

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ORMAN PARSELLERİNDE ALAN HESABINI ETKİLEYEN
FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ; TRABZON İLİ KÖPRÜBAŞI İLÇESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Merve BÜYÜKTAŞ

EKİM 2024

TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ORMAN PARSELLERİNDE ALAN HESABINI ETKİLEYEN
FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ; TRABZON İLİ KÖPRÜBAŞI İLÇESİ**

Merve BÜYÜKTAŞ

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
" HARİTA YÜKSEK MÜHENDİSİ "**
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 / 09 / 2024

Tezin Savunma Tarihi : 15 / 10 / 2024

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Faruk YILDIRIM

Trabzon 2024

ÖNSÖZ

"Orman Parsellerinde Alan Hesabını Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi; Trabzon İli Köprübaşı İlçesi" başlıklı bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmam boyunca hiçbir desteğini esirgemeyen ve bilim insanı olma yolundaki ilk adımlarımı atarken kıymetli bilgileriyle ve tecrübesiyle yolumu aydınlatan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Faruk YILDIRIM 'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışması sürecinde bana desteklerini esirgemeyen Trabzon Orman Bölge Müdürlüğüne ve çalışma arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, doğduğum günden beri elimi hiç bırakmayan, hayatım boyunca aldığım tüm kararlarda bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım ve her kararında arkamda olan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan annem Mecbure BÜYÜKTAŞ ve babam Üzeyir BÜYÜKTAŞ'a, kardeşim Emre BÜYÜKTAŞ'a teşekkür eder, minnettarlığımı sunarım.

Tez çalışmam sürecinde her zaman yanımda olan ve desteğini her daim hissettiğim sevgili arkadaşım Orman Mühendisi Ahmet Kerem SERTER'e teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasının bundan sonraki çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Merve BÜYÜKTAŞ
Trabzon 2024

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek lisans Tezi olarak sunduğum "Orman Parsellerinde Alan Hesabını Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi; Trabzon İli Köprübaşı İlçesi" başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Faruk YILDIRIM sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 15/10/2024

Merve BÜYÜKTAŞ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. GİRİŞ.....	1
1.1.1. Problemin Tanımı	2
1.1.2. Tezin Amacı.....	4
1.1.3. Metodoloji.....	6
1.2. Literatür Özeti	7
1.3. Orman Genel Müdürlüğü Uygulamaları	9
1.3.1. OGM de Haritacılık	9
1.3.2. ORBİS Sistemi.....	10
1.3.3. Deformasyon Ölçmeleri.....	11
1.4. Parsel Alan Hesabı	12
1.5. Elipsoidde Alan Hesabı.....	12
1.6. Jeoidde Alan Hesabı.....	15
1.6.1. Elipsoid Yüksekliği ile Ortometrik Yükseklik Arasındaki İlişki.....	17
1.7. Topoğrafyada Eğimin Alana Etkisi Hesabı.....	18
1.8. Projeksiyonlar.....	18
1.8.1. Projeksiyonların Sınıflandırılması	19
1.8.2. Projeksiyonlarda Oluşan Deformasyonlara Göre Sınıflandırma	19
1.8.3. UTM Projeksiyonu.....	20
1.8.4. Alan Koruyan Projeksiyonlar.....	22
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	28
2.1. Kullanılan Alan Hesabı Yöntemi	28
2.1.1. Danielsen Yöntemi	28
2.2. Trabzon İli Köprübaşı ilçesine Ait Orman Parsellerinin Toplanması.....	30

2.3. Orman Parsellerinin Gerçek Alanlarının Hesaplanması ve Karşılaştırmaları.....	32
2.4. Alan Koruyan Projeksiyon Sistemlerinde Orman Parsellerinin Alan Hesaplaması ve Karşılaştırılması.....	46
3.BULGULAR VE TARTIŞMA	
3.1. Kullanılan Yöntemin İrdelenmesi.....	58
3.2. Alan Koruyan Projeksiyonlarda Hesaplanan Alanların İncelenmesi	58
3.3. Elipsoid Yüzeyde Hesaplanan Alanların İncelenmesi	64
3.3.1. Eğim değerlerinin Gerçek Alana Eklenmesi	65
3.3.2.Yükseklik değerlerinin Gerçek Alana Eklenmesi.....	65
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	67
5. KAYNAKLAR	69
6. EKLER.....	71
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

ORMAN PARSELLERİNDE ALAN HESABINI ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ; TRABZON İLİ KÖPRÜBAŞI İLÇESİ

Merve BÜYÜKTAŞ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Faruk YILDIRIM
2024, 70 Sayfa, 3 Sayfa Ek

Orman parsellerinin alanları uygulamada diğer tüm kadastro parsellerinde olduğu gibi 3°lik UTM (Universal Transversal Mercator) harita projeksiyon sisteminde hesaplanmaktadır. UTM elipsoidin düzleme konform tasvir yöntemi olup haritada oluşacak alanlarda sadece şekli koruyup uzunluk ve alan deformasyonlarında bozulmalar olur. Özellikle de orman parsellerinin büyük alanlar olduğu düşünülürse tasvirden gelen deformasyonlar daha da büyükmektedir. Orman parsellerindeki alanlar uygulamada harita yani düzlem üzerinden hesaplanmaktadır. Fakat parseller topoğrafya üzerinden işlem gördüğünde; elipsoid, jeoid ve eğiminde bu parsellerin alanları üzerinde etkisi olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada harita üzerindeki orman parsellerinin alan değerlerine; harita projeksiyon seçimi, elipsoid, jeoid ve topoğrafyadaki eğimin etkisi incelenmiştir. Bu inceleme için tez kapsamında Trabzon ili, Köprübaşı ilçesi sınırları içinde farklı alanlara sahip orman parsel alanları kullanılmıştır.

Sonuç olarak UTM ve alan koruyan projeksiyonlarda hesaplanan alanların gerçek alan değerini yeterli düzeyde karşılamayacağı, gerçek alan değerine ulaşmak için farklı yöntemler ve yazılımlar üretilmesi gerektiği kanaatine varılmıştır. Gerçek alan değeri OGM için orman parsellerinin değerlendirilmesinde, maliyet- analiz çalışmalarında, ağaçlandırma vb. orman uygulamalarında önem sahibidir. Elipsoid yüzeyinde hesaplanan bu alan değerleri sadece orman çalışmalarında değil ayrıca diğer tarım ve şahıs arazileri içinde mühimdir.

Anahtar Kelimeler: CBS, Orman, Alan Koruyan Projeksiyon, Elipsoid, Alan Hesabı

Master's Thesis

SUMMARY

DETERMINATION OF THE FACTORS AFFECTING THE AREA CALCULATION IN
FOREST PLOTS; INVESTIGATION ON FOREST PLOTS IN KÖPRÜBAŞI DISTRICT,
TRABZON PROVINCE

Merve BÜYÜKTAŞ

Karadeniz Technical University

Institute of Science and Technology

Department of Surveying Engineering

Advisor: Prof. Dr. Faruk YILDIRIM

2024, 70 Pages, 3 Pages Appendix

In practice, the areas of forest parcels, like all other cadastral parcels, are calculated using the 3° UTM (Universal Transverse Mercator) map projection system. UTM is a conformal map projection method that preserves shape but introduces distortions in length and area. These distortions become more pronounced, especially for large forest parcels. The areas of forest parcels are typically calculated on a map, which is a flat plane. However, when parcels are considered on the actual topography, factors such as the ellipsoid, geoid, and slope are known to affect the area calculations. In this study, the effects of map projection selection, ellipsoid, geoid, and slope on the area values of forest parcels on the map were examined. For this analysis, forest parcels with different areas within the boundaries of the Köprübaşı district in Trabzon were used.

As a result, it has been concluded that the areas calculated using UTM and area-preserving projections do not adequately reflect the true area values. To achieve accurate area measurements, different methods and software need to be developed. The true area values are important for evaluating forest parcels for the General Directorate of Forestry (OGM), cost-analysis studies, afforestation, and other forest applications. These area values, calculated on an ellipsoidal surface, are also significant not only for forestry work but also for agriculture and personal land management.

Key Words: GIS, Forest, Area Preserving Projection, Ellipsoid

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. ORBİS Sistemi Geoportal	10
Şekil 2. ORBİS Sisteminde tescilli ormanların gösterimi	11
Şekil 3. Jeodezik altındaki alan.....	13
Şekil 4. Jeodezi için yüzeyler.....	16
Şekil 5. Küresel alandan düzlemsel alana dönüşüm	19
Şekil 6. Türkiye 35,36,37,38 dilim numaraları	20
Şekil 7. DUTM 3 Derecelik	21
Şekil 8. Kuzey (sol harita) ve güney (sağ harita) yarımküredeki standart paralelliklere sahip Albers harita projeksiyonu	22
Şekil 9. Greenwich merkezli Behrmann harita projeksiyonu	23
Şekil 10. Greenwich merkezli Bonne eşit alanlı harita projeksiyonu	24
Şekil 11. Greenwich merkezli Sinüzoidal harita projeksiyonu.....	25
Şekil 12. Güney kutbu merkezli Lambert Azimut eşit alanlı alan projeksiyonu	26
Şekil 13. Greenwich merkezli Silindirik eşit alanlı harita projeksiyonu	27
Şekil 14. Coğrafi koordinatlar ile alan hesaplama	28
Şekil 15. Trabzon Köprübaşı ilçesi.....	31
Şekil 16. ORBİS Sisteminde alınan Köprübaşı ilçesine ait orman parselleri görüntüsü .	31
Şekil 17. Çalışma alanının uydu fotoğrafı üzerindeki görüntüsü	32
Şekil 18. Örnek orman parseline ait coğrafi koordinatlar.....	34
Şekil 19. MATLAB programında alan hesaplanması.....	35
Şekil 20. Orman parsellerinin gerçek alanları ile farkları.....	38
Şekil 21. Örnek orman parseline ait Google Map görüntüsü	39
Şekil 22. Orman parsellerine yüksekliğin etkisini gösteren grafik	42
Şekil 23. Yükselti ve düzeltmeler grafiği	43
Şekil 24. Orman parsellerine eğimin etkisini gösteren grafik.....	46
Şekil 25. ARCGIS programında orman parsellerine ait görüntüsü	47
Şekil 26. ARCGIS programında projeksiyon dönüşümü.....	47
Şekil 27. Alan koruyan projeksiyonların fark grafiği	53
Şekil 28. UTM 3 derecelik orman parselleri alanları ve alan koruyan projeksiyonda hesaplanan alanların karşılaştırma grafiği.....	58
Şekil 29. Danielsen ile hesaplanan orman parselleri alanları ve alan koruyan projeksiyonlarda hesaplanan alanların karşılaştırma grafiği	59

Şekil 30.	Danielsen yöntemi ile hesaplanan gerçek alan ve silindirik alan koruyan projeksiyon hesaplanan alan karşılaştırması grafiği	60
Şekil 31.	Danielsen yöntemi ile hesaplanan gerçek alan ve Behrmann alan koruyan projeksiyon hesaplanan alan karşılaştırması grafiği	60
Şekil 32.	Danielsen yöntemi ile hesaplanan gerçek alan ve Bonne alan koruyan projeksiyon hesaplanan alan karşılaştırması grafiği	61
Şekil 33.	Danielsen yöntemi ile hesaplanan gerçek alan ve Lambert Azimutal alan koruyan projeksiyonda hesaplanan alanların karşılaştırma grafiği	62
Şekil 34.	Danielsen yöntemi ile hesaplanan gerçek alan ve Albers alan koruyan projeksiyonda hesaplanan alanların karşılaştırma grafiği	62
Şekil 35.	Projeksiyonlar toplam fark grafiği	64

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Türkiye de ormanlık alanının ülke genel alanına dağılımı	5
Tablo 2. Danielsen MATLAB KODU	29
Tablo 3. Orman parselleri ve DUTM alanları.....	32
Tablo 4. Orman parsellerinin gerçek alanları ile farkları.....	35
Tablo 5. Ortalama yükseklik değerleri kullanılarak hesaplanan parsel alanları	39
Tablo 6. Ortalama eğim değerleri kullanılarak hesaplanan parsel alanları.....	43
Tablo 7. Coğrafi koordinatlardan alan hesaplamada kullanılan projeksiyonların koordinat başlangıçları.....	48
Tablo 8. Behrmann, Bonne, Silindirik Alan Koruyan projeksiyonlarda hesaplanan alanlar ve farkları.....	48
Tablo 9. Alan koruyan projeksiyonlarda hesaplanan alanlar ve gerçek alan değer farkları.....	53
Tablo 10. Alan koruyan projeksiyonların toplam farkları	63
Tablo 11. Alan koruyan projeksiyonların toplam alanları	64
Tablo 12. Alan değerleri	64
Tablo 13. Topografik yüzeyde alan değerleri	65
Tablo 14. UTM-Topografik alan farkı.....	65
Tablo 15. Alanlar karşılaştırması	65
Tablo 16. Bonne AK ve toplam gerçek alan değeri	66

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
UTM	: Universal Transverse Mercator (6 derecelik meridyen dilimli)
DUTM	: Değiştirilmiş UTM (3 derecelik meridyen dilimli)
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
ITRF	: International Terrestrial Reference Frame
MATLAB	: Matrix Laboratory
GPS	: Global Positioning System
GNSS	: Global Navigation Satellite System
ORBİS	: Orman Bilgi Sistemi
OBM	: Orman Bölge Müdürlüğü
BÖHHBÜY	: Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
GRS80	: Geodetic Reference System 1980
DOM	: Dilim Orta Meridyeni
JTP	: Jeodezik Temel Problem
LKK	: Lambert Konform Konik
CORS	: Continuously Operating Reference Stations
CAD	: Computer Aided Design
AKK	: Alan Koruyan Konik
AKS	: Alan Koruyan Silindirik
ARCGIS	: Arc Laboratory
KUSS	: Küresel Uydu Seyrüsefer

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Ülkemizde yüzölçümü hesaplamalarında parsel alanları DUTM koordinatlarından Gauss alan hesaplama yöntemi kullanılarak belirlenmektedir. Gauss alan hesaplama yöntemi, tasvir koordinatlarından yapılan bir hesaplama olduğundan düzlemsel olup, gerçek elipsoid yüzeyinden farklıdır. (Kurtipek, 2017) Alanın kesin değerine ulaşmak için köşe koordinatlarının coğrafi koordinatlara dönüştürülmesi ve hesaplamanın elipsoid yüzeyinde yapılması gerekmektedir.

18.yüzyıl ortalarında elipsoid üzerinde yapılan hesapların ölçü inceliğinin ötesinde bazı çelişkiler göstermesi sonucu, yeryuvarının şekli olarak elipsoidin de yeterli bir tanım olamayacağı anlaşılmıştır. Bu konuda diğer önemli bir kanıt da çekül sapmalarıdır. Bilindiği gibi çekül sapması bir noktada elipsoid normali ile çekül doğrultusu (jeoid normali) arasındaki açıdır. Yapılan jeodezik ve astronomik ölçüler elipsoid normallerinin çekül doğrultusunda olmadığını göstermiştir. Bu amaçla 1873 yılında Listing tarafından yeryüzüne en uygun şekil olarak Jeoid tanımlanmıştır. (URL-1) Jeodezik amaçlı GPS gözlemlerinde, uydular aracılığıyla ölçülen yükseklikler ve relatif yükseklik farkları elipsoid referansına dayanmaktadır. Ancak, pratik olarak ortometrik yükseklikler adı verilen gerçek yüksekliklerin belirlenmesi için, elipsoid yüzeyi ile fiziksel yeryüzü arasında bir geçiş yüzeyinin, yani jeoidin tanımlanması gerekmektedir. Bu durumda, elipsoid yüksekliği ile ortometrik yükseklik arasındaki farkı tanımlayan ve jeoid yüksekliği olarak adlandırılan bir üçüncü yükseklik türünün de ifade edilmesi gerekir. (URL-1)

Günümüzde kamu kurum ve kuruluşlarında ve özel sektörde parsellere ait alan verisi sık olarak kullanılmaktadır. Arazi kullanımı, çevresel, tarım ve ormancılık uygulamalarında alan bilgisine ihtiyaç duyulur. Alan hesabında kullanılan koordinatların doğruluğu büyük önem taşımaktadır. Koordinatlar arazi ölçüm işlemlerinden üretildiği gibi, sayısal veri yetersizliğinden dolayı değişik ölçekli haritalardan, uydu fotoğraflarından veya fotogrametrik amaçlı üretilen haritalardan elde edilmektedir. Haritada alan bilgisinin değerlendirilmesinde projeksiyon bilgisi önemli bir etkidir. Ülkemizde kullanılan 1/1000, 1/5000 ve 1/10000 ölçekli haritalar Değiştirilmiş UTM (DUTM, 3° lik dilim sistemi) ve

1/25000, 1/50000, 1/100000 ve 1/250000 ölçekli haritalar ise UTM (6° lik dilim) projeksiyonunda üretilmektedir. UTM sistemi konform olup alan deformasyonu, alanın büyüklüğüne ve başlangıç boylamından olan uzaklığına göre değişir. Dolayısıyla kesin alan değeri için, UTM koordinatları yerine coğrafi koordinatlarla alan hesabına gerek duyulur. Fakat coğrafi koordinatlarla alan hesabı jeodezik amaçlı yazılımlarda mevcut olmayıp, ayrı bir yazılım ve ek hesap yükü getirir. Bunun yerine genellikle alan koruyan projeksiyon seçimine gidilir. (Yıldırım ve Kaya, 2005)

Haritadan hesaplanan parsel alanlarında; referans yüzeyleri, harita projeksiyonu veya tasviri, belli bir yükseklikte ve eğimde olması ve ölçekli haritalardan sayısallaştırılmasından gelecek olan alan düzeltmeleri çoğu kez dikkate alınmaz. Topoğrafyada kullanılan gerçek alanın elde edilmesi için kullanıcıların alan düzeltmelerini harita alanlarına eklemesi gerekmektedir. (S. N. Kundu, B. Pradhan, 2003; Yong Zhang, vd. 2011)

Yapılan bu çalışma da Trabzon OBM (Orman Bölge Müdürlüğü) sınırları içinde bulunan Köprübaşı iline ait farklı alanlara sahip 148 adet orman parseli ele alınmıştır. Orman parsellerinin elipsoid düzlemde coğrafi koordinatlar ile MATLAB yazılımında hesaplanan gerçek alanları karşılaştırılmıştır. Ayrıca ArcGIS 10.8 CBS yazılımında mevcut beş farklı alan koruyan ve UTM projeksiyon koordinatlarıyla hesaplanan gerçek ve topografik alanlar arasındaki farklar irdelenmiştir.

1.1.1. Problemin Tanımı

Türkiye, 78 milyon hektarlık yüzeyi ile ekolojik açıdan büyük bir çeşitliliğe sahip bir ülkedir. Bu çeşitlilik içinde, ormanlar da tür ve kompozisyon açısından önemli bir yer teşkil etmektedir. 2020 yılı itibarıyla yapılan değerlendirmelere göre, ormanlık bölgeler ülke yüzeyinin %29,4 'ünü kapsamaktadır. Bu hesaplama ağaçsız orman alanları dahil edilmemiştir.

Türkiye ormanlarının neredeyse tamamı devletin mülkiyetinde olup, büyük kısmı Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından yönetilmektedir. Özel mülkiyete ait orman alanı, tüm ormanlık alanın binde ikisinden daha az bir kısmını (yaklaşık 30 bin hektar) kapsamaktadır. Türkiye ormanları, en küçük işletme birimi olan orman işletme şefliği düzeyinde, 10-20 yıllık döngülerle hazırlanan orman amenajman planları çerçevesinde işletilmektedir. Amenajman planlama sürecinde, ormanlardaki örnek alanlarda yapılan envanter çalışmaları, alan, servet, artım, ağaç türü, verimlilik ve kapallılık gibi verileri

içermekte ve bu veriler sayısal ortamda analiz edilerek amenajman planları oluşturulmaktadır. (URL-1)

Türkiye'de orman sınırlarının korunması ve ormanların yönetimi için çeşitli yasalar ve yönetmelikler bulunmaktadır. Bu yasal çerçeve, ormanların korunmasını, geliştirilmesini ve sürdürülebilir şekilde yönetilmesini sağlamayı amaçlar. 6831 Sayılı Orman Kanunu, 2873 Sayılı Milli Parklar Kanunu, Çevre Kanunu (2872 Sayılı Kanun), Orman Yönetmeliği, Uluslararası Anlaşmalar bu uygulamalardan bazılarıdır. OGM nin yürüttüğü çalışmalar aşağıda listelenmiştir.

- 1) Kesim işleri (kabuk alma, dal alma, bölümlere ayırma)
- 2) Bölmeden çıkarma, yükleme, taşıma, boşaltma ve istifleme
- 3) Yol yapımı, yol bakımı, sanat yapıları ve inşaat işleri
- 4) Fidanlık ve ağaçlandırma işleri
- 5) Kültür ve ıslah işleri
- 6) Meşcere bakımı, gübreleme ve budama işleri
- 7) Orman koruma ve odun koruma işleri
- 8) Arazi işleri, erozyon, sel derelerinin ıslahı gibi işler
- 9) Rekreasyon ve milli park işleri
- 10) Orman kadastro çalışmaları
- 11) Orman ve orman kaynaklarının planlanması,
- 12) Mera ıslahı ve erozyon kontrol çalışmaları,

Alan hesabı ve koordinatlar bu çalışmalardan özellikle orman kadastro çalışmaları sırasında en hassas şekilde kullanılmalıdır. Orman kadastro sunun yaptığı çalışmalar şunlardır:

- Devlet ormanları ile evvelce sınırlaması yapılmış olup da sınırlandırma sırasında orman olduğu halde orman sınırları dışında kalmış ormanların tayini
- Hükmî şahsiyeti haiz amme müesseselerine ait ormanların, hususi ormanların, orman kadastro su ve bu ormanların içinde ve bitişiğinde bulunan her çeşit taşınmaz malların ormanlarla müşterek sınırlarının tayini ve tespiti
- 2nci madde uygulamaları ile ilgili olarak kadastro su kesinleşmiş yerlerde tespit edilen fennî hataların düzeltilmesi işleri
- Sınırları kesinleşen ormanların tapuya tescil işlemleri (Orman Kanunu, 6831)

Orman kadastrosu OGM için büyük önem kapsar. Orman kadastrosunda projeksiyonlar, orman arazilerinin haritalanması ve koordinat sistemlerinin uygulanmasında kritik bir rol oynar. Projeksiyonlar, Dünya'nın üç boyutlu yüzeyini iki boyutlu bir haritaya dönüştürürken, çeşitli şekillerde ve amaçlara göre farklı projeksiyon sistemleri kullanılır.

Orman kadastrosu haritaları 1/5000 ölçekli olarak ITRF96 datumunda ve DUTM projeksiyonunda üretilmektedir. UTM sistemi konform olup alan deformasyonu, alanın büyüklüğüne ve başlangıç boylamından olan uzaklığına göre değişir. Dolayısıyla kesin alan değeri için, UTM koordinatları yerine coğrafi koordinatlarla alan hesabına gerek duyulur. Fakat coğrafi koordinatlarla alan hesabı jeodezik amaçlı yazılımlarda mevcut olmayıp, ayrı bir yazılım ve ek hesap yükü getirir. Bunun yerine genellikle alan koruyan projeksiyon seçimine gidilir. (Yıldırım ve Kaya, 2005).

Topografyadaki arazilerin; değerlendirme, çiftçilik desteği ve arazi vergisi ile diğer vergilerin değerlendirilmesi gibi maliyet-fayda analizinin yapıldığı orman, tarım, inşaat gibi CBS uygulamalarında parsel alanlarının topoğrafyayı en iyi doğrulukla temsil etmesi açısından projeksiyon seçimi, harita ölçeği, topoğrafya yüksekliği ve eğiminin de hesaba katılması daha da önem kazanmaktadır. (Yıldırım, Kadı, 2022)

Bu çalışma da CBS yazılımlarında bulunan farklı alan koruyan ve UTM projeksiyon koordinatlarıyla elde edilen alanlarla, elipsoid coğrafi koordinatlarla hesaplanan gerçek alanlar arasındaki farklar irdelenmiştir. Bu farklardan, alan deformasyonu en az olan alan koruyan projeksiyon belirlenmiştir.

1.1.2. Tezin Amacı

Türkiye, 78 milyon hektar büyüklüğündeki yüzeyi ile ekolojik açıdan büyük bir çeşitlilik sunmaktadır. Bu çeşitlilik içinde, ormanlar da tür ve bileşim açısından önemli bir yer teşkil etmektedir. 2020 yılı itibarıyla yapılan incelemelere göre, ormanlık bölgeler ülke yüzeyinin %29,4' ünü kapsamaktadır. Bu hesaplamada ağaçsız orman alanları yer almamıştır. (URL-1)

Tablo 1. Türkiye’de ormanlık alanın ülke genel alanına dağılımı (URL-1)

Arazi Kullanımı	Alan (ha)	(%)
Orman	22.933.000	29,4
Diğer (*)	55.071.644	70,6
Genel Alan	78.004.644	100

Orman parsellerinin sınır hattı koordinatları DUTM projeksiyonunda Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemleri (KUUS/GNSS) (GPS, Glonass vd.) aracılığıyla ölçülmektedir. Dolayısıyla koordinatlar Değiştirilmiş UTM (3° lik dilim sistemi) ve UTM (6° lik dilim) sistemindedir. UTM sistemi konform olup alan deformasyonu, alanın büyüklüğüne ve başlangıç boylamından olan uzaklığına göre değişir. Dolayısıyla kesin alan değeri için, UTM koordinatları yerine coğrafi koordinatlarla alan hesabına gerek duyulur. Fakat coğrafi koordinatlarla alan hesabı jeodezik amaçlı yazılımlarda mevcut olmayıp, ayrı bir yazılım ve ek hesap yükü getirir. Bunun yerine genellikle alan koruyan projeksiyon seçimine gidilir. (Onursal, Kızılsu, 1999)

Ülkemizde orman alanları harita üzerinde değerlendirilmektedir. Fakat gerçek yüzey alanı düşünüldüğünde yükselti ve eğim ile birlikte parsel alanları daha da artacaktır. Değerleme, çiftçilik desteği, arazi vergisi ve diğer vergilerin değerlendirilmesi gibi maliyet-fayda analizlerinin yapıldığı orman, tarım, inşaat gibi CBS uygulamalarında, parsel alanlarının topografyayı en doğru şekilde yansıtmaları açısından projeksiyon seçimi, harita ölçeği, topoğrafik yükseklik ve eğimin dikkate alınması çok önemlidir. Bu tezin amacı topoğrafik yüzeyde parsel alanına ulaşmak ve en doğru şekilde parsel alanını yansıtmaktır.

Bu çalışmada orman köşe noktalarına ait koordinatlarda dönüşüm yapılarak coğrafi koordinatlara ulaşılmıştır. Daha sonra MATLAB yazılımı ortamında geliştirilen algoritma ile Danielsen yöntemi kullanılarak elipsoid yüzeyinde alan hesabı yapılmıştır. Çıkan değerler ile DUTM projeksiyondaki alanlar karşılaştırılmıştır. Daha sonra Microsoft excel ortamında hazırlanmış olan formüller kullanılarak parsellerin ortalama eğim ve yükseklik değerleri de kullanılarak topografya üzerindeki alana ulaşılmıştır. Ek olarak çalışma alanında yer alan orman alanları ArcGIS 10.8 yazılımındaki 5 farklı alan koruyan projeksiyon ile

hesaplanarak irdelenmiştir. Bu alanlar karşılaştırılarak orman alanlarında kullanılabilecek en uygun alan koruyan projeksiyonların belirlenmesi incelenmiştir.

