığında siltli kumlu seviyeler gözlenmiştir (Akbulut ve ark., 2007).



Şekil 1.7. Linyit horizonundan bir görünüm

#### 1.1.5.4. Gri Gidya

Linyit seviyeleri üzerinde uyumlu olarak gri gidya birimi yer almaktadır. Birim kahvems gri–koyu gri renkli, bol Gastropot içerikli killi seviyelerden oluşmaktadır.

Birim daha önceki çalışmalarda “gidya” olarak isimlendirilmiştir. Ağırlıklı olarak gri renkli ve bej renkli killerden oluşması ve bej renkli killerin daha çok silt ihtiva etmesinden dolayı daha önceki çalışmalarda gidya olarak isimlendirilen birim; “gri gidya” ve “bej gidya” olarak ayrı ayrı isimlendirilerek ayrılabilir. Birim orta–kalın tabakalanma sunmakta olup, çok yumuşaktır (Şekil 1.8).

Gri renkli gıdya birimi en fazla kalınlığa çalışma sahasının batısında ulaşmakta olup, sondajlarla 65.55 m kalınlığında ölçülmüştür. Birimin kalınlığı havza kenarı olan doğuya doğru gidildikçe azalmaktadır. Birim içinde 5–50 cm kalınlığında linyit ve bej gıdya seviyeleri gözlenmiştir. Ayrıca, birim içinde yer yer merceksi yapıda kumlu ve siltli seviyeler saptanmıştır. Birim görsel ortamda çökelmiş olup, içinde bol miktarda Gastropot kavkısı bulunmaktadır. Kavkılar bazı seviyelerde yoğunlaşmakta olup, sadece kavkılardan oluşan seviye şeklinde de gözlenmektedir. Gürsoy ve ark. (1981) içindeki Ostrocodlar'dan dolayı birimin yaşını Pliyosen–Pleyistosen olarak belirlemişlerdir.



Şekil 1.8. Gıdya biriminden bir görünüm

#### 1.1.5.5. Bej Gıdya

Bej gıdya, gri gıdya biriminin üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Birim açık kahve–bej renkli, bol Gastropot içerikli, killi siltlerden oluşmaktadır. Bej gıdyalar

içinde en fazla 5 cm kalınlığında linyit seviyeleri gözlenmektedir. Bej gidya yalnızca batı şevlerinde haritalanabilecek kalınlık sunmaktadır. Çalışma sahasının doğusunda haritalanamayacak kadar azalan ve bant şeklinde devam eden birim, ince-orta tabakalıdır. Birim yapılan sondajlarda 7.85 m ile ölçülebilen en fazla kalınlığa sahiptir (Akbulut ve ark., 2007).

#### 1.1.5.6. Mavi Renkli Kil

Birim, havza ortasında açık yeşil renkli killerin tabanında gözlenmektedir (Şekil 1.9). Birimin kireçtaşları ile yanal geçişe sahip olduğu ve çökeltme ortamının karbonatların çökmesine uygun koşul sağladığı durumlarda kireçtaşlarının, kireçtaşlarının çökmesine uygun ortam olmadığı durumlarda ise mavi renkli killerin çökeldiği düşünülmektedir. Birim siltli kil çökellerinden oluşmakta olup, az-orta plastisitelidir. Birimin kalınlığı yapılan sondajlarda 7.50 m olarak ölçülmüştür (Akbulut ve ark., 2007).



Şekil 1.9. Mavi renkli kilden bir görünüm

### 1.1.5.7. Kireçtaşı

Görsel ortamda çökelmiş kireçtaşları, çalışma sahasının yalnızca batısında yer almaktadır. Göl ortamını karakterize eden birimlerin en üst kesimini kireçtaşları oluşturmaktadır (Gürsoy ve ark., 1981). Kireçtaşları bej gidya birimi üzerinde uyumlu olarak bulunmaktadır. Birim açık gri–gri renkli, bol fosilli, sert – çok sert, orta–kalın tabakalıdır (Şekil 1.10). Şekil 1.10’dan da görüleceği gibi kireçtaşlarının altında bej renkli gidya birimi yüzeylemektedir. Kireçtaşları Gastropot fosili içermesi bakımından karakteristiktir. Kireçtaşlarının kırılma yüzeyleri keskin köşelidir. Birim yapılan sondajlarda ortalama 4.15 m kalınlığında kesilmiş olup, havza ortasına doğru incelerek kaybolmaktadır.



Şekil 1.10. Kireçtaşından bir görünüm

### 1.1.5.8. Açık Yeşil Renkli Killer

Kireçtaşları üzerinde uyumsuz olarak açık yeşil renkli, orta plastisiteli killer gözlenmektedir. Açık yeşil renkli killer tabakalanma sunmamakta olup, birim 5.95 m ile en fazla kalınlığına ulaşmaktadır. Birimin içinde yer yer az tutturulmuş merccek biçiminde gri–açık kahve renkli kumtaşları gözlenmiştir (Akbulut ve ark., 2007).

### 1.1.5.9. Lehim

Kuvaterner yaşlı lehim birimi, inceleme sahasında geniş bir yayılım sunmaktadır. Birim kırmızımsı kahve renkli az çakıllı kumlu killerden oluşmaktadır. Birim içinde yoğun bir şekilde karbonat yumruları gözlenmiştir. Bu özelliğinden dolayı birim “Kaliş” olarak da isimlendirilmiştir. Birim batı kalıcı şevlerinde yer yer açık yeşil renkli olarak da gözlenmektedir. Karbonatların yoğunlaştığı kesimlerde 0.5–1.0 m kalınlığında kireçtaşları çökelmiştir.



Şekil 1.11. Üstte siltli, kumlu, çakıllı birim, altında kaliş içindeki kireçtaşı bandı

Birim yaygın bir şekilde akarsu ortamında çökelmiş olup, çalışma sahasının doğusu olan havza kenarında yamaç molozu çökelleriyle girift bir şekildedir. Kalıfler içinde 1–2 cm boyutunda orta–kötü derecede yuvarlaklaşmış çakıllı seviyeler ve az pekişmiş kumtaşı mercekleri gözlenmektedir (Şekil 1.11).

#### **1.1.5.10. Siltli–Kumlu–Çakıllı Birimler**

İnceleme alanının en genç birimini oluşturan siltli-kumlu çakıllı birimler, yer yer az tutturulmuş çoğunlukla gevşek olan, orta derecede yuvarlaklaşmış, çakılardan oluşmaktadır. Akarsu ortamında çökelen birim Kuvaterner yaşlıdır.

#### **1.1.6. Çalışma Alanının Yapısal Jeolojisi**

##### **1.1.6.1. Faylar**

Afşin–Elbistan havzası stratigrafik, sedimantolojik ve yapısal özelliklerine göre farklı iki ayrı evrede tektonik gelişim göstermektedir. Güncel olarak daha kuzeyde ve yüksek topografyaya sahip alanlarda, olası Miyosen–Erken Pliyosen yaşlı birinci evrede sıkı kıvrımlı yapı gösteren Karamağara Havzası gelişmiştir. İkinci evrede ise daha güneydeki düşük topografik alanlarda Pliyo–Kuvaterner yaşlı genelde yayvan kıvrımlı kalın linyit tabakaları içeren altta göl, üstte ise akarsu çökellerinden oluşan Afşin- Elbistan Havzası gelişmiştir (Yusufoğlu ve ark., 2005).

Çalışma sahasındaki faylar Pliyosen ve sonrasında KB–GD yönlü olarak havza kenarında doğu şevleri boyunca gelişmiştir. Çalışma sahası genç çökellerle kaplı olduğu için fayların yüzeydeki izleri gözlenememiştir. Doğru şevinde Ergüder ve ark. (2000)'nin yapmış oldukları jeofizik çalışma neticesinde KB–GD doğrultulu yaklaşık birbirine paralel bir adet eğim yönü ocak dışına ve iki adet de eğim yönü ocak içine eğimli, eğim atımlı normal fayları tespit etmişlerdir.



Şekil 1.12. 2 numaralı faydan bir görünüm

#### 1.1.6.2. Tabaka Doğrultu ve Eğimleri

Afşin–Elbistan Havzasında çökeller genel olarak yatay veya yataya yakındır. Havza kenarında yer alan doğu şevleri, faylanmanın da etkisiyle tabakaların eğim açıları artmakta ve tabaka eğimleri 2–22° arasında değişmektedir (Şekil 1.13). Doğu kesimde yer alan antiklinal ve senklinal yapılarından dolayı tabakaların eğim yönleri KKD ve GGB arasında değişmektedir. Çalışma sahasının doğu şevlerinde faylanmanın etkisiyle K65°B yönelimli, KB yönünde yaklaşık 2° dalımlı (Şekil 1.14) bir antiklinal ve bir senklinal gelişmiştir.

Havza kenarından batıya doğru (havza ortasına) gidildikçe tabaka eğimleri 2–5° arasında değişmektedir. Havza ortasında ise yatay veya yataya yakındır. Havza ortasında yer alan Batı şevlerindeki tabaka eğimleri 1–2° olarak ölçülmüştür (Akbulut ve ark., 2007).





Şekil 1.13. Linyit horizonundan bir görünüm; Eğimli tabakalar



Şekil 1.14. Doğu şevinde bulunan antiklinalden bir görünüm

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tez çalışmasına konu başlığı olan Küresel Konumlama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin farklı disiplinlerden birçok kullanıcısı ve kullanım alanı mevcut olmasına rağmen ne yazık ki ülkemiz madencilik faaliyetlerinde aktif olarak henüz kullanım alanı bulamamıştır. Bu bölümde, yerbilimleri ve tez konusu ile ilişkili ülkemizde yapılan CBS ve GPS çalışmaları ile Afşin-Elbistan Linyit Havzası üzerine yapılmış bazı önceki çalışmalara yer verilmiştir.

### 2.1. CBS Analizi Üzerine Yapılan Önceki Çalışmalar

Coğrafi bilgi sistemlerinin (CBS) ortaya çıkışı ve yaygınlaşması harita üzerinde bilgi gösterme ve değerlendirme ihtiyacı doğrultusunda gelişmiştir. Özellikle farklı mühendislik karar parametrelerinin bölgesel dağılımının harita üzerinde gösterilmesi şeklinde uygulama alanı bulan CBS, haritalardaki koordinatlara tam bağımlı bölgesel proje uygulamalarında da kullanılmaya başlamıştır. Bitki örtüsü, deprem episenterleri, maden-petrol rezervleri, su kaynakları, orman yayılımı, jeolojik formasyon türleri ve başka birçok parametrenin dağılımının harita üzerinde güncel olarak gösterilmesi CBS'deki son on yıllık çalışmalar içindedir. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Gündoğdu ve ark. (2002) “Yeraltı Maden Ocaklarında Kullanılmak Üzere Geliştirilen Coğrafi Bilgi Sistemi (M-GIS)” başlıklı bildirimlerinde, yeraltı maden planlarını CBS ortamında haritalama ve bilgisayar kullanma tekniklerini kullanarak yeraltında uygulanan mühendislik uygulamalarını bir bütün halinde göstermişlerdir. Çalışma kapsamında, yeraltı maden işletmelerinin imalat haritaları üzerinde madende bulunan ve işletme mühendislerinin karar aşamasında kullanmaları gereken parametrik bilgilerin işlenebileceği ve zaman içinde güncellenebilecek bir yazılım geliştirmişler ve bu yazılımın sağlayacağı kolaylıkları detaylarıyla anlatılmıştır.

Kızıлтаş (2005), “İstanbul Bölgesi Taşocakları Verilerinin Coğrafi Bilgi Sisteminde Değerlendirilmesi ve Yönetilmesi” konu başlıklı yüksek lisans tez çalışmasında; İstanbul ili ve çevresini bölgelere ayırarak her bölgedeki kırma taş

ocaklarını ayrı ayrı incelenmiştir. İnceleme alanı dâhilinde bulunan kırma taş ocaklarının ruhsat ve personel bilgileriyle birlikte; rezerv, üretim yöntemleri, yıllık üretim kapasiteleri ve ocakta çalışan iş makineleri ile nakliye araçları sayı ve kapasite bakımından incelenmiştir. Edinilen bilgiler ışığında bilgi sisteminin madencilik alanında uygulanması için veritabanı tasarlayarak, verilerin oluşturulan veritabanına giriş yapılabilmesi için ara yüz yazılımı hazırlamıştır. İstanbul bölgesine ait sayısal haritalar üzerinde taşocakları ile veritabanı arasında ilişkiler kurmuş böylece İstanbul Bölgesi Taşocakları Bilgi Sistemi oluşturmuştur.

Tüfekçi (2006), “Batı Anadolu’daki Jeotermal Potansiyelinin CBS Tabanlı Değerlendirilmesi” başlıklı yüksek lisans çalışmasında, Batı Anadolu’daki keşfedilmemiş olası jeotermal sistemleri, jeotermal oluşumlar ile bunları çevreleyen jeolojik olguların arasındaki ilişkinin incelenmesi aracılığı ile tahmin etmeyi amaçlamıştır. Çalışmasında depremlerin merkez üssü haritası, çizgisellik haritası, Bouger gravite haritası ve Manyetik şiddet haritası olmak üzere dört kamu verisi kullanmıştır. Her bir harita katmanındaki gerekli bilgiyi çıkarabilmek için ham kamu verileri doğrudan doğruya analizlerde kullanılmak üzere sentetik verilere dönüştürülmüştür. Araştırma sürecinde kullanılan sentetik veriler Gutenberg-Richter *b-değeri* haritası ile çizgiselliklere ve bölgedeki ana grabenlere olan uzaklık haritalarını içermektedir. Böylelikle bu üç katman ile doğrudan doğruya kullanılan manyetik şiddet haritası, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında çok ölçütlü karar metotları olan Boolean mantık modeli ve Kanıtların Delili metodu aracılığı ile birleştirilmiştir. Tüm sonuç haritaları, başarı indeksi kullanılarak metoda bağlı olarak kendi içinde ve metotlar arasında değerlendirilmiştir. Bulgulara göre, daha yüksek başarı indeksleri verdikleri için Kanıtların Delili Metodu Boolean mantık modeline göre daha iyi tahminlerde bulunmakta ve bu çalışmada Eniyileme Prosedürü olarak adlandırılan üçüncü ikili sınıflama yaklaşımı da ikili sınıfları en iyi hesaplayan prosedür olarak belirlenmiştir. Son olarak her bir metot için elde edilen üç ayrı sonuç haritası birleştirilmiş ve jeotermal potansiyel haritaları elde edilmiştir. Aydın, Denizli ve Manisa son haritalara göre potansiyel olarak belirlenmiştir.

Serter (2007), “Karayollarında Taşocaklarının Dağılımı ve CBS Yöntemi ile Kullanım Alanlarının Analizi : TCK 4. Bölge Müdürlüğü Örneği” başlıklı yüksek

lisans çalışmasında, TCK 4. Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde bulunan taşocaklarına ait verilerin Coğrafi Bilgi Sisteminde (CBS) depolanması, değerlendirilmesi ve yönetilmesini amaçlamıştır. Çalışma sonucunda, taşocaklarına ait toplanan veriler ile Taşocağı Bilgi Sistemi oluşturulmuş, karayollarının geçtiği güzergahlar ile taşocaklarının malzeme kalitesi için jeoloji analizi yapılmış ve yeni yapılacak yol üstyapısı yapımı için kısa yol analizleri yapılmıştır.

Özkan ve ark. (2007), Maden bilgi sistemi (MBS) oluşturma amacı kapsamında, maden yatakları, madenlerin görünür, muhtemel ve mümkün rezervleri, madencilik şirketleri ve bu şirketlere ait sözel veriler ile madenlerin sebep olabileceği hastalıkları CBS çatısı altında toplamışlar, elde edilen tematik haritalardan madenlerin sebep olabileceği hastalıklar araştırılarak Marmara ve Ege bölgelerimizde kanser yoğunluğunun ayrıca maden yoğunluğunun fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Ekonomik değere sahip madenlerimizin miktarını artırma ve bilinçli işletilmesi adına MBS çalışmalarının en kısa zamanda hayata geçirilmesini, bu alanda yapılacak çalışmaların çoğaltılmasının uygun olacağını önermişlerdir.

Karaca (2007), “Fethiye Yerleşim Alanı Zeminlerinin Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Jeoteknik Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Hazırlanması” başlıklı doktora tez çalışmasında, Fethiye ve çevresinin 1/10.000 ölçekli jeoloji haritası, önceki çalışmalar, saha gözlemleri ve uzaktan algılama teknikleri ile uydu görüntüleri kullanılarak, Fethiye ve çevresinin çizgisellik haritası yapılmış, 397 adet çizgisellik saptanmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen tüm veriler, CBS ile değerlendirerek Fethiye yerleşim alanının yerleşime uygunluk haritası yapılmıştır. Fethiye; Yerleşime Uygun Olmayan Alan, Yerleşime Önlemlerle Uygun Alan-I-II ve Yerleşime Uygun Alan olmak üzere dört bölgeye ayrılmıştır. Buna göre Fethiye Yerleşim alanında sadece %8’i yerleşime uygun olduğu belirlenmiştir. Çalışmalarında ArcView 3.2 ve ArcInfo 7.2.1 yazılımları kullanmıştır.

Doğan ve ark. (2007) CBS ile rezerv hesaplamaları üzerine yaptıkları çalışmalarında, ArcInfo 9.0 paket programı ile hipotetik bir sahanın rezervini hesaplayarak diğer klasik madencilik programları ile elde ettikleri sonuçları karşılaştırmışlar CBS’nin bu amaç için kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Uysal (2007), “Eskişehir-Alpu Ovası Su Sondaj Verilerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Yorumlanması” başlıklı yüksek lisans çalışmasında, çalışma alanındaki verimli bölgelerin tespitinde ihtiyaç duyulan su kalite ve miktarının saptanması için Devlet Su İşleri tarafından 1954-2004 yılları arasında Alpu Ovası’nda açılan kuyulardan sağlanan veriler ve 2007 yılı kimyasal analiz sonuçları Coğrafi Bilgi Sistemi kullanılarak yorumlanmıştır. Çalışmada, kuyu loglarının bütün verileri kullanılarak Alpu Ovası’nın sayısal haritaları hazırlanmıştır. Bu veriler esas alınarak Geomedia 5.0 programında bazı sorgulamalar yapılmıştır.

Özer (2007), “Berdan Ovası (Tarsus-Mersin-Mezitli) Çevresel Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) Oluşturulması ve Modellenmesi” başlıklı doktora tez çalışmasında, yersel ve uydu verileri kullanılarak, Mersin ili Mezitli Kasabası-Berdan Çayı arasında kalan bölgede çok amaçlı ve dinamik bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) oluşturulmasını hedeflemiştir. Çalışma kapsamında; su kalitesi parametrelerinden olan sertlik, elektriksel iletkenlik, sülfat, nitrit, nitrat, klorür, mangan, demir, çinko gibi parametrelerin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)’nin analitik araçları kullanılarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Uygulama sayesinde, aylık su kalitesi ölçümleri gerek tablo gerekse grafik olarak elde edilebilmekte olup, bu veriler üzerinde istatistiksel analizler yapılabilmekte ve çeşitli kriterlere göre su kalitesine yönelik tematik haritalar oluşturulabilmektedir. Böylece, toprak, su ve gürültü kirliliği planlama, su kaynaklarının seçilmesi gibi konularında önemli yararlar sağlanmıştır.

Çelik (2007), “Diyarbakır Ovasının Yeraltı Sularının İncelenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile Modellenmesi” başlıklı doktora tez çalışmasında, Diyarbakır Ovasının havza bazında jeolojik, meteorolojik, doğal kaynaklar ve doğal su kaynakları ile ilgili genel bilgiler ve haritaların oluşumuna temel oluşturan su kuyusu sondaj verileri ışığında tematik haritaları oluşturulmuştur. Yeraltı su kaynaklarının DSİ ve Köy Hizmetleri laboratuvarlarınca tespit edilmiş analiz sonuçları ile yeraltı su seviye kalitelerinin ABD tuzluluk Diyagramına göre sulama sınıfı, Wilcox’a göre de su kullanılabilirlik sınıflandırmaları belirlenmiştir. Ayrıca, Diyarbakır havzasının yer altı su statik su seviye haritası, dinamik su seviye haritası, pompa verimlilik haritaları Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS ) yardımı ile çıkarılmış, bölgenin yeraltı su veritabanı oluşturulmuştur. İleriki zamanlarda bu haritaların güncellenebilmesi ve su seviyeleri

değişimlerinin kontrol edilebilir olması amacıyla yeraltı su veri tabanı oluşturulmuştur.

Özbaş (2007), “Tandoğan-Keçiören Metro Tünelinin Mecidiye-Tandoğan Kısmında TBM-EPB İle Kazılabilme Güçlüğüünün CBS Tabanında Belirlenmesi” başlıklı yüksek lisans tez çalışmasında, Keçiören-Tandoğan metro güzergahının Tandoğan - Mecidiye kesiminde geçilecek değişik litolojik birimler içinde yer basınç dengeli tünel açma makinesinin (TBM-EPB) performansını belirlemek amacıyla, güzergah boyunca yapılan jeolojik etütler, sondajlar, yerinde ve laboratuvar deneyleri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve istatistik yöntemleri kullanılarak modellenmiştir. Çalışma kapsamında tünel güzergahı boyunca jeolojik, hidrojeolojik ve jeoteknik özellikleri belirlemek amacıyla çok sayıda yerinde ve laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Tünel kazma çalışmaları sırasında hidrojeolojik koşulların da TBM performansı üzerinde önemli etkileri olduğu saptanmış bu nedenle tünel boyunca kazılabilme gücü olabilecek kesimlerin gösterileceği kesitler ve veri setleri hazırlanmıştır.

## 2.2. GPS Üzerine Yapılan Önceki Çalışmalar

GPS'in madencilik faaliyetlerinde kullanımı ve uygulamalarına yönelik birçok yazılı kaynak mevcut olup yapılan çalışmalar ağırlıklı olarak hareketli araçların takip edilmesi ve haritalama amaçlarında olmuştur. GPS'in 24 saat boyunca cm hassasiyetinde konum bilgisi verebilmesi ile madencilik endüstrisinde ciddi bir maliyet, zaman ve iş güvenliği kazancı sağlayabileceği de bu çalışmaların ortak sonucu olduğu söylenebilir. Araştırma konusuyla ve madencilikle ilişkili yapılan bazı çalışmalar şu şekilde sıralanabilir.

Zhao (1997) çalışmasında, GPS ve bilgisayarların, bilinmeyen bölgelerde araç sürücülerine sunabileceği harita bilgisinden söz etmiştir. Sayısal haritaların, kağıt üzerinde olan haritalara göre güvenilirliğinden ve avantajlarından söz etmiştir.

Gökalp (1999), çalışmasında, GPS'in, coğrafi bilgi sistemlerini oluşturmada veri toplama sürecini kısaltan, çok hızlı bir şekilde güvenilir veri toplayan bir araç olarak yerini aldığı sonucuna varmıştır. Yapılan uygulamalara göre; değişik GPS

ölçme teknikleri sayesinde CBS' nin ihtiyaç duyduğu farklı hassasiyette veriler hızlı bir şekilde elde edilebilmektedir. Bu özellik arazide toplanan verinin herhangi bir kayıp olmaksızın kullanılabilmesine, işlenmek ve değerlendirilmek üzere bir bilgisayar ortamına transfer edilebilmesine imkan sağlamaktadır. Ayrıca GPS/CBS veri toplama sistemleri sayesinde belli bir formatta toplanan konumsal veriler ve öznitelik verileri doğrudan bir CBS yazılımı tarafından kullanılabilir. Bu sayede veri toplama hızı artmakta veri girişi sırasında yapılması muhtemel hatalar minimuma inmekte ve CBS için gerekli olan konumsal veriler ve öznitelik verileri en hızlı, en doğru ve en ekonomik bir şekilde elde edilebilmektedir.

Tunay (1999) çalışmasında, GPS' in ormanlık alanda çalışma performansını ve orman kadastro çalışmalarında kullanımının mümkün olup olmadığının araştırmasını yapmıştır. Ayrıca GPS' in diğer klasik yöntemlere göre hız, ekonomiklik ve duyarlılık bakımından ormancılık çalışmalarına neler kazandırabileceği konuları irdelemiştir. Yapılan araştırma sonucunda, GPS ile konumsal veri kazanımı çalışmalarının büyük bir hız kazanacağı, orman ya da kent bilgi sistemine yüksek duyarlılıkta veri kazanılacağı, daha az personel ile verimli ve ekonomik çalışmaya imkan sağlanacağı ortaya çıkmıştır.

Hada (2000), WEB üzerinden konumlama üzerinde çalışmalar yapmıştır. Buna göre araç sürücülerinin, araç içinde bulunabilecek bir sistem ile harita üzerinde trafik durumu ve hava şartları gibi sürekli değişen parametreleri gözlemlemesi ve gideceği yolu bu parametrelere göre seçebileceği değerlendirilmiştir. Bunun yanında kablosuz iletişim teknolojisi sayesinde sürücülerin internet üzerinden araçlarını kullanabileceği ileri sürülmüştür.

Nieto ve Dağdelen (2003), ocak içi güvenliğinin artırılmasına yönelik yaptığı çalışmalarda kamyonların dökme yerine ve birbirlerine yaklaşımlarını ele alarak gerçek zamanlı bir yakınlık uyarı sistemi ve GPS bazlı üç boyutlu haritalama sistemi geliştirmişlerdir.

Kim ve ark. (2003) yaptıkları çalışmalarda GPS ile elde ettikleri veriler ışığında açık ocaklardaki deformasyonları izlemişlerdir.

Verma ve ark. (2004) yaptıkları çalışmalarda açık işletmelerdeki madencilik hareketlerini GPS bazlı izleme sistemi geliştirerek ocak içindeki iş makinesi

hareketleri ile üretim miktarlarını takip eden, iz kaydı ve çizimi yapan bir yazılım geliştirmişlerdir (www.gisdevelopment.net).

Andrew ve ark. (2003) GPS'in açık işletmelerde maliyetlerin azaltılmasındaki faydalarını araştırmışlardır.

Kahraman (2004) çalışmasında, DGPS sisteminin temelini oluşturan GPS metodu ile konum ve zaman ölçme yönteminin nasıl gerçekleştirildiği, GPS ölçümünde yapılan hatanın kaynaklarını vermiş, bu hata kaynaklarını yok etmenin yöntemlerinden olan DGPS metodunu tanıtmıştır. Ayrıca internet üzerinden eş zamanlı DGPS fark verilerinden yararlanarak istenilen seviyede hassas konum bilgileri elde edilebilmiş, bir hassas konum gösterim sistemi uygulaması yapmıştır. Çalışma sonucunda; GPRS hizmeti genişleyen ülkemizde hareketli kullanıcıların bu tekniği kullanarak hassas konum elde edebilecekleri gösterilmiştir.

Mallı (2007), “Küresel Konumlama Sisteminin (GPS) Açık işletme Madencilğinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması” konu başlıklı yüksek lisans tez çalışmasında; açık maden işletmelerinde kullanılan temel makine ve ekipmanların sergileyebilecekleri en iyi performansta çalıştırılmalarını sağlamak için GPS tabanlı madencilik sisteminin uygulama olanaklarının araştırılmasını hedeflemiş, dünyadaki çeşitli uygulamalara örnekler vererek, yapmış olduğu uygulamalardan; kamyon nakliye sisteminin, GPS tabanlı kamyon atama sistemleriyle desteklenerek daha efektif kullanılabilmesi, böylelikle efektif ekskavatör ve kamyon kullanımları artırılarak işletme kapasitesinin artırılıp birim üretim maliyetlerinin düşürülebileceği sonucuna varmıştır.

Çivril (2006) araçların bilgisayar ekranı üzerinden izlenebilmesi için Microsoft Visual C# .NET ortamında bir yazılım geliştirmiştir. Bu yazılım, MapInfo mif ve gst formatlarında hazırlanmış sayısal haritaların görüntülenebilmesini ve araçların bu haritalar üzerinde izlenebilmesini sağlamaktadır.

### **2.3. Afşin-Elbistan Linyit Havzası Üzerinde Yapılan Önceki Çalışmalar**

Kışlaköy Açık İşletmesi ve yakın çevresinde yapılan ilk çalışmalar kömür etüdü ve rezervi üzerine olmuştur. Sonraki yıllarda kömür sahasının fizibilitesi,



jeofizik ve jeoteknik çalışmaları yapılmıştır. Yapılmış çalışmalar kronolojik sırayla aşağıda verilmiştir.

Önen (1936) tarafından bölgedeki ilk çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Sivas, Malatya, Kahramanmaraş ve Gaziantep illeri civarındaki linyit yataklarını incelemiş ve Kahramanmaraş ili çevresinde dört ayrı yerde kömür oluşumunun bulunduğunu, ancak bunların ekonomik değere sahip olmadıklarını belirtmiştir.

Otto-Gold (1969), Müşavir-Mühendislik firması olarak Alman teknik yardımı çerçevesinde Afşin-Elbistan linyitlerinin varlığına ve daha sonra da fizibilitesine yönelik ayrıntılı çalışmalar yapmıştır. Bu amaçla 1966-1969 yılları arasında linyitlerin aranması, oluşumu, yayılımı, rezervi ve özelliklerine yönelik arazi, sondaj, analiz ve benzeri çalışmalarla Afşin-Elbistan linyitlerinin fizibilite etütlerini gerçekleştirmiştir.

Rheinbraun Consulting (1976) tarafından hazırlanan Kışlaköy Açık İşletmesi üretim planlaması ve rezerv hesaplaması raporunda, Kışlaköy sahasında  $1.576 \times 10^6$  m<sup>3</sup> örtü + ara kesme ve  $577,9 \times 10^6$  ton linyit olduğunu belirtmektedir.

Özbek ve Güçlüer (1977), Maraş-Elbistan Çöllolar linyit sektöründe yaptıkları hidrojeolojik çalışmalar sonucunda, temel formasyonlardan kireçtaşlarının akifer özellik taşıdığını saptamış ve faylanmalar ile bu seviyelerden kömür işletme sahasına etkili miktarda su gelişi olacağını belirtmişlerdir.

Aydoğan (1978), Elbistan-Çöllolar sektöründe daha önce varlığı saptanan linyit yatağının fizibilite çalışmalarında 245 adet sondajın yapıldığını ve bu sondaj verilerine göre kömür kalınlığının doğudan batıya ve kuzeybatıya gidildikçe azaldığını belirtmiştir.

Gürsoy ve ark. (1981), Çöllolar, Hurman ve Sinekli köyleri arasında kalan sahanın kömür rezervine yönelik yapmış olduğu çalışmada 466 milyon ton linyit rezervi tespit etmişlerdir. Linyit damarlarından alınan numunelerden, linyitin yaşı Pliyosen olarak, gıdya birimi içinde bulunan Ostrocod'lara göre bu çökeller için Pliyo-Pliyostesen yaşını vermişlerdir.

Perinçek ve Kozlu (1984), Afşin, Elbistan, Doğanşehir arasında kalan alandaki birimlerin stratigrafisi ve bunların birbirleriyle ilişkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, sondaj verilerine göre Kızıldağ ve Afşin arasında kalan alanda kalın

kömür damarlarının bulunduğunu belirtmişlerdir.

Koçak ve ark. (1985), Kışlaköy Açık İşletmesi'nde batı şevlerine yönelik yaptıkları stabilite çalışmaları sonucunda güvenli çalışılabilecek şev açıları önermişlerdir.

Yörükoğlu (1991), Kışlaköy Açık işletmesinin jeolojisi-hidrojeolojisi, planlama kriterleri, kömür üretim miktarı ile kullanılan makine ve ekipmanları konusunda bir çalışma yapmıştır.

Gökmen ve ark. (1993) tarafından Afşin-Elbistan linyit havzası ile ilgili bilgiler derlenmiştir. Derlemeye göre; Neojen öncesi yaşlı kayaçların, linyit içeren birimlerin temelini oluşturduğunu, Neojen yaşlı çökellerin limnik fasiyeste geliştiğini bildirmişlerdir.

Kılıç (1996) tarafından Kışlaköy sahasında stabilite analizleri yapılmıştır. Sahadaki şevlerin stabilitesi için en önemli tabakanın, içsel sürtünme açısı ve kohezyonu en düşük linyitin hemen altındaki kil tabakasının olduğu, bu tabakanın su ile birleştiğinde çok kritik bir hal aldığı vurgulanmıştır. Ayrıca kömür tabakası üstündeki birkaç metrelik kaliç olarak adlandırılan tatlı su kalkerlerinin döner kepçeli ekskavatörlerin çalışma performansını olumsuz etkilediği belirtilmiştir. Sahanın yeraltı ve yerüstü suyu bakımından zengin olduğu ve stabiliteyi olumsuz etkileyecek birkaç akiferin (Kuvaterner, Gıdya, Karstik Kireçtası, Kızıldağ Akiferleri) bulunduğu, bu akiflerin bulunduğu basamakların mutlak suretle drenaj kuyuları vasıtasıyla yeraltı suyunun drenajının sağlanması gerektiği ifade edilmiştir.

Dağ (1997) tarafından Çöllolar sektörü üzerinde yapılmış 305 adet sondaj verisi jeostatistiksel yöntemler ile değerlendirilerek sektörün blok modeli oluşturulmuş, bilgisayar destekli üretim planlaması için bir yazılım geliştirilerek, açık işletmenin nihai sınırları tespit edilmiş ve üretim planlaması yapılmıştır.

Ural (1999) tarafından Afşin-Elbistan (A) Termik Santrali'nin performansının düşük olmasının nedenleri araştırılmış ve bu nedenlerin birisi de yakıt olarak kullanılan linyitlerin kalitesini belirleyen sınırlayıcı parametrelerin yetersizliği olarak belirlenmiştir. Satılabilir kömürün kalitesini belirleyen en önemli iki sınırlayıcı parametre Afşin-Elbistan linyitlerinin dayanım özellikleri ve ısı değeri ile kül oranı arasındaki orantıdır. Linyitlerin dayanımlarını belirleyebilmek için düzeltilmiş darbe

dayanım deneyi adı verilen bir yöntem geliştirilmiştir. Afşin- Elbistan linyitlerinin darbe dayanım değerleri % 9.8 ile % 56 arasında değişmektedir. Satılabilir linyitlerin ortalama darbe dayanım değeri % 45 ve varyansı da % 4 olmalıdır. Bu nedenle farklı özelliklere sahip linyitlerin harmanlanması gerektiği tespit edilmiştir.

Ergüder ve ark. (2000), Kışlaköy Açık İşletmesi doğu nihai şevlerinde jeofizik etüdü kapsamında bu yöredeki fayların doğrultu ve eğimlerinin tespitine yönelik çalışmalar yapmışlardır. Mevcut fayların ocak işletme yönünde devam ettiğini saptamışlardır.

Koçak (2000), Elbistan Linyit Havzasındaki Hurman Çayı'nın batısında yer alan C ve E sektörlerini güncel veriler ile yeniden değerlendirmiş, iki sektörde 796 milyon ton işletilebilir linyit rezervinin bulunduğunu ve havzanın batısında sondaj yapılması durumunda rezervin artabileceğini belirtmişlerdir.

Kılıç ve Onur (2001) tarafından Afşin-Elbistan Linyitleri Kışlaköy açık işletmesinin iç döküm sahası ile ilgili dinamik duraylılık analizleri, bölgenin deprem önemi de dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen dinamik duraylılık hesaplama programları ile, üç değişik su durumu ve deprem etkisi göz önüne alınarak "Bishop, Carter, Sarma" yöntemleri kullanılarak analizler yapılmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda döküm sahası sevinde bütün olasılıklar ve deprem katsayısının hesaba katılması durumunda bile herhangi bir kayma tehlikesinin olmadığı tespit edilmiştir.

Koçak ve ark. (2001), bölgenin linyit rezervine yönelik yaptıkları çalışmalarda, havzada görünür rezervin 4.3 milyar ton, ekonomik işletilebilir linyit rezervinin ise 3,8 milyar ton olduğunu belirlemiştir.

Ural ve Yüksel (2004), Kışlaköy Açık İşletmesinde duraylılık konusunda yaptıkları araştırmalarda, stabiliteyi etkileyen faktörlerin; yeraltı suyu seviyesinin yüksek olması, gıdya biriminin zayıf zon olması, linyit altındaki kilin potansiyel kaymaya neden olabileceğini ve çalışma alanında yer alan birimlerin makaslama dayanımı değerlerinin, artık makaslama dayanımı değerleri ile temsil edildiğini belirtmişlerdir.

### 3. MATERYAL ve METOD

#### 3.1. Materyal

Çalışmaların sağlıklı yürütülebilmesi ve gerçekçi sonuçların üretilebilmesi mevcut veri tabanının yeterli ve güvenilir olmasına bağlıdır. Yeterli ve doğru veriye sahip olduğunda CBS son derece etkili olacaktır. Bu kapsamda projeye ait coğrafi ve coğrafi olmayan öznitelik verileri çeşitli kuruluşların mevcut veri tabanlarından sağlanmış ve analiz edilmeden önce gerekli düzeltmeler ve eklemeler yapılarak sisteme dahil edilmişlerdir. Havzada yapılan sondaj verileri, topografik ve kartografik haritalar, güncel ve geçmişteki arazi kullanım durumu, araştırmanın temel materyallerini oluşturmaktadır. Çalışmanın yürütülmesi sırasında kullanılan temel kartografik veri, donanım ve yazılımlar aşağıda verildiği gibidir.

- 1/25.000 ölçekli L38-A1;A4, L37-B2;B3 pafta numaralı topografik haritalar
- Kışlaköy ve Çöllolar açık linyit ocaklarının Nisan 2009'a ait imalat haritaları
- Kışlaköy açık linyit ocağının vaziyet planı
- Afşin-Elbistan Linyit Havzası tesis yerleşim planı
- İ23 ve İ24 pafta numaralı 1/100.000 ölçekli jeoloji haritaları (MTA, 1994)
- MTA tarafından havza genelinde yapılmış 738 adet elmaslı sondaj verileri (6°'lik koordinatlara dönüşüm yapılmıştır)
- Park Teknik A.Ş. tarafından Çöllolar sektörü üzerinde yapılmış 36 adet elmaslı sondaj verisi
- Visual Basic 6.0, Map Basic, MapInfo 9.0, Vertical Mapper, NatCAD for GIS 5.0, Datamine, Surfer 9.0 ve Office XP yazılımları
- 1 adet Garmin GPS - III Plus GPS alıcısı
- Yazıcı, Tarayıcı ve WinXP işletim sistemli dizüstü bilgisayar

#### 3.2. Metod

Coğrafi Bilgi Sistemleri ve GPS teknolojisinin Afşin-Elbistan Linyit Havzasındaki madencilik faaliyetlerinde kullanım olanaklarının araştırılmasına

yönelik olarak, öncelikle harita materyalleri CBS tekniklerinden faydalanılarak sayısal haritalara dönüştürülmüş, daha sonra sondaj verileri ile jeostatistik yöntemler kullanılarak linyit yatağı modellenmiştir.

Elde edilen tablosal ve grafiksel veri tabanları CBS çatısı altında birleştirilerek konuma bağlı analizleri gerçekleştirme olanağına sahip “Üretim Takip ve Planlama Bilgi Sistemi” yazılımı geliştirilmiş ve bir adet Garmin GPS III Plus marka GPS alıcısı RS-232 seri port üzerinden dizüstü bilgisayara bağlanarak Döner Kepçeli Ekskavatör üzerine yerleştirilerek GPS alıcısının belirlediği kazı koordinatları NMEA protokolü kullanılarak bilgisayara aktarılmıştır. Ekskavatörün kazısıyla eş zamanlı olarak alınan WGS-84 koordinat sistemindeki koordinatlar ED-50 Datumunda UTM 6<sup>0</sup> koordinat sistemine dönüştürülmüş ve nokta/blok/kalite sorgulamaları gerçekleştirilmiştir. Ayrıca analiz bulguları ile imalat haritalarının hazırlanmasına ve rezerv-kalite dağılımlarının tespitine olanak sağlanmıştır.

Çalışmada kullanılan metodolojik yaklaşım Şekil 3.1.’de özetlenmiş, araştırmada kullanılan yöntemler ise;

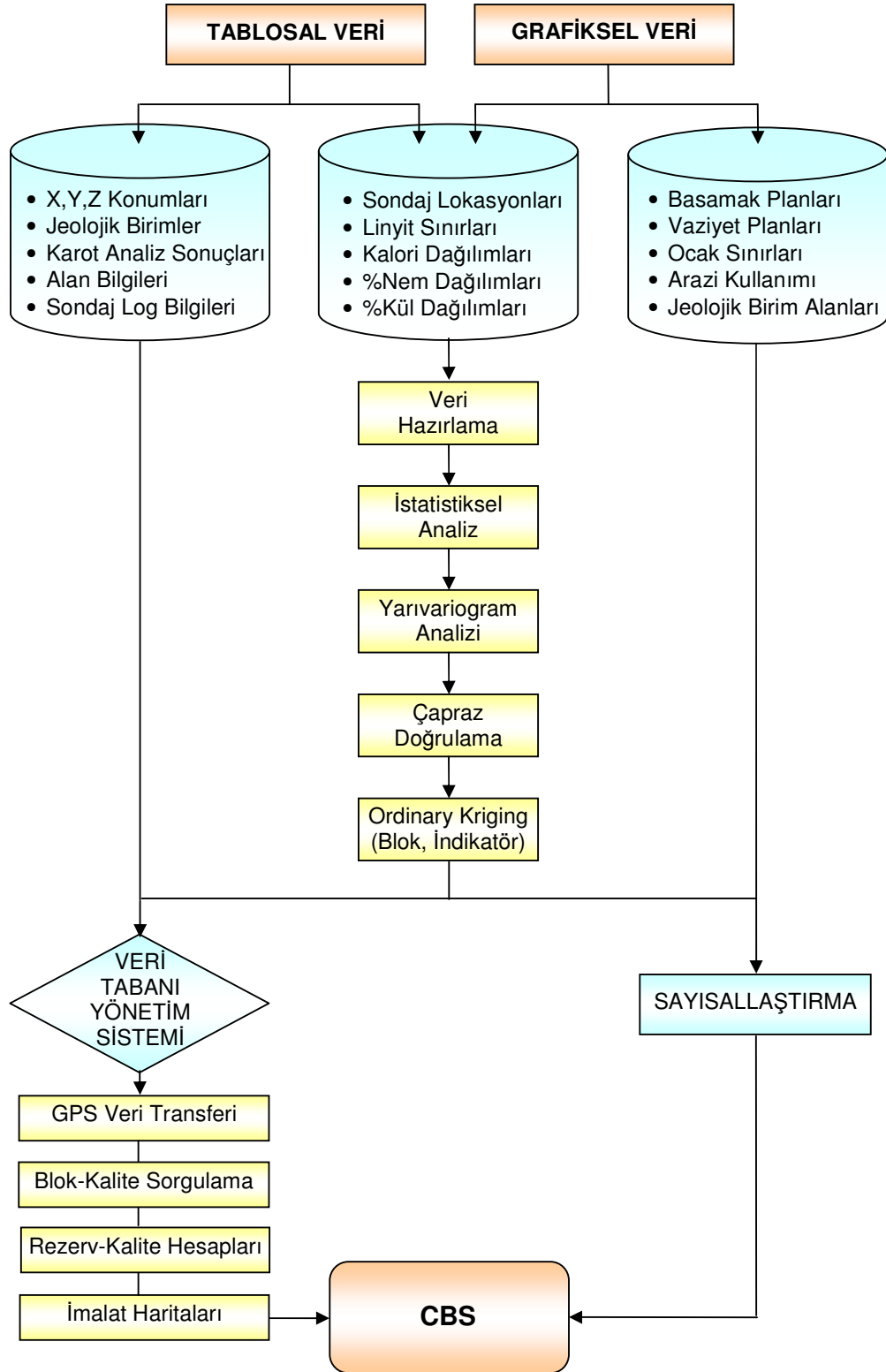
- Coğrafi Bilgi Sistemleri,
- Linyit Yatağının Modellenmesi,
- Küresel Konumlama Sistemi (GPS),
- Datum, Koordinat Sistemleri ve Harita Projeksiyonları,

başlıklarında toplanarak detayları ile verilmeye çalışılmıştır.

### 3.2.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Linyit üretimiyle eş zamanlı kalite verilerinin takibinin, üretimde kullanılan iş makinelerinin konumları üzerinden sağlanacak olması, iş makinelerinin sayısal haritalar üzerinden izlenmesini gerektirmektedir. Dolayısıyla bu haritaların hazırlanması ve görüntülenmesi sistemin önemli bir parçasıdır.

Sayısal haritalar, kağıt haritaların elektronik aygıtlar (digitizerler, tarayıcılar) yardımıyla sayısal forma dönüştürülerek, CBS çatısı altında koordinat dönüşümleri ile üretilmektedirler.



Şekil 3.1. Çalışmanın metodolojik genel akım şeması

CBS, bazı araştırmacılara göre konumsal bilgi sistemlerin tümünü içeren ve coğrafi bilgiyi irdeleyen bir bilimsel kavram, bazılarına göre; konumsal bilgileri dijital yapıya kavuştıran bilgisayar tabanlı bir araç, bazılarına göre de; organizasyona yardımcı olan bir veri tabanı yönetim sistemi olarak nitelendirilmektedir.

CBS ile ilgili farklı disiplinlerce geliştirilen pek çok tanım (Chrisman, 2002) olmakla birlikte, genel olarak; CBS yeryüzüne ait bilgilerin toplanması, depolanması, analiz edilmesi ve yayınlanması için yazılım, donanım, veri, insanlar, organizasyonlar ve kurumsal düzenlemelerden oluşan bir sistemdir (Dueker ve Kjerne, 1989).

Tanımlar ve yorumlamalar ne olursa olsun, CBS'nin coğrafya ile ilişkilendirilebilen bilgiler ve bu bilgileri işlemeye yarayan bir sistem olduğu ortaya çıkmaktadır. CBS günümüzde değişik yerlerde değişik amaçlar için uygulanmakta olup, uygulandığı yerlere göre de değişik Şekillerde isimlendirilmiştir. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir (Yomralıoğlu, 2000).

- Arazi Bilgi Sistemi
- Arazi Veri Sistemi
- Coğrafik Referanslı Bilgi Sistemi
- Çok Amaçlı Kadastro
- Doğal Kaynak Yönetimi Bilgi Sistemi
- Kadastral Bilgi Sistemi
- Kent Bilgi Sistemi
- Toprak Bilgi Sistemi

### 3.2.1.1. CBS Bileşenleri

CBS'nin beş temel bileşeni vardır. Bunlar;

a. Donanım (hardware): CBS'nin işlemesini mümkün kılan bilgisayar ve buna bağlı yan ürünlerin bütünü donanım olarak adlandırılır. Bütün sistem içerisinde en önemli araç olarak gözüken bilgisayar yanında yan donanımlara da ihtiyaç vardır. Örneğin, yazıcı (printer), çizici (plotter), tarayıcı (scanner), sayısallaştırıcı (digitizer),

veri kayıt üniteleri (data collector) gibi cihazlar bilgi teknolojisi araçları olarak CBS için önemli sayılabilecek donanımlardır. Bugün birçok CBS yazılımı farklı donanımlar üzerinde çalışmaktadır. Merkezileştirilmiş bilgisayar sistemlerinden masaüstü bilgisayarlara, kişisel bilgisayarlardan ağ (network) donanımlı bilgisayar sistemlerine kadar çok değişik donanımlar mevcuttur (Davis, 2001).

b. Yazılım (software): diğer bir deyişle bilgisayarda koşabilen program, coğrafi bilgileri depolamak, analiz etmek ve görüntülemek gibi ihtiyaç ve fonksiyonları kullanıcıya sağlamak üzere, yüksek düzeyli programlama dilleriyle gerçekleştirilen algoritmalarıdır. Yazılımların pek çoğunun ticari amaçlı firmalarca geliştirilip üretilmesi yanında, üniversite ve benzeri araştırma kurumlarınca eğitim ve araştırmaya yönelik geliştirilmiş yazılımlarda mevcuttur. Dünyadaki CBS pazarının önemli bir kısmı yazılım geliştiren firmaların elindedir. Bu bakımdan günümüzde CBS bu tür yazılımlarla neredeyse özdeşleşmiş durumdadır. En popüler CBS yazılımları olarak Arc/Info, Intergraph, MapInfo, ArcGIS, SmallWorld, Genesis, Idrisi, Grass vb. verilebilir (Taştan ve Maraş, 2000). CBS'ye yönelik bir yazılımda olması gereken temel unsurlardan bazıları şunlardır;

- Coğrafi veri/bilgi girişi ve işleme için gerekli araçları bulundurması,
- Bir veri tabanı yönetim sistemine sahip olmak,
- Konumsal sorgulama, analiz ve görüntülemeyi desteklemeli,
- Ek donanımlar ile olan bağlantılar için ara-yüz desteği olmalıdır.

c. Veri (data): CBS'nin en önemli bileşenlerinde biri de "veri"dir. Grafik yapıdaki coğrafi veriler ile tanımlayıcı nitelikteki öznitelik veya tablo verileri gerekli kaynaklardan toplanabileceği gibi, piyasada bulunan hazır haldeki veriler de satın alınabilir. CBS konumsal veriyi diğer veri kaynaklarıyla birleştirebilir. Böylece birçok kurum ve kuruluşa ait veriler organize edilerek konumsal veriler bütünleştirilmektedir. Veri, uzmanlarca CBS için temel öge olarak kabul edilirken, aynı zamanda elde edilmesi zor bileşendir. Veri kaynaklarının dağınıklığı, çokluğu ve farklı yapılarda olmaları, bu verilerin toplanması için büyük zaman ve maliyet gerektirmektedir. Nitekim CBS'ye yönelik kurulması tasarlanan bir sistem için harcanacak zaman ve maliyetin yaklaşık %50 den fazlası veri toplamak için gerekmektedir (Maguire ve ark., 1993).



d. İnsanlar (people): CBS teknolojisi insanlar olmadan sınırlı bir yapıda olacaktır. Çünkü insanlar gerçek dünyadaki problemleri uygulamak üzere gerekli sistemleri yönetir ve gelişme planları hazırlar. CBS kullanıcıları, sistemleri tasarlayan ve koruyan uzman teknisyenlerden günlük işlerindeki performanslarını artırmak için bu sistemleri kullanan kişilerden oluşan geniş bir kitledir. Dolayısıyla CBS’de insanların istekleri ve yine insanların bu istekleri karşılamaları gibi bir süreç yaşanır. CBS’nin gelişmesi, kullanıcıların konuma bağlı her türlü analiz için CBS’yi kullanabilme yeteneklerini artırmalarına ve değişik disiplinlere yine CBS’nin avantajlarını tanıtmalarıyla mümkün olabilecektir (Güzel, 1997).

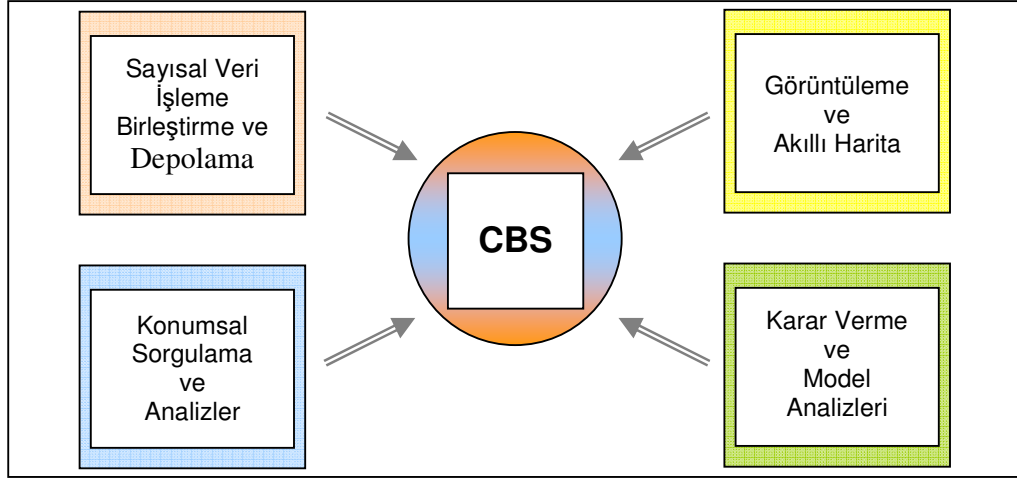
e. Yöntemler: Başarılı bir CBS, çok iyi tasarlanmış plan ve iş kurallarına göre işler. Bu tür işlevler her kuruma özgü farklı model ve uygulamalar şeklinde gelişir. CBS ile kurumlar ve birimler arasındaki konumsal bilgi akışının verimli bir şekilde sağlanabilmesi için, bu verilerin kullanıcı talebine göre üretilmesi ve mutlaka belli standartlar çerçevesinde sunulması gerekir. Genellikle standartların tespiti şeklinde olan bu tür uygulamalar bir bakıma kurumun yapısal organizasyonu ile doğrudan ilgilidir. Bu amaçla yasal düzenlemelere gidilerek gerekli yönetmelikler hazırlanmalı ve ilkeler tespit edilmelidir (Maguire ve ark.1993).

### **3.2.1.2. CBS’nin İşlevleri**

CBS, coğrafi verileri bilgiye dönüştüren ve bilgisayar ile desteklenebilen bir bilgi sistemidir, bu açıdan diğer sistemlerden daha fazla işlevleri olması doğaldır. CBS’nin işlevleri Şekil 3.2’de dört ana grup altında gösterilmekte, alt başlıklarda ise kısaca açıklanmaktadır.

#### **3.2.1.2.(1). Sayısal Veri İşleme, Birleştirme ve Depolama**

Bilgi sistemlerinin gerçekleştirilmesinde en zor adım hiç şüphesiz verilerin bulunması, toplanması, yapılandırılarak işlenmesi ve bunların sürekli güncel halde tutulmasıdır. Günümüzde bilgisayarlar ile desteklenmiş olan CBS’ler veri toplamada değişik sistemlerden yararlanabilmekte ve bunları bir arada tutabilmektedir.



Şekil 3.2. CBS'nin İşlevleri (Çivril, 2006)

Bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımları ile veri toplanabileceği gibi, CBS yazılımları ile hava fotoğrafları, uydu görüntüleri ve kartografik haritalar üzerinden veri üretilebilmektedir. Her bir sistemden değişik yapıda veya formatta toplanan veriler CBS içerisinde mevcut yazılımların dönüşüm işlevleriyle ortak bir yapıya çevrilebilmektedir. Günümüzde kullanılan birçok CBS yazılımı, bir birlerinin veri formatlarını desteklemektedir. Böylece CBS, toplanan verilerin sürekli güncellenmesini de sağlayabilmektedir. Diğer taraftan, bilgisayar teknolojisine bağlı olarak, çok geniş alanlar ile ilgili, büyük yer tutan veriler çok küçük alanlarda rahatlıkla depolanabilmektedir. Mesela, Microsoft tarafından geliştirilen Dünya Atlası verileri bir CD-ROM üzerinde yer almakta veya 1/25.000 ölçekli topografik haritalarından toplanan eş yükselti eğrileri el belleğine sığabilmektedir.

### 3.2.1.2.(2). Görüntüleme ve Akıllı Harita veya Bilgisayar Destekli Haritacılık

CBS yazılımları, eskiden kağıt harita üzerinde veya veri kümesi üzerinden yapılacak değişik hesaplamaları, listelemeleri, veri çekim işlemlerini bilgisayar teknolojisi yardımıyla en aza indirmiş, verilerin liste şeklinde veya çizimsel olarak süratle görüntülenebilmesine imkan veren, üzerinde sorgulama yapılabilen, şekli ve yapısı istenildiği gibi değiştirilebilen dinamik harita tasarımını da mümkün hale getirmiştir.

### 3.2.1.2.(3). Konumsal Sorgulama ve Analizler

CBS yardımıyla artık konumsal bilgiler ile konumsal olmayan bilgiler rahatlıkla birleştirilerek ilişkilendirilebilmekte ve dolayısıyla değişik sorgulamalar yapılabilmektedir. Sorgulamaların sağladığı yarar ise, bu bilgilerden yararlanarak değişik analizlerin yapılarak, coğrafya ile ilgili sorunların çözümlerinde kullanılabilmesi olmuştur (Audet ve Ludwig, 2000).

### 3.2.1.2.(4). Karar Verme ve Model Analizleri

Konumsal sorgulama ve analizlerin daha karmaşık hali karar verme ve model analizleridir. Toplanan verilerden ileriye dönük analizlerin yapılması, verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi karar verme analizlerini oluşturur. Gerçek dünyada olan olayların, toplanan verilerle modellenmesi veya simülasyonu ise model analizlerini oluşturmaktadır. Yangın anında rüzgarın belli bir yönden esmesi durumunda yangının yayılma alanını tahmin etmek bu türden bir analize örnek olarak verilebilir (Yomralıoğlu, 2000).

### 3.2.1.3. Coğrafi Bilgi Sisteminin Kullanım Alanları

CBS'nin kullanımı tarihsel süreci içerisinde gelişmiş ve geniş kitleler tarafından kullanılır olmuştur. İlk olarak Kanada'da arazi envanterinin oluşturulması için kullanılan bu sistemin günümüzde 1000 den fazla alanda kullanılabilirliği ortaya konulmuştur (Taştan ve Maraş, 2000). Bu kullanım alanları kısaca aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir;

a. Bilgi Sistemleri: Şehir Bilgi Sistemleri, Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi, Arazi Bilgi Sistemi,

b. Envanter Çalışmaları: Orman sahalarının envanteri, maden sahalarının envanteri, tarım sahalarının envanteri, hayvancılık envanteri, su/petrol kuyuları envanteri, meslek kuruluşları envanteri,

c. Hizmet Ağları: Su, kanalizasyon, elektrik, havagazı vb. alt yapı ağlarının

yönetimi ve simülasyonu, toplu ulaşım hizmetleri, haberleşme ağı hizmetleri, ulaşım planlama, güzergah rehberliği, trafik yönetimi, karayolu bilgi sistemi, enerji nakil hatları yönetimi,

d. Mühendislik Hizmetleri: Yol ağı planlaması, sulama ağı planlaması ve drenaj çalışması, arazi tapulaştırması, hacim, tesviye ve drenaj hesapları, doğal kaynaklar için rezerv hesapları, iletişim ağı analizi, baraj planlama çalışmaları,

e. Görüş Analizleri: İki nokta arasında kesit/profil çıkarma, görülebilirlik analizleri/diyagramları, üç boyutlu perspektif görüntüler, otomatik gölgeleme, eğim ve bakı haritaları gibi özel haritaların üretimi,

f. Çevre Çalışmaları: Çevre koruma, acil hizmetler, zararlı atıkların kontrolü.

Yukarıda belirtilen kullanım alanlarına ilişkin çok değişik örnekler vermek mümkündür. Madencilik açısından CBS kullanılması bu konuda işletmelere sunulan hazır yazılımların kullanılmasıyla olmuştur. Mineral yataklarının ve bunlarda maden yatağı özelliğine sahip olanlarının, jeolojik kaya kütlelerinin ülke haritaları üzerine işlenmesi çok önceden beri uygulanan bir yöntemdir. Bütün ülkelerin genellikle jeolojik haritaları vardır. Bu haritaların bilgisayara aktarılması ve bunların daha detaylandırılarak küçük ölçekli haritalara dönüştürülmesini sağlamıştır. Maden sahalarının ruhsat dağılımı (işletme, arama gibi) haritalandırıldığı zaman bu ruhsatların ne zaman başladığı, ne zaman yenileneceği veya sona ereceği gibi konuların da haritalar üzerinde farklı renklerle gösterilmesi kullanıcılar için karar vermede kolaylıklar sağlamaktadır. Bu tür haritalarda ruhsatla ilgili özel detaylar da programa eklenince, öncelikle ruhsat işleriyle ilgilenen kuruluşlara büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Benzer şekilde yeraltındaki kaynaklara (maden cevheri, su, petrol, farklı gazlar, v.d.) ulaşmak için açılan sondaj kuyularına ait bilgilerin haritalar üzerine işlendiği düşünülürse, bu kaynaklar için nerede daha çok sondaj açıldığı ortaya çıkmaktadır. Bu amaçla örneğin ABD'de Arc/Info CBS programıyla yapılan bir çalışmada 1.5 milyondan fazla petrol ve gaz sondaj-kuyu yerleri ve bunlara ait bütün bilgiler (kuyu ruhsat sahibi, açıldığı tarih, derinliği, kuyu tipi ve kullanılan teknoloji, kaynak arama sonucu, v.d.) veri tabanı oluşturularak toplanmıştır. Bu kuyuların yerleri incelendiğinde bunların yoğunlaştığı bölgeler ve rezerv alanları daha iyi anlaşılabilir.

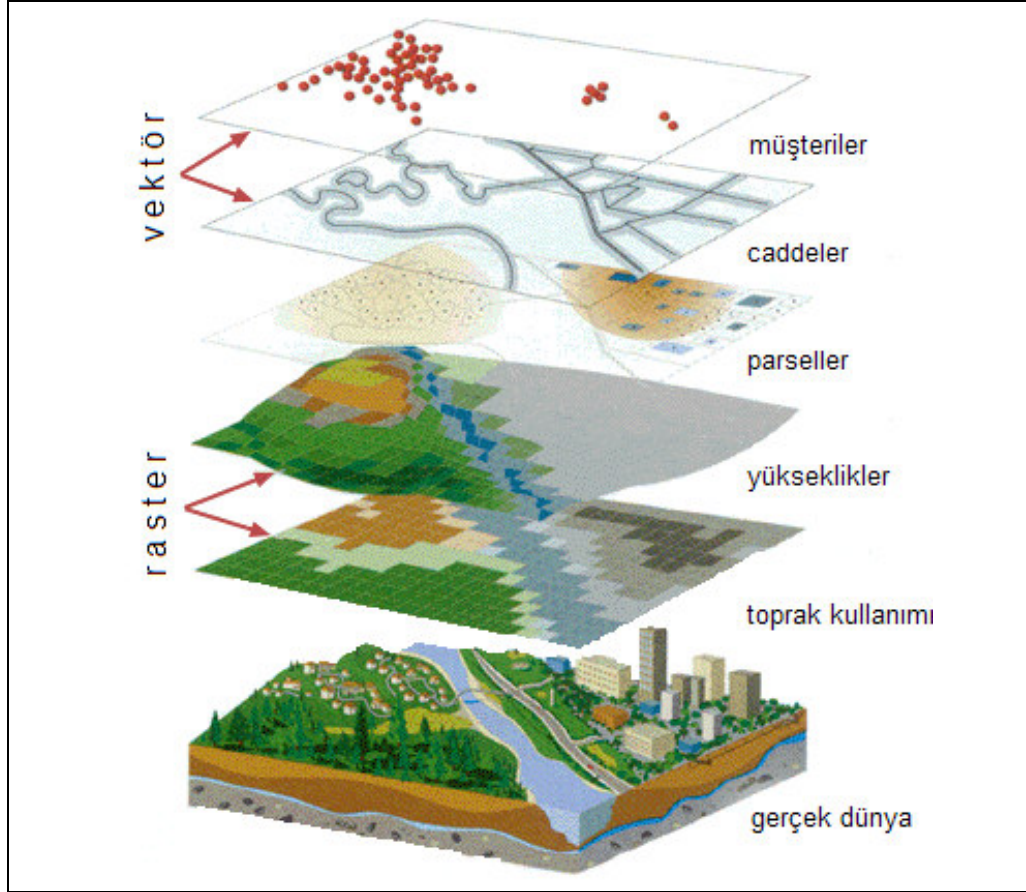
Dünya'nın en gelişmiş ülkesinde bu örnekler yaşanırken, Türkiye'de ise azımsanmayacak çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan, MTA tarafından yaptırılan jeolojik veri tabanı projesi kamu kurumu bazında yapılan güzel bir uygulamadır.

#### **3.2.1.4. Sayısal Haritalar**

CBS uygulamalarının ilk adımı olan sayısal haritalar en basit şekilde bilgisayar ortamına aktarılmış haritalar olarak tanımlanabilir. Sayısal haritanın temel niteliği, eleme, sınıflandırma, öteleme, işaret oluşturma, kavramsal birleştirme ve grafik abartma gibi uygulamaları içeren bir iletişim aracı olmasıdır. Kağıt üzerindeki haritaların sayısal ortama, yani bilgisayar ortamına aktarılma sürecine sayısallaştırma süreci denir. Bu bölümde sayısal haritalar ve sayısallaştırma sürecindeki bazı önemli noktalarına değinilecektir.

##### **3.2.1.4.(1). Harita Katmanları**

Sayısal haritalar katmanlar şeklinde organize edilir. Her katman verilerin belirli bir bölümünü ele alır. Örneğin bir katman nehirlerden, bir başka katman göllerden, bir diğeri anayollardan oluşur. Bu katmanlar belli bir sıra ile birbirleri üzerinde görüntülenerek tüm harita elde edilir. Görüntülenmesine gerek olmayan katmanlar çıkarılıp, istenildiğinde yeni katmanlar da eklenebilir. Şekil 3.3'de dört katmanlı bir sayısal harita örneği görülmektedir. Bu teknik, köklerini bilgisayarlardan önce, saydam haritaların birbirleri üzerine bindirilerek görüntülediği fotoğraflık yöntemlerden alır (Escobar ve ark., 2001).



Şekil 3.3. Harita katmanları

### 3.2.1.4.(2). Konum Bilgilerinin Modellenmesi

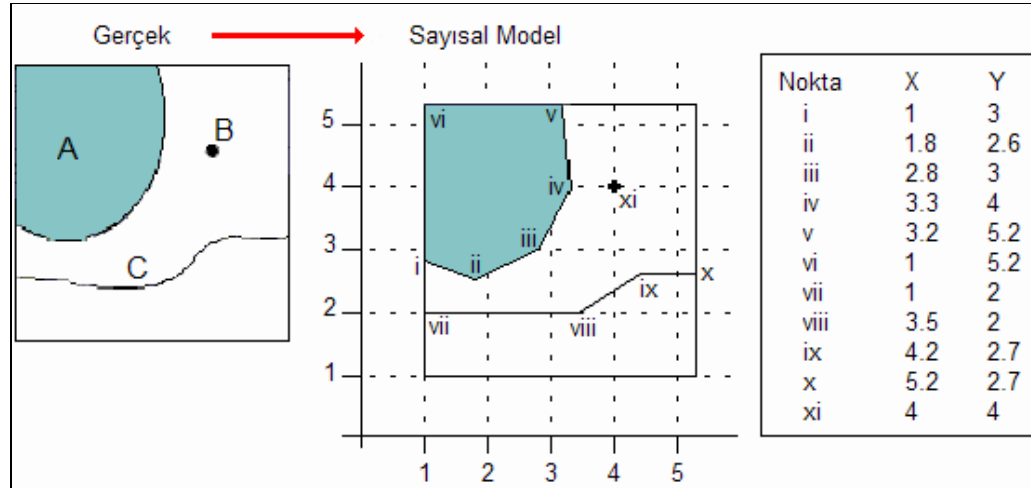
Konum bilgileri koordinatlar, yani belli bir referans sistemine göre yapılan sıralı ölçümler şeklinde gösterilir. Bu ölçümler bir elipsoit üzerindeki açılar (enlem, boylam) olabileceği gibi bir düzlem üzerinde seçilen eksnelere olan uzaklıklar da olabilir (Chrisman, 2002). Koordinatlar, her zaman bilgisayarda sayı çiftleri şeklinde modellenir (Chrisman, 1984). Bunun bazı olumsuz sonuçları vardır çünkü bilgisayarda bulunan sayı tipleri ile çözünürlük kısıtlanmaktadır. Örneğin, diyagonal çizgileri oluşturan tüm ara noktalar modellenemezler. Bunları bükmeden çizmenin bir yolu yoktur. Haritaların sayısal gösteriminde kullanılan iki model vardır; Vektör model ve Raster model .

**Vektör Model:** Bu model analitik geometriye dayanır. Nehirler, göller, caddeler, yollar, il sınırları, kent merkezleri gibi karmaşık coğrafik şekiller üç basit geometrik şekil kullanılarak oluşturulur: Nokta, çizgi ve poligon (Şekil 3.4).

**Nokta:** Tek bir X-Y koordinat çiftinden oluşan soyut bir şekildir. Çizgi veya alan olarak görüntülenemeyecek kadar küçük olan coğrafik şekiller için kullanılır. Haritanın ölçeğine bağlı olarak bu bir bina, bir köy ya da bir il merkezi olabilir.

**Çizgi:** Sıralı koordinat çiftlerinden oluşur. Alan olarak görüntülenemeyecek kadar ince olan coğrafik şekiller için kullanılır. Ölçeğe bağlı olarak, bir nehir, cadde veya yollar çizgilerle modellenebilir.

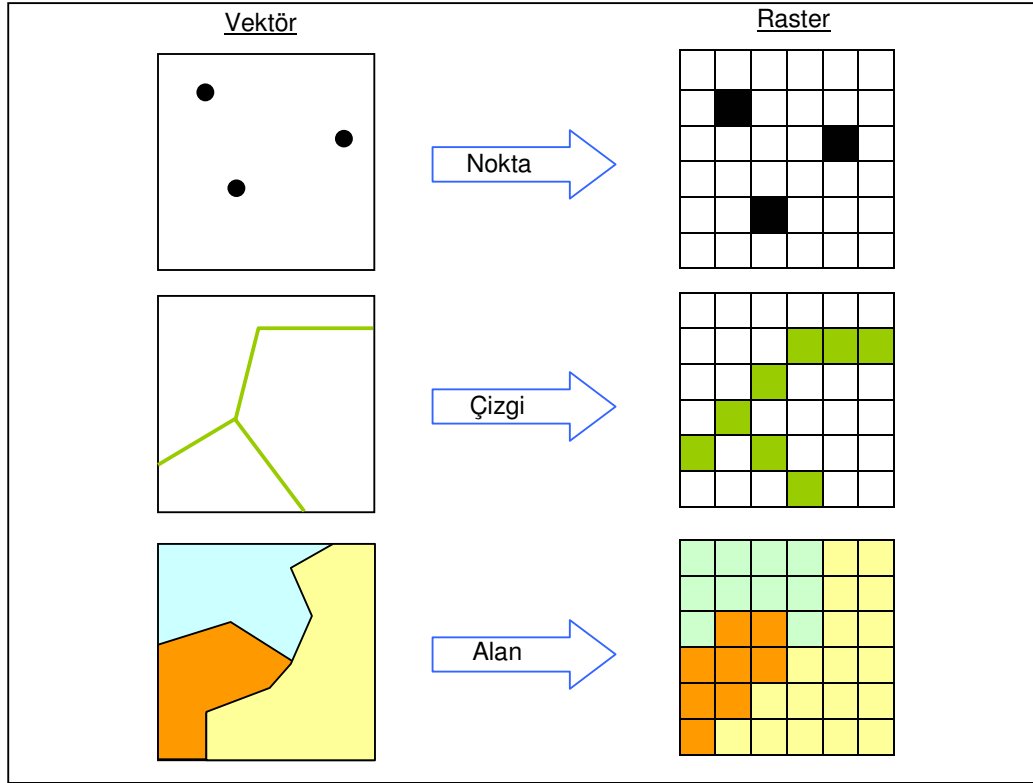
**Poligon:** Alanların gösteriminde kullanılan şekildir. Bir poligon, sınırlarını oluşturan çizgiler ve bu çizgilerin içinde kalan bir noktayla tanımlanır.



Şekil 3.4. Vektör model (Escobar ve ark., 2001).

Vektörel model coğrafik varlıkların kesin konumlarını tanımlamada son derece yararlı bir modeldir. Ancak, süreklilik özelliği gösteren coğrafik varlıkların, örneğin toprak yapısı, bitki örtüsü, jeolojik yapı ve yüzey özelliklerindeki değişimlerin ifadesinde daha az kullanışlı bir model olarak bilinir.

**Raster Model:** Bilgisayarın grafik donanımına oldukça yakınlık gösteren bu modelde görüntülenecek coğrafi alan, Şekil 3.5'de görüldüğü gibi, satır ve sütunlara bölünerek bir matris formu elde edilir. Bu hücrelere piksel denir ve ölçülen bir değer içerir. Konum bilgisi ise hücrenin matris içindeki sırasından anlaşılır.



Şekil 3.5. Vektör verilerin raster yapıda görünüşleri

Raster model bilgisayarda doğrudan diziler (array) ile gerçekleştirilir. Çözünürlüğe bağlı olarak matrisin hücre sayısı değişir. Yüksek çözünürlüklerde matris çok fazla hücreden oluşur ve bitişik hücrelerin çoğu aynı değeri içerir. Bu durumda bazı sıkıştırma teknikleri kullanılır. Bunlardan biri, özellikle aynı değeri içeren bitişik hücreler çoğunlukta ise önemli miktarda sıkıştırma olanağı veren, Run-Length Encoding adı verilen yöntemdir. Bu yöntemde, her hücre ayrı ayrı depolanmak yerine, hücrenin içerdiği değer ve satır boyunca bu aynı değere sahip hücrelerin sayısı gösterilir (Chrisman, 2002).

Hücresel ya da diğer bir deyişle raster veri modeli daha çok süreklilik özelliğine sahip coğrafik varlıkların ifadesinde kullanılmaktadır. Fotoğraf görüntüsü özelliğine sahip raster modeller, genellikle fotoğraf ya da haritaların taranması ile elde edilirler.

Vektör ve raster veri modellerinden biri genelde CBS uygulama biçimine göre tercih edilerek kullanılır. Ancak günümüzde her iki model aynı anda da



kullanılabilmektedir. Bu tür bir kullanım şekli CBS’de hybrid (melez) veri modeli olarak bilinmektedir.

### 3.2.1.4.(3). Sayısal Haritaların Hazırlanması ve Dikkat Edilecek Hususlar

Haritaların sayısallaştırma süreci eldeki haritaların, grafik olarak, bilgisayar ortamına girildiği bir süreçtir. Bu bölümde çoğunlukla kullanılan 1/25.000 ölçekli topografik haritalar ile üretim haritaları, jeolojik haritalar, yerleşim yerleri içerikli paftalarının birleştirilmesi ve sayısallaştırılması işlemleri örnek alınarak, sayısallaştırma sürecine ilişkin önemli başlıklara değinilmiştir.

Sayısallaştırma Öncesi İşlemler: İlk önce ölçekli paftalar incelenir ve sayısallaştırma sırasında karşılaşılabilecek sorunlar önceden kestirilmeye çalışılır. Böylece sürpriz gelişmelere hazırlıklı olunabilir. Ardından paftalara birer tanı numarası verilip, sayısallaştırıcılara (tarayıcı v.b) tutturularak sayısal ortama geçiş işlemi başlar. Bu aşamada hataların olmaması ya da en az boyutta olması için tedbir alınmalıdır. En önemli problemlerden biri eldeki paftalarla topografik haritaların çakıştırılmasıdır. En titiz çalışmalarda bile paftalar ve haritalar arasında 1cm'ye (genelde bu işlemler 1/25.000 ölçekli haritalar üzerinde yapıldığı için hata gerçekte 250 m olmaktadır.) varan hatalar olabilmektedir. Bu nedenle, öncelikle her bir pafta ışıklı tabla üzerindeki harita üzerine konularak; arazi yapısı, yol nehir kesişimleri ve şehir merkezleri göz önünde bulundurulurken, genelde birbirine çapraz 4-5 adet referans noktası UTM koordinatları cinsinden belirlenir. Ardından hazırlanan harita birden fazla paftadan oluşuyorsa paftalar titiz bir şekilde birleştirilip sayısallaştırıcı üzerine konur. Bu aşamada haritanın sayısallaştırıcı üzerinde düzgün ve gergin durmasına ve kenarlarından çalışma sırasında kaymaması için özel hazırlanan ipeksi bantlarla sayısallaştırıcıya tutturulmasına dikkat edilmelidir. İpeksi bantlar aynı zamanda bantın sayısallaştırıcı üzerinde iz yapmamasını ve zarar vermemesini de sağlar. Sayısallaştırma sırasında işlemler ve kişiler arasında işbölümü sağlanarak süreç kısa sürede tamamlanmalıdır. Sayısallaştırma işlemi bitirilmeden başka bir zamana bırakılması, referans noktalarının tekrar girilmesini gerektireceğinden ek iş zamanına ve hatalara neden olur. Ayrıca sayısallaştırıcı üzerinde uzun süreli kalan

paftalarda kayma ve kırışıklıklar meydana geleceğinden hata oranının artmasına neden olur. Sayısallaştırma sırasında, elemanlar arasında çok iyi bir dönüşüm sağlanmalı, hassasiyete çok dikkat edilmeli ve bu amaçla, bir kişi sürekli olarak bir saatten fazla çalışmamalıdır.

Düzeltilme İşlemi: Düzeltilme işlemi sayısallaştırılan haritaların çok-kenarlıların doğruluğunun denetlenmesi ve birleşme/kesişim yerlerindeki hataların giderilmesini kapsar. Bu amaçla önce hatalar belirlenir. Sonra, bu hatalar, mümkünse hepsi, değilse tek tek giderilir. Düzeltilme işlemi tamamlandıktan sonra yapılması gereken ilk işlem, sayısallaştırma işleminden önce belirlenen referans noktalarının gerçek koordinatları girilerek, koordinat dönüşümünün gerçekleştirilmesidir. Her bir pafta için bu düzeltmeler yapıldıktan sonraki adım paftaların birleştirilmesidir. Eğer önceki kurallara bağlı kalınmışsa birleştirme işlemi oldukça kolay bir şekilde gerçekleşecektir ve bütün paftalar birbirine bağlanarak tüm bölge oluşturulur. Bu işlemler yapılırken, benzer bir şekilde çalışma bölgesinin sınırları da ayrı bir katman olarak sayısallaştırılarak, koordinat dönüşümü yapılır ve birleştirilir. Ardından tüm bölgeyi oluşturan katmandan sınır katmanı kesilip çıkarılarak asıl çalışma bölgesi elde edilebilir. Bu işlemi çok-kenarlı yapının kurulması izler. Bu andan itibaren veri tabanının oluşturulması ve yönetilmesi işleri başlamaktadır.

Veri Tabanının Kurulması: Bu aşamada ilk önce tüm çok-kenarlılara bir tanı numarası verilir. Bu numara her bir çok-kenarlı için tek olup, birini diğerinden ayıran önemli bir özelliktir. Veri tabanının oluşturulmasında en önemli adım kullanıcının ihtiyaçlarının değerlendirilmesidir. Kullanılacak özellikler bu değerlendirme sırasında mevcut ya da eklenecek verilerin incelenmesiyle başlar. Daha sonra verilerin saklanması, güncelleştirilmesini, ilişkilendirilmesini ve sorgulanması göz önüne alan bir uygulama planı yapılmalı ve akış diyagramları halinde gösterilmelidir. Kullanıcı ihtiyaçlarının belirlenmesi ve verilerin incelenmesinden sonraki adım, çalışma alanının parçalara ayrılmasıdır. Parça seçiminde çalışma alanının,

- Özellikleri,
- İşleme yoğunluğu,
- Sınırları,

- Erişim olanağı ve 5000-20000 arasında özelliğe sahip olması göz önüne alınmalıdır.

Parçalar herhangi bir şekle sahip olabileceği gibi genelde düzgün dörtkenarlılardan oluşturulmalı, sınırları yollar gibi değişmez fiziksel nesnelere bağlanmalıdır. Parça seçimlerinde ana amaç istenilen alanlara daha hızlı ve kolay bir şekilde erişimin sağlanmasıdır. Daha sonra, her bir parça için katmanların belirlenmesi gerekir. Bu amaçla, genellikle birlikte kullanılan katmanlar tek bir katman içinde birleştirilebilirler. Böylece hem veriler bilgisayarda daha az alan kaplar, hem de veriye ulaşım hızı artar. Bir başka husus ise veri standartlarıdır. Bütün katmanlar aynı çözünürlüğe ve tek bir koordinat sistemine (örneğin UTM) sahip olmalıdır. En son olarak, çok-kenarlı katmanın ve parça yapısının tanımlandığı “Index” adı verilen katman oluşturulmalıdır.

#### **3.2.1.4.(4). Sayısal Haritaların Avantajları**

Sayısal haritalarda üç tip bilgi vardır:

1. Coğrafi Bilgi; nokta, çizgi, yay, çember, çokgen ve blok gibi harita elemanlarının şekil ve pozisyonlarını tutmaya yarar. Örneğin eş yükseklik eğrileri, ocak sınırları, yol çizgileri, vb.

2. Nitelik Bilgisi; bu elemanlara ilişkin grafik olmayan verileri tutmaya yarar. Grafik olmayan veriler, ya elemanların kendisinde tutulurlar, ya da daha önce belirtildiği gibi harici bir veri tabanında tutulurlar ve grafik elemanlar ile aralarında bağlantı kurulur. Örneğin ocak sahibi bilgisi, ocak çalışanları bilgileri vb.

3. Görüntüleme Bilgisi; sözü edilen elemanların ekranda veya paftada ne şekilde görüneceğini belirler. Örneğin çizgi kalınlığı, rengi vb.

Tüm bunlara dayanarak sayısal haritaların sağladığı avantajlar şu şekilde sıralanabilir;

- CAD (Computer Aided Design - Bilgisayar Destekli Tasarım) yazılımının gücünden ve hassasiyetinden yararlanır,
- Haritaları işleme, arşivleme, katalog oluşturma ve yeniden kullanmada kolaylık sağlar,

- Verilerin sayısal formatta tutulması, haritalara, tutuldukları yerden bağımsız olarak işletmedeki tüm çalışanlar tarafından ulaşılabilmesini sağlar. Aynı haritaya birden fazla kişi farklı yerlerden eş zamanlı olarak ulaşabilir,
- Haritaların tümü üzerinde değil de, sadece istenilen katmanları veya detayları üzerinde çalışılabilir ve istenmeyen detaylar görüntülenmez,
- Harita elemanları ile harici veri tabanı arasında bağlantı yapılabilir, sorgulamalar yapılabilir ve alınabilir,
- Karar verme mekanizmalarına yardımcı olacak şekilde, değişik haritalardan veriler birleştirilip analiz edilebilir,
- Sayısal haritaların yönetimi kağıt üzerindeki haritalara göre çok daha kolaydır. Network ortamında haritaların kullanımı otomatiktir,
- Verilerin paylaşımı ve transferi çok daha kolaydır,
- Veriler değişik formatlara dönüştürülebilir,
- Sayısal harita üretiminde kullanılan semboller, yapılan haritanın ölçeğine ve kullanım amaçlarına göre kolayca değiştirilebilir,
- Sayısal haritalar üzerindeki keskin detaylardan okunan koordinatlar en az poligon hassasiyetinde olup, uygulama noktası olarak ayrıca bir poligonlamaya ihtiyaç duyulmadan kullanılabilirler,
- Sayısal üretilen bilgilerin değişik katmanlarda saklanması, kullanıcıların, istenen bilgi veya grafik grubunu sayısal haritalardan ayırıp, ayrıca işlenmesini ve kullanılmasını sağlayabilmektedir,
- Sayısal haritaların manyetik ortamda saklanması paftaların arşivlenmesini kolaylaştırdığı gibi, boyut değiştirme, yıpranma gibi sorunları da ortadan kaldırmaktadır.

### 3.2.1.5. CBS Yazılımları

Bugün hali hazırda kullanılan pek çok programlama dili vardır. İhtiyaca göre programlama yaparken hangi programlama dilinin seçileceği önemlidir. Bu tez çalışmasında Visual Basic ve Map Basic gibi programlama dillerinde entegre

uygulamalar geliştirebilme yeteneğine sahip olan MapInfo tercih edilmiştir. Çalışmada kullanılan programlara ait genel bilgiler aşağıda sunulmuştur.

### 3.2.1.5.(1). MapInfo

MapInfo, tüm GIS fonksiyonlarını içeren, tamamen Windows uyumlu ortamı ile entegre bir GIS yazılımıdır (MapInfo, 2004) . Başlıca özellikleri;

- OLE 2.0 ve ODBC standartlarına uygunluk, VB, Delphi C++ gibi programlama dillerinde OLE sayesinde bütünleşmiş uygulamalar geliştirebilme yeteneği,
- \*.dBASE, MS-Access'den dosya okuma ve yazma, Excel'den direkt veri okuma,
- \*.dwg, \*.dxf, \*.dgn, \*.e00, \*.shp vektör formatlarından hiç bir veri kaybı olmaksızın veri okuma ve veri yazma,
- Katmanlar halinde coğrafi nesnelere çizilebilmesi, görüntülenmesi, renklendirilmesi, değişik projeksiyonlarda saklanması,
- Farklı projeksiyonlardaki haritaları ek bir işleme gerek kalmaksızın üst üste açabilme,
- Raster (\*.gif, \*.tif, \*.jpg, \*.bmp vb.) altlıkları vektörel altlıklar ile coğrafi olarak görüntüleyebilme, kağıt ortamındaki haritaları sayısallaştırma desteği,
- Katmanların ve ilgili nesnelere ait etiketlerin istenilen ölçek aralıklarında bağımsız olarak gösterilebilmesi,
- İçsel sembol editörü, ayrıca True Type Fontları sembol olarak kullanabilme,
- Çalışılan bir proje ekranını, değişik ölçekli pencerelerde açabilme ve seçilen objeleri ve yapılan değişiklikleri anında diğer pencerelere yansıtabilme,
- Crystal Reports raporlama sistemi ile, wizardlar aracılığı ile coğrafi objelerin nitelik bilgileri üzerinde benzersiz niteliklerde rapor üretebilme,
- Coğrafi kriterlerin de verilebildiği (contains, intersects, within) tam SQL desteği.
- Built-in GPS bağlanabilme özelliği,

➤ Menü'leri tamamen kendi isteğinize göre düzenleyebilme, yazılmış ek uygulamaları menülere ekleyebilme şeklinde sıralanabilir.

### **3.2.1.5.(2). Map Basic**

MapInfo ortamı için tasarlanmış olan uygulama geliştirme ortamıdır. MapInfo, Windows look&feel çalışma ortamı sunmakla beraber, kullanıcının rutin olarak yapması gereken işleri otomatik yaptırabilmek, birden çok iş adımlarını, çok sayıda kayıtlar üzerinde çalışma gerektiren işlemleri programlama ortamı ile çözmeye gerekliliği vardır. Map Basic, Basic diline GIS yeteneklerinin eklenmesi ile oluşmuş zengin fonksiyon kütüphanesi ile, gelişmiş bir GIS uygulama geliştirme dilidir (Map Basic, 2004).

Map Basic ile kullanıcılar, MapInfo menülerinde değişiklikler yapabilir, kendileri yeni menüler oluşturup ekleyebilirler. VB, Delphi gibi RAD ortamlarında sunulan "check-box, radio-button, list-box, multi-list-box" gibi görsel araçlarda Map Basic ile programlanabilmekte ve geliştirilen uygulamaların da tam olarak Windows standardında olması sağlanmaktadır. Ayrıca sorgulama dili olarak dünya standardı olarak kabul edilen SQL Map Basic içinde standart olarak kullanılmaktadır.

Integrated Mapping denilen özellik ile MapInfo Professional aynı zamanda Map Basic kullanmak istemeyen, uygulamalarını almış oldukları VB, Delphi gibi uygulama ortamlarında geliştirmek isteyen kullanıcıları da desteklemektedir. Bu özellik, OLE ve DDE desteği ile gerçekleştirilmektedir.

### **3.2.1.5.(3). Visual Basic**

Windows altında çalışan bir programlama sistemi olan Visual Basic Windows tabanlı uygulamalar yazmak isteyen herkes için heyecan verici bir yazılımdır. Visual Basic (VB), olay güdümlü program yapısı ve kullanımını kolay görsel araçlarıyla, Windows grafiksel ortamının tüm avantajlarından yararlanarak, güçlü uygulamaları kısa surede yazmanıza olanak verir. VB programlama sistemi, Windows'un karmaşıklığını şaşırtıcı derecede basite indirgeyerek, Basic dilinin bilinen

yeteneklerini, görsel tasarım araçlarıyla birleştirir. VB basitlik ve kullanımda kolaylık sağlarken Windows'u ideal bir çalışma ortamı yapan performanstan ve grafiksel özelliklerden de fedakarlık etmez. Menüler, yazı tipleri, iletişim kutuları, kaydırma yapabildiği metin kutuları ve daha birçok grafiksel eleman kolayca tasarlanabilir (Microsoft, 1997).

Veri giriş özellikleri sayesinde, pek çok bilinen veri tabanı formatı için size, veri tabanı ve” front-end” uygulamalar yaratma olanağı verir.

OLE ile birlikte, “MS Word” kelime işlemcisi, “MS Excel Spreadsheet” ve “MS Project” projesi planlama sistemi gibi uygulamaların işlevsel özelliklerinden de yararlanmamızı sağlar.

Bitirilen bir uygulama, run-time dinamik bağlantılı kütüphane kullanan (\*.dll) ve serbestçe dağıtımını yapabileceğiniz gerçek bir \*.exe dosyası haline getirilebilir.

Her adımı değişmez sıra ile izleyen programlar yazmaktansa, kullanıcının eylemlerine (örneğin bir komut seçmek, bir pencereye tıklamak, ya da fareyi hareket ettirmek) yanıt veren olay güdümlü programlar yazmaya olanak tanır. Programcı, bir program yazmak yerine, kullanıcının başlattığı olaylarla tetiklenen, işbirliği içinde çalışan mini programlardan oluşan uygulamalar oluşturabilir (Microsoft, 1997).

### 3.2.2. Linyit Yatağının Modellenmesi

Bir linyit yatağının ekonomik değerlendirmesi ve üretim planlaması için öncelikle ortalama kalite değerlerine karşılık rezerv miktarları hesaplanır. Hesaplamalar bazı aşama veya faaliyetlerden geçilerek yapılmaktadır. Bu faaliyetlerin ilk aşaması, hesaplamalarda kullanılacak jeolojik ve sondaj çalışmalarından elde edilen bilgilerin toplanmasıdır. Daha sonra bu bilgiler yorumlanarak çeşitli yöntemlerle linyit yatağı modellenir. Bu modellere dayalı olarak, ortalama kalite ve rezerv miktarı hesaplanarak sınıflandırılır.

### 3.2.2.1. Blok Model Kavramı

Bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler sonucu jeolojik cevher kütlesinin sayısal olarak temsil edilmesi fikri doğmuştur. Bu fikrin ifade ediliş biçimi blok modeldir. Bir cevher kütlesinin blok modeli, cevher kütlesinin soyut küçük bloklara bölünmesiyle elde edilir. Herhangi bir blok modelde tek bir blok, üçlü indeks sistemi (i, j, k) ile tanımlanabilir. Bu tanımlama genel olarak 3D şeklinde ifade edilir. Bu blokların boyutlarını belirlerken, tenör değişimi, jeolojik devamlılık, makine kapasiteleri, şev stabilitesi ve bilgisayarın veri depolama sınırı gibi faktörler göz önüne alınır (Yüksek, 1996).

Üç boyutlu blok modelde her bir bloğa jeolojik karakteristikler, metalürjik özellikler ve jeomekanik parametreler atanır. Bu parametrelerin atanması ise, geometrik, ters uzaklık veya jeostatistik gibi interpolasyon yöntemlerinden biri ile yapılır.

### 3.2.2.2. Geometrik Yöntemler

Cevher yatağının belli geometrik bloklara bölünmesi suretiyle yapılan interpolasyon hesaplamalarına geometrik yöntemler denir. Geometrik şeklin yapısına göre de geometrik yöntemler farklı isimler alırlar. Bunların başlıcaları üçgen, poligon ve kesit yöntemleridir. Bu tür hesaplama yöntemlerinde, geometrik şeklin alanları içerisine düşen kalınlık, yoğunluk ve ortalama tenör gibi parametrelerin sabit kaldığı kabul edilir. Bahsedilen parametrelerin alanlar içerisinde sabit kalması bir kabullenmedir ve bu kabullenme hatalar doğurmaktadır (Şen, 1999).

### 3.2.2.3. Ters Uzaklık Yöntemi

Bilgisayarların yaygın kullanımı ile birlikte, uzaklık ağırlıklı interpolasyon metotlarının kullanımı gündeme gelmiştir. Uzaklık ağırlıklı metodun temel fikri ise, tenör dağılımının cevherleşmeye bağlı olarak uzaklığın bir fonksiyonu olduğudur. Bu fonksiyon tanımlanması ile bilinmeyen noktaların tenör hesabı yapılabilir.



Ters uzaklık yönteminde, bir noktadaki değeri hesaplamak için, o noktanın etrafındaki noktaların, bilinen değerlerinin ortalama etki ağırlıklarını bulmak gerekir. Bir noktadaki istenen değeri hesaplamak için Denklem (3.1) kullanılır.

$$Z^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (3.1)$$

Burada;

$Z^*$  : Hesaplanan değer,

$Z(x_i)$  : Gözlenen değer,

$n$  : Hesaplama da kullanılacak gözlemlerin sayısı,

$\lambda_i$  : i. gözleme atanan ağırlık katsayısı,

Yukarıdaki formülde,  $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$  ve  $0 \leq \lambda_i \leq 1$  olmak zorundadır.

$\lambda_i$ 'nin değeri, değerleri bilinen noktalar ile değerleri bilinmeyen noktalar arasındaki uzaklığın bir fonksiyonu olarak hesaplanır ve en yaygın kabul gören fonksiyon ise Denklem (3.2) ile verilebilir;

$$\lambda_i = \frac{d_i^{-m}}{\sum_{i=1}^n d_i^{-m}} \quad (3.2)$$

$d_i$  : Değeri bilinen i noktası ile hesaplanacak nokta arasındaki uzaklık,

$m$  : Üssel faktör

Yukarıdaki formülde en önemli soru "m" değerinin ne olacağıdır. Bunun belirlenmesi için Hughes (1979), tarafından değişik yöntemler verilmiştir. "m" değeri için seçilen değer genellikle 0 ile 3 arasında olmakta ve en yaygın olarak kullanılan değerler ise  $m=1.5$  ve  $m=2$  olarak seçilmektedir (Knudsen, 1990; Hughes, 1979).

Ters uzaklık yöntemiyle hesaplama yapılır iken göz önüne alınması gereken bir başka faktör ise maksimum nokta sayısıdır. Bu sayı bir noktayı tahmin etmede

kaç bilinen noktadan faydalanılması gerektiğini belirler. En yaygın kullanım sekiz ile on nokta arasındadır.

Etki uzaklığı kadar önemli olan bir başka parametre hariç tutma açısı'dır. Bu açı vasıtasıyla aynı doğrultuda bulunan noktalardan sadece en yakındaki göz önüne alınır. Aksi takdirde tek taraflı ağırlık fazla olacağından yanıltıcı sonuçlar elde edilebilir.

Ters uzaklık yönteminin uygulanmasında önemli olan bir başka parametre ise sondaj etki uzaklığıdır. Etki uzaklığı, ne kadar uzaklıktaki değerleri bilinen noktaların, değerleri bilinmeyen noktaları hesaplamada kullanılabileceğini belirler ve buuzaklık dışında kalan noktalar hesaplamalara dahil edilmez (Knudsen, 1990; Hughes, 1979).

#### 3.2.2.4. Jeostatistik Yöntem

Linyit yataklarının değerlendirilmesinde kullanılan ısıl değer, kül, nem, kalınlık v.b. gibi değişkenlerin temel bir özelliği bunların belirli bir yöreye özgü olmaları ve en azından bir koordinatla ifade edilebilmeleridir. Bu özelliğinden dolayı bu tür değişkenler yöresel değişkenler olarak adlandırılır. Yöresel değişkenin aldığı değerler, linyit yatağımızın yalnızca sondajlar ile belirlenmiş noktalarında bellidir, diğer noktalardaki bilinmeyen değerleri hesaplamak gerekir. Bilinmeyen bir değer hesaplanması, sondajlar ile elde edilen değerler yardımıyla yapılır ve işlem kestirim olarak adlandırılır. Genel kestirim problemi içinde, yöresel değişkenlerin uzaklığa bağlı değişimleri basit bir fonksiyonel gösterimle ifade edilemeyecek kadar karmaşık ve düzensizdir. Gerçekten, bölgesel değişkenler lokal olarak çok düzensiz buna karşın global ölçekte yapı gösteren bir davranış sergilerler. Yöresel değişkenlerin birbirine zıt bu iki özelliği (yapısal ve gelişigüzel davranış) dikkate alındığında, uzaklığa bağlı değişimleri modelleyecek en ideal yaklaşımın olasılıksal bir dil kullanan yaklaşım olduğu ortaya çıkar ve jeostatistik bu türden bir yaklaşımdır (Saraç ve Tercan, 1998). Klasik istatistik yöntemlerinden farklı olarak örnekler arası ilişkiyi örneklerin alındıkları koordinatları da hesaba katarak ele alan bu yöntem maden yataklarının modellenmesinde geniş bir kullanım alanı bulmuştur.

Jeoistatistikte, yöresel değişkenlerin uzaklığa bağlı değişimleri durağan tesadüfi fonksiyonların olasılıksal çatısı altında modellenir. Önce yatağın her  $x$  noktasında bir  $Z(x)$  tesadüfi değişkeni tanımlanır ve bu noktadaki değerin,  $Z(x)$  tesadüfi değişkenin bir değeri olduğu kabul edilir. Maden yatağı içinde tanımlanan tesadüfi değişkenlerin tümü durağan bir tesadüfi fonksiyonu oluşturur ve yöresel değışkende tesadüfi fonksiyonun aldığı bir değer şeklinde ortaya çıkar.

Tesadüfi fonksiyonların çatısı altında yöresel değışkenin lokal ölçekteki gelişigüzel davranışı tesadüfi değışken ile, global ölçekteki yapı gösteren davranışı ise tesadüfi değışkenler arasındaki uzaklığa bağlı korelasyon derecesi ile modellenir. Bir maden yatağının  $x$  noktasındaki tenör değerini  $z(x)$ , bundan  $h$  kadar uzaklıktaki tenör değerini  $z(x+h)$  ile göstererek, tenör değerleri arasındaki farkı  $h$  uzaklığının bir fonksiyonu olarak  $f(h)=z(x)-z(x+h)$  şeklinde gösterebilir, buradaki  $h$  fonksiyonunun modellenmesi jeostatistiğin temelini oluşturmaktadır (Tercan, 2001).  $f(h)$  bilindiğinde örneklenmemiş bir lokasyondaki değeri, bilinen değerler yardımıyla hesaplamak mümkündür. Dolayısıyla  $h$  fonksiyonunun rezerv hesaplama yöntemlerinde büyük bir önem taşıdığı şüphesizdir. Poligon, üçgen ve kesit gibi geometrik rezerv hesaplama yöntemleri, ilgili kestirim alanı içinde tenör değerlerin değışmediği, dolayısıyla tenör değerleri arasındaki farkın,  $h$  uzaklığı ne olursa olsun, sıfıra eşit olduğunu varsayar. Ancak bu gerçekçi bir yaklaşım değildir ve tenör değerleri arasındaki farkın gözlemler arasındaki uzaklık arttıkça artması, azaldıkça azalması beklenir.

Ters uzaklık yöntemi de Jeostatistiğe benzer mantıkla hareket eden bir yöntemdir. Ancak ters uzaklık yöntemiyle yapılan tahminlerde tahmini yapılacak nokta ve buna referans olacak örnekler arası uzaklığın haricinde hiçbir etken, mesela yönlere göre tenörün nasıl değışime uğradığı, göz önünde bulundurulmamaktadır. Gerçekte uzaklığa bağlı ilişki aynı bir yatak içinde bile yönlere göre değışiklik gösterebilir. Dolayısıyla bu şekilde yapılan tahminlerde aşağıdaki sorular ortaya çıkacaktır (Clark ve Harper, 2000).

- i) Hangi fonksiyonun  $1/d$ ,  $1/d^2$ ,  $1/d^3$ ,  $e^{-x}$  mi ya da vb. kullanılacağı?
- ii) Tahmini yapılacak noktanın ne kadar uzaklığındaki noktaların göz önünde bulundurulacağı?

iii) Yapılan tahminin ne kadar güvenilir olduğu?

iv) Aynı tahmin metodunu bütün yatak tiplerinde eşit derecede doğru sonuçlar vereceğini ciddi bir şekilde bekleyebilir miyiz?

Tenör değerleri arasındaki farkların uzaklığa bağlı bir modelinin oluşturulmasında en gerçekçi yaklaşım, ilgili yatağın verilerini kullanan ve yatağın özelliklerini yansıtan bir yaklaşımdır. Jeostatistik bu türden bir yaklaşımdır ve tenör değerlerindeki farkların uzaklığa ve yönlere bağlı değişimlerini dikkate alır.

Jeostatistik yöntemlerle yapılan bir analiz dört ana gruba ayrılabilir. Bu gruplar ise;

1. Yöresel değişkenin değerleri arasındaki farkların, uzaklığa bağlı değişimlerini belirlemeye yarayan yarıvariogram modellerinin tespit edilmesi,
2. Yarıvariogram modellerinin test edilmesi,
3. Kriging tahmin tekniği ile noktasal, alansal veya bir hacmi temsil eden tahminlerin yapılması,
4. Yapılan tahmin hatalarının belirlenmesi,

Jeostatistiksel bir çalışmada bu unsurların hepsinin sistematik olarak yapılması gerekir (Çetin, 1996).

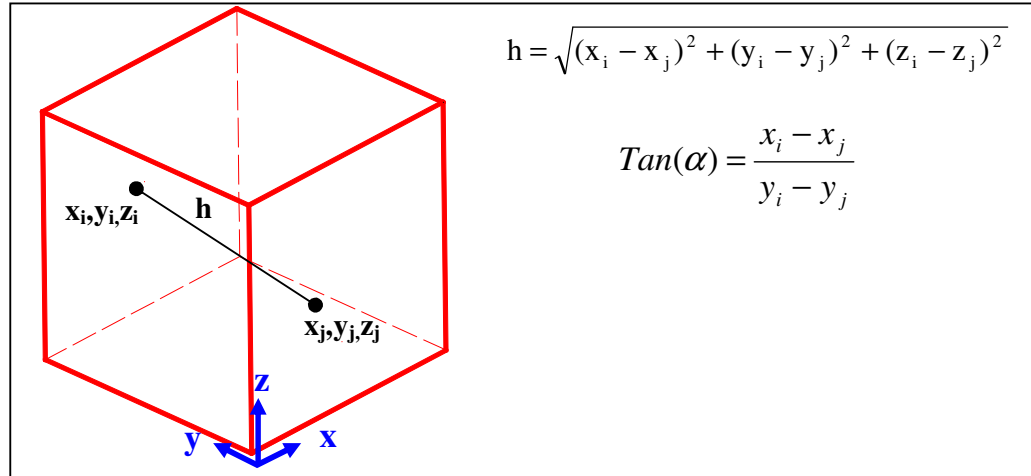
#### 3.2.2.4.(1). Yarıvariogram Analizi

Yöresel değişkenlerin tanımladığı noktalar arasındaki uzaklık ile bu noktalardaki gözlenen değerler arasındaki olası bir ilişki, normal olarak uzaklık azaldıkça değerlerin birbirine benzemesi, arttıkça benzerliğin azalması şeklinde beklenir. Başka bir deyişle yöresel değişkenlerin değerleri arasındaki fark, bu değerler arasındaki uzaklığın bir fonksiyonu şeklinde tanımlanabilir.

Jeostatistikte, yöresel değişkenin değerleri arasındaki farkın uzaklığa bağlı değişimleri variogram fonksiyonu ile ortaya konur. Variogram fonksiyonu tesadüfi değişkenin değerleri arasındaki farkın varyansı şeklinde ifade edilir ve  $2\gamma(h)$  ile gösterilir. Literatürde yarıvariogram olarak adlandırılan bu fonksiyon variogram fonksiyonunun yarısını ifade etmektedir ve  $\gamma(h)$  ile gösterilir (Çetin, 1996).

$$\gamma(h) = \text{Var}[Z(x) - Z(x+h)] / 2 \quad (3.3)$$

Yarıvariogram fonksiyonları, maden yatağının ilgili yöresel değişkeninin ne gibi özellikler gösterdiğini belirlemede kullanılır. Örneğin, bu fonksiyon bilindiğinde değişkenin homojenlik ve izotropluk dereceleri, düzenliliği ve bir örneğin etkili olduğu uzaklık belirlenebilir. Yarıvariogram değerlerinin gözlemler arasındaki  $h$  uzaklığına bağlı olarak hesaplanabilmesi için  $N$  sayıdaki gözlemin  $N(N-1)/2$  tane olan ikili kombinezonları oluşturulur. Oluşturulan gözlem çiftleri arasındaki  $h$  uzaklığı ve yön Şekil 3.6'da gösterildiği gibi koordinatlardan gidilerek pisagor bağıntısı ile hesaplanır.

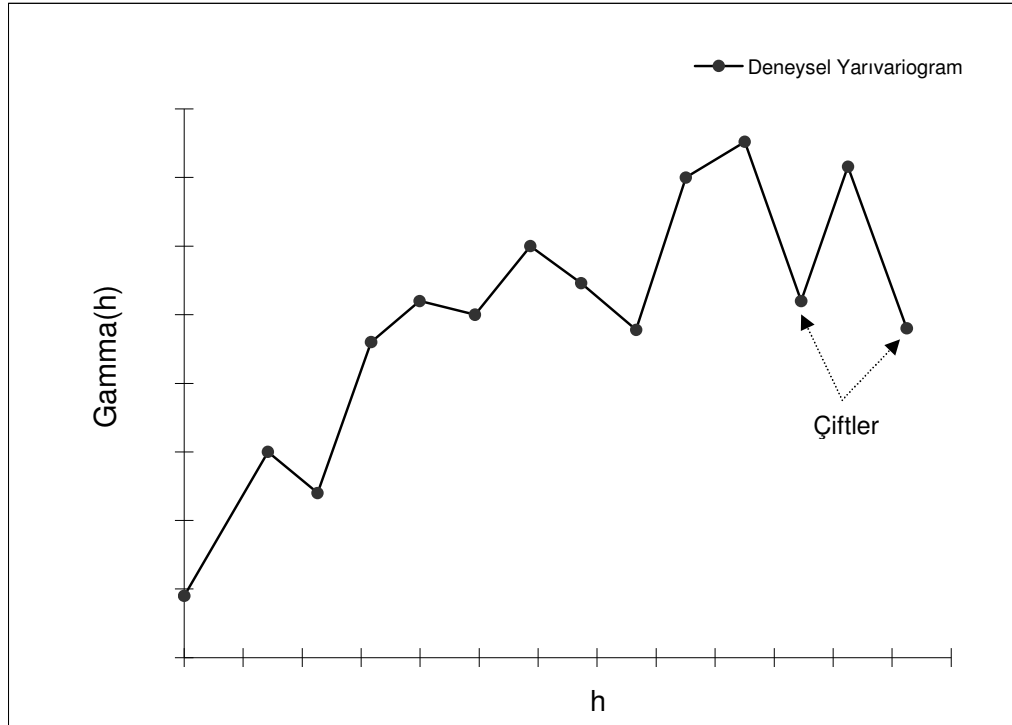


Şekil 3.6. Üç boyutlu uzayda çiftler arası uzaklık ve yön hesabı

Eğer gözlem çiftleri yön ve uzaklık gözetilmeksizin oluşturulmuşsa mümkün bütün çiftlerin arasındaki yarıvaryans değeri Denklem (3.4) yardımıyla hesaplanır. Daha sonra her bir  $h$  uzaklığına karşılık elde edilen deneysel yarıvaryans değerleri karşılıklı olarak grafiklenerek yarıvariogram fonksiyonu elde edilir (Şekil 3.7). Bu şekilde yön ve mesafe gözetilmeksizin oluşturulan yarıvariogramlar yönsüz (omnidirectional) yarıvariogram ismini almaktadır (Çetin, 1996).

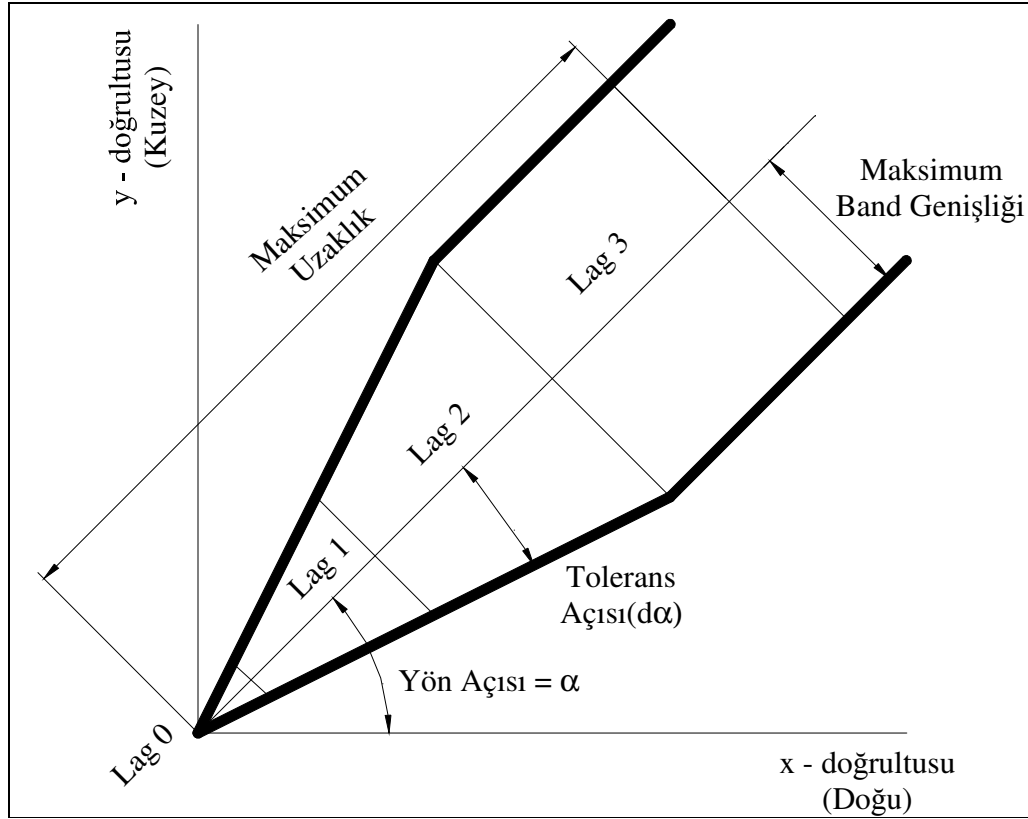
$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad (3.4)$$

Eğer gözlem çiftleri oluşturulurken yön ve uzaklık gözletilmişse deneysel yarivariogramın hesaplanması özel teknikler gerektirir. Bunun için veriler uzaklığa ve yöne göre uzaklık ve açı toleransları içerisinde gruplandırılır. Açı ve tolerans açısı ( $\alpha \pm \Delta\alpha$ ) Şekil 3.8'de gösterildiği gibi bir koni tanımlar. Seçilen uzaklık parametresi ise lag ya da gecikme uzaklığı olarak isimlendirilir ve bu koni üzerinde sektörler oluşturur.



Şekil 3.7. Deneysel yarivariogram grafiği

Bu şekilde, yön ve uzaklık sınıflamaları ile oluşturulmuş sektörler içinde kalan veri çiftleri yönlü deneysel yarivariogramların hesaplanmasında kullanılır. Bu durumda tolerans açısı ve lag mesafesi büyük olduğunda veri çifti sayısı da artacaktır. Açı toleransı  $\pm 90$  derece olduğunda olanaklı bütün veri çiftleri deneysel yarivariogram hesabında kullanılacak ve yine yönsüz yarivariogram şeklini alacaklardır.

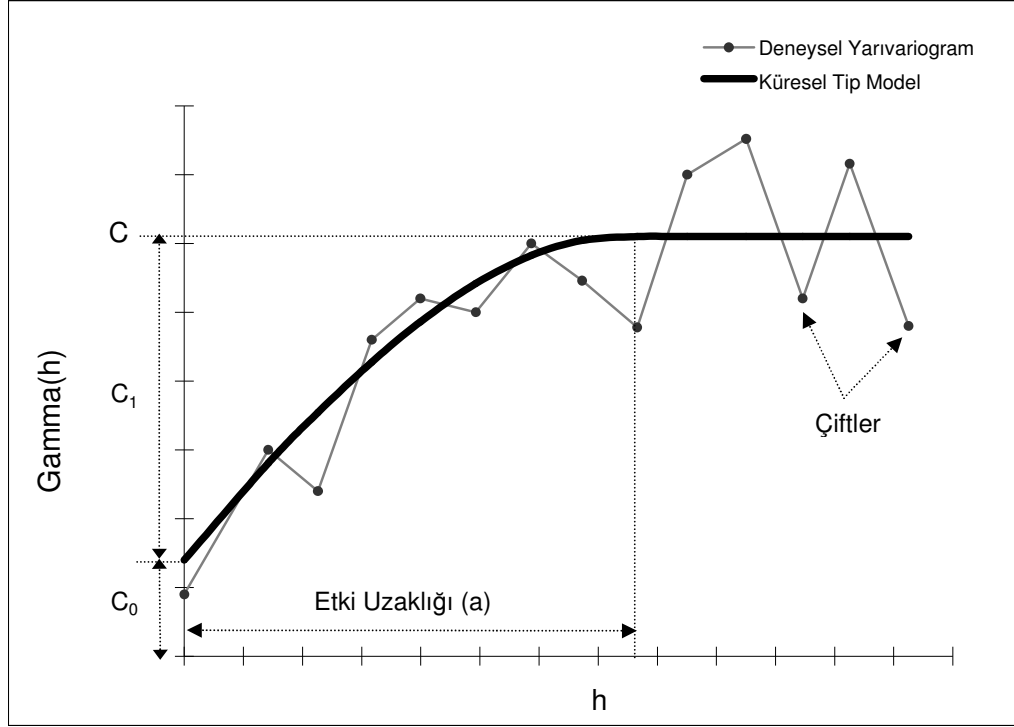


Şekil 3.8. Uzaklığa ve yöne göre uzaklık ve açı toleransları (Pannatier, 1996)

Açı ve uzaklık parametrelerinin belirlenmesinde en iyi izlenecek yol birkaç tolerans açısı ve uzaklığı denemek ve en iyi sonuçları veren değerleri kullanmaktır. Bu yolla belirlenen yön doğrultusunda ve belirlenen uzaklık kapsamındaki oluşabilecek çiftler arasındaki yarıvariogramlar yine aynı şekilde Denklem (3.4) yardımıyla hesaplanır ve her bir "h" uzaklığına karşılık elde edilen deneysel yarıvaryans değeri grafiğe çizilir (Şekil 3.7).

Teorik olarak, elde edilen deneysel yarıvariogram yapısını temsil eden yarıvariogram modelinin belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için öncelikle teorik yarıvariogram modelleri ve parametreleri iyi bilinmeli, en uygun model ve parametreler seçilerek ortalama yarıvariogram modeli fonksiyonel olarak belirlenmelidir (Şekil 3.9). Elde edilen bu eğriden yararlanılarak, incelenen yöresel değişkenin uzaysal değişimi hakkında önemli bilgi elde edilebilir (Çetin ve Kırd, 2004).

2003). Şekil 3.9’da gösterilen yarıvariogram modeline ait parametreler şu şekilde tanımlanmaktadır.



Şekil 3.9. Küresel tip teorik yarıvariogram modeli ve parametreleri

**Külçe (Nugget) Değeri ( $C_0$ ):** Bu değere kontrolsüz etki varyansı denir (Çetin, 1996). Ancak madencilikte külçe (nugget) etkisi olarak adlandırılır (Clark, 1979).  $h=0$  m uzaklıkta yarıvariogramın aldığı değerdir. Cevher yatağının homojenliğini ifade eder. Yüksek değerdeki nugget değeri mineralleşmenin çok zayıf bir şekilde geniş bir sahaya yayıldığını (cevherin, cepler veya adeseler halinde yoğunlaştığını) veya kötü numune değerlendirilmesi yapıldığını belirtir. Teorik olarak sıfır olması gerekir (David, 1988).