1.1.3. Metedoloji

Genel bilgilerde;

- Orman Genel Müdürlüğü'nde yürütülen haritacılık faaliyetleri ile kurumda ki CBS faaliyetleri,
- OGM de parsel alanlarının kullanıldığı uygulamalar,
- Mühendislik kaynaklı yer deformasyonları,
- Elipsoid alan hesap yöntemleri,
- Jeoid alan hesabı
- Eğim ve yüksekliğin alana etkisi
- Projeksiyon ve tasvir yöntemleri,
- Ülkemizde kullanılan projeksiyonlar,

Yapılan çalışmalarda;

- Çalışmadaki orman parsellerinin seçilmesi ve gösterimi,
- Elipsoid yüzeyinde alan hesabı için coğrafi koordinatlara dönüşüm,
- Matlab yazılım algoritması,
- Kullanılan alan hesabı yöntemi
- Alan hesabı için kesin alan değerlerinin belirlenmesi,
- Alan koruyan projeksiyonlardan alan değerlerinin hesaplanması,
- Elipsoid alan hesap yöntemlerinden Danielsen yönteminde hesaplanan alan değerlerinin karşılaştırılması konuları,

Bulgular ve irdelemeler bölümünde;

- Danielsen yöntemi ile hesaplanan alanların irdelenmesi,
- Yükseklik ve eğim ile hesaplanan alanların irdelenmesi
- Alan koruyan projeksiyonların irdelenmesi,
- Alan fark değerlerine göre projeksiyon seçimi konuları irdelenerek son bölümde sonuç ve öneriler belirlenmiştir.

1.2. Literatür Özeti

Yıldırım (2022) çalışmasında, harita üzerinde alan hesabı yaparken yapılan düzeltmelerin etkisini sayısal uygulamalarla CBS kullanıcılarına göstermiştir. Bu düzeltmelerin belirlenmesi amacıyla, öncelikle elipsoid yüzeyindeki gerçek alan hesaplama yöntemleri incelenmiş ve Karney yöntemi kullanıcılar için önerilmiştir. CBS'de mevcut olan alan koruyan projeksiyonlar arasından, bu yöntem kullanılarak Albers Equal Area Conic (AEAC) projeksiyonu seçilmiştir. AEAC ile genellikle büyük ölçekli harita üretiminde kullanılan konformal Universal Transversal Mercator (UTM) projeksiyonu karşılaştırıldığında, UTM'de alan deformasyonunun daha fazla olduğu görülmüştür. 100 m² ile 900 km² arasında değişen büyüklükteki UTM parselleri üzerinde incelemeler yapılmıştır. UTM yerine AEAC projeksiyonun seçilmesi durumunda, parsel alanlarındaki düzeltme oranı %0.001-%0.0001 aralığında kalmıştır. AEAC ile hesaplanan parsel alanlarında; 1000-250000 ölçek aralığında yapılan ölçek düzeltmeleri %0.001-%2, yükseklikleri 100 m ile 3000 m arasında değişen yükseklik düzeltmeleri %0.003-%0.1 ve eğimleri %5-%70 aralığında olan parsellerde eğim düzeltmeleri %0.1-%22 oranında değişmiştir. CBS kullanıcılarının uygulamalarında veri kalitesinin önemi ve doğruluk hassasiyetlerine göre, konformal projeksiyonlardan alan koruyan projeksiyonlara geçmeleri, parsellerin mümkünse arazi ölçümlerini kullanmaları, mümkün olmadığında ise harita ölçeği, arazi yüksekliği ve eğimi dikkate almaları gerekmektedir.

Kurtipek (2017) tez çalışmasında, projeksiyon koordinatlarıyla hesaplanan alanların kesin değerler olmadığını ve bu değerlerin düzeltilmesi gerektiğini belirtmiştir. Gerçek alanların coğrafi koordinatlarla elipsoid yüzeyinde hesaplanması gerektiğini vurgulamıştır. Çalışma kapsamında, Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içinde bulunan ve 300 ila 3000 hektar arasındaki orman parsellerinin alanları, konformal UTM (3° ve 6°) projeksiyonları ve ArcGIS 10.3 yazılımındaki altı farklı alan koruyan projeksiyon kullanılarak hesaplanmış ve yalnızca projeksiyon seçiminin neden olduğu deformasyonlar incelenmiştir. Sonuç olarak, çalışma alanındaki 25 adet orman parselinin tamamında, Gillissen yöntemiyle hesaplanan gerçek alan değerleri ile Lambert azimutal alan koruyan konik projeksiyonla hesaplanan alan değerleri arasındaki farkların 50 m²'nin altında olduğu,

%96 oranında 30 m²'nin altında olduğu ve bunlardan 6 tanesinin metrekare doğruluğunda kullanılabilir olduğu gözlemlenmiştir. Batı-Doğu yönünde geniş bir boylam aralığında yer alan ve merkez boylamdan uzaklaşmanın alan deformasyonu üzerinde etkisinin olmadığı Lambert Azimutal alan koruyan konik projeksiyon, ülkemizde orman alanlarının haritalanmasında kullanılabilir. Bu tür büyük alanları ilgilendiren uygulamalarda, sonucu doğrudan etkileyen koordinat verisinin günümüz teknolojisinin en iyi imkanları kullanılarak yüksek doğruluk ve hassasiyetle elde edilmesine özen gösterilmelidir.

Danielsen (1989), çalışmasında elipsoid üzerindeki bir geodezik eğrinin altındaki yüzey alanının hesaplanmasına odaklanmıştır. Danielsen, bu alanı hesaplamak için bir dizi formül önermiştir. Bu formüller, yüzey alanını hesaplamak için elipsoidin geometrik özelliklerini dikkate alır. Ancak, bu yöntem başlangıçta geniş bir kabul görmemiştir çünkü büyük ve yakın sayıları çıkarmak zorunda kalınması gibi sayısal zorluklar yaşanmıştır. Bu durum, hesaplamalarda doğruluk kayıplarına neden olabilmektedir.

Danielsen'in yöntemleri, zamanla Karney (2013) gibi araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. Karney, Danielsen'in yöntemlerinin doğruluğunu ve yakınsamasını iyileştirmek için çeşitli düzeltmeler yapmıştır. Karney, Danielsen'in formüllerindeki sayısal hassasiyeti artırmış ve hesaplamalarda karşılaşılan problemleri çözmüştür. Bu iyileştirmeler, daha doğru ve güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır.

Freire (2010), jeodezik poligonların alan hesaplamasının, elipsoid üzerinde matematiksel olarak karmaşık bir problem olduğunu belirtmektedir. Poligonun kenarlarının parametrizasyonu bilinmiyorsa, elipsoid üzerindeki bir poligonun alanı nasıl hesaplanabilir? Bu sorunu çözmek için yapılmış bazı çalışmalar, genellikle eşdeğer projeksiyon sistemleri veya otantik küreler yaklaşımlarını kullanmaktadır. Bu yöntemler, elipsoidal referans yüzeyine daha basit bir matematiksel yaklaşım sağlar; ancak tek bir yüzeyin tüm dünya için uygulanabilirliği sınırlı olabilir, bu da hesaplamaların doğruluğunu etkileyebilir. Freire'in çalışması, elipsoid üzerindeki poligonların alanını hesaplamak için bir metodoloji sunmayı ve bu metodolojiyi uygulayan bir program sağlamayı amaçlamaktadır. Çoğu jeodezik hesaplama, GPS ekipmanları kullanılarak yapılmakta ve veri girişi (X, Y, Z) koordinatları temel alınarak gerçekleştirilmektedir. WGS-84 datumunu kullanarak, jeodezik alan hesaplamaları bir GIS ürününe ihtiyaç duymadan yapılmaktadır. Makalenin hedeflerine ulaşabilmek için, (X, Y, Z) koordinatlarını jeodezik koordinatlara dönüştüren klasik geometrik jeodezi yaklaşımından farklı bir parametrizasyon geliştirilmiştir. Bu yeni

parametrizasyon, elipsoid üzerindeki poligonların alan hesaplamalarını doğrudan ve hassas bir şekilde yapmayı mümkün kılmaktadır.

Sjöberg (2006), çalışmasında düzlem, küre ve elipsoidde kapalı bir çokgenin alanını belirlemek için çeşitli yöntemleri kısaca incelemektedir. Elipsoidde bulunan bir jeodezik çokgenin, yani jeodeziklerin kesimleriyle çevrili bir çokgenin alanını hesaplamak için yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Bir yinelemeli yöntemle, alan, elipsoidin eksantrikliğin istenilen herhangi bir derecesine kadar hesaplanabilir. Ayrıca, jeodezik altındaki alanın sayısal entegrasyonu için doğrudan bir yöntem de sunulmuştur.

1.3. Orman Genel Müdürlüğü Uygulamaları

1.3.1. OGM de Haritacılık

Devlet ormanlarına ve Devlet ormanı sayılan yerlere ait her çeşit işler Orman Genel Müdürlüğünce yapılır ve yaptırılır. Devletten başkasına ait olan bütün ormanlar, bu Kanunun hükümleri dairesinde Orman Genel Müdürlüğünün murakabesine tabidir.

- 6831 Sayılı Orman Kanunu hükümlerine göre, orman sınırları belirleme ve orman sınırları dışına çıkarma uygulamaları ve orman sınırları tutanak tanzimi ile tespit ve zeminde işaretleme orman komisyonları ile yapılır. (Orman Kanunu, 6831 sayılı)

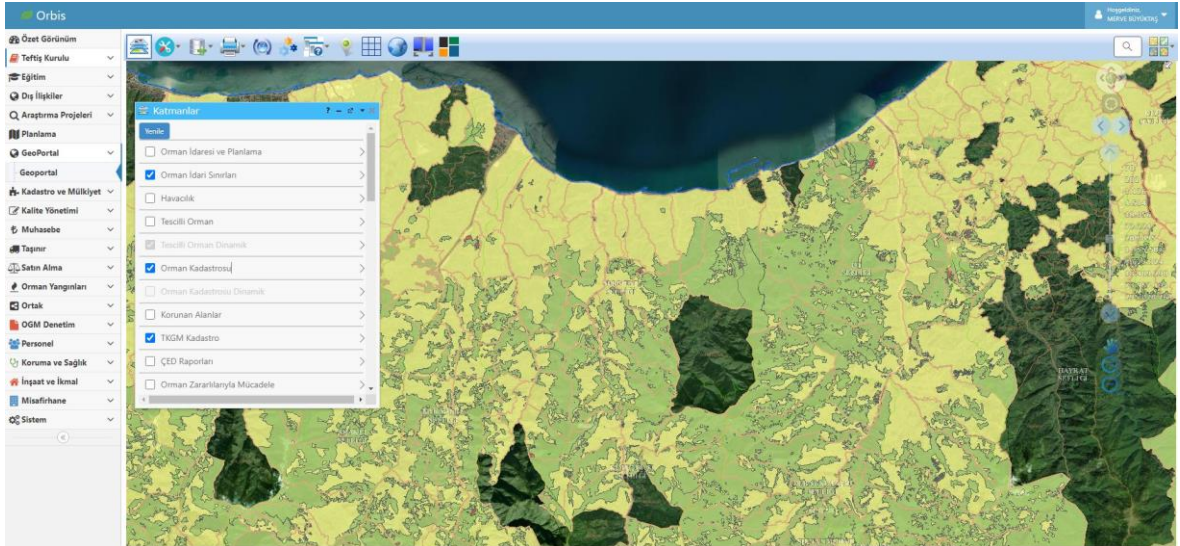
OGM de harita işleri farklı farklı birimlerde yapılmaktadır. Bu işler şöyle sıralanabilir:

- Meşcere haritalarının hazırlanması
- Uydu ve kızılötesi hava fotoğraflarının rektifikasyon işlemleri vs.
- Fotogrametrik haritaların hazırlanması
- CBS altlık verilerinin hazırlanması
- İzin ve irtifak bilgi sistemi çalışmaları
- Kurumda yürütülen CBS faaliyetleri
- Orman kadastro ve 2/B uygulamaları
- Arazi sınır noktaları tespiti
- 2/B parsellerinin sınır tespitleri ve nokta aplikasyonu
- Kadastro ve 2/B uygulamalarında kroki, alan hesaplaması ve koordine özet çizelgelerinin hazırlanması
- Alan cetvellerinin hazırlanması
- 1/5000 lik paftaların hazırlanması

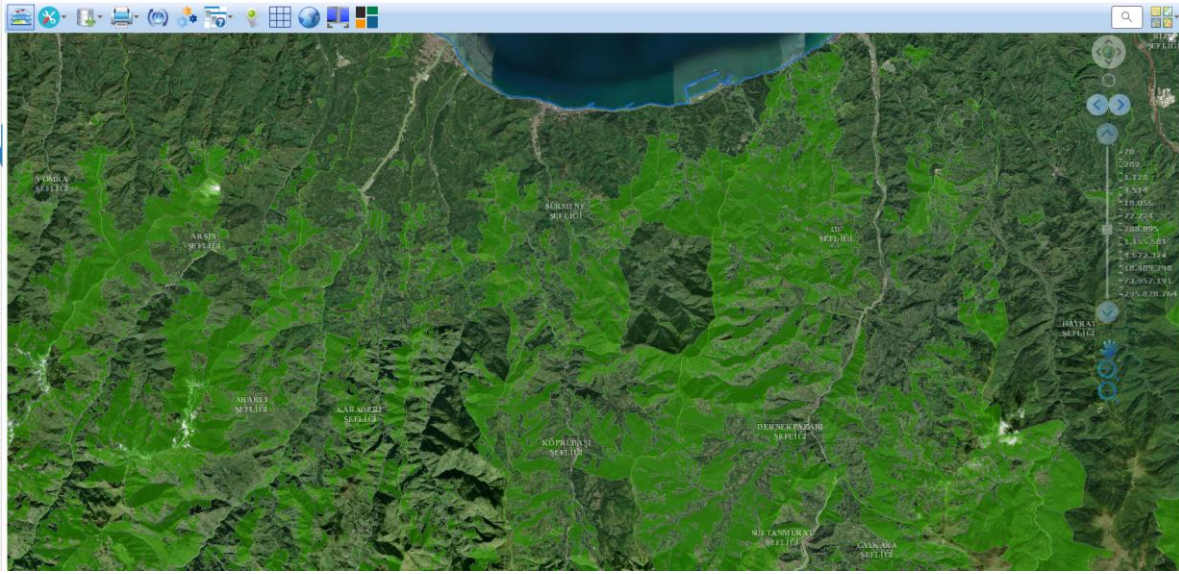
- Yeni tahsis orman alanlarının tescili
- Orman ifraz dosyalarının TKGM ye uygun şekilde hazırlanması
- Orman sınırlarında oluşan değişikliklerin düzeltilmesi ve yenilenmesi
- OGM ye ait ORBİS sistemine yapılan projelerin sisteme uygun şekilde hazırlanıp aktarılması

1.3.2. ORBİS Sistemi

Orman kaynaklarımızın yönetimini yönlendirmek, izlemek ve planlamak amacıyla bir Orman Bilgi Sistemi (ORBİS)'ne ihtiyaç duyulmaktadır. Geniş kapsamlı bir ORBİS'in kurulabilmesi için öncelikle gerekli verilerin belirlenmesi, sınıflandırılması ve bu verilerin işlevsel ilişkileri dikkate alınarak kavramsal tasarımının yapılması gerekmektedir. Bu çalışma, Türkiye genelindeki ormancılık faaliyetlerine hizmet verecek ve özellikle arzu edilen bilimsel ormancılığın temelini oluşturacak ORBİS'in kurulması için gerekli hazırlıkları kapsamaktadır. Ormancılıkta farklı bilim dallarının Orman Genel Müdürlüğü'nde temsil edildiği her bir alt birimin ihtiyaç duyduğu bilgilerin "tür" bazında toplanması, bunların sınıflandırılarak bir veri tabanında düzenlenmesi ve bilgiler arasındaki ilişkilerin kurulması çalışma kapsamına dâhildir. (Sönmez, Başkent, 2002)



Şekil 1. Orbis Sistemi Geoportal (URL-8)



Şekil 2. Orbis Sisteminde tescilli ormanların gösterimi (URL-8)

1.3.3. Deformasyon Ölçmeleri

Mühendislik ölçümleri arasında giderek daha fazla önem kazanan konulardan biri deformasyon ölçümleridir. Özellikle son yıllarda bu alana gösterilen ilgi ve hassasiyet artmıştır. Yer kabuğu hareketlerini ve mühendislik yapılarında zaman içinde meydana gelebilecek deformasyonları izlemek için çeşitli jeodezik ve jeodezik olmayan yöntemler kullanılmaktadır.

Günümüzde teknolojik ilerlemelerin bir sonucu olarak standart mühendislik yapılarının hızla artması, deformasyon probleminin önemini daha da artırmıştır. Özellikle barajlar, köprüler, tüneller, enerji santralleri, çok katlı yüksek binalar ve tarihi anıt yapılar gibi mühendislik yapılarında zaman içinde meydana gelebilecek geometrik değişimlerin izlenmesi daha kritik hale gelmiştir. Bu mühendislik yapıları ve çevresindeki zeminin fiziksel özellikleri, yapının kendi ağırlığı ve hareketli dış yükler gibi etkenler, yapı ve çevresinde deformasyonlara yol açabilir. Bu değişimlerin izlenmesi ve zamanında tespit edilmesi, potansiyel zararların önceden alınacak önlemlerle önlenmesini veya en aza indirilmesini sağlayacaktır. (Kalkan vd., 2005)

1.4. Parsel Alan Hesabı

Alan verisi CBS uygulamalarında sıkça kullanılmaktadır. Alan hesabında koordinatlar kullanıldığı için, koordinat bilgisinin doğruluğu önem taşımaktadır. CBS de koordinatlar arazi ölçmelerinden elde edilebileceği gibi; sayısal veri yetersizliğinden dolayı, değişik ölçekli haritalardan, uydu fotoğraflarından veya fotogrametrik haritalardan elde edilmektedir. CBS de ayrıca haritaların hangi projeksiyonda üretildiği de alan bilgisini etkilemektedir. (Yıldırım ve Kaya, 2005)

Günümüzde orman parsellerinin köşe koordinatları, GNSS ve CORS cihazlarıyla uydudan alınarak elde edilmektedir. Koordinat bilgisine sahip haritaların hangi datum ve projeksiyon sisteminde üretildiği, orman parsellerinin alan bilgisi açısından önemlidir. Geçmişte, orman haritaları ED50 datumunda ve 6 derece projeksiyonla üretilmekteydi. Günümüzde ise haritalar ITRF96 datumunda ve 3 derece projeksiyonda üretilmektedir. UTM projeksiyonu, konform bir projeksiyon olduğu için alan deformasyonuna yol açmaktadır.

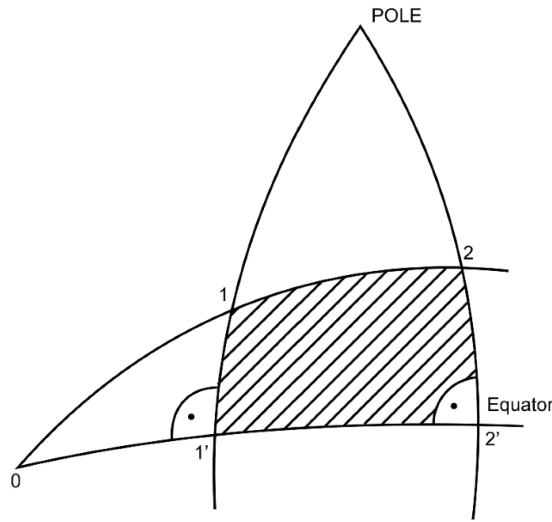
1.5. Elipsoidde Alan Hesabı

Haritalar, projeksiyon veya tasvir yöntemleriyle referans yüzeylerinden elde edilirler. CBS uygulamalarında genellikle kullanılan (1:1000-1:25000) aralığında kullanılan ölçekli haritalar, referans yüzeyi elipsoidden tasvir yöntemleriyle elde edilmiştir. Haritada hesaplanan bir parsel alanının (f) elipsoiddeki alanını (F) hesaplamak için, elipsoitte kenarları jeodezik eğri olan parselin hesaplanması gerekmektedir. Böylece f alanının projeksiyondan gelen deformasyonu tespit edilebilir. Parsel büyüdükçe tasvir şartları gereği (F-f) farkı ihmal edilebilir seviyeleri aşar. Elipsoitte alan hesabı, küre ve düzleme nazaran geometrisi nedeniyle daha zordur. Bu zorluk günümüz yazılım teknikleri düşünüldüğünde rahatlıkla ortadan kaldırılabilir. (Yıldırım, Kadı, 2022)

F hesabı; belirli enlem ve meridyenlerle sınırlandırılmış parseller için olabileceği gibi içbükey (konkav) şekillerden oluşan parseller için de olabilir. Elipsoitte köşeleri coğrafi koordinatlarla tanımlı konkav bir parselin alan hesaplama yöntemleri literatürde oldukça fazladır. Literatürde en sıklıkla kullanılan yöntemler sırasıyla; Elipsoitte hesap yapmanın zorluğundan kaçınmak için küre yüzeyinden küresel üçgen ve eksesi kullanılarak (Kimerling,1984), ellipsoiddeki parselin kenarlarını (jeodezik eğri) ara noktalarla kirişlerle bölerek Albers Alan Koruyan projeksiyonla düzlemde kutupsal koordinatlarla alan

hesabıyla (Gillisen,1993), elipsoit parsellinin her bir kenarının ekvatorla arasında kalan alan toplamını küre yardımcı yüzey kullanarak (Danielsen, 1989) ve küre yardımcı yüzey kullanmadan (Sjöberg, 2007), elipsoit çokgenin her bir kenarını ara noktalarla kırıtlara bölerek elde edilen noktaların jeosentrik koordinatlarını kullanarak (Freire, Vasconcellos, 2010), elipsoid parselinin küredeki üçgenlerini kullanarak (Karney, 2011; Karney, 2013) ve Elipsoiddeki jeodezik eğri hesap yükünden kaçınmak için büyük eliptik yayı kullanılarak (Tseng vd., 2015) dir. (Yıldırım, Kadı, 2022)

Danielsen (1989), bir jeodezik ile ekvator arasındaki ve jeodezik yayının uç noktalarına bağlanan iki meridyen arasındaki alanı (Şekil 3) "jeodezik altındaki alan" olarak adlandırmıştır.



Şekil 3. Jeodezik altındaki alan (Danielsen, 1989).

Bir elipsoid üzerindeki 1 ve 2 numaralı jeodezik bağlantı noktalarının altındaki alan (A_{12}), iki ekvator üçgeninin, yani 2,0,2' ve 1,0,1' (Şekil 3) alanları arasındaki fark olarak tanımlanabilir.

$$A_{12} = A(C - \beta_2) - A(C - \beta_1) \quad (1)$$

$$g_{2,0}\alpha_2 + \sin 2\alpha_2 AR(C^2, P_2^2) - \sin(2\alpha_1)AR(C^2, P_1^2) \quad (2)$$

Alanın işareti yay yönüne bağlıdır; yani, $A_{21} = -A_{12}$. Alan, azimut artış yönüne göre yönlendirilmiş yaylar için pozitifdir. Alan hesaplamasının doğruluğu, esas olarak geri ve ileri

azimutlar arasındaki fark olan $\alpha_{12}=\alpha_2-\alpha_1$ 'e bağlıdır ve bu nedenle doğrudan kutup üçgeninde hesaplanmalıdır.

Danielsen yönteminde alan hesabı için; elipsoidde (B, L) koordinatlarıyla tanımlı jeodezi eğri yerine, kürede (β, λ) koordinatlarıyla tanımlı büyük daire yayı kullanılmıştır. Saat ibresi yönünde ilerledikçe boylam farkının işaretiyle değişecek olan jeodezik eğrinin altındaki alanların toplamı hesaplanmak istenen parselin alanını verecektir.

$$F = b^2 \left[a_{00} \Delta\theta - (a_{10} + a_{11}p^2 + a_{13}p^6)p^2 \Delta J_1 - (a_{20} + a_{21}p^2 + a_{22}p^4)p^4 \Delta J_3 - (a_{30} + a_{31}p^2)p^6 \Delta J_5 - a_{10}p^8 \Delta J_7 \right] \quad (3)$$

Burada $\Delta\theta$ ve ΔJ katsayıları için; Helmert'in küresel yaklaşımla jeodezik eğri hesabı ve Sodano'nun elipsoid ve küre arasındaki boylam farkı düzeltmesi $(\lambda-L)$ kapalı çözüm hesabındaki eşitlikler

$$\begin{aligned} \Delta\theta &= \arcsin(\sin \xi \sin \lambda_2) - \arcsin(\sin \xi \sin \lambda_1) \\ \Delta J_n &= \sin \theta_2 / \cos^n \theta_2 - \sin \theta_1 / \cos^n \theta_1 \\ p &= \cos \xi \\ \tan \xi &= \tan \beta_i / \cos \lambda_i \quad i=1,2 \\ \tan \lambda_1 &= (\tan \beta_2 / \tan \beta_1 - \cos \Delta\lambda) / \sin \Delta\lambda \\ \lambda_2 &= \lambda_1 + \Delta\lambda \\ \Delta\lambda &= \Delta L + f \cdot p_m \frac{(1-k/2)\sigma - D}{1 - f \cdot p_m (1-k/2)(p_m + G\sigma)} \\ \cos \sigma &= \sin \beta_1 \sin \beta_2 + \cos \beta_1 \cos \beta_2 \cos \Delta L \\ p_m &= \cos \beta_1 \cos \beta_2 \sin \Delta L / \sin \sigma \\ k &= f(1 - p_m^2) / 2 \\ G &= \cot \Delta L - p_m \cot \sigma \\ D &= k(2 \sin \beta_1 \sin \beta_2 / (1 - p_m^2) - \cos \sigma) \sin(\sigma / 2) \end{aligned} \quad (4)$$

kullanılır ve (3)'de ki katsayılar aşağıdaki gibi hesaplanır (Danielsen, 1989).

$$\begin{aligned}
a_{00} &= 1 + \frac{2}{3}e'^2 - \frac{1}{15}e'^4 + \frac{4}{105}e'^6 - \frac{8}{315}e'^8 \\
a_{10} &= \frac{2}{3}e'^2 - \frac{1}{15}e'^4 + \frac{4}{105}e'^6 - \frac{32}{315}e'^8 \\
a_{11} &= \frac{2}{45}e'^4 - \frac{8}{105}e'^6 - \frac{32}{315}e'^8 \\
a_{20} &= \frac{1}{45}e'^4 - \frac{4}{105}e'^6 + \frac{16}{315}e'^8 \\
a_{12} &= \frac{32}{1575}e'^6 - \frac{256}{4725}e'^8, \quad a_{13} = \frac{384}{33075}e' \\
a_{21} &= \frac{16}{1575}e'^6 - \frac{128}{4725}e'^8, \quad a_{13} = \frac{16}{3675}e'^8 \\
a_{30} &= \frac{4}{525}e'^6 - \frac{32}{1575}e'^8, \quad a_{40} = \frac{8}{2205}e'^8 \\
a_{22} &= \frac{64}{11025}e'^8
\end{aligned} \tag{5}$$

Yöntemlerin hassasiyetlerini kontrolünde, herhangi birisini en doğru kabul ederek diğerlerinden farkı alınması gerekmektedir. Bunun için kutuplardan basık dönел elipsoid (oblate ellipsoid) alanı

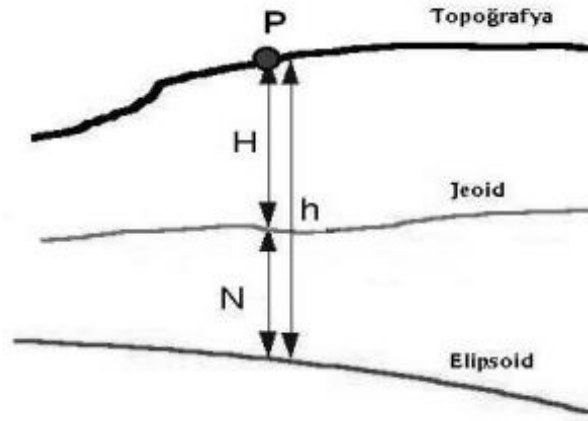
$$F_{elipsoid} = 2\pi a^2 \left(1 + \frac{(1-e^2)}{e} \arctan h(e) \right) \tag{6}$$

kullanılmıştır. Elipsoidde iki nokta; ekvator da ($B_1=B_2=0^\circ$) ve boylamları ($L_1=0^\circ$, $L_2=90^\circ$) ile seçilir. Bu iki nokta kutup noktasıyla birleştirilerek kutup üçgeni oluşturulur. P1P2PN kutup üçgeninin alanı verilen alanın 1/8 olur. Böylece hem yöntemler içinde hasas olanı belirlenir hem de enlem ve boylamın özel durumları (0° , 90°) için yöntemler irdelenmesi sağlanır.