**Eşik Değer (Sill, C):** ( $C_1+C_0$ ), Yarıvariogram fonksiyonunun belirli bir "h" uzaklığında ulaştığı yarıvaryans değeridir. Pratikte sill, yarıvariogramı hesaplamak için kullanılan tüm örneklerin varyansına denktir.

**Etki Uzaklığı (Range, a):** Bu alan içinde kalan ve belirtilen bir sondaj noktasından belirli bir uzaklıkta bulunan diğer sondaj noktalarının değerleri, o sondaj



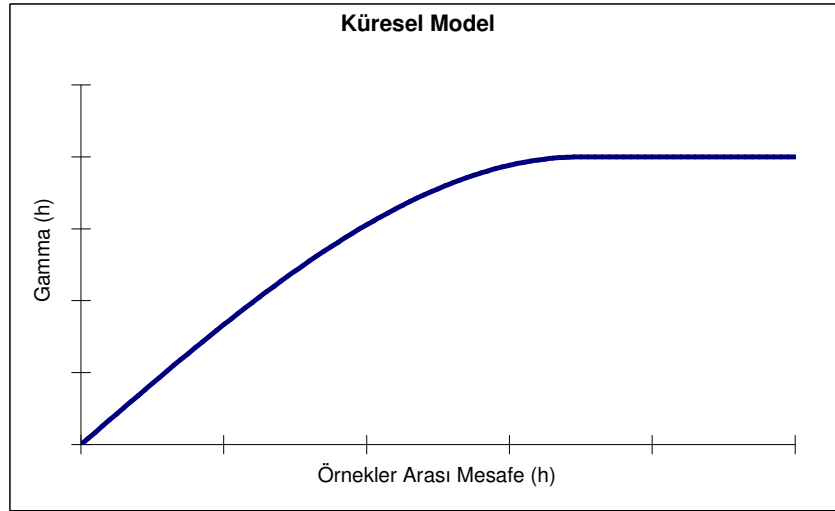
noktasının değerini etkilemektedir. Bu uzaklığın dışındaki noktaların etkisi yoktur. Diğer bir deyişle gözlemler arası uzaklık  $h > a$  olduğu durumda korelasyon sıfırdır.

### **a. Teorik Yarıvariogram Modelleri**

Yaygın olarak kullanılan teorik yarıvariogram modelleri aşağıdaki şekillerde verilmiştir (Clark ve Harper, 2000).

1) Küresel Tip Model: Bu tip modellerde yarıvariogram artan  $h$  uzaklığı ile düzenli olarak artar ve etki uzaklığına geldiğinde belirli bir sill değerinde sabit kalır (Denklem 3.5; şekil 3.10).

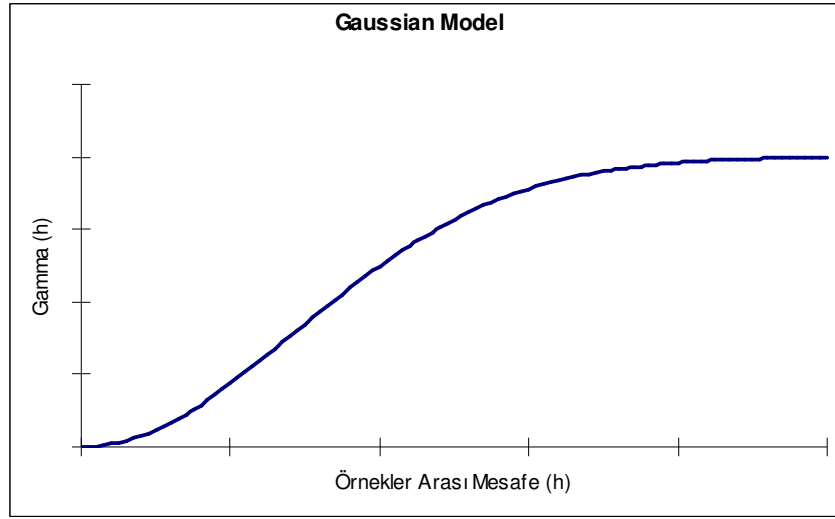
$$\gamma(h) = \begin{cases} C_0 + C_1 \left[ \frac{3}{2} \left( \frac{h}{a} \right) - \frac{1}{2} \left( \frac{h}{a} \right)^3 \right] & h \leq a \\ C_0 + C_1 & h > a \end{cases} \quad (3.5)$$



şekil 3.10. Küresel tip yarıvariogram modeli

2) Gaussian Tip Model: Yarıvariogram kısa uzaklıklar için parabolik davranış gösterirken, uzaklık arttıka eşik değere (Sill) asimtotik olarak yaklaşır (Denklem 3.6; şekil 3.11).

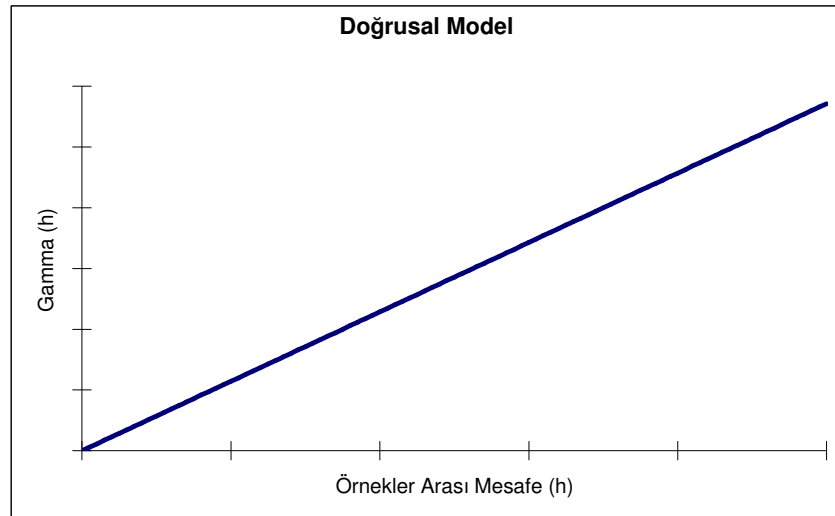
$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[ 1 - e^{(-3h^2/a^2)} \right] \quad (3.6)$$



Şekil 3.11. Gaussian tip yarıvariogram modeli

3) Doğrusal Tip Model: Yarıvariogram artan h uzaklığı ile doğru orantılı bir şekilde artış gösterir, matematiksel fonksiyonu aşağıdaki gibidir (Şekil 3.12)

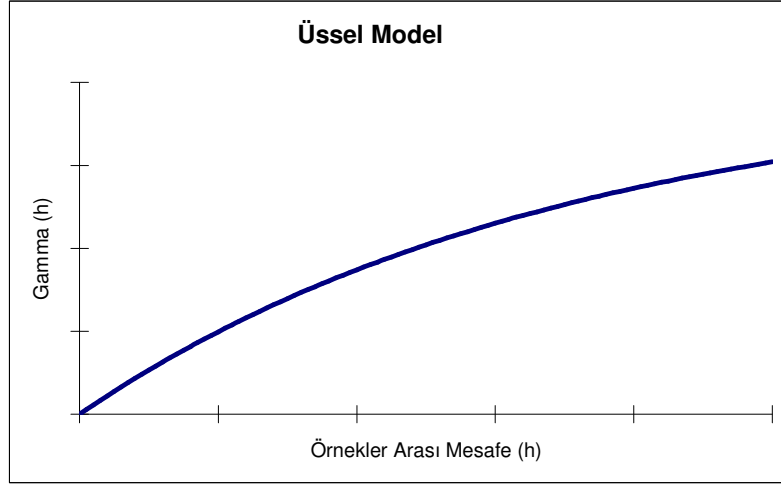
$$\gamma(h) = C_0 + C_1(h/a) \quad (3.7)$$



Şekil 3.12. Doğrusal tip yarıvariogram modeli

4) Üssel Tip Model: Bu model için çizilen yarıvariogram bir etki uzaklığına sahip değildir, fakat eğri asimtotik olarak sill değerine ulaşır (Denklem 3.8; Şekil 3.13).

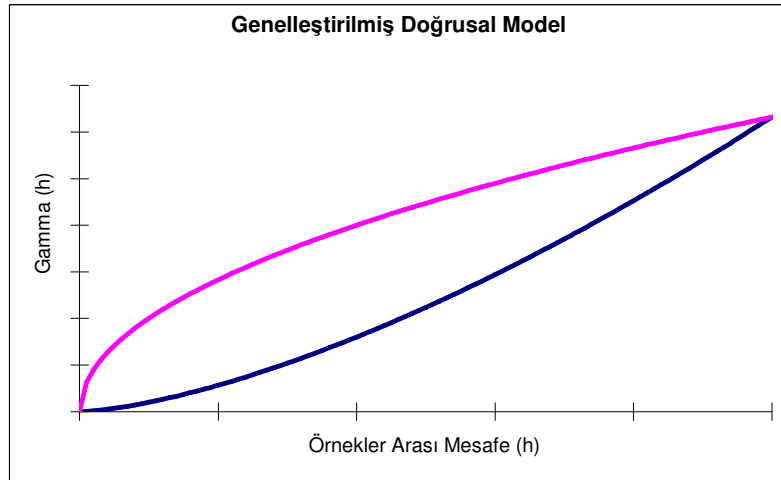
$$\gamma(h) = C_0 + C_1[1 - \exp(-h/a)] \quad (3.8)$$



Şekil 3.13. Üssel tip yarıvariogram modeli

5) Genelleştirilmiş Doğrusal Model: Bu modelin grafiği doğrusal bir eğilim gösterir ve örnek değerlerinde süreklilik hakimdir (Denklem 3.9; Şekil 3.14).

$$\gamma(h) = \begin{cases} C_0 + ph^\alpha & h > 0 \text{ ve } 0 < \alpha < 2 \\ 0 & h = 0 \end{cases} \quad (3.9)$$

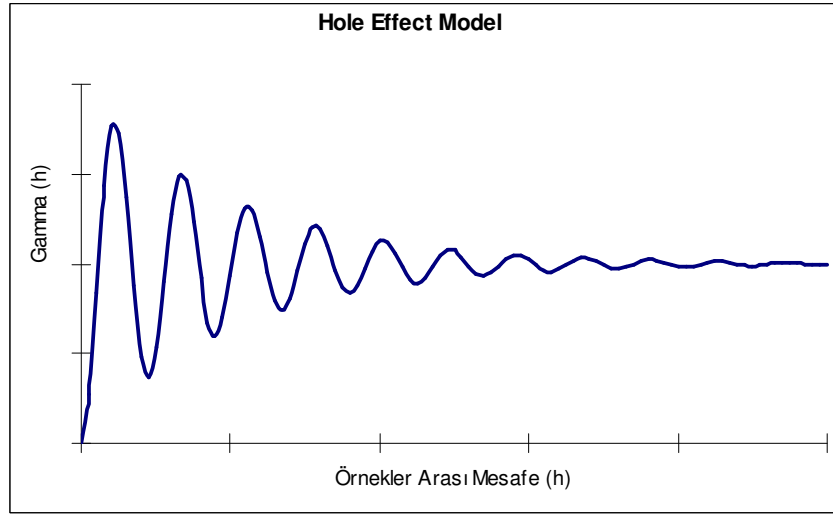


Şekil 3.14. Genelleştirilmiş doğrusal tip yarıvariogram modeli

6) Hole Effect Model: Mineralleşmede periyodikliğin bir göstergesi ya da örnek aralıklarının yansıtan bir modeldir (Şekil 3.15). Bu modelin genel eşitliği:

$$\gamma(h) = C_0 + C (1 - e^\eta \cos \theta) \quad h > 0 \quad (3.10)$$

Burada;  $\eta = -\frac{h}{\zeta}$  ve  $\theta = h \frac{2\pi}{\xi}$  'dir.

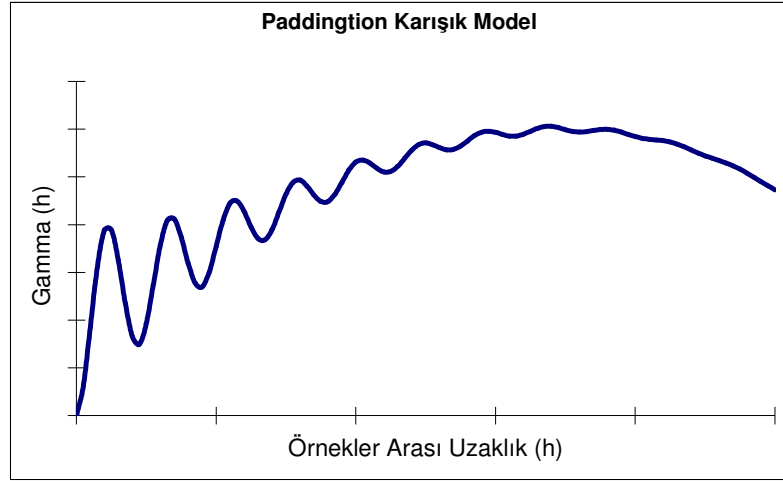


Şekil 3.15. Hole effect tip yarıvarioogram model

**7) Paddington Karışık Modeli:** Bu model Şekil 3.16'dan da anlaşılacağı üzere yöresel değişkenin farklı yapısal veya jeolojik özellik göstermekte olduğunu vurgulamaktadır. Örneğin; denizel yataklarda oluşmuş elmasların modellenmesinde kullanım alanı bulmuştur (Clark ve Harper, 2000).

$$\gamma(h) = \begin{cases} C_0 + C_1 \left[ \frac{3}{2} \left( \frac{h}{a} \right) - \frac{1}{2} \left( \frac{h}{a} \right)^3 \right] + C_{hef} (1 - e^\eta \cos \theta) & 0 < h < a \\ C_0 + C + C_{hef} (1 - e^\eta \cos \theta) & h > a \end{cases} \quad (3.11)$$

Burada;  $\eta = -\frac{h}{\zeta}$  ve  $\theta = h \frac{2\pi}{\xi}$  'dir.



Şekil 3.16. Paddington karışık tip yarıvariogram modeli

### **b. Yarıvariogram Fonksiyonunun Özellikleri**

Teorik olarak  $h=0$  olduğunda yarıvariogram fonksiyonu sıfıra eşittir. Bununla birlikte, uzaklığa bağlı değişimin verilerden belirlenebileceği sınır bir uzaklık vardır. Bu sınır uzaklık, bütün mevcut örnekler içinde, birbirine en yakın iki örnek arasındaki uzaklıktır. Pratik olarak, bu uzaklıktan daha küçük uzaklıklarda, değerler arasındaki farkın değişimi, veri olmadığından belirlenemez ve bu durum yarıvariogramın orijininde bir süreksizliğe (sıfırdan farklı pozitif bir değer almasına) yol açar. Orijindeki süreksizliğin diğer bir nedeni de örnekleme ve analiz hatalarıdır. Eğer aynı bir noktadan iki örnek almak mümkün olsaydı, bu örneklerin değerleri arasında, örnekleme ve analiz hatalarından dolayı bir fark olurdu. Süreksizliğin bu iki kaynağını birbirinden ayırt etmek mümkün değildir ve yarıvariogram fonksiyonunda bu durum kontrolsüz etki " $C_0$ " şeklinde ortaya çıkar (Saraç ve Tercan, 1998). Yarıvariogram grafiklerinin kısa uzaklıklardaki (orijine yakın) davranışı, yöresel değişkenin homojenlik derecesi hakkında bir bilgi verir. Eğer yöresel değişken kısa uzaklıklarda ani değişiklik gösteriyorsa, yarıvariogram orijine yakın yüksek değerler alır. Benzer şekilde, yarıvariogramın büyük  $h$  uzaklıklarındaki davranışı, yöresel değişkenin düzenlilik derecesini karakterize eder. Eğer uzak mesafelerde yöresel değişken düzenli (sürekli bir şekilde artan ya da azalan) bir değişim gösteriyorsa, yarıvariogram artan  $h$  uzaklığı ile sürekli bir şekilde artar. Eğer yöresel değişken bir

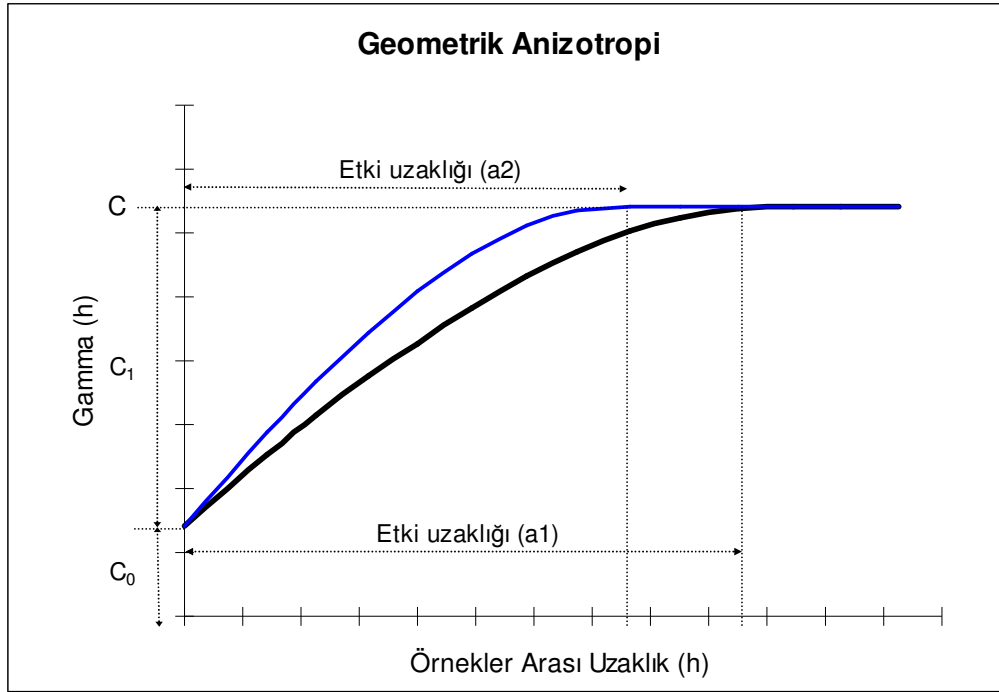
geçişli yapı gösteriyorsa (zengin ve yoksul bölgeler şeklinde) yarıvariogram belirli bir “a” uzaklığından sonra artışını durdurur ve belirli bir değer (bu değer teorik olarak örnek değerlerinin varyansına eşittir) çevresinde değerler alır. Yapısal uzaklık olarak adlandırılan bu “a” uzaklığından daha büyük uzaklık değerleri için örnekler arasındaki ilişkinin önemsiz olduğu varsayılır. Yapısal uzaklık, bir örneğin etki uzaklığına karşılık gelir (Dowd, 1992; Çetin ve Kırdı, 2003).

Yarıvariogram grafikleri yönlere göre farklı eşik değer ve etki uzaklığı değerlerine sahip olabilir. Bu şekilde yarıvariogramların yapısal uzaklıkları yöne göre değişiklik gösteriyorsa, yatağın ilgili değişken için anizotrop olduğu söylenir. Anizotropi durumuna bakmak için öncelikle seçilen açı ve lag uzaklığına göre bir teorik yarıvariogram modeli uyarlanır. İlk seçilen açığa 90 derecelik bir ilave yapılarak ikinci bir yarıvariogram modeli daha elde edilir. Üç boyutlu yarıvariogramların ilişkisinde ise birçok anizotropi yönü oluşacaktır. Bunun için öncelikle kuzey ve güney (Azimuth) yönde derinlik gözetmeksizin farklı açı ve tölanslarında ilişkilere bakılır, daha sonra Azimuth açısı gözetmeksizin sadece sondaj logu boyunca dik yönde yarıvariogramlar incelenir (Clark ve Harper, 2000). Sonuç olarak, eğer elde edilen modeller arasında etki uzaklığı (a) arasında farklılık var; fakat eşik değerleri aynı kalıyorsa geometrik anizotropi söz konusudur (Şekil 3.17). Şekil 3.18’de görüldüğü gibi eşik değerlerinin farklılık göstermesi zonal anizotropiye işaret eder (Armstrong, 1997).

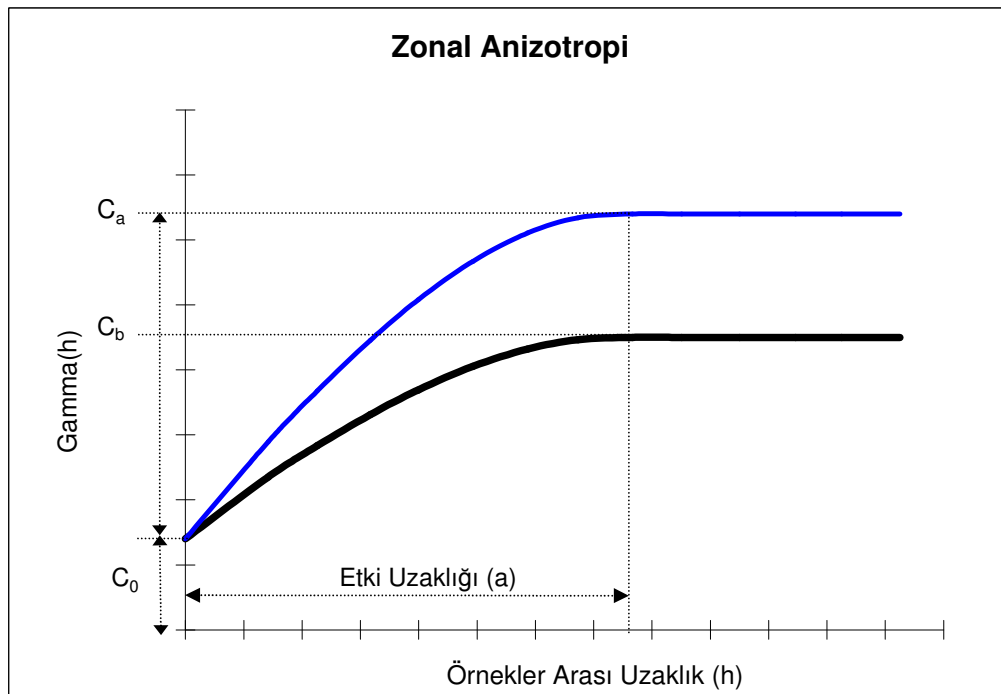
Yarıvariogramların bu özelliği, basitçe mineralleşmenin sürekliliğinin değişik doğrultulardaki değişimini gösterir. Her doğrultuda tayin edilen anizotropi faktörleri, daha sonra bloklara değer atanırken her numunenin bulunduğu yer ve doğrultuya göre etki ağırlığını tespit etmede kullanılır (Journel, 1978).

Geometrik anizotropiyi “O” merkezli x-y düzlemindeki bir elipsle ifade edersek bu elipsi basit geometrik dönüşümlerle daireye dönüştürerek anizotropik durum ortadan kaldırılabilir (Şekil 3.19). Yön 1’de ki  $\gamma_1(h)$  yarıvariogram değeri anizotropik durumun düzeltilmesinden sonra Denklem (3.12)’deki  $\gamma(h)$  şeklini alacaktır (Armstrong, 1997).

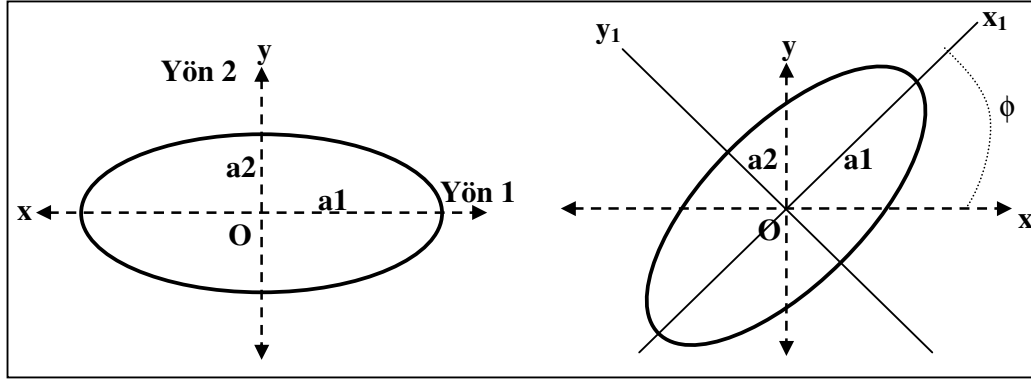
$$\gamma_h = \gamma_1 \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (a_1/a_2)^2 (y_1 - y_2)^2} \quad (3.12)$$



Şekil 3.17. Geometrik anizotropi



Şekil 3.18. Zonal anizotropi



Şekil 3.19. Geometrik anizotropi ve X-Y eksenlerindeki dönüşüm (Amstrong, 1997)

### 3.2.2.4.(2). Çapraz Doğrulama Tekniği ile Model Testi

Yarıvariogram model parametrelerinin belirlenmesine yönelik sık kullanılan yöntemlerden biri çapraz doğrulama tekniğidir. Bu yöntemde ilk olarak gerçek yarıvariogram fonksiyonuna ilişkin bir model ve bu modele ilişkin parametreler seçilir. Daha sonra veri setinden gerçek değeri bilinen bir örnek uzaklaştırılır ve bu lokasyondaki değer sanki gerçek değeri bilinmiyormuş gibi, seçilen yarıvariogram model parametreleri ve geriye kalan veriler kullanılarak noktasal kriging tahmin tekniği ile tahmin edilir. Daha sonra sırasıyla tahmin yapılan lokasyonun gerçek değeriyle tahmini değeri arasındaki fark (tahmin hatası) hesaplanır. Bu işlem diğer veriler içinde tekrarlanarak, elde edilen tahmin hataları o tahmine ait kriging standart sapma değerine bölünür ve indirgenmiş hatalar elde edilir. İndirgenmiş hataların ortalamasına ve kareler ortalamasına bakılarak analiz gerçekleştirilir (Denklemler 3.13-16).

$$\text{Tahmin Hataları, } \varepsilon_i = [Z_i^* - Z_i] \quad (3.13)$$

$$\text{İndirgenmiş Hatalar, } x_i = \left[ \frac{Z_i^* - Z_i}{\sigma_{\varepsilon,i}} \right] \quad (3.14)$$

$$\text{İndirgenmiş Hataların Ortalaması, } \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (3.15)$$



$$\text{İndirgenmiş Hataların Varyansı, } S_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_1^N (x_i - \bar{x})^2 \quad (3.16)$$

Bu istatistiki parametrelere ilişkin arzu edilen kriterleri sağlayan yarivariogram model ve parametreleri gerekli model ve parametrelerdir. Bu kriterlerden bazıları şu şekildedir (Dowd, 1988).

i. İndirgenmiş hataların beklenen değerlerinin 0'a ve varyansları da 1'e yakın olup olmadığına veya  $1 \mp 2\sqrt{\frac{2}{N}}$  sınırları arasında kalıp kalmadığına bakılmalıdır (Çetin ve Kırdı, 2003).

ii. Diğer bir karar verme tekniği ise, gerçek değerlerin, kestirilen değerler üzerindeki doğrusal regresyonu orijinden geçen 45 derece eğimli bir doğru olmasıdır. Bu koşullu yansızlık olarak bilinir.

iii. Kestirim hatalarının kareler ortalaması, kriging varyanslarının ortalamasına eşit ya da küçük olmalıdır,  $\bar{\sigma}_E^2 < \bar{\sigma}_k^2$ .

### 3.2.2.4.(3). Kriging Tahmini

Yarivariogram fonksiyonu, yöresel değişkenin çeşitli özelliklerinin sayısal olarak belirlenmesinin yanında, örneklenmemiş noktalardaki bilinmeyen değerlerin tahmininde de kullanılabilir. Maden yataklarından alınan örnekler bize sadece alınan noktalarla ilgili bilgiler verebilir. Bize düşen bu noktalardan alınan örnekler arasındaki uzaklığa bağlı ilişkiyi ortaya koyup bilinmeyen noktalardaki veya bloklardaki değerleri de tahmin etmek olacaktır. Bu amaca hizmet eden kriging, yöresel değişkenlerin örneklenmemiş noktalarının tahminlerinde en iyi ve yansız bir tahmin edici olarak kullanılır. Kriging blok veya bir noktanın tahminini minimum varyansla tahmin eden en iyi yöntemdir.

Kriging ile yaptığımız tahminin doğruluğu veya geçerliliği aşağıdaki 4 faktöre bağlıdır ve kriging hesaplamalarında bütün bunlar hesaba katılır (Deutsch ve Journel, 1992).

1) Verilerimizin sayısı ve alınan örneklerin kalitesi,

2) Örnekleme noktalarının yatak içerisindeki konumları; düzenli aralıklarla örneklenmiş veriler daha temsili olacak ve maden yatağı hakkında daha fazla bilgi verebileceklerdir,

3) Tahmini yapılacak noktalarla örnekler arasındaki uzaklık; tahmini yapılacak nokta veya blokların, örneklenmiş noktalara yakın olması veya etrafıca çevrilmiş olması beklenir,

4) Uzaysal bağımlılığın devamlılığı; bu tür bir devamlılığa kömür yataklarındaki kalınlık değişkeni örnek olarak gösterilebilir. Fakat altın cevherindeki altın tenörünün uzaysal bağımlılığının kömür kalınlığı kadar devamlılık göstermesi daha az olacaktır.

Kriging tahmini için;  $Z(x_1), Z(x_2), \dots, Z(x_N)$  N adet veri olsun,  $Z(x_i)$  değişkeninin lineer bir fonksiyonunu belirlemek ve  $x_0$  noktasındaki değer veya  $x_0$  merkezli bir alan içerisindeki ortalama alansal değer tahmin edilmek istensin. Çok sayıda eşitliğe kaçmadan nicelik tahminin eşitliği genel olarak şu şekilde verilebilir (Armstrong, 1997).

$$Z_V = \frac{1}{V} \int_V Z(x) dx \quad (3.17)$$

Burada V hacmi nokta tahminlerinde bir noktayı temsil etmektedir. Bu tahminleri yapabilmek için verilerimizin bir ağırlıklı ortalamasını ele almamız gerekir. Genel olarak tahmin işlemi, bilinen değerlerin ağırlıklı ortalaması alınarak yapılır (Denklem 3.18).

$$Z_V^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (3.18)$$

Burada;

$Z_V^*$  :  $x_0$  noktasında tahmin edilen değeri,

$Z(x_i)$  :  $x_0$  noktasının tahmininde kullanılacak gözlemlerin değerini,

$\lambda_i$  : Değişkenin değerlerine verilecek ağırlıkları ifade etmektedir.

Genel problemimiz ise ağırlık faktörü olan  $\lambda_i$ 'yi en iyi yolla belirlemek olacaktır. Burada ağırlık faktörü iki amaç doğrultusunda seçilmelidir,

i. Yansızlık için  $E[Z_v^* - Z_v] = 0$ , bu şartı sağlayabilmemiz için Denklem (3.18)'deki ifadede  $\sum \lambda_i = 1$  olmalıdır (Burada,  $Z_v^*$  tahmin edilen değeri,  $Z_v$  ise gerçek fakat bilinmeyen değeri ifade etmektedir),

ii. Minimum varyans için  $\text{Var}[Z_v^* - Z_v] = \text{minimum}$  olmalıdır (Burada belirtilen varyans kriging varyansı olarak bilinir).

Genel olarak kriging tahmin edicilerine göre kriging yöntemleri; ortalama (m) tahmin edicisi bilinmeden yapılan kriging “ordinary kriging (OK)” ve kriging tahmin edicisi ortalama (m)'nın bilinmesiyle yapılan kriging “simple kriging, (SK)” olarak tanımlanırlar (Armstrong, 1997).

#### a. Ordinary Kriging Tahmin Tekniği

Eğer  $Z(x)$  ortalama değer (m) ile durağan ise;

$$E[Z(x_i)] = m \text{ ve böylece } E[Z_v] = m \text{ olmalıdır.} \quad (3.19)$$

Denklem (3.19)'deki şarta göre;

$$E[\sum \lambda_i Z(x_i) - Z_v] = \sum \lambda_i m - m = m[\sum \lambda_i - 1] = 0 \quad (3.20)$$

Denklem (3.19) ve Denklem (3.20)'den görüleceği üzere yansızlık koşulunun sağlanabilmesi için  $\sum \lambda_i = 1$  olmalıdır.

Hata varyansı  $[Z_v^* - Z_v]$  variogram bağıntıları kullanılarak hesaplanabilir.

$$= 2 \sum_i \lambda_i \bar{\gamma}(x_i, V) - \sum_i \sum_j \lambda_i \lambda_j \gamma(x_i, x_j) - \bar{\gamma}(V, V) \quad (3.21)$$

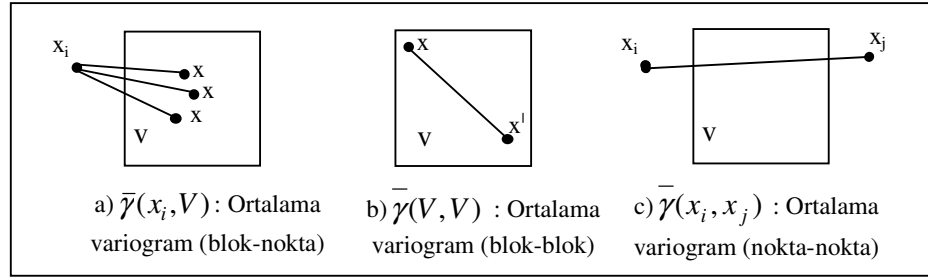
Burada;

$\bar{\gamma}(V, V)$ :  $x$  ve  $x^1$  arasındaki ortalama variogram (blok-blok),

$\gamma(x_i, x_j)$ :  $x_i$ 'den  $x_j$ 'ye ortalama variogram (nokta, nokta),

$\bar{\gamma}(x_i, V)$ :  $x_i$  ve  $V$  hacmi arasındaki ortalama variogram (nokta-blok) olarak

alınmıştır (Şekil 3.20), (Armstrong, 1997).



Şekil 3.20. a) blok-nokta, b) blok-blok, c) nokta-nokta ortalama variogramlarının şekilsel gösterimi (Journel, 1978)

Ağırlık katsayıları toplamının 1.0'e eşit çıkması şartı altında, tahmin varyansını (Denklem 3.21) minimize edebilmek için Lagrange çarpanları “ $\mu$ ” ele alınmıştır.

$$\phi = \text{Var}(Z_v^* - Z_v) - 2\mu [\sum \lambda_i - 1] \quad (3.22)$$

Denklem (3.23) incelendiğinde ağırlık katsayıları ( $\lambda_i$ ) toplamı 1.0'e eşit çıkması gerektiğinden dolayı, lagrange çarpanları ( $\mu$ )'nın  $[\sum \lambda_i - 1]$  ile çarpılması sonucunda 0 elde edileceğinden “ $\mu$ ” etkisiz eleman olacak fakat denklem sistemimizin çözümüne ve  $\lambda_i$ 'lerin bulunmasına imkan sağlayacaktır. Bu koşullar altında denklemin çözümü “lagrange çarpanları” yöntemiyle yapılacak olursa kriging denklem sistemi olarak bilinen Denklem (3.23) elde edilir.

$$\sum_{j=1}^N \lambda_j \gamma(x_i, x_j) + \mu = \bar{\gamma}(x_i, V) \quad (3.23)$$

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1 \quad , \quad i = 1, 2, 3, \dots, N \quad (3.24)$$

Kriging varyansı olarak bilinen minimum varyans ise Denklem (3.25) ile elde edilebilir.

$$\sigma^2_K = \sum_{i=1}^N \lambda_i \bar{\gamma}(x_i, V) - \bar{\gamma}(V, V) + \mu \quad (3.25)$$

Herhangi bir  $x_0$  noktasının tahmininde N adet veri kullanılıyorsa, bu iki koşul N+1 adet doğrusal denklemler sistemine yol açacaktır (Denklem 3.22).

Yukarıdaki Denklem (3.23) sistemini nümerik olarak çözebilmek için matris formunda gösterilirse, aşağıdaki şekle dönüşür (Denklem 3.26).

$$A = \begin{bmatrix} \gamma_{1,1} & \gamma_{1,2} & \gamma_{1,3} & \cdots & \cdots & \cdots & \gamma_{1,N} & 1 \\ \gamma_{2,1} & \gamma_{2,2} & \gamma_{2,3} & \cdots & \cdots & \cdots & \gamma_{2,N} & 1 \\ \gamma_{3,1} & \gamma_{3,2} & \gamma_{3,3} & \cdots & \cdots & \cdots & \gamma_{3,N} & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 1 \\ \gamma_{N,1} & \gamma_{N,2} & \gamma_{N,3} & \cdots & \cdots & \cdots & \gamma_{N,N} & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \lambda_N \\ \mu \end{bmatrix} \quad C = \begin{bmatrix} \bar{\gamma}(x_1, V) \\ \bar{\gamma}(x_2, V) \\ \bar{\gamma}(x_3, V) \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \bar{\gamma}(x_N, V) \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3.26)$$

A matrisinin bir kez tersinin alınıp C vektörüyle çarpılması sonucu ağırlık katsayıları ( $\lambda_i$ )'ler elde edilebilir (Denklem 3.27). Elde edilen ağırlık katsayıları ile Denklem (3.18) sayesinde tahmin değeri bulunabilir.

$$B = A^{-1} x C \quad (3.27)$$

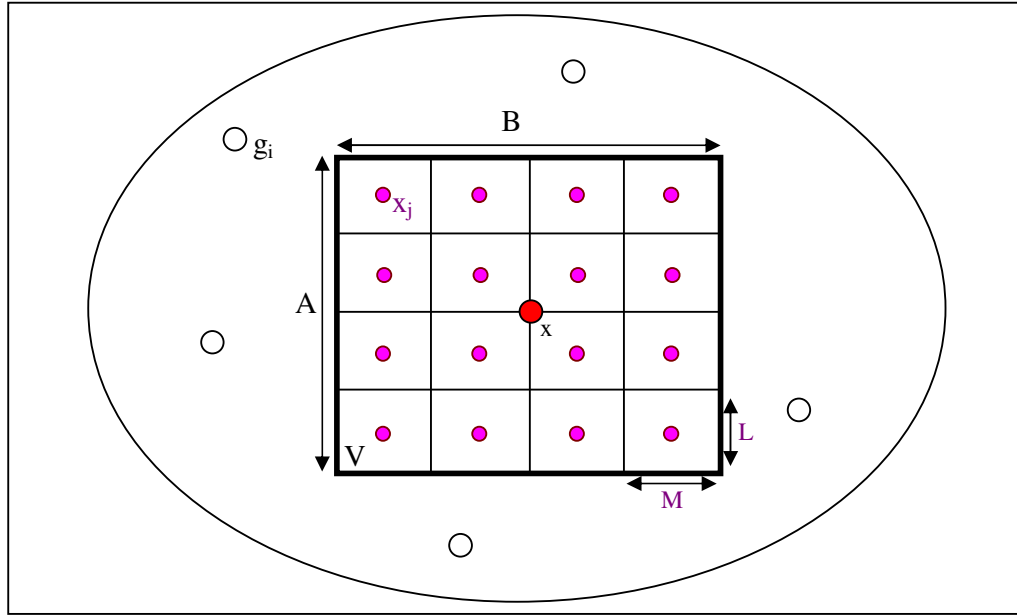
Yapılan tahminin varyansı (kriging varyansı,  $\sigma_K^2$ ) ise Denklem (3.28) sayesinde hesaplanabilir.

$$\begin{aligned} \sigma_K^2 &= B^T C - \gamma(V, V) \\ B^T &= B \text{ transpose} \end{aligned} \quad (3.28)$$

### **b. Ordinary Kriging Tahmin Tekniği ile Noktasal ve Alansal Tahminlerin Yapılması**

Denklem (3.22)'ye göre “ $Z_v^*$ ”  $x_o$  noktasındaki tahmini değer veya  $x_o$  merkezli bir alan içerisindeki ortalama alansal tahmini değer olarak isimlendirilmiştir. Madencilik uygulamaları düşünülecek olursa,  $x_o$  noktasındaki tahmin edilecek değer bir sondaj değeri veya başka bir değişken olabilmektedir. Tahmini yapılacak  $x_o$  noktasına göre kriging tahmin tekniği 3 şekilde uygulanabilir. Örneğin; bir maden yatağının  $x_o$  noktasındaki değer tahmin edilmesi “noktasal (point) kriging” olarak isimlendirilebilir,  $x_o$  noktası merkezli bir maden alanının ortalama sondaj değerinin tahmini ise “alansal kriging” olarak isimlendirilebilir,  $x_o$  noktası merkezli bir maden

bloğunun ortalama değerin tahmini ise “hacimsel (blok) kriging” olarak isimlendirilebilir. Noktasal tahminler ve tahmin varyansı Denklem (3.23) ve (3.25) sayesinde kolayca bulunabilir. Alansal ve blok tahminlerinin yapılması ve varyanslarının bulunması ise yine yarıvariogram fonksiyonları yardımıyla yapılabilir. Bunun için bir maden sahası içerisindeki “x” merkezli tahmin edilecek bir “V” alanını, kendisinden daha küçük “ $x_j$ ” merkezli “N” adet küçük “v” alanına böldüğümüzü farz edelim ve bu tahminde kullanılacak “K” adet gözlem değerini “ $g_i$ ” ile ifade edelim (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Tahmini yapılacak “V” alanı (Mert, 2004)

V alanının x merkezli ortalama tahminini ve varyansını bulmak için Şekil 3.20’de anlatılan 3 adet ortalama yarıvariogramın hesaplanması gereklidir. Bunların hesabı aşağıdaki aşamaların takibi ile mümkündür.

1. “ $g_i$ ” noktaları ile diğer “ $g_i$ ” noktaları arasında oluşabilecek mümkün çiftlerin yarıvariogramı “ $\gamma(g, g)$ ” bulunur. Bulunan bu yarıvariogram değerleri 1. satırdan N. satıra sırasıyla Denklem (3.26)’daki A matrisi şeklinde gösterilir.

2. “ $x_j$ ” noktaları ile tahminde kullanılacak “ $g_i$ ” gözlem noktalarından bir tanesi arasındaki ortalama yarıvariogram “ $\bar{\gamma}(x_j, g)$ ” şeklinde olsun ve “ $B_i$ ” şeklinde ifade edilsin. “ $B_i$ ” bulunurken şu aşamalar izlenmelidir (Mert, 2004).

a) Küçük alanlar ( $v_j$ ) =  $M_j \times L_j$  olacak şekilde hesaplanmalıdır,

b) Büyük alan ( $V$ ) =  $A \times B$  olacak şekilde hesaplanmalıdır,

c) Her bir " $x_j$ " için ortalama variogram " $\bar{\gamma}(x_j, g)$ " şu şekilde hesaplanır.  $K$  adet " $g_i$ " den bir tanesi seçilir ve bu " $g_i$ " ile sırasıyla " $N$ " adet " $x_j$ " merkezli alan arasındaki yarıvariogram değerleri hesaplanır ve küçük alan ( $v_j$ ) ile çarpılır. Bu işlem her " $x_j$ " için tekrar edildikten sonra " $\sum_{j=1}^K \gamma(x_j, g) v_j$ " toplamı bulunur. Elde edilen toplam büyük blok alanı ( $V$ )'ye bölünürse, ortalama " $\bar{\gamma}(x_j, g)$ " elde edilmiş olur (Denklem 3.29). Elde edilen bu değer Denklem (3.26)'daki " $C$ " vektörünün 1. satırını temsil etmektedir. Bu işlem her " $g_i$ " için " $K$ " kez tekrar edilir ise Denklem (3.26)'daki " $C$ " vektörü elde edilmiş olur.

$$B_i = \sum_{j=1}^N \frac{1}{V} [\gamma(x_j, g_i) v_j + \gamma(x_j, g_i) v_j + \gamma(x_j, g_i) v_j + \dots + \gamma(x_N, g_K) v_N] \quad (3.29)$$

$i = 1, 2, 3, \dots, K$

3. Büyük blok " $V$ " içerisindeki " $x_j$ " merkezli küçük alan " $v$ " nin diğer " $x_j$ " noktaları arasındaki ortalama yarıvariogramı  $\gamma(x_i, x_j)$  şeklinde gösterelim ve " $x_j$ " lerin ortalama yarıvariogramını da " $\bar{\rho}$ " şeklinde ifade edilmiş olsun.  $\bar{\rho}$  bulunurken şu aşamalar izlenmelidir.

a) Küçük alan (" $v$ ") ların merkezi " $x_j$ " noktaları ile diğer " $x_j$ " noktaları arasındaki yarıvariogram değerleri bulunur. Bu işlem her bir " $x_j$ " noktası için kendisiyle olan yarıvariogram değerinin de hesaplanması dahil " $N \times N$ " kez tekrar edilir ve toplamları alınır. Elde edilen toplamın " $N \times N$ " e bölünmesi suretiyle " $\bar{\rho}$ " elde edilebilir (Denklem 3.30).

$$\bar{\rho} = \frac{1}{N^2} \sum_{j=1}^N \gamma(x_i, x_j) \quad j=1, 2, 3, \dots, N \quad (3.30)$$

4. Denklem (3.21) yardımıyla elde edilmiş " $B$ " vektörü (*ağırlık katsayıları*,  $\lambda_i$ ) ile Denklem (3.29) yardımıyla elde edilmiş " $C$ " vektörünün çarpılıp

toplanmasıyla blok-blok toplam ortalama yarıvariogram değeri elde edilmiş olur. Elde edilen toplam ortalama yarıvariogram “ $\rho_{i0}$ ” şeklinde ifade edilirse. “ $\rho_{i0}$ ” Denklem (3.31) ile hesaplanabilir,

$$\rho_{i0} = \sum_{i=1}^{K+1} \lambda_i B_i \quad (3.31)$$

Bu durumda,

- Bu durumda yapılacak x merkezli bir alansal tahmin  $g^*(x)$ , Denklem (3.32) yardımıyla hesaplanabilir.

$$g^*(x) = \sum_{i=1}^K \lambda_i g(i) \quad (3.32)$$

- $g^*(x)$  alansal tahmini için “ordinary kriging tahmin varyansı, “ $\sigma_{ok}^2$ ” Denklem (3.33) yardımıyla hesaplanabilir.

$$\sigma_{ok}^2 = \rho_{i0} - \bar{\rho} \quad (3.33)$$

Yapılacak bir hacimsel (blok) tahminin alansal tahminlerden bir farkı olmayıp alan hesapları yerine hacim hesapları esas alınarak ortalama yarıvariogramlar bulunabilir.

### 3.2.2.5. Linyit Yatağı Sınırlarının Belirlenmesi

Bir maden yatağı sonsuz bir şekilde devam etmez, belirli bir sınırdan sonra son bulur. Bu şekilde sınırlar kapsamlı olarak belirlenmemişse iki problem ortaya çıkar; ilki rezerv ve tenör hesapları, ikincisi ise hesaplanan değerlerin gerçek değerlerle uyuşmayabilmesidir.

Sınır belirsizliğinin değerlendirilmesinde kullanılacak temel verinin arama ve geliştirme sondajlarından ibaret olduğu ve bu sondajların da sahayı cevherli, cevhersiz ve belirsizlik şeklinde üç farklı zona ayırdığı kabul edilmektedir.

Bu kabuller altında sınırların belirlenmesine yönelik standart yaklaşımların hepsi, sıfır kalınlığında bir kontur tanımlamakta ve bu konturu yatak sınırı olarak



almaktadır. Bir yaklaşıma göre, cevhersiz ve belirsizlik zonu içinde çok sayıda cevher kesmeyen hipotetik sondaj tanımlanmakta, bunları ve ayrıca cevher kesen sondajları kullanarak sıfır kalınlığındaki konturu belirlenmektedir. Diğer bir yaklaşım ise yalnızca gerçek sondajlar kullanmakta ancak sıfır kontur çizgisini cevher kesmeyen sondajlara negatif kalınlıklar atayarak hesaplamaktadır. Bu tür yaklaşımların hepsi bir şekilde keyfiyet unsuru içermektedir. Sınır belirsizliğinin değerlendirilmesine yönelik bir yaklaşım keyfiyetten uzak olmalı ve kuramsal bir temele dayanmalıdır. İndikatör kriging koşullu olasılık dağılımlarının kestiriminde kullanılan parametrik olmayan jeostatistiksel bir tekniktir. Matematiksel olarak basit ve ayrıca veri dağılımına bağlı olmamasından dolayı yöntem işletilebilir lokal rezervlerin kestiriminden çevresel madencilik problemlerine kadar uzanan pek çok alanda uygulanmıştır. Yöntem ayrıca sınır belirsizliğinin değerlendirilmesine de uygulanabilir. Örneğin, bu yöntemle keyfi bir sınır belirlemekten çok, sınırın görünebilme göstergesinin 0'dan 1'e doğru düzgün bir şekilde değiştiği bir belirsizlik zonu tanımlanabilir. Bu zon içinde "0" göstergesi sınıra ulaşılmadığını "1" göstergesi ise sınırın geçildiğini ifade eder (Tercan, 1996; Dag ve Mert, 2008).

### 3.2.2.5.(1). İndikatör Kriging ve Yatak Sınırlarının Belirlenmesi

İndikatör değişken, tesadüfi değişkenin bir sınır değer göz önüne alınarak "0" ya da "1" şeklinde kodlandığı değişkendir. Jeostatistik programlarında normal olarak herhangi bir x noktasındaki  $Z(x)$  tenör değeri, bir  $z_s$  sınır değerinden küçük ya da eşitse bu noktada indikatör değişken 1, büyükse 0 değerini alır (Denklem 3.34).

$$I(x; z_s) = \begin{cases} 1, & Z(x) \leq z_s \\ 0, & Z(x) > z_s \end{cases} \quad (3.34)$$

x noktasındaki  $Z(x)$  değeri bilindiğinde,  $Z(x)$ 'in  $z_s$ 'ye eşit ya da  $z_s$ 'den küçük olmasının (koşullu) olasılığı 1, büyük olmasının (koşullu) olasılığı ise 0'dır.

Tenör ve kalınlık gibi yöresel değişkenlerin krigingle kestirimi benzer şekilde indikatör değişkenlerle de kestirilebilir. İndikatör değerler, koşullu olasılık

fonksiyonları olarak yorumlandığında, kestirilen indikatör değerlerde koşullu olasılık fonksiyonunun kestirimleri olarak ortaya çıkar.

$$\Pr[Z(x) \leq z_s / Z(x_1), \dots, Z(x_n) = z(x_n)] = i^*(x; z_s) = \sum_{j=1}^n \lambda_j i(x_j; z_s) \quad (3.35)$$

(3.35) eşitliğinde  $\lambda_j$ 'ler indikatör verilere atanacak ağırlıklardır ve bunlar indikatör kriging sisteminin çözümünden elde edilir. İndikatör krigingde indikatör veriler kullanıldığından kriging denklem sistemindeki yarıvariogramların yerini indikatör yarıvariogramlar alır.

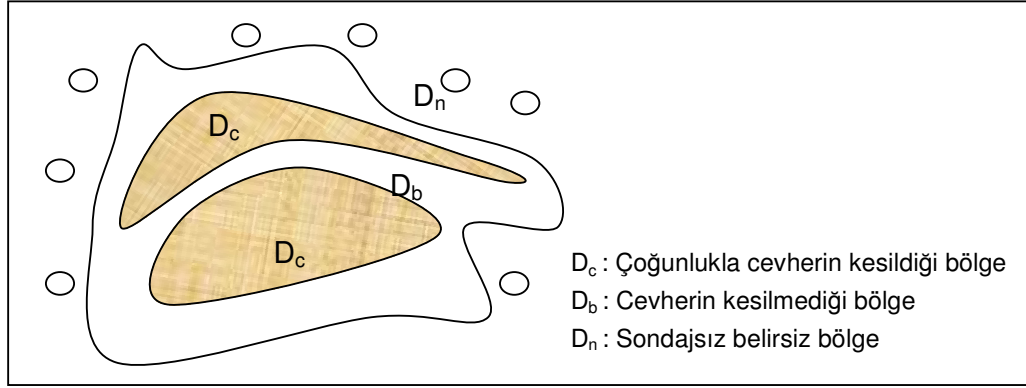
Denklem (3.34)'de anlatılan koşullar, maden yatağının herhangi bir  $x$  noktasında, kalınlık değeri var ise indikatör değişken 1, yok ise indikatör değişkenin 0 değerini alması şeklinde düşünülürse, kalınlığın varlığı ya da yokluğu göstergeleri daha kolay yorumlanabilir (Denklem 3.36).  $N$  farklı lokasyonda kalınlık değerlerinin ölçüldüğü bir "A" alanı ve bu alan içinde değerlerin pozitif olduğu bir "D" bölgesi göz önüne alalım. Ayrıca bu "D" bölgesi dışında ölçülen kalınlık değerleri sıfır olsun. Bu koşullarda "D" bölgesi cevherli zona karşılık gelir ancak lokasyonlar arasındaki uzaklığın büyük olmasından dolayı sınırlar tam olarak bilinmez. Bununla birlikte içinden gerçek sınırın geçtiği bir belirsizlik bölgesi ya da zonu belirlemek mümkündür. Bunu gerçekleştirmenin bir yolu gözlem noktalarında kalınlığın sıfır ya da pozitif olması durumuna göre bir indikatör değişken tanımlanmaktadır.

$$I(x; z_s) = \begin{cases} 0, & Z(x) \leq z_s \\ 1, & Z(x) > z_s \end{cases} \quad (3.36)$$

Bu indikatör değişkene dayanarak, A alanı üç farklı bölgeye ayrılabilir. 1'e eşit indikatör değerini tanımlandığı cevherli bölge (Dc), 0'a eşit indikatör değerini tanımlandığı cevhersiz bölge (Dn) ve hiçbir bilginin olmadığı belirsizlik bölgesi (Db)'dir (Şekil 3.22; Tercan, 1996; 1999).

Bu indikatör teknik kullanılarak örneklenmemiş noktaların cevherli, cevhersiz ve belirsizlik bölgesine ait olma olasılıkları hesaplanabilir. Eğer örneklenmemiş bir noktadaki kestirilen indikatör değeri 1'e eşit ya da büyükse nokta, "Dc" bölgesine,

0'a eşit ya da küçükse "Dn" bölgesine ve 0 ile 1 arasında ise "Db" belirsizlik bölgesine aittir.



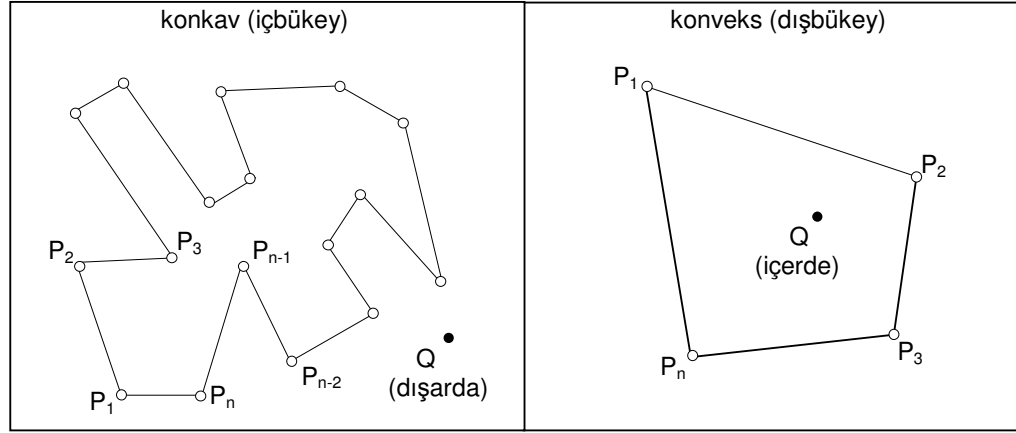
Şekil 3.22. Maden yatağındaki cevherli ve cevhersiz bölge sınırları (Tercan, 1996)

Kestirilen olasılıklara, sınır belirsizliği açısından da bakılabilir. Bu durumda, kestirilen indikatör değer 0 ya da 1'e eşitse bu noktanın bir bölgeye ait olması konusunda hiçbir belirsizlik yoktur. Değerler 0 ya da 1'e yakınsa küçük bir belirsizlik vardır. Eğer 0.5'e eşitse belirsizlik en yüksek seviyesine erişir. Bu durumda, noktanın "Dc" mi yoksa "Dn" mi olduğu konusunda hiçbir şey söylenemez (Tercan, 1996).

### 3.2.2.5.(2). Belirlenmiş Sınırlar İçerisine Tahmin Yapılması

Yapmış olduğumuz tahminler neticesinde elde ettiğimiz veri setinde bizim arzu etmediğimiz, maden yatağının sınırları dışında olan tahminlerin veri setinden uzaklaştırılmasında veya tanımlanan bir alandaki rezervin hesabında öncelikle poligon içindeki nokta/blokların tanımlanması gerekir.

Nokta poligon sorgulamasında, keyfi bir Q noktasının konumu ve verilen bir P poligonu köşe noktalarının koordinatları ile bellidir. P poligonu konveks (dışbükey) veya konkav (içbükey) olabilir. P poligonunun kırık noktaları ( $P_1, P_2, \dots, P_n$ ) ve Q noktası ( $x, y$ ) koordinat çiftleriyle tanımlıdır. Nokta poligon sorgulamasında; eğer Q noktası P poligonunun köşeleri içinde kalıyorsa Q noktası P poligonunun içindedir, değilse dışındadır (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. Konveks ve konkav poligonlar

Sorgulama çok zor olmamakla beraber poligonun konkav ve çok köşeli olması, sorgulanacak poligon sayısının fazla olması durumlarında, bilgisayarla bu sorgulama algoritmasının programlanması gerekir. Sorgulama birçok poligon ve noktalar için yapılacağından program algoritmasının hızlı ve sade olması istenir. Bu nedenle konveks ve konkav poligonların her ikisi ve sadece konveks poligonlar için birçok yöntem geliştirilmiştir.

Bu yöntemlerden en geçerli olanı Işın Seçimi ve Sorgulama yöntemidir. Tüm poligon kenarlarıyla yapılacak kesişimleri sorgulamak için, ışınında vektörel olarak ilk ve son koordinatları belli bir doğru parçası olarak tanımlanması gerekir. Sorgulama için verilen Q noktasının  $(x_0, y_0)$  koordinatları ışının ilk noktasıdır. Işın vektörel olarak elde edilir (Kaya ve Yıldırım, 1999).

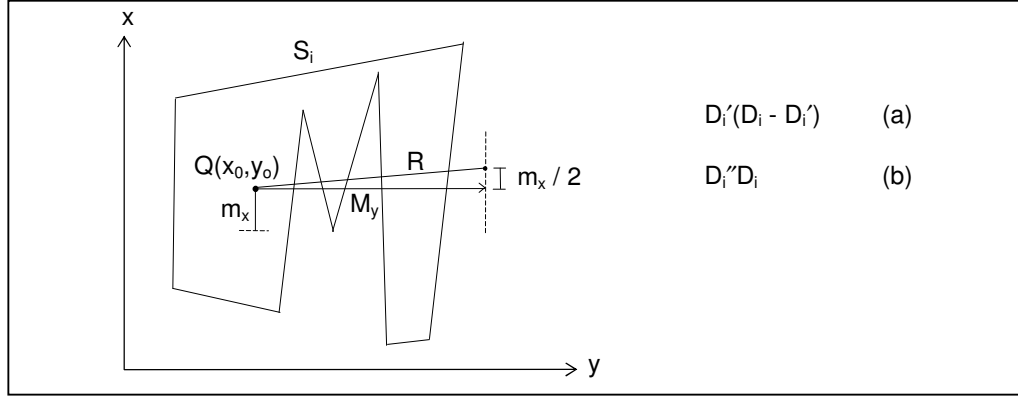
$$R = \{(x_0, y_0) + r(m_x, 2M_y) \mid r > 0\} \quad (3.37)$$

R = 1 olmak üzere

$$(x', y') = (x_0 + m_x, y_0 + 2M_y) \quad (3.38)$$

Buradaki  $M_y$  ve  $m_x$  ışına belli bir eğim vermek için kullanılır. Böylece ışın dik veya yatay bir poligon kenarından geçerken kesişme sağlanmış olacaktır.  $M_y$  için  $|y_0 - y_1|$  mutlak değer farkı en büyük değer alınır.  $m_x$  için  $|x_0 - x_1|$  mutlak değer farkı en küçük olan sıfırdan farklı değer alınır (Şekil 3.24). Nokta poligon sorgulamasında

$(x_0, y_0)$  dan  $(x', y')$  ye kadar olan R ışını, poligonun tüm  $S_i$  kenarları sorgulanarak kesişme sayısı bulunur. Kesişimlerin sayısına determinant çarpımlarının hesaplanmasıyla varılır.



Şekil 3.24. Işın seçimi

Şekil 3.24'de verilen (a) ve (b) değerleri Denklem (3.39-41) yardımıyla hesaplanır. Eğer (a) ve (b) pozitifse R ışını poligonun  $S_i$  kenarını keser. Diğer durumlar da kesmez. Bu şekilde kesişim sayısının toplamları alınır. Toplam sayı tek ise Q noktası poligonun içinde, çift ise poligonun dışındadır (Kaya ve Yıldırım, 1999).

$$D_i = \begin{vmatrix} 2M_y & -(y_{i+1} - y_i) \\ m_x & -(x_{i+1} - x_i) \end{vmatrix} \quad (3.39)$$

$$D_i' = \begin{vmatrix} 2M_y & (y_i - y_0) \\ m_x & (x_i - x_0) \end{vmatrix} \quad (3.40)$$

$$D_i'' = \begin{vmatrix} (y_i - y_0) & -(y_{i+1} - y_i) \\ (x_i - x_0) & -(x_{i+1} - x_i) \end{vmatrix} \quad (3.41)$$

Nokta poligon sorgulaması sayesinde koordinatları belirlenmiş bir maden yatağının sınırları içerisinde kalan noktalar tanımlanabilir ve bu sayede jeostatistik yöntemlerle yapılmış tahminler yatak sınırları dahilinde gerçekleştirilir. Bu şekilde tahmin sonrası elde edeceğimiz birçok veri arasından sadece yatak içinde kalan tahminleri seçme ihtiyacına gerek kalmayacaktır.

### 3.2.3. Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS)

İngilizce açılımı “Global Positioning System” olan GPS, “Küresel Yer Belirleme Sistemi” ya da “Küresel Konumlandırma Sistemi” olarak adlandırılabilir. Bu sistem, GPS uydularından yayınlanan belirli frekansları alabilecek GPS alıcısına sahip herhangi bir kullanıcının, her hangi bir yerde ve anda, her türlü hava koşulunda, ortak bir koordinat sisteminde, konum, hız ve zaman bilgilerinin elde edilmesine olanak veren uzay teknolojisine dayalı bir radyo seyrüsefer (navigasyon) sistemidir.

ABD, 1960’lı yıllarda uydu bazlı navigasyon uygulamalarını geliştirmiş olmakla birlikte, bunlardan sadece belirli zamanlarda yararlanma, iki boyutlu konum ve düşük hızlı platformlarda (örn. gemiler) kullanım olanağı gibi kısıtlamaları ortadan kaldıracak yeni bir konumlama sistemine gereksinim duyması üzerine GPS’i geliştirilmiştir. ABD hava-uzay sanayi kuruluşları tarafından, ortalama ömürleri 7.5-10 yıl olmak üzere üretilen, 11 adet BLOK-I uydusu 1978-1985 döneminde, 28 adet BLOK-II uydusu 1989-1995 döneminde, 20 adet BLOK-IIR ve IIR-M uydusu 1996-2005 döneminde ve ortalama 10 adet BLOK-IIF uydusu 2006 ve sonrasında yörüngeye yerleştirilmiştir. GPS uydularının yeni serisinin (BLOK-III) 2011/2012 yıllarında yörüngeye konması planlanmaktadır. Aralık 2005 tarihi itibariyle yörüngede 29 faal GPS uydusu bulunmaktadır ([www.hgk.mil.tr](http://www.hgk.mil.tr)).

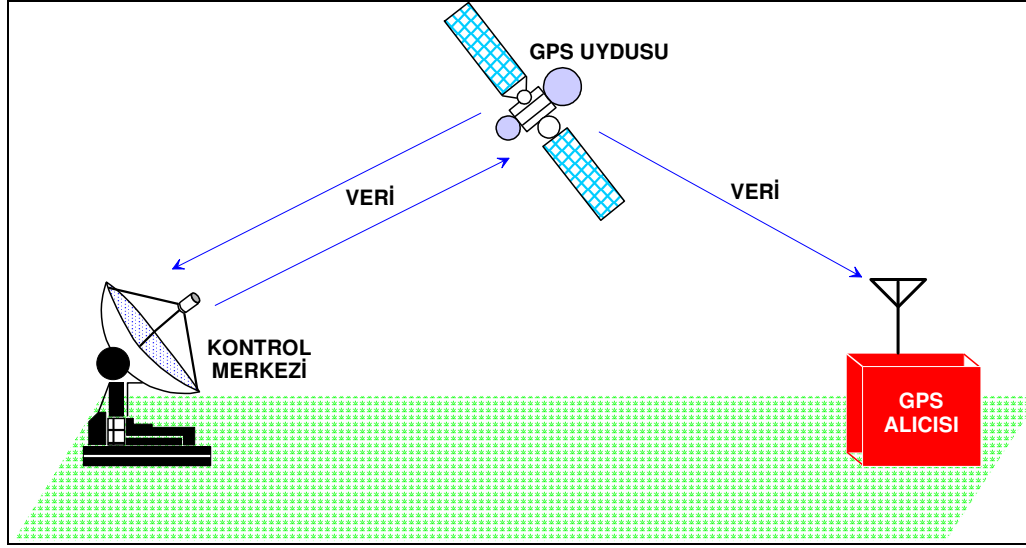
GPS ile aynı sektörde 1980’li yıllarda faaliyete giren, ancak bakım, işletme ve idame finansmanı zorlukları sebebiyle beklenen yeri alamamış olan Rus Federasyonu tarafından geliştirilen GLONASS (Global Orbiting Navigation Satellite System) Konumlama Sistemi, halen 17 tane uydusu ile faaliyetini yürütmektedir. Bunların dışında, 28 Aralık 2005 tarihinde ilk test uydusunu (GIOVE-A) yörüngeye koyan, Avrupa Uzay Ajansı, Avrupa Birliği ve Avrupa Endüstri Platformu tarafından geliştirilen GALILEO Konumlama Sistemi’nin tam olarak faaliyete geçmesi beklenmektedir. Her üç sistemin, özellikle cep telefonları ile pratik uygulama olanağı bulan iletişim teknolojilerinde sektörel ortaklık yaparak, oldukça büyük bir ekonomik rekabet içerisinde olacağı beklenmektedir.

Türkiye sathında ise düzgün olarak dağılmış toplam 594 noktadan oluşan, Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUSAGA), yaklaşık 25 km aralıklarla tesisi planlanmış, noktaların ölçü ve hesaplamaları tamamlanmış olup, ağın geliştirilmesi devam etmektedir (www.hgk.gov.tr). Ülkemiz Harita Genel Komutanlığınca, askeri ve sivil projelere yönelik veri toplama şeklini, aktif ve sürekli yapıya dönüştürerek, daha duyarlı 3 boyutlu konum belirlemek amacıyla başlatılan proje kapsamında, mevcut olan 20 adet sabit GPS istasyonu sayısının ülke düzeyinde daha da yaygınlaştırılması hedeflenmektedir. Henüz tamamlanmamış projenin tamamlanması ile ülkemiz ve KKTC genelinde birkaç saniyede ve cm duyarlığında koordinat belirleme imkanı sağlanacaktır. Bu istasyonlardan elde edilen veriler yardımıyla digital şehirleşme, kadastro çalışmaları, tarımsal eğilimli çalışmalar, mühendislik yapılarındaki deformasyon belirleme çalışmaları, erken uyarı çalışmaları, yol ve yön bulma çalışmaları, tektonik hareket izleme çalışmaları ve araç takip sistemleri çalışmalarının içinde bulunduğu birçok alanda faydalanılmaktadır. Uluslar arası alanda günümüz itibarıyla yaklaşık 35 ülke CORS sistemini kurup aktif olarak kullanmaya başlamıştır. Bunlardan, özellikle ülkemiz ile benzer tektonik yapıya sahip Japonya yaklaşık 20 km aralıklarda 1243 adet CORS istasyonu kurmuş ve sürekli veri elde etmektedir (Yıldırım ve ark.,2007).

### 3.2.3.1. GPS'in Yapısı ve Çalışma Prensibi

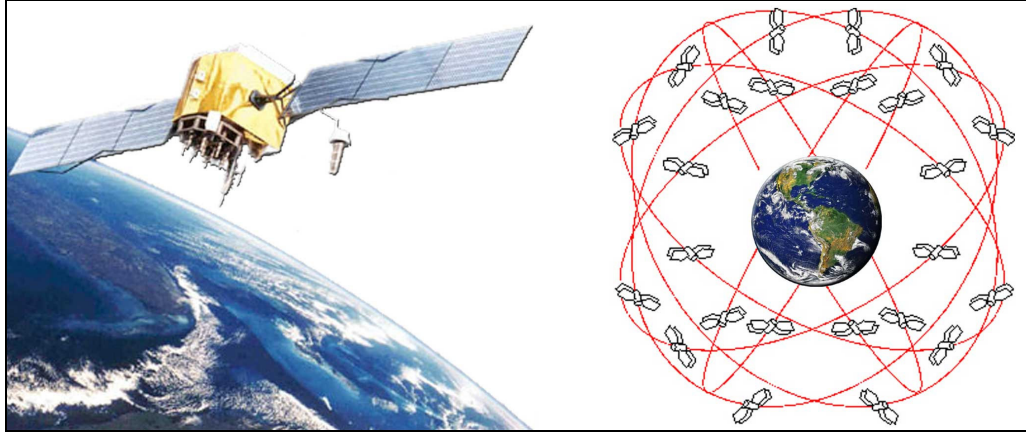
GPS sistemi uzay bölümü, kontrol bölümü ve kullanıcı bölümü olmak üzere üç alt bölümden oluşur.

Uzay Bölümü: Uzay bölümü, ekvator ile 55° eğim yapan 6 yörünge düzlemi üzerine yerleştirilmiş en az 24 uydudan oluşmaktadır. Uydular yer merkezinden 26.560 km uzaklıkta olup 11 saat 58 dakikada bir tam devir yapmaktadırlar. Yeryüzünde herhangi bir yer ve zamanda gözlenebilecek en az uydu sayısı 4'tür ve her bir uydu yaklaşık 5 saat ufuk hattı üzerinde kalmaktadır. Altı farklı tip GPS uydusundan her biri, senkronize zaman sinyallerini, diğer uydulara ait konum bilgilerini, yörünge parametrelerine ilişkin bilgileri yayınlar ve kontrol bölümü tarafından yayınlanan bilgileri alır (Kahveci ve Yıldız, 2005).



Şekil 3.25. GPS sistemi

Şekil 3.26'da GPS uydusu yörüngesi ve GPS uydusu görülmektedir.



Şekil 3.26. GPS uzay bölümü (USCGNC, 1996)

**Kontrol Bölümü:** Kontrol bölümü, ana kontrol istasyonu ile yer antenleri ve izleme istasyonlarını içeren OCS (Operating Control System)'den oluşmaktadır. Dünya üzerinde uygun dağıtılmış 5 sabit izleme istasyonundan GPS uyduları sürekli izlenmektedir. Bu istasyonlardan Colorado Springs ana kontrol istasyonu, Hawaii, Ascension Island, Diego Garcia ve Kwajalein ise izleme istasyonları olarak görev yapmaktadır. Şekil 3.27'de ana kontrol istasyonu ve izleme istasyonları görülmektedir (Parkinson ve Spilker, 1996).



Ana kontrol istasyonu, tüm sistemin kontrolünden, her bir uydu için uydu konum bilgilerinin ve saat düzeltmelerinin hesabından sorumludur. Diğer 4 istasyon ise sürekli izleme istasyonu olarak görev yapmakta ve uydu konumlarının belirlenebilmesi için gerekli verileri toplamaktadır. Uydulara bilgi yükleme işlemleri günde bir ya da iki defa S-bandı (1783.74 ve 2227.5 Mhz) frekansı üzerinden yapılmaktadır. Ayrıca kontrol bölümü, uydularda meydana gelen sorunları çözmektedir (Misra ve Enge, 2001).



Şekil 3.27. GPS ana kontrol ve izleme istasyonları (Parkinson ve Spilker, 1996).

**Kullanıcı Bölümü:** Elinde GPS alıcısına sahip herkes bir kullanıcıdır. GPS'in kullanım alanlarına bakıldığında askeri ve sivil kullanıcılar olmak üzere ikiye ayrılabilir (Kaplan, 1996).

### 3.2.3.2 GPS Sinyali Özellikleri

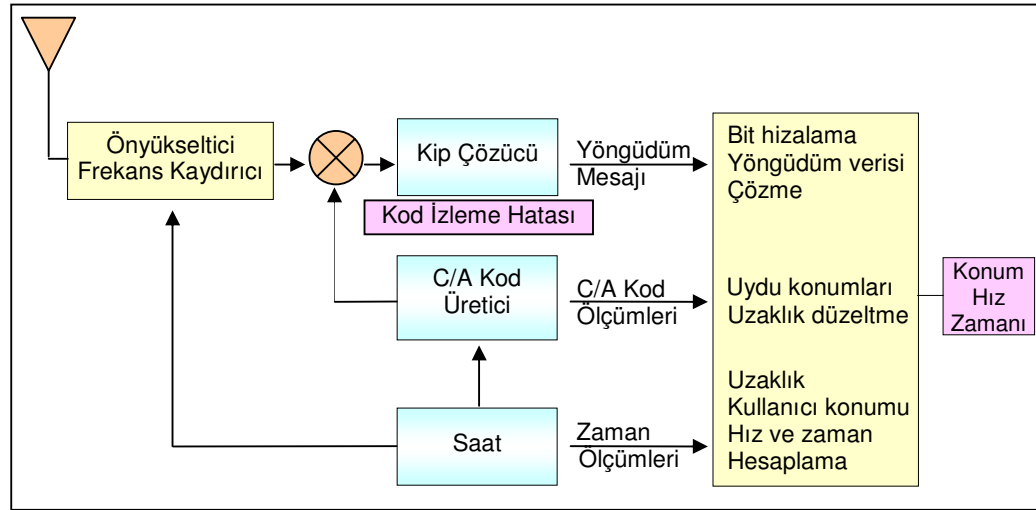
GPS'in basit çalışma prensibi aşağıda ifade edilen üç aşamayla açıklanabilir:

1. **Aşama:** Uydular, Newton ve Kepler yasalarına uygun olarak, kontrol bölümünden kendilerine yüklenen konum ve hız bilgileriyle yörünge hareketini

gerçekleştirirken, L1, L2, L5 taşıyıcı frekansları üzerinden yere, kod bilgileri, faz bilgileri ve navigasyon mesaj bilgilerini sürekli olarak gönderirler.

2. Aşama: Bu frekansların aynılarını ve üzerinde yüklü kodların kopyalarını üretme yeteneğine sahip bir GPS alıcısının anteni, uydudan gelen sinyali algılar.

3. Aşama: Alıcının içindeki saat ile uydu saat bilgilerini senkronize ederek sırasıyla kod ve faz bilgilerini karşılaştırır ve uydu-alıcı mesafesini hesaplar.



Şekil 3.28. GPS alıcısının yapısı (Leick, 2004)

GPS ölçmelerinde, elektromanyetik dalgalar kullanılarak uydulardan kullanıcılara veri akışı sağlanmaktadır. Her GPS uydusu konum belirleme amaçlı olarak L1 (Link1) ve L2 (Link2) olmak üzere iki temel frekansa sahiptir. L1 ve L2 frekansları 10.23 Mhz olan temel frekansın 154 ve 120 tam katları alınarak elde edilmiş olup L1 frekansı 1575.42 Mhz ve L2 frekansı 1227.60 Mhz'dir (Hofmann ve ark., 1997).

GPS sisteminin tasarımı aşamasında birçok taşıyıcı frekans incelenerek, frekans tahsisindeki kolaylıklar ve iyonosferik etkilerin diğer bantlara göre daha küçük olması nedeniyle L-bandı kullanımı tercih edilmiştir. GPS sisteminde çift frekans olmasının amaçları; L1 frekansının herhangi bir nedenle kesilmesi yada elektronik karıştırmaya maruz kalması durumunda L2 frekansının yedek frekans görevi görmesi ve çift frekans özelliğinden yararlanarak iyonosferik düzeltme olanağı sağlanması olarak sıralanabilir (Parkinson ve Spilker, 1996).

L1 ve L2 taşıyıcı frekansları iki tip kod (Pseudo Random Noise- PRN) ve navigasyon mesajı verileri ile modüle edilmiştir. L1 taşıyıcı frekansı üzerine C/A (Coarse/Acquisition;Clear/Access) kod ve P (Precise/Protected Code) kod ile navigasyon mesajı verileri modüle edilmiştir. L2 taşıyıcı frekansı ise yalnızca P kod ve navigasyon mesajı verileri ile modüle edilmiştir. P kodun sadece askeri kullanıcılara açık olması nedeniyle sivil kullanıcılar tek frekansı (L1-C/A kod) kullanabilmekte ve bu durumda da iyonosferik düzeltme olanağı sağlayan çift frekans özelliğinden yararlanamamaktaydılar. Bu amaçla 2003 yılından itibaren Block IIR-M uyduları aracılığıyla L2 frekansı üzerinden C/A kod yayınlanmasına karar verilmiş ve ayrıca üçüncü ve yeni bir sivil frekans tahsisi söz konusu olmuştur. L5 (Link5) adı verilen bu sinyalin frekansı 1176.45 Mhz'tir. Bu sinyalin 2012 yılına kadar 18 uydudan oluşması planlanmaktadır (Leick, 2004). Çizelge 3.1'de GPS uydu sinyali bileşenleri görülebilir (Kahveci ve Yıldız, 2005).

Çizelge 3.1. GPS uydu sinyali bileşenleri (Hofmann ve ark., 1997)

Uydu sinyali bileşeni	Frekansı (Mhz)	Dalga boyu ( $\lambda$ )
Temel frekans	$f_0 = 10.23$	---
L1 taşıyıcı	$f_0 * 154 = 1575.42$	~19.0 cm
L2 taşıyıcı	$f_0 * 120 = 1527.60$	~24.4 cm
P-kod	$f_0 = 10.23$	29.3 m
C/A Kod	$f_0 / 10 = 1.023$	293 m
Navigasyon Mesajı	$f_0 / 204600 = 50.10^{-6}$	---

Çizelge 3.1'de görüldüğü gibi C/A kod 1 Mhz'lik bir kod olup milisaniyede bir tekrar etmektedir. C/A kod periyodunun çok kısa seçilmesinin amacı GPS alıcılarının uydulara en kısa sürede kilitlenmesini sağlamaktır. C/A kod tüm kullanıcılara açıktır ve özellikle GPS için temel oluşturmaktadır (Teunissen ve Kleusberg, 1998)

P-Kod, L1 ve L2 taşıyıcılarının her ikisinde de modüle edilmiş, uzun periyotlu bir koddur. Elektronik karıştırmaya ve aldatmaya karşı korunmak için bu kod AS (Anti Spoofing) özelliği kullanılarak kriptolanmıştır. W-Kod olarak bilinen

kripto kodu sayesinde askeri amaçlı GPS alıcılarının doğrudan çözebileceği bir kod ortaya çıkmıştır (Parkinson ve Spilker, 1996).

Navigasyon mesajı tüm uydular tarafından yayınlanmakta olup 5 alt bölümden oluşan 25 sayfalık bir mesajdır. Çizelge 3.2’de navigasyon mesajı alt bölüm içerikleri görülmektedir (Kahveci ve Yıldız, 2005).

Çizelge 3.2. Navigasyon mesajı alt bölüm içerikleri

Alt bölüm no	İçerik
1	GPS haftası, uydu sağlık durumu, uydu saati düzeltmeleri
2-3	Efemeris verileri
4	Almanak verileri, UTC-GPS saat düzeltmeleri, iyonosferik modellendirme katsayıları (bu bölümün büyük kısmı askeri kullanıma ayrılmıştır)
5	Tüm uydular için almanak verileri

2 ve 3 nolu alt bölümde verilen efemeris verileri yer izleme istasyonları tarafından önceden tahmin edilerek uydulara gönderilen ve uydu sinyalleri ile yayınlanan uydu konum bilgileridir (Leick, 2004). 5 nolu alt bölümde yayınlanan almanak verileri ise efemeris ve saat parametrelerinin belirli bir kısmını kapsamaktadır. Almanak verileri içerisinde tüm uydulara ait yaklaşık konum bilgileri bulunmaktadır. Amacı, GPS alıcısının ilk açıldığında hızlı bir şekilde uydulara kilitlenebilmesi için gerekli olan uydu koordinatlarını sağlamaktır (USCGNC, 1996).

### 3.2.3.3. GPS Alıcı ve Anten Sistemleri

GPS ölçülerinde kullanılan en önemli donanım alıcı ve anten sistemidir. Kullanıcının sahip olduğu alıcı-anten sistemi özellikleri ve kapasiteleri ölçü planlamasından, ölçülerin arazi sonrası değerlendirme işlemlerine kadar tüm aşamaları doğrudan etkilemektedir. GPS alıcıları uydulardan yayınlanan sinyalleri yorumlayan radyo alıcıları olarak tanımlanabilir. Temel işlevi uydu sinyalini

kaydeder, işler, anlık uygulamalar için koordinat dönüşümlerini yapar, gerektiğinde navigasyon için gerekli bilgileri hesaplar.

GPS anteninin temel görevi ise uydulardan yayınlanan sinyalleri almaktır. Antenlerin şekli ve boyutu çok önemli olup, bu özellikler kısmen de olsa istenmeyen zayıf sinyallerin alıcıya ulaştırılmasında rol oynarlar. Günümüzde kullanım amacına uygun olarak antenler alıcı ile aynı donanım içerisinde bütünleşik veya ayrık yapıdadırlar. Ayrık yapıdaki antenler alıcılara bir kablo vasıtasıyla bağlanmaktadır. Kablo uzunlukları 2-60 m arasında değişmekle birlikte veri kaybının önlenmesi amacıyla olabildiğince kısa anten kabloları tercih edilmelidir. GPS antenlerinin verimli çalışmasını etkileyen birçok faktör olup bunlar; ısı ve nem etkisi, tuzlu ortamlar, titreşim ve mekanik şok şeklinde sıralanabilir (Kahveci ve Yıldız, 2005).

#### **3.2.3.4. GPS ile Konum Belirleme ve Yöntemleri**

GPS alıcısı kendi konumunu belirlemek için uyduların kesin konumunu ve uydulara olan mesafesini bilmek zorundadır. GPS alıcısı uydu konum bilgisi için her uydudan efemeris ve almanak verisi almaktadır. Almanak ve efemeris bilgilerini alan GPS alıcısı, uyduların kesin konumlarını sürekli olarak belirlemektedir. Uydulara olan mesafeyi belirlemek için temel ölçü ise, sinyalin uydu ve alıcı antenleri arasındaki yol alma süresidir.

Bunun için Mesafe = Geliş Süresi x Hız kuralı kullanılmaktadır.

Uyduya olan uzaklık, gönderilen sinyalin geliş süresiyle, hızının çarpımına eşittir. Uzaklığı belirlemek için kullanılan bu formülde, radyo dalgasının hızı ışık hızına ( $c = 300.000 \text{ km/sn}$ ) eşit olup geliş süresi ise uydulardan gelen kodlanmış sinyallerde yer almaktadır. GPS alıcısı uydudan gelen kodla kendi ürettiği kodu eşleştirmeye çalışır. Bu iki kodu karşılaştırarak aradaki gecikmeyi tespit eder. Bu gecikme ile ışık hızının çarpımı uydulara olan mesafeyi vermektedir.

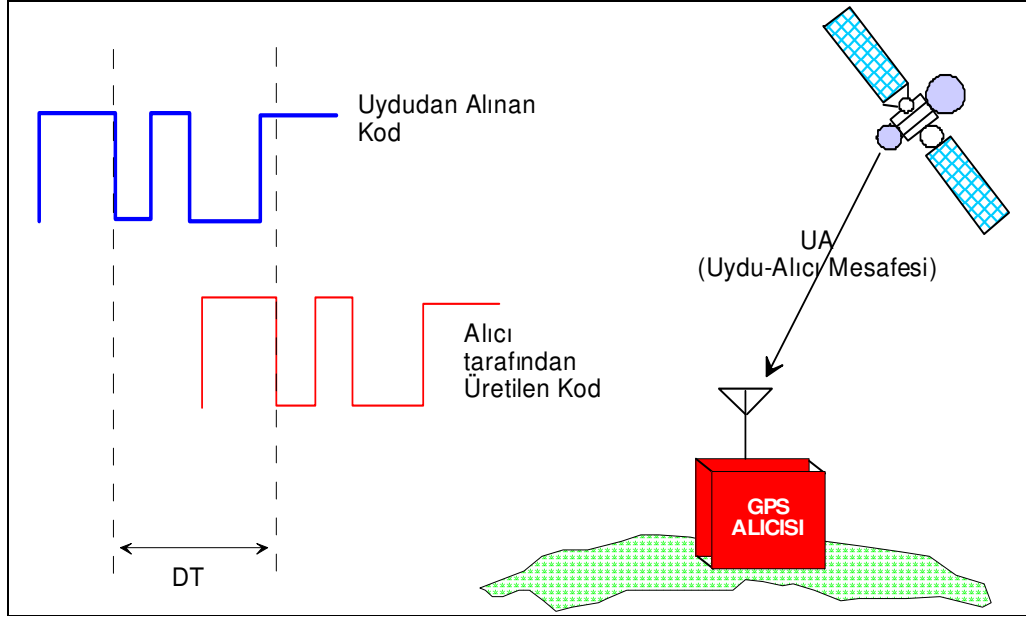
GPS'de ölçülen noktaların cinsine, istenen duyarlılığa ve amaca göre farklı ölçme yöntemleri uygulanmaktadır. Ölçüm sonucu elde edilen koordinatlar alıcı tipine, gözlem süresine, uyduların konumu ve sayısına, ölçü tipine göre değişmektedir. Bir noktanın dünya üzerindeki konumu enlem, boylam, yükseklik

olarak belirleniyorsa buna mutlak konum belirleme denilmektedir. Birden fazla noktanın birbirine göre konumlarının belirlenmesine ise bağıl konum belirleme adı verilmiştir.

Konumu belirlenecek nokta hareketsiz ise statik konum belirleme; hareketli ise dinamik konum belirlemeden söz edilmektedir. Uçak, gemi ve benzeri araçların navigasyonu amacıyla anlık konum belirleme de yapılmaktadır. Bu, genellikle askeri amaçlı kullanımda söz konusudur. Ölçümlerin, daha hassas sonuçlar elde etmek için arazideki ölçmelerden sonra ofiste değerlendirilmesi de mümkündür. Bu durum ise daha çok mühendislik uygulamalarında geçerlidir. GPS’de kullanılan iki ana konum belirleme yöntemi vardır. Bunlar mutlak konum belirleme ve bağıl konum belirleme yöntemleridir.

Mutlak Konum Belirleme: Bu yöntemde tek bir alıcı ile dört ya da daha fazla uydudan kod gözlemleri yapılarak üzerinde alıcı kurulu olan noktanın koordinatları belirlenmektedir. Yöntem uzayda geriden kestirme esasına dayanmaktadır. Alıcının sabit olması durumunda statik, hareketli olması durumunda dinamik olarak tanımlanmaktadır (Kennedy, 2002).

Bağıl Konum Belirleme: Bu yöntemde koordinatları bilinen bir noktaya göre diğer noktanın koordinatları belirlenmektedir. Bağıl konum belirleme için iki ayrı noktada kurulmuş olan iki alıcı ile aynı uydularda eş zamanlı gözlem yapılır. Koordinatı bilinen referans noktaya, alıcılardaki konum farkı eklenerek diğer noktanın konumu belirlenmektedir. Bağıl konum belirlemede farklı metotlar kullanılmakta olup bunlar; statik ölçü yöntemi, hızlı statik ölçü yöntemi, dur ve git ölçü yöntemi, dinamik ölçü yöntemi, gerçek zamanlı dinamik ölçme yöntemi olarak sıralanabilir (Kennedy, 2002).



Şekil 3.29. GPS uyduları ile kullanıcı arasındaki uzaklık (www.hgk.mil.tr).

$$UA = C \times DT \quad (3.42)$$

Burada,

Uydu-Alıcı Mesafesi (UA) : Ölçülen

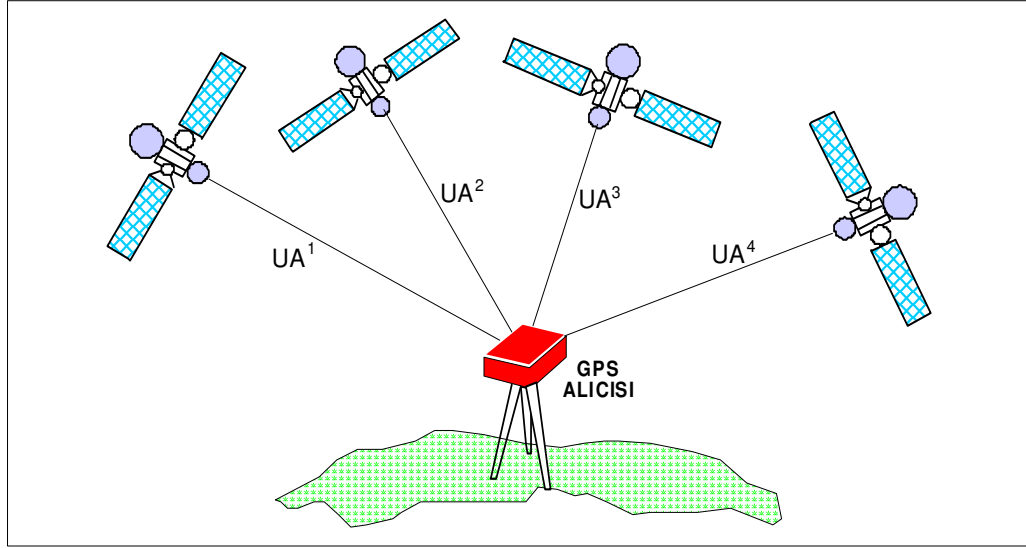
Sinyal-Işık Hızı (C) : 299 792 458 m/sn

DT : Kodların Karşılaştırması

Ancak uydu saatleri ile alıcı saatleri arasındaki duyarlılık farkları nedeniyle tam olarak senkronize olamayan saatlere yönelik bir “zaman hatası, (c x dt)” oluşmaktadır. Bu hatada Denklem (3.42)’ye eklenerek uydu-alıcı arasında “pseudo-range” olarak adlandırılan hata içerikli mesafe elde edilir. Sonuç olarak belirlenen mesafe,

$$R = UA + c \cdot dt \text{ olur.} \quad (3.43)$$

Kullanıcının elindeki GPS alıcısı anteninin yeryüzünde bulunduğu yerin 3 Boyutlu koordinatlarının (Enlem ( $\phi$ ), Boylam ( $\lambda$ ), Elipsoid Yüksekliği (h)) ve yukarıda ifade edilen zaman hatası (dt)’nin belirlenebilmesi için eş zamanlı olarak en az 4 uydudan sinyal alınması gerekmektedir (Şekil 3.30; www.hgk.mil.tr)



Şekil 3.30. Nokta konumu ( X,Y,Z) ve zaman T bilinmeyişi (www.hgk.mil.tr)

Dört uyduya olan mesafe (pseudo-range), yukarıdaki (37) eşitliğinden faydalanarak 4 adet olarak oluşturulur (Blewitt, 1998).

$$R_1 = UA^1 + c \cdot dt_1 \quad (3.44)$$

$$R_2 = UA^2 + c \cdot dt_2 \quad (3.45)$$

$$R_3 = UA^3 + c \cdot dt_3 \quad (3.46)$$

$$R_4 = UA^4 + c \cdot dt_4 \quad (3.47)$$

Burada uydü-alıcı mesafeleri ( $UA^{1,2,3,4}$ ) açık olarak, uydü ile alıcı anteni arası mesafe; dört ayrı uydünün dik koordinatlarından ( $X^{1,2,3,4}$ ,  $Y^{1,2,3,4}$ ,  $Z^{1,2,3,4}$ ), alıcı antenin dik koordinatlarının ( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ) çıkarılması ile elde edilir. Bunlar, eşitlikler halinde gösterilecek olursa Denklem (3.48-51) şeklini alır.

$$UA^1 = \sqrt{(X^1 - X)^2 + (Y^1 - Y)^2 + (Z^1 - Z)^2} \quad (3.48)$$

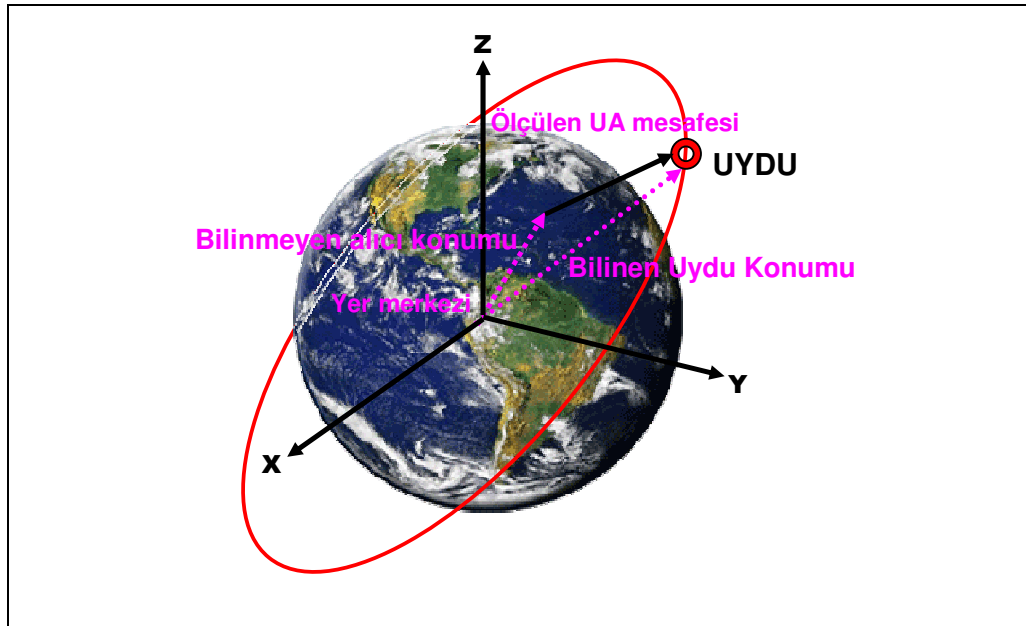
$$UA^2 = \sqrt{(X^2 - X)^2 + (Y^2 - Y)^2 + (Z^2 - Z)^2} \quad (3.49)$$

$$UA^3 = \sqrt{(X^3 - X)^2 + (Y^3 - Y)^2 + (Z^3 - Z)^2} \quad (3.50)$$



$$UA^1 = \sqrt{(X^4 - X)^2 + (Y^4 - Y)^2 + (Z^4 - Z)^2} \quad (3.51)$$

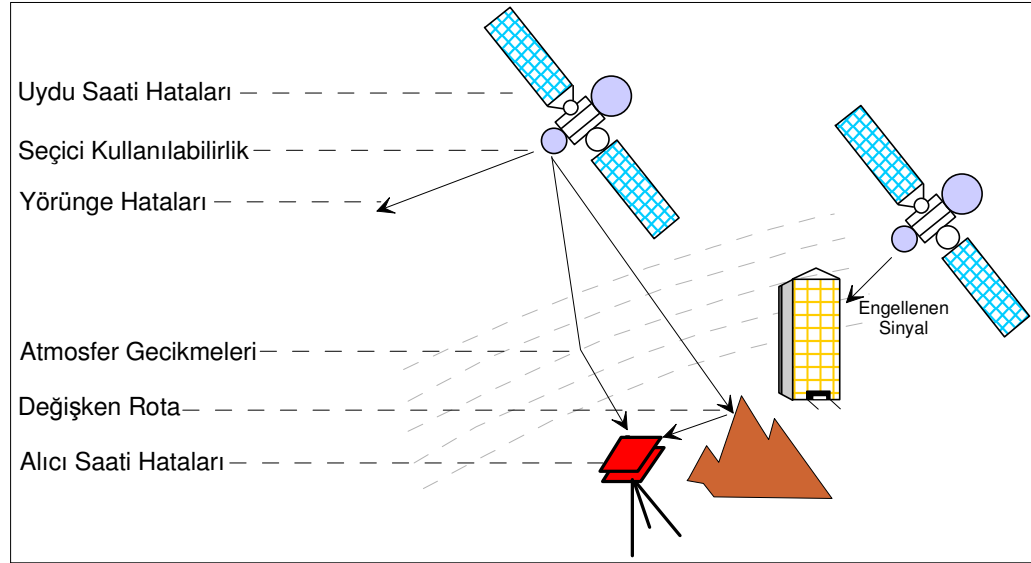
UA eşitliklerinde bulunan uyduların dik koordinatları “ $(X^{1,2,3,4}, Y^{1,2,3,4}, Z^{1,2,3,4})$ ” uydu sinyali ile gönderilen “uydu almanak” verilerinden elde edilmekte olup, alıcı tarafından sinyalin çözülmesi ile bilinebilir durumdadır. Eşitliklerde, hesaplanmak üzere bilinmeyen büyüklükler, sadece alıcı antenin üç boyutlu koordinatları  $(X,Y,Z)$  ve zaman bilinmeyenleri “ $Dt_{1,2,3,4}$ ” dir. Ölçülen dört ayrı “ $R_{1,2,3,4}$ ” ile söz konusu dört bilinmeyen için dört eşitlik, alıcıda yapılan hesap ile (kalman filtreleri veya en küçük kareler yöntemi) çözülerek aranan alıcı anteni koordinatları  $(X, Y, Z)$  bulunur. Elde edilen alıcı koordinatları, yer merkezine göre tanımlı WGS84 Referans Sistemindedir (Şekil 3.31; Kahveci ve Yıldız, 2005).



Şekil 3.31. Bilinen, ölçülen ve bilmeyen konumlarının yerin merkezine göre tanımı

### 3.2.3.5. GPS Hata Kaynakları

GPS yüksek doğruluklu bir konum belirleme sistemi olmasına rağmen uydu, alıcı ve sinyal yayılması kaynaklı hatalar oluşmaktadır. Şekil 3.32’de bu hata kaynakları görülmektedir.



Şekil 3.32. GPS hata kaynakları

### 3.2.3.5.(1). Uydu Efemeris Hataları

Uyduların gerçek konumu ile navigasyon mesajı içerisinde yayınlanan uydu konum bilgileri arasındaki farklılıktan kaynaklanan hatalara uydu efemeris hatası denilmektedir (Misra ve Enge, 2001). Efemeris hatası uydu konumlarının kestiriminin bir sonucu olduğundan, kontrol bölümü tarafından uydulara yapılan en son yükleme zamanından uzaklaştıkça hata oranı artacaktır. Efemeris hatası GPS mesajları içerisinde kasıtlı olarak da artırılabilir (Katyon ve Fried, 1997).

### 3.2.3.5.(2). Uydu Saat Hataları

Uydu saat hataları, GPS alıcı saati ile GPS uydularında kullanılan yüksek atomik saatler arasındaki zaman farkından kaynaklanmaktadır. GPS ile konum belirlemenin temeli zaman ölçümüne dayanmaktadır. Bu nedenle uydu saat hatalarını azaltmak için farklı teknikler kullanılmaktadır.

### 3.2.3.5.(3). Atmosferik Gecikme

Troposfer ve iyonosfer kaynaklı gecikmelerdir. İyonosfer, GPS sinyallerinde gecikmeye sebep olmaktadır. GPS sinyalindeki gecikme iyonosferdeki elektron oranına bağlıdır. Elektron yoğunluğu zaman ve konuma bağlı olarak değişmektedir. Öğleden sonra 5-15 m'lik bir hata kaynağı iken gece yarısı 1-3 m'lik bir etkiye sahiptir. Navigasyon mesajında Klobuchar modeli kullanılarak bu hata %50 oranında azaltılabilir. Troposferdeki gecikme ise lokal sıcaklık, basınç ve nemden kaynaklanmaktadır ve 2 m ile 25 m arasında bir hataya sebep olmaktadır (Shaw ve ark., 2000).

### 3.2.3.5.(4). Sinyal Yansıma Etkisi

Uydulardan yayınlanan sinyallerin yeryüzünde herhangi bir noktada kurulu olan antene, bir veya daha fazla sayıda yol izleyerek ve esas sinyale karışarak ulaşmasına sinyal yansıma (multipath) etkisi denir. Şekil 3.32'de sinyal yansıma etkisi görülmektedir (Braasch, 1994).

Şekil 3.32'de görüldüğü gibi uydudan yayınlanan sinyal hem direk olarak hem de binadan yansyarak alıcıya ulaşmaktadır. Bu problemin tam olarak giderilmesi, her noktada farklı geometri ve çevre koşulları söz konusu olacağından mümkün değildir. En kolay ve etkin yol, alıcının çok yakınında yansıtıcı yüzeylerin olmamasına dikkat etmektir. Ayrıca GPS sinyallerinin sağ el kuralına göre, yansıyan dalganın ise sol el kuralına göre polarize olması nedeniyle uygun filtreleme yöntemleri ve yansıyan dalgayı absorbe eden özel anten tipleri (ground planes) kullanılabilir.

### 3.2.3.5.(5). Alıcı Anteni Faz Merkezi Hatası

Alıcı anteninde sinyallerin algılandığı nokta, anten faz merkezi olarak adlandırılır. Bu nokta genellikle geometrik faz merkezinden farklıdır. Anten faz merkezi hata büyüklüğü antenin yapısına bağlı olarak bir kaç mm ile 1-2 cm arasında

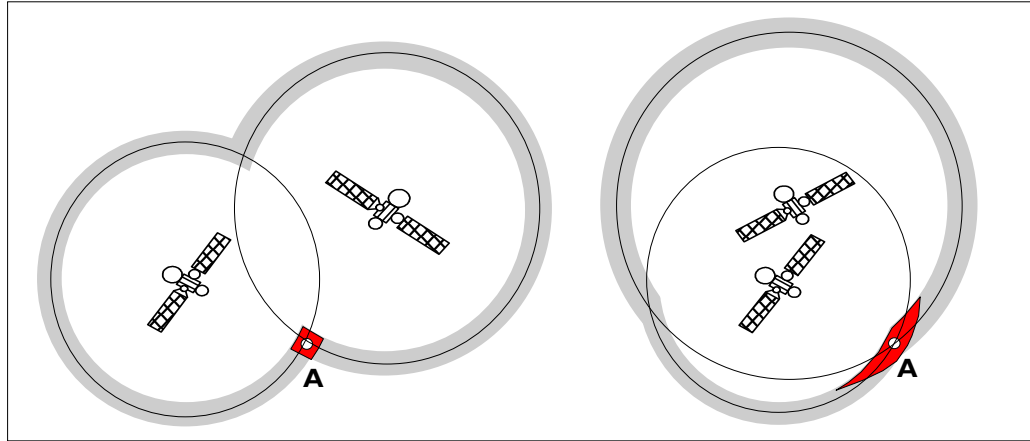
değişmektedir. Bu nedenle, özellikle yüksek doğruluk gerektiren uygulamalarda uygun anten seçimi, aynı anda farklı tip anten kullanılmaması ve antenlerin kuzeye yönlendirilmesi önerilir (Shaw ve ark., 2000).

### 3.2.3.5.(6). Seçimli Doğruluk Erişimi

Sinyal yanılması (Selective Availability, SA) yetkisiz kullanıcıların GPS'in sağladığı doğruluklara ulaşmasını engellemek amacıyla konum belirleme doğruluklarının ABD tarafından kasıtlı olarak kötüleştirilmesidir. SA etkisi 2 Mayıs 2000 tarihinde kaldırılmıştır. Uygulanmadığı durumlarda GPS ile elde edilen konum doğruluğu yaklaşık 2 m iken, SA aktif edildiğinde doğruluk yaklaşık 22 m'dir (Braasch, 1994).

### 3.2.3.5.(7). Uydu Geometrisi

Mevcut uydu yapılandırılmasıyla herhangi bir kullanıcı, dünya üzerinde aynı anda sekiz veya daha fazla uyduyu gözlemleyebilir. Ancak alıcıların yerleşim alanlarında kullanılması, çukur veya vadi içinde kalması gibi durumlarda uydu görünürlüğünün engellenmesi nedeniyle zayıf uydu geometrisiyle karşılaşılabilir (Tsui, 2000). Şekil 3.33'de güzel ve zayıf uydu geometrileri görülmektedir.

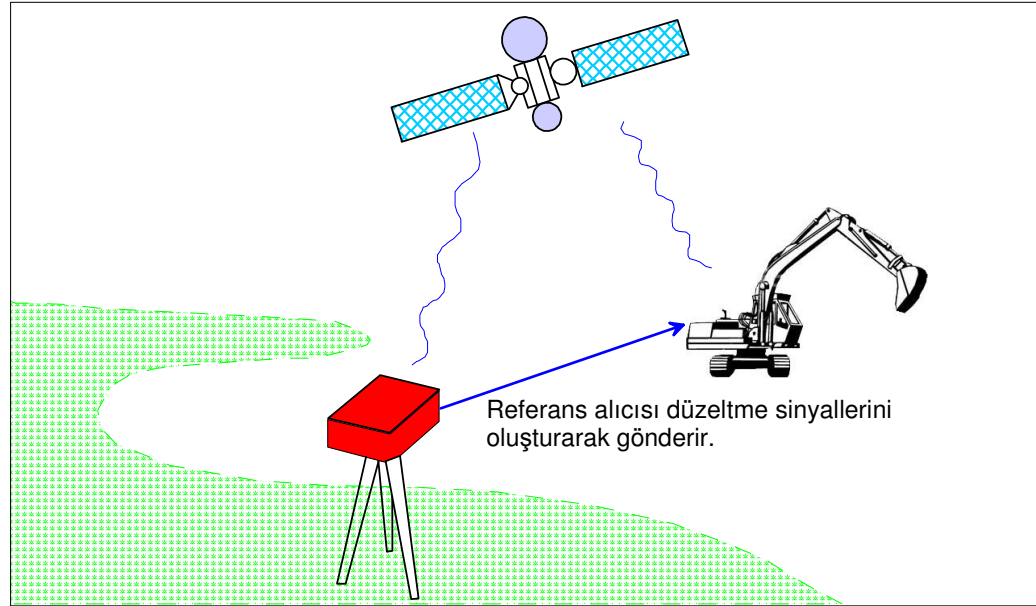


Şekil 3.33. Güçlü ve zayıf uydu geometrisi (Braasch, 1994)

Şekil 3.33'ün sol kısmında gökyüzünde uygun dağılmış uyduların oluşturduğu güçlü uydu geometrisi, sağ kısmında ise zayıf uydu geometrisi görülmektedir. Geometrik bozukluğun etkisi basitleştirilmiş olarak Konum Hatası = Geometrik Bozukluk x Mesafe Ölçümü şeklinde gösterilebilir.

### 3.2.3.6. Diferansiyel GPS

GPS ile elde edilen anlık doğruluk birçok amaç için yeterli olmakla birlikte bazı navigasyon uygulamalarında daha yüksek doğruluklara gereksinim duyulmaktadır. Bu ise mevcut GPS sisteminden anlık konum belirlemede yararlanabilme olanaklarını kısıtlamaktadır. Diferansiyel GPS, doğal nedenler ve insan ürünü faktörlerden oluşan hataları azaltmaktadır. Şekil 3.34'de DGPS'in çalışma sistemi görülmektedir.



Şekil 3.34. DGPS çalışma sistemi

DGPS tekniğinde biri sabit diğeri hareketli olmak üzere en az iki alıcıya gereksinim vardır. Sabit alıcı anteni, konumu daha önceden duyarlı olarak belirlenmiş bir noktaya kurulur ve hareketli (ya da uzak) alıcının konumu belirlenir. Her iki noktada da en az dört ortak uyduya eş zamanlı GPS gözlemi yapılmalıdır.

Sabit alıcı gözlem yaptığı tüm uydulara ait uydu-alıcı uzaklıklarını hesaplayıp bu değerleri kendi duyarlı konumundan yararlanarak hesapladığı (olması gereken) uydu-alıcı uzaklığı ile karşılaştırır. Aradaki farklar gözlem hatası olarak yorumlanır ve bu farklar konumu belirlenecek olan noktalardaki hareketli alıcı/alıcılar tarafından kaydedilen gözlemlere düzeltme olarak getirilerek hareketli alıcının konumu doğru olarak belirlenir. Söz konusu düzeltmeler hareketli alıcılara, alıcılar arasındaki uzaklığa bağlı olarak portatif telsizler, yer istasyonları ve uydular aracılığıyla yayınlanmaktadır (Kasyon ve Fried, 1997; Braasch, 1994).

### 3.2.3.7. GPS Verileri ve Bilgisayar ile İletişim

GPS alıcıları, bilgisayara veri iletimi için standart NMEA protokolünü kullanırlar. Bununla birlikte, bazı GPS alıcılarında kendilerine özel protokoller de kullanılabilir. Alıcılar, konum bilgilerini NMEA cümleleri şeklinde iletirler. Alıcıdan gelen veriler birkaç çeşit cümleden oluşmaktadır. Bu cümlelerin bazıları hız ve yükseklik, bazıları düzeltme verisi, bazıları da uydularla ilgili bilgiler vb. bilgiler içerir. En basit olanı, sadece enlem, boylam, yükseklik, konum hesaplandığı zaman ve verinin geçerli olup olmadığının anlaşılmasını sağlayan bilgilerden oluşur. Her cümle “\$” karakteri ile başlar, daha sonraki iki karakter veriyi gönderen aygıtı, sonraki üç karakter ise cümle türünü belirtir. Bundan sonra bilgiler virgülle ayrılmış bir şekilde sıralanırlar. Cümle sonunda “\*” karakteri ve iki baytlık hata denetleme işleme kullanılan doğrulama verisi bulunur (O’Sullivan ve Igoe, 2004; Zumberge ve ark., 1997).

Konum bilgilerini içeren en basit cümle GLL cümlesidir. Bu cümle sadece enlem, boylam ve konumun hesaplandığı zaman bilgilerinden oluşur. Bu bilgiler şu şekildedir;

- Derece ve dakika cinsinden enlem,
- Enlem yönü (N:Kuzey, S:Güney),
- Derece ve dakika cinsinden boylam,
- Boylam yönü (E:Doğu, W:Batı),

➤ Greenwich zamanına göre saat, dakika ve saniye cinsinden konumun belirlendiği zaman,

- Verilerin geçerliliği,
- Doğrulama (Checksum) verisi.

“ \$GPGLL, 3736.2249,N, 02907.5900,E,185310,V,S\*54 ” şeklinde verilen örnek bir GLL cümlesinde: enlem 37 derece 36.2249 dakika kuzey, boylam 29 derece 7.59 dakika doğu, zaman ise Greenwich zamanına göre 18:53:10 olarak tanımlanmaktadır.

### 3.2.3.8. Açık İşletmelerde GPS Kullanımı

Gelişen teknolojinin beraberinde getirdiği zamandan tasarruf ve az zamanda çok iş yapabilmeye yetenekleri ile özellikle, GPS teknolojisinin ulaştığı gerçek zamanlı konum bilgileri, açık maden işletmelerindeki tüm makine ve araçların yerlerinin hesaplanmasını mümkün kılması açısından önem arz etmektedir. Nitekim açık işletmelerde kullanılan ekipmanların dinamik oluşu, GPS'in konum belirleme özelliği ile birleşerek otomasyona elverişli bir ortam yaratmaktadır.

Açık işletmelerde GPS kullanımının amaçları şu şekilde sıralanabilir;

- Artan rekabet ve pazar payını koruyup arttırma,
- Azalan rezervlere bağlı olarak artan maliyetler,
- Çevreye uyum ve artan hassasiyetler,
- Maliyetleri düşürme ve verimliliği arttırma düşüncesi.

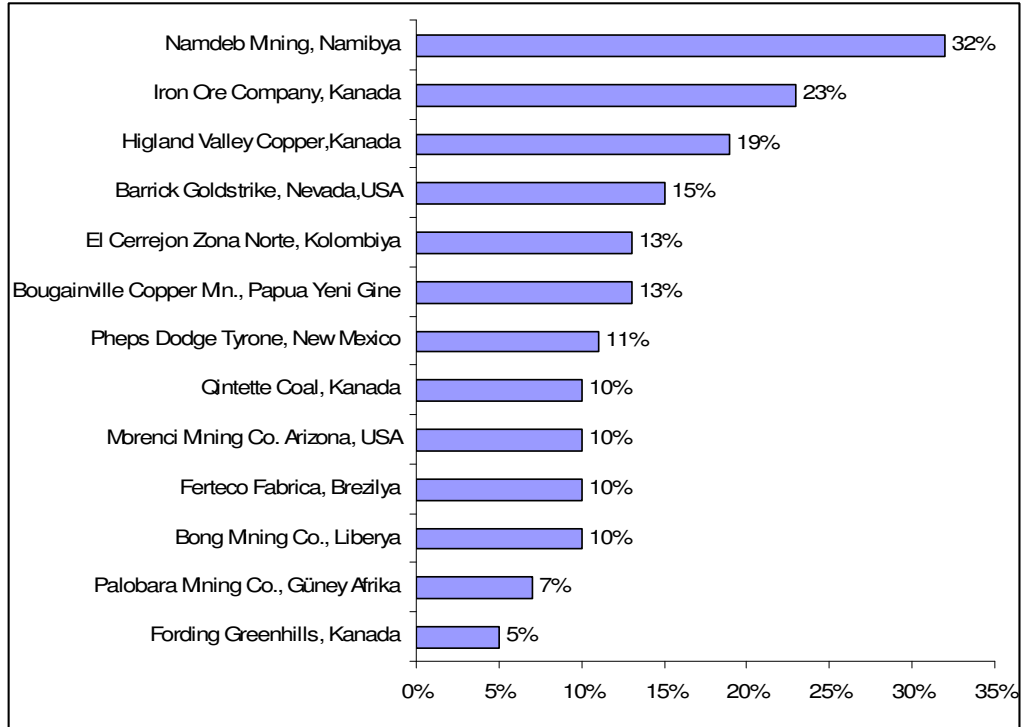
İlk kurulum aşamasından işletme döneminin sonlandırılmasına kadar her aşaması yüksek maliyetler içeren madencilik sektöründe GPS kullanımı delici, yükleyici, kamyon vb. diğer ekipmanların verimlerinde önemli ölçüde artış sağlanmakta ve dolayısıyla zaman planlaması ve maliyetler bakımından belirgin bir iyileşme oluşmaktadır. Nitekim dünyada GPS teknolojisinden yararlanan bazı firmaların raporları da bunu kanıtlamaktadır (Şekil 3.35).

Ülkemizde olmasa bile dünya üzerindeki diğer büyük maden ocaklarının birçoğu GPS teknolojisinden faydalanmakta, henüz kullanmayanlarda bu teknolojiye

doğru kaymaktadırlar. Açık işletme madenciliğinde GPS teknolojisinden faydalanılan alanlar genellikle;

- Topografik ölçümler, haritalama,
- Arama amaçlı veri toplama,
- Hareketli ve sabit ekipmanların yerini belirleme,
- Delme makinelerine gerekli bilgi verme,
- Kamyon, yükleyici ve diğer makinelerin yönlendirilmesi ve kontrolü

olarak sayılabilir.



Şekil 3.35. GPS kullanımına bağlı gelişen üretimde verimlilik artışları (Mallı, 2007)

### 3.2.3.8.(1). Arama ve Haritalama Amaçlı GPS'in Kullanımı

Arazi çalışmalarında toplanan bilgilerin koordinatlarıyla birlikte hızla kayıt edilmesi ve bilgisayara veri transferi yapılabilmesi GPS'i haritalama anlamında vazgeçilmez kılmıştır.



### 3.2.3.8.(2). Delme ve Patlatma İşlemlerinde GPS Kullanımı

Açık işletme basamaklarında delik yerlerinin tespitinde GPS'in sağladığı hız ve hassasiyet tasarruf bakımından tercih nedeni olmakla beraber, delik geometrisine uygun olarak delme işlemleri gerçekleştirilse dahi uygulamalarda delik sapmaları 1 m'lere kadar ulaşmaktadır. Bu nedenlerle, delik koordinatlarının belirlenmesi ve delik boylarının doğru hesaplanması gereksinimi 1993 yılından bu yana delme işlemlerinde de GPS kullanımını etkin hale getirmiştir.

Bu tür sistemlerde, delme makinesine 2 adet GPS alıcı yerleştirilmekte ve bunlardan elde edilen datalar operatör kabinindeki monitörden izlenerek kontrol edilmektedir. Monitör üzerinde, planlanan deliklerin yeri, delicinin konumu ve hareket konumları eş zamanlı olarak dijital basamak haritasında görülebilmekte, delme makinesi delme anına yaklaştığında, deliğin tavan koordinatı ve delinmesi gereken delik boyu, GPS alıcıları tarafından anında hesaplanabilmektedir (Mallı, 2007).

Delme işlemlerinde GPS kullanımı ile,

- Delik koordinatları daha hassas olmaktadır,
- Basamak yüzeyleri daha düzgün olmaktadır,
- Daha yüksek verimli bir patlatma ve istenilen parça boyut dağılımı oluşmaktadır,
- Delici makinelerin verimi artmaktadır,
- Yükleyici ve kamyonların tamir-bakım ve lastik giderleri azaltılmakta ve üretim maliyetleri aşağı çekilmektedir.

### 3.2.3.8.(3). Yükleyicilerde GPS Kullanımı

Açık işletmelerde temel operasyonlardan olan yükleme çevrim zamanı ve sistemin verimliliği açısından oldukça önemlidir. Yüklemede kullanılan lastik tekerli yükleyici ve ekskavatörlerde GPS uygulaması ile daha kontrollü madencilik yapılabilmektedir.

GPS teknolojisinden yararlanarak,

- Basamak yüzeylerine belli bir eğim verilebilmekte ve yüzeyin düzgünlüğü kontrol altına alınabilmekte,
- Yükleme noktasının içerdiği kaliteler, yükleme zamanı ve tonaj ile ilgili veriler ana bilgisayara gönderilerek planlama ile ilgili kararlar daha hızlı şekilde verilebilmektedir. Yükleyicinin pozisyonu ve çalıştığı bölgeye ait veriler eş zamanlı olarak monitörden gözlenebildiğinden operatör, malzeme ve yükleyici pozisyonu ile ilgili bu bilgileri kullanarak planlamaya uygun hareket edebilmektedir.



Şekil 3.36. Yükleyicin konumu ve operasyonla ilgili verilerin ekrandan görünümü (Seymour, 2005)

#### 3.2.3.8.4. Kamyonlarda GPS kullanımı

GPS'in açık işletmelerde yaygın kullanımına sahip alanlarından bir tanesi de kamyonların atanması ve izlenmesidir. Kuzey Amerika'daki açık maden işletmelerinin tamamına yakını bu teknolojiyi kullanmaktadır. Kamyonlar sürekli olarak hareket halinde olduklarından kamyon hareketlerini izlemek ve atama yapmak

karmaşık bir hale büründüğünden GPS'in sağladığı anlık konum verileri sayesinde bu sorun çözülebilmektedir. Bu teknoloji ile,

- Kamyonların kapasiteleri ve performans değerleri sürekli olarak değerlendirilmekte,
- Etkin kamyon kullanımları artmakta,
- Planlamaya uygun şekilde daha az kamyonla oluşan bir filo ile aynı üretim gerçekleştirilebilmekte,
- İşletmenin kontrolü daha kolay sağlanabilmekte ve gelen bilgiler ile şartlara uygun anlık optimal kararların verilmesi sağlanabilmekte,
- Üretim maliyeti daha alt seviyelere çekilebilmektedir.

Bu tür GPS tabanlı sistemlerin uygulanabilmesi için her kamyonla ve yükleyicide GPS alıcısı bulunmalıdır. Kamyonlara yerleştirilecek GPS alıcıları buldukları konumu hesaplayarak elde ettiği bu veriyi merkez bilgisayara gönderecek ve dinamik tanımlamalar ve atamaların yapılması sağlanacaktır.

#### 3.2.4. Datum, Koordinat Sistemleri ve Harita Projeksiyonları

Bilindiği gibi, GPS alıcısı elde ettiği konum bilgilerini koordinatlar adı verilen sayılarla belirtilir. Koordinatlar, belli bir sistem referans alınarak, bu sisteme göre yapılan ölçümlerle belirlenir. Çünkü yer'in gerçek şekli "geoid"dir ve geoid geometrik olarak tanımlanamadığı ve üzerinde işlem yapılamadığı için, hesap yüzeyi olarak farklı geometrik yüzeyler kullanılır. Bu geometrik yüzey genelde, çalışma sahası 50 km<sup>2</sup>'den küçükse düzlem, çalışma sahası 5000 km<sup>2</sup>'den küçükse küre, ülke ölçmeleri için elipsoid'dir. Bu durumda kullanıldığı yer ve amaca göre, yerel ve küresel pek çok koordinat sistemi ortaya çıkmıştır. Bu çerçevede;

Yer'i modellemek için "Geoid ve Elipsoid", modeli ölçmek için "Datum", model üzerinde konum belirlemek için "Koordinat Sistemleri", modelin 3-boyuttan 2-boyuta geçişi için "Harita Projeksiyonları" kullanılmaktadır (Sjöberg, 2006).

### 3.2.4.1. Datum, Lokal ve Global Referanslandırma

Datum herhangi bir noktanın yatay ve düşey konumunu tanımlamak için başlangıç alınan referans yüzeyidir. Datum yerin şeklini ve boyutunu tanımlayan bir referans sistemidir. Yatay datum koordinatlar için referans alınan başlangıç yüzeyi ve düşey datum ise yükseklikler için referans alınan başlangıç yüzeyidir (karto.itu.edu.tr).

Bir datum elipsoidi, enlem – boylam oryantasyonu ve fiziksel bir orijin ile tanımlanır (Çizelge 3.3).

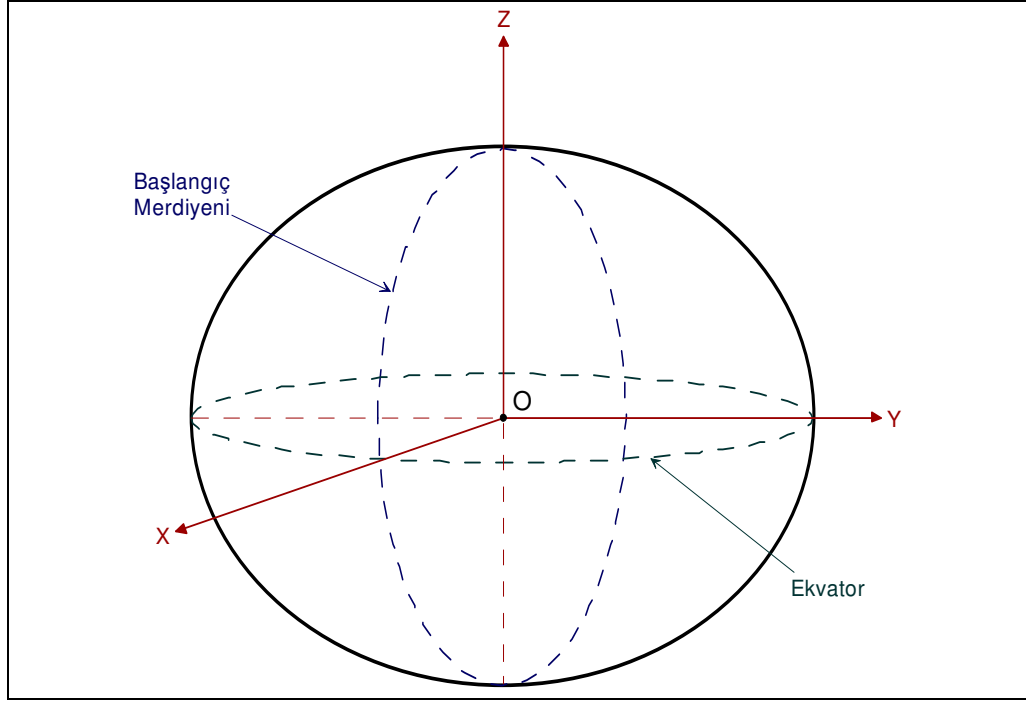
Çizelge 3.3. Datum ve Elipsoidleri (Fiala, 1977)

Datum	Alan	Başlangıç Noktası	Başlangıç	Elipsoidi
NAD 27	Kuzey Amerika	Kansas; Meades Ranch	39 13 26.686 N 98 3230.506 W	Clarke 1866
ED 50	Avrupa,	Postdam, Helmert	52 22 51.445 N	International
WGS 84	Global	Yerin Kütle		WGS 84
ITRF	Global	Yerin Kütle		GRS 80

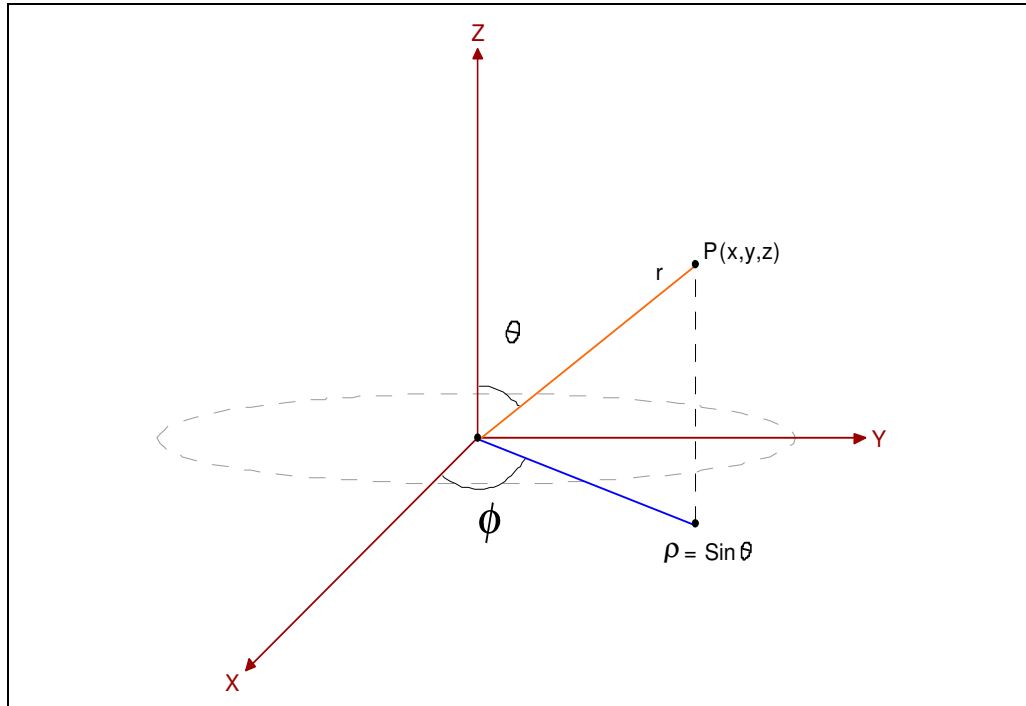
### 3.2.4.2. Koordinat Sistemleri

#### 3.2.4.2.(1). Kartezyen Koordinat Sistemleri

Kartezyen koordinat sistemleri birbirleri ile dik açı yapacak şekilde kesişen iki ya da üç doğrudan oluşan Decartes tarafından geliştirilen sistemdir (Şekil 3.37; Dana, 1999). Herhangi bir noktanın yeri bu referans doğrulara olan uzaklık ile belirlenir. Kutupsal sistemlerde ise noktanın yeri bu referans doğrular ile yapılan açılarla belirlenir (Şekil 3.38).



Şekil 3.37. Üç boyutlu kartezyen koordinat sistemi



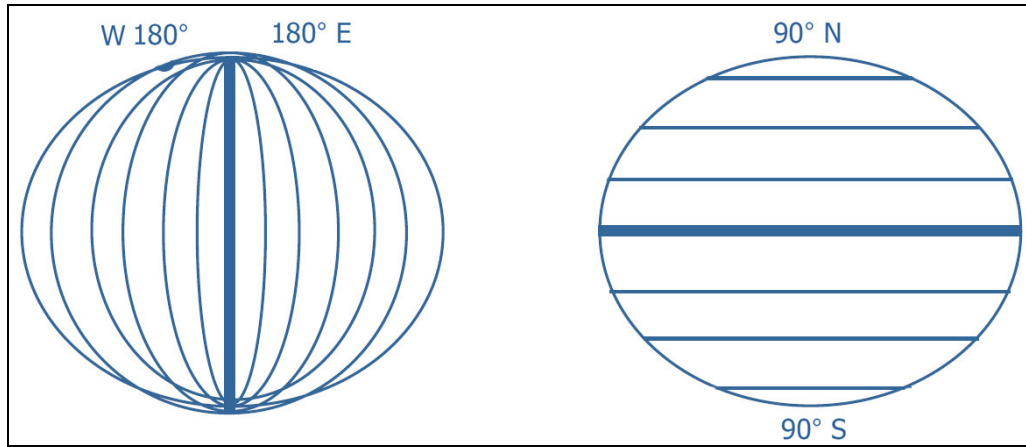
Şekil 3.38. Kutupsal koordinat sistemi

### 3.2.4.2.(2). Coğrafi Koordinat Sistemleri

Yer belirlemede kullanılan en eski yöntemlerden bir tanesi coğrafi koordinat sistemidir. Bu sistem paralel (enlem dairesi) ve meridyen (boylam dairesi) dairelerinden oluşur.

Dünyayı kuzey ve güney yarım küre diye ikiye ayıran ekvatora paralel dairelere paralel ya da enlem daireleri denir. Ekvatorun kuzeyindeki paraleller kuzey paraleli, güneyindekiler ise güney paraleli olarak adlandırılır. Paralel daireleri kuzey ve güneyde  $1^\circ$  aralıklı  $90'$  arane olmak üzere toplam 180 tanedir.

Ekvatora dik ve kutuplarda birleşen dairelere de meridyen ya da boylam daireleri denir. Londra'da Greenwich'teki gözlem evinden geçen meridyen, başlangıç meridyenidir. Başlangıç meridyeninin doğusundaki meridyenler doğu, batısındaki meridyenler ise batı meridyeni olarak adlandırılır. Meridyenler  $1^\circ$  aralıklı 180 doğu ve 180 batı meridyeni olmak üzere toplam 360 tanedir (Fiala, 1977).



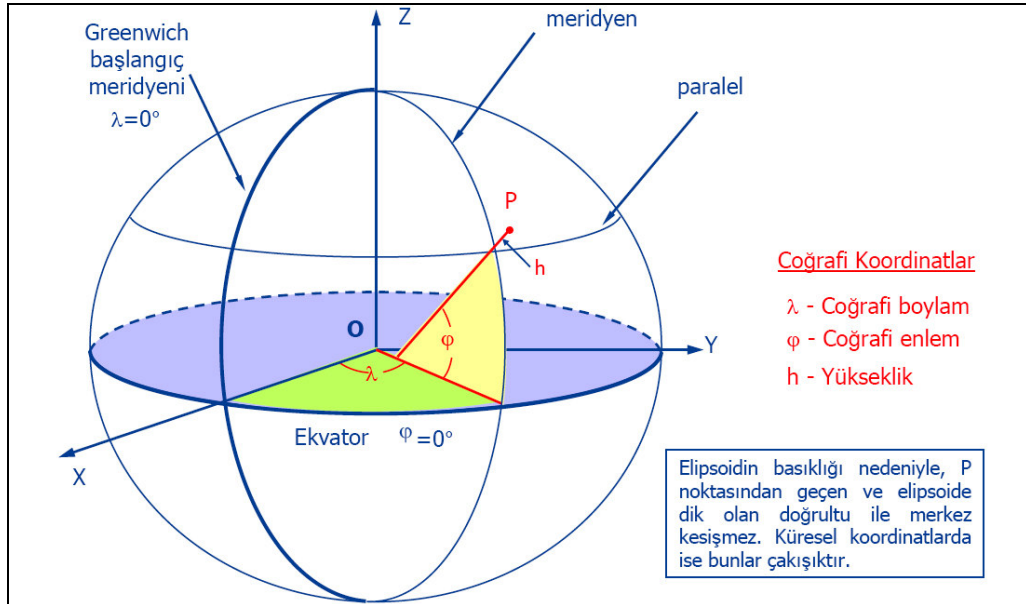
Şekil 3.39. Coğrafi koordinat sistemini oluşturan enlem ve boylamlar

Bu koordinat sisteminin başlangıcı Greenwich meridyeni ile ekvatorun kesim noktasıdır. Koordinat eksenleri de Greenwich meridyeni ve ekvatordur.

Coğrafik koordinat sisteminde çok kesinlik gerektirmeyen çalışmalarda yeryüzü genellikle bir küre ile modellenir. Fakat daha hassas sonuçların gerektiği durumlar için elipsoit kullanılır (Kumar, 1993). Yerin biçimi ister elipsoit, isterse küre kabul edilsin bu yüzeyler üzerindeki noktaların birbirlerine göre olan

konumlarını belli bir sistemde tanımlamak gerekir. Bu tanım belli ise belli geometrik ya da matematik bağıntılar yardımıyla bu noktaların haritadaki konumları da belirlenebilir. Bu amaçla yer üzerinde geliştirilmiş sisteme “coğrafi koordinat sistemi” adı verilmiştir. Eğer bu sistem elipsoit üzerinde ise “Elipsoidal Coğrafi Koordinatlar” dan, küre üzerinde ise “küresel coğrafi koordinatlar” dan söz edilir. İster küresel coğrafi koordinat sistemi, isterse elipsoidal coğrafi koordinat sistemi olsun, her iki sistemin elemanları “enlem” ve “boylam”dır.

Enlem ve boylamı tanımlamak için dönme ekseninden hareket edilir. Bu eksen bilindiği gibi, yerkürenin kutup noktalarını birleştiren ve dolayısıyla yerkürenin merkez noktasının üzerinde bulunduğu eksendir. Yerkürenin bu merkez noktasından yerin dönme eksenine dik bir düzlem geçtiği varsayılır. Bu düzlemin yerkürenin dış yüzeyi ile oluşturduğu daireye “ekvator” ismi verilmiştir. Anılan düzleme “ekvator düzlemi” de denilmektedir. Yerküre üzerindeki herhangi bir noktanın enlemini, ilgili noktayı yerkürenin merkez noktası ile birleştirdiği düşünülen doğrultunun ekvator düzlemi ile yaptığı açı (genellikle derece birimi cinsinden) tanımlamaktadır.

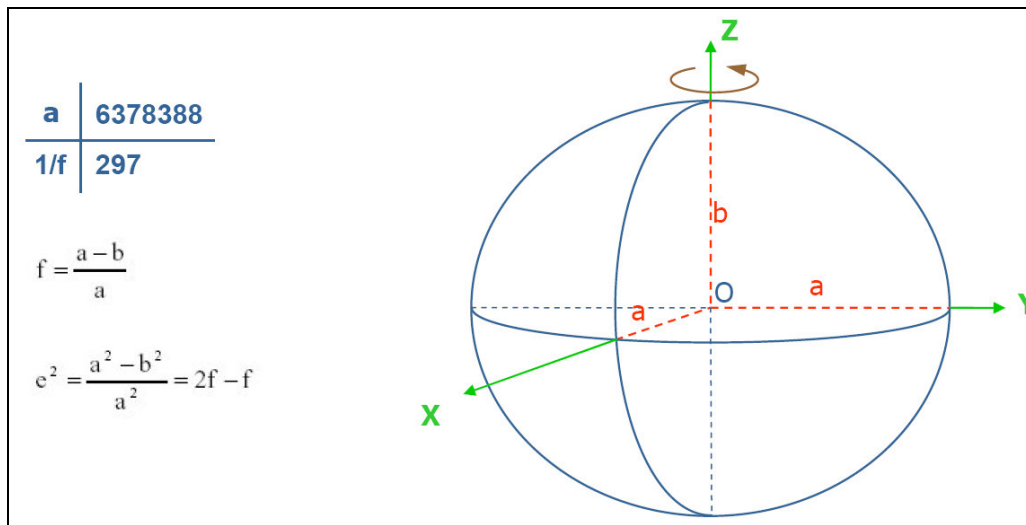


Şekil 3.40. Küresel coğrafi koordinat sistemi

Enlem değerini göstermek üzere genellikle yayınlarda, “φ” harfi kullanılmaktadır. Derece birimini göstermek üzere ise uluslararası kabul görmüş (°) işareti kullanılmaktadır. Yerküre üzerinde küresel coğrafi koordinatları bilinmek isten nokta kuzey yarı kürede ise enlem (+) pozitif, güney yarı kürede ise (-) negatif değer aldığı kabul edilmiştir. Bu durumda örneğin kuzey kutup noktasının enlemi +90°, güney kutup noktasının ise -90° olacaktır. Buna karşın ise tam ekvator dairesi üzerindeki yer noktalarının enlemi ise 0° dir. Türkiye topraklarının tamamı kuzey yarı kürede yer aldığından her noktasında şüphesiz enlem pozitif değere sahiptir (Kumar, 1993).

Elipsoit, yeryüzünü çok daha gerçeğe yakın şekilde modelleyebilen, bir elipsin yedek ekseninde çevrilmesi ile oluşan üç boyutlu geometrik şekildir. Her elipsoit, asal ve yedek eksen uzunluklarından oluşan iki temel parametre ile belirlenir (Dana, 1999).

Şekil 3.41’de örnek bir elipsoit ve parametreleri görülmektedir. Elipsoidin diğer tüm parametreleri bu iki parametre kullanılarak bulunabilir. Bazen yeryüzünün sadece belirli bir bölümünü en uygun şekilde modelleyebilecek elipsoitlere gerek olmaktadır. Bu nedenle birçok ülke ve kuruluş kendi amaçlarına göre değişik elipsoitler geliştirmişlerdir. Enlem ve boylam, bu elipsoitlerden birini referans aldığından bunlara referans elipsoitler adı verilir.



Şekil 3.41. Elipsoit ve parametreleri



Dönel elipsoit bir elipsin küçük eksenini etrafında dönmesiyle meydana gelen yüzeydir. Bir elipsoit büyük-yarı eksenini (a), küçük-yarı eksenini (b), basıklığı (f) ve dış merkezliği (e) ile tanımlanır. Geoid mümkün olduğu kadar yakın bir dönel elipsoidin boyutlarının tanımlanması, jeodezinin başlıca problemi olmuştur. Değişik ülkeler dönel elipsoidin parametreleri olan “a” ve “b” için değişik fakat birbirlerine çok yakın değerler bulmuştur. Dolayısıyla ülkeler değişik elipsoidler kullanmaktadırlar. Türkiye’de şu an kullanımda olan, 1924 yılında Uluslar arası Jeodezi-Jeofizik Birliği tarafından Enternasyonal Elipsoid olarak tavsiye edilen Hayford Elipsoidi’dir ([www.karto.itu.edu.tr](http://www.karto.itu.edu.tr)).

WGS84 önceki benzer çalışmaların (WGS60, WGS66 ve WGS72) sonuncusudur ve parametreleri şu şekildedir ([www.gps.gov](http://www.gps.gov)).

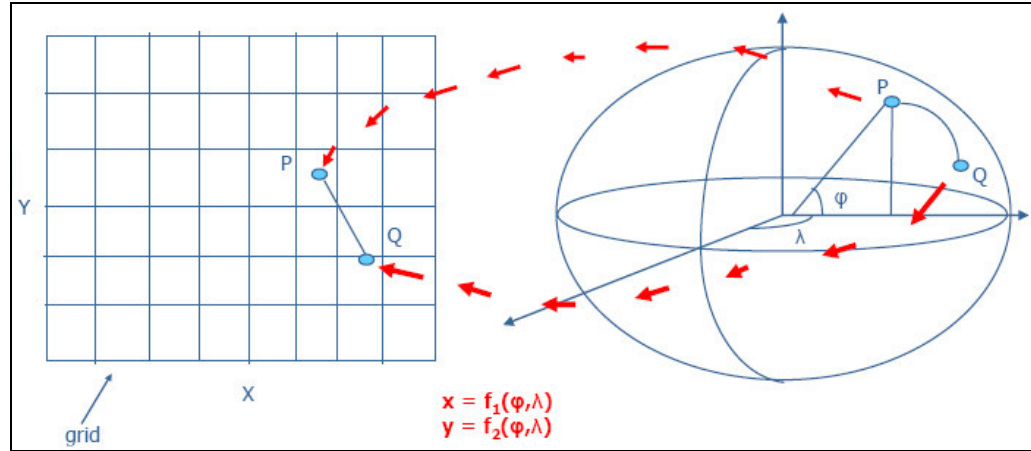
Küçük yarı eksen yarıçapı,  $b = 6356752.3142$  m

Büyük yarı eksen yarıçapı,  $a = 6378137.0$  m

### 3.2.4.2.(3). Projeksiyon Koordinat Sistemleri ve UTM Projeksiyonu

Coğrafik koordinat sistemi, konumun küre benzeri bir şekil üzerinde hassas bir şekilde belirlenebilmesi için geliştirilmiş bir sistemdir. Ancak kağıt haritalar ya da bilgisayar ekranları küresel yüzeyler değildirler. Bu koordinatların bir düzlem üzerine yansıtılması gerekir (Mitchell, 2005). Bu işlem projeksiyon olarak bilinir. Bu işlemde kaçınılmaz olarak birtakım hatalar ortaya çıkar. Çünkü üç boyutlu küresel bir yüzeyin iki boyutlu bir yüzeye aktarılması sırasında bazı bozulmalar doğal olarak olacaktır. Oluşacak haritanın büyüklüğü ve kullanım amacına göre çok farklı projeksiyon yöntemleri vardır. Bunların her biri birbirlerinden farklı sonuçlar verirler.

Küresel bir yüzeyin düzlemsel bir yüzeye izdüşümünde, metot ne olursa olsun, düzlemsel görüntüde daima bir bozulma vardır (Şekil 3.42).



Şekil 3.42. Küresel bir yüzeyin düzlemsel bir yüzeye izdüşümü

Temel olarak dört yöntem vardır (Erdal, 1984).

**Silindirik Projeksiyonlar:** Küresel bir yüzeyin bir silindir üzerine izdüşümünün alınmasıyla oluşan projeksiyonlardır (Şekil 3.43b).

**Konik Projeksiyonlar:** Küresel bir yüzeyin bir koni üzerine izdüşümünün alınmasıyla oluşan projeksiyonlardır (Şekil 3.43c).

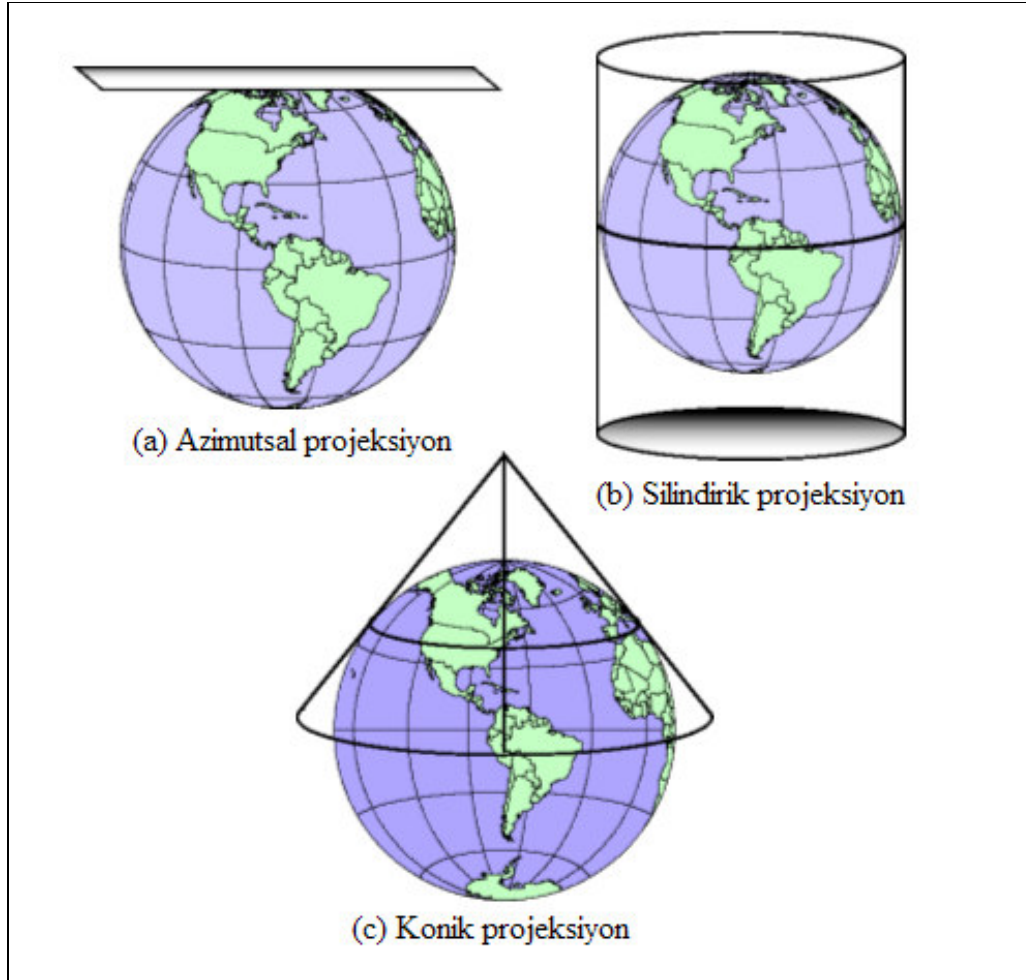
**Azimutsal Projeksiyonlar:** Küresel bir yüzeyin bir düzlem üzerine izdüşümünün alınmasıyla oluşan projeksiyonlardır (Şekil 3.43a).

**Diğerleri:** Bu üç sınıfa girmeyen farklı yöntemlerle oluşturulan projeksiyonlardır.

UTM Projeksiyonu (Universal Transverse Mercator), kürenin kendisine ekvatorunda teğet olan silindire izdüşümüdür. Gauss-Kruger projeksiyonu ise kürenin, bir başlangıç meridyenine teğet olan silindire izdüşümüdür. Bu nedenle Gauss-Kruger projeksiyonuna Transversal (yatık eksenli) Merkator projeksiyonu da denir. UTM ise American Military Services tarafından üretilmiş, TM projeksiyonunu kullanan bir projeksiyondur. UTM projeksiyonunun özellikleri şu şekilde sıralanabilir (Uçar, 2002; www.koeri.boun.edu.tr).

➤ Projeksiyonda, teğet meridyen boyunca dünya üzerindeki uzunluklar projeksiyondaki uzunluklara eşit olur. Teğet meridyenden uzaklaştıkça deformasyon artar.

- Buna göre dünya, başlangıç meridyenleri  $6^\circ$ 'de bir değişen 60 dilime (zone) ayrılır ve referans enlemi ekvatordur. Her dilimin enlem genişliği  $84^\circ$  kuzey,  $80^\circ$  güney enlemidir.
- Her dilimin ayrı bir koordinat sistemi vardır. Dilim orta meridyenleri X ekseni, ekvator da Y eksendir. İkisinin kesişimi başlangıç noktasıdır.



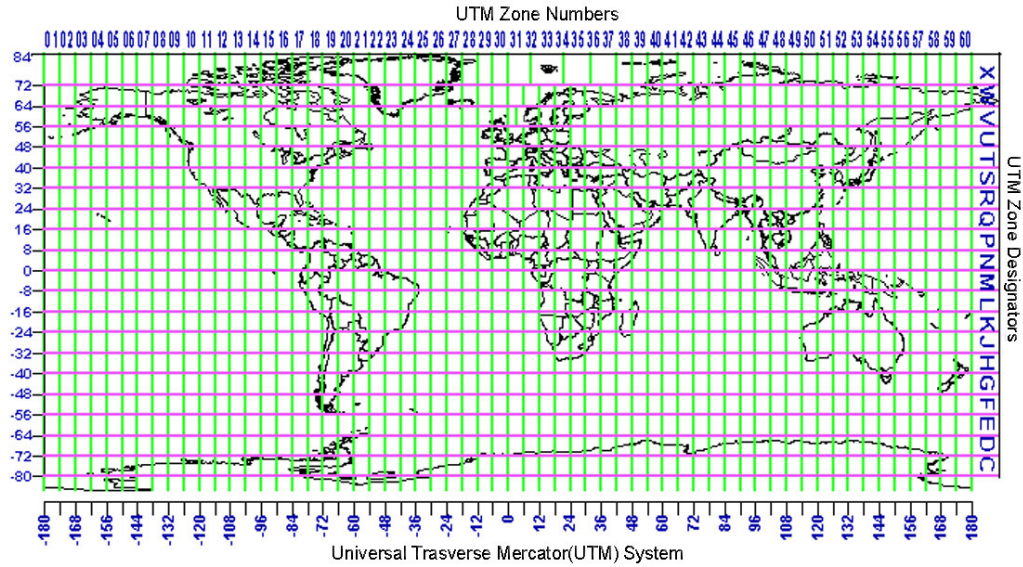
Şekil 3.43. Harita projeksiyonları

- X değerleri dünyadaki uzunluklarla aynı, Y değerleri ise dünyadakinden biraz büyüktür. Bu farkı azaltmak için X,Y değerleri  $m_0 = 0.9996$  ile çarpılır.
- Y değeri başlangıç meridyeninin solunda negatif olur. Bundan kurtulmak için Y değerine 500000 eklenir.

➤ Bu durumda koordinatlara Sağa ve Yukarı değer denir. Uzunluk birimi metredir.

➤ Gauss-Kruger projeksiyonunda UTM projeksiyonundan farklı olarak başlangıç meridyenleri  $6^\circ$  ve  $3^\circ$ 'de bir değiştirilir.  $3^\circ$ 'lik dilimlerde  $m_0=1'$  dir.

Türkiye,  $26^\circ$ - $45^\circ$  doğu boylamları ve  $36^\circ$ - $42^\circ$  kuzey enlemleri arasındadır. Boylam farkı  $19^\circ$ 'dir. Bu nedenle,  $6^\circ$ 'lik 4 dilim (4 ayrı koordinat sistemi) ve  $3^\circ$ 'lik 7 dilim (7 ayrı koordinat sistemi) vardır (Uçar, 2002).



Şekil 3.44. Yerkürenin kendisine ekvatorda teğet olan silindire izdüşümü

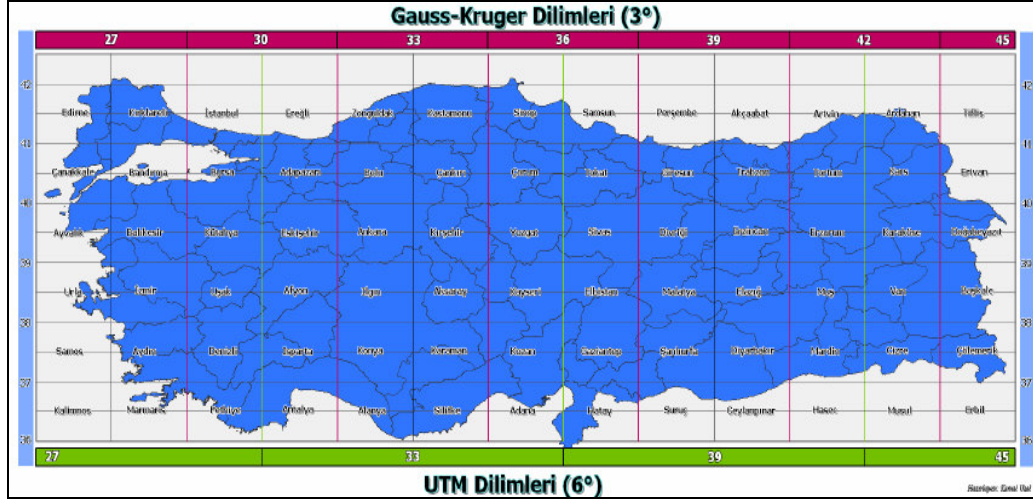
$3^\circ$ 'lik dilimler için başlangıç meridyenleri:  $27^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $33^\circ$ ,  $36^\circ$ ,  $39^\circ$ ,  $42^\circ$ ,  $45^\circ$

Yukarı değerler ekvatordan başladığı için 4000000 m civarındadır.

Sağa değerler,

$6^\circ$  için: 200000-800000 m arasında,

$3^\circ$  için: 350000-650000 m arasındadır.



Şekil 3.45. UTM projeksiyonunda Türkiye'nin yer aldığı bölge için 6° ve 3°'lik dilimler

### 3.2.4.3. Elipsoidal Coğrafi Koordinatlardan UTM Projeksiyonu Koordinatlarına Dönüşüm

Her ülkenin kendi jeodezik çalışmaları için bir koordinat sistemi kurmaya çalışması, beraberinde farklı datumlu koordinat sistemlerinin oluşmasına neden olmuştur. Çeşitli ülkeler farklı elipsoidler kullanmışlardır.

Oluşturulacak bir koordinat sistemini etkileyen her türlü parametreye genel olarak datum parametresi adı verilir. Sistemi tanımlayan, başlangıç, dönüklük ve ölçeğin her biri ayrı bir datum olarak ele alınır. Birçok Avrupa ülkesinin aynı elipsoidi kullanmasına rağmen kullandıkları koordinat sistemlerinin başlangıcı farklı olmasından dolayı datumları farklıdır.

Örneğin kullandıkları elipsoid aynı olmasına rağmen başlangıçları farklı olmasından dolayı “Türkiye Ulusal Datumu” ve “Avrupa Datumu” tanımlamaları kullanılmaktadır.

Yersel gözlemlere dayalı koordinat sistemleriyle, uydu sistemlerinin yanında farklı referans yüzeyli, koordinat sistemleri arasında dönüşümlere de gerek duyulmaktadır.

Bir koordinat sisteminde belirlenmiş olan nokta kümesinin ikinci bir sisteme dönüştürülmesine koordinat dönüşümü adı verilir. Bu işlem, koordinat

sistemlerinden birinin eksen doğrultularında kaydırılması, döndürülmesi ve koordinatların belli oranda küçültülmesi ya da büyütülmesi ile sağlanır. Dönüşüm parametrelerinin dengeleme ile belirlenebilmesi için her iki sistemde koordinatları bilinen belli sayıda eşlenik noktaya (destek noktaları) gereksinim vardır.

1980'li yılların sonlarından itibaren yoğun olarak kullanılmaya başlanan GPS'in dayandığı WGS-84 datumunun, 1990'lı yılların başından itibaren NATO içerisindeki müşterek operasyonlarda ve harita üretimlerinde kullanım zorunluluğu doğmuştur. Diğer taraftan, günümüzde kalkınma amaçlı harita üretimlerinde de GPS alıcıları ile WGS-84 sisteminde konum belirleme ve harita üretimi eğilimi iyice artmıştır. Bu gelişmeler doğrultusunda, ülkemizde askeri ve sivil amaçlarla 2001 yılına kadar Avrupa Datumu-1950 (European Datum-1950: ED-50) sisteminde üretilen 1/25.000, 1/50.000 ve 1/100.000 ölçekli topoğrafik haritaların 2002 yılından itibaren WGS-84 sisteminde üretimine geçilmiştir (Ayhan ve ark., 2002).

2001 yılına kadar üretilen haritaların ED-50 datumunda, 2002 yılından itibaren üretilen haritaların WGS-84 datumunda olması ve GPS alıcıları veya diğer yöntemlerle WGS-84 sisteminde belirlenen koordinatların ED-50 datumunda üretilmiş olan haritalar ile uyumunun sağlanması için uygulamada çeşitli sorunlarla karşılaşmaktadır (Demirkol ve ark., 2002).

Diğer taraftan, Türkiye 1/25.000 ve daha küçük ölçekli haritalar için 6° 'lik dilim genişliği, 1/5.000 ve daha küçük ölçekli haritalar için 3° 'lik dilim genişliği kullanmaktadır. Bilindiği gibi maden sahasının sınırları ruhsat aşamasında 6° 'lik dilimde sağa ve yukarı değerler olarak verilmektedir. Uygulamada ve özellikle maden sınırlarının belirlenmesi problemlerinde dilimler arası dönüşüm problemi ile çok karşılaşmaktadır. Bu nedenle GPS ile WGS-84 datumunda elde edilen elipsoidal coğrafi koordinatların (derece-dakika) sağa-yukarı olarak UTM projeksiyonu koordinatlarına dönüştürülmesi gerekmektedir (Aydın, 2000). Bu amaçla aşağıda datum ve koordinat dönüşümleri ile ilgili temel formülizasyonlar verilmiştir.

Elipsoidal coğrafi koordinatları belli olan bir noktanın elipsoidal enlemi (B) ve elipsoidal boylamı (L) ise, tek değişkenli yakınsak serilerle problem aşağıdaki gibi çözülür. (3.52-57) nolu denklem takımları ile önce enleme karşılık gelen

meridyen yayı uzunluğu (G) bulunur, sonra diğer yakınsak seri katsayıları hesaplanır (Uçar, 2002; www.bayar.edu.tr).

$$G_1 = 1111136.53666 \cdot B \quad (3.52)$$

$$G_2 = 16107.03468 \cdot \sin 2B \quad (3.53)$$

$$G_3 = 16.9621 \cdot \sin 4B \quad (3.54)$$

$$G_4 = 0.02227 \cdot \sin 6B \quad (3.55)$$

$$G_5 = 0.00003 \cdot \sin 8B \quad (3.56)$$

$$G = G_1 - G_2 + G_3 + G_4 - G_5 \quad (3.57)$$

$$\eta^2 = 6.76817019 \cdot 10^{-3} \cdot \cos^2 B \quad (3.58)$$

$$N = \frac{6399936.608}{\sqrt{1 + \eta^2}} \quad (3.59)$$

$$t = \tan B \quad (3.60)$$

$$\ell = (L - L_0) \frac{\pi}{180} \quad (3.61)$$

Bulunan meridyen yayı uzunluğu ve yakınsak seri katsayıları (3.62) ve (3.64) nolu denklemlerde yerine konarak Gauss-Krüger koordinatları ( $Y_g, X_g$ ) elde edilir.

$$X_g = G + \frac{N}{24} \cdot \sin B \cdot \cos B \cdot \ell^2 \cdot \{12 + (5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^4) \cdot \cos^2 B \cdot \ell^2\} \quad (3.62)$$

$$A = 1 + \frac{1}{6} \cdot (1 + \eta^2 - t^2) \cdot \cos^2 B \cdot \ell^2 + \frac{1}{120} \cdot (5 - 18t^2 + t^4 - 58\eta^2 t^2) \cdot \cos^4 B \cdot \ell^4 \quad (3.63)$$

$$Y_g = N \cdot \cos B \cdot \ell \cdot A \quad (3.64)$$

UTM sisteminde Dünya 6° genişliğinde 60 projeksiyon dilimine ayrılmıştır. Her dilimin orta meridyeni sistemin X eksenini tanımlar. X eksenine dik olan ekvator da Y eksenini temsil eder. Projeksiyonun orta meridyeninden uzaklaştıkça

uzunluk deformasyonu Y değerine bağlı olarak artacaktır. Deformasyon artışını sınırlı bir değerde tutabilmek için en çok 3° boylam farkı olan kısımların projeksiyon sistemine alınması düşünülmüştür. Büyük ölçekli haritalarda bu sınır 1° 30' ya kadar indirilmektedir (Koçak, 1984). Dilimlerin kuzey ve güney sınırları 80° kuzey ve güney enlemleridir. Her dilim 180° meridyeninden başlayarak doğuya doğru artan sırada bir numara alır. Bu numaraya “dilim numarası” (DN) adı verilir. Her bir projeksiyon diliminin X eksenini oluşturan orta meridyenin boylamı ( $L_0$ ) ile dilim numarası arasında  $L_0 = [ (DN) \times 6 - 3 ] - 180$  bağıntısı vardır.

Dilim genişliği 6° 'lik ve 3°'lik olması durumunda UTM koordinatları şu şekilde hesaplanır.

$$\text{Sağa Değer} = DN (Y_g \cdot m_0 + 500000) \quad (3.65)$$

$$\text{Yukarı Değer} = X_g \cdot m_0 \quad (3.66)$$

$$6^\circ \text{ 'lik dilimde } m_0 = 0.9996$$

$$3^\circ \text{ 'lik dilimde } m_0 = 1 \text{ alınır ve (DN) yazılmaz.}$$

3° genişlikli dilimlerin kullanıldığı projeksiyon sistemlerinde uygulanan standartlara göre dilim orta meridyenleri, Türkiye için 27°, 30°, 33°, 36°, 39°, 42° ve 45° doğu meridyenleridir (Şekil 4.7).





#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

CBS için veritabanı çatısının oluşturulması, verilerin veritabanına girilmesi, projenin en önemli ve en çok emek-zaman alan kısmıdır. Elde edilecek verilerin kalitesi, yapılacak analizleri ve dolayısıyla da sonuçları doğrudan etkilemektedir. Bu çerçevede, çalışma alanının sınırları, kullanılacak koordinat sistemi, gerekli olacak veri katmanları ve verilerin nasıl kodlanarak organize edileceği önceden belirlenerek, çalışmanın ileri aşamalarında ortaya çıkabilecek değişiklikler için veritabanının doğru tasarlanması gerekmektedir. Bu amaçla, coğrafi bilgiler başlangıçta grafik ve grafik olmayan şekilde ayrı ayrı olarak ele alınmış, grafik coğrafi bilgiler için “Bilgisayar Destekli Tasarım Sistemleri” kullanılırken, grafik olmayan coğrafi bilgiler için “Veritabanı Yönetim Sistemleri” nden yararlanılmıştır. Bunun sonucu olarak grafik ve grafik olmayan veriler ile bu veriler arasındaki mantıksal ve topolojik ilişkileri bütünleşik olarak işleyebilme ve böylece konuma bağlı analizleri gerçekleştirme olanağına sahip “Üretim Takip ve Planlama Bilgi Sistemi” geliştirilmiştir (Şekil 3.1).

Bu bölümde, uygulama alanı olarak seçilmiş Afşin-Elbistan Linyit Havzası sınırları içerisinde yer alan yapıları, karayollarını, ocak içi yolları, üretim kademeleri v.b. bilgileri içeren vaziyet planları, linyit yatağının kalite dağılımları ve jeolojik birimlere ait veriler için, CBS veri tabanının oluşturulması ve veritabanı yönetim sisteminin aşamaları anlatılmıştır. Bu aşamalar sırasıyla;

- Grafikselle veritabanlarının oluşturulması,
- Tablosal veritabanlarının oluşturulması,
- Veritabanı yönetim sisteminin kurulması olarak belirlenmiştir.

##### 4.1. Grafikselle Veritabanının Oluşturulması

Grafikselle veritabanının oluşturulmasında ilk olarak söz konusu çalışma sahasını da kapsayan 1/25.000 ölçekli L38/A1-A4, L37/B2-B3, 1/100.000 ölçekli L37 ve L38 pafta numaralı topografik ve jeolojik haritalar tarayıcı kullanılarak

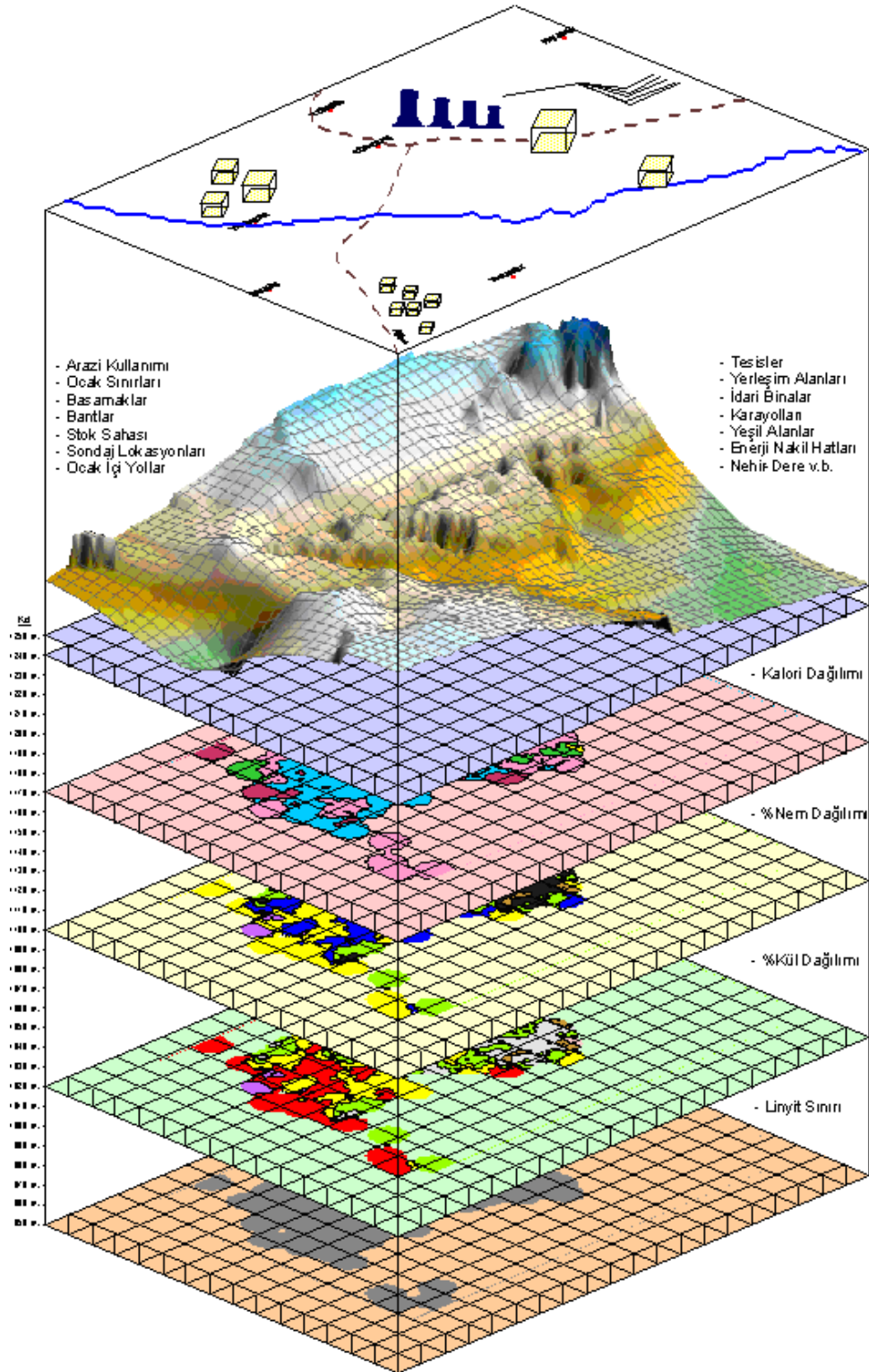
bilgisayar ortamına aktarılmış ve üzerinde görsel yorumun daha iyi yapılabilmesi için Adobe Photoshop programı yardımıyla gerekli filtrelemeler uygulanmıştır. Daha sonra harita, MapInfo 9.0 programı ortamında UTM projeksiyon sisteminde 37. Zone - 39. Dilim Orta Meridyeninde ve ED50 elipsoide uygun olarak düzlemsel izdüşüme oturtularak memleket koordinatlarına dönüştürülmüştür.

Sayısallaştırma sürecinde harita üzerinde farklı türden her eleman sınıfı farklı katmanlarda sınıflandırılmıştır. Benzer mantıkla Afşin-Elbistan Termik Santraline halen kömür tedarik eden Kışlaköy ve Çöllolar açık kömür ocaklarının 2009 Nisan ayına ait vaziyet planları, üretim ve jeolojik haritaları sayısallaştırılmış, basamak sınırları ve ocaktaki diğer coğrafi koordinatlar GPS ise ölçüm yapılmak suretiyle sisteme dahil edilmiştir. Böylelikle proje alanına ilişkin grafiksel bir veri tabanı oluşturulmuştur (Şekil 4.1).

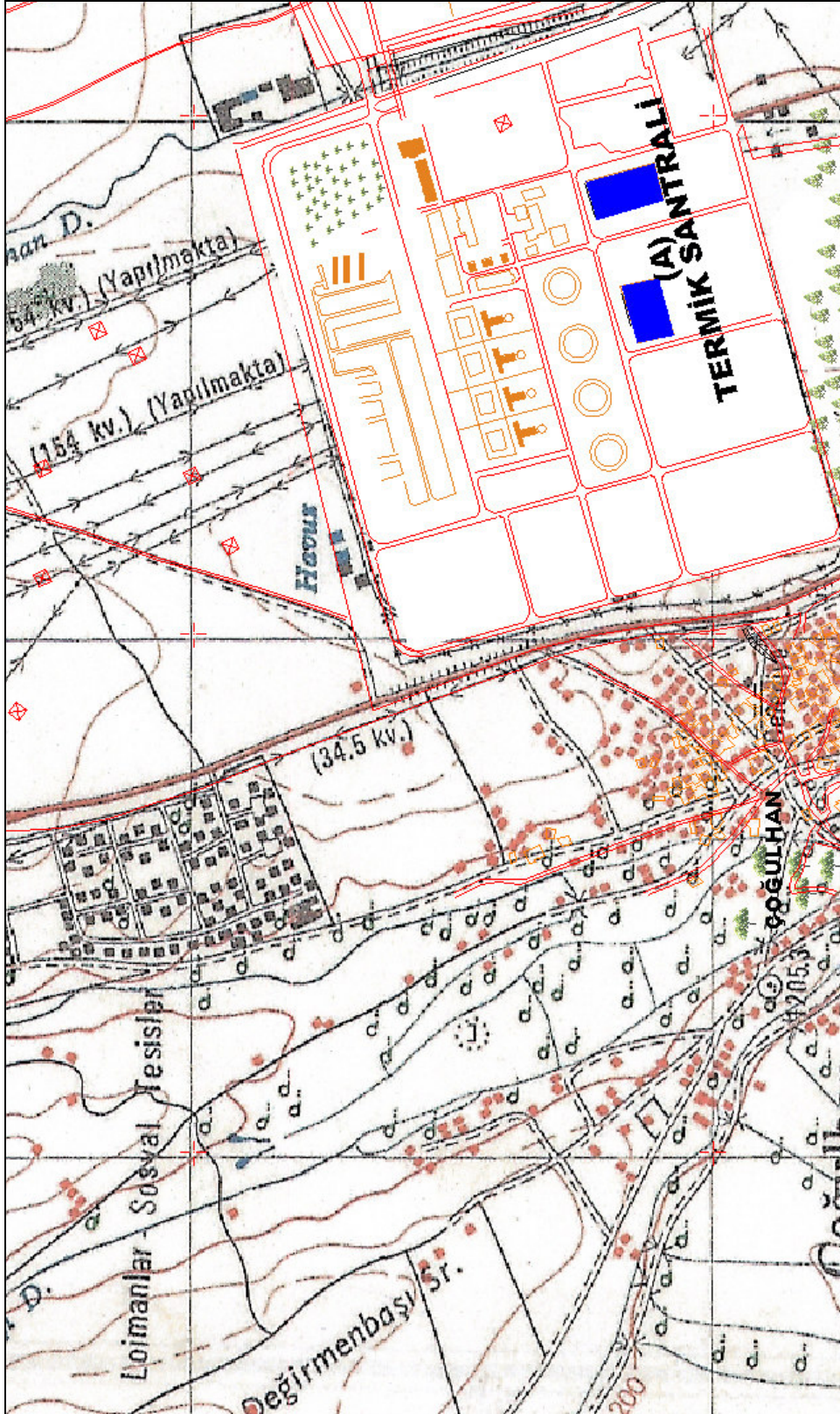
Çalışmalarda kullanılan grafiksel verilerden karayolları, ocak içi yollar, üretim nakil bantları çizgisel olarak sayısallaştırılırken, ocak sınırları, ruhsat sınırları, idari sınır ve binalar, yeşil alanlar, basamaklar, şevler ve jeolojik birimler alan olarak sayısallaştırılmıştır. Herhangi bir çizgi ya da alan ile temsil edilemeyen sondaj lokasyonu, ilçe, bucak, köy, vb. yerler ise noktasal olarak sayısallaştırılmıştır.

Grafiksel verilerin hazırlanmasında ikinci aşama olarak; coğrafi koordinatları bilinen linyit havzası, yatay eksenler boyunca 100x100 m eninde, düşey eksen boyunca 112 ayrı seviyede 2.5 m'lik boylarda bloklara bölünmüş (Şekil 4.1), her bir bloğun ortalama Isıl değer, %Kül, %Nem değeri ve linyit sınırları, ayrıntıları Bölüm 3.2.2. de ele alınmış kriging tahmin teknikleri ile modellenerek çizgisel olarak sayısallaştırılmıştır.

Sayısallaştırma işleminde kullanılan verilerin geometri cinsine Çizelge 4.1'de, çalışma alanına ait sayısal haritalardan görünümlere ise Şekil 4.2-5 ve Ek 1-2'de yer verilmiştir.



Şekil 4.1. Grafikselsel veri tabanının bileşenleri



Şekil 4.2. 1/25.000 ölçekli L38-A4 paftasının sayısallaştırma sürecinden bir görünüm





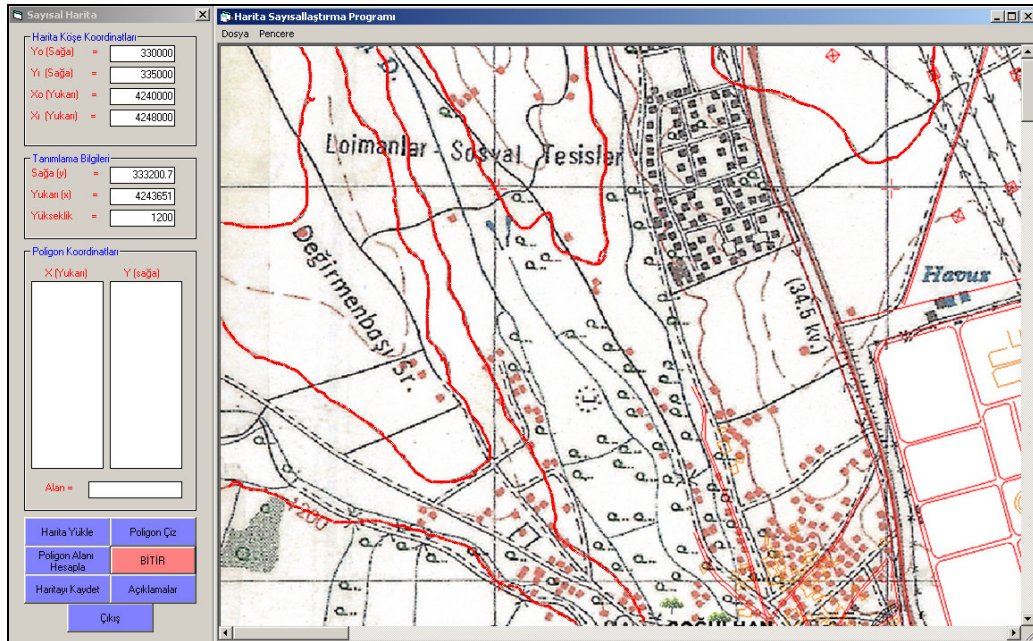




#### 4.2. Tablosal Veritabanının Oluşturulması

Sayısallaştırılan grafiksel verilerin özniteliklerinin bulunduğu tablosal veritabanını hazırlamak, bu çalışmanın önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Eleman sınıflarının özniteliklerinin seçimi çalışmanın doğru sonuçlanması bakımından önem arz etmektedir. Bu nedenle, kullanılacak sorgulamalar da göz önünde bulundurularak, oluşturulan grafiksel veri tabanı katmanlarının, her biri için farklı içerikte öznitelik belirlenmiştir. Örneğin, jeolojik birim alanları, karakter olarak tanımlanır iken, üretim bantlarının uzunluk özniteliği sayısal olarak veri tabanında yer almıştır. Oluşturulan grafiksel veri katmanlarına ait veritabanı tablosu Çizelge 4.1.'de sunulmuştur.

Topografik haritalar üzerinde bulunan eşyükselti, yollar ve dereler gibi çizgisel grafiklerin tablosal veri tabanı girişi için geliştirilen topografik harita sayısallaştırma programı sayesinde kullanıcı, çizgileri oluşturan noktaları veya bir tepe noktasını coğrafi koordinatları (x,y,z) ve isimleri ile tanımlama imkanı elde ederek, oluşturulan tablolar sayesinde eş yükselti eğrilerinin CBS ortamında korelasyonuna ve üç boyutlu görünümüne imkan sağlayabilmektedir.



Şekil 4.6. Topografik harita sayısallaştırma programından bir görünüm

Çizelge 4.1. Grafikselsel veri katmanlarına ait tablosal veritabanı biçimi

VERİ ADI	ÖZİNİTELİK		
	Grafik	Sayısal	Koordinat
Ocak Sınırları	Poligon	Alan, (m <sup>2</sup> )	x,y
Basamak Kotları	Poligon	Sayısal Veri, (m.)	x,y
Bantlar	Çizgi	Uzunluk, (m.)	x,y
Stok Sahası	Poligon	Alan, (m <sup>2</sup> )	x,y
Yerleşim Alanları	Poligon	Alan, (m <sup>2</sup> )	x,y
İdari Binalar	Poligon	Alan, (m <sup>2</sup> )	x,y
Yollar	Çizgi	Uzunluk, (m <sup>2</sup> )	x,y
Sondaj Lokasyonları	Nokta	x,y,z Log Bilgileri	x,y,z
Eşyükselti	Çizgi	Sayısal Veri, (m.)	x,y,z
Isıl değer	Çizgi	Sayısal Veri (kcal/kg)	x,y,z
Kül	Çizgi	Sayısal Veri (%kül)	x,y,z
Nem	Çizgi	Sayısal Veri, (%nem)	x,y,z

Bilindiği üzere, iki boyutlu grafikselsel veriler, x-y düzlemlili bir haritada tüm detayları ile tanımlanabilmelerine rağmen, üç boyutlu bir grafikselsel veri iki boyutta ancak lejant verilmek suretiyle gösterilebilmektedir. Bu sebeple, düşeyde 2.5 m'lik 112 ayrı seviyeye bölünerek tanımlanan Isıl değer, %Kül, %Nem ve linyit sınırlarının, çeşitli öznelikleri ve konumlarına bağlı tablosal veri tabanları her katman için ayrı ayrı oluşturulmuştur. Daha sonra bu tablosal veriler, grafikselsel veritabanı ile ilişkilendirilerek, iki boyutlu bir harita üzerinde, üç boyutlu koordinatları GPS alıcısı ile tespit edilmiş bir noktanın, üçüncü boyuttaki öznelikleri sorgulanabilir hale getirilmiştir.

Tablosal veri tabanlarımızda bulunan Isıl değer, %Kül, %Nem gibi değişkenlerin ortak özelliği linyit yatağına özgü olmaları ve koordinatlarla ifade edilebilmeleridir ve sadece linyit yatağımızın sondajlar ile tespit edilmiş noktalarında bellidirler, diğer noktalardaki bilinmeyen değerleri hesaplamak gerekmektedir. Bilinmeyen bir değerın hesaplanması ise sondajlar ile elde edilen gerçek değerler yardımıyla yapılmaktadır. Bu amaçla, öncelikle linyit içeren seviyeler ve sınırları tahmin edilmeye çalışılmış daha sonra bu sınırlar dahilindeki kalite dağılımlarının

tablosal ve grafiksel verileri hazırlanmıştır. Yapılan analizlerde Bölüm 3.3.'de metotları anlatılmış jeostatistik yöntemler kullanılmış olup, bir sonraki başlık altında ise analizlerden elde edilen bulgular verilmeye çalışılmıştır.

#### 4.2.1. Veri Hazırlama

Tablosal veritabanımızda kullanacağımız kimyasal analiz sonuçları elmaslı sondajlarla kesilmiş karotlardan elde edilmektedir. Genel olarak sondaj numunelerinin kimyasal analizleri, gerek sondaj esnasında, gerekse laboratuarlarda yaşanan bazı sıkıntılardan dolayı eş karot boyları üzerinde yapılamamaktadır. Oysa aynı çapta ve aynı jeolojik birimden alınan bir karot numunesinin kimyasal analiz sonucu karot boylarına göre değişebilmektedir. Diğer yandan, sondaj esnasında alınan karotların, numune torbalarına hızlı bir şekilde yerleştirilmemesi, açık havada bekletilmeleri özellikle linyit analizlerinde sonuçları doğrudan etkilemektedir. Nitekim Afşin/Elbistan linyit havzasında madencilik faaliyetlerini yürüten Maden Mühendisleri ile yapılan sözlü görüşmelerde sondaj verilerinin uygulamada doğru sonuçlar vermediği, Park Teknik A.Ş. tarafından Çöllolar sektörü üzerinde yapılan 36 adet araştırma sondajı bulguları ile geçmişte yapılan sondajların oldukça farklılıklar gösterdiği dile getirilmiştir. Sonuç itibarıyla, termik santrale beslenen linyitler mevcut sondaj verileri ışığında üretilmekte olduğundan, Park Teknik A.Ş. tarafından yapılan 36 adet sondaj verisi de sisteme dahil edilerek toplamda 774 adet sondaj verisi araştırmamızda kullanılmıştır (Şekil 4.7; Ek-2).

#### 4.2.2. İstatistiksel Analiz

Jeostatistiksel incelemeden önce cevherleşmenin karakteristiğini ve yapısal farklılıkların önceden belirlenmesi amacıyla Isıl değer, %Kül, %Nem değişkenlerine ait histogramlar ve tanımlayıcı istatistikleri belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Elde edilen histogram sonuçlarında ilk gözlenen durum, üç değişkeninde ortalama değerinin ortanca değerine yakın olması ve yine  $\pm 2$  saçınımı çarpıklı katsayısı ile normal dağılım göstermesi olmuştur.



Çizelge 4.2. Linyit yatağına ait verilerin istatistiksel değerlendirme sonuçları

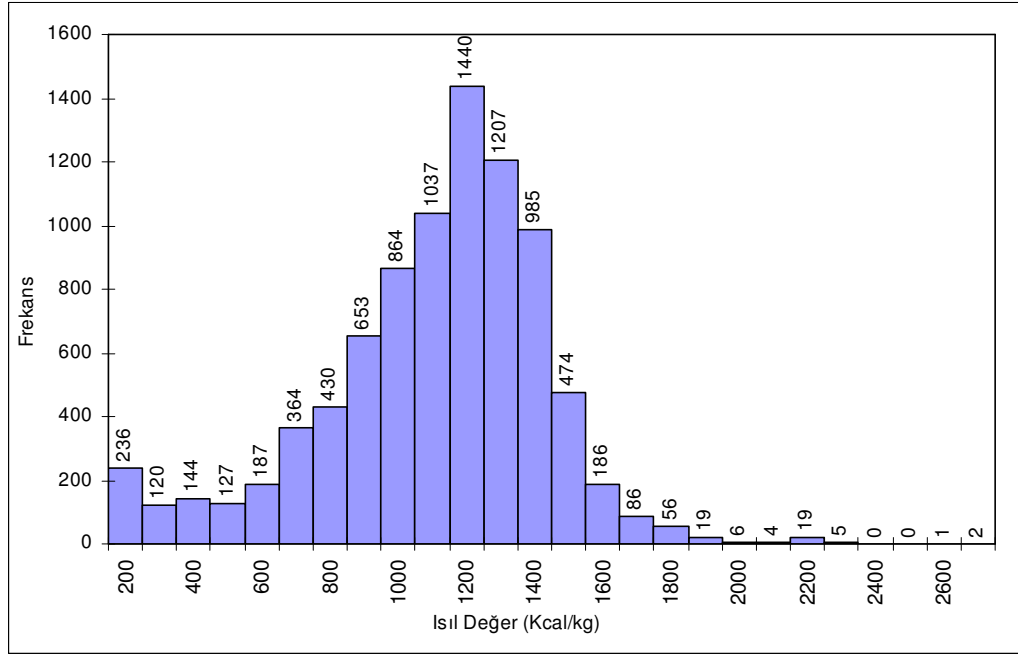
Tanımlayıcı İstatistikler	Isıl değer (kcal/kg)	% Nem	% Kül
Varyans	110159.05	39.29	64.92
Standart Sapma	331.90	6.27	8.06
Ortalama	1054.43	50.86	21.74
Mod	1165.00	50.32	23.31
Ortanca	1112.00	51.86	19.92
Çarpıklık	-0.65	-0.80	1.52
Basıklık	1.06	2.05	3.32
Dağılım Aralığı	2587.00	74.37	60.66
Değişim Katsayısı (%)	31	12	37
En Büyük	2687.00	79.38	66.13
En Küçük	100.00	5.01	5.47

Verilere değişim katsayısı açısından bakıldığında ise, ısıl değer için %31, nem için %12, kül için %37 bulunmuş, Arıoğlu ve Yılmaz (2001)'e göre bu değerler çok düzenli bir yataklanmanın göstergesi olmaktadır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Değişim katsayısı (CV)'na göre cevherleşmenin düzenlilik derecesi (Arıoğlu ve Yılmaz, 2001)

$CV \leq \% 40$	$\Rightarrow$	Çok düzenli ve düzenli cevherleşme
$\% 40 < CV < \% 100$	$\Rightarrow$	Düzensiz cevherleşme
$CV \geq \% 100$	$\Rightarrow$	Çok düzensiz cevherleşme

Isıl değerlerin en küçük ve en büyük değerleri ile Şekil 4.8'de verilen histogram grafiği incelendiğinde 2000-2687 kcal/kg arası ısıl değere sahip 31 adet veri olduğu, bu kalori verilerini içeren sondajların haritalanması sonucu ise sadece 4 sondaj lokasyonuna ait olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.7(?)). Diğer yandan bu sondajlarda log boyunca birden fazla karot olmasına rağmen, alınan tüm karotların aynı ısıl değere sahip olduğu görülmüş örneklem hatası veya kayıt hatası olduğu düşüncesi ile veri setinden çıkarılmışlardır. Öyle ki ısıl değerlere ait yeni verilerle histogram grafiği çizildiğinde ortalama değer olan 1054 kcal/kg etrafında simetrik bir dağılım gösterdiği görülmüştür.



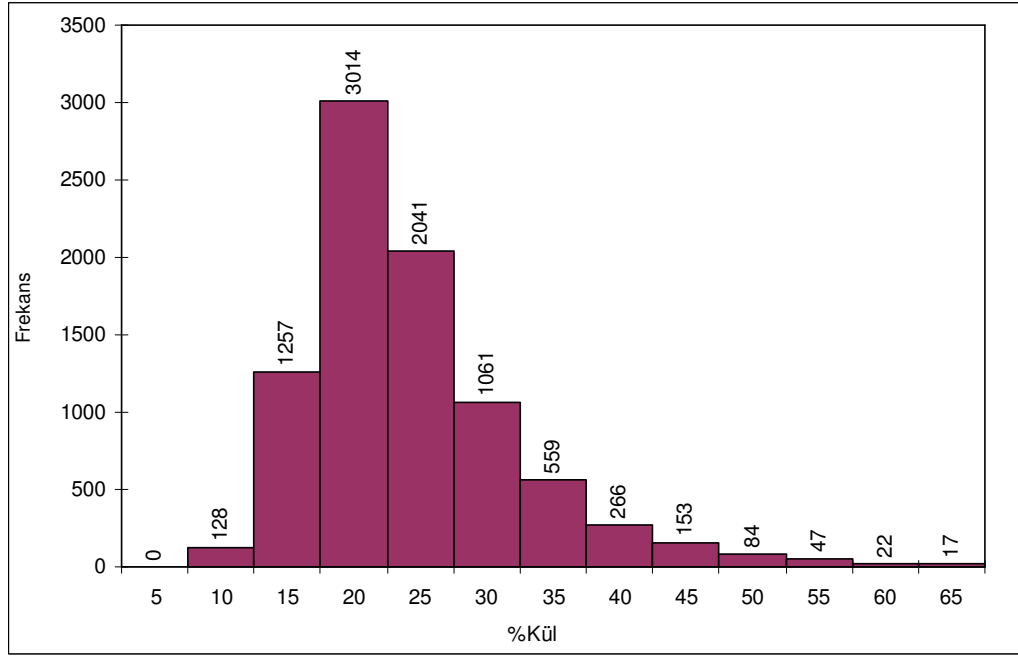
Şekil 4.8. Isıl değer verilerinin histogram grafiği

Aynı şekilde %Kül ve %Nem histogramları incelendiğinde az sayıda yüksek değerlerin varlığı görülmüştür. Bu veriler incelendiğinde yine aynı soru işaretine sahip sondajlarda olduğu görülmüştür. Nem ve kül için basıklık katsayıları incelendiğinde verilerin normal dağılıma göre daha dik olduğu görülmektedir. Bu durum ise havzada değişken su tablaları ve beslenmelerinin işareti olabileceği gibi her bir karotun aynı şartlarda muhafaza edilmeden analiz edilmiş olabileceği sonucuna da ulaşılabilir (Şekil 4.9 ve 4.10).

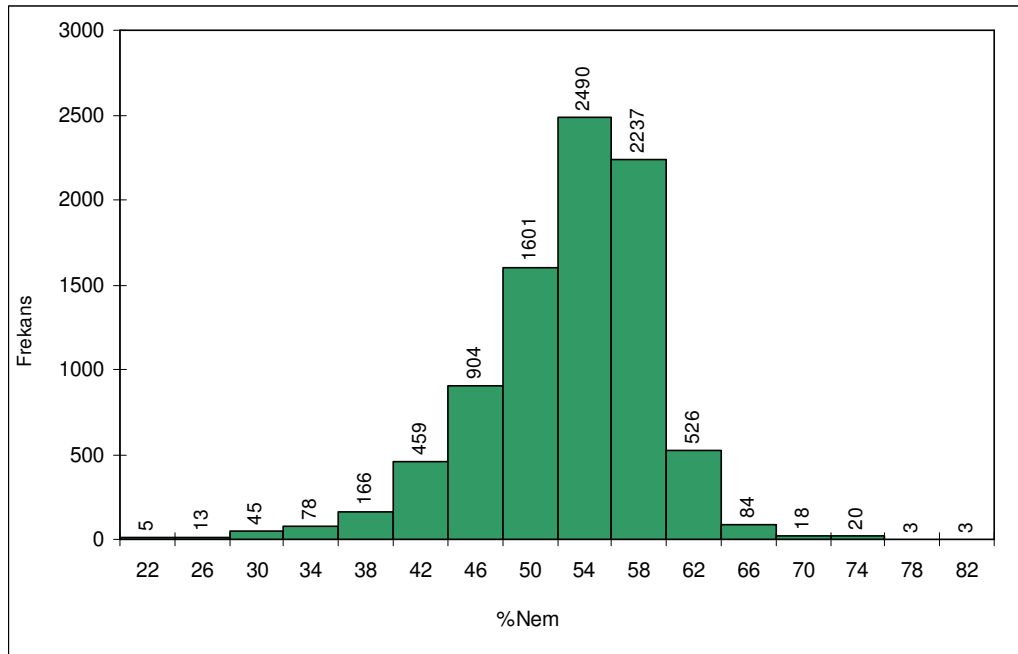
Kalite değişkenlerinin havza boyunca nasıl bir dağılım sergilediğini kestirmek amacıyla, konunun bir kez de jeostatistiksel olarak değerlendirilmesinde yarar görülmüş, örnekler arasındaki mesafeye ve yöne göre ilişkilerin sorgulanarak yarıvariogram fonksiyonlarının belirlenmesi ve kriging ile bilinmeyen noktaların tahmini düşünülmüştür.

Uygulamada kriging ile tahminin, verilerin dağılımına bağlı olduğu şeklinde bir inanç vardır. Örneğin, veriler lognormal dağılıyorsa, verilerin logaritmaları alınır ve bu logaritmik değerler üzerinde çalışılır. Fakat Tercan (1998)'e göre gerçekte

verilerin dönüştürülmesi kriging ile kestirimin bir istemi değildir. Dağılımın şekli ne olursa olsun, ham veriler krigingde kullanılabilir.



Şekil 4.9. %Kül verilerinin histogram grafiği



Şekil 4.10. %Nem verilerinin histogram grafiği

Verileri dönüştürmenin amacı, yarıvariogram fonksiyonlarının doğru bir şekilde belirlenmesine yardımcı olmaktır. Bu amaçla analiz yapabilmek için verilerin normal dağılıma uyması beklenir. Veri setinin normal dağılıma uymadığı durumlarda “normal dağılım dönüşümü” analizleri yapılabildiği gibi, normalliği bozan değerlerin kaynağını öğrenmek için aykırı değer analizleri de yapılabilir. Bu çerçevede, verilerdeki ölçüm ve veri kayıt hataları gibi nedenlerle ortaya çıkabilecek aykırı değerlere bakılarak, genel hesaplamalardaki olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla silinmesi veya düzeltilmesi yoluna gidilir.

Çalışmamızda kullanılan veri setine, yaklaşık normal dağılım ve tolere edilebilir düzeyde veri düzensizliği gösterdiği için, herhangi bir “normal dağılım dönüşümü” uygulanmamış, sadece dört sondaja ait veriler veri setimizden uzaklaştırılarak jeostatistiksel analizler yapılmıştır.

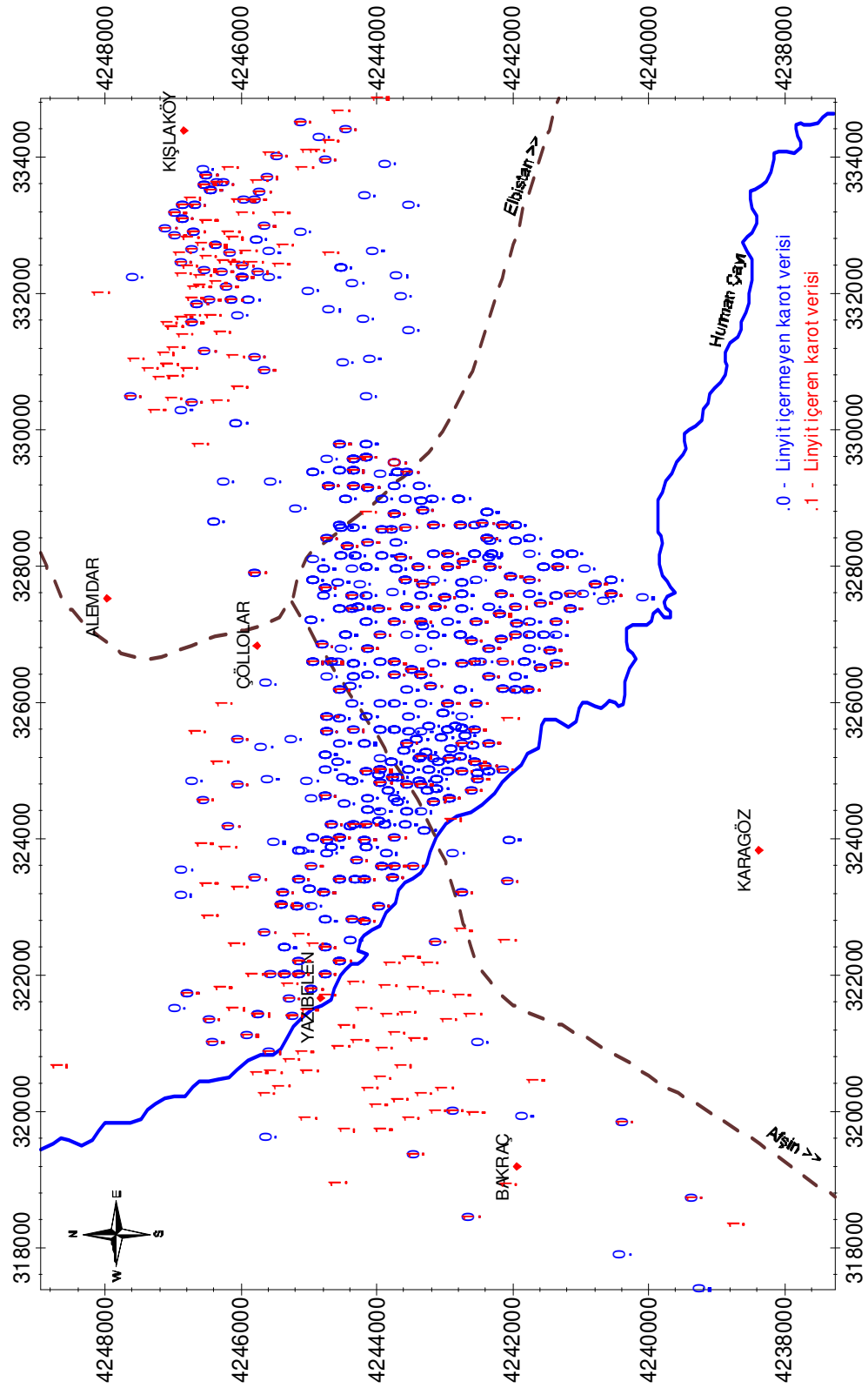
Analizlerde Datamine isimli hazır paket program kullanılmış, elde edilen yarıvariogram çiftlerinin mesafeye bağlı yarıvaryans değerlerinin çıktı dosyaları Microsoft Excel programına aktarılmış, yarıvariogram modellerinin fonksiyonları makrolar sayesinde programlanarak deneysel ve teorik yarıvariogramlar karşılıklı grafiklenmiştir.

#### 4.2.3. Linyit Yatağının Sınır Analizi

Linyit yatağının sınırlarının belirlenmesi amacı ile bölgede yapılan 774 adet sondajdan elde edilen 25791 adet karot verisi kullanılmıştır. Karot verileri öncelikle linyit olup olmadığına göre sınıflandırılmış, karot değerlerine eğer linyit ise “1”, linyit değil ise “0” indikatör değeri atanmıştır (Şekil 4.9). Bu indikatör değişkene dayanarak modellenen teorik yarıvariograma göre, indikatör kriging tahmin tekniği ile linyitli seviyeler ve sınırları, olasılıklı olarak belirlenmiştir.

Kriging tahminlerimizde indikatör veriler kullanıldığından kriging denklem sistemindeki yarıvariogramların yerini indikatör yarıvariogramlar almıştır. Ayrıca çalışmamız üç boyutlu veriler içerdiğinden yarıvariogramlarımızın da üç boyutlu modellenmesi gerekmiştir. Dolayısıyla üç boyutlu yarıvariogram analizlerinde, yatay eksenlerde ve düşey ekseninde muhtemel birçok anizotropi yönü ortaya çıkmıştır.

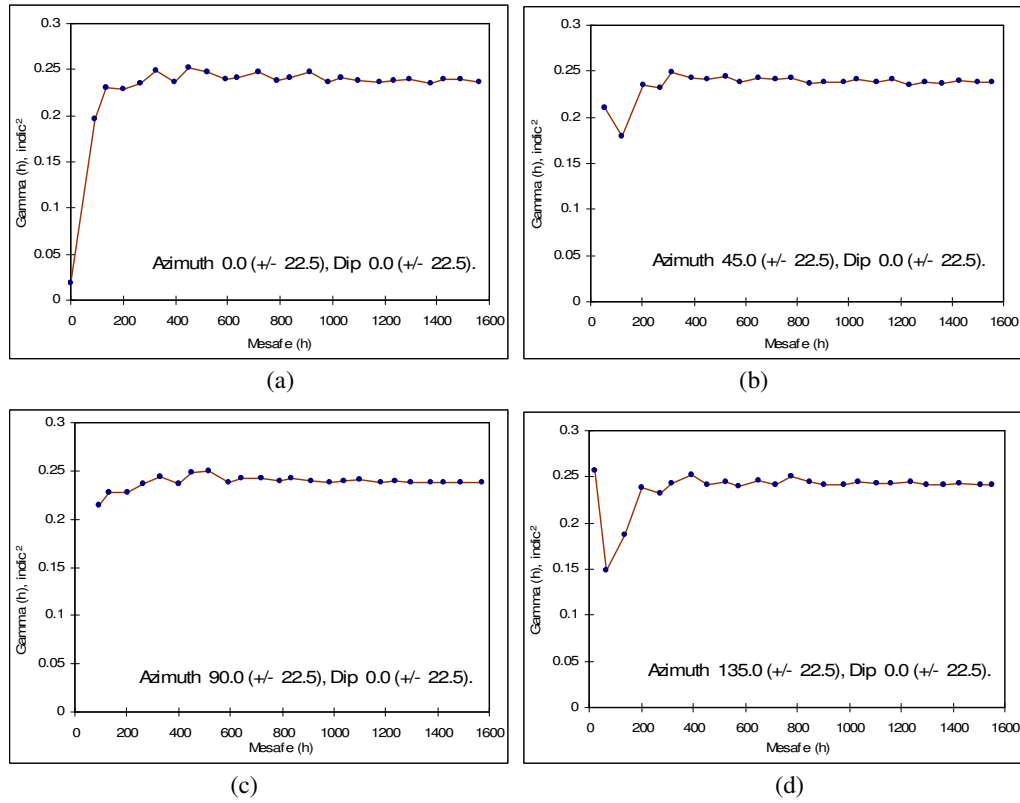




Şekil 4.11. 1110 m – 1120 m kotları arasındaki indikatör linyit grafiği

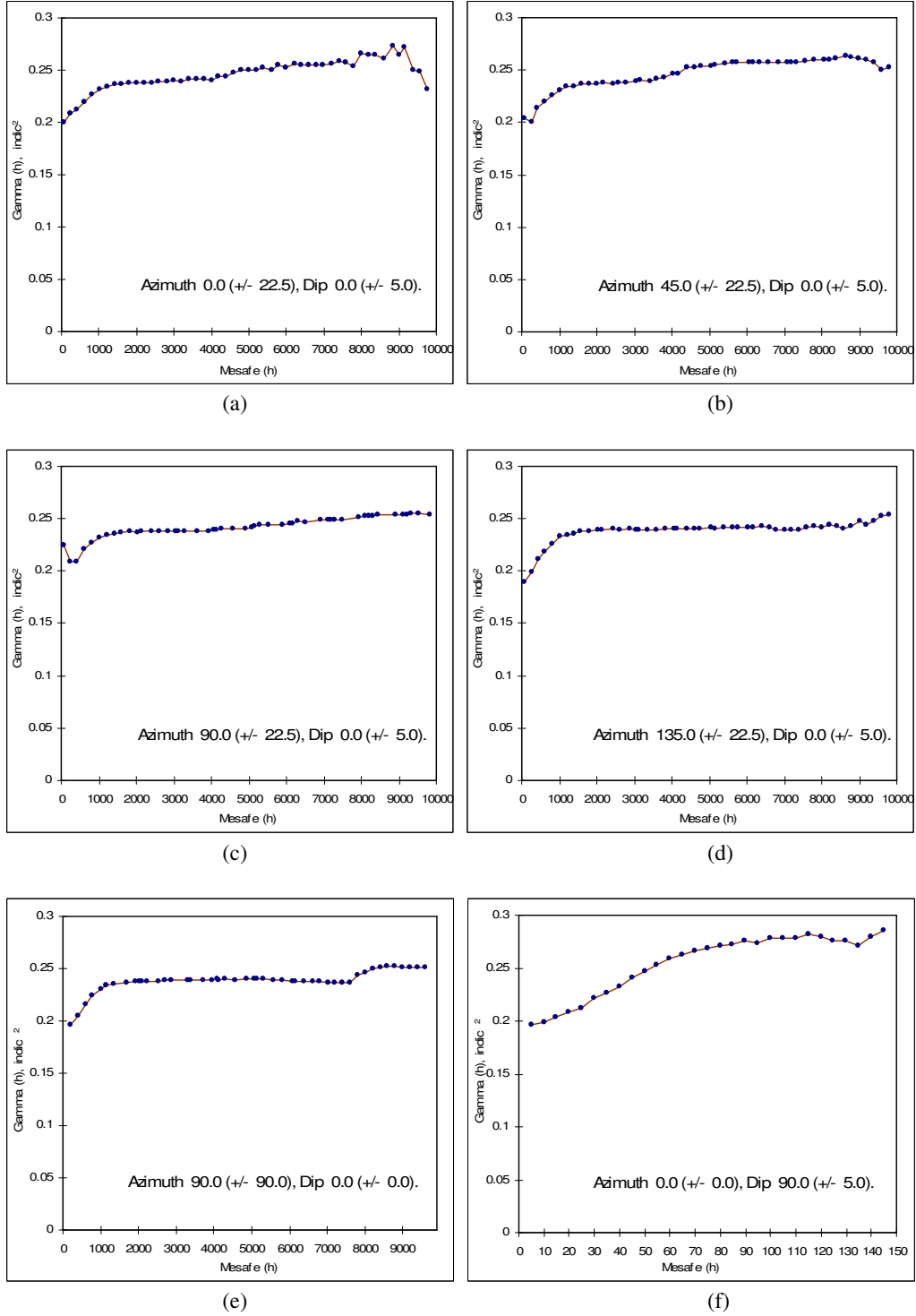
Genel olarak yarivariogram fonksiyonlarında etki mesafesi (a) yönere göre değişim gösteriyorsa “Geometrik Anizotropi” ’nin olduğu, etki mesafesinin sabit kaldığı ama Eşik değerin (C) değiştığı durumlarda da “Zonal Anizotropi” ’nin olduğu söylenebilir.

Bu amaçla çeşitli yönlerde yatayda 10°’den artarak başlayan, düşeyde de 5° ile 22.5° arasında açı tölanslarında anizotropi analizleri yapılmıştır. Bu tür bir analize örnek olması amacıyla, yatay eksenler (Azimuth) boyunca 0-90°; 45-135° yönlerinde, düşeyde de (Dip) 5° ve 22.5°’lik tolerans açısı ile sınıflandırılmış yarivariogramlara Şekil 4.12 ve 4.13’de yer verilmiştir.



Şekil 4.12. İndikatör değişken için 22.5° tolerans ile anizotropi analizleri

Şekil 4.13(a,b,c ve d) incelendiğinde farklı yatay yön ve açı tölanslarına göre eşik değerin 0.24 (indic)<sup>2</sup> seviyesinde olduğu bu eşik değere ulaşmak için ise ortalama 1200 m etki mesafesinin aynı kaldığı görülmektedir. Aynı durum 350 m’lik etki mesafesi ile Şekil 4.12’de de görülmektedir. Bu durum yatay eksenler boyunca anizotropi olmadığının bir ifadesi olarak değerlendirilebilir.

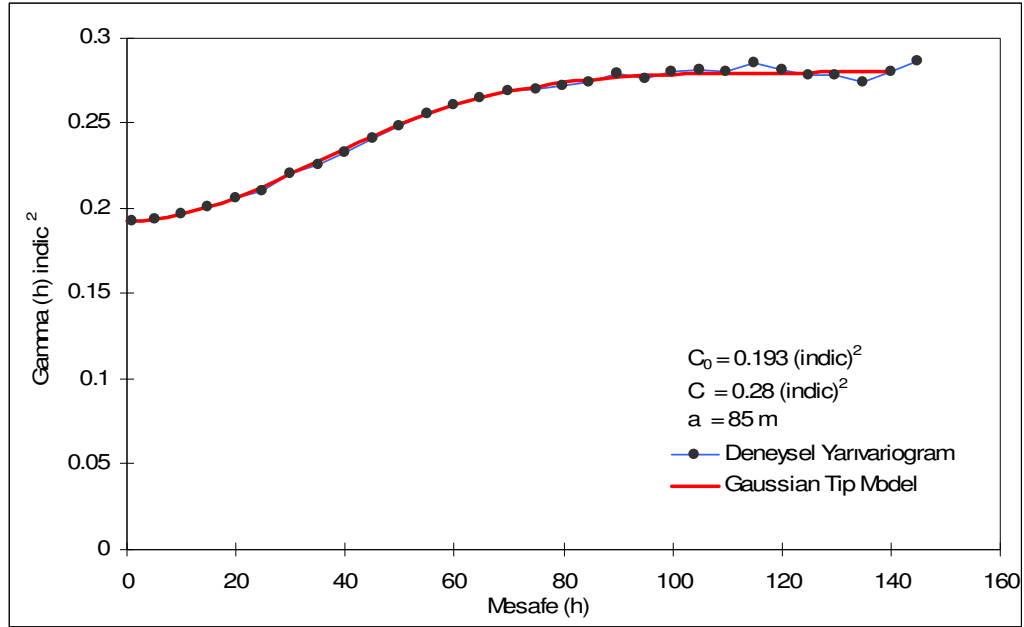
Şekil 4.13. İndikatör değişken için  $5^{\circ}$  tolerans ile anizotropi analizleri

Şekil 4.13'de 50'şer m'lik adım aralıkları (lag mesafesi) ile sınıflandırılan çiftlerin  $0^\circ$  ve  $135^\circ$  yönünde  $22.5^\circ$  tolerans açısı ile ilişkilendirildiğinde kısa mesafelerde kontrolsüz etki varyans  $C_0$  değerlerinin diğer yönlere göre oldukça farklı olduğunu görmekteyiz. Bunun sebebi olarak ilgili yön ve açı toleranslarındaki kısa mesafelerde oluşabilecek çift sayısının diğer yönlere göre daha fazla olması gösterilebilir. Nitekim Şekil 4.12(b) ve (c) incelendiğinde 92 metreye kadar herhangi bir çift oluşumu mevcut değildir.

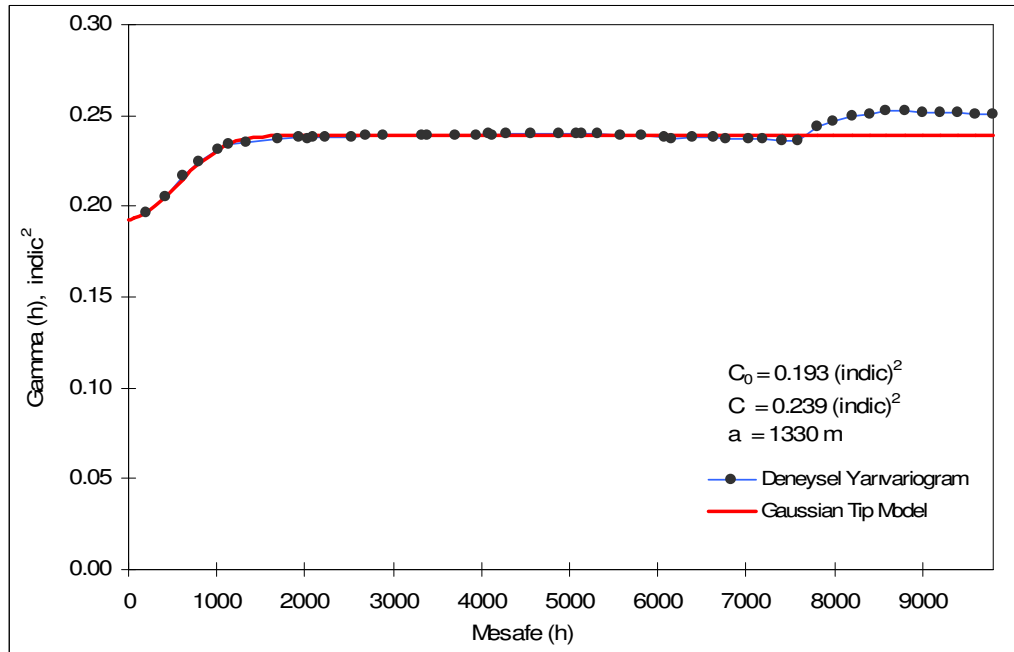
İndikatör verilere ait yatay yönlü yarivariogram analizlerinde geometrik ve zonal anizotropi görülmediği için açı ve yön gözetmeksizin 200 m'lik adım aralıklarında yatay yönlerde oluşabilecek tüm çiftler ele alınmış ve yatay yönsüz yarivariogram grafiği oluşturularak Şekil 4.13(e)'de sunulmuştur. Şekil 4.13(e) incelendiğinde grafiğin yatay yönlü yarivariogramlar ile aynı ilişki karakterini gösterdiği görülmektedir.

Şekil 4.13(f) incelendiğinde diğerlerinden farklı olarak dip açısının  $90^\circ$  tolerans açısının ise  $5^\circ$  alınarak düşey yöndeki mesafeye bağlı ilişkilerin grafiklendiği görülür. Grafik incelendiğinde eşik değerin  $0.27$  ( $\text{indic}^2$ ) seviyesinde olduğu, bu eşik değere ulaşmak için ise ortalama 80 m etki mesafesinin yatay yönlü yarivariogramlarınkine göre farklı olduğu görülür. Bu durum dikeyde bir kopukluğun/ara kesmenin veya ikinci/üçüncü bir kömür tabakasının varlığının işareti olabilir.

Yatay ve dikey yönde oluşabilecek yarivariogram çiftlerinin ilişkisini daha net ortaya koyması sebebi ile bu deneysel yarivariogramlara teorik yarivariogram modellerinden biri uydurulmaya çalışılmış; düşey yarivariogram için en uygun modelin Şekil 4.14'de verilen gaussian tip model olduğu, yatay yarivariogram için en uygun modelin Şekil 4.15'de verilen gaussian tip model olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.14. İndikatör değerlerin deneysel ve teorik düşey yarıvariogramı



Şekil 4.15. İndikatör değerlerin deneysel ve teorik yatay yarıvariogramı

Çizelge 4.4. İndikatör düşey teorik yarıvariogram modelinin parametreleri

Deneysel Yarıvariogram					Teorik Yarıvariogram			
Yön Açısı	Tolerans Açısı	Düşey Açı	Tolerans Açısı	Lag Uzaklığı	Model	Kontrolsüz Etki (C <sub>o</sub> ), (indic) <sup>2</sup>	Eşik Değer (C), (indic) <sup>2</sup>	Etki Uzaklığı (A), m
0°	0°	90°	5°	3 m	Gaussian	0.193	0.28	85

Çizelge 4.5. İndikatör yatay teorik yarıvariogram modelinin parametreleri

Deneysel Yarıvariogram					Teorik Yarıvariogram			
Yön Açısı	Tolerans Açısı	Düşey Açı	Tolerans Açısı	Lag Uzaklığı	Model	Kontrolsüz Etki (C <sub>o</sub> ), (indic) <sup>2</sup>	Eşik Değer (C), (indic) <sup>2</sup>	Etki Uzaklığı (A), m
90°	90°	0°	0°	200 m	Gaussian	0.193	0.239	1330

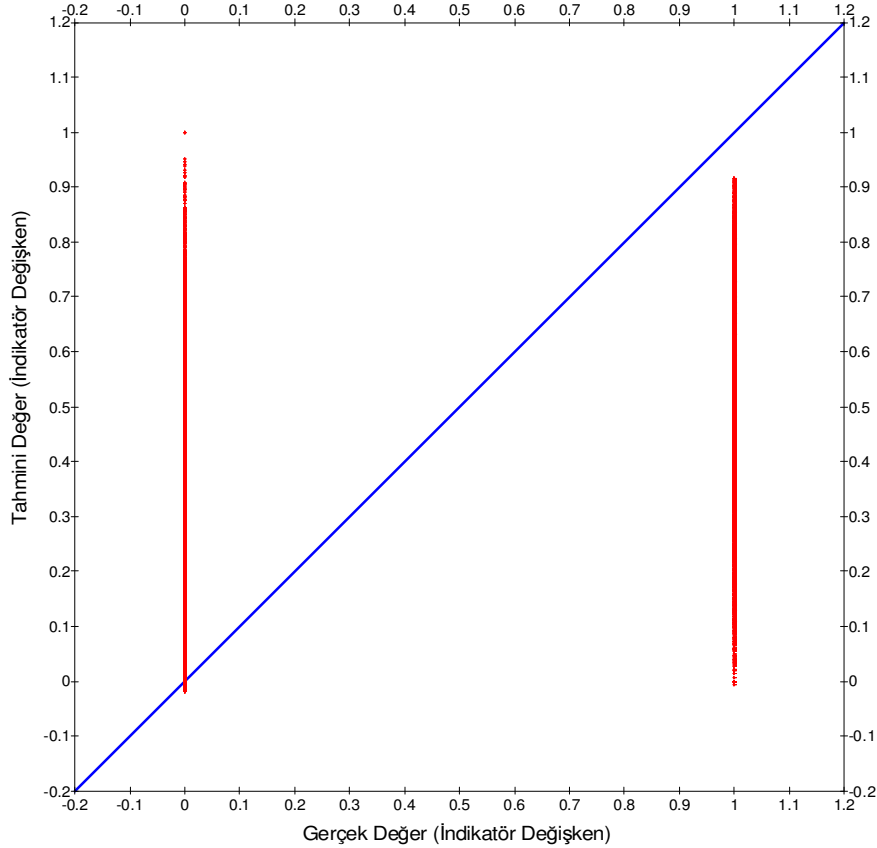
Düşey yönde oluşturulan çiftlerin mesafeye bağlı ilişkileri; 0.193 (indic)<sup>2</sup> kontrolsüz etki varyansından, 0.28 (indic)<sup>2</sup> eşik değere, 85 metre etki mesafesinde gaussian fonksiyonuyla temsil edilmektedir. Yatay yönde ise 0.193 (indic)<sup>2</sup> kontrolsüz etki varyansından, 0.239 (indic)<sup>2</sup> eşik değere, 1330 metre etki mesafesinde gaussian fonksiyonuyla temsil edilmektedir. Etki mesafeleri ve eşik değerlerin farklılığı düşey yönde zonal ve geometrik anizotropinin varlığının işareti olup, ilgili fonksiyonlara göre kriging arama elipsoidi tasarlanır iken, yatay eksenin düşey eksene oranı 1330/85= 15.6 olmalıdır.

Elde edilen teorik yarıvariogram parametrelerinin doğruluğunu test etmek amacıyla çapraz doğrulama test tekniği uygulanmıştır. Bu yöntemde 25791 tane gerçek değer içinden veriler sırasıyla uzaklaştırılmış, sanki veri bilinmiyormuş gibi kalan 25790 veri yardımıyla ve ordinary kriging yöntemiyle tahmin edilmiştir. Tahminlerde kriging arama elipsoidinin içine düşen, en çok 64 en az 4 gözlem değeri kullanılmıştır. Daha sonra gerçek değerlerle tahmin edilen değerler arasındaki farkların sonuç tahminin varyansına bölünmesi suretiyle indirgenmiş hatalar elde edilmiştir. Çetin ve Kırdar, (2003)'e göre yansız bir tahmin yapabilmek için indirgenmiş hataların varyansının "1" veya  $1 \pm 2\sqrt{2/N}$  (N=veri sayısı) sınırları arasında, ortalamasının ise "0" olması beklenir. Çizelge 4.6'dan görüleceği üzere indirgenmiş hataların ortalaması -0.0005 yakın ve varyansı  $1 \pm 2\sqrt{2/25791}$  sınırları

içinde kalmaktadır. Bunun sonucu olarak seçtiğimiz yarıvariogram model parametrelerimiz geçerlidir denilebilir. Şekil 4.16'daki gibi tahmin değerlerine karşılık gerçek değerler grafiklendiğinde, verilerin birebir doğrusu etrafında eşit şekilde dağıldığı görülmektedir, bu da yansızlığın bir göstergesidir.

Çizelge 4.6. İndikatör teorik yarıvariogramın model testi sonuçları

İndikatör Değişken	Gerçek Değer	Tahmini Değer	Fark	Kriging Std.Sapma	İndirgenmiş Hata
Veri Sayısı	25.791	25.791	25,791	25.791	25.791
Minimum	0.000	-0.020	-1.000	0.446	-2.105
Maksimum	1.000	1.000	1.007	0.747	2.233
Medyan	0.000	0.453	-0.075	0.453	-0.161
Varyans	0.242	0.048	0.202	0.000	<b>0.959</b>
Ortalama	0.413	0.418	-0.004	0.460	<b>-0.005</b>
Standart Sapma	0.492	0.219	0.449	0.019	<b>0.979</b>



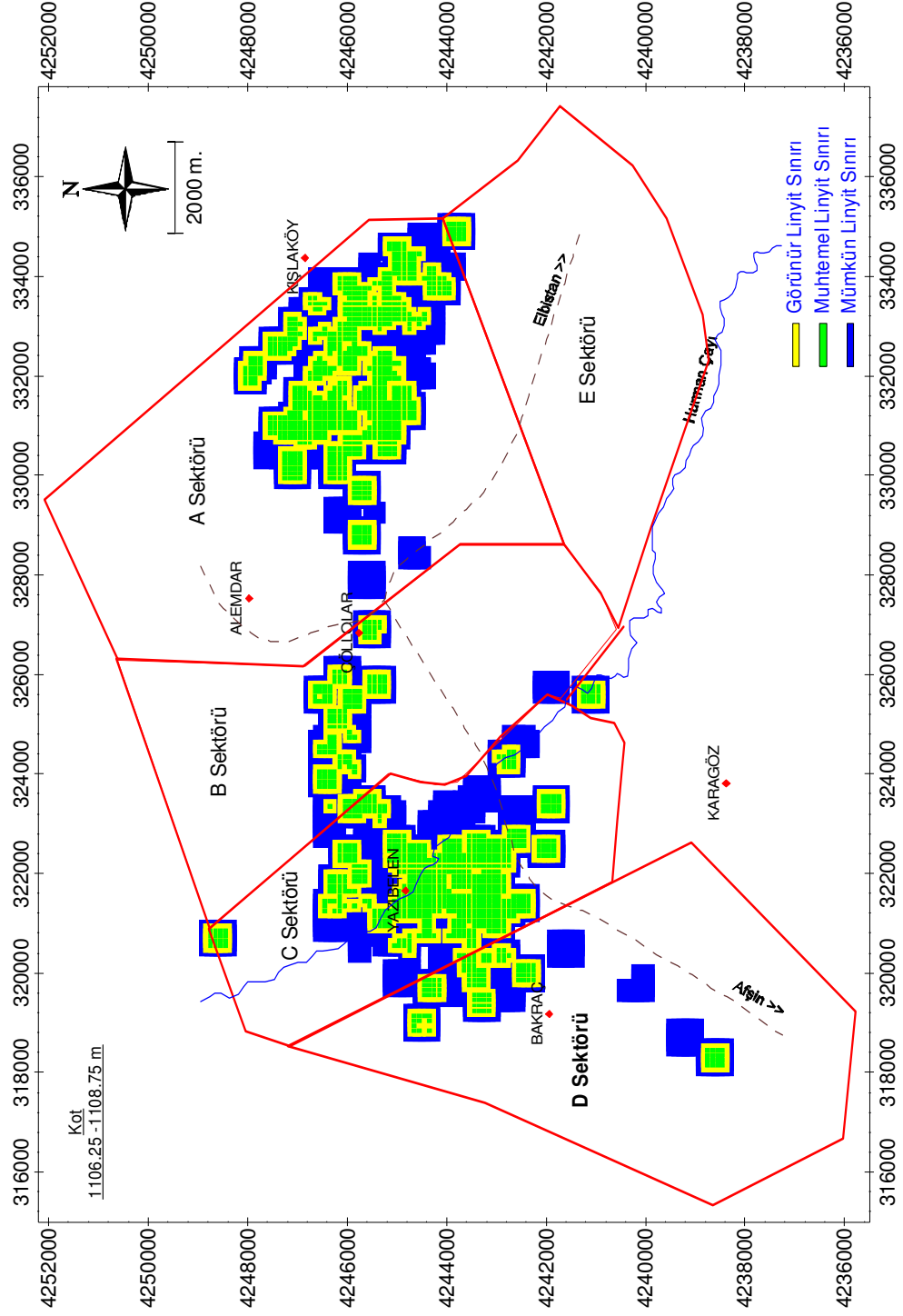
Şekil 4.16. Gerçek indikatör göstergelerle- tahmini indikatör göstergelerin dağılımı

Yatağın sınırlarının belirlenmesinde 2. aşama olarak cevher yatağını temsil eden bölge 100 m x 100 m x 2.5 metre bloklara bölünerek bütün bu blokların orta noktalarına, ordinary blok kriging yöntemiyle linyit içerebilme olasılıklarına göre değerler atanmıştır. Kriging için, belirlenmiş indikatör yarıvariogram modellerinin testi için ele alınan parametreler kullanılmış, kriging sonrası 0 ile 1 arası gösterge sınırları elde edilmiştir.

Görünür, muhtemel ve mümkün rezerv tanımlamalarına bakılacak olursa görünür rezerv için %20 hata, muhtemel rezerv için %40 hata ve mümkün rezerv içinde %50 hata öngörülmektedir. Bu bilgiler ışığında indikatör kriging sonrası elde ettiğimiz 0 ile 1 arası gösterge sınırları sınıflandırılmış ve 1 ile 0.8 indikatör değerleri arasının görünür rezerv sınırlarını, 0.8 – 0.6 arasının muhtemel rezerv sınırlarını ve 0.6 – 0.5 gösterge sınırlarının da mümkün rezerv sınırlarını temsil ettiği düşünülmüştür. Bu kapsamda, Visual Basic programlama dilinde bir veritabanı programı geliştirilerek 0-1, 0.8-1, 0.6-1, 0.5-1 indikatör sınıf aralıkları ayrı birer veritabanı olarak saklanmıştır. Bu veritabanlarındaki her blok ileriki bölümlerde yapılacak kalite tahminlerinden elde edilecek ilgili seviye ve blok kalite değerleri ile eşleştirilerek CBS analizlerinde kullanılacak veritabanları haline dönüşecektir. Bu sayede linyit sınırları ve dahilindeki rezerv/kalite dağılımları olasılıklı olarak belirlenebilecektir.

Bu aşamada, indikatör verilerin ilgili olasılıklar dahilinde grafiklenmesi ile her kot seviyesi için linyit yayılım haritaları elde edilebilmektedir (Şekil 4.17). Kalite verileri ile eşleştirilerek oluşturulan veritabanlarının haritaları ise Ek-3-5’de sunulmuştur.





Şekil 4.17. Afşin-Elbistan Havzası 1110 m ile 1108.75 m kotları arasındaki linyit yayılım sınırları

#### 4.2.4. Linyit Kalite Değişkenlerinin Yarıvariogram Analizi

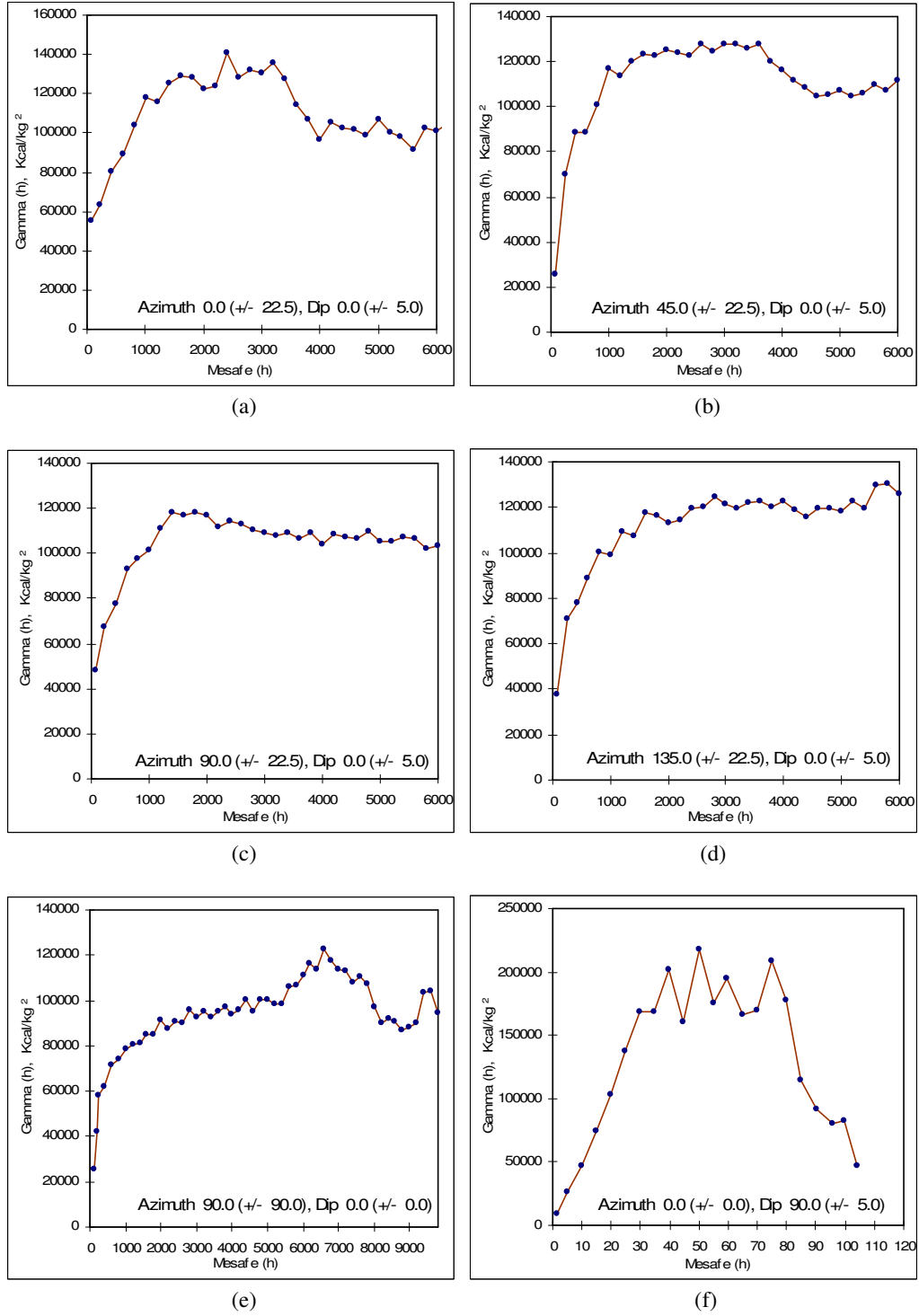
Linyit yatağını tanımlayan ısı değer, kül, nem gibi değişkenlerin belirlenen yatak sınırları içerisindeki dağılımını belirlemek amacıyla, öncelikle bu değişkenlerin mesafe ve yöne bağlı nasıl bir değişim gösterdiği bilinmelidir. Bu amaçla değişkenlerin deneysel yarıvariogramları incelenmiş ve elde edilen bu deneysel yarıvariogram yapılarına karşılık teorik yarıvariogramlardan biri uydurulmaya çalışılmıştır.

##### 4.2.4.1. Isıl Değer Yarıvariogram Analizi

Isıl değer verileri koordinatlar baz alınarak uzaklık ve açı toleransları içerisinde gruplandırılmış ve değişkenin yönlü yarıvariogram analizleri hazırlanarak anizotropi testi yapılmıştır.

Şekil 4.18(a,b,c ve d) incelendiğinde farklı yönlerde göre eşik değerin 120.000 (kcal/kg)<sup>2</sup> seviyesinde olduğu, bu eşik değere ulaşmak için ise ortalama 1200-1300 m etki mesafesinin aynı kaldığı görülmektedir. Bu ise yatakta ısı değer değişkeni için geometrik ve zonal anizotropi olmadığını göstermektedir. Yani linyit yatağının ısı değer değişkeni belirli bir yönde ve mesafede eğilim veya farklılık göstermemektedir.