1.6. Jeoidde Alan Hesabı

Tarihin ilk çağlarında yeryüzünün bir düzlem olduğu kabul edilmiştir. Daha sonraları kendi etrafında dönen yuvarlak bir gök cismi olduğu düşünülmüştür. Yakın zamanda ise yeryüzünün homojen bir yapıya dolayısıyla yüzeye sahip olmadığı, dalgalı bir yüzeye sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu dalgalı yüzeye yerin temel şekli Jeoid adı verilmiştir. Jeoid içi dolu doğal bir cisim olması nedeniyle fiziksel anlamda uzayda daima vardır. Çekül eğrisi

veya doğrultusu bu jeoid yüzeyine daima dik olur. Bu nedenle çekül eğrisi alet kurup açı ve uzunluk ölçme teknikleri açısından büyük önem taşır. Jeoid, büyük okyanus yüzeylerinin karaların altında da devam ettiği varsayılarak oluşmuş kapalı bir yüzeydir. Bu yüzey nivo yüzeyi olarak ta adlandırılır. (Bayrak, Asri, 2011)



Şekil 4. Jeodezi için yüzeyler

Günümüzde GPS'in sağladığı pratiklik ve yüksek doğruluk sayesinde birçok mühendislik çalışmasında konum belirleme işlemleri GPS ile yapılmaktadır. GPS'in temel çözüm teknikleri kullanılarak yeryüzünde istenen noktadaki enlem, boylam (ϕ , λ) veya kartezyen koordinatlar (X, Y) gibi yatay koordinatlar ve düşey koordinat olarak elipsoidal yükseklik (h) yüksek doğrulukla belirlenebilmektedir. Ancak, GPS'ten elde edilen yatay koordinatlar bir dereceye kadar doğrudan kullanılabilirken, GPS'in sağladığı düşey koordinat olan elipsoidal yükseklik, mühendislik projelerinde jeoid yüzeyinden elde edilen ortometrik yüksekliklerin kullanılmasının gerekliliği nedeniyle doğrudan kullanılmamaktadır.

Yüzey ağırlar için GPS gözlemlerine dayalı jeodezik uygulamalarda üç farklı yüzey veya yer şekli göz önüne alınır. Bunlar:

- Yeryüzünün doğal ya da fiziksel yüzeyi
- Geometrik ya da matematiksel bir hesaplama ile elde edilmiş referans yüzeyi (elipsoid)

- Yeryüzünün eş potansiyel yüzeyi (jeoid) (Çorumluoğlu, Özbay, Kalaycı, Şanlıoğlu, 2005)

1.6.1. Elipsoid Yüksekliği ile Ortometrik Yükseklik Arasındaki İlişki

Jeodezik amaçlı GPS gözlemlerinde, uydular aracılığıyla ölçülen yükseklikler ve relatif yükseklik farkları WGS84 elipsoid referansına dayanmaktadır. Ancak, pratik yükseklik olarak adlandırabileceğimiz ortometrik yüksekliklerin belirlenebilmesi için, elipsoid yüzeyi ile fiziksel yeryüzü arasında bir geçiş yüzeyinin, yani jeoidin tanımlanması gerekmektedir (Akçın, 1998). Bu bağlamda, Şekil 4'te görülebileceği gibi, elipsoid yüksekliği ile ortometrik yükseklik arasındaki farkı tanımlayan ve jeoid yüksekliği olarak bilinen bir üçüncü yükseklik türünün ifade edilmesi gerekmektedir. Burada söz edilen elipsoid yüksekliği (h), ortometrik yükseklik (H) ve jeoid ondülasyonu veya jeoid yüksekliği (N) arasında, $N=h-H$ şeklinde bir ilişki kurulur (Şekil 4) (Çorumluoğlu, Özbay, Kalaycı, Şanlıoğlu, 2005).

Alan hesapları ya elipsoid yüzeyinden ya da elipsoidin düzleme konform tasviriyle projeksiyon düzleminde yapılmaktadır. Seçilen ellipsoid jeodezik datumda belirlenen referans elipsoidir. ITRF datumunda GRS80, ED50 datumunda ise Hayford elipsoidir. Referans elipsoidleri dünyanın şekli olan jeoide göre belirlenirler. GNSS ölçmelerinde ellipsoid yükseklikleri (h) ölçülür. Haritalarda gösterilen jeoid yükseklikleridir (H). Bu iki yükseklik arasındaki dönüşüm jeoid ondülasyonu (N) ile sağlanır. Alanı hesaplanacak parselin köşe nokta yüksekliklerinin ortalaması h_{avg} ile parselin alan değişimi

$$F_h = F + \left(1 + \frac{2h_{avg}}{R}\right) \quad (7)$$

hesaplanır. Bu hesaplamada arazinin eğimi dikkate alınmaz. Bu formül H içinde geçerlidir. Burada F elipsoid yüzeyindeki alanı, F_h ise elipsoidden h yüksekliğindeki alanı göstermektedir. (Koçak, 1985).

1.7. Topoğrafyada Eğimin Alana Etkisi Hesabı

Parseller için arazi yüksekliğinin yanında arazinin eğiminin de dikkate alınması önemli bir etkidir. Elipsoidden belli bir yükseklikteki parselin eğimin etkisi

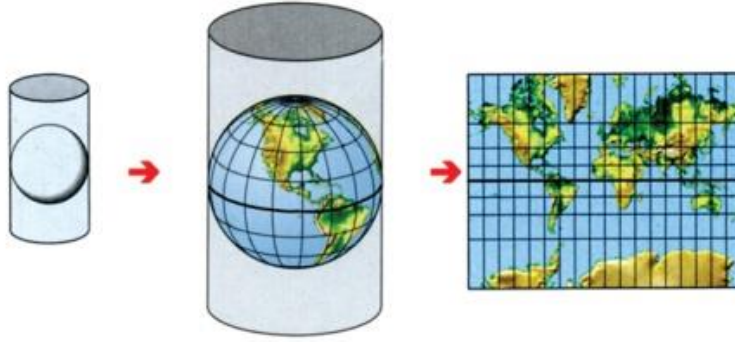
$$F_s = F_h + \sqrt{1 + (\tan \alpha)^2} \quad (8)$$

Formülü ile hesaplanabilir. Burada $\tan$ arazinin ortalama eğimidir. F_h ise elipsoidden h yüksekliğindeki parselin alanıdır.

1.8. Projeksiyonlar

Yeryüzündeki doğal ve yapay tüm özelliklerin ve yapıların bir haritaya aktarılabilmesi için, yeryüzü bilgileri önce yeryuvarı için kabul edilen bir referans yüzeyine, örneğin elipsoid veya küreye indirgenir. Ardından bu bilgiler harita düzlemine taşınır. Ancak, referans yüzeyi olarak kabul edilen eğri yüzeyler, doğrudan düzleme aktarılmalari mümkün olmadığı için, bu yüzeylerden elde edilen yeryüzü bilgileri matematiksel veya geometrik yöntemler ile ya doğrudan ya da silindir ve koni gibi düzleme aktarılabilen ara yüzeylere dönüştürülür. Bu işleme "Harita Projeksiyonu" denir.

Haritası yapılacak bir bölgede, bölgenin ve haritanın amacı ve üretilecek haritanın ölçeğine göre uygun harita projeksiyonu seçimi oldukça önemlidir. Büyük ölçekli haritalarda meydana gelen deformasyonlar yerkürenin alanı ile karşılaştırıldığında oldukça küçüktür. Ancak, haritanın ölçeği küçüldükçe yeryüzünün küreselliğinden kaynaklanan hatalar oldukça büyük değerlerde gerçekleşmektedir ve düzleme aktarılan bilgilerin büyük ölçüde sapmasına neden olabilmektedir. Bazı projeksiyonlar özelliklerine göre haritada görselliği ön plana çıkarırken başka bir projeksiyon ölçek veya uzunluk gibi sayısal bir büyüklüğü koruduğundan matematiksel olarak hesap edilirler. (Uraz, Yılmaz, 2013)



Şekil 5. Küresel alandan düzlemsel alana dönüşüm (Uraz ve Yılmaz, 2013)

1.8.1. Projeksiyonların Sınıflandırılması

Yeryüzünü temsil etmek üzere kabul edilen referans yüzeyleri düzleme açılabilen yüzeyler olmadıklarından, yeryüzünü deformasyonsuz olarak harita düzlemine aktarmak mümkün değildir. Ancak belli özelliklerin korunması mümkündür. Projeksiyonlarda belirli doğruların uzunlukları, alanlar veya diferansiyel anlamda açılar korunabilir. Bu üç özelliğin üçünün de sağlanması ya da tüm doğruların uzunluklarının korunması mümkün değildir. Projeksiyonlar seçilen yüzeylere, projeksiyon yüzeyinin konumuna göre ve deformasyona göre sınıflandırılırlar. (Uraz, Yılmaz, 2013)

1.8.2. Projeksiyonlarda Oluşan Deformasyonlara Göre Sınıflandırma

Orijinal yüzey üzerindeki objeler birbirleri arasındaki tüm geometrik ilişki ve özellikler korunarak harita düzlemine aktarılamazlar. Bu özellikler herhangi bir noktada açısal bir ilişki, herhangi bir doğrultu boyunca aralarındaki uzaklık ilişkisi veya alansal büyüklükleri olabilir. Ancak bunlardan bir veya ikisinin korunarak izdüşürülmesi olanaklıdır. Projeksiyon korunan elemana göre isim alırlar.

- Açılarının korunması durumunda (aynı zamanda şekil de korunur) Açı Koruyan (Konform) Projeksiyonlar olarak isimlendirilirler.

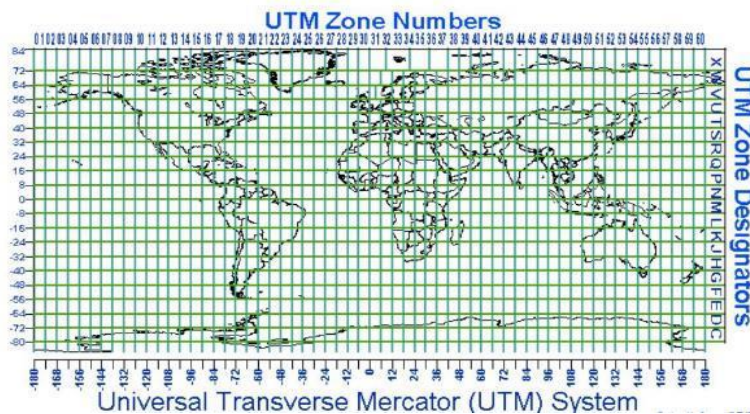
- Belirli doğrultular boyunca uzunlukların korunması durumunda Uzunluk Koruyan (Equidistant) Projeksiyonlar olarak isimlendirilirler. Uzunluklar meridyenler boyunca korunuyorsa Meridyen Boyları Koruyan Projeksiyon veya paralel dairelerin boyları korunuyorsa Paralel Daire Boyları Koruyan Projeksiyon ismi ile anılırlar.

• Alanlar korunuyorsa Alan koruyan (Equivalent) Projeksiyonlar denir. Projeksiyonlar, örneğin hem alan koruyan hem de tek veya en fazla iki doğrultuda uzunluk koruyabilir. Aynı durum açı koruyan projeksiyonlarda da gerçekleşebilir. Ancak bir projeksiyonda her üçünün korunması veya hem alan hem açı koruma özelliği gerçekleşmez. (Yıldırım, 2021)

1.8.3. UTM Projeksiyonu

Günümüzde literatürde “Gauss-Krüger” ve “Transverse Mercator” projeksiyonu terimleri, UTM sistemi ile eşanlamlı olarak kullanılmaktadır. Bu projeksiyon, koordinatları kuzey-güney doğrultusunda uzanan ve doğu-batı yönündeki genişliği nispeten dar olan bölgeler veya ülkeler için en uygun tasvir yöntemidir. (Yıldırım, 2021)

Büyük ölçekli haritalarda kullanılan bu koordinat sistemi, Türkiye için 27°, 30°, 33°, 36°, 39°, 42° ve 45° meridyen boylam (λ_0) değerleriyle 3° dilimlere ve Transversal Mercator (TM) projeksiyonuna dayalı olarak tanımlanır. Bu sebeple bazı yazılımlarda bu adla anılmaktadır. Ölçek faktörü 1'dir. Koordinat sisteminin yatay eksenini ekvator, dikey eksenini ise dilimin orta meridyenidir. Orijinin dik koordinatları, dilimin solunda negatif değerleri önlemek amacıyla (500.000, 0) olarak belirlenir. Orijinin coğrafi koordinatları (λ_0 , 0)'dır. Yani bu koordinat sisteminde dik koordinatların (Sağa Değer, Yukarı Değer) coğrafi koordinat (λ , ϕ) karşılıklarını veya tersini elde etmek mümkündür. Ülke koordinat sistemi ifadesi, şu anda bu koordinat sistemi için kullanılmaktadır. (Başaraner, 2019)



Şekil 6. Türkiye 35,36,37,38 Dilim numaraları (Yıldırım, 2021)

o UTM 3 Derecelik ve UTM 6 Derecelik

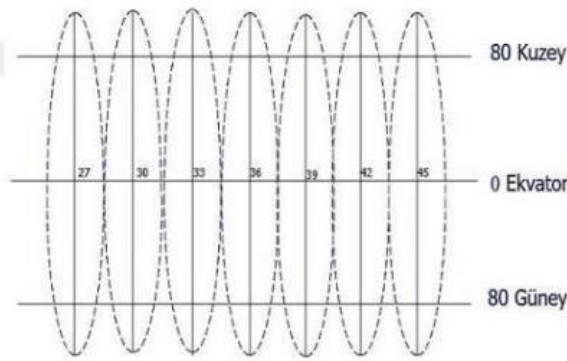
Türkiye’de 1/25000 ve daha küçük ölçekli haritalar için 6° dilim genişliği olan UTM (6°UTM) kullanılır ve ölçek faktörü $m_0=0.9996$ olarak belirlenir. 1/5000 ve daha büyük ölçekli haritalar için ise 3° dilim genişliği olan değiştirilmiş UTM (3°UTM) tercih edilir. Bu projeksiyon türünde ölçek faktörü $m_0=1.0000$ olarak ayarlanır. Sağa ve yukarı değerlerin hesaplanması UTM projeksiyonunda olduğu gibi yapılır, ancak sağa değerin önünde bulunan dilim numarası belirtilmez.

3°’lik dilimler için başlangıç meridyenleri şunlardır: 27°, 30°, 33°, 36°, 39°, 42°, 45°. Yukarı değerler ekvatorundan itibaren hesaplandığı için yaklaşık olarak 4000000 m civarındadır.

Sağa değerler,

6° için: 200000-800000 m arasında,

3° için: 350000-650000 m arasındadır.



Şekil 7. UTM 3 derecelik (Yıldırım, 2021)

Türkiye için; 3° lik dilim genişlikli Gauss-Krüger tasvirinin (Değiştirilmiş UTM, DUTM) dilim orta meridyenleri 27° , 30° , 33° , 36° , 39° , 42° ve 45° iken, 6° lik dilim genişlikli Gauss-Krüger tasvirinin (UTM) dilim orta meridyenleri 27° , 33° , 39° ve 45° dir. Dilim orta meridyenleri tasvir sonucu x ekseni olarak düşünülürse, UTM için dört DUTM için ise yedi farklı koordinat ekseni başlangıcı vardır. Dolayısıyla her bir dilim kendi içinde koordinat altlığına sahiptir.

Uygulama alanı iki komşu UTM veya DUTM dilimini kapsıyorsa koordinat birliğinin sağlanmasında problemler ortaya çıkar. Uygulama alanının komşu dilimlerdeki fazla kısmı

0.5° veya 1° lik bindirme bölgesi içindeyse dilim dönüşümü yapılabilir. Şayet uygulama alanı komşu dilimde bindirme bölgesinin dışına taşıyorsa dilim dönüşümü yapılmaz. Bu durumda, projeye tek bir koordinat birliğinde çalışmak mümkün olamaz. UTM sisteminden başka sistemlere geçiş yapılması gerekir. (Yıldırım, 2021)

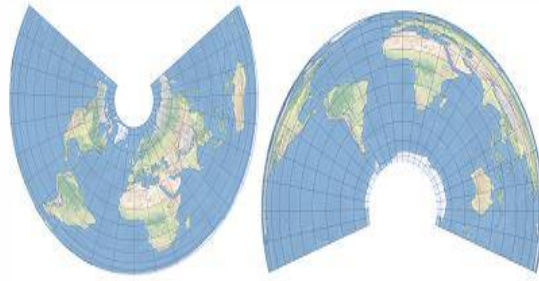
Türkiye enlem ve boylam sınırları içinde, UTM için dört DUTM için ise yedi farklı koordinat eksenini başlangıcı vardır. Dolayısıyla her bir dilim kendi içinde koordinat altlığına sahiptir. Dolayısıyla Türkiye sınırlarının tek bir koordinat sistemiyle tanımlanması için UTM yetersizdir. (Yıldırım, 2021)

1.8.4. Alan Koruyan Projeksiyonlar

o Albers Alan Koruyan Konik Projeksiyon

Albers projeksiyonu eşit alanlı konik bir projeksiyondur. Sadece bir standart paralelin olduğu bir projeksiyonda bulunan bozulmanın bir kısmını azaltmak için iki standart paralel kullanır. Projeksiyon, orta enlemlerde doğu-batı yönünde uzanan kara kütleleri için en uygundur. Genellikle bitişik Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa ve Avustralya haritaları için kullanılır.

Albers eşit alanlı (eşdeğer) bir projeksiyondur. Şekiller, yönler, açılar ve mesafeler genellikle bozulmuştur. Ölçek, yönler ve mesafeler yalnızca standart paraleller boyunca doğrudur. Bozulma değerleri standart paralellerden uzaklaşır. Bozulma değerleri herhangi bir paralel boyunca aynıdır ve merkezi meridyen boyunca simetriktir. (URL-2)

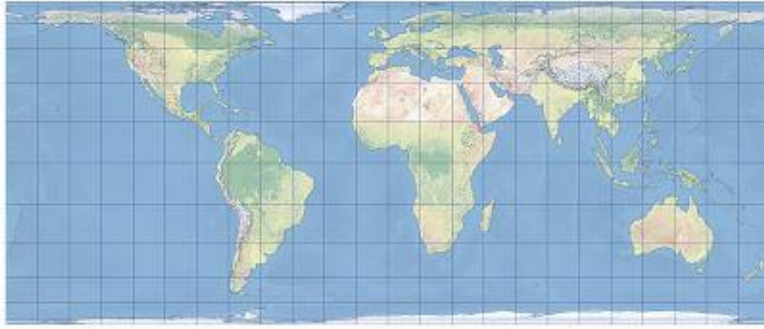


Şekil 8. Kuzey (sol harita) ve güney (sağ harita) yarımküredeki standart paralelliklere sahip Albers harita projeksiyonu (URL-2)

○ Behrmann Alan Koruyan Konik Projeksiyon

Behrmann projeksiyonu, standart paralelliklerin 30° kuzey ve güneye ayarlandığı silindirik eşit alanlı harita projeksiyonunun bir örneğidir. Eşit alan özelliği nedeniyle kutup bölgelerini büyük ölçüde sıkıştırır. Bu projeksiyon, 1910 yılında Walter Behrmann tarafından tanıtılmıştır. (URL-3)

Behrmann silindirik bir projeksiyondur. Meridyenler eşit aralıklı düz çizgilerdir. Paralel çizgiler ve her iki kutup da meridyenlere dik ve ekvatorla aynı uzunlukta düz çizgilerdir. Paralel çizgiler arasındaki aralık ekvatordan uzaklaştıkça azalır. Graticule ekvator ve merkez meridyen boyunca simetrik. Haritanın yükseklik-genişlik oranı 0,42'dir. Ölçek 30° kuzey ve 30° güney enlemleri boyunca doğrudur. Şekil, yön, açı ve mesafe bozulmaları standart paralellerden uzaklaştıkça artar. Şekiller standart paraleller arasında kuzey-güney yönünde bozulur ve 30° kuzeyin üstünde ve 30° güneyin altında doğu-batı yönünde bozulur. Bozulma değerleri ekvator ve merkez meridyen boyunca simetrik. (URL-3)

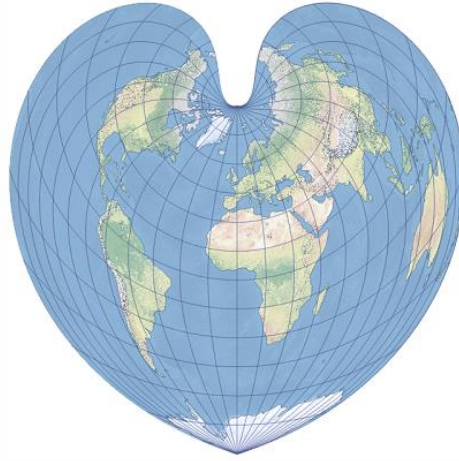


Şekil 9. Greenwich merkezli Behrmann harita projeksiyonu (URL-3)

○ Bonne Alan Koruyan Projeksiyon

Bonne eşit alanlı bir psödokonik harita projeksiyonudur. Gratikülü bir kalp şeklini alır ve sıklıkla kıtaları haritalamak için kullanılır. Projeksiyon, MS 100 civarında Claudius Ptolemy tarafından icat edilmiştir, ancak projeksiyon yaygın olarak kullanan Rigobert Bonne'nin adını 1752'de almıştır. Bonne eşit alanlı (eşdeğer) bir projeksiyondur. Şekiller, yönler, açılar ve mesafeler genellikle bozulmuştur. Ölçek, merkezi meridyenler ve her paralel boyunca doğrudur. Standart paralel ve merkezi meridyen boyunca bozulma yoktur ve bu çizgilerden uzaklaşır. Bozulma değerleri merkezi meridyen boyunca simetrik.