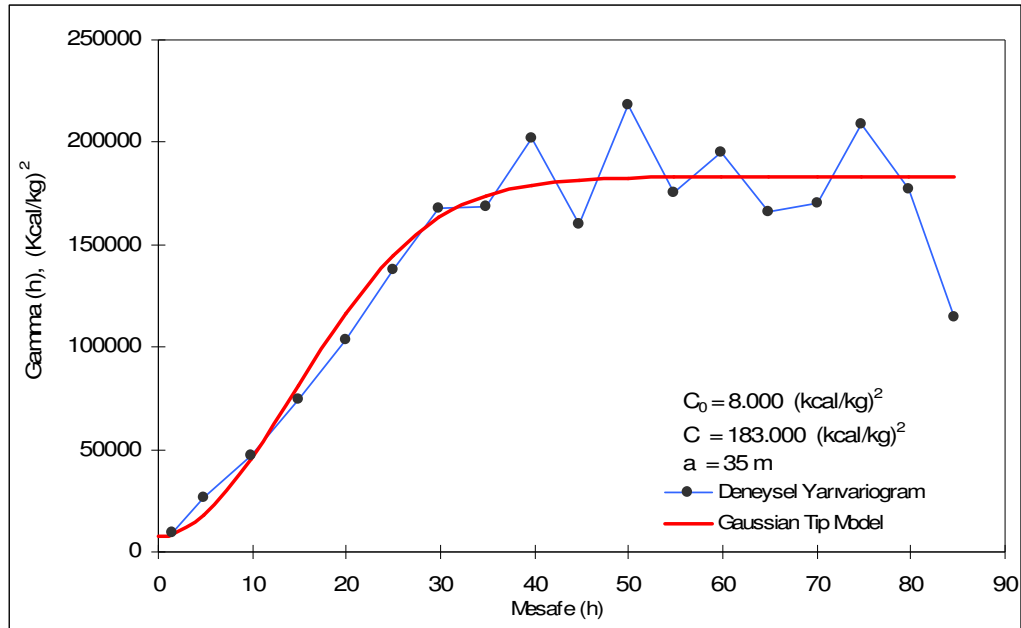
Şekil 4.18(f)'de düşey yarıvariogramdan görüleceği üzere değişkenler arasında düşey yönde net bir ilişki bulunmaktadır. Deneysel düşey yarıvariogramın ısı değer değişiminin, örnekler arası uzaklık arttıkça düzenli bir şekilde arttığı ve bu artışın 35 metre etki uzaklığındaki eşik değer olan 183.000 (kcal/kg)<sup>2</sup> değerinde dalgalandığı görülmektedir. Buna neden olarak, hesaplamada kullanılan gözlem çifti sayısının uzaklığa bağlı olarak gittikçe azalması ve yarıvariogram modellerinin kontrolsüz etki varyansı (Külçe Etkisi) bileşeni içermesi gösterilebilir. Buradan düşey doğrultularda örneklerin 35 metreye kadar uzaysal bir bağımlılık gösterdiği sonucu çıkarılabilir.



Şekil 4.18. Isıl değer değişkeni için deneysel yönlü yarıvariogram analizleri

Şekil 4.18(e)'deki deneysel yarıvariogram grafiği incelendiğinde 50'şer metre adım aralıkları ile yatay yönde tolerans açılarının maksimum tutulduğu, bu sayede de oluşabilecek tüm yönlerdeki çiftlerin arasındaki mesafeye bağlı ilişkinin grafiklendiği görülür. Grafiğin eşik değerinin, düşey açı toleransı  $0^\circ$  alındığı için diğer yönlü yarıvariogramlardan daha az olduğu görülmektedir.

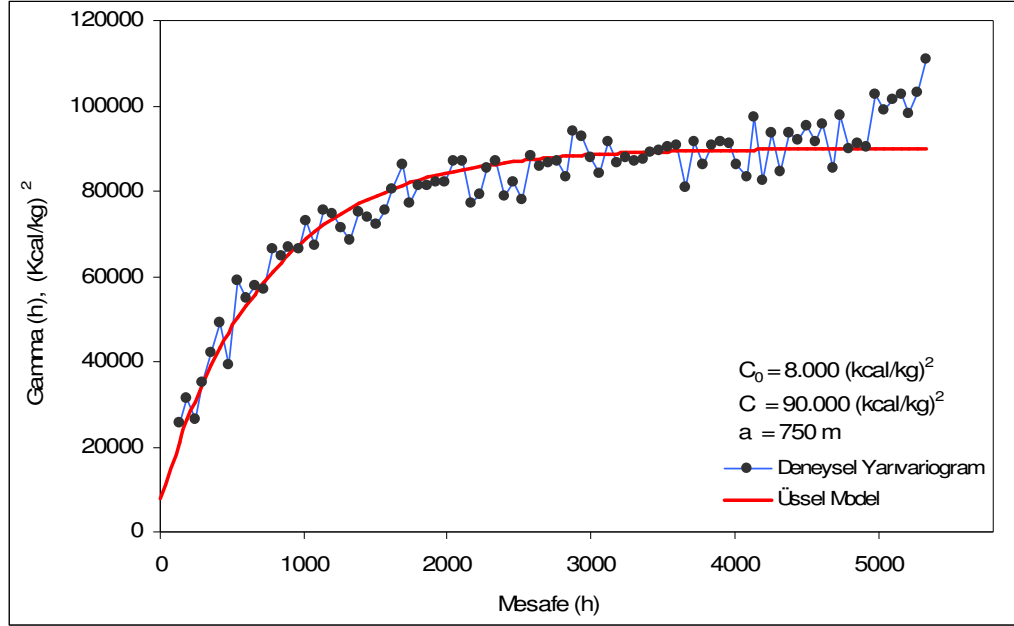
Mesafe ve yöne bağlı ısı değer ilişkisinin fonksiyonunu belirleyebilmek için elde edilen bu deneysel Isıl değer yarıvariogram yapısına karşılık teorik yarıvariogram modellerinden biri uydurulmaya çalışılmış, düşey yöndeki ilişki için en uygun modelin Şekil 4.19'da verilen Gaussian tip model olduğu, yatay yöndeki ilişkilerde ise Şekil 20'deki Üssel modelin çiftler arasındaki ilişkiyi temsil ettiği görülmektedir. Ayrıca düşey yöndeki deneysel yarıvariogram "Genelleştirilmiş Lineer Model" ile de 30 metreye kadar temsil edilebilmektedir.



Şekil 4.19. Isıl değer (kcal/kg) değerlerinin deneysel ve teorik düşey yarıvariogramı

Düşey yöndeki ilişkinin etki mesafesi olan 35 m bize jeostatistik analizin bir sonraki adımı olan kriging tahmininde ilgili yarıvariogram fonksiyonuna göre o noktadan düşey yönde 35 metreden daha uzaklıktaki verileri tahminde kullanmamız yönünde bir anlam taşımaktadır. Yatay yöndeki variogramların etki mesafesi ise yine aynı mantıkla birbirine 750 metreye kadar uzaklık dahilindeki örneklerin üssel

fonksiyonla tanımlanan ilişkisi olduğunu, daha yüksek uzaklıklardaki örneklerin tahminlerde kullanılmasında ise hataların yüksek olacağını açıklamaktadır.



Şekil 4.20. Isıl değer (kcal/kg) değerlerin deneysel ve teorik yatay yarıvariogramı

Çizelge 4.7. Düşey yöndeki Isıl değer (kcal/kg) teorik yarıvariogram modelinin parametreleri

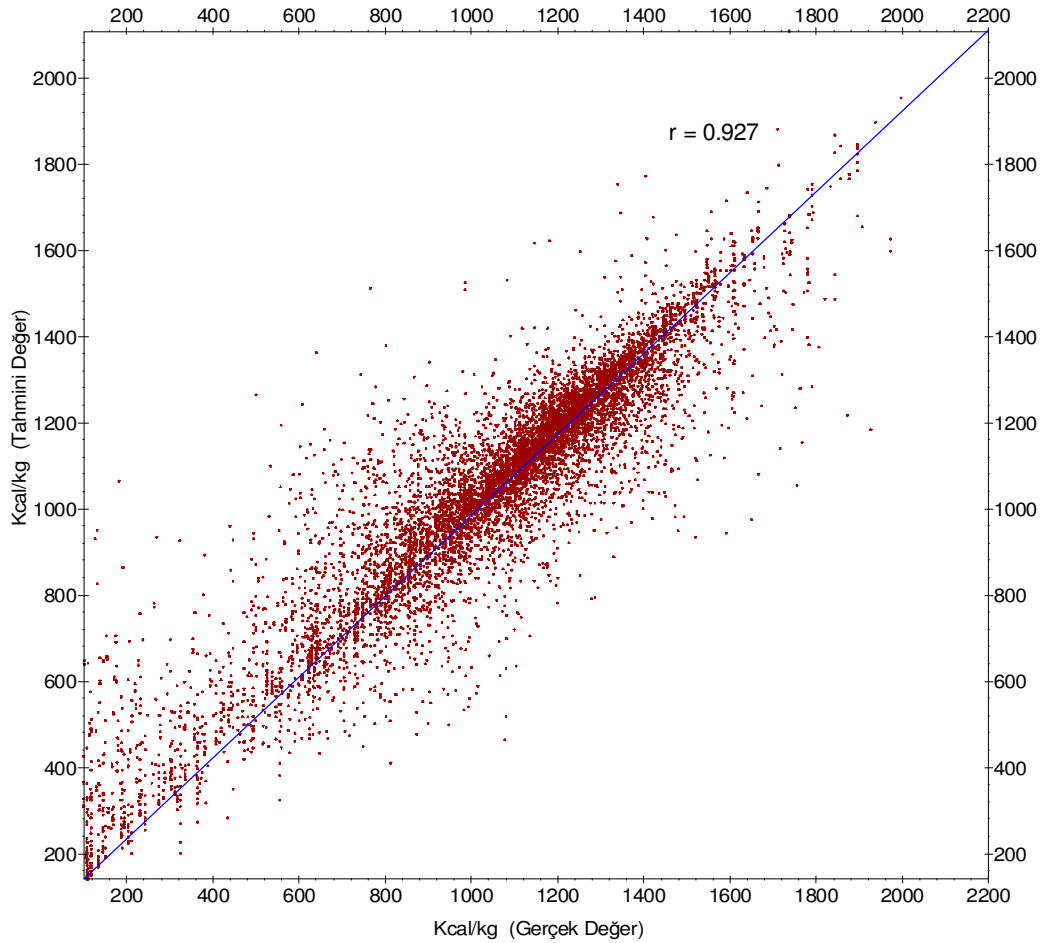
Deneysel Yarıvariogram					Teorik Yarıvariogram			
Yatay Açısı	Tolerans Açısı	Düşey Açı	Tolerans Açısı	Lag Uzaklığı	Model	Kontrolsüz Etki ( $C_0$ ), (kcal/kg)²	Eşik Değer (C), (kcal/kg)²	Etki Uzaklığı (A), m
0°	0°	90°	5°	3 m	Gauss	8.000	183.000	35

Çizelge 4.8. Yatay yöndeki Isıl değer (kcal/kg) teorik yarıvariogram modelinin parametreleri

Deneysel Yarıvariogram					Teorik Yarıvariogram			
Yatay Açısı	Tolerans Açısı	Düşey Açı	Tolerans Açısı	Lag Uzaklığı	Model	Kontrolsüz Etki ( $C_0$ ), (kcal/kg)²	Eşik Değer (C), (kcal/kg)²	Etki Uzaklığı (A), m
90°	90°	0°	0°	50 m	Üssel	8.000	90.000	750

Isıl değer değişkeni teorik yarıvariogram parametrelerinin doğruluğunu test etmek amacıyla, çapraz doğrulama test tekniği uygulanmış olup, test aşamasında

kriging arama elipsoidi içerisinde kullanılacak gözlem sayısı en fazla 64, en az 4 olarak belirlenmiştir. Bu parametreler deneme yanılma yoluyla elde edilmiş olup, tahmin varyansını minimum yapan parametreler oldukları için tercih edilmiştir. Çizelge 4.9'da model testi analiz sonuçlarından görüleceği üzere, tahminlerin indirgenmiş hatalarının ortalaması sıfıra yakın ve varyansı  $1 \pm 2\sqrt{2/8648}$  sınırları içinde kaldığı görülmüştür. Tahmin değerlerine karşılık gerçek değerler grafiklendiğinde birebir doğrusu etrafında eşit şekilde dağılmaktadır (Şekil 4.21). Sonuç olarak seçtiğimiz yarıvariogram model parametrelerimiz linyit yatağında uzaklığa bağlı Isıl değer (kcal/kg) değişimini temsil ediyor denilebilir.



Şekil 4.21. Gerçek Isıl değer ve tahmini yapılan Isıl değerlerin dağılım grafiği

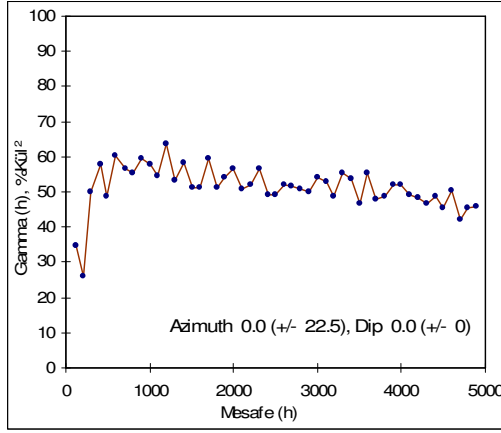
Çizelge 4.9. Isıl değer yarıvariogramının model testi sonuçları

Isıl değer (kcal/kg)	Gerçek Değer	Tahmini Değer	Fark	Kriging Std.Sapma	İndirgenmiş Hatalar
N	8.648	8.648	8.648	8.648	8.648
Minimum	100.000	141.476	-882.141	105.276	-6.960
Maksimum	1,997.000	2,108.022	742.328	489.218	5.831
Medyan	1,112.000	1,102.876	5.048	115.059	0.043
Varyans	1,050.707	1,051.422	-0.715	119.026	<b>1.080</b>
Ortalama	105,472.834	77,704.889	16,165.509	206.169	<b>-0.007</b>
Std. Sapma	324.766	278.756	127.144	14.359	<b>1.039</b>

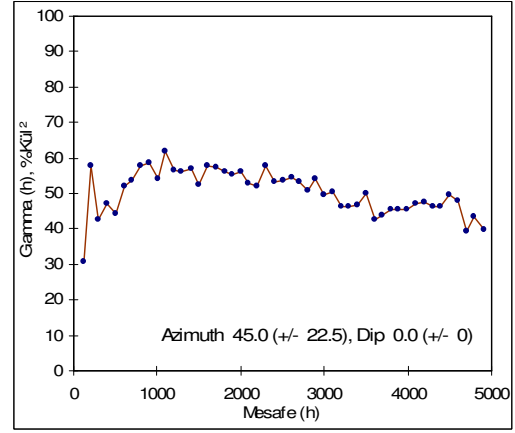
#### 4.2.4.2. Kül Yarıvariogram Analizi

Şekil 4.22(a,b,c ve d) incelendiğinde  $0^\circ$  ve  $90^\circ$  yönleri ile  $45^\circ$  ve  $135^\circ$  yönlerinde farklı eşik değer ve etki mesafelerine sahip olduğu görülmektedir. Kuzey-Güney, Doğu-Batı doğrultularında zonal anizotropi gösteren %Kül verilerinin bu doğrultulardaki yarıvariogramları ayrı ayrı modellenerek tahmin yoluna gidilmiştir.

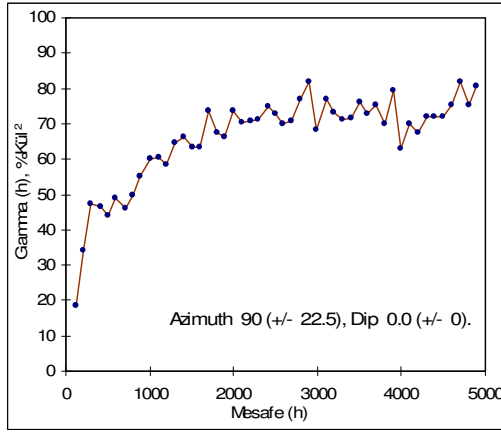
Şekil 4.22(e)'de verilen yatay yönsüz yarıvariogram  $\%62$  ( $\%kül$ )<sup>2</sup> eşik değeri ile yatay yönlü yarıvariogramlardaki ortalama eşik değere eşit olduğu görülmektedir. Bu bilgiler ışığında Şekil 4.22(f)'de verilen düşey yarıvariogram ile  $0^\circ$  (Kuzey) ve  $90^\circ$  (Doğu) yönlerindeki deneysel yarıvariogramlara ayrı ayrı teorik model uydurulmaya çalışılmış düşey yönde etki mesafesi ( $a_1$ ) 13 metre, kuzey yöndeki etki mesafesi ( $a_2$ ) 620 metre, doğu yönündeki etki mesafesi ( $a_3$ ) 860 metre olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.10; 4.11; 4.12).



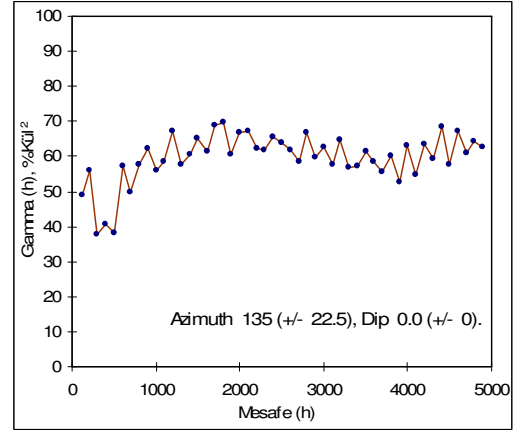
(a)



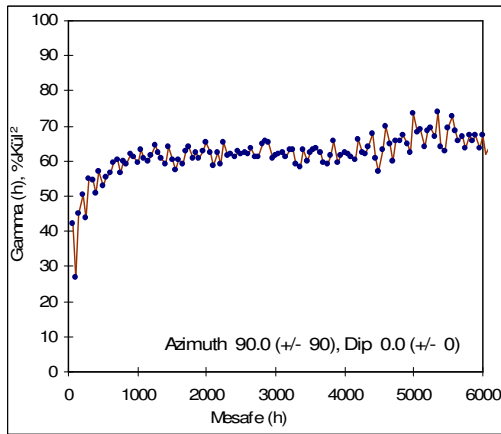
(b)



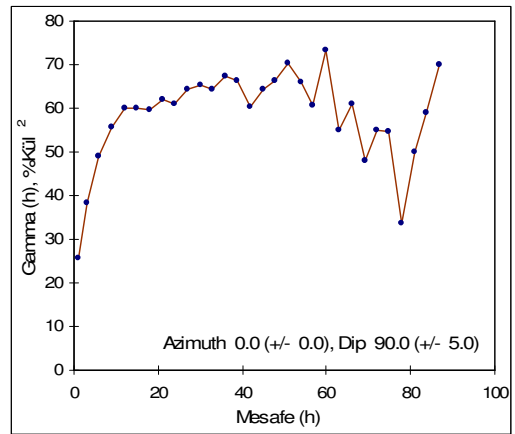
(c)



(d)



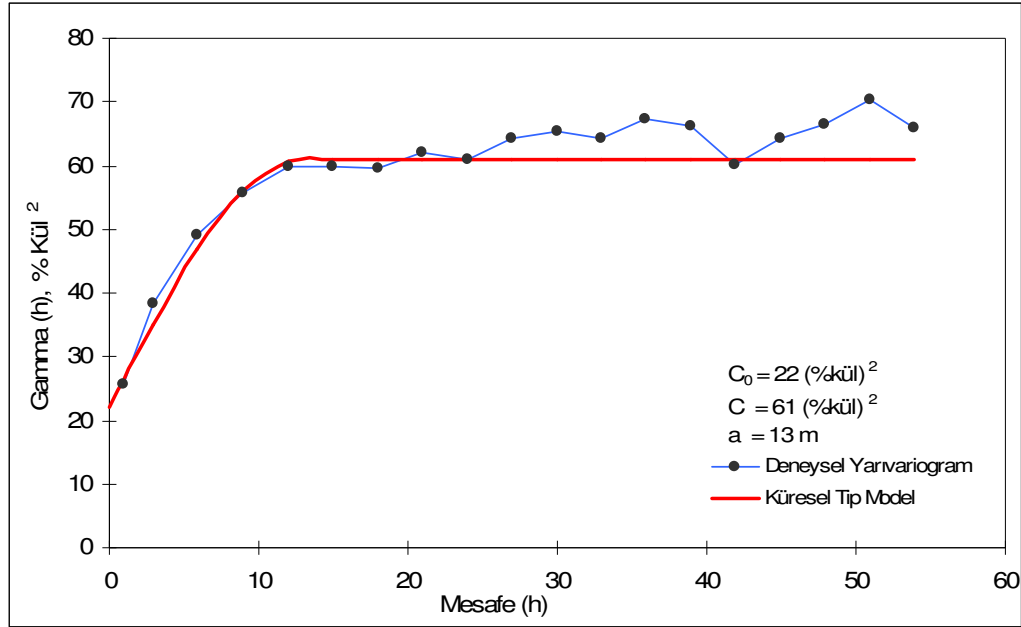
(e)



(f)

Şekil 4.22. %Kül değişkeni için deneysel yönlü yarıvariogram analizleri

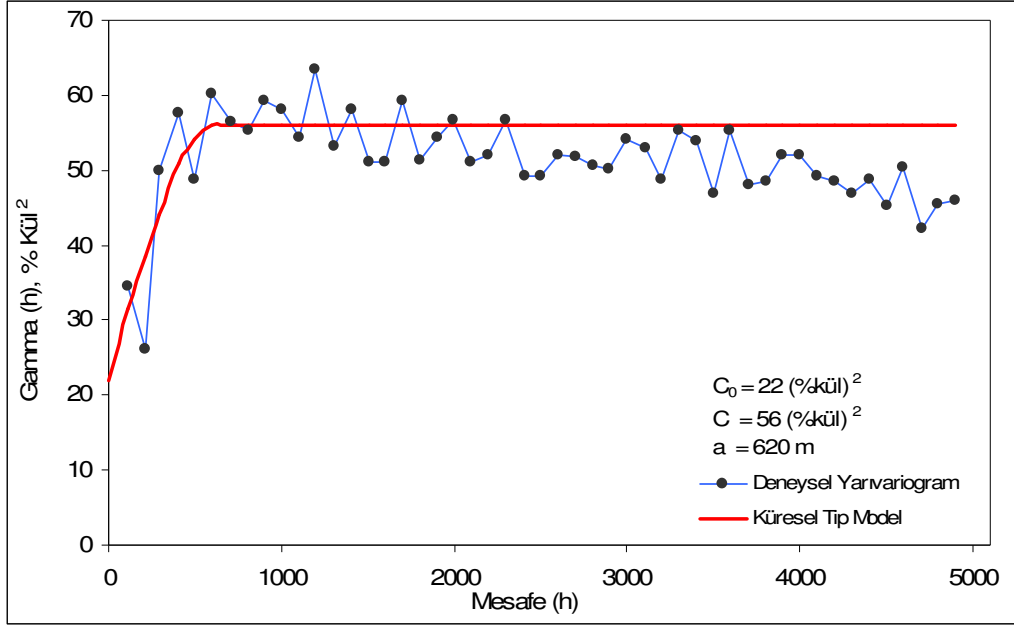




Şekil 4.23. %Kül değerlerin deneysel ve teorik düşey yarivariogramı

Çizelge 4.10. Düşey yöndeki %Kül teorik yarivariogram modelinin parametreleri

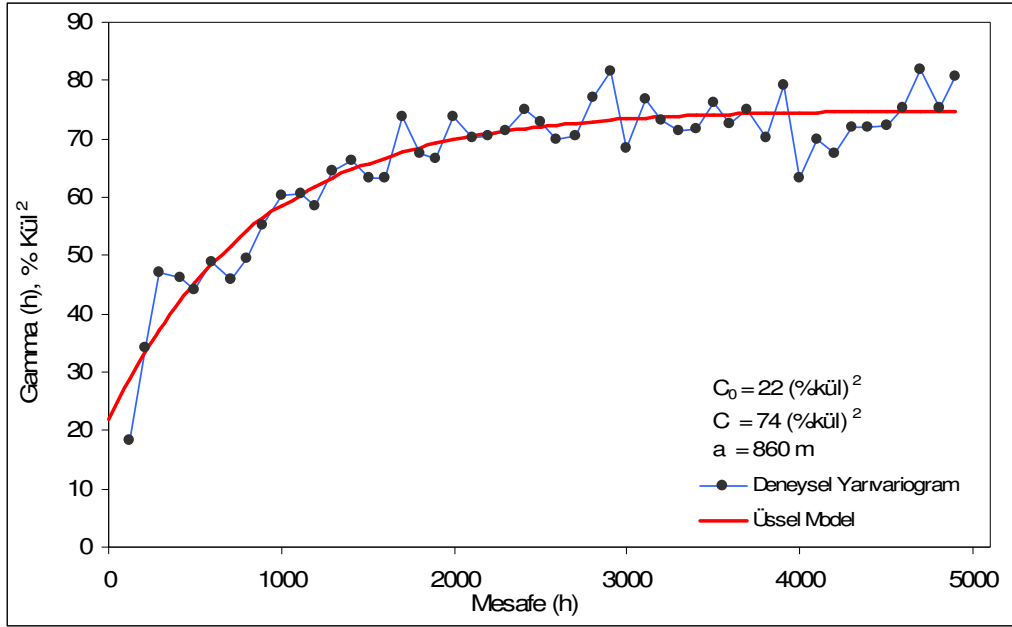
Deneysel Yarivariogram					Teorik Yarivariogram			
Yön Açısı	Tolerans Açısı	Düşey Açı	Tolerans Açısı	Lag Uzaklığı	Model	Kontrolsüz Etki ( $C_0$ ), (%kül) <sup>2</sup>	Eşik Değer (C), (%kül) <sup>2</sup>	Etki Uzaklığı (A), m
0°	0°	90°	5°	3 m	Küresel	22	61	13



Şekil 4.24. %Kül değerlerin deneysel ve teorik kuzey yönlü yarıvariogramı

Çizelge 4.11. Kuzey yöndeki %Kül teorik yarıvariogram modelinin parametreleri

Deneysel Yarıvariogram					Teorik Yarıvariogram			
Yön Açısı	Tolerans Açısı	Düşey Açı	Tolerans Açısı	Lag Uzaklığı	Model	Kontrolsüz Etki ( $C_0$ ), (%kül) <sup>2</sup>	Eşik Değer (C), (%kül) <sup>2</sup>	Etki Uzaklığı (A), m
0°	22.5°	0°	0°	100 m	Küresel	22	56	620

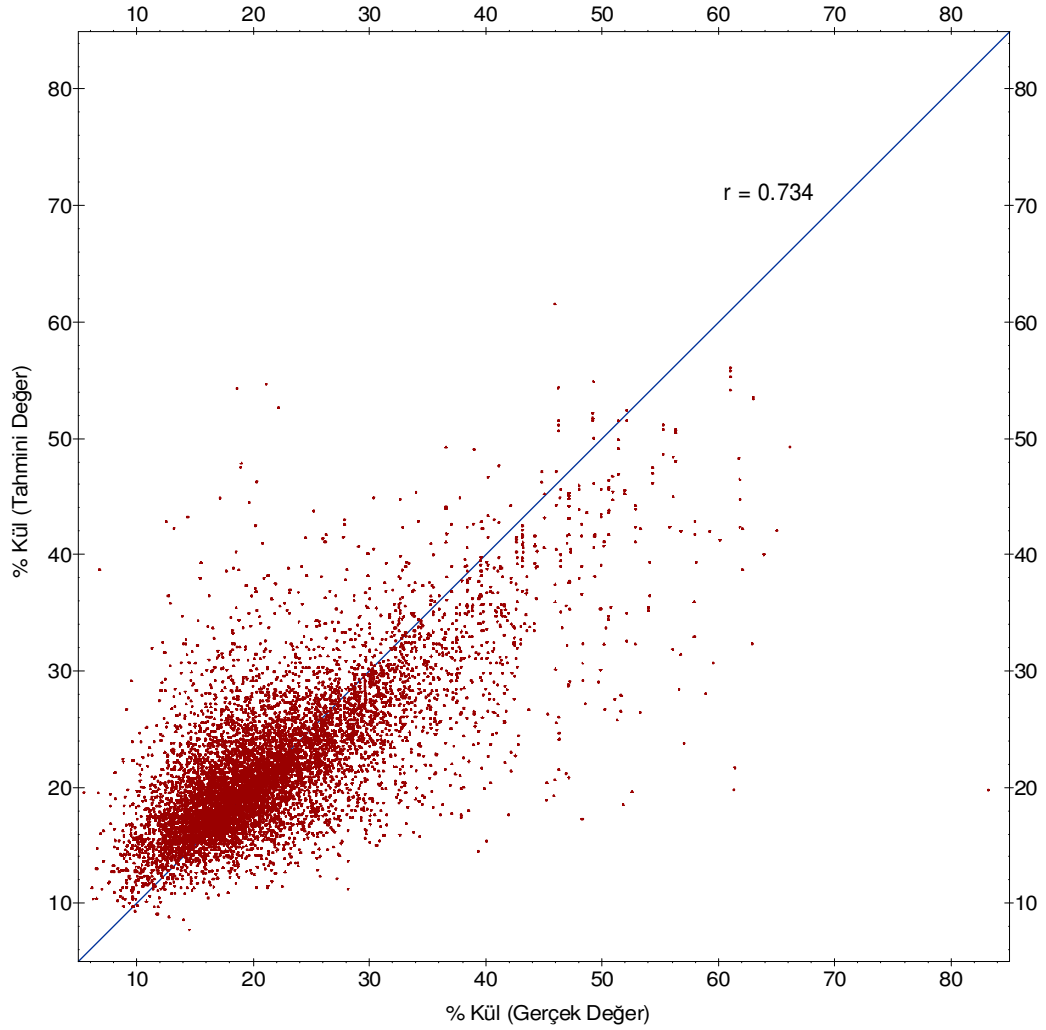


Şekil 4.25. %Kül değerlerin deneysel ve teorik doğu yönlü yarıvariogramı

Çizelge 4.12. Doğü yöndeki %Kül teorik yarıvariogram modelinin parametreleri

Deneysel Yarıvariogram					Teorik Yarıvariogram			
Yön Açısı	Tolerans Açısı	Düşey Açı	Tolerans Açısı	Lag Uzaklığı	Model	Kontrolsüz Etki ( $C_0$ ), (%kül)²	Eşik Değer (C), (%kül)²	Etki Uzaklığı (A), m
90°	22.5°	0°	0°	100 m	Üssel	22	74	860

Kül değişkeni teorik yarıvariogram parametrelerinin doğruluğunu test etmek amacıyla çapraz doğrulama test tekniği uygulanmış, test aşamasında kriging arama elipsoidi içerisinde kullanılacak gözlem sayısı en fazla 64, en az 4 olarak belirlenmiştir. Çizelge 4.13'de model testi analiz sonuçlarından görüleceği üzere, tahminlerin indirgenmiş hatalarının ortalaması sıfıra yakın ve varyansı  $1 \pm 2\sqrt{2/8648}$  sınırları içinde kaldığı görülmüştür. Şekil 4.26'daki gibi tahmin değerlerine karşılık gerçek değerler grafiklendiğinde birebir doğrusu etrafında eşit şekilde dağılmaktadır. Sonuç olarak seçtiğimiz yarıvariogram model parametrelerimiz linyit yatağında uzaklığa bağlı kül değişimini temsil ediyor denilebilir.

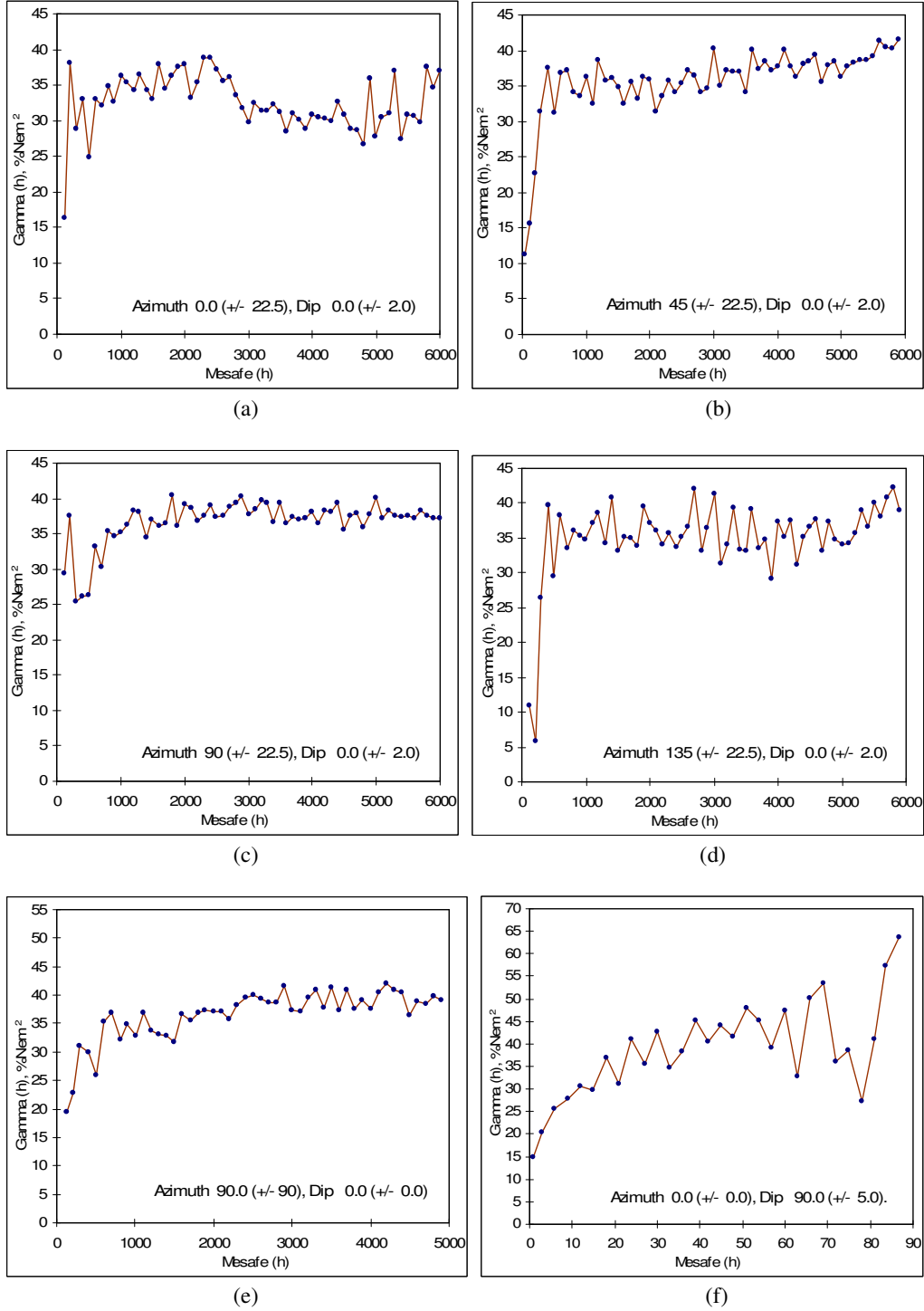


Şekil 4.26. Gerçek %Kül ve tahmini yapılan %Kül içeriklerinin dağılım grafiği

Çizelge 4.13. %Kül yarıvariogramının model testi sonuçları

%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Gerçek Değer	Tahmini Değer	Fark	Kriging Std.Sapma	İndirgenmiş Hatalar
N	8649	8649	8649	8649	8649
Minimum	5.470	8.773	-27.629	5.028	-6.189
Maksimum	66.130	56.523	41.683	11.045	8.805
Medyan	19.920	20.667	-0.506	5.890	-0.084
Varyans	64.922	32.181	30.198	0.364	<b>0.874</b>
Ortalama	21.735	21.787	-0.053	6.049	<b>-0.006</b>
Standart Sapma	8.057425	5.672865	5.495269	0.603288	<b>0.935</b>

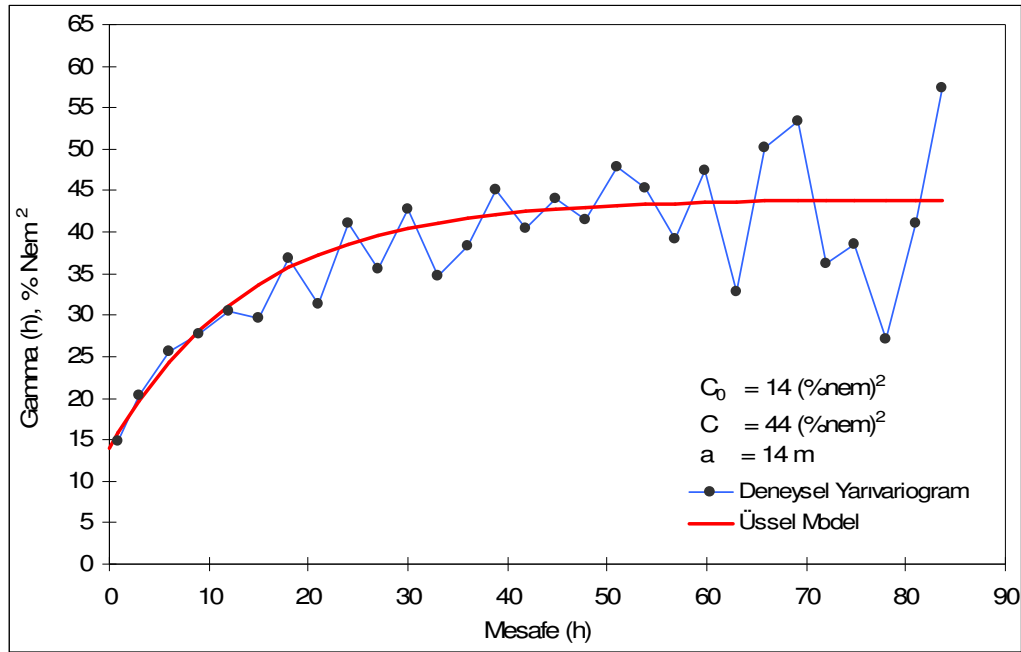
## 4.2.4.3. Nem (%Nem) Yarıvარიogram Analizi



Şekil 4.27. %Nem değışkeni için deneysel yönlü yarıvარიogram analizleri

Şekil 4.27(a,b,c ve d) incelendiğinde farklı yönlere göre eşik değerin  $36 (\text{nem})^2$  seviyesinde olduğu bu eşik değere ulaşmak için ise ortalama 1000 m etki mesafesinin aynı kaldığı görülmektedir. Bu ise yatakta yatay yönlerde kül değişkeni için geometrik ve zonal anizotropi olmadığını göstermektedir.

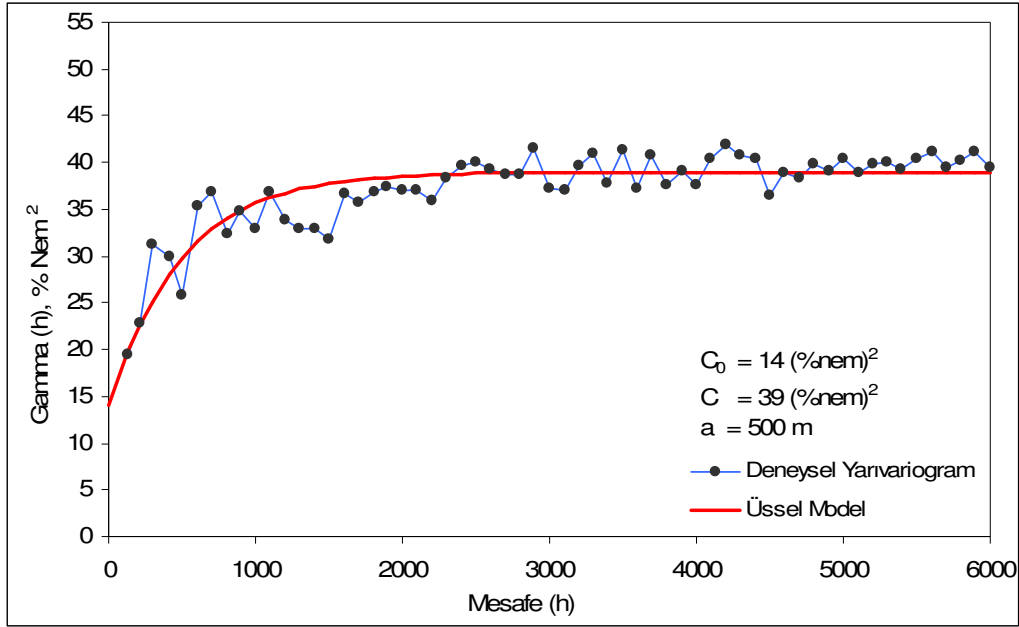
Yatay ve dikey yönde oluşabilecek yarıvariogram çiftlerinin ilişkisini daha net ortaya koyması sebebi ile bu deneysel yarıvariogramlara teorik yarıvariogram modellerinden biri uydurulmaya çalışılmıştır. Düşey yarıvariogram için en uygun modelin Şekil 4.28’de verilen Üssel tip model olduğu, yatay yarıvariogram için en uygun modelin Şekil 4.29’da verilen Üssel tip model ve parametreleri olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.28. %Nem değerlerin deneysel ve teorik düşey yarıvariogramı

Çizelge 4.14. Düşey yöndeki %Nem teorik yarıvariogram modelinin parametreleri

Deneysel Yarıvariogram					Teorik Yarıvariogram			
Yön Açısı	Tolerans Açısı	Düşey Açı	Tolerans Açısı	Lag Uzaklığı	Model	Kontrolsüz Etki (C <sub>0</sub> ), (%nem) <sup>2</sup>	Eşik Değer (C), (%nem) <sup>2</sup>	Etki Uzaklığı (A), m
0°	0°	90°	5°	3 m	Üssel	14	44	14

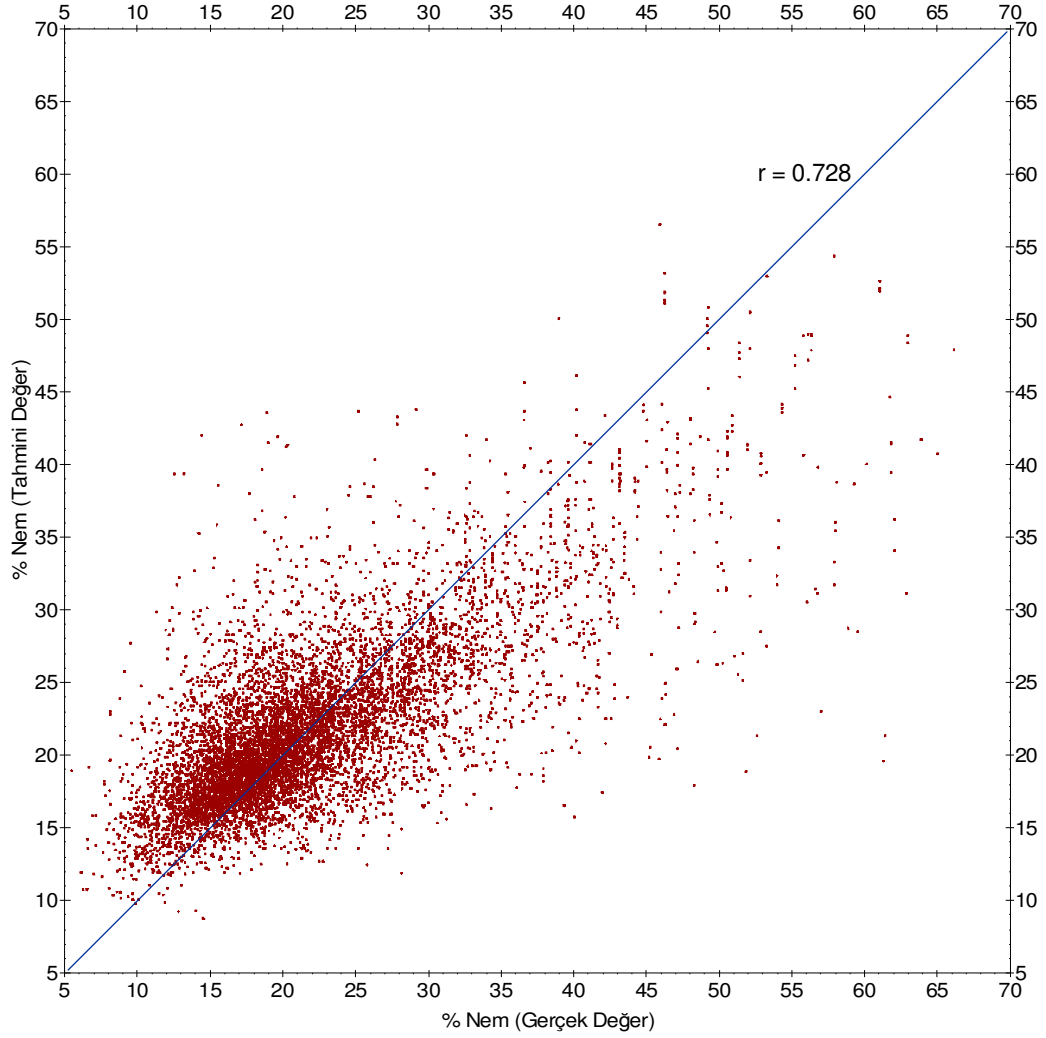


Şekil 4.29. %Nem değerlerin deneysel ve teorik yatay yarivariogramı

Çizelge 4.15. Yatay yöndeki %Nem teorik yarivariogram modelinin parametreleri

Deneysel Yarivariogram					Teorik Yarivariogram			
Yön Açısı	Tolerans Açısı	Düşey Açı	Tolerans Açısı	Lag Uzaklığı	Model	Kontrolsüz Etki (C <sub>0</sub> ), (%nem) <sup>2</sup>	Eşik Değer (C), (%nem) <sup>2</sup>	Etki Uzaklığı (A), m
90°	90°	0°	0°	100 m	Üssel	14	39	500

Nem (%nem) teorik yarivariogram parametrelerinin doğruluğunu test etmek amacıyla çapraz doğrulama test tekniği uygulanmış olup, Çizelge 4.16'da analiz sonuçlarından görüleceği üzere, tahminlerin indirgenmiş hatalarının ortalaması sıfıra yakın ve varyansı  $1 \pm 2\sqrt{2/8648}$  sınırları içinde kaldığı görülmüştür. Tahmin değerlerine karşılık, gerçek değerler grafiklendiğinde birebir doğrusu etrafında eşit şekilde dağılmaktadır (Şekil 4.30).



Şekil 4.30. Gerçek %Nem ve tahmini yapılan %Nem içeriklerinin dağılım grafiği

Çizelge 4.16. %Nem yarıvariogramının model testi sonuçları

%Nem	Gerçek Değer	Tahmini Değer	Fark	Kriging Std.Sapma	İndirgenmiş Hatalar
Veri Sayısı	8646	8646	8646	8646	8646
Minimum	5.010	30.057	-39.090	3.406	-9.522
Maksimum	79.380	74.911	26.959	8.047	6.929
Medyan	51.860	51.378	0.265	4.063	0.066
Varyans	39.303	21.360	18.513	0.249	<b>1.072</b>
Ortalama	50.863	50.830	0.032	4.203	<b>0.004</b>
Standart Sapma	6.269	4.622	4.303	0.499	<b>1.035</b>



#### 4.2.5. Kalite Dağılımlarının Modellenmesi

Linyit yatağını tanımlayan ısı değer, kül, nem değişkenlerin mesafeye bağlı ilişki fonksiyonlarının tanımlanması ile artık bu değişkenlerin yatak boyunca, yatay ve düşeyde nasıl bir dağılım gösterdiği tahmin edebilir. Kriging olarak tanımlanan bu bloklara değer atama işleminde, her bir bloğa atanan sondaj parametre değeri, bloğun kendi içindeki ve belli bir yarıçaplı etki uzaklığına kadar çevresinde olan veriler ile fonksiyonel olarak atanmaktadır.

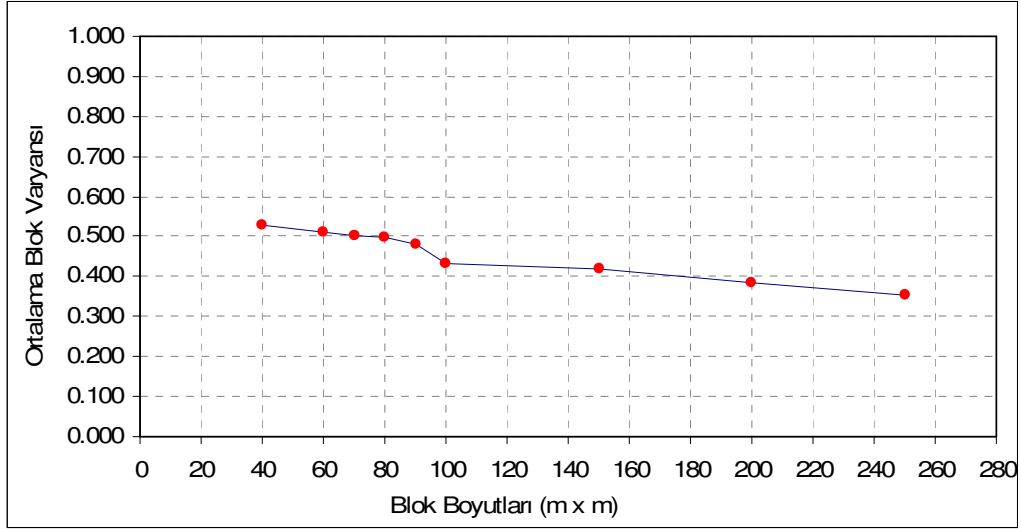
CBS ve GPS analizlerinde kullanılacak olan veritabanlarındaki blok boylarının mümkün olduğunca küçük olması yapılacak sorgulamaların doğruluğunu artıracaktır, diğer yandan blok boyu küçüldükçe de kriging tahmin hatalarının artması kaçınılmaz olmaktadır. Bu amaçla en düşük tahmin hatası ve blok boyu belirlenmeye çalışılmıştır. Kriging çalışması için öncelikle, yatak sınırlarımız koordinatları belli olan bir poligon alanı olarak tanımlanmış, daha sonra çalışma alanı öncelikle 40x40x2.5, 60x60x2.5.....100x100x2.5 m boyutlarında bloklara bölünerek, her bir bloğun ortalama kalite değeri varyansı belirlenen yarıvarioogram parametrelerine bağlı olarak blok kriging yöntemi ile tahmin edilmiştir.

Çizelge 4.17. Bloklara bölünmüş linyit yatağının coğrafi sınır koordinatları

	Sağa (Y)	Yukarı (X)	Yükseklik (Z)
En Küçük	316800	4237200	950 m
En Büyük	337300	4250000	1230 m
Blok Boyu	100 m	100m.	2.5 m
Grid Sayısı	205 adet	128 adet	112 adet
Blok Sayısı	205 x 128 x 112 = 2.938.880 adet blok		

Yapılan tahminlerin hata ortalamaları, blok boyutu büyüdükçe düşmüş 100 x 100 metre blok boyutunda normal düşüşün dışında bir düşme görülmüş, sonrasında hesaplanan büyük bloklarda durağanlık göstermiştir (Şekil 4.31). Bu sayede en az hata varyansına sahip en küçük blok boyutu olarak 100x100x2.5 m'lik bloklar tahminler için baz alınarak 2.298.880 adet bloğa tahmin yapılmıştır (Çizelge 4.17).

Belirlenen boyutlardaki blokların kriging ile tahmininde değişkenlerin teorik yarıvარიogramlarının model testi için belirlenmiş kriging parametreleri kullanılmış olup, hesaplamalar “Datamine” programı yardımıyla yapılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan yarıvარიogram parametrelerinin özeti Çizelge 4.18 de sunulmuştur.



Şekil 4.31. İndikatör kriging blok boyutu-blok varyansı ilişkisi

Çizelge 4.18. Kalite değerlerinin teorik yarıvარიogram parametreleri

Değişken	Tip	Model	Kont. Var. (C <sub>0</sub> )	Eşik Değer (C)	Etki Mesafesi (A)	Yönler		
						X	Y	Z
Isıl değer (Kcal/kg)	Yatay	Üssel	8.000	90.000	750 m	90°	0°	
	Düşey	Gauss		183.000	35 m			90°
Kül % (Kül)	Kuzey	Küresel	%22	% 56	620 m	90°		
	Doğu	Üssel		% 74	860 m		0°	
	Düşey	Küresel		% 61	13 m			90°
Nem % (Nem)	Yatay	Üssel	%14	% 39	500 m	90°	0°	
	Düşey	Üssel		% 44	14 m			90°

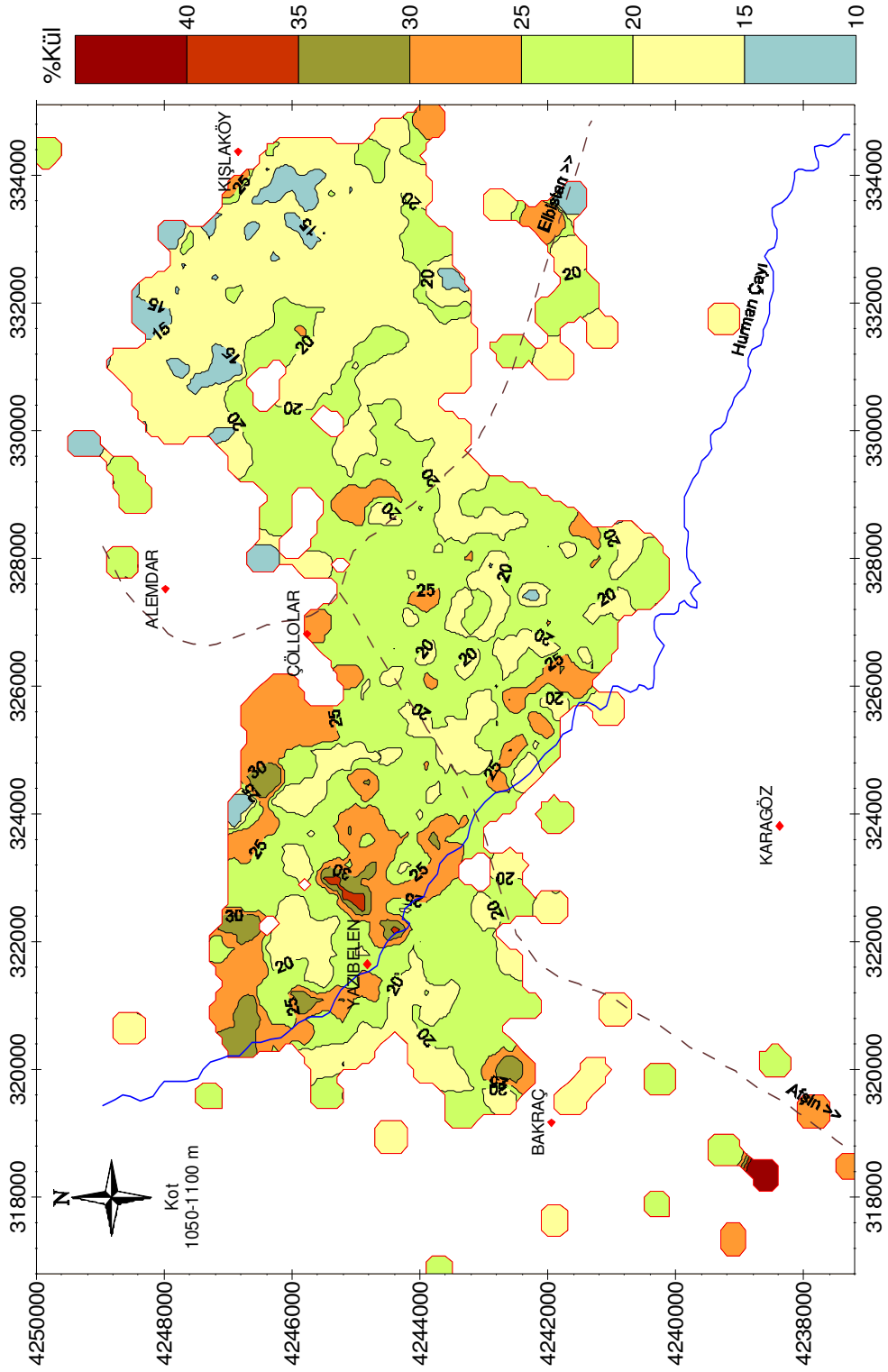
Yapılan tahminler ile elde edilen Isıl değer (kcal/kg), %Kül, %Nem değerleri ve standart sapmalarına ait 112’şer adet dağılım haritaları Şekil 4.32-37’de gösterildiği şekilde grafiklenmiştir. Her seviye için 112 adet Isıl değer (kcal/kg), 112

adet %Kül, 112 adet %Nem dağılım haritaları ve standart sapma haritaları Coğrafi Bilgi Sistemlerinde kullanılmak üzere \*.dxf formatında saklanmıştır (Ek-3-5). Oluşturulan kalite veritabanları ise 0-1 indikatör sınıf aralıklarında saklanmış veri tabanları ile eşleştirilerek birleştirilmiş, rezerv, olasılıklı yatak sınırı ve kalite dağılımlarının tespiti amacıyla kullanılmak üzere veritabanı olarak saklanmıştır (Çizelge 4.19). Bunların sonucu, kalite dağılım grafikleri ile tablosal veriler ilişkilendirilerek yapılacak diğer CBS analizlerine imkan sağlanmıştır.

Çizelge 4.19. Kalite ve indikatör analizlerin birleştirilmiş veritabanından görünüm

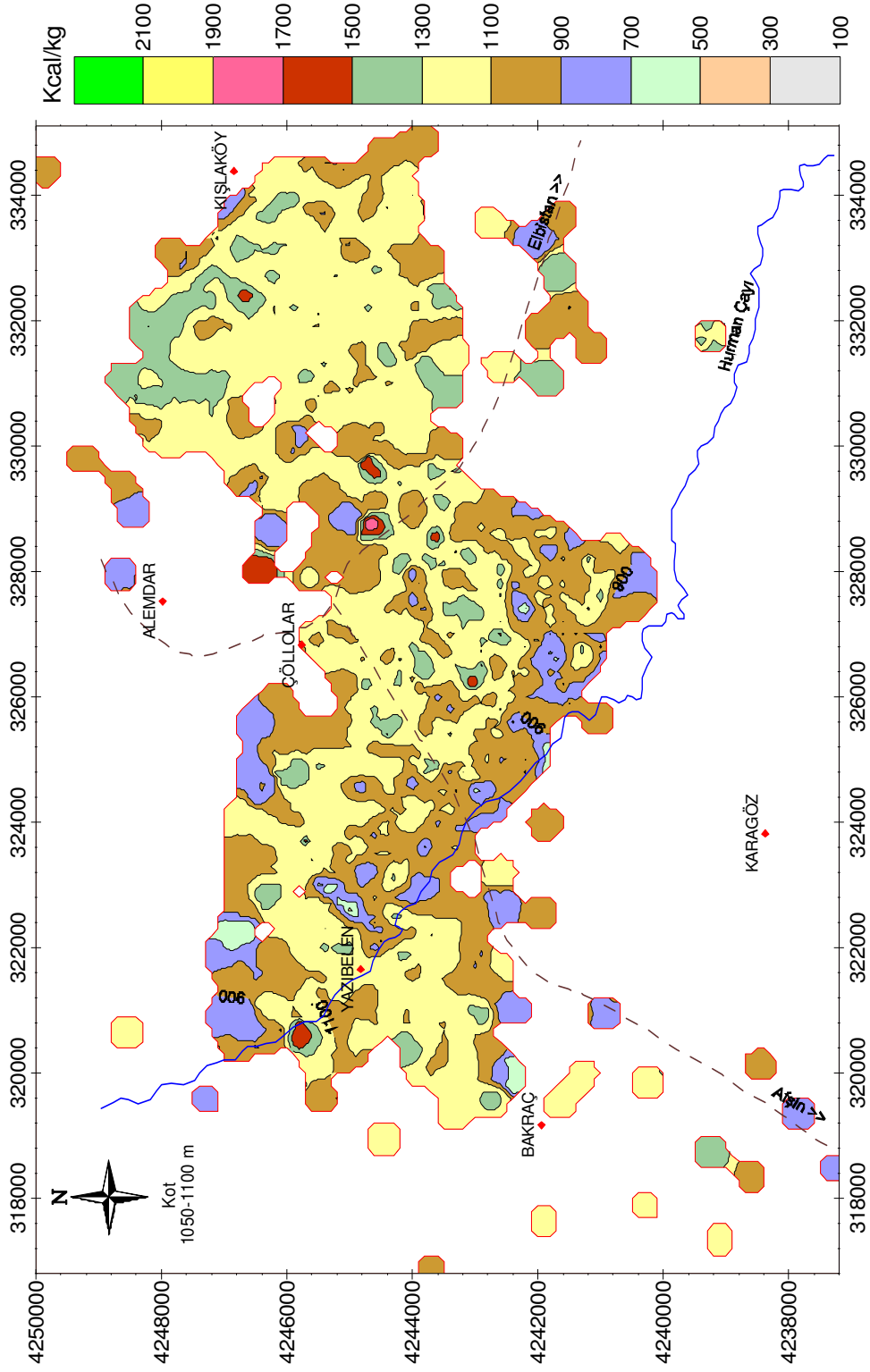
ID	Sağa	Yukarı	Yükseklik	Olasılık	Olasılık_H_ata	Isıl_Değer	Isıl_Değer_H_ata	%Kül	%Kül_Hata	%Nem	%Nem_H_ata	Rezerv
88	324150	4243950	971.25	0.51	0.19	1288.12	87.41	13.24	6.97	49.10	5.26	30000
89	324250	4243950	971.25	0.66	0.15	1287.62	93.35	13.24	7.15	49.08	4.52	30000
15	325150	4243350	968.75	0.95	0.14	1233.00	102.56	12.69	7.95	52.88	7.81	30000
345	324150	4243750	976.25	0.69	0.10	1248.46	80.15	15.79	9.30	52.45	4.81	30000
686	324850	4243050	981.25	0.86	0.15	1293.05	77.02	31.08	9.58	52.08	4.99	30000
214	325050	4243850	973.75	0.65	0.18	1257.96	86.37	14.02	8.77	50.06	6.32	30000
350	324150	4243650	976.25	1.00	0.15	1244.65	98.45	15.79	9.75	52.26	5.00	30000
372	324750	4243350	976.25	0.71	0.19	1216.56	92.44	15.79	2.41	51.36	5.22	30000
484	324450	4243750	978.75	0.56	0.19	1247.34	81.48	16.83	4.66	53.53	2.44	30000
500	325050	4243350	978.75	0.99	0.10	1213.82	78.60	14.34	7.47	51.80	6.04	30000
530	325050	4243050	978.75	0.63	0.15	1336.81	87.33	14.34	8.14	52.02	5.73	30000
261	325750	4243050	973.75	0.97	0.14	1219.20	98.98	12.72	8.74	45.14	5.90	30000
667	324850	4243250	981.25	0.74	0.05	1208.14	102.87	14.53	6.36	52.82	5.40	30000
110	325450	4243450	971.25	0.91	0.16	1220.67	101.95	19.65	8.89	49.17	7.38	30000
239	325350	4243350	973.75	0.97	0.13	1196.86	102.54	13.60	9.19	46.76	6.26	30000
411	325850	4242950	976.25	0.63	0.14	1176.12	101.43	15.32	8.91	47.57	6.88	30000
745	328350	4241750	981.25	0.65	0.11	1219.68	94.15	38.37	9.49	43.30	7.09	30000
1262	328450	4241750	986.25	0.55	0.12	1213.74	91.51	14.72	7.79	51.28	7.35	30000
1470	325650	4243150	988.75	1.00	0.10	1279.76	95.44	15.61	10.31	51.15	5.28	30000
2200	325850	4242950	993.75	0.86	0.13	1245.04	104.23	17.03	8.57	55.76	3.97	30000
360	325350	4243550	976.25	0.68	0.17	1228.83	96.21	15.32	7.25	50.04	4.31	30000
502	325250	4243350	978.75	0.57	0.14	1208.90	86.12	14.34	8.99	51.48	6.57	30000
858	324450	4243750	983.75	0.69	0.19	1229.93	81.95	14.09	8.85	54.17	2.42	30000
866	325650	4243450	983.75	0.57	0.19	1283.44	88.03	19.15	5.95	51.35	5.46	30000
872	325150	4243350	983.75	0.85	0.14	1298.29	98.48	20.45	9.28	55.12	3.84	30000
874	325650	4243350	983.75	0.71	0.19	1283.37	95.92	20.45	6.78	51.26	5.34	30000
10	325250	4243450	968.75	0.72	0.10	1233.00	85.64	12.69	7.52	52.88	7.81	30000
12	325450	4243450	968.75	0.60	0.16	1220.67	81.34	12.31	7.22	50.76	7.42	30000
366	325450	4243450	976.25	0.87	0.16	1198.33	87.60	15.32	7.50	49.52	6.23	30000
673	325450	4243250	981.25	0.64	0.04	1232.00	98.22	15.04	8.62	45.10	7.60	30000
1899	328650	4241750	991.25	0.64	0.15	990.00	100.76	16.30	4.33	42.90	4.92	30000
546	328250	4241950	978.75	1.00	0.20	1219.68	93.19	13.91	6.86	43.30	7.09	30000
547	328350	4241950	978.75	1.00	0.19	1219.68	90.40	13.91	6.86	43.30	7.09	30000
549	328250	4241850	978.75	0.66	0.19	1219.68	94.54	13.91	6.86	43.30	7.09	30000
550	328350	4241850	978.75	0.65	0.12	1219.68	102.59	13.91	6.86	43.30	7.09	30000
565	329650	4241650	978.75	0.67	0.19	1219.68	104.16	13.91	6.86	43.30	7.09	30000
366	325450	4243450	976.25	0.64	0.16	1198.33	8.91	15.32	7.5	49.52	6.23	30000
673	325450	4243250	981.25	0.68	0.04	1232	10.4	15.04	8.62	45.1	7.6	30000
1899	328650	4241750	991.25	0.95	0.15	990	6.48	16.3	4.33	42.9	4.92	30000
546	328250	4241950	978.75	1	0.2	1219.68	9.94	13.91	6.86	43.3	7.09	30000

Hazırlanan kalite grafikleri incelendiğinde Bakrač Nahiyesinin güneyindeki az sayıdaki sondaj arasındaki mesafenin, yarıvარიogram fonksiyonları ile tüm sondaj lokasyonları arasında kurulan uzaysal bağımlılık mesafesinden fazla olduğu, dolayısıyla o bölgede yapılacak doğru tahminler için yeni sondajlara gereksinim duyulduğu söylenebilir.

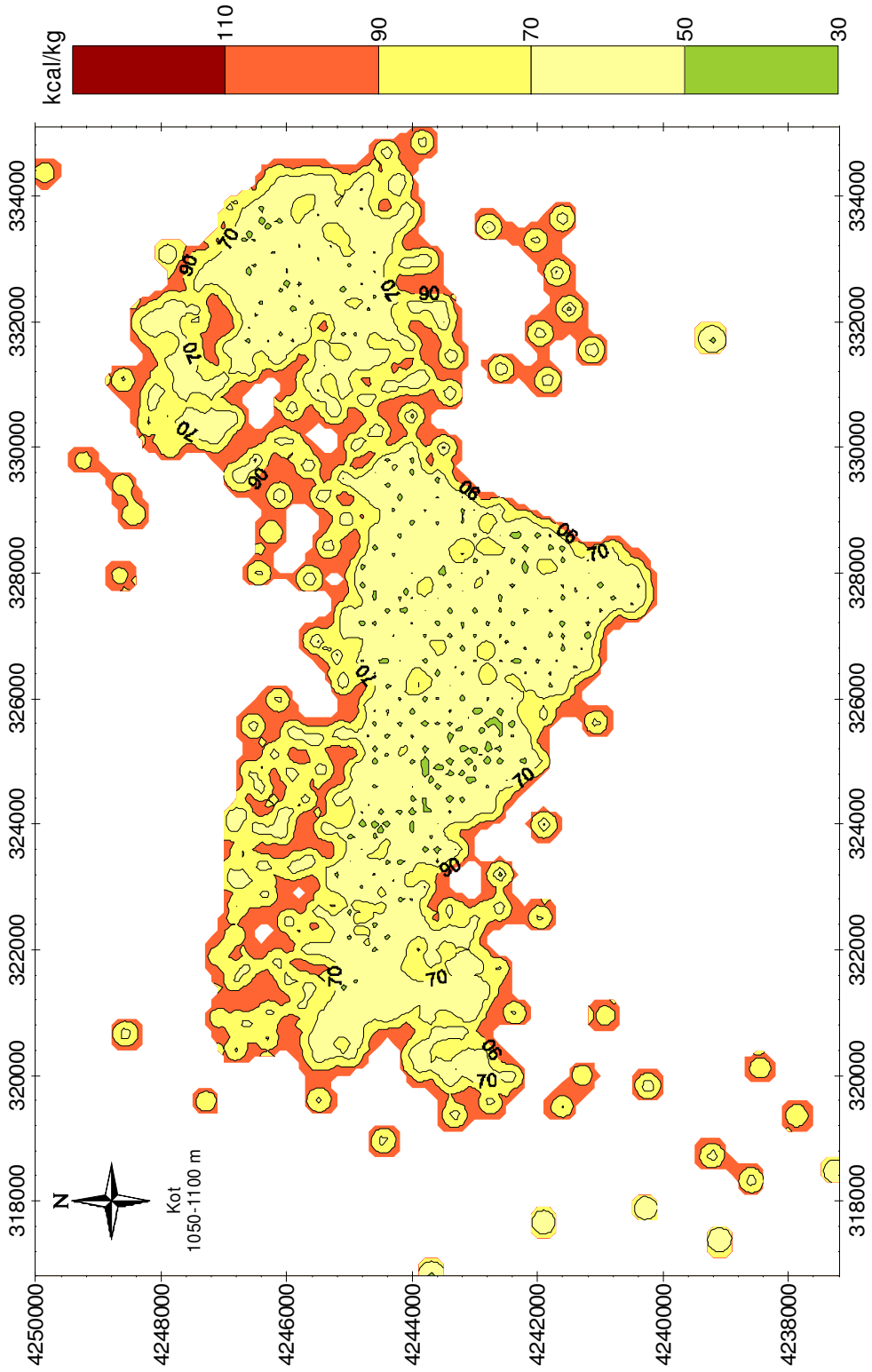


Şekil 4.32. Afşin-Elbistan Havzası İlyitlerinin 1050 -1100 m kotları arası %Kül içeriği dağılım haritası





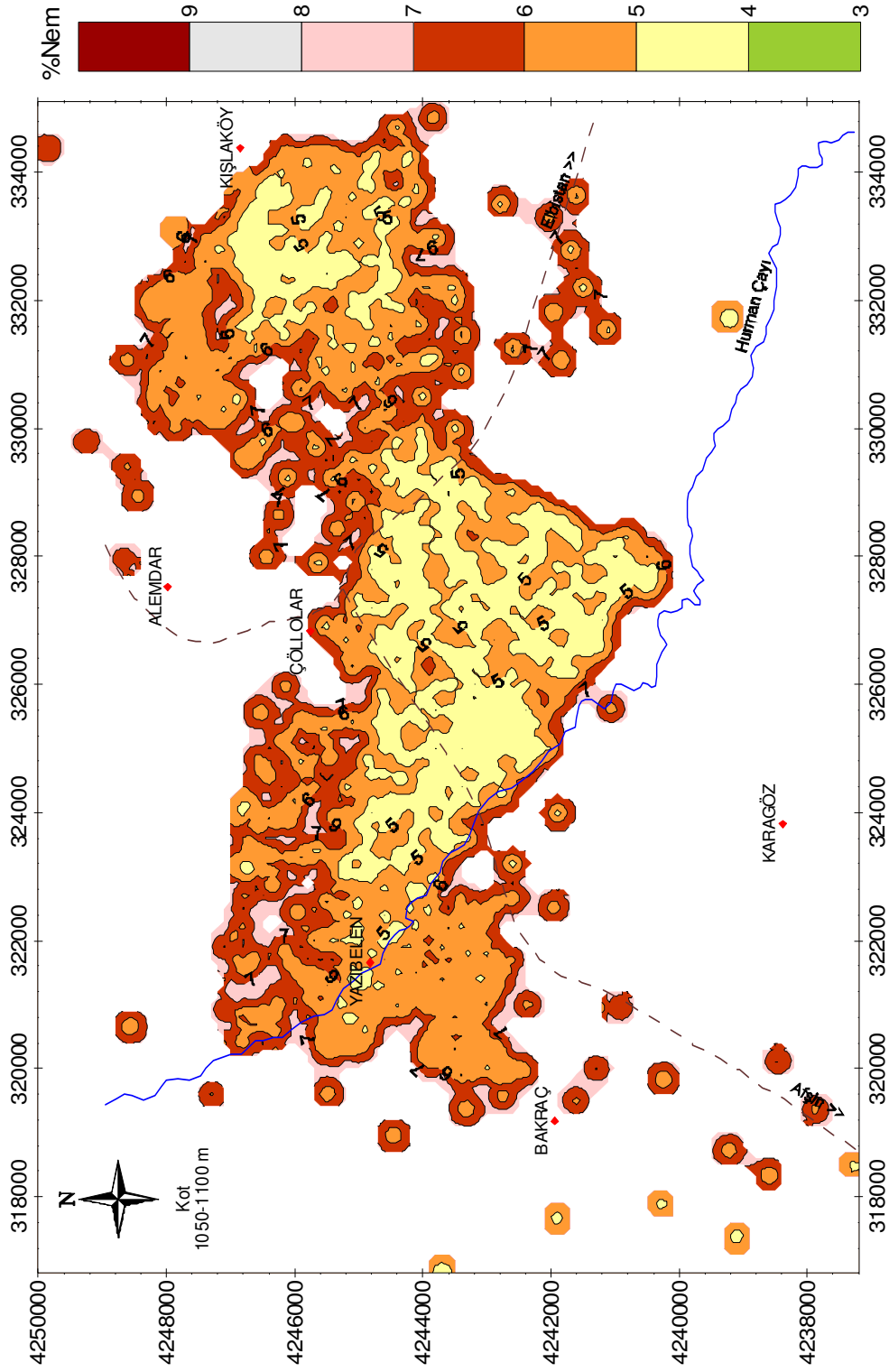
Şekil 4.34. Afşin-Elbistan havzası linyetlerinin 1050 -1100 m kotları arası ısı Değer içeriği dağılım haritası



Şekil 4.35. Afşin-Elbistan Havzası linyitlerinin 11050 -1100 m.kotları arası Isıl Değer içeriği standart sapmaları dağılım haritası







Şekil 4.37. Afşin-Elbistan Havzası linyetlerinin 1050 -1100 m kotları arası %Nem içeriği standart sapmaları dağılım haritası

### 4.3. Veri Tabanı Yönetim Sistemi

Bu bölümde elde edilen grafik ve grafik olmayan veriler ile bu veriler arasındaki mantıksal ve topolojik ilişkileri bütünlük olarak işleyebilme ve böylece konuma bağlı analizleri gerçekleştirme olanağına sahip “Üretim Takip ve Planlama Bilgi Sistemi” nin geliştirilme aşamaları ve niteliklerinden bahsedilmiştir.

Sistemin geliştirilmesi sırasında düşünülen ana prensip gerek Afşin-Elbistan Linyit İşletmelerinde gerekse diğer madencilik faaliyetlerinde görev yapan maden mühendislerine veya üretimden sorumlu diğer kişilere sayısal karar vermede kolaylık sağlamak ve işletmelerde gelişen olaylar ile ürün hareketlerini gerçek zamanda izlemek olmuştur. Bu amaçla hazırlanan yazılım sayesinde kullanıcı, ekranda sondaj lokasyonu üzerinden sondaj logu bilgilerine veya herhangi bir basamağa ilişkin Isıl değer, %Kül, %Nem içeriği gibi kalite bilgileri ve tanımlanan diğer tablosal veri tabanlarına ulaşabilmektedir. Benzer şekilde Çizelge 4.1’de tanımlanan tüm grafiksel veriler sayısal olarak tanımlandığı için harita üzerindeki diğer objelerin özniteliklerine yazılım sayesinde ulaşılabilir. Ayrıca, ekran üzerinden mesafe hesaplamaları yapabilmesi Maden Mühendisine konuma bağlı doğru karar vermede kolaylıklar sağlamaktadır.

Bilindiği üzere, Afşin-Elbistan linyit havzası Kışlaköy açık işletmesinde, döner kepçeli ekskavatörler tarafından kazılan örtü malzemesi ve kömür, bantlar aracılığıyla döküm sahalarına gönderilmektedir. Termik santralin tasarımına göre talep edilen kömürün Isıl değeri, ortalama 1050 Kcal/kg, en az 950 Kcal/kg, en fazla 1600 Kcal/kg, 30 günlük ortalaması ise 1000 Kcal/kg'dan büyük olmalıdır. Kül miktarı 250 gr/1000 Kcal'yi, su miktarı ise % 64'ü geçmemelidir. Kömür harmanlama ve stok sahası 660.000 ton efektif ve en fazla 1.000.000 ton kapasiteyle oldukça büyük olarak tasarlanmıştır. Santralin yaklaşık 10 günlük gereksinimi sürekli olarak stokta bulundurulmaktadır. Böylece santralin işletmede ortaya çıkabilecek uzun süreli duruşlardan etkilenmemesinin sağlanması yanında, homojen linyit temini için gerekli harmanlamalarda burada gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla kazılarak stoklara gönderilen kömürün, kalite ve miktarının anlık takibi harmanlama gibi diğer prosesler açısından önem arz etmektedir.

CBS çatısı altında hazırlanmış olduğumuz tablosal verilere bakılırsa, elimizde; Isıl değer, %Kül, %Nem ve linyit sınırlarını tespit ettiğimiz, 112 ayrı derinlik seviyesinde 100x100x2.5 m'lik boyutlarında, coğrafi koordinatları bilinen bloklar mevcuttur. Bu bilgiler ışığında üretimin kalite ve miktarının anlık takibi için üç soruya cevap aranmıştır,

- 1- Ekskavatör hangi coğrafi koordinat üzerinde kazı yapıyor?
- 2- Kazı yapılan koordinat, tablosal veri tabanımızdaki bloklardan hangisi içine düşüyor?
- 3- Kazı yapılan koordinattaki bloğun Isıl değer, %Kül, %Nem kalite değerleri nedir? Ne kadar doğrudur?

GPS teknolojisine bakılırsa, 2-3 cm hata hassasiyeti ile koordinat bilgisine ulaşmak mümkün olmaktadır. Dolayısıyla da ekskavatör üzerine yerleştireceğimiz bir GPS alıcısı ve bomuna yerleştirilecek sensörler yardımıyla kazı yapılan koordinatlara ulaşabileceği sonucuna varılır. Bu sayede de kurmuş olduğumuz tablosal veri tabanında yapılacak sorgulamalarla, koordinatın hangi bloğa düştüğünü ve bloğun içerdiği kalite değerlerine ulaşmak mümkün olacaktır. Bu amaçlar doğrultusunda, tablosal veritabanlarında nokta-blok sorgulamaları yapabilen CBS-GPS entegrasyonlu bir yazılıma ihtiyaç duyulmuş ve bir algoritma geliştirilerek Visual Basic programlama dilinde programlanmıştır. Yazılımın hazırlanması aşamasında birçok soruya cevap aranmıştır,

- GPS alıcısı ekskavatör üzerine yerleştirilebilir mi?
- GPS alıcısı sinyalleri uzaktaki bir bilgisayara nasıl aktarılır?
- GPS alıcısı verileri bilgisayarda koordinat bilgilerine nasıl dönüştürülür?
- Koordinat sistemleri arasındaki uyum sağlanabilecek mi? Koordinat dönüşümü gerekiyor mu?
- Koordinat – blok sorgulamaları hangi parametrelere dayanarak yapılacak?
- Tespit edilen bloklar sayısal haritalarda eş zamanlı gösterilebilecek mi?

Ekskavatörün bomuna üç adet sensör, operatör kabinine de özel bir GPS cihazı yerleştirmek suretiyle kazı noktasının, diferansiyel GPS tekniği kullanılarak 2-3 cm hata ile tespit edilebileceği, bu bilgilerinde radyo sinyalleri ile uzaktaki bir bilgisayara iletilebileceği bilgisine ulaşılmıştır (Yıldırım ve ark., 2007). İlgili işi

yapan firmalarla görüşülmüş bir iş makinesi için GPS cihazı ve istasyon maliyetinin 40.000\$ civarında olduğu bilgisine ulaşılmıştır (www.sistemas.com.tr). Gerek maliyetler, gerekse bu türden cihazların döner kepçeli ekskavatöre yerleştirilmesinde yaşanabilecek idari sıkıntılar sebebiyle, dizüstü bilgisayara el tipi bir GPS, RS232 seri bağlantı üzerinden bağlanmış, geliştirilen yazılım bu şekilde test edilmiştir. Ayrıca, her ekskavatöre bir bilgisayar yerleştirilerek, kablosuz internet sağlayıcıları sayesinde de sınırlı mesafelerdeki ana bilgisayara daha ucuz bir maliyetle konum verileri iletilebilmektedir.

Aşağıdaki konu başlıklarında, yukarıda belirtilen diğer sorulara cevap aranmış ve genel çalışma prensibi Şekil 4.38’de verilmiş bilgisayar yazılımının tanıtımı detayları ile verilmeye çalışılmıştır.

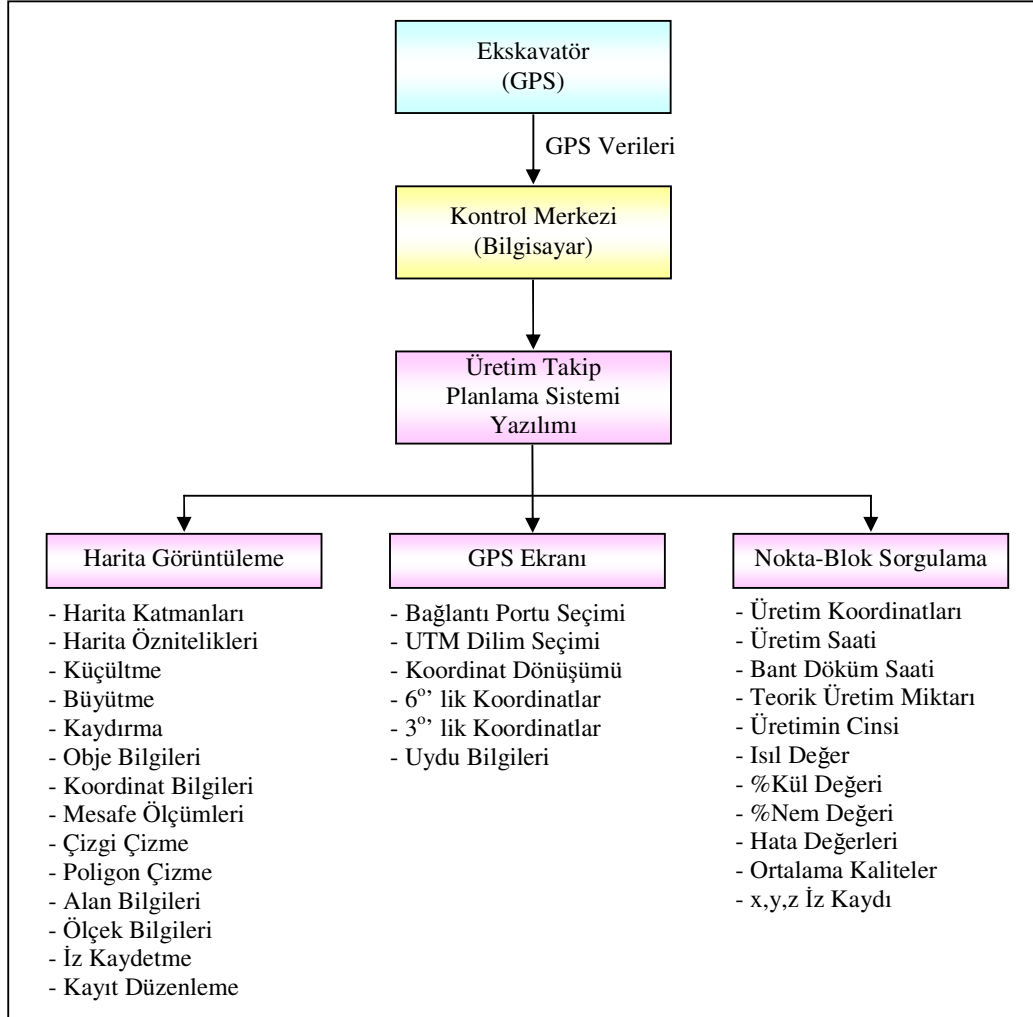
#### **4.3.1. Hazırlanan Bilgisayar Programı ve Özellikleri**

Yazılım üç bölümden oluşmaktadır; GPS üzerinden gelecek konum bilgilerini bekleyen ve koordinat dönüşümleri yapan bir GPS bölümü, sayısal haritaların görüntülenmesi ve iş makinesinin ekrandan takibinden sorumlu bir harita analiz bölümü ve nokta-blok-kalite sorgulama bölümü. GPS bölümü geri planda çalışmakta ve konum bilgilerini her alışında, bu bilgileri harita analiz bölümüne ileterek ekran görüntüsünün yeni durumu yansıtacak şekilde yenilenmesini sağlamaktadır. Nokta-blok sorgulama bölümünde ise kullanıcı isteğine bağlı veri tabanı üzerinden, konuma bağlı kalite sorgulamaları yapılmaktadır.

##### **4.3.1.1. GPS Bölümü**

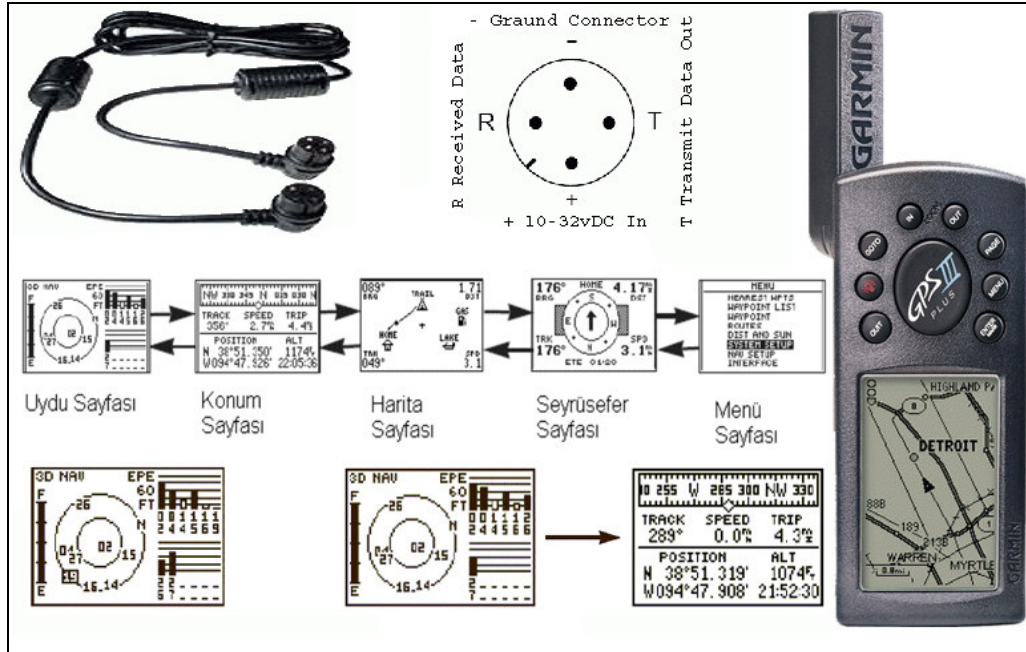
Uygulamalarda kullanılan Garmin GPS III-Plus çok amaçlı üretilmiş elde taşınabilir bir alıcıdır. İlk açıldığında uyduları aramaya başladığını bildirerek, uydu alış seviyesini çubuklu gösterge ile kullanıcıya bildirir. İlk 4 uyduya yeterli seviyede ulaşabildiğinde bulunduğumuz konuma ve zaman bilgisine ulaşmış olur. “Page” veya “Quit” fonksiyon anahtarları vasıtası ile sayfalar arasında geçiş sağlanabilir. GPS’in

genel görünümü, ilk açılış ekranı ve sayfalara ilişkin tanıtımı Şekil 4.39'da sunulmuştur.



Şekil. 4.38. Üretim takip-planlama yazılımının genel çalışma prensibi

Garmin GPS III Plus'ı DGPS verileri ile güncellemek istenirse öncelikli olarak cihazın menü sayfasından, Interface sayfasına girilir. Buradan RTCM/NMEA seçilir. Bu sayede GPS RTCM 104 arayüzüne uygun verileri kabul eder ve NMEA arayüzüne uygun çıktı sunar. RS-232 üzerinden GPS ile Bilgisayar arasında bağlantı sağlanabilir. Bağlantı esnasında, GPS üzerinde bulunan ve Şekil 4.39'da görülen uygun çıkışları kullanılmaktadır. RS-232 girişlerinin 3 nolu girişi Transmitted Data, 2 nolu girişi ise Received Data olarak kullanılır.



Şekil 4.39. Garmin III GPS'in RS-232 üzerinden bağlantısı ve menüleri



Şekil 4.40. GPS bağlantısı ve uygulama ekranından bir görünüm



Şekil 4.41. GPS ile ölçüm anından bir görünüm

Visual Basic ile seri iletişim portundan GPS ile bağlantı kurulduğunda GPS, konum bilgilerini bilgisayara NMEA cümleleri şeklinde iletir. Konum bilgilerini içeren en basit cümle GLL cümlesidir. Bu cümle sadece enlem, boylam ve konumun hesaplandığı zaman bilgilerinden oluşur. Bu bilgiler şu şekildedir;

- Derece ve dakika cinsinden enlem,
- Enlem yönü (N:Kuzey, S:Güney),
- Derece ve dakika cinsinden boylam,
- Boylam yönü (E:Doğu, W:Batı),
- Greenwich zamanına göre saat, dakika ve saniye cinsinden konumun belirlendiği zaman,
- Verilerin geçerliliği,
- Doğrulama (Checksum) verisi.





kullanmaktadır. Ayrıca madencilik uygulamalarında 6°'lik dilimde sağa ve yukarı değerler kullanılmakta, özellikle de maden sınırlarının belirlenmesi problemlerinde dilimler arası dönüşüm problemi ile çok karşılaşılmaktadır. Bu nedenle hazırlanan programda, GPS ile WGS-84 datumunda bilgisayara aktarılan elipsoidal coğrafi koordinatlar (derece dakika), sağa-yukarı olarak UTM Projeksiyonu ED-50 datumlu 6°'lik ve 3°'lik memleket koordinatlarına dönüştürülmüştür. Diğer yandan, hazırlanan grafiksel ve tablosal veri tabanları, UTM Projeksiyonu ED-50 datumlu koordinatlarda saklanmış olup sorgulamalar için ikisinin uyum sağlaması gerekmektedir.

Bölüm 3.2.4.3'de formülizasyonları verilen, datum ve koordinat dönüşümleri için, hazırlanan programda, öncelikle çalışma sahamızın dilim orta meridyeni seçilmesi gerekmektedir.

Dilim orta meridyenin seçilmesiyle birlikte, ekranda dönüştürülmüş 3°'lik ve 6°'lik memleket koordinatları ve bağlanılan GPS uyduları görsel olarak sunulur.

Bölüm 3.2.3.6'da detayları anlatılmış DGPS tekniğinde, kullanılan sabit alıcı ve hareketli alıcının en az dört ortak uyduya eş zamanlı GPS gözlemi yapması gerekmektedir. Böylelikle sabit alıcı kendi duyarlı konumundan yararlanarak hesapladığı uydu-alıcı uzaklığı ile hareketli alıcı arasındaki gözlem hatasını, hareketli alıcıya düzeltme olarak sunar ve bu sayede hareketli alıcı konum düzeltmelerini yaparak kullanıcıya bildirir. GPS ölçüm hesaplamalarında bu türden bir düzeltme var ise, hazırlanan programın GPS ekranında, düzeltme zamanı, kaç uydu ile gerçekleştirildiği, sabit alıcının numarası gibi bilgiler görülebilmektedir.

#### **4.3.1.2. Harita Analiz Bölümü**

Oluşturulan grafik veriler sayısal haritalar olarak tanımlanabilir. Bilgisayar programcılığı açısından bu haritaların görüntülenmesi pek çok işlemi de beraberinde getirmektedir. Öncelikle, görüntülenecek haritayı oluşturan dosyalar okunarak, haritayı oluşturan katmanlar ve her katmanı oluşturan coğrafi objeler, belleğe yerleştirilir. Görüntüleme işlemi dosyadan okutulan her grafik katmanının belirtilen sırada birbirleri üzerine çizilmesiyle gerçekleşir. Çizim sırasında, çizilen katmanı

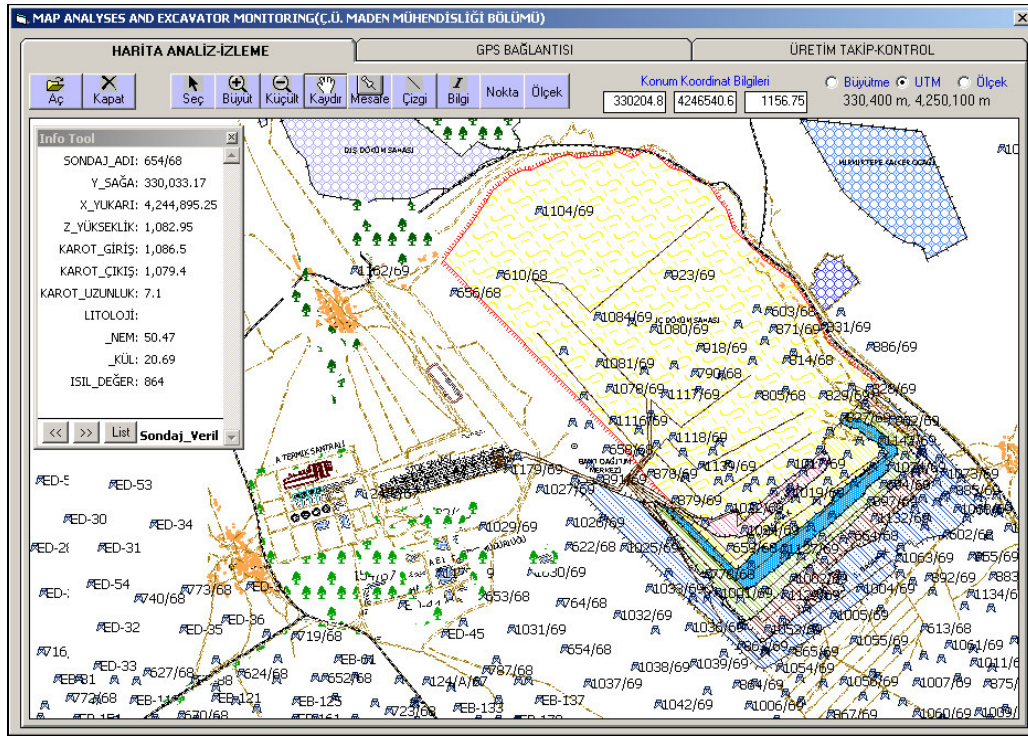
oluşturan coğrafi objelerin koordinatlarının, ekranın koordinat sistemlerine göre yeniden hesaplanması gerekmektedir. Sayısal haritaların görüntülenmesinde dikkat edilmesi gereken noktalardan biri ekran ve haritanın farklı koordinat sistemi ve birimlere sahip olmasıdır. Ekran koordinat sisteminde orijin sol üst köşede bulunur. Burada x eksenini sağa, y eksenini ise aşağıya doğrudur. Ekranın koordinat sisteminin birimi ise pikseldir. Bu durumda haritanın görüntülenmesi beklenin tersine baş aşağı olmakta, bu tür sorunlar da bir dizi yazılımla aşılabilmektedir.

Başka bir konu ise, istenen büyütme seviyesine göre koordinat sisteminin yeniden ölçeklendirilmesinin ve haritanın farklı bölümlerinin görüntülenebilmesi için de kaydırılmasının gerekmesidir. Ekranda görüntülenmek istenen coğrafi objeleri tanımlayan tüm koordinatlar, görüntüleme işleminden önce bu yeni koordinat sistemine dönüştürülmelidirler. Bu işlem bir dizi matematiksel işlemin tüm koordinatlara uygulanmasını gerektirir. Böyle bir çözüm, sürekli harita işlemleri yapıldığı düşünülürse, yazılımın görüntüleme işleminin yavaşlamasına neden olmaktadır. Bir taraftan haritaların görüntülenmesi, görüntünün güncellenmesi, kullanıcı isteklerine yanıt verilmesi gibi işlemler yapılırken, diğer taraftan, gelecek konum bilgileri beklenerek, gelen koordinatların uygun projeksiyon formatına dönüştürülmesi gerekmektedir. Konum bilgilerinin beklenmesi işlemi, bu işlemi gerçekleştiren kodların sürekli çalışmasını gerektirdiğinden, yazılımın diğer bölümlerinin çalışmasını kesmekte, kullanıcı isteklerine yanıt verilmez bir duruma gelmekte ya da görüntü yenilenememektedir. Sorunun çözümü bazı yazılım teknikleri uygulanarak aşılabilmektedir.

Bu kapsamda; hazırlanan yazılımın harita görüntüleme kısmında Visual Basic programlama dilinin OLE desteği kullanılarak, MapInfo'nun güçlü GIS yetenekleri ile entegre uygulamalar geliştirilmiş, bu sayede de harita görüntüleme işlemleri hızlandırılmıştır.

Hazırlanan programda kullanıcı \*.dxf, \*.dwg, \*.mif, \*.mid, \*.dgn, \*.e00, \*.shp vektör formatlarından bir haritayı MapInfo \*.tab formatına dönüştürerek ekrana yükleyebilir ve arzu ettiği büyütme seviyelerinde görüntüleyebilir. Büyütme seviyesi, haritanın görüntülediği alanın, haritadaki uzunluk birimi cinsinden yatay

uzaklıktır. Büyütme seviyesi haritada görüntülenecek ayrıntı miktarını belirler, seviye ne kadar küçükse ayrıntı miktarı o kadar çok olur.



#### 4.3.1.3. Konuma Bağlı Üretim-Kalite Sorgulama Bölümü

Ekskavatörün kazı yaptığı koordinatların elde edilmesiyle, üretimin kalitesini sorgulamak için cevap aranacak üç soru kalmıştır;

- 1- Kazı yapılan koordinat, tablosal veri tabanımızdaki bloklardan hangisi içine düşüyor?
- 2- Kazı yapılan koordinattaki bloğun Isıl değer, %Kül, %Nem kalite değerleri nedir?
- 3- Kazılan linyit hangi stoklara gönderilmektedir?

İlk problem ele alınacak olursa, hangi zaman dilimi veya eylemdeki koordinat? Sorusuyla da karşılaşılmaktadır. İş makinesi henüz manevra yapıyor kazıyı tamamlamamış da olabilir. Sorunun çözümü için iş makinesinin kazı döngü süresi ve uygulamadaki teorik kazı miktarları baz alınmıştır. Örneğin 12 sn döngü süresinde 15 m<sup>3</sup> kazı yapılıyor ise, GPS den gelen koordinatlar her 12 sn'de ele alınarak nokta blok sorgulamasına gidilmiştir. Aynı şekilde 12 sn'lik döngü süresindeki teorik üretim miktarı da 15 m<sup>3</sup> olarak çıktılarımızda üretim miktarı hanesine yazılmaktadır. Bu çerçevede, kazı makinesinin döngü süresi, kepçe dolma faktörü, teorik üretim miktarı v.b. bilgileri, kullanıcının ekrandan girmesi sağlanmıştır (Şekil 4.44).

Hesaplamaların hızlandırılması için her linyit sektörü için ayrı bir veritabanı oluşturulmuştur. Nokta-blok sorgulamasında ise, alınan koordinatın, veri tabanımızdaki koordinatları bilinen bloklardan hangisine en yakın ise o bloğun içine düştüğü yaklaşımına gidilmiştir. Her alınan koordinatta blok-mesafe hesaplamaları işlemi zaman alacağından, sırasıyla tüm bloklar arasındaki mesafeler bir defaya mahsus hesaplanmış, en yakın yirmi blok ayrı bir veri tabanı olarak ara belleğe alınmıştır. Yer değiştirmenin elimizdeki yirmi bloğun kapsadığı kürenin yarıçapının boyundan büyük olması üzerine ikinci yirmi blok aynı değişken tanımlamaları ile ara belleğe alınarak sorgulama işlemleri hızlandırılmıştır.

Kazı yapılan koordinattaki bloğun Isıl değer, %Kül, %Nem gibi kalite değerleri hazırlanmış olduğumuz tablosal veri tabanımızda, blok numarası ile aynı satırda yer almaktadır, kısacası "ID" olarak bilinen tanı numarası tespit edilen blok için tüm özniteliklerde aynıdır (Çizelge 4.19). Bu yaklaşım ile kazı yapılan bloğun,

numarası, koordinatları, Isıl değeri, Isıl değer tahmin hatası, %Kül tahmini, %Kül tahmin hatası, %Nem tahmini, %Nem tahmin hatası gibi kalite değerleri belirlenerek, çıktı olarak sunduğumuz veri tabanında yer almıştır.

MAP ANALYSES AND EXCAVATOR MONITORING(C.Ü. MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ)

HARİTA ANALİZ-İZLEME				GPS BAĞLANTISI				ÜRETİM TAKİP-KONTROL				
<b>Ekskavator Parametreleri</b>				<b>Bant Parametreleri</b>				<b>Kazı Koordinatları</b>				
Keçpe Dolu Faktörü (%)	95			Bant / Stok No =	64/4			X Coordinate	Y Coordinate	Elevation		
Pratik Üretim Miktarı (ton) =	17			Bant Uzunluğu (m) =	3620			333774.07	4246599.83	1191.13		
Teorik Üretim Miktarı (m3/dn) =	5.7			Bant Hızı (m/sn) =	5.2			<b>Kazı Tarih/Saat</b>				
Keçpe Döngü Süresi (sn) =	8			Taşınma Süresi (sn) =	696			2009-05-04 14:40:01				
Toplam Üretim (m3/dn) =	5.7				00:11:36			<b>Döküm Tarih/Saat</b>				
								2009-05-04 14:51:37				
<b>Üretim ve Döküm Anında Gerçekleşen Kalite ve Ortalamalar</b>												
Reg No	Var1	Var2	Var3	Var4	Var5	Var6	Var7	Var8	Var9	Var10	Var11	Var12
1	Bant/Stok No	Tarih	Kazı Saati	Döküm Saati	x_Koord	y_Koord	z_Koord	Olaslık	Olasık_hata	Isıl_değer	Isıl_değer_hata	Kül
2	64/4	2009-05-04	14:37:19	14:48:54	333507.64	4246315.84	1170.88	0.86	0.2	906.28	111.16	
3	64/4	2009-05-04	14:37:27	14:49:02	333645.6	4246428.79	1172.37	0.93	0.13	1115	143.08	
4	64/4	2009-05-04	14:37:35	14:49:11	333703.99	4246478.57	1173.91	0.53	0.12	1115	143.5	
5	64/4	2009-05-04	14:37:44	14:49:19	333312.76	4246158.91	1167.34	0.97	0.12	795.08	88.62	
6	64/4	2009-05-04	14:37:52	14:49:27	333248.44	4246107.1	1166.25	0.97	0.13	805.91	92.12	
7	64/4	2009-05-04	14:38:00	14:49:35	333379.72	4246211.92	1168.28	0.89	0.11	1038.95	115.5	
8	64/4	2009-05-04	14:38:08	14:49:43	333805.7	4246519.78	1174	0.98	0.16	1115	148.4	
9	64/4	2009-05-04	14:38:16	14:49:51	333725.57	4246385.78	1185.74	0.59	0.18	1115	147.28	
10	64/4	2009-05-04	14:38:24	14:49:59	333717.69	4246398.06	1172.51	0.59	0.18	1115	147.28	
11	64/4	2009-05-04	14:38:32	14:50:08	333785.8	4246436.44	1186.86	0.65	0.11	1115	151.34	
12	64/4	2009-05-04	14:38:41	14:50:16	333768.74	4246573.26	1176.13	0.89	0.16	1115	145.6	
13	64/4	2009-05-04	14:38:49	14:50:24	333748.09	4246630.72	1191.19	0.93	0.11	1115	139.86	
14	64/4	2009-05-04	14:38:57	14:50:32	333731.31	4246521.31	1175.02	0.53	0.12	1115	143.5	
15	64/4	2009-05-04	14:39:05	14:50:40	333750.36	4246543.98	1176.2	0.98	0.16	1115	148.4	
16	64/4	2009-05-04	14:39:14	14:50:49	333800.28	4246546.3	1174.19	0.98	0.16	1115	148.4	
17	64/4	2009-05-04	14:39:22	14:50:57	333828.92	4246543.15	1194.3	0.98	0.16	1115	148.4	
18	64/4	2009-05-04	14:39:30	14:51:05	333807.33	4246566.78	1190.59	0.89	0.16	1115	145.6	
19	64/4	2009-05-04	14:39:38	14:51:13	333807.33	4246566.78	1190.59	0.89	0.16	1115	145.6	
20	64/4	2009-05-04	14:39:46	14:51:21	333711.92	4246538.32	1175.84	0.53	0.12	1115	143.5	
21	64/4	2009-05-04	14:39:55	14:51:30	333774.07	4246599.83	1191.13	0.89	0.16	1115	145.6	

Şekil 4.44. Üretim takibi tablosal veritabanı hazırlama ekranı

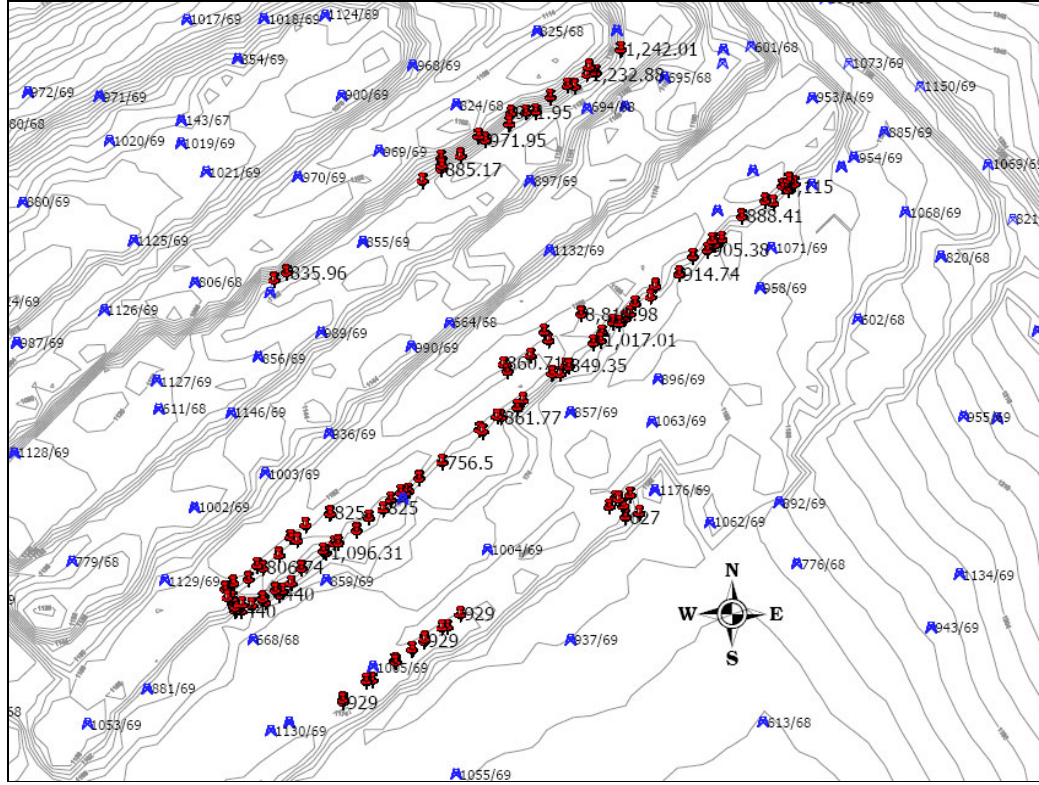
Kullanıcının belirlediği döngü süresi dahilinde yapılan teorik üretim miktarına bağlı, toplam üretim miktarı ve toplam üretime karşılık hesaplanan, ortalama kalite ve hata değerleri programın çıktısında sunulmaktadır. Stoklara beslenen linyitlerin stok numarası, bant konveyörün bant uzunluğu ve bant hızı bilgilerinin ekrandan girilmesi suretiyle stok kayıtları da veritabanında görülebilmektedir. Ayrıca kazının tarih, saat v.b. gibi tablosal veri tabanları hazırlanır iken tanımlanan özniteliklerin tümü çıktı olarak sunulabilir. Çizelge 4.20'deki örnek tabloda programın kazıya ilişkin hangi bilgileri çıktı olarak sunduğu görülebilir.

Çizelge 4.20 incelendiğinde zamana bağlı olarak üretim miktarının sürekli toplandığını, toplam üretimin ve ortalama kalite değerlerinin ilgili hanelerde

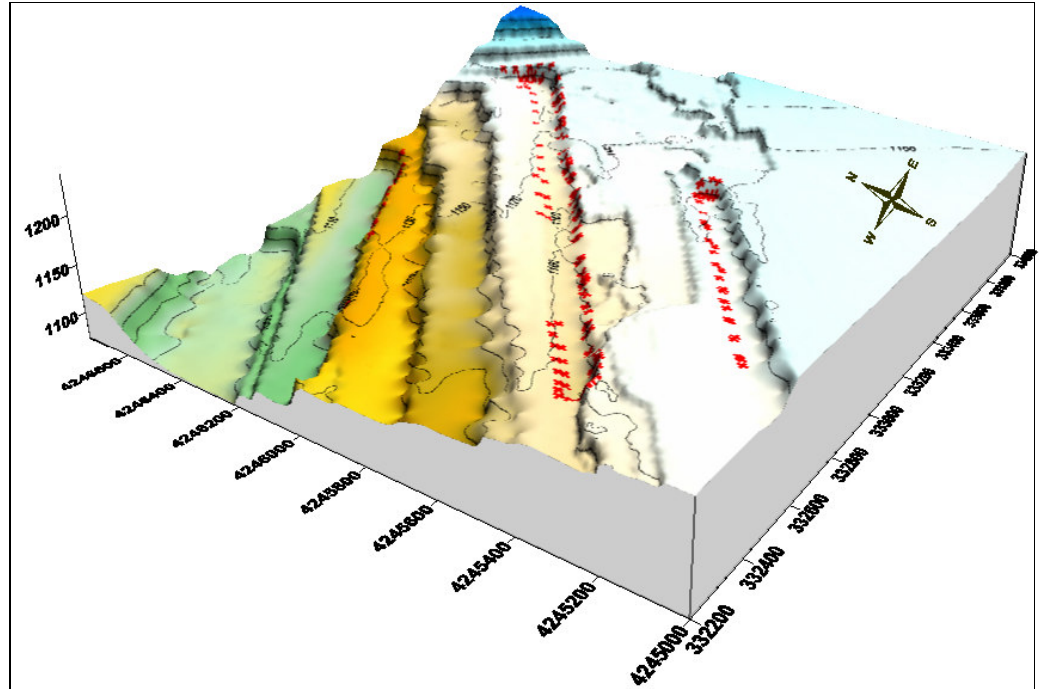
sunulduğu görülür. Bu sayede üretimden sorumlu maden mühendisi stoklara gönderilen linyitin zamana bağlı kalite ve miktarlarına ilişkin bilgi sahibi olabilmektedir. Kışlaköy açık ocağındaki mevcut uygulamada, üretimin kalitesinin, kazı noktasına en yakın sondajın kalite değerlerine eşit olduğu öngörülmekte olduğu düşünülürse, üretimin birçok sondaja ve bu sondajlar arasındaki fonksiyonel ilişkiye bağlı olarak tahmin edildiği ve izlendiği bir yaklaşımla, sayısal karar vermede daha doğru sonuçlara ulaşılabileceği şüphesizdir.

Kışlaköy linyit ocağında yapılan bir uygulama ile ekskavatör kepçesinin 6 metre yakınında bir mafsala GPS bağlanmış, bir buçuk saatlik bir sürede yapılan ölçümlerde veritabanımızdaki blok boylarının (100x100x2.5 m) iki misli kadar bir yer değiştirme ile üç ayrı kalite verisi kaydı alınmıştır. Ekskavatör ile yer değişiminin kısa sürelerde gerçekleşmemesi üzerine farklı basamakların alt ve üst kotlarında gezmek suretiyle GPS ölçümleri yapılmış, anlık olarak elde edilen konum bilgilerine karşılık gelen kalite dağılımları ve ortalamalarına ilişkin üretim takip çizelgesi program sayesinde elde edilmiştir (Şekil 4.44; Çizelge 4.20).

Ayrıca, kullanıcının sadece (x,y,z) koordinat bilgilerini kaydetmesine olanak sağlayan veya kayıtlı olan bir veri dosyasındaki 6°lik koordinatları 3°lik koordinatlara dönüştüren özelliği sayesinde Kışlaköy açık ocağının tüm basamak ve sınırlarında araç içinde gezmek suretiyle ölçüm yapılmış bu sayede ocak çukurunun sayısal yükseklik verileri elde edilmiştir (Şekil 4.45-46).