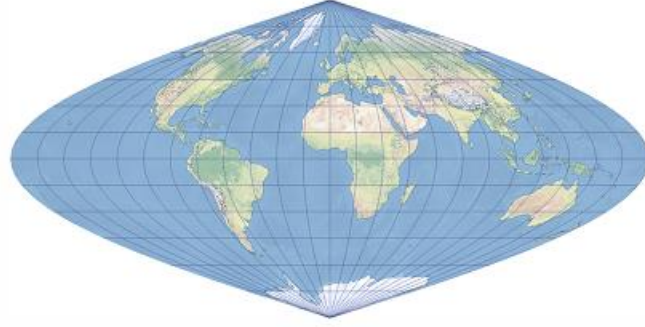
Projeksiyon, 19. yüzyılda ve 20. yüzyılın başlarında Asya, Avustralya, Avrupa ve Kuzey Amerika'nın atlas haritaları için kullanıldı. Tarihsel olarak, Fransa ve İrlanda'nın yanı sıra Fas ve diğer bazı Akdeniz ülkelerinin büyük ölçekli topografik haritalamasında da kullanıldı. Günümüzde, projeksiyon dünyayı kalp şeklinde göstermek için sanatsal olarak kullanılıyor. (URL-4)



Şekil 10. Greenwich merkezli Bonne eşit alanlı harita projeksiyonu (URL-4)

- Sinusoidal Alan Koruyan Projeksiyon

Sinuzoidal izdüşüm, tüm paralellikleri ve merkez meridyeni gerçek ölçekte gösteren bir psödosilindirik eşit alan izdüşümüdür. Sınır meridyenleri aşırı şekilde dışarı doğru çıkıntı yaparak harita taslağının yakınında önemli bir şekil bozulması üretir. Alternatif formatlar, okyanuslar üzerindeki izdüşümün sürekliliğini keserek ve kıtaları kendi merkez meridyenleri etrafında merkezleyerek veya tam tersi şekilde dış meridyenler boyunca bozulmayı azaltır. Sinüzoidal projeksiyon, onu kullanan kartografların adıyla Sanson-Flamsteed ve Mercator-Sanson projeksiyonu olarak da bilinir. Projeksiyon 16. yüzyılda geliştirilmiştir. (URL-5)



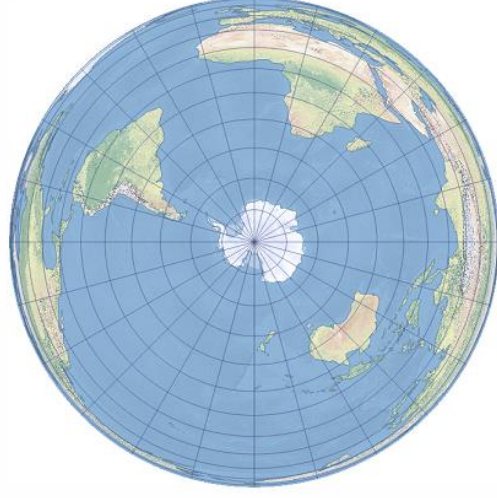
Şekil 11. Greenwich merkezli Sinüzoidal harita projeksiyonu (URL-5)

○ Lambert Azimutal Alan Koruyan Konik Projeksiyon

Lambert azimutal eşit alan projeksiyonu, merkezden gerçek bir yön duygusunu korurken aynı zamanda kara özelliklerini gerçek görelî boyutlarında tutar. Dünya, küre üzerindeki herhangi bir noktadan düz bir yüzeye yansıtılır. Her ne kadar tüm açılar mümkün olsa da (ekvatorial, kutupsal ve eğik), en yaygın kullanılanı kutupsal açıdır. Bu projeksiyon, yuvarlak veya kare, simetrik olarak oranlanmış bireysel kara kütleleri için en uygundur. Lambert azimut eşit alan projeksiyonu 1772 yılında Johann H. Lambert tarafından geliştirilmiştir. (URL-6)

Kutupsal açıdan, meridyenler kutuptan kaynaklanan düz çizgiler olarak yansıtılır ve aralarındaki açılar doğrudur. Paralellikler eşit olmayan aralıklı eşmerkezli dairesel yaylar olarak gösterilir ve aralıkları merkezden uzaklaştıkça azalır. Tüm graticule çizgi kesişimleri 90° 'dir. Karşı kutup bir daire olarak yansıtılır ve haritanın kenarını sunar. Graticule herhangi bir meridyene göre simetriktir. Ekvator yönünde, ekvator ve merkez meridyen iki dik doğru olarak yansıtılır. Merkez meridyenin 90° doğusunda ve batısında bulunan iki meridyen bir daire olarak yansıtılır. Diğer meridyenler karmaşık eğrilerdir. Aralıkları merkez meridyenden uzaklaştıkça azalır. Tüm paraleller en yakın kutba doğru içbükey ve merkez meridyen boyunca eşit olmayan aralıklarla karmaşık eğrilerdir. Paralellerin aralıkları ekvatorдан uzaklaştıkça azalır. Her iki kutup da nokta olarak yansıtılır. Yansıtmanın merkezinin antipodal noktası bir daire olarak yansıtılır ve haritanın kenarını sunar. Graticule ekvator ve merkez meridyen boyunca simetriktir. Eğik durumda, yalnızca merkezi meridyen ve antimeridyen düz çizgiler olarak yansıtılır. Diğer meridyenler ve paraleller karmaşık eğrilerdir. Meridyenler kutuplarda kesişir ve bir nokta olarak yansıtılır. Paralellerin merkezi

meridyen boyunca eşit olmayan aralıkları vardır ve aralıkları yansıtmanın merkezinden uzaklaştıkça azalır. Graticule merkezi meridyen boyunca simetriktir. (URL-6)



Şekil 12. Güney kutbu merkezli Lambert azimut eşit alan projeksiyonu (URL-6)

○ Silindirik Alan Koruyan Projeksiyon

Silindirik eşit alan projeksiyonu, haritada göreceli alanları koruyarak dünyayı bir dikdörtgen olarak sunar. Projeksiyon ilk olarak 1772'de İsviçreli matematikçi Johann H. Lambert tarafından tanımlanmıştır. O zamandan beri yıllar içinde birçok çeşidi ortaya çıkmıştır. Projeksiyon ekvatora yakın alanların büyük ölçekli haritalanması için uygundur ve genellikle küçük ölçekli (dünya) haritalar için önerilmez. Silindirik eşit alan, silindirik bir izdüşümdür. Meridyenler, birbirine paralel ve eşit aralıklı dikey çizgilerdir. Enlem çizgileri, meridyenlere dik ve ekvatorla aynı uzunlukta olan yatay düz çizgilerdir, ancak aralıkları kutuplara doğru azalır. Her iki çizgi de, her hücrenin bir küre üzerinde aynı alan boyutunu kapladığı dikdörtgen bir ızgara oluşturur. Bu izdüşümde, kutuplar ızgaranın üst ve alt kısmında, ekvatorla aynı uzunlukta düz çizgiler olarak gösterilir. Graticule, ekvator ve merkezi meridyen boyunca simetriktir. Projeksiyon, Endonezya ve Pasifik Okyanusu'nun bazı kısımları gibi ekvatora yakın alanların büyük ölçekli haritalanması için uygundur. Önerilen kullanımı, standart çizgiler boyunca uzanan dar alanlar içindir. (URL-7)



Şekil 13. Greenwich merkezli silindirik eşit alanlı harita projeksiyonu (URL-7)



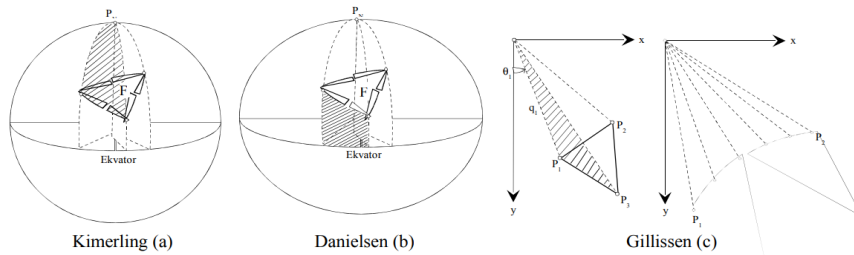
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Kullanılan Alan Hesabı Yöntemi

Elipsoidal coğrafi koordinatlarla kapalı bir şeklin alan hesabı için literatürde dört yöntem dikkat çekicidir. Bu yöntemler sırasıyla; Kimerling (Kimerling, 1984), Danielsen (Danielsen, 1989), Gillissen (Gillissen, 1993) ve Sjöberg (Sjöberg, 2006) dir. Kimerling yöntemi küresel çözüm olduğundan kenarlar jeodezik eğri değil küredeki büyük daire yayıdır. Bu sebeple kesin elipsoidal çözüm değildir. Danielsen ve Sjöberg çözüm yöntemlerinde parsel kenarları jeodezik eğri alınarak, bu eğri altında kalan alanla elipsoidal alan hesaplanır. Gillissen yönteminde; elipsoiddeki büyük daire yayı parçasını kırıslara bölerek alan Albers alan koruyan konik projeksiyonunda hesaplanmıştır. Danielsen ve Sjöberg yöntemleri seri çözümlere dayandığından alan büyüdükçe etkisi azalır. (Yıldırım, Kaya, 2017) Bu çalışmada gerçek alanlar Danielsen yöntemiyle hesaplanmıştır.

2.1.1. Danielsen Yöntemi

Danielsen yöntemi, alanı hesaplanacak parsel kenarları ve ekvator arasında kalan, ve boylamlarla sınırlanan elipsoidal alanların dikkate alınmasıdır. Diğer yöntemde de olduğu gibi saat ibresi yönünde ilerledikçe boylam farkının işaretiyle değişecek olan jeodezik eğrinin altındaki alanların toplamı parselin alanını verecektir (Şekil 14-b). Jeodezik eğrinin altında kalan alanın hesabı Helmert'in seri ve Sodano'nun kapalı çözümüyle hesaplanabilir. Seri çözüm daha hassas sonuçlar verir (Danielsen, 1989). Bu çözüm yönteminde parsel kenarları jeodezik eğri alındığından elipsoidal alan için kesin çözümdür.



Şekil 14. Coğrafi koordinatlar ile alan hesaplama (Yıldırım, Kaya, 2017)

Tablo 2. Danielsen Yöntemi Matlab Kodu

```

clc;
clear all;
format long
global a f b e2 e12
% elipsoid parametreler
a=6378137;f=1/298.2572221008827;b=a*(1-f);e2=f*(2-f);e12=f*(2-f)/(1-f)^2;
veri=readmatrix('102ada10parsel_son1.xlsx'); n=size(veri(:,1),1);
BBB=deg2rad(veri(:,2));LL=deg2rad(veri(:,3));BB=atan(sqrt(1 - e2)*tan(BBB));
BB(n+1)=BB(1);LL(n+1)=LL(1); BBB(n+1)=BBB(1);
a0=1+2*e12/3-e12^2/15+4*e12^3/105-8*e12^4/315;
a10=2*e12/3-2*e12^2/15+4*e12^3/35-32*e12^4/315;
a11=2*e12^2/45-8*e12^3/105+32*e12^4/315;a12=32*e12^3/1575-256*e12^4/4725;
a13=384*e12^4/33075;a20=e12^2/45-4*e12^3/105+16*e12^4/315;
a21=16*e12^3/1575-128*e12^4/4725;a22=64*e12^4/11025;
a30=4*e12^3/525-32*e12^4/1575;a31=16*e12^4/3675;a40=8*e12^4/2205;
alandan=0;
for i=1:n
    f1=BBB(i);f2=BBB(i+1); Bb1=BB(i); Bb2=BB(i+1); LL1=LL(i); LL2=LL(i+1); DLL=(LL2-LL1);
    if or(DLL==0,and(Bb2==0,Bb1==0))
        fe=0;
    else
        aa=sin(Bb1)*sin(Bb2); bb=cos(Bb1)*cos(Bb2);nn=(a-b)/(a+b);
        if DLL<0
            snsgm=-sqrt((sin(DLL)*cos(Bb2))^2+(sin(Bb2-Bb1)+2*cos(Bb2)*sin(Bb1)*sin(DLL / 2))^2)^2);
        else
            snsgm=sqrt((sin(DLL)*cos(Bb2))^2+(sin(Bb2-Bb1)+2*cos(Bb2)*sin(Bb1)*sin(DLL / 2))^2)^2);
        end
        sgm=asin(snsgm);cssgm=aa+bb*cos(DLL); cc=bb*sin(DLL)/snsgm; mm=1-cc^2;
        tr1=(f+f^2+f^3)*sgm;
        tr2=(-(f^2/2+f^3)*snsgm-(f^2+4*f^3)*sgm^2*csc(sgm)+(3*f^3/2)*sgm^3*csc(sgm)*cot(sgm))*aa;
        tr3=(-(5*f^2/4+3*f^3)*sgm+(f^2/4+f^3/2)*snsgm*cssgm+(f^2+4*f^3)*sgm^2*cot(sgm)-
            f^3/2*sgm^3*csc(sgm)^2-f^3*sgm^3*cot(sgm)^2)*mm;
        tr4=(f^3*sgm+(f^3/2)*snsgm*cssgm+f^3*sgm^3*csc(sgm)^2)*aa^2;
        tr5=(31*f^3/16*sgm-(9*f^3/16)*snsgm*cssgm+f^3/2*sgm*cssgm^2-
            9*f^3/2*sgm^2*cot(sgm)+f^3/8*snsgm*cssgm^3+f^3/2*sgm^3*csc(sgm)^2+2*f^3*sgm^3*cot(sg
            m)^2)*mm^2;

```

Tablo 2' nin devamı

```

tr6=(f^3*snsrgm-3*f^3/2*sgm*cssrgm+9*f^3/2*sgm^2*csc(sgm)-f^3/2*snsrgm*cssrgm^2-
7*f^3/2*sgm^3*csc(sgm)*cot(sgm))*aa*mm;
DL=DLL+(tr1+tr2+tr3+tr4+tr5+tr6)*cc;
Le1=atan(-(tan(Bb2)/tan(Bb1)-cos(DL))/sin(DL))
Le2=Le1+DL
ksi=atan(tan(Bb1)/cos(Le1));
q1=asin(sin(ksi)*sin(Le1));q2=asin(sin(ksi)*sin(Le2)); Cc=cos(ksi);
fe1=b^2*(a0*(q2-q1)-(a10+a11*Cc^2+a12*Cc^4+a13*Cc^6)*Cc^2*avege(q1,q2,1)-
(a20+a21*Cc^2+a22*Cc^4)*Cc^4*avege(q1,q2,3)-(a30+a31*Cc^2)*Cc^6*avege(q1,q2,5)-
a40*Cc^8*avege(q1,q2,7));
AA10=b^2*e12^5*((64/3465)*(q2-q1)-(24576/3274425)*Cc^2*avege(q1,q2,1)-
(4096/1091475)*Cc^4*avege(q1,q2,3)-(1024/363825)*Cc^6*avege(q1,q2,5)-
(512/218295)*Cc^8*avege(q1,q2,7)-(64/31185)*Cc^10*avege(q1,q2,9));
fe=fe1+AA10;
end
alanda=alanda+fe;
end

function Dj=avege(q1,q2,k)
Dj=(sin(q2)/cos(q2)^k-sin(q1)/cos(q1)^k);

```

2.2. Trabzon İli Köprübaşı İlçesine Ait Orman Parsellerinin Toplanması

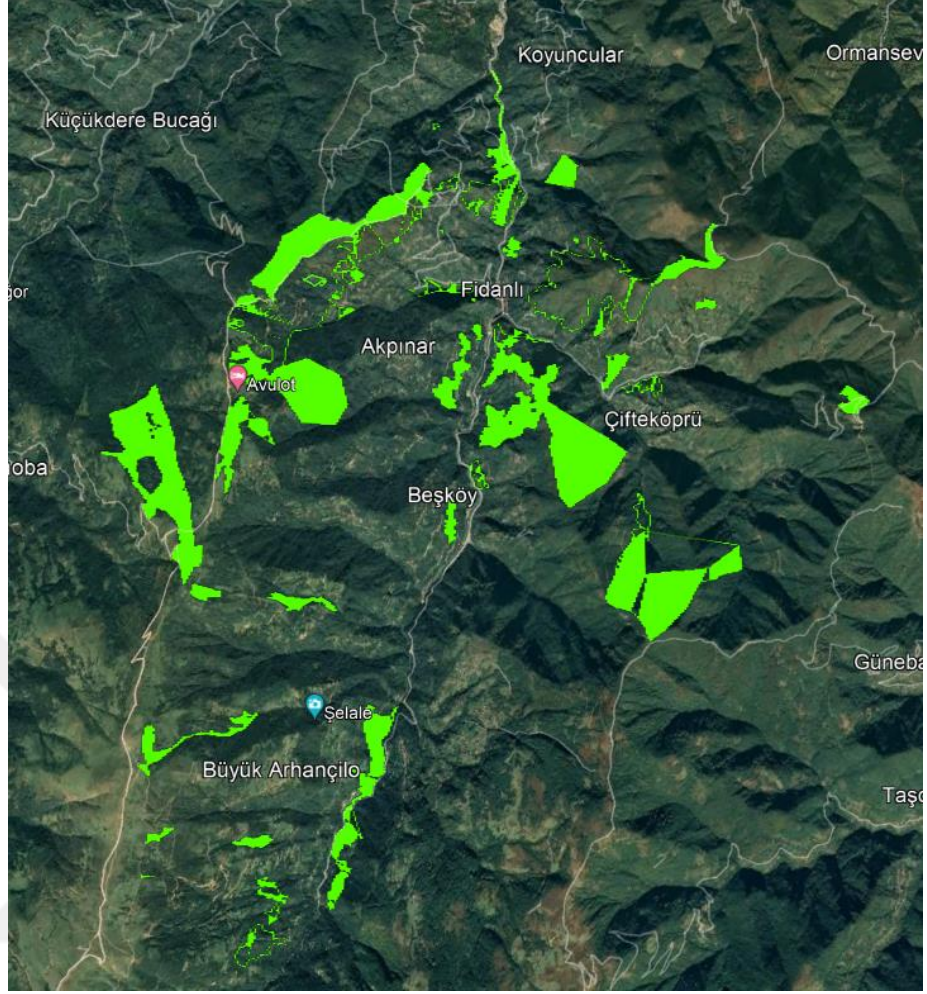
Çalışmada kullanılan orman parselleri, Trabzon ili Köprübaşı ilçesine ait olan orman parselleridir. (Şekil 15) Köprübaşı ilçesine bağlı tüm ormanların alanları Trabzon Orman Bölge Müdürlüğünün arşivinden ve Orman Genel Müdürlüğüne ait ORBİS sistemi üzerinden Netcad Program formatında indirilmiştir. Köprübaşı ilçesine ait 148 adet orman parseli mevcuttur. (Şekil 16) Parseller tek tek ayrıştırılmıştır.



Şekil 15. Trabzon Köprübaşı İlçesi (URL-8)



Şekil 16. ORBİS sisteminden alınan Köprübaşı ilçesine ait orman parselleri görüntüsü (URL-8)



Şekil 17. Çalışma alanının uydu fotoğrafı üzerindeki görünümü (URL-8)

2.3. Orman Parsellerini Gerçek Alanlarının Hesaplanması ve Karşılaştırmaları

Tablo 3. Orman parselleri ve DUTM alanları

Köy	Ada	Parsel	ALAN (m ²)	Köy	Ada	Parsel	ALAN (m ²)
AKPINAR	165	1	12337.01	FİDANLI	229	1	25558.39
AKPINAR	168	230	114898.77	FİDANLI	231	1	182131.08
AKPINAR	168	232	1368.84	FİDANLI	235	1	113302.37
AKPINAR	210	2	78571.72	FİDANLI	236	1	480928.94
BÜYÜKDOĞANLI	579	1	384918.9	FİDANLI	237	1	382119.7
BÜYÜKDOĞANLI	580	1	60959.74	FİDANLI	237	9	16171.72
BÜYÜKDOĞANLI	581	1	117379.86	FİDANLI	238	1	32547.9
BÜYÜKDOĞANLI	582	1	37938.33	FİDANLI	244	8	1051.3
BÜYÜKDOĞANLI	649	19	17944.17	FİDANLI	269	1	106002.45
BÜYÜKDOĞANLI	810	1	7547.72	FİDANLI	269	3	2137.85

Tablo 3'ün devamı

BÜYÜKDOĞANLI	811	1	2252.99	FİDANLI	275	1	819810.87
ÇİFTEKÖPRÜ	101	1	677552.76	FİDANLI	275	4	1094.28
ÇİFTEKÖPRÜ	104	1	62550.46	FİDANLI	275	10	246.72
ÇİFTEKÖPRÜ	105	1	52216.38	FİDANLI	275	28	3572.61
ÇİFTEKÖPRÜ	106	1	60496.93	FİDANLI	275	29	3394.73
ÇİFTEKÖPRÜ	233	24	1151027.82	FİDANLI	275	31	1035.77
FİDANLI	172	1	430.47	FİDANLI	275	33	3903.33
FİDANLI	172	2	19304.41	FİDANLI	275	34	2769.78
FİDANLI	173	1	22015.08	FİDANLI	275	64	1271.68
FİDANLI	173	38	142.01	FİDANLI	275	65	8653.21
FİDANLI	175	1	186635.06	FİDANLI	275	67	4577.48
FİDANLI	181	1	100962.55	FİDANLI	275	68	3116.86
FİDANLI	183	1	8002.53	FİDANLI	275	69	1441.87
FİDANLI	211	1	22314.67	FİDANLI	275	70	6499.72
FİDANLI	216	1	2499.36	FİDANLI	275	71	2117.76
FİDANLI	217	1	9958.04	FİDANLI	275	74	10355.08
FİDANLI	219	1	127649.22	FİDANLI	275	75	5896.37
FİDANLI	227	1	30511.84	FİDANLI	275	76	3353.49
FİDANLI	275	78	14809.17	GÜNEŞLİ	101	1	90659.63
FİDANLI	275	79	4023.2	GÜNEŞLİ	102	1	56171.22
FİDANLI	275	80	5071.68	GÜNEŞLİ	1103	1	17055.03
FİDANLI	275	82	13005.7	KONUKLU	154	1	43752.85
FİDANLI	275	90	11141.02	KÜÇÜKDOĞANLI	301	1	105207.04
FİDANLI	275	96	4171.04	KÜÇÜKDOĞANLI	302	1	38038.39
FİDANLI	275	101	3987.58	KÜÇÜKDOĞANLI	303	1	59357.58
FİDANLI	275	102	3951.48	YAĞMURLU	102	2	1555.01
FİDANLI	275	103	1715.41	YAĞMURLU	102	3	405
FİDANLI	275	124	14720.54	YAĞMURLU	102	4	294.99
FİDANLI	275	125	753.91	YAĞMURLU	102	5	2510.03
FİDANLI	275	126	2174.72	YAĞMURLU	102	6	224.91
FİDANLI	275	145	13786.79	YAĞMURLU	102	7	145.01
FİDANLI	288	1	143049.05	YAĞMURLU	102	8	124.93
GÜNDOĞAN	101	3	2832.16	YAĞMURLU	102	9	124.92
GÜNDOĞAN	101	5	3712.61	YAĞMURLU	102	10	499.97
GÜNDOĞAN	101	6	2042.3	YAĞMURLU	102	11	265.45
GÜNDOĞAN	102	5	3280.87	YAĞMURLU	103	1	50.04
GÜNDOĞAN	102	6	2030.01	YAĞMURLU	103	2	1085.08
GÜNDOĞAN	102	7	2682.91	YAĞMURLU	103	3	755.2
GÜNDOĞAN	102	8	1351.07	YAĞMURLU	103	4	1229.98
GÜNDOĞAN	134	18	99401.35	YAĞMURLU	103	5	215.18
GÜNDOĞAN	134	19	234723.28	YAĞMURLU	103	6	425.06
GÜNDOĞAN	134	20	10147.26	YAĞMURLU	103	7	710.08
GÜNDOĞAN	134	159	5313.99	YAĞMURLU	103	8	1414.96
GÜNDOĞAN	186	1	121446.93	YAĞMURLU	103	9	650.12
GÜNDOĞAN	187	1	841904.2	YAĞMURLU	103	10	944.97
GÜNDOĞAN	187	121	2214.5	YAĞMURLU	104	1	485.09
GÜNDOĞAN	191	1	165889.42	YAĞMURLU	104	2	1118.08
GÜNDOĞAN	203	1	12415.57	YAĞMURLU	104	4	915.04
GÜNDOĞAN	209	1	5336.36	YAĞMURLU	104	6	36.04
GÜNDOĞAN	215	1	729.5	YAĞMURLU	104	7	1185.18
YAĞMURLU	104	9	834.96	YAĞMURLU	144	43	732.67
YAĞMURLU	104	10	470.09	YAĞMURLU	144	44	279.04
YAĞMURLU	104	11	879.47	YAĞMURLU	144	45	224.49
YAĞMURLU	106	1	3735.08	YAĞMURLU	144	46	382.78
YAĞMURLU	121	1	61.99	YAĞMURLU	144	47	451.67
YAĞMURLU	121	2	541.3	YAĞMURLU	144	48	1321.34

Tablo 3'ün devamı

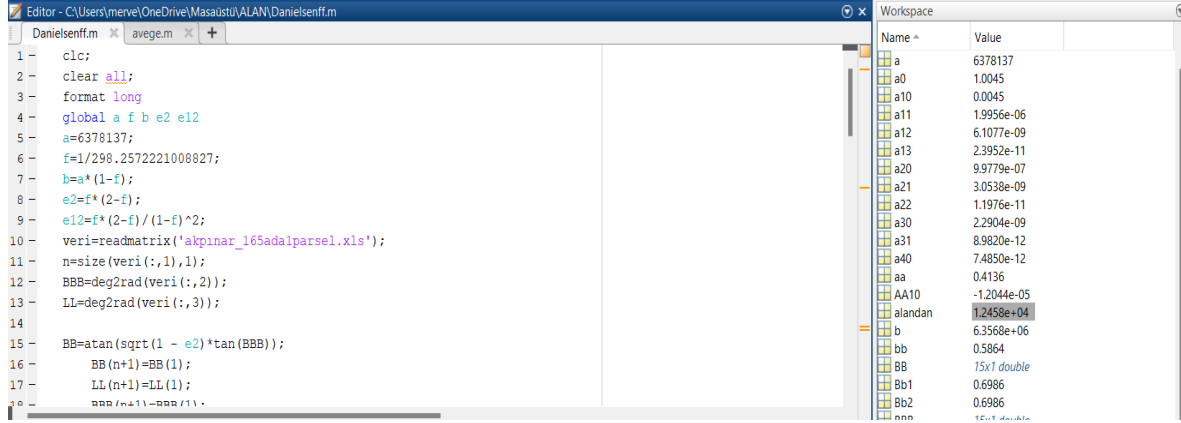
YAĞMURLU	121	3	187.43	YAĞMURLU	145	1	600.36
YAĞMURLU	144	20	93.33	YAĞMURLU	145	3	604.35
YAĞMURLU	144	21	387.36	YAĞMURLU	145	5	245.03
YAĞMURLU	144	22	1445.42	YAĞMURLU	146	1	627.41
YAĞMURLU	144	37	99.76	YILMAZLAR	442	1	110824.86
YAĞMURLU	144	40	248.49	YILMAZLAR	444	1	46959.86
YAĞMURLU	144	41	298.99	YILMAZLAR	445	1	45160.75
YAĞMURLU	144	42	62.34	YILMAZLAR	446	1	44886.21

Alınan orman parselleri UTM 3° projeksiyon sisteminde, ITRF96 datumunda, 39. Dilimdedir. UTM sisteminde bulunan parsellerin köşe noktaları, elipsoid yüzeyinde alan hesaplaması için coğrafi koordinatlara dönüştürülmüştür. Elipsoid üzerindeki hesaplanacak alan değeri, parselin kesin alanı olarak karşılaştırma amacıyla kullanılacaktır. Dönüşüm sırasında Netcad programının dönüşüm sekmesi kullanılmıştır. Öncelikle 148 adet parsel elipsoid coğrafi koordinatlarıyla coğrafi olarak tanımlanmıştır. (Şekil 18)

	A	B	C	D
1	165015	40.120482919220	40.804869398537	
2	165016	40.120665764135	40.804689356819	
3	165017	40.120648269953	40.804435585571	
4	165018	40.120719716286	40.804321513544	
5	165019	40.121606321125	40.803963938986	
6	165020	40.121636030583	40.803745808753	
7	165021	40.121651615184	40.803428485113	
8	165033	40.122045782267	40.803645600348	
9	165034	40.122141853570	40.804087498483	
10	165035	40.122104247920	40.804151941595	
11	165036	40.121579441647	40.804648592525	
12	165037	40.121514879911	40.804885746239	
13	165042	40.121455603108	40.805151060218	
14	165044	40.121028873015	40.805211225589	
15				
16				

Şekil 18. Örnek orman parseline ait coğrafi koordinatlar

Her bir orman parselinin coğrafi koordinatları Excel tablosu şeklinde oluşturulmuştur. Coğrafi koordinatlarla köşe noktaları belirlenen parsellerin gerçek alanları Danielsén yöntemiyle hesaplanmıştır. Hesap için Matlab programı kullanılmıştır. (Şekil 19)



Şekil 19. Matlab programında alan hesaplanması

Yapılan çalışma iki amaca yöneliktir. Birinci olarak; parsellerin gerçek alanları seçilen yöntem ile hesaplatılmıştır ve harita yüzeyindeki alanları ile farkları karşılaştırılmıştır. İkincisi ise parsellerin, alan koruyan projeksiyon sistemlerindeki alanları hesaplanarak gerçek alan değeriyle karşılaştırılmıştır. Böylece seçilen projeksiyon sistemlerinin, farklı parsel büyüklüğündeki alan deformasyonları incelenmiştir. Bu deformasyon hesabında, sadece projeksiyon seçiminden gelen hatalar irdelenmiş olup, koordinatların üretilmesi ve ölçek faktörü gibi hatalar irdelenmemiştir.

Köprübaşı ilçesine ait orman parsellerinin tek tek Matlab programında gerçek alanları hesaplatılmıştır. Aşağıdaki tabloda UTM projeksiyonun da alanlar ve gerçek alan farkları gösterilmiştir.