Şekil 4.45. Kışlaköy açık ocağında yapılan ölçüm noktaları



Şekil 4.46. Yapılan ölçüm noktalarının üç boyutlu görünümü

Çizelge 4.20. Üretim takip çizelgesinin içerdiği bilgiler

Blok_ID	Bant/Stok_No	Tarih	Kazı_Saati	Döküm_Saati	Sağa(Y)	Yukarı(X)	Yükseklik(Z)	%Olasılık	%Olasılık_Hata
2205	63/4	2010-02-26	14:59:52	15:04:40	333294.81	4245582.98	1178.22	0.65	0.14
2205	63/4	2010-02-26	15:00:04	15:04:52	333326.54	4245591.39	1191.67	0.83	0.10
2205	63/4	2010-02-26	15:00:10	15:04:58	333289.26	4245608.95	1178.01	0.67	0.13
2205	63/4	2010-02-26	15:00:16	15:05:04	333272.26	4245626.11	1181.17	0.66	0.14
2205	63/4	2010-02-26	15:00:22	15:05:10	333256.78	4245606.46	1177.36	0.63	0.15
2205	63/4	2010-02-26	15:00:29	15:05:18	333279.03	4245623.53	1178.02	0.65	0.10
2205	63/4	2010-02-26	15:00:35	15:05:24	333305.34	4245634.00	1187.47	0.68	0.12
1319	63/4	2010-02-26	15:00:41	15:05:30	332913.74	4245355.99	1178.82	0.84	0.10
914	63/4	2010-02-26	15:00:47	15:05:36	333013.05	4245937.65	1166.88	0.97	0.16
1267	63/4	2010-02-26	15:00:53	15:05:42	332643.11	4245151.89	1174.39	0.82	0.19
2393	63/4	2010-02-26	15:01:00	15:05:49	333023.08	4245920.22	1162.1	0.51	0.20
3098	63/4	2010-02-26	15:01:06	15:05:55	333116.88	4245993.01	1163.91	0.51	0.20
3454	63/4	2010-02-26	15:01:12	15:06:01	333193.14	4246054.17	1165.29	0.51	0.20
3077	63/4	2010-02-26	15:01:18	15:06:07	333075.45	4245957.04	1162.91	0.51	0.20
3373	63/4	2010-02-26	15:01:24	15:06:13	333107.41	4246012.23	1168.08	0.51	0.20
1356	63/4	2010-02-26	15:01:30	15:06:19	332643.11	4245158.01	1177.07	1.00	0.19
2938	63/4	2010-02-26	15:01:37	15:06:25	332830.40	4245293.44	1175.4	1.00	0.15
2938	63/4	2010-02-26	15:01:43	15:06:32	332831.76	4245298.44	1177.38	1.00	0.11
319	63/4	2010-02-26	15:01:49	15:06:38	332883.56	4245326.49	1174.61	1.00	0.18
319	63/4	2010-02-26	15:01:55	15:06:44	332871.53	4245324.68	1178.21	1.00	0.20
1776	63/4	2010-02-26	15:02:01	15:06:50	332802.88	4245275.06	1177.5	1.00	0.20
2472	63/4	2010-02-26	15:02:07	15:06:56	332711.63	4245203.23	1174.69	1.00	0.20
2742	63/4	2010-02-26	15:02:13	15:07:02	332697.67	4245200.37	1177.34	1.00	0.19
296	63/4	2010-02-26	15:02:20	15:07:08	332763.15	4245248.89	1177.41	1.00	0.20
516	63/4	2010-02-26	15:02:26	15:07:14	332765.21	4245245.12	1175.14	1.00	0.20
610	63/4	2010-02-26	15:02:32	15:07:21	332495.93	4245401.04	1171.35	0.56	0.10
2880	63/4	2010-02-26	15:02:38	15:07:27	332463.90	4245383.76	1172.39	0.62	0.14
1423	63/4	2010-02-26	15:02:44	15:07:33	332505.31	4245410.60	1169.81	0.82	0.14
134	63/4	2010-02-26	15:02:50	15:07:39	332523.89	4245428.04	1166.86	0.92	0.15
2014	63/4	2010-02-26	15:02:56	15:07:45	332487.69	4245412.09	1154.4	0.80	0.11
1438	63/4	2010-02-26	15:03:02	15:07:51	332408.57	4245363.44	1172.62	0.80	0.12
1438	63/4	2010-02-26	15:03:09	15:07:57	332395.42	4245364.86	1173.06	0.83	0.10
1438	63/4	2010-02-26	15:03:15	15:08:03	332433.09	4245376.71	1154.12	0.85	0.12
1576	63/4	2010-02-26	15:03:21	15:08:09	332457.80	4245391.65	1154.09	0.94	0.14
1549	63/4	2010-02-26	15:03:27	15:08:16	332735.78	4245599.99	1163.47	0.90	0.14
2153	63/4	2010-02-26	15:03:33	15:08:22	332674.77	4245551.39	1163.17	0.88	0.09
3364	63/4	2010-02-26	15:03:39	15:08:28	332703.65	4245580.69	1156.49	0.67	0.13
2556	63/4	2010-02-26	15:03:45	15:08:34	332794.27	4245643.27	1167.26	0.63	0.14
1337	63/4	2010-02-26	15:03:51	15:08:40	332787.51	4245639.33	1164.74	0.58	0.14
1205	63/4	2010-02-26	15:03:58	15:08:46	332603.12	4245499.07	1166.89	0.63	0.08
2193	63/4	2010-02-26	15:04:04	15:08:52	332547.74	4245463.13	1154.57	0.66	0.12
675	63/4	2010-02-26	15:04:10	15:08:58	332597.92	4245503.61	1155.33	0.84	0.08
1066	63/4	2010-02-26	15:04:16	15:09:04	332623.27	4245521.59	1155.65	0.89	0.13
2353	63/4	2010-02-26	15:04:22	15:09:11	332633.19	4245521.69	1164.45	0.91	0.16
99	63/4	2010-02-26	15:04:28	15:09:17	332495.27	4245493.26	1154.4	1.00	0.20
577	63/4	2010-02-26	15:04:34	15:09:23	332458.41	4245462.74	1154.07	1.00	0.19
2165	63/4	2010-02-26	15:04:40	15:09:29	332425.36	4245437.98	1154.09	1.00	0.19
1400	63/4	2010-02-26	15:04:47	15:09:35	332445.93	4245470.39	1160.06	1.00	0.19
2783	63/4	2010-02-26	15:04:53	15:09:41	332613.44	4245590.23	1156.08	1.00	0.20
2940	63/4	2010-02-26	15:04:59	15:09:47	332557.40	4245563.60	1160.96	1.00	0.20
2561	63/4	2010-02-26	15:05:05	15:09:53	332522.85	4245535.66	1160.75	1.00	0.17
1082	63/4	2010-02-26	15:05:11	15:10:00	332537.54	4245527.48	1154.9	1.00	0.10
3321	63/4	2010-02-26	15:05:17	15:10:06	332393.07	4245373.78	1162.73	1.00	0.18
1040	63/4	2010-02-26	15:05:23	15:10:12	332391.86	4245376.22	1158.73	1.00	0.20
3492	63/4	2010-02-26	15:05:29	15:10:18	332395.63	4245371.50	1163.55	0.64	0.16
2013	63/4	2010-02-26	15:05:36	15:10:24	332410.82	4245378.45	1153.97	0.89	0.19
1785	63/4	2010-02-26	15:05:42	15:10:30	332389.33	4245393.25	1153.8	0.96	0.16
1025	63/4	2010-02-26	15:05:48	15:10:36	332389.97	4245428.88	1159.95	0.96	0.16



Çizelge 4.20 (devam). Üretim takip çizelgesinin içerdği bilgiler

Isıl_Değer	Isıl_Değer_Hata	%Kül	%Kül_Hata	%Nem	%Nem_Hata	Ort_Isıl_Değer	Ort_Kül	Ort_Nem	Kazı_Miktar
627.00	9.81	21.18	6.72	54.91	7.27				
627.00	9.81	21.18	6.72	54.91	7.27	627.00	21.18	54.91	6.00
627.00	9.81	21.18	6.72	54.91	7.27	627.00	21.18	54.91	12.00
627.00	9.81	21.18	6.72	54.91	7.27	627.00	21.18	54.91	18.00
627.00	9.81	21.18	6.72	54.91	7.27	627.00	21.18	54.91	24.00
627.00	9.81	21.18	6.72	54.91	7.27	627.00	21.18	54.91	30.00
627.00	9.81	21.18	6.72	54.91	7.27	627.00	21.18	54.91	36.00
929.00	9.76	41.20	9.46	54.87	7.23	664.75	23.68	54.91	42.00
860.71	8.48	22.80	8.71	54.61	6.19	686.52	23.58	54.87	48.00
929.00	11.18	30.68	8.57	54.87	7.99	710.77	24.29	54.87	54.00
871.62	8.48	20.58	3.17	55.62	6.19	725.39	23.96	54.94	60.00
840.65	7.55	20.59	9.13	55.07	5.61	735.00	23.68	54.95	66.00
8819.98	6.58	21.29	6.45	55.46	5.01	1356.92	23.49	54.99	72.00
844.19	7.55	21.67	4.78	55.81	5.61	1320.30	23.36	55.05	78.00
861.94	7.61	23.99	9.36	54.87	5.67	1289.74	23.40	55.04	84.00
929.00	11.18	30.68	8.57	54.87	7.99	1267.19	23.86	55.03	90.00
929.00	10.43	16.11	6.11	54.87	7.61	1247.30	23.40	55.02	96.00
929.00	10.43	16.11	6.11	54.87	7.61	1229.62	23.00	55.01	102.00
929.00	10.14	16.00	5.74	54.87	7.45	1213.79	22.63	55.00	108.00
929.00	10.14	16.00	5.74	54.87	7.45	1199.55	22.30	55.00	114.00
929.00	10.43	16.11	6.11	54.87	7.61	1186.67	22.00	54.99	120.00
929.00	10.95	30.68	9.15	54.87	7.88	1174.96	22.40	54.98	126.00
929.00	10.95	30.68	9.15	54.87	7.88	1164.26	22.76	54.98	132.00
929.00	10.72	30.68	9.61	54.87	7.77	1154.46	23.09	54.97	138.00
929.00	10.72	30.68	9.61	54.87	7.77	1145.44	23.39	54.97	144.00
440.00	7.24	17.65	7.02	49.45	5.62	1118.31	23.17	54.76	150.00
440.00	7.24	17.65	7.02	49.45	5.62	1093.19	22.97	54.56	156.00
440.00	7.24	17.65	7.02	49.45	5.62	1069.86	22.78	54.38	162.00
440.00	7.24	17.65	7.02	49.45	5.62	1048.14	22.60	54.21	168.00
440.00	7.24	17.65	7.02	49.45	5.62	1027.87	22.43	54.05	174.00
440.00	8.09	17.61	7.63	49.45	6.2	1008.91	22.28	53.90	180.00
440.00	8.09	17.61	7.63	49.45	6.2	991.13	22.13	53.76	186.00
440.00	8.09	17.61	7.63	49.45	6.2	974.43	22.00	53.63	192.00
440.00	7.24	17.65	7.02	49.45	5.62	958.71	21.87	53.51	198.00
825.00	10.38	31.46	8.06	53.33	7.59	954.89	22.14	53.50	204.00
1101.97	3.42	27.04	6.4	54.86	2.72	958.97	22.28	53.54	210.00
1101.97	3.42	27.04	6.4	54.86	2.72	962.84	22.41	53.58	216.00
825.00	10.38	31.46	8.06	53.33	7.59	959.21	22.65	53.57	222.00
825.00	10.38	31.46	8.06	53.33	7.59	955.77	22.87	53.56	228.00
1096.31	4.82	25.66	4.85	53.93	3.77	959.28	22.94	53.57	234.00
806.74	6.05	24.99	6.49	53.28	4.7	955.56	22.99	53.57	240.00
1096.31	4.82	25.66	4.85	53.93	3.77	958.91	23.05	53.58	246.00
1096.31	4.82	25.66	4.85	53.93	3.77	962.11	23.12	53.58	252.00
1096.31	4.82	25.66	4.85	53.93	3.77	965.16	23.17	53.59	258.00
806.74	6.05	24.99	6.49	53.28	4.7	961.64	23.21	53.58	264.00
806.74	6.05	24.99	6.49	53.28	4.7	958.27	23.25	53.58	270.00
440.00	8.09	17.61	7.63	49.45	6.2	947.24	23.13	53.49	276.00
823.67	6.84	24.99	7.19	53.2	5.25	944.67	23.17	53.48	282.00
825.00	10.71	21.74	9.46	53.33	7.76	942.23	23.14	53.48	288.00
825.00	10.71	34.98	9.62	53.33	7.76	939.88	23.38	53.48	294.00
806.74	6.05	24.99	6.49	53.28	4.7	937.27	23.41	53.47	300.00
806.74	6.05	24.99	6.49	53.28	4.7	934.76	23.44	53.47	306.00
440.00	8.09	17.61	7.63	49.45	6.2	925.43	23.33	53.39	312.00
440.00	8.09	17.61	7.63	49.45	6.2	916.44	23.22	53.32	318.00

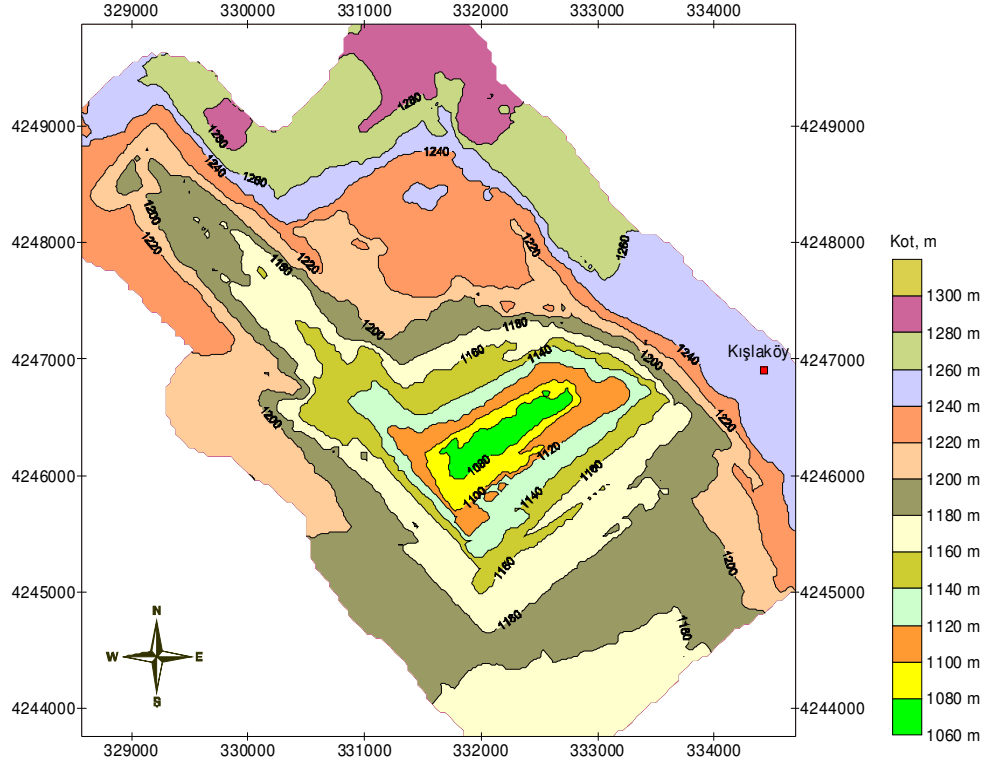
#### 4.3.2. GPS ile Konumsal Veri Kazanımı ve Haritalama

Hazırlanan yazılım ile üç boyutlu koordinat verilerinin eş zamanlı olarak kayıt altına alınabilmesi, CBS kullanıcılarına, büro ve arazide gerçek zamanlı olarak elde ettiği verileri, her türlü ortamda doğrudan bir CBS veritabanına aktarma ve kullanma olanağı sağlamaktadır. Ayrıca arazideki bir nesnenin dijital ortamdaki haritalar üzerinde dinamik olarak gösterilebilmesi navigasyon imkanı da sağlamaktadır. Sistemin, farklı hava ve arazi koşullarında, fazla personele ihtiyaç duymadan hızlı ve ekonomik olarak konumsal veri elde edebilmesi, klasik ölçüm yöntemlerine göre üstünlüklerini göstermektedir. Ayrıca 6° ve 3°'lik koordinatların aynı anda elde edilebilmesi dilimler arası koordinat dönüşüm problemlerini de ortadan kaldırmaktadır.

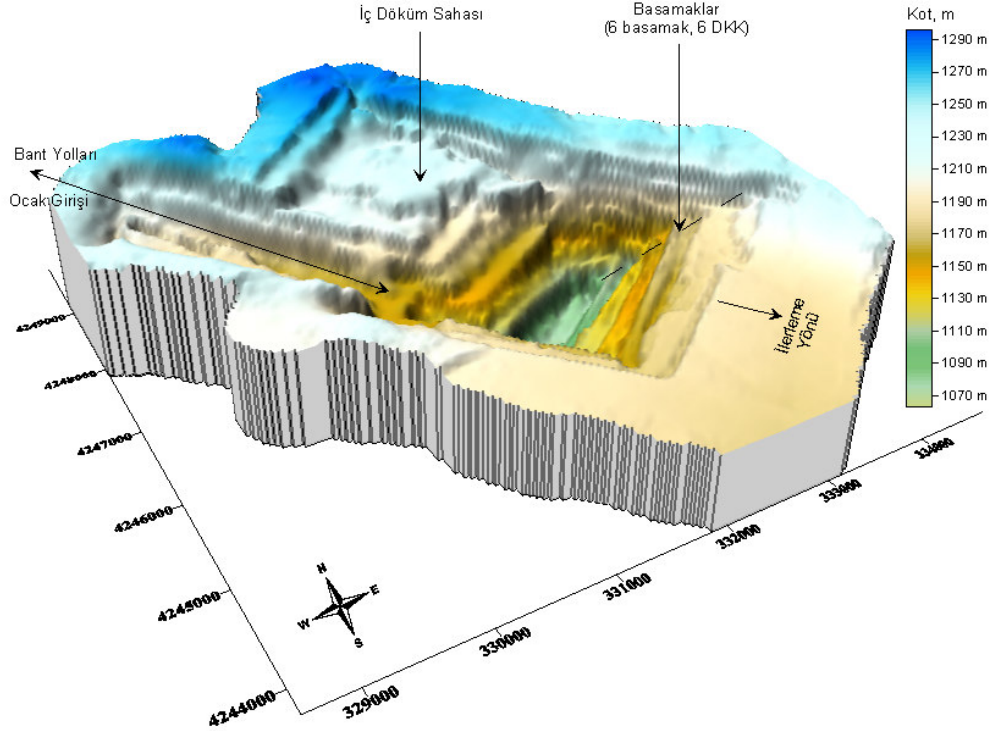
Sistemin getirdiği kolaylıklar birçok alanda kullanılabilirliğini de beraberinde getirmektedir, bunlardan bazıları şöyle sıralanabilir.

- Arazide envanter oluşturma çalışmaları
- Doğal kaynakların haritalanması
- Maden ruhsat sınırlarının belirlenmesi ve uygulaması
- Arazide denetim çalışmaları
- Arsa-arazi değerlendirme çalışmaları
- Patlatma tasarımı ve hafriyat hesapları
- Arazi kullanım haritaları
- Yol v.b. diğer madencilik ölçümleri

Bu türden bir çalışmaya örnek olması ve Kışlaköy açık ocağındaki basamakları CBS ortamında üç boyutlu görebilmek için geliştirilen yazılım ile ocak içinde bir araç ile gezmek suretiyle eş zamanlı koordinat ölçümleri yapılmış, elde edilen konum bilgileri anlık olarak bilgisayara aktarılmıştır. 40307 adet konum bilgisi içeren veritabanı, bilgisayarda 1.33 MB alan kaplamış olan \*.txt dosyasında saklanmış olup CBS ortamında kriging interpolasyon yöntemi ile grafiklendiğinde ocağın eş yükselti haritası ve blok diyagramı elde edilmiştir (Şekil 4.47-48).



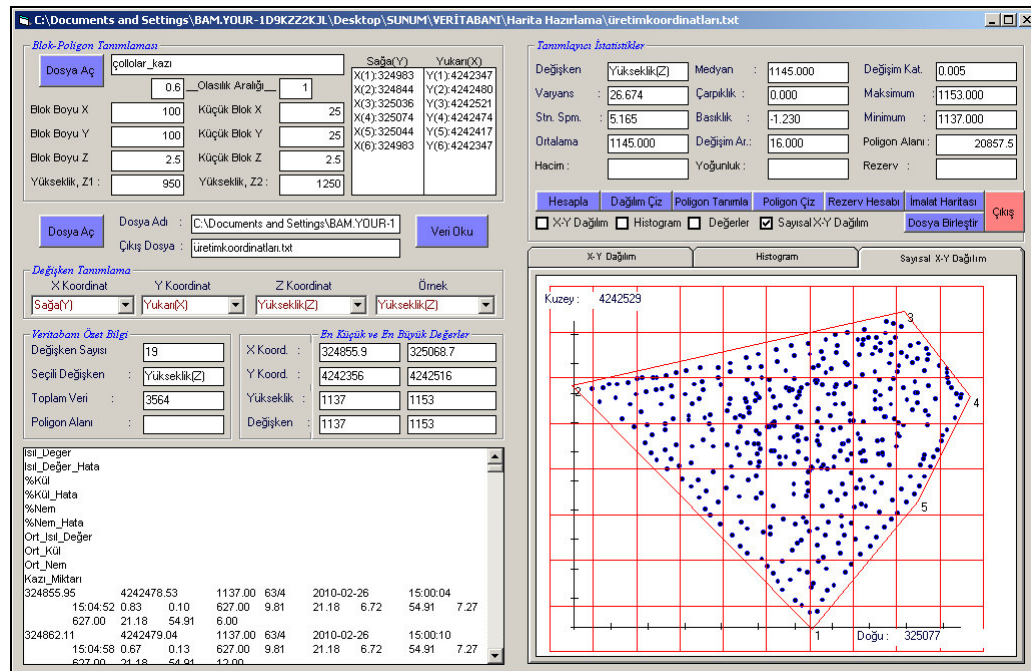
Şekil 4.47. Kışlaköy açık linyit ocağı eş yükselti haritası



Şekil 4.48. Kışlaköy açık linyit ocağının üç boyutlu görünümü

### 4.3.3. Arazi Kullanım Haritalarının Eş Zamanlı Hazırlanması

Ekskavatör kepçesinin kazı arınındaki her hareketinin x (yukarı), y (sağa) ve z (yükseklik) koordinatlarının üretim takip veritabanında kayıt edilmiş olması, yani kazı yapılan koordinatların üç boyutlu olarak elde edilebilmesi, topografyadaki değişimlerin haritalarını hazırlama olanağı sağlamaktadır. Temelde basit bir algoritmaya sahip bu işleme, ender bir durum olduğundan, mevcut ticari yazılımlarda karşılaşılmamış ve bir algoritma geliştirilerek programlanmıştır (Şekil 4.49). Problemin çözümünde izlenen aşamalar ve yazılım çalışma prensibi aşağıda bir örnekle açıklanmaya çalışılmıştır.



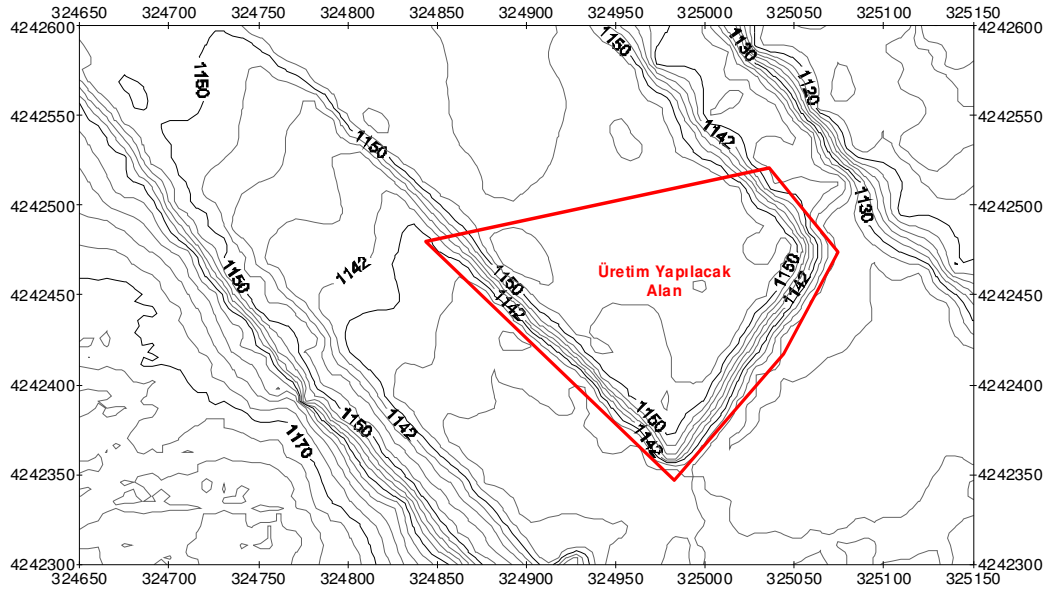
Şekil 4.49. İmalat haritalarının veritabanı analiz ekranından bir görünüm

➤ Öncelikle, kazı öncesi topografya durumunu gösterir eş yükselti haritasının sayısal yükseklik ölçümleri tablo dosyası olarak saklanır. Bu türden bir tablo topografik ölçümlerle elde edilebileceği gibi topografik haritaların sayısallaştırılması yoluyla da temin edilebilir. Kullanılan örnek veriler, Çöllolar açık linyit işletmesinin Nisan-2009 yılına ait kazı haritalarının sayısallaştırılması yoluyla

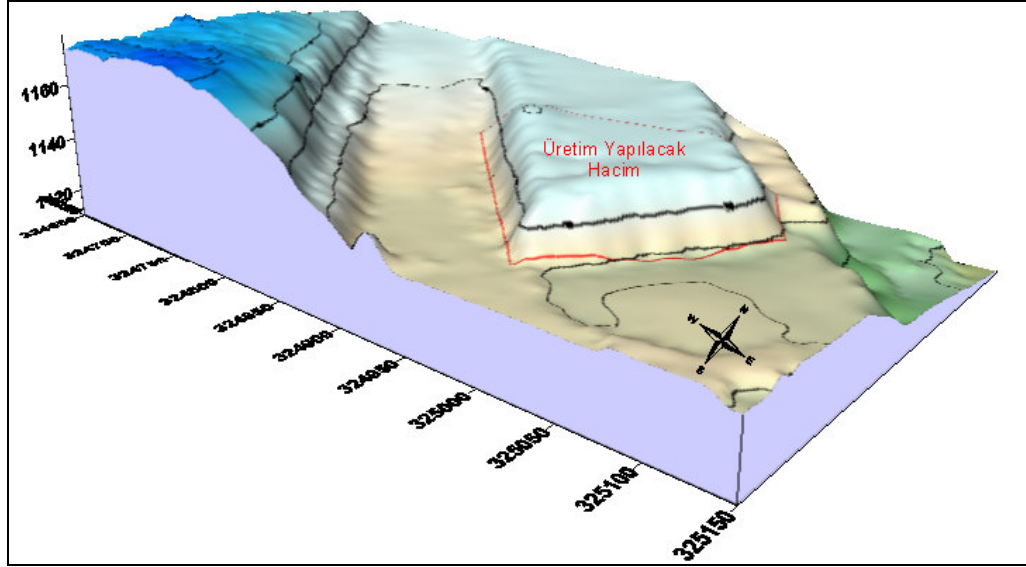
sağlanmıştır. Kazı yapılan koordinatlar ise Çöllolar ocağı batı şevlerinden bir basamağın en üst kotundan en alt kotuna kadar 0.5 metre yükseklik aralıklarında taranması sonucu elde edilerek, üretim takip sistemi veritabanı tablolarına benzer şekilde kaydedilmiştir (Çizelge 4.20).

➤ Şekil 4.50’de gösterilen alanda, tavan kotundan taban kotuna kadar kazı yapılması durumunda, üst kotlardan başlayarak birçok Z (yükseklik) verisi elde edilir. Hatta yatay düzlemde aynı koordinatlara sahip birçok farklı yükselti noktası olması muhtemeldir.

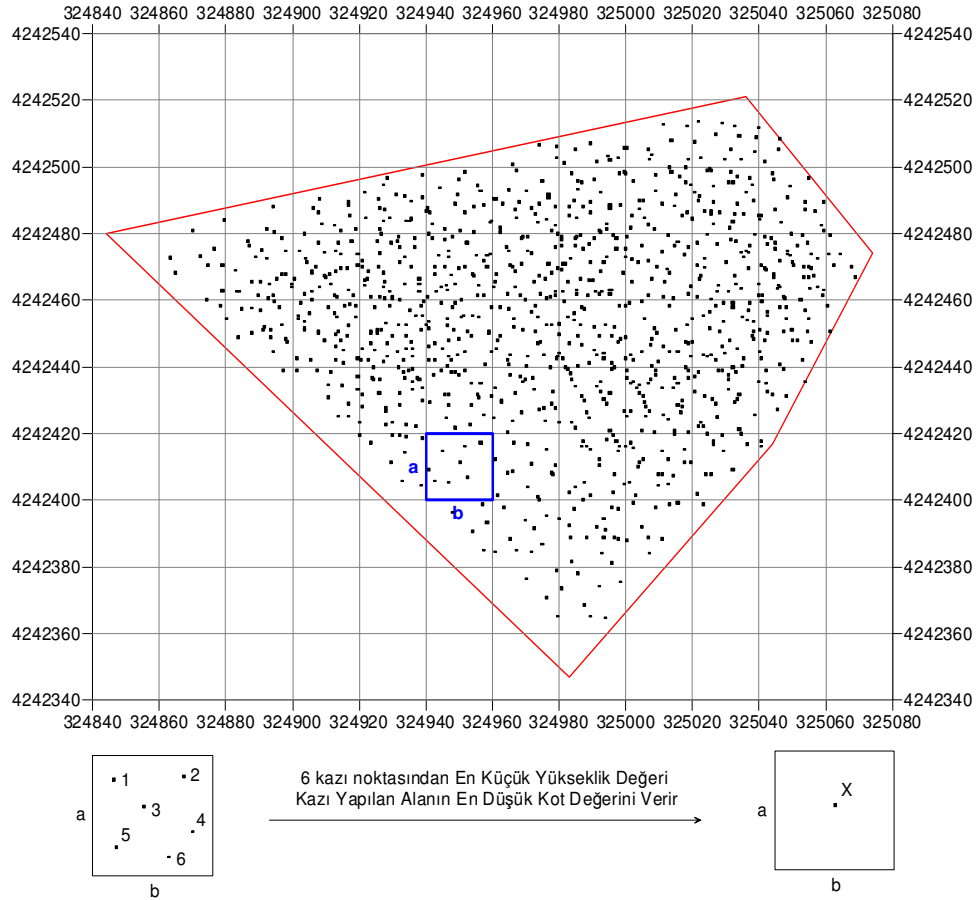
➤ Problemin çözümünde ilk olarak kazı yapılan alan istenilen oranda küçük dörtgenlere bölünür (Şekil 4.52). Şekilde görüldüğü üzere dörtgenlerin içine üst kotlardan başlayarak en düşük kota kadar birçok kazı noktası düşmektedir. Buradaki amaç dörtgenlerin içindeki en düşük kotlu kazı noktalarının bulunmasıdır. Bunun için öncelikle kazı tablosundaki coğrafi koordinatlarda, oluşabilecek her dörtgen için nokta-alan sorgulamaları yapılır, daha sonra dörtgenin içine düşen kazı noktalarından en düşük yükseklik kotuna sahip olanı bulunarak dörtgenin orta noktasının yükseklik değeri olarak alınır. Bu şekilde her dörtgen için yapılan analizler ayrı bir veritabanı olarak y (sağa), x (yukarı) ve z (yükseklik) şeklinde saklanır. Dörtgenlerin boyutları küçüldükçe, elde edilecek eş yükselti haritasının detayları da artacaktır.



Şekil 4.50. Çöllolar açık linyit ocağı batı şevinin kazı öncesi eş yükselti haritası



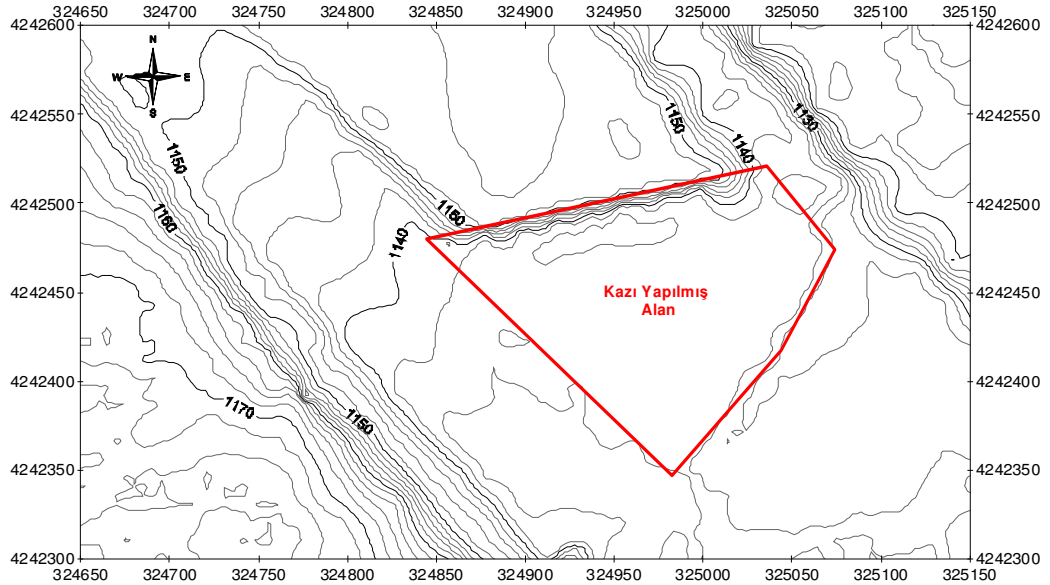
Şekil 4.51. Çöllolar açık linyit ocağı batı şevinin kazı öncesi blok diyagramı



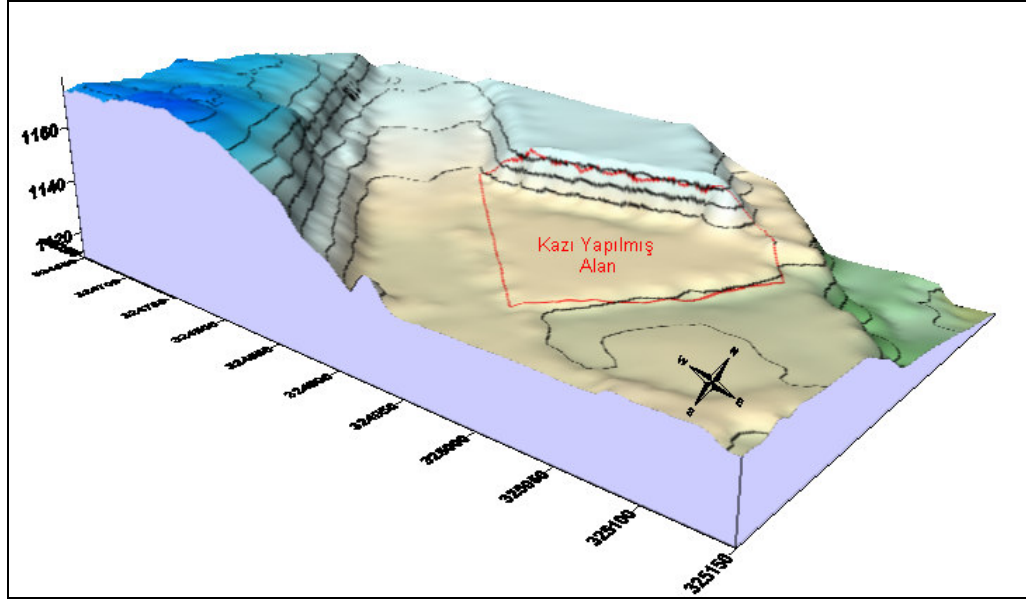
Şekil 4.52. Kazı alanının dörtgenlerle küçük alanlara bölünmesi

➤ Ocağın ilk topografik durumunun tablo dosyasından, nokta-alan sorgulamaları ile üretim yapılan koordinatların kapsadığı alan içerisindeki gözlem noktaları veritabanından silinerek yeni bir dosya oluşturulur. Oluşturulan son dosya ile dörtgenler yoluyla elde edilmiş kazı tablosu birleştirilerek son durumun yükselti dosyası elde edilir.

➤ Bu şekilde elde edilen tablo çeşitli interpolasyon teknikleri ile CBS ortamında grafiklendiğinde ocağın son durumunu gösteren eş yükselti haritası elde edilebilir. Elde edilen bu bulgular sayesinde açık ocağın günlük, haftalık, aylık imalat haritaları topografik ölçümler yapılmaksızın hazırlanabilir (Şekil 53-54).



Şekil 4.53. Çöllolar açık linyit ocağı batı şevinin kazı sonrası eşyüksekti haritası



Şekil 4.54. Çöllolar açık linyit ocağı batı şevinin kazı sonrası blok diyagramı

#### 4.3.4. Rezerv / Kalite ve Linyit Sınırlarının Tespiti

Bu bölümde, üretim planlamacıları açısından önem arz eden kriterler olan rezerv ve kalite dağılımlarının CBS ile tespitinin olanaklarına yer verilmiştir. Problemin tarifi için, sayısal haritalar üzerinden görsel olarak tanımlanan veya GPS alıcısı ile köşe koordinatları ölçülmüş bir alanda, herhangi bir derinliğe kadar kazı yapılması durumu seçilerek, böyle bir durumda üretilecek linyit miktarı ve kalite dağılımlarının istatistikleri ve tematik haritaları belirlenmeye çalışılmıştır.

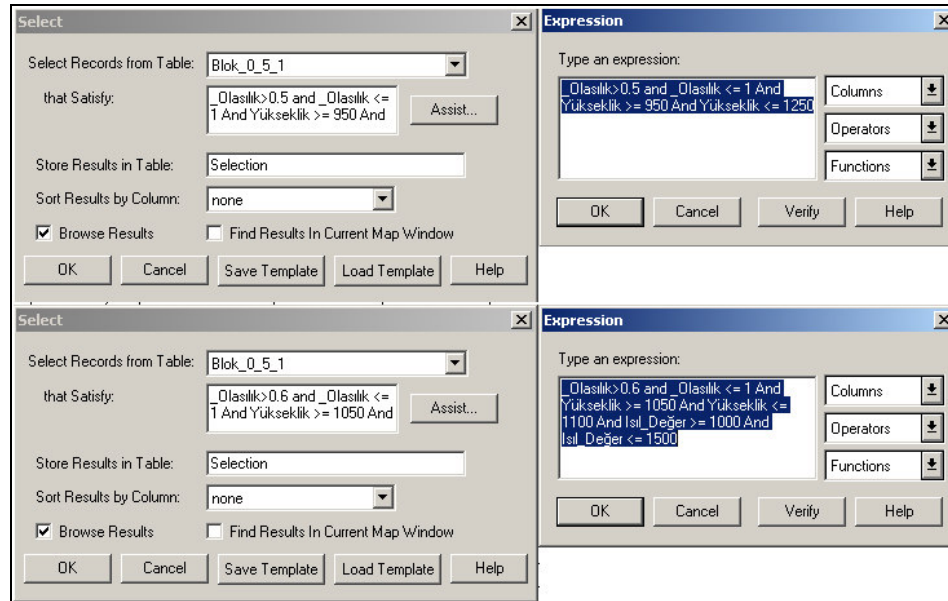
Çizelge 4.19’da verilen veritabanı incelendiğinde her bloğun indikatör değerine göre linyit olma olasılığı bulunmaktadır. Bu yaklaşımla veritabanı olasılık sütunu istenilen aralıklarda sınıflandırılıp grafiklendiğinde, linyit yatağının ilgili olasılıkta sınırları tespit edilebilmektedir. Bu sayede sınırlar dahilindeki kalite dağılımları da belirlenebilmektedir. Benzer şekilde istenilen kalite sınıf aralıkları ve kot farkları arasında tematik haritaların oluşturulabilmesi planlamacılar için doğru karar vermede büyük üstünlükler sağlayacaktır. Bu kapsamda problem, öncelikle CBS yazılımı olan MapInfo kullanımı ile ele alınmış, daha sonra benzer bir algoritma geliştirilerek Visual Basic programla dilinde programlanmıştır.



#### 4.3.4.1. CBS Kullanımı ile Rezerv/Kalite Dağılımlarının Tespiti

CBS ortamında, kriging teknikleri ile hazırlanmış olduğumuz veritabanları kullanılarak, istenilen kot farkları arasında Isıl değer, %Kül ve %Nem verilerinin tematik haritaları oluşturulabilmektedir. Ayrıca, ekrandan seçilen rastgele alanlar üzerinden veritabanında bulunan tüm özneliklerin veya sorgulamalarla oluşturabilecek diğer veritabanlarının istatistiksel bilgilerine ulaşılabilir. Blok hacimlerinin oluşturulan veritabanlarında birer öznelik olarak yer alması rezerv miktarlarının da hesaplanmasına olanak sağlamaktadır. Madencilikte ve özellikle Afşin-Elbistan Termik santralinde önem arz eden kalite kontrolü, bu türden analizlerle gerçekçi bir şekilde yapılabilmektedir. Bu amaçla MapInfo 9.0 programı yardımıyla bazı uygulamalar geliştirilerek aşağıda özetlenmiştir.

Çizelge 4.19’da verilen veri tabanı tablomuz üzerinden yapılan koşullu veritabanı analizlerinde, yüksekliğin 930-1250 m arasında ve indikatör verinin 0.8-1, 0.6-1, 0.5-1 arasında olması şartları aranarak üç ayrı sorgu tablosu oluşturulmuştur (Şekil 4.55). Elde edilen tabloların tematik haritaları hazırlanarak sektör sınırları dahilindeki istatistikler sorgulanmış, sektör bazında kalite ve rezerve ilişkin aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır (Çizelge 4.21-22-23).



Şekil 4.55. Veritabanı analizlerinde aranan koşullardan bir görünüm

Çizelge 4.21. Linyit havzasının görünür rezerv miktarları ve kalite dağılımları

Tanımlanan Poligon	0.8-1 Olasılık Sınırı (Gör. Rezerv, ton*)	Isıl Değer (kcal/kg)	% Nem	%Kül
A Sektörü	1.152.810.000	1082.64	52.56	21.96
B Sektörü	582.120.000	1174.2	50.79	20.00
C Sektörü	399.240.000	1044.26	51.13	21.57
D Sektörü	184.020.000	1031.15	50.59	21.69
E Sektörü	158.280.000	1113.45	50.70	19.49
TOPLAM	2.503.950.000	1094.69	51.65	21.24

\* Linyit yoğunluğu 1.2 ton/m<sup>3</sup> olarak alınmıştır.

Çizelge 4.22. Linyit havzasının muhtemel rezerv miktarları ve kalite dağılımları

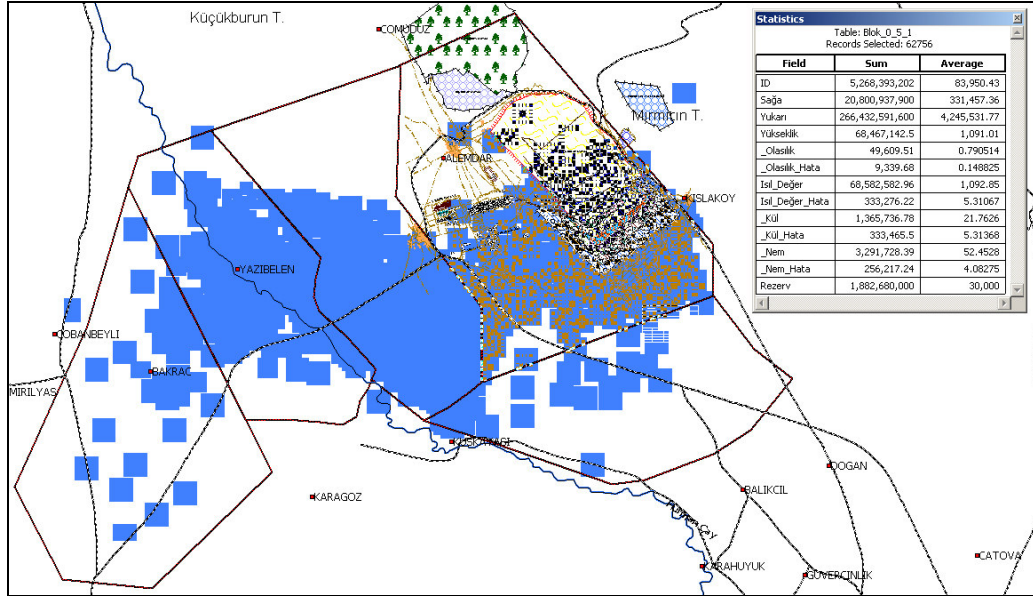
Tanımlanan Poligon	0.6-1 Olasılık Sınırı (+Muh. Rez., ton*)	Isıl Değer (kcal/kg)	% Nem	%Kül
A Sektörü	1.482.900.000	1090.06	52.53	21.82
B Sektörü	852.900.000	1171.05	50.94	19.95
C Sektörü	537.720.000	1043.06	51.00	21.50
D Sektörü	202.710.000	1028.96	50.53	21.66
E Sektörü	220.230.000	1110.58	50.65	19.46
TOPLAM	3.327.450.000	1099.61	51.62	21.12

\* Linyit yoğunluğu 1.2 ton/m<sup>3</sup> olarak alınmıştır.

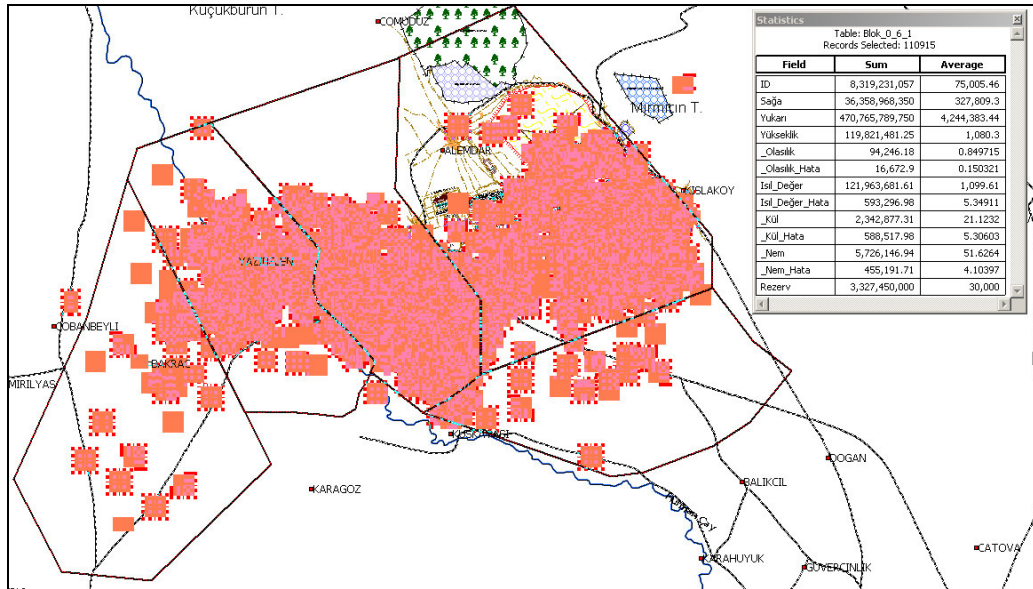
Çizelge 4.23. Linyit havzasının mümkün rezerv miktarları ve kalite dağılımları

Tanımlanan Poligon	0.5-1 Olasılık Sınırı (+Müm. Rez., ton*)	Isıl Değer (kcal/kg)	% Nem	%Kül
A Sektörü	1.882.680.000	1092.85	52.45	21.76
B Sektörü	1.185.630.000	1166.96	51.02	20.03
C Sektörü	749.520.000	1033.12	50.88	21.46
D Sektörü	253.260.000	1024.97	50.60	21.66
E Sektörü	295.800.000	1104.09	50.52	19.36
TOPLAM	4.405.140.000	1098.28	51.56	21.07

\* Linyit yoğunluğu 1.2 ton/m<sup>3</sup> olarak alınmıştır.



Şekil 4.56. 0.5-1 olasılık sınırında A sektörünün sınır/rezerv/kalite analizi



Şekil 4.57. 0.6-1 olasılık sınırında tüm havzanın sınır/rezerv/kalite analizi

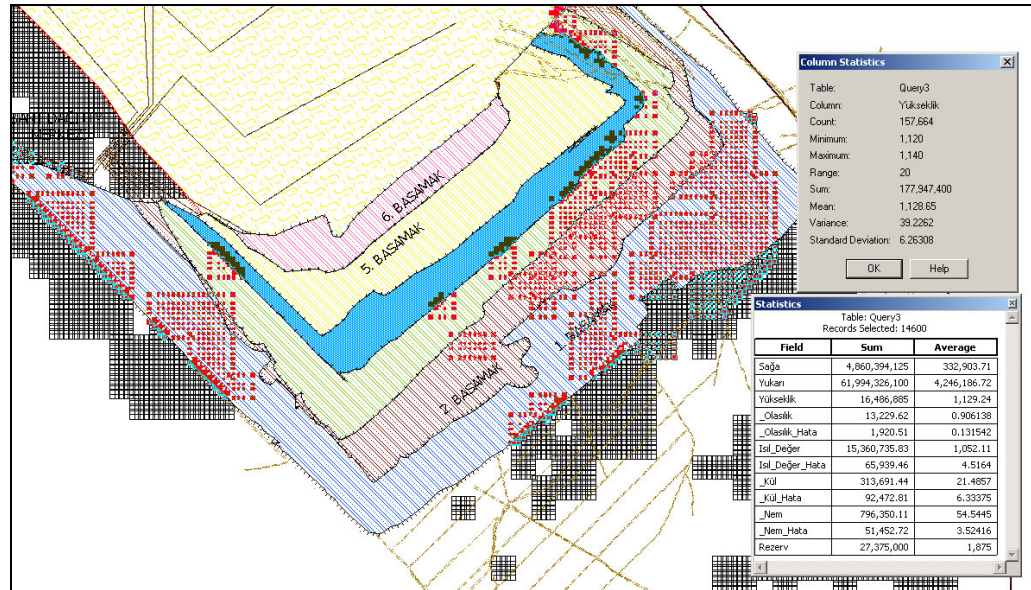
Benzer mantıkla, Kışlaköy açık linyit ocağı basamaklarının tavan ve taban kotları, ekrandan yapılan yükseklik ölçümleri ile tespit edilmiş, 1. basamağın sınırına kadar tavan ve taban kotları arasında linyit üretilmesi şartı gözetilerek veritabanları analiz edilmiş, oluşturulan tematik haritalar ile basamak haritalarının eşleştirilmesi

sonucu yapılan istatistiksel sorgulamalar neticesinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır (Çizelge 4.24; Şekil 4.58-59).

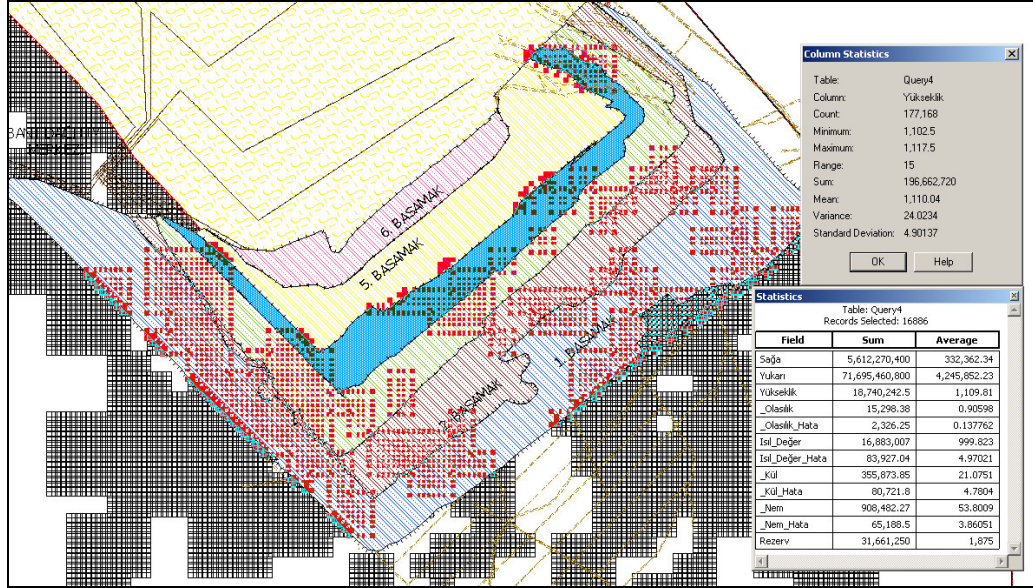
Çizelge 4.24. Üretim kademeleri boyunca tavan-taban kotu arası rezerv ve ortalama kalite dağılımları

Tanımlanan Poligon	0.8-1 Olasılık Sınırı (Gör. Rezerv, ton)*	Taban (m)	Tavan (m)	Isıl Değer (kcal/kg)	% Nem	%Kül
1. Basamak	4.698.750	1182	1161	854.34	53.62	21.50
2. Basamak	13.730.625	1161	1141	991.52	55.70	22.36
3. Basamak	27.375.000	1141	1119	1052.11	54.54	21.48
4. Basamak	31.660.000	1119	1102	999.82	53.80	21.07
5. Basamak	28.248.750	1102	1078	1041,68	53.26	20.58
6. Basamak	29.137.500	1078	1057	1042.24	53.22	20.61

\* Linyit yoğunluğu 1.2 ton/m<sup>3</sup>, basamak sınırlarında ise Nisan 2009 yılında yapılan ölçümler dikkate alınmıştır.

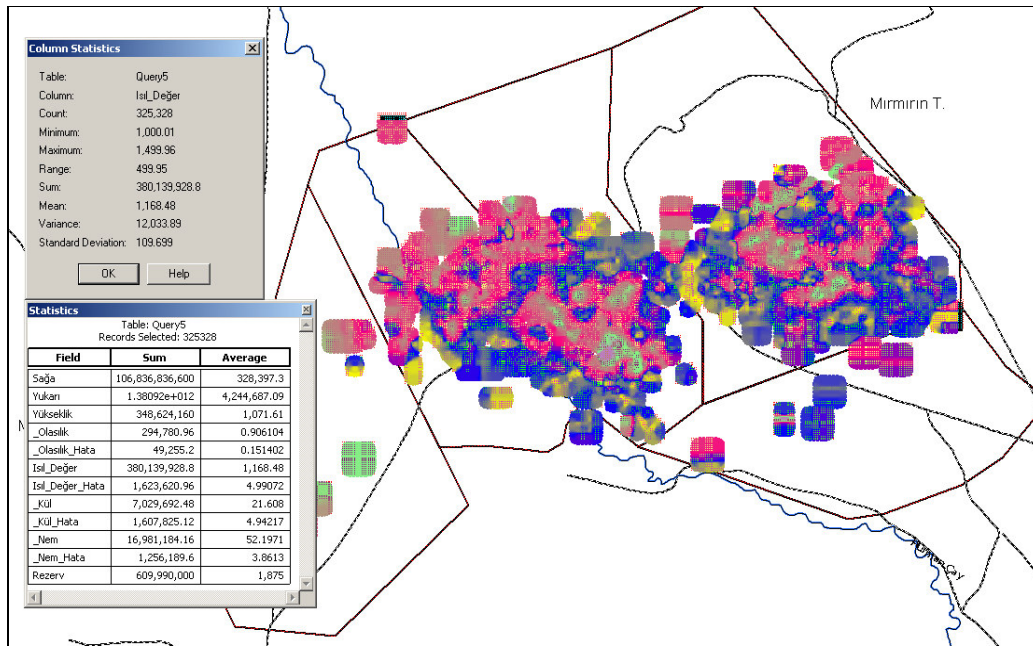


Şekil 4.58. 3. basamak üzerinde 1119-1141 m kotları arası rezerv/kalite analizi



Şekil 4.59. 4. basamak üzerinde 1102-1119 m kotları arası rezerv/kalite analizi

Sorgulamaya esas kalite dağılım haritalarının hazırlanması amacı ile havza bazında 1050-1100 m kotları arasında, Isıl değeri 1000 kcal/kg'den büyük 1500 kcal/kg'den küçük alanlar görüntülenmek istenmiş, yapılan sorgulamalarla oluşturulan tematik kontur haritası ve istatistikleri Şekil 4.60'da sunulmuştur.



Şekil 4.60. 1050-1100 m kot farklarında 1000-1500 kcal/kg arası kalite dağılımı

Afşin - Elbistan Termik Santralinde yakılabilecek linyit özellikleri baz alınarak yapılan bir çalışmada ise havzada doğrudan yakılabilecek linyitin görünür rezerv miktarı hesaplanmıştır. Veritabanlarında yapılan şartlı sorgulamalarda Çizelge 4.25’de verilen kriterler göz önünde bulundurulmuştur.

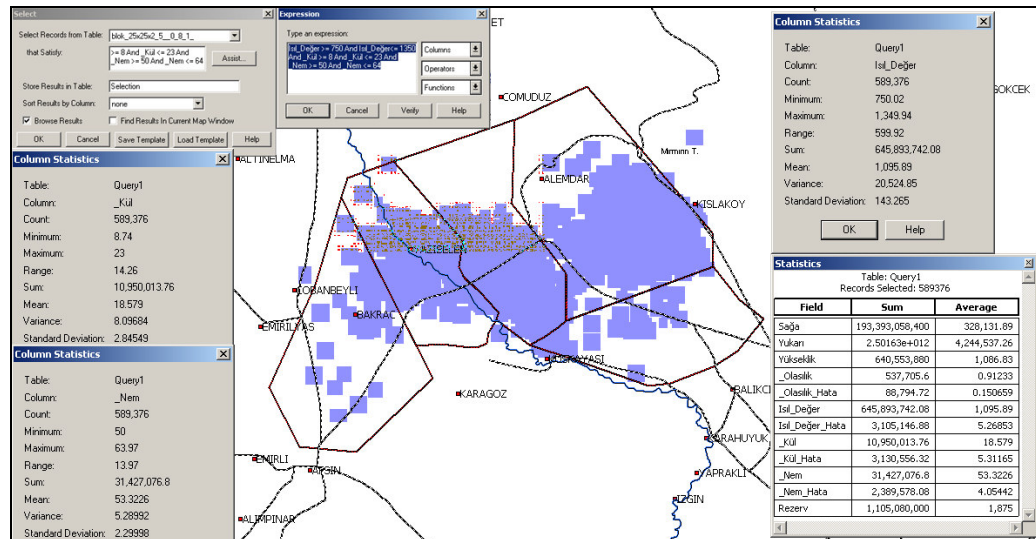
Çizelge 4.25. Santrale verilecek linyitlerin orijinal bazdaki değerleri (TEK, 1992)

Baz kalorifik değer	1050 ± 100 kcal/kg
Minimum kalorifik değer	750 kcal/kg
Maksimum kalorifik değer	1350 kcal/kg
Kül oranı	% 8-23
Nem oranı	% 50-64
Küldeki CaO Oranı	% 20-40

Çizelge 4.26. Santralde doğrudan yakılabilecek linyitin görünür rezerv miktarı

Tanımlanan Poligon	0.8-1 Olasılık Sınırı (Görünür Rezerv, ton*)	Isıl Değer (kcal/kg)	% Nem	%Kül
Tüm Havza	1.105.080.000	1095.89	53.32	18.57

\* Linyit yoğunluğu 1.2 ton/m<sup>3</sup>, küldeki CaO oranı değerlendirmeye alınmamıştır.



Şekil 4.61. Termik santralde doğrudan yakılabilecek linyit dağılımı ve istatistikleri

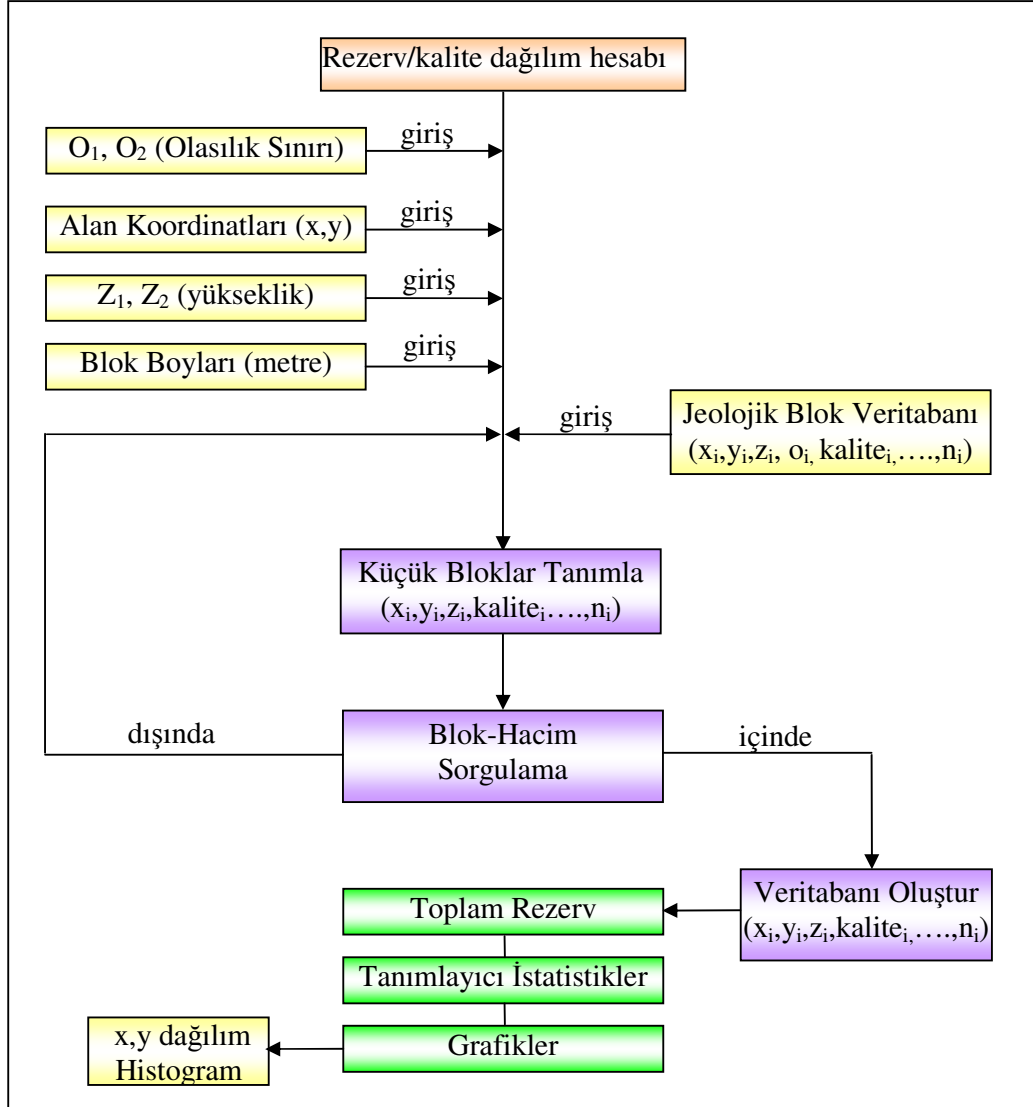
CBS'nin benzer birçok uygulamaya imkan sağladığı, yapılacak sorgulamaların boyutlarının kullanılan veritabanlarının gücü ile paralel olduğu söylenebilir. Bu veritabanları sayesinde tüm haritalar aynı programda, birbirleriyle karşılıklı olarak kullanılabilen, tek başlarına ya da birbirleriyle karşılaştırılarak değerlendirmeler yapılabilmektedir.

#### 4.3.4.2. Hazırlanan Yazılım ile Rezerv/Kalite Dağılımlarının Tespiti

CBS ile yapılan uygulamalarda kullanılan algoritmaya benzer bir mantıkla hazırlanan program sayesinde, kullanıcı, seçilen bir alanda veya herhangi bir üretim basamağı üzerinde istenilen iki kot farkı arasında kazı yapılması durumunda üretilecek linyit miktarı ve kalite dağılımlarının tespitini olasılıklı olarak belirleyebilmektedir. Bu sayede üretim öncesi verilecek kararların riski belirlenen olasılık dahilinde gerçekleştirilebilecektir.

Problemin çözümünde kullanılan veriler şu şekildedir;

- Linyit yatağının üç boyutlu jeolojik blok veritabanı: Bu veritabanı Bölüm 4.2'de anlatılan metotlarla elde edilmiştir (Çizelge 4.19). Veritabanında bulunan blokların koordinatları (x (yukarı), y (sağa), z (yükseklik)) bloğun merkezi baz alınarak hazırlanmış olmalıdır.
- Kazı yapılacak alanın köşe koordinatları: Bu koordinatlar GPS alıcısı ile elde edilebileceği gibi sayısal haritalar üzerinde ekrandan giriş yapılarak da tanımlanabilir. Buradaki önemli olan nokta, poligon alanının köşe koordinatları saat yönü veya tersi yönde düzgün sıralanarak tanımlanmalı ve ilk koordinat noktası son koordinat noktası olarak tekrar kaydedilerek kapalı bir alan olması sağlanmalıdır.
- Kazı yapılacak yükseklik kotları:  $Z_1$  ve  $Z_2$  kotları jeolojik blok veritabanımızda bulunan Z (yükseklik) koordinatları ile aynı koordinat sistemine sahip coğrafi yükseklikler olmalıdır.
- Veritabanındaki blok boyutları: Blok kriging yöntemiyle elde edilmiş jeolojik blokların kenar uzunlukları belirlenmelidir. Bu veri zaten kriging aşamasında tanımlandığı için bilinebilir veya veritabanına bakmak suretiyle elde edilebilir.

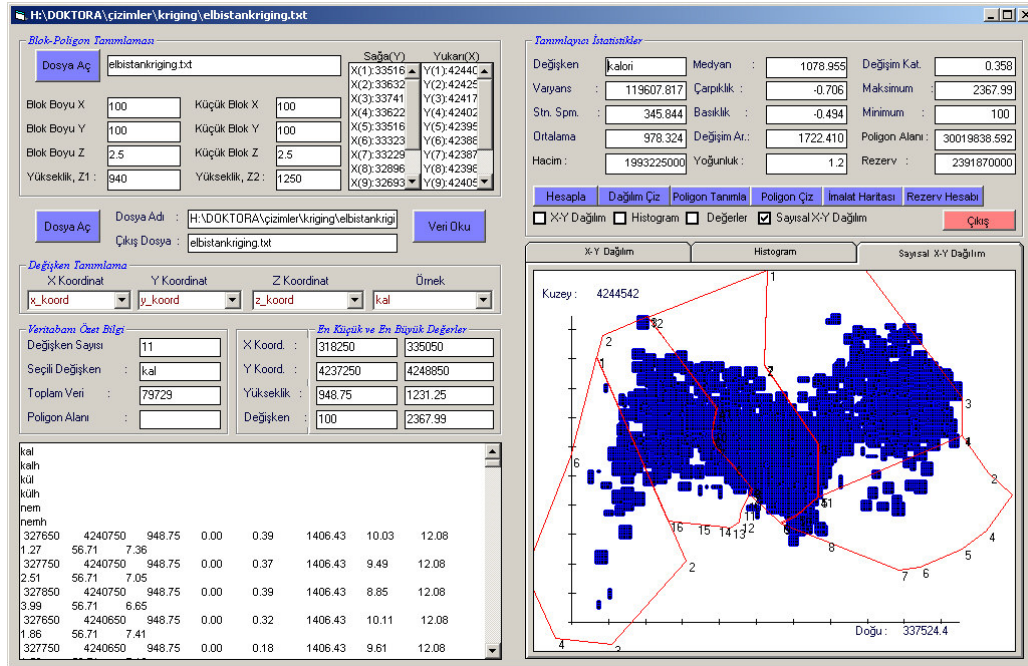


Şekil 4.62. Rezerv/kalite dağılım programının genel çalışma prensibi

Eldeki verilerle problem çözümüde izlenen aşamalar şu şekildedir;

➤ Blok kriging yöntemiyle elde edilmiş jeolojik blok veritabanımızdan istenilen olasılık sınırları dahilinde, tanımlanan poligon alanı ve  $Z_1, Z_2$  yükseklikleri içinde kalan bloklar seçilmiş ve ayrı bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bölüm 4.3. de anlatıldığı üzere jeolojik bloklar blok orta noktaları baz alınarak koordinatlarla tanımlanmaktadır. Blok orta noktaları, tanımlanan hacim içine düşmesine rağmen bloğun bir kısmının tanımlanan hacmin dışında veya tersi bir durumun olması kaçınılmazdır (Şekil 4.64).



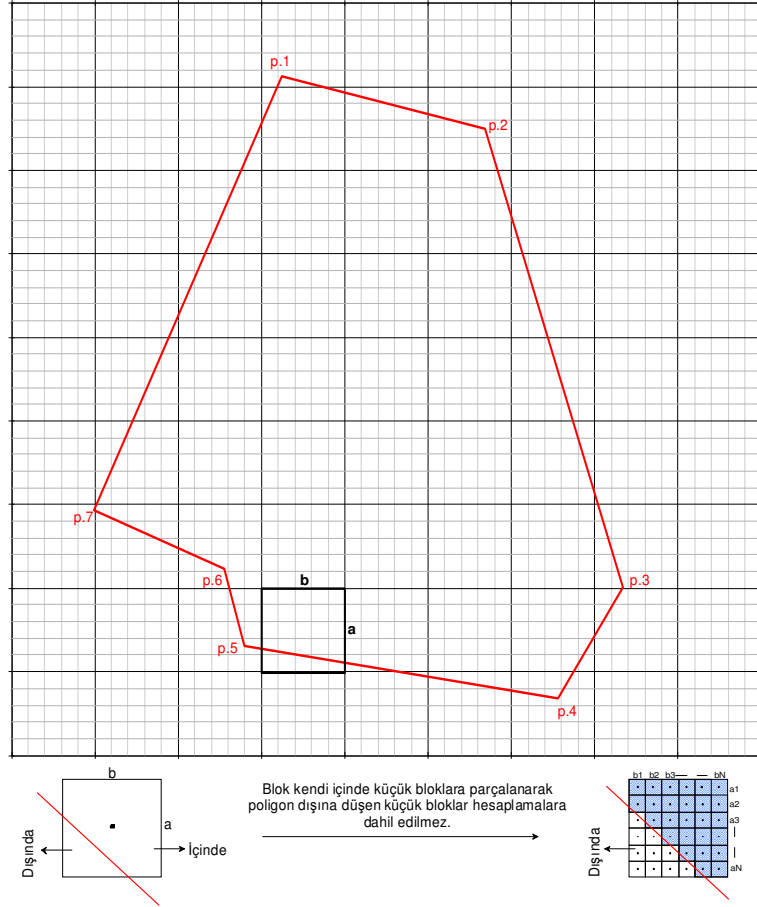


Şekil 4.63. Poligon alanı ve blokların dağılımını gösterir ekran

➤ Problemin çözümü için veritabanımızdaki bloklar kendi içinde daha küçük bloklara bölünmüş, her küçük bloğun orta noktasına koordinat ve linyit kalitesi değer atamaları yapılmıştır. Koordinat değer atamalarında, x (yukarı), y (sağa) ve z (yükseklik) konumu hesaplanmış, kalite değeri atamalarında ise temsil ettiği büyük bloğun kalite değeri değiştirilmeden alınmıştır. Bu sayede tanımlanan hacim içinde kalan tüm bloklar ve detayları hesaplamalara dahil edilmiş ve Bölüm 3.2 de anlatılan metotlar kullanılarak nokta hacim sorgulamaları gerçekleştirilmiştir.

➤ Blok-hacim sorgulamalarında jeolojik blok veritabanımızda tanımlı sadece belirlenen olasılığa sahip bloklar ele alınarak hacim ve kalite dağılımlarının tanımlayıcı istatistikleri belirlenmiştir. Bu sayede termik santrale gönderilecek olan, henüz üretimi yapılmamış alanlardaki linyitlerin kalite ve miktarlarına dair bilgi sahibi olunmuştur.

100x100x2.5 metrelik blok boyutlarında olan veritabanından, Şekil 4.63'deki linyit sektörleri kazısı yapılacak birer poligon alanı olarak belirlenmiş ve poligonlar içine düşen 950-1230 metreler arasındaki 25x25x2.5 metre boylarındaki 0.8-1 olasılıkla linyit olan bloklar seçilerek, elde edilen kalite dağılımlarının tanımlayıcı istatistikleri belirlenmiştir.



Şekil 4.64. Blok-hacim sorgulamaları ve blok analizi

Tüm linyit yatağı poligon alanı olarak seçilip linyitin en alt kotu ile en üst kotu arası seçilerek yapılmış bir analizde ise yatağın toplam görünür rezervine ve ortalama kalitelerine ulaşılmıştır (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.27. Linyit havzasının 950 – 1230 m arası rezerv-kalite dağılımları

Tanımlanan Poligon	(25x25x2.5 m)		Rezerv (ton) (d: 1.2 ton/m <sup>3</sup> )	Isıl Değer	% Nem	% Kül
	Blok Sayısı	Hacim (m <sup>3</sup> )				
A Sektörü	622.615	966.775.000	1.167.403.125	1084,46	52,58	21,90
B Sektörü	315.144	492.412.500	590.895.000	1175,97	50,76	20,00
C Sektörü	215.603	336.879.687.5	404.255.625	1042,09	50,98	21,58
D Sektörü	98.872	154.487.500	185.385.000	1031,29	50,42	21,88
E Sektörü	84.764	132.443.750	158.932.500	1119,51	50,64	19,41
TOPLAM	1.352.512	2.113.300.000	2.535.960.000	1094,69	51,65	21,24
Diğer	-	-	29.088,750	-	-	-

Hazırlanan program yardımıyla veritabanındaki blokların, daha küçük bloklara bölünerek nokta-poligon sorgulamalarının gerçekleştirilmesi sonucu, kalite ortalamaları ve rezerv hesaplamalarındaki hatalar minimize edilmiştir. CBS analizlerinde kullanılan veritabanında 100x100x2.5 m'lik bloklar yer aldığından, bulunan sonuçlar toplam rezervde farklılık göstermez iken sektör bazında ise değişim göstermektedir (Çizelge 4.21;4.27). CBS'de bu tür bir hatayı minimize etmek için interpolasyon yöntemleri kullanılarak noktasal veriler alansal verilere dönüştürülmektedir. Fakat interpolasyon yapılması durumunda yapılan tahminlerin hataları blok boyu düştükçe doğal olarak artacaktır. Diğer yandan veritabanlarındaki blok boyları, kalite değerleri değiştirilmeden küçültülerek de hatalar minimize edilebilir. Nitekim elde edilen 25x25x2.5 m boyutlarındaki blokları içeren veritabanı ile yapılan CBS analizlerinde Çizelge 4.21 ile aynı sonuçlara ulaşılmıştır.

CBS'nin güçlü grafik özellikleri ve hızlı veri çözümleme yetenekleri ile klasik programlara göre daha modüler olduğu, CBS ile yapılan rezerv hesaplamaları veya benzer durum analizlerinde, veritabanlarındaki blok veya alan boyutlarının göz önünde bulundurulması, yapılacak interpolasyonlarda kullanılan fonksiyonların rastgele seçilmemesi gerektiği söylenebilir.

## 5. SONUÇLAR

Literatür araştırmaları, GPS teknolojisi ve CBS yöntemleri kullanılarak kömür üretim ve kalitesinin takibine olanak sağlamasına yarayacak bir algoritma geliştirmek ve programlamak, kömür yatağına ait jeolojik ve sondaj verilerinin araştırılması, verilerin geliştirilen programa aktarılması ve analiz sonuçlarının değerlendirilerek raporlarının hazırlanması şeklinde yürütölmüş olan bu doktora çalışmasında aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

i. Literatür araştırmalarında, CBS yöntemler kullanılarak cevher yataklarının modellenmesi üzerine yapılan önceki çalışmalar ve ilgili yayınlar irdelenmiş, bu süreçte CBS analizi ve GPS üzerine entegre bir algoritma geliştirilerek Visual Basic Programlama dilinde kodlanarak paket program haline getirilmiştir.

ii. CBS veritabanı çatısının kurulması sonucu olarak grafik ve grafik olmayan veriler ile bu veriler arasındaki mantıksal ve topolojik ilişkileri bütünleşik olarak işleyebilme ve böylece konuma bağlı analizleri gerçekteşirme olanağına sahip “Üretim Takip ve Planlama Bilgi Sistemi” geliştirilmiştir. Sistem sayesinde madencilik faaliyetlerinde kullanılan veriler düzen içerisine oturtularak erişilebilirlikleri artırılmıştır. Bu sayede de madencilik faaliyetlerini yerine getirilmesinde optimum kararlar verebilmek, maden faaliyetlerini bir bütönlük içerisinde irdelemek, madenlere ait konumsal ve konumsal olmayan verilerin ilişkilendirilip gerekli sorgu ve analizlerin yapılmasına olanak sağlanmışır.

iii. Sorgulamalarda kullanılan grafiksel veritabanının oluşturulmasında ilk olarak söz konusu çalışma sahasını da kapsayan 1/25.000 ölçekli L38/A1-A4, L37/B2-B3, 1/100.000 ölçekli L37 ve L38 pafta numaralı topografik ve jeolojik haritalar MapInfo 9.0 programı ortamında UTM projeksiyon sisteminde 37. Zone - 39. Dilim Orta Meridyeninde ve ED50 elipsoide uygun olarak düzlemsel izdüşüme oturtularak memleket koordinatlarına dönüştürölmüştür. Çalışmalarda kullanılan grafiksel verilerden karayolları, ocak içi yollar, üretim nakil bantları, ocak sınırları, ruhsat sınırları, idari sınır ve binalar, yeşil alanlar, basamaklar, şevler, jeolojik birimler, sondaj lokasyonu, ilçe, bucak, köy, vb. yerler ayrı birer katman olarak ele

alınarak sayısallaştırılmıştır. Ayrıca topografik haritalar üzerinde bulunan eşyükselemler, yollar ve dereler gibi çizgisel grafiklerin tablosal veri tabanı girişi için bilgisayar programı hazırlanmış, program ile oluşturulan x (yukarı), y (sağa), y (yükseklik) tablosal veritabanları sayesinde eş yükselti eğrilerinin CBS ortamında korelasyonuna ve üç boyutlu görünümüne imkan sağlanmıştır.

**iv.** Isıl değer, %Kül, %Nem gibi değişkenlerin tablosal veri tabanlarının hazırlanması için öncelikle linyit içeren seviyeler ve sınırları tahmin edilmeye çalışılmış, daha sonra bu sınırlar dahilindeki kalite dağılımlarının, tablosal ve grafiksel verileri hazırlanmıştır. Modelleme için ve cevherleşmenin karakteristiğini belirlemek amacıyla sondajlara ait kalite verileri ele alınarak, tanımlayıcı istatistikleri belirlenmiş ve linyit yatağının düzenli yataklanma gösterdiği tespit edilmiştir.

**v.** Linyit yatağının sınırlarının belirlenmesi amacı ile bölgede yapılan 774 adet sondajdan elde edilen 25791 karotun sonuçları cevher kesip kesmediğine göre sınıflandırılmış; yarıvariogram analizi neticesinde indikatör deneysel yarıvariogram eğrisini temsil eden en uygun modelin Gauss tip yarıvariogram modeli olduğu belirlenmiştir. Elde edilen model parametreleri yardımıyla indikatör kriging yöntemi kullanılarak linyit yatağı 100x100x2.5 m boyutlarında bloklara bölünerek 112 ayrı seviyede sınırları saptanmıştır.

**vi.** Bilinen linyit yatağı sınırlara göre kalite dağılımlarını belirlemek amacıyla Isıl değer, %Kül, %Nem değişkenlerinin öncelikle yarıvariogram analizleri yapılmış ve elde edilen deneysel Isıl değer, %Kül, %Nem yarıvariogram yapılarına karşılık en uygun teorik yarıvariogram belirlenerek çapraz doğrulama tekniği ile doğrulanmıştır.

**vii.** Isıl değer, %Kül içeriği ve %Nem içeriği teorik yarıvariogram modellerine göre kriging çalışması için, öncelikle, linyit sınırları koordinatları belli olan bir poligon alanı olarak tanımlanmış, daha sonra coğrafi koordinatları 316800 - 337300 (doğu-batı), 4237200 - 4250000 (kuzey-güney), 950 - 1250 m (yükseklik) olan çalışma alanı, 100x100x2.5 m boyutlarında bloklara bölünerek, her bir bloğun ortalama kalite değerleri blok kriging yöntemi ile tahmin edilerek tablosal veritabanları ve dağılım haritaları hazırlanmıştır.

**viii.** Ekskavatör üzerine yerleştirilmiş GPS alıcısı vasıtasıyla elde edilen konum bilgileri, CBS çatısı altında toplanmış grafiksel ve tablosal veritabanlarından sorgulanarak, linyit üretimine eş zamanlı miktar, ısı değer, nem, kül v.b. kalite değerleri ve tanımlayıcı istatistikleri harmanlama gibi diğer madencilik faaliyetlerinde kullanılmak üzere veritabanı olarak saklanmıştır.

**ix.** Kazı yapılan koordinatların üç boyutlu olarak elde edilebilmesi, topografyadaki değişimlerin haritalarını hazırlama olanağı sağlamış, bu amaçla bir yazılım geliştirilerek örnek bir uygulama yapılmış, bu sayede arazi kullanım haritalarının oluşturulabileceği ortaya konulmuştur. Kurulan GPS sistemi ve hazırlanan yazılım sayesinde istenilen bir zaman dilimine ait imalat haritalarının hazırlanmasına imkan sağlanmıştır.

**x.** CBS yazılımı olan MapInfo yardımıyla, toplamış olduğumuz grafiksel ve tablosal veritabanları üzerinde koşullu analizler yapılmış, ekrandan seçilen rastgele alanlar üzerinden veritabanında bulunan tüm özniteliklerin veya sorgulamalarla oluşturabilecek diğer veritabanlarının istatistiksel bilgileri ve rezerv miktarlarına ulaşılabileceği, ayrıca tematik haritalarının hazırlanabileceği ortaya konulmuştur.

**xi.** Sayısal haritalar üzerinden tanımlanan bir alanda, herhangi bir derinliğe kadar kazı yapılması durumu gözetilerek üretilecek linyit miktarı ve kalite dağılım istatistiklerinin belirlenmesi amacı için geliştirilen algoritmaya göre bir bilgisayar programı yazılmıştır. Bu program sayesinde, tüm linyit yatağı sınırları poligon alanı olarak tanımlanmış, linyitin en alt kotu ile en üst kotu arasında kazı yapılması durumu değerlendirilerek yatağın sektör bazında ve tamamının rezervi ile ortalama kalitelerine ulaşılmıştır. Havzanın toplam rezervi 2.535 milyar ton ortalama kalorisi 1094.69, Kül içeriği %19.41, Nem içeriği ise %51.65 olarak bulunmuştur. Bulunan bu rezerv indikatör kriging sonucu elde etmiş olduğumuz olasılık dağılımında 0.8-1 indikatör değeri almış blokların toplam rezervi niteliğinde olup, 0.6-1 arası indikatör değere sahip blokların rezervi yani muhtemel rezerv 3.327 milyar ton olarak hesaplanmıştır.

**xii.** Çalışmanın amacına yönelik hazırlanan üretim takip bilgi sistemi yazılımının aynı zamanda gezici GPS olması, konum bilgisine ihtiyaç duyan tüm CBS özniteliklerinin konumlarını, kullanıldığı bilgisayarın hafızasıyla sınırlı olarak

kayıt altına alabilmesi, Mobil CBS uygulamalarında geniş bir kullanım alanı bulacaktır. Öyleki, son yıllarda dünyada birçok resmi kurum, yerel idare ya da özel şirket, iş verimliliğini artırmak ve maliyeti düşürmek amacıyla çalışmalarında artık Mobil CBS'ni tercih etmektedir.

CBS ve GPS teknolojileri kullanımı ile madencilik faaliyetlerinin hepsini içeren bir bilgi sistemi oluşturularak, maden mühendisinin tüm madencilik faaliyetlerini toplu halde bir sistemde görmesi, gerekli sorgulamaları ve analizleri yaparak doğru karar vermesine olanak sağlayan bu türden bir çalışma ile ayrıca:

- Üretim planlamasının yapılmasına,
- Maden kazalarının ocak haritasında işlenmesi ve bu haritadan yararlanılarak olası risk haritasının elde edilmesine,
- Personele ait veri tabanının oluşturulması ve personelin çalıştığı bölümler ile ilişkilendirilmesine,
- Ocak ile ilgili istenilen her türlü tematik haritanın hazırlanabilmesine,
- Madene ait her türlü değişim ve ölçümlerin bilgisayar ortamında kısa zamanda güncellenebilmesine,
- Kamyon gibi diğer iş makinelerinin sayısal haritalar üzerinde izlenebilmesine de, olanak sağlanmaktadır.

CBS ve GPS teknolojilerin madencilikte kullanımı, madencilikte kontrol ve izleme işlemlerini daha etkin hale getirdiğinden bu teknolojilerin kullanımının ülkemiz madenciliğine büyük katkılar sağlayacağı şüphesizdir. Bu çerçevede, Maden Mühendisliği bölümlerinde Coğrafi Bilgi Sistemleri eğitimlerinin verilmesi ve madencilerimizin kendi maden bilgi sistemleri ve GPS istasyonlarını tesis ederek daha ekonomik ve etkin bir üretim gerçekleştirmeleri önerilir.

## KAYNAKLAR

- AKBULUT, İ., AKSOY, T., ÇAĞLAN, D., ÖLMEZ, T., 2007. Afşin-Elbistan Kışlaköy Açık Kömür İşletmesi Şev Stabilitesi Çalışması. MTA, Rapor, Ankara, s.130.
- JAROSZ, A.P., ve FINLAYSON R., 2003. GPS Guidance System and Reduction of Open Pit Mining Costs and Revenue, Australia, <http://costkiller.net/tribune/Tribu-PDF/GPS-Guidance-System-and-Reduction-of-Open-Pit-Mining-Costs-and-Revenue-Loss.pdf>, Erişim Tarihi, 05.01.2010.
- ARIOĞLU, E., YILMAZ, A.O., 2001. Pratik Madencilik Problemleri, TMMOB, Maden Mühendisleri Odası, Ankara, s. 296.
- ARMSTRONG, 1997. Geostatistique Lineaire Application au Domaine Minier, 1997. ISBN : 2-911762-07-X, Paris, p.113.
- ARSLAN, E., 1997. GPS Koordinatlarından Ülke Koordinatlarına Dönüşüm, Türkiye 6. Bilimsel ve Teknik Harita Kurultayı, Ankara, s. 303-319.
- ATABEY, E., BAYDAR, O., BEDİ, Y., TARHAN, N., UYSAL, Ş., YILMAZ, A., ve YOLDAŞ, R., 1994. 1/100000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Elbistan-İ23;i24 Paftası, 1994, MTA Yayınları, Ankara
- ATAK, S. ve ÖNAL, G., 1991. Kömür Hazırlama ve Tesisleri, Kömür, (ed) Kural, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, s. 236- 274.
- AUDET, R., ve LUDWIG,G., 2003. GIS in Schools. ABD-California-Red Lands: ESRI Pres, p.103.
- AYDIN, Ö., 2000, Madencilik Ölçmeleri,YTÜ yayınları, No: İn.Jfm-2000.002, İstanbul.
- AYDOĞAN, M., 1978. K.Maraş-Elbistan-Çöllolar Kömür Yatağı Fizibilite Araştırması. MTA Raporu. Derleme No: 6413, Ankara.(Yayınlanmamış).
- AYDOĞAN, M., GÜRSOY, E. ve ÖZCAN, K., 1982. K.Maraş Afşin Elbistan Havzası- Afşin C Sektörü Kömür Yatağı Fizibilite Araştırması. MTA Rad. Min. ve Kömür Dairesi.



- AYHAN M.E., DEMİR C., LENK O., KILIÇOĞLU A., AKTUĞ B., AÇIKGÖZ M., FIRAT O., ŞENGÜN Y.S., CİNGÖZ A., GÜRDAL, M.A., KURT A.İ., OCAK M., TÜRKEZER A., YILDIZ H., BAYAZIT N., ATA M., ÇAĞLAR Y., ve ÖZERKAN A., 2002. Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı-1999A (TUTGA-99A). Harita Dergisi, Özel Sayı No. 16, Harita Genel Komutanlığı, Ankara, s.72.
- AYKUL, H., 1999. Selection of Selective Mining Methods and Equipment at Coal Seams Containing Interburden. Dokuz Eylül University, Ph.D Thesis, s.210.
- BLEWITT, G., 1993. Advances in Global Positioning System Technology for Geodynamics Investigations: 1978-1992. Contributions of Space Geodesy to Geodynamics, Technology, p.25.
- \_\_\_\_\_. 1998. GPS Data Processing Methodology: From Theory to Applications, in GPS for Geodesy. Edited by A. Klausberg and P.J.G.Teunissen.(Eds), Springer-Verlag, Berlin, p. 231-270.
- BRAASCH, M. S., 1994. Isolation of GPS Multipath and Receiver Tracking Errors, Navigation: Journal of The Institute of Navigation, vol.41
- CHRISMAN, N., 1984. On Storage of Coordinates in Geographic Information Systems. Geoprocessing, p.259-270.
- \_\_\_\_\_. 2002. Exploring Geographic Information Systems. John Wiley and Sons, p.305
- CLARK, I., 1979. Practical Geostatistics, Department of Mineral Resources Engineering. Royal School of Mines, Imperial College of Science and Technology, London U.K.
- CLARK, I., and HARPER, W.V., 2000. Practical Geostatistics. 2000, Geostokos (Ecosse) Limited, London,U.K., p.151
- ÇELİK, R., 2007. Diyarbakır Ovasının Yeraltı Sularının incelenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile Modellenmesi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Phd., Elazığ.

- ÇETİN, M. 1996. Jeostatistiksel Yöntem İle Nokta ve Alansal Yağışların Saptanması ve Stokastik Olarak Modellenmesi. Örnek Havza Uygulamaları, Çukurova Üniv., Fen Bil. Ens., Doktora Tezi, Adana.
- ÇETİN, M., ve KIRDA, C., 2003. Spatial and temporal changes of soil salinity in a cotton field irrigated with low-quality water. Journal of Hydrology, Volume 272, Issues 1-4, 10 March 2003, p. 238-249.
- ÇİVRİL, Ö., 2006. Araçların Uydular (GPS – Global Positioning System) Yardımı ile Dünya Üzerindeki Konum ve Hareketlerinin Sayısal Haritalar Üzerinde İzlenmesi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Denizli, s.65.
- DAĞ, A., 1997. Döner Kepçeli Ekskavatör Açık İşletme Yönteminde Bilgisayar Destekli Üretim Planlaması: Afşin-Elbistan Linyit İşletmesi Çöllolar Sahasına Uygulanması. Çukurova Üniv., Fen Bil. Ens., Doktora Tezi, Adana, s.184.
- DAG, A., and MERT, B.A., 2008. "Evaluating Thickness of Bauxite Deposit Using Indicator Geostatistics and Fuzzy Estimation", Resource Geology, 58, 2, 188-195.
- DANA, P. H., 2000. Map Projection Overview. <http://www.colorado.edu/geography/gecraft/notes/mapproj/mapproj.html>, Erişim Tarihi, 06.05.2009.
- DANA, P. H., 1999. Coordinate Systems Overview. [www.colorado.edu/geography/gecraft/notes/coordsys/coordsys.html](http://www.colorado.edu/geography/gecraft/notes/coordsys/coordsys.html), Erişim Tarihi, 06.05.2009.
- DAVID, M., 1988. Handbook of Applied Advanced Geostatistical Ore Reserve Estimation. Elsevier Science Publishing Company Inc., Amsterdam., p.216.
- DAVIS, B., 2001. GIS: A Visual Approach. OnWord Press., 2nd Edition Canada, p. 433.
- DEMİRKOL, E., GÜRDAL, M.A., ve YILDIRIM, A., 2002. Avrupa Datumu 1950 (European Datum 1950: Ed-50) ile Dünya Jeodezik Sistemi 1984 (World Geodetic System 1984: WGS84) Arasında Datum (Koordinat) Dönüşümü ve Askeri Uygulamaları, [http://www.hgk.mil.tr/haritalar\\_projeler/](http://www.hgk.mil.tr/haritalar_projeler/)

- bildiriler/jeodezi/makale(pdf)/jeo\_tek\_bil6.pdf, s.15. Erişim Tarihi, Kasım, 2009.
- DEUTSCH, C.V., and JOURNAL, A.G., 1992. Geostatistical Software Library and User's Guide. Oxford University Press, Inc., NewYork, USA., p.363.
- DOWD., P.A., 1992. Basic Geostatistics for the Mining Industry. The University of Leeds, 1992, UK, p.226.
- DOĞAN, T., ÖZKAN, M., ÖZER, Ü., KAPAR, K., KAHRİMAN, A. ve ERÇELEBİ, S., 2007. Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) Rezerv Tespitinde Kullanılabilirliği. İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fak. Dergisi, C.20, s.2,s.81-91, İstanbul, 2007.
- DUEKER, K., J., KJERNE, D., 1989. Multipurpose cadastre: Terms and definitions. ASPRS and ACSM, Falls Church, s.7-8.
- ERGÜDER, G., KIZILDAĞ, G. ve GÜNKEL, G., 2000. AEL Kışlaköy Açık işletmesi Doğu Nihai Şevi Jeofizik Rezistivite Etüdü raporu. TKİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- ERDAL K., 1984. Harita projeksiyonları. Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon, s.173.
- ESCOBAR, F., HUNTER, G., BISHOP, I., ZERGER, A., 2001. Introduction to GIS. <http://www.geom.unimelb.edu.au/gisweb/menu.html>, erişim tarihi, 06.11.2009.
- FIALA, F., 1976, "Matematiksel Kartografya", İstanbul Teknik Üniversitesi Yayını, İstanbul.
- FIRAT, O. ve LENK, O., 2002. Avrupa Datumu 1950 (ED-50) ile Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı 1999 (TUTGA-99) Arasında Datum Dönüşümü", Hrt. Gn. K.lığı, Ankara.
- GÖKMEN, V., MEMİKOĞLU, O., DAĞLI, M., ÖZ, D., TUNCALI, E. 1993. Türkiye Linyit Envanteri. MTA, Ankara, s. 269-272.
- GÖKALP, E ve GÜNGÖR, O., 1999. GPS'in Kent Bilgi Sistemi Uygulamalarındaki Yeri ve Önemi. Yerel Yönetimlerde Kent Bilgi Sistemi Uygulamaları Sempozyumu, KTÜ, Trabzon, s. 307-316.

- GÜNDOĞDU, I.B., ve GÖKAY, M.K. 2002. Yeraltı Maden Ocaklarında Kullanılmak Üzere Geliştirilen Coğrafi Bilgi Sistemi (M-GIS). Türkiye 13 Kontur Kongresi Bildiriler Kitabı, 29-31 Mayıs 2002, Zonguldak.
- GÜRSOY, E. ÖZCAN, K., YÜCEL, A.R., 1981. K.Maraş Elbistan D1 Sektörü Kömür Yatağı Jeoloji Raporu. MTA Raporu, Ankara.
- GÜZEL, G., 1997. Türkiye Koşullarında CBS/KBS Oluşturulabilmesi İçin Yazılım Araştırması ve Tasarımı. Yıldız Teknik Üniversitesi, FBE, Doktora Tezi.
- HADA, H., ET AL., 2000. The Internet, Cars, and DGPS: Bringing Mobile Sensors and Global Correction Services On Line. GPS Worls, Vol. 11, No.5, pp 38-43.
- HOFMANN, W.B., LICHTENEGGER, H., COLLINS, J., 1997. GPS Theory and Practice. Fourth Revised Edition, Springer –Verlag, Newyork, p.389.  
[http://www.hgk.mil.tr/yan\\_menu/bilgi.asp](http://www.hgk.mil.tr/yan_menu/bilgi.asp), Erişim Tarihi, Ocak, 2009.  
[http://www.karto.itu.edu.tr/derslerimiz/computeraided/GIS\\_2\\_4tu.pdf](http://www.karto.itu.edu.tr/derslerimiz/computeraided/GIS_2_4tu.pdf), Erişim Tarihi, Şubat, 2010.  
[http://www.koeri.boun.edu.tr/jeodezi/dosyalar/files/JEODEZI\\_BUKRDAE\\_GED.pdf](http://www.koeri.boun.edu.tr/jeodezi/dosyalar/files/JEODEZI_BUKRDAE_GED.pdf) Erişim Tarihi, Ocak, 2009.  
<http://www.bayar.edu.tr/~somamyoy/files/4sayi9.pdf>, Erişim Tarihi, Nisan, 2009.  
<http://www.sistemas.com.tr/content/view/36/67>, Erişim Tarihi, Şubat, 2010.  
<http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/mi04176c.htm>, Erişim Tarihi, Şubat, 2010.
- HUGHES, W.E. ve Ark., 1979. Drill Hole Interpolation: Mineralized Interpolation Techniques, Open Pit Mine Planning and Design. Edi. Crawford III, J.T., Hustrulid, W.A., AIME, New York, p.50-64.
- HUNTER, A. 2003. Using Your Enterprise GIS in the Field. URISA Caribbean GIS and Annual Conference, Barbados, 2003.
- JOURNEL, A.G., and HUIJBREGTS, Ch.J., 1978. Mining Geostatistics. Academic Pres, Harcourt Brace & Company, San Diego, p.597.
- KAHRAMAN, S., 2004. DGPS Tekniği Kullanılarak Hareket Eden Bir Aracın Hassas Konumunun Seri iletişim Yöntemi ile Tespiti ve GPS Ölçümüne Göre Yapılan Hata Oranının Karşılaştırılması. Osmangazi Üniversitesi,

Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği  
Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, s.101.

KAHVECİ, M., 1997. Türkiye Koşullarında Yapılan GPS Gözlemlerinde Ortam  
Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen  
Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

KAHVECİ, M., YILDIZ, F., 2005. GPS Global Konum Belirleme Sistemi Teori-  
Uygulama. Nobel Yayınları, Ankara, s.184.

KAPLAN, E and HEGARTY, C., 1996. Understanding GPS Principles and  
Applications. Artech House, ISBN: 1-58053-894-0, USA, p.680.

KARACA, Ö., 2007. Fethiye Yerleşim Alanı Zeminlerinin Mühendislik  
Özelliklerinin Belirlenmesi ve Jeoteknik Haritalarının Coğrafi Bilgi  
Sistemleri (CBS) Kullanılarak Hazırlanması. Süleyman Demirel  
Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Phd., Isparta, s. 427.

KAYA, A. Ve YILDIRIM, F., 1999. Nokta-Parsel Sorgulaması (Point in Polygon  
Test). Yerel Yönetimlerde Kent Bilgi Sistemi Uygulamaları  
Sempozyumu, 1999, KTÜ, Trabzon.

KAYTON, M., FRIED, W., R., 1997. Avionics Navigation Systems, John Wiley &  
Sons, Inc., New York, p.741.

KENNEDY, M., 2002. "The Global Positioning System and GIS", Taylor & Francis,  
New York, 1-2.

KILIÇ, A. M., 1996. Analyse de la Stabilité Des Talus de la Mine de Lignite  
D'Afşin-Elbistan. Pour Obtenir la Grade de Docteur de l'école Nationale  
Supérieure Des Mines de Paris en Géologie de L'ingénieur. Paris.

KILIÇ, A. M., ONUR, A. H., 2001. Afşin-Elbistan Linyitleri Açık İşletmesi İç  
Döküm Sahası Dinamik Duraylılık Analizi. Türkiye 17. Uluslar arası  
Madencilik Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı, s. 11-16.

KIM, D., LANGEY, R., BOND, J., and CHRZANOWSKI, A., 2003. Local  
Deformation Monitoring Using GPS in an Open Pit Mine: Initial Study.  
GPS Solutions, Springer Berlin, p.176-185.

- KIZILTAŞ, M., 2005. İstanbul Bölgesi Taşocaklarının Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Ortamında Değerlendirilmesi ve Yönetilmesi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s.107.
- KOÇAK, E., 1984, Gauss-Krüger Projeksiyonunda Koordinat Dönüşümleri, Karadeniz Tek. Üniversitesi, Genel Yayın No: 82, Trabzon.
- KOÇAK Ç., 2000. Afşin-Elbistan Linyit Havzasının Yeniden Değerlendirilmesi. Enerji Dünyası Dergisi, Sayı:32.
- KOÇAK, Ç., KÜRKCÜ, S. N., YILMAZ, S. 2003. Afşin-Elbistan Linyit Havzasının Yeniden Değerlendirilmesi ve Linyit Kaynakları Arasındaki Yeri. 24-27 Eylül 2003, Türkiye 9. Enerji Kongresi, İstanbul.
- KUMAR, M., 1993. World Geodetic System 1984. A Reference Frame For Global Mapping, Charting and Geodetic Applications, Surveying and Land Information Systems, Vol.53, No:1, 53 – 56.
- LEICK, A., 2004. GPS Satellite Surveying. Wiley, USA, p.72.
- LENK, O., Ulusal Sürekli Gözlem Yapan GPS İstasyonu Sisteminin Kurulması ve Ulusal Datum Dönüşümü Projesi ile İlgili Son Gelişmeler. [http://www.hgk.mil.tr/uyekurulus/bhikpk/top\\_sunumlari/05\\_Tusaga\\_Aktif\\_SonGls.pdf](http://www.hgk.mil.tr/uyekurulus/bhikpk/top_sunumlari/05_Tusaga_Aktif_SonGls.pdf), Erişim Tarihi, 06.03.2010. p.47.
- MAGUIRE, D., GOODCHILD, M.F., WRHIND, D., 1993. Geographical Information Systems. Volume1, New York, p.474.
- MALLI, T., 2007. Küresel Konumlama Sisteminin (GPS) Açık işletme Madenciliğinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Bölümü, Maden işletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, s. 117.
- MAPINFO CORPORATION, 2004. MapInfo Professional V7.8 User Guid. Mapinfo Corporation, New York, p.680.
- MAPINFO CORPORATION 2004. MapBasic User Guide v.9.0. MapInfo Corporation, New York, p.324.
- MERT, B.A. 2004. Jeostatistiksel Analiz Üzerine Bir Bilgisayar Programı: Antalya-Akseki-Kızıltaş Boksit Yatağına Uygulanması. Çukurova Üniv., Fen Bil. Ens., Yüksek Lisans Tezi, Adana, Turkey, s.120.

- MICROSOFT, 1997. Visual Basic Basic 6.0 Programmer's Guide. Microsoft Press A Division of Microsoft Corporation One Microsoft Way Redmond, Washington, 980526399, p.650
- MINTIS, G., 2004. Applications of GPS Technology in the Land Transportation System, European Journal of Operational Research. sayı 152, , School of Technology, Aristotle University of Thessaloniki, Greece, p.399-409
- MISRA, P., ENGE, P., 2001. Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance. Ganga-Jamuna Press, Lincoln, p.10-20.
- MITCHELL, T., 2005. Web Mapping Illustrated, Using Open Source GIS Toolkits. O'Reilly Media, USA, p.368
- NIETO, A. and DAGDELEN, K., 2003. Development and Testing of a Vehicle Collision avoidance System Based on GPS and Wireless Networks for Open-Pit Mines. International Symposium on Computer Applications in the Minerals Industries (APCOM), South Africa.
- O'SULLIVAN D., IGOE T., 2004. Physical Computing: Sensing and Controlling the Physical World with Computers. Course Technology, ISBN13: 9781592003464, p.494.
- OTTO GOLD, 1969. Lignite Deposit of Afsin-Elbistan Feasibility Report. Vol 1, Köln, p.123
- ÖNEN, N., 1936. Orta Anadolu Linyit Yatakları Hakkında Rapor. MTA, Ankara.
- ÖZBAŞ, B., 2007. GIS Based Assessment of Excavation Difficulty By Tbm - Epb Along Mecidiye - Tandoğan Segment of The Tandoğan - Keçiören Metro Tunnel. ODTÜ, Department of Geological Engineering, M.Sc., Ankara, p.121.
- ÖZBEK, T., ve GÜÇLÜER, S., 1977. K.Maraş Elbistan Çöllolar – B Linyit Sektörü 1977 Yılı Faaliyet Raporu. MTA Raporu, Ankara.
- ÖZER, Z., 2007. Berdan Ovası (Tarsus-Mersin-Mezitli) Çevresel Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) Oluşturulması ve Modellenmesi. Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Phd., Mersin, s.198.
- ÖZKAN, G., YILMAZ, O. S., YALPIR, S., 2007. Maden Bilgi Sistemi Oluşturma Çalışmaları, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ulusal

Cografî Bilgi Sistemleri Kongresi, 30 Ekim –02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon.

- PARKINSON, B. and SPILKER, J, 1996. Global Positioning System Theory and Applications. Volume I, American Institute Of Aeronautics and Astronautics, p.627.
- PERİNÇEK, D. and KOZLU, H., 1984. Stratigraphy and Structural Relations of the Units in the Afşin-Elbistan-Doğaneşir Region (Eastern Taurus): in Tekeli. O. and Gönçüoğlu, M.C. (Eds), Geology of Taurus Belt, Ankara-Turkey, p.181-198.
- RHEINBRAUN CONSULTING, 1976. Quality and Quantity Calculations For Kışlaköy Open Cast Mine. Cologne (yayınlanmamış).
- SARAÇ, C., ve TERCAN, A.E., 1998. Maden Yataklarının Değerlendirilmesinde Jeostatistiksel Yöntemler. JMO Yayınları, Ankara, s.137.
- SERTER, C.E., 2007. Karayollarında Taşocaklarının Dağılımı ve CBS Yöntemi ile Kullanım Alanlarının Analizi : TCK 4. Bölge Müdürlüğü Örneği. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafî Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Eskişehir, s.48.
- SEYMOUR, C., 2005. Applications for GPS on Shovels and Excavators. <http://www.infomine.com/publications/docs/Seymour2005.pdf>, Erişim Tarihi: 06.01.2010.
- SHAW, M., SANDHOO, K., and TURNER, D., 2000. GPS Error Sources and Magnitudes Modernization of the Global Positioning System. GPS, 11.
- SJÖBERG L. E., 2006. Determination of Areas on the Plane. Sphere and Ellipsoid, Survey Review, 301 (38), 583-593.
- ŞEN, Ö., 1999. Kalburçayı (Sivas) Kömür Yatağı Rezervinin Geometrik / Jeostatistiksel Yöntemlerle Değerlendirilmesi. Hacettepe Üniv., Fen Bil. Enst., Yük. Müh. Tezi, Ankara.
- TAŞTAN, H. ve MARAŞ, H., 2000. Sayısal Haritacılık ve Coğrafî Bilgi Sistemi Kurs Notları. Ankara. Harita Genel Komutanlığı [http:// acikarsiv.ankara.edu.tr/fulltext/2119.pdf](http://acikarsiv.ankara.edu.tr/fulltext/2119.pdf), Erişim tarihi, 06.03.2010.



- TEK, 1990. Afşin-Elbistan Termik Santrali 2. Kazanında Yapılan Özel Testler (yayınlanmamış), Afşin, s.17.
- TERCAN, A.E. 1999. Importance of orthogonalization algorithm in modeling conditional distributions by orthogonal transformed indicator methods. *Mathematical Geology*, vol.31, No.2, pp. 155-173.
- TERCAN, A.E. and SARAÇ, C. 2001. Spatial variability of Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>% in the Kizilyüksek-Yataardıç Chromite deposit. Adana, Turkey. *International Geology Review*, 43, pp. 676-682.
- TERCAN, A.E., 1996. Maden Yatakları Sınır Belirsizliğinin İndikatör Kriging ile Değerlendirilmesi ve Sivas-Kangal-Kalburçayı Kömür Yatağında Bir Uygulama. *Madencilik*, Aralık, 4, s.3-11.
- TEUNISSEN, P.J.G. and KLEUSBERG, A. 1998. GPS for Geodesy, 2.edition, Springer, Verlag, Berlin, 650 pp.
- TSUI, Y., and BAO. J., 2000. Fundamentals Of Global Positioning System Receivers A Software Approach , John Wiley & Sons, USA, p.310.
- TUNAY, M., 1999. Kent Bilgi Sistemine GPS ile Konumsal Veri Kazanımı. Yerel Yönetimlerde Kent Bilgi Sistemi Uygulamaları Sempozyumu, KTÜ, Trabzon, s. 317-325
- TÜFEKÇİ, N., 2006. GIS Based Geothermal Potential Assessment for Western Anatolia. ODTÜ, Department of Geological Engineering, M.Sc., Ankara, p.107.
- U.S.C.G.N.C, 1996. Navstar GPS User Equipment Introduction, <http://www.navcen.uscg.gov/pubs/gps/gpsuser/gpsuser.pdf>, Erişim tarihi 05.06.2010), U.S. Coast Guard Navigation Center.
- UÇAR, D., İPBÜKER, C. ve BİLDİRİCİ, Ö., 2002. Matematiksel Kartografya, Harita Projeksiyonları ve Uygulamaları. Atlas Yayın Dağıtım, s.165, Ankara.
- URAL, S. 1999, Afşin-Elbistan Linyitlerinin Sınıflandırılarak Termik Santralin Performansı Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Proje No: FBE. 96.97, Doktora Tezi, Adana, s.140.

- URAL, S., ve ONUR, A.H., 2000. Afşin - Elbistan Linyitlerinin Termik Santralin Performansı Üzerindeki Etkileri. Türkiye 12. Kontur Kongresi Bildiriler Kitabı, 23-26 May2000, Zonguldak-Kdz.Ereğli, Türkiye, s-278-286.
- URAL, S., YUKSEL, F., 2004. Geotechnical Characterization Of Lignite-Bearing Horizons In The Afsin-Elbistan Lignite Basin, SE Turkey. Engineering Geology 75 (2004), 129-146.
- UYSAL, F., 2007. A GPS/GIS Based Line of Balance Method For Planning and Control of Construction Projects. ODTÜ, Department of Civil Engineering, M.S., Ankara, p.85.
- ÜNLÜ, M. DOĞAN, H. ve CİVELEKOĞLU, S., 1999. Termik Santrallere Yeterli Miktar ve Kalitede Kömür Beslemenin Önemi. Batı Anadolu Hammadde Kaynakları Sempozyumu. İzmir, s. 120-129.
- YILDIRIM, Ö., BAKICI, S., CİNGÖZ, A., ERKAN, Y., GÜLAL, E. ve DİNDAR, D., 2007. Tusaga-Aktif (Cors-Tr) Projesi ve Ülkemize Katkıları. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 30 Ekim –02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon, s.7.
- YOMRALIOĞLU, T., 2000. Coğrafi Bilgi Sistemleri-Temel Kavramlar ve Uygulamalar. Seçil Ofset, İstanbul, s.480.
- YÖRÜKOĞLU, M., 1991. Afşin-Elbistan Projesi ve TKİ Kurumu AELİ Müessesesinde Madencilik Çalışmaları. Madencilik Dergisi, Eylül 1991, Sayı No:3,Ankara, s.13-29.
- YUSUFOĞLU, H., BEDİ, Y., USTA, D., ÖZKAN, M.K., BEYAZPİRİNÇ, M. ve YILDIZ, H., 2005. Afşin Elbistan Neojen Havzasının Tektonik Evrimi, Doğu Toroslar. 58. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, Ankara, s 264-265.
- YÜKSEK, S., 1996. Sivas, Divriği Demir Yatağının Modellenmesi. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul. s.132.
- ZHAO, Y.,1997. Vehicle Location and Navigation Systems: Intelligent Transportation Systems. Norwood, MS:Artech House, USA, p.329.

ZUMBERGE, J.F., M.B. HEFLIN, D. C. JEFFERSON, M.M. WATLINS, F. H. WEBB, 1997. Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large Networks. *Journal of Geophysical Research*, 102 (B3), 5005-5018.

## ÖZGEÇMİŞ

04.04.1978 tarihinde Konya'nın Seydişehir ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Seydişehir ilçesinde tamamlayarak 1996 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği bölümünde lisans öğrenimine başladı. 30 Haziran 2000 yılında Maden Mühendisi unvanını almaya hak kazandı.

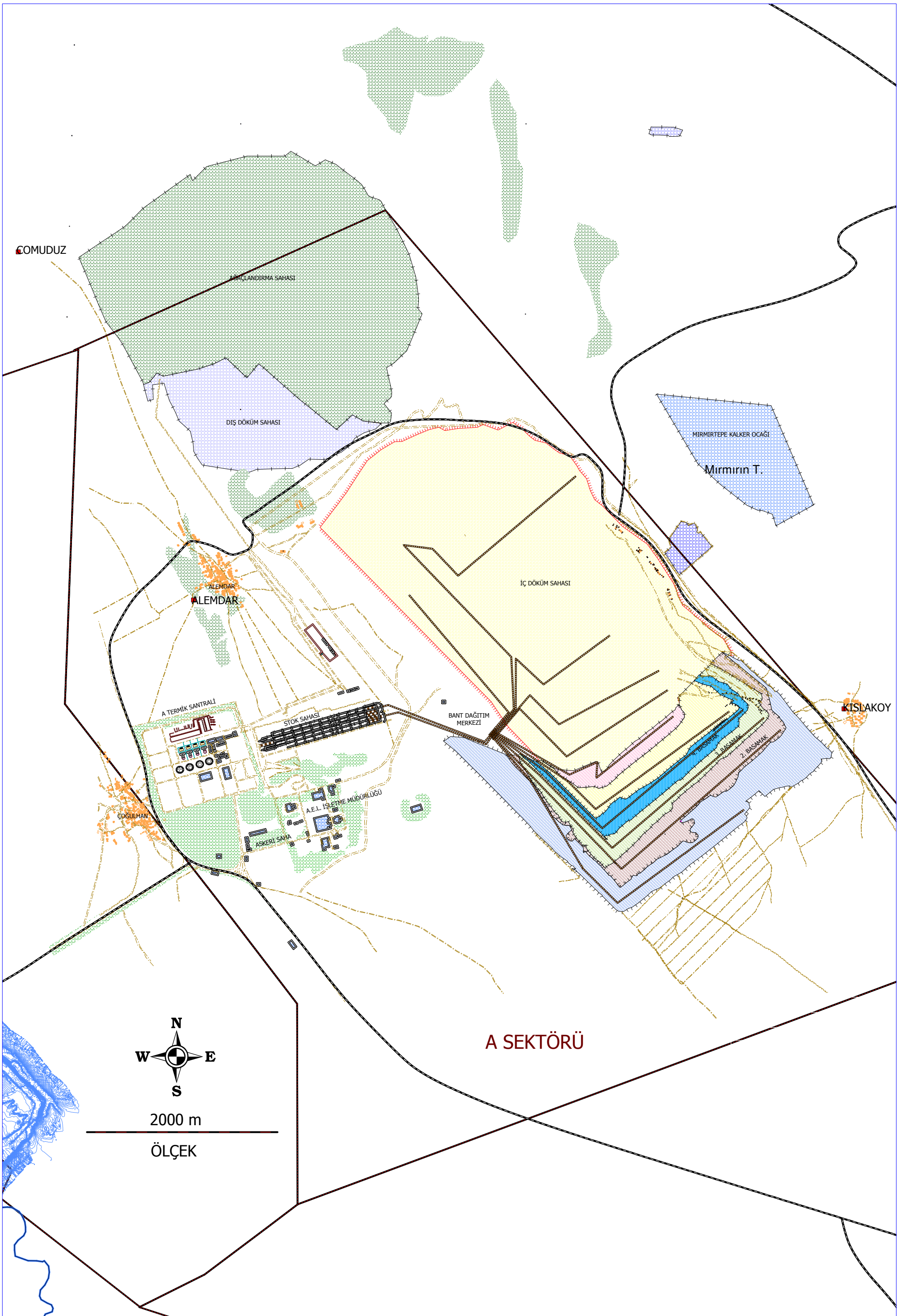
2000 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans öğrenimine başlayarak 2001 yılında, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2004 yılında yüksek lisans eğitimini tamamlayarak Maden Yüksek Mühendisi unvanını almaya hak kazandı.

2004 yılında Doktora eğitimine başladı, 2008 yılında vatani görevini tamamlayarak aynı yıl Araştırma Görevlisi görevinden ayrıldı ve MTA Doğu Anadolu Bölge Müdürlüğü görevine atandı.

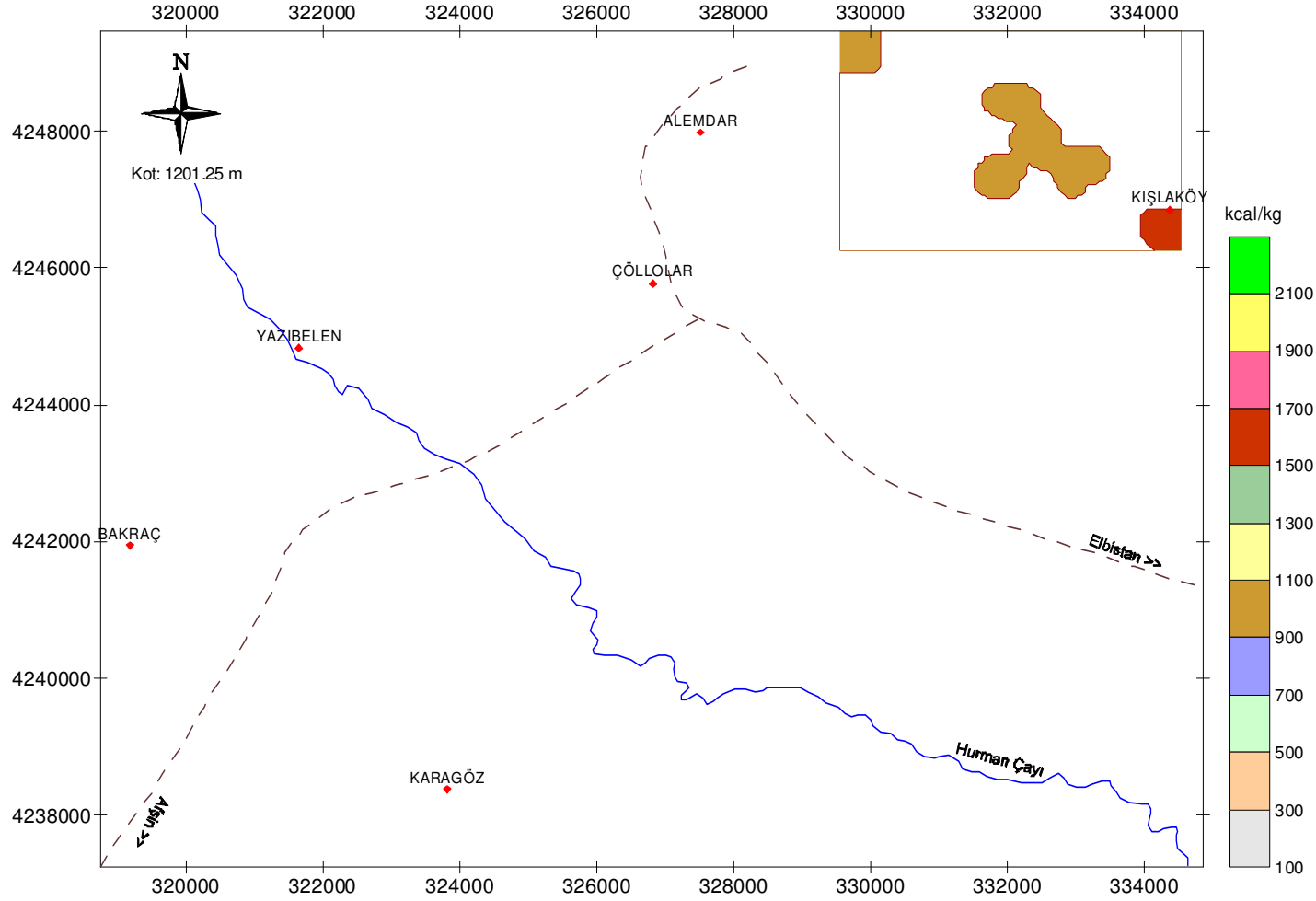
Halen bu görevini yerine getirmekte olup evli ve 1 çocuk babasıdır.





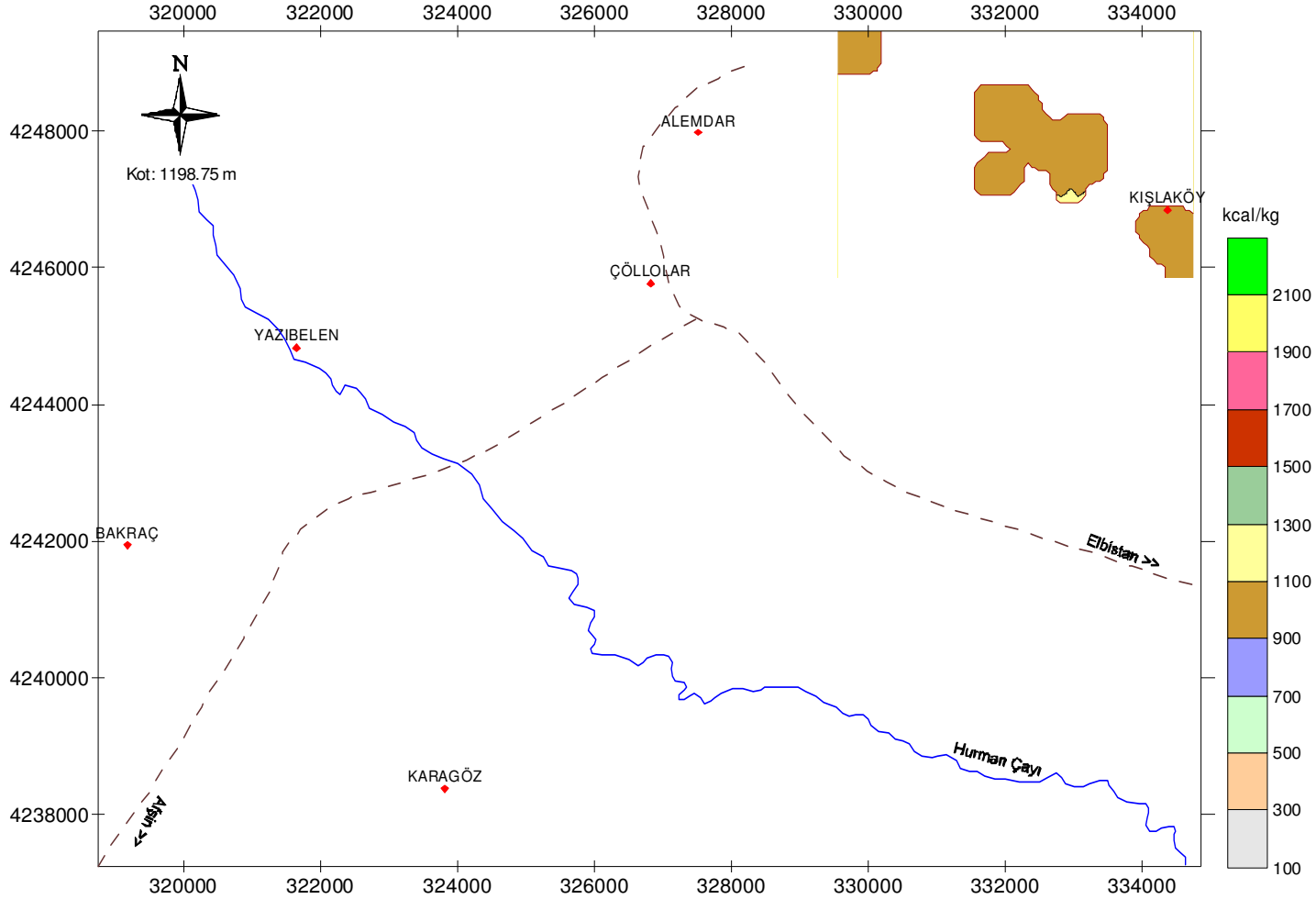


Ek-3. 1202 – 975 m Kotları Arası Mümkün Linyit Sınırları ve Isıl Değer Dağılım Haritaları

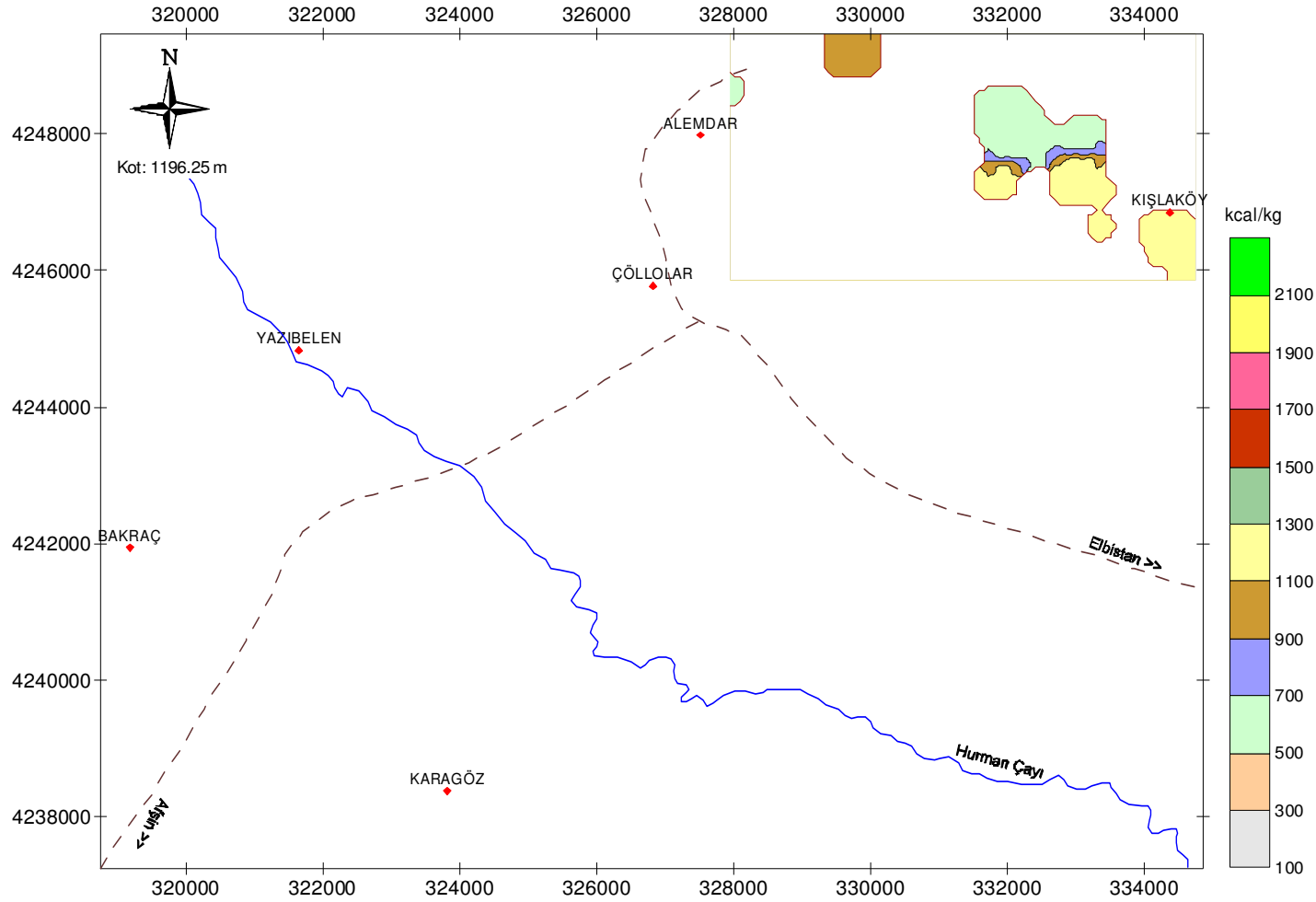


Ek-3 (devam). 1200.00–1202.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

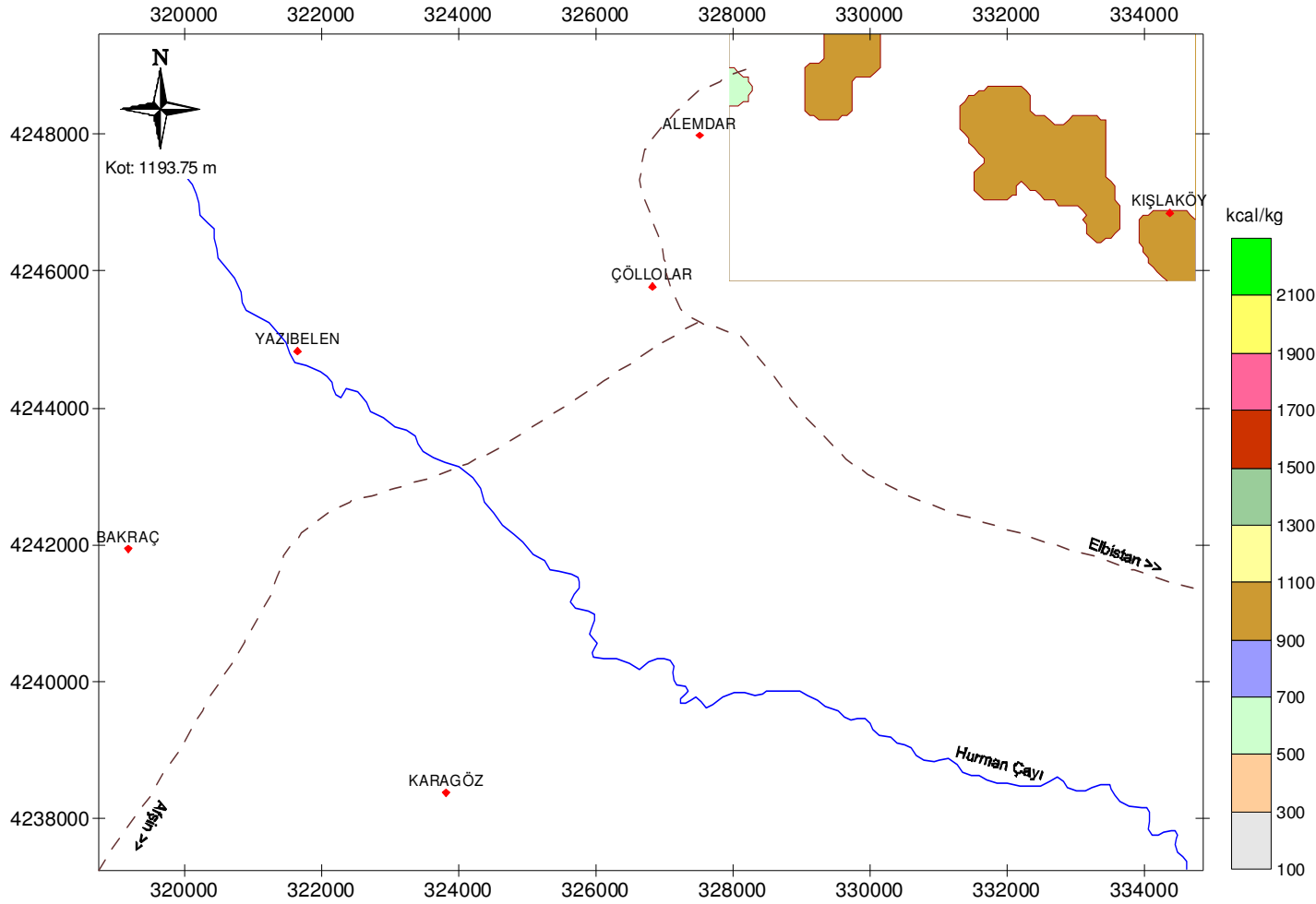




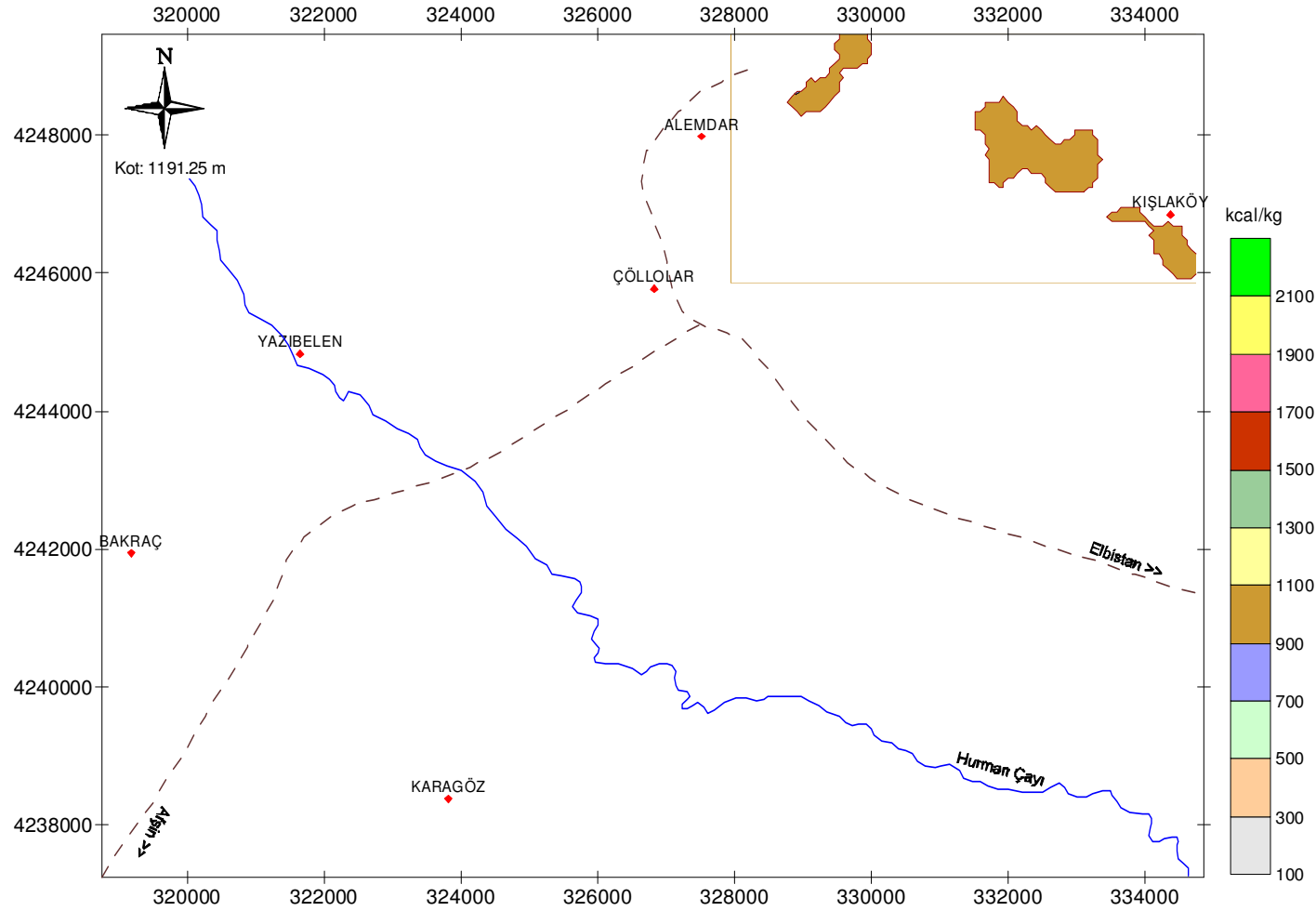
Ek-3 (devam). 1197.50–1200.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



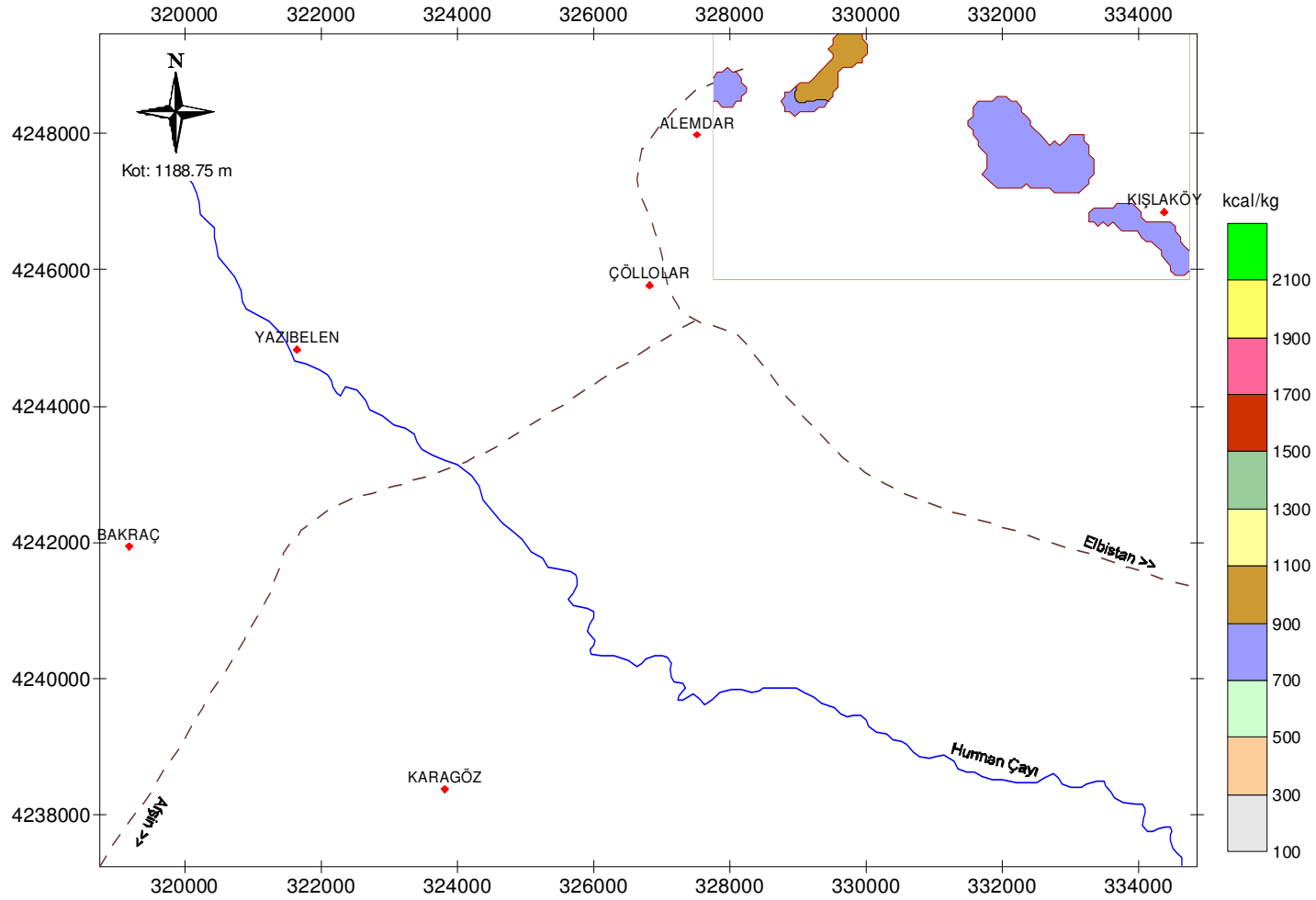
Ek-3 (devam). 1195.00–1197.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



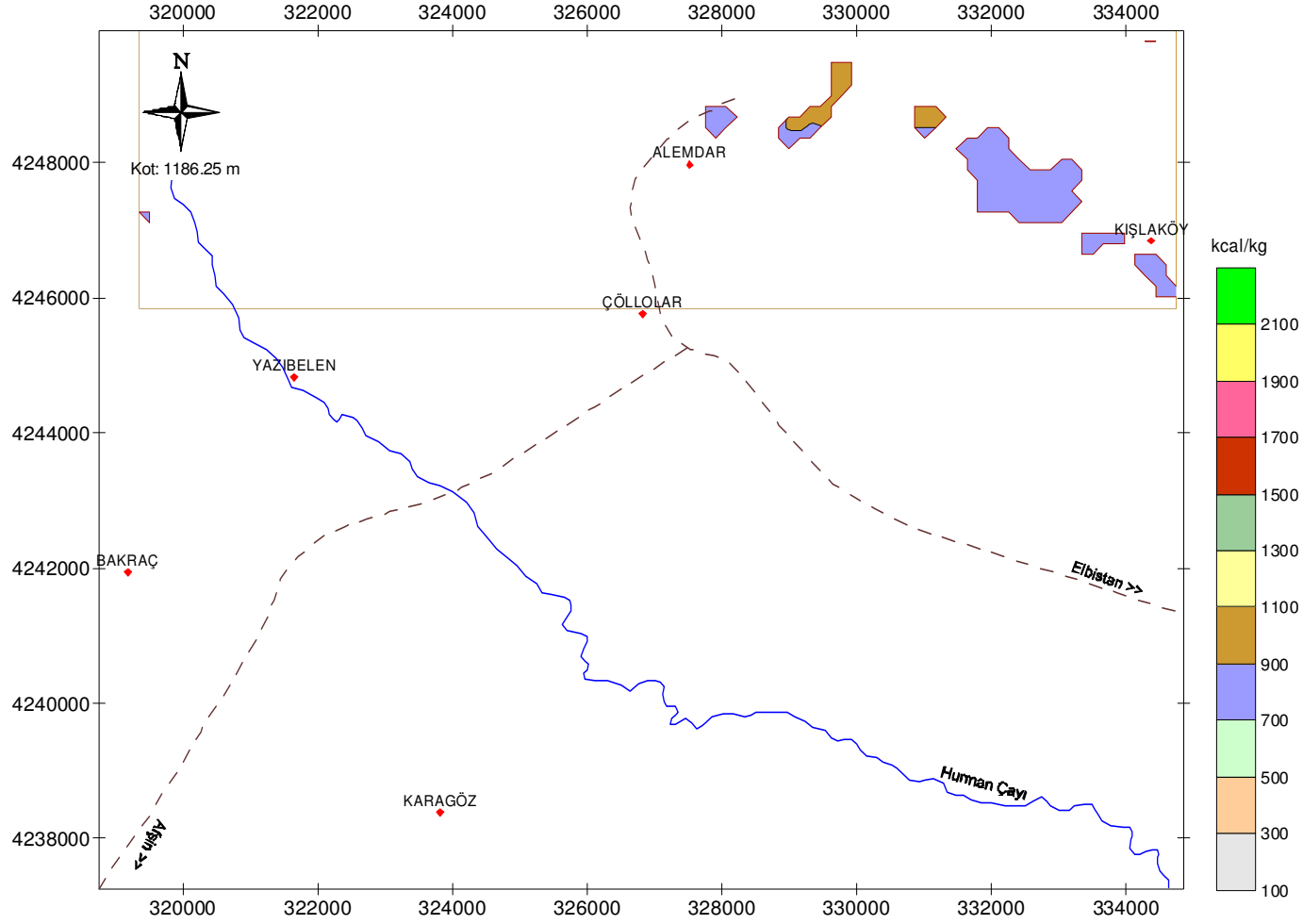
Ek-3 (devam). 1192.50–1195.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



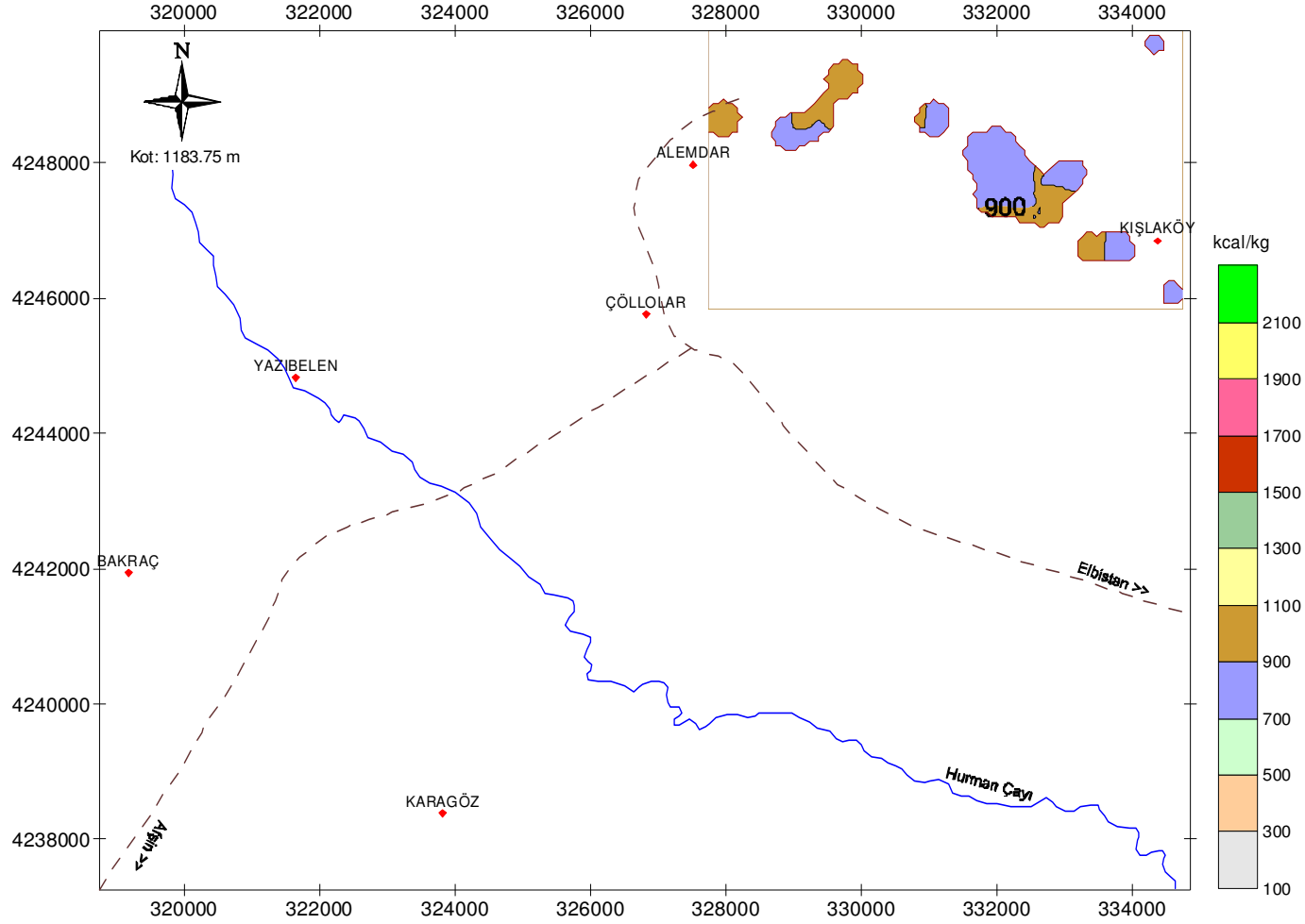
Ek-3 (devam). 1190.00–1192.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



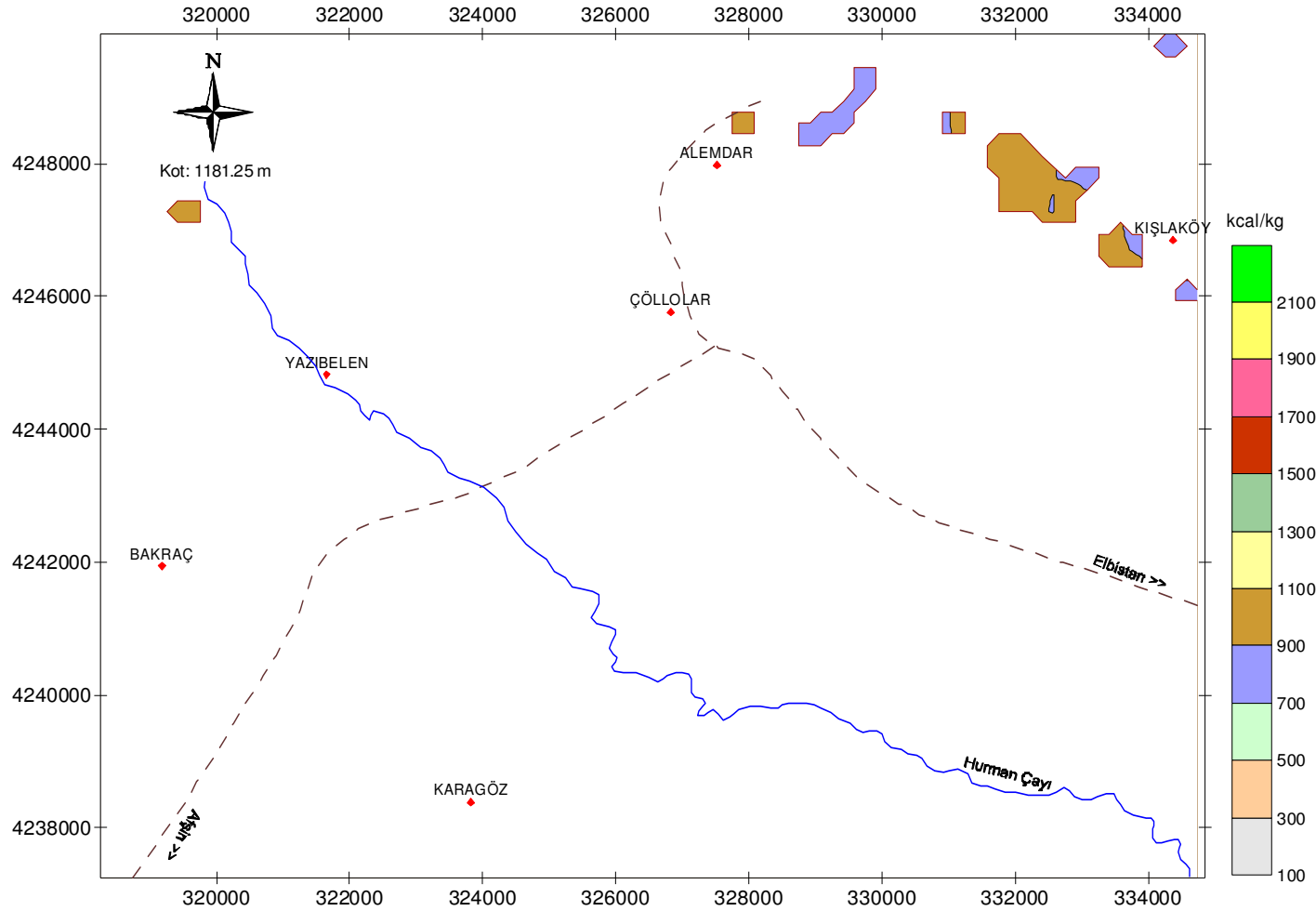
Ek-3 (devam). 1187.50–1190.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



Ek-3 (devam). 1185.00–1187.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

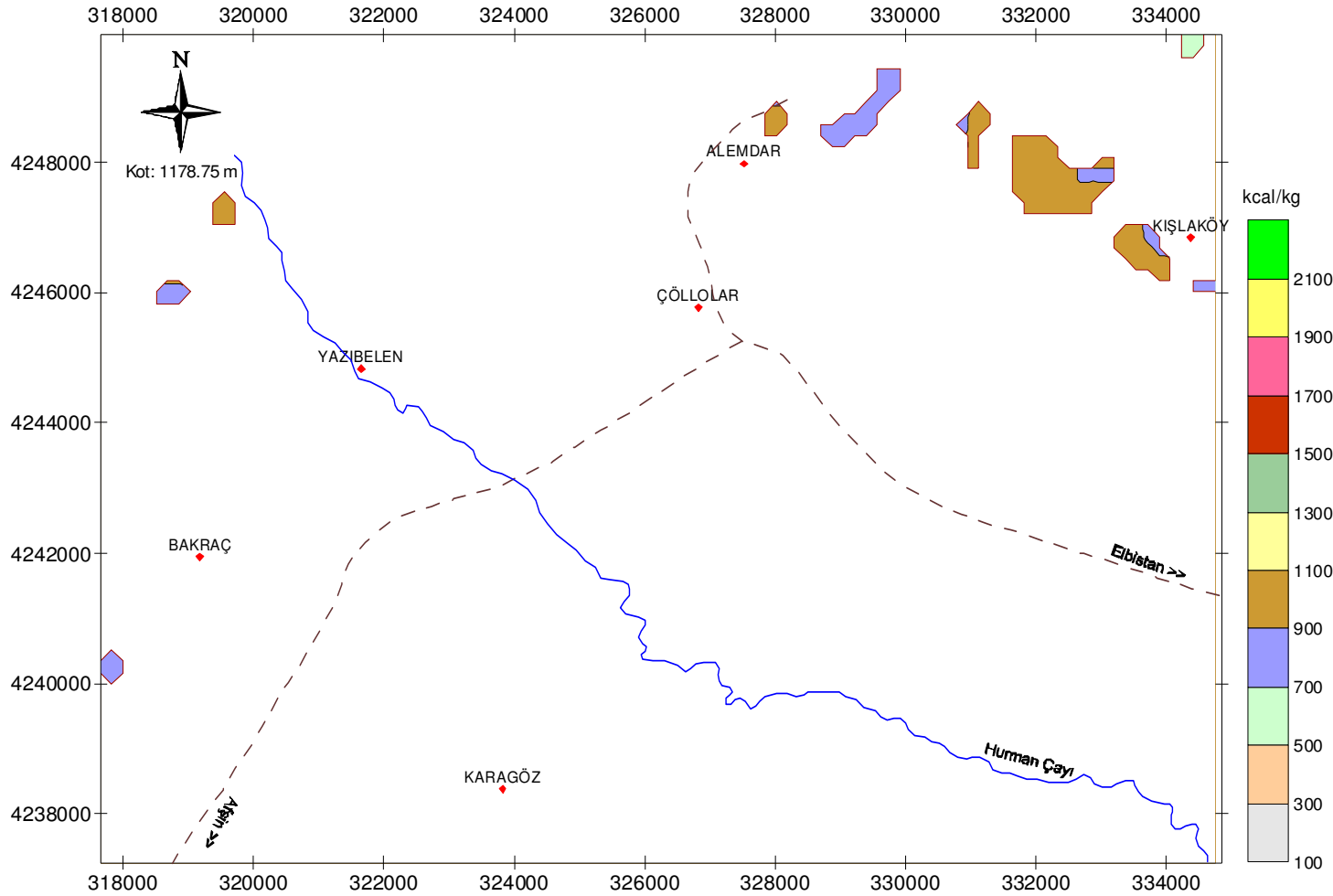


Ek-3 (devam). 1182.50–1185.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

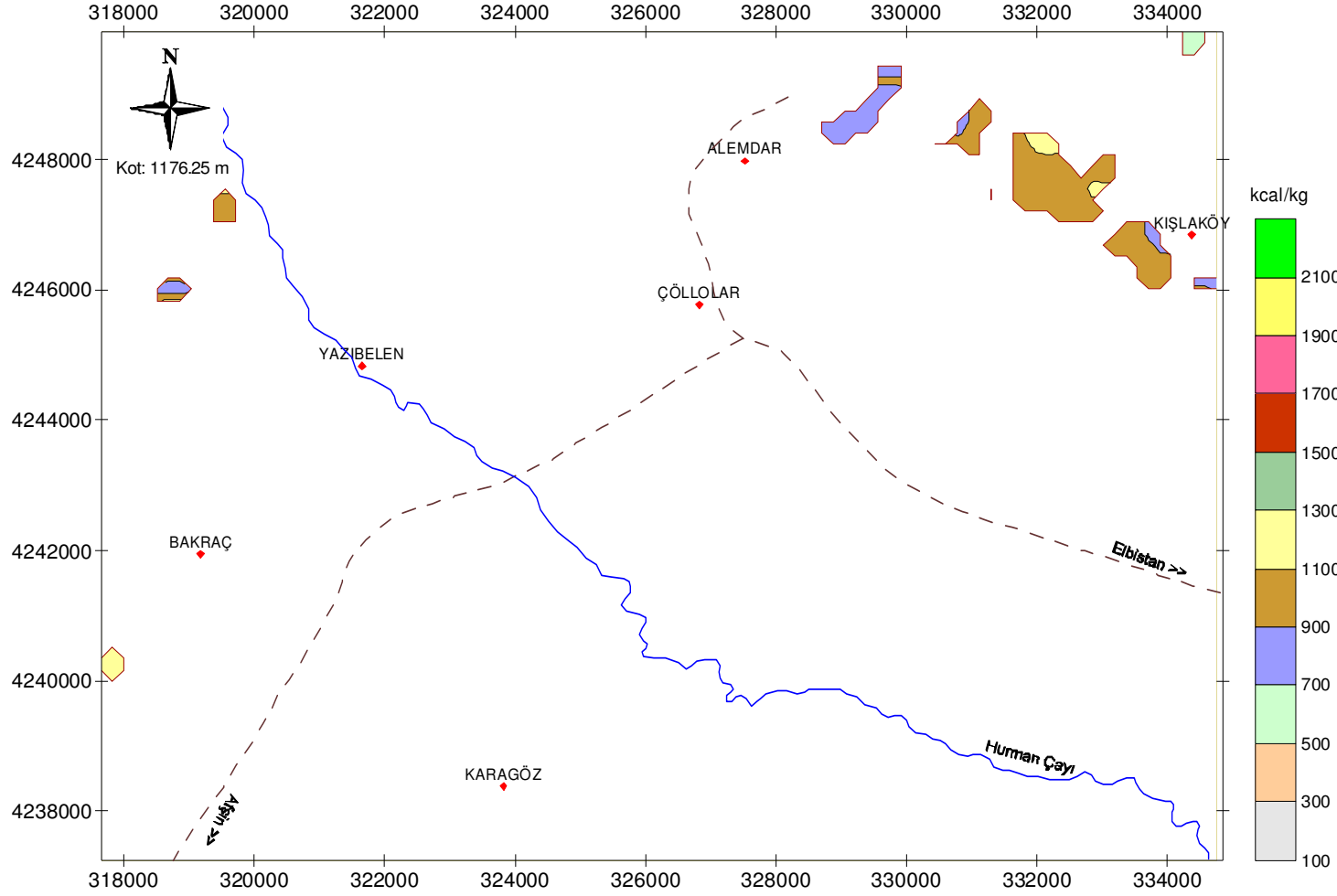


Ek-3 (devam). 1180.00–1182.50 kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

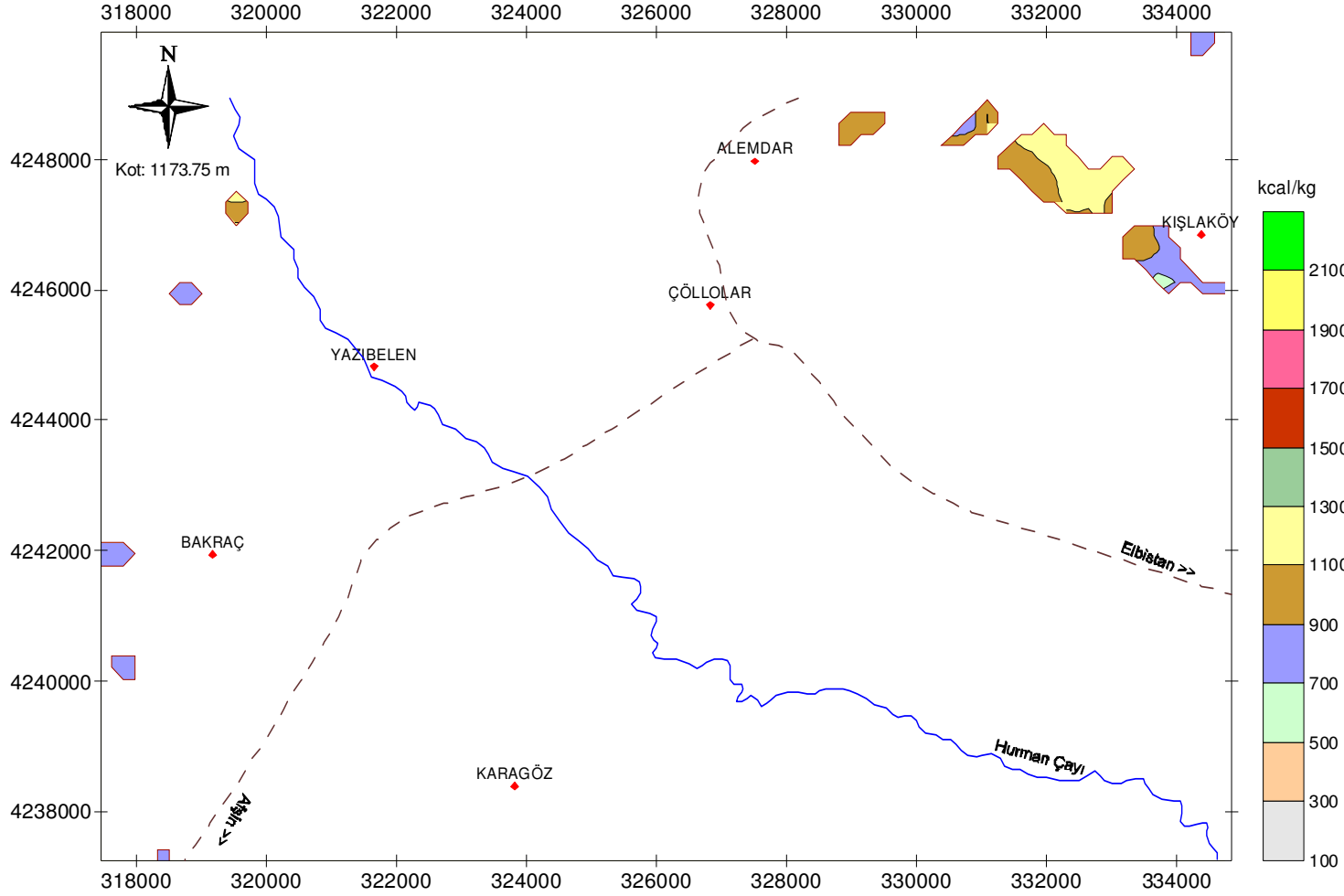




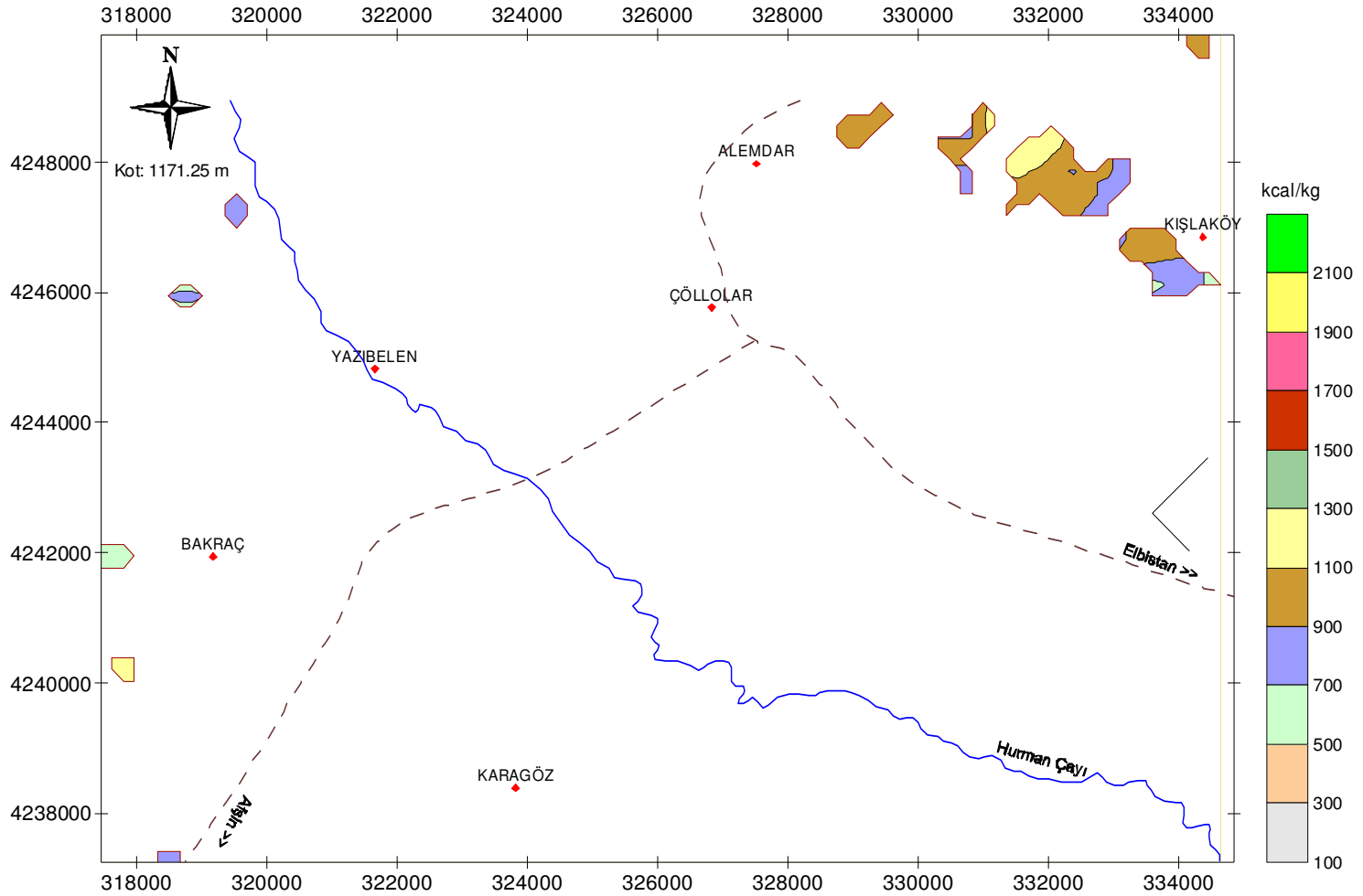
Ek-3 (devam). 1177.50–1180.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



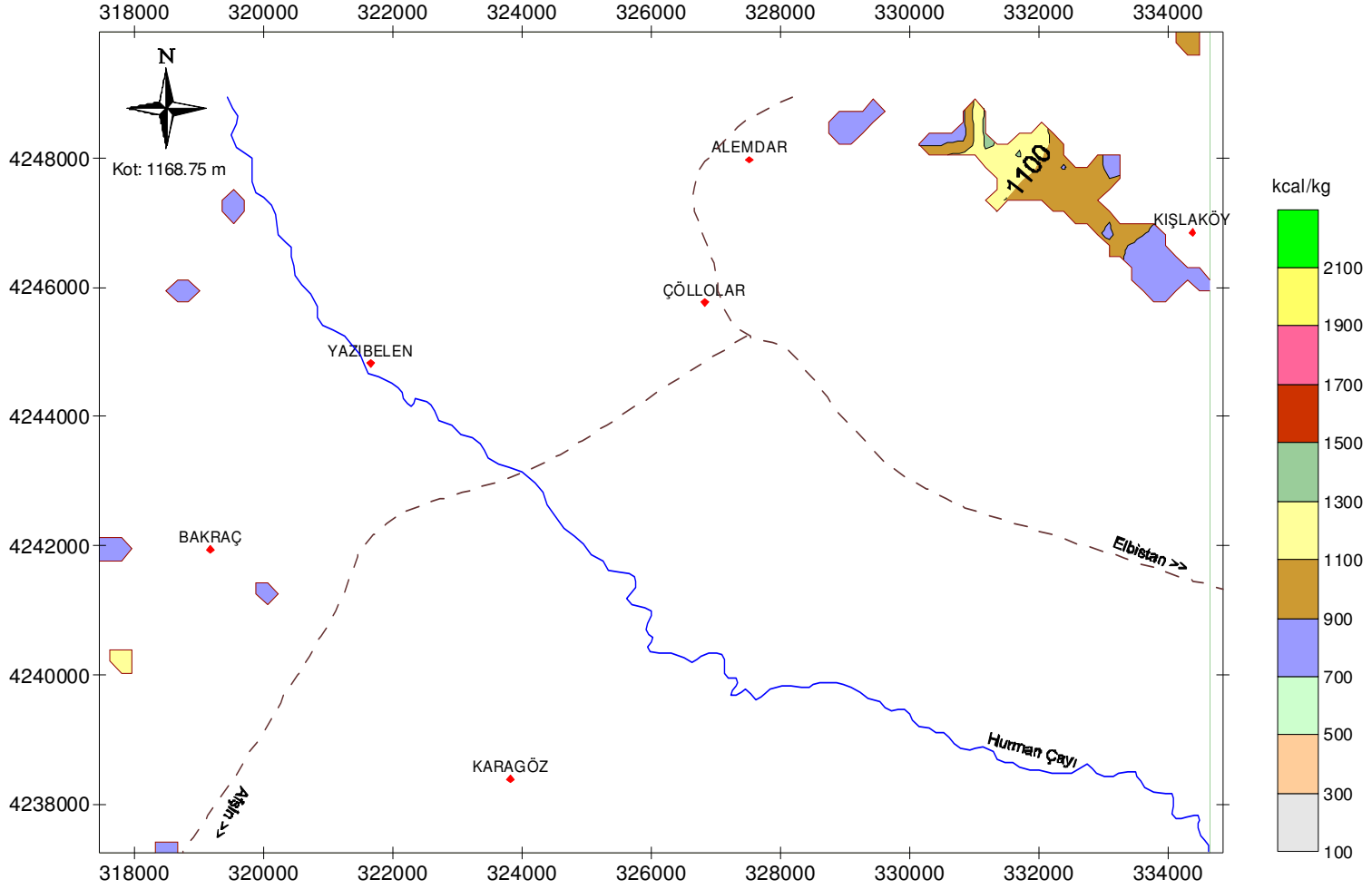
Ek-3 (devam). 1175.00–1177.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



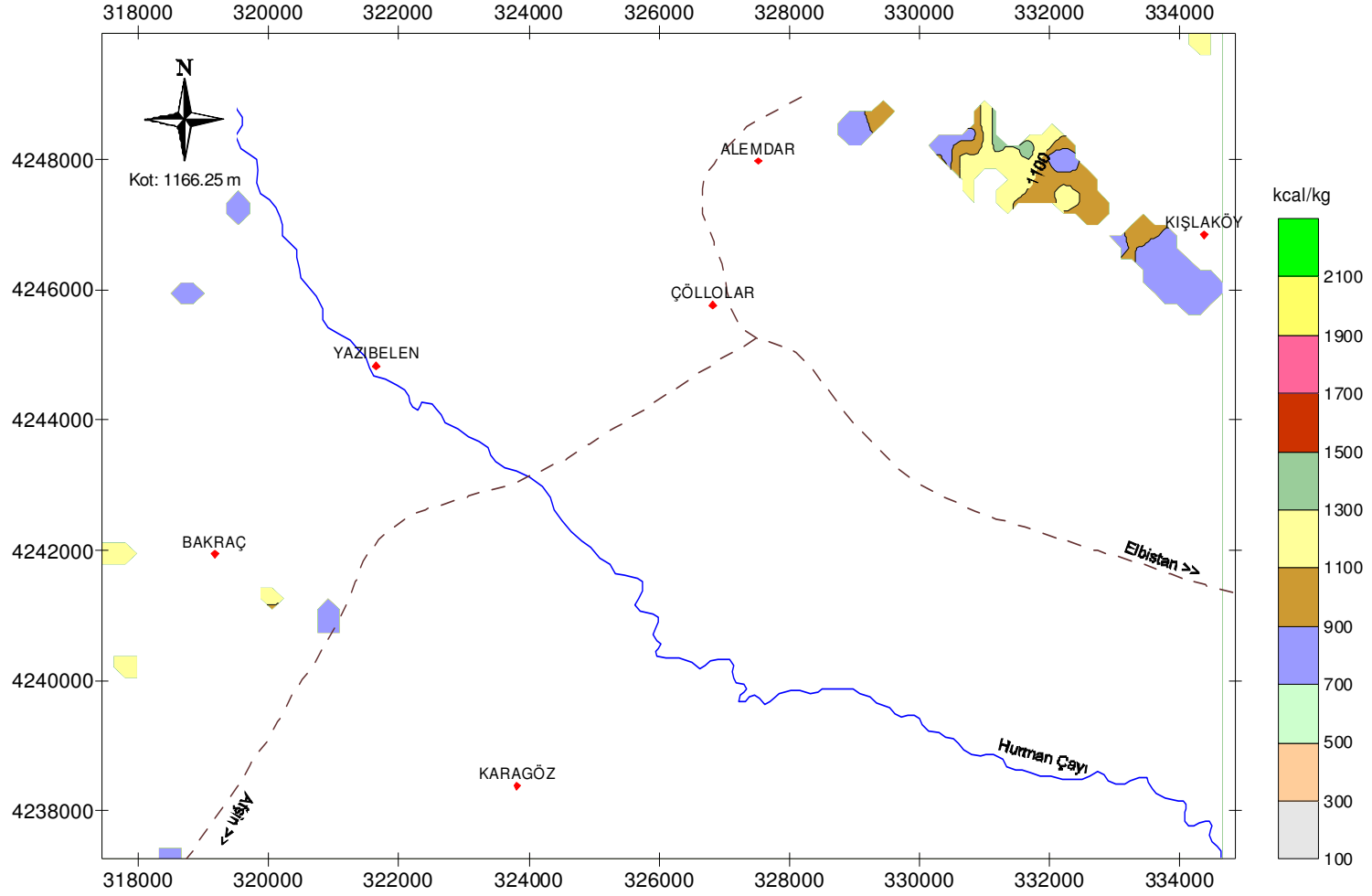
Ek-3 (devam). 1172.50–1175.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



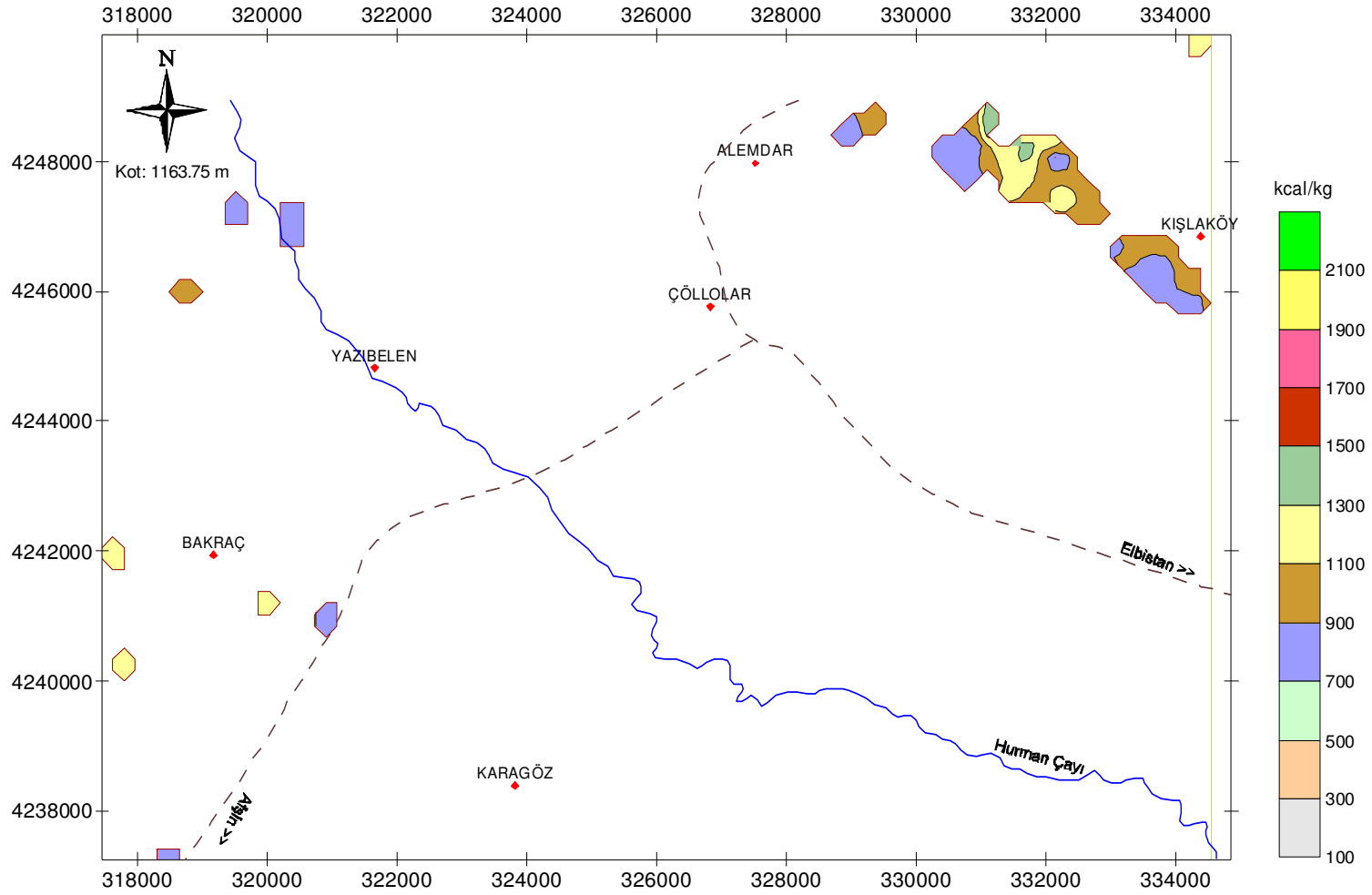
Ek-3 (devam). 1170.00–1172.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



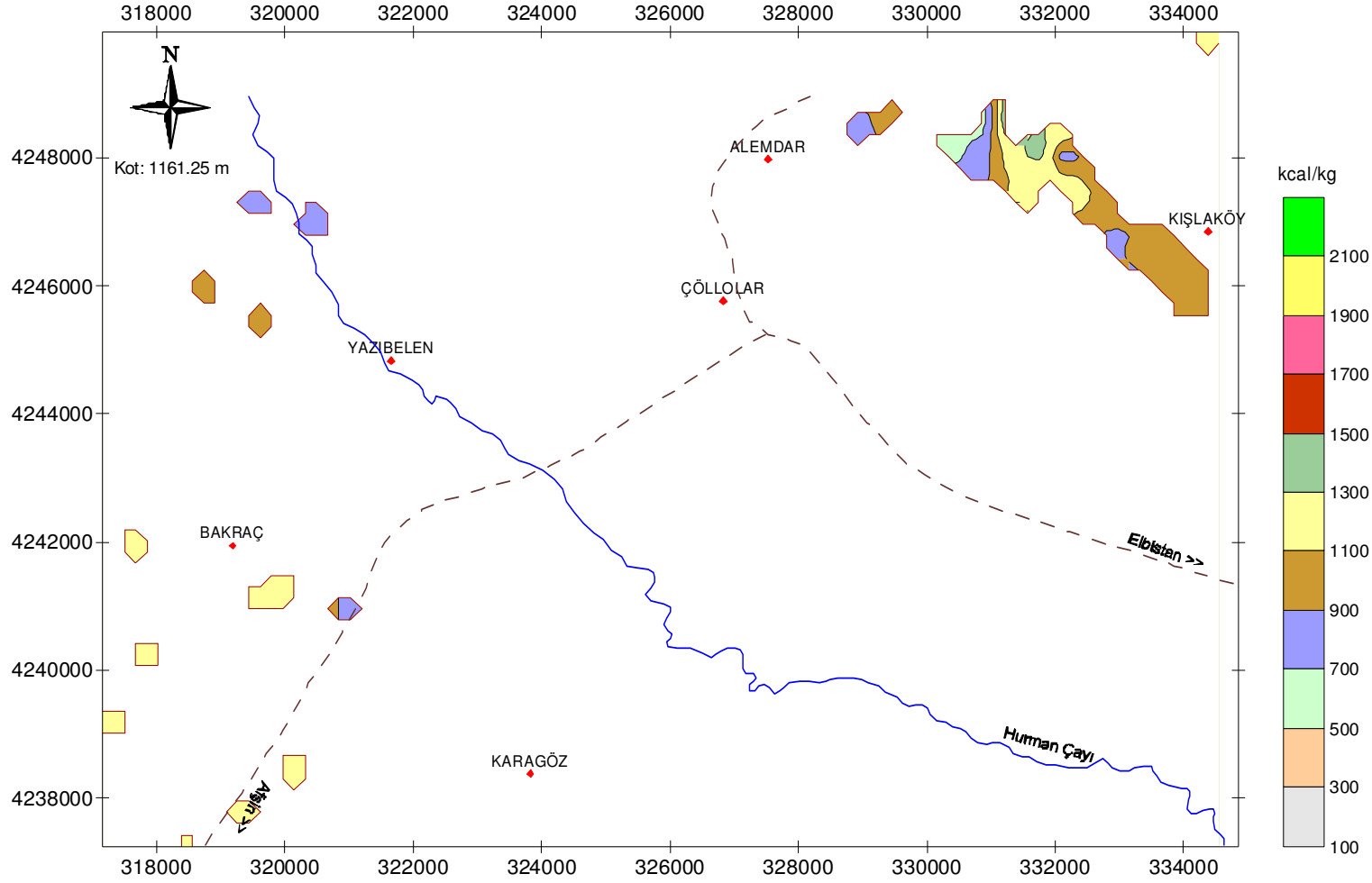
Ek-3 (devam). 1167.50–1170.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



Ek-3 (devam). 1165.00–1167.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

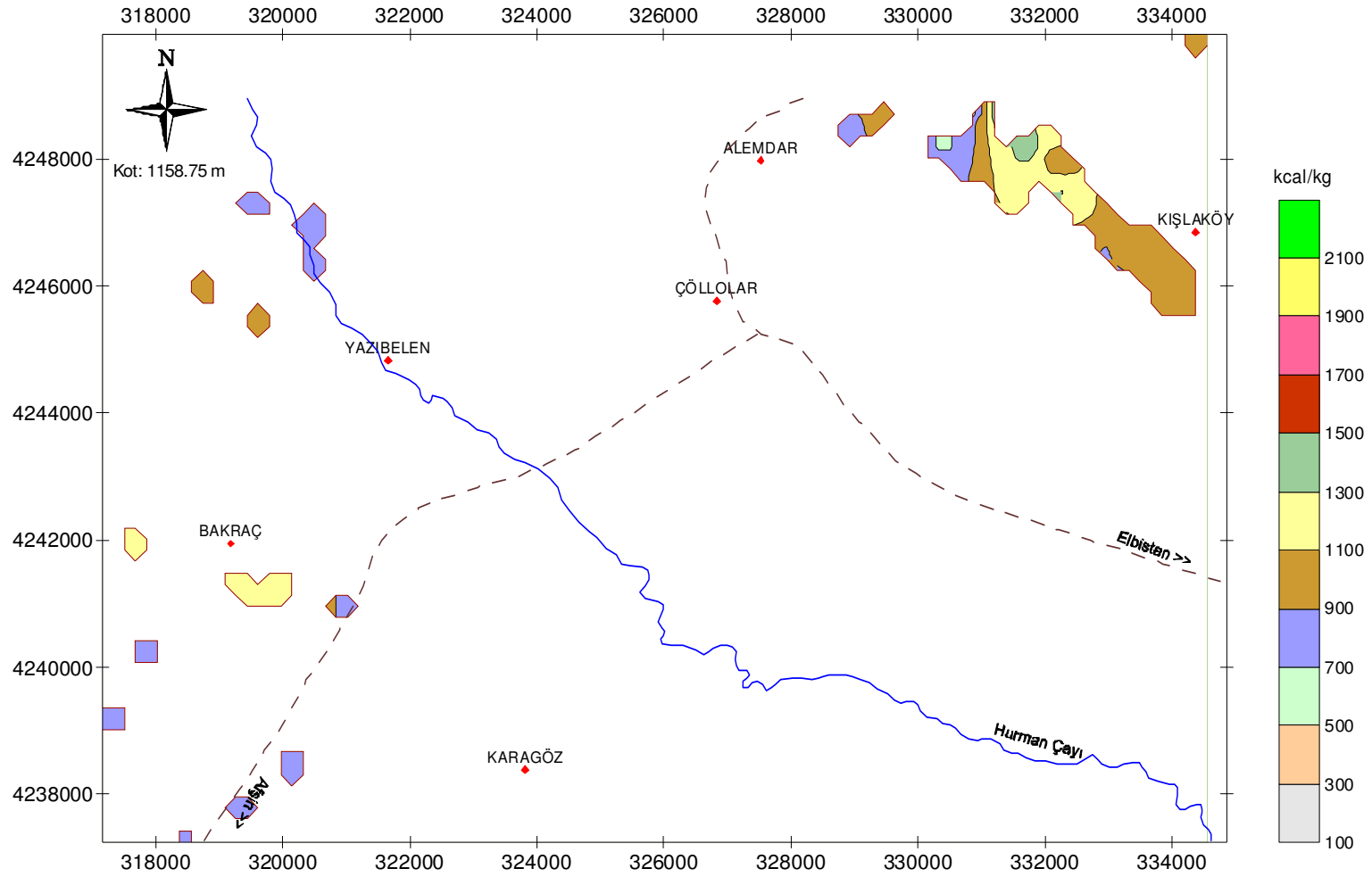


Ek-3 (devam). 1162.50–1165.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

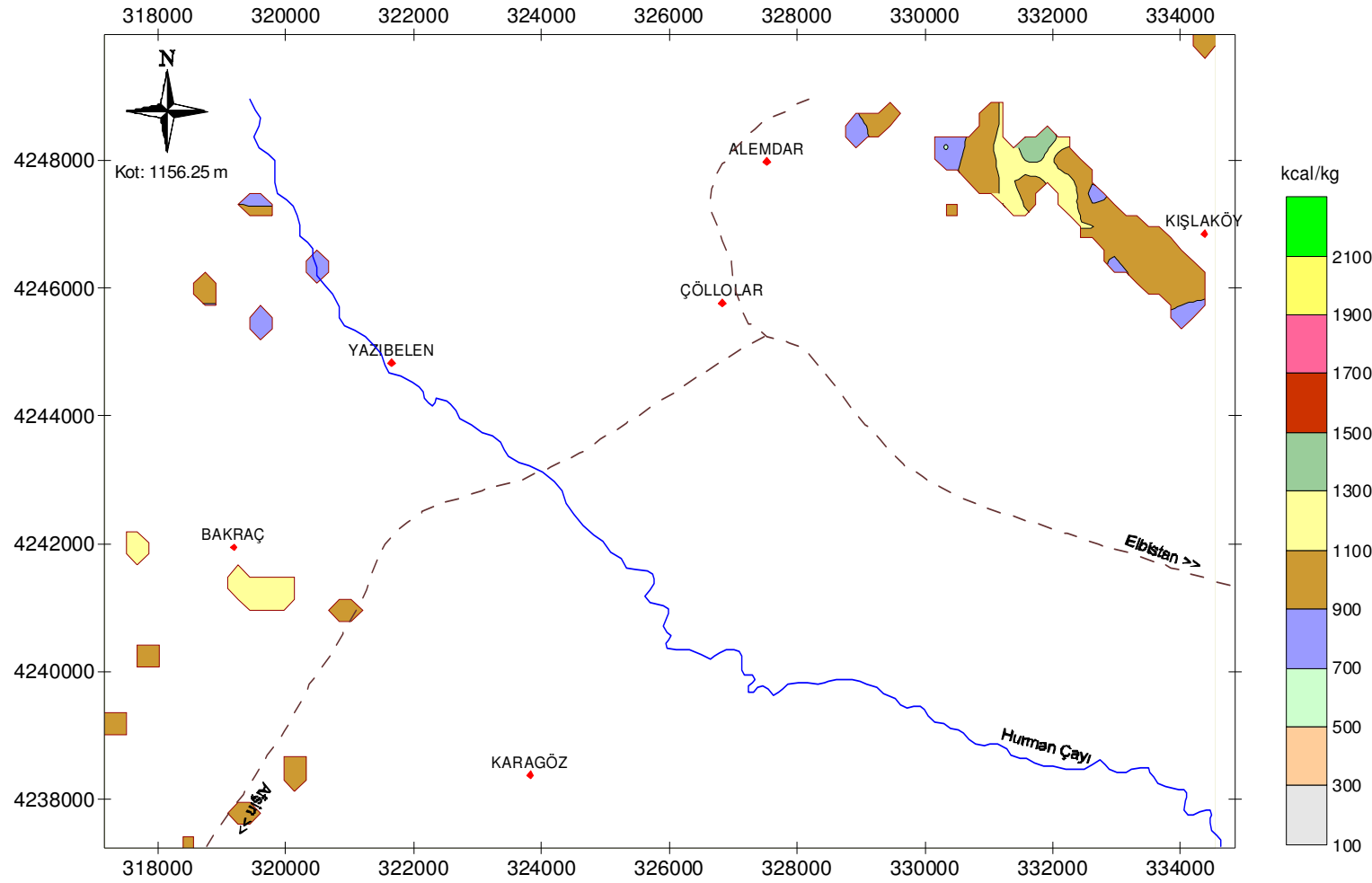


Ek-3 (devam). 1160.00–1162.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

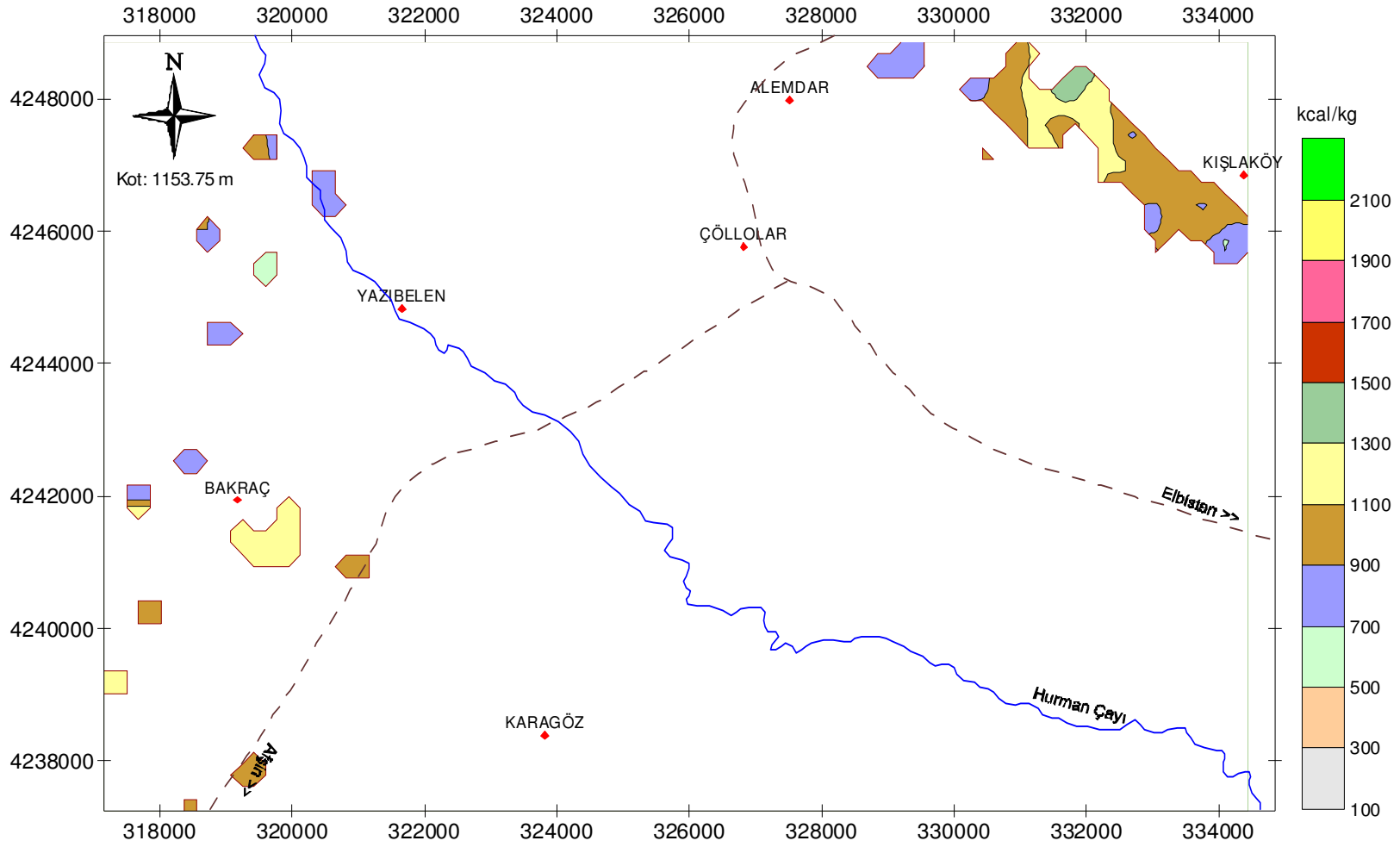




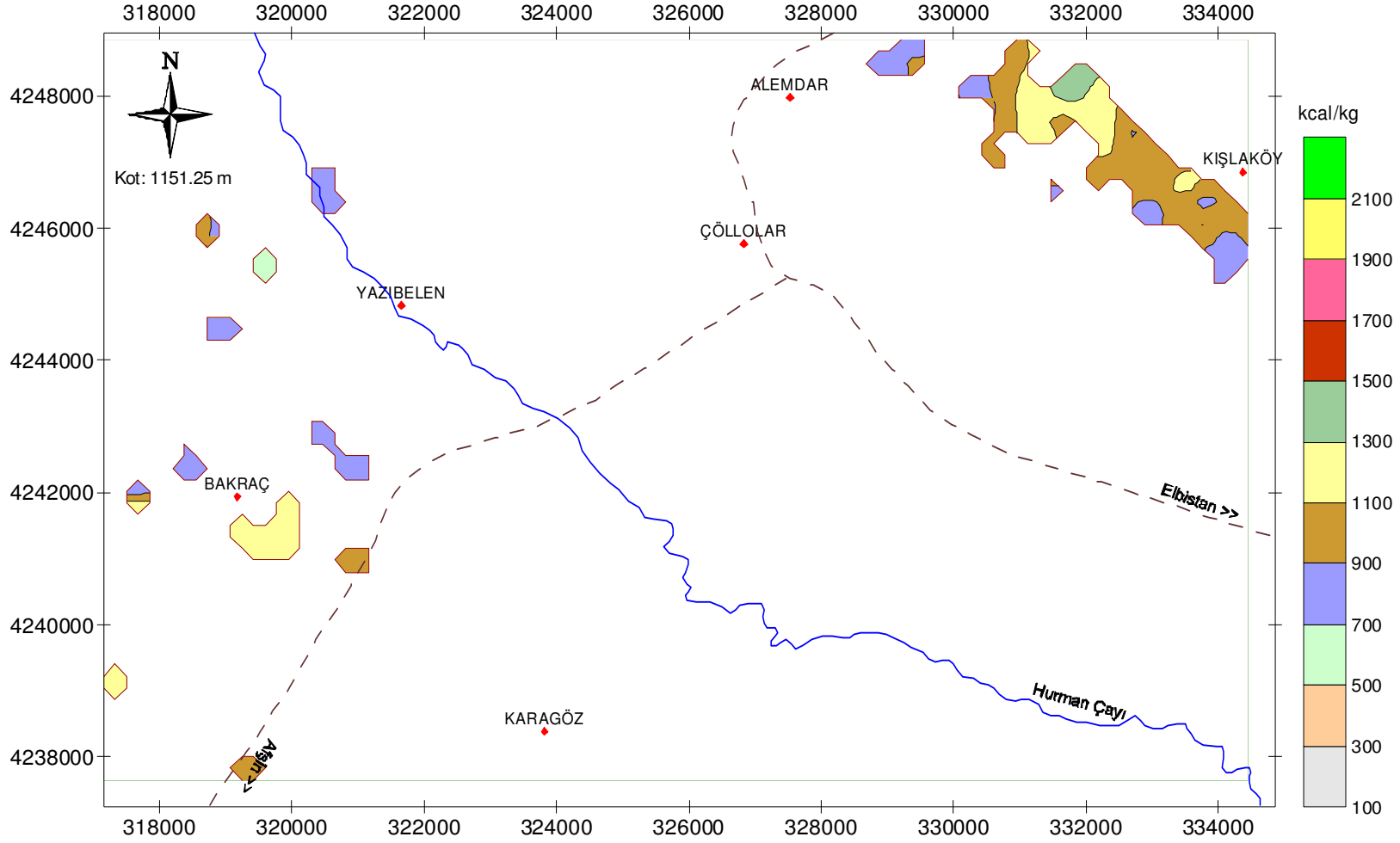
Ek-3 (devam). 1157.50–1160.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



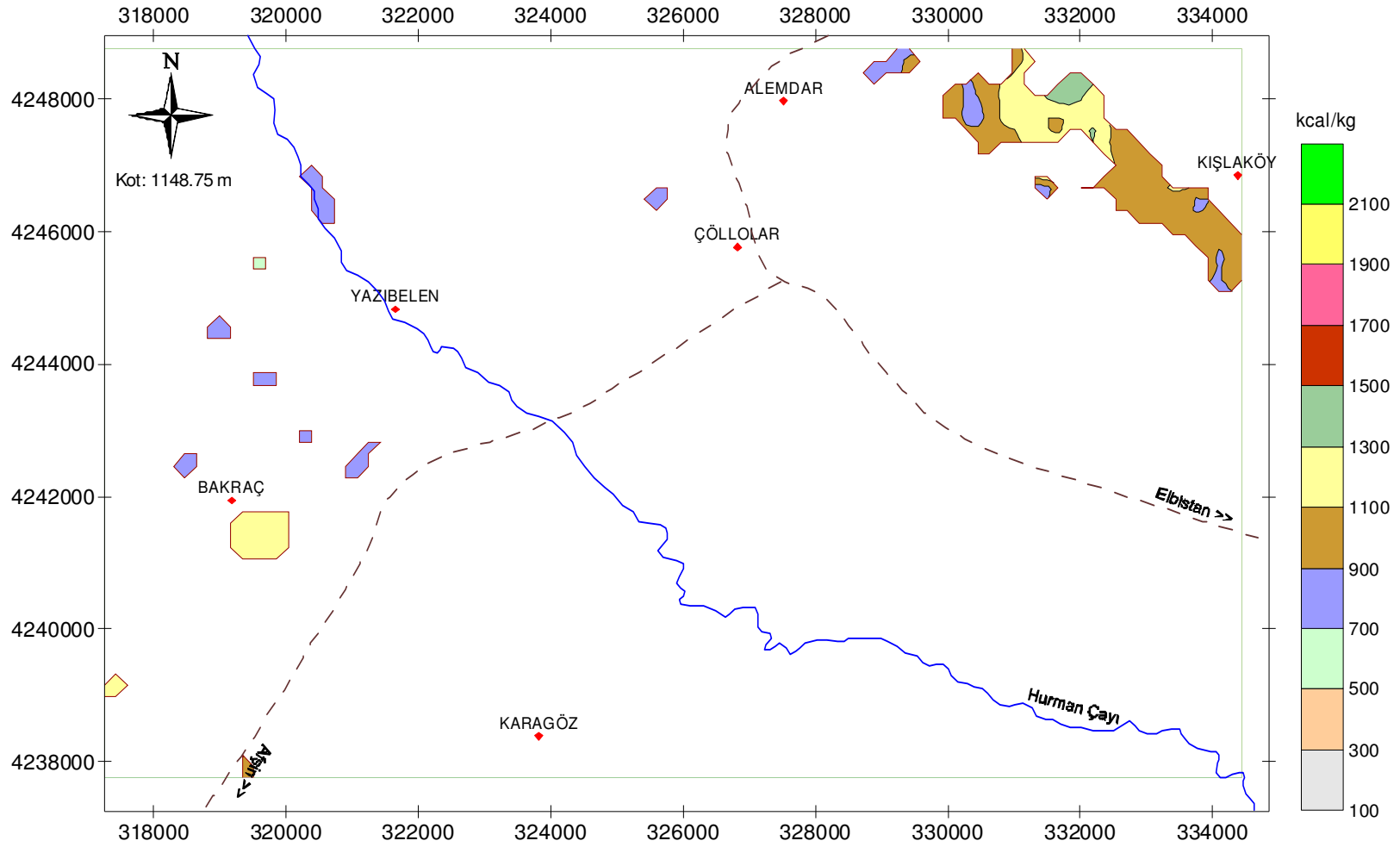
Ek-3 (devam). 1155.00–1157.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



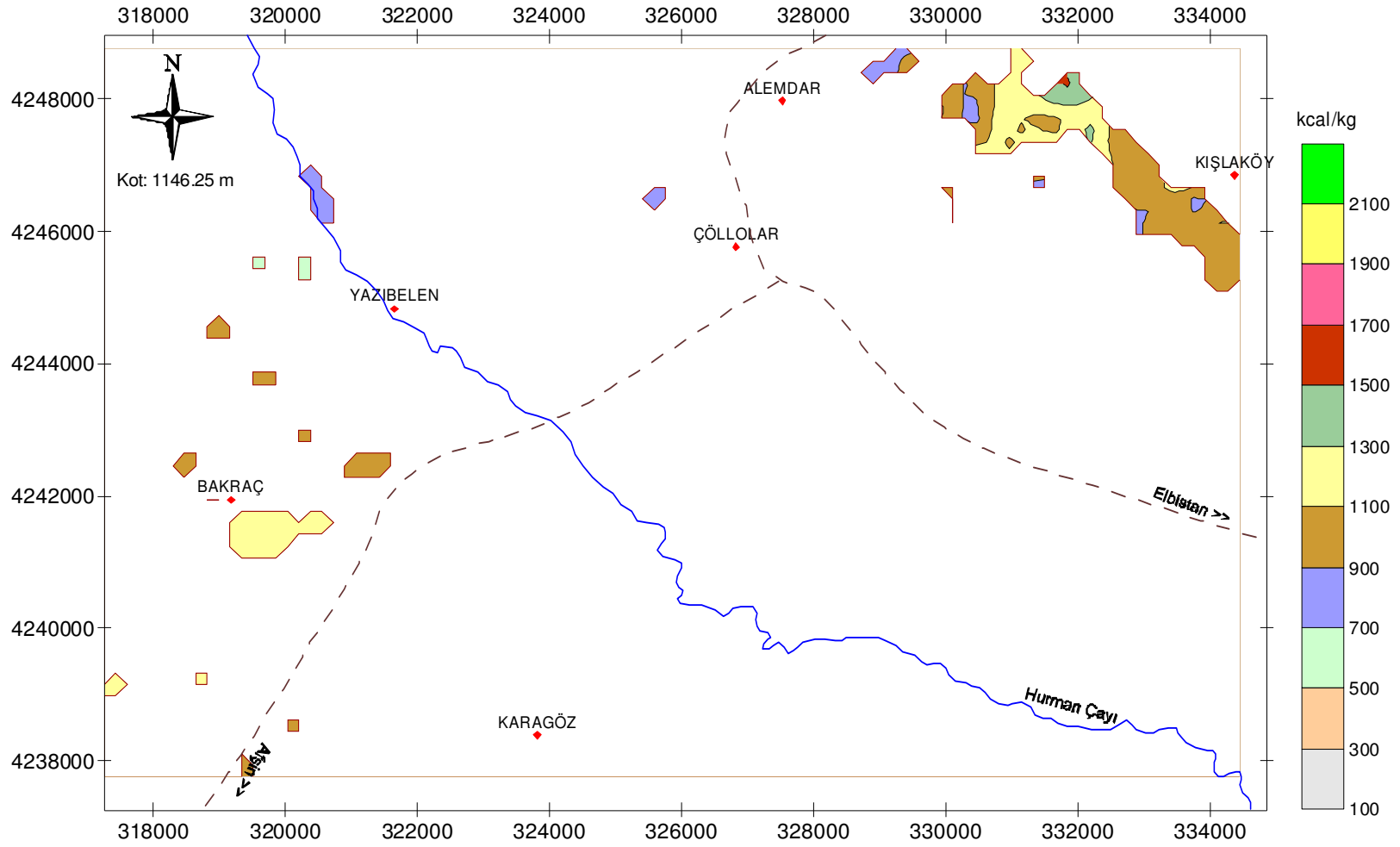
Ek-3 (devam). 1152.50–1155.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



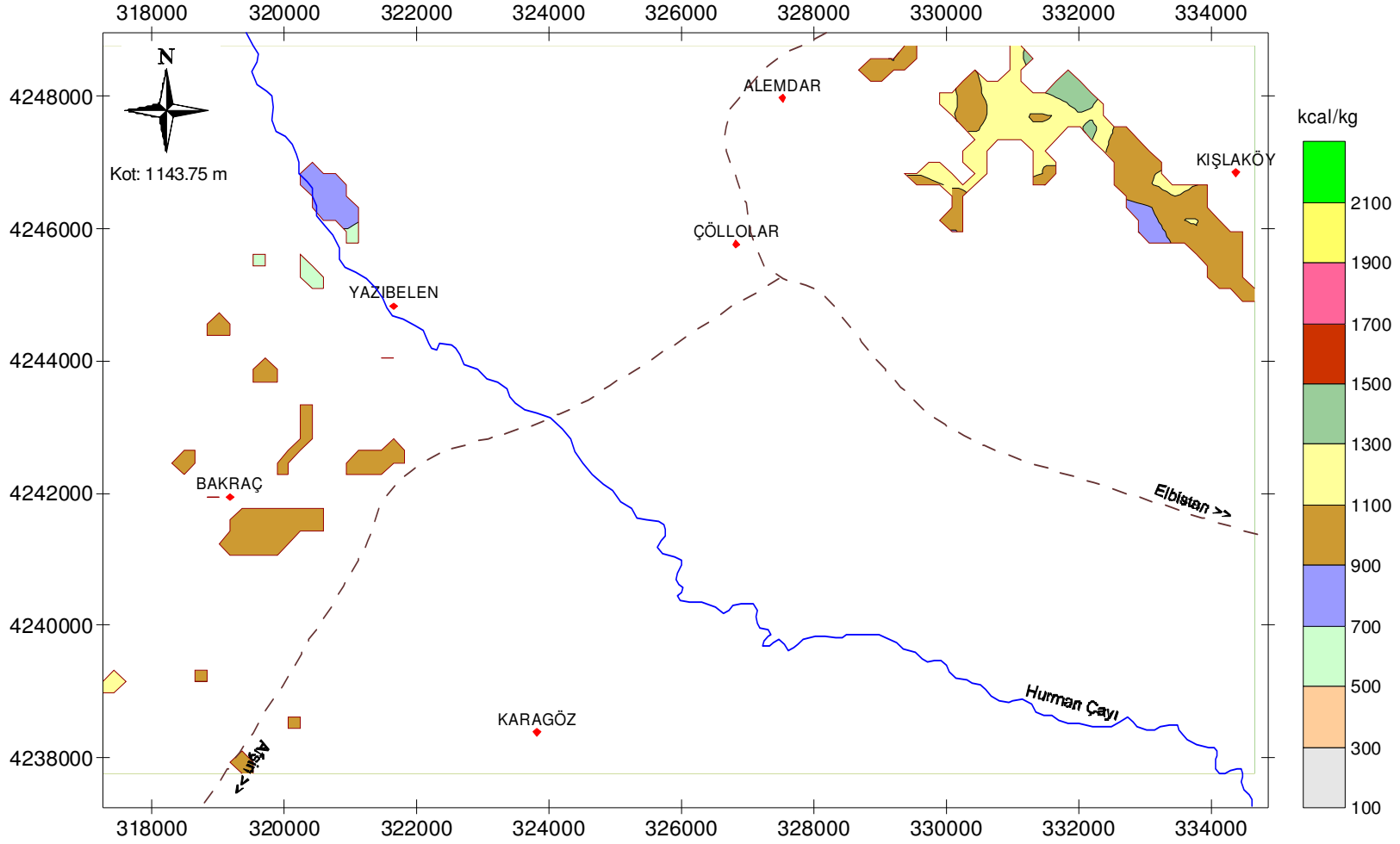
Ek-3 (devam). 1150.00–1152.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



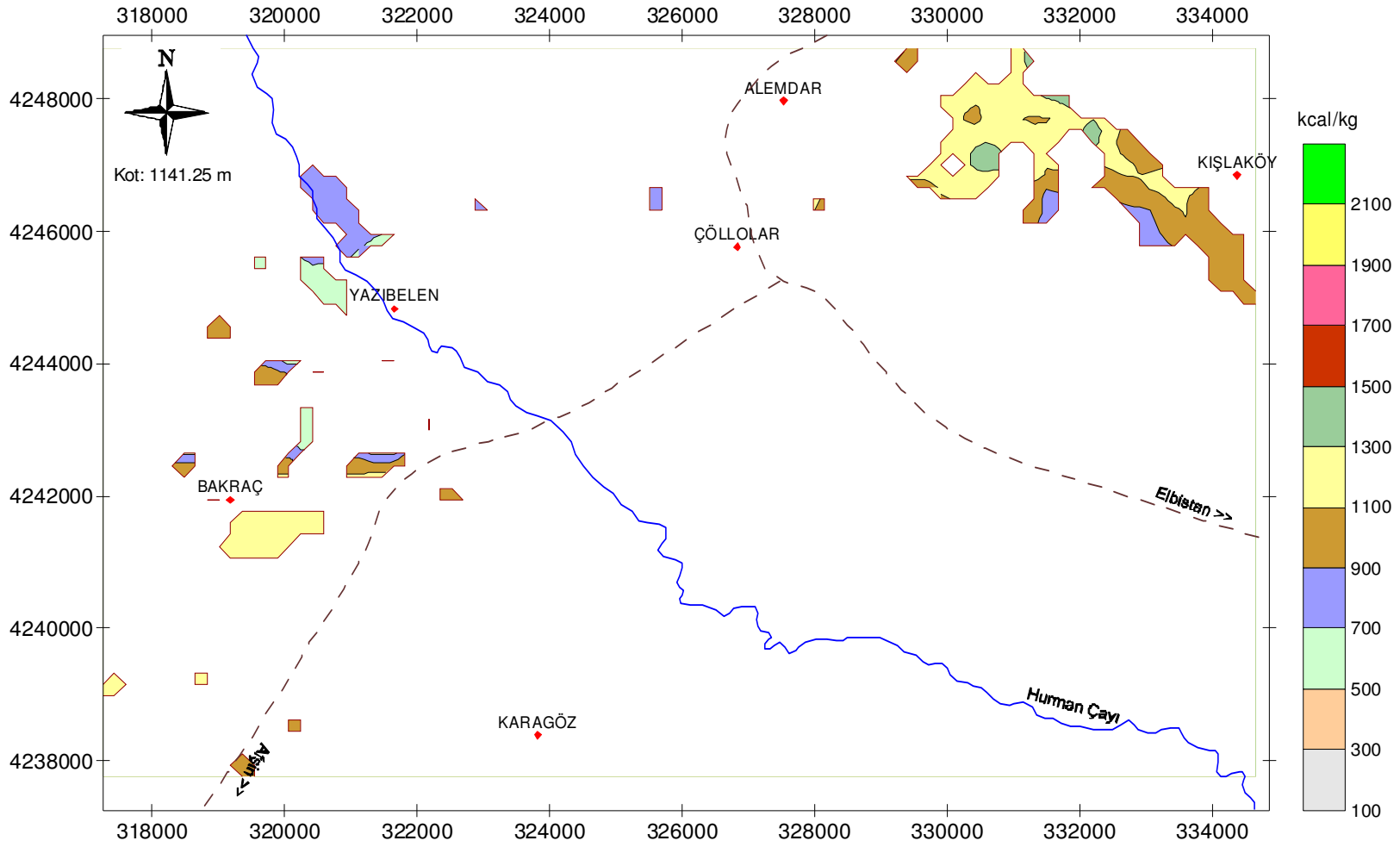
Ek-3 (devam). 1147.50–1150.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



Ek-3 (devam). 1145.00–1147.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

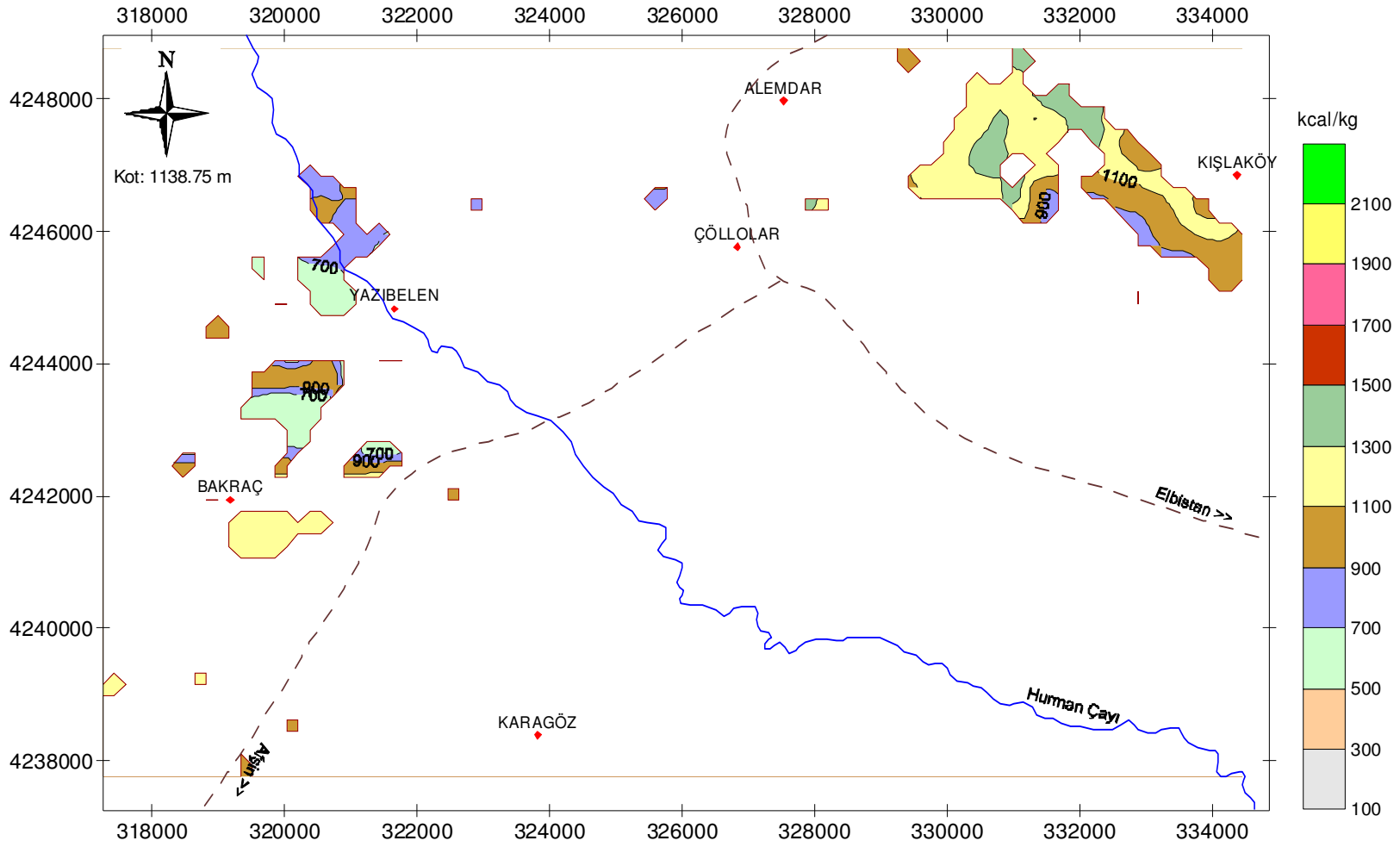


Ek-3 (devam). 1142.50–1145.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

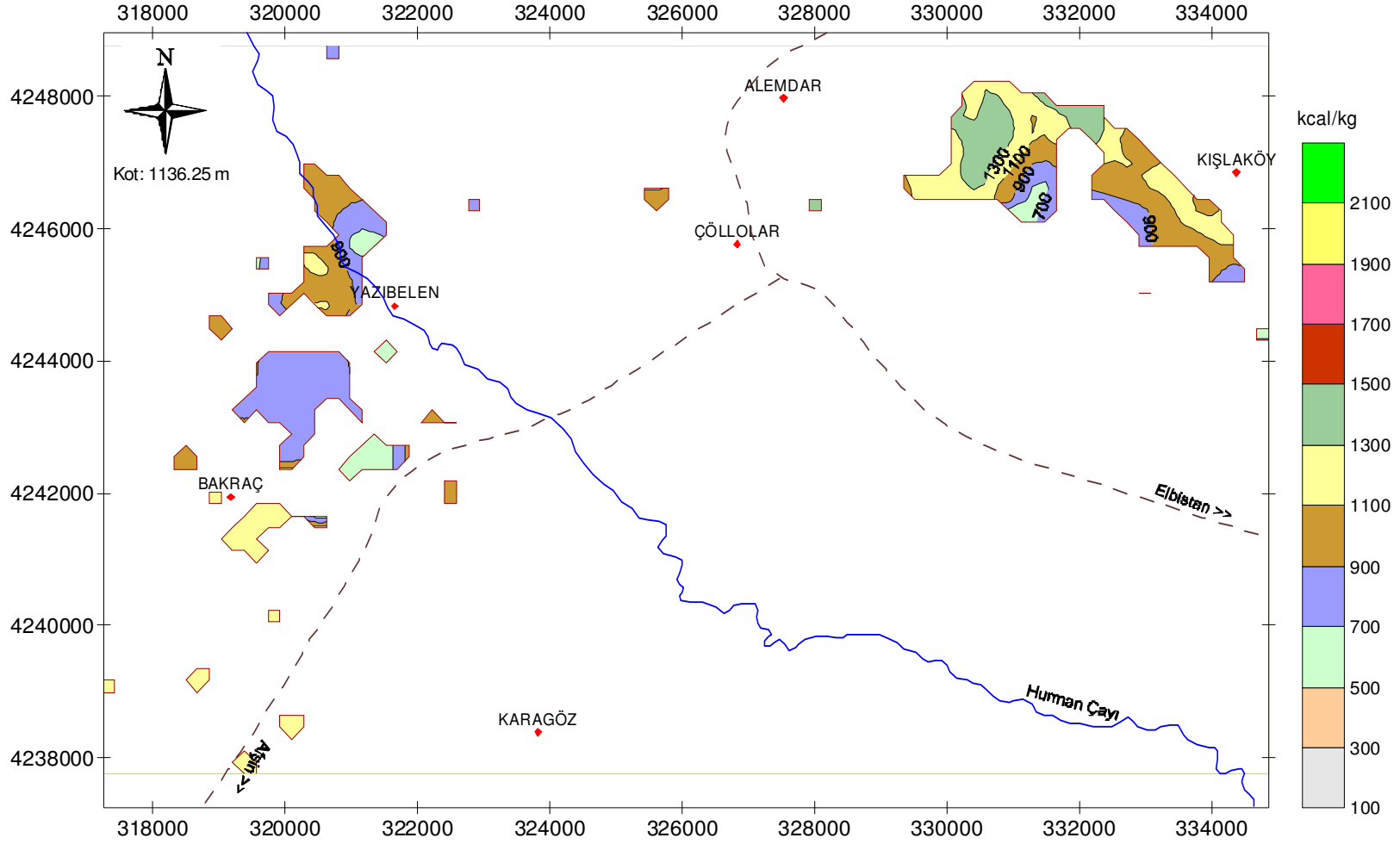


Ek-3 (devam). 1140.00–1142.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

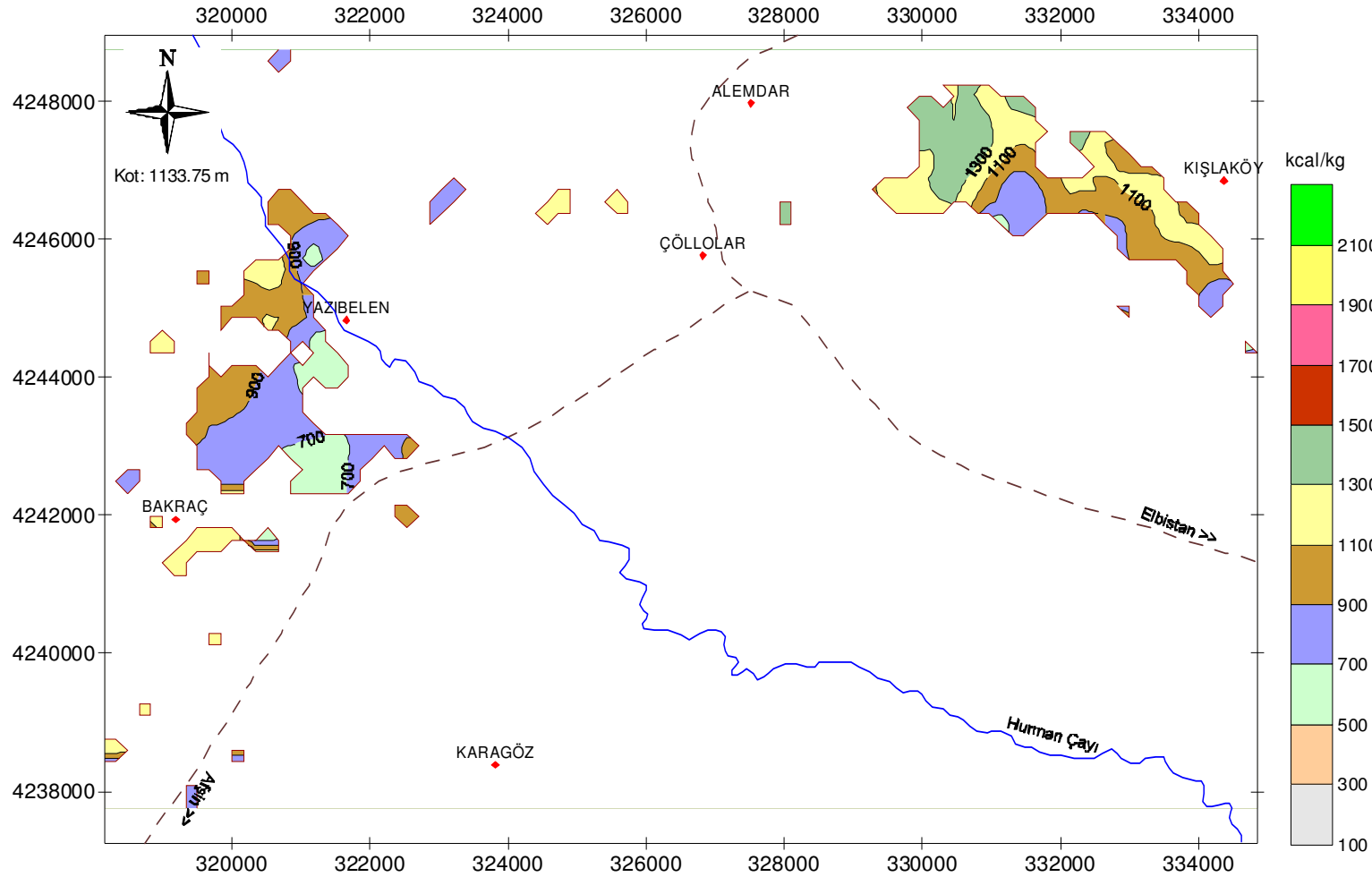




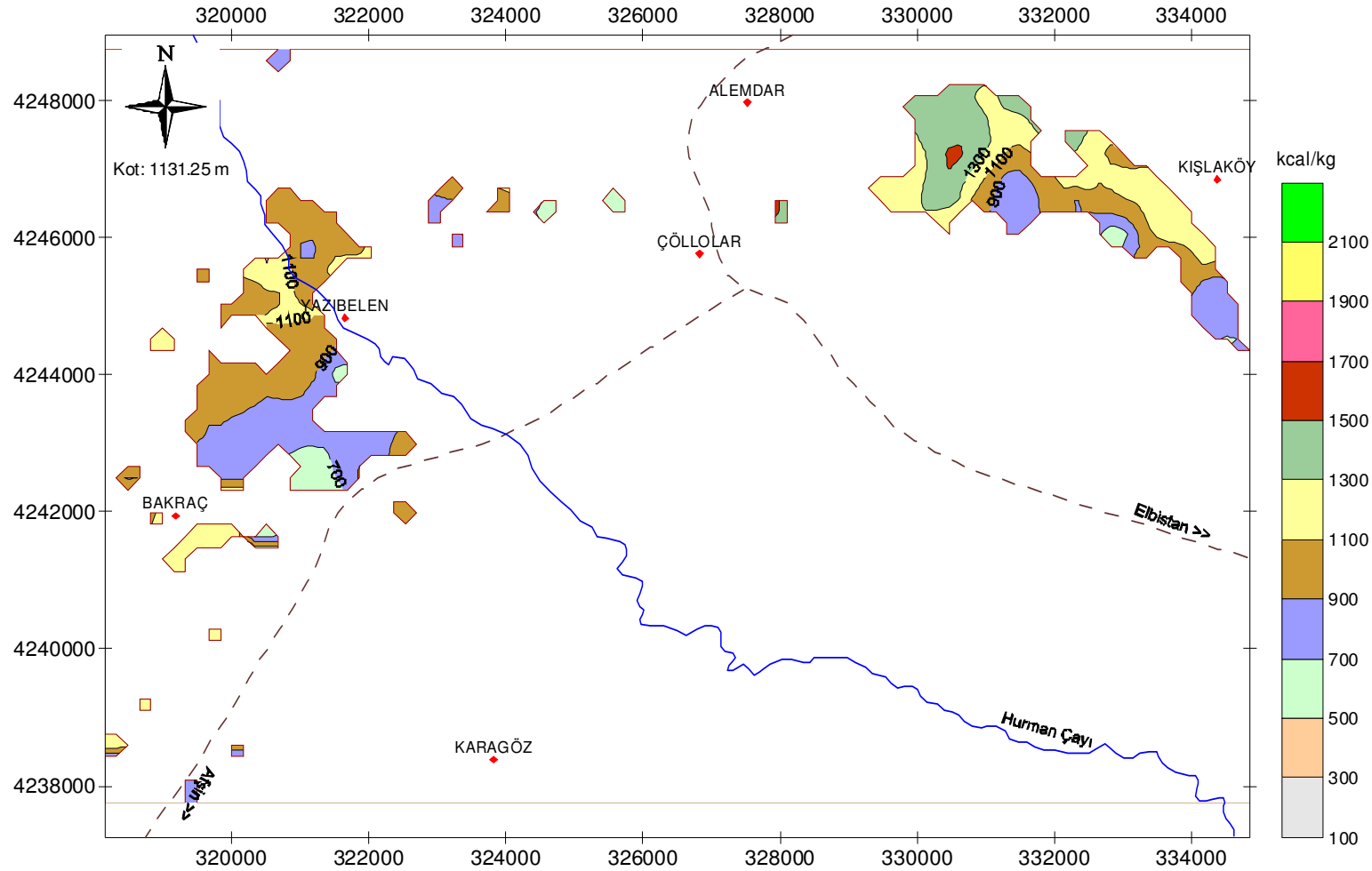
Ek-3 (devam). 1137.50–1140.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



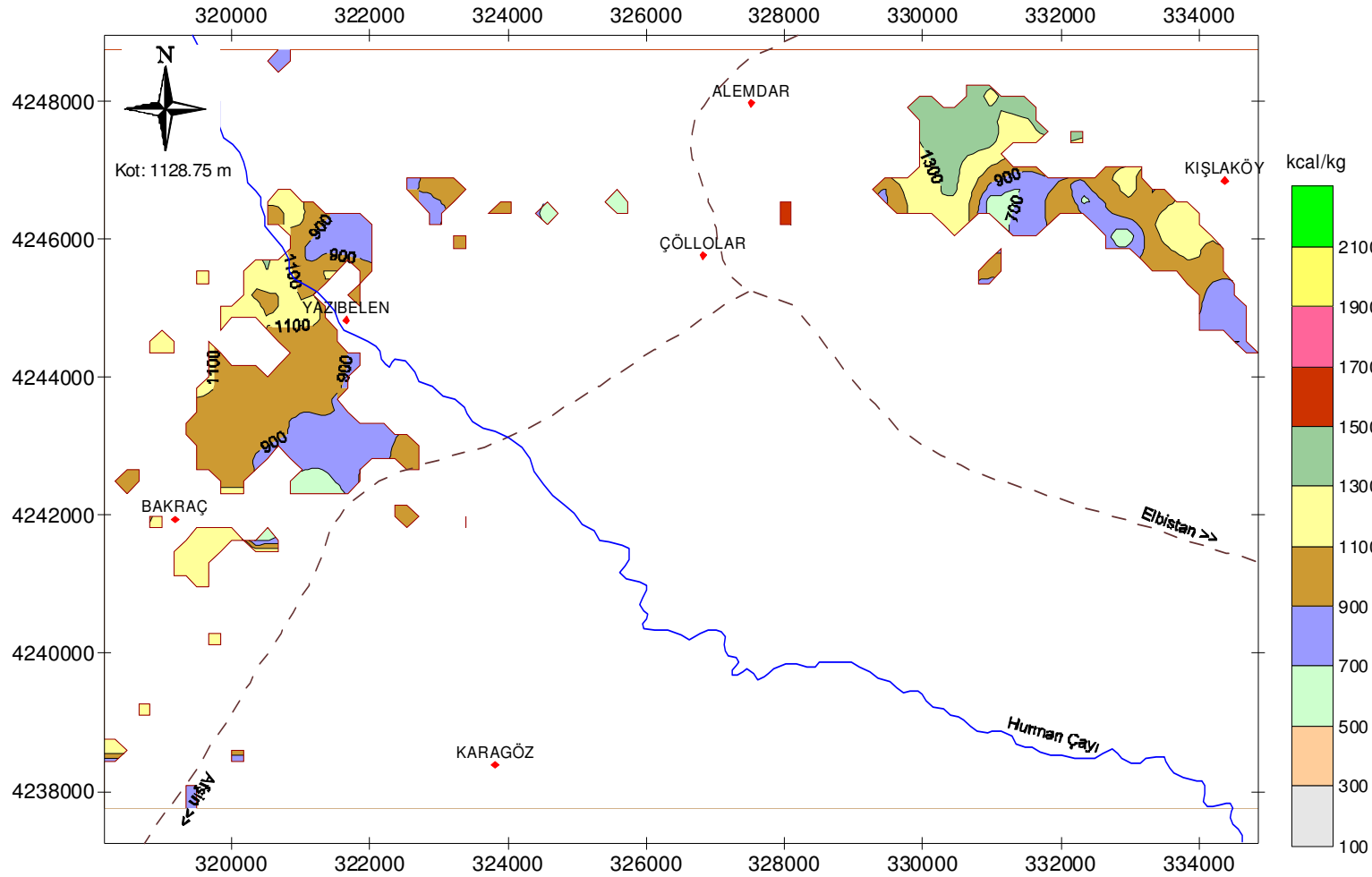
Ek-3 (devam). 1135.00–1137.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



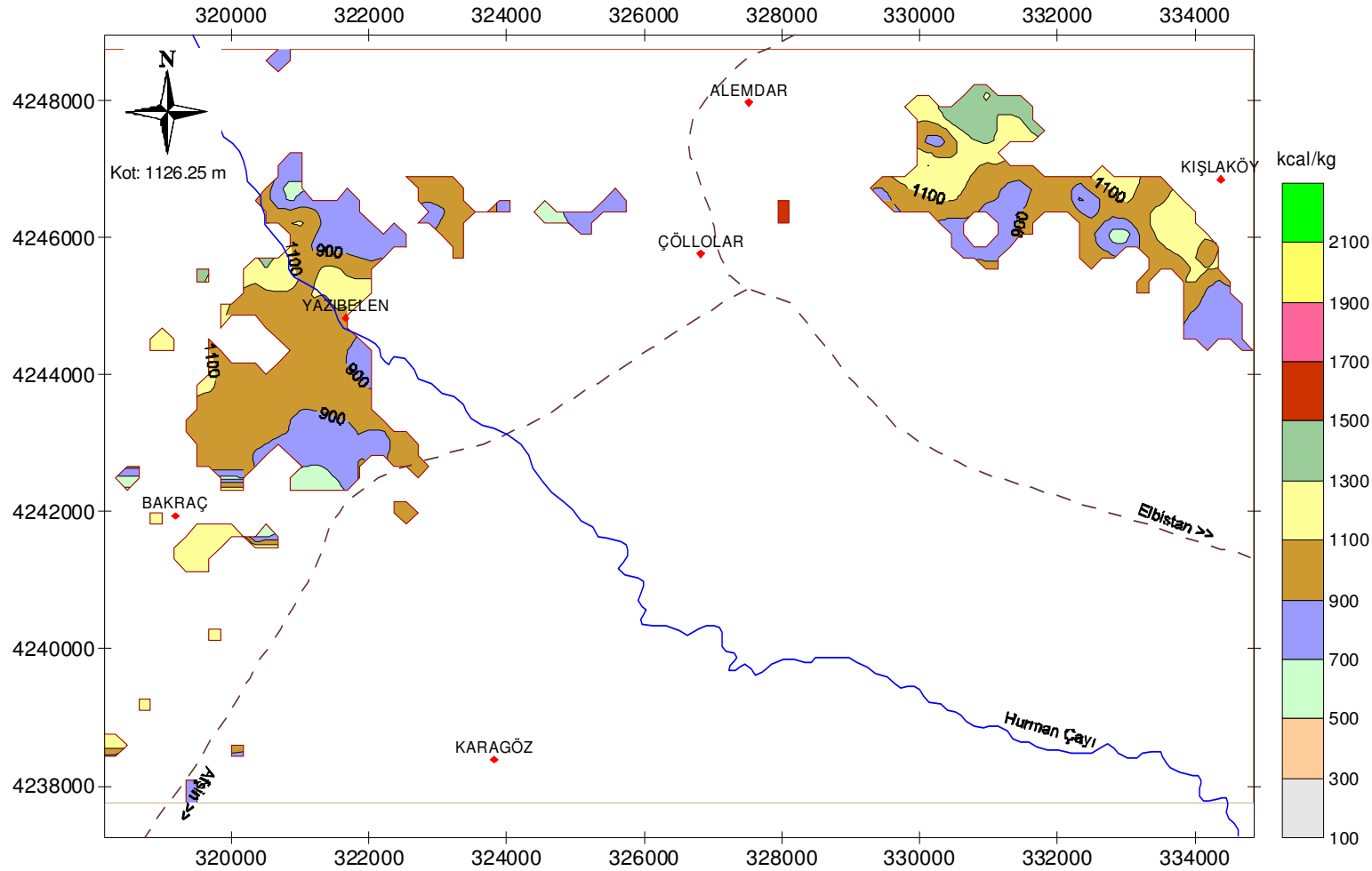
Ek-3 (devam). 1132.50–1135.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