Tablo 4. Orman parsellerinin gerçek alanları ile farkları

KÖY	ADA/ PARSEL	UTM ALAN (1) (m ²)	DANIELSE N ELİPSOİD ALAN (2) (m ²)	(1-2) (m ²)	KÖY	ADA PARSEL	(1) (m ²)	(2) (m ²)	(1-2) (m ²)
AKPINAR	165/1	12337.01	12215.63	121.38	YAĞMURLU	102/5	2510.03	2485.11	24.92
AKPINAR	168/230	114898.77	113775.34	1123.43	GÜNDOĞAN	102/6	2030.01	2003.20	26.81
AKPINAR	168/232	1368.84	1355.24	13.60	YAĞMURLU	102/6	224.91	223.22	1.69
AKPINAR	210/2	78571.72	77788.07	783.65	GÜNDOĞAN	215/1	729.50	722.18	7.32
FİDANLI	238/1	32547.90	32221.63	326.27	YAĞMURLU	102/10	499.97	493.97	6.00

Tablo 4' ün devamı

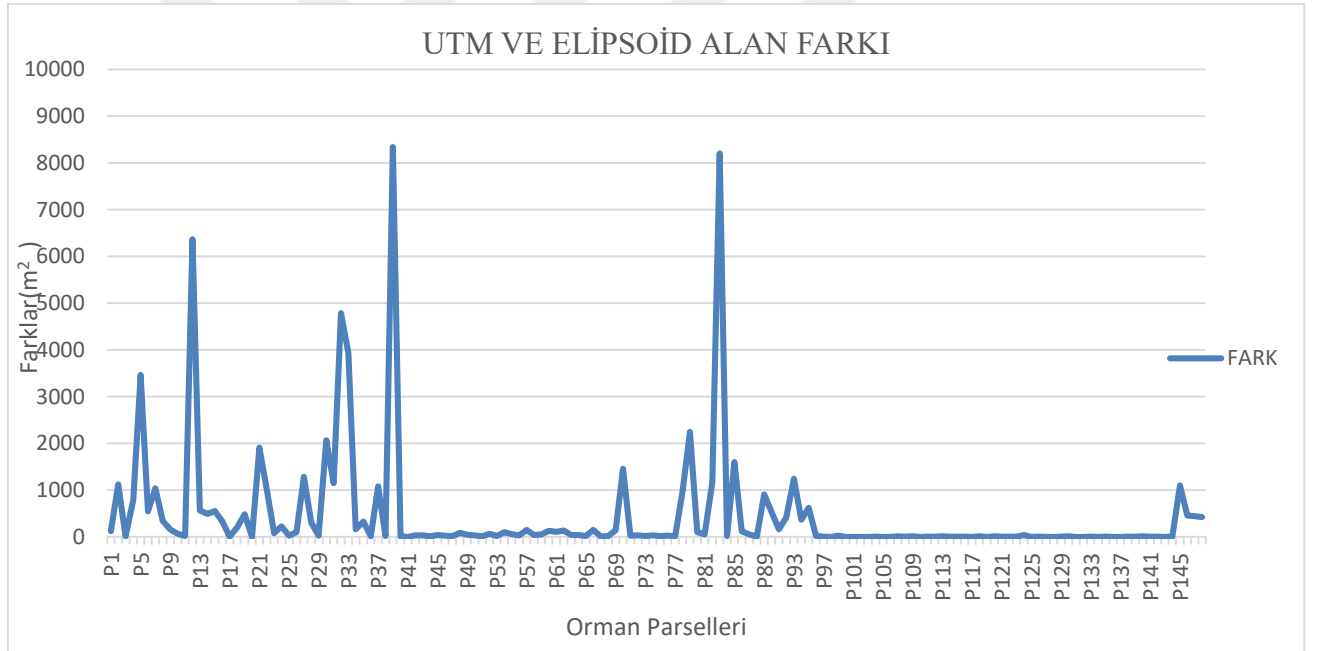
BÜYÜKDOĞANLI	579/1	384918.90	381455.49	3463.41	GÜNDOĞAN	187/12 1	2214.50	2192.57	21.93
BÜYÜKDOĞANLI	580/1	60959.74	60415.69	544.05	GÜNDOĞAN	186/1	121446.93	120276.84	1170.09
BÜYÜKDOĞANLI	581/1	117379.86	116340.14	1039.72	GÜNDOĞAN	203/1	12415.57	12295.74	119.83
BÜYÜKDOĞANLI	582/1	37938.33	37593.73	344.60	GÜNEŞLİ	102/1	56171.22	55200.59	970.63
BÜYÜKDOĞANLI	649/19	17944.17	17788.18	155.99	GÜNEŞLİ	1103/1	17055.03	8848.24	8206.79
BÜYÜKDOĞANLI	810/1	7547.72	7476.74	70.98	GÜNEŞLİ	101/1	90659.63	89749.08	910.55
BÜYÜKDOĞANLI	811/1	2252.99	2232.50	20.49	KONUĞLU	154/1	43752.85	43336.02	416.83
ÇİFTEKÖP RÜ	104/1	62550.46	61982.54	267.92	KÜÇÜKDOĞANLI	303/1	59357.58	58733.35	624.23
ÇİFTEKÖP RÜ	105/1	52216.38	51648.46	567.92	GÜNDOĞAN	203/1	12415.57	12295.74	119.83
ÇİFTEKÖP RÜ	106/1	60496.93	60003.67	493.26	KÜÇÜKDOĞANLI	301/1	105207.04	103964.53	1242.51
FİDANLI	172/1	430.47	425.87	4.60	KÜÇÜKDOĞANLI	302/1	38038.39	37669.62	368.77
FİDANLI	172/2	19304.41	18966.78	337.63	YAĞMURLU	144/48	1321.34	1308.01	13.33
FİDANLI	173/1	22015.08	22010.58	4.50	YAĞMURLU	121/1	61.99	61.35	0.64
FİDANLI	173/38	142.01	140.57	1.44	YAĞMURLU	121/2	541.30	379.01	162.29
FİDANLI	175/1	186635.06	186151.58	483.48	YAĞMURLU	121/3	187.43	185.51	1.92
FİDANLI	101/1	677552.76	677551.32	1.44	YAĞMURLU	144/40	248.49	245.87	2.62
FİDANLI	181/1	100962.55	99050.74	1911.81	YAĞMURLU	144/41	298.99	296.05	2.94
FİDANLI	183/1	8002.53	6979.64	1022.89	YAĞMURLU	144/42	62.34	61.69	0.65
FİDANLI	211/1	22314.67	22234.50	80.17	YAĞMURLU	144/44	279.04	276.26	2.78
FİDANLI	216/1	2499.36	2474.19	25.17	YAĞMURLU	144/45	224.49	221.71	2.78
FİDANLI	217/1	9958.04	9857.59	100.45	YAĞMURLU	102/2	1555.01	1538.28	16.73
FİDANLI	219/1	127649.22	126362.74	1286.48	YAĞMURLU	103/9	650.12	642.87	7.25
FİDANLI	227/1	30511.84	30205.79	306.05	YAĞMURLU	104/7	1185.18	1172.73	12.45
FİDANLI	229/1	2558.39	2274.64	283.75	YAĞMURLU	104/9	834.96	825.98	8.98
FİDANLI	231/1	182131.08	180065.64	2065.44	YAĞMURLU	103/10	944.97	935.35	9.62
FİDANLI	235/1	113302.37	112152.75	1149.62	YAĞMURLU	145/3	604.35	598.15	6.20
FİDANLI	237/1	382119.70	378180.10	3939.60	YAĞMURLU	145/5	245.03	242.50	2.53
FİDANLI	237/9	16171.72	16005.96	165.76	YAĞMURLU	144/22	1445.42	1430.75	14.67
FİDANLI	244/8	1051.30	1040.65	10.65	YAĞMURLU	104/11	879.47	869.77	9.70

Tablo 4' ün devamı

YILMAZLAR	444/1	46959.86	46502.72	457.14	YAĞMURLU	145/1	600.36	594.25	6.11
FİDANLI	269/1	106002.45	104920.97	1081.48	YAĞMURLU	146/1	627.41	621.02	6.39
YAĞMURLU	144/37	99.76	98.71	1.05	YAĞMURLU	144/20	93.33	92.42	0.91
FİDANLI	269/3	2137.85	2116.09	21.76	YAĞMURLU	144/21	387.36	383.47	3.89
FİDANLI	275/1	819810.87	811468.94	8341.93	YAĞMURLU	144/43	732.67	725.23	7.44
FİDANLI	275/4	1094.28	1083.19	11.09	YAĞMURLU	144/46	382.78	378.88	3.90
FİDANLI	275/10	246.72	244.05	2.67	YAĞMURLU	144/47	451.67	447.10	4.57
FİDANLI	275/28	3572.61	3536.41	36.20	YAĞMURLU	102/11	265.45	262.73	2.72
FİDANLI	275/29	3394.73	3360.26	34.47	YAĞMURLU	102/9	124.92	124.02	0.90
FİDANLI	275/31	1035.77	1025.28	10.49	YAĞMURLU	104/10	470.09	465.11	4.98
FİDANLI	275/33	3903.33	3863.83	39.50	YAĞMURLU	102/3	405.00	400.90	4.10
FİDANLI	275/34	2769.78	2741.77	28.01	YAĞMURLU	102/4	294.99	292.22	2.77
FİDANLI	275/64	1271.68	1258.92	12.76	YAĞMURLU	103/2	1085.08	1073.91	11.17
FİDANLI	275/65	8653.21	8566.11	87.10	YAĞMURLU	103/3	755.20	747.18	8.02
FİDANLI	275/67	4577.48	4531.35	46.13	YAĞMURLU	104/2	1118.08	1116.20	1.88
FİDANLI	275/68	3116.86	3085.46	31.40	YAĞMURLU	103/6	425.06	420.44	4.62
FİDANLI	275/69	1441.87	1427.36	14.51	YAĞMURLU	103/7	710.08	702.28	7.80
FİDANLI	275/70	6499.72	6434.28	65.44	YAĞMURLU	104/6	36.04	34.89	1.15
FİDANLI	275/71	2117.76	2096.42	21.34	YAĞMURLU	103/8	1414.96	1400.04	14.92
FİDANLI	275/74	10355.08	10250.57	104.51	YAĞMURLU	103/4	1229.98	1216.63	13.35
YAĞMURLU	104/1	485.09	479.92	5.17	YAĞMURLU	103/5	215.18	212.92	2.26
FİDANLI	236/1	480928.94	476139.33	4789.61	YAĞMURLU	104/4	915.04	904.76	10.28
YAĞMURLU	106/1	3735.08	3696.26	38.82	YAĞMURLU	103/1	50.04	48.89	1.15
ÇİFTEKÖPRÜ	233/24	1151027.82	1150690.19	337.63	YILMAZLAR	442/1	110824.86	109724.17	1100.69
FİDANLI	275/145	13786.79	13646.87	139.92	YILMAZLAR	445/1	45160.75	44717.47	443.28
FİDANLI	288/1	143049.05	141591.85	1457.20	YILMAZLAR	446/1	44886.21	44461.61	424.60
GÜNDOĞAN	134/18	99401.35	98432.55	968.80	FİDANLI	275/75	5896.37	5836.79	59.58
GÜNDOĞAN	187/1	841904.20	833697.41	8206.79	FİDANLI	275/78	14809.17	14659.54	149.63
GÜNDOĞAN	134/19	231982.56	229735.91	2246.65	FİDANLI	275/79	4023.20	3982.49	40.71
GÜNDOĞAN	209/1	5336.36	5283.15	53.21	FİDANLI	275/80	5071.68	5019.37	52.31

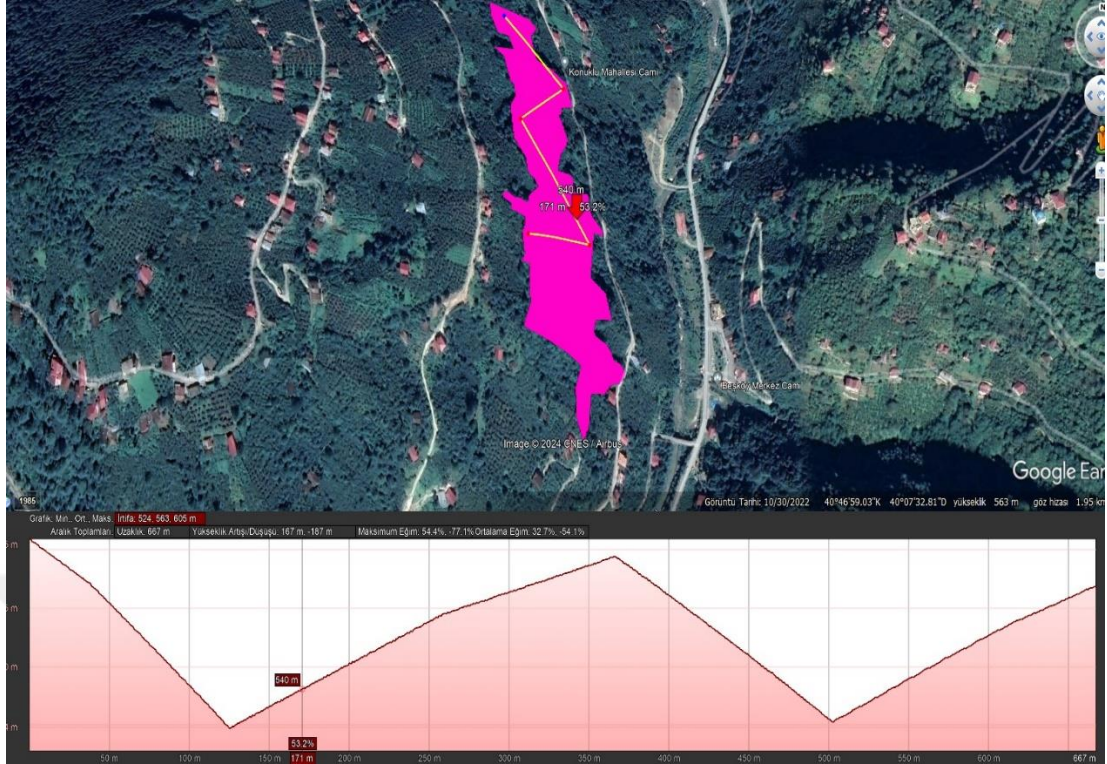
Tablo 4' ün devamı

GÜNDOĞAN	134/20	10147.26	10047.13	100.13	FİDANLI	275/76	3353.49	3319.64	33.85
GÜNDOĞAN	134/159	5313.99	5262.00	51.99	FİDANLI	275/90	11141.02	11030.81	110.21
GÜNDOĞAN	102/7	2682.91	2656.10	26.81	FİDANLI	275/96	4171.04	4032.14	138.90
YAĞMURLU	102/7	145.01	142.76	2.25	FİDANLI	275/101	3987.58	3947.27	40.31
GÜNDOĞAN	102/8	1351.07	1350.28	0.79	FİDANLI	275/82	13005.70	12873.36	132.34
YAĞMURLU	102/8	124.93	111.48	13.45	FİDANLI	275/102	3951.48	3911.63	39.85
GÜNDOĞAN	101/6	2042.30	2021.98	20.32	FİDANLI	275/103	1715.41	1698.10	17.31
GÜNDOĞAN	101/5	3712.61	3675.73	36.88	FİDANLI	275/125	753.91	746.24	7.67
GÜNDOĞAN	101/3	2832.16	2804.02	28.14	FİDANLI	275/126	2174.72	2152.58	22.14
GÜNDOĞAN	102/5	3280.87	3248.02	32.85	FİDANLI	275/124	14720.54	14570.36	150.18
GÜNDOĞAN	191/1	165889.42	164290.63	1598.79					



Şekil 20. Orman parsellerinin gerçek alanları ile farkları

Şekil 20 de bulunan grafik Tablo 4 de ki parsel sıralamasına göre oluşturulmuştur. Daha sonra Google Map programında orman parselleri tek tek açılarak eğim ve yüksekliklerinin ortalama değerleri hesaplanmıştır. (Şekil 21) Bulunan eğim ve yükseklik değerleri kullanılarak topografik yüzeydeki alan hesaplanmıştır.



Şekil 21. Örnek orman parseline ait Google Map Görüntüsü

Tablo 5. Ortalama yükseklik değerleri kullanılarak hesaplanan parsel alanları

ALAN (m ²)	P	H _{ort}	Yük. Düzeltil.	YENİ ALAN(m ²)	ALAN (m ²)	P	H _{ort}	Yük. Düzeltil.	YENİ ALAN(m ²)
12215.63	p1	345	1.323	12216.95	2485.11	p75	1072	0.836	2485.95
113775.34	p2	410	14.646	113789.98	2003.20	p76	745	0.469	2003.67
1355.24	p3	345	0.147	1355.39	223.22	p77	760	0.053	223.27
77788.07	p4	335	8.182	77796.25	722.18	p78	320	0.073	722.25
381455.49	p5	335	40.122	381495.62	2192.57	p79	355	0.244	2192.81
60415.69	p6	338	6.411	60422.10	120276.84	p80	720	27.190	120304.03
116340.14	p7	336	12.273	116352.41	12295.74	p81	1114	4.301	12300.05
37593.73	p8	374	4.414	37598.14	55200.59	p82	1015	17.591	55218.18
17788.18	p9	750	4.189	17792.37	8848.24	p83	1100	3.056	8851.30

Tablo 5' in devamı

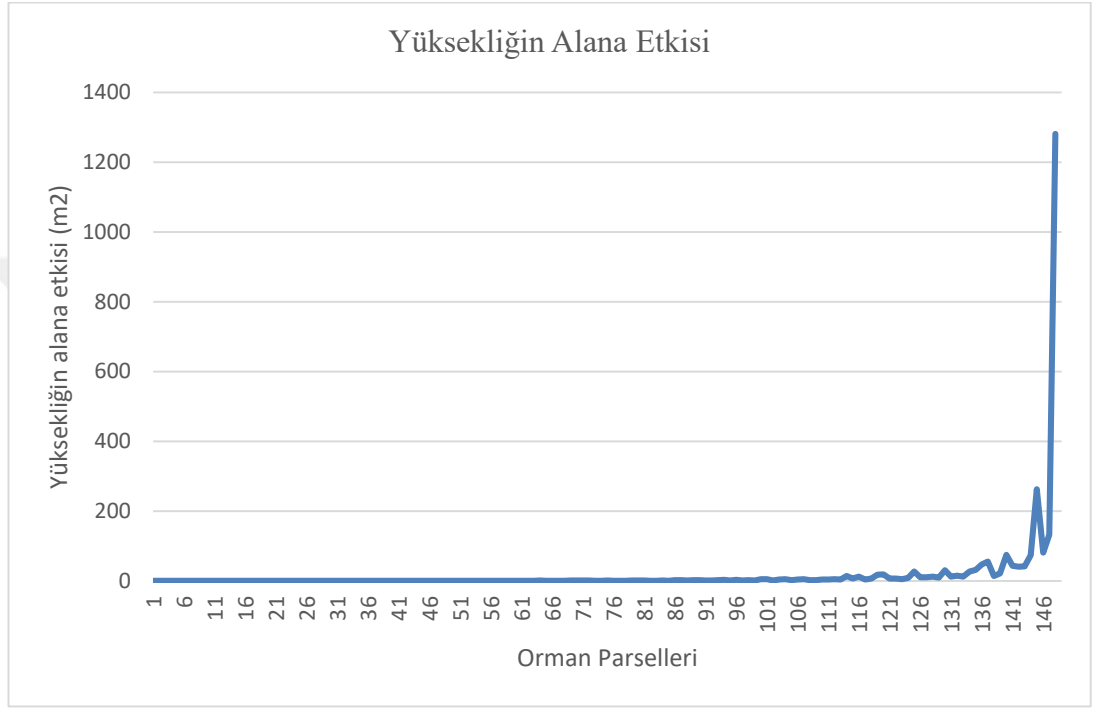
7476.74	p10	298	0.700	7477.44	89749.08	p84	955	26.911	89775.99
2232.50	p11	336	0.236	2232.73	43336.02	p85	1015	13.810	43349.83
61982.54	p12	254	4.943	61987.48	58733.35	p86	990	18.256	58751.60
51648.46	p13	388	6.292	51654.75	103964.53	p87	375	12.241	103976.77
60003.67	p14	372	7.008	60010.68	37669.62	p88	315	3.726	37673.35
425.87	p15	335	0.045	425.91	1308.01	p89	985	0.405	1308.41
18966.78	p16	758	4.514	18971.29	61.35	p90	1054	0.020	61.38
22010.58	p17	348	2.405	22012.98	379.01	p91	1610	0.192	379.20
140.57	p18	354	0.016	140.59	185.51	p92	425	0.025	185.53
186151.58	p19	360	21.041	186172.62	245.87	p93	1112	0.086	245.96
677551.32	p20	345	73.393	677624.71	296.05	p94	660	0.061	296.12
99050.74	p21	321	9.983	99060.72	61.69	p95	356	0.007	61.69
6979.64	p22	366	0.802	6980.44	276.26	p96	1015	0.088	276.35
22234.50	p23	346	2.415	22236.92	221.71	p97	1050	0.073	221.78
2474.19	p24	318	0.247	2474.43	1538.28	p98	385	0.186	1538.47
9857.59	p25	256	0.792	9858.38	642.87	p99	375	0.076	642.95
126362.74	p26	782	31.025	126393.76	1172.73	p100	1013	0.373	1173.10
30205.79	p27	381	3.613	30209.40	825.98	p101	1042	0.270	826.25
2274.64	p28	310	0.221	2274.86	935.35	p102	1045	0.307	935.66
180065.64	p29	247	13.964	180079.60	598.15	p103	1075	0.202	598.36
112152.75	p30	355	12.501	112165.25	242.50	p104	1100	0.084	242.58
378180.10	p31	365	43.339	378223.44	1430.75	p105	640	0.287	1431.04
16005.96	p32	360	1.809	16007.77	493.97	p106	1500	0.233	494.20
32221.63	p33	352	3.561	32225.19	869.77	p107	812	0.222	869.99
1040.65	p34	356	0.116	1040.76	594.25	p108	725	0.135	594.39
46502.72	p35	245	3.577	46506.30	621.02	p109	422	0.082	621.10
104920.97	p36	285	9.389	104930.36	92.42	p110	710	0.021	92.44
98.71	p37	340	0.011	98.72	383.47	p111	435	0.052	383.52
2116.09	p38	362	0.241	2116.33	725.23	p112	1250	0.285	725.51
811468.94	p39	1032	262.931	811731.88	378.88	p113	1100	0.131	379.02

Tablo 5' in devamı

1083.19	p40	232	0.079	1083.27	447.10	p114	1400	0.197	447.30
244.05	p41	344	0.026	244.08	262.73	p115	425	0.035	262.77
3536.41	p42	325	0.361	3536.77	124.02	p116	1012	0.039	124.06
3360.26	p43	320	0.338	3360.60	465.11	p117	950	0.139	465.25
1025.28	p44	255	0.082	1025.36	400.90	p118	895	0.113	401.01
3863.83	p45	738	0.895	3864.72	292.22	p119	515	0.047	292.27
2741.77	p46	765	0.659	2742.42	1073.91	p120	580	0.196	1074.10
1258.92	p47	225	0.089	1259.01	747.18	p121	1212	0.284	747.47
8566.11	p48	736	1.979	8568.09	1116.20	p122	720	0.252	1116.45
4531.35	p49	288	0.410	4531.76	420.44	p123	950	0.125	420.56
3085.46	p50	365	0.354	3085.81	702.28	p124	1120	0.247	702.52
1427.36	p51	248	0.111	1427.48	34.89	p125	1225	0.013	34.90
6434.28	p52	1100	2.222	6436.50	1400.04	p126	512	0.225	1400.26
2096.42	p53	375	0.247	2096.67	1216.63	p127	455	0.174	1216.80
10250.57	p54	330	1.062	10251.63	212.92	p128	618	0.041	212.96
479.92	p55	415	0.063	479.98	904.76	p129	1510	0.429	905.19
476139.33	p56	275	41.111	476180.44	48.89	p130	885	0.014	48.90
3696.26	p57	1020	1.184	3697.45	109724.17	p131	880	30.316	109754.49
1150690.19	p58	365	131.869	1150822.06	44717.47	p132	850	11.934	44729.40
13646.87	p59	280	1.200	13648.07	44461.61	p133	475	6.631	44468.24
141591.85	p60	1065	47.345	141639.19	5836.79	p134	1050	1.924	5838.72
98432.55	p61	324	10.013	98442.57	14659.54	p135	1020	4.695	14664.24
833697.41	p62	310	81.145	833778.55	3982.49	p136	418	0.523	3983.01
229735.91	p63	1030	74.295	229810.21	5019.37	p137	995	1.568	5020.93
5283.15	p64	850	1.410	5284.56	3319.64	p138	685	0.714	3320.35
10047.13	p65	1054	3.325	10050.46	11030.81	p139	445	1.541	11032.35
5262.00	p66	970	1.603	5263.60	4032.14	p140	840	1.063	4033.20
2656.10	p67	1530	1.276	2657.37	3947.27	p141	440	0.545	3947.82
142.76	p68	654	0.029	142.79	12873.36	p142	1125	4.547	12877.90
1350.28	p69	362	0.153	1350.44	3911.63	p143	620	0.761	3912.39
111.48	p70	325	0.011	111.49	1698.10	p144	965	0.514	1698.61
2021.98	p71	726	0.461	2022.45	746.24	p145	750	0.176	746.42

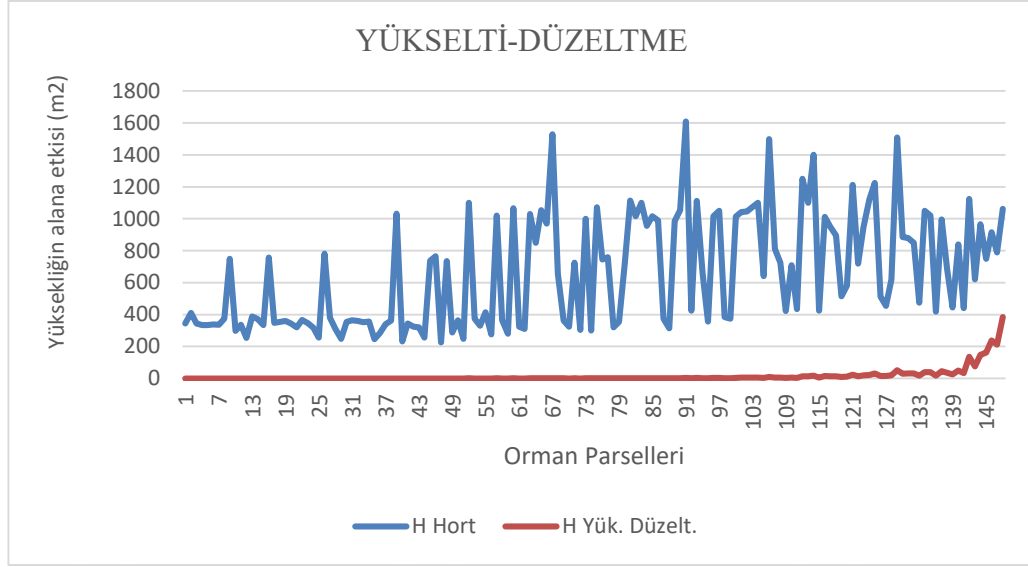
Tablo 5' in devamı

3675.73	p72	305	0.352	3676.08	2152.58	p146	915	0.618	2153.20
2804.02	p73	1000	0.880	2804.90	14570.36	p147	790	3.614	14573.97
3248.02	p74	300	0.306	3248.33	164290.63	p148	1062	54.781	164345.41



Şekil 22. Orman parsellerine yüksekliğin etkisini gösteren grafik

Şekil 22 ve Şekil 23 de gösterilen grafiklerde orman parselleri alanları küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır.



Şekil 23. Yükselti ve düzeltmeler grafiği

Tablo 6. Ortalama eğim değerleri kullanılarak hesaplanan parsel alanları

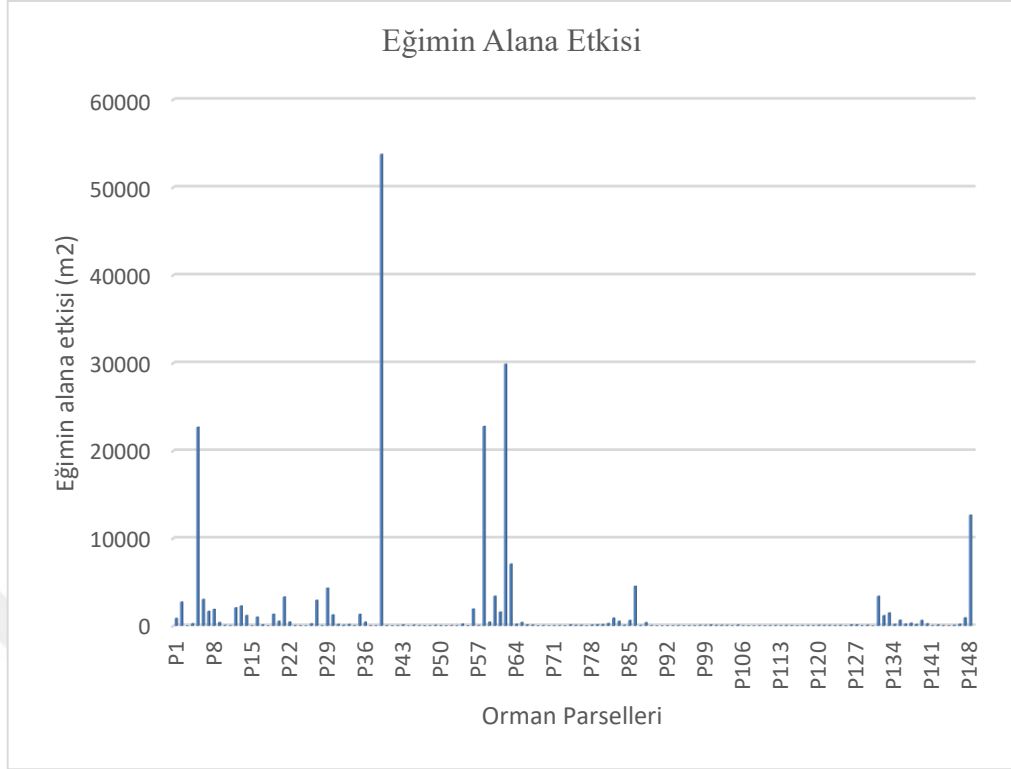
ALAN (m ²)	PARSEL	EĞİM	DÜZELT ME	YENİ ALAN	ALAN (m ²)	PARSEL	EĞİM	DÜZELT ME	YENİ ALAN
12215.63	P1	0.38	852.240	13067.87	2485.11	P75	0.20	49.215	2534.33
113775.34	P2	0.22	2720.830	116496.17	2003.20	P76	0.24	56.884	2060.08
1355.24	P3	0.04	1.084	1356.33	223.22	P77	0.20	4.421	227.64
77788.07	P4	0.08	248.525	78036.60	722.18	P78	0.50	85.242	807.42
381455.49	P5	0.35	22689.356	404144.85	2192.57	P79	0.36	137.751	2330.32
60415.69	P6	0.32	3017.907	63433.60	120276.84	P80	0.05	150.252	120427.09
116340.14	P7	0.17	1669.141	118009.28	12295.74	P81	0.21	268.196	12563.94
37593.73	P8	0.32	1877.896	39471.62	55200.59	P82	0.18	887.121	56087.71
17788.18	P9	0.21	387.998	18176.18	8848.24	P83	0.35	526.302	9374.54
7476.74	P10	0.12	53.640	7530.38	89749.08	P84	0.04	71.771	89820.85
2232.50	P11	0.15	24.976	2257.47	43336.02	P85	0.17	621.745	43957.77
61982.54	P12	0.26	2060.753	64043.29	58733.35	P86	0.40	4524.404	63257.75
51648.46	P13	0.30	2274.115	53922.58	103964.53	P87	0.03	46.774	104011.30
60003.67	P14	0.20	1188.307	61191.98	37669.62	P88	0.14	367.371	38036.99
425.87	P15	0.25	13.107	438.98	1308.01	P89	0.22	31.280	1339.29
18966.78	P16	0.33	1006.059	19972.84	61.35	P90	0.25	1.888	63.24
22010.58	P17	0.10	109.779	22120.36	379.01	P91	0.15	4.240	383.25

Tablo 6'nın devamı

140.57	P18	0.12	1.008	141.58	185.51	P92	0.37	12.291	197.80
186151.58	P19	0.12	1335.501	187487.08	245.87	P93	0.40	18.940	264.81
677551.32	P20	0.04	541.824	678093.14	296.05	P94	0.42	25.052	321.11
99050.74	P21	0.26	3293.170	102343.91	61.69	P95	0.20	1.222	62.91
6979.64	P22	0.36	438.506	7418.15	276.26	P96	0.23	7.213	283.47
22234.50	P23	0.05	27.776	22262.28	221.71	P97	0.36	13.929	235.64
2474.19	P24	0.10	12.340	2486.53	1538.28	P98	0.28	59.163	1597.44
9857.59	P25	0.03	4.435	9862.03	642.87	P99	0.37	42.593	685.46
126362.74	P26	0.06	227.249	126589.99	1172.73	P100	0.42	99.236	1271.96
30205.79	P27	0.45	2917.445	33123.23	825.98	P101	0.35	49.130	875.11
2274.64	P28	0.13	19.140	2293.78	935.35	P102	0.32	46.723	982.07
180065.64	P29	0.22	4306.100	184371.74	598.15	P103	0.35	35.579	633.73
112152.75	P30	0.15	1254.700	113407.45	242.50	P104	0.28	9.327	251.83
378180.10	P31	0.03	170.143	378350.24	1430.75	P105	0.33	75.892	1506.64
16005.96	P32	0.09	64.693	16070.66	493.97	P106	0.22	11.813	505.78
32221.63	P33	0.10	160.707	32382.34	869.77	P107	0.03	0.391	870.16
1040.65	P34	0.22	24.886	1065.53	594.25	P108	0.12	4.263	598.51
46502.72	P35	0.24	1320.529	47823.25	621.02	P109	0.15	6.948	627.97
104920.97	P36	0.09	424.073	105345.04	92.42	P110	0.17	1.326	93.75
98.71	P37	0.35	5.871	104.58	383.47	P111	0.22	9.170	392.64
2116.09	P38	0.08	6.761	2122.85	725.23	P112	0.30	31.932	757.16
811468.94	P39	0.37	53763.980	865232.92	378.88	P113	0.32	18.926	397.81
1083.19	P40	0.20	21.451	1104.64	447.10	P114	0.35	26.594	473.70
244.05	P41	0.10	1.217	245.27	262.73	P115	0.30	11.568	274.30
3536.41	P42	0.07	8.654	3545.06	124.02	P116	0.24	3.522	127.54
3360.26	P43	0.24	95.421	3455.68	465.11	P117	0.26	15.464	480.58
1025.28	P44	0.02	0.205	1025.48	400.90	P118	0.32	20.026	420.92
3863.83	P45	0.18	62.095	3925.92	292.22	P119	0.35	17.381	309.60
2741.77	P46	0.12	19.670	2761.44	1073.91	P120	0.30	47.285	1121.19
1258.92	P47	0.03	0.566	1259.49	747.18	P121	0.35	44.443	791.63
8566.11	P48	0.05	10.701	8576.81	1116.20	P122	0.28	42.930	1159.13
4531.35	P49	0.16	57.635	4588.99	420.44	P123	0.30	18.512	438.95
3085.46	P50	0.07	7.550	3093.01	702.28	P124	0.36	44.121	746.40
1427.36	P51	0.05	1.783	1429.15	34.89	P125	0.38	2.434	37.32
6434.28	P52	0.08	20.557	6454.83	1400.04	P126	0.40	107.849	1507.89

Tablo 6'nın devamı

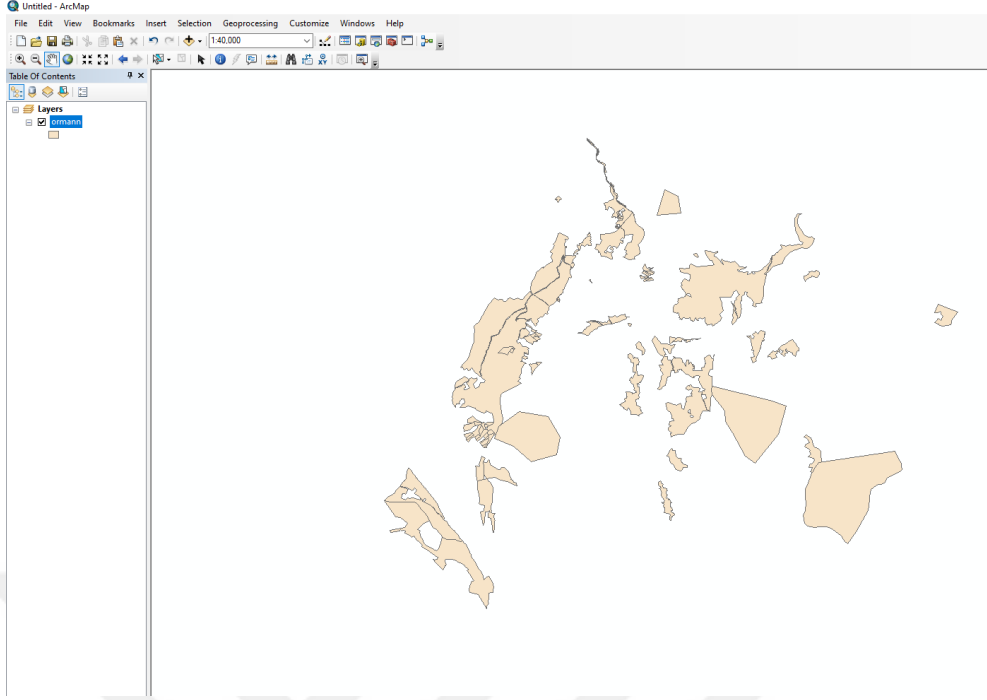
2096.42	P53	0.10	10.456	2106.88	1216.63	P127	0.42	102.951	1319.58
10250.57	P54	0.20	203.001	10453.57	212.92	P128	0.38	14.855	227.78
479.92	P55	0.12	3.443	483.36	904.76	P129	0.40	69.696	974.45
476139.33	P56	0.09	1924.475	478063.80	48.89	P130	0.22	1.169	50.06
3696.26	P57	0.15	41.352	3737.61	109724.17	P131	0.25	3376.916	113101.09
1150690.19	P58	0.20	22788.157	1173478.35	44717.47	P132	0.23	1167.535	45885.01
13646.87	P59	0.25	420.002	14066.87	44461.61	P133	0.26	1478.229	45939.84
141591.85	P60	0.22	3386.036	144977.88	5836.79	P134	0.25	179.636	6016.43
98432.55	P61	0.18	1581.896	100014.45	14659.54	P135	0.30	645.469	15305.01
833697.41	P62	0.27	29853.756	863551.16	3982.49	P136	0.32	198.935	4181.42
229735.91	P63	0.25	7070.446	236806.36	5019.37	P137	0.35	298.557	5317.92
5283.15	P64	0.27	189.183	5472.33	3319.64	P138	0.32	165.824	3485.46
10047.13	P65	0.28	386.417	10433.55	11030.81	P139	0.34	620.149	11650.96
5262.00	P66	0.21	114.775	5376.78	4032.14	P140	0.35	239.836	4271.97
2656.10	P67	0.24	75.425	2731.52	3947.27	P141	0.10	19.687	3966.96
142.76	P68	0.27	5.112	147.88	12873.36	P142	0.12	92.357	12965.71
1350.28	P69	0.19	24.157	1374.44	3911.63	P143	0.12	28.063	3939.69
111.48	P70	0.28	4.288	115.77	1698.10	P144	0.15	18.997	1717.10
2021.98	P71	0.08	6.460	2028.44	746.24	P145	0.40	57.485	803.73
3675.73	P72	0.12	26.371	3702.10	2152.58	P146	0.42	182.151	2334.73
2804.02	P73	0.05	3.503	2807.52	14570.36	P147	0.36	915.403	15485.76
3248.02	P74	0.27	116.308	3364.33	164290.63	P148	0.40	12655.794	176946.42



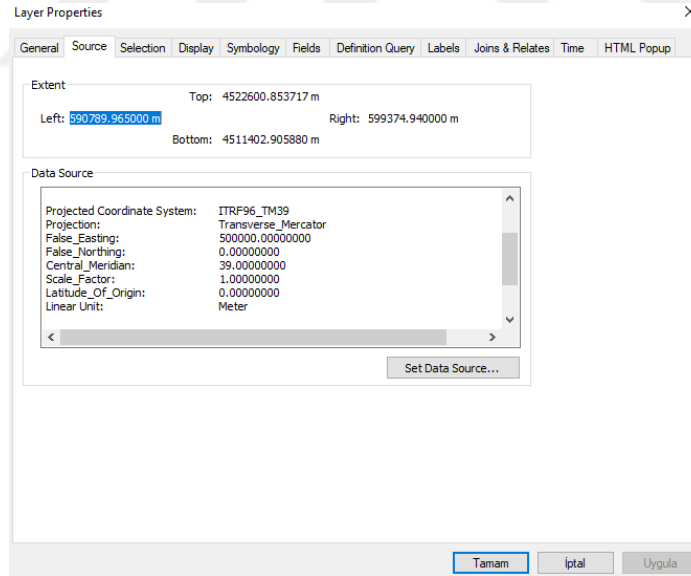
Şekil 24. Orman parsellerine eğimin etkisini gösteren grafik

2.4. Alan Koruyan Projeksiyon Sistemlerinde Orman Parsellerinin Alan Hesaplaması ve Karşılaştırılması

Orman parsellerinin alanları ARCGIS programında açılarak projeksiyon dönüşümleri ile yeni alanları hesaplatılmıştır. (Şekil.25 ve Şekil.26) Sayısal uygulamada, parseller elipsoid coğrafi koordinatlarla ArcMap 10.3 yazılımında Toolbox kullanılarak oluşturulmuştur. Elipsoid coğrafi koordinatlarla tanımlanan parseller, Alan Koruyan Silindirik, Behrmann Alan Koruyan Konik, Bonne Alan Koruyan, Lambert Azimutal Alan Koruyan ve Albers alan koruyan projeksiyonlarına dönüştürülmüştür.



Şekil 25. ARCGIS programında orman parsellerine ait görüntü



Şekil 26. ARCGIS projeksiyon dönüşümü

Coğrafi koordinatlardan projeksiyonlara dönüşüm sırasında parsel büyüklüklerinin sınırları dikkate alınarak belirlenen koordinat başlangıçları her bir projeksiyon için Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 7. Coğrafi koordinatlardan alan hesaplamada kullanılan projeksiyonların koordinat başlangıçları

Projeksiyon	L ₀	B ₀	B ₁	B ₂
DUTM	39°,42°			
UTM	39°			
Albers AKK (AAKK)	39°	40°	40°	42°
Behrmann AKK (BAKK)	39°			
Bonne AK (BAK)	39°			
Lambert Azimutal AK (LAAK)	39°	40°		
Sinusoidal AK (SAK)	39°			

Orman parsellerine ait UTM projeksiyonundaki alanlar seçilen projeksiyonlara dönüştürülmüştür. Bulunan yeni alanlar ile UTM projeksiyonlarındaki alanlar ve elipsoid yüzeyinde danielsen yöntemi ile hesaplanan alanlar karşılaştırılarak tablolar oluşturulmuştur.

Tablo 8. Alan Koruyan projeksiyonlarda hesaplanan alanlar ve UTM farkları

ADI	BAKK FARK (m ²)	BAK FARK (m ²)	SAK FARK (m ²)	LAAK FARK(m ²)	AAKK FARK(m ²)
165/1	2.720114	2.719028	2.716780	2,720355	2,718498
168/230	25.260242	25.251087	25.254680	25,256629	25,251557
168/232	0.298194	0.300127	0.298687	0,301789	0,300936
210/2	16.52846	16.521119	16.517248	16,533462	16,531990
579/1	86.122357	85.645805	86.152734	85,429987	85,393749
580/1	13.360665	13.343980	13.360388	13,350522	13,345443
581/1	25.688032	25.732482	25.681314	25,707322	25,711808
582/1	8.258685	8.222444	8.271447	8,243732	8,243585
649/19	3.792745	3.815446	3.787087	3,803401	3,811538
810/1	1.610758	1.596727	1.611634	1,588762	1,590000

Tablo 8'in devamı

811/1	0.499461	0.471417	0.498753	0,468617	0,479973
104/1	15.215333	15.131061	15.221996	15,129537	15,129496
105/1	12.039211	12.037754	12.046618	12,037841	12,044116
106/1	14.047272	14.071429	14.060471	14,077978	14,070790
172/1	0.093005	0.093423	0.092964	0,093330	0,093525
172/2	4.15674	4.162941	4.157304	4,155968	4,157559
173/1	4.760678	4.771544	4.751996	4,754162	4,760514
173/38	0.031201	0.030995	0.030781	0,031380	0,031403
175/1	39.969116	39.932387	39.958240	39,957480	39,943157
172/1	158,327095	154,461484	158,571231	154,583760	154,454404
181/1	22.072747	22.012353	22.078224	22,021363	22,035713
183/1	1.758822	1.736542	1.759232	1,744919	1,742927
211/1	4.873112	4.884987	4.867468	4,877020	4,876765
216/1	0.536083	0.532358	0.532453	0,533407	0,533714
217/1	2.106227	2.127863	2.112248	2,117240	2,115659
219/1	28.11218	28.025429	28.096620	28,046852	28,055742
227/1	6.611799	6.613198	6.612768	6,610174	6,624590
229/1	0.543305	0.542874	0.539552	0,547651	0,542736
231/1	37.405344	37.461794	37.402481	37,451862	37,444946
235/1	23.216837	23.240477	23.236516	23,261855	23,242492
237/1	80.410242	80.167879	80.421757	80,221916	80,252703
237/9	3.372049	3.363365	3.365967	3,356228	3,363140
238/1	6.827556	6.819412	6.839187	6,810727	6,818103
244/8	0.227122	0.223491	0.226606	0,224745	0,225673
245/1	0.146216	0.145462	0.144352	10,211909	10,214200
269/1	22.5573	22.562908	22.566882	22,576325	22,588269
269/2	3.134062	3.120066	3.131791	0,079880	0,108515
269/3	0.472582	0.455721	0.467612	0,457554	0,450582
275/1	172.442895	172.505195	172.435663	172,479529	172,459670
275/4	0.226951	0.234447	0.228409	0,232394	0,234781
275/10	0.053325	0.052346	0.052541	0,050904	0,052749
275/28	0.75785	0.758373	0.755578	0,760892	0,758228
275/29	0.719724	0.720470	0.721951	0,722465	0,726764
275/31	0.220779	0.223523	0.221284	0,219988	0,221608
275/33	0.836319	0.830542	0.831442	0,829311	0,828869
275/34	0.588422	0.589519	0.586863	0,591163	0,586079
275/64	0.269087	0.266010	0.267415	0,264622	0,267653

Tablo 8' in devamı

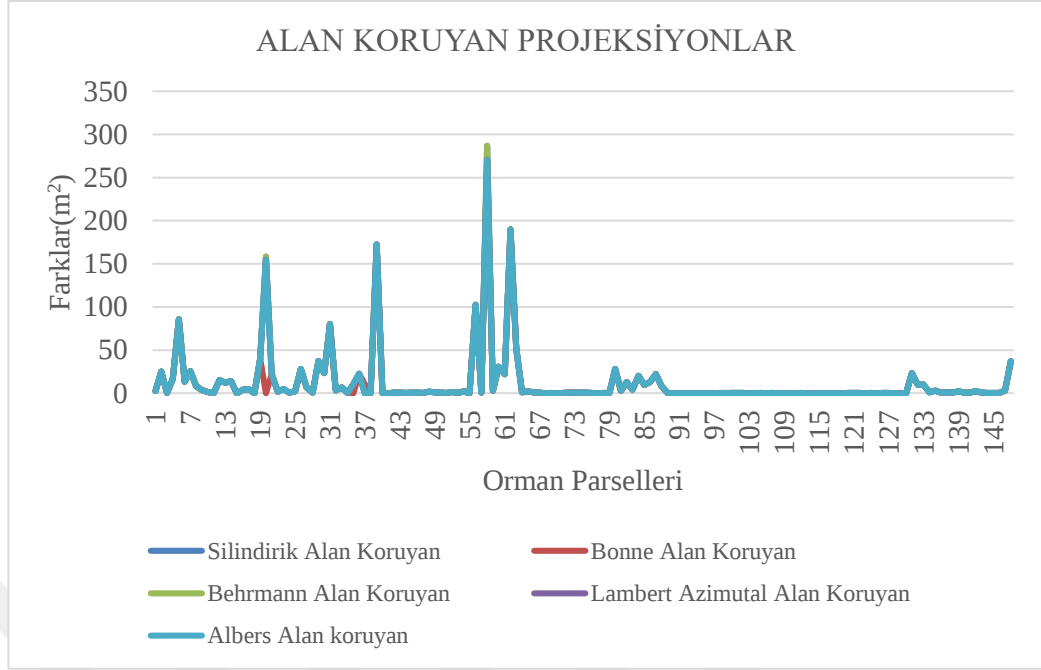
275/65	1.813284	1.814532	1.810123	1,812983	1,809443
275/67	0.964983	0.957501	0.964514	0,960584	0,963738
275/68	0.659413	0.648537	0.658159	0,653761	0,656840
275/69	0.305969	0.302042	0.304840	0,301954	0,302471
275/70	1.359085	1.364120	1.366598	1,362888	1,363430
275/71	0.445509	0.439391	0.448523	0,443117	0,450330
275/74	2.16121	2.167091	2.161134	2,167669	2,161698
104/1	0.105056	0.104859	0.103880	0,103832	0,106074
236/1	102.788013	102.276641	102.822039	102,248629	102,296195
106/1	0.798581	0.802092	0.802037	0,800315	0,801265
233/24	286.967762	265.182232	286.885749	270,581666	270,250025
275/145	2.937862	2.932087	2.939344	2,929539	2,935923
288/1	30.668168	30.673975	30.663744	30,673868	30,681706
134/18	22.001032	22.042960	21.994507	22,059368	22,049194
187/1	190.06632	190.047922	190.076983	190,033328	190,009550
134/19	51.830469	51.862817	51.841330	51,827440	51,842435
209/1	1.186042	1.172650	1.183682	1,179004	1,182050
134/20	2.292425	2.257240	2.281377	2,258437	2,265914
134/159	1.169502	1.178668	1.159637	1,188365	1,187170
102/7	0.585761	0.590642	0.586853	0,592691	0,593352
102/7	0.032059	0.031753	0.031221	0,031059	0,031706
102/8	0.295667	0.300044	0.296484	0,300481	0,298422
102/8	0.028026	0.027426	0.026663	0,028086	0,027702
101/6	0.446376	0.451041	0.452297	0,450649	0,457350
101/5	0.826403	0.819435	0.819272	0,819877	0,815663
101/3	0.619247	0.628995	0.616125	0,626987	0,629386
102/5	0.730675	0.722403	0.726477	0,721406	0,725653
102/5	0.548336	0.549194	0.549140	0,546384	0,549531
102/6	0.44667	0.447825	0.446554	0,450000	0,442185
102/6	0.048795	0.049421	0.048861	0,048960	0,049229
215/1	0.15767	0.163359	0.160372	0,160433	0,160079
187/121	0.496339	0.497863	0.497627	0,495014	0,494074
186/1	28.029484	28.038298	28.013181	28,025202	28,033421
203/1	2.804914	2.824654	2.808013	2,814514	2,820849
102/1	12.82311	12.832411	12.820916	12,827656	12,835327
1103/1	3.960718	3.962312	3.963522	3,966409	3,963449
101/2	20.497465	20.001996	20.507952	20,150280	20,158959

Tablo 8' in devamı

154/1	9.745243	9.749074	9.739948	9,743843	9,752745
303/1	12.789437	12.805070	12.808199	12,793407	12,797869
301/1	22.242652	22.289949	22.244032	22,325438	22,325969
302/1	8.023985	8.018623	8.026575	8,015444	8,017616
144/48	0.289691	0.289200	0.288453	0,288144	0,289390
121/1	0.013662	0.013224	0.012933	0,013734	0,013550
121/2	0.11821	0.117643	0.118843	0,117722	0,118551
121/3	0.041352	0.041751	0.040817	0,040622	0,040201
144/40	0.054553	0.054821	0.054010	0,054625	0,054176
144/41	0.06587	0.064505	0.064623	0,064332	0,065481
144/42	0.013535	0.013859	0.014325	0,013768	0,013740
144/44	0.060864	0.060081	0.060858	0,061569	0,062512
144/45	0.047997	0.048055	0.049302	0,050107	0,050040
102/2	0.340574	0.339425	0.341342	0,340183	0,338439
103/9	0.142436	0.140522	0.140711	0,140965	0,143642
104/7	0.256964	0.259265	0.259813	0,257303	0,255180
104/9	0.180548	0.182688	0.182025	0,181858	0,184139
103/10	0.203468	0.206170	0.205900	0,206516	0,207362
145/3	0.131944	0.133291	0.134259	0,130746	0,133063
145/5	0.053633	0.052748	0.052665	0,052907	0,053921
144/22	0.314393	0.316620	0.316291	0,315997	0,315641
102/10	0.106676	0.110123	0.112047	0,110840	0,109906
104/11	0.193097	0.192103	0.192065	0,192277	0,192885
145/1	0.131483	0.132814	0.131788	0,131580	0,133866
146/1	0.138225	0.137021	0.136967	0,138358	0,137244
144/20	0.021806	0.020884	0.020427	0,020463	0,019978
144/21	0.084705	0.086014	0.084789	0,084227	0,084712
144/43	0.161145	0.161249	0.159756	0,160504	0,160721
144/46	0.084044	0.085016	0.083822	0,084702	0,083714
144/47	0.098186	0.098219	0.099895	0,100314	0,099193
102/11	0.057789	0.058876	0.057159	0,059726	0,058075
102/9	0.026214	0.027740	0.028277	0,027601	0,027031
104/10	0.102961	0.104060	0.104543	0,103111	0,103106
102/3	0.088095	0.089284	0.087573	0,089181	0,089000
102/4	0.064842	0.063860	0.064465	0,063440	0,064117
103/2	0.231281	0.235130	0.235231	0,235664	0,236987
103/3	0.162047	0.166799	0.162956	0,165634	0,162629

Tablo 8' in devamı

104/2	0.242274	0.244054	0.240423	0,243613	0,240313
103/6	0.092061	0.092197	0.090874	0,091533	0,091601
103/7	0.155155	0.153197	0.153722	0,154806	0,156204
104/6	0.007748	0.007513	0.007867	0,007905	0,007386
103/8	0.310172	0.306790	0.305911	0,306966	0,307226
103/4	0.26814	0.266796	0.266246	0,267407	0,266970
103/5	0.045589	0.046798	0.046651	0,046447	0,047130
104/4	0.200026	0.197064	0.199005	0,200973	0,200827
103/1	0.011501	0.010238	0.011157	0,011474	0,011117
442/1	23.235693	23.209048	23.209388	23,240683	23,235352
441/1	105.848127	106.155685	105.804529	9,922367	9,915846
446/1	9.966285	9.976306	9.969437	9,973536	9,967558
275/75	1.235662	1.231062	1.235745	1,235340	1,234507
275/78	3.105904	3.093182	3.110348	3,093276	3,093593
275/79	0.835887	0.842380	0.835796	0,836410	0,835575
275/80	1.056489	1.054159	1.051896	1,057148	1,059865
275/76	0.703242	0.703704	0.701531	0,703434	0,702072
275/90	2.32734	2.324881	2.327885	2,327643	2,323087
275/96	0.875931	0.871693	0.871349	0,870124	0,874799
275/101	0.837708	0.835454	0.841152	0,837507	0,834247
275/82	2.70751	2.708581	2.705728	2,708147	2,708664
275/102	0.829782	0.831086	0.835815	0,825164	0,831239
275/103	0.356079	0.358897	0.356278	0,359930	0,358772
275/125	0.159212	0.161450	0.161759	0,158597	0,158320
275/126	0.457911	0.460490	0.455387	0,460034	0,462163
275/124	3.117364	3.100164	3.126467	3,112873	3,106426
191/1	37.202337	37.228832	37.203575	37,210863	37,203277
TOPLAM FARK	1791,50	1763,87	1791,28	1769,41	1769,07