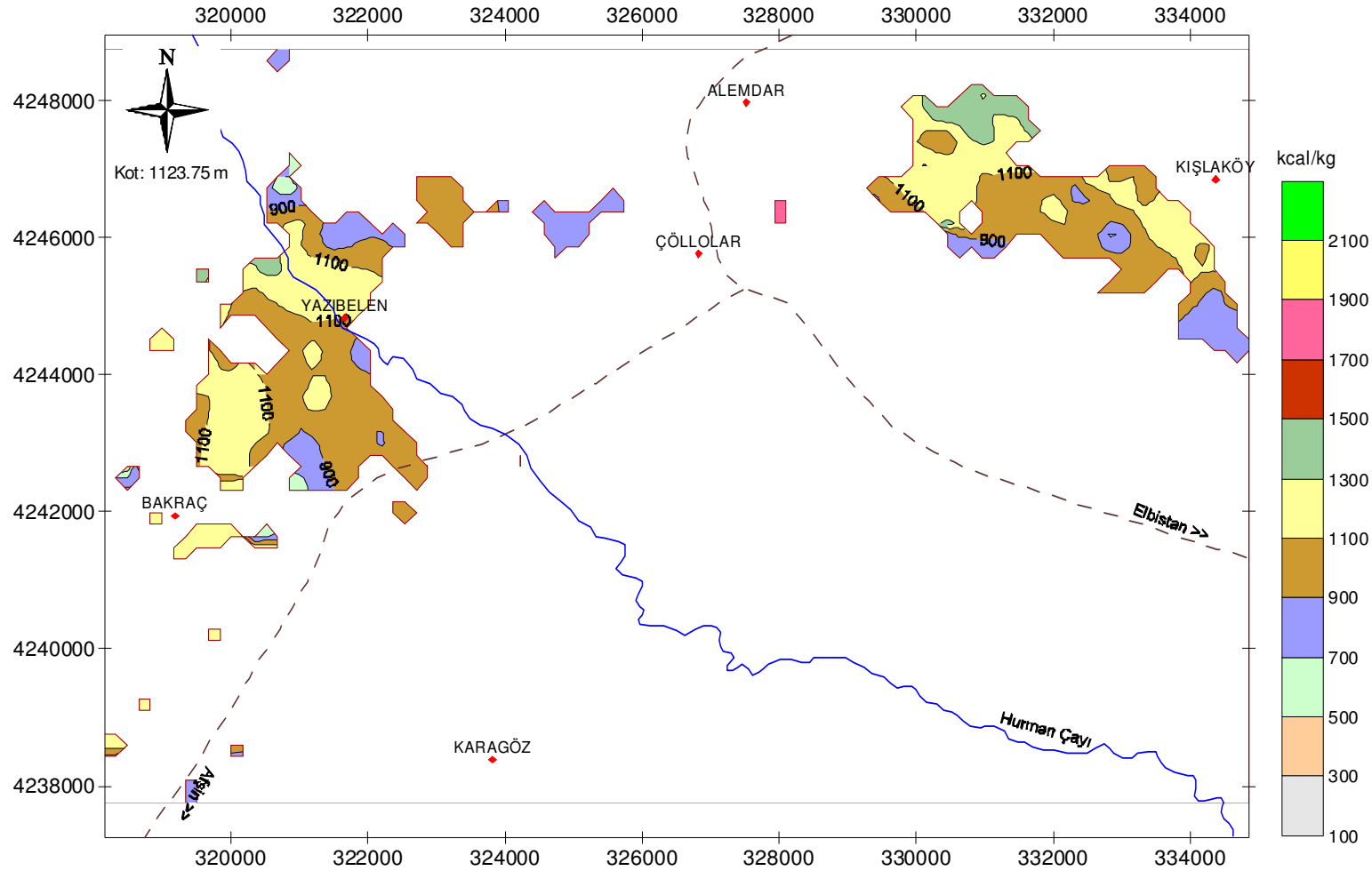
Ek-3 (devam). 1130.00–1132.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



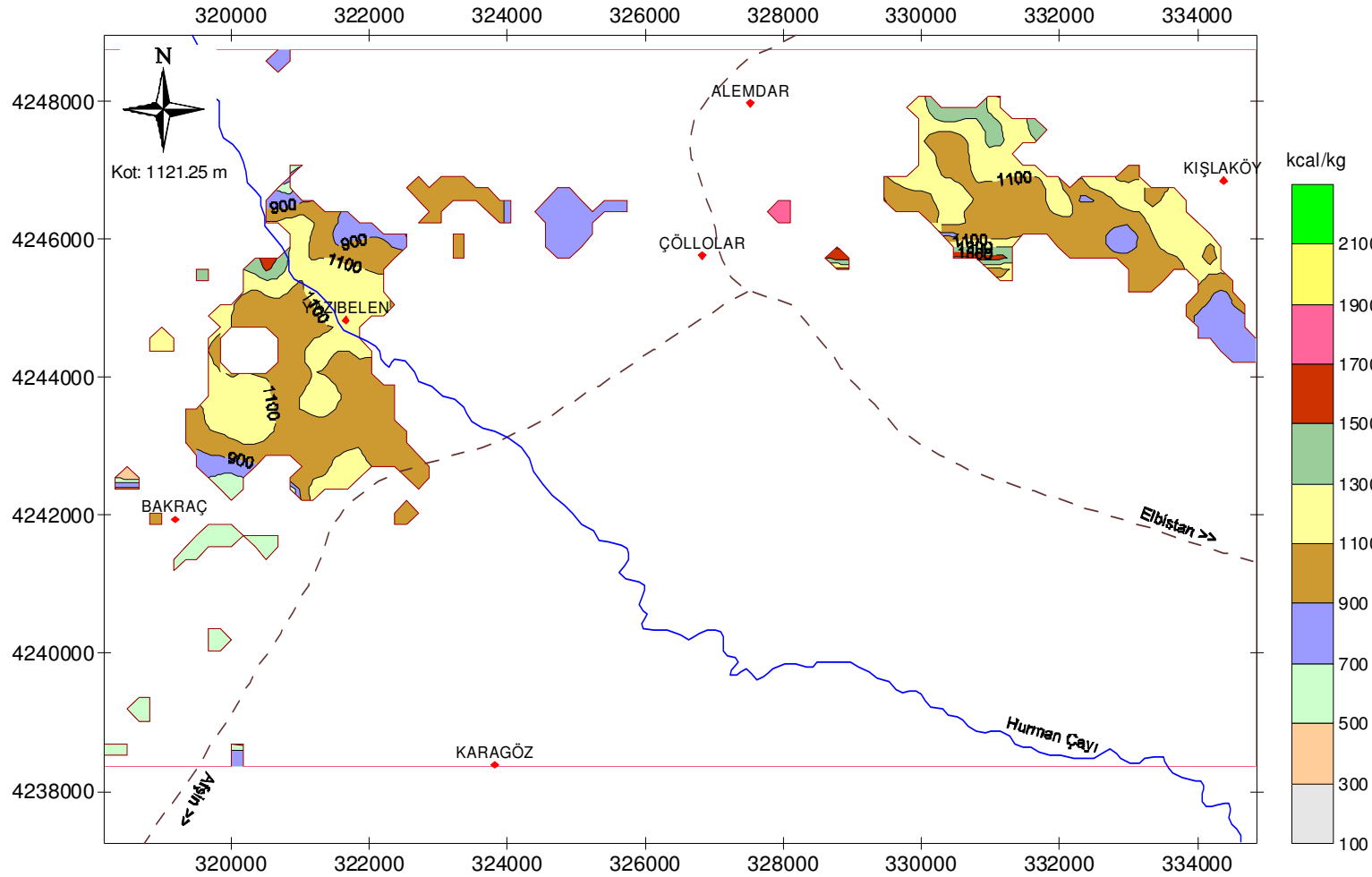
Ek-3 (devam). 1127.50–1130.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



Ek-3 (devam). 1125.00–1127.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

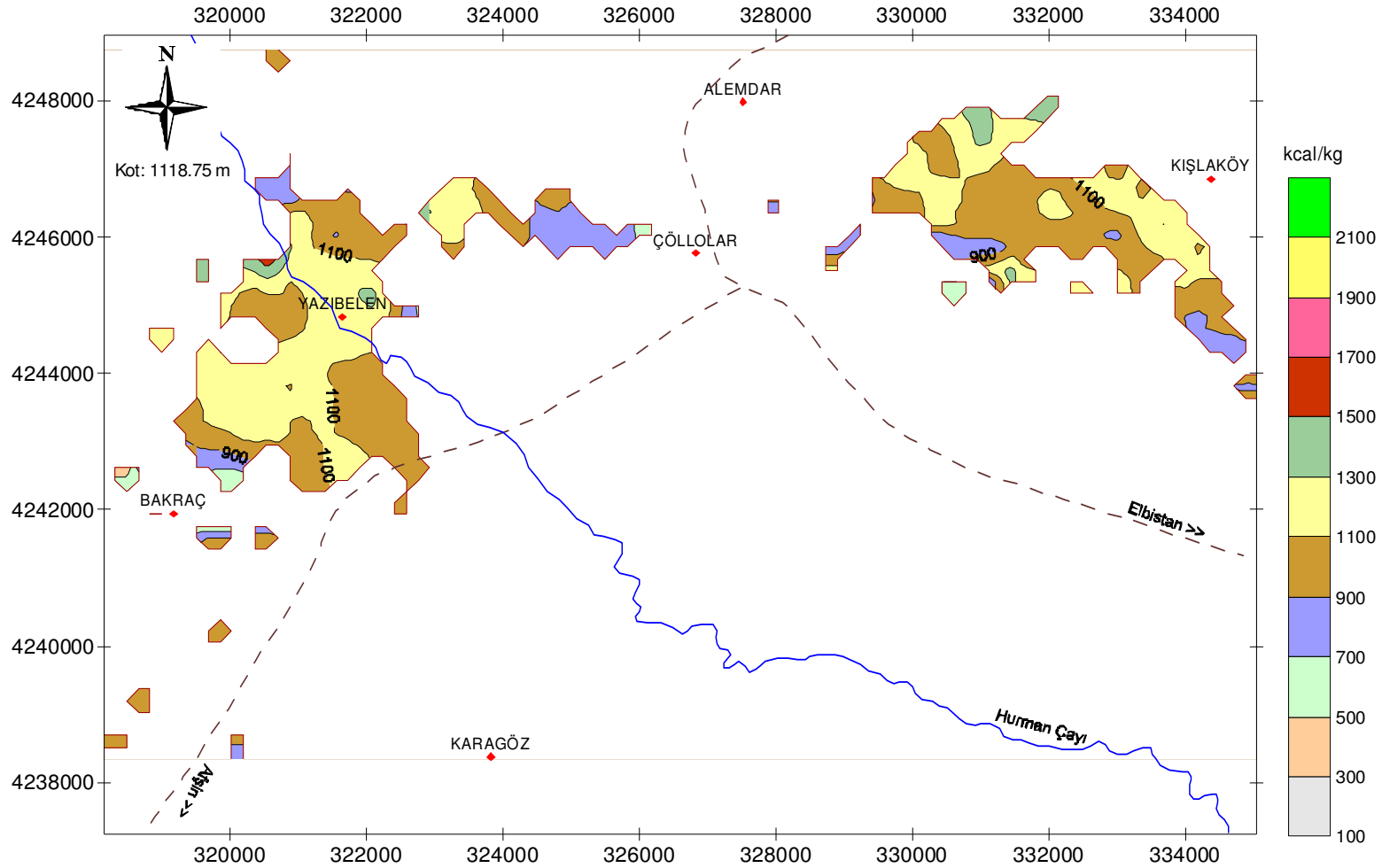


Ek-3 (devam). 1122.50–1125.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



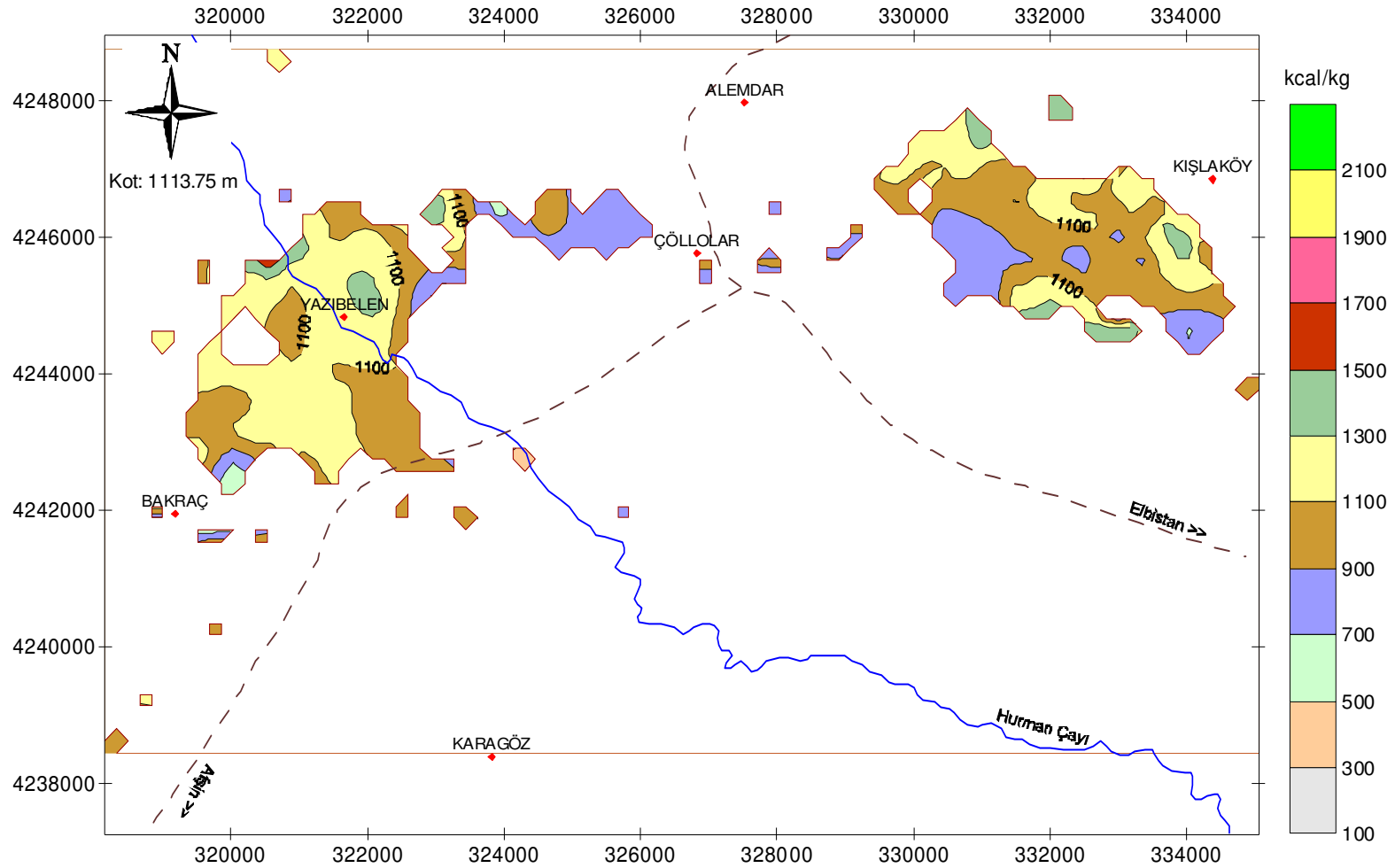
Ek-3 (devam). 1120.00–1122.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



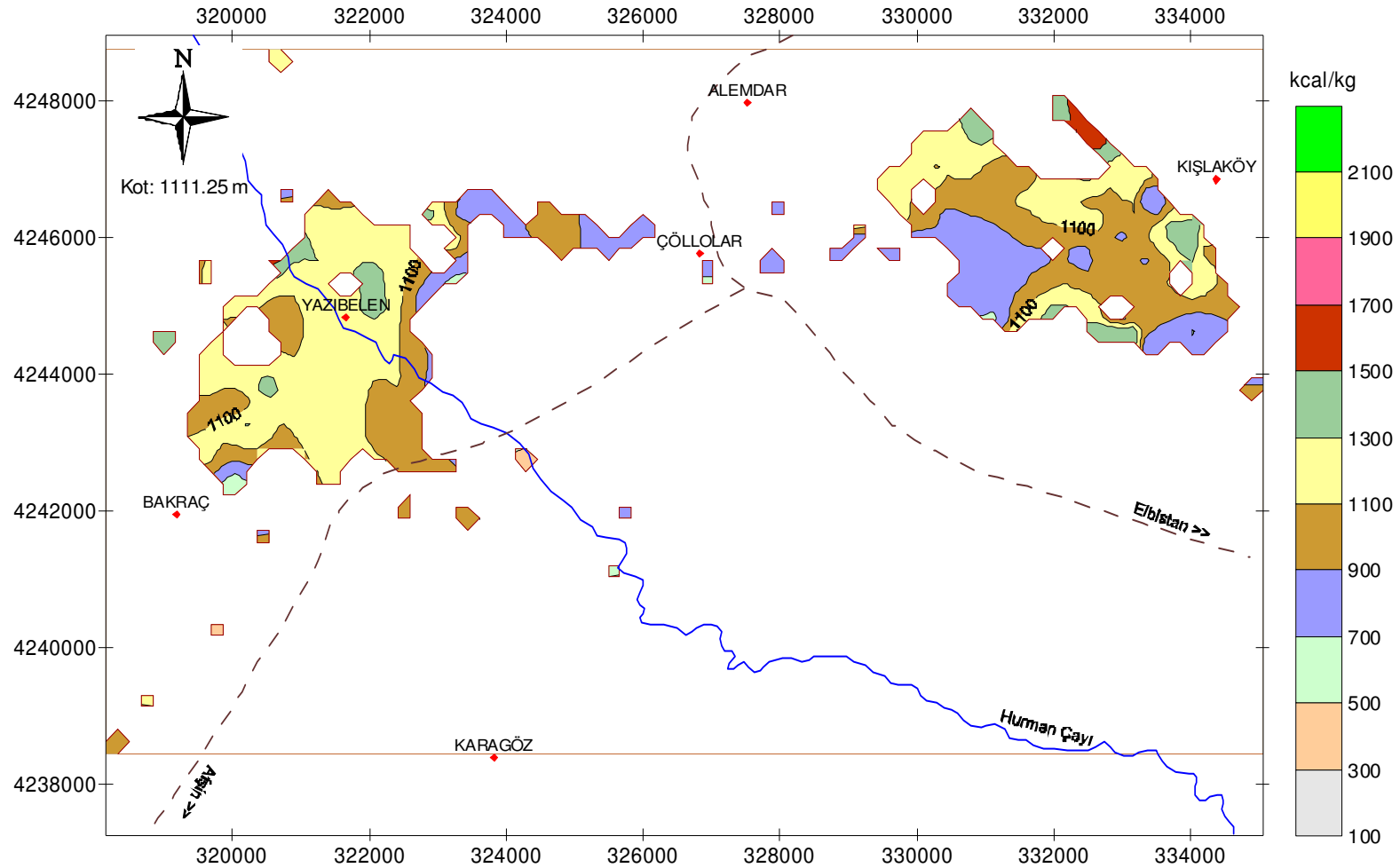


Ek-3 (devam). 1117.50–1120.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

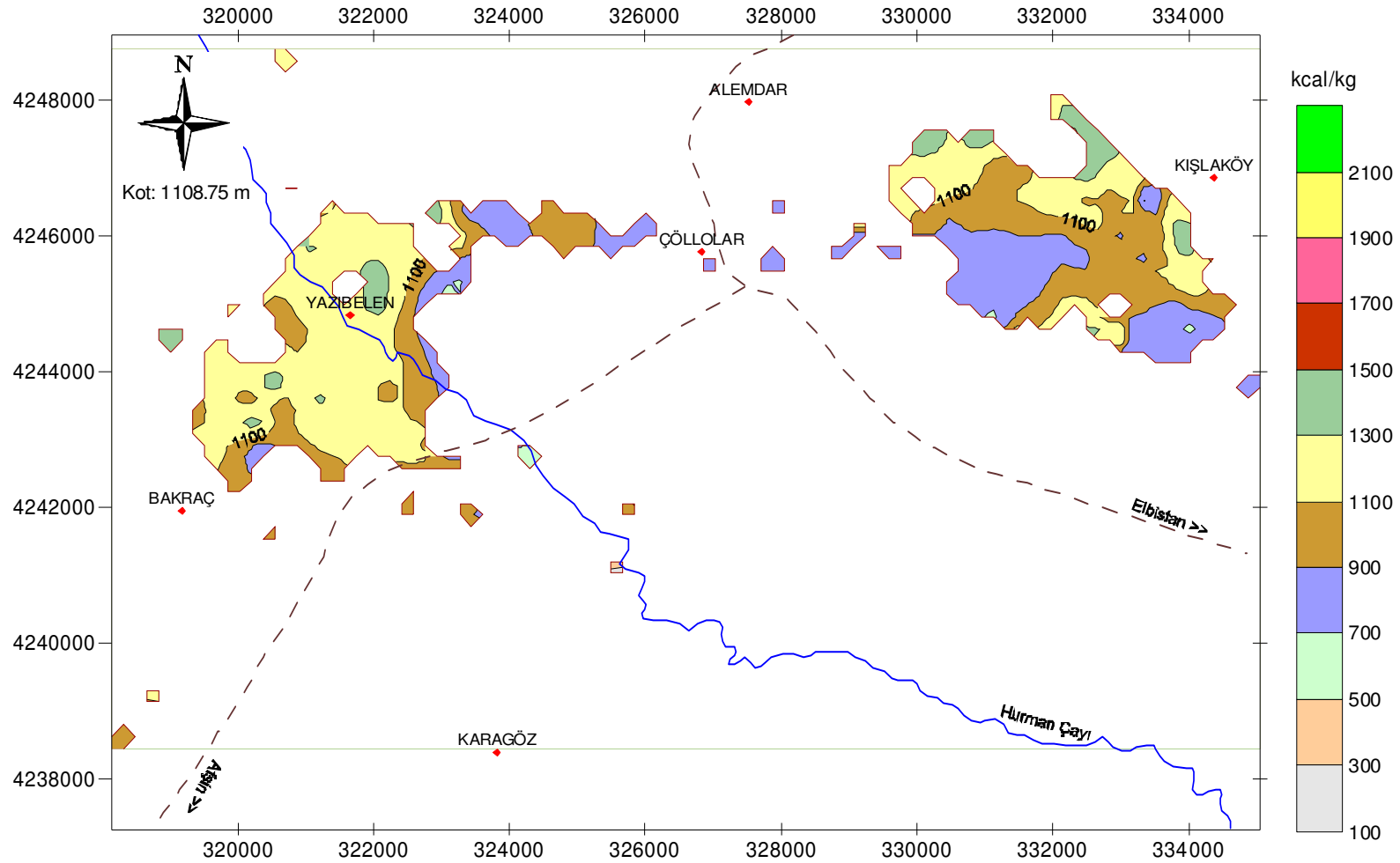




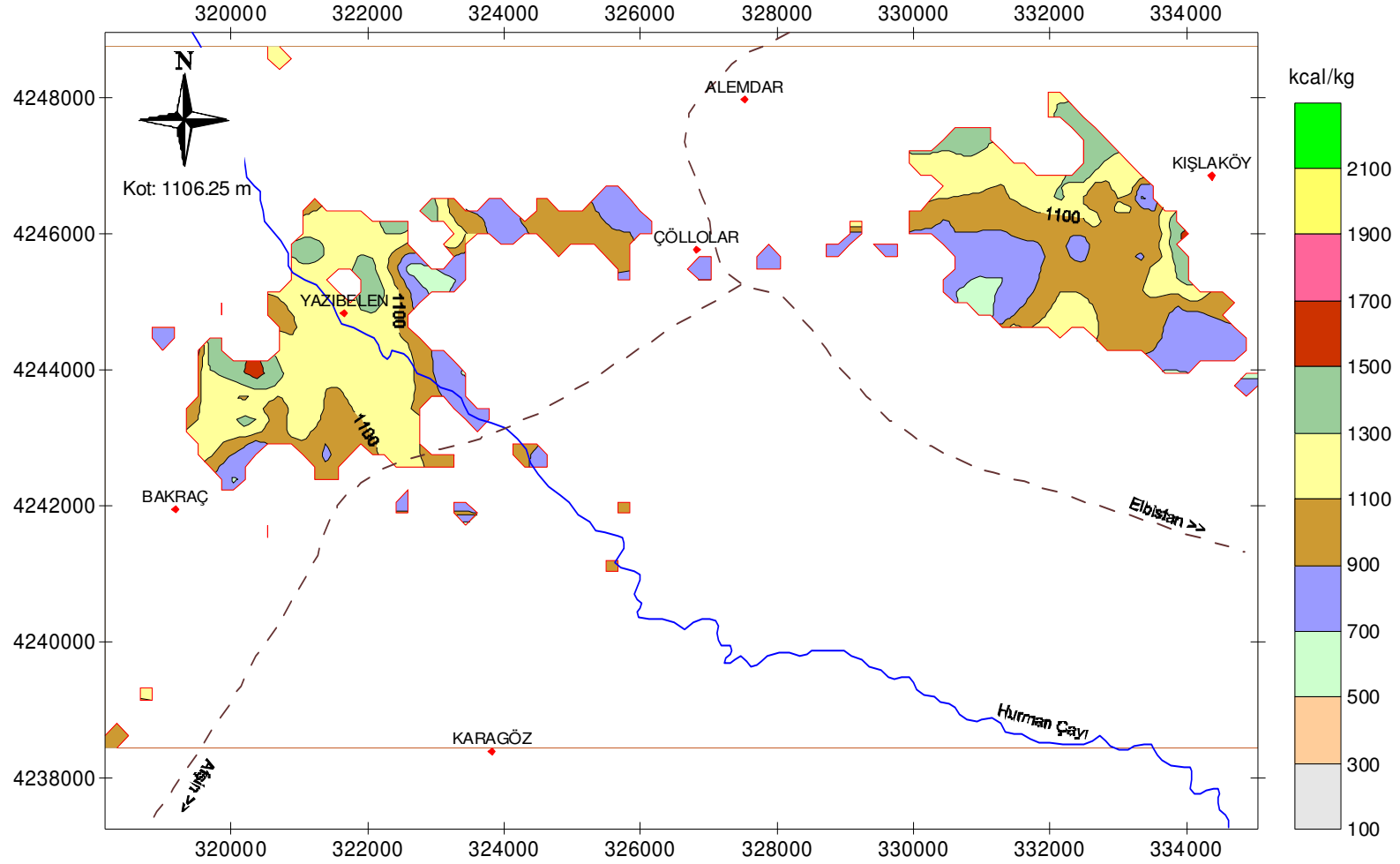
Ek-3 (devam). 1112.50–1115.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



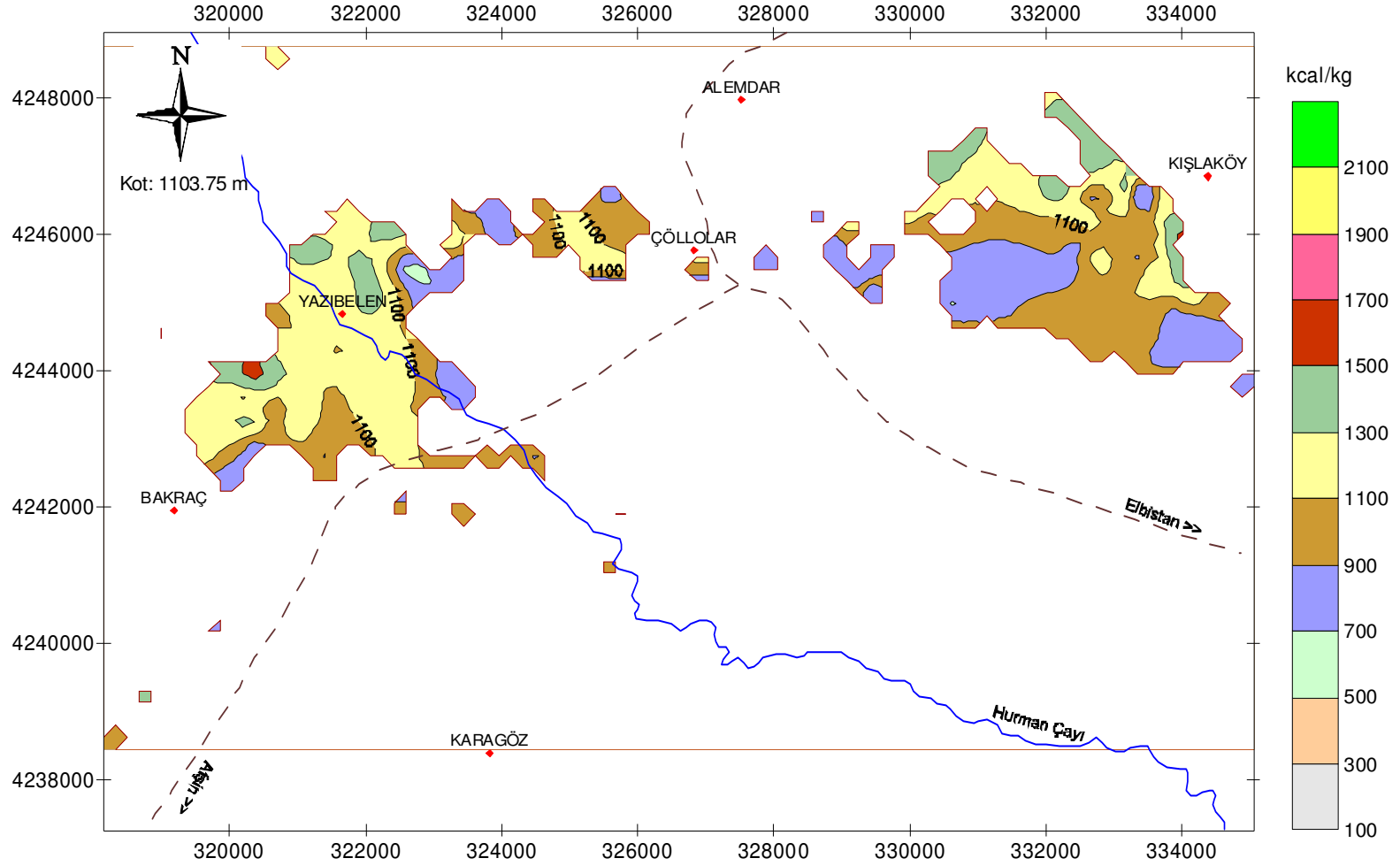
Ek-3 (devam). 1110.00–1112.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



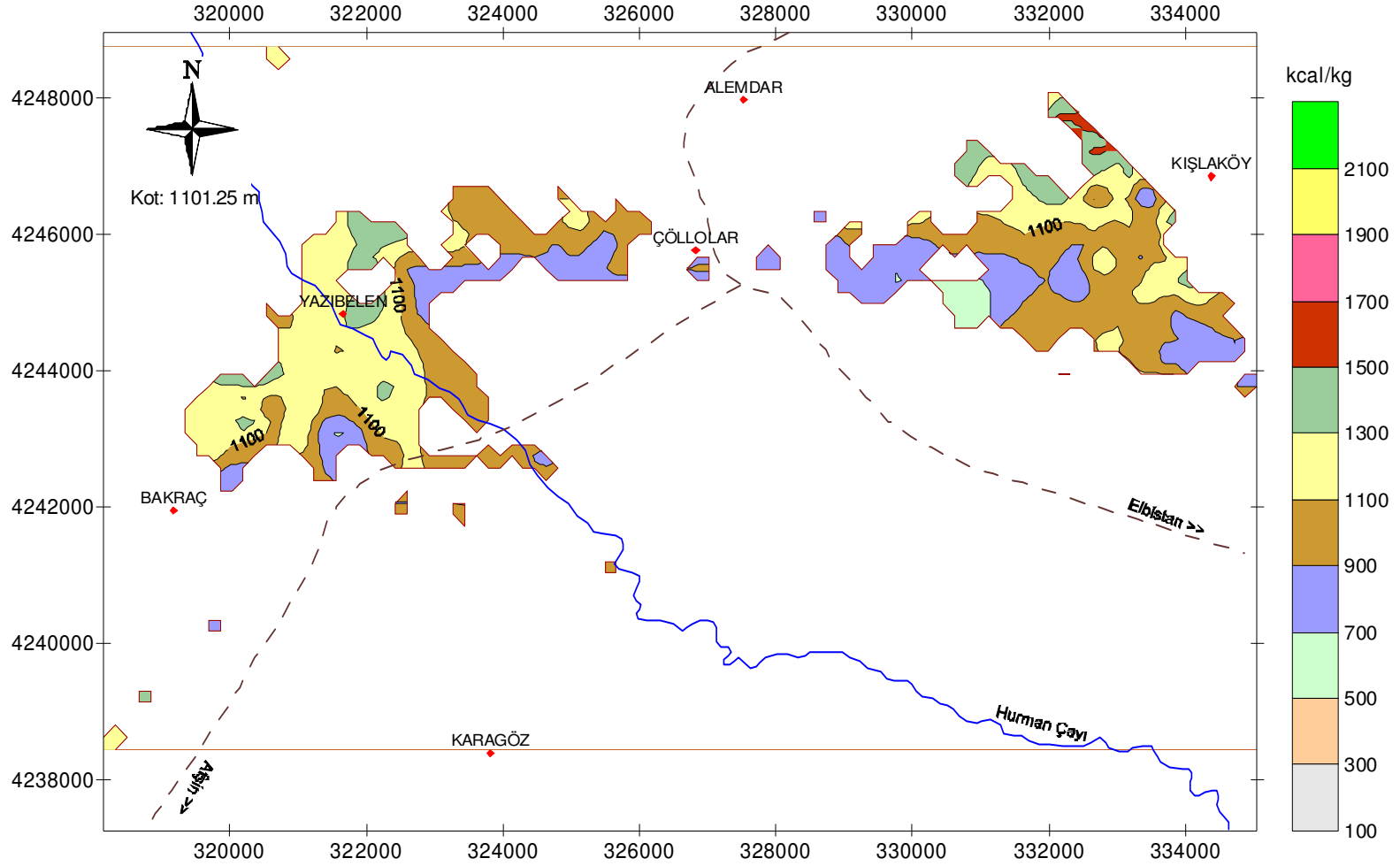
Ek-3 (devam). 1107.50–1110.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



Ek-3 (devam). 1105.00–1107.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

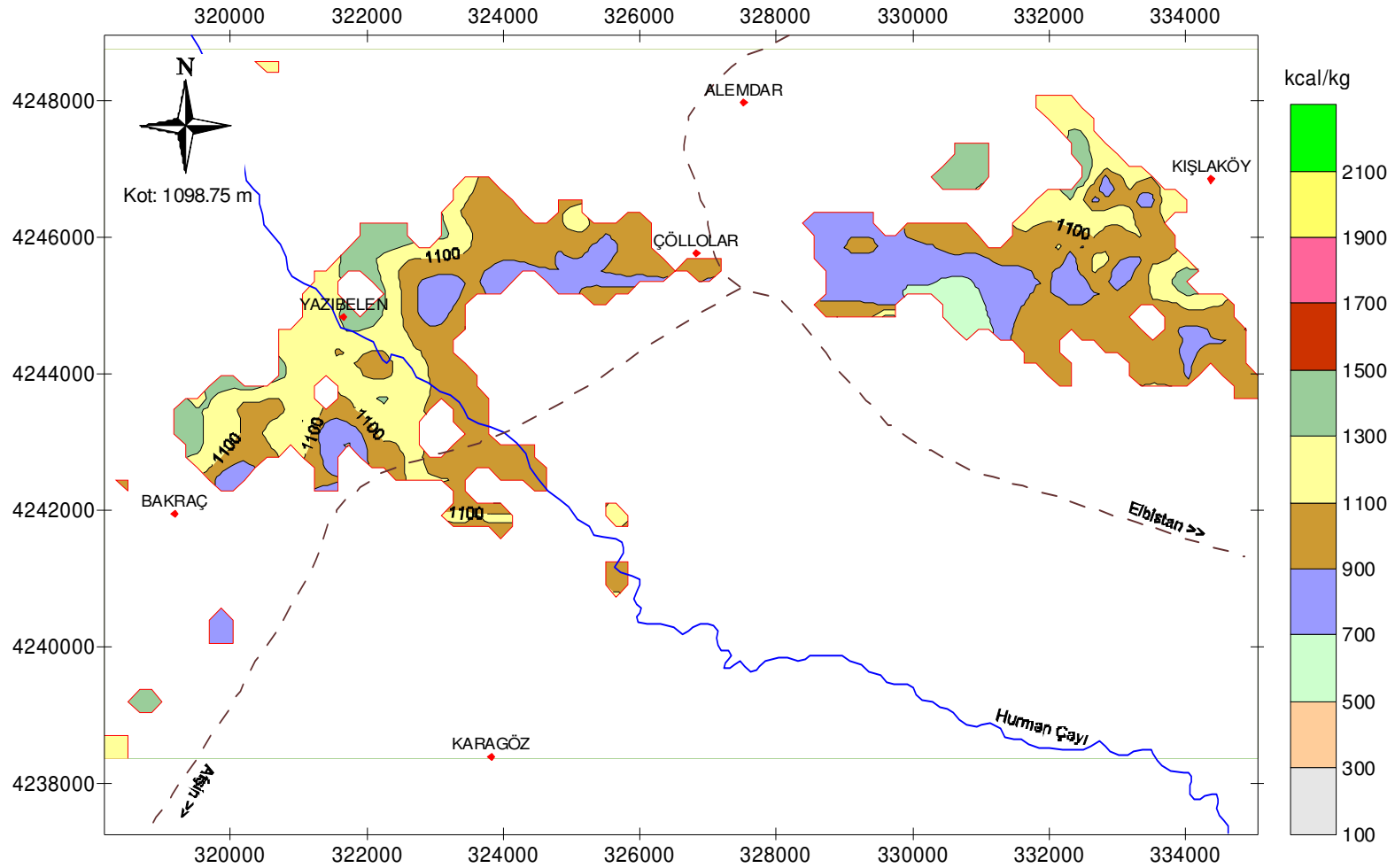


Ek-3 (devam). 1102.50–1105.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

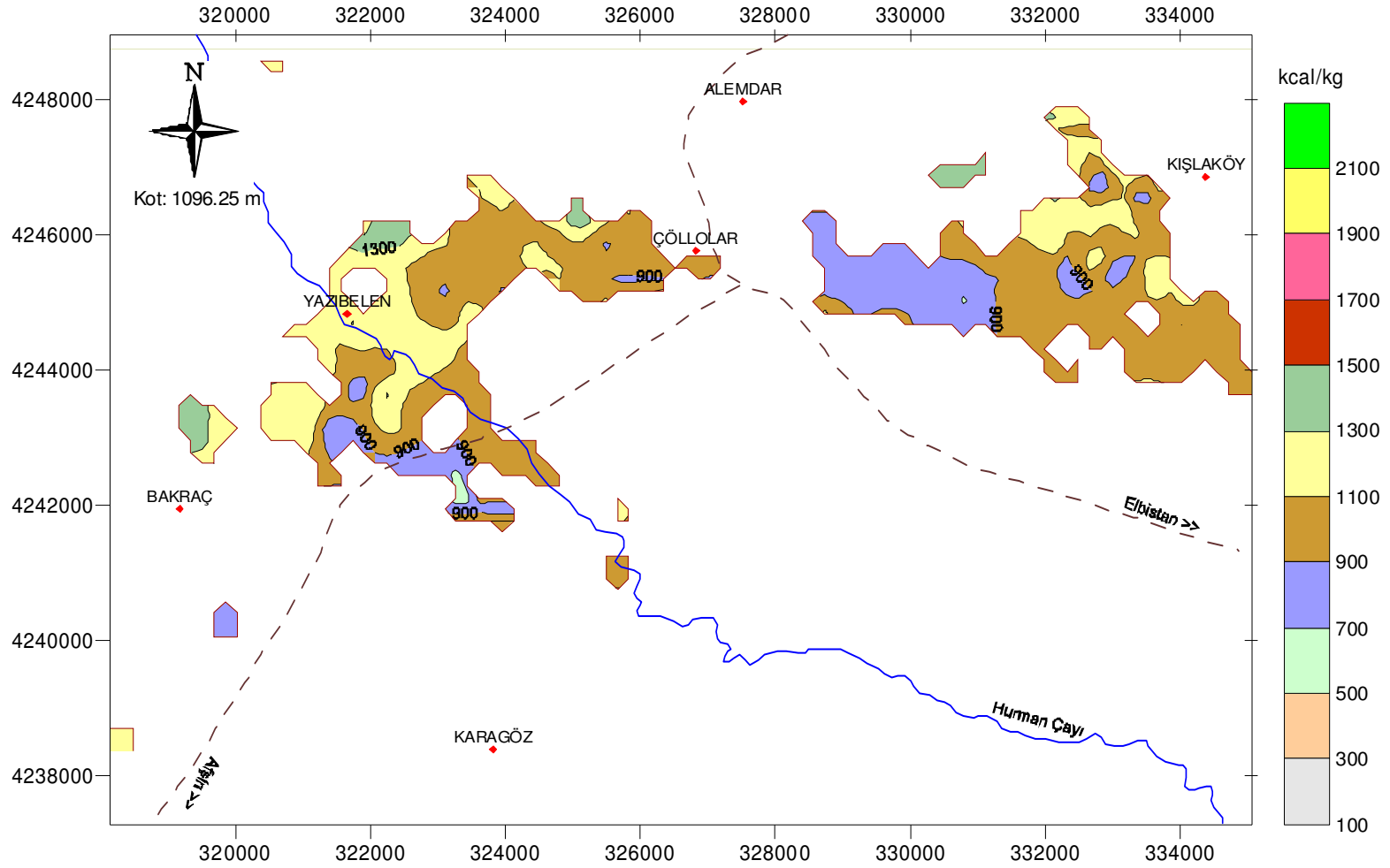


Ek-3 (devam). 1100.00–1102.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

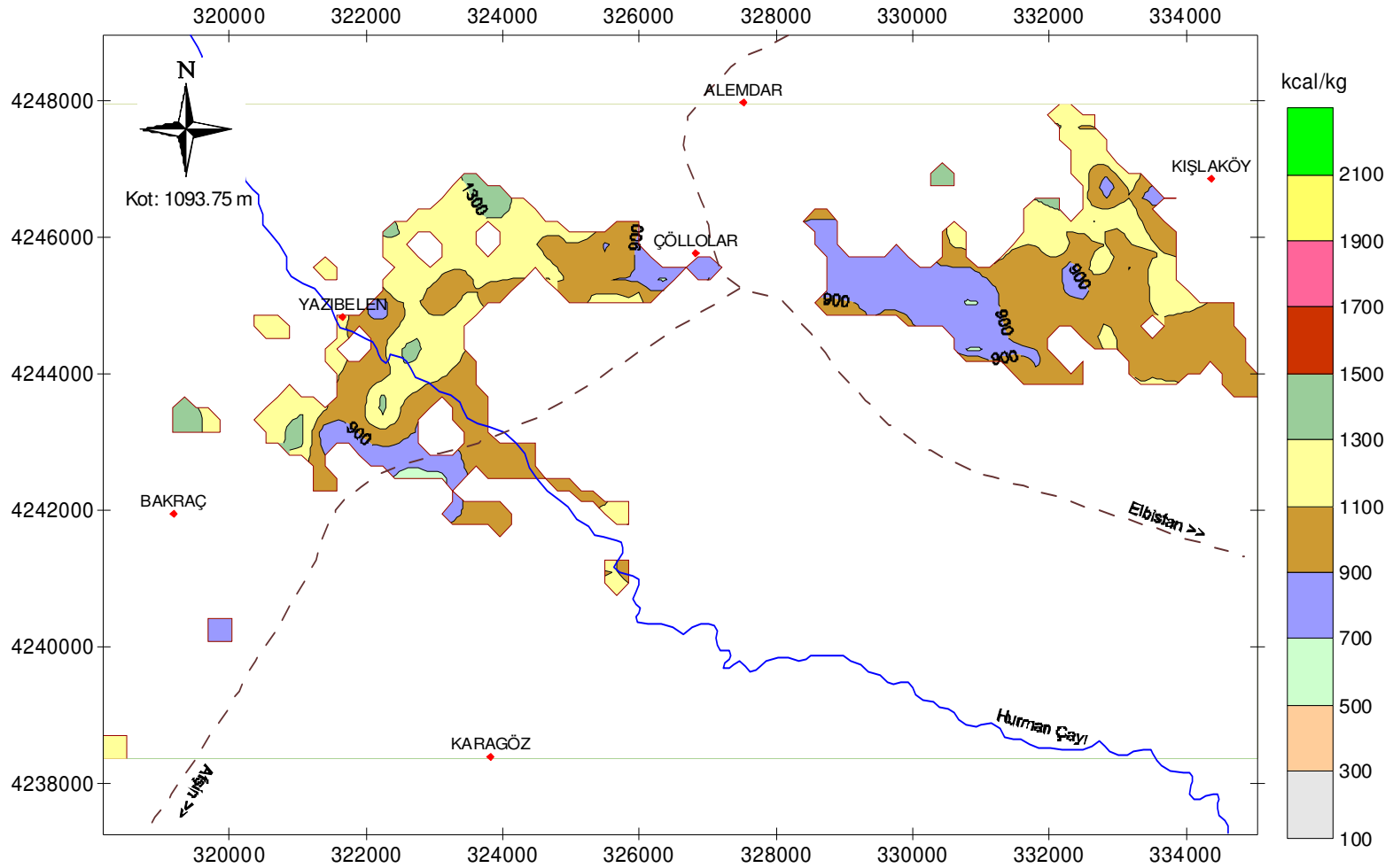




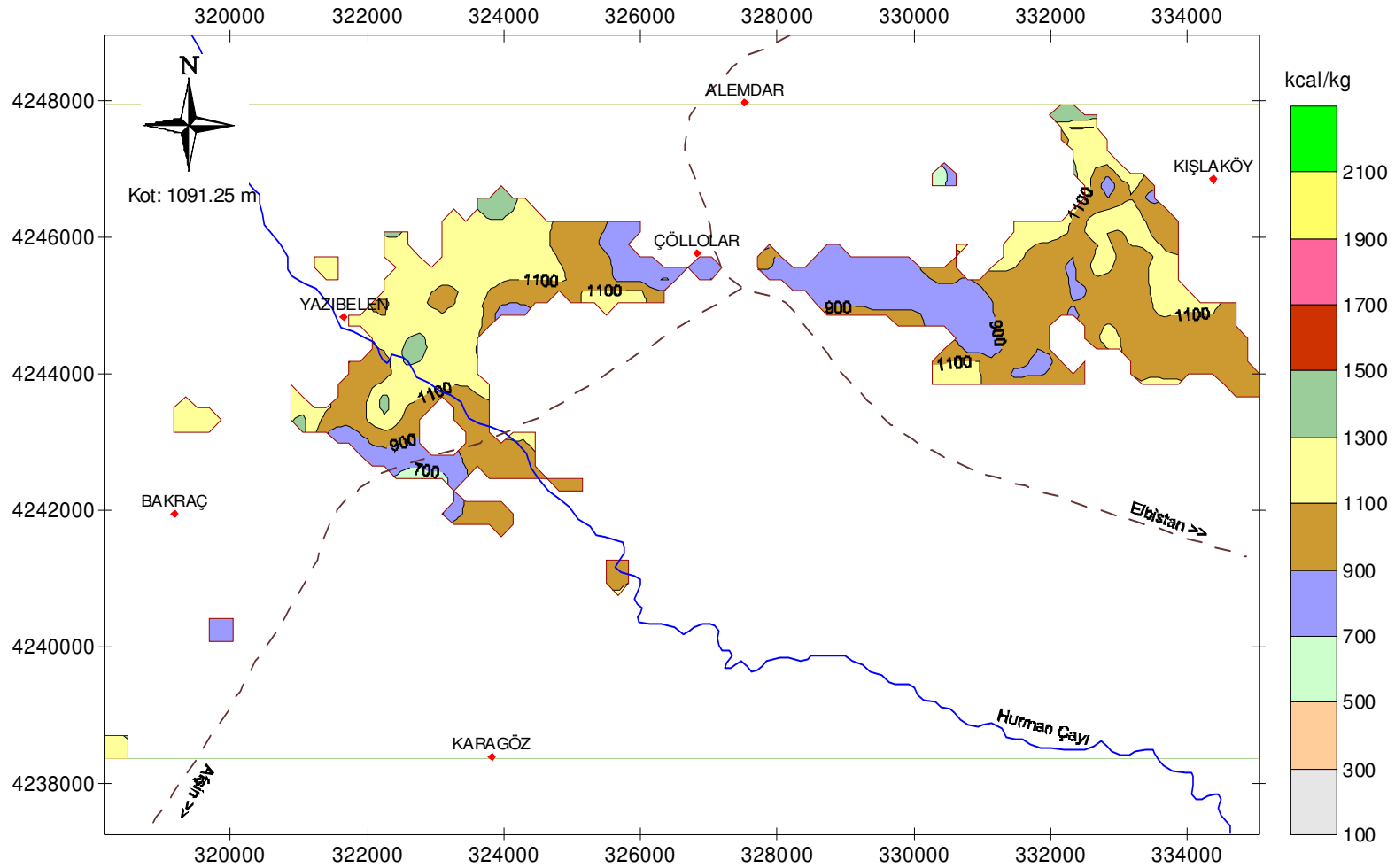
Ek-3 (devam). 1097.50–1100.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



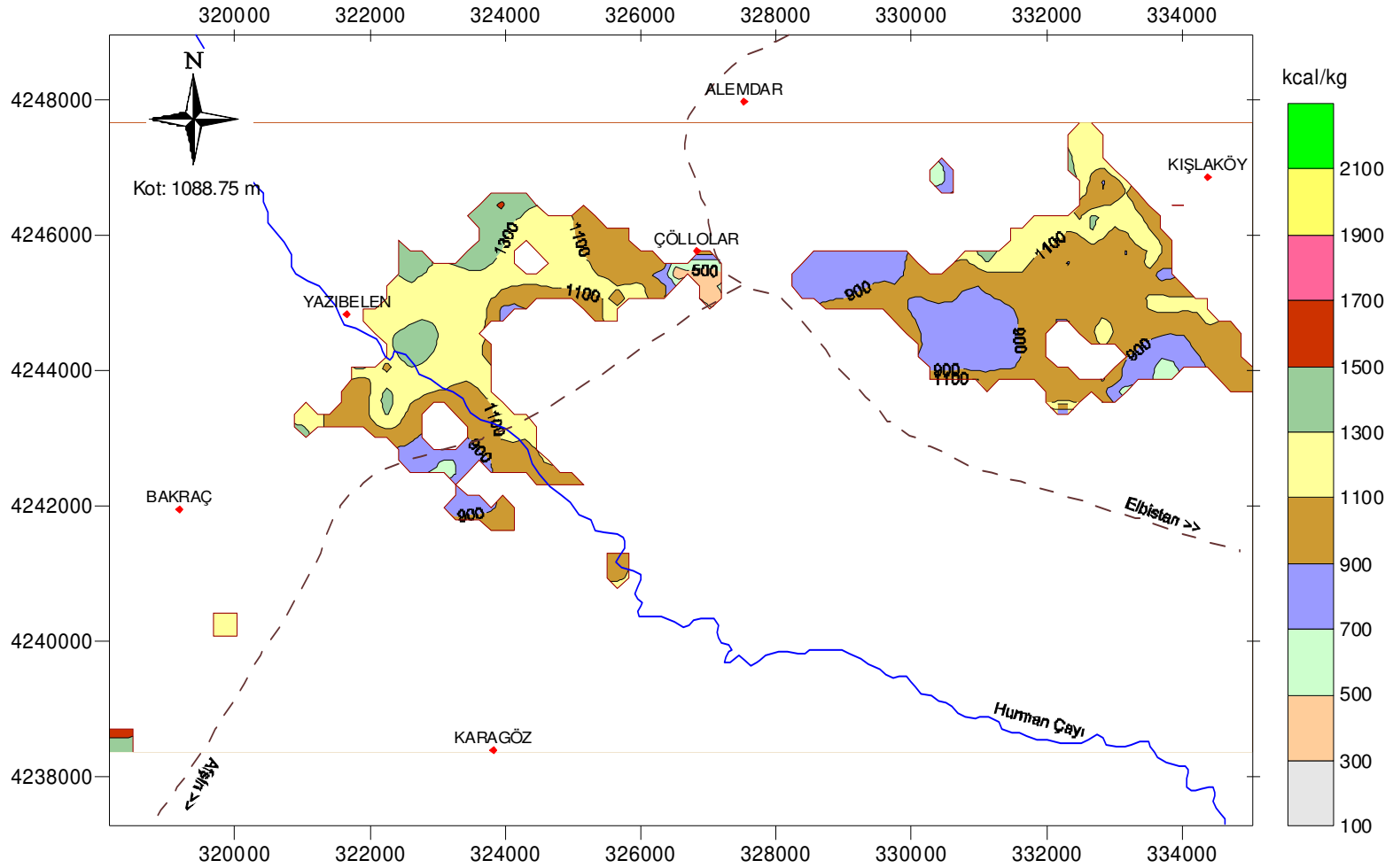
Ek-3 (devam). 1095.00–1097.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



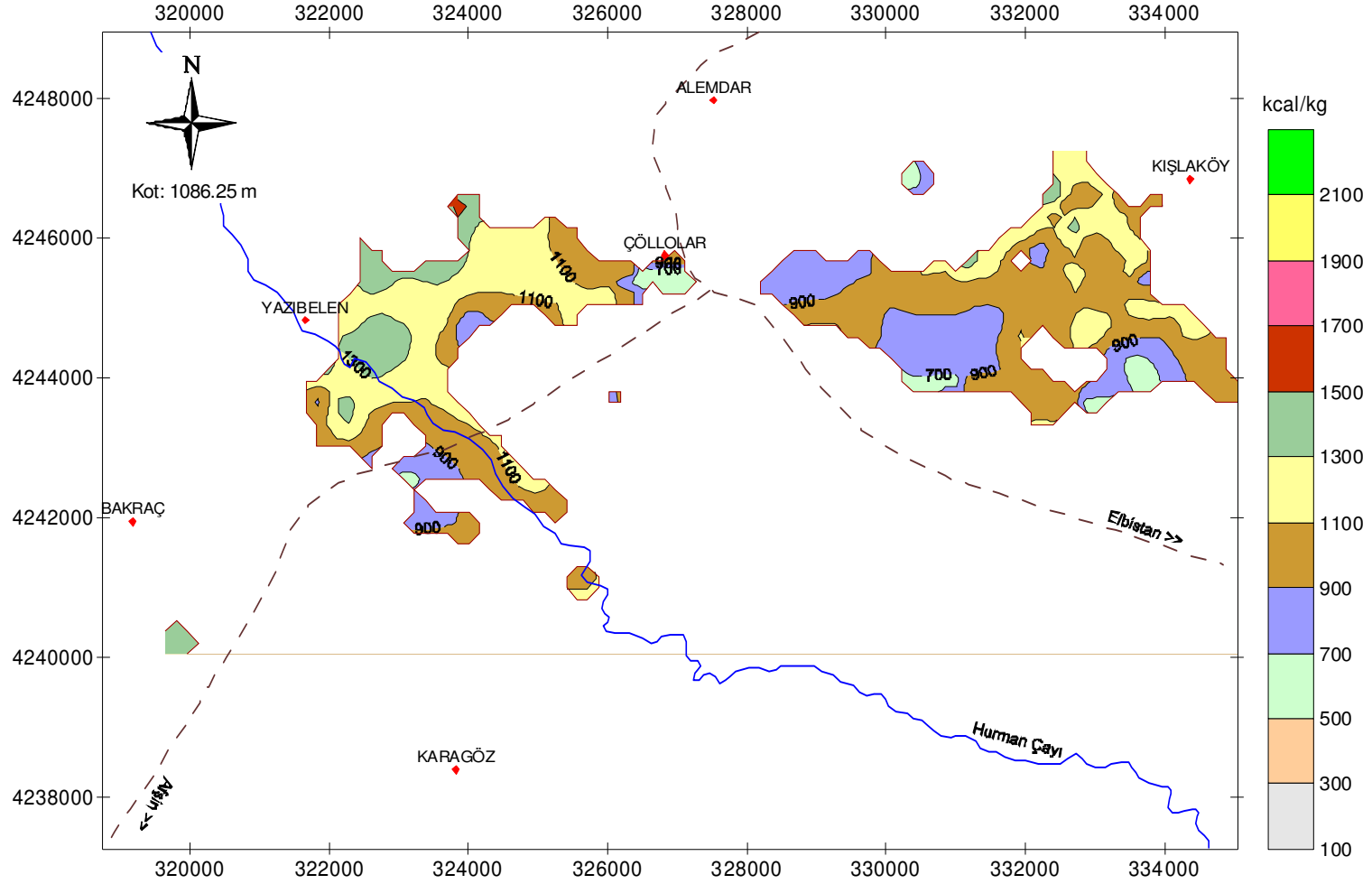
Ek-3 (devam). 1092.50–1095.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



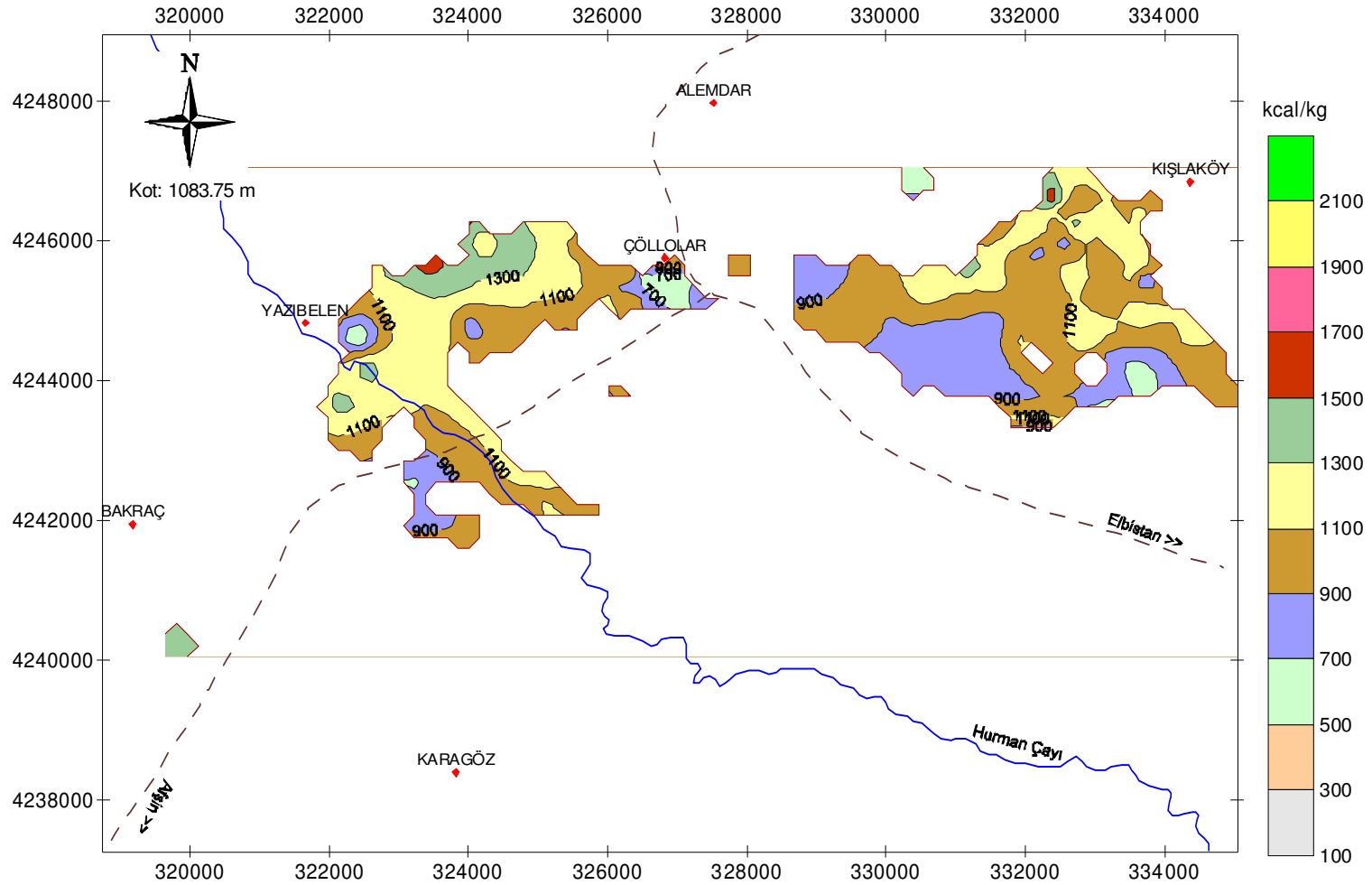
Ek-3 (devam). 1090.00–1092.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



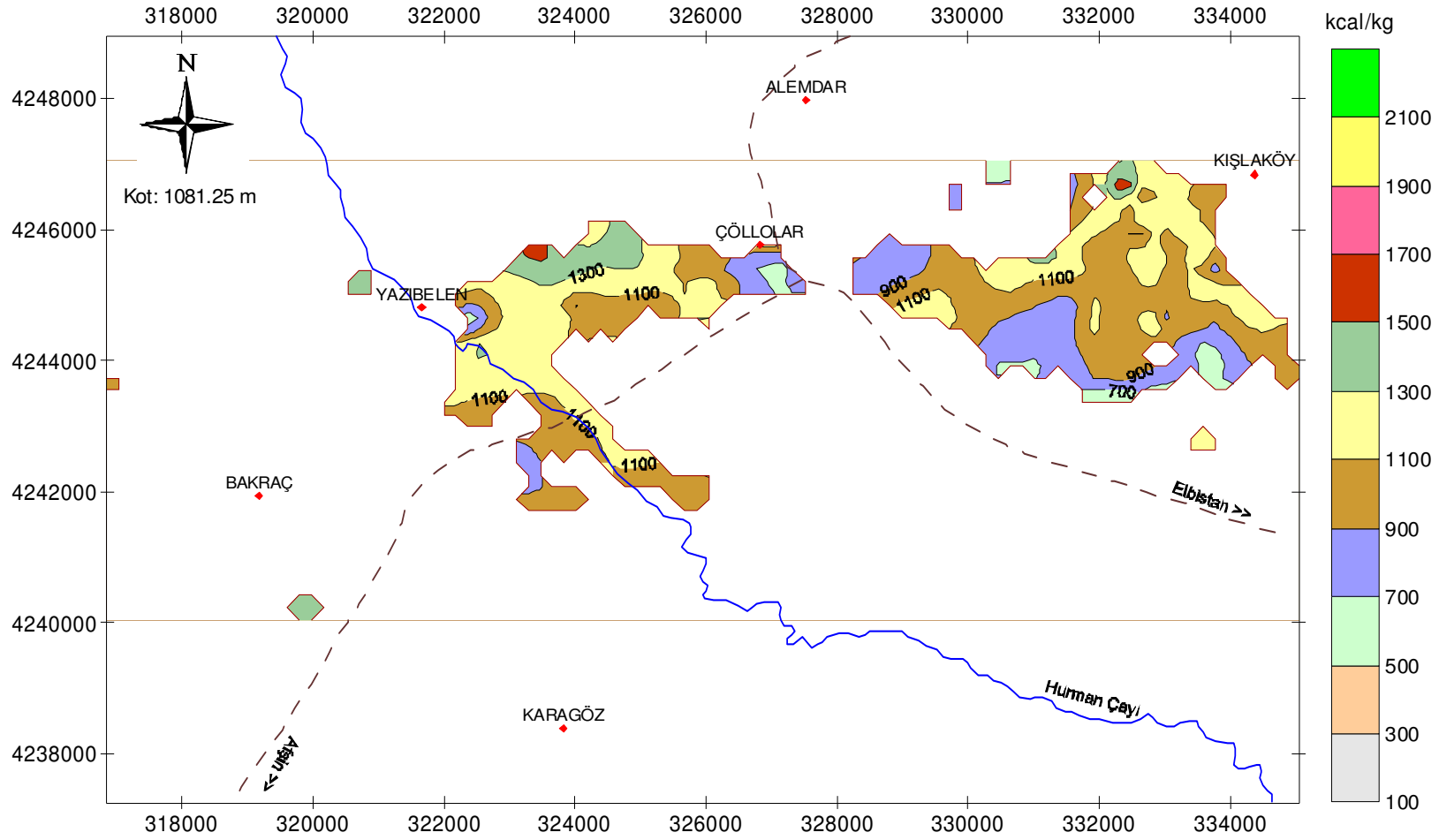
Ek-3 (devam). 1087.50–1090.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



Ek-3 (devam). 1085.00–1087.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

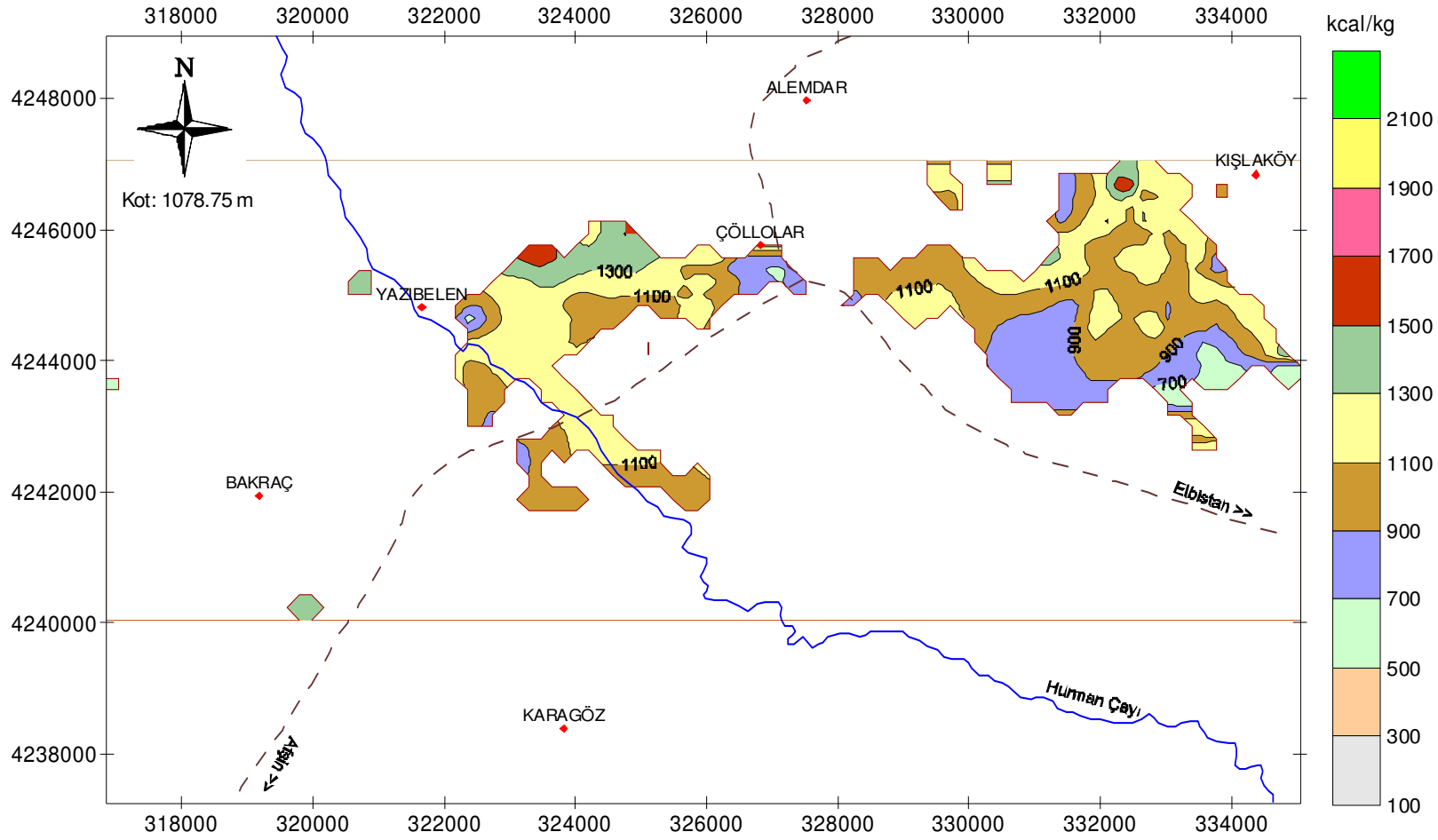


Ek-3 (devam). 1082.50–1085.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

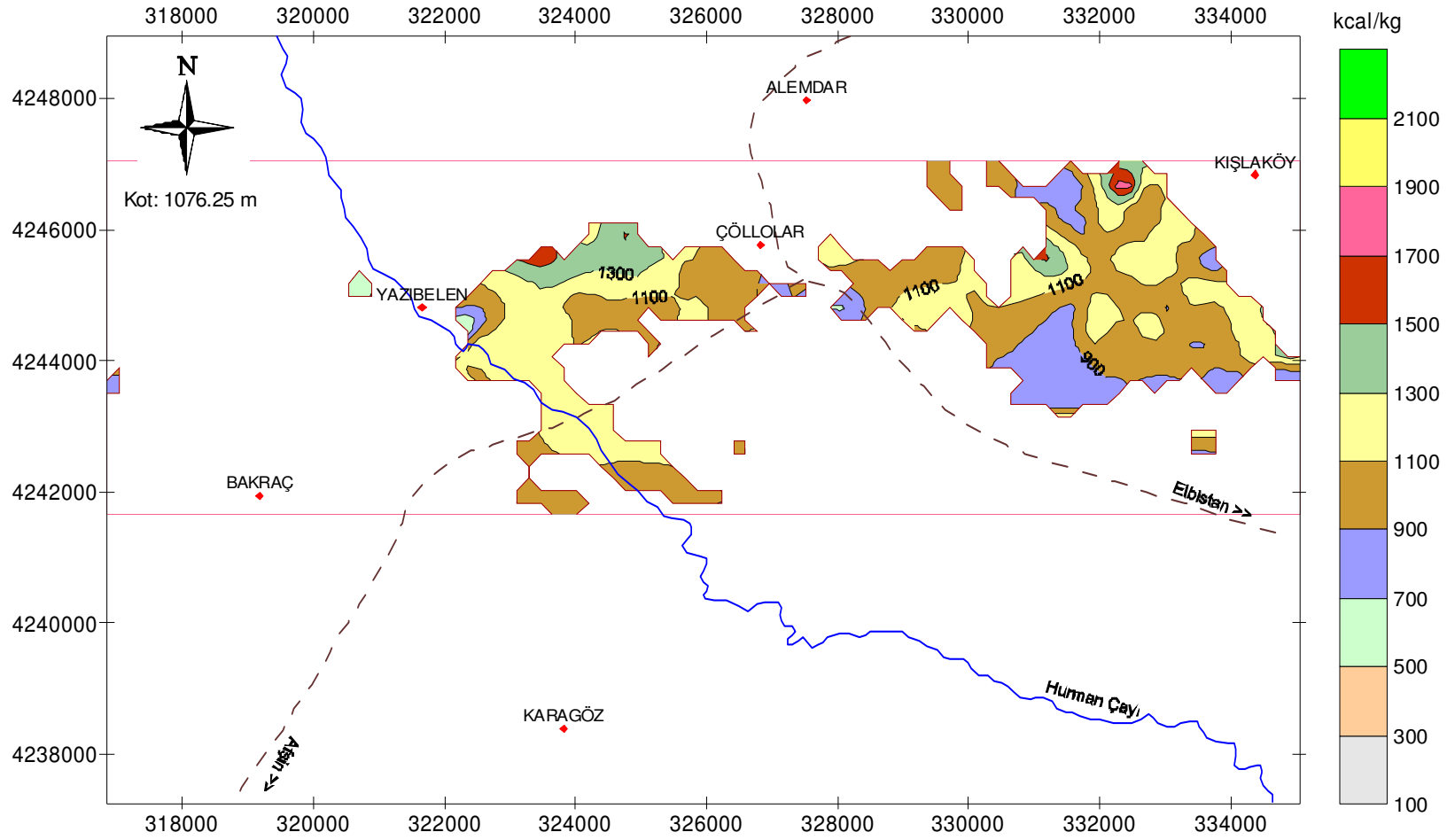


Ek-3 (devam). 1080.00–1082.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



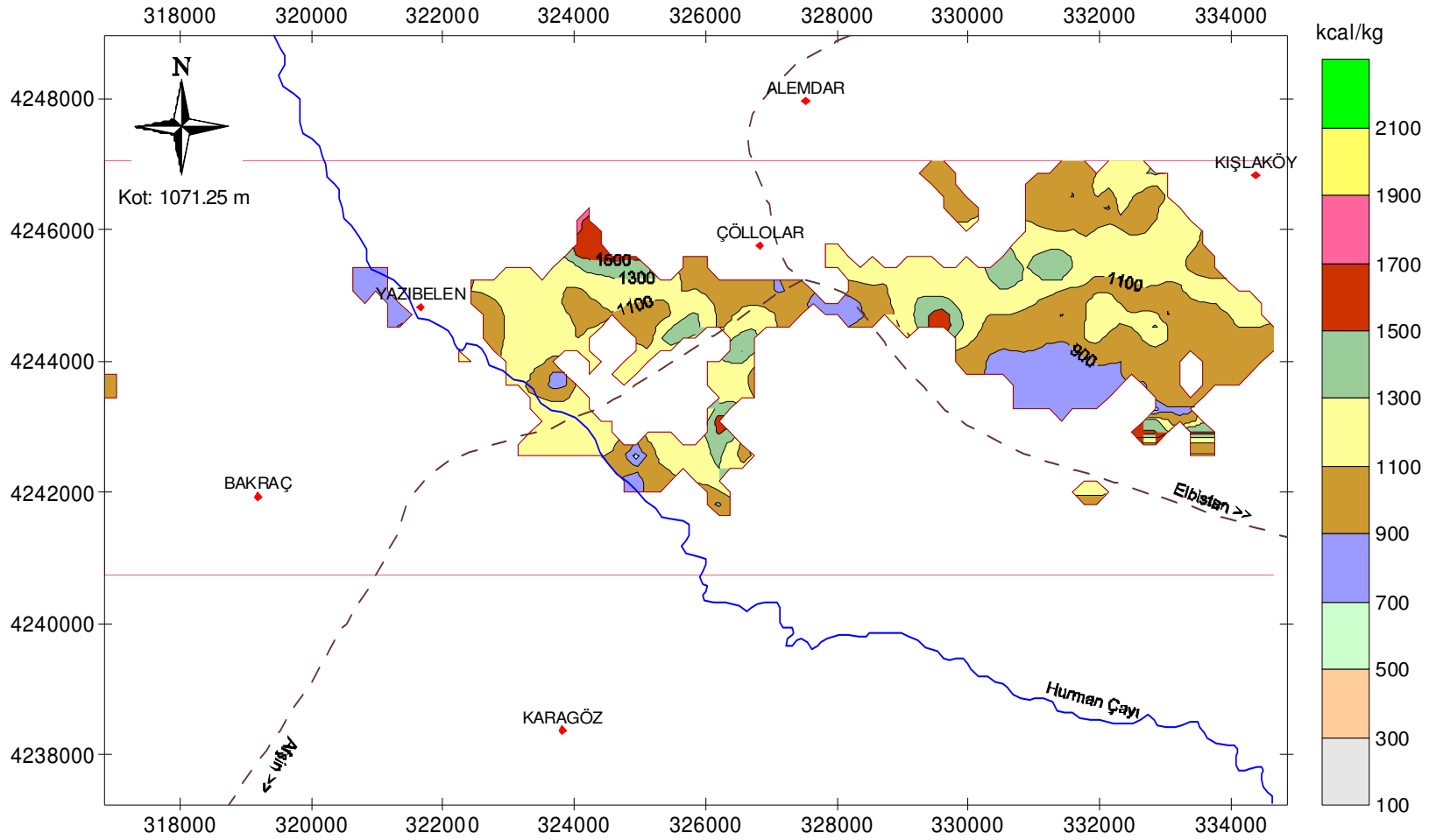


Ek-3 (devam). 1077.50–1080.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

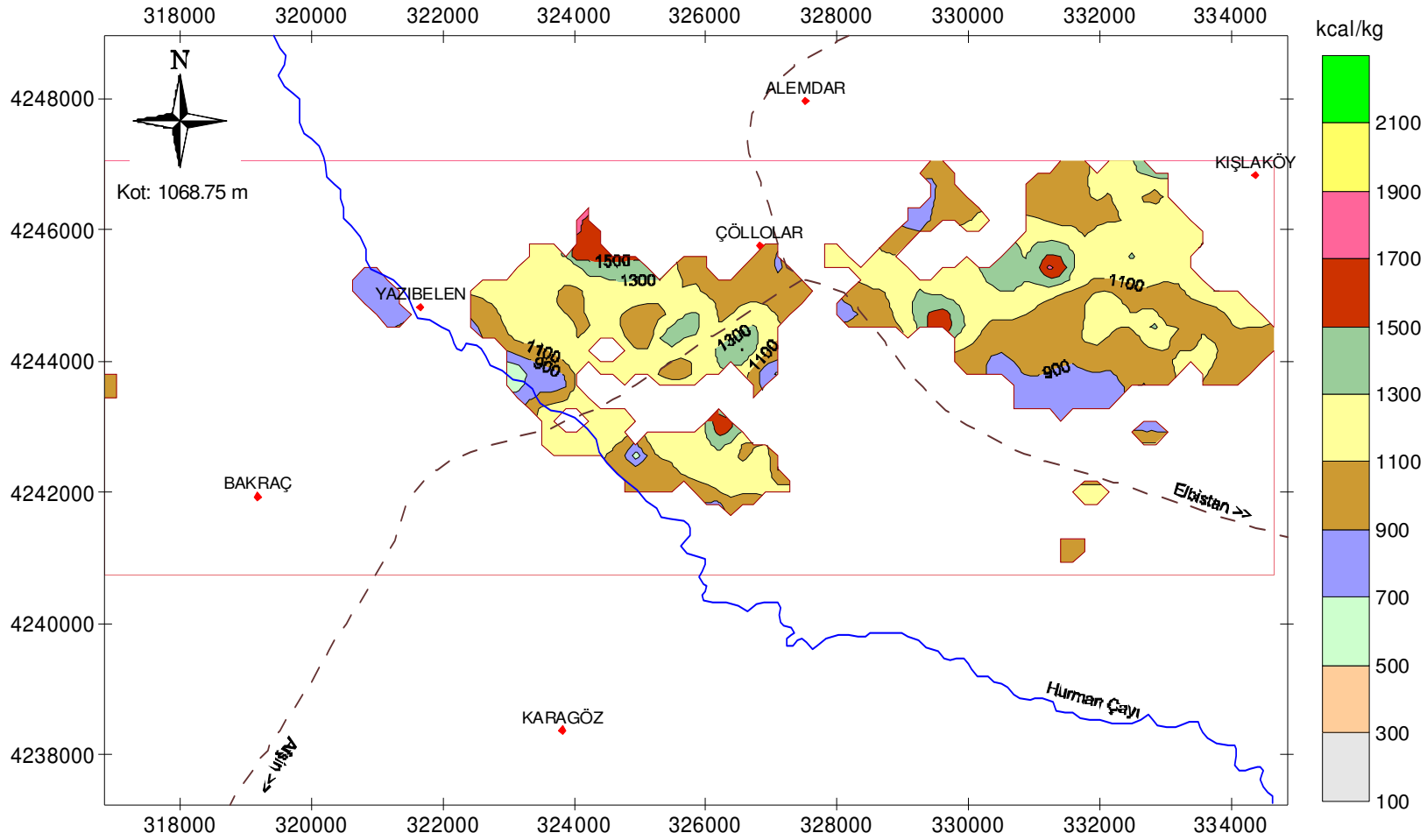


Ek-3 (devam). 1075.00–1077.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

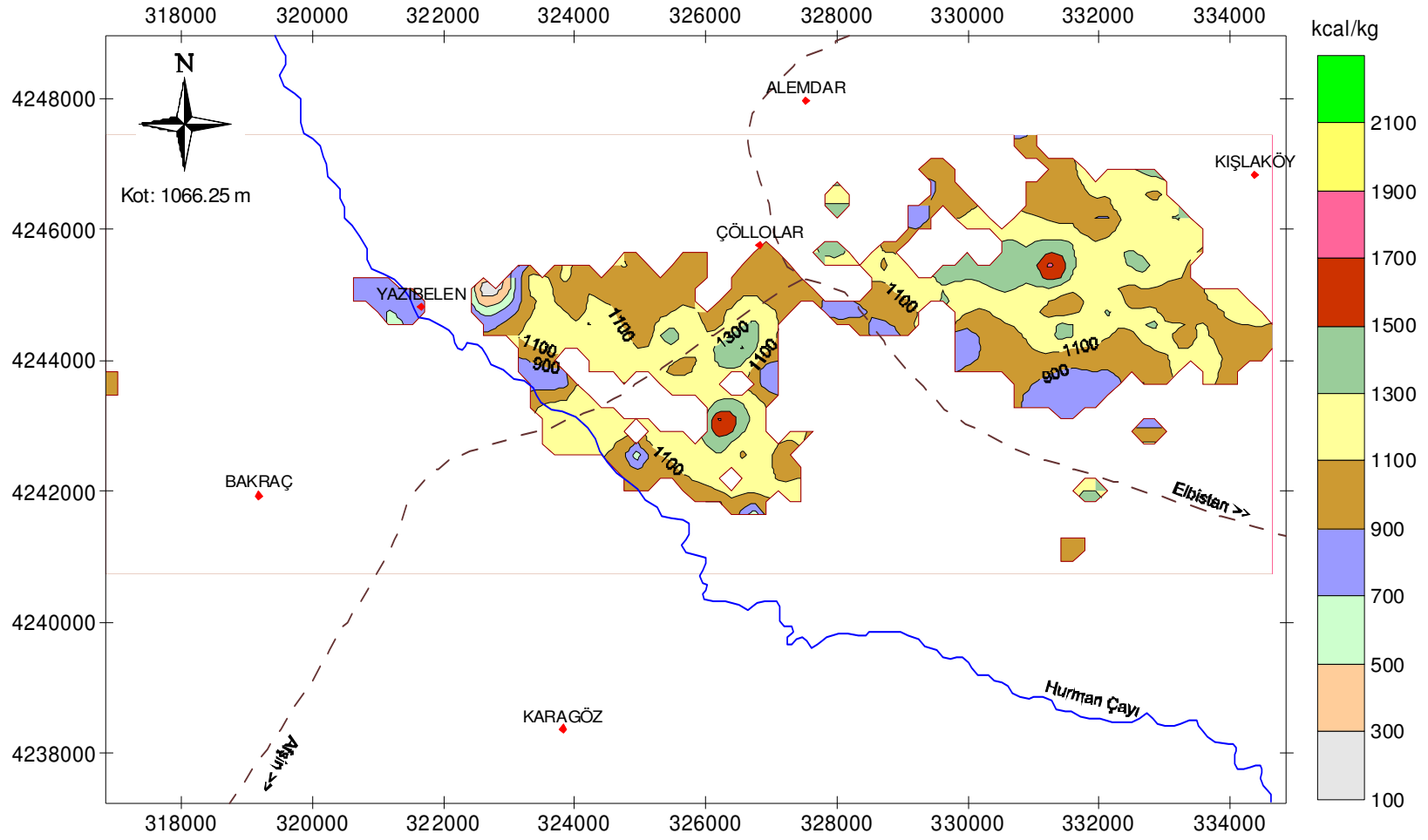




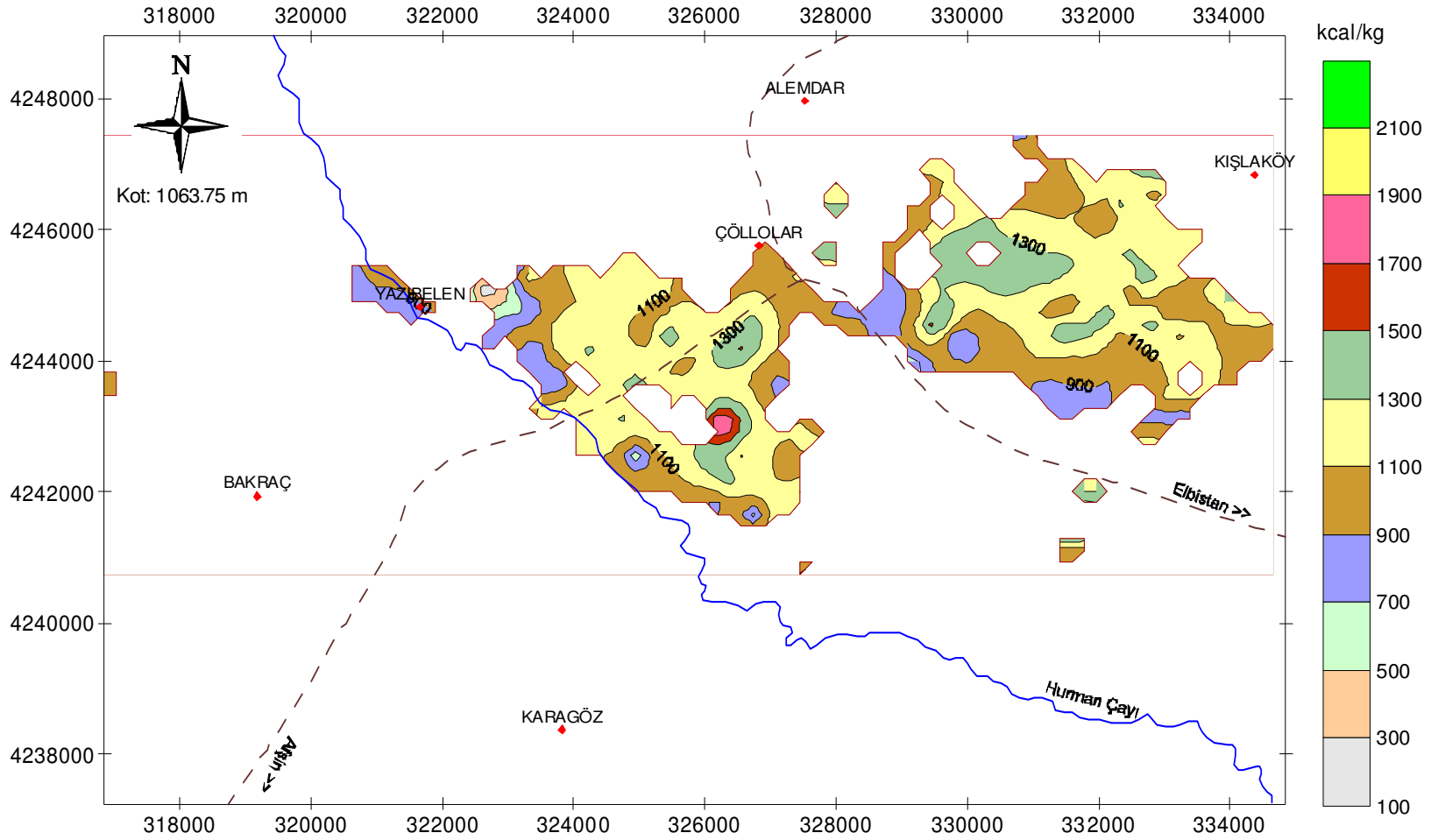
Ek-3 (devam). 1070.00–1072.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



Ek-3 (devam). 1067.50–1070.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



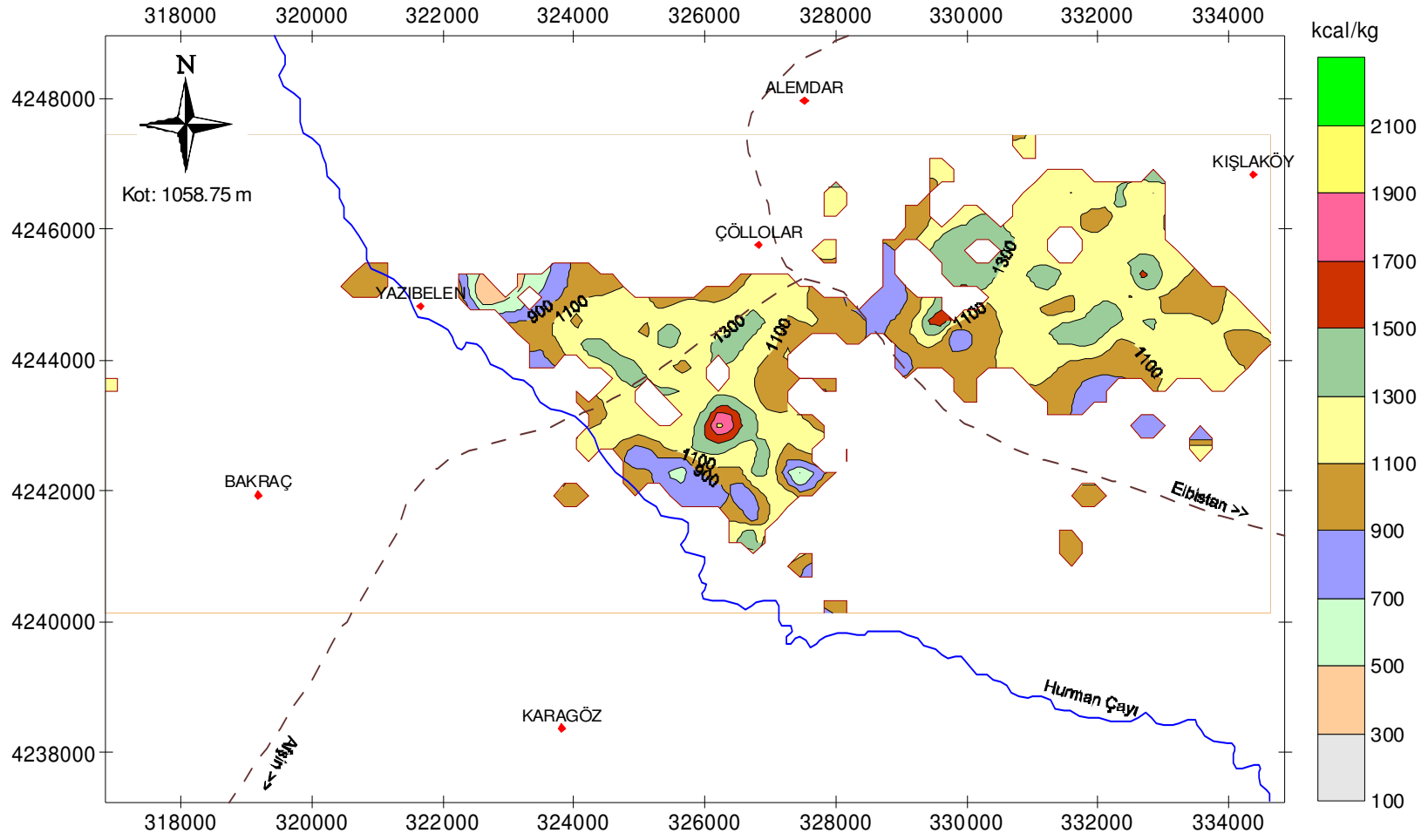
Ek-3 (devam). 1065.00–1067.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



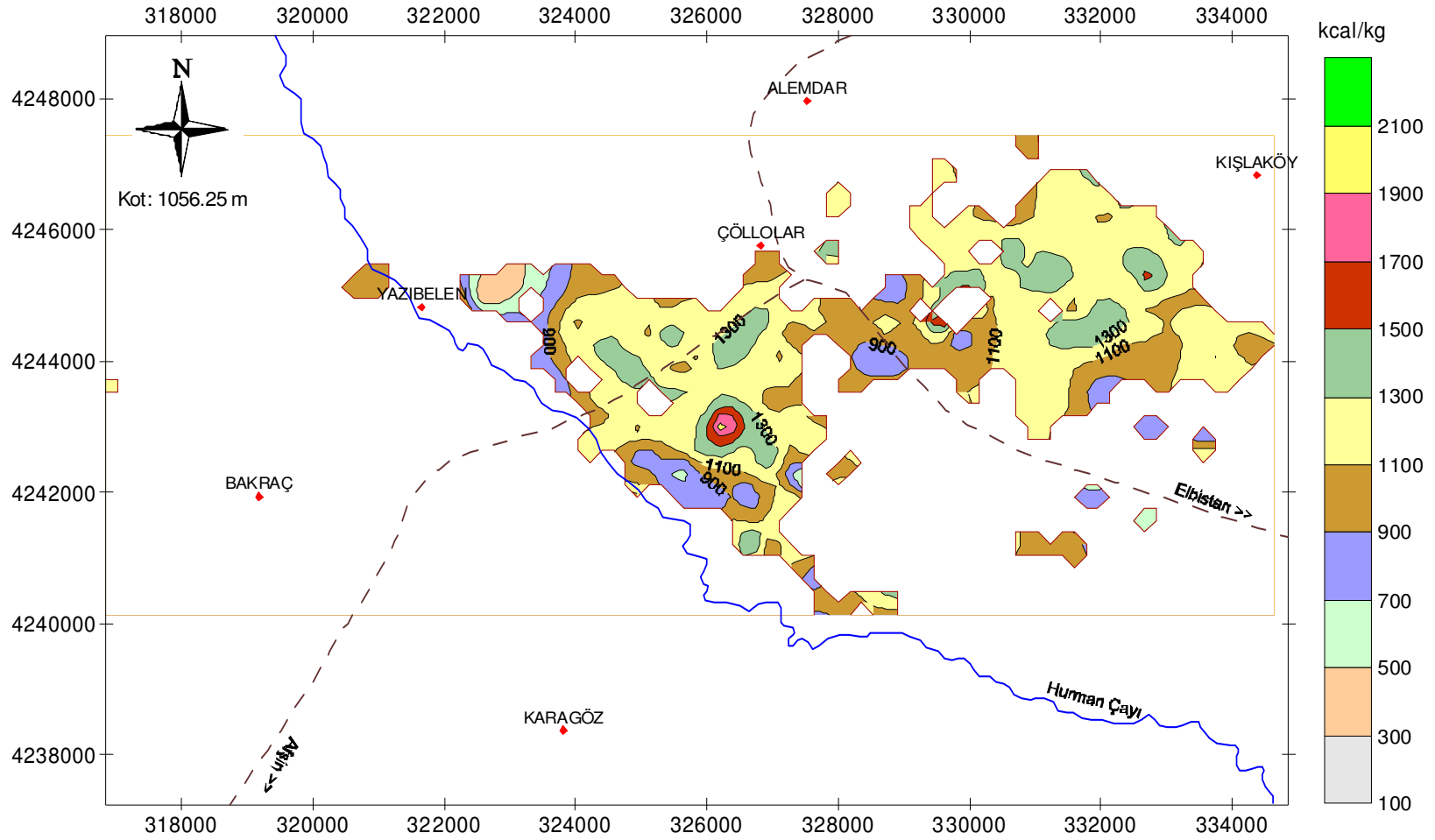
Ek-3 (devam). 1062.50–1065.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



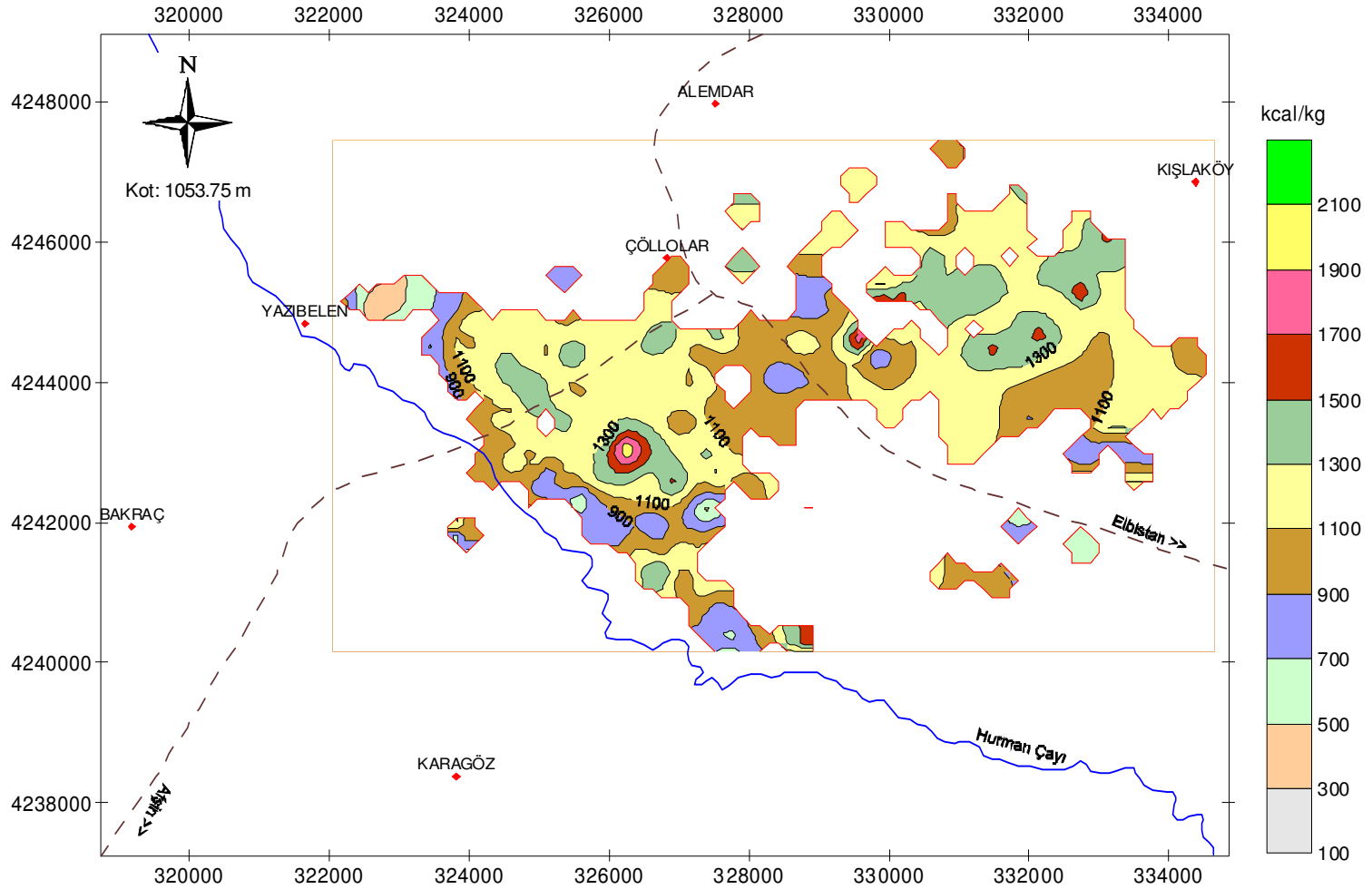




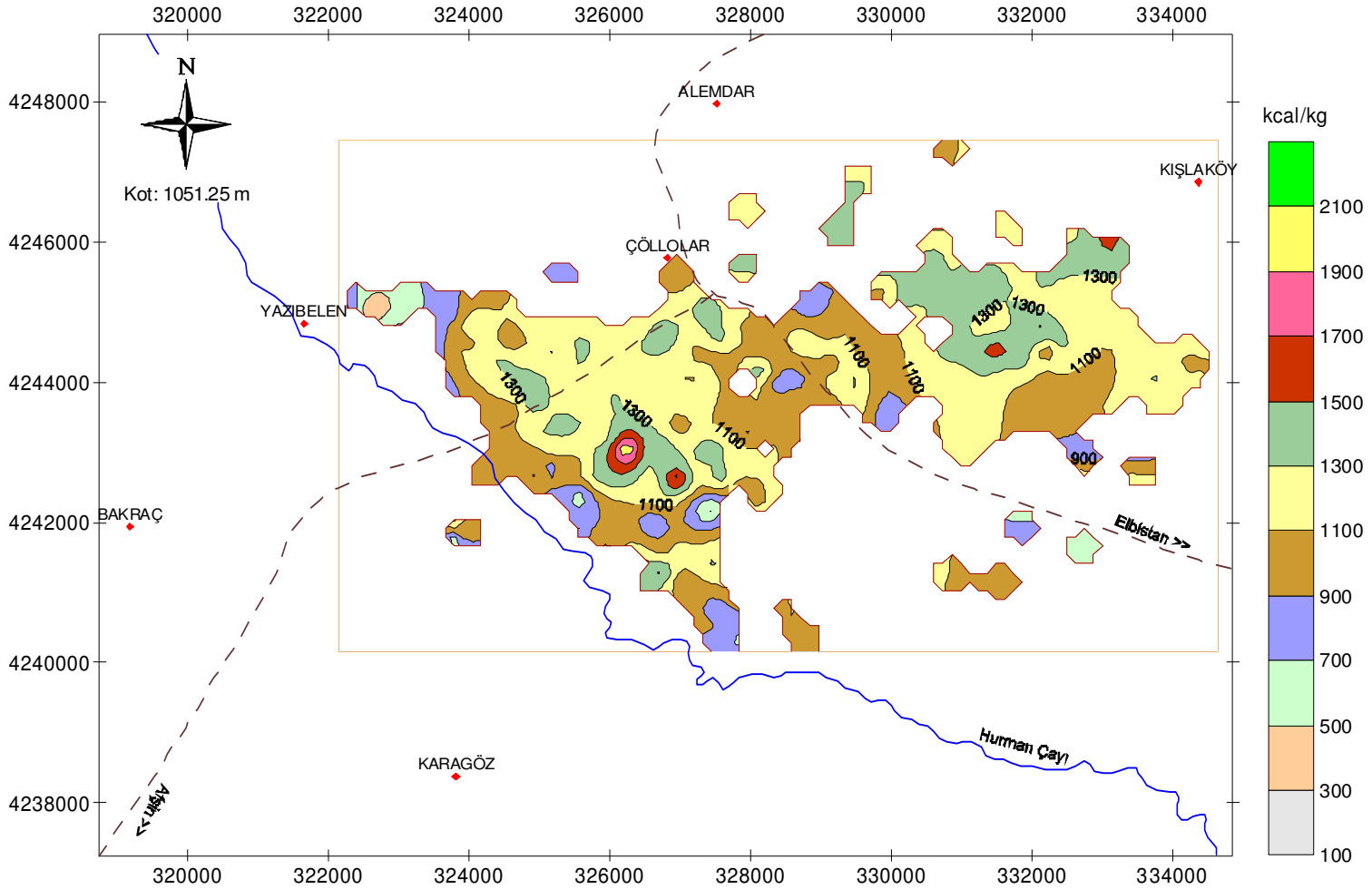
Ek-3 (devam). 1057.50–1060.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



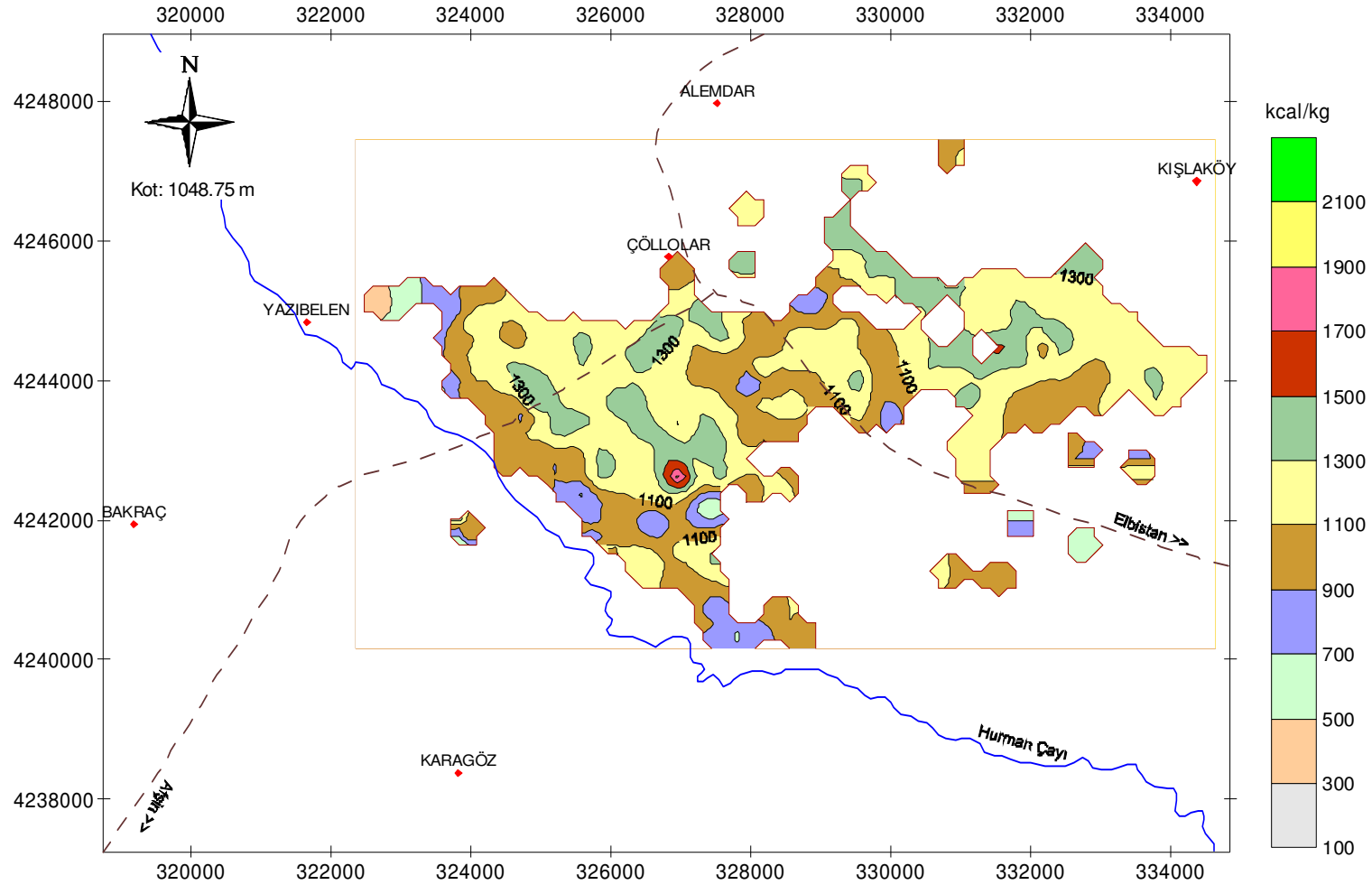
Ek-3 (devam). 1055.00–1057.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



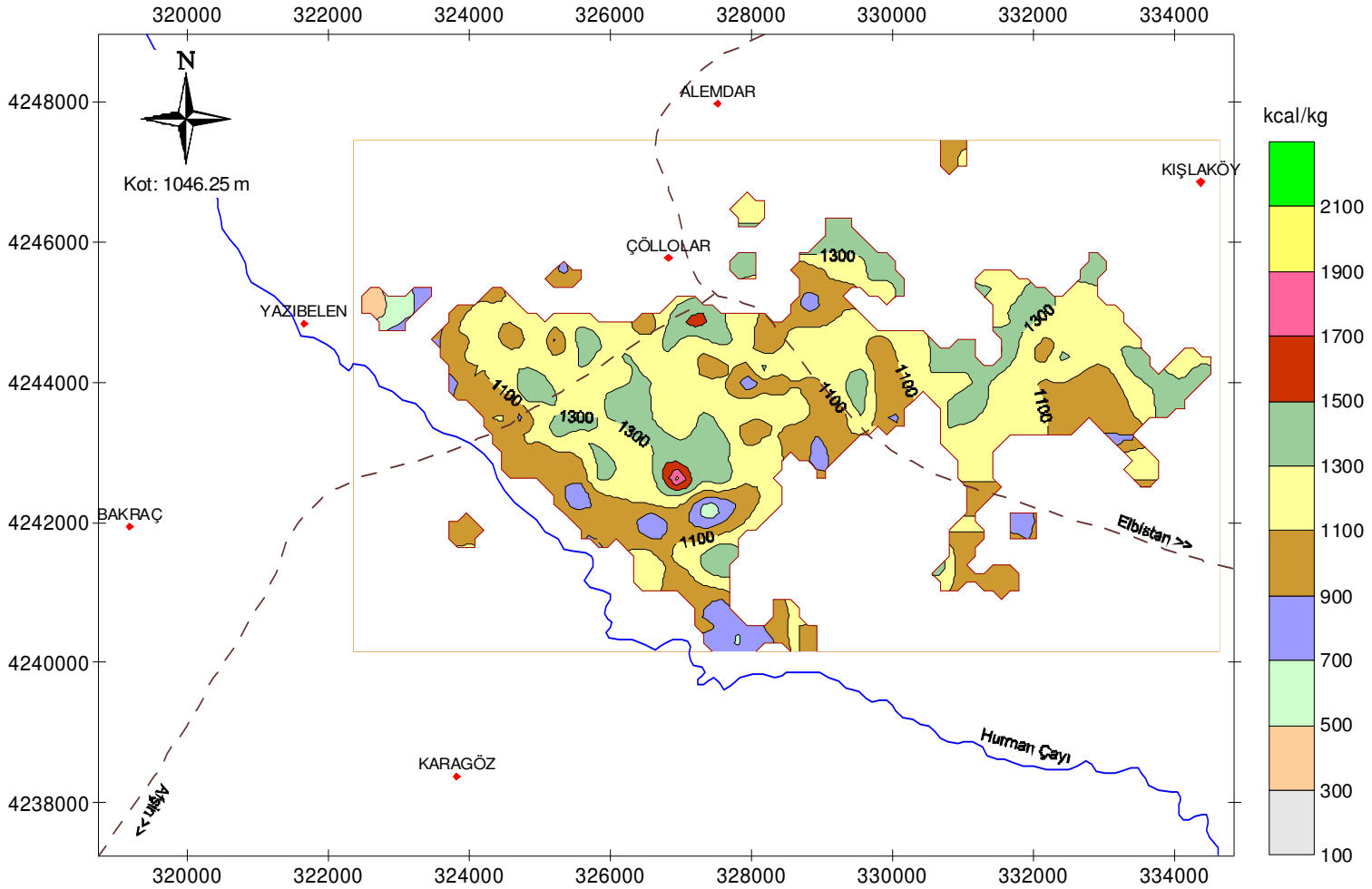
Ek-3 (devam). 1052.50–1055.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



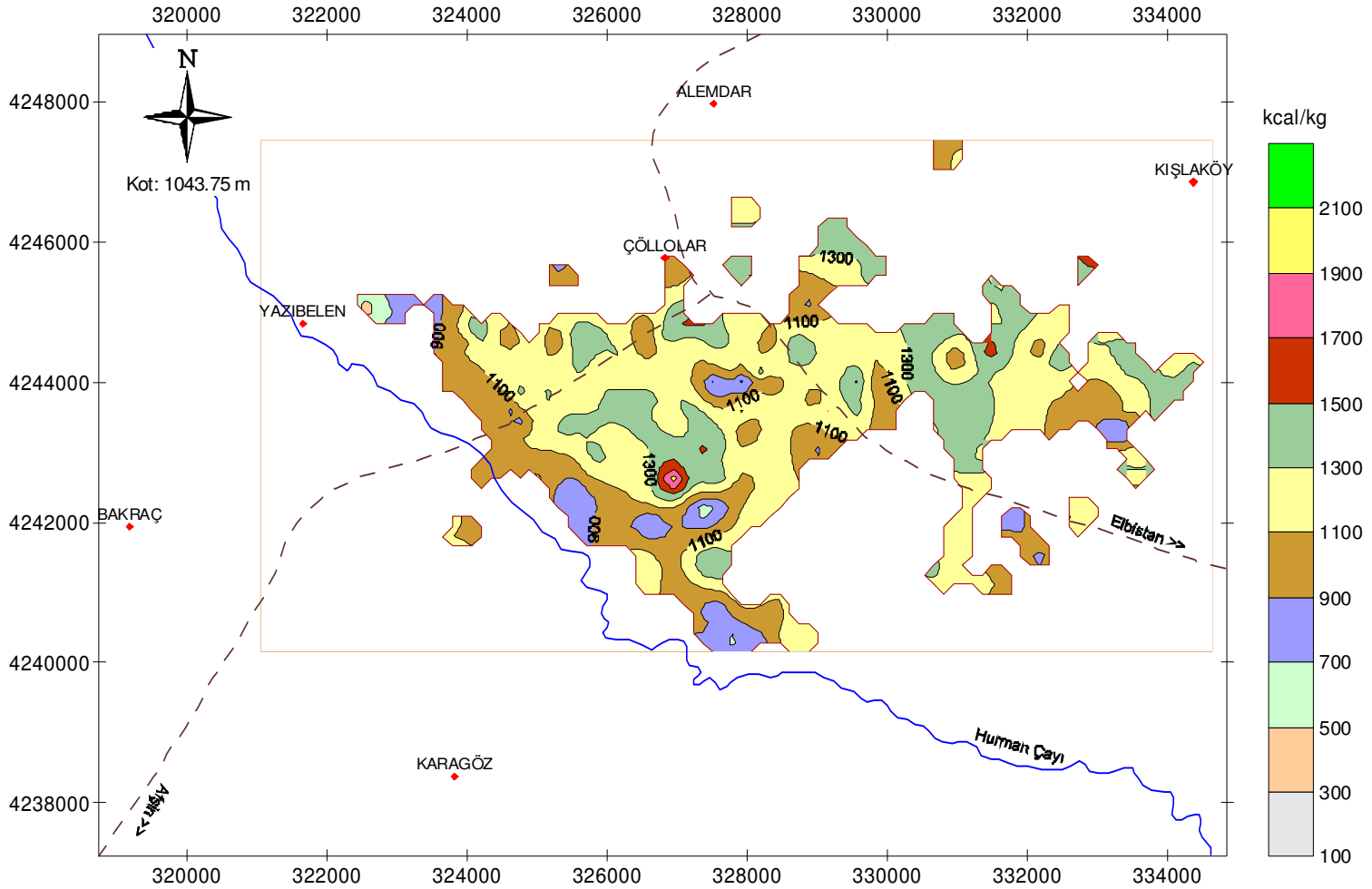
Ek-3 (devam). 1050.00–1052.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



Ek-3 (devam). 1047.50–1050.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



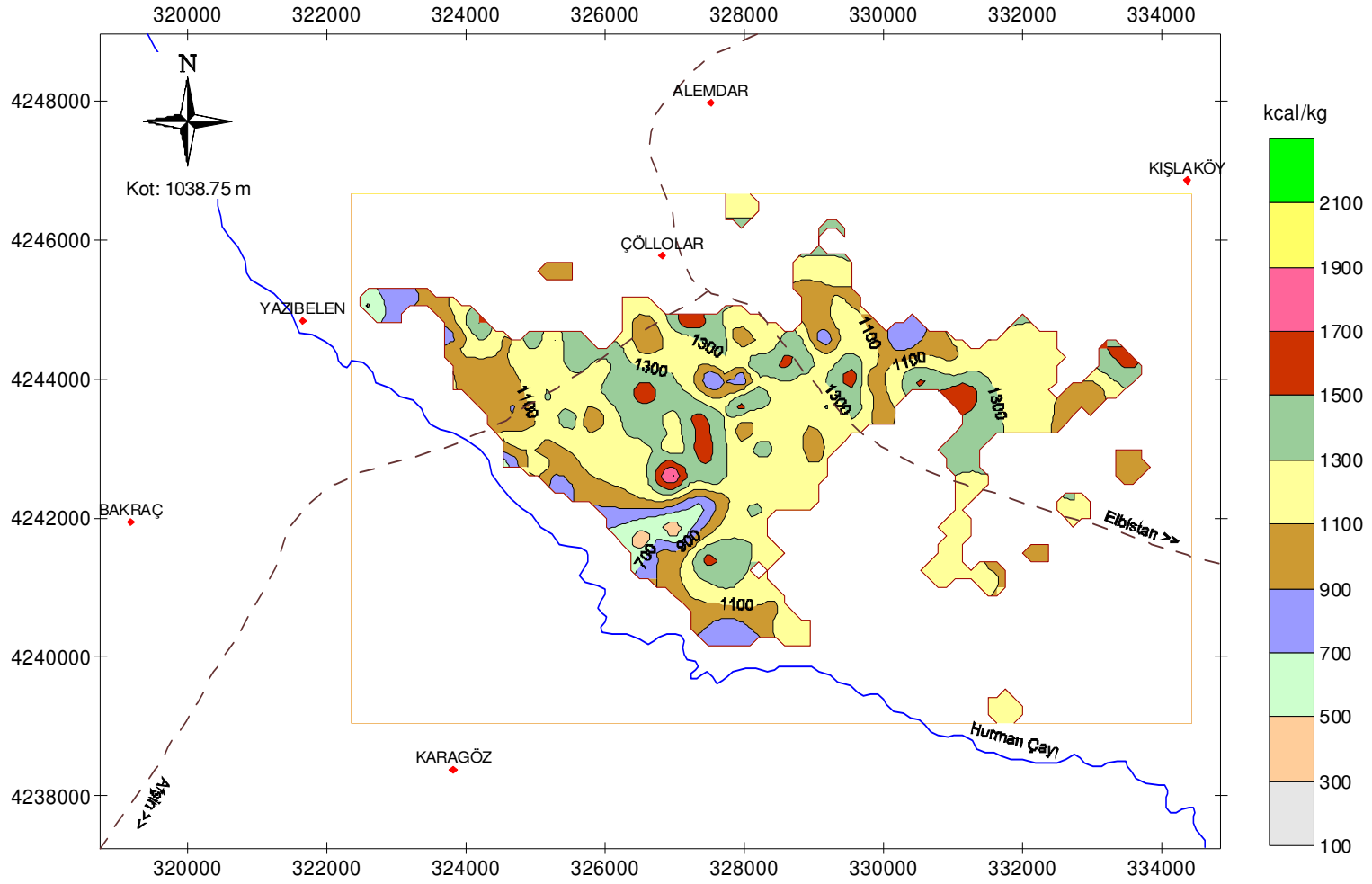
Ek-3 (devam). 1045.00–1047.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



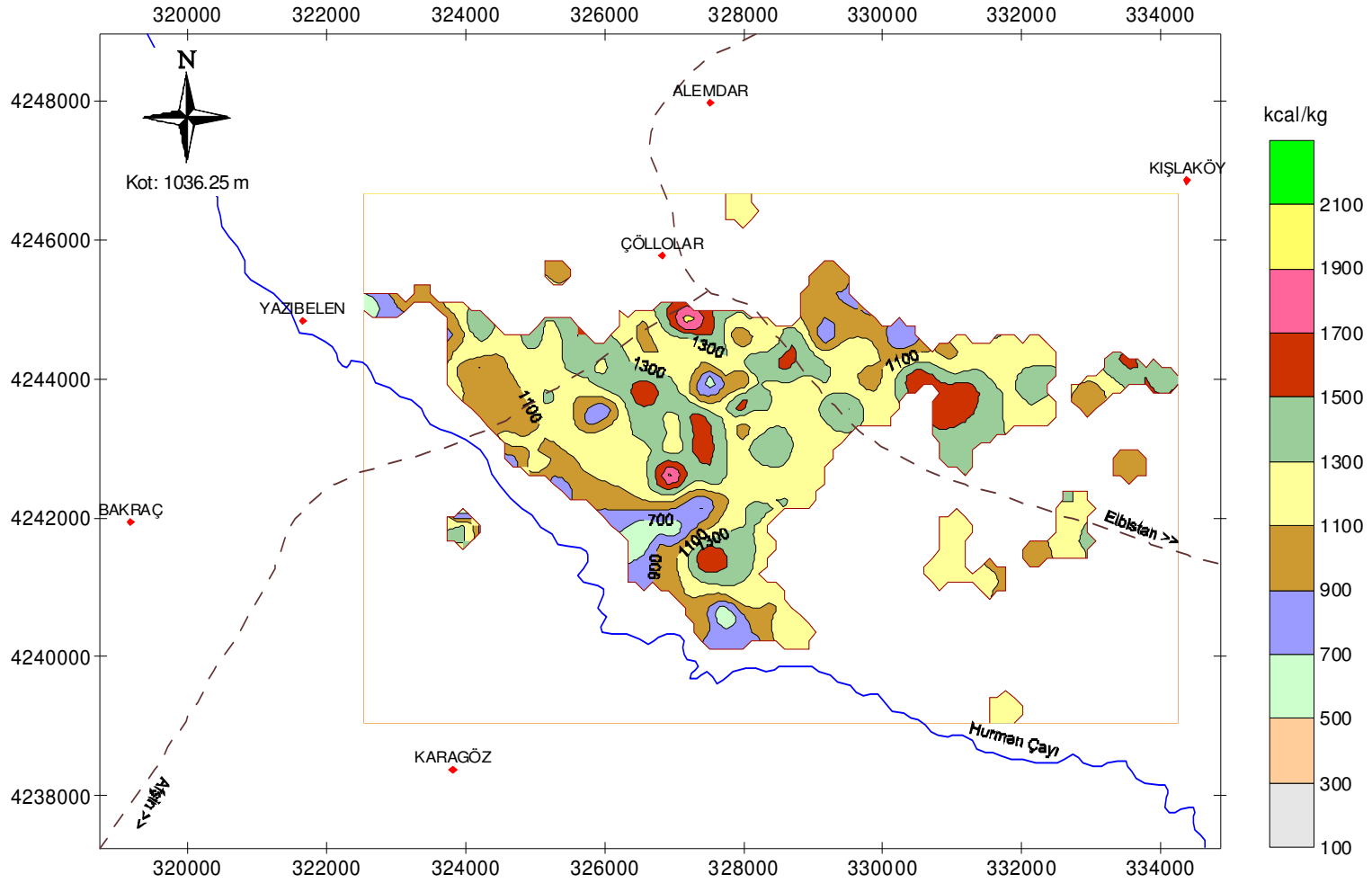
Ek-3 (devam). 1042.50–1045.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



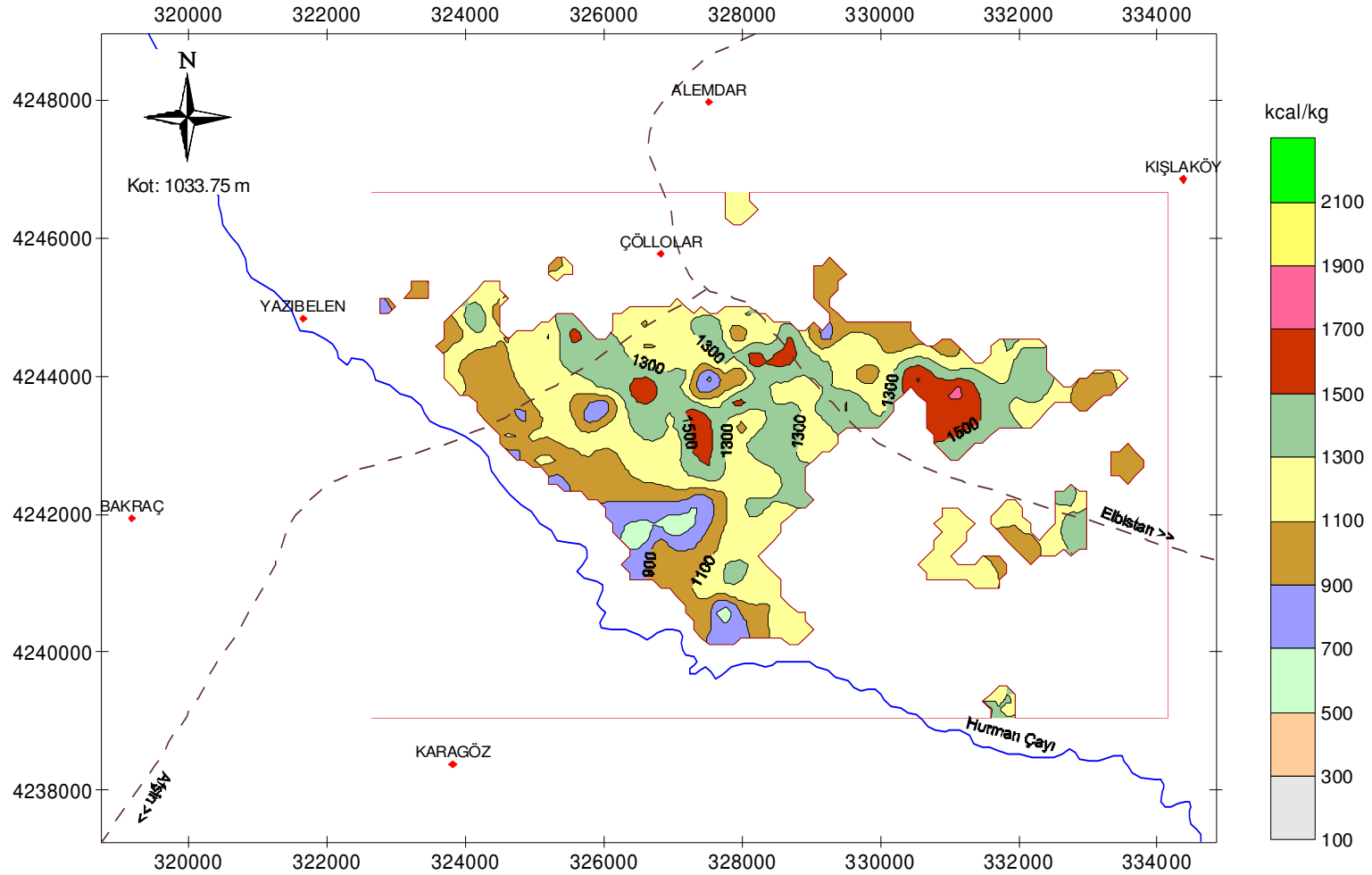




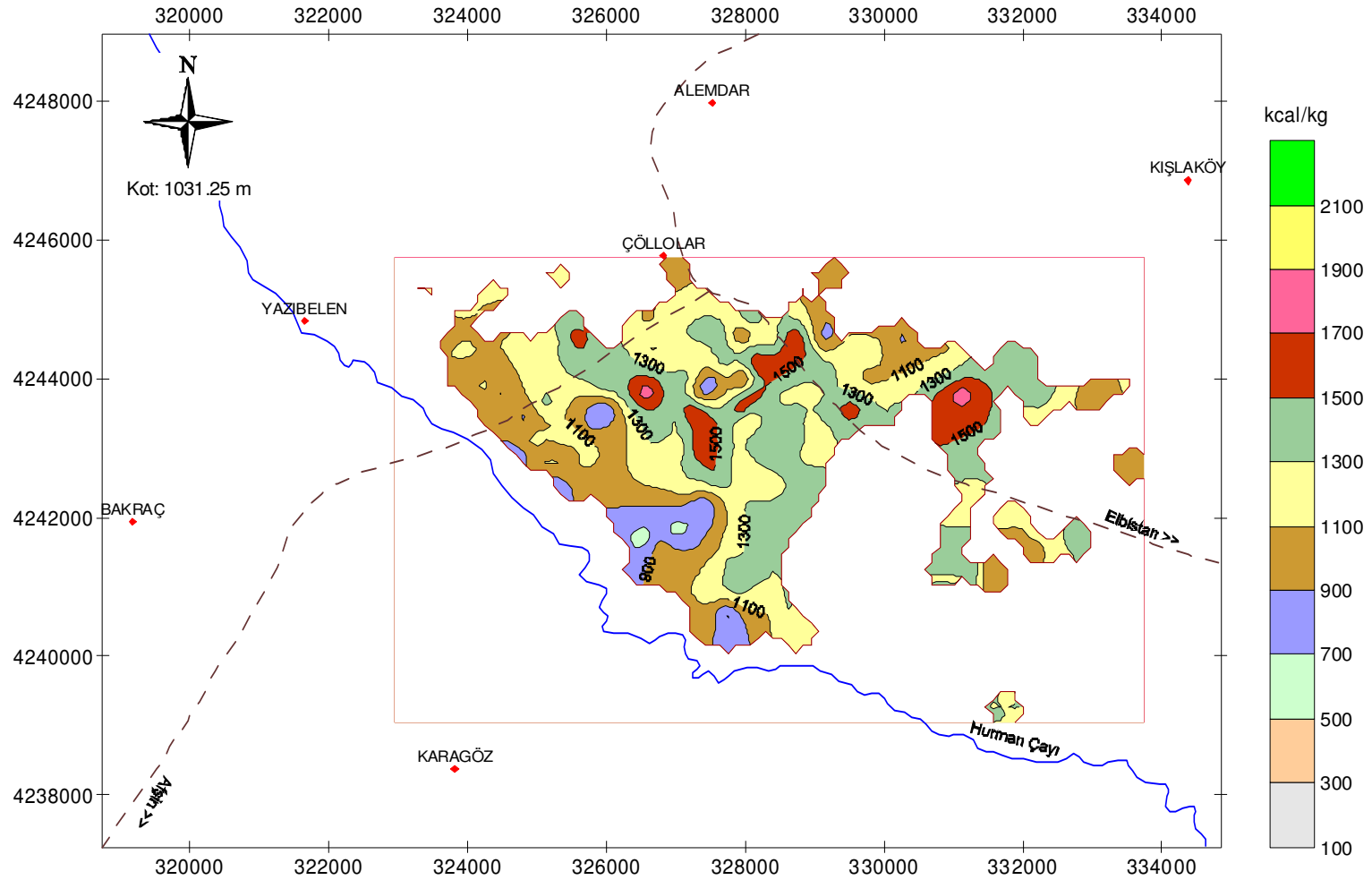
Ek-3 (devam). 1037.50–1040.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



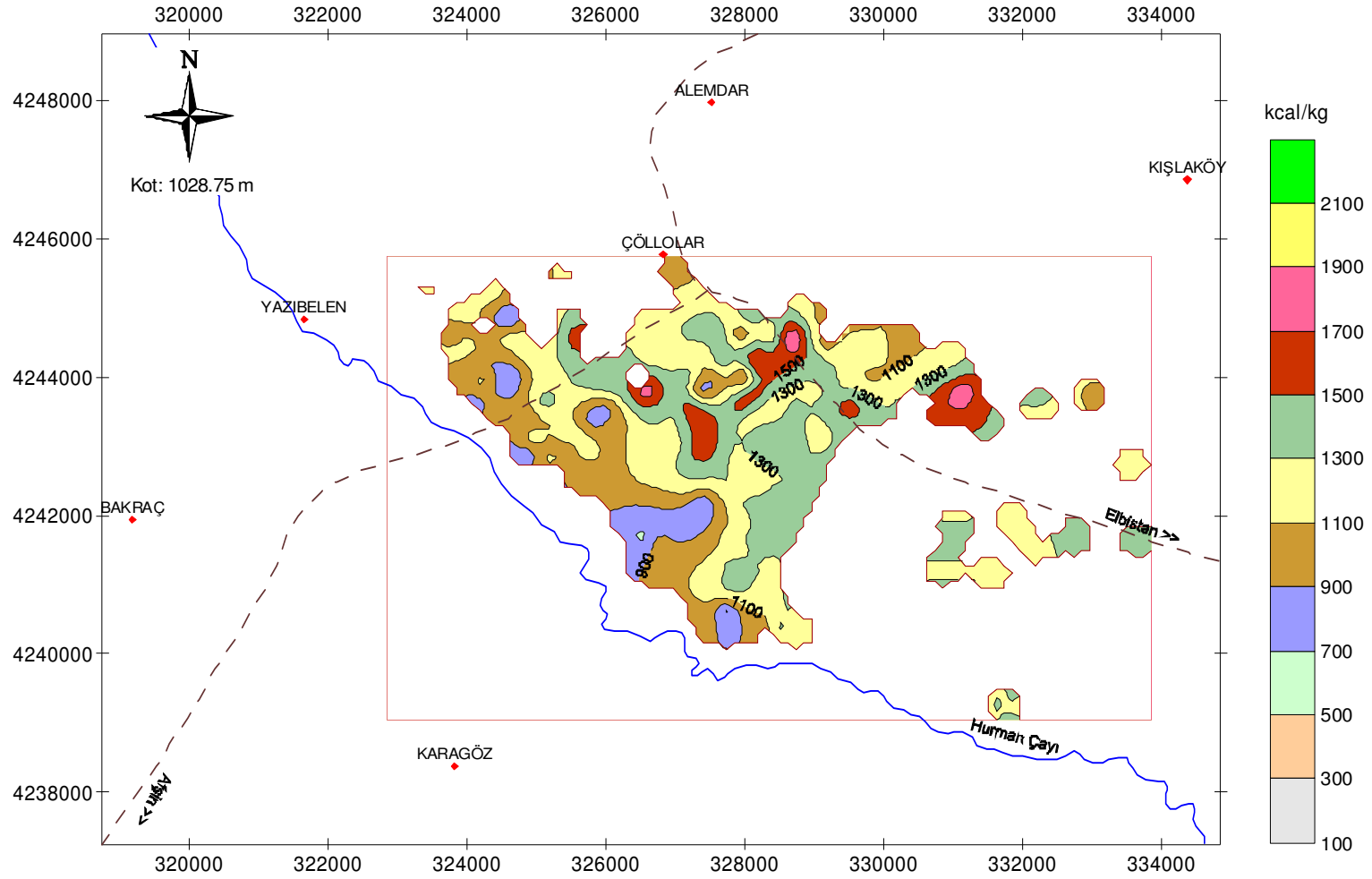
Ek-3 (devam). 1035.00–1037.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



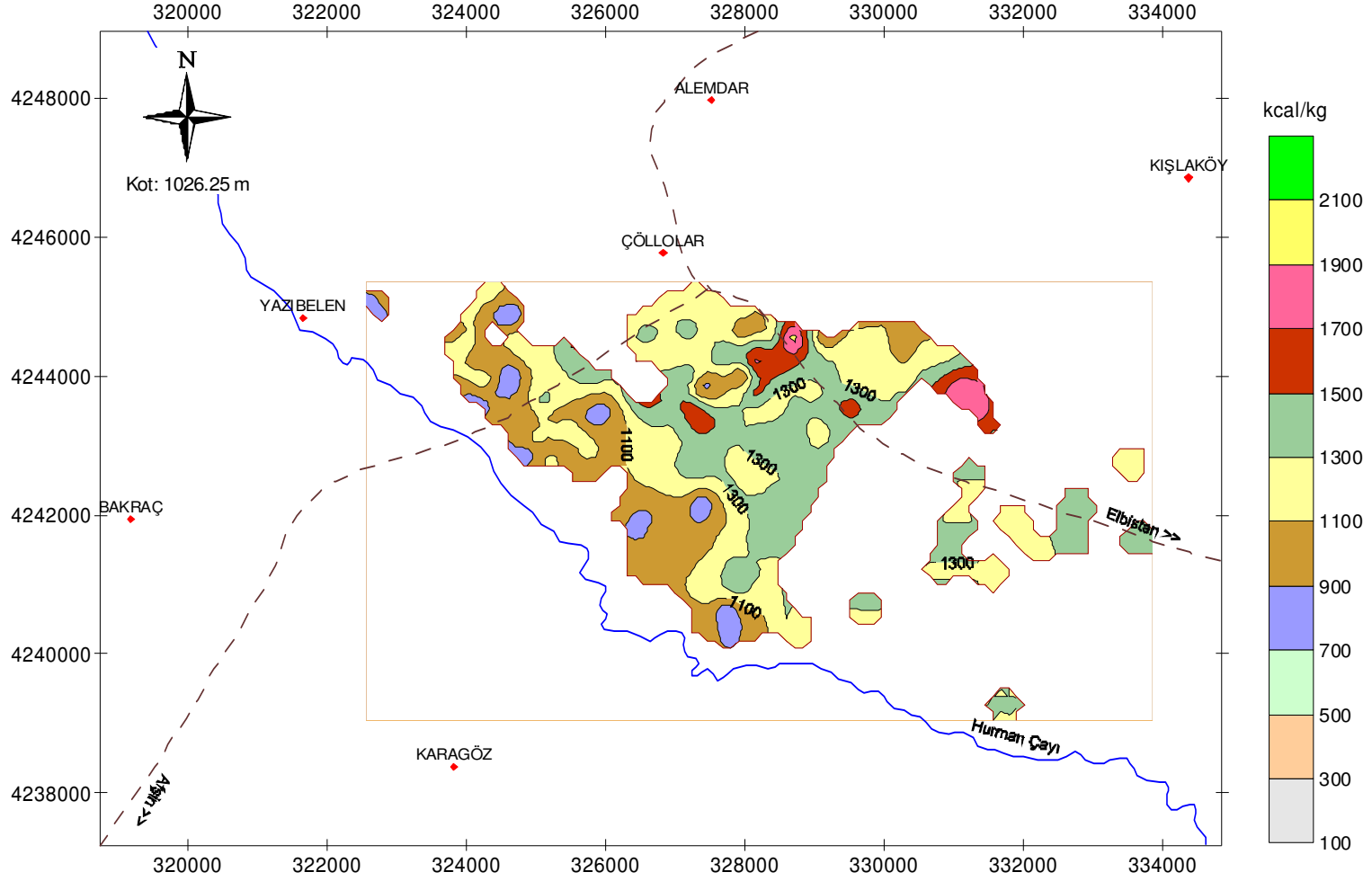
Ek-3 (devam). 1032.50–1035.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



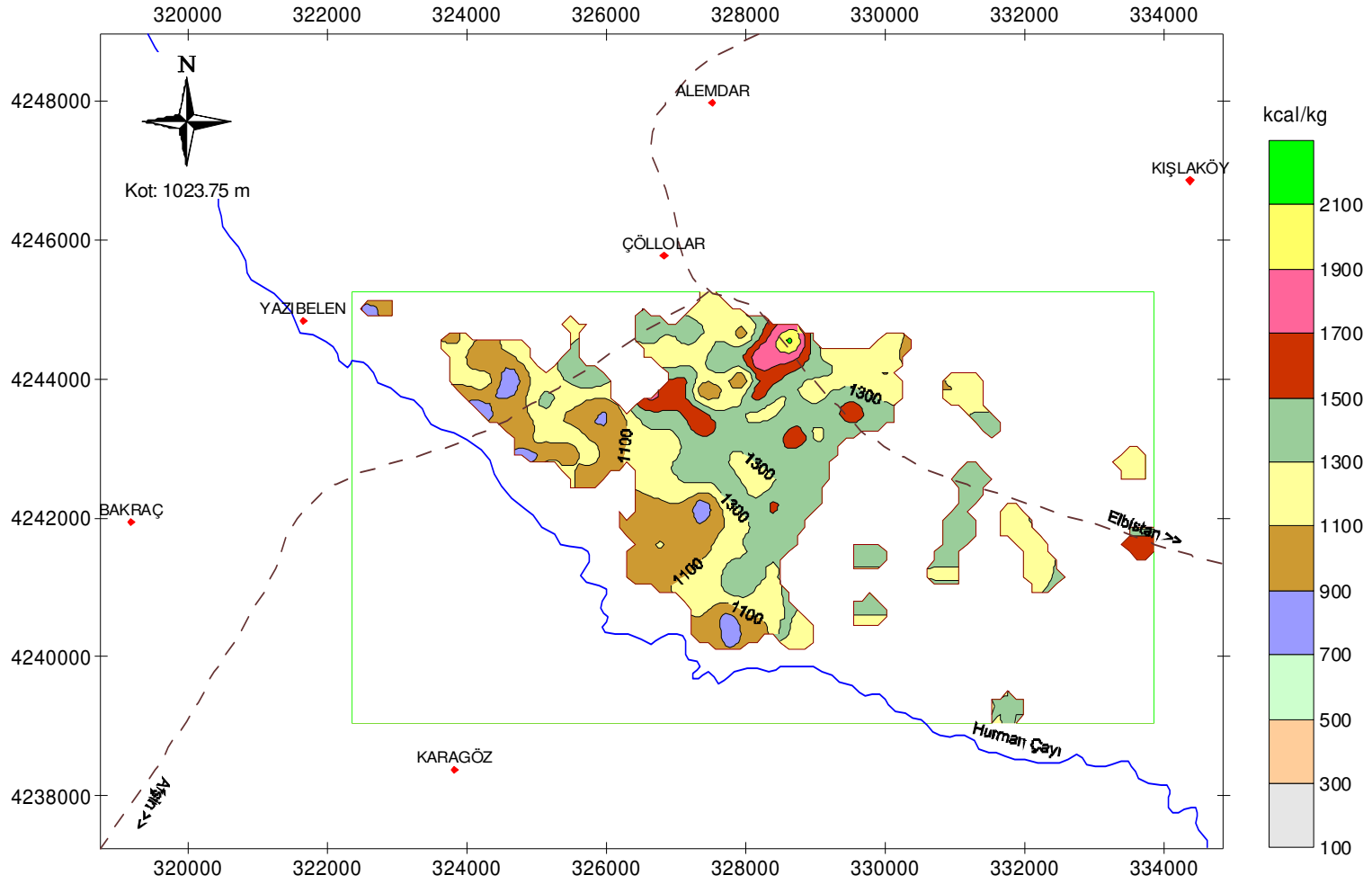
Ek-3 (devam). 1030.00–1032.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



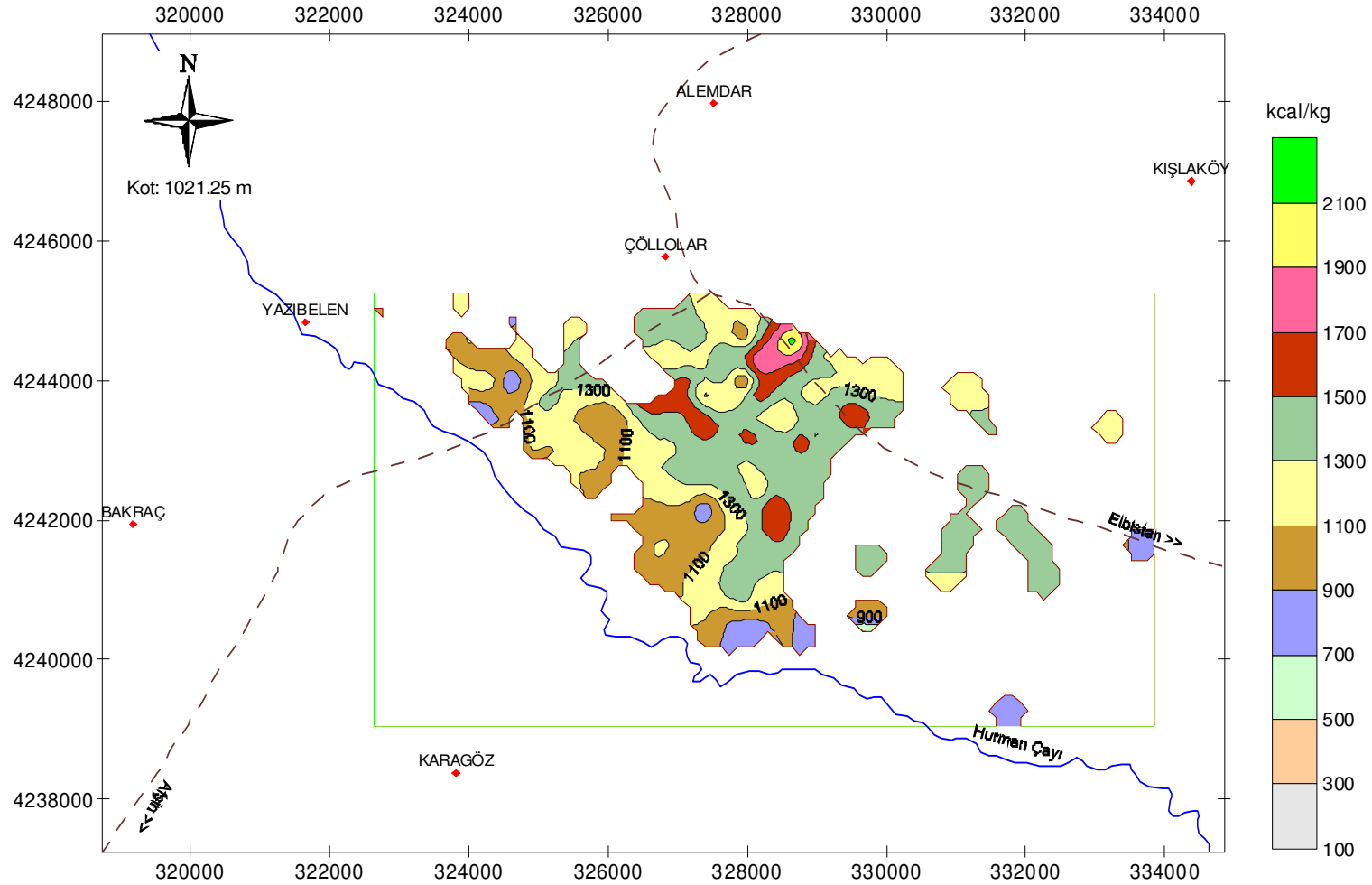
Ek-3 (devam). 1027.50–1030.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



Ek-3 (devam). 1025.00–1027.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

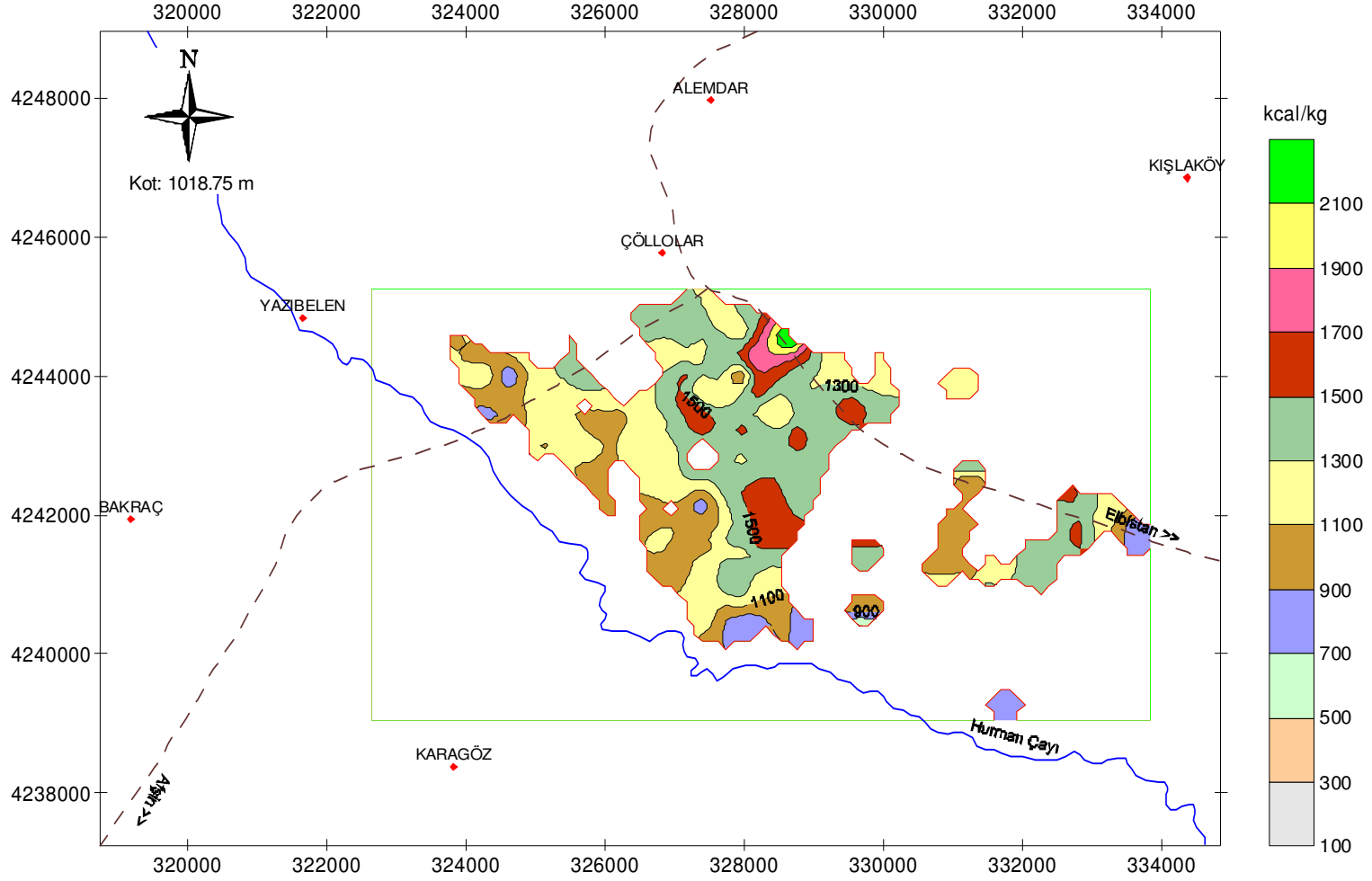


Ek-3 (devam). 1022.50–1025.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

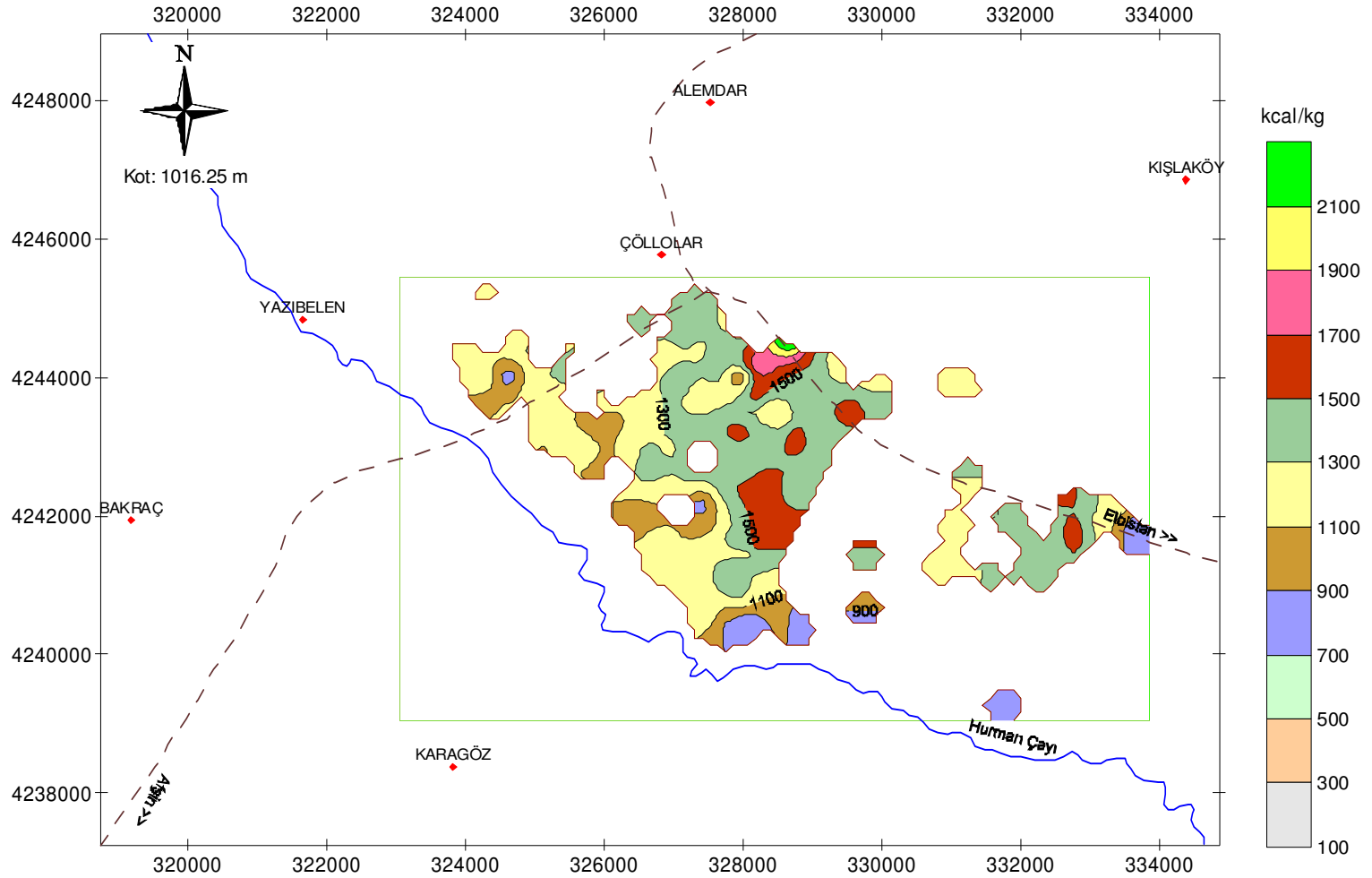


Ek-3 (devam). 1020.00–1022.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

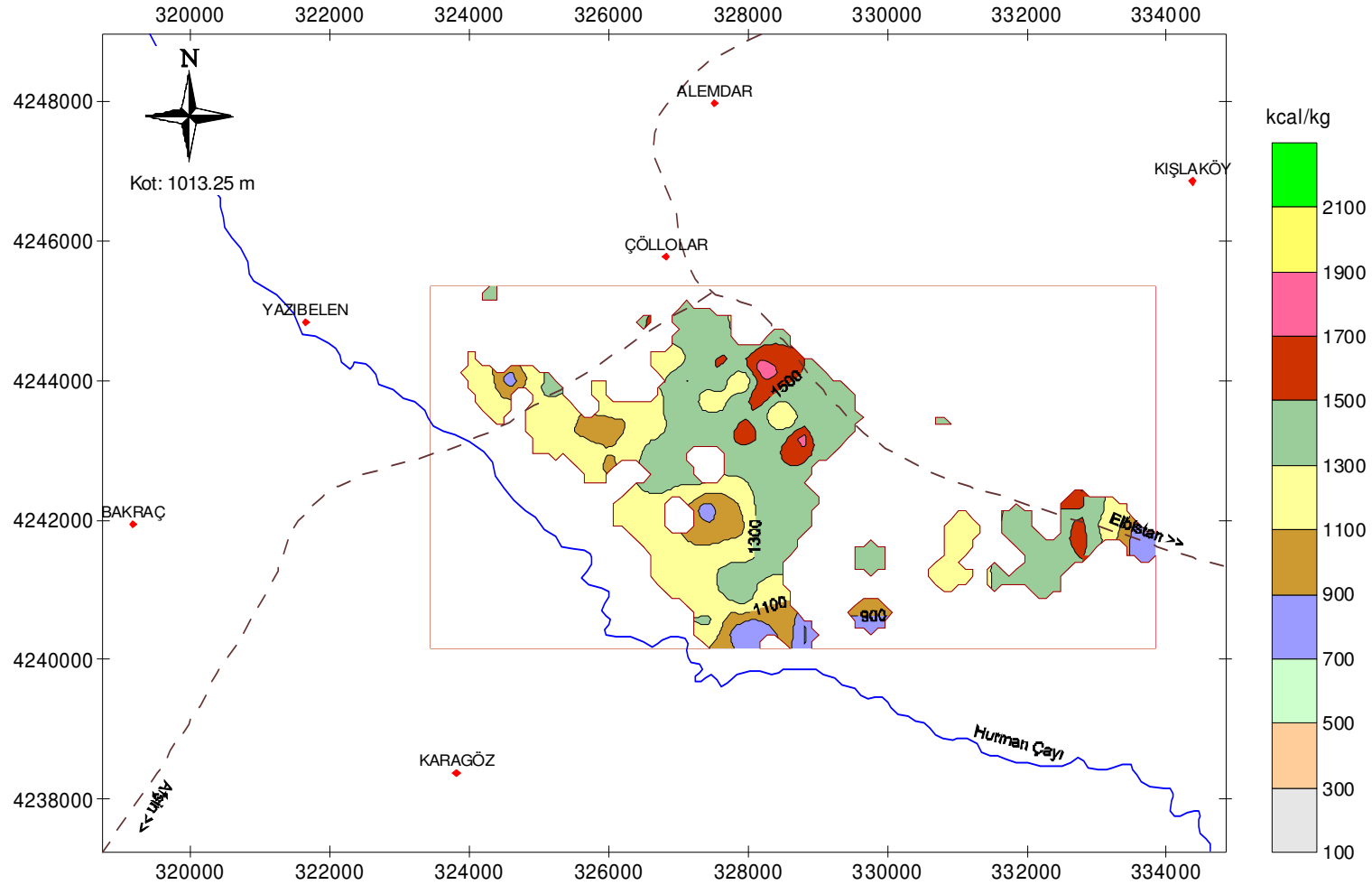




Ek-3 (devam). 1017.50–1020.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



Ek-3 (devam). 1015.00–1017.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



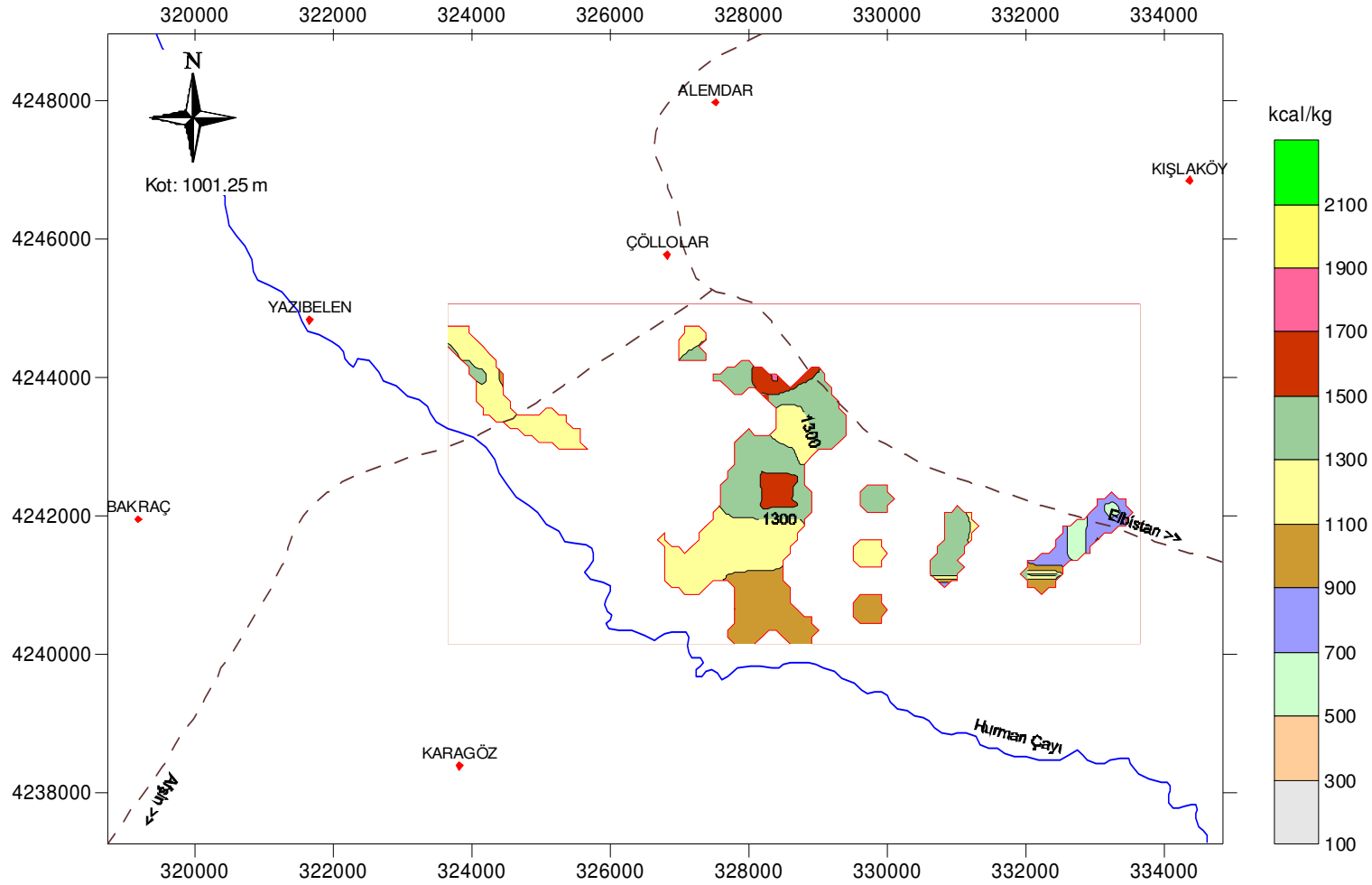
Ek-3 (devam). 1012.50–1015.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası







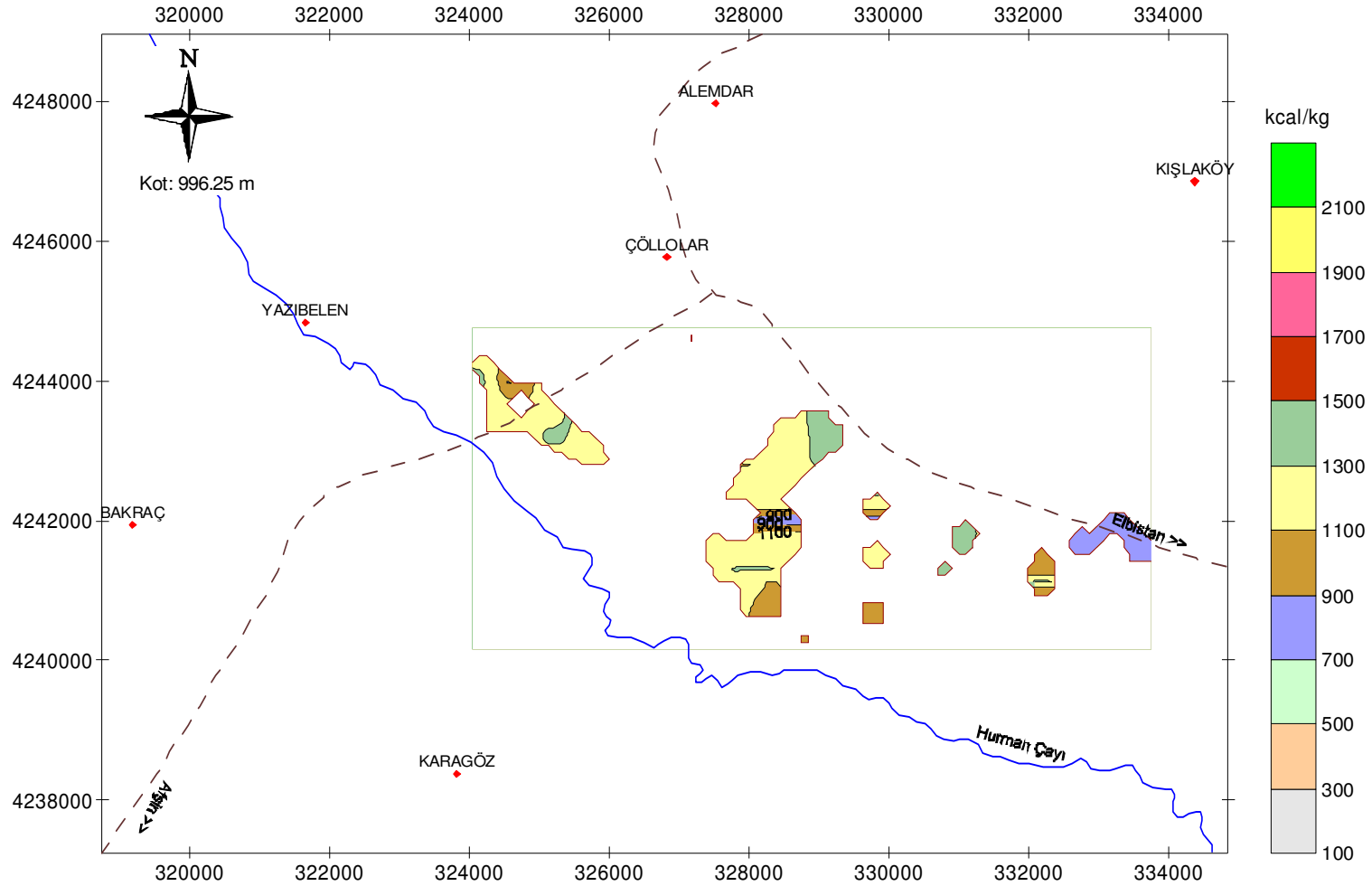




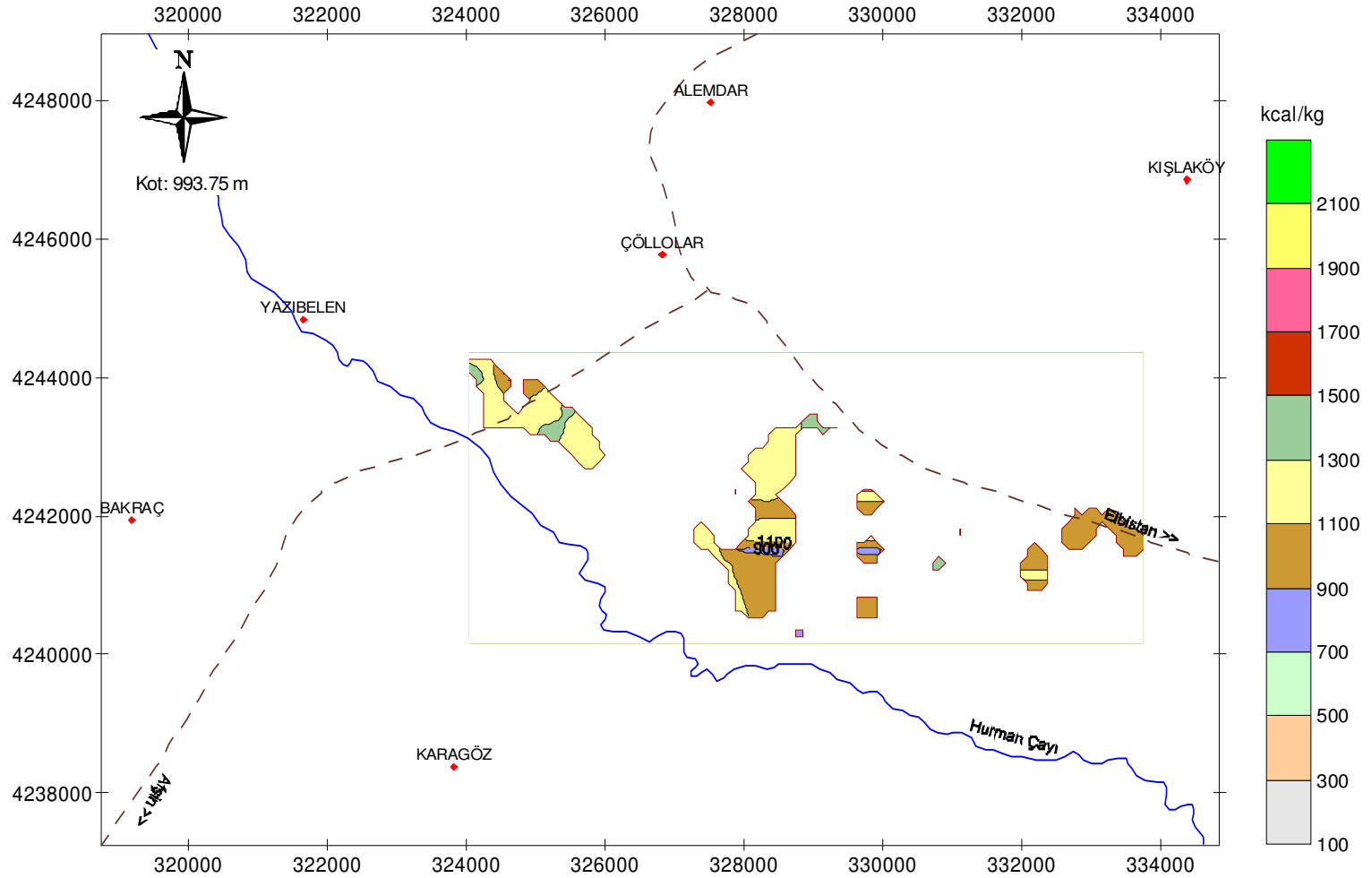
Ek-3 (devam). 1000.00–1002.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



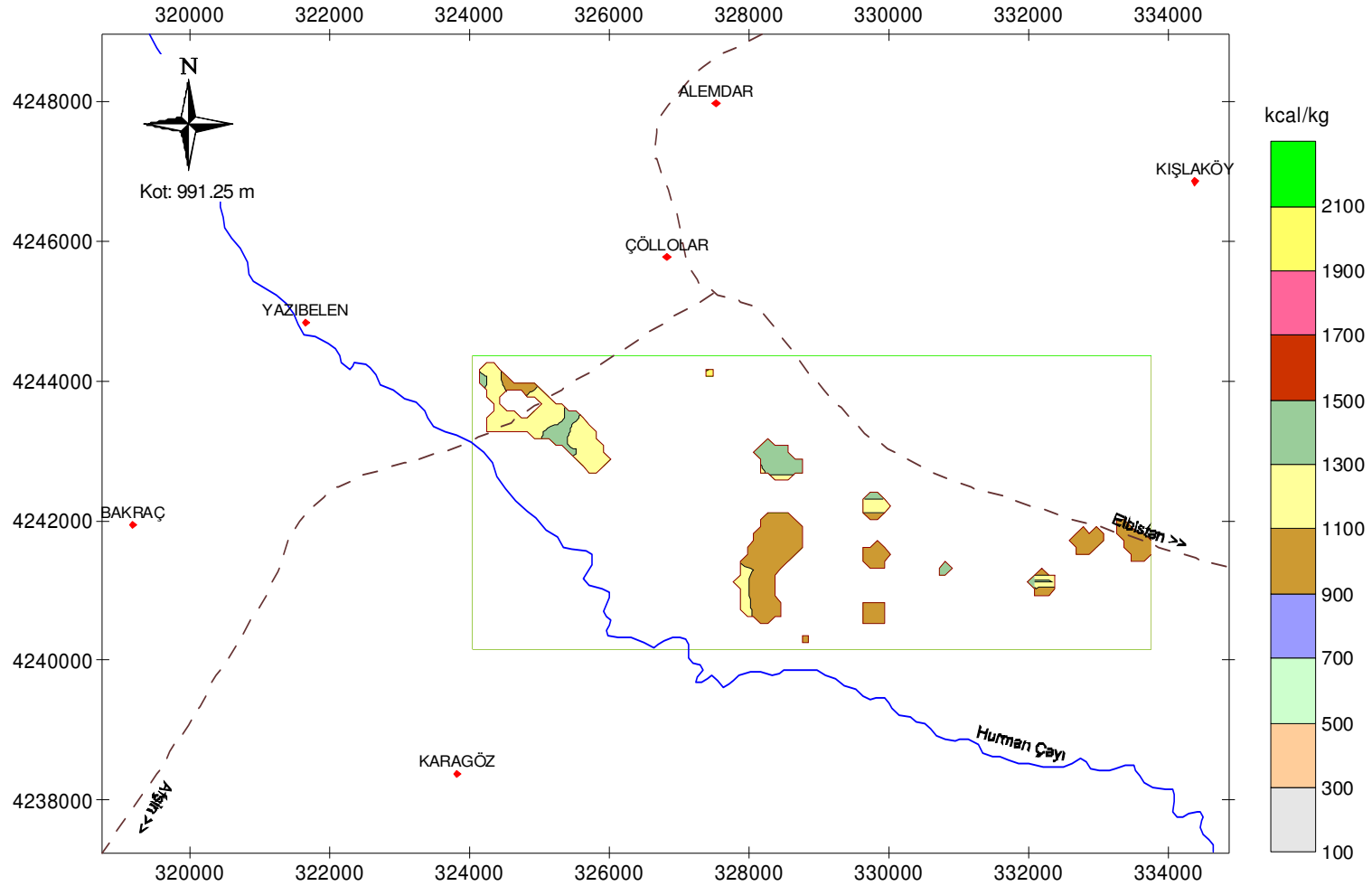




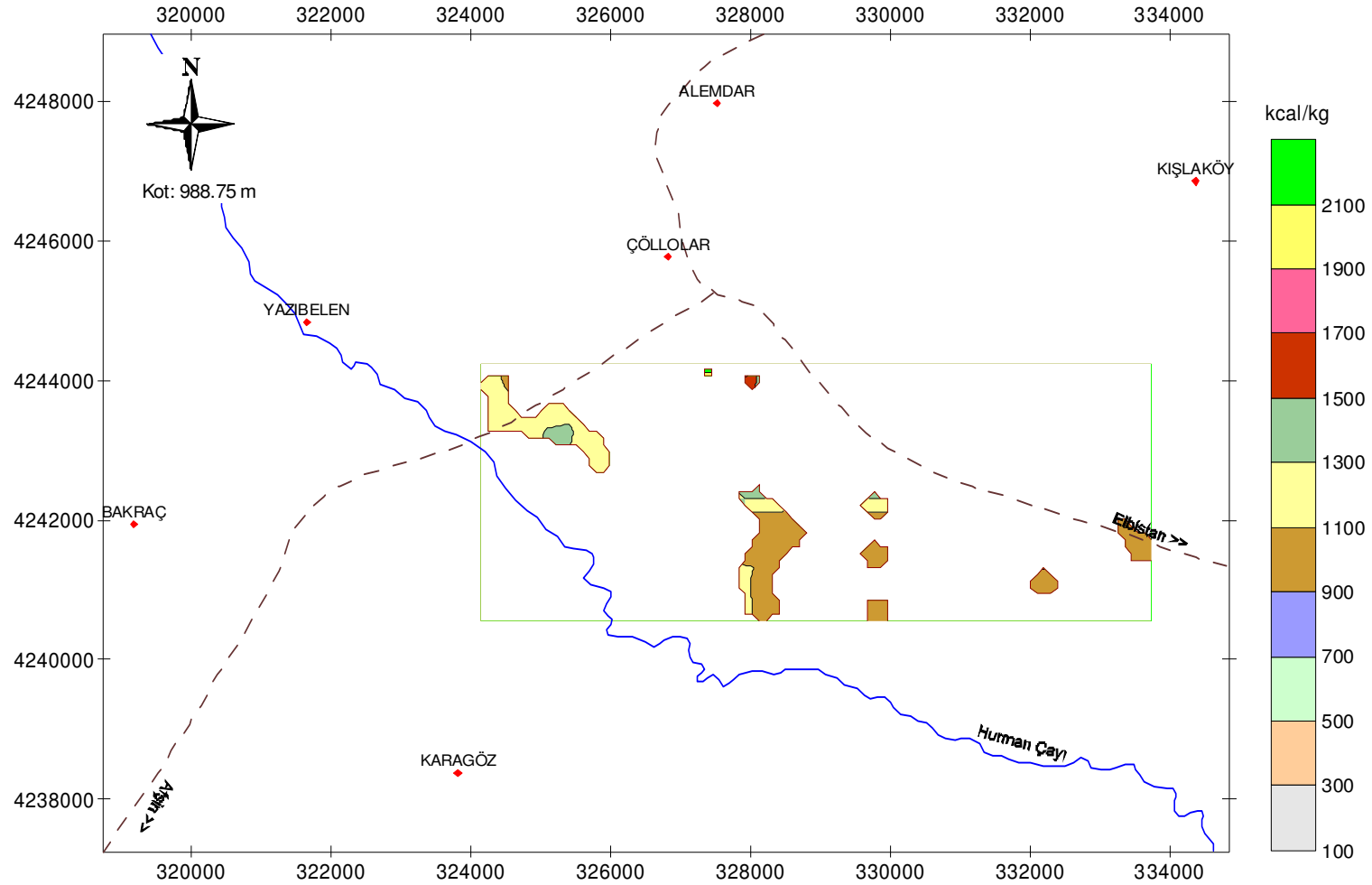
Ek-3 (devam). 995.00–997.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



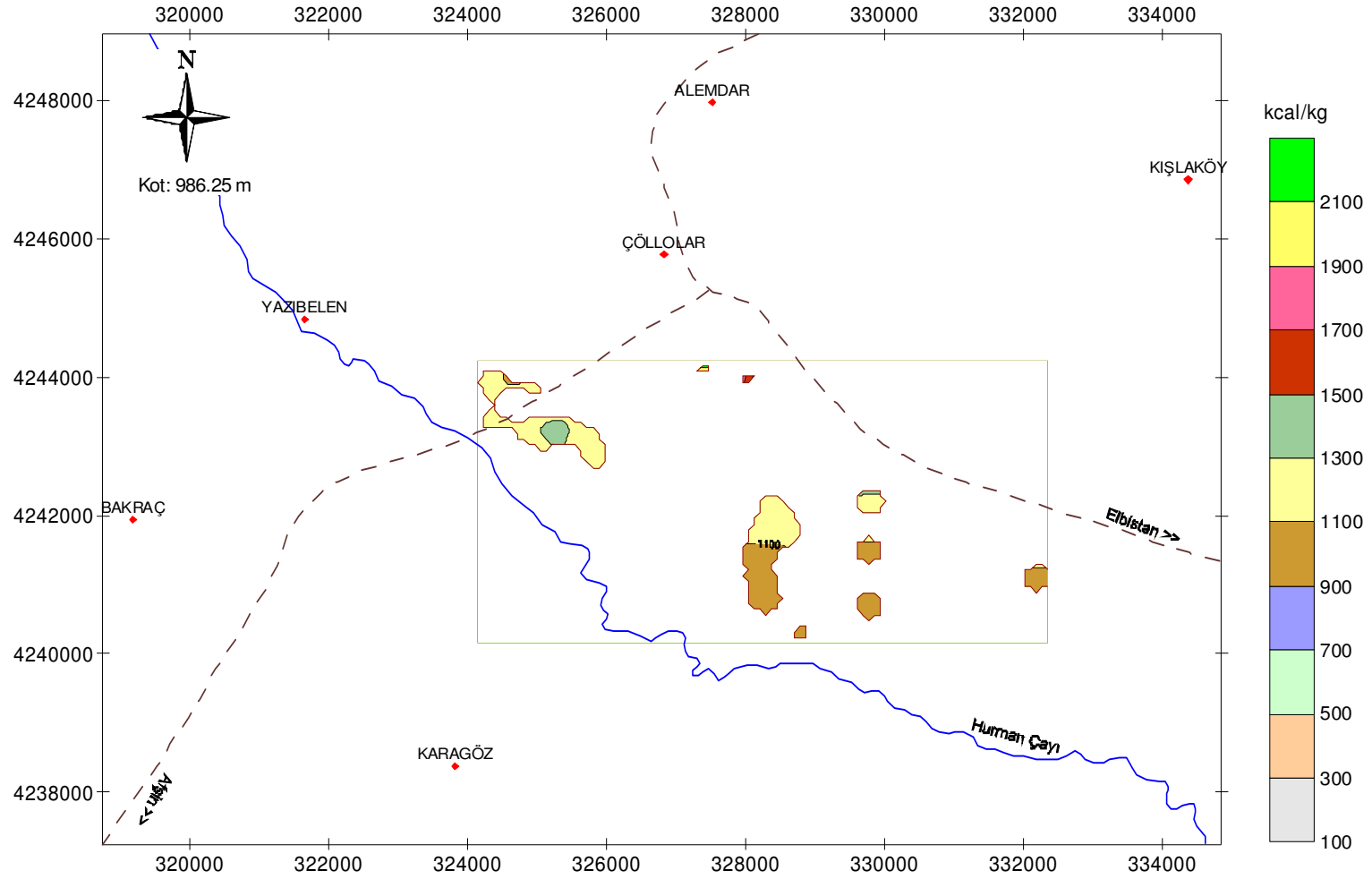
Ek-3 (devam). 992.50–995.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



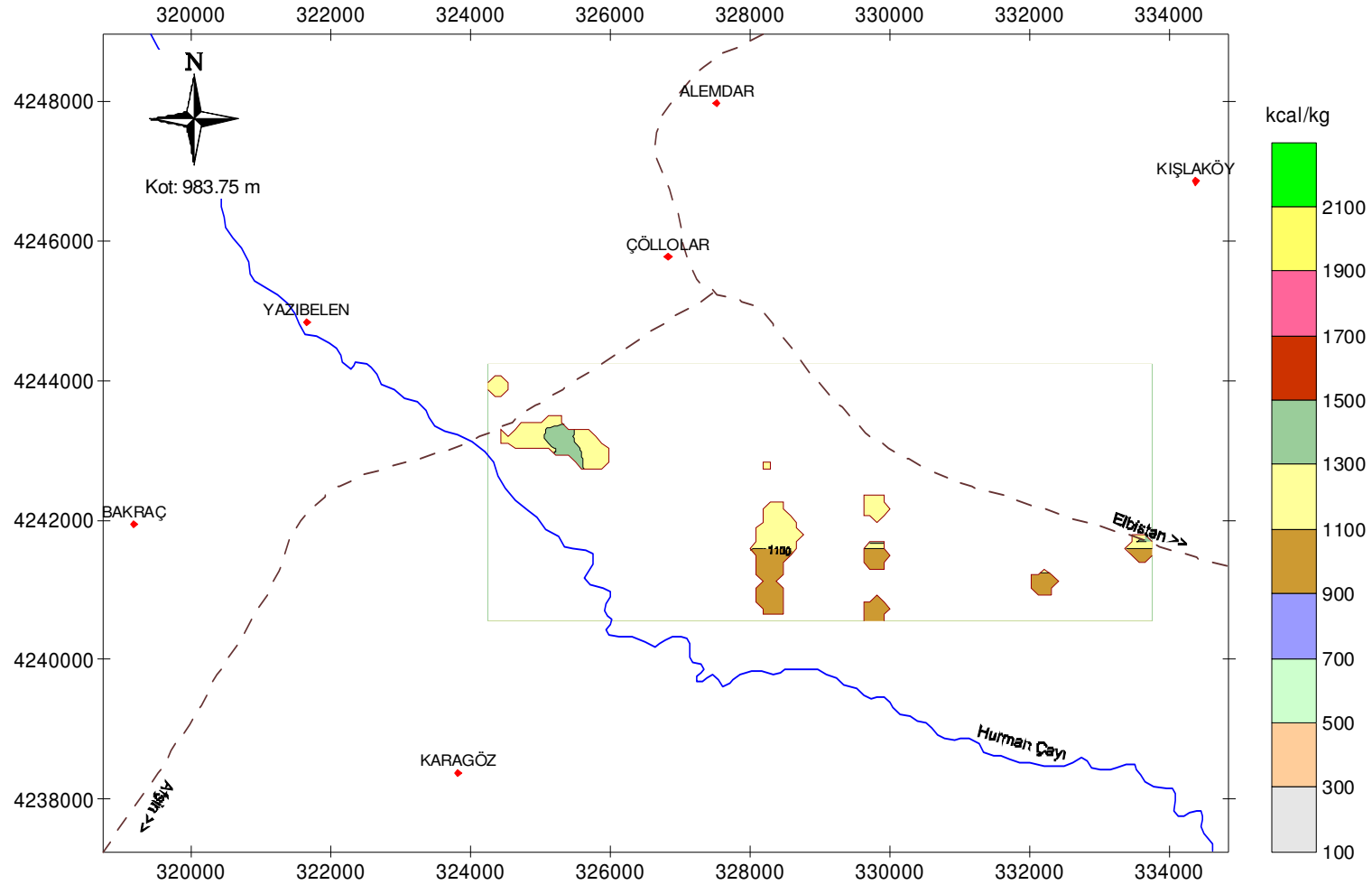
Ek-3 (devam). 990.00–992.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



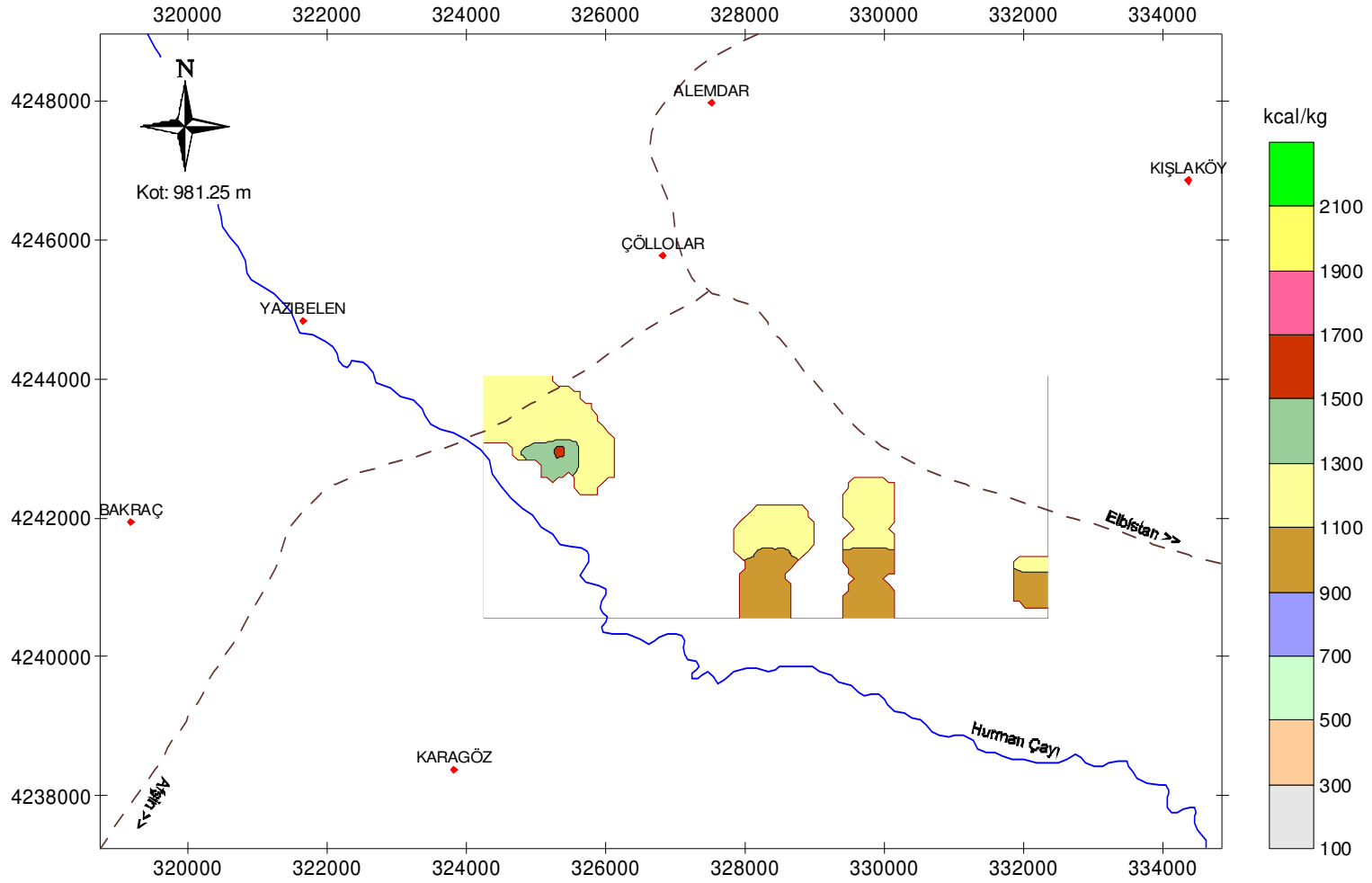
Ek-3 (devam). 987.50–990.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



Ek-3 (devam). 985.00–987.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

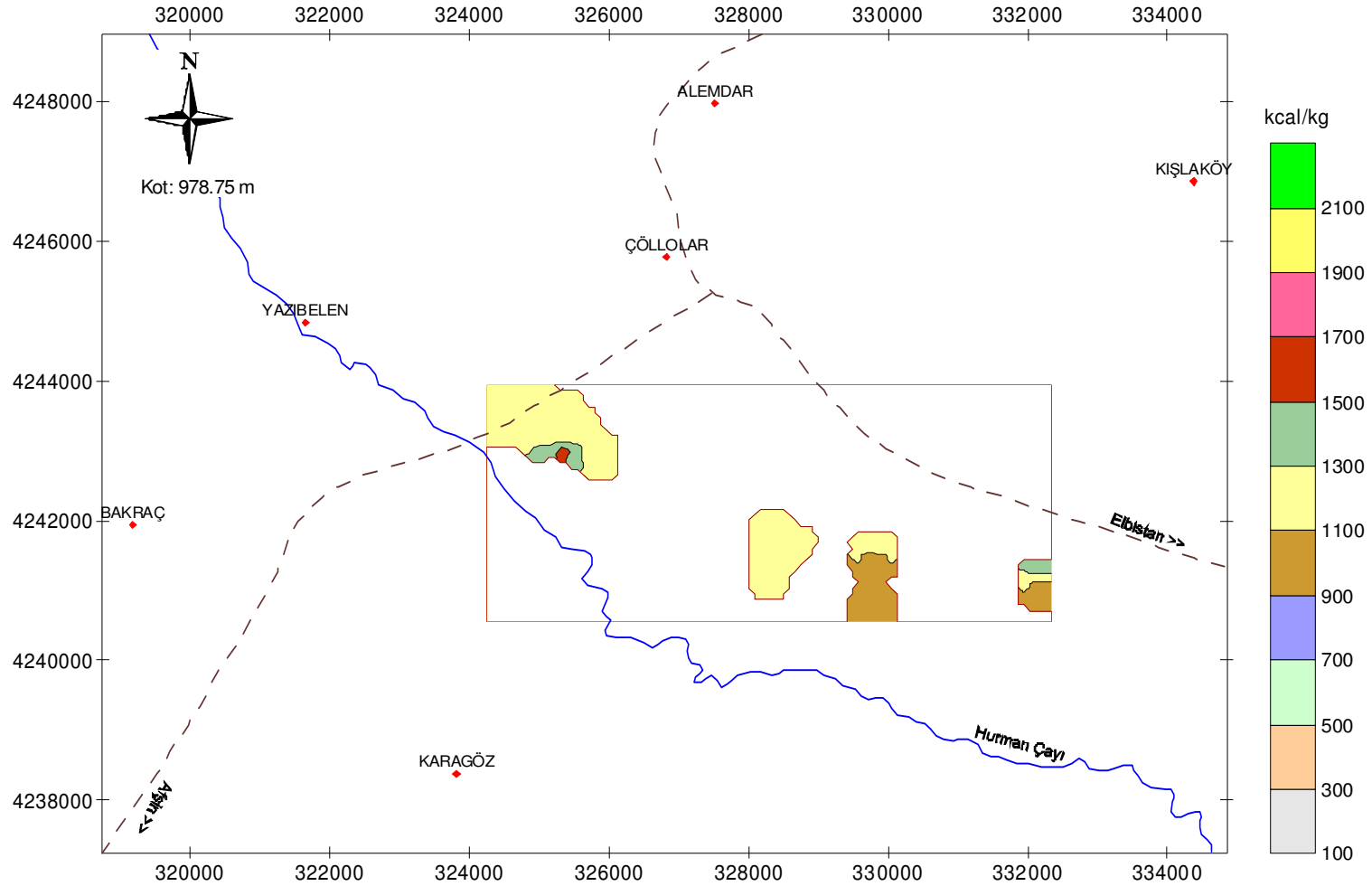


Ek-3 (devam). 982.50–985.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

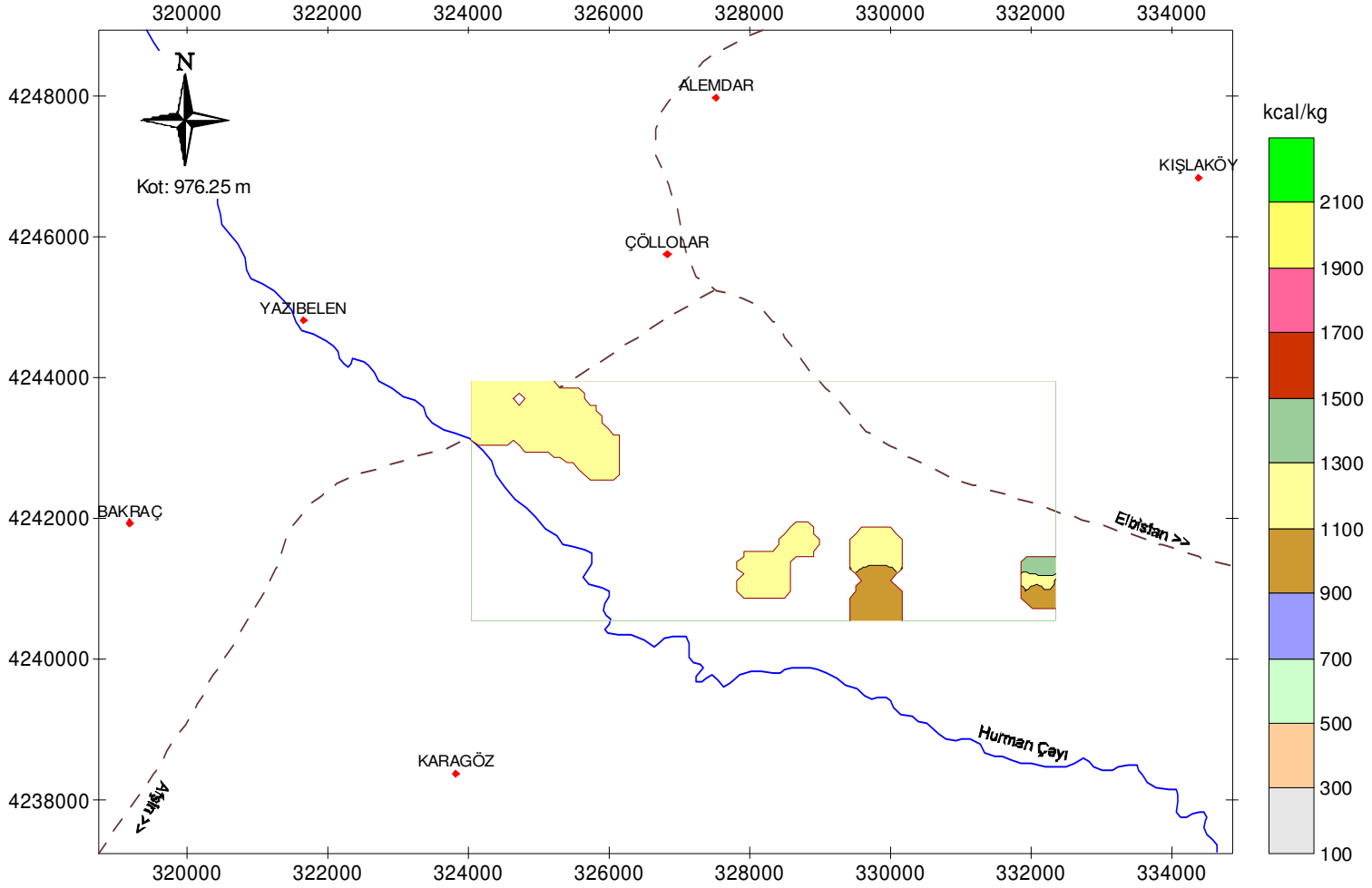


Ek-3 (devam). 980.00–982.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası



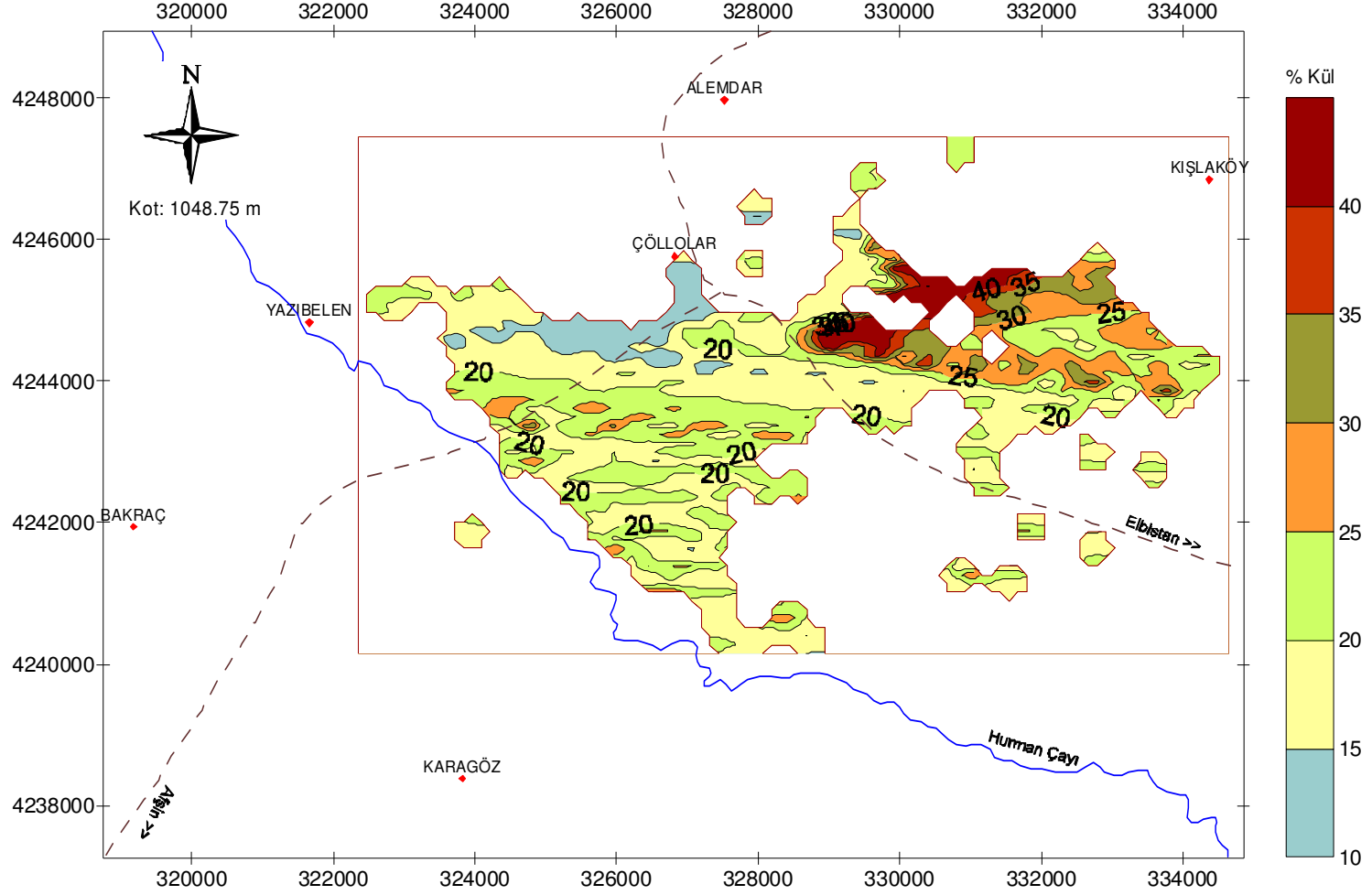


Ek-3 (devam). 977.50–980.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

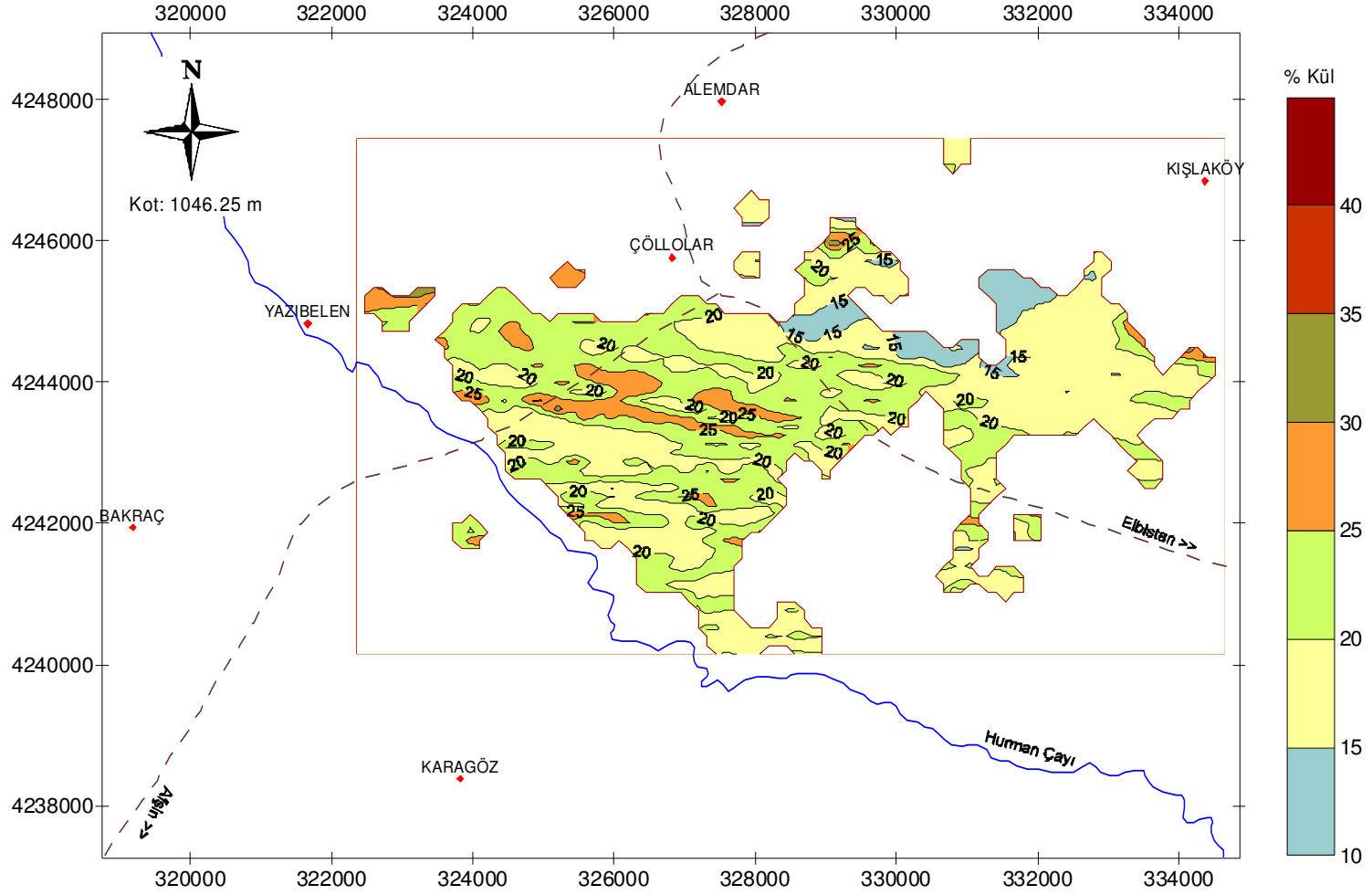


Ek-3 (devam). 975.00–977.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve Isıl değer dağılım haritası

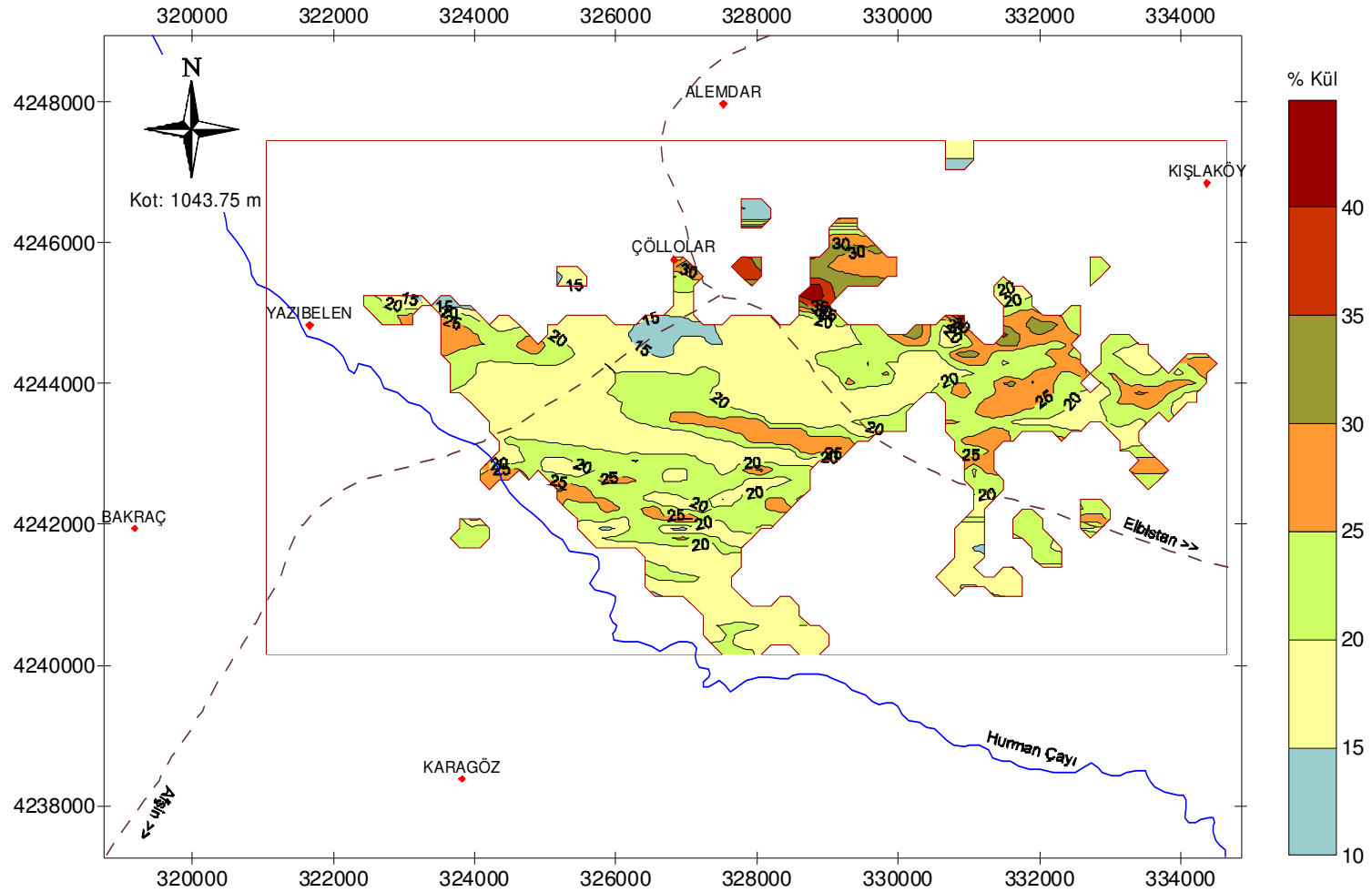
Ek-4. 1050 – 1040 m Kotları Arası Mümkün Linyit Sınırları ve %Kül Dağılım Haritaları



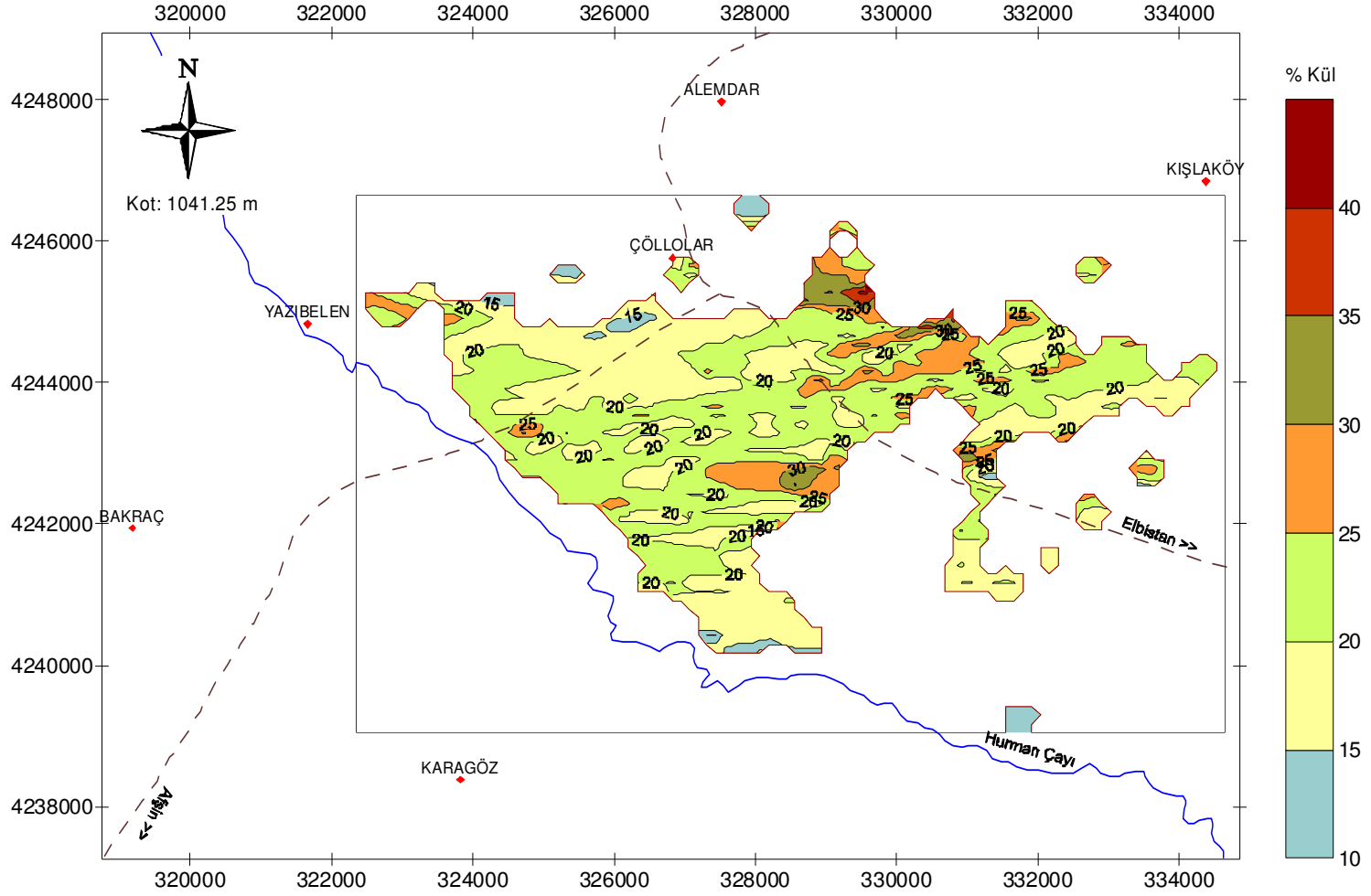
Ek-4 (devam). 1047.50–1050.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve %Kül dağılım haritası



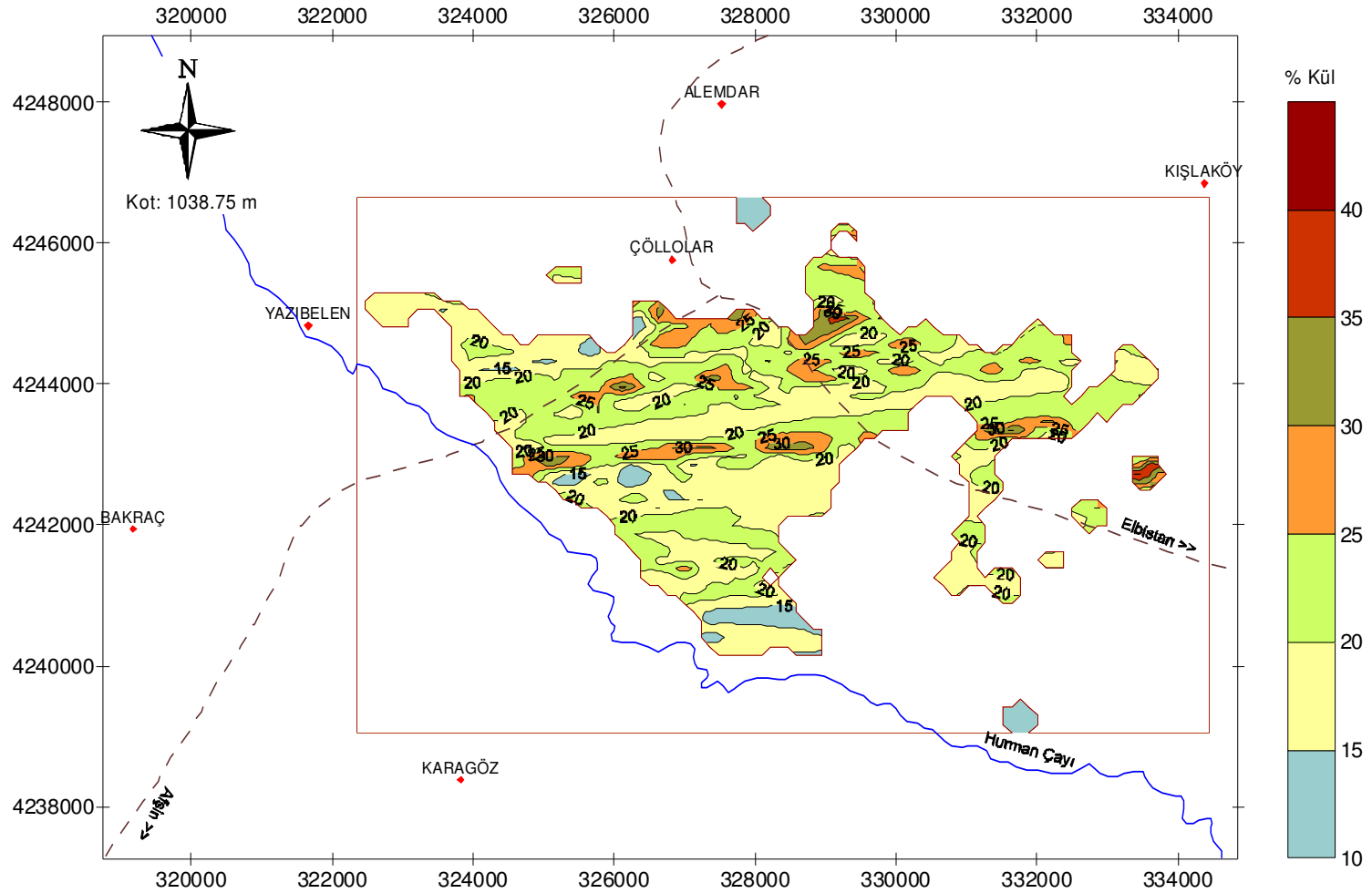
Ek-4 (devam). 1045.00–1047.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve %Kül dağılım haritası



Ek-4 (devam). 1042.50–1045.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve %K l dağılım haritası

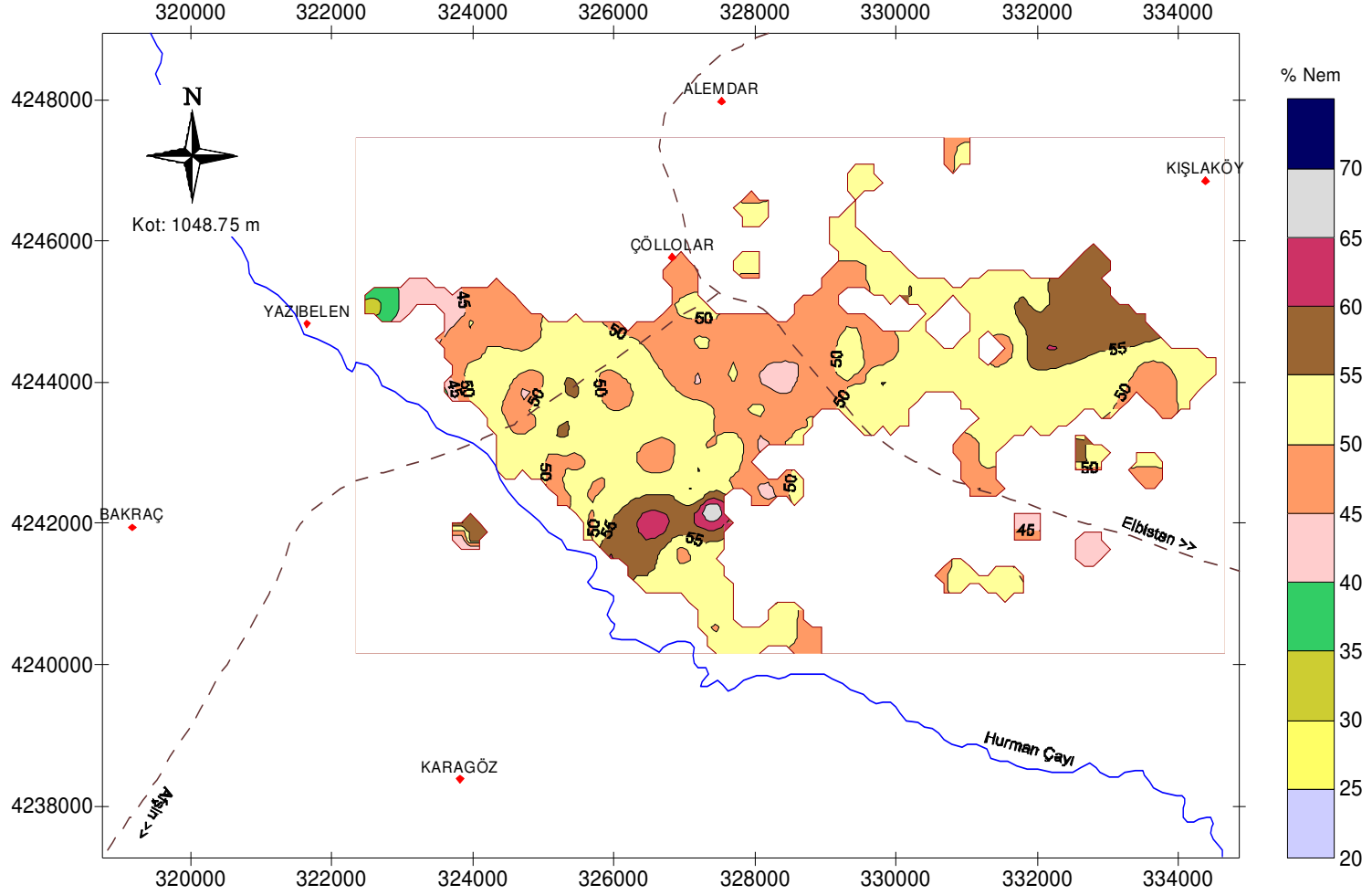


Ek-4 (devam). 1040.00–1042.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve %Kül dağılım haritası



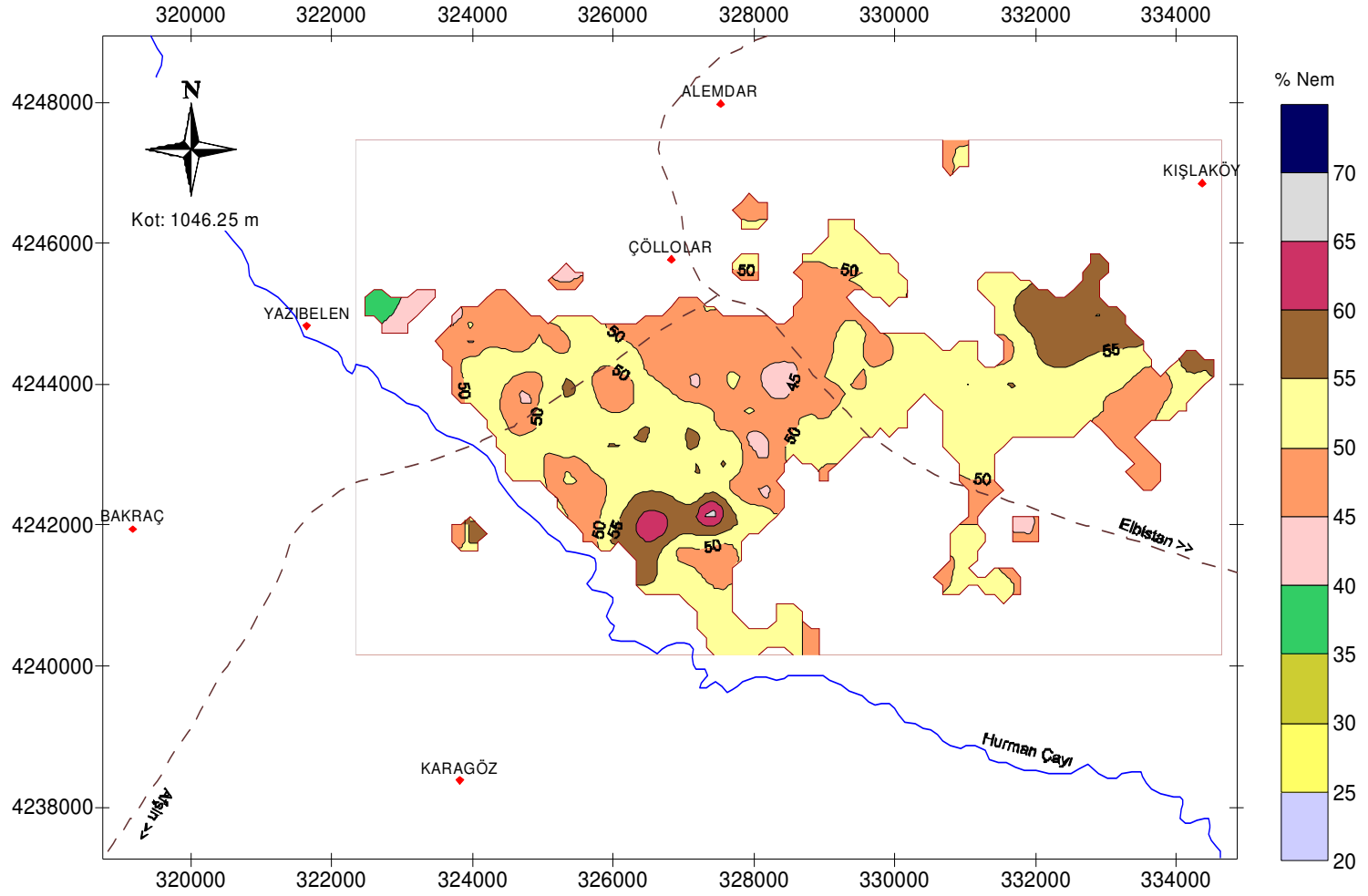
Ek-4 (devam). 1037.50–1040.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve %Kl dağılım haritası

Ek-5. 1050 – 1040 m Kotları Arası Mümkün Linyit Sınırları ve %Nem Dağılım Haritaları

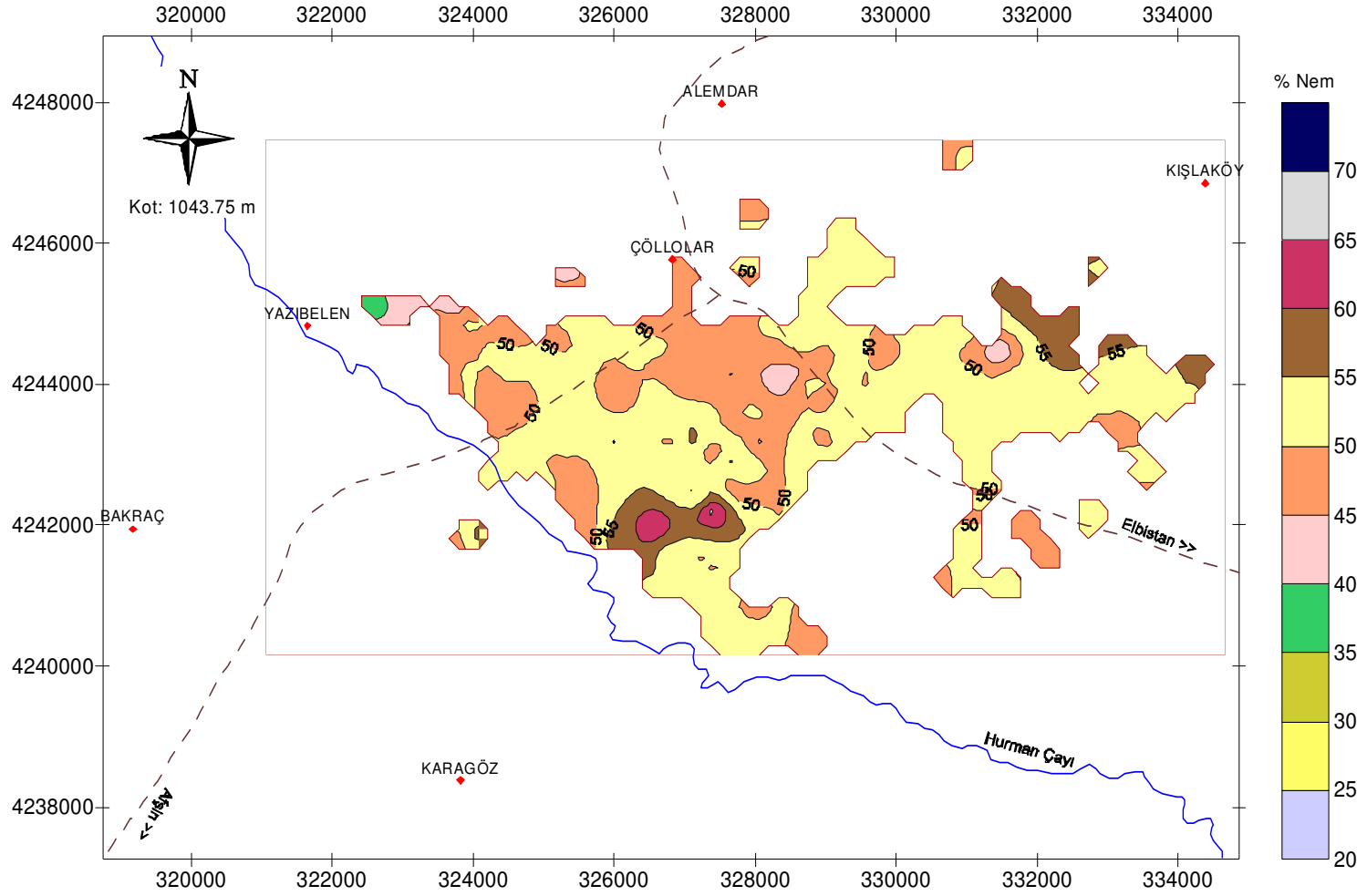


Ek-5 (devam). 1047.50–1050.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve %Nem dağılım haritası

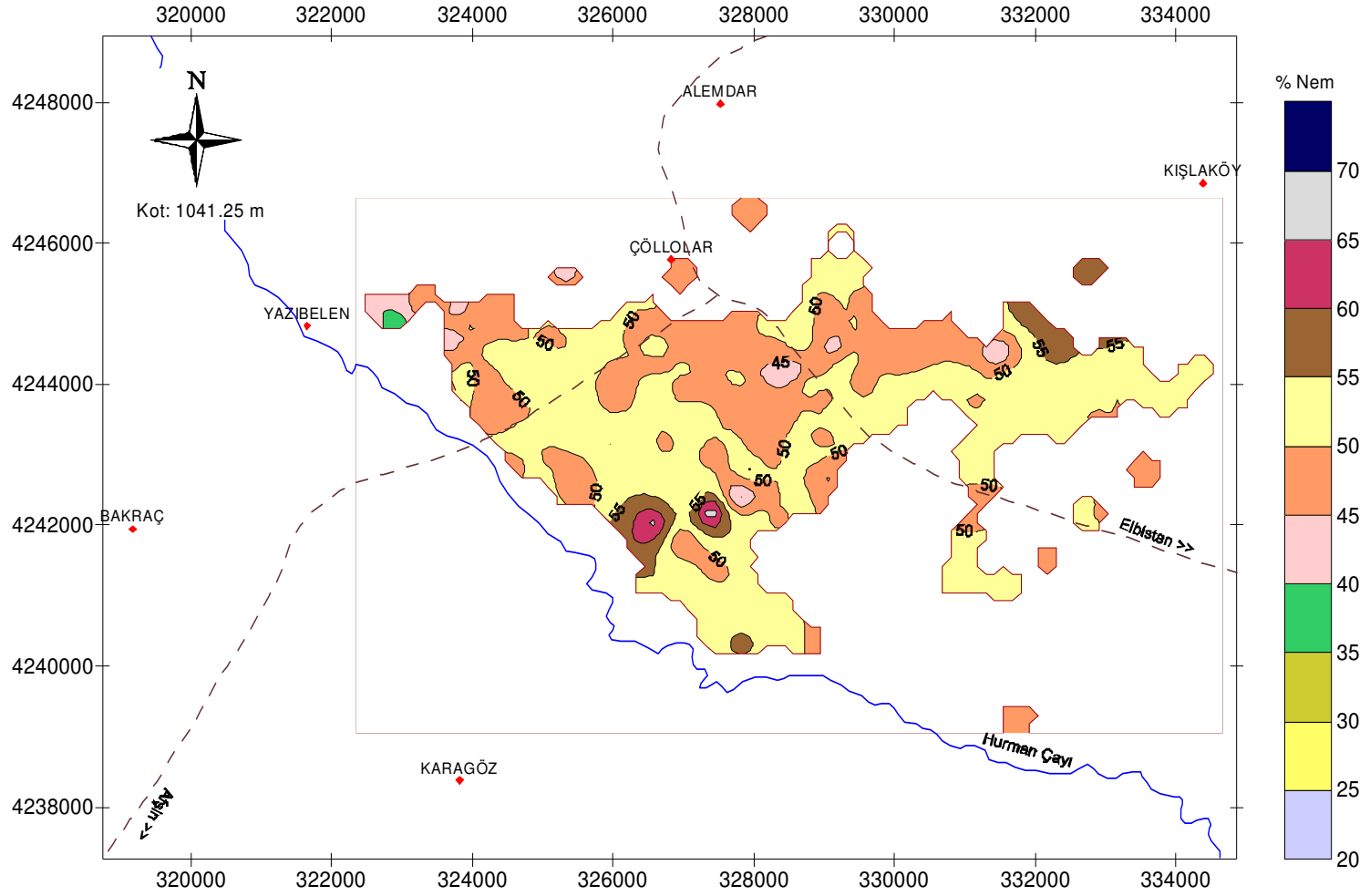




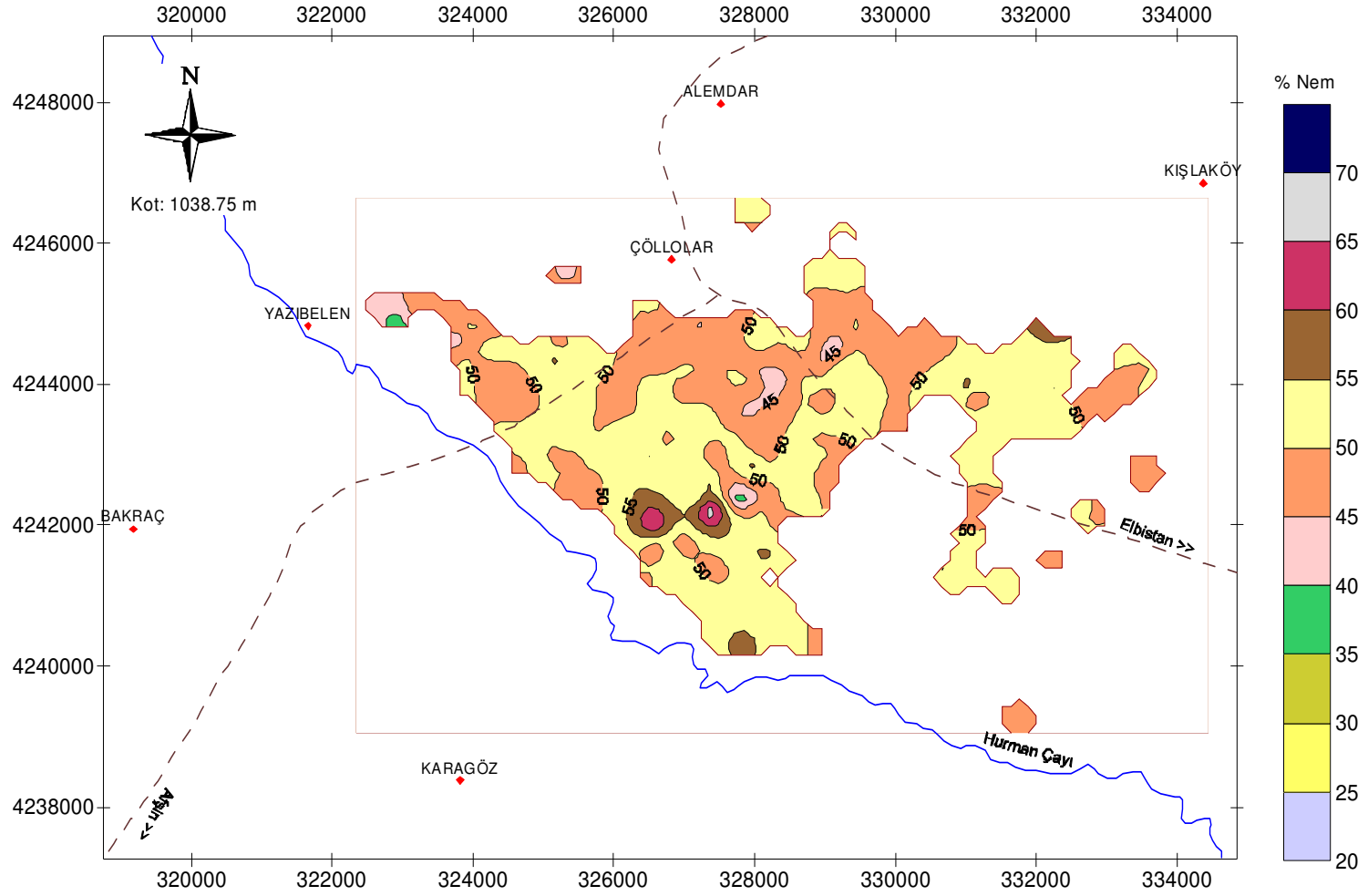
Ek-5 (devam). 1045.00–1047.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve %Nem dağılım haritası



Ek-5 (devam). 1042.50–1045.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve %Nem dağılım haritası



Ek-5 (devam). 1040.00–1042.50 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve %Nem dağılım haritası



Ek-5 (devam). 1037.50–1040.00 m kotları arası mümkün linyit sınırları ve %Nem dağılım haritası