Şekil 27. Alan koruyan projeksiyonların fark grafiği

Tablo 9. Alan koruyan projeksiyonlarda hesaplanan alanlar ve gerçek alan değer farkları

PARSEL ADI	SAK FARK(m ²)	BAK FARK(m ²)	BAKK FARK(m ²)	LAAK FARK(m ²)	AAKK FARK(m ²)
165/1	118.663220	118.660972	118.659886	118.659645	118.661502
168/230	1098.175320	1098.178913	1098.169758	1098.173371	1098.178443
168/232	13.301313	13.299873	13.301806	13.298211	13.299064
210/2	767.132752	767.128881	767.121540	767.116538	767.118010
579/1	3377.257266	3377.764195	3377.287643	3377.980013	3378.016251
580/1	530.689612	530.706020	530.689335	530.699478	530.704557
581/1	1014.038686	1013.987518	1014.031968	1014.012678	1014.008192
582/1	336.328553	336.377556	336.341315	336.356268	336.356415
649/19	152.202913	152.174554	152.197255	152.186599	152.178462
810/1	69.368366	69.383273	69.369242	69.391238	69.390000
811/1	19.991247	20.018583	19.990539	20.021383	20.010027
104/1	552.695982	552.786917	552.702645	552.788441	552.788482
105/1	555.873382	555.882246	555.880789	555.882159	555.875884
106/1	479.199529	479.188571	479.212728	479.182022	479.189210
172/1	4.504796	4.504337	4.504755	4.504430	4.504235
172/2	333.472696	333.467059	333.473260	333.474032	333.472441

Tablo 9' un devamı

173/1	-0.251996	-0.271544	-0.260678	-0.254162	-0.260514
173/38	1.405413	1.405199	1.404993	1.404814	1.404791
175/1	443.521760	443.547613	443.510884	443.522520	443.536843
101/1	-157.131231	-153.021484	-156.887095	-153.143760	-153.014404
181/1	1889.731776	1889.797647	1889.737253	1889.788637	1889.774287
183/1	1021.130768	1021.153458	1021.131178	1021.145081	1021.147073
211/1	75.302532	75.285013	75.296888	75.292980	75.293235
216/1	24.637547	24.637642	24.633917	24.636593	24.636286
217/1	98.337752	98.322137	98.343773	98.332760	98.334341
219/1	1258.383380	1258.454571	1258.367820	1258.433148	1258.424258
227/1	299.437232	299.436802	299.438201	299.439826	299.425410
229/1	283.210448	283.207126	283.206695	283.202349	283.207264
231/1	2028.037519	2027.978206	2028.034656	2027.988138	2027.995054
235/1	1126.383484	1126.379523	1126.403163	1126.358145	1126.377508
237/1	3859.178243	3859.432121	3859.189758	3859.378084	3859.347297
237/9	162.394033	162.396635	162.387951	162.403772	162.396860
238/1	319.430813	319.450588	319.442444	319.459273	319.451897
244/8	10.423394	10.426509	10.422878	10.425255	10.424327
444/1	446.930000	446.921735	446.916729	446.928091	446.925800
269/1	1058.913118	1058.917092	1058.922700	1058.903675	1058.891731
144/37	1.030000	1.029869	1.030143	0.970120	0.941485
269/3	21.292388	21.304279	21.287418	21.302446	21.309418
275/1	8169.494337	8169.424805	8169.487105	8169.450471	8169.470330
275/4	10.861591	10.855553	10.863049	10.857606	10.855219
275/10	2.617459	2.617654	2.616675	2.619096	2.617251
275/28	35.444422	35.441627	35.442150	35.439108	35.441772
275/29	33.748049	33.749530	33.750276	33.747535	33.743236
275/31	10.268716	10.266477	10.269221	10.270012	10.268392
275/33	38.668558	38.669458	38.663681	38.670689	38.671131
275/34	27.423137	27.420481	27.421578	27.418837	27.423921
275/64	12.492585	12.493990	12.490913	12.495378	12.492347
275/65	85.289877	85.285468	85.286716	85.287017	85.290557
275/67	45.165486	45.172499	45.165017	45.169416	45.166262
275/68	30.741841	30.751463	30.740587	30.746239	30.743160
275/69	14.205160	14.207958	14.204031	14.208046	14.207529
275/70	64.073402	64.075880	64.080915	64.077112	64.076570
275/71	20.891477	20.900609	20.894491	20.896883	20.889670
275/74	102.348866	102.342909	102.348790	102.342331	102.348302
104/1	5.066120	5.065141	5.064944	5.066168	5.063926
236/1	4686.787961	4687.333359	4686.821987	4687.361371	4687.313805
106/1	38.017963	38.017908	38.021419	38.019685	38.018735

Tablo 9' un devamı

233/24	50.744251	72.447768	50.662238	67.048334	67.379975
275/145	136.980656	136.987913	136.982138	136.990461	136.984077
288/1	1426.536256	1426.526025	1426.531832	1426.526132	1426.518294
134/18	946.805493	946.757040	946.798968	946.740632	946.750806
187/1	8016.713017	8016.742078	8016.723680	8016.756672	8016.780450
134/19	2194.808670	2194.787183	2194.819531	2194.822560	2194.807565
209/1	52.026318	52.037350	52.023958	52.030996	52.027950
134/20	97.848623	97.872760	97.837575	97.871563	97.864086
134/159	50.830363	50.811332	50.820498	50.801635	50.802830
102/7	26.223147	26.219358	26.224239	26.217309	26.216648
102/7	2.218779	2.218247	2.217941	2.218941	2.218294
102/8	0.493516	0.489956	0.494333	0.489519	0.491578
102/8	13.423337	13.422574	13.421974	13.421914	13.422298
101/6	19.867703	19.868959	19.873624	19.869351	19.862650
101/5	36.060728	36.060565	36.053597	36.060123	36.064337
101/3	27.523875	27.511005	27.520753	27.513013	27.510614
102/5	32.123523	32.127597	32.119325	32.128594	32.124347
102/5	24.370860	24.370806	24.371664	24.373616	24.370469
102/6	26.363446	26.362175	26.363330	26.360000	26.367815
102/6	1.641139	1.640579	1.641205	1.641040	1.640771
215/1	7.159628	7.156641	7.162330	7.159567	7.159921
187/121	21.432373	21.432137	21.433661	21.434986	21.435926
186/1	1142.076819	1142.051702	1142.060516	1142.064798	1142.056579
203/1	117.021987	117.005346	117.025086	117.015486	117.009151
102/1	957.809084	957.797589	957.806890	957.802344	957.794673
1103/1	8202.826478	8202.827688	8202.829282	8202.823591	8202.826551
101/1	890.042048	890.548004	890.052535	890.399720	890.391041
154/1	407.090052	407.080926	407.084757	407.086157	407.077255
303/1	611.421801	611.424930	611.440563	611.436593	611.432131
301/1	1220.265968	1220.220051	1220.267348	1220.184562	1220.184031
302/1	360.743425	360.751377	360.746015	360.754556	360.752384
144/48	13.041547	13.040800	13.040309	13.041856	13.040610
121/1	0.627067	0.626776	0.626338	0.626266	0.626450
121/2	162.171157	162.172357	162.171790	162.172278	162.171449
121/3	1.879183	1.878249	1.878648	1.879378	1.879799
144/40	2.565990	2.565179	2.565447	2.565375	2.565824
144/41	2.875377	2.875495	2.874130	2.875668	2.874519
144/42	0.635675	0.636141	0.636465	0.636232	0.636260
144/44	2.719142	2.719919	2.719136	2.718431	2.717488
144/45	2.730698	2.731945	2.732003	2.729893	2.729960
102/2	16.388658	16.390575	16.389426	16.389817	16.391561

Tablo 9' un devamı

103/9	7.109289	7.109478	7.107564	7.109035	7.106358
104/7	12.190187	12.190735	12.193036	12.192697	12.194820
104/9	8.797975	8.797312	8.799452	8.798142	8.795861
103/10	9.414100	9.413830	9.416532	9.413484	9.412638
145/3	6.065741	6.066709	6.068056	6.069254	6.066937
145/5	2.477335	2.477252	2.476367	2.477093	2.476079
144/22	14.353709	14.353380	14.355607	14.354003	14.354359
102/10	5.887953	5.889877	5.893324	5.889160	5.890094
104/11	9.507935	9.507897	9.506903	9.507723	9.507115
145/1	5.978212	5.977186	5.978517	5.978420	5.976134
146/1	6.253033	6.252979	6.251775	6.251642	6.252756
144/20	0.889573	0.889116	0.888194	0.889537	0.890022
144/21	3.805211	3.803986	3.805295	3.805773	3.805288
144/43	7.280244	7.278751	7.278855	7.279496	7.279279
144/46	3.816178	3.814984	3.815956	3.815298	3.816286
144/47	4.470105	4.471781	4.471814	4.469686	4.470807
102/11	2.662841	2.661124	2.662211	2.660274	2.661925
102/9	0.871723	0.872260	0.873786	0.872399	0.872969
104/10	4.875457	4.875940	4.877039	4.876889	4.876894
102/3	4.012427	4.010716	4.011905	4.010819	4.011000
102/4	2.705535	2.706140	2.705158	2.706560	2.705883
103/2	10.934769	10.934870	10.938719	10.934336	10.933013
103/3	7.857044	7.853201	7.857953	7.854366	7.857371
104/2	1.639577	1.635946	1.637726	1.636387	1.639687
103/6	4.529126	4.527803	4.527939	4.528467	4.528399
103/7	7.646278	7.646803	7.644845	7.645194	7.643796
104/6	1.142133	1.142487	1.142252	1.142095	1.142614
103/8	14.614089	14.613210	14.609828	14.613034	14.612774
103/4	13.083754	13.083204	13.081860	13.082593	13.083030
103/5	2.213349	2.213202	2.214411	2.213553	2.212870
104/4	10.080995	10.082936	10.079974	10.079027	10.079173
103/1	1.138843	1.139762	1.138499	1.138526	1.138883
442/1	1077.480612	1077.480952	1077.454307	1077.449317	1077.454648
445/1	433.360000	433.360988	433.365612	433.357633	433.364154
446/1	414.630563	414.623694	414.633715	414.626464	414.632442
275/75	58.344255	58.348938	58.344338	58.344660	58.345493
275/78	146.519652	146.536818	146.524096	146.536724	146.536407
275/79	39.874204	39.867620	39.874113	39.873590	39.874425
275/80	51.258104	51.255841	51.253511	51.252852	51.250135
275/76	33.148469	33.146296	33.146758	33.146566	33.147928
275/90	107.882115	107.885119	107.882660	107.882357	107.886913

Tablo 9' un devamı

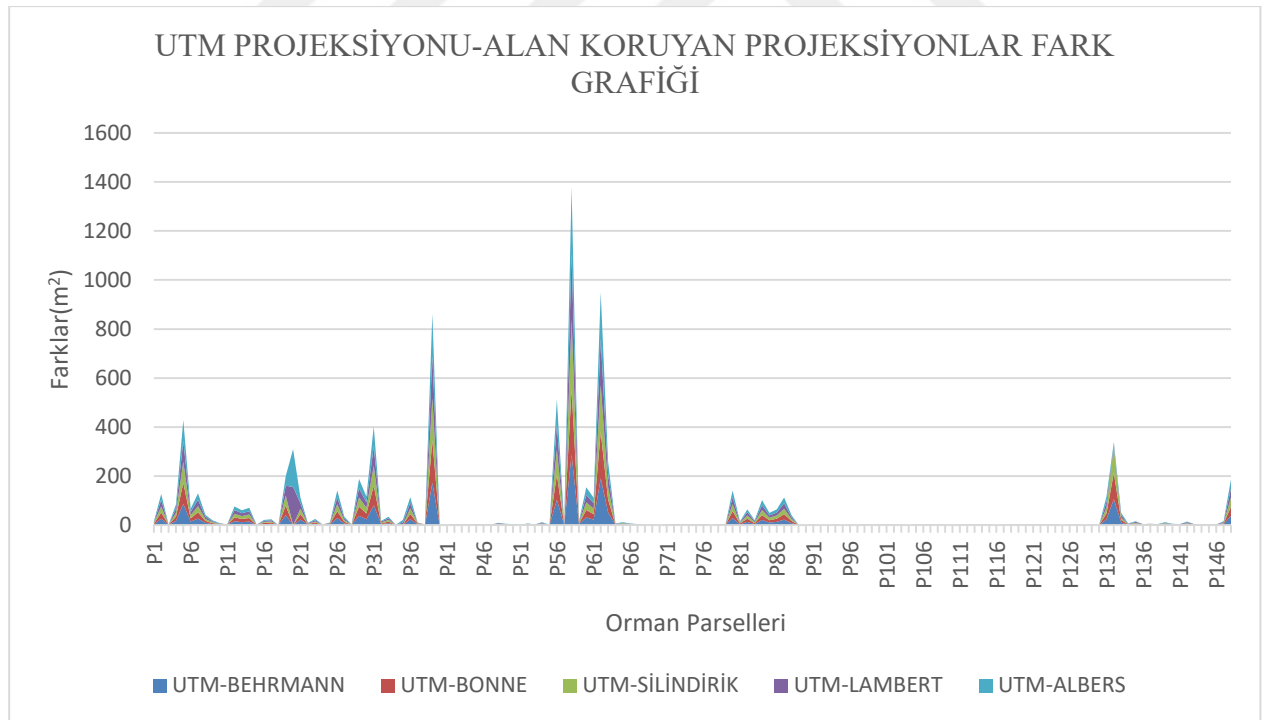
275/96	138.028651	138.028307	138.024069	138.029876	138.025201
275/101	39.468848	39.474546	39.472292	39.472493	39.475753
275/82	129.634272	129.631419	129.632490	129.631853	129.631336
275/102	39.014185	39.018914	39.020218	39.024836	39.018761
275/103	16.953722	16.951103	16.953921	16.950070	16.951228
275/125	7.508241	7.508550	7.510788	7.511403	7.511680
275/126	21.684613	21.679510	21.682089	21.679966	21.677837
275/124	147.053533	147.079836	147.062636	147.067127	147.073574
191/1	1561.586425	1561.561168	1561.587663	1561.579137	1561.586723
TOPLAM FARK	69117.09	69144.72	69117.31	69139.18	69139.52

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

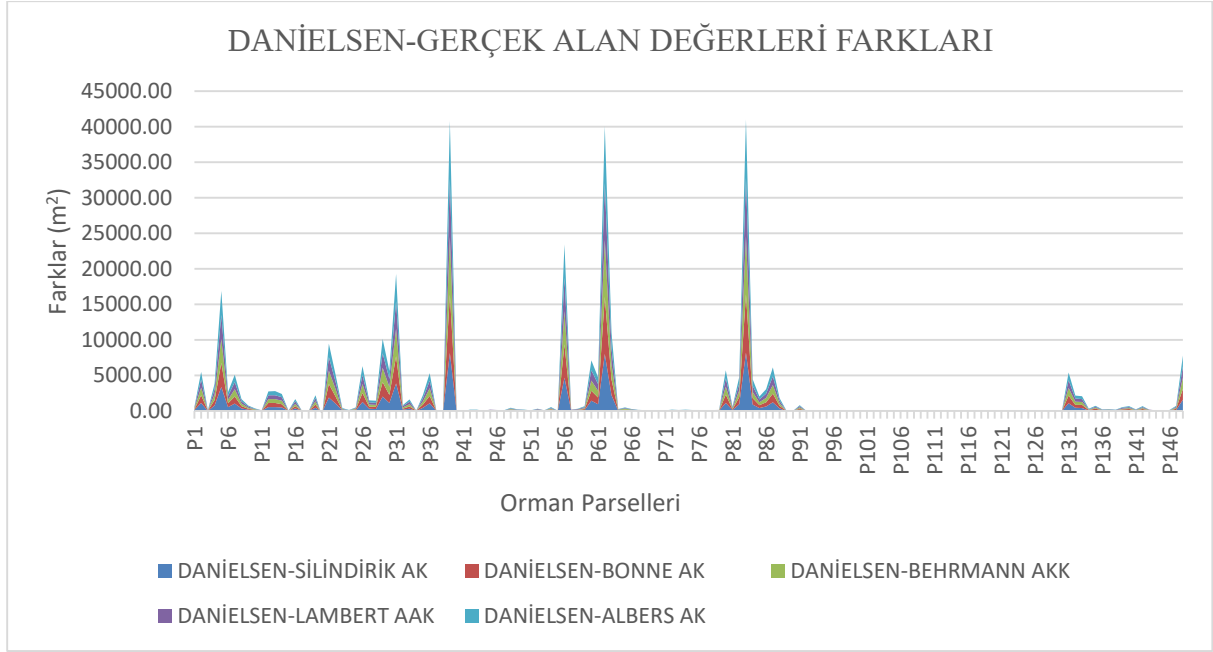
3.1. Kullanılan Yöntemin İrdelenmesi

Yapılan bu çalışmada Matlab yazılımı ortamında Danielsen yöntemi için geliştirilen algoritma ile elipsoid yüzeyinde alanlar hesaplanmıştır. Bu yöntemlere göre hesaplanan alanlar ile ITRF96 3 derecelik projeksiyonda hesaplanan ve orman kadastro çalışmalarında kullanılan alanlar arasındaki farklar Şekil.28 de ki grafikde gösterilmiştir. Çalışmada oluşturulan tablolar ve grafikler ise Microsoft Excel yazılımında hazırlanmıştır. Çalışmada ele alınan en büyük orman parseli alanı 1151027.82 m², en küçük orman parseli alanı ise 36.04 m² dir. Grafiklerde parseller karışık şekildedir.

3.2. Alan Koruyan Projeksiyonlarda Hesaplanan Alanların İncelenmesi

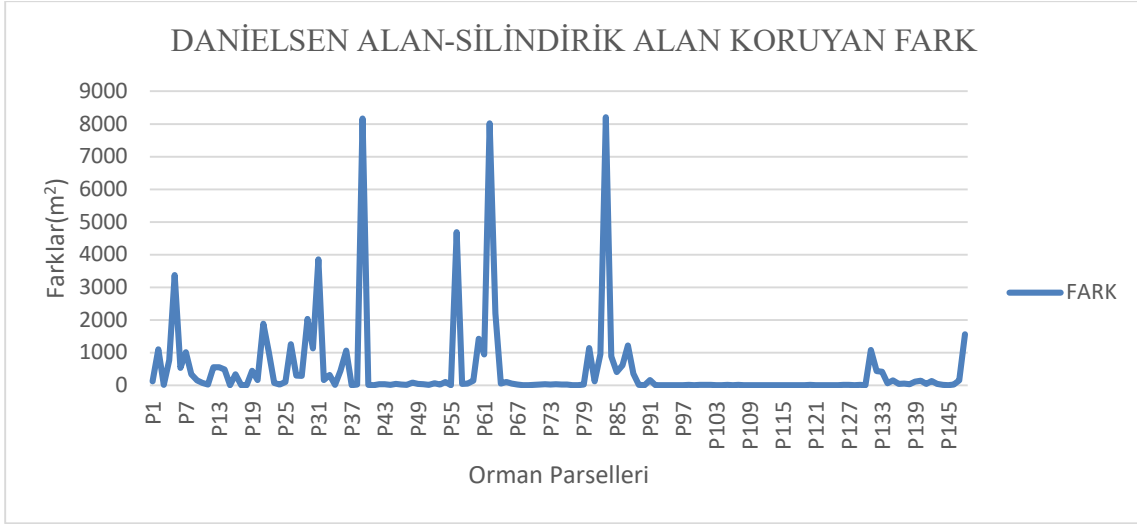


Şekil 28. UTM 3 derecelik orman parselleri alanları ve alan koruyan projeksiyonları karşılaştırma grafiği



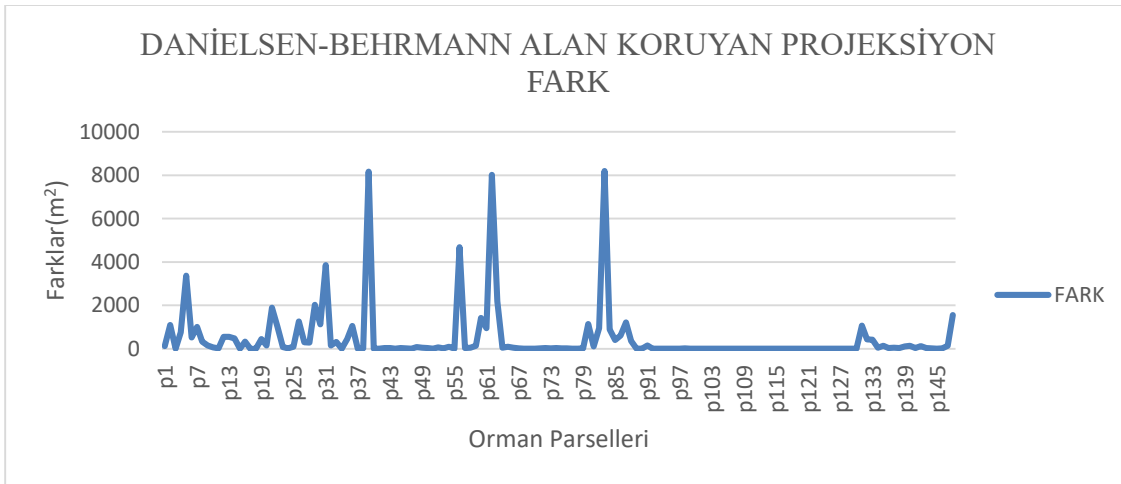
Şekil 29. Danielsen ile hesaplanan orman parselleri alanları ve alan koruyan projeksiyonlarda hesaplanan alanların karşılaştırma grafiği

148 Adet orman parseline ait elipsoid yüzeyinde alan Danielsen yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Daha sonra eğim ve yükseklik değerleri de eklenerek topografik yüzeyde orman parsellerinin alanları bulunmuştur. Çalışma alanında hesaplanan orman parselleri alanları daha sonra 5 adet alan koruyan projeksiyonda hesaplanmıştır. Şekil.29 da hesaplanan alanlara ait grafikler gösterilmiştir. Bölüm 2.3'te parsel alanlarına ilişkin verileri içeren tablolar ve Bölüm 2.4'te alan koruyan projeksiyonlar ile Danielsen yöntemi arasındaki farkları gösterir tablolar yer almaktadır. Grafiklerin hazırlanmasında Bölüm 2.3 ve 2.4'teki tablolar kullanılmıştır. Danielsen yöntemi ile elipsoid yüzeyinde hesaplanan gerçek alan değerleri ile çalışmada kullanılan 5 farklı alan koruyan projeksiyonda hesaplanan parsel alanları arasındaki farklara ilişkin grafikler aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 30. Danielsen yöntemi ile hesaplanan gerçek alan ve silindirik alan koruyan projeksiyon da hesaplanan alanların karşılaştırma grafiği

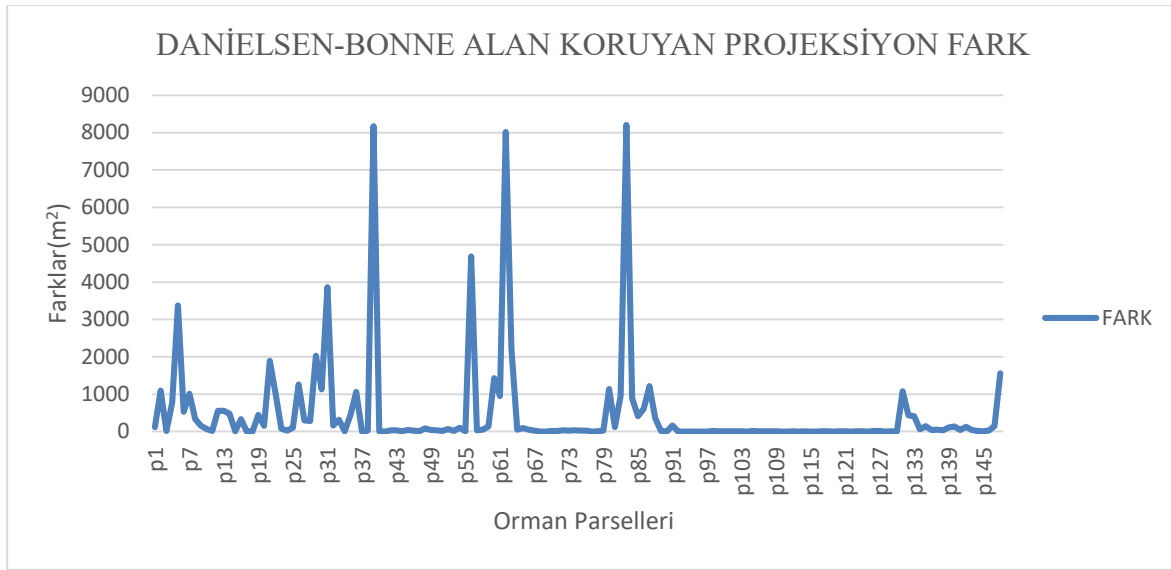
Danielsen yöntemine göre hesaplanan gerçek alan değerleri ile Silindirik alan koruyan projeksiyonunda hesaplanan alan değerleri arasındaki farklara ilişkin grafik Şekil 30’da gösterilmektedir. Danielsen ve Silindirik alan koruyan projeksiyon alan farkları irdelendiğinde, en düşük alan farkının 0.25 m^2 ve en yüksek alan farkının ise 8202.83 m^2 olduğu görülmektedir.



Şekil 31. Danielsen yöntemi ile hesaplanan gerçek alan ve Behrmann alan koruyan projeksiyon hesaplanan alanların karşılaştırma grafiği

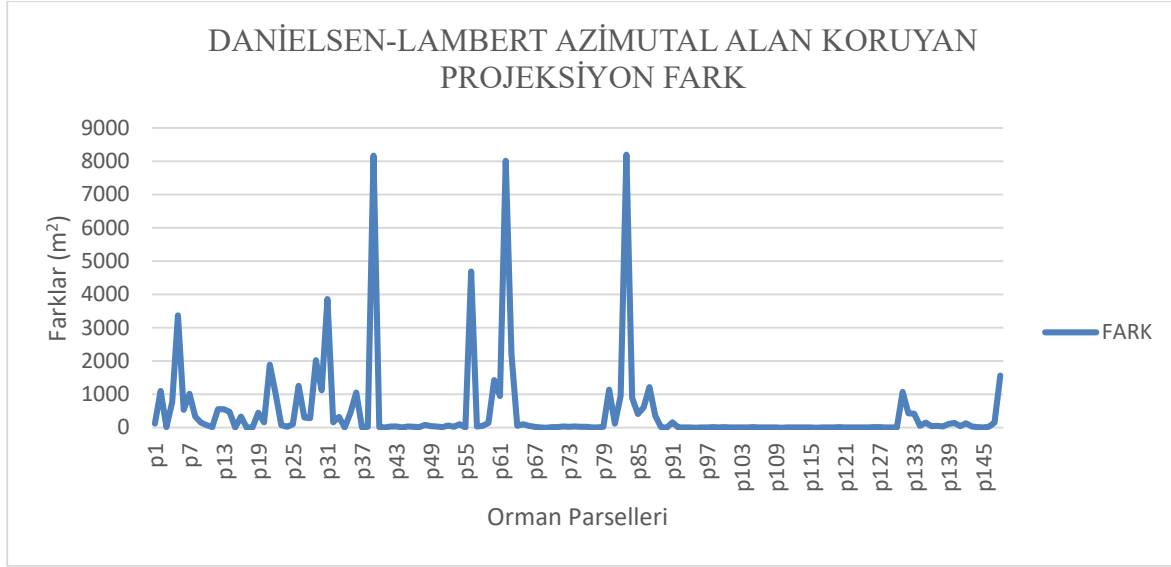
Danielsen alan değerleri ile Behrmann alan koruyan silindirik projeksiyonda hesaplanan alan değerleri arasındaki farklara ilişkin grafik şekil 31’de gösterilmektedir. Danielsen ve Behrmann alan koruyan projeksiyon alan farkları irdelendiğinde, en düşük alan farkının 0.26 m^2 ve en yüksek alan farkının ise 8202.83 m^2 olduğu görülmektedir.

Danielsen alan değerleri ile Bonne alan koruyan projeksiyonda hesaplanan alan değerleri arasındaki farklara ilişkin grafik şekil 32’de gösterilmektedir. Danielsen ve Bonne alan koruyan projeksiyon alan farkları grafiği (şekil 32) irdelendiğinde, en düşük alan farkının 0.27 m^2 ve en yüksek alan farkının ise 8202.83 m^2 olduğu görülmektedir.



şekil 32. Danielsen yöntemi ile hesaplanan gerçek alan ve Bonne alan koruyan projeksiyonda hesaplanan alanların karşılaştırma grafiği

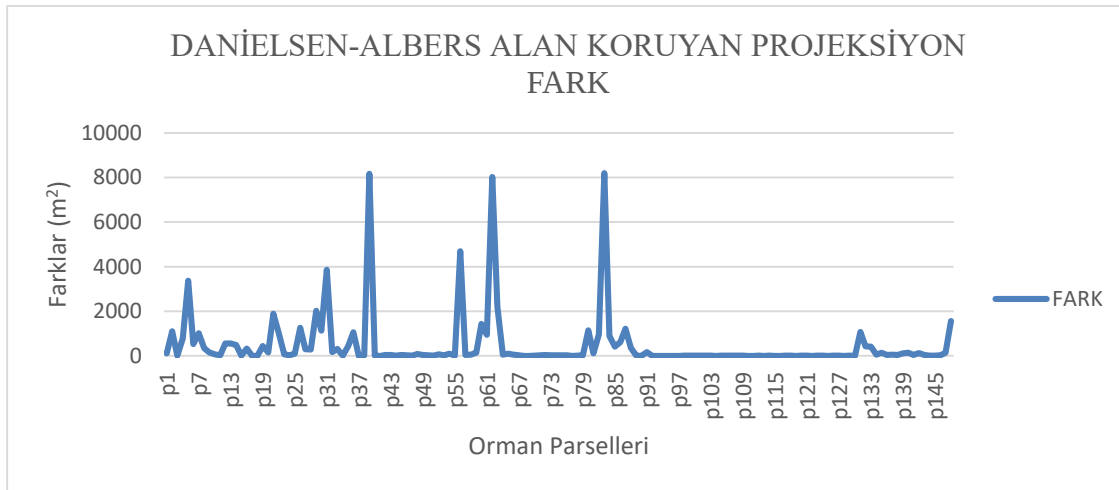
Danielsen alan değerleri ile LAAK projeksiyonda hesaplanan alan değerleri arasındaki farklara ilişkin grafik şekil 33’de gösterilmektedir. Danielsen ve LAAK projeksiyon alan farkları grafiği (şekil 33) irdelendiğinde, en düşük alan farkının 0.25 m^2 ve en yüksek alan farkının ise 8202.82 m^2 olduğu görülmektedir.



Şekil 33. Danielsen yöntemi ile hesaplanan gerçek alan ve Lambert Azimutal alan koruyan projeksiyonda hesaplanan alanların karşılaştırma grafiği

Danielsen alan değerleri ile Albers alan koruyan projeksiyonda hesaplanan alan değerleri arasındaki farklara ilişkin grafik Şekil 34’de gösterilmektedir.

Danielsen ve Albers alan koruyan projeksiyon alan farkları grafiği (Şekil 34) irdelendiğinde, en düşük alan farkının 0.26 m^2 ve en yüksek alan farkının ise 8202.83 m^2 olduğu görülmektedir.



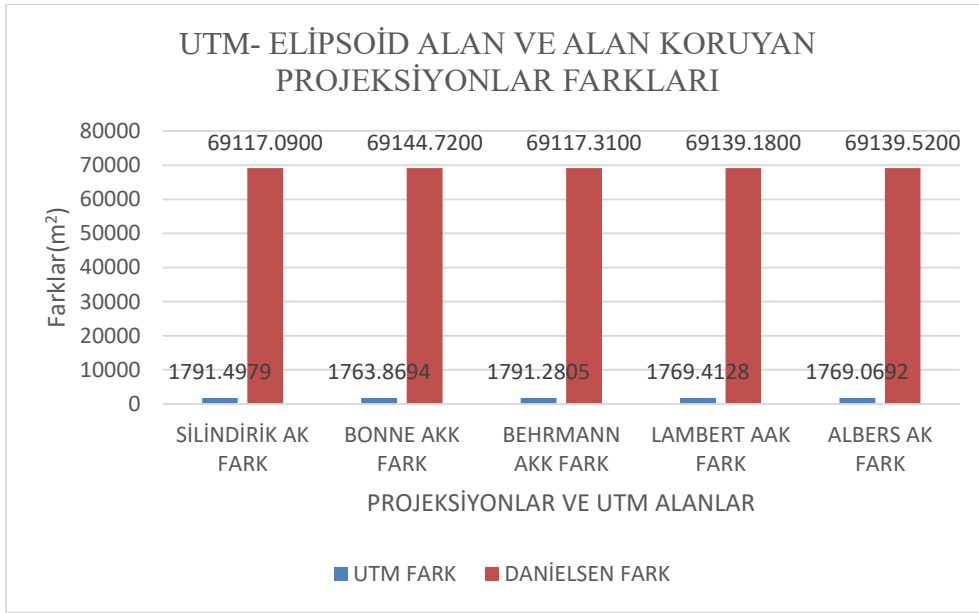
Şekil 34. Danielsen yöntemi ile hesaplanan gerçek alan ve Albers alan koruyan projeksiyonda hesaplanan alanların karşılaştırma grafiği

Tablo 8 incelendiğinde Behrmann, Bonne, Lambert Azimutal, Albers ve Silindirik alan koruyan projeksiyonlarının UTM projeksiyonu ile farkları görülmektedir. 148 adet orman parseline ait farklar toplam olarak irdelendiğinde Behrmann alan koruyan projeksiyon için toplam alan farkı 1791.50 m², Bonne alan koruyan projeksiyon için toplam alan farkı 1763.87 m², silindirik alan koruyan projeksiyon için toplam alan farkı 1791.28 m², Lambert Azimutal alan koruyan projeksiyon için toplam alan farkı 1769.41 m², Albers alan koruyan projeksiyon için toplam alan farkı 1769.07 m² olarak bulunmuştur.

Tablo 9 incelendiğinde Behrmann, Bonne, Lambert Azimutal, Albers ve Silindirik alan koruyan projeksiyonlarının gerçek alan değerleri ile farkları görülmektedir. 148 adet orman parseline ait farklar toplam olarak irdelendiğinde Behrmann alan koruyan projeksiyon için toplam alan farkı 69117.31 m², Bonne alan koruyan projeksiyon için toplam alan farkı 69144.72 m², silindirik alan koruyan projeksiyon için toplam alan farkı 69117.09 m², Lambert Azimutal alan koruyan projeksiyon için toplam alan farkı 69139.18 m², Albers alan koruyan projeksiyon için toplam alan farkı 69139.52 m² olarak bulunmuştur.

Tablo 10. Alan koruyan projeksiyonların toplam farkları

TOPLAM FARKLAR (m ²)					
ALAN KORUYAN PROJEKSİYON LAR	BAKK	BAK	SAK	LAKK	AAK
UTM TOPLAM FARK	1791.50	1763.87	1791.28	1769,41	1769,07
GERÇEK ALAN TOPLAM FARK	69117.31	69144.72	69117.09	69139.18	69139.52



Şekil 35. Projeksiyonlar toplam fark grafiği

Tablo 11. Alan koruyan projeksiyonlar toplam alanları

TOPLAM ALANLAR (m ²)				
BAKK	BAK	SAK	LAKK	AAK
8011993.43	8012020.84	8011993.21	8012015,29	8012015,64
TOPLAM GERÇEK ALAN: 7942876.12 m ²				

3.3. Elipsoid Yüzeyde Hesaplanan Alanların İncelenmesi

Danielsen yöntemi kullanılarak Trabzon ili Köprübaşı ilçesine ait 148 adet orman parselinin gerçek alanları Matlab programı ile hesaplatılmıştır. Orman parsellerinin UTM toplam alanları 8013784.71 m² dir. Danielsen yöntemi kullanılarak hesaplanan toplam alan ise 7942876.12 m² olarak elde edilmiştir. Gerçek alan değerlerine eğim ve yükseklik değerleri eklenerek topografik yüzeyde alana ulaşılmıştır.

Tablo 12. Alan Değerleri

UTM ALAN: 8013784.71 m²	GERÇEK ALAN: 7942876.12 m²
FARK	70908.59 m²

3.3.1. Eğim Değerlerinin Gerçek Alana Eklenmesi

148 adet ormana ait toplam gerçek alan 7942876.12 m² dir. Toplam eğim düzeltmesi 210406.81 m² olarak bulunmuştur. Eğim değerleri de eklenerek oluşan yeni gerçek alan 8153282.93 m² dir.

3.3.2. Yükseklik Değerlerinin Gerçek Alana Eklenmesi

148 adet ormana ait toplam gerçek alan 7942876.12 m² dir. Toplam yükseklik düzeltmesi 1281.48 m² olarak bulunmuştur. Yükseklik değerleri de eklenerek oluşan yeni gerçek alan 7944157.59 m² dir.

Tablo 13. Topografik yüzeyde alan değeri

Gerçek Alan Değeri	7942876.12 m ²
Eğim Düzeltmesi	210406.81 m ²
Yükseklik Düzeltmesi	1281.48 m ²
Toplam Gerçek Alan	8154564.41 m²

Gerçek alan değerlerine eğim ve yükseklik düzeltmeleri eklendiğinde topografik değer 8154564.41 m² dir. UTM projeksiyonunda toplam alan 8013784.71 m² iken gerçek alandan ulaşılan topografik yüzeyde toplam alan değeri 8154564.41 m² olarak 140779.70 m² artmıştır. Haritadaki 148 adet orman parselindeki bu alan kaybı ülkemizde ki tüm orman alanları için düşünüldüğünde parsel alanından ne kadar büyük bir kayıp olduğunu göstermektedir.

Tablo 14. UTM-Topografik alan farkı

UTM ALAN: 8013784.71 m²	TOPOGRAFİK ALAN: 8154564.41 m²
FARK	140779.70 m²

Tablo 15. Alanlar karşılaştırması

UTM ALAN	8013784.71 m ²
GERÇEK ALAN	7942876.12 m ²
SİLİNDİRİK ALAN KORUYAN	8011993.21 m ²
TOPOGRAFİK ALAN	8154564.41 m ²

Tablo 14 ve Tablo 15 incelendiğinde UTM projeksiyonu ve alan koruyan projeksiyonu kullanılarak hesaplanan alanların elipsoid yüzeyde hesaplanan ve eğim ve yükseklik

değerleri eklenen alan değerini karşılamadığı görülmektedir. Harita yüzeyindeki alanların gerçek alanı yansıtmadığı gerçeği bu şekilde kanıtlanmıştır.

Silindirik alan koruyan projeksiyon kullanılarak hesaplanan değerler, topografik yüzeydeki toplam alanı en yakın şekilde yansıtacak sonuçları vermiştir. Fakat yinede topografik alan değerini yani gerçek değeri karşılamamaktadır.

Tablo 16. Bonne AK ve toplam gerçek alan değeri tablosu

	TOPLAM ALANLAR (m²)
DANIELSEN-GERÇEK ALAN	7942876.12
SİLİNDİRİK AK ALAN	8011993.21
FARK	69117.09

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) kullanıcılarının alan bilgisini çeşitli uygulamalarda doğru bir şekilde kullanabilmesi için gerekli düzeltmeler ve bu düzeltmelerin büyüklükleri incelenmiştir. Alan hesaplamaları, harita projeksiyonunun seçimi, elipsoid yüksekliği ve arazi eğimi gibi faktörlerden etkilenmektedir. CBS kullanıcıları bu düzeltmeleri genellikle göz ardı etmekte veya düzeltme büyüklüklerinin hassasiyet sınırları içinde olup olmadığını değerlendirmemektedir. Ayrıca, CBS kullanıcıları sıklıkla yazılımın sunduğu sınırlı imkanlarla kısıtlı kalmaktadır. Kullanıcılara, mevcut CBS yazılımlarında bulunmayan bir elipsoid yüzeyinde alan hesaplama yöntemi olan Danielsen yöntemi tanıtılmıştır. Bu yöntemle, UTM sistemindeki alan deformasyonlarının dereceleri ve bu sistemin büyük alanlar için alan hesaplamasında yetersiz kaldığı durumlar analiz edilmiştir. Ayrıca, UTM yerine alan hesaplamasının kritik olduğu projelerde, CBS yazılımlarında bulunan alan koruyan projeksiyonlardan hangisinin tercih edilmesi gerektiği test edilmiştir. Kullanıcılara Silindirik alan koruyan projeksiyonunun kullanılması önerilmiştir.

UTM projeksiyonundan hesaplanan alanı etkileyen faktörlerden biri, parselin topoğrafik olarak belirli bir yükseklikte ve eğimde bulunmasıdır. Seçilen büyük alanlı parsele, 100 m ile 3000 m arasındaki yükseklikler ve %5 ile %50 arasındaki eğim değerleri için alan düzeltme miktarları hesaplanmış ve sunulmuştur. Eğim ve yükseklik değerleri eklendiğinde 148 adet parsel alanında %2.66 artış olmuştur.

UTM projeksiyonunda toplam alan 8013784.71 m^2 iken Danielsen yöntemi kullanılarak hesaplanan toplam alan ise 7942876.12 m^2 olarak elde edilmiştir. Gerçek alan değerlerine eğim ve yükseklik değerleri eklenerek topoğrafik yüzeyde alana ulaşılmıştır. Topoğrafik yüzeyde toplam alan değeri 8154564.41 m^2 olarak UTM ye göre 140779.70 m^2 artmıştır. Parsellerin toplam alan değeri UTM ye göre %1.75 artış göstermiştir. Haritadaki 148 adet orman parselindeki bu alan kaybı ülkemizde ki tüm orman alanları için düşünüldüğünde parsel alanından ne kadar büyük bir kayıp olduğunu göstermektedir. Ayrıca Silindirik alan koruyan projeksiyonda hesaplanan toplam alan değeri 8011993.21 m^2 dir. Seçilen alan koruyan projeksiyonlardan en uygun sonucu veren Silindirik alan koruyan projeksiyon olmuştur.

Orman parsellerinin değerlendirilmesinde, maliyetlerin, ağaçlandırmanın ve bunun gibi çalışmaların olduğu uygulamalarda gerçek alan değeri önem kazanmaktadır. Parsellerin alanları harita üzerinden değerlendirildiğinde değerleri daha düşük olmaktadır. Orman genel müdürlüğü için orman parselleri büyük önem taşımaktadır. Parsellerin alanlarının artması ormancılık faaliyetleri açısından ekonomik avantajlar sunar. Bu alanlarda yapılan ağaç kesimi ve diğer ormancılık işlemleri, maliyetlerin azaltılmasına ve verimliliğin artırılmasına yardımcı olabilir.

Topografik alan, orman yönetimi ve planlamasında kritik bir rol oynar. Arazi eğimi, yükseklik ve eğim gibi topografik özellikler, ormanların yönetim stratejilerinin belirlenmesinde ve arazi kullanımı planlamasında önemli veriler sunar. Bu bilgiler, doğru ağaçlandırma, bakım ve hasat planlarının yapılmasına olanak tanır. Doğru alan verileri, kaynak kullanımını optimize etmeye ve orman ekosisteminin sağlığını korumaya yardımcı olabilir.

Gerçek alan bilgisi, tarım arazilerinin yönetimi, korunması ve geliştirilmesinde de kritik bir rol oynar. Bu bilgiler, tarımsal üretkenliği artırma, çevresel sürdürülebilirliği sağlama ve ekonomik verimliliği optimize etme açısından temel bir gereksinimdir.

5. KAYNAKLAR

- Akçın, H. (1998). GPS Ölçülerinden Pratik Yüksekliklerin Elde Edilmesi Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Y.T.Ü., İstanbul.
- Başaraner, A. M. Projeksiyon Koordinat Sistemleri Ve Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında Kullanımı. (2019). Harita Mühendisliği Bölümü, Kartografya Anabilim Dalı, YTÜ.
- Danielsen, J. (1989). The Area Under The Geodesic. Survey Review, 232, 30, 61-66.
- Deakin, R. E., & Hunter, M. N. (2010). Geometric Geodesy Part A, School of Mathematical and Geospatial Sciences, RMIT University, Melbourne, Australia.
- Freire, R. R., & Vasconcellos, J. C. P. (2010). Geodetic or Rhumb Line Polygon Area Calculation over the WGS-84 Datum Ellipsoid. FIG Congress 2010, 11-16 April, Sydney, Australia.
- Gencer, S. (2007). Haritacılıkta Alan Hata Sınırı Formülleri ve İrdelenmesi. HKM Jeodezi Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 97(2), 47-52.
- Gillissen, I. (1993). Area Computation of A Polygon on An Ellipsoid. Survey Review, 248, 32, 92-98.
- Grossmann, W. (1976). Geodätische Rechnungen und Abbildungen in der Landesvermessung. Stuttgart.
- Karney, F. F. C. (2011). Geodesics on an Ellipsoid of Revolution. Technical report, SRI International.
- Karney, F. F. C. (2013). Algorithms for Geodesics. Journal of Geodesy, 87(1), 43–55.
- Kalkan, Y., & Alkan, R. M. (2005). Mühendislik Yapılarında Deformasyon Ölçmeleri. İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Kimerling, J. A. (1984). Area Computation from Geodetic Coordinates on the Spheroid. Surveying and Mapping, 44(4), 343-351.
- Koçak, E. (1985). Kartografya. Karadeniz Üniversitesi Basımevi, Trabzon.
- Kundu, S. N., & Pradhan, B. (2003). Surface Area Processing in GIS. Proceedings of Map Asia 2003, 13-15 October, PWTC, Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 1-6. URL
- Kurtipek, A. (2017). Ülkemizde Orman Alanları için Harita Projeksiyonu Seçimi (Yüksek Lisans Tezi). KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Orman Kanunu, 6831 sayılı, 31 Ağustos 1957, Resmi Gazete No: 9402.

Onursal, G., & Kızılsu, Z. (1999). Simple Approximation of Area Determination on Mercator Chart of Sphere. *Journal of Surveying Engineering*, November, 203-210.

Sjöberg, L. E. (2006). Determination of Areas on the Plane, Sphere and Ellipsoid. *Survey Review*, 301(38), 583-593.

Sjöberg, L. E. (2007). Precise Determination of the Clairaut Constant in Ellipsoidal Geodesy. *Survey Review*, 303(39), 81-86.

Sönmez, T., & Başkent, E. Z. (2002). *Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1, 1-9.

Tseng, W. K., Guo, J. L., & Liu, P. C. (2015). The Geometric Algorithm of Inverse and Direct Problems with an Area Solution for The Great Elliptic Arcs. *Journal of Marine Science and Technology*, 23(4), 481-490.

Uraz, M. C., & Yılmaz, İ. (2013). Gerçek Anlamda Olmayan Projeksiyonlar. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(2), 29-49.

Vincenty, T. (1975). Direct and Inverse Solutions of Geodesics on the Ellipsoid with Application of Nested Equations. *Survey Review*, 176(22), 88-93.

Yıldırım, F. (2021). CBS Uygulamalarında Harita Projeksiyon Seçimi. *Kartografya*.

Yıldırım, F., & Kadı, F. (2022). Determination of Factors Affecting Area Calculation in Forest Parcels; A Study on Forest Parcels in Köprübaşı District, Trabzon Province.

URL-1. <https://haritaonline.blogspot.com/2014/12/yukseklık-sistemleri-ve-jeoid-yuzeyinin.html>

URL.2. <https://www.ogm.gov.tr/tr/ormanlarimizsitesi/TurkiyeOrmanVarligi/Yayınlar/2020%20T%C3%BCrkiye%20Orman%20Varl%C4%B1%C4%9F%C4%B1.pdf>

URL-3. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/map/projections/albers.htm>

URL-4. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/map/projections/behrmann.htm>

URL-5. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/map/projections/bonne.htm>

URL-6. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/map/projections/sinusoidal.htm>

URL-7. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/map/projections/lambert-azimuthal-equal-area.htm>

URL-8. https://orbis.ogm.gov.tr/orbis/#geoportal/geo_geoportal

6. EKLER

Ek 1: Danielsen Yöntemi Matlab Kodu

```
clc;
clear all;
format long
global a f b e2 e12
a=6378137;
f=1/298.2572221008827;
b=a*(1-f);
e2=f*(2-f);
e12=f*(2-f)/(1-f)^2;
veri=readmatrix('102ada10parsel_son1.xlsx');
n=size(veri(:,1),1);
BBB=deg2rad(veri(:,2));
LL=deg2rad(veri(:,3));

BB=atan(sqrt(1 - e2)*tan(BBB));
    BB(n+1)=BB(1);
    LL(n+1)=LL(1);
    BBB(n+1)=BBB(1);
a0=1+2*e12/3-e12^2/15+4*e12^3/105-8*e12^4/315;
a10=2*e12/3-2*e12^2/15+4*e12^3/35-32*e12^4/315;
a11=2*e12^2/45-8*e12^3/105+32*e12^4/315;
a12=32*e12^3/1575-256*e12^4/4725;
a13=384*e12^4/33075;
a20=e12^2/45-4*e12^3/105+16*e12^4/315;
a21=16*e12^3/1575-128*e12^4/4725;
a22=64*e12^4/11025;
a30=4*e12^3/525-32*e12^4/1575;
a31=16*e12^4/3675;
a40=8*e12^4/2205;
alandan=0;
```

```

for i=1:n
    f1=BBB(i);
    f2=BBB(i+1);
    Bb1=BB(i);
    Bb2=BB(i+1);
    LL1=LL(i);
    LL2=LL(i+1);
    DLL=(LL2-LL1);
    if or(DLL==0,and(Bb2==0,Bb1==0))
        fe=0;
    else
        %-----sodano 1965-----
        aa=sin(Bb1)*sin(Bb2);
        bb=cos(Bb1)*cos(Bb2);
        nn=(a-b)/(a+b);
        if DLL<0
            snsgm=-sqrt((sin(DLL) * cos(Bb2)) ^ 2 + (sin(Bb2-Bb1) + 2 * cos(Bb2) * sin(Bb1) *
                sin(DLL / 2) ^ 2) ^ 2);
        else
            snsgm=sqrt((sin(DLL) * cos(Bb2)) ^ 2 + (sin(Bb2-Bb1) + 2 * cos(Bb2) * sin(Bb1) *
                sin(DLL / 2) ^ 2) ^ 2);
        end
        sgm=asin(snsgm);

        cssgm=aa+bb*cos(DLL);
        cc=bb*sin(DLL)/snsgm;
        mm=1-cc^2;
        %----sayfa 85,86 -----
        tr1=(f+f^2+f^3)*sgm;
        tr2=(-(f^2/2+f^3)*snsgm-
            (f^2+4*f^3)*sgm^2*csc(sgm)+(3*f^3/2)*sgm^3*csc(sgm)*cot(sgm))*aa;
        tr3=((5*f^2/4+3*f^3)*sgm+(f^2/4+f^3/2)*snsgm*cssgm+(f^2+4*f^3)*sgm^2*cot(sgm)-
            f^3/2*sgm^3*csc(sgm)^2-f^3*sgm^3*cot(sgm)^2)*mm;
    end
end

```

```

tr4=(f^3*sgm+(f^3/2)*snsgm*cssgm+f^3*sgm^3*csc(sgm)^2)*aa^2;
tr5=(31*f^3/16*sgm-(9*f^3/16)*snsgm*cssgm+f^3/2*sgm*cssgm^2-
    9*f^3/2*sgm^2*cot(sgm)+f^3/8*snsgm*cssgm^3+f^3/2*sgm^3*csc(sgm)^2+2*f^3*
    sgm^3*cot(sgm)^2)*mm^2;
tr6=(f^3*snsgm-3*f^3/2*sgm*cssgm+9*f^3/2*sgm^2*csc(sgm)-f^3/2*snsgm*cssgm^2-
    7*f^3/2*sgm^3*csc(sgm)*cot(sgm))*aa*mm;
DL=DLL+(tr1+tr2+tr3+tr4+tr5+tr6)*cc;
%-----

```

```

Le1=atan(-(tan(Bb2)/tan(Bb1)-cos(DL))/sin(DL))
Le2=Le1+DL
ksi=atan(tan(Bb1)/cos(Le1));
q1=asin(sin(ksi)*sin(Le1));
q2=asin(sin(ksi)*sin(Le2));
Cc=cos(ksi);
fe1=b^2*(a0*(q2-q1)-(a10+a11*Cc^2+a12*Cc^4+a13*Cc^6)*Cc^2*avege(q1,q2,1)-
    (a20+a21*Cc^2+a22*Cc^4)*Cc^4*avege(q1,q2,3)-
    (a30+a31*Cc^2)*Cc^6*avege(q1,q2,5)-a40*Cc^8*avege(q1,q2,7));
AA10=b^2*e12^5*((64/3465)*(q2-q1)-(24576/3274425)*Cc^2*avege(q1,q2,1)-
    (4096/1091475)*Cc^4*avege(q1,q2,3)-(1024/363825)*Cc^6*avege(q1,q2,5)-
    (512/218295)*Cc^8*avege(q1,q2,7)-(64/31185)*Cc^10*avege(q1,q2,9));
fe=fe1+AA10;
end
alandan=alandan+fe;
end
EK-2: Yardımcı Kod
function Dj=avege(q1,q2,k)
Dj=(sin(q2)/cos(q2)^k-sin(q1)/cos(q1)^k)

```

ÖZGEÇMİŞ

Merve BÜYÜKTAŞ, İlköğrenimini Cumhuriyet İlköğretim Okulu'nda bitirdikten sonra lise eğitimini 2015 yılında Giresun Bulancak Anadolu Öğretmen Lisesi'nde tamamladı. 2015-2019 öğretim yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başladı. 2019 yılında bu bölümden mezun oldu. 2020 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim dalında tezli yüksek lisans programına başladı. 2022 yılında Giresun LİHKAB bürosunda 1 yıl süreyle çalıştı. 2023 yılında Trabzon Orman Bölge Müdürlüğüne Harita Mühendisi olarak atandı. Hala aynı yerde çalışmayı sürdürmektedir. Orta derece İngilizce bilmektedir